

جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه کشور

تهیه و تدوین معیارهای فنی نوع و نحوه استفاده از مصالح و نهاده‌ها در اقدامات اجرایی آبخیزداری و آبخوانداری (جلد اول: مصالح و نهاده‌ها)

شماره ضابطه

سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور
معاونت آبخیزداری، امور مراتع و امور بیابان
دفتر کنترل سیلاب و آبخوانداری
www.frw.org.ir

سازمان برنامه و بودجه کشور
معاونت فنی، امور زیربنایی و تولیدی
امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران
Nezamfanni.ir

سال ۱۳۹۷

چشم خوش - عید قابل استناد

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران معاونت فنی، امور زیربنایی و تولیدی سازمان برنامه و بودجه کشور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این نشریه کرده و آن را برای استفاده به جامعه ی مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلط های مفهومی، فنی، ابهام، ابهام و اشکالات موضوعی نیست. از این رو، از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:

- ۱- در سامانه مدیریت دانش اسناد فنی و اجرایی (سما) ثبت نام فرمایید: sama.nezamfanni.ir
- ۲- پس از ورود به سامانه سما و برای تماس احتمالی، نشانی خود را در بخش پروفایل کاربری تکمیل فرمایید.
- ۳- به بخش نظرخواهی این نشریه مراجعه فرمایید.
- ۴- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.
- ۵- ایراد مورد نظر را بصورت خلاصه بیان دارید.
- ۶- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال کنید.

کارشناسان این امور نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت. پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می شود.

نشانی برای مکاتبه: تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علی شاه - مرکز تلفن ۳۳۲۷۱ سازمان برنامه و بودجه کشور، امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران. Email: nezamfanni@mporg.ir web: nezamfanni.ir
--

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	مقدمه
	فصل اول - استانداردهای سیمان
۹	۱- سیمان
۹	۱-۱- دامنه‌ی کاربرد
۹	۱-۲- انطباق با مشخصات و استانداردها
۱۰	۱-۳- تعاریف
۱۱	۱-۴- انواع سیمان
۱۶	۱-۵- آزمایش سیمان
۱۶	۱-۶- گیرش و گیرش کاذب سیمان
۱۶	۱-۷- حرارت سیمان
۱۷	۱-۸- ویژگی‌ها و حداقل حدود قابل قبول
۱۷	۱-۹- سیمان‌های مناسب برای مصارف گوناگون
۲۰	۱-۱۰- حمل و نقل و نگهداری
۲۳	۱-۱۱- کارخانه‌های تولید سیمان در ایران
	فصل دوم - استانداردهای خاک
۲۷	۲- خاک
۲۷	۲-۱- دامنه‌ی کاربرد
۲۹	۲-۲- تعاریف
۳۰	۲-۳- انطباق با ضوابط و استانداردها
۳۰	۲-۴- برنامه‌ریزی مطالعات خاکشناسی
۳۱	۲-۵- تشریح نیم رخ خاک
۳۳	۲-۶- طبقه‌بندی مهندسی خاک‌ها
۳۳	۲-۶-۱- طبقه‌بندی گروه <i>AASHTO</i>
۳۴	۲-۶-۲- طبقه‌بندی یونیفاید (<i>USCS</i>)
۳۸	۲-۷- خاک رس برای مصارف عمرانی - مکانیکی
۳۸	۲-۷-۱- انطباق با مشخصات و استانداردها
۳۹	۲-۷-۲- ویژگی‌ها و حداقل حدود قابل قبول
۳۹	۲-۷-۱-۱- خاک‌شناسی بندهای خاکی
۴۱	۲-۷-۲-۲- تناسب خاک‌های از نظر بنای بند و گزینش نوع آن
	فصل سوم - استانداردهای آب مصرفی
۶۳	۳- آب مصرفی
۶۳	۳-۱- دامنه‌ی کاربرد
۶۳	۳-۲- تعاریف
۶۳	۳-۳- انطباق با مشخصات و استانداردها
۶۴	۳-۴- آب مصرفی بتن و ملات
۶۹	۳-۴-۱- جابجا کردن و نگهداری آب مصرفی بتن و ملات
۶۹	۳-۵- طبقه‌بندی آب مصرفی از نظر زراعت علوفه‌ای
۷۲	۳-۶- استانداردهای آب مصرفی از جنبه‌های بیولوژیکی و توسعه‌ی اجتماعی
۷۲	۳-۶-۱- طبقه‌بندی آب از نظر شرب
۷۷	۳-۶-۲- طبقه‌بندی آب از نظر دامداری

فصل چهارم - استانداردهای ملات

۸۵	۴- ملات
۸۵	۴-۱- دامنهی کاربرد
۸۵	۴-۲- تعاریف
۸۵	۴-۳- انطباق با مشخصات و استانداردها
۸۶	۴-۴- مصالح متشکلهی ملات
۸۸	۴-۵- انواع ملات‌ها
۸۸	۴-۵-۱- ملات گل و کاه گل
۸۸	۴-۵-۲- ملات شفتهی آهکی
۸۸	۴-۵-۳- ملات ماسه سیمان
۹۰	۴-۵-۴- ملات ماسه سیمان - سیمان پوزولایی
۹۰	۴-۵-۵- ملات ماسه سیمان آهک (ملات حرام زاده یا باتارد)
۹۱	۴-۶- ساختن و مصرف ملات‌ها
۹۱	۴-۷- انتخاب ملات در اقالیم مختلف
۹۱	۴-۷-۱- انتخاب ملات برای کار در هوای سرد
۹۱	۴-۷-۲- انتخاب ملات برای کار در هوای گرم
۹۲	۴-۸- اختلاط ملات و مصرف ملات‌های مانده (احیای ملات‌ها)
۹۲	۴-۹- حمل و نقل ملات‌ها و مواد اولیهی آن‌ها

فصل پنجم - استانداردهای آلیاژهای فولادی (میلگرد)

۹۷	۵- آلیاژهای فولادی (میلگرد)
۹۷	۵-۱- دامنهی کاربرد
۹۷	۵-۲- تعاریف
۹۷	۵-۳- انطباق با مشخصات و استانداردها
۹۸	۵-۴- مشخصات کلی
۹۸	۵-۵- میلگرد
۹۸	۵-۵-۱- کیفیت میلگرد
۹۸	۵-۵-۲- نوع و مشخصات میلگردهای مصرفی در بتن
۹۹	۵-۶- انبار کردن میلگردها
۱۰۰	۵-۷- نمونه‌برداری و آزمایش میلگردها
۱۰۱	۵-۷-۱- تجزیه و تحلیل نتایج آزمایش
۱۰۲	۵-۸- نقشه‌های اجرایی آرماتوربندی
۱۰۲	۵-۹- نحوه‌ی آماده‌سازی میلگرد
۱۰۲	۵-۹-۱- کنترل مشخصات خم کردن
۱۰۲	۵-۹-۲- بریدن و خم کردن
۱۰۴	۵-۱۰- کارگذاری میلگردها
۱۰۴	۵-۱۰-۱- مشخصات کلی
۱۰۶	۵-۱۰-۲- فاصله‌های میلگردها
۱۰۷	۵-۱۰-۳- وصله‌ی میلگردها
۱۰۸	۵-۱۱- بازرسی و نظارت
۱۰۹	۵-۱۲- ایمنی در آرماتوربندی
۱۰۹	۵-۱۳- حمل و نقل میلگردها
۱۱۰	۵-۱۴- مفتول

فصل ششم - استانداردهای بتن و بتن‌ریزی

۱۱۳	۶- بتن و بتن‌ریزی
-----	-------------------

۱۱۳	۶-۱- دامنه‌ی کاربرد
۱۱۳	۶-۲- تعاریف
۱۱۳	۶-۳- انطباق با مشخصات و استانداردها
۱۱۴	۶-۴- مصالح سنگی دانه بندی شده (شن و ماسه)
۱۱۵	۶-۴-۱- مصالح ریز دانه (ماسه)
۱۱۷	۶-۴-۲- مصالح درشت دانه (شن)
۱۲۰	۶-۵- دپوی مصالح دانه‌بندی شده
۱۲۱	۶-۶- جابه‌جایی مصالح سنگی و نگهداری
۱۲۳	۶-۷- بتن‌ریزی
۱۲۳	۶-۷-۱- مشخصات کلی
۱۲۴	۶-۷-۲- انتقال بتن به قالب و تخلیه‌ی بتن
۱۲۴	۶-۷-۳- توقف و شروع مجدد بتن‌ریزی
۱۲۵	۶-۷-۴- مراحل و لایه‌های بتن‌ریزی
۱۲۵	۶-۷-۵- درجه حرارت مخلوط بتن تازه و شرایط جوی بتن‌ریزی
۱۲۷	۶-۷-۶- اتمام سطوح بتنی ریخته شده در هر لایه
۱۲۷	۶-۷-۷- بتن‌ریزی بتن مسلح
۱۲۸	۶-۷-۸- بتن‌ریزی در آب
۱۲۹	۶-۷-۹- اختلاط بتن
۱۳۰	۶-۷-۱۰- متراکم کردن بتن
۱۳۱	۶-۷-۱۱- پرداخت سطح بتن
۱۳۳	۶-۷-۱۱-۱- توقف در عملیات پرداخت
۱۳۳	۶-۷-۱۲- عمل‌آوری بتن
	فصل هفتم- استانداردهای لوله‌های زهکشی و انتقال آب
۱۳۷	۷- لوله‌های زهکشی و انتقال آب
۱۳۷	۷-۱- دامنه‌ی کاربرد
۱۳۷	۷-۲- انطباق با استانداردها و ضوابط
۱۳۸	۷-۳- مصالح مصرفی و نحوه‌ی اجرای آن
۱۴۰	۷-۴- لوله‌های بتنی مسطح تحت فشار و بدون استوانه فولادی
۱۴۰	۷-۵- سایر لوله‌ها
۱۴۰	۷-۶- لوله‌های تخلیه
	فصل هشتم- قالب و قالب‌بندی
۱۴۷	۸- قالب و قالب‌بندی
۱۴۷	۸-۱- دامنه‌ی کاربرد
۱۴۷	۸-۲- تعاریف
۱۴۷	۸-۳- انطباق با مشخصات و استانداردها
۱۴۸	۸-۴- مشخصات کلی
۱۴۹	۸-۵- مصالح قالب
۱۵۰	۸-۶- نکات اجرایی
۱۵۰	۸-۶-۱- نقشه‌ی قالب‌بندی
۱۵۱	۸-۶-۲- بازرسی و دقت قالب‌بندی
۱۵۱	۸-۶-۳- بست‌های قالب
۱۵۱	۸-۶-۴- تمیز کردن و روغن زدن سطوح قالب‌ها
۱۵۲	۸-۷- قالب‌برداری
۱۵۳	۸-۷-۱- پاشنه (رامکا)

فصل نهم- استانداردهای سنگ و دیوارهای سنگی

- ۱۵۷ ۹- سنگ و دیواره‌های سنگی
۱۵۷ ۹-۱- دامنه‌ی کاربرد
۱۵۷ ۹-۲- انطباق با مشخصات و استانداردها
۱۵۸ ۹-۳- مشخصات کلی کارهای بنایی، حفاظتی و استحکامی
۱۶۰ ۹-۴- سنگ‌های مناسب برای مصارف گوناگون
۱۶۱ ۹-۵- اجرای بنایی سنگی
۱۷۱ ۹-۶- ملات‌های پیشنهادی برای دیوارسازی سنگی
۱۷۱ ۹-۷- نکات اصولی در دیوار سنگی
۱۷۵ ۹-۸- استانداردهای مصالح سنگی در برخی از پروژه‌های آبخیزداری
۱۷۵ ۹-۸-۱- پوشش سنگی (ریپ رپ)
۱۷۶ ۹-۸-۲- مصالح بندهای کوتاه (چکدم)

فصل دهم- استانداردهای مواد پوششی و رنگ‌های مناسب

- ۱۸۳ ۱۰- مواد پوششی و رنگ‌های مناسب
۱۸۳ ۱۰-۱- دامنه‌ی کاربرد
۱۸۳ ۱۰-۲- تعاریف
۱۸۳ ۱۰-۳- انطباق با مشخصات و استاندارد
۱۸۳ ۱۰-۳-۱- انطباق با مشخصات و استانداردها (رنگ‌ها)
۱۸۵ ۱۰-۳-۲- انطباق با مشخصات و استانداردها (چسباننده‌های سیاه)
۱۸۶ ۱۰-۴- مواد پوششی و رنگ‌های مناسب برای مصارف گوناگون
۱۸۸ ۱۰-۵- اجرای رنگ‌آمیزی
۱۸۹ ۱۰-۵-۱- آماده کردن و زیرسازی سطوح برای رنگ‌آمیزی
۱۹۱ ۱۰-۵-۲- رعایت ایمنی و سلامتی در حین رنگ‌آمیزی
۱۹۲ ۱۰-۵-۳- وسایل زنگ‌زنی
۱۹۲ ۱۰-۵-۴- سطوح تمام شده رنگ‌آمیزی
۱۹۳ ۱۰-۵-۵- تمیز کردن پس از رنگ‌آمیزی
۱۹۳ ۱۰-۵-۶- کنترل کیفیت رنگ‌ها
۱۹۳ ۱۰-۶- چسباننده‌های سیاه مناسب برای مصارف گوناگون
۱۹۴ ۱۰-۷- پلاستیک‌ها و پلیمر و لاستیک‌ها
۱۹۵ ۱۰-۷-۱- ترمولاستیک‌ها
۱۹۵ ۱۰-۷-۲- کاربرد ژئوتکستایل‌ها به عنوان فیلتر
۱۹۷ ۱۰-۷-۳- لاستیک‌ها
۱۹۹ ۱۰-۸- حمل و نقل
۱۹۹ ۱۰-۸-۱- حمل و نقل و نگه‌داری (رنگ‌ها)
۱۹۹ ۱۰-۸-۲- حمل و نقل و نگه‌داری (چسباننده‌های سیاه)

فصل یازدهم- استانداردهای حصارهای حفاظتی، توری سیمی و چوب (الوار)

- ۲۰۳ ۱۱- حصارهای حفاظتی، توری سیمی و چوب
۲۰۳ ۱۱-۱- دامنه‌ی کاربرد
۲۰۳ ۱۱-۲- انطباق با ضوابط و استاندارد
۲۰۳ ۱۱-۳- سیم‌کشی (سیم خاردار)
۲۰۴ ۱۱-۳-۱- انواع سیم خاردار
۲۰۵ ۱۱-۴- توری سیمی
۲۰۶ ۱۱-۴-۱- نکاتی چند درباره توری سنگ (گابیون) بندی

۲۰۸	۱۱-۵- بند اصلاحی - فلزی سبک
۲۰۹	۱۱-۶- چوب (الوار و ...)
	فصل دوازدهم - استانداردهای ماشین آلات
۲۱۳	۱۲- ماشین آلات مورد استفاده در اقدامات آبخیزداری و منابع طبیعی
۲۱۳	۱۲-۱- دامنه‌ی کاربرد
۲۱۳	۱۲-۲- انطباق با ضوابط و استانداردها
۲۱۴	۱۲-۳- ماشین آلات مورد استفاده در انواع اقدامات
۲۱۸	۱۲-۳-۱- ماشین آلات عملیات تهیه‌ی بستر بدر در مرتع
۲۱۹	۱۲-۳-۲- ماشین آلات تهیه‌ی بتن
۲۱۹	۱۲-۳-۲-۱- اصول به کارگیری مخلوط‌کن‌ها
۲۲۰	۱۲-۳-۲-۲- مخلوط‌کن‌های مکانیکی
۲۲۳	۱۲-۳-۲-۳- مدت مخلوط کردن
۲۲۴	۱۲-۳-۳- انواع ماشین آلات سنگین و تراکتور

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۲	جدول رئوس اقدامات اجرایی آبخیزداری و منابع طبیعی مندرج در گزارش
۳	جدول مصالح و استانداردهای (دستور العمل و ضوابط) مربوط به عملیات مکانیکی
۳	جدول مصالح و استانداردهای (دستور العمل و ضوابط) مربوط به عملیات بیومکانیکی
۴	جدول انواع مصالح مورد استفاده در عملیات مکانیکی و بیومکانیکی
۱۱	جدول (۱-۱). میزان آسیب‌رسانی آب و خاک دارای مقادیر مختلف سولفات در انواع سیمان
۱۷	جدول (۱-۲). ویژگی‌های شیمیایی انواع سیمان پرتلند (مقادیر بر حسب درصد وزنی سیمان)
۱۸	جدول (۱-۳). ویژگی‌های فیزیکی انواع سیمان پرتلند
۲۰	جدول (۱-۴). مشخصات شیمیایی سیمان مصرفی در بتن بندها و سدها
۳۵	جدول (۲-۱). طبقه‌بندی خاک در سامانه‌ی AASHTO
۳۶	جدول (۲-۲). طبقه‌بندی خاک به روش متحده (واگنر - ۱۹۵۷) یونیفاید
۳۶	جدول (۲-۳). مولفه و اجزاء تشکیل‌دهنده‌ی خاک
۳۷	جدول (۲-۴). پاره‌ای از خواص مهندسی خاک‌ها براساس دستگاه طبقه‌بندی همگانی خاک USCS (به نقل از Wonson ، ۱۹۷۷)
۵۰	جدول (۲-۵). روش عملی استفاده از مصالح خاکریز
۵۱	جدول (۲-۶). گروه‌های راهنما برای انتخاب خاک، خاک‌ریز، خاک مسلح
۶۶	جدول (۳-۱). حداکثر مقادیر مجاز مواد زیان‌آور در آب مصرفی بتن و ملات‌ها
۶۷	جدول (۳-۲). نسبت‌های اختلاط تقریبی آب و مصالح در بتن
۶۷	جدول (۳-۳). میزان تقریبی آب مصرفی بتن بر حسب لیتر در متر مکعب
۶۸	جدول (۳-۴). حداکثر نسبت آب به سیمان مجاز برای بتن با مقاومت‌های فشاری مختلف
۶۸	جدول (۳-۵). نسبت آب به سیمان با توجه با شرایط رویارویی بتن
۷۰	جدول (۳-۶). اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی مورد لزوم برای ارزیابی مسایل معمولی کیفیت آب آبیاری
۷۱	جدول (۳-۷). تحمل گیاه و پتانسیل عملکرد تعدادی از گیاهان با توجه به اثر شوری آب آبیاری (EC_w) و شوری خاک (EC_e) (از ۱۹۸۳ و mass ۱۹۷۷ و mas and Hoffman)
۷۳	جدول (۳-۸). حداکثر مجاز و حداکثر مطلوب استانداردهای مواد شیمیایی آب آشامیدنی
۷۴	جدول (۳-۹). استاندارد باکتریولوژیکی آب شرب انسان
۷۴	جدول (۳-۱۰). استاندارد ویژگی‌های فیزیکی آب آشامیدنی
۷۵	جدول (۳-۱۱). استاندارد آب آشامیدنی سازمان بهداشت جهانی، استاندارد اروپایی ۱۹۷۰ و سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا، ۱۹۷۵ (مقادیر به میلی گرم بر لیتر)

- جدول (۳-۱۲). استاندارد آب آشامیدنی سازمان بهداشت جهانی، استاندارد اروپایی ۱۹۷۰ و سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا، ۱۹۷۵ (مقادیر به میلی گرم بر لیتر) ۷۶
- جدول (۳-۱۳). حدود مجاز فلوئور در آب آشامیدنی ۷۶
- جدول (۳-۱۴). حداکثر غلظت مجاز سموم شیمیایی و حشره کش ها در آب آشامیدنی ۷۶
- جدول (۳-۱۵). راهنمای کیفیت آب برای استفاده ی دام و طیور (از: *National Academy Sciences 1972, 1974*) ۷۸
- جدول (۳-۱۶). مقادیر توصیه شده ی منیزیم در آب آشامیدنی دام (از: *Australian Water Resources Concil 1969*) ۷۸
- جدول (۳-۱۷). حداکثر غلظت مواد در آب شرب دام به میلی گرم بر لیتر (محیط زیست آمریکا) ۷۹
- جدول (۳-۱۸). میزان حداکثر مجاز عناصر سمی در آب شرب دام (آکادمی ملی علوم آمریکا) ۷۹
- جدول (۳-۱۹). حداکثر *TDS* مجاز برای حیوانات (دپارتمان کشاورزی استرالیا) ۸۰
- جدول (۳-۲۰). راهنمای استفاده از آب شور برای چارپایان و یا پرندگان اهلی (سلطانپور و رالی، ۱۹۹۹) ۸۰
- جدول (۳-۲۱). استانداردهای کیفیت آب برای شرب دام در مناطق خشک (شوئلر، ۱۹۷۷) ۸۱
- جدول (۳-۲۲). برآورد نیاز روزانه ی دام ها به شرب آب در روز و میزان شرب آزادانه ی آن ها در فصل های مختلف (اقتباس و تخلص از پالاس، ۱۹۸۶) ۸۱
- جدول (۴-۱). دانه بندی ماسه ی مصرفی در ملات ۸۷
- جدول (۴-۲). دانه بندی ماسه ی مصرفی در ملات در درزهای بیش از ۱۳ میلی متر ۸۷
- جدول (۴-۳). نسبت های تقریبی مصالح لازم برای ملات ۸۹
- جدول (۵-۱). مشخصات میلگردهای ساده و آجدار کارخانه ذوب آهن اصفهان یا معادل آن برای بتن مسلح ۹۹
- جدول (۵-۲). حداقل قطر خم برای میلگرد مختلف ۱۰۳
- جدول (۵-۳). حداقل قطر فلکهای خم کن میلگردهای *A-II* و *A-III* و *A-IV* ۱۰۴
- جدول (۵-۴). حداقل پوشش بتنی (*mm*) ۱۰۸
- جدول (۶-۱). حداکثر مقادیر مجاز برای مواد زیان آور در سنگدانه های ریز بتن ۱۱۶
- جدول (۶-۲). دانه بندی مصالح سنگی ریزدانه (ماسه) ۱۱۷
- جدول (۶-۳). دانه بندی مصالح سنگی درشت دانه (شن) ۱۱۹
- جدول (۶-۴). حداکثر مقادیر مجاز برای مواد زیان آور در سنگدانه های درشت بتن ۱۲۰
- جدول (۶-۵). تقسیم بندی چهارگانه ی مصالح در انبار ۱۲۱
- جدول (۶-۶). حداکثر ضخامت مراحل و لایه های بتن ریزی ۱۲۵
- جدول (۷-۱). قطرهای توصیه شده برای آبگذر لوله ای و آبشار چاهکی ۱۴۲
- جدول (۸-۱). حداقل زمان لازم برای عملیات قالب برداری ۱۵۲
- جدول (۸-۲). حداقل فاصله ی زمانی بین بتن ریزی و قالب برداری ۱۵۳
- جدول (۹-۱). سنگ های مناسب برای مصارف گوناگون عمرانی فعالیت های آبخیزداری و حفاظت خاک ۱۶۰
- جدول (۹-۲). تعاریف مربوط به بافت انواع نماهای دیواره های سنگی ۱۶۴
- جدول (۹-۳). تعاریف عمومی برای دیوارسازی سنگی ۱۶۴
- جدول (۹-۴). تعاریف مربوط به کاربرد سنگ در دیوارسازی سنگی ۱۶۶
- جدول (۹-۵). ابعاد سنگ در ریپ رپ ها ۱۷۶
- جدول (۹-۶). انواع چکدم و خصوصیات، شرایط احداث و دلایل معمول شکست آن ۱۷۸
- جدول (۱۰-۱). مواد پوششی و رنگ های مناسب برای مصارف گوناگون ۱۸۷
- جدول (۱۰-۲). مشخصات قیرها و قطران های مناسب برای کارهای مختلف ۱۹۴
- جدول (۱۱-۱). وزن یک مترمربع توری گابیون در سایزها و چشمه های مختلف ۲۰۶
- جدول (۱۲-۱). تعدادی از ماشین آلات مورد استفاده در برخی عملیات آبخیزداری و منابع طبیعی ۲۱۵
- جدول (۱۲-۲). نوع و نحوه ی کار ماشین آلات سنگین و تراکتور رایج در اقدامات آبخیزداری و منابع طبیعی ۲۱۸
- جدول (۱۲-۳). برخی ادوات خاک ورزی برای عملیات تهیه ی بستر بذر در مرتع (والنتاین، ۱۹۸۹) ۲۱۸
- جدول (۱۲-۴). مدت مخلوط کردن ۲۲۴
- جدول (۱۲-۵). نوع و نحوه ی کار ماشین آلات نگین رایج در اقدامات آبخیزداری و منابع طبیعی ۲۲۴

فهرست تصاویر

صفحه	عنوان
۲۲	شکل (۱-۱). نحوه‌ی چیدن کیسه‌های سیمان به وسیله‌ی روکش‌های برزنتی یا پلاستیکی
۲۳	شکل (۲-۱). انبار کردن سیمان در فضای بسته
۴۳	شکل (۱-۲). نام‌گذاری بخش‌های مختلف بندهای خاکی ناهمگن
۱۳۰	شکل (۱-۶). روش اختلاط بتن با دست
۱۴۴	شکل (۱-۷). معیارهای گزینش ابعاد حوضچه آرامش با بادشکن
۱۶۶	شکل (۱-۹). وجوه مختلف سنگ
۱۶۷	شکل (۲-۹). سنگ بادکوبه‌ای
۱۶۷	شکل (۳-۹). سنگ بادبر یا رگه ای
۱۶۷	شکل (۴-۹). سنگ تمام تراش
۱۶۷	شکل (۵-۹). سنگ تراش گونیا شده
۱۶۷	شکل (۶-۹). سنگ سرتراش یا رگه‌ای کلنگی
۱۶۷	شکل (۷-۹). سنگ قلوه‌ی رودخانه‌ای
۱۶۸	شکل (۸-۹). سنگ قله
۱۶۸	شکل (۹-۹). سنگ قواره
۱۶۸	شکل (۱۰-۹). سنگ لاشه
۱۶۸	شکل (۱۱-۹). سنگ مکعبی
۱۶۸	شکل (۱۲-۹). سنگ عمقی
۱۶۸	شکل (۱۳-۹). سنگ نبش
۱۶۹	شکل (۱۴-۹). سنگ لایه لایه
۱۶۹	شکل (۱۵-۹). سنگ کله
۱۶۹	شکل (۱۶-۹). سنگ راسته
۱۶۹	شکل (۱۷-۹). سنگ چند وجهی نامنظم
۱۶۹	شکل (۱۸-۹). دیوار سنگی با رج‌های نامساوی
۱۶۹	شکل (۱۹-۹). دیوار سنگی با رج‌های مساوی
۱۶۹	شکل (۲۰-۹). دیوار سنگی با رج‌های برده شده
۱۷۳	شکل (۲۱-۹). نحوه‌ی دیوار سازی سنگی
۱۹۹	شکل (۱-۱۰). نمونه‌ای از بندهای لاستیکی
۲۲۰	شکل (۱-۱۲). انواع مخلوط کن‌های کج شونده
۲۲۱	شکل (۲-۱۲). نمونه‌ی مخلوط کن غیر کج شونده
۲۲۱	شکل (۳-۱۲). نوعی مخلوط کن عمودی
۲۲۲	شکل (۴-۱۲). کامیون مخلوط کن

فهرست نمودارها

صفحه	عنوان
۱۷۰	نمودار (۱-۹). انواع دیوارهای سنگی

چشم خوش - عید قابل استناد

چشم خوش - عید قابل استناد

مقدمه

گزارش حاضر در راستای «تهیه و تدوین معیارهای فنی نوع و نحوه‌ی استفاده از مصالح و نهاده‌ها در اقدامات اجرایی آبخیزداری و آبخوانداری» گردآوری شده است. بر این اساس مجموعه فعالیت‌های مربوط در قالب کلی عملیات ۴ گانه‌ی مکانیکی، بیولوژیکی، بیومکانیکی و مدیریتی مورد مطالعه قرار گرفته است.

برای هر اقدام اجرایی که مستلزم استفاده از نهاده‌های مختلف و عملیات فنی مناسب می‌باشد ضرورت دارد برای آن اقدام معیارهای استاندارد شده تعریف و در اجرا مد نظر قرار گرفته شود تا در زمان طراحی، اجرا، نظارت و کنترل؛ معیار مناسبی برای اندازه‌گیری دقت و صحت کار وجود داشته باشد. بدیهی است تعیین معیار و یا استانداردهای فنی و اجرایی نمی‌تواند برای پهنه‌ی وسیع کشور به صورت واحد و هماهنگ دیده شود. تفاوت‌های شرایط طبیعی کشور موجب گردیده عوامل موثر در هر منطقه و تبعاً نوع برخورد با آن متفاوت باشد و راهکارهای متناسب و البته مناسبی برای کسب حداکثری انتظار از پروژه اتخاذ شود. این خصیصه باعث شده تا در تدوین استانداردها و ضوابط، تغییرات اساسی مورد اشاره ملحوظ گردد. لذا علاوه بر تعیین استاندارد برای نقاط مختلف اقلیمی و جغرافیایی باید در تعیین این معیارها روش‌های قابل اندازه‌گیری را تدوین و ارایه نمود.

ارایه‌ی روش‌های اندازه‌گیری برای کنترل دقت اجرای کار و همچنین نظارت بر اجرای کار لازم است. با عنایت به مطالب فوق می‌توان چنین نتیجه گرفت که در تدوین معیارهای فنی و اجرایی و استفاده از مصالح و امکانات متفاوت در قالب عملیات مختلف و استاندارد شده برای فعالیت‌های اجرایی در قالب مسوولیت‌های قانونی واگذار شده به دستگاه‌های اجرایی و با وظایف مشخص نیز تغییراتی حاصل می‌شود.

در حیطه‌ی وظایف سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری که مسوولیت صیانت، حفظ، احیا، توسعه و بهره‌برداری از منابع جنگل و مرتع را به عهده دارد و می‌طلبد برنامه‌های متعادل و متوازی متناسب با شرایط اکولوژیک ویژه‌ی هر منطقه به اجرا درآورد ضرورت تدوین استاندارد علمی برای شکل بخشی اصولی به عملکردهای خود محسوس گردید تا با بهره‌گیری از نتایج آن دقت و ظرافت برای هر موضوع و برنامه اتخاذ گردد. این دستور العمل ضوابط فنی را برای تحقق چنین هدفی در اختیار کاربران قرار می‌دهد.

استفاده از ضوابط، معیارها و استانداردهای این نشریه در مراحل تهیه (مطالعات امکان‌سنجی)، مطالعه و طراحی، اجرا، بهره‌برداری، نگهداری و نیز نظارت طرح‌های عمرانی برای لحاظ توجیه فنی و اقتصادی طرح‌ها، کیفیت طراحی و اجرا (عمر مفید) و هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد و توصیه می‌شود.

اصولاً در مجموعه فعالیت‌های آبخیزداری و منابع طبیعی؛ انواع عملیات مدیریتی، مکانیکی، بیومکانیکی و بیولوژیکی مطرح می‌باشند که جدول زیر تنوع عملیات و عنوان‌های مرتبط را نشان می‌دهد.

جدول رئوس اقدامات اجرایی آبخیزداری و منابع طبیعی مندرج در گزارش
«تهیه و تدوین معیارهای فنی نوع و نحوه‌ی استفاده از مصالح و نهاده‌ها»

ردیف	نوع عملیات	عنوان عملیات
۱	بیولوژیکی	بذرکاری
۲		بذرپاشی
۳		کپه‌کاری
۴		نهل کاری
۵		تولید نهال (نهالستان)
۶		مرمت عملیات بیولوژیکی
۷		مرتع کاری
۸		مالچ‌پاشی
۹		احداث بادشکن
۱۰		کودپاشی
۱۱	بیومکانیکی	کنتور فارو
۱۲		پیتینگ
۱۳		بانکت‌بندی
۱۴		ریپرزدن
۱۵	مکانیکی	بند گابیونی
۱۶		بند خشکه چین
۱۷		بند خاکی
۱۸		بند بتنی
۱۹		بند چوبی چپری
۲۰		بند سنگی ملاتی
۲۱		تورکینست
۲۲		ریپ‌رپ
۲۳		ابی
۲۴		اسکهریزی
۲۵		دیوار ساحلی
۲۶		سرریز
۲۷		دایک
۲۸		چاله‌های فلسی
۲۹		پخش سیلاب
۳۰		سکو‌بندی
۳۱		تراس‌بندی
۳۲		احداث جاده‌ی دسترسی
۳۳		مرمت عملیات مکانیکی
۳۴	مدیریتی	تناوب کشت
۳۵		حفاظت و قرق
۳۶		مراقبت و آبیاری
۳۷		اصلاح جهت شخم و کشت نواری

کارایی عمده‌ی غالب مصالح مورد بحث در اقدامات مکانیکی و بیومکانیکی می‌باشد، از این رو انواع مصالح یاد شده، در انواع عملیات مربوط به اقدامات مکانیکی و بیومکانیکی در جداول زیر نشان داده شده است.

جدول مصالح و استانداردهای (دستور العمل و ضوابط) مربوط به عملیات مکانیکی

نوع اقدام	عملیات	نوع مصالح
مکانیکی	بند گابیونی	توری سیمی، سنگ
	بند خاکی	خاک، بتن، سیمان، میلگرد، آب، لوله، قالب، فیلتر (دیافراگم)
	بند سنگی ملاتی	سنگ، سیمان، ملات، لوله
	بند خشکه‌چین	سنگ
	بند چوبی چپری	تیر چوبی، تخته، حصیر
	بند سبک فلزی	پایه‌ی فلزی (آهن نبشی و ...)، شاخ و برگ، توری، رنگ ضد زنگ
	بند L شکل	بتن، میلگرد، سیمان، آب، خاک، لوله
	مهندسی رودخانه	پوشش گیاهی، تایر اتومبیل، ماشین قراضه، بلوک بتونی، سنگ، آسفالت، توری سیمی، کیسه، پلاستیک، سیمان، ملات، مفتول، تیرک چوبی
	ابی (آبشکن)	سنگ، توری سیمی، سیمان، سرشاخه
	دایک (گوره)	خاک (سنگدانه)
	پخش سیلاب	خاک، سنگ، توری سنگ، سیمان، چمن، ملات، لوله
	سرریز	ملات، سنگ، توری سیمی، سیمان، خاک، بتن، میلگرد
	ریب‌رپ	سنگ، سیمان، پوشش گیاهی، ملات، توری سیمی، بتن، میلگرد
	احداث جاده‌های دسترسی	سنگ، سیمان، خاک، آسفالت، ملات، ماشین‌آلات راه‌سازی
	تورکینست	خاک، پوشش گیاهی، لوله
	چاله‌های فلسی	خاک، پوشش گیاهی

جدول مصالح و استانداردهای (دستور العمل و ضوابط) مربوط به عملیات بیومکانیکی

نوع اقدام	عملیات	نوع مصالح و نهاده‌ها
بیومکانیکی	کنترل فارو، پتینیک، ریپرژدن	خاک، پوشش گیاهی
	تراس‌بندی، مانکت‌بندی، سکوبندی	سنگ، خاک، پوشش گیاهی
	احداث بادشکن، تثبیت‌شن‌ها	فولاد، حصیر، تخته، پوشش گیاهی
	مالچ‌پاشی	قیر، پوشش گیاهی

طی دهه‌های اخیر؛ دستورالعمل، ضوابط و استانداردهای متنوعی در ارتباط با تنوع مصالح و نهاده‌های مورد استفاده در اقدامات عمرانی و ساختمانی توسط دفاتر فنی موسسات علمی و اجرایی و یا توسط سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی انتشار یافته است که می‌توانند مورد استفاده در فعالیت‌های مکانیکی و بیومکانیکی آبخیزداری و منابع طبیعی با لحاظ ملاحظات این بخش قرار بگیرند. در جلد اول گزارش حاضر سعی گردید با توجه به تنوع مصالح، بخش‌هایی که کاربری عمده‌تری در مجموعه فعالیت‌های آبخیزداری و

منابع طبیعی دارد مورد توجه قرار گیرد. اجرای هر کدام از عملیات مذکور نیازمند به کارگیری مصالح و نهاده‌هایی است که در جدول ذیل انواع مصالح مورد استفاده در عملیات مکانیکی و بیومکانیکی قید گردیده است.

جدول انواع مصالح مورد استفاده در عملیات مکانیکی و بیومکانیکی

ردیف	انواع مصالح
۱	سیمان
۲	خاک
۳	آب مصرفی
۴	ملات
۵	آلیاژهای فولادی (میلگرد)
۶	بتن
۷	لوله‌های زهکشی
۸	قالب
۹	سنگ
۱۰	مواد پوششی (رنگ، قیر، پلیمر و...)
۱۱	حصارهای حفاظتی (بتن و... و توری سیمی)
۱۲	ماشین‌آلات

هر یک از انواع مصالح مذکور هم‌زمان ممکن است در عملیات مختلف مکانیکی و بیومکانیکی مورد استفاده قرار بگیرند. به عنوان نمونه «سیمان» در احداث: بندهای اصلاحی و بندهای خاکی (فونداسیون، سرریز، ریپ رپ و ...)، فعالیت‌های مهندسی رودخانه (ایپی، دیواره‌سازی و ...)، احداث جاده‌های دسترسی، کانال‌های پخش سیلاب و... بسته به شرایط اقلیمی و موقعیت طرح (خشکی و یا آبی) کاربرد دارد و توسط مشاور طرح؛ نوع و ضوابط به کارگیری آن پیشنهاد می‌گردد.

در جلد دوم گزارش به دلیل ارتباط منطقی و تنگاتنگ مطالعات و یا برنامه‌های آبخیزداری و منابع طبیعی با مطالعات پایه، ابتدا نواحی و مناطق رویشی ایران، خاک، اقلیم و قابلیت اراضی براساس جمع‌بندی منابع مختلف موجود به منظور انطباق ضوابط و معیارهای اقدامات اجرایی با هر یک از فاکتورهای فوق تقسیم‌بندی و به اختصار تشریح گردیده است و سپس شاخص‌ها و ضوابط علمی و فنی اختصاصی هر یک از پروژه‌ها به تفکیک «نوع عملیات» و نیز «عنوان عملیات» ارایه شده است. در این مجلد شاخص‌ها، ضوابط و استانداردهای اختصاصی انواع عملیات به تفکیک و مطابق با پهنه‌های صورت گرفته ارایه خواهد شد تا کارشناس طراح یا پیمانکار مطابق با این ضوابط فنی، مصالح موضوع مجلد اول گزارش پیش رو را به کار گیرد.

- علاوه بر مصالح و نهاده‌های ذکر شده در جداول فوق، ابزارآلات و نیز ماشین‌آلات سبک در قالب یک ردیف در جداول «شاخص‌ها و معیارهای مربوط» و ماشین‌آلات سنگین که کاربرد گسترده‌ای در بسیاری عملیات‌ها دارند ارایه شده‌اند.

- با توجه به وجود مصالح و نهاده‌های همسان در مورد انواع عملیات و همچنین تشابهات مجموع استانداردها و ضوابط انتشار یافته در این خصوص از سوی مراجع ذیصلاح و به جهت احتراز از تکرار، در خصوص استانداردها، ضوابط، دستورالعمل‌ها و آیین‌نامه‌های اختصاصی هر نوع مصالح و نهاده‌ها در پایان مباحث هر بخش، ارجاعات استانداردها در قالب «انطباق با استاندارد و ضوابط» درج شده است.

- اجرای برخی اقدامات مدیریتی متضمن به کارگیری برخی مصالح و نهاده‌ها می‌باشند، به عنوان نمونه، عملیات «قرق» ممکن است با اجرای حصارکشی همراه باشد برای این منظور در قالب بخشی مستقل از جلد اول برخی مصالح و نهاده‌ها در این خصوص تشریح شده است.

- از آن‌جا که تعریف واحدی در مورد مصالح و یا نهاده بودن «پوشش گیاهی» در اختیار نمی‌باشد و از طرفی به دلیل تنوع پوشش گیاهی در اقلیم‌های گوناگون؛ استانداردها و ضوابط اختصاصی انواع پوشش گیاهی متناسب با اقلیم انواع عملیات بیولوژیکی و در آن‌چه مورد نیاز اقدامات بیولوژیکی، مکانیکی و بیومکانیکی می‌باشد در بخش‌های اختصاصی جلد دوم گزارش درج گردیده است. استفاده از همان ضوابط در مورد به کارگیری انواع پوشش گیاهی مورد نیاز اقدامات بیومکانیکی و مکانیکی توصیه می‌شود.

چشم خوش - عید قابل استناد

فصل ۱

استانداردهای سیمان

چشم خوش - عید - قابل استناد

۱- سیمان

۱-۱- دامنه‌ی کاربرد

استفاده از مصالح نوین و از جمله « سیمان » امروزه بخش اجتناب ناپذیر سازه‌ای محسوب می‌شوند. با بکارگیری انواع مصالح در عملیات مکانیکی بر استحکام و پایداری سازه افزوده می‌شود. استانداردهای « سیمان » با هدف بهره‌گیری در فازهای طراحی، نظارت و اجرای پروژه‌های مکانیکی آبخیزداری و اصلاح و توسعه‌ی مراتع و براساس دستورالعمل‌ها، ضوابط و استانداردهای انتشار یافته «سیمان» عمدتاً در اقدامات و عملیات مربوط زیر کارایی دارد : بند خاکی، بند سنگی- ملاتی، بندهای L شکل، مهندسی رودخانه، اپی، پخش سیلاب، سرریز، ریپرپ، احداث جاده‌های دسترسی

۱-۲- انطباق با مشخصات و استانداردها

سیمان‌های مورد مصرف در هر پروژه باید از نظر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، مکانیکی و مشخصه‌های ظاهری با آنچه در نقشه‌ها، مشخصات فنی اختصاصی، دستور کارها و دیگر مدارک پیمان ذکر شده است منطبق باشد. نوع سیمان در هر قسمت از پروژه و در هر بخش از ساختمان باید قبلاً به تصویب دستگاه نظارت برسد. ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی سیمان‌ها و نیز روش‌های آزمایش آن‌ها باید مطابق استانداردهای ایرانی زیر باشد :

- استاندارد شماره ۳۸۹: تعیین ویژگی‌های سیمان پرتلند (قسمت اول)
- استاندارد شماره ۳۹۰: تعیین نرمی سیمان پرتلند (قسمت دوم)
- استاندارد شماره ۳۹۱: تعیین انبساط سیمان پرتلند (قسمت سوم)
- استاندارد شماره ۳۹۲: تعیین زمان گیرش سیمان پرتلند (قسمت چهارم)
- استاندارد شماره ۳۹۳: تعیین تاب فشاری و تاب خمشی سیمان پرتلند (قسمت پنجم)
- استاندارد شماره ۳۹۴: تعیین هیدراسیون سیمان پرتلند (قسمت ششم)
- استاندارد شماره ۹۸۹: گرد تراس
- استاندارد شماره ۱۶۹۲: تجزیه‌ی شیمیایی سیمان - اندازه‌گیری عناصر اصلی سیمان پرتلند
- استاندارد شماره ۱۶۹۳: تجزیه‌ی شیمیایی سیمان - اندازه‌گیری عناصر فرعی سیمان پرتلند
- استاندارد شماره ۱۶۹۴: تجزیه‌ی شیمیایی سیمان - اندازه‌گیری عناصر گوگرد به صورت سولفور
- استاندارد شماره ۱۶۹۵: تجزیه‌ی شیمیایی سیمان - اندازه‌گیری عناصر اکسید سدیم و اکسید پتاسیم
- استاندارد شماره ۳۴۳۲: ویژگی‌های سیمان پوزولانی
- استاندارد شماره ۳۵۱۷: ویژگی‌های سیمان سرباره‌ای
- استاندارد شماره ۳۵۱۶: ویژگی‌های سیمان بنایی
- استاندارد شماره ۴۲۲۰: ویژگی‌های سیمان پرتلند آهکی

- استاندارد شماره ۲۹۳۱: ویژگی‌های سیمان پرتلند سفید
 - استاندارد شماره ۴۰۵: ویژگی‌های سیمان پنبه‌ی نسوز
 - استاندارد شماره ۹۰۹: سیمان تراس
 - استاندارد شماره ۲۷۶۱: آیین کاربرد حفاظت و انبار کردن سیمان در کارگاه ساختمانی
 - هر استاندارد ایرانی دیگری که تا زمان انعقاد پیمان درباره‌ی سیمان تدوین یا تجدیدنظر شود.
- تا زمانی که استاندارد ایرانی در برخی موارد تدوین نشده باشد در درجه‌ی اول استانداردهای «سازمان بین‌المللی استاندارد ISO» معتبر خواهد بود و در صورت نبودن استاندارد مزبور به ترتیب استانداردهای آمریکایی ASTM، آلمانی DIN، بریتانیایی BS، ژاپنی JIS و شوروی سابق GOST ملاک عمل قرار خواهد گرفت.
- استاندارد شماره ۱۲۰: آیین‌نامه‌ی بتن ایران «آبا» (تجدید نظر اول)، فصل مصالح بتن، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
 - استاندارد شماره ۳۱۲: ضوابط عمومی طراحی سازه‌های آبی بتنی، فصل مصالح بتن، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
 - استاندارد شماره ۳۲۷: دستورالعمل ساخت و اجرای بتن در کارگاه، فصل اول، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
 - استاندارد شماره ۵۵ (تجدیدنظر دوم): مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی، فصل دوم، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
 - استاندارد شماره ۱۰۸: ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری و زهکشی، فصل سوم، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
 - نشریه‌ی شماره ۱۹۸: ضوابط طراحی سازه‌های بندهای انحرافی، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.

۱-۳- تعاریف

سیمان‌های آلی^۱ منشا آلی دارند مانند انواع قیر. این نوع مواد به عنوان سیمان چسبندگی مناسبی نداشته و در مبحث مصالح آبخیزداری و منابع طبیعی مدنظر نیستند به جز مشتقات نفتی که به عنوان مالچ استفاده می‌گردند و به هر حال در تعاریف سیمان قرار نمی‌گیرد.

سیمان‌های طبیعی^۲ موادی هستند که در طبیعت به صورت معدنی و غیره وجود دارند و به دلیل داشتن خاصیت چسبندگی مواد، نقش سیمان را در اتصال مواد مختلف و سنگدانه‌ها ایفا می‌کنند. مهم‌ترین نوع این سیمان‌های طبیعی عبارتند از: ترکیبات رسی، آهکی، گچی، نمکی و سیلیسی.

سیمان‌های مصنوعی^۳ از مجموعه‌ای از ترکیبات معدنی و بر اساس یک سری فرایندهای شیمیایی تحت تاثیر حرارت کوره ساخته می‌شود که انواع سیمان‌های پرتلند از این گروه می‌باشند. به طور کلی هنگامی که امروزه از سیمان صحبت به میان می‌آید منظور سیمان مصنوعی می‌باشد که در ادامه تشریح می‌گردد. سیمان ماده‌ای است که خواص چسبندگی و انسجام را در قابلیت به هم چسباندن و یکپارچه کردن قطعات معدنی‌دار است. در موارد ساختمانی اصطلاح سیمان منحصر به موادی اطلاق می‌شود که برای به هم چسباندن سنگ‌ها، ماسه، آجر و قطعات ساختمانی به کار می‌رود.

¹ Organic Cement

² Natural Cement

³ Synthetic Cement

سیمان پرتلند مصنوعی

مهم‌ترین سیمان‌های هیدرولیک مصنوعی، سیمان پرتلند است. سیمان پرتلند فرآورده‌ای است که از اختلاط سنگ آهک و خاک رس به نسبت وزنی حدود ۳ به ۱ تا ۴ به ۱ (بسته به ترکیب شیمیایی آن‌ها)، آسیاب کردن مخلوط به روش‌های تر یا خشک، همگن کردن مواد خام، پختن مواد در کوره تا مرز عرق کردن سطح دانه‌ها و چسبیدن آن‌ها به یکدیگر به شکل جوش یا کلینکر، سرد کردن و آسیاب کردن کلینکر با کمی سنگ گچ به دست می‌آید. انواع سیمان پرتلند در استاندارد ایران به پیروی از استاندارد آمریکایی ASTM به شرح زیر است :

۱-۴- انواع سیمان

■ سیمان نوع ۱ (سیمان معمولی)

سیمان پرتلند معمولی در کارهای معمولی و عمومی نظیر ساختن اسکلت‌ها، بتن آرمه، پل‌ها، قطعات پیش‌ساخته‌ی بتن آرمه، ملات‌ها، اندودها و پی ساختمان‌هایی که امکان حمله‌ی سولفات‌ها وجود ندارد و در بتن ریزی اکثر سدها و بندها، کارهایی که در آن‌ها مصرف نوع خاصی از سیمان ذکر نشده باشد، هم‌چنین در بتن‌ریزی ساختمان‌ها و کانال کشی از بتن مسلح استفاده می‌شود. علاوه بر آن در بتن‌ریزی اکثر سدها و بندها از این نوع سیمان استفاده می‌شود. این نوع سیمان بیش از ۹۵ درصد از سیمان تولیدی و مصرفی جهان را به خود اختصاص داده است و به دلیل این که در اکثر امور ساختمانی مانند احداث جدول در محیط کارگاه‌ها، ملات‌ها استفاده قرار می‌گیرد « سیمان معمولی » گفته می‌شود. این نوع سیمان هم‌چنین برای کارهای ساختمانی و در شرایط معمولی و عادی از نظر عوارض فیزیکی و شیمیایی به کار می‌رود و به طور کلی مختص مناطقی است که از نظر حمله‌ی سولفات‌ها و ازدیاد درجه‌ی حرارت شدید در اثر هیدرواسیون آب و خاک وضعیت نامطلوب نداشته باشد. بنابراین در احداث اسکله‌ها و پایه‌ی پل‌ها که با آب دریا و با آب‌های سولفاته در تماس می‌باشند استفاده از آن مجاز نمی‌باشد. این سیمان در کلاس‌های ۳۲۵، ۴۲۵ و ۵۲۵ تولید می‌شود.

جدول شماره (۱-۱)، نشان دهنده‌ی میزان آسیب‌رسانی آب و خاک دارای مقادیر مختلف سولفات در انواع سیمان می‌باشد.

جدول (۱-۱). میزان آسیب‌رسانی آب و خاک دارای مقادیر مختلف سولفات در انواع سیمان

نوع سیمان	سولفات موجود در آب (ppm)	درصد سولفات قابل حل در آب موجود در خاک	میزان آسیب
۱	۱۵۰-۰	۰/۱-٪	نامحسوس
۲	۱۰۰۰-۱۵۰	۰/۲-۰/۱	مثبت
۵	۲۰۰۰-۱۰۰۰	۰/۵-۰/۲	قابل توجه
۵	>۲۰۰۰	>۰/۵	شدید

■ سیمان نوع ۲ (سیمان معتدل یا کندگیر یا اصلاح شده)

این سیمان دارای مقاومت متوسط در برابر سولفات‌ها می‌باشد. از این نوع سیمان در مواردی که منظور استفاده‌ی عمومی باشد و نیز محیط دارای حدود ۱ تا ۲ درصد سولفات باشد و به طور کلی در مناطقی که میزان سولفات آن‌ها بیش از حد طبیعی و کمتر از ۲ درصد باشد استفاده می‌شود. در سیمان پرتلند نوع ۲ واکنش هیدراسیون با شدت کمتری انجام می‌شود و حرارت کمتری نسبت به سیمان نوع ۱ آزاد می‌گردد. لذا در بتن‌ریزی‌های حجیم (جسیم) و بتن‌ریزی در هوای گرم به مصرف می‌رسد. از این نوع سیمان در احداث دیواره‌ی سدها، دیواره‌های حایل در مهندسی رودخانه و مبارزه با فرسایش کناری رودخانه‌ای، آبی‌ها، آبشکن‌ها و سازه‌های زهکشی (جایی که سولفات در آب زیر زمینی وجود دارد اما غلظت آن زیاد نیست) و بتن‌ریزی‌های حجیم استفاده می‌شود. مقاومت فشاری سیمان نوع ۲ بیش‌تر از سیمان نوع ۱ است. C_{3A} آن کمتر از سیمان نوع ۱ بوده و حد مجاز آن حدود ۸ درصد می‌باشد.

■ سیمان نوع ۳ (سیمان زودگیر)

این نوع سیمان با مقاومت بالا، تندگیر یا زودرس یا زودسخت شونده و دارای استحکام اولیه‌ی بالا^۱ می‌باشد و بتنی که از این سیمان به دعمل می‌آید زودتر عمل می‌آید به طوری که سریعاً سخت شده و مقاومت زیاد دارد. به علت زودگیر بودن و نیز در مواقعی که قالب‌ها باید زود باز شوند مورد استفاده قرار می‌گیرد. به علت زودگیر بودن گرمای تولید شده‌ی آن نسبت به سیمان‌های دیگر در ساعات اولیه‌ی مصرف زیاد است لذا در بتن‌های حجیم مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. این سیمان پس از ۳ روز، مقاومت سیمان معمولی هفت روزه را به دست می‌آورد. از بتن ساخته شده‌ی این سیمان مدت زمان کوتاهی در برابر سرما مراقبت می‌گردد و در مدت یک هفته مقاومت بالا را به دست می‌آورد. مقاومت ۷ روزه‌ی آن معادل مقاومت ۲۸ روزه‌ی سیمان نوع ۱ می‌باشد. به طور کلی در مواقعی که بارگذاری باید مدتی کوتاه بعد از بتن‌ریزی صورت گیرد یا بخواهند قالبی را زودتر بردارند و یا به هنگام بتن‌ریزی در هوای سرد، نیز زمانی که عمل آوردن سریع در زمستان اجتناب ناپذیر می‌شود و در پروژه‌هایی که در محیط‌های سرد و سایه (که در بسیاری عملیات مکانیکی آبخیزداری در مناطق کوهستانی معمول می‌باشد) می‌تواند به مصرف برسد.

■ سیمان نوع ۴ (سیمان کم حرارت)

این سیمان کم‌ترین حرارت هیدراسیون (گرما) را آزاد می‌کند. در سیمان نوع ۴ روند کسب مقاومت نهایی نسبت به سیمان نوع ۱ آرام‌تر و میزان C_{3A} و C_{3S} آن از انواع دیگر کمتر و C_{2S} آن بیش‌تر است. سیمان نوع ۴ یا سیمان کم حرارت غالباً در بتن‌ریزی‌های حجیم مانند سدهای ثقلی به ویژه در فصل‌های گرم به مصرف می‌رسد. حرارت‌زایی آن در هنگام گیرش از همه‌ی انواع سیمان کمتر است و در صورت وفور مناسب‌ترین سیمان برای بتن‌های حجیم است (تا به حال از آن کم استفاده می‌شود).

■ سیمان نوع ۵ یا سیمان ضد سولفات ۲

این سیمان دارای مقاومت خوب در برابر سولفات‌ها می‌باشد. از این نوع سیمان در مواقع و مناطقی استفاده می‌شود که میزان سولفات‌های موجود بسیار بالاتر از حد معمول (۲ تا ۵ درصد) باشد مانند دیواره‌های سنگی ملاتی و یا بتنی حایل در فعالیت‌های

^۱ Pavement

^۲ Sulfate resistance

مهندسی رودخانه، دیوارهای طولی حفاظتی جهت جلوگیری از فرسایش‌های کناری رودخانه‌ها در حوزه‌های آبخیز و نیز محیط‌های شهری (آبخیزداری شهری) سازه‌های پل‌ها و اسکله‌ها که در مجاورت آب‌های سولفاته قرار دارند، هم چنین در احداث ای و آبشکن‌ها و بندهای L شکل. هم چنین برای بتن‌های حجیم بدون میلگرد و محیط‌هایی که در آن علاوه بر سولفات‌ها به املاح کلر هم آغشته است کاربرد دارد. گیرش سیمان پرتلند ضد سولفات باید در ۱ ساعت آغاز شده و در ۱۰ ساعت پایان پذیرد. سیمان پرتلند ضد سولفات نسبت به سیمان نوع ۱ با سرعت کم‌تری به مقاومت نهایی می‌رسد. در حال حاضر کارخانه‌های ایران سیمان‌های انواع ۱، ۲ و ۵ را تولید می‌کنند و برای تولید انواع دیگر سفارش می‌پذیرند. در استاندارد آمریکایی ASTM انواع IA، IIA و IIIA نیز وجود دارد که به ترتیب همانند سیمان‌های نوع I و II و III می‌باشند، با این تفاوت که حاوی مواد افزودنی حباب‌ساز می‌باشند. این ریسمان‌ها تا کنون در ایران استاندارد و تولید نشده‌اند. علاوه بر سیمان‌های ذکر شده انواعی از سیمان‌های پرتلند نیز وجود دارند که در موارد خاص و جهت دستیابی به خواص مورد نظر در صنعت ساخت مورد استفاده قرار می‌گیرند، برخی از آن‌ها عبارتند از:

• سیمان پرتلند سفید^۱

ساخت این سیمان مطابق استاندارد ASTM C150 می‌باشد. این نوع سیمان در ساخت تیغه‌های پیش‌ساخته‌ی سبک و پلاک‌های سیمانی کاربرد دارد. هم چنین در سطح ساختمان‌ها و مواقعی که استفاده از سیمان‌های بدون رنگ با مقاومت‌های بالا مورد نیاز باشد و در تولید سیمان‌های رنگی کارایی دارد. (در فعالیت‌های آبخیزداری کاربرد چندانی ندارد).

• سیمان‌های رنگی^۲

برای ساختن سیمان‌های رنگی؛ مواد رنگی بی‌اثر شیمیایی را به سیمان می‌افزایند. (این نوع سیمان در فعالیت‌های آبخیزداری کاربری چندانی ندارد).

• سیمان برقی سیمان آلومینیومی^۳ یا سیمان فوندو

سیمان برقی نباید در هنگام مصرف با سیمان دیگر مخلوط شود. سیمان برقی تقریباً زورگیر بوده و در ۲ ساعت می‌گیرد و مقاومت اولیه‌ی زیادی دارد. مقاومت ۲۴ ساعته‌ی آن معادل مقاومت ۲۸ روزه‌ی ملات سیمان پرتلند می‌باشد. آب مورد نیاز سیمان برقی ۲ برابر سیمان معمولی و گرمای هیدراسیون آن نصف سیمان معمولی است. ملات سیمان برقی در برابر آب دریا و آب‌های سولفات‌دار و اراضی گچ‌دار مرطوب پایدار است. این نوع سیمان برای نمونه در سازه‌های دریایی نظیر اسکله و موج شکن که به دلیل جزر و مد نیاز به گیرش سریع دارند استفاده می‌شود. این نوع سیمان برای بتن‌ریزی در هوای سرد مناسب است و بتن را گرم نگه می‌دارد و از یخ زدن آن جلوگیری می‌کند.

• سیمان پرتلند هوازا^۴

این نوع سیمان در احداث راه‌های دسترسی در نقاط برف‌گیر کاربرد دارد. در حال حاضر سیمان‌های زیر استاندارد شده‌اند:

- سیمان پرتلند هوازا ASTM-C-150-78 با انواع IA, IIA, III

- سیمان پرتلند-پوزولان هوازا- نوع IP-A

¹ White Portland Cement

² High- alumina Cement

³ Slag Cement

⁴ Air- entraining Portland Cement

- سیمان روباره هوازا- نوع SA

- سیمان طبیعی هوازا- نوع NA طبق استاندارد ASTM-10-C-76

• سیمان سوپر سولفات^۱

این نوع سیمان در برابر خوردگی و تهاجم شیمیایی^۲ بسیار مقاوم است. این نوع سیمان در ساخت پایه‌ها و فونداسیون‌ها واقع در آب‌های شور یا گنداب‌ها مصرف دارد.

• سیمان زودگیر^۳

در مناطق و مواقعی که نیازمند گیرش سریع در بتن هستیم و نیز در اجرای پروژه‌های خاص نظیر اسکله^۴، موج شکن^۵ که در حد فاصل جزر و مد قرار دارند و زمان اجرا و ترسیم عملیات اجرایی در احداث آن‌ها اهمیت دارد از این نوع سیمان استفاده می‌شود.

• سیمان ضد باکتری

از این سیمان برای ساختن بتن لازم برای استخرهای ذخیره‌ی آب و سایر مکان‌های مستعد رشد باکتری‌ها نظیر سازه‌های بتنی جمع‌آوری نزولات جوی می‌تواند استفاده شود.

• سیمان‌های طبیعی (سیمان پرتلند پوزولایی)

واژه‌ی سیمان طبیعی به دو نوع سیمان اطلاق می‌شود:

- سیمان‌هایی که از پختن سنگ‌های سیمانی موجود در طبیعت به دست می‌آیند. ترکیب این نوع سیمان‌ها مشابه پرتلند معمولی و ویژگی آن‌ها بستگی به ترکیب سنگ طبیعی آن دارد. درجه‌ی پخت این سیمان‌ها کم‌تر از سیمان پرتلند بوده و ترکیب شیمیایی آن‌ها نزدیک به آهک‌های آبی است.

- سیمان‌هایی که از ترکیب گردهای باقیمانده‌ی آتشفشانی یا رسوب‌های دیاتومه یا آب آهک به دست می‌آیند، خاکسترها، پوک‌های سنگ‌ها و کف سنگ‌های آتشفشانی که سیلیس آن‌ها غیربلوری می‌باشد به تنهایی خاصیت چسبانندگی ندارند ولی گرد نرم آن‌ها چه به شکل طبیعی و چه به صورت عمل آورده با آهک واکنش داشته و تشکیل ترکیباتی را می‌دهند که خاصیت چسبانندگی دارند و در آب پایدارند. بنابراین نوعی سیمان هیدرولیکی به حساب می‌آیند. بهترین و مشهورترین پوک‌های سنگ از ناحیه‌ی پوزولی واقع در نزدیکی خلیج ناپل استخراج شده و «پوزولان» نامیده می‌شود. به این علت کلمه‌ی پوزولان^۶ به تمام موادی که دارای سیلیس اکتیو بوده و قادر به ترکیب با آهک هیدراته و سخت شدن باشند اطلاق می‌گردد. «تراس» پوک‌های سنگ دیگری است که مخلوط آن با دوغاب آهک در شمال اروپا مصرف می‌شود. براساس استاندارد ASTM-C5/5 سیمان پوزولان در چهار نوع Ip-A، Ip، P و p-A تولید می‌شود که نوع p-A آن برای کارهای بتنی حجیم نظیر سدها و شالوده‌های بزرگ در صورتی که مقاومت زودگیری مورد نظر نباشد به کار می‌رود. این سیمان هم چنین وقتی در احداث سازه حفاظت مصالح و آرماتور نیز منظور باشد در درون بتن بکار می‌رود.

¹ Super sulphated Cement

² Chemical attack

³ Quick setting Cement

⁴ Jetty

⁵ Groyne

⁶ Tide

⁷ Pozzolan

■ سیمان‌های آمیخته^۱

جز اصلی این سیمان‌ها کلینکر سیمان پرتلند است. همراه کلینکر مواد پوزولانی طبیعی یا مصنوعی یا مواد افزودنی ویژه‌ای آمیخته و آسیاب می‌شود. عمده‌ی این سیمان‌ها به شرح زیر است:

- سیمان پرتلند پوزولانی

این سیمان از اختلاط کامل گرد سیمان پرتلند و پوزولان طبیعی و یا مخلوط کردن کلینکر سیمان پرتلند و پوزولان و سپس آسیاب کردن مخلوطی از این دو با کمی سنگ گچ به دست می‌آید. درصد پوزولان معمولاً در مخلوط بین (۱۵٪) تا (۴۰٪) است. در ساختمان‌های بتنی معمولی و بیشتر در مواردی که مقاومت متوسط در مقابل سولفات‌ها و حرارت هیدراتاسیون متوسط مورد نظر باشد کارایی دارند.

- سیمان پرتلند روباره‌ی آهن‌گذاری

این سیمان از آسیاب کردن حدود (۵٪) تا (۸۵٪) کلینکر سیمان پرتلند به همراه (۹۵٪) تا (۱۵٪) سرباره‌ی کوره‌ی آهن‌گذاری (که سریعاً سرد شده) با کمی سنگ گچ به دست می‌آید. درصد سرباره در کشورهای مختلف متفاوت است. در ایران با افزودن حدود (۱۵٪) تا (۲۰٪) سرباره‌ی ذوب آهن اصفهان به کلینکر سیمان پرتلند در کارخانه‌ی سیمان سپاهان، سیمان سرباره ساخته می‌شود. هر دو نوع سیمان پرتلند پوزولانی و پرتلند روباره‌ی بسته به مقدار مواد پوزولانی و سرباره، کم و بیش در برابر سولفات‌ها پایدارند و بتن ساخته شده با آن‌ها خلل و فرج و نفوذپذیری کم‌تری دارد. این دو نوع سیمان در مقایسه با سیمان پرتلند معمولی دیرگیرتر بوده و گرمای آگیری آن‌ها نیز کم‌تر است. این نوع سیمان بیش‌تر در پی‌سازی و سازه‌های دریایی و اراضی سولفات دار [حوضه‌های آبخیز] کاربرد دارد.

- سیمان بنایی^۲

سیمان بنایی سیمانی است که در بیشتر کشورهای صنعتی به منظور مصرف در ملات‌ها و کارهای بنایی ساخته می‌شود. اکثر کارخانه‌ها فرمول خاص خود را برای ساختن این سیمان رعایت کرده و آن را مخفی نگه می‌دارند و منتشر نمی‌کنند. این سیمان معمولاً از مخلوط کردن حدود (۵۰٪) کلینکر سیمان پرتلند و حدود (۴۵٪) گرد سنگ آهک مرغوب و قدر سنگ گچ و برخی مواد افزودنی^۳ با مقاومت کم‌تر از سیمان پرتلند ولی دارای خواص مطلوب جهت کارهای بنایی ساخته می‌شود. بعضی سیمان‌های بنایی، آمیخته‌ای از سیمان پرتلند و آهک مرده و مواد افزودنی هستند. سیمان‌های ویژه‌ی دیگری نظیر سیمان چاه نفت، سیمان برقی، سیمان سوپر سولفات، سیمان منبسط شونده، سیمان با گیرش تنظیم شده^۴، سیمان با ماده‌ی حباب‌ساز^۵، سیمان آب‌بند کننده^۶، سیمان پلاستیک (خمیری)^۷، نیز وجود دارند که از بحث پیرامون آن‌ها خودداری می‌شود.

^۱ Blended Cement

^۲ Masonry Cement

^۳ مواد افزودنی بیش‌تر از نوع تولید کننده‌ی حباب هوا و کاهنده‌ی آب هستند.

^۴ Regulated set Cement

^۵ Air Entraining Portland Cement

^۶ Water Proofed Portland Cement

^۷ Plastic Cement

۱-۵- آزمایش سیمان

حداقل از هر دویست و پنجاه تن سیمان تحویل شده از یک کارخانه به کارگاه باید یک بار مطابق روش آشتو T-127 نمونه‌گیری شود و کلیه‌ی آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی برابر استانداردهای تعیین کننده‌ی کیفیت سیمان، گیرش و گیرش کاذب سیمان و نیز حرارت سیمان در مورد آن به عمل آید. هر گاه دستگاه نظارت ضروری تشخیص دهد و یا کیفیت سیمانی مشکوک باشد باید از سیمان‌های موجود در کارگاه و یا از هر محموله‌ی سیمان تحویل شده به کارگاه نمونه‌برداری و آزمایش به عمل آید. مصرف سیمان‌هایی که در آزمایش‌ها مردود شناخته شوند مجاز نیست و این سیمان‌ها باید از کارگاه خارج شوند. در مورد مصرف سیمان به نکات زیر نیز باید توجه شود:

- از موقعی که سیمان با کیفیت مناسب در کارخانه به پیمان‌کار تحویل داده می‌شود تا موقعی که این سیمان در کارگاه مورد مصرف قرار می‌گیرد، پیمانکار مسوول حفاظت تمامی خواص و کیفیت‌های آن می‌باشد. دستگاه نظارت می‌تواند برای حصول اطمینان از کیفیت سیمان گاه به گاه آن را طبق معیارهای مندرج در مبحث آزمایش سیمان آزمایش نماید.
- چنانچه نتایج آزمایش‌های بالا از نمونه‌های سیمان تحویل شده به کارگاه حاکی از عدم تطابق نمونه‌ها با مشکلات لازم باشد. تمامی محموله‌ای که نمونه‌ی مورد نظر از آن گرفته شده مردود اعلام می‌شود و پیمان‌کار موظف است این محموله را از کارگاه خارج کند.

۱-۶- گیرش و گیرش کاذب سیمان

گیرش کاذب سیمان باید براساس استاندارد شماره ۳۹۲ ایران انجام گیرد. سیمانی دارای گیرش کاذب تلقی می‌شود که در آزمایش مربوط به این موضوع میزان دومین نفوذ کمتر از نصف نفوذ اولیه باشد. در تعیین مقدار نفوذ اولیه، میله‌ی آزمایش باید دقیقاً بیست ثانیه بعد از تکمیل عمل اختلاط رها شود. گیرش اولیه‌ی سیمان معمولی در شرایط متعارف جوی نباید زودتر از ۴۵ دقیقه و گیرش نهایی آن نباید دیرتر از ۱۲ ساعت باشد.

۱-۷- حرارت سیمان

از مهم‌ترین مواردی که باید در مورد سیمان و به منظور تهیه‌ی بتن به آن توجه شود، درجه‌ی حرارت سیمان به هنگام اختلاط است. بالا بودن درجه‌ی حرارت موجب تسریع عمل آگیری شده و این امر، باعث افزایش درجه‌ی حرارت بتن و بالا رفتن نیاز به آب و نهایتاً پایین آمدن مقاومت بتن خواهد شد. درجه‌ی حرارت سیمان به هنگام وارد شدن به دستگاه بتن ساز نباید از ۷۷ درجه‌ی سانتی گراد در مناطق گرم تجاوز نماید^۱. در استاندارد آمریکا؛ گرمای هیدراسیون براساس دستور العمل C-186 اندازه‌گیری می‌شود. حرارت هیدراسیون سیمان پرتلند معمولی ۸۵ تا ۱۰۰ کالری بر گرم است و برای سیمان‌های مخصوص با حرارت هیدراسیون کم این عدد در حدود ۶۰ تا ۷۰ Cal/gr می‌باشد. وزن مخصوص سیمان حدود gr/cm^3 است و چگالی نشانه‌ی کیفیت سیمان نیست.

^۱ مأخذ: ACI 305- R77

۸-۱- ویژگی‌ها و حداقل حدود قابل قبول

سیمان‌های مصرفی در هر پروژه باید با شرایط اقلیمی، شرایط رویارویی و موقعیت عضو یا قطعه‌ی ساختمانی هدف سازگاری داشته باشند.

جدول شماره (۲-۱)، نشان دهنده‌ی ویژگی‌های شیمیایی انواع سیمان پرتلند می‌باشد.

جدول شماره (۳-۱)، نشان دهنده‌ی ویژگی‌های فیزیکی انواع سیمان پرتلند می‌باشد.

جدول شماره (۴-۱)، نشان دهنده‌ی مشخصات شیمیایی سیمان مصرفی در بتن مورد استفاده در بندها و سدها می‌باشد.

به علاوه سیمان‌ها باید با مندرجات آیین‌نامه‌ی بتن ایران انطباق داشته و الزامات آن را پاسخ‌گو باشند.

۹-۱- سیمان‌های مناسب برای مصارف گوناگون

برای مصارف مختلف و شرایط متنوع می‌توان سیمان‌هایی انتخاب نمود که در جدول زیر آمده است. بدیهی است این جدول جنبه‌ی راهنما داشته و قبل از اقدام و اخذ تصمیم قطعی در هر مورد باید آزمایش‌های لازم زیر نظر دستگاه نظارت صورت گیرد.

جدول (۲-۱). ویژگی‌های شیمیایی انواع سیمان پرتلند (مقادیر بر حسب درصد وزنی سیمان)

انواع					ویژگی‌ها
۵	۴	۳	۲	۱	
-	-	-	-	-	مقدار اکسید سیلیسیوم SiO_2 حداقل
-	-	-	۶/-	-	مقدار اکسید آلومینیوم Al_2O_3 حداکثر
-	۶/۵	-	۶/-	-	مقدار اکسید آهن Fe_2O_3 حداکثر
۴/-	۵/-	۵/-	۵/-	۵/-	مقدار اکسید منیزیم MgO حداکثر
					مقدار انیدرید سولفوریک SO_3
۲/۳	۲/۲	۳/-	۲/۵	۲/۵	الف) اگر C_3A (٪۸) یا کم‌تر باشد. حداکثر
-	-	۴/-	-	۳/-	ل) اگر C_3A بیش از (٪۸) باشد. حداکثر
۳/-	۲/۵	۳/-	۳/-	۳/-	افت سرخ شدن حداکثر
۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	باقیمانده‌ی نامحلول حداکثر
-	۳۵/-	-	-	-	سیلیکات تری کلسیم C_3S حداکثر
-	۴۰/-	-	-	-	سیلیکات دی کلسیم C_2S حداقل
-	۷/-	۱۵/-	۸/-	-	آلومینات تری کلسیم C_3A حداکثر
-	-	-	۵۸/-	-	$\text{C}_3\text{A} + \text{C}_3\text{S}$ حداکثر
۲۰/-	-	-	-	-	تتراکلسیم آلومینوفريت به علاوه دو برابر آلومینات تری کلسیم $(\text{C}_4\text{AF} + ۲\text{C}_3\text{A})$ حداکثر

جدول (۱-۳). ویژگی‌های فیزیکی انواع سیمان پرتلند

انواع					ویژگی‌ها
۵	۴	۳	۲	۱	
۲۶۰۰	۲۶۰۰	-	۲۶۰۰	۲۶۰۰	الف- نرمی - حداقل سطح مخصوص بر حسب سانتی‌متر مربع بر گرم به وسیله‌ی دستگاه بلن به وسیله‌ی دستگاه لوشتاولیه
-	-	-	-	۱۰	
%۸۰	%۸۰	%۸۰	%۸۰		ب- حداکثر انبساط - به وسیله‌ی اتوکلاو
۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	ج- گیرش - به وسیله‌ی سوزن ویکا
۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	گیرش ابتدایی بر حسب دقیقه نباید کمتر باشد از: گیرش نهایی بر حسب ساعت نباید بیشتر باشد از:
-	-	۱۲/۵	-	-	د- تاب فشاری
-	-	۲۴/۰	۸/۰	۹/۵	حداقل مقاومت ملات سیمان با ماسه‌ی استاندارد (که طبق قسمت پنجم استاندارد سیمان پرتلند تهیه و آزمایش می‌شود) باید با توجه به شرایط عمل‌آوری و سن بتن معادل مقادیر زیاد (برحسب مگاپاسکال) باشد.
۱۲/۵	۷/۰	-	۲۵/۰	۱۷/۵	یک روز در هوای مرطوب
۲۷/۰	۱۸/۰	-	۳۱/۵	۳۱/۵	یک روز در هوای مرطوب و ۲ روز زیر آب
-	-	-	۲۵/۰	۱۷/۵	یک روز در هوای مرطوب و ۶ روز زیر آب
-	-	-	۳۱/۵	۳۱/۵	یک روز در هوای مرطوب و ۲۷ روز زیر آب
-	-	۳۵	-	-	ه- تاب خمشی
-	-	۵۵	۱۵	۲۰	حداقل مقاومت ملات سیمان با ماسه‌ی استاندارد (که طبق قسمت پنجم استاندارد سیمان پرتلند تهیه و آزمایش می‌شود) باید با توجه به شرایط عمل‌آوری و سن بتن معادل مقادیر زیر (برحسب مگاپاسکال) باشد.
۳۰	۲۵	-	۳۵	۳۰	یک روز در هوای مرطوب
۵۰	۴۵	-	۵۰	۱۰	یک روز در هوای مرطوب و ۲ روز زیر آب
-	-	-	۷۰	-	یک روز در هوای مرطوب و ۶ روز زیر آب
-	-	-	۸۰	-	یک روز در هوای مرطوب و ۲۷ روز زیر آب
-	-	-	۷۰	-	و- حداکثر گرمای برحسب گالری بر گرم:
-	-	-	۷۰	-	۷ روزه
-	-	-	۸۰	-	۲۸ روزه

به علاوه سیمان‌ها باید با مندرجات آیین‌نامه‌ی بتن ایران انطباق داشته و الزامات آن را پاسخگو باشند.

ادامه‌ی جدول (۱-۳). ویژگی‌های فیزیکی انواع سیمان پرتلند

موارد مصرف	نوع سیمان مناسب
کارهای معمولی و عمومی شامل اسکلت‌های بتن آرمه، پل گلی، قطعات پیش ساخته‌ی بتن آرمه، ملات‌ها و اندودها و پی ساختمان‌هایی که در معرض حمله‌ی سولفات‌ها نباشند.	سیمان پرتلند معمولی (نوع ۱)
ملات‌های و اندودهای سیمانی تزئینی بتن‌های نمایان	سیمان سفید و رنگی
کارهای جسیم (یا حجیم) مانند سدهای وزنی، کارهایی که در معرض حمله‌ی ضعیف سولفات‌ها قرار دارند و بتن‌ریزی و اندودکاری در هوای گرم	سیمان پرتلند نوع ۲، سیمان پرتلند - سرپاره (با ۱۵٪) تا (۲۵٪) سرپاره و سیمان پرتلند - پوزولانی (با ۱۵٪) تا (۲۵٪) پوزولان
بتن‌ها با مقاومت زودرس، مواردی که قالب برداری زودتر از موعد مقرر مورد نظر است. بتن‌ریزی، بنایی و اندودکاری در هوای سرد	سیمان پرتلند نوع ۳
بتن‌ریزی و اندودکاری در هوای گرم، کارهای بتن حجیم که در معرض حمله‌ی سولفات‌ها نباشند.	سیمان پرتلند نوع ۴
مقابله با سولفات‌های قوی	سیمان پرتلند سرپاره (با بیش از ۲۵٪) سرپاره سیمان پرتلند پوزولانی (با بیش از ۲۵٪) پوزولان سیمان پرتلند نوع ۵، سیمان سوپر سولفات
مقابله با سولفات‌های قوی به همراه یون کلر، مقابله با واکنش سنگدانه‌ها و ساخت بتن متراکم با نفوذپذیری کم	سیمان پرتلند سرپاره (با بیش از ۵۰٪) سرپاره سیمان پرتلند پوزولانی (با بیش از ۴۰٪) و پوزولان
کارهای بنایی، مات‌ها و اندودها در شرایط عادی	سیمان بنایی، سیمان آهکی - پوزولانی ^۱ و سیمان آهکی - سرپاره ^۲

^۱ Lime -Pozzolan Cement^۲ Lime- Blast- furnace Slag Cement

جدول (۴-۱). مشخصات شیمیایی سیمان مصرفی در بتن بندها و سدها

شرایط	پارامتر
- ترکیب شیمیایی % آهک - % سیلیس محلول - % آلومینا - % اکسید آهن ۵/۰ % منگنز ۲/۷۵ % سولفور ۱/۵ % مولد غیر محلول ۴/۰ % اتلاف در احتراق ۱/۰۲ ۰/۶۶, > ۱/۰۲	(I) Lime (II) Soluble silica (III) Alumina (IV) Tron Oxide (V) Magnesia (VI) So_3 (VII) Insoluble residue (VIII) Loss on Ignition (IX) $\frac{C_{ao} - 0.7So_3}{2/8SiO_2 + 1/2AL_2O_3 + 0.65Fe_2O_3}$ (X) $\frac{AL_2O_3}{Fe_2O_3}$
- ریزی ۱۰/۰۰ ۲۸۰۰	درصد مانده روی الک BS_{175} Cm^2 / gr (سطح مخصوص <)
غلظت - %	
- زمان گیرش ۳۰ ۶۰۰	اولیه (دقیقه) I نهایی (دقیقه) II
سلامت ۱۰	انبساط لوشاتولیه (mm)
- مقاومت فشاری (kg/cm^2) ۱۶۰ ۲۲۰	۳ روز (I) ۷ روز (II)
- دمای گیرش (هیدراسیون Cal/gr) ۶۵ ۷۵	فقط برای سیمان‌ها با حرارت‌زایی کم ۷ روز (I) ۲۸ روز (II)

۱-۱۰- حمل و نقل و نگهداری

سیمان به دلیل حساسیت‌هایی که دارد (از جمله در جذب رطوبت)، حمل و نگهداری آن تابع قواعد و اصولی علمی است که لازم است در کارگاه‌های اجرایی مورد توجه پیمانکاران و دستگاه نظارت باشد، در غیر این صورت با افت کمی و کیفی مواجه خواهد شد و همین امر بر میزان کارایی سازه تاثیر گذار خواهد بود. فعالیت‌های آبخیزداری و منابع طبیعی غالباً در مناطق کوهستانی و عرصه‌های منابع طبیعی انجام می‌گیرند که جاده‌های دسترسی، اغلب با مشکلاتی مواجه می‌باشند و از طرفی میزان رطوبت محیطی نیز در مقایسه با مناطق دشتی بالاتر می‌باشد. از این رو طبیعتاً حمل و نقل نهاده‌ی سیمان و نگهداری آن در پروژه‌های آبخیزداری از حساسیت خاصی برخوردار است. لازم به ذکر است که کارگاه‌های احداث پروژه‌های آبخیزداری و منابع طبیعی در بسیاری موارد

کوچک می‌باشند، از این رو فاقد برخی تجهیزات و امکانات موجود در کارگاه‌های بزرگ است (به عنوان نمونه سیلوهای نگهداری سیمان وجود ندارند و یا برقراری این امکان به لحاظ فنی و اقتصادی فاقد توجیه می‌باشد). با این وجود در ادامه، راهکارهای حمل و نگهداری سیمان در شرایط مختلف ارائه می‌شود تا احیاناً در برخی فعالیت‌های آبخیزداری و حفاظت خاک که استفاده از حجم زیاد سیمان اجتناب‌ناپذیر می‌باشد دستورالعمل‌های مربوط نیز در اختیار باشند.

سیمان به دو صورت فله و پاکتی به فروش می‌رسد. در هر دو حال مشخصات انواع سیمان به صورت برچسب روی محموله درج می‌گردد. بارگیری، حمل و تخلیه‌ی انواع سیمان‌ها باید با دقت صورت گیرد و از اثر باران و رطوبت بر آن‌ها جلوگیری شود. ظروف حمل سیمان فله (بونکرها) باید پس از تخلیه تمیز شوند تا برای محموله‌ی بعدی ایجاد آلودگی نکنند. برچسب مشخصات سیمان باید روی سیلوی سیمان در کارگاه چسبانده شود. انبار کردن سیمان امری بسیار مهم و حساس است و از این رو رعایت نکات خاصی در انبار کردن سیمان در کارخانه قبل از فروش و در کارگاه‌ها قبل از مصرف ضرورت دارد. رطوبت عامل خطرناکی برای سیمان است و باید سیمان را در برابر آن حفاظت نمود. رطوبت موجود در هوا به تدریج باعث گرفتن سیمان و تولید کلوخه می‌شود و گاهی اوقات کلوخه‌ها به حدی سخت می‌شوند که نمی‌توان آن‌ها را با فشار انگشتان خرد کرد. سیمان حاوی این کلوخه‌های سخت شده را نمی‌توان برای کارهای ساختمانی به مصرف رساند. زیرا علاوه بر دیرگیر شدن سبب کاهش مقاومت بتن و ملات نیز می‌شوند.

در کارگاه‌هایی که کارهای پراکنده دارند و حجم کم سیمان در نقاط مختلف مورد نیاز است (مانند غالب کارگاه‌های آبخیزداری)، کیسه‌های سیمان اجباراً باید در فضای باز انبار شوند. در این صورت کف محلی که سیمان روی آن چیده شود باید خشک و دست کم ۱۰ سانتی‌متر از اطراف خود بالاتر باشد و امکان حرکت کامل هوا از کف وجود داشت استفاده از تخته و آجر برای بالا آوردن بستر و ورقه‌های پلاستیکی برای خشک نگه داشتن کف مفید است. شکل (۱-۱) نشان دهنده‌ی چیدمان کیسه‌های سیمان به وسیله‌ی روکش‌های برزنتی و یا پلاستیکی می‌باشد. کیسه‌های سیمان چیده شده بر روی هم در این روش بایستی با روکش برزنتی یا پلاستیکی پوشیده شده و لبه‌های پوشش به اندازه کافی هم پوشانی داشته باشند و در بالا و اطراف اجسام سنگینی مانند آجر یا سنگ روی آن‌ها قرار داده شود. در هر حال نگهداری سیمان به این ترتیب نباید برای مدت طولانی ادامه داشته باشد. در کارهای بزرگ‌تر که قرار است سیمان پاکتی مصرف شود؛ کیسه‌های سیمان باید در انبارهای مخصوصی نگهداری شوند. سقف، دیوار و کف انبار باید کاملاً نم‌بندی شده و کیسه‌های سیمان به فاصله‌ی دست کم ۳۰ سانتی‌متر از دیوار چیده شوند. حداکثر ارتفاع کیسه‌ها ۱/۵ متر و پهنای ردیف کیسه‌های چیده شده پهلوی هم ۳ متر است.

■ سیمان پرتلند نبایستی در تماس با رطوبت انبار شود بلکه لازم است به صورت خشک نگهداری شود تا از خرابی آن جلوگیری به عمل آید. در مناطق خشک حداکثر می‌توان ۱۲ پاکت سیمان را روی هم انبار کرد مشروط بر این که ارتفاع آن‌ها از ۱/۸ متر تجاوز نکند و برای زمان بیش‌تر تا ۷ ردیف خواهد بود.

■ سیمان‌هایی که ۲ ماه یا بیش‌تر در انبار نگهداری شده باشند بایستی زودتر به مصرف برسد. کف انبار باید بین ۸۰ تا ۱۲۰ سانتی‌متر از سطح زمین بالاتر باشد تا ورود آب، نشست برف انبار شده در پشت دیوارها و حرکت نم رو به بالا حتی الامکان محافظت گردد.

سقف و دیوارها باید حتی الامکان آب‌بندی و نم‌بندی باشد. کف انبار باید با بلوک‌آژ یا عایق مناسب نم‌بندی گردد. مصرف سیمان‌هایی که بیش از ۴ ماه انبار شده باشند مجاز نیست و در صورت اجبار در مصرف این گونه سیمان‌ها باید آن‌ها را طبق نظر دستگاه نظارت و

براساس روش‌های ارایه شده در این نشریه مورد ارزیابی مجدد قرار داد و پس از انطباق با مشخصات به مصرف رسانید. چنانچه سیمان در کامیون یا سایر وسایل مشابه کارگاه حمل می‌شود باید روی آن‌ها را با برزنت یا پوشش‌های نفوذناپذیر مشابه پوشانید. سیمان باید بعد از تحویل مصرف شود تا از توقف بیش از حد آن در انبار جلوگیری گردد. سیمانی که به خاطر جذب آب یا تحت تاثیر سایر عوامل خراب یا به طریقی غیرقابل استفاده شود قابل قبول نیست و باید از کارگاه خارج شود. مصرف سیمان مرطوب، سخت و کلوخه شده و یا سیمانی که به صورت پودر نباشد مجاز نیست.

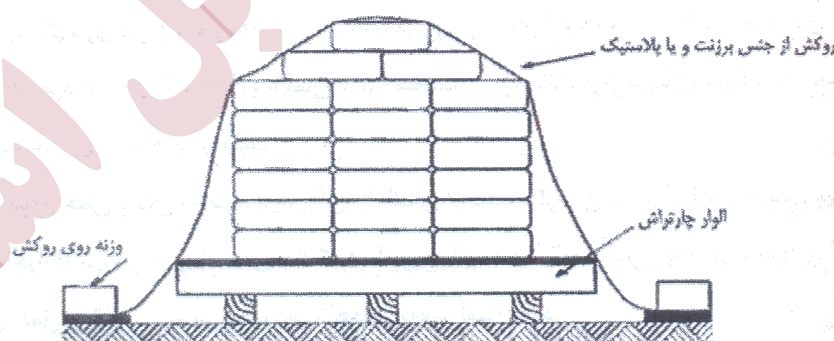
■ چنانچه در دفترچه‌ی مشخصات فنی خصوصی یا توسط دستگاه نظارت و برای مصارف خاصی مصرف سیمان زودگیر یا انواع دیگر سیمان اجازه داده شود قسمت‌های جداگانه‌ای از انبار باید به این سیمان‌ها اختصاص داده شود. انواع مختلف سیمان باید با علایم مورد قبول دستگاه نظارت از یک‌دیگر قابل تمیز باشد.

■ سیمان را می‌توان بدون کیسه حمل نمود به شرط آن‌که هنگام حمل در مقابل تاثیر عوامل جوی محافظت شده و در سیلوهای نفوذناپذیر انبار شود.

■ در شرایط عادی؛ پیمانکار باید همواره معادل مصرف بیست‌روز کاری سیمان در انبار موجود داشته باشد.

سیمانی که به مدت طولانی انبار شود ممکن است به صورت کلوخه‌های فشرده درآید. این‌گونه کلوخه‌های سیمان را می‌توان با غلتاندن پاکت‌های روی کف انبار خرد کرد. به هر حال سیمان باید در زمان مصرف به صورت پودر فاقد کلوخه باشد. در صورتی که کلوخه‌ها به سهولت خرد نشوند باید سیمان را قبل از مصرف مورد آزمایش‌های استاندارد قرار داد. معمولاً اگر کلوخه‌ها با یک بار غلتاندن پودر نشوند قابل مصرف نیستند و حتماً ضرورت دارد مورد آزمایش قرار گیرند. قابل ذکر است خرد کردن کلوخه‌ها باعث رفع فساد سیمان نمی‌گردد و تنها موجب مشکوک باشد باید نسبت به آزمایش مقاومت فشاری ملات ماسه سیمان استاندارد یا آزمایش افت وزنی ناشی از سرخ شدن مبادرت نمود. به طور کلی انبار کردن سیمان به مدت طولانی در کاهش مقاومت و دوام بتن نقش به سزایی دارد.

شکل شماره (۱-۱)، نشان دهنده‌ی نحوه‌ی چین کیسه‌های سیمان را به وسیله‌ی روکش‌های برزنتی یا پلاستیکی می‌باشد.

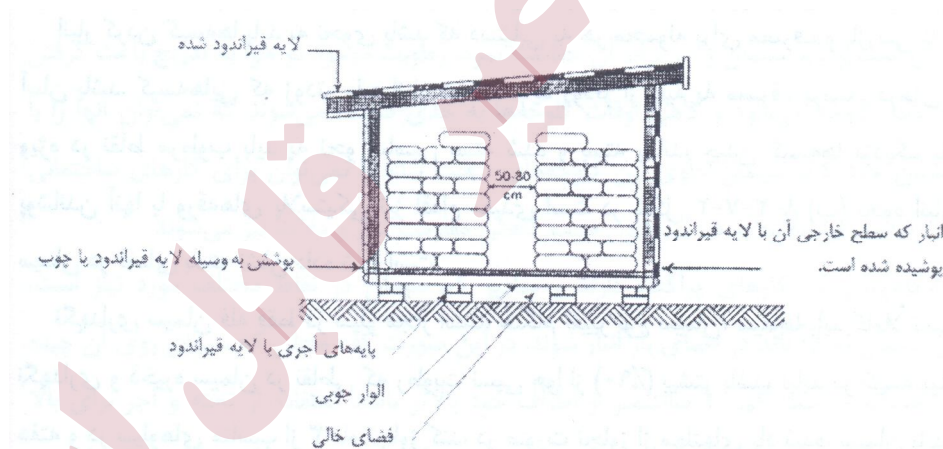


شکل (۱-۱). نحوه‌ی چین کیسه‌های سیمان را به وسیله‌ی روکش‌های برزنتی یا پلاستیکی

انبار کردن کیسه‌ها باید به نحوی باشد که دستیابی به هر محموله برای مصرف و بازرسی یا آزمایش آسان باشد. کیسه‌هایی که زودتر وارد انبار شده‌اند، باید زودتر از بقیه به مصرف برسند. درهای انبار به ویژه در نقاط مربوط باید به نحو مناسبی بسته شده و بسته بماند. چین کیسه‌ها نزدیک به هم و پوشاندن آن‌ها با ورقه‌های پلاستیکی نیز اقدام مفیدی است.

شکل شماره (۱-۲)، نشان دهنده‌ی نحوه‌ی انبار کردن سیمان در فضای بسته می‌باشد.

نگهداری سیمان فله فقط در سیلو مجاز است. هنگام تغییر نوع سیمان، سیلوها باید کاملاً تمیز شوند. نگهداری و ذخیره‌ی سیمان در نقاطی که رطوبت نسبی هوا از (۹۰٪) بیش‌تر باشد نباید در کیسه بیش از ۶ هفته و در سیلوهای مناسب از ۳ ماه تجاوز کند. در صورت تجاوز از مهلت‌های یاد شده؛ سیمان باید قبل از مصرف آزمایش شود. سیمانی که برای مدت زیادی انبار شود ممکن است به صورت کلوخه‌های فشرده درآید. این گونه سیمان را می‌تواند با غلتاندن کیسه‌ها روی کف اصلاح نمود. چنان‌چه با یک بار غلتاندن کلوخه‌ها باز شود سیمان قابل مصرف است و گرنه باید آزمایش‌های مقاومت استاندارد یا آزمایش افت ناشی از گرما دادن (افت سرخ شدن) به منظور اطمینان از مرغوبیت سیمان انجام شود. چنان‌چه سیمانی مورد آزمایش قرار گیرد و ویژگی‌های آن مطابق استاندارد نباشد دستگاه نظارت حق دارد مصرف آن را ممنوع و خروج آن را از کارگاه خواستار شود. برای نگهداری انواع و مارک‌های مختلف سیمان بر پایه‌ی نام کارخانه‌ی سازنده باید محل‌های جداگانه‌ای را در نظر گرفت. روی کیسه‌های سیمان باید مشخصات آن از جمله نوع سیمان، مارک کارخانه‌ی سازنده و تاریخ بسته‌بندی و غیره چاپ شود. در موقع حمل و نقل سیمان، باید برای جلوگیری از پخش گرد آن در هوا مقررات ایمنی ویژه‌ای را به مرحله اجرا گذاشت و به ویژه برای پیشگیری از ورود آن به دستگاه تنفسی، بایستی در محل‌هایی که در آن‌جا سیمان حمل و نقل و انبار می‌شود، دستگاه‌های تهویه تعبیه نمود. به طور کلی در حمل و نقل و انبار کردن سیمان، رعایت استاندارد شماره ۲۷۶۱ ایران، با عنوان استاندارد آیین کاربرد، حفاظت و انبار کردن سیمان در کارگاه‌های ساختمانی الزامی است.



شکل (۱-۲). انبار کردن سیمان در فضای بسته

۱ - ۱۱ - کارخانه‌های تولید سیمان در ایران

در دهه‌های گذشته احداث و توسعه‌ی صنایع تولید کننده‌ی سیمان در ایران رشد فزاینده‌ای داشته است. تولید انواع سیمان در کارخانجات مذکور متناسب با نیازهای داخلی در اقلیم‌های مختلف و تحت شرایط استفاده‌های متعدد می‌باشد. تجربه دهه‌های اخیر استفاده از این سیمان‌ها در سازه‌های ساختمانی و تا پروژه‌های عظیم بتنی (نظیر سدهای بتنی و فونداسیون سدهای خاکی) کارایی آن را در جغرافیای طبیعی مختلف ایران به اثبات رسانده است. برخی شرکت‌های تولید کننده‌ی سیمان در کشور به قرار زیر می‌باشند:

آباد، آبیک، اکباتان (همدان)، ارومیه، اصفهان، استهبان، اردبیل، ایلام، باقران (خراسان جنوبی)، بهبهان، بجنورد، بوشهر، بهروک یزد، زاوه تربت، تهران، تهران واحد، خاش، خزر، خوزستان، داراب، دشتستان، دورود، زنجان، ساروج اصفهان، ساروج بوشهر، سپاهان، سفید نیریز، سفید ساوه، سبزوار، شاهرود، شرق (مشهد)، شمال، شهرکرد، صوفیان، عمران انارک، غرب، فارس نو (شیراز)، فراز فیروزکوه، فیروزکوه، قائن، قشم، کردستان (بیجار)، کرمان، کارون (مسجد سلیمان)، کویر کاشان، گیلان سبز، کهکلیویه (یاسوج)، مازندران (نکا)، ممتازان (رفسنجان)، لارستان، لوشان، هگمتان (رزن)، هرمزگان (بندر خمیر) و جوین (سبزوار) و غیره

با توجه به پراکندگی جغرافیایی شرکت‌های تولیدی سیمان در کشور به قراری که ذکر گردید، توجیه اقتصادی پروژ ه‌های سازه‌ای آبخیزداری ایجاب می‌کند حتی المقدور از سیمان‌های متناسب سازه‌ی هدف که در صنایع نزدیک به منطقه‌ی طرح تولید می‌شوند استفاده گردد. در هر صورت هر گونه استحکام سازه بهتر است با اتکا به مناسب ترین و در دسترس ترین نوع سیمان مورد نیاز طراحی شود تا علاوه بر تحقق پایداری سازه از توجیه اقتصادی نیز برخوردار باشد.

فصل ۲

استانداردهای خاک

چشم خوش - عید - قابل استناد

۲- خاک

۲-۱- دامنه‌ی کاربرد

در مطالعات حفاظت خاک و آبخیزداری و نیز اصلاح و توسعه‌ی مراتع در مواردی « خاک » به عنوان « بستر تولید » مطرح می‌باشد. در این صورت خاک لازم است دارای ضوابط و استانداردهای مورد نیاز به منظور ایجاد و یا توسعه‌ی پوشش گیاهی باشد.

« خاک » مجموعه‌ی فعالی می‌باشد که در حد فاصل جو، آب و قشر جامد زمین تشکیل شده است که از اثر مشترک آب و هوا و جانوران بر سنگ پدید آمده است و پس از تکامل تدریجی به حد تعادل رسیده است. خاک مخلوطی از مواد معدنی و آلی است که محل فعالیت رشد و نمو موجودات زنده می‌باشد. در این تعریف و نظایر آن خاک از جنبه‌ای کلی مورد توجه قرار گرفته و می‌گیرد و به نوع کاربرد خاک (بستر تولید و یا به عنوان مصالح) اشاره‌ای نمی‌شود. خاک از منظر « کشاورزی و باغداری » به منزله‌ی محیط رشد گیاهان (محصولات زراعی و باغی) مطرح می‌باشد. در این نگاه، خاک از جنبه‌های عوامل موثر در رشد گیاه (فیزیک خاک، شیمی خاک، بیولوژی خاک، رده بندی خاک) مطرح می‌باشد. برای رسیدن به چنین سطحی مطلوب از خاک، مطالعات خاکشناسی و عملیات خاکی (تسطیح اراضی، خاک شویی، زهکشی، کود پاشی، شخم و ...) در دستور کار قرار دارند. « توسعه‌ی پایدار کشاورزی » یک یا مجموعه‌ای از فعالیت‌های فوق را برای تمامی سطوح تحت کشت توصیه می‌نماید. بنابر این خاک در فعالیت‌های زراعی و باغی آن طور که آمد بستر تولید است و تلاش‌ها معطوف به هر چه بهتر شدن این بستر برای تولیدات زراعی در همه‌ی وسعت مزارع می‌باشد. در عرصه‌های منابع طبیعی و وقتی هدف اصلاح عرصه با فعالیت‌های « بیولوژیکی » و یا « بیومکانیکی » - آن جا که همراهی پوشش گیاهی اجتناب ناپذیر می‌نماید - می‌باشد خاک نیز به عنوان بستر تولید گیاهان مرتعی مطرح است. چون در اصلاح و توسعه‌ی مراتع تاکید ویژه‌ای بر ایجاد، تقویت و توسعه‌ی پوشش گیاهی موجود است. هدف دست یابی به « کلیماکس » ی از وضع موجود - و نه بیشتر - است. با این رویکرد مباحث مربوط به مطالعه و عملیات خاکی صرفاً در حد دستیابی به این حد مطلوب مطرح است. آشکار است که وسعت عرصه‌های منابع طبیعی کشور در مقایسه با سطوح زراعی بسیار گسترده است و اصولاً رسیدن به سطحی مطلوب از کیفیت برای همه‌ی این پهنه متضمن صرف هزینه‌های بسیار و بکارگیری امکانات بسیار بالاتری است که اساساً فاقد توجیهات اقتصادی و فنی می‌باشد. بنابراین برنامه‌های بیولوژیکی مرتع داری و « بیو » مکانیکی آبخیزداری برای عرصه‌هایی تحت مدیریت و پایلوت‌های هدف، مطرح و اجرایی می‌شوند و مطالعه‌ی خاک نیز در همین مقیاس به انجام می‌رسد. بنابراین تفاوت در میزان و نوع پرداختن به مطالعه خاک کشاورزی و یا منابع طبیعی مطابق آن چه اشاره گردید حایز اهمیت می‌باشد. به عنوان مثال: در کشاورزی گاه‌ها عملیات خاک شویی و زهکشی با هدف دستیابی به بستر مطلوب کشت صورت می‌گیرد اما در عرصه‌های منابع طبیعی وضع موجود و گاه‌ها نامطلوب بستر پذیرفته می‌شود و براساس وضع موجود برای دستیابی به هدف مطلوب، برنامه‌ریزی می‌شود و یا شخم و کیفیت آن در عرصه‌های زراعی برای بهبود فیزیک خاک و در همه سطوح زراعی امری حیاتی است که هر باره لازم و ضروری است و توصیه می‌شود اما در محدوده‌های منابع طبیعی شخم نه فعالیتی الزامی که در پروژه‌هایی خاص به منظور افزایش نفوذپذیری خاک (در قالب برنامه‌هایی مانند ریپر، پیتینگ و ... و نیز در بخش‌هایی از سطح) صورت می‌گیرد.

خاک در کارکرد مصالح (برای فعالیت‌های مکانیکی) توده‌ای از ذرات کانی است که همراه با هوا و آب موجود در فضاهای خالی، سیستم سه فازی را تشکیل می‌دهند. هر سازه‌ی مکانیکی که طراحی و اجرا می‌شود به هر حال بر روی زمین قرار می‌گیرد. از این رو شناخت رفتار لایه‌های خاک در طراحی ایمن سازه‌ها بسیار مهم است. از طرفی بسیاری فعالیت‌های مکانیکی در آبخیزداری متکی بر پردازش مصالح خاکی موجود است. بنابر این سازه‌ی مورد نظر و نیز بستر سازه لازم است از پایداری مطلوب برخوردار باشند. در چنین کارکردی، کانی‌ها و عناصر خاک به عنوان « مصالح » و « بستر » از جنبه‌های مکانیکی (حد اقباض، شاخص خمیری، حد خمیری حد روانی، تنش و ...) مورد توجه قرار دارند. وقتی هدف مطالعه و اجرا فعالیتی بیو مکانیکی باشد طبیعتاً ترکیبی از دانش خاک با هدف اصلاح و توسعه‌ی پوشش گیاهی به نحوی که مطرح شد و خاک به عنوان مصالح و بستر مطلوب کار، همزمان مورد توجه و تاکید قرار می‌گیرند. با توجه به مطالبی که ذکر شد نوع و دامنه‌ی مطالعه‌ی خاک را در فعالیت‌های آبخیزداری و منابع طبیعی، هدف مطالعه (فعالیت‌های مکانیکی، بیومکانیکی، بیولوژیکی و یا مدیریتی) تعیین می‌نماید. انتخاب نوع خاک در یک پروژه نیز تابعی از نوع فعالیت می‌باشد. به عنوان نمونه اشاره می‌شود که در عملیات مکانیکی پخش سیلاب، خاک عرصه‌ی تحت مطالعه و اجرا بایستی از نفوذپذیری مناسبی برخوردار باشد از قابلیت رویش پوشش گیاهی هدف برخوردار باشد و نیز وقتی خاک به عنوان کانال‌های انتقال و یا در مرزبندی کانال‌ها استفاده می‌شود بتواند در مقابل آب و برای پایداری از شرایط لازم برخوردار باشد و یا در پروژه‌های احداث سد خاکی شرایط فیزیکی خاک در بدنه‌ی سد و هسته‌ی آن طبیعتاً بایستی متناسب با هر یک از کاربری‌های فوق باشد. هم چنین در پروژه‌های بیومکانیکی نظیر بانکت گذاری و پیتینگ، خاک همزمان با این که لازم است دارای قدرت نفوذپذیری باشد بایستی بتواند در مقابل نیروی‌های تنشی و برشی آب مقاوم بوده و در صورتی که مطالعه بخواهد پوشش گیاهی عرصه را ایجاد و یا تقویت نماید نیز بایستی خاک عرصه دارای خصوصیات فیزیکی و شیمیایی برای ایجاد این هدف باشد. از این رو اهداف مطالعه و نیز شرایط به کارگیری خاک را در هر پروژه، شرایط موجود محیطی و سطح انتظار از برنامه‌ی مورد نظر تعریف و تعیین خواهند کرد به عبارتی دیگر مرز بکارگیری دانش خاک در هر پروژه و در هر بخش از عملیات تابعی از شرایط و اهداف مطالعه می‌باشد.

همان گونه که به تفصیل آمد: از آن جا در استفاده از خاک در پروژه‌های مختلف و یا حتی بخش‌های مختلف یک پروژه نمی‌توان نوع واحدی از خاک را ملاک عمل قرار داد و نیز به دلیل گستردگی مباحث پیرامونی « خاک »، در جلد دوم گزارش، به تفکیک هر یک از عملیات آبخیزداری و منابع طبیعی، مباحث مربوط به خاک در ردیف مشخصی در جداول « شاخص‌ها، معیارها و ضوابط » ارایه شده است. هر پروژه در صورت وجود و یا برقراری شرایط خاکی مربوط و در صورت فراهم بودن سایر خصوصیات می‌تواند قابلیت اجرایی داشته باشد. علاوه بر آن، سیمای کلی خاک‌های ایران بر اساس نتایج موسسه‌ی تحقیقات خاک و آب در فصل ۱ از مجلد اول نخست، ارایه شده است و استعداد آن در ارتباط با زراعت، جنگل و مرتع به اجمال بررسی شده است. نشریه‌های ۴۶۶ و ۴۶۷ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور به ترتیب با عناوین « دستورالعمل انجام مطالعات خاک شناسی » و « دستورالعمل تجزیه‌های آزمایشگاهی نمونه‌های خاک و آب » نیز حاوی مطالب ارزشمندی در ارتباط با « مطالعات خاک » در کاربری‌های مختلف از جمله آبخیزداری و منابع طبیعی نیز قابل استفاده می‌باشند. مطالعات خاک شناسی در فازهای ۱ پروژه‌های توجیهی خاک را تا سطح استعداد یابی، تعیین کاربری‌ها و ارایه راهکارهای کلی بهبود شاخصه‌های خاک بررسی می‌نمایند و در فازهای ۲، خاک تا سطوح بکارگیری به عنوان بخشی از محیط اجرایی و یا مصالح و نیز تعیین منابع قرضه و تشخیص خصوصیات شیمیایی و خصوصاً فیزیکی و مکانیکی آن مطالعه می‌شود.

نمونه‌های فوق نشان می‌دهند که «خاک» یا به عنوان مصالحی در قالب «بستر تولید» مطرح می‌باشد و یا خاک در قالب تعاریف مصطلح «مصالح» مطرح است. از طرفی خاک و خاک‌شناسی از جنبه‌های فیزیک خاک، شیمی خاک، بیولوژی خاک، مکانیک خاک، ارزیابی اراضی و کاربری آن علمی گسترده است و بر همین اساس «مطالعات خاک‌شناسی» نیز دامنه‌ای وسیع را در برمی‌گیرند. از این رو هدف مطالعه تعیین کننده‌ی سطح انجام مطالعات خاک‌شناسی خواهد بود.^۱

در مهندسی خاک، «طبقه بندی خاک» بسیار مهم می‌باشد. در طبقه بندی مذکور یک خاک در گروهی از خاک‌ها که رفتار مشابهی دارند مورد تحلیل قرار می‌گیرد. معمول ترین خصوصیات مورد نیاز طبقه بندی عبارتند از: اندازه‌ی دانه‌ها و میزان خمیری خاک. از آن جایی که طبقه بندی‌های خاک به عنوان کوششی برای کمک به حل مسایل است لذا طبقه بندی برای بسیاری مسایل مهندسی توسعه یافته است. که در ادامه برخی مهم ترین آن اشاره می‌گردد. از جمله‌ی این طبقه بندی‌ها: یونیفاید، AASHTO می‌باشند.

دانه بندی خاک به لحاظ فیزیکی و براساس استانداردهای موجود در بخش‌های مختلف گزارش درج گردیده است به عنوان نمونه سامانه‌ی طبقه بندی خاک براساس نتایج یونیفاید (ASTMD- 2487) در فصل بندهای خاکی به عنوان مبنای دانه بندی خاک از جنبه‌ی مکانیکی و نیز سامانه‌ی مقایسه‌ی کلاس‌های اندازه‌ی خاک و قطعات سنگی در سامانه‌های مختلف در بخش ضمیمه گزارش درج گردیده است. استفاده از نتایج فوق برای فازهای مطالعاتی و اجرایی سایر پروژه‌های مطرح (منابع قرضه و اجرا) توصیه می‌شود. در ادامه‌ی مطالب این فصل خصوصیات خاک که دارای کارایی در فعالیت‌های آبخیزداری و منابع طبیعی می‌باشند ارایه خواهند شد.

۲-۲- تعاریف

سرزمین^۲ منطقه‌ای از سطح زمین که همه‌ی ویژگی‌های نسبتاً پایدار یا قابل پیش‌بینی زیست کره به صورت عمودی در بالا و پایین آن قرار گرفته باشد «سرزمین» نامیده می‌شود. از آن جمله می‌توان به اتمسفر در بالاترین قسمت، خاک و ساختار زمین‌شناسی زیرین در پایین‌ترین قسمت، زمین ریخت‌های وابسته به آن، هیدرولوژی، جوامع گیاهی و جانوری، جوامع میکروبیولوژیکی و برآیند (نتایج) فعالیت‌های گذشته و حاضر انسان اشاره نمود. این عوامل بر روی استفاده از سرزمین در حال حاضر و برنامه‌ریزی برای آینده نقش موثری دارند. سرزمین دارای یک گسترش جغرافیایی است و براساس همه‌ی خصوصیات که بر کاربری زمین تاثیر گذارند تشریح می‌شود. با توجه به این تعریف به خوبی می‌توان دریافت که خاک تنها بخشی از سرزمین است و بدیهی است که نقشه‌ی سرزمین از نقشه‌ی خاک متفاوت است.

خاک همان گونه که در تعریف سرزمین مشخص شد خاک به عنوان جزیی از سرزمین محسوب می‌شود. خاک واژه‌ای عمومی است که برای توده‌های طبیعی تشکیل شده از مواد معدنی و آلی بر روی سطح زمین مورد استفاده قرار می‌گیرد و قسمت اعظم سطح زمین را پوشش می‌دهد. خاک دارای موجودات زنده می‌باشد و قابلیت حمایت از گیاهان در فضای باز را دارد و در مناطقی که فعالیت‌های انسانی وجود دارد تغییرپذیر است. حد بالایی خاک به هوا یا آب‌های کم عمق محدود می‌گردد اما تعریف حد پایینی که

^۱ در این رابطه: کتاب «شالوده‌ی آمایش سرزمین» تالیف دکتر مجید مخدوم؛ روش‌های شناسایی منابع (خاک، سنگ و ...) و نیز چگونگی ارزیابی توان اکولوژیکی عرصه‌ها را تشریح می‌نماید.

^۲ Land

آن را از مواد غیرخاکی زیرین تفکیک می‌کند، مشکل می‌باشد. حد پایینی خاک اغلب تا جایی امتداد می‌یابد که یا به سنگ بستر سخت برسد و یا به مواد زمینی که فاقد موجودات زنده، ریشه‌ها و یا نشانه‌های دیگری از فعالیت‌های بیولوژیکی باشد محدود شود. بنابراین حد پایینی خاک به طور طبیعی همان حد پایینی فعالیت‌های بیولوژیکی است که این حد نیز معمولاً با عمق توسعه‌ی ریشه‌ی گیاهان چند ساله‌ی بومی منطقه انطباق دارد. به طور کلی خاک در مقایسه با سنگ بستر زیرین خود از افق‌هایی در نزدیکی سطح زمین تشکیل شده است که تحت تاثیر اثرات متقابل اقلیم، پستی و بلندی، مواد مادری و موجودات زنده در طول زمان تغییر و تحول می‌یابد و توانایی رشد گیاهان مختلف را دارا می‌باشد.

مطالعات خاکشناسی مجموعه عملیاتی است که برای جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها، بررسی عوامل کنترل‌کننده‌ی تشکیل و پراکنش خاک‌ها، تشریح خصوصیات، طبقه‌بندی، تجزیه‌ی نمونه‌های خاک، تهیه‌ی نقشه‌ی پراکنش جغرافیایی، تفسیر خاک‌ها برای کاربری‌های گوناگون و تدوین گزارش نهایی یک منطقه‌ی معین طبق استانداردها، ضوابط فنی و دستورالعمل‌های رایج انجام می‌شود.

فیلتراسیون^۱ عبارت است از ایجاد مرزی پایدار بین خاک و زهکش در مسیر حرکت آب.

۲-۳- انطباق با ضوابط و استانداردها

- نشریه‌ی شماره ۵۵: مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- نشریه‌ی شماره ۱۲۰: آیین‌نامه‌ی بتن ایران «آبا»، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- نشریه‌ی شماره ۴۶۶: دستورالعمل انجام مطالعات خاکشناسی، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- نشریه‌ی شماره ۲۵۵: دستورالعمل آزمایش‌های آبشویی خاک‌های شور و سدیمی در ایران، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- نشریه‌ی شماره ۱۶: طراحی و اجرای سازه‌های خاک مسلح، معاونت امور آب وزارت نیرو،

۲-۴- برنامه‌ریزی مطالعات خاکشناسی

مطالعات خاک شناسی طبق گام‌های زیر برنامه‌ریزی می‌شود (روش‌شناسی شناسایی منابع خاک، ۲۰۰۰، راهنمای شناسایی خاک، ۱۹۹۳).

- **تعیین اهداف کلی و جزئی مطالعات**
- **برنامه‌ریزی چارچوب مطالعات:** شامل تعیین مقیاس و سطح دقت، نوع واحدهای نقشه، روش کار، نیروی متخصص مورد نیاز و برنامه زمان‌بندی انجام مطالعات.

^۱ Filtration

- **گردآوری و تجزیه و تحلیل داده‌های ستادی:** گردآوری و تجزیه و تحلیل اطلاعات و داده‌های مکانی و غیرمکانی عوامل کنترل کننده‌ی پراکنش خاک‌ها (مانند زمین‌شناسی، زمین ریخت‌شناسی، کاربری/ پوشش اراضی، اقلیم و پستی و بلندی) و مطالعات خاکشناسی قبلی.
- **تهیه‌ی نقشه‌ی تفسیری لندفرم‌ها:** بر مبنای اصول تجزیه‌ی زمین‌نما و بر پایه‌ی روابط خاک و لندفرم‌ها.
- **تهیه‌ی نقشه‌ی اولیه‌ی خاک:** شامل تفسیر مقدماتی عکس‌های هوایی و یا تصاویر ماهواره‌ای، انتخاب نقاط مشاهداتی و تهیه‌ی راهنمای توصیفی نقشه‌ی اولیه.
- **عملیات میدانی:** شامل حفاری و تشریح نقاط مشاهداتی و محدوده‌ای آن‌ها، نمونه‌برداری خاک، تعیین موقعیت دقیق نقاط با سامانه‌ی مکان‌یاب جهانی (GPS) ^۱ و انتقال آن روی نقشه، کنترل و اصلاح مرزهای واحدهای نقشه‌ی اولیه، تهیه‌ی راهنمای تطبیقی نقشه‌ی خاک.
- **انجام تجزیه‌های آزمایشگاهی نمونه‌های خاک**
- **بررسی و کنترل کیفیت نقشه:** شامل بررسی میزان انطباق و همبستگی واحدهای مجزا شده بر روی نقشه با طبیعت و رعایت استانداردهای فنی.
- **آماده‌سازی نقشه‌ی نهایی خاک:** شامل انتقال نقشه‌ی خاک بر روی نقشه‌ی مبنایی، عمومی‌سازی ^۲ تاکسونومیک، کارتوگرافی مکانی و انجام کارهای تکمیلی، کنترل علایم و نشانه‌های استاندارد و چاپ آن.
- **تفسیر اطلاعات خاک‌شناسی:** شامل تعیین قابلیت‌ها و محدودیت‌های واحدهای نقشه‌ی خاک برای کاربری‌های کشاورزی و غیرکشاورزی طبق دستور العمل‌های استاندارد و ضوابط مطالعات خاک‌شناسی کشور (تفسیر اطلاعات خاک‌شناسی به تهیه‌ی دستور العمل جداگانه نیاز دارد).
- **ارایه گزارش نهایی:** شامل تجزیه و تحلیل اسناد پشتیبان (نقشه‌های زمین‌شناسی، زمین ریخت‌شناسی، کاربری/ پوشش اراضی، اقلیم، پستی و بلندی، عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای)، تشریح کامل روش انجام کار، تشریح و طبقه‌بندی خاک‌ها، ارایه جدول تجزیه‌های آزمایشگاهی و جداول تفسیری، تشریح نقشه‌ی جامع خاک و فهرست منابع مورد استفاده.

۲-۵- تشریح غیر خاک

به منظور شناسایی و ارایه‌ی گزارش خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و با توجه به هدف پروژه، نمونه‌های خاک برداشت شده در آزمایشگاه مورد آزمایش و سپس تحلیل قرای می‌گیرند:

مطالعات مربوط به ضمیر خ خاک عبارت است از:

- روش مشاهدات و نوع نمونه‌برداری
- رده‌بندی تاکسونومیک
- شناسایی افق‌های خاک

^۱ Global Positioning System (GPS)

^۲ Map generalization

- افق‌های شناسایی (مشخصه) خاک
- رنگ خاک
- اشکال مورفولوژیکی ردکس
- تجمع‌ها^۱
- اشکال مرتبط با سطح خاکدانه‌ها و حفره‌ها^۲
- بافت خاک
- قطعات سنگی و سایر قطعات
- ساختمان خاک
- پایداری خاک شامل:
 - مقاومت در برابر گسیختگی
 - چگونگی از هم گسیختگی (شکستن)^۳
 - چسبندگی
 - خمیرایی
 - مقاومت در برابر رسوخ^۴
 - دشواری حفاری^۵
- ریشه‌های^۶ خاک
- حفرات خاک^۷
- ترک‌ها و شکاف‌های خاک^۸
- سله‌های سطح خاک^۹
- قابلیت نفوذ^{۱۰}
- هدایت الکتریکی اشباع (K_{sat})
 - آزمون‌های شیمیایی خام
 - واکنش خاک pH
 - جوشش خاک^{۱۱}
 - شوری خاک
 - نسبت جذب سدیم (SAR)
 - بوهای خاک

۲-۶- طبقه‌بندی مهندسی خاک‌ها

¹ Concentrations
² Ped and void surface feature
³ Manner of failure
⁴ Penetration resistance
⁵ Excavation difficulty
⁶ Root
⁷ Pores
⁸ Cracks
⁹ Soil crusts
¹⁰ Permeability
¹¹ Effervescence

۲-۶-۱- طبقه‌بندی گروه^۱ AASHTO

طبقه‌بندی گروه AASHTO، سامانه‌ای است که خاک‌ها را برای مقاصد مهندسی ژئوتکنیک در ارتباط با احداث بزرگ‌راه‌ها و فرودگاه‌ها طبقه‌بندی می‌نماید. این طبقه‌بندی براساس توزیع اندازه ی ذرات خاک و حدود اتربرگ^۲ مانند حد سیلان^۳ (LL) و شاخص خمیرایی^۴ (PI) استوار است. این سامانه ی طبقه‌بندی زیر پوشش استاندارد شماره M145-82 و AASHTO قرار دارد و شامل علایم و شاخص گروه‌های خاک است. طبقه‌بندی یاد شده براساس اندازه‌ی ذرات با قطر کوچک‌تر از ۷۵ میلی‌متر (۳ اینچ) استوار است. سامانه‌ی طبقه‌بندی AASHTO، خاک‌ها را در دو دسته‌ی کلی زیر قرار می‌دهد:

- مواد (خاک‌های) دانه‌ای^۵، دارای ۳۵ درصد وزنی یا کم‌تر ذرات با قطر کوچک‌تر از ۷۴٪ میلی‌متر.

- مواد (خاک‌های) سیلت-رس^۶، دارای بیش‌تر از ۳۵ درصد وزنی ذرات با قطر کوچک‌تر از ۷۴٪ میلی‌متر.

این دو بخش بعداً به ۷ گروه اصلی خاک طبقه‌بندی می‌شوند.

جدول شماره (۱-۲) نشان دهنده‌ی معیارهای طبقه‌بندی خاک‌ها را در سامانه‌ی طبقه‌بندی AASHTO می‌باشد.

گروه‌ها و زیر گروه‌های این طبقه‌بندی براساس تخمین یا اندازه‌گیری توزیع ذرات خاک و مقادیر حد سیلان و شاخص خمیرایی تعیین می‌شوند. گروه‌ها و زیر گروه‌های این سامانه‌ی رده‌بندی در ارزیابی خاک، برای ساخت بزرگ‌راه‌ها و فرودگاه به کار می‌روند. در روش اندازه‌گیری توزیع اندازه‌ی ذرات با قطر بین ۷۵ تا ۷۴٪ میلی‌متر با الک انجام می‌شود (روش D۴۲۲، C۱۳۶ و C۱۱۷ مجمع آزمون و مصالح آمریکا، ASTM^۷). حد سیلان و شاخص خمیرایی (روش D۴۳۱۸ مجمع آزمون و مصالح آمریکا، ASTM) روی ذرات با قطر کوچک‌تر از ۰/۴۲۵ میلی‌متر (الک شماره ۴۰) تعیین می‌گردد. تجزیه‌های آزمایشگاهی یاد شده معمولاً روی خاک‌های شاخص منطقه‌ی مورد بررسی انجام می‌شود.

در روش تخمین زیر گروه‌های خاک در سامانه‌ی طبقه‌بندی AASHTO در حین عملیات میدانی و با تشریح نظری نیم‌رخ خاک انجام می‌شود. اندازه‌ی ذرات خاک از روی درصد کل ذرات و قطعات منهای قطعات بزرگ‌تر از ۷۵ میلی‌متر برآورد می‌گردد. حد سیلان و شاخص خمیرایی نیز براساس مقدار رس و روابط کانی‌شناسی برآورد می‌گردد.

^۱ American Association of State Highway and Transportation Official (AASHTO)

^۲ Atterberg Limits

^۳ Liquid Limit

^۴ Plasticity Index

^۵ Granular materials

^۶ Silt- clay materials

^۷ American Society for Testing and Materials (ASTM), 1993

۲-۶-۲- طبقه‌بندی یونیفاید^۱ (USCS)

سامانه‌ی طبقه‌بندی یونیفاید، خاک‌های معدنی و آلی را براساس خصوصیات اندازه‌ی ذرات خاک (با قطر کوچک‌تر از ۷۵ میلی‌متر)، حد سیلان و شاخص خمیری برای مقاصد مهندسی به طور عام گروه‌بندی می‌نماید. در سامانه‌ی طبقه‌بندی یونیفاید خاک‌ها به سه بخش اصلی تقسیم می‌شوند:

- خاک‌های درشت دانه^۲ دارای کمتر از ۵۰ درصد وزنی ذرات با قطر کوچک‌تر از ۷۴٪ میلی‌متر
- خاک‌های ریزدانه^۳ دارای ۵۰ درصد وزنی یا بیش‌تر ذرات با قطر کوچک‌تر از ۷۴٪ میلی‌متر
- خاک‌ها با مواد آلی بالا^۴ که خصوصیات آلی معینی از خود بروز می‌دهند.

این سه بخش بعداً به ۱۵ گروه اساسی تفکیک می‌شوند. بخش‌های اصلی و گروه‌های اساسی خاک در این سامانه براساس اندازه‌گیری یا تخمین توزیع اندازه‌ی ذرات خاک و حدود آتربرگ طبقه‌بندی می‌شوند.

جداول شماره (۲-۱) و (۲-۲)، نشان دهنده‌ی سامانه‌ی طبقه‌بندی خاک یونیفاید (ASTMD-۲۴۸) می‌باشند.

در این سامانه‌ی طبقه‌بندی، گروه‌های مختلف خاک برای هماهنگی کلی رفتار مهندسی خاک‌ها ابداع شده‌اند. این هماهنگی، گام اولیه‌ی مفیدی را در مطالعات میدانی و تحقیقات آزمایشگاهی برای مقاصد مهندسی فراهم می‌آورد. همچنین می‌تواند زمینه‌ی تفسیرهای کلی در ارتباط با کاربردهای مهندسی خاک و احتمال اجرای برنامه‌ها را مهیا سازد.

روش‌های اندازه‌گیری در دستور العمل شماره D۲۴۸۷ مجمع آزمون و مصالح آمریکا ارائه شده است. اندازه‌گیری توزیع اندازه‌ی ذرات خاک با قطر بین ۷۵ تا ۷۴٪ میلی‌متر با استفاده از الک انجام می‌شود. روش‌های D۴۲۲ و C۱۳۶ و C۱۱۷ مجمع آزمون مواد و مصالح آمریکا بسته به مورد برای توزیع اندازه‌ی ذرات خاک به کار می‌روند. همچنین حدود آتربرگ و مقادیر حد سیلان و شاخص خمیری نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. براساس روش‌های D۴۲۳ و D۴۲۴ آزمون و مصالح آمریکا آزمون‌های ویژه‌ای برای سنجش ذرات با قطر کوچک‌تر ۰/۴۲۵ (الک ۴۰) میلی‌متر به کار می‌رود. اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی بیش‌تر بر روی خاک‌های شاخص منطقه‌ی مورد بررسی انجام می‌شود. روش تخمین در دستور العمل شماره‌ی D۲۴۸۸ مجمع آزمون و مصالح آمریکا ارائه شده است. طبقه‌بندی خاک‌ها در این سامانه در حین عملیات میدانی با تشریح نظری نیم‌رخ خاک انجام می‌شود. تخمین‌ها براساس توزیع اندازه‌ی ذرات در کل خاک صورت می‌گیرد. حدود آتربرگ نیز براساس پایداری خاک فتیل یا نوار کردن گل و سایر آزمون‌های میدانی ساده انجام می‌شود. این آزمون‌ها در دستور العمل شماره D۲۴۸۸ ارائه شده است. در صورتی که بعداً تجزیه‌های آزمایشگاهی روی نمونه‌های خاک انجام شود اصلاحات لازم در تخمین‌های میدانی به عمل خواهد آمد. در تخمین‌های میدانی، دامنه‌ی گروه‌های بافتی برای واحدهای نقشه تشریح می‌شود. اگر تعیین گروه‌های اساسی خاک در سامانه‌ی طبقه‌بندی یونیفاید با روش تخمین انجام شده باشد، باید موضوع در گزارش مطالعات با صراحت ذکر شود.

^۱ Unified Soil Classification System (USCS)

^۲ Coarse- grained soils

^۳ Fine- grained soils

^۴ Highly organic soils

جدول (۱-۲). طبقه‌بندی خاک در سامانه‌ی AASHTO

General Classification	Granular Materials (35% of less passing No.200)							Silt-Clay Materials (More than 35% passing No.200)			
Group Classification	A-1		A3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
Sieve analysis, %Passing											
No.10	50max	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
No.40	30max	50max	51max	—	—	—	—	—	—	—	—
No.200	15max	25max	10max	35min	35min	35min	35min	36min	36min	36min	36min
Characteristics											
Of fraction Passing No.40											*
Liquid Limits	—		—	40max	41max	40max	41min	40min	41min	40max	40min
Plasticity index	6max		NP	10max	10max	11min	10min	10max	10max	11min	10min
Usual types of Significant Constituent materials	Stone fragments, Gravel and sand		Fine Sand	Silty or clayey gravel and sand				Silty soils		Clayey soils	
General rating As subgrade	Excellent to good						Fair to good				

Plasticity index of A-7-5 subgroup is equal to or less than LL minus 30. plasticity index of A-7-6 subgroup is greater than LL minus 30.

چرخش خویش - غیر قابل استناد

جدول (۲-۲). طبقه‌بندی خاک به روش متحده (واگنر- ۱۹۵۷) یونیفاید

روش‌های شناخت صحرایی دانه‌های بزرگتر از ۷۵µm را جدا کرده و درصد وزنی آن‌ها را تعیین کنید.										علامت گروه	
خاک‌های درشت و دانه‌ای، بیش از نیمی از مصالح از الک اندازه ۷۵µm بزرگتر می‌باشد.	شن‌ها بیش از نیمی از درصد درشت دانه‌ها از الک ۴mm بزرگتر می‌باشند.	شن تمیز (بدون یا با کمی ریزدانه)	با دانه‌بندی گسترده و به مقدار قابل توجه دانه‌های با اندازه ی متوسط نیز وجود دارند.		GW	شن خوب دانه‌بندی شده، مخلوط شن و ماسه، بدون یا کمی ریزدانه		نام گروه را بدهید. مقدار حداکثر درصد شن و ماسه را تعیین کنید. حداکثر اندازه ی دانه، گوشه‌دار بودن و شرایط سطح دانه‌ها،سختی دانه‌های درشت، نام محلی با زمین شناسی و اطلاعات توصیفی دیگر و علامت داخل پرانتز، برای خاک‌های دست نخورده اطلاعات لایه بندی خاک، درجه ی تراکم، حالت سمته شدن، رطوبت و خصوصیات زهکشی را اضافه نمایید. مثال: ماسه ی لای‌دار و شن، حدود ۲۰٪ سخت، شن‌ها گوشه‌دار، حداکثر اندازه ی دانه ۱۲mm، گرد گوشه یا نیمه تیز گوشه، ماسه ی درشت تا ریز، حدود ۱۵٪ ریزدانه غیرخمیری با مقاومت خشک کم، خوب متراکم شده و مرطوب در محل، ماسه رسوبی (SM)			
		شن به همراه ریزدانه (به مقدار قابل توجه)	با ریزدانه غیرخمیری (جهت روش تشخیص خاک ML در زیر را ببینید)		GM	شن لای‌دار، مخلوط شن، ماسه و لای بد دانه‌بندی شده					
	ماسه‌ها بیش از نیمی از درصد درشت دانه‌ها از الک ۴ mm کوچکتر هستند.	ماسه ی تمیز (با کمی یا بدون ریزدانه)	متحنی دانه‌بندی گسترده با مقدار قابل توجه دانه با اندازه‌های متوسط		SW	ماسه خوب دانه‌بندی شده، شن ماسه‌دار با کمی یا بدون ریزدانه					
		ماسه با ریزدانه (مقدار قابل توجه)	به طور غالب یک اندازه با دامنه ی محدودی از اندازه ی دانه وجود دارد که بعضی از اندازه‌های متوسط وجود ندارد.		SP	ماسه بد دانه‌بندی شده، شن ماسه‌دار با کمی یا بدون ریزدانه					
			ریزدانه غیرخمیری (برای روش تشخیص خاک ML زیر را ببینید).		SM	ماسه لای‌دار، مخلوط ماسه لای با کمی یا بدون ریزدانه دانه‌بندی شده					
			ریزدانه خمیری(برای روش تشخیص خاک CL زیر را ببینید).		SC	ماسه رس‌دار، مخلوط ماسه رس بد دانه‌بندی شده					
خاک‌های ریزدانه، بیشتر از نیمی از مصالح ۷۵µm کوچکتر از الک می‌باشند.	لای و رس با حد روانی کمتر از ۵۰	مقاومت در حالت خشک		انبساط، عکس‌العمل به لرزش	سختی، یکنواختی در نزدیک حد روانی		نام گروه را بدهید. میزان خصوصیت خمیری، مقدار و حداکثر اندازه ی دانه‌های درشت رنگ در حالت مرطوب، بو، نام محلی با زمین شناسی و سایر اطلاعات توصیفی مربوط را بدهید و نام گروه را در پرانتز بیاورید. برای خاک‌های دست نخورده اطلاعات ساختاری، لایه‌بندی و یکنواختی نمونه در حالت دست خورد و دست نخورده، رطوبت و شرایط زهکشی را بدهید. مثال: لای رس‌دار، قهوه‌ای، کمی خمیری، درصد کمی ماسه ریزدانه جای ریشه درخت است. سفت و خشک در محل لس (ML)				
		هیچ تا کم	سریع تا آهسته	هیچ	ML	لای غیرآلای و ماسه خیلی ریز، پودر سنگ، ماسه ی ریز لای یا رس‌دار با کمی حالت خمیری					
		متوسط	هیچ تا خیلی آهسته	متوسط	CL	رس غیرآلی با حد خمیر، متوسط، رس شن‌دار، رس ماسه‌دار، لای رس‌دار، رس لاغر					
خاک‌های کاملاً آلی	لای و رس با حد روانی بیشتر از ۵۰	کم تا متوسط	آهسته	کم	OL	لای آلی و لای با رس با حد خمیری کم					
		کم تا متوسط	آهسته تا هیچ	کم تا متوسط	MH	لای غیرآلی، میکاسیوس، ماسه ریز، دیاتوسیوس با خاک لای‌دار، لای کشاینند (الاستیک)					
		زیاد تا خیلی زیاد	هیچ	زیاد	CH	رس غیرآلی با حد خمیری زیاد، رس چاق					
		متوسط تا زیاد	هیچ تا خیلی آهسته	کم تا متوسط	OH	رس آلی با حد خمیری متوسط تا زیاد					
		به راحتی از روی رنگ، بو، حالت اسفنجی و بعضاً به دلیل وجود آثار گیاهان قابل تشخیص می‌باشند.		PH	خاک‌های کاملاً آلی و یا دستی						
درصد شن و ماسه را از روی منحنی دانه‌بندی تعیین کنید. بر حسب درصد ریزدانه (درصد کوچکتر از الک ۷۵µm) خاک‌های درشت دانه به صورت زیر طبقه‌بندی می‌شوند. کمتر از ۵٪ SP, SW, GP, GM, GC, SM, SC بین ۵ تا ۱۲٪ حالت مرزی که نیاز به نام گذاری در گروه خاک دارد.											
شرایط SW را تامین ننماید.		حدود اتربرگ زیر خط ۸ با P1 کمتر از ۵		بالای خط A و P1 بین ۵ و ۷ حد مرزی است که باید از دو گروه خاک استفاده شود.		حدود اتر برگ زیر خط A یا P1 کمتر از ۴		بالای خط A و P1 بین ۴ و ۷ حالت مرزی است که می‌باشد.			
شرایط دانه‌بندی GW تامین نمی‌گردد.											

الف- طبقه‌بندی مرزها- خاک‌هایی که خصوصیات دو گروه خاک مختلف را دارند باید به وسیله ی علامت دو گروه خاک تعیین شوند. برای مثال GW-GC مخلوط ماسه و شن خوب دانه‌بندی شده با ریزدانه رسی

ب- تمام اندازه‌های الک داده شده براساس استاندارد آمریکا می‌باشد.

روش‌های صحرایی برای تعیین درصد خاک‌های ریزدانه

این روش باید برای دانه‌های زیر الک ۳۸۰µm مورد استفاده قرار گیرد. برای هدف طبقه‌بندی صحرایی خاک، الک کردن ضروری نمی‌باشد و صرف برداشتن دانه‌ای که برای آزمایش مزاحمت ایجاد می‌کنند کافی است.

انبساط (عکس‌العمل به لرزش)- بعد از جدا کردن دانه‌های بزرگتر از الک ۳۸۰µm، یک سینی از خاک مرطوب با حجم تقریبی cubic mm۸۰۰۰ آماده کنید. چنان چه لازم است مقداری آب به خاک اضافه کنید تا خاک کاملا نرم و چسبیده شود. سینی را در کف دست باز شده خود قرار دهید و آن را به طور افقی در مقابل دست دیگر چندین بار بلرزانید. عکس‌العل مثبت زمانی است که آب بر روی سطح خاک ظاهر شود که به تدریج تبدیل به آب صاف و سطح خاک براق گردد. موقعی که نمونه ی خاک بین انگشتان فشرده شود آب و براقی از سطح خاک محو شود و تود ی خاک سخت و در نهایت ترک خورده شود. سرعت ظهور آب در سطح در حین لرزش و محو شدن آن در حین فشار بین انگشتان خصوصیت ریزدانه را معین می‌کند. خاک ماسه تمیز ریز سریعترین عکس‌العمل و رس خمیری هیچ گونه عکس‌العملی نخواهد داشت. لای‌های غیرآلی مثل پودر سنگ معمول، عکس‌العمل متوسطی را نشان می‌دهد.

مقاومت خشک (خصوصیات خرد شدن)- بعد از جدا کردن دانه‌های بزرگتر از ۳۸۰µm یک توده ی صاف خاک را اگر لازم است آب اضافه کنید تا به صورت یکنواخت در آید. اجازه دهید که توده ی خاک در گرمخانه یا زیر نور خورشید و یا به وسیله هوا خشک شود و سپس مقاومت آن را به وسیله شکست بین انگشتان آزمایش کنید. این مقاومت شاخصی است برای تعیین خصوصیات و مقدار کلوخه‌های موجود در خاک مقاومت خشک با افزایش حد خمیری زیاد می‌شود. مقاومت خشک زیاد معمولا برای رس‌های در گروه CH وجود دارد. لای غیرآلی مقاومت خشک کمی دارد. ماسه ریز احساس سنگریزه و لای معمولی احساس پودر بدست می‌دهد.

زبری (یکنواختی در حدود حد خمیری)- بعد از جدا کردن دانه‌های بزرگتر از ۳۸۰µm یک نمونه مکعبی به ابعاد ۱۲mm به صورت یک قالب در می‌آید. اگر زیادی خشک باشد باید با پخش کردن نمونه اجازه دهد رطوبت آن کم شود. بعد نمونه خاک باید با دست روی سطح صاف به صورت یک رشته با قطر حدود ۳mm درآید. بعد رشته را روی هم تا می‌کنید و دوباره به صورت رشته در می‌آورید. در حین انجام این عمل رطوبت به تدریج کاهش می‌یابد و نمونه سفت‌تر می‌شود و نهایت حالت خمیری خود را از دست می‌دهد و وقتی به حد خمیری برسد ترک می‌خورد- بعد از این که رشته ترک خورد تکه‌های خاک باید به هم وصل شوند و رشته در آوردن آن‌ها ادامه یابد تا همه ی خاک ترک بخورد. هر چه رشته در نزدیکی حد خمیری زبرتر باشد مجموعه ی توده ی خاک وقتی ترک می‌خورد سفت‌تر باشد. رس موجود بیشتر به صورت کلوئیدی می‌باشد. ضعف رشته در حد خمیری و از دست دادن سریع چسبندگی توده ی خاک در زیر حد خمیری دلالت بر غیر آلی بودن رس یا حالت خمیری کم می‌باشد و با مصالح رس کائولین و رس آلی که در زیر خطA قرار می‌گیرد. رس‌های کاملا آلی در حد خمیری احساس مقاومت کم و حالت اسفنجی را به انسان می‌دهد.

چشم خوش - عید - قابل استناد

جدول (۲-۳). مولفه و اجزا تشکیل دهنده ی خاک

خاک	اجزاء تشکیل دهنده	علامت	اندازه ی دانه ها و توصیف آن ها	خواص قابل توجه
درشت دانه	قطعه سنگ	-	گرد تا تیز گوشه- یک دست- سخت- قطعات سنگی- قطر متوسط بزرگتر از ۳۰ سانتی متر	قطعه سنگ و سنگ پاره از اجزا پایدار هستند، برای خاکریز و بالادست و پایداری شیب و پوشش شیب استفاده می شوند. بخاطر اندازه ی وزن در صورت وجود در خاک باعث پایداری می شوند. تیز بودن گوشه ها پایداری را زیاد می کند.
	سنگ پاره	-	گرد تا تیز گوشه- یک دست- سخت- قطعات سنگی- قطر متوسط کوچکتر از ۳۰ سانتی متر	
	شن	G	گرد تا تیز گوشه- یک دست- سخت- قطعات سنگی- از الک (۳) ۷۶/۲ میلی متر عبور می کنند و بر روی الک (۴) ۴/۷۶ میلی متر باقی می ماند.	شن و ماسه اساسا دارای خواص مهندسی مشابهی هستند و صرفا در میزان خواص متفاوت هستند. الک شماره ۴ صرفا به صورت قراردادی باعث تقسیم شن و ماسه می باشد و این الک مربوط به هیچ گونه تغییر در خواص نمی باشد. شن و ماسه به راحتی متراکم می شوند و رطوبت در حالتی دچار یخبندان نباشند تاثیر بسیار کمی در خواص آن ها دارد. شن ها بیشتر از ماسه ها پایدار هستند و مقاومت بیشتری در مقابل فرسایش و شسته شدن در اثر حرکت آب دارند. شن و ماسه خوب دانه بندی شده در مقایسه با حالت بد دانه بندی شده (دانه بندی یکنواخت) دارای نفوذپذیری کمتری هستند. تغییر در اندازه دانه ها کمی پایداری را بیشتر می کند. ماس ی ریز یکنواخت دارای خصوصیات نزدیک به لای می باشد. به طور مثال نفوذپذیری آن کاهش می یابد و با افزایش رطوبت پایداری آن کم می شود.
	درشت ریز		۷۵-۱۸ میلی متر ۱۸-۴/۷۶ میلی متر	
	ماسه	S	گرد تا تیز گوشه- یک دست- سخت- قطعات سنگی- از الک (۴) ۴/۷۶ میلی متر عبور می کنند و بر روی الک ۲۰۰ (۰/۰۷۴) میلی متر باقی می ماند.	
	درشت متوسط		بین الک ۴ تا الک ۱۰ بین الک ۱۰ تا الک ۴۰	
	ریز		بین الک ۴۰ تا الک ۲۰۰	
	لای	M	دانه های کوچکتر از الک ۲۰۰ (۰/۰۷۴) میلی متر) که بوسیله خواص آن ها شامل بدون یا کمی حالت خمیری (بدون در نظر گرفتن رطوبت) و بدون مقاومت و یا مقاومت کمی دارد وقتی در هوا خشک شده باشد.	لای ذاتا ناپایدار است علی الخصوص وقتی رطوبت افزایش می یابد، یا تمایل این که حالت سریع پیدا کند وقتی که اشباع است، نسبتا نفوذناپذیر است، به سختی متراکم می شود. بسیار مستعد تورم ناشی از یخبندان است. به راحتی فرسایش می یابد و دانه های آن شسته می شوند یا در آن ها جوشش ایجاد می شود. دانه های یکدست آن ها تراکم را کم می کند، دانه های پولکی آن به طور مثال می کاهد و یا توموس تراکم پذیری را افزایش می دهند و تشکیل لای کشايند را می دهند.
	رس	C	دانه های کوچکتر از الک ۲۰۰ (۰/۰۷۴) میلی متر) بوسیله خواص مثل رفتار خمیری در یک رنج میزان رطوبت و مقاومت قابل توجه وقتی در هوا خشک شده باشد، شناسایی می شوند.	خاصیت چسبندگی یا مقاومت چسبندگی رس ها که با افزایش رطوبت کاهش می یابد از خواص مهم رس ها است. نفوذپذیری رس بسیار کم است و وقتی مرطوب است کوبیدن آن بسیار مشکل است و با روش های عادی سخت خشک می شود. زمانی که کوبیده شده باشد در مقابل فرسایش و شسته شدن در مقابل آب مقاومت خوبی دارد و مستعد یخبندان نمی باشد و با تغییر در رطوبت متورم و یا منقبض می شود. خواص آن ها نه تنها متاثر از اندازه و شکل دانه ها می باشد (دانه های صاف و صفحه ای شکل) بلکه متاثر از نوع کانی نیز می باشد به طور مثال نوع کانی رسی و محیط شیمیایی با ظرفیت انتقال یابد. به طور کلی کانی رس مونت مورولیدنیتها بیشترین و ایلیت و کاتولینت ها تنوع در خواص دارند.
	مواد آلی	O	مواد آلی در اندازه ها و مراحل مواد تشکیل دهنده مختلف	مواد آلی حتی با مقدار متوسط تراکم پذیری را زیاد می کنند و پایداری اجزا دانه ای ریز را کاهش می دهند، ممکن است با علت کاهش حفره ها یا تغییرات شیمیایی خواص خاک شوند و از این رو خاک های آلی برای استفاده مهندسی مناسب نیستند.

توجه: علامت ها و اندازه ها در تقسیم بندی برای طبقه بندی یونیفاید (متحد) می باشد. برای ارزیابی در محل می توان الک ۴ را معادل ۱/۴ اینچ و الک ۲۰۰ را کوچکترین اندازه ی قابل رویت با چشم غیرمسلح در نظر گرفت. اجزا در نمودار لگاریتم معادل نیستند، الک ۱۰ به خاطر انتخاب بعضی از محققین مورد استفاده قرار گرفت الک شماره ۴۰ به دلیل آزمایشات حدود اتربرگ که بر روی خاک های ریزتر از الک ۴۰ انجام می شود انتخاب شده است.

۲-۷- خاک رس برای مصارف عمرانی - مکانیکی

خاک رس از ارزان‌ترین و فراوان‌ترین مواد چسباننده‌ی ساختمانی بوده و نوعی چسباننده‌ی هوایی به شمار می‌رود که به صورت فیزیکی، خشک و سفت می‌شود. خاک رسی‌ها مخلوطی از کانی‌های مختلف بوده و از پوسیدن فلدسپات‌ها و میکاها به وجود آمده‌اند. خاک‌های رس دارای فرمول شیمیایی هیدروسلیکات آلومینیوم $mSiO_2, nAl_2O_3, pH_2O$ به همراه اکسیدهای قلیایی و قلیایی خاکی هستند. خاک رس خالص سفید رنگ است، ناخالصی‌ها آن را رنگین می‌کنند. خاک رس کبود حاوی FeO یا خاک نباتی است، خاک رس سیاه یا خاکستری کم و بیش دارای ذغال است، خاک رس سرخ Fe_2O_3 و خاک رس زرد، هیدروکسید آهن به همراه دارد.

خاک رس در فضای مرطوب، آب می‌مکد و متورم می‌شود. به هنگام خشک شدن جمع شده و ترک می‌خورد. دانه‌های خاک رس به شکل پولک‌هایی است که نازکی آن‌ها بسته به نوع کانی از یک هزارم میکرون تا ۲ میکرون و درازای آن‌ها از ۱۰۰ هزارم تا ۳۰۰ هزارم میکرون است. وزن ویژه‌ی فضایی خاک رس عموماً از ۱۵۰۰ (به حالت شل) تا ۱۷۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب (به حالت فشرده و سخت) می‌باشد. خاک‌رسی‌های آبرفتی توسط آب، باد و یا در بستر یخچال‌ها جابه‌جا شده و ناخالصی‌هایی در طول مسیر به آن اضافه گردیده که سبب تغییر رنگ آن شده است. خاک‌رسی‌های آبرفتی مانند خاک آجر، خاک سرامیک و خاک نسوز حاصل ته‌نشین شدن مواد در کف بستر آب‌های جاری هستند. به جز مواد رنگ‌زا ناخالصی‌های دیگری نیز در خاک وجود دارد که از آن جمله می‌توان ماسه‌ی سیلیسی، ماسه آهکی، فلدسپات‌ها، سولفات‌ها، املاح آهن، لای و اجزای نباتی به ویژه ریشه‌ی گیاهان را نام برد. بسته به میزان ناخالصی‌ها، خاک رس‌ها به سه گروه پرمایه، میان مایه و کم‌مایه تقسیم‌بندی می‌شوند که بدیهی است خاک رس‌های پرمایه کم‌ترین ناخالصی را دارا هستند.

خاک رس در ساختن شفته، ملات‌های گل آهک، گچ و خاک، گل و کاهگل مصرف می‌شود. مصرف خاک در ملات گچ و خاک برای ارزان شدن و کندگیر کردن آن است در ملات گل آهک و شفته، خاک رس با آهک ترکیب شده و پس از مدتی سیلیکات دو آلومینات‌های کلسیم ایجاد می‌شود. این ترکیب نیاز به هوا نداشته و بنابراین ملات گل آهک و شفته جز ملات‌های آبی محسوب می‌شوند. خاک رس پس از آب مکیدن، چسبناک، خمیری و شکل‌پذیر می‌شود. میزان جذب آب به وسیله‌ی خاک رس بسته به نوع دانه‌ها و ریزی آن‌ها است. ملات گل خالص تا هنگامی که تر است حفره‌ریزی ندارد و آب نمی‌تواند از آن نفوذ کند و از این رو برای آب‌بندی آبیگرها و استخرها و بام می‌توان آن را مصرف کرد. این ملات پس از خشک شدن جمع شده و ترک می‌خورد و در این حالت آب می‌تواند در آن نفوذ کند. بنابراین برای جلوگیری از ترک خوردن به آن کاه می‌افزاید.

۲-۷-۱- انطباق با مشخصات و استانداردها

خاک رس مصرفی در هر پروژه باید از نظر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و سایر مشخصه‌ها با آن چه در نقشه‌ها، مشخصات فنی خصوصی، دستور کارها و دیگر مدارک پیمان ذکر شده است مطابقت داشته باشد. نوع خاک رس و محل معدن آن باید قبلاً به تصویب دستگاه نظارت برسد. چنانچه تا زمان انعقاد پیمان استانداردهای ایرانی درباره خاک رس برای مصارف ساختمانی تدوین یا تجدید نظر شود این استانداردها ملاک عمل خواهند گرفت تا زمانی که استاندارد ایرانی در برخی موارد تدوین نشده باشد در درجه‌ی اول استانداردهای «سازمان بین‌المللی استاندارد ISO» معتبر خواهد بود و در صورت نبودن استاندارد مذکور به ترتیب استانداردهای آمریکایی ASTM، آلمانی DIN و بریتانیایی BS دارای اعتبار بوده و مورد عمل قرار خواهد گرفت.

۲-۷-۲- ویژگی‌ها و حداقل حدود قابل قبول

خاک رس مصرفی در هر پروژه باید حتی المقدور خالص و عاری از مواد آلی، ریشه‌ی گیاهان و سایر بقایای نباتی باشد. میزان سولفات‌ها در خاک رس بر حسب SO_3 نباید بیش از (۵/۰٪) و میزان کلرورهای سدیم و پتاسیم آن مجموعاً بیش از (۱/۰٪) باشد. وجود دانه‌های سنگی درشت برای مصرف خاک در شفته مشروط بر این که دانه‌بندی مناسبی داشته باشد اشکالی ندارد ولی در مورد ریزی دانه‌های خاک رس مصرفی در ملات‌ها، حداکثر (۷/۵٪) از دانه‌ها می‌توانند بر روی الک ۱۴۹ میکرون بمانند. حد خمیری PL خاک رس برای ملات باید بین ۱۷ تا ۳۰ باشد. از جمله مهم‌ترین پروژه‌های احداثی حفاظت خاک و آبخیزداری؛ سدها و یا بندهای خاکی می‌باشند. به دلیل نقش بارز مصالح خاکی در احداث سازه‌های آبخیزداری برای نمونه و در ادامه به خصوصیات خاک در ارتباط با بندهای خاکی پرداخته می‌شود.

۲-۷-۲-۱- خاک‌شناسی بندهای خاکی

■ نوع خاک

خاک در بیش‌تر نقاط دنیا در دسترس‌ترین مصالح ساختمانی می‌باشد. ارزانی تهیه و سادگی کار با این ماده از مزایا و شستگی بر اثر عبور آب از روی آن از عیوب خاک محسوب می‌گردد، از این رو ضرایب اطمینانی زیاد در کارهای خاکی در نظر گرفته می‌شود. از آن‌جا که بند از خاک، و بر روی آن، بنا شده و برداشتن و تراکم خاک بیش‌ترین حجم کار و هزینه‌های آن را تشکیل می‌دهد. از این‌رو شناسایی خاک از نظر محل احداث ساختمان و کیفیت و کمیت آن در ارتباط با مصالح مورد نیاز بایستی مورد توجه قرار گیرد. اهداف مطالعات خاک‌شناسی عبارتند از:

- تشخیص تناسب زمین از نظر پایداری در برابر بار وارده در حالت اشباع، نفوذپذیری و تعیین محل قرضه.
- اخذ تصمیم در مورد نوع بند (همگن، ناهمگن،...)، شیب‌های بدنه و روش تراکم.
- تعیین سرعت حرکت آب در نهرهای آبرسانی و تخلیه و نیاز به ساختمان‌های شیب شکن.
- تعیین عمق سفره‌ی آزاد آب به منظور تشخیص تناسب محل برای استخرهای تغذیه و همچنین حصول یقین از نبودن آب شور در محل بند مخزن و پایاب آن‌ها. خواص اجزا خاک در زیر شرح داده می‌شوند:
- **شن و ماسه:** هر چند ذراتی به قطر ۷۵-۵ میلی‌متر را در مهندسی «شن»^۱ و ۷۴-۵ میلی‌متر را «ماسه»^۲ می‌خوانند (این اندازه‌ها در خاک‌شناسی به ترتیب ۲-۷۵، ۲-۰۲ میلی‌متر تعیین شده‌اند. خواص مهندسی شن و ماسه چنان‌چه از مواد معدنی مشابهی تشکیل یافته باشند، تقریباً یکسانند. شن یا ماسه در صورت دارا بودن بافت پیوسته^۳ و ضرایب یکنواختی^۴ و نداشتن ذرات ریز

^۱ gravel

^۲ sand

^۳ Well- graded

^۴ تعیین ضرایب یکنواختی (C_u coefficient of uniformity) و انحنا (C_c coefficient of curvature) برای کسب اطمینان از درجه‌ی پیوستگی به شرح زیر پیشنهاد شده است:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}}$$

بافت (لای و رس) به آسانی کوبیده شده و از پایداری مناسبی برخوردار می‌گردند. ساختمان یا قسمت‌هایی از آن که از شن و ماسه متراکم بنا گردیده‌اند دارای نفوذپذیری زیادی بوده، نوسانات آب در آن‌ها تأثیری کم داشته و بالاخره از خطر یخ‌زدگی مصون می‌باشند. هر چند شکل، اندازه، و پیوستگی ذرات در خواص نامبرده موثرند. مع‌هذا در برابر دارا بودن ذرات ریز بافت یکسان، شن‌ها پایدارتر از ماسه‌ها بوده، دارای نفوذپذیری بیش‌تر و خطر یخ‌زدگی کم‌تر از آن‌ها می‌باشند. نفوذپذیری و پایداری ماسه‌ها در برابر آب با کاهش قطر آن‌ها کاسته شده و ماسه‌های ریز یکنواخت^۱ شبیه لای عمل می‌کنند. زبری و عدم چسبندگی ماسه‌های بسیار ریز در حالت خشکی وجوه تمایز آن‌ها با لای می‌باشند، زیرا لای خشک نرم بوده و از چسبندگی کمی نیز برخوردار است.

لای و رس: وجود مقادیری ناچیز از این ذرات ریزدانه در خاک خواص مهندسی آن را به گونه‌ای بارز دگرگون می‌کند. نفوذناپذیری شن و ماسه‌ی پیوسته با افزودن حتی ۱۰ درصد ذرات ریز دانه‌تر از ۷۴٪ میلی‌متر (الک نمره‌ی ۲۰۰ آمریکایی) حاصل می‌گردد. خطر تورم بر اثر یخ‌زدگی، در شن و ماسه پیوسته‌ای که حاوی کم‌تر از ۱۰ درصد ذرات ریزدانه باشند محتمل است. رفتار خاک‌هایی که از رس یا لای فراوانی برخوردارند در برابر آب یا تغییر فشار چنان است که آن‌ها را از نظر مهندسی نامطلوب می‌نماید. پاره‌ای از رس‌ها در حالت خشکی کاملاً پایدار بوده و بارهایی سنگین را تحمل می‌کنند. همین خاک‌ها در حالت اشباع به لجن تبدیل می‌گردند. انبساط و انقباض پاره‌ای از رس‌ها بر اثر جذب آب و از دست دادن آن پایداری برخی از ساختمان‌های بنا شده بر روی آن‌ها را به خطر می‌اندازد. نشست لای و رس به ویژه هنگامی که از رطوبتی زیاد برخوردار باشند مساله ساز است. رفتار پاره‌ای از مواد ریزدانه پس از خروج از محل اصلی حتی در شرایط رطوبتی یکسان دگرگون می‌شود، زیرا برداشتن باری که طی میلیون‌ها سال لایه‌های رس و لای را متراکم می‌کرده است ساختمان آن‌ها را متغیر می‌سازد بر همین روال چنان‌چه بار وارده به وسیله‌ی تاسیساتی که بر روی پی بنا می‌گردند کم‌تر از وزن خاک برداشته شده از آن باشد بالا آمدن سطح زمین^۲ بخصوص در رس‌های منبسط شونده در محل مزبور محتمل است. تجارب متفاوت کارشناسان مکانیک خاک در مورد لای سبب اظهار عقایدی کاملاً مختلف گردیده است. دشواری تراکم و قرار گرفتن در حالت تعلیق^۳ (که در آن سرعت زیاد جریان آب به سمت بالا، تاب باربری خاک را به علت کاهش فشار موثر بین دانه‌ای به صفر می‌رساند) و اتساع (منبسط شدن خاک غیرچسبنده، که در نتیجه‌ی تغییر شکل برشی به وجود می‌آید)

رس‌ها که در حالت خشکی از پایداری فراوانی برخوردارند پس از جذب آب سست شده و به آسانی تغییر شکل می‌دهند. این خاصیت به اضافه‌ی دشواری تراکم و زهکشی آن‌ها را برای ساختن بند نامناسب می‌نماید. ترک خوردگی رس‌های منبسط شونده بر اثر خشک شدن از دیگر معایب این ماده است. گفتنی است که بنای بند از خاک‌های رسی، و بر روی آن‌ها، نیز امکان‌پذیر می‌باشد. کم کردن شیب‌های بدنه، و سنگین کردن پاشنه‌ها، تعادل لازم را به وجود می‌آورد. پوشاندن بند از شن و ماسه نیز از امکان خشکیدن و ترک خوردن آن می‌کاهد. بدیهی است طرح و بنای چنین ساختمان‌هایی بایست به متخصصین فن واگذار شود.

که در آن D_{60} اندازه‌ای است که ۶۰٪ ذرات خاک قطری کوچک‌تر از آن را دارند. بر همین رواند دیگر اعداد خاک‌ها دارای بافت پیوسته از C_u بین ۱ تا ۳ برخوردارند (Bell و ۱۹۸۳، ص ۳۸۱-۳۸۰). افزون بر دارای بودن شرط بالا. C_u شن‌ها و ماسه‌ها بایستی به ترتیب بیش از ۴ و ۶ باشد تا پیوستگی بافت آن‌ها مورد تأیید قرار گیرد. (Anon، ۱۹۸۵، ص ۲۴)

^۱ Bell (۱۹۸۳، ص ۹-۳۸۷)، افزون بر مصالح ناپیوسته (poorly graded)، مصالح یکنواخت (uniformly graded) را نیز عرضه نموده است که در اولی، مقدار ذرات دارای اندازه‌هایی معین زیاد، و میزان ذرات با اندازه‌ی دیگر کم است، بدین ترتیب منحنی درجه‌بندی ذرات خاک دارای نقطه‌ی (نقاط) برگشت می‌باشد مفهوم مصالح یکنواخت، قرار داشتن قطر اکثریت قریب به اتفاق ذرات در دامنه‌ی مشخص است.

^۲ rebound

^۳ Quick conditions

۲-۲-۷-۲- تناسبات خاک‌های از نظر بنای بند و گزینش نوع آن

از پروژه‌های مهم که تقریباً با اتکا صرف به « خاک » در مجموعه‌ی فعالیت‌های آبخیزداری و منابع طبیعی احداث می‌شود، بند (سد) خاکی می‌باشد. به همین منظور در ارایه‌ی مباحث خاک، کارایی و نحوه‌ی بکارگیری مصالح خاکی در این گونه بندها مورد تاکید قرار دارد. اهداف بنای بندهای کوتاه خاکی و هزینه‌ای که صرف احداث آن‌ها می‌گردد تعیین کننده‌ی نوع مصالح مورد نیاز و روش قرار دادن آن‌ها به منظور برپایی ساختمانی مطلوب می‌باشد. برای مثال خطر خشکیدن بدنه و ترک خوردگی پیامد آن مخازن تنظیم‌کننده‌ای^۱ را که در مناطق دارای آب و هوایی معتدل ساخته شده و جریان‌هایی دارای بدهی ناچیز را برای آبیاری نوبتی می‌انبارند تهدید نمی‌نماید. ایجاد پوشش گیاهی در قسمت‌های خارج از آب آن‌ها برای جلوگیری از فرسایش آبی و بادی نیز میسر می‌باشد. به همین ترتیب بنای دیواره‌های استخرهای تغذیه با خاکی که ۹۰ درصد وزن آن را شن و ماسه‌ی پیوسته تشکیل داده و تنها دارای ۱۰ درصد لای و رس باشد امکان‌پذیر است، بنابراین در ایجاد بنایی پایدار که نیت درخواست‌کنندگان را با کم‌ترین هزینه‌ی دراز مدت برآورد بایستی مصالح موجود را به بهترین گونه به کار گرفت. به طور کلی مصالحی برای احداث بندهای خاکی مناسب هستند که :

- دارای استخوان‌بندی استواری از شن و ماسه بوده و هنگام اشباع بودن از آب پایداری خود را از دست ندهند، این خاصیت افزایش شیب بدنه‌ها، کاهش مقطع، و تقلیل هزینه‌ی ساختمان را نیز به دنبال دارد.
 - از مقدار کافی لای و رس برای پر کردن فضای خالی شن و ماسه برخوردار بوده و پس از تراکم ناتراوا گردند.
 - اندازه‌ی انبساط و انقباض آن‌ها بر اثر تر و خشک شدن ناچیز بوده و ترک خوردگی پیدا نکنند.
 - عاری از املاح زیان‌آور بوده و ایجاد پوشش گیاهی را مانع نگردند.
- آب شکستگی زیرپی^۲ و فرونشینی، و لیزخوردگی گردشی^۳ از پیامدهای استفاده از مصالح ریزدانه‌ی ناپیوسته و یکنواخت می‌باشند. افزودن بر آن چه گفته شد وجود عناصری چون سدیم که بر اثر جذب آب پخشیدگی و کاهش پایداری خاک را سبب می‌گردند نیز در تهیه‌ی قرضه مورد توجه قرار می‌گیرد.

سد (بند) خاکی و سنگ ریزه‌ای به سد (بند) هایی اطلاق می‌شوند که از مصالح طبیعی موجود در طبیعت از قبیل خاک، سنگ، سنگریزه و ... تشکیل شده باشند و از هیچ گونه مصالح چسباننده‌ی طبیعی و غیر طبیعی در آن‌ها استفاده نشود و مقاومت کانی در برابر نیروها و تراوش آب از آن‌ها تنها با تراکم مصالح به وجود آید. معمولاً اگر بیش از ۵۰ درصد از حجم مواد جایگذاری شده در سد (بند) را خاک متراکم تشکیل دهد، آن سد (بند) را « خاکی » می‌گویند و در این گونه سد (بند) ها، معمولاً تراوش و نفوذ آب توسط هسته‌های نفوذ ناپذیر و یا توسط خود بدنه کنترل و جلوگیری می‌شود. در سدهای سنگریزه‌ای با توجه به این که نفوذ آب در بدنه‌ی سد قابل کنترل نیست، این عمل توسط المان دیگر که برای بدنه به عنوان المان ناتراوا و یا غشای نفوذناپذیر ساخته می‌شود در نظر گرفته می‌شود. این المان ممکن است از مصالح مختلفی مثل بتن ریخته شده، بلوک‌های بتنی، آسفالت، ژئوممبرین و ... باشد. در این گونه سد (بند) ها، بدنه‌ی سد (بند) که از سنگریزه تشکیل شده است توسط غلتک‌های تعیین شده در لایه‌های کم ضخامت به شدت متراکم می‌شوند. سد (بند) های خاکی ساخته شده با مصالح خاکی به دو دسته‌ی کلی سد (بند) های خاکی و

^۱ dilatancy
^۲ piping
^۳ slumping

سنگریزه‌ای تقسیم می‌شوند که از نظر نحوه‌ی مصالح مختلف نیز می‌توان این سد (بند) ها را به دو دسته‌ی «همگن» و «غیر همگن یا هسته دار» تقسیم‌بندی کرد. در سد (بند) های همگن، بدنه‌ی سد (بند) دارای یکنواختی در نوع مصالح مصرفی می‌باشد و جلوگیری از نفوذ آب به بدنه‌ی سد (بند) می‌بایست توسط یک غشا نفوذناپذیر صورت گیرد اما در سد (بند) های غیر همگن مصالح عمدتاً دارای گوناگونی بوده و «هسته» اجرا می‌شود که مصالح مصرفی مورد نیاز از مصالح ریز دانه تشکیل می‌شود.

بافت خاک، نوع بند (همگن، ناهمگن، دارای دیواره‌ی آب بند) و شیب‌های بدنه‌ی آن را تعیین می‌کند. در این رابطه ابتدا به تشریح انواع بند پرداخته می‌شود و سپس مصالح مصرفی در پوسته‌ی سد (بند) های خاکی ارایه می‌شود. برای یافت تشریح کامل مصالح مورد نیاز این سازه‌ها و نیز نحوه‌ی بکارگیری آن به منابع و استانداردهای مربوط ارجاع داده می‌شود.

▪ **بندهای همگن^۱** در ساختن این بندها تنها از یک نوع مصالح استفاده می‌گردد (پوشش خارجی شیب‌های سراب و پایاب که برای نگهداری آن‌ها در برابر فرسایش ایجاد می‌شوند از این اصل مستثنا می‌باشند). این مصالح همگام با داشتن شرط‌های بالا بایستی فشار آب منفذی را هنگام فروکش سریع سطح مخزن در سراب و نشت را در پایاب تحمل کنند. کم کردن شیب بدنه‌ها، که به بزرگی سطح مقطع و افزایش حجم کار منجر می‌گردد از راه‌های مقابله با این مشکل می‌باشد. پایین بردن سطح ایستابی داخل بند با احداث لایه‌ی زهکش بر روی پی در پایاب، یا احداث پنجه‌ی (پاشنه) پایاب با سنگ، شن و ماسه و تبدیل آن به زهکش با در نظر گرفتن صافی‌های مناسب میسر است (بند همگن اصلاح شده)^۲ نام دارد. استفاده از خاک‌های گروه GC، GM، SC و SM. جدول (۳-۲) نشان دهنده‌ی خاک‌ها در احداث بندهای خاکی همگن می‌باشد.

▪ **بندهای ناهمگن^۳** این بندها دارای دو قسمت مشخص می‌باشند، هسته‌ای نسبتاً نفوذناپذیر را که معمولاً در وسط قرار گرفته است، خاکریزهای تراوی طرفین آن می‌پوشانند بدین ترتیب نقش توده‌های سراب و پایاب بخشیدن استحکام به هسته می‌باشد. وجود توده‌های نفوذپذیر در طرفین هسته از احتمال خرابی آن بر اثر فشار آب منفذی که بر اثر فروکش سریع سطح مخزن در سراب و نشت در پایاب ایجاد می‌گردد می‌کاهد.

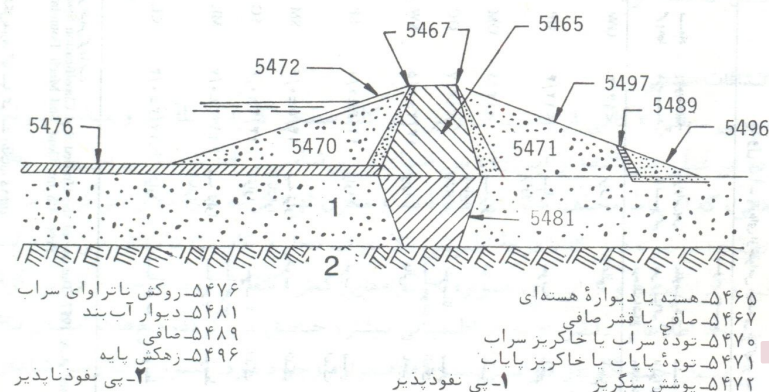
شکل شماره (۱-۲)، نشان دهنده‌ی بخش‌های مختلف بندهای خاکی ناهمگن می‌باشد.

بدیهی است برای جلوگیری از جدا شدن ذرات خاک هسته بر اثر فشار آب منفذی و شکستگی آن‌ها به داخل خاکریزهای طرفین، بایستی نفوذپذیری توده‌ها از هسته به طرف خارج فرونی باید تعبیه‌ی صافی‌هایی که اندازه‌ی آن‌ها از ریز (در مجاورت هسته) تا درشت (در مجاورت خاکریز) افزایش می‌یابد راهکار پیشنهادی می‌باشد.

^۱ homogeneous

^۲ Modified homogeneous

^۳ Zoned



شکل (۱-۲). نام‌گذاری بخش‌های مختلف بندهای خاکی ناهمگن

عرض هسته، عامل مهم تعیین کننده طبقه‌بندی آن و بند است. چنان‌چه عرض دیواره‌ی ناتراوا، در هر سطح از ارتفاع آب بر روی آن بیش‌تر بوده و هیچ‌گاه از ۳ متر کم‌تر نباشد آن دیواره‌ی هسته و بند مربوطه «ناهمگن» خوانده می‌شود و در غیر این صورت قسمت نفوذناپذیر دیواره‌ی آب‌بند و ساختمان مورد بحث «بند دارای دیواره‌ی آب‌بند» نام دارد.

▪ **بندهای دارای دیواره‌ی آب‌بند** نفوذناپذیری این بندها را دیواره‌ی نازک از خاک رسی، بتن، رتوتکستایل‌ها، قیر، لاستیک، پلاستیک، چوب و فلز تامین کرده و توده‌های شن و ماسه یا سنگ، استحکام لازم را فراهم می‌آورند. شکستن این دیواره‌ها بر اثر نشست غیریکنواخت بندها یا سایر عوامل سبب خرابی آن‌ها می‌گردد. در رابطه با انواع پلاستیک و پلیمر به کار رفته در هسته‌ی سدهای خاکی در ادامه توضیحات ارائه شده است.

▪ مصالح مصرفی در سد (بند) های خاکی

این مصالح با توجه به مقاومت برشی زیاد و با رعایت جوانب اقتصادی با تندترین زاویه‌ی شیب ممکن، طراحی و انتخاب می‌گردند. بهتر است مصالح پوسته دارای نفوذپذیری نسبتاً خوبی باشند تا فشار وارده را پراکنده نمایند. همگن بودن مصالح پوسته مهم نیست و با توجه به منابع موجود می‌تواند مورد بررسی قرار بگیرد. در صورت استفاده از منابع قرضه‌ای با دانه بندی مختلف جهت تامین مصالح پوسته توصیه می‌شود تا دانه بندی مصالح از طرف شیروانی‌ها به طرف هسته از درشت تر به ریز تر باشند. در سد (بند)هایی که بر روی بستر خاکی احداث می‌گردند به علت امکان نفوذ و نشست آب از بالادست به سمت پایین دست در زیر بدنه‌ی سد (بند) خاکی می‌بایست با طراحی و اجرای هسته‌ی معکوس و یا پرده‌ی آب بند مسیر حرکت آب در زیر سد را افزایش داد تا با ایجاد افت فشار، امکان تراوش آب در پایین دست را به صفر برسانند. در هسته‌ی معکوس در زیر سد (بند) و با شیب نامتقارن با آن و با مصالح مشابه مصالح هسته، طراحی و اجرا صورت گیرد.

▪ پوشش شیروانی پایین دست سدهای خاکی

شیروانی پایین دست تنها در برابر عوامل مخربی چون باران‌های شدید و سیلاب قرار می‌گیرد که نیاز به طراحی پیچیده و هزینه‌ی اجرایی فراوانی برای پوشش محافظ ندارد. به خاطر همین امر، معمولاً این شیروانی‌ها، با مصالح خارج از حد مجاز پوشش بالادست و یا دیگر قسمت‌های متشکل از مصالح سنگی بدنه‌ی اصلی سد و یا با پوشش‌های گیاهی، پوشش داده می‌شود. در مورد پوشش‌های گیاهی باید دقت کرد که از پوشش به وسیله‌ی گیاهانی با ریشه‌های عمیق جدا خودداری گردد تا با گذشت زمان موجب تخریب بدنه‌ی سد نشود. همچنین باید دقت گردد تا وضعیت پوشش به گونه‌ای باشد تا امکان نقب‌زنی و یا ایجاد حفره توسط حیوانات مختلف وجود نداشته باشد.

▪ پوشش شیروانی بالادست سدهای خاکی

شیروانی بالادست سدهای خاکی علاوه بر موارد ذکر شده در شیروانی پایین دست، در مقابل نیروهای مخربی از جمله نیروی ضربه‌ی موج و قطعات یخ و تنه‌های درخت شناور نیز قرار داشته و در معرض خطر شستگی مصالح پوسته نیز قرار دارد. لذا دقت در طراحی پوشش محافظ برای این ناحیه از سدهای خاکی، بسیار حایز اهمیت بوده و گاهی اوقات اجرای آن در برخی از سدهای جهان تا ۵۰ درصد هزینه‌ی کل بدنه‌ی سد را نیز شامل می‌شود. لازم به ذکر است که پوشش شیروانی بالادست سدهای خاکی همگن که فاقد هسته‌ی رسی می‌باشند، می‌بایست علاوه بر محافظت بالادست سد در برابر نیروهای وارده به عنوان یک غشا نفوذناپذیر از عبور جریان آب از بالادست به سمت پایین دست جلوگیری نماید ولی در سدهای غیرهمگن تنها بحث محافظت از شیروانی در بالادست مطرح خواهد بود. روش‌های اجرایی پوشش سد و نوع مصالح مصرفی متفاوت می‌باشد. با توجه به توضیحات ذکر شده، پوشش شیروانی بالادست ممکن است به یکی از روش‌های زیر طراحی و اجرا گردد:

▪ پوشش سنگی (Rip Rap)

در این رابطه، به شرح مربوط در مبحث مصالح سنگی گزارش حاضر ارجاع می‌گردد.

▪ پوشش بتنی

این نوع پوشش ممکن است به کمک دال‌های بتنی در جا ریخته شده، دال‌های بتنی پیش‌ساخته و یا بلوک‌های بتنی پیش ساخته شده اجرا شود. دال‌های بتنی در جا و پیش‌ساخته با توجه به امکان آب‌بندی و ایجاد سطحی نفوذناپذیر در برابر جریان آب، می‌تواند در سدهای غیرهمگن به عنوان غشا نفوذناپذیر مورد استفاده قرار گیرد. همچنین در مناطقی که تامین سنگ‌های مناسب جهت اجرای پوشش ریپرپ مقرون به صرفه نبوده و یا غیرممکن باشد، گاهی با ساخت بلوک‌های بتنی چندوجهی از جنس بتن، پوششی شبیه به پوشش ریپرپ در سدهای غیرهمگن به وجود می‌آورند. در روش دال‌های بتنی در جا بتن، پس از زیرسازی مناسب و قالب‌بندی لازم با رعایت درز انبساطی در بین دال‌ها، بتن‌ریزی دال‌های روی شیروانی به صورت یک در میان و شطرنجی اجرا می‌گردد. در این حالت دال‌های بتنی به وسیله‌ی دال‌های ساخته شده از میلگرد ساده که پس از گریسکاری درون قطعه‌ای از لوله‌ی پلیکا درون دال‌های بتنی قرار می‌گیرند، علاوه بر ایجاد اتصال بین دال‌ها، قابلیت حرکت‌های جزیی را تامین می‌نماید. پس از اجرای دال‌ها، درزهای موجود به وسیله‌ی مواد پرکننده مثل شن و ماسه و نیز مصالح انعطاف‌پذیر و در عین حال نفوذناپذیر مثل آسفالت، قیر و رزین‌های مخصوص پر می‌شود. در دال‌های بتنی پیش‌ساخته، این دال‌ها به صورت کام و زبانه و یا به صورت دال‌هایی شامل پلیت‌های فلزی، خارج از محل سد ساخته شده و پس از زیرسازی شیروانی‌ها در محل نصب می‌شوند و سپس

درزهای مربوط با مصالح مناسب مطابق روش گفته شده در قسمت قبل پوشیده می‌شود. در پروژه‌های حایز اهمیت به ویژه در حالتی که از پوشش بتنی به عنوان غشا نفوذناپذیر نیز استفاده می‌شود، استفاده از مصالح واتراستاپ جهت اتصال بین دال‌های بتنی و جلوگیری از نفوذ جریان آب از درزهای میانی، ضروری است. این مصالح که با مقطعی توخالی و مصالح انعطاف‌پذیر علاوه بر نفوذناپذیری کامل در برابر آب در برابر جابه‌جایی‌های اندک انعطاف لازم را دارند، در پروژه‌های عمرانی دیگر مانند مخازن بتنی آب و کانال‌ها که نیاز به آب‌بندی بتن وجود دارد، پس از قرارگیری در امتداد درز بین دال‌ها و بتن‌ریزی یک دال، در دال مجاور نیز قرار گرفته تا پس از بتن‌ریزی دال مجاور نیز، آب‌بندی لازم را تامین نماید.

▪ پوشش‌های خاک - سیمان

در این روش با پخش مخلوطی از سیمان و خاک و رطوبت بسیار کمی بر روی شیروانی‌های بالادست (پخش به صورت پله‌ای انجام می‌شود) و سپس تراکم آن با غلتک‌های ویبره‌دار، تامین می‌گردد.

▪ پوشش‌های دیگر

همان‌گونه که آمد غیر از موارد ذکر شده به منظور اجرای پوشش شیروانی بالادست سدهای خاکی، روش‌های دیگری چون پوشش ژئوممبرین، آسفالتی، فلزی (به همراه حفاظت کاتدیک)، چوبی و نیز پوشش با ورق‌های اپانولی را می‌توان نام برد که نسبت به روش‌های قبل، کمتر متداول می‌باشند. نکته‌ای که باید به آن توجه داشت این است که همان‌طور که گفته شد، به جز پوشش‌های سنگی و پوشش با بلوک‌های بتنی، در بقیه ی موارد، پوشش می‌تواند به عنوان یک غشا آب‌بند یا ناتراوا عمل نماید.

▪ طراحی فیلتر

فیلتر به عنوان یک خط دفاعی مطمئن به منظور جلوگیری از حمل احتمالی مصالح لایه‌های ریزدانه به لایه‌های درشت دانه ی مجاور تحت تاثیر گرادیان هیدرولیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. به بیان دیگر هر گاه دو لایه با دانه‌بندی نسبتاً متفاوت در کنار یکدیگر قرار گیرد و جریان آب از لایه‌ی ریزدانه به لایه‌ی درشت دانه برقرار گردد، به منظور جلوگیری از نفوذ و حرکت مصالح ریزدانه به درون فضای خالی مصالح درشت دانه لایه‌ی مجاور، لایه‌ای انتقالی موسوم به فیلتر نیاز است تا از این تغییرات جلوگیری نماید. در صورت عدم استفاده از فیلتر با حرکت ذرات ریز از لایه ی مینا به طرف لایه درشت‌دانه، اولاً فضای بین ذرات خاک خالی شده و احتمال تخریب و ناپایداری آن افزایش می‌یابد و ثانیاً با انسداد فضاهای خالی لایه‌ی دوم، جلوی عبور آب گرفته شده و فشار هیدرواستاتیکی به شدت افزایش می‌یابد که این موضوع خود به عنوان عامل مخربی در محدوده‌ی فوق‌الذکر نقش ایفا خواهد نمود. بررسی‌ها نشان می‌دهد که عمر خرابی سدهای خاکی به عواملی از جمله نشت آب، آب شستگی مصالح و پدیده ی پاپینگ بستگی دارد. در سدهای خاکی با توجه به استفاده از مصالح مختلف و با در نظر گرفتن زون‌بندی مصالح مصرفی، استفاده از لایه‌ی انتقالی یا فیلتر اجتناب‌ناپذیر است. این نواحی ممکن است شامل فاصله ی بین زون‌های هسته، پوسته، زهکش، پوشش سنگی محافظ و ... گردد. به طور کلی فیلترها می‌بایست به گونه‌ای طراحی گردند تا دو شرط نفوذپذیری و جلوگیری از آبشستگی را برقرار سازند. فیلتر می‌بایست دارای نفوذپذیری نسبتاً زیادی باشد تا از افزایش فشار هیدرواستاتیکی جلوگیری نماید. همچنین به منظور جلوگیری از شسته شدن ذرات ریز خاک، لایه ی مینا و آبشستگی می‌بایست دارای خاصیت نگهداری باشد. فیلترهای مورد استفاده در قسمت‌های مختلف سدهای خاکی ممکن است به دو روش فیلتر دانه‌ای و فیلترهای متشکل از مواد ژئوتکستایل موردنظر قرار گیرند. با توجه به موضوع فصل‌بندی گزارش در این قسمت مصالح فیلترهای دانه‌ای مورد بحث قرار می‌گیرد و در فصول آتی در مورد مصالح

ژئوسنتیک و ژئوتکستایل‌ها بحث خواهد شد. مصالح فیلتر دانه‌ای باید دارای خاصیت ریزشی باشند. جنس مصالح فیلتر بایستی به گونه‌ای باشد که در اثر حمل و نقل و جابه‌جایی دچار شکستگی و خوردگی و در نتیجه تغییر در دانه‌بندی نگردد. دانه‌بندی مصالح فیلتر باید به گونه‌ای باشد که شرایط نفوذپذیری و آبشستگی را مدنظر قرار دهد. درشت‌ترین مصالح مورد استفاده در فیلتر نباید از ۷۶ میلی‌متر بزرگتر باشد تا جداسازی دانه‌ها در فیلتر اتفاق نیفتد. یکنواختی دانه‌بندی مصالح فیلتر در نقاط مختلف به خصوص پس از جابجایی و ریزش بایستی حفظ گردد. نمودار دانه‌بندی مصالح فیلتر باید به گونه‌ای باشد تا در صورت تقسیم نمودار به وسیله هر خط افقی به دو نمودار دیگر، شرایط دانه‌بندی فوق‌الذکر به عنوان یک نمودار به عنوان خاک مبنا برقرار گردد. فیلتر دانه‌ای می‌بایست قدرت پانسمان‌کنندگی خوبی داشته باشد تا در هنگام بروز ترک در خاک بتواند سریعاً محل ترک را ترمیم و قابل گسترش آن را بگیرد.

برای ترکیب دانه بندی مصالح مورد استفاده در سد (بند) های خاکی، استانداردهای مختلفی ارایه شده است . در یکی از بهترین دانه بندی‌ها مربوط به سد (بند) های خاکی: رس ۱۵ درصد برای کل خاک مصرفی، لیمون ۱۵ درصد برای کل خاک مصرفی، ماسه‌ی نرم ۵۰ درصد برای کل خاک مصرفی و ماسه‌ی درشت ۲۰ درصد برای کل خاک مصرفی می‌باشد. به طور کلی ابعاد دانه‌های مورد استفاده نباید از ۱۰ سانتی متر بیشتر باشد زیرا از فشردن شدن خاک جلوگیری می‌کند. در صورتی که خاکی با چنین مشخصات در ساختمان سد موجود نباشد و یا هزینه‌های عملیات مقرون به صرفه نباشد استفاده از هسته‌های مرکزی تقریباً غیر قابل نفوذ مطرح می‌گردد. خاکی که در هسته‌ی مرکزی به کار می‌رود باید رس دار باشد به عبارتی حداقل ۲۰ درصد کل دانه بندی خاک رس باشد. به بیانی دیگر ۲۰ درصد کل دانه بندی خاک قطری حدود ۰/۵ میلی متر داشته باشد. مناسب‌ترین رس کائولینیت می‌باشد و نباید از رس‌های تورم پذیر مانند رس مونت موریلونیت استفاده گردد.

جدول شماره (۲-۴)، نشان دهنده‌ی نفوذپذیری، مقاومت و قابلیت تراکم گروه‌های متفاوت خاک می‌باشد و همراه با آن درجه‌ی مفید بودن هر گروه برای استفاده در سدهای خاکی، مقاطع کانال‌ها و پی‌ها ذکر شده است.

جدول (۲-۴). بارهای از خواص مهندسی خاک‌ها براساس دستگاه طبقه‌بندی همگانی خاک USCS (به نقل از Wonson, ۱۹۷)^۱

ارزش کاربردی نسبی: شماره یک بهترین است علامت- به معنای نامناسب می‌باشد.										رطوبت بهینه درصد ^۲	نماد گروه‌ها	نام گروه‌های خاک
خواص مهم		تراوایی	مقاومت	نشست پس	قابلیت کاربرد به	بند	بندهای خاکی	پوشش	بی‌بندهای خاکی			
تراوایی	مقاومت	نشست پس	قابلیت کاربرد به	بند	بندهای خاکی	پوشش	بی‌بندهای خاکی	ظرفیت	جلوگیری	مقاومت	تراوایی	خواص مهم
پس از تراکم	برشی پس از تراکم در حالت اشباع	از تراکم در حالت اشباع	عنوان مصالح ساختمانی	همگن	هسته‌ی ناتراوا	خاکریز	ظرفیت تحمل بار	از نشست	در برابر فرسایش	مقاومت تراکم خاکی	خواص مهم	خواص مهم
تراوا	عالی	ناچیز	عالی	-	-	۱	۲	۱۲	۱	-	GW	شن‌های دارای بافت پیوسته، مخلوط‌های شن و ماسه فاقد، یا دارای کمی مصالح ریزدانه
بسیار تراوا	خوب	ناچیز	خوب	-	-	۲	۳	۱۲	۲	-	GP	شن‌های دارای بافت یکنواخت، مخلوط‌های شن و ماسه، فاقد، یا دارای کمی مصالح ریزدانه
نیمه تراوا تا ناتراوا	خوب	ناچیز	خوب	۲	۴	-	۲	۴	۴	۴	GM	شن‌های لایه و مخلوط‌های شن، ماسه و لایه دارای بافت یکنواخت
ناتراوا	خوب تا نسبتاً خوب	بسیار اندک	خوب	۱	۱	-	۲	۲	۳	۱	GG	شن‌های رسی و مخلوط شن، ماسه و رس دارای بافت یکنواخت
تراوا	عالی	ناچیز	عالی	-	-	۳ اگر شنی باشند	۲	۱۰	۶	-	SW	ماسه‌های دارای بافت پیوسته، شن‌های ماسه‌ای، فاقد یا دارای کمی مصالح ریزدانه
تراوا	خوب	بسیار اندک	نسبتاً خوب	-	-	۴ اگر شنی باشند	۳	۱	۷ اگر شنی باشند	-	SP	ماسه‌های دارای بافت یکنواخت، شن‌های ماسه‌ای فاقد، یا دارای کمی مصالح ریزدانه
نیمه تراوا تا ناتراوا	خوب	اندک	نسبتاً خوب	۴	۵	-	۲	۴	۸ اگر شنی باشند	۵ فرسایش پذیر	SM	ماسه‌های لایه، مخلوط‌های ماسه و لایه دارای بافت یکنواخت
ناتراوا	خوب تا نسبتاً خوب	اندک	خوب	۳	۲	-	۱	۱	۵	۲	SC	ماسه‌های رسی، مخلوط‌های ماسه و رس دارای بافت یکنواخت
نیمه تراوا تا ناتراوا	نسبتاً خوب	متوسط	نسبتاً خوب	۶	۶	-	۴	۳	-	۶ فرسایش پذیر	ML	لایه‌های معدنی و ماسه‌های بسیار ریز دانه، آرد سنگ، شن‌های ریزدانه لایه یا رسی دارای خمیری اندک
ناتراوا	نسبتاً خوب	متوسط	خوب تا نسبتاً خوب	۵	۳	-	۳	۱	۹	۳	CL	رس‌های معدنی دارای خمیری اندک تا متوسط، رس‌های شنی، رس‌های ماسه‌ای، رس‌های لایه، رس‌های ضعیف ^۳

با اطلاع از مطالب آمده تاکید می‌شود که شرایط کیفی انواع سنگدانه‌ها تابع شرایط طراحی و سطح انتظار پایداری سازه می‌باشد. به عنوان نمونه در مورد (بند) سدهای خاکی مقادیر سنگدانه‌ها و نحوه‌ی احداث‌بندهای خاکی در دفتر چهارم (بندهای کوتاه خاکی) کتاب «مقدمه‌ای بر مهار سیلاب‌ها و بهره‌وری بهینه از آن‌ها» تشریح شده است.

▪ مصالح خاکریز در خاک مسلح

استفاده از «خاک» که همواره ارزان‌ترین مصالح ساختمانی بوده از مراحل اولیه‌ی فعالیت‌های عمرانی مورد توجه قرار داشته و تا به امروز نیز در عملیات سازه‌های مهم از قبیل سدسازی متداول بوده است. با توجه به ضعف خواص مکانیکی خاک و ابعاد بزرگ سازه‌های خاکی در مقایسه با سازه‌های بتنی یا فولادی، مساله‌ی تقویت خواص مکانیکی خاک همواره مورد بررسی محققین بوده و در مورد افزایش مقاومت درونی خاک از طریق کاربرد مواد دیگر به نحوی که هزینه‌های مربوط غیراقتصادی نباشند، مطالعات مختلفی صورت گرفته است. یکی از جدیدترین مصالح ساختمانی که جزو اصلی آن‌را خاک تشکیل می‌دهد «خاک مسلح» است. خاک مسلح، همان‌طور که از نام آن پیداست متشکل از خاک و تسمه‌های فلزی است که به صورت نوارهایی در داخل خاک قرار داده شده‌اند، به طوری که مقاومت مجموعه‌ی خاک و تسمه‌ها در برابر نیروهای کششی به میزان قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. به

^۱ ظاهراً Wonson این جدول را از مرجع زیر اقتباس کرده است:

Wagner, A.A. 1957. The use of the Unified Soil Classification System for Bureau of Reclamation Proc. 4th Int. Conf. Soil Mech. Foundation Engg. London 1:125-134

^۲ به نقل از a, Hilf, ۱۹۷۳. $\pm$ درجه اطمینان این مقادیر ۹۰ درصد می‌باشد.

^۳ Lean clays، خاک‌های رسی که خاصیت شکل‌پذیری آنها بسیار کم است (ملکیان، ۱۳۶۵).

عبارت دیگر تسمه‌های درون خاک مانند آرماتورهای بتن مسلح که برای تقویت مقاومت کششی بتن مورد استفاده قرار می‌گیرند، عمل می‌نمایند.

در یک سازه‌ی خاک مسلح منظور از تامین پایداری درونی تعیین طول تسمه‌ها، میزان نیروی کششی ایجاد شده در آن‌ها و نحوه‌ی توزیع تسمه‌ها در خاک با یک ضریب اطمینان کافی و معقول در مقابل تنش‌های خارجی با توجه به خطر خوردگی آن‌ها می‌باشد. نظریه‌ی محاسبه‌ی پایداری درونی سازه‌های متداولی که با خاک مسلح ساخته می‌شوند (مانند دیوارهای حایل)، بر فرضیات ساده‌ای استوار می‌باشد. این نظریه به طور رضایت‌بخشی با آزمایشات صورت گرفته تطابق دارد. استفاده از خاک مسلح دارای خصوصیات عمده‌ای به شرح زیر می‌باشد:

- قابلیت انعطاف‌پذیری: این پدیده امکان ساخت مستقیم بر روی خاک‌های با قابلیت تراکم زیاد بدون نیاز به پی‌های بزرگ و عمیق را ایجاد می‌نماید.
- مقاومت زیاد در برابر نیروهای استاتیکی و دینامیکی
- سادگی نصب به علت استفاده از قطعات پیش‌ساخته در تسمه‌ها و قطعات نما
- شکل ظاهری مطلوب سازه (قطعه نما پیش‌ساخته است و می‌توان آن را به هر شکل دلخواهی ساخت)
- صرفه‌جویی‌های قابل توجه در مصالح و زمان اجرا

در سازه‌های خاک مسلح ساخته شده در سراسر جهان که هم‌اکنون در دست بهره‌برداری می‌باشند بررسی‌های بسیاری صورت گرفته، مقاومت آن‌ها در برابر شرایط متغیر و نامناسب جوی، نیروهای استاتیکی وارده، لرزش‌ها، انفجارات، ضربه‌ها، زلزله‌های با دامنه‌ی زیاد، دماهای بسیار پایین، دماهای زیاد در هنگام آتش گرفتن مخازن و اثر امواج و توفان‌ها در شرایط دریایی موردنظر بوده و با کسب این تجارب گسترده پیش‌بینی رفتار سازه‌های خاک مسلح توسعه یافته است. بدیهی است خاک مورد استفاده برای خاکریز در نقاط مختلف متفاوت بوده و با تجربه‌ی بدست آمده می‌توان بهترین مصالح برای ساخت خاک مسلح را تعیین نمود. هدف تمام این بررسی‌ها، به دست آوردن روش‌های محاسباتی مناسب منطبق بر نتایج مشاهدات و بهینه کردن هزینه‌ها، بدون کاهش ضریب اطمینان است. مطالعات انجام شده عمدتاً حول سه محور زیر بوده است:

- طراحی سازه‌ای
- بررسی‌های مربوط به دوام
- توسعه و بهبود قطعات

خاک مسلح که در سال ۱۹۶۳ توسط هانری ویدال (HENRI VIDAL) مهندس و آرشیست فرانسوی ابداع شده در چند سال اخیر موارد استفاده‌ی زیادی در کارهای عمرانی داشته است. خاک مسلح تاکنون بیشتر در احداث دیوارهای حایل و پایه‌های کناری پل‌ها به کار برده شده است. اما امروز کاربرد آن در ساخت سائرسازه‌ها مثل دیوارهای ساحلی واقع در معرض امواج و مخازن ذخیره‌ی سنگ‌های معدن و نیز در فعالیت‌های مربوط به « آبخیزداری شهری » گسترش یافته است. سازه‌های خاک مسلح سازه‌هایی سنگین و در عین حال انعطاف‌پذیرند و می‌توانند جانشین سازه‌های سستی هم‌چون دیوارهای حایل اسکله‌ها، پایه‌های پل و غیره شوند. در اکثر موارد، کاربرد این تکنیک باعث صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در هزینه‌ها و هم‌چنین زمان انجام کار می‌گردد و در پاره‌ای از موارد به سبب انعطاف‌پذیری این تکنیک، تنها از طریق آن می‌توان راه‌حل مناسب را به دست آورد.

کمیته‌ی شماره ۱۶ (سازه) طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور با توجه به رشد روزافزون کاربرد خاک مسلح بر آن گردید که توصیه‌ها و قواعد کاربردی مربوط به خاک مسلح را که توسط وزارت راه و ترابری فرانسه منتشر گردیده است ترجمه و ارایه نموده است. برای دریافت ضوابط مبسوط طراحی، اجرا و بکارگیری مصالح خاک‌های مسلح به نشریه‌ی شماره ۱۶ دفتر فنی وزارت نیرو، بهمن ماه سال ۱۳۷۴ ارجاع داده می‌شود.

سرعت اجرا، پیش ساخته بودن و پیوستگی در عملیات خاک‌ریزی و خاک‌برداری، موارد خاص خاک مسلح هستند که باید آن‌ها را در مقایسه‌ی اقتصادی با دیگر راه‌حل‌ها مدنظر داشت. دیواره‌های حایل البته در عملیات آبخیزداری و برای تثبیت شیب‌ها می‌توانند کارایی داشته باشند اما معمولاً استفاده از این سازه‌ها در فعالیت‌های حفاظت از خاک در عرصه‌های منابع طبیعی به دلیل حجم کار، فاقد توجیه اقتصادی و تا حدودی فنی است. همان‌طور که اشاره گردید، طی سال‌های اخیر دامنه‌ی علوم آبخیزداری تا حفاظت از دامنه‌های موجود در محدوده‌های شهری توسعه یافته است. در این خصوص «آبخیزداری شهری» با بهره‌گیری از توان اقتصادی سازمان شهرداری و در راستای استحکام بخشی به دامنه‌های تحت فرسایش خصوصاً فرسایش‌های توده‌ای سازه‌هایی را با فضاهای بصری که شایسته محیط‌های سکونتگاهی شهری است ایجاد می‌نماید. بنابراین به کارگیری سازه‌های خاک مسلح در آبخیزداری شهری و یا نقاطی از عرصه‌ها منابع طبیعی که مطالعات اقتصادی و فنی، اجرای آن را مجاز بشمارد قابلیت اجرایی دارد.

▪ مصالح خاکریز خاک مسلح

▪ ماهیت مصالح خاکریز

مصالح خاکریز می‌توانند یا خاک‌های طبیعی باشند یا مصالحی که منشأ صنعتی دارند. این مصالح نباید شامل خاک‌های گیاهی یا مواد فاسد شدنی یا فضولات خانگی باشند. کیفیت مصالح خاکریز قابل استفاده برای خاک مسلح، چه دارای منشأ طبیعی باشند و چه دارای منشأ صنعتی، از ضوابط کاملاً مشخصی پیروی می‌کند. این ضوابط، از جمله عبارتند از:

- ضوابط ژئوتکنیکی

- ضوابط شیمیایی یا الکتروشیمیایی

علاوه بر آن، هنگامی که تجربه‌ی کافی برای به کارگیری مصالحی از منشأ صنعتی وجود ندارد، حتی اگر این مصالح ضوابط درخواست شده را تامین کنند استفاده از آن‌ها باید تا تایید قبلی مسئولین ذیصلاح صورت گیرد.

▪ ضوابط ژئوتکنیکی

مصالح خاکریز باید در عین حال ضابطه‌ی کیفیت مکانیکی و ضابطه‌ی قابلیت به کارگیری را تامین کنند.

▪ ضابطه کیفیت مکانیکی

برای تسمه‌های دارای پیوستگی بالا، زاویه‌ی اصطکاک داخلی که روی مصالح اشباع شده در شرایط برش قیچی سریع اندازه گرفته شده است باید برابر با ۲۵ درجه یا بیشتر باشد. برای تسمه‌های صاف، زاویه‌ی اصطکاک خاک با تسمه، که در همان شرایط اندازه گرفته شود باید برابر با ۲۲ درجه یا بیشتر باشد. به دلایل عملی، ضابطه‌ی اصطکاکی توسط ضوابط دانه‌بندی مصالح خاکریز جایگزین می‌شود، عامل تعیین کننده، درصد وزنی دانه‌های کوچکتر از $80\mu\text{m}$ و کوچکتر از $15\mu\text{m}$ است.

جدول شماره (۲-۵)، نشان‌دهنده‌ی روش عملی استفاده از مصالح خاکریز می‌باشد.

جدول (۲-۵) روش عملی استفاده از مصالح خاکریز

درصد عبور از $80\mu m$	$\leq 15\%$	ضابطه‌ی مکانیکی را ارضا می‌کند				
	$> 15\%$	درصد عبور از $15\mu m$	$\leq 10\%$	ضابطه‌ی مکانیکی را تامین می‌کند		
				زاویه‌ی اصطکاک داخلی $\geq 25^\circ$	ضابطه‌ی مکانیکی ر ا تامین می‌کند	
						مصلح غیر قابل استفاده در خاک مسلح
				تسمه‌های با پیوستگی بالا H.A.	زاویه‌ی اصطکاک داخلی $< 25^\circ$	
					تسمه‌های صاف	زاویه اصطکاک خاک و تسمه $\geq 22^\circ$
	زاویه اصطکاک خاک و تسمه $< 22^\circ$	مصلح غیر قابل استفاده در خاک مسلح				
	$> 20\%$	مصلح غیر قابل استفاده در خاک مسلح				

▪ ضوابط اجرایی

با در نظر گرفتن ضخامت کم لایه‌ها ($33/0$ یا $375/0$ سانتی‌متر)، ابعاد بزرگترین قطعات نباید از 250 میلی‌متر فراتر رود. افزون بر آن، جهت جلوگیری از ایجاد اشکالات به هنگام متراکم کردن خاک، مناسب است که بر طبق توصیه‌های موجود برای کارهای خاکی جاده‌سازی، درصد آب مصالح حساس به آب را محدود کرد.

▪ راهنمای انتخاب خاک برای خاکریز

به کمک طبقه‌بندی خاک‌ها، براساس توصیه‌هایی که برای کارهای خاکی سازه ای، می‌توان سه گروه را مشخص نمود:

- خاک‌هایی که می‌توان مستقیماً برای خاکریز بکار برد.
 - خاک‌هایی که در حالت طبیعی خود، غیرقابل استفاده هستند.
 - خاک‌هایی که فقط پس از کنترل ضابطه مکانیکی قابل استفاده هستند.
- جدول شماره (۲-۶)، نشان‌دهنده گروه‌های راهنما برای انتخاب خاک خاکریز می‌باشد.
- این جدول به کارگیری خاک‌های زیر را در خاک مسلح جایز نمی‌داند:
- طبقه‌های خاک که نسبت به آب حساس و بیش از حد مرطوب باشند. این خاک‌ها توسط نشانه‌ی h در جدول مشخص شده‌اند (که ضوابط اجرایی در آن‌ها تامین نشده است).
 - طبقه‌های خاک A_3 و A_4 مربوط به خاک‌های عمدتاً رسی (معمولاً ضابطه‌ی مکانیکی آن‌ها تامین نشده).
 - طبقه‌های خاک C_3 و D_4 مربوط به مصالحی که شامل اجزا بزرگتر از 250 میلی‌متر است (ضوابط اجرایی تامین نشده است).

جدول (۲-۶). گروه‌های راهنما برای انتخاب خاک خاکریز خاک مسلح

طبقه خاک‌ها بر طبق طبقه‌بندی «توصیه‌ها برای کارهای خاکی»		خاک‌های قابل استفاده در خاک مسلح	خاکی که نیاز به کنترل ضابطه‌ی مکانیکی دارد	خاکی که در حالت طبیعی غیرقابل استفاده در خاک مسلح است
خاک‌های طبقه A $D < 50\text{mm}$ $\geq 35\%$ مقدار عبور از $80\mu\text{m}$	A1m; A1S A2m; A2S		x	
	A1h; A2h A3; A4			x
خاک‌های طبقه B	B1; B3 B2m; B2s B4m; B4s	x		
$D < 50\text{mm}$	B5m; B5s B6m; B6s		x	
مقدار عبور از $80\mu\text{m}$ بین ۵ تا ۳۵٪	B2h; B4h B5h; B6h			x
خاک‌های طبقه C $D > 50\text{mm}$ $\geq 5\%$ مقدار عبور از $80\mu\text{m}$	C2m; C2s	x		
	C1m; C1s		x(1)	
	C3; C2h; C1h			x
خاک‌های طبقه D $\leq 5\%$ مقدار عبور از $80\mu\text{m}$	D1; D2; D3	x		
	D4			x
خاک‌های طبقه E سنگ‌های تکاملی	Cra; Crb; E2	x(1)		
	E3		x(1)	
	Crc; Crd			x

(۱) به شرطی که این مصالح دارای اجزا بزرگتر از ۲۵۰ میلی‌متر نباشند.

(X): مراجعه شود به طبقه‌بندی «توصیه برای کارهای خاکی جاده‌سازی»- نام مدرک: SETRA-LCPC (1976)

گچ‌های طبقه‌ی C_{rc} و C_{fd} بیش از حد مرطوب و ترد (ضوابط مکانیکی و اجرایی ارضا نشده).

به کارگیری مصالح طبقه‌بندی F و از جمله فضولات صنعتی (فضولات معادن، شیست نفتی، روباره‌ها، خاکسترهای پراکنده در هوا و غیره...) باید موضوع بررسی ویژه‌ای قرار گیرند.

▪ ضوابط شیمیایی و الکتروشیمیایی

ضوابط شیمیایی و الکتروشیمیایی مربوط به دوام تسمه‌ها عبارتند از:

▪ مقاومت ویژه

مقاومت ویژه ی مصالح خاکریز، در تمام حالات، روی مصالح اشباع شده پس از یک ساعت تماس خاک با آب در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد، اندازه گرفته می‌شود.

این مقاومت باید بزرگتر از مقادیر زیر باشد:

▪ در مورد سازه‌های برون آبی، برابر با ۱۰۰۰ اهم سانتی‌متر ($\Omega\text{ m}$)

▪ در مورد سازه‌های واقع در آب شیرین، برابر با ۳۰۰۰ اهم سانتی‌متر ($\Omega\text{ m}$)

▪ فعالیت یون‌های هیدروژن یا «PH»

فعالیت یون‌های هیدروژن خاک نیز در تمام موارد، بر طبق استاندارد فرانسوی شماره NFT۰۱۰۱۳ بر روی آبی که از مخلوط

آب و خاک استخراج شده، تحت شرایط توصیف شده اندازه گرفته می‌شود و مقدار آن باید بین ۵ تا ۱۰ باشد.

▪ درصد نمک‌های قابل حل

این درصد، بنابر اصول فقط برای مصالح طبیعی خاکریزی که مقاومت ویژه ی آن بین ۱۰۰۰ اهم سانتی‌متر و ۵۰۰۰ اهم سانتی‌متر باشد و برای مصالح خاکریز با منشا صنعتی تعیین می‌شود. غلظت کلرور $[Cl^-]$ بر طبق استاندارد فرانسوی ۹۰۰۱۴ NFT و غلظت سولفات $[SO_4^{--}]$ بر طبق استاندارد فرانسوی ۹۰۰۰۹ NFT در آبی که بر طبق روش عملیات پیوست ۱۴ استخراج می‌گردد، اندازه گرفته می‌شود. مقادیر غلظت باید از شرایط زیر پیروی کنند:

$$[Cl^-] \leq 200 \text{ mg/kg}$$

▪ سازه‌های برون آبی

$$[SO_4^{--}] \leq 100 \text{ mg/kg}$$

$$[Cl^-] \leq 100 \text{ mg/kg}$$

▪ سازه‌های واقع در آب شیرین

$$[SO_4^{--}] \leq 500 \text{ mg/kg}$$

▪ درصد سولفات‌های کل

این درصد، برحسب اصول، فقط هنگامی تعیین می‌شود که منشا مصالح خاکریز تردیدی در مورد وجود انواع سولفات را پدید آورد. ردیابی کیفی این سولفات‌ها انجام می‌شود و اندازه‌گیری مقدار آن‌ها، معمولاً توسط یک آزمایشگاه صلاحیت‌دار صورت می‌گیرد. برای سازه‌های برون آبی، غلظت گوگرد باید از ۳۰۰ mg/kg و برای سازه‌های واقع در آب شیرین از ۱۰۰ mg/kg کمتر باشد.

▪ مواد آلی

مصالح خاکریز به کار رفته نباید حاوی مواد آلی باشند. با وجود این، در مواردی که برای سازه‌های غوطه‌ور شکی وجود داشته باشد می‌توان کنترل کرد که درصد مواد آلی تعیین شده از آستانه‌ی مجاز ۱۰۰ p.p.m (تعریف شده توسط کربن) فراتر نرود.

▪ فعالیت بیولوژیکی

این نوع فعالیت فقط برای سازه‌های واقع در آب شیرین یا سازه‌هایی که از نوع سازه‌های با «خطر بالا» یا با «خطر ویژه» قلمداد می‌شوند هنگامی که نتایج ضوابط پیشین، چنین فعالیتی را محتمل نشان می‌دهد در نظر گرفته می‌شود. حضور میکروارگانیسم‌های هوازی را توسط اندازه‌گیری «نیاز بیوشیمیایی به اکسیژن» (ن.ب.ا) بر طبق روش عملیاتی توصیف شده در استاندارد فرانسوی ۹۰۱۰۳ NFT مشخص می‌کنند. آستانه‌ی مجاز برابر است با:

$$5 \leq 20 \text{ Mg/kg (ن.ب.ا.)}$$

میکروارگانیسم‌های هوازی توسط تراکمی ویژه برای هر یک از انواع این میکروارگانیسم‌ها بر حسب روش‌های تعیین شده توسط انستیتوی ملی پژوهش‌های کشاورزی تعیین می‌شوند. حد مجاز شمار باکتری برابر با ۱۰ عدد در هر گرم خاک است.

▪ روش گام به گام احداث بندهای کوتاه خاکی

احداث هر بند خاکی لازم است مطابق با استانداردهای طراحی و اجرا مربوط باشد. احداث هر بند خاکی در هر شرایط محیطی از جنبه‌های فنی و اجرایی تابعی است از مطالعات مختص به آن سد، از این رو شبیه سازی یک طراحی در شرایط حتی مشابه اساساً توصیه نمی‌شود. به منظور ارایه‌ی روشی در احداث بند کوتاه خاکی، «روش گام به گام» احداث بند خاکی بر اساس مطالب کتاب «مقدمه‌ای بر مهار سیلاب‌ها و بهره‌وری بهینه از آن‌ها» از انتشارات موسسه‌ی تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، صرفاً به عنوان یک نمونه‌ی کلی از احداث این گونه بندها ارایه می‌شود

▪ روش گام به گام ساختن بندهای کوتاه خاکی

- پس از تهیهی نیمرخ طولی محور بند و تعیین ابعاد اجزا مختلف آن و ساختمانهای متعلقه (سرریزهای خودکار، آماده کار و اضطراری) و لوله‌های آبگذر، محل هر یک بر روی نقشه و زمین تعیین و مشخص می‌گردد. محور بند، حدود خندق آب‌بند، هسته، صافی و پیرامون خاکریز به وسیله‌ی میخ‌های چوبی علامت‌گذاری، و با استفاده از گچ یا آهک، کاملاً نمایان می‌شوند. مکان‌های دهانه‌ی آبگیر، حوضچه‌ی آرامش، و سکوی مهار لوله‌ی آبگذر و همچنین مسیر لوله، دقیقاً معلوم می‌گردند. از آن‌جا که بیشترین شیب مجاز تکیه‌گاه‌ها ۱:۱ می‌باشد در صورت لزوم شیب پاره‌ای قطعات با برداشتن خاک تعدیل و محدوده‌ی جدید بند با توجه به وضعیت اخیر تعیین می‌شود.

- میخ‌کوبی محور بایستی به طرفین دره و خارج از محیط کار ماشین‌آلات امتداد یابد، زیرا این خط در طول ساختمان بارها مورد استفاده قرار خواهد گرفت. به همین ترتیب، تعیین نقاطی ثابت به عنوان نشانه، ترازبایی را آسان می‌کند. قرار دادن این نقاط در ارتفاع‌هایی مشخص (تاج، سرریز اضطراری، دهانه‌ی آبگیر)، مراجعه به آن را ساده‌تر و امکان بروز اشتباه را کمتر می‌نماید. درختان، سنگ‌های بزرگ و ساختمان‌ها برای نصب نشانه‌ها مناسب می‌باشند. احداث سکوهای سنگی و سیمانی یا بتونی در دشت‌های فاقد درخت و عوارض مشخص پایدار لازم است. تراز مخزن (رقوم سرریزهای خودکار یا آماده‌ی کار)، بایستی به وسیله‌ی قرار دادن نشانه‌هایی واضح (توده‌هایی از سنگ یا خاک و سفید کردن قله‌ی آن یا شیار زدن) کاملاً نمایان گردد. زیرا در صورتی که تهیه‌ی قرضه از کف آن مورد نظر باشد، حفاری در رقومی پایین‌تر از تراز مخزن انجام می‌شود. بر هم زدن زمین در ارتفاعاتی بیشتر از تراز مخزن موجب فرسایش خاک و ته‌نشینی آن در سراب بند می‌گردد.

چنان چه پایه‌ی بند بر روی زمین تراز قرار گیرد، طرح‌های تهیه شده دقیقاً قابل اجرا می‌باشند. از آن‌جا که زمین معمولاً شیب‌دار بوده و این مهم کمتر در تهیه‌ی طرح منظور می‌شود، پیاده‌کننده‌ی نقشه بایستی توجهی کامل به این مطلب معطوف دارد زیرا فاصله‌ها در سراب محور کوتاه‌تر و در پایاب آن بلندتر از اندازه‌ی محاسبه شده می‌باشند، برای مثال، چنان چه شیب‌های سراب و پایاب‌بندی به ارتفاع ۵ متر به ترتیب ۱:۳ و ۱:۲/۵ بوده و پهنای تاج آن ۴ متر باشد فاصله‌ی محوربند تا سراب و پایاب در سطحی تراز به ترتیب ۱۷/۰ و ۱۴/۵۰ متر خواهد بود. در صورتی که شیب محل بنای بند ۵ درصد باشد ارتفاع زمین در پنجه‌ی سراب ۰/۸۵ متر بالاتر و در پنجه‌ی پایاب ۰/۷۳ متر پایین‌تر از ارتفاع محور خواهد بود از این‌رو شیب سراب‌بند در اختلاف ارتفاع ضرب و عدد حاصل از فاصله کم می‌شود به همین ترتیب، شیب پایاب آن در اختلاف ارتفاع ضرب و به مسافت موردنظر افزوده می‌گردد:

$$\begin{array}{lll} \text{متر، فاصله‌ی محور تا پنجه‌ی خاکریز سراب} & ۱۷/۰۰ - ۲/۵۵ = ۱۴/۴۵ & ۲/۵۵ \times \frac{۳}{۱} = ۰/۸۵ \\ \text{متر، فاصله‌ی محور تا پنجه‌ی خاکریز پایاب} & ۱۴/۵۰ + ۱/۸۳ = ۱۶/۳۳ & ۰/۸۵ \times \frac{۳}{۱} = ۲/۸۳ \end{array}$$

بدیهی است این اصلاح فاصله بایستی برای کلیه‌ی اجزا (خندق آب‌بند، هسته، صافی و خاکریزها) و نیز در تمام طول بند صورت

گیرد. بی‌توجهی به این امر سبب کاهش شیب در سراب و تندی آن در پایاب و غیریکنواختی سطح خارجی بند می‌گردد.

- کلیه‌ی درخت‌ها، درختچه‌ها و بوته‌ها از محوطه‌ی بند و مخزن خارج می‌گردند. در صورتی که ضخامت لایه‌ی نفوذناپذیر کف مخزن و تکیه‌گاه‌ها کم باشد، گودال هر درخت از ریشه بیرون آورده شده با خاک ریزبافت مرطوب پر و متراکم می‌گردد. درخت‌های پایین‌دست خاکریز پایاب تا مسافت ۳۰ متری نیز قطع و از رویش مجدد آن‌ها جلوگیری می‌شود. کلیه‌ی ریشه‌هایی که قطر آن

افزون بر ۵ میلی‌متر بوده و هنگام حفر پی‌بند هویدا می‌گردند، بایستی تا انتها تعقیب و از زمین بیرون آورده شوند. تمام سنگ‌هایی که قطر آن افزون بر ۱۰ سانتی‌متر است نیز از محل بند خارج می‌گردند.

- خاک سطحی محل بند به عمق ۱۵-۱۰ سانتی‌متر تراشیده شده و در نقاطی معین در خارج از محل خاکریز پایاب، انبار می‌گردد. چنانچه قرار است تثبیت سطح خارجی بند با استفاده از پوشش گیاهی صورت گیرد، توده‌های این خاک، برای جلوگیری از استفاده‌ی اشتباهی از آن با علائمی مشخص می‌شوند، به همین ترتیب خاک سطحی محل قرضه‌ی کف مخزن تراشیده شده و انبار می‌گردد. این خاک برای پوشاندن بند یا آب‌بندی خندق قرضه در صورت نیاز به کار خواهد رفت.

- خندق آب‌بند به ابعاد موردنظر حفر می‌گردد. چنانچه استفاده از مصالح خندق در ساختن بند میسر باشد خاک برداشته شده برای کاربرد بعدی در مکانی مناسب انبار می‌گردد.

- مسیر آبگذر لوله‌ای تعیین و خندق آن حفر می‌گردد. چنانچه قرار است آبگذر لوله‌ای از کف خندق آب‌بند یا زیر آن عبور کند، مراحل لازم برای نصب لوله پیش از پر کردن خندق آب‌بند انجام می‌گیرد، در غیر این صورت خواباندن لوله و نصب آب‌بندهای گلولی پس از رساندن ارتفاع خاکریز به رقومی معین صورت می‌پذیرد.

- در صورت وجود لایه‌های سنگی در خندق آب‌بند یا مناطقی که در آن اتصال هسته (بندهای ناهمگن)، یا خاکریز (بندهای همگن) با طبقات ناتراوای پی ضروری است نکات زیر بایستی مورد توجه قرار گیرند (Anon, ۱۹۸۴):

- بیشترین شیب مجاز برای لایه‌ی سنگی ۱:۵/۰ (عمودی: افقی) است.

- از ایجاد پله‌هایی به ارتفاع افزون بر ۳۰ سانتی‌متر خودداری می‌گردد. زیرا نشست نابرابر هسته یا خاکریز سبب ترک خوردگی آن می‌شود.

- تمام خرده‌سنگ‌ها و قطعات سست سنگ از محل خارج می‌گردند.

- خاک داخل درزها و ترک‌هایی که پهنای دهانه‌ی آن کمتر از ۵۰ میلی‌متر است. تا عمقی معادل سه برابر عرض دهانه تخلیه می‌شود؛ چنانچه پهنای دهانه ۱۵۲۵-۵۰ میلی‌متر باشد، خاک داخل شکاف تا عمقی معادل سه برابر دهانه یا تا جایی که عرض ترک خوردگی کمتر از ۱۲ میلی‌متر است، تخلیه می‌گردد به شرطی که عمق آن از ۱۵۲۵ میلی‌متر تجاوز نکند. در صورتی که پهنای دهانه بیش از ۱۵۲۵ میلی‌متر باشد عمق تخلیه با نظر مهندس ساختمان تعیین می‌گردد. داخل ترک‌ها با دوغاب سیمان یا بتون پر می‌شود. قطر قطعات مخلوط نبایست بیشتر از یک سوم عرض دهانه باشد.

• سطح لایه‌های سنگی با آب شسته شده و آب اضافی از فرورفتگی‌ها خارج می‌گردد.

• لایه‌ای از دوغاب غلیظ سیمان یا بتون نرم به وسیله‌ی جارو و در سطح صیقلی سنگ‌ها کشیده می‌شود به گونه‌ای که سطحی زیر به وجود آید.

- خاکی که بر روی سنگ ریخته می‌شود بایستی از خمیریایی زیاد (حد خمیریایی ۱۶ تا ۳۰) برخوردار بوده و رطوبت آن نیز صفر تا ۳ درصد بیش از حد پروکتور باشد بدین ترتیب، اتصالی مناسب با سطح زیرین برقرار می‌گردد. تراکم خاک بایستی با وسایل دستی یا غلتک‌های چرخ لاستیکی صورت گیرد. ضخامت مناسب تمام شده‌ی هر لایه پس از تراکم ۱۰ سانتی‌متر است. سطح هر لایه‌ی متراکم پیش از خاکریزی بعدی با کاربرد دیسک به عمق ۵ سانتی‌متر شیار می‌شود تا اتصال لایه‌ها بهتر صورت گیرد. کاربرد غلتک‌های پاچه بزی هنگامی مجاز است که خطر رسیدن میخ‌های آنها به پی سنگی برطرف شده باشد.

- در صورت استفاده از غلتک‌های چرخ لاستیکی ظرفیت آن بایستی ۵۰ تن بوده و دست کم چهار چرخ آن‌ها دارای دستگاه لرزاننده باشد. فشار مناسب برای چرخ ۸۰ تا ۱۰۰ پاوند بر اینچ مربع (۵۵۰ تا ۷۷۰ کیلوپاسکال) پیشنهاد شده است.

- احداث دیواره‌هایی کوتاه از بتون بر روی لایه‌های سنگی مسافت نشت را طولانی کرده و از خطر زیر شستگی می‌کاهد. ایجاد شیب ۱:۵/۰ در سطح جانبی دیواره یا منظور نمودن صافی در صورت عمود بودن آن سطوح، خطر ایجاد سطوح برش را کمتر می‌سازد.

■ آب‌پاشی محل بند و تراکم آن با کاربرد غلتک یا بولدوزر قبل از خاکریزی ضروری است سطوح سنگی نیز مرطوب می‌گردند، لکن تجمع آب بر روی آن جایز نمی‌باشد.

■ از آن‌جا که تهیه‌ی قرضه از درون مخزن به گنجایش آن افزوده و کاهش هزینه‌ی حمل را نیز سبب می‌گردد. انجام این کار در بیشتر موارد توصیه شده است. بدیهی است چنان‌چه هدف اصلی بستن بند نگهداری آب در سطح زمین بوده و حفاری در مخزن طبقات نفوذپذیر را هویدا کند خاکبرداری در صورتی مجاز خواهد بود که آب‌بندی گودال قرضه با هزینه‌ای اندک تحقق یابد. به عبارت دیگر اگر سودهایی که از گنجایش بیشتر مخزن و کاهش هزینه‌ی حمل خاک، به دست می‌آیند افزون بر مخارج آب‌بندی باشند، خاکبرداری از درون مخزن موجه است. توجه به سه نکته در این روش خاکبرداری ضروری است:

- کمترین فاصله‌ی بین محل پنجه‌ی سراب و لبه‌ی پایاب گودال ۵ متر در نظر گرفته می‌شود.
- شیب بدنه‌های گودال بر پایه‌ی پایداری خاک آن در حالت اشباع انتخاب می‌گردد؛ بیشترین شیب مجاور بدنه‌ی سراب، ۱:۲/۵ می‌باشد.
- چنان‌چه گنجایش گودال قابل ملاحظه باشد، دهانه‌ی آبگیر در داخل آن احداث می‌شود.
- بهتر است رساندن رطوبت خاک‌های ریزبافت به حد بهینه پیش از حفر و حمل آن از گودال قرضه صورت گیرد زیرا تنظیم رطوبت در محل مزبور ساده‌تر از مکان مورد استفاده تحقق می‌یابد.

- مصالح موردنظر به محل منتقل و در لایه‌هایی به ضخامت ۲۵-۲۰ سانتی‌متر برای خاک‌های درشت بافت، و ۱۵-۱۰ سانتی‌متر برای خاک‌های ریزبافت، ریخته می‌شوند. تمام ریشه‌هایی که قطر آن افزون بر ۵ میلی‌متر، کلیه‌ی کلوخ‌هایی که قطر آن بیش از دو سوم ضخامت لایه‌ی خاک و همه‌ی سنگ‌هایی که قطر آن بیش از ۱۰ سانتی‌متر است از داخل خاک جمع‌آوری می‌گردند. چنان‌چه خاک‌های رسی پس از استخراج از معدن به گونه‌ی لایه‌هایی خمیده در آیند از آن‌جا که ممکن است این پدیده به ایجاد فضای باز در خاکریز منجر گردد محل تامین قرضه پیش از خاکبرداری شخم زده می‌شود. مکان مناسب برای استفاده از خاک‌هایی که قابلیت انقباض و انبساط فراوان داشته یا از بافتی یکنواخت برخوردارند، پایین خاکریز پایاب و در مجاورت هسته می‌باشد زیرا رطوبت یکنواخت و بار وارده از دگرگونی حجم آن به اندازه‌ی زیاد جلوگیری می‌کند. شن و ماسه‌ی خندق آب‌بند در زمین‌های نفوذپذیر معمولاً برای صافی‌ها و خاکریزهای سراب و پایاب و ساختمان‌های بتونی مورد استفاده قرار می‌گیرند. کاربرد مصالح نامرغوب خندق آب‌بند سرریز اضطراری و نهر تخلیه برای کاستن شیب پایاب بند و افزودن بار به پنجه‌ی آن با موفقیت تجربه شده است. گفتنی است که این مصالح افزون بر بدنه‌ی اصلی بند بوده و استفاده از آن در پایاب به منظور صرفه‌جویی در هزینه‌ی حمل نخاله و زیباسازی محل نیز می‌باشد. لازم به تذکر است که کلیه‌ی مصالح لازم در هر لایه‌ی افقی بند جز پوشش‌های خاکی و سنگریز بایستی همزمان ریخته شده و متراکم گردند. بدین ترتیب مصالح هسته صافی‌های طرفین آن و خاکریزهای سراب و پایاب در مکان‌های از پیش تعیین شده قرار می‌گیرند. از آن‌جا که پس از تراکم به میزان مورد نظر (۱۰۰-۸۵

درصد حد تراکم پروکتور) سطوح بالایی بخش‌های مختلف (هسته، صافی، خاکریز) بایستی در یک ارتفاع قرار گیرند، ضخامت لایه‌های غیرمتراکم براساس کاهش حجم آن بر اثر تراکم مشخص می‌شود. تنظیم رطوبت هر لایه پیش از تراکم آن واجب است. یکنواختی رطوبت در کلیه‌ی حجم خاک ریخته شده مرغوبیت کار را می‌افزاید.

- از آن‌جا که تراکم هنگامی بهترین نتیجه را خواهد داد که این عمل در چند مرحله انجام گیرد، بهتر است در صورت امکان وزن غلتک یا نیروی تراکم آن به تدریج افزون گردد. بدین ترتیب کار با غلتکی سبک آغاز شده و با دستگاهی سنگین پایان می‌پذیرد. چنان‌چه از غلتک‌های دارای دستگاه لرزاننده استفاده شود تراکم اولیه بدون کار انداختن لرزاننده اجرا می‌گردد. بر همین روال کاهش و افزایش وزن غلتکی صاف و پاچه بزی با کم و زیاد کردن وزنه‌ها و آب و شن داخل چرخ‌ها و در مورد دستگاه‌های چرخ لاستیکی با تنظیم فشار باد لاستیک‌ها میسر می‌شود. نکته‌ای دیگر که توجه به آن به مرغوبیت کار می‌افزاید. تراکم از جهات مختلف است بر اثر رفت و آمد غلتک‌ها در جهتی مشخص (برای نمونه طول بند) خلل و فرج خاک ترجیحاً در آن سو قرار می‌گیرند. در صورتی که حرکت در بیش از یک جهت انجام شود پراکنش فضاهای خالی یکنواخت‌تر گشته و تراکم یکسان‌تر تحقق می‌یابد بدیهی است این روش تراکم بیشتر در لایه‌های زیرین بند کاربرد داشته و با کاهش پهنای تاج دشوار می‌گردد. در این ارتباط، تراکم مجدد محل دور زدن غلتک‌ها از اهمیتی ویژه برخوردار است. در کنار سطوح شیب‌دار (معمولاً تکیه‌گاه‌ها و بدنه‌های خندق آب‌بند)، شیبی بین ۱:۱۰ تا ۱:۶ از فاصله ۳/۰-۲/۴ متری آن و به مصالحی که پس از تراکم ناتراوا می‌گردند داده می‌شود. بنابراین بخشی از نیروی تراکم به سوی سطوح مزبور وارد می‌آید. چنان‌چه غلتک چرخ لاستیکی برای تراکم به کار روند فشار چرخ بایستی ۸۰-۱۰۰ پاوند بر اینچ مربع (۵۵۰ تا ۷۰۰ کیلوپاسکال) بوده و هر یک ۱۲/۵ تن بار را فراهم آورند. دوازده بار گذشتن غلتکی با چنین مشخصات از روی خاک تراکم لازم را اعمال خواهد کرد.

- کلیه‌ی طول بند همزمان احداث می‌گردد زیرا نابرابری تراکم در بخش‌هایی که در زمان‌های مختلف ساخته می‌شود، نشست غیریکنواخت، ایجاد سطح برشی و ناپایداری بند را به دنبال دارد. افزون بر آن، در صورت جریان سیلی غیرمنتظره، و شکستن فرازبند آب از نقاط پست بند گذشته و بخش‌هایی از آن را ویران می‌سازد. در صورت تراز بودن سطح بالایی بند ناتمام و داشتن گنجایش کافی برای نگهداری سیل مورد بحث خطر شکستن آن به گونه‌ای چشمگیر کاهش می‌یابد. گرچه ممکن است این پیشنهاد با روش گذراندن سیل از گذرگاهی که به عمد در بند ایجاد می‌گردد متناقض جلوه نماید لکن از آن‌جا که در مورد اخیر آبی در پشت بند نگهداری نمی‌شود زیان فرسایش کمتر از هنگامی است که آبی فراوان به یکباره آزاد گشته و خرابی به بار آورد.

- هنگام خاکریزی و تراکم شیب‌هایی بین ۱:۲۰ تا ۱:۴۰ از محو رند به طرفین آن داده می‌شود، بدین ترتیب، آب حاصل از بارندگی بر روی بند نایستاده و حالت ماندایی که مانع از پیشرفت کار است، به وجود نخواهد آمد.

- سنجش شیب‌های طرفین بند، روزانه با کاربرد شیب سنج‌هایی مخصوص تحقق یافته، شیب در صورت نیاز تنظیم می‌گردند. فاصله‌ی محور تا لبه خاکریز هر طرف تعیین و تنها پس از پوشش گیاهی پایاب‌بند بخشی از آب موجود در آن قسمت را جذب و مصرف می‌کند، مقاومت برشی خاکریز پایاب افزایش می‌یابد.

گیاهانی برای ایجاد پوشش در سطح خاکریزها مفیدند که دایمی و دارای ساقه‌ی خزنده‌ی زیرزمینی (ریزوم) بوده و حتی در حالت کمون، سطوح خارجی بندهای خاکی را از گزند باد و باران در امان دارند. گیاهان سازگار با شرایط محیط بایستی پس از مشورت با کارشناسان کشاورزی و مرتع مشخص و با راهنمایی ایشان کاشته شوند. گونه‌های مناسب برای حفاظت سراب بند عبارتند

از:

- *Agropyron riparium* Scribn. & Smith, *Alopecurus pratensis* L., *Phalaris arundinacea* L. *Ph.tuberosa* L.-

برای مناطق سرد (میانگین دمای هوا در زمستان و تابستان به ترتیب کمتر از ۷ و ۲۷ درجه ی سانتی گراد باشد)

- *Axonopus affinis* Chase, *A. compressus* (Swartz) Beauv., *Pennisetum clandestinum* Hochst. Rx Chiov

برای نواحی گرم (Semple, ۱۹۷۲، ص ۳۶ و ۳۸؛ Martin و همکاران، ۱۹۷۶، ص ۵۹۱ و ۵۹۷؛ Hook, ۱۹۸۴؛ Jackson و Drew, ۱۹۸۴). مرغ نیز پوششی مناسب را در پایاب، تاج و حدود تراز مخزن ایجاد می کند. هر چند این گیاه در مناطق گرم و معتدل بهتر می رویند، مع هذا در برابر دمای خاک تا 10°C پایداری می نماید از آن جا که رقم (ارقام) محلی گونه ی مزبور دمای 15°C - بهمن ۱۳۷۰ شیراز را تحمل کرده اند، استفاده از رقم (ارقام) پایدار در برابر سرمای این گونه برای مناطقی که دمای آن از 15°C - پایین تر نرود، پیشنهاد می گردد. امکان تبدیل گونه های مورد استفاده در ایجاد پوشش گیاهی به علف هرز مزارع اطراف نیز بایستی مورد توجه قرار گیرد. روش ایجاد پوشش گیاهی بر روی سرریز اضطراری و نهر تخلیه نیز بر همین روال می باشد. پوشاندن سرریز و نهر با لایه ای از خاک حاصلخیز، تراکم آن، بذرپاشی، کود دادن و آبیاری همزمان با عملیات گفته شده درباره ی بندی صورت می گیرد. بدیهی است درو علوفه بلند سرریز و نهر بایستی به هنگام انجام شود وگرنه ظرفیت آن کاهش خواهد یافت.

▪ قرار دادن لایه های صافی در طرفین هسته ی بندهای ناهمگن و زیر پوشش سنگریز سراب، هم چنین پوشاندن بندهای همگن با سنگریزه برای نگاهداری آن در مقابل ترک خوردگی ناشی از خشکی و فرسایش های آبی و بادی، محاسبه ی پهنای لایه ها را لازم می نماید، زیرا معمولاً در طرح بندها این بعد به صورت عمود بر سطح خاکریز ارایه شده، لکن در عمل، لایه ها به گونه ای افقی در محل خاص خود قرار می گیرند. از آن جا که عرض لایه ی فوق وتر مثلث راست گوشه ای است که نسبت ارتفاع به قاعده ی خاکریزهای سراب و پایاب دو ضلع دیگر آن را به وجود می آورند، بنابراین در ازای وتر مثلث مزبور تعیین و در ضخامت لایه ی موردنظر ضرب می شود. برای مثال، فرض کنیم ضخامت لایه ی صافی در سراب بندی که شیب آن ۱:۳ منظور گردیده 0.60 متر باشد عرض لایه بدین ترتیب محاسبه می شود:

$$\text{متر } 1.90 = 0.60 \times \frac{3}{16} = 0.60 \times \frac{1}{2} \times (1^2 + 3^2)^{1/2}$$

بدیهی است هنگام ریختن مصالح لایه ها بایستی ترتیب آن حفظ گردد. مواد ریز بافت در مجاورت هسته یا قسمت خارجی خاکریز و مصالح درشت دانه میسر می باشد دو نکته بایستی مورد توجه واقع شوند:

▪ عرض زنجیر بولدورز بایستی مشخص و شمار دفعات عبور آن برای تراکم کلیه ی پهنای لایه معین گردد. برای مثال چنانچه پهنای زنجیر بولدورز D_6D کاترپیلار و عرض لایه به ترتیب 0.40 و 1.50 متر باشد، یک بار تراکم پس از ۵ مرتبه عبور تحقق می یابد (هر مرتبه نزدیک به ۳۰ سانتی متر متراکم می شود)، بنابراین چنانچه ۴ بار تراکم برای حصول وزن مخصوص موردنظر توصیه گردیده است، بولدورز بایستی ۲۰ مرتبه از روی هر لایه بگذرد. چنانچه پهنای لایه افزون بر فاصله ی بین دو زنجیر باشد، سطح تماس در هر بار عبور از سطح بالایی لایه ۸۰ سانتی متر و عرض تراکم حدود ۶۰ سانتی متر خواهد بود. تراکم قابل قبول مصالح غیرچسبنده (درشت دانه) کوچکتر از ۷۶ میلی متر هنگامی حاصل می شود که چگالی نسبی ۱۰۵ آن به ۷۰ درصد رسیده باشد.

▪ لزوم تراوایی فراوان صافی در طول عمر بند جلوگیری از آلودگی آن را با خاک های ریزبافت یا مواد آلی، روشن می نماید. چنانچه زه آب بند به آسانی تخلیه نگردد، فشار آب زبان هایی را که پیشتر برشمرده شده اند بر آن وارد می کند. مرطوب ساختن

لایه‌ها تا حد اشباع بلافاصله قبل از تراکم ضروری است. ایستادن آب در رد غلتک‌ها یا زنجیرهای بولدوزر، بلافاصله پس از تراکم مصالح درشت دانه دلیل بر اشباع بودن آنهاست.

- ضربات امواج تشکیل شده در سراب بندهایی که طول مخزن آن افزون بر ۶۰۰ متر باشد، چنان است که پوشش گیاهی یارای پایداری در برابر آن را نیاورده و زیان‌هایی فراوان و گهگاه جبران‌ناپذیر بر بندها وارد می‌گردد. در صورتی که وزن سنگ‌ها و نسبت آن برای بندهایی که بیشینه‌ی فاصله‌ی اثر باد در مخازن آن (موجگاه)، کمتر از یک مایل (۱۶۰۹ متر) باشد، به گونه‌ی زیر انتخاب گردد، پوشش سنگریزه از کارایی خوبی برخوردار خواهد بود:

کیلوگرم ۶۸ >	۲۵ درصد
کیلوگرم ۴/۵-۶۸	۴۰-۵۰ درصد
کیلوگرم ۴/۵ <	۲۵ درصد
خرده سنگ، شن و ماسه	۱۰-۰ درصد

وجود درز و ترک در این سنگ‌ها از کیفیت آن‌ها برای مناطق سرد می‌کاهد. مشخصات سکو، لایه‌های صافی و کیفیت سنگ‌های مناسب برای ایجاد پوشش سنگریز قبلا تحت عنوان نگاهداری خاکریز سراب، مطرح شده‌اند.

روش احداث پوشش ارتباطی تام با ارزانی سنگ و مزد کارگر دارد. فراوانی سنگ ریختن آن را در محل به وسیله‌ی کامیون منطقی جلوه می‌دهد؛ در این حال کمترین ضخامت لایه‌ی سنگی ۶۰ سانتی‌متر است. در صورتی که چیدن لایه‌ای از سنگ، دست کم به ضخامت ۳۰ سانتی‌متر با کوشش کارگر ارزاتر از روش پیشین باشد، انجام آن به صرفه نزدیکتر است. قفل شدن سنگ‌ها در یکدیگر که بر اثر چیدن بهتر تحقق می‌یابد امتیازهای این روش نسبت به ریختن آن به وسیله‌ی کامیون می‌باشد. ترتیب قرار دادن سنگ‌ها آن چنان است که قطعات کوچک به گونه‌ای لابه‌لای سنگ‌های بزرگ واقع می‌گردند که فرشی تقریباً یکپارچه و محکم به دست می‌آید. وجود ناهمواری‌ها در سطح بیروین سنگ‌ها و همچنین فاصله‌های بین آن، نقشی عمده را در زدودن کارمایه‌ی جنبشی امواج ایفا می‌نماید. فشار آب منفذی در فروکش‌های آبی نیز از طریق این فواصل زایل می‌گردد. بدیهی است گسترش لایه‌های صافی درجه بندی شده قبل از چیدن سنگ‌ها ضرورت دارد در غیراین صورت، ضربات امواج خاک بند را شسته و از پایداری آن می‌کاهند. حفاظت سراب بندهایی که بر روی رودخانه‌ها به ویژه در دره‌ها، بسته می‌شوند بایستی به تکیه‌گاه‌ها نیز ادامه یابد. پوشاندن قوس‌هایی که از اتصال خاکریز سراب و تکیه‌گاه‌ها به وجود می‌آیند، نیز ضروری است؛ این پوشش تا حد اثر فرساینده‌ی موج‌های برگشت ادامه می‌یابد. افزایش حجم کار در برابر یک درصد فزونی شیب در سرازیری‌ها گزارش شده است. از آن جا که بندهای خاکی مورد بحث این دفتر معمولاً در خارج از رودخانه‌ها احداث گردیده، و چنین بندهایی نیاز به نهرهای آبرسانی و تخلیه‌ی نسبتاً طولانی دارند، چنانچه استفاده از خاک حفر شده از نهرها میسر باشد، با انتقال مستقیم آن به محل موردنظر در بند صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در هزینه‌ها به عمل خواهد آمد، زیرا به بارگیری مجدد نیازی نخواهد بود. در صورتی که از انبار کردن خاک در نزدیکی بند گزیری نباشد، ریختن آن در سراب به صرفه نزدیکتر است، زیرا بازدهی بولدوزرها هنگام فشار دادن بار در سرازیری افزایش می‌یابد؛ افزون بر آن چنان‌چه خاکریزی با کاربرد بیش از یک دستگاه بولدوزر انجام شود، قرار دادن بیل‌های آن‌ها در کنار یکدیگر و حرکت هماهنگ ماشین‌ها سبب بردن باری بیش از مجموع ظرفیتی دو دستگاه بولدوزری که هر یک جداگانه کار کند می‌گردد، بدین ترتیب، دو دستگاه ماشین ظرفیتی را نزدیک به سه دستگاه همسان خواهند داشت. چنان چه مسافت حمل از حدود ۳۳ متر فراتر رود، کاربرد بولدوزر از نظر اقتصادی قابل توجه نمی‌باشد. بهترین زمان برای بستن بندهای کوتاه خاکی هنگامی است که آب یخ نبسته و

رطوبت طبیعی قرضه نزدیک به حد بهینه ی پروکتور باشد، در این حالت، اندازه ی آب خاک کمی بیش از «حد گاورو» است. زمستان و اوایل بهار برای جنوب ایران، و بهار و اوایل تابستان برای شمال و غرب کشور، فصولی مناسب برای ساختمان بند به شمار می‌روند. دشواری تهیه ی آب مورد نیاز برای تراکم خاک در بسیاری از مناطق جنوبی کشور آن چنان است که بایستی از رطوبت خاک بیشترین بهره را برد. تنظیم برنامه بر پایه ی آب موجود در خاک، یا دسترسی به آب کافی، در ارزانی و سرعت انجام کار موثر است. حفر گودال، با بستن بندهایی کوچک پیش از آغاز ساختمان، برای جمع‌آوری آب مورد نیاز برای تراکم، در پاره‌ای از مناطق لازم است. هر چند کاربرد ماشین‌آلات بزرگ و قوی برای بنای بندهای خاکی توصیه شده است و هزینه ی واحد حجم خاکبرداری، خاکریزی و تراکم ارزانتر از حالتی خواهد بود که از لوازم کوچکتر استفاده گردد. مع‌هذا، موقعیت‌هایی خاص بنای بندهای کوتاه خاکی را به وسیله ی لوازم غیرمعمول، منطقی می‌نماید. برای نمونه، احداث دیواره‌های استخرهای تغذیه با کاربرد لودر (خاکبرداری و خاکریزی) و کامیون سنگین شده (تراکم) در تی چین چهارم و بستن بندی به طول افزون بر یک کیلومتر و ارتفاع حدود ۴ متر در روستای بند حاج علی، قشم، با کاربرد بولدوزر D4E کاترپیلار (۷۵ اسب) با موفقیت تجربه شده است. گرچه نیروی وارده به وسیله ی دستگاه اخیر (حدود ۵۰ کیلو پاسکال) تراکم مناسب را

چشم خوش - عید - قابل استناد

فصل ۳

استانداردهای آب مصرفی

چشم خوش - عید قابل استناد

۳- آب مصرفی

۳-۱- دامنه‌ی کاربرد

آب را نه تنها می‌توان از مصالح سازه‌ای مهم به شمار آورد بلکه نقش آن در کارهای مهندسی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. جایگاه «آب» در ایجاد و توسعه‌ی اجتماعات بشری و فعالیت‌های آدمی انکارناپذیر است. «آبخیزداری» و فرایندهای حفظ توسعه‌ی منابع طبیعی با مقوله‌ی «آب» ارتباطی تنگاتنگ یافته‌اند و بدون آن توسعه‌ی خاک و آبادانی و نیز حوضه‌ی آبخیز متصور نمی‌باشد. از این‌رو جنبه‌های کمی و کیفی پیرامون آب حایز ارزش‌گذاری است. «توسعه‌ی اجتماعی» و هرگونه فعالیت‌های مکانیکی حفاظت خاک و متکی به سیمان، ملات و بتن و... و نیز اصلاح و توسعه‌ی مراتع متکی به تقویت پوشش گیاهی و تامین آب شرب دامی همگی در گروه شناخت کیفی بعلاوه در اختیار بودن کمیت مناسب آب مقدور می‌باشند برای همین منظور و از جنبه‌های مورد اشاره‌ی فوق، استانداردهای مربوط به آب براساس دستور العمل‌ها و ضوابط انتشار یافته بررسی و ارایه می‌گردد.

۳-۲- تعاریف

TDS^۱ باقی مانده‌ی خشک نمک‌هایی است که در آب محلول بوده‌اند.

PPM باقی مانده‌ی خشک نمک‌های محلول در آب بر حسب میلی گرم در لیتر mg/litr.

EC هدایت الکتریکی آب است که واحد آن در سیستم متریک مو بر سانتی متر (mho.cm^{-1}) و در سیستم بین‌المللی سیمنز بر متر (S.m^{-1}).

۳-۳- انطباق با مشخصات و استانداردها

آب مورد مصرف در هر پروژه اعم از آب اختلاط یا آبی که برای عمل آوردن به مصرف می‌رسد باید از نظر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و سایر مشخصه‌ها با آن چه در نقشه‌ها، مشخصات فنی خصوصی، دستور کارها و سایر مدارک پیمان ذکر شده است مطابقت داشته باشد. نوع آب و منبع تامین آن باید قبلاً به تصویب دستگاه نظارت برسد. چنانچه تا زمان انعقاد پیمان استانداردهای ایرانی درباره‌ی آب برای مصارف ساختمانی تدوین یا تجدیدنظر شود این استانداردها ملاک عمل قرار خواهند گرفت. تا زمانی که استاندارد ایرانی در برخی موارد تدوین نشده باشد در درجه‌ی اول استانداردهای «سازمان بین‌المللی استاندارد ISO» معتبر خواهد بود و در صورت نبودن استاندارد مذکور به ترتیب استانداردهای آمریکایی ASTM، بریتانیایی BS و آلمانی DIN دارای اعتبار بوده و مورد عمل قرار خواهند گرفت.

▪ استاندارد شماره ۲۶۶: دستور العمل تعیین اسیدیته و قلیائیت آب و دستور العمل تعیین نیتروژن آب، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

^۱ Total Dissolved Solids

- استاندارد شماره ۲۷۴: دستورالعمل نمونه‌برداری آب، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- استاندارد شماره ۳۳۰: دستورالعمل آماربرداری از منابع آب، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- استاندارد شماره ۲۵۹: دستورالعمل آزمون میکروبیولوژی آب، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- استاندارد شماره ۱۲۰: آیین‌نامه‌ی بتن ایران «آبا»، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- استاندارد شماره ۵۵ (تجدید نظر دوم): مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- استاندارد شماره ۱۰۸: ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری و زهکشی، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- نشریه‌ی شماره ۶۶ الف: راه‌های ارزیابی کیفی منابع آب، شرکت سهامی مدیریت منابع آب ایران.
- نشریه‌ی شماره ۲۷: دستورالعمل نمونه‌برداری از آب، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- نشریه‌ی شماره ۱۳۹-ن: دستورالعمل بررسی ویژگی‌های عمومی آب، شرکت‌های مدیریت منابع آب ایران.
- نشریه‌ی شماره ۲۶۵: دستورالعمل برپایی آزمایشگاه آب، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- نشریه‌ی شماره ۱۵۵: دستورالعمل تعیین هدایت هیدرولیک خاک سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- نشریه‌ی شماره ۶: معیارهای کیفی آب آشامیدنی، دفتر فنی وزارت نیرو.
- نشریه‌ی شماره ۱۹۸: ضوابط طراحی سازه‌های بندهای انحرافی، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.

۳-۴- آب مصرفی بتن و ملات

- آب مصرفی در هر پروژه باید تمیز و صاف بوده و عاری از مقادیر زیان‌آور روغن‌ها، اسیدها، قلیایی‌ها، نمک، مواد قندی، مواد آلی یا مواد دیگری باشد که ممکن است به کارهای ساختمانی به ویژه بتن، ملات‌ها، آرماتورها و سایر اقلام مدفون در کار آسیب برسانند. عموماً آب آشامیدنی زلال، بی‌بو، بی‌رنگ، بدون طعم را می‌توان در ساختن بتن و ملات‌ها در مناطقی که خطر خوردگی وجود نداشته باشد مورد استفاده قرار داد.
- آب غیرآشامیدنی و اصولاً هر آب مشکوک را در صورتی می‌توان در ساخت بتن و انواع ملات‌ها به مصرف رسانید که نمونه‌های مکعبی ملات ساخته شده با آن دارای حداقل مقاومتی در سنین ۷ روزه و ۲۸ روزه برابر با (۹۰٪) مقاومت نمونه‌های مشابهی که با آب مقطر ساخته شده‌اند باشند. آزمایش‌های مقایسه مقاومت‌ها باید در شرایط یکسان جز از نظر آب اختلاط انجام شوند.
- جدول شماره (۳-۱)، نشان دهنده‌ی حداکثر مقادیر مجاز برای مواد زیان‌آور در آب مصرفی برای ساختن ملات‌ها و بتن می‌باشد.
- عموماً آب دریایی که تا مقدار ۳۵۰۰۰ قسمت در میلیون نمک‌های محلول دارد به عنوان آب اختلاط برای بتن بدون میلگرد و ملات‌های مصرفی در کارهایی که اقلام فلزی در آن‌ها کار گذارده نمی‌شوند مناسب است.
- مصرف آبی که دارای خزه است برای ساختن بتن و ملات‌ها مناسب نیست. آب گل‌آلوده را باید قبل از مصرف از میان حوضچه‌های ته‌نشیت گذراند و یا با روش‌های دیگر تصفیه کرد تا مقدار لای و رس آن کاهش یابد. املاح یا سایر مواد

زیان آوری که در سنگدانه‌ها، سیمان یا مواد افزودنی وجود دارند باید با مقادیر موجود در آب اختلاط جمع شوند. مقادیر کل مواد زیان‌آور برای بتن یا فولاد باید مبنای ارزیابی و پذیرش قرار گیرند.

■ آب در ساختن بتن، ملات‌ها و شفته و نظایر آن مصرف می‌شود و کمی و زیادی و کیفیت آن در مقاومت بتن و ملات‌ها اثر می‌گذارد.

■ آب برای عمل آوردن و مراقبت از بتن، ملات‌های آبی و شفته ضروری است.

■ ناخالصی‌های موجود در آب اختلاط ملات‌ها و بتن نه تنها ممکن است بر زمان گیرش، تاب و ثبات حجم اثر بگذارد بلکه می‌تواند سبب شوره‌زدگی یا خوردگی آرماتورها و سایر اقلام فلزی مدفون در کار شوند.

■ در شستشوی مصالح و جداسازی آن‌ها از ناخالص از آب بهره‌گیری می‌شود.

■ از بخار آب در تولید برخی مصالح، عمل آوردن بتن و گرم کردن پاره‌ای مواد و مصالح و حفاظت کارها از سرما استفاده می‌شود..

■ قسمت عمده سازه‌های آبی در معرض آب قرار می‌گیرند و در بیش‌تر موارد مواد مضر موجود در آب دریا و آب‌های زیرزمینی سبب بروز اشکالاتی مانند حمله‌ی سولفات‌ها و کلرورها، خوردگی فلزات و مانند این‌ها می‌شود..

■ کمی و زیادی رطوبت و تر و خشک شدن متوالی می‌تواند باعث انهدام و تخریب کارها شود.

■ برخی از اعضای ساختمان‌ها ممکن است در اثر رطوبت دچار صدمه و حتی خرابی شوند. آسیب تزیینات ساختمانی یا پیچیدگی کارهای چوبی، شوره‌زدگی نمای ساختمان‌ها و خوردگی فلزات از جمله این مواردند..

آب را می‌توان از منابعی مانند اقیانوس‌ها، دریاها، رودخانه‌ها، چشمه‌ها، قنات‌ها و چاه‌ها تامین نمود. در مواردی که منابع آب در یک منطقه محدود و بهای تمام شده‌ی آن گران باشد ممکن است با اتخاذ تدابیری مانند استفاده‌ی مجدد از آب‌های مصرف شده، بازیافت^۱ پساب‌ها و فاضلاب‌های تصفیه شده نیز تمام یا قسمتی از آب مورد نیاز کارگاه‌های ساختمانی را فراهم نمود.

بدیهی است در این صورت و در حالی که از آب دریا و اصولاً هر نوع آب مشکوک دیگر استفاده می‌شود شرایط مندرج در مشخصات برای هر نوع کاربرد باید رعایت گردد..

عموماً آب آشامیدنی زلال، بی‌بو، بی‌رنگ و بدون طعم را در مناطقی که خطر خوردگی (درجه‌ی حرارت زیاد محیط، رطوبت زیاد و...) وجود نداشته باشد می‌توان مورد استفاده قرار داد. در محیط‌های خورنده باید نتایج آزمایش‌های آب مصرفی با مشخصات زیر مطابقت داشته باشد.

■ pH آب طبق روش آشتو ۲۶-T نباید از ۴/۵ کم‌تر و از ۸/۵ بیش‌تر باشد.

■ زمان گیرش اولیه‌ی سیمان طبق روش آشتو ۲۶-T با آب مصرفی نباید کم‌تر از ۴۵ دقیقه بوده و در هر حالت زمان گیرش

اولیه با آب مصرفی نباید ۲۵%± در مقایسه با آب مقطر تفاوت داشته باشد.

■ مقدار حداکثر مواد آلی و غیر آلی به ترتیب ۲۰۰ و ۳۰۰۰ میلی گرم در لیتر باشد.

■ حداکثر مقدار مواد معلق ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر باشد.

^۱ Recycling

- مقدار یون کلر براساس بنیان CL^- در بتن غیرمسلح، بتن مسلح و بتن پیش تنیده به ترتیب نباید از ارقام ۲۰۰۰، ۱۰۰۰ و ۶۵۰ میلی گرم در لیتر تجاوز نماید (استاندارد ASTM D516).
 - مقدار سولفات براساس بنیان SO_4^- در بتن غیرمسلح نباید از رقم ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر و در سایر بتن‌ها از رقم ۱۳۰۰ میلی گرم در لیتر تجاوز کند. (استاندارد ASTM D512).
- جدول شماره (۲-۳)، نشان‌دهنده‌ی نسبت‌های اختلاط تقریبی آب و مصالح در بتن می‌باشد.
- جدول شماره (۳-۳)، نشان‌دهنده‌ی میزان تقریبی آب مصرفی بتن بر حسب لیتر در متر مکعب می‌باشد.
- جدول شماره (۴-۳)، نشان‌دهنده‌ی حداکثر نسبت آب به سیمان مجاز برای بتن با مقاومت‌های فشاری مختلف می‌باشد.
- جدول شماره (۵-۳)، نشان‌دهنده‌ی نسبت آب به سیمان با توجه به شرایط رویارویی بتن می‌باشد.
- جدول (۱-۳). حداکثر مقادیر مجاز مواد زیان‌آور در آب مصرفی بتن و ملات‌ها**

نوع مواد زیان‌آور	حداکثر غلظت مجاز (قسمت در میلیون)	ملاحظات
ذرات جامد معلق	۱۰۰۰	بتن آرمه در شرایط محیطی شدید و بتن پیش تنیده
	۲۰۰۰	بتن آرمه در شرایط محیطی ملایم، بتن بدون آرماتور و ملات‌ها
ذرات جامد محلول	۱۰۰۰	بتن آرمه در شرایط محیطی شدید و بتن پیش تنیده
	۲۰۰۰	بتن آرمه در شرایط محیطی ملایم
	۳۵۰۰	بتن بدون آرماتور و بدون قطعات فلزی و ملات‌ها
یون کلر (CL^-)	۵۰۰	بتن آرمه در شرایط محیطی شدید، بتن پیش تنیده یا دال پل و بتن آرمه‌هایی که در شرایط مرطوب قرار دارند.
	۱۰۰۰	یا دارای مواد آلومینیومی یا فلزات غیرمشابه یا قالب‌های گالوانیزه دایمی هستند.
	۱۰۰۰۰	بتن بدون آرماتور و بدون سایر اقلام فلزی مدفون و ملات‌ها
سولفات‌ها (برحسب SO_4)	۱۰۰۰	بتن آرمه و بتن پیش‌تنیده
	۳۰۰۰	بتن بدون آرماتور و بدون اقلام فلزی مدفون و ملات‌ها
$(Na_2O + 0.658K_2O)$		
قلیایی‌های معادل		
کربنات‌ها بی کربنات‌ها فسفات‌ها، ارسنات‌ها، برات‌ها نمک‌های روی، مس، سرب، منگنز، قلع سولفور سدیم	۱۰۰۰	۴۰۰ برای بی‌کربنات‌های کلسیم و منیزیم آزمایش بتن ضروری است
	۱۰۰۰ تا ۴۰۰	
	۵۰۰	
	۵۰۰	
	۱۰۰	

جدول (۲-۳). نسبت‌های اختلاط تقریبی آب و مصالح در بتن

مقدار تقریبی آب در هر متر مکعب بتن (litre)	مقدار اسلامپ بتن (cm)	مقدار مصالح برای یک متر مکعب بتن			علامت اختصاری	طبقه‌ی بتن
		شن (m^3)	ماسه (m^3)	(سیمان kg)		
۱۶۰-۱۴۰	۱۰-۵	۰/۷۸	۰/۵۳	۴۰۰	B-۳۵۰	۱
۱۵۰-۱۳۰	۱۰-۵	۰/۸۳	۰/۵۳	۳۵۰	B-۳۰۰	۲
۱۴۵-۱۳۰	۱۰-۵	۰/۸۸	۰/۵۳	۳۰۰	B-۲۵۰	۳
۱۴۵-۱۲۵	۱۰-۵	۰/۹۳	۰/۵۳	۲۵۰	B-۲۰۰	۴
۱۴۰-۱۲۵	۵-۲/۵	۰/۹۷	۰/۵۳	۲۰۰	B-۱۵۰	۵
۱۴۰-۱۲۰	۵-۲/۵	۱/۰۵	۰/۵۳	۱۵۰	B-۱۰۰	۶
-	-	-	۰/۵۳	۱۰۰	B-۷۵	۷

*در این جدول، مقدار تقریبی آب صرفاً برای راهنمایی ساختن بتن ارایه شده است. رعایت اسلامپ بتن طبق مندرجات این جدول الزامی است.

**براساس توصیه‌ی B.S.۵۳۳۷-۷۶، مقدار سیمان برای سازه‌های آبی با بتن مسلح نباید از ۴۰۰ کیلوگرم سیمان در مترمکعب بتن بیش‌تر شود.

جدول (۳-۳). میزان تقریبی آب مصرفی بتن بر حسب لیتر در متر مکعب.

اندازه بزرگ‌ترین دانه‌ها (mm)								اسلامپ (mm)	نوع بتن
۱۵۰	۷۵	۵۰	۳۷/۵	۲۵	۱۹	۱۲/۵	۹/۵		
۱۲۵	۱۴۵	۱۵۵	۱۶۰	۱۸۰	۱۸۵	۲۰۰	۲۰۵	۵۰-۳۰	بتن معمولی
۱۴۰	۱۶۰	۱۷۰	۱۷۵	۱۹۵	۲۰۰	۲۱۵	۲۲۵	۱۰۰-۸۰	
-	۱۷۰	۱۸۰	۱۸۵	۲۰۵	۲۱۰	۲۳۰	۲۴۰	۱۸۰-۱۵۰	
۰/۲	۰/۳	۰/۵	۱	۱/۵	۲	۲/۵	۳	درصد تقریبی هوای موجود در بتن	بتن هوادار
۱۲۰	۱۳۵	۱۴۰	۱۴۵	۱۶۰	۱۶۵	۱۷۵	۱۸۰	۵۰-۳۰	
۱۳۵	۱۵۰	۱۵۵	۱۶۰	۱۷۵	۱۸۰	۱۹۰	۱۰۰	۱۰۰-۸۰	
-	۱۶۰	۱۶۵	۱۷۰	۱۸۵	۱۹۰	۲۰۵	۱۱۵	۱۸۰-۱۵۰	
۳	۳/۵	۴	۴/۵	۵	۶	۷	۸	متوسط هوار توصیه شده (درصد)	

میزان اسلامپ برای بتن با حداکثر قطر دانه‌ها بیش از ۳۷/۵ میلی‌متر، باید پس از حذف مصالح بزرگ‌تر از ۳۷/۵ میلی‌متر تعیین شود.

جدول (۳-۴). حداکثر نسبت آب به سیمان مجاز برای بتن با مقاومت‌های فشاری مختلف.

ردیف	مقاومت فشاری بتن (مگاپاسکال)	بتن معمولی	بتن به حباب هوا
۱	۱۵	۰/۸۰	۰/۷۱
۲	۲۰	۰/۷۰	۰/۶۱
۳	۲۵	۰/۶۲	۰/۵۳
۴	۳۰	۰/۵۵	۰/۴۶
۵	۳۵	۰/۴۸	۰/۴۰
۶	۴۰	۰/۴۳	—
۷	۴۵	۰/۳۸	—

توضیح

- منظور از مقاومت فشاری بتن در جدول، مقاومت فشاری ۲۸ روزه‌ی آزمونه استوانه‌ای به قطر ۱۵ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر و دمای آزمایش $23 \pm 1/7$ درجه‌ی سلسیوس است.
- برای بتن با حباب هوا و مقاومت بیش از ۲ مگاپاسکال و بتن معمولی با مقاومت بیش از ۳۵ مگاپاسکال باید نسبت آب به سیمان با توجه به طرح اختلاط و توسط آزمایشگاه معتبر مشخص شود.
- حداکثر قطر مصالح سنگی ۲۰ تا ۳۰ میلی‌متر فرض شده که با ثابت بودن نسبت آب به سیمان، مقاومت بتن با کم نمودن قطر حداکثر شن، زیاد خواهد شد.

جدول (۳-۵). نسبت آب به سیمان با توجه با شرایط رویارویی بتن

نسبت آب به سیمان	شرایط رویارویی
۰/۵	۱- بتن با شرایط نفوذناپذیر
۴/۵	الف) در رویارویی با آب صاف ب) در رویارویی با آب شور و آب دریا
۰/۴۵	۲- بتن در معرض شرایط جوی مرطوب و یخ زدن
۰/۵	الف) جدول، آبرو، جان‌پناه و مقاطع با ضخامت کم ب) سایر مقاطع
۰/۴۵	پ) بدون به کار بردن مواد یخ‌زدا
۰/۴۵	۳- برای حفاظت بتن آرمه در برابر خوردگی هنگام رویارویی با نمک‌های یخ‌زدا و آب‌های لب‌شور، آب دریا و ترشحات حاصل از آن

با اطلاع از مطالب آمده تاکید می‌گردد شرایط کیفی آب مصرفی در بتن تابع شرایط طراحی سازه می‌باشد. برای نمونه «حداکثر مقادیر مجاز مواد زیان‌آور در آب مصرفی بتن حجیم غیرمسلح» در بند ۷-۲-۲ نشریه‌ی شماره ۹۸ با عنوان «ضوابط طراحی سازه‌های بندهای انحرافی» انتشار یافته توسط سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور درج گردیده است.

۳-۴-۱- جابجا کردن و نگهداری آب مصرفی بتن و ملات

در جابجا کردن آب از منبع اصلی و در ذخیره‌سازی آن باید نهایت مراقبت به عمل آید تا از آلودگی آب به مواد مضر جلوگیری شود. هم چنین از ورود مواد آلوده به منابع ذخیره‌ی آب در کارگاه باید ممانعت به عمل آید به قسمی که ویژگی‌های آب دستخوش تغییر نشود.

منابع زیر زمینی کارگاهی به ویژه در مناطقی که دارای خاک نامناسب و آلوده به املاح و مواد مضر هستند باید کاملاً آب‌بندی شوند تا مواد مضر موجود در خاک و آب‌های زیرزمینی نتوانند به این منابع نفوذ کنند و موجب آلودگی آب شوند. در هر کارگاه ساختمانی، ذخیره سازی آب باید چنان باشد که همواره به اندازه‌ی کافی آب در دسترس قرار گیرد تا چنانچه آب از منبع اصلی به هر علتی دچار اشکال گردد آب مورد لزوم کارگاه تامین و حداقل برای آب‌پاشی کارهای بتنی و سیمانی و سایر مصارف ضروری آب وجود داشته باشد. در طراحی منابع کارگاهی باید ورود و خروج و در نتیجه جریان آب در منبع طوری تنظیم گردد که در تمام قسمت‌های منبع همیشه آب تازه جریان داشته باشد و به این ترتیب از رشد خزه، قارچ و میکروارگانیسم‌ها و مانند این‌ها جلوگیری به عمل آید و در صورت لزوم هر چند گاه یک بار مواد ضدعفونی کننده در منبع ریخته شود.

۳-۵- طبقه‌بندی آب مصرفی از نظر زراعت علوفه‌ای

گاها بنا بر ضرورت و با هدف تولید محصولات زراعت علوفه‌ای بخش‌هایی از عرصه‌های منابع طبیعی مستعد تحت کشت زراعت فاریاب علوفه‌ای قرار می‌گیرند. محدوده‌ی مشخصی برای کیفیت آب وجود ندارد و مطلوبیت آن برای مصرف با توجه به شرایط مصرف تعیین می‌شود.

جدول شماره (۳-۶)، نشان دهنده‌ی اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی مورد لزوم برای ارزیابی مسایل معمولی کیفیت آب آبیاری می‌باشد

جدول شماره (۳-۷)، نشان دهنده‌ی تحمل گیاه و پتانسیل عملکرد تعدادی از گیاهان علوفه‌ای با توجه به اثر شوری آب آبیاری (EC_w) و شوری خاک (EC_e) (از ۱۹۸۴ و ۱۹۷۷ mass و maas and Hoffman) می‌باشد.

جدول (۳-۶). اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی مورد لزوم برای ارزیابی مسایل معمولی کیفیت آب آبیاری

پارامترهای آب	علائم قراردادی	واحد ^۱	دامنه‌ی معمول در آب آبیاری
شوری مقدار نمک هدایت الکتریکی یا کل جامدات حل شده	ECw TDS	dS/m mg/l	صفر تا ۳ میلی مهو بر سانتی‌متر صفر تا ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر
کاتیون‌ها و آنیون‌ها کلسیم منیزیم سدیم کربنات یکربنات کلرید سولفات	Ca ⁺⁺ Mg ⁺⁺ Na ⁺ CO ₃ ⁻ HCO ₃ ⁻ Cl ⁻ SO ₄ ⁻	me/l me/l me/l me/l me/l me/l me/l	صفر تا ۲۰ میلی اکی‌والان در لیتر صفر تا ۵ میلی اکی‌والان در لیتر صفر تا ۴۰ میلی اکی‌والان در لیتر صفر تا ۱/۰ میلی اکی‌والان در لیتر صفر تا ۱۰ میلی اکی‌والان در لیتر صفر تا ۳۰ میلی اکی‌والان در لیتر صفر تا ۲۰ میلی اکی‌والان در لیتر
عنصرهای غذایی ^۲ نیترژن نیتراتی نیترژن آمونیومی فسفر فسفات پتاسیم	NO ₃ -N NH ₄ -N PO ₄ -P K ⁺	mg/l Mg/l Mg/l Mg/l	صفر تا ۱۰ میلی‌گرم در لیتر صفر تا ۵ میلی‌گرم در لیتر صفر تا ۲ میلی‌گرم در لیتر صفر تا ۲ میلی‌گرم در لیتر
متفرقه بور اسیدی- باز نسبت جذب سدیم ^۳	B pH SAR	mg/l 14-1 ۲,۱ (me/l)	صفر تا ۲ میلی‌گرم در لیتر ۸/۵ تا ۶ صفر تا ۱۵

^۱ dS/m عبارت است از دسی زیمنس بر متر در واحدهای S.I. (معادل ۱ میلی مهو بر سانتی‌متر است).

mg/l عبارت است از میلی‌گرم در لیتر $\approx$ قسمت در میلیون (ppm).

me/l عبارت است از میلی‌همارز (میلی اکی‌والان) در لیتر. میلی‌همارز در لیتر مساوی است با میلی‌گرم در لیتر تقسیم بر وزن همارز میلی‌گرم (یا وزن میلی اکی‌والان)، در واحدهای SI، ۱ میلی‌همارز (میلی اکی‌والان) در لیتر مساوی است با ۱ میلی مول در لیتر تنظیم شده برای بار الکترونی.

^۲ مفهوم NO₃-N آن است که در آزمایشگاه NO₃ تجزیه می‌شود اما بر حسب نیترژن معادل گزارش می‌گردد.

NH₄-N نیز به همین صورت است یعنی آزمایشگاه NH₄ را اندازه می‌گیرد اما آن را بر حسب نیترژن عنصری گزارش می‌کند. کل نیترژن قابل جذب گیاه مجموع این دو نوع نیترژن است. از همین روش برای گزارش مقدار فسفر نیز استفاده می‌شود.

^۳ SAR از سدیم، کلسیم و منیزیم گزارش شده بر حسب میلی‌همارز (میلی اکی‌والان) در لیتر محاسبه می‌شود.

جدول (۷-۳). تحمل گیاه و پتانسیل عملکرد تعدادی از گیاهان با توجه به اثر شوری آب آبیاری (EC_w) و شوری خاک (EC_e) (از ۱۹۸۳ و ۱۹۷۷ mas and Hoffman)

پتانسیل عملکرد										گیاهان علوفه‌ای
%۰		%۵۰		%۷۵		%۹۰		%۱۰۰		
EC _w	EC _e	EC _w	EC _e	EC _w	EC _e	EC _w	EC _e	EC _w	EC _e	
۱۲	۱۸	۷/۴	۱۱	۵/۳	۷/۹	۳/۹	۵/۹	۳/۱	۴/۶	علف هاردینگ (Phalaris tuberosa)
۱۳	۲۰	۷/۸	۱۲	۵/۲	۷/۸	۳/۶	۵/۹	۲/۶	۳/۹	بوربای بلند (Festuca elatior)
۱۹	۲۸	۱۱	۱۶	۶/۵	۹/۸	۴/۰	۶/۰	۲/۳	۳/۵	علف گندم (Agropyron sibiricum)
۸/۱	۱۲	۵/۰	۷/۶	۳/۵	۵/۳	۲/۶	۳/۹	۲/۰	۳/۰	ماش (Vicia angustifolia)
۱۷	۲۶	۹/۶	۱۴	۵/۷	۸/۶	۳/۴	۵/۱	۱/۹	۲/۸	علف سودان (Sorghum sudanense)
۱۳	۱۹	۷/۴	۱۱	۴/۶	۶/۹	۲/۹	۴/۴	۱/۸	۲/۷	چاودار وحشی (Elymus triticoides)
۷/۸	۱۲	۴/۸	۷/۱	۳/۲	۴/۸	۲/۳	۳/۴	۱/۷	۲/۵	نوعی لوبیا (Vigna unguiculata)
۵	۷/۶	۳/۳	۴/۹	۲/۴	۳/۶	۱/۹	۲/۸	۱/۵	۲/۳	سبزه گلی (Lotus uliginous)
۱۱	۱۷	۶/۳	۹/۳	۳/۹	۵/۹	۲/۵	۳/۷	۱/۵	۲/۳	سزبانیا (Sesbania exltat)
۱۱	۱۶	۶/۲	۹/۳	۳/۸	۵/۸	۲/۴	۳/۶	۱/۵	۲/۲	اسفرزه (Sphaerphysa salsula)
۱۰	۱۶	۵/۹	۸/۸	۳/۶	۵/۴	۲/۲	۳/۴	۱/۳	۲/۰	یونجه (Medicago sativa)
۹/۳	۱۴	۵/۳	۸/۰	۳/۳	۵/۰	۲/۱	۳/۲	۱/۳	۲/۰	بیدگیاه (Eragrostis sp.)
۱۰	۱۵	۵/۷	۸/۶	۳/۵	۵/۲	۲/۱	۳/۲	۱/۲	۱/۸	ذرت (علوفه) (Zea mays)
۱۳	۱۹	۶/۸	۱۰	۳/۹	۵/۹	۲/۲	۳/۲	۱/۰	۱/۵	شبدر برسی (Trifolium alexandrinum)
۱۲	۱۸	۶/۴	۹/۶	۳/۷	۵/۵	۲/۱	۳/۱	۱/۰	۱/۵	علف باغی (Dactilis glomerata)
۷/۹	۱۲	۴/۵	۶/۷	۲/۷	۴/۱	۱/۷	۲/۵	۱/۰	۱/۵	دم روباهی (Alopecurus pratensis)
۶/۶	۹/۸	۳/۸	۵/۷	۲/۴	۳/۶	۱/۶	۲/۳	۱/۰	۱/۵	شبدر قرمز (Trifolium pretense)
۶/۶	۹/۸	۳/۸	۵/۷	۲/۴	۳/۶	۱/۶	۲/۳	۱/۰	۱/۵	شبدر آلسیک (Trifolium hybridum)
۶/۶	۹/۸	۳/۸	۵/۷	۲/۴	۳/۶	۱/۶	۲/۳	۱/۰	۱/۵	شبدر لادینو (Trifolium repens)
۶/۶	۹/۸	۳/۸	۵/۷	۲/۴	۳/۶	۱/۶	۲/۳	۱/۰	۱/۵	شبدر توت فرنگی (Trifolium fragiferum)
۲۱	۳۱	۱۳	۱۹	۹/۰	۱۳	۶/۶	۹/۹	۵/۰	۷/۵	گندم ساقه بلند (Agropyron elongatum)
۱۵	۲۲	۹/۸	۱۵	۷/۴	۱۱	۶/۰	۹/۰	۵/۰	۷/۵	علف گندم (Agropyron cristatum)
۱۵	۲۳	۹/۸	۱۵	۷/۲	۱۱	۵/۶	۸/۵	۴/۶	۶/۹	مرغ (Cynodon dactylon)
۱۳	۲۰	۸/۷	۱۳	۶/۴	۹/۵	۴/۹	۷/۴	۴/۰	۶/۰	جو علوفه‌ای (Hordeum vulgare)
۱۳	۱۹	۸/۱	۱۲	۵/۹	۸/۹	۴/۶	۶/۹	۳/۷	۵/۶	چچم (Loium perenne)
۱۰	۱۵	۶/۷	۱۰	۵/۰	۷/۵	۴/۰	۶/۰	۳/۳	۵/۰	بندواش (Lotus ConmiculatusTenvifolium)

* این یافته‌ها فقط باید به عنوان راهنمای تحمل نسبی گیاهان مورد استفاده قرار گیرد. تحمل واقعی وابسته به اقلیم، مشخصات خاک و عملیات زراعی متفاوت است. در خاک‌های گچی، گیاهان حدود ۲ دسی‌زیمنس بر متر شوری خاک (EC_e) را بیش‌تر از آن‌چه در این‌جا ارایه شده است تحمل خواهند کرد اما شوری آب عینا همان‌هایی است که در جدول آمده است. (EC_e) یعنی میانگین شوری ناحیه‌ی ریشه و عبارت است از رسانندگی الکتریکی عصاره‌ی اشباع خاک بر حسب دسی‌زیمنس بر متر در دمای ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد.

EC_w یعنی رسانندگی الکتریکی آب آبیاری بر حسب دسی‌زیمنس بر متر. با این فرض که برخی‌ی آبشویی ۱۵ تا ۲۰ درصد و الگوی مصرف آب ۴۰-۳۰-۲۰-۱۰ درصد از بالاترین تا پایین‌ترین ربع‌های چهارگانه ناحیه‌ی ریشه باشد. رابطه‌ی شوری بین خاک و شوری آب آبیاری عبارت است از $EC_e = 1/5 EC_w$. این فرضیات در تدوین جدول فوق مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

^۱ تحمل ارایه شده ی میانگین واریته‌های بید گیاه مجنون (Wepping) است، واریته ی (Lehman) ظاهر حدود ۵۰ درصد متحمل‌تر است.
^۲ تحمل ارایه شده، میانگین چند واریته است؛ مرغ‌های Coastal و Suwannee در حدود ۲۰ درصد متحمل‌ترند، در حالی که تحمل مرغ‌های معمولی و Greenfield در حدود ۲۰ درصد کم‌تر است.
^۳ علامتی پهن برگ ظاهرا از نوع باریک آن تحمل کم‌تری دارد.

۳-۶- استانداردهای آب مصرفی از جنبه‌های بیولوژیکی و توسعه‌ی اجتماعی

۳-۶-۱- طبقه‌بندی آب از نظر شرب

- آب آشامیدنی بایستی فاقد رنگ، بو و طعم باشد [علیزاده].
- از نظر اسیدیته‌ی pH در آب شرب نباید از ۶/۵ کم‌تر و یا از ۹/۲ بیش‌تری باشد، محدوده‌ی ۷ تا ۸/۵ برای آب شرب مطلوب است [علیزاده].
- جدول شماره (۳-۸)، نشان دهنده‌ی حداکثر مجاز و حداکثر مطلوب عناصر و مواد شیمیایی موجود در آب شرب می‌باشد.
- جدول شماره (۳-۹)، نشان دهنده‌ی استاندارد باکتریولوژی آب شرب انسان می‌باشد.
- جدول شماره (۳-۱۰)، نشان دهنده‌ی استاندارد ویژگی‌های فیزیکی آب آشامیدنی می‌باشد.
- جدول شماره (۳-۱۱)، نشان دهنده‌ی استاندارد آب آشامیدنی سازمان بهداشتی جهانی، استاندارد اروپایی ۱۹۷۰ و سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا ۱۹۷۵ (مقادیر به میلی گرم به لیتر) می‌باشد.
- جدول شماره (۳-۱۲)، نشان دهنده‌ی استاندارد آب آشامیدنی سازمان بهداشت جهانی، استاندارد اروپایی ۱۹۷۰ و سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا ۱۹۷۵ (مقادیر ۳۰ میلی گرم بر لیتر) می‌باشد.
- جدول شماره (۳-۱۳)، نشان دهنده‌ی حدود مجاز فلئوئور در آب آشامیدنی می‌باشد.
- جدول شماره (۳-۱۴)، نشان دهنده‌ی حداکثر غلظت مجاز سموم شیمیایی و حشره‌کش‌ها در آب آشامیدنی می‌باشد.

جدول (۳-۸). حداکثر مجاز و حداکثر مطلوب استانداردهای مواد شیمیایی آب آشامیدنی*.

نام ماده	حداکثر مطلوب (mg/lit)	حداکثر مجاز (mg/lit)
مواد سمی		
آرسنیک	AS	۰/۰۵
باریم	Ba	۱
بر	B	۱
کادمیم	Cd	۰/۰۱
کرم (۶)	Cr(+6)	۰/۰۵
سیانور	Cn	۰/۰۵
سرب	Pb	۰/۰۵
نیتريت	NO2	۰
سلنیم	Se	۰/۰۱
نقره	Ag	۰/۰۵
جیوه	Hg	۰/۰۰۱
ترکیبات فنل		۰/۰۰۱
سایر مواد:		
کل مواد جامد محلول (TDS)	۵۰۰	۲۰۰۰
سختی کل	CaCO3	۵۰۰
منیزیم	Mg	۱۵۰
روی	Zn	۱۵
مس	Cu	۱
آهن (کل)	Fe	۱
منگنز	Mn	۰/۵
سولفات	SO4	۴۰۰
کلرور	Cl	۶۰۰
نیترات	NO3	۴۵
آمونیم	NH4	۰/۵

*در جدول مذکور TDS به مقدار کل املاح محلول در آب اطلاق می‌شود (Total Dissolved Solids) که معمولاً بر حسب میلی‌گرم در لیتر توصیف می‌شود. سختی کل (Total Hardness) نیز یکی از معیارهای کیفی آب شرب می‌باشد که مقدار آن بر حسب وزن معادل کربنات کلسیم سنجیده می‌شود. سختی کل از معادله زیر قابل مقایسه است.

$$TH = Ca \left(\frac{CO_2 Ca}{Ca} \right) + Mg \left(\frac{CO_2 Ca}{Mg} \right)$$

وزن معادل وزن معادل وزن معادل وزن معادل

که در آن مقادیر Mg و Ca بر حسب میلی‌گرم در لیتر است.

$$TH = ۲.۴۶۷Ca + ۴.۱۱۵Mg$$

جدول (۹-۳). استاندارد باکتریولوژیکی آب شرب انسان

تعداد کلیفرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر نمونه آب		منبع آب
حداکثر مجاز	حد مطلوب	
- در هیچ نمونه‌ای کلیفرم وجود نداشته باشد.		آب لوله‌کشی :
- حداکثر ۳ کلیفرم در نمونه‌های اتفاقی دیده شود مشروط به این‌که: (۱) نمونه فاقد کلیفرم مدفوعی باشد. (۲) منبع آب به طور منظم و مستمر تحت کنترل بهداشتی قرار داشته باشد (۳) بررسی‌های بهداشتی حاکی از رضایت بخش بودن منبع تامین آب باشد و یا ۹۸ درصد نمونه‌های برداشت شده در طی سال، فاقد کلیفرم باشد.	در هیچ نمونه‌ای کلیفرم وجود نداشته باشد	- آب تصفیه شده در محل ورود به شبکه‌ی توزیع - آب تصفیه نشده در محل ورود به شبکه توزیع
در صورت نمونه‌گیری مستمر از آب باید ۹۵ درصد نمونه‌های اخذ شده در طی سال فاقد کلیفرم باشد و یا در یک نمونه اتفاقی تعداد کلیفرم از ۲ عدد تجاوز نکند.	در هیچ نمونه‌ای کلیفرم وجود نداشته باشد	آب در شبکه‌ی توزیع
در نمونه‌های اتفاقی تعداد کلیفرم از ۱۰ عدد تجاوز نکند	در هیچ نمونه‌ای کلیفرم مدفوعی وجود نداشته باشد	آب غیر لوله‌کشی (نظیر آب چاه‌ها و چشمه‌ها)
در هیچ نمونه‌ای کلیفرم وجود نداشته باشد	در هیچ نمونه‌ای کلیفرم وجود نداشته باشد.	آب آشامیدنی بطری شده

جدول (۱۰-۳). استاندارد ویژگی‌های فیزیکی آب آشامیدنی

حداکثر مجاز	حداکثر مطلوب	ویژگی
۲۰ واحد	۵ واحد	رنگ (Pt-Co)
-	غیر قابل اعتراض	بو
کمتر از ۶/۵ یا بیش‌تر از ۹/۲ نباشد	کمتر از ۷ یا بیش‌تر از ۸/۵ نباشد	PH
۲۵ واحد	۵ واحد	تیرگی

جدول (۱۱-۳). استاندارد آب آشامیدنی سازمان بهداشت جهانی، استاندارد اروپایی ۱۹۷۰ و سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا، ۱۹۷۵ (مقادیر به میلی گرم بر لیتر)

مقادیر توصیه شده	غیر آلی
۵۰۰	مجموع باقیمانده ی خشک
۲۵۰	کلر
۲۵۰	سولفات
۴۵ (آمریکا و کانادا) و ۵۰ (بهداشت جهانی اروپا)	نیترات
۰/۳	آهن
۰/۰۵	منگنز
۱	مس
۵	روی
۱	بر
۰/۰۵	هیدروژن سولفید
حداکثر غلظت مجاز	
۰/۰۵	آرسینک
۱	باریم
۰/۰۱	کادمیوم
۰/۰۵	کرومیوم
۰/۰۱	سلنیوم
۰/۰۱	آنتی موان
۰/۰۵	سرب
۰/۰۰۲	جیوه
۰/۰۵	نقره
۱/۴-۲/۴	فلوئور
حداکثر غلظت مجاز	- آلی
۰/۰۵	سیانید
۰/۰۰۰۲	آندرین
۰/۰۰۴	لیندین
۰/۱	متوکسی کلر
۰/۰۰۵	توگرافن

جدول (۱۲-۳). استاندارد آب آشامیدنی سازمان بهداشت جهانی، استاندارد اروپایی ۱۹۷۰ و سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا، ۱۹۷۵ (مقادیر به میلی گرم بر لیتر)

آلی	حداکثر غلظت مجاز
کلروفنوکسی (۴D و ۲)	۰/۱
کلروفنوکسی (۵TP و ۴ و ۲ سیلوکس)	۰/۰۱
فنول‌ها	۰/۰۰۱
کربن کلروفرم	۰/۲
مواد شوینده مصنوعی	۰/۵
- رادیو نوکلید و مواد رادیو اکتیو:	حداکثر فعالیت مجاز (PCi/L)
رادیو ۲۲۶	۵
استرنسیم ۹۰	۱۰
کل فعالیت بتا	۳۰
کل فعالیت آلفا	۳
باکتریولوژیکی	حداکثر مجاز
تعداد باکتری کلیفرم	یک در ۱۰۰ میلی لیتر

جدول (۱۳-۳). حدود مجاز فلزات در آب آشامیدنی

میانگین حداکثر دماهای روزانه محیط در سال (°C)	حداقل لازم (mg/L)	مقدار مناسب (mg/L)	حداکثر مجاز (mg/L)
۱۲-۱۰	۰/۹	۱/۲	۱/۷
۱۵-۱۲	۰/۸	۱/۱	۱/۵
۱۷-۱۵	۰/۸	۱	۱/۳
۲۱-۱۷	۰/۸	۰/۹	۱/۲
۲۶-۲۱	۰/۷	۰/۸	۱
۳۳-۲۶	۰/۶	۰/۷	۰/۸

جدول (۱۴-۳). حداکثر غلظت مجاز سموم شیمیایی و حشره کش‌ها در آب آشامیدنی

نام سم	حداکثر مجاز (mg/L)
الدرین	۰/۰۱۷
دی‌الدرین	۰/۰۱۷
اندرین	۰/۰۰۰۲
هپتاکلر	۰/۰۱۸
هپتاکلر اکسیو کسید	۰/۰۱۸
لیندین	۰/۰۰۴
متوکسی کلر	۰/۱
کاریامات	۰/۱
توگرافن	۰/۰۰۵
د.د.ت	۰/۰۴۲
کلروفنوکسی (۲ و ۴ دی)	۰/۱
کلروفنوکسی (۲ و ۴ و ۵-تی پت سیلوکس)	۰/۱

۳-۶-۲- طبقه‌بندی آب از نظر دامداری

در مناطق خشک و نیمه‌خشک معمولاً دام‌ها چند ماه از سال را از آب آشامیدنی نامطلوب یا آب‌هایی که در مرز مطلوب و نامطلوب قرار دارند استفاده می‌کنند. باید کوشش کرد محدوده‌ی ضوابط توصیه شده رعایت شود. با این همه در شرایطی ممکن است به مدتی کوتاه یا طولانی به ناچار از آب‌های نامطلوب‌تر استفاده شود.

جدول (۳-۱۵) نشان دهنده‌ی راه‌های کیفیت آب برای استفاده‌ی دام و طیور (از *National Academy Sciences 1972, 1974*) می‌باشد.

جدول فوق رهنمودهایی را برای موقعیتی ارایه داده است که راهی جز استفاده از آب‌های نامطلوب‌تر نیست. مرز ایمنی این رهنمودها محدود است اما استفاده از آن‌ها احتمالاً خطر زیان اقتصادی را رفع نمی‌کند. با این وجود در چارچوب این رهنمودها و با داوری صحیح می‌توان تصمیم‌گیری کرد.

جدول شماره (۳-۱۶)، مقادیر توصیه شده‌ی منیزیم در آب آشامیدنی دام (از *Resources Coneil 1969, Australian Water*) می‌باشد.

فرهنگستان ملی علوم در ارتباط با جدول (۳-۱۵) به نکات زیر اشاره می‌کند که لازم است به آن‌ها توجه شود.

- اگر آب با شوری کم در دسترس باشد، دام از آب بسیار شور کم‌تر برای آشامیدن استفاده کنند.
- دام اگر چند روزی بدون آب گذرانده باشد می‌تواند مقدار کمی آب بسیار شور را برای چند روز بیاشامد بدون این که در آن عارضه‌ای ایجاد شود.
- تبدیل ناگهانی آب آشامیدنی دلم از یک آب کم شور به یک آب بسیار شور در دام مساله برانگیزتر از موقعی است که این تبدیل تدریجی باشد.

- تنزل جذب آب احتمالاً با کم اشتهایی همراه است.

- نگرانی عمده از بابت منیزیم است. در استانداردهای استرالیا توصیه این است که هر گاه EC_w برای گاو از ۶/۶ دسی زیمنس بر متر (۴۰۰۰ میلی گرم در لیتر) و برای گوسفند از ۱۰ دسی زیمنس بر متر (۶۰۰۰ میلی گرم در لیتر) تجاوز کند این عنصر اهمیت ویژه‌ای می‌یابد و موضوع بایستی مورد توجه قرار بگیرد.

- علاوه بر رهنمودهای پایه‌ای فوق لازم است عوامل محلی مخصوصاً تاثیر تبخیر و غلظت مدنظر قرار گیرند.

جدول (۳-۱۵). راهنمای کیفیت آب برای استفاده‌ی دام و طیور (از: National Academy Sciences 1972, 1974)

توضیحات	درجه‌بندی	شوری آب
قابل استفاده برای کلیه‌ی دام‌ها و طیور	عالی	۱/۵ >
قابل استفاده برای کلیه‌ی دام‌ها و طیور. در دام‌هایی که عادت به آشامیدن چنین آب‌هایی ندارند ممکن است اسهال موقتی و در طیور فضولات آبکی دیده شود.	بسیار رضایت بخش	۱/۵-۵
ممکن است باعث بروز اسهال موقتی شود. دام‌هایی که عادت به آشامیدن چنین آب‌هایی ندارند ابتدا از آشامیدن امتناع می‌ورزند.	رضایت بخش برای دام	۵-۸
در طیور اغلب باعث فضولات آبکی شده، مرگ و میر را بالا می‌برد	نامطلوب برای طیور	
قابل استفاده برای گاوهای گوشتی و شیری، گوسفند و اسب. برای حیوانات آبستن و شیرده نباید استفاده کرد. این نوع آب را نمی‌پذیرند.	محدود برای دام نامطلوب برای طیور	۸-۱۱
نامطلوب برای طیور. برای گاوهای آبستن و شیرده، اسب یا گوسفند و یا جوان مخاطرات زیادی دارد. به طور کلی گرچه نشخوار کنندگان پیر، اسب و طیور ممکن است در شرایط خاص بتوانند با این نوع آب زندگی کنند به طور کلی باید از مصرف این آب‌ها برای دام خودداری شود.	بسیار محدود برای دام	۱۱-۱۶
خطر این نوع آب‌های خیلی شور به قدری زیاد است که در شرایطی استفاده از آن‌ها توصیه نمی‌شود.	غیرقابل توصیه	۱۶ <

جدول (۳-۱۶). مقادیر توصیه شده‌ی منیزیم در آب آشامیدنی دام* (از: Australian Water Resources Council 1969)

دام	غلظت منیزیم	
	me/L	(mg/L)
طیور*	21 >	250 >
خوک*	21 >	250 >
اسب	21 >	250
گاو (شیرده)	21 >	250
میش یا بره	21 >	250
گاو گوشتی	۳۳	۴۰۰
گوسفند بالغ تغذیه شده با علوفه‌ی خشک	۴۱	۵۰۰

* تحمل خوک و طیور در برابر میزان منیزیم مشخص نیست اما غلظت پایین‌تر از ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر را به خوبی تحمل می‌کنند.

جدول شماره (۳-۱۷)، نشان دهنده حد اکثر غلظت مواد در آب شرب دام (میلی گرم بر لیتر) می باشد (محیط زیست آمریکا).

جدول شماره (۳-۱۸)، نشان دهنده میزان حد اکثر مجاز عناصر سمی در آب شرب دام می باشد (آکادمی ملی علوم آمریکا).

جدول شماره (۳-۱۹)، نشان دهنده حد اکثر TDS مجاز برای حیوانات می باشد (دپارتمان کشاورزی استرالیا).

جدول (۳-۱۷). حد اکثر غلظت مواد در آب شرب دام به میلی گرم بر لیتر (محیط زیست آمریکا)

نوع مواد	دامداری
جمع باقی مانده خشک:	
- دام کوچک	۳۰۰۰
- مرغداری	۵۰۰۰
- سایر حیوانات	۷۰۰۰
نیترات	۴۵
ارسنیک	۰/۲
بر	۵
کادمیوم	%۵
کروم	۱
فلوئور	۲
سرب	۰/۱
جیوه	%۱
سلنیوم	%۵

جدول (۳-۱۸). میزان حد اکثر مجاز عناصر سمی در آب شرب دام (آکادمی ملی علوم آمریکا)

نام عنصر	علامت اختصاری	میزان حد اکثر (میلی گرم بر لیتر)
آلومینیوم	Al	۵
ارسنیک	As	۰/۲
بریلیوم	Be	۰/۱
بر	B	۵
کادمیوم	Cd	۰/۰۵
کرم	Cr	۱
کبالت	Co	۱
مس	Cu	۰/۵
فلوئور	F	۲
آهن	Fe	لازم نیست
سرب	Pb	۰/۱
منگنز	Mn	۰/۰۵
جیوه	Hg	۰/۰۱
نیترات + نیتريت	$(NO_3 - N) + (NO_2 - N)$	۱۰۰/۰
نیتريت	$NO_2 - N$	۱۰/۰
سلنیوم	Se	۰/۰۵
وانادیوم	V	۰/۱
روی	Zn	۲۴/۰

جدول (۱۹-۳). حداکثر TDS مجاز برای حیوانات (دپارتمان کشاورزی استرالیا)

نوع حیوان	مقدار TDS (میلی گرم بر لیتر)
مرغ	۲۸۶۰
اسب	۶۴۳۵
گاو شیری	۷۱۵۰
گاو گوشتی	۱۰۰۰۰
گوسفند مسن	۱۲۹۰۰

آب شرب دام‌ها باید تمیز، بدون رنگ، فاقد عوامل بیماری‌زا، بدون طعم، بو و هم چنین فاقد عناصر معدنی باشد. در صورت تردید در کیفیت، منابع آب باید از لحاظ این فاکتورها آزمایش شوند.

جدول شماره (۳-۲۰)، نشان دهنده‌ی راهنمای استفاده از آب شور برای چارپایان و یا پرندگان اهلی می‌باشد (سلطان‌پور و رالی، ۱۹۹۹).

جدول شماره (۳-۲۱)، نشان دهنده‌ی استانداردهای کیفیت آب برای شرب دام در مناطق خشک می‌باشد (شوئلر، ۱۹۷۷).

جدول (۳-۲۰). راهنمای استفاده از آب شور برای چارپایان و یا پرندگان اهلی (سلطان‌پور و رالی، ۱۹۹۹)

کل نمک‌های محلول (mg/L) یا (mmhos/cm) EC	موارد استفاده
کمتر از ۱۰۰۰ (mg/L) کمتر از ۱/۵ mmhos/cm	سطح شوری نسبتاً پایین، عالی برای تمام انواع چارپایان و پرندگان اهلی.
۱۰۰۰-۳۰۰۰ (mg/L) ۵-۱/۵ (mmhos/cm)	بسیار مناسب برای انواع چارپایان و پرندگان اهلی. ممکن است سبب اسهال خفیف در دام‌های اهلی و رقیق شدن مدفوع در پرندگان شود.
۳۰۰۰-۵۰۰۰ (mg/L) ۵-۸ (mmhos/cm)	رضایت‌بخش برای چارپایان، اما ممکن است سبب اسهال موقت شود و یا این که دام‌ها در اولین دفعه‌ی شرب از خوردن آن امتناع کنند. برای پرندگان مناسب نیست، سبب مدفوع آبکی، افزایش مرگ و میر و کاهش رشد به ویژه در مرغابی‌ها می‌شود.
۵۰۰۰-۷۰۰۰ (mg/L) ۸-۱۱ (mmhos/cm)	تا حد اطمینان قابل قبول برای شرب گاو، گوسفند، و اسب. نامناسب برای شرب دام‌های اهلی آبستن و شیرده و غیرقابل قبول برای پرندگان.
۷۰۰۰-۱۰۰۰۰ (mg/L) ۱۱-۱۶ (mmhos/cm)	به طور کلی توصیه نمی‌شود، فقط در شرایط خاص و به طور موقتی برای استفاده‌ی چارپایان اهلی مسن استفاده شود. نامناسب برای پرندگان، احتمال خطر در صورت شرب توسط گاوها، اسب‌ها، گوسفندان شیرده و یا جوان.
بیشتر از ۱۰۰۰۰ (mg/L) بیشتر از ۱۱-۱۶ (mmhos/cm)	خطر شرب این نوع آب زیاد است و برای هیچ نوع از چارپایان اهلی و یا پرندگان توصیه نمی‌شود.

جدول (۳-۲۱). استانداردهای کیفیت آب برای شرب دام در مناطق خشک (شوئلر، ۱۹۷۷)

شایستگی منبع آب برای استفاده دایمی				ویژگی یا کیفیت
نامناسب	تأحدی مناسب	متوسط	مناسب	
		بی‌رنگ	بی‌رنگ	رنگ
		شفاف	شفاف	شفافیت
کم	کم	به سختی قابل تشخیص	بدون بو	بو
نامطبوع	دارای مزه‌ی مشخص	دارای مزه بسیار کم	بدون مزه	مزه در دمای ۲۰ درجه
۲۰۰۰-۴۰۰۰	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۵۰۰-۱۰۰۰	۰-۵۰۰	کل مواد حامد قابل حل (mg/l)
۳۲۰۰-۶۴۰۰	۱۶۰۰-۳۲۰۰	۸۰۰-۱۶۰۰	۰-۸۰۰	تبادل کاتیونی (μS/cm)
۴۶۰-۹۲۰	۲۳۰-۴۶۰	۱۱۵-۲۳۰	۰-۱۱۵	سدیم (mg/l)
۶۰-۱۲۰	۶۰-۱۲۰	۳۰-۶۰	۰-۳۰	منیزیم (mg/l)
۲۰-۴۰	۱۰-۲۰	۵-۱۰	۰-۵	$\left \frac{Mg}{12} + \frac{Ca}{20} \right \text{ meq/l}$
۷۱۰-۱۴۲۰	۳۶۰-۷۱۰	۱۸۰-۳۶۰	۰-۱۸۰	کلر (mg/l)
۵۸۰-۱۱۵۰	۲۹۰-۵۸۰	۱۵۰-۲۹۰	۰-۱۵۰	سولفات (mg/l)

علاوه بر استانداردهای فوق، کتاب «کیفیت و کمیت آب مصرفی در حیوانات اهلی» تألیف مهندس احمد صلاحی و مؤدهی موسی‌نژاد، مصرف آب را برای انواع حیوانات اهلی تشریح نموده است.

اگر در موردی مشخص استنداردی در اختیار نبود تا تدوین استاندارد و ضابطه‌ی مشخص استفاده از مطالب کتاب فوق توصیه می‌شود.

▪ کمیت منابع آب

مقدار آب شرب در مرتع باید به اندازه‌ای باشد که نیازمندی‌های دام‌ها را تامین کند
- در شرایط بالا بودن دمای محیط، پایین بودن رطوبت نسبی هوا و شور یا خشک بودن علوفه؛ نیاز دام به مصرف آب بیش‌تر از نیاز طبیعی است

- هنگام برنامه‌ریزی شرب احشام در مراتع لازم است خشک‌سالی‌ها، مقدار آب موجود با تعداد و نوع دام، تعداد محل‌های تامین آب و فاصله‌های مناسب استقرار آن‌ها دقیقاً بررسی شود (برای نمونه در شرایط مصرف علوفه‌ی خشک؛ گوسفند به ۲/۵ تا ۳ برابر وزن علوفه‌ی خشک مصرفی آب نیاز دارد) ..

جدول شماره (۳-۲۲)، نشان دهنده‌ی احتیاجات روزانه‌ی انواع دام به آب می‌باشد.

جدول (۳-۲۲). برآورد نیاز روزانه‌ی دام‌ها به شرب آب در روز و میزان شرب آزادانه‌ی آن‌ها در فصل‌های مختلف (اقتباس و تخلص از پالاس، ۱۹۸۶)

مصرف روزانه آب در فصول مختلف			آب مورد نیاز در یک روز (لیتر)	متوسط وزن زنده دام (کیلوگرم)	نوع دام
خشک و گرم (۲۷°C)	خشک و سرد (۱۵-۲۱°C)	مرطوب (۲۷°C)			
۵۰	۳۵	۱۵	۵۰	۴۱۰	شتر
۲۷	۱۹	۱۰	۲۷	۱۸۰	گاو
۵	۴	۲	۵	۲۵	گوسفند
۵	۴	۲	۵	۲۵	بز

چشم خوش - عید - قابل استناد

فصل ۴

استانداردهای ملات

چشم خوش - عید - قابل استناد

۴- ملات

۴-۱- دامنه‌ی کاربرد

«ملات» به عنوان ماده‌ای خمیری است که نقشی اساسی در بناها و تاسیسات عمرانی مکانیکی ایفا می‌کند. در فعالیت‌های مکانیکی مربوط به حفاظت خاک و آبخیزداری به منظور استحکام بخشی به سازه‌ی احداثی و در بسیاری مواقع استفاده از «ملات» اجتناب‌ناپذیر می‌نماید. ملات در احداث کانال‌های آب رسانی و کانال‌های انحرافی سرریزهای سیمانی و بتنی و... و نیز ایجاد حوضچه‌های آرامش، سرریزها، بندهای سنگی - ملاتی - دریچه‌ها، بندها و دیوارهای سنگی - ملاتی حایل (دامنه‌های لغزنده متاثر از فرسایش‌های توده‌ای که ضرورت احداث دیواره‌های مکمل متحکم برای استقرار برنامه‌های تراس (مثلا در احداث تراس با دیواره‌ی قائم و محافظ سنگ و ملاتی - نشریه‌ی شماره ۳ - ۴۵۰ با موضوع طراحی و اجرای تراس بندی)، سکو) مثلا اگر هدف عملیات آبخیزداری احداث سکوها با خروجی - دارای سرریز مصنوعی - نشریه‌ی شماره ۲-۴۵۰- دستورالعمل طراحی و اجرای سکو) سازه‌های مهندسی رودخانه، برخی سازه‌های ذخیره‌سازی نزولات جوی، جاده و پل‌های دسترسی و هم چنین احداث آبشخورهای دام و... کاربرد دارد. علاوه بر این «ملات» در احداث دریچه‌ها و کانال‌های انتقال آب پروژه‌های پخش سیلاب مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این بخش، استانداردها و ضوابط مربوط به «ملات» به اختصار ارائه می‌گردد و موارد تکمیلی برای بهره برداری و استفاده به ضوابط و استانداردهای آمده ارجاع داده می‌شود.

۴-۲- تعاریف

ملات ماده‌ای است خمیری که برای چسباندن قطعات مصالح بنایی به یکدیگر، تامین بستری برای توزیع بار و بالاخره برای اندودکاری سطوح داخلی و خارجی در ساختمان‌ها [و تاسیسات] و بندکشی به مصرف می‌رسد.

ملات هوایی ملاتی است که در هوا می‌گیرد و سفت و سخت می‌شود به عبارت دیگر گیرش ملات هوایی و سفت و سخت شدن و سفت و سخت ماندن آن‌ها به هوا نیاز دارد..

ملات آبی: ماده‌ای است که زیر آب یا در هوا به طریق شیمیایی می‌گیرد و سفت و سخت می‌ماند. ملات‌های سیمانی و گل آهک از جمله‌ی این ملات‌ها می‌باشند..

۴-۳- انطباق با مشخصات و استانداردها

ملات‌های مورد مصرف در هر پروژه، باید از نظر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی مشخصه‌های ظاهری با آنچه در نقشه‌ها، استانداردهای فنی خصوصی، دستور کارها و دیگر مدارک پیمان ارایه شده است منطبق باشد. نوع ملات در هر قسمت از پروژه و در هر بخش باید قبلا به تصویب دستگاه نظارت برسد ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی ملات‌ها و روش‌های آزمایش آن‌ها باید مطابق استانداردهای ایرانی زیر باشد..

- استاندارد شماره ۷۰۶، ملات‌های بنایی.
 - استاندارد شماره ۱-۲۰، تهیه و به کار بردن ملات‌های بنایی - بخش اول ملات‌های ماسه سیمان و باتارد.
 - هر استاندارد ایرانی دیگری که تا زمان انعقاد پیمان درباره ملات‌ها، تدوین یا تجدیدنظر شود.
- تا زمانی که استاندارد ایرانی در برخی موارد تدوین نشده باشد در درجه‌ی اول استانداردهای «سازمان بین‌المللی استاندارد ISO» معتبر خواهد بود و در صورت نبودن استاندارد مزبور به ترتیب استانداردهای آمریکایی ASTM، بریتانیایی BS، آلمانی DIN و روسی GOST ملاک عمل قرار خواهد گرفت.

۴-۴- مصالح متشکله‌ی ملات

▪ سیمان

مشخصات سیمانی که برای ساختن ملات به کار می‌رود لازم است مطابق استانداردهای مندرج در عنوان «سیمان» گزارش باشد.

▪ آهک

آهک از پختن سنگ آهک (CO_3Ca) در حرارت ۱۰۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به دست می‌آید. آهک با یک واحد آب ترکیب شده و به Ca(OH)_2 یا آهک شکفته مبدل می‌شود. برای به دست آوردن گردآهک شکفته، آهک زنده را باید به مقدار کافی آبپاشی کرد. رطوبت حاصل از این آبپاشی باید برای تمام مدتی که آهک زنده عمل شکفته شدن را انجام می‌دهد حفظ شود. آهک آبدیده قبل از مصرف باید ده روز تمام برای شکفته شدن کامل در انبار بماند. آهک آبدیده را باید طوری نگهداری نمود که در معرض آفتاب و خشکیدن قرار نگیرد؛ زیرا در غیر این صورت با جذب آئیدرید کربنیک (CO_2) از هوا تبدیل به سنگ آهک می‌شود.

برای تهیه‌ی خمیر آهک؛ آهک پس از شکفته شدن در حوضچه‌های مخصوص با مقدار آب کافی مخلوط می‌شود. پس از آن که مخلوط آب و آهک در حوضچه‌ها به صورت خمیر درآمد؛ خمیر آهک باید به وسیله‌ی روپوش مناسب از حرارت آفتاب حفظ شود. خمیر آهک حداقل تا ۲ هفته باید در حوضچه‌ها نگهداری شود. تا زمانی که ترک در سطح خمیر آهک پیدا نشده و تا هنگامی که چسبندگی آن به درجه‌ی مطلوب نرسیده باشد، خمیر آهک را نباید برای ساختن ملات به مصرف رساند. قبل از ساختن ملات از گرد آهک مورد مصرف باید طبق روش آشتو ۲۱۸-T نمونه‌گیری به عمل آید و ترکیبات شیمیایی و دانه‌بندی نمونه‌های اخذ شده با روش آشتو ۲۱۹-T مورد آزمایش قرار گیرد. نتایج حاصل از آزمایش نامبرده باید با مشخصات فنی داده شده در آشتو ۲۱۶-M مطابقت داشته باشد :

- **ماسه :** ماسه‌ی مورد استفاده در ملات از ماسه‌ی شسته طبیعی و یا ماسه‌ی شکسته به دست می‌آید. ماسه‌ی مصرفی باید تمیز، سالم و عاری از هرگونه مواد آلی و رس باشد. جنس ماسه باید از سنگ‌های خوب نظیر گرانیت، سیلیس و نظایر آن باشد. مصرف ماسه‌ی شیبستی یا آهکی سست جز در موارد استثنایی و با تصویب دستگاه نظارت ممنوع است. از ماسه‌ی مورد مصرف باید طبق روش آشتو ۲-T نمونه‌گیری کرد و نمونه‌های اخذ شده را مورد آزمایش‌های زیر قرار داد.
- **دانه‌بندی :** ماسه‌ی مصرفی و درصد رد شده‌ی آن از الک ۷۵٪ میلی‌متر باید به ترتیب مورد آزمایش‌های آشتو ۲۷-T و ۱۱-T قرار گیرد.

جدول شماره (۴-۱)، نشان دهنده‌ی دانه‌بندی ماسه‌ی مصرفی در ملات می‌باشد.

جدول (۴-۱). دانه‌بندی ماسه‌ی مصرفی در ملات

درصد وزنی رد شده از الک	قطر سوراخ (شماره الک) - میلی‌متر
۱۰۰	۴/۷۵ (شماره ۴)
۱۰۰-۹۵	۲/۳۶ (شماره ۸)
حداکثر ۲۵	۰/۱۵ (شماره ۱۰۰)
حداکثر ۱۰	۰/۷۵ (شماره ۲۰۰)

جدول شماره (۴-۲)، نشان دهنده‌ی دانه‌بندی ماسه‌ی مصرفی در ملات در حالتی است که درزهای بین قطعات سنگ و یا بلوک در تاسیسات بیش از ۱۳ میلی‌متر باشد.

جدول (۴-۲). دانه‌بندی ماسه‌ی مصرفی در ملات در درزهای بیش از ۱۳ میلی‌متر

درصد رد شده از الک‌های استاندارد	اندازه‌ی الک‌های استاندارد
۱۰۰	۹/۵ میلی‌متر
۱۰۰-۹۵	۴/۷۵ میلی‌متر (شماره ۴)
۱۰۰-۸۰	۲/۳۶ میلی‌متر (شماره ۸)
۸۵-۵۰	۱/۱۸ میلی‌متر (شماره ۱۶)
۶۰-۳۵	۰/۶۰ میلی‌متر (شماره ۳۰)
۳۰-۱۰	۰/۳ میلی‌متر (شماره ۵۰)
۱۰-۲	۰/۱۵ میلی‌متر (شماره ۱۰۰)

- **مواد خارجی** مواد زاید در ماسه باید به وسیله‌ی آزمایش آشتو ۱۱۲ - T و مواد آلی موجود در آن باید به وسیله‌ی آزمایش اشتو

۲۱ - T تعیین شود. نتایج حاصل باید با مشخصات فنی داده شده در آشتو M - ۴۵ مطابقت کند.

- **ضریب نرمی**^۱ ضریب نرمی ماسه باید با روش آشتو M - ۶ مورد آزمایش قرار گرفته و نتیجه بین ۱/۶ تا ۲/۵ باشد.

- **آب مورد نیاز**^۲ ملات نسبت وزنی آب به سیمان در ملات‌ها باید با روش ارایه شده در بخش ۲۰ مندرج در استاندارد آشتو ۱۵۰

M - مورد آزمایش قرار گرفته و تعیین شود. حداکثر نسبت وزنی آب به سیمان در ملات نباید از ۵۰٪ تجاوز کند.

- **مقاومت در مقابل عوامل جوی**^۳ مقاومت در برابر عوامل جوی ماسه‌ی مصرفی باید با روش آشتو T - ۱۰۴ مورد آزمایش قرار

گیرد. افت وزن پس از ۵ نوبت آزمایش با سولفات سدیم نباید از ۱۰ درصد تجاوز کند. در صورتی که به جای سولفات سدیم از سولفات منیزیم استفاده شود افت وزن نباید از ۱۵ درصد بیشتر باشد.

- **هم‌ارز ماسه** تمیزی دانه‌های ماسه‌ی رده شده از الک ۴/۷۵ میلی‌متری (شماره ۴) باید از روش آشتو T - ۱۷۵ مورد آزمایش

قرار گیرد. نتیجه‌ی حاصل نباید از ۶۰ درصد کمتر باشد

^۱ Fineness modulus

^۲ Water demand

^۳ Sound ness

۴-۵- انواع ملات‌ها

ملات‌ها دارای انواع گوناگونی به شرح زیر می‌باشند :

۴-۵-۱- ملات گل و کاه گل

مخلوط خاک (معمولاً رس) آب و کاه است معمولاً به ملات‌گل مقداری نمک برای جلوگیری از یخ‌زدن تا چند درجه زیر صفر و جهت ممانعت از رویش گیاه می‌افزایند. برای ساختن هر متر مکعب کاه گل حدود ۴۵ تا ۵۰ کیلوگرم کاه لازم است. گاهی اوقات به ملات‌های گلی به منظور آب‌بندی و دوام بیشتر امولسیون قیر اضافه می‌کنند. افزودن ماسه به ملات گل سبب کاهش جمع‌شدگی و در نتیجه کاهش ترک‌خوردگی آن می‌شود. افزودن کمی آهک یا سیمان نیز سبب اصلاح بعضی خاک‌ها می‌شود. این نوع ملات در فعالیت‌های منابع طبیعی و آبخیزداری کاربرد اساسی ندارد و صرفاً در مناطقی که هدف جمع‌آوری آب‌های سطحی باشد و در صورت در اختیار نبودن مصالح اولیه به عنوان مصالح ارزان قیمت ثانوی می‌تواند کارایی داشته باشد.

۴-۵-۲- ملات شفته‌ی آهکی

از ترکیبات ملات آهک شکفته^۱ (ترجیحاً دوغاب آهکی)، سیلیس (به صورت شن و ماسه) و خاک رس^۲ ساخته می‌شود. یک ملات آبی است و نیاز به Co_2 هوا برای سخت شدن ندارد. این ملات در مکان‌های گرم سریع‌تر گرفته، سخت می‌شود. مناسب‌ترین نسبت ملات شفته آهکی ۳ قسمت خاک رس (با احتساب سیلیس) و یک قسمت آهک شفته می‌باشد. شفته‌ی آهکی برای پی‌سازی و مقاوم کردن زمین‌های سست و ساختن زیر پی و زیرسازی راه استفاده می‌شود. برای هر مترمکعب شفته‌ی آهکی ۱۰۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم آهک و ۷۵۰ لیتر آب مصرف می‌شود و وزن شفته‌ی آهکی خنک شده حدود ۱/۵ تن بر مترمکعب می‌باشد. بهترین خاک برای شفته‌ی آهکی بنتونیت است. برای ساختن شفته‌ی آهکی خاک شن و ماسه‌ای دانه‌بندی پیوسته مناسب است و خاکی که زیر دانه‌های آن $(D < 0.6mm)$ از ۲۵ درصد و خاک رس آن از ۱۵ درصد کمتر نباشد مناسب‌ترین است. آغاز گیرش آن پس از ۲۸ روز است. به طور کلی شفته‌ی آهکی برای محیط‌های گرم و مرطوب مناسب‌تر از نواحی سرد و خشک است.

۴-۵-۳- ملات ماسه سیمان

ماده‌ی چسباننده‌ی این ملات، سیمان پرتلند و ماده‌ی پرکننده‌ی آن ماسه می‌باشد. مخلوط ماسه و سیمان پرتلند نوع ۱ به نسبت‌های مختلف از ۱ به ۳ تا ۱ به ۶ ساخته می‌شود. از این ملات بایستی در دمای بالای صفر درجه استفاده کرد. در مواقعی که خطر حمله‌ی سولفات‌ها مطرح است باید از سیمان ضد سولفات نوع ۲ یا ۵ یا سیمان پوزولانی استفاده شود. برای شمشه‌گیری ملات‌های سیمان هرگز نباید از گچ استفاده کرد. در ملات ماسه سیمان، تعیین نسبت اختلاط ماسه، سیمان و آب باید به روش آشتو ۱۰۶-T بر روی نمونه‌های مکعبی $5 \times 5 \times 5$ صورت گیرد ولی به منظور راهنمایی برای اختلاط ملات ماسه سیمان با مخلوط‌کن مکانیکی، چهار طبقه‌ی ملات به شرح زیر توصیه می‌شود. یادآوری می‌شود نوع استفاده از ملات‌های ماسه سیمان بستگی به هدف و بر اساس نوع سیمان مصرفی که در فصل سیمان به تفصیل آمد می‌باشد. به عنوان نمونه اگر ملاتی برای احداث آبشکن منظور

^۱ Lime mortar

^۲ Clay mortar

باشد نوع سیمان مصرفی می‌تواند پرتلند نوع ۴ باشد. انتخاب نوع ملات‌های زیر در هر پروژه توسط مشاور و بسته به موقعیت و نوع سازه و استحکام مورد نظر تعیین خواهد شد:

- **ملات طبقه ۱:** ملاتی است که نسبت اختلاط ماسه و سیمان آن برای هر سه حجم ماسه حداقل یک حجم سیمان بوده و حداقل مقاومت ۲۸ روزه نمونه مکعبی $5 \times 5 \times 5$ سانتی‌متر آن برابر ۲۲۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع باشد.

- **ملات طبقه ۲:** ملاتی است که نسبت اختلاط ماسه و سیمان آن برای هر چهار حجم ماسه حداقل یک حجم سیمان بوده و حداقل مقاومت ۲۸ روزه نمونه مکعبی $5 \times 5 \times 5$ سانتی‌متر آن برابر ۱۳۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع باشد.

- **ملات طبقه ۳:** ملاتی است که نسبت اختلاط ماسه و سیمان آن برای هر پنج حجم ماسه حداقل یک حجم سیمان بوده و حداقل مقاومت ۲۸ روزه نمونه مکعبی $5 \times 5 \times 5$ سانتی‌متر آن برابر ۷۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع باشد.

- **ملات طبقه ۴:** ملاتی است که نسبت اختلاط ماسه و سیمان آن برای هر شش حجم ماسه حداقل یک حجم سیمان بوده و حداقل ۲۸ روزه نمونه مکعبی $5 \times 5 \times 5$ سانتی‌متر آن برابر ۴۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع باشد.

جدول شماره (۳-۴)، نشان‌دهنده‌ی نسبت‌های تقریبی مصالح لازم برای ملات می‌باشد.

این جدول فقط جنبه‌ی راهنما دارد و در هر مورد باید فرمول کارگاهی اختلاط تعیین شده و به تایید دستگاه نظارت برسد. قبل از ریختن آب بر روی مخلوط مصالح، باید ماسه و سیمان را به خوبی با هم مخلوط نمود. از لحاظ اضافه کردن آب به مخلوط مصالح، ملات را باید حداکثر ظرف یک ساعت به مصرف رسانید. در صورت گرفتن ملات؛ اضافه نمودن مجدد آب و مصرف آن به هیچ وجه مجاز نیست و ملاتی که ظرف یک ساعت به مصرف نرسیده است باید دور ریخته شود. مصرف انواع ملات‌ها طبق نقشه‌ها و دستورات دستگاه نظارت خواهد بود. به طور کلی از ملات‌های ساخته شده و ملات‌هایی که ضمن ساختمان به کار رفته است باید آزمایش‌های متعدد از لحاظ مقاومت در مقابل فشار و غلظت ملات و غیره به عمل آید.

جدول (۳-۴). نسبت‌های تقریبی مصالح لازم برای ملات

طبقه‌ی ملات	نسبت اختلاط حجمی سیمان به ماسه	سیمان (Kg)	ماسه (m^3)	حداقل مقاومت فشاری ۲۸ روزه
۱	۱ به ۳	۳۶۰	۰/۹۴	۲۲۰
۲	۱ به ۴	۲۸۵	۰/۹۹	۱۳۵
۳	۱ به ۵	۲۲۵	۱/۰۰	۷۵
۴	۱ به ۶	۲۰۰	۱/۰۳۳	۴۰

* ماسه‌ی رد شده از الک نمره‌ی ۴ (۴/۷۵ میلی‌متر)

مشخصات و دانه‌بندی ماسه برای ملات سیمانی در استاندارد ۲۹۹ ایران درج شده است.

۴-۵-۴- ملات ماسه سیمان - سیمان پوزولایی

آن طور که اشاره شد این نوع ملات در شرایط خاص وجود مواد مضر نظیر سولفات‌ها و حمله‌ی مواد خوردنده و شرایط هیدراسیون خاص و نوسان آب‌های زیرزمینی و غیره که سیمان‌های معمولی کاربرد نخواهند داشت استفاده می‌شود. طبق استاندارد ASTM؛ ۱۵ تا ۴۰ درصد وزن سیمان پرتلند می‌توان از ماده‌ی پوزولان استفاده نمود. مقاومت نهایی سیمان پوزولانی با مقاومت نهایی سیمان پرتلند خالص یکسان است. مواد پوزولانی متداول عبارتند از: خاکستر آتشفشانی یا پوک‌های سنگ، سنگ‌های رسی، چرت‌های اپالینی، خاک رس پخته شده (گرد آجر) و خاکستر صنعتی. کاربرد مواد پوزولانی بیشتر در سازه‌های با بتن ریزی حجیم، سدهای بزرگ، دیواره‌های حایل پر حجم، پی‌های حجیم، دیوارهای اسکله، موج شکن‌ها، قسمت‌هایی از دیواره‌ی پی‌ها که در معرض مداوم آب می‌باشد، آبروها و زهکش‌ها می‌باشد.

۴-۵-۵- ملات ماسه سیمان آهک (ملات حرام زاده ۱ یا باتارد^۱)

یک مترمکعب ملات حرام‌زاده با ۱۰۰ کیلوگرم سیمان و ۲۰۰ کیلوگرم آهک شکفته که با هم کاملاً مخلوط شده باشند ساخته می‌شود (باید توجه داشت که مقاومت و سختی ملات هیچ‌گاه نباید از مقاومت و سختی سنگ بیشتر باشد زیرا سختی ملات ممکن است باعث تغییرات فیزیکی از جمله ترک‌خوردن و خردشدن سنگ‌ها شود). البته ملات‌های ماسه سیمان با نسبت‌های مختلفی از سیمان، آهک و ماسه ساختمان می‌شوند که متداول‌ترین آن‌ها ۱:۱:۶ (یک حجم سیمان، یک حجم آهک و ۶ حجم ماسه) و آب به

مقدار کافی می‌باشد. حجم ماده‌ی پرکننده‌ی ملات باید حدود $\frac{1}{4}$ تا ۳ برابر ماده‌ی چسباننده باشد نمی‌تواند از این حدود تجاوز کند. هر چه مقدار آهک در ملات باتارد زیادتر باشد قابلیت آب‌نگهداری و کارایی ملات افزایش می‌یابد ولی مقاومت فشاری آن کاهش می‌یابد. بستگی به این که کدام یک از این دو ویژگی ملات برای طرح حایز اهمیت بیشتری است ملات مورد نظر انتخاب می‌شود.

ملات‌های ماسه سیمان و آهک در ایران به "باتارد" مشهور هستند که لفظی فرانسوی است. علاوه بر ملات باتارد ۱:۱:۶ از ملات‌های ۱:۲:۹ و ۱:۳:۱۲ نیز می‌توان در کارهای کم‌اهمیت‌تر استفاده کرد ولی در هر حال نسبت جمع مواد چسباننده به ماده‌ی

پرکننده نباید از $\frac{1}{3}$ کمتر باشد. انتخاب ملات مناسب برای بندکشی نما (مثلاً در بندهای سنگی سیمانی) از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. تناسب سختی (نوع) و رنگ ملات با سختی و رنگ در دوام و زیبایی بندکشی‌ها و نمای دیوار تأثیر فوق‌العاده‌ای دارد. به‌طور کلی برای تعیین بهترین و مناسب‌ترین ملات از بین دسته‌بندی ملات‌های ماسه سیمانی و ملات‌های حرام زاده، نوع ملات مصرفی با در نظر گرفتن پارامترهایی از قبیل امکانات محلی (وجود منابع)، شرایط اقلیمی (رطوبت، سرما، یخ‌زدگی و...)، نوع دیوار (باربر یا غیرباربر)، رنگ و جنس سنگ و... از طرف دستگاه نظارت تعیین شده و به پیمانکار ابلاغ می‌شود.

^۱ Gauged mortar

^۲ Mortier Batard

۴-۶- ساختن و مصرف ملات‌ها

ساختن ملات‌ها با وسایل دستی مانند بیل، کمچه و ماله و حتی دست در روی زمین یا داخل ظروف ملات‌سازی آهنی (اسلامبولی) یا پلاستیکی و روی تخته‌ی ملات به مقادیر کم صورت می‌گیرد. هم چنین ممکن است در ساختن ملات از وسایل مکانیکی استفاده شود. زمان اختلاط ملات حداقل ۳ دقیقه و حداکثر ۱۰ دقیقه خواهد بود. بهترین روش اندازه‌گیری مواد توزیع آن‌ها است ولی این کار در کارگاه عملاً با اشکالاتی مواجه می‌شود. استفاده از بیل و کمچه برای پیمان کردن صحیح نیست و باید حتماً از پیمانه‌ای با حجم معین استفاده گردد. در پیمانه کردن ماسه باید به مساله‌ی تغییر حجم ناشی از رطوبت توجه شود.

باید مراقبت کرد که بناها و کارگران برای لوزدار کردن ملات‌های سیمانی از افزودن خاک به ملات خودداری کنند. پخش ملات بنایی اکثراً با ماله صورت می‌گیرد. هم‌چنین از ماله برای صاف کردن اندوهای داخلی و نماسازی‌ها استفاده می‌شود که ممکن است این ماله‌ها به صورت آهن یا تخته ماله باشند. انواع وسایل (مانند کمچه، جارو و برس) برای پاشیدن برخی ملات‌ها در اندود نما وجود دارد. هم‌چنین برای نقش دادن به نما در حالت‌تر از وسایلی مانند ابر (اسفنج) استفاده می‌شود. بندکشی با کاردک و کمچه‌ی مخصوص انجام و مصالح اضافی آن پاک می‌گردد.

۴-۷- انتخاب ملات در اقالیم مختلف

۴-۷-۱- انتخاب ملات برای کار در هوای سرد

در هوای سرد می‌توان از ملات‌های ماسه سیمان و باتارد استفاده کرد. ملات ماسه سیمان با نسبت ۱:۳ و باتارد با نسبت ۱:۱:۶ مناسب است. برای جلوگیری از یخ زدن بهتر است از کلرور کلسیم یا مواد حاوی آن استفاده نشود، زیرا وجود کلرور کلسیم باعث زنگ زدگی قطعات فلزی کار گذارده شده و شوره‌زدگی آجرکاری می‌شود. یکی از بهترین راه‌های مواجهه با یخ‌زدگی افزودن مواد حباب‌ساز هوا به ملات است که در این صورت می‌توان بدون واهمه از کاهش کارایی از مقدار سیمان ملات کاست. در این حالت نسبت سیمان به ماسه ۱:۵ تا ۱:۶ خواهد بود. وجود حباب‌های هوا در ملات، صدمات ناشی از افزایش حجم آب ملات در موقع یخ زدن را به حداقل ممکن کاهش می‌دهد. در هوای سرد گرفتن ملات کند می‌شود. در دمای ۰ تا ۵ درجه‌ی سلسیوس، مدت گرفتن ۲ برابر و از ۵ تا ۱۰ درجه ۱/۵ برابر می‌شود.

۴-۷-۲- انتخاب ملات برای کار در هوای گرم

آب ملات به محض تماس با مصالح بنایی جذب و کشیده می‌شود. روند جذب آب بسته به نوع مصالح بنایی متغیر است. از دست رفتن مقدار زیادی آب به ویژه در طول تابستان گرم و خشک ممکن است قابلیت کاربرد ملات را کاهش دهد به حدی که ملات قادر به تامین الصاق کامل با ردیف بعدی مصالح نباشد. در طرح اختلاط ملات، باید کارایی و آب نگه‌داری ملات متناسب با جذب آب مصالح بنایی و اوضاع جوی مورد توجه قرار گیرد. در بعضی موارد ممکن است استفاده از مواد افزودنی نگه‌دارنده‌ی آب، کندگیر کننده و ضد تبخیر توصیه شود که در این صورت مصرف این مواد باید با احتیاط صورت گیرد.

۴-۸- اختلاط ملات و مصرف ملات‌های مانده (احیای ملات‌ها)

در استاندارد ۷۰۶ ایران مخلوط کردن ملات برای کارهای کوچک با دست و در مقادیر زیاد با ماشین توصیه شده است. افزودن آب به ملات‌هایی که به علت از دست دادن مقداری از آب خود سفت و سخت شده‌اند هر چند مرتبه که لازم باشد مجاز دانسته شده تا از این طریق به روانی مطلوب خود برسند. مصرف ملات تا ۲/۵ ساعت پس از ساختن مجاز دانسته شده است ولی در استاندارد ۱۹۰۳ برای احیای ملات سیمانی این حد ۲ ساعت تعیین شده است. در مورد ملات‌های سیمانی نباید مدت زمان سپری شده از هنگام اختلاط تا مصرف ملات از حداقل زمان گیرش بیش‌تر باشد. افزودن آب به ملات‌های مانده باید با اضافه کردن ماده‌ی چسباننده توام بوده و با اجازه‌ی دستگاه نظارت باشد. ملات‌های ماسه آسفالت معمولاً به مقادیر کم در دیگ‌های کوچک ساخته می‌شوند. برای مقادیر بیش‌تر ممکن است آن‌ها را در ماشین‌های آسفالت‌پزی نیز تهیه نمود.

۴-۹- حمل و نقل ملات‌ها و مواد اولیه‌ی آن‌ها

حمل و نقل و نگهداری مواد اولیه‌ی ملات‌ها در بندهای دیگر گزارش مورد بحث قرار گرفته‌اند. آن‌چه که باید موکدا یادآور شد دقت در عدم اختلاط مواد ناسازگار با یکدیگر در حین حمل و نقل و بارگیری و باراندازی و انبارداری (مانند گچ و سیمان) است که بایستی حتما رعایت گردد. در مورد حمل و نقل ملات‌ها پس از ساخت باید دقت شود زمان حمل و مصرف از حداقل زمان گیرش ماده‌ی چسباننده تجاوز نکند و برخی از ملات‌ها که مصرف آن‌ها مجاز است از گزند یخ، برف، باد، باران، آفتاب و سایر عوامل جوی حفظ شوند. عملیات آبخیزداری غالباً در عرصه‌هایی صورت می‌گیرد که امکان استفاده از ماشین آلات سنگین به منظور تهیه و انتقال سیمان فراهم نمی‌باشد و اصولاً در تهیه و انتقال سیمان مورد مصرف، انواع ابزار آلات نظیر فرغون و بیل کاربری بیشتری دارند. در این گونه پروژه‌ها تاکید ویژه‌ای بر استفاده از منابع قرضه‌ی موجود در منطقه‌ی طرح وجود دارد. لازم است در ترکیب دانه بندی مواد اولیه برای تهیه‌ی سیمان مطابق دستورالعملی که در ارتباط با انواع ملات آمد از طرف پیمانکار و دستگاه نظارت، نظارتی مضاعف در این خصوص اعمال گردد، به عبارتی دیگر مصالح شامل انواع دانه بندی ماسه و شن و نیز آب ابتدا با ترکیب مناسب به محل سازه منتقل و سپس ملات تهیه گردد. توصیه می‌شود در نزدیک ترین محل ممکن به سازه‌ی احداثی، ملات مصرفی تهیه شود. در این صورت تا حدود زیادی، اساساً مقوله‌ی حمل ملات و مشکلات ناشی از آن منتفی خواهد شد. مقدار ملات مصرفی در هر مرحله‌ی کاری و صرفاً در حد نیاز ضروری این مرحله، تهیه گردد و از فرآوری مجدد ملات خشک شده در احداث سازه جدا اجتناب شود. آن جا که حمل ملات اجتناب ناپذیر می‌باشد سعی شود تا در حین حمل ملات به محل سازه ترکیب آب موجود در ملات مصرفی در نتیجه‌ی خروج و تقلیل آب در اثر انتقال دستخوش تغییرات فاحش نگردد.

محافظت موقت با ورقه‌های پلی اتیلن امکان‌پذیر می‌باشد. برای مدت‌های طولانی‌تر [در صورت در اختیار داشتن زمان پروژه می‌توان از مکان‌های سر پوشیده برای حفظ ملات‌ها استفاده کرد. در ارتباط با نحوه‌ی نگهداری هر یک از مواد اولیه‌ی ملات‌ها مطالب زیر ارایه می‌گردد:

■ **آهک:** آهک زنده را باید از اثر آب و دی اکسید کربن هوا حفظ کرد و همانند سیمان در ظروف مخصوص یا کیسه‌های آب‌بندی شده نگهداری نمود. آهک هیدراته نیز باید در محل مناسبی نگهداری شده و از نفوذ دی اکسید کربن هوا و تابش آفتاب مصون باشد تا از خشک شدن آن جلوگیری به عمل آید. مشخصات آهک باید روی ظروف حمل و کیسه‌ها نوشته شود. روی هم رفته شرایطی

که در نگهداری سیمان در این گزارش ذکر شده است در مورد آهک نیز باید رعایت گردد. چنانچه آهک مدتی در انبار بماند و از نظر کیفیت مشکوک باشد دستگاه نظارت حق دارد آزمایش آن را قبل از مصرف خواستار گردد. چنانچه نتیجه‌ی آزمایش‌ها با مشخصات مندرج در استاندارد تطابق نداشته باشد می‌تواند دستور خروج این مصالح را از کارگاه صادر نماید. کارکردن با آهک و جابه‌جا کردن آن مستلزم نکات ایمنی است.

■ دانه‌های سبک ملات

بارگیری حمل و تخلیه‌ی مواد سنگی بتن و دانه‌های سبک ملات و انبار کردن آن‌ها باید به نحوی باشد که مواد خارجی و زیان‌آور در آن‌ها نفوذ نکنند و دانه‌های ریز و درشت از یکدیگر جدا نشوند. مصالح سنگی باید دور از پوشش گیاهی و مواد آلوده‌کننده نگهداری شوند. شن و ماسه باید به طور جداگانه انبار شوند و در مواقعی که درشتی دانه‌های شن از $38/1$ میلی‌متر تجاوز کند این دانه نیز باید در دو گروه انباشته گردند تا امکان جداسازی دانه‌ها به حداقل برسد. هنگامی که بزرگترین اندازه‌ی سنگدانه $38/1$ میلی‌متر باشد مرز جدایی دو نوع سنگدانه $19/05$ میلی‌متر و وقتی که بزرگترین اندازه $50/8$ یا $64/5$ میلی‌متر باشد مرز جدایی $25/4$ میلی‌متر خواهد بود. دیوارهای تقسیم مصالح سنگی باید به قسمی محکم باشد که هنگام خالی شدن یک قسمت و پر بودن بخش دیگر رانش سنگدانه‌ها آن‌ها را خراب نکند. به هنگام بارش و یخبندان باید روی شن و ماسه را با برزنت یا ورقه‌های پلاستیکی مناسب پوشانید و در گرمای شدید برای آن‌ها سایبان ایجاد کرد تا زیاده از حد داغ نشوند. توده‌های شن و ماسه نباید به شکل مخروط‌های بلندی در آیند زیرا این عمل سبب جدا شدگی دانه‌های ریز و درشت می‌شود، بلکه باید آن‌ها را در لایه‌هایی به ضخامت یکسان انبار نمود و جابه‌جا کردن آن‌ها را به صورت افقی انجام داد. به هنگام وزش باد باید از جدا شدن ذرات ریز در حین تخلیه جلوگیری شود. محل دپو باید چنان آماده گردد که همواره تخلیه‌ی یکنواخت آب مازاد امکان پذیر باشد. برای دستیابی به رطوبت یکنواخت برای مصالح سنگی در کارگاه باید حداقل این مصالح دوازده ساعت در محل باقیمانده و سپس به مصرف برسند.

سیلوی ذخیره‌ی مواد سنگی حتی‌المقدور باید به شکل مربع یا دایره بوده و شیب قسمت‌های پایین آن کمتر از 50° درجه باشد. ریختن مصالح سنگی به داخل سیلو باید به صورت قائم ایجاد شود تا از برخورد مواد سنگی با کناره‌های سیلو جلوگیری به عمل آید زیرا این عمل سبب جداسازی دانه‌ها می‌شود. پر بودن سیلوی مواد سنگی باعث کاهش شکسته شدن مصالح سنگی و حفظ دانه‌بندی مصالح خواهد شد. در موقع خالی کردن سنگدانه‌ها از بلندی به داخل سیلو باید از نردبان مواد سنگی استفاده کرد. در صورت شکسته شدن مواد سنگی در حین جابه‌جا کردن باید قبل از ساختن بتن آن‌ها را مجدداً دانه‌بندی کرد. علاوه بر این حفظ دانه‌های سبک از رطوبت حایز اهمیت ویژه‌ای است. زیرا میزان رطوبت این دانه‌ها علاوه بر این که در طرح اختلاط و میزان کارپذیری بتن تأثیر می‌گذارد. در وزن ویژه‌ی بتن سبک و سایر فرآورده‌های حاصل و در نتیجه ویژگی‌های عایق حرارتی و میزان بار مرده آن‌ها نیز موثر است. نظر به این که دانه‌های سبک در مقایسه با سنگدانه‌های معمولی ضعیف‌تر و شکننده‌ترند جابه‌جا کردن و تخلیه‌ی آن‌ها را مجدداً دانه‌بندی کرد. در حین جابه‌جا کردن دانه‌های سبک در بارکشی‌ها روباز، ممکن است سرعت بارکش یا وزش باد سبب اتلاف مقداری از آن‌ها گردد. از این رو برای جلوگیری باید روی دانه‌های سبک را با وسایلی نظیر برزنت پوشانید. دقت در جلوگیری از جدا شدن مواد ریز و درشت دانه‌های سبک در جابه‌جایی به هنگام وزش باد، امری الزامی است زیرا تأثیر باد بر این گونه دانه‌ها شدیدتر از سنگ‌دانه‌های معمولی است. توصیه می‌شود مقدار سیمان مصرفی اگر در حجمی زیاد مورد نیاز باشد طی چند مرحله از عملیات به منطقه‌ی طرح انتقال یابد و در نگهداری آن تا زمان مصرف بر شیوه‌ی نگهداری سیمان خشک در فضای باز و البته با پوشش برزنتی و و نظایر آن به دلیل رعایت توجیه فنی و اقتصادی بیشتر تأکید شود.

چشم خوش - عید قابل استناد

فصل ۵

استانداردهای آلیاژهای فولادی (میلگرد)

چشم خوش - عید قابل استناد

۵- آلیاژهای فولادی (میلگرد)

۵-۱- دامنه‌ی کاربرد

فعالیت‌های مکانیکی در مجموعه برنامه‌های حفاظت خاک و آبخیزداری سابقا بر به کارگیری ابزار و مصالح ارزان‌تر و قابل دسترس تأکید داشت، گاهی به منظور پایداری بیش‌تر و استحکام افزون‌تر و نیز دوام مطلوب‌تر فعالیت‌های مکانیکی در آبخیزداری و منابع طبیعی ناگزیر به استفاده از برخی مصالح ساختمانی و عمرانی با در نظر داشت توجیه اقتصادی طرح‌ها می‌باشیم. از طرفی برخی پروژه‌های حفاظت آب و خاک متضمن احداث فونداسیون (سد خاکی) و یا دیواره‌های بتنی (دیواره‌های احداثی مبارزه با فرسایش رودخانه‌ای، اسکله‌ریزی و موج شکن، احداث دیواره‌های L شکل، حوضچه‌های آرامش، سرریزها، ریپ‌ریپ و...) می‌باشند. در این رابطه مباحث پیرامون میلگرد در ابعاد کیفی، تنوع، انبار کردن، نکات فنی استفاده در بتن و سرانجام بازرسی و نظارت پروژه‌های مرتبط براساس ضوابط، دستورالعمل‌ها و استانداردهای انتشار یافته مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۵-۲- تعاریف

فولاد آلیاژی است که از ترکیب آهن، کربن و نیز عناصر دیگر مانند سیلیسیم، منگنز، فسفر، گوگرد، مس و کروم در اثر حرارت به دست آید که البته هر یک از عناصر مصرفی خاصیت خاصی به فولاد می‌دهد.

تسمه در اصل همان ورق آهن با عرض کم‌تر است. ضخامت آن‌ها ۳ تا ۶۰ میلی‌متر و عرض آن ۱۰ تا ۱۲۵ میلی‌متر است.

نبشی یکی از مهم‌ترین اشکال فولادی مورد استفاده در ساختمان هستند و به صورت مرکب و منفرد در ساختمان‌های بزرگ و کوچک فلزی به کار می‌رود.

۵-۳- انطباق با مشخصات و استانداردها

- نشریه‌ی شماره ۱۲۰: آیین نامه‌ی بتن ایران «آبا»، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور (تجدید نظر اول)، فصل هشتم و هجدهم.
- نشریه‌ی شماره ۵۵: مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور (تجدید نظر دوم)، فصل آرماتورگذاری.
- نشریه‌ی شماره ۳۱۲: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، فصل هشتم.
- نشریه‌ی شماره ۳۲۷: دستورالعمل ساخت و اجرای بتن در کارگاه، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، فصل شانزدهم.
- نشریه‌ی شماره ۱۰۸: ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری و زهکشی، مشخصات فنی عمومی، سازمان برنامه و بودجه (دفتر تحقیقات و معیارهای فنی)، فصل هشتم.

۵-۴- مشخصات کلی

این مشخصات همراه با استانداردهای مورد قبول حداقل ضوابط حاکم بر تهیه و حمل، بریدن، خم کردن، وصله کردن، نصب و جاگذاری کلیه‌ی آرماتورها مانند میلگردها، توری‌ها و مهاری‌ها ارائه می‌شود. کلیه‌ی کارهای مربوط به بتن مسلح باید با رعایت کامل مفاد مندرج در استانداردهای شماره ۴-۱۹۰۰ و ۵-۱۹۰۰ ایران صورت گیرد. در صورت لزوم، دستگاه نظارت می‌تواند از استانداردهای ASTM, AASHTO و یا ACI نیز استفاده کند. آرماتورگذاری در حین بتن ریزی مجاز نیست. کلیه‌ی آرماتورها باید قبل از آغاز بتن‌ریزی به طور کامل و در موضعی صحیح نسب شده و با استحکام کافی بسته و مهار شود. نوع و مشخصات کلیه‌ی فولادهای مصرفی در بتن باید مطابق مشخصات داده شده در مبحث نوع و مشخصات میلگردهای مصرفی در بتن باشد. قطر، اندازه، شکل، تعداد و محل نصب آرماتورها باید دقیقاً مطابق نقشه‌های اجرایی و دستورالعمل‌های دستگاه نظارت باشد. آرماتورها باید در محل‌های تعیین شده طوری خم شود که قطر آن‌ها کاهش نیابد و به خواص مکانیکی نیز صدمه وارد نشود.

۵-۵- میلگرد

میلگرد باید نو، تمیز و بدون هیچ‌گونه آلودگی نظیر زنگ، کثافات، چربی‌ها، ذرات بتن، گرد و خاک و یا هر نوع مواد دیگر باشد. همچنین، میلگرد نباید به گل یا هر گونه ماده‌ی دیگری که تقلیل دهنده یا از بین برنده‌ی چسبندگی بین بتن و میلگرد می‌شود آغشته باشد.

۵-۵-۱- کیفیت میلگرد

میلگرد مصرفی در بتن نباید در هیچ مقطعی به دلیل عواملی از قبیل زنگ‌زدگی تضعیف شده باشد. استفاده از میلگردهایی که زنگ زده یا پوسته شده باشد به شرطی مجاز است که زنگ زدگی و پوسته‌های آن با برس یا وسایل مشابه مورد قبول کاملاً برطرف شود و از طرفی قطر میلگرد پس از برس زدن و تمیز کردن بیش از ۵/۰ میلی‌متر کاهش نیابد.

۵-۵-۲- نوع و مشخصات میلگردهای مصرفی در بتن

توصیه می‌شود که کلیه‌ی میلگردهای مصرفی در بتن به استثنای خاموت‌ها، از نوع آجدار پیچیده^۱ گروه A-II استاندارد کارخانه ذوب آهن اصفهان یا معادل آن باشد.^۲ برای خاموت‌ها باید از میلگرد ساده‌ی گروه A-III استفاده شود. ضریب ارتجاعی فولاد کلیه‌ی میلگردها باید برابر $2/1 \times 10^6$ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع باشد.

جدول شماره (۵-۱)، نشان دهنده‌ی سایر مشخصات میلگردهای ساده و آجدار کارخانه‌ی ذوب آهن اصفهان یا معادل آن برای بتن مسطح می‌باشد.

^۱ Deformed bar (ϕ)

^۲ چنانچه میلگرد گروه A-II در دسترس نباشد با تایید دستگاه نظارت می‌توان از میلگرد گروه A-III یا از میلگردهای استاندارد خارجی معتبر که مشخصات آن‌ها معادل میلگرد A-II باشد استفاده کرد. [۱]

جدول (۵-۱). مشخصات میلگردهای ساده و آجدار کارخانه ذوب آهن اصفهان یا معادل آن برای بتن مسلح *

نوع میلگرد	ویژگی میلگرد	حداقل مقاومت جاری شدن مگاپاسکال	حداقل مقاومت گسیختگی مگاپاسکال	حداقل ازدیاد طول نسبی در حالت گسیختگی (%)
(نرم A-I) S-۲۰۰	حداکثر قطر فلکه در آزمایش خم کردن ۱۸۰° دو برابر قطر میلگرد است	۲۲۰	۳۴۰	۲۲
(نیم سخت A-II) S-۳۰۰	الف: با سختی طبیعی ب: با سختی اصلاح شده	۳۰۰	۵۰۰	۱۹ ۱۶
(سخت A-III) S-۴۰۰	الف: با سختی طبیعی ب: با سختی اصلاح شده	۴۰۰	۵۰۰	۱۴ ۱۲
(سخت A-IV) S-۵۰۰	حداکثر قطر مصرفی ۱۶ φ	۵۰۰	۵۵۰	۱۰

۵-۶- انبار کردن میلگردها

میلگردها باید در تمام مدت حمل، تخلیه، بارگیری، انبارداری و جاگذاری در مقابل هر گونه زنگ زدگی یا آسیب‌های دیگر چه عمقی و چه سطحی محافظت شود. چنانچه مدت انبار نمودن طولانی باشد میلگردها باید در نقاط خشک و بدون رطوبت نگهداری شود تا از نفوذ رطوبت و در نتیجه زنگ زدگی مصون بماند. میلگردها نباید در معرض باران، برف و یا هوای مرطوب نگهداری شوند. میلگردهای با قطر گوناگون باید به طور مجزا بسته‌بندی و انبار شود تا اشتباه‌ها به جای یک‌دیگر مصرف نشود.

در هنگام انبار کردن میلگردها باید موارد زیر رعایت گردد:

- میلگردها را باید بر حسب نوع و قطر آن‌ها تفکیک و در کارگاه انبار کرد. در صورت وجود میلگردهای هم قطر اما با مقاومت و مشخصات متفاوت باید آن‌ها را در محل‌های جداگانه انبار کرد و سطح مقطع آن‌ها با رنگ علامت‌گذاری شود.
- در صورت تردید در نوع و مقاومت میلگردها باید آزمایش کششی بر روی آن‌ها انجام گردد. محل انبار میلگردها باید تمیز باشد و میلگردها نباید با خاک یا سایر مصالح در تماس باشد، زیرا وجود رطوبت در خاک سبب زنگ زدگی میلگردها می‌شود و یا میلگردها آلوده به خاک شده و از پیوستگی آن‌ها با بتن کاسته می‌شود.
- از میلگردهایی که شدیداً خوردگی دارند و یا خوردگی آن‌ها از نوع حفره‌ای است نباید استفاده گردد. خوردگی یکنواخت به مقدار بسیار کم بدون مانع است، زیرا مقدار کم زنگ سبب افزایش مقاومت چسبندگی شده و امکان تبدیل لایه‌ی نازک به لایه‌ی محافظ یا انفعالی وجود دارد.
- قبل از بتن‌ریزی وضعیت میلگرد از نظر خوردگی بایستی توسط دستگاه ناظر بررسی شود. اگر بر سطح میلگرد زنگ کم مشاهده گردد (زنگ با ناخن و یا گونی زبر از بین برود) و آج آن صدمه ندیده باشد استفاده از میلگرد بدون مانع است، حتی این مقدار زنگ باعث افزایش مقاومت پیوستگی می‌شود، اما اگر مقدار زنگ روی میلگرد زیاد باشد بایستی با ابزار مناسب نسبت به زدودن زنگ اقدام شود. روش مناسب زدودن زنگ؛ ماسه‌پاشی است اما فرچه یا سنباده و یا برس مناسب نیست زیرا فقط سبب صیقلی شدن زنگ می‌گردد. در صورتی که خوردگی سبب آسیب دیدگی آج میلگرد و یا سبب ایجاد حفره در میلگرد شده باشد بایستی از به کار بردن آن میلگرد اجتناب کرد.
- میلگردها به صورت کلاف، شاخه، شبکه‌ی جوش شده یا بافته شده در کارخانه تحویل می‌شود. میلگردهای مصرفی در بتن باید بدون خم شدگی تحویل کارگاه شود. معمولاً میلگردهای به قطر ۸ میلی‌متر و کمتر می‌تواند به صورت کلاف تحویل

شود. مصرف میلگردها با قطرهای بالاتر از ۱۰ میلی‌متر به صورت کلاف مجاز نیست. باز کردن کلاف با وسیله‌ی مناسب و با تایید دستگاه نظارت در کارگاه انجام می‌گیرد.

- در تمام مدت حمل، تخلیه، نگه‌داری و کارگذاری میلگردها باید آن‌ها را در مقابل هر گونه زنگ زدگی و یا دیگر آسیب‌های فیزیکی و شیمیایی محافظت نمود. میلگردها نباید در تماس با خاک یا مصالحی باشند که رطوبت را در خود نگه می‌دارد و عموماً نباید میلگردها برای مدت طولانی در معرض باران و برف و هوای مرطوب قرار گیرند، بدین منظور توصیه می‌شود در زیر کلاف‌ها و یا بندیل‌های میلگرد خرک‌های چوبی قرار داده شود.
- گاه برای محافظت میلگردها از پوشش‌های ناپلونی استفاده می‌شود که می‌تواند به زنگ زدگی بیش‌تر منجر شود، لذا توصیه می‌شود برای پوشش میلگردها از پوشش‌هایی نظیر برزنت استفاده شود.
- در فاصله‌ی زمانی ورود میلگردها به کارگاه تا قرار گرفتن آن‌ها در سازه لازم است ضوابط زیر در مورد جابه‌جایی و انبار کردن آن‌ها رعایت شود :
 - باید از گسیختگی جوش در شبکه‌های جوش شده جلوگیری شود.
 - نشانه‌های مشخص کننده‌ی نوع میلگرد نباید از بین بروند.
 - میلگردها نباید در معرض هیچ نوع آلودگی با اثر زیان‌آور در چسبندگی آن‌ها از قبیل گل، روغن و سایر پوشش‌های غیرفلزی قرار گیرند.

۵-۷- نمونه‌برداری و آزمایش میلگردها

بعد از تحویل فولاد به کارگاه انجام آزمایش‌های کنترل الزامی است. دستگاه نظارت دستور انجام آزمایش‌های لازم را صادر خواهد نمود. فقط در صورتی می‌توان با تایید دستگاه نظارت از انجام این آزمایش‌ها صرف‌نظر کرد که وزن کل میلگرد مصرفی در یک کارگاه از ۵۰ تن کم‌تر باشد و هم‌چنین سازه‌ی مورد نظر برای مصرف این آرماتور از نظر دستگاه نظارت سازه‌ای با اهمیت تلقی نگردد. در مورد سازه‌های با اهمیت، چنان‌چه وزن آرماتور به کار گرفته شده از ۵۰ تن کم‌تر باشد در صورت لزوم کنترل‌های مورد توصیه بایستی زیر نظر دستگاه نظارت صورت گیرد. برای کنترل تنش حد جاری شدن، تنش حد گسیختگی و ازدیاد طول نسبی باید از فولادهایی که هر نوبت وارد کارگاه می‌شوند نمونه‌برداری و آزمایش شود. در صورتی که مطابق تشخیص دستگاه نظارت آزمایش‌های دیگری لازم باشد (مانند آزمایش تا شدگی)؛ این آزمایش‌ها نیز باید برای روشن شدن خاصیت‌های مکانیکی فولاد انجام شود. اگر ضمن آزمایش فولاد، نقطه جاری شدن مشخصی به دست نیاید باید تنش نظیر ازدیاد طول نسبی دایمی ۲ در هزار به عنوان تنش حد جاری شدن اختیار شود. در صورتی که شرایط دیگری پیش‌بینی نشده باشد، تعداد نمونه برای هر پنجاه تن فولاد و برای هر یک از قطرهای مورد استفاده سه عدد می‌باشد.

تعداد و تواتر آزمون‌ها باید در حدی باشد که بتوان ارزیابی دقیقی از وضعیت میلگردها به دست آورد. برای انجام آزمایش‌ها حداقل دارای سه آزمون از هر ۵۰ تن و کسر آن، از هر قطر و هر نوع فولاد لازم است. در صورت موافقت دستگاه نظارت می‌توان از هر سه بسته پنج تنی یک آزمون انتخاب نمود. آزمون‌های برداشت شده برای کنترل تنش جاری شدن، تنش حد گسیختگی، ازدیاد طول نسبی، آزمایش تاشدگی و سایر آزمایش‌های لازم مورد استفاده قرار می‌گیرند. اگر در حین آزمایش برای تنش حد تسلیم فولاد رقم

مشخصی به دست نیاید می‌توان تنش نظیر (۰/۲٪) تغییر شکل نسبی ماندگار را به عنوان تنش حد تسلیم اختیار نمود. آزمایش‌های مختلف روی آزمون‌های میلگردهای فولادی باید با رعایت مشخصات آزمون‌برداری و تواتر آن و مطابق استانداردهای زیر به عمل آیند :

- آزمایش کششی میلگرد (د.ت^۱ ۷۰۱)
- آزمایش تاشدگی به زاویه‌ی ۱۸۰ درجه (د.ت. ۷۰۳)
- آزمایش خم کردن و باز کردن خم میلگرد (د.ت. ۷۰۳)
- آزمایش کششی بعد از خم کردن و باز کردن خم میلگردها و سیم‌های با قطر کمتر از ۹ میلی‌متر (د.ت. ۷۰۲)
- - آزمایش پیوستگی میلگرد با بتن (د.ت. ۷۰۴) و (د.ت. ۷۰۵)
- - آزمایش وصله‌های جوش شده‌ی میلگرد (د.ت. ۷۰۶)
- - آزمایش خستگی میلگرد (د.ت. ۷۰۷)

تبصره : آزمایش کششی برای تمامی میلگردها و آزمایش خم کردن و باز کردن خم یا آزمایش تاشدگی با زاویه‌ی ۱۸۰ درجه برای میلگردهای سرد اصلاح شده الزامی است.

۵-۷-۱- تجزیه و تحلیل نتایج آزمایش

در صورتی که نتایج هر یک از آزمایش‌ها کمتر از حد جاری شدن مفروض در طرح باشد باید یک سری دیگر شامل سه نمونه مورد آزمایش قرار گیرد و مقادیر زیر برای مجموع نتایج شش آزمایش تعیین شود :

$$f_m = \frac{f_1 + f_2 + \dots + f_n}{n} = \frac{\sum f_i}{n} \quad \text{متوسط}$$

$$\delta = \frac{\sqrt{\sum (f_m - f_i)^2}}{\sum f_i} \quad \text{خطای کوادراتیک نسبی}$$

به ازای I برابر یک تا شش، مقدار مشخصه $k = f_m(1 - 2\delta)$ حساب شود.^۲ در صورتی که k از حد جاری شدن قابل قبول تجاوز کند، آزمایش رضایت‌بخش تلقی می‌شود، در غیر این صورت مصالح تحویل شده برای حد جاری شدن مفروض مورد قبول نخواهد بود.

^۱ حروف اختصاری (د.ت) بیان‌گر مشخصات و استانداردهایی است که به وسیله‌ی دفتر امور فنی و تدوین معیارهای سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور تهیه شده‌اند.

^۲ این رابطه با توجه به قضیه‌های آماری و به سطح اعتماد (confidence level) مود نظر محاسبه شده است.

۵-۸- نقشه‌های اجرایی آرماتوربندی

نقشه‌های اجرایی منضم به قرارداد باید شامل جزییات آرماتوربندی سازه‌ها، نظیر قطر، طول، شکل، اندازه و جزییات خم‌ها و جدول اوزان باشد در صورت لزوم پیمان کار باید محل، اندازه و شکل میلگردها را در متن نقشه‌های کارگاهی نشان دهد بسته به نوع پیچیدگی سازه با دستور دستگاه نظارت، پیمان کار باید برای سهولت اجرا اقدام به تهیه‌ی نقشه‌های اجرایی کارگاهی^۱ نماید. این نقشه‌ها براساس نقشه‌های اصلی قرارداد تهیه شده و شامل جزییات بیش‌تری در ارتباط با نحوه‌ی اجرا، خم کردن، محل دقیق و تعداد میلگردها و سایر اطلاعات لازم که به نحوی در درک بهتر جزییات موثرند می‌باشند. قبل از آغاز عملیات بتن‌ریزی و با اطلاع قبلی پیمان کار، جزییات و نحوه‌ی استقرار آرماتورها مورد بازدید دستگاه نظارت قرار گرفته و پس از تاییدیه‌ی دستگاه نظارت دستور بتن‌ریزی صادر خواهد شد [۱ و ۲ نقل به مضمون].

۵-۹- نحوه‌ی آماده سازی میلگرد

۵-۹-۱- کنترل مشخصات خم کردن

این کنترل شامل یک سری آزمایش خم و راست کردن می‌باشد که در دمای محیطی ۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد انجام می‌گیرد. میلگردها باید به طور متوالی :

- روی فلکه‌ای که قطر آن با توجه به حد قابل قبول انحنای میلگرد مطابق مقادیر جدول شماره (۵-۲)، تعیین می‌شود به زاویه‌ی ۴۵ درجه خم شوند.

- سپس به مدت نیم ساعت در آب جوش قرار گیرند.

- خم آن‌ها به اندازه ۲۲۵۳۰' باز شود.

کنترل وقتی رضایت بخش است که متعاقب این عملیات متوالی، میلگردها گسیخته نشوند و ترک‌خوردگی و بریدگی و عیب‌هایی مانند آن در آن‌ها مشاهده نشود. تعداد نمونه‌ها در این آزمایش برای هر ۵۰ تن از هر قطر سه عدد می‌باشد. اگر نتایج آزمایش روی هر سه نمونه نامساعد باشد، یک سری شامل سه نمونه‌ی دیگر مورد آزمایش قرار می‌گیرد و اگر نتایج مساعد بود محموله پذیرفته شده و در غیر این صورت مردود شناخته می‌شود.

۵-۹-۲- بریدن و خم کردن

بریدن و خم کردن آرماتورها می‌تواند در کارخانه یا کارگاه انجام گیرد. در هر صورت این عملیات باید مطابق مشخصات و نقشه‌ها انجام شود. تجهیزات مربوط، قطر فلکه‌ی خم کن، شعاع انحنای میلگردها و سرعت خم کردن لازم است قبلاً به تایید دستگاه نظارت برسد. خم کردن فولادها باید به روش سرد انجام شود. استفاده از حرارت ($100^{\circ}\text{C} > |t|$) برای خم کردن آرماتورها مجاز نیست.

^۱ Shop Drawing

میلگردها نباید طوری خم یا کشیده شوند که آسیب ببینند. باز کردن خم میلگردهای خم شده و هم چنین خم کردن میلگردهای داخل بتن سخت شده مجاز نیست. علاوه بر آن در خم کردن میلگردها رعایت نکات زیر الزامی است.

الف: حداقل قطر فلکه‌ی خم کن متناسب با نوع فولاد است.

سرعت خم کردن متناسب با نوع فولاد و دمای محیط انتخاب می‌شود. در هوای سرد و هنگام استفاده از میلگردهای با مقاومت بالاتر و قطر بیشتر از سرعت خم کردن کاسته می‌شود زیرا در موارد فوق میلگردها شکل پذیری خود را از دست می‌دهند. در مورد میلگردهای سرد اصلاح شده، سرعت خم کردن با روش تجربی به دست می‌آید.

- در دمای کمتر از ۵- درجه‌ی سلسیوس، خم کردن میلگردها مجاز نیست.
- باز و بسته کردن خم‌ها به منظور شکل دادن مجدد به هیچ وجه مجاز نیست. در موارد اضطراری و با تایید دستگاه نظارت و انجام این امر باید تمام میلگردها از نظر ترک خوردگی کنترل شوند و نتایج کنترل به تایید کتبی کنترل کننده و دستگاه نظارت برسد.

- قطر داخلی خم برای خاموت به قطر بیش از ۱۶ میلی‌متر بر اساس جدول زیر بوده و برای خاموت با قطر ۱۶ میلی‌متر و کمتر حداقل قطر خم برای آرماتور طبقات مختلف جدول به ترتیب ۲/۵d و ۴d خواهد بود: [۵ نقل به مضمون] جدول (۵-۲) نشان دهنده‌ی حداقل قطر خم برای میلگردهای مختلف می‌باشد.

- قطر داخلی خم‌ها در شبکه‌های سیمی جوش شده‌ی صاف یا آجدار هنگامی که به عنوان آرماتور عرضی به کار گرفته شود نبایستی کمتر از ۴d برای سیم‌های آجدار به قطر ۷ میلی‌متر و کمتر از ۲d برای سایر سیم‌ها باشد. خم‌های با قطر داخلی کمتر از ۸d نباید از نزدیکترین گره جوش شده فاصله‌ای کمتر از ۴d داشته باشند.

جدول (۵-۲). حداقل قطر خم برای میلگرد مختلف

(A-IV) S-500/S 400(A-III)	S-300 (A-II)S-350	S-220 (A-I)	طبقه‌ی میلگرد
			قطر میلگرد (میلی‌متر)
6d	5d	5d	d<28
8d	6d	5d	28<d<34
10d	10d	7d	36<d<55

طبقه‌بندی A - I و نظیر آن مربوط به کشور روسیه بوده و در برخی از کارخانه‌های ایران مورد استفاده قرار می‌گیرد. در خم کردن میلگرد با قطر ۳۶ میلی‌متر و بیشتر با زاویه‌ی بیش از ۹۰ درجه باید از روش خاص استفاده نمود.

■ خم کردن میلگردهای نرم A - I

برای خم کردن خاموت‌های تا قطر ۱۲ میلی‌متر، حداقل قطر فلکه باید ۲/۵ برابر قطر میلگرد باشد. برای خم کردن سایر میلگردها و به ویژه قالب‌های دو سر میلگردها، قطر فلکه باید حداقل ۵ برابر قطر میلگرد باشد. خم کردن میلگردها در داخل قالب جز برای خاموت تا قطر ۱۲ میلی‌متر مجاز نیست. میلگردهایی که در فاصله‌ی دو مرحله‌ی بتن‌ریزی به عنوان میلگردهای انتظار^۱ گذاشته

^۱ Dowel bar

می‌شود باید در برابر خم شدن‌های اتفاقی محافظت شود. خم کردن و باز کردن میلگردهای انتظار جز با موافقت دستگاه نظارت مجاز نیست.

▪ خم کردن میلگردهای A-II و A-III، A-IV

بهتر است خم کردن میلگردهای دارای قطر بیش از ۱۲ میلی‌متر با وسایل مکانیکی انجام شود تا عملیات خم کردن به طور یکنواخت، بدون ضربه، متناسب با درجه حرارت محیط و به آرامی صورت گیرد. سرعت خم کردن را باید از طریق تجربی به دست آورد. وقتی درجه حرارت محیط پایین‌تر از ۵- درجه سانتی‌گراد باشد باید از خم کردن میلگردها پرهیز کرد. باز کردن خم این میلگردها ممنوع است. هم‌چنین میل‌گردهایی که زیادی خم شده است دیگر قابل استفاده نیست. خم کردن این میلگردها در قالب ممنوع است. میلگردهای انتظار باید در مقابل تغییر شکل اتفاقی محافظت کرد. خم کردن و باز کردن خم میلگردهای انتظار مجاز نیست. قطر فلک‌های خم کن میلگردها نباید از مقادیر داده شده در جدول زیر کم‌تر باشد

جدول شماره (۳-۵)، نشان دهنده‌ی حداقل قطر فلک‌های خم کن میلگردهای A-II و A-III، A-IV می‌باشد.

جدول (۳-۵). حداقل قطر فلک‌های خم کن میلگردهای A-II و A-III، A-IV

قطر شکل	ϕ ۶	ϕ ۸	ϕ ۱۰	ϕ ۱۲	ϕ ۱۴	ϕ ۱۶	ϕ ۲۰	ϕ ۲۵	ϕ ۳۲	ϕ ۴۰
خاموت	۵ ϕ یا ۳۰	۵ ϕ یا ۴۰	۶ ϕ یا ۶۰	۷ ϕ یا ۸۰	-	-	-	-	-	-
مهری	۱۰ ϕ یا ۶۰	۱۰ ϕ یا ۸۰	۱۰ ϕ یا ۱۰۰	۱۰ ϕ یا ۱۲۰	۱۰ ϕ یا ۱۴۰	۱۰ ϕ یا ۱۶۰	۱۰ ϕ یا ۲۰۰	۱۰ ϕ یا ۲۵۰	۱۲/۵ ϕ یا ۴۰۰	-
خم	-	-	۱۴ ϕ یا ۱۴۰	۱۴ ϕ یا ۱۴۰	۱۴ ϕ یا ۲۰۰	۱۶ ϕ یا ۲۵۰	۱۶ ϕ یا ۳۲۰	۱۶ ϕ یا ۴۰۰	۲۰ ϕ یا ۶۴۰	-

توضیح: اعداد داخل جدول بر حسب میلی‌متر است. برای آرماتور A-IV حداکثر قطر مصرفی ϕ ۱۶ می‌باشد.

۵-۱۰- کارگذاری میلگردها

۵-۱۰-۱- مشخصات کلی

میل‌گردها در موقع نصب باید هیچ‌گونه آلودگی نداشته باشند. ملات، گرد و خاک، گل، زنگ‌زدگی، چربی، رنگ و سایر کثافات و ذرات خارجی که مانع اتصال و چسبندگی کامل بین بتن و میلگرد می‌شود. باید از روی میلگردها زدوده شود. میلگردها باید از شروع تا خاتمه‌ی کارهای بتن‌ریزی کاملاً تمیز نگهداری شود [۵ نقل به مضمون]. در مواردی که بتن‌ریزی در مراحل مختلف انجام می‌شود. میلگردهای نصب شده باید قبل از مرحله بعدی بتن‌ریزی کاملاً تمیز شود. در مواردی که سطح تمام شده بتن در مجاورت هوا قرار می‌گیرد باید ادوات فلزی که در فاصله‌ی ۱/۵ سانتی‌متر سطح بتن واقع می‌شوند در مقابل زنگ‌زدگی محافظت شوند.

میل‌گردها نباید ترک خوردگی و خمیدگی داشته باشند. در صورتی که میلگردها در اثر بارگیری و حمل آسیب ببینند صاف کردن خمیدگی جزئی میلگردها باید به وسیله‌ی کشیدن انجام شود و چکش‌کاری میلگردها برای برطرف کردن خمیدگی بدون موافقت دستگاه نظارت مجاز نیست.

کلیه‌ی آرماتورها با قطر، طول و شکل نشان داده شده در نقشه‌های اجرایی باید دقیقاً در محل صحیح خود و به فاصله‌ی پیش‌بینی شده از یک‌دیگر قرار گرفته و مهار شود به نحوی که در حین ریختن بتن و گرفتن آن جابه‌جا نشود و همچنین پوشش بتن روی میل‌گردها به اندازه‌ی تعیین شده تامین شود. بدین منظور با تایید دستگاه نظارت باید از قطعات بتنی (لقمه) یا خرک ۱ فلزی به ابعاد، تعداد و مقاومت لازم استفاده شود. لقمه‌های بتنی باید مجهز به مفتول باشد و به خوبی به میلگردها بسته شود. استفاده از قطعه‌ی سنگ، لوله‌ی فلزی و قطعه‌ی چوب برای نگه‌داری میل‌گردها در محل خود، مجاز نیست.

همچنین در روش معمول برای بستن میلگردهای اصلی به تنگ‌ها و خاموت‌ها از مفتول‌های سیمی گالوانیزه به قطر ۱ تا ۱/۵ میلی‌متر استفاده می‌شود. در این حالت میلگردبندی در مناطق خورنده‌ی سرسیم نباید در پوشش بتنی روی میلگرد واقع شود زیرا ضخامت پوشش را کاهش می‌دهد. مجموعه‌ی میلگردها باید دارای استحکام کافی باشد تا در هنگام بتن‌ریزی خطر دور شدن میلگردها از هم و یا جابه‌جا شدن مجموعه از موقعیت خود وجود نداشته باشد. نحوه‌ی کارگذاری مش، بر طبق مشخصات و تایید دستگاه نظارت، به یکی از دو روش زیر انجام می‌شود:

روش اول - مش قبلاً کار گذاشته شده و مهار شود. سپس بتن‌ریزی به طور کامل انجام گردد.

روش دوم - ابتدا بتن‌ریزی لایه زیر مش انجام شده و بلافاصله مش روی بتن تازه قرار داده شود، سپس بتن‌ریزی لایه با لای مش صورت گیرد.

به استثنای مواردی که در نقشه‌های اجرایی مشخص شده است، خرک‌ها و بست‌های فلزی میلگرد نباید تا سطح خارجی بتن امتداد یابد و باعث تغییر رنگ و یا ایجاد زنگ روی سطح بتن شود. جاگذاری و تنظیم آرماتورها در حین بتن‌ریزی مجاز نیست. میلگردها باید در کلیه‌ی تقاطع‌ها به یک‌دیگر بسته شود به جز در مواردی که فاصله‌های میلگردها در هر جهت از ۳۰ سانتی‌متر کمتر باشد که در این صورت باید آن‌ها را به طور یک در میان بست. استفاده از جوشکاری برای بستن میلگردهای متقاطع مگر برای فولادهای جوش‌ناپذیر و با تایید دستگاه نظارت مجاز نمی‌باشد.

تمامی میلگردها باید با توجه به ضوابط و رواداری‌های مندرج در مشخصات فنی اختصاصی بریده، بسته و جاگذاری می‌شوند. در صورتی که این رواداری‌ها در اختیار نباشند رعایت رواداری‌های زیر الزامی می‌باشد:

▪ رواداری‌های بریدن میلگردها

- طول میلگرد ± 25 میلی‌متر

- مجموعه‌ی ابعاد خاموت ± 12 میلی‌متر

- خم‌ها ± 25 میلی‌متر

▪ رواداری‌های بستن و کارگذاشتن میلگردها:

▪ کاهش ضخامت پوشش بتن نسبت به مقادیر تعیین شده در نقشه‌ها حداکثر ۸ میلی‌متر است و در هیچ مورد نباید ضخامت

پوشش از $\frac{2}{3}$ میزان تعیین شده کمتر شود.

▪ انحراف موقعیت میلگردها نسبت به محل‌های تعیین شده در نقشه‌ها برای قطعات خمشی و دیوارها و ستون‌ها به شرح زیر است:

¹ Chair

برای $h \leq 200$ میلی‌متر ± 8 میلی‌متر

برای $h > 200$ و $h > 600$ میلی‌متر ± 12 میلی‌متر

برای $h \geq 600$ میلی‌متر ± 20 میلی‌متر

- انحراف فاصله‌ی جانبی بین میلگردها نسبت به فاصله‌ی مشخص شده ± 30 میلی‌متر
- انحراف موقعیت طولی خم‌ها و انتهای میلگردها ± 50 میلی‌متر
- انحراف موقعیت طولی خم‌ها و انتهای میلگردها در انتهای ناپیوسته‌ی قطعات ± 20 میلی‌متر

۵-۱۰-۲- فاصله‌های میلگردها

به طور کلی فاصله‌های میلگردها از یک‌دیگر باید مطابق نقشه‌های اجرایی و بنا به تشخیص دستگاه نظارت به اندازه‌ای باشد که انجام صحیح عملیات ریختن، جا دادن و لرزاندن بتن میسر باشد. در تعیین فاصله میان میلگردها باید موارد زیر رعایت شود مگر این‌که در نقشه‌ها و یا دستورالعمل‌های دستگاه نظارت طور دیگری مشخص شده باشد

- فاصله‌ی آزاد بین میلگردهای موازی در یک ردیف نباید از هیچ یک از مقادیر زیر کمتر باشد :

- قطر میلگردها

- $2/5$ سانتی‌متر

- $1/3$ برابر بزرگ‌ترین اندازه‌ی مصالح دانه‌بندی شده

در محلهایی که میلگردهای موازی در دو یا چند ردیف کار گذاشته می‌شود (به استثنای ستون‌ها)، میلگردهای ردیف‌های بالاتر باید دقیقاً مقابل میلگردهای ردیف پایین و به فاصله‌ی حداقل $2/5$ سانتی‌متر قرار داده شود

▪ در دیوارها و دال‌ها (به استثنای سقف‌های تیرچه بلوک)، فاصله‌های میلگرد خمشی اصلی نباید از سه برابر ضخامت دال یا دیوار و حداکثر 45 سانتی‌متر تجاوز کند.

▪ فاصله‌ی میلگردهایی که برای مقابله با جمع‌شدگی^۱ و تغییر شکل حرارتی^۲ به کار می‌روند نباید از پنج برابر ضخامت دال یا 45 سانتی‌متر بیش‌تر باشد.

▪ در قطعات فشاری (از قبیل ستون‌ها)، فاصله‌ی داخل به داخل میلگردهای طولی نباید از $1/5$ برابر قطر میلگرد یا 4 سانتی‌متر کمتر باشد.

▪ پیچ‌ها و مهری‌ها باید به نحوی در بتن کار گذاشته شود که بین آن‌ها و میلگردها حداقل 25 میلی‌متر فاصله باشد.

پس از رفع محدودیت‌های مربوط به فاصله‌های آزاد بین میلگردها باید در مورد فاصله‌ی آزاد بین اتصال پوششی میلگردها با وصله‌ی مجاز نیز رعایت شود .

¹ Shrinkage

² Temperature reinforcement

۵-۱۰-۳- وصله‌ی میلگردها

تا آن‌جا که ممکن است میلگردها باید یکپارچه و به طول نشان داده شده در نقشه‌ها و مشخصات باشند. تمام اتصالات میلگردها باید روی نقشه‌های اجرایی منعکس شده و طبق نقشه‌ها و مشخصات اجرا شود تعداد این اتصالات باید تا حد امکان کم باشد. در صورتی که اتصالات اجتناب ناپذیر باشد باید آن‌ها را در خارج از حوزه‌ی حداکثر تنش قرار داد. از تمرکز قابل ملاحظه‌ی وصله‌ی میلگردها در یک مقطع باید پرهیز شود [۵ نقل به مضمون] وصله کردن میلگردها در محل‌هایی که در نقشه‌ها و مشخصات نشان داده نشده است فقط با تصوب دستگاه نظارت مجاز می‌باشد. برای وصله کردن میلگردهای تا قطر ۳۲ میلی‌متر باید از اتصال پوششی استفاده شود. برای وصله کردن میلگردهای با قطر بیش از ۳۲ میلی‌متر باید طبق مشخصات و دستورالعمل‌های دستگاه نظارت عمل شود. در اتصال پوششی دو انتهای میلگرد به اندازه‌ای که در نقشه‌های اجرایی نشان داده شده است روی یکدیگر قرار می‌گیرد و توسط مفتول آهنی به یکدیگر بسته می‌شود. به طور کلی تمام وصله‌ها، طول پوششی، موقعیت و نحوه‌ی اجرای آن باید مطابق نقشه‌ها و مشخصات و دستورالعمل‌های دستگاه نظارت باشد.

▪ حداقل طول پوششی وصله^۱

چنانچه جزییات وصله‌هاف نقشه‌ها و مشخصات معین نشده باشد، طول وصله‌ها با توجه به نوع و محل میلگردهای آجدار باید تطابق آیین‌نامه ۳۱۸ - ACI و زیر نظر دستگاه نظارت اجرا شود.

توضیح: در صورت استفاده از فولاد ساده در کارهای بتنی طول وصله حداقل دو برابر طول وصله نظیر با فولاد آجدار می‌باشد.

▪ محل وصله‌های پوششی

در صورتی که شرایط اجرایی ایجاب نماید که در محل‌هایی به غیر از آن‌چه در نقشه‌ها و مشخصات پیش‌بینی شده میلگردها به وسیله‌ی پوشش به هم متصل گردند، محل این وصله‌ها با مراعات موارد زیر و با تشخیص دستگاه نظارت معین می‌گردد:

- در قطعات تحت خمش و خمش توام با فشار نباید بیش از نصف میلگردها در یک مقطع وصله می‌گردد.
- در قطعات تحت کشش و کشش در اثر خمش حداکثر یک سوم میلگردها را در یک مقطع می‌توان به وسیله‌ی پوشش وصله کرد.
- وصله کردن میلگردهای پایینی قطعه‌ی بتنی در وسط دهانه یا نزدیک آن و همچنین وصله نمودن میلگردهای بالایی قطعه‌ی بتنی روی تکیه‌گاه یا نزدیک آن مجاز نیست.

- کلیه‌ی وصله‌ها نباید در یک مقطع قرار گیرد بلکه هر وصله باید حدود ۴۰ برابر قطر میلگردها از وصله‌ی مجاور فاصله داشته باشد.

▪ اتصال میلگردها به وسیله‌ی جوش

وصله کردن میلگردها از طریق جوشکاری فقط در صورت موافقت دستگاه نظارت مجاز است و در این صورت باید علاوه بر استاندارد شماره ۴-۱۹۰۰ ایران، موارد زیر نیز رعایت شود.

- در جوش نوع سر به سر نباید از فولاد سرد نورد شده یا فولاد سرد اصلاح شده استفاده شود و به هر حال در این نوع جوش کاری باید از الکتروود مخصوص، مناسب و مورد تایید دستگاه نظارت استفاده نمود. لازم است به نکات زیر توجه گردد :
- قبل از جوشکاری، میلگرد باید گرم شود.
- عمل جوشکاری میلگردها باید توسط کارگران کارآزموده و بر طبق مشخصات صورت گیرد.

^۱ Splices of reinforcement

- نوع جوش، کیفیت تجهیزات جوشکاری، نوع الکترود، صلاحیت جوشکاران و روش جوشکاری باید قبلاً به تایید دستگاه نظارت برسد
- در صورتی که کیفیت جوش انجام شده مطابق مشخصات و دستورالعمل‌ها نباشد، طبق دستور دستگاه نظارت باید عملیات جوشکاری اصلاح شود.

■ حداقل پوشش محافظ بتنی روی میلگردها

- در بتن‌ریزی‌های درجا^۱ پوشش بتنی روی میلگردها باید طبق نقشه‌های اجرایی و دستورالعمل‌ها صورت گیرد. در صورتی که ضخامت پوشش در نقشه‌ها و دستورالعمل‌ها داده نشده باشد با رعایت موارد زیر و بنا به تشخیص دستگاه نظارت می‌توان از جدول زیر استفاده کرد.
- جدول شماره (۴-۵)، نشان دهنده‌ی حداقل پوشش بتن (mm) می‌باشد.

■ قلاب استاندارد

- شکل و طول قلاب انتهایی میلگردها باید مطابق نقشه‌ها و مشخصات اجرا شود. در صورت نیاز و چنانچه وضعیت مهاری انتها در نقشه‌ها و مشخصات معین نشده باشد با مراعات موارد زیر و بنا به تشخیص دستگاه نظارت شکل و طول قلاب انتهایی به شرح زیر توصیه می‌شود.
- در صورت لزوم؛ میلگردهای اصلی در هر انتها با زاویه‌ی ۹۰ درجه و به طول (بعد از خم) حداقل ۱۲ برابر قطر میلگرد خم شود.

جدول (۴-۵). حداقل پوشش بتنی (mm)

طبقه‌ی بتن					نوع شرایط محیطی که بتن در آن قرار می‌گیرد
B-۵۰۰ به بالا	B-۴۰۰	B-۳۰۰	B-۲۵۰	B-۲۰۰	
۱۵	۱۵	۱۵	۲۰	۲۵	شرایط ملایم- برای مثال، بتن کاملاً محافظت شده در برابر هوا یا شرایط خورنده، به جز برای مدت کوتاهی که در حین ساخت در معرض هوای معمولی قرار می‌گیرد.
۲۰	۲۵	۳۰	۴۰	-	شرایط معمولی- برای مثال، بتنی که در باران شدید و یا یخ‌زدگی در حالتی که با آب اشباع شده، محافظت شود. بتن ریز خاک و بتنی که مدام زیر آب قرار می‌گیرد
۲۵	۳۰	۴۰	۵۰	-	شرایط شدید- برای مثال، بتنی که در معرض باران قرار می‌گیرد یا بتنی که در معرض دوره‌های متناوب تر و خشک یا در معرض یخ‌زدگی در هنگامی که تر است یا در معرض بخارهای خورنده قرار داشته باشد
۵۰	۶۰	-	-	-	شرایط خیلی شدید- برای مثال، بتنی که در معرض آب دریا، باتلاق یا سایش باشد
۲۵	*۴۰	*۵۰	-	-	بتنی که برای ذوب یخ در معرض نمک‌های مصرفی قرار می‌گیرد.

* در این موارد توصیه می‌شود بتن با حباب هوا ساخته شود.

ماخذ: cp-110- PART I

- کلیه‌ی میلگردهای خاموت باید در انتها با زاویه‌ی ۹۰ یا ۱۳۵ درجه و به طول (بعد از خم) حداقل ۶ برابر قطر میلگرد ولی نه کمتر از ۶ سانتی‌متر خم شود.

۵-۱۱- بازرسی و نظارت

- بعد از نصب و جاگذاری آرماتورها باید فولادهای مذکور از نقطه نظر قطر، تعداد، طول، شکل و فاصله نسبت به یک‌دیگر و نیز نسبت به سطح خارجی بتن و همچنین وضعیت، موقعیت و تعداد وصله‌ها مورد بازدید قرار گیرد تا اطمینان حاصل شود که کلیه‌ی عملیات مربوط به نصب آرماتورها مطابق نقشه‌های اجرایی و مشخصات فنی و دستورالعمل‌ها صورت گرفته است. قبل از صدور تایید کتبی دستگاه نظارت در این مورد بتن‌ریزی به هیچ وجه مجاز نیست. نحوه‌ی اندازه‌گیری فاصله‌ی میلگردهای نصب شده به استثنای مواردی که در نقشه‌ها به گونه‌ی دیگری نشان داده شده باشد به قرار زیر است :
- فاصله‌ی میلگردها از یک‌دیگر براساس فاصله‌ی محوره‌ای آن‌ها اندازه‌گیری می‌شود .
- ضخامت پوشش روی میلگرد از سطح خارجی میلگرد اندازه‌گیری می‌شود.

¹ Cast- in situ concrete

پس از اجرای صحیح دستور بتن‌ریزی صادر خواهد شد. رعایت مندرجات آیین نامه‌ی بتن ایران در مورد بازرسی و نظارت بر عملیات تهیه، حمل و نصب آرماتورها در بتن آرمه اجباری می‌باشد.

۵-۱۲- ایمنی در آرماتوربندی

محموله‌های میلگرد که توسط بارکش‌های کفی و یا دیگر وسایل حمل و نقل به محل کارگاه حمل می‌شوند باید به نحوی تخلیه شوند که ضمن آسیب ندیدن میلگردها به کارگران نیز صدمه‌ای وارد نشود. هنگام بریدن و خم کردن میلگردها استفاده از میز آرماتوربندی و خم نشدن آرماتوربند روی زمین باعث کاهش فشارهای وارد به کمر می‌شود. هنگام آرماتوربندی فشار وارد بر دست‌ها و کمر نسبتاً زیاد بوده و در این کار احتمال صدمات ناشی از لغزیدن، سقوط از بلندی و نظایر آن وجود دارد لذا برای کاستن صدمات ناشی از حوادث رعایت موارد زیر مفید خواهد بود :

- استفاده از وسایل حفاظتی فردی برای کار در بلندی، جوشکاری و برشکاری ضروری است.
- هنگام راه رفتن بر روی قالب‌های آغشته به روغن، نباید از کفش‌های با کف لغزنده و یا چرمی استفاده شود.
- در صورتی که تردد کارگران از روی شبکه‌ی میلگرد ضروری باشد باید با قرار دادن تعداد تخته یا صفحه فولادی شطرنجی روی میلگردها گذرگاهی به وجود آورد تا احتمال لغزیدن و سقوط کارگران کاهش یابد و ضمناً شبکه‌ی آرماتور نیز آسیب نبیند.
- میلگردهای انتظار و امثال آن که از بتن بیرون زده‌اند در صورت سقوط کارگران بخصوص از بلندی می‌توانند موجب صدمات بسیار شدید شوند به همین دلیل پوشاندن آن‌ها با تخته و یا وسیله‌ی مناسب دیگر ضروری است.

۵-۱۳- حمل و نقل میلگردها

آرماتورها به صورت کلاف، شاخه، شبکه‌های جوش شده یا بافته شده در کارخانه تحویل می‌شوند. میلگردهای مصرفی در بتن باید بدون خم شدگی تحویل کارگاه شوند. معمولاً میلگردهای به قطر ۶ میلی‌متر و کمتر به صورت کلاف تحویل می‌شوند. مصرف میلگردها با قطرهای بالاتر به صورت کلاف مجاز نیست مگر این‌که با تایید دستگاه نظارت وسیله‌ی مناسبی برای باز کردن کلاف در کارگاه وجود داشته باشد و قطر کلاف بیش از ۲۰۰ برابر قطر میلگرد باشد.

در تمام مدت حمل، تخلیه، نگهداری و کارگذاری میلگردها باید آن‌ها را در مقابل هر گونه زنگ‌زدگی یا دیگر آسیب‌های فیزیکی و شیمیایی محافظت نمود. میلگردها نباید در تماس با خاک یا مصالحی باشند که رطوبت را در خود نگه می‌دارد و عموماً نباید میلگردها برای مدت طولانی در معرض باران و برف و هوای مرطوب قرار گیرند. در کارگاه باید میلگردها را بر حسب قطر و طبقه آن‌ها، مجزا و انبار نمود. در صورت تردید نسبت به نوع میلگرد دستگاه نظارت دستور آزمایش‌های لازم را صادر خواهد نمود. به هنگام حمل و تخلیه باید دقت شود که آرماتورها خصوصاً شبکه‌ی جوش شده از صدمات مکانیکی یا تغییر شکل‌های خمیری، ضربه ناشی از پرتاب از ارتفاع و غیره مصون بوده و از گسیختگی جوش‌ها شبکه‌های جوش شده جلوگیری شود. همچنین باید دقت شود تا نشانه‌های مشخص کننده‌ی نوع میلگرد از بین نروند

۵-۱۴ - مفتول

از جمله کاربردهای «مفتول» استفاده در احداث بندهای سبک فلزی می‌باشد. اصولاً بندها یا چکدم‌های آبخیزداری به دو دسته‌ی بندهای وزنی و غیر وزنی تقسیم می‌شوند. مقاومت بندهای سبک در مقابل نیروهای وارده به آن‌ها عوض این که به وسیله‌ی وزن تامین گردد توسط مهار کردن بدنه‌ی آن‌ها حاصل می‌شود. این بندها مقداری خاک در پشت خود جمع می‌کنند و از طبیعت فرصتی را برای استقرار گیاه می‌گیرند. حداکثر ارتفاع‌ای گونه بندها ۱ متر می‌باشد. در بندهای سبک فلزی که غیر وزنی تلقی می‌شوند، سیم‌های مهاری از جنس گالوانیزه بوده و قطر آن‌ها ۳ میلی متر می‌باشد که به صورت دابل پایه‌های اصلی را به پایه‌های مهاری متصل می‌نمایند. معمولاً بدنه‌ی بند از دو جداره ساخته می‌شود. جدار اولی که مستقیماً به پایه‌ی اصلی اتصال پیدا می‌کند و دارای مقاومت زیادی بوده و جدار دوم به منظور نگهداری مواد ریز تر در روی جدار اول قرار می‌گیرد. جدار اصلی از دو پوشش گابیونی که رویهم رفته تشکیل شده است. قطر این سیم‌ها ۳ میلی متر و ابعاد آن‌ها ۱۰۰ در ۱۲۰ میلی متر می‌باشد. جدار دوم یا جدار نگهدارنده‌ی رسوبات می‌باشد که این شبکه، نگهدارنده‌ی مواد محموله تا موقتی است که کمک می‌کنند تا گیاهان مستقر شوند. میله‌های رابط معمولاً برای بهبودی پایداری سد از سیم‌های افقی T شکل به عرض ۳ سانتی متر تشکیل شده اند که در قسمت سرریز (بالای پایه‌های اصلی) و در عمق ۲۵ سانتی متری خاک و به طور افقی قرار می‌گیرند و به ترتیب پایه‌های اصلی و مهاری را به هم مرتبط می‌سازند.

▪ طرز احداث سدهای فلزی (با استفاده از مفتول)

ابتدا باید شیار در جهت عمود به جهت جریان در کف و کناره‌های بستر به عمق ۲۵ سانتی متر و تا حدود سنگ‌های سخت باز کرد تا دیواره و یا بدنه‌ی بند در آن قرار گیرد. شیار دیگری نیز در جهت عمود بر جریان در محل پایه‌های مهاری احداث می‌گردد تا سپر T شکل که به طور افقی پایه‌های مهاری را به هم متصل می‌کنند و استحکام آن را زیاد می‌نمایند در آن قرار گیرد. پایه‌های اصلی در خاک تا حد امکان به فاصله‌های ۶۰ سانتی متر از هم طوری کوبیده می‌شوند که با خط شاقولی، زاویه‌ای برابر ۱۰ درجه به طرف سراب ایجاد می‌کنند و پایه‌های مهاری نیز تا حد امکان در خاک کوبیده می‌گردند. برای هر دو عدد پایه‌ی اصلی یک عدد پایه‌ی مهاری در نظر گرفته می‌شود. این پایه‌ها نیز تمایل به طرف سراب داشته و فاصله‌ی آن‌ها از بدنه‌ی بند با توجه به شیب آبراهه و ارتفاع بند و شیب حد بدست می‌آید که هرگز نباید کمتر از ارتفاع بند باشد. پس از استقرار پایه‌ها، ابتدا شبکه‌های توری فلزی در روی پایه‌های اصلی قرار گرفته و به فاصله‌های ۳۰ سانتی متر به وسیله‌ی سیم‌های گالوانیزه به پایه‌های اصلی بسته می‌شوند. پس از این که پایه‌ها و توری بند احداث گردید، پشت بند به وسیله‌ی خاکریزی دستی با تبعیت از اصطحکاک داخلی (شیب طبیعی خاک) پر می‌شود. خاک دستی کاملاً فشرده شده و پس از اتمام ساختمان بند در نخستین فرصت مساعد کشت گیاهان خواهد بود.

فصل ۶

استانداردهای بتن و بتن ریزی

چشم خوش - عید - قابل استناد

۶- بتن و بتن‌ریزی

۶-۱- دامنه‌ی کاربرد

برای بخشی از فعالیت‌های آبخیزداری و حفاظت خاک (مراحل طراحی و اجرایی و در شرایط مطلوب مطالعاتی و توجیه اقتصادی) بهره‌گیری از «بتن» ضرورت دارد از جمله‌ی این فعالیت‌ها: احداث فونداسیون سدها و بندهای خاکی، سرریز سدها، دیواره سازی‌های ساحلی، مهندسی رودخانه، پوشش شیروانی بند (سد) های خاکی، برخی سرریزهای مصنوعی در سکوبندی، در تراس‌هایی که دارای دیوار هی محافظ بتنی می‌باشند (نشریه‌ی شماره ۳-۴۵۰) و... می‌باشند. مباحث این فصل به منظور استاندارد سازی مصالح مورد نیاز بتن، ساخت و اجرای بتن در کارگاه، براساس استانداردها، ضوابط و دستورالعمل‌های انتشار یافته ارایه می‌گردد.

۶-۲- تعاریف

بتن: محصولی است که از یک ماده‌ی چسباننده که دارای خاصیت سیمانی شدن است تشکیل یافته و این ماده‌ی چسباننده از ترکیب آب، سیمان و ماسه به عنوان جسم پرکننده ساخته می‌شود.

کارایی بتن در واقع به ریختن و متراکم کردن بتن در قالب‌ها و همچنین به عمل پرداختن و صاف نمودن سطح بتن اطلاق می‌گردد. به عبارت دیگر اصطلاح کارایی به معنی سهولت و سادگی کار با مخلوط تهیه شده در زمان بتن‌ریزی اطلاق می‌گردد.

۶-۳- انطباق با مشخصات و استانداردها

مصالح سنگی باید از نظر ویژگی‌های شیمیایی، فیزیکی و مکانیکی، اندازه و شکل، دانه‌بندی، آزمایش سنگ‌نگاری^۱ مقدار کل رطوبت محتوی، رطوبت سطحی، مشخصه‌های ظاهری و رنگ (بتن‌نما) با نقشه‌ها و مشخصات و سایر مدارک پیمان منطبق باشد. نمونه‌های شن و ماسه مصرفی باید قبل از مصرف آزمایش شده و با ذکر محل معدن به تصویب دستگاه نظارت برسد. چنانچه در حین اجرای عملیات بتن بنا به دلایلی محل معدن مصالح سنگی تغییر پیدا کند نمونه‌های مواد سنگی معدن جدید باید مجدداً مورد آزمایش قرار گرفته و به تایید دستگاه نظارت برسد. شن و ماسه می‌تواند رودخانه‌ای یا شکسته انتخاب گردد ولی در هر صورت مصالح سنگی باید در طرح اختلاط بتن پاسخ‌گوی نیازهای بتن مورد مصرف در هر پروژه باشند. ویژگی‌ها و روش‌های آزمایش شن و ماسه باید مطابق با استانداردهای ایرانی زیر باشد.

- استاندارد شماره ۳۰۰: مصالح سنگی ریزدانه برای بتن و بتن مسلح.
- استاندارد شماره ۳۰۲: شن برای بتن و بتن مسلح.
- استاندارد شماره ۴۴۶: روش تعیین مقدار موادی از مصالح سنگی که از الک ۷۵ میکرون می‌گذرد.
- استاندارد شماره ۴۴۷: روش دانه‌بندی ریز و درشت مصالح سنگی با الک (ماسه و شن).

^۱ Petrography

- استاندارد شماره ۴۴۸: روش آزمون برای تعیین سایش مصالح سنگی درشت‌دانه با استفاده از ماشین لوس آنجلس.
- استاندارد شماره ۴۴۹: روش آزمایش مقاومت مصالح سنگی در مقابل عوامل جوی.
- استاندارد شماره ۵۷۸: روش‌های تعیین میزان جذب آب و تاب مصالح سنگی در برابر یخبندان.
- استاندارد شماره ۶۱۱: روش تعیین رطوبت سطحی شن‌ریز.
- استاندارد شماره ۶۱۷: روش تعیین تاب گسیختگی فشاری و خمشی مصالح سنگی.
- استاندارد شماره ۶۶۹: روش تعیین تاب شن و ماسه در برابر ضربه.
- استاندارد شماره ۱۶۸۵: روش آزمایش تعیین مقدار هم ارز ماسه برای خاک‌ها و مصالح ریزدانه.
- نشریه‌ی شماره ۱۹۸: ضوابط طراحی سازه‌های بندهای انحرافی، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- هر استاندارد ایرانی دیگری که تا زمان انعقاد پیمان درباره شن و ماسه تدوین و یا تجدیدنظر شود، تا زمانی که استاندارد ایرانی در پاره‌ای از موارد تدوین نشده باشد در درجه‌ی اول استانداردهای «سازمان بین‌المللی استاندارد ISO» معتبر خواهد بود و در صورت نبودن استاندارد مذکور به ترتیب استانداردهای آمریکایی ASTM، بریتانیایی BS، و آلمانی DIN ملاک عمل قرار خواهد گرفت.

۴-۶- مصالح سنگی دانه بندی شده (شن و ماسه)

▪ ترکیب مصالح سنگی دانه‌بندی شده

- مصالح سنگی دانه‌بندی شده باید از شن و ماسه طبیعی یا از سنگ شکسته تهیه شده باشد. در موارد زیر استفاده از شن و ماسه‌ی طبیعی در بتن مجاز نیست و پیمانکار الزاماً باید از مصالح شکسته استفاده نماید.
- مواردی که طبق نقشه و مشخصات یا دستورالعمل دستگاه نظارت به کار بردن مصالح شکسته خواسته شده باشد.
- هر گاه مصالح طبیعی یا رودخانه‌ای مطابق مشخصات نبوده یا مقاومت مورد نیاز را نداشته باشد.
- در صورتی که بتن از نوع B-۳۵ یا بالاتر باشد.
- مصالحی که برای تهیه‌ی بتن مصرف می‌شود با توجه به درجه‌ی حرارت، رطوبت محیط و رطوبت مصالح مورد مصرف برای ساخت بتن باید به نحوی تامین و کنترل شود که همواره سلامت مورد نظر حاصل گردد. مصالح شسته شده باید حداقل ۱۲ ساعت در محل باقی بماند و سپس مورد استفاده قرار گیرد.

▪ کیفیت مصالح سنگی

- مشخصات کلی

مصالح سنگی اعم از دانه ریز یا دانه درشت باید تمیز، سخت، زبر، عاری از پوسیدگی، فاقد لایه‌های ورم کننده با تراکم یکنواخت، با دوام و فاقد هر گونه آغستگی باشد. مصالحی که با خاک مخلوط شده است نباید مورد استفاده قرار گیرند. به طور کلی مصالح سنگی باید دارای دانه‌های گرد یا مکعبی شکل بوده و حداکثر درصد دانه‌های پولکی و سوزنی یا دراز در این مصالح مطابق ضوابط ارایه شده باشد. سنگ‌هایی که برای تهیه‌ی شن و ماسه شکسته مورد استفاده قرار می‌گیرد نباید دارای مقاومت فشاری کمتر از ۳۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع باشد. مقاومت فرسایشی، مقاومت در مقابل یخبندان و ذوب متناوب، مقاومت شیمیایی، مقاومت در

برابر تر و خشک شدن، مقاومت در برابر گرم و سرد شدن، مقاومت در مقابل آتش، مقاومت در برابر ضربه، قدرت جذب آب و رطوبت سطحی موجود و بالاخره وزن مخصوص مصالح دانه بندی شده باید با مشخصات ذکر شده در استانداردهای مربوط مطابقت داشته باشد.

- دانه بندی مصالح

مصالح سنگی بتن اعم از ریز دانه یا درشت دانه باید دارای دانه بندی پیوسته باشد بدین معنی که از دانه بندی ریز شروع شده و به تدریج به درشت ختم شود تا فضای خالی بین دانه های درشت به وسیله ی دانه های ریزتر پر شود.

- منبع تهیه ی مصالح سنگی

تا آن جا که ممکن است پیمانکار باید مصالح سنگی را از منابع طبیعی شن و ماسه موجود در نزدیکی محل طرح تهیه کند. از منابع مصالح سنگی باید طبق روش آشتو ۲ - T نمونه برداری شده و نمونه ها مورد آزمایش قرار گیرد. موافقت دستگاه نظارت با منبع پیشنهاد شده و به مفهوم آن نخواهد بود که کلیه ی مصالح استخراج شده از منبع تایید شده قابل استفاده است و مورد قبول قرار خواهد گرفت بلکه دستگاه نظارت کماکان حق رد تمام یا قسمتی از مصالح استخراج شده از منبع مذکور را در صورت عدم تطبیق با مشخصات فنی خواهد داشت. چنانچه محل منابع تغییر کند یا هر گاه دستگاه نظارت ضروری تشخیص دهد؛ نمونه برداری آزمایش ها تجدیدخواهد شد. منطقه ای که مصالح دانه بندی از آن استخراج خواهد شد باید ابتدا از مواد زاید درخت ها بوته ها، ریشه ها، گیاهان، خاک و مواد بادرفتی تمیز گردد.

۶-۴-۱ - مصالح ریز دانه (ماسه)

▪ مشخصات کلی.

حداقل ۹۵ درصد از ماسه ای که در بتن به کار می رود باید از الک ۴/۷۵ میلی متر عبور کند. تمام دانه های ماسه باید از سرندي که قطر سوراخ های آن ۹/۵ میلی متر است عبور نماید. ماسه باید به هنگام ورود به دستگاه بتن ساز تمیز بوده و دارای رطوبت و یکنواخت باشد.

▪ کیفیت

ماسه باید متشکل از دانه های سخت، بادوام، زبر، متراکم و عاری از هر نوع قشر زاید و آغشتگی بوده و دارای مشخصات زیر باشد:

- مصالح ریز دانه باید دارای دانه های سخت و بادوام بوده و مواد زیان آور موجود در T از مقادیر جدول فوق تجاوز نکند.
- افت وزنی مصالح در آزمایش به روش آشتو ۱۰۴ - T پس از پنج نوبت آزمایش با سولفات سدیم نباید از ۱۰ درصد تجاوز نکند.

جدول شماره (۶-۱)، نشان دهنده ی حداکثر مقادیر مجاز برای مواد زیان آور در سنگدانه های ریز بتن می باشد

جدول (۶-۱). حداکثر مقادیر مجاز برای مواد زیان‌آور در سنگدانه‌های ریز بتن *

نوع مواد زیان‌آور	حداکثر درصد وزنی در کل نمونه	ملاحظات
کلوخه‌های رسی و دانه‌های شکننده	۳	شیست‌های در حال متلاشی شدن و تبدیل به خاک رسی مشمول این محدودیت هستند.
دانه‌های گذشته از الک شماره ۲۰۰ (۰/۷۵ میلی‌متر) - بتن تحت سایش - سایر بتن‌ها	۳ ۵	مشروط بر این که دانه‌های رسی نباشد.
زغال سنگ، لیگنیت یا سایر مصالح سبک: ▪ هنگامی که نمای ظاهری بتن جایز اهمیت است. ▪ سایر بتن‌ها	۵/۰ ۱	مواد زغالی با وزن مخصوص نسبی کمتر از ۲ و رنگ قهوه‌ای تیره می‌باشند.
میکا	۱	در هر حال مجم.ع کلوخه‌های رسی و میکا ردر مناطق گرم و مرطوب و با خردشدگی زیاد نباید از (۳٪) و در سایر مناطق از (۴٪) بیشتر باشد.
سولفات بر حسب SO_3	۴/۰	-
کلرورها بر حسب CL	۴/۰	-

* روش آزمایش در هر یک از موارد فوق‌الذکر مطابق مندرجات آیین‌نامه‌ی بتن ایران خواهد بود.

- مصالح ریز دانه باید خالصی‌های آلی به مقادیر زیان‌آور نداشته باشد. اگر این مصالح به روش آشتو ۲۱ - T مورد آزمایش قرار گیرد، و رنگ حاصله تیره‌تر از رنگ استاندارد باشد مردود و غیر قابل مصرف است مگر آن که مقاومت نسبی ۷ روزه و ۲۸ روزه ملات تهیه شده با آن که به روش آشتو ۷۱ - T آزمایش و محاسبه می‌شود کمتر از ۹۵ درصد نباشد.
- ارزش ماسه‌ای مصالح ریز دانه به روش آشتو ۱۷۶ - T نباید کمتر از ۷۵ درصد باشد.
- دانه بندی مصالح ریز دانه باید از استاندارد شماره ۳۰۰ ایران تبعیت نماید.

▪ ترکیب و دانه‌بندی

- ماسه‌ای که برای ساختن بتن به کار می‌رود باید دارای دانه بندی پیوسته باشد. باقی مانده‌ی مصالح بین هر دو الک متوالی جدول فوق نباید بیش از ۴۵ درصد وزن کل نمونه باشد.
- جدول شماره (۶-۲)، نشان‌دهنده‌ی دانه‌بندی مصالح سنگی ریزدانه (ماسه) می‌باشد. اندازه‌ی الک طبق استاندارد شماره ۲۹۵ ایران می‌باشد.

ضریب نرمی ۱ از آن چه در ابتدای عملیات بتنی و از منبع و معدن مشخصی برای یک نمونه معرف اندازه گیری شده است، نباید در حین اجرای کار بیش از $\pm 0/2$ تغییر کند. ضریب نرمی نباید از $2/3$ کمتر و از $3/1$ بیشتر شود.

جدول (۶-۲). دانه بندی مصالح سنگی ریزدانه (ماسه)

اندازه‌ی الک استاندارد با سوراخ مربع	درصد وزنی رد شده از هر الک آزمایشگاهی
۹/۵ میلی متر ($\frac{3}{8}$ اینچ)	۱۰۰
۴/۷۶ میلی متر (شماره ۴)	۹۵ - ۱۰۰
۲/۳۸ میلی متر (شماره ۸)	۸۰ - ۱۰۰
۱/۱۹ میلی متر (شماره ۱۶)	۵۰ - ۸۵
۵۹۵ میلی متر (شماره ۳۰)	۲۵ - ۶۰
۲۹۷ میلی متر (شماره ۵۰)	۱۰ - ۳۰
۱۴۹ میلی متر (شماره ۱۰۰)	۲ - ۱۰

باقیمانده‌ی مصالح بین هر دو الک متوالی جدول فوق نباید بیش از (۴۵٪) وزن کل نمونه باشد.

ضریب نرمی ماسه از حاصل جمع درصدهای مانده روی الک‌های ۴/۷۵ میلی متر (شماره ۴)، ۲/۳۶ میلی متر (شماره ۸)، ۱/۱۸ میلی متر (شماره ۱۶)، ۰/۶ میلی متر (شماره ۳۰)، ۰/۳ میلی متر (شماره ۵۰) و ۰/۱۵ میلی متر (شماره ۱۰۰) تقسیم بر ۱۰۰ به دست می‌آید.

۶-۴-۲- مصالح درشت دانه (شن)

▪ مشخصات کلی

مصالح درشت دانه شامل کلیه‌ی دانه‌های ۷ میلی متر تا ۱۰۱/۶ میلی متر می‌باشد. مصالح درشت دانه باید تمیز بوده و توسط آب تمیز شسته شود. مصالح در روی هر سرند شسته شده و سپس به سرند بعدی منتقل می‌شود و این عمل تا آخرین سرند که دیگر آبی روی آن ریخته نمی‌شود ادامه می‌یابد.

▪ کیفیت مصالح

مصالح درشت دانه (مانده روی الک ۴/۷۵ میلی متر یا شماره ۴) از سن رودخانه‌ای یا سنگ شکسته و یا مخلوطی از این دو و یا سربره‌ی کوره‌های آهن‌گدازی^۲ به دست می‌آید. این مصالح باید با رعایت مشخصات زیر برابری داشته باشد.

- مصالح درشت باید کاملاً سخت، محکم، بادوام و مکعبی بوده و مقدار مواد آلی، کلوخه‌های رسی، پوشش و اندود خاکی، دانه‌های سست و شکننده و سایر مواد غیرقابل قبول و زیان‌آور آن از ارقام مندرج در استاندارد شماره ۳۰۲ ایران تجاوز نکند.
- درصد سایش مصالح درشت به روش لوس آنجلس (آشتو T-۹۶) نباید از ۴۰ درصد تجاوز کند (معادل استاندارد ۴۴۸ ایران) (۱).

^۱ Fineness modulus

^۲ Blast furnace slag

- افت وزنی مصالح درشت به روش آشتو T-۱۰۴ پس از پنج نوبت آزمایش با محلول سولفات سدیم نباید از ۱۲ درصد تجاوز کند
- ضریب پولی ۲ مصالح درشت دانه به روش B.S.۶۳ نباید بیش‌تر از ۳۰ درصد باشد.
- ضریب سوزنی ۳ مصالح درشت‌دانه به روش B.S. ۶۳ باید با ارقام زیر تطبیق نماید
- دانه‌های با حداکثر اندازه‌ی اسمی ۶۲/۵ و ۵۰ میلی‌متر ($\frac{1}{2}$ و ۲ اینچ) حداکثر ۳۵ درصد.
 - دانه‌های با حداکثر اندازه‌ی اسمی ۳۷/۵، ۲۵ و ۹ میلی‌متر ($\frac{1}{4}$ ، ۱ و $\frac{3}{4}$ اینچ) حداکثر ۴۰ درصد.
 - دانه‌های با حداکثر اندازه‌ی اسمی ۱۲/۵ و ۹/۵ میلی‌متر ($\frac{1}{8}$ و $\frac{3}{8}$ اینچ) حداکثر ۴۵ درصد.
- مصالح سنگی درشت دانه باید ترکیبات معدنی زیان‌آور که روی قلیایی‌های سیمان اثر می‌گذارد نداشته باشد. چنان‌چه سوابق و آمار نشان دهد که مصالح مصرفی در مقابل قلیایی‌ها واکنش‌زا هستند، باید از کصرف این مصالح خودداری شود و در صورتی که سوابقی دال بر عملکرد مصالح در این مورد وجود نداشته باشد باید با یکی از روش‌های زیر مورد آزمایش قرار گیرد:
- روش پتروگرافیک SATM C-295
 - روش شیمیایی ASTM C-289
 - روش آزمایش ملات^۱ به طریق ASTM C-227
- معیارهای پذیرش یا مردود بودن مصالح در روش‌های بالا داده شده است.
- در صورت مصرف سرباره‌ی کوره‌های آهن‌گدازی به عنوان مصالح درشت دانه، وزن واحد حجم^۲ این مواد که به روش آشتو T-19 اندازه‌گیری می‌شود نباید کم‌تر از ۱/۱۲۱ gr/cc باشد
- جدول شماره (۳-۶)، نشان دهنده‌ی دانه‌بندی مصالح سنگی درشت دانه (تن) می‌باشد.
- دانه‌بندی مصالح سنگی درشت دانه باید با دانه‌بندی جدول (۳-۶) تطبیق کند. در صورت لزوم این مصالح باید به دو جز تقسیم شود و دانه‌بندی هر جز با یکی از دانه‌بندی‌های جدول منطبق باشد.
- در هر پروژه دانه‌بندی مصالح درشت دانه مصرفی در عملیات مختلف بتنی باید با توجه به جدول (۳-۶)، در مشخصات فنی خصوصی قید شود ولی به هر حال دانه‌بندی‌های زیر را می‌توان برای انواع بتن‌های متفاوت توصیه نمود
- دانه‌بندی‌های شماره ۸ و ۹ برای قطعات پیش ساخته بتنی
 - دانه‌بندی‌های شماره ۷ و ۸ برای قطعا پیش تنیده
 - دانه‌بندی‌های شماره ۵، ۷ و ۸ برای سایر بتن‌های مسلح
 - دانه‌بندی‌های شماره ۳ و ۵ برای بتن‌های غیرمسلح و حجیم

^۱ Mortar bar test^۲ Unit weight

- دانه‌بندی‌های شماره ۶ و ۴ مربوط به حالتی است که مصالح درشت دانه باید به دو جز تقسیم شود و هر جز آن با یکی از دانه‌بندی‌های شماره ۸ و ۴ یا ۷ و ۶ تطبیق نماید.

جدول شماره (۴-۶)، نشان‌دهنده‌ی حداکثر مقادیر مجاز برای مواد زیان‌آور در سنگدانه‌های درشت می‌باشد.

جدول (۴-۶). دانه‌بندی مصالح سنگی درشت دانه (شن)

اندازه الک‌های استاندارد (میلی‌متر)													
درشتی دانه	۱/۱۹	۲/۳۸	۴/۷۶	۹/۵	۱۲/۷	۱۹/۰۵	۲۵/۴	۳۸/۱	۵۰/۸	۶۴/۵	۷۶/۲	۸۸/۹	۱۰۱/۶
درصد وزنی رد شده از هر الک آزمایشگاهی (دارای سوراخ‌های مربع)													
۸۸/۹ تا ۳۸/۱۰ میلی‌متر						۵ تا ۰		۱۵ تا ۰		۶۰ تا ۲۵		۱۰۰ تا ۹۰	۱۰۰
۶۴/۵ تا ۳۸/۱۰ میلی‌متر						۵ تا ۰		۱۵ تا ۰	۷۰ تا ۳۵	۱۰۰ تا ۹۰	۱۰۰		
۵۰/۸ تا ۴/۷۶ میلی‌متر			۵ تا ۰		۳۰ تا ۱۰		۷۰ تا ۳۵		۱۰۰ تا ۹۵	۱۰۰			
۳۸/۱ تا ۴/۷۶ میلی‌متر			۵ تا ۰	۳۰ تا ۱۰		۷۰ تا ۳۵		۱۰۰ تا ۹۵	۱۰۰				
۲۵/۴ تا ۴/۷۶ میلی‌متر			۵ تا ۰	۱۰ تا ۰		۶۰ تا ۲۵	۱۰۰ تا ۹۵	۱۰۰					
۱۹/۰۵ تا ۴/۷۶ میلی‌متر			۵ تا ۰	۱۰ تا ۰	۵۵ تا ۳۰		۱۰۰ تا ۹۰	۱۰۰					
۱۲/۷ تا ۴/۷۶ میلی‌متر			۵ تا ۰	۱۵ تا ۰	۷۰ تا ۴۰	۱۰۰ تا ۹۰	۱۰۰						
۹/۵ تا ۲/۳ میلی‌متر		۵ تا ۰	۱۰ تا ۰	۳۰ تا ۱۰	۱۰۰ تا ۸۵	۱۰۰							
۵۰/۸ تا ۲۵/۴ میلی‌متر					۵ تا ۰		۱۵ تا ۰	۷۰ تا ۳۵	۱۰۰ تا ۹۰	۱۰۰			
۳۸/۷ تا ۱۹/۰۵ میلی‌متر				۵ تا ۰		۱۰ تا ۰	۵۵ تا ۳۰	۱۰۰ تا ۹۰	۱۰۰				

جدول (۴-۶). حداکثر مقادیر مجاز برای مواد زیان‌آور در سنگدانه‌های درشت بتن *

نوع مواد زیان‌آور	حداکثر درصد وزنی مجاز در کل نمونه	ملاحظات
کلوخه‌های رسی	۰/۲۵	شیست‌های در حال متلاشی شدن نیز مشمول این محدودیت می‌شوند
دانه‌های نرم	۵	به آسانی خط برمی‌دارند و ساییده می‌شوند.
چرت به صورت ناخالصی - در معرض شرایط محیطی شدید - در معرض شرایط محیطی متوسط - در معرض شرایط محیطی ملایم	۱ ۳ ۵	این مواد اغلب با مواد شیمیایی سیمان واکنش نامطلوب دارند.
دانه‌های گذشته از الک شماره ۲۰۰ (۷۵٪ میلی‌متر)	۱	مشروط بر این‌که رسی یا حاصل املاح زیان‌آور نباشد.
زغال‌سنگ، لیگنیت، یا سایر مصالح سبک: - هنگامی که نمای ظاهری بتن حایز اهمیت است. - سایر بتن‌ها	۰/۵ ۱	مواد زغالی با وزن مخصوص نسبی کمتر از ۲ و رنگ قهوه‌ای تیره می‌باشد.
دانه‌های سست شامل مجموع کلوخه‌های رسی، دانه‌ها نرم، چرت هوا زده، شیل‌ها و شیست‌های متورق هوا زده: - بتن نمایان - بتن تحت سایش - سایر بتن‌ها	۳ ۵ ۷	دانه‌های پوک، مواد بیگانه مانند چوب و بقایای نباتات و به طور کلی تمام دانه‌های ناسالم در محاسبه این درصدها باید منظور شوند
سولفات‌ها بر حسب SO_3^{--}	۰/۴	-
کلروها بر حسب CL^-	۲٪	-

* روش آزمایش در هر یک از موارد فوق‌الذکر مطابق مندرجات آیین‌نامه بتن ایران خواهد بود.

۵-۶- دیوی مصالح دانه‌بندی شده

مصالح دانه‌بندی شده اعم از دانه ریز یا دانه درشت باید به نحوی انبار و نگهداری شود که از مخلوط شدن با سایر مصالح و یا با مواد زیان‌آور مصون باشد و همچنین دانه‌بندی‌ها به هم نخورد.

جدول شماره (۵-۶)، نشان دهنده تقسیم‌بندی ۴ گانه مصالح در انبار می‌باشد.

مصالح باید در چهار قسمت به شرح جدول فوق به طور مجزا انبار شوند.

با اطلاع از مطالب آمده تاکید می‌شود که شرایط کفی انواع سنگ‌دانه‌های بتن تولید تابع شرایط طراحی و سطح انتظار پایدار پی‌سازه می‌باشد به عنوان نمونه در مورد بندهای انحراف آبی به منظور شرب، زراعت و.... مقادیر و شرایط انواع سنگدانه در بند ۷-۲-۳ نشریه شماره ۱۹۸ با عنوان ضوابط طراحی سازه‌های بندهای انحراف انتشار یافته توسط سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی درج گردیده است.

جلوگیری از مخلوط شدن آن‌ها موانعی وجود داشته باشد. هنگام دپو نمودن مصالح پیمانکار باید مراقبت کند تا باد باعث جدا شدن مصالح ریز دانه ماسه نگردد. دپوها باید مجهز به زهکش باشد به طوری که کلیه‌ی آب‌ها ظرف ۲۴ ساعت تخلیه گردد. به طور کلی نحوه‌ی انبار کردن مصالح و خارج نمودن آن‌ها از دپو باید طوری باشد که مخلوط شدن یکنواخت دانه‌ها از نقطه نظر ترکیب دانه‌بندی را تسهیل نماید.

قبل از شروع عملیات بتن‌ریزی باید مصالح سنگی در کلیه‌ی اندازه‌ها و ابعاد تعیین شده در مشخصات فنی به اندازه کافی و بسته به حجم عملیات انبار شده و در دسترس قرار گیرد تا بتوان عملیات بتن‌ریزی را بدون وقفه انجام داد، به علاوه دپوی مصالح سنگی اعم از دانه‌ریز یا درشت باید جوابگوی کلیه‌ی نیازهای عملیات بتن‌ریزی باشد. وسایل و تجهیزات بارگیری و تخلیه در دپوها باید به نحوی باشد که وسیله‌ی مذکور روی مصالح حرکت نکند، مگر این‌که قبلاً به تشخیص دستگاه نظارت حرکت وسایل نقلیه روی مصالح سنگی بلامانع اعلام شده باشد.

جدول (۶-۵). تقسیم‌بندی چهارگانه‌ی مصالح در انبار

اندازه‌ی اسمی مصالح دانه‌بندی	حدود اندازه‌ی مصالح (میلی‌متر)
دانه‌بندی ریز	۴/۷۵-۰
دانه‌بندی ۱۹ میلی‌متری	۱۹-۴/۷۵
دانه‌بندی ۳۷/۵ میلی‌متر	۳۷/۵-۱۹
دانه‌بندی ۷۵ میلی‌متری	۷۵-۳۷/۵

۶-۶- جابه‌جایی مصالح سنگی و نگهداری

در هنگام حمل و تخلیه در دستگاه‌های مخلوط کننده، مصالح سنگی باید تمیز و بدون آغشتگی باشد. کلیه‌ی مصالح باید قبل از ریخته شدن به داخل دستگاه‌های بتن‌ساز با آب شسته شده و فرصت داده شود که آب آن‌ها خارج گردد. سرندهایی که مصالح دانه درشت را برای از دست دادن آب روی آن‌ها می‌ریزند، باید دارای ابعاد کافی باشد تا آب دانه‌های مصالح قبل از ورود به مخزن دستگاه بتن‌ساز به کلی خارج شده و همه‌ی دانه‌ها با رطوبت حداقل و یکنواخت وارد دستگاه گردد. به طور کلی جابه‌جایی مصالح باید به گونه‌ای انجام گیرد که مانع تفکیک دانه‌ها از هم و مخلوط شدن مصالح با مواد زائد شود. در صورتی که از تسمه‌ی نقاله برای انتقال مصالح سنگی به داخل دستگاه بتن‌ساز استفاده می‌شود باید مسیر نقاله سرپوشیده باشد تا از مخلوط شده گرد و غبار و آب باران با مصالح جلوگیری شود.

بتن از محل ساخت تا محل ریختن باید طوری حمل شود که تغییر قابل ملاحظه‌ای از نظر نسبت آب به سیمان، اسلامپ، مقدار هوای موجود و یکنواختی بتن به وجود نیاید. همچنین باید دقت شود که هنگام حمل از جدا شدن اجزای تشکیل دهنده‌ی بتن از دست رفتن شیره‌ی بتن و یا داخل شدن مواد خارجی به آن جلوگیری شود. بتن باید تا حد امکان در محل نهایی یا نزدیک‌ترین محل به آن تخلیه شود تا نقل و انتقال دوباره یا جاری نمودن آن لازم نباشد. در اجرای پروژه‌های حجیم بتن‌ریزی و قابل دسترس وسایل حمل و نقل سنگین و نیمه سنگین از قبیل وسایل مکانیکی متحرک نظیر کامیون مخلوط‌کن، جرثقیل و پمپ بتن این گونه لوازم مکانیکی باید دارای اندازه و مشخصاتی باشند که با استفاده از آن بتوان بتن را با جریان یکنواخت و ممتد و بدون ایجاد هر گونه

جدایی اجزا به محل تخلیه کرد. پیمانکار باید وسایل حمل و نقل بتن را در پایان عملیات بتن‌ریزی هر قسمت از کار و نیز در پایان هر روز کاری کلاملاً شستشو کند و تمیز نگاه بدارد.

با توجه به موقعیت پروژه‌های آبخیزداری، حجم فعالیت و بتن مورد نیاز آن عموماً از ابزار آلات معمولی نظیر فرغون، استانبولی و فرغون موتوری برای جابه‌جایی بتن استفاده می‌شود. به طور کلی روش نقل و انتقال بتن با توجه به شرایط کار، مشخصات اجزای مخلوط، نسبت اختلاط، محل ساخت بتن، محل و نوع بتن‌ریزی، ظرفیت مورد نیاز و شرایط آب و هوایی، با تایید دستگاه نظارت تعیین خواهد شد. حمل و نقل بتن باید در اسرع وقت صورت گیرد و در هر حالت زمان حمل نباید برای خودروهای معمولی (با یا بدون همزن) از ۴۵ دقیقه بسته به شرایط آب و هوایی و برای کامیون‌های مخلوط کناز ۹۰ دقیقه تجاوز کند. چنان‌چه احتمال گیرش سریع‌ترین بتن در هوای گرم وجود داشته باشد باید مدت زمان حمل بتن را کاهش داد تا با تایید دستگاه نظارت از مواد مضاف کندگیر کننده استفاده نمود. در این فصل چند وسیله‌ی ساده‌ی انتقال بتن شرح داده می‌شود:

▪ استانبولی و زنبه

برای انتقال بتن، در حجم‌ها و مسافت‌های خیلی کم و یا مکان‌هایی که امکان استفاده از فرغون وجود ندارد می‌توان از استانبولی و یا زنبه استفاده کرد.

– از استانبولی برای انتقال حدود ۲۵ کیلوگرم (۱۰ لیتر) بتن استفاده می‌شود، مسافت بهینه ۱۰ متر و حداکثر مسافت قابل حمل، ۲۵ متر توصیه می‌شود

– حداکثر ظرفیت توصیه شده برای حمل بتن با زنبه ۶۰ کیلوگرم (۲۵ لیتر)، طول حمل نیز ۲۵ تا ۳۰ متر است.

▪ فرغون، چرخ دستی و دامپر

در کارهای کوچک (۳۰۰ لیتر بتن در هر بار) و در فاصله‌های کوتاه‌تر از ۲۰۰ متر می‌توان با توجه به شرایط جوی و محیطی و بنا به تشخیص دستگاه نشارت از فرغون و چرخ دستی و دامپر برای جابه‌جایی بتن استفاده کرد. وسایل مزبور برای دارای چرخ‌های لاستیکی باشند. در مسیر نسبتاً صاف، افقی و بدون نشیب و فراز رفت و آمد کنند، سرعت حرکت آن‌ها هم باید طوری تعیین شود که هیچ‌گونه جدایی در اجزای تشکیل دهنده‌ی بتن به وجود نیاید.

بارگیری، حمل و تخلیه‌ی مواد سنگی بتن و انبار کردن آن‌ها باید به نحوی باشد که مواد خارجی و زیان‌آور در آن‌ها نفوذ نکنند و دانه‌های ریز و درشت از یکدیگر جدا نشوند. مصالح سنگی باید دور از پوشش گیاهی و مواد آلوده کننده نگهداری شوند. شن و ماسه باید به طور جداگانه انبار شوند و در مواقعی که درشتی دانه‌های شن از ۳۸/۱ میلی‌متر تجاوز کند، این دانه‌ها نیز باید در دو گروه انباشته گردند تا امکان جداسازی دانه‌ها به حداقل برسد. هنگامی که بزرگترین اندازه‌ی سنگدانه ۳۸/۱ میلی‌متر باشد مرز جدایی دو نوع سنگدانه ۱۹/۰۵ میلی‌متر و وقتی که بزرگ‌ترین اندازه ۵۰/۸ یا ۶۴/۵ میلی‌متر باشد مرز جدایی ۲۵/۴ میلی‌متر خواهد بود. دیوارهای تقسیم مصالح سنگی باید به قسمی محکم باشند که هنگام خالی شدن یک قسمت و پر بودن بخش دیگر؛ رانش سنگدانه‌ها آن‌ها را خراب نکند. به هنگام بارش و یخبندان باید روی شن و ماسه را با برزنت یا ورقه‌های پلاستیکی مناسب پوشانید و در گرمای شدید برای آن‌ها سایبان ایجاد کرد تا زیاده از حد داغ نشوند. توده‌های شن و ماسه نباید به شکل مخروط‌های بلندی درآیند زیرا این عمل سبب جداسازی دانه‌های ریز و درشت می‌شود بلکه باید آن‌ها را در لایه‌های به ضخامت یکسان انبار نمود و جابه‌جا کردن آن‌ها را به صورت افقی انجام داد. به هنگام وزش باد باید از جدا شدن ذرات ریز در حین تخلیه جلوگیری شود. محل

دپو باید چنان آماده گردد که همواره تخلیه‌ی یکنواخت آب مازاد امکان‌پذیر باشد. برای دستیابی به رطوبت یکنواخت برای مصالح سنگی در کارگاه باید حداقل این مصالح دوازده ساعت در محل باقیمانده و سپس به مصرف برسند. سیلوی ذخیره‌ی مواد سنگی حتی‌المقدور باید به شکل مربع یا دایره بوده و شیب قسمت‌های پایین آن کم‌تر از ۵۰ درجه باشد. ریختن مصالح سنگی به داخل سیلو باید به صورت قائم ایجاد شود تا از برخورد مواد سنگی با کناره‌های سیلو جلوگیری به عمل آید زیرا این عمل سبب جداسازی دانه‌ها می‌شود. پر بودن سیلوی مواد سنگی باعث کاهش شکسته شدن مصالح سنگی و حفظ دانه‌بندی مصالح خواهد شد. در موقع خالی کردن سگدانه‌ها از بلندی به داخل سیلو باید از نردبان مواد سنگی استفاده کرد. در صورت شکسته شدن مواد سنگی در حین جابه‌جا کردن باید قبل از ساختن بتن آن‌ها را مجدداً دانه‌بندی کرد.

۶-۷- بتن ریزی

۶-۷-۱- مشخصات کلی

به طور کلی هر گونه بتن ریزی باید با تایید دستگاه نظارت انجام شود. بتن باید قبل از شروع گیرش در محل مورد مصرف ریخته شده و از به هم خوردن و جابه‌جا شدن بعدی آن جلوگیری شود. بتنی که گرفتن آن شروع شده یا با مواد خارجی مخلوط شده است نباید مصرف شود. روش و وسایل بتن ریزی باید به گونه‌ای باشد که کیفیت بتن از نقطه نظر نسبت آب به سیمان، اسلامپ، هوای موجود و یکنواختی تعیین شده طبق نظر دستگاه نظارت حفظ شود. بعد از ریختن بتن عملیات مخلوط کردن برای تامین یکنواختی در بتن مجاز نیست. روش بتن ریزی نباید باعث جدایی ملات سیمان از دانه‌ها، تشکیل خلل و فرج در بتن، تراوش شیرهای بتن به سطح بالایی و یا ایجاد لرزش در قالب‌ها شود. انتخاب وسایل بتن ریزی باید براساس ظرفیت لازم برای ریختن و متراکم نمودن بتن به نحو مورد قبول دستگاه نظارت صورت گیرد. بتن ریزی در مواقع بارندگی، ریزش برف، وزش باد شدید، درجه حرارت نامناسب و سایر مواردی که وضعیت جوی نامناسب به شمار می‌آیند جز با رعایت تدابیر لازم و تایید دستگاه نظارت مجاز نیست.

قطعات و بسته‌هایی که برای تثبیت میلگردها و یا قالب‌ها به کار می‌روند باید هنگامی که دیگر به وجود آن‌ها نیازی نیست برداشته شوند، لیکن در صورتی که این قطعات از جنس فلزی یا بتنی باشد و موافقت دستگاه نظارت نیز کشف شده باشد باقی ماندن آن‌ها در بتن بلامانع است. در مواردی که بتن ریزی در جنب دیوارهای خاکی صورت می‌گیرد در صورت ریزش خاک بر روی بتن تازه ریخته شده باید آن قسمت از بتن که با خاک مخلوط شده خارج گردد و مجدداً بتن تمیز و مشابه جایگزین آن شود. در این قبیل موارد مانند بتن ریزی دیوارهای خارجی سازه‌های آبی که گودبرداری آن‌ها در داخل جسم خاکی خاکریز یا زمین طبیعی صورت می‌گیرد می‌توان با تایید دستگاه نظارت و به منظور حذف خاکریزی پشت دیوارها برای سطوح خارجی دیوارها که در تماس با خاک هستند از قالب‌بندی صرف‌نظر کرد و سطح خاکی محل گودبرداری شده را برای جلوگیری از جذب آب بتن به وسیله‌ی خاک با ورق نایلون پوشاند. کلیه‌ی کارهای بتنی معیوب باید تخریب و تجدید گردد یا طبق دستور دستگاه نظارت عمل شود. در هر عمل بتن ریزی کلیه‌ی اطلاعات لازم از قبیل درجه حرارت محیط، تاریخ، مدت بتن ریزی، موقعیت و مشخصات قطعه، شماره نمونه‌های آزمایش و غیره باید ثبت شده و جزو اسناد دستگاه نظارت بایگانی شود.

۶-۷-۲- انتقال بتن به قالب و تخلیه بتن

انتقال بتن از مخلوط کننده‌ها به محل مصرف یا قالب‌ها باید در اسرع وقت (قبل از آغازگیری اولیه) طوری صورت گیرد که از جدا شدن ملات از دانه‌ها، ضایع شدن اجزای متشکل بتن، آلوده شدن بتن با مواد خارجی و افزایش اسلامپ بتن بیش از حد تعیین شده جلوگیری به عمل آید.

بتن باید تا آن‌جا که مقدور است در محل نهایی یا نزدیک‌ترین نقطه به آن تخلیه شود تا در هنگام جا انداختن آن دانه‌ها از یکدیگر جدا نشود. بتن نباید به طور افقی برای فاصله‌ی زیاد بین قالب‌ها یا در تاول‌ها حرکت داده شود. در موارد ضروری حداکثر فاصله‌ی انتقال افقی از طرف دستگاه نظارت معین می‌شود. ریختن بتن به طور آزاد و عمودی از ارتفاعی بیش از ۲ متر مجاز نیست مگر در مواردی که دستگاه‌های تخلیه‌ی بتن به وسایل لازم برای جلوگیری از جدا شدن دانه‌ها از یکدیگر مجهز باشند و اجازه‌ی دستگاه نظارت کسب شده باشد. عملیات بتن‌ریزی باید به چنان سرعتی صورت گیرد که قبل از آغازگیری اولیه در بتن قبلی مابقی بتن ریخته شود. به عبارت دیگر ظرفیت بتن‌ریزی باید در حدی باشد که باعث ایجاد اتصال سرد (درز) نشود. از طرف دیگر تخلیه‌ی بتن نباید با سرعت زیاد انجام شود که باعث جدا شدن دانه‌ها گردد. همچنین سرعت بتن‌ریزی باید چنان باشد که مجال کافی برای مرتعش نمودن بتن فراهم باشد. به طور کلی بتن باید در لایه‌های افقی با ضخامت یکنواخت ریخته شده و قبل از ریختن لایه بعدی لایه‌ی قبلی به خوبی متراکم شده باشد. بتن بایستی در جهت و روی بتنی که قبلاً ریخته شده تخلیه شود. بتن‌ریزی در جهت مخالف و دور از بتن قبلی مجاز نیست. در هنگام بتن‌ریزی دال‌ها باید محموله‌های بتن به طور متوالی از یک جهت ریخته شوند. محموله‌های بتن نباید در نقاط مختلف و پراکنده ریخته شده و بعداً هم زمان تسطیح و تنظیم شوند. همچنین بتن نباید در یک نقطه در حجم زیاد تخلیه شده و سپس به طور افقی به محل نهایی منتقل شود. بتن‌ریزی پوشش بتنی کانال‌ها که در سطحی شیبدار صورت می‌گیرد باید از پایین‌ترین نقطه شیب شروع شده و به تدریج به سمت بالا ادامه یابد تا در لبه‌ی کانال با ایجاد جدول کناری در طول کانال خاتمه پذیرد.

۶-۷-۳- توقف و شروع مجدد بتن‌ریزی

بتن‌ریزی باید با کامل شدن قطعه‌ی مورد نظر و تا رسیدن به محل مجاز توقف بتن‌ریزی به طور مداوم ادامه یابد. محل قطع بتن‌ریزی در سازه‌های آبی باید در نقاط حداقل لنگر خمشی و در پوشش کانال در محل درزهای انقباض عرضی پوشش صورت گیرد. سطح مقطع بتن در محل قطع بتن‌ریزی باید تا حد امکان عمود بر سطح بتن‌ریزی باشد و در موقع شروع مجدد برای تأمین اتصال کافی در سطوح واریز اقدامات لازم طبق دستور دستگاه نظارت صورت گیرد. در صورتی که به علت خرابی تجهیزات و یا هر دلیل دیگر وقفه‌ای در بتن‌ریزی پیش بیاید باید فوراً و تا قبل از آغازگیری بتن، سطوح واریز به طور یکنواخت و با شیب ثابت تنظیم شود. بتن کلیه‌ی قسمت‌های یک دهانه‌ی دال و تیرهای مربوط به آن باید در یک مرحله (نوبت) ریخته شود. بتن‌ریزی تاول‌تر، حمال‌های اصلی و قطعات مشابه بتنی را باید فقط پس از این که بتن دیوار، ستون یا تکیه‌گاه مربوطه گرفت شروع کرد، لیکن این مدت نباید هیچ گاه از ۴۸ ساعت کمتر باشد مگر آن که دستگاه نظارت دستور دیگری صادر کند.

۶-۷-۴ - مراحل و لایه‌های بتن‌ریزی

جدول شماره (۶-۶)، نشان دهنده‌ی حداکثر ضخامت مراحل و لایه‌های بتن‌ریزی می‌باشد. در مواردی که ضخامت هر مرحله و هر لایه‌ی بتن‌ریزی در نقشه‌ها و سایر مشخصات تعیین نشده باشد می‌توان از ارقام جدول فوق استفاده کرد.

جدول (۶-۶). حداکثر ضخامت مراحل ۱ و لایه‌های ۲ بتن‌ریزی

نوع قطعه بتنی	حداکثر ضخامت هر مرحله بتن‌ریزی (m)	حداکثر ضخامت هر لایه* (m)
دیوارها و پایه‌های حجیم	۳	۰/۵
سایر دیوارها و پایه‌ها	۳	۰/۳۵
دال‌ها	ضخامت دال	۰/۳۵

* دستگاه نظارت می‌تواند ضخامت لایه‌های بتن‌ریزی را به حدی کاهش دهد که اطمینان حاصل شود که هر لایه با لایه قبلی در نتیجه خاصیت نفوذی عمل ارتعاش یکپارچه می‌شود.

۶-۷-۵ - درجه حرارت مخلوط بتن تازه و شرایط جوی بتن‌ریزی

درجه حرارت مخلوط بتن تازه در هیچ حالتی بلافاصله پس از ریختن نباید کمتر از ۵ درجه و بیش‌تر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد باشد. بتن‌ریزی در شرایط جوی برفی، بارانی، یخبندان و طوفانی مجاز نیست مگر در مواردی که پیش‌بینی‌ها و اقدامات حفاظتی مناسب انجام شده و موافقت دستگاه نظارت کسب شده باشد. در مواقعی که بتن‌ریزی در شرایط جوی نامساعد صورت می‌گیرد باید دقت، کنترل و مراقبت ویژه با تایید قبلی دستگاه نظارت اعمال گردد.

▪ بتن‌ریزی در هوای گرم

هنگامی که درجه حرارت محیط از ۳۸ درجه‌ی سانتی‌گراد بیش‌تر باشد باید شن و ماسه را با پاشیدن آب خنک ننگه داشت. در هنگام ساخت بتن باید مقدار آب اضافه شده به شن و ماسه مورد نظر قرار گیرد. چنان‌چه برای سرد کردن از یخ استفاده می‌شود، تخلیه‌ی بتن تا موقعی که یخ آب نشده است مجاز نیست. نحوه‌ی استفاده از بتن آماده و حمل توسط کامیون باید قبلاً به تایید دستگاه نظارت برسد. در هوای گرم برای جلوگیری از افزایش درجه حرارت مخلوط از حد مجاز و نیز تبخیر آب بتن باید اقدامات احتیاطی خاصی در موقع ننگه‌داری مصالح بتن و همچنین در حین تهیه حمل و ریختن و عمل آوردن بتن صورت گیرد. بسته به درجه حرارت و میزان رطوبت نسبی و با تایید دستگاه نظارت برای بتن‌ریزی در هوای گرم باید اقدامات زیر انجام شود. پیش‌بینی‌های لازم قبل و در حین بتن‌ریزی در هوای گرم:

- حفاظت مصالح بتن به ویژه مصالح سنگی انبار شده از تابش آفتاب.
- حفاظت مخلوط‌کن، ناوه، قیف، لوله‌های پمپ و سایر تجهیزات مربوط به بتن‌ریزی از تابش آفتاب و پوشاندن آن‌ها به وسیله‌ی گونی مرطوب.
- خنک کردن، آب و مصالح دانه‌بندی شده.

¹ lifts² layers

- استفاده از مواد مضاف «کندگیر کننده» و «تقلیل دهنده‌ی آب» در تهیه‌ی بتن.
- آب پاشی قالب‌ها، میلگردها و بستر با آب خنک بلافاصله قبل از بتن‌ریزی.
- تقلیل مدت اختلاط و نیز به حداقل رساندن فاصله‌ی زمانی بین اختلاط و ریختن بتن.
- تسریع در عملیات حمل، ریختن، تراکم و پرداخت بتن تا حداکثر ممکن.
- پوشاندن بتن در حین عمل از تابش آفتاب.
- متوقف کردن بتن‌ریزی در گرم‌ترین ساعات روز.
- خودداری از مصرف سیمان گرم، سیمان نوع ۳ و مشابه آن.
- آزمایش و بازرسی عملیات اجرایی در هوای گرم : در هوای گرم تهیه و حمل نمونه‌های آزمایش باید با مراقبت ویژه صورت گیرد. عملیات نمونه‌برداری باید به تایید دستگاه نظارت برسد. درجه حرارت هوا، درجه حرارت بتن، وضعیت هوا (صاف، ابری)، سرعت باد و رطوبت نسبی باید به طور روزانه و مرتب ثبت شود. میزان کاهش اسلامپ و مقدار آب اضافه شده در موقع تخلیه‌ی بتن نیز باید ثبت شود.

▪ بتن‌ریزی در هوای سرد

تهیه و ریختن بتن نباید در دمای کمتر از ۵ درجه‌ی سانتی‌گراد صورت گیرد مگر این‌که با موافقت دستگاه نظارت اقداماتی صورت گیرد که حرارت مخلوط بلافاصله پس از ریختن و در روزهای اولیه مراقبت از ۱۰ درجه‌ی سانتی‌گراد پایین‌تر نیاید و هیچ‌گونه تغییری در خصوصیات فنی بتن در اثر سرما صورت نگیرد. دستگاه نظارت می‌تواند با توجه به نوع بتن‌ریزی؛ درجه حرارت هوا، شرایط بتن‌ریزی و مراقبت و درجه حرارت مناسب مخلوط را افزایش دهد. با توجه به نوع سیمان مصرفی؛ مواد مضاف تندگیر کننده، شرایط بارگذاری، درجه‌ی نمایان بودن بتن و مدت اولیه مراقبت که باید در طول آن حرارت مخلوط کنترل شود توسط دستگاه نظارت تعیین می‌گردد.

در درجه حرارت بالای ۱- درجه‌ی سانتی‌گراد موقعی که مصالح دانه‌بندی عاری از یخ و کلوخه یخ‌زده باشد تنها با گرم نمودن آب می‌توان بتن را در درجه حرارت مناسب تهیه نمود. در درجه حرارت زیر ۱- درجه‌ی سانتی‌گراد لازم است که علاوه بر آب، مصالح دانه‌بندی نیز گرم شود. مصالح باید به طور یکنواخت حرارت داده شوند. میانگین درجه حرارت مصالح سنگی مصرفی در بتن نباید از ۶۵ درجه‌ی سانتی‌گراد تجاوز کند و آب مصرفی را نیز می‌توان تا ۷۰ درجه گرم نمود. در شرایطی که یخبندان و ذوب متناوب صورت می‌گیرد باید از بتن هوادار استفاده شود. مصالح یخ‌زده به هیچ وجه نباید مصرف شوند و بتن هم نباید روی بستر یخ زده ریخته شود. بتنی که به علت یخ زدن ضایع شده باشد باید تخریب شده و مخلوط تازه به جای آن ریخته شود. در صورتی که بتن‌ریزی در حرارت پایین‌تر از ۵ درجه سانتی‌گراد اجتناب‌ناپذیر باشد باید با توجه به درجه حرارت، نوع بتن‌ریزی و شرایط بتن‌ریزی، اقدامات زیر با تایید دستگاه نظارت انجام شود:

- پیش‌بینی‌های لازم قبل و در حین بتن‌ریزی در هوای سرد .
- گرم کردن آب و در صورت لزوم مصالح دانه‌بندی قبل از ساخت بتن.
- حفاظت دستگاه مخلوط کننده از سرما.

- استفاده از مواد مضاف تندگیر کننده یا سیمان‌های مخصوص مانند سیمان نوع ۳ و یا مصرف مواد مضاف روان کننده و یا هوازا.
- استفاده از تندگیر کننده‌ها (به استثنای مواردی که مصرف آن‌ها مجاز نباشد) با موافقت قبلی دستگاه نظارت.
- پاک کردن قالب‌ها، محل بتن‌ریزی، میلگردها و قطعات مدفون در بتن از یخ و برف بلافاصله قبل از بتن‌ریزی.
- استفاده از عایق‌های حرارتی به ویژه برای قالب‌های فلزی به منظور جلوگیری از هدر رفتن انرژی گرمایی به منظور بالا نگهداشتن دمای سطوحی از قالب که با بتن تازه در تماس مستقیم است.
- بالا بردن حرارت تمام محیط مجاور بتن.
- پرهیز از حمل طولانی.
- متوقف کردن بتن‌ریزی در شرایطی که خطر نزول حرارت به پایین‌تر از حد مجاز در ضمن بتن‌ریزی و یا در مدت گرفتن بتن وجود داشته باشد.
- تاریخ، زمان، درجه حرارت محیط، درجه حرارت بتن بلافاصله پس از ریخته شده و وضعیت هوا (آرام، طوفانی، صاف، ابری و غیره) باید ثبت شود. کنترل درجه حرارت باید در نقاط متعدد طبق دستور دستگاه نظارت صورت گیرد تا بالاترین و پایین‌ترین درجه حرارت مخلوط بتن تعیین شود.

۶-۷-۶- اتمام سطوح بتنی ریخته شده در هر لایه

- عملیات آماده‌سازی سطح بتن ریخته شده قشر قبلی برای بتن‌ریزی قشر بعدی باید طوری باشد که ضمن ایجاد یکنواختی و یکپارچگی لازم در بتن، سطح نهایی آن دارای زبری کافی برای پیوستگی و چسبندگی با بتن قشر بعدی باشد. لرزاندن سطح فوقانی بتن ریخته شده قشر قبلی و صاف نمودن بیش از حد آن مجاز نیست.
- بتنی که قالب‌بندی نمی‌شود و روی آن بتن یا مصالح دیگر نخواهد آمد باید مطابق مشخصات خاتمه پذیرد و سطح آن به نحوی پرداخت شود که رواداری رقوم سطح تمام شده بتن از حد مجاز تجاوز نکند. تراوش شیرهای بتن به سطح^۱ نباید آن قدر زیاد شود که باعث تضعیف رویه بتن گردد.

۶-۷-۷- بتن‌ریزی بتن مسلح

- قابلیت عملی^۲ و روانی^۳ بتنی که در بتن مسلح مصرف می‌شود باید طوری باشد که کاملاً در اطراف میلگردها جاگیر شود. بتن باید گوشه‌ها و کناره‌های قالب، اطراف میلگردها و ادوات موجود در محل بتن‌ریزی را به خوبی پر کند بدون این که دانه‌های شن از ملات جدا شود. بتن نباید از بالا و به طور آزاد روی میلگردها، میل مهارها و سایر ادواتی که در بتن باقی می‌ماند تخلیه شود. اگر تجمع میلگردها در قسمت کف قالب تیرها و تاول‌ها زیاد باشد به طوری که فضای کافی برای عبور آزاد بتن وجود نداشته باشد باید قبل از بتن‌ریزی برای آن قسکت از بتن که در زیر میلگردها و بین آن‌ها جا می‌گیرد طبق دستور دستگاه نظارت از مصالح سنگی ریزدانه‌تر استفاده شود تا به خوبی تمام سطح قالب را فرا بگیرد و اطراف میلگردها را پر کند. همچنین، برای ریختن بتن باید

^۱ bleeding

^۲ workability

^۳ consistency

محل‌های مناسبی انتخاب شود به طوری که بتن ریخته شده برای رسیدن به محل نهایی خود احتیاج به جاری شدن نداشته باشد و کلیه‌ی زوایا و پیچ و خم‌های قالب را به آسانی پر کند.

۶-۷-۸- بتن‌ریزی در آب

از بتن‌ریزی در آب تا آن‌جا که ممکن است باید پرهیز شود. در صورتی که جریان زیاد آب مانع پمپاژ آب از محل بتن‌ریزی شود با اجازه‌ی کتبی دستگاه نظارت عملیات بتن‌ریزی در آب صورت می‌گیرد. در این صورت؛ روش کار، مشخصات مخلوط، تجهیزات لازم متناسب با شرایط و ویژگی کار باید مورد تایید دستگاه نظارت باشد. متداول‌ترین روش‌ها، روش بتن‌ریزی با استفاده از ترمی (tremie) است که در زیر شرح داده می‌شود:

▪ مشخصات مخلوط

- بتنی که برای بتن‌ریزی در آب با استفاده از روش لوله‌ی قیف‌دار ریخته می‌شود باید دارای مشخصات زیر باشد:
- عیار سیمان نباید از ۴۰۰ کیلو سیمان در مترمکعب بتن کمتر باشد.
- نسبت وزنی آب به سیمان نباید از ۰/۴۵ بیش‌تر باشد.
- بزرگ‌ترین بعد دانه‌های شن نباید از ۲۰ میلی‌متر بیش‌تر باشد.
- مقدار ماسه در مقایسه با بتن‌ریزی در هوا باید بیش‌تر باشد (بین ۴۰ تا ۵۰ درصد وزن کل مصالح دانه‌بندی)
- حداقل میزان اسلامپ بتن باید ۱۵ سانتی‌متر باشد.
- برای دست یافتن به مخلوط بتنی که به سهولت جریان یابد، استفاده از شن و ماسه طبیعی در مقایسه با نوع شکسته آن ترجیح دارد.
- برای بالا بردن کیفیت بتن‌ریزی بهتر است حرارت مخلوط بتن به هنگام بتن‌ریزی از ۲۱ درجه‌ی سانتی‌گراد کمتر باشد.

▪ نحوه‌ی بتن‌ریزی

بتن‌ریزی از طریق لوله‌ای به قطر حداقل ۲۵ سانتی‌متر صورت می‌گیرد. بتن بدون این که با آب در تماس باشد زیر بتن تازه ریخته شده قبلی تخلیه می‌شود. انتهای لوله باید قبلاً به وسیله‌ی درپوشی بسته شود و پس از وارد نمودن لوله در محل بتن‌ریزی از طریق لوله بلاانقطاع و در یک مرحله تا خاتمه‌ی کار انجام پذیرد. بتن‌ریزی باید به طور آرام صورت گیرد به نحوی که بتن مجاور آب به هم نخورد و با آب واقع در روی آن مخلوط نشود تا بتن با کیفیت قابل قبول به دست آید. در هنگام بتن‌ریزی، سطح بالایی بتن باید تا آن‌جا که مقدور است مسطح بماند.

▪ بازرسی

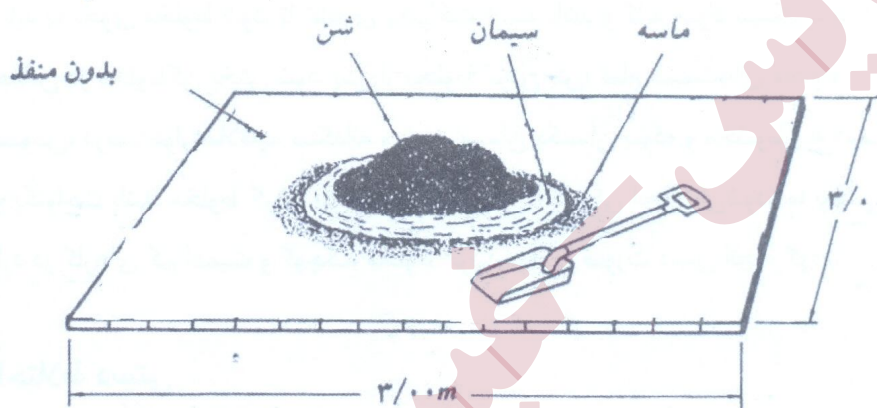
در حین اجرای عملیات بتن‌ریزی در آب بازرسی مشکل بوده و حتی تا حدودی امکان ناپذیر است. بنابراین قبل از بتن‌ریزی مصالح و تجهیزات و روش کار مورد بازدید و بررسی دستگاه نظارت قرار می‌گیرد تا در صورت تایید اجازه بتن‌ریزی داده شود. نسبت اختلاط مخلوط و مشخصات آن در تمام طول کار باید کنترل شود. لوله‌ی تخلیه بتن باید از جهت مقاومت لازم، وزن و آب‌بندی کنترل شود و چفت و بست قالب‌ها به نحوی باشد که مانع خروج دوغاب شود. عملیات باید توسط افراد مجرب انجام گیرد. لرزدان و به هم زدن بتن ریخته شده مطلقاً مجاز نیست و کلیه عملیات باید زیر نظر مستقیم دستگاه نظارت صورت گیرد.

۶-۷-۹- اختلاط بتن

بتن باید به نحوی مخلوط شود تا ظاهری یکنواخت داشته باشد و کلیه‌ی مواد تشکیل دهنده‌ی آن به صورت همگن در مخلوط کن پخش شوند. پس از مخلوط کردن بتن تمام قسمت‌های مخلوط باید دارای وزن مخصوص، درصد هوا، اسلامپ، سنگدانه و خمیر سیمان یکسان بوده و مخلوط به دست آمده همگن و یکنواخت باشد. پروژه‌های مکانیکی و بیومکانیکی در حیطه‌ی فعالیت‌های حفاظت خاک و آبخیزداری معمولاً در مناطق صعب‌العبور و یا فاقد جاده‌های دسترسی استاندارد متمرکز می‌باشند بعلاوه این که توجیه اقتصادی طرح‌های مکانیکی آبخیزداری در بسیاری مواقع امکان استفاده از وسایل مکانیکی صنعتی نظیر مخلوط کن استوانه‌ای، مخلوط‌کن عمودی، کامیون‌های مخلوط کن (تراک میکسر) را به پیمان کار نمی‌دهد. در صورت مقدور بودن استفاده از وسایل مکانیکی فوق لازم است مطابق ضوابط و استانداردهای زیر عمل شود :

- دستورالعمل ساخت و اجرای بتن در کارگاه، نشریه‌ی شماره ۳۲۷، فصل اختلاط بتن، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
 - ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری و زهکشی، نشریه شماره ۱۰۸، فصل سوم، سازمان برنامه و بودجه.
 - مشخصات فنی عمومی کارگاه‌های ساختمانی (تجدید نظر دوم)، نشریه‌ی شماره ۵۵، فصل پنجم، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
 - آیین‌نامه‌ی بتن ایران «آبا» (تجدید نظر اول)، نشریه‌ی شماره ۱۲۰، فصل هفتم، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- بررسی و تایید دستگاه‌ها و تجهیزات مربوط به توسط دستگاه نظارت رافع مسوولیت پیمانکار در امر تهیه‌ی مصالح نبوده و نهایتاً کیفیت مصالح سنگی و دانه‌بندی آن‌ها باید طبق مشخصات تعیین شده باشد.
- آن گونه که بیان شد موقعیت اجرای طرح‌های مکانیکی آبخیزداری و مطالعات اقتصادی طرح‌های مذکور «اختلاط دستی بتن را ممکن تر می‌سازد.
- هدف از مخلوط نمودن، پوشاندن سطح کلیه ذرات سنگدانه‌ها با خمیر سیمان همگن است. در مخلوط کردن، ترکیب کلیه‌ی مواد متشکل باید به نحوی باشد که مخلوط حاصل یکنواخت گردد. در مواردی که امکان ساخت بتن با دستگاه‌های مخلوط کم فراهم نیست و بتن باید با دست مخلوط شود، به منظور اطمینان از تولید بتن یکنواخت باید دقت بیش‌تری گردد. حداکثر حجم بتن برای هر بار ساخت با دست ۳۰۰ لیتر است. برای مخلوط کردن دستی باید موارد زیر رعایت گردد.
- شکل شماره (۶-۱)، نشان دهنده‌ی روش اختلاط بتن با دست می‌باشد.
- عملیات مخلوط کردن باید بر روی سطح صاف و تمیز که آب را جذب نمی‌کند انجام شود. توصیه می‌شود از یک ورق گالوانیزه استفاده شود.

- برای ساخت بتن با دست باید سنگدانه‌ها را به صورت لایه‌ی یکنواختی بر روی سطح پهن کرد. سپس سیمان را روی سنگدانه‌ها پخش کرد و مواد خشک از یک طرف سطح به طرف دیگر آن زیر و رو گردد تا این که مخلوط یکنواخت حاصل شود. این عمل باید حداقل سه مرتبه تکرار شود. آن‌گاه آب با استفاده از یک آبفشان تدریجاً اضافه گردد به طوری که آب یا دوغاب سیمان به طرف خارج مخلوط جریان نیابد، مخلوط باید سه بار دیگر زیرورو گردد و نوک بیل به صورت مکرر داخل مخلوط شود تا از لحاظ رنگ و روانی یکنواخت گردد. در حین مخلوط کردن نباید اجازه داد خاک و یا دیگر مواد خارجی در بتن مخلوط گردد.
- از آبخوره کردن مصالح اکیدا خودداری شود. توصیه می‌شود برای جبران برخی از کاستی‌ها در اختلاط دستی حدود ۵ تا ۱۰ درصد به مقدار سیمان افزوده گردد.



شکل (۶-۱). روش اختلاط بتن با دست

۶-۷-۱۰- متراکم کردن بتن

پس از جاگذاری بتن باید حباب‌های هوای ناخواسته با عمل تراکم حذف و یا کم گردد تا حداکثر چگالی در بتن حاصل شود. مقدار هوای محبوس بستگی به کارایی بتن دارد. بتن با کارایی کم؛ هوای حبس شده بیشتری دارد به همین دلیل برای بتن با اسلامپ کم نیاز به تراکم بیشتری احساس می‌شود. وجود حباب‌های هوا باعث کاهش مقاومت بتن، افزایش نفوذپذیری بتن و کاهش مقاومت پیوستگی بین میلگرد و بتن می‌شود (شکل ۶-۱). برای تراکم بتن می‌توان از دو روش زیر استفاده نمود:

- تراکم دستی
- تراکم مکانیکی

موثرترین روش تراکم بتن با کارایی متوسط (اسلامپ رده‌های S_2 و S_3) استفاده از لرزاننده یا ویراتور است با توجه به شرایط کار در محیط‌های آبخیزداری و کارایی بالای «تراکم دستی» با هدف متراکم کردن بتن روش اخیر تشریح می‌گردد:

- تراکم دستی

در کارهای کوچک و محدود که امکان استفاده از لرزانده‌ها و وسایل مکانیکی وجود ندارد می‌توان برای تراکم بتن از وسایل دستی زیر استفاده کرد :

- در مخلوط‌های خمیری و روان (با اسلامپ بیش از ۵۰ میلی‌متر، رده S۲ به بالا)، می‌توان با اجازه‌ی دستگاه نظارت از میله‌ی فولادی (تخماق، کوبه) یا وسایل مشابه برای تراکم بتن استفاده نمود. میله بایستی به اندازه‌ی کافی وارد بتن شود تا بتواند به راحتی به انتهای قالب یا انتهای لایه‌ی مربوط به همان بتن‌ریزی برسد. ضخامت میله بایستی چنان انتخاب شود که به راحتی از بین میلگردها عبور نماید.

- با عملیاتی شبیه بیل‌زنی می‌توان ظاهر سطوح بتنی قالب‌گیری شده را بهتر کرد. یک وسیله‌ی بیل مانند باید مکرراً به درون بتن و در مجاورت قالب فرو برده و بیرون آورده شود. این عمل درشت دانه‌های بزرگ‌تر را وادار می‌سازد تا از قالب رانده شود و حباب‌های هوای محبوس بتواند بالا بیاید. در این خصوص باید دقت کرد تا به وضعیت میلگردها و قالب‌ها آسیبی نرسد. در این حالت ضخامت بتن حدود ۳/۰ متر توصیه می‌شود.

- در مخلوط‌های سفت (اسلامپ کم‌تر از ۵۰ میلی‌متر، رده SI) می‌توان از تخماق سرپهن با مقطع دایره و یا مربع استفاده نمود. در این حالت ضخامت هر لایه به ۱۵/۰ تا ۲۰/۰ متر محدود می‌شود.

- برای تراکم بتن دال‌هایی با ضخامت کم‌تر از ۱۵/۰ متر می‌توان از ماله‌ی چوبی و اعمال ضربه به سطح بتن استفاده نمود.

۶-۷-۱۱- پرداخت سطح بتن

معمولاً پرداخت سطح بتن، بلافاصله پس از اتمام بتن‌ریزی و تراکم بتن انجام می‌شود. روش پرداخت اثر مهمی در مقاومت فشاری، نفوذپذیری و مقاومت سایشی لایه‌ی سطحی بتن دارد. مراحل پرداخت سطح به شرح زیر است :

- شمشه یا تراز کردن
- تخته‌ی ماله‌کشی با تخته‌ی ماله دستی بلند و کوتاه
- ماله‌کشی
- پرداخت نهایی

- شمشه یا تراز کردن

«شمشه کاری» روندی برای حذف بتن اضافی و تراز کردن سطح بتن در ارتفاع یا تراز مورد نظر است. این عمل باید بلافاصله پس از بتن‌ریزی و تراکم انجام پذیرد. وسیله‌ای که برای شمشه‌گیری استفاده می‌شود شمشه یا شابلون ساخته شده از چوب، آلومینیوم و یا آلیاژ منیزیم است. در هنگام شمشه‌کاری؛ شمشه بر روی سطح بتن باید به صورت اره‌ای حرکت داده شود و در هر حرکت، مسافت کوتاهی به طرف جلو منتقل گردد. بنابراین بتن اضافی (بالا‌تر از سطح تراز) در جلو شمشه جمع شده و سپس قسمت‌هایی که پایین‌تر از سطح تراز است توسط بتن جمع‌آوری شده در جلو شمشه پر شده و سطح بتن تراز می‌گردد. در هنگام حرکت شمشه به طرف جلو باید مقدار مسافت طی شده بسیار کوتاه باشد تا شمشه سبب آسیب‌دیدگی سطح بتن نگردد. در بعضی موارد شمشه مجهز به ویبره است و عمل تراز کردن همزمان با تراکم بتن (فقط برای دال‌های کف) انجام می‌شود (شکل ۲).

– تخته ماله‌کشی با تخته ماله‌ی دسته بلند و کوتاه

«تخته ماله‌ی دسته بلند» قطعه‌ای مستطیلی شکل به عرض تقریبی ۲۰۰ میلی‌متر و به طول ۱ تا ۱/۵ متر است که دسته‌ای به طول ۱ تا ۵ متر به آن متصل است. ماله‌کشی با «تخته‌ی ماله دسته کوتاه» مانند تخته ماله دسته بلند است و فقط دسته آن کوتاه‌تر می‌باشد. بنابراین معمولاً فقط یکی از آن‌ها در عملیات پرداخت به کار گرفته می‌شود. اگر سطح بتن بزرگ بوده ولی تمام سطح بتن در دسترس نباشد. تخته ماله دسته بلند مناسب‌تر است و بالعکس تخته ماله دسته‌ی کوتاه در سطوح محدود و کوچک کاربرد بهتری دارد. باید توجه داشت که دسته‌ی بلند تخته ماله از دقت کار می‌کاهد و فقط در سطح‌های وسیع به ناچار به کار می‌رود. معمولاً تخته‌ی ماله دسته‌ی کوتاه ۷۰ تا ۱۰۰ میلی‌متر عرض و ۱۵۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر طول دارد و دسته‌ای کوتاه بر روی آن نصب شده است. معمولاً جنس تخته ماله از چوب، آلیاژ آلومینیوم و یا منیزیوم است. برای بتن معمولی نوع چوبی بهتر است زیرا چوب، ملات (خمیر سیمان و ماسه) را بر سطح حرکت داده و در نتیجه سطح بتن به صورت باز باقی مانده و آب‌آوری شدت نمی‌یابد. در مواردی که بتن از نوع سبک است و یا چسبنده باشد باید از تخته ماله از نوع آلیاژ منیزیوم استفاده گردد. تخته‌ی ماله منیزیومی فقط خمیر سیمان و ماسه‌ی بسیار ریز موجود در سطح را حرکت می‌دهد و انرژی کم‌تری صرف ماله‌کشی می‌شود و همچنین سطح بتن گسیخته نمی‌گردد. هنگامی که برای بتن با وزن مخصوص (چگالی) معمولی از تخته ماله منیزیومی استفاده می‌شود بهتر است که اولین ماله‌کشی با ماله چوبی باشد تا سطح نیمه بسته بتن باز گردد. زیرا تخته ماله منیزیومی سطح بتن را مسدود می‌کند. عمل تخته ماله‌کشی باید بلافاصله پس از شمشه کردن صورت گیرد و قبل از آن که آب‌آوری در سطح بتن مشاهده گردد. باید به اتمام برسد. به طور کلی عمل پرداخت که در هنگام آب‌آوری انجام می‌پذیرد سبب جدا شدن لایه سطحی بتن می‌گردد و این نکته باید به عنوان یک اصل در عملیات پرداخت سطح بتن مورد توجه قرار گیرد. تخته ماله‌کشی به دلایل زیر استفاده می‌شود:

- حذف لبه‌های باقی مانده از عمل شمشه‌کاری
- پر کردن منافذ

– ماله‌کشی

پس از تعبیه‌ی درزها، سطح بتن باید ماله‌کشی شود. ماله‌کشی به علل زیر انجام می‌گیرد:

- فرو بردن سنگدانه‌های درشت به درون بتن
- حذف ناهمواری‌ها و منافذ باقی مانده و ایجاد یک سطح کاملاً هموار
- تراکم سطح بتن

ماله به صورت نوع دستی و مکانیکی موجود است. ماله دستی از جنس چوبی، آلومینیومی و منیزیومی است. ماله‌ی آلومینیومی و منیزیومی راحت‌تر در سطح بتن حرکت می‌کنند. در این صورت از مقدار انرژی مورد نیاز کاسته می‌شود. برای ماله‌کشی بتن حباب‌دار (به علت استفاده از ماده افزودنی حباب‌ساز) استفاده از ماله‌ی فلزی ضروری است زیرا ماله چوبی بر سطح بتن چسبیده و سبب خرابی سطح می‌گردد. عرض ماله‌ی دستی باید به صورت کاملاً افقی (بدون ایجاد زاویه) بر روی سطح بتن قرار داده شود و آن را به صورت اراه‌ای و قوسی حرکت داده تا منافذ پر شده و سطح بتن کاملاً هموار گردد. ماله‌کشی سبب می‌شود تا سطح بتن همواره شده (ولی صاف نمی‌شود) و مقاومت مناسبی در مقابل لیز خوردن به وجود آید و معمولاً به عنوان پرداخت نهایی تلقی می‌گردد. ماله‌کشی با دستگاه مکانیکی نیز امکان‌پذیر است. دستگاه ماله‌کشی شامل یک محور عمودی است که به آن چند پره به شکل ماله متصل است

و حرکت دورانی پره‌ها سبب هموار شدن سطح بتن می‌گردد. با توجه به شرایط کار در محیط‌های آبخیزداری معمولاً از ماله‌های دستی استفاده می‌شود.

۶-۷-۱۱-۱- توقف در عملیات پرداخت

هرگاه آب حاصل از آب‌آوری بر سطح بتن مشاهده گردید باید عملیات پرداخت متوقف گردد تا آب از سطح بتن تبخیر شود. معمولاً آب حاصل از آب انداختن پس از ماله‌کشی با تخته ماله دسته بلند و کوتاه مشاهده می‌شود اما به هر حال هنگامی که آب انداختن در بتن رخ دهد باید عملیات به صورت موقت متوقف شود. ادامه‌ی عملیات پرداختن که معمولاً مرحله‌ی ماله‌کشی است باید با یک آزمایش ساده انجام گردد. این آزمایش بر این اساس است که فشار پا بر روی بتن باید حداکثر ۵ میلی‌متر اثر بگذارد. این حالت نشان می‌دهد که سطح بتن آماده‌ی ماله‌کشی است.

اگر شرایط رطوبت و دمای محط به صورتی است که امکان تبخیر آب حاصل از آب انداختن در مدت کوتاه وجود ندارد می‌توان با یک تمهید ساده نسبت به رفع آب سطح بتن اقدام نمود. با گذاشتن یک لایه‌ی گونی بر سطح بتن و ریختن گرد سیمان بر روی سطح پارچه چتایی، سریعاً آب سطح جذب و حذف می‌گردد. اما باید توجه داشت که به هیچ وجه نباید گرد سیمان بر روی سطح بتن به صورت مستقیم ریخته شود زیرا باعث تضعیف بیش‌تر لایه‌ی سطحی بتن می‌گردد. بنابراین باید توجه داشت که در صورت مشاهده آب انداختن اگر عملیات پرداخت انجام شود یک لایه‌ی سست از خمیر سیمان بر سطح بتن تشکیل می‌شود که سبب کاهش شدید مقاومت سایشی بتن و دوام سطحی می‌گردد.

۶-۷-۱۲- عمل‌آوری بتن

عمل‌آوری روندی است که جهت حفظ رطوبت و حرارت بتن در مدت زمان معین بلافاصله پس از جاگذاری و پرداخت بتن انجام می‌گردد. عمل آوردن در خصوصیات بتن سخت شده، مانند: مقاومت فشاری، دوام، مقاومت سایشی و مقاومت در مقابل یخبندان تاثیر قابل ملاحظه‌ای دارد. عمل‌آوری به سه شکل: محافظت، مراقبت (عمل‌آوری) و پروراندن (عمل‌آوری حرارتی) برای بتن ریخته شده در قالب ضروری است.

هنگامی که سیمان پرتلند با آب مخلوط می‌شود فعل و انفعال شیمیایی که به آن هیدراتاسیون می‌گویند، آغاز می‌گردد. پیشرفت و وسعت این واکنش شیمیایی در دوام، مقاومت و وزن مخصوص بتن اثر می‌گذارد. معمولاً مقدار آب موجود در مخلوط‌های بتن بیش از آب مورد نیاز برای تکمیل هیدراتاسیون است، اما به هر حال کاهش آب به علت تبخیر، باعث تأخیر و یا توقف فرآیند هیدراتاسیون می‌گردد. در چند روز اول، پس از جاگذاری بتن در درجه حرارت مناسب، هیدراتاسیون نسبتاً سریع است. بنابراین حفظ آب بتن در طول این زمان بسیار بااهمیت است. هنگامی که عمل آوردن متوقف شود کسب مقاومت بتن برای مدت کوتاهی ادامه می‌یابد، ولی پس از آن که درجه اشباع حفره‌های مویینه‌ی داخل بتن به ۸۰ درصد می‌رسد کسب مقاومت بتن متوقف می‌گردد.

روش‌های مختلف عمل‌آوری رطوبت (مراقبت) به شرح زیر است:

- عمل‌آوری با آب

- عمل‌آوری عایقی

با توجه به محیط کار آبخیزداری عمل‌آوری عایقی به عنوان شیوه‌ای معمول ارایه می‌گردد.

■ عمل‌آوری عایقی

جلوگیری از تبخیر آب روشی جهت عمل‌آوردن بتن است و به این دلیل مزیت دارد که نیاز به خیس کردن مداوم پوشش ندارد. این روش برای مناطقی که امکان فراهم کردن آب مناسب جهت عمل‌آوری با مشکلاتی همراه است قابل به کارگیری خواهد بود. مصالح و روش‌های مختلف جلوگیری از تبخیر آب از سطح بتن به شرح زیر است.

■ ورق پلاستیک یا نایلون

ورق پلاستیک وزن بسیار سبکی دارد و در رنگ‌های مختلف مانند سفید و سیاه موجود است. رنگ سفید برای هوای گرم مناسب است زیرا نور را منعکس می‌کند و رنگ سیاه برای هوای سرد مطلوب است زیرا نور را جذب می‌کند. ورق پلاستیک معمولاً از نوع پلی‌اتیلن است. ورق پلاستیک باید کاملاً سطح بتن را بپوشاند و لبه‌ی بالای آن حدود ۱۰۰ میلی‌متر روی هم قرار گیرد و قطعات چوب بر روی آن قرار داده شود تا ورق کاملاً در تماس با سطح بتن باشد و وزش باد سبب بلند کردن و حرکت آن نگردد. احتمال دارد که ورق پلاستیک باعث تغییر رنگ و ظاهر سطح بتن گردد به خصوص اگر ورق چروکیده باشد. در این صورت اگر یکنواختی رنگ و ظاهر سطح بتن اهمیت دارد، باید از روش‌های دیگری استفاده کرد. تعریق و چکه کردن آب ناشی از تبخیر سطح بتن می‌تواند به ظاهر بتن آسیب رساند.

بنابراین توصیه می‌شود در چنین شرایطی نایلون و یا پوشش دقیقاً بر سطح بتن قرار داده شود و یا از روش‌های دیگری استفاده شود. مشکل استفاده از ورق نایلون پاره و یا سوراخ شدن آن در کارگاه این است که امکان تعمیر آن وجود ندارد و در صورت عدم توجه به وجود سوراخ یا پارگی مشکلاتی برای عمل‌آوری به وجود می‌آورد. برای محکم کردن ورق‌ها در اطراف تیرها و ستون‌ها، باید از طناب یا نوار استفاده می‌گردد.

فصل ۷

استانداردهای لوله‌های زهکشی و انتقال آب

چشم خوش - عید - قابل استناد

۷- لوله‌های زهکشی و انتقال آب

۷-۱- دامنه‌ی کاربرد

عمدتاً به منظور انحراف و خارج کردن آب‌های ناشی از بارندگی، تثبیت و کنترل سطح آب زیرزمینی در عمق معین، مهار سیل و کاهش فشار هیدرواستاتیک وارده بر سازه‌های مکانیکی و بیومکانیکی نظیر بندهای: خاکی، سنگی، ملاتی، بند L شکل، تراس‌بندی، دیواره‌های ساحلی و نیز خاکریزها در فعالیت‌های پخش سیلاب، احداث جاده‌های دسترسی و... در حین کار و پس از پایان قطعی کارها، زهکشی‌ها بایستی مطابق خطوط، شیب‌ها و رقوم نقشه‌های اجرایی و یا دستگاه نظارت و با رعایت مشخصات فنی از طرف پیمانکار می‌شوند. بندهای خشکه‌چین سنگی و خشکه‌چین گابیونی اساساً دارای زهکشی می‌باشند و نیازی به کارگذاری زهکش ندارند. لوله‌ها و سوراخ‌های احداث شده باید در مقابل گرفتگی و پر شدن در طول عملیات احداث با دقت محافظت شوند.

هم‌چنین در برخی سازه‌های مکانیکی (بندهای سنگی - ملاتی و یا خاکی ذخیره‌ای) و تورکینست‌ها گاه علاوه بر اهداف مستقیم حفاظت خاک و ذخیره‌ی نزولات جوی انتظار است اهداف جنبی نظیر تامین آب شرب آبخیزنشینان اطراف و یا تامین آب مصرفی دام، زراعت و یا نهالستان که با مشارکت‌های مردمی ایجاد شده‌اند نیز تامین شود. در چنین مواردی لازم است آب ذخیره شده از دریاچه‌ی بند (سد) تا مقصد انتقال یابد. در موارد اخیر نیز فعالیت‌های اجرایی و نوع و نحوه‌ی به کارگیری لوله‌های انتقال نیز لازم است از استانداردها و ضوابط فنی تبعیت نماید. در پروژه‌های «آبخوان‌داری» نیز استفاده از لوله به عنوان سرریز پشته‌های خاکی و... اجتناب ناپذیر است و باید مجرای تخلیه‌ی آب پیش‌بینی شود. مجرای خروج آب در سازه‌های فوق شامل لوله‌ها و اتصال‌های چدنی سوراخدار، خاک برداری اطراف لوله‌ها و پر کردن مجدد آن با مصالح مناسب نظیر مصالح فیلتری مطابق نقشه‌های اجرایی و طبق دستورات دستگاه نظارت می‌باشد و ضرورت دارد مطابق دستورالعمل و ضوابط استاندارد مصوب باشد. از این رو و بر اساس استانداردهای ضوابط دستورالعمل‌های انتشار یافته مباحث لوله و لوله‌گذاری به اختصار ارایه می‌گردد.

۷-۲- انطباق با استانداردها و ضوابط

- نشریه‌ی شماره ۴۳: لوله‌های آریست سیمان فاضلابی، شرکت سهامی مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۷۲.
 - نشریه‌ی شماره ۳۳ - الف: لوله‌ها و قطعات اتصالی سفالی.
 - نشریه‌ی شماره ۱۷۰، لوله‌های بتنی مسلح تحت فشار بدون استوانه‌ی فولادی، شرکت سهامی مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۷۶.
 - نشریه‌ی شماره ۲۵۶-الف: لوله‌های فولادی برای آب رسانی و فاضلاب، موسسه‌ی استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۲.
 - نشریه‌ی شماره ۲۵۶ - الف، ضوابط طراحی هیدرولیکی سیفون و آبگذر زیر جاده، شرکت سهامی مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۸۴.
 - لوله‌های مورد مصرف در زهکش‌های عمقی باید با یکی از استانداردهای آشتو به شرح زیر تطبیق کند.
- | | | |
|--------|------|---------------------------------------|
| ASTM D | ۲۲۴۱ | - لوله‌های پی. وی. سی |
| DIN | ۸۰۷۴ | - لوله‌های پلی اتیلن سخت ^۱ |

^۱ High density

DIN	۸۰۷۲	- لوله‌های پلی اتیلن نرم ^۱
M-۱۹۷	آشتو	- لوله‌های موجدار T آلومینیومی
M-۱۸۹	آشتو	- لوله‌های مشبک آزیست سیمانی
M-۱۷۷	آشتو	- لوله‌های لوله‌های مشبک از فیبر قیری ^۲
M-۶۵	آشتو	- لوله‌های سفالی ^۳
M-۱۷۵	آشتو	- لوله‌های مشبک سیمانی
M-۱۷۶	آشتو	- لوله‌های متخلخل سیمانی
M-۱۳۶	آشتو	- لوله‌های موجدار فولادی

▪ نشریه‌ی شماره ۶۷۷۱: لوله‌های فولادی برای آبرسانی و فاضلاب، موسسه‌ی استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران.

▪ نشریه‌ی شماره ۱۱۹: لوله‌های بتنی پیش تنیده‌ی تحت فشار، شرکت سهامی مدیریت منابع آب ایران.

▪ نشریه‌ی شماره ۲۵۶-الف: ضوابط طراحی هیدرولیکی سیفون و آبگذر زیر جاده، شرکت سهامی مدیریت منابع آب ایران

▪ نشریه‌ی شماره ۷-الف: لوله‌های چدن نشکن (داکتیل).

۷-۳- مصالح مصرفی و نحوه‌ی اجرای آن

- لوله‌های PVC، اتصالات، سواره‌ها، دریچه‌ها، درپوش‌ها و سوپاپ‌ها باید با مشخصات فنی خصوصی بخش «لوله‌کشی» و دستورالعمل‌های مربوط کاملاً مطابقت داشته باشد. مصالح لوله‌های پلی‌اتیلن نیز باید با دستورالعمل‌های کارخانه‌ی سازنده که به تایید دستگاه نظارت رسیده باشد تطبیق کند.
- مشخصات مصالح درپوش‌های لاستیکی که از فرایندهای پتروشیمی به دست می‌آید باید قبلاً به تایید دستگاه نظارت برسد.
- در صورت استفاده از مصالح برنجی، قطعات، پیچ و مهره‌های برنجی و واشرهای شیرهای یک طرفه باید با مشخصات بخش کارهای فلزی مطابقت داشته باشد.
- برای تهیه‌ی دانه‌بندی فیلتر با مصالح سنگی که برای پوشش لوله‌های زهکشی زیرزمینی به کار می‌رود می‌توان از روابط و توصیه‌های زیر استفاده کرد.^۴

$$\frac{D_{15}}{D_{85} \text{ فیلتر}} < 5$$

خاک تراشه

$$\frac{D_{15}}{D_{15} \text{ فیلتر}} < 40$$

خاک تراشه

$$\frac{D_{50}}{D_{50} \text{ فیلتر}} < 58$$

خاک تراشه

در این رابطه، D_{α} نشان دهنده‌ی قطر ذراتی است که $\alpha\%$ ذرات از آن ریزتر باشند.

^۱ Low density

^۲ Bituminized fibre

^۳ Clay pipe

^۴ مأخذ: SCS16 دستورالعمل اداره‌ی حفاظت خاک امریکا

- صددرصد مصالح فیلتری باید از الک ۳۷/۵ میلی‌متر (۱/۵ اینچ) بگذرد.
- ۹۰ درصد مصالح فیلتری باید از الک ۱۹ میلی‌متر ($\frac{3}{4}$ اینچ) بگذرد.
- حداکثر ۱۰٪ از مصالح فیلتری از الک نمره ۶۰ عبور کند.
- مصالح فیلتری باید کاملاً شسته شود و بدون مصالح گذرنده از الک نمره ۲۰۰ باشد.
- در محل‌هایی که زهکشی‌های شیاردار (روزنه‌دار)^۱ ربه کار می‌رود باید D_{۸۵} مصالح فیلتری بزرگ‌تر از نصف قطر روزنه باشد.
- ضخامت قشر فیلتر در نقشه‌های اجرایی معین می‌شود و در هر حال از ۱۰ سانتی‌متر کمتر نخواهد بود.
- جدول دانه‌بندی مصالح سنگی فیلتر در صورت لزوم و با در نظر گرفتن مصالح شنی آبدگر با توجه به کیفیت در دفترچه‌ی مشخصات فنی خصوصی قید شده یا از طرف دستگاه نظارت معین می‌شود.
- برای حفاظت کارهای تکمیل شده و جلوگیری از خسارت ناشی از آب باید همواره وسایل و لوله‌ها و مجراهای آلومینیومی نباید در قطعات بتنی دفن شوند مگر آن که به طرزی موثر روکش شده باشند به طوری که ترکیب شیمیایی میان بتن و آلومینوم و نیز فعل و انفعال الکتروشیمیایی بین آلومینیوم و فولاد امکان‌پذیر نباشد.
- قرار دادن لوله‌های پلاستیکی داخل ستون‌ها، و دیوارها برای عبور میل مهارهای قالب به شرط پر کردن آن‌ها با ملات ماسه سیمان پس از قالب‌برداری، مجاز است. در صورتی که تعداد و قطر این لوله‌ها در حدی باشد که هیچ یک از مقاطع بتن بیش‌تر از ۳ درصد تقلیل نیابد، می‌توان از پر کردن داخل آن‌ها صرف‌نظر کرد.
- سطح اشغال شده توسط لوله‌ها و مجراهایی که همراه بست‌های خود در بتن ستون دفن می‌شوند نباید بیش‌تر از ۳ درصد سطح مقطعی که محاسبه‌ی مقاومت قطعه بر آن اساس بوده یا برای مقابله با اثر آتش‌سوزی مورد نیاز است باشد. به علاوه این گونه لوله‌ها و مجراها باید در حوالی محور طولی ستون قرار گیرند.
- امکانات کافی برای تخلیه‌ی آب‌ها و زهکشی و یا انحراف جریان زهکشی‌ها را پیش‌بینی کرد و در موقع مناسب و ضرور سریعاً آن‌ها را مورد استفاده قرار داد. برای این کار ممکن است زهکشی‌ها تخلیه موقتی، بندها و یا کانال‌ها انحرافی و یا آبروهای موقت به طریقی احداث شود که دستگاه نظارت تعیین می‌کند. چنان‌چه به تشخیص دستگاه نظارت انحراف موقت کانال‌های آبیاری زراعی لازم باشد نحوه‌ی اجرا و جزییات آن از طرف دستگاه نظارت اعلام خواهد شد. در طول اجرای کارها رضایت زارعان باید فراهم شود. خسارات وارده به کارها در اثر انجام نشدن زهکشی کافی ناشی از قصور پیمانکار باید به هزینه‌ی پیمان کار جبران شود. لوله‌ها و سوراخ‌های احداث شده باید در مقابل گرفتگی و پر شدن در طول عملیات ساختمانی با دقت محافظت شود روش آزمایش آن‌ها قبلاً به تصویب دستگاه نظارت برسد.
- لوله‌ها و مجاری آلومینیومی نباید در قطعات بتنی دفن شوند، مگر این که به نحو موثری روکش شده باشند تا از ترکیب شیمیایی بتن و آلومینیوم و یا از فعل و انفعالات الکتروشیمیایی بین فولاد و آلومینیوم جلوگیری به عمل آید.
- در قالب‌بندی طبقات و دیوارهای باربر باید مطابق نقشه‌های اجرایی، پیش‌بینی‌هایی برای عبور لوله‌ها و مجاری مورد نیاز زهکشی و لوله کشی و سایر نیازهای تاسیساتی و مکانیکی به عمل آید به نحوی که پس از اتمام بتن‌ریزی نیازی به تخریب بتن نباشد. در پاره‌ای موارد برش با استفاده از وسایل برش مناسب و مورد تایید مهندس طراح و نیز مهندس ناظر مجاز خواهد بود.

^۱ Perforated pipe

- چنانچه نقشه‌های اجرایی لوله‌ها و مجاری مدفون در بتن به تصویب مهندس طراح نرسیده باشد لوله‌ها و مجاری مدفون در دال، دیوار یا تیر باید چنان کار گذاشته شوند که شرایط زیر تأمین شده باشند :
- ابعاد خارجی لوله‌ها و مجاری نباید بزرگ‌تر از $\frac{1}{3}$ کل ضخامت دیوار، دال یا تیری که در آن دفن می‌شود، باشند
- فاصله‌ی مراکز آن‌ها نباید کمتر از سه برابر قطر یا عرضشان باشد.

۷-۴ - لوله‌های بتنی مسلح تحت فشار و بدون استوانه‌ی فولادی

این لوله‌ها با قطرهای ۳۰۰ تا ۳۷۰۰ (۱۲ تا ۴۴ اینچ) در کارخانه‌ها ساخته می‌شوند. حداقل طول موثر لوله‌ها باید ۲/۵ متر می‌باشد. مشخصات استانداردهای مربوط به مصالح، شیوه‌ی ساخت، حمل و بارگذاری این گونه لوله‌ها در نشریه‌ی شماره ۱۷۰ - الف وزارت نیرو انعکاس یافته است. سیمان مورد استفاده در این لوله‌ها پرتلند نوع ۱ و ۲ می‌باشد مگر این که کارفرما نوع خاصی از سیمان را مشخص نماید (کلیه‌ی سیمان‌های دارای کلوخه غیر قابل استفاده می‌باشند). استفاده از این لوله‌ها در فعالیت‌های آبخیزداری و منابع طبیعی محدود است و غالباً در احداث جاده‌های دسترسی در منابع طبیعی کاربری دارند.

۷-۵ - سایر لوله‌ها

لوله‌های آربست سیمان تحت فشار (از جنس سیمان و پنبه‌ی نسوز) در لوله کشی‌های تحت فشار، لوله‌ها و قطعات اتصالی سفالی (ساخته شده از گل رس) در جمع‌آوری و انتقال پس آب‌های سطحی و زهکشی به طریق ثقلی و نیز لوله‌های پیش تنیده تحت فشار عمدتاً در خطوط انتقال آب کاربرد دارند. استانداردهای مربوط به طراحی، مصالح ساخت، ابعاد، کاربری، حمل و جای گذاری انواع این لوله‌ها در نشریات و استانداردهای مربوط به تفصیل آمده است. نوع و نحوه‌ی استفاده از این نوع لوله‌ها در طراحی‌های عرصه‌های منابع طبیعی لزوماً تابع رعایت استاندارد مربوط است. به عنوان نمونه ممکن است بکارگیری نوعی از لوله و یا لوله‌ها در عملیات سازه‌های حوزه‌های آبخیز، دارای توجیه فنی باشد اما به دلیل صعب‌العبور بودن منطقه‌ی طرح، امکان حمل آن و در نتیجه استفاده از آن مقدور نباشد. هم چنین در عملیات سازه‌های آبخیزداری و منابع طبیعی لازم است استفاده از هر نوع لوله قبلاً از جنبه‌ی اقتصادی مطالعه و دارای توجیه باشد.

۷-۶ - لوله‌های تخلیه

به منظور ایجاد و یا ارتقا پایداری سازه‌ها در برخی عملیات مکانیکی آبخیزداری بایستی سیستم‌های زهکشی و یا لوله‌های تخلیه‌ی آب تعبیه شود. در عملیات آبخیزداری که با استفاده از «توری سنگ» احداث می‌شوند به دلیل این که اساساً این نوع سازه‌ها قادرند آب‌های اضافی پشت سازه را از خود عبور ندهند عملاً نیازی به تعبیه‌ی سیستم زهکشی و یا نصب لوله‌های تخلیه در بدنه‌ی سازه ندارند. بندهای چوبی و چپری، بندهای گابیونی، استرکلک‌ها و اپی‌های احداثی توسط توری سنگ و نظایر آن از این دست سازه‌ها می‌باشند. اما در بندهای سنگی - سیمانی و دیواره‌های سنگی - سیمانی (که به منظور پایداری شیب‌ها احداث می‌گردند) و به ویژه در بندهای خاکی لزوم بقیه‌ی ساز و کارهای زهکشی و لوله‌های تخلیه ضرورت دارد. استفاده نامناسب از لوله‌های با

مشخصات غیرفنی و نحوه‌ی غلط جایگذاری آن‌ها در بدنه‌ی بند باعث تخریب‌های جدی در بندها می‌گردد. جهت دریافت مباحث تفصیلی در مورد « زهکشی » و « آب‌بندها » در بدنه‌ی سد به کتب مرجع سدهای خاکی ارجاع داده می‌شود.

به علت بارندگی و جریان‌های آب‌های سطحی، مصالح خاکریز پشت دیوارهای حایل (برای تثبیت دامنه‌های شیب‌دار و ...) ممکن است به حال اشباع درآیند. اشباع خاک باعث افزایش فشار و در نهایت ناپایداری دیوار می‌شود. به همین علت باید با استفاده از سوراخ‌های زهکش و یا کار گذاشتن لوله‌های تخلیه‌ی زهکشی در دیوار؛ شرایط مناسبی برای زهکشی پشت دیوار به وجود آورد. در صورت استفاده از سوراخ زهکشی در دیوار، نباید از ۱۰ سانتی‌متر کمتر باشد و فاصله‌ی آن‌ها نیز باید مناسب باشد. همیشه این امکان وجود دارد که ریزدانه‌های خاک شسته شده به سوراخ زهکش و یا لوله سوراخ‌دار وارد شده و باعث مسدود شدن آن‌ها شود. برای جلوگیری از این پدیده در پشت سوراخ‌های زهکشی و در اطراف لوله‌های سوراخ‌دار باید مصالح فیلتر تعبیه شود. لوله‌های تخلیه در دیوارهای حایل می‌تواند از جنس پلی‌اتیلن و یا فولادی باشند. در صورتی که اطراف لوله‌های پلی‌اتیلن توسط ملات به خوبی پوشانده شود با گذشت زمان و حتی پس از پوسیدگی لوله، قطر زهکش ایجاد شده محفوظ می‌ماند.

آبگیری از مخازن جز در مواردی نادر، از طریق نیروی ثقل صورت می‌گیرد. هر چند ممکن است وفور انواع تلمبه کاربرد این دستگاه را منطقی و از نظر اقتصادی موجه جلوه دهد لیکن دشواری‌های فراوان که در استفاده از ماشین‌آلات در مناطق دور افتاده وجود دارند بهره‌وری از نیروی ثقل را ناگزیر می‌نماید. از آن‌جا که نصب لوله در تکیه‌گاه یا بدنه‌ی بند، لازمه‌ی انتقال آب از سراب آن می‌باشد، طرح تاسیسات آبگیری به گونه‌ای که تخلیه‌ی جریان‌هایی ناچیز را هم انجام دهد به سادگی و ارزانی کار می‌انجامد. بدیهی است چنان‌چه بندی خاکی جزئی از ساختمان‌های روستایی بوده و فردی مسوول همواره در محل حضور داشته باشد تخلیه‌ی جریان‌های اندک با تنظیم شیر آبگیری میسر خواهد بود. در غیر این صورت نصب سرریزی خودکار لازم می‌آید. تاسیسات تخلیه و آبگیری شامل قسمت‌های ورودی، انتقالی و خروجی می‌باشند که هر یک جداگانه مورد توجه قرار خواهد گرفت. لوله‌های زهکشی تخلیه در بندهای خاکی که نحوه‌ی جایگذاری آن به صورت مبسوط می‌آید غالباً از جنس فولاد می‌باشند.

▪ دهانه‌های آبگیر

این دهانه‌ها معمولاً به صورت سرریز با مجرای مستطیلی یا آبشار چاهکی (تنوره) بوده و از بتن مسلح یا دیگر مصالح پایدار ساخته می‌شوند. ظرفیت زیاد این سرریزها در برابر بارهای آبی اندک که به خاطر طولانی بودن لبه‌ی ریزش می‌باشد، آن‌ها را برای دهانه‌های آبگیر مناسب می‌نماید زیرا آب از سراسر لبه‌ی سرریز که چندین برابر پیرامون لوله‌ی انتقالی است، سرشار گردیده و معمولاً بیشتر مقطع لوله مورد استفاده واقع می‌شود. رقوم این سرریزها برابر تراز مخزن (برای سرریزهای خودکار) یا حدود ۳۰ سانتی‌متر بالاتر از پست‌ترین نقطه‌ی کف مخزن (در مورد تاسیسات آبرسانی) قرار می‌گیرد. پنج نکته‌ی عمده در طرح و نصب این سرریزها بایستی رعایت گردند: از آن‌جا که تجمع آب (بر اثر بارندگی، یا جریان سیل هنگام ساختمان) در کف مخزن ممکن است به تاخیر در کار انجامد. بنابراین زهکشی محل باید از راه لوله‌ی آبگیر تحقق یابد. از طرف دیگر این گونه دهانه‌ها و سرریزهای خودکار مواعی را در سر راه ماشین‌آلات ساختمانی فراهم می‌آورند. بنابراین بنای این سرریزها به پایان ساختمان بند و خروج ماشین‌آلات از محل موکول می‌گردد.

- ته‌نشینی گل و لای در کف مخزن دهانه‌های آبگیر را مدفون ساخته و آن را بی‌فایده می‌کند از این‌رو اندیشیدن تمهیداتی برای افزایش رقوم دهانه‌ها در سال‌های آینده لازم می‌آید. چنان‌چه لوله‌های فلزی آبشار چاهکی را به وجود می‌آورند، تعبیه‌ی لبه (فلنج) در بالای آن‌ها، افزودن قطعات لبه‌دار هم‌قطر را پس از رسوبگیری آسان می‌نماید.

- ایجاد گرداب در دهانه‌ی لوله، ورود آب را به درون آن دشوار می‌کند. افزون بر آن چنان‌چه سرریز در پنجه‌ی خاکریز سراب قرار گیرد شستگی خاک به وسیله‌ی گرداب و حمل آن به خارج از مخزن محتمل می‌باشد. از این‌رو نصب ورقه‌ای از ماده‌ای بادوام و ضد زنگ به صورت عمودی در بالای سرریز و هم‌چنین بلندتر ساختن دیواره‌ی مجاوز خاکریز سراب ضرورت دارد.

- از آن‌جا که ممکن است ورود مواد شناور در سطح آب به درون لوله‌ها سبب بند آمدن آن‌ها گردد، پوشاندن دهانه‌های سرریز با صافی ضرورت دارد. این صافی‌ها از چهارچوبی پایدار و به گونه‌ی مکعب، مکعب مستطیل و استوانه ساخته شده و سطوح جانبی آن‌ها را جز قاعده‌ای که بر روی سرریز قرار می‌گیرد. تورهای سیمی با چشمه‌هایی به قطر ۲/۵ سانتی‌متر، به وجود می‌آورند. نصب صافی بر روی سرریزها بایستی به گونه‌ای صورت گیرد که ضربات قطعات شناور بزرگ (مانند تیرهای چوبی) آن‌ها را از جا نکند مضافاً بهتر است که برای تمیز کردن آن‌ها نیز تمهیداتی اندیشیده شوند. محاسبه‌ی طول لبه‌ی سرریز (پیرامون داخلی مجرای مستطیلی یا آبشار چاهکی) با کاربرد رابطه‌ی زیر صورت می‌گیرد:

$$L = \frac{Q}{CH^2}$$

که در آن:

L = طول سرریز، متر

Q = ظرفیت سرریز، مترمکعب بر ثانیه

C = ضریب سرریز (لبه تیز) 1.7

H = بار آبی، متر

جدول شماره (۷-۱)، نشان‌دهنده‌ی قطرهای مناسب جهت آبشارهای چاهکی و لوله‌های آبگذر برای سرریزهای خودکار بندهای کوتاه می‌باشد.

جدول (۷-۱). قطرهای توصیه شده برای آبگذر لوله‌ای و آبشار چاهکی (به نقل از Schwab و همکاران، ۱۹۶۶)

قطر آبشار چاهکی بر حسب بار آبی روی لبه آن، سانتی‌متر			قطر لوله‌ی آبگذر، سانتی‌متر	ظرفیت آبدهی، لیتر بر ثانیه
۴۵	۳۶	۳۰		
		۲۰/۰	۲۰/۰	تا ۷۶
		۲۵/۰	۲۵/۰	۷۶-۱۳۳
		۳۰/۰	۳۰/۰	۱۳۶-۲۱۵
	۳۷/۵	۴۵/۰	۳۷/۵	۲۱۸-۳۷۴
۴۵/۰	۵۲/۵	۷۵/۰	۴۵/۰	۳۷۶-۵۹۴
۶۰/۰	۹۰/۰	۱۰۵/۰	۵۲/۵	۵۹۷-۸۸۰
۷۵/۰	۱۰۵/۰		۶۰/۰	۸۸۳-۱۲۱۱

(۱) این توصیه‌ها برای لوله‌های فلزی موج‌دار بوده و برای لوله‌های صاف اقطار یک درجه کوچکتر پیشنهاد می‌گردد حداقل قطر لوله ۲۰ سانتی‌متر است.

▪ آبگذر لوله‌ای

چنانچه تخلیه‌ی جریان سرریز خودکار و آبگیری از مخزن از یک مسیر انجام شود لوله در کف دره یا روی یکی از تکیه‌گاه‌ها قرار می‌گیرد. در صورتی که سرریز خودکار مستقل از دهانه‌ی آبگیر عمل کند نصب لوله‌ای دیگر در تکیه‌گاه به آسانی و ارزانی کار منجر می‌گردد، زیرا نیازی به ساختن برج و گذرگاه نخواهد بود. توجه به نکات چهارگانه‌ی زیر امکان موفقیت را در طرح و نصب آبگذرهای لوله‌ای می‌افزاید. هم‌جنس نبودن لوله و خاک اطراف آن نشت آب را از جدار خارجی لوله و در امتداد آن سبب می‌گردد. پیامد تداوم شستگی ذرات خاک به وسیله‌ی این آب، فروریختگی درونی پایاب و انهدام کلی بند می‌باشد. نصب آب‌بندهای گلولی در اطراف لوله مسیر نشت را افزوده و فشار آب منفذی را می‌کاهد. آب‌بندهای نامبرده به صورت دایره یا مربع بوده و در جهت عمود بر محور لوله تعبیه می‌گردند. شعاع این آب‌بندها دست کم ۶۰ سانتی‌متر حداقل طول ضلع مربوط ۱۲۰ سانتی‌متر و کمترین ضخامت آن‌ها ۱۰ سانتی‌متر می‌باشد. هر چند گروهی از سدسازان را عقیده بر آن است که تنها یک قطعه آب‌بند گلولی که ۴۵-۶۰ سانتی‌متر در خاک اطراف لوله نفوذ کند برای بندهایی به ارتفاع کمتر از ۴/۵ متر کافی می‌باشد، اما نصب آن به فاصله‌های ۶/۰-۴/۲ متری در دو سوم طول لوله در سراب آن توصیه می‌گردد. تنها ۷۵ درصد سطح مقطع لوله را پوشانده و ثابا دهانه‌ی خروجی مستغرق نگردد. بدین ترتیب از جریان زانویی (سیفونی) جلوگیری شده و انبساط هوا و استهلاک امواج و ضربات نیز میسر خواهد بود. کمترین قطر داخلی لوله‌ی آبگذر ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود.

▪ دهانه‌های خروجی

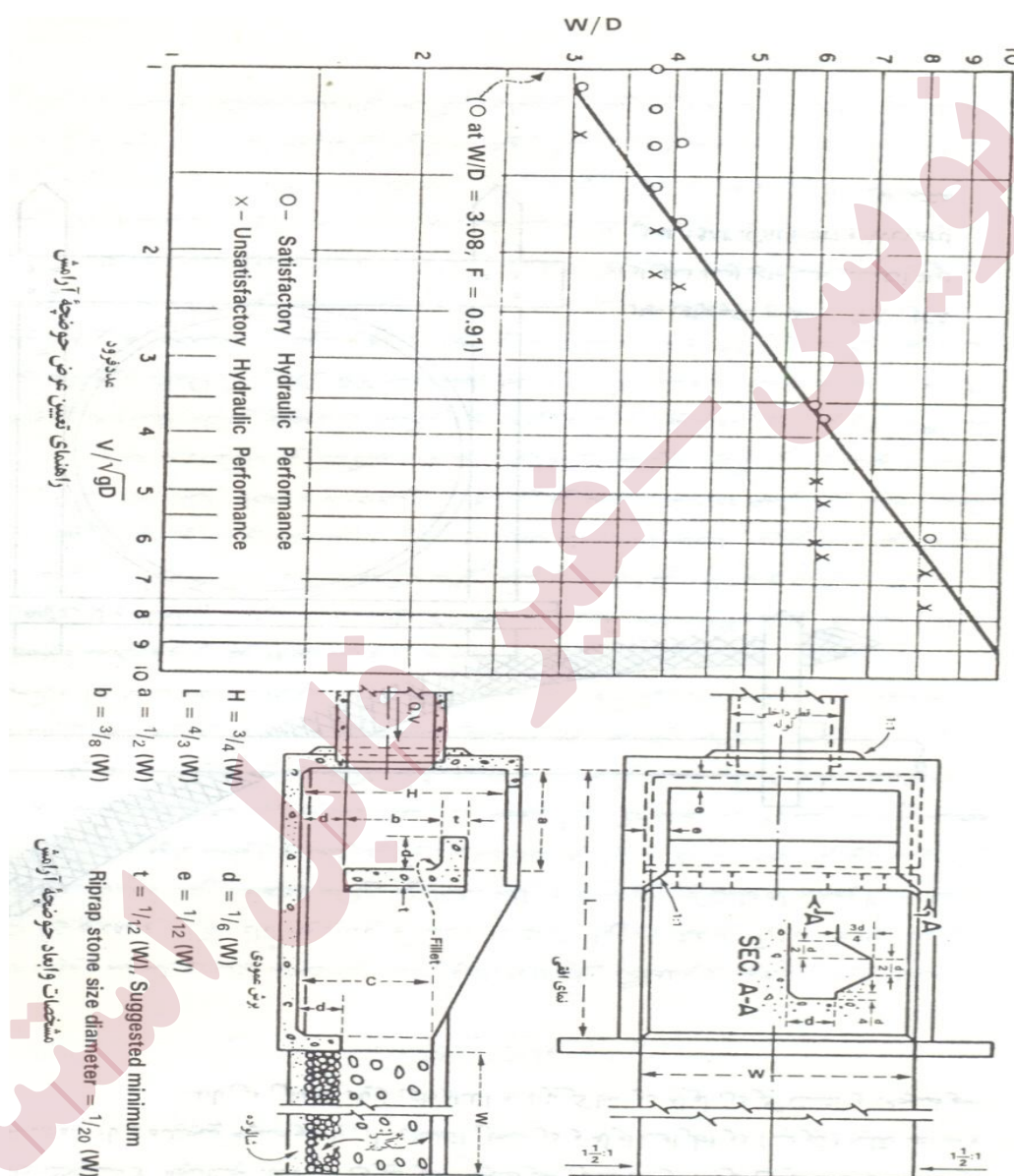
چنانچه انتقال آب از پایاب بندها به محل مصرف از طریق لوله یا نه‌های دارای پوششی بادوام انجام نشود کارمایه‌ی جنبشی جریان‌های خروجی از لوله‌های آبگذر بایستی در حوضچه‌های آرامش زایل گردد زیرا پیامد ورود مستقیم چنین جریان‌هایی به بستر خشک‌رودها یا نه‌های خاکی فرسایش شدید محل ریزش آب زیردست و در شرایطی بالادست و طرفین آن نیز می‌باشد. نقش حوضچه‌ی آرامش تبدیل قسمتی از کارمایه‌ی جنبشی به توانی (پتانسیل) و ضایع ساختن بقیه در تلاطم آب است؛ بدین ترتیب قابلیت فرساینده‌ی آب پس از گذشتن از حوضچه کاهش یافته و اداره‌ی آن آسان‌تر می‌گردد. گفتنی است که بنای حوضچه‌های آرامش با پیروی از روش‌های معرفی شده در کتاب‌های هیدرولیک، آبیاری و سدسازی در صورتی جایز است که احداث ساختمانی ارزان‌تر و به همان اندازه کارا میسر نباشد. وجود بسترهای سنگی یا امکان بنای حوضچه‌هایی ساده با سنگ و سیمان و قرار دادن تعدادی سنگ بزرگ و بادوام در معرض ریزش آب کار را بسیار ساده و ارزان می‌نماید. چنانچه عدم دسترسی به شرایط مذکور احداث حوضچه‌ای را با بتن مسلح لازم سازد استفاده از طرح حوضچه‌ی آرامش با بارشکن که یکی از ساده‌ترین انواع آن می‌باشد توصیه می‌گردد.

برش‌های افقی و عمودی و نمودار شماره () نشان‌دهنده‌ی محاسبه‌ی ابعاد نمونه‌ای از این حوضچه‌ها می‌باشد.

برای استفاده از این راهنما کافی است که سرعت (V) و عمق جریان (D) در زمان ورود به حوضچه برآورد یا اندازه‌گیری شوند. پس از محاسبه‌ی عدد فرود (V بر جذر gD) قراردادن آن بر روی محور افقی، نسبت عرض داخلی حوضچه به عمق آن (W/D) بر روی محور عمودی تعیین می‌گردد. کلیه‌ی ابعاد حوضچه براساس W ارائه شده‌اند.

از آن جا که مهار انتهایی لوله‌ی آبگذر برای جلوگیری از لرزش و ایجاد گسیختگی بین آن و خاکریز ضرورت دارد بهتر است که آخر لوله بر روی سکویی پایدار یا پایه‌هایی محکم بسته شود اتصال مستقیم لوله به حوضچه‌ی آرامش در صورتی مجاز است که

نشست یا از جا کنده شدن حوضچه بر اثر ضربات آب محتمل نباشد. افزون بر لرزش انقباض و انبساط لوله‌های فلزی بر اثر تغییرات حرارت محیط سبب جدایی آن‌ها از حوضچه‌ها و احتمالاً شکستن مصالح ساختمانی به کار رفته می‌گردند. قرا دادن نوارهای لاستیکی (واشر) در حد فاصل لوله و ساختمان ضمن فراهم ساختن فرصت حرکت برای لوله از شکستن حوضچه جلوگیری می‌کند. چنانچه لاستیک داخلی چرخ وسایط نقلیه (تیوب) در اطراف لوله و در محل اتصال آن با حوضچه پیچیده و باد شود خطر شکستن حوضچه و نشست کردن لوله در خاکریز به اندازه‌ی زیاد کاهش می‌یابد.



تصویر (۷-۱). معیارهای گزینش ابعاد حوضچه ی آرامش با بارشکن: W پهناى داخلی حوضچه، D و V به ترتیب عمق آب ورودی و سرعت آن می‌باشند؛ D ریشه ی دوم سطح مقطع جریان است (به نقل از Hoffman، ۱۹۷۳)

فصل ۸

استانداردهای قالب و قالب بندی

چشم خوش - عید قابل استناد

۸- قالب و قالب‌بندی

۸-۱- دامنه‌ی کاربرد

اگر چه قالب‌ها جزو اجزای موقت سازه‌های مکانیکی حفاظت خاک و آب محسوب می‌شوند ولی این به معنای برخوردار بودن از اهمیت کم‌تر نمی‌باشد. برخی سازه‌های مکانیکی بتنی در مجموعه‌های فعالیت‌های آبخیزداری و حفاظت خاک مستلزم به کارگیری «قالب» و اطلاع از شیوه‌ی استاندارد «قالب‌بندی» می‌باشد از جمله :

- احداث دایک و دیواره‌های ساحلی با هدف جلوگیری از فرسایش‌های توده‌ای و کناره‌ای (رودخانه‌ای).
 - سرریز
 - فونداسیون به منظور احداث دیواره و سدهای خاکی.
 - احداث ریپ‌رپ.
- و خلاصه هر جا که استفاده از بتن‌ریزی اجتناب‌ناپذیر باشد.

مجموعه‌ی قالب و داربست که شامل: رویه‌ی قالب، بدنه‌ی قالب، پشت‌بندها، حایل‌ها، چپ و راست‌ها، پایه‌های قائم و کمرکش‌های افقی است باید بتن را در شکل مورد نظر و در محدوده‌ی رواداری‌های مجاز نگاه داشته، نمای دلخواه را به سطح بتن بدهد و وزن بتن را تا هنگام سخت شدن و کسب مقاومت کافی تحمل نماید.

۸-۲- تعاریف

قالب سازه‌ای موقت است برای در برگرفتن بتن قبل از سخت شدن و کسب مقاومت کافی برای تحمل بار خود..

مجموعه‌ی قالب‌بندی مجموعه‌ای است که برای نگهداری بتن در شکل مورد نظر به کار می‌رود، مشتمل بر رویه قالب بدنه قالب، پشت‌بندها، کلاف‌ها، چپ و راست‌ها و نظایر آن.

داربست سازه‌ای موقت است که برای نگهداری قالب در موقعیت مورد نظر، سکوها، کار و تحمل بارهای حین اجرا بر پا می‌شود مشتمل بر شمع‌بندی، پایه‌های قائم، صفحات افقی، بادبندها، زیرسری‌ها و نظایر آن.

۸-۳- انطباق با مشخصات و استانداردها

- استاندارد شماره ۳۱۲: ضوابط عمومی طراحی سازه‌های آبی بتنی، فصل نهم، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- استاندارد شماره ۳۲۷: دستورالعمل ساخت و اجرای بتن در کارگاه، فصل پانزدهم، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- استاندارد شماره ۱۲۰ (تجدیدنظر اول): آیین‌نامه‌ی بتن ایران «آبا»، فصل نهم، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- استاندارد شماره ۵۵ (تجدید نظر دوم): مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی (تجدیدنظر دوم)، فصل ششم، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- استاندارد شماره ۱۰۸: ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری و زهکشی، مشخصات فنی عمومی، سازمان برنامه و بودجه.

۸-۴- مشخصات کلی

قالب باید بتن را در شکل مورد نظر نگاه دارد، نمای مندرج در مشخصات را به سطح بتن بدهد، وزن بتن را تا هنگام گرفتن تحمل کند، بتن را در مقابل صدمات مکانیکی حفظ نموده، از کم شدن رطوبت بتن جلوگیری نماید و عایق مناسبی در مقابل گرما و سرمای محیط فراهم نموده باشد. میلگردها و سایر اجزا و قطعاتی را که در داخل بتن قرار می‌گیرند در محل مورد نظر نگاه داشته و در مقابل نیروهای ناشی از لرزاندن و مرتعش ساختن بتن مقاومت نماید و از بتن بدون آسیب رساندن به آن جدا گردد.

قالب‌ها باید دقیقاً طبق اندازه و مشخصات داده شده بوده، باکیفیت قابل قبول دستگاه نظارت ساخته شده و در تمام طول مدت کار به خوبی نگهداری و محافظت شوند. مقاومت قالب‌ها باید کافی باشد و با اتکا به ساختمان و اتصالات مربوط بتوانند فشارهای هیدرواستاتیکی وارده از بتن تازه، بارهای زنده و سربارهایی را که احتمالاً به آن وارد خواهد آمد در محدوده‌ی رواداری‌های مقرر شده تحمل کنند. برای محدود کردن فشارهای وارد به قالب‌ها لازم است مقدار بتن‌ریزی در هر مرحله عیناً طبق مشخصات و مقادیر تعیین شده در نقشه‌ها و دستورالعمل‌ها تعیین شود. به طور کلی کارهای بتنی بجز موارد زیر باید با استفاده از قالب‌بندی صورت بگیرد:

- به منظور پرهیز از خاکی‌ریزی پشت سازه‌های فنی و کاهش مشکلات اجرایی و مسایل بعدی آن - مشروط بر این که محل گودبرداری شده ریزش نداشته باشد - قالب‌بندی پشت دیوارهای سازه‌های فنی که در مجاورت زمین طبیعی یا خاکی‌ریز کوبیده شده قرار دارد جز با دستور دستگاه نظارت مجاز نیست.
- (در حالتی که قالب‌بندی پشت دیوارهای ذکر شده انجام نمی‌شود باید به وسیله‌ی نایلون از جذب آب بتن توسط خاک مجاور ممانعت شود).

- سطوح بالایی اعضا و قطعات شیب دار با شیب کمتر از ۱:۱/۵ (۱ قائم، ۱/۵ افقی).

- سایر موارد به تشخیص و دستور دستگاه نظارت.

نوع و روش قالب‌بندی در کارهای ویژه از قبیل بتن پیش‌ساخته، بتن‌ریزی در آب و غیره باید مطابق مشخصات و با تایید قبلی دستگاه نظارت باشد. به طور کلی در تهیه و بستن قالب‌ها، پشت‌بندها، پایه‌های داربست‌ها، پایه‌های اطمینان، وصله‌ی پایه‌ها، شالوده‌ی پایه‌ها، گوه‌های چوبی (که برای تنظیم قالب‌بندی و سهولت قالب‌برداری به کار می‌رود) و سایر متعلقات مربوط به کار قالب‌بندی، باید کلیه نکات مندرج در بخش ۴-۲ استاندارد شماره ۴-۱۹۰۰ ایران رعایت شود. به طور کلی نوع و کیفیت قالب باید مطابق مشخصات و متناسب با نمای تعیین شده بوده و مورد تایید دستگاه نظارت باشد.

سطح قالب باید دارای مشخصاتی باشد که سطح تمام شده بتن حاصل مطابق مشخصات و مورد قبول دستگاه نظارت بوده و بدون هر گونه ناهمواری و ناصافی باشد. قالب برای بتن‌ریزی شالوده که بعداً اطراف آن پر می‌شود ممکن است از تخته‌های چوبی ساخته شود. برای بتن‌ریزی سازه‌های بتنی که سطوح خارجی آن در معرض دید قرار می‌گیرد (مانند آبروها، سرریزها و دیواره‌های ساحلی و غیره) باید قالب با روکش صاف روکش شود مانند ورق آهن یا ورقه‌های چوبی صاف نظیر فیبر و تخته‌ی سه لایه، چوب مورد مصرف باید سالم، خشک و بدون عیب و نقص باشد. هیچ گونه خرابی و فرورفتگی موضعی نظیر گره در چوب‌ها و فرورفتگی در

ورقه‌های آهن قابل قبول نیست. در صورت به کارگیری پوشش قالب‌ها باید آن‌ها را در شرایط قابل قبولی نگهداری کرده و در صورت خرابی با پوشش جدید تعویض نمود.

طرح و محاسبه‌ی قالب‌ها، پشت‌بندها، پایه‌ها و پایه‌های اطمینان باید با توجه به کلیه‌ی بارهای مرده و زنده قائم و جانبی صورت اعم از بارهای استاتیکی یا دینامیکی که ممکن است تا قبل از حصول مقاومت بتن به سازه وارد شود. این محاسبات باید به گیرد(وسیله‌ی پیمانکار مطابق دستور العمل‌های مربوط انجام شده و مورد تایید دستگاه نظارت قرار گیرد. در صورت لزوم با توجه به وضعیت زمین و تشخیص دستگاه نظارت باید برای پایه‌های قالب، زیرسری^۱ در نظر گرفته شود. اجرای قالب سازه‌های بتنی که سطوحی با شیب بیش از ۱/۵۰۱ دارد بسته به مورد با تایید دستگاه نظارت انجام خواهد شد. استفاده‌ی مجدد از قالب مجاز است مشروط بر این که شکل، استحکام، استواری، آب‌بند بودن، صافی و سایر شرایط مورد نظر در مشخصات را تأمین کند. حاکتر تعداد دفعاتی که می‌توان از قالب چوبی استفاده کرد توسط دستگاه نظارت تعیین خواهد شد. تخته‌های ناهموار و نامناسب را نباید در قالب‌بندی به کار برد. قالب‌ها باید پس از هر بار مصرف تمیز شده و در محلی دور از تاثیر سو عوامل جوی و صدمات مکانیکی نگهداری شوند. چنان‌چه کیفیت سطح تمام شده‌ی بتن دارای اهمیت باشد نباید از قطعات قالب که در مراحل قبلی صدمه دیده‌اند برای این‌گونه سطوح استفاده کرد.

۸-۵- مصالح قالب

انتخاب مصالح مناسب برای قالب باید با توجه به ملاحظات اقتصادی، ایمنی و سطح تمام شده‌ی مورد انتظار صورت پذیرد. در ساخت قسمت‌های مختلف مانند بدنه، رویه، ملحقات، اجزای نگهدارنده‌ی قالب و نظایر آن باید مشخصه‌های فیزیکی و مکانیکی مصالح مورد توجه قرار گیرند. در استفاده از مصالح مختلف برای قالب و داریست، باید قبلاً نظر موافق دستگاه نظارت جلب شده باشد.

▪ چوب

چوب مورد مصرف در قالب باید صاف، بدون پیچ و تاب، سالم و بدون گره از نوع صمغ‌دار باشد. چنان‌چه ضخامت تخته در بدنه‌ی قالب، روی نقشه‌ها مشخص نشده باشد حداقل ضخامت برای قالب سطوح زیرین، ۳ سانتی‌متر و برای قالب سطوح قائم ۲/۵ سانتی‌متر خواهد بود. برای پایه‌های داریست باید حتی‌الامکان چوب راست و بدون ترک به کار رود. قطر متوسط چوب گرد مصرفی در پایه‌ها نباید از ۱۰ سانتی‌متر کمتر باشد. حداقل ابعاد در مورد چارتراش‌ها ۸ سانتی‌متر است. پایه‌های چوبی تا ارتفاع ۴ متر باید یکپارچه باشند و از چهارمتر به بالا می‌توان از دو اصله‌ی چوب استفاده کرد، در این حالت حداکثر تعداد پایه‌های وصله‌دار یک سوم کل تعداد پایه‌ها خواهد بود. پایه‌های چوبی تا ارتفاع چهارمتر حداقل در یک ردیف باید توسط قیدهایی به صورت چپ و راست به یک‌دیگر کلاف شوند. از ارتفاع چهارمتر به بالا به ازای هر دو متر اضافه یک ردیف کلافه‌ی اضافه منظور خواهد شد. برای انتقال بار بخش‌های فوقانی به زمین، تخته‌هایی به ضخامت کافی به نام زیرسری زیر پایه‌ها گذاشته می‌شود. سطحی زیر سری باید چنان باشد که فشار وارد بر زمین در هیچ حالت از یک کیلوگرم بر سانتی‌متر تجاوز ننماید.

^۱ Sill (=cill)

▪ فولاد

در مواردی که حجم کار زیاد و تنوع سطوح و ابعاد کم باشد استفاده از قالب‌های فولادی کاملاً به صرفه خواهد بود. بهای اولیه‌ی این قالب‌ها نسبتاً زیاد است ولی عمر زیاد آن‌ها این مساله را توجیه می‌نماید. قالب‌های فولادی به دلیل مقاوم بودن و امکان استفاده از اتصالات خاص می‌توانند به سهولت و با سرعت زیاد باز و بسته شوند. در هوای سرد و گرم این قالب‌ها حتی‌المقدور باید عایق‌بندی شده و از تغییرات حرارتی در آن‌ها جلوگیری شود.

▪ سایر مصالح

در به کارگیری سایر مصالح نظیر فلزات، لاستیک‌ها، پلاستیک‌ها و غیره باید مساله سازگاری مصالح با بتن تازه قبلاً مورد بررسی قرار گیرد. در به کارگیری مصالح نوین برای قالب‌بندی باید به دستورالعمل‌های کارخانه‌ی سازنده و نیز مندرجات دفترچه‌ی مشخصات فنی خصوصی توجه شود.

۸-۶- نکات اجرایی

مجموعه‌ی قالب‌بندی باید از هر نظر دارای ایمنی کافی باشد. در مورد قطعات بتنی که احتمال بروز نیروهای زیر به بالا^۱ و یا پیچش وجود داشته باشد باید اتصال کافی بین پایه‌ها و قالب تامین شود. درزها، گوشه‌ها و اتصال قالب باید به اندازه‌ی کافی آب‌بندی شده باشد تا مانع خروج شیرهای بتن شود. در کلیه‌ی لبه‌ها، گوشه‌ها و برآمدگی‌ها قالب باید یخ‌دار اجرا گردد تا برداشتن قالب آسان و بدون وارد آمدن آسیب صورت گیرد. در قالب‌های عمیق و باریک که غیرقابل دسترسی است باید دریچه‌هایی در قسمت‌های زیرین و محل‌های لازم تعبیه شود تا نظافت داخل قالب و بازدید آن قبل از بتن‌ریزی میسر باشد. این دریچه‌ها باید قبل از بتن‌ریزی به دقت و به طور ثابت بسته شود.

۸-۶-۱- نقشه‌ی قالب‌بندی

برای سازه‌های خاص و پیچیده و یا سایر مواردی که تهیه‌ی نقشه‌های قالب و داربست ضرورت داشته باشد این نقشه‌ها توسط مشاور تهیه و به پیمانکار ابلاغ خواهد شد. در غیر این صورت پیمانکار باید خود نسبت به تهیه‌ی طرح و نقشه‌ی قالب‌ها اقدام نماید. در طراحی قالب باید بارهای زیر دقیقاً مورد توجه قرار گیرند. وزن قالب‌ها و پشت‌بندها، وزن بتن تازه، آرماتور و سایر اقلام کارگذاشته شده در بتن، وزن افراد، وسایل کار، گذرگاه‌ها و سکوها، بارهای موقت حاصل از انبار کردن مصالح و اثرات دینامیکی نظیر اثر تخلیه‌ی بتن از جمله: حمل بتن، فشار رو به بالای باد، عکس‌العمل‌های تکیه‌گاهی در بتن‌های پیش تنیده، رانش بتن تازه، فشار و مکش باد، بارهای ناشی از تغییرات درجه حرارت، بارهای ناشی از بتن‌ریزی نامتقارن، نیروهای رو به بالا در قالب‌ها و اجسام کارگذاشته شده در بتن، بارهای حاصل از نشست نامتقارن تکیه‌گاه‌های قالب و بارهای ناشی از لرزاندن و متراکم کردن بتن.

^۱ uplift

۸-۶-۲- بازرسی و دقت قالب‌بندی

قالب باید به نحوی ساخته و نصب شود که اجزای سازی آبی پس از ریختن بتن و سفت شدن آن دقیقاً طبق خطوط و تراز تعیین شده اجرا شده باشد. قالب‌بندی قبل از بتن‌ریزی، در حین آن و بعد از خاتمه‌ی آن توسط دستگاه نظارت مورد بازدید قرار می‌گیرد. در صورت لزوم پیمانکار موظف است در مورد تنظیم و اصلاح قالب‌ها اقدام کند. قبل از هر گونه بتن‌ریزی باید تایید کتبی دستگاه نظارت مبنی بر بازرسی قالب‌ها و مجموعه‌ی قالب‌بندی صادر شود..

۸-۶-۳- بست‌های قالب

اتصالاتی که قالب را در مقابل فشارهای هیدرواستاتیکی بتن تازه و همچنین سایر نیروهای وارده نگهداری کرده و شکل آن را حفظ می‌نماید بست قالب نامیده می‌شود. بسته‌ها باید برای نگهداری و جلوگیری از تغییر شکل اجزای قالب به ویژه در مورد کارهای سنگین و حجیم دارای مقاومت کافی باشد. در مورد نوع، تعداد، محل بست قالب‌ها و روش بستن آن‌ها باید موافقت دستگاه نظارت قبلاً کسب شده باشد. از تراوش شیرهای بتن از محل بست‌ها باید جلوگیری شود. بست‌ها و میل مهری‌های داخل قالب‌بندی باید به شکلی ساخته شوند که پس از ریختن بتن بتوان آن‌ها را به آسانی و بدون آسیب رساندن به بتن خارج نمود. بست و یا مهر سیمی را فقط در مواردی می‌توان مورد استفاده قرار داد که سیم مصرفی در اثر فشار خم نشده و سطح قالب را ناهموار نکند. در صورتی که به کار بردن مهر سیفی مجاز باشد پس از برداشت قالب باید انتهای این سیم‌ها را تا عمق حداقل ۱ سانتی‌متر از سطح بتن برید و خارج کرد.

۸-۶-۴- تمیز کردن و روغن زدن سطوح قالب‌ها

قبل از بتن‌ریزی در قالب‌های سطوح قالب را باید از هر گونه زنگ زدگی، بقایای شیرهای بتن، خاشاک، تراشه و هر نوع مواد خارجی که موجب آلودگی بتن شود و یا مشخصات سطوح را از نظر سطح تمام شده بعد از برداشتن قالب‌ها بر هم زند زدود. برای جلوگیری از چسبندگی دوغاب سیمان به جدار قالب‌ها پس از تمیز کردن آن‌ها و قبل از کارگذاری میلگردها و بتن‌ریزی، سطوح قالب‌ها باید از یک قشر نازک روغن به نحوی پوشیده شود که هیچ نوع لکه و اثری روی سطح بتن باقی نگذارد. نوع موادی که برای روغن کاری مصرف می‌شود باید قبلاً به تصویب دستگاه نظارت برسد. در مورد استفاده از روغن باید دقت شود که روغن به داخل بتن سرایت نکرده و نیز میلگردها را آلوده نکند. در مواردی که سطح بتن رنگ‌آمیزی می‌شود باید برای روغن زدن قالب‌ها از موادی استفاده شود که از لحاظ ترکیبات شیمیایی با رنگ ضدیتی نداشته باشد.

۸-۷- قالب‌برداری

باز نمودن قالب باید پس از تحصیل سختی کافی بتن و تایید کتبی دستگاه نظارت با دقت لازم صورت گیرد تا هیچ‌گونه صدمه‌ای به مقاومت بتن، سطح، لبه و گوشه‌های آن وارد نشود. زمان لازم و حداقل فاصله‌ی زمانی بین پایان بتن‌ریزی تا موقع باز کردن قالب بسته به نوع کار، حجم بتن‌ریزی، مشخصات مخلوط بتن و شرایط جوی متفاوت است. قالب باید وقتی برداشته شود که بتن قادر به تحمل تنش‌ها و تغییر شکل‌های وارده باشد. قبل از آن که اعضا و قطعات بتنی، مقاومت کافی برای تحمل وزن خود و بارهای وارده را کسب نمایند، نباید پایه‌ها و قالب‌های باربر برچیده شوند. عملیات قالب‌برداری و جمع کردن پایه‌ها باید گام به گام بدون ضربه و اعمال فشار چنان صورت گیرد که اعضا و قطعات تحت بارهای ناگهانی قرار نگیرد، بتن صدمه نبیند، خدشه‌ای به ایمنی و قابلیت بهره‌برداری قطعات وارد نشود و تغییر شکل‌های غیرمجاز در آن‌ها رخ ندهد. چنان‌چه قالب‌برداری قبل از پایان دوره‌ی مراقبت انجام شود باید تدابیری برای مراقبت بتن پس از قالب‌برداری اتخاذ گردد.

جدول شماره (۸-۱)، نشان دهنده‌ی حداقل زمان لازم برای عملیات قالب‌برداری می‌باشد.

چنان‌چه زمان قالب‌برداری در طرح تعیین و تصریح نشده باشد؛ قالب و پایه‌ها نباید قبل از سپری شدن مدت‌های مندرج در جدول فوق برداشته شوند.

جدول (۸-۱). حداقل زمان لازم برای عملیات قالب‌برداری

شرح				نوع قالب‌بندی	
دمای مجاور سطح بتن (درجه‌ی سلسیوس)					
۰	۸	۱۶	۲۴ و بالاتر		
۳۰	۱۸	۱۲	۹	قالب‌های قائم (ساعت)	
۱۰	۶	۴	۳	دالی	قالب زیرین (شبانه‌روز)
۲۵	۱۵	۱۰	۷	تیرها	پایه‌های اطمینان (شبانه‌روز)
۲۵	۱۵	۱۰	۷		قالب زیرین (شبانه‌روز)
۳۶	۲۱	۱۴	۱۰		پایه‌های اطمینان (شبانه‌روز)

پیش شرط‌های استفاده از جدول عبارتند از :

- بتن با استفاده از سیمان پرتلند معمولی یا سیمان پرتلند ضد سولفات تهیه شده باشد.
- حین سخت شدن بتن؛ دمای محیط به کم‌تر از صفر درجه‌ی سانتی‌گراد تنزل ننماید (در صورت تنزل دمای محیط به کم‌تر از صفر درجه‌ی سانتی‌گراد باید ارقام جدول متناسب و حداقل به میزان مدت یخبندان افزایش یابند).
- هنگام قالب‌برداری سطوح قائم جهت حفظ بتن در برابر گرما یا سرمای محیط بلافاصله پس از قالب‌برداری عمل آوردن بتن به روش مقتضی صورت پذیرد.
- در صورت استفاده از سیمان زودگیر؛ ارقام جدول فوق قابل کاهش است. هنگام استفاده از مواد دیرگیر کننده در ساخت بتن باید ارقام جدول فوق افزایش یابند.

▪ اگر ملاحظات خاصی برای پرهیز از ترک های زود هنگام یا تقلیل تغییر شکل های ناشی از وارفتگی مدنظر باشد باید ارقام جدول را افزایش داد به علاوه چنانچه عمل آوردن تسریع شده یا قالب بندی خاصی نظیر قالب های لغزان مطرح باشد ممکن است مقادیر فوق را کاهش داد.

برداشتن قالب و پایه ها در مدت های کمتر از مقادیر مندرج در جدول فوق فقط به شرط آزمایش میسر است. در صورتی که آزمایش نمونه های آگاهی (نگهداری شده در کارگاه) حاکی از رسیدن مقاومت بتن به (۷۰٪) مقاومت ۲۸ روزه مورد نظر باشد می توان قالب سطوح زیرین را برداشت ولی برداشتن پایه های اطمینان در صورتی مجاز است که علاوه بر رعایت سایر محدودیت ها مقاومت بتن به مقاومت ۲۸ روزه مورد نظر رسیده باشد.

جدول شماره (۸-۲)، نشان دهنده حداقل فاصله زمانی بین بتن ریزی و قالب برداری می باشد.

جدول (۸-۲). حداقل فاصله زمانی بین بتن ریزی و قالب برداری *

ردیف	نوع قالب یا داربست	حداقل مدت زمان لازم برای نگهداری قالب ها و داربست ها	
		درجه حرارت محیط بالاتر از ۱۶°	درجه حرارت محیط بین ۷° و ۱۶°
۱	بدنه قائم ستون ها، دیوارها و تیرهای بزرگ	۱	۲
۲	صفحات قالب دال ها	۴	۷
۳	پایه های قالب دال ها	۱۱	۱۴
۴	صفحات قالب تیرها	۸	۱۴
۵	پایه های قالب تیرها	۱۵	۲۱

* CP۱۱۰ part ۱، با اصلاحات در ردیف ۱ جدول

قالب قسمت های معلق نباید قبل از آن که بتن ۷۵ درصد مقاومت تعیین شده را به دست آورد باز شود. هیچ نوع بار و مصالح نباید قبل از این که بتن کاملاً سخت شده و صد درصد مقاومت خود را به دست آورد بر اجزای سازه ی بتنی وارد آید. اعمال بار و نیروی خارج از مقادیر تعیین شده در طراحی سازه ی بتنی مجاز نیست. حداقل مدت نگهداری قالب در هوای مناسب که از ۵ درجه ی سانتی گراد کمتر نباشد در جدول فوق درج شده است.

۸-۷-۱- پاشنه (رامکا)

برای سهولت عمل قالب بندی و تنظیم پای قالب غالباً از « رامکا » استفاده می گردد. رامکا می تواند بتنی و یا فولادی باشد. در مناطق خورنده ی جنوب کشور و یا سازه های رویارو با آب و یون کلرید استفاده از رامکای فولادی مجاز نیست. در استفاده از رامکای بتنی باید به نکات زیر توجه شود :

- رامکا یک قسمت محدود از بتن سازه است. برخورد با رامکا باید مانند سایر بتن ها بوده و در اختلاط یا ریختن، تراکم و عمل آوری دقت های لازم به کار گرفته شود.
- رامکای بتنی باید با بتن زیرین به صورت یک پارچه ریخته شود. وجود دو درز اجرایی در فاصله ی بسیار نزدیک به هم (۱۰ تا ۲۰ سانتی متر) ابداً مجاز نیست به ویژه آن که در مناطق زلزله خیز واقع باشیم.
- در ساخت رامکا باید قالب ها با دقت در محل مورد نظر تنظیم و تثبیت گردند به ویژه اگر بخواهیم رامکای بتنی به صورت پیوسته با بتن زیرین باشد می توان قالب ها را از ابتدا در محل مورد نظر قرار داد و یا بلافاصله پس از بتن ریزی قسمت زیرین اقدام به نصب قالب ها نمود و بتن رامکا را اجرا نمود.

چشم خوش - عید قابل استناد

فصل ۹

استانداردهای سنگ و دیوارهای سنگی

چشم خوش - عید قابل استناد

۹- سنگ و دیوارهای سنگی

۹-۱- دامنه‌ی کاربرد

سنگ‌هایی که در سازه‌های مکانیکی آبخیزداری و منابع طبیعی مصرف می‌شوند به یکی از صورت‌های طبیعی مانند قلوه سنگ، کارشده (مانند باربر) و خرد شده (مانند شن و ماسه) هستند. در این قسمت واژه‌های مربوط به سنگ‌های طبیعی و کار شده منطبق با استانداردها و نشریات دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی می‌باشد و سنگ‌های خرد شده به طور جداگانه مورد بحث قرار خواهد گرفت. عمده کاربرد سنگ‌های مورد اشاره در فعالیت‌های حفاظت خاک و آبخیزداری به ایجاد قشر یا سازه‌های محافظتی، سازه‌های مجاور آب، اسکله‌ها، موج شکن‌ها، سازه‌های هیدرولیکی، سازه‌های خشکه‌چین (به عنوان نمونه در برخی عملیات تراس‌هایی که دیواره‌ی محافظ دارند و یا در سازه‌ی اپی و استر کلک و بندهای خشکه چین گابیونی در حوزه‌های آبخیز و مهندسی رودخانه)، سنگی ملاتی، سرریزها، دیوار و حصار کشی‌ها، احداث پل‌ها، راه‌های دسترسی و همچنین نقش سازندهای سنگ‌شناسی در میزان فرسایش‌پذیری و تولید رسوب مربوط می‌شود. ابعاد قطعات مورد استفاده در کاربردهای فوق بسیار متنوع می‌باشد و ابعاد سنگ‌ها بر حسب نوع سازه از چند میلی متر تا چند متر متنوع می‌باشد. خصوصاً در مواردی که سازه‌ی احداثی در مجاورت دائم با آب قرار دارد لازم است سنگ‌های از خصوصیات زیر برخوردار باشند:

- سالم و فاقد درز و شکاف
- وزن واحد حجم زیاد
- بالا بودن مقاومت نسبت به ضربه و فرسایش
- مقاومت مطلوب در مقابل عوامل هوازدگی‌های فیزیکی و شیمیایی
- فاقد لایه بندی نازک

در ادامه؛ تنوع سنگ‌ها در فعالیت‌های آبخیزداری و حفاظت خاک مورد بحث و تحلیل قرار می‌گیرند. نقش هر یک از سازندهای زمین‌شناسی در ایجاد فرسایش و تولید رسوب به طور مشخص در قالب مبحث «زمین‌شناسی» در مجلد دوم گزارش مطرح خواهد شد. به کارگیری «سنگ» در «دیوارسازی» برنامه‌های حفاظت خاک و آبخیزداری بایستی مطابق ضوابط فنی و استانداردهای مربوط صورت پذیرد. به دلیل اهمیت نحوه‌ی به کارگیری «سنگ» در سازه‌های مکانیکی مرتبط با حفاظت خاک؛ نکات فنی در این خصوص مطرح می‌گردد.

۹-۲- انطباق با مشخصات و استانداردها

سنگ‌های مصرفی در هر پروژه باید از نظر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، مکانیکی، اندازه، ضخامت، رنگ و دیگر مشخصه‌های ظاهری آنچه در نقشه‌ها، دستور کارها، مشخصات فنی خصوصی و سایر مدارک پیمان ذکر شده است منطبق باشد. نمونه‌ی سنگ‌های بنایی و نما باید قبلاً به تصویب دستگاه نظارت برسد. ویژگی‌های، فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی سنگ‌ها و روش‌های آزمایش آن‌ها باید مطابق استانداردهای ایرانی زیر باشد:

- استاندارد شماره ۴۴۹: روش مقاومت مصالح سنگی در مقابل عوامل جوی.
- استاندارد شماره ۵۷۸: روش‌های تعیین میزان جذب آب و تاب مصالح سنگی در برابر یخبندان.
- استاندارد شماره ۶۱۷: روش‌های تاب گسیختگی فشاری و خمشی مصالح سنگی.
- استاندارد شماره ۶۱۸: بلوک‌های سنگ‌های طبیعی برای برش به منظور استفاده در نما، کف و تزیینات.
- استاندارد شماره ۵۵: مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی، تجدید نظر دوم، فصل ۲ (سنگ)، فصل ۱۰ (عملیات بنایی)، فصل ۱۳ (بندکشی).
- استاندارد شماره ۱۲۰: آیین‌نامه‌ی بتن ایران «آبا».
- استاندارد شماره ۶۶۵: روش تعیین تاب فشاری مصالح سنگی.
- هر استاندارد ایرانی دیگر که تا زمان انعقاد پیمان درباره‌ی انعقاد سنگ تدوین یا تجدید نظر شود. تا زمانی که استاندارد ایرانی در پاره‌ای موارد تدوین نشده باشد در درجه‌ی اول استانداردهای «سازمان بین‌المللی استاندارد ISO» معتبر خواهد بود و در صورت نبودن استاندارد بین‌المللی به ترتیب استانداردهای اتحاد شوروی سابق GOST، آلمانی DIN، بریتانیایی BS و آمریکایی ASTM ملاک عمل قرار خواهد گرفت.

۹-۳- مشخصات کلی کارهای بنایی، حفاظتی و استحکامی

- سنگ‌های مصرفی باید از نظر بافت و ظاهر، یکنواخت و بدون ترک بوده و عاری از رگه‌های خاکی، مارنی، میکایی، الیوین، پیریت، ترکیبات سولفاتی و سولفیدی (حداکثر SO_3 به ۱٪ وزنی محدود می‌گردد) و سایر موادی باشند که در اثر عوامل جوی و هوازگی خراب می‌شوند و به استحکام سنگ‌ها لطمه می‌زنند.
- تاب فشاری سنگ‌ها برای کارهای بنایی برابر نباید کمتر از اندازه‌ی مشخص شده در نقشه‌ها و مشخصات بوده و در هر حال نباید کمتر از ۱۵ مگاپاسکال (هر Mpa: حدود ۱۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع) باشد. سنگ‌های مصرفی در اقلیم‌های سرد باید در برابر یخبندان پایدار بوده و ضوابط مندرج در مشخصات و استانداردهای مربوط را پاسخ‌گو باشند.
- جذب آب، میزان حل شدن در آب، تخلخل، پایداری در برابر هوازگی (اثر گازهای O_2 , CO_2 , CO , SO_3 , SO_2 ، بخار آب، وزش باد، پرتوهای خورشیدی و مانند این‌ها)، اسیدها و قلیاها در مواردی که سنگ‌ها در معرض عوامل گوناگون قرار می‌گیرند باید با استانداردهای مربوط تطابق نماید. سختی، مدول الاستیسیته، نرم شدن سنگ‌ها در آب و کاهش تاب آن‌ها پس از آزمایش یخ‌زدگی نیز در محاسبات استاتیک باید مد نظر قرار گیرند. در کف‌های پرآمد و شد، پایداری سنگ در برابر سایش و ضربه باید با مورد مصرف ان متناسب باشد.
- حداقل ریشه در سنگ‌های لاشه‌ی سرتاسری (یا عمقی) در صورتی که ضخامت دیوار اجازه دهد ۵۰۰ میلی‌متر، در سنگ‌های کله ۴۰۰ میلی‌متر و در سنگ‌های راسته به اندازه‌ی ارتفاع سنگ خواهد بود. ارتفاع سنگ باید ۲۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر و حداکثر بار سنگ ۴۰ میلی‌متر باشد. در مورد سنگ برابر سراترش و بادکوبه‌ای باید حداقل ارتفاع هر سنگ ۱۸۰ میلی‌متر، حداقل تراش سطوح زبری و بالایی سنگ ۱۵۰ میلی‌متر، سطوح جانبی آن ۸۰ میلی‌متر و حداکثر بار آن ۱۵ میلی‌متر باشد. در مورد سنگ‌های تمام تراش باید کلیه‌ی سطوح سنگ با قلم تراشیده و تیشه‌داری شود به نحوی که مسطح و بدون اعوجاج و هم چنین حداکثر

بار آن ۲ میلی‌متر باشد. سطوح و خطوط مری سنگ نباید لب‌پریدگی داشته باشند. شکل سنگ‌ها باید طوری باشد که از شکل دیوار تبعیت کند. حداقل ضخامت سنگ‌های نمای ریشه‌دار، پله، جدول و مانند این‌ها ۱۵۰ میلی‌متر است. حداقل ضخامت سنگ‌های پلاک مصرفی در کف پله و درپوش ۴۰ میلی‌متر، پلاک کفپوش ۳۰ میلی‌متر، پلاک نما ۲۰ میلی‌متر و برای سنگ‌های قرتیز دور اطاق‌ها ۱۰ میلی‌متر می‌باشد.

■ سنگ باید متراکم و دارای ساخت و بافت یکنواخت بوده و از بلورهای ریز تشکیل شده باشد و درجه‌ی خلوص آن حتی‌المقدور زیاد باشد. حداقل تاب فشاری گرانیت ۱۰۰۰، مرمرهای سفید و خاکستری ۸۰۰، مرمرهای رنگین ۶۰۰، سنگ‌های آهکی متراکم ۲۰۰ و سنگ‌های آهکی متخلخل و توف‌ها ۵۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع استاندارد شده است.

مصرف سنگ‌های غیراستاندارد در صورتی مجاز است که در مشخصات و نقشه‌های ذکر شده و نمونه آن قبلاً به تصویب دستگاه نظارت برسد مصرف مصالح سنگی کهنه در صورتی که مطابق مشخصات بوده و کاملاً تمیز شده باشد بدون اشکال است ولی بهتر است در پشت کار و به همراه مصالح تمیز به کار گرفته شود. سنگ‌های بنایی از هر نوع که باشد باید محکم، متجانس، بدون رگه و در مقابل یخبندان مقاوم بوده و نیز عاری از خاک مواد آلی باشند. سنگ‌ها را باید آب پاشی کرد تا به هنگام بنایی مرطوب باشد و هر بار که بنایی دوباره شروع می‌شود باید سطح بنایی قبلی را آشپزی کرد.

درز سنگ‌ها تماماً باید با ملات پر و آب‌بندی شود. قبل از به کار بردن سنگ‌ها باید آن‌ها را از مواد آلوده و مواد زاید پاک کرد و با آب شست. قبل از این که هر رج چیده شود، رج زیرین را باید تمیز و مرطوب کرد. در کارهای بنایی رج دار، سنگ‌ها باید دارای رج‌ها یافقی و درزهای عمودی باشند. قبل از شروع عملیات سنگ‌کاری باید طبق روش آشتو ۲ - T به تعداد کافی از سنگ‌ها نمونه برداری شده و طبق مشخصات فنی سنگ‌های طبیعی آزمایش شود و نتایج آن در اختیار دستگاه نظارت قرار گیرد تا در صورت تصویب اجازه‌ی مصرف داده شود. سنگ‌های که در کار مصرف می‌شود باید از حیث جنس، رنگ، نقش و سایر مشخصات با نمونه‌های تصویب شده مطابقت داشته باشد. مصرف سنگ‌های کرمو که با ملات ماسه سیمان لگه‌گیری و ترمیم شوند مجاز نیست. سنگ را می‌توان به تنهایی و بدون استفاده از ملات (به صورت خشکه چین) برای سنگ چین‌های حفاظتی و یا به عنوان بندهای خشکه چین و دیواره‌سازی به کار برد. به دلیل ارتباط مستقیم وزن سازه با نیروی حاصل از زلزله و خطراتی که ایجاد می‌کند استفاده از دیوارهای سنگی در مناطق زلزله‌خیز باید با احتیاط و رعایت نکات فنی دقیق صورت گیرد. از این رو ارتفاع سازه‌های سنگی به حداکثر ۵ متر بالاتر از سطح زمین محدود می‌شود.

■ مشخصات فنی سنگ‌های طبیعی

مشخصات فنی کلی سنگ‌های طبیعی مورد مصرف در کارهای بنایی به قرار زیر است و در صورت لزوم جزییات بیش‌تر از طرف دستگاه نظارت اعلام خواهد شد.

■ بافت سنگ

بافت سنگ طبیعی ساختمانی باید سالم باشد یعنی :

- بدون شیار، ترک و رگه‌های سست باشد (کرمو نباشد)

- بدون هرگونه خلل و فرج باشد.

- پوسیدگی نداشته باشد.

- یک دست (یکنواخت و همگن) باشد

▪ جذب آب

سنگ طبیعی ساختمانی نباید آب زیاد جذب کند یعنی :

- نباید در آب و رود و یا حل شود

- تمام یا قسمتی از آن نباید بیش از ۸ درصد وزن خود آب بمکد

▪ پاکیزگی

سنگ طبیعی ساختمانی (در احداث بندهای سنگی به ملاتی و یا دیوارهای سنگی ملاتی) نباید آلودگی داشته باشد.

▪ پایداری در برابر عوامل جوی

سنگ طبیعی ساختمانی باید در برابر عوامل جوی به شرح زیر مقاومت کند :

- در برابر یخ‌زدگی پایدار باشد (پوسته پوسته نشده و یا نترکد) و افت وزنی آن از ۱۰ درصد تجاوز نکند (طبق استاندارد ۴۴۹ ایران یا آشتو ۱۰۳-T)

- در برابر سایش، بسته به مورد، مقاوم و پایدار باشد یعنی نتیجه‌ی آزمایش از ۵۰ درصد تجاوز نکند (طبق استاندارد ۴۴۸ ایران یا آشتو ۹۶-T)

▪ مقاوم و دوام

سنگ طبیعی مصرفی باید دارای مقاومت فشاری و دوام کافی متناسب با مورد مصرف خود باشد. یعنی مقاومت فشاری نمونه‌ی استوانه‌ای که با روش ASTM-C ۱۷۰ آزمایش شود نباید از ۵۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع کمتر باشد.

۹-۴- سنگ‌های مناسب برای مصارف گوناگون

جدول شماره (۹-۱)، نشان دهنده‌ی سنگ‌های مناسب برای مصارف گوناگون عمرانی فعالیت‌های آبخیزداری و حفاظت خاک می‌باشد.

جدول (۹-۱). سنگ‌های مناسب برای مصارف گوناگون عمرانی فعالیت‌های آبخیزداری و حفاظت خاک

ردیف	محل مصرف	نوع سنگ مناسب
۱	ابنیه‌ی فنی راه و کارهای آبی	سنگ‌های آهکی متراکم، ماسه سنگ‌ها، توف‌ها، گرانیت‌ها؛ دیوریت، گابرو، بازالت و دیگر سنگ‌های سخت بادوام
۲	پی‌سازی‌ها و شالوده‌ها	هر نوع سنگی که با ضوابط پروژه مطابقت داشته باشد.
۳	دیوارها	سنگ‌های آهکی، دولومیت، ماسه سنگ‌ها، سنگ‌های گچی* توف‌های آتشفشانی* و سنگ‌های گوناگونی که برای تهیه سنگ شکسته مناسب‌اند.
۴	سنگ‌های سفت‌کاری، نما و پوشش‌های ویژه	الف) ضد آتش - سنگ صابونی (تالکوم)*، توف* اندزیت، بازالت و دیاباز ب) ضد اسید - گرانیت، دیوریت، کوارتزیت، ماسه سنگ‌های سیلیسی، اندزیت، تراکیت، بازالت و دیاباز ج) ضد قلیا - سنگ‌های آهکی متراکم، دولومیت، منیزیت، ماسه سنگ‌های آهکی

* مصرف سنگ منحصر در کارهای غیرباربر است.

۹-۵- اجرای بنایی سنگی

برای اجرای بنایی سنگی طبق رقوم، خطوط و شیب‌های نقشه‌های اجرایی و یا دستورات دستگاه نظارت؛ رعایت نکات زیر ضروری است:

▪ وزن سنگ

وزن یک پاره‌ی سنگی طبیعی که برای ساختن سازه سنگی انتخاب می‌شود باید در حدودی باشد که یک نفر بتواند آن را برداشته و در جای خود قرار دهد.

▪ نحوه‌ی استقرار سنگ

سنگ باید در دیوار به حالت طبیعی یعنی در راه خواب خود (همان‌گونه که در معدن قرار داشته است) قرار گیرد. این مساله در مورد سنگ‌های لایه‌لایه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به طور کلی راستای نیروهای وارده بر روی هر قطعه سنگ ساختمانی باید عمود بر رگه یا خواب طبیعی آن باشد.

▪ نمای سنگ

نمای سنگ باید از هر تقریباً صاف و سالم سنگ با رعایت اصول مندرج در این بخش انتخاب شود.

▪ قفل و بست سنگ‌ها

در دیوارسازی سنگی باید با استفاده‌ی مناسب از سنگ‌های کوتاه ریشه (راسته) و بلند ریشه (کله و عمقی) قفل و بست لازم ایجاد شود. ریشه‌ی سنگ در دیوار نباید از ۱۵ سانتی‌متر کمتر باشد. به طور کلی باید به ازای هر دو سنگ راسته حداقل یک سنگ کله و در هر متر مربع نمای دیوار حداقل یک سنگ عمقی به کار رود (در هر رج $\frac{1}{3}$ سنگ‌ها باید سنگ کله باشد). در دیوارها بهتر است اندازه‌ی ریشه سنگ‌های عمقی به اندازه‌ی $\frac{2}{3}$ کلفتی دیوار و نه بیش‌تر در نظر گرفته شود. پشت سنگ عمقی به نسبت ضخامت دیوار باید یک سنگ راسته یا یک سنگ کله قرار گیرد. در صورتی تصویب دستگاه نظارت می‌توان از سنگ عمقی با ضخامتی برابر با ضخامت دیوار (تا ۶۰ سانتی‌متر) استفاده کرد.

▪ ضخامت دیوار

ضخامت دیوار سنگی (با ملات ماسه سیمان) برای دیوارهای اصلی سازه‌های مکانیکی نباید از ۴۰ سانتی‌متر کمتر باشد. مگر این که در نقشه‌ها و دستورات دستگاه نظارت ترتیب دیگری مقرر شده باشد. ضخامت دیوارهای مقسم و کف سازه‌ها طبق نقشه‌های اجرایی و دستورات دستگاه نظارت خواهد بود، ضخامت دیوارهای بندهای سنگی ملاتی و یا خشکه چین و نیز دیوارهای سنگی (مانند آن چه در تراس‌بندی به کار می‌رود) با توجه به پایداری سازه‌ی مورد نظر توسط مشاور طراحی می‌شود.

▪ عدم تماس سنگ‌ها

در دیوارهای سنگی که با ملات ساخته می‌شود به منظور انتقال بهتر نیروها لازم است هیچ سنگی مستقیماً با سنگ دیگر در تماس نباشد. رابطه‌ی بین دو سنگ باید حتماً از طریق ملات انجام گیرد یعنی دور تا دور سنگ‌ها به جز در قسمت نما باید توسط

لایه‌ای از ملات احاطه شده باشد. سنگ باید به خوبی به ملات بچسبد و سنگ‌های قسمت توکار (میانی دیوار) باید کاملاً در ملات غرق شوند.

▪ بنای رج اول

در رج زیرین (سنگ‌هایی که بلافاصله بر روی پی یا زیرسازی قرار می‌گیرند) دیوارهای سنگی به ویژه دیوارهایی که به صورت خشکه چین بنا می‌شوند باید از سنگ‌های بزرگ بلند ریشه (کله و عمقی) استفاده شود. در گوشه‌ها و محل‌های تقاطع دیوارها نیز باید از این سنگ‌ها مصرف شود. بهتر است ارتفاع این سنگ‌ها حدود ۲ برابر ارتفاع سنگ‌های سایر رج‌ها باشد. در دیوارهای سنگی برای استقرار سنگ‌های رج اول باید بر پخ سنگ‌ها را با استفاده از ملات بر روی پی یا زیرسازی گذاشت به این صورت که با فشار دست یا کوبیدن با تیشه، سنگ را بر روی ملات مستقر کرد تا ملات در زیر سنگ پخش شده و تمام قسمت‌ها را پر کند. درزهای قائم را نیز باید با کمچه از ملات پر کرد تا محور عبور و تجمع آب باران و یا لانه‌ی حشرات نشود.

▪ نصب سنگ (در دیوارسازی)

هنگام اجرای عملیات بنایی نباید سنگ بر روی دیوار در حال ساختمان پرتاب و یا کشیده شود. بلکه باید با دقت در محل مورد نظر نصب گردد تا سنگ‌های کار گذاشته شده جابه‌جا نشود. سنگ‌چینی باید به طور یکنواخت انجام شود به نحوی که هیچ قسمت بنا بیش از یک رج از قسمت‌های دیگر آن بالاتر نباشد.

▪ بنایی در سرما

انجام هر گونه بنایی با سنگ در مواقعی که برودت هوای محل کار و یا درجه حرارت مصالح مصرفی از $+5$ درجه سانتی‌گراد کمتر باشد مجاز نیست مگر این که وسایل کافی برای گرم نگاه داشتن محل و یا مصالح مصرفی پیش‌بینی شده باشد تا درجه حرارت از مقدار ذکر شده کمتر نشود.

▪ بند افقی سراسری

در بیش‌تری سازه‌های مکانیکی اعم از بندهای خشکه چین و یا ملات دارو یا دیوارسازی‌ها که با نمای درهم (بدون رج و نامرتب) ساخته می‌شود باید در هر $1/5$ متر ارتفاع، یک بند افقی (سراسری) در ضخامت دیوار ایجاد شود. این کار برای محدود کردن در هم ریختگی نما و مهم‌تر از آن، متعادل کردن دیوار برای انتقال بهتر نیروهای قائم به طرف پایین و پی‌دیوار انجام می‌شود.

▪ بافت دیوار

قفل و بست سنگ‌ها باید هم در نما و هم در ضخامت دیوار رعایت شود.

▪ بندها

در سطح جلو و پشت، بافت افقی و بافت قائم دیوار، هرگز نباید بیش‌تر از سه درز (محل اتصال دو سنگ توسط ملات) به هم برخورد کنند. یعنی هیچ‌گاه نباید یک درز چهارراهی تشکیل شود. در نما؛ طول درزهای قائم نباید از مجموع ارتفاع دو سنگ که بر روی هم قرار گرفته است، بیش‌تر باشد.

▪ همگنی

برای همگنی بیش تر در دیوارها، فاصله ی افقی بین دو درز قائم، در دو رج متوالی سنگ ها باید حداقل برابر با نصف ارتفاع رج ها باشد. ولی این اندازه در هیچ حالتی نباید از ۱۰ سانتی متر برای سنگ های قواره و با دبر و از ۱۵ سانتی متر برای سنگ های گونیا شده و یا سنگ هایی که نمای مربع شکل دارد کم تر باشد.

▪ محافظت

در دیواره سازی یا بندهای سنگی ملاتی پس از نصب سنگ در دیوار تا گیرایش ملات نباید ضربه ای به سنگ وارد شود. باید توجه داشت که هرگونه تیشه کاری، قلم کاری و نماسازی حتماً قبل از نصب سنگ در دیوار انجام شود. محافظت از سنگ در برابر عوامل جوی، به ویژه یخ زدگی، باید در کلیه ی مراحل استفاده از سنگ یعنی از لحظه ی رسیدن سنگ به کارگاه تا پایان عملیات بنایی به خوبی انجام گیرد.

▪ رفع آلودگی

قبل از استفاده از سنگ در دیوارهای سنگی- ملاتی باید کلیه ی آلودگی های آن را پاک کرد و در صورت لزوم سنگ را شست.

▪ مرطوب کردن

در هنگام بنایی [در مراحل دیوارسازی یا احداث بندهای سنگی ملاتی و ترجیحاً در بنا کردن دیوارها و بندهای خشکه چین] باید نخست سنگ ها را مرطوب کرده و سپس از آن ها استفاده کرد. در دیوارهای سنگی- ملاتی به علاوه قبل از این که یک سنگ کار گذاشته شود، سطح رویی سنگ های رج زیرین را باید تا آن جا که ممکن است تمیز کرد مختصر آب روی آن پاشید و سپس ملات را بر روی آن پخش کرد. دیوار تمام شده نیز باید متناسب با اقلیم و فصل تا مدتی پس از بنایی مرطوب نگاه داشته شود.

جدول شماره (۲-۹)، نشان دهنده ی تعاریف مربوط به بافت انواع نمادهای دیوارهای سنگی می باشد.

جدول شماره (۳-۹)، نشان دهنده ی تعریف عمومی برای دیوار سازی سنگی می باشد.

جدول شماره (۴-۹)، نشان دهنده ی تعاریف مربوط به کاربرد انواع سنگ در دیوارسازی سنگی می باشد

شکل شماره (۱-۹)، نشان دهنده ی وجوه مختلف سنگ می باشد.

نمودار شماره (۱-۹)، نشان دهنده ی انواع دیوارهای سنگی- ملاتی می باشد.

جدول (۹-۲). تعاریف مربوط به بافت انواع نماهای دیوارهای سنگی

تعریف	رج در دیوارهای سنگی
دیواری است متشکل از چندین رج که با رعایت اصول دیوار چینی سنگی بر روی هم قرار گرفته‌اند. ارتفاع کلیه سنگ‌ها در یک رج به اندازه‌ی ارتفاع همان رج می‌باشد ولی ارتفاع رج‌های گوناگون با هم مساوی یا نامساوی می‌باشند.	دیوار سنگی رج‌دار
دیوار سنگی رج‌داری است که ارتفاع برج‌های آن با هم برابر است.	دیوار سنگی با رج‌های نامساوی
هر گاه ارتفاع رج‌های دیوار سنگی یعنی ارتفاع کلیه سنگ‌های قابل دیده شدن در نمای دیوار با اختلاف ± 1 سانتی‌متر نسبت به ارتفاع تعیین شده‌ی سنگ‌ها با هم برابر باشند آن را اصطلاحاً «دیوار سنگی با رج‌های مساوی» می‌نامند.	دیوار سنگی با رج‌های مساوی
نوعی دیوار سنگی رج‌دار است که ارتفاع هر رج برابر با ارتفاع گوشه‌ی همان رج می‌باشد ولی به غیر از سنگ گوشه بقیه‌ی سنگ‌های هر رج می‌توانند دارای ارتفاعی کمتر از ارتفاع آن برج باشند به نحوی که قرار دادن ۲ تا ۳ سنگ بر روی هم ارتفاع رج کامل شود. این دیوار غالباً با رج‌های نامساوی بنا می‌شود ولی نوع رج‌های مساوی آن هم طرح و اجرا می‌گردد.	دیوار سنگی رج برده شده

جدول (۹-۳). تعاریف عمومی برای دیوارسازی سنگی

تعریف	نوع	مصالح پروژه
این سنگ در جریان حرکت و غلطیدن در مسیر رودخانه و برخورد با یکدیگر و بر اثر عمل فرسایشی آب بر روی آن؛ گوشه‌های تیز و لبه‌دارشان ساییده شده و سطح آن به صورت تقریباً صیقلی درآمده است. از جمله‌ی این سنگ‌ها سنگ قلوه رودخانه‌ای می‌باشد که حداقل قطر آن از ۵ سانتی‌متر بیش‌تر می‌باشد. کوچک‌ترین اندازه‌ی سنگ قلوه که در دیوارسازی سنگی مصرف می‌شود ۱۵ سانتی‌متر است. قلوه سنگ‌های با قطر کوچک‌تر از ۱۵ سانتی‌متر می‌توانند به عنوان سنگ‌های پرکننده در میان دیوار مصرف شوند.	سنگ‌های رودخانه‌ای	سنگ
این سنگ‌ها بیش‌تر لبه تیز هستند و مستقیماً از معدن سنگ و رگه‌ی کوه استخراج می‌شوند. عملیات استخراج به شیوه‌های گوناگون انجام می‌گیرد مانند استفاده از مواد سوزا (منفجره)، پتک و قلم‌های بزرگ یا چکش‌های ضربه‌ای هوای متراکم (دج بر). سنگ‌هایی را که با این شیوه‌ها از معدن استخراج می‌شوند اگر دارای حجم بزرگ باشند اصطلاحاً «سنگ قله» می‌نامند. چنین سنگ‌هایی را بنا به سفارش خریدار؛ در معدن یا کارگاه ساختمانی به اندازه‌های لازم قواره می‌کنند. از جمله این سنگ‌ها عبارتند از : ■ سنگ‌های لاشه این سنگ‌ها در حین عملیات استخراج یا در پی مراحل مختلف قواره کردن سنگ‌ها به دست می‌آیند. سنگ‌های لاشه شکل خاصی نداشته و دارای بر یا سطوح مشخصی نیستند و همان‌گونه که از معدن به دست آمده‌اند بدون هیچ‌گونه حک و اصلاح به کارگاه ساختمانی حمل می‌شوند. بنابر این تعریف؛ استفاده از سنگ لاشه بدون این که گوشه‌های تیز و لبه‌دار آن گرفته شود در دیوارسازی سنگی مجاز نیست مگر با قطر کمتر از ۱۵ سانتی‌متر که در آن صورت از کاربرد آن فقط به عنوان سنگ‌های پرکننده در میان دیوار مجاز می‌باشد.	سنگ‌های کوهی	سنگ

ادامه‌ی جدول (۹-۳). تعاریف عمومی برای دیوارسازی سنگی

مصالح و پروژه	نوع	تعریف
سنگ	سنگ کوهی	■ سنگ قواره^۱ هنگامی که گوشه‌های تیز و برنده‌ی سنگ لاشه را با چکش یا پتک بگیرند سنگ به دست آمده «سنگ قواره» نامیده می‌شود. کوچک‌ترین اندازه‌ی سنگ قواره ۱۵ سانتی‌متر است. تصویر شماره (۹-۹).
		■ سنگ بادبر یا رگه‌ای^۲ سنگی است که هنگام استخراج از معدن به کمک پتک آن را به صورت تقریبی مکعب مستطیل درمی‌آورند و سپس در کارگاه سطح‌نمای آن را حدوداً به صورت چهارگوش (مربع یا مستطیل) شکل می‌دهند. این کار برای داشتن درزهای افقی و قائم در دیوارهای رج‌دار و به رج برده شده و همچنین برای نظم بخشیدن به نمای دیوار انجام می‌گیرد. ریشه‌ی سنگ از طرف نما به طرف دم سنگ با استفاده از پتک کمی لاغرتر می‌شود تا عمل کنار هم قرار دادن سنگ‌ها به راحتی صورت گیرد. حداقل عرض و ارتفاع سنگ بادبر به ترتیب ۲۰ و ۱۵ سانتی‌متر و اندازه‌ی بارسنگ حداکثر ۴ سانتی‌متر است. تصویر شماره (۹-۳).
		■ سنگ سرتراش یا رگه‌ای کلنگی^۳ اگر سطوح قائم (جانبی) و سطوح افقی (مالات خوربالایی و پایینی) سنگ بادبر را در مجاورت نما به منظور داشتن درزهای ظریف‌تر در نمای دیوار با کمک کلنگ ویژه دست تراش کنند آن را سنگ "سرتراش" می‌نامند. اندازه‌ی قسمت‌های تراش خورده، از طرف نمای سنگ به طرف دم سنگ حداقل ۸ سانتی‌متر برای سطوح جانبی و ۱۲ سانتی‌متر برای سطوح بالایی و پایینی (مالات خور) سنگ می‌باشد. بقیه‌ی سنگ (دم) نیز با استفاده از چکش یا پتک کمی لاغرتر می‌شود تا عمل کنار هم قرار دادن سنگ‌ها به راحتی صورت گیرد.
		■ سنگ سرتراش گونیا شده نوعی سنگ سرتراش است که سطح نمای آن کاملاً به صورت مربع یا مستطیل درآمده است (با زوایای ۹۰ درجه)، تراش سطوح جانبی، بالایی و پایینی آن با کمک قلم و چکش به نحوی انجام می‌گیرد که حالت و حجم سرسنگ (به تبعیت از سطح نمای سنگ) به صورت مکعب یا مکعب مستطیل حفظ می‌شود. معمولاً چنین سنگی را به صورت ناماسر خود باقی نمی‌گذارند. بلکه نمای آن را تیشه‌داری کرده و به آن شکل‌های گوناگون می‌دهند.
		■ سنگ بادکوبه‌ای نوعی سنگ سرتراشی است که بنا به سفارش؛ دورتا دور سطح نمای آن را به عرض ۱/۵ تا ۳ سانتی‌متر، با قلم تراش می‌دهند (چفت) و بقیه‌ی سطح نما را که می‌تواند برجسته‌تر از قسمت قلم‌تراش شده دور سنگ باشد؛ تیشه‌داری می‌کنند. حداکثر مجاز این برجستگی (بارسنگ) ۴ سانتی‌متر خواهد بود. به چنین سنگی علاوه بر بادکوبه‌ای، سنگ رگه‌ای کلنگی لبه فتیله‌ای نیز می‌گویند. تصویر شماره (۹-۲).
		■ سنگ مکعبی سنگ مکعب یا مکعب مستطیل شکلی است که تمام وجوه آن تقریباً به صورت چهارگوش درآورده شده است. تصویر شماره (۹-۱۱). ■ سنگ تمام تراش اگر سطوح قائم (جانبی) و سطوح افقی (بالایی و پایینی) سنگ را از سطح نما تا انتهای ریشه دست تراش کنند به آن «سنگ تمام تراش» می‌گویند. معمولاً این سنگ در مواردی که بیش از یک سطح نمای سنگ مورد نیاز باشد به کار می‌رود. نماهای این سنگ را می‌توان دست تراش کرد یا با ابزار گوناگون شکل مختلفی به آن داد و زوایای سنگ می‌تواند کاملاً گونیا باشد که در این صورت برش سنگ با اره انجام می‌شود. تصویر شماره (۹-۴). - سنگ اندازه اگر سنگ تمام تراش طبقه اندازه‌ی مشخصی تهیه شده باشد «سنگ اندازه» نامیده می‌شود.

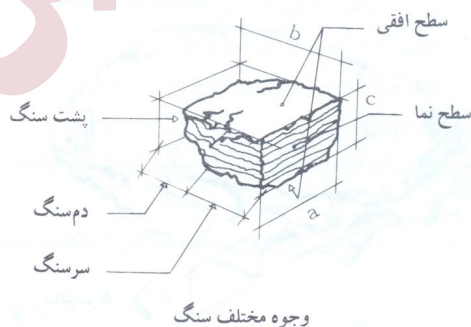
^۱ Moallon Brut^۲ Moellon^۳ Moellon Tetue

ادامه‌ی جدول (۳-۹). تعاریف عمومی برای دیوارسازی سنگی

تعریف	نوع	مصالح و پروژه
■ سنگ چند وجهی نامنظم ■ سنگی است که نمای آن به صورت چند وجهی نامنظم بوده و هر یک از زوایای آن حداقل ۹۰ درجه است. نمای این سنگ بیش‌تر به صورت پنج‌ضلعی و شش ضلعی درآورده می‌شود. ریشه‌ی آن از طرف نما به طرف دم کمی لاغرتر می‌شود، تا عمل کنار هم قرار دادن سنگ‌ها راحت‌تر صورت گیرد. حداقل اندازه‌ی ریشه‌ی این سنگ ۲۵ سانتی‌متر است. اندازه‌ی هر ضلع در سطح نمای سنگ‌های چندوجهی نباید کمتر از ۱۰ سانتی‌متر و بیش‌تر از اندازه‌ی ریشه‌ی سنگ باشد. سنگ چند وجهی نامنظم نباید بارسنگی بیش‌تر از ۴ سانتی‌متر داشته باشد. سنگ چند وجهی نامنظم شامل موارد زیر است: تصویر شماره (۹-۱۷). – سنگ چند وجهی نامنظم (عمقی): $a \geq 10\text{cm}, b \geq 25\text{cm}$ – سنگ چند وجهی نامنظم (راسته و کله): $a \geq 10\text{cm}, b \geq 25\text{cm}$ ■ سنگ لایه لایه (تخته‌ای) این سنگ همان‌گونه که از نامش پیداست سنگی است که در معدن و در بستر طبیعی خود به صورت لایه لایه پیدا و استخراج می‌شود و اصطلاحاً به آن سنگ تخته‌ای هم می‌گویند. این سنگ‌ها به دلیل لایه لایه بودن از استحکام چندانی برخوردار نیستند و اندازه‌های آن‌ها بستگی به ضخامت لایه‌ها و همچنین تخته‌های استخراج شده آن‌ها دارد. در کارگاه این سنگ‌ها را به اندازه‌های لازم قواره می‌کنند. حداقل ضخامت قابل قبول این سنگ‌ها برای دیوارسازی سنگی ۸ سانتی‌متر است. تصویر شماره (۹-۱۴).	سنگ کوهی	سنگ

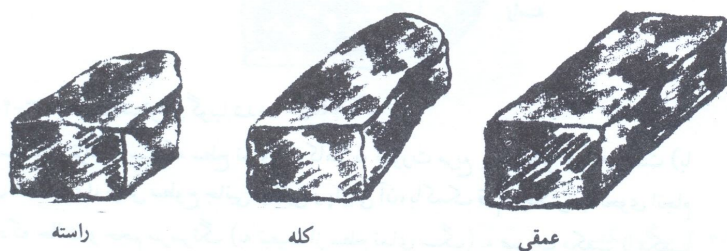
جدول (۴-۹). تعاریف مربوط به کاربرد سنگ در دیوارسازی سنگی

تعریف	نوع سنگ
قطعه سنگی است که طول اصلی آن در امتداد نمای دیوار قرار می‌گیرد ریشه‌ی آن نباید کمتر از ۱۵ سانتی‌متر باشد و طول آن نیز نباید در هیچ مورد از ۶۰ سانتی‌متر بیش‌تر شود. $a \geq b \geq c, 20\text{cm} \leq a \leq 50\text{cm}$ $b \geq 15\text{cm}$ قطعه سنگی است که طول اصلی آن در داخل دیوار (عمود بر سطح نما) قرار می‌گیرد و به دلیل داشتن ریشه در دل دیوار سبب استحکام آن می‌شود. سنگ‌های کله و عمقی که در زیر تعریف می‌شوند، از این نوع سنگ می‌باشند. تصویر شماره (۹-۱۰). سنگ بلند ریشه شامل: – سنگ کله^۱: دارای ابعاد زیر است: $\begin{cases} b \geq 1/5\text{cm} \\ bk. 3.0\text{cm} \end{cases} *$ * بین این دو شرط بزرگ‌ترین را انتخاب می‌کنیم. – سنگ عمقی^۲: از نظر ابعاد تابع اندازه‌های زیر است: $b \geq a \geq c \geq 15\text{cm}, 20 \leq a \leq 2\text{cm}$ $b > a \geq c \geq 15\text{cm}, c \leq a \leq 2c, b \geq \frac{2}{3}e$ e: ضخامت دیوار	سنگ کوتاه ریشه یا راسته ^۱
قطعه سنگی است که در گوشه‌ی دیوار قرار می‌گیرد و برای قفل و بست دو دیوار به هم یا تمام کردن دیوار در یک کنار (مانند جوانب در و پنجره) مورد استفاده واقع می‌شود. این سنگ معمولاً به شکل تقریبی مکعب مستطیلی (سنگ مکعبی) قواره می‌شود ولی در دیوارهای سنگی خوب، سطوح ملات‌خور (سطوح بالایی و پایینی) این سنگ را با چکش صاف کرده و زوایای آن را به صورت قائمه در می‌آورند. بدیهی است هر دو سطح نمای این سنگ را می‌توان تیشه‌داری کرد. تصویر شماره (۹-۱۳).	سنگ نبش یا گوشه ^۲



شکل (۹-۱). وجوه مختلف سنگ

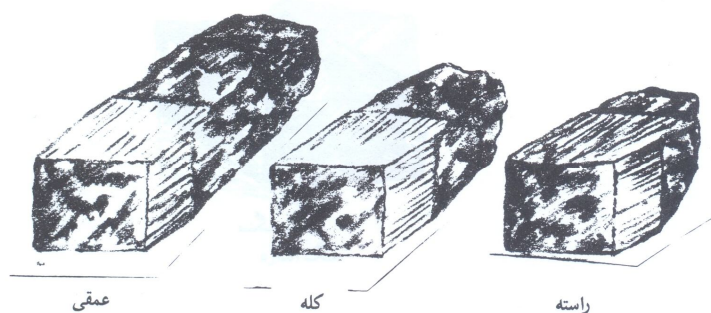
¹ Carreaum , stretcher² Boutisse , Header³ Parpaing , Throuth⁴ Quoin



شکل (۳-۹). سنگ بادپر یا رگه ای



شکل (۲-۹). سنگ بادکوبه‌ای



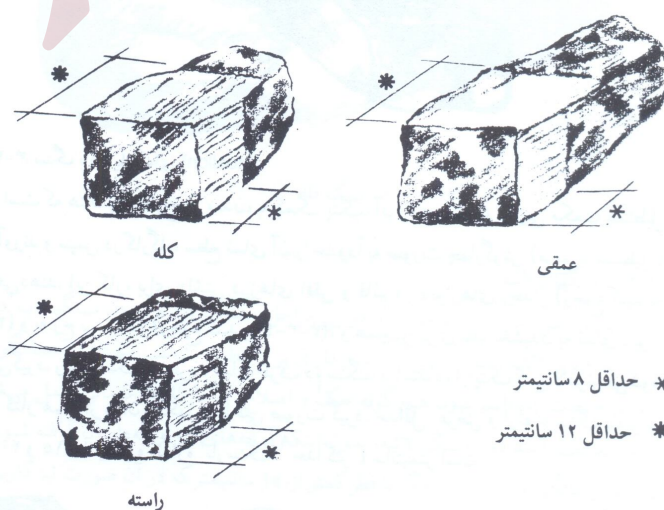
شکل (۵-۹). سنگ تراش گونیا شده



شکل (۴-۹). سنگ تمام تراش

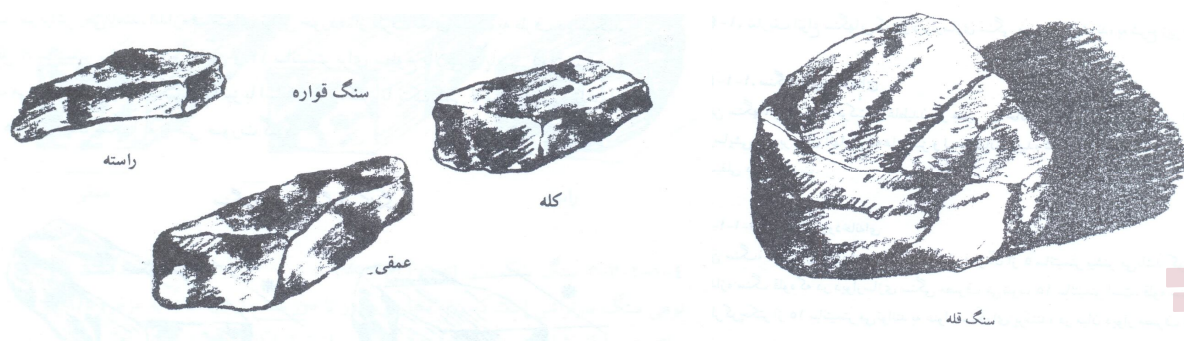


شکل (۷-۹). سنگ قلوه‌ی رودخانه‌ای



شکل (۶-۹). سنگ سرتراش یا رگه‌ای کلنگی

* حداقل ۸ سانتیمتر
* حداقل ۱۲ سانتیمتر

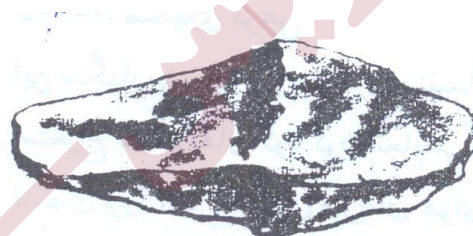


شکل (۹-۹). قواره

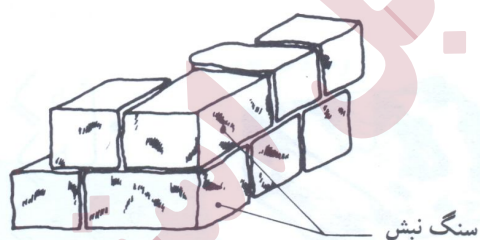
شکل (۸-۹). سنگ قله



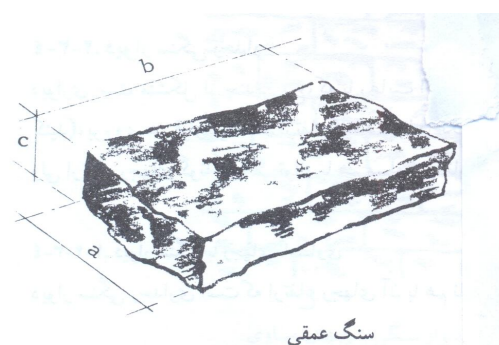
شکل (۱۱-۹). سنگ مکعبی



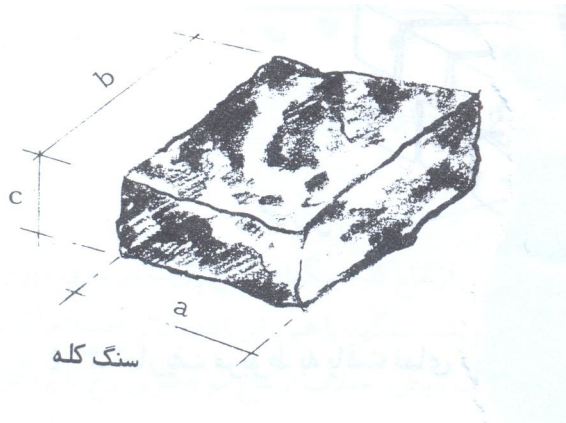
شکل (۱۰-۹). سنگ لاشه



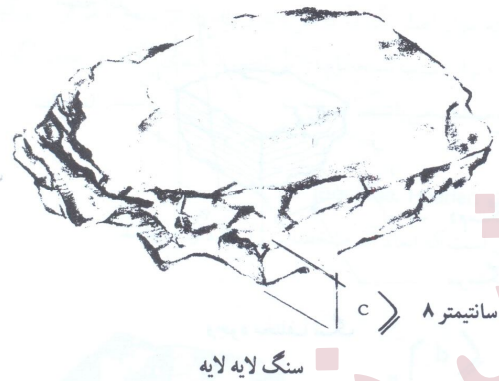
شکل (۱۳-۹). سنگ نبش



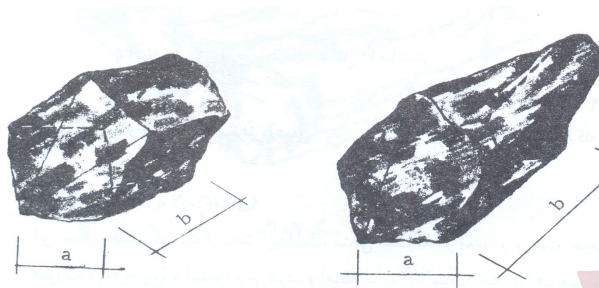
شکل (۱۲-۹). سنگ عمقی



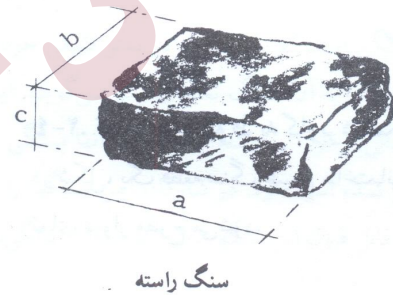
شکل (۹-۱۵). سنگ کله



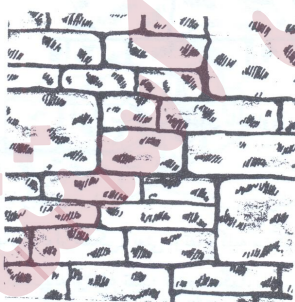
شکل (۹-۱۴). سنگ لایه لایه



شکل (۹-۱۷). سنگ چند وجهی نامنظم



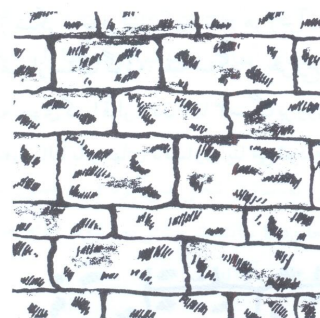
شکل (۹-۱۶). سنگ راسته



دیوار سنگی به رج برده شده



دیوار سنگی با رجهای مساوی



دیوار سنگی با رجهای نامساوی

شکل (۹-۲۰). دیوار سنگی با رجهای برده شده

شکل (۹-۱۹). دیوار سنگی با رجهای مساوی

شکل (۹-۱۸). دیوار سنگی با رجهای نامساوی

۹-۶- ملات‌های پیشنهادی برای دیوارسازی سنگی

به طور کلی انواع ملات زیر برای دیوارسازی سنگی پیشنهاد می‌شود:

▪ ملات ماسه سیمان

این ملات با حداقل ۲۰۰ کیلوگرم سیمان در متر مکعب ملات (یک حجم سیمان و شش حجم ماسه) تهیه می‌شود.

▪ ملات حرامزاده (باتارد)

این ملات با نسبت‌های زیر تهیه می‌شود:

۱۳۰ کیلوگرم سیمان + ۱۳۰ کیلوگرم گرد آهک شکفته + یک متر مکعب ماسه. باید توجه داشت که هیچ‌گاه نباید مقاومت و سختی ملات از مقاومت و سختی سنگ بیش‌تر شود زیرا سختی ملات ممکن است باعث تغییرات فیزیکی از جمله ترک خوردگی و خرد شدن سنگ گردد. انتخاب ملات مناسب برای بندکشی درزهای نما از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. مناسبیت سختی (نوع) و رنگ ملات با سختی و رنگ سنگ در دوام و زیبایی بندکش و نمای دیوار تأثیر فوق‌العاده‌ای دارد.

▪ نتیجه

به طور کلی برای تعیین بهترین و مناسب‌ترین از بین دسته‌بندی دوگانه ملات‌های ماسه سیمانی و ملات‌های حرامزاده (باتارد)، باید پارامترهایی از قبیل امکانات محلی آب و هوا (رطوبت، سرما، یخزدگی، و جز این‌ها)، اقلیم (وجود منابع محلی)، نوع دیوار (باربر، غیرباربر)، رنگ و جنس سنگ، کاربرد دیوار و امثال آن‌ها را در نظر گرفت.

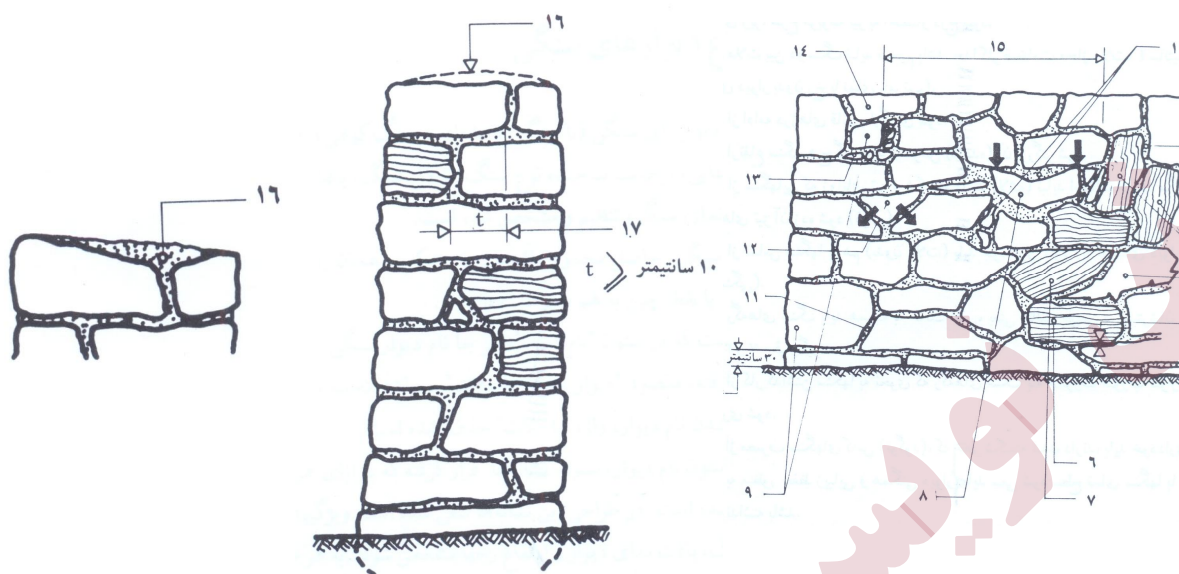
- با توجه به خصوصیات به کارگیری ملات‌ها در فعالیت‌های آبخیزداری و حفاظت خاک و نقش مورد انتظار این گونه پروژه‌ها در حفظ و نگهداشت آب و خاک لذا جهت کسب پایداری سازه‌های احداثی علاوه بر ملات‌های مورد اشاره‌ی فوق سایر ملات‌ها بسته نوع، اقلیم و مکان پروژه مطابق دستورالعمل مربوط به انواع سیمان و ملات مندرج در فصول دیگر گزارش حاضر اقدام گردد.

۹-۷- نکات اصولی در دیوار سنگی

▪ دیوارسازی

- در دیوارسازی سنگی لازم است قبل از هرگونه اقدام به بعضی نکات اصولی توجه شود. به منظور تسهیل شناخت این نکات؛ اصول مذکور به اختصار ارایه می‌شود.
- ملات بین دو سنگ نباید ضخیم باشد. حداکثر ضخامت مجاز ملات ۴ سانتی‌متر است (به استثنای دیوار بدون رج با نمای نامرتب).
- از ادامه‌ی درزهای قائم جلوگیری شود.
- ارتفاع سنگ هیچ‌گاه نباید از عرض (قاعده) آن بزرگ‌تر شود.
- از سنگ‌هایی که زوایای تیز و شکننده دارند (لاشه) نباید استفاده گردد مگر این که قبلاً گوشه‌های تیز آن زده شود (قواره).
- از تماس سنگ‌ها با هم (بدون ملات) باید خودداری شود (به استثنای دیوارهای خشکه چین سنگی).
- رگه‌های سنگ باید همیشه به حالت افقی یعنی حالت طبیعی در بسترشان قرار گیرند.
- از کار گذاشتن سنگ‌ها به نحوی که رگه‌های سنگ به صورت مورب قرار گیرد باید خودداری شود.

- از مصرف سنگ‌های کاس (توگود)، که خطر شکسته شدن دارند باید خودداری شود.
 - به منظور حفظ زیبایی و همگنی دیوار باید سعی شود سطح نمای سنگ‌ها با هم اختلاف زیادی نداشته باشد.
 - ارتفاع سنگ‌های پای دیوار یعنی فاصله‌ی اولین درز افقی تا زمین نباید از ۳۰ سانتی‌متر کمتر باشد.
 - بهتر است از ایجاد درزهای مورب به دلیل انتقال نامتجانس نیروها پرهیز شود.
 - از سنگ‌هایی که زوایای کمتر از ۹۰ درجه دارند نباید استفاده گردد (به استثنای دیوار بدون رج با نمای نامرتب)
 - از مصرف خرده سنگ‌ها در نمای دیوار باید خودداری شود.
 - نسبت تعداد سنگ‌های کله به بقیه سنگ‌ها نباید در هیچ حالتی کمتر از $\frac{1}{3}$ باشد.
 - فاصله‌ی محورهای دو سنگ کله از هم نباید بیش‌تر از ۱/۵ متر شود.
 - با استفاده از انواع سنگ‌های قوراه بایستی سنگ چینی به صورت کله-راسته انجام شود. تا قفل و بست لازم در رج‌ها به وجود آید.
 - در صورتی که دیوار سنگی در مجاورت ستون‌های بتنی یا فولادی قرار می‌گیرد بایستی مهارهای فلزی لازم به تعداد کافی و براساس نقشه‌های اجرایی در داخل ملات و در داخل دیوار سنگی قرار داده شده و به ستون مهار شود.
 - نظر به این که سازه‌های سنگی دارای قابلیت ارتجاعی و انعطاف کامل نبوده و قادر به تطبیق با نشست‌های غیرمعارف پی نیستند برای جلوگیری از نشست‌های نامتعارف و شکست‌های احتمالی در دیوارهای سنگی لازم است بستر دیوارها از طبیعت کامل برخوردار بوده و با اتخاذ تدابیری توزیع بار به بستر پی به صورت یکنواخت امکان‌پذیر باشد. برای تامین این نظر توصیه می‌شود در صورت رعایت ملاحظات فنی و اقتصادی؛ پی دیوارها از بتن یا سایر مصالح مورد تایید ساخته شود (خصوصاً در احداث سدهای خاکی و بندهای سنگی- ملاتی با کاربری نگه‌داری آب در سراب سازه).
 - عملیات بنایی باید در محیط با دمای مناسب صورت گیرد. اجرای عملیات بنایی در دیوارسازهای سنگی در درجه حرارت کمتر از ۵ درجه‌ی سانتی‌گراد به هیچ وجه مجاز نمی‌باشد اما در صورتی که طبق نظر و تایید دستگاه نظارت انجام این امر الزامی باشد؛ پیمانکار موظف است تدابیر لازم را برای تامین دمای مناسب اتخاذ نماید.
 - با توجه به پیش‌بینی‌های لازم از نظر مصالح و نیروی انسانی، پیمانکار باید حتی‌الامکان سعی نماید که عملیات ساختمانی در پایان کار روزانه در محل‌های پیش‌بینی شده (درزهای ساختمانی) به اتمام برسد. برای شروع مجدد کار بنایی باید بنایی قبلی کاملاً آب‌پاشی شده و در فاصله‌ی توقف و شروع مجدد، سطح کار کاملاً پوشیده و محفوظ ماند تا هیچ‌گونه صدمه‌ای به اتصال وارد نگردد.
 - پس از نصب سنگ در دیوار تا گیرایش ملات نباید ضربه‌ای به سنگ وارد شود. باید توجه داشت که هر گونه تیشه‌کاری، قلم‌کاری و نماسازی حتماً قبل از نصب سنگ در دیوار انجام شود.
 - محافظت از سنگ در برابر عوامل جوی به ویژه یخ‌زدگی باید در کلیه‌ی مراحل استفاده از سنگ یعنی از لحظه‌ی رسیدن سنگ به کارگاه تا پایان عملیات بنایی به خوی انجام گیرد.
 - بالای دیوار را نباید با ملات پوشاند. بلکه باید با پوشش مناسب (سنگی، بتنی یا فلزی)، دیوار را محافظت کرد.
 - عرض محل تکیه یک سنگ بر روی سنگ دیگر (فاصله‌ی افقی بین دو بند قائم) حداقل باید ۱۰ سانتی‌متر باشد.
- شکل (۹-۲۱) نشان دهنده‌ی نحوه‌ی دیوار سازی سنگی می‌باشد.



شکل‌های (۹-۲۱) .. نحوه‌ی دیوار سازی سنگی

■ بندکشی دیوارهای سنگی - ملاتی

نقش بندکشی پذیرش انبساط و انقباض سطحی و موضعی و توزیع آن به طور یکنواخت در نمای ساختمان است. علاوه بر آن بندکشی باید مانع داخل شدن آب و نفوذ رطوبت به قشرهای داخلی دیوارها و سایر قطعات پوششی گردد. از این رو ملات بندکشی باید ریزدانه و پرمایه بوده و از تراکم کافی برخوردار باشد تا مانع ایجاد خاصیت جاذبه‌ی مویی و انتقال رطوبت به عمق دیوار و سطوح داخلی بنا گردد. بندکشی به عنوان کار نهایی باید جذابیت نما (در بندها و دیوارهای سنگی - ملاتی) و منظره مطلوب را کامل و به اتمام برساند.

- آماده کردن زیرکار

تمامی درزها اعم از قائم و افقی باید معادل عمق بندکشی (۲۰ میلی‌متر برای بناهای سنگی) از ملات، خرده‌ریزهای مصالح بنایی، غبار و گرد و خاک و ملات‌هایی که به آسانی کنده می‌شوند و رنگ و روغن پاک شوند. برای ایجاد چسبندگی بیش‌تر باید جدار درزها با برس سیمی زیر، تمیز و سطح کار قبل از شروع بندکشی آب پاشی شود.

- عیار ملات و اندازه سنگ دانه‌ها

نفوذپذیری ملات باید چنان باشد که کاملاً در خلل و فرج بندها نفوذ کند و در عین حال از تراکم کافی برخوردار باشد تا مانع نفوذ آب به قشر داخل دیوار گردد. لذا ملات بندکشی باید پرمایه باشد. عیار سیمان ملات بندکشی باید از نوع ملاتی باشد که در ساختمان به کار رفته است حداقل عیار سیمان ۴۰۰ کیلوگرم در مترمکعب ملات و حداکثر قطر سنگدانه‌ها ۱ میلی‌متر خواهد بود. در صورت اختلاط حجمی این نسبت باید ۱ به ۴ باشد.

– رنگ بندکشی

به ملات بندکشی می‌توان طبق دستور دستگاه نظارت پودرهای رنگی اضافه و یا از سیمان رنگی استفاده نمود. میزان مصرف انواع پودر رنگ‌های مجاز در ملات نباید از ۱۰٪ وزن سیمان تجاوز کند و علاوه بر آن باید ضد قلیا بوده و در مقابل نور ثبات خود را در دراز مدت حفظ نماید.

– زمان بندکشی

مناسب‌ترین زمان برای بندکشی قبل از سخت شدن ملات دیوارهاست. در هر حال از بندکشی در هوای بسیار سرد و بسیار گرم و شرایط بارندگی باید خودداری نمود. چنانچه اجرای بندکشی در هوای بسیار سرد یا گرم الزامی باشد اتخاذ تدابیر مخصوص بتن‌ریزی در هوای بسیار گرم یا سرد الزامی است. در هوای گرم بندکشی باید از تابش مستقیم خورشید مصون باشد، دایما آب پاشی شود و همچنین با وسایل پوششی مناسب مرطوب نگه داشته شود. در هوای سرد بندکشی باید در روزهای آفتابی بین ساعات ۱۰ الی ۱۴ صورت گیرد از ماسه و آب گرم استفاده شود و نمای بندکشی شده با وسایل مناسب پوشانده و گرم نگه داشته شود.

– سرعت بندکشی

سرعت بندکشی به قسمتی از سطح‌نما که قرار است بندکشی شود بستگی دارد. قبل از گرفتن ملات بندکشی در رج‌های اولیه باید عمل بندکشی در رج‌های نهایی خاتمه یافته و برای عمل آوردن آماده گردد. بخصوص در هوای گرم و زیر تابش مستقیم آفتاب مرطوب نگاه داشتن بندها الزامی است. سرعت گرفتن بتن با تقلیل درجه‌ی حرارت محیط کاهش می‌یابد لذا هنگام بندکشی در هوای سرد سرعت بندکشی باید چنان باشد که فرصت کافی برای گرفتن بتن قبل از شروع یخبندان وجود داشته باشد.

– نظافت بعد از بندکشی

قبل از این که ملات کاملاً سفت شود باید به وسیله‌ی برس نرم، کهنه و خیس و قاشق‌های مخصوص ملات‌های زاید برداشته و نماسازی پاکیزه شود. ضخامت بندهای باید یکسان باقی بماند و رواداری‌های مقرر در نماسازی رعایت گردد.

– عمل آوردن و مراقبت از بندکشی ضمن گیرش

با توجه به شرایط اقلیمی آب‌پاشی باید ۳ تا ۴ بار در روز به مدت ۱۰ تا ۱۴ روز صورت پذیرد.

– شکل دادن به بندها

شکل بندکشی درزها باید چنان باشد که به راحتی آب‌های سطحی را دفع کند، رطوبت را خارج سازد و عمل زهکشی طبیعی را انجام دهد. ضخامت بندها باید از $\frac{3}{8}$ اینچ و یا یک سانتی‌متر بیش‌تر باشد. شیب منحنی بندهای گود یا برجسته باید چنان باشد که آب به مدت طولانی در آن باقی نماند در مورد بندهای برجسته باید مراقبت به عمل آید تا در قسمت فوقانی آن شیار طولی برای نفوذ آب ایجاد نشود زیرا توقف آب در این شیارها به علت خاصیت جاذبه مویی موجب نفوذ رطوبت خواهد شد. بهترین شکل بندکشی نوع توپر با انحنا داخلی اندک می‌باشد. هنگامی که هنوز ملات خمیری است باید به وسیله‌ی ابزار بندکشی آن را در داخل درز؛ فشرده و جابه‌جا ساخت به طوری که تماس کامل با جدار حاصل گردد.

باید توجه داشت که سنگ‌های مورد استفاده باید دارای دانسیته کافی بوده و سبک نباشد ($G_s > 2.5 \text{ kg/m}^3$) و آزمایشات مختلف چون درصد جذب آب، واکنش با سولفات‌ها و مقاومت در برابر ۱۲ سیکل ذوب و انجماد بر روی نمونه‌های آنها انجام و در

صورت مناسب بودن مورد استفاده قرار می‌گیرند. از دیگر نکات مهم در طراحی پوشش سنگی شیروانی بالادست می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- پس از محاسبه ی W میانه ، مقدار W ماکزیمم (چهار برابر W میانه) و W مینیمم (یک هشتم W میانه) به عنوان ماکزیمم و مینیمم وزن سنگ‌های قابل استفاده در پوشش شیروانی بالادست تعیین می‌شوند.
- **ریپ‌رپ در تثبیت شیب**

در فعالیتهای آبخیزداری عملیات ریپ‌رپ نیز برای حفاظت شیب‌های ناپایدار مورد استفاده قرار می‌گیرد. ریپ‌رپ مانع سنگی مقاوم به فرسایش است. این مانع جهت حفاظت خاک از فرسایش کناری رودخانه به کار می‌رود، همچنین از ریپ‌رپ برای حفاظت شیب‌های ناپایدار استفاده می‌شود. موارد استعمال ریپ‌رپ را می‌توان برای تثبیت شیب‌های بریده شده، ریپ‌رها و کف کنار کانال‌ها، ورودی و خروجی مجاز آب، پل‌ها، زهکش شیب‌ها و کنار آبراهه‌ها استفاده کرد. ریپ‌رپ در شیب‌های بسیار تند پایداری ندارند. برای شیب‌های بیش از ۱:۲ جهت جلوگیری از فرسایش باید از سازه‌های دیگری استفاده نمود. مولن و همکاران (Smolen et al, 1988) پیشنهاداتی برای طراحی ریپ‌رپ ارائه کرده‌اند:

ابعاد ذرات: باید به جای ابعاد یکسال سنگ ترکیبی از انواع ابعاد مختلف استفاده شود.

جدول شماره (۹-۵)، نشان‌دهنده ی ابعاد سنگ در ریپ‌رها دارد. این ابعاد بستگی به حداکثر جریان آب دارند.

جدول (۹-۵). ابعاد سنگ در ریپ‌رها

(From Ohio Department Transportation Construction & Material Specifications, 1997)

Velocity Stream During High Flows	Size Range Largest Diameter of Rock	
2-6 Feet/Second	4" – 12" average 6"	ODOT Type D
6-8 Feet/Second	6" – 18" average 12"	ODOT Type C
8-10 Feet/Second	12" – 24" average 18"	ODOT Type B
10-12 Feet/Second	18" – 30" average 24"	ODOT Type A

منبع جدول:

1) <http://www.dnr.state.oh.us/water/push/fs-st/stfs16/Tabia/4171/Default.aspx>

2) [www.stormwater authority.org/assets/Riprap.pdf](http://www.stormwaterauthority.org/assets/Riprap.pdf)

کیفیت سنگ: ریپ‌رپ باید بادوام باشد به طوری که چرخه‌های ذوب و یخبندان در کوتاه‌مدت نباید به ریپ‌رپ صدمه‌ای وارد کند، سنگ‌های آتش‌فشان هم‌چون گرانیت برای ساخت ریپ‌رپ مناسب هستند.

عمق ریپ‌رپ: ضخامت لایه ی ریپ‌رپ باد حداقل ۲ برابر قطر سنگ‌ها باشد. معمولاً بین ریپ‌رپ و خاک سطحی زیر ریپ‌رپ قرار می‌گیرد و از جابه‌جایی خاک جلوگیری می‌کند.

۹-۸-۲- مصالح بندهای کوتاه (چکدم)

طراحی موقعیت و نحوه‌ی بندهای آبخیزداری در هر اقلیمی لازم است بر اساس استانداردهای مربوط باشد. اصولاً برای یک گالی دائمی، معیار اصلی به منظور انتخاب روش کنترل سازه‌ای، بر اساس مساحت حوزه‌ی گالی، شیب و طول کانال گالی می‌باشد. قسمت‌های مختلف کانال گالی اصلی و گالی‌های فرعی توسط موانع خاکی، علفی و چکدم‌های سنگی، چوبی و بوته‌ای تثبیت می‌گردد. بخش‌های پایینی گالی با چکدم‌های سنگی و تخته سنگی تثبیت می‌گردد. رای مثال در نقطه‌ای از پایین ترین بخش گالی

اصلی باید یک برون زد سنگی، چکدم گابیونی یا بنای سیمانی احداث گردد. اگر نقطه‌ای ثابتی در کانال وجود داشته باشد از سد کمکی (گابیون و یا سیمانی)، در جلوی اولین چکدم احداث می‌گردد. نقاط احداث چکدم‌های دیگر بر اساس شیب کانال گالی و ارتفاع مفید چکدم تعیین می‌گردد. معیار انتخاب اقدام‌های کنترلی برای گالی‌های دایمی به شرح زیر می‌باشد :

اگر مساحت حوزه‌ی آبخیز گالی ۲ هکتار یا کمتر باشد، سازه‌ی مورد نیاز : در بالای راس گالی (سر خندق) احداث کانال‌ها یا آبراهه‌های انحرافی. اگر طول کانال گالی ۱۰۰ متر یا کمتر (از راس گالی) و شیب کانال گالی مختلف و مساحت حوزه‌ی آبخیز گالی ۲ هکتار یا کمتر باشد، سازه‌ی مورد نیاز (حداکثر ۱۰۰ متر از راس گالی) : بندهای فلزی سبک، چکدم‌های سنگی، چوبی و بوته‌ای می‌باشد. این سازه‌ها برای گالی‌های فرعی نیز استفاده می‌شود. اگر طول کانال گالی ۹۰۰ متر و شیب کانال ۷۰ متر یا کمتر و مساحت ۲-۲۰ هکتار باشد، سازه‌ی مورد نیاز (بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ متر از راس گالی)، چکدم‌های تخته سنگی احداث می‌گردد. اگر لازم باشد، دیواره‌ی نگهدارنده‌ی بین چکدم‌ها، معمولاً به جای احداث چکدم تخته سنگی، اولین چکدم را گابیون یا چکدم سیمانی احداث می‌کنند.

تمامی سازه‌های احداث شده باید همراه با کشت گیاهان (درخت، نهال و بوته متناسب با شرایط محیطی و اقلیمی منطقه‌ی مطالعه و اجرای سازه به ترتیبی که در جلد دوم گزارش و در مبحث عملیات بیولوژیکی ارائه خواهد شد) . در استفاده از این استانداردها، اختلافی بین گالی‌های واقع در حوزه‌های کوهستانی و حوزه‌های نیمه کوهستانی وجود ندارد. در حوزه‌های نیمه کوهستانی بیشترین شیب کانال گالی اصلی می‌تواند بین ۳۰-۴۰ درصد باشد. در نواحی تقریباً پست و در پای تپه‌ها، زمین‌های مرتعی و کشاورزی، این شیب کمتر از ۳۰-۴۰ درصد می‌باشد. از معیارهای دیگر یعنی طول گالی اصلی برای نواحی تپه‌ای و پست مشابه می‌باشد.

جدول شماره‌ی (۹-۶)، انواع چکدم و خصوصیات، شرایط احداث و نیز دلایل معمول شکست آن را نشان می‌دهد. با توجه به عنوان فصل حاضر مصالح مورد نیاز احداث چکدم‌های تخته سنگی (خشکه چین) و سنگی ملاتی ارائه می‌شود. مصلح و اصول فنی احداث چکدم الواری در فصل مربوط تشریح خواهد شد.

جدول (۹-۶). انواع چکدم و خصوصیات، شرایط احداث و دلایل معمول شکست آن

(منبع: ویلاک دکتر علی حقی زاده، استادیار دانشگاه لرستان، ۱۳۹۱)

انواع چکدم	عملکرد فرسایشی	ابعاد متوسط کانال	ابعاد ذرات خاک	عمر مفید	شرایط خاص مکانی	دلایل معمول شکست
STRAW WATLESS	کم	۱-۲ فوت عمق و بیش از ۶ فوت پهنا	ریز تا درشت	۲-۵ سال	با استفاده از تکه‌های چوب به منظور تجدید پوشش گیاهی استفاده می‌گردد.	به خوبی حفاظت نمی‌شود و فرسایش خاک بسیار زیاد می‌باشد.
STRAW BAIE	کم	بیش از ۳ فوت عمق و پهنا ۳-۶ فوت	ریز تا درشت	۲-۳ سال	تنها در مکان‌هایی که امکان بذکاری وجود دارد و با پوشش گیاهی طبیعی سریعا حاصل می‌گردد.	صدمات جانوران، فرسایش بسیار زیاد- لنگه‌های bales به خوبی در کناره‌های کانال جای نگرفته‌اند.
Rock	کم تا بسیار	بیش از ۳ فوت عمق و ۴ فوت پهنا	درشت	بستگی به نوع چوب تا بیش از ۲۰ سال	-	چوب کیفیت مناسبی ندارد. فرسایش بسیار زیاد است، سرریز کوچک است.
LOG	کامل تا متوسط	بیش از ۳ فوت عمق و ۴ فوت پهنا	درشت	بستگی به نوع چوب از ۵ تا ۲۰ سال	در خاک‌های گراولی با مواد آلی زیاد (مثل برگ‌ها یا شاخه‌ای کوچک) بهترین نتیجه را می‌دهد.	فاصله‌ی بین الوار بسیار زیاد- سرریز کوچک
BOARD	کم تا بسیار	۲-۵ فوت عمق و ۲- ۱۰ فوت پهنا	ریز تا درشت	بستگی به نوع چوب تا ۲۰ سال	-	چوب کیفیت مناسبی ندارد- فرسایش بسیار زیاد است- سرریز کوچک است.
BRUSH AND ROCK DAMS	کم	بیش از ۳ فوت عمق و بیش از ۴ فوت پهنا	ریز تا درشت	۲-۳ سال، اگر از ستون‌های چوبی زنده استفاده گردد نامعین می‌باشد.	فقط در کانال‌هایی که طی فصول خاص آب جریان دارد و سیلاب کمی در این کانال‌ها روی می‌دهد.	اتصال به خوبی صورت نگرفته و سنگ‌ها بسیار کوچک هستند. پوشش گیاهی کافی نیست و در تابستان خشک شده و از بین می‌روند. کناره‌ها و کف کانال به خوبی حفاظت نمی‌گردد.
POST AND BRUSH DAMS	کم تا متوسط	بیش از ۳ فوت عمق و بیش از ۴ فوت پهنا	ریز تا درشت	۲-۳ سال، اگر از ستون‌های چوبی زنده استفاده گردد نامعین می‌باشد.	-	اتصال به خوبی صورت نگرفته. پوشش گیاهی کافی نیست و در تابستان خشک شده و از بین می‌روند.
DIRT BERM	کم	بیش از ۱۸ اینچ عمق و پهنای نامعین	ریز	اگر پوشش گیاهی داشته باشد نامعین می‌باشد.	فقط در کانال‌هایی که طی فصول خاصی آب جریان دارد و سیلاب کمی در این کانال‌ها روی می‌دهد.	جریان آب بسیار زیاد، فرسایش بسیار فعال، تجدید پوشش گیاهی وجود ندارد و پوشش گیاهی در تابستان خشک می‌شود.

▪ چکدم‌های تخته سنگی (خشکه چین)

از قرار دادن تخته سنگ‌های زاویه دار در عرض گالی‌ها ساخته می‌شوند. هدف از احداث این چکدم‌ها، کنترل فرسایش کانال گالی و توقف فرسایش آبشاری با تثبیت راس گالی می‌باشد. چکدم‌های تخته سنگی برای تثبیت گالی‌های کوچک و اولیه و یا انشعاب‌های گالی‌های بزرگ تر استفاده می‌شوند. طول کانال این گالی‌ها آن طور که آمد کمتر از ۱۰۰ متر و مساحت حوزه‌ی آبخیز در برگیرنده‌ی گالی کمتر از ۲ هکتار است. احداث چکدم‌های تخته سنگی محدودیت منطقه‌ای ندارد و در هر منطقه‌ای می‌توان آن‌ها را احداث نمود. حداکثر ارتفاع موثر چکدم تخته سنگی ۱ متر است و عمق پی کمتر از ۰/۵ متر می‌باشد. ضخامت این بندها در سطح سرریز ۰/۵ تا ۰/۷ متر است. شیب تمامی پایاب این چکدم‌ها ۲۰ درصد می‌باشد و تمامی سرآب چکدم‌های تخته سنگی

معمولا قائم است. طول پی این چکدها از طول سرریز بیشتر می‌باشد. پی بال‌ها در این چکدها طوری بایستی ساخته شود که بال‌ها حداقل در ۵۰ سانتی متری گالی از هر طرف چکدم فرو روند. تخته سنگ‌های استفاده شده در تاج و قسمت‌های میانی بایستی بزرگ تر از بخش‌های دیگر باشند. به منظور مقابله با سیلاب‌های تند باید بال‌های چکدم توسط دیوار ه‌های بالی محافظت شوند. زاویه‌ی بین دیواره‌ی بالی و بال ۳۰ تا ۴۵ درجه می‌باشد. ارتفاع دیواره‌های بالی باید برابر با عمق سرریز باشد. بالای دیواره‌های بالی را می‌توان با خاک پر کرد. شکل سرریز این چکدها عموما مقعر می‌باشد. سنگ‌های مورد استفاده در احداث بندهای خشکه چین لازم است به نوعی قفل و بند داشته باشند تا در مقابل سیلاب‌ها مقاومت داشته باشند به همین منظور بهتر است از سنگ‌های نسبتا بزرگ (با قطر بالای ۵۰-۶۰ سانتی متر) در این پروژه‌ها استفاده شود. برای دریافت شرح مبسوط در این رابطه به نشریه ی شماره ۱۳/۲ از مجموعه دستورالعمل‌های حفاظتی فائو ، با عنوان دستورالعمل مهار فرسایش خندقی ارجاع داده می‌شود.

▪ بند (چکدم) سنگ چین ملات دار

این بند (سد) ها جزو بند (سدهای وزنی می‌باشند که با مصالح سنگ و سیمان ساخته می‌شوند. حداقل ابعاد سنگ‌ها در این بند (سد) ها عبارت است از : ۱۵ سانتی متر ارتفاع، ۴۰ سانتی متر طول و ۲۰ سانتی متر عرض

سنگ‌هایی که در احداث چکدهای سنگی - ملاتی به کار می‌روند بایستی علاوه بر سختی قابل قبول دارای مقاومت کافی نسبت به یخ زدگی باشند. مقدار مواد لازم برای ساختن ۱ متر مکعب ملات در احداث این سازه‌ها شامل ۳۵۰ کیلوگرم سیمان، ۱ متر مکعب شن شسته شده و ۲۲۰ لیتر آب می‌باشد. عمق پی در این نوع بند (سد) ها در حدود ۱/۵ متر ارتفاع سد بعلاوه ضخامت پاشنه‌ها بوده که حدود ۴ تا ۶ متر در پایاب می‌باشد. برای نمونه و در ادامه نحوه‌ی استفاده از مصالح در بند (سد) سنگی - ملاتی تشریح می‌گردد:

▪ روش ساختمان بندهای سنگی ملاتی

- کف و دیواره‌های سنگی بستر بایستی از خاک، سنگ‌های سست و ترک خورده و مواد آلی عاری گشته و سطوحی که بر اثر فرسایش صاف و صیقلی شده‌اند با کاربرد تیشه‌های سنگتراشی یا مته‌های بادی (کمپرسی) ناصاف گردد.

- حفره‌هایی به قطر ۳-۴ سانتی‌متر به عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متر و به فواصل ۱-۱/۵ متر در محور بند در کف و تکیه‌گاه‌ها حفر گردیده و مفتول‌هایی به قطر ۱۶-۱۲ میلی‌متر در آنها کار گذاشته می‌شوند به گونه‌ای که دست کم برابر یک سوم ارتفاع نهایی بند از سنگ خارج گردند. حد فاصل مفتول‌ها و دیواره‌ی حفرات با ملات سیمان و ماسه پر می‌شود.

- برای ایجاد تماس بیشتر بین بند و پی سنگی، مخلوط غلیظ سیمان و آب بر روی سطح سنگی ناصاف ریخته شده و سطح آن به وسیله‌ی جارو ناصاف می‌گردد.

- سپس قالبی از تخته، آجر، سنگ سست یا سنگی محکم (که جزئی از بند به شمار می‌رود) آماده می‌گردد. در ساختن قالب‌های سنگی و آجری از ملات ۶ حجم ماسه و یک حجم سیمان استفاده می‌شود. تمام فاصله‌های سنگ‌ها و آجرها بایستی با این ملات پر گردد. هر چند نوع این بندها استفاده از بتون‌های پرمقاومت را در آنها توجیه نمی‌نماید زیرا برای بندهای وزنی مقاومتی زیاد لازم نیست. مع‌ذلک استفاده از مصالح مرغوب به صرفه نزدیکتر است. در صورت کاربرد قالب آجری، پوشاندن داخل آن با یک لایه‌ی پلاستیک ضروری است. زیرا جذب آب به وسیله‌ی آجر موجب از دست رفتن آب بتن و کاهش مقاومت آن می‌گردد.

سیمان بایستی تازه و ماسه عاری از خاک و مواد آلی باشد. ماسه‌ی رودخانه‌ای در صورت خلوص مناسب بوده در غیر این صورت بایستی شسته شود. پاکی سنگ شکسته نیز به همان اندازه‌ی نظافت ماسه اهمیت دارد. پیوستگی اهمیت دارد. پیوستگی قطر سنگ شکسته الزامی بوده و دامنه‌ی قطر ۵۰-۲ میلی‌متر توصیه شده است. استفاده از ریگ رودخانه در صورت نبودن سنگ شکسته نیز مرسوم است. مناسب‌ترین مخلوط برای بتن‌ریزی این گونه بندها یک حجم سیمان، ۳ حجم ماسه و ۶ حجم سنگ شکسته می‌باشد. برای تهیه‌ی یک مترمکعب بتن به ۱۵/۰ مترمکعب سیمان، ۵۰/۰ مترمکعب ماسه، ۱۰۰/۱ مترمکعب سنگ شکسته و ۷۰ لیتر آب نیاز است. در صورت استفاده از دستگاه بتن‌ساز (بتونیر) ابتدا سنگ شکسته، سپس ماسه، بعداً سیمان و بالاخره آب به نسبت‌های فوق‌الذکر در داخل دستگاه ریخته می‌شود. در غیر این صورت ابتدا سیمان و ماسه خشک کاملاً ممزوج، سپس سنگ شکسته و در آخر آب به مخلوط اضافه می‌گردد. برای جلوگیری از آلودگی بتن با خاک معمولاً از یک ورقه‌ی آهنی، یک قطعه تخته‌ی چند لایه یا ورقه‌های پلاستیکی استفاده می‌شود. به کار گرفتن دستگاه‌های لرزاننده (ویبراتور) برای خارج کردن هوا از بتن و رساندن آن به بیشترین چگالی، مفید است. کاربرد چوبدستی یا بیل، در صورت نبودن وسایل بهتر نیز تا حدی موثر می‌باشد.

از آن‌جا که سطح خارجی بتن بر اثر خشک شدن تدریجی (حداقل به مدت یک هفته) از مقاومتی مناسب برخوردار می‌گردد، پوشاندن قسمت‌های احداث شده با کیسه و گونی مرطوب و آب دادن مرتب آن‌ها برای عمل آوردن بتن ضروری است. بهترین زمان برای احداث این سازه‌ها هنگامی است که خطر یخبندان وجود نداشته و هوا نیز مرطوب باشد. فصل زمستان برای مناطق گرم و بهار برای مناطق معتدل و سرد ایران برای ساختن بندهای بتونی مناسب است. پیشگیری از آلودگی بتن با خاک، و یخ زدن و خشکیدن سریع آن در صورت رعایت بقیه نکات ذکر شده تضمین کننده تهیه‌ی بتونی با کیفیتی مرغوب می‌باشد. برای دریافت روش‌های اجرایی بندهای اصلاحی سنگ و سیمانی (سنگی - ملاتی) به نشریه‌ی شماره ۱۳/۲ از مجموعه دستورالعمل‌های حفاظتی فائو با عنوان دستورالعمل مهار فرسایش خندقی ارجاع داده می‌شود.

توجه:

- سیمان، مصالح ریز و درشت دانه و آبی که در تهیه و عمل آوردن بتن مورد استفاده قرار می‌گیرند بایستی از کیفیتی قابل قبول برخوردار باشند. جریان آب‌های گچی (سولفات) از سازندهای رزک و گچساران در جنوب ایران و همچنین وجود یون‌های سولفات، سدیم و پتاسیم در مصالح ریز و درشت دانه، خوردگی، ترک برداشتن و فروریختگی بتن را سبب می‌گردند. به همین ترتیب، استفاده از آهک‌رس خرد شده به جای شن و ماسه خرابی ساختمان‌های بتونی را به دنبال دارد. بذل توجه در این موارد از احتمال بروز عواقب نامطلوب می‌کاهد.
- ازدیاد مقاومت بتن در مقابل خوردگی سولفات‌ها با استفاده از موادی به نام پوزولان‌ها میسر است. گاهی اوقات سیمان ضد سولفات در معرض فروش می‌باشد. شن و ماسه بایستی فاقد ذرات گچی و آهک‌رسی باشد گچ با رنگ آن و خراشیده شدن با ناخن و آهک‌رس با وارفتگی پس از خیس خوردن در آب به آسانی شناخته می‌شوند. گرچه مهندسان آمریکایی استفاده از آب شور و آبی را که سولفات محتوی آن از ۳ گرم در لیتر تجاوز نکند مجاز دانسته‌اند بهتر است آبی که در تهیه‌ی بتن و عمل آوردن آن مصرف می‌شود قابل شرب باشد.
- یخ‌زدگی بتن در زمان تهیه و عمل آوردن آن از دیگر عوامل خرابی ساختمان‌های بتنی به شمار می‌رود. گروهی از مهندسان چینی بتن‌ریزی را در دمای کمتر از ۳ درجه ی سانتی‌گراد مجاز نمی‌دانند اندیشیدن تمهیداتی برای جلوگیری از یخ‌زدگی بتن و ترک خوردگی پیامد آن در حرارت‌های پایین لازم است.

فصل ۱۰

استانداردهای مواد پوششی و رنگهای مناسب

چشم خوش - عید قابل استناد

۱۰- مواد پوششی، رنگهای مناسب و پلیمرها

۱۰-۱- دامنه‌ی کاربرد

در بسیاری فعالیت‌های اصلاح و احیای مراتع و نیز حفاظت خاک و آبخیزداری به کارگیری مصالح در ارتباط با «آب» و نیز «هوا» اجتناب‌ناپذیر است. در چنین شرایطی «زنگ زدگی» و یا «خوردگی» مصالح سبب کاهش طول عمر سازه‌ی احداثی و افزایش هزینه‌های طرح در فاز نگهداری و احیانا بازسازی می‌شود. بنابراین در مجموعه فعالیت‌های آبخیزداری و مصالح آن‌جا که خطر زنگ‌زدگی، پوسیدگی و یا خوردگی مصالح فلزی و یا چوبی محسوس باشد به منظور جلوگیری از پدیده‌های زنگ زدگی و خوردگی مصالح استفاده از مواد پوششی و رنگ‌های مناسب توصیه می‌شود که در ادامه شرح تفصیلی انواع مواد پوششی و رنگ‌های مذکور و نیز شیوه‌ی به کارگیری آن مطابق با استانداردهای و ضوابط فنی انتشار یافته ارایه می‌گردد. آبخیزداری مانند هر علم دیگری ضمن این که متکی بر تجربیات و دانش بومی می‌باشد اما از نتایج سایر علوم و دانش در عملیات‌های مکانیکی و غیره بهرمنند می‌گردد. تولیدات مصنوعی مانند پلیمرها از جوانب فنی و اقتصادی امروزه به بخش جدا نشدنی مصالح در فعالیت‌های سازه‌ای تبدیل شده‌اند. آبخیزداری نیز می‌تواند با رعایت جوانب فنی و اقتصادی مورد اشاره از این مصنوعات در فعالیت‌های عمرانی و سازه‌ای خود استفاده نماید. به همین مناسبت در فصل پیش رو به برخی کاربردهای پلیمرها در آبخیزداری اشاره می‌شود. در بهره‌گیری از انواع پلیمرها، رعایت ضوابط و دستورلعمل‌های مربوط توصیه می‌شود.

۱۰-۲- تعاریف

قیر جسمی است به رنگ سیاه مایل به قهوه‌ای و چسباننده که از تعدادی هیدروکربور ساخته شده است. امروزه دو نوع قیر معدنی و نفتی در ساختمان مصرف می‌شود.

زفت قطران^۱ جسم جامد یا نیمه جامدی است که در اثر پالایش و تقطیر قطران خام و فرار مواد فرار از آن به جا می‌ماند. قطران خام حاصل حرارت مواد آلی مانند چوب، زغال سنگ، تورب و نظایر آن‌ها در ظروف سریسته و دور از هواست.

امولسیون‌های^۲ قیر مخلوطی از دانه‌های خیلی ریز (یا گلبول) قیر و آب به رنگ قهوه‌ای است که ریزی دانه‌های قیر حدود ۱ تا ۱۰ میکرون می‌باشد. برای جلوگیری از چسبیدن گلبول‌های قیر به یکدیگر آن‌ها را با ماده‌ای به نام امولگاتر اندود می‌کنند. بسته به نوع امولگاتر؛ اموسیون‌ها را به کاتیونی، آنیونی و کلوییدی تقسیم می‌کنند.

۱۰-۳- انطباق با مشخصات و استاندارد

۱۰-۳-۱- انطباق با مشخصات و استانداردها (رنگ‌ها)

رنگ‌های ساختمانی مورد مصرف در هر پروژه باید از نقطه نظر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، مکانیکی، رنگ و دیگر مشخصه‌های ظاهری با آن چه در نقشه‌ها، دستورکارها، مشخصات فنی خصوصی و سایر مدارک پیمان ذکر شده است منطبق باشند.

^۱ Pitch

^۲ Emulsions

نمونه رنگ‌های مصرفی چه از نقطه‌نظر تعیین کارخانه‌ی سازنده مواد و چه به لحاظ رنگ‌بندی باید قبلاً به تصویب دستگاه نظارت برسد. ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی فرآورده‌های رنگی و روش‌های آزمایش آن‌ها باید مطابق استانداردهای ایرانی زیر باشد:

- استانداردهای: ۲۸۹-۵ ۲۵-۲۹۳-۳۰۷-۳۳۹-۴۴۱-۵۲۶-۹۱۴-۱۱۳۵-۱۱۷۱-۱۱۷۶-۱۳۳۳-۱۳۳۴-۱۳۳۵-۱۴۹۳-۱۵۱۸-۱۵۵۴-۱۶۹۷-۱۶۹۸-۱۶۹۹-۱۷۰۰-۱۸۲۳-۱۸۲۴-۲۰۴۵-۲۰۴۷-۲۱۷۷-۲۲۲۵-۲۲۲۷-۲۲۲۸-۲۲۲۹-۲۲۳۸-۲۲۴۸-۲۹۱۹-۲۹۲۰-۲۹۲۱-۲۹۵۹- نشریه‌ی شماره ۵۵ (تجدید نظر دوم): فصل پوشش‌های محافظ و زینتی، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- نشریه‌ی شماره ۵۵ (تجدید نظر دوم): فصل رنگ‌آمیزی، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- نشریه‌ی شماره ۱۰۸: فصل رنگ‌آمیزی، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- اندودقیری^۱: قسمت‌های ۲-۲ و ۲-۴ از استاندارد ۲۰۳ A WWA-C.
- اندودقیری- آستری^۲: قسمت‌های ۲-۱ از استاندارد Awwa-C.
- خمیر قیری^۳: براساس قسمت ۶۴T-۱۰/۰۲ از استاندارد SSPC - PS^۵، زیر عنوان اجرای سرد خمیر قیری و مصالح آن با استاندارد MIL - C 18480 A، قسمت دارای عنوان «مصالح قیری».
- رنگ گالوانیزه‌ی تعمیری^۶: استاندارد مشخصات فدرال آمریکا MIL - P 21023.
- سیستم رنگ ویتیل^۷: استاندارد USBR - C 126 یا استاندارد 64 T - PS4/02 - SSPC.
- رنگ فنولی آلومینیومی^۸: استاندارد فدرال آمریکا به شماره TT - A - 32 Oa زیر عنوان «رنگ آلومینیومی برای انواع پودر یا خمیر»، تیپ II کلاس b با ۳/۷۵ لیتر (معادل یک گالن آمریکایی) روغن جلای فنولی^۹ طبق همان استاندارد به شماره TT - V - 119.
- رنگ آستری آلکاید^{۱۱}: استاندارد فدرال آمریکا - قسمت TT - P - 86 C.
- رنگ آلومینیومی: استاندارد فدرال آمریکا - بخش TT - A - 32 Oa (از مخلوط نمودن ۹۰۰ گرم (معادل ۲ پوند) خمیر آلومینیوم، استاندارد فدرال آمریکا به شماره TT - v - 81 C (تیپ II کلاس B، با ۳/۷۸۵ لیتر (معادل یک گالن آمریکایی) روغن جلای.
- محلول ضد رنگ^{۱۲}: استاندارد ارتش آمریکا MIL - C - 11796 B (1) CLASS 2.
- استاندارد ایرانی دیگری که تا زمان انعقاد پیمان در باره مواد و فرآورده‌های رنگی تدوین و تجدید نظر شود.

¹ Non ferrous

² Coal tar enema

³ American water works ASSOCIATION

⁴ Coal tar masTic

⁵ u.S. Steel Strvctvre

⁶ u.S. Military SpecificaTions

⁷ Galvanized rapair paint

⁸ Vinyle paint sysTem

⁹ Alviminivm ph enolic paint

¹⁰ Varnish

¹¹ Alkyd priming

¹² Rust preventive compound

تا زمانی که استاندارد ایرانی در پاره‌ای از موارد تدوین نشده باشد در درجه‌ی اول استانداردهای سازمان بین‌المللی استاندارد ISO معتبر خواهد بود و در صورت نبودن استاندارد بین‌المللی به ترتیب استاندارد آلمانی DNI، بریتانیایی BS و آمریکایی ASTM ملاک عمل قرار خواهد گرفت.

۱۰-۳-۲- انطباق با مشخصات و استانداردها (چسباننده‌های سیاه)

انواع قیر و قطران مصرفی در هر کار باید از نظر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، مکانیکی و مشخصه‌های ظاهری با آنچه در نقشه‌ها، دستور کارها، مشخصات فنی خصوصی و سایر مدارک پیمان ذکر شده است منطبق باشد. نمونه‌های چسباننده‌های سیاه مورد مصرف باید قبلاً به تصویب دستگاه نظارت برسد. ویژگی‌های قیرهای مصرفی و روش‌های آزمایش آن‌ها باید مطابق استانداردهای زیر باشد:

- استاندارد شماره ۱۲۴: قیر (کلیات و تقسیم‌بندی).
- استاندارد شماره ۱۲۵: مشخصات قیرهای مایع.
- استاندارد شماره ۱۲۶: مشخصات قیرهای جامد.
- استاندارد شماره ۲۱۱: عایق‌کاری ساختمان به وسیله قیر.
- استاندارد شماره ۵۱۷: اصطلاح‌های مواد قیری و غیرقیری که در ساختمان، راه و پوشش به کار می‌رود.
- استاندارد شماره ۲۱: پوشش جدار لوله‌ها و اتصالات فولادی با مواد قیری یا قطران، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- نشریه‌ی شماره ۲۱۰: پوشش جدار لوله‌ها و اتصالات فولادی با مواد قیر نفتی یا قطران ذغال‌سنگی، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- نشریه‌ی شماره ۳: کتاب هسته‌های قیری برای سدهای خاکی و سنگریزه، امور آب، دفتر فنی، وزارت نیرو.
- انطباق با مشخصات و استانداردها (ملات ماسه سیمان).
- نشریه‌ی شماره ۱۵۵: دستورالعمل تعیین هدایت الکتریکی خاک، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- استاندارد شماره ۵۹۷: روش آزمون شناور مواد قیری.
- استاندارد شماره ۶۰۲: روش اندازه‌گیری قابلیت کشش مواد قیری.
- استاندارد شماره ۱۶۸۹: روش آزمایش استخراج کمی قیر از مخلوط‌ها و مصالح سنگی و قیر روسازی جاده.
- استاندارد شماره ۱۶۹۰: روش تعیین چگالی ظاهری مخلوط‌های متراکم قیری با استفاده از نمونه‌های اندود شده با پارافین.
- استاندارد شماره ۱۶۹۱: روش تعیین درجه‌ی تراکم رویه‌ی ساخته شده از مخلوط قیر و مصالح سنگی.
- استاندارد شماره ۲۹۴۹: روش آزمون اثر لکه در مواد قیری.
- استاندارد شماره ۲۹۵۱: روش آزمون تعیین نقطه‌ی نرمی مواد قیری.
- استاندارد شماره ۲۹۵۲: ویژگی عایق‌های رطوبتی در ساختمان (قیرگونی).
- استاندارد شماره ۲۹۵۳: روش آزمون تعیین حلالیت مواد قیری در تری کلرواتیلن.
- استاندارد شماره ۲۹۵۴: روش اندازه‌گیری نقطه‌ی اشتعال قیر به طریقه‌ی باز.
- استاندارد شماره ۲۹۵۵: روش آزمون قابلیت کشش مواد قیری.
- استاندارد شماره ۲۹۵۶: روش آزمون تعیین وزن مخصوص قیرهای جامد و نیمه جامد.

- استاندارد شماره ۲۹۵۷: روش آزمون تعیین افت حرارت مواد قیری.
 - استاندارد شماره ۳۸۶۵: روش آزمون تعیین درجه‌ی نفوذ قیری.
 - استاندارد شماره ۳۸۶۶: روش آزمون قابلیت کشش مواد قیری.
 - استاندارد شماره ۳۸۶۷: روش آزمون تعیین نقطه‌ی شکست قیر و مواد قیری - آزمایش فراگیری.
 - استاندارد شماره ۳۸۶۸: روش آزمون تعیین درجه‌ی نرمی مواد قیری.
 - استاندارد شماره ۳۸۶۹: ویژگی‌های قیر اصلاح شده.
 - استاندارد شماره ۳۸۷۲: روش آزمون تعیین وزن مخصوص قیرهای جامد.
 - استاندارد شماره ۳۸۷۳: روش آزمون تعیین وزن مخصوص قیرهای نیمه جامد.
 - استاندارد شماره ۳۸۷۴: روش آزمون اندازه‌گیری دانسیته‌ی نسبی قیر جامد.
 - هر استاندارد ایرانی دیگری که تا زمان انعقاد پیمان درباره چسباننده‌های سیاه تدوین یا تجدیدنظر شود.
 - استاندارد شماره ۳۳۲: آیین‌نامه‌ی طراحی بنادر و سازه‌های دریایی ایران (جلد ۲ - مصالح و جلد ۵ - موج شکن‌ها و سازه‌های بتنی).
 - استاندارد شماره ۳۴۵: راهنمای طراحی و ضوابط اجرایی تقویت ساختمان‌های بتنی موجود با استفاده از الیاف تقویتی
 - استاندارد شماره ۳۳۲: راهنمای طراحی، ساخت و نگهداری پوشش‌ها در کارهای مهندسی رودخانه.
- زمانی که استاندارد ایرانی در پاره‌ای از موارد تدوین نشده باشد در درجه‌ی اول استانداردهای «سازمان بین‌المللی استاندارد ISO» معتبر خواهد بود و در صورت نبودن استاندارد مذکور به ترتیب استانداردهای آمریکایی ASTM و بریتانیایی BS ملاک عمل قرار خواهد گرفت.

۱۰-۴- مواد پوششی و رنگ‌های مناسب برای مصارف گوناگون

حداقل شرایطی که رنگ بایستی دارای باشد تا مورد استفاده قرار بگیرد به شرح زیر است :

مواد رنگی مصرفی باید از نظر شکل ظاهری سالم و عاری از مواد باشند که در اثر عوامل جوی و هوازدگی خراب می‌شوند و به کیفیت آن‌ها صدمه می‌زنند. ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، مکانیکی، بهداشتی و دوام مواد رنگی نباید با آن‌چه در نقشه‌ها و مشخصات، تعیین شده مغایرت داشته باشد. اثر گرما، پرتوهای خورشیدی، بخارها و گازهای مختلف از جمله بخار آب، مایعات گوناگون و نظایر آن باید با استانداردهای مربوط مطابقت داشته باشند. میزان رنگ پدیدگی، هوازدگی و تجزیه‌ی مواد رنگی که در معرض نور خورشید و عوامل جوی دیگر قرار می‌گیرند (مانند رنگ‌های خارجی روی سطوح مختلف) نیز اهمیت ویژه‌ای دارند که باید مورد توجه قرار گیرند. رنگ‌های ساخته شده مصرفی باید در کارخانه‌های معتبر رنگ‌سازی و مطابق استانداردهای مربوط ساخته شده و در ظروف سالمی که در آن باز نشده و دارای برچسب ویژه‌ی سازنده است به کارگاه تحویل گردد. در مواردی که مواد رنگی در کارخانه تهیه نمی‌شود و بالاچار در کارگاه باید ساخته شود؛ قبل از شروع به کار باید مواد اولیه‌ی آن تهیه و به تصویب دستگاه نظارت برسد. رنگ داخل ظروف قبل از مصرف باید به دقت به هم زده شود. تا محتویات آن به صورت کاملاً یکنواخت درآید. چنان‌چه در سطح رنگ پوسته‌ای تشکیل شده باشد باید قبل از آمیختن آن را جدا نمود. مواد رنگی ساخته شده آماده به مصرف باید مطابق دستورالعمل کارخانه‌ی سازنده به کار روند و جز در مواردی که سازنده‌ی مواد توصیه نموده است از رقیق کردن رنگ خودداری گردد

و در صورت رقیق کردن باید از مواد مورد نظر کارخانه‌ی سازنده استفاده شود. مصرف رنگ‌های متفرقه‌ی کهنه به هیچ وجه جایز نبوده و پیمانکار موظف به جمع‌آوری و حمل آن به خارج از کارگاه می‌باشد.

جدول شماره (۱۰-۱)، نشان دهنده‌ی مواد پوششی و رنگ‌های مناسب برای مصارف گوناگون می‌باشد.

جدول (۱۰-۱). مواد پوششی و رنگ‌های مناسب برای مصارف گوناگون

ردیف	محل مصرف	نوع مواد مناسب و متداول
۱	در شرایط عادی در داخل ساختمان	پرایمر اولتورزینی حاوی سیلیکون سرب قلبایی، کرومات، اکسید فریک، دی‌اکسید تیتانیوم، فسفیت سرب، دی‌بازیک یا دوده یا آستر و رویه‌ی روغنی یا انواع دل خواه مناسب دیگر
	سطوح خارجی رویارو با عوامل جوی	الکید عادی محتوی سرنج، انواع رنگ‌های پر آلومینیوم، آستر و رویه‌ی روغنی یا انواع دل خواه مناسب دیگر
	شرایط غیرعادی: مواجهه با بخار، مواد شیمیایی و تعریق	پرایمر اپوکسی حاوی سرنج یا پودر آلومینیوم زیاد، آستر و رویه‌ی روغنی یا انواع دل خواه مناسب دیگر
۲	سطوح آلومینیومی	پرایمر از نوع کرومات روی آستر و رویه از انواع روغنی و مناسب غیرسربی
۳	سطوح فلزی گالوانیزه و روی	پرایمر ویژه‌ی کرومات روی یا پلمبات کلسیم آستر و رویه‌ی انواع روغنی و مناسب دیگر
۴	سطوح مسی	پرایمر عادی ویژه‌ی سطوح فلزی، آستر و رویه‌ی انواع روغنی مناسب دیگر
۵	سطوح قیری یا قیر اندود	شلاک، پرایمر آلومینیومی، سیلر از نوع امولسیون لاتکس آستر و رویه‌ی هر نوع رنگ مناسب دل خواه
۶	سطوح فرآورده‌های پنبه‌ی کوهی سیمان	پرایمر ضد قلیا مانند پرایمر حاوی لاستیک مصنوعی آستر و رویه‌ی رنگ دل خواه مناسب
۷	خشک و عادی از قلیا	سیلر لاتکس امولسیونی یا یک سیلر پرایمر اولتورزینی رویه از نوع مناسب دل خواه
	نم و قلبایی	پرایمر ضد قلبایی لاستیک مصنوعی کلره یا پلی‌استر اپوکسی آستر و رویه‌ی رنگ استخری
۸	خشک و عاری از قلیا	پرایمر از نوع لاتکس فیلر
	نم و قلبایی	پرایمر ضد قلیا
۹	پلاستیک‌های گرم سخت، ملامین، اوره و فنل فرم آلیدید	اغلب رنگ‌های متداول که حلالشان اثر سونی بر پلاستیک نداشته باشد به صورت آستر و رویه
۱۰	پی وی سی	یک لایه‌ی آستر و رویه بر پایه‌ی الکید
۱۱	سطوح چوبی (رنگ رویه از انواع رنگ و جلای مورد دل خواه)	پرایمر از لعاب الکید رویه‌ی رنگ یا لعاب، چوب سخت چشمه‌ی تنگ، مواد رنگرزی، رویه‌ی مواد رنگرزی، چوب رگه‌ی درشت نرم طبیعی یا رنگرزی شده، پرایمر جلای براق الکید (۵۰٪) رقیق شده، چوب چشم باز سخت طبیعی یا رنگرزی شده، خمیر طبیعی چوب یا روغن عمل آمده (نظیر تانگ یا بزرک)، چوب کف طبیعی یا رنگرزی شده، رگه‌ی فشرده روغن عمل آمده، رگه‌ی باز خمیر طبیعی چوب، چوب خود رنگ اپوکسی پلی‌استر براق شفاف برای تامین دوام عالی، چوب لعاب زده‌ی لعاب الکید که (۲۵٪) با حلال معدنی رقیق شده باشد.
۱۲	سطوح گچی	لایه‌های آستر و رویه از رنگ روغن، الکید، امولسیونی پلاستیکی، لعابی، رنگ رویه از امولسیونی پلاستیکی روی زیرسازی روغنی

۱۰-۵- اجرای رنگ‌آمیزی

■ آماده‌سازی محل رنگ‌آمیزی

قبل از رنگ‌آمیزی، کلیه‌ی سطوح باید کاملاً تمیز شده و عاری از مواد زاید باشد. موادی مانند روغن، گریس و واکس باید قبل‌به‌وسیله‌ی تراشیدن یا به‌وسیله‌ی برس آغشته به مواد حلال پاک و تمیز شود. محل‌های جوشکاری باید برای رنگ‌آمیزی کاملاً تمیز و صاف گردد. پس از این مرحله سطح کار باید با ماسه پاشی یا روش‌های مشابه به صورت یک سطح کاملاً صیقلی آماده شود. قبل از اجرای رنگ‌آمیزی هر نوع گرد و غبار باید از سطح کار زدوده شود. آماده‌سازی سطح کار برای رنگ‌آمیزی با رنگ وینیل باید مطابق قسمت ۳-VR از استاندارد ۱۲۶ USBR-C یا استاندارد کارهای فلزی آمریکا به شماره T SSPC-SP ۶۳-۱۰ باشد. آماده‌سازی سطح کار برای رنگ‌آمیزی خمیری قیری باید مطابق استاندارد کارهای فلزی آمریکا به شماره SSPC-۶۳-۶ صورت گیرد. قبل از شروع رنگ‌آمیزی باید تمام سطوح را کاملاً تمیز، خشک و آماده نمود به قسمی که برای پذیرفتن رنگ شرایط مناسبی داشته باشند و در هر مورد شروع کار منوط به تایید مهندس ناظر خواهد بود.

پیمانکار باید کار را به نقاشان ماهر واگذار نماید و اگر در حین کار مشخص شود که عوامل انتخاب شده مهارت لازم را برای اجرای کار ندارند نسبت به تعویض و جایگزینی آن‌ها با افراد ذیصلاح اقدام نماید. در مورد انتخاب رنگ باید با توجه به جنس و شرایط سطح رنگ شونده و هدف‌هایی که رنگ از لحاظ پایداری و ظاهر کار باید تامین نماید اقدام گردد. رنگ قشرهای مختلف باید در عین انطباق با یکدیگر به راحتی از هم قابل تشخیص باشند و رنگ مصرفی باید سطح مورد نظر را کاملاً پوشش نماید. علاوه بر نکات فوق باید دقت گردد که آستر و رویه رنگ از یک کارخانه تهیه شود تا هر دو از یک ضریب کشسانی^۱ برخوردار بوده و از پوست سوسماری شدن^۲ رنگ جلوگیری گردد. پیمانکار باید رنگ تازه را از گرد و خاک محافظت نموده و سطح رنگ‌آمیزی را تا زمان تحویل موقت حفاظت نماید. اگر در حین اجرای کار و قبل از تحویل موقت قسمت‌هایی از آن به هر علت صدمه دیده باشد نسبت به تجدید رنگ‌آمیزی آن قسمت‌ها اقدام نماید. رنگ‌آمیزی در هوای سرد (پایین‌تر از ۵ درجه‌ی سلیسیوس) شرایط نامناسب جوی، بارندگی و یا رطوبت بیش از حد (طبق کاتالوگ کارخانه‌ی سازنده) قابل قبول نیست. در شرایط زیر پیمانکار مجاز به رنگ‌آمیزی کارهای فلزی نمی‌باشد:

- درجه حرارت محیط کمتر از ۷ درجه‌ی سانتی‌گراد.
- درجه حرارت سطح فلز کمتر از ۳ درجه‌ی سانتی‌گراد بالای نقطه‌ی شبنم ۲ محیط.
- درجه‌ی حرارت محیط بیش‌تر از ۳۸ درجه‌ی سانتی‌گراد.
- درجه حرارت سطح کار بالاتر از ۴۴ درجه‌ی سانتی‌گراد.
- در شرایط بارانی یا طوفانی.

لایه‌های رنگ‌آمیزی که در اثر بارگیری، حمل، جوشکاری یا کارهای مشابه صدمه دیده باشند باید مجدداً با روش ارایه شده در این فصل تمیز و رنگ‌آمیزی شوند. هنگام شروع هر قشر رنگ‌آمیزی، قشر قبلی (بخصوص در مورد اجرای کار با قلم‌مو) باید خشک و تمیز باشد. انجماد رنگ‌ها در تمام حالات، مضر و مخرب بوده و مخصوصاً در انبار کردن رنگ‌ها باید بدان توجه خاص شود.

^۱ Elasticity

^۲ Dew point

همچنین اگر رنگ آمیزی تازه تمام شده باشد و یخ بندان شروع شود و سطوح رنگ شده در اثر انجماد از بین برود باید نسبت به تجدید رنگ آن‌ها اقدام گردد. بخارهای مختلف، آلودگی هوا و دود کارخانجات صنعتی مخصوصاً آمونیاک و انیدرید سولفور بر روی سطوح تازه نقاشی شده اثر مخرب دارند. برنامه کار را باید طوری تنظیم نمود که رنگ آمیزی در مواقعی که آلودگی هوا کم تر است انجام شود. براساس توصیه های کارخانه های سازنده ی مصالح رنگ آمیزی تمام این مصالح باید قبل از مصرف کاملاً مخلوط شوند. سطح کار باید قبل از اجرا از رطوبت و مواد اضافی کاملاً تمیز و پاک شود. توصیه می شود عمل تمیز کردن روغن یا رطوبت به وسیله ی هوای تحت فشار صورت بگیرد. هر دست رنگ آمیزی باید به صورت ممتد بدون موج و بی وقفه در سطح کار پاشیده شده و پس از سخت شدن لایه زیرین و تصویب دستگاه نظارت دست دوم رنگ آمیزی انجام شود.

۱۰-۵-۱- آماده کردن و زیرسازی سطوح برای رنگ آمیزی

▪ آماده کردن سطوح اندودکاری

یکی از مسایل مهم در نقاشی سطوح اندودکاری، فراهم ساختن تدارکات مناسب به منظور آماده نمودن آن سطوح برای پذیرفتن رنگ است. واژه ی تدارک نه تنها شامل تمیز کردن، صاف کردن و یا سایر عملیات لازم بوده بلکه شامل پیش بینی و تمهیدات مناسب برای دوران عمل آمدن رنگ نیز می باشد. دوران عمل آمدن به زمانی اطلاق می گردد که پس از سپری شدن آن مدت می توان اطمینان حاصل نمود که سطوح رنگ شده به حالت ثابت و مناسبی برسد. این پیش بینی مخصوصاً در مورد سطوح بتنی و سیمانی و سایر اندودها، بسیار مهم است. سطح آماده برای رنگ کاری باید تمیز، خشک و سفت بوده ولی ترد و شکننده نباشد و حتی الامکان به شرایط ثابت و پایداری رسیده باشد. این سطح باید چنان صاف و نرم باشد که بتوان سطح نهایی رنگ شده ی مورد لزوم را با استفاده از رنگ مناسب به دست آورد.

▪ آماده کردن سطوح اندود سیمانی و بتنی

رنگ آمیزی روی سطوح اندود سیمانی و بتنی وقتی مجاز است که این سطوح کاملاً خشک شده باشند. مشکلات رنگ کاری روی سطوح خشک نشده سیمانی از باقیمانده ی رطوبت آب مورد مصرف برای ساخت و یا عمل آوردن آن ها ناشی می شود. این رطوبت باعث ترکیب مواد قلیایی سیمان با رنگ هایی که نسبت به قلیا حساس هستند می شود. وقتی سطوح بتنی وس یمانی کاملاً خشک شوند این خطر کاهش می یابد.

مشکل دیگری که ممکن است بروز نماید خلل و فرج گوناگون و گاهی ترک های بیش از حد در سطوح بتنی است که باید قبل از رنگ آمیزی نسبت به اصلاح آن ها اقدام نمود. به طور کلی رنگ های مورد مصرف برای سطوح سیمانی باید دارای PH^1 بالا باشند. پاره ای از سطوح بتنی مانند سطوح اعضا و قطعات پیش ساخته ممکن است کاملاً صاف باشند در این موارد باید تدابیری برای حصول اطمینان از چسبندگی رنگ با سطوح زیرین آن ها اتخاذ گردد. و غن هایی که در موقع قالب بندی مورد استفاده قرار گرفته و روی سطوح بتنی باقی می مانند ممکن است باعث از دست رفتن یا کم شدن خاصیت چسبندگی رنگ به سطح گردند. این گونه لکه های روغنی را باید با برس زدن، سائیدن و یا شستشو با مواد پاک کننده برطرف نمود. سطوح بتنی را قبل از رنگ آمیزی باید با جاروی سفت، برس سیمی، آب تحت فشار و یا هوای فشرده از آلودگی یا گرد و غبار پاک کرد.

¹ Hydrogen Potential

در مود آماده‌سازی کارهای چوبی رعایت نکات زیر کردن کارهای چوبی الزامی است :

- رنگ‌آمیزی سطوح چوبی وقتی مجاز است که چوب کاملاً خشک شده باشد.
- تمامی ترک، درزها و سوراخ‌ها باید تمیز گردد. گره‌های چوب را باید بیرون آورده و محل ترک‌ها درزها و گره‌ها با چوب یا بطانه پر و سطوح با سمباده متوسط صاف شود. بدیهی است در صورت لزوم باید بطانه‌کاری در چند دست انجام گردد.
- در موارد استثنایی که قطعات چوب از یک طرف در معرض رطوبت قرار می‌گیرند باید اول آن قسمت از چوب که مجاورت با محیط مرطوب است به وسیله‌ی رنگ مخصوص مقاوم در مقابل جذب رطوبت رنگ شود.
- به طور کلی باید در نظر داشت که هر سطح چوبی که در تماس با آجر، سیمان یا مصالح ساختمانی مشابه قرار می‌گیرد قبل از نصب و ثابت کردن آن در محل خود در دو دست رنگ‌آمیزی شود.
- اگر سطح چوب در معرض خطر موریانه قرار می‌گیرد باید رنگ مقاوم در مقابل موریانه به آن زده شود.
- قبل از مصرف هر گونه ماده‌ی جلا دهنده، باید سطح کار سمباده زده شود به طوری که پس از رنگ‌آمیزی با مواد جلا دهنده‌ی زیبایی طبیعی کامل چوب ظاهر گردد. برای چوب‌های صمغی باید سمباده‌هایی به کار برده شود که فاصله‌ی ذرات آن‌ها از یکدیگر بیش‌تر باشد و برای سمباده زدن سطوح منحنی، باید وسیله‌ای ساخت که کاغذ سمباده به آن بسته شده و اجرای کار را ساده نماید.
- برای به دست آوردن سطوح خیلی صاف روی چوب‌های خیلی سخت، ابتدا سطح کار را با اسفنج مرطوب کرده و سپس صبر می‌کنند تا خشک شود این عمل بافت سطح چوب را متورم ساخته و عمل سمباده زنی روی آن را آسان می‌سازد.

▪ آماده کردن کارهای فلزی

در مورد کارهای فلزی که عمدتاً سطوح آهنی می‌باشند؛ نکات زیر باید رعایت گردد :

- سطوح کارهای فلزی قبل از رنگ‌کاری باید کاملاً خشک باشند.
- زنگ زدگی‌ها پوسته‌ی رنگ، روغن و مواد زائد دیگر برطرف گردند.
- قطعاتی که در کارخانه ساخته می‌شوند باید قبل از نصب با یک دست ضد زنگ رنگ آمیزی شده و پس از نصب لکه‌گیری شوند. این رنگ‌ها باید از نوع رنگ‌هایی باشند که در درجه‌های حرارت پایین در مدت زمانی کوتاه خشک می‌شوند اگر چنین رنگ‌هایی در دسترس نباشند باید برای خشک شدن سریع رنگ را حرارت داد که این فرایند را اصطلاحاً کور کردن یا پختن می‌نامند.
- قطعات فولادی که با پوشش‌های غیرسیمانی پوشیده می‌شوند، باید قبلاً با ضدزنگ رنگ‌آمیزی شوند.
- زنگ‌زدگی‌های مختصر را می‌توان به کمک سمباده‌ی زبر و یا برس سیمی برطرف ساخت ولی اگر زنگ‌زدگی شدید باشد باید به وسیله‌ی ابزارهای برقی، ماسه‌پاشی^۱ و نظایر آن نسبت به زنگ‌زدایی اقدام نمود.
- اگر برای زنگ‌زدایی از مواد شیمیایی استفاده می‌شود باید علاوه بر رعایت دستور کارخانه‌ی سازنده مصرف این مواد قبلاً به تایید دستگاه نظارت برسد.

▪ تمیز نگاه داشتن اطراف کار

^۱ Sand Blasting

یکی از مسایل مهم رنگ آمیزی که شامل عملیات مربوط به آماده کردن کار نیز می شود نظافت می باشد و به طور کلی باید با رعایت نظم و ترتیب دقت نمود که لوازم کارگاه و غیره به رنگ نشوند. قبل از رنگ آمیزی باید تمامی لوازم کارگاه را در معرض کار به وسیله ی پلاستیک، پارچه و نظایر آن پوشانید. ظروف محتوی رنگ باید همه روزه پس از مصرف با حلال های مناسب تمیز شوند، برس ها، کارکردها و سایر اشیا و ظروف بعد از مصرف باید تمیز شده و به صورت مناسبی انبار شوند. یراق آلات و وسایل الکتریکی را که غالباً برداشتن و نصب مجدد آن ها با اشکال مواجه است باید با پوشاندن و یا طرق مناسب دیگری از آغشته شدن به رنگ محافظت نمود. قسمت هایی از ماشین آلات، تلمبه ها، شیرها و سایر دستگاه ها که رنگ نمی شوند باید با پوشش مناسب و یا آغشته کردن کامل آن ها با قشر نازکی از گریس و یا طرق مناسب دیگر، از رنگ محافظت شود در صورت لزوم به منظور رنگ زدن قسمت هایی نظیر پشت رادیاتورها و زیر درها، باید آن ها را پیاده و پس از رنگ آمیزی و خشک شدن رنگ، مجدداً نصب نمود.

۱۰-۵-۲- رعایت ایمنی و سلامتی در حین رنگ آمیزی

در موقع رنگ آمیزی خطرات زیادی وجود دارد که یکی از آن ها خطر ناشی از اشتعال رنگ است، هم چنین در هنگام تمیز کردن سطوح نیز ممکن است صدماتی به انسان وارد آید. در این رابطه لازم است رنگ کار به نکات زیر توجه نموده، موجبات حفظ و سلامتی خود را فراهم آورد. تقریباً تمام رنگ های مایع در موقع استفاده قابل اشتعال می باشند. موادی که در رنگ باعث انفجار و آتش سوزی می شوند حلال ها و رزین های موجود در آن هستند که در مجاورت شعله آتش و یا بر اثر جرقه مشتعل می شوند بنابراین در موقع رنگ آمیزی یا آماده نمودن رنگ در محیط بسته باید از کشیدن سیگار و آتش زدن زباله احتراز گردد.

- کپسول های آتش نشانی و دیگر وسایل اطفای حریق برای مهار نمودن آتش باید در محل موجود و در دسترس باشند. در پایان ساعات کار تمام پارچه های آلوده به رنگ و تینر باید جمع آوری شده و در صورتی که برای استفاده ی روزهای بعد مورد نیاز باشند در ظرف پر از آب قرار گیرند.
- تینرها باید در ظرف های مطمینی نگهداری شده و هر چه سریع تر از مناطقی که احتمال آتش سوزی در آن زیاد است دور شوند.
- در موقع استفاده از رنگ در فضاهای سرپوشیده مانند مخازن، وجود هواکش های قوی و متناسب با ضروری است.
- شخصی که در فضای سرپوشیده رنگ کاری می کند و یا با وسایل مختلف مبادرت به تمیز کردن فلزات می نماید باید همواره از ماسک های مخصوص دهان و بینی استفاده نماید تا از ورود مواد گازی و گرد و غبار به وجود آمده در این مناطق به ریه خود جلوگیری نماید.
- افرادی که با استفاده از مواد شیمیایی یا وسایل مکانیکی مبادرت به تمیز کردن قطعات می نمایند باید مجهز به لباس و دستکش مخصوص باشند تا از اثر مواد شیمیایی و یا ذرات رنگ بر روی پوست بدن خود جلوگیری نمایند.
- باید از استنشاق گازهای موجود در حلال های رنگ خودداری شود.
- هرگز نباید دهان و چشم خود را با دستکش یا لباسی که با آن کار می کنند، پاک نمایند.
- هیچ گاه نباید با دست آلوده به رنگ و تینر مبادرت به غذا خوردن و یا سیگار کشیدن نمود.

۱۰-۵-۳- وسایل رنگ زنی

در رنگ‌آمیزی با هر وسیله‌ی یکنواختی و ضخامت یکسان از اهمیت زیادی برخوردار است. معمول‌ترین وسایل رنگ‌زنی عبارتند از:

▪ پیستوله (رنگ پاش)

هنگام رنگ زدن پیستوله را نباید عمود بر سطح کار نگاه داشت بلکه باید با زاویه مناسب نسبت به سطح قرار داده و با فشار یکنواخت به صورت رفت و برگشت افقی یا قائم نسبت به رنگ‌آمیزی اقدام نمود. پس از اتمام کار باید پیستوله را با تینر شستشو داد.

▪ غلتک (رولر)^۱

غلتک وسیله‌ی دیگری است برای رنگ زدن، این وسیله برای رنگ‌هایی که قرار است با ضخامت زیاد زده شوند بهترین نتیجه را خواهد داد. موضوع مهمی که در انتخاب غلتک‌های مختلف باید به آن توجه نمود نوع و جنس آن است که باید مقاومت خوبی در مقابل حلال قوی موجود در رنگ‌ها داشته باشد. از موارد استفاده‌ی دیگر غلتک، رنگ‌آمیزی سیم‌های خاردار و حلقه‌های زنجیری است که رنگ‌کاری این قبیل اشیاء با قلم‌مو به سختی و با صرف وقت زیاد انجام می‌گیرد.

▪ قلم‌مو

کار با قلم‌مو نیاز به مهارت‌های ویژه‌ای دارد. رنگ‌کار باید بیش از نصف قلم‌مو را در رنگ فرو نبرد تا آن که برای جدا کردن رنگ اضافی از قلم‌مو نیازی به کشیدن آن به لبه‌های ظروف محتوی رنگ نباشد. نقاش ماهر مقدار تقریبی سطحی را که به وسیله‌ی قلم‌موی حاوی رنگ پوشیده می‌شود، می‌داند. لذا با کم‌ترین دفعات برداشت رنگ از ظرف، رنگ را در سطح مورد نظر پخش کرده و پوششی با ضخامت یکسان و یکنواخت ایجاد می‌نماید. اگر قلم‌مو بیش از اندازه به رنگ آغشته شود رنگ در قسمت انتهایی آن جمع شده و غیرقابل استفاده می‌ماند و این رنگ در اثر از دست دادن حلال خود بسیار غلیظ و چسبناک می‌شود و پس از خشک شدن، کار با قلم‌مو سخت‌تر و تمیز کردن آن مشکل‌تر می‌گردد. قلم‌موها در اشکال و اندازه‌های مختلف از نوع مدادی کوچک تا مسطح و پهن ساخته می‌شوند. کیفیت قلم‌مو عامل بسیار مهمی به شمار می‌آید، معمولاً یال اسب، بهترین مو برای کاربرد در قلم‌مو می‌باشد. اثراتی که این نوع قلم‌مو بر جای می‌گذارد بسیار ریز بوده و به این ترتیب آثار قلم‌مو به حداقل می‌رسد. امروزه در ساخت قلم‌مو از موهای مصنوعی نیز استفاده می‌شود که نسبت به موهای حیوانی بادوام‌تر و در مقابل سایش مقاوم‌تر می‌باشند. پس از استفاده از قلم‌مو ابتدا باید آن را با وایت اسپیریت^۲ یا حلال مناسب دیگر پاک و تمیز و به طور معلق از دسته آویزان کرد تا مواد حاصل از شستشو در موهای قلم‌مو باقی نمانده و مشکلاتی را فراهم ننماید.

۱۰-۵-۴- سطوح تمام شده رنگ‌آمیزی

سطوح رنگ‌آمیزی شده باید دارای مشخصات زیر باشند :

- یکنواختی ظاهری در رنگ.
- یکنواخت بودن میزان ماتی و شفافیت رنگ.
- عدم ایجاد موج و سایه ناشی از بطانه کاری.
- نداشتن چروک و پخش نشدن پوسته‌ی رنگ در سطح.

^۱ Roller

^۲ White spirit

- انطباق لایه‌ی اجرا شده با مشخصات (اگر ضخامت کم‌تر از حد لازم باشد نسبت به تجدید رنگ‌آمیزی اقدام گردد)
- ایجاد پوشش کامل و بدون شره.
- عدم چسبندگی سطوح رنگ‌آمیزی شده به دست یا لباس.
- عاری بودن سطوح رنگ‌آمیزی شده از آثار برس نقاشی و جای نردبان.
- تمیز و عاری از گرد و غبار بودن سطوح یاد شده.
- مستقیم بودن فصل مشترک دو سطح رنگ‌آمیزی شده با دو رنگ مختلف.
- نداشتن عیوبی نظیر پهن شدن، چکه کردن، باد کردن و شیار و درز.

۱۰-۵-۵ - تمیز کردن پس از رنگ‌آمیزی

پس از پایان رنگ زدن باید سطوح رنگ‌آمیزی شده را کاملاً تمیز نموده و تمامی قسمت‌های مجاور محل نقاشی شده اعم از دیوارها، کف‌ها لوازم بهداشتی، شیشه‌ها و سایر قسمت‌هایی را که به رنگ آلوده شده باشد با محلول مناسب و یا وسایل دیگری بدون صدمه زدن و یا خراش برداشتن از لکه‌ها و ذرات رنگ کاملاً پاک کرد.

۱۰-۵-۶ - کنترل کیفیت رنگ‌ها

مصالح رنگ‌آمیزی چه در کارخانه سازنده و چه در محل اجرای کار به وسیله دستگاه نظارت نمونه‌برداری و کنترل می‌شود. این مصالح باید توسط پیمانکار و براساس درخواست دستگاه نظارت در هر موقع و در هر محل در اختیار قرار گیرد. انجام آزمایش‌ها باید براساس استاندارد AWWA-ASTM یا استانداردهای مشابه صورت گیرد. پیمانکار موظف است براساس درخواست دستگاه نظارت و توسط آزمایشگاه معتبر مورد تایید آزمایش‌های لازم را انجام دهد و نتایج را در اختیار دستگاه نظارت بگذارد. مهندس مشاور نیز مختار است در صورت لزوم راساً آزمایش‌های کنترل را انجام دهد و در صورت عدم انطباق، مراتب را جهت رفع نقص به پیمانکار اعلام کند.

۱۰-۶ - چسباننده‌های سیاه مناسب برای مصارف گوناگون

برای آب‌بندی بام و نم‌بندی پی سازه‌های عمرانی و پایه میله و نرده‌ای نصب شده در زمین و نظایر آن‌ها از چسباننده‌های سیاه استفاده می‌شود. این مواد باید چشمه‌ها و ریزه سوراخ‌های سطح مورد نظر را پر کنند. قشر آب‌بندی باید در برابر درجه حرارت پایدار بماند. در گرمای تابستان نرک و جاری نشود و در سرمای زمستان سخت نشود و ترک نخورد و این ویژگی‌ها را در درازمدت در خود نگه دارد. در مورد قیرهایی که مصرف آن‌ها مستلزم گرم کردن است باید چنان عمل نمود که قیر موقع گرم کردن نسوزد. مصرف امولسیون‌های یخ‌زده و کهنه که قیر آن‌ها جدا و لخته شده باشد ممنوع است. این گونه امولسیون‌ها، قیرهای سوخته و سایر مصالحی که به نحوی با شرایط مندرج در استانداردها منطبق نباشند باید بلافاصله از کارگاه خارج شوند. قیرهای خالص و محلول باید همگن و فاقد آب باشند.

شناسایی نوع چسباننده‌های سیاه به وسیله‌ی علایم حک شده بر روی در بشکه‌ها و نوشته‌های روی کارتن‌ها انجام می‌شود. این علایم و نوشته‌ها شامل نوع چسباننده، درجه‌ی نفوذ، درجه‌ی نرمی و سایر ویژگی‌های آن می‌باشد. دقت نظر در مورد نقطه اشتعال

چسباننده‌های سیاه بسیار ضروری است. عدم توجه به این ویژگی ممکن است به هنگام مصرف، خطرات آتش‌سوزی و سوختگی کارگران را به همراه داشته باشد.

جدول شماره (۱۰-۲)، نشان دهنده‌ی مشخصات قیرها و قطران‌های مناسب برای کارهای مختلف می‌باشد.

جدول (۱۰-۲). مشخصات قیرها و قطران‌های مناسب برای کارهای مختلف

ردیف	محل مصرف	نوع قیر یا قطران مناسب	ملاحظات
۱	بتن آسفالتی گرم	قیرهای خالص ۴۰/۵۰، ۶۰/۷۰ و ۸۰/۱۰۰ (AC)	(۱) در مناطقی که گرمای هوا در فصل تابستان در سایه حدامتر به ۵۰ درجه و بیش‌تر برسد باید از قیر خالص ۴۰/۵۰ استفاده شود. چنان‌چه حداکثر گرما به ۴۰ درجه برسد باید از قیر خالص ۶۰/۷۰ استفاده گردد و در صورتی که حداکثر گرما به ۳۰ درجه برسد باید قیر خالص ۸۰/۱۰۰ مصرف شود.
۲	اندودهای سطحی و نفوذی راه	انواع قیر محلول (زودگیر، کندگیر و دیرگیر) (SC, MC, RC)	(۲) در ساختن قیرهای محلول و امولسیون‌های قیر که قرار است در مناطق ذکر شده مصرف شوند از همان قیرهای خالص یاد شده باید استفاده گردد.
۳	روکاری، لکه‌گیری روسازی، روسازی نفوذی و اندود روی بتن تازه (برای جلوگیری از تبخیر آب آن)	امولسیون زودشکن یا ناپایدار RS	(۳) در مناطق گرم و خشک معمولاً از قیرهای خالص و در مناطق سرد و خشک از قیرهای محلول و در مناطق سرد و مرطوب از امولسیون استفاده نمایند.
۴	اندود نرمة سنگ، ماکادام، اندود ریزدانه	امولسیون زودشکن یا ناپایدار RS	
۵	اندود سنگ‌های ریزدانه، آب‌بندی رویه‌های سیاه، شفته قیری، پایدار کردن خاک و ساختن خشت‌های قیری	امولسیون دیرشکن یا پایدار SS	
۶	آب‌بندی و نم‌بندی با قیر و گونی	قیرهای خالص، دمیده، معدنی و مخلوط قیرهای خالص و معدنی	
۷	اندود قیری آب‌بندی و نم‌بندی	مانند ردیف قبل به اضافه قیرهای محلول و امولسیون‌ها	
۸	پوشش و آب‌بندی کف کانال‌ها رنگ‌های ضدآب، اندودن لوله‌ها و پر کردن درزها و ترک خوردن رویه‌های بتنی و پر کردن زیر آن‌ها	قیرهای معدنی و دمیده با مخلوطی از آن‌ها با قیر خالص	
۹	لایه‌های آب‌بندی و نم‌بندی پیش ساخته (کاغذ، مقوا، مشمع و نم اندود شده)	قطران زغال، قیرهای معدنی و دمیده یا مخلوطی از آن‌ها با قیر خالص به همراه مواد افزودنی	(۴) مصرف قطران زغال و زفت آن به خاطر عدم تولید در حال حاضر در ایران موردی ندارد.
۱۰	رویه‌های سیاه قطرانی	قطران و زفت قطران	

۱۰-۷- پلاستیک‌ها و پلیمر و لاستیک

پلاستیک و پلیمرها مصارف و کاربردهای گوناگونی در فعالیت‌های عمرانی دارند و روز به روز به خصوص به دلیل کارایی و وزن مخصوص پایین؛ مصرف آن در سازه‌های امروزی افزایش می‌یابد. وزن مخصوص پلاستیک‌ها و پلیمرها بین ۱۰ الی ۲۲۰ گرم بر سانتی‌متر مکعب (gr/cm^3) است و پلاستیک‌های تقویت شونده دارای مقاومت فشاری ۱۲۰۰ تا ۲۰۰۰ و مقاومت کششی تا ۱۰۰۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع (kg/cm^2) می‌باشند. بخشی از موارد کاربرد پلیمرها استفاده از آن‌ها به عنوان دیوارهای داخلی غیرباربر و جدا کننده (partition) می‌باشد. از جمله پلاستیک‌ها و پلیمرهای مورد استفاده در سازه‌های حفاظت آب و خاک :

۱۰-۷-۱- ترموپلاستیک‌ها^۱

^۱ Thermoplastic

ترمولاستیک‌ها که در اثر حرارت به حالت جامد درآمده و قابل ریخته‌گری می‌باشند و پس از سرد شدن خواص فیزیکی خود را حفظ می‌کنند مانند: پلی‌اتیلن، پلی‌استر - PET (polyester)، نایلون (Nylon)، پلی‌وینیل کلراید - (polyvinyl chloride) p.v.c، هم‌چنین پلیمرها به صورت ۲ شاخه‌ی جامد و غیرجامد کاربرد دارند. مصالح ژئوسنتتیک از نظر شیمیایی ترکیبی ساخته شده از انواع پلیمری از جمله پلی‌اتیلن، پلی‌پروپیلن، پلی‌وینیل کلراید و پلی‌استر می‌باشند و مواد طبیعی به دلیل فساد پذیر بودن، کاربردی در تولید مصالح ژئوسنتتیک ندارند. از نظر انواع تولیدات و کاربردهای مختلف نیز می‌توان به مصالح ژئوسنتتیک از جمله ژئوتکستایل‌ها و ژئوممبرین‌ها اشاره نمود. این گونه مواد در فعالیتهای آبخیزداری می‌توانند در ایجاد فیلتر در بند (سد) های خاکی و یا به عنوان لایه‌ای سطحی و زیر سطحی در عملیات جمع‌آوری آب‌های سطحی و نیز در فعالیتهای تثبیت سطوح شیبدار کارایی داشته باشند.

▪ **ژئوتکستایل‌ها** که در واقع منسوجات مصنوعی از جنس مواد پلی‌ستر و یا پروپیلن هستند که در اندازه‌های مختلف و متنوع بافته شده (تک‌رشته‌ای و چندرشته‌ای) و بافته نشده ساخته شده و به بازار عرضه می‌شوند و در طرح‌های عمرانی فراوانی نظیر سازه‌های هیدرولیکی، پی‌سازی و... کاربرد دارند. در ژئوتکستایل‌های بافته شده رشته‌های الیاف با تکنولوژی بافت منسوجات به شکل مختلف بافته می‌شوند در حالی که در نوع بافته نشده توده‌ای از الیاف با استفاده از حرارت، چسب‌های شیمیایی یا فشار مکانیکی به هم اتصال یافته و بدین ترتیب انواع مختلف ژئوتکستایل‌ها تولید می‌گردند. این مواد به علت نفوذپذیری مناسب و بافت ریز قابل کنترل، عموماً به عنوان فیلتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. کاربردهای این تولیدات در سازه‌های حفاظت خاک و آبخیزداری از جمله شامل موارد زیر می‌باشد:

- جدا کردن لایه‌های خاکی

- تسلیح کردن

- زهکشی

- فیلتراسیون

از بین خصوصیات مکانیکی ژئوتکستایل‌ها؛ مقاومت کششی و تراکم‌پذیری از اهمیت بیش‌تری برخوردار است. هدف از جداسازی، ایجاد مرزی بین مصالح برای جلوگیری از ورود دانه‌های خاک از یک لایه به لایه‌ی دیگر است. از این ویژگی بیش‌تر در موج شکن‌ها و احداث سدهای خاکی استفاده می‌شود.

▪ **ژئوممبرین** ورقه‌هایی انعطاف‌پذیر با نفوذپذیری بسیار کم (در حد صفر) هستند که عموماً جهت آب‌بندی مخازن، کانال‌ها، حوضه‌ها و سایر سازه‌های مشابه مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۱۰-۷-۲- کاربرد ژئوتکستایل‌ها به عنوان فیلتر

از مهم‌ترین مزایای کاربرد ژئوتکستایل به جای فیلتر دانه‌ای می‌توان به برتری و سرعت از نظر اجرا، بهینه بودن از نظر اقتصادی، مقاومت شیمیایی، کاربری آسان، عدم تغییر در دانه‌بندی، ضخامت کم، حمل و نقل آسان و عمل بهتر در برابر خاک‌های واگرا اشاره نمود. همچنین می‌توان به مقاومت کششی مناسب و مقاومت در برابر مواد اسیدی (در کوتاه مدت) اشاره نمود. فیلترهای دانه‌ای علاوه بر مشکلات متعدد در تهیه و استقرار در محل، دارای نوسانات زیادی در مقابل آب منفذی هستند که این موضوع در ژئوتکستایل‌ها مشاهده نمی‌شود. ژئوتکستایل‌ها در دماهای پایین، ترد و شکننده می‌باشند و ممکن است دچار ترک خوردگی شوند و

در مجاورت مواد اسیدی با PH بالا در بلند مدت زیر شوند لذا در شرایط محیطی محل استفاده از ژئوتکستایل‌ها می‌بایست آزمایشات کافی بر روی نمونه‌ها صورت گیرد. همان گونه که ذکر شد مصالح ژئوتکستایل و ژئوممبرین به عنوان دو مصالح پرمصرف ژئوسنتتیک می‌تواند در اجرای پوشش شیروانی بالادست سدهای خاکی به صورت تکی و یا ترکیبی مورد استفاده قرار گیرند. به منظور جلوگیری از شسته شدن مصالح بستر و نیز به منظور افزایش پایداری و مقاومت پوشش می‌توان از یک لایه‌ی ژئوممبرین استفاده نمود و در کنار آن نیز با استفاده از یک لایه‌ی ژئوتکستایل مقاومت و پایداری بستر و لایه‌ی ژئوممبرین را نیز افزایش داد. در تشریح مطالب فوق الذکر این که ژئوتکستایل‌ها هم‌چنین می‌توانند به عنوان فیلتر در احداث بندهای خاکی کاربرد داشته باشند (فیلتراسیون)، در پنجه‌ی یک سد خاکی، یک زهکش سنگی ایجاد می‌گردد. در حین حرکت آب از داخل بدنه‌ی سد ممکن است ذرات ریز دانه بدنه سد و نیز پی آن شسته شده و به همراه آب به داخل زهکش سنگی نفوذ کند و با مسدود کردن منافذ کارایی زهکشی را مختل نماید. برای جلوگیری از این پدیده می‌توان از یک لایه‌ی ژئوتکستایل به عنوان فیلتر در اطراف زهکش سنگی استفاده کرد. یکی از راه‌های جلوگیری از فرسایش شیروانی‌های خاکی یا بدنه‌ی سدهای خاکی که در معرض هجوم امواج آب قرار دارند استفاده از سنگ‌های درشت و ناهموار یا سنگ‌چین حفاظتی^۱ یا بلوک‌های بتنی پیش ساخته است. در اثر جزر و مد و بالا و پایین رفتن سطح آب به تدریج خاکریز بستر سنگی شسته شده باعث فرسایش ساحل می‌گردد. به منظور جلوگیری از این پدیده یک لایه‌ی ژئوتکستایل در زیر بلوک‌های بتنی^۲ یا سنگ‌های محافظ به کار می‌رود. یکی از بیش‌ترین کاربردهای فیلتراسیون در پشت دیوارهای حایل است. در پشت دیوار به منظور جلوگیری از ایجاد فشار هیدروستاتیکی^۳، یک لایه‌ی ماسه را به عنوان زهکش استفاده می‌کنند. برای جلوگیری از ورود ریز دانه‌ها و در اثر حرکت آب و ورود آن به زهکش از یک لایه‌ی ژئوتکستایل به عنوان فیلتر استفاده می‌کنند. برای گزینش فیلتری طبیعی رابطه‌ی زیر را براساس پخش دانه‌های خاک باید در نظر گرفت :

$$D_{50} \div \text{فیلتر} = D_{50} \div \text{خاک} = ۱۲ \text{ تا } ۵۸$$

D_{50} فیلتر: قطری از ذرات است که در مجموعه‌ی دانه‌بندی خاک ۵۰ درصد ذرات، آن کوچک‌تر است. برای آن که دانه‌های خاک از فیلتر عبور نکند شرایط زیر لازم است :

$$\text{خاک } D_{15} \div \text{فیلتر} < D_{15} < ۵۸ \text{ تا } ۱۲$$

مصالح فیلتر باید دارای نفوذپذیری بالا باشد تا از به وجود آوردن نیروهای نشست زیاد آب و فشار هیدروستاتیک در مصالح فیلتر جلوگیری شود. برای این منظور باید شرایط زیر برقرار باشد :

$$\text{خاک } D_{15} \div \text{فیلتر} > D_{15} > ۵ \text{ تا } ۴$$

بنابراین اگر دانه‌بندی خاک معلوم باشد می‌توان فیلتر (یا فیلترهای ماسه‌ای و یا ژئوتکستایل) را طراحی کرد. با اطلاع از موارد فوق در مورد استفاده از مواد قیری به عنوان فیلتر؛ مسلم که استفاده از ضوابط و نکات فنی در این موارد تابع خصوصیات مصالح و پایداری و شرایط طراحی مورد انتظار سازه برای شخص دارد به عنوان نمونه در نشریه‌ی شماره ۳ با عنوان «کتاب هسته‌های قیری برای سدهای خاکی و سنگریزه» شرایط کیفی و فنی به کارگیری قیر را در قالب فیلتر در سدهای نمونه تشریح نموده است.

۱۰- ۷- ۳- لاستیک‌ها

^۱ Rip-rap

^۲ Concrete block

^۳ Hydrostatic presscre

لاستیک‌ها در فعالیت‌های آبخیزداری و جهت جمع آوری آب‌های سطحی کاربرد دارند ولی اصولاً در این پروژها و در سطح وسیع بکارگیری لاستیک‌ها برای جمع آوری آب‌های سطحی و رواناب‌ها فاقد توجیه اقتصادی و حتی فنی می‌باشد. امروزه از لاستیک‌های فرسوده‌ی خودروها برای احداث چکدم‌ها استفاده می‌شود. در این موارد لاستیک‌ها توسط مفتول‌هایی به هم و به صورت پلکانی بر هم چیده می‌شوند و سپس با خاک و یا سنگریزه داخل آن‌ها پر می‌شود. این پروژه‌ها هم چنین در فعالیت‌های آبخیزداری شهری به منظور فضا سازی و نیز ایجاد فضاهای بصری می‌توانند کاربرد داشته باشند. یکی از جدیدترین مصالحی که در ساخت سازه‌های آبی و از جمله در آبخیزداری و در سال‌های اخیر مورد استفاده قرار می‌گیرد «لاستیک» می‌باشد. لاستیک‌ها در احداث بند (سد) های کوتاه می‌تواند کارایی داشته باشد. ایده‌ی استفاده از بندهای لاستیکی، نخستین بار در سال ۱۹۵۰ م. توسط ایمرسون مطرح گردید. در سال ۱۹۶۵ م. اولین بند لاستیکی بادی در ژاپن برای ذخیره سازی آب به بهره برداری رسید. هم اکنون در حدود ۱۰۰ بند (سد) لاستیکی در آمریکای شمالی، بیش از ۱۰۰۰ بند (سد) لاستیک‌دز ژاپن و خاور دور احداث شده است. با گذشت زمان ایجاد و توسعه‌ی این نوع بند (سد) ها در جهان رو به گسترش می‌باشد. کارایی این نوع بندها از جمله در موارد زیر می‌باشد:

- کنترل سیلاب و تنظیم جریان رودخانه
 - کنترل رسوب رودخانه
 - افزایش ارتفاع آب
 - کاهش کنترل فرسایش رودخانه
 - حفاظت ساحلی در برابر فرسایش
 - بندهای انحراف (برای نمونه در احداث بندهای انحراف در پروژه‌های پخش سیلاب)
 - ساخت حوضچه‌ی پرورش آبزیان (برای نمونه در ایجاد و توسعه‌ی فعالیت‌های مشارکت مردمی در حوزه‌های آبخیز)
- این بند (سد) ها به ویژه در نواحی ساحلی شمال و جنوب ایران که با مشکلات کمبود آب مواجه می‌باشند قابلیت اجرایی دارند. بند (سد) های لاستیکی دارای ارتفاع کمی (حدود ۳ تا حداکثر ۱۵) می‌باشند. از مزیت‌های این بند (سد) ها این است که در مواقع سیلابی، هوای آن‌ها تخلیه و این بند (سد) در بستر رودخانه قرار می‌گیرد و رسوبات ناشی از سیلاب در پشت آن جمع نمی‌شود و مشکلات این نوع بند (سد) ها به احتمال سوراخ شدن آن بر می‌گردد. برای پر کردن این بند (سد) ها از کمپرسورهای خاص استفاده می‌شود که می‌تواند داخل این بند (سد) ها را به سرعت پر کند احداث این بند (سد) ها به فونداسیون نیازی نیست. این بندها به حداقل حفاظت و نگهداری نیاز دارند، انعطاف پذیرند و در مقابل زلزله ایمن تر هستند. لاستیک بدنه‌ی این بند (سد) ها با توجه به شرایط و کارکرد آن‌ها دارای خواص مقاومت آبی، جوی، کششی پارگی، ساییدگی و ضربه‌ای می‌باشند. تیوپ این بند (سد) ها قابلیت ترمیمی دارند و تعمیرات آن به سهولت انجام می‌شود. عمر مفید این بند (سد) ها ۲۰ تا ۳۰ سال است و در صورت از بین رفتن لاستیک، قابلیت تعویض داشته که به این صورت می‌توان عمر مفید این سازه‌ها را افزایش داد. نصب و ساخت این بندها سریع می‌باشد. بند (سد) های لاستیکی از یک تیوپ هوا که به یک بستر بتنی با استفاده از مهارهای فولادی متصل می‌شود تشکیل شده‌اند. یک بند (سد) لاستیکی می‌تواند در دو حالت قرار گیرد:
- کاملاً بر روی بستر بتنی خوابیده و امکان عبور جریان را بدون هیچ گونه مانعی فراهم نماید.

▪ به طور کاملاً ایستاده به صورت مانعی در برابر عبور جریان باشد و یا اجازه‌ی عبور آب به صورت سرریز را تأمین کند. ساختمان بند (سد) های لاستیکی متشکل از سه بخش بدنه‌ی بند (سد)، بستر بند (سد) و تجهیزات مهار و سیستم کنترل و بهره برداری می‌باشد. سیستم کنترل برای تنظیم تعادل فشار درون تیوپ، اجرای فرمان تخلیه و یا پرکردن آن در نظر گرفته می‌شود و عملاً کارایی بند (سد) را افزایش می‌دهد. سیستم کنترل به صورت دستی و اتوماتیک می‌باشد که به پشتوانه‌ی یکدیگر در نظر گرفته شده‌اند. علاوه بر در نظر گرفتن سیستم کنترل جهت کنترل فشار داخلی آن، یک سیستم کنترل مکانیکی با کارایی بسیار ساده نیز در سیستم کنترل آن قرار گرفته تا از آسیب رسی به بند (سد) در مواقع حساس جلوگیری شود. زمینه‌های نگهداری از این بندها شامل: انجام بازرسی‌های ماهانه توسط اشخاص متخصص با تجربه و کار آزموده می‌باشد که به بررسی مشکلات احتمالی پرداخته می‌شود. بهره برداری و استفاده از این بندها بسیار ساده است و با آموزش به یک نفر انجام می‌شود، چنانچه فرد آموزش دیده‌ای این کار را نپذیرد عواملی مانند اشتباه در میزان فشار مناسب سد، ارتفاع ایستادگی آن در مقابل جریان‌ها و افزایش بیش از اندازه و غیر مجاز ارتفاع آب در بالادست می‌تواند منجر به آسیب لاستیک شود در پاره‌ای مواقع نیز شلیک گلوله یا عدم فرهنگ سازی برای افراد عام می‌تواند باعث ایجاد خسارت‌های احتمالی برای این گونه بندها بشود. بنابراین بهره برداری از این بندها بهتر است به یک شرکت معتبر و دارای صلاحیت واگذار شود. در هر صورت تصمیم به احداث این گونه بندها در حوزه‌های آبخیز حتماً ضروری است با مطالعات اجتماعی و فرهنگی همراه باشد. در گام‌های نخست استفاده از این بندها برای «آبخیزداری شهری» توصیه می‌شود.

شکل شماره‌ی (۱۰-۱)، نشان دهنده‌ی نمونه‌ای از بندهای لاستیکی می‌باشد.



شکل (۱۰-۱). نمونه‌ای از بندهای لاستیکی

۱۰-۸- حمل و نقل

۱۰-۸-۱- حمل و نقل و نگهداری (رنگ‌ها)

بارگیری، حمل و باراندازی مواد رنگی باید با دقت انجام گیرد و از آلوده شدن محیط به مواد سمی جلوگیری به عمل آید. انواع مختلف مواد رنگی باید جداگانه دسته‌بندی و انبار شوند. مواد رنگی باید در انبارهای تمیز و سرپوشیده نگهداری شده و از آلوده شدن آن‌ها به مواد مضر، آب، یخ و برف جلوگیری شود. انبارهای بسته باید پیوسته تهویه شوند تا از تجمع گازهای قابل اشتعال در آن‌ها جلوگیری شود. انبارهای مواد رنگی باید دور از آتش و مواد قابل اشتعال بوده و برای اعلام و اطفای حریق احتمالی در آن تدابیر لازم اتخاذ شود. درجه حرارت انبار باید مناسب با مواد رنگی انبار شده و بر طبق دستورالعمل کارخانه‌ی سازنده‌ی مواد باشد. برای کنترل و بازرسی انبار مواد رنگی نباید از چراغ شعله‌ای و مشعل استفاده نمود. انبار برخی مواد رنگی که ممکن است مورد حمله‌ی موجودات زنده قرار گیرد در صورت نیاز هر چند وقت یک‌بار با مواد ضدعفونی کننده سمپاشی شود. ظروف مواد آسیب دیده در تاریخ منقضی باید از کارگاه خارج شود.

۱۰-۸-۲- حمل و نقل و نگهداری (چسبانندهای سیاه)

بارگیری، حمل و باراندازی چسبانندهای سیاه باید با دقت انجام گیرد. انواع مختلف قیر باید جداگانه دسته‌بندی و انبار شوند. آزمایش نمونه‌های گرفته شده از انواع قیر در کارگاه باید منطبق با ویژگی‌های خواسته شده در مشخصات باشد. مصالح چسباننده باید در مکان‌های تمیز و حتی‌المقدور سرپوشیده نگهداری شده و از آلودگی آن‌ها خاک، مواد مضر، آب، یخ و برف جلوگیری شود. انبارهای بسته باید به طور پیوسته تهویه شده و از تجمع گازهای قابل اشتعال در آن‌ها جلوگیری شود. انبارهای مواد چسباننده باید

دور از آتش و مواد قابل اشتعال بوده و برای اعلام و اطفای حریق احتمالی در آن‌ها تدابیر لازم اتخاذ شده باشد. امولسیون‌ها را می‌توان تا چند ماه در انبار نگه داشت ولی اقدامات لازم برای جلوگیری از شکستن، لخته شدن و دلمه شدن آن‌ها باید صورت گیرد. به هنگام انبار کردن هر چند وقت یک‌بار باید بشکه‌های امولسیون را غلتانده و سر و ته کرد تا از رسوب و چسبیدن گلوله‌های قیر به یک‌دیگر جلوگیری شود. همین‌طور باید از ورود اتفاقی مصالح سنگی و مواد شیمیایی در ظروف امولسیون و نیز مخلوط شدن دو نوع امولسیون به ویژه آن‌های که دارای بار الکتریکی متفاوت هستند ممانعت به عمل آید زیرا هر یک از عوامل نامبرده می‌تواند سبب شکستن و لخته شدن امولسیون گردد. سردی هوا از عوامل بسیار موثر در زود شکستن امولسیون‌ها و در پاره‌ای موارد یخ زدن آن‌ها است. به‌طور کلی توصیه می‌شود از انبار کردن امولسیون در دمای کمتر از ± 2 درجه‌ی سلسیوس خوددای شود. پیش از مصرف امولسیون بهتر است بشکه‌های امولسیون را بغلتانند تا دانه‌های قیر در همه‌جای آن به‌طور یکنواخت پخش گردد. هنگام کار با مواد قیری باید پیشگیری‌های لازم به‌منظور پرهیز از بروز سوانح به‌عمل آید. مواد قیری نباید بیش از ۱۷۵ درجه گرم شود یا به‌هنگام گرم کردن دود کند. برای گرم کردن مواد قیری نباید شعله‌ی مستقیم آتش را به آن‌ها نزدیک کرد بلکه باید از وسایل گرم‌کننده قابل کنترل مانند لوله‌های مارپیچ حاوی روغن داغ یا بخار و وسایل الکتریکی استفاده نمود. در صورتی که مجبور به استفاده از شعله‌ی آتش برای گرم کردن باشیم باید بین شعله و مخزن مواد قیری حایلی از آجر نسوز وجود داشته باشد. برای کنترل و بازرسی قیر نباید از آتش مشتعل و چراغ شعله‌ای استفاده نمود.

فصل ۱۱

استانداردهای حصارهای حفاظتی، توری سیمی

و چوب

چشم خوش - عید قابل استناد

۱۱- حصارهای حفاظتی، توری سیمی و چوب

۱۱-۱- دامنه‌ی کاربرد

موانع حفاظتی به پیرامون و دورتادور مناطق تحت کنترل محدود و «مناطق ممنوعه» شکل می‌دهند. در مناطق عمومی (مثل مناطق مربوط به آب، سدها، نیروگاه‌های حرارتی، عرصه‌های قرق شده) این گونه موانع حفاظتی بایستی شکل استاندارد به خود بگیرند. موانع حفاظتی دارای دو نوع عمده هستند: موانع طبیعی و موانع مصنوعی. بر این اساس موانع طبیعی عبارتند از: کوه‌ها، صحرها، صخره‌ها، گودال‌ها، آب‌ها، حصارهای طبیعی (برخی انواع گونه‌های گیاهی با کاربردی استفاده در احداث پرچین طبیعی (زنده) که در گزارش مبحث قرق جدول مربوط ارایه شده است) و سایر چیزهایی که حرکت آن‌ها مشکل می‌باشد. موانع مصنوعی عبارتند از: موانع ساخته شده به دست بشر (مثل حصارهای سیمی، دیوارها، سقف‌ها؛ راه‌بندها و علائم جاده‌ای) و سایر موانعی که ایجاد محدودیت نموده و مانع ورود گردند. برای تمام وضعیت‌ها نمی‌شود اقدام به ایجاد این گونه موانع نمود موارد ذیل بایستی در خصوص موانع حفاظتی مصنوعی مورد توجه قرار گیرند:

- برآورد هزینه‌ی ایجاد موانع مصنوعی

- میزان انتظار دوام و پایداری سازه‌ای احداثی

توری سیمی در احداث چکدم‌های گابیونی، احداث دیوارهای پایداری دامنه‌ها و کناره‌ی رودخانه و ... کاربردی دارد. چوب، الوار و نظایر آن در بسیاری عرصه‌های منابع طبیعی یافت می‌شود و بسته به نوع سازه می‌تواند مورد استفاد در عملیات آبخیزداری و حفاظت خاک قرار گیرد. از جمله کاربردهای چوب در آبخیزداری و بیابان زدایی احداث چکدم‌های الواری، تثبیت سطوح شیب دار، مهندسی رودخانه و بادشکن‌های غیر زنده و مصنوعی می‌باشد. هر گونه استفاده از چوب لازم است معیارهای فنی و توجیه اقتصادی را مطالعه و لحاظ نماید.

۱۱-۲- انطباق با ضوابط و استانداردها

- نشریه‌ی شماره ۱۰۸: ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری و زهکشی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- نشریه شماره ۲۸۰: مشخصات فنی عمومی راهداری، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.

۱۱-۳- سیم‌کشی (سیم خاردار)

سه نوع سیم‌کشی برای مناطق حفاظتی مصدود وجود دارد:

- سیم خاردار زنجیره‌ای، سیم خاردار استوانه‌ای شکل تا شوند و سیم خاردار ساده. نوع استفاده از این سیم‌کشی‌ها عمدتاً بستگی به نوع خطر و میزان پایداری مورد انتظار آن دارد. همچنین می‌تواند به میزان قابل دسترس بودن مواد و زمان موجود برای ساخت بستگی داشته باشد. عموماً از سیم خاردار زنجیره‌ای برای حفاظت نواحی مصدود دایمی و نواحی غیر مجاز از نظر

دسترسی استفاده می‌شود. هر سه نوع این سیم‌کشی می‌توانند برای تقویت و یا افزایش حفاظت سیم‌های موجود برای حفاظت مصدود مورد استفاده قرار گیرند.

۱۱-۳-۱- انواع سیم خاردار

■ سیم خاردار زنجیره‌ای

سیم خاردار زنجیره‌ای بایستی به اندازه‌ی ۶ فوت باشد. ارتفاع این سیم خاردارها برای حفاظت تجهیزات بایستی ۶ فوت باشد. لازم است از جنس گالوانیزه و دارای سوراخ‌هایی (چشمه‌هایی) کوچکتر از ۱۲ اینچ در هر طرف باشند. قسمت پایین و بالای آن‌ها بایستی پیچ خورده داشته باشد و محکم بوده و به کاملاً به آهن سخت جوش داده شده یا در داخل بتن آرام قرار گرفته باشند. پایه‌های آهنی بایستی به اندازه‌ی ۲۰ اینچ در داخل زمین سفت قرار بگیرند. در زمین‌های نرم این پایه‌ها بایستی تا حدی در زمین فرورفته باشند که مانع حرکت خاک یا ماسه‌ها گردند. برای جلوگیری از رنگ رزگی لازم است از دستورات رنگ مندرج فصل مربوط در گزارش استفاده شود.

■ سیم خاردار استوانه شکل

شکل استاندارد این سیم‌ها به صورت پیچ خورده، دو رشته و چهار شاخه به سمت بالا با فاصله‌های مساوی می‌باشند. این سیم‌ها با کاربرد که برای جلوگیری از ورود انسان می‌باشند بایستی کمتر از ۶ فوت بلندی داشته باشند و باید کاملاً محکم به پایه‌هایی که فاصله‌ی میان آن‌ها بیشتر از ۶ فوت نیست چسبیده باشند. فاصله‌ی میان رشته‌ها نباید بیشتر از ۶ اینچ باشد. حداقل یک سیم باید به طور عمودی میان پایه‌ها قرار گیرد و انتهای این سیم‌ها به یکدیگر گره می‌خورند.

■ سیم تاشونده

این سیم‌ها از جنس استیل بوده و در حال حاضر به قطرهای ۲۴، ۳۰، ۴۰، ۶۰ اینچی در بازار موجود می‌باشند. این سیم‌ها حداقل بایستی ۱/۲ اینچ درازا داشته و شاخه‌های آن ۱/۲۱ اینچ پهنا داشته باشند. این سیم‌ها قابل بازیافت و استفاده‌ی مجدد می‌باشند. به دلیل نداشتن حالت پیچ خورده نصب آن با سهولت انجام می‌گیرد. به دلیل هزینه‌ی بالا نصب آن کاربرد این گونه سیم‌ها در منابع طبیعی جز با نظر طراح و بنا به ضرورت توصیه نمی‌شود.

■ سیم تاشونده

جنس آن از استیل است. به فاصله‌های معینی به یکدیگر چسبیده و تشکیل شکل استوانه‌ای را می‌دهند. در صورت باز بودن دارای ۵۰ فوت و درازا و ۳ فوت قطر می‌باشد. سیم‌های خاردار تقویت شونده شامل یک رشته حلقه و یک رشته خار می‌باشند. قسمت‌هایی بین خارها کاملاً به دور سیم پیچ داده می‌شوند. هر حلقه‌ای حدود ۳۷۱/۲ اینچ قطر دارد. به دلیل هزینه‌ی بالای تامین و تهیه‌ی آن و نیز هزینه‌های حفاظت و نگهداری این نوع سیم؛ استفاده از آن در عرصه‌های منابع طبیعی هزینه‌بر بوده و توصیه نمی‌شود.

■ دروازه‌ها و مدخل‌های ورودی

تعداد دروازه‌ها و مدخل‌های ورودی اطراف بایستی جزو حداقل نیازمندی‌ها در عملیات ساختمانی موثر و سالم باشند. دروازه‌ها و مدخل‌ها بایستی در مقابل زنگ‌زدگی محافظت شوند. این مدخل‌ها بایستی طوری طراحی شوند که نیروهای حفاظتی و نگهبانی

(قرق‌بان‌ها) روی آن‌ها کنترل داشته باشند. ورودی‌های نیمه فعال مثل دروازه‌های مربوط به تردد خودروها در صورت عدم استفاده بایستی از سمت داخل قفل شوند. در صورت بسته شدن، دروازه‌ها باید مثل موانع عمل نمایند. بایستی مواظب بود که جایی برای سینه‌خیز رفتن از پایین دروازه‌ها وجود نداشته باشند. استفاده از دروازه‌ها با ابعاد (طول و عرض) مناسب مورد انتظار طرح در محیط‌های قرق که حصارکشی شده‌اند و نیز نهالستان‌ها و محدوده‌های اداری و تاسیساتی نظیر دکل‌های مربوط به شبکه‌های انتقال برق و مخابرات و نظایر آن و... مستقر در عرصه‌های منابع طبیعی توصیه می‌شود.

۱۱-۴- توری سیمی

به منظور تنظیم جریان رودخانه، حفاظت پایه‌ی پل‌ها و سازه‌های آبی در مقابل جریان آب، تقویت بدنه‌ی خاکریزها و سازه‌های آبی، دستگاه نظارت دستور ساختن و به کار بردن گابیون‌های فلزی را طبق نقشه‌های تیپ خواهد داد. عملیاتی که ممکن است با گابیون انجام شود عبارتند از:

- بندهای عمودی موقت در مقابل جریان آب
- بندهای طولی برای حفاظت در برابر طغیان آب
- اتصال بندهای طولی به کناره‌ها
- موج‌شکن‌ها
- پوشش دامنه‌ی خاکریز و غیره

هر واحد از یک سازه‌ی توری سنگی، متشکل از دو نوع مصالح^۱ اصلی است: این دو عبارتند از شبکه‌ی توری فلزی و مصالح سنگی که در درون قفسه‌ی فلزی جای می‌گیرد. بنابراین خواص فیزیکی و شیمیایی دو نوع مصالح یاد شده در کارکرد و دوام واحد توری سنگی تاثیر عمده‌ای دارند. از این روی در یک پروژه‌ی طرح سازه‌ی توری سنگی، مسایل مربوط به شناخت رفتار مصالح و طراحی مناسب برای دستیابی به بهترین سیستم مطرح می‌گردد. به طور کلی انعطاف‌پذیری و یکپارچگی عمومی سازه‌ی توری سنگی را به سید فلزی تامین می‌کند. پس برای دستیابی به این ویژگی‌ها، شبکه‌ی فلزی و سیم‌های متشکله‌ی آن باید دارای خواص مکانیکی مناسبی باشند. دوام شبکه‌ی فلزی توری سنگ‌ها به پوشش‌های حفاظتی^۲ بر روی سیم‌های فلی بستگی دارد. مصالح سنگی هم باید دارای ویژگی‌هایی از جمله دوام، تجربه‌ناپذیری و تاب مکانیکی کافی باشند و جملگی این ویژگی‌ها، بررسی‌های تئوریک، آزمایشگاهی و تجربی چندان را در زمینه‌ی شناخت مصالح ایجاب می‌کنند. توری مورد استفاده در سازه‌های سنگی، شبکه‌ی شش ضلعی بافته شده از سیم‌های فلزی به قطر حدود ۲ تا ۳ میلی متر می‌باشند که با پیچاندن هر جفت از رسن‌هایش به اندازه‌ی ۳/۵ دور تولید شده است. گره‌های این توری معمولاً دارای ۳ پیچ است و اندازه‌ی چشمه‌های توری بنا بر مشخصات کارخانه و نوع کاربر، طراحی و تعیین می‌شوند. سیم‌های بکار رفته در توری سنگ‌ها، سیم‌های مهاری و سیم‌های دوخت قفسه‌های فلزی باید دارای مشخصاتی باشد که این مشخصات را کارخانه‌های سازنده‌ی آن‌ها و نیازهای مرتبط با کاربرد توری سنگ تعیین می‌شوند. از جمله این مشخصات مطلوب، سیم‌های فلزی با پوشش P.V.C آن است که سیم‌ها باید از فولاد نرم با تاب کششی حدود ۳۸۰۰ تا ۵۰۰۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع ساخته شده و سپس با پوشش روئین یا با پوشش P.V.C محافظت گردند در برخی آیین نامه‌ها،

^۱ Materials

^۲ Coating

قطر هسته‌ی فلزی سیم‌هایی که در بافت توری سنگ به کار می‌روند، ۲/۷ میلی متر تعیین کرده اند. سنگ‌های مورد استفاده در بندهای گابیونی معمولاً زاویه دار می‌باشند تا در اثر شدت جریان آب دچار لغزندگی نشوند و سد بتواند پایداری خود را حفظ نماید. جدول شماره (۱۱ - ۱)، نشان دهنده‌ی وزن یک مترمربع توری گابیون در سایزها و چشمه‌های مختلف می‌باشد.

جدول (۱۱ - ۱). وزن یک مترمربع توری گابیون در سایزها و چشمه‌های مختلف (منبع: چشمه‌های مختلف)

وزن یک مترمربع (kg)	چشمه (cm)	قطر مفتول (mm)	وزن یک مترمربع (kg)	چشمه (cm)	قطر مفتول (mm)
۱/۸۰۰	۱۰×۱۲	۳	۱/۸۰۰	۸×۸	۲/۵
۲/۹۰۰	۵×۶	۳	۱/۴۰۰	۸×۱۰	۲/۵
۲/۵۰۰	۸×۸	۳/۳	۱/۲۰۰	۱۰×۱۲	۲/۵
۲/۲۰۰	۸×۱۰	۳/۳	۱/۹۰۰	۵×۶	۲/۵
۲/۰۰۰	۱۰×۱۲	۳/۳	۲/۲۰۰	۸×۸	۳

نحوه‌ی استفاده از معیارهای فنی در احداث یک نمونه از سازه‌های توری سنگی تشریح می‌شود. مسلم است که احداث هر سازه‌ی توری سنگی لازم است پس از انجام مطالعات مربوط احداث گردد.

۱۱-۴-۱- نکاتی چند درباره‌ی توری سنگ (گابیون) بندی

در پر کردن توری‌ها از سنگ‌های سخت مقاوم به هواپدگی و زاویه‌دار (سنگ لاشه) استفاده می‌شود. کاربرد سنگ‌هایی که به آسانی در آب حل می‌گردند (سنگ گچ) یا بر اثر آب دیدگی پایداری خود را از دست می‌دهند (سنگ لای، آهک رس) یا تحت تاثیر جذب آب و یخ‌بندان متلاشی می‌شوند (ماسه سنگ و برخی توف ها) از عمر بند انحرافی می‌کاهد. مشاوره با ساکنان محل در تعیین بهترین نوع سنگ قویا توصیه می‌گردد. پر کردن توری با قلوه سنگ از پایداری سازه‌ی مربوطه می‌کاهد. ابعاد سنگ‌ها بایستی از بزرگترین قطر چشمه‌های توری بیشتر بوده و امکان عبور آن‌ها به خارج از توری سنگ ضعیف باشد. هنگام پر کردن توری سنگ قطعات بزرگ در خارج، و سنگ‌های کوچک در داخل چیده می‌شوند. بنابراین، در صورت پارگی توری، سنگ‌های بزرگ از احتمال غوطه‌ور شدن و بیرون آمدن سنگ‌های کوچک می‌کاهند. مراحل ساختن بندهای انحرافی تورسنگی در زیر شرح داده می‌شوند:

▪ **لوازم کار:** دستکش چرمی، سیم‌بر، انبردست، نخ کار، ترازدستی، میخ‌های بلند آهنی یا چوبی، چکش سنگ‌شکن به وزن حدود یک کیلوگرم، میله نیم‌متری آهنی به قطر ۱۵-۱۰ میلی‌متر.

- پس از حفر پی به ابعاد موردنظر با کاربرد بولدوزر، لودر، بیل مکانیکی یا کارگر کف آن تا حد امکان تسطیح می‌گردد. کمی عرض پی در تکیه‌گاه‌ها حفر آن را به وسیله ی کارگر با صرفه‌تر از خاک‌برداری با کاربرد ماشین‌آلات می‌نماید، افزون بر آن، پر کردن فضای خالی اطراف بند با خاک یا سنگ هزینه‌ای اضافی را در برخواهد داشت. هر چند تغییر جزیی اندازه‌های توری سنگ با بریدن آن‌ها به ابعاد موردنظر میسر است، مع‌ذلک، حفر کف رودخانه به گونه‌ای که اختلاف ارتفاع آن تا لبه ی سرریز مضربی صحیح از ارتفاع توری سنگ (مثلاً یک متر) گردد، چیدن آن‌ها را آسان‌تر می‌کند؛ به همین ترتیب، حفر پی در تکیه‌گاه‌ها به نحوی صورت می‌گیرد که فاصله ی قسمت‌های هم‌ارتفاع طرفین رودخانه مضربی صحیح از طول توی سنگ (مثلاً ۳ متر) شود.

- اولین توری روی زمین پهن شده و درازای آن به فاصله ی یک متری از یک طرف علامت گذاری می گردد. گرچه توری ها در کارخانه ی سازنده معمولا سه بار از طول و دو بار از عرض تا می شوند، مع ذلک، تعیین طول و عرض تورها هنگام ساختمان برابر ابعاد موردنظر ضروری می باشد. یک انتهای توری، در محل علامت یک متری، ۹۰ درجه خم گردیده و قسمت ۱×۳ متر عمودی مجاور دیواره ی پی و بخش ۳×۳ متر افقی روی زمین قرار داده می شود. چنان چه بناست طول تورسنگ عمود بر محور رودخانه قرار گیرد، دو ضلع مجاور یک در تور ی سنگ (مربع ۱×۱ متری) به دیواره های عمودی و افقی تورسنگ بسته شده و این مربع در کنار دیواره ی عمودی پی مستقر می گردد.

- چهار رشته ی نخ کار (دو رشته در روی زمین به موازات یکدیگر و به فاصله ی یک یا ۳ متر برحسب مورد و دو رشته ی دیگر به همان ترتیب در ارتفاع یک متری از سطح زمین) حدود دیواره را مشخص می نماید. چنان چه توری سنگ ها از طول در کنار یکدیگر قرار گیرند، پهنای دیواره ۳ متر، و در صورتی که عرض های آن ها مجاور باشند، پهنای دیواره ی یک متر خواهد بود. دو رشته نخ بالایی حتما بایستی در یک سطح و تراز باشند.

- سنگ های لاشه ی مرغوب به گونه ای در کناره های دیواره و کف توری سنگ چیده می شوند که اولا قطعات بزرگ در کف طرفین دو انتها و بالا و سنگ های کوچک در داخل (به طرف مرکز) واقع گردند و تا حد امکان نزدیک به هم قرار گرفته و به اصطلاح در یکدیگر « قفل » شوند. ابعاد دیواره ای که به این ترتیب بنا می گردد $۱ \times ۱ \times ۳$ می باشد.

- سپس قسمت آزاد توری دور دیواره کشیده شده و لبه های ۳ متری با استفاده از سیم آبکاری شده به قطر ۳ میلی متر متصل می گردند. کاربرد انبردست های خوشدست و قوی در پیشبرد کار موثر است.

- سپس در (درهای) ۱×۱ متری باقیمانده در یک طرف یا طرفین دیواره قرار داده شده و با سیم های آزاد انتهایی خود و مفتول های اضافی به توری سنگ متصل می گردد (می گردند).

- از آن جا که کش سیم های توری سنگ در همه جا یکسان نیست. این نقیصه با قرار دادن یک میله ی آهنی در زیر مفتول های سست و حرکت دورانی آن برای یکی دوبار رفع می شود.

- سایر توری سنگ های طبقه ی اول به همان ترتیب ذکر شده از سنگ انباشته می گردند. گفتنی است که هر توری سنگ یک واحد مستقل بوده و به هیچ وجه با استفاده از مفتول به توری سنگ های مجاور متصل نمی شود. بدین ترتیب جابه جایی هر واحد اثری چندان در توری سنگ های طرفین نخواهد داشت. آخرین واحد این طبقه بایستی با وضع موجود تطبیق داده شود (تاکردن قسمت های اضافی).

- ریختن لایه ای از خاک نرم روی هر طبقه ی توری سنگ قبل از احداث طبقه ی بعدی، کار کردن رابر روی آن آسان می کند.

- طبقات بالاتر نیز به همان ترتیب طبقه ی اول، لکن با توجه به ابعاد بند موردنظر احداث می گردند. قرار دادن توری سنگ ها بر روی یکدیگر عینا شبیه چیدن آجر در دیوارها (پس و پیش) بوده و توری سنگ ها کاملا بر یکدیگر منطبق نمی باشند.

- هر چند میانگین ابعاد هر واحد $۱ \times ۱ \times ۳$ متر است با این وجود، تغییرات جزئی این اندازه ها میسر بوده و تطبیق ابعاد توری سنگ ها، و طرح موردنظر تا حدودی مقدور است (± ۱۰ سانتی متر برای هر ضلع).

- برای دور نگاهداشتن آب از کناره های رودخانه و هدایت آن به طرف وسط سرریز دو عدد توری سنگ به فاصله ی مساوی از محور رودخانه و به فاصله ی موردنظر (طول سرریز)، بر روی طبقه ی بالایی بند قرار داده می شوند به نحوی که طول آن ها عمود بر جریان آب واقع گردد. برای جلوگیری از جریان سیل از اطراف بند و خالی شدن تکیه گاه های آن، پشته هایی خاکی و متراکم در امتداد

و خارج تورسنگ‌های طرفین سرریز ساخته می‌شوند این پشته‌ها که معمولاً بدنه‌ی پایینی نه‌رهای انحرافی را تشکیل می‌دهند. دستک نام دارند. قسمت انتهایی پشته‌های مزبور ضعیف‌تر و کمی کوتاه‌تر از بقیه طول آن‌ها بنا می‌گردند تا در صورت وقوع سیل‌های نادر این قسمت‌ها چون سرریزهای خاکی شسته شده و خطری متوجه بندها نگردد؛ قرار دادن یک توری سنگ در حد فاصل سرریز خاکی و دستک احتمال آب بردگی قسمت اخیر را می‌کاهد.

– پس از پایان ساختمان بدنه‌ی بند و دیواره‌های بال شکل (در صورت لزوم) حوضچه‌ی آرامش (در صورت نیاز) احداث می‌شود. سنگ‌هایی بزرگ که بر اثر نیروهای ضربه‌ای آب و ارشمیدس غوطه‌ور نمی‌گردند در کنار بند و قطعات کوچک‌تر سنگی به تدریج دورتر از آن در کف رودخانه قرار داده شده و در یکدیگر «قفل» می‌گردند. فاصله‌ی انتهایی حوضچه‌ی آرامش از پایاب بند حدود ۳ برابر ارتفاع ریزش آب در نظر گرفته می‌شود. چیدن سنگ‌هایی بزرگ در انتهایی حوضچه‌ی آن را تکمیل می‌کند. سطح فوقانی این دیواره بایستی حدود ۳۰ سانتی‌متر از سنگفرش کف رودخانه بالاتر باشد بدین ترتیب حوضچه‌ی آرامش بخشی بزرگ از کارمایه‌ی جنبشی آب سرریز کرده از بند را زایل و از خطر فرسایش کف رودخانه و واژگونی بند به گونه‌ای چشمگیر می‌کاهد.

– هر چند مواد معلق موجود در سیلاب منافذ بین سنگ‌ها را مسدود می‌کنند، مع‌ذک، چنان‌چه صرفه‌جویی در آب موردنظر باشد انباشتن خاک ریزبافت در مجاورت سراب‌بند و تراکم آن مفید خواهد بود.

– آماده کردن یک قطعه تور یسنگ ۳ مترمربعی به ۱۶ ساعت کار یک نفر کارگر متوسط (دو کارگر در یک روز) نیاز دارد. قیمت‌های سنگ، توری و سیم، و هزینه‌ی حفر پی، دیگر خرج‌های احداث بندهای توریسنگی به شمار می‌روند.

از این روی مطالب تفصیلی‌تر در فصل گابیون از جلد دوم گزارش به جنبه‌هایی از شناخت خواص مصالح توری سنگ‌ها که معطوف به اهداف و مسایل یاد شده می‌باشند. با توجه به گستردگی نوع و نحوه‌ی استفاده از مصالح توری سنگی در انواع عملیات مهندسی رودخانه، آبخیزداری و حفاظت خاک در عرصه‌های منابع طبیعی، آبخیزداری شهری و تثبیت آبراهه‌ها و دامنه‌ها و به منظور اجتناب از تکرار و تطویل گزارش پیش رو، برای دریافت اطلاعات تکمیلی مصالح مصرفی و نحوه‌ی طراحی و هم‌چنین ارزیابی تجربیات و نمونه‌هایی اجرایی در خصوص انواع سازه‌های توری سنگی به کتاب «طرح و آنالیز و اجرای سازه‌های توری سنگی (گابیون)» تهیه شده توسط معاونت امور آب وزارت جهادسازندگی – دفتر مطالعات آب حاسب کرجی، سال ۱۳۶۹ ارجاع داده می‌شود. هم‌چنین برای دریافت روش‌های کلی اجرایی بندهای اصلاحی توری سنگی به نشریه‌ی شماره ۱۳/۲ از مجموعه دستورالعمل‌های حفاظتی فائو با عنوان دستورالعمل مهار فرسایش خندقی ارجاع داده می‌شود.

۱۱-۵- بند اصلاحی – فلزی سبک

در احداث این بندها، شبکه‌ی سیم‌ها یا سیم‌های نمره بالا (به قطر ۴ میلی‌متر یا بیشتر) در شیارهای پایه قرار می‌گیرند. برای دریافت مبسوط نوع و نحوه‌ی استفاده از سیم‌ها و نحوه‌ی احداث این بندها به نشریه‌ی شماره ۱۳/۲ از مجموعه دستورالعمل‌های حفاظتی فائو با عنوان دستورالعمل مهار فرسایش خندقی ارجاع داده می‌شود.

۱۱- ۶- چوب (الوار و ...)

چکدم‌های الواری از الوار و پایه‌هایی که در عرض خندق قرار می‌گیرند ساخته می‌شوند. ممکن است این بندها را با الوار، تخته سنگ، تیر چوبی و یا تراورس ایجاد کرد. هدف از ایجاد این بندها در وهله ی نخست نگه داشتن مصالح ریز و درشتی است که با جریان آب به خندق می‌ریزد و پیشانی خندق را تثبیت می‌کند. برای تثبیت گالی‌های کوچک، منشعب و اولیه ی ساخته می‌شوند که معمولاً کمتر از ۱۰۰ متر طول دارند و حوزه‌ی آبخیز در برگیرنده‌ی آن‌ها کمتر از دو هکتار است. حداکثر ارتفاع این چکدم‌ها از سطح زمین ۱/۵ متر است. شیب نمای بالادست و پایین‌دست چکدم‌های الواری ۲۰ درصد است. شکل سرریز معمولاً مستطیلی می‌باشد. معمولاً طول و عمق سرریز به ترتیب ۱ تا ۲ متر و ۰/۵ تا ۰/۶ متر است. پایه‌ها در دو ردیف و در عرض گالی به نحوی قرار می‌گیرند که حدود ۰/۵ متر از طول پایه‌ها در داخل زمین قرار گیرد. فاصله‌ی بین پایه‌ها حداقل ۱ متر می‌باشد، طول پایه‌ها معمولاً ۱/۵ تا ۲ متر است و قطر انتهای بالای آن‌ها بیش از ۸ سانتی متر می‌باشد. الوار یا مصالح دیگر چنان بین ردیف‌های پایه‌ها جایگذاری می‌شوند که سرریز در وسط چکدم قرار بگیرد. انتهای الوارها بایستی حداقل تا ۵۰ سانتی متر در هر طرف گالی در زمین فرو رود. بالای پایه‌ها باید با سیم محکم بسته شود. بال‌های هر طرف سرریز بایستی با دیواره‌های بالی محافظت شود. زاویه‌ی بین دیواره‌ی بالی و بال باید ۳۰ تا ۴۵ درجه باشد. ارتفاع دیواره‌های بالی برابر با سرریز تعیین می‌شود. برای ساخت دیواره‌های بالی می‌توان از سنگ به جای الوار استفاده کرد. برای دریافت شرح مبسوط در این رابطه به نشریه‌ی شماره ۱۳/۲ از مجموعه دستورالعمل‌های حفاظتی فائو، با عنوان دستورالعمل مهار فرسایش خندقی ارجاع داده می‌شود.

چشم خوش - عید قابل استناد

فصل ۱۲

استانداردهای ماشین آلات

چشم خوش - عید قابل استناد

۱۲- ماشین آلات مورد استفاده در اقدامات آبخیزداری و منابع طبیعی

۱۲-۱- دامنه‌ی کاربرد

ماشین آلات عمرانی نقش بسیار مهمی در اجرای پروژه‌های عمرانی دارند و امروزه هیچ پروژه‌ی سازه‌ای آبخیزداری را نمی‌توان یافت که بدون استفاده از ماشین آلات سبک و یا سنگین قابل اجرا باشد. دلیل استفاده از ماشین آلات در فعالیت‌های سازه‌ای و مکانیکی آبخیزداری، در اجرای صحیح کار با سرعت زیاد پیشرفت و با هزینه‌ی پایین نهفته می‌باشد. علاوه بر این امروزه می‌توان با بهره‌گیری از ماشین آلات، پروژه‌های بزرگ را در مدت زمان کمی اجرا نمود و در این صورت توجیه اقتصادی و فنی طرح‌های مکانیکی آبخیزداری افزایش می‌یابد. در این میان انتخاب ماشین آلات بخشی از مراحل اولیه‌ی یک پروژه می‌باشد و وظایف مدیران پروژه می‌باشد. انتخاب نادرست ماشین آلات، پیامدهای ناخوشایندی مانند افزایش زمان و هزینه‌ی پروژه و کیفیت نازل تر اجرای پروژه را در بر دارد. انتخاب صحیح و به موقع ماشین آلات در فعالیت‌های آبخیزداری البته تحت تاثیر پارامترهایی از جمله: نوع و حجم عملیات، امکان دسترسی، بازدهی (راندمان) هدف طرح، خصوصیات فنی زمین، هزینه‌های بکارگیری ماشین آلات و ... ارتباط دارد. توجه به اهمیت و نقش موثر ماشین آلات و ارتباط نزدیک آن با مسایل فنی و اجرایی سعی بر آن شده است تا در استاندارد حاضر حتی الامکان با در نظر گرفتن ضوابط و معیارهای قابل قبول، تعداد و نوع ماشین آلات مورد نیاز در سطوح مختلف عملیات عمرانی و سازه‌ای آبخیزداری و منابع طبیعی ارایه شود. علاوه بر این تاکید دارد:

- دستورالعمل، ضوابط و استاندارد مربوط به بازدید، مراقبت، نگهداری و ایمنی انواع ماشین آلات سنگین و تراکتور در نشریه‌ی شماره ۱۵۷ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی به تفصیل آمده است که استفاده از آن در مورد فعالیت‌های آبخیزداری و منابع طبیعی پیشنهاد می‌شود.
 - برای دریافت اطلاعات مربوط ضوابط اختصاصی انواع ماشین آلات مورد استفاده در فعالیت‌های آبخیزداری و منابع طبیعی به جداول شاخص‌ها و معیارهای مربوط ارجاع داده می‌شود.
- وسایل و ابزار آلات مورد نیاز در عملیات صحرایی آبخیزداری در فصل پیوست گزارش ارایه شده است.

۱۲-۲- انطباق با ضوابط و استانداردها

- نشریه‌ی شماره ۳۲۷: دستورالعمل ساخت و اجرای بتن در کارگاه، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- نشریه‌ی شماره ۱۰۸: ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری و زهکشی، مشخصات فنی عمومی، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- نشریه‌ی شماره ۴۴۹: مدیریت بهره‌برداری ماشین آلات عمرانی.
- نشریه‌ی شماره ۵۵: مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی (تجدید نظر دوم)، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- نشریه‌ی شماره ۲۱۴: راهنمای طراحی، ساخت و نگهداری گورها، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- نشریه‌ی شماره ۲: کلیات کاربرد ابزارهای اندازه‌گیری برای سدهای خاکی و سنگریز، دفتر فنی و امور آب وزارت نیرو.

- نشریه‌ی شماره ۲۴۵: دستورالعمل بهره‌برداری و نگهداری از ماشین آلات مورد نیاز شبکه‌های آبیاری و زهکشی، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.

▪ ۱۲-۳- ماشین‌آلات مورد استفاده در انواع اقدامات

جدول شماره (۱۲-۱)، نشان دهنده تعدادی از ماشین‌آلات مورد استفاده در انواع عملیات آبخیزداری و منابع طبیعی می‌باشد

جدول (۱۲-۱). تعدادی از ماشین آلات مورد استفاده در برخی عملیات آبخیزداری و منابع طبیعی

ماشین آلات	نوع عملیات
تلمبه بادی، پمپ دامی (دماغی)، ریپر لوله‌گذار در سطح مرتع	تامین آب شرب دام
غلطک گردان (کنترل بونه‌های خبشی)، زنجیرکشی (کنترل درختچه‌ها)، تیغه‌ی جلو بولدورز (ریشه‌کنی درختچه‌های مهاجم به صورت انفرادی).	کنترل گیاهان مهاجم
کمباین معمولی، دستگاه مکنده که به جلوی تراکتور نصب می‌شود، دستگاه‌های مکنده‌ی قابل حمل	ماشین‌های برداشت بذر گیاهان مرتعی
دیسک، گاواهن برگردان، گاواهن دوا (برای مخلوط کردن خاک و مالچ)، زیر شکن ۷ شکل، لوله‌ی دوار، ماشین چندمنظوره‌ی مجهز به تیغه‌های گردان و غلطک	آماده‌سازی زمین
چرخ‌های فلزی، سپری فقط قابل نصب در قسمت جلوی بذر (برای جداکردن بقایای بوته‌های متصل به بشقاب شیار بازکن)، بذرکار با شیار بازکن بشقابی، شیار بازکن با دو تیغه در کناره‌ها (برای ایجاد پشته)، شیار باز کن همراه با مخزن بذر و لوله‌ی توزیع بذر و زنجیردار	بذرکار
نهال کار خودکار، متع‌ی چاله‌کن	نهال کاری
تلمبه‌های کودپاش دستی (برخی کودهای مایع)، تلمبه‌های کودپاش موتوری	کودپاشی
شعله‌افکن دستی، شعله افکن نصب شده به هلی کوپتر، کپسول آتش‌نشانی، ماشین آتش‌نشانی برای مواقع ضروری، ابزار آلات و لباس‌های ضد حریق آتش‌نشانی.	آتش‌سوزی در مرتع
ماشین‌های نصب سیم‌خاردار (در مورد نصب دیوارهای توری سیمی).	حصارکشی
- دستگاه‌های کشنده (کامیون‌های تانکردار یا حامل تانکر، تراکتورها، بولدورز، اسکی (چرخ‌دار و یا بدون چرخ)). - دستگاه‌های پاشند - (لنسر، آتن، گان). - پمپ‌های جابه‌جایی مایع - لوازم و ماشین‌های جانبی (برای توضیحات مربوط به ماشین آلات فوق به مبحث مالچ‌پاشی جلد دوم گزارش مراجعه شود).	مالچ‌پاشی و تثبیت شن‌های روان
بولدورز، لودر، گریدر، تراکتور، ابزار آلات	پخش سیلاب
پرده‌های دیسک (بشقاب) معمولی (چاله‌های هلالی)، پیترپذرکار (ایجاد چاله‌های پیتینگ و بذرکاری هم زمان) بیل جلو تراکتور (پیتینگ‌های عریض) دستگاه ایمپرنیتر (برای احداث پیتینگ‌ها در خاک‌های نرم و یا شنی، این دستگاه به سمت بولدورز یا یک تراکتور قوی در سطح مرتع کشیده می‌شود).	پیتینگ
بیل جلوی تراکتور	چاله‌های هلالی (گوراب)
فاروئر	کنکور فارو
برخی انواع بولدورزها و تراکتورها، توان کارایی در شیب‌های متوسط تا 45° سرعت کار نسبتاً بالا برای خاک‌برداری و خاک‌ریزی و جابه‌جایی مصالح براساس نیاز و قدرت جابه‌جایی آن. به منظور دریافت تعیین هزینه‌ی عملیات تراس بندی توسط انواع ماشین آلات و تعیین ساعات کاری و نیز در شرایط مختلف خاک منطقه‌ی طرح به مطالب مربوط مندرج در نشریه‌ی شماره ۳-۴۵۰، فصل چهارم، دفتر نظام فنی اجرایی معاونت برنامه ریزی و نظارت رییس جمهور با عنوان «دستورالعمل و ضوابط فنی طراحی و اجرای تراس بندی» ارجاع داده می‌شود.	تراس‌بندی، بانکت‌بندی و سکوبندی
دستگاه ریپر سوار شونده، دستگاه چیرلر بذرکار	ریپر زدن
ابزار آلات شامل بیل، کلنگ، میله‌های ژالون (بوته‌کاری‌های ردیفی)، لوازم میخ‌کوبی (برای معلوم داشتن محل غرس نهال‌ها در نهال کاری‌ها).	طرح‌های مرتعکاری (بذرپاشی، بذرکاری، کپه‌کاری، میان‌کاری)
از آن جا که مفهوم احداث بند (سد) خاکی در عملیات آبخیزداری بنای ساختمانی پایدار و ناتراوا برای نگهداری موقت یا دراز مدت آب در بالادست آن می‌باشد و خاک ذاتاً نفوذپذیر و سست است از این رو تبدیل آن به ماده‌ای ناتراوا و استوار از اهداف عمده‌ی بستن بندهای خاکی می‌باشد پیامد افزایش چگالی خاک، کاهش تراوایی و فزونی استحکام آن می‌باشد. هدف اصلی تراکم خاک رساندن چگالی به بیشترین، نفوذپذیری به کمترین اندازه‌ی ممکن و از نظر اقتصادی قابل توجیه می‌باشد با توجه به عملیات احداث بند (سد) خاکی در مجموعه فعالیت‌های آبخیزداری و به دلیل نقش بارز ماشین آلات در برپایی این سازه‌ها در ادامه خصوصیات هر یک از ماشین آلات سنگین و میزان و شرایط کارایی آن ارایه می‌شود.	سد (بند)های خاکی

جدول (۱۲-۱). تعدادی از ماشین‌الات مورد استفاده در برخی عملیات آبخیزداری و منابع طبیعی

نوع عملیات	ماشین‌الات
	▪ نمونه دستگاه‌های تراکم: بولدوزر (معمولاً برای تراکم خاک بندهایی که ارتفاع آن‌ها از ۳ متر فراتر نمی‌رود). - غلتک صاف^۱ (با وزن ۸۰-۱۲۰) کیلو نیوتن و عرض اندک منطقه‌ی تاثیر، این وسیله برای تراکم بر اثر اعمال فشار مناسب است، غلتک با عرض تا ۱/۹ متر و بار تماسی آن‌ها ۰/۶۱-۰/۳۵ کیلو نیوتن بر سانتی‌متر عرض می‌باشد. این ماشین‌ها برای تراکم شن و ماسه و نیز صاف کردن سطح (جای میخ‌های غلتک پاره بزی و اثر زنجیرهای بولدوزر و ناهمواری‌های ناچیز) مورد استفاده قرار می‌گیرند. چنانچه رطوبت مصالح از حد پروکتور فراتر رود در کار این وسیله اشکالی ایجاد نمی‌گردد. - غلتک صاف لرزان^۲ اعمال فشار و لرزش، روش‌های تراکم این دستگاه به شمار می‌رود. با وزن ۴۰ کیلو نیوتن و عرض حدود ۱/۸ متر و بار تماسی حدود ۰/۲۱ کیلو نیوتن بر سانتی‌متر عرض غلتک برای تراکم شن و ماسه بسیار مناسب می‌باشند. - غلتک‌ها پاره‌بزی^۳ با وزن ۳۰-۵۰ کیلو نیوتن در حالت عادی و ۷۰-۵۰ کیلو نیوتن در حالت سنگین با کارایی در خاک‌های ریز بافت و در مناطق نیمه خشک می‌باشد. به عبارتی بهترین محل کار برای این غلتک‌ها مناطق نیمه خشک است. توسط این ماشین ضخامت لایه‌ی متراکم پس از هر بار گذشتن غلتک افزون گردیده و تراکم خاک از پایین به بالا تحقق می‌یابد به طوری که اندازه‌ی نفوذ که در ابتدای کار نزدیک ۱/۹ طول میخ است در پایان تراکم به کمتر از ۱/۲ می‌رسد. کارایی این غلتک‌ها در خاک‌های بیسار خشک یا بسیار مرطوب کم است. نوع لرزان این غلتک برای خاک‌های رسی خشک مناسب می‌باشد. برای بدست آوردن بهترین نتیجه از این دستگاه، ضخامت لایه‌ی متراکم نباید از دو سوم طول هر میخ تجاوز کند. گل گرفتگی فاصله‌ی میخ‌ها به کاستی تراکم می‌انجامد. - غلتک چرخ لاستیکی^۴ فشار، وزن و ضربه سه عامل تراکم به وسیله‌ی این دستگاه می‌باشند. معمولاً ۸۰-۱۲۰ کیلو نیوتن وزن دارند و عرض آن‌ها به ۲/۳ متر نیز می‌رسد با کاربری در خاک‌های غیرچسبنده^۵ (درشت‌دانه) و کمی چسبنده مناسب می‌باشند البته در صورت تطبیق وزن دستگاه و فشار باد چرخ‌ها قابل انطباق با انواع خاک‌ها خواهند بود. بولدوزر هرچند این دستگاه به گونه‌ای ساخته شده است که در اراضی سست فرو نشینند و از این رو برای تراکم خاک مناسب نمی‌باشد، مع هذا کاربرد آن به منظور تراکم بندهای کوتاه خاکی رایج است زیرا در بسیاری موارد این وسیله تنها ماشین در اختیار می‌باشد. از آنجا که فاصله‌ی بین زنجیرهای بولدوزر زیاد بوده و تراکم فقط در زیر آن‌ها صورت می‌گیرد بدین ترتیب شمار دفعات عبور این دستگاه بایستی چندین برابر غلتک‌های دارای عرض همانند با بولدوزر باشد تا تراکم کلیه‌ی سطح تحقق یابد. اگر بولدوزر پس از پایان خاکریزی و تنظیم ارتفاع هر لایه‌ی ۱۰ سانتی متری، ۲-۳ بار طول لایه را به گونه‌ای بپیماید که هر بار کلیه‌ی سطح را بپوشاند، تراکم کافی برای بندهای کوتاه تر از ۳ متر حاصل می‌گردد. چنانچه خاکبرداری از سراب بند و خاکریزی در محل آن با کاربرد بولدوزر صورت گیرد، تراکم خاک نیز همزمان با ریختن آن در جهت عرضی بند انجام می‌شود. کاربرد بولدوزر در خاک‌های درشت بافت، شن و ماسه موثر می‌باشد. راندن این دستگاه در بیشترین سرعت ممکن برای تراکم شن و ماسه توصیه می‌شود. در تراکم شن و ماسه، ضخامت هر لایه دست کم ۱۵ سانتی متر می‌باشد و با افزایش وزن بولدوزر، ضخامت مذکور افزایش می‌یابد. چنانچه ضخامت لایه‌ی متراکم قلوه سنگ، شن و ماسه از ۳۰ سانتی متر تجاوز نکند، تراکم لازم پس از ۴ بار عبور بولدوزر به وزن دست کم ۱۸ تن به دست می‌آید. از آنجا که مخلوط شن و ماسه در حالات خشکی کامل یا اشباع از آب بهتر متراکم گردیده و حالت اول به ندرت در طبیعت اتفاق می‌افتد بنابراین آبیاری مخلوط قبل از تراکم آن لازم است. بهترین روش آبیاری حرکت ماشین آب پاش در جلو بولدوزر می‌باشد.
بندهای اصلاحی (سنگی - ملاتی، گابیونی و...)	▪ بند توری سنگی (دستکش چرمی، سیم‌بر، انبردست، نخ کار، ترازدستی، میخ‌های بلند آهنی یا چوبی، چکش سنگ شکن به وزن حدود ۱ کیلوگرم، میله‌ی نیم‌متری آهنی به قطر ۱۵-۱۰ میلی‌متر)، جرتقیل (برای جابه‌جایی گابیون‌های پر شده از سنگ در موارد خاص). ▪ سایر بندهای اصلاحی (ابزار آلات و ماشین‌الات نیمه سنگین نظیر تراکتور، کمپرس در صورت امکان استفاده).
گوره	▪ لودر، گریدر، اسکرپور (درونه پاکسازی سطح زمین زیر گوره از مواد آلی، گیاهان، خار و خاشاک). ▪ لودر، بولدوزر و درآگلاین‌های مختلف (برای خاکبرداری و خرف لایه‌های نامناسب مسطحی). ▪ کامیون، لودر، بولدوزر و اسکرپور (برای خاکریزی در لایه‌های مختلف). ▪ بولدوزر (در روش ساخت هیدرولیکی با استفاده از مصالح رودخانه‌ای از لایروپ‌های هیدرولیکی و لوله‌های انتقال مصالح نیز استفاده می‌شود و سپس توسط بولدوزر یا گریدر پخش می‌گردد).

¹ Smooth wheel roller² Vibratory Smoothe wheel roller³ Sheepfoot roller⁴ Pneumatic tired roller⁵ Cohesionless

جدول (۱۲-۱). تعدادی از ماشین آلات مورد استفاده در برخی عملیات آبخیزداری و منابع طبیعی

ماشین آلات	نوع عملیات
- انواع غلتک‌ها و لرزنده‌ها (غلتک‌های چرخ فولادی، چرخ لاستیکی و پاچه‌بندی، کفشک‌ها و تخماق‌ها و لرزنده‌های دستی برای کوبیدن لایه‌های خاک). - از غلتک‌های چرخ فولادی برای کوبیدن خاک‌های درشت دانه خوب دانه‌بندی شده و خاک‌های ریزدانه‌ی غیرخمیری، غلتک‌های چرخ لاستیکی بیش‌تر برای کوبیدن خاک‌های درشت دانه و ریزدانه، غلتک‌های پاچه‌بزی برای خاک‌های ریزدانه و غیرخمیری و خاک‌های درشت دانه با بیش از ۲۰ درصد ریزدانه، کفشک‌های لرزنده برای خاک‌های درشت دانه با بیش از ۲۰ درصد ریزدانه، کفشک‌های لرزنده برای خاک‌های درشت دانه که کم‌تر از ۱۵ درصد مصالح ریزدانه دارند، تخماق‌های موتوری و لرزنده‌های دستی برای کوبیدن محل‌های کوچک کم دسترسی به آن‌ها برای ماشین‌الات سنگین مشکل است و یا در مجاورت سازه‌های بتنی و فلزی متقاطع با گوره استفاده می‌شود.	
ابزار آلات نقشه‌کشی خاک برداری (در عملیات خاک‌برداری کارش از ماشین آلات سنگین با ظرفیت مختلف با توجه به جنس زمین و حجم کار استفاده می‌شود. این ماشین آلات شامل لودر چرخ لاستیکی با ظرفیت‌های ۱۵۰ تا ۳۰۰ قوه اسب، لودر چرخ زنجیری با ظرفیت‌های مختلف، بیل مکانیکی چرخ زنجیری و چرخ لاستیکی با قدرت ۱۵۰ تا بیش از ۳۰۰ قوه اسب و بلدوزر با قدرت‌های مختلف و مجهز به رپی، در صورت لزوم در زمین‌های سنگی از چکش‌ها و دریل واگن‌ها و سایر تجهیزات خردکن نیز استفاده می‌گردد). خاک‌ریزی (تجهیزات و ماشین‌الات مورد استفاده در خاک‌ریزی عبارتند از: انواع لودرهای چرخ لاستیکی، انواع کامیون‌های کمپرسی، انواع دامپرها برای حمل و ریختن خاک در محل مورد نظر، تجهیزات لازم برای ایجاد تراکم در خاک ریزی‌ها). بارگیری و حمل: (به منظور انجام فعالیت بارگیری و حمل، ماشین آلات به شرح ذیل استفاده می‌شود: منظور انجام فعالیت بارگیری و حمل، ماشین آلات به شرح ذیل استفاده می‌شود. بارگیری: این فعالیت عمدتاً توسط لودر با ظرفیت و قدرت‌های مختلف انجام می‌شود و انتخاب لودر متناسب با ظرفیت کامیون و حجم مصالح موجود انجام می‌گردد در برخی موارد برای اجرای هم‌زمان کندن و بارگیری توسط یک دستگاه از بیل مکانیکی نیز استفاده می‌شود. بیل مکانیکی مورد استفاده جهت بارگیری بایستی از انواع بزرگ آن و با ظرفیت بیلی متناسب با ظرفیت کامیون‌ها باشد. حمل: توسط کامیون‌های کمپرسی با ظرفیت‌ها و قدرت‌های مختلف انجام می‌گردد. - انتخاب ظرفیت و تعداد آن‌ها متناسب با حجم و مصالح و زمان اجرای کار می‌باشد. - در برخی موارد و در شرایط خاصی مانند تسطیح اراضی از دستگاه اسکرپر جهت کندن و حمل و پخش خاک‌های کنده شده استفاده می‌شود. - جهت حمل مصالح خاکی و سنگی با احجام کم و در مسافتات کوتاه نظیر حمل در کارگاه از انواع دامپرها نیز می‌توان استفاده نمود که بارگیری آن‌ها توسط و یا تراکتورهای مجهز به بیل بک‌هو انجام می‌گردد.	احداث جاده‌های دسترسی

جدول شماره (۱۲-۲)، نشان دهنده نوع و نحوه کار ماشین‌آلات سنگین و تراکتور رایج در اقدامات آبخیزداری و منابع طبیعی می‌باشد.

جدول (۱۲-۲). نوع و نحوه کار ماشین‌آلات سنگین و تراکتور رایج در اقدامات آبخیزداری و منابع طبیعی

نوع عملیات	ماشین‌آلات
احداث جاده‌های دسترسی	■ نگهداری و تثبیت ترانشه‌ها و شیروانی‌ها: تجهیزات مورد استفاده برای عملیات نگهداری و تثبیت ترانشه‌ها و شیروانی‌ها به طور معمول همان تجهیزات مورد استفاده در عملیات خاکی می‌باشد. علاوه بر این در روش‌های مختلف نیاز به ابزار و ماشین‌آلات خاص شیوه انتخاب شده نیز وجود دارد. مثلاً استفاده از جرثقیل کوچک برای جابه‌جای بلوک‌های بتنی در خاک مسلح و یا چیدن بلوک‌های بتنی نیز ممکن است ضرورت یابد. در تثبیت رویه‌ی ترانشه‌ها و شیروانی‌ها با نصب توری و بتن پاشی نیز استفاده از دستگاه بتن پاش با تجهیزات تکمیلی مانند شیلنگ، افشانک، تانکر آب و کمپرسور هوا ضرورت می‌یابد. ■ نگهداری زهکش‌ها، آبروها و ایجاد بندهای انحراف: با توجه به این که زهکش‌های سطحی با ایجاد کانال‌ها، قنوات و یا آبروها انجام می‌گردد بنابراین تجهیزات و ماشین‌آلات مورد استفاده نیز همان ماشین‌آلات مربوط به این گونه فعالیت‌ها می‌باشد که عمدتاً عبارتند از: - گریدرها در ایجاد و ترمیم زهکش‌های جانبی راه (قنوها) بیش‌ترین کاربری را دارند. - انواع بیل‌های مکانیکی با قدرت‌های مختلف که برای حفر کانال‌های انحراف آب‌های سطحی به کار می‌روند و یا در مواردی که جنس زمین نرم باشد امکان استفاده از بیل بک‌هو نیز وجود دارد. - انواع لودر با ظرفیت و قدرت‌های مختلف که جهت خاکبرداری و خاکریزی و بارگیری و حمل مصالح خاکبرداری شده و... به کار می‌رود. - تانکر آبیاش و انواع غلتک که جهت ایجاد خاکریزها که به صورت لایه لایه اجرا می‌گردد به کار می‌رود. بولدوزر با قدرت‌های مختلف که جهت جابه‌جایی خاک و خاکبرداری‌های با حجم بالا ممکن است استفاده بشود. انواع جرثقیل که جهت کارگذاری لوله‌های آبرو استفاده می‌شود. ماشین‌آلات مورد استفاده در نگهداری بندهای انحراف نیز مشابه می‌باشد. در مورد نگهداری آبروها و به خصوص پاکسازی (تنقیه) آن‌ها، ابزار عملیات خاکی با دست نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. با اطلاع از ضوابط راهداری و احداث راه‌های دسترسی و ماشین‌آلات مربوط اما در حیطه‌ی فعالیت‌های آبخیزداری و منابع طبیعی استفاده از انواع ماشین‌آلات تابع مطالعات طرح و توجیه اقتصادی مربوط می‌باشد.

۱۲-۳-۱- ماشین‌آلات عملیات تهیه‌ی بستر بذر در مرتع

جدول شماره (۱۲-۳)، نشان دهنده برخی ادوات خاک‌ورزی برای عملیات تهیه‌ی بستر بذر در مرتع می‌باشد.

جدول (۱۲-۳). برخی ادوات خاک‌ورزی برای عملیات تهیه‌ی بستر بذر در مرتع (والنتاین، ۱۹۸۹)

نام وسیله	مناطق مناسب	معیایب
گاواهن بشقابی ^۱ (Standard disk plow)	سازگار برای استفاده در خاک‌های عمیق فاقد سنگریزه، توانایی نفوذ در خاک‌های سخت و مقاومت زیاد در برابر خاک‌های چسبنده	هزینه در واحد سطح بالا، سرعت کم، نرم نمودن بیش از حد خاک‌ها، شکستگی قطعات در اراضی مرتعی
گاواهن برگردان‌دار ^۲	سازگار به زمین‌های با شیب نسبتاً ملایم، تقریباً بدون سنگریزه، خاک‌های نسبتاً نرم، بیش‌ترین کاربرد برای شخم سطحی اراضی که قبلاً تحت کشت بوده‌اند، در اراضی مسطح عمیق شخم به راحتی قابل تنظیم است، در بازار رواج بیش‌تری دارد.	شکستگی قطعات در اراضی ناهموار، اراضی زار، و در بوته‌زارها، عمق شخم معمولاً بسیار کم و سطحی است، معمولاً بعد از عملیات نیاز به شخم دوم نیز وجود دارد.
گاواهن بوته‌زار ^۳	قابل استفاده برای حذف بوته‌ها و درختچه‌هایی با قطر تا ۵ سانتی‌متر، سازگار با خاک‌های سفت، اراضی ناهموار، و سنگ‌زار، تاثیر زیاد در ریشه‌کشی گیاهان مهاجم حتی با یک‌بار استفاده در زمین	هزینه‌ی اولیه (قیمت خرید دستگاه) زیاد، مشکل نقل و انتقال، وزن زیاد و ممکن است خاک سطحی را خیلی نرم کند.

^۱ Standard disk plow

^۲ Wheatland plow

^۳ Brshland plow

جدول (۱۲-۳). برخی ادوات خاک‌ورزی برای عملیات تهیه‌ی بستر بذر در مرتع (والنتاین، ۱۹۸۹)

نام وسیله	مناطق مناسب	معایب
دیسک ^۱	مدل‌های سنگین آن برای مناطق غیرصخره‌ای کاربرد دارد، در بازار اوج بیش‌تری دارد، سازگار به خاک‌های سفت، خشک، و سنگین بافت. مناسب برای تهیه‌ی مالچ گیاهی از پوشش موجود، در یک‌بار استفاده تأثیر زیادی در از بین بردن گیاهان مهاجم دارد.	تنظیم عنق شخم به ویژه در خاک‌های سنگ‌زار یا خاک‌های شل مشکل است، مشکل حمل و نقل، در صورتی که از ابزار آلات دیگر برای فشردن خاک استفاده نشود سطح خاک را بسیار نرم و پودری می‌کند، شیارهایی در سطح مرتع از خود بر جای می‌گذارد که ممکن است سبب تشدید فرسایش شود.
لوله‌های گردان ^۲	سازگار به مناطق سنگی و شیب‌های تند، هم‌چنین برای خراشده‌ی سطح خاک و برای مدفون نمودن بذرها با خاک	تأثیر زیادی برای کنترل گیاهان پاجوش و ریزوم‌دار و اغلب گیاهان علفی ندارد. ممکن است باعث کنده شدن قلوه سنگ‌ها و آوردن آن‌ها به سطح زمین شود. برای حمل و نقل باید قطعات از همدیگر جدا شوند و مجدداً سر زمین به هم وصل شوند.
گاواهن دوار ^۳	مناسب برای خاک‌های بدون قلوه سنگ، و اراضی فاقد گیاهان بوته‌ای و چوبی، سبب خرد شدن ساختمان خاک به خاکدانه‌های کوچک می‌شود بدون این‌که باعث بر هم خوردن طبقات پروفیل خاک و یا از بین رفتن مالچ گیاهی موجود در سطح خاک شود.	شکستگی قطعات در اراضی، ناهموار، و بوته‌زار بیش‌ترین کاربرد برای کشت در داخل ردیف‌های میان‌کاری

۱۲-۳-۲- ماشین‌آلات تهیه‌ی بتن

۱۲-۳-۲-۱- اصول به کارگیری مخلوط‌کن‌ها

برای آن که اختلاط بتن تازه به نحو مناسب انجام شود رعایت نکات زیر ضروری است :

- در مخلوط‌کن‌های عمودی بهتر است که تمام مصالح هم‌زمان در مخلوط کن ریخته شود (قبل از آن که مخلوط‌کم شروع به چرخش کند) و از ریختن مصالح پشت سرهم در حین چرخش مخلوط‌کن اجتناب گردد. ریختن مصالح به طور هم‌زمان موجب می‌شود که مخلوط بتن یکنواخت باشد.
- عمل مخلوط کردن باید تا رسیدن به رنگ، ظاهر و روانی یکنواخت مخلوط بتن ادامه یابد.
- نباید مخلوط‌کن را بیش از ظرفیت بارگیری کرد. مقدار مصالح بیش از حد سبب می‌شود تا مخلوط بتن نامناسب گردد و امکان آسیب رساندن به مخلوط‌کن نیز وجود دارد.
- احتمال دارد سنگدانه‌های درشت که در بتن مخلوط شده به طور یکنواخت پخش نگردد. بنابراین به جا آن که مخلوط بتن به صورت بخش‌های کوچک از مخلوط‌کم تخلیه شود بهتر است تمام مخلوط بتن یکجا در داخل یک ظرف تخلیه گردد.
- سرعت مخلوط‌کن باید براساس توصیه کارخانه سازنده تنظیم شود.

¹ Offset disk² Pipe harrow³ Rotary tiller

- ممکن است در اولین پیمان‌های مخلوط بتن مقداری ملات سیمان در مخلوط‌کن باقی بماند. بنابراین بهتر است حدود ۵ درصد سیمان، آب و ماسه در اولین پیمان‌ها، بیش‌تر از پیمان‌های بعدی مورد استفاده قرار گیرد.
- در صورت فرسوده شدن و خراب شدن تیغه‌های مخلوط‌کن باید تیغه‌ها تعمیر یا جایگزین شوند.
- پس از اتمام عملیات مخلوط کردن دیگ مخلوط‌کن باید کاملاً شسته و تمیز شود.

۱۲-۲-۳-۲- مخلوط‌کن‌های مکانیکی

امروزه، مخلوط‌کن‌های متنوعی وجود دارد اما به طور کلی می‌توان آن‌ها را به دو گروه تقسیم کرد :

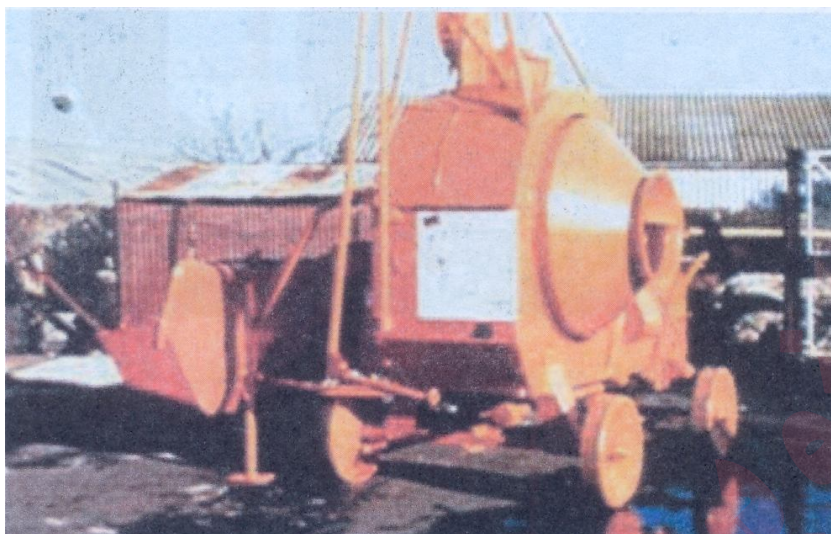
- مخلوط‌کن‌های استوانه‌ایچ
- مخلوط‌کن‌های عمودی یا تغاری
- **مخلوط‌کن استوانه‌ای:** مخلوط‌کن‌های با دیگ استوانه‌ای در ظرفیت‌های از ۱۴۰ تا ۲۸۰۰ لیتر ساخته می‌شود و تولید آن‌ها بین ۴ تا ۹۰ متر مکعب در ساعت است. سرعت دوران دیگ حدود ۱۰ تا ۳۵ دور در دقیقه است. ترتیب ریختن مصالح به داخل این نوع مخلوط‌کن‌ها بستگی به نوع مخلوط دارد، ولی معمولاً ترتیب ریختن عبارت است از: شن، سیمان، ماسه و آب که بهتر است ابتدا قسمتی از آب مخلوط به مخلوط‌کن ریخته شود و سپس در حین اختلاط مصالح بقیه‌ی آب بتدریج به مخلوط افزوده شود. مخلوط‌کن‌های دارای دیگ استوانه‌ای به دو نوع دیگ کج شونده و دیگ غیر کج شونده تقسیم می‌شود. در مخلوط‌کن‌ها کج شونده بتن بعد از اتمام اختلاط با کج شدن دیگ تخلیه می‌شود. تخلیه بتن در مخلوط‌کن کج شونده بسیار سریع بوده و در نتیجه امکان جدا شدن دانه‌ها وجود ندارد این نوع مخلوط‌کن برای بتن با کارایی کم و یا برای بتن با مصالح سنگی درشت، مناسب است. شکل شماره (۱۲-۱)، نشان دهنده‌ی انواعی از مخلوط‌کن‌ها کج شونده می‌باشد.



شکل (۱۲-۱). انواع مخلوط‌کن‌های کج شونده

در مخلوط‌کن‌های غیر کج شونده محور دیگ همیشه به صورت افقی است و تخلیه با معکوس کردن حرکت دیگ انجام می‌پذیرد. به دلیل آنکه تخلیه با سرعت کم انجام می‌گیرد، امکان جدا شدن سنگدانه‌ها وجود دارد. بنابراین اگر مخلوط بتن مستعد جداسازی ذرات می‌باشد، نباید از این نوع مخلوط‌کن استفاده شود.

شکل شماره (۱۲-۲)، نشان دهنده‌ی یک نمونه مخلوط‌کن غیر کج شونده می‌باشد.



شکل (۱۲-۲). یک نمونه مخلوط کن غیر کج شونده

■ **مخلوط کن عمودی:** این نوع مخلوط کن از یک ظرف استوانه‌ای تشکیل شده که در محور آن تیغه‌ها نصب شده است. در بعضی از انواع آن تیغه‌ها و ظرف در جهت عکس یکدیگر می‌چرخند و در بعضی دیگر فقط تیغه‌ها چرخش دارند. چرخش تیغه‌ها سبب می‌گردد تا اختلاط به نحو مطلوب انجام گیرد و از چسبیدن ملات بر روی دیواره‌ی ظرف جلوگیری شود. در هنگام اختلاط به نحو مطلوب انجام گیرد و از چسبیدن ملات بر روی دیواره‌ی ظرف جلوگیری شود. در هنگام اختلاط کیفیت مخلوط قابل مشاهده بوده و چنانچه نیاز به تنظیم مخلوط باشد امکان آن وجود خواهد داشت. این نوع مخلوط‌کن‌ها به خصوص برای بتن‌هایی با چسبندگی زیاد و کارایی کم و همچنین ساخت مقدار کم بتن مناسب است به همین دلیل معمولاً در آزمایشگاه نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

شکل شماره (۱۲-۳)، نشان دهنده‌ی نوعی مخلوط کن عمودی می‌باشد.



شکل (۱۲-۳). نوعی مخلوط کن عمودی

■ کامیون مخلوط کن (تراک میکسر)

تراک میکسر وسیله‌ای برای حمل بتن آماده است. کارخانه‌های بتن آماده معمولاً به دو گروه تقسیم می‌شوند. برخی کارخانه‌ها فقط عملیات پیمانه کردن را انجام می‌دهند. به عبارت دیگر در کارخانه مصالح پیمانه شده و مقادیر معین مصالح بتن به درون کامیون مخلوط کن ریخته می‌شود اما عمل اختلاط در حین حمل، قبل از تخلیه بتن در دیگ کامیون مخلوط کن صورت می‌گیرد و آب مخلوط در حین حمل و یا در محل کارگاه به مخلوط خشک اضافه می‌گردد. بر همین اساس به این روش پیمانه‌ی خشک نیز گفته می‌شود. اما در گروه دوم کارخانه‌ها، بتن آماده شده به درون دیگ کامیون مخلوط کن ریخته می‌شود. دیگ کامیون دارای دو سرعت دوران کند و تند می‌باشد. دور کند یا سرعت به هم زدن ۲ دور در دقیقه و دور تند یا سرعت اختلاط ۷ تا ۱۳ دور در دقیقه است. در هنگام استفاده از کامیون مخلوط کن موارد زیر باید رعایت گردد :

شکل شماره (۱۲-۴)، نشان دهنده‌ی کامیون مخلوط کن می‌باشد.



شکل (۱۲-۴). کامیون مخلوط کن

■ از زمانی که آب به مخلوط خشک بتن افزوده می‌شود تعداد دوران ۷۰ تا ۱۰۰ دور با سرعت تند برای اختلاط اولیه کافی است. اگر بتن آماده در داخل دیگ حمل شود و بخواهیم در هنگام تخلیه همگنی را مجدداً به دست آوریم کافی است ۳۰ تا ۴۰ دور با سرعت کند بتن را به هم بزنیم. حداکثر تعداد دوران دیگ به ۳۰۰ دور (شامل دور کند و تند) محدود می‌گردد. به این ترتیب مدت حمل در شرایط عادی (به غیر از بتن ریزی در هوای گرم و سرد) از زمان بارگیری تا تخلیه به ۱ تا ۱/۵ ساعت محدود می‌شود. اما از ۳۰۰ دور چرخش دیگ فقط حداکثر ۱۰۰ دور باید سرعت مخلوط کردن و بقیه باید با سرعت به هم زدن باشد زیرا زمان طولانی حمل و یا تعداد چرخش زیاد دیگ باعث کاهش اسلامپ، سایش سنگدانه‌ها و بدنه‌ی دیگ و همچنین کاهش مقاومت و دوام بتن می‌گردد.

- در مواردی که مدت انتقال بتن طولانی است و یا احتمال وجود ترافیک سنگین وجود دارد بهتر است از روش مخلوط خشک استفاده شود و آب مخلوط در کارگاه به سایر مصالح اضافه گردد. هر چند در این حالت کنترل دقیق آب با اشکال روبه‌رو می‌گردد و نیاز به نظارت دقیق است تا آب مخلوط به مقدار تعیین شده افزوده شود.
- استفاده از کامیون مخلوط‌کن برای بتن‌های زیر توصیه نمی‌شود:
- بتن با اسلامپ کمتر از ۴۰ میلی‌متر
- بتن با حداکثر اندازه‌ی سنگدانه بیش از ۵۰ میلی‌متر
- بتن با نسبت آب به سیمان کمتر از ۰/۴ (بدون استفاده از مواد افزودنی روان کننده و یا فوق روان کننده)
- در روش پیمانته‌ی خشک نباید از میکروسیلیس به صورت پودر استفاده گردد، زیرا توزیع ذرات میکروسیلیس در مخلوط به صورت یکنواخت انجام نمی‌شود.
- اگر از کامیون مخلوط‌کم برای اختلاط اولیه (پیمانته خشک) استفاده شود حجم بتن ساخته شده در آن باید به دو سوم ظرفیت اسمی دیگ محدود گردد. به عنوان مثال با کامیون مخلوط‌کن با ظرفیت اسمی ۶ مترمکعب می‌توان ۴ مترمکعب بتن به روش پیمانته‌ی خشک را مخلوط کرد.

۱۲-۳-۲-۳- مدت مخلوط کردن

مدت بهینه‌ی مخلوط کردن بستگی به عوامل زیر دارد :

- نوع مخلوط‌کن
 - شرایط و وضعیت مخلوط‌کن (از نظر وضعیت فنی و ظاهری)
 - سرعت دوران مخلوط‌کن
 - مقدار یا حجم بتن
 - نوع مخلوط بتن
 - ترتیب و نحوه‌ی ریختن مصالح در داخل دیگ مخلوط‌کن
- با در نظر گرفتن تعداد عوامل موثر برای تعیین مدت مطلوب مخلوط کردن انجام دادن آزمایش با مخلوط‌کن و بتن مورد نظر است. معمولاً مخلوط‌های خشک (اسلامپ کم) نیاز به مدت اختلاط طولانی‌تری دارند. در مواردی که بتن حاوی سنگدانه شکسته است نیاز به مدت بیش‌تری نسبت به سنگدانه‌های طبیعی (گرد) برای مخلوط کردن دارد. تحقیقات نشان می‌دهد که تعداد چرخش مخلوط‌کن با سرعت ارایه شده توسط سازنده مهم‌تر از زمان مخلوط کردن است و به طور کلی بیش از ۲۰ چرخش برای مخلوط شدن مطلوب بتن لازم نمی‌باشد. برای انواع مخلوط‌کن تا $1m^3$ ظرفیت که با سرعت صحیح کار کنند. زمان مورد نیاز برای مخلوط کردن کمی بیش از ۱ دقیقه است. معمولاً زمان مناسب مخلوط کردن بین ۱ تا ۱/۵ دقیقه است. برای مخلوط‌کن‌هایی که با سرعت زیاد کار می‌کنند زمان ۳۰ ثانیه کفایت می‌کند. به طور کلی می‌توان از جدول ۱ به عنوان راهنمای زمان مخلوط کردن استفاده نمود.
- جدول شماره (۱۲-۴)، نشان دهنده‌ی مدت مخلوط کردن می‌باشد.

جدول (۱۲-۴). مدت مخلوط کردن

ظرفیت مخلوط‌کن (m^3)	زمان مخلوط کردن (دقیقه)
۲ یا کمتر	۱/۵
۲/۵	۲
۳/۰	۲/۵
۵/۰	۳

به عنوان راهنمایی می‌توان به خاطر سپرد که برای هر متر مکعب اضافی به مدت مخلوط کردن یک چهارم دقیقه افزوده می‌شود. برای بتن با مقاومت زیاد توصیه می‌شود که مدت مخلوط کردن افزایش یابد. هر چند افزایش مدت، سبب کاهش کارایی مخلوط و گاه ظرفیت تولید بتن می‌گردد.

۱۲-۳-۳- انواع ماشین‌آلات سنگین و تراکتور

جدول شماره (۱۲-۵)، نوع و نحوه‌ی کار ماشین‌آلات سنگین رایج در اقدامات آبخیزداری منابع طبیعی را نشان می‌دهد.

جدول (۱۲-۵). نوع و نحوه‌ی کار ماشین‌آلات سنگین رایج در اقدامات آبخیزداری و منابع طبیعی

ماشین‌آلات	توضیحات
تراکتور	تراکتور از اولین ماشین‌آلاتی است که در عملیات‌های بیولوژیکی، بیومکانیکی، مکانیکی و حتی مدیریتی مورد استفاده قرار گرفته است. تراکتور در کندن علف‌های هرز، لایروبی کانال، عملیات آماده سازی زمین، حمل مواد و مصالح، نیروی محرکه و کششی برای بولدوزر و سایر ماشین‌آلات سنگین بدون موتور، تامین آب مورد نیاز پروژه‌ها، خاک‌کوبی خاکریزها، کارهای ساختمانی و... استفاده می‌شود. تراکتور دارای انواع چرخ زنجیری و یا لاستیکی است که نوع چرخ لاستیکی آن دارای قدرت مانور بیش‌تری است و نوع چرخ زنجیری به جای اسکرپر یا بولدوزر مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ بدین معنی که با اتصال تیغه‌ای به جلو آن به صورت بولدوزر درمی‌آید و کارهای ساختمانی انجام می‌دهد. تراکتور به صورت یک دیفرانسیل یا دو دیفرانسیل طراحی و ساخته شده است و بسته به شرایط کاری می‌توان از هر یک استفاده نمود. تراکتور محلی برای بستن ادوات مختلف به آن دارد که در مزرعه و برای کارهای داشت و برداشت مورد نیاز کشاورزان است. بدین جهت کاربرد آن در مزارع و شبکه‌ها بیش‌تر از سایر انواع ماشین‌آلات مورد توجه است.
بیل مکانیکی	بیل مکانیکی عمدتاً از یک اتاقک گردان مستقر روی چرخ‌های لاستیکی یا زنجیری تشکیل که به وسیله‌ی تیر اصلی به میله‌ی جام متصل می‌گردد بنابراین ساختمان بیل مکانیکی از اتاقک گردان، چرخ‌ها، تیر اصلی، میله‌ی جام، جام و کابل‌های فلزی تشکیل گردیده است. در عملیات راه سازی، کانال‌کشی، ترانشه‌زنی، کوه‌بری و سنگ‌شکنی (تجویض جام بیل با چکش هیدرولیکی) و... از این ماشین استفاده می‌گردد. کندن خاک و بارگیری آن از جمله کارهای رایج بیل است و عملیات بهره‌برداری و نگهداری شبکه‌های آبیاری و زهکشی مانند تخلیه‌ی رسوبات داخل زهکش‌ها و کانال‌ها توسط این دستگاه صورت می‌گیرد. بیل مکانیکی دارای ۲ نوع چرخ لاستیکی و چرخ زنجیری است. نوع چرخ زنجیری آن برای زمین‌های سست و یا کارکردن در شیب‌های تند مورد استفاده قرار می‌گیرد. نوع چرخ لاستیکی سرعت مانور بیش‌تری دارد و در مواردی که زمان نقش تعیین کننده‌ای داشته باشد به کار گرفته می‌شود. معمولاً اغلب بیل‌های مکانیکی می‌توانند پایین‌تر از سطح استقرار خود کار کنند. سوخت بیل‌های مکانیکی بنزین و گازوئیل است که در ظرفیت‌های بزرگ نوع گازوئیلی آن اقتصادی‌تر می‌باشد. طرز کار بیل به صورتی است که جام آن را روی سطح مورد نظر قرار می‌گیرد و با فشار جام به پایین و کشیدن آن به جلو مسیر راننده و مواد حفاری شده را در جام جای می‌دهد و سپس در کامیون یا محل دیگر تخلیه می‌گردد. جام‌ها دارای ظرفیت متفاوت‌اند و بر حسب نوع کار و با توجه به مشخصات و قدرت دستگاه می‌توان جام مناسب را انتخاب نمود.
لودر	لودرها معمولاً برای: ایجاد خاکریزها، پی‌کشی‌ها، پر کردن خندق‌ها و خاکریزی اطراف لوله‌های کار گذاشته شده در شبکه، بار کردن کامیون‌ها، جابه‌جایی مصالح ساختمانی، تمیز کردن محوطه کارگاه‌ها و... مورد استفاده قرار می‌گیرند. لودرها به دو نوع چرخ لاستیکی و چرخ زنجیری تقسیم می‌گردند: - لودرهای چرخ لاستیکی دارای تحرک و مانور بهتر و بیش‌تری از لودرهای چرخ زنجیری‌اند و بیش‌تر در زمینه‌های سفت و هم‌چنین برای حمل مواد مورد استفاده قرار می‌گیرند و معمولاً در شبکه‌های آبیاری و زهکشی کاربرد بیش‌تری دارند. - لودرهای چرخ زنجیری در اراضی سست و یا در سنگ‌های شکسته لبه تیز و هم‌چنین در اراضی خیس شده کاربرد بیش‌تری

جدول (۱۲-۵). نوع و نحوه کار ماشین آلات نگین رایج در اقدامات آبخیزداری و منابع طبیعی

ماشین آلات	توضیحات
گریدر	دارند. این لودرها به علت سطح تماس بیش تر و نیروی کمتری که در واحد سطح به زمین وارد می کنند در اراضی فوق الذکر به سهولت کار می کنند ولی مانور و تحرک و سرعت کمتری نسبت به لودر چرخ لاستیکی دارند و همچنین برای کارکردن در شیب های تند از این نوع لودرها استفاده می شود (سر بالایی تا ۶۰° سرازیری تا ۳۵°) لودرها دارای مدل های مختلف با ظرفیت جام گوناگون اند که در پروژه های مختلف آبیاری استفاده می شوند. عمر و بازدهی ماشین، رابطه ی مستقیم با چگونگی نگهداری و بهره برداری از آن دارد و می توان با روش صحیح مراقبت، عمر مفید آن را افزایش داد. گریدر معمولاً برای تنظیم سطح راه ها، شیب دادن به سطح آن ها، ایجاد و تنظیم شیب شانه های خارجی را در راه ها و کانال ها اعم از: مقاطع V شکل یا اشکال دیگر، پخش کردن و مخلوط کردن مواد خاکی و قیری، برفروبی سطح جاده ها، جمع آوری و دسته کردن مصالح یا مواد در کنار جاده و... مورد استفاده قرار گیرد و با تغییر زاویه ی آن می توان قدرت حفاری را کم و زیاد کرد. رانندگان گریدر بسته به جنس خاک معتبر است و موادی مانند شن و ماسه یا خاک های سبک فاقد ریشه های گیاهی، به خوبی به وسیله ی این ماشین جابه جا می گردد و راندها خوب در این موارد خواهد داشت. در زمین های سفت باید ابتدا با تیغه های خراشنده زمین را خراش داد، سپس از گریدر استفاده نمود. در اراضی آبدار کار با گریدر بسیار مشکل است و فرو رفتن چرخ جلو در گل مانع حرکت آن شده و بازدهی بسیار کم خواهد شد. برای تنظیم شیب عرضی جاده ها به منظور تخلیه ی آب های ناشی از بارندگی بهتر است گریدر پس از بارندگی کوتاه مدت و قبل از گل شدن جاده این کار را انجام دهد یعنی بهترین راندها حالتی است که سطح جاده مرطوب باشد. از طرفی به کارگیری چند گریدر توأماً می تواند در بالا بردن بازده آن موثر باشد و این در حالی است که تعداد آن ها متناسب با کار است و به اندازه ی زیاد نباشد که میدان کاری را تحت الشعاع قرار دهد و در مجموع سبب پایین آوردن راندها گردد. سرعت گریدر در کارهای مختلف متفاوت است و از حداقل سرعت در کندن جوی ها و شیب خاکریزها شروع و تا حداکثر آن در عملیات برفروبی نوسان دارد. برخی از گریدرها دارای دستگاه واریسی اتوماتیک تیغه است که برای تنظیم شیب ها به طور اتوماتیک از آن می توان استفاده نمود. لبه ی تیغه گریدر با توجه به شرایط کاری می تواند از نوع دندانه دار (برای کار در خاک های یخ زده، یخ و قله سنگ های متراکم)، منحنی (برای تنظیم دقیق شیب و همچنین بریدن مواد سخت)، مستقیم (نفوذ به داخل مواد به سادگی امکان پذیر است) نازک (برای کارهای ظریف) و ضخیم انتخاب گردد.
کامیون	کامیون از جمله وسایلی است که برای حمل و نقل مصالح و یا مواد حاصل از حفاری یا لایروبی کانال ها و زهکش ها عملیات خاک جاده های سرویس و غیره مورد استفاده قرار می گیرد. کامیون ها به انواع مختلف دیزلی یا بنزینی یک یا دو دیفرانسیلی و دو یا سه محوری تقسیم می شوند همچنین از لحاظ ظرفیت حمل بار، سرعت مانور و ابعاد انواع گوناگون دارند. کامیون ها از لحاظ چگونگی تخلیه بار به انواع بعل باز شو، کف باز شو و عقب باز شو تقسیم می شوند که هر یک برای شرایط خاص و نوع مصالح مشخص به کار گرفته می شود. برخی از کامیون های بزرگ دارای واگن ها یا تریلر هایی با قدرت حمل بیش از ۳۰ متر مکعب اند. معمولاً میزان حمل مصالح متناسب با وزن کامیون است و سرعت آن نسبت عکس با میزان حمل مصالح خواهد داشت، برخی از کامیون های بزرگ دارای دو مجرای تخلیه ی مصالح است که هم به صورت طولی و هم به صورت عرضی می تواند محموله ی خود را تخلیه کند. کارخانه های سازنده بر حسب نوع ۸ مصالحی که کامیون حمل می کند بند و شاسی آن را از فلزات با مشخصات مخصوص انتخاب می کنند به نحوی که برخی مناسب برای حمل مصالح سنگی و برخی برای مواد دانه ریز غیر چسبنده و... است در صورتی که حجم ماشین آلات بارگیری کامیون: مانند بیل کانیکی یا لودر با توجه به حجم حمل مصالح و مواد به وسیله ی کامیون، انتخاب می گردد می تواند از لحاظ اقتصادی بسیار موثر باشد.
بولدوزر	بولدوزر همانند تراکتوری است که در قسمت جلو آن تیغه ای افقی ثابت یا متحرک نصب گردیده است و دارای دو نوع چرخ لاستیکی و چرخ زنجیره ای است. با توجه به مکانیزم حرکت بولدوزر، تیغه ی آن به دو صورت کابلی و هیدرولیکی وجود دارد. بولدوزر در کندن زمین، به جلو راندن مواد (سنگ، خاک و...) پخش آن روی بستر راه، پر کردن گودی ها و... مورد استفاده قرار می گیرد. برای بالا بردن راندها کار این ماشین بهتر است ابتدا ماد سخت یا زمین های سفت، خرد و سست شود و سپس برای کندن و جابه جایی آن ها از بولدوزرها استفاده گردد. تنظیم تیغه بولدوزر بر حسب نوع عملیاتی که انجام می شود ضروری است. معمولاً بولدوزر با سرعت حداکثر و تا حدی که مواد از جلو تیغه ی آن سر نخورد به کار گرفته می شود. نوع چرخ زنجیری بولدوزر برای کار در اراضی سست و در شیب های تند (حداکثر ۴۵ درجه) مناسب است. نوع چرخ لاستیکی دارای سرعت بالاتری است و در اراضی سفت کاربرد بیشتری دارد بولدوزرها دارای انواع دو چرخ و چهار چرخ هستند که نوع دو چرخ آن باید همراه با ماشین دیگری نظیر اسکرپر به عنوان نیروی محرک کار کند تا بتواند تعادل خود را حفظ کند. تیغه های بولدوزر دارای ظرفیت های متفاوت است که با توجه به قدرت موتور قابل تنظیم و تعویض و دارای انواع مختلف است. معروف ترین نوع تیغه ها شامل مستقیم، انگل دوز، یونیورسال و کوشن کند. به غیر از کوشن بقیه می توانند حول محور طولی ماشین دوران کنند و قدرت بولدوزر را در یک طرف تیغه متمرکز نمایند که در مواقع خندق کمی ییبا شکستن قشر سطحی زمین های سخت ضرورت دارد. در جابه جایی مواد متناسب با فاصله از انبوهاء مختلف بولدوزر استفاده می شود. از جمله در فواصل کوتاه تیغه ی مستقیم به کار برده

جدول (۱۲-۵). نوع و نحوه‌ی کار ماشین‌آلات نگین رایج در اقدامات آبخیزداری و منابع طبیعی

ماشین‌آلات	توضیحات
	می‌شود. انگل‌دوز معمولاً در ایجاد برش در کنار تپه‌ها و بلندی‌ها، پر کردن پشت‌انبیه و کندن جوی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.
غلتک	برای متراکم کردن بستر راه‌ها، خاکریزهای کانال و زهکشی‌ها، رویه‌های آسفالتی جاده‌ها، کوبیدن شانه‌های خاکی و شیب‌های کانال و زهکشی‌ها و جاده‌ها و اطراف پل‌ها و آبروها و... از این نوع ماشین‌آلات استفاده می‌گردد. غلتک‌ها دارای انواع مختلفی است که با توجه به نوع عملیات، جنس زمین، مصالح قابل تراکم، شرایط مکانی و زمانی مختلف به کار گرفته می‌شود. انواع غلتک‌ها عبارتند از: غلتک پآچه‌بزی، شبکه‌ای، ارتعاشی (لرزنده)، فولادی صاف، پنوماتیک و کفش دار. غلتک‌ها از لحاظ قدرت کشش، وزن، سرعت، ابعاد و... متفاوت‌اند که کارخانه‌های سازنده‌ی مشخصات مذکور را برای هر نوع از تولیدات خود ارائه می‌دهند. معمولاً نوع غلتک با توجه به جنس خاک و مصالح قابل تراکم و همچنین براساس شرایط زمان و مکان در جداولی مشخص می‌شود. براساس این جداول غلتک‌های شبکه‌ای برای خرد کردن قطعات کلوخه خاک‌های چسبنده، غلتک‌های فولادی صاف برای تراکم اساس و سطح اسفالت راه‌ها، غلتک‌های پنوماتیک برای تراکم لایه‌های ضخیم خاک و... به کار می‌روند، همچنین هر نوع غلتک می‌تواند حداکثر وزن مخصوصی برای خاک‌های مختلف ایجاد کند.

منابع مورد استفاده

- ۱- ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری و زهکشی، مشخصات فنی عمومی، (۱۳۷۳)، نشریه‌ی شماره ۱۰۸، انتشارات سازمان برنامه و بودجه.
- ۲- مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی، تجدیدنظر دوم (۱۳۸۵)، نشریه‌ی شماره ۵۵، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- ۳- آیین‌نامه‌ی بتن ایران «آبا»، تجدید نظر اول، (۱۳۸۵)، نشریه‌ی شماره ۱۲۰، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- ۴- صادقی. ح و رفعتی. پ. (۱۳۸۴)، مصالح ساخت و آزمایشگاه، انتشارات دانشگاه امام حسین، تهران.
- ۵- دستورالعمل ساخت و اجرای بتن در کارگاه، (۱۳۸۵)، نشریه‌ی شماره ۳۲۷، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- ۶- مهدوی، م. (۱۳۸۱)، هیدرولوژی کاربردی، جلد دوم، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
- ۷- علیزاده، ا. (۱۳۸۶)، اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. مشهد.
- ۸- آر، اس، آیز و دی، دبلیو، وست کات و حاج رسولی‌ها، شاپور (مترجم). (۱۳۸۲)، کیفیت آب برای کشاورزی، انتشارات مرکز نشر دانشگاهی، تهران.
- ۹- نگه‌دار، ا و علیزاده، ع و مهدوی، ف. (۱۳۸۷)، سیاست‌های مرتعداری در ایران، انتشارات پونه، تهران.
- ۱۰- مصداقی، م. (۱۳۸۶)، مرتعداری در ایران، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، مشهد.
- ۱۱- آذرنیوند، ح و زارع چاهوکی، م. ر، (۱۳۸۷)، اصلاح مراتع، انتشارات دانشگاه تهران. تهران.
- ۱۲- جنگجو، م، (۱۳۸۸)، اصلاح و توسعه‌ی مرتع، انتشارات جهاد دانشگاهی، مشهد.
- ۱۳- دیوارهای سنگی، (۱۳۸۶)، نشریه‌ی شماره ۹۰، انتشارات معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی.
- ۱۴- شیرگ و استر (علیزاده. مترجم). (۱۳۷۷)، کیفیت آب در آبیاری، انتشارات آستان قدس رضوی.
- ۱۵- دستورالعمل انجام مطالعات خاک‌شناسی. (۱۳۸۸)، نشریه‌ی شماره ۴۶۶، انتشارات معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور.
- ۱۶- کوثر، س.آ، (۱۳۷۴)، مقدمه‌ای بر مهار سیلاب‌ها و بهره‌وری بهینه از آب‌ها، انتشارات موسسه‌ی تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، تهران.
- ۱۷- جوان، م و فرشاد، م و براهی، پ و طالب بیدختی، ن. (۱۳۶۹)، طرح و انالیز و اجرای سازه‌های توری سنگی (گابیون)، انتشارات معاونت امور آب جهادسازندگی، تهران.
- ۱۸- مشخصات فنی عمومی راهداری، نشریه‌ی شماره ۲۸۰، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- ۱۹- دستورالعمل بهره‌برداری و نگهداری از ماشین آلات مورد نیاز شبکه‌های آبیاری و زهکشی، نشریه‌ی شماره ۲۴۵، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- ۲۰- صلاحی ا و موسی‌نژاد، م. (۱۳۸۸)، کیفیت و کمیت آب مصرفی در حیوانات اهلی، انتشارات آبیژ، تهران.
- ۲۱- دستورالعمل مهار فرسایش خندقی. (۱۳۸۱)، نشریه‌ی شماره ۱۳/۲، انتشارات پژوهشکده‌ی حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران.

فهرست واژگان

Fine- grained soils	خاک ریزدانه	
Highly organic solis	خاک‌ها با مواد آلی بالا	
	ز	
Pitch	زفت قطران	
Perforated pipe	زهکش‌های روزنه‌دار	
sill(=Cill)	زیرسری	piping
	س	Shop Drawing
Land	سرزمین	motar bar Test
rebound	سطح زمین	Emulsions
Soil Crusts	سله‌های سطح خاک	Lime mortar
Rip- rap	سنگ‌چینی حفاظتی	
Petrography	سنگ‌نگاری	Recycling
Water Proofed Portland Cement	سیمان آب‌بند کننده	Well- graded
Blended Cement	سیمان آمیخته	Total Dissolved solids
organic cement	سیمان آلی	Cast- in situ Concrete
Regulated set cement	سیمان باگیرش تنظیم شده	Concrete blocks
Masonry cement	سیمان بنایی	modified homogeneous
white Portland Cement	سیمان پرتلند سفید	Zoned
Lime- Pozzolan Cement	سیمان پرتلند معمولی (نوع ۱)	homogeneous
Lime- Blast- furnace slag cement	سیمان پرتلند معمولی نوع ۲	
Air- entraining Portland Cement	سیمان پرتلند هوازا	Pozzolan
Plastic Cement	سیمان پلاستیک (خمیری)	Coating
High- alumina Cement	سیمان رنگی	
Quick setting cement	سیمان زودگیر	bleeding
Super sulphated cement	سیمان سوپرسولفات	Cracks
Solfate resistance Cement	سیمان ضد سولفات	Thermo plastic
Natural Cement	سیمان طبیعی	temperature reinforcement
Synthetic Cement	سیمان مصنوعی	
Normal Cement	سیمان معمولی	shrinkaye
	ش	Effervescence
Plasticity Index	شاخص خمیرایی (PI)	
Gravel	شن	quick Conditions0
	ض	Liquid Limit
Elasticity	ضریب کشسانی	splices of reinforcement
fineness modulus	ضریب نرمی	Atterberg limits
	غ	Pores
Roller	غلtek (رولد)	Concentrations
	ف	
Filteration	فیلتراسیون	Coarse- grained Soils
		Clay mortar

الف

آب شکستگی (زیر پی)

اجرای کارگاهی

آزمایش ملات

امولسیون

آهک شکفته

ب

بازیافت

بافت پیوسته

باقی‌مانده‌ی خشک

بتن‌ریزی در جا

بلوک‌های بتنی

بند همگن اصلاح شده

بندهای ناهمگن

بندهای همگن

پ

پوزولان

پوشش‌های حفاظتی

ت

تراوش شیرهی بتن به سطح

ترک‌ها و شکاف‌های خاک

ترموپلاستیک

تغییر شکل حرارتی

ج

جمع‌شدگی

جوشش خاک

ح

حالات تعلیق

حد سیلان (LL)

حداقل طول پوشش وصله

حدود اتربرگ

حفرات خاک

حفره‌ها

خ

خاک درشت دانه

خاک رس

ق

Consistency	قابلیت روانی (بتن)
workability	قابلیت عملی (بتن)

ل

high density	لوله‌های پلی‌اتیلن سخت
Low density	لوله‌های پلی‌اتیلن نرم
clay pipe	لوله‌های سفالی
bituminized fibre	لوله‌های مشبک از فیبر قیری
Slumping	لیز خوردگی گردشی

م

Air Entraining Portland Cement	ماده‌ی حباب‌ساز
sand	ماسه
sand Blasting	ماسه‌پاشی
mesh	مش
Materials	مصالح
Mortier Batard	ملات باتارد
Gavged mortar	ملات حرام زاده
Granular materials	مواد دانه‌ای
Silt- Clay- materials	مواد سلیت- رس
dowel bar	میلگردهای انتظار

ن

Uplift	نیروهای پایین به بالا
--------	-----------------------

و

Unit weght	وزن واحد حجم
------------	--------------

Islamic Republic of Iran
Plan and Budget Organization

Preparation and Compilation of Technical Standards, Type and Use of Materials in the Performance Measures in Watershed Management and Water Harvesting

No.

Deputy of Technical,
Infrastructure and
Production Affairs

Forest, Range & Watershed
Management Organization Of IRAN

Department of Technical &
Executive affairs,
Consultants and Contractors

Water Harvesting & Flood Control office

nezamfanni.ir

www.frw.org.ir

این نشریه

تهیه و تدوین «معیارهای فنی نوع و نحوه‌ی استفاده از مصالح و نهاده‌ها در اقدامات اجرایی آبخیزداری و آبخوانداری» در قالب چهار راهکار عملیاتی مدیریتی، بیولوژیکی، مکانیکی و بیومکانیکی می‌باشد. گاهی به کارگیری هم‌زمان بیش از یک عملیات اجرایی (مبارزه‌ای، اصلاحی) توصیه می‌شود. این نشریه در دو مجلد تدوین شده است. در جلد اول مطابق مجلد پیش رو؛ با توجه به اشتراک غالب مصالح در پروژه‌های مکانیکی و بیو مکانیکی ابتدا ضمن ارایه‌ی انوای تقسیم بندی در ارتباط با انواع اقدامات، جدول نوع « مصالح » مورد استفاده در هر نوع عملیات آورده شده است و سپس به تشریح انواع مصالح به تفکیک پرداخته شده است. در مجلد دوم؛ شاخص‌ها و معیارهای فنی متناسب با انواع اقدامات تشریح گردیده است.