

جمهوری اسلامی ایران
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

مشخصات فنی عمومی زیرسازی راه آهن

نشریه شماره ۲۷۹

وزارت راه و ترابری
معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری
پژوهشکده حمل و نقل
www.rahlran.ir

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
معاونت امور فنی
دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی
www.mporg.ir/fanni/s.htm

۱۳۸۳

انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور ۸۳/۰۰/۴۱

فهرست برگه

سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی
مشخصات فنی عمومی زیرسازی راه آهن/ معاونت امور فنی، دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی؛
وزارت راه و ترابری، معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری، پژوهشکده حمل و نقل. - تهران: سازمان
مدیریت و برنامه ریزی کشور، معاونت امور پشتیبانی، مرکز مدارک علمی و انتشارات، ۱۳۸۳.
۹۱ ص: مصور. - (سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی؛
نشریه شماره ۲۷۹) (انتشارات سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور؛ ۸۳/۰۰/۴۱)
ISBN 964-425-531-3
مربوط به بخشنامه شماره ۱۰۱/۵۴۵۲۸ مورخ ۱۳۸۳/۴/۲
کتابنامه: ص. ۹۱
۱. راه آهن - طرح و ساختمان. ۲. راهسازی - مشخصات. الف. ایران. وزارت راه و ترابری.
پژوهشکده حمل و نقل. ب. سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. مرکز مدارک علمی و انتشارات.
ج. عنوان. د. فروست.
۱۳۸۳ ش. ۲۷۹ س/۳۶۸ TA

ISBN 964-425-531-3

شابک ۳-۵۳۱-۹۶۴-۴۲۵

مشخصات فنی عمومی زیرسازی راه آهن

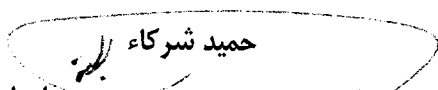
ناشر: سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، معاونت امور پشتیبانی، مرکز مدارک علمی و انتشارات
چاپ اول، ۳۵۰۰ نسخه
قیمت: ۱۰۰۰۰ ریال
تاریخ انتشار: سال ۱۳۸۳
لیتوگرافی: قاسملو
چاپ و صحافی: چاپ زحل
همه حقوق برای ناشر محفوظ است.



ریاست جمهوری

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
رئیس سازمان

بسمه تعالی

شماره : ۱۰۱/۵۴۵۲۸	به دستگاه‌های اجرایی ، مهندسان مشاور و پیمانکاران
تاریخ : ۸۳/۴/۲	
موضوع : مشخصات فنی عمومی زیرسازی راه‌آهن	
<p>به استناد آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی، موضوع ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و در چهارچوب نظام فنی و اجرایی طرح‌های عمرانی کشور (مصوبه شماره ۲۴۵۲۵/ت/۱۴۸۹۸ هـ ، مورخ ۱۳۷۵/۴/۴ هیأت محترم وزیران) به پیوست ، نشریه شماره ۲۷۹ دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی این سازمان، با عنوان «مشخصات فنی عمومی زیرسازی راه‌آهن» از نوع گروه اول، ابلاغ می‌شود؛ تا از تاریخ ۱۳۸۳/۹/۱ به اجرا درآید .</p> <p>رعایت کامل مفاد این نشریه از طرف دستگاه‌های اجرایی ، مهندسان مشاور، پیمانکاران و عوامل دیگر در طرح‌های عمرانی الزامی است، ولی در یک دوره گذر یکساله تا ۱۳۸۴/۹/۱ ، استفاده از دیگر آیین‌نامه‌های معتبر نیز مجاز خواهد بود.</p> <p style="text-align: center;"> معاون رئیس جمهور و رئیس سازمان</p>	

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی :

دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این نشریه نموده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلطهای 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- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.

۲- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.

۳- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.

۴- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.

کارشناسان این دفتر نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت.

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه : تهران، خیابان شیخ بهائی، بالاتر از ملاصدرا، کوچه لادن، شماره

۲۴، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی صندوق

پستی ۱۹۹۱۷-۴۵۴۸۱ <http://tec.mporg.ir/fanni/S.htm>

بسمه تعالی

پیشگفتار

بهره‌گیری از ضوابط، معیارها و استانداردهای ملی در تمامی مراحل طراحی، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری طرحهای عمرانی با رویکرد کاهش هزینه، زمان و ارتقاء کیفیت، از اهمیتی ویژه برخوردار بوده و در نظام جدید فنی و اجرایی طرحهای عمرانی کشور، مورد تأکید جدی قرار گرفته است.

براساس مفاد ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، موظف به تهیه و ابلاغ ضوابط، مشخصات فنی، آیین‌نامه‌ها و استانداردهای مورد نیاز طرحهای عمرانی می‌باشد. با توجه به تنوع و گستردگی طرحهای عمرانی، طی سالهای اخیر سعی شده است در تهیه و تدوین اینگونه مدارک علمی، از مراکز تحقیقاتی دستگاههای اجرایی ذیربط استفاده شود. در این راستا مقرر شده است، معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری وزارت راه و ترابری در تدوین ضوابط و معیارهای بخش راه و ترابری عهده‌دار این مهم باشد.

نشریه حاضر به منظور ایجاد هماهنگی و یکنواختی در طرح و اجرای پروژههای احداث راه‌آهن در کشور و همچنین رعایت اصول، روشها و فنون اجرایی متناسب با امکانات موجود و سازگار با شرایط و مقتضیات اقلیمی کشور، تهیه و تدوین شده است. مباحث مربوط به عملیات ابنیه فنی و تونلها و دیگر موارد که در این نشریه ذکر نشده، در نشریه شماره ۱۰۱ با عنوان «مشخصات فنی عمومی راه (تجدید نظر اول)» آورده شده است و ملاک عمل خواهد بود.

در پایان از معاونت محترم آموزش، تحقیقات و فناوری، معاونت محترم ساخت و توسعه راه آهن وزارت راه و ترابری، مرکز تحقیقات راه آهن و راه آهن جمهوری اسلامی و شرکت مهندسين مشاور مترا و همچنين کارشناسان و متخصصان زیر که در تهیه و تدوین این نشریه ما را یاری نمودند تشکر و قدردانی می نماید.

آقای مهندس منوچهر احتشامی	آقای مهندس عبدالعلی غفاری پور
آقای مهندس اسماعیل اسماعیل پور	آقای مهندس طاهر فتح اللهی
آقای مهندس علی محمد اسماعیلی	آقای دکتر اورنگ فرزانه
خانم مهندس بهناز پورسید	آقای دکتر منصور فخری
آقای مهندس علی تبار	آقای مهندس اسماعیل قهرمانی گرگری
مرحوم مهندس رضاقلی رستمی	آقای دکتر محمدسعید منجم
آقای مهندس رضا طباطبائی ایرانی	آقای مهندس فرهاد مهرباری لیلیمی
آقای مهندس میرمحمد ظفری	

امید است در آینده شاهد توفیق روزافزون این کارشناسان، در خدمت به جامعه فنی مهندسی کشور باشیم.

معاون امور فنی

بهار ۱۳۸۳

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
فصل اول - بارگذاری	
۳	۱-۱- کلیات
۳	۲-۱- انواع بارها
۳	۳-۱- مشخصات هندسی خط عبور
۴	۴-۱- بارهای دایمی
۴	۵-۱- بارهای بهره‌برداری
۴	۱-۵-۱- بارگذاری استاندارد
۵	۱-۵-۲- بارگذاری‌های اصلاح شده
۶	۶-۱- ضرایب دینامیکی (ضربه)
۷	۷-۱- نیروی ترمز و شتاب
۷	۸-۱- نیروهای عرضی
۸	۹-۱- اثر زمین لرزه
۸	۱۰-۱- ترکیبات بارگذاری
فصل دوم - آماده‌سازی مسیر و حریم	
۱۱	۱-۲- پاکسازی مسیر و حریم
۱۲	۲-۲- برداشت خاکهای سطحی و نباتی

فصل سوم - عملیات خاکی

۱۷.....	۳-۱- کلیات
۱۷.....	۳-۲- مطالعات مکانیک خاک
۱۷.....	۳-۲-۱- بررسی‌های مقدماتی
۱۷.....	۳-۲-۱-۱- جمع‌آوری اطلاعات موجود
۱۷.....	۳-۲-۱-۲- عکسهای هوایی و نقشه‌های زمین شناسی
۱۸.....	۳-۲-۱-۳- بازدید محلی
۱۸.....	۳-۲-۲- بررسی‌های تفصیلی
۱۸.....	۳-۲-۳- محدودیت مطالعات مکانیک خاک
۱۸.....	۳-۳- خاکبرداری
۱۸.....	۳-۳-۱- کلیات
۱۹.....	۳-۳-۲- اجرای عملیات
۲۰.....	۳-۳-۳- سنگ‌بری (خاک‌برداری در سنگ)
۲۱.....	۳-۳-۴- عملیات انفجار در برش‌های سنگی
۲۲.....	۳-۳-۴-۱- انفجار کنترل شده سنگ
۲۳.....	۳-۳-۴-۲- آتشکاری به روش پیش شکافتن
۲۳.....	۳-۳-۵- خاکهای لغزشی و ریزشی حاصل از انفجار
۲۳.....	۳-۳-۶- خاکبرداری از قرضه
۲۴.....	۳-۳-۶-۱- انواع قرضه
۲۴.....	۳-۳-۶-۲- کاربرد قرضه‌ها و محدودیت‌های آن
۲۵.....	۳-۳-۷- طراحی برش‌ها
۲۵.....	۳-۳-۷-۱- ایمنی و پایداری برش
۲۵.....	۳-۳-۷-۲- جمع‌آوری اطلاعات برای طراحی برش
۲۶.....	۳-۳-۷-۳- تعیین عرضه ترانشه
۲۶.....	۳-۳-۸- پایداری شیروانیهای سنگی

۲۹	۹-۳-۳- اثر کوهبری
۳۰	۱۰-۳-۳- روشهای پایدار سازی شیروانی‌ها
۳۰	۱-۱۰-۳-۳- پلکانی کردن شیروانی‌ها
۳۵	۲-۱۰-۳-۳- روشهای دیگر
۳۶	۱۱-۳-۳- برشهای خاکی
۳۶	۱-۱۱-۳-۳- کلیات
۳۶	۲-۱۱-۳-۳- برش در زمین‌های شن و ماسه‌ای
۳۷	۳-۱۱-۳-۳- برش در خاکهای رسی
۳۷	۴-۱۱-۳-۳- برش در خاکهای ناهمگون
۳۸	۵-۱۱-۳-۳- برش در خاکهای لسی
۳۸	۶-۱۱-۳-۳- کنترل شیب‌ها
۳۸	۴-۳- خاکریزی
۳۸	۱-۴-۳- کلیات
۳۹	۲-۴-۳- مصالح مناسب برای خاکریزی
۴۱	۳-۴-۳- مشخصات فنی مصالح مناسب برای خاکریزی
۴۱	۱-۳-۴-۳- خاک
۴۱	۱-۱-۳-۴-۳- انواع و طبقه‌بندی خاک
۴۳	۲-۱-۳-۴-۳- سی. بی. آر اشباع خاک
۴۴	۳-۱-۳-۴-۳- حداکثر وزن مخصوص خشک خاک
۴۴	۴-۱-۳-۴-۳- مواد آلی خاک
۴۴	۵-۱-۳-۴-۳- محدودیت‌های دیگر
۴۴	۲-۳-۴-۳- سنگریزی
۴۴	۴-۴-۳- اجرای خاکریز
۴۴	۱-۴-۴-۳- آماده سازی بستر اولیه خاکریز

عنوان	صفحه
۲-۴-۴-۳- خاکریزی معمولی	۴۷
۱-۲-۴-۴-۳- ضخامت لایه‌ها	۴۸
۲-۲-۴-۴-۳- یکنواختی مصالح	۴۸
۳-۲-۴-۴-۳- تراز و شیب‌بندی لایه‌ها	۴۸
۴-۲-۴-۴-۳- تعریض خاکریز موجود و خاکریزی در زمین شیب‌دار	۴۹
۵-۲-۴-۴-۳- تعویض خاک بستر اولیه	۴۹
۶-۲-۴-۴-۳- شیب شیروانی خاکریز	۴۹
۳-۴-۴-۳- خاکریز سنگی	۵۰
۱-۳-۴-۴-۳- اندازه مصالح	۵۰
۲-۳-۴-۴-۳- ضخامت لایه‌ها	۵۰
۳-۳-۴-۴-۳- شیب شیروانی‌ها	۵۱
۴-۳-۴-۴-۳- محدودیت‌ها	۵۱
۵-۴-۳- مصالح حساس در مقابل یخبندان	۵۱
۶-۴-۳- خاکریزی پشت پی‌ها و ابنیه فنی - خاکریزهای پرکننده	۵۲
۷-۴-۳- محدودیت فصلی در عملیات خاکریزی	۵۳
۸-۴-۳- بستر روسازی	۵۳
۱-۸-۴-۳- بستر روسازی در خاکریز و تقویت آن	۵۳
۲-۸-۴-۳- بستر روسازی در خاکبرداری و تقویت آن	۵۴
۳-۸-۴-۳- بستر روسازی در برش سنگی	۵۵
۴-۸-۴-۳- بستر روسازی در مسیر موجود	۵۵
۹-۴-۳- کنترل سطح بستر روسازی	۵۵
۱۰-۴-۳- کوبیدن و تراکم نسبی	۵۶
۱-۱۰-۴-۳- انواع غلتک‌ها	۵۶

۵۷.....	۳-۴-۱۰-۲- اجرای قطعه آزمایشی.....
۶۰.....	۳-۴-۱۰-۳- رطوبت مصالح.....
۶۱.....	۳-۴-۱۰-۴- تراکم نسبی.....
۶۲.....	۳-۴-۱۰-۵- کنترل کوبیدن لایه‌های سنگریزی.....
۶۳.....	۳-۴-۱۰-۶- حفاظت لایه‌های متراکم شده.....

فصل چهارم - زهکشی

۶۷.....	۴-۱- کلیات.....
۶۷.....	۴-۱-۱- نفوذ آب.....
۶۷.....	۴-۱-۲- شناخت منابع نفوذ آب.....
۶۸.....	۴-۱-۳- سیستم زهکشی.....
۶۸.....	۴-۲- انواع زهکشی.....
۶۹.....	۴-۲-۱- زهکشی آبهای سطحی.....
۶۹.....	۴-۲-۱-۱- شرایط زهکشی عرضی.....
۶۹.....	۴-۲-۱-۲- موقعیت زهکش عرضی.....
۷۰.....	۴-۲-۱-۳- هدایت و تخلیه آبهای سطحی.....
۷۰.....	۴-۲-۱-۴- نهرها و آبروهای جانبی.....
۷۱.....	۴-۳- زهکشی آبهای زیرزمینی.....
۷۳.....	۴-۳-۱- زهکشی در مسیرهایی با عرض زیاد.....
۷۳.....	۴-۴- زهکشی مسیر در شیب عرضی.....
۷۴.....	۴-۵- زهکشی آب معلق.....
۷۴.....	۴-۶- نکات مهم.....
۷۴.....	۴-۷- انواع زهکشهای عمقی.....

عنوان	صفحه
۴-۷-۱- زهکش لوله‌ای	۷۵
۴-۷-۲- ترانشه زهکش	۷۶
۴-۸- حالات ناپایداری فیلترها	۷۶
۴-۹- معیارهای طراحی فیلترها	۷۸
۴-۹-۱- روابط طراحی فیلتر	۷۸
۴-۹-۱-۱- معیار پایداری در مقابل فرسایش	۷۹
۴-۹-۱-۲- جابجایی داخلی در مصالح فیلتر	۸۰
۴-۹-۱-۳- نفوذ پذیری	۸۱
۴-۹-۱-۴- اندازه سوراخهای لوله زهکش	۸۲
۴-۹-۲- مصالح زهکشهای عمقی	۸۳

فصل پنجم - قنات

۵-۱- کلیات	۸۷
۵-۲- فاصله میان دوميله قنات و حداکثر عمق هریرک	۸۷
۵-۳- ابعاد و میله	۸۷
۵-۴- طول قنات	۸۷
۵-۵- انواع قنات و موقعیت آنها	۸۸
۵-۵-۱- قنات‌های دایر	۸۸
۵-۵-۲- قنات‌های بایر	۸۸
۵-۵-۱-۲- در بستر خط	۸۹
۵-۵-۲-۲- در حریم خط	۸۹
۵-۵-۲-۳- چاههای آزمایش و کنترل	۸۹
۵-۶- پوشش داخلی مجرا	۸۹

فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۵	شکل ۱-۱- مقطع عرضی استاندارد راه آهن یک خطه.....
۵	شکل ۲-۱- مقطع عرضی استاندارد راه آهن دو خطه.....
۷	شکل ۳-۱- بارگذاری استاندارد.....
۲۷	شکل ۱-۳- مقطع عرضی کف برش.....
۳۲	شکل ۲-۳- نمونه ای از شیروانی چند لایه ای با شیب متغیر.....
۳۳	شکل ۳-۳- نمونه ای از شیروانی با شیب یکنواخت.....
۳۴	شکل ۴-۳- نمونه ای از شیروانی با پله های دائمی.....
۳۵	شکل ۵-۳- نمونه ای از شیروانی با پله های موقت.....
۶۸	شکل ۱-۴- سه منشأ اصلی نفوذ آب به جسم راه آهن.....
۷۱	شکل ۲-۴- زهکشی دامنه مشرف به مسیر.....
۷۲	شکل ۳-۴- زهکشی عمقی یکطرفه.....
۷۲	شکل ۴-۴- زهکشی عمقی دوطرفه.....
۷۳	شکل ۵-۴- نمونه ای از زهکشی عرضی زیرزمینی.....
۷۷	شکل ۶-۴- نمونه هایی از زهکشی های لوله ای.....
۷۷	شکل ۷-۴- نمونه هایی از ترانشه های زهکشی (زهکشی فرانسوی).....
۷۸	شکل ۸-۴- حالات مختلف ناپایداری فیلتر.....
۸۰	شکل ۹-۴- نمودار تعیین ضریب A بر اساس یکنواختی خاک پایه و فیلتر.....
۸۱	شکل ۱۰-۴- نمودار تعیین adm (D۱۷).....
۸۲	شکل ۱۱-۴- نمودار تعیین درصد مربوط به Dmax از منحنی دانه بندی فیلتر.....

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱-۱- ضرایب اصلاحی بارگذاری استاندارد.....	۶
جدول ۱-۳- عوامل مؤثر در انتخاب اجزای عرض انراشه	۲۷
جدول ۲-۳- توصیه‌هایی برای طراحی شیروانی‌های سنگی	۲۹
جدول ۳-۳- آزمایش‌های استاندارد برای سنگ‌ها.....	۴۱
جدول ۴-۳- آزمایش‌های استاندارد برای خاک.....	۴۳ و ۴۲
جدول ۵-۳- طبقه‌بندی کیفی خاک بستر طبق مشخصات UIC.....	۴۶ و ۴۵
جدول ۶-۳- مشخصات مصالح حساس در برابر یخبندان	۵۱
جدول ۷-۳- راهنمای تقویت خاک بستر روسازی در خاکریز.....	۵۴
جدول ۸-۳- راهنمای تقویت خاک بستر روسازی در خاکبرداری.....	۵۴
جدول ۹-۳- راهنمای نوع غلتکهای مورد استفاده در خاکریز معمولی.....	۵۹ و ۵۸
جدول ۱۰-۳- راهنمای نوع غلتکهای مورد استفاده در خاکریز سنگی.....	۶۰ و ۵۹

فهرست نمادها

نمادهایی که در این آیین نامه چه در روابط متن و چه در شکلها بکار رفته اند به طور خلاصه به شرح زیر است :

H_s : نیروی عرضی استاتیکی بر حسب تن

H_d : نیروی عرضی دینامیکی بر حسب تن

P : بار محوری بر حسب تن

NT : کسری دور در قوسها بر حسب میلیمتر که عبارتست از اختلاف دور بین حداکثر دور موجود و حداکثر دور لازم برای خنثی کردن نیروی گریز از مرکز می باشد.

C_u : ضریب یکنواختی مصالح

$d_1, d_2, \dots, (d_x)$: ابعاد دانه هایی هستند که X درصد وزنی آنها از آن کوچکتر است (مربوط به خاک پایه)

$D_1, D_2, \dots, (D_x)$: ابعاد دانه هایی هستند که X درصد وزنی آنها از آن کوچکتر است (مربوط به مصالح فیلتر)

PI : دامنه خمیری

C_{UD} : ضریب یکنواختی مصالح خاک فیلتر

C_{Ud} : ضریب یکنواختی مصالح خاک پایه

η : ضریب شکل مصالح فیلتر

LL : حد روانی مصالح خاکی

$(D_{10})_{adm}$: قطر مجاز مصالح فیلتر که تابعی از حد روانی خاک پایه است.

D_r : چگالی نسبی مصالح

e : نسبت تخلخل

فصل اول

بارگذاری

۱-۱- کلیات

بارهای مندرج در این نشریه برای طراحی و محاسبه روسازی و زیرسازی راه‌آهن مورد استفاده قرار می‌گیرد. این نشریه شامل پلها و تونلها نبوده و برای طرح و محاسبه انواع پلهای راه‌آهن باید از نشریه شماره ۱۳۹ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور استفاده شود. روسازی و زیرسازی راه‌آهن تحت تأثیر بارگذاری‌های مندرج در این نشریه باید پایداری خود را حفظ کند و دچار نشست یا تغییر شکلهای غیرمجاز نگردد.

همانطورکه در شکلهای (۱-۱) و (۳-۱) نیز نشان داده شده است، زیرسازی راه‌آهن شامل کلیه عملیات لازم تا اجرای بستر روسازی (لایه زیرین بالاست یا زیر بالاست) می‌باشد. روسازی راه‌آهن به سایر عملیات لازم تا تکمیل خط بعد از زیرسازی اطلاق می‌شود.

۱-۲- انواع بارها

بارهای محاسباتی در طراحی روسازی و زیرسازی به شرح زیر است:

- بارهای دایمی،
- بارهای مربوط به بهره‌برداری و اثرات حاصل از آنها.
- بارهای ناشی از اثر زمین لرزه.

۱-۳- مشخصات هندسی خط عبور

حداقل عرض زیرسازی‌های یک خط و دوخطه برای راه‌آهن معمولی و برقی به ترتیب ۶ تا ۷ متر و ۱۰/۲۵ تا ۱۲ متر مطابق شکلهای (۱-۱) و (۲-۱) در نظر گرفته می‌شود. فاصله استاندارد ریلهای راه‌آهن ایران ۱۴۳۵ میلیمتر است.

فاصله محور تا محور دو خط مجاور در ایستگاهها حداقل باید ۵ متر باشد. این فاصله برای خطوط خارج از ایستگاهها و خطوطی که امکان توقف و پارک قطار در آنها وجود ندارد، می‌تواند کمتر انتخاب شود ولی به هیچ وجه نباید از ۴/۲۵ متر کمتر باشد و فقط بر روی ابنیه فنی نظیر پلها، خاکریزی و

خاکبرداری با ارتفاع زیاد که نیاز به احداث دیوارهای حائل مرتفع دارند می توان این فاصله را به چهار متر یا کمتر تقلیل داد (در موارد خاص با موافقت کارفرما مقادیر کمتر از ۴ متر را نیز می توان در نظر گرفت).

۴-۱- بارهای دایمی

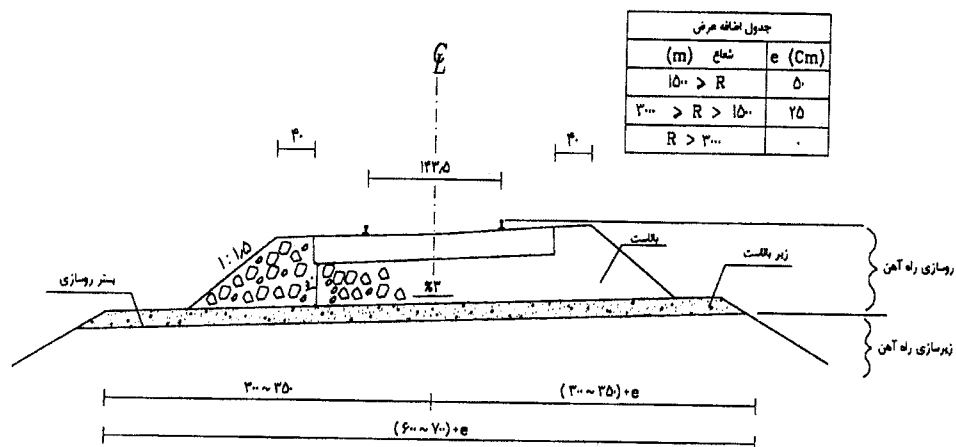
بارهای دایمی شامل وزن اجزای تشکیل دهنده زیرسازی و روسازی هستند. وزن خاک بر حسب نوع خاک مصرفی و وزن واحد حجم آن تعیین می شود. وزن روسازی را می توان به شرح زیر تعیین کرد:

- وزن واحد حجم بالاست، برابر ۱۹۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب.
- وزن ریل، معادل ۶۰ کیلوگرم بر متر طول.
- وزن هر تراورس بتنی، چوبی و فلزی به ترتیب ۳۰۰ یا ۱۴۰، ۸۰ و ۷۵ کیلوگرم.
- وزن پابندها و متعلقات ۱۰۰ کیلوگرم برای هر متر طول خط.

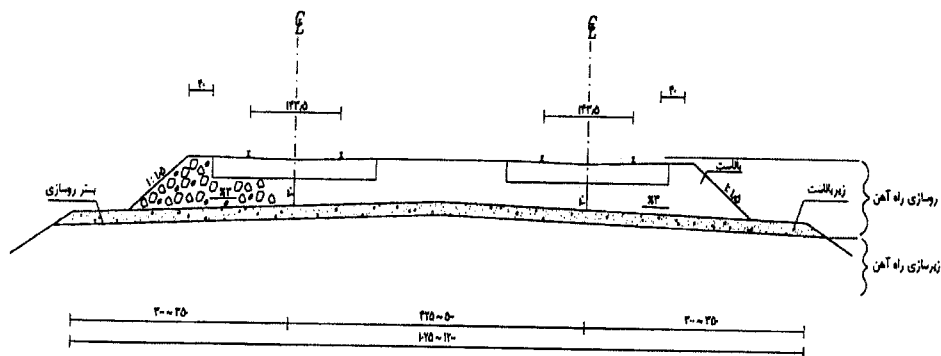
۵-۱- بارهای بهره برداری [۶]

۱-۵-۱ بارگذاری استاندارد

در طرح زیرسازی و روسازی راه آهن، بجای بار حقیقی قطار، بار فرضی مطابق شکل (۱-۳) در نظر گرفته می شود که در این نشریه از آن بعنوان بارگذاری استاندارد (بارگذاری نوع ۱) یاد خواهد شد.



شکل ۱-۱- مقطع عرضی استاندارد راه آهن یک خطه (ابعاد بر حسب سانتیمتر)



شکل ۲-۱- مقطع عرضی استاندارد راه آهن دو خطه (ابعاد بر حسب سانتیمتر)

۱-۵-۲- بارگذاری های اصلاح شده

برای حمل و نقل های خاص می توان از بارگذاری اصلاح شده (ویژه) استفاده کرد. در بارگذاری های ویژه، بارهای متمرکز و یکنواخت تعیین شده در بارگذاری استاندارد با اعمال ضرایبی بشرح جدول (۱-۱) اصلاح می شوند:

جدول ۱-۱- ضرایب اصلاحی بارگذاری استاندارد

نوع بارگذاری	ضریب اصلاح
سبک (نوع ۲)	۰/۸
سنگین (نوع ۳)	۱/۲

تبصره: برای حمل و نقل‌های عادی از بارگذاری استاندارد (نوع ۱) و برای بارگذاری‌های ویژه از بارگذاری‌های اصلاح شده (انواع ۲ و ۳) استفاده می‌شود. نوع بارگذاری ویژه توسط کارفرما تعیین خواهد شد.

۱-۶- ضرایب دینامیکی (ضربه) [۳]

ضرایب دینامیکی در طرح روسازی و زیرسازی از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$\delta = 1 + \alpha + \beta + \gamma$$

در این رابطه:

$$\alpha = 0.04 \left(\frac{V}{100} \right)^2$$

$$\beta = 0.20$$

$$\gamma = \gamma_0 \cdot \alpha \beta$$

$$\gamma_0 = 0.10 + 0.17 \times \left(\frac{V}{100} \right)^2$$

در روابط فوق V ، سرعت طرح بر حسب Km/h می باشد. ضریب دینامیکی نباید کمتر از ۱/۳ در نظر گرفته شود.

تبصره: ضریب دینامیکی فقط روی تلاشهای ناشی از بارگذاری نیروهای قائم اعمال می‌شود. سایر نیروها، مثل گریز از مرکز، ترمز، شتاب و نیروهای جانبی در ضریب دینامیکی ضرب نمی‌شوند.

۱-۷- نیروی ترمز و شتاب

نیروی ترمز و شتاب برابر $\frac{1}{\gamma}$ وزن قطار است که در امتداد طولی و بصورت افقی در سطح ریل اثر می‌کند.

۱-۸- نیروهای عرضی

این نیروها به دو صورت استاتیک و دینامیکی است. بخش استاتیکی آن از کسری دور (۱- کسری دور اختلاف دور بین حداکثر دور موجود و حداکثر دور لازم برای خنثی کردن نیروهای گریز از مرکز است)، (بر بلندی) در قوسها و بخش دینامیکی آن ناشی از سرعت حرکت قطار است. این نیروها را می‌توان از روابط زیر محاسبه کرد:

$$H_s = \frac{P \cdot NT}{1500}$$

$$H_d = \frac{P \cdot V}{1000}$$

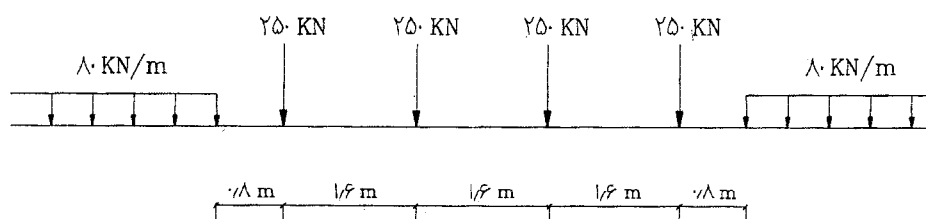
H_s = نیروی عرضی استاتیکی (ton)

H_d = نیروی عرضی دینامیکی (ton)

P = بار محوری (ton)

NT = کسری دور قوسها (mm)

V = سرعت طرح (Km/h)



شکل ۱-۳- بارگذاری استاندارد

۱-۹- اثر زمین لرزه

شیب شیروانی خاکریزها و خاکبرداری‌ها باید با ضریب اطمینان حداقل برابر $1/2$ در برابر نیروی زلزله پایداری خود را حفظ کند.

۱-۱۰- ترکیبات بارگذاری

کنترل‌های مربوط به نیروهای داخلی و احتمالی همزمانی بارگذاری‌های مختلف بشرح زیر در نظر گرفته شود:

ترکیب اول: بارمرده + بار زنده (شامل اثرات جانبی و طولی) + اثر ضربه

ترکیب دوم: ترکیب اول + اثر زلزله

فصل دوم

آماده سازی مسیر و حریم

آماده سازی مسیر که محدوده آن در نقشه ها مشخص شده و یا در حین اجرا با دستور کار دستگاه نظارت اعلام می شود شامل مراحل زیر است:

۱-۲- پاکسازی مسیر و حریم

مسیر و حریم راه آهن باید از ریشه ها، بوته ها، کنده ها، درختان سرنگون شده، چوبه های پوسیده، ضایعات و هر گونه رستنی که وجود آنها برای احداث پی های ابنیه فنی، مسیر کانالها، آبروها و زیرسازی راه آهن، نامناسب است و مانع ایجاد می کند، پاک شود.

قطع درختان واقع در مسیر و حریم اجرای طرح، باید بر اساس دستور کار دستگاه نظارت انجام پذیرد. پیمانکار باید به هنگام اجرای عملیات آماده سازی، نهایت دقت خود را مبذول دارد تا به درختانی که باید حفظ شوند آسیبی وارد نگردد، در غیر این صورت جبران زیانهای مالی و مسئولیت حقوقی ناشی از این آسیب دیدگی به عهده پیمانکار خواهد بود.

تخریب و پاکسازی هر گونه ابنیه، تاسیسات و حصار باید بر اساس نقشه ها و یا دستور کار دستگاه نظارت انجام شود. پیمانکار باید از تأسیسات و ابنیه موجود در محدوده طرح، به جز آنچه که تخریب آنها در نقشه ها و مشخصات خصوصی پیش بینی شده، نظیر ساختمان ها، تأسیسات، لوله های آب، گاز، نفت، کابل، تیرهای چراغ برق و تلفن و تلگراف، ابنیه تاریخی تأسیسات نظامی، نقاط مرجع نقشه برداری، کانال های زهکشی، سازه های زیرزمینی، چاه آب، قنات دایر و بایر، حفاظت و حراست کند تا هیچ گونه آسیبی به آنها نرسد.

هر گونه دخل و تصرف و یا جابجایی این تأسیسات و ابنیه مجاز نیست و در این موارد پیمانکار باید مراتب را به موقع به کارفرما و دستگاه نظارت برای اقدام مقتضی کتباً اطلاع دهد. بدیهی است مسئولیت خسارات وارده به چنین تأسیساتی کلاً به عهده پیمانکار است و علاوه بر ترمیم و جبران این خسارات باید پاسخگوی مسائل حقوقی ناشی از آن نیز باشد.

مصالح ساختمانی قابل مصرف که از تخریب ابنیه به دست می آیند باید به مقامات ذیصلاح تحویل داده شوند.

قطع و ریشه‌کنی درختان و یا تخریب ساختمان و ابنیه موجود در مسیر باید به گونه‌ای انجام گیرد تا موجب صدمه زدن به سایر درختان و تأسیسات محاور آن نشود. درختان باید طوری قطع شوند که در موقع افتادن به طرف مسیر و حریم راه‌آهن سقوط کنند و در موقع افتادن به طرف مسیر و حریم راه‌آهن سقوط کنند و به خط صدمه نرسانند و همچنین باید از سوزاندن درختان و بوته‌ها خودداری شود. در محدوده‌ای که باید خاکریزی انجام شود درختان و کنده‌ها و بوته‌ها باید حتی‌الامکان از ریشه قطع شود و در هیچ حالتی نباید فاصله ته ریشه‌ها و مقطع درختان کنده شده از سطح زمین طبیعی کمتر از ۳۰ سانتیمتر باشد.

قطع کامل ریشه برخی بوته‌ها، خارها و رستنی‌ها منحصراً نمی‌تواند با کندن آنها مؤثر باشد و نیاز به مصرف سموم ویژه دارد. محدوده چنین عملیاتی باید در مشخصات فنی خصوصی پیش‌بینی شود. قطع درخت، بوته، ریشه، کنده و رفع هر گونه موانع دیگر را در منطقه عملیات خاکبرداری در صورت تأیید دستگاه نظارت می‌توان همزمان با تسطیح و خاکبرداری انجام داد.

فقط درختان واقع در مناطق خاکبرداری و بین پای شیب خاکریز و انتهای حریم، قطع خواهد شد مگر آنکه دستورات دیگری از طرف دستگاه نظارت به پیمانکار ابلاغ شود. شاخه درختانی که در مجاورت مسیر قرار گرفته یا حدود پنج متر از محور راه‌آهن فاصله داشته باشد، باید از نزدیک تنه اصلی درخت قطع کرد. قطع این شاخه‌ها باید به روش صحیح و حرفه‌ای انجام گیرد و محل قطع هر شاخه با یک لایه ضخیم رنگ مخصوص درختان که مورد تأیید دستگاه نظارت است پوشش داده شود.

۲-۲- برداشت خاک‌های سطحی و نباتی

خاک‌های سطحی و نباتی که حاوی مواد آلی و ریشه‌های گیاهی و نظایر آن باشد باید تا عمق پیش‌بینی شده در مشخصات خصوصی (حداقل ۱۵ سانتیمتر) و قبل از عملیات خاکبرداری از بستر راه‌آهن برداشته شود و در محل‌هایی که دستگاه نظارت، مشخص می‌کند انبار و ذخیره شود و یا ایجاد فضای سبز مورد استفاده قرار گیرد. مصالح حاصل از این پاکسازی باید همواره جداگانه انبار شود و با مواد و مصالح حاصل از برشهای خاکی و خاکبرداری که عمدتاً قابلیت مصرف مجدد در خاکریزی‌ها را دارد و یا مصالحی که از ریشه‌کنی و پاک کردن مسیر بدست می‌آید، مخلوط نشود کلیه مصالح حاصل از عملیات

آماده سازی مسیر و حریم راه آهن باید در محل هایی که طبق نظر دستگاه نظارت تعیین می شود. در خارج از حریم راه آهن بصورت قابل قبولی انبار گردد و انبار گردد و آن قسمت از مصالح نیز که قابل استفاده باشد با دستور دستگاه نظارت در عملیات طرح مصرف شود.

عملیات تسطیح و کارهای خاکی، باید زمانی شروع شود که پاکسازی و آماده کردن مسیر در محدوده طرح تکمیل شده باشد. آماده سازی و پاک کردن در منطقه خاکبرداری از این قاعده مستثنی است و می توان آن را در حین عملیات تسطیح انجام داد، مشروط بر آنکه مصالح حاصل از عملیات پاکسازی و خاکبرداری برش، در دو مرحله جداگانه صورت پذیرد.

تمام منطقه عملیات خاکی و حریم راه آهن باید از هر حیث تمیز باشد و زیبایی دید را بعد از خاتمه کار حفظ کند.

فصل سوم

عملیات خاکی

۳-۱- کلیات

عملیات خاکی شامل کلیه کارهای لازم برای خاکبرداری در مسیر، حریم و یا محدوده مسیر راه آهن و خاکریزی در این مناطق با خاک و سنگ طبق نقشه‌ها و یا دستورات دستگاه نظارت و بر اساس مشخصات این فصل است.

۳-۲- مطالعات مکانیک خاک

مطالعات مکانیک خاک مسیر راه آهن در دو مرحله مقدماتی و تفصیلی زیر انجام می‌شود:

۳-۲-۱- بررسی‌های مقدماتی

بررسی مقدماتی شامل انجام مراحل زیر است:

۳-۲-۱-۱- جمع‌آوری اطلاعات موجود

در این مرحله اطلاعات زمین‌شناسی، شرایط محیطی و سایر اطلاعات موجود، جمع‌آوری می‌شود تا در طراحی برنامه کاوش‌های تفصیلی، مورد استفاده قرار گیرد. این اطلاعات می‌تواند شامل گزارش‌های تهیه شده قبلی، وضعیت چاه‌ها و قنات‌های موجود، سطح آب زیرزمینی و داده‌های مربوط به وضعیت و طغیان رودخانه‌ها و سیلاب‌ها باشد.

۳-۲-۱-۲- عکس‌های هوایی و نقشه‌های زمین‌شناسی

از آنجا که عکس‌های هوایی تنها شرایط سطح زمین را نشان می‌دهد و بطور مستقل نمی‌تواند اطلاعات دقیقی را ارائه کند، برای تکمیل مطالعات می‌توان از نقشه‌های زمین‌شناسی استفاده کرد.

۳-۲-۱-۳- بازدید محلی

در بازدید محلی، توپوگرافی، وضعیت زهکشی، فرسایش، آب شستگی و سایر عوارض طبیعی مهم مورد بررسی قرار می‌گیرد و نیازهای مطالعات مرحله تفصیلی، برآورد می‌شود.

۳-۲-۲- بررسی‌های تفصیلی

در این مرحله، مطالعات مکانیک خاک مسیر راه‌آهن، حجم منابع قرضه و خصوصیات فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی خاک آن مورد بررسی قرار می‌گیرد. منابع قرضه معمولاً توسط حفاری دستی یا استفاده از مته مارپیچی بررسی می‌شوند. حجم مصالح مناسب بر اساس نتایج گمانه‌های آزمایشی و توپوگرافی محل ارزیابی می‌شود. اخذ نمونه‌های نسبتاً بزرگ برای بسیاری از آزمایش‌ها که باید بر روی مصالح قرضه انجام گیرند ضروری است. این آزمایش‌ها عبارتند از: دانه‌بندی، تعیین درصد رطوبت طبیعی، آزمایش تعیین حداکثر وزن مخصوص خشک، درصد رطوبت بهینه، سی پی آر و سایر آزمایش‌ها. گاهی با توجه به نیاز پروژه، آزمایش‌های دیگری نظیر تعیین خصوصیات آماسی (تورم پذیری) ضرورت دارد که بایستی دقیقاً بررسی شود. زیرا مصالح آماسی در پایداری شیب خاکبرداری‌ها و عملکرد خاکریزهای متراکم شده، اهمیت قابل ملاحظه‌ای دارد.

۳-۲-۳- محدودیت مطالعات مکانیک خاک

نتایج مطالعات خاک که در نقشه‌های اجرایی و مدارک پیوست به پیمان به عنوان راهنما قابل استفاده است نمی‌تواند مبانی قطعی و نهایی داشته باشد. استفاده از این نتایج نمی‌تواند مبنای ادعای پیمانکار قرار گیرد.

۳-۳- خاکبرداری

۳-۳-۱- کلیات

خاکبرداری، قسمتی از عملیات خاکی است که شامل موارد زیر است:

عملیات لازم برای برداشتن، تسطیح و شیب‌بندی خاک و سنگ، جمع‌آوری مصالح ریزشی، و لغزشی (صرف نظر از جنس و کیفیت آنها)، انحراف مسیر رودخانه‌ها، کانال‌ها، راه‌های ورودی، خروجی و راه‌های ارتباطی اتصالی، دسترسی، انحرافی و آماده سازی محل قرضه که در مسیر و محدوده عملیات طرح قرار دارد.

کلیه عملیات خاکبرداری باید بر اساس نقشه‌های اجرایی و یا دستورات دستگاه نظارت و مشخصات این فصل انجام پذیرد.

۳-۳-۲ - اجرای عملیات

برای اجرای عملیات خاکبرداری توجه به موارد زیر ضروری است:

الف - در حین خاکبرداری باید محافظت و مراقبت‌های لازم انجام پذیرد تا هیچ‌گونه خسارت و یا آسیبی به افراد، تأسیسات، تجهیزات و مستحذات ابنیه فنی، علایم و نقاط ثابت نقشه‌برداری و اموال عمومی و خصوصی در روی زمین و لوله‌های آب، فاضلاب، کابل‌های برق و تلفن و قنات و سایر تأسیسات و ابنیه زیرزمین وارد نشود.

ب - عملیات خاکبرداری در صورت نیاز همواره باید با زهکشی توأم انجام گیرد.

پ - خاک‌های حاصل از خاکبرداری و ریزش‌ها، باید به خاکریز برده شود مگر در مواردی که دستگاه نظارت مصرف چنین خاک‌هایی را نامناسب یا زاید تشخیص دهد.

ت - عملیات مربوط به تمیزکاری و ریشه‌کنی بستر مسیر و حریم آن باید قبل از هر گونه خاکبرداری یا خاکریزی، به اتمام برسد.

ث - خاک‌های حاصل از خاکبرداری که به هر دلیل به مصرف خاکریزی نرسد باید در محلی مناسب انبار شود. این محل نباید در اراضی زیر کشت کشاورزان، محوطه ترانشه‌ها، بستر رودخانه‌ها، نهرها و حریم راه‌آهن قرار داشته باشد. مصالحی که بعلت رطوبت زیاد و یا یخ‌زدگی قابل مصرف نیستند باید در محلی، انبار شوند و پس از خشک شدن در صورتی که به صورت مصالح مناسب درآیند به مصرف خاکریزی برسند.

۳-۳-۳- سنگ‌بری (خاکبرداری در سنگ)

سنگ به قطعات یکپارچه سنگی به حجم بزرگتر از ۰/۷۵ متر مکعب اطلاق می‌شود که به نظر دستگاه نظارت برای جابجا کردن آن عملیات چال زنی و انفجار لازم باشد، ابعاد تخته سنگها به عنوان «سنگ» باید تنها بر اساس اندازه‌گیری واقعی آن باشد و پیمانکار باید امکان این اندازه‌گیری‌ها را برای دستگاه نظارت فراهم آورد.

به هنگام خاکبرداری سنگی باید مواظبت‌های لازم با اتخاذ روشهای مناسب تجربی مد نظر قرار گیرد تا از فرو ریختگی، لق شدن و بالاخره سنگ‌بری ملازاد بر نیاز و متجاوز از ترازها و شیب‌های تعیین شده، پرهیز گردد.

هنگامی که طبقات سنگ، شیبدار یا دارای خردشدگی باشد، باید ضابطه ویژه‌ای را جایگزین ضابطه کلی فوق‌الذکر نمود. اثر انفجار سنگ در نگهداری، راه‌آهن، باید در نظر گرفته شود و نوع انفجار سنگ مشخص گردد.

شیب شیروانی‌های سنگی را می‌توان به روش کلی پیرایش، همزمان با تخلیه مصالح حاصل از انفجاری یا پس از آن و یا با استفاده از پیش شکافتن در امتداد سطح مورد نیاز (بوسیله انفجار)، تنظیم کرد. اگر روش انتخابی ایجاد شیب‌های (شیروانی)، مورد نیاز، مناسب نباشد دستگاه نظارت می‌تواند تغییر و اصلاح آن را خواستار شود.

اگر در اثر انفجار (کوه‌بری) سنگ مجاور شیروانی، لق شود و به نظر دستگاه نظارت، زمینه لغزش یا فروریختن آن فراهم گردد، باید نسبت به برداشتن و جابجا کردن آن اقدام شود.

در حالتی که استفاده از مصالح سنگی حاصل از کوه‌بری، برای خاکریز سنگی (سنگریزی)، ضرورت یابد بایستی انفجار به نحوی انجام گیرد که حتی‌الامکان شکل و اندازه این مصالح برای تأمین نیاز مذکور، مناسب باشد.

"اضافه شکستگی" بر حسب تعریف عبارت از سنگی است که بر اثر عملیات اجرایی، ملازاد بر تأمین ترازها و شیب‌های لازم، لق و سست می‌شود که جابجا کردن سنگهای حاصل از این اضافه شکستگی‌ها الزامی است.

کف برشهای سنگی باید به نحوی حفاری شود که تخلیه آنها بدون ایجاد چاله میسر باشد.

نهرهای لازم در برشهای سنگی باید پس از حفاری برش احداث شود و بدین منظور چال زنی و انفجار لازم را انجام داد.

جلوگیری از تشکیل چاله‌های آب در دو انتهای برش سنگی ناشی از حفاری اضافی در محل برخورد سنگ و روباره در تراز بستر راه اهمیت خاصی دارد.

در حالتی که جنس سنگ خوب باشد برای جلوگیری از تشکیل چاله‌ها می‌توان از خرد کردن سنگ در محل تا تراز نهرها بدون انجام حفاری در تراز زیر بستر راه استفاده کرد.

زمانیکه حفاری اضافی نظیر تراز بستر راه انجام شود، جسم راه باید مجدداً با مصالح مورد قبول تا تراز صحیح به عرض لازم خاکریزی و کوبیده شود.

رعایت شیوه فوق به منظور کاهش ضخامت بالاست ضروری است. در مناطق سردسیر با احتمال ایجاد یخبندان، مصالح خاکریز جایگزین، در برشهای سنگی باید از نوع مصالح سنگ‌دانه‌ای تمیز باشد.

۳-۳-۴ - عملیات انفجار در برشهای سنگی

حمل و مصرف مواد سوزا (مانند دینامیت و ...) که برای عملیات خاکبرداری و کوه‌بری بکاری می‌رود باید کاملاً طبق قوانین و مقررات و دستورالعمل مقامات ذیصلاح باشد.

کلیه عملیات حفاری و انفجار باید به طریقی انجام گیرد که خاکبرداری حاصله طبق خطوط شبیه‌ای مشخص شده در نقشه‌ها باشد و حداقل خرابی به قسمت‌های باقی مانده ترانشه‌های سنگی وارد آید.

عملیات انفجار باید به مسئولیت کامل پیمانکار انجام گیرد و پیمانکار حقی هیچ گونه ادعایی نسبت به احجام اضافی حاصله از انفجار در مقایسه با مقاطع مصوب و یا تجدید نظر شده را ندارد.

پیمانکار مسئول خسارات وارده از انفجاری است که به هر نحوی از انجا به اشخاص حقیقی یا حقوقی و یا مستحذات و اشجار وارد آید.

در صورتی که دستگاه نظارت تشخیص دهد که از عملیات انفجار احتمال ضرر و زیان غیر قابل جبران و یا خسارات جانی وجود دارد باید دستور انفجار آرام و یا ترتیبات دیگری با وسایل و امکانات مناسب را بدهد.

قبل از هر انفجار باید تعداد کافی محافظ و مراقب و علائم در محل وجود داشته باشد تا در حین عملیات احتمال هیچ‌گونه خطری بر ای افراد و یا ساختمانهای اطراف وجود نیاید.

عملیات استحفاظی باید تا اتمام خرج‌گذاری و انفجار ادامه داشته باشد. خرج‌ها باید به صورت صحیح پوشیده و محافظت شود و همیشه تعداد معینی در هر سوراخ مصرف شود. عملیات انفجار باید در زمان‌هایی انجام پذیرد که به تصویب دستگاه نظارت رسیده باشد.

در صورتی که عملیات انفجار، احتمال بروز خسارت برای وسایل نقلیه عبوری را داشته باشد باید با همکاری مأموران ذیصلاح، عبور و مرور وسایل نقلیه عمومی را متوقف کرد.

۳-۳-۴-۱- انفجار کنترل شده سنگ

چنانچه انفجار در مجاورت خط موجود یا تأسیسات راه‌آهن صورت گیرد پیمانکار موظف است کلیه تمهیدات استحفاظی لازم را که مورد قبول دستگاه نظارت است در محل فراهم آورد.

پیمانکار موظف است به منظور جلوگیری از بروز هر گونه خسارت به وسایل نقلیه، تأسیسات راه‌آهن، اشخاص حقیقی و حقوقی، خطوط انتقال نیرو، ابنیه فنی، ساختمانهای مسکونی و یا سایر تأسیسات که ناشی از تکان، ارتعاش و یا پرتاب سنگ و نیز اثرات حاصل از جریان‌های القایی گیرنده‌ها و فرستنده‌های رادیویی، خطوط انتقال نیرو، مبدل‌ها، امواج رادار، انفجارهای پیش‌رس و یا مدارهای انفجاری باشد، اقدامات احتیاطی لازم را معمول دارد. پیش از چال‌زنی پیمانکار باید طرح چال‌زنی و خرج‌گذاری برای انفجار را به دستگاه نظارت تسلیم کند. چالها باید از گرد و خاک کاملاً تمیز و با سرپوش مناسب پوشیده شود. در همه حال باید از علائم انفجار مصوب استفاده شود و آتش‌کارها با رعایت جدی مقررات ایمنی ترافیک صورت پذیرد. تصویب برنامه و روش اجرای انفجار توسط دستگاه نظارت رافع مسئولیت پیمانکار نخواهد بود.

۳-۳-۲ - آتشکاری به روش پیش شکافتن

قابلیت کاربرد روش پیش شکافتن، با امتیازهای بالقوه‌ای که در کاهش مقدار اضافه برش و هزینه‌های نگهداری بعدی دارد، باید به هنگام طراحی پروژه بوسیله مهندس مشاور، مورد مطالعه قرار گیرد و در صورت لزوم در مشخصات فنی خصوصی گنجانده شود.

در حالتی که طول شیب شیروانی برش‌های سنگی، بیش از ۱/۵ متر (با اندازه‌گیری سطح شیروانی) و یا شیب شیروانی ۲ به ۳ (۲ عمودی و ۳ افقی) یا تندتر باشد، باید از روش پیش شکافتن استفاده کرد. در کلیه مناطقی که کاربرد این روش مورد نظر است پیمانکار باید قبل از شروع چال‌زنی، موافقت دستگاه نظارت را جلب کند. قطر چالهای حفاری در این روش می‌تواند ۶ تا ۷/۵ سانتیمتر و فاصله آنها از یکدیگر بسته به جنس مصالح بین ۴۵ تا ۹۰ سانتیمتر و عمق آنها حداکثر ۷/۵ متر باشد.

این چالها باید قبل از خرج‌گذاری کنترل و برای پرکردن آنها از مواد مناسب استفاده شود. پیش شکافتن باید حتی‌المقدور قبل از عملیات انفجار اولیه انجام شود. برای جلوگیری از اضافه برش برای چالهای اولیه انفجار، باید در فاصله‌ای کمتر از ۱/۲ متر از خط پیش شکافتن یا به فاصله‌ای که دستگاه نظارت تعیین خواهد کرد، قرار گیرد. در شرایطی که سختی مصالح سنگی در برش‌ها، کاربرد مواد منفجره خاصی را طلب نماید، موضوع توسط مهندس مشاور بررسی و بعد از تأیید کارفرما، به اجرا گذاشته خواهد شد. در صورت نیاز به استفاده از روش پیش شکافتن در حفاریهای سنگی، موضوع باید در مشخصات فنی خصوصی ذکر و نحوه پرداخت آن نیز مشخص شود.

۳-۳-۵ - خاک‌های لغزشی و ریزشی حاصل از انفجار

مصالح خاکی و سنگی که ضمن انفجار یا کوه‌بری در داخل صخره‌ها، کمره‌های سنگی، برش‌ها باقی می‌ماند و احتمال سقوط و یا ریزش دارد باید طبق دستور دستگاه نظارت جمع‌آوری و برداشته شود.

۳-۳-۶ - خاکبرداری از قرضه

قرضه به منابعی گفته می‌شود که کمبود خاک مورد نیاز برای احداث خاکریز (پس از مصرف خاک‌ها)، مناسب حاصل از خاکبرداری‌ها) از آن تأمین می‌شود. انتخاب قرضه باید بر اساس بررسی‌ها و

آزمایش‌های لازم برای تعیین میزان و کیفیت مصالح آن انجام شود. در بررسی‌های مربوط به قرضه، مطالعه عمق سطح آب زیرزمینی، عمق سنگ بستر، خصوصیات و لایه‌بندی خاکها، توپوگرافی و هیدرولوژی منطقه از اهمیت زیادی برخوردار است.

۳-۳-۶-۱- انواع قرضه

قرضه را می‌توان به سه نوع جانبی، موضعی و منتخب تقسیم کرد:

- قرضه جانبی

قرضه موجود در مجاورت حریم خط را گویند.

- قرضه موضعی

قرضه موجود در طول خط است که از منابع مناسب و با رعایت حداقل فاصله حمل تعیین می‌شود.

- قرضه منتخب

قرضه متشکل از مصالح رودخانه‌ای یا کوهی و یا مصالح با مشخصات معین را شامل می‌شود.

۳-۳-۶-۲- کاربرد قرضه‌ها و محدودیت‌های آن

در استفاده از قرضه‌ها رعایت موارد زیر الزامی است:

الف - بهره‌برداری از قرضه نبایستی موجب زمین لغزه و تغییر نامطلوب در سیستم زهکشی طبیعی محل شود.

ب - شیب شیروانی و زهکشی محل قرضه‌ها باید به گونه‌ای انتخاب شود که ایمنی آن در تمام شرایط رعایت و تخلیه آبهای سطحی به خوبی انجام شود.

پ - تا حد ممکن از قرضه‌های جانبی استفاده نشود چون در کناره مسیر گودال‌های سراسری ایجاد و در بارندگی‌ها و نزولات جوی به باتلاق تبدیل می‌شود و صرف نظر از خساراتی که به جسم راه وارد می‌سازد، منظره زشتی هم در منظر مسافران بوجود می‌آورد. استفاده از قرضه جانبی فقط با ارائه دلایل توجیهی و کافی مهندس مشاور و تصویب کارفرما امکان‌پذیر است.

۳-۳-۷- طراحی برش‌ها

۳-۳-۷-۱- ایمنی و پایداری برش

برش سنگی باید بگونه‌ای طراحی شود که صرف نظر از پایداری دیواره‌ها، مقدار برش به حداقل برسد.

ایمنی ترانشه‌ها و برداشتن برش، مسئله‌ای است که باید برای هر ترانشه که در آن عملیات حفاری انجام می‌پذیرد مورد مطالعه قرار گیرد و از تجربیات بدست آمده نیز در مورد سایر ترانشه‌ها استفاده شود.

۳-۳-۷-۲- جمع‌آوری اطلاعات برای طراحی برش

عوامل مؤثر در تصمیم‌گیری طرح یک ترانشه سنگی به نوع سنگ، لایه پوششی آن، عمق و طول برش بستگی دارد.

اولین قدم برای طرح حفاری یک ترانشه تهیه نیمرخ‌ها و مقاطع عرضی در هر قطعه است. در مراحل بعدی حفاری گمانه‌ها و آزمایش‌های مربوط به مکانیک خاک و تفسیر نقشه‌های زمین‌شناسی و بررسی نقشه‌های هوایی کمک مؤثری در طرح حفاری خواهد داشت. بطور کلی، مطالعه همه جانبه در بررسی‌های فوق الزامی است.

وضعیت لایه‌های سنگ در رگه‌ها و در عمق حفاری معلوم نیست که یکسان باشد ولی ممکن است از نتایجی که در حفاری‌های عمیق بدست می‌آید بتوان در تعیین شیب و پایداری ترانشه سنگی استفاده کرد.

کیفیت بستر سنگی تابع متغیرهای متعددی است. بنابراین در فاصله‌های کوتاه از لحاظ اقتصادی بهتر آنست که شیب‌ها برای هر طرف ترانشه بگونه‌ای در نظر گرفته شود که خودبخود پایدار بماند و در صورتی که در ماه‌های اولیه ریزش‌های جزئی داشته باشد به مرور زمان شیب‌های اطراف ترانشه خودبخود تثبیت شوند با ساختن آبروهای طولی در کناره‌های خط و در صورتی که عرض ترانشه در هر طرف بنا به تشخیص دستگاه نظارت و در طولهای کوتاه حدود یک متر از هر طرف بیشتر گرفته شود پشت جویهای بتنی محلهای مناسبی برای جمع‌آوری ریزشهای موقت خواهد بود. طرح شیب‌های

یکنواخت در یک ترانشه، به هیچ وجه توصیه نمی‌شود. می‌توان بر حسب نوع ترانشه سنگی و میزان پایداری آن، شیب شیروانی‌ها را تنظیم کرد.

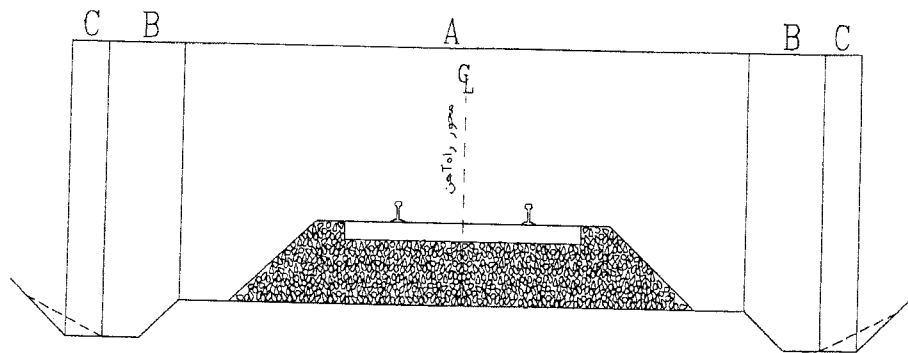
۳-۷-۳-۳- تعیین عرض ترانشه

عرض ترانشه شامل قسمت‌های A، B و C است که در شکل (۱-۳) نشان داده شده و در جدول (۱-۳) تشریح گردیده است.

در این شکل
A، عرض بستر نهایی زیرسازی
B، عرض آبروهای طولی
C، اضافه عرض آبروهای طولی (اختیاری) است.

۳-۳-۸- پایداری شیروانی‌های سنگی

شیب شیروانی‌های سنگی تابع جنس آنها است و حتی در ترانشه معینی برای لایه‌های متفاوت سنگ (از نظر نوع یا درجه هوازدگی) این شیب می‌تواند متفاوت باشد.



شکل ۳-۱ - مقطع عرضی کف برش

جدول ۳-۱ - عوامل مؤثر در انتخاب اجزای عرض ترانشه

محدوده ترانشه	هدف	محل اجرای عملیات	مشخصات
A بستر راه	آماده کردن محل برای اجرای روسازی	سرتاسر برش	عرض استاندارد (مطابق بند ۱ - ۳)
B عرض آبروهای طولی	جمع‌آوری و خروج آبهای سطحی بالاست و زه آبها و نشست‌ها و آبریزهای ترانشه‌ها	در تمام برشها	عمق آبروهای طولی باید پایین‌تر از کف بستر ترانشه باشد که آبهای سطحی در آن جمع شده و شیب طولی آنها ۴ تا ۶ متر در هزار باشد، تا آب در آن سریعاً جریان یابد و در دره‌ها یا رودخانه‌ها یا آبروها تخلیه شود.
C اضافه عرض آبرو طولی (اختیاری)	جمع‌آوری ریزش‌های موقت ترانشه‌ها و همچنین راه دسترسی به مسیر برای تعمیر، مرمت و نگهداری آن	ترانشه‌های سنگی خرد شده و یا ترانشه‌ای سنگی فرسوده	عرض این قسمت‌ها به میزان و نوع ریزشها، شیب، ارتفاع ترانشه‌ها، تکرار ریزش‌ها و زمانهای دسترسی برای جمع‌آوری ریزشها بستگی دارد. ابتدایی‌ترین بررسی آن است که عرض این قسمت به اندازه‌ای انتخاب شود که ریزشها بر روی مسیر و یا در محدوده B ریزش مشاهده شود، بهتر است تمیز کردن و جمع‌آوری ریزش‌ها در جویهای طرفین و اطراف آن با ماشین‌های مخصوص انجام پذیرد.

- شیب شیروانی خاکبرداری، در هر نوع زمین سنگی تا اندازه زیادی تابع ویژگی‌های زیر است:
- سطوح میان لایه که به شکل، جنس و ضخامت آن بستگی دارد.
 - درزها که نوعی خاص از گسستگی است که هر امتداد آن جابجایی قابل ملاحظه‌ای رخ نداده باشد.
 - الگوهای شکستگی.
 - گسلها.
- همه عوامل یاد شده، در این جهت است که وضعیت زمین سنگی قبل از آن که به صورت توده یک پارچه مجسم شود ترکیبی از قطعات و لایه‌های متعدد، بنظر آید. اثر هر یک از ویژگیهای مذکور، در تجزیه و تحلیل پایداری شیب، باید به دقت ارزیابی شود.
- باید توجه داشت که شیب ناپیوستگی‌های موجود در توده سنگی، به نحوی که در نیمرخ‌های عرضی منعکس می‌شود، الزاماً زاویه واقعی تقاطع آنها با شیب شیروانی برش سنگی را که در طرح باید منظور گردد، نشان نخواهد داد.
- پایداری شیروانی سنگی را باید از لحاظ سینماتیکی و مکانیکی روش برشها مورد تجزیه و تحلیل قرار داد.
- برای این تجزیه و تحلیل ضمن آنکه می‌توان از مقدار چسبندگی که معمولاً در طول درزها ناچیز است صرف نظر کرد، تعیین زاویه اصطکاک برای طرح شیب‌های بزرگ الزامی است. تعیین مقدار زاویه نیاز به تجربه دارد.
- در جدول (۲-۳) توصیه‌هایی برای طرح مربوط به شرایط متفاوت سنگ ارائه شده است. تأثیر فشار آب در شکافها همواره اهمیت دارد.
- لغزش‌ها و ریزش‌های سنگی که حین بارندگی‌های شدید یا بلافاصله پس از آن رخ می‌دهد گویای اهمیت فراوان فشار آب بر روی پایداری شیب‌ها است.
- آب دارای اثر دوگانه افزایش تنش برشی در شیروانی (به کمک وزن خود) و فشار ایستایی و هم زمان با آن، کاهش مقاومت برشی مصالح سنگی (در اثر هم‌زدگی، یخ بندان و انبساط) است. بنابراین دور کردن آب از شیروانی، در صورت امکان از اهم امور است، در بیشتر توده های سنگی پایین آوردن تراز آب

زیرزمینی، اقتصادی نیست، ضمن آنکه ایجاد جویهای متقاطع در بالا یا زهکش‌های افق در دامنه و یا پاشنه شیروانی از تدابیر مفید است.

۳-۳-۹- اثر کوهبری

کوهبری کنترل شده می‌تواند موجب پیدایش ترک در جبهه شیروانی‌های سنگی شود. این ترکها سبب افزایش شدت هوازدگی، تراوش آب و خرابی بعدی شیروانی می‌شود. از آن جا که این نوع کوهبری ممکن است ریزشهای سنگی قابل ملاحظه ای را در طول سالیان دراز سبب شود، تصمیم‌گیری درباره شیوه کوهبری باید بخشی از فرآیند طرح باشد که باید توسط مشاور انجام پذیرد.

روش پیش شکافتن از طریق انفجاری ردیفی و به فاصله کمتر از ۱/۲۰ متر می‌تواند شیروانی مناسب با کمترین دست‌خوردگی و اضافه برداشت حاصل آورد. رعایت شرایط فوق هزینه‌های دوران نگهداری را به حداقل می‌رساند.

جدول ۳-۲- توصیه‌هایی برای طراحی شیروانیهای سنگی

شرایط سنگ	شرح
سنگ سخت با درزهای جزئی و اتفاقی	در صورتی که سطوح میان لایه نامناسب، وجود نداشته باشد یا فشار آب زیرزمینی کم و کوهبری به روش پیش شکافتن انجام شده باشد شیبهای ۷۰ درجه پایدار می‌ماند.
سنگ‌های لایه لایه	بررسی دقیق درز، دارای اهمیت فراوان است. اگر لایه‌های سنگ، شیب‌دار و زاویه شیب بیشتر از زاویه اصطکاک داخلی باشد، شیب بحرانی است. اگر لایه برش افقی باشد، پایداری آن مشابه پایداری سنگهای یک پارچه است. اگر سطوح میان لایه، شیب شیر وانی را قطع کند شیب بحرانی شیروانی بین ۷۰ و ۹۰ درجه است. در چنین شرایطی ریزش مکرر سنگ احتمال دارد.
سنگ‌های خرد شده یا هوازده	پایداری را می‌توان به روش مشابه خاکهای درشت دانه تجزیه و تحلیل کرد و چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی را به کمک روشهای آزمایشگاهی بدست آورد. زاویه اصطکاک داخلی برای سنگ شکسته تیز گوشه، بین ۴۵ تا ۵۰ درجه است.
سنگ‌های رسی و یا مارن‌ها	مقاومت این نوع سنگها پس از ترانشه‌برداری به تدریج کاهش می‌یابد، بنابراین تحلیل پایداری آنها در درازمدت نیاز به مطالعه ویژه دارد.

۳-۳-۱۰- روشهای پایدارسازی شیروانی‌ها

۳-۳-۱۰-۱- پلکانی کردن شیروانی‌ها

ایجاد پله در برش‌های سنگی به منظور مهار ریزش‌ها، جلوگیری از لغزش لایه‌های سست پایینی، کاهش فشار در پاشنه برش و زه‌کشی صورت می‌پذیرد.

انتخاب شیب شیروانی‌های سنگی بر اساس تحلیل و پایداری لایه‌های سنگی صورت می‌گیرد که نمونه‌ای از شیروانی‌های سنگی پله‌ای دائم و موقت در شکل‌های (۳-۲ تا ۳-۵) به صورت شماتیک نشان داده شده است.

در مواردی که پله‌های دائمی برای جمع‌آوری ریزش‌های سنگی مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل ۳-۴) باید راه دسترسی برای بارگیری و تخلیه ریزش‌ها در نظر گرفته شود. عرض این پله‌ها باید برای عبور ماشین‌آلات کافی باشد. حداقل عرض پله ۳ تا ۴ متر است.

در شیب‌ها و سایر برش‌های واقع در سنگ سست، می‌توان پله‌های موقتی برای جمع‌آوری کلیه ریزش‌های حاصل از شیب تند در نظر گرفت که نمونه آن در شکل (۳-۵) نشان داده شده است.

ریزش‌های شیب‌های تند روی پله‌ها جمع می‌شود و منطقه محافظی برای پاشنه‌ها فراهم می‌کند تا جایی که قسمت بالای شیب تند به زاویه ایستایی خود باز گردد.

پله‌هایی که به منظور کاهش اثرات ناشی از هوازدگی‌های متغیر مورد استفاده قرار می‌گیرد، در بالای لایه‌هایی سست‌تر استقرار می‌یابد، در حالی که لایه‌های محکم‌تر برای ایجاد پله به حال خود باقی می‌ماند. عرض پله تابع ویژگی‌های هوازدگی لایه‌های سنگی سست و ارتفاع و زاویه شیب شیروانی است که در این موارد احتمالاً پیش‌بینی راه دسترسی، لازم نخواهد بود.

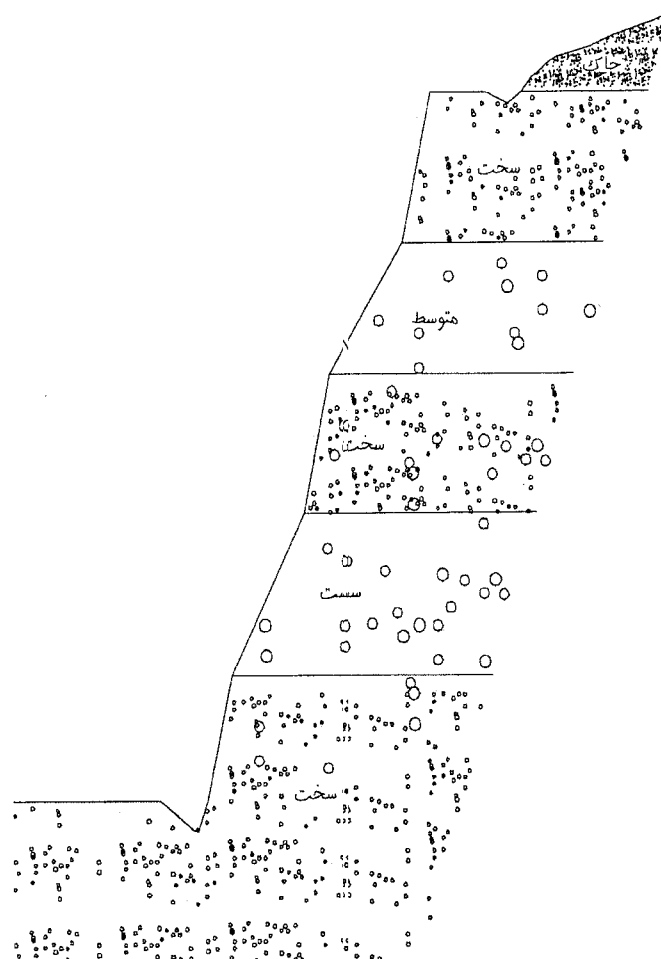
در برش‌های عمیق که سنگ سست در کف برش قرار دارد پیش‌بینی پله برای کاهش فشار پاشنه ضرورت دارد. این پله‌ها ممکن است برای انجام مقاصد دیگری همچون افزایش ایمنی و یا کاهش هزینه‌های نگهداری بکار رود.

پله دائمی برای تأمین زه‌کشی طولی آب‌های سطحی یا نشست آب‌های زیرزمینی مورد نیاز است. ملحوظ کردن چنین ترتیباتی معمولاً پیچیده و گر از قیمت است و جز در حالات خاص باید از آن پرهیز شود.

بهترین طریق برای تخلیه آب پله‌ها، شیبدار کردن آنها به طرفین برش است تا آب با سرعت هر چه بیشتر در امتداد طول برش تخلیه شود. هنگامی که سنگ سطح پله دارای درز یا شکستگی‌هایی باشد، می‌توان از ورود آب به توده سنگ به کمک پوشاندن کف پله با لایه‌ای از رس یا سایر مصالح آب جلوگیری کرد تا از خرابی سنگ در اثر فشار یخبندان و فرسایش کاسته شود. در مناطق سنگی ریزشی که نمی‌توان پله پیش‌بینی کرد، ریزش‌های حاصل از شیب‌های کمتر از قائم، در معرض مؤلفه افق نیرویی قرار می‌گیرد که آن را به سوی محوطه خط می‌راند لذا در چنین مناطقی شیب را باید تا حد امکان نزدیک به وضعیت قائم انتخاب کرد.

پیش‌بینی وضع ریزش سنگ و میزان سرعت تجمع آن در پایین شیروانی جز از طریق قیاس با شرایط مشابه امکان‌پذیر نیست. در این صورت باید عرض کف برش به اندازه‌ای طرح شود تا مصالح ریزشی در آن جمع‌آوری و از رسیدن به داخل خط جلوگیری شود تا در نهایت، تخلیه ریزش‌ها امکان‌پذیر باشد.

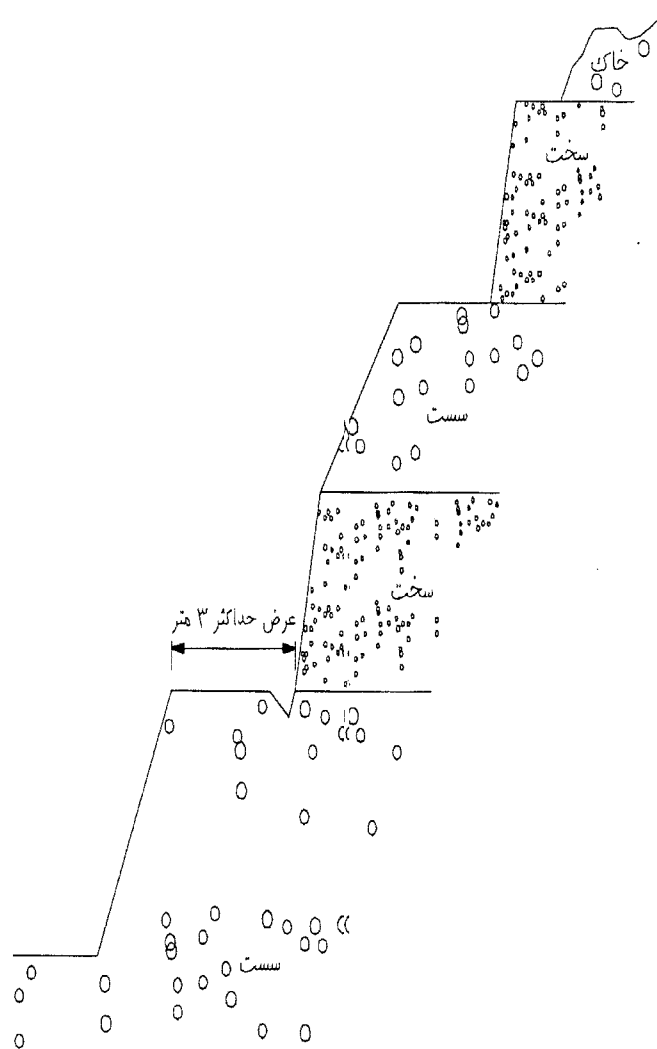
پهن کردن بعدی کف برش‌های سنگی مقرون به صرفه نیست و اگر ناگزیر به انجام آن باشیم می‌توان بر حسب مورد از معیارهای مخصوص استفاده کرد.



شکل ۳-۲- نمونه‌ای از شیروانی چند لایه‌ای با شیب متغیر



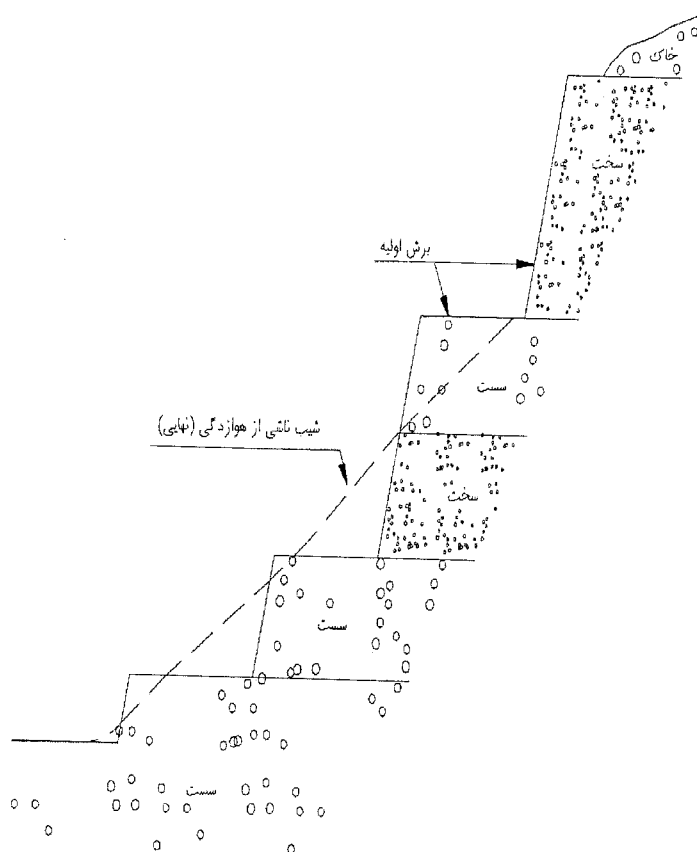
شکل ۳-۳ - نمونه‌ای از شیروانی با شیب یکنواخت



شکل ۳-۴ - نمونه ای از شیروانی با پله های دائمی

۳-۳-۱۰-۲- روشهای دیگر:

روشهای دیگر پایدارسازی شیروانیها عبارتند از:
دوخت سنگ و استفاده از توری سنگها و که بسته به مورد توسط مشاور توصیه می شود.



شکل ۳-۵- نمونه ای از شیروانی با پله های موقت

۳-۳-۱۱- برشهای خاکی

۳-۳-۱۱-۱- کلیات

نوع خاک و سیستم زه‌کشی مهمترین عوامل مؤثر در طرح شیروانی‌های خاکی هستند. حداکثر شیب در خاکهای غیر چسبنده به ارتفاع تا ۶ متر، ۲ به ۳ (۳ افقی و ۲ قائم) در نظر گرفته می‌شود. بررسی برشها و شیروانی‌های طبیعی موجود در منطقه، راهنمای با ارزشی برای طراحی شیب خواهد بود. برای کلیه برشهایی که بیش از ۶ متر ارتفاع دارد و نیز در شرایط خاکهای سست، نرم، ترک‌دار و یا مستعد تراوش آب، تجزیه و تحلیل پایداری شیب‌ها ضروری است.

رعایت پهنای نیمرخ عرضی برای تعبیه آبروهای جانبی حایز اهمیت است ضمن آنکه پیش‌بینی آبروهای عریض برای انباشتن برف (در نقاط پر برف) و انتخاب شیب ملایم‌تر برای تسهیل در امر تمیز شدن خط در اثر جریان باد نیز باید مورد توجه قرار گیرد. در حالتی که جمع‌آوری آبهای سطحی به کمک آبروهای جانبی امکان‌پذیر نباشد باید از زه‌کشی‌های عمقی استفاده کرد. کاهش فشار آب تراوشی در زمینهای شیب‌دار از طریق زه‌کشی عرضی در بالای شیروانی یا زه‌کش‌های افقی تعبیه شده در جبهه کار به کمک چال‌زنی یا حفاری تأمین می‌شود. در حالات بحرانی باید از چالهای عمودی استفاده کرد. (برای شرح بیشتر زه‌کشهای عمقی و عرضی به فصل چهارم مراجعه شود).

۳-۳-۱۱-۲- برش در زمینهای شن و ماسه‌ای

زمینهای شن و ماسه در هر شرایط که بالای سفره آب زیرزمینی قرار گیرد می‌تواند با شیب ۲ به ۳ پایدار بماند (۲ قائم - ۳ افقی). زمینهای شن و ماسه‌ای با تراکم زیاد تا متوسط حتی اگر زیر سطح سفره آب زیرزمینی باشد با این شیب پایدار می‌ماند. در مناطق ماسه‌ای و اشباع شده، باید تدابیر خاصی را، برای جلوگیری از روانگرایی مد نظر قرارداد.

۳-۱۱-۳-۳- برش در خاکهای رسی

طراحی برش در خاکهای رسی، جز در حالتی که تجارب کافی محلی مبنی بر پایدار بودن نیمرخ عرضی وجود داشته باشد باید بر اساس تحلیل پایداری شیب، انجام شود. معمولاً شیب در این برشها ۱ به ۲ (۱ قائم - ۲ افقی) در نظر گرفته می‌شود. برش‌هایی که ارتفاع آنها بیش از ۴/۵ متر باشد باید براساس نتایج آزمایشهای آزمایشگاهی و تحلیل پایداری شیروانی طرح شود.

بطور کلی هر چه ارتفاع برش بیشتر باشد تأمین پایداری مستلزم طراحی شیبهای ملایم‌تری است. پایداری شیروانی‌های رسی را می‌توان به کمک کاهش تنش‌های موجود در خاک با استفاده از پله و زه‌کشی افزایش داد. بنابر قاعده کلی عرض پله نباید کمتر از نصف ارتفاع آن باشد.

استفاده از پله، به عوارض طبیعی و محدودیت‌های اقتصادی بستگی دارد. در برشهای عمیق برای دسترسی به پله مورد نظر، عرضی معادل حداقل ۳ متر انتخاب می‌شود.

برای انتخاب پارامترهای طراحی در برشهای رسی باید با احتیاط کامل عمل کرد زیرا شیروانی‌هایی که در دراز مدت هم پایدار بوده‌اند دچار گسیستگی شده‌اند. در پاره‌ای از موارد، طراحی صرفاً با فرض قبول لغزشها و رانشها صورت می‌گیرد مشروط بر آنکه ریزشها و لغزشها در حریم راه، اختلالی در تردد روی خط بوجود نیاورد.

۳-۱۱-۴-۳- برش در خاکهای ناهمگون

برش در خاکهای لایه لایه و توده‌های شامل بخشهایی از انواع مختلف خاک باید بر اساس تحلیل پایداری شیب طراحی شود. از آنجا که در خاکهای مزبور لایه‌های درشت دانه معمولاً در طول بخشی از سال آبدار می‌باشد زه‌کشی کارآمد در پایداری شیب مؤثر است. علاوه بر اصلاح خصوصیات خاک در اثر زه‌کشی، تعبیه پله‌ها نیز معمولاً در افزایش پایداری توده خاکی ناهمگن کارایی دارد. ایجاد پله در فصل مشترک لایه‌های خاک، انتخاب شیبهای متفاوت را به تناسب انواع مختلف خاک امکان‌پذیر می‌سازد.

۳-۳-۱۱-۵- برش در خاک‌های لسی

برش در زمینهای لسی بهتر است قائم انتخاب شود و در پای شیب بخوبی زه‌کشی شود. این نوع خاک با دانه‌بندی یکنواخت چسبندگی ناشی از سیمانی شدن طبیعی را دارد که در اثر تماس با آب از هم گسیخته می‌شود. عرض چنین برش‌هایی را باید بیش از مقدار معمول در نظر گرفت زیرا با وجود تمام احتیاط‌ها، ریزشهای موضعی غیر قابل اجتناب‌اند.

انتخاب شیب قائم و احداث پله در برشهای عمیق ضمن رعایت طرح و اجرای دقیق زه‌کشی الزامی است.

۳-۳-۱۱-۶- کنترل شیب‌ها

ملاحظات لازم برای نگهداری مقاطع برش در خاکهای مختلف باید در هنگام طراحی مورد توجه قرار گیرد. بدین منظور احداث پله، زه‌کشی، حفاظت در مقابل فرسایش، مصرف فیلتر، چمن کاری و انتخاب زاویه مطلوب و روشهای دیگر مانند توری‌سنگ و تثبیت و.... می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد در غیر این صورت می‌توان مبادرت به ساختمان دیوارهای حایل و یا دیوارهای شطرنجی کرد.

هر چند که روشهای کنترل شیب موجب افزایش هزینه‌های اولیه می‌شود ولی در مقابل می‌تواند هزینه‌های ناشی از دوباره سازی شیب‌ها و تمیز کردن آبروهای کناری را در حین بهره‌برداری جبران کند.

۳-۴- خاکریزی

۳-۴-۱- کلیات

عملیات خاکریزی شامل ترفیع و یا بالاآوردن بستر اولیه و آماده شده زیرسازی تا رسیدن به تراز بستر زیربالاست و یا بالاست و نیز پرکردن پشت پی‌ها و ابنیه فنی، اطراف لوله‌ها، کانالهای زه‌کشی، حفره‌ها، چاه‌ها، چاهک‌ها و گودال‌های موضعی، با استفاده از مصالح خاکی و سنگی مناسب و کوبیدن آنها طبق مشخصات است.

این عملیات باید برابر با رقوم، شیب‌ها و اندازه‌های نشان داده شده در نقشه‌ها، یا تعیین شده توسط دستگاه نظارت، اجرا شود.

خاکریزها باید هدف‌های کلی زیر را تأمین کنند:

الف - پایداری و توان باربری آن تحت نیروهای وزنی و سایر بارهای وارده، با ضریب اطمینان کافی تأمین شود.

ب - نشست ناشی از تراکم و تحکیم در اثر وزن خاک و بارهای وارده بر آن، در حد مجاز باشد.

پ - شکل و خصوصیات خود را در دوره بهره‌برداری حفظ کند.

ویژگیهای بالا باید از طریق انتخاب خاک مناسب، طراحی صحیح، کنترل مراحل اجرا و توجه به شرایط جوی- اقلیمی محل تأمین گردد که جزئیات آن باید در مشخصات فنی و خصوص قید شود.

۳-۴-۲- مصالح مناسب برای خاکریزی

مصالح مصرفی در خاکریز از خاکبرداری و یا سنگ‌برداری مسیر راه‌آهن، پی‌کنی‌ها، خاکهای ریزشی و لغزشی حاصل از برشها، و نیز منابع قرضه تأمین می‌شود. استفاده از خاک قرضه محدود به شرایطی است که مصالح بدست آمده از خاکبرداری‌ها برای مصرف در خاکریز مناسب نبوده و یا کافی نباشد.

مصالح بر حسب اینکه خاکریزی با خاک و یا با سنگ انجام گیرد باید مشخصات زیر را داشته باشد:

بطور کلی بیشتر مصالح می‌توانند در خاکریزها مورد استفاده قرار گیرند. خاکهای دارای مواد آلی و رستی‌ها (که با چشم تشخیص داده می‌شوند) و خاکهایی که درصد رطوبت طبیعی آنها به میزان قابل ملاحظه‌ای از درصد رطوبت بهینه بیشتر است برای استفاده در خاکریز مناسب نیست، خاکهای نباتی و سطحی، مارن‌ها نباید در خاکریزها مورد استفاده قرار گیرند.

قابلیت فرسایش خاکریز بستگی به درصدهای لای، ماسه و مواد آلی موجود در خاک مصرفی دارد. هر اندازه درصد لای و ماسه ریزدانه موجود در خاک بیشتر باشد گرایش به فرسایش خاک افزایش می‌یابد. بنابراین بهتر است ماسه‌های ریز به عنوان خاکریز مصرف نشوند. ضمناً خاکهای ریز دانه حساسیت زیادی در برابر یخبندان دارند.

تورم خاکریز یکی از اثرات یخبندان است که می‌تواند موجب صدمه زدن به خط شود. ضمناً در موقع ذوب یخ، مقاومت خاکریز کاهش می‌یابد که در نهایت به نشست خاکریز و تغییر شکل آن منتهی می‌شود.

کیفیت و چگونگی احداث خاکریزها با توجه به نوع خاک مصرفی تغییر می کند. مخلوط مصالح شن و ماسه ای معمولاً ظرفیت باربری بسیار زیادی دارد، لیکن ممکن است برای متراکم کردن آنها به دقت بیشتری نیاز باشد. احداث خاکریز با مصالح دانه ای (درشت دانه) معمولاً هیچ مشکلی را ایجاد نخواهد کرد زیرا معمولاً از منابع قرضه منتخب بدست می آیند و مشخصات معینی را دارا هستند. وقتی از مخلوط شن و ماسه در خاکریزها استفاده شود باید آزمایش دانه بندی روی نمونه های معرف انجام گیرد تا راهنمای انتخاب روش مناسب برای کوبیدن مصالح باشد. به عنوان مثال، مصالح شن و ماسه ای که حاوی بیش از حدود ده درصد رد شده از الک نمره ۲۰۰ باشد با روش تراکم لرزشی بخوبی کوبیده نمی شود. مخلوط شن و ماسه با رس مطلوبترین خاک برای مصالح خاکریز است. مصالحی که در پشت پل ها و ابنیه فنی استفاده می شوند بایستی دقیقاً بررسی و انتخاب گردند زیرا ویژگیهای آنها در میزان بار وارده به این گونه سازه ها بسیار مؤثر است.

گاهی با توجه به ضرورتهای اقتصادی و وجود مصالح سنگریزه ای در مجاورت خط، خاکریزهای سنگی مورد استفاده قرار می گیرند. اینگونه سنگها علاوه بر مقاومت در برابر بارهای وارده بایستی شرایط محیطی مختلف را از نظر یخبندان و عوامل جوی بخوبی تحمل کنند.

گاهی اوقات اجرای خاکریزهای سنگی موجب ایجاد فضای خالی زیاد و نشستهای دراز مدت می شود. به منظور کاهش درصد فضای خالی می توان هنگام اجرای عملیات از مخلوط کردن سنگ ریز و خاک با سنگ سخت استفاده نمود و یا این که ضخامت لایه های خاکریز را محدود کرد. ضخامت لایه خاکریزهای سنگی را می توان ۶۰ تا ۸۰ سانتیمتر نیز انتخاب کرد با این فرض که حداکثر ابعاد سنگ از ضخامت لایه تجاوز نکند. به منظور متراکم کردن خاکریزهای سنگی از غلتکهای چرخ لاستیکی ۵۰ تن و یا سنگین تر استفاده می شود.

در جدول (۳-۳) آزمایشهای استاندارد برای مصالح سنگی و در جدول (۳-۴) آزمایشهای استاندارد برای خاک ارائه شده است.

جدول ۳-۳- آزمایشهای استاندارد برای سنگها

آزمایش	روش آزمایش ASTM	ملاحظات
تعیین وزن مخصوص و درصد جذب آنها مصالح درشت دانه مصالح ریز دانه	C۱۲۷ C۱۲۸	
تعیین افت وزنی در مقابل سولفات سدیم و منیزیم	C ۸۸	نشان دهنده مقاومت سنگ به هوازدهی و شرایط محیطی حاد
تعیین افت وزنی در مقابل سایش به روش آنجلس مصالح درشت دانه (بزرگتر از ۱۹ میلیمتر) مصالح درشت دانه (کوچکتر از ۳۷/۵ میلیمتر)	C۵۳۵ C ۱۳۱	
مقاومت فشاری تک محوری	C۱۷۰	به منظور طبقه بندی سنگ از نظر خصوصیات مقاومت و تغییر شکل پذیری
مقاومت فشاری سه محوری	C۲۶۶۴	برای تعیین زاویه مقاومت برشی
بررسی پتروگرافی	C۲۹۵	
تعیین وزن و درصد حجم و فضای خالی	C۲۹	

۳-۴-۳- مشخصات فنی مصالح مناسب برای خاکریزی

۳-۴-۳-۱- خاک

۳-۴-۳-۱-۱- انواع و طبقه بندی خاک

یکی از دو روش طبقه بندی خاک با موافقت کارفرما توسط مشاور انتخاب و ملاک عمل قرار می گیرد.

الف - طبقه بندی آشتو

کلیه خاک‌هایی که به شرح مشخصات M-145 آشتو در گروه‌های A1 تا A7 و یا نظایر آنها در آئین‌نامه‌های دیگر قرار می‌گیرد.

در مواردی که مصرف بعضی از گروه‌های فوق‌نظیر A5 و A6 و A7 با توجه به شرایط اقلیمی - جوی محل مناسب نباشد موضوع باید در مشخصات فنی خصوصی قید، و یا توسط دستگاه نظارت مشخص شود.

جدول ۳-۴- آزمایشهای استاندارد برای خاک

آزمایش	استاندارد	ASHTO
تشریح نظری خاک	D۲۴۸۸	-
طبقه‌بندی خاکها برای اهداف مهندسی	D۲۴۸۷	-
دانه‌بندی	D۴۲۲	T۲۷
تعیین در صد ریزتر از ۰/۰۷۴ میلیمتر به وسیله شستشو	D۱۱۷	T۱۱
تعیین درصد رطوبت	D۲۲۱۶	-
تعیین حد روانی	D۴۲۳	T۸۹
تعیین حد خمیری و دامنه خمیری	D۴۲۴	T۹۰
تعیین مقاومت فشاری محدود نشده خاکهای چسبنده	D۲۱۶۶	T۲۰۸
تعیین چگالی ویژه خاکها	D۸۵۴	T۱۰۰
تحکیم یک بعدی خاکها	D۲۴۳۵	T۲۱۶
رابطه دانسیته - درصد رطوبت با استفاده از چکش ۲/۴۵ کیلوگرمی با ارتفاع سقوط ۳۰ سانتیمتری	D۶۹۸	T۹۹
رابطه دانسیته - درصد رطوبت با استفاده از چکش ۵ کیلوگرمی با ارتفاع سقوط ۴۵ سانتیمتری	D۱۵۵۷	T۱۸۰
تعیین دانسیته در محل خاک با روش بادکنک	D۲۱۶۷	T۲۰۵
تعیین دانسیته در محل خاک با روش مخروط ماسه	D۱۵۵۶	T۱۹۱

آزمایش	استاندارد	
تعیین سی بی آر خاک	D۱۸۸۳	-
تعیین تراوایی خاک	-	T۱۹۴
مطالعات خاک‌شناسی و نمونه‌گیری از خاک و سنگ برای اهداف مهندسی	-	T۸۶
ارزش ماسه ای مخلوط خاک و سنگ	C۲۴۱۹	T۱۷۶

ب - طبقه بندی UIC

بر اساس این طبقه‌بندی که در جدول ۳-۵ نشان داده شده است خاک به چهار گروه زیر تقسیم‌بندی

می‌شود:

- QS0 یا خاک نامناسب Unsuitable soil که غیر قابل مصرف در عملیات خاکی است، چنانچه این نوع خاک از طریق تثبیت با موادی نظیر سیمان یا آهک و یا کاربرد زمین پارچه‌ها (Geotextiles)، و یا تسلیح از طریق شمع‌کوبی تقویت و اصلاح شود می‌توان از آن استفاده کرد.

- QS1 یا خاک ضعیف (Poor soil) که مصرف آن در عملیات خاکی و بستر روسازی (Subgrade) مجاز است. این خاک را می‌توان از طریق زهکشی کافی و مناسب و یا تثبیت با مواد تثبیت‌کننده می‌توان تقویت نمود.

- QS2 خاک متوسط یا Average Soil

- QS3 یا خاک خوب یا Good Soil

۳-۴-۱-۲ سی . بی . آر اشباع خاک

سی . بی . آر اشباع خاک به روش ASTM D 1883، با تراکم D 1557 (تراکم آزمایشگاهی

T-180 آشتو)، در ۹۵ درصد تراکم نسبی، از ۳ کمتر نباشد.

۳-۴-۳-۱-۳ حداکثر وزن مخصوص خشک خاک

حداکثر وزن مخصوص خشک خاک در تراکم ۱۰۰ درصد آزمایشگاهی با روش T-180-D آشتو، نباید کمتر از ۱/۵۵ تن بر متر مکعب باشد.

۳-۴-۳-۱-۴ مواد آلی خاک

میزان مواد آلی خاک نباید از ده درصد وزنی تجاوز کند. (۱۹۴ T آشتو).

۳-۴-۳-۱-۵ محدودیتهای دیگر

خاکهای نمکدار، گچدار (در صورتیکه میزان نمک (Nacl) و گچ (Caso4) محلول در آب آنها به ترتیب بیشتر از ۵ و ۱۰ درصد وزنی باشد)، گل سنگها (مارنها) با خاصیت خمیری زیاد، رسوبات زغالی، توربها، خاک و خاشاک گیاهی و لجنی، خاکهای آلوده با مواد آلی خاکهای سطحی و نباتی و خاکهای اشباع شده برای مصرف در خاکریزها مناسب نیست.

۳-۴-۳-۲- سنگریزی

مصالح حاصل از برشها و پیکنیهای سنگی تجزیهناپذیر را که به مرور زمان به مصالح ریزدانه خاکی تبدیل نشود می توان در خاکریزهای سنگی مصرف کرد. سنگهای گچی، گل سنگ، شیبست و شیل که تدریجاً تجزیه شوند قابل استفاده نیستند.

۳-۴-۴- اجرای خاکریز

۳-۴-۴-۱- آماده سازی بستر اولیه خاکریز

قبل از شروع عملیات خاکریزی، سطوح و مقاطعی که در نقشههای اجرائی و دستورهای دستگاه نظارت، برای خاکریزی مشخص و ابلاغ شده است باید از مصالح نامناسب شامل خاکهای سطحی نباتی،

گیاهی و کلیه موانع اجرای کار تمیز و پاکسازی شود. در آماده سازی بستر اولیه موارد زیر باید مورد توجه قرار گیرد:

جدول ۳-۵- طبقه‌بندی کیفی خاک بستر طبق مشخصات UIC

طبقه‌بندی خاک	انواع خاک
QS0 خاک مناسب	۱- خاک نباتی ۲- خاک نرم شامل بیش از ۱۵ درصد مواد رد شده از الک $200^{(۱)}$ با رطوبت بسیار زیاد که برای کوبیدن مناسب نیست. ۳- خاکهای رسی $^{(۲)}$ ۴- خاکهایی که شامل مواد حل شدنی در آب هستند مانند سنگهای نمکی یا گچی. ۵- خاکهای ناشی از ضایعات صنعتی. ۶- مخلوط مصالح خاکی با مواد آلی $^{(۳)}$.
QS1 خاک ضعیف	۱- مصالح خاکی که حاوی بیش از ۴۰ درصد مواد رد شده از الک شماره ۲۰۰ هستند به استثنای خاکهایی که در گروه (۲) بالا توضیح داده شده است. ۲- سنگهایی که در مقابل هوازدهی خیلی حساس هستند مانند: مارن یا گل سنگ - شیل هوازده - گچ با دانسیته خشک کوچکتر از $1/7 \text{ t/m}^3$ و با شکنندگی زیاد.
QS1(3)	۱- خاکهای با مواد رد شده از الک ۲۰۰ بین ۱۵ تا ۴۰ درصد $^{(۱)}$ به استثنای خاکهایی که در ردیف (۳) طبقه بندی QS0 توضیح داده شده است. ۲- سنگهایی که در مقابل هوازدهی حساسیت متوسطی دارند مانند: - گچ با وزن مخصوص خشک کمتر از $1/7 \text{ t/m}^3$ با خاصیت شکنندگی و خردشدگی کم - شیل که هوازده نشده است. - سنگهای سست که نتایج آزمایشات لوس آنجلس و میکرودوال مرطوب آنها بیشتر از ۴۰ درصد باشد.
QS2(4) خاک متوسط	۱- خاکهای با مواد رد شده از الک ۲۰۰ بین ۵ تا ۱۵ درصد $^{(۱)}$ ۲- خاکهای یکنواخت دارای کمتر از ۵ درصد مواد رد شده از الک $200^{(۱)}$ با $(C_u \leq 6)$ ۳- سنگهای با سختی متوسط مانند سنگهایی که میکرودوال آن بین ۲۵ تا ۴۰ و لوس آنجلس آن بین ۳۰ تا ۴۰ باشد.

انواع خاک	طبقه بندی خاک
۱- خاکهایی که مواد رد شده از الک ۲۰۰ آن کمتر از ۵ درصد باشد.	QS3
۲- سنگهای سخت که میکرو دوال آن کمتر از ۲۵ و لوس آنجلس آن کمتر از ۳۰ باشد.	خاک خوب

- (۱) این مقدار می تواند تا ۵ درصد افزایش داده شود مشروط بر اینکه تعداد زیادتری نمونه های معرف مورد آزمایش قرار گیرد.
- (۲) این نوع خاک را می توان در گروه QS1 نیز قرارداد.
- (۳) این خاک می تواند در گروه QS2 قرار گیرد مشروط بر آنکه منطقه مورد مصرف آن شرایط و هیدروئولوژی مناسب را داشته باشد.
- (۴) این خاک می تواند در گروه QS3 قرار گیرد مشروط بر آنکه منطقه مورد مصرف آن به طور قطعی شرایط و هیدروئولوژی مناسبی قرار داشته باشد

الف - زهکشی

در صورت وجود آب ساکن، چشمه و آبهای تراسی از منابع زیر زمینی باید نسبت به زهکشی سطحی یا عمقی و خشک کردن بسترهای خاکی قبل از اجرای هر گونه خاکریزی اقدام کرد. در مورد بحث زهکشی به فصل چهارم مراجعه شود.

ب - کوبیدن

زمین بستر اولیه خاکریز باید به تراکم مندرج در مشخصات فنی برسد، و در صورت نیاز برای دسترسی به این تراکم، نسبت به اصلاح و یا جایگزینی خاک بستر تا عمق لازم اقدام شود. (به بند ۳-۴-۱۰ مراجعه شود).

پ - قناتها

قبل از انجام عملیات خاکی باید نسبت به انحراف قناتهای دایر از مسیر خاکریز و یا پوشش کوره آنها، پر کردن قناتهای بایر که در مسیر خاکریزی قرار می گیرند مطابق نقشه های اجرائی و مشخصات فنی خصوصی، اقدام کرد.

ت - مصالح زهکشی

اگر زمین بستر اولیه خاکریز از نوع خاکهای ریز دانه A4 تا A7 باشد و به دلیل بالا بودن سطح آب زیرزمینی و یا بارندگی زیاد (بیش از ۵۰۰ میلیمتر در سال)، احتمال بالا آمدن آب (در اثر خاصیت موئینگی) وجود داشته باشد، باید از مصالح زهکشی، در اولین لایه خاکریز استفاده کرد. این مصالح از حرکت ذرات آب به طرف بالا و به جسم خاکریز، جلوگیری می‌کند و مانع افزایش رطوبت و کاهش مقاومت آن می‌شود.

ث - پر کردن گودالها و حفره ها

کلیه گودالها، چاله‌ها، حفره‌های باقیمانده از عملیات ریشه‌کنی و آماده‌سازی مسیر در بستر اولیه خاکریز، باید قبل از اجرای اولین لایه با مصالح مناسب لایه لایه پر شود و مطابق مشخصات متراکم گردد.

ج - مناطق مردابی، لجنی، آب‌دار

در صورتیکه مسیر راه‌آهن از مناطق مردابی، باتلاقی، لجنی، نمکی، آبی ساکن و یا متاثر از جذر و مد عبور کند، جزئیات روشهای اصلاحی آن (شامل تعویض، تثبیت یا مصرف مصالح و مواد ویژه)، باید بر اساس مشخصات فنی خصوصی، نقشه‌های اجرایی و یا دستورات دستگاه نظارت انجام گیرد.

۳-۴-۲- خاکریزی معمولی

خاکریزی با خاک معمولی شامل مصرف مصالحی است که کمتر از ۱۵ درصد حجم آنرا قطعات و سنگدانه‌های بزرگتر از ۱۵ سانتیمتر تشکیل می‌دهند. این مصالح باید عاری از مواد آلی و نباتی و خاکهای نامناسب و منطبق با مشخصات و مورد تأیید دستگاه نظارت باشد. خاک باید در لایه‌های افقی و با ضخامتهای یکنواخت و برابر با ابعاد و اندازه‌های نشان داده شده در نقشه‌های اجرایی پخش شود. در خاکریزی باید موارد زیر به دقت مورد توجه قرار گیرد:

۳-۴-۲-۱- ضخامت لایه‌ها

ضخامت لایه‌های کوبیده شده خاکریزی باید با درشت‌ترین ابعاد مصالح مصرفی متناسب باشد و از ۲۰ سانتیمتر در حالت کوبیده شده تجاوز نکند. استفاده از ضخامت بیشتر مشروط به انجام قطعات آزمایشی، کاربرد مصالح و غلظت‌های مناسب برای تأمین تراکم منطبق با مشخصات، دستیابی به نتایج قابل قبول و مورد تایید دستگاه نظارت، با توجه به امکان انجام آزمایش‌های استاندارد بر ای اندازه‌گیری تراکم نسبی در کل ضخامت لایه است. هر گاه ارتفاع خاکریز از ۵ متر تجاوز کند ضخامت لایه‌های کوبیده شده زیر ارتفاع ۵ متر می‌تواند با نظر دستگاه نظارت و با توجه به نوع مصالح مصرفی تا ۳۰ سانتیمتر افزایش یابد، کیفیت چنین مصالحی برای مصرف در لایه‌های ۳۰ سانتیمتری باید قبلاً مورد بررسی قرار گیرد تا اطمینان حاصل شود که اجرای آن مشکلی در دوره نگهداری از قبیل نشست و تغییر شکل ایجاد نمی‌کند و ارتفاع ۵ متر به بالا طبق ضابطه قبلی در لایه‌های ۲۰ سانتیمتری اجرا می‌شود.

۳-۴-۲-۲- یکنواختی مصالح

وقتیکه مصالح مصرفی در خاکریز از منابع مختلف تأمین می‌شود هر یک از آنها در حد امکان باید در لایه‌ها و در طول معین مورد استفاده قرار گیرد تا در تعیین حداکثر وزن مخصوص خشک مصالح و در نهایت اندازه‌گیری تراکم نسبی لایه‌های خاکریز، موجب خطا و ابهام نشود.

۳-۴-۲-۳- تراز و شیب بندی لایه‌ها

سطح و تراز هر یک از لایه‌های خاکریزی در تمام عرض آن، بعد از کوبیدن و حصول تراکم نسبی باید صاف و هموار و دارای شیب لازم عرضی و طولی باشد. به این منظور، هر گونه تغییر شکل و ناهمواری در سطح راه باید قبل از اجرای لایه‌های بعدی خاکریز، تسطیح و شیب‌بندی شود.

۳-۴-۲-۴- تعریض خاکریز موجود و خاکریزی در زمین شیب‌دار

در مناطقی که خاکریز روی زمین شیب‌دار و یا در کنار و مقابل خاکریز موجود و متصل به آن اجرا شود در سطح بالادست خاکریز و یا زمین موجود به ازای هر لایه خاکریزی باید پله‌های افقی که ارتفاع آنها مساوی ضخامت قشرهای خاکریز جدید باشد، تعبیه کرد تا خاکریز جدید و قدیم به خوبی درهم قفل و بست شود و از لغزش آنها جلوگیری به عمل آید. پله سازی در ترفیع و تعریض خاکریزهای موجود نیز الزامی است.

۳-۴-۲-۵- تعویض خاک بستر اولیه

چنانچه ارتفاع خاکریزی از بستر اولیه تا تراز نهائی خاکریز (ساب‌گرید)، کمتر از ۱۲۰ سانتیمتر باشد، کیفیت خاک بستر باید همراه با رعایت مشخصات بند (۳-۴-۴-۱) باشد. در غیر این صورت باید نسبت به تعویض حداقل ۱۵ سانتیمتر خاک بستر اولیه و جایگزین ساختن آن با مصالح مناسب اقدام کرد و سپس پخش و کوبیدن مصالح جدید را تا حصول تراکم لازم ادامه داد.

۳-۴-۲-۶- شیب شیروانی خاکریز

شیب شیروانی در خاکریزی معمولی برای مصالح خرده سنگی و درشت دانه ۲:۳، برای مصالح ریزدانه و چسبنده در خاکریزهای کوتاه ۱:۲ و در خاکریزهای بلند می‌تواند تا ۱:۳ هم تغییر کند. انتخاب شیب مناسب باید با توجه به نوع مصالح، ارتفاع خاکریز، مشخصات هیدروژئولوژیکی و ژئوتکنیکی زمینهای اطراف خاکریز، از طریق محاسبات پایداری شیب مشخص شود.

۳-۴-۴-۳- خاکریز سنگی

۳-۴-۴-۳-۱- اندازه مصالح

خاکریزی با سنگ شامل مصالحی است که بیش از ۲۵ درصد مصالح مصرفی را سنگدانه‌ها و قطعات سنگی با قطر بیش از ۱۵۰ میلیمتر تشکیل می‌دهد. سنگریزی و تعیین ضخامت لایه‌ها منوط به تصویب دستگاه نظارت است.

۳-۴-۴-۲- ضخامت لایه‌ها

ضخامت لایه‌های خاکریزی با سنگ بر اساس حجم قطعات بزرگتر از ۱۵۰ میلیمتر تعیین می‌شود، مگر در مواردی که دستگاه نظارت دستورات دیگری را ابلاغ کند.

- چنانچه حجم قطعات سنگی بزرگتر از ۱۵ سانتیمتر از ۵۰ درصد حجم مصالح تجاوز کند، ضخامت لایه نکوبیده حداکثر معادل بزرگترین قطعه سنگ مصرفی خواهد بود که به هر حال هیچگاه نباید از ۸۰ سانتیمتر بیشتر باشد. [۲]

- چنانچه حجم قطعات سنگی بزرگتر از ۱۵ سانتیمتر بین ۲۵ تا ۵۰ درصد حجم مصالح باشد، ضخامت لایه نکوبیده نباید از ۶۰ سانتیمتر و یا بزرگترین اندازه سنگهای مصرفی تجاوز کند. از دو اندازه ذکر شده هر کدام که ضخامت کمتری را تأمین می‌کند باید اجرا شود.

- در مواردی که حجم قطعات سنگی بزرگتر از ۱۵ سانتیمتر ۲۵ درصد حجم مصالح مصرفی و یا کمتر از آن باشد، ضخامت لایه نکوبیده حداکثر ۳۰ سانتیمتر خواهد بود.

- در کلیه شرایط فوق و صرفنظر از ضخامتهای تعیین شده، سنگریزی باید در لایه‌های افقی و به گونه‌ای اجرا شود که قطعات بزرگ سنگ در لایه مهرد اجرا بطور یکنواخت و همگن توزیع و فواصل آنها با مصالح ریزتر پر شود تا فضای خالی مصالح کوبیده شده به حداقل ممکن تقلیل یابد و استحکام و پایداری آنها تأمین گردد.

۳-۴-۳-۳- شیب شیروانی‌ها

شیب شیروانی سنگ‌ریزی تا ارتفاع ۱۵ متر معادل ۱/۵:۱ (افقی، ۱ عمودی) و برای ارتفاع بیشتر ۱:۲ (۲ افقی، ۱ عمودی) تعیین می‌شود. این شیبها منوط به استفاده از مصالح سنگی سخت و مقاوم است.

۳-۴-۳-۴- محدودیتها

لایه‌های سنگ‌ریزی نباید کمتر از یک متر از بستر روسازی (ساب‌گرید) فاصله داشته باشد. بنابراین در مواردی که ارتفاع خاکریز حدود یک متر و یا کمتر از آن باشد نمی‌توان از خاکریز سنگی استفاده کرد و در نتیجه خاکریزی را باید با مصالح معمولی مطابق بند (۳-۴-۳-۲) اجرا نمود.

۳-۴-۵- مصالح حساس در مقابل یخبندان

مصالحی که با شرایط جدول (۳-۶) تطبیق داشته باشد در مقابل یخبندان حساس است و متورم می‌شود.

جدول ۳-۶ مشخصات مصالح حساس در برابر یخبندان [۶]

ضریب یکنواختی یا Cu	درصد مواد ریزتر از ۲۰ میکرون
۵	۱۰
۱۵	۳

ضریب یکنواختی مصالح یا Cu از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$Cu = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

که در آن d_{60} و d_{10} ابعاد دانه‌هایی هستند که به ترتیب ۶۰ و ۱۰ درصد وزن مصالح از آن ریزتر باشد. همانگونه که جدول نشان می‌دهد حساسیت مصالح در برابر یخبندان به دو عامل ضریب یکنواختی و درصد دانه‌های کوچکتر از ۲۰ میکرون بستگی دارد و چنانچه ضریب یکنواختی بین ۵ و ۱۵ باشد، درصد بحرانی مواد کوچکتر از ۲۰ میکرون را باید با درون‌یابی خطی محاسبه کرد.

مصرف نکردن مصالح حساس در برابر یخبندان در خاکریزها و یا جایگزین کردن مصالح کف ترانشه‌ها و برشهای خاکی که قابلیت تورم و یخ زدگی دارند با مصالح غیر حساس، باید با توجه به شرایط محیطی پروژه در مشخصات خصوصی قید شود.

۳-۴-۶- خاکریزی پشت پی‌ها و ابنیه فنی - خاکریزی‌های پرکننده

پی‌کنی ابنیه فنی، دیوارهای حائل، کانالهای زهکشی و سازه‌های مشابه، فواصل و فضای خالی ایجاد می‌کند که باید با خاکریزی مجدد پر شود. حدود پر کردن این فواصل باید طبق نقشه‌ها و یا دستورات دستگاه نظارت باشد.

مشخصات خاک مصرفی و روشهای اجرایی در خاکریزهای پرکننده باید با مفاد بندهای (۳-۴-۳) و (۳-۴-۴) و زیربندهای مربوط مطابقت کند، مگر آنکه دستگاه نظارت دستورات دیگری را ابلاغ نماید و یا در نقشه‌های اجرایی بر استفاده از مصالحی با مشخصات ویژه، از جمله شن یا ماسه با دانه‌بندی باز برای پرکردن کانالهای زهکشی، تاکید شده باشد. در مورد پرکردن کانالهای زهکشی، نوع مصالح مصرفی پرکننده یا فیلتر باید تابع روابط زیر باشد [۴]:

۱) نسبت « قطر دانه مواد متخلخل که ۱۵ درصد مواد رد شده دارد»، به « قطر دانه خاک که ۸۵ درصد مواد رد شده دارد» کوچکتر یا مساوی ۵ باشد.

۲) نسبت « قطر دانه مواد متخلخل که ۵۰ درصد مواد رد شده دارد»، به « قطر دانه خاک که ۵۰ درصد مواد رد شده» کوچکتر یا مساوی ۲۵ باشد.

۳) نسبت « قطر دانه مواد متخلخل که ۱۵ درصد مواد رد شده دارد»، به « قطر دانه خاک که ۱۵ درصد مواد رد شده دارد» بزرگتر یا مساوی ۵ باشد.

اجرای عملیات تراکم در این نوع خاکریزها باید با مراقبت و کنترل لازم صورت گیرد تا هیچگونه آسیبی به سازه وارد نیاید، و در صورت لزوم و با موافقت دستگاه نظارت می‌توان به جای غلتک‌های سنگین از غلتکهای مکانیکی کوچک و دستی استفاده کرد.

۳-۴-۷- محدودیت فصلی در عملیات خاکریزی

استفاده از مصالح یخ‌زده و یا همراه با برف و یخ در عملیات خاکریزی و یا پخش مصالح روی سطوح پوشیده از برف و یخ، قبل از آنکه لایه‌ای که خاکریزی روی آن انجام می‌شود، از برف و یخ تمیز گردد، مجاز نخواهد بود.

در تمام مراحل اجرایی عملیات خاکریزی باید کنترل شود که مصالح یخ‌زده در لایه‌ها مصرف نشود و هر لایه قبل از آنکه به تراکم نسبی لازم برسد، یخ نزنند و در غیر این صورت عملیات باید متوقف و مصالح یخ‌زده جمع‌آوری شود.

فقط در شرایط استفاده از مصالح سنگی و یا مخلوط شن و ماسه‌ای که کمتر از ده درصد مواد رد شده از الک شماره ۲۰۰ دارد، می‌توان هنگام یخبندان، با تأیید دستگاه نظارت خاکریزی را ادامه داد.

۳-۴-۸- بستر روسازی

بستر روسازی، سطح آخرین لایه متراکم شده در خاکریزها و یا برشهاست که بالاست و یا زیربالات مستقیماً روی آن قرار می‌گیرد. این بستر بر حسب این که در خاکریز، خاکبرداری، برش سنگی و یا مسیر موجود واقع شود باید به شرح زیر آماده و در موارد لزوم با مصالح مناسب تقویت شود.

۳-۴-۸-۱- بستر روسازی در خاکریز و تقویت آن

الف - هنگامی که بستر روسازی در خاکریز قرار می‌گیرد، عرض آن برابر عرض خاکریز است که مصالح مصرفی تا ضخامت ۳۰ سانتیمتر پائین رقوم این بستر باید در تراکم نسبی ۹۵ درصد آشتوی اصلاح شده به روش D دارای سی بی آر اشباع (ASTM D1883)، یا بیشتر باشد. در غیر اینصورت باید با استفاده از یک قشر تقویتی نسبت به اصلاح خاک با توجه به شرح جدول (۳-۷) اقدام کرد.

جدول ۳-۷- راهنمای تقویت خاک بستر روسازی در خاکریز [۶]

سی بی آر خاک بستر روسازی (%)	۳ > سی بی آر > ۵	۵ > سی بی آر > ۱۰	۱۰ > سی بی آر
ضخامت قشر تقویتی با سی بی آر ۱۰ یا بیشتر (سانتیمتر)	۳۰	۱۵	۰

ب - چنانچه ضخامت خاکریزی تا رسیدن به بستر روسازی کمتر از ۳۰ سانتیمتر باشد، کلیه خاک مصرفی در ضخامت ۳۰ سانتیمتر در تراکم نسبی ۹۵ درصد آشتوی اصلاح شده به روش D، باید دارای سی بی آر اشباع ۱۰ (ASTM D1883) یا بیشتر باشد.

پ - خاک واقع در ضخامت تا ۳۰ سانتیمتر، تراز پائین روسازی در دو لایه جداگانه، و هر لایه در ۱۵ سانتیمتر کوبیده شده، متراکم شود.

جدول ۳-۸- راهنمای تقویت خاک بستر روسازی در خاکبرداری [۶]

سی بی آر خاک بستر روسازی (%)	سی بی آر > ۳	۳ > سی بی آر > ۵	۵ > سی بی آر > ۱۰	۱۰ > سی بی آر
ضخامت قشر تقویتی با سی بی آر ۱۰ یا بیشتر (سانتیمتر)	۴۵	۳۰	۱۵	۰

۳-۴-۸-۲- بستر روسازی در خاکبرداری و تقویت آن

هر گاه بستر روسازی در برش خاکی واقع شود شرایط زیر باید برای آن تامین شود:

الف - چنانچه سی بی آر اشباع خاک بستر روسازی کمتر از ۱۰ باشد با توجه به شرایط موجود نسبت به تقویت خاک آن تا عمق لازم با مصالح دارای سی بی آر ۱۰ یا بیشتر به شرح جدول (۳-۸) اقدام کرد.

ب - در صورتی که وضعیت خاک بستر روسازی در برش خاکی به گونه ای باشد که تأمین تراکم نسبی لازم میسر نشود، بستر روسازی باید تا عمق ۳۰ سانتیمتر تراشیده و مجدداً با غلتکهای مناسب کوبیده شود، تا تراکم لازم در تمام عمق به دست آید در غیر اینصورت باید نسبت به اصلاح و تثبیت خاک تا

عمق ۳۰ سانتیمتر و یا جایگزینی آن با خاک درشت دانه مناسب و رعایت جدول راهنمای (۳-۸) با نظر دستگاه نظارت اقدام کرد.

۳-۴-۸-۳ بستر روسازی در برش سنگی

هر گاه بستر روسازی در برش سنگی واقع شود رقوم کف پرش باید با نقشه‌های اجرایی مطابقت داشته باشد. در شرایطی که حفاری در سنگ پائین تراز رقوم بستر روسازی انجام گیرد، باید با استفاده از مصالح مناسب مجدداً آنرا به تراز مقرر رسانید و سپس تا حصول تراکم نسبی لازم متراکم کرد. وقتی که بستر روسازی در برشهای سنگی تجزیه‌پذیر مانند مارن، سنگهای گچی، شیست هوازده و شیل قرار گیرد چگونگی تعویض و تقویت این بستر تا عمق لازم باید در مشخصات فنی خصوصی قید شود.

۳-۴-۸-۴ بستر روسازی در مسیر موجود

هرگاه بستر روسازی روی مسیر موجود قرار گیرد، بر حسب این که در خاکریز، برش خاکی و یا برش سنگی باشد، مشخصات مشروحه در بندهای (۳-۴-۸-۱) الی (۳-۴-۸-۳) باید رعایت شود و عملیات، طبق دستورات دستگاه نظارت انجام گیرد.

۳-۴-۹-۲ کنترل سطح بستر روسازی

رقوم سطح آماده شده بستر روسازی باید با نقشه‌های اجرایی مطابقت داشته باشد و هیچگاه اختلاف آن با رقوم نظیر در نقشه‌ها از ۲۵ میلیمتر تجاوز نکند، کنترل رقوم باید به ازای هر ۱۰ متر طول، یکی در محور و یکی به فاصله ۳ متر از محور در امتداد عرض انجام شود. چنانچه از هر ۱۰ مورد در طول محور، یک مورد بیش از ۵ میلیمتر با رواداری مشخصه تفاوت داشته باشد، می‌توان تراز سطح بستر روسازی را قابل قبول دانست. به علاوه، ناهمواری سطح هر طرف از محور در اندازه‌گیری با شمشه ۳ متری که عمود بر محور قرار داده می‌شود، نباید از ۲۰ میلیمتر تجاوز نکند، به ازای هر یک کیلومتر و بر حسب این

که مسیر در خط مستقیم یا قوس باشد، اندازه‌گیری یکنواختی باید بین ۲۰ تا ۴۰ بار در محور انجام گیرد. رواداریهای خارج از مشخصات در رقوم و ناهمواری سطح بستر روسازی باید قبل از پوشش آن با زیربالاست و یا بالاست، مطابق دستورات دستگاه نظارت اصلاح شود.

۳-۴-۱۰- کوبیدن و تراکم نسبی

بستر زمین طبیعی اولیه برای آماده‌سازی عملیات خاکریزی و اجرای لایه‌های خاکریز، بستر روسازی، کف‌برش‌ها، فضای خالی اطراف ابنیه فنی، آبروها، دیوارها و لوله‌ها بعد از پر شدن با مصالح، باید با غلتکهای مناسب مکانیکی و مطابق مشخصات این فصل متراکم و کوبیده شود. نوع غلتک‌های انتخابی پیمانکار باید متناسب با جنس مصالح مصرفی و ضخامت لایه‌ها بوده و در هر حال به تصویب دستگاه نظارت رسیده باشد. چنانچه در حین عملیات اجرائی، نتایج قابل قبول از کاربرد غلتکهای انتخابی پیمانکار حتی بعد از انجام و تأیید کیفیت تراکمی قطعات آزمایشی کارگاهی با مصالح مصرفی در خاکریزها، بدست نیاید، باید نسبت به جایگزینی آنها با غلتکهای مناسب دیگر، اقدام شود.

۳-۴-۱۰-۱- انواع غلتکها

بر حسب اینکه، غلتکها و وسایل کوبیدن خاکریز، در خاکریز، معمولی، یا سنگریزی به کار می‌روند، می‌توان از انواع مختلف غلتکهای چرخ فولادی، چرخ لاستیکی، ارتعاشی، پاچه‌بزی یا تخماق و کوبنده‌های مکانیکی دستی، استفاده کرد.

الف - خاکریز معمولی

برای خاکریزی معمولی با مصالح درشت دانه یا ریزدانه، می‌توان از غلتکهای مشروح در جدول (۳-۹) به عنوان راهنما استفاده کرد. همان‌طور که در جدول نشان داده شده با تعداد عبور معین و رطوبت مناسب می‌توان به تراکم نسبی بین ۹۵-۱۰۰ درصد حداکثر وزن مخصوص خشک خاک اندازه‌گیری شده به روش T-۹۹ آشتو، و یا با افزایش تعداد گذر، به تراکم نسبی مورد نظر به روش T-۱۸۰ آشتو دست یافت.

ب - سنگریزی

از غلتکهای مندرج در جدول (۳-۱۰) برای کوبیدن سنگریزی می‌توان به عنوان راهنما استفاده کرد.

۳-۴-۱۰-۲- اجرای قطعه آزمایشی

در عملیات خاکی، در شرایطی که اجرای لایه‌های خاکریزی معمولی بیش از ۲۰ سانتیمتر و حداکثر تا ۳۰ سانتیمتر کوبیدگی پیش‌بینی شده و به تائید دستگاه نظارت رسیده باشد، باید قبل از شروع عملیات اجرائی نسبت به اجرای یک یا چند قطعه آزمایشی در کارگاه با مصالح مورد نظر و نوع غلتک انتخاب شده، اقدام کرد.

میزان رطوبت مصالح مصرفی باید تا حدود ± 2 درصد رطوبت بهینه باشد و در ضخامت مورد نظر و یکنواخت پخش و بعد از کوبیدن کافی، تراکم نسبی آن به روش T-۱۸۰ آشتو، حداقل در سه نقطه از قطعه آزمایشی اندازه‌گیری شود. در صورتی که میانگین نتایج بدست آمده با تراکم نسبی مشخصه تطبیق کند می‌توان از این روش برای اجرای عملیات، با ضخامت مورد آزمایش و نوع غلتک بکار گرفته شده، استفاده کرد.

چنانچه نوع مصالح و غلتک تغییر یابد اجرای قطعه آزمایشی مجدد با مصالح جدید و غلتک انتخابی ضروری و حتمی است.

انجام قطعات آزمایشی و حصول تراکم نسبی هیچگاه رافع مسئولیت پیمانکار در اجرای عملیات خاکریزی در تأمین تراکم نسبی مطابق مشخصات نخواهد بود.

جدول ۹-۳ - راهنمای نوع غلتکهای مورد استفاده در خاکریز معمولی

نوع غلتک	نوع مصالح مصرفی	تعداد گذر غلتک	ضخامت لایه کوبیده (سانتیمتر)	مشخصات غلتک
پاچه‌بزی	۱- مصالح ریز دانه با دامنه خمیری $PI > 20$	۴-۶	۱۵	فشار در سطح تماس معادل ۳۵-۱۷/۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع در ۳۰ سانتیمتر خطی بشرح بالا ولی معادل
	۲- مصالح ریز دانه با دامنه خمیری $PI < 20$	۴-۶	۱۵	۲۸-۱۴ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع بشرح بالا ولی معادل ۱۷/۵-۱۰ کیلوگرم بر سانتیمتر
	۳- مصالح درشت دانه با بیش از ۲۰ درصد مواد رد شده از الک ۲۰۰	۶-۸	۱۵	
غلتک چرخ لاستیکی	۱- مصالح درشت دانه تمیز با ۴-۸ درصد مواد رد شده از الک ۲۰۰	۳-۵	۲۵	فشار باد چرخ ۹-۲/۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع، بار چرخ حدود ۱۱-۸ تن
	۲- مصالح درشت دانه خوب دانه‌بندی شده با بیش از ۸ درصد مواد رد شده از الک ۲۰۰ و یا مصالح ریزدانه	۴-۶	۱۵-۲۰	فشار باد چرخ بیش از ۴/۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع برای مصالح ریزدانه با دامنه خمیری زیاد و ۳/۵-۲/۸ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع برای ماسه تمیز و یا ماسه همراه با لای.
غلتک چرخ فولادی	۱- مصالح درشت‌دانه و خوب دانه‌بندی شده برای بستر روسازی و اساس و زیر اساس	۴	۲۰-۳۰	غلتکهای ردیف به وزن ۱۵-۱۰ تن و بار خطی ۲۲۰-۱۴۰ کیلوگرم در چرخ عقب
	۲- مصالح ریز دانه با دامنه خمیری کم تا زیاد	۶	۱۵-۲۰	غلتک سه چرخ ۵ تنی برای مصالح با دامنه خمیری کم و ۱۰ تن برای دامنه خمیری زیاد
غلتک فلزی صاف و ارتعاشی	مصالح درشت دانه شن و ماسه	۳-۵	۱۵-۳۰	با نیروی دینامیکی تا ۲۰ تن و فرکانس ثابت یا متغیر

نوع خاک	نوع مصالح مصرفی	تعداد گذر غلطک	ضخامت لایه کوبیده سانتیمتر	مشخصات غلطک
غلطک پاچه بزی ارتعاشی	مصالح درشت دانه شنی و ماسه‌ای	۳-۵	۲۰-۳۰	با نیروی دینامیکی تا ۲۰ تن و فرکانس ثابت یا متغیر
کوبنده ارتعاشی صفحه‌ای	مصالح درشت دانه با مواد رد شده از الک ۲۰۰ کمتر از ۱۲ درصد مناسب برای مصالح ۴-۸ درصد رد شده از الک ۲۰۰ در رطوبت بیشتر از بهینه	۳	۲۰-۲۵	به وزن حدود ۱۰۰ کیلوگرم و حداقل فرکانس ۱۶۰۰ ضربه در دقیقه
کوبنده یا تخمناق مکانیکی	برای موقعیت‌هایی که امکان استفاده از غلطکهای مکانیکی وجود ندارد. مناسب برای انواع مصالح فاقد مواد آلی	۲	۱۰-۱۵ (لای و رس) ۱۵ مصالح درشت‌دانه	وزن تقریبی ۱۴ کیلوگرم

توضیح: راهنمایی جدول در زمینه تعداد عبور غلطک، ضخامت لایه‌ها و نوع مصالح مصرفی برای تامین تراکم نسبی ۹۵-۱۰۰ درصد حداکثر وزن مخصوص خشک به روش T۹۹ آشتو محدود می‌شود.

جدول ۳-۱۰- راهنمای نوع غلطکهای مورد استفاده در خاکریز سنگی

نوع و مشخصات غلطک	تراکم نسبی هم ارز با آشتو استاندارد T۹۹۵ درصد	حداقل تعداد گذر غلطک	ضخامت لایه نکوبیده برحسب سانتیمتر	حداکثر
غلطک چرخ لاستیکی ارتعاشی خیلی سنگین که بار چرخ آن معادل ۱۴۰۰ کیلوگرم و فشار باد چرخ‌های آن ۷ کیلوگرم در سانتیمتر مربع و نیروی ارتعاشی قائم آن بر سطح ۱۴۰۰ سیکل در دقیقه باشد. این غلطک با یک تراکتور کشنده به وزن حداقل ۲۵ تن کار می‌کند.	۹۰	۲	۴۵	
	۹۵	۳	۴۵	
	۱۰۰	۳	۳۰	

نوع و مشخصات غلطک	تراکم نسبی هم ارز با اشتواستندارد T ۹۹ درصد	حداقل تعداد گذر غلطک	حداکثر ضخامت لایه نکوبیده بر حسب سانتیمتر
غلطک چرخ لاستیکی سنگین، چهارچرخ با بار چرخ معادل ۱۱۵۰ کیلوگرم و فشار باد ۱۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع. وزن این غلطک ۵۰ تن است که با یک تراکتور کشنده به وزن ۲۵ تن یا معادل آن کار می کند.	۹۰ ۹۵ ۱۰۰	۳ ۴ ۴	۴۵ ۴۵ ۳۰
غلطک فلزی ارتعاشی با چرخهایی به عرض حداقل ۱۴۰ سانتیمتر، قطر حداقل ۱۲۰ سانتیمتر و وزن حدود ۴ تن با توان اعمال بار ضربه ای معادل ۵۸ کیلوگرم / سانتیمتر و فرکانس حدود ۱۵۰۰ - ۱۰۰۰ ضربه در دقیقه	۹۰ ۹۵ ۱۰۰	۴ ۵ ۵	۳۰ ۳۰ ۲۵

توضیح: اگر تراکم نسبی بر اساس T-۱۸۰ اشتو باشد، به تعداد گذر غلطک باید افزوده شود.

۳-۴-۱۰-۳ رطوبت مصالح

مصالح مصرفی در خاکریز بر حسب اینکه درشت دانه و یا ریزدانه چسبنده و یا غیر چسبنده باشد، باید قبل از کوبیدن، رطوبت یکنواخت و همگن داشته باشد و میزان آن نسبت به درصد آن بهینه می تواند تغییراتی در حد ± 2 درصد داشته باشد. عمل مرطوب کردن خاک باید با وسایل مکانیکی انجام گیرد تا آب بطور یکسان و یکنواخت در تمام خاک توزیع شود. چنانچه آزمایش و نمونه گیری از خاک، قبل از کوبیدن، نشان دهد که میزان رطوبت خارج از رواداری فوق است عملیات کوبیدن باید تا اصلاح میزان آب موجود در خاک متوقف شود.

در شرایط مصرف خاکهای منبسط شونده، میزان رطوبت باید همواره تا دو درصد بیش از رطوبت بهینه باشد تا گرایش آن را به تورم و انبساط کاهش دهد.

رطوبت یکنواخت در بستر زمین طبیعی و کف برش‌ها نیز باید قبل از کوبیدن کنترل شود. چنانچه میزان رطوبت در این بسترها مانع حصول تراکم نسبی باشد باید نسبت به شخم زدن بستر و آب پاشی یا هوا دادن آن اقدام لازم به عمل آید.

۴-۳-۱۰-۴ تراکم نسبی

تراکم نسبی لازم برای بستر زمین طبیعی، خاکریزی جسم راه‌آهن، بستر روسازی و کف برش‌ها، نسبت به حداکثر وزن مخصوص خشک خاک با روش T۱۸۰ آشتو اصلاح شده، طبقه D، تعیین خواهد شد. برای اندازه‌گیری وزن مخصوص خاک در محل نیز باید از روش مخروط ماسه مطابق T۱۹۱ آشتو استفاده کرد.

چنانچه به هر دلیل روشهای دیگری به جز T۱۸۰ و T۱۹۱ آشتو به ترتیب برای تعیین تراکم آزمایشگاهی، و وزن مخصوص خاک در محل مورد نظر باشد باید آنها را در مشخصات خصوصی قید کرد. میزان تراکم نسبی با توجه به شرایط و موقعیت لایه‌های مورد آزمایش باید بشرح زیر باشد:

الف - در بستر زمین طبیعی

حداقل تراکم نسبی در بستر زمین طبیعی ۹۰ درصد است. چنانچه حصول تراکم نسبی فوق به هر دلیل مقدور نباشد باید نسبت به تعویض و یا اصلاح و تثبیت آن و یا اختلاط خاک مناسب اقدام شود.

ب - در خاکریزی بدنه خط و بستر روسازی

کلیه لایه‌های خاکریز معمولی واقع در بدنه خط و بستر روسازی باید تا حصول تراکم نسبی زیر، کوبیده شود:

- ۱- لایه‌های واقع در عمق بیش از یک متر زیر بستر روسازی: حداقل ۹۰ درصد
 - ۲- لایه‌های واقع در عمق بین یک متر تا ۳۰ سانتیمتر زیر بستر روسازی، حداقل ۹۵ درصد
- بوده و همچنین شرایط بند ۳-۴-۸-۱ را باید ارضاء نماید.

تراکم نسبی لازم در ردیف های الف تا پ باید معرف تمام ضخامت لایه خاکریز باشد. در شرایطی که ضخامت لایه های کوبیده شده از ۲۰ سانتیمتر تجاوز کند (به استثنای ۳۰ سانتیمتر زیر بستر روسازی که باید در دو لایه ۱۵ سانتیمتری کوبیده شود) تراکم نسبی برای ضخامت لایه اجرا شده را باید با دوبار آزمایش تعیین وزن مخصوص خاک محل که هم آزمایش در نیمی از ضخامت لایه مورد نظر اجراء می شود و یا با استفاده از سایر روشهای استاندارد اندازه گیری کرد.

پ - بستر روسازی

هنگامی که بستر روسازی در برش واقع شود، ضخامتی معادل ۳۰ سانتیمتر واقع در زیر کف برش باید دارای حداقل تراکم نسبی ۹۸ درصد باشد. چنانچه تأمین این تراکم نسبی در کل ضخامت ۳۰ سانتیمتر یا بخشی از آن مقدور نباشد باید نسبت به تعویض و یا اصلاح یا تثبیت خاک ضمن رعایت ضوابط بند (۳-۴-۴-۲) و سپس کوبیدن آن تا حصول تراکم لازم اقدام شود.

۳-۴-۱۰-۵ - کنترل کوبیدن لایه های سنگریزی

کوبیدن لایه های سنگریزی با رعایت ضخامت هر لایه که متناسب با حداکثر اندازه سنگدانه های مصرفی است باید آنقدر ادامه یابد تا استحکام و پایداری لازم را برای تحمل بارهای وارده داشته باشد و طی دوره بهره برداری هیچگونه تغییر شکل، نشست جابجائی و کاهش حجم در جسم آن به وجود نیاید. برای کنترل تراکم این لایه ها می توان آنرا بر حسب اندازه گیری ضریب تغییر شکل بستر کوبیده شده، از طریق آزمایش بارگذاری با صفحه، مطابق یکی از روشهای T۲۲۱ و T۲۲۲ آشتو و با صفحه به قطر مناسب اندازه گیری کرد. ضریب تغییر شکل اندازه گیری شده نباید کمتر از ۸۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع باشد. جزئیات این آزمایش در صورت لزوم باید در مشخصات خصوصی قید شود.

۳-۴-۱۰-۶- حفاظت لایه‌های متراکم شده

کلیه لایه‌های خاکریز و بسترهای متراکم شده تا زمانی که با لایه و مصالح بعدی پوشش داده می‌شود باید تراکم نسبی لازم را داشته باشد. چنانچه به هر دلیل در میزان تراکم نسبی تغییری حاصل شود و در بستر یا لایه کوبیده شده، حالت خمیری و یا نشست و یا تغییر شکل به وجود آید پیمانکار موظف است به هزینه خود این نواقص را اصلاح کند.

فصل چهارم

زهکشی

۴-۱- کلیات

از آنجا که رطوبت و فشار آب منفذی نقش تعیین کننده‌ای در دوام مصالح تشکیل دهنده بالاست، استحکام زیرسازی و پایداری شیب‌ها ایفا می‌کند، کنترل آبهای سطحی و زیرزمینی یکی از مهمترین عوامل در طراحی و نگهداری راه‌آهن محسوب می‌شود.

۴-۱-۱- نفوذ آب

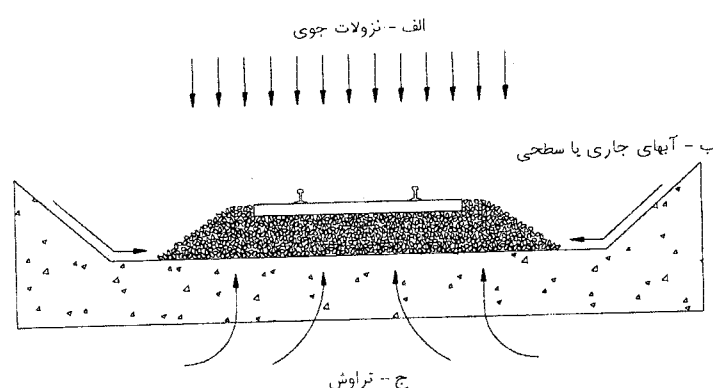
سه منشاء اصلی ورود آب به جسم راه‌آهن در شکل (۴-۱) نشان داده شده است. این سه منشاء عبارتند از:

- الف - نزولات جوی که مستقیماً بر روی راه می‌بارد.
- ب - آبهای جاری بر روی دامنه‌های مشرف به راه که خود حاصل بارندگی و یا تراوش آبهای زیرزمینی هستند.
- پ - آبهای زیرزمینی در زیر بستر راه که تحت تأثیر بار آبی (گرادیان) رو به بالا و یا کشش موئینگی قرار دارند.

به علت تخلخل زیاد بالاست، آبهای ناشی از بارندگی در داخل لایه بالاست نفوذ می‌کند و به سطح بستر آن (سطح فوقانی لایه زیر بالاست) می‌رسد. آبهای جاری در سطح دامنه‌های بالادست نیز، در صورتی که منحرف نشود، وارد لایه بالاست و یا بدنه راه خواهند شد. بالاخره آبهای زیرزمینی می‌تواند در اثر جریانهای زیر سطحی و بالا آمدن موضعی، جسم راه را اشباع کند.

۴-۱-۲- شناخت منابع نفوذ آب

با توجه به این که زهکشی آبهای ناشی از هر کدام از سه منبع مذکور در بند (۴-۱-۱) روش‌های خاص خود را دارد، لازم است که در مرحله مطالعات اکتشافی، این سه منبع به دقت شناخته شود. عوامل اصلی مورد مطالعه برای این منظور عبارتند از شرایط جوی، وضعیت آبهای زیرزمینی، ویژگیهای ژئوتکنیکی زمین و مصالح خاکریزها و توپوگرافی زمین، قبل و بعد از اجرای پروژه.



شکل ۴-۱- سه منشأ اصلی نفوذ آب به جسم راه آهن

۴-۱-۳- سیستم زهکشی

سیستم زهکشی دائم برای بدترین شرایط محتمل از لحاظ میزان بارندگی و بالاترین تراز آبهای زیرزمینی طراحی می‌شود. سیستم زهکشی موقت (حین اجرا) نیز با توجه به عوامل فوق و بر اساس مرحله‌بندی عملیات اجرایی و فصول اجرا طراحی می‌شود.

در طراحی سیستم زهکشی، به ویژه در موارد مرتبط با جریان و تراوش آبهای زیرزمینی، استفاده از تخصص مهندسان ژئوتکنیک با تجربه ضرورت دارد.

با توجه به نقش اساسی نگهداری و ترمیم در کارائی سیستم‌های زهکشی، لازم است که این دو عامل در مرحله طراحی به خوبی مورد توجه قرار گیرند.

اجرای سیستم زهکشی، شامل احداث نهرها، آبرها، باز یا بسته، لوله‌گذاری سطحی و زیرسطحی، تهیه و ریختن مصالح فیلتر و زهکش، انحراف و تنظیم جریان آب انهار موجود، مسیل‌ها و رودخانه‌ها و سایر کارهای تکمیلی باید مطابق با نقشه‌ها و دستور، دستگاه نظارت انجام گیرد.

۴-۲- انواع زهکشی

بطور کلی، زهکشی آبها به دو طریق صورت می‌گیرد:

- زهکشی آبهای سطحی
- زهکشی آبهای زیر سطحی یا زیرزمینی.
- کاربردها و شرایط این دو نوع زهکشی در زیر بطور جداگانه ارائه می‌شود.

۴-۲-۱- زهکشی آبهای سطحی

آبهای بارندگی که در لایه بالاست نفوذ می‌کنند باید بتوانند به سرعت و در جهت عرضی (عمود بر محور راه) از آن خارج شوند. لازم است که بخش عمده این آب با جریان یافتن بر روی سطح بستر لایه زیربالات به بیرون راه یابد. این زهکش را زهکش عرضی می‌نامند.

۴-۲-۱-۱- شرایط زهکشی عرضی

شرایط لازم برای زهکشی عرضی عبارتند از:

- الف - بالاست به اندازه کافی تمیز (عاری از ریزدانه) باشد تا آبهای نفوذی به سرعت از آن خارج شود.
- ب - سطح بستر لایه بالاست و نیز سطح بستر لایه زیربالات، شیب عرضی کافی برای هدایت جانبی آبهای نفوذی را داشته باشند. نشست و تغییر شکل تدریجی لایه زیر بالاست می‌تواند شیب عرضی را معکوس کند و زهکشی را مختل سازد. حداکثر شیب عرضی بستر بالاست تا ۶ درصد منظور می‌شود.
- پ - آبهای خارج شده از بالاست و زیر بالاست با سرعت کافی به بیرون هدایت و تخلیه شوند.

۴-۲-۱-۲- موقعیت زهکش عرضی

در خاکریزی‌ها، دامنه خاکریز آسان‌ترین مسیر زهکشی عرضی آبهای فوق‌الذکر را تشکیل می‌دهد، مشروط بر این که اولاً فاصله لایه بالاست از دامنه خاکریز زیاد نباشد، ثانیاً جریان آب در روی دامنه باعث فرسایش و شکستگی مصالح خاکریز نشود.

در صورتی که فاصله پای بالاست تا دامنه خاکریز زیاد باشد، استفاده از آبروهای عرضی برای تخلیه آبهای سطحی لازم خواهد بود. در صورتی که به علت ارتفاع زیاد، شیب تند خاکریز و یا نوع مصالح بکار

برده شده، فرسایش پذیری دامنه ها زیاد باشد، استفاده از آبرو بر روی دامنه خاکریز نیز ضرورت خواهد داشت. تشخیص لزوم استفاده از آبروهای عرضی و آبروهای واقع بر روی دامنه خاکریز برعهده مشاور است.

۴-۲-۱-۳ هدایت و تخلیه آب های سطحی

آب های زهکشی شده از جسم راه، و آب های جاری بر روی سطح شیب دار شیروانی های بالادست، معمولاً بوسیله نهرها یا آبروهای جانبی که بموازات راه ادامه می یابند و به آبراهه های طبیعی منتهی می گردند تخلیه می شود. این زهکش های جانبی در یک و یا دو طرف راه احداث می شوند.

۴-۲-۱-۴ نهرها و آبروهای جانبی

در جاهایی که شیب طول زمین (در امتداد طول راه) کم و یا طول زهکش زیاد باشد، آبروها به زهکش های خروجی عرضی ختم می شوند و آب های جمع آوری شده را در مسیر کوتاه تری به آبراهه ها و یا حوضچه های طبیعی منتقل می سازند.

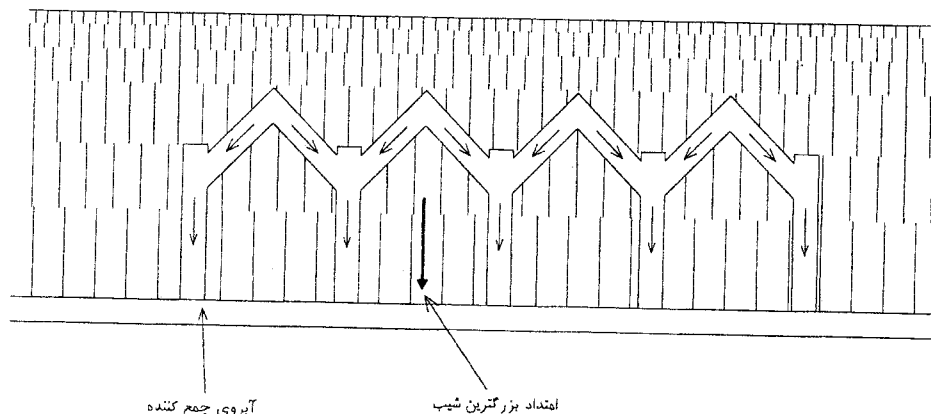
در جاهایی که شیب زمین های اطراف به طرف بدنه خاکریز باشد، ولی شیب طولی زمین برای تخلیه آب توسط نهرها یا آبروهای جانبی کافی نباشد، در بالادست راه، نهرهایی با زاویه مناسب نسبت به محور راه احداث می شود به نحوی که شیب لازم برای جریان طبیعی آب را تأمین کند. نمونه ای از این نوع سیستم زهکشی در شکل (۴-۲) نشان داده شده است.

در دامنه های با ارتفاع زیاد و شیب تند ممکن است بنا به تشخیص مشاور لازم باشد به جای نهر از آبروهای سنگی یا بتنی و یا از لوله گذاری سطحی استفاده شود.

شیب نهرهای جانبی، وقتی که در خاک کنده شده باشند، باید بزرگتر از ۰/۲۵ درصد باشد تا ته نشینی گل و لای در داخل آنها محدود باشد. از طرف دیگر، بسته به جنس خاک بستر، حداکثر شیب این نهرها باید به اندازه ای باشد تا سرعت زیاد آب باعث شسته شدن گداز نهر نشود.

در صورتی که سرعت جریان در نهر جانبی به اندازه‌ای باشد که ایجاد شستگی در جدار نهر کند، باید به کمک پوشش محافظ (سنگی، بتنی و...) از تخریب آن جلوگیری کرد. در سایر مواردی که به دلیل محدودیت عرضی مقطع راه (تونل‌ها، ایستگاه‌ها،...) و یا شرایط توپوگرافیک، احداث نهر خاکی غیر ممکن و یا غیر اقتصادی باشد و یا نفوذ آب از نهر به زمین زیر، پایداری دامنه‌های مجاور را تهدید کند، باید به جای نهر، آبرو احداث کرد و یا از لوله‌گذاری استفاده نمود.

مقطع عرضی نهرهای خاکی به شکل V و یا دوزنقه است. در حالت اخیر حداقل عرض کف باید 0.5 متر در نظر گرفته شود. فاصله موجود بین نهر جانبی و پای خاکریز باید به سمت نهر شیب داشته باشد. باید دقت شود که احداث نهرهای جانبی به پایداری خاکریزها و ترانشه‌ها آسیب نرساند.



شکل ۴-۲- زهکشی دامنه مشرف به مسیر

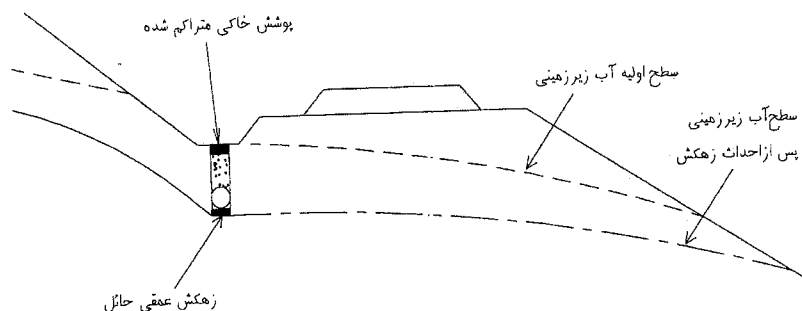
۴-۳- زهکشی آبهای زیرزمینی

در جاهایی که بالابودن سطح آب زیرزمینی اعم از سطح ایستایی یا سطح آزاد آب جاری در زیرزمین یا سطح آب جذب شده در اثر کشش موئینگی، موجب نرم شدگی یا کاهش استحکام خاک در زیر لایه بالاست شود، از روش زهکشی عمقی یا زیرسطحی استفاده می‌شود. نرم شدگی خاک می‌تواند ناشی از

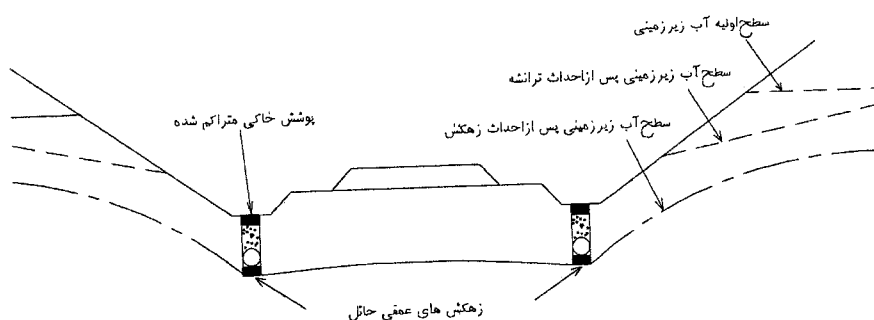
تأثیر یک یا چند عامل، شامل رطوبت زیاد، تورم حاصل از یخبندان و پمپاژ بخش ریزدانه لایه‌های زیرین بسمت بالا باشد.

زهکشی آبهای زیرزمینی باید به نحوی صورت گیرد که سطح آب زیرزمینی، در بالاترین تراز سالیانه، حداقل ۱/۲ متر پایین‌تر از بستر زیربالاست باشد. در شکلهای (۳-۴ و ۴-۴) دو نمونه از کاربرد زهکشهای عمقی نشان داده شده است.

آب جذب شده در اثر کشش موئینگی در خاک‌های ریزدانه (رس و لای) را نمی‌توان زهکشی کرد، اما می‌توان با پائین بردن سطح ایستایی یا سطح آزاد آب، آنرا کنترل نمود.



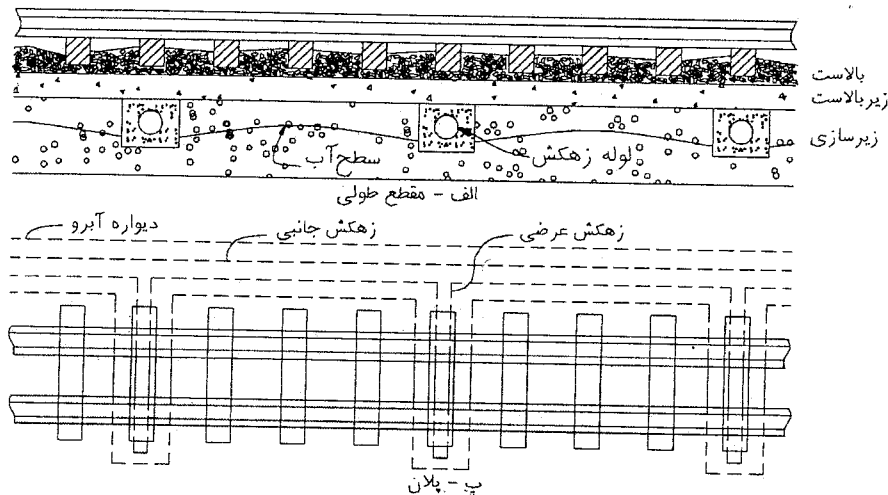
شکل ۳-۴- زهکش عمقی یکطرفه



شکل ۴-۴- زهکش عمقی دو طرفه

۴-۳-۱- زهکشی در مسیرهای با عرض زیاد

در مسیرهای با عرض زیاد (مانند ایستگاه‌ها، راه‌های چند خطه و...) که در آنها زهکشی عرضی آبهای نفوذی در لایه بالاست نمی‌تواند به خوبی انجام گیرد. مطابق شکل (۴-۵) از زهکش‌های عرضی زیرزمینی استفاده می‌شود.



شکل ۴-۵- نمونه‌ای از زهکشی عرضی زیرزمینی

۴-۴- زهکشی مسیر در شیب عرضی

برای پائین بردن سطح آب زیرزمینی در ترانشه‌ها و یا در نقاطی که راه در شیب عرضی واقع است از زهکشی‌های عمقی حائل استفاده می‌شود. نمونه‌هایی از این نوع زهکش‌ها در شکل‌های (۴-۳) و (۴-۴) نشان داده شده‌اند.

در مسیرهای واقع در شیب عرضی ممکن است احداث زهکش‌های حائل جانبی (رو باز یا روبسته) به تنهایی برای جمع‌آوری آب‌های تراوشی (زه آب) کافی نباشد. در این صورت باید از زهکش‌های عمقی عمود بر محور راه (زهکش‌های عرضی) استفاده شود.

۴-۵- زهکشی آب معلق

در محل‌هایی که بالا بودن تراز آب زیرزمینی ناشی از سفره آب معلق باشد و ضخامت لایه ناتراوای نگهدارنده این آب چندان زیاد نباشد می‌توان با احداث چاه‌های زهکش و هدایت آب به لایه‌های نفوذپذیر زیرین، زهکشی مورد نیاز را انجام داد.

۴-۶- نکات مهم

الف - طراحی هر سیستم زهکشی عمقی باید بر پایه مطالعات دقیق ژئوتکنیکی، شامل بررسی‌های محلی و برداشت تراز آب‌های زیرزمینی، نمونه‌گیری از خاک (تا پایین‌ترین عمق تاثیر زهکشی) و انجام آزمایش‌های آزمایشگاهی صورت گیرد.

ب - با توجه به گران بودن هزینه مطالعات، اجرا و نگهداری سیستم‌های زهکشی عمقی و لزوم اعمال نظارت فنی دقیق بر کلیه مراحل تهیه مصالح و اجرای این سیستم‌ها، در محل‌هایی از مسیر که تراز آب زیرزمینی بالا است و به ویژه وقتی که تراوایی خاک کم و در نتیجه قابلیت زهکشی آن ضعیف می‌باشد بهتر آن است که خط پروژه با خاکریزی بالا آورده شود به طوری که دیگر نیازی به احداث سیستم زهکشی عمقی نباشد.

پ - محدودیت‌ها و ملاحظات مربوط به نگهداری و ترمیم سیستم‌های زهکشی عمقی، از جمله مهمترین عواملی هستند که باید از همان نخستین مراحل طرح، مورد مطالعه قرار گیرد و در طراحی نهایی سیستم دیده شود.

۴-۷- انواع زهکش‌های عمقی

هر سیستم زهکشی عمقی ممکن است شامل یک یا چند نوع زهکش به شرح زیر باشد:

الف - آبرو جانبی عمیق روباز یا سرپوشیده یا نهر جانبی عمیق،

ب - زهکش لوله‌ای

پ - ترانشه زهکش (زهکش فرانسوی)

ت - چاه زهکش

ث - قنات

ج - زهکش‌های ماشینی (چال‌های ایجاد شده به وسیله دستگاه حفاری یا نفوذ)
 زهکش نوع الف در بخش‌های (۴-۲، ۴-۳ و ۴-۴) شرح داده شده است. چاه زهکش در حالت عادی (چاه با قطر بزرگ پر شده از مصالح دانه‌ای زهکش) حالت خاصی از زهکش فرانسوی محسوب می‌شود.
 قنات به عنوان سیستم زهکشی، به ویژه برای اصلاح زهکشی دامنه‌های طبیعی در معرض خطر لغزش و یا توده‌های خاک پشت دیوارهای نگهبان کارایی خوبی می‌تواند داشته باشد جزئیات این روش در فصل قنات آورده شده است.
 زهکش‌های ماشینی (افقی، مایل یا قائم) در شرایط خاص و به ویژه برای اصلاح زهکشی طبیعی دامنه‌هایی که در معرض خطر لغزش هستند به کار برده می‌شوند. در صورت نیاز به بهره‌گیری از این نوع زهکش‌ها جزئیات آن در مشخصات فنی خصوصی قید خواهد شد.

۴-۷-۱ - زهکش لوله‌ای

این نوع زهکش با حفر ترانشه و استقرار لوله سوراخدار (مشبک، متخلخل، شکافدار یا سوراخدار) و یا لوله‌گذاری با درزهای باز و پرکردن حجم ترانشه با مصالح دانه‌ای منتخب احداث می‌شود. سه نمونه متداول از این نوع زهکشی در شکل (۴-۶) نشان داده شده است که عبارتند از:
 الف - لوله سوراخدار + مصالح دانه‌ای با منحنی دانه‌بندی گسترده به عنوان فیلتر و زهکش.
 ب - لوله سوراخدار + زمین پارچه (ژئوتکستایل) برای جلوگیری از قرار دانه‌های فیلتر + مصالح دانه‌ای با دانه‌بندی نسبتاً ریز (زهکش و فیلتر)
 پ - لوله سوراخدار + مصالح زهکش + زمین پارچه بعنوان فیلتر برای جلوگیری از فرسایش خاک پیرامون (خاک پایه)

۴-۷-۲- ترانشه زهکش

این زهکش با حفر ترانشه و پرکردن آن با مصالح دانه‌ای متخلخل (قلوه سنگ، شن، ماسه) احداث می‌شود. جزئیات اجرایی آن بسته به این که حفاظت مصالح متخلخل در مقابل گرفتگی ناشی از شسته‌شدن (فرسایش) خاک پیرامون چگونه تأمین می‌شود، متفاوت است. در شکل (۴-۷) سه حالت مختلف این نوع زهکش نشان داده شده، که عبارتند از:

الف - ترانشه پر شده با زهکش ریزدانه که نقش فیلتر را نیز در مقابل عبور ذرات ریز خاک پیرامون ایفا می‌کند.

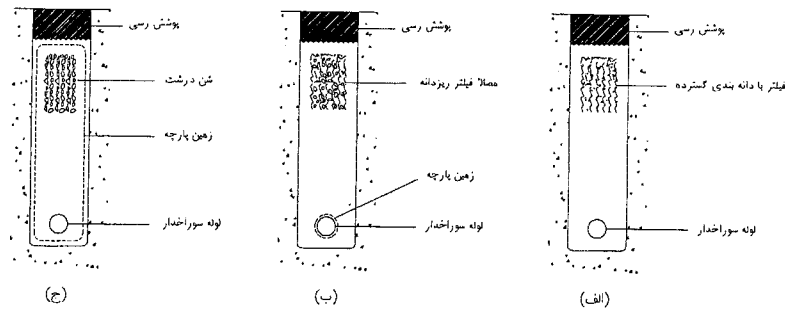
پ - ترانشه پر شده با زهکش درشت دانه که بوسیله لایه‌ای از جنس زمین - پارچه در مقابل پدیده فرسایش خاک پیرامون محافظت شده است.

ب - ترانشه متشکل از مصالح زهکش درشت دانه در وسط و لایه‌ای از فیلتر ریزدانه در دور مصالح زهکش (فیلتر برای جلوگیری از فرسایش خاک پیرامون) و لایه‌ای از زمین پارچه به منظور جلوگیری از فرار ذرات مصالح فیلتر به داخل منافذ مصالح زهکش.

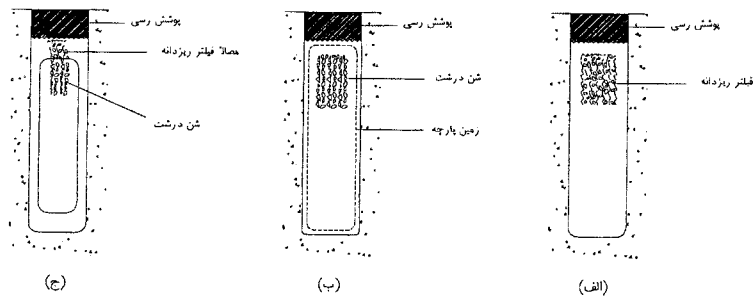
۴-۸- حالات ناپایداری فیلترها

سیستم‌هایی که برای زهکشی عمقی به کار برده می‌شوند همچنان که آب‌های زیرزمینی ساکن (ایستایی) و یا در حال جریان (زه آب) را جمع‌آوری می‌کنند، شرایط طبیعی زمین را بر هم می‌زنند و باعث تغییر در پارامترهای مکانیکی خاک می‌شوند.

سیستم‌های زهکشی عمقی باید در مقابل حرکت ذرات کوچک خاک و در نتیجه مسدود شدن زهکش و خروج آن از شرایط بهره‌برداری پایدار باشند. منشاء این ذرات ریز، اغلب خاک پایه (خاکی که زهکش می‌شود) و در بعضی مواقع خود مصالح فیلتر است. سه پدیده مکانیکی فرسایش، جابجایی و گرفتگی پدیده‌هایی هستند که باعث تغییر در شرایط مصالح فیلتر و یا به عبارت دیگر، ناپایداری فیلتر می‌شوند. عرض سوراخ‌های زهکش (لوله‌ها و زمین پارچه‌ها) نیز به طور مستقیم بر روی جابجایی و گرفتگی تأثیر می‌گذارد.



شکل ۴-۶- نمونه‌هایی از زهکش‌های لوله‌ای



شکل ۴-۷- نمونه‌هایی از ترانشه‌های زهکش (زهکش فرانسوی)

انواع حالات فرسایش، جابجایی و گرفتگی که ممکن است در یک زهکش مشتمل بر فیلتر دانه‌ای و لوله سوراخدار رخ دهد در شکل (۴-۸) بطور شماتیک نشان داده شده است. این حالات ناپایداری عبارتند از:

I - فرسایش تماسی خاک (شسته‌شدگی ذرات خاک پایه) در فصل مشترک فیلتر و خاک پایه

II - فرسایش داخلی خاک پایه

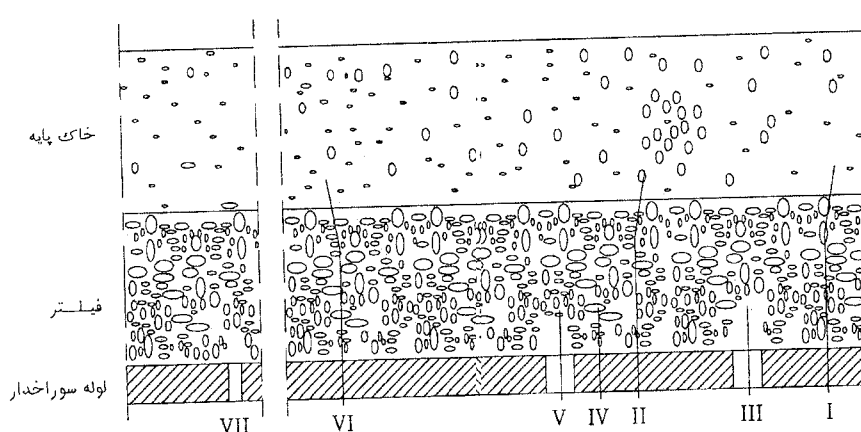
III - فرسایش تماسی فیلتر در محل سوراخ‌های لوله زهکشی

IV - جابجایی در داخل مصالح فیلتر

V - جابجائی مصالح فیلتر همراه با شسته شدگی آنها در محل سوراخ ها

VI - گرفتگی منافذ فیلتر توسط ذرات خاک پایه

VII- گرفتگی سوراخ‌های لوله زهکشی



شکل ۴-۸- حالات مختلف ناپایداری فیلتر

۴-۹- معیارهای طراحی فیلترها

در طراحی فیلتر باید معیارهای زیر کنترل شود:

- ۱- پایداری در برابر فرسایش خاک پایه (فرآیندهای I, II)
 - ۲- پایداری در برابر جابجایی داخلی مصالح فیلتر (فرآیندهای IV, V)
 - ۳- نفوذپذیری (تراوایی) کافی (برای تسهیل عبور زه آب و نیز جلوگیری از فرآیند VI)
 - ۴- پایداری در برابر فرسایش تماسی در مجاورت لوله زهکش (فرآیند III)
- در صورت استفاده از فیلتر پارچه‌ای (زمین- پارچه‌ها) به جای فیلتر دانه‌ای، لازم است ابعاد سوراخ‌های آن به اندازه‌ای باشد که دو معیار (متناقض) شماره ۱ و ۳ فوق را ارضاء کند.

۴-۹-۱- روابط طراحی فیلتر

روابط زیر برای طراحی فیلتر به منظور تحقق معیارهای بالا به کار برده می‌شود. در این روابط قطر دانه‌های مصالح فیلتر با حرف D و قطر دانه‌های خاک پایه با حرف d نشان داده شده است.

۴-۹-۱-۱- معیار پایداری در مقابل فرسایش

$$\frac{D_{15}}{d_{85}} < 5$$

الف- رابطه رزاقی:

کاربرد این رابطه تنها در شرایط زیر مناسب است.

$$2 < C_{UD} < 3$$

- خاک پایه غیر چسبنده و با ضریب یکنواختی بین ۲ تا ۳

$$2 < C_{UD} < 3$$

- مصالح فیلتر درشت دانه با ضریب یکنواختی بین ۲ تا ۳

$$C_{Ud} \approx C_{UD}$$

به علاوه باید ضرایب یکنواختی خاک و فیلتر نزدیک به هم باشد:

در روابط بالا:

D_{15} : قطر دانه‌ای است که ۱۵ درصد وزنی مصالح فیلتر کوچک از آن است.

d_{85} : قطر دانه‌ای است که ۸۵ درصد وزنی مصالح خاک پایه کوچکتر از آن است.

C_{Ud} , C_{UD} به ترتیب ضریب یکنواختی فیلتر و خاک پایه است که با روابط زیر تعریف می‌شود:

$$C_{Ud} = \frac{d_{60}}{d_{10}}, C_{UD} = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

با توجه به محدودیت دامنه کاربرد رابطه رزاقی، روابط زیر (ب و پ) برای تامین پایداری در مقابل

فرسایش خاک پایه فرآورده‌های II, I جایگزین می‌شود:

ب - برای خاک‌هایی که نشانه خمیری آنها از ۱۰ کوچکتر است ($PI < 10$) و یا میلیمتر $d_{10} > 0.2$

باشد:

$$D_{50} < \frac{1}{\eta} A d_{50}$$

در این رابطه η ضریب شکل مصالح فیلتر است که برای مصالح گرد گوشه مقدار آن برابر ۱ و

برای مصالح تیز گوشه مساوی ۱/۳۳ می‌باشد. A تابعی از ضرایب یکنواختی خاک پایه و مصالح فیلتر

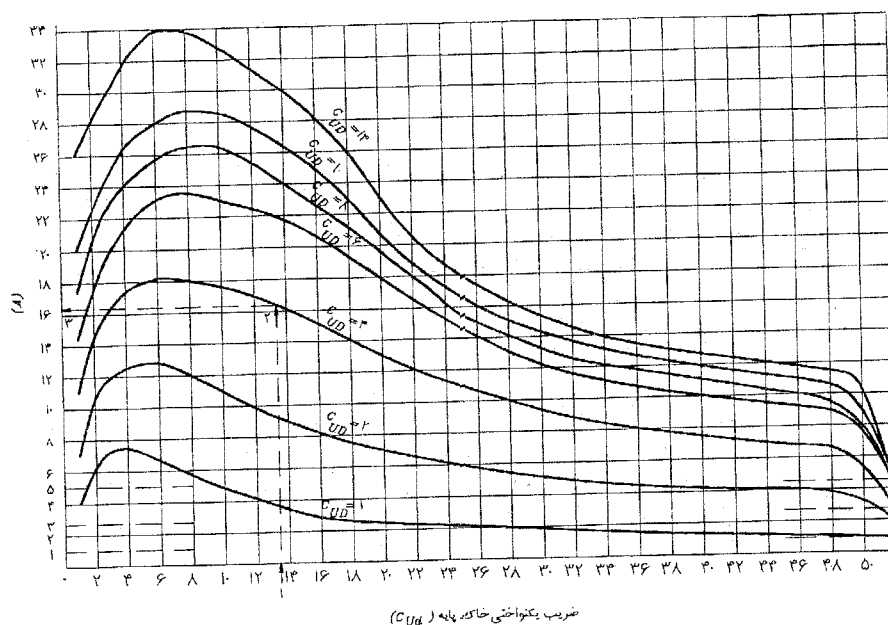
است که با استفاده از نمودار شکل (۴-۹) مقدار آن به دست می‌آید.

پ - برای خاک‌هایی که $PI > 10$ و یا میلیمتر $d_{10} < 0.02$ معیار مقاومت در مقابل فرسایشی

تماسی بصورت زیر است:

$$D_{17} < (D_{17})_{adm}$$

adm (D۱۷)، قطر مجاز تابعی از حد روانی خاک پایه (LL) است که با استفاده از نمودار شکل (۱۰-۴) تعیین می‌شود.



شکل ۴-۹- نمودار ضریب A بر اساس یکنواختی خاک پایه و فیلتر

۴-۹-۱-۲- جابجایی داخلی در مصالح فیلتر

شرایط مقاومت در مقابل جابجایی دانه‌های مصالح فیلتر (که باعث تفکیک دانه‌بندی و قرار دانه‌ها از سوراخ‌های لوله زهکش می‌شود) عبارتند از:

الف - $C_{UD} < 8$

ب - هموار بودن منحنی دانه‌بندی فیلتر

پ - کافی بودن تراکم مصالح فیلتر: $D_r > 0.33$ (البته برای داشتن تراوایی کافی لازم است که $D_r < 0.67$ باشد).

D_r ، چگالی نسبی (دانسپته نسبی) مصالح است که با رابطه $D_r = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}}$ بیان می‌شود.

e نسبت تخلخل است.

۴-۹-۱-۳- نفوذپذیری

نفوذپذیری لازم فیلتر وقتی تامین می‌شود که داشته باشیم:

در حالتی که:

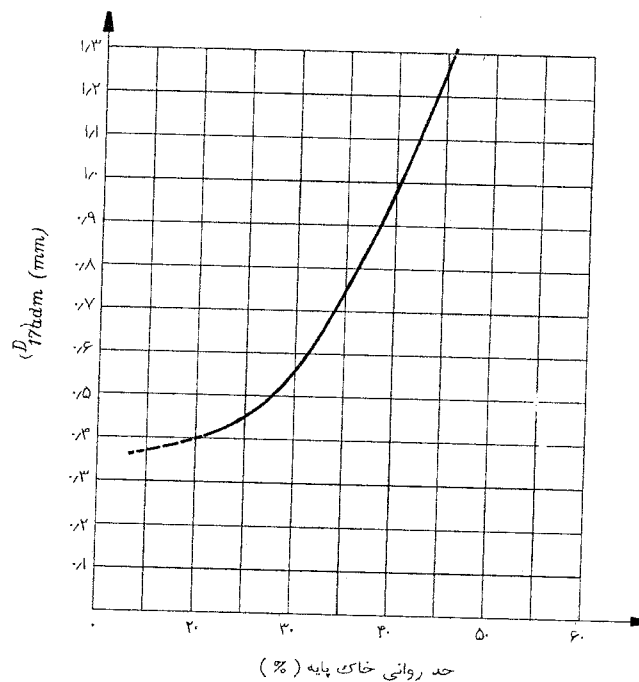
$$C_{ud} < 3, C_{UD} \approx C_{ud}$$

$$D_{15} \geq 3d_{15}$$

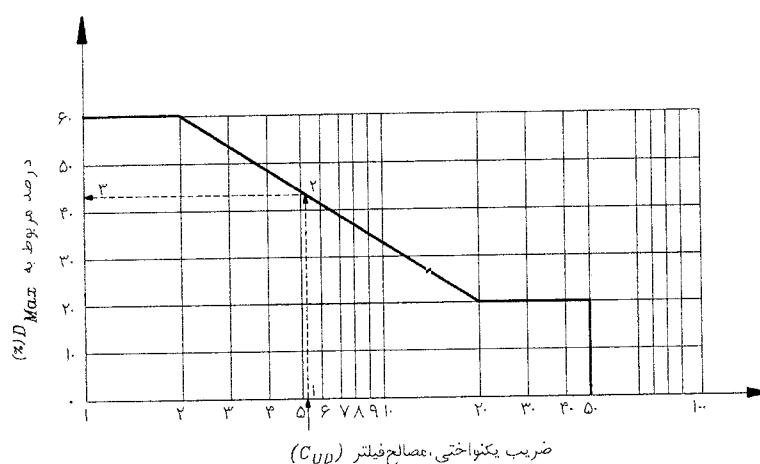
$$C_{ud} > 3$$

و در حالتی که:

$$C_{UD} \approx C_{ud}$$



شکل ۴-۱۰- نمودار تعیین $D_{17} adm$



شکل ۴-۱۱- نمودار تعیین درصد مربوط به D_{max} از منحنی دانه‌بندی فیلتر

۴-۹-۱-۴- اندازه سوراخ‌های لوله زهکش

اندازه سوراخ‌های لوله زهکش (قطر سوراخ‌ها و عرض شکاف‌ها) در مجاورت مصالح فیلتر باید در محدوده زیر قرار بگیرد:

$$D_{min} < b < D_{max}$$

$$D_{min} = 0.17 D_w \sqrt{C_{UD}}$$

D_{max} تابعی از ضریب یکنواختی منحنی دانه‌بندی مصالح فیلتر است که اندازه آن با استفاده از نمودار شکل (۴-۱۱) و منحنی دانه‌بندی فیلتر به دست می‌آید.

در روابط بالا b عرض مجاز سوراخ زهکش و e نسبت تخلخل مصالح فیلتر است.

۴-۹-۲- مصالح زهکش‌های عمقی

عملیات تشکیل‌دهنده زهکش‌های عمقی شامل ترانشه‌های موازی یا عمود بر محور راه، لوله‌های زهکشی، لوله‌های جمع‌کننده، اتصالات، مصالح دانه‌ای و انواع زمین پارچه‌ها باید با دقت تمام اجرا گردد و در کلیه مراحل اجرا و بهره‌برداری به خوبی نگهداری شوند.

در انتخاب جنس لوله‌های زهکش (سیمانی، پلاستیکی، سفالی، آلومینیمی، فولادی) و زمین پارچه‌ها باید دوام آنها در مقابل عوامل محیطی مانند یخبندان، خوردگی، املاح موجود در خاک پیرامون و یا محلول در آب زیرزمینی، براساس استانداردها و آئین نامه‌های متداول معتبر مورد بررسی قرار گیرد. جنس لوله‌ها و اتصالات و زمین پارچه‌ها باید در مشخصات فنی خصوصی طرح قید شود. مصالح دانه‌ای باید از دوام کافی در مقابل تغییرات رطوبت و تأثیر عوامل شیمیایی محیط برخوردار باشد.

فصل پنجم

قنات

۵-۱- کلیات

جمع‌آوری آبهای زیرزمینی با روش خاص و به سطح زمین رسانیدن آن با استفاده از قوه ثقل، از طریق حفر قنات انجام می‌شود. بدون تردید اولین قدم در راه حفر قنات مطالعه درباره وجود جریان آبهای زیرزمینی است. منظور اساسی و اصلی در حفر قنات استفاده از چاههای افقی به جای چاههای عمودی بوده است، تا با ایجاد شیب ملایم، آب به خودی خود به سطح زمین رسانیده شود.

۵-۲- فاصله میان دو قنات و حداکثر عمق هر یک

عمق میله‌های یک رشته قنات از صفر که انتهای آن است شروع می‌شود و در چاه اصلی به حداکثر می‌رسد. فاصله بین میله‌ها معمولاً بین ۱۵ تا ۲۰ متر است. در بعضی موارد مثلاً هنگام عبور از مسیر رودخانه‌ها یا تپه‌ها و یا آزاد راه‌ها و ایستگاه‌های راه‌آهن این فاصله حتی به ۲۰۰ متر هم می‌رسد.

۵-۳- ابعاد و میله

ابعاد مجرا در حدود ۱۲۰ X ۹۰ سانتیمتر و قطر میله در حدود ۸۰ تا ۱۰۰ سانتیمتر است. ابعاد مجرا را معمولاً به حداقل می‌رسانند تا مقدار خاکبرداری حتی‌المقدور کم شود.

۵-۴- طول قنات

طول یک رشته قنات بر حسب شرایط طبیعی مسیر آن متغیر است. این شرایط بستگی به شیب زمین و عمق مادر چاه دارد. طولیترین قناتی که در ایران در حوالی گناباد حفر شده حدود ۷۰ کیلومتر طول دارد.

۵-۵- انواع قنات و موقعیت آنها

قنات‌ها به دو دسته به شرح زیر تقسیم می‌شوند:

۵-۵-۱ - قنات‌های دایر

قنات‌های دایر معمولاً برای شرب اهالی روستاها و شهرها و مشروب کردن اراضی کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد و حفاظت میله‌ها و مجراهای آن به عهده پیمانکار است. قنات‌ها دارای حریمی می‌باشند که این حریم طرفین برابر با عمق میله است (حداکثر ۲۰ متر از هر طرف). باید حتی‌المقدور مسیر خط و مسیر قنات در یک امتداد قرار نگیرند و حریم هر یک رعایت شود.

در صورتی که مسیر خط، امتداد یک رشته قنات را به طور مورب قطع کند، در صورت لزوم و بر حسب تشخیص دستگاه نظارت باید امتداد قنات را، عمود بر مسیر خط، منحرف کرد. در هر صورت این تغییرات نباید مشکلی در عبور آب قنات به وجود آورد.

اگر میله‌ها در حریم خط قرار گیرند باید آنها را بر اساس دستورات دستگاه نظارت با خاک پر، و کور کرد و به جای آنها نسبت به حفر میله‌های جدید، با رعایت حریم مسیر خط و رشته قنات، اقدام نمود. در صورتیکه مسیر قنات در خاکبرداری قرار گیرد باید عمق قنات از سطح آماده شده راه، اندازه‌گیری، و بر اساس دستور دستگاه نظارت عمل شود.

۵-۵-۲ - قنات‌های بایر

قنات‌های متروکه، که در زیر بستر راه قرار می‌گیرند باید طبق دستور دستگاه نظارت کاملاً پر و متراکم شوند. چنانچه چاه‌های بازدید قنات‌های متروکه در مسیر خط و یا داخل حریم راه آهن قرار گیرند، بر حسب مورد به شرح زیر عمل می‌شود:

۵-۲-۱- در بستر خط

پرکردن میله قناتهایی که در بستر خط قرار می‌گیرند باید با توجه به عمق میله و دستور دستگاه نظارت انجام شود.

۵-۲-۲- در حریم خط

بر حسب عمق میله قنات، می‌توان با مصرف مصالح ماسه بادی یا مخلوط رودخانه‌ای (که در حالت اشباع هستند) تا ارتفاع ۱ تا ۲ متری سطح بستر حریم اقدام و بقیه را با شفته آهک یا بتن مگر پر کرد. به هر حال این عملیات با تأیید دستگاه نظارت انجام می‌شود.

۵-۲-۳- چاههای آزمایش و کنترل

در صورتی که برای پیدا کردن مسیر قناتهای کهنه، نیاز به حفر چاههای بارزسی شد، پس از انجام آزمایش، چاههای حفر شده باید کاملاً پر و مطابق مشخصات کوبیده شود. بهتر است این چاهها در دو طرف مسیر حفر، و روی آنها با کپه‌های خاک علامت‌گذاری شود باید دقت لازم بعمل آید که در این عملیات به قناتهای دایر صدمه‌ای وارد نشود. در هر صورت هرگونه خرابی که به قناتهای دایر وارد شود مسئول آن پیمانکار است و باید از عهده خسارات وارده برآید و قناتها را تعمیر و ترمیم کند. همچنین باید از دست زدن و برداشتن خاکهای اطراف میله‌های چاهها که در خارج از حریم راه قرار گرفته است جداً خودداری شود.

۵-۶- پوشش داخلی مجرا

زمین‌های منطقه فلات از لحاظ ساختمان طبیعی دارای کیفیتی هستند که برای پوشش داخلی قنات معمولاً اقدامات حفاظتی ضرورتی پیدا نمی‌کند. در قسمتی از مجرا که مدام با آب تماس دارد، در اثر رسوبات آهکی به مرور پوشش نسبتاً محکمی به وجود می‌آید که از نفوذ آب به خارج جلوگیری می‌کند و نباید حتی‌المقدور به این پوشش آسیبی رسانید.

در نقاطی که زمین سست و ریزشی باشد که اصطلاحاً به آن زمین‌های شولاتی می‌گویند از تمبوشه‌های سفالی یا بتنی بیضی شکل، که به آن کول می‌گویند و فراخی دهانه آن آدم رو است استفاده می‌کنند. بعضی از میله‌ها را نیز با دقت می‌بندند و حتی طوقه میله را گاهی تا آخر با آجر و سنگ و ملات ماسه سیمان یا ماسه آهک می‌سازند.

اگر قنات در عمق کمتر از ۵ متر از سطح زمین طبیعی بستر راه قرار گرفته باشد باید لوله‌های بتن مسلح به قطر ۸۰ سانتیمتر در قنات کار گذارده شود برای عمق‌های بین ۵ و ۱۰ متر قنات‌ها باید با قطعات بتن مسلح پوشش شود.

چنانچه عمق قنات زیر سطح زمین بستر راه بیشتر از ۱۰ متر باشد با توجه به جنس زمین و بازدید دقیق می‌توان قنات را بدون حفاظ باقی گذاشت ولی در صورتیکه احتمال ریزش باشد باید با قطعات بتن مسلح طبق دستور دستگاه نظارت پوشش داده شود.

در صورتیکه میله قنات در مسیر راه قرار گیرد اگر عمق آن تا ده متر باشد باید آنرا تماماً با آجر و ملات ماسه سیمان طوقه‌چینی کرد و دهانه آنرا در عمق حدود دو متری از سطح زمین با قطعات بتون مسلح پوشش داد و خاکریزی نمود و خاکهای ریخته شده را طبق مشخصات کوبید.

فهرست منابع

1. UIC (1994), Earthworks and track-bed layers for railway lines, 719-R 2nd Edition.
2. Manual for Railway Engineering, AREA, 1994, part 1.
3. Profillidis, V.A.(1995), Railway Engineering.
- 4- ORE (1981), Filtration and drainage, Report D117/RP.
- ۵- نشریه شماره ۱۰۱ سازمان برنامه و بودجه، مشخصات فنی عمومی راه، ۱۳۷۵، چاپ دوم.
- ۶- نشریه شماره ۱۳۹ سازمان برنامه و بودجه، آئین نامه بارگذاری پلها، ۱۳۷۴، چاپ اول.
- ۷- ایران - کامپساکس، استاندارد طرح راه آهن، ۱۳۵۵.

خواننده گرامی

دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی، با گذشت بیش از سی سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر چهارصد عنوان نشریه تخصصی - فنی، در قالب آیین نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، بصورت تألیف و ترجمه تهیه و ابلاغ کرده است. نشریه پیوست در راستای موارد یاد شده تهیه شده تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت های عمرانی بکار برده شود. به این لحاظ برای آشنایی بیشتر، فهرست عناوین نشریاتی که طی دو سال اخیر به چاپ رسیده است باطلاع استفاده کنندگان و دانش پژوهان محترم رسانده می شود.

لطفاً برای اطلاعات بیشتر به سایت اینترنتی www.mporg.ir/fanni/s.htm مراجعه

نمائید.

دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
معاونت امور فنی

فهرست نشریات
دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی
در سال‌های (۸۱-۸۳)

عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار چاپ		نوع دستورالعمل	ملاحظات
		اول	آخر		
آیین نامه کاربری اراضی اطراف فرودگاهها	۲۳۳	۱۳۸۱		۱	
آیین نامه روسازی آسفالتی راه های ایران	۲۳۴			۱	
ضوابط و معیارهای طراحی و اجرای سیلو در ایران (جلد اول) ضوابط و معیارهای طراحی و اجرای سیلو در ایران (جلد دوم) ضوابط و معیارهای طراحی و اجرای سیلو در ایران (جلد سوم)	۲۳۵	۱۳۸۲ ۱۳۸۱		۲۳۵-۱ نوع ۳ ۲۳۵-۲ نوع ۳	
راهنمای برگزاری مسابقات معماری و شهرسازی در ایران	۲۴۰	۱۳۸۱		۳	
ضوابط طراحی سینما	۲۴۵	۱۳۸۱		۳	
ضوابط و مقررات شهرسازی و معماری برای افراد معلول جسمی - حرکتی	۲۴۶	۱۳۸۱		۱	
دستورالعمل حفاظت و ایمنی در کارگاههای سدسازی	۲۴۷	۱۳۸۱		۳	
فرسایش و رسوبگذاری در محدوده آبشکنها	۲۴۸	۱۳۸۱		۳	
فهرست خدمات مرحله توجیهی مطالعات ایزوتویی و ردیابی مصنوعی منابع آب زیرزمینی	۲۴۹	۱۳۸۱		۲	
آیین نامه طرح و محاسبه قطعات بتن پیش تنیده	۲۵۰	۱۳۸۲		۱	
فهرست خدمات مطالعات بهسازی لرزه ای ساختمانهای موجود	۲۵۱	۱۳۸۱		۳	
رفتارسنجی فضاهاى زیرزمینی در حین اجرا	۲۵۲	۱۳۸۱		۳	
آیین نامه نظارت و کنترل بر عملیات و خدمات نقشه برداری	۲۵۳	۱۳۸۱		۱	
دستورالعمل ارزیابی پیامدهای زیست محیطی پروژه های عمرانی: جلد اول - دستورالعمل عمومی ارزیابی پیامدهای زیست محیطی پروژه های عمرانی (۱-۲۵۴) جلد دوم - شرح خدمات بررسی اولیه و مطالعات تفصیلی ارزیابی آثار زیست محیطی طرح عمرانی (۲-۲۵۴) جلد سوم - دستورالعمل های اختصاصی پروژه های آب (۳-۲۵۴)	۲۵۴	۱۳۸۱		۳ ۱ ۳	
دستورالعمل آزمایشهای آبشور: خانه های شور و سدیمی در ایران	۲۵۵	۱۳۸۱		۳	
استانداردهای نقشه کشی ساختمانی	۲۵۶	۱۳۸۱		۳	

عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار چاپ		نوع دستورالعمل	ملاحظات
		اول	آخر		
دستورالعمل تهیه طرح مدیریت مناطق تحت حفاظت	۲۵۷۰			۳	
دستورالعمل بررسیهای اقتصادی منابع آب	۲۵۸۰	۱۳۸۱		۳	
دستورالعمل آزمون میکروبیولوژی آب	۲۵۹۰	۱۳۸۱		۳	
راهنمای تعیین عمق فرسایش و روشهای مقابله با آن در محدوده پایه های پل	۲۶۰۰	۱۳۸۱		۳	
ضوابط و معیارهای فنی روشهای آبیاری تحت فشار مشخصات فنی عمومی آبیاری تحت فشار	۲۶۱۰	۱۳۸۱		۱	
فهرست جزئیات خدمات مطالعات تاسیسات آبیگری (مرحله های شناسائی ، اول و دوم ایستگاههای پمپاژ)	۲۶۲۰	۱۳۸۲		۲	
فهرست جزئیات خدمات مهندسی مطالعات تاسیسات آبیگری (سردخانه سازی)	۲۶۳۰	۱۳۸۲		۲	
آیین نامه اتصالات سازه های فولادی ایران	۲۶۴۰	۱۳۸۲		۱	
برپایی آزمایشگاه آب	۲۶۵۰	۱۳۸۲		۳	
۱- دستورالعمل تعیین اسید بته و قلیائیت آب ۲- دستورالعمل تعیین نیتروژن آب	۲۶۶۰	۱۳۸۲		۳	
آیین نامه ایمنی راه های کشور ایمنی راه و حریم (جلد اول) ایمنی ابنیه فنی (جلد دوم) ایمنی علائم (جلد سوم) تجهیزات ایمنی راه (جلد چهارم) تاسیسات ایمنی راه (جلد پنجم) ایمنی بهره برداری (جلد ششم) ایمنی در عملیات اجرایی (جلد هفتم)	۲۶۷۰				
دستورالعمل تثبیت لایه های خاکریز	۲۶۸۰	۱۳۸۲		۳	
راهنمای آزمایش های دانه بندی رسوب	۲۶۹۰			۳	
معیارهای برنامه ریزی و طراحی کتابخانه های عمومی کشور	۲۷۰۰	۱۳۸۳		۱	
شرایط طراحی (DESIGN CONDITIONS) برای محاسبات تأسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع ویژه تعدادی از شهرهای کشور	۲۷۱۰	۱۳۸۲			
راهنمای مطالعات بهره برداری از مخازن سدها مراحل شناسایی - توجیهی - طراحی تفصیلی	۲۷۲۰				
راهنمای تعیین بار کل رسوب رودخانه ها به روش انیشتین و کلی	۲۷۳۰	۱۳۸۳		۳	
دستورالعمل نمونه برداری آب	۲۷۴۰	۱۳۸۳		۳	
ضوابط بهداشتی و ایمنی پرسنل تصفیه خانه های فاضلاب	۲۷۵۰	۱۳۸۳		۱	

عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار چاپ		نوع دستورالعمل	ملاحظات
		اول	آخر		
شرح خدمات مطالعات تعیین حد بستر و حریم رودخانه یا مسیل	۲۷۶			۳	
راهنمای بررسی پیشروی آب‌های شور در آبخوان‌های ساحلی و روش‌های کنترل آن	۲۷۷	۱۳۸۳		۳	
راهنمای انتخاب ظرفیت واحدهای مختلف تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری	۲۷۸	۱۳۸۳		۳	
مشخصات فنی عمومی زیرسازی راه‌آهن	۲۷۹				
مشخصات فنی عمومی راهداری	۲۸۰				
ضوابط عمومی طراحی شبکه‌های آبیاری و زهکشی	۲۸۱				
ضوابط هیدرولیکی طراحی ساختمان‌های تنظیم سطح آب و آبیگرها در کانال‌های روباز	۲۸۲				
فهرست خدمات مهندسی مرحله ساخت طرح‌های آبیاری و زهکشی	۲۸۳				
راهنمای بهره‌برداری و نگهداری از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری بخش دوم تصفیه ثانویه	۲۸۴				
راهنمای تعیین و انتخاب وسایل و لوازم آزمایشگاه تصفیه‌خانه‌های فاضلاب	۲۸۵				

Islamic Republic of Iran

**Earth Works for Railway Lines
General Technical Specifications**

No : 279

Management and Planning Organization
Office of Deputy for Technical Affairs:
Technical Criteria and
Specifications Bureau

Ministry of Roads and Transportation
Deputy of Training, Research and
Information Technology
Transportation Research Institute

2004/1383

عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار چاپ		نوع دستورالعمل	ملاحظات
		اول	آخر		
آیین نامه کاربری اراضی اطراف فرودگاهها	۲۳۳	۱۳۸۱		۱	
آیین نامه روسازی آسفالتی راه های ایران	۲۳۴			۱	
ضوابط و معیارهای طراحی و اجرای سیلو در ایران (جلد اول) ضوابط و معیارهای طراحی و اجرای سیلو در ایران (جلد دوم) ضوابط و معیارهای طراحی و اجرای سیلو در ایران (جلد سوم)	۲۳۵	۱۳۸۲ ۱۳۸۱		۲۳۵-۱ نوع ۳ ۲۳۵-۲ نوع ۳	
راهنمای برگزاری مسابقات معماری و شهرسازی در ایران	۲۴۰	۱۳۸۱		۳	
ضوابط طراحی سینما	۲۴۵	۱۳۸۱		۳	
ضوابط و مقررات شهرسازی و معماری برای افراد معلول جسمی- حرکتی	۲۴۶	۱۳۸۱		۱	
دستورالعمل حفاظت و ایمنی در کارگاههای سدسازی	۲۴۷	۱۳۸۱		۳	
فرسایش و رسوبگذاری در محدوده آبشکنها	۲۴۸	۱۳۸۱		۳	
فهرست خدمات مرحله توجیهی مطالعات ایزوتوپی و ردیابی مصنوعی منابع آب زیرزمینی	۲۴۹	۱۳۸۱		۲	
آیین نامه طرح و محاسبه قطعات بتن پیش تنیده	۲۵۰	۱۳۸۲		۱	
فهرست خدمات مطالعات بهسازی لرزه ای ساختمانهای موجود	۲۵۱	۱۳۸۱		۳	
رفتارسنجی فضاهای زیرزمینی در حین اجرا	۲۵۲	۱۳۸۱		۳	
آیین نامه نظارت و کنترل بر عملیات و خدمات نقشه برداری	۲۵۳	۱۳۸۱		۱	
دستورالعمل ارزیابی پیامدهای زیست محیطی پروژه های عمرانی: جلد اول - دستورالعمل عمومی ارزیابی پیامدهای زیست محیطی پروژه های عمرانی (۱-۲۵۴) جلد دوم - شرح خدمات بررسی اولیه و مطالعات تفصیلی ارزیابی آثار زیست محیطی طرح عمرانی (۲-۲۵۴) جلد سوم - دستورالعمل های اختصاصی پروژه های آب (۳-۲۵۴)	۲۵۴	۱۳۸۱		۳ ۱ ۳	
دستورالعمل آزمایشهای آتش در خانه های شور و سدی در ایران	۲۵۵	۱۳۸۱		۳	
استانداردهای نقشه کشی ساختمانی	۲۵۶	۱۳۸۱		۳	

عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار چاپ		نوع دستورالعمل	ملاحظات
		آخر	اول		
دستورالعمل تهیه طرح مدیریت مناطق تحت حفاظت	۲۵۷			۳	
دستورالعمل بررسیهای اقتصادی منابع آب	۲۵۸		۱۳۸۱	۳	
دستورالعمل آزمون میکروبیولوژی آب	۲۵۹		۱۳۸۱	۳	
راهنمای تعیین عمق فرسایش و روشهای مقابله با آن در محدوده پایه های پل	۲۶۰		۱۳۸۱	۳	
ضوابط و معیارهای فنی روشهای آبیاری تحت فشار مشخصات فنی عمومی آبیاری تحت فشار	۲۶۱		۱۳۸۱	۱	
فهرست جزئیات خدمات مطالعات تاسیسات آبیگری (مرحله های شناسائی، اول و دوم ایستگاههای پمپاژ)	۲۶۲		۱۳۸۲	۲	
فهرست جزئیات خدمات مهندسی مطالعات تاسیسات آبیگری (سردخانه سازی)	۲۶۳		۱۳۸۲	۲	
آیین نامه اتصالات سازه های فولادی ایران	۲۶۴		۱۳۸۲	۱	
برپایی آزمایشگاه آب	۲۶۵		۱۳۸۲	۳	
۱- دستورالعمل تعیین اسید یته و قلیائیت آب ۲- دستورالعمل تعیین نیتروژن آب	۲۶۶		۱۳۸۲	۳	
آیین نامه ایمنی راه های کشور ایمنی راه و حریم (جلد اول) ایمنی ابنیه فنی (جلد دوم) ایمنی علائم (جلد سوم) تجهیزات ایمنی راه (جلد چهارم) تاسیسات ایمنی راه (جلد پنجم) ایمنی بهره برداری (جلد ششم) ایمنی در عملیات اجرایی (جلد هفتم)	۲۶۷				
دستورالعمل تثبیت لایه های خاکریز	۲۶۸		۱۳۸۲	۳	
راهنمای آزمایش های دانه بندی رسوب	۲۶۹			۳	
معیارهای برنامه ریزی و طراحی کتابخانه های عمومی کشور	۲۷۰		۱۳۸۳	۱	
شرایط طراحی (DESIGN ONDITIONS) برای محاسبات تاسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع ویژه تعدادی از شهرهای کشور	۲۷۱		۱۳۸۲		
راهنمای مطالعات بهره برداری از مخازن سدها مراحل شناسایی - توجیهی - طراحی تفصیلی	۲۷۲				
راهنمای تعیین بار کل رسوب رودخانه ها به روش انیشتین و کلبی	۲۷۳		۱۳۸۳	۳	
دستورالعمل نمونه برداری آب	۲۷۴		۱۳۸۳	۳	
ضوابط بهداشتی و ایمنی پرسنل تصفیه خانه های فاضلاب	۲۷۵		۱۳۸۳	۱	

عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار چاپ		نوع دستورالعمل	ملاحظات
		اول	آخر		
شرح خدمات مطالعات تعیین حد بستر و حریم رودخانه یا مسیل	۲۷۶			۳	
راهنمای بررسی پیشروی آب‌های شور در آبخوان‌های ساحلی و روش‌های کنترل آن	۲۷۷	۱۳۸۳		۳	
راهنمای انتخاب ظرفیت واحدهای مختلف تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری	۲۷۸	۱۳۸۳		۳	
مشخصات فنی عمومی زیرسازی راه‌آهن	۲۷۹				
مشخصات فنی عمومی راهداری	۲۸۰				
ضوابط عمومی طراحی شبکه‌های آبیاری و زهکشی	۲۸۱				
ضوابط هیدرولیکی طراحی ساختمان‌های تنظیم سطح آب و آگیرها در کانال‌های روباز	۲۸۲				
فهرست خدمات مهندسی مرحله ساخت طرح‌های آبیاری و زهکشی	۲۸۳				
راهنمای بهره‌برداری و نگهداری از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری بخش دوم تصفیه ثانویه	۲۸۴				
راهنمای تعیین و انتخاب وسایل و لوازم آزمایشگاه تصفیه‌خانه‌های فاضلاب	۲۸۵				

Islamic Republic of Iran

**Earth Works for Railway Lines
General Technical Specifications**

No : 279

Management and Planning Organization
Office of Deputy for Technical Affairs:
Technical Criteria and
Specifications Bureau

Ministry of Roads and Transportation
Deputy of Training, Research and
Information Technology
Transportation Research Institute

2004/1383