جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه کشور

# مشخصات فنی عمومی
# کارهای ساختمانی
## بازنگری سوم

# جلد دوم
# تخریب–ژئوتکنیک
## ضابطه شماره ۲–۵۵

آخرین ویرایش: ۱۴۰۳/۱۰/۱۸

معاونت فنی، زیربنایی و تولیدی
امور نظام فنی و اجرایی

وزارت راه و شهرسازی
مرکز تحقیقات راه و مسکن و شهرسازی

Nezamfanni.ir

۱۴۰۳

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

باسمه تعالی

ریاست جمهوری
سازمان برنامه و بودجه کشور
رئیس سازمان

| | |
|---|---|
| بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران | شماره : ۱۴۰۳/۵۶۹۴۵۰ |
| | تاریخ : ۱۴۰۳/۱۱/۰۳ |

به استناد ماده(۳۴) قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه کشور، ماده(۲۳) قانون برنامه و بودجه و تبصره(۲) ماده(۴) «نظام فنی‌واجرایی یکپارچه کشور» موضوع مصوبه شماره ۲۵۲۵۴/ت۵۷۶۹۷ه مورخ ۱۴۰۰/۰۳/۰۸ هیئت وزیران، دستورالعمل پیوست با مشخصات زیر ابلاغ و برای اجرا در «سامانه نظام فنی‌واجرایی کشور»به نشانی Nezamfanni.ir منتشر می‌شود.

| | |
|---|---|
| عنوان: | **مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی (بازنگری سوم) در ۱۰ جلد:**<br>**جلد اول:کلیات، سلامت، ایمنی و محیط زیست و مستندسازی**<br>**جلد دوم: تخریب– ژئوتکنیک**<br>**جلد سوم: بتن و اجرای آن**<br>**جلد چهارم: فولاد و اجرای سازه‌های فولادی**<br>**جلد پنجم: عملیات بنایی، جداکننده‌ها و کف‌ها و سقف‌های کاذب و نمای ساختمانی**<br>**جلد ششم: عایق‌کاری**<br>**جلد هفتم: پوشش‌ها**<br>**جلد هشتم: اصول و روش‌های نصب در و پنجره ساختمانی**<br>**جلد نهم: محوطه‌سازی**<br>**جلد دهم: بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود** |
| شماره ضابطه: | **۵۵** |
| نوع ابلاغ: | لازم الاجرا |
| حوزه شمول: | همه قراردادهای جدیدی که از محل وجوه عمومی ویا به صورت مشارکت عمومی-خصوصی منعقد می‌شوند |
| تاریخ اجرا: | ۱۴۰۴/۰۴/۰۱ |
| متولی تهیه، اخذ بازخورد و اصلاح: | دبیرخانه «مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی» مستقر در مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی |
| مرجع اعلام اصلاحات: | امور نظام فنی‌واجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور |

این بخشنامه از تاریخ اجرا، جایگزین بخشنامه شماره ۱۰۱/۶۶۲۴۱ مورخ ۱۳۸۳/۰۴/۱۷ می‌شود.

سیدحمید پورمحمدی

omoorsayman.ir

ش ش: ۷۸۵۳۲۱۷

omoorepeyman.ir

## اصلاح مدارک فنی

**خواننده گرامی:**

امور نظام فنی و اجرایی معاونت فنی، زیر بنایی و تولیدی سازمان برنامه و بودجه کشور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این ضابطه کرده 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 و اشکالات موضوعی نیست. از این رو از شما خوانندگان گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:

۱- در سامانه مدیریت و دانش اسناد ملی و اجرایی (سما) ثبت نام فرمایید: sama.nezamfanni.ir

۲- پس از ورود به سامانه سما و برای تماس احتمالی، نشانی خود را در بخش پروفایل کاربری تکمیل فرمایید.

۳- به بخش نظرخواهی این ضابطه مراجعه فرمایید.

۴- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.

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

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

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

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.


نشانی برای مکاتبه:

- تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علی شاه-مرکز تلفن ۳۳۲۷۱ سازمان برنامه و بودجه کشور، امور نظام فنی و اجرایی
- تهران، بزرگراه شیخ فضل‌ا..نوری، جنب شهرک فرهنگیان، خیابان نارگل، خیابان شهید علی مروی، خیابان حکمت، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

Email: nezamfanni@chmail.ir Web: nezamfanni.ir

Email: Code55@bhrc.ac.ir Web: www.bhrc.ac.ir


omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

## بسمه تعالی

### پیشگفتار

اولین نسخه ضابطه ۵۵ در سال ۱۳۵۳ با هدف یکنواخت کردن مشخصات فنی عمومی ساختمان‌ها در سطح کشور، راهنمایی دستگاه‌های اجرایی برای رعایت نکات فنی لازم الاجرا در عملیات ساختمانی و انتخاب مصالح مرغوب تدوین شد. در تهیه آن نسخه علاوه‌بر منابع فنی و تجربیات افراد متخصص، از دفترچه‌های مشخصات فنی عمومی که توسط موسسات خصوصی و دستگاه‌های دولتی تهیه گردیده بود و همچنین از استانداردهای موسسه استاندارد استفاده شد. نسخه اول با همکاری مهندسان مشاور تکنولوگ تهیه گردید و پیش‌نویس آن برای اظهار نظر در اختیار دستگاه‌های اجرایی و مهندسان مشاور قرار گرفت و به موازات آن کمیته کارشناسی با شرکت آقایان علیرضا احسانی از وزارت مسکن و شهرسازی، مرحوم مهندس مصطفی کتیرایی از سازمان مسکن، مهندس احمد خراسانچیان از موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و مرحوم مهندس یزدان‌شناس از سازمان برنامه و بودجه در دفتر تحقیقات و معیارهای فنی سازمان برنامه و بودجه تشکیل و نسخه پیشنهادی توسط این افراد نهایی و منتشر شد.

بازنگری اول این ضابطه در سال ۱۳۷۳ انجام شد و در بازنگری دوم ضابطه ۵۵ که در سال ۱۳۸۳ منتشر شد، سازگاری با شرایط و مقتضیات اقلیمی کشور و توجه به فناوری‌های جدید و نوآوری‌های صنعتی نیز مورد توجه قرار گرفت. بازنگری و تکمیل مطالب، بالاخص فصول دوم "مصالح ساختمانی"، پنجم "بتن و بتن آرمه" و درج استانداردهای مرتبط جدید در تمام متن و ویرایش فنی کل مجموعه از اهم مواردی بود که رعایت شد. همچنین به‌منظور کاربردی نمودن ضابطه و استفاده سریع و آسان از مطالب مندرج در آن، نسخه الکترونیکی آن نیز در قالب لوح فشرده تهیه شد که قابلیت‌های ویژه‌ای از جستجوی واژه، نمایش مناسب مطالب و امکان ارسال آن به چاپگر را به خواننده می‌داد.

ویرایش حاضر که تدوین آن به مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی سپرده شد، با توجه به سوابق فوق،"تجدید نظر سوم" ضابطه ۵۵ به شمار می رود که با توجه به تحولات مهمی که در چند سال اخیر در صنعت ساخت و ساز ایجاد شده، نسبت به ویرایش قبلی، تجدید نظر اساسی در آن انجام پذیرفته است. موضوعات عمده‌ای که در تدوین این ویرایش مورد توجه قرار گرفته است عبارتند از: توجه به اصول توسعه پایدار، حفظ محیط زیست، صرفه‌جویی در مصرف انرژی، کاربردی نمودن فناوری‌های نوین و صنعتی‌سازی ساختمان، توجه به شرایط اقلیمی و جغرافیایی در انتخاب مصالح و ارائه روش‌های اجرا، استفاده از مصالح و روش‌های اجرایی با قابلیت کنترل و نظارت درنظرگیری اولویت مصرف برای مصالح بومی و ساخت داخل کشور و همچنین توجه خاص به شرایط لرزه‌خیزی کشور.

همچنین در متن حاضر، روان‌نویسی و پرهیز از پیچیدگی، با رویکرد تسهیل برای استفاده‌کنندگان، یکپارچه بودن تمام فصول و عدم تعارض میان فصل‌های مختلف و ارائه جزئیات اجرایی برای استفاده آسان ضابطه مورد توجه بوده است. ساختار کلی بازنگری سوم ضابطه ۵۵ در مقایسه با بازنگری دوم متفاوت است. رویکرد کلی در ساختار فعلی ترتیب عملیات

omoorepeyman.ir

ساختمانی می‌باشد. از سوی دیگر با توجه به نیاز جامعه مهندسی به ضوابط و مشخصات فنی در حوزه بهسازی لرزه‌ای و سلامت ایمنی و محیط زیست دو فصل با عناوین ذکر شده به ضابطه حاضر اضافه گردیده است.

با توجه به مطالب فوق، این ضابطه پس از تهیه و کسب نظر از عوامل ذی‌نفع نظام فنی و اجرایی کشور به سازمان برنامه و بودجه کشور ارسال شد که پس از بررسی، بر اساس نظام فنی یکپارچه، موضوع ماده ۳۴ قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه کشور و آیین‌نامه اجرایی آن و ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه، ابلاغ گردید و برای قراردادهای جدید در طرح‌هایی که از محل وجوه عمومی استفاده می‌کنند و یا به صورت مشارکت عمومی و خصوصی اجرا می‌شوند، لازم الاجرا می‌باشد.

لازم به توضیح است به جهت حجم بالای مطالب، این ضابطه در ده جلد مجزا به شرح زیر تهیه و تدوین گردیده است.

جلد اول: کلیات- سلامت، ایمنی و محیط زیست- مستند سازی

**جلد دوم: تخریب- ژئوتکنیک**

جلد سوم: بتن و اجرای آن

جلد چهارم: فولاد و اجرای سازه‌های فولادی

جلد پنجم: عملیات بنایی، جداکننده‌ها و کف‌ها و سقف‌های کاذب - نمای ساختمان

جلد ششم: عایق کاری

جلد هفتم: پوشش‌ها

جلد هشتم: اصول و روش‌های نصب در و پنجره

جلد نهم: محوطه سازی

جلد دهم: بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود

این جلد (جلد دوم) مشتمل بر فصول چهارم (تخریب) و فصل پنجم (ژئوتکنیک) است.

در خاتمه از کاربران محترم درخواست داریم برای تکمیل ضابطه حاضر، پیشنهادها و اصلاحات مورد نظر خود را به دبیرخانه ضابطه ۵۵ (Code55@bhrc.ac.ir) ارسال فرمایند. کارشناسان پیشنهادهای ارسال شده را بررسی و در صورت لزوم نسبت به تهیه متن اصلاحی اقدام خواهند نمود.

شایان ذکر است که در تدوین این ویرایش حدود ۱۰۰ نفر از استادان، کارشناسان و صاحب نظران مشارکتی فعال وجدی داشته اند که بدینوسیله از ایشان تقدیر به عمل می‌آید.

**حمید امانی همدانی**

**معاون فنی، زیربنایی و تولیدی**

**زمستان ۱۴۰۳**

omoorepeyman.ir

## اسامی همکاران در تهیه و ابلاغ مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی- ضابطه ۵۵

## جلد دوم- تخریب- ژئوتکنیک

| نام | نام خانوادگی | محل اشتغال | مدرک تحصیلی | همکاری در تهیه |
|---|---|---|---|---|
| محسن | بهرام غفاری (رئیس کارگروه) | شرکت توسعه ابنیه حافظ | کارشناس ارشد مهندسی عمران | فصل چهارم |
| زهرا | منصوری | مهندسین مشاور آب و محیط خاورمیانه | کارشناس ارشد مهندسی عمران | فصل چهارم |
| علی | طاهری | شرکت ملی گاز ایران | دکترای مهندسی عمران | فصل چهارم |
| فرزین | کلانتری (رئیس کارگروه) | دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی | دکترای مهندسی عمران | فصل پنجم |
| جواد | نظری افشار | دانشگاه آزاد اسلامی، شهر قدس | دکترای مهندسی عمران | فصل پنجم |
| حمیدرضا | الهی | شرکت سامان پی | دکترای مهندسی عمران | فصل پنجم |
| ایمان | رضا | دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی | کارشناس ارشد مهندسی عمران | فصل پنجم |
| مهدی | رجحانی | دانشگاه خوارزمی | دکترای مهندسی عمران | فصل پنجم |
| محسن | صابر ماهانی | دانشگاه علم و صنعت ایران | دکترای مهندسی عمران | فصل پنجم |
| حمید | بایسته | دانشگاه قم | دکترای مهندسی عمران | فصل پنجم |
| امیر | ملک محمدی | انستیتو مصالح ساختمانی دانشگاه تهران | کارشناس ارشد مهندسی عمران | ترسیم تصاویر |
| سهیل | جعفری نژاد | انستیتو مصالح ساختمانی دانشگاه تهران | کارشناس ارشد مهندسی عمران | ترسیم تصاویر |

omoorepeyman.ir

**اعضای گروه هماهنگی و تلفیق ضابطه ۵۵**

| نام | نام خانوادگی | محل اشتغال | مدرک تحصیلی |
|---|---|---|---|
| محمد | شکرچی زاده | دانشگاه تهران | دکترای مهندسی عمران |
| اصغر | ساعد سمیعی | دانشگاه تهران | دکترای مهندسی معماری |
| حسن | آقا تابش | وزارت راه و شهرسازی | کارشناس ارشد مهندسی عمران |
| محمد حسین | افتخار | بنیاد مسکن انقلاب اسلامی | کارشناس ارشد مهندسی عمران |
| علیرضا | توتونچی | سازمان برنامه و بودجه کشور | کارشناس ارشد مهندسی عمران |
| محمد جعفر | علیزاده | وزارت راه و مسکن و شهرسازی | کارشناس ارشد مهندسی عمران |
| جواد | فرید | شرکت بهراد فردیس | کارشناس ارشد مهندسی عمران |
| محمدرضا | طبیب زاده | انجمن شرکت‌های مهندسی و پیمانکاری نفت، گاز و پتروشیمی (اپک) | کارشناس ارشد مهندسی عمران |
| بهناز | پورسید | رییس اسبق امور نظام فنی و اجرایی در سازمان برنامه و بودجه کشور | کارشناسی مهندسی عمران |
| محمدرضا | سیادت | سازمان برنامه و بودجه کشور | کارشناس ارشد مهندسی معماری |
| حسن | سلطانعلی | شرکت سرای ایمنی و کیفیت آوید | کارشناس مهندسی عمران |
| محسن | بهرام غفاری | شرکت توسعه ابنیه حافظ | کارشناس ارشد مهندسی عمران |
| فرزین | کلانتری | دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی | دکترای مهندسی عمران |
| هرمز | فامیلی | دانشگاه علادوله سمنانی، مهندسین مشاور کوبان کاور | دکترای مهندسی عمران |
| اباذر | اصغری | دانشگاه تهران | دکترای مهندسی عمران |
| رسول | میرقادری | دانشگاه تهران | دکترای مهندسی عمران |
| فرهنگ | فرحبد | مرکز تحقیقات راه و مسکن و شهرسازی | دکترای مهندسی عمران |
| نادر | خواجه احمد عطاری | مرکز تحقیقات راه و مسکن و شهرسازی | دکترای مهندسی عمران |
| سهراب | ویسه | مرکز تحقیقات راه و مسکن و شهرسازی | دکتری مهندسی معدن |
| مژده | زرگران | مرکز تحقیقات راه و مسکن و شهرسازی | دکترای مهندسی شیمی |
| بهروز | کاری | مرکز تحقیقات راه و مسکن و شهرسازی | دکترای مهندسی عمران |
| علیرضا | خاوندی | دانشگاه زنجان | دکترای مهندسی عمران |
| عبدالله | (شادروان) حسینی | دانشگاه تهران | دکترای مهندسی عمران |
| سید علی | رضوی طباطبائی | دانشگاه علم و فرهنگ | دکترای مهندسی عمران |
| بهنام | مهرپرور | مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی | دکترای مهندسی عمران |

omoorepeyman.ir

**اعضای دبیرخانه ضابطه ۵۵**

| نام | نام خانوادگی | محل اشتغال | مدرک تحصیلی |
|---|---|---|---|
| محمد | شکرچی زاده | دانشگاه تهران | دکترای مهندسی عمران |
| محمد حسین | افتخار | بنیاد مسکن انقلاب اسلامی | کارشناس ارشد مهندسی عمران |
| جواد | فرید | شرکت بهراد فردیس | کارشناس ارشد مهندسی عمران |
| سهیل | جعفری نژاد | انستیتو مصالح ساختمانی دانشگاه تهران | کارشناس ارشد مهندسی عمران |
| نرگس | خیرطال | مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی | کارشناس ارشد مهندسی مدیریت |
| شیوا | بهرامی | مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی | کارشناس مهندسی فناوری اطلاعات |

**اعضای کمیته راهبری (با دبیری مرکز تحقیقات راه و مسکن و شهرسازی)**

| | |
|---|---|
| محمد شکرچی‌زاده | رئیس سابق مرکز تحقیقات راه و مسکن و شهرسازی |
| محمد حسین افتخار | مدیرعامل موسسه فناوری و نوآوری بنیاد تک |
| محمد جعفر علیزاده | معاونت سابق وزیر راه و شهرسازی |
| علیرضا توتونچی | معاون امور نظام فنی و اجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور |

**اعضای گروه هدایت و راهبری (سازمان برنامه و بودجه کشور)**

| | |
|---|---|
| علیرضا توتونچی | معاون امور نظام فنی و اجرایی |
| محمدرضا سیادت | کارشناس امور نظام فنی و اجرایی |
| سجادحیدری حسنکلو | کارشناس امور نظام فنی و اجرایی |

با سپاس از زحمات خانم‌ها مریم چلیکی و زهرا کاشانی، همکاران محترم سازمان بابت کنترل ویراستاری

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

**پیشگفتار بازنگری دوم (۱۳۸۳)**

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

ضابطه حاضر با عنوان "مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی" به‌منظور ایجاد هماهنگی و یکنواختی در دستورالعمل‌های اجرایی کارهای ساختمانی کشور و همچنین رعایت اصول، روش‌ها و فنون اجرای متناسب با امکانات موجود و سازگار با شرایط و مقتضیات اقلیمی کشور، تهیه و تدوین گردیده است.

به هنگام و روزآمد نمودن نشریات و استانداردهای فنی، با توجه به فناوری‌های جدید و نوآوری‌های صنعتی، در مقاطع زمانی مختلف، امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور نیز در این راستا وظایف و مسئولیت‌های قانونی و به‌منظور هماهنگی و همگامی با فناوری‌های جدید و تکمیل این مجموعه، اقدام به بازنگری و تجدیدنظر در این ضابطه نموده است.

بازنگری و تکمیل مطالب بالأخص در فصول دوم "مصالح ساختمانی"، پنجم "بتن و بتن آرمه" و درج استانداردهای مرتبط جدید در تمام متن و ویرایش فنی کل مجموعه از اهم مواردی است که در نسخه حاضر انجام‌شده است.

به‌منظور کاربردی‌تر نمودن نشریات حاضر و استفاده سریع و آسان از مطالب مندرج در آن، دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی، نسخه الکترونیکی این مجموعه را نیز در قالب لوح فشرده تهیه نموده است. این نسخه دارای قابلیت‌های ویژه‌ای در جستجوی واژه، نمایش مناسب مطالب، امکان ارسال آن به چاپگر و ... می‌باشد.

کارشناسان و متخصصان مشروح زیر، در تهیه و تدوین نسخه پیشین مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی، نقش بسزایی داشته‌اند.

آقای مهندس علی ابریشمی
آقای مهندس علیرضا احسانی
آقای مهندس اکبر اسدالله خان والی
آقای مهندس حسن تابش
آقای مهندس احمد جاودان
آقای مهندس احمد خراسانچیان
آقای مهندس عزت الله خواجه‌نوری
آقای مهندس سیدعلی طاهری
آقای مهندس رضا طبیب زاده نوری

آقای مهندس اسماعیل عبدالهی علی بیگ
آقای دکتر مهدی قالیبافیان
آقای مهندس مصطفی کتیرایی
آقای مهندس منوچهر کریم‌خان زند
آقای مهندس جواد مجلسی
آقای مهندس قباد میزانی
خانم مهندس منیر وزیرنیا
آقای مهندس سید اکبر هاشمی
آقای مهندس مصطفی یزدان‌شناس

omoorepeyman.ir

معاونت امور فنی از آقای مهندس میر محمود ظفری، کارشناس مسئول گروه عمران دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی، به خاطر زحمات و کوشش‌های فراوان ایشان در بازنگری، ویرایش و آماده سازی نسخه الکترونیکی، قدردانی و تشکر می‌نماید. از مدیرکل محترم دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی، سرکار خانم مهندس بهناز پورسید و معاون محترم، آقای مهندس تبار که در هدایت پروژه در راستای اهداف دفتر تلاش نموده‌اند، نیز سپاسگزاری می‌شود.

در پایان از تلاش و جدیت آقای دکتر حسین عرب علی بیک و آقای سعید جلالی که طراحی و اجرای نسخه الکترونیکی و آماده‌سازی نسخه کاغذی را برای چاپ به عهده داشته‌اند، تشکر می‌نماید.

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

**معاون امور فنی**

**تابستان ۱۳۸۳**

omoorepeyman.ir

## فهرست مطالب


**فصل چهارم: تخریب ..... ۱**

۴-۱- کلیات ..... ۳

۴-۱-۱- هدف و دامنه کاربرد ..... ۳

۴-۱-۲- تعاریف و اصطلاحات ..... ۳

۴-۱-۳- مسئولیت، سازمان و عوامل پروژه تخریب ..... ۵

۴-۱-۴- فازهای پروژه تخریب ..... ۵

۴-۲- فازهای پروژه تخریب ..... ۷

۴-۲-۱- فاز اول، شناسایی و برنامه‌ریزی ..... ۷

۴-۲-۱-۱- بررسی مقدماتی ..... ۷

۴-۲-۱-۱-۱- بازدید و بررسی ..... ۷

۴-۲-۱-۱-۲- شناخت سایت ..... ۷

۴-۲-۱-۱-۳- تهیه گزارش سایت ..... ۷

۴-۲-۱-۱-۴- ملاحظات مربوط به اطلاعات ..... ۹

۴-۲-۱-۱-۵- بررسی سازه‌ای ..... ۹

۴-۲-۱-۲- شناسایی تفصیلی خطرات سازه‌ای و اقدامات اولیه ..... ۱۰

۴-۲-۱-۲-۱- شرایط محیطی سازه ..... ۱۰

۴-۲-۱-۲-۲- سیستم سازه‌ای ..... ۱۰

۴-۲-۱-۲-۳- اجزا و اعضای سازه‌ای ..... ۱۱

۴-۲-۱-۲-۴- مصالح سازه ..... ۱۲

۴-۲-۱-۳- هماهنگی‌های لازم پیش از آغاز عملیات تخریب ..... ۱۳

۴-۲-۲- فاز دوم، اجرای عملیات تخریب ..... ۱۳

۴-۲-۲-۱- برنامه تعطیلی فعالیت جاری ..... ۱۳

۴-۲-۲-۱-۱- ازکاراندازی ..... ۱۳

۴-۲-۲-۱-۲- بستن تأسیسات زیربنایی ..... ۱۴

۴-۲-۲-۱-۳- محدودیت‌های ترافیکی ..... ۱۴

۴-۲-۲-۱-۴- لخت کردن ساختمان ..... ۱۴

۴-۲-۲-۲- حفاظت تأسیسات زیربنایی ..... ۱۵

۴-۲-۲-۲-۱- عوامل خطر ..... ۱۵

۴-۲-۲-۲-۲- آسیب‌های وارد به تاسیسات زیرزمینی ..... ۱۵

۴-۲-۲-۲-۳- وجود کابل‌های هوایی ..... ۱۵

۴-۲-۲-۲-۴- احتمال آتش‌سوزی یا انفجار ..... ۱۵

۴-۲-۲-۲-۵- حفاظت ..... ۱۵

۴-۲-۲-۳- محدوده قرق و پهنه‌های خطر ..... ۱۶

۴-۲-۲-۳-۱- پهنه‌های خطر در محدوده قرق ..... ۱۶

۴-۲-۲-۳-۲- فضای کار ایمن در اطراف ماشین‌آلات ..... ۱۷

۴-۲-۲-۴- سازه‌های موقت ..... ۱۸

۴-۲-۲-۴-۱- تکیه‌گاه موقت سازه‌ای ..... ۱۸

۴-۲-۲-۴-۲- سازه‌های موقت دسترسی ..... ۱۸


omoorepeyman.ir

۴-۲-۲-۵- روش‌ها، وسایل و تجهیزات تخریب و ملاحظات اجرایی هر یک ۱۹
۴-۲-۲-۵-۱- روش‌های دستی ۱۹
۴-۲-۲-۵-۲- روش‌ها، وسایل و تجهیزات مکانیکی ۲۱
۴-۲-۲-۵-۳- چکش مکانیکی و بیل مکانیکی ۲۱
۴-۲-۲-۵-۴- ماشین‌آلات چرخ‌دار کوچک ۲۲
۴-۲-۲-۵-۵- ماشین‌آلات با بازوهای تلسکوپی ۲۲
۴-۲-۲-۵-۶- کشیدن با طناب ۲۳
۴-۲-۲-۵-۷- ماشین‌آلات بوم‌بلند ۲۴
۴-۲-۲-۵-۸- کوبیدن با گوی تخریب ۲۵
۴-۲-۲-۵-۹- برش‌کاری صنعتی ۲۶
الف- تخریب با آب‌برش ۲۶
ب- برش داغ ۲۶
پ- هوابرش ۲۷
ت- نیزه حرارتی ۲۸
ث- برش با پودر فلز ۲۸
ج- برش با قوس پلاسما ۲۸
۴-۲-۲-۵-۱۰- شکافت ۲۸
الف- شکافت با مواد شیمیایی ۲۹
ب- شکافت هیدرولیک ۲۹
۴-۲-۲-۵-۱۱- انفجار ۲۹
الف- ضوابط عمومی ۲۹
ب- محدوده قرق ۳۰
پ- برنامه‌ریزی اضطراری ۳۰
ت- انبارش مواد منفجره، حراست و تامین ایمنی ۳۱
ث- انفجار در سازه فولادی ۳۱
ج- انفجار در سازه بتنی و بنایی ۳۱
۴-۲-۲-۶- مکانیزم تخریب و انتخاب روش متناسب با نوع سازه ۳۱
۴-۲-۲-۶-۱- اصول اولیه تخریب ۳۳
الف- تخریب پیش‌رونده ۳۳
ب- فروریزی هدفمند ۳۳
پ- حذف هدفمند اعضا ۳۳
ت- تخریبِ بخشی برای مرمت سازه‌ای ۳۳
۴-۲-۲-۶-۲- انتخاب روش مناسب ۳۴
۴-۲-۲-۶-۳- تخریب سازه‌های زیرزمینی ۳۴
۴-۲-۲-۷- پیش‌گیری از فروریزی ناخواسته ۳۴
۴-۲-۲-۷-۱- پایداری سازه باقیمانده با پیش‌روی تخریب ۳۵
۴-۲-۲-۷-۲- فروریزی هدفمند ایمن ۳۵
الف- پیش‌تضعیف هدفمند ۳۵
ب- پیش‌تقویت ۳۵
پ- تخریبِ بخشی ایمن ۳۶
۴-۲-۲-۷-۳- حفظ نما و جدار بیرونی ۳۶

omoorepeyman.ir

۴-۲-۲-۸- کنترل مزاحمت‌ها ۳۶
۴-۲-۲-۸-۱- صدا و لرزش ۳۶
۴-۲-۲-۸-۲- حفاظت در برابر دود و گرد و غبار ۳۷
۴-۲-۲-۸-۳- پرتوها ۳۷
الف- پرتو یونیزه ۳۷
ب- پرتو غیریونیزه ۳۷
۴-۲-۳- فاز سوم، اقدامات پس از تخریب ۳۷
۴-۲-۳-۱- مدیریت ضایعات و پسماندها ۳۷
۴-۲-۳-۱-۱- تفکیک و انبارش ۳۷
۴-۲-۳-۱-۲- انتقال، بارگیری و حمل ضایعات و پسماندها ۳۸
الف- بلند کردن و پایین آوردن ۳۸
ب- سقوط آزاد ۳۸
۴-۲-۳-۲- ازسرگیری فعالیت‌ها ۳۹
۴-۳- ضوابط تکمیلی سلامت، ایمنی و محیط زیست ویژه تخریب ۴۰
۴-۳-۱- ضوابط عمومی ۴۰
۴-۳-۲- تخریب کف و سقف ۴۱
۴-۳-۳- تخریب دیوارها ۴۲
۴-۳-۴- تخریب سازه‌های بتنی ۴۲
۴-۳-۵- تخریب سازه‌های فولادی ۴۳
۴-۳-۶- تخریب دودکش‌های بلند صنعتی و سازه‌های مشابه ۴۳
۴-۳-۷- انبارش مواد منفجره ۴۴

**فصل پنجم: ژئوتکنیک ۴۵**
۵-۱- کلیات ۴۷
۵-۱-۱- هدف و دامنه کاربرد ۴۷
۵-۱-۲- تعاریف و اصطلاحات ۴۷
۵-۲- عملیات خاکی ۵۰
۵-۲-۱- خاکبرداری ۵۰
۵-۲-۱-۱- الزامات کلی ۵۰
۵-۲-۱-۲- خاکبرداری ۵۰
۵-۲-۱-۳- پی‌کنی و گودبرداری ۵۱
۵-۲-۱-۴- خاکبرداری در پایدارسازی دیواره‌های گود ۵۲
۵-۲-۱-۴-۱- خاکبرداری در پایدارسازی به روش مهار به پشت ۵۲
۵-۲-۱-۵- خاکبرداری در زمین‌های دارای خاک نباتی و لایه سطحی ۵۳
۵-۲-۱-۶- خاکبرداری در زمین‌های لجنی ۵۳
۵-۲-۱-۷- خاکبرداری در زمین‌های سنگی ۵۳
۵-۲-۲- خاکریزی ۵۴
۵-۲-۲-۱- انواع خاکریزی ۵۴
۵-۲-۲-۱-۱- خاکریز باربر ۵۴
۵-۲-۲-۱-۲- خاکریزهای پر کننده ۵۵
۵-۲-۲-۲- مصالح خاکریزی ۵۵

omoorepeyman.ir

۵-۲-۲-۲-۱- اصلاح مصالح ۵۵
۵-۲-۲-۳- کنترل رطوبت خاکریزها ۵۵
۵-۲-۳-۱- خاکریزهای با مصالح ریزدانه ۵۵
۵-۲-۳-۲- خاکریزهای با مصالح درشت‌دانه ۵۶
۵-۲-۳-۳- خاکریزهای با مصالح رودخانه‌ای ۵۶
۵-۲-۴- پخش، تسطیح و کوبیدن ۵۶
۵-۲-۴-۱- آماده‌سازی بستر خاکریزی ۵۶
۵-۲-۴-۲- خاکریزهای باربر ۵۷
الف- پخش لایه‌ها ۵۷
ب- پخش مصالح افزودنی ۵۸
پ- اختلاط و آب‌پاشی ۵۸
ت- روش و میزان کوبیدن ۵۹
ث- تسطیح و تنظیم ۶۰
۵-۲-۴-۳- خاکریزهای پرکننده ۶۰
الف- پخش مصالح ۶۰
ب- روش و میزان کوبیدن ۶۱
۵-۳- پایداری دیواره‌های گودبرداری ۶۱
۵-۳-۱- میخ گذاری یا مهار غیرفعال (نیلینگ) ۶۱
۵-۳-۱-۱- روش اجرا ۶۱
۵-۳-۱-۲- اجزای اجرا ۶۲
الف- میخ ۶۲
ب- مرکزی‌ساز ۶۲
پ- اجزای حفاظت از خوردگی ۶۲
ت- سر میخ ۶۲
ث- دیواره نما ۶۲
۵-۳-۱-۳- نکات اجرایی ۶۳
۵-۳-۱-۳-۱- خاکبرداری ۶۳
۵-۳-۱-۳-۲- آماده‌سازی سطوح ۶۳
الف- آماده‌سازی سطوح بتنی ۶۳
ب- آماده‌سازی سطوح ساخته شده از مصالح بنائی ۶۳
پ- آماده‌سازی سطوح سنگی ۶۳
۵-۳-۱-۳-۳- نصب مش و اجرای پوسته ۶۴
۵-۳-۱-۳-۴- چال‌زنی ۶۴
۵-۳-۱-۳-۵- سرهم‌بندی نیل و جایگذاری آن ۶۶
۵-۳-۱-۳-۶- تزریق ۶۷
۵-۳-۱-۴- آزمایش‌های تاییدی و کنترلی نیل ۶۸
۵-۳-۲- مهار (انکر) یا مهار فعال ۷۰
۵-۳-۲-۱- اجزای اجرا ۷۰
۵-۳-۲-۲- نکات اجرایی ۷۰
۵-۳-۲-۲-۱- آماده سازی سطوح ۷۰
۵-۳-۲-۲-۲- حفاری ۷۱

omoorepeyman.ir

۵-۳-۲-۲-۳- آماده سازی مهاری و جایگذاری ۷۱
۵-۳-۲-۲-۴- تزریق ۷۳
۵-۳-۲-۲-۵- عملیات اجرای پد ۷۳
الف- اجرای پد بتنی ۷۳
ب- اجرای پد فلزی ۷۳
پ- کشش مهاری ۷۴
۵-۳-۲-۳- آزمایش‌های تاییدی و کنترلی انکراژ ۷۴
۵-۳-۳- روش‌های مهار به داخل گود (یا مهار سازهای) ۷۵
۵-۳-۳-۱- مهار متقابل ۷۵
۵-۳-۳-۱-۱- مواد و مصالح ۷۵
۵-۳-۳-۱-۲- اجرا و نکات اجرایی ۷۵
۵-۳-۳-۲- مهار به کف ۷۶
۵-۳-۳-۲-۱- اجرا و نکات اجرایی ۷۶
۵-۳-۴- روش ساخت از بالا به پایین ۷۷
۵-۳-۴-۱- نکات اجرایی ۷۷
۵-۳-۴-۱-۱- حفاری ۷۷
۵-۳-۴-۱-۲- خاکبرداری ۷۷
۵-۳-۴-۱-۳- ساخت اسکلت فلزی ۷۷
۵-۳-۴-۱-۴- ساخت اسکلت بتنی ۷۸
۵-۳-۴-۱-۵- پر کردن چاه‌ها ۷۹
۵-۳-۴-۱-۶- ساخت دیوارها ۷۹
۵-۳-۴-۲- ملاحظات اجرایی در روش اجرای بالا به پایین ۸۰
۵-۳-۴-۲-۱- مواجه با آب زیرزمینی در اجرای بالا به پایین ۸۰
۵-۳-۴-۲-۲- ملاحظات تأسیساتی حین اجرا ۸۰
۵-۳-۵- عناصر پایدارسازی ۸۰
۵-۳-۵-۱- ساخت ستون ۸۰
۵-۳-۵-۲- نصب ستون ۸۰
۵-۳-۶- ابزار دقیق و رفتارسنجی ۸۱
۵-۳-۶-۱- روش‌های رفتار سنجی (پایش) ۸۱
۵-۳-۶-۱-۱- پایش چشمی ۸۱
۵-۳-۶-۱-۲- نقشه‌برداری ۸۲
۵-۳-۶-۱-۳- الزامات و بازه زمانی پایش ۸۳
۵-۴- بهسازی خاک ۸۴
۵-۴-۱- بهسازی سطحی ۸۴
۵-۴-۱-۱- تراکم سطحی (اصلاح فیزیکی) ۸۴
۵-۴-۱-۱-۱- تجهیزات اجزا ۸۴
۵-۴-۱-۱-۲- نکات اجرایی ۸۴
۵-۴-۱-۱-۳- کنترل کیفیت و معیارهای پذیرش ۸۵
۵-۴-۲- تثبیت شیمیایی ۸۵
۵-۴-۲-۱- مواد و مصالح ۸۵
۵-۴-۲-۱-۱- تثبیت خاک با آهک ۸۵

omoorepeyman.ir

۵-۴-۲-۱-۲- تثبیت خاک با سیمان پرتلند ۸۶
۵-۴-۲-۱-۳- تثبیت خاک با قیر ۸۷
۵-۴-۲-۱-۴- تثبیت خاک با خاکستر بادی و آهک ۸۷
۵-۴-۲-۱-۵- تثبیت خاک با ترکیب سیمان و آهک ۸۸
۵-۴-۲-۱-۶- تثبیت خاک با ترکیب آهک و قیر ۸۸
۵-۴-۲-۲- تجهیزات اجرا ۸۸
۵-۴-۲-۳- نکات اجرایی ۸۹
۵-۴-۲-۳-۱- عمل‌آوری ۸۹
۵-۴-۲-۴- کنترل کیفیت و معیارهای پذیرش ۹۰
۵-۴-۲-۴-۱- کنترل کیفیت خاک تثبیت شده با آهک ۹۰
۵-۴-۲-۴-۲- کنترل کیفیت خاک تثبیت شده با سیمان ۹۰
۵-۴-۳- ژئوسنتتیک‌ها ۹۱
۵-۴-۳-۱- مواد و مصالح ۹۲
۵-۴-۳-۲- ژئوتکستایل ۹۲
۵-۴-۳-۲-۱- ژئوگرید ۹۲
۵-۴-۳-۲-۲- ژئوکامپوزیت ۹۳
۵-۴-۳-۲-۳- مصالح خاکریزی ۹۳
۵-۴-۳-۳- روش اجرا و نکات اجرایی ۹۳
۵-۴-۳-۴- کنترل کیفیت و معیارهای پذیرش ۹۴
۵-۴-۴- بهسازی ستونی، اختلاط (خاک-سیمان) در عمق ۹۵
۵-۴-۴-۱- مواد و مصالح ۹۶
۵-۴-۴-۲- تجهیزات اجرا ۹۷
۵-۴-۴-۳- نکات اجرایی ۹۷
۵-۴-۴-۴- کنترل کیفیت و معیارهای پذیرش ۹۸
۵-۴-۴-۴-۱- اجرای ستون‌های آزمایشی ۹۸
۵-۴-۴-۴-۲- آزمایش‌های دوغاب ۹۹
۵-۴-۴-۴-۳- تعیین مقاومت و همگنی اختلاط با انجام مغزه‌گیری ۹۹
۵-۴-۴-۴-۴- نمونه‌گیری توده‌ای‌تر ۱۰۰
۵-۴-۴-۴-۵- کنترل‌های حین اجرا ۱۰۱
۵-۴-۴-۴-۶- آزمایش نفوذپذیری ۱۰۱
۵-۴-۴-۴-۷- رواداری‌های مجاز ۱۰۲
۵-۴-۵- تزریق فشار بالا (جت گروتینگ) ۱۰۲
۵-۴-۵-۱- مواد و مصالح ۱۰۴
۵-۴-۵-۲- کنترل کیفی و معیارهای پذیرش ۱۰۴
۵-۴-۵-۳- نکات اجرایی ۱۰۵
۵-۴-۶- ستون‌های شنی ۱۰۶
۵-۴-۶-۱- مواد و مصالح ۱۰۷
۵-۴-۶-۲- تجهیزات اجرا ۱۰۸
۵-۴-۶-۲-۱- استفاده از میله مرتعش ۱۰۸
۵-۴-۶-۲-۲- استفاده از لوله مرتعش ۱۰۹
۵-۴-۶-۳- نکات اجرایی ۱۰۹

omoorepeyman.ir

۵-۴-۶-۳-۱- هدایت پساب ۱۰۹
۵-۴-۶-۳-۲- عبور از لایه‌های سخت ۱۰۹
۵-۴-۶-۳-۳- متراکم نمودن مصالح ستون شنی ۱۱۰
۵-۴-۶-۳-۴- قطر ستون‌های شنی ۱۱۰
۵-۴-۶-۳-۵- فرورفتگی سطح زمین ۱۱۰
۵-۴-۶-۳-۶- اجرای بالشتک شنی روی ستون‌های شنی ۱۱۱
۵-۴-۶-۴- کنترل کیفی ۱۱۱
۵-۴-۶-۴-۱- آزمایش‌های کنترلی ۱۱۱
۵-۴-۶-۴-۲- آزمایش‌های تاییدی ۱۱۱
۵-۴-۶-۴-۳- آزمایش‌های کیفیت مصالح ۱۱۱
۵-۴-۶-۴-۴- قطرسنجی ستون‌ها ۱۱۲
۵-۴-۶-۵- سایر موارد ۱۱۲
۵-۴-۶-۵-۱- ملاحظات زیست محیطی ۱۱۲
۵-۴-۶-۵-۲- ارتعاشات وارده ۱۱۲
۵-۴-۶-۵-۳- ستون شنی غیر ارتعاشی ۱۱۲
۵-۴-۷- تزریق ۱۱۳
۵-۴-۷-۱- مواد و مصالح ۱۱۳
۵-۴-۷-۱-۱- سیمان پرتلند ۱۱۴
۵-۴-۷-۱-۲- آب ۱۱۴
۵-۴-۷-۱-۳- رس ۱۱۴
۵-۴-۷-۱-۴- ماسه پرکننده ۱۱۴
۵-۴-۷-۲- تجهیزات اجرا ۱۱۵
۵-۴-۷-۳- نکات اجرایی ۱۱۵
۵-۴-۷-۴- کنترل کیفیت و معیارهای پذیرش ۱۱۷
۵-۴-۸- ریز شمع ۱۱۷
۵-۴-۸-۱- مبانی و مصالح ۱۱۷
۵-۴-۸-۲- روش‌های اجرا ۱۱۸
۵-۴-۸-۳- روش اجرای شمع کوبشی ۱۱۸
۵-۴-۸-۳-۱- لوله‌کوبی ۱۱۸
۵-۴-۸-۳-۲- تزریق ۱۱۹
۵-۴-۸-۳-۳- تسلیح و نصب اتصالات سرریزشمع به شالوده ۱۲۰
۵-۴-۸-۴- ریزشمع حفاری شونده ۱۲۰
۵-۴-۸-۴-۱- حفاری ۱۲۰
۵-۴-۸-۴-۲- تزریق ۱۲۰
۵-۴-۸-۴-۳- تسلیح و اتصالات سرریزشمع به شالوده ۱۲۱
۵-۴-۸-۵- ریزش خودحفار-تزریق همزمان ۱۲۱
۵-۴-۸-۵-۱- روش اجرا ۱۲۱
۵-۴-۸-۵-۲- ملحقات ۱۲۱
۵-۴-۸-۶- کنترل کیفیت و معیارهای پذیرش ۱۲۲
۵-۴-۸-۶-۱- کنترل‌های حین حفاری و تزریق ۱۲۲
۵-۴-۸-۶-۲- کنترل‌های کیفیت محصول ۱۲۲

omoorepeyman.ir

الف- کنترل‌های ریزشمع‌های غیرباربر ۱۲۲
ب- آزمایش بارگذاری فشاری یا کششی میکروپایل‌های باربر ۱۲۲
۵-۴-۹- تراکم دینامیکی ۱۲۳
۵-۴-۹-۱- تجهیزات اجرا ۱۲۴
۵-۴-۹-۲- نکات اجرایی ۱۲۴
۵-۴-۹-۲-۱- فازهای کوبش و الگوی هر فاز ۱۲۴
۵-۴-۹-۲-۲- لایه پایدار کننده سطحی (پتوی سطحی) ۱۲۵
۵-۴-۹-۲-۳- تعیین محدوده تراکم ۱۲۶
۵-۴-۹-۳- کنترل کیفیت و معیارهای پذیرش ۱۲۶
۵-۴-۹-۳-۱- تورم زمین و اضافه فشار آب حفره‌ای ۱۲۶
۵-۴-۹-۳-۲- نشست متوسط ایجاد شده در زمین تحت بهسازی ۱۲۶
۵-۴-۹-۳-۳- پایش ارتعاشات وارده بر همجواری‌های اطراف ۱۲۷
۵-۴-۹-۳-۴- انجام آزمایش‌های تاییدی ۱۲۷
۵-۴-۹-۴- سایر موارد ۱۲۸
۵-۴-۹-۴-۱- مشکلات ناشی از بالا بودن سطح آب زیرزمینی ۱۲۸
۵-۴-۹-۴-۲- مشکلات ناشی از وجود لایه‌های سخت و جاذب انرژی ۱۲۸
۵-۴-۱۰- پیش بارگذاری ۱۲۸
۵-۴-۱۰-۱- مواد و مصالح ۱۲۹
۵-۴-۱۰-۲- تجهیزات اجرا ۱۲۹
۵-۴-۱۰-۳- نکات اجرایی ۱۳۰
۵-۴-۱۰-۳-۱- آماده‌سازی ساختگاه ۱۳۰
۵-۴-۱۰-۳-۲- استقرار دستگاه نصب زهکش ۱۳۰
۵-۴-۱۰-۴- کنترل کیفیت و معیارهای پذیرش ۱۳۱
۵-۵- زهکشی و آب‌بندی ۱۳۲
۵-۵-۱- زهکشی ۱۳۳
۵-۵-۱-۱- الزامات کلی ۱۳۳
۵-۵-۱-۲- اجزای سامانه زهکشی ۱۳۳
۵-۵-۱-۳- کانال‌های زهکشی ۱۳۴
۵-۵-۱-۴- مشخصات صافی ۱۳۴
۵-۵-۲- آب‌بندی و عایق‌کاری ۱۳۴
۵-۵-۲-۱- لایه عایق (غشایی) ۱۳۵
۵-۵-۲-۲- نمد آببندی رسی ۱۳۵
۵-۵-۲-۲-۱- الزامات اجرایی ۱۳۵
۵-۵-۲-۳- ژئوممبران‌های پلیمری ۱۳۶
۵-۵-۲-۳-۱- الزامات اجرایی ۱۳۶
۵-۵-۲-۴- ژئوممبران‌های قیری ۱۳۷
۵-۵-۲-۴-۱- الزامات اجرایی ۱۳۷
۵-۶- ژئوسنتتیک‌ها ۱۳۸
۵-۶-۱- مشخصههای عمومی ژئوسنتتیک‌ها ۱۳۸
۵-۶-۱-۱- نکات کلی ۱۳۸
۵-۶-۱-۲- ملاحظات کلی در ژئوسنتتیک‌ها ۱۳۹

omoorepeyman.ir

۵-۶-۲- درزها ۱۳۹
۵-۶-۳- مشخصات ژئوتکستایل‌ها در مسلح‌سازی و بهسازی ۱۴۳
۵-۶-۴- فیلتراسیون و زهکشی ۱۴۴
۵-۶-۴-۱- انتخاب ژئوتکستایل ۱۴۴
۵-۶-۴-۲- نکات اجرایی ۱۴۴
۵-۶-۴-۳- ژئوکمپوزیتها ۱۴۶
۵-۶-۴-۳-۱- ملاحظات اجرای ژئوکمپوزیت‌ها ۱۴۶
۵-۶-۵- شیبهای خاکی مسلح ۱۴۷
۵-۶-۵-۱- مشخصات مصالح ۱۴۷
۵-۶-۵-۱-۱- ژئوسنتتیک‌ها ۱۴۷
۵-۶-۵-۱-۲- مصالح خاکی ۱۴۷
۵-۶-۵-۲- نحوه اجرا ۱۴۸
۵-۶-۵-۲-۱- آماده سازی بستر ۱۴۸
۵-۶-۵-۲-۲- نصب ژئوسنتتیک ۱۴۸
۵-۶-۵-۲-۳- عملیات خاکی ۱۴۹
۵-۶-۵-۲-۴- نما ۱۵۰
۵-۶-۶- دیوارهای خاک مسلح ۱۵۱
۵-۶-۶-۱- مشخصات مصالح ۱۵۱
۵-۶-۶-۱-۱- ژئوسنتتیک‌ها ۱۵۱
۵-۶-۶-۱-۲- مصالح خاکی ۱۵۱
۵-۶-۶-۱-۳- نما ۱۵۱
۵-۶-۶-۲- دیوار خاک مسلح با نمای بتنی ۱۵۴
۵-۶-۶-۲-۱- بستر نما ۱۵۴
۵-۶-۶-۲-۲- بستر سایر بخشهای خاکریزی مسلح ۱۵۴
۵-۶-۶-۲-۳- قطعات نما و درپوش ۱۵۵
۵-۶-۶-۲-۴- مصالح پشت نما ۱۵۵
۵-۶-۶-۲-۵- خاکریزی ۱۵۶
۵-۶-۶-۲-۶- نصب ژئوسنتتیک ۱۵۶
۵-۶-۶-۳- دیوار خاک مسلح با تسمه‌های فلزی ۱۵۷
۵-۶-۶-۳-۱- مصالح خاکریز ۱۵۷
۵-۶-۶-۳-۲- تسمه‌های فلزی ۱۵۸
۵-۶-۶-۳-۳- قطعات نما ۱۵۸
۵-۶-۶-۴- تهیه مصالح و لوازم و انبار کردن آن ها در کارگاه ۱۵۸
۵-۶-۶-۴-۱- قطعات بتنی پیش‌ساخته ۱۵۸
۵-۶-۶-۴-۲- تسمه‌ها ۱۵۸
۵-۶-۶-۴-۳- لوازم دیگر ۱۵۹
۵-۶-۶-۵- روش‌های کلی اجرا ۱۵۹
۵-۶-۶-۶- آزمایشهای کنترل کیفیت ۱۶۰
۵-۶-۷- آب‌بندها ۱۶۰
۵-۶-۷-۱- ژئوممبرینها ۱۶۰
۵-۶-۷-۱-۱- حمل و انبارداری و بررسی محصول ۱۶۱

omoorepeyman.ir

۵-۵-۷-۱-۲- کلیات و ملاحظات نصب ۱۶۱
۵-۶-۷-۱-۳- آماده‌سازی بستر قبل از نصب ژئوممبران ۱۶۲
۵-۶-۷-۱-۴- نکات حین نصب ژئوممبران ۱۶۳
۵-۶-۷-۲- ژئوکمپوزیتهای رسی ۱۶۳
۵-۶-۷-۲-۱- پذیرش و انبارداری ژئوکمپوزیت رسی ۱۶۴
۵-۶-۷-۲-۲- شرایط آب و هوایی برای نصب ژئوکمپوزیت رسی ۱۶۴
۵-۶-۷-۲-۳- آماده‌سازی بستر برای نصب ژئوکمپوزیت رسی ۱۶۵
۵-۶-۷-۲-۴- اصول نصب ژئوکمپوزیت رسی در کف ۱۶۵
۵-۶-۷-۳-۵- اصول نصب ژئوکمپوزیت رسی در دیواره ۱۶۶
۵-۶-۷-۲-۶- تعمیر محل آسیب دیده ۱۶۸
۵-۷- سلامت، ایمنی و محیط زیست ۱۶۹
۵-۷-۱- مشخصات عمومی ۱۶۹
۵-۷-۲- حصارکشی و تردد به داخل گود و کانال ۱۷۲
۵-۷-۳- بازدید و بازرسی از گود ۱۷۳
۵-۷-۴- انتقال و انبارکردن تجهیزات و مصالح ۱۷۵
۵-۷-۵- تجهیزات و ماشین آلات ۱۷۶

omoorepeyman.ir

## فهرست شکل‌ها


شکل ۴-۱- محدوده قرق ۱۷
شکل ۴-۲- توالی تخریب کف‌ها در روش بالا به پایین؛ شکل راست: اعضا و اجزای طره، شکل چپ: بخشی از دال کف ۲۱
شکل ۴-۳- تصویر شماتیک و عمومی ماشین‌های تخریب متحرک ۲۲
شکل ۴-۴- ماشین تخریب با بازوهای تلسکوپی؛ راست: حذف اعضا با فشار، چپ: حذف اعضا با کشش ۲۳
شکل ۴-۵- تخریب با کشیدن به وسیله طناب ۲۴
شکل ۴-۶- گستره کار با ادوات الحاقی تا ارتفاع ۵۷ متر بالاتر از تراز زمین ۲۴
شکل ۴-۷- تخریب با ماشین‌آلات بوم‌بلند؛ شکل راست: تخریب با حذف اعضا به کمک چنگک، شکل چپ: تخریب با خردکننده پنوماتیک ۲۵
شکل ۴-۸- کوبیدن با گوی تخریب؛ راست: افتادن قائم، چپ: تاب خوردن افقی ۲۶
شکل ۴- ۹- شماتیک تجهیزات یک فرایند برش داغ ۲۷
شکل ۴- ۱۰- تصویر شماتیک برش با قوس پلاسما ۲۸
شکل ۵-۱- مشخصات میخ مطابق استاندارد FHWA(NAIL)-NHI-14-007-2015 ۶۲
شکل ۵-۲- زاویه حفاری افقی و قائم ۶۵
شکل ۵-۳- شابلون زاویه حفاری ۶۵
شکل ۵-۴- فلوچارت پیشنهادی کنترل عملیات تزریق ۶۸
شکل ۵-۵- پد بتنی ۷۳
شکل ۵-۶- فلوچارت تصمیم‌گیری پذیرش انکر ۷۴
شکل ۵-۷- نحوه اتصال ستون فلزی به شمع بتنی ۷۸
شکل ۵-۸- دریچه بتن‌ریزی از پهلو ۷۹
شکل ۵–۹- تاثیر نسبت آب به سیمان بر مقاومت ۲۸ روزه مخلوط خاک-سیمان ۹۶
شکل ۵–۱۰- روش‌های تزریق قشار بالا (جت گروتینگ) ۱۰۳
شکل ۵–۱۱- نمودار مقاومت فشاری برای انواع خاک ۱۰۵
شکل ۵-۱۲- دو نوع کوکزنی (تکی و دوبل) ۱۴۱
شکل ۵-۱۳- سه نوع متداول درز ۱۴۱
شکل ۵-۱۴- حداقل فاصله افقی درزهای عرضی نسبت به هم ۱۴۲
شکل ۵-۱۵- پیوستگی دو قطعه ژئوسنتتیک مجاور به وسیله بستهای فلزی ۱۴۲
شکل ۵-۱۶- اتصال با تسمه یا میله فلزی گالوانیزه یا پلیمری در ژئوگرید ۱۴۳
شکل ۵-۱۷- مراحل اجرای یک کانال زهکشی با استفاده از ژئوتکستایل ۱۴۶
شکل ۵-۱۸- شیب خاکی مسلح ۱۴۷
شکل ۵-۱۹- خاکریزی و پخش مصالح خاکی بر روی لایه ژئوسنتتیک ۱۵۰
شکل ۵-۲۰- طول ژئوسنتتیک پس از برگردانده شدن ۱۵۱
شکل ۵-۲۱- برخی از انواع نماهای معمول در دیوارهای خاک مسلح ۱۵۲
شکل ۵-۲۲- نمونهای از نصب ژئوسنتتیک در دیوار با نمای قوسی ۱۵۷
شکل ۵-۲۳- نحوه ذخیره‌سازی رول‌ها به‌صورت طبقاتی ۱۶۴
شکل ۵-۲۴- اجرای ژئوکمپوزیت رسی (جی سی ال) در کف ۱۶۶
شکل ۵-۲۵- اجرای ژئوکمپوزیت رسی (جی سی ال) در اطراف پی ۱۶۷
شکل ۵-۲۶- جزئیات آماده سازی سر نیل‌ها برای نصب ژئوکمپوزیت رسی در دیواره ۱۶۷
شکل ۵-۲۷- نحوه اجرای ژئوکمپوزیت رسی در اطراف سرشمع و دیواره گود و محل اتصال ۱۶۸
شکل ۵-۲۸- نحوه تعمیر حفره های ایجاد شده در محصول در اثر عملیات اجرایی ۱۶۹
شکل ۵-۲۹- دسترسی ایمن به داخل گود ۱۷۳


omoorepeyman.ir

## فهرست جدول‌ها


جدول ۴-۱- فازهای پروژه تخریب ..... ۶
جدول ۴-۲- پهنه‌های محدوده قرق ..... ۱۷
جدول ۴-۳- چکیده روش‌های متداول تخریب ..... ۳۲
جدول ۵-۱- رواداری‌های مجاز در چال زنی ..... ۶۵
جدول ۵-۲- آزمایش‌های مربوط به نیل‌ها و حدود پذیرش آن‌ها ..... ۶۹
جدول ۵-۳- اجزای مهار فعال ..... ۷۰
جدول ۵-۴- انواع روش‌های پایش با توجه به ویژگی‌های گود ..... ۸۳
جدول ۵-۵- میزان اثربخشی مواد افزودنی بر روی بهسازی خاک‌های مختلف ..... ۸۵
جدول ۵-۶- درصدهای تقریبی سیمان جهت تثبیت خاک‌های مختلف ..... ۸۶
جدول ۵-۷- عوامل مطلوب شیمیایی خاک ..... ۹۷
جدول ۵-۸- مشخصه‌های رفتاری و مقاومت خاک بهسازی شده به روش اختلاط در عمق ..... ۱۰۱
جدول ۵-۹- محدوده تغییرات پارامترهای اجرایی در روش‌های مختلف جت گروتینگ ..... ۱۰۳
جدول ۵-۱۰- مقاومت فشاری معمول خاک-سیمان،روش تک سیاله ..... ۱۰۴
جدول ۵-۱۱- تأثیرپذیری زمین‌های مختلف در مقابل تراکم ارتعاشی ..... ۱۰۷
جدول ۵-۱۲- مقایسه تأثیر پذیری زمین‌های مختلف در مقابل تراکم و تسلیح ..... ۱۰۷
جدول ۵-۱۳- معیار ارزیابی مصالح پرکننده ..... ۱۰۸
جدول ۵-۱۴- کارایی روش تراکم دینامیکی در خاک‌های مختلف ..... ۱۲۴
جدول ۵-۱۵- اثرات نامطلوب ارتعاشات ناشی از کوبش بر روی هم‌جواری‌های اطراف ..... ۱۲۷
جدول ۵-۱۶- اثرات نامطلوب ارتعاشات ناشی از کوبش بر روی هم‌جواری‌های اطراف ..... ۱۲۷
جدول ۵-۱۷- روش‌های نصب زهکش‌های قائم ..... ۱۳۰
جدول ۵-۱۸- داده‌های خروجی ابزار ..... ۱۳۲
جدول ۵-۱۹- عملکرد انواع ژئوسنتتیک‌ها ..... ۱۳۸
جدول ۵-۲۰- معیارها و مشخصات اصلی ارزیابی ژئوسنتتیک‌ها ..... ۱۴۰
جدول ۵-۲۱- طبقهبندی ژئوتکستایلها براساس قابلیتهای مورد نیاز در حین اجرا ..... ۱۴۳
جدول ۵-۲۲- مشخصات ژئوتکستایل در عملکرد فیلتراسیون ..... ۱۴۴
جدول ۵-۲۳- راهنمای انتخاب مصالح خاکریزی در شیبهای خاکی مسلح ..... ۱۴۷
جدول ۵-۲۴- مشخصات مصالح خاکریزی در بدنه دیوارهای خاک مسلح ..... ۱۵۱
جدول ۵-۲۵- میزان رواداری مجاز نصب قطعات نما ..... ۱۵۵
جدول ۵-۲۶- مشخصات فنی ژئوممبران و آزمایش‌های مربوط ..... ۱۶۱


omoorepeyman.ir

# فصل چهارم

## تخریب

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

## ۴-۱- کلیات

### ۴-۱-۱- هدف و دامنه کاربرد

هدف از ضوابط این فصل، ارائه روش‌ها، استانداردها و فرایندهای پذیرفتنی در انجام فعالیت‌های مربوط به تخریب ساختمان‌ها و ابنیه فنی است. ضوابط این فصل هرگونه عملیات تخریب کلی سازه‌ها، ساختمان‌ها و تاسیسات مکانیکی و برقی آن‌ها یا تخریبِ بخشی از اجزای آنها را شامل می‌شود که نقش باربری یا تأمین یکپارچگی فیزیکی سازه را در تمامی ساختمان‌ها اعم از موقتی یا دائمی، از جمله ساختمان‌های کوتاه‌مرتبه، برج‌ها، ساختمان‌های صنعتی، دودکش‌ها، سیلوها و مخازن ذخیره به عهده دارند، اما تاسیسات مکانیکی و برقی نیروگاه‌ها، سدها، سیستم‌های روشنایی، دکل‌های مخابراتی و نظایر این‌ها در دامنه کاربرد این فصل نیست.

### ۴-۱-۲- تعاریف و اصطلاحات

**ازکاراندازی**[1]: فرایند تبدیل یک محیط یا سیستم فعال از وضعیت در حال کار به محیط یا سیستم خاموش و با پایین‌ترین سطح خطر.

**پروژه تخریب**[2]: مجموع تصمیم‌ها، برنامه ریزی‌ها، طرح‌ها، فرایندها، تدارکات، اقدامات و عملیات اجرایی و تأمینی برای انجام یک تخریب.

**پهنه‌های خطر**[3]: سطوح متداخلِ متحدالمرکز به مرکزیت بنای موضوع تخریب، در داخل محدوده قرق که واجد خطراتی ویژه هستند و هرگونه فعالیت، ورود یا حرکت اشخاص، استقرار تجهیزات در سطح و ارتفاع بالای آن‌ها در طول عملیات تخریب دارای محدودیتی تعریف شده است.

**پیش تضعیف**[4]: حذف هدفمند بخش‌هایی از سازه به نحوی که مقاومت آن را در برابر بارهای تحمیل‌شده و وزن سازه، کاهش دهد و به فروریزی هدفمند که بعد از آن رخ خواهد داد، کمک کند.

**پیمانکار**[5]: در این فصل عبارت است از پیمانکاری که به موجب قرارداد با کارفرما مسئولیت اجرای فازهای ۱، ۲ و ۳ موضوع بند ۴-۱-۴ و جدول ۴-۱را به عهده دارد.

**تخریب**[6]: انجام ارادی و برنامه‌ریزی‌شده هرگونه عملیات از قبیل بریدن، خرد کردن، پیاده‌سازی اجزا، کوبیدن، منفجر کردن، شکافت و مانند آن‌ها برای برچیدن تمام یا بخشی از ساختمان یا تأسیسات و سامانه‌ها یا اعضا و اجزای آن‌ها.

1- Decommissioning
2- Demolition Project
3- Hazard Areas
4- Pre-Weakening
5- Contractor
6- Demolition

omoorepeyman.ir

**تخریبِ بخشی**[۱] : تخریب یا برداشتن قسمتی از ساختمان در سطح و یا ارتفاع آن، یا یک یا تعدادی از اجزا و اعضای سازه‌ای و غیرسازه‌ای ساختمان و حفظ باقیمانده آن.

**تخریب کلی**[۲]: تخریب، برچیدن و پاکسازی کامل ساختمان همراه تأسیسات و اجزای منصوبه متعلق به آن.

**توقف موقت**[۳]: فرایند ازکاراندازی و سپس نگهداری تجهیزات یا سازه‌ها به‌گونه‌ای که در صورت نیاز بتوان به سادگی آنها را مجددا به کار انداخت و مورد بهره‌برداری قرار داد.

**جدار بیرونی**[۴]: بدنه فصل مشترک بنا و معبر.

**حذف هدفمند**[۵]: برداشتن کنترل‌شده اجزای منتخب از سازه با پیاده‌سازی.

**سایت**[۶]: در فصل تخریب محدوده‌ای است که شامل کارگاه و حوزه اثر عملیات تخریب یا مؤثر بر عملیات تخریب است.

**عملیات تخریب**[۷]: عملیات اجرایی و کارگاهی تخریب.

**فروریزی هدفمند**[۸]: برداشتن کنترل‌شده اعضای کلیدی سازه برای فروریزی کل آن طبق یک روش طراحی‌شده.

**کارگاه**[۹]: در فصل تخریب به معنای محل انجام عملیات تخریب است.

**لخت‌کردن ساختمان**[۱۰]: عبارت است از جدا کردن دستگاه‌ها و شبکه‌های نصب‌شده در ساختمان، برداشتن جداکننده‌ها، درها، پنجره‌ها، شیشه‌های نما و کانال‌ها و سایر اجزای پوشاننده سامانه باربر ساختمان تا عریان شدن سازه باربر برای تخریب کلی.

**محدوده قرق**[۱۱]: محدوده دربردارنده پهنه‌های خطر که ورود اشخاص و قرار دادن تجهیزات در آن و فضای بالای آن در طول عملیات تخریب مشمول محدودیت‌ها و ممنوعیت‌های حفاظتی است.

**مسئول پروژه تخریب**[۱۲]: شخص حقیقی که برای برنامه‌ریزی، هماهنگی و هدایت فازهای تخریب از طرف پیمانکار انتخاب و معرفی می‌شود.

**مهندس ذی‌صلاح**[۱۳]: مهندسی که برای انجام کار مورد نظر آموزش دیده و تجربه کسب کرده وگواهی لازم را از مرجع معتبر دریافت کرده است.

1- Partial Demolition
2- Total Demolition
3- Mothballing
4- External Wall Body
5- Delibrate Removal
6- Site
7- Demolition Operations
8- Deliberate Collapse
9- Workplace
۱۰- Stripping the building
11- Exclusion Zone
12- Demolition Project Coordinator
13- Competent Engineer

omoorepeyman.ir

### ۴-۱-۳- مسئولیت، سازمان و عوامل پروژه تخریب

الف- در شهرها، شهرک‌ها، روستاها و مکان‌های دیگری که انجام عملیات ساختمانی مستلزم دریافت پروانه از شهرداری یا دستگاه مسئول محلی است و یا انجام عملیات تخریب، اعم از کلی یا بخشی، نیازمند رعایت ضوابط خاص و اخذ مجوز است، کارفرما یا شخص حقیقی و حقوقی که این مسئولیت توسط کارفرما به وی محول شده است، مکلف به رعایت ترتیبات مذکور می‌باشد.

ب- ضوابط دیگری که به موجب قوانین و مقررات جاری در محل، بر عملیات موضوع پروژه تخریب حاکم است، از جمله ضوابط طرح‌های توسعه و عمران، مقررات مربوط به وزارت کار، تعاون و رفاه اجتماعی، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی و سازمان میراث فرهنگی، گردشگری و صنایع دستی و مانند این‌ها نیز، در صورت وجود، باید رعایت شود و در-صورت تعارض بین ضوابط مذکور در هر مورد با استعلام کارفرما از دستگاه مسئول، مطابق آن ضوابط باید عمل شود

پ- پیمانکار مسئول تخریب علاوه بر وظایف منبعث از پیمان عهده‌دار وظایف زیر نیز می‌باشد:

۱- برنامه‌ریزی عملیات تخریب و اخذ تصویب مشاور با اطلاع کارفرما

۲-تهیه طرح تخریب و تعیین روش تخریب و اخذ تصویب مشاور با اطلاع کارفرما

۳- تعیین یک مهندس دارای صلاحیت مدیریت و اجرای عملیات تخریب به عنوان «مسئول پروژه تخریب» برای هدایت عملیات تخریب و جایگزین او در صورت انفصال. صلاحیت مسئول مذکور باید کتباً به تایید دستگاه نظارت برسد.

۴- مستندسازی تمام مراحل تخریب با تهیه فیلم، عکس، گزارش، صورتجلسه و سایر ابزارهای ثبت فعالیت‌ها و رویدادهای قابل ذکری که در دوره اجرا اتفاق افتاده.

### ۴-۱-۴- فازهای پروژه تخریب

پروژه تخریب، اعم از کلی یا بخشی، باید در سه فاز زیر اجرا شود. دسته‌بندی و توالی این فازها و عملیات و فعالیت‌های هرفاز در پیامد بیان شده است.

**الف- فاز اول:** شناسایی و برنامه‌ریزی

**ب- فاز دوم:** اجرای عملیات تخریب

**پ- فاز سوم:** اقدامات پس از تخریب

omoorepeyman.ir

جدول ۴-۱- فازهای پروژه تخریب

## فاز اول: شناسایی و برنامه‌ریزی

**بررسی‌های اسنادی و پیمایش میدانی**

- وضعیت سایت و سازه (شناسایی خطرات، ملاحظات محیط زیستی، فرهنگی، اجتماعی، خدمات عمومی، کاربری، ترافیک)
- تهیه گزارش سایت و سازه به عنوان سند زنده پروژه و دقت در به‌روزرسانی آن با پیشرفت کار
- برداشت عکس و فیلم از وضعیت پیش از آغاز عملیات

**انتخاب روش تخریب، برنامه‌ریزی و زمان‌بندی**

- اصول، سازوکارها و مخاطرات
  خطرات اعضای سازه‌ای و مصالح، تعیین آلاینده‌های خاک، آزبست و سایر مواد سمی
- انتخاب روش تخریب مناسب با سازه و شرایط کار
- تهیه گزارش روش کار
- تعیین محدوده قرق و پهنه‌های خطر

**هماهنگی‌ها و دریافت مجوز عملیات**

- دستگاه‌های مسئول، شهرداری و همسایگان
- دریافت تاییده‌ها و جواز کار

## فاز دوم: اجرای عملیات تخریب

**تعطیلی فعالیت‌های جاری سایت و سازه، ازکاراندازی**

- مدیریت تاسیسات زیربنایی، مسدود کردن کابل‌ها، کانال‌ها، لوله‌ها، هدایت آب‌های جاری
- مدیریت ترافیک و مسیرهای جایگزین
- لخت کردن ساختمان، بیرون آوردن قطعات غیرسازه‌ای و بازیافتی
- تهیه گزارش ازکاراندازی

**تجهیز، ایمنی و بهداشت کارگاه، ناحیه‌بندی**

- استقرار گروه عملیات در سایت
- نصب اتاقک نگهبانی و دیوارهای موقت، ناحیه‌بندی و نوارکشی مرزهای محدوده قرق و پهنه‌های خطر، توری حفاظ، تابلوهای اعلانات و مشخصات
- استقرار دستگاه‌های تخریب

**پیش‌گیری از فروریزی ناخواسته، تعبیه سازه‌های موقت و کمکی**

- تعبیه تکیه‌گاه‌های موقت، داربست و پله‌های دسترسی، حفظ نما و جداره موجود

**کنترل مزاحمت‌های ناشی از عملیات**

- صدا، لرزش، دود، گردوغبار و پرتوها

**اجرای عملیات**

- شروع به کار دستگاه‌های تخریب و تخریب ساختمان
- برداشت عکس و فیلم از فرایند عملیات تخریب

## فاز سوم: اقدامات پس از تخریب

**تخلیه نخاله‌ها و مدیریت پسماند**

- تفکیک و انبارش مصالح بهیافت و بازیافت
- بارگیری و حمل ضایعات و نخاله

**راه‌اندازی و ازسرگیری فعالیت‌ها**

- برچیدن و انتقال مواد، ابزارها و دستگاه‌های تخریب
- ازسرگیری فعالیت‌های تعطیل موقت
- تحویل سالم و ایمن سایت و ثبت تغییرات و خطرات احتمالی باقیمانده در سایت
- برداشت عکس و فیلم از وضعیت پس از عملیات و وضعیت پایانی سایت

**تکمیل و تحویل مستندات و گزارش‌های پروژه**

- گزارش‌های سایت و سازه
- روش کار
- ازکاراندازی
- پرونده سلامت و ایمنی

omoorepeyman.ir

## ۴-۲- فازهای پروژه تخریب

### ۴-۲-۱- فاز اول، شناسایی و برنامه‌ریزی

#### ۴-۲-۱-۱- بررسی مقدماتی

پیش از اتخاذ تصمیم در مورد رویکرد تخریب کلی یا بخشی و انتخاب مکانیزم فروریزی، روش تخریب، هم‌زمانی یا عدم هم‌زمانی انجام عملیات آن با ادامه فعالیت‌های جاری ساختمان یا سایت، وضعیت سایت و ساختمان و تمام جوانب دیگر کار باید مورد بررسی مقدماتی به شرح مذکور در این بخش قرار گیرد.

#### ۴-۲-۱-۱-۱- بازدید و بررسی

مطالعه دقیق، بازدید و بررسی ساختمانی و ارزیابی سازه‌ای همراه با برداشت، عکس و فیلم برای مستندسازی، ارجاعات آتی، تهیه برنامه و انتخاب روش تخریب باید به شرح زیر انجام شود.

#### ۴-۲-۱-۱-۲- شناخت سایت

شناخت سایت شامل شناسایی داخل و خارج محوطه پروژه، اعم از بالا یا زیر زمینِ محدوده اثر عملیات تخریب می‌باشد. با پیشرفت کار و دریافت اطلاعات بیشتر، باید ارزیابی‌ها یا تحقیقات جدید در سایت با سوگیری شناخت مخاطرات احتمالی انجام شود.

#### ۴-۲-۱-۱-۳- تهیه گزارش سایت

گزارش سایت، اطلاعاتی است که برمبنای بررسی اسنادی و پیمایش میدانی برای شناخت پیش از عملیات تخریب و در جریان پیشرفت به دست آمده است. این گزارش باید به وسیله مسئول پروژه تخریب در اختیار همه گروه‌های درگیر در عملیات تخریب قرار گیرد و در طول آن از زمان تهیه اسناد تا پایان اجرا، از این گزارش استفاده شود. این گزارش باید به تصویب دستگاه نظارت رسانده شود.

قبل از شروع عملیات، باید حداقل موارد زیر بررسی و ارزیابی شده باشد و گزارش آن با درج مشخصات، ابعاد، مختصات و ترازها و فاصله‌ها، نقشه‌هایی با مقیاس مورد تایید دستگاه نظارت تهیه و همراه با گزارش نتایج بررسی به امضای مسئول پروژه تخریب و دستگاه نظارت برسد و اقدامات لازم برای مستندسازی آن‌ها و تأمین دلیل انجام شود:

الف- عوارض روی زمین و محدوده سایت تخریب و جانمایی موقعیت بناهایی که قرار است تخریب کلی یا بخشی شوند و بناهایی که باقی می‌مانند.

ب- موقعیت زمین‌های طبیعی و املاک مجاور و موقعیت معابر پیاده و سواره و راه‌آهن و پل‌ها در داخل سایت و پیرامون آن در محدوده اثر عملیات تخریب و شرایط ترافیکی و دسترسی آن‌ها

omoorepeyman.ir

پ- بررسی ویژگی‌های درختان و آبراهه‌ها که نیاز به حفاظت دارند

ت- تعیین هویت حفاظتی سایت از نظر فرهنگی، تاریخی و اجتماعی و بقایای تاریخی زیرخاکی

ث- تعیین کاربری فعلی و قبلی تمام ساختمان‌ها و ابنیه فنی موجود با هدف تشخیص مواد خطر آفرین بازمانده در سایت، ازجمله، مواد سمی، مواد سوزا، رادیواکتیو، آزبست، سرب، جیوه، الیاف مصنوعی معدنی، بی‌فنیل‌پلی‌کلرینه‌ها و دیگر آلاینده‌های خاک، آب و هوا

ج- جست‌وجوی ویژه برای مشخص کردن و خارج کردن مواد منفجره احتمالی در ظرف‌های ویژه حمل مواد منفجره

ارزیابی آلودگی خاک پیش و پس از تخریب در صورت ملاحظه مواد سمی

چ- شناسایی مناطق و نقاط با احتمال خطر؛ محوطه‌های غیرعادی، بازشوهای محصور و نورگیرهای بدون تهویه با احتمال تجمع گازهای مضر در آن‌ها

ح- توپوگرافی زمین سایت و پیرامون آن، مشخصات شیب‌ها، دیوارهای باربر، دیوارهای حائل، پل‌ها، خطوط راه‌آهن و سازه‌های مرتبط به آن از جمله ورودی‌ها، دریچه‌های خروج هوا، ایستگاه‌های توزیع و تبدیل برق، موتورخانه‌ها، سازه‌های روگذر راه‌آهن، کابل‌های هوایی و کابل‌های مهاری و هر سازه و ساختمان دیگر موجود در سایت

خ- وضعیت تأسیسات و منابع و مخازن مدفون در زیر یا در مجاورت موضوع عملیات و ارزیابی اثر آن‌ها

د- مسیرهای خطوط انتقال مربوط به تأسیسات زیربنایی زیر و بالای زمین و اتصال آن‌ها به مستحدثات موضوع عملیات تخریب

ذ- وضعیت درختان، کانال‌ها، چاه‌های فاضلاب، زهکشی، قنات‌ها، چاه‌ها، چشمه‌ها، آب‌های زیرزمینی و بررسی مشکلات احتمالی آلودگی آب، سیل، فرسایش و آب‌شستگی خاک به‌ویژه در سایت‌های شیب‌دار و آبگیر

ر- فروچاله‌ها وگمانه‌های معدن‌کاری

ز- اجزای مشترک با سازه‌های مجاور؛ پله، دیوارهای جداکننده و تأثیر احتمالی عملیات تخریب بر آن‌ها

ژ- فضاهای خالی اطراف و فواصل آزاد طولی، عرضی و ارتفاعی از نظر موثر بودن در بارگیری ضایعات و پسماندها

س- ارزیابی اثر صدا، گرد و غبار، دود، ارتعاش، ضربه، ترافیک، امواج مخابراتی یا الکترونیکی بر ساکنان هم‌جوار که به فعالیت‌های پروژه حساس باشند یا تجهیزات آنها روی فعالیت‌های پروژه تأثیر گذارد، مانند اختلال امواج رادیویی بر کاربری مواد منفجره قابل انفجار با هدایت الکترونیکی و نظایر آن

ش- وضعیت انباشت وسایل در فضاهای عمومی

ص- تعیین محل حصار و راهروی سرپوشیده موقت در پیاده‌روها

ض- شناسایی فضای کافی برای تفکیک ضایعات و پسماند در محل

ط- موقعیت و وضعیت تجهیزات شهری؛ شیر آتش‌نشانی، پارکومتر، چراغ راهنمایی، علائم راهنمایی و رانندگی، دکه‌ها، باجه‌ها و نظایر آن‌ها

ظ- امکانات مدیریت ضایعات و پسماندها به‌ویژه موارد خطرناک و امحای آن‌ها

omoorepeyman.ir

**۴-۲-۱-۱-۴- ملاحظات مربوط به اطلاعات**

الف- اطلاعات موجود از جمله نقشه‌ها و نقشه‌های چون‌ساخت باید پس از صحت‌سنجی مبنای شناخت سایت قرار گیرد و با در نظر گرفتن تغییرات یا اصلاحاتی که در طول زمان رخ می‌دهد، از آن‌ها استفاده شود. برای اطمینان از ثبت دقیق وضعیت تغییریافتهٔ سازه در حین تخریبِ بخشی، اطلاعات باید همزمان با پیشرفت کار به‌روز شود.

ب- روش اندازه‌گیری و ثبت اطلاعات باید متناسب با شرایط سازه باشد تا آسیب به افرادی که اندازه‌گیری‌ها و نقشه‌برداری‌هارا انجام می‌دهند، به‌ویژه درکارهای تک‌نفره، به حداقل برسد.

پ- مستندات باید با عکس و فیلم برداشت‌شده از وضعیت پیش از آغاز عملیات تخریب همراه باشد.

**۴-۲-۱-۱-۵- بررسی سازه‌ای**

بررسی سازه‌ای باید با هدف استفاده از نتایج آن در تحلیل رفتار سازه تحت عملیات تخریب و انتخاب روش تخریب مناسب انجام شود و حداقل دربردارنده ارزیابی موارد ذیل باشد.

الف- سیستم سازه‌ای و مصالح اصلی به‌کاررفته در طراحی و ساخت

ب- ابعاد و جزئیات تیرها، ستون‌ها، دال‌ها، کف‌ها، سقف‌ها، دیوارهای باربر، دیوارهای حائل و برشی، پله‌ها، سازه پی، شمع‌ها، و سایر اعضای باربر همراه با جزئیات ابعادی، میلگردگذاری و اتصالات

پ- اجزا و اعضای طره‌ای؛ سایبان، بالکن یا سایر اجزای معماری

ت- وجود هرگونه خرابی یا خوردگی مهم در هر یک از اعضای سازه‌ای

ث- شرایط سازه‌های مجاور شامل روسازه و پی آنها با لحاظ احتمال تاثیر عملیات تخریب بر آنها

ج- سیستم سازه‌های زیرزمینی، مخازن زیرزمینی یا تونل‌های زیرزمینی

چ- مهاربندهای آشکار و پوشیده

ح- هرگونه منصوبات حجیم و سنگین در بالا یا متصل به بدنه سازه؛ برج‌های خنک‌کننده، موتور آسانسور، منبع مایعات، تابلوها، سایبان‌ها و نظایر آن‌ها

خ- هرگونه محدودیت در پایدارسازی و تعبیه سازه‌های تکیه‌گاهی موقت

د- وجود هر سازه یا اعضای سازه‌ای ویژه؛ اعضای بتن مسلح پیش‌تنیده، اعضای بتنی پیش‌ساخته، سازه‌های پوسته‌ای تحت کشش، سازه‌های معلق، مهارهای معلق، خرپاها یا تیرهای ویرندیل، تیرهای عمیق، تیرهای با دهانه بیش از ۱۰ متر، قوس‌ها، صفحات انتقالی، تیرهای انتقالی، سازه‌های زیرزمینی، سازه‌های نگهدارنده زمین مجاور و سازه‌های طره‌ای بلند و نظایر آن‌ها.

omoorepeyman.ir

**۴-۲-۱-۲- شناسایی تفصیلی خطرات سازه‌ای و اقدامات اولیه**

برای اطمینان از پایداری سازه در حین عملیات تخریب‌های غیرانفجاری و عدم فروریزی ناخواسته آن‌ها باید قبل از تهیه طرح تخریب و انتخاب روش تخریب، شناسائی‌های تفصیلی خطرات سازه‌ای قید شده در این بخش انجام پذیرد و مسیرهای انتقال نیرو از محل بارگذاری تا زمین بررسی و مشخص شود. این بررسی باید با توجه به این نکته انجام شود که سازه و اجزای آن تحت بارهای مختلف، رفتارهایی متفاوت دارند. علاوه بر آن باید تغییرات احتمالی آن‌ها در طول عملیات مورد توجه و بررسی قرار گیرد.

**۴-۲-۱-۲-۱- شرایط محیطی سازه**

شرایط محیطی سازه و موارد مشکل‌ساز در عملیات تخریب، باید با بررسی و ارزیابی مهندسی مشخص شود. این موارد باید شامل شرایط فیزیکی سایت اعم از طبیعی یا ساخته‌شده، از جمله، اقلامی که مدفون‌اند و بر پایداری سازه تأثیر می‌گذارند، مانند مهارهای متصل به زمین، باشد.

**۴-۲-۱-۲-۲- سیستم سازه‌ای**

سیستم‌های سازه‌ای که حساسیت بالایی داشته و باید قبل از شروع عملیات شناسایی شوند شامل موارد ذیل می‌باشند.

الف- سازه‌های پوسته‌ای یا غشایی؛ طاق‌ها، گنبدها، دال‌ها و پوسته‌های تحت تنش

ب- سازه‌های کابلی و سازه‌هایی که در آنها کف‌ها با ادواتی از تیرها آویخته شده‌اند

پ- سازه‌های فضاکار

ت- سوله‌ها و انبارهای با سقف بلند، مخازن و سیلوها

ث- ساختمان‌های پانلی

ج- سازه‌هایی با نیروهای افقی نامتعادل؛ قوس‌ها، گنبدها و قاب‌های تک‌دهانه

چ- سازه‌هایی که پایداری سازه‌های مجاور را فراهم می‌کنند و سازه‌هایی که برای پایداری به سازه‌های مجاور تکیه دارند

ح- سازه‌ها، سقف‌ها و کف‌هایی که پایداری آنها با میل‌مهارها تامین می‌شود

خ- سازه نگهدارنده نما و جدار بیرونی، در مواردی که باید به شکل فعلی و موجود حفظ شوند

د- پل‌های کابلی[1] و پل‌های معلق[2]

ذ- دیوارهای متقاطع و دیوارهایی که قبلا با سقف‌ها یا کف‌ها مهار شده‌اند

ر- و هر سیستم دیگری که نیاز به شناسایی بیشتر داشته باشد

1- Cable Bridges
2- Suspended Bridges

omoorepeyman.ir

**۴-۲-۱-۲-۳- اجزا و اعضای سازه‌ای**

**الف- ستون‌ها:** درجه و نوع قیود اتصالات در بالا و پایین ستون‌ها باید مشخص شود و در پیش‌بینی الگوهای فروریزی و در نتیجه تأمین ایمنی تخریب مورد استفاده قرار گیرد.

**ب- تیرها:** هنگام حذف تیرها به روش بریدن، بازکردن و برداشتن آنها، موارد زیر باید در نظر گرفته شود:

- هرگونه تضعیف سازه، برای مثال افزایش طول موثر ستون‌ها یا دیوارها
- اثرات ضربه ناشی از افتادن تیر و بار دینامیک آن
- تأثیر تنش بازگشتی، در صورت کاهش طول تیرهای یکسره

**پ- طره‌ها:** سازه‌های طره‌ای مانند دیوارهای حائل طره‌ای، طره‌های متکی بر پایه و دستک، پل‌های تعادلی که به روش طره‌ای آزاد ساخته می‌شوند، سایبان‌ها، قرنیزهای کنج دیوار و سقف، راه‌پله‌ها و بالکن‌ها که برای پایداری خود نیاز به نیروهای مقاوم و بارهای برقرارکننده تعادل دارند و شناسائی اعضایی که باید پیش از حذف نیروهای متعادل‌کننده آن‌ها یا بروز عدم تعادل یا خم‌شدگی در آن‌ها، حذف شوند یا برای آن‌ها تکیه‌گاه‌های موقت تعبیه شود.

**ت- قاب‌های ساختمانی:** چگونگی اتصالات تیر و ستون به یکدیگر و میزان صلبیت آن‌ها و کیفیت اتصال سازه به پی در عملیات تخریب باید در نظر گرفته شود.

**ث- قوس‌ها:** برای اطمینان از پایداری آن‌ها در هنگام تخریب باید تدابیری برای حفظ تعادل نیروهای آن‌ها به شرح بند ۴-۲-۲-۵-۱ اتخاذ شود.

**ج- طاق‌های ضربی:** طاق‌های ضربی ساخته‌شده با تیر چوبی که چوب‌ها در آن فرسوده شده‌اند و در اثر ضربه‌های کوچک نیز مستعد فروریزی هستند.

**چ- دال‌های معلق:** در دال‌های معلق، برای ایمن‌تر شدن عملیات تخریب پیش از شروع، باید تکیه‌گاه‌های دال معلق؛ تعیین تیرها، دیوارها یا تکیه‌گاه‌های دیگر دال تعیین شوند.

**ح- سقف‌های خرپایی:** که باید بمنظور تعیین توالی حذف اعضا مورد بررسی قرار گیرند.

**خ- دیوارها:** در مورد دیوارها در عملیات تخریب باید موارد ذیل بررسی شود:

- تشخیص دیوارهای باربر و بررسی شرایط آن‌ها
- شرایط و پایداری دیوارها و ایمنی اتصالات در انتهای دیوارهای متقاطع
- بخش‌هایی که در اثر نشست، یخزدگی یا عملیات شمع‌کوبی مجاور دیوار یا هر عامل دیگر ترک یا شکست دارد
- پایداری دیوارهایی که قرار است باقی بمانند، به ویژه دیوارهای املاک مجاور
- پایداری سازه باقیمانده پس از حذف دیوارهای پشتیبان با توجه ویژه به بار باد

**د- اعضای مختلط:** در تخریب دال‌ها و تیرهای مختلط، بررسی روش طراحی و روش اجرای آن‌ها لازم است. درصورتی که اجرای این اعضا با شمع‌بندی و طراحی و اجرای مقطع سبک‌تر برای تیرهای فولادی بوده باشد، باید ظرفیت باربری

omoorepeyman.ir

مقطع تیرها، در غیاب دال بتنی و بدون عملکرد مختلط، برای تحمل وزن خود و سایر تجهیزات و همچنین مهار جانبی بال فشاری که پیش از آن به وسیله دال یا با مهار موقت در زمان ساخت تامین شده، بررسی شود. در صورت عدم کفایت مقطع یا عدم مهار جانبی کافی تدابیر لازم باید درنظر گرفته شود. در همه اعضای مختلط باید میزان اصطکاک بین جزء بتنی و جزء فولادی بررسی شود. با این ملاحظات باید پیش از شروع عملیات تخریب، با ارزیابی دقیق و در صورت نیاز با انجام بازطراحی، از شیوه محاسبه و اجرا آگاهی پیدا کرد و تمهیدات لازم را زیر نظر مهندس ذی‌صلاح انجام داد.

**ذ- اعضای پیش‌تنیده:** به دلیل ماهیت پیش‌تنیدگی اعم از پیش‌کشیدگی یا پس‌کشیدگی، هنگام تخریب سازه یا اعضای پیش‌تنیده باید در طراحی محدوده قرق و پهنه‌های خطر داخل آن، پیامدهای احتمالی آزاد شدن ناگهانی تنش در اطراف عضو و فراتر از آن را در نظر گرفت. همچنین در زمان تخریب اعضای پیش‌کشیده، باید رشته‌های بریده‌شده را به فاصله کمی از محل برش مجدداً مهار کرد تا کابل‌ها و مفتول‌ها کاملا به بتن پیوسته باشند.

**۴-۲-۱-۲-۴- مصالح سازه**

**الف- چدن:** در صورت استفاده از چدن در ساخت ستون‌ها، در تخریبِ بخشی این نوع سازه‌ها نباید از انفجار استفاده شود، مگر آنکه تصمیم بر تخریب کلی باشد.

**ب- بتن:** در تخریب بتن غیرمسلح، بتن مسلح‌شده با فولاد و بتن مسلح الیاف فولادی امکان شکست ناگهانی هنگام بارگذاری وجود دارد. این موارد باید پیش از تخریب کنترل شود. همچنین به دلایل خوردگی آرماتور، کرمو شدن بتن و تشکیل حفره‌هایی در جسم آن، افت مقاومت بتن نسبت به نتایج بازرسی‌ها و آزمایش‌های اولیه باید در ارزیابی لحاظ شود. بتنِ الیاف پلاستیکی آسیب‌دیده از آتش باید همانند بتن غیرمسلح در نظر گرفته شود.

**پ- چوب:** در سازه‌های چوبی این موارد باید بررسی شود:

- افت مقاومت تیرهای چوبی به دلایل پوسیدگی داخلی ناشی از حمله حشرات همچون موریانه و بید، زهکشی ضعیف و باقی ماندن رطوبت و آلودگی در آن
- آسیب‌دیدگی اعضای چوبی آشکار یا پوشیده در ساختمان، به دلیل بیش‌بارگذاری یا شرایط نامساعد محیطی مانند خشکی و رطوبت بیش از حد یا قرارداشتن در معرض جذب و از دست دادن‌های مکرر رطوبت

**ت- آجر:** در کارهای آجری این موارد باید بررسی شود:

- اختلال عملکرد بخش‌های آجری جان‌پناه‌ها، شیروانی‌ها، دودکش‌ها و محیط‌های خارجی به دلیل هوازدگی
- پوسته شدن یا ورقه شدن ناشی از سرمازدگی
- تأثیر گازهای اسیدی سوزا با امکان آسیب به آجر و ملات در اجزائی مانند دودکش‌های آجری

omoorepeyman.ir

**۴-۲-۱-۳- هماهنگی‌های لازم پیش از آغاز عملیات تخریب**

هیچ بخشی از عملیات تخریب نباید بر پایداری، یکپارچگی و عملکرد ساختمان‌های مجاور و سامانه‌های آن‌ها تأثیر گذارد. چنانچه لازم باشد باید تمهیداتی مانند شمع‌زنی و تقویت پی برای آن‌ها اجرا شود و تغییرات وضعیت خاک در اثر عملیات تخریب لحاظ شود. ساختمان مجاور در این بخش منحصر به بناهای مجاور با پوسته بیرونی و راه دسترسی مستقل و جدا از هم نیست. در عملیات تخریب، چنانچه دو سیستم باربر در مجاورت یکدیگر باشند، هر یک ساختمان مجاور دیگری محسوب می‌شود، حتی اگر آن دو در نما یک ساختمان دیده شوند و یا یک راه دسترسی مشترک داشته باشند.

پیش از حذف یا اختلال در فرایند باربری تکیه‌گاه‌های جانبی، باید تکیه‌گاه‌های موقت تعبیه و کارایی و کافی بودن آن ها در ادامه تخریب بررسی شود. بر این اساس تکیه‌گاه جانبی باید برای سازه‌های مجاور به گونه‌ای تامین شود که مساوی یا بیش‌تر از آن مقداری باشد که پیش از این توسط سازه موضوع تخریب تامین می‌شده است.

در نزدیکی بیمارستان‌ها و ساختمان‌هایی با تجهیزات حساس به ضربه و لرزش، اقدامات احتیاطی برای عایق‌سازی لرزش باید انجام پذیرد. ساختمان‌های دیگر داخل و اطراف محل تخریب نباید تحت تأثیر لرزش ناشی از تخریب آسیب ببینند و هیچ بخشی از روند تخریب نباید باعث نشت یا نفوذ آب به داخل ساختمان‌های مجاور شود.

## ۴-۲-۲- فاز دوم، اجرای عملیات تخریب

**۴-۲-۲-۱- برنامه تعطیلی فعالیت جاری**

مسئول پروژه تخریب باید پیش از تخریب روند از کاراندازی برنامه‌ریزی‌شده فعالیت جاری را در قالب برنامه تعطیلی فعالیت جاری اجرا نماید. در این فرایند ساختمان یا سازه صنعتی باید از وضعیت کاملاً فعال به حالت دارای «پایین‌ترین سطح خطر ممکن و قابل قبول» درآید.

در تخریبِ بخشی لازم است در برنامه تعطیلی فعالیت جاری امکان راه‌اندازی مجدد در هر زمان مورد نیاز، گستره فعالیت بعد از راه‌اندازی مجدد، مدت نگه‌داری و وضعیت فعلی دستگاه‌ها و تجهیزات در نظر گرفته شود. در تخریب کلی نیز لازم است برای بازگرداندن تاسیسات به وضعیت فعال برنامه‌ریزی شود.

**۴-۲-۲-۱-۱- ازکاراندازی**

اقدامات ازکاراندازی که باید در دستورکار پیمانکار قرار گیرد، شامل موارد ذیل می‌باشد:

الف- سیم‌ها و کابل‌های ولتاژ بالا در نقاط خارج از منطقه تخریب، باید با برش فیزیکی در محل ورود به و خروج از جعبه تقسیم اصلی قطع شوند.

ب- در مواردی که امکان عملیات بند الف وجود ندارد، کابل‌های ولتاژ پایین و متوسط باید عایق‌بندی شوند.

پ- سیستم‌های باتری اضطراری یا آماده به‌کار جریان مستقیم باید قطع و جدا شوند.

omoorepeyman.ir

ت- جریان مواد شیمیایی، از جمله اسیدها و روغن‌ها، تخلیه و پاکسازی لوله‌ها و مخازن باید متوقف شود به‌گونه‌ای که مجموعه از نظر شیمیایی خنثی باشد.

ث- مخازن و سیستم‌های حاوی گازهای آتش‌گیر یا مضر، برای اطمینان از عدم انباشت مایعات باید تخلیه، پاکسازی و تهویه شوند.

ج- تمامی منابع آب با دبی یا حجم‌های موثر بر عملیات تخریب باید با زهکشی از عملیات تخریب خارج شوند.

چ- منابع آب و گاز در نقاط خارج از منطقه تخریب، باید عایق شوند و در صورت عدم امکان عایق‌کاری، بخشی از لوله‌کشی، اتصالات و تبدیل‌ها حذف شوند.

ح- آزادسازی کنترل‌شده انرژی ذخیره‌شده در اتصالات فنری قوی یا وزنه‌های معلق

خ- مواد دارای احتمال ایجاد خطرات بیولوژیکی، شیمیایی، انفجار، آتش‌سوزی و رادیولوژی باید حذف و یا از بین برده شوند.

د- آزبست موجود در مناطق باید مطابق ضوابط فصل سیزده ضابطه ۵۵ جمع شود، در صورت عدم امکان باید با نصب علائم مناسب اطلاع رسانی نمود.

**۴-۲-۲-۱-۲- بستن تأسیسات زیربنایی**

خطرات برق‌گرفتگی، آتش‌سوزی، نشت گاز، جریان آب، باید با مسدود کردن کابل‌ها، لوله‌ها، کانال‌ها و هدایت آب‌های جاری در هنگام انجام عملیات باید مدنظر قرار گیرد. این اقدامات باید در برنامه تعطیلی فعالیت‌های جاری سایت منظور شود. برای جزییات بیشتر به بخش ۴-۲-۲-۶- مراجعه شود.

**۴-۲-۲-۱-۳- محدودیت‌های ترافیکی**

برای تأمین ایمنی، سرعت و سهولت تردد ماشین‌آلات تخریب و حمل ضایعات و پسماندها، باید تغییرات لازم در مسیرهای رهگذران و اتومبیل‌ها در اطراف سایت در دستور کار پیمانکار قرار گیرد. ایجاد تغییرات در مسیرها و ایجاد مسیرهای جایگزین در اطراف سایت باید با هماهنگی مراجع ذی‌ربط باشد. پیش از آغاز عملیات تخریب تا مدتی پس از خاتمه آن، برای حمل ضایعات و پسماندهای حاصل از تخریب باید تمام راه‌های سواره و پیاده بجز راه‌های تحت کنترل تردد ماشین‌آلات و عوامل تخریب و تأمین حفاظت، مسدود و حفاظت شوند.

**۴-۲-۲-۱-۴- لخت کردن ساختمان**

لخت کردن ساختمان باید با استفاده از ابزار دستی، ماشین‌های جمع‌آوری وسایل یا هر روشی که ایمن باشد انجام شود. تهمیدات لازم برای خطرات لخت کردن ساختمان مانند مخاطرات کار در ارتفاع، حفاظت ناکارآمد از بازشوها، ریزش آوار، وجود فضای کار محدود، مخاطرات جابه‌جایی دستی وسایل، آتش‌سوزی در صورت تجمع ضایعات و پسماندهای سوزا و وجود تله‌های حیوانات در فضاهای خارج از دید باید در نظر گرفته شود.

omoorepeyman.ir

**۴-۲-۲-۲- حفاظت تأسیسات زیربنایی**

**۴-۲-۲-۲-۱- عوامل خطر**

در صورت وجود هر یک از موارد ذیل مشاور باید برنامه تخریب را به پیمانکار ارائه نماید:

الف- انجام عملیات روی محل عبور خط لوله یا در نزدیکی شبکه توزیع گاز تحت فشار و ایستگاه‌های تقلیل فشار

ب- تخریب روی محل عبور خطوط لوله حاوی مواد شیمیایی، سوخت یا مبرّد، و یا در نزدیکی آن‌ها

پ- تخریب در بالا یا نزدیکی تاسیسات برقی و دکل‌های انتقال نیرو

**۴-۲-۲-۲-۲- آسیب‌های وارد به تاسیسات زیرزمینی**

لوله‌ها و کابل‌هایی باید در مقابل آسیب‌های ذیل محافظت شوند:

الف- ضربه، فشار و جابه‌جایی در حین خاکبرداری یا خاکریزی

ب- اعوجاج و تغییرشکل ناشی از رانش یا جابه‌جایی خاک و زمین اطراف و تغییر شرایط تکیه‌گاهی دیوارهای نگهدارنده یا زیرزمین

پ- آسیب‌های ناشی از فشار دستگاه‌های سنگین و لرزش ناشی از کار آن‌ها و ریزش آوار.

**۴-۲-۲-۲-۳- وجود کابل‌های هوایی**

در هنگام کار در ارتفاع و با جرثقیل‌ها، بازوهای تلسکوپی، بیل‌های هیدرولیکی یا نصب داربست‌ها تاجایی که ممکن است از هیچ بخشی از دستگاه‌ها نباید در مجاورت منابع الکتریکی به‌ویژه کابل‌های برق هوایی استفاده شود.

در صورت وجود چنین تجهیزاتی، باید با تعبیه موانع فیزیکی، قطع اتصال و حذف یا تغییر مسیر، اقدامات لازم برای پیشگیری از نقض حریم مطابق الزامات فصل دوم ضابطه ۵۵ رعایت شود.

**۴-۲-۲-۲-۴- احتمال آتش‌سوزی یا انفجار**

در صورت وجود مواد سوزا و احتمال آتش سوزی و انفجار باید راه‌های فرار و درهای ضدآتش در حین تخریب تعبیه شود. مواد سوزا به شکل‌های گاز، مایع، بخار یا مواد جامد شامل گردوغبار یا انواع پودر هستند و مواردی همچون آرد، گرد ذغال‌سنگ، گرد چوب و پودر فلز را شامل می‌شود. در فعالیت‌هایی با احتمال زیاد آتش‌سوزی و توأم با وجود مواد آتش‌گیر، جابه‌جا کردن و حمل مخازن اکسیژن و سایر وسایل نباید پیش از استقرار تجهیزات مناسب آتش‌نشانی و فرد آموزش‌دیده برای کار با آن‌ها آغاز شود.

**۴-۲-۲-۲-۵- حفاظت**

الف- پیش از شروع تخریب، مکان تاسیسات زیرزمینی و هوایی باید تعیین و وضعیت آنها از لحاظ این که «در حال استفاده»، «رهاشده» یا «ازکارانداخته‌شده» اند مشخص شود.

omoorepeyman.ir

ب- نقشه‌های سایت باید با وضع موجود سایت تطبیق داده شده و صحت‌سنجی شود. برای این منظور باید بررسی شود که در اطراف و داخل سایت هیچ کانال تاسیسات، کابل برق یا منبع فعالی که در مدارک موجود ثبت نشده، ناشناخته باقی نمانده باشد.

در مواردی که پیش‌بینی می‌شود عملیات تخریب منجر به اختلال در تاسیسات زیرزمینی شود، پیمانکار باید برای دستیابی به اطلاعات کافی پیش از شروع عملیات، داده‌ها و نقشه‌ها را بررسی نماید، اطلاعات لازم را برای بازرسی در دسترس قرار دهد، اطلاعات را تا خاتمه عملیات خاکی نگه دارد و آن‌ها را به پیمانکاران جزء ارائه دهد.

همچنین در صورت وقوع حادثه کارگاهی در خاکبرداری، لازم است تمامی اطلاعات تا دو سال پس از حادثه نگه‌داری شود.

**۴-۲-۲-۳- محدوده قرق و پهنه‌های خطر**

محدوده قرق فضای سه‌بعدی منطقه اثر عملیات تخریب است و بدین منظور در ابتدا باید حدود و نوع پهنه‌های خطر داخل آن مشخص شود، به طوری که افراد خارج از این محدوده، در معرض خطرات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی و مزاحمت‌های سروصدا، لرزش و گردوغبار قرار نگیرند.

گستره محدوده قرق باید با توجه به نوع و روش و سرعت عملیات تخریب تعیین شود. گستره قرق شامل بخشی از کارگاه و محوطه عملیات یا فراتر از آن می‌شود، ولی در هر صورت نباید از محدوده سایت فراتر رود. در صورت محدودیت فضا و نیاز به کاهش ابعاد محدوده قرق، به‌ویژه در مناطق پرتراکم شهری، باید ارزیابی مجدد انجام و تمهیدات لازم طبق فصل دوم ضابطه ۵۵ فراهم شود. محدوده قرق باید بخشی از برنامه سلامت و ایمنی باشد و در گزارش روش کار گنجانده شود.

بجز عوامل از قبل تعیین شده، هیچ شخصی نباید از محدوده قرق به بنا نزدیک‌تر شود، مگر در شرایطی که پایش کار از خارج محدوده قرق میسر نباشد و در این شرایط هم باید در پهنه حائل با ایمنی متناسب با سطح کار قرار گیرد. به افرادی که در محدوده قرق هستند، باید از پیش هشدار لازم داده شود. محدوده قرق صرف‌نظر از روش تخریب و فروریزی هدفمند، باید برای همه انواع فروریزی محتمل دیگر ارزیابی و پیش‌بینی شود.

فضاهای کار دستگاه‌های تخریب و فضاهای انبار کردن مصالح، ضایعات و پسماندها باید در محدوده قرق قرار گیرند.

مرز محدوده قرق باید مطابق فصل دوم ضابطه ۵۵ با علائم و تابلوهای هشدار دهنده برای شاغلان و رانندگان مشخص شده باشد.

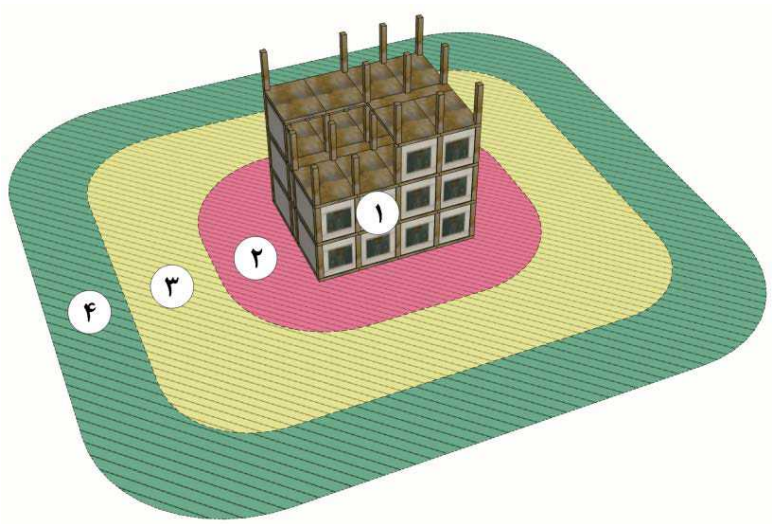
**۴-۲-۲-۳-۱- پهنه‌های خطر در محدوده قرق**

پهنه بندی خطر محدوده قرق باید مطابق با جدول ۴-۲ و شکل ۴-۱ باشد. ابعاد هر پهنه باید به وسیله مشاور با همکاری پیمانکار تعیین شود.

omoorepeyman.ir

**جدول ۴-۲- پهنه‌های محدوده قرق**

| پهنه خطر | توصیف |
|---|---|
| پهنه خطر ۱ یا پهنه پلان | سطح پلان سازه یا بخشی از سازه که قرار است تخریب شود. |
| پهنه خطر ۲ یا پهنه آوار | سطح بلافصل پس از پهنه پلان که برای ریزش اجزای سازه درحین تخریب در آن در نظر گرفته شده است. |
| پهنه خطر ۳ یا پهنه پرتاب | سطح بلافصل پس از پهنه آوار که احتمال پرتاب ضایعات و پسماند و مصالح جداشده از سازه در آن در حین تخریب وجود دارد. |
| پهنه خطر ۴ یا پهنه حائل | سطح بلافصل پس از پهنه پرتاب که برای اتفاقات پیش‌بینی‌نشده در نظر گرفته می‌شود. |




۱) پهنه پلان ۲) پهنه آوار ۳) پهنه پرتاب ضایعات و پسماند ۴) پهنه حائل

**شکل ۴-۱- محدوده قرق**

در محاسبه و تعیین ابعاد پهنه‌های خطر داخل محدوده قرق تأثیر موارد ذیل باید در نظر گرفته شود:

الف- شرایط و ویژگی‌های سایت ازجمله توپوگرافی، نوع خاک و بستر زمین

ب- شرایط سازه شامل سیستم باربر، ارتفاع و مصالح آن

پ- روش‌های پیش‌بینی‌شده تخریب، کلی یا بخشی، دستگاه‌ها و ماشین‌آلات مورد استفاده

ت- ایمنی وسایل عبوری خارج از سایت

ث- محیط زیست پیرامون

### ۴-۲-۲-۳-۲- فضای کار ایمن در اطراف ماشین‌آلات

برای تمام ماشین‌آلات باید فضای کار ایمن فراهم شود. برای رانندگانی که در پهنه حائل قرار دارند، یک اتاقک محافظ مناسب باید تعبیه شود. استفاده از دستگاه‌ها و ماشین‌آلات بیل مکانیکی و جرثقیل و مانند آنها نباید خطری برای افراد و وسایل اطرافشان ایجاد کند. فعالیت‌ها در سایت باید به‌گونه‌ای طراحی شود که عابران و ماشین‌آلات بدون خطر و برخورد به یک‌دیگر حرکت کنند. حرکت افراد و ماشین‌ها در سایت باید در مسیرهای طراحی‌شده و کاملاً مشخص و با علائم راهنمای کافی که جابه‌جایی آنها را تفکیک می‌کند، کنترل شود. علاوه بر این، ابعاد و موقعیت فضای کار ایمن اطراف ماشین‌آلات باید

omoorepeyman.ir

با لحاظ مواردی مانند احتمال برخورد به سازه‌ها یا اشیاء یا حرکت ناخواسته ماشین‌آلات تعیین شده باشد. هنگام استفاده از ماشین آلات ساختمانی الزامات فصل سیزده ضابطه ۵۵ باید مورد لحاظ قرار گیرد.

**۴-۲-۲-۴- سازه‌های موقت**

استفاده از اجرای تکیه‌گاه‌های موقت سازه‌ای و سازه‌های موقت دسترسی، از جمله، داربست برای حفظ پایداری سازه واجزای آن و برای تأمین دسترسی ایمن عوامل و تجهیزات به محدوده‌ها و جبهه‌های کاری مختلف سایت و کارگاه الزامی می‌باشد. طراحی تکیه‌گاه‌ها و سازه‌های موقت در هرجا که لازم است باید با لحاظ کردن ضوابط زیر و ضوابط تفصیلی بند ۲-۳ توسط پیمانکار عملیات تخریب انجام و پس از تایید دستگاه نظارت، اجرا شود.

**۴-۲-۲-۴-۱- تکیه‌گاه موقت سازه‌ای**

برای اطمینان از پایداری سازه در برابر نیروها در هر راستا و جلوگیری از فروریزی ناخواسته آن در طول تخریب کلی یا بخشی سازه، باید تکیه‌گاه موقت سازه‌ای تعبیه شود. این تکیه‌گاه‌ها باید برای پایداری سازه توسط مشاور محاسبه و مطابق روش‌های مهندسی قابل قبول و با نظارت دستگاه نظارت، نصب، نگهداری و برچیده شوند و شرایط ذیل را تأمین نمایند:

الف- حفاظت در برابر بارهای ثقلی؛ با به‌کارگیری شمع‌ها یا تکیه‌گاه‌های تکی مکانیکی یا هیدرولیکی، تیرهای موقتی پوشش دهانه‌ها و خرپاها، پشت‌بندها و تیرهای تکیه‌گاهی موقت

ب- حفاظت در برابر بارهای جانبی؛ با به‌کارگیری شمع‌های مورب برای انتقال بار افقی به سطح‌های پایین‌تر و یا زمین، شمع‌های افقی و تیرک‌های افقی برای انتقال افقی بار به تکیه‌گاهی در همان سطح، مانند دیواره چاه آسانسور، برج‌های مهاربند یا سیستم‌های نگهدارنده نما

پ- مصالح مجاز مورد استفاده برای سازه‌های موقت یا کمکی شامل داربست‌های فولادی متشکل از لوله‌ها و اتصالات، تجهیزات ویژه، جک‌های پیچی، پایه‌ها، تیرها، سیستم داربست، قطعات پیش‌ساخته فولادی سازه‌ای، تیر و تخته سازه‌ای، باید مطابق دستورالعمل‌ها و مشخصات فنی تامین شود. همچنین تمامی بارهای روی این سازه‌ها و ترکیبات بارگذاری محتمل در هر مرحله از تخریب باید ارزیابی شود. سیستم‌های ویژه باید مطابق دستورالعمل‌های سازنده سازه موقت طراحی و ساخته شوند.

**۴-۲-۲-۴-۲- سازه‌های موقت دسترسی**

استفاده از سازه‌های موقت دسترسی با رعایت الزامات زیر مجاز است:

الف- برای دسترسی به نقاط مورد نیاز در فرایند عملیات تخریب مناسب باشد

ب- امکان افزایش ارتفاع، توسعه و جابه‌جایی ایمن آن در طول عملیات فراهم باشد

omoorepeyman.ir

پ- پایداری قائم و جانبی آن در برابر بارهای ناشی از وزن سازه موقت، بارهای بهره‌برداری و اتفاقی و ضربه در طول عملیات تأمین شده باشد. برای پایداری جانبی بسته به فرم و نوع داربست، هر دو شکل خودایستا یا مهارشده با لحاظ محدودیت‌های بار و ارتفاع مطابق دستورالعمل سازنده مجاز است.

ت- داربست مهارشده، داربستی است که در آن پایداری در برابر تمام بارهای ثقلی شامل بار زنده و وزن خود داربست به وسیله داربست تحمل می‌شود و مستقل از سازه است اما برای پایداری جانبی به سازه مهار شده است.

ث- داربست خودایستا یا کفراژ، داربستی است که کاملاً مستقل از سازه است و پایداری جانبی در آن به وسائلی مانند قرار دادن وزنه سنگین در کف، مهار به زمین، تعبیه پشت‌بند و شمع مایل تأمین می‌شود.

ج- استفاده از داربست‌های خودایستا برای ساختمان‌ها و ابنیه فنی بالای ۲۰ متر الزامی است.

چ- در طول انجام عملیات تخریب باید اطمینان حاصل شود که بدون برنامه قبلی هیچ جابه‌جایی در داربست یا حذف عضو یا جزئی از آن از رخ ندهد.

ح- تجمع ضایعات و پسماندها روی داربست باید حداقل باشد و بیش از بار محاسبه‌شده طراحی آن نباشد، همچنین راه‌های دسترسی یا مناطق کاری مسدود نشود.

خ- از جابه‌جایی یا پرتاب ناخواسته ضایعات و پسماندها بر روی داربست باید جلوگیری شود.

د- باید تمهیداتی اتخاذ شود تا در مواقع ضروری، داربست جدید تطبیق و تنظیم شود و بعد از پایان کار داربست‌ها به‌طور برنامه‌ریزی‌شده و ایمن برچیده شوند.

ذ- داربست مقابل نما باید در طبقات بالاتر از زمین به نحوی با تخته پوشیده شود که کاملاً از پرتاب ضایعات و پسماند از ترازهای بالاتر جلوگیری شده و ایمنی کارکنان سایت یا رهگذران به خطر نیفتد.

### ۴-۲-۲-۵- روش‌ها، وسایل و تجهیزات تخریب و ملاحظات اجرایی هر یک

در به‌کارگیری تمامی روش‌های تخریب، وسایل و تجهیزات تخریب، پیمانکار باید علاوه بر رعایت مشخصات عمومی مندرج در این فصل، جزییات اجرایی را مطابق با دستورالعمل‌های مندرج در استانداردهای معتبر برای آن روش و بروشورها و دستور العمل‌های سازنده را در مورد مواد، وسائل، تجهیزات مورد استفاده در تخریب را اجرا نموده و رعایت کند.[1]

### ۴-۲-۲-۵-۱- روش‌های دستی

منظور از روش‌های دستی، تخریب با استفاده از ابزارهایی مانند پتک، تیشه، اره، مته، چکش، هوابرش و یا هر وسیله قابل حمل توسط نفر، می‌باشد. نوع صنعتی و برقی اکثر این ابزارها نیز در همین رده قرار می‌گیرد. رویکرد عمومی در روش‌های دستی، تخریب از بالا به پایین است که باید متناسب با سیستم سازه‌ای و برعکس توالی ساخت انجام شود.

۱- در پایان این بخش در جدول ۴-۳ چکیده روش‌های متداول تخریب آمده است.

omoorepeyman.ir

الف- در تخریب کف طبقات بالای زمین به روش دستی، عملیات باید از دورترین نقطه کف نسبت به تکیه‌گاه‌ها شروع و به سمت تکیه‌گاه‌ها ادامه یابد. در شکل ۴-۲ ترتیب توالی تخریب کف‌ها برای اعضای طره‌ای و دال میانی نشان داده شده است. در تخریب کف یک طبقه ابتدا باید طره‌ها و سپس نواحی دیگر کف تخریب شوند.

ب- در قوس‌ها برای تأمین تعادل نیروها در حین انجام تخریب باید یک یا ترکیبی از راهکارهای زیر به اجرا گذاشته شود:

- اجرای شمع و دستک‌های افقی برای انتقال نیروهای افقی به زمین
- تعبیه کش‌های مهاری موقت
- کاهش بارهای واردشده عمودی
- تخریب طاق در تمام نوارها

پ- تا زمانی که با برداشتن قوس، یا سری قوس‌ها، نیروهای افقی و جانبی از بین نرفته است، میل‌مهارهای دهانه قوس نباید بریده شوند. همچنین باید تخریب کفِ متکی به قوس با برداشتن مرحله به مرحله کف، اجزا و مصالح قوس به شکل نوارهایی به موازات صفحه قوس، یعنی عمود بر امتداد تیرهای تکیه‌گاهی، انجام شود.

ت- در تخریب دال‌های بتنی، ابتدا باید بتن به‌صورت تدریجی خرد شود به‌طوری که آرماتورها پس از جدا شدن بتن باقی بمانند و در پایان بریده شوند.

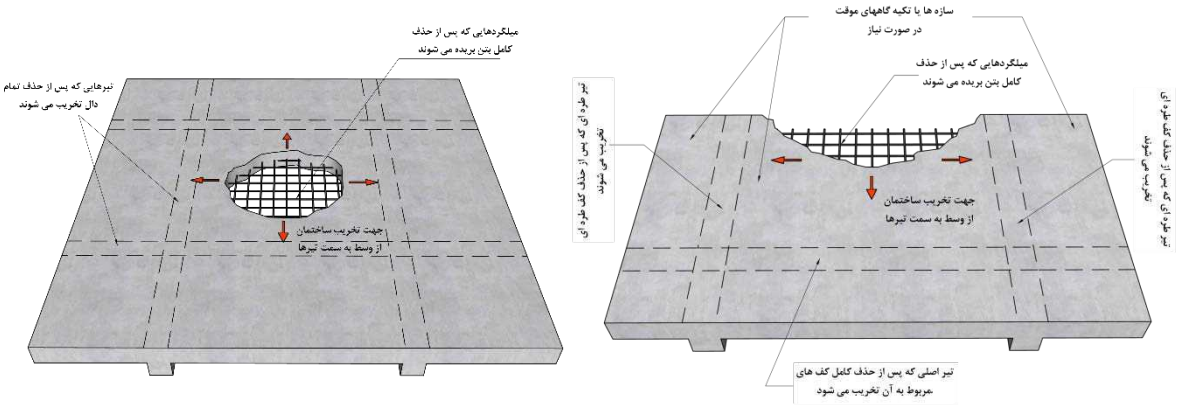
ث- در تخریب سقف‌هایی که از بتن پیش‌تنیده یا پس‌کشیده ساخته شده اند، همچنین در محل اتصال تیرها به ستون، باید انرژی ذخیره شده در بتن و خطرهای احتمالی ناشی از آزاد شدن آن در نظر گرفته شده و برای آن تدابیر لازم پیش بینی شود.

ج- در هنگام برداشتن خرپاها، برای حفظ پایداری باید هر جا لازم است لاپه[۱]ها و مهارهای کافی باقی بمانند، یا مهاربند موقت افزوده شود. حذف اعضای تحتانی خرپا باید با احتیاط باشد و آخرین اعضایی باشند که برداشته می‌شوند مگر آنکه طرح تخریب با انجام محاسبات ایستائی ترتیب توالی حذف را به ترتیب دیگر مشخص کرده باشد.

چ- به‌عنوان یک قاعده عمومی در تخریب از بالا به پایین، ضایعات و پسماندی که بر روی کف ریخته می‌شود باید مستمراً از کف برداشته شود به‌نحوی که همواره سربار کف در حداقل میزان آن باشد. برای این منظور ابتدا باید بخش‌هایی از دال طبقات به شکل بازشوهای متحدالمحور تخریب و برداشته و ضایعات و پسماند هر طبقه با رعایت اصول ایمنی از آنجا به پایین ریخته یا منتقل شود.(شکل ۴-۲).

۱- Purlin

omoorepeyman.ir




**شکل ۴-۲- توالی تخریب کف‌ها در روش بالا به پایین؛ شکل راست: اعضا و اجزای طره، شکل چپ: بخشی از دال کف**

ح- برای تضعیف یا حذف اعضای سازه‌ای در تخریبِ بخشی یا کلی استفاده از روش‌های سوراخ‌کاری و برش مجاز است. در فضاهای محصور داخلی یا در محل‌هایی که سروصدا، لرزش، دود و گردوغبار ناشی از روش‌های دیگر آزاردهنده است، یا در مواردی که دقت زیادی نیاز باشد، درصورت درخواست مشاور باید از سوراخ‌کاری و برش با اره استفاده شود.

خ- استفاده از اره‌های صفحه‌ای و دیسکی برای عمودبری و برش تا عمق یک متر و بریدن دیوار و کف، از اره‌های زنجیری برای برش اجزای طولی مانند تیر و ستون و از سیم‌های الماسه برای برش دقیق، سریع و پیوسته قطعات با ابعاد و هندسه دلخواه با حداقل تولید گردوغبار و صدا مجاز است. در هنگام استفاده از آب به عنوان عامل خنک‌کننده، باید آب مصرف‌شده جمع‌آوری و تخلیه شود. اگرچه این روش به عنوان روش «برش سرد» شناخته می‌شود، اما گرما تولید می‌کند و در برش فلزات جرقه نیز ایجاد می‌کند و رعایت ضوابط روش «برش داغ» در کاربرد آن الزامی است.

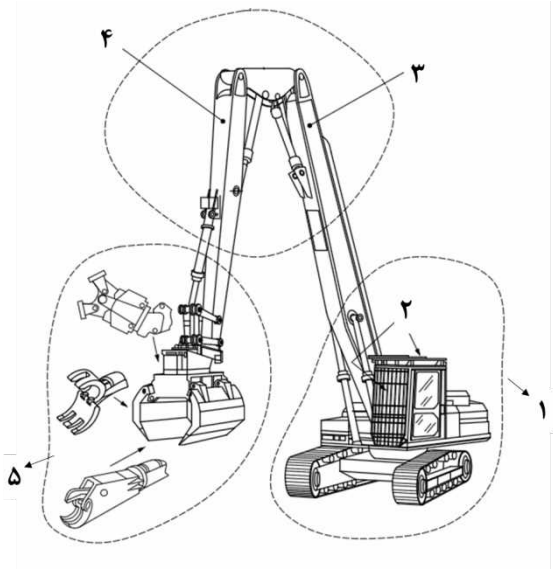
### ۴-۲-۲-۵-۲- روش‌ها، وسایل و تجهیزات مکانیکی

تصویر شماتیک و عمومی ماشین‌های تخریب متحرک و تصویر ابزارهای متداول قابل نصب روی آن‌ها برای تخریب در شکل ۴-۳ آمده است.

### ۴-۲-۲-۵-۳- چکش مکانیکی و بیل مکانیکی

انتخاب چکش‌های برقی، پنوماتیک و هیدرولیک از لحاظ شکل و اندازه باید متناسب با هندسه ساختمان، وضعیت دسترسی و عملکردی که در تخریب از چکش مکانیکی مورد انتظار است، به‌وسیله پیمانکار و با تایید مهندس مشاور انتخاب شود.

omoorepeyman.ir




۱) بدنه اصلی و ارابه ۲) کابین اپراتور و محافظ آن ۳) بازوی اصلی ۴) بازوی تلسکوپی ۵) ادوات الحاقی

**شکل ۴-۳- تصویر شماتیک و عمومی ماشین‌های تخریب متحرک**

### ۴-۲-۲-۵-۴- ماشین‌آلات چرخ‌دار کوچک[1]

استفاده از ماشین‌آلات چرخ‌دار کوچک از قبیل مینی‌لودرها برای شکستن و برش، جابه‌جایی و لخت کردن ساختمان با هر ارتفاعی مجاز است. در استفاده از این ماشین‌آلات باید قبلاً مقاومت کف طبقات برای تحمل وزن ماشین و بارهای دینامیکی همراه اثرات ناشی از ضربه، به‌علاوه وزن ضایعات و پسماند حاصل از تخریب برروی کف، ارزیابی شود. بار اضافی ناشی از رمپ دسترسی موقت نیز باید در این محاسبات منظور شود. برای کاهش خطر باید یک یا ترکیبی از راه کارهای زیر به‌کار گرفته شود:

الف- طراحی مناسب و اجرای صحیح پشت‌بندها و شمع‌های تکیه‌گاهی موقت زیرکف‌ها در طبقات

تعبیه راه‌های توزیع بار وسایل نقلیه و مسیرهای طراحی‌شده رمپ‌هایی که شیب آن‌ها بین طبقات کمتر از ۱:۱/۷۵ باشد

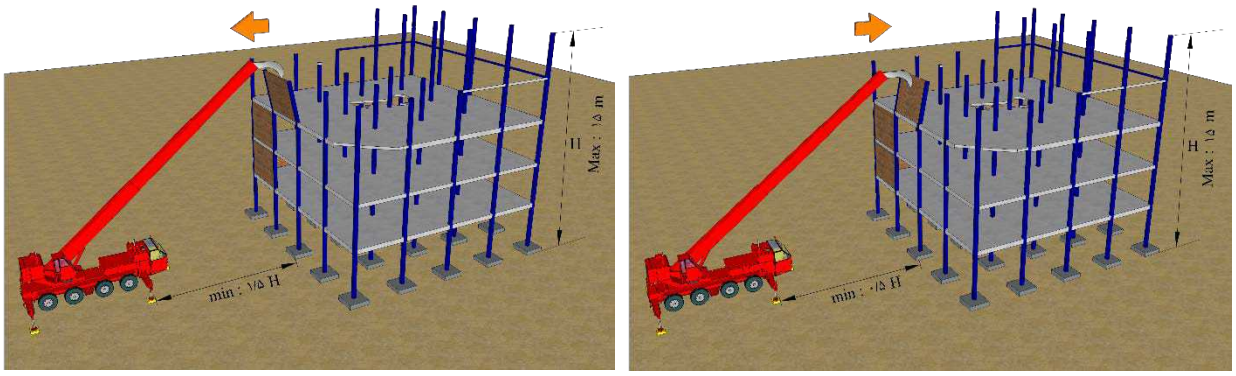
در صورتی‌که احتمال سقوط ماشین‌آلات وجود دارد، نصب محافظ لبه و سیستم‌های مقیدکننده الزامی است.

### ۴-۲-۲-۵-۵- ماشین‌آلات با بازوهای تلسکوپی

استفاده از دستگاه‌هایی با بازوهای تلسکوپی، برای تخریب ساختمان تا ارتفاع ۱۵ متر مجاز می‌باشد. فاصله دستگاه از ساختمان در حالت تخریب به‌وسیله فشار باید حداقل نصف ارتفاع ساختمان و در حالت تخریب اعضا به‌وسیله کشش حداقل ۱/۵ برابر ارتفاع ساختمان باشد.

1- Compact Machines

omoorepeyman.ir




**شکل ۴-۴- ماشین تخریب با بازوهای تلسکوپی؛ راست: حذف اعضا با فشار، چپ: حذف اعضا با کشش**

### ۴-۲-۲-۵-۶- کشیدن با طناب

تخریب کشیدن با طناب شامل اتصال کابل یا طناب فولادی یا طناب الیاف مصنوعی به اعضای سازه‌ای در بالا یا پایین ستون طبقات و سپس کشیدن آن تا مرحله شکست کامل عضو می‌باشد. عضو سازه‌ای باید پس از اتصال طناب به آن و پیش از کشیدن، از نقاط معین به اندازه‌ای تضعیف شود که با نیروی کشش طناب قابل تخریب باشد. میزان کشش باید با توجه به نیروی کشش مورد نیاز با وینچ[1] و دستگاه کشش تسمه‌نقاله یا تیفور[2] اعمال می‌شود. استفاده از طناب‌های فولادی و یا الیاف مصنوعی در این روش مجاز می‌باشد. حداکثر ارتفاع مجاز عملیات تخریب با استفاده از این روش ۱۵ متر است.

رعایت نکات ذیل در استفاده از این روش الزامی است:

الف- در طراحی، ابعاد محدوده قرق، زمان‌بندی حضور افراد، پیش بینی پارگی طناب‌ها و یا شکست مهارها با دقت کافی انجام پذیرد.

ب- طناب‌های مورد استفاده باید دارای مقاوت کششی حداقل چهار برابر نیروی وارده باشند.

پ- ضربه ناشی از گسیخته‌شدن ناگهانی طناب‌های فولادی در حین کشش باید در عملیات لحاظ شود.

ت- پیش از هر استفاده برای اطمینان از سلامت و ایمنی طناب‌ها، نبود پیچ‌خوردگی، تابیدگی و ساییدگی در آن‌ها کنترل شود.

ث- باید با استفاده از طناب‌های مهاری به سازه و پیش از تضعیف سازه، از فروریزی پیش از موعد جلوگیری به‌عمل آید.

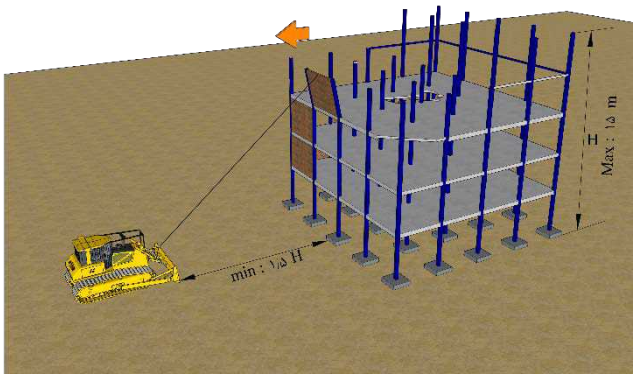
ج- طناب‌های کشش باید پیش از تضعیف سازه به آن متصل شوند.

چ- طناب یدک آماده به کار برای جایگزینی در صورت پاره شدن طناب یا جدا شدن آن عضو در دسترس باشد.

ح- کاربر دستگاه کشش برای ایمن ماندن از آسیب‌های ناشی از خرابی مجموعه طناب و قرقره یا پرتاب مصالح در حین تخریب در اتاقک مخصوص استقرار یابد.

1- Winch
2- French : tir pour, Eng: tirfor

omoorepeyman.ir

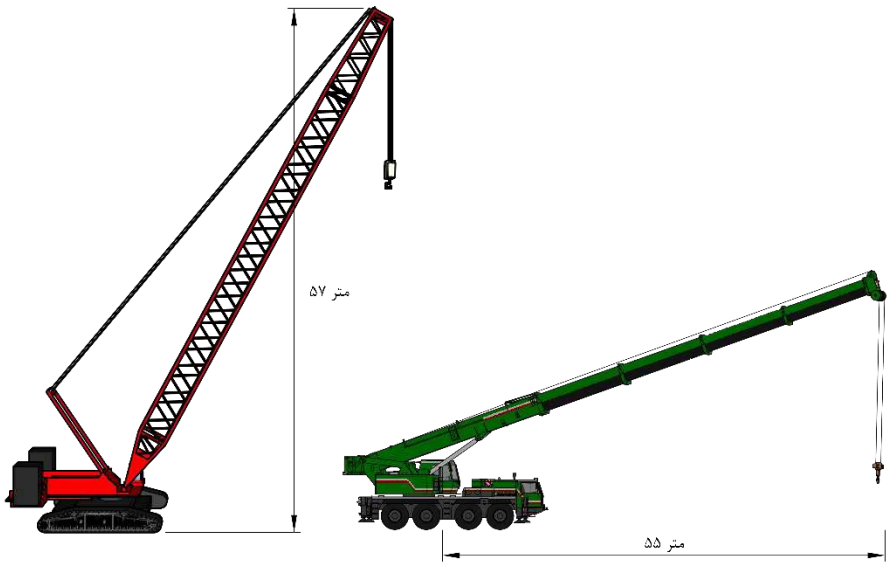



**شکل ۴-۵- تخریب با کشیدن به وسیله طناب**

اگر تلاش برای تخریب ناموفق باشد، از نزدیک شدن به سازه پیش از ارزیابی پایداری وضعیت جدید آن، باید پرهیز و پس از ارزیابی، یک روش جایگزین از نوع تخریب از راه دور انتخاب و استفاده شود.

### ۴-۲-۲-۵-۷- ماشین‌آلات بوم‌بلند[1]

برای تخریب در ارتفاع بیش از ۱۵ متر باید از ماشین‌آلات بوم بلند استفاده شود. با استفاده از ماشین‌آلات بوم‌بلند دارای بوم خرپایی یا هیدرولیکی عملیات تخریب تا ارتفاعی ۵۷ متر[2] بالاتر از تراز زمین محل اسقرار ماشین مجاز است.




**شکل ۴-۶- گستره کار با ادوات الحاقی تا ارتفاع ۵۷ متر بالاتر از تراز زمین**

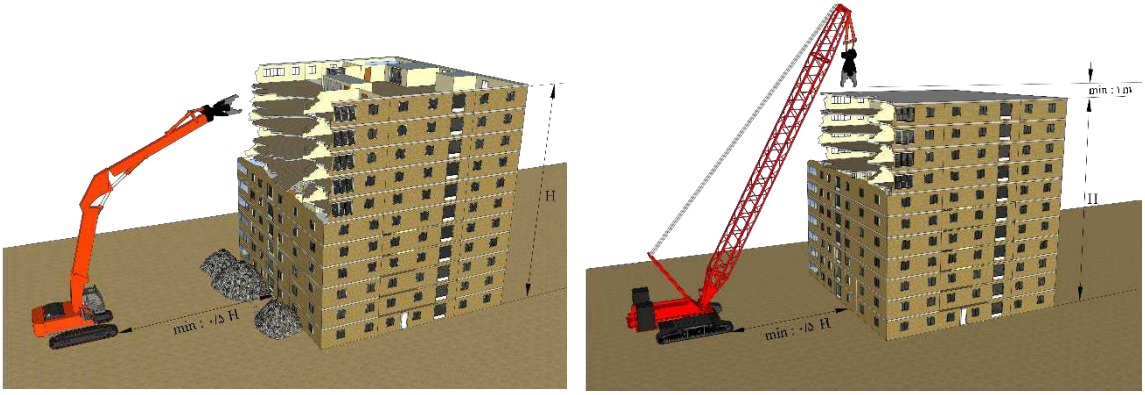
استفاده از ماشین‌آلات بوم‌بلند باید مطابق با دستورالعمل‌های سازنده دستگاه انجام پذیرد و اطمینان حاصل شود ادوات الحاقی آن مانند چنگک‌ها، خردکننده‌های پنوماتیک و قیچی‌ها به درستی نصب شده‌اند. همچنین بار المان‌های الحاقی

۱- High Reach Demolition Excavators

۲- این معیار مربوط به امکانات موجود در زمان تدوین این فصل (سال ۱۴۰۱) است.

omoorepeyman.ir

نباید از وزنی که ماشین در هر ارتفاع مجاز به حمل آن است، فراتر رود. برای اطمینان از عملکرد ایمن، زاویه بازوی دستگاه باید محدود به حد مجاز دستورالعمل سازنده و فاصله افقی ماشین‌آلات از ساختمان بیش از نصف ارتفاع ساختمان باشد.




**شکل ۴-۷- تخریب با ماشین‌آلات بوم‌بلند؛ شکل راست: تخریب با حذف اعضا به کمک چنگک، شکل چپ: تخریب با خردکننده پنوماتیک**

در عملیات تخریب با استفاده از ماشین‌آلات بوم‌بلند باید شرایط استقرار ایمن ماشین، روشن و خاموش کردن آن و دید کامل از اطراف برقرار باشد. به این منظور باید بر روی بازوی تلسکوپی آن دوربین پیش‌بینی شود.

کاربران این ماشین‌آلات باید آموزش‌های ویژه برای عملیات تخریب، بیش از آنچه برای کار با ماشین‌آلات دیگر نیاز است، دیده باشند و درباره مواردی از جمله افزایش وزن، افزایش فشار وارد به زمین، تفاوت پایداری این دستگاه‌ها با دیگر ماشین‌آلات مورد استفاده در تخریب، اتصال، استفاده و جداسازی ایمن ادوات الحاقی آگاهی داشته باشند. همچنین در صورت وجود ریل‌های با عرض متغیر، نحوه استفاده از آن‌ها را بدانند.

جرثقیل‌های برجی برای بلند کردن بارهای معلق آزاد طراحی شده‌اند و نباید از آن‌ها برای کوبیدن ساختمان با گوی تخریب استفاده کرد. کاربرد این جرثقیل‌ها برای انتقال ضایعات و پسماندها به پایین مجاز است.

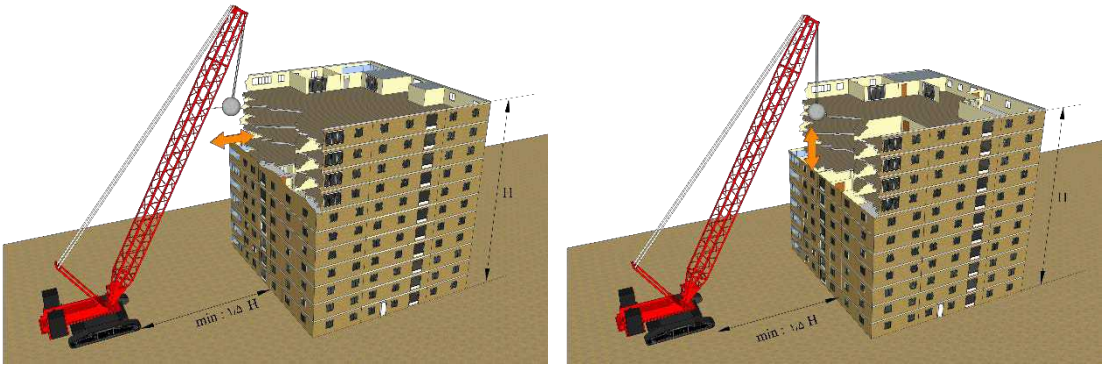
### ۴-۲-۲-۵-۸- کوبیدن با گوی تخریب

تخریب ساختمان در این روش با استفاده از ضربات متوالی وزنه فولادی کروی یا گلابی‌شکل بزرگ آویزان از بوم یک جرثقیل چرخ‌زنجیری انجام می‌گیرد. در این روش باید فاصله ارابه جرثقیل از ساختمان بیش از نصف ارتفاع ساختمان باشد. فاصله ساختمان تا مرز سایت باید حداقل نصف ارتفاع ساختمان به‌اضافه ۶ متر بیشتر برای مانور جرثقیل در نظر گرفته شود. تنوع وزن این وزنه‌ها از ۴۵۰ کیلوگرم تا ۶۸۰۰ کیلوگرم است که باید متناسب با شرایط ساختمان انتخاب شود. به طور کلی استفاده از دو روش ذیل مجاز است:

الف- افتادن قائم: سقوط آزاد وزنه روی ساختمان و وارد کردن ضربه قائم، با فاصله حداقل ۳ متری از بالای محل اصابت گوی بر ساختمان

ب- تاب خوردن افقی: حرکت آونگی وزنه آویزان از بازوی جرثقیل و وارد کردن ضربه افقی

omoorepeyman.ir




**شکل ۴-۸- کوبیدن با گوی تخریب؛ راست: افتادن قائم، چپ: تاب خوردن افقی**

گوی و کابلِ آویز گوی باید به ابزاری مجهز باشد که از دَوران گوی و کابل به دور خود جلوگیری کند. بوم و کابل کشش ماشین باید حداقل ظرفیتی برابر با ۵ برابر وزن گوی داشته و مقاومت کششی کابل آویز گوی ۲ برابر وزن گوی باشد. استفاده از این روش برای تخریب ساختمان‌های با ارتفاع کمتر از ۱۲ طبقه مجاز می‌باشد.

### ۴-۲-۲-۵-۹- برش‌کاری صنعتی

**الف- تخریب با آب‌برش**

«آب‌برش[۱]» فرایندهایی را شامل می‌شود که در آنها با وارد کردن انرژی، آب داخل یک مخزن را تحت فشار قرار می‌دهند تا با سرعت، انرژی جنبشی و مقدارحرکت بزرگ از نازلی که به وسیله لوله‌ای به مخزن متصل است خارج و با برخورد به سطح هدف، ضربه و نیروی فشاری بزرگی به آن وارد کند. افزودن مواد افزودنی و ساینده به آب که عموماً سیلیس یا سیلیکون‌کارباید هستند، برای افزایش کارامدی مجاز است. استفاده از این روش برای شرایطی که لازم باشد آسیبی به میلگردها نرسد و در جای خود باقی بمانند و تخریب‌های بخشی و موضعی که هدف آن‌ها مرمت اعضای بتن آرمه ساختمان است، مجاز می‌باشد. لرزش و گردوغبار در این روش ناچیز است، اما لازم است براده‌های ناشی از سایش جمع شود، تا نفوذ آن‌ها به حفره‌های بتن موجب ایجاد فشار داخلی نشود و بتن ترک نخورد.

**ب- برش داغ**

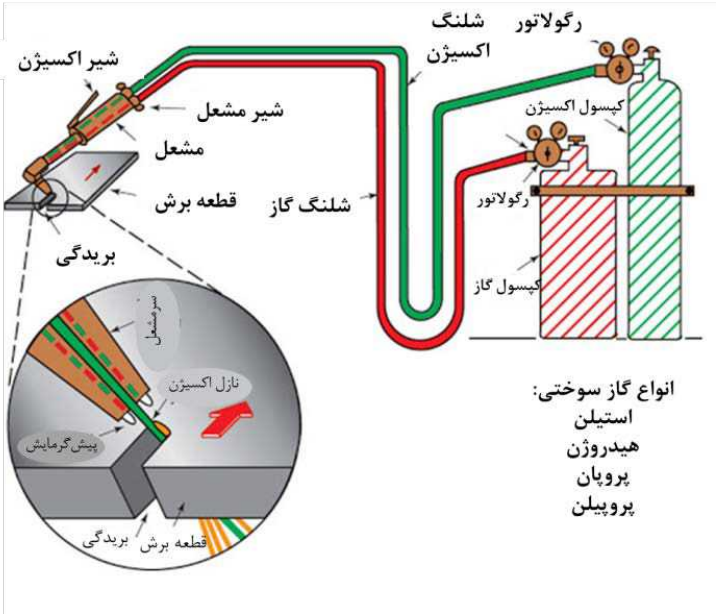
روش‌های «برش داغ» شامل فرآیندهایی است که در آن‌ها با استفاده از حرارت حاصل از اصطکاک، جرقه یا شعله، گرمای کافی برای ایجاد آتش تولید و این آتش منجر به ذوب مصالح و برش آنها می‌شود. در این روش استفاده از گازهای اکسیژن‌سوز و ساینده‌ها مجاز است.

۱- Water Jet Cutting

omoorepeyman.ir

**پ- هوابرش**

- در این روش ابتدا باید قطعه برش با استفاده از یک شعله خنثی[۱] تا درجه گُر گرفتن گرم شود، سپس برشکار با فشار دادن اهرم آزاد کننده گاز روی دسته مشعل، جریان اکسیژن اضافه را با سرعت زیاد به سمت شعله هدایت کند تا قطعه را برش داده و مواد مذاب و براده‌ها را نیز از سطح آن دور کند.
- استفاده از روش برش با حرارت در بریدن قطعات فولادی با ضخامت زیاد مجاز می‌باشد.
- هنگام استفاده از این روش، علاوه بر تهویه مناسب، باید تجهیزات تنفسی، کپسول آتش‌نشانی، وسایل اطفای آتش و کمک‌های اولیه در سوانح سوختگی در دسترس باشد.
- اپراتور این روش باید لباس، دستکش، محافظ سر، چشم و صورت و کفش مناسب داشته باشد تا در برابر سوختگی در اثر ریختن یا پاشیدن احتمالی مواد مذاب یا گداخته ایمن باشند. از پوشیدن چکمه‌های ولینگتونی[۲] باید خودداری شود.
- استفاده از این روش تنها در زمانی مجاز است که احتمال خطر آتش‌سوزی یا انفجار وجود نداشته باشد، بنابراین نباید از آن در نزدیکی مواد آتش‌گیر، گازها و بخارات استفاده شود. برای جلوگیری از وقوع انفجار، روش کار باید به گونه‌ای باشد که از افزایش حجم اکسیژن در محل جلوگیری شود و مواد آتش‌گیر و سوزا از مناطقی که برش با شعله انجام می‌شود، دور باشند. با توجه به تولید بخارات و دودهای سمی زیاد در این روش، استفاده از ماسک مخصوص الزامی است. تجهیزات هوابرش به صورت شماتیک در شکل ۴-۹ نشان داده شده است.




**شکل ۴- ۹- شماتیک تجهیزات یک فرایند برش داغ**

۱- Neutral flame شعله ای که ماده را اکسیده و کم نمی‌کند و معمولاً از ترکیب گاز استیلن و اکسیژن به نسبت مساوی به‌دست می‌آید.
۲- نوعی چکمه لاستیکی

omoorepeyman.ir

**ت- نیزه حرارتی[1]**

استفاده از نیزه حرارتی برای برش بتن مجاز است. در این روش ابتدا باید نوک شعله برای شروع واکنش پیش‌گرم شود. پس از این‌که در این واکنش یک منبع گرمای شدید تولید شد، باید شعله برای برش روی مصالح قرار گیرد. در روش نیزه حرارتی صدا و لرزش و گردوغبار ناچیز است، اما مواد مذاب و دود غلیظ تولید می‌شود.

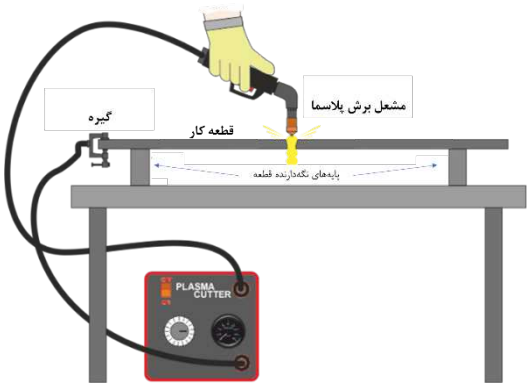
**ث- برش با پودر فلز[2]**

این فرآیند برای برش فلزاتِ دارای مقاومت بالا در برابر اکسیداسیون (زنگ‌زدگی)، مانند فولاد ضد زنگ و چدن کاربرد دارد. در این روش دود و گرمای زیادی تولید می‌شود.

**ج- برش با قوس پلاسما**

برش قوس پلاسما یکی دیگر از فرایندهای برش داغ است که در آن از قوس الکتریکی ایجادشده توسط الکترود تنگستن برای یونیزه کردن و گرم کردن گاز برای تشکیل پلاسمای لازم برای برش مصالح استفاده می‌شود.

این روش برای برش قطعات کوچکتر با ضخامت حداکثر ۳۸ میلیمتر قابل استفاده می‌باشد. چنانچه هدایت مشعل به شکل کامپیوتری باشد، برای برش قطعات با ضخامت تا ۱۵۰ میلیمیتر نیز بلامانع است. همچنین باید قطعه کار رسانای جریان الکتریکی باشد تا بتواند تشکیل مدار الکتریکی دهد.




**شکل ۴- ۱۰- تصویر شماتیک برش با قوس پلاسما**

**۴-۲-۲-۵-۱۰- شکافت[3]**

استفاده از روش‌های شکافت در تخریب کلی مجاز نمی‌باشد و در تخریب بخشی نیز مشروط بر آنکه دامنه تخریب و تبعات آن قابل کنترل باشد یا فاقد اهمیت باشد، کاربرد دارد. از این روش برای تخریب بتن، مصالح بنایی و سنگ و در فضاهایی که در آن‌ها نیاز به کنترل صدا، لرزش و گردوغبار است، درصورت درخواست مشاور باید استفاده شود. برنامه‌ریزی توسط پیمانکار باید به شکلی باشد که رفتار سازه در زمان شکست و پس از آن خطری ایجاد نکند.

1- Thermal Lance
2- Metal Powder Cutting
3- Bursting

omoorepeyman.ir

**الف- شکافت با مواد شیمیایی**

در این روش، شکافت با استفاده از مواد شیمیایی منبسط‌شونده انجام می‌شود. جابه‌جایی، طرح اختلاط، غلظت، عمق، قطر و فواصل چال‌ها که به شکل مضربی از قطر چال بیان می‌شود باید مطابق دستورالعمل سازنده و درج‌شده در مشخصات فنی محصول باشد.

روش‌های مناسب و ایمن کار و تجهیزات حفاظت شخصی باید بر اساس ویژگی‌های مواد مورد استفاده انتخاب و تهیه شوند. این مواد در هنگام شکافت، سروصدا، گاز و گرما تولید نمی‌کنند، اما گردوغبار مضر برای تنفس و گاه مواد و خرده‌های آسیب‌زننده به چشم می‌پاشند، بنابراین استفاده از ماسک و عینک ضروری می‌باشد.

استفاده از این مواد در قطعات دارای ترک و خلل و فرج زیاد، مجاز نمی‌باشد چرا که امکان بروز خرابی کنترل نشده وجود دارد.

**ب- شکافت هیدرولیک**

در این روش، شکافنده‌های هیدرولیک مشابه همان اصول شکافت با گاز منبسط‌شونده عمل می‌کنند و باعث از هم پاشیدن یک جرم می‌شوند. در این روش، برنامه‌ریزی و کنترل کار باید به گونه‌ای باشد تا اطمینان حاصل شود جابه‌جایی تجهیزات شکافت هیدرولیک خطری در پی ندارد، به‌ویژه هنگامی که سازه شکسته می‌شود.

**۴-۲-۲-۵-۱۱- انفجار**

**الف- ضوابط عمومی**

۱- تخریب با مواد منفجره در موارد زیر مجاز می‌باشد:

- فروریزی هدفمند سازه‌های فولادی، بتنی، بنایی و ترکیبی
- شکستن یا انهدام قطعات حجیم مانند بلوک‌های بتنی و پی‌ها
- حذف اعضای سازه‌ای

۲- تکنیک‌های انفجار باید فقط در تخریب کلی مورد استفاده قرار گیرند.

مواد منفجره مورد استفاده در عملیات تخریب از نظر فیزیکی در چهار دسته عمده طبقه بندی می‌شوند:

- دینامیت‌ها شامل دینامیت‌های پودری و دینامیت‌های ژلاتینی
- مواد منفجره ژله‌ای و امولسیون‌ها
- مواد شکافت خشک مانند انواع آنفو
- مواد منفجره دوگانه متشکل از فراورده‌های دوجزئی

۳- در تخریب به روش انفجار، انتخاب تکنیک‌ها و مواد منفجره متناسب با سازه و طراحی محدوده قرق باید با دقت و دانش کافی انجام شود و کل عملیات تحت کنترل مستقیم مهندس انفجار ذی‌صلاح و با تجربه در این حوزه باشد. همچنین برنامه تخریب به روش انفجار باید با در نظر گرفتن عوامل ذیل طراحی شود:

omoorepeyman.ir

- نوع و سیستم مناسب مواد منفجره، تعداد و وزن آنها
- محل و شیوه جای‌گذاری مواد منفجره و تراز آنها
- زمان‌بندی انفجارها و ویژگی زنجیره‌ای این نوع تخریب
- جرم، نوع و مقاومت مصالحی که باید حذف شود.
- راندمان عملیات
- پیش‌بینی احتمال و میزان تولید ضایعات و پسماند و پهنه پرتاب با روش‌های مهندسی
- اتفاقات ناشی از بریده شدن، پرتاب و خرد شدن قطعات سازه
- انواع حفاظت از انفجار و گستره و میزان مواد منفجره
- پیش‌بینی وضع آب و هوایی از نظر بارش و طوفان در روز انفجار (دما، رطوبت و جریان باد موثر در عملکرد مواد منفجره و پرتابِ آوار)

۴- مواد منفجره باید بیشتر در اعضای باربر اصلی در پایین سازه جای‌گذاری شود، اما جای‌گذاری بخشی از مواد منفجره در دو طبقه بالا به فروریزی سازه به داخل و خردتر شدن قطعات و حمل آسان‌تر آن‌ها کمک می‌کند و در صورت درخواست مشاور باید انجام شود.

مواد منفجره باید داخل یا بر روی اعضای داخلی سازه جای‌گذاری شود و به گونه‌ای چیده و کار گذاشته شود که سازه به سمت داخل خود تخریب شوند. چنانچه به دلیل هندسه یا ارتفاع ساختمان، امکان فروریزی ساختمان درخارج از محدوده پلان وجود داشته باشد، باید این مسأله در تعیین ابعاد پهنه‌های خطر و محدوده قرق لحاظ شود.

**ب- محدوده قرق**

گستره محدوده قرق باید با در نظر گرفتن تمام شرایط موجود، جهت پیش‌بینی‌شده برای فروریزی، روش‌های برنامه‌ریزی‌شده و با توجه به نتایج ارزیابی ریسک، شرایط آب و هوای پهنه خطر، دامنه پرتاب و ترکش مصالح و ضایعات و پسماند و موج انفجار توسط متخصص عملیات انفجار تعیین شود. اما در عین حال باید احتمال فروریزی ساختمان در جهاتی که پیش‌بینی نشده، نیز مد نظر قرار گیرد.

بر اساس مقدار پیش‌بینی‌شده موج انفجار و ارتعاش زمین در مقیاس دسی‌بل و سرعت حداکثر ذرات (PPV[1])، باید اقدامات حفاظتی مورد تایید دستگاه نظارت به کار گرفته شود. زمین اطراف سازه باید از زباله، گِل و یا هر ماده دیگری که احتمال می‌رود از تخریب و آوار سازه متاثر شود، پاک باشد.

**پ- برنامه‌ریزی اضطراری**

در این برنامه باید احتمالات فروریزی ناخواسته و پیش‌بینی‌نشده و اقدامات پس از آن مشخص و به تایید افرادی که در این کار مسئولیت دارند، برسد. به‌طور کلی ضروری است موارد ذیل رعایت شود:

1- Peak Particle Velocity

omoorepeyman.ir

- در شرایط اضطراری مشخص شده باشد که چه فردی کنترل کار را به دست خواهد گرفت و چه راه‌های خروجی اضطراری، امدادرسانی، تجهیزات و دستورالعمل‌هایی در دسترس خواهد بود.
- خنک‌سازی سازه و محوطه در دقایق اولیه پس از انفجار موفق یا ناموفق با انواع روش‌های پاشیدن آب یا هر ماده خنک‌کننده مجاز و ضد اشتعال، از قبل پیش‌بینی شده باشد.

**ت- انبارش مواد منفجره، حراست و تامین ایمنی**

محل انبار مواد منفجره در کارگاه باید به‌گونه‌ای انتخاب شود که در صورت انفجار ناخواسته یا خرابکارانه، به اشخاص و اموال و املاک مجاور آسیب وارد نشود. مقدار مواد منفجره ورودی به کارگاه، مواد منفجره مصرفی و مواد منفجره باقیمانده باید تراز باشد و سرپرست کارگاه ترازنامه ورودی، مصرفی و موجودی را تکمیل و امضا کند. هرگونه اختلاف باید بلافاصله بررسی و رفع شود. لازم است مسئول پروژه تخریب از نتیجه تحقیقات مطلع شود.

**ث- انفجار در سازه فولادی**

برای تخریب تکیه‌گاه‌های فولادی از مواد منفجره بسته‌ای استفاده شود مگر با موافقت دستگاه نظارت مبنی بر استفاده از مواد خمیری. بست‌ها و اتصالات کمکی، صفحات اتصال، گاسِت‌ها و قطعات جداشده مهارها باید از مواد منفجره ضربه‌ای فاصله داشته باشند تا در اثر موج انفجار و پرتاب ترکش‌ها بریده نشوند. زمان‌بندی انفجار باید به گونه‌ای طراحی و اجرا شود که مواد منفجره در فواصل انفجارها جابه‌جا نشوند.

**ج- انفجار در سازه بتنی و بنایی**

برای تکه‌تکه کردن مصالح بتنی و بنائی باید از مواد منفجره خردکننده استفاده شود. مواد منفجره باید در سوراخ‌های حفر شده داخل مصالح جای‌گذاری شده و با طول کافی چفت شوند. برای تخریب تکیه‌گاه‌های بتن مسلح به روش انفجار باید از دینامیت استفاده شود مگر با موافقت دستگاه نظارت مبنی بر استفاده از ماده انفجاری دیگر.

**۴-۲-۲-۶- مکانیزم تخریب و انتخاب روش متناسب با نوع سازه**

روش یا ترکیبی از روش‌ها در عملیات تخریب باید با در نظر گرفتن عواملی همچون کار و شرایط سایت، زمانِ در اختیار، مصالح و قطعات ساختمانی، امکان و روش جداسازی آنها برای بهیافت و بازیافت، هدف تخریب، محدودیت ایجاد مزاحمت یعنی تولید صدا، لرزش و گردوغبار، محل و مسیر، روش بارگیری و حمل و دفع ضایعات و پسماند توسط مشاور پروژه تعیین و به پیمانکار ابلاغ شود.

omoorepeyman.ir

**جدول ۴-۳- چکیده روش‌های متداول تخریب؛ (این جدول برای مرور ساده‌تر روش‌ها است و رافع مسئولیت شخص مسئول پروژه تخریب در انتخاب روش بهینه نیست.)**

| روش | ویژگی ها | کارایی | | | نیاز به تخریب تکمیلی | الزامات عمومی | شدت صدا در محدوده ۲۰ متری (دسی بل) | لرزش محسوس برای انسان | گردوغبار |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | زیاد | متوسط | کم | | | | | |
| بالا به پایین دستی با پتک دستی یا پنوماتیک؛<br>شکستن و خرد کردن دستی بتن | محدوده کاری متنوع و وسیع<br>مناسب برای فضاهای باریک و تنگ | ستون، تیر، دال، دیوار، پی | - | - | - | پایین آمدن طبقه به طبقه<br>نیاز به تمهیدات احتیاطی در سایت های محدود | ۸۰ و بالاتر | ملایم | زیاد |
| سوارخکاری؛<br>برش و ایجاد سوراخ با مغزه گیری و گردبری | امکان جداسازی دقیق قطعه یا بخش<br>مناسب برای برش سازه های حجیم | دال، دیوار | ستون، تیر | پی | بله | سکوی کاری صلب | ۷۵ تا ۷۹ | نامحسوس | ملایم |
| برشکاری با اره زنجیری؛<br>بریدن قطعات با اره زنجیری | امکان جداسازی دقیق قطعه یا بخش | ستون، تیر، دال، دیوار | - | پی | بله | سکوی کاری صلب<br>چیدمان مناسب برای بیرون کشیدن قسمت بریده شده<br>زهکشی آب خنک کننده | ۷۵ تا ۷۹ | نامحسوس | ملایم |
| برشکاری با سیم الماسه ای؛<br>بریدن قطعات با هندسه دلخواه | امکان جداسازی سریع و دقیق قطعه یا بخش<br>مناسب برای برش سازه های حجیم | ستون، تیر، دال، دیوار | - | پی | بله | سکوی کاری صلب<br>چیدمان لازم برای بیرون کشیدن قسمت بریده شده<br>اقدامات احتیاطی برای جلوگیری از پارگی سیم<br>زهکشی آب خنک کننده | ۷۵ تا ۷۹ | نامحسوس | ملایم |
| بالا به پایین با دستگاه های کامپکت؛<br>جداسازی و تخریب سازه با دستگاه های ضربه زننده | محدوده کاری متنوع و وسیع<br>جابجایی ساده | ستون، تیر، دال، دیوار، پی | - | - | - | پایین آمدن طبقه به طبقه<br>تکیه گاه کافی برای دستگاه<br>نیاز به تمهیدات احتیاطی در سایت های محدود | ۸۱ و بالاتر | زیاد | زیاد |
| بالا به پایین با دستگاه های خردکننده هیدرولیک؛<br>تخریب با دستگاه های خردکننده هیدرولیک | محدوده کاری متنوع و وسیع<br>جابجایی ساده<br>امکان جداسازی میلگردهای فولادی و قاب ها | ستون، تیر، دال، دیوار | پی | - | - | پایین آمدن طبقه به طبقه<br>تکیه گاه کافی برای دستگاه<br>نیاز به تمهیدات احتیاطی در سایت های محدود | ۷۰ تا ۷۴ | زیاد | زیاد |
| کوبیدن با گوی تخریب؛<br>تخریب با ضربه گوی فولادی آویخته از جرثقیل | بازدهی خوب<br>کارایی کم برای سازه های زیرزمینی | ستون، دیوار | تیر، دال | پی | - | ورود محدودشده به محدوده عملیات<br>زمین کاری مستحکم و تخت<br>فضای باز کافی<br>محافظت برابر پرتاب نخاله | ۷۵ تا ۷۹ | زیاد | زیاد |
| تخریب با ماشین آلات بلندمرتبه؛<br>تخریب سازه با دستگاه های خردکننده پنوماتیک | محدوده و ارتفاع کاری متنوع و وسیع<br>جابجایی ساده<br>امکان جداسازی میلگردهای فولادی و قاب ها | ستون، تیر، دال، دیوار | پی | - | - | کنترل عبور و مرور در محدوده عملیات<br>سطح کاری مسطح و بدون شیب<br>فضای باز کافی | ۷۵ تا ۷۹ | زیاد | زیاد |
| تخریب با ماشین آلات بلندمرتبه؛<br>تخریب با برداشتن اعضا با چنگک | بازدهی خوب<br>کارایی کم برای سازه های زیرزمینی | ستون، تیر، پی، دیوار | دال | پی | بله | جلوگیری از واژگونی در جهت اشتباه و فروریزی غیرهدفمند<br>زمین کاری مستحکم<br>محافظت در برابر لرزش | ۸۰ و بالاتر | زیاد | زیاد |
| تخریب مکانیکی از بیرون ساختمان؛<br>تخریب با حذف با بازوی تلسکوپی یا با کشیدن طناب | مناسب برای ساختمان کوتاه تر از ۱۵ متر<br>بازدهی خوب<br>کارایی کم برای سازه های زیرزمینی | ستون، تیر، پی، دیوار | دال | پی | بله | جلوگیری از واژگونی در جهت اشتباه و فروریزی غیرهدفمند<br>زمین کاری مستحکم<br>محافظت در برابر لرزش | ۸۰ و بالاتر | زیاد | زیاد |
| آب برش؛<br>پاشش آب با فشار زیاد | دقیق اما کند و گران<br>امکان دریافت نقشه برش از نرم افزار | - | ستون، تیر، دال، دیوار | پی | بله | محافظت افراد و اجسام از فشار زیاد آب<br>زهکشی یا بازیافت آب خنک کننده | ۷۵ تا ۷۹ | نامحسوس | ملایم |
| انفجار؛<br>تخریب با استفاده از مواد منفجره | قدرت تخریب عالی<br>کاهش زمان و نیروی کار<br>نیاز به ارزیابی ریسک | ستون، تیر، پی | - | دال، دیوار | بله | محافظت در برابر تولید صدا، نخاله و لرزش<br>مواد منفجره تاییدشده<br>اعلام به همسایگان و در صورت نیاز تخلیه<br>مراقبت کافی از سوءاستفاده های احتمالی | ۸۰ و بالاتر | زیاد | زیاد |
| شکافت؛<br>از هم پاشیدن جرم با استفاده فشار ناشی از انبساط مواد | نیاز به تخمین زمان شکافت برای کاهش ریسک فروریزی غیرهدفمند | پی | ستون، تیر | دال، دیوار | بله | | ۷۵ تا ۷۹ | نامحسوس | ملایم |
| نیزه حرارتی؛<br>استفاده از حرارت متمرکز و قوی ناشی از واکنش یونی فلز | | - | ستون، تیر، دال، دیوار | پی | بله | محافظت افراد و اجسام از حرارت زیاد و خطرات آتش سوزی | ۷۵ تا ۷۹ | نامحسوس | ملایم |

omoorepeyman.ir

**۴-۲-۲-۶-۱- اصول اولیه تخریب**

در حین تخریبِ بخشی باید از هر بخش سازه که باقی می‌ماند، به درستی حفاظت شود و برای اطمینان از پایداری سازه تا پایان کار، تکیه‌گاه‌های موقت و روند تخریبِ بخشی از پیش طراحی شده باشد. همچنین در پایان هر نوبت کار، قسمت‌های در دست تخریب نباید در شرایط ناپایداری که در برابر فشار باد یا ارتعاشات آسیب‌پذیر باشند، رها گردند. تدارکات لازم برای مواجهه با ناشناخته‌ها و پیش‌بینی‌نشده‌ها باید فراهم باشد تا در هیچ‌یک از مراحل کار، سازه ناپایدار نشود. اگر امکان‌پذیر باشد از روش‌های کنترل از راه دور استفاده شود تا آسیب به پرسنل به حداقل برسد.

همچنین باید با بررسی لازم اطمینان حاصل شود که چوب‌بست‌ها، شمع‌ها، سپرها، حائل‌ها و سایر وسایل حفاظتی، پایداری و ایمنی لازم را دارا هستند.

**الف- تخریب پیش‌رونده**

تخریب پیش‌رونده معمولا در سایت‌های محصور و محدود انجام می‌شود. هر جا تخریب پیش‌رونده به توالی عملیات وابسته باشد، فعالیت‌های اصلی باید در یک برنامه کار منسجم هماهنگ شوند. این زنجیره و نمودار توالی اقدامات باید در گزارش روش کار بیاید. حذف کنترل‌شده بخش‌هایی از سازه باید به‌گونه‌ای باشد که پایداری بخش‌های باقیمانده بنا که قرار است مرمت یا در ادامه تخریب شود، حفظ شود.

**ب- فروریزی هدفمند**

فروریزی هدفمند مستلزم حذف اعضای اصلی سازه است که باعث فروریزی کلی یا بخشی از سازه می‌شود. اعضای اصلی سازه‌ای که باید حذف شوند و زنجیره حذف آنها، باید در گزارش روش کار و در سایت مشخص شود.

یک روش یا مکانیزم شروع فروریزی باید طراحی شده باشد تا فروریزی با رفتاری کنترل‌شده انجام شود. حذف یا پیش‌تضعیف اعضا نباید سازه را مستعد خطر فروریزی ناگهانی کند.

**پ- حذف هدفمند اعضا**

حذف هدفمند اعضا مستلزم برداشتن یا تخریب بخش‌های مورد نظر سازه است. این روش برای مقدمات فروریزی هدفمند کلی یا بخشی مرمت سازه‌ای یا عملیات اصلاحی باید مورد استفاده قرار گیرد. اعضایی که قرار است حذف شوند، اثر حذف آنها بر سازه باقیمانده و خطرات احتمالی برای پرسنل سایت و همسایگان باید در گزارش روش کار نوشته شود.

**ت- تخریبِ بخشی برای مرمت سازه‌ای**

در تخریبِ بخشی، پایداری باقیمانده سازه باید با یک یا چند مورد از روش‌های ذیل تأمین شود:

- تحلیل سازه‌ای کافی برای اطمینان از پایداری و بیش‌بارگذاری نشدن سازه باقیمانده
- تعبیه سازه‌های تکیه‌گاهی موقت
- تعبیه اجزا یا اعضای سازه‌ای تقویت‌شده یا جدید
- برنامه‌ریزی کافی و زنجیره‌ای عملیات تخریبِ بخشی

omoorepeyman.ir

**۴-۲-۲-۶-۲- انتخاب روش مناسب**

قبل از برنامه‌ریزی برای تخریب، باید نقشه‌های طراحی، نقشه‌های چون‌ساخت و هرگونه تقویت یا تغییرات سازه بررسی شود و با توجه به اصول بارگذاری و طراحی سازه مشخص شود که کدام بخش‌های سازه برای حفظ پایداری کلی به سایر بخش‌ها وابسته است و کدام بخش‌ها نقش تکیه‌گاهی برای عضو یا بخش دیگر دارد.

در تخریب قوس‌ها، برای اطمینان از پایداری سازه، باید به این موارد توجه شود:

الف- از آنجایی که برداشتن بار مرده قوس بر پایداری حلقه اصلی قوس موثر است، باید در زمان برداشتن آن، تکیه‌گاهی برای بخش باقیمانده قوس فراهم شود.

ب- یک قوس تک‌دهانه باید با برش نوارها به تدریج از هر پاطاق، به موازات دهانه طاق، تخریب شود تا عرض هر قوس به حداقل کاهش یابد و سرانجام فرو ریزد.

پ- در صورت استفاده از روش‌های مکانیزم فروریزی هدفمند، چنانچه تکیه‌گاه موقت پیش از شروع کار فراهم نشده باشد، تاج قوس باید با روش‌های مکانیکی از راه دور یا روش انفجاری شکسته شود.

ت- در قوس‌های چنددهانه پیش از برداشتن دهانه‌های جداگانه برای جلوگیری از ناپایداری دهانه‌های مجاور و پایه‌های نگه‌دارنده، باید مهار جانبی در پایین‌ترین تراز فراهم شود. پس از آن، تخریب باید مشابه تخریب یک قوس تک‌دهانه انجام شود، و اطمینان حاصل شود که با ادامه کار تیرهای پیشانی نیز خراب می‌شوند.

**۴-۲-۲-۶-۳- تخریب سازه‌های زیرزمینی**

با وجود آن که برای تخریب سازه‌های زیرزمینی روش‌های بالا به پایین مناسب‌تر است اما در هر حال لازم است روش تخریب متناسب با شرایط سایت و پروژه انتخاب و به تایید دستگاه نظارت برسد. در صورت استفاده از روش انفجار باید اثر انفجار و لرزه ناشی از آن روی سازه‌ها و تاسیسات زیرزمینی در محدوده اثر انفجار به‌طور ویژه بررسی شود. در جدول ۴-۲ روش‌هایی که کارایی کمتر برای سازه‌های زیرزمینی دارند، آورده شده است.

چنانچه در بررسی سازه‌ای مشخص شود که بلادرنگ پس از تخریب، نیاز به جایگزینی پی جدید است، باید برنامه‌ریزی برای این موضوع به گونه‌ای باشد تا کارهای اضافی برای اقدامات موقتی پایداری خاک اطراف سازه و زهکشی آن به سرعت انجام شود.

**۴-۲-۲-۷- پیش‌گیری از فروریزی ناخواسته**

پیش از شروع کار باید تاثیر روش تخریب و زنجیره عملیات بر فروریزی ناخواسته مشخص شود و احتمال فروریزی ناخواسته ارزیابی گردیده و اقدامات لازم برای جلوگیری از آن در گزارش روش کار بیان و در سایت انجام شود.

روش‌های جلوگیری از فروریزی‌های ناخواسته باید مبتنی بر دانش صحیح و کافی از سازه و نحوه انتقال نیروها به زمین (مسیر انتقال نیرو) باشد.

omoorepeyman.ir

**۴-۲-۲-۷-۱- پایداری سازه باقیمانده با پیش‌روی تخریب**

نحوه انتقال بارها به زمین از مسیرهای نیرو باید پیش از تعیین روش کار بررسی شود. روش پیشنهادی باید با ملاحظات زیر انتخاب شود:

الف- ارزیابی پایداری سازه‌ای باقیمانده را در تمام مکان‌ها به صورت کلی و بخشی، و در همه زمان‌ها از شروع کار در نظر گیرد.

ب- ویژگی‌های سازه و مصالح، که با پیشرفت تخریب آشکار می‌شود و در بررسی‌های اولیه مشخص نشده بود، در ارزیابی‌ها لحاظ شود.

پ- مقاومت باقیمانده مصالح، تاثیر هر گونه خرابی و پوسیدگی و هر بارِ اضافی ناشی از استقرار دستگاه‌ها و ضایعات و پسماند حاصل از تخریب ارزیابی شود. به‌طور کلی، در مرحله قبل و هنگام تخریب باید:

- پایداری سازه‌ای باقیمانده مشخص شود.
- ضعف‌های ویژه و موقعیت‌های آنها مشخص شود.
- اثرات هم‌زمان دو مورد فوق الذکر در نظر گرفته شود.

هنگام ارزیابی دلایل احتمالی ناپایداری سازه، بخش‌هایی که نیروهای افقی نامتعادل ایجاد می‌کنند، اثر مهاربند و دیوارهای حائل زیرزمین بر زمین و سازه‌های مجاور و اثر عملیات خاکی بر پایداری دیوارهای زیرزمین مجاور باید مشخص شود.

در مواردی که احتمال وقفه در مسیر یک خط انتقال نیرو شناسایی شود، باید با تعبیه دستک‌ها، مهارها یا تکیه‌گاه‌های موقت، ضعف سازه از بازتوزیع نیروها با مسیرهای جدید اصلاح شود.

**۴-۲-۲-۷-۲- فروریزی هدفمند ایمن**

**الف- پیش‌تضعیف هدفمند**

محاسبات تایید پایداری پس از حذف یک مقطع باید از پیش انجام شده باشد. لازم است ابعاد بخشی که باید حذف شود، دقیقا در سایت مشخص شود تا از تخریب یا حذف اعضای دیگر جلوگیری شود.

برای کمک به مکانیزم فروریزی، برش مقاطع فولادی مؤثر است. در جایی که از هوابرش برای تضعیف یک عضو سازه‌ای استفاده شود، برای جلوگیری از حرکت و اعوجاج آن لازم است مانند آنچه پیش از جای‌گذاری مواد منفجره انجام می‌شود، صفحاتی روی بازشوهای ایجادشده تعبیه شود.

می‌توان دیوارهای برشی بتنی به دلیل مقاومت بالا را تا آخرین لحظه پیش از تخریب در محل خود نگه داشت و آن‌ها را با استفاده از روش‌های فرمان از راه دور مانند انفجار تخریب کرد.

**ب- پیش‌تقویت**

برای اطمینان از مقاومت و پایداری بخش باقیمانده از سازه که تداوم پایداری آن در طرح تخریب مدنظر بوده است، باید پیش از شروع عملیات، اقدامات لازم برای تقویت سازه آن بخش انجام شود.

omoorepeyman.ir

**پ- تخریبِ بخشی ایمن**

برای تأمین پایداری قسمت‌های باقیمانده از سازه موضوع تخریب و سازه‌های مجاور آن باید ارزیابی دقیق از تمام بارهای موثر بر قسمت باقیمانده از سازه، به‌ویژه تاثیر حذف برخی اعضای باربر در تخریبِ بخشی، صورت پذیرد.

اثر بارهای محیطی یعنی باد و برف، لرزش و تأثیر ناشی از حرکت ماشین‌آلات و فعالیت‌های تخریب مجاور باید در نظر گرفته شود و جزئیات پی دیوارهای باربر و حائل نیز مشخص شود.

زمانی که تخریبِ بخشی یا مرحله‌ای برنامه‌ریزی‌شده انجام می‌شود، برای حفظ پایداری سازه باقیمانده و سازه‌های مجاور، شمع‌زنی و تمهیداتی برای حفظ نما و جدار بیرونی باید نیازسنجی، طراحی و اجرا شود تا ضامن پایداری قسمت‌های باقیمانده از سازه باشد. با پیشرفت کار و مواجهه با شرایط واقعی سایت، هرگونه تغییر مورد نیاز باید ارزیابی و اعمال شود.

**۴-۲-۲-۷-۳- حفظ نما و جدار بیرونی**

برای پایش جابه‌جایی‌های احتمالی در نما، باید پیش از آغاز عملیات تخریب، نقشه‌برداری انجام شود و مختصات شبکه‌ای از نقاط روی سطح نما برداشت شود. در حین عملیات اندازه‌گیری‌ها و نقشه‌برداری‌ها در فواصل زمانی منظم تکرار شود و از تمامی نتایج حاصل از پایش برای ارزیابی پایداری نما و جدار و سیستم نگهدارنده استفاده شود.

برای اطمینان از حفظ نما و جدار بیرونی در حین کار و پس از آن، باید برای آن‌ها تکیه‌گاه‌هایی مناسب تعبیه و نما و جدار بیرونی بنا به‌طور کامل تثبیت و مهار شود. می‌توان از سیستم‌های زیر برای نگه داشتن نما و جدار بیرونی استفاده کرد:

الف- سیستم مستقل؛ استفاده از شمع‌های مایل یا داربست‌های خودایستای طره‌ای برای ایجاد تکیه‌گاه

ب- سیستم توامان؛ دارای عملکرد ترکیبی اعضای نگهدارنده مختلف با شمع‌های افقی

قبل از اجرای سازه موقت باید هر چیزی که به نما و جداره اتصال یافته، جدا شود. در عین حال نباید تا زمانی که توسط سازه جدید یا سازه موقت جایگزین کافی برای تکیه‌گاه تامین نشده، با حذف برخی اعضا خللی در عملکرد تکیه‌گاهی سازه موقت و سیستم نگهدارنده نما و جدار بیرونی رخ دهد.

**۴-۲-۲-۸- کنترل مزاحمت‌ها**

**۴-۲-۲-۸-۱- صدا و لرزش**

چنانچه علی‌رغم انتخاب مناسب دستگاه، تجهیزات و روش کار، سروصدا و لرزش به اندازه قابل قبول کنترل نشود، لازم است پوشش‌های کاهنده صدا و لرزش بر روی دستگاه‌ها تعبیه شود.

در روش تخریب با انفجار، امکان لرزش و گسترش موج انفجار زیاد است. بنابراین علاوه بر استفاده از ابزار و روش‌هایی برای کاهش لرزش و استهلاک موج انفجار، باید پیش از عملیات، به همسایگان اطلاع داده شود تا غافلگیر و هراسان نشوند.

omoorepeyman.ir

**۴-۲-۲-۸-۲- حفاظت در برابر دود و گرد و غبار**

الف- باید با کنترل دود تولیدشده در ماشین آلات از طریق افزایش کیفیت سوخت مورد استفاده و احتراق موتورهای دستگاه‌ها، دود ناشی از انجام عملیات تخریب به حداقل محدود شود.

ب- کنترل گرد و غبار باید برابر الزامات فصل دوم ضابطه ۵۵ رعایت شود.

**۴-۲-۲-۸-۳- پرتوها**

**الف- پرتو یونیزه**

پیش از شروع عملیات تخریب، مسئول پروژه تخریب باید احتمال حضور مواد رادیواکتیو را مشخص نماید. در صورت مشاهده پیش‌بینی‌نشده هر گونه مواد رادیواکتیو، چه با منشأ طبیعی مانند گاز رادون و چه با منشـــا مصنوعی مانند صاعقه‌گیرها، سنسورهای دود، رنگ‌های شب‌تاب، باید بلافاصله دسترسی به آن بخش ممنوع و اقدامات حفاظتی و پوششی به کار گرفته شود.

**ب- پرتو غیریونیزه**

باید تاثیر امواج مادون‌قرمز بر دستگاه‌هایی که فرایندهای حرارتی و داغ دارند مانند کارهای فولادی، امواج فرابنفش برای جوشکاری و امواج مخابراتی برای رادارها، کوره‌های القایی و فرستنده‌های مخابراتی بررسی شود.

**۴-۲-۳- فاز سوم، اقدامات پس از تخریب**

**۴-۲-۳-۱- مدیریت ضایعات و پسماندها**

رسیدگی به وضعیت ضایعات و پسماند در سایت و جابه‌جایی آنها، بخش ضروری پروژه تخریب است. برای به حداقل رساندن ضایعات و پسماندها باید جابه‌جایی و حمل آن‌ها به محل‌های عمومی تخلیه نخاله‌های ساختمانی، مرتباً طبق زمان‌بندی انجام شود. محل تخلیه ضایعات و پســـماندها باید با هماهنگی نهادهای ذی‌ربط تعیین شود.

**۴-۲-۳-۱-۱- تفکیک و انبارش**

نخاله‌ها و مصالح قابل بازیافت باید از سایر نخاله‌ها تفکیک شده و جداگانه به مراکز بازیافت حمل شوند. چنانچه مصالح با خرد کردن قابل استفاده مجدد باشد، مجوزهای لازم برای خرد کردن، تفکیک و انبارش آن‌ها از دستگاه نظارت دریافت شود.همچنین باید شیوه‌های بازیافت و بهیافت مصالح اعم از آجرها، کاشی‌ها، بتن و قطعات فولادی از دستگاه نظارت استعلام شود.

انباشتن مصالح و ضایعات جدا شده از ساختمان مورد تخریب در پیاده‌رو و دیگر معابر و فضاهای عمومی تنها با کسب مجوز از مرجع دارای صلاحیت و رعایت ضوابط فصل دوم ضابطه ۵۵ امکان پذیر است.

omoorepeyman.ir

در صورتی که مصالح قابل اشتعال و احتراق جدا شده از ساختمان مورد تخریب، در همان محل، انبار و نگهداری شود، باید وسایل اطفای حریق مناسب به تعداد و مقدار کافی مطابق فصل دوم ضابطه ۵۵ فراهم باشد.

ضایعات به دست آمده از مواد رادیواکتیو، آزبست، مواد سمی یا مواد آلوده‌کننده سمی، شیمیایی یا بیولوژیکی و مانند آن، باید جدا از بقیه ضایعات و طبق ضوابط مرجع صاحب صلاحیت به دقت نگهداری و بسته‌بندی شوند و سپس توسط شخص دارای صلاحیت به محل مجاز حمل گردند. به‌علاوه کارگرانی که در تخریب این‌گونه مواد به کار گمارده می‌شوند باید مجهز به دستکش، ماسک و لباس مخصوص باشند

**۴-۲-۳-۱-۲- انتقال، بارگیری و حمل ضایعات و پسماندها**

در صورتی که در محل مورد تخریب زمین و فضای کافی برای انباشتن مصالح و ضایعات وجود نداشته باشد، باید هر روز مواد جدا شده به مکان مجاز دیگر انتقال یابند. مصالح و ضایعات ناشی از تخریب نباید به نحوی انباشته شوند که برای ساختمان‌های مجاور و یا معابر عمومی ایجاد مزاحمت و خطر نمایند. این مواد باید در فواصل مناسب بارگیری و به محل‌های مجاز حمل گردند.

ترافیک سایت باید مطابق چیدمان و آرایش ماشین‌آلات و مصالح برنامه‌ریزی شود. در استفاده از تجهیزات بالابر، جرثقیل‌ها، صفحات باربرداری آهنربایی، چنگک‌ها، زنجیر و قلاب، توجه به مسیر حرکات بازوها و بخش‌های مختلف دستگاه و برنامه‌ریزی آن‌ها ضروری است. به دلیل شرایط ویژه خاک سایت در طول اجرای پروژه تخریب، حفظ پایداری و جلوگیری از واژگونی دستگاه‌ها در حالت بی‌بار و در حالت حمل بار باید جزو برنامه سلامت و ایمنی پروژه قرار گیرد.

**الف- بلند کردن و پایین آوردن**

پیش از هرگونه بلند کردن و پایین آوردن ضایعات و پسماندها، باید ابعاد، وزن و موقعیت مرکز ثقل بار مشخص شود و از روش مناسب و تجهیزات بالابر با ظرفیت کافی استفاده شود. همچنین در فاصله شعاع آن، بیش از کسری از ظرفیت بار جرثقیل که در دستورالعمل ماشین مشخص شده و یا ۵۰ درصد آن ظرفیت، هر کدام که کمتر است بار برداشته نشود.

ضریب اطمینانی که در کاربری معمول بالابر در نظر گرفته شده، باید در انتخاب لوازم جانبی بالابر یعنی قلاب، بست و تیرهای بالابر نیز لحاظ شود. لوازم جانبی بالابر باید قبل از بلند کردن توسط کاربر بازرسی شود و از قلاب‌ها، زنجیرها، طناب‌ها و سیم‌های تغییر شکل‌داده، آسیب‌دیده یا فرسوده استفاده نشود.

بارها باید توسط شخصی که بالابری ایمن را آموزش دیده، زنجیر شوند. تنها یک شخص معرفی‌شده دستورالعمل‌ها را به راننده جرثقیل می‌دهد و پیش از شروع عملیات جابه‌جایی و بالابری، هشدارها و علائم مورد استفاده در سایت باید بین عوامل هماهنگ شود.

**ب- سقوط آزاد**

مصالح ساختمانی و ضایعات حاصل از تخریب نباید با سقوط آزاد به خارج پرتاب شوند و تخلیه نخاله‌ها به طبقات پایین باید از طریق شوت تخلیه نخاله با قطعات سرهم‌شده چوبی یا فلزی یا پلاستیکی یا شوت‌هایی که انتهای آنها به ظروف

omoorepeyman.ir

جمع‌آوری ضایعات و پسماند ختم می‌شود انجام شود. استفاده از شوت‌های پلاستیکی سرپوشیده که هم صدا را کاهش می‌دهد و هم از پخش‌وپلا شدن ضایعات و پسماند جلوگیری می‌کند، نسبت به بقیه نوع‌ها ارجحیت دارد.

شوت‌های تخلیه نخاله چنانچه بیش از ۴۵ درجه شیب داشته باشد باید از ۴ طرف کاملاً مسدود باشد، به استثنای دهانه‌هایی که برای ورود و خروج مصالح تعبیه شده است. همچنین باید مجهز به دریچه محکمی باشد و در هنگام کار، به وسیله یک نفر کارگر مراقبت شود و در سایر مواقع درب آن مسدود باشد.

تأثیرات باد روی آوارهای در حال سقوط و پرتاب‌های شدید پس از ضربه اولیه باید در نظر گرفته شود.

به محض ایجاد حفره در کف‌ها برای بیرون ریختن ضایعات و پسماندها و مقاصد دیگر، در ابتدای کانال‌های مزبور نیز باید از محافظ‌های لبه به ویژه نرده و پاخور[1] استفاده شود تا از سقوط اتفاقی کارگران و مصالح به داخل دهانه ورودی جلوگیری به‌عمل آید.

مصالح و مواد حاصل از تخریب هر قسمت یا طبقه باید به موقع به محل مناسبی منتقل شود و از انباشته شدن آن به ترتیبی که مانع از انجام کار شده و یا استحکام طبقات پایین‌تر را به خطر اندازد، جلوگیری به‌عمل آید. لذا هنگام سقوط آوار از طبقات بالاتر روی زمین یا در فضای داخلی بنا، باید به تعداد کافی بازشو تعبیه شود تا ضایعات و پسماندها بدون انباشت در طبقات میانی سقوط کنند. باید مراقبت شود که با برداشتن تیرچه‌ها یا تیرهای مانع در مسیر ریزش آوار، پایداری سازه و سکوی کار به خطر نیفتد.

**۴-۲-۳-۲- ازسرگیری فعالیت‌ها**

پس از اتمام عملیات تخریب، پیمانکار باید در زمان بندی تعیین شده تمام تجهیزات و ماشین‌آلات تخریب را برچیده و از سایت خارج کند و سایت را به وضعیتی ایمن بازگرداند و تمام فعالیت‌های متوقف‌شده موقت را مجددا برقرار نماید. برخی از این اقدامات عبارتند از:

الف- چاله‌ها، ترانشه‌ها، حوضچه‌ها و بازشوها باید به شکل ایمن پر شده و علامت‌گذاری شوند و یا اطرافشان نرده کشیده شود.

ب- سیستم زهکشی سایت باید کاملاً تمیز شود و برای اطمینان از عملکرد صحیح آن حتما با تایید دستگاه نظارت آزمایش شود.

پ- پایداری دیوارهایی که باید باقی بمانند، به‌ویژه دیوارهای مرزی سایت، برای بارگذاری‌های آتی کنترل شود.

ت- تمام آلاینده‌ها حذف شوند یا اگر به هر دلیلی چیزی باقی می‌ماند در شرایطی باشد که خطری برای سلامتی، ایمنی و محیط زیست نداشته باشد.

ث- مسئول پروژه تخریب باید در پایان کار پرونده سلامت و ایمنی را از پیمانکار دریافت نماید.

---

۱- Toe-Board: تخته‌ای طولی به عرض حدود ۱۰ سانتیمتر به شکل قرنیز که برای جلوگیری از خارج شدن و فرو افتادن اشیاء از لب سکو نصب می‌شود. فاصله آزاد (بادخور) این تخته از کف باید کمتر از ۲۵ میلیمتر باشد.

omoorepeyman.ir

## ۴-۳- ضوابط تکمیلی سلامت، ایمنی و محیط زیست ویژه تخریب

تمام ضوابط عمومی مندرج در فصل دوم این ضابطه (جلد اول؛ ایمنی، سلامت و محیط زیست) مرتبط با این فصل (فصل ۴) و متناسب با هر یک از مراحل اجرای عملیات تخریب لازم الاجراست. پاره ای از ضوابط سلامت، ایمنی و محیط زیست در خلال ضوابط قسمت‌هایی از این فصل آورده شده و سایر موارد به شرح آتی ارائه می‌شود.

### ۴-۳-۱- ضوابط عمومی

**۴-۳-۱-۱- انجام عملیات** تخریب در شب، بجز در مواقع اضطراری که به تایید دستگاه نظارت می‌رسد و مجوز آن از مراجع صاحب صلاحیت گرفته می‌شود، مجاز نیست. در صورت اخذ تاییدها و مجوزهای لازم باید روشنایی کافی برای اجرای عملیات در شب تامین شود.

**۴-۳-۱-۲-** هیچ یک از اجزای سازه و تجهیزات مورد استفاده در تخریب اعم از کف، کف موقت، چوب‌بست، پله‌های موقت، سقف و سایر اجزای راهروهای سرپوشیده و راهروهای عبور و مرور کارگران، پلکان‌ها و نردبان‌ها، نباید بیش از ۶۶ درصد مقاومت خود، بارگذاری شوند.

**۴-۳-۱-۳-** میخ‌های موجود در تیرها یا تخته‌های ناشی از تخریب باید بلافاصله به داخل چوب فرو کوبیده یا از آن بیرون کشیده شوند.

**۴-۳-۱-۴-** در محدوده قرق باید گذرگاه‌های مطمئنی برای عبور و مرور کارگران در نظر گرفته شود. این گذرگاه‌ها باید روشن و فاقد هرگونه مانع باشد.

**۴-۳-۱-۵-** در محل‌های ورود و خروج کارگران به ساختمان مورد تخریب، باید راهروهای سرپوشیده با طول حداقل ۳ متر و عرض حداقل ۰/۵ متر بیش از عرض درب ورودی، ساخته شود تا از سقوط مصالح بر روی آنان جلوگیری به‌عمل آید.

**۴-۳-۱-۶-** تمام راه‌های ارتباطی ورودی و خروجی ساختمان مورد تخریب به جز راهی که برای عبور و مرور کارگران و افراد مسئول درنظر گرفته شده، به استثنای پلکان‌ها، راهروها، نردبان‌ها و درهایی که برای عبور کارگران استفاده می‌شوند، باید در تمام مدت انجام عملیات تخریب، مسدود شوند. به علاوه نباید هیچ راه خروجی، قبل از اینکه راه تایید شده دیگری جایگزین شود، تخریب شود.

**۴-۳-۱-۷-** در هنگام شب، مرز محدوده قرق باید با نصب چراغ‌های قرمز و یا علایم مشخصه و هشدار دهنده دیگر مانند تابلوهای شبرنگ مشخص شود.

**۴-۳-۱-۸-** وسایل و تجهیزات حفاظتی لازم، باید متناسب با محل و نوع ساختمان و روش تخریب، تهیه و در اختیار کارگران گذاشته شود و از آنان برای استفاده در محدوده قرق تعهد کتبی گرفته شود.

**۴-۳-۱-۹-** برنامه‌ریزی برای جمع‌آوری، حمل و دفع مواد حاصل از تخریب و انتخاب محل مجاز برای انباشتن آنها باید با توجه به قانون «مدیریت پسماندها» انجام شود.

omoorepeyman.ir

**۴-۳-۱-۱۰-** در صورتی‌که ساختمان مورد تخریب دارای برقگیر است، قبل از آغاز عملیات تخریب باید برقگیر از ساختمان جدا و در صورت لزوم مجدداً در نزدیکترین فاصله نصب و آماده به کار شود.

**۴-۳-۱-۱۱-** تمام شیشه‌های ساختمان مورد تخریب باید قبل از آغاز عملیات از محل نصب شده جدا و در مکان مناسبی انبار شود.

**۴-۳-۱-۱۲-** در صورتی‌که ارتفاع ساختمان مورد تخریب از ساختمان‌ها و تاسیسات همجوار بیشتر باشد و امکان ریزش مصالح و ابزار کار به داخل یا روی بناها و تاسیسات مجاور و معابر وجود داشته باشد، باید اقدامات لازم از قبیل نصب سرپوش حفاظتی با مقاومت کافی با رعایت مفاد بند ۲-۲-۳ به‌عمل آید.

**۴-۳-۱-۱۳-** محل نگهداری ابزار و وسایل ساختمانی و ساختمان‌های موقت کارگران باید در جایی قرار داشته باشند که در معرض خطر ریزش و یا سقوط مصالح و مواد حاصل از تخریب نباشند.

**۴-۳-۱-۱۴-** هیچ یک از تکیه‌گاه‌ها نباید در طبقه‌ای برداشته شود، مگر آن که قبل از آن تمام بارهای متکی به آن قبلاً برداشته شده باشد.

**۴-۳-۱-۱۵-** از تخریب قسمت‌هایی از ساختمان که باعث تخریب و ریزش ناگهانی قسمت‌های دیگر ساختمان شود باید جلوگیری به عمل آید.

**۴-۳-۱-۱۶-** در عملیات تخریب باید کارگران باتجربه به‌کار گرفته شده و اشخاص ذی‌صلاح بر کار آنان نظارت کنند و دستورالعمل‌ها، روش‌ها و مراحل مختلف اجرای کار را به آنان آموزش دهند. همچنین کاردان‌های فنی، رانندگان و متصدیان ماشین‌آلات و تجهیزات مربوط نیز باید دارای صلاحیت باشند.

### ۴-۳-۲- تخریب کف و سقف

**۴-۳-۲-۱-** قبل از تخریب هر سقف باید راه‌های ورودی به طبقه زیر آن طوری مسدود شود، که هیچ کس نتواند از آن رفت و آمد کند.

**۴-۳-۲-۲-** کلیه پرتگاه‌ها و بازشوهای موجود در کف طبقات و سایر قسمت‌ها به استثنای دهانه‌هایی که برای حمل و انتقال مواد و مصالح حاصل از تخریب و یا لوازم کار مورد استفاده قرار می‌گیرند، باید به وسیله نرده یا حفاظ‌های مناسب محصور مطابق بند ۲-۶-۱-۱ یا با پوشش‌های حفاظتی موقت مطابق بند ۲-۶-۱-۲ پوشانده شوند.

**۴-۳-۲-۳-** هنگام تخریب سقف طاق ضربی، باید پس از برداشتن قسمتی از آجرها و مصالح بین دو تیر فولادی، برای آنکه کارگران بتوانند روی آنها به‌طور مطمئن و ایمن مستقر شده و به کار خود ادامه دهند، روی تیرها و تیرچه‌ها، تخته‌های چوبی سالم به عرض ۲۵ سانتیمتر و ضخامت ۵ سانتیمتر به‌طور عرضی و به تعداد کافی قرار داده شود.

**۴-۳-۲-۴-** در طاق‌های ضربی، چه هنگامی که در آن بازشو ایجاد می‌شود و چه در هنگام تخریب کامل آن، باید آجرها و مصالح بین تیرهای دو طرف تا تکیه‌گاه‌های طاق در امتداد عمود به تیر به طور کامل برداشته شود.

omoorepeyman.ir

**۴-۳-۲-۵-** در تخریب طاق‌های شیروانی یا چوبی، ابتدا باید قسمت‌های پوششی سقف برداشته شود، سپس نسبت به برچیدن خرپا یا اسکلت سقف اقدام شود.

### ۴-۳-۳- تخریب دیوارها

**۴-۳-۳-۱-** قبل از تخریب هر یک از دیوارها، باید تا فاصله ۳ متری از پای دیوار سوراخ‌ها و دهانه‌های بازی که در کف قرار دارند با پوشش موقت مناسب پوشانده شوند.

**۴-۳-۳-۲-** در مواردی‌که دیوار به روش کشیدن یا فشار تخریب می‌شود، باید کلیه کارگران و افراد از منطقه ریزش دور نگهداشته شوند.

**۴-۳-۳-۳-** تمام یا قسمتی از دیواری که ارتفاع آن بیش از ۲۲ برابر ضخامت آن باشد، نباید بدون مهاربندی جانبی آزاد بماند، مگر اینکه از ابتدا برای ارتفاع بیشتر محاسبه و ساخته شده باشد.

**۴-۳-۳-۴-** برای خراب کردن و برچیدن دیوارهای نازک و مرتفع و فاقد استحکام کافی به طریق دستی، باید از داربست استفاده شود.

**۴-۳-۳-۵-** تخریب دیوارهایی که برای نگهداری خاک زمین یا ساختمان مجاور ساخته شده‌اند، باید پس از اجرای سازه‌های نگهبان انجام شود.

**۴-۳-۳-۶-** در تخریب ساختمان‌هایی که بر اثر فرسودگی، سیل، آتش‌سوزی، زلزله، انفجار و نظایر آن آسیب دیده یا از بین رفته‌اند، برای جلوگیری از ریزش و خرابی ناگهانی باید دیوارها قبل از تخریب زیر نظر شخص دارای صلاحیت مهار و شمع‌بندی شوند.

### ۴-۳-۴- تخریب سازه‌های بتنی

**۴-۳-۴- ۱-** تمام کارگران تخریب باید علاوه بر دستکش و پوتین ایمنی، به کلاه ایمنی با پوشش ناحیه گردن و ماسک پلاستیکی که تمام صورت و ناحیه چانه را می‌پوشانند مجهز باشند. همچنین آن‌ها باید مجهز به ژاکت ضد ضربه باشند. این ژاکت باید به‌طور مناسب تا ناحیه ران کارگر را پوشش داده و درعین حال امکان حرکت آزاد وی را هم فراهم آورد. کارگران باید به‌طور مناسب از ورود ضربه به ناحیه پاها محافظت شوند.

**۴-۳-۴- ۲-** قبل از تخریب سازه بتنی مسلح باید تمامی تجهیزات و مصالح جمع آوری و سازه‌های دیگر بجز سازه باربر اصلی تخریب و به‌طور ایمن از محیط کارگاه تخلیه شود.

omoorepeyman.ir

### ۴-۳-۵- تخریب سازه‌های فولادی

**۴-۳-۵-۱-** قبل از بریدن یا باز کردن قطعات فولادی باید اقدامات لازم به‌منظور جلوگیری از سقوط آزاد آنها و نیز احتیاط‌های لازم به‌منظور جلوگیری از نوسانات آزاد تیرآهن بعد از برش آن به عمل آید تا صدمه‌ای به اشخاص و یا وسایل وارد نیاید.

**۴-۳-۵-۲-** انداختن تیرآهن‌های بریده شده از بالا ممنوع است و پایین آوردن آن‌ها باید به‌طور آهسته انجام شود.

**۴-۳-۵-۳-** در صورت استفاده از جرثقیل یا وسایل مشابه برای پایین آوردن تیرآهن‌های بریده شده علاوه بر الزامات بندهای ۲-۸-۵ و ۶ باید برای تعادل و جلوگیری از لنگر بار و صدمه به اشخاص، بناها، تاسیسات و تجهیزات یا اسکلت بنای مورد تخریب، از طناب هدایت‌کننده ( تگ لاین) استفاده شود. همچنین هنگام استفاده از جرثقیل در عملیات تخریب اسکلت فولادی، رعایت حریم خطوط و تاسیسات برق شهری مطابق بخش ۲-۱۲-۲ الزامی است.

**۴-۳-۵-۴-** آویزان شدن کارگران به کابل یا قلاب دستگاه‌های بالابر یا استقرار آنان روی تیرآهن‌های در حال حمل ممنوع است و پیمانکار موظف است از آن جلوگیری کند.

**۴-۳-۵-۵-** هنگام استفاده از جرثقیل برای حمل کپسول‌های اکسیژن و گاز استیلن باید از محفظه‌های استاندارد استفاده شود و این کپسول‌ها به طور مطمئن در آن مستقر شوند.

### ۴-۳-۶- تخریب دودکش‌های بلند صنعتی و سازه‌های مشابه

**۴-۳-۶-۱-**در صورتی که دودکش‌های بلند صنعتی، برج‌ها و سازه‌های مشابه به روش دستی تخریب شوند، باید از داربست استفاده شده و به تناسب تخریب سازه از بالا به پایین، ارتفاع سکوی داربست نیز به تدریج پایین آورده شود، به گونه ای که همواره محل قرار گرفتن کارگران پایین‌تر از نقطه بالایی سازه بوده و این اختلاف ارتفاع حداقل ۰/۵ متر و حداکثر ۱/۵ متر باشد. از ایستادن و استقرار کارگران دربالای سازه‌های مذکور باید جلوگیری به‌عمل آید.

**۴-۳-۶-۲-** مصالح و ضایعات حاصل از تخریب سازه‌های مورد بحث باید از داخل آن‌ها به پایین ریخته شود. برای جلوگیری از انباشه شدن و تراکم مصالح و ضایعات، باید قبلاً دریچه‌ای در قسمت تحتانی سازه برای تخلیه آنها ایجاد شود. تخلیه مواد مذکور باید پس از توقف کار تخریب، انجام شود. در هر صورت ارتفاع ضایعات حاصل از تخریب در داخل کوره نباید بیشتر از ۲ متر باشد.

**۴-۳-۶-۳-** در صورتی که دودکش‌های بلند صنعتی، برج‌ها و سازه‌های مشابه، به روش انفجار یا واژگونی تخریب می شوند، باید محدوده قرق حفاظت شده و امن، با وسعت کافی در اطراف آن در نظر گرفته شود.

omoorepeyman.ir

### ۴-۳-۷- انبارش مواد منفجره

**۴-۳-۷-۱-** برای ایمنی کامل در زمان انبارش مواد منفجره و زمان جای‌گذاری آنها در سازه، موارد زیر باید فراهم و برقرار باشد:

الف- نگهبانان آماده به کار به تعداد کافی

ب- سیستم ارتباطی برای تماس با نیروهای امدادی مانند آتش‌نشانی، اورژانس و پلیس

پ- نورافکن برای روشن کردن محوطه، در صورت لزوم

**۴-۳-۷-۲-** برای پیش‌گیری از انفجار پیش از موعد، باید تدابیر احتیاطی لازم هنگام نصب و اتصال تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی انجام شود.

omoorepeyman.ir

# فصل پنجم

# ژئوتکنیک

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

## ۵-۱- کلیات

### ۵-۱-۱- هدف و دامنه کاربرد

بیش دو دهه از تدوین ویرایش پیشین ضابطه ۵۵ گذشته است. طی این مدت روش‌های اجرایی نوین ژئوتکنیکی پا به عرصه مهندسی ساختمان گذاشته‌اند.

با توجه به تحولات قوانین حاکم بر شهرسازی، نیاز به احداث طبقات زیرزمین در بسیاری از ساختمان‌ها به وجود آمده است. از این رو عملیات پایدارسازی دیواره‌های گودهای عمیق شهری گسترش یافته و نیاز به پرداختن به آن‌ها در نشریات فنی ملی به‌وجود آمده است.

افزایش شمار ساختمان‌های بلند مرتبه و بهره برداری از زمین‌های با مشخصات ژئوتکنیکی نامطلوب، موجب افزایش تقاضا برای شالوده‌های عمیق و همچنین بهسازی خاک و یا مقاوم سازی پی‌ها شده است. ولی از آنجائی که عملیات اجرایی شالوده‌های سطحی همانند سایر اجزای سازه در فصول دیگر پوشش داده شده و مبحث شالوده‌های عمیق (شمع) پیش‌تر در ضابطه ۳۸۶ ارائه شده است، در این فصل فقط به بهسازی خاک پرداخته خواهد شد.

افزایش شمار سازه‌های زیرزمینی ایجاب نموده است به مقوله زهکشی و آب‌بندی نیز پرداخته شود. با توجه به ابداع ژئوسنتتیک‌ها و گسترش روزافزون استفاده از این مصالح در صنعت ساختمان، ضرورت دیده شده که این مصالح در نشریات ملی توصیف شوند.

### ۵-۱-۲- تعاریف و اصطلاحات

**اختلاط در عمق**[۱]: اختلاط برجای خاک نامرغوب با سیمان در عمق به وسیله هم‌زدن (استوانه‌ای یا ترانشه‌ای) یکی از روش‌های بهسازی و تثبیت خاک است.

**بهسازی خاک**[۲]: به اصلاح ویژگی‌های مهندسی خاک با هدف بهره‌وری بیشتر از یک ساختگاه نامطلوب، بهسازی خاک گفته می‌شود.

**پایش**[۳]: عبارت است از فرآیندهای کنترلی با استفاده از بازرسی چشمی، برداشت‌های نقشه‌برداری و یا نصب و قرائت ابزار دقیق برای نظارت بر عملکرد ابنیه خاکی، سازه‌ها، دیوارها و تونل‌ها در حین و پس از اتمام عملیات اجرایی.

**پی**[۴]: مجموعه شالوده و خاک زیر آن، پی نامیده می‌شود. در ادبیات فنی، ممکن است به شالوده نیز پی اتلاق شود.

---

۱- Deep Soil Mixing
۲- soil ehabitation
۳- Monitoring
۴- Foundation

omoorepeyman.ir

**پی کنی و گودبرداری:** منظور از پی‌کنی انجام عملیات خاکی برای دستیابی به محل استقرار پی ساختمان‌ها و دیوارهای حائل، لوله‌ها، پایه پل‌ها در محوطه ساختمان‌ها و نظایر آن با دست یا ماشین‌آلات مناسب طبق رقوم خواسته شده در نقشه‌ها و دستورالعمل‌های دستگاه نظارت است. خاکبرداری برای احداث طبقات زیرزمین و پی را گودبرداری می‌نامند.

**پیش بارگذاری:** روشی برای بهسازی خاک‌های اشباع تراکم‌پذیر با نفوذپذیری کم مانند رس‌های با خاصیت خمیری زیاد، به شمار می‌رود.

**تراکم دینامیکی:** یک روش بهسازی عمیق خاک با پرتاب متوالی کوبه‌های سنگین از ارتفاع نسبتا زیاد است.

**تثبیت شیمیایی خاک**: به اصلاح و بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی خاک از طریق اختلاط مواد افزودنی اطلاق می‌شود.

**تزریق با فشار بالا**[۱]: اختلاط برجای خاک نامرغوب با سیمان به وسیله تزریق دوار با فشار بالا؛ این روش، یکی از روش‌های بهسازی و تثبیت خاک می‌باشد.

**خاک‌های نباتی سطحی:** به خاک‌هایی اطلاق می‌شود که برای تحمل بارهای وارده از طرف سازه مناسب نباشند. لایه‌های خاک حاوی مواد آلی شامل ریشه‌های گیاهان و درختان و نظایر آن، جزو خاک‌های نباتی محسوب می‌شوند.

**دیوارهای خاک مسلح:** به شیب‌های خاکی مسلح با زاویه بیش از ۷۰ درجه در نما، دیوارهای خاک مسلح اطلاق می شود. در احداث دیوارهای خاک مسلح، عموماً از دو گروه مصالح مسلح‌کننده شامل ژئوسنتتیک‌ها (ژئوتکستایل‌ها و ژئوگریدها) و تسمه‌های فلزی استفاده می‌گردد.

**روش ساخت از بالا به پایین**[۲]: روش بالا به پایین یک روش پایدارسازی دیوارهای خاکی گودها با استفاده از سازه اصلی ساختمان است.

**ریزشمع:** ریزشمع[۳] به شمع‌هایی با قطر کوچک (کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر) اطلاق می‌گردد که غالباً با تسلیح فولادی سبک و تزریق دوغاب سیمان همراه می‌باشند. ریزشمع علاوه بر آنکه به عنوان یک المان باربر و مقاوم در برابر نشست عمل و بار سطحی را به لایه‌های باربر منتقل می‌کند، به‌دلیل تزریق دوغاب سیمان، سبب بهبود مشخصات مکانیکی (مقاومتی و رفتاری) خاک اطراف نیز می‌گردد.

**زهکشی:** به سامانه‌ای اطلاق می‌شود که روان آب‌های سطحی یا آب‌های زیرسطحی را جمع‌آوری و به نقطه‌ای تعیین شده هدایت می‌نماید.

**ژئوسنتتیک**[۴]: محصولات (عمدتاً ورقه‌ای) از جنس پلیمر می‌باشند که در پروژه‌های عمرانی به تنهایی یا همراه مصالح خاکی، سنگی یا در بستر طبیعی برای تسهیل و یا بهبود عملکرد سیستم‌ها به کار می‌روند.

---

۱- Jet Grouting

۲- Top-Down Construction Method

۳- Micropile

۴- Geosynthetics

omoorepeyman.ir

**ژئوگرید:** شبکه‌ای است ساخته‌شده با نوارهای مقاوم پلیمری که در دو یا سه جهت به‌هم پیوسته و مقاومت کششی ایجاد کرده‌اند. ژئوگریدها بر مبنای روش ساخت، نوع پلیمر و مشخصات شبکه آن‌ها دسته‌بندی می‌گردند.

**ژئوکامپوزیت:** ژئوکامپوزیت‌ها ترکیبی دو یا چند نوع ژئوسینتتیک است که معمولاً برای عبوردهی آب می‌باشند.

**سازه نگهبان:** سازه‌ای است که برای حفاظت و تأمین پایداری دیواره‌های گودبرداری شده به کار برده می‌شود.

**ستون سنگریزه‌ای**[۱]: یکی از روش‌های بهسازی، جایگزینی جزئی خاک مسئله‌دار با مصالح مرغوب است. ایجاد ستون‌های سنگریزه‌ای به قطر و عمق و فواصل مختلف یکی از روش‌های بهسازی است.

**شالوده**[۲]: عضو معمولاً بتنی است که در زیر ستون یا دیوار قرار دارد و بار آن‌ها را به زمین منتقل می‌کند.

**شیب‌های خاکی مسلح:** نوعی از سازه‌های خاکی مسلح (تثبیت مکانیکی زمین[۳]) هستند که در آن‌ها از مسلح کننده‌های صفحه‌ای (ژئوسنتتیک‌ها یا تسمه‌های فلزی) استفاده می‌شود.

**مهار به پشت**[۴]: پایدارسازی شیب‌ها و دیوارهای خاکی با نصب مهار (فعال[۵] و غیر فعال[۶]) در داخل توده خاک را مهار یا دوخت به پشت (سطح نما) می‌نامند. مهار به پشت در برابر سازه مهار از جلوی سطح دیواره گود یا شیب تعریف شده است.

**مهار متقابل گود**[۷]: مهار متقابل یکی از روش‌های مهار سازه‌ای دیواره‌های گودبرداری‌هاست که پایداری گود را با انتقال نیرو سطوح مقابل به یکدیگر فراهم می‌کند.

---

۱- Stone Column
۲- Footing
۳- Mechanically Stabilized Earth (MSE) Structures
۴- Tie-back
۵- Anchor
۶- Nail
۷- Braced Excavation

omoorepeyman.ir

## ۵-۲- عملیات خاکی

عنوان فصل سوم ویرایش پیشین ضابطه ۵۵ عملیات خاکی بود و در آن مباحث خاکبرداری و خاکریزی مطرح شده بود. در این ویرایش نیز تقریباً مطالبی با همان رویکرد ویرایش پیشین ولی در قالب بخشی از فصل پنجم ارائه شده است.

خاکبرداری ساختگاه به منظور دستیابی به تراز استقرار پی‌های نزدیک به سطح زمین را پی‌کنی می‌نامند. در مواردی که ساختمان دارای چندین طبقه زیرزمین باشد، خاکبرداری مترادف با گودبرداری است. کلیات مرتبط با پی‌کنی در این بخش و گودبرداری در بخش بعدی ارائه می‌شود.

عملیات خاکریزی به منظور دستیابی به تراز مشخص برای محوطه سازی رایج است ولی استقرار ساختمان بر خاکریزها منوط به رعایت مشخصات فنی ویژه‌ای است. از سوی دیگر اصلاح یا تعویض قشر سطحی خاک توأم با عملیات کوبش خواهد بود. کلیات عملیات خاکریزی در این بخش و بهسازی خاک در بخش‌های بعدی ارائه خواهد شد.

### ۵-۲-۱- خاکبرداری

#### ۵-۲-۱-۱- الزامات کلی

قبل از انجام هرگونه عملیات خاکی، پیمانکار موظف است کروکی محل اجرای عملیات را دقیقاً با حضور نمایندگان دستگاه نظارت و کارفرما، برداشت و صورت‌مجلس نماید و قبل از شروع عملیات و با توجه به برنامه زمان‌بندی پروژه و نحوه اجرای کار، نوع و تعداد ماشین‌آلات را به تایید دستگاه نظارت برساند. شروع و تداوم عملیات خاکی، باید طبق برنامه زمان‌بندی پیش‌بینی شده به‌طور پیوسته ادامه یابد. به‌علاوه پس از انجام عملیات خاکی در هر قسمت، باید عملیات بعدی ساختمانی، بلافاصله آغاز و به ترتیب پیش‌بینی شده در برنامه زمانی ادامه یابد. تمام مصالح مناسب حاصل از گودبرداری و خاکبرداری‌ها، باید در صورت لزوم پس از تایید دستگاه نظارت به مصرف خاکریزی‌ها برسد.

مصالح نامناسب، باید از محل کارگاه خارج و با نظر دستگاه نظارت در محل‌های مناسب تخلیه و به شکل مورد قبول، پخش و رگلاژ شود. در صورت وجود آب‌های زیرزمینی یا رواناب‌های سطحی، عملیات خاکی باید همواره با زهکشی و حفاظت بدنه و جدار گود، به شرح مندرج در این فصل، به‌طور هم‌زمان انجام گیرد. دستگاه نظارت می‌تواند هنگام بارندگی شدید یا مواقع اضطراری به‌منظور حفاظت عملیات، کارهای اجرایی را متوقف نماید.

تمام تجهیزات و روش مورد استفاده جهت خاکبرداری و انتقال خاک به بیرون از پروژه باید مطابق نظر دستگاه نظارت و طبق مشخصات فنی عملیات اجرایی انتخاب شود.

#### ۵-۲-۱-۲- خاکبرداری

تمامی عملیات خاکبرداری باید مطابق با خطوط و تراز موجود در نقشه‌های اجرایی و دستورالعمل‌های دستگاه نظارت صورت پذیرد. عملیات خاکبرداری و رگلاژ سطوح بدون پوشش، باید به‌طور هم‌زمان صورت گیرد. کارهای بعدی باید

omoorepeyman.ir

بلافاصله پس از خاکبرداری صورت پذیرد و در هر حالت نباید سطوح خاکبرداری شده بیش از ۷۲ ساعت در معرض عوامل جوی و باران قرار گیرند.

در صورتی که بر اساس برنامه زمان‌بندی شده یا به هر دلیل دیگر عملیات بعدی بلافاصله انجام نشود، کنترل لایه‌های قبلی و در صورت لزوم، اصلاح و نیز تسطیح و رگلاژ نهایی سطح کار، باید قبل از اجرای مراحل بعدی صورت گیرد. چنانچه پیمانکار به عمد یا به سهو، اقدام به برداشت خاک تا تراز نهایی نموده و عملیات بعدی به مدت طولانی پس از آن موکول گردد، در صورت نیاز برداشت خاک‌های رویه و آماده نمودن مجدد بستر تا تراز مورد نظر برای ادامه عملیات، باید مطابق نظر دستگاه نظارت انجام پذیرد.

در تمامی عملیات خاکبرداری باید دقت کافی به عمل آید، تا از خاکبرداری اضافی و از بین رفتن مصالح در کف و جداره‌ها، خصوصاً در مقاطعی که بتن‌ریزی در آن‌ها انجام می‌گیرد، جلوگیری به عمل آید. در صورت انجام خاکبرداری اضافی توسط پیمانکار، باید محل تا تراز و رقوم نهایی خواسته شده با مصالح مناسب مورد تایید دستگاه نظارت و یا با بتن متناسب با شرایط خاک و حداقل با بتن رده مقاومتی C15، ترمیم و رگلاژ شود.

خاکبرداری محل کانال‌ها برای کارگذاری لوله و کابل، باید طبق نقشه و مشخصات با ابعاد و رقوم‌های تعیین شده انجام شود. در صورت نیاز و پس از تایید دستگاه نظارت، اضافه خاکبرداری در محل اتصالات لوله‌ها انجام خواهد شد. چنانچه کار کندن با ماشین صورت گیرد، باید عملیات تا ۱۵ سانتیمتری عمق نهایی، انجام و بقیه عملیات برای تسطیح و رگلاژ کف کانال به صورت دستی انجام گیرد.

### ۵-۲-۱-۳- پی‌کنی و گودبرداری

پی‌کنی در دیوار قائم باید محدود به سطوح خارجی پی‌ها و در سطوح افقی محدود بین رقوم زیرین بستر پی و رقوم زمین طبیعی، زمین تسطیح شده یا محل‌های خاکریز باشد. انواع پی‌کنی باید طبق نقشه، مشخصات فنی و دستورالعمل‌های دستگاه نظارت در ابعاد و اندازه‌های خواسته شده انجام شود. پی‌کنی بیش از ابعاد افقی و عمودی به هیچ وجه مجاز نمی‌باشد. چنانچه پیمانکار به اشتباه مبادرت به انجام گودبرداری بیش از ابعاد تعیین شده نماید، باید فضای اضافی با بتن یا مصالح مناسب دیگر و طبق نظر دستگاه نظارت، پر و برای ادامه کار آماده شود. شروع عملیات پی‌سازی قبل از آن‌که محل گود از طرف دستگاه نظارت، بازدید، برداشت و تایید شود، مجاز نمی‌باشد. به‌طور کلی عملیات گودبرداری، باید با دیواره قائم صورت پذیرد، مگر آنکه نوع خاک، حفاری جدار گود به صورت شیبدار را اجتناب‌ناپذیر سازد. در این صورت باید عملیات حفاری و شیب جدار گود با تایید دستگاه نظارت، تعیین شود.

پی‌کنی و گودبرداری در محل‌هایی که در آن پی‌سازی پیش‌بینی شده، در صورت تایید دستگاه نظارت می‌تواند طوری صورت گیرد که تا حد امکان به قالب‌بندی نیاز نبوده و بتوان از جبهه خاکبرداری شده با استفاده از پلاستیک یا روش‌های مشابه تایید شده استفاده نمود. در صورتی که نتوان از جبهه خاکبرداری شده برای اجرای کارهای بتنی استفاده نمود و

omoorepeyman.ir

بستن قالب اجتناب‌ناپذیر باشد، می‌توان با تایید دستگاه نظارت به میزان مورد نیاز و حداکثر تا ۷۰ سانتیمتر در پایین‌ترین نقطه به ابعاد پی‌کنی اضافه نمود.

پی‌کنی و گودبرداری باید تا رسیدن به بستر مناسب ادامه یابد، مگر آنکه در مشخصات فنی خصوصی و نقشه‌های اجرایی یا دستورالعمل‌های دستگاه نظارت ترتیب دیگری مقرر شده باشد. به‌طور کلی باید مصالح نامناسب و سست با مصالح مناسب و تایید شده توسط دستگاه نظارت جایگزین شود. چنانچه عملیات گودبرداری با ماشین انجام شود، گودبرداری باید تا ۱۵ سانتیمتری رقوم نهایی انجام و ۱۵ سانتیمتر آخر به صورت دستی برداشته و طبق رقوم و شیب‌های داده شده در نقشه‌های اجرایی، تنظیم و رگلاژ شود. پی‌کنی، در زمین‌های لجنی، سست و ریزشی باید براساس مندرجات بندهای ۵-۲-۱-۵ و ۵-۲-۱-۶ انجام شود. به‌طور کلی محل‌های پی‌کنی، باید از نفوذ آب برف، یخ یا پر شدن با هرگونه مصالح و ضایعات مصون بماند. به‌منظور جلوگیری از نفوذ آب، باید از روش‌های متداول، نظیر احداث دیوار آب‌بند پلاستیک[۱]، سپرکوبی[۲]، انحراف مسیر آب زهکشی، پمپاژ[۳] و غیره استفاده نمود. ترتیب و روش اجرای کار، باید قبل از اجرا به تایید دستگاه نظارت برسد.

**۵-۲-۱-۴- خاکبرداری در پایدارسازی دیواره‌های گود**

پایدارسازی دیواره گود در دو نوع کلی،خاکبرداری میانی و کناری قابل انجام است. پیش از انجام هر مرحله از عملیات خاکبرداری کناری باید تمام مراحل مربوط به اجرا در مرحله قبل صورت گرفته باشد و پس از تایید دستگاه نظارت اقدام به انجام عملیات خاکبرداری گردد. خاکبرداری میانی نیز باید مطابق نظر دستگاه نظارت و طبق برنامه ارائه شده انجام گردد.

**۵-۲-۱-۴-۱- خاکبرداری در پایدارسازی به روش مهار به پشت**

توضیحات کامل پیرامون گودبرداری و پایدارسازی در بخش بعد ارائه می‌شود ولی توضیحات مقدماتی در این بخش آورده شده است.

بیشینه ارتفاع گام‌های خاکبرداری نباید از ۳ متر بیشتر باشد. دهانه‌های خاکبرداری نیز باید به صورت یک‌درمیان انجام گردد. در صورت برخورد با خاک دستی یا تراوش شدید آب که احتمال ریزش را افزایش می‌دهد باید با هماهنگی دستگاه نظارت تمهیدات ویژه اتخاذ شود.

پس از رگلاژ دستی یا ماشینی، باید با انجام عملیات نقشه‌برداری و تعیین تراز سطوح حاصل شده، از صحت خاکبرداری و رعایت رواداری‌های لازم اطمینان حاصل شود. رواداری اجرایی قابل قبول برای سطوح ۱۰ سانتیمتر می‌باشد. همچنین موارد ذیل باید در حین عملیات خاکبرداری رعایت شوند:

۱- Plastic Diaphragm Wall
۲- Sheet Piling
۳- Pumping or Well-Point

omoorepeyman.ir

الف- در صورتی که میزان خاکبرداری انجام‌شده یا ریزش‌های موضعی بیش از مقدار رواداری مجاز باشد (فاصله مش تا رخنمون خاک بیشتر از ۵۰ سانتیمتر باشد)، محل مورد نظر باید با پوکه معدنی، مواد پرکننده سبک یا مصالح مشابه پر و پس از اجرای بتن پاششی با استفاده از تزریق با فشار کم دوغاب سیمان، پایداری لازم برای آن محل تأمین گردد.

ب- در صورتی که در حین عملیات خاکبرداری با فضاهای خالی اعم از قنوات، چاه‌های فاضلاب قدیمی و غیره برخورد شود، باید مطابق با دستورالعمل ارائه شده توسط مشاور این فضای خالی پر و یا مسیر آن منحرف گردد.

پ- در صورت برخورد با عوارض زیرسطحی مانند لوله‌های تاسیسات شهری، آثار باستانی و غیره که نیاز به انجام تمهیدات ویژه دارد، حتماً باید مراتب به اطلاع دستگاه نظارت رسانده شود تا تصمیم‌گیری‌های لازم در مورد آن صورت گیرد.

### ۵-۲-۱-۵- خاکبرداری در زمین‌های دارای خاک نباتی و لایه سطحی[۱]

خاک‌های نباتی نباید برای خاکریزهای مهندسی استفاده شوند و باید از تمام قسمت‌های عملیات خاکبرداری، گودبرداری و محل قرضه‌ها، جمع‌آوری و در محل‌های تعیین شده توسط دستگاه نظارت ریخته شوند.

در زمین‌های چمنی با پوشش نازک علفی توصیه می‌شود تا عمق ۱۵ سانتیمتر خاک نباتی برداشته شود، ولی در زمین‌های جنگلی عملیات تا برداشت کامل ریشه و کنده درختان و رسیدن به بستر باید ادامه یابد. ریشه برخی درختان در مناطق خشک تا اعماق چندین متر یافت می‌شود. چنانچه نسبت فضای اشغال شده توسط ریشه‌ها کمتر از حدود ۲ درصد توده خاک برجا و متراکم باشد، می‌توان از آن صرفنظر نمود.

### ۵-۲-۱-۶- خاکبرداری در زمین‌های لجنی

در صورت وجود لجن در محل‌های خاکبرداری، پیمانکار باید قبل از اجرای عملیات، تدابیر لازم برای انتخاب نوع و تعداد ماشین‌آلات و روش کار را به عمل آورده و پس از تایید دستگاه نظارت اقدام به شروع عملیات نماید. در زمین‌های لجنی، توصیه می‌شود از ماشین‌آلات کوچک، سبک و با سطح اتکای زیاد استفاده شود تا عملیات با سهولت بیشتری انجام شود.

### ۵-۲-۱-۷- خاکبرداری در زمین‌های سنگی

خاکبرداری در زمین‌های سنگی باید براساس نقشه اجرایی و دستورالعمل‌های دستگاه نظارت تا رقوم‌های خواسته شده و ابعاد مورد نظر انجام شود. پیمانکار موظف است به هنگام عملیات خاکبرداری و حفاری در سنگ، مراقبت‌ها و تدابیر لازم را به عمل آورد تا حتی‌الامکان ابعاد و رقوم‌های حفاری شده مطابق مندرجات نقشه و دستورالعمل‌های کارگاهی باشد.

۱- Top Soil

omoorepeyman.ir

عملیات در مناطق سنگی باید به‌نحوی انجام شود که بافت‌های سنگی در زیر خطوط تراز تعیین شده، برای ادامه عملیات ساختمانی دست‌نخورده باقی مانده و در بهترین و مناسب‌ترین حالت ممکن حفظ شود.

در صورت استفاده از مواد ناریه برای حفاری در سنگ، مورد باید با هماهنگی دستگاه نظارت و کارفرما، انجام پذیرد.

عملیات چال‌زنی، میزان خرج و نحوه اجرای کار، باید چنان باشد که خاکبرداری حاصله طبق خطوط و شیب‌های مشخص شده در نقشه‌ها و دستورالعمل‌ها صورت گرفته و حداقل خرابی به قسمت‌های باقیمانده وارد آید. عملیات انفجاری نباید باعث تخریب اضافی یا احتمالاً سست شدن بستر گردد.

چنانچه روی بسترهای سنگی پی‌سازی انجام شود، این بستر باید عاری از هر گونه مصالح سست و جدا شونده بوده و سطح کار قبلاً صاف شده باشد. شکاف‌ها و ناهمواری‌هایی که احتمالاً در بسترهای سنگی ایجاد می‌شوند، باید قبل از عملیات پی‌سازی مطابق دستور دستگاه نظارت با بتن مگر و یا ملات مناسب، پر و تسطیح شوند.

حفاظت بدنه پی ساختمان‌ها، زیرزمین‌ها و ترانشه‌ها باید با قراردادن و بستن حائل‌های موقت به منظور جلوگیری از ریزش‌های احتمالی و تأمین ایمنی کامل به هنگام عملیات ساختمانی انجام پذیرد.

## ۵-۲-۲- خاکریزی

### ۵-۲-۲-۱- انواع خاکریزی

#### ۵-۲-۲-۱-۱- خاکریز باربر[۱]

احداث ساختمان بر روی خاکریز مجاز نمی‌باشد مگر آنکه توان باربری و پایداری خاکریزی توسط مشاور ذی‌صلاح بررسی و اعلام شود. در خاکریز باربر باید الزامات ذیل رعایت شوند:

الف- مصالح مناسب با توجه به دستورالعمل‌های مندرج در بند ۵-۲-۲-۲ انتخاب شود.

ب- اجرای خاکریز بر روی بسترهای دارای خاک‌های مسئله دار[۲] مجاز نیست.

ت- به کار بردن رس‌هایی با خاصیت خمیری بالا[۳] در خاکریزی مجاز نیست.

ث- کنترل بستر خاکریزی با رعایت مندرجات مشخصات فنی خصوصی و مندرجات بند ۵-۲-۲-۱-۲ این فصل قبل از اجرای عملیات خاکریزی ضروری است.

۱- Load bearing

۲- Problematic Soil

۳- High Plasticity Clay

omoorepeyman.ir

**۵-۲-۲-۱-۲- خاکریزهای پر کننده[۱]**

برای پر کردن اطراف پی ساختمان‌ها، دیوارهای حائل، ترانشه لوله‌ها و مشابه آن باید از خاکریزهای پرکننده استفاده شود. کیفیت مصالح در این خاکریزها باید با مندرجات بند ۵-۱-۳-۲ این فصل مطابقت نماید. استفاده از خاک‌های حاصل از گودبرداری و عملیات خاکی، در صورت تایید دستگاه نظارت مجاز است. در غیر این صورت باید با نظر و تایید دستگاه نظارت از خاک قرضه مناسب برای خاکریزی استفاده شود. در صورت عدم دسترسی به خاک مناسب، با تایید قبلی دستگاه نظارت می‌توان از مصالحی نظیر بتن سبک و شفته آهکی استفاده نمود.

**۵-۲-۲-۲- مصالح خاکریزی**

توصیه می‌شود خاک مصرفی برای خاکریزی، از مصالح حاصل از گودبرداری‌ها و خاکبرداری‌های پروژه تأمین شود. استفاده از این خاک‌ها، باید پس از انجام تعیین رده خاک بر اساس استاندارد M-145 اشتو و با تایید دستگاه نظارت صورت گیرد. تمامی خاک‌هایی که در گروه هفتگانه A-1 تا A-7 استاندارد M-145 اشتو قرار می‌گیرند، جزو خاک‌های قابل قبول برای خاکریزی محسوب می‌شوند.

استفاده از خاک‌های گچی، نمکی، نباتی، لجنی، زراعی قابل تورم، خاک‌های دارای مواد آلی و رستنی‌ها، در شمار خاک‌های نامرغوب و نامناسب قرار می‌گیرند و استفاده از آن‌ها در خاکریزی مجاز نمی‌باشد.

در مواردی که خاک حاصل از عملیات گودبرداری یا خاکبرداری پروژه برای خاکریزی کفایت ننماید و یا خاک مناسب در فاصله حمل اقتصادی قرار نداشته باشد، با توجه به مشخصات فنی خصوصی و با هماهنگی قبلی دستگاه نظارت استفاده از مصالح رودخانه‌ای مجاز می‌باشد. محدودیت مصالح ریزدانه (مصالح گذرنده از الک نمره ۲۰۰) باید توسط دستگاه نظارت اعلام شود.

**۵-۲-۲-۲-۱- اصلاح مصالح**

استفاده از خاک رس با خاصیت خمیری بالا و سایر خاک‌ها که با دشواری متراکم می‌شوند برای خاکریزی مجاز نمی‌باشد. چنانچه الزامی برای استفاده از این‌گونه خاک‌ها باشد، می‌بایست به نحو مقتضی اصلاح شود و یا فرآیند اجرای آن‌ها طبق نظر مشاور ذی صلاح تعریف و آزمایش شود.

**۵-۲-۲-۳- کنترل رطوبت خاکریزها**

**۵-۲-۲-۳-۱- خاکریزهای با مصالح ریزدانه**

قبل از اجرای عملیات تراکم در خاکریزها، مصالح ریزدانه باید دارای رطوبت بهینه‌ای به‌دست آمده از آزمایش تراکم اصلاح شده باشند. توصیه می‌شود رطوبت در محل قرضه به خاک اضافه شده و پس از حمل و پخش، رطوبت در محل

۱- Back Fill

omoorepeyman.ir

کنترل شود. اضافه نمودن آب برای تأمین رطوبت در محل اجرا با توجه به نوع مصالح باید مورد موافقت دستگاه نظارت قرار گیرد. برای اندازه‌گیری وزن مخصوص خاک در محل، باید از روش مخروط ماسه مطابق استاندارد T-191 استفاده شود. چنانچه قرار است به روش دیگری اقدام شود، جزئیات باید در مشخصات فنی خصوصی ذکر شود.

در صورت تایید دستگاه نظارت می‌توان درصد رطوبت را در مورد خاک‌های چسبنده[۱]، یک تا دو درصد کمتر اختیار نمود و در مورد خاک‌های قابل تورم[۲] الزامات بند ۵-۲-۲-۲-۱ باید رعایت شود. در هر حالت عملیات تراکم تا حصول وزن مخصوص مورد نظر باید ادامه یابد.

**۵-۲-۲-۳-۲- خاکریزهای با مصالح درشت‌دانه**

میزان تراکم و رطوبت بهینه خاکریزی با مصالح درشت‌دانه باید با استفاده از آزمایش تراکم و با رعایت مفاد استاندارد ASTM D2049 مشخص شود.

**۵-۲-۲-۳-۳- خاکریزهای با مصالح رودخانه‌ای**

میزان تراکم و رطوبت بهینه این نوع خاکریزی، باید با توجه به نوع مصالح و درصد مواد ریزدانه با استفاده از آزمایش تراکم استاندارد مشخص شود.

**۵-۲-۲-۴- پخش، تسطیح و کوبیدن**

**۵-۲-۲-۴-۱- آماده‌سازی بستر خاکریزی**

قبل از شروع عملیات خاکریزی باید سطوح و مناطقی که در نقشه‌های اجرایی و دستورالعمل‌های دستگاه نظارت برای خاکریزی مشخص شده، از مصالح نامناسب، خاک نباتی، ریشه اشجار و گیاهان کاملاً تمیز و پاک شود. در صورت وجود آب‌های زیرزمینی، باید قبل از اجرای عملیات بر اساس دستورالعمل‌های مندرج در این فصل، نسبت به زهکشی و کاهش تراز آب مطابق نظر دستگاه نظارت اقدام شود.

الف- در زمین از جنس خاک‌های ریزدانه لای و یا رسی خشک، معمولاً تردد موجب پودری شدن خاک می‌شود و ضمن ایجاد گرد و غبار مشکلاتی برای بسترسازی ایجاد می‌کند. در این‌گونه موارد ابتدا باید به عمق حدود ۱۰ سانتیمتر بستر شخم زده و با شن درشت مخلوط شده، سپس با تراکم تعیین شده در مشخصات فنی کوبیده شود.

ب- برای آن‌که عمل خرد و نرم کردن خاک‌های ریزدانه به‌طور مؤثری انجام شود، توصیه می‌شود عملیات خرد و نرم کردن این‌گونه خاک‌ها در رطوبتی برابر با رطوبت بهینه آن‌ها انجام پذیرد.

پ- چنانچه زمین بستر خاکریزی از مصالح شن و ماسه باشد، باید سطح کار با تراکم مورد نظر رگلاژ و کوبیده شود.

---

۱- Cohesive Soil

۲- Expansive Soil

omoorepeyman.ir

ت- چنانچه لازم باشد خاکریزی روی سطح بتنی انجام شود، قبل از اجرای عملیات باید سطح بتن کاملاً تمیز و مرطوب گردد.

ث- چنانچه لازم باشد خاکریزی روی سطوح سنگی انجام شود، قبل از خاکریزی باید مواد خارجی، سنگ‌های سست و مواد اضافی دیگر از محل کار، حذف و پس از مرطوب نمودن سطح آن، خاکریزی شروع شود.

ج- اگر خاک پس از اختلاط با برخی از مصالح افزودنی مانند آهک افزایش حجم دهد، می‌توان رقوم اولیه سطح خاک محل را قدری پایین‌تر از رقوم نهایی مندرج در نقشه‌ها اختیار نمود و یا اینکه بعداً ضخامت اضافی را تراشید.

چ- جهت اختلاط قیر با خاک، خاک آماده شده باید بر روی آن به شکل هندسی منظم با استفاده از تیغه گریدر و یا استفاده از قالب ریسه که معمولاً به پشت گریدر وصل می‌شود، مطابق توضیحات ضابطه ۱۰۱ سازمان برنامه‌وبودجه ریسه شود.

ح- بین آماده سازی بستر و اجرای عملیات خاکریزی، نباید فاصله زمانی زیادی وجود داشته باشد. خاکریزی باید بلافاصله پس از آماده‌سازی شروع شود.

**۵-۲-۲-۴-۲- خاکریزهای باربر**

**الف- پخش لایه‌ها**

عملیات خاکریزی باید در لایه‌های افقی صورت گیرد. نحوه توزیع و پخش مصالح در لایه‌های خاکریزی، باید چنان باشد که در هیچ قسمت از کار، حفره و سوراخ به وجود نیاید و مصالح به‌صورت یکنواخت پخش شود. عبور و مرور وسایل نقلیه و تجهیزات کارگاه از منطقه خاکریزی که موجب برهم خوردن تراز کار و ایجاد شیار در اثر عبور چرخ ماشین‌آلات شود، مجاز نمی‌باشد. با توجه به ضخامت، جنس و میزان تراکم، مصالح خاکریزی باید در محل و در فواصل معین به‌نحوی تخلیه شود که بتوان آن را به راحتی در سطح کار پخش نمود. تنظیم و پخش باید به‌نحوی صورت گیرد که پس از عمل تراکم، سطح و ضخامتی کاملاً یکنواخت حاصل شود. هر لایه افقی باید بعد از خاتمه عمل کوبیدن لایه قبلی ریخته شود. ضخامت این لایه باید به‌نحوی انتخاب گردد که پس از عمل کوبیدن و دستیابی به تراکم مورد نظر، هیچ‌گاه ضخامت لایه تمام شده از ۱۵ سانتیمتر تجاوز ننماید. حداکثر ضخامت خاک قبل از کوبیدن با توجه به نوع خاک، ماشین‌آلات به کار گرفته شده و تجربیات کارگاهی با روش سعی و خطا مشخص می‌شود، ولی هیچ‌گاه نباید ضخامت لایه خاک کوبیده نشده ریزدانه از ۳۰ سانتیمتر تجاوز کند. در مورد خاک‌های درشت‌دانه و مصالح سنگی، حداکثر ضخامت باید با تایید دستگاه نظارت معین شود. بعد از اتمام عمل کوبیدن، در صورتی‌که سطح کار بسیار صاف و آیینه‌ای باشد، سطح کار قبل از ریختن لایه بعدی باید شخم زده شود. در مورد خاکریزی با مصالح سیلتی و رسی در صورتی که سطح خاکریز خیلی خشک یا بیشتر از حد لازم مرطوب باشد، باید مقدار رطوبت را قبل از اجرا کنترل کرد.

omoorepeyman.ir

**ب- پخش مصالح افزودنی**

پخش مصالح افزودنی بر روی خاک به‌صورت پخش دستی، پخش با وسایل مکانیکی به‌صورت خشک یا دوغاب و یا تزریق با فشار مجاز است.

دوغاب آهک، باید شامل ۱۰۰۰ کیلوگرم آهک شکفته در ۲۲۰۰ لیتر آب باشد به طوری‌که دوغاب حاصل در این حالت دارای حدود ۳۰ درصد آهک باشد. به کار بردن دوغاب آهک با درصد آهک بیشتر عمل تلمبه کردن و پخش آهک را بسیار دشوار و گاهی غیرممکن می‌سازد. در مواردی که درصد رطوبت طبیعی خاک در حدود درصد رطوبت بهینه باشد باید غلظت دوغاب آهک بیشتر باشد. در مواردی که هوا سرد است باید دقت کرد تا دوغاب آهک بیش از حد تعیین شده پخش نشود؛ چرا که این امر باعث افزایش رطوبت خاک می‌شود و برگشت به رطوبت بهینه در هوای سرد بسیار دشوار است.

در صورت استفاده از روش تزریق دوغاب آهک با فشار برای کاهش قابلیت تورم و پایدار کردن خاک، دوغاب آهک باید به عمق ۲ تا ۳ متر در خاک تزریق شود. توصیه می‌شود فواصل بین نقاط تزریق دوغاب بین ۱/۵ متر انتخاب گردد و پس از تزریق دوغاب لایه‌ای به ضخامت ۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متر از سطح بالایی خاک به‌طور کامل و با استفاده از روش‌های معمول تثبیت شود.

جهت پخش سیمان بر روی خاک، در صورتی‌که سیمان به‌صورت دوغاب بر روی خاک پخش شود، نسبت آب به سیمان دوغاب سیمان باید بین ۰/۷ تا ۰/۸ باشد. پخش سیمان در دمای کمتر از ۵ درجه سانتی‌گراد و هوای بارانی مجاز نمی باشد.

برای پخش قیر بر روی خاک ریسه شده، بایستی از ماشین‌های قیرپاش مجهز به گرم‌کن استفاده گردد. برای آگاهی از درجه حرارت پخش قیرها به ضابطه ۲۶۸ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور مراجعه شود.

**پ- اختلاط و آب‌پاشی**

پس از پخش آهک بر روی خاک آماده شده، با چند بار عبور مخلوط‌کن به‌طور عمقی از بالا به پایین، عمل اختلاط خاک با آهک و همچنین خرد و نرم کردن مخلوط انجام می‌شود. با توجه به نوع مخلوط‌کن باید میزان دفعات عبور مخلوط‌کن از روی سطح توسط مشاور در مشخصات فنی ذکر شود.

برای تثبیت خاک با آهک در ضخامت‌های زیاد بایستی تمام آهک در دو مرحله به خاک اضافه شود. حداکثر ضخامت با آهک تثبیت شده باید برابر ۶۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شود. جهت اختلاط ابتدا سطح خاک با شخم‌زن دیسک‌دار شخم زده و سپس ۳ درصد وزن خشک خاک، آهک به خاک اضافه گردد. پس از پخش آهک، باید مجدداً مخلوط خاک و آهک با شخم‌زن دیسک‌دار به عمق ۲۰ تا ۲۵ سانتی‌متری شخم زده و سپس با استفاده از بولدوزر، خاک تا عمق ۶۰ سانتی‌متری یا بیشتر شخم زده و خرد و نرم شود. در مرحله آخر باید بقیه آهک به قسمت بالایی لایه خاک (عمق ۱۰ تا ۳۰ سانتی متری) اضافه و با شخم‌زن دیسک‌دار به خوبی شخم زده شود تا عمل تثبیت به‌طور کامل انجام پذیرد.

omoorepeyman.ir

برای تثبیت خاک‌های رسی خیلی خمیری که حد خمیری آن‌ها بیش از ۵۰ است، توصیه می‌شود اضافه کردن آهک در دو مرحله انجام پذیرد تا تثبیت خاک بهتر و کامل‌تر انجام شود.

عمل اختلاط خاک با سیمان مشابه اختلاط خاک با آهک باید انجام شود و آن‌قدر ادامه یابد تا رنگ مخلوط یکنواخت گردد، به‌طوری‌که با چشم نتوان در یک محل سیمان اضافی، مصالح خاکی و یا مصالح سنگی اضافی را تشخیص داد. در صورتی‌که در حین پخش سیمان بر روی خاک بارندگی باشد، باید پخش سیمان و اختلاط آن با خاک به سرعت قطع و سیمان پخش شده بلافاصله با خاک مخلوط شده و کاملاً متراکم گردد.

به منظور اختلاط قیر با خاک پس از قیرپاشی و قبل از آن‌که درجه حرارت قیر مایع از درجه حرارت‌های مجاز اختلاط قیر با خاک کمتر شود، عمل مخلوط کردن خاک با قیر باید با استفاده از تیغه گریدر و یا مخلوط‌کن‌های سیار انجام شود. بدین منظور ابتدا نیمی از قیر لازم بر روی خاک ریسه و پخش شده و گریدر باید بلافاصله شروع به اختلاط خاک با قیر نماید و سپس نیم دیگر قیر در دو مرحله بر روی خاک، پخش شده و در هر مرحله عمل اختلاط با گریدر صورت گیرد. جهت مؤثرتر بودن عمل اختلاط با گریدر باید طول تیغه گریدر کمتر از ۳ متر نباشد.

**ت- روش و میزان کوبیدن**

پس از ریختن مصالح، پخش آن باید با گریدر و یا ماشین‌آلات مشابه به روش‌های مورد تایید انجام شود. در صورتی که میزان تراکم لایه‌ها در نقشه‌ها مشخص نشده باشد، مصالح باید حداقل با تراکمی معادل ۱۰۰درصد به روش پروکتور استاندارد و یا ۹۵درصد آشتو اصلاح شده متراکم شود. نوع ماشین‌آلات و روش اجرای کار باید قبلاً به تایید دستگاه نظارت برسد. با توجه به نوع خاکریزی، وضعیت اجرای کار و نوع مصالح، استفاده از غلتک‌های چرخ لاستیکی، استوانه‌ای صاف، پاچه‌بزی، پاچه‌فیلی یا ویبراتورهای کششی مجاز می‌باشد.

تعداد گذرهای[1] متوالی در هر نوار و هر لایه باید چنان باشد که تراکم مورد نظر حاصل شود. روی‌هم‌افتادگی[2] گذرهای متوالی، نباید کمتر از ۳۰ سانتیمتر اختیار شود. ریختن و کوبیدن لایه بعدی، باید پس از کنترل و تایید دستگاه نظارت صورت گیرد.

کوبیدن مخلوط خاک و آهک آماده شده باید بلافاصله پس از اختلاط که به خوبی آب‌پاشی و مخلوط شده، انجام پذیرد. مقدار آب لازم برای پخش بر روی مخلوط خاک و آهک بایستی به اندازه‌ای باشد که به هنگام کوبیدن مخلوط و تا پایان عملیات غلطک‌زنی، رطوبت مخلوط در حدود رطوبت بهینه به دست آمده در طرح اختلاط باشد.

کوبیدن و متراکم کردن باید در دو یا سه مرحله انجام شود. برای مرحله اول توصیه می‌شود از غلطک‌های پاچه‌بزی لرزنده استفاده شود و عملیات تراکم تا زمانی‌که دیگر پاچه‌های غلطک در مصالح کوبیده شده فرو نروند، ادامه داشته باشد. برای مرحله دوم غلطک‌زنی توصیه می‌شود از غلطک‌های چرخ لاستیکی استفاده گردد تا آثار غلطک‌های پاچه‌بزی از بین رفته و سطح لایه کوبیده شده کاملاً متراکم شود. برای مرحله سوم و کوبیدن نهایی از غلطک‌های چرخ فولادی استفاده

۱- Pass
۲- Overlaping

omoorepeyman.ir

شود. در صورتی‌که تراکم به دست آمده کمتر از حد مورد نظر باشد، مخلوط کوبیده شده باید مجددا شخم و سپس با اضافه کردن آهک دوباره تا به دست آوردن تراکم تعیین شده متراکم شود.

در نقاط غیرقابل دسترس که امکان متراکم کردن مخلوط با غلطک‌های فوق‌الذکر امکان‌پذیر نباشد، استفاده از غلطک‌های کوچک موتوری مجاز می‌باشد، مشروط بر آن‌که تراکم مورد نظر با این غلطک‌ها حاصل شود.

عملیات تراکم برای مخلوط خاک و سیمان بایستی حداکثر پس از ۳۰ دقیقه از اختلاط خاک، سیمان و آب شروع شود و در مدت حداکثر ۳ ساعت به پایان برسد.

کوبیدن مخلوط قیری باید پس از عمل‌آوری مخلوط صورت پذیرد. نوع غلطک‌های مناسب برای متراکم کردن مخلوط های قیری، غلطک‌های چرخ فولادی تاندم و غلطک‌های چرخ لاستیکی است.

**ث- تسطیح و تنظیم**

پیمانکار باید دقت نماید که شیب شیروانی‌ها به‌طور مرتب، رگلاژ و تسطیح شده و آثار بی‌نظمی یا رد ماشین‌آلات در آن‌ها دیده نشود. مقاطع طولی و عرضی باید دقیقاً بر اساس قواره‌های لازم، اجرا و تنظیم شده و ناهمواری‌های خاکریز در محور طولی شمشه ۵ متری، نباید از ۳ سانتیمتر تجاوز نماید.

### ۵-۲-۲-۴-۳- خاکریزهای پرکننده[1]

در مواقعی که لازم باشد فضای پشت دیوارهای حائل یا دیوار زیرزمین ساختمان‌ها تا سطح زمین پر شود، باید از مصالح پرکننده‌ای استفاده شود که فشار اضافی نامتعارفی به سازه وارد نکند.

بهترین گزینه‌ها برای پرکردن پشت دیوارهای حائل، پلی استایرن یا ژئوفوم[2] با وزن مخصوص بیش از ۲۵ کیلوگرم بر مترمکعب یا قلوه سنگریزه رودخانه‌ای با دانه‌بندی یکنواخت است که نیاز به کوبش و تراکم ندارد.

در مواردی‌که شرایط خاکریزی و کوبش بدون وارد آمدن فشار مضاعف به سازه نگهبان وجود داشته باشد یا سازه نگهبان برای آن فشار طراحی شده باشد، می‌بایست به شرح زیر عمل نمود.

**الف- پخش مصالح**

پس از اجرای عملیات ساختمانی سازه‌ها، شامل پی ساختمان‌ها، دیوارهای حائل، اطراف آن‌ها باید از مواد اضافی و خارجی کاملاً تمیز و سپس فضاهای خالی با خاک مناسب از خاکبرداری یا منابع قرضه لایه به لایه ریخته، تسطیح و کوبیده شود. پخش لایه‌ها و کوبیدن آن‌ها با توجه به وضعیت سازه، باید با روش‌های سبک دستی به‌نحوی صورت گیرد که هیچ‌گونه صدمه‌ای به سازه وارد نیاید. پخش لایه‌ها باید به صورت افقی باشد و ضخامت آن‌ها پس از کوبیدن نباید از ۱۵ سانتیمتر تجاوز نماید.

---

۱- Back Fill

۲- Geofoam

omoorepeyman.ir

**ب- روش و میزان کوبیدن**

کوبیدن خاکریزهای پرکننده مستلزم توجه و دقت خاص بوده و پیمانکار باید برای جلوگیری از صدمه زدن به سازه‌ها از غلتک‌های دستی کوچک استفاده نماید. میزان تراکم خاکریزهای پرکننده چنانچه در نقشه‌ها مشخص نشده باشد، باید ۹۵ درصد بر اساس روش پروکتر استاندارد باشد. در سایر موارد نظیر ترانشه‌های لوله و کابل در صورتی که در مشخصات درخواست کوبیدن شده باشد، میزان تراکم باید توسط دستگاه نظارت تعیین شود. پیمانکار برای متراکم ساختن، مجاز به غرقاب کردن نیست و باید با روش‌های مورد تایید دستگاه نظارت اقدام به تراکم خاکریز نماید.

## ۵-۳- پایداری دیواره‌های گودبرداری

پایدارسازی دیواره گودبرداری‌های شهری که اغلب به‌صورت قائم اجرا می‌شوند، نیازمند تمهیدات ویژه است. طبقه‌بندی اهمیت و مخاطرات گودهای شهری در منابع رسمی ارائه‌شده است، ولی در مواردی‌که مستحدثات تاثیرپذیر از عملیات یا مخاطرات دیگر در پیرامون گود وجود داشته باشد، باید تمهیدات ایمن‌سازی فارغ از عمق گود در نظر گرفته شود.

یکی از مسائل مهم در ساخت‌وسازهای شهری، ایجاد پایداری مناسب در هنگام تخریب، گودبرداری و اجرای سازه نگهبان، به عبارتی پایدارسازی گود است. اهمیت اصلی پایدارسازی جداره‌های گود فراهم آوردن شرایط امن و مطمئن برای عملیات اجرایی و حفاظت از جان و مال افراد خارج و داخل گود می‌باشد. در ادامه الزامات روش‌های پایدارسازی گود و احداث سازه نگهبان ارائه می‌شود.

### ۵-۳-۱- میخ گذاری[۱] یا مهار غیرفعال (نیلینگ)

دیوارهای میخ‌گذاری شده در خاک، به‌طور خاص، برای گودبرداری‌های عمودی یا نسبتاً عمودی، توصیه می‌شوند. این روش برای تعمیر و بازسازی سازه‌های حائل موجود و گودبرداری‌های دائم و یا موقت در محیط‌های شهری دارد.

#### ۵-۳-۱-۱- روش اجرا

روش‌های متنوعی برای اجرای میخ درشیب‌ها ابداع شده است: میخ‌های پیش‌حفاری و تزریق‌شده[۲]، میخ‌های کوبشی[۳]، میخ‌های خود حفار[۴]، میخکوبی به‌وسیله جت دوغاب[۵] و میخ‌های پرتابی[۶]. مناسب‌ترین روش برای پایدارسازی دیواره‌های قائم گودهای شهری استفاده از میخ‌گذاری پیش‌حفاری‌شده است.

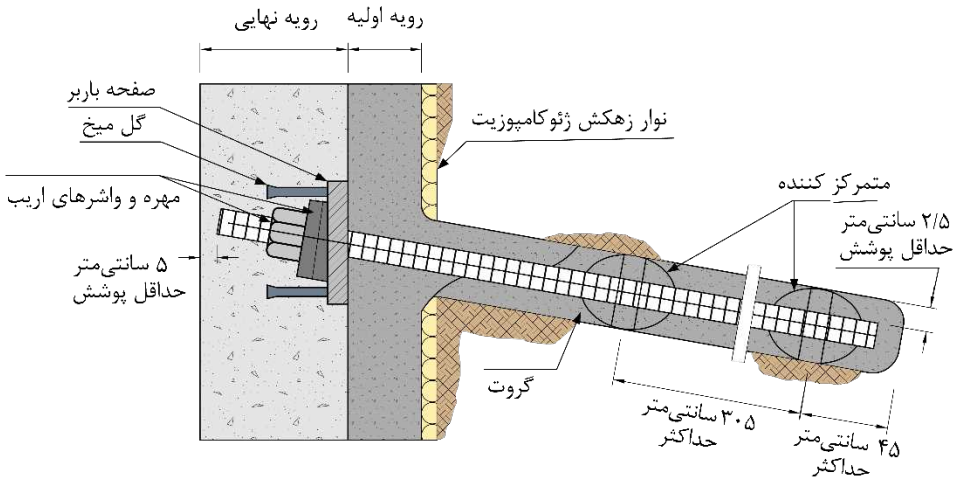
۱- Nailing
۲- Drilled and Grouted Soil Nail
۳- Driven Soil Nail
۴- Self-Drilling Soil Nails
۵- Jet-Grouted Soil Nail
۶- Launched Soil Nail

omoorepeyman.ir

### ۵-۳-۱-۲- اجزای اجرا

**الف- میخ**

میلگردهای مورداستفاده در عملیات میخکوبی باید حداقل میلگردهای فولادی AIII با قطر ۱۴ میلی‌متر به بالا باشند. پس از گیرش دوغاب، میخ نباید تحت نیروی پیش‌کششی قابل توجهی قرار گیرد. مشخصات این میخ‌ها باید بر اساس استاندارد FHWA(Nail)-NHI-14-007-2015 باشد.




**شکل ۵-۱- مشخصات میخ مطابق استاندارد FHWA(Nail)-NHI-14-007-2015**

**ب- مرکزی‌ساز**

به‌منظور قرارگیری میلگرد در مرکز چال و ایجاد پوشش مناسبی از دوغاب در اطراف آن، باید از مرکزی‌ساز استفاده شود. این قطعات باید از جنس پلاستیک، پی.وی.سی و غیره باشند و در فواصل منظمی از طول میخ نصب گردند.

**پ- اجزای حفاظت از خوردگی**

در میخکوبی برای جلوگیری از خوردگی میخ، باید از روش‌هایی نظیر غلاف‌های محافظ پی.وی.سی، محافظ‌های پلیمری و پوشش‌های اپوکسی استفاده شود. نوع روش محافظت از خوردگی باید در نقشه‌های اجرایی بیان شده باشد.

**ت- سر میخ**

مجموعه سرمیخ باید شامل یک صفحه فولادی به ابعاد مورد نیاز مطابق نظر مشاور، واشر فلزی و مهره مهار میلگرد فولادی باشد. به‌منظور درگیری بیشتر این مجموعه با دیواره بتنی بعدی اجرا شده روی دیواره گود، استفاده از گل میخ مجاز است.

**ث- دیواره نما**

در نمای نهایی دیواره گود با هدف نگهداری اتصالات سرمیخ و جلوگیری از هوازدگی و فرسایش خاک پشت دیواره، باید از یک دیواره نازک از جنس بتن پاششی استفاده شود. در مواردی که هدف استفاده از دیواره گود به‌صورت دائمی باشد، باید پس از اتخاذ و اجرای عوامل مقاوم در برابر خوردگی، دیواره دائمی بتنی که می‌تواند جنبه تزئینی هم داشته باشد، اجرا گردد.

omoorepeyman.ir

### ۵-۳-۱-۳- نکات اجرایی

#### ۵-۳-۱-۳-۱- خاکبرداری

نکات مربوط به خاکبرداری در این روش همان است که در بخش عملیات خاکی ارائه شده. خاکبرداری مرحله اول باید تا عمقی که چال‌ها قابل دسترس و قابل حفاری باشند، صورت گیرد.

#### ۵-۳-۱-۳-۲- آماده‌سازی سطوح

چنانچه خاکبرداری انجام شده در محدوده رواداری‌های مجاز (مطابق نقشه گودبرداری از نظر تراز نهایی گود) باشد، سطوح باید به‌صورت دستی یا ماشینی رگلاژ شود تا آماده اجرای بتن پاششی گردند. در صورتی که خاک یخزده یا به شدت متخلخل و دارای خلل و فرج باشد، برای اجرای بتن پاششی و جلوگیری از جذب بیش از حد آب موجود در مخلوط، توصیه می‌شود از روش‌های زیر استفاده شود:

- خاک پیش از اجرای بتن پاششی مرطوب شود؛ مرطوب سازی باید به میزانی باشد که از ایجاد چاله آب جلوگیری شود.
- یک سیستم مانع در برابر رطوبت در مقابل دیواره اجرا شود؛ باید توجه کرد که مانع ایجاد شده نباید دارای اعوجاج باشد تا موجب تغییرشکل دیواره زیر خودش نگردد.

**الف- آماده‌سازی سطوح بتنی**

بخش‌های سست، تخریب شده و زوائد بتن باید با استفاده از تراشیدن، پاشش ماسه با آب پرفشار و... از سطح زدوده شود. در پاکسازی سطوح بتنی باید از تجهیزات الکتریکی یا بادی استفاده شود. تجهیزات مورد استفاده نباید به سطوح بتنی موجود آسیب وارد نمایند. پس از انجام عملیات آماده‌سازی سطوح، باید تمام سطوح با پاشش آب یا سایر روش‌ها به طور کامل تمیز گردد. در صورت پاشش ماسه، باید با استفاده از هوای فشرده، ماسه اضافی و گردوخاک‌ها زدوده شود.

**ب- آماده‌سازی سطوح ساخته شده از مصالح بنائی**

آماده‌سازی این سطوح مشابه سطوح بتنی است. به منظور جلوگیری از ایجاد ترک بر روی سطح بنائی، باید سطح پیش از اجرای بتن پاششی مرطوب شود.

**پ- آماده‌سازی سطوح سنگی**

مصالح دارای لقی یا آلوده به مواد اضافی باید به‌طور کامل حذف گردند تا چسبندگی مناسب بین بتن پاششی و دیواره ایجاد گردد. حذف بخش‌های سنگی باید با دقت مناسبی انجام شود تا باعث ایجاد ناپایداری در دیواره نشود.

omoorepeyman.ir

**۵-۳-۱-۳-۳- نصب مش و اجرای پوسته**

ضخامت دیواره بتن پاششی باید برابر با ۱۰ سانتیمتر در نظر گرفته شود. نصب شبکه مش یا آرماتوربندی باید به نحوی صورت پذیرد که فاصله آن تا نیمرخ خاکبرداری شده برای مش طبق جزئیات نقشه‌های اجرایی باشد. رعایت فاصله مناسب با نصب فاصله نگه‌دار[۱] یا میخ فولادی در فواصل مناسب مجاز می‌باشد.

**۵-۳-۱-۳-۴- چال‌زنی**

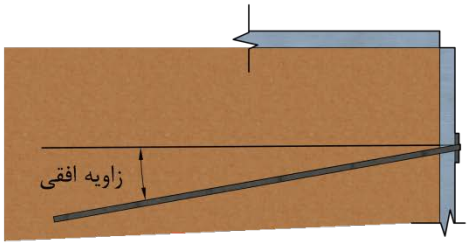
تمام مصالح، تجهیزات و روش مورد استفاده برای چال‌زنی باید بر طبق مشخصات فنی انتخاب گردد. پیش از آغاز عملیات حفاری هر ردیف از میخ‌ها، باید وضعیت تاسیسات، زیرزمین‌های همسایه، استخر و دیگر موانع زیر سطحی بررسی شده و از عدم برخورد با موانع اطمینان حاصل شود. در صورت وجود مانعی در مسیر حفاری که در نقشه‌های اجرایی لحاظ نشده باشد، باید عملیات حفاری متوقف و مراتب به اطلاع دستگاه نظارت برسد تا طرح جایگزین ابلاغ گردد.

پیش از استقرار دستگاه حفاری باید سکوی کاری مناسبی (حداقل ۸ متر از دیواره گود) برای قرارگیری دستگاه، حفار و کمک حفار فراهم گردد.

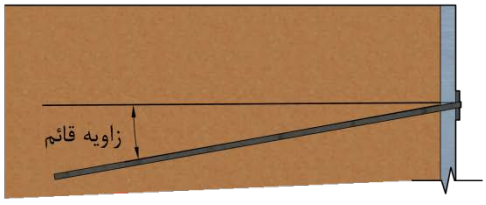
حفاری چال‌های تزریق پس از گیرش اولیه‌مصالح بتن و یا بتن پاششی باید به نحوی انجام گیرد که موجب ترک خوردگی و آسیب دیدگی پوشش بتن و یا بتن پاششی نشود. انواع روش‌های مجاز برای چال‌زنی شامل روش‌های دورانی، دورانی-ضربه‌ای و حفاری با مته مارپیچ می‌باشد. تشخیص فاصله زمانی مجاز بین اجرای چال‌های تزریق و پوشش بتن پاششی باید بر اساس تجربه تعیین شود. البته بنا به تشخیص مشاور، عملیات حفاری و تزریق چال‌ها می‌تواند قبل از اجرای پوشش بتنی و بر روی خاک انجام پذیرد.

در صورت برخورد با عوارض، باید با نظر دستگاه نظارت نسبت جابه‌جایی و انتقال محل چال‌زنی، تغییر زاویه آن‌ها، استفاده از افزودنی‌های بتن جهت مقابله با نشت احتمالی آب و موارد مشابه اقدام نمود.

چال‌زنی شامل ۲ زاویه می‌باشد، زاویه افقی (آزیموت) و زاویه قائم. زاویه قائم در نقشه‌های اجرایی و در صفحه مربوط به مقطع ارائه شده است. مشخصات این زوایا باید توسط مشاور ارائه گردد. زاویه افقی در حالت کلی باید صفر در نظر گرفته شود (شکل ۵-۲).




پلان



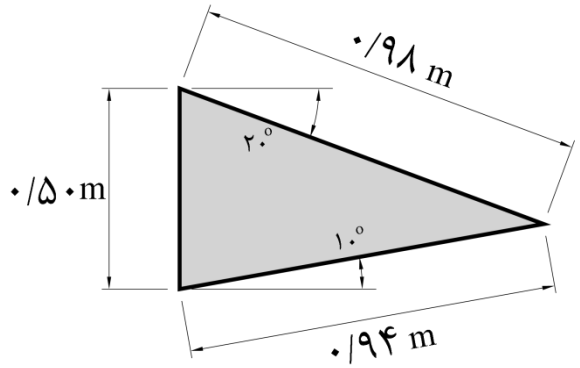

مقطع

۱- Spacer

omoorepeyman.ir

**شکل ۵-۲- زاویه حفاری افقی و قائم**

زاویه حفاری قائم باید توسط نقاله، شابلون یا دوربین نقشه‌برداری و زاویه افقی توسط چشم و یا شابلون کنترل گردد. توصیه می‌شود در حالت کلی از شابلون نظیر شکل ۵-۳ که توسط میلگرد ساخته می‌شود ، برای کنترل زاویه قائم استفاده گردد.




**شکل ۵-۳- شابلون زاویه حفاری**

در صورت حفاری بر روی بتن پاششی، حفاری در هوای سرد حداقل ۲۴ ساعت پس از اجرای بتن پاششی و در هوای گرم حداقل ۱۲ ساعت پس از آن باید شروع شود.

پس از برخورد با حفره در چال مربوط، عملیات حفاری باید متوقف شده و پس از هماهنگی با دستگاه نظارت، طرح جایگزین اجرا گردد.

پس از اتمام عملیات حفاری، قطعه مهاری باید داخل چال جایگذاری گردد و در صورتی که حین جایگذاری قطعه مهاری، ریزش چال مشخص شد، از اعمال فشار بیش از حد جهت جایگذاری خودداری و اقدام به بازگشایی مجدد چال گردد. در صورتی که پس از سه بار بازگشایی مجدد، بار دیگر چال ریزش نمود، باید از روش تزریق تحکیمی و حفاری استفاده شود. روش تزریق تحکیمی و حفاری مجدد شامل تزریق چال ریزش کرده توسط دوغاب رقیق (نسبت آب به سیمان ۱ به ۱ یا ۲ به ۱) و با فشار تزریق ۲ تا ۳ بار و حفاری مجدد چال حداقل ۱ روز پس از تزریق تحکیمی می‌باشد. جهت تسریع در گیرش استفاده از گچ مجاز است.

مقادیر حداکثر رواداری مجاز در چال‌زنی نسبت به نقشه‌های اجرایی در جدول ۵-۱ ارائه شده است.

**جدول ۵-۱- رواداری‌های مجاز در چال زنی**

| ردیف | نوع رواداری | مقدار حداکثر رواداری مجاز |
|---|---|---|
| ۱ | طول حفاری | ۳۰/۰+ سانتی‌متر |
| ۲ | قطر حفاری | ۱۰- میلی‌متر |
| ۳ | زاویه قائم | ۳± درجه |
| ۴ | زاویه افقی | ۳± درجه |
| ۵ | جابه‌جایی افقی و قائم | ۵۰ سانتی‌متر |

omoorepeyman.ir

شناسنامه هر چال شامل شماره چال، موقعیت تراز و کیلومتراژ چال، طول حفاری، قطر چال، زاویه حفاری، موقعیت برخورد به حفره‌ات بالقوه زیرزمینی که موجب خلاصی سرمته حفاری[۱] می‌شود، وضعیت آب در چال (در صورت وجود)، تاریخ حفاری و نام حفار باید توسط پیمانکار تهیه و به اطلاع دستگاه نظارت برسد.

**۵-۳-۱-۳-۵- سرهم‌بندی نیل و جایگذاری آن**

تمام مصالح، تجهیزات و روش مورد استفاده جهت ساخت نیل و انکر و نصب آن‌ها باید طبق الزمات ذیل، انتخاب گردد.

الف- تجهیزات لازم جهت ساخت نیل شامل میلگرد آجدار از نوع AIII با حداقل مقاومت مشخصه $4000\ kg/cm^2$، شیلنگ‌های تزریق ۱۰ بار با قطر ۱۶ میلی‌متر، مرکزساز[۲] پلاستیکی، سیم آرماتوربندی و کوپلر (در صورت نیاز) می‌باشد.

ب- شیلنگ رفت به طول نیم‌متر کم‌تر از طول میلگرد باید به میلگرد متصل شود. شیلنگ برگشت نیز باید به نحوی به میلگرد متصل گردد که نیم متر آن از چال بیرون و یک متر آن داخل چال باشد تا هنگام مسدود نمودن دهانه چال با گچ مسدود نشود. شیلنگ‌های رفت و برگشت توسط سیم آرماتوربندی در فواصل ۲ متری به نحوی به آرماتور باید بسته شوند که مسدود نگردند.

پ- مرکزساز پلاستیکی باید در فواصل ۱/۵ متری از طرفین میلگرد و فواصل ۳ متری از یکدیگر به مجموعه شیلنگ و میلگرد متصل شود. اتصال مرکزساز نباید منجر به مسدود شدن شیلنگ تزریق گردد.

ت- در فاصله حداقل دو متری از انتهای شیلنگ رفت نیل، جهت تسهیل در خروج دوغاب، باید ۲ تا ۳ سوراخ ایجاد گردد. نحوه سوراخ نمودن نباید شیلنگ را در مقطع به نحوی ضعیف نماید که هنگام جایگذاری ، شکسته و یا در اثر ورود سنگریزه از آن محل مسدود شود.

ث- رزوه مورد استفاده در نیل‌ها باید به‌صورت رولینگ بوده و طول رزوه در هر سمت آن باید نصف طول کوپلر باشد. همچنین سر میلگرد جهت بستن مهره باید به میزان حداقل ۱۰ سانتیمتر رزوه گردد.

ج-پیش از جایگذاری میخ درون چال‌ها ، باید سطح میخ عاری از هرگونه آلودگی خاکی و یا غیره باشد. جایگذاری میخ‌ها در چال به‌صورت دستی و با فشار میخ به داخل چال مجاز است.

چ- جایگذاری نیل در داخل چال باید به آسانی صورت گیرد. در صورتی که جایگذاری نیل در داخل چال ممکن نشود، باید نیل مربوط از چال خارج شده و بلافاصله حفاری مجدد و خروج مصالح ریزشی داخل چال صورت پذیرد. در مواردی که انتهای چال دچار ریزش شده باشد، ادامه حفاری به میزان ۵۰ تا ۱۰۰ سانتیمتر بیشتر از طول چال حفاری مندرج در نقشه‌های اجرایی توصیه می‌شود.

۱- Rod fall
۲- Centeralizer

omoorepeyman.ir

ح- پس از نصب نیل و پس از بستن در چال، باید با دمیدن در شیلنگ‌های تزریق رفت و برگشت از باز بودن مسیر دوغاب اطمینان حاصل نمود. طول بیرون‌زدگی نیل از سر چال باید بین ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر باشد. صفحه نشیمن نیل حتی‌الامکان باید بر روی بتن پاششی قرار گیرد. در صورت عدم امکان، باید با مخلوط ماسه و سیمان با عیار بالای ۳۵۰ زیرسازی مناسبی برای آن انجام گیرد.

**۵-۳-۱-۳-۶- تزریق**

فشار تزریق باید توسط دستگاه نظارت تعیین شود. تزریق ثقلی در برخی موارد کفایت می‌کند.

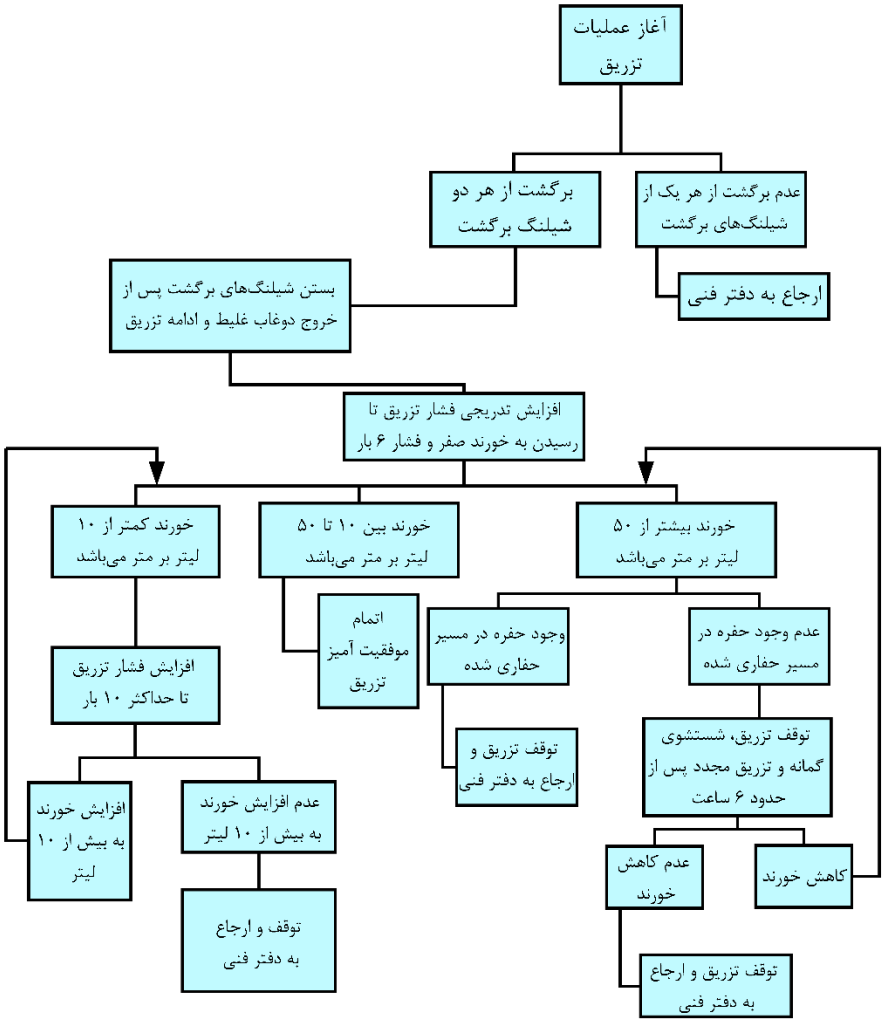
مصالح لازم جهت ساخت دوغاب شامل آب تمیز و صاف، باید دارای همان شرایط آب مصرفی در ساخت بتن باشد.

نسبت آب به سیمان، باید در مشخصات فنی ارائه شود. در صورتی‌که از افزودنی در تزریق استفاده می‌شود، اختلاط باید مطابق دستورالعمل ارائه شده توسط تولیدکننده و تایید داستگاه نظارت صورت گیرد.

سر چال باید با گچ به نحوی مسدود شود تا تحمل فشار تزریق را داشته باشد و خلل و فرج اطراف چال را نیز مسدود نماید. توصیه می‌گردد حدود ۳۰ سانتیمتر داخل چال (از سر چال) با گچ مسدود شود.

عملیات تزریق باید مطابق فلوچارت شکل ۵-۴ انجام شود. فشار تزریق در چال‌ها باید بین ۲ تا ۴ اتمسفر باشد؛ لیکن برای ردیف اول نیل‌هایی که در عمق کم (تا حدود ۱ متر) از کف حیاط، باغچه و یا پارکینگ ها قرار دارند، توصیه می‌شود فشار تزریق از ۲ بار تجاوز ننماید تا خرابی به بار نیاورد.

omoorepeyman.ir




**شکل ۵-۴- فلوچارت پیشنهادی کنترل عملیات تزریق**

کلیهٔ تجهیزات باید در شرایط مناسب، نگهداری و به‌طور منظم و دوره‌ای سرویس شده و آمادهٔ کار باشند. تجهیزات کافی جایگزین، به‌منظور پیشگیری از بروز وقفه در عملیات تزریق هر قطعه باید در دسترس بوده و گردش ممتد دوغاب در مدار تزریق برقرار باشد. حداکثر فاصله ایستگاه تزریق تا محل مصرف نباید بیش از ۲۰۰ متر افزایش یابد.

### ۵-۳-۱-۴- آزمایش‌های تاییدی و کنترلی نیل

آزمایش بارگذاری نیل‌ها برای حصول اطمینان از تحمل بارها توسط نیل باید مطابق با نشریه FHWA(Nail)-NHI-14-007-2015 انجام شود. این آزمایش بر روی نیل‌های هر ردیف پیش از آغاز گودبرداری ردیف بعد انجام می‌شود. در صورتی که نتایج بیانگر اجرای نادرست باشد و یا نیل‌ها ظرفیت تحمل بار کمتر از بار طراحی را داشته باشند ، پیمانکار موظف به تغییر و اصلاح روش عملکرد و اجرای مجدد می‌باشد. پیش از آغاز آزمایش‌ها پیمانکار باید مدارک مربوط به کالیبره کردن گیج‌ها و نیروسنج‌ها را ارائه دهد. برای فولاد نوع ۵۲۵ مگاپاسکال (درجه ۷۵) نباید بیشتر از ۸۰ درصد

omoorepeyman.ir

مقاومت کششی نهایی آن‌ها بارگذاری شوند و در مورد فولاد نوع ۴۲۰ مگاپاسکال (درجه ۶۰) نباید از ۹۰ درصد تنش جاری شدن تجاوز نماید. جدول ۵-۲، آزمایش‌های مربوطبه نیل‌ها و حدود پذیرش آن‌ها را مشخص می‌نماید.

**جدول ۵-۲- آزمایش‌های مربوط به نیل‌ها و حدود پذیرش آن‌ها**

| نام آزمایش | شرح آزمایش | حدود قابل قبول |
|---|---|---|
| آزمایش‌های راستی آزمایی[۱] | برای تعیین کیفیت و توانایی ظرفیت بیرون کشیدن نیل ، قدرت پیوند و اتصال مورد نظر در طراحی‌ها و روش‌های اجرایی پیمانکار ، مورد استفاده قرار می‌گیرند. در آزمایش تحقیقی باید تا مرز گسیختگی یا حداقل میزان بار قدرت اتصال یا ضریب اطمینان بیرون کشیدگی به نیل بار وارد کرد. تعداد انجام آزمایش تحقیقی به اندازه و حجم پروژه و نیز به تغییر جنس خاک گود بستگی دارد. | بیرون کشیدگی نیل نباید به ازای نیرویی کم‌تر از بار آزمایش راستی آزمایی[۲] اتفاق بیفتد. |
| آزمایش‌های ملاک[۳] | آزمایش کنترلی در حین اجرا بر روی درصد مشخصی از نیل‌ها که حداقل ۵٪ است. انجام می‌شود. این آزمایش برای تعیین ثابت بودن روند اجرای پیمانکار و نیز تایید نیل‌هایی که در محیط خاکی اجرا نشده‌اند و با آزمایش تحقیقی مورد ارزیابی قرار نگرفته‌اند، اجرا می‌شود.. | بیرون کشیدگی نیل نباید به ازای نیرویی کم‌تر از بار آزمایش ملاک[۴] اتفاق بیفتد. |
| آزمایش‌های خزش[۵] | آزمایش‌های خزش به عنوان بخشی از آزمایش‌های تحقیقی، تخریبی و کنترلی انجام می‌شوند. آزمایش خزش عبارت از اندازه‌گیری جابه‌جایی نیل‌ها تحت یک بار ثابت و در دوره‌های زمانی معین می‌باشد. این آزمایش برای حصول اطمینان از این مطلب انجام می‌گیرد که بارهای طراحی نیل‌ها در مدت زمان سرویس‌دهی سازه با ضریب اطمینان خوبی قابل تحمل می‌باشد. | در آزمایش تحقیقی: جابجایی خزشی در بازه زمانی ۱ تا ۱۰ دقیقه به ازای بار VTL * ۰,۷۵ ، کم‌تر از ۰/۰۴ اینچ باشد. جابجایی خزشی در بازه زمانی ۶ تا ۶۰ دقیقه به ازای بار VTL * ۰,۷۵ ، کم‌تر از ۰/۰۸ اینچ باشد.<br>در آزمایش کنترلی: جابجایی خزشی در بازه زمانی ۱ تا ۱۰ دقیقه کم‌تر از ۰/۰۴ اینچ باشد. اگر بیش‌تر شد، جابجایی خزشی در بازه زمانی ۶ تا ۱۰ دقیقه کم‌تر از ۰/۰۸ اینچ باشد |

۱- Verification Test
۲- Verification Test Load (VTL)
۳- Proof tests
۴- Proof Test Load (PTL)
۵- Creep tests

omoorepeyman.ir

## ۵-۳-۲- مهار[۱] (انکر) یا مهار فعال

### ۵-۳-۲-۱- اجزای اجرا

به‌طور کلی بخش عمده اجزای اجرایی پایدارسازی مهاری خاک، مشابه روش میخ‌گذاری خاک است. سایر بخش‌ها در جدول ۵-۳ ارائه شده است.

**جدول ۵-۳- اجزای مهار فعال**

| ردیف | نام روش | توضیحات |
|---|---|---|
| ۱ | مهارساز[۲] | مهارساز سیستمی مرکب از سرمهار، صفحه تکیه‌گاه[۳] و ترامپت است که با هدف انتقال نیروی پیش‌تنیدگی از فولاد پیش تنیده (میلگرد یا کابل[۴]) به سطح خاک یا سازه تکیه‌گاه، کنار یکدیگر قرارگرفته‌اند. سرمهار شامل یک استوانه با چند سوراخ (تعداد رشته‌های مولتی¬استرند یا تک سوراخ در مهاری مونوبار) و قطعات فلزی توخالی گوه برای قرارگرفتن در اطراف هر کابل به منظور قفل نمودن بار پیش¬کشش می‌گردد. |
| ۲ | طول آزاد مهاری[۵] | منظور از طول آزاد در مهاری‌ها، قسمت ابتدایی مهاری است که می‌تواند با تغییرشکل‌های آزادانه الاستیک، نیروی پیش‌تنیدگی اعمال شده بر سر مهاری را به قسمت انتهای مهاری یعنی قسمت گیردار آن منتقل نماید. برای این منظور با توجه به اینکه تزریق انجام شده در چال می‌باید از یک پوشش جداکننده[۶] استفاده شود، این پوشش معمولا به‌صورت روکش پلاستیکی صاف بر روی کابل‌ها در ناحیه طول آزاد در نظرگرفته می‌شوند. |
| ۳ | طول گیردار مهاری[۷] | بخش انتهایی مهاری که با استفاده از درگیری کابل‌ها، دوغاب داخل چال و خاک اطراف منجر به انتقال نیروی پیش‌تنیدگی به دوغاب گیرش یافته و از آن به خاک اطراف که نهایتاً منجر به گیرداری کل مهاری در فضای خاک می‌گردد، طول گیردار مهاری نام دارد، به لحاظ تئوری با قرارگیری این قسمت‌های گیردار از مهاری‌ها در پشت گوه گسیختگی دیواره گود، پایداری دیواره گود تأمین می‌گردد. |
| ۴ | مهار | مهار جزئی است که تحت نیروی پیش‌تنیدگی و به‌نوعی عامل اصلی ایجاد سختی در برابر نیروهای جانبی وارد بر دیواره گود محسوب می‌گردد، می‌تواند میلگرد و یا کابل‌های فولادی چند رشته باشد. برای تاندون‌های میلگرد معمولا از میلگردهایی به قطر ۲۶ تا ۶۴ میلی‌متر استفاده می‌شود. تاندون‌های چند رشته‌ای[۸] معمولا از کنار هم قرار دادن تعداد مشخصی از کابل‌های هفت رشته‌ای (کابل ۰/۶ اینچ) تهیه می‌شوند. |

## ۵-۳-۲-۲- نکات اجرایی

### ۵-۳-۲-۲-۱- آماده سازی سطوح

خاکبرداری مرحله‌ای و تسطیح خاک دیواره گود باید مشابه با بند ۵-۳-۱-۳ انجام شود. با توجه به نوع سرمهاری، باید اقدام به اجرای پد گردد. در صورت اجرای پد بتنی توکار، باید محل اجرای پد در داخل سطح ایجاد شده و پس از قرار دادن آرماتور پد، هم‌زمان با اجرای پوسته محافظ سطوح مجاور، پد نیز به وسیله بتن پاششی اجرا گردد.

---

۱- Anchor
۲- Anchorage
۳- Bearing Plate
۴- Strand
۵- Unbonded Length
۶- Bondbreaker
۷- Bond Length
۸- Multi Strand Tendon

omoorepeyman.ir

**۵-۳-۲-۲-۲- حفاری**

در حفاری مهارگذاری، در صورت وجود حفره در فاصله کمتر از ۱۰ متری جداره به‌صورتی که حفره در محدوده گیردار انکر نباشد و پیشروی ناگهانی لوله حفاری[1] کمتر از ۱ متر باشد، می‌توان حفاری را ادامه داد و در نصب و تزریق انکر از پکر استفاده کرد. در صورتی که هر یک از شروط بالا محقق نگردد، باید پس از توقف عملیات حفاری و هماهنگی با مشاور، طرح جایگزین اجرا شود.

**۵-۳-۲-۲-۳- آماده سازی مهاری و جایگذاری**

استفاده از انکرهای مونوبار و انکرهای مولتی‌استرند در این روش مجاز است. در انکرهای مونوبار باید از یک آرماتور فولادی به عنوان عضو تقویت کننده خاک استفاده و در انکرهای مولتی‌استرند باید از رشته‌های به هم بافته سیم‌های فولادی که به فرم کابل‌های پیچیده شده در آمده‌اند، استفاده شود. تعداد و قطر این کابل‌ها به طراحی و میزان نیروی وارد بستگی دارد و باید در مشخصات فنی مشخص شود.

انکر در بخش آزاد باید دارای غلاف از جنس پلی‌اتیلن باشد. بدنه انکر باید به‌طور کامل با گریس پوشانده شود.

باید از تماس بخش گیردار مهاری با گریس و یا هرگونه آلودگی دیگر کاملاً جلوگیری شود. در صورت آلوده شدن این بخش باید پیش از جایگذاری، مهاری به دقت و به‌طور کامل پاک گردد. شیلنگ‌های تزریق و نحوه سوراخ کردن آن‌ها و فاصله‌سازها[2] باید مانند روش مهاری فعال باشد. هنگام نصب فاصله‌سازها می توان فاصله آن‌ها را در حدود ۳ متر در نظر گرفت. نصب فاصله ساز باید به نحوی باشد که حداقل پوشش یک سانتیمتری برای انکر ایجاد شود.

پیش از جایگذاری انکر درون چال‌ها، باید سطح اجزای فلزی عاری از هرگونه آلودگی باشد.

در صورت عدم امکان جایگذاری مهار یا انکر در داخل چال، باید مهار مربوط از چال خارج و بلافاصله حفاری مجدد و خروج مصالح ریزشی داخل چال صورت پذیرد. در مواردی که انتهای چال دچار ریزش شده باشد، ادامه حفاری به میزان ۵۰ تا ۱۰۰ سانتیمتر بیشتر از طول چال حفاری مندرج در نقشه‌های اجرایی توصیه می‌شود.

تمامی مصالح، تجهیزات و روش مورد استفاده جهت ساخت انکر مولتی‌استرند و نصب آن باید مطابق با استاندارد FHWA(Anchor)-IF-99-015-1999 باشد.

**نکات ساخت مهار چند رشته:**

الف- طول استرند باید برابر با طول چال به علاوه حداقل ۱ متر باشد. استرند در طول گیرداری انکر باید عاری از هرگونه آلودگی، دوغاب سیمان خشک شده، روغن، گریس، رنگ، زنگ پوسته شده و هر ماده‌ای که مانع درگیری دوغاب و استرند می‌گردد، باشد.

1- Rod fall
۲- Spacer

omoorepeyman.ir

ب- شیلنگ‌ها باید با توجه به تعداد رشته‌های انکر و طول قسمت آزاد انکر، به اقطار۱۶ تا ۲۵ میلی‌متری جهت غلاف انتخاب و تهیه گردند.

پ- محدوده طول آزاد انکر توسط گریس باید کاملاً آغشته گردد و شیلنگ‌ها بر روی هریک از رشته‌های انکر کشیده شود.

ت- شیلنگ رفت تزریق به مقدار طول انکر، شیلنگ برگشت اول به مقدار طول قسمت آزاد انکر به‌علاوه نیم متر و شیلنگ برگشت ثانویه تزریق (شیلنگ هوا) به طول ۱/۵ متر باید بریده و آماده شوند.

ث- شیلنگ رفت باید به نحوی به انکر متصل شود که انتهای شیلنگ بر نیم متری انتهای انکر منطبق گردد. شیلنگ برگشت اولیه باید به نحوی به انکر متصل شود که انتهای شیلنگ به انتهای طول آزاد انکر منطبق باشد. شیلنگ برگشت ثانویه نیز باید به نحوی به انکر متصل شود که نیم متر آن از چال بیرون و یک متر آن داخل چال باشد تا هنگام مسدود نمودن دهانه چال با گچ مسدود نگردد.

ج- در حد فاصل قسمت آزاد و گیردار انکر باید با آب بندی از نفوذ دوغاب به داخل غلاف انکر جلوگیری شود.

چ- شیلنگ‌های رفت و برگشت توسط سیم آرماتور در فواصل ۱ متری باید به نحوی به انکر بسته شوند که شیلنگ مسدود نگردد.

ح- در طول گیرداری انکر فاصله‌ساز پلاستیکی باید در فواصل ۱ متری از طرفین طول گیرداری و فواصل ۲ متری از یک‌دیگر استفاده شده و مرکزساز پلاستیکی در فواصل میانی فاصله‌سازها به مجموعه شیلنگ و استرندها متصل گردد. اتصال فاصله ساز و مرکز ساز نباید منجر به مسدود شدن شیلنگ تزریق گردد.

خ- در فاصله ۲ متری انتهای شیلنگ رفت جهت تسهیل در خروج دوغاب، باید ۲ تا ۳ سوراخ ایجاد گردد.

د- انکر ساخته شده مطابق روند مذکور باید در اسرع وقت پس از حفاری داخل چال جایگذاری شود. انکر باید قبل از جایگذاری مورد بازدید چشمی قرار گیرد. در صورتی که انکر در طول گیرداری تمیز و عاری از مواد ذکر شده در مورد میلگرد نباشد و یا نقصی در شیلنگ‌های تزریق وجود داشته باشد، پیش از جایگذاری باید اصلاح شوند.

ذ- در هنگام نصب انکر، باید مانند نیل از اعمال هرگونه نیروی اضافی با استفاده از دستگاه‌های مکانیکی برای فرو کردن در چال خودداری کرد. در صورت فرونرفتن انکر باید آن را بیرون کشید، مجدداً چال را با دستگاه حفار تمیز و تخلیه کرد و سپس انکر را جای گذاری نمود.

ر- طول بیرون‌زدگی انکر از روی پد (توکار یا بیرون کار) باید بین ۱ تا ۱/۵ متر باشد. در صورتی که پد انکر بیرون کار باشد باید، صفحه نشیمن بر روی پد بتنی قرار گیرد.

شناسنامه جای‌گذاری انکر چند رشته‌ای شامل شماره چال، تعداد رشته، طول کل و طول باند انکر باید برای هر انکر توسط پیمانکار تهیه گردد.

omoorepeyman.ir

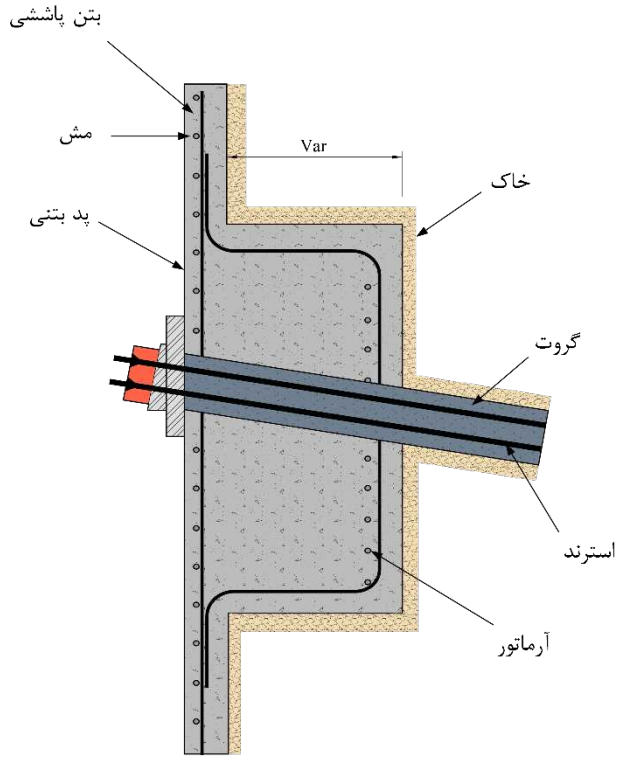
### ۵-۳-۲-۲-۴- تزریق

استفاده از روش‌های تزریق ثقلی (نوع A)، تزریق تحت فشار (نوع B)، تزریق‌های متعدد تحت فشار (نوع C) و تزریق ثقلی در مقطع عریض شده نهایی (نوع D) مطابق با آیین نامه FHWA-IF-99-015 مجاز است.

### ۵-۳-۲-۲-۵- عملیات اجرای پد

**الف- اجرای پد بتنی**

پد بتنی باید براساس ابعاد تعیین شده در مشخصات فنی و حفاری محل آن و متناسب با ابعاد پد اجرا شود. طرح اختلاط بتن جهت اجرا و آرماتوربندی مطابق با الزامات فصل ۶ می‌باشد. وجه بیرونی پد باید عمود بر راستای انکر باشد، در غیر این‌صورت باید از ورق گوه‌ای[1] مطابق شکل ۵-۵ استفاده شود.




**شکل ۵-۵- پد بتنی**

**ب- اجرای پد فلزی**

در صورتی که به‌واسطه شرایط پروژه، الزامات ساختگاه و تشخیص دستگاه نظارت امکان اجرای پد بتنی وجود نداشته باشد، باید از پد فلزی به عنوان جایگزین پد بتنی استفاده نمود. این نوع پد همانند پد بتنی پیش‌ساخته، باید بر روی سطح بتن پاششی اجرا شود.

1- Wedge plate

omoorepeyman.ir

**پ-کشش مهاری**

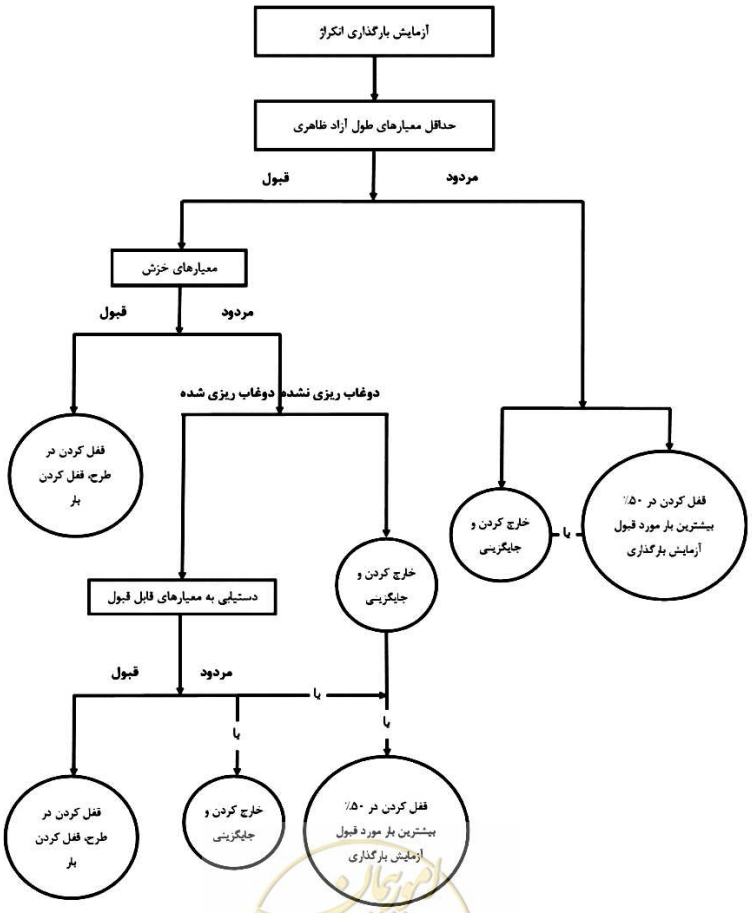
مقدار نیروی پیش‌تنیدگی در مهاری باید توسط مشاور در مشخصات فنی تعیین گردد. این عملیات در صورت استفاده از زودگیر ۳ تا ۵ روز و در غیر این صورت ۷ روز پس از گیرش اولیه باید انجام شود. استفاده از مواد زودگیرکننده مطابق با الزامات فصل ۶ مجاز است.

پس از گیرش بتن پد و پس از تزریق دوغاب و گیرش آن، با توجه به مشخصات فنی باید اقدام به اعمال بار پیش‌تنیدگی در انکر نمود. اعمال نهایی بار آزمایش باید مطابق با استاندارد FHWA و ASTM A416 انجام شده و در تمام این مراحل، کرنش در انکر به دقت قرائت و یادداشت شود.

### ۵-۳-۲-۳- آزمایش‌های تاییدی و کنترلی انکراژ

برای اطمینان از اجرای درست انکر و تزریق بی‌عیب آن، باید با آزمایش‌هایی که در مشخصات فنی ذکر شده است، مقاومت کششی آن اندازه‌گیری شود.

به منظور ایجاد نیروی پیش‌تنیدگی در انکرها، توصیه می‌شود آزمایش کششی بر اساس دستورالعمل FHWA-IF-99-015 انجام شود. روند پذیرش انکر باید طبق شکل ۵-۶ باشد.




**شکل ۵-۶- فلوچارت تصمیم‌گیری پذیرش انکر**

omoorepeyman.ir

### ۵-۳-۳- روش‌های مهار به داخل گود (یا مهار سازه‌ای)

طراحی و اجرای انواع متداول سازه‌های نگهبان به روش مهار سازه‌ای مطابق با اصول فنی، برای دستیابی به ایمنی لازم در اجرای عملیات گودبرداری برای دست‌اندرکاران اجرای پروژه و همجواری‌ها ضروری می‌باشد. در ضابطه حاضر الزامات روش‌های مهار سازه‌ای شامل مهار مایل و متقابل، سازه خرپایی، ستون فولادی طره‌ای و ستون فولادی با دستک مایل بیان می‌شود.

#### ۵-۳-۳-۱- مهار متقابل

در روش مهار متقابل استفاده از یکی از روش‌های ذیل مجاز است. این روش باید توسط مشاور در مشخصات فنی تعیین شده باشد.

الف- شمع فولادی، دیوار بتنی یا بتن پاششی و مهار[۱]

ب- شمع بتنی (جدا یا پیوسته)، دیوار بتن پاششی و مهار (استرات)

پ- سپری فولادی و مهار (استرات)

ت- دیوار دیافراگمی و مهار (استرات)

##### ۵-۳-۳-۱-۱- مواد و مصالح

کلیهٔ فولادهای مصرفی اعم از ورق، تیرآهن، ناودانی، نبشی، تسمه و غیره باید مطابق با فصل فولاد و اجرای سازه‌های فولادی (فصل ۷) باشد. قطعات فولادی باید از معایبی که به مقاومت و یا شکل ظاهری آن‌ها لطمه می‌زند، عاری باشند. به کار بردن فولادهای مصرف شده باید با اجازهٔ دستگاه نظارت و بعد از انجام آزمایش‌های لازم باشد.

##### ۵-۳-۳-۱-۲- اجرا و نکات اجرایی

در این روش ابتدا در دو طرف گود، در فواصل معین از یکدیگر چاهک‌هایی حفر می‌گردد. به منظور تأمین گیرداری انتهای ستون، غالباً طول چاهک‌ها بیشتر از عمق گود در نظر گرفته می‌شود. پس از اجرای پروفیل عضو قائم، قسمت شمع انتهای چاهک‌ها را بتن‌ریزی و سپس هر دو پروفیل قائم متقابل یکدیگر به کمک تیرها یا خرپاهای افقی (دستک‌های فشاری) از قسمت فوقانی به یکدیگر متصل می‌شوند. در مواردی که خاک ریزشی باشد، باید از اعضای افقی در بین اعضای قائم استفاده شود. سیستم مهار متقابل فوق‌الذکر باید در جهت عمود بر سیستم قابی آن، یعنی در جهت طول گود، نیز به‌صورت مناسب مهاربندی شود.

در صورت وجود احتمال ریزش خاک در محدوده فاصله بین دو سازه نگهبان مجاور گود، به موازات پیشرفت عملیات گودبرداری و اجرای مهار متقابل باید در بین اعضای قائم بر روی سطح خاک دیوار گود، از انواع پانل‌ها فولادی، ورق‌های

۱- strut

omoorepeyman.ir

فولادی همراه با پشت‌بندهای سخت‌کننده، تخته‌های فولادی، تیرهای فولادی، دیوارهای بتنی پاششی، پانل‌های چوبی یا فایبرگلاس، الوارهای چوبی و نظایر آن با توجه به عملکرد پروژه استفاده شود. در ضمن باید پشت صفحات محافظ را با خاک به‌خوبی پر کرد تا احتمال نشست و جابه‌جایی خاک دیواره گود از بین برود و مشکلی برای ساختمان‌ها، معابر و زمین‌های واقع در مجاورت گود پیش نیاید.

برای نصب صفحات فولادی، اتصال صفحات با جوش یا پیچ به اعضای قائم فولادی سازه نگهبان مجاز است و در صورت استفاده از صفحات پیش‌ساخته بتنی، باید هنگام آرماتوربندی و پیش از بتن‌ریزی در کارخانه، پروفیل‌های سازه‌ای نظیر نبشی و ناودانی را به آرماتورها متصل کرد و در کارگاه برای حفاظت از خاک دیواره گود، این ناودانی‌ها یا نبشی‌ها را با جوش یا پیچ، به اعضای قائم فولادی سازه نگهبان متصل کرد. در صورت استفاده از الوارهای چوبی یا پانل‌های فایبرگلاس، بایستی در دو انتهای آن‌ها ناودانی‌های فولادی را به پانل‌ها پیچ و سپس با جوش و یا پیچ به اعضای قائم سازه نگهبان متصل کرد.

### ۵-۳-۳-۲- مهار به کف

#### ۵-۳-۳-۲-۱- اجرا و نکات اجرایی

در صورت ایجاد فاصله بین دیوار و سازه نگهبان، این فاصله باید با مصالحی نظیر بتن کم‌مایه، آجر و قلوه سنگ تثبیت شده، با گچ و سیمان که مقاومت بیشتری از خاک موجود دارند، پر گردد. پس از نصب عضو قائم، عملیات خاکبرداری باید با شیب به نسبت ۱ به ۲ (به ازای هر ۲ متر ارتفاع ۱ متر عرض خاک) و به‌صورت ایمن آغاز شود. خاکبرداری در بقیه قسمت‌های گود تا رسیدن به عمق زیر شالوده بلامانع می‌باشد. الزامات زیر حین اجرا باید رعایت شوند:

الف- بتن را باید به‌گونه‌ای در چاهک‌ها و محل استقرار شمع‌ها ریخت که احتمال جداشدگی اجزای بتن وجود نداشته باشد. توصیه می‌شود از قیف و لوله ترمی استفاده شود. رعایت الزامات فصل بتن و اجرای سازه‌های بتنی الزامی است.

ب- با توجه به اینکه بتن‌ریزی در مجاورت خاک و بدون قالب بندی صورت می‌گیرد، حداقل مقاومت بتن مصرفی شمع‌ها باید برابر با ۲۰ مگاپاسکال در نظر گرفته شود.

پ- استفاده از میلگردهای ساده یا آجدار برای دورگیری و محصور کردن آرماتورهای طولی مجاز است.

ت- استفاده از میلگردهای ساده، به‌عنوان میلگردهای طولی شمع و میلگردهای مصرفی در شالوده ، سازه نگهبان خرپایی مجاز نیست.

جهت جلوگیری از حرکت سازه نگهبان استفاده از روش‌های ذیل پس از تایید دستگاه نظارت مجاز است:

الف- خرپاهای سازه نگهبان در قسمت شالوده عضو مورب به‌صورت یکپارچه اجرا گردد.

ب- ستون‌های قائم خرپاها به‌وسیله سازه بادبندی به یکدیگر متصل شوند.

پ- پشت ستون‌های خرپا بعد از نصب به‌وسیله آجر و گچ پر شود تا اتصال بین ستون و دیوار مجاور آن برقرار گردد.

omoorepeyman.ir

### ۵-۳-۴- روش ساخت از بالا به پایین

در روش ساخت بالا به پایین می‌توان از سازه فولادی، بتنی و مرکب استفاده نمود. با توجه به صعوبت اجرا نسبت روش ساخت متعارف از پایین به بالا، پیچیدگی جزییات اجرایی می‌تواند موجب کاهش کیفیت اجرا شود.

#### ۵-۳-۴-۱- نکات اجرایی

#### ۵-۳-۴-۱-۱- حفاری

حفاری بخش‌های مستطیل شکل برای اجرای دیوارجداکننده باید به‌صورت مکانیزه و با دستگاه‌های هیدروفرز یا گراب انجام شود. حفاری بخش‌های مستطیلی برای اجرای دیوار، به‌صورت غیرمکانیزه و دستی توصیه نمی‌گردد و دارای مخاطرات ایمنی جدی می‌باشد. استفاده از روش شمع‌های متقاطع[۱] برای دیوار جداکننده بیرونی مجاز است.

در چاه‌های پیرامونی محل نصب ستون‌ها، باید دیواره چاه در محاذات مرز زمین به نحوی کاملاً صاف و شاقولی حفاری گردد تا بال ستون قرار گرفته در چاه کاملاً با خاک در تماس باشد. در چاه‌های پیرامونی با مقطع دایروی، مقطع باید به صورت نعل اسبی باشد. تماس دیواره خاکی چاه با بال ستون برای شکل‌گیری اندرکنش خاک و ستون و پایدارسازی دیواره در طول خاکبرداری ضروری است. چنانچه به هر دلیل این تماس کامل نباشد و حسب نظر مشاور انتقال تنش ضروری باشد، باید با تدابیر مناسب ارتباط بین بال ستون و خاک برای انتقال فشار خاک تامین گردد. ابعاد چاه‌ها باید در تناسب کافی با ستون‌های طراحی شده و اتصالات تعبیه شده روی آن باشند، به‌طوری که امکان عبور لوله ترمی و نیز نیروی انسانی در فضای بین چاه و ستون نصب شده فراهم باشد.

در روش ساخت بالا به پایین برای بالا بردن دقت نصب ستون‌ها،کاهش مخاطرات و افزایش ایمنی خصوصاً در گودهای عمیق‌تر از ۲۰ متر، حفرگالری‌های دسترسی در تراز شالوده سازه ضروری است.

#### ۵-۳-۴-۱-۲- خاکبرداری

الزامات و ملاحظات اجرایی مرتبط با خاکبرداری در روش ساخت از بالا به پایین در بخش ۵-۲-۱ این فصل ارائه شده است.

#### ۵-۳-۴-۱-۳- ساخت اسکلت فلزی

ستون‌ها، باید دارای تناسب ابعادی با ابعاد چاه حفر شده، به‌صورت منشوری و عاری از پیچش یا تابیدگی باشند. با توجه به نصب ستون‌ها در داخل چاه، توصیه می‌شود تا حد ممکن از نصب ملحقات روی بدنه ستون از قبیل نشیمن تیر یا دال، اجتناب گردد تا نصب آن در داخل چاه با سهولت بیشتری همراه باشد.

بخش‌هایی از اجزای اصلی فلزی سازه که در دسترس نبوده و در مجاورت خاک قرار می‌گیرند، باید قبل از نصب باضخامت مناسب رنگ‌کاری و محافظت شوند. برای سطوحی که در تماس با بتن قراردارند در فاصله حداقل ۵۰ میلی‌متری

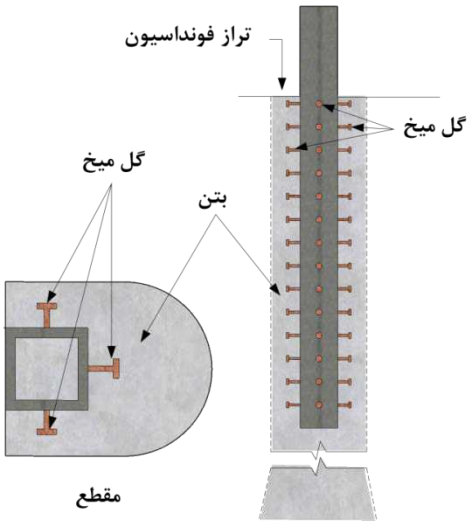
۱- Secant piles

omoorepeyman.ir

از محل جوش‌ها، باید عاری از رنگ و دیگر آلودگی‌ها باشند. سایر اجزای فلزی باید مطابق با الزامات فصل پنجم این ضابطه رنگ‌آمیزی شود.

لازم است از جرثقیل با ظرفیت و پایداری مناسب و متناسب با ارتفاع ستون، وزن ستون و موقعیت ستون نسبت به محل قرارگیری جرثقیل استفاده شود. توصیه می‌شود توان و ارتفاع جرثقیل به نحوی باشد که بتوان ستون را یک‌باره نصب کرد و در گودهای عمیق نیازی به سرهم کردن و وصله دو قطعه ستون سر چاه نباشد. در زمان نصب ستون و قبل از تثبیت آن، حضور هیچ یک از عوامل اجرایی داخل چاه مجاز نیست.

اتصال ستون به شمع (شالوده موقت) به دو صورت نصب روی صفحه ستون یا مدفون شدن در شمع میسر است. اتصال ستون‌های دفنی با بتن می بایست مطابق شکل ۵-۷ با برشگیر تامین شود. برای طراحی این اتصال، به پیوست آیین نامه طراحی پل AASHTO مراجعه شود. توصیه می‌شود برای برشگیر از گل‌میخ استاندارد استفاده شود. در الگوی متعارف اجرای بالا به پایین، اجرای دیوار جداکننده مطابق ضوابط ۵-۳-۲ همین بخش است.




**شکل ۵-۷- نحوه اتصال ستون فلزی به شمع بتنی**

### ۵-۳-۴-۱-۴- ساخت اسکلت بتنی

اجرای اسکلت بتنی به‌صورت درجا و پیش‌ساخته مجاز است. در صورت استفاده از گل بنتونیت در حفاری، سطح بتن باید پرداخت شود.

در روش پیش‌ساخته‌سازی، توصیه می‌شود تنها اجزای اصلی سازه شامل ستون یا دیوار به‌صورت پیش‌ساخته آماده و نصب گردد و سایر اجزای سازه شامل تیر یا دال سقف در هر حال به‌صورت درجا ساخته شود. رعایت جزئیات اتصالات بین قطعات پیش‌ساخته و درجاریز بر اساس الزامات ضابطه شماره ۳۸۸ سازمان برنامه و بودجه ضروری است.

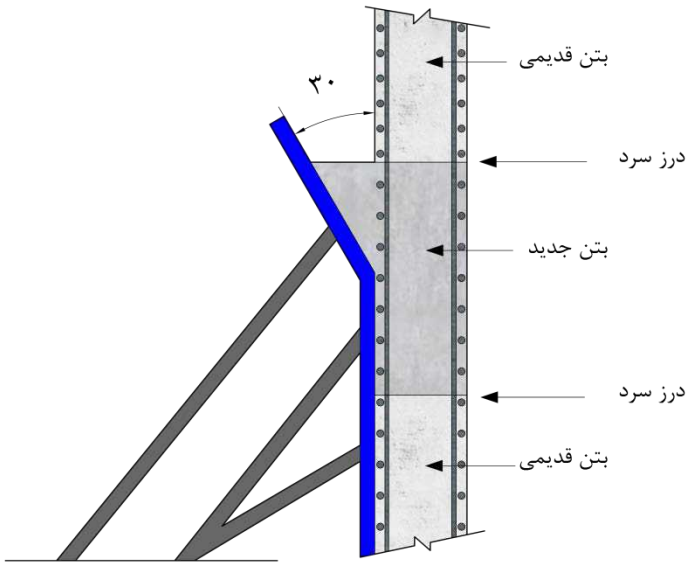
omoorepeyman.ir

### ۵-۳-۴-۱-۵- پر کردن چاه‌ها

پس از نصب ستون‌ها در داخل چاه و بتن ریزی شالوده موقت، باید چاه با مصالح مناسب پر شود. بدین منظور از مخلوط خاک با سیمان، شن شکسته بادامی، قلوه سنگ و یا بتن کم مایه می‌توان استفاده کرد. در این موارد استفاده از حدود ۲۰۰ کیلوگرم سیمان در مترمکعب خاک-سیمان توصیه می‌گردد. اختلاط خاک سیمان در سطح زمین با مصالح غیرچسبنده موجود در کارگاه و توسط میکسر یا حوضچه مناسب اختلاط با بیل مکانیکی توصیه می‌شود. در گزینه استفاده از مصالح دانه‌ای مانند شن بدون سیمان، توجه به تماس ستون با دیواره خاکی در مراحل خاکبرداری و حفظ اندرکنش خاک و سازه توسط پیمانکار ضروری است.

### ۵-۳-۴-۱-۶- ساخت دیوارها

ساخت تدریجی دیوار پیرامونی موجب ایجاد درزهای اجرایی متعدد در بتن است. لذا باید ملاحظات درز سرد بر اساس فصل بتن و اجرای سازه‌های بتنی این ضابطه رعایت گردد. بتن ریزی بخش‌های مختلف دیوار باید با تدابیر مناسب به‌نحوی صورت گیرد که کل مقطع دیوار کاملاً بتن‌ریزی شده و تکمیل گردد؛ برای این منظور استفاده از دریچه بتن ریزی از پهلو مجاز است. در این روش برای اطمینان از اجرای کامل مقطع، بتن‌ریزی در بخش بزرگ‌تری انجام شده و سپس مازاد بتن مجدداً تراشیده می‌شود. جزئیات در شکل ۵-۸ نشان داده شده است.




**شکل ۵-۸- دریچه بتن‌ریزی از پهلو**

در صورت نیاز به وصله میلگرد باید الزامات فصل چهارم این ضابطه رعایت شود. در این روش استفاده از کوپلر مجاز است. قبل از بتن‌ریزی دیوار، سطح خاک نمایان شده باید با پوشش نایلونی مناسب پوشانده شود تا از خروج شیره بتن جلوگیری شود.

omoorepeyman.ir

**۵-۳-۴-۲- ملاحظات اجرایی در روش اجرای بالا به پایین**

**۵-۳-۴-۲-۱- مواجه با آب زیرزمینی در اجرای بالا به پایین**

به‌طور کلی برای آب‌بندی و زهکشی بخش زیرزمینی سازه‌ها، موارد فصل هشتم همین ضابطه و استانداردهای BS 8102:2009(ICS 91.120.30) و DIN 18195 باید رعایت شود.

**۵-۳-۴-۲-۲- ملاحظات تأسیساتی حین اجرا**

هنگام فعالیت در فضاهای بسته باید سیستم چرخش هوا به‌صورت ترکیبی دهشی و مکشی و به شکل توأم استفاده شود. دهش باید در نزدیکی جبهه کار نیروی انسانی و مکش در محل فعالیت ماشین آلات و اگزاست خروجی آن‌ها باشد. با توجه به انجام عملیات در تراز زیرسطحی، تامین روشنایی کافی نیز از الزامات ایمنی کارگاه می‌باشد. بدین منظور در حین اجرای پروژه، باید روشنایی کافی جهت دید بدون خیره‌کنندگی، توزیع یکنواخت نور، نصب مناسب چراغ‌ها و عدم اشغال فضای مفید پروژه و نور لازم در محدوده جبهه‌های کاری تامین گردد.

در تراز زیرسطحی کارگاه‌های بالا به پایین، شدت روشنایی حدود ۲۰ لوکس در جبهه کار و حدود ۳۰ لوکس در راه‌های دسترسی افراد مورد نیاز است. رده درخشندگی در پروژه در حدود ۵-۱۰ کاندلا بر مترمربع باید باشد. برای اجتناب از خیرگی نباید، درخشندگی وسایل روشنایی، بیش از ۳۰۰۰ کاندلا بر مترمربع باشد. انتخاب نوع و آرایش چراغ‌ها نیازمند طراحی با روش‌های مناسب است. در کل دستورالعمل روشنایی در معادن (ضابطه ۴۸۹)، استاندارد ملی ایران ۱-۵۹۲۰ و نیز ضابطه ۱-۱۱۰ سازمان برنامه و بودجه باید رعایت شود.

**۵-۳-۵- عناصر پایدارسازی**

**۵-۳-۵-۱- ساخت ستون**

قطعات فولادی ستون‌ها باید حتی‌الامکان یکپارچه باشد و از وصله کردن قطعات کوتاه خودداری گردد، مگر آنکه محل وصله در نقشه‌های اجرایی مشخص شده باشد و یا به علت ارتفاع ستون از چند شاخه ستون استفاده گردد. در هر حال، موافقت مشاور برای اتصال مورد نظر باید جلب گردد.

برش، سرهمبندی، جوشکاری و متصل کردن قطعات به یک‌دیگر باید در کارخانه مجهز ساخت اسکلت‌های فولادی توسط استادکاران و کارگران ماهر انجام گیرد. الزامات فصل ۷، فولاد و اجرای سازه‌های فولادی باید رعایت شود.

**۵-۳-۵-۲- نصب ستون**

پس از تعیین موقعیت دقیق اجرای چاه توسط نقشه‌بردار، چاه باید حفر شود. حفر چاه به‌صورت دستی یا با استفاده از ماشین‌آلات حفاری مجاز است. در هر صورت نحوه حفر چاه باید در مشخصات فنی ذکر شده باشد. باید از شاقول بودن ستون پس از نصب اطمینان حاصل نمود و سپس قسمت بالایی ستون را توسط چند دستک به نقاط ثابت، وصل کرد. برای

omoorepeyman.ir

ضوابط مربوط به بتن‌ریزی به فصل بتن و اجرای سازه‌های بتنی مراجعه شود. باید از مخلوط خاک و سیمان به پرکردن اطراف ستون فولادی اقدام شود. مخلوط خاک و سیمان مورد استفاده باید به نسبت حجمی ۳ به ۱ باشد.

### ۵-۳-۶- ابزار دقیق[۱] و رفتارسنجی[۲]

استفاده از ابزارهای دقیق اندازه گیری نیرو[۳]، کشیدگی[۴] و زاویه[۵] در ابنیه مهم (مانند سدها) برای پایش و پیش‌بینی رفتار سازه لازم است. این کار در گودهای مهم و پرمخاطره شهری نیز لازم است. ولی پایش با استفاده از دوربین‌های نقشه برداری برای تمام گودبرداری ها الزامی است.

#### ۵-۳-۶-۱- روش‌های رفتار سنجی (پایش)

ثبت تغییرمکان نقاط مختلف دیواره‌ها و اطراف گود با دوربین نقشه‌برداری لازم است، ولی با توجه به خطای بالقوه ناشی از برداشت و یا محاسبه جابجایی‌ها، لازم است بررسی عینی ادواری محیط گود نیز صورت پذیرد.

#### ۵-۳-۶-۱-۱- پایش چشمی

به منظور انجام پایش چشمی پیش از آغاز عملیات گودبرداری، باید محیط اطراف پروژه در محدوده حوضه تأثیر گود (طبق تحلیل‌های پایداری وتغییرشکل) و حداقل تا فاصله یک برابر عمق گودبرداری، مورد بازدید قرار گرفته و تمام عوارض موجود در آن نظیر ساختمان، کانال آب، شریان‌های حیاتی، خیابان و ... شناسایی شده و به‌طور دقیق از نظر وجود ترک یا پتانسیل وقوع ترک مورد ارزیابی قرار گیرد. در صورت مشاهده و یا شناسایی ترک و یا مناطقی مستعد وقوع ترک، جهت ارزیابی تغییرات احتمالی آینده که ممکن است در اثر گودبرداری رخ دهد، این مناطق باید علامت‌گذاری و مستندسازی شوند.

در طول مراحل انجام عملیات گودبرداری، پایش‌ها باید با فواصل زمانی منظم انجام شده و تغییرات احتمالی هر یک از موارد فوق در نقاط علامت‌گذاری شده، شامل بازشدگی ترک‌ها، گسترش آن‌ها و یا احتمال وقوع ترک‌های جدید، در هر مرحله اندازه‌گیری، ثبت و ارزیابی شود.

به منظور تسهیل اندازه‌گیری کمّی تغییرات عرض (بازشدگی) ترک، چند نقطه در امتداد طول ترک باید انتخاب و علامت‌گذاری گردد. در علامت‌گذاری ترک‌ها باید به مود تغیرشکل محیط و نحوه انعکاس آن در ترک توجه شود.

---

۱- Instrumentation
۲- Monitoring
۳- Load cell
۴- Extensometer
۵- Inclinometer

omoorepeyman.ir

هر ترک شناسایی شده در ابتدای کار یا حین گودبرداری، در اولین شناسایی باید نام‌گذاری و ثبت، و در مراحل بعدی پایش گردد. اطلاعات و مشخصات هر ترک باید در فرم‌های مناسب، تحت عنوان شناسنامه ترک، به‌صورت جداگانه ثبت و مستند گردد. روند و میزان تغییرات ترک در مراحل مختلف پایش باید با ذکر تاریخ در همان شناسنامه ثبت شود.

علاوه بر شناسایی و ثبت وضعیت ترک‌ها و یا موقعیت‌های مستعد ترک در پیرامون گود، در پایش‌های چشمی باید مواردی نظیر وضعیت ظاهری دیواره گود (به‌ویژه ترک‌های دیواره گود) مورد توجه قرار گیرند. هر گونه علائم طبله‌شدگی، فرورفتگی، ترک، تغییرشکل زیاد یا شکست اعضای سازه نگهبان، نواحی مرطوب، نشت یا جریان آب از دیواره یا زهکش، وضعیت سیستم پمپاژ، کیفیت ظاهری آب، وضعیت بارگذاری غیرعادی و بیش از حد طراحی در پیرامون گود باید متناسب با ماهیت پدیده و به‌نحو مناسب نشانه‌گذاری، اندازه‌گیری، ثبت و در گزارشات پایش چشمی منعکس گردد. در هر مرحله پایش باید پروفیل خاکبرداری در امتداد همه دیواره‌های گود برداشت و ثبت گردد. ثبت و مستندسازی تمام عوامل مورد پایش، مشابه ترک‌ها، الزامی است.

**۵-۳-۶-۱-۲- نقشه‌برداری**

در گودهای کم عمق و فاقد عوارض پیرامونی کم اهمیت، نقشه‌برداری معمولی قابل استفاده می‌باشد. در گودهای با عمق زیاد و یا دارای عوارض پیرامونی حساس و حائز اهمیت، باید نقشه‌برداری ژئودتیک (میکروژئودزی) انجام پذیرد. به منظور کاهش خطاها، برداشت‌های نقشه‌برداری حتی‌المقدور باید در شرایط ثابت (دما، دستگاه، نیروی انسانی و غیره) انجام گیرد.

**نقشه‌برداری معمولی:** برای پایش جابه‌جایی‌های گود و عوارض پیرامونی آن، ابتدا باید نقاط مهم و حساس از حیث جابه‌جایی‌های ناشی از گودبرداری شناسایی و نشانه‌های منشوری برچسبی (تارگت) در نقاط مذکور چسبانده شوند. نشانه‌های منشوری برچسبی معمولا بر روی سطوح فلزی صاف و فاقد زنگ‌زدگی چسبانده می‌شوند. در صورتی که نقاط مورد نظر فاقد چنین سطحی باشد، یک ورق فولادی در محل به وسیله جوش یا با گچ و سیمان تثبیت شده و تارگت بر روی آن چسبانده می‌شود.

در ساختمان‌های مجاور گود ، نصب نشانه‌های منشوری برچسبی باید در بالاترین تراز ساختمان و تراز شالوده و بر روی دیواره‌های گود به ازای هر ۱۰ متر عمق یک ردیف انجام گیرد. (اولین ردیف نشانه‌های منشوری برچسبی روی دیواره گود در مجاورت ساختمان در حدود ۰/۵ متری زیر شالوده نصب گردد). در هر تراز، نصب حداقل ۳ تارگت و با فواصل حداکثر ۱/۵ متر الزامی است.

به منظور اندازه‌گیری و محاسبه جابه‌جایی‌های نقاط نشانه، حداقل دو نقطه ثابت، خارج از محدوده تأثیر گود (حداقل ۱/۵ برابر عمق گود) و سایر عوامل احتمالی مؤثر بر جابه‌جایی آن‌ها، تعیین و در آن‌ها تارگت (و یا ترجیحاً صفحه پیلار جهت استقرار منشور) نصب شود.

omoorepeyman.ir

مختصات نقاط نشانه (نسبت به نقاط ثابت) در هر مرحله برداشت شده و مقدار جابه‌جایی نقاط نشانه (اختلاف مختصات نسبت به مرحله مبنا) محاسبه گردد. همچنین تراز خاکبرداری در محدوده هر نقطه نشانه در هر مرحله برداشت و ثبت شود.

### ۵-۳-۶-۳-۱-۳- الزامات و بازه زمانی پایش

به‌منظور انجام پایش گود توصیه می‌شود به جدول ۵-۴ مراجعه شود. روش و بازه زمانی پایش باید توسط دستگاه نظارت تعیین شود.

به‌طور کلی فاصله زمانی پایش گودها در زمان ساخت به هیچ وجه نباید از دو هفته تجاوز نماید. در گودهای موقت پس از اتمام ساخت و در محدوده عمر مفید سازه نگهبان، در صورتی که روند جابه‌جایی‌ها کاهشی باشد، به تدریج می‌توان فواصل زمانی پایش را تا حداکثر یک ماه افزایش داد. پس از اتمام عمر مفید سازه نگهبان، بسته به سابقه رفتاری گود و شرایط آن، فواصل زمانی پایش کاهش می‌یابد. در گودهای دائم نیز چنانچه روند جابه‌جایی‌ها پس از اتمام ساخت کاهشی باشد، به‌تدریج می‌توان فواصل زمانی پایش را تا حداکثر یک ماه افزایش داد. در طی یک سال اول پس از اتمام ساخت سازه نگهبان فاصله زمانی پایش‌ها نباید بیش از یک ماه باشد. در صورت مطلوب بودن رفتار سازه نگهبان، حداکثر فاصله زمانی پایش‌ها در سال‌های دوم، سوم و چهارم پس از اتمام ساخت، به ترتیب دو، سه و چهار ماه و پس از آن حداکثر ۶ ماه می‌باشد. پس از وقوع زلزله انجام پایش ضروری می‌باشد.

**جدول ۵-۴- انواع روش‌های پایش با توجه به ویژگی‌های گود**

| نوع سازه نگهبان | حساسیت | روش پایش | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | پایش چشمی | نقشه برداری | | ابزار دقیق |
| | | | معمولی | میکروژئودزی | |
| موقت | متوسط | الزامی | الزامی | - | - |
| | زیاد | الزامی | الزامی | توصیه | - |
| | ویژه | الزامی | - | الزامی | توصیه |
| دائم | متوسط | الزامی | الزامی | - | - |
| | زیاد | الزامی | الزامی | توصیه | توصیه |
| | ویژه | الزامی | - | الزامی | * |

* در روش نیلینگ، انکراژ الزامی بوده و در سایر روش‌ها به‌صورت توصیه‌ای می‌باشد.

omoorepeyman.ir

## ۵-۴- بهسازی خاک

اصلاح ویژگی‌های مهندسی خاک با هدف بهره‌وری بیشتر از یک ساختگاه نامطلوب را بهسازی خاک می‌نامند. ابداع روش‌های مختلف نوین بهسازی خاک طی نیم‌قرن اخیر موجب گسترش این شاخه از مهندسی ژئوتکنیک گشته است. از این رو لازم است در اسناد فنی بدان پرداخته شود.

### ۵-۴-۱- بهسازی سطحی

در برخی از موارد اصلاح مشخصات خاک در لایه سطحی و یا به‌صورت لایه به لایه پاسخگوی نیاز مهندسی است. اصلاح فیزیکی یا تثبیت شیمیایی قشر رویه دو شیوه بهسازی سطحی خاک است.

#### ۵-۴-۱-۱- تراکم سطحی (اصلاح فیزیکی)

تراکم سطحی موجب کاهش تخلخل و بهبود مشخصات فیزیکی و مکانیکی خاک می‌شود. مطالب زیر در تکمیل توضیحات ارائه شده در بخش ۵-۲-۲-۴ است.

عمق تأثیر تراکم سطحی با غلطک، معمولا کمتر از ۰/۵ متر است. بهترین بازدهی در خاک‌های درشت‌دانه خوب دانه‌بندی شده و کمترین بازدهی در خاک‌های ریزدانه و ماسه‌ای یکنواخت حاصل می‌شود.

##### ۵-۴-۱-۱-۱- تجهیزات اجزا

به منظور متراکم نمودن سطحی خاک می‌توان از انواع کوبه‌های غلطکی یا تخت استفاده نمود. برخی از انواع غلطک‌ها به شرح زیر است:

- غلطک‌های فولادی صاف
- غلطک‌های پاچه‌بزی
- غلطک‌های شبکه‌ای

##### ۵-۴-۱-۱-۲- نکات اجرایی

- زمین تحت بهسازی بایستی در اثر کوبش سطحی به تراکم نسبی تعیین شده در مشخصات فنی اجرایی برسد.
- ضخامت لایه تحت کوبش باید متناسب با نوع خاک و غلطک انتخاب شود به نحوی که تراکم مطلوب یکنواخت در کل لایه به‌دست آید.
- زمین تحت بهسازی بایستی با غلطک ماشینی متراکم شود و در صورت عدم امکان استفاده از این نوع غلطک‌ها، با تصویب دستگاه نظارت می‌توان از کوبنده‌های مکانیکی دستی استفاده کرد.
- برای تامین تراکم یکنواخت، عمل مرطوب کردن و اختلاط خاک‌ها را باید در زمان مناسب و کافی و قبل از غلطک‌زنی، انجام داد تا فرصت توزیع یکسان رطوبت در تمام خاک وجود داشته باشد.

omoorepeyman.ir

### ۵-۴-۱-۱-۳- کنترل کیفیت و معیارهای پذیرش

پیش از اجرای عملیات تراکم لازم است آزمایش تراکم انجام شود. لازم است بر روی هر نوع خاک (هر نوع دانه‌بندی) دست کم ۳ آزمایش تراکم انجام پذیرد.

در هر لایه متراکم شده، به ازای هر ۱۰۰ مترمربع باید یک آزمایش چگالی سنجی در محل و تعیین تراکم نسبی به عمل آید. معیار پذیرش تراکم مورد نیاز بر اساس نظر دستگاه نظارت خواهد بود.

در صورت نیاز برای تعیین ضریب تغییرشکل‌پذیری لایه بهسازی شده یک آزمایش بارگذاری صفحه به ازای هر ۳۰۰ تا ۵۰۰ مترمربع (بسته به نظر مهندس ناظر) صورت می پذیرد.

## ۵-۴-۲- تثبیت شیمیایی

تثبیت شیمیایی خاک به اصلاح و بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی آن از طریق اختلاط مواد افزودنی اطلاق می‌شود. انتخاب روش تثبیت برای خاک‌ها بستگی به نوع و جنس خاک و همچنین اهداف تثبیت خاک دارد که در این بخش به‌صورت عمومی افزودنی‌های مختلف شیمیایی معرفی می‌شود. مواد افزودنی شیمیایی به منظور بهسازی خاک‌های مساله دار نظیر خاک‌های سست و یا نشست‌پذیر، خاک‌های رمبنده و خاک‌های متورم شونده به کار برده می‌شوند.

### ۵-۴-۲-۱- مواد و مصالح

مواد افزودنی شیمیایی متداول مورد استفاده در زمینه بهسازی خاک‌های مساله‌دار شامل آهک، سیمان پرتلند، قیر، خاکستر بادی می‌باشند که با توجه به جدول ۵-۵ متناسب با نوع و جنس خاک مورد استفاده قرار می‌گیرند.

**جدول ۵-۵- میزان اثربخشی مواد افزودنی بر روی بهسازی خاک‌های مختلف (آیین نامه FHWA-NHI-16-028)**

| نوع خاک | دارای بیشتر از ۲۵ درصد ریزدانه رسی | | | دارای کمتر از ۲۵ درصد ریزدانه رسی | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| حد خمیری (PI) | PI ≤ ۱۰ | ۱۰< PI < ۲۰ | PI ≥ ۲۰ | PI ≤ ۶<br>PI × درصد عبوری از الک شماره ۲۰۰ کوچک‌تر از ۶۰ | PI ≤ ۱۰ | PI >۱۰ |
| نوع ماده افزودنی | میزان اثربخشی بهبود مشخصات خاک | | | | | |
| آهک | متوسط | زیاد | | کم | متوسط | زیاد |
| سیمان پرتلند | زیاد | متوسط | کم | زیاد | | |
| قیر | متوسط | | کم | زیاد | | کم |
| مخلوط قیر و سیمان | زیاد | متوسط | کم | زیاد | | متوسط |

### ۵-۴-۲-۱-۱- تثبیت خاک با آهک

آهک به دو صورت زنده و شکفته وجود دارد. آهک شکفته از اختلاط آب با آهک زنده به دست می‌آید و خاصیت جذب رطوبت کمتری نسبت به آهک زنده دارد و به همین دلیل کار کردن با آن ساده‌تر بوده و به‌راحتی انبار و نگهداری می‌شود.

omoorepeyman.ir

اما به‌طور کلی آهک زنده ماده تثبیت کننده موثرتری نسبت به آهک شکفته است و اگر به‌صورت دوغاب به خاک اضافه شود، مقاومت بیشتری را نسبت به موقعی که به‌صورت پودر اضافه می‌شود، ایجاد می‌کند.

افزودن آهک اصولاً برای تثبیت خاک‌های ریزدانه با حد خمیری بزرگ‌تر از ۱۰ و خاک‌های رسی خمیری (PI >۳۵) مناسب است. آهک برای تثبیت خاک‌هایی که حاوی مقدار بیش از ۲ درصد مواد آلی و همچنین حاوی مقدار بیش از ۰/۵ درصد سولفات قابل‌حل در آب می‌باشند، مناسب نیست.

اختلاط آهک با خاک‌های ریزدانه مرطوب موجب بروز چندین واکنش شیمیایی بین خاک و آهک می‌شود و باعث می‌شود که مخلوط تولیدشده دارای مقاومت باربری بیشتر، قابلیت تراکم بهتر، درصد انقباض و خاصیت خمیری کمتری نسبت به خاک طبیعی اولیه باشد.

درصد مناسب آهک بایستی پس از ارزیابی تأثیر درصدهای مختلف آهک بر مشخصات فنی مورد نظر خاک تثبیت شده با آهک در برنامه آزمایشگاهی و فرآیندهای طراحی استخراج گردد.

### ۵-۴-۲-۱-۲- تثبیت خاک با سیمان پرتلند

به‌طور کلی هر خاکی که حاوی کمتر از ۲ درصد مواد آلی بوده و مقدار سولفات قابل حل در آب آن نیز از مقادیر مشخص شده در دستورالعمل ۲۶۸ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور تجاوز نکند، قابلیت تثبیت شدن با سیمان پرتلند را دارد. در صورتی‌که حد خمیری خاک بیشتر از ۳۰ باشد، عمل اختلاط خاک با سیمان دشوار بوده و تثبیت به خوبی انجام نمی‌گیرد. همچنین خاک‌های آلی به هیچ وجه برای تثبیت با سیمان مناسب نیستند.

مشخصات فنی خاک‌های تثبیت شده با سیمان بستگی به جنس خاک، مقدار سیمان، وزن مخصوص خاک تثبیت و کوبیده شده، کیفیت اختلاط سیمان و خاک، شرایط عمل آوردن مخلوط و زمان دارد. در جدول ۵-۶ به‌طور تقریب درصدهای مناسب سیمان برای خاک‌های مختلف درج شده است؛ اما جهت تعیین درصد دقیق و بهینه سیمان بایستی نمونه‌هایی با درصدهای مختلف سیمان ساخته شود و مشخصات فنی آن‌ها نظیر CBR، مقاومت فشاری، دوام خاک تثبیت شده با سیمان مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد. در بهسازی خاک در عمق و اجرای ستون‌های خاک-سیمان، متناسب با شرایط اجرا و میزان دوغاب بازگشتی تزریق شده در عمق، درصد وزنی سیمان لازم برای اختلاط بیشتر خواهد بود که برای جزئیات بیشتر به بخش ستون‌های خاک-سیمان با تکنیک جت گروتینگ یا اختلاط در عمق مراجعه گردد.

**جدول ۵-۶- درصدهای تقریبی سیمان جهت تثبیت خاک‌های مختلف**

| رده خاک | | حدود معمول سیمان مورد نیاز | |
|---|---|---|---|
| سیستم اشتو | سیستم یونیفاید | درصد حجمی | درصد وزنی |
| A-1-a | GW, GP, GM, SW, SP, SM | ۵-۷ | ۳-۵ |
| A-1-b | GM, GP, SM, SP | ۷-۹ | ۵-۸ |
| A-2 | GM, GC, SM, SC | ۷-۱۰ | ۵-۹ |
| A-3 | SP | ۸-۱۲ | ۷-۱۱ |
| A-4 | CM, ML | ۸-۱۲ | ۷-۱۲ |

omoorepeyman.ir

| | | | |
|---|---|---|---|
| A-5 | ML, MH, CH | ۸-۱۲ | ۸-۱۳ |
| A-6 | CL, CH | ۱۰-۱۴ | ۹-۱۵ |
| A-7 | OH, MH, CH | ۱۰-۱۴ | ۱۰-۱۶ |

**۵-۴-۲-۱-۳- تثبیت خاک با قیر**

از قیر برای تثبیت خاک‌های دانه‌ای و چسباندن آن‌ها به یکدیگر انجام استفاده می‌شود. مکانیزم تثبیت خاک با قیر برخلاف مکانیزم تثبیت خاک با آهک و سیمان حاصل واکنش شیمیایی و پوزولانی نمی‌باشد و صرفاً به علت داشتن خاصیت چسبندگی، فقط باعث اتصال دانه‌ها و ذرات خاک به یک دیگر و در نتیجه افزایش مقاومت می‌شود. لذا خاک‌های ریزدانه خمیری برای تثبیت با قیر مناسب نیستند. قیر علاوه بر افزایش مقاومت سبب کاهش نفوذپذیری در خاک نیز می‌شود.

مشخصات فنی و طرح اختلاط به تفصیل در ضابطه ۱۰۱ آیین‌نامه روسازی راه‌ها و ضابطه ۲۳۴ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور ارایه شده است.

**۵-۴-۲-۱-۴- تثبیت خاک با خاکستر بادی و آهک**

به‌طور معمول از خاکستر بادی به همراه آهک یا سیمان برای تثبیت خاک استفاده می‌شود؛ زیرا خاک‌ها و مصالحی که فقط با خاکستر بادی تثبیت می شوند، در معرض یخبندان و ذوب مکرر و یا تغییرات رطوبت، به شدت از مقاومت و دوام آن‌ها کاسته شده و خرد می‌شوند. خاکسترهای بادی طبق استاندارد انجمن آزمایش و مصالح آمریکا ( ASTM C618) در دو گروه C و F رده‌بندی می‌شوند. اختلاف عمده دو رده C و F در آن است که درصد آهک موجود در خاکستر رده C به‌مراتب بیشتر از درصد آهک خاکستر رده F است و دیگر آنکه خاکسترهایی که در رده C قرارمی‌گیرند دارای خاصیت نسبی گیرش بیشتری هستند. لذا خاکستر بادی رده F برای تثبیت خاک موثر نیست.

از مخلوط خاکستر بادی و آهک می‌توان برای تثبیت خاک‌هایی با مشخصات و دانه‌بندی‌های مختلف استفاده کرد. ولی خاک‌هایی که حاوی مقدار زیادی مواد آلی کربن‌دار هستند (بیشتر از ۱ درصد) به هیچ وجه برای تثبیت با خاکستر بادی و آهک مناسب نیستند. به‌طور کلی استفاده از خاکستر بادی و آهک برای تثبیت خاک‌های ریزدانه در مقایسه با خاک‌های درشت‌دانه مناسب‌تر هستند. دوام خاک‌های ریزدانه تثبیت شده با خاکستر بادی و آهک بیشتر از خاک‌های درشت‌دانه می باشد؛ در حالی که مقاومت اولیه خاک‌های درشت‌دانه تثبیت شده با خاکستر بادی و آهک بیشتر از خاک‌های ریزدانه است. اما این امکان وجود دارد که با گذشت زمان و مساعد بودن شرایط رطوبت و دما، مقاومت نهایی خاک‌های ریزدانه برابر یا بیشتر از مقاومت نهایی خاک‌های درشت‌دانه تثبیت شده با خاکستر بادی و آهک گردد.

در دمای کمتر از ۴ درجه سانتی‌گراد، واکنش پوزولانی در مخلوط خاک با خاکستر بادی و آهک به شدت کند و یا متوقف می‌شود.

omoorepeyman.ir

درصد خاکستر بادی و آهک مصرفی برای تثبیت خاک‌ها علاوه بر دانه‌بندی خاک، بستگی به بافت سطحی دانه‌ها، مصالح سنگی و نوع خاکستر بادی دارد و جهت تعیین دقیق آن، بررسی و ارزیابی باید طبق روش ASTM C618 انجام شود.

**۵-۴-۲-۱-۵- تثبیت خاک با ترکیب سیمان و آهک**

اگر خاکی از نوع بدون واکنش باشد، صرف نظر از جنس و درصد آهک مصرفی و سایر عوامل مؤثر بر واکنش پوزولانی، افزایش مقاومت قابل توجهی در خاک تثبیت شده با آهک ایجاد نخواهد شد. از طرفی برای خاک‌های خیلی خمیری و چسبنده که حد خمیری آن‌ها بیشتر از ۳۰ است، نمی‌توان به‌طور مستقیم از سیمان برای افزایش مقاومت آن‌ها استفاده کرد. لذا در این‌گونه موارد ممکن است از آهک به عنوان یک پیش‌تثبیت کننده برای کاهش خواص خمیری خاک استفاده کرد و پس از اصلاح خواص خمیری خاک، از سیمان برای افزایش مقاومت مخلوط بهره گرفت.

حداقل میزان آهک مصرفی برای کاهش خواص خمیری خاک‌ها برابر با ۱ درصد و حداکثر مقدار آن برابر ۳ درصد وزن خشک خاک می‌باشد. حداقل سیمان مصرفی نیز برابر با ۳ درصد و حداکثر مقدار آن برابر ۱۰ درصد وزن خشک مخلوط خاک و آهک می‌باشد. مقدار دقیق آن بر اساس آزمایش‌های مقاومت و دوام تعیین می‌شود.

**۵-۴-۲-۱-۶- تثبیت خاک با ترکیب آهک و قیر**

اصولاً برای آن‌که تثبیت خاک‌های دانه‌ای با قیر به خوبی انجام شود، دانه‌های خاک بایستی عاری از خاک رس و مواد دیگری باشد که مانع چسبیدن قیر به دانه‌ها است. علاوه بر آن، دانه‌های خاک باید خشک باشند تا قیر به خوبی به آن‌ها بچسبد. هر اندازه قیر بهتر به دانه‌ها بچسبد و بیشتر پایدار باشد، استقامت و دوام مخلوط خاک با قیر بیشتر خواهد بود. یکی از راهکارهای مناسب برای آن‌که قیر بهتر به دانه‌های خاک بچسبد و از اثرات منفی رطوبت بر مخلوط قیری کاسته شود، شست و شوی مصالح سنگی با محلول دوغاب آهک حاوی ۱ درصد آهک و خشک کردن متعاقب آن است.

**۵-۴-۲-۲- تجهیزات اجرا**

تجهیزات اجرا برای آمیخته کردن موارد افزودنی با خاک به دو دسته ابزار اختلاط در عمق و سطحی تقسیم می‌شوند. تجهیزات اجرای عملیات تثبیت خاک در عمق، به صورت دو روش اختلاط عمقی خاک و تزریق با فشار بالا انجام می‌شود. با ماشین‌آلاتی نظیرکمپرسی، ماشین مجهز به جعبه پخش مصالح افزودنی، ماشین مجهز به سیستم هوای فشرده و همزن مکانیکی، تانکر مجهز به همزن مکانیکی جهت پخش دوغاب مصالح افزودنی، ماشین مجهز به تلمبه مدار بسته جهت پخش دوغاب مصالح افزودنی و غیره صورت می‌گیرد.

ساده‌ترین روش برای پخش، استفاده از کامیون کمپرسی است. در این روش میزان مصالح مورد نیاز با تنظیم دریچه عقب اتاقک کامیون و همچنین تنظیم سرعت حرکت ماشین کنترل می‌شود. برخی از کامیون‌ها مجهز به جعبه مخصوص

omoorepeyman.ir

پخش آهک هستند که دوران محور پیچ‌وار درون جعبه در هنگام پخش، مانع چسبیدن دانه‌های مواد افزودنی نظیر آهک و سیمان به یکدیگر و همچنین پخش یکنواخت‌تر می‌شود.

در ماشین‌های مجهز به سیستم هوای فشرده، مقدار ماده افزودنی با تنظیم سرعت حرکت ماشین و فشار هوای پخش کن و در ماشین‌های مجهز به سیستم مکانیکی، مقدار ماده افزودنی با تنظیم سرعت دوران محور پیچ‌وار پخش‌کن و دریچه خروجی آن کنترل و پخش می‌شود.

اختلاط مصالح افزودنی با خاک با ماشین‌آلاتی نظیر شخم‌زن دیسک‌دار، مخلوط‌کن دوار و غیره انجام می‌شود.

**۵-۴-۲-۳- نکات اجرایی**

به‌طور کلی مراحل اجرایی عملیات تثبیت شیمیایی خاک شامل مراحل آماده کردن خاک، پخش مصالح افزودنی، اختلاط و آب‌پاشی، کوبیدن و تسطیح و عمل‌آوری مخلوط می‌باشد.

**۵-۴-۲-۳-۱- عمل‌آوری**

حداکثر مقاومت و دوام خاک‌های تثبیت شده با آهک بستگی به نحوه عمل آوردن آن‌ها دارد. برای عمل آوردن مصالح تثبیت شده با آهک بعد از تکمیل عملیات کوبش لایه می‌توان با پخش ۰/۵ تا ۱ لیتر قیر محلول و یا قیر امولسیون از خشک شدن آن جلوگیری نمود و یا با آب‌پاشی سطح آن را مرطوب نگه داشت.

چنانچه از روش آب‌پاشی برای عمل‌آوری خاک تثبیت شده با آهک استفاده می‌شود، لازم است که پس از آب‌پاشی با غلطک چرخ لاستیکی سبک سطح لایه ورز داده شود تا بافت سطحی آن یکنواخت باقی بماند.

برای عمل‌آوری خاک تثبیت شده با سیمان نیاز به یک دوره ۳ تا ۷ روزه می‌باشد. لذا برای جلوگیری از خشک شدن سطح لایه تثبیت شده، باید آن را مرطوب نگه داشت تا مخلوط خود را بگیرد. برای جلوگیری از تبخیر رطوبت مخلوط، معمولا از حصیر، پوشش‌های پلاستیکی، پارچه برزنت مرطوب، ماسه مرطوب و یا یک‌لایه نازک قیر محلول کندگیر یا تندگیر و یا قیر امولسیون استفاده می‌شود.

در صورت استفاده از مواد قیری به منظور عمل‌آوری مخلوط خاک و سیمان، مواد قیری باید بلافاصله بعد از عملیات کوبیدگی و یا حداکثر ۲۴ ساعت بعد از آن بر روی سطح مرطوب پخش شود. قبل از پخش مواد قیری، سطح مخلوط باید مرطوب و عاری از نقاط خشک و دانه‌های شن باشد.

در مواردی‌که از ماسه برای عمل آوردن مخلوط خاک و سیمان استفاده می‌شود، باید سطح لایه تثبیت شده قبل از اجرای لایه بعدی روی آن، از ماسه پاک شود. برای پاک کردن ماسه از سطح لایه تثبیت شده، می‌توان از جاروی مکانیکی یا هوای فشرده (کمپرسور باد) استفاده نمود.

در روش تثبیت خاک با قیر، قبل از متراکم شدن مخلوط، بایستی عمل‌آوری قیر انجام شود تا روغن‌های حلال قیرهای محلول و آب قیرآبه‌ها تبخیر شود. عمل آوردن مخلوط ، از طریق هوا دادن آن انجام می‌شود. روش هوا دادن مخلوط به این

omoorepeyman.ir

صورت است که خاک قیر اندود شده برای مدتی به حال خود رها شده و یا به‌صورت یک یا چند ریسه در کنار زمین قرار داده می‌شود، تا این‌که نیمی از روغن‌های حلال قیر محلول تبخیر شده و درصد رطوبت آن به کمتر از ۲ درصد کاهش یابد.

**۵-۴-۲-۴- کنترل کیفیت و معیارهای پذیرش**

کنترل کیفیت خاک‌های تثبیت شده با مواد افزودنی برای به دست آوردن محصولی یکنواخت، مقاوم و با دوام ، از ارکان مهم تثبیت خاک‌ها با مواد افزودنی محسوب می‌شود.

**۵-۴-۲-۴-۱- کنترل کیفیت خاک تثبیت شده با آهک**

به منظور اطمینان از عملکرد خوب تثبیت خاک با آهک کنترل‌های زیر باید صورت پذیرد:

- نمونه‌برداری و آزمایش آهک طبق روش آشتو T218 .
- تعیین مقدار آهک طبق بند ۲-۶-۳-۲ دستورالعمل ۲۶۸ سازمان برنامه‌ریزی و مدیریت کشور.
- بررسی میزان آهک پخش شده از طریق نمونه‌برداری طبق بند ۲-۶-۳-۳ دستورالعمل ۲۶۸ سازمان برنامه‌ریزی و مدیریت کشور.
- تعیین نسبت خرد و نرم شدن مخلوط خاک و آهک طبق استاندارد BS 1924 .
- تعیین وزن مخصوص و درصد تراکم خاک مخلوط شده از روش ماسه (طبق روش آشتو)، روش بادکنک (طبق روش آشتو T205) و یا روش هسته‌ای (طبق روش آشتو T238).
- تعیین درصد رطوبت خاک مخلوط شده با استفاده از روش‌های متداول نظیر خشک کردن نمونه مصالح در گرمخانه طبق روش ASTM D2216 و یا روش هسته‌ای ASTM D3017 یا آشتو T238 .
- تشخیص لایه تثبیت شده با آهک با استفاده از ماده شیمیایی فنل فتالئین طبق بند ۲-۶-۳-۷ دستورالعمل ۲۶۸ سازمان برنامه‌ریزی و مدیریت کشور.
- تعیین راندمان اختلاط برای تعیین کیفیت عمل اختلاط خاک و آهک طبق بند ۲-۶-۳-۸ دستورالعمل ۲۶۸ سازمان برنامه‌ریزی و مدیریت کشور.

**۵-۴-۲-۴-۲- کنترل کیفیت خاک تثبیت شده با سیمان**

کنترل کیفیت خاک تثبیت شده با سیمان برای کسب اطمینان از کیفیت مطلوب مصالح و همچنین کنترل عملیات اجرایی بوده و شامل موارد زیر است:

- کنترل نوع و روش نگهداری سیمان مصرفی
- تعیین مقدار سیمان مصرفی با استفاده از صفحات فلزی یا برزنتی طبق بند ۲-۶-۳-۳ دستورالعمل ۲۶۸ سازمان برنامه‌ریزی و مدیریت کشور.

omoorepeyman.ir

- تعیین درصد رطوبت خاک تثبیت شده با سیمان طبق روش آشتو T239 یا ASTM D2216 و یا روش هسته‌ای ASTM D3017.
- بررسی کیفیت خرد و نرم شدن مخلوط از طریق آزمایش دانه‌بندی و نسبت خرد و نرم شدن مخلوط خاک و سیمان طبق بند ۴-۶-۳-۳ دستورالعمل ۲۶۸ سازمان برنامه‌ریزی و مدیریت کشور.
- تعیین وزن مخصوص و درصد تراکم از روش ماسه (آشتو T191 یا ASTM D1556)، روش بادکنک (آشتو T205 یا ASTM D2167) و یا هسته‌ای (آشتو T238 یا ASTM D2922).
- تعیین یکنواختی اختلاط خاک با سیمان با استفاده از محلول فنل فتالئین طبق بند ۶-۶-۳-۳ دستورالعمل ۲۶۸ سازمان برنامه‌ریزی و مدیریت کشور.

### ۵-۴-۳- ژئوسنتتیک‌ها

**ژئوسنتتیک**[۱]، محصولات مسطحی از جنس پلیمر می‌باشند که در پروژه‌های عمرانی به همراه مصالح خاکی، سنگی یا در بستر طبیعی برای بهبود ویژگی‌ها و یا عملکرد توده‌های خاکی طبیعی یا خاکریزها به کار می‌روند.

بسته به نوع کاربرد، مصالح مذکور با مشخصات هندسی و مکانیکی متنوعی ساخته می‌شوند. در این بخش به کاربرد ژئوسینتتیک در بهسازی و تسلیح سطحی خاک پرداخته می‌شود.

از ژئوسنتتیک‌ها برای افزایش ظرفیت باربری پی‌های سطحی، تسلیح خاک و خاکریزها (ژئوگرید[۲])، آب‌بندی (ژئوممبران[۳]) و زهکشی و صافی[۴] (جداکننده) بین خاک‌های ریزدانه و درشت‌دانه (ژئوتکستایل[۵]) استفاده می‌شود.

ژئوسنتتیک‌ها به‌طور کلی برای تسلیح بسترهای طبیعی و مصنوعی (خاکریزها) به کار می‌روند. ژئوسنتتیک‌ها معمولاً برای جلوگیری حرکت افقی لایه‌های بستر، کاهش نشست‌های موضعی و کاهش ضخامت لایه‌های خاکریزی به کار می‌روند. وقتی ژئوسنتتیک که دارای مقاومت و سختی کششی است به‌صورت افقی بر روی خاک بستر نرم و یا در بین لایه‌های خاکریزی شده اجرا شود، بخشی از بار قائم اعمالی برروی لایه خاک مسلح شده، با کشش افقی ژئوسنتتیک خنثی شده و درنتیجه باربری لایه‌های خاک مسلح افزایش یافته و نشست قائم آن کاهش می‌یابد.

از ژئوسنتتیک‌ها می‌توان به عنوان لایه آب‌بند (جلوگیری از نفوذ آب به محدوده‌ای خاص) و یا زهکش (هدایتگر آب در مسیری مشخص) استفاده نمود.

علاوه بر این، از ژئوسنتتیک‌ها می‌توان به‌عنوان لایه جداساز به‌منظور جلوگیری از نفوذ ذرات ریز به لایه‌های درشت دانه‌تر استفاده نمود. این مسئله مخصوصاً در لایه‌های درشت‌دانه‌ای که به منظور زهکشی اجرا می‌گردند، حائز اهمیت می‌باشد.

---

۱- Geosynthetics
۲- Geogrid
۳- Geomembrane
۴- Filter
۵- Geotextile

omoorepeyman.ir

**۵-۴-۳-۱- مواد و مصالح**

جنس و نوع ژئوسینتتیک‌ها با توجه به کاربرد آن‌ها انتخاب می‌شوند. معمولا تولیدکننده‌های مختلف، کاتالوگ محصولات خود به‌همراه مشخصات فنی و اجرایی آن‌ها و زمینه مناسب کاربرد هر یک را در اختیار طراحان و مجریان پروژه‌ها قرار می‌دهند. محصولات ژئوسنتتیک معمولا به‌صورت رول‌هایی با عرض مشخص (حدود ۱ تا ۶ متر) تولید و عرضه می‌شوند.

متداول‌ترین ژئوسنتتیک‌های قابل کاربرد در بهسازی سطحی خاک شامل موارد زیر می‌باشد:

**۵-۴-۳-۲- ژئوتکستایل**

ژئوتکستایل‌ها که به دو صورت بافته‌شده (شبیه پارچه) و نبافته (شبیه نمد) تولید می‌شوند، برای تسلیح، جداسازی و زهکشی کاربرد دارند. وقتی برای تسلیح استفاده می‌شوند، مهم‌ترین مشخصه آن‌ها، مقاومت و سختی کششی این محصول می‌باشد. این لایه می‌باید به حدی قوی باشد تا بتواند تحت اثر بارهای قائم وارده بر روی لایه خاک مسلح مقاومت نموده و حتی در صورت ایجاد نشست موضعی در بخش‌هایی از بستر، دچار آسیب نگردد. در صورتی که خاک بستر مرطوب باشد این لایه همچنین باید توانایی عبور آب ورودی از سطح را داشته باشد، تا اثری بر روی سطح آب زیر زمینی ایجاد ننماید. از طرف دیگر میزان ابعاد منافذ این مصالح باید به میزانی باشد که اجازه ورود مصالح ریزدانه را به داخل لایه‌های بالاتر ندهد.

**۵-۴-۳-۲-۱- ژئوگرید**

ژئوگرید شبکه‌ای است ساخته شده با نوارهای مقاوم پلیمری که در دو یا سه جهت به‌هم پیوسته و مقاومت کششی ایجاد کرده‌اند. ژئوگریدها بر مبنای روش ساخت، نوع پلیمر و مشخصات شبکه آن‌ها دسته‌بندی می‌گردند. ژئوگریدها می‌توانند بافته و یا جوش شده باشند. از ژئوگریدها به‌طور گسترده در تسلیح لایه‌های خاک و خاکریزها استفاده می‌شود.

سایز شبکه ژئوگریدها به‌صورت مستقیم اندازه‌گیری شده و ابعاد آن با توجه به ابعاد ذرات شن پیرامونی انتخاب می‌گردد، تا بدین وسیله میان لایه ژئوگرید و خاک اطراف قفل و بست مناسب فراهم گردد. در صورتی که ابعاد شبکه‌های ژئوگرید خیلی کوچک باشد ، به دلیل عدم ایجاد قفل و بست مناسب، ژئوگرید داخل لایه شنی به راحتی دچار لغزش می‌گردد و در صورتی که ابعاد شبکه‌ها بزرگ باشد، لایه ژئوگرید با خاک اطراف اندرکنشی نخواهد داشت.

مقاومت در برابر اشعه‌های فرابنفش خورشید ویژگی دیگر این مصالح می‌باشد تا در صورت قرارگیری این مصالح در برابر نور خوشید مقاومت آن کاهش نیابد.

دوام دراز مدت ژئوگریدها نیز به نوع پلیمر(پلی اتیلن، پلی پروپیلن و یا پلی استر) و افزودنی که به پلیمر اضافی گردیده، وابسته می‌باشد.

omoorepeyman.ir

**۵-۴-۳-۲-۲- ژئوکامپوزیت**

ژئوکامپوزیت‌ها برای کاربردهای ترکیبی (مثلاً تسلیح و زهکشی، تسلیح و آب‌بندی، آب‌بندی و زهکشی، جداسازی و تسلیح و غیره) مورد استفاده قرار می‌گیرند. از این رو ژئوکامپوزیت‌ها شامل ترکیب دو یا چند نوع ژئوسنتتیک می‌باشند؛ مثلاً ترکیب ژئوتکستایل بافته/نبافته، ترکیب ژئوگرید/ژئوتکستایل و غیره. در ژئوکامپوزیت علاوه بر دوام، ابعاد بازشو برای ژئوتکستایل و یا ژئوگرید و مقاومت اتصال این ترکیب‌ها به یک دیگر جهت حصول یکپارچگی، مهم است. در صورت عدم یکپارچگی ژئوکامپوزیت‌ها، یک‌لایه می‌تواند بر روی لایه دیگر این ژئوسنتتیک بلغزد و منجر به آسیب‌دیدگی و اختلال در عملکرد آن شود.

**۵-۴-۳-۲-۳- مصالح خاکریزی**

برای تسلیح خاک با ژئوسنتتیک‌ها نیاز به اجرای لایه/لایه‌های خاکریزی و مصالح متناسب ژئوسنتتیک به‌صورت متناوب و لایه به لایه می‌باشد. مصالح خاکریزی در این شرایط بایستی منطبق بر موارد ارائه شده در بخش ۵-۲-۲ (عملیات خاکی) باشند.

**۵-۴-۳-۳- روش اجرا و نکات اجرایی**

اجرای ژئوسنتتیک‌ها دارای مراحل زیر می‌باشد:

**مرحله اول**: آماده سازی سطحی که قرار است بر روی آن ژئوسنتتیک نصب گردد:

- برداشت خاک‌های سطحی نامناسب در صورت نیاز
- در حین آماده سازی بستر باید دست خوردگی خاک سطحی به کمترین میزان ممکن محدود گردد. تنها تجهیزاتی که منجر به ایجاد نشست محدود در بستر می‌گردد باید مورد استفاده قرار گیرد.

**مرحله دوم:** ژئوسنتتیک‌ها باید در موقعیت مورد نیاز باز شوند. از کشیدن این مصالح بر روی زمین باید اجتناب کرد.

- ژئوسنتتیک‌ها باید به‌صورت صاف و بدون چروک بر روی زمین پهن گردند. در صورت نیاز می‌توان از سنجاق، میخ‌ها و بست‌هایی مخصوص برای جلوگیری از چین‌خوردگی آن‌ها استفاده کرد.
- ژئوسنتتیک‌ها باید عاری از هرگونه آسیب و خرابی بوده و در صورت وجود هرگونه ایراد می‌باید نسبت به اصلاح یا تعویض آن اقدام لازم شود.
- برای اتصال، ژئوسنتتیک‌ها باید حداقل ۳۰ سانتیمتر هم‌پوشانی داشته باشند.
- تجهیزات و ماشین‌آلات اجازه عبور از روی ژئوسنتتیک‌ها را تا پیش از اجرای اولین لایه مصالح خاکریزی برروی آن‌ها ندارند.

**مرحله سوم:** در اجرای ژئوسنتتیک‌ها برای تسلیح خاک در مرحله سوم، نکات زیر باید رعایت شوند:

- خاکریزی باید بر روی مصالح دانه‌ای که از قبل بر روی ژئوسنتتیک‌ها اجرا گردیده، انجام شود.

omoorepeyman.ir

- در صورتی که در حین خاکریزی و کوبش، نشست موضعی با عمقی بیش از ۷/۵ سانتیمتر در بستر ایجاد گردد، لازم است ضخامت لایه خاکریزی مرحله‌ای افزایش یافته یا وزن ماشین‌آلات مورد استفاده کاهش یابد.
- بر روی اولین خاکریزی روی بسترهای نرم نباید از غلطک‌های ویبره‌ای برای متراکم سازی استفاده نمود.
- هرگونه نشست موضعی می‌باید با مصالح دانه‌ای مناسب پر گردد.
- مشخصات مصالح خاکریزی برای بهسازی سطحی خاک با ژئوسنتتیک بایستی منطبق بر موارد ارایه شده در بخش عملیات خاکی ۵-۲-۲ باشد. استفاده از خاک محل با مشخصات متفاوت با مشخصات خاکریز ارایه شده در بخش عملیات خاکی ۵-۲-۲ صرفا با تایید مهندس طراح مجاز می‌باشد.
- در یک بخش محدود از پروژه، خاک ریخته شده بر روی ژئوسینتتیک باید برداشته و بررسی گردد که ژئوسنتتیک به علت اجرای نامناسب دچار آسیب نگردیده باشد. در صورت ایجاد هرگونه آسیب، پیمانکار موظف است روش اجرایی خود را تغییر داده و به تایید دستگاه نظارت برساند. همچنین پیمانکار باید آسیب‌های ایجاد شده در لایه‌های مذکور را با اجرای لایه ژئوسنتتیک جدید یا با استفاده از وصله، اصلاح نماید. وصله‌ها باید حداقل ۴۵ سانتیمتر بیش از بخش آسیب دیده ادامه یابند.

**۵-۴-۳-۴- کنترل کیفیت و معیارهای پذیرش**

مصالح ژئوسنتتیک مورد استفاده باید دارای برگه کنترل کیفی کارخانه (شامل نوع آزمایش‌ها و تاریخ انجام آن‌ها توسط تولید کننده) باشد. در غیر این صورت لازم است حداقل آزمایش تعیین مقاومت و سختی کششی بر روی هر سری مصالح ورودی به کارگاه انجام شود. آزمایش های دیگر می‌توانند بسته به شرایط و معیارهای طراحی، توسط مهندس طراح یا ناظر تعیین گردند.

جهت کنترل کیفیت اجرای بهسازی باید به عواملی که بر روی دوام ژئوسنتتیک‌ها اثر می گذارند از جمله کیفیت بستر، نحوه ریختن مصالح خاکریزی بر روی ژئوسنتتیک‌ها، ضخامت لایه‌های خاکریزی، عملکرد ماشین‌آلات، توجه کرد. اصلی‌ترین ملاحظه کنترل کیفیت شامل رطوبت، دانسیته یا سختی و ضخامت لایه‌های خاکریز اجرا شده بر روی ژئوسنتتیک‌ها می‌باشد. حرکت ماشین‌آلات در ساختگاه باید مورد بررسی شده و نشست موضعی ناشی از حرکت ماشین‌آلات تا میزان قابل تحمل برای ژئوسنتتیک‌ها محدود گردد. در اولین مرحله اجرای خاکریزی بر روی ژئوسنتتیک، باید مصالح ریخته شده در ناحیه محدودی در حدود ۰/۵ مترمربع برداشت و از سالم بودن ژئوسنتتیک به علت روش اجرای مورد استفاده، اطمینان حاصل گردد. در صورتی که ژئوسنتتیک در این بخش و یا سایر نقاط آسیب دیده باشد، باید نواحی آسیب دیده تعمیر یا با استفاده از وصله اصلاح گردد.

omoorepeyman.ir

### ۵-۴-۴- بهسازی ستونی، اختلاط (خاک-سیمان) در عمق

ستون‌های خاک سیمانی عمدتا از اختلاط خاک برجا با سیمان پرتلند (یا بعضا مواد سیمانی چسباننده دیگر نظیر آهک، خاکستر آتشفشانی، سرباره و غیره) ساخته می‌شوند تا مشخصات خاک برجا را بهبود بخشند. توده خاک بهسازی شده با این روش، مقاومت بیشتر، تغییر شکل‌پذیری کمتر و نفوذپذیری کمتر نسبت به خاک برجا، خواهد داشت.

ستون‌های خاک سیمان می‌توانند به‌صورت تک، گروهی (در یک شبکه منظم)، با همپوشانی دیواره‌ای یا بلوکی اجرا گردند. این ستون‌ها با رویکردهای مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرند:

**الف- جزء باربر:** معمولا در زیر پی‌های منفرد، نواری یا گسترده، هر ستون خاک سیمانی به عنوان پی عمیق جایگزین شمع یا ریز شمع گردیده و سهم بار وارد به خود را در حالت شناور یا متکی به نوک به لایه‌های زیرین منتقل می‌نماید.

**ب- روش بهسازی خاک:** در این حالت در زیر پی‌های گسترده و یا محدوده‌های وسیع بارگذاری، ستون‌ها در یک چیدمان شبکه‌ای انبوهی (معمولا) منظم در زمین مسئله‌دار اجرا می‌گردند تا با تسلیح زمین و ایجاد ساختار مرکب، باعث بهبود مشخصات میانگین زمین جهت افزایش ظرفیت باربری، کاهش نشست یا مقابله با روانگرایی و غیره گردند. در صورت استفاده از ستون‌های اختلاط در عمق برای مقابله با روانگرایی، ستون‌ها باید به‌صورت دیواره‌های تشکیل دهنده شبکه متقاطع اجرا شوند.

**ج- دیوار حائل آب بند:** چنانچه این ستون‌های به صورت به هم پیوسته و مانند یک دیواره اجرا گردند، جهت کنترل فشار جانبی خاک و به‌عنوان دیوار حائل نیز کاربرد دارند. در چنین شرایطی معمولا با توجه به عمق دیواره یا ترانشه، ستون‌های خاک سیمانی باید با پروفیل‌های فولادی مناسب و در نظرگیری عمق مدفون (ریشه) متناسب تسلیح گردند. گاهی اوقات برای مهار فشار جانبی خاک، تلفیق دیواره خاک سیمانی با تیرهای سراسری افقی و دوخت به پشت با سیستم مهار از داخل نیز ضروری است. در صورت وجود آب زیرزمینی از این نوع دیوارها می‌توان عملکرد آب‌بندی را نیز انتظار داشت.

روش‌های مختلف اختلاط به شرح زیر است:

الف- **روش تر:** در این روش، دوغاب سیمان با ترکیب آب و سیمان ساخته شده و برای اختلاط با خاک داخل زمین وارد می‌گردد.

**ب- روش خشک:** در این روش سیمان به روش پنوماتیکی و با استفاده از کمپرسور هوا به داخل زمین اشباع وارد گردیده و عمل اختلاط سیمان با آب و خاک برجا در داخل زمین انجام می‌شود.

انجام روش اختلاط در عمق برای بهسازی خاک‌های رسی خیلی نرم تا نیمه سفت، ماسه‌های خیلی سست تا نیمه متراکم، و خاک نباتی امکان‌پذیر است. هرچند که معمولاً لایه‌های رسی سخت و ماسه‌های متراکم نیازمند بهسازی نیستند ولی چنانچه لازم گردد صرفا با تجهیزات سنگین و توان بالا امکان نفوذ به آنها وجود دارد. در شن‌های متراکم، قلوه سنگ

omoorepeyman.ir

و تخته سنگ، نفوذ غیر ممکن بوده و یا بسیار سخت می‌باشد و نیاز به عملیاتی نظیر پیش‌حفاری دارد که باعث افزایش هزینه‌های اجرایی می‌شود.

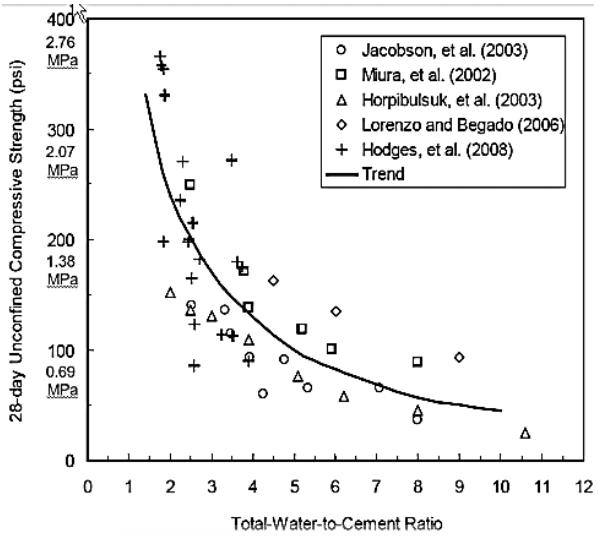
**۵-۴-۴-۱- مواد و مصالح**

رایج‌ترین مصالح اختلاط در ایران، سیمان پرتلند می‌باشد که هم در روش تر و هم در روش خشک استفاده می‌شود. در صورت استفاده از آهک و یا ترکیب آهک و سیمان باید کاربرد روش خشک مد نظر قرار گیرد. آب مورد استفاده در ساخت دوغاب، عموما دارای مشخصات آب آشامیدنی می‌باشد.

نگهداری سیمان فله فقط در سیلو مجاز است. هنگام تغییر نوع سیمان، سیلوها باید کاملاً تمیز شوند. نگهداری و ذخیره سیمان در نقاطی که رطوبت نسبی هوا از ۱۰درصد بیشتر باشد ، نباید در کیسه بیش از ۶ هفته و در سیلوهای مناسب از ۳ ماه تجاوز کند. در صورت تجاوز از مهلت‌های یاد شده، سیمان باید قبل از مصرف آزمایش شود.

نسبت آب به سیمان دوغاب سیمان در طرح اختلاط باید با توجه به درصد رطوبت خاک برجا تعیین گردد. به عنوان یک اصل کلی، هرچه نسبت آب به سیمان در محصول نهایی بیشتر باشد، مقاومت مشخصه خاک سیمان کمتر خواهد بود. لذا در تعیین نسبت آب به سیمان دوغاب، مراتب فوق باید مدنظر قرار گیرد. در خاک‌های رسی با خاصیت خمیری بالا و رطوبت کم به دلیل اینکه عملیات اختلاط و دستیابی به مخلوط همگن بسیار مشکل است، انجام یک یا چند مرحله اختلاط با آب توصیه می‌شود. در این شرایط اگر چه میزان آب مورد استفاده در مخلوط افزایش می‌یابد، لیکن به دلیل افزایش بازدهی اختلاط ، مشخصات مخلوط نهایی بهبود می‌یابد. به‌طور کلی تاثیر نسبت آب به سیمان بر مقاومت ۲۸ روزه مخلوط خاک سیمان مطابق شکل ۵-۹ است.

شرایط شیمیایی مطلوب خاک برای انجام عملیات اختلاط در عمق به شرح جدول ۵-۷ می‌باشد.




**شکل ۵-۹- تاثیر نسبت آب به سیمان بر مقاومت ۲۸ روزه مخلوط خاک-سیمان**

omoorepeyman.ir

جدول ۵-۷- عوامل مطلوب شیمیایی خاک

| ویژگی | شرایط شیمیایی مطلوب خاک |
|---|---|
| pH | باید بیشتر از ۵ باشد |
| (Wc) مقدار آب طبیعی | باید کمتر از ۲۰۰ درصد باشد |
| مقدار مواد آلی | باید کمتر از ۶ درصد باشد (روش تر) |
| کاهش در اشتعال | باید کمتر از ۱۰ درصد باشد |
| مقدار گیاخاک | باید کمتر از ۸٪ درصد باشد |
| رسانایی | باید بزرگتر از ۰/۴ mS/cm باشد |

### ۵-۴-۴-۲- تجهیزات اجرا

ابزار اختلاط عبارت است از محور قائم دوار که در نوک آن تیغه‌های اختلاط قرار دارد. این ابزار متکی بر روی یک دکل می‌باشد که می‌تواند به دستگاه حفاری مربوط باشد یا توسط جرثقیل روی زمین مستقر شود. ابزار اختلاط با استفاده از مدار هیدرولیک ماشین حفاری، جرثقیل یا پاورپک جداگانه بر روی دکل و با سرعت معین به بالا و پایین حرکت می‌نماید. تعداد محور (شفت) های اختلاط می‌تواند تک یا متعدد باشد. محل خروج دوغاب می‌تواند در انتهای شفت یا بر روی قسمت‌های میانی شفت باشد. فشار دوغاب خروجی می‌تواند کم، متوسط و یا زیاد باشد.

### ۵-۴-۴-۳- نکات اجرایی

جهت تجهیز کارگاه در این روش، نیاز به فضای کافی برای نصب سیلو، واحد ساخت دوغاب و نگهداری آن و استقرار پمپ تزریق دوغاب می‌باشد. همچنین زمین انجام پروژه بایستی به‌حدی بزرگ باشد که امکان مانور ماشین‌آلات سنگین و جابه‌جایی آن‌ها، چرخش و درنهایت استقرار آن‌ها و اجرای ستون‌ها طبق نقشه وجود داشته باشد. این مشخصه خصوصاً باید در رابطه با ستون‌های واقع در مرز زمین، کنج‌ها و در مجاورت ساختمان‌های همسایه مد نظر قرار گیرد. همچنین معمولاً همراه با هر ست تجهیزات اختلاط در عمق، یک دستگاه بیل مکانیکی لازم است تا جابه‌جایی و نصب پلتفرم، برداشت و بارگیری اسپویل مجموعه را پشتیبانی نماید.

در صورتی که لایه‌های سطحی زمین به قدری نرم باشند که تاب باربری تجهیزات اجرایی را نداشته باشند، باید یک پد اجرایی مقاوم با استفاده از یک‌لایه خاکریز مخلوط و یا با استفاده از صفحات بتنی، فولادی و یا قطعات چوبی جهت استقرار تجهیزات اختلاط ایجاد گردد.

بالا بودن سطح آب زیرزمینی مشکلی برای اجرا ایجاد نمی‌کند، به شرط آنکه زهکشی مناسب در تراز پلتفرم اجرایی انجام پذیرد و پایداری سطح زمین را به مخاطره نیندازد.

در صورت وجود عوارض زیرسطحی معارض نظیر شریان‌های حیاتی و غیره، تداخل ستون‌های اختلاط در عمق با این عوارض باید مدنظر قرار گیرد. یا باید ستون‌ها جابه‌جا شوند یا تأسیسات زیرسطحی به جای دیگر منتقل گردند. در صورتی که موارد فوق امکان‌پذیر نباشد، می‌توان از ستون جت گروتینگ که به دلیل قطر حفاری کوچکتر تداخل کمتری با عوارض زیرسطحی دارد، استفاده نمود.

omoorepeyman.ir

تزریق دوغاب سیمان هم می‌تواند در موقع پایین رفتن محور و هم در موقع بالا آمدن انجام پذیرد. اگر عملیات اختلاط در هر دو مرحله (پایین رفتن و بالا آمدن) انجام پذیرد، کیفیت اختلاط بهتر خواهد بود. به‌طور کلی، در ۱/۵ الی ۳ متری انتهای ستون، لازم است زمان اختلاط یا بالا و پایین بردن تیغه‌ها به‌صورت مضاعف انجام شود تا اطمینان کامل از اختلاط مناسب خاک و سیمان در انتهای ستون حاصل گردد. در صورت وجود خاک‌های چسبنده که اختلاط مناسب خاک و سیمان را دشوار می‌نماید، جهت حصول ستون یکپارچه و همگن گاهی اوقات لازم است بالا و پایین رفتن محور هم‌زمان با تزریق دوغاب در بیش از یک‌دفعه انجام پذیرد تا عدد معرف BRN (تعداد دوران تیغه در واحد طول ستون) به مقادیر مورد نیاز برسد. تعریف عدد دوران تیغه‌ها به شرح ذیل است:

$$BRN = \sum M\left(\frac{N_P}{V_P} + \frac{N_W}{V_W}\right)$$

که در آن، M مجموع تعداد تیغه‌های اختلاط، Np و Nw به ترتیب تعداد دوران هنگام پایین رفتن (penetration) و بالا آمدن (withdrawal) برحسب دور در دقیقه و Vp و Vw به ترتیب سرعت‌پایین رفتن و بالا آمدن تیغه‌ها برحسب متر بر دقیقه می‌باشد.

به‌طور کلی در روش‌های اجرایی رایج، سرعت پایین رفتن تیغه‌ها حدود ۱ تا ۲ متر در دقیقه و سرعت بالا آمدن مساوی یا کمتر از ۱ متر در دقیقه می‌باشد. سرعت دوران تیغه‌ها، هنگام پایین رفتن در حدود ۲۰ تا ۴۰ دور در دقیقه و هنگام بالا آمدن حدود ۴۰ تا ۸۰ دور در دقیقه می‌باشد. لازم به ذکر است با توجه به تجهیزات پیمانکار و دبی دوغاب و عیار اختلاط سیمان، سرعت‌های یاد شده می‌تواند تغییر نماید. عدد دوران تیغه می‌تواند بین ۳۰۰ تا ۵۰۰ در نظر گرفته شود. بسته به جنس خاک و تجهیزات پیمانکار تمام پارامترهای اجرایی فوق باید جهت دستیابی به اختلاط همگن و مناسب در یک اجرای آزمایشی ارزیابی و تنظیم گردد.

**۵-۴-۴-۴- کنترل کیفیت و معیارهای پذیرش**

**۵-۴-۴-۴-۱- اجرای ستون‌های آزمایشی**

به‌طور کلی لازم است جهت ارزیابی کارآیی روش اختلاط در عمق، با مشخصات فنی ارائه شده توسط مشاور، با تجهیزات پیمانکار در خاک ساختگاه، تعدادی ستون اختلاط در عمق آزمایشی، در ابتدای پروژه با مشخصات اجرایی مختلف (نظیر عیارهای مختلف سیمان تزریقی در واحد حجم ستون، سرعت و تعداد بالا و پایین رفتن تیغه‌ها و تعداد دوران تیغه در واحد طول ستون و غیره) اجرا شوند ، تا مشخصات محصول نهایی حاصل با مشخصات فنی طراحی مقایسه و روش و مشخصات اجرایی بهینه انتخاب گردد. بدیهی است اجرای ستون‌های آزمایشی اولیه و انتخاب مشخصات فنی اجرا، نیاز به انجام آزمایش‌های تاییدی حین اجرا بر روی ستون‌های اصلی را برطرف نمی‌کند و برنامه کنترل کیفی باید طبق ضوابط موجود انجام پذیرد.

omoorepeyman.ir

حتی اگر مشاور یا طراح در مقیاس آزمایشگاهی طرح اختلاطی را مورد آزمایش قرارداده و توصیه نموده باشد، باز هم لازم است، در ابتدای پروژه، ستون‌های آزمایشی با ابزار اختصاصی پیمانکار اجرا شود و مورد آزمایش قرار گیرد تا از حصول مشخصات فنی، اطمینان حاصل شود.

**۵-۴-۴-۴-۲- آزمایش‌های دوغاب**

لازم است در هر شیفت و از هر ظرفیت دوغاب ساخته شده، ۲ بار آزمون وزن مخصوص مطابق ASTM D4380 انجام پذیرد. تفاوت وزن مخصوص دوغاب با مشخصات فنی نباید بیش از ۳ درصد باشد. سایر آزمایش‌ها نظیر آزمایش تعیین ویسکوزیته یا قیف مارش یا آزمایش تعیین آب‌اندازی[۱] بایستی طبق مشخصات ارائه شده در بخش زهکشی و آب بندی انجام پذیرد.

**۵-۴-۴-۴-۳- تعیین مقاومت و همگنی اختلاط با انجام مغزه‌گیری**

در پروژه‌های معمولی و بزرگ حداقل ۳ درصد ستون‌های اصلی باید مغزه‌گیری شوند. از ستون‌های آزمایشی برای هر ترکیب دوغاب باید یک مغزه گرفته شود. در پروژه‌های کوچک‌تر، حساس‌تر و در ساختگاه‌های بحرانی ۴ درصد ستون‌ها و در پروژه‌های بزرگ‌تر و غیر پیچیده و غیر بحرانی (نظیر احداث خاکریز وسیع در ساختگاهی با پروفیل ژئوتکنیکی یکنواخت و غیربحرانی) این مقدار می‌تواند به ۲ درصد کاهش یابد.

از هر ستون مغزه‌گیری شده در تمام طول، تعداد حداقل ۵ نمونه باید مورد آزمایش تک محوری مطابق ASTM D2166 قرار گیرد. نسبت طول به قطر نمونه‌ها باید ۲ باشد.

مغزه‌گیری باید از بالا تا پایین ستون انجام شود و هر گام[۲] مغزه‌گیری بین ۱ تا ۱/۵ متر باشد. حداقل قطر مغزه ۶۴ mm است. مغزه باید از فاصله‌ای برابر یک چهارم قطر ستون از مرکز آن گرفته شود. در هنگام مغزه‌گیری باید دقت شود مغزه‌گیر از داخل ستون به سمت خاک اطراف منحرف نگردد و کل عملیات مغزه گیری در داخل جسم ستون انجام پذیرد.

جهت تعیین مقاومت ۲۸ روزه خاک سیمان، عملیات مغزه‌گیری باید بین ۲۰ تا ۲۶ روز پس از اجرای ستون انجام پذیرد. در صورت مغزه‌گیری پیش از این موعد، احتمال کاهش درصد بازیافتی مغزه و آسیب دیدگی مغزه‌ها افزایش می‌یابد.

در صورت مغزه‌گیری کوچک‌تر از ۶۴ میلی‌متر، احتمال آسیب دیدگی مغزه‌ها زیاد است.

به‌طور کلی عملیات مغزه‌گیری و کارسازی‌های پس از آن، باعث صدمه دیدن مغزه و کاهش مقاومت اندازه‌گیری شده نسبت به خاک سیمان برجا می‌شود. در صورت وجود شن یا قلوه، امکان دارد مغزه‌ها شکسته و درصد مغزه بازیافتی کاهش یابد.

گمانه‌های به‌جا مانده باید با دوغابی که مقاومت بیشتری از خاک بهسازی شده دارد، پر شوند.

۱- Bleeding
۲- Run

omoorepeyman.ir

پس از نمونه‌گیری، نمونه‌ها جهت حفظ رطوبت بایستی با پلاستیک دورپیچ شوند و در اتاقی مرطوب طبق ASTM C199 نگهداری گردند.

حداقل ۸۰ درصد مغزه‌های به دست آمده از هر ستون باید مقاومت تک محوری مساوی یا بیشتر از مقاومت مندرج در مشخصات فنی و طراحی را داشته باشند. حداقل ۹۰ درصد کل نمونه‌های اخذ شده در یک پروژه نیز باید مقاومتی مساوی یا بیشتر از مقاومت مندرج در مشخصات فنی و طراحی را داشته باشند.

ستون‌های مورد آزمایش بایستی در تمام طول، مغزه‌گیری شوند تا از همگنی اختلاط اطمینان حاصل شود. درصد مغزه خاک سیمان بازیافتی [۱] به عنوان معیاری جهت ارزیابی کیفیت اختلاط ملاک عمل قرار می‌گیرد.

درصد مغزه بازیافتی از نمونه‌های با اختلاط مناسب در هر گام حفاری بایستی حداقل ۸۰ درصد باشد و قسمت‌های بازیافت نشده در حین حفاری یا بازیافت شده ولیکن بدون اختلاط یا دارای اختلاط نامناسب بایستی از محاسبه در بخش بازیافتی حذف گردند. علاوه بر حداقل ۸۰ درصد مغزه بازیافتی در هر گام حفاری ۱ تا ۳ متری، دستیابی به مجموع ۹۰ درصد مغزه بازیافتی در کل طول مغزه‌گیری ممتد از یک ستون ضروری است. در بعضی پروژه‌ها دستیابی به RQD بین ۵۰ تا ۷۰ نیز علاوه بر معیار درصد بازیافتی مغزه ضروری است. مجموع طول بخشی که در کل محدوده قطر مغزه مخلوط نشده یا دارای اختلاط ضعیف است، نباید بیشتر از ۱۰ تا ۲۰ درصد گام مغزه‌گیری باشد.

**۵-۴-۴-۴-۴- نمونه‌گیری توده‌ای‌تر**

در شرایطی که خاک حاوی شن درشت دانه یا قلوه‌سنگ باشد به‌گونه‌ای که در اثر تماس سرمته با بخش درشت‌دانه، امکان مغزه‌گیری مناسب وجود نداشته و مغزه آسیب ببیند، نمونه‌گیری تر جعبه‌ای (مونولیتی) با تایید مشاور/نماینده کارفرما می‌تواند جایگزین گردد. در این روش از عمق‌های مختلف ستون بلافاصله پس از اجرای آن توسط لوله یا جعبه مخصوص نمونه‌گیری انجام می‌شود. از هر سری نمونه‌گیری تر ۸ نمونه استاندارد استوانه‌ای به قطر ۷۶ و طول ۱۵۲ میلی‌متر برای انجام آزمایش تک محوری ساخته شده و تا زمان آزمایش در رطوبت ۱۰۰درصد و دمای ۲۰ تا ۲۵ درجه نگهداری می‌شود. نمونه باید به نحوی بسته‌بندی شود که رطوبت داخل آن حفظ شود. نمونه‌ها در سن‌های ۳، ۷، ۲۸ و ۵۶ روز آزمایش می‌شوند. به‌طور کلی با توجه به ماهیت نمونه‌گیری توده‌ای‌تر، جریان دوغاب به داخل نمونه‌گیر راحت‌تر و بیشتر از خاک سیمان به داخل نمونه‌گیر بوده و همچنین شرایط نگهداری نمونه نیز با واقعیت تفاوت دارد، لذا نمونه‌های تر به‌عنوان نماینده مناسبی از خاک سیمان اجرا شده نبوده و مقاومت آن‌ها نبایستی به عنوان معیار پذیرش مقاومت خاک سیمان برجا تلقی شود. بلکه نتایج حاصل از نمونه‌های تر صرفاً باید به عنوان شاهدی جهت تعیین کیفیت، مورد استفاده قرار بگیرد.

پیش از صدور مجوز نمونه‌گیری توده‌ای‌تر، تمامی تلاش‌های ممکن با استفاده از روش‌های معمول جهت مغزه‌گیری ممتد باید صورت پذیرد. بعضی روش‌های خاص جهت ایجاد امکان مغزه‌گیری در چنین شرایطی، استفاده از مغزه‌گیر سه جداره یا سیستم وایرلاین می‌باشد.

۱- soil-cement core recovery

omoorepeyman.ir

از هر طرح اختلاط باید حداقل ۳ نمونه اخذ و آزمایش شوند. هر دو روز یک بار یا از هر ۱۵۰۰ مترمکعب خاک سیمان (هر کدام که بیشتر باشد) باید حداقل یک نمونه‌تر اخذ گردد.

نمونه‌های توده‌ای‌تر می‌توانند برای ارزیابی سریع مقاومت و روند افزایش آن در طول زمان مورد استفاده قرار گیرند. لیکن باید توجه نمود معیار پذیرش مقاومت خاک سیمان، مغزه‌گیری کامل از ستون و انجام آزمایش تک‌محوری بر روی نمونه‌های اخذ شده است.

### ۵-۴-۴-۴-۵- کنترل‌های حین اجرا

برای هر ستون ساخته شده، باید نام ستون، موقعیت، رقوم بالا و پایین ستون، زمان شروع ساخت و خاتمه آن، تغییر لایه‌های خاک با عمق، دبی دوغاب و یا حجم سیمان مصرفی در واحد طول، سرعت پایین رفتن یا بالا آمدن و سرعت دوران محور اختلاط و توقف در انتهای ستون در گزارش‌های اجرایی برای اجرای هر متر طول ستون درج شود.

حفاظت از ستون خاک سیمانی اختلاط در عمق در دوره عمل‌آوری ضروری است. جلوگیری از وارد آمدن آسیب به سرستون، در هنگام برش طول اضافه بالای آن در هنگام تراز کردن سرستون‌ها و همچنین حفاظت از سرستون‌های دارای رخنمون سطحی بایستی مورد توجه قرار گیرد.

### ۵-۴-۴-۴-۶- آزمایش نفوذپذیری

آزمایش نفوذپذیری می‌تواند بر روی نمونه‌های ۷روزه یا ۲۸ روزه و بر اساس ASTM D5084 انجام پذیرد.

تخمینی از مشخصه‌های رفتاری و مقاومتی خاک بهسازی شده به روش اختلاط در عمق در جدول ۳-۸ ارائه شده است.

**جدول ۵-۸- مشخصه‌های رفتاری و مقاومت خاک بهسازی شده به روش اختلاط در عمق**

| پارامتر | مقادیر مورد انتظار / نسبت یا رابطه |
|---|---|
| مقاومت تک محوره (UCS) – نرخ افزایش مقاومت | محاسبه مقاومت ۲۸ روزه بر اساس مقاومت ۴ روزه:<br>UCS= ۰,۲ × مقاومت ۴ روزه<br>محاسبه مقاومت ۲۸ روزه براساس مقاومت ۷ روزه (خاک های سیلتی و رسی):<br>UCS= ۱,۴-۱,۵ ×مقاومت ۷ روزه<br>محاسبه مقاومت ۲۸ روزه بر اساس مقاومت ۷ روزه(خاک های ماسه‌ای):<br>UCS= ۱,۵-۲ ×مقاومت ۷ روزه<br>محاسبه مقاومت ۵۶ روزه بر اساس مقاومت ۲۸ روزه(خاک های سیلتی و رسی):<br>UCS= ۱,۴-۱,۵ ×مقاومت ۲۸ روزه<br>افزایش مقاومت نمونه ها در بلند مدت مورد انتظار می‌باشد. |
| مقاومت تک محوره (UCS) - ضریب تغییرات (COV) | ۰,۲-۰,۶ ( معمولا ۰,۳۵ -۰,۵)<br>مقدار این ضریب در نمونه های ساخته شده در آزمایشگاه کمتر از نمونه های اخذ شده در محیط پروژه می باشد. |
| مقاومت تک محوره (UCS) - نسبت مقاومت نسبی:<br>نسبت مقاومت نمونه های کرگیری شده نسبت به نمونه های ساخته شده در آزمایشگاه<br>نسبت مقاومت نمونه های مغزه گیری شده نسبت به نمونه های WET GRAB SAMPLE | ۰,۵-۱ ( مقدار این پارامتر برای خاک‌های رسی کمتر و برای خاک های ماسه‌ای بیشتر می باشد)<br>۱-۱,۵ |

omoorepeyman.ir

| | |
|---|---|
| مقاومت برشی (بدون اعمال تنش قائم) | برای نمونه‌های دارای UCS<۱MPa<br>× UCS۰,۵-۰,۴<br>برای نمونه‌های دارای ۱<UCS<۴ MPa<br>× UCS۰,۳۵-۰,۳<br>برای نمونه‌های دارای UCS>۴ MPa<br>× UCS۰,۲ |
| مقاومت کششی | × UCS۰,۱۵-۰,۰۸<br>از درنظرگیری مقادیر بیش از ۲۰۰ کیلوپاسکال خودداری گردد. |
| مدول سکانتی در کرنش ۵۰٪ کرنش گسیختگی ($E_{50}$) | برای نمونه‌های دارای UCS<۲MPa<br>۳۰۰-۵۰× UCS<br>برای نمونه‌های دارای UCS>۲ MPa<br>۱۰۰۰-۳۰۰× UCS<br>با افزایش مقاومت این نسبت افزایش می یابد |

### ۵-۴-۴-۴-۷- رواداری‌های مجاز

رواداری انحراف از قائم ستون‌های اختلاط در عمق، ۱ درصد می‌باشد. رواداری جانمایی محور ستون‌ها در پلان، ۱۰۰ میلی‌متر می‌باشد.

در دیواره‌های متشکل از ستون‌های به‌هم پیوسته که عملکرد برشی دارند، تداخل هر ستون با هر یک از ستون‌های مجاور به میزان ۲۰ درصد سطح مقطع ستون الزامی است.

سرستون‌ها باید حداقل تا تراز مشخص شده در نقشه‌ها یا بالاتر اجرا شوند. انتهای (نوک) ستون باید حداقل تا رقوم مشخص شده در نقشه‌ها یا با نظر مشاور تا رسیدن به لایه باربر و نفوذ در آن ادامه یابد.

## ۵-۴-۵- تزریق فشار بالا[۱] (جت گروتینگ)

محصول نهایی در روش جت گروتینگ، ستون خاک سیمانی حاصل از اختلاط دوغاب سیمان با خاک برجا بوده و بسیار مشابه ستون‌های اختلاط در عمق خاک می‌باشد. تنها تفاوت در شیوه اجراست که در روش اختلاط در عمق، مخلوط شدن خاک و دوغاب با استفاده از ابزار مکانیکی (نظیر تیغه یا اوگر) اجرا می‌شود، لیکن در روش جت گروتینگ، اختلاط از طریق نفوذ سیال تحت فشار انجام می‌شود. بنابراین بجز برخی کاربردها و جزئیات اجرایی، بسیاری از مشخصات فنی، رفتاری، مقاومتی و کنترل کیفی مصالح و اجرا و رواداری‌ها، مشابه روش اختلاط در عمق بوده و باید مورد توجه قرار گیرد. لذا از تکرار آن در این بخش خودداری و صرفاً به ارائه بخش‌های اختصاصی اکتفا می‌گردد.

در روش جت گروتینگ از جریان فشار بالا و پرسرعت سیال (آب یا هوا یا دوغاب) جهت تخریب ساختار خاک، تخلیه بخشی از خاک برجا و اختلاط برجای خاک باقیمانده یا جایگزینی با دوغاب سیمان استفاده می‌شود. عوامل مختلفی نظیر استفاده از تجهیزات پیشرفته، دانش فنی بالا و کاربردهای موفق باعث شده است که تزریق به روش جت گروتینگ به عنوان روشی کارآمد برای استفاده در تقریباً هر نوع خاک از شن و ماسه گرفته تا رس‌های بسیار حساس شناخته شود.

۱- Jet grouting

omoorepeyman.ir

در این روش ستون‌های خاک سیمانی با تزریق دوغاب‌های پایه سیمانی پرفشار از انتهای راد حفاری (نزدیک سرمته) ساخته می‌شوند. نازل‌های خروج سیال پر فشار (جت) بر روی قطعه‌ای به نام مونیتور در بالای سرمته حفاری قرار می‌گیرند. با دوران آرام مونیتور و بالا آمدن آن با سرعت مناسب، ستون‌های (شبه) استوانه‌ای در اثر دوران و بالا آمدن جت و تخریب خاک و اختلاط و جایگزینی با دوغاب تشکیل می‌گردد.

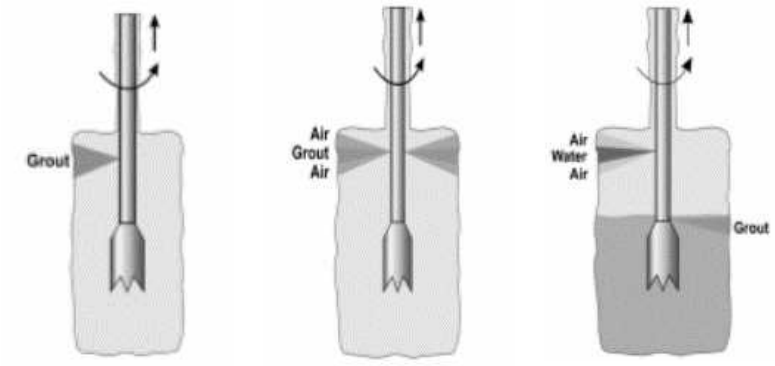
**تک‌سیاله:** دوغاب تحت فشار بالا

**دوسیاله:** دوغاب تحت فشار بالا در مخروط پوششی هوای تحت فشار به خاک تزریق می‌شود. در این روش قطر نمونه از تک‌سیاله و میزان جایگزینی دوغاب بیشتر است و مقاومت کمتر از سیستم سه‌سیاله می‌باشد.

**سه‌سیاله:** آب تحت فشار در مخروطی پوششی هوای تحت فشار در بالای نازل دوغاب باعث تخریب ساختار خاک می‌شود و دوغاب کم فشار از نازل پایینی در ساختار خاک به‌هم خورده جایگزین می‌گردد.

بسته به اینکه سیال تحت فشار آب، هوا یا سیمان باشد، سه روش جت گروتینگ مطابق شکل ۵-۱۰ تعریف شده است.

محدوده تغییرات پارامترهای اجرایی در روش‌های مختلف جت گروتینگ به شرح جدول ۵-۹ می‌باشد.




**شکل ۵–۱۰- روش‌های تزریق قشار بالا (جت گروتینگ)**

**جدول ۵-۹- محدوده تغییرات پارامترهای اجرایی در روش‌های مختلف جت گروتینگ**

| پارامتر مورد بررسی | نماد | واحد | سیستم | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | تک سیاله | دو سیاله | سه سیاله |
| گام باربرداری | $\Delta s$ | mm | ۵۰-۴۰ | ۸۰-۴۰ | ۱۰۰-۴۰ |
| میانگین سرعت باربرداری | $v_r$ | mm/s | ۱۰-۴ | ۸-۱ | ۵-۰/۵ |
| سرعت چرخشی | $\omega$ | rpm | ۴۰-۵ | ۳۰-۳ | ۴۰-۱ |
| قطر نازل | d | mm | ۸-۲ | ۸-۲ | ۸-۲ |
| تعداد نازل | M | - | ۲-۱ | ۲-۱ | ۲-۱ |
| فشار دوغاب | $p_g$ | MPa | ۵۵-۳۰ | ۴۰-۲۰ | ۱۰-۲ |
| فشار هوا | $p_a$ | MPa | - | ۲/۰-۰/۵ | ۲/۰-۰/۵ |
| فشار آب | $p_w$ | MPa | - | - | ۵۵-۲۰ |
| نرخ جریان دوغاب | $Q_g$ | L/s | ۱۰-۲ | ۱۰-۲ | ۵-۲ |
| نرخ جریان هوا | $Q_a$ | L/s | - | ۳۰۰-۲۰۰ | ۳۰۰-۲۰۰ |
| نرخ جریان آب | $Q_w$ | L/s | - | - | ۲/۵-۰/۵ |

omoorepeyman.ir

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| نسبت وزنی آب به سیمان | W/C | - | ۱/۲۵-۰/۶ | ۱/۲۵-۰/۶ | ۰/۴-۰/۱ |

کاربردهای جت گروتینگ همانند اختلاط در عمق مشتمل بر افزایش ظرفیت باربری، کاهش نشست‌پذیری، کاهش نفوذپذیری (آب‌بندی)، حفاظت از جدار گودها، مقابله با روانگرایی (هنگامی که به‌صورت به‌هم پیوسته و بلوکی یا به‌صورت دیواره‌های شبکه‌ای اجرا می‌شوند) است.

جت گروتینگ در محدوده وسیعی از خاک‌ها (رس، سیلت، ماسه و شن) قابل استفاده است. بهترین بازدهی جت گروتینگ در خاک‌های غیرچسبنده است.

استفاده از جت گروتینگ در خاک‌های با خاصیت خمیری زیاد و خاک‌های نباتی حاوی حجم قابل‌توجهی از ریشه گیاهان که به‌راحتی فرسایش‌پذیر نیستند، توصیه نمی‌شود. در صورت استفاده از جت گروتینگ در این خاک‌ها، بایستی تمهیدات لازم نظیر پیش‌حفاری و تخلیه مصالح با آب انجام پذیرد. همچنین در خاک‌های درشت‌دانه یا بد دانه‌بندی شده که دارای تخلخل زیاد می‌باشند، به دلیل امکان فرار دوغاب و عدم شکل‌گیری ستون خاک سیمانی در محدوده مورد نظر، این روش باید با احتیاط و کنترل‌های لازم انجام پذیرد.

### ۵-۴-۵-۱- مواد و مصالح

مصالح مصرفی در تزریق دوغاب پرفشار عمدتاً آب و سیمان است که مشخصات آن‌ها در بخش ۵-۴-۷ مورد اشاره قرار گرفته است.

نسبت آب به سیمان دوغاب مورد استفاده در جت گروتینگ بین ۸ درصد تا ۱/۲ درصد متغیر است. نسبت‌های آب به سیمان کمتر (حتی تا ۵٪) در روش سه‌سیاله که از نازل‌های بزرگ‌تر و فشارهای کم دوغاب استفاده می‌شود، کاربرد دارد. استفاده از بنتونیت و یا سایر افزودنی‌ها بسته به مشخصات پروژه، به‌ندرت ممکن است انجام پذیرد.

### ۵-۴-۵-۲- کنترل کیفی و معیارهای پذیرش

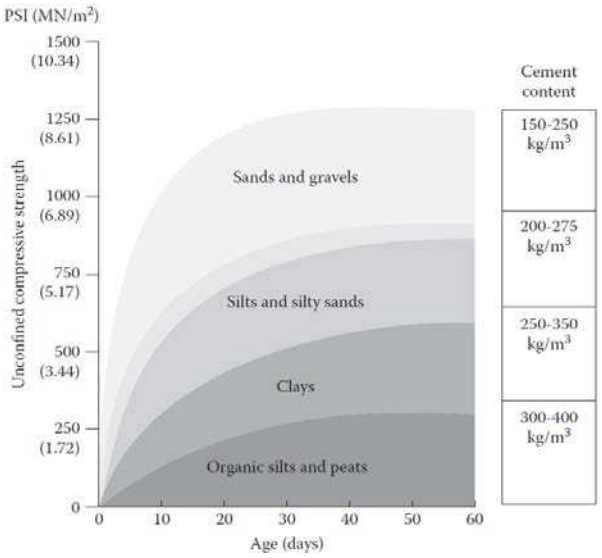
مقاومت خاک سیمان تابع مقدار سیمان مصرفی در واحد حجم و نوع خاک می‌باشد. مقاومت خاک سیمان و همگنی آن در ماسه و شن از رس و سیلت بیشتر می‌باشد.

اعداد مندرج در جدول ۵-۱۰ و شکل ۵-۱۱، برحسب نوع خاک می‌تواند به‌عنوان معیار مقاومت در طراحی و اجرای ستون‌های جت گروتینگ مد نظر قرار گیرد.

**جدول ۵-۱۰- مقاومت فشاری معمول خاک-سیمان،روش تک سیاله**

| نوع خاک | مقاومت فشاری نامحدود خاک-سیمان (Psi) |
|---|---|
| شن و ماسه تمیز | ۷۵۰ تا ۱۲۵۰ |
| لای و ماسه لای‌دار | ۵۰۰ تا ۷۵۰ |
| رس | ۲۵۰ تا ۵۰۰ |
| گل و لای آلی | کمتر از ۲۵۰ |

omoorepeyman.ir




**شکل ۵–۱۱- نمودار مقاومت فشاری برای انواع خاک**

معیار پذیرش دوغاب، دستیابی به مقاومت ۲۸ روزه تک‌محوری تعداد معینی از نمونه‌ها طبق مشخصات فنی مربوط می‌باشد.

### ۵-۴-۵-۳- نکات اجرایی

با توجه به فشار بالای تزریق در عملیات جت گروتینگ، همواره بایستی بالاتر از رقوم سرستون‌های جت گروتینگ یک لایه خاکریز به ضخامت حداقل ۱ متر وجود داشته باشد. در صورت لزوم خاکبرداری در ساختگاه پروژه برای آماده‌سازی زمین، عملیات خاکبرداری باید تا یک متری رقوم سرستون‌ها انجام پذیرد. در صورتی که رقوم سرستون‌ها منطبق بر رقوم زمین طبیعی باشد، باید قبل از شروع اجرای ستون‌های جت گروتینگ، یک لایه خاکریز به ضخامت حداقل ۱ متر بر روی سطح اجرا گردد. تراکم خاکریز بایستی به‌گونه‌ای باشد که حرکت، استقرار و پایداری دستگاه‌ها بر روی آن تأمین گردد.

در حین اجرای عملیات تزریق جت گروتینگ، همواره باید مقداری جریان پساب[۱] به سطح زمین وجود داشته باشد تا از عدم انسداد مسیر تزریق و تخلیه سیال اطمینان حاصل شود. در صورت عدم مشاهده پساب، احتمال انسداد و وقوع شکست هیدرولیکی در صفحات ضعیف و فرار دوغاب و بالا آمدگی سطح زمین و عدم شکل‌گیری ستون استوانه‌ای وجود دارد. در صورت عدم مشاهده پساب در حین عملیات جت گروتینک ، افزایش قطر گمانه در حین حفاری یا استفاده از لوله جدار موقت جهت باز نگهداشتن مسیر دوغاب در هنگام خروج الزامی است. جنس لوله باید به گونه‌ای باشد که در حین عملیات تزریق پرفشار تخریب گردد.

۱- spoil

omoorepeyman.ir

### ۵-۴-۶- ستون‌های شنی[۱]

یکی از روش‌های بهسازی در عمق، اجرای ستون‌های شنی می‌باشد. متناسب با نوع خاک و رویکرد بهسازی، روش‌های متفاوتی برای اجرای ستون‌های شنی وجود دارد که مهم‌ترین آن‌ها اجرا با تکنیک تراکم ارتعاشی می‌باشد. در این رویکرد علاوه بر ایجاد ستون شنی، خواص خاک مجاور ستون نیز بهبود می‌یابد.

این روش قابلیت بهبود مشخصات لایه‌های خاک تا اعماق مختلف متناسب با روش اجرایی انتخاب شده را داراست. از روش ستون‌های شنی با اهداف زیر استفاده می‌شود:

- کاهش نشست‌پذیری خاک بستر با بهبود پارامترهای ترکیبی خاک محل-ستون شنی
- انتقال بار به لایه‌های باربر با ظرفیت باربری افزایش یافته
- ایجاد زهکش‌های قائم جهت تسریع در عملیات نشست تحکیمی خاک‌های رسی
- کاهش پتانسیل روانگرایی در خاک‌های دانه‌ای با رویکرد ایجاد زهکش‌های قائم شنی
- کاهش پتانسیل روانگرایی در خاک‌های دانه‌ای با رویکرد بهبود پارامترهای مکانیکی خاک اطراف و تسلیح توده خاک در راستای کاهش کرنش‌های برشی مولد روانگرایی

طی اجرای این روش در خاک‌های سست، در نقاط معلوم و در یک شبکه منظم، ستون‌های متراکمی که دارای دانه‌بندی مناسبی نیز می‌باشند، ایجاد می‌گردد که در حقیقت از جایگزینی و متراکم شدن جزئی و نسبی توده خاک موجود ساختگاه و مصالح شن و ماسه‌ای با دانه‌بندی مناسب، حاصل شده‌اند. به عبارت دیگر این روش تلفیقی از دو روش تراکم ارتعاشی[۲] و جایگزینی ارتعاشی[۳] می‌باشد. در روش تراکم ارتعاشی بدون اضافه کردن مصالح درشت‌دانه سعی بر این است که توده خاک موجود به کمک ارتعاش، متراکم گردد. از این‌رو کاربرد این روش به خاک‌های دانه‌ای محدود می‌گردد. چرا که ارتعاش و تراکم حاصل از آن در خاک‌های ریزدانه و یا چسبنده به وقوع نمی‌پیوندد. از سوی دیگر، با جایگزینی مقدار اندکی مصالح درشت دانه مناسب، بهبود قابل توجهی در خواص مکانیکی توده خاک ایجاد می‌گردد. از این‌رو، ترکیب دو روش فوق به‌ویژه در مورد خاک‌های لایه‌ای و یا مخلوط می‌تواند بازدهی عملیات بهسازی خاک را به‌طور چشمگیری افزایش دهد. جداول ۵-۱۱ و ۵-۱۲ به ترتیب تأثیرپذیری خاک‌های مختلف را در مقابل تراکم ارتعاشی و روش‌های تسلیح کننده نشان می‌دهند.

۱- Stone Column
2- Vibro-Compaction
3- Vibro-Replacement

omoorepeyman.ir

جدول ۵–۱۱- تأثیرپذیری زمین‌های مختلف در مقابل تراکم ارتعاشی

| نوع زمین | تأثیرپذیری |
|---|---|
| ماسه | عالی |
| ماسه‌لای دار | ناچیز تا خوب |
| لای | کم |
| رس | بی‌تاثیر |
| زباله معدنی | خوب (اگر دآن‌های تمیز باشد) |
| خاکریز نامتراکم | وابسته به نوع خاک |
| زباله | بی‌تاثیر |

جدول ۵–۱۲- مقایسه تأثیر پذیری زمین‌های مختلف در مقابل تراکم و تسلیح

| نوع زمین | متراکم شدن | مسلح شدن |
|---|---|---|
| ماسه | عالی | خیلی خوب |
| ماسه لای‌دار | خیلی خوب | خیلی خوب |
| لای | خوب | عالی |
| رس | ناچیز | عالی |
| زباله‌های معدنی | عالی (وابسته به دانه‌بندی) | خوب |
| خاکریز نامتراکم | خوب | خوب |
| زباله | بی‌تاثیر | بی‌تاثیر |

### ۵-۴-۶-۱- مواد و مصالح

مصالح مورد استفاده جهت جایگزین نمودن نیز تابع اندازه و نوع خاک محل بوده و معمولاً از مصالح دانه‌ای شکسته یا طبیعی با مقاومت دانه‌های بالا و قطر ۰/۵ الی ۳ اینچ استفاده می‌گردد. در انتخاب اندازه دانه‌ها لازم است به پارامترهایی نظیر مقاومت برشی، قابلیت تراکم پذیری ارتعاشی و قابلیت زهکشی مناسب، توجه کافی شود.

به منظور دست‌یابی به تراکم مناسب ، لازم است مصالح سنگی کافی برای پرکردن حفره ایجاد شده در طی عملیات تراکم تأمین شود. مصالح درشت‌دانه حاوی مقدار اندکی ریزدانه یا بدون ریزدانه بهترین نوع موارد پرکننده[۱] را تشکیل می‌دهند. اگر اندازه ذرات خیلی بزرگ شود، سنگدانه در فضای حلقوی میان لوله کمکی و حفره گیر کرده و مانع رسیدن مصالح پرکننده به نوک میله مرتعش می‌گردد. کنترل مصالح با معیار عدد تناسب[۲] به شرح رابطه زیر سنجیده می‌شود که در آن $D_{10}$، $D_{20}$ و $D_{50}$ به ترتیب اندازه قطر ذرات (میلی‌متر) متناظر با ۱۰، ۲۰ و ۵۰ درصد عبوری در منحنی دانه‌بندی مربوط می‌باشند.

$$\text{Suitability No.} = 1.7\sqrt{\frac{3}{(D_{50})^2}+\frac{1}{(D_{20})^2}+\frac{1}{(D_{10})^2}}$$

۱- Filler

2- Suitability number

omoorepeyman.ir

جدول ۵-۱۳ گروه‌های کیفی مصالح پرکننده را با به کارگیری این سیستم طبقه‌بندی به‌صورت دقیق‌تر نشان می‌دهد. کیفیت مصالح پرکننده روی نرخ مجاز بیرون کشیدن میله مرتعش تأثیر گذار است. این جدول، همچنین دامنه دانه‌بندی‌های مجاز را برای مصالح مناسب قابل استفاده در روش ستون شنی نشان می‌دهد.

**جدول ۵-۱۳- معیار ارزیابی مصالح پرکننده**

| عدد تناسب | ۰-۱۰ | ۱۰-۲۰ | ۲۰-۳۰ | ۳۰-۴۰ | بیش از ۵۰ |
|---|---|---|---|---|---|
| رتبه | عالی | خوب | متوسط | ضعیف | نامناسب |

### ۵-۴-۶-۲- تجهیزات اجرا

#### ۵-۴-۶-۲-۱- استفاده از میله مرتعش

روش ستون شنی ارتعاشی مشتمل بر سه مرحله حفاری، تراکم و تسلیح و اجرای بالشتک شنی می‌باشد. تجهیزات اصلی اجرای ستون‌های شنی عبارت از یک قطعه میله‌ای مرتعش[1] با قطر ۳۰ تا ۴۰ سانتیمتر، طول ۲ تا ۴ متر و وزن ۲ تا ۳ تن می‌باشد که درون خاک فرو می‌رود. فرکانس ارتعاش افقی (و در برخی موارد قائم) این میله مرتعش حدود ۳۰ تا ۵۰ هرتز و دامنه ارتعاش آزاد آن، بین ۷ تا ۲۵ میلی‌متر می‌باشد. در این حالت نیروی افقی گریز از مرکز حاصل حدود ۱۰ الی ۲۰ تن خواهد بود. سرعت نفوذ میله مرتعش در خاک، حدود ۵۰ تا ۱۰۰ سانتیمتر در دقیقه می‌باشد. سرعت متوسط اجرای ستون‌های شنی حداقل ۱۰ متر در ساعت خواهد بود. با نفوذ میله مرتعش به همراه لوله‌های هادی آن به اعماق خاک و لرزش و تراکم خاک حاصل از آن، حفره‌ای در اطراف میله مرتعش به وجود می‌آید. محدوده توان تولیدی میله‌های مرتعش بین ۶۰ تا ۱۲۰ کیلووات می‌باشد. برای نگه داشتن مجموعه میله مرتعش در حین عملیات تراکم، بسته به شرایط ساختگاه از یک جراثقال معمولی با ظرفیت مناسب استفاده می‌شود. استفاده از جراثقال‌های چرخ زنجیری بوم خشک ارجحیت دارد.

از تجهیزات اجرای ستون شنی ارتعاشی با استفاده از میله مرتعش، به دو صورت تغذیه از پایین و تغذیه از بالا استفاده می‌شود. در روش تغذیه از بالا، مصالح شنی از سطح زمین توسط بیل مکانیکی یا لودر در مجاورت میله مرتعش ریخته می‌شود تا در اثر ارتعاشات میله به آرامی در داخل زمین فرو رود و ستون شنی ایجاد گردد. این روش در بسیاری از پروژه‌ها ارجح است. چنانچه درصد رس بالا بوده و PI خاک بیش از ۱۰ باشد، و در لایه‌های سیلتی عمق نفوذ بیش از ۱۲ متر باشد، استفاده از روش تغذیه از بالا میسر نخواهد شد. در چنین شرایطی بایستی از روش تغذیه از پایین استفاده کرد. در این رویکرد، دستگاه میله مرتعش دارای مسیر هدایت شن (همانند لوله ترمی) می‌باشد که پس از رسیدن میله مرتعش به عمق مورد نظر، مصالح از بالا در میسر هدایت شن تخلیه شده و ورود مصالح به پیکره خاک، از زیر لوله مرتعش به سمت بالا خواهد بود. در این روش، امکان اجرای ستون شنی ارتعاشی در خاک‌های با میزان ریزدانه بیشتر نیز میسر خواهد شد.

1- Vibrator (Vibroflot)

omoorepeyman.ir

**۵-۴-۶-۲-۲- استفاده از لوله مرتعش**

یکی از روش‌های اجرای ستون شنی به وسیله کوبش شمع‌های لوله‌ای ته‌بسته به روش ارتعاش قائم می‌باشد. روش اجرای ستون‌های شنی با استفاده از این روش، شامل مراحل زیر می‌باشد:

- کوبش شمع فلزی لوله‌ای به داخل زمین تا عمق مورد نظر به وسیله چکش ویبره شمع و پر کردن داخل شمع با مصالح شنی.
- پس از رسیدن به عمق نهایی، شمع کوبیده شده به اندازه ۱ الی ۲ متر بیرون کشیده شده و حفره ایجاد شده به وسیله مصالح شنی داخل لوله پر می‌شود.
- مصالحی که به داخل حفره فرستاده شده‌اند به وسیله ارتعاش و کوبشی که به لوله در جهت قائم اعمال می‌گردد، متراکم می‌گردند. این تراکم تا رسیدن قطر شمع شنی ایجاد شده به اندازه مورد نظر در طراحی ادامه می‌یابد.
- این روند تا رسیدن تراز سرشمع شنی متراکم شده به سطح زمین ادامه می‌یابد. در طول اجرا باید عمق شمع در داخل زمین، میزان مصالح داخل لوله برای اطمینان از روند اجرا و کنترل میزان تراکم مصالح، همواره قابل اندازه گیری باشد.

اجرای ستون شنی با روش فوق در شرایطی که میان لایه‌ها و یا لنزهای سفت، درشت‌دانه در اعماق مختلف وجود داشته باشد، نسبت به روش استفاده از میله مرتعش ترجیح دارد. لیکن به سبب تأثیرگذاری کمتر در بهبود خواص تراکمی خاک اطراف ستون شنی، اولویت اجرا با استفاده از روش میله مرتعش می‌باشد.

**۵-۴-۶-۳- نکات اجرایی**

**۵-۴-۶-۳-۱- هدایت پساب**

به منظور تأمین پایداری دیواره چاه حاصل و همچنین شست و شوی مصالح حفاری شده و خارج نمودن آن‌ها از درون چاه، جت آب با فشار و از خلال میله مرتعش به درون چاه پمپ می‌گردد. بدیهی است گل و لای حاصل از کارکردن با آب موجب آلودگی و اخلال در نظافت محیط کارگاه خواهد شد که در این گونه موارد با تعبیه حوضچه ته‌نشینی و هدایت آب برگشتی از درون چاه حفر شده، هم نظم و نظافت کارگاه تأمین می‌گردد و هم امکان استفاده مجدد آب مصرفی و کاهش آن در حین عملیات اجرایی، میسر می‌شود.

**۵-۴-۶-۳-۲- عبور از لایه‌های سخت**

عموماً از این روش در زمین‌های نرم و اشباع برای از بین بردن پتانسیل روانگرایی استفاده می‌شود. در این گونه آبرفت‌ها، بعضاً در لایه‌های سطحی که خاک اشباع نیست، ممکن است ضخامتی از خاک زیرسطحی ساختگاه شامل مصالح درشت دانه با عدد SPT بالا باشد که در این حالت، عملاً به کارگیری میله مرتعش برای حفاری می‌تواند با محدودیت‌هایی مواجه شود. در این صورت جهت حفاری موقعیت ستون‌ها، استفاده از دستگاه حفاری شمع توصیه می‌گردد. بدیهی است هزینه

omoorepeyman.ir

حفاری با دستگاه اجرای شمع با هزینه حفاری توسط میله مرتعش متفاوت خواهد بود. در شرایطی که این ضخامت لایه‌ها محدود باشد، می‌توان پس از حفاری در لایه سخت و قراردادن کیسینگ حسب ضرورت، از میله مرتعش برای اجرای ستون شنی در دیگر لایه‌های نرم و از درون مسیر پیش‌حفاری شده بهره برد.

**۵-۴-۶-۳-۳- متراکم نمودن مصالح ستون شنی**

مرحله متراکم نمودن خاک در حقیقت اصلی‌ترین گام اجرای ستون شنی ارتعاشی می‌باشد. در این مرحله، مصالح شنی مناسب از سطح زمین به درون چاه حفاری شده ریخته و ستون شنی اجرا می‌گردد. هم‌زمان با ریختن مصالح و پر شدن چاه، میله مرتعش در اعماق مختلف ضمن ایجاد سهولت در نفوذ مصالح سنگی، باعث متراکم شدن ارتعاشی خاک اطراف و مصالح اضافه شده نیز می‌گردد. بدین ترتیب در این مرحله ضمن نفوذ مصالح سنگی به درون دیواره چاه و متراکم شدن مصالح سنگی داخل چاه، ایجاد عناصر قائم ستون شنی متراکم، باعث متراکم و مسلح شدن توده خاکی مورد بهسازی می‌گردند. میزان تراکم مصالح درون چاه به کمک واحد کنترل شدت جریان عبوری از دستگاه (آمپراژ)، تنظیم و کنترل می‌گردد. در برخی دستگاه‌های متعارف کنونی در ایران، میزان شدت جریان عبوری از دستگاه برای متراکم کردن خاک در محدوده ۸۰ تا ۱۰۰ آمپر می‌باشد. معمولاً در کاتالوگ دستگاه‌ها، آمپراژ مصرفی دستگاه در سه حالت ارتعاش آزاد (در هوا)، ارتعاش متراکم (در خاک متراکم) و بیشینه (حداکثر ظرفیت کاری دستگاه) توسط کارخانه سازنده ارائه می‌شود.

**۵-۴-۶-۳-۴- قطر ستون‌های شنی**

در جریان ساخت ستون‌های شنی با روش تراکم ارتعاشی، عموماً حدود ۱۵ الی ۳۵ درصد حجم خاک ضعیف با مصالح مناسب متراکم شده، جایگزین می‌گردد. قطر ستون‌های متراکم ایجاد شده در حدود ۷۰ الی ۱۲۰ سانتیمتر خواهد بود. شعاع تأثیر این نوع بهسازی خاک که تابع اندازه دانه‌ها و میزان انرژی ارتعاشی وارده و درصد ریزدانه خاک است، در حالت معمول ۰/۶ الی ۱/۵ متر (از مرکز ستون) می‌باشد. بنابراین لازم است این عمل در شبکه منظم با توجه به جنس و دانه‌بندی مصالح موجود خاک‌های زیرسطحی با فواصل نقاط حدود ۱/۵ الی ۳ متر در کل پلان مورد نظر انجام شود.

**۵-۴-۶-۳-۵- فرورفتگی سطح زمین**

در حین اجرای این روش، افزایش تراکم خاک‌های دانه‌ای منجر به حرکت رو به پایین خاک در اطراف میله ارتعاشی شده و فرورفتگی مخروطی شکلی را در روی سطح زمین ایجاد می‌کند. این فرورفتگی باید به‌طور پیوسته با مصالح پرکننده دانه‌ای پر شود. چنانچه مصالح موجود در ساختگاه مورد استفاده قرار گیرد، سطح طبیعی زمین پایین خواهد آمد. در غیر این صورت می‌توان با افزودن مصالح پرکننده دانه‌ای منبع قرضه، تراز اولیه زمین را ثابت نگه داشت.

omoorepeyman.ir

**۵-۴-۶-۳-۶- اجرای بالشتک شنی روی ستون‌های شنی**

در حین ساخت ستون‌های شنی، یک بالشتک شنی[1] در روی سطح زمین اجرا می‌گردد. این بالشتک، از یک سو باعث سهولت اجرا و تردد ماشین‌آلات اجرایی در زمین‌های نرم و سست در طول انجام عملیات اجرایی می‌گردد و از سوی دیگر، با ایجاد یک لایه زهکش متراکم در زیر پی و روی ستون‌های شنی، هم سرعت زهکشی آب از مصالح ریزدانه را افزایش می‌دهد و هم در توزیع یکنواخت‌تر تنش‌های اعمالی از طرف شالوده به ستون‌های شنی، کمک شایانی می‌نماید. ضخامت بالشتک شنی، بسته به نظر طراح بین ۳۰ الی ۵۰ سانتیمتر تغییر می‌کند.

**۵-۴-۶-۴- کنترل کیفی**

در اجرای ستون‌های شنی ارتعاشی نیز همانند دیگر روش‌های اجرای بهسازی خاک، لازم است دو دسته آزمایش کنترلی[2] و تاییدی[3] جهت کنترل طراحی و اجرا، انجام شوند. از آنجا که در روش ستون شنی، کیفیت مصالح ستون ایجاد شده و مشخصات تراکمی خاک مجاور آن در فرآیند طراحی تأثیر گذار است، لازم است تراکم خاک بهسازی شده قبل و بعد از عملیات بهسازی ارزیابی گردد. همچنین عمق نفوذ مصالح و دانه‌بندی آن در موقعیت ستون‌های شنی کنترل گردد. این کنترل با عملیات گمانه زنی درون ستون‌ها و بین آن‌ها با انجام آزمون‌های دانه‌بندی و SPT میسر می‌گردد. لازم است عملیات کنترل کیفی با حضور مهندس ناظر انجام شده و مهندس طراح (یا مهندس ناظر) نتایج را جمع‌بندی کند.

**۵-۴-۶-۴-۱- آزمایش‌های کنترلی**

آزمایش‌های کنترلی برای کنترل فرضیات اولیه طراحی و در مراحل آغازین پروژه اجرایی و بر روی ستون‌های شنی آزمایشی انجام می‌شود. در این رویکرد، لازم است ستون‌هایی با چیدمان‌های مختلف متناسب با طرح اولیه فواصل ستون‌ها اجرا گردد. سپس تراکم خاک در بین ستون‌ها با آزمون SPT قبل و بعد از بهسازی ارزیابی گردد.

**۵-۴-۶-۴-۲- آزمایش‌های تاییدی**

آزمایش‌های تاییدی جهت کنترل و تایید فرآیند اجرا و رسیدن ستون‌های اصلی نهایی به معیارهای مورد پذیرش مهندس طراح انجام می‌شوند. پیشنهاد می‌گردد تراکم حاصل در ۱ تا ۲ درصد ستون‌های نهایی با آزمایش SPT کنترل گردد.

**۵-۴-۶-۴-۳- آزمایش‌های کیفیت مصالح**

مشخصات فیزیکی و مکانیکی مصالح شنی مورد استفاده در ستون‌های شنی ارتعاشی باید با آزمایش‌های مناسب نظیر دانه‌بندی، سایش لوس‌آنجلس، وزن مخصوص و درصد شکستگی کنترل گردد. معمولاً تمام آزمایش‌های فوق یک‌بار در ابتدای انتخاب معدن بر روی حداقل سه نمونه از مصالح هر معدن انجام می‌شود. پس از تایید معدن، با توجه به حجم بسیار

1- Granular Platform
2- Verification
3- Proof

omoorepeyman.ir

زیاد مصالح مصرفی، از هر مرحله بار ورودی به ساختگاه (حدود ۲۰ تا ۱۰۰ تن مصالح)، یک نمونه جهت کنترل دانه‌بندی، آزمایش می‌شود.

**۵-۴-۶-۴-۴- قطرسنجی ستون‌ها**

قطرسنجی ستون شنی ارتعاشی در عمق عموماً میسر نیست. در این راستا میزان مصالح ورودی به کارگاه، معیاری جهت کنترل حجم ستون‌های اجرا شده خواهد بود. ترکیب آزمایش گمانه‌زنی در محل ستون‌ها و انجام آزمون دانه‌بندی در راستای حصول اطمینان از عمق نفوذ مصالح شنی به همراه محاسبه میزان مصالح وارد شده به کارگاه، بیانگر متوسط قطر حاصل شده برای ستون‌ها خواهد بود.

**۵-۴-۶-۵- سایر موارد**

**۵-۴-۶-۵-۱- ملاحظات زیست محیطی**

هدایت پساب‌ها و ته‌نشین کردن گل و لای خارج شده از محل ستون‌ها حین اجرای روش ستون شنی ارتعاشی، نباید از منظر زیست محیطی چالشی ایجاد کنند و باید به مسیر و موقعیت مناسب هدایت گردند. همچنین شرایط آب زیرزمینی باید بررسی گردد و در صورت وجود موارد آلاینده در خاک و آب زیرزمینی، از این روش پرهیز و از روش خشک حین حفاری استفاده گردد.

**۵-۴-۶-۵-۲- ارتعاشات وارده**

در حین اجرای عملیات ستون شنی، ارتعاشاتی در زمین‌های اطراف ایجاد می‌شود که تأسیسات زیرسطحی یا سازه‌های حساس را متأثر می‌سازد. لذا باید در استفاده از این روش، در صورت وجود سازه‌های حساس یا تأسیسات شهری در محدوده حداقل ۱۰ متری از موقعیت پروژه، تمهیدات لازم اندیشیده و مجوزهای لازم از دستگاه نظارت یا مراجع ذی‌ربط اخذ گردد.

**۵-۴-۶-۵-۳- ستون شنی غیر ارتعاشی**

یک راهکار سنتی اجرای ستون شنی که بیشتر به منظور ایجاد زهکشی قائم از آن استفاده می‌گردد، حفاری گمانه یا چاه‌هایی در قطرهای دلخواه و توسط دستگاه‌های حفاری شمع یا دستگاه‌های حفاری ژئوتکنیکی می‌باشد. در این رویکرد حین حفاری، کیسینگ‌گذاری شده و پس از رسیدن به عمق مورد نظر، مصالح ماسه‌ای یا شنی درون کیسینگ ریخته می‌شود. نهایتا کیسینگ از درون خاک خارج می‌گردد. این روش سبب تراکم خاک اطراف نشده و به عنوان یک روش بهسازی قلمداد نمی‌گردد. لیکن از ستون ایجاد شده در مقاصد افزایش باربری خاک و نیز زهکش قائم در کاهش زمان تحکیم خاک‌های رسی می‌توان استفاده نمود. در صورت منظور کردن این ستون‌ها به عنوان مصالح زهکشی، بایستی معیارهای دانه‌بندی مصالح زهکشی مطابق بند بخش زهکشی و آب‌بندی رعایت گردد.

omoorepeyman.ir

### ۵-۴-۷- تزریق

تزریق پیوسته فرآیندی توأم با آزمون و خطا است و احتمال تغییر الگوی کار نسبت به طرح اولیه بیشتر از سایر عملیات ژئوتکنیکی است. ازاین رو در اجرای آن می‌باید پیش‌بینی و تمهیدات لازم اندیشیده شود.

در این بخش منظور از تزریق دوغاب، روشی است که با آن در خلل و فرج خاک، گسستگی‌ها، و حفره‌های توده سنگی/خاکی، دوغاب تزریق می‌شود، به ترتیبی که مشخصات فیزیکی و مکانیکی آن‌ها را بهبود بخشد. برای دستیابی به هدف مورد نظر، گمانه‌ها (چال‌هایی) حفر می‌شود و از طریق آن‌ها دوغاب تحت فشار به درون زمین (خاک یا سنگ) تزریق می‌شود تا خلل و فرج خاک یا سنگ اطراف گمانه پر شده یا با ترکیب شیمیایی با خاک اطراف، مشخصات مکانیکی بستر بهبود یافته و شرایط مطلوب حاصل شود.

تزریق دوغاب در زمین کاربردهای وسیعی دارد و در انواع مختلفی از زمین‌های سنگی و خاکی قابل اجراست. بخشی از کاربردهای این روش شامل موارد زیر است:

- افزایش مقاومت خاک زیر پی سازه‌ها و کاهش نشست آن
- کاهش نفوذپذیری خاک/سنگ برای کنترل نشت آب
- جلوگیری از بروز پدیده رگاب و فرسایش پی
- تثبیت کابل‌های مسلح در سازه‌های بتنی پیش‌ساخته و پیش‌تنیده
- تثبیت مهاری‌های پیش‌تنیده در خاک/سنگ
- پر کردن حفره‌های بین سنگ و پوشش تونل که موسوم به تزریق تماسی است
- احیا و ترمیم ابنیه معیوب در ساختمان‌های قدیمی
- ساختن بتن در زیر آب و یا پر کردن فضاهای خالی و حفرات بزرگ با تزریق دوغاب در شنی که از قبل ریخته شده است

تزریق‌پذیری سنگ‌های کم‌درزه و ترک‌دار یا خاک‌های ریزدانه (رس و سیلت) بسیار کم و سنگ‌های بسیار هوا زده با درزه و ترک‌دار یا خاک‌های دانه‌ای تمیز (شن و ماسه درشت‌دانه) بسیار زیاد است.

#### ۵-۴-۷-۱- مواد و مصالح

انتخاب نوع یا مخلوط مناسب، به هدف پروژه، خواص مواد تزریق شونده و محیط مورد تزریق بستگی دارد و از دوغاب رقیق تا غلیظ، ملات سیمان و پرکننده‌ها تا محلول کلوییدی و شیمیایی و رزین (برای تزریق دوغاب در محیطی که تخلخل ریز دارند) تغییر می‌کنند. مواد مورد استفاده در دوغاب‌ها عبارتند از: سیمان، بنتونیت، رس، ماسه و پرکننده‌ها، افزودنی‌ها و آب. طرح اختلاط دوغاب (نسبت‌های وزنی اجزای مختلف دوغاب) تاثیر بسزایی در مشخصات مکانیکی (مقاومت، سختی و نفوذپذیری) و مشخصات فیزیکی (غلظت، ویسکوزیته و قابلیت پمپاژ) آن دارد. نسبت وزنی آب به سیمان (w/c) از مهم‌ترین پارامترهای طرح اختلاط دوغاب است که بسته به مورد معمولاً از ۰/۵ تا ۱/۵ متغیر است.

omoorepeyman.ir

**۵-۴-۷-۱-۱- سیمان پرتلند**

سیمان پرتلند بخش اصلی دوغاب است. مهم‌ترین خاصیت برای انتخاب سیمان تزریق، ریز بودن ذرات آن است که برای خاک‌های دانه‌ریز و سنگ‌های با شکاف باریک، باید به حد ممکن ریز باشد.

خاصیت دیگر سیمان گیرش است که برای بیان سفت شدن خمیر سیمان به کار می‌رود. گرچه هنگام گیرش، خمیر مقاومت اندکی کسب می‌کند، لیکن برای مقاصد عملی بهتر است که "گیرش" از "سخت شدن" که به معنی کسب مقاومت است، متمایز شود. در عمل واژه‌های گیرش اولیه و گیرش نهایی برای بیان مراحل مختلف گیرش که به‌طور اختیاری انتخاب می‌شوند، به کار می‌روند. فرآیند گیرش با تغییراتی در دمای خمیر سیمان همراه است. گیرش اولیه با افزایش سریع گرما و گیرش نهایی با حداکثر دما همراه است. با گیرش اولیه سیمان، ویسکوزیته آن افزایش یافته و قابلیت پمپ شوندگی سیمان کاهش می‌یابد و انجام عملیات تزریق مختل می‌شود. زمان گیرش اولیه سیمان حدود ۱ تا ۳ ساعت و گیرش نهایی آن حدود ۴ تا ۶ ساعت است. زمان گیرش دوغاب با برخی افزودنی‌های سیمان کاهش یا افزایش می‌یابد.

**۵-۴-۷-۱-۲- آب**

معمولاً از آب قابل استفاده در بتن، برای ساخت دوغاب استفاده می‌شود. مشخصات آب مذکور بسیار شبیه به آب آشامیدنی است. از آب دریا، رودخانه و غیره در شرایطی که دوغاب تزریق شده در تماس با عناصر فولادی مدفون قرار نگیرد، در صورت تایید مهندس طراح و دستگاه نظارت، می‌توان استفاده کرد.

**۵-۴-۷-۱-۳- رس**

رس را به عنوان پرکننده دانه‌ریز به دوغاب اضافه می‌کنند تا از مصرف سیمان کاسته شود و در عین حال پایداری و گرانروی دوغاب را بهبود بخشد. برای تزریق در درزه‌های نسبتاً باز سنگ‌ها و یا خاک‌های دانه‌ای باکمی مواد سیلتی و ماسه ریزدانه، می‌توان از دوغاب رسی جهت کاهش مصرف سیمان استفاده کرد.

**۵-۴-۷-۱-۴- ماسه پرکننده**

وقتی که تزریق باید در سیستم درزه‌های باز، خلل و فرج زیاد و یا حفره‌ها انجام گیرد، به دوغاب، ماسه اضافه می‌کنند. اندازه حداکثر دانه‌های ماسه طوری انتخاب می‌شود که با اندازه بازشدگی گسستگی‌ها یا اندازه خلل و فرج خاک تطابق داشته و با پمپ تزریق، لوله‌ها و لوازم در دسترس، مناسبت داشته باشد. معمولاً اندازه دانه ماسه برای تأمین شرایط پیش گفته در حدود ماسه بادی می‌باشد. به‌ویژه در خلل و فرج بازی که در آن آب جریان دارد و باید تزریق انجام شود، ممکن است چند نوع پرکننده و دوغاب پایدار یا حتی مواد شیمیایی خاص افزوده شود. این پرکننده‌ها را می‌توان از میان خاک اره، تراشه‌های چوب، نوارهای سلوفان، پلی وینیل یا پلی استر انتخاب نمود.

omoorepeyman.ir

**۵-۴-۷-۲- تجهیزات اجرا**

امروزه با توجه به پیشرفت‌های ایجاد شده در زمینه اجرای عملیات تزریق، ماشین‌آلات مختلفی نیز در این عرصه مورد استفاده می‌گیرد که با توجه به اهداف تزریق می‌توان از آن‌ها استفاده کرد. ماشین‌آلات و لوازم اصلی برای تزریق شامل موارد زیر است:

- دستگاه حفاری برای حفر گمانه‌های مورد نیاز برای تزریق، دستگاه‌های مختلف بادی یا هیدرولیک و روش‌های مختلف حفاری روتاری، مغزه‌گیری، ضربه‌ای با تایید دستگاه نظارت.
- مخزن ذخیره دوغاب که به‌وسیله همزن تعبیه شده بر روی آن مانع نشست و جداشدگی ذرات دوغاب سیمان موجود در داخل مخزن می‌گردد. معمولاً جهت کنترل‌های اجرایی و حفظ پیوستگی عملیات تزریق در گمانه از دو مخزن دارای همزن اولیه و ثانویه استفاده می‌شود. از مخزن اولیه جهت ساخت و نگهداری دوغاب و از مخزن ثانویه برای اتصال به پمپ تزریق استفاده می‌شود.
- پمپ تزریق که توانایی اعمال فشار مناسب را دارا باشد.
- ابزار و دستگاه‌های سنجش کیفیت دوغاب سیمان.
- شیلنگ‌ها و تجهیزات مرتبط به منظور جابه‌جایی دوغاب سیمان از مخازن، همزن‌ها و پمپ به داخل گمانه‌های تزریق.
- گیج فشار و دبی، پکر، انواع شیرها و تجهیزات جانبی مورد نیاز.

**۵-۴-۷-۳- نکات اجرایی**

قبل از آغاز عملیات حفاری چال و تزریق دوغاب، لازم است نسبت به شناسایی عوارض و شریان‌های زیرسطحی از طریق سونداژ یا استعلام از سازمان‌های ذی‌ربط اقدام نمود و مجوز دستگاه نظارت برای شروع کار را دریافت کرد.

قبل از آغاز تزریق انبوهی در کل محدوده مورد نظر، لازم است تزریق آزمایشی در محدوده کوچکی از ساختگاه انجام شود. هدف از تزریق آزمایشی کنترل فرضیات طراحی عملیات تزریق و نهایی کردن پارامترهای تزریق نظیر فواصل چال‌ها، روش حفاری، مراحل و توالی تزریق، طرح اختلاط دوغاب، فشار تزریق و غیره می‌باشد.

گمانه یا چال‌های تزریق با قطر حدود ۷ تا ۱۲ سانتیمتر و تا عمق مورد نظر طراح توسط دستگاه‌های حفاری حفر می‌شوند. در زمین‌های ریزشی ممکن است استفاده از لوله‌گذاری (کیسینگ‌گذاری) ضروری شود. در این‌صورت کیسنگ همزمان با مراحل تزریق از گمانه خارج می‌شود. همچنین درزمین‌های ریزشی ممکن است حفاری و تزریق یک چال به‌صورت متناوب تکرار شود. در این شرایط، حفاری تا عمق ممکن (که کمتر از عمق نهایی چال است) انجام شده و بلافاصله تزریق اولیه‌ای در مقطع حفاری شده صورت می‌پذیرد. پس از گیرش اولیه دوغاب تزریق شده، مجددا حفاری در همان چال ادامه یافته و تا عمق ممکن بعدی ادامه پیدا می‌کند. تزریق مجدد و همین‌طور عملیات حفاری و تزریق مجدد به‌صورت مرحله‌ای در عمق جهت حصول عمق نهایی چال ادامه می‌یابد.

omoorepeyman.ir

عملیات پیکربندی و تزریق داخل گمانه بسته به شرایط خاک محل می‌تواند از بالا به پایین یا از پایین به بالا انجام شود. در روش تزریق از بالا به پایین چال، ابتدا لایه‌های سطحی‌تر زمین تزریق می‌شود، درحالی‌که در روش از پایین به بالا، ابتدا لایه‌های عمیق‌تر زمین تزریق می‌شود.

فشار تزریق در شرایط متعارف بین ۲ تا ۲۰ بار می‌باشد.

بسته به شرایط خاک محل، عملیات تزریق می‌تواند در هر چال تزریق در یک یا چند مرحله زمانی و مکانی (عمقی) صورت پذیرد. مرحله‌بندی عمقی با بستن پکر در اعماق مختلف چال تزریق صورت می‌گیرد. مرحله‌بندی زمانی با ایجاد توقف در بین مراحل مختلف تزریق در عمق مشخصی از چال انجام می‌شود. در هر حال عملیات تزریق باید تا زمانی که معیارهای مورد نظر در خاک بهسازی شده در آزمایش‌های کنترل کیفی محقق شده، ادامه یابد.

در زمین‌های با قابلیت تزریق زیاد (با خلل و فرج زیاد) ممکن است از چند مرحله حفاری چال و تزریق در آن‌ها استفاده شود. بدین صورت که ابتدا در کل محدوده مورد نظر برای عملیات تزریق، حفاری و تزریق انجام می‌شود (چال‌های اولیه)، سپس عملیات حفاری و تزریق در فاصله بین گمانه‌های اولیه صورت می‌گیرد (چال‌های ثانویه) و این فرایند تا زمانی که معیارهای مورد نظر در خاک بهسازی شده در آزمایش‌های کنترل کیفی حاصل نشده، ادامه می‌یابد.

سازوکار تزریق دوغاب در خاک‌های ریزدانه به‌صورت شکاف هیدرولیکی[۱] و نفوذ رگه‌ای دوغاب در محیط می‌باشد. در حالی‌که در خاک‌های درشت‌دانه با ریزدانه کم یا سنگ‌های درزه دار و ترک‌دار، این فرایند به‌صورت نفوذ دوغاب[۲] در خلل و فرج و شکاف‌ها است.

از آنجا که عملیات تزریق فرایندی تجربی و مشاهده‌ای است، مشاهدات حین حفاری و تزریق از اهمیت خاصی برخوردار است. برخورد به هرگونه نامنظمی زیرسطحی باید به دقت پایش شده و توسط پرسنل فنی اجرایی ناظر بر عملیات حفاری ثبت شود. مهم‌ترین پارامترهای موردنظر جهت بازرسی و پایش را می‌توان به شرح زیر برشمرد:

- برخورد به لایه‌های خاک ریزشی، سست، نرم
- برخورد به لایه‌های آب‌دار
- برخورد به هرگونه فضای خالی نظیر حفره، شکاف، ترک و غیره
- هرگونه افت راد یا فرار هوا یا گل حفاری در حین حفاری
- میزان خورند دوغاب سیمان
- کنترل فرار و هدررفت دوغاب
- مدت زمان تزریق
- هر نوع بیرون‌زدگی دوغاب سیمان از سطح زمین، اطراف پکر، محل‌های اطراف، گمانه‌های اطراف و غیره در حین تزریق باید تا شعاع حداقل ۱۰۰ متری اطراف محل تزریق مورد بازبینی و بازرسی قرار گیرد.

۱- Hydraulic fracture

۲- Permeation

omoorepeyman.ir

**۵-۴-۷-۴- کنترل کیفیت و معیارهای پذیرش**

کنترل کیفیت تزریق شامل سه مرحله می‌باشد:

- **کنترل مصالح اولیه:** لازم است پیش از شروع عملیات تزریق تمامی مصالح مصرفی اشاره شده در بخش قبل به‌صورت کامل مورد بررسی و آزمایش‌های استاندارد مندرج در دفترچه مشخصات فنی قرار گیرد. همچنین پس از ساخت دوغاب، لازم است بر روی دوغاب تازه آزمایش‌هایی همچون آزمایش تعیین ویسکوزیته با قیف مارش، دانسیته، اندازه‌گیری آب‌اندازی یا بلید دوغاب و تعیین مقاومت تک‌محوری دوغاب صورت پذیرد تا از کیفیت دوغاب سیمان اطمینان حاصل گردد.
- **کنترل روش اجرای تزریق:** در حین تزریق لازم است عمق و زاویه گمانه حفاری، فشار تزریق دوغاب سیمان، میزان خورند هر گمانه و غیره ثبت و بر مبنای آن و تشخیص مهندس ناظر، برای ادامه فرآیند اجرای تزریق دوغاب تصمیم گیری گردد.
- **کنترل کیفیت محصول:** این کنترل‌ها به‌منظور تعیین و کنترل کیفیت محصول (زمین بهسازی شده با تزریق) می‌باشد که پس از تکمیل عملیات تزریق و گیرش دوغاب انجام می‌گیرد. این کنترل‌ها می‌تواند شامل مغزه‌گیری و آزمایش‌های آزمایشگاهی مکانیک خاک و سنگ بر روی مغزه‌ها، آزمایش‌های صحرایی همچون نفوذ استاندارد (SPT)، پرسیومتری، آزمون‌های تراوایی در محل (لفران در خاک و لوژان در سنگ) و همچنین مشاهده وضعیت پرشدگی حفرات و خلل و فرج، باشد. نوع و تعداد آزمایش‌های کنترل کیفیت محصول باید توسط طراح یا ناظر ژئوتکنیک پروژه و با توجه به معیارها و اهداف طراحی مشخص گردد.

**۵-۴-۸- ریز شمع**

ریزشمع[1] به شمع‌هایی با قطر کوچک (کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر) اطلاق می‌گردد. مشخصات فنی اجرای شمع‌ها در ضابطه ۳۸۶ ارائه‌شده است و ازاین رو در این ضابطه بدان پرداخته خواهد شد و فقط مبحث ریز شمع که اغلب به‌عنوان یک رویکرد بهسازی و مقاوم سازی در ساختمان‌های موجود از آن استفاده می‌شود، مطرح می‌شود.

استفاده از ریزشمع در احداث شالوده جدید باید دارای توجیه اقتصادی نسبت به سایر روش‌ها باشد.

**۵-۴-۸-۱- مبانی و مصالح**

ریزشمع‌ها غالباً با تسلیح فولادی سبک و تزریق دوغاب سیمان همراه می‌باشند. ریزشمع علاوه برآنکه به عنوان یک عنصر باربر و مقاوم در برابر نشست عمل و بار سطحی را به لایه‌های باربر منتقل می‌کند، به‌دلیل تزریق دوغاب سیمان، سبب بهبود مشخصات مکانیکی (مقاومتی و رفتاری) خاک اطراف نیز می‌گردد. با توجه به تجهیزات سبک و چابک اجرای عملیات ریزشمع، استفاده از این روش در مقاوم سازی بستر سازه‌های موجود و فضاهای محدود کاربرد زیادی دارد.

1- Micropile

omoorepeyman.ir

ریزشمع‌های معمولی به‌وسیله یک میلگرد توپر که بخشی از حجم گمانه، در حدود یک سوم آن را اشغال می‌کند، تسلیح می‌شوند. دوغاب به‌وسیله تزریق ثقلی، تحت فشار و یا ترکیبی از این دو روش در گمانه قرارمی‌گیرد.

به‌طور کلی کاربرد ریزشمع‌ها مشتمل بر دو بخش "استفاده در بستر پی سازه‌ها" و "اصلاح و بهسازی برجای خاک" می‌باشد. در بستر پی سازه‌های موجود، به‌منظور کنترل نشست پی‌ها، کنترل باربری خاک زیر پی‌ها، تعمیر یا جایگزینی پی‌ها، کنترل شکستگی پی‌ها و مقاوم‌سازی لرزه‌ای پی‌ها و در بستر پی سازه‌های جدید، به‌منظور کاهش نشست، افزایش باربری فشاری، تأمین باربری کششی و افزایش باربری جانبی کابرد دارند. همچنین برای اصلاح و بهسازی خاک در جهت پایدارسازی شیب‌ها، ساخت دیواره‌های نگهبان، افزایش مقاومت توده خاک با اهداف خاص نظیر تونل‌سازی و حفاظت شیمیایی بخش‌های مدفون سازه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند.

**۵-۴-۸-۲- روش‌های اجرا**

انواع مختلف ریزشمع با روش‌های اجرایی متفاوت وجود دارد. روش اجرای متداول ریزشمع‌ها به سه شکل زیر می‌باشد:

- ریز شمع‌های کوبشی[1]
- ریز شمع‌های اجرا شده با روش حفاری
- ریزشمع‌های خودحفار- تزریق همزمان[2]

**۵-۴-۸-۳- روش اجرای شمع کوبشی**

اصول روش ریزشمع کوبشی که در ایران کاربرد دارد، مبتنی بر تجربیات است. این نوع ریزشمع‌ها شامل یک لوله فولادی توخالی با نوک مخروطی شکل و دارای سوراخ‌هایی درجدار به‌منظور انجام عملیات تزریق دوغاب سیمان و در نهایت میلگرد تسلیح کننده می‌باشند. در اجرای این نوع ریزشمع‌ها، ابتدا لوله‌های فولادی توخالی به داخل زمین تا رسیدن به عمق مورد نظر (عموما عمق پس‌زدگی) با دستگاه‌های سبک کوبیده می‌شوند. درادامه، پس از جای گذاری میلگرد در داخل لوله، عملیات تزریق دوغاب صورت می‌پذیرد. در این روش اجرا علاوه بر حذف هزینه‌های نصب کیسینگ، مقاومت نوک بسیج شده و در افزایش ظرفیت باربری ریزشمع‌ها موثر است. این گونه از ریزشمع‌ها در خاک های نرم رسی یا ماسه‌ای که امکان کوبش ریزشمع‌ها به سهولت در آن ها وجود دارد، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

روش اجرای شمع کوبشی مشتمل بر سه مرحله لوله‌کوبی، تزریق و تسلیح می‌باشد.

**۵-۴-۸-۳-۱- لوله‌کوبی**

به منظور استقرار لوله‌های ریزشمع (غلاف‌ها) در محل ریزشمع، از عملیات لوله‌کوبی استفاده می‌گردد. برای این منظور ابتدا لوله فولادی سوراخ‌دار (عموماً با قطر خارجی ۷۶ mm و قطر داخلی ۶۸ mm) توخالی با نوک مخروطی با استفاده از

1- Driven-grouted micropile
2- Hollow bar micropile

omoorepeyman.ir

تجهیزات کوبش به داخل زمین کوبیده می‌شود. پس از فرو رفتن لوله اول، لوله دوم به لوله اول متصل گردیده و کوبیده می‌شود و عملیات کوبش به همین منوال ادامه می‌یابد. طول لوله‌های فولادی معمولا ۲ تا ۳ متر می‌باشد که برای رسیدن به عمق مورد نظر برای اتصال لوله فولادی جدید از بوشن و جوش مناسب استفاده می‌شود. عملیات ضربه و در پی آن فرورفت با انرژی اعمالی توسط سقوط چکش و اتصال لوله‌های فولادی به یکدیگر تا رسیدن به عمق مورد نظر ادامه می‌یابد تا دیگر با انرژی وارده، نفوذ ریزشمع حاصل نگردد. این عمق معمولاً عمق پس‌زدگی است که بیانگر رسیدن ریزشمع به لایه مقاوم بوده و بسیج شدن مقاومت نوک را نیز در پی دارد. استفاده از مشخصات دیگر لوله حسب نظر طراح بلامانع است. جهت اتصال کامل لوله‌ها به یکدیگر علاوه بر استفاده از بوشن‌های مناسب، لوله‌ها به لبه بوشن، جوش داده می‌شوند. دستگاه لوله‌کوب شامل یک چکش ۳۰۰ کیلوگرمی است که از ارتفاع متوسط ۱ متر سقوط می‌کند. بالابردن چکش توسط تکنسین با استفاده از یک قرقره و نیروی برق صورت می‌گیرد. یک دکل برای هدایت چکش سندان و بین لوله و چکش، برای انتقال یکنواخت نیروی چکش تعبیه شده است. این دستگاه بر روی چرخ لاستیکی سوار می‌شود تا به‌راحتی توسط کارگر قابل جابه‌جایی باشد. دستگاه لزوماً نیاز به سیستم هیدرولیک یا پنوماتیک ندارد.

**۵-۴-۸-۳-۲- تزریق**

پس از اتمام لوله‌کوبی، باید تزریق دوغاب سیمان انجام گیرد. مجموعه دستگاه تزریق از سه بخش همزن اولیه، همزن ثانویه و پمپ تزریق تشکیل می‌گردد. پس از اختلاط آب و سیمان به نسبت مشخص در همزن‌ها، دوغاب سیمان توسط مسدود کننده‌ها[۱] درون چاهی و سرچاهی از طریق جداره مشبک ریزشمع به خاک تزریق می‌گردد. به منظور تزریق دوغاب و بهسازی خاک اطراف بر روی محیط لوله فولادی سوراخ‌هایی به فواصل منظم (به‌طور مثال در هر متر طول سوراخ هایی به قطر ۸ میلی‌متر به فاصله ۱۰ سانتیمتر از یک‌دیگر) ایجاد شده است. با نفوذ دوغاب از درون آن‌ها به محیط خاک پیرامونی، اصطکاک بین ریزشمع و خاک ایجاد می‌گردد.

در راستای اجرای عملیات تزریق، ابتدا باید درون لوله توسط آب شستشو شود تا گل و لای احتمالی تخلیه گردد. در ادامه از پکرهای درون‌چاهی مرحله‌ای متناسب با طول ریزشمع استفاده می‌شود و تا فشار ۵ بار عملیات تزریق به‌صورت مرحله‌ای صورت می‌گیرد. توصیه می‌شود فواصل پکرگذاری‌های درون‌چاهی از ۸ متر بیشتر نباشد. در نهایت با تعبیه پکر سرچاهی، عملیات تزریق تکمیل می‌گردد. کیفیت عملیات تزریق با انجام آزمون‌های بارگذاری تدقیق می‌گردد.

در حین عملیات تزریق چنانچه خورند بالای دوغاب (بنا بر تشخیص طراح) ایجاد شد که می‌تواند منشأ آن راهیابی رگه‌های دوغاب به حفرات موجود در زمین باشد، بایستی عملیات تزریق متوقف گردد. همچنین چنانچه در مجاورت سرریزشمع دوغاب خارج شد، عملیات تزریق متوقف می‌شود. توصیه‌های ارائه شده در بخش ۳-۴-۷ درخصوص عملیات تزریق در این راستا می‌تواند در دستورکار قرار گیرد.

۱- Packer

omoorepeyman.ir

**۵-۴-۸-۳-۳- تسلیح و نصب اتصالات سرریزشمع به شالوده**

گام نهایی در اجرای ریزشمع، عملیات نصب آرماتور تسلیح در داخل لوله ریزشمع و نصب اتصالات به شالوده (در صورت نیاز) می‌باشد. بدیهی است که آرماتور تسلیح باید قبل از گیرش سیمان، در داخل گمانه نصب شود. به منظور ایجاد اتصال کامل بین ریزشمع و بتن شالوده و همچنین جلوگیری از برش پانچ سر ریزشمع در داخل بتن، در آخرین مرحله نسبت به اجرای جزییات اتصال سر میکروپایل به شالوده براساس نقشه‌های اجرایی، اقدام می‌گردد.

در مواردی که از ریزشمع‌ها به عنوان تقویت‌کننده شالوده‌های موجود استفاده می‌شود، لازم است از اتصال مناسب بین ریزشمع و بتن شالوده موجود استفاده شود. این اتصالات حسب بارهای وارده و نظر طراح، می‌تواند به‌صورت گروت منبسط شونده یا استفاده از رویکرد کاشت آرماتور منظور گردد. در این گونه مقاوم سازی‌ها، ابتدا عملیات مغزه گیری از شالوده موجود صورت گرفته و پس از اجرای ریز شمع مطابق رویه پیش گفته، اتصال مناسب بین سر ریزشمع و بتن شالوده اجرا می‌گردد.

**۵-۴-۸-۴- ریزشمع حفاری شونده**

در زمین‌ها یا در شرایطی که امکان کوبش ریزشمع نباشد، از این نوع ریزشمع استفاده می‌گردد. این نوع از ریزشمع‌ها بسته به شرایط پروژه می‌تواند پس از حفاری با جایگذاری لوله غلاف داخل گمانه حفاری شده انجام پذیرد. قرارگیری لوله غلاف می‌تواند هم‌زمان با حفاری توسط دستگاه‌های حفاری هیدرولیکی یا دستگاه‌هایی حفاری پنوماتیکی مجهز به سرمته لوله‌ران صورت گیرد. مراحل اجرای این گونه از ریزشمع‌ها شامل حفاری، نصب غلاف (در صورت نیاز)، تزریق و نصب میلگرد می‌باشد.

**۵-۴-۸-۴-۱- حفاری**

در صورتی که امکان کوبش غلاف ریزشمع در داخل بستر نباشد، با استفاده از عملیات پیش‌حفاری اقدام به نصب لوله‌های غلاف در بستر می‌گردد. حفاری در این شرایط به روش‌های مختلف نظیر حفاری دورانی[1] و یا دورانی- ضربه‌ای درون چاهی[2] صورت می‌پذیرد. در صورتی که بستر دارای خاک ریزشی بوده و خاک پس از خروج راد حفاری امکان نصب غلاف‌های ریزشمع را ندهد، می‌توان از روش ریزشمع خود حفار استفاده نمود. در این روش با استفاده از سیستم چکش از بالا[3] ریزشمع‌ها در داخل خاک نصب می‌گردند.

**۵-۴-۸-۴-۲- تزریق**

به غیر از ریز شمع‌های خود حفار، برای اجرای تزریق از کیسینگ موقت حین حفاری استفاده می‌شود. در صورتی که از سیستم ریزشمع خودحفار استفاده گردد، عملیات تزریق به‌طور معمول به‌صورت هم‌زمان با حفاری انجام می‌گیرد تا

1- Rotary
2- Down The Hole (DTH)
3- Top Hammer

omoorepeyman.ir

بدین‌وسیله دوغاب تزریق به‌صورت یکنواخت در طول ریزشمع تشکیل گردد. درصورت انجام حفاری بدون کیسینگ موقت، می‌توان از انجام عملیات تزریق با تعبیه شیلنگ‌های تزریق مدفون در طول‌های مختلف به‌همراه میلگرد تسلیح استفاده کرد.

**۵-۴-۸-۴-۳- تسلیح و اتصالات سرریزشمع به شالوده**

اجرای این مرحله همانند ریزشمع‌های کوبشی می‌باشد.

**۵-۴-۸-۵- ریزش خودحفار-تزریق همزمان**

در ریزشمع خودحفار-خود تزریق از یک قطعه فولادی توخالی (راد خودحفار) برای تسلیح و تزریق استفاده می‌شود.

ریزشمع‌های خودحفار در خاک‌های نرم، خاک‌های دستی (نخاله‌های شهری)، خاک‌های با سطح آب زیرزمینی بالا و دیگر انواع خاک‌های ضعیف و مساله‌دار، بدون صعوبت قابل اجرا هستند. در ریزشمع‌های خودحفار-تزریق هم‌زمان انجام می‌پذیرد و نیازی به استفاده از غلاف فولادی نخواهد بود.

**۵-۴-۸-۵-۱- روش اجرا**

اجرای راد خود حفار با استفاده از دستگاه‌های حفاری متداول هیدرولیکی و پنوماتیکی که در اجرای معمول نیلینگ و انکراژ استفاده می‌شود، انجام گیرد. در دستگاه حفاری با استفاده از یک اتصال به‌صورت مفصل با قابلیت چرخش (مفصل گرداننده)، امکان تزریق دوغاب هم‌زمان با حفاری میسر می‌گردد و چکش حفاری بین قسمت انتقال نیروی دورانی و محل اتصال راد خودحفار قرارگرفته و امکان حفاری دورانی ضربه‌ای را حین حفاری میسر می‌سازد. برای تأمین نیروی موردنیاز دستگاه دریل واگن از کمپرسور هوا استفاده می‌گردد. در این روش تزریق هم‌زمان با حفاری اجرا می‌شود. مشخصات دوغاب مصرفی همانند ریز شمع‌های کوبشی یا حفاری شده می‌باشد.

در روند اجرای ریزشمع ابتدا راد خودحفار به‌دستگاه حفاری و سپس سرمته به انتهای راد خودحفار متصل می‌شود. جهت اطمینان از عدم نشت اتصالات و سیستم حفاری و تزریق، ابتدا مقداری آب داخل سیستم حفاری تزریق می‌شود. در ادامه راد خودحفار در موقعیت مکانی اجرایی تنظیم شده و عملیات حفاری با دوران توأم با ضربه و تزریق آب و هوا شروع می‌شود. پس از ورود سرمته به داخل زمین، عملیات تزریق دوغاب از طریق سیستم تزریق همزمان با حفاری و با فشاری بین ۵ تا ۱۰ بار، به‌صورت پیوسته انجام می‌شود.

**۵-۴-۸-۵-۲- ملحقات**

ریزشمع خودحفار-تزریق هم‌زمان از سه بخش اصلی راد خودحفار (راد توخالی با مقاومت بالا)، سرمته حفاری و تزریق و کوپلرهای مخصوص جهت اتصال رادها به یک دیگر، تشکیل شده است. مهره و صفحه فلزی به عنوان تجهیزات جانبی ریزشمع محسوب می‌شوند که جهت سر ریزشمع به شالوده تعبیه می‌شوند.

omoorepeyman.ir

**۵-۴-۸-۶- کنترل کیفیت و معیارهای پذیرش**

**۵-۴-۸-۶-۱- کنترل‌های حین حفاری و تزریق**

کنترل‌های کیفی عملیات حفاری و تزریق مطابق مندرجات بخش های ۵-۴-۸-۳ و ۵-۴-۸-۴ می‌باشد.

**۵-۴-۸-۶-۲- کنترل‌های کیفیت محصول**

**الف- کنترل‌های ریزشمع‌های غیربااربر**

این کنترل‌ها به‌منظور تعیین و کنترل کیفیت محصول می‌باشد که پس از تکمیل عملیات تزریق و گیرش انجام می‌گیرد. در مواردی که ریزشمع نقش باربر نداشته و به منظور تزریق در خاک برای بهبود عملکرد توده خاک از آن استفاده شده، این کنترل‌ها می‌تواند شامل مغزه‌گیری، آزمایش SPT و مشاهده وضعیت پرشدگی حفرات و خلل و فرج برای روش حفاری و تزریق و برای میکروپایل‌های باربر، شامل بارگذاری کششی یا فشاری باشد که در ذیل به آن‌ها اشاره می‌شود.

❖ **مغزه گیری**

هدف از مغزه‌گیری در عملیات حفاری مشاهده عینی وضعیت خاک یا سنگ در عمق می‌باشد. در عملیات تزریق، مغزه گیری به‌منظور مشاهده اثرات سیمان تزریق شده در داخل حفرات یا درز و شکاف‌های سنگ یا خاک و بررسی کیفیت تزریق اجرا شده در طول گمانه انجام می‌شود. گمانه‌های اکتشافی امکان دستیابی به شرایط زیرسطحی، ردیابی مسیرهای دوغاب تزریق شده را فراهم می‌نمایند. در این روش ضمن نمونه‌برداری از تشکیلات زیرسطحی می‌توان در صورت نیاز و تصمیم طراح اقدام به انجام آزمایش به‌منظور تعیین میزان تراوایی محیط شود. به‌طورکلی امروزه انواع زیادی از دستگاه‌ها و لوازم برای انجام حفاری‌های ژئوتکنیک و نمونه‌برداری ابداع و در دسترس است. شیوه حفاری انتخابی همواره باید متناسب با نوع تشکیلات زیرسطحی و شرایط آب زیرزمینی باشد تا بتوان از کمیت و کیفیت نمونه‌های اخذ شده اطمینان حاصل کرد.

❖ **مشاهده مستقیم رگه‌های تزریق**

از دیگر روش‌های بررسی و کنترل کیفیت اثر بخشی تزریق‌های انجام شده مشاهده مستقیم و چشمی مقاطع موجود یا خاکبرداری شده می‌باشد که با توجه به شرایط و محدودیت‌های پروژه قابل بررسی می‌باشد.

**ب- آزمایش بارگذاری فشاری یا کششی میکروپایل‌های باربر**

در پروژه‌های بهسازی و مقاوم سازی با استفاده از روش ریزشمع، پیش از شروع عملیات اجرایی، ریزشمع‌ها تحت آزمون بارگذاری تاییدی به منظور تایید فرضیات ابتدایی طراحی، همچون مقاومت باند و همچنین نحوه اجرای ریزشمع قرار می‌گیرد. سنجش توانایی ریزشمع در انتقال ایمن بار طراحی در زمان بهره‌برداری با استفاده از آزمون بارگذاری اثبات به‌دست می‌آید. آزمون اثبات کنترل کیفیت عملیات اجرایی ریزشمع را انجام می‌دهد. انجام آزمون خزش به‌منظور تایید عملکرد ریزشمع در طول عمر بهره‌برداری می‌باشد. این آزمون هم‌زمان با آزمون تاییدی و اثبات انجام می‌شود. مطابق آیین

omoorepeyman.ir

نامه FHWA(2005) آزمایش‌های بارگذاری به دو صورت آزمون تاییدی (بر روی میکروپایل‌های آزمایشی اولیه) یا آزمون اثباتی (بر روی میکروپایل‌های اصلی اجرا شده) انجام می‌شود که در آن‌ها ریزشمع به ترتیب حداکثر تا ۲ الی ۲/۵ برابر بار طراحی و ۱/۶ برابر بارطراحی تحت بارگذاری فشاری یا کششی قرار می‌گیرد.

نحوه انجام آزمون‌ها و معیارهای پذیرش آن مطابق توصیه‌های آیین نامه FHWA یا ASTM D1143 می‌باشد.

### ۵-۴-۹- تراکم دینامیکی

روش تراکم دینامیکی یک روش بهسازی عمیق خاک به شمار می‌رود که هدف آن متراکم کردن لایه‌های خاکریز عمیق یا لایه‌های سست بستر با ضخامت زیاد می‌باشد. این روش شامل پرتاب متوالی کوبه‌های سنگین از ارتفاع نسبتاً زیاد در یک الگوی از پیش تعیین شده است. اساس این روش ایجاد ارتعاش و انتشار امواج دینامیکی در توده خاک تراکم‌پذیر به‌منظور بهبود مشخصات فیزیکی و مکانیکی لایه‌های خاک در عمق می‌باشد.

این روش قابلیت بهبود مشخصات لایه‌های خاک تا اعماق کمتر از ۱۲ متر را دارد. در بعضی از طرح‌های خاص که از کوبه‌های سنگین‌تر و ارتفاع سقوط بیشتر استفاده می‌شود، عمق بهسازی تا ۴۰ متر نیز قابل افزایش است که به آن روش "تراکم دینامیکی بسیار عمیق" گفته می‌شود. از کاربردهای روش تراکم دینامیکی در زمینه بهبود مشخصات لایه‌های خاک، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- کاهش نشست‌پذیری خاک بستر
- افزایش ظرفیت باربری
- کاهش پتانسیل روانگرایی
- از بین بردن حفرات بزرگ زیر سطحی
- همگن‌سازی توده‌های ناهمگن
- پایین آوردن تراز نهایی خاکریزها

این روش بسته به نوع خاک محل دارای اثرپذیری خیلی زیاد تا کم است. در خاک‌های درشت‌دانه شامل قلوه‌سنگ تا ماسه با ضریب نفوذپذیری بزرگتر از $10^{-3}$ سانتی‌متر بر ثانیه حتی در صورتی‌که خاک اشباع باشد، روش تراکم دینامیکی در بهسازی این نوع خاک‌ها مؤثر می‌باشد. در خاک‌های نیمه نفوذپذیر شامل لای، لای ماسه‌دار، ماسه لای‌دار و لای رس دار با شاخص خمیری (PI) کمتر از ۸ با ضریب نفوذپذیری $10^{-3}$ و $10^{-6}$سانتی‌متر بر ثانیه در صورتی که این نوع مصالح نیمه اشباع باشند، تراکم دینامیکی به‌طور معمول و سریع انجام می‌شود و دارای تأثیر خوبی می‌باشد. اما در صورتی‌که این مصالح اشباع باشند، زایل شدن فشار آب حفره‌ای اضافی ممکن است روزها و هفته‌ها طول بکشد و این روش کارایی مؤثر را ندارد. خاک‌های نفوذناپذیر با ضریب نفوذپذیری کمتر از $10^{-6}$سانتی‌متر بر ثانیه شامل رس و خاک رس‌دار با درصد رس بیشتر از ۲۵ درصد و شاخص خمیری بیشتر از ۸ در صورتی که اشباع و یا نزدیک به اشباع باشند، به علت طولانی بودن زمان زایل اضافه فشار آب حفره‌ای، عموما برای اجرای تراکم دینامیکی نامناسب هستند.

omoorepeyman.ir

جدول ۵-۱۴- کارایی روش تراکم دینامیکی در خاک‌های مختلف (آیین‌نامه FHWA-SA-95-037)

| نوع خاک | نفوذپذیری (سانتی‌متر بر ثانیه) | درجه اشباع | مناسب بودن تراکم دینامیکی |
|---|---|---|---|
| بدون ریزدانه | بیشتر از $10^{-3}$ | بالا | عالی |
| | | پایین | عالی |
| درشت‌دانه با حداکثر ٪۳۵ لای | بیشتر از $10^{-3}$ | بالا | خوب |
| | | پایین | عالی |
| ریزدانه- PI<۸ | بین $10^{-3}$ تا $10^{-6}$ | بالا | متوسط |
| | | پایین | خوب |
| ریزدانه- PI>۸ | کمتر از $10^{-6}$ | بالا | توصیه نمی‌شود |
| | | پایین | در صورتی که درصد رطوبت طبیعی کمتر از حد خمیری باشد، قابل کاربرد است. |

علاوه بر این، با توجه به ماهیت این روش، در اثر کوبش ارتعاشاتی با فرکانس بین ۶ تا ۱۰ هرتز در شعاع تأثیر کوبه منتشر و سبب تغییرشکل‌های جانبی و ایجاد خسارت در سازه‌ها و تأسیسات خطی (مانند خطوط ریلی، لوله‌های مدفون در زمین و غیره) مجاور می‌شود. به همین علت این روش در محیط‌های متراکم شهری کاربرد ندارد و بایستی زمین تحت بهسازی به‌اندازه کافی از سازه‌های هم‌جوار فاصله داشته باشد.

### ۵-۴-۹-۱- تجهیزات اجرا

ابزار کوبش در این روش شامل جرثقیل بوم خشک و کابل به همراه کوبه‌های سنگین می‌باشد. جنس کوبه‌ها فولادی یا بتنی است که عموماً دارای وزن ۵ تا ۳۰ تن می‌باشند.

### ۵-۴-۹-۲- نکات اجرایی

#### ۵-۴-۹-۲-۱- فازهای کوبش و الگوی هر فاز

معمولاً عملیات کوبش در سه فاز انجام می‌گیرد که شامل دو فاز کوبش سنگین و یک فاز تراکم سطحی می‌باشد. انتخاب دو فاز کوبش سنگین برای عملیات تراکم دینامیکی در مصالح درشت‌دانه و با هر درجه اشباع، مناسب می‌باشد. اما در مصالح ریزدانه با درجه اشباع بالا، بهتر است جهت زایل شدن اضافه فشار آب حفره‌ای، عملیات کوبش سنگین در فازهای بیشتری اجرا شود.

در فاز کوبش سنگین، بخشی از انرژی به‌صورت افقی در توده خاک توزیع شده و باعث تراکم نواحی اطراف محل برخورد کوبه با زمین می‌گردد. لذا عملیات تراکم دینامیکی می‌تواند در شبکه‌ای با فواصل معین انجام گیرد. در این حالت توزیع جانبی انرژی ضربات باعث بهبود نواحی مابین گره‌های شبکه کوبش نیز می‌گردد. فاصله معمول مرکز تا مرکز گره‌های شبکه کوبش برای ایجاد همپوشانی لازم بین نواحی متراکم شده و رسیدن به تراکم یکنواخت در کل حجم لایه مورد نظر، ۱/۵ تا ۲/۵ برابر قطر کوبه می‌باشد. به‌طور معمول در هر نقطه کوبش، ۷ تا ۱۵ پرتاب کوبه از ارتفاع ۱۰ تا ۳۰ متر صورت

omoorepeyman.ir

می‌پذیرد. در فاز اول کوبش سنگین، فاصله نقاط کوبش نسبتاً زیاد است و بهسازی عمیق‌ترین لایه صورت می‌پذیرد و در فاز دوم کوبش فواصل نقاط کوبش کمتر از فاز اول انتخاب شده و بهسازی لایه میانی انجام می‌شود.

در فاز تراکم سطحی که به فاز اتوکشی مشهور است، لایه سطحی با اعمال انرژی کمتر از فازهای کوبش سنگین متراکم می‌شود. در این فاز، عملیات کوبش معمولاً در شبکه‌های به هم پیوسته و یا حتی با همپوشانی انجام می‌شود. برای این منظور معمولاً کوبه‌های مربعی شکل از ارتفاعی پایین (کمتر از ۱۰ متر) و به تعداد کم (معمولاً ۱ یا ۲ مرتبه) پرتاب می شوند. در برخی از موارد که عمق چاله‌های ایجاد شده در فازهای کوبش سنگین کمتر از ۰/۵ متر است، می‌توان لایه‌های سطحی را پس از تسطیح محل، با روش‌های متداول تراکم سطحی (مانند تراکم غلتکی) متراکم کرد. علاوه بر این، در بعضی از طرح‌ها که قرار است سازه‌هایی بر پایه شالوده‌های عمیق احداث شود، ممکن است به اجرای فاز اتوکشی و تراکم لایه سطحی نیازی نباشد.

**۵-۴-۹-۲-۲- لایه پایدار کننده سطحی (پتوی سطحی)**

مهم‌ترین هدف از اجرای لایه پایدارکننده سطحی، ایجاد سطح کاربری مناسب برای فعالیت ماشین‌آلات سنگین کوبش می‌باشد. سایر اهداف ایجاد پتوی سطحی شامل موارد زیر است:

- کنترل عمق چاله‌های ایجاد شده در اثر ضربه
- کمک به آزادسازی فشار آب حفره‌ای و زهکشی از سطح
- اختلاط مصالح درشت‌دانه پتوی سطحی با مصالح سست زیرین
- جلوگیری از خروج مصالح سست
- افزایش فشار محصور کننده و قابلیت تراکم‌پذیری
- جلوگیری از چسبیدن مصالح ریزدانه به کوبه
- ایجاد بستری مسلح و کاهش نشست‌های موضعی
- کاهش اتلاف انرژی ناشی از خمیری شدن موضعی خاک در زیر محل برخورد کوبه با زمین

ضخامت لایه پتوی سطحی معمولاً بین ۰/۳ تا ۱/۲ متر در طرح‌های مختلف تراکم دینامیکی می‌باشد. در حالتی که لایه سطحی شرایط خیلی سستی نداشته و تراکم با انرژی کم مد نظر باشد، ممکن است لایه با ضخامت حدود ۱۵ سانتی‌متر از مصالح درشت‌دانه کفایت کند. از سوی دیگر در بعضی از طرح‌های تراکم دینامیکی که اختلاط مصالح درشت‌دانه پتوی سطحی با مصالح سست زیرین مد نظر است، ضخامت لایه درشت‌دانه حتی تا ۲/۰ متر نیز در نظر گرفته می‌شود.

مطلوب‌ترین جنس برای پتوی سطحی، خاک‌های درشت‌دانه مانند شن، سنگ شکسته و یا نخاله‌های ساختمانی است.

omoorepeyman.ir

**۵-۴-۹-۲-۳- تعیین محدوده تراکم**

در بسیاری از طرح‌ها، مساحتی که تحت عملیات تراکم دینامیکی واقع می‌شود، بزرگ‌تر از مساحتی است که قرار است بارگذاری شود. این مسئله به یکی از علل زیر اتفاق می‌افتد:

- توزیع فشار ناشی از بارگذاری، باعث افزایش تنش در داخل زمین در محدوده‌ای وسیع‌تر از سطح بار می‌گردد.
- میزان بهسازی در مرزهای ناحیه مورد تراکم، عموماً کمتر از قسمت‌های میانی بوده و برای ایجاد تراکم یکنواخت بایستی نواحی خارج از مرزها نیز تا فاصله‌ای مشخص متراکم گردد.
- عملیات کوبش در اطراف مرزهای ناحیه بارگذاری معمولاً تا فاصله‌ای برابر با عمق بهسازی انجام می‌شود.
- در بعضی حالات ویژه هم لازم است تراکم قسمت خاصی از محل طرح در ناحیه وسیع‌تری انجام شود.

**۵-۴-۹-۳- کنترل کیفیت و معیارهای پذیرش**

به منظور اطمینان از بهسازی و بهبود مشخصات فیزیکی و مکانیکی لایه‌های خاک، مراحل انجام عملیات تراکم دینامیکی باید به‌صورت مستمر تحت پایش و بررسی قرار گیرد. علاوه بر این بایستی وضعیت تغییر شکل‌های احتمالی ایجاد شده در سازه‌های مجاور و خسارات احتمالی ارزیابی گردد. لذا در حین انجام تراکم دینامیکی باید موارد زیر اندازه گیری و پایش شود:

**۵-۴-۹-۳-۱- تورم زمین و اضافه فشار آب حفره‌ای**

معمولاً در خاک‌های ریزدانه در حین اجرای عملیات کوبش، به علت افزایش فشار منفذی در اطراف محل برخورد کوبه، برآمدگی در زمین ایجاد می‌شود که در این حالت امکان پرتاب کوبه در یک نقطه کوبش به تعداد تعیین شده در آن فاز وجود نخواهد داشت. همچنین در خاک‌های ماسه‌ای و لای در اثر افزایش فشار آب حفره‌ای، امکان وقوع روانگرایی موضعی و جوشش ماسه وجود دارد که در چنین شرایطی، عملیات کوبش باید متوقف گردد. در صورت بروز موارد یادشده باید زمان کافی برای زایل شدن اضافه فشار منفذی سپری شود. تعیین میزان زمان توقف لازم بین ضربات برای زایل شدن فشار آب حفره‌ای متناسب با جنس خاک و اندازه‌گیری‌های میدانی خصوصاً قرائت‌های پیزومترهای تعبیه شده خواهد بود.

**۵-۴-۹-۳-۲- نشست متوسط ایجاد شده در زمین تحت بهسازی**

قبل از شروع عملیات تراکم دینامیکی، بهتر است سطح زمین شبکه‌بندی شود تا تراز ارتفاعی متوسط به دست آید. مقدار نشست ایجاد شده در سطح زمین پس از اجرای تراکم دینامیکی به شرایط اولیه توده خاک بستگی دارد که به‌طور معمول بین ۶ تا ۱۰ درصد ضخامت لایه خاک تحت بهسازی می‌باشد. این مقدار نشست برای خاکریزهای مراکز دفن زباله بین ۲۰ تا ۲۵ درصد ضخامت خاکریز می‌باشد. در جدول ۵-۱۵، مقادیر درصد نشست ناشی از تراکم دینامیکی به ضخامت لایه بر حسب نوع مصالح درج شده است. ضروری است در فرآیندهای اجرا و تعریف محدوده کاری پیمانکاران، حجم خاک لازم جهت جبران نشست ناشی از عملیات تراکم دینامیکی در برآوردها لحاظ گردد.

omoorepeyman.ir

جدول ۵-۱۵- اثرات نامطلوب ارتعاشات ناشی از کوبش بر روی هم‌جواری‌های اطراف (آیین‌نامه FHWA-SA-95-037)

| نوع مصالح | درصد نشست نسبت به ضخامت لایه |
|---|---|
| رس‌های طبیعی | ۱ تا ۳ |
| خاکریزهای رسی | ۳ تا ۵ |
| ماسه‌های طبیعی | ۳ تا ۱۰ |
| خاکریزهای دانه‌ای | ۵ تا ۱۵ |
| مدفن‌های زباله و لایه‌های خاک آلی | ۷ تا ۲۰ |

همچنین حداکثر عمق مجاز چاله‌ها در حین کوبش معمولاً ۰/۳ متر بیشتر از ارتفاع کوبه در نظر گرفته می‌شود. در صورت عمیق‌تر شدن چاله، باید عملیات کوبش متوقف گردد و چاله‌های ایجاد شده در اثر برخورد کوبه پر شده و یا زمین تسطیح شود و زمان کافی برای زایل شدن اضافه فشار منفذی سپری گردد.

### ۵-۴-۹-۳-۳- پایش ارتعاشات وارده بر همجواری‌های اطراف

در حین اجرای تراکم دینامیکی باید ارتعاشات وارده بر سازه‌های مجاور با استفاده از سیستم لرزه‌نگار اندازه‌گیری شود. اندازه‌گیری ارتعاشات باید در فواصل مختلف از محل کوبش صورت پذیرد تا بیشینه سرعت ذره‌ای امواج در اطراف زمین تحت بهسازی به دست آید. با مقایسه مقادیر سرعت ذره‌ای محاسبه شده با مقادیر مجاز درج شده در جدول ۵-۱۶ می‌توان اثرات نامطلوب ارتعاشات ایجاد شده بر روی هم‌جواری‌های اطراف را مورد ارزیابی قرار داد. درصورتی که حین عملیات کوبش، سرعت اوج ذرات کمتر از ۷۶ میلی‌متر بر ثانیه باشد، به سازه‌های مدفون آسیبی نمی‌رسد. همچنین خطوط لوله تحت فشار در برابر سرعت اوج ذرات در بازه ۲۵۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر بر ثانیه بدون تغییر شکل زیاد مقاومت می‌کنند.

جدول ۵-۱۶- اثرات نامطلوب ارتعاشات ناشی از کوبش بر روی هم‌جواری‌های اطراف (آیین‌نامه FHWA-SA-95-037)

| سرعت اوج ذرات (میلی‌متر بر ثانیه) | اثرات نامطلوب ارتعاشات ناشی از کوبش |
|---|---|
| کمتر از ۰/۸ | بعضی از انسان‌ها درک می‌کنند. |
| بین ۰/۸ و ۲/۵ | به‌طور مشخص قابل درک است |
| ۲/۵ | حد مزاحمت برای انسان‌ها |
| بین ۲/۵ تا ۸/۰ | احساس نگرانی |
| ۱۰ | آسیب‌های جزئی معماری |
| بیشتر از ۱۳ | ایجاد ترک در دیوارهای اندود شده |
| بیشتر از ۱۹ | ایجاد ترک در دیوارهای پیش‌ساخته |
| ۴۰ | آسیب‌های سازه‌ای |

### ۵-۴-۹-۴-۳- انجام آزمایش‌های تاییدی

به منظور ارزیابی تأثیر روش تراکم دینامیکی بر بهبود مشخصات لایه‌های خاک، باید آزمایش‌های تاییدی زیر قبل و بعد از عملیات بهسازی صورت پذیرد:

omoorepeyman.ir

- انجام آزمایش‌های برجا نظیر آزمایش نفوذ استاندارد (SPT)، آزمایش نفوذ مخروط (CPT)، آزمایش فشارسنجی (PMT) و غیره قبل و بعد از عملیات تراکم دینامیکی به‌منظور تعیین عمق و درجه بهسازی.
- انجام آزمایش بارگذاری در مدفن‌های زباله و لایه‌های خاک آلی قبل و بعد از تراکم دینامیکی به‌منظور تعیین مقدار کاهش نشست پس از بهسازی.
- اندازه‌گیری بازدهی انرژی ضربه‌ای ناشی از پرتاب کوبه از طریق اندازه‌گیری سرعت پرتاب کوبه در لحظه اعمال ضربه به زمین به‌منظور اطمینان از صحت عملکرد دستگاه کوبش.

**۵-۴-۹-۴- سایر موارد**

**۵-۴-۹-۴-۱- مشکلات ناشی از بالا بودن سطح آب زیرزمینی**

در صورتی‌که سطح آب زیرزمینی بالا باشد، مشکلات عمده زیر می‌تواند به وقوع بپیوندد:

- ایجاد فشار آب حفره‌ای اضافی
- اختلاط خاک و آب در سطح و ایجاد لایه سطحی نرم و نامناسب

به‌عنوان یک قاعده کلی، عمق نامطلوب سطح آب زیرزمینی به عمق چال‌های ایجاد شده در اثر کوبش سنگین بستگی دارد. در اکثر طرح‌ها، اگر تراز آب زیرزمینی در عمق کمتر از ۲ متری سطح زمین باشد، وضعیت برای اجرای تراکم دینامیکی نامناسب است. در چنین وضعیتی قبل از اجرا می‌توان یکی از راه حل‌های زیر را برگزید:

- بالا بردن تراز زمین با ایجاد لایه‌ای از خاک دانه‌ای روی سطح زمین قبل از عملیات کوبش
- پایین بردن سطح آب زیرزمینی قبل از عملیات

**۵-۴-۹-۴-۲- مشکلات ناشی از وجود لایه‌های سخت و جاذب انرژی**

وجود یک لایه جاذب انرژی مانند لایه‌ای از رس نرم و اشباع در میان توده تحت تراکم و یا وجود لایه‌های سخت در سطح زمین، عمق بهبود و میزان بهسازی را کاهش می‌دهد.

**۵-۴-۱۰- پیش بارگذاری**

یکی از روش‌های اصلاح خاک‌های نرم اشباع، عملیات پیش بارگذاری می‌باشد. نشست تحکیمی خاک‌های ریزدانه اشباع فرآیندی زمان‌بر است. به همین علت جهت ایجاد نشست لایه‌های تراکم‌پذیر قبل از احداث سازه اصلی، از عملیات پیش بارگذاری همراه با زهکش‌های قائم استفاده می‌گردد. این رویکرد جزو روش‌های بهسازی عمیق خاک می‌باشد.

کاربرد این روش برای بهسازی خاک‌های اشباع تراکم‌پذیر با نفوذپذیری کم مانند رس‌های با خاصیت خمیری بالا مناسب می‌باشد. در این روش در صورت مواجهه با خاک‌های اشباع عادی تحکیم یافته یا با بیش تحکیمی نه‌چندان قابل ملاحظه، از زهکش‌های قائم به همراه پیش‌بارگذاری استفاده می‌گردد.

omoorepeyman.ir

**۵-۴-۱۰-۱- مواد و مصالح**

این روش دارای دو جز اصلی است: سربار (خاکریز) و زهکش قائم. جهت اجرای لایه خاکریز باید مطابق بخش تراکم سطحی این آیین‌نامه لایه‌های خاکریز اجرا گردد تا دانسیته مورد نیاز طرح تأمین گردد. ضخامت خاکریزی لازم و زمان اجرای آن بر اساس اسناد طراحی و نقشه‌های اجرایی تعیین می‌گردد.

بخش دوم فعالیت‌های اجرایی شامل اجرای لایه‌های زهکش سطحی و عمیق می‌باشد. به‌منظور زهکشی عمیق لایه‌های بستر از زهکش قائم پیش‌ساخته (PVD) استفاده می‌گردد. این زهکش‌ها معمولاً از رویه‌های با جنس ژئوتکستایل با هسته پلاستیکی تشکیل گردیده است که آب در کانال‌های تعبیه شده روی آن هدایت می‌گردد. با اجرای زهکش، آب از خاک اطراف به داخل این نوارها هدایت گردیده و به سمت نزدیک‌ترین لایه زهکش منتقل می‌گردد. جنس ژئوتکستایل دور این زهکش‌ها باید به نحوی باشد تا از نفوذ ریزدانه‌ها به داخل زهکش و انسداد مسیر آن‌ها جلوگیری گردد. برای این منظور قطر بازشوهای ژئوتکستایل (AOS) باید بین ۰/۰۷۴و ۰/۱۵ میلی‌متر باشد.

پس از اجرای زهکش‌های عمیق باید زهکش‌های سطحی زیر خاکریز اجرا شود تا با استفاده از آن آب خروجی از بستر به محدوده خارج از پروژه منتقل گردد. این لایه به‌طور معمول از مصالح دانه‌ای و یا لوله‌های زهکشی سوراخدار تشکیل شده است.

در صورتی که برای اجرای لایه سطحی از مصالح دانه‌ای استفاده گردد، ماسه مورد استفاده باید تمیز و شسته و میزان ریزدانه گذشته از الک نمره۲۰۰ آن کمتر از ۳ الی ۴ درصد باشد. ضخامت لایه زهکش مذکور باید حداقل ۳۰ سانتیمتر و ترجیحاً بین ۵۰ الی ۱۰۰ سانتیمتر منظور گردد. در نواحی که این لایه به‌صورت مستقیم بر روی بستر نرم قرار می‌گیرد، باید ۳۰ سانتیمتر بر ضخامت این لایه افزود یا از یک لایه ژئوتکستایل برای جداسازی این لایه و بستر استفاده کرد. در جایی که از شن تمیز برای اجرای این لایه استفاده می‌گردد، می‌توان ضخامت لایه را ۲۰ سانتیمتر در نظر گرفت. در این شرایط برای جلوگیری از نفوذ مصالح ریزدانه به این لایه، لازم است در دو سمت لایه زهکش، ژئوتکستایل نصب گردد.

در نواحی که از زهکش‌های نواری به جای لایه زهکش استفاده می‌گردد، تکنیک‌های مختلفی را می‌توان اجرا نمود. این نوارها به‌طور معمول دارای ضخامت ۲/۵ سانتیمتر و عرض ۱۵ الی ۳۰ سانتیمتر می‌باشد. این ابعاد بر مبنای حجم آب ورودی متغیر می‌باشد، اما به‌طور کلی هر ردیف زهکش قائم به یک ردیف نوار زهکش نواری متصل می‌گردد، که در شرایط خاص می‌توان هر ردیف زهکش نواری را به سه ردیف زهکش قائم متصل نمود.

به جای استفاده از نوارهای زهکش قائم، می‌توان از ستون‌های شنی مناسب نیز استفاده کرد که نسبت به استفاده از ژئودرین‌ها از هزینه بیشتری برخوردار است.

**۵-۴-۱۰-۲- تجهیزات اجرا**

اجرای این روش نیازمند ماشین‌آلات برای نصب زهکش‌های پیش ساخته قائم می‌باشد. در جدول ۵-۱۷ روش‌های مورد استفاده برای نصب زهکش‌های PVD معرفی شده است.

omoorepeyman.ir

جدول ۵-۱۷- روش‌های نصب زهکش‌های قائم

| روش نصب و راه اندازی | گزینه‌های مختلف |
|---|---|
| استاتیکی | ۱- زنجیره‌ای رانده‌شده* |
| | ۲- چرخ دنده‌ای* |
| | ۳- کابل کششی* |
| | ۴- وزن سنگین |
| | ۵- فشار هیدرولیکی پیستون |
| لرزشی | ۱- چکش منحرف شونده - سنبه با پشتیبانی کامل* |
| | ۲- چکش مستقیم- سنبه منحرف شونده * |
| | ۳- سنبه داخلی با پاشنه پهن |
| پاششی | ۱- سنبه پوشیده شده با جت‌های بیرونی |
| | ۲- جت کاوشگر بدون سنبه پوششی |
| سیستم ترکیبی | ۱- روش استاتیکی با ویبره* |
| | ۲- روش استاتیکی با جت* |
| | ۳- ویبره با جت. |

*روش‌هایی که اخیرا در ایالات متحده آمریکا استفاده شده‌اند.

در تمامی این روش‌ها یک غلاف فلزی بر روی زهکش موجود می‌باشد تا از آسیب به زهکش‌ها جلوگیری کند. از این غلاف فلزی در ادبیات فنی به عنوان ماندرل[1] یاد می‌گردد.

### ۵-۴-۱۰-۳- نکات اجرایی

به‌منظور اجرای این روش بهسازی، مراحل زیر باید به ترتیب اجرا گردد:

#### ۵-۴-۱۰-۳-۱- آماده‌سازی ساختگاه

ابتدا محوطه اجرایی باید به‌طور کامل از نخاله، گیاهان، قلوه سنگ‌ها و سایر مواد زائد پاک گردد. پس از پاکسازی محوطه از مواد مازاد، باید کل محوطه شیب بندی شود تا آب خروجی از زهکش‌های قائم از محوطه عملیاتی خارج گردد. شیب مذکور به‌طور معمول بین ۲ تا ۵ درصد در نظر گرفته می‌شود.

#### ۵-۴-۱۰-۳-۲- استقرار دستگاه نصب زهکش

دستگاه پس از آماده‌سازی محوطه، دستگاه زهکش باید در محوطه کارگاه مستقر گردد. پس از استقرار، دستگاه ماندرل با استفاده از بار وزن یا ارتعاش داخل خاک نفوذ نموده و زهکش در خاک نصب می‌گردد. در زمان اجرا موارد زیر باید رعایت گردد:

- نرخ نفوذ ماندرل: نرخ نفوذ ماندرل باید به نحوی تعیین گردد تا در ماندرل کمترین میزان تغییر شکل و خمش ایجاد گردد. نفوذ باید به‌صورت یکنواخت و بدون قطع با نرخ ۱۵ تا ۶۰ سانتیمتر در ثانیه انجام شود.

1- Mandrel

omoorepeyman.ir

- اتصال زهکش‌ها: با اتمام یک رول زهکش به منظور کاهش پرت مصالح می‌توان رول بعدی را به رول قبلی متصل نمود. اتصال باید پیش از نفوذ ماندرل به داخل خاک انجام شود تا از ایجاد وقفه در زمان نفوذ ماندرل جلوگیری گردد. طول اتصال دو زهکش باید به نحوی باشد که اختلالی در هدایت هیدرولیکی و مشخصات سازه‌ای ایجاد نگردد. طول هم‌پوشانی در این اتصال حداقل برابر ۱۵ سانتی‌متر می‌باشد.
- قائم بودن: به‌منظور عملکرد مناسب زهکش، لازم است زهکش به‌صورت عمودی نصب گردد. قائم نبودن زهکش منجر به ایجاد نشست‌های غیریکنواخت به علت ثابت نبودن فواصل میان زهکش‌ها می‌گردد. بیشینه انحراف مجاز ماندرل برابر ۶ سانتیمتر به ازای ۳ متر می‌باشد.
- صفحه گیره[1]: در سر ماندرل المانی به نام گیره نصب می‌شود تا زمان خروج ماندرل، زهکش در داخل خاک به وسیله المان فوق باقی مانده و هم‌زمان با خروج ماندرل زهکش از داخل خاک خارج نگردد. ابعاد این صفحه ارتباط مستقیمی با دست‌خوردگی خاک اطراف دارد. ابعاد صفحه باید به نحوی در نظر گرفته شود تا کمترین دست‌خوردگی در خاک اطراف ایجاد گردد.

**۵-۴-۱۰-۴- کنترل کیفیت و معیارهای پذیرش**

ضروری است کنترل کیفیت اجرای این روش در تمامی مراحل، از شیب‌بندی اولیه تا اجرای خاکریز و در انتها با انجام عملیات مانیتورینگ ادامه یابد. به‌منظور بررسی بهتر کیفیت اجرایی و انطباق فرضیات طراحی با شرایط اجرایی، لازم است پیش از شروع اجرای زهکش‌های پیش ساخته، اقدام به اجرای زهکش‌های آزمایشی گردد. در این مرحله لازم است طراح پروژه به‌همراه نیروهای کارگاهی در محل اجرا حاضر شود تا از انطباق فرضیات طراحی و شرایط اجرایی اطمینان حاصل گردد. همچنین نیروهای کارگاهی باید توجه کنند که اجرای زهکش‌های اصلی پروژه مطابق اجرای زهکش‌های آزمایشی صورت پذیرد.

در حین اجرای ستون‌های آزمایشی باید روش‌های نصب مخصوصاً میزان پیش‌حفاری لازم ، نیروی پیش‌رانش ماندرل و روش عبور از موانع و لایه‌های مختلف زیرسطحی مورد ارزیابی دقیق قرار گیرد. در صورتی که از سیستم ارتعاشی برای اجرای زهکش‌ها استفاده می‌گردد، در مرحله اجرای زهکش‌های آزمایشی باید حداقل ارتعاش مورد نیاز برای نصب زهکش‌ها تعیین گردد. در صورتی که انسداد در مسیر نصب زهکش‌ها ضرورت دارد، باید میزان پیش‌حفاری لازم تعیین گردد. در صورتی که انسداد به‌صورت موضعی باشد، باید زهکش دیگری در نزدیک‌ترین فاصله ممکن نسبت به زهکش مورد نظر اجرا گردد.

در زمان اجرا، لازم است نیروهای اجرایی به‌صورت متناوب شرایط اجرایی را با فرضیات در نظر گرفته شده در طراحی همچون موقعیت مکانی، پایداری ماندرل، نرخ نفوذ ماندرل، عمق زهکش، قائم بودن نصب زهکش، اتصال دو زهکش و نحوه

1- Anchor

omoorepeyman.ir

بریدن زهکش را مورد ارزیابی قرار دهند. علاوه بر موارد فوق نیروهای اجرایی باید به موارد زیر در زمان اجرای زهکش‌ها توجه نمایند:

- عدم انطباق عمق نشان داده شده بر روی دستگاه با عمق واقعی
- ابعاد کوچک مهار نصب شده بر روی سر زهکش‌ها
- خم شدگی یا انعطاف ماندرل
- شرایط PVD (پارگی، زدگی و غیره)
- شرایط نگهداری مواد و مصالح زهکش پیش از اجرا (جلوگیری از قرار گرفتن زهکش‌ها در معرض نور خورشید یا دمای انجماد و غیره)
- در مرحله اجرای زهکش سطحی نیز لازم است نیروهای اجرایی موارد ذیل را ارزیابی نموده و در صورت وقوع به اطلاع طراح پروژه برسانند:
- نفوذ مواد و مصالح ریزدانه یا هر نوع ماده آلوده‌کننده به لایه زهکش دانه‌ای که منجر به اختلال در فرآیند زهکشی لایه مذکور گردد.
- یخزدگی بالای زهکش‌های پیش‌ساخته که منجر به اختلال در عملکرد لایه زهکش سطحی گردد.
- تغییر عمده در شیب زهکش یا لایه بستر که منجر به تغییر در مسیر زهکشی آب گردد

مهم‌ترین بخش اجرای این روش و پایش‌های حین اجرا، اجرای عملیات مانیتورینگ و پایش می‌باشد. به‌منظور پایش این روش می‌توان از انواع ابزار همچون پیزومتر، انحراف‌سنج، فشارسنج، کشیدگی‌سنج استفاده کرد. استفاده از این ابزارها و همچنین دفعات قرائت این ابزارها با توجه به اهمیت پروژه و تصمیم طراح تعیین خواهد شد. موقعیت نصب این ابزارها باید توسط طراح پروژه پیش از شروع عملیات اجرایی تعیین گردد و پیش از شروع عملیات خاکریزی از صحت عملکرد این ابزار اطمینان حاصل شود. جدول ۵-۱۸ انواع ابزار مورد استفاده و داده‌های خروجی این ابزارها را به نمایش می‌گذارد.

**جدول ۵-۱۸- داده‌های خروجی ابزار**

| نام ابزار | عملکرد |
|---|---|
| پیزومتر | اندازه‌گیری فشار آب حفره‌ای |
| انحراف سنج | اندازه‌گیری تغییرشکل‌های افقی |
| فشار سنج | اندازه‌گیری میزان تنش |
| کشیدگی سنج | اندازه‌گیری میزان نشست در عمق |

## ۵-۵- زهکشی و آب‌بندی

دو رویکرد متمایز در مواجهه با آب در سازه‌های زیرزمینی وجود دارد:

- جمع‌آوری و تخلیه آب یا همانا زهکشی
- آب‌بندی و انسداد مسیرهای نفوذ آب به درون سازه

omoorepeyman.ir

آب‌بندی سازه‌های زیرزمینی به دو روش میسر است. چنانچه اجزای بتنی سازه (پی و دیوارهای پیرامونی ساختمان) با نگرش آب‌بندی طراحی و اجرا شده باشند، می‌توان از آن به‌عنوان سدی در برابر نفوذ آب استفاده نمود. از سوی دیگر امکان آببندی با نصب یک لایه عایق رطوبتی در زیر پی و پشت دیوارهای در تماس با خاک نیز وجود دارد.

### ۵-۵-۱- زهکشی

زهکش به سامانه‌ای اتلاق می‌شود که روان‌آب‌های سطحی و یا آب های زیرسطحی را جمع‌آوری و به نقطه مورد نظر هدایت کند. جمع آوری و هدایت آب فرآیندی ثقلی است، ولی ممکن است پمپاژ برای دفع آب از محل جمع آوری آب لازم گردد. به‌صورت کلی زهکش‌ها می‌توانند دارای سه بخش متمایز باشند:

- سامانه جمع آوری آب: به بخشی از زهکش اتلاق می‌شود که آب را از سطح زمین یا توده خاک جمع آوری می‌کند.
- سامانه انتقال آب: به بخشی از زهکش اتلاق می‌شود که آب جمع آوری شده را به محل تخلیه هدایت می‌کند.
- سامانه تخلیه آب: آب جمع آوری شده را می‌توان به‌صورت ثقلی یا با استفاده از پمپ تخلیه نمود.

در برخی مواقع اجزای این سه بخش با هم تلفیق می‌شوند.

#### ۵-۵-۱-۱- الزامات کلی

در مواردی که جلوگیری از رسوخ و نفوذ آب به داخل ساختمان از اهمیت ویژه‌ای بر خوردار است، می‌باید حداقل از دو شیوه مستقل برای مقابله با نفوذ آب استفاده شود. در مواقعی که به دلایل فنی، اقتصادی یا حقوقی امکان تخلیه آب به‌صورت بلند مدت وجود ندارد، آب‌بندی سازه‌های زیرزمینی الزامی است.

تمام اجزای سامانه جمع‌آوری و انتقال آب باید در برابر انتقال رسوب توسط صافی[۱] مناسب مطابق مشخصات قید شده در بند ۵-۴-۱-۴ محافظت شود. برای حفظ کارآیی سامانه می‌بایست محل نصب و اجرای اجزای زهکش به نحوی انتخاب شود که در طول دوره بهره‌برداری دچار جابجایی یا تغییرشکل زیاد نشود.

#### ۵-۵-۱-۲- اجزای سامانه زهکشی

زهکش‌ها بر اساس محل اجرا و مصالح به انواع مختلف تقسیم می‌شوند.

- زهکش‌های سطحی که برای جمع‌آوری و هدایت روان‌آب‌های سطحی استفاده می‌شود ولی از زهکش‌های عمقی برای خارج نمودن آب از توده خاک استفاده می‌شود.
- مصالح معدنی دانه‌بندی شده و یا لوله‌های مشبک زهکشی که نقش جمع آوری و انتقال آب را ایفا می‌کنند.
- برای جمع آوری آب از محیط و هدایت آن به مجاری زهکشی می‌توان از پتوهای شن و ماسه یا ورق‌های ژئودرین یا شانه تخم مرغی[۲] استفاده نمود.

۱- Filter
۲- Dimple-sheet

omoorepeyman.ir

- در مواردی که امکان تخلیه ثقلی آب از محیط وجود ندارد، باید آب را به سمت چاله[1] پمپاژ هدایت نمود.

**۵-۵-۱-۳- کانال‌های زهکشی**

باید از مصالح شنی جهت زهکش و یک لایه صافی جهت جلوگیری از انتقال ذرات ریز خاک به داخل زهکش استفاده شود. شیب کمینه لوله‌های زهکش نباید کمتر از ۰/۵ درصد (۱:۲۰۰) باشد. باید از خم‌های با زاویه بسیار تند اجتناب نمود، مگر آنکه یک محفظه بازرسی در محل تغییر مسیر قرارداده شده باشد. ضروری است تمامی سطح به سمت مسیر زهکشی شیب‌بندی گردد تا آب در سطح جمع نشود.

**۵-۵-۱-۴- مشخصات صافی**

باید از صافی مناسب (ژئوتکستایل و یا ماسه تمیز) در اطراف مسیرهای زهکشی، لوله‌های زهکش، چاه‌های زهکش و غیره برای جلوگیری از انتقال رسوب و بسته شدن مسیر آب استفاده شود.

مصالح معدنی مورد استفاده در محافظت زهکش‌های باید الزامات زیر را رعایت نماید:

| | | |
|---|---|---|
| $D_{15}$ مصالح صافی | مساوی یا کوچک‌تر از | ۹ برابر $d_{85}$خاک باشد |
| $D_{15}$ مصالح صافی | مساوی یا بزرگ‌تر از | ۴ برابر $d_{15}$ خاک باشد |
| $D_{15}$ مصالح صافی | مساوی یا بزرگ‌تر از | ۰/۲ میلی‌متر باشد |
| $D_{100}$ مصالح صافی | مساوی یا کوچک‌تر از | ۳۸ میلی‌متر (۱/۵ اینچ) باشد |
| $D_{5}$ مصالح صافی | مساوی یا بزرگ‌تر از | ۰/۰۷۵ میلی‌متر باشد |

توصیه می‌شود ماسه مورد استفاده الزامات ASTM C33 را رعایت نماید.

ژئوتکستایل مصرفی باید الزامات زیر را رعایت نماید.

- مقاومت کششی حداقل ۱۲/۴۴ نیوتن مطابق استاندارد ASTM D4632 باشد.
- تغییرشکل در گسیختگی قبل از ۵۰٪ مطابق با ASTM D4632 باشد.
- گذردهی باید مطابق با استاندارد ASTM D4491 بیش از ۰/۷ بر ثانیه باشد.

**۵-۵-۲- آب‌بندی و عایق‌کاری**

استفاده از سازه بتنی آب‌بند مطابق ضابطه ۱۵۰ یکی از روش‌های مقابله بانفوذ آب به سازه‌های زیرزمینی دارای دیوار و کف بتنی است. بنابراین در این ضابطه فقط به آب‌بندی توسط یک لایه عایق پرداخته خواهد شد.

۱- Sump pit

omoorepeyman.ir

در مواقعی که هیچ‌یک از تمهیدات به کار گرفته‌شده برای آب‌بندی مؤثر واقع نشده، می‌توان با ترمیم سازه بتنی با اعمال ملات‌های نفوذگر آب‌بند بر روی سطوح داخلی و یا تزریق مواد آب‌بند به داخل درزها یا خلل و فرج بتن شرایط را بهبود بخشید.

**۵-۵-۲-۱- لایه عایق (غشایی)[۱]**

استفاده از ژئوممبران‌ها در زیر پی و پشت سازه یکی از موثرترین روش های آببندی [۲] سازه‌های زیرزمینی است. این نوع آببندی مترادف طبقه بندی گروه A استاندارد BS8102 است.

طیف وسیعی از مواد آب‌بند در صنایع مختلف وجود دارد. ژئوممبران‌ها بر اساس جنس، تولید و شیوه نصب قابل طبقه بندی هستند، ولی در اینجا صرفاً به مواد و مصالح و روش‌هایی که رایج‌تر است پرداخته می‌شود. بر این اساس ژئممبران‌ها به سه دسته زیر تقسیم می شوند:

- نمدهای آببندی رسی[۳]
- ژئوممبران‌های پلیمری پیش‌ساخته
- ژئوممبران‌های پایه قیری پیش‌ساخته و درجا اجرا

هر یک از موارد یاد شده دارای برتری‌ها و کاستی‌های نسبی متفاوتی هستند. سهولت نصب، بی درز[۴] بودن، آسیب‌پذیری کم و ترمیم پذیری جزو شاخص‌های اصلی در انتخاب نوع عایق است.

بدیهی است کیفیت پایه محصولات پیش ساخته بالاتر از انواع مشابه درجا اجرا می‌باشد و از این‌رو کنترل کیفیت لایه عایق درجا اجرا در حین و پس از نصب دارای اهمیت است. از سوی دیگر کنترل کیفیت درزبندی در مورد ژئوممبران‌های پلیمری نیز دارای اهمیت زیادی است.

**۵-۵-۲-۲- نمد آببندی رسی**

پوشش‌های آب‌بندی رسی نوعی ژئوکامپوزیت است که حاوی بسته‌های رس فعال تعبیه شده در میان دو لایه ژئوتکستایل می‌باشد. در تماس با آب رس فعال دچار تورم شده و یک لایه ناتراوا را ایجاد می‌کند.

نصب GCL آسان و آسیب‌پذیری آن در اثر ضربه کم بوده و لایه ایجاد شده فاقد درز است. محدودیت جدی این نوع عایق حساسیت به رطوبت پیش از محصور شدن در زیر بتن است.

**۵-۵-۲-۲-۱- الزامات اجرایی**

رعایت موارد زیر در اجرای GCL الزامی است:

---

۱- Geomembrane
۲- Blind/Positive Side Waterproofing
۳- Geotextile Clay Linear (GCL)
۴- Seamless

omoorepeyman.ir

- کارخانه تولید GCL و محصول مصرفی باید دارای گواهی استاندارد از مراجع ذی صلاح را باشد.
- لایه GCL باید بین بستر صاف و سخت و بتن سازه محصور گردد.
- GCL تا زمان مصرف باید در محلی خشک نگهداری شود و پس از نصب نیز به مدت طولانی رها نشود.
- بستر کار باید عاری از لبه‌های تیزگوشه، شکاف یا ترک با دهانه بیش از ۲ میلی‌متر و همچنین ناهمواری بیش از ۱۲ میلی‌متر باشد.
- بستر کار باید خشک و عاری از رطوبت باشد و باید از رسیدن رطوبت به GCL در فاصله زمانی بین نصب و مدفون شدن زیر بتن، جلوگیری شود.
- ۱۰ درصد همپوشانی لبه‌های GCL باید تأمین و در جای خود با میخ و واشر محکم شود.

**۵-۵-۲-۳- ژئوممبران‌های پلیمری**

از انواع ورق‌های پلیمری مانند LLDPE,VLDPE, PVC برای آب‌بندی استفاده می‌شود. این نوع عایق قابلیت اجرا بر روی سطوح خیس را دارد ولی درزدار محسوب شده و از این رو حساسیت نسبت به اجرای صحیح و دقیق درزها بالا است. آسیب‌پذیری ژئوممبران‌ها رابطه معکوس با سختی و انعطاف ناپذیری آن‌ها دارد. بدیه ایست نصب ژئوممبران‌های انعطاف‌پذیرتر (مانند PVC) بر روی سطوح ناهموار ساده‌تر است، ولی دوام و آسیب ناپذیری برخی از انواع سخت‌تر ژئوممبران‌ها (مانند LLDPE) کمتر است.

**۵-۵-۲-۳-۱- الزامات اجرایی**

رعایت موارد زیر در اجرای ژئوممبران‌های پلیمری الزامی است:

- کارخانه تولید ژئوممبران و محصول مصرفی باید دارای گواهی استاندارد از مراجع ذی صلاح را باشد.
- بستر نصب ژئوممبران باید هموار باشد تا امکان ایجاد یک لایه عایق صاف فراهم آید.
- برای نصب ژئوممبران بر روی سطوح قائم باید از دیسک[۱]های اتصال هم‌جنس ژئوممبران استفاده شود.
- طول درزبندی ورق‌های ژئوممبران باید کمینه‌سازی شود و از آببند شدن درزه‌ها با انجام آزمایش‌های جعبه خلاء[۲] طبق استاندارد ASTM D5641 اطمینان حاصل شود. در مورد ژئوممبران‌هایی که اتصال آنها با استفاده از دستگاه جوش دوخطی انجام می‌شود، می‌توان از آزمایش کانال هوا[۳] استفاده شود.
- استفاده از روش جوش دستی هوای داغ برای ژئوممبران های پلی اتیلن مجاز نیست.

۱- Heat-Disc (rundle)
۲- Vaccum Test
۳- Air channel pressure test

omoorepeyman.ir

**۵-۵-۲-۴-۲- ژئوممبران‌های قیری**

استفاده از عایق‌های پایه قیری پیش‌ساخته[۱] در پشت‌بام‌ها و دیواره‌های در معرض باران بسیار رایج است. این عایق‌ها برای نصب بر روی سطح صاف مناسب بوده و بی‌درز تلقی می‌شود. چنانچه قیر در معرض تابش اشعه فرابنفش و نوسان دما قرار نداشته باشد، کیفیت و مشخصات اولیه خود را حفظ می‌کند. استفاده از قیر پلیمری موجب بهبود کیفیت و کارایی ژئوممبران های پایه قیری می‌شود.

عایق‌های پایه قیری دارای انعطاف‌پذیری بالایی هستند و قابلیت اجرا بر روی سطوح ناهموار متوسط را نیز دارد. از سوی دیگر علی‌رغم نرمی و آسیب‌پذیری، در صورت اتصال و پیوند سراسری با بستر سخت احتمال سوراخ شدگی در اثر ضربه کمتر از برخی از انواع مشابه است.

استفاده از قیر درجا اجرا بر روی بستر مناسب نیز مجاز است. کنترل مشخصات فنی اجرا و بخصوص ضخامت لایه عایق بسیار مهم است.

**۵-۵-۲-۴-۱- الزامات اجرایی**

رعایت موارد زیر در اجرای عایق‌های پایه قیری الزامی است:

- کارخانه تولید ژئوممبران پایه قیری پیش‌ساخته و محصول مصرفی باید دارای گواهی استاندارد از مراجع ذی صلاح را باشد.
- بستر ژئوممبران‌های پایه قیری پیش‌ساخته باید خشک، صاف و هموار و عاری از گوشه‌های با زاویه تند باشند.
- اتصال ژئوممبران قیری پیش‌ساخته بر روی سطوح قائم باید به نحوی باشد که پیوند سراسری ایجاد شود. چنانچه نیاز به اتصال مکانیکی به بستر وجود داشته باشد، باید با قیر داغ محل اتصال آب‌بند شود.
- کمینه مقدار قیر مصرفی در واحد سطح برای لایه عایق قیری درجا اجرا باید ۴ کیلوگرم بر متر مربع باشد و ضخامت لایه قیر اندود شده در تمامی سطح باید بیش از ۳ میلی‌متر باشد.
- برای تمامی سطوح ژئوممبران‌های پایه قیری باید آزمون منفذیابی انجام پذیرد.

۱- Prefabricated Bitumenous GeoMembrane (PBGM)

omoorepeyman.ir

## ۵-۶- ژئوسنتتیک‌ها

در بخش ۵-۴-۳، به اجمال به کاربرد ژئوسنتتیک‌ها انحصارا در بهسازی خاک اشاره شد. در این بخش، با تفضیل بیشتری به دیگر موارد استفاده از ژئوسنتتیک‌ها پرداخته می‌شود.

### ۵-۶-۱- مشخصه‌های عمومی ژئوسنتتیک‌ها

عملکرد اصلی ژئوسنتتیک‌ها شامل فیلتراسیون[۱]، زهکشی[۲]، جداسازی[۳]، تسلیح[۴]، آب‌بندی[۵] و حفاظت[۶] می‌شود. انواع ژئوسنتتیک‌ها و عملکرد اصلی آن‌ها در جدول ۵-۱۹ ارائه شده است.

**جدول ۵-۱۹- عملکرد انواع ژئوسنتتیک‌ها**

| | فیلتراسیون | زهکشی | جداسازی | تسلیح | آب‌بندی | حفاظت |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ژئوتکستایل | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | ✓ |
| ژئوگرید | | | | ✓ | | |
| ژئونت | | ✓ | | | | ✓ |
| ژئوممبرین | | | | | ✓ | |
| ژئوکمپوزیت[۲] | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓[۳] | ✓ |

۱. به منظور حصول عملکرد آب‌بندی، ژئوتکستایل باید با قیر یا سایر مواد پلیمری، اشباع شود.

۲. بستگی به نحوه طراحی، ساخت و نوع ژئوکمپوزیت دارد.

۳. ژئوکمپوزیت‌های رسی (جی سی ال)[۷] از این نوع می‌باشند.

#### ۵-۶-۱-۱- نکات کلی

هنگام کاربرد ژئوسنتتیک‌ها و در کلیه مراحل شامل طراحی، تهیه مصالح، حمل، نصب و اجرا، باید معیارهای زیر در مشخصات فنی ذکر شده باشد.

الف- مشخصات عمومی شامل نوع ژئوسنتتیک، نوع پلیمر مورد قبول، مشخصات مربوط به دوام محصول، روش حمل و انبار.

ب- توصیه‌های محافظت در برابر آثار زیان‌بار اشعه فرابنفش، نور مستقیم خورشید، گرد و غبار، رسوبات و سایر عواملی که می‌تواند بر عملکرد ژئوسنتتیک تأثیر بگذارد.

پ- نحوه اتصال و همپوشانی قطعات مجاور طاقه‌ها که باید با توجه به شرایط محیطی، نوع مصالح، و عملکرد ارائه شود.

ت- نحوه آماده‌سازی بستر، نحوه نصب ژئوسنتتیک، مشخصات مصالح خاکی، ضخامت لایه‌های خاکی، نحوه اجرای خاک‌ریزی، پرسنل و ماشین‌آلات اجرایی مورد نیاز

1- Filteration
2- Drainage
3- Separation
4- Reinforcement
5- Fluid Barrier
6- Protection
7- Geosynthetic Clay Liners (GCLs)

omoorepeyman.ir

ث- نحوه ترمیم آسیب‌دیدگی‌های حین نصب و اجرا

**۵-۶-۱-۲- ملاحظات کلی در ژئوسنتتیک‌ها**

الف- پیمانکار باید اطلاعات لازم شامل نام تولیدکننده، نام و کد محصول، ترکیبات شیمیایی محصول و سایر اطلاعات مربوط به ژئوسنتتیک را در اختیار دستگاه نظارت قرار دهد.

ب- نمونه‌برداری باید طبق استاندارد ISIRI 7774 یا ASTM D4354 انجام شود. مشخصات فنی باید با الزامات استاندارد ASTM D4759 مطابقت داشته باشد.

پ- برچسب محصولات، حمل و انبارش آن‌ها باید مطابق استاندارد ASTM D4873 انجام شود. برچسب محصول باید شامل نام تولید کننده یا فروشنده، کد محصول و شماره طاقه و هر محموله باید دارای گواهینامه محصول باشد.

با توجه به عملکرد ژئوسنتتیک‌ها که توسط مشاور باید در مشخصات فنی بیان شده باشد، الزامات جدول ۵-۲۰ در هر حالت طراحی و اجرا باید رعایت شوند.

**۵-۶-۲- درزها**

پیوستگی و درزگیری باید در محل مجاورت دو قطعه ژئوسنتتیک، اعمال شود.بدین منظور استفاده از روش‌های همپوشانی، دوختن، بست و گیره، گره زدن، حرارت، مهار کردن، جوش دادن و چسپ زدن مجاز است. نحوه اتصال درزها با توجه به نوع و عملکرد ژئوسنتتیک و شرایط پروژه، باید توسط مشاور اعلام گردد. استفاده از درز در جهت اصلی کشش (عمود بر طول طاقه) در شیب‌ها و دیوارهای خاکی مسلح، مجاز نمی‌باشد.

در زمان اتصال با دوختن درزها در ژئوتکستایل‌ها باید موارد ذیل رعایت شود:

الف- جنس و دوام نخ مصرفی از جنس پلی‌الفین‌ها یا پلی‌استر بوده و الزامات دوام این نخ‌ها توسط دستگاه مشاور اعلام شود.

ب- نخ به اندازه کافی محکم بوده و باعث برش ژئوتکستایل نشود.

پ- تراکم کوک‌ها برای ژئوتکستایل‌های سبک، ۲۰۰ الی ۴۰۰ گره در هر متر طول و برای انواع سنگین، ۱۵۰ الی ۲۰۰ گره در هر متر طول باید باشد.

دو نمونه کوک‌زنی مجاز در شکل ۵-۱۲ سه نوع درز مجاز شامل تخت، دوبل (یا J) و پروانه‌ای در شکل ۵-۱۳ نشان داده شده است.

omoorepeyman.ir

جدول ۵-۲۰- معیارها و مشخصات اصلی ارزیابی ژئوسنتتیک‌ها

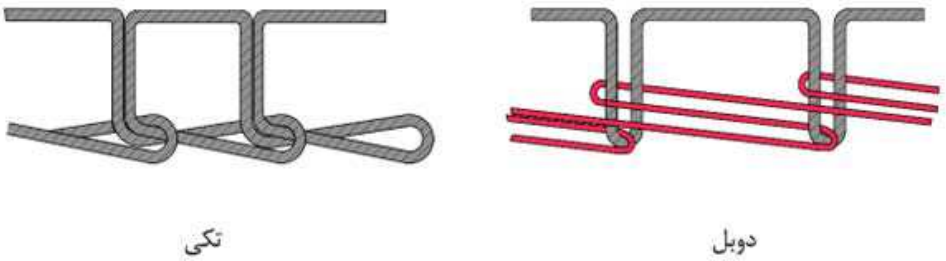
| معیارها | عملکرد | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | فیلتراسیون | زهکشی | جداسازی | تسلیح | آب‌بندی | حفاظت |
| طراحی | | | | | | |
| مشخصات مکانیکی: | | | | | | |
| مقاومت کششی نوار عریض[۱] | | | | ✓ | ✓ | |
| مدول کششی نوار عریض[۲] | | | | ✓ | ✓ | |
| مقاومت کششی درز[۳] | | | | ✓ | ✓ | |
| میزان خزش در کشش[۴] | | | | ✓ | ✓ | |
| میزان خزش در فشار[۵] | | ✓ | | | | |
| اصطکاک با خاک (مقاومت برشی)[۶] | | | | ✓ | ✓ | ✓ |
| مشخصات هیدرولیکی: | | | | | | |
| میزان نفوذپذیری[۷] | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | |
| مقاومت در برابر رگاب[۸] | ✓ | | ✓ | ✓ | | ✓ |
| مقاومت در برابر انسداد روزنه‌ها[۹] | ✓ | | | | | ✓ |
| اجرا | | | | | | |
| مقاومت در برابر گسیختگی[۱۰] | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| مقاومت درز در برابر گسیختگی[۱۱] | ✓ | ✓ | ✓ | | ✓ | |
| مقاومت در برابر شکافتگی[۱۲] | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| مقاومت در برابر سوراخ‌شدگی[۱۳] | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| مقاومت در برابر پارگی[۱۴] | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| دوام (پایداری)[۱]* | | | | | | |
| مقاومت در برابر ساییدگی[۱۵] | ✓ | | | | | |
| مقاومت در برابر اشعه ماوراء بنفش[۱۶] | ✓ | | | ✓ | ✓ | ✓ |
| مقاومت در برابر عوامل مضر محیطی[۱۷] | | | | | | |
| شیمیایی[۱۸] | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |

۱- Wide Width Tensile Strength
۲- Wide Width Tensile Modulus
۳- Wide Width Seam Strength
۴- Tension Creep Resistance
۵- Compression Creep Resistance
۶- Soil-Geosynthetic Friction (Shear Strength)
۷- Flow Capacity (Permeability)
۸- Piping Resistance
۹- Clogging Resistance
۱۰- Grab (Tensile) Strength
۱۱- Seam Grab (Tensile) Strength
۱۲- Bursting Resistance
۱۳- Puncture Resistance
۱۴- Trapezoidal Tear Resistance
۱۵- Abrasion Resistance
۱۶- UV Stability
۱۷- Soil Enviroment
۱۸- Chemical

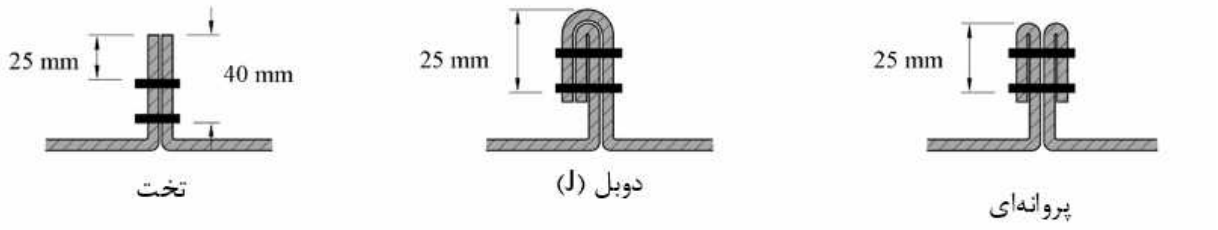
omoorepeyman.ir

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| بیولوژیکی[1] | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| رطوبت[2] | ✓ | ✓ | | | | ✓ |
| یخبندان- ذوب[3] | ✓ | ✓ | | | ✓ | |

* ضرورت بررسی این معیارها، بستگی به شرایط محیطی و عملکردی ژئوسنتتیک دارد.




**شکل ۵-۱۲- دو نوع کوک‌زنی (تکی و دوبل)**




**شکل ۵-۱۳- سه نوع متداول درز**

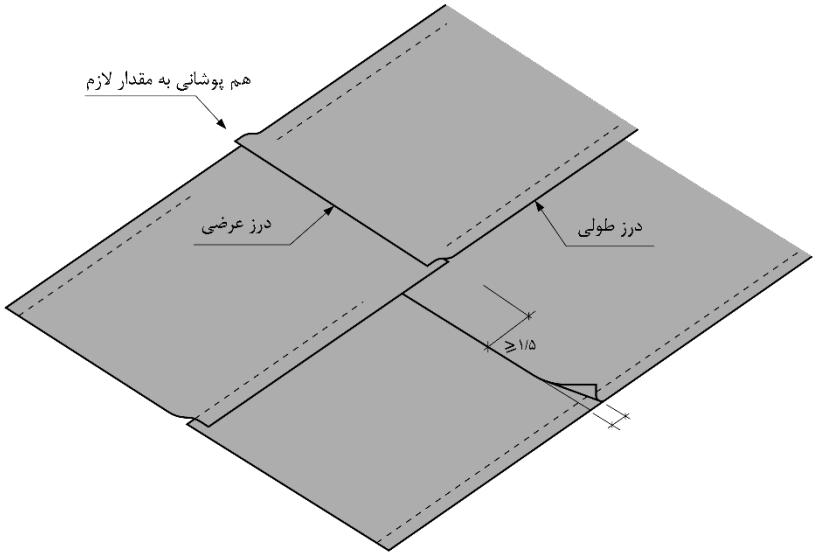
در هنگام بازرسیT دوخت‌ها باید رو به بالا باشند و در زیر کار، پنهان نشوند. توصیه می‌شود از نخ‌های با رنگ متفاوت نسبت به رنگ ژئوتکستایل استفاده شود تا میزان دقت بازرسی افزایش یابد.

درزهای عرضی در تمامی موارد نباید در یک امتداد افقی قرار گیرند و فاصله افقی بین درزهای عرضی باید حداقل ۱/۵ متر مطابق شکل ۵-۱۴ باشد. در هنگام استفاده از چند لایه ژئوسنتتیک در ارتفاع الزام بیان شده باید رعایت گردد، به طوری‌که درزهای عرضی لایه‌های متوالی در ارتفاع، نباید در یک امتداد قایم واقع شوند.

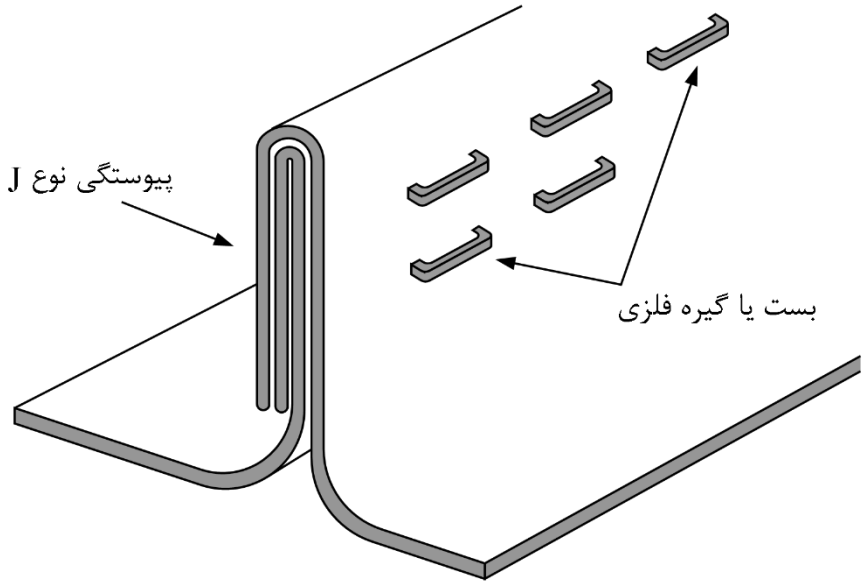
پیوستگی به وسیله بست‌های فلزی مطابق با شکل ۵-۱۵ تنها در کارهای موقت مجاز می‌باشد.

۱- Biological
۲- Wet-Dry
۳- Freeze-Thaw

omoorepeyman.ir




**شکل ۵-۱۴- حداقل فاصله افقی درزهای عرضی نسبت به هم**

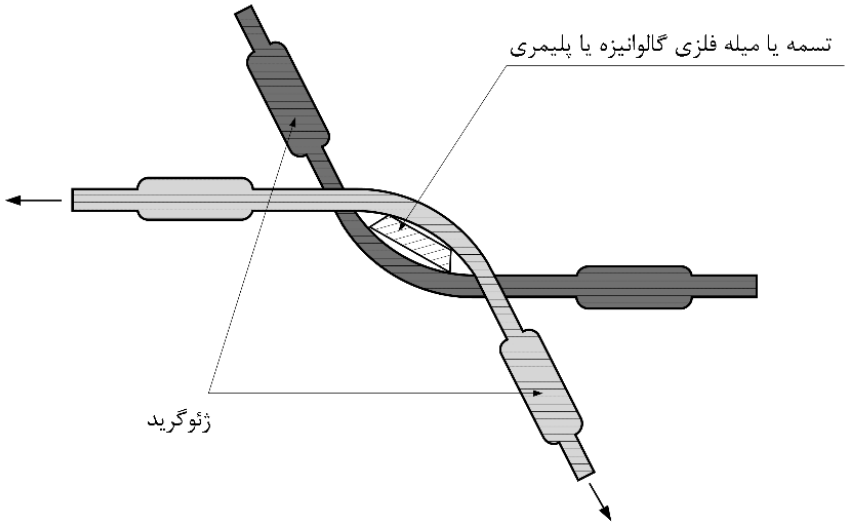



**شکل ۵-۱۵- پیوستگی دو قطعه ژئوسنتتیک مجاور به وسیله بست‌های فلزی**

نحوه صحیح دوخت به وسیله تسمه یا میله فلزی گالوانیزه یا پلیمری در شکل ۵-۱۶ نشان داده شده است.

در سایر ژئوسنتتیک‌ها، روش‌های درزگیری، باید با توجه به نوع و کاربرد آن توسط مشاور تعیین و در مشخصات فنی ذکر شود. چنانچه دوخت در محل پروژه انجام می‌گیرد، پیمانکار باید یک نمونه ۲ متری از دوخت را قبل از نصب و اجرا، به منظور آزمایش‌های لازم در اختیار دستگاه نظارت قرار دهد. چنانچه دوخت در محل کارخانه انجام می‌شود، دستگاه نظارت باید به‌صورت تصادفی از دوخت‌های کارخانه‌ای طاقه‌ها، نمونه‌برداری انجام دهد. در هر حال مقاومت کششی درز دوخته شده نباید از ۹۰ درصد مقاومت مشخصه طراحی برای ژئوتکستایل کمتر باشد.

omoorepeyman.ir




**شکل ۵-۱۶- اتصال با تسمه یا میله فلزی گالوانیزه یا پلیمری در ژئوگرید**

## ۵-۶-۳- مشخصات ژئوتکستایل‌ها در مسلح‌سازی و بهسازی

طبقه بندی ژئوتکستایل‌ها به همراه روش های آزمون استاندارد در جدول شماره ۵-۲۱ ارائه شده است.

**جدول ۵-۲۱- طبقه‌بندی ژئوتکستایل‌ها براساس قابلیت‌های مورد نیاز در حین اجرا (آشتو M-288)**

| شاخص | روش آزمایش ASTM | واحد | رده ۱ | | رده ۲ | | رده ۳ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | تغییر طول | | تغییر طول | | تغییر طول | |
| | | | <۵۰٪ | ≥۵۰٪ | <۵۰٪ | ≥۵۰٪ | <۵۰٪ | ≥۵۰٪ |
| مقاومت در برابر گسیختگی | D4632 | N | ۱۴۰۰ | ۹۰۰ | ۱۱۰۰ | ۷۰۰ | ۸۰۰ | ۵۰۰ |
| مقاومت درز دوخته شده | D4632 | N | ۱۲۶۰ | ۸۱۰ | ۹۹۰ | ۶۳۰ | ۷۲۰ | ۴۵۰ |
| مقاومت در برابر پارگی | D4533 | N | ۵۰۰ | ۳۵۰ | ۴۰۰[۱] | ۲۵۰ | ۳۰۰ | ۱۸۰ |
| مقاومت در برابر سوراخ شدن (پانچ) | D4833 | N | ۵۰۰ | ۳۵۰ | ۴۰۰ | ۲۵۰ | ۳۰۰ | ۱۸۰ |
| مقاومت در برابر شکافتگی | D3786 | kPa | ۳۵۰۰ | ۱۷۰۰ | ۲۷۰۰ | ۱۳۰۰ | ۲۱۰۰ | ۹۵۰ |
| نفوذپذیری | D4491 | $Sec^{-1}$ | مقادیر حداقل مربوط به این سه مشخصه، بستگی به عملکرد مورد انتظار از ژئوتکستایل داشته و در بخش‌های مربوطه، ارائه شده است. | | | | | |
| اندازه ظاهری روزنه | D4751 | mm | | | | | | |
| مقاومت در برابر اشعه مضر | D4355 | ٪ | | | | | | |

مقدار حداقل برای ژئوتکستایل بافته شدهٔ تک رشته‌ای[۱]، ۲۵۰N است.

۱- Woven Monofilament Geotextile

omoorepeyman.ir

### ۵-۶-۴- فیلتراسیون و زهکشی

جریان آب در ژئوتکستایل باید عمود بر صفحه آن باشد. در برخی از کاربردها مانند زهکشی عمودی در شالوده‌های روی خاک‌های سست، زهکشی جانبی در پشت دیوارهای حائل و لوله‌های انتقال گاز، به شرط آنکه در نقشه‌های اجرایی توسط مشاور ذکر شده باشد، حرکت جریان آب به‌صورت عمود و هم در جهت صفحه آن مجاز می‌باشد.

#### ۵-۶-۴-۱- انتخاب ژئوتکستایل

ژئوتکستایل مصرفی در عملکرد فیلتراسیون، حداقل باید مشخصات مکانیکی رده دو در جدول ۵-۲۱ را دارا باشد. استفاده از ژئوتکستایل‌های بافته از نوارهای مسطح (ژئوتکستایل ورقه‌ای چاک‌خورده[۱]) مجاز نمی‌باشد. مشخصات فیزیکی ژئوتکستایل در عملکرد فیلتراسیون، متناسب با شرایط جریان و مصالح خاکی موجود باید از جدول ۵-۲۲ تعیین شود.

#### ۵-۶-۴-۲- نکات اجرایی

- ژئوتکستایل‌ها نباید به‌منظور اجرای مراحل بعدی کار، بیش از ۷ روز (یک هفته) به‌صورت پهن‌شده و در معرض آسیب‌های محیطی و تابش نور خورشید قرار گیرند.

**جدول ۵-۲۲- مشخصات ژئوتکستایل در عملکرد فیلتراسیون**

| ۱- حفاظت خاک (مقاومت در برابر رگاب)[۲] | | |
|---|---|---|
| نوع خاک | جریان دایمی | جریان غیر دایمی (در صورت امکان جابجایی ژئوتکستایل) |
| خاک با کمتر از ۵۰٪ عبوری از الک شماره ۲۰۰ | $O_{90} \leq B\, D_{85}$[۳]<br>$C_u \leq 2$ یا $C_u \geq 8$ : $B = 1$<br>$2 \leq C_u \leq 4$ : $B = 0.5\, C_u$<br>$4 \leq C_u \leq 8$ : $B = 8 / C_u$ | $O_{90} \leq 0.5 D_{85}$ |
| خاک با بیش از ۵۰٪ عبوری از الک شماره ۲۰۰ | بافته: $O_{90} \leq D_{85}$<br>نبافته: $O_{90} \leq 1.8\, D_{85}$ | $O_{90} \leq 0.5 D_{85}$ |
| خاک چسبنده (PI >۷) | $O_{90} \leq 0.3$mm | |
| ۲- معیارهای نفوذپذیری و گذردهی[۴] | | |
| شرایط بحرانی | $k_{geo} \geq 10\, k_{soil}$ | |
| شرایط عادی | $k_{geo} \geq k_{soil}$ | |
| خاک با کمتر از ۱۵٪ عبوری از الک شماره ۲۰۰ | $\psi \geq 0.5\ sec^{-1}$ | |
| خاک با مقدار عبوری از الک شماره ۲۰۰ بین ۱۵٪ تا ۵۰٪ | $\psi \geq 0.2\ sec^{-1}$ | |
| خاک با بیش از ۵۰٪ عبوری از الک شماره ۲۰۰ | $\psi \geq 0.1\ sec^{-1}$ | |

۱- Woven Slit Film Geotextile
۲- Soil Retention (Piping Resistance)
۳- Apparent Opening Size
۴- Permeability/Permittivity

omoorepeyman.ir

| ۳- معیارهای انسداد[۱] | |
|---|---|
| الف- شرایط بحرانی:<br>پس از انتخاب مشخصات براساس بندهای ۱، ۲ و ۳-ب، آزمایش فیلتراسیون خاک- ژئوتکستایل انجام پذیرد (ASTM D5101 , ASTM D5567). | |
| ب- شرایط عادی: | |
| - انتخاب مشخصات براساس آزمایش فیلتراسیون خاک- ژئوتکستایل انجام پذیرد. | |
| - برای $C_u > ۳$ : $AOS \geq ۳\ D_{15}$ | |
| - برای $C_u \leq ۳$ : ژئوتکستایل با ابعاد حداکثر روزنه که از قسمت ۱ بدست می‌آید، انتخاب شود. | |
| - خاک با کمتر از ۵٪ عبوری از الک شماره ۲۰۰ | بافته: نسبت سطح باز، بیش از ۱۰٪ باشد. نبافته: نسبت تخلخل، بیش از ۷۰٪ باشد. |
| - خاک با بیش از ۵٪ عبوری از الک شماره ۲۰۰ | بافته: نسبت سطح باز، بیش از ۴٪ باشد. نبافته: نسبت تخلخل، بیش از ۵۰٪ باشد. |

در خاک ریزدانه، بخش عبوری از الک شماره ۴ (۴/۷۵ میلی‌متر) ملاک تعیین مشخصات فیزیکی ژئوتکستایل می‌باشد.

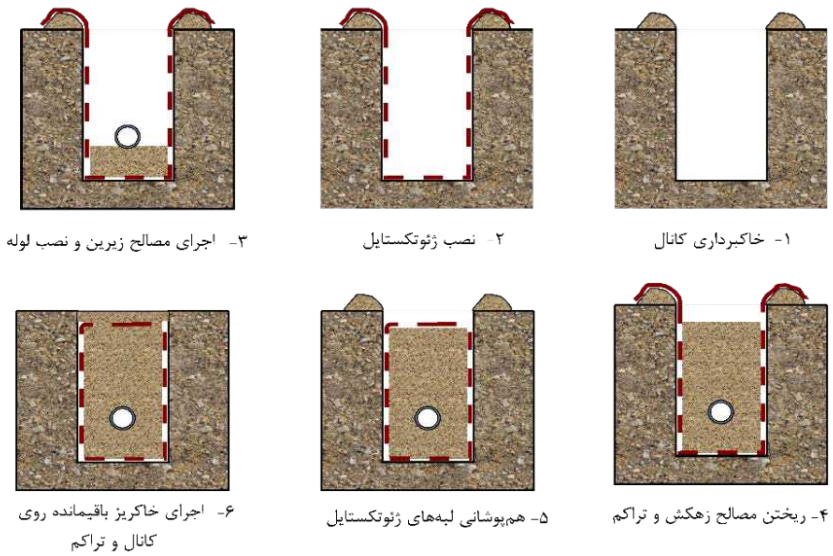
- خاکبرداری باید به صورتی انجام پذیرد که حفرات بزرگ در دیواره و کف کانال یا ترانشه ایجاد نشود. ضمن آن‌که باید سطحی صاف و عاری از هرگونه پستی و بلندی، مصالح واریزه‌ای و نخاله‌ای برای نصب ژئوتکستایل آماده شود.
- در کاربردهای زهکشی هنگام نصب، ژئوتکستایل نباید تحت کشش قرار گیرد و باید فاقد هرگونه چین و چروک باشد. طاقه‌های متوالی باید حداقل ۳۰۰ میلی‌متر همپوشانی داشته باشند، به‌طوری‌که صفحه واقـع در بالادست جریان روی صفحه پایین دست جریان قرار گیرد. در صورت وجـود شرایط سخت و بحرانی در سیستم‌های زهکشی از قبیل جریان‌های هیدرولیکی بالا یا بارگذاری سنگین (کانال عمیق)، باید همپوشانی بیشتر از ۳۰۰ میلی‌متر تا ۶۰۰ میلی‌متر در نظر گرفته شود.
- در کانال‌های زهکشی با عرض بیش از ۳۰۰ میلی‌متر، پس از پر کردن کانال با مصالح زهکش و تراکم آن، دو لبه ژئوتکستایل باید به‌روی کانال قرار گیرد به‌طوری‌که حداقل ۳۰۰ میلی‌متر همپوشانی در بالای کانال، تأمین گردد. چنانچه عرض کانال بین ۱۰۰ الی ۳۰۰ میلی‌متر باشد، مقدار همپوشانی در بالای کانال، باید برابر عرض کانال باشد. در کانال‌های با عرض کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر، لبه‌های ژئوتکستایل در محل همپوشانی باید به هم دوخته شده یا با روش‌های دیگر، به هم متصل شود. در هر حالت، درزها باید توسط دستگاه نظارت بازدید و تایید گردند.
- در صورت آسیب دیدن ژئوتکستایل در هنگام نصب یا ریختن و تراکم مصالح زهکش، یک قطعه ژئوتکستایل روی قسمت آسیب دیده باید طوری قرار گیرد که ۳۰۰ میلی‌متر از اطراف آن را پوشش دهد.
- از آلوده شدن ژئوتکستایل در هنگام نصب با مواد زیان‌آور، باید اجتناب شود.
- بلافاصله بعد از نصب ژئوتکستایل، باید کانال با مصالح زهکش، پر و متراکم شود. ضخامت کوبیده نشده لایه اول (روی ژئوتکستایل) باید ۳۰ سانتیمتر باشد. چنانچه نصب لوله مشبک در داخل کانال مد نظر باشد، یک لایه مصالح زهکش به ضخامت حداقل ۱۰ سانتیمتر در زیر لوله باید اجرا شود.

۱- Clogging

omoorepeyman.ir

- برای جلوگیری از نشست‌های زیاد در هنگام زهکشی، مصالح زهکش باید با تراکم حداقل ۹۵ درصد کوبیده شود. در صورت نیاز به میزان تراکم بیشتر، باید از ژئوتکستایل رده یک در جدول ۵-۲۱ استفاده شود.
- پس از اتمام عملیات تراکم مصالح زهکش و اعمال همپوشانی ژئوتکستایل بر روی آن، باید خاکریزی و تراکم لایه‌های بالای کانال انجام شود.

در شکل ۵-۱۷ مراحل اجرای یک کانال زهکشی با استفاده از ژئوتکستایل نشان داده شده است.




**شکل ۵-۱۷- مراحل اجرای یک کانال زهکشی با استفاده از ژئوتکستایل**

### ۵-۶-۴-۳- ژئوکمپوزیت‌ها

#### ۵-۶-۴-۳-۱- ملاحظات اجرای ژئوکمپوزیت‌ها

در اجرای ژئوکمپوزیت‌ها، علاوه بر موارد بخش ۵-۶-۱، موارد ذیل باید رعایت شود:

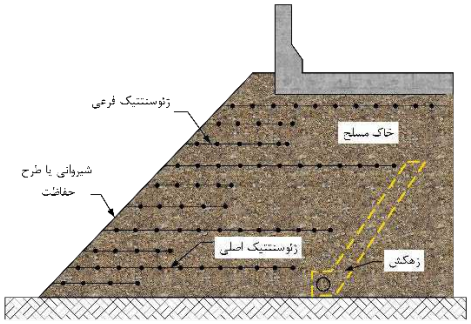
الف- در محل اتصال طاقه‌های مجاور یا متوالی، همپوشانی توسط رویهٔ ژئوتکستایلی و باید با دقت انجام شود. همچنین ژئوتکستایل پس از اتمام هسته زهکشی باید مقداری امتداد یابد تا از ورود مصالح خاکی از قسمت‌های انتهایی به داخل بخش زهکشی، جلوگیری شود.

ب- جزییات نحوه امتداد و ورود ژئوکمپوزیت به درون سیستم زهکش اصلی، باید در نقشه‌ها قید شود.

omoorepeyman.ir

### ۵-۶-۵- شیب‌های خاکی مسلح[۱]

زاویه شیب در شیب‌های خاکی مسلح باید کمتر از ۷۰ درجه باشد. سازه‌های تثبیت مکانیکی زمین که در آن‌ها زاویه شیب بیش از ۷۰ درجه تا ۹۰ درجه است، در ردهٔ دیوارهای خاک مسلح[۲] قرار می‌گیرند باید الزامات بند ۵-۶-۶ را برآورده کنند.




**شکل ۵-۱۸- شیب خاکی مسلح**

#### ۵-۶-۵-۱- مشخصات مصالح

##### ۵-۶-۵-۱-۱- ژئوسنتتیک‌ها

ژئوسنتتیک باید قابلیت تأمین قفل و بست کافی با مصالح خاکی یا سنگی را داشته باشد. ضمن آنکه باید در مقابل تنش‌های وارده ناشی از بارهای حین اجرا، مقاومت کافی داشته و در مقابل اشعه ماورای بنفش و عوامل شیمیایی و بیولوژیکی، آسیب‌پذیر نباشد. نفوذپذیری ژئوسنتتیک نیز باید بیش از نفوذپذیری خاکریز مصرفی باشد.

دستگاه نظارت موظف است مشخصات مسلح‌کننده‌های مصرفی را با مشخصات فنی قید شده در نقشه‌ها، مطابقت دهد.

##### ۵-۶-۵-۱-۲- مصالح خاکی

عمده خاک‌های مجاز جهت مصرف در خاکریزهای غیر مسلح، در شیب‌های مسلح نیز قابل استفاده می‌باشد. جدول ۵-۲۳ راهنمایی‌های ضروری برای انتخاب مصالح خاکی مناسب در خاکریزهای مسلح را ارائه می‌دهد.

بزرگ‌ترین اندازه دانه مصالح خاکریزی تا ۱۰ سانتیمتر مجاز است. در این حالت عدم آسیب‌دیدگی ژئوسنتتیک در اثر استفاده از مصالح درشت‌دانه باید پیش از اجرا در قطعات آزمایشی، بررسی شود. حداقل یک نمونه از هر ۱۵۰۰ مترمکعب مصالح خاکی برای تعیین مشخصات آن باید اخذ شود. چنانچه تغییری در مشخصات مصالح خاکی رخ دهد، نمونه‌گیری باید مجدداً انجام شود.

**جدول ۵-۲۳- راهنمای انتخاب مصالح خاکریزی در شیب‌های خاکی مسلح**

| اندازه الک | درصد مصالح رد شده |
|---|---|

۱- Reinforces Soil Slopes (RSS)
۲- MSE Walls

omoorepeyman.ir

| | |
|---|---|
| ۱۹ میلی‌متر ($\frac{3}{4}$ اینچ) | ۷۵-۱۰۰ |
| ۴/۷۵ میلی‌متر (الک شماره ۴) | ۲۰-۱۰۰ |
| ۰/۴۲۵ میلی‌متر (الک شماره ۴۰) | ۰-۶۰ |
| ۰/۰۷۵ میلی‌متر (الک شماره ۲۰۰) | ۰-۵۰ |

- شاخص خمیری خاک باید کمتر از ۲۰ باشد.
- افت وزنی با سولفات منیزیم، بعد از ۴ سیکل، کمتر از ۳۰٪ و با سولفات سدیم، بعد از ۵ سیکل، کمتر از ۱۵٪ باشد.
- برای ژئوسنتتیک‌ها از جنس پلی الفین، $pH>3$ و از جنس پلی استر، $3<pH<9$ باشد.

**۵-۶-۵-۲- نحوه اجرا**

در خصوص نحوه اجرا الزامات بخش ۵-۶-۱ همین فصل باید رعایت شود. در مواردی که توصیه تولیدکننده ژئوسنتتیک متفاوت باشد، باید الزامات تولیدکننده مدنظر قرار گیرد.

**۵-۶-۵-۲-۱- آماده سازی بستر**

- محدوده بستر خاک مسلح که در تماس با ژئوسنتتیک است باید مطابق با جزئیات نقشه‌ها و مشخصات فنی، آماده شود. بستر باید در طولی برابر یا بیشتر از طول مسلح‌کننده‌ها و تا رقوم قید شده در نقشه‌ها خاکبرداری، تسطیح و متراکم شود.
- خاکبرداری اضافی باید با مصالح خاکریزی منظور شده برای خاک مسلح، مجدداً پر و متراکم شود.
- سطح بستر باید هموار بوده و عاری از هرگونه ریشه، بوته، نخاله، مواد و مصالح زیان‌آور و نامناسب باشد.
- بستر باید به وسیله غلطک‌های ویبره‌ای یا چرخ لاستیکی کوبیده شده و سطحی کاملاً متراکم و صاف، داشته باشد. هیچ نقطه‌ای از بستر نباید سست و غیرمتراکم باشد. نقاط سست باید با نظر دستگاه نظارت، خاکبرداری و با خاک مناسب پر و متراکم شوند.
- قبل از پهن کردن ژئوسنتتیک، بستر باید توسط دستگاه نظارت، بازدید و تایید شود.

**۵-۶-۵-۲-۲- نصب ژئوسنتتیک**

نصب ژئوسنتتیک باید براساس دفترچه مشخصات فنی پروژه حاوی توصیه‌های تولیدکننده محصول و در ابعاد و لایه‌هایی مطابق با نقشه‌ها و مشخصات انجام شود.

- ژئوسنتتیک‌ها باید در نوارهای طولی به‌طوری‌که جهت اصلی آن‌ها عمود بر نما باشد، پهن شوند. استفاده از درز در جهت اصلی کشش (عمود بر طول طاقه)، مجاز نمی‌باشد.
- همپوشانی حداقل به اندازه ۱۵ سانتیمتر بین نوارهای طولی مجاور، لحاظ شود. به‌منظور اجتناب از جابجایی طاقه‌های ژئوسنتتیک در حین عملیات اجرایی نسبت به یکدیگر، استفاده از حلقه‌ها یا بست‌های فلزی در درزهای طولی، توصیه می‌شود.

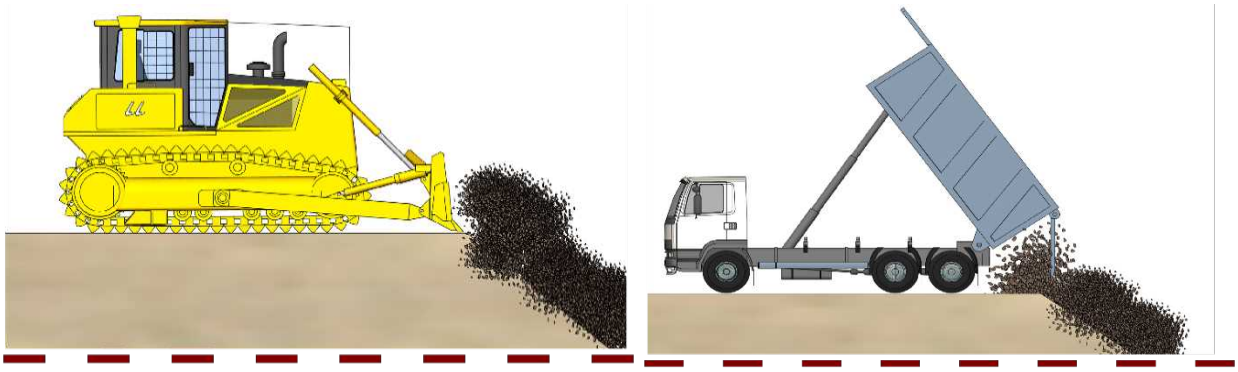
omoorepeyman.ir

- پهن کردن مقادیر اضافی ژئوسنتتیک در نقاطی که ممکن است عملیات خاکی با فاصله زمانی به آن نقاط برسد، مجاز نمی‌باشد.
- رقوم قرارگیری لایه‌های مسلح کننده (ژئوسنتتیک‌ها)، نباید بیش از ۷۵ میلی‌متر با رقوم قید شده در نقشه‌ها، اختلاف داشته باشد.
- پس از پهن شدن لایه ژئوسنتتیک، بلافاصله لایه خاکی روی آن باید پخش و متراکم شود.
- لایه‌های ژئوسنتتیک باید به‌صورت صاف و بدون چین و چروک، پهن و محکم کشیده شوند. سپس به‌وسیله میخ‌های فولادی مناسب، ثابت نگهداشته شوند تا حین اجرای لایه خاکی، جابجا نشوند.
- قبل از اینکه ضخامت لایه خاکی روی ژئوسنتتیک به ۱۵ سانتیمتر برسد، ماشین‌آلات اجرایی مجاز به تردد روی آن نیستند. ضمن آنکه حرکات چرخشی یا ترمزهای ناگهانی باید به حداقل رسیده و حتی‌الامکان، انجام نشود.
- ابعاد و وزن ماشین‌آلات و روش اجرا باید طوری انتخاب شوند که شیارشدگی به عمق بیش از ۷۵ میلی‌متر در لایه اول خاکریز، اتفاق نیفتد. در غیر این‌صورت باید در ابعاد و وزن ماشین‌آلات و روش اجرایی، تجدید نظر شود.
- تمام لایه‌های خاکی پس از اجرا باید سطحی صاف و افقی داشته باشند. لایه ژئوسنتتیک بعدی، باید مستقیماً روی لایه خاکریزی کوبیده شده، پهن شود.

**۵-۶-۵-۲-۳- عملیات خاکی**

- عملیات خاکریزی و پخش باید از لبهٔ کار و از قسمتی که قبلاً خاکریزی شده یا از محل زمین طبیعی، مطابق با شکل ۵-۱۹ آغاز شود.
- حداقل درصد تراکم لایه‌های خاکریزی نسبت به حداکثر وزن مخصوص خشک خاک، باید برابر ۹۵ درصد یا تراکم قیدشده در مشخصات فنی خصوصی پروژه باشد.
- ریختن، پخش و تراکم لایه‌های خاکریز باید به شکلی انجام شود که باعث ایجاد چین‌خوردگی، تاخوردگی یا جابجایی در لایه‌های ژئوسنتتیک، نشود.
- استفاده از غلطک‌های پاچه‌بزی یا مشابه به‌دلیل امکان آسیب زدن به ژئوسنتتیک، مجاز نمی‌باشد. تراکم در نزدیکی نمای شیب (محدوده یک متری نما)، باید با غلطک‌های سبک انجام پذیرد.

omoorepeyman.ir



**شکل ۵-۱۹- خاکریزی و پخش مصالح خاکی بر روی لایه ژئوسنتتیک**

(تردد ماشین‌آلات اجرایی بر روی ژئوسنتتیک بدون پوشش مصالح خاکی، مجاز نیست)

- مصالح خاکریزی باید با میزان رطوبتی برابر رطوبت بهینه (با رواداری ۲ درصد) تا رسیدن به تراکم مشخصه، متراکم شوند.
- حداکثر ضخامت لایه‌های خاکی کوبیده شده برای خاک‌های ریزدانهٔ چسبنده، بین ۱۵ تا ۲۰ سانتیمتر و برای خاک‌های دانه‌ای، بین ۲۰ تا ۳۰ سانتیمتر باید اختیار شود. اجرای خاکریز با ضخامت بیش از ۲۰ سانتیمتر و حداکثر ۳۰ سانتیمتر در خاک‌های دانه‌ای، مشروط به انجام قطعات آزمایشی با مصالح یکسان و تایید دستگاه نظارت می‌باشد. در صورتی‌که عملیات تراکم با ابزار دستی انجام شود، حداکثر ضخامت لایه خاکی قبل از تراکم، باید ۱۵ سانتیمتر باشد.
- در انتهای هر روز کاری، شیب بندی باید به سمتی باشد که جمع‌شدگی آب در سطح کار، اتفاق نیفتد.

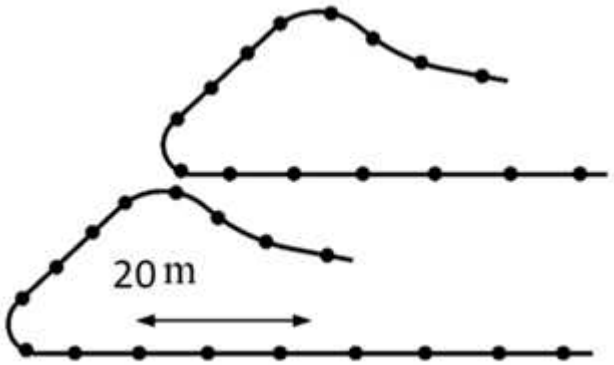
**۵-۶-۵-۲-۴- نما**

در شیب‌های با زاویه تا ۴۵ درجه، در صورتی‌که فاصله قائم لایه‌های ژئوسنتتیک در ارتفاع کمتر از ۴۰ سانتیمتر باشد، نیازی به برگرداندن ژئوسنتتیک به سمت لایه بالایی جهت پوشاندن و نگهداری نمای شیب، وجود ندارد. در این شرایط، ژئوسنتتیک باید تا لبهٔ نمای شیب امتداد یابد. در این‌گونه شیب‌ها، باید تدابیر لازم جهت حفاظت شیب در مقابل فرسایش حین اجرا و بهره‌برداری، پیش‌بینی شود.

چنانچه نیاز به حفاظت شیب از طریق ژئوسنتتیک‌ها باشد، موارد زیر باید رعایت شود:

- طول ژئوسنتتیک که پس از برگردانده شدن در زیر لایه بعدی خاکریزی حداقل ۱/۲ متر باشد (شکل ۵-۲۰).
- در شیب‌های تند با زاویه بیش از ۵۰ درجه، در صورت نیاز از قالب برای حفظ مصالح خاکی در نما حین عملیات پخش و تراکم، استفاده شود.
- در صورت استفاده از ژئوگرید به عنوان مسلح‌کننده، جهت جلوگیری از ریزش مصالح خاکی باید از یک قطعه ژئوتکستایل یا توری مقاوم با چشمه‌های ریز در نما، استفاده شود.

omoorepeyman.ir




شکل ۵-۲۰- طول ژئوسنتتیک پس از برگردانده شدن

### ۵-۶-۶- دیوارهای خاک مسلح[۱]

#### ۵-۶-۶-۱- مشخصات مصالح

##### ۵-۶-۶-۱-۱- ژئوسنتتیک‌ها

مشخصات ژئوسنتتیک مصرفی باید مطابق با بند ۵-۶-۳ باشد.

##### ۵-۶-۶-۱-۲- مصالح خاکی

دانه‌بندی و مشخصات خاک مصرفی برای خاکریز بدنه در دیوارهای خاک مسلح باید مطابق جدول ۵-۲۴ باشد. برای خاکریز پشت نما، استفاده از مصالح درشت‌دانهٔ خوب دانه‌بندی شده با قابلیت زهکشی بالا، الزامی است.

جدول ۵-۲۴- مشخصات مصالح خاکریزی در بدنه دیوارهای خاک مسلح

| اندازه الک | درصد مصالح رد شده |
|---|---|
| ۱۹ میلی‌متر ($\frac{3}{4}$ اینچ) | ۱۰۰ |
| ۴/۷۵ میلی‌متر (الک شماره ۴) | ۲۰-۱۰۰ |
| ۰/۴۲۵ میلی‌متر (الک شماره ۴۰) | ۰-۶۰ |
| ۰/۰۷۵ میلی‌متر (الک شماره ۲۰۰) | ۰-۱۵ |

- شاخص خمیری خاک باید کمتر از ۶ باشد.
- افت وزنی با سولفات منیزیم، بعد از ۴ سیکل، کمتر از ۳۰٪ و با سولفات سدیم، بعد از ۵ سیکل، کمتر از ۱۵٪ باشد.
- برای ژئوسنتتیک‌ها از جنس پلی الفین، PH>۳ و از جنس پلی استر، ۳<PH<۹ باشد.

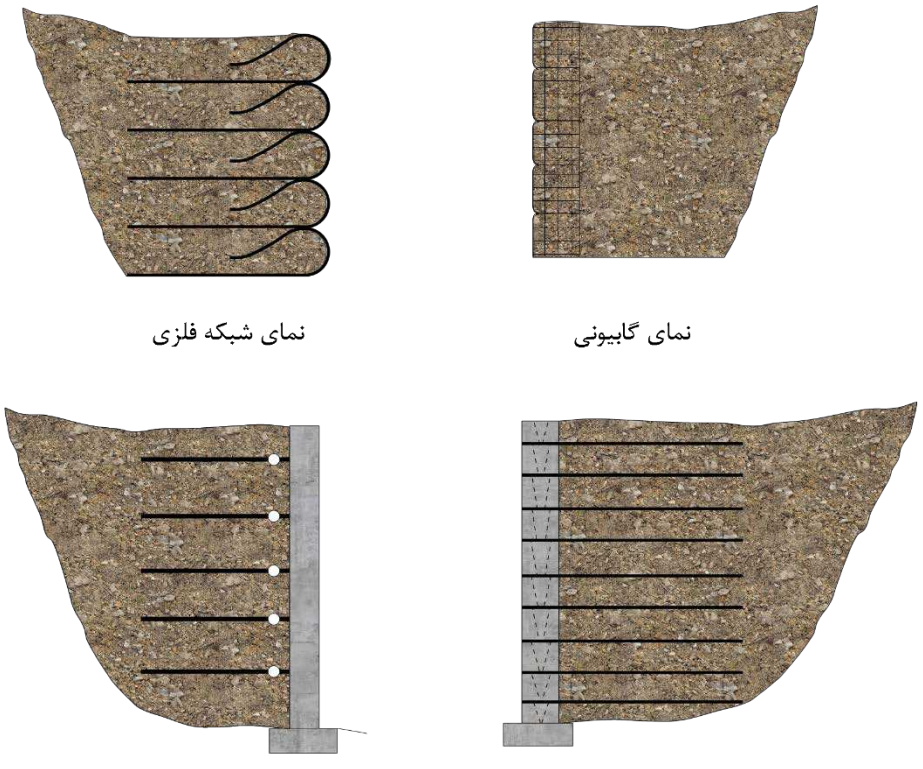
##### ۵-۶-۶-۱-۳- نما

استفاده از موارد ذیل به عنوان نما مجاز می‌باشد:

۱- Mechanically Stabilized Earth (MSE) Walls

omoorepeyman.ir

**الف- نمای بتنی مدولار**[۱]: قطعات بتنی مدولار باید دارای ارتفاعی برابر ۱۰-۴۰ سانتیمتر، عرضی برابر ۲۰-۴۵ سانتیمتر و عمقی برابر ۲۰-۶۰ سانتیمتر باشند. حداقل مقاومت فشاری بتن باید برابر با ۲۱۰ کیلوگرم بر سانتیمترمربع یا برابر مقاومت قید شده در مشخصات فنی خصوصی باشد. با توجه به حساسیت قطعات مدولار به چرخه یخبندان- ذوب در مناطق سردسیر، باید الزامات فصل ۶ این ضابطه رعایت شود. مشخصات کلید برشی برای قفل و بست هر قطعه با قطعه زیرین و نحوه اتصال قطعه بتنی و ژئوسنتتیک باید در مشخصات فنی ذکر شده باشد. در شکل ۵-۲۱ برخی از نماهای معمول در دیوارهای خاک مسلح نشان داده شده است. رواداری مجاز در ابعاد قطعه برای طول و عرض، برابر ۴ میلی‌متر و برای ارتفاع، برابر ۱/۵ میلی‌متر می‌باشد. در صورت لزوم باید طراحی قطعات به‌گونه‌ای باشد که قوس‌های محدب و مقعر افقی را بتوان در نمای دیوار، ایجاد کرد. استفاده از قطعات متفرقه بتنی از قبیل بلوک‌های سیمانی فاقد مشخصات در نمای دیوار خاک مسلح، مجاز نمی‌باشد.




**شکل ۵-۲۱- برخی از انواع نماهای معمول در دیوارهای خاک مسلح**

**ب- قطعات بتنی پیش‌ساخته**[۲]: این نوع نما باید در دیوار خاک مسلح با مسلح کننده تسمه فلزی استفاده گردد. قطعات پیش ساخته، باید مسلح و عموماً به شکل مربع یا مستطیل با ضخامت حدود ۱۲ الی ۲۰ سانتیمتر، ارتفاع ۱/۵ متر و عرض ۱/۵ الی ۳ متر باشند. رده مقاومتی بتن باید حداقل C28 و یا برابر مقاومت قید شده در مشخصات

۱- Modular Block Wall Units (MBW)
۲- Segmental Precast Concrete Pannels

omoorepeyman.ir

فنی خصوصی باشد. حمل و نصب قطعات بتنی قبل از آنکه مقاومت فشاری آن‌ها به ۷۵ درصد مقاومت مشخصه برسد، مجاز نیست. قطعات انتظار که برای قرارگیری در جسم خاک در پشت قطعات پیش‌ساخته تعبیه می‌شوند، نباید با میلگردهای قطعه پیش ساخته در ارتباط مستقیم باشند. رواداری مجاز برای ابعاد قطعه پیش ساخته برابر ۵ میلی‌متر، برای موقعیت قطعات انتظار برابر ۲۵ میلی‌متر، برای چهارگوشی قطعه برابر ۱۳ میلی‌متر (اختلاف بین دو قطر) و برای همواری سطح نمای قطعه برابر ۳ میلی‌متر با شمشه ۱/۵ متری در نمای صاف (بدون طرح) و ۸ میلی‌متر با شمشه ۱/۵ متری در نمای طرح‌دار می‌باشد.

**پ- پانل تمام ارتفاع بتنی**[1]: این پانل‌ها به‌صورت دیوارهای بتنی پیش‌ساخته باید ساخته شود و دارای ضخامتی برابر ۱۵ تا ۲۰ سانتیمتر، عرضی برابر ۲/۴ تا ۳ متر و حداکثر ارتفاع ۱۰ متر باشند. در این دیوارها، باید از تکیه‌گاه خارجی برای نگهداشتن پانل تا زمان اجرای خاکریز مسلح به اندازه دو سوم ارتفاع آن، استفاده شود. مقاومت فشاری بتن برای این قطعات و سایر مشخصات فنی، باید مشابه قطعات بتنی پیش‌ساخته باشد.

کلیه مشخصات انواع قطعات بتنی نما شامل پارامترهای مقاومتی، شکل و ابعاد، رنگ و طرح ظاهری، مشخصات کلیدهای برشی و بخش‌های اتصالی ژئوسنتتیک به قطعه نما و ... باید به‌طور کامل در نقشه‌ها و مشخصات فنی خصوصی پروژه قید شود. به منظور کنترل کیفیت انواع قطعات بتنی نما، حداقل یک نمونه از هر ۴۰۰ قطعه تولیدشده یا حداقل یک نمونه در روز (هر کدام که بیشتر است)، باید اخذ گردد. حمل و انبار قطعات باید گونه‌ای انجام گیرد که باعث آسیب دیدن آن‌ها نگردد. دستگاه نظارت باید قطعاتی را که وارد کارگاه می‌شوند بازرسی کرده و در صورت مشاهده موارد زیر، آن‌ها را عودت نماید:

- مقاومت فشاری کمتر از مقاومت مشخصه (در نمونه‌های آزمایش شده)
- نقص قالب‌گیری
- ترک‌خوردگی، شکستگی یا موارد مشابه
- تفاوت‌های فاحش در رنگ و ظاهر قطعات
- عدم تطابق ابعاد و خروج از رواداری‌های مجاز
- عدم قرارگیری قطعه اتصالی در موقعیت مشخص شده

**ت- نمای شبکه فلزی**[2]: این نما باید در سازه‌های خاک مسلح ژئوگریدی با کاربری موقت استفاده شود. در صورتی که از این نما به‌عنوان نمای دایمی استفاده شود، مش مورد استفاده باید به میزان مشخص شده در مشخصات فنی خصوصی پروژه، گالوانیزه شده و از مصالح سنگی با دانه‌بندی باز در پشت نما استفاده گردد. ابعاد شبکه اصلی نما نباید بیش از ۴۵ سانتیمتر باشد. میزان سختی شبکه فلزی باید به اندازه‌ای باشد که تغییرمکان افقی هر لایه خاک

۱- Full-Height Concrete Panels
۲- Welded Wire Mesh Facing

omoorepeyman.ir

مسلح نسبت به لایه مجاور، بیش از ۲۵ میلی‌متر نگردد. ابعاد شبکه فرعی باید به اندازه‌ای باشد که از ریزش مصالح سنگی نما جلوگیری شود.

**۵-۶-۶-۲- دیوار خاک مسلح با نمای بتنی**

**۵-۶-۶-۲-۱- بستر نما**

الف- سطح بستر نما (سطح زیر ردیف اول قطعات بتنی) باید با بتن غیرمسلح با عیار ۱۵۰ کیلوگرم سیمان در مترمکعب آماده‌سازی شود.

ب- عرض بتن بستر باید حداقل ۲ برابر عرض قطعات نما یا ۵۰ سانتیمتر، هر کدام که بیشتر است، باشد.

پ- ضخامت بتن بستر باید مطابق با نقشه‌های اجرایی بوده و کمتر از ۱۵ سانتیمتر و بیش از ۳۵ سانتیمتر نباشد. برای دیوارهای با نمای پانل‌های تمام ارتفاع، ضخامت بیشتری برای بتن بستر مورد نیاز است.

ت- در دیوارهای با نمای قطعات مدولار و با ارتفاع کمتر از ۴/۵ متر، استفاده از یک لایه به ضخامت حداقل ۱۵ سانتیمتر، مصالح دانه‌ای با خاصیت زهکشی که تا ۹۵ درصد کوبیده شده باشد، یا سنگ‌چینی با سنگ لاشه مجاز است. در این حالت، بستر نما باید تا تراکم ۹۵ درصد، کوبیده شود.

ث- بستر نما باید دارای سطحی کاملاً صاف بوده و از نظر پلان و نیمرخ، مطابق با نقشه‌های اجرایی باشد. رواداری مجاز نسبت به رقوم نقشه، ۳ میلی‌متر می‌باشد.

**۵-۶-۶-۲-۲- بستر سایر بخش‌های خاکریزی مسلح**

الف- محدوده بستر خاک مسلح در تماس با ژئوسنتتیک، باید مطابق با جزئیات نقشه‌ها و مشخصات فنی مربوط آماده شود.

ب- بستر باید در طولی برابر یا بیشتر از طول مسلح‌کننده‌ها و تا رقوم قید شده در نقشه‌ها خاکبرداری، تسطیح و متراکم شود. خاکبرداری اضافی باید با مصالح خاکریزی منظور شده برای خاک مسلح، مجدداً پر و متراکم شود.

پ- سطح بستر باید هموار بوده و عاری از هرگونه ریشه، بوته، نخاله، مواد و مصالح زیان‌آور و نامناسب باشد. بستر باید به‌وسیله غلطک‌های ویبره‌ای یا چرخ لاستیکی کوبیده شده و سطحی کاملاً متراکم و صاف، داشته باشد. هیچ نقطه‌ای از بستر نباید سست و غیرمتراکم باشد. نقاط سست باید با نظر و تایید دستگاه نظارت، خاکبرداری، با خاک مناسب پر و متراکم شوند.

omoorepeyman.ir

### ۵-۶-۶-۲-۳- قطعات نما و درپوش[۱]

الف- حمل و دپوی قطعات نما باید به‌گونه‌ای انجام شود که از وارد شدن خسارت به آن‌ها، اجتناب شود. استفاده از قطعات خسارت دیده (دارای ترک خوردگی، شکستگی و ...) در نمای دیوار، مجاز نمی‌باشد.

ب- کلیه قطعات بتنی باید مطابق با نقشه‌ها و مشخصات به دقت در محل خود نصب و ثابت گردند. میزان رواداری مجاز برای نصب قطعات نما مطابق جدول ۵-۲۵ می‌باشد.

**جدول ۵-۲۵- میزان رواداری مجاز نصب قطعات نما**

| شرح | حداکثر رواداری مجاز |
|---|---|
| امتداد قائم | ۶ میلی‌متر با شمشه ۳ متری |
| امتداد افقی | ۱۳ میلی‌متر با شمشه ۳ متری |

پ- میزان تغییرمکان جانبی نمای دیوار با توجه به اهمیت و ارتفاع آن، باید محدود و در نقشه‌های اجرایی و مشخصات فنی، قید شود.

ت- در نصب قطعات ردیف اول نما، دقت مضاعفی باید اعمال شود. سطح زیر ردیف اول باید کاملاً صاف و عاری از هر نوع مواد و مصالح اضافی باشد. استفاده از چوب‌بست یا پشت‌بند، در ردیف اول برای قطعات مدولار توصیه می‌شود و برای قطعات پیش‌ساخته و پانل‌های تمام ارتفاع، الزامی می‌باشد.

ث- از اجرای صحیح کلیه کلیدهای برشی و ابزار قفل و بستِ قطعات، مطابق با نقشه‌ها و مشخصات فنی، باید اطمینان حاصل شود. میزان حداقل و حداکثر عقب‌نشینی هر قطعه نسبت به قطعه زیرین، باید مطابق با نقشه‌ها و مشخصات فنی باشد.

ج- قطعات ردیف آخر نما به‌عنوان قطعات درپوش، باید با ملات یا مواد چسباننده‌ٔ مناسب (به پیشنهاد تولید کننده) به لایهٔ ما قبل آخر، متصل و محکم گردند.

### ۵-۶-۶-۲-۴- مصالح پشت نما

الف- محدوده پشت نما مطابق با نقشه‌ها و قبل از جاگذاری ردیف بعدی، باید با مصالح درشت‌دانهٔ خوب دانه‌بندی شده با خاصیت زهکشی بالا، پر شده و متراکم شود. دانه‌بندی باید توسط مشاور در مشخصات فنی ارائه شود.

ب- روی قطعات نما قبل از جاگذاری ردیف بعدی، باید تمیز و عاری از هرگونه مصالح باشد.

پ- مصالح پشت نما در حین اجرا نباید با مصالح نامناسب یا مواد زاید دیگر در تماس بوده و مخلوط شود.

ت- ضخامت افقی مصالح پشت نما، نباید از مقدار ذکر شده در مشخصات فنی خصوصی و یا ۳۰ سانتیمتر، کمتر باشد.

۱- Facing & Cap Units

omoorepeyman.ir

**۵-۶-۶-۲-۵- خاکریزی**

الف- موارد بخش ۵-۶-۵-۱ در اجرای دیوارهای خاک مسلح نیز باید رعایت شود.

ب- میزان تراکم برای خاکریزی در دیوارهای خاک مسلح، حداقل ۹۵ درصد و برای دیوارها یا کوله‌هایی که به عنوان زیرسازه عمل می‌کنند، باید ۱۰۰ درصد باشد.

پ- کوبیدگی باید با رطوبتی برابر رطوبت بهینه (با رواداری ۲ درصد) انجام شود.

ت- استفاده از غلطک‌های پاچه‌بزی یا مشابه به‌دلیل امکان آسیب زدن به ژئوسنتتیک، مجاز نمی‌باشد.

ث- برای خاک‌های دانه‌ای، ضخامت لایه خاک کوبیده شده، باید بین ۲۰ تا ۳۰ سانتیمتر و حداکثر به ارتفاع قطعات نما (هرکدام که کمتر است) باشد. اجرای خاکریز با ضخامت بیش از ۲۰ سانتیمتر تا ضخامت حداکثر ۳۰ سانتیمتر، مشروط به انجام قطعات آزمایشی با تایید دستگاه نظارت مجاز می‌باشد.

ج- در تمام مراحل اجرای لایه‌های خاکریزی، باید از عدم ایجاد چین و چروک در لایه‌های ژئوسنتتیک به‌ویژه در نزدیکی نما، اطمینان حاصل شود.

چ- برای جلوگیری از تغییرمکان قطعات نما، متراکم کردن خاک در نزدیکی نما (محدوده یک متری)، باید توسط غلطک های سبک صفحه‌ای لرزنده انجام پذیرد. روش کنترل کیفیت در این محدوده باید در مشخصات فنی قید شده باشد.

ح- نمونه‌برداری برای کنترل تراکم خاکریزی براساس برنامه منظم و در طول احداث باید انجام شود. به ازای هر ۵۰ متر طول سازه در هر لایه و در صورتی که عرض خاکریز زیاد باشد در هر ۵۰۰ متر مربع سطح خاکریزی، یک آزمایش تعیین وزن مخصوص در حمل انجام شود.

خ- آزمایش تراکم آزمایشگاهی در صورت یکنواخت بودن جنس خاک هر ۵۰۰ متر طول یک بار باید انجام شود. چنانچه کیفیت خاک تغییر کند، آزمایش تراکم به تناسب و به تعداد بیشتری با نظر دستگاه نظارت باید انجام شود.

**۵-۶-۶-۲-۶- نصب ژئوسنتتیک**

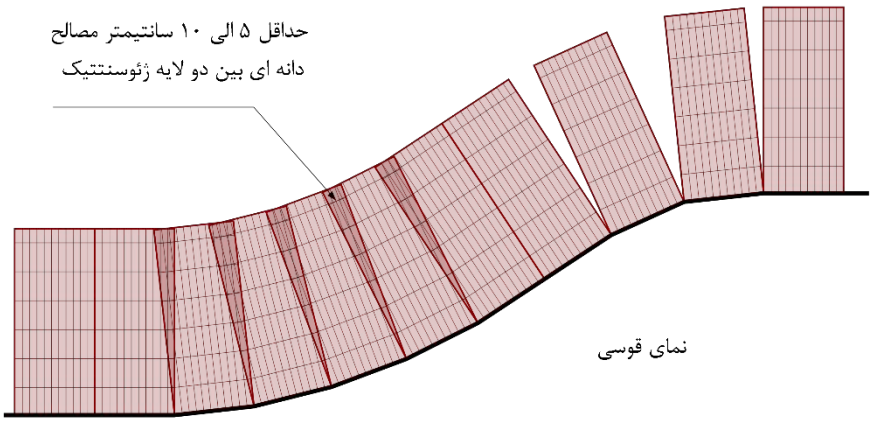
الف- عملیات پهن کردن و نصب ژئوسنتتیک باید پس از آنکه رقوم ارتفاع خاکریزی در هر لایه، با نقطهٔ اتصال ژئوسنتتیک و قطعه نما یکسان گردید، انجام شود.

ب- اختلاف ارتفاع سطح مصالح خاکریز در محدوده یک متری پشت نما نسبت به رقوم ارتفاعی لایه مسلح کننده (مطابق با نقشه‌ها)، نباید بیش از ۲۵ میلی‌متر باشد.

پ-ژئوسنتتیک باید در جهت عمود بر نما، پهن شده و به اندازه کافی، کشیده و به‌وسیله میخ‌های چوبی یا فلزی در جای خود محکم شود. همچنین باید به طرز مناسبی که در نقشه‌ها و مشخصات فنی قید شده، به قطعات نما متصل و محکم شود. دستگاه نظارت باید از محکم شدن اتصال قطعات نما و ژئوسنتتیک اطمینان حاصل کند.

ت- در صورت وجود نمای قوسی در دیوار، به‌واسطه فضای خالی که به‌وجود خواهد آمد، نیازمند است که یک لایه مصالح دانه‌ای بین دو لایه ژئوسنتتیک به ضخامت ۵ الی ۱۰ سانتیمتر اجرا شود (شکل ۵-۲۲).

omoorepeyman.ir




**شکل ۵-۲۲- نمونه‌ای از نصب ژئوسنتتیک در دیوار با نمای قوسی**

### ۵-۶-۶-۳- دیوار خاک مسلح با تسمه‌های فلزی

تسمه‌های فلزی باید به صورت آجدار فولادی و با پوشش گالوانیزه با روکش قیر یا اپوکسی باشند. خاک مورد استفاده باید به صورت غیرچسبنده باشد. دانه‌بندی باید توسط مشاور در مشخصات فنی ارائه گردد.

### ۵-۶-۶-۳-۱- مصالح خاکریز

استفاده از خاک‌های زراعتی، پسمانده‌های صنعتی و ضایعات و خاک‌های آوار در اجرای خاک مسلح مجاز نیست. مصالح خاکریز باید از نظر ژئوتکنیکی، شیمیایی و زهکشی، شرایط زیر را دارا باشد.

- زاویه اصطکاک داخلی مصالح اشباع شده (در شرایط آزمایش سریع) نباید از ۲۵ درجه کمتر باشد.
- ابعاد درشت‌ترین دانه‌های تشکیل دهنده مصالح نباید از ۱۰۰ میلی‌متر تجاوز کند.
- حداکثر مجاز درصد وزنی دانه‌های ریزتر از ۰/۰۷۵ میلی‌متر (الک نمره ۲۰۰) در مصالح خاکریز باید به ۱۵٪ محدود شود. در مورد خاک‌هایی که بیش از ۱۵ درصد دانه‌های ریزتر از الک نمره ۲۰۰ دارند از قبیل مصالح حاصل از شکستن سنگ کوهی یا مخلوط رودخانه‌ای شکسته، باید طبق نظر دستگاه نظارت اقدام شود.
- در حالت مصالح حساس در مقابل رطوبت، باید میزان رطوبت خاک به ۱۵ درصد محدود شود.
- استفاده از مارن، شیل، رس و گچ، مجاز نمی‌باشد.
- میزان حداکثر یون کلر ($Cl^-$) برای بناهای واقع در خشکی، باید ۲۰۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم مصالح و در مورد بناهای داخل آب شیرین، ۱۰۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم و میزان حداکثر یون $SO4^{2-}$ نیز به ترتیب ۱۰۰۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم در شرایط مشابه محدود شود.
- میزان pH خاک اندازه گرفته شده در مخلوط آب - خاک باید بین ۵ تا ۱۰ باشد.
- مصالح خاکریز باید فاقد مواد آلی باشند.

omoorepeyman.ir

- تودهٔ خاک مسلح نباید از آب اشباع شود و جنس خاکریز باید خاصیت زهکشی داشته باشد. در صورتی که خاک مورد استفاده خاصیت زهکشی مناسبی نداشته باشد، باید با تایید دستگاه نظارت نسبت به استفاده از سایر روش‌ها برای زهکشی اقدام نمود. توصیه می‌شود بین تودهٔ مسلح و زمین طبیعی یعنی در پشت و زیر دیوار از یک لایه ۲۰ سانتیمتری تا ۳۰ سانتیمتری مصالح درشت‌دانه زهکشی برای تخلیه آب استفاده شود.

**۵-۶-۶-۳-۲- تسمه‌های فلزی**

تسمه‌های فلزی باید مشخصات زیر را داشته باشند:

الف- دارای مقاومت کششی مناسب و کافی و گسیختگی از نوع غیرشکننده باشند.

ب- دارای تغییرشکل‌پذیری (در حدود چند درصد) تحت اثر بارهای متداول باشند.

پ- اصطکاک نسبتاً قابل ملاحظه با مصالح خاکریز داشته باشند.

ت- دارای انعطاف‌پذیری کافی باشد تا حدی که مانع تغییرشکل‌پذیری مجموعه "خاک مسلح" نباشد.

برای دیوارهای در مجاورت دریا توصیه می‌شود جنس تسمه از فولاد گالوانیزه و برای سایر موارد فولاد غیرگالوانیزه باشد.

مشخصات دقیق تسمه‌ها شامل نوع فولاد، طول و عرض و ضخامت آن باید در مشخصات فنی توسط مشاور ارائه شده باشد.

**۵-۶-۶-۳-۳- قطعات نما**

قطعات نما باید از جنس بتن باشد و الزامات مربوط در فصل چهارم را رعایت نماید. در قطعات پیش‌ساخته برای اتصال تسمه‌ها باید حداقل ۴ زبانه بتن تعیین شده باشد. باید از درزگیرهای افقی قابل تراکم از نوع لاستیک فشرده بین قطعات به منظور امکان تغییرشکل‌پذیری قائم پوسته استفاده گردد.

**۵-۶-۶-۴- تهیه مصالح و لوازم و انبار کردن آن ها در کارگاه**

**۵-۶-۶-۴-۱- قطعات بتنی پیش‌ساخته**

محل انبار قطعات بتنی نما باید دارای مساحت کافی و دسترسی آسان باشد. سطح محل انبار باید افقی و مسطح باشد. توصیه می‌شود به‌منظور جلوگیری از آسیب، قشر نازکی از ماسه نرم روی این سطح ریخته شود. انبارش تا پنج قطعه پیش‌ساخته بر روی هم در صورت قرارگیری چهارتراش چوبی بین آن‌ها مجاز است. در هنگام بلند نمودن قطعات بتنی پیش‌ساخته باید از چهار زبانه درگیر در بتن استفاده شود.

**۵-۶-۶-۴-۲- تسمه‌ها**

با توجه به ابعاد بسته‌بندی تسمه‌ها، باید از جرثقیل کوچک یا لودر برای تخلیه استفاده گردد. محل انبار تسمه‌ها باید دور از آمدوشد کارگاهی باشد.

omoorepeyman.ir

**۵-۶-۶-۴-۳- لوازم دیگر**

سایر لوازم از جمله پیچ و مهره‌ها، درزگیرها، قلاب‌های نصب، زبانه‌های تسمه‌گیر و غیره باید در محل سرپوشیده نگهداری شوند.

**۵-۶-۶-۵- روش‌های کلی اجرا**

اجرای دیوارها به صورت چند مرحله‌ای یا با فاصله زمانی مجاز است.

سر جا نگه داشتن و تأمین پایداری اولین ردیف قطعات نمای فلزی یا قطعات پیش‌ساخته بتنی در موقع خاکریزی پشت آن‌ها، باید به‌وسیله چوب‌بست‌های موقتی که در طرف خارج دیوار قرار می‌گیرند، تأمین شود. این پشت‌بندها در موقع خاکریزی جلوی دیوار باید برداشته شوند.

در زیر قطعات بتنی نما و به منظور تأمین تراز افقی، باید به ارتفاع حداقل ۱۵ سانتیمتر و عرض ۳۵ سانتیمتر بتن مگر اجرا شود.

برای قائم بودن نمای دیوار باید در موقع نصب قطعات نما از حرکت آن‌ها نسبت به یکدیگر جلوگیری شود. این کار باید توسط گوه‌های چوبی سخت که در درزهای سه ردیف آخری که پشت آن‌ها خاکریزی شده قرار داده می‌شود، صورت گیرد. در دیوارهایی که نمای آن‌ها بتنی است، جلوگیری از پس و پیش قرار گرفتن قطعات نما نسبت به قطعات قبلی، باید با گیره انجام شود.

تسمه‌ها باید عمود به سطح نما و از پهنا به‌طور افقی روی لایه خاکریز که قبلاً انجام گرفته، قرار داده شوند. تسمه‌ها باید به وسیله پیچ و مهره که حتماً باید از همان فلز تسمه باشد به قطعات نما متصل گردند. مهره‌ها نباید زیاد سفت شوند و بین دو قسمتی که با پیچ و مهره وصل شده باید فاصله موجود باشد.

پخش و تسطیح لایه‌ها باید به موازات نمای ساختمان صورت گیرد تا رانش ناشی از حرکت ماشین‌آلات مستقیماً به ردیف‌های آخری نما که خاکریز در پشت آن‌ها صورت می‌گیرد، وارد نشود.

باید از عبور کامیون‌ها در فاصله کمتر از ۲ متری نما اجتناب شود تا از جابه‌جا شدن قطعات نما که هنوز پشت آن‌ها کاملاً خاکریزی و کوبیده نشده، جلوگیری به عمل آید.

در مورد کاربرد ماشین‌آلات زنجیردار باید مطلقاً از تماس مستقیم زنجیر با جوشن‌ها اجتناب شود. در این موارد ماشین‌آلات باید روی لایه خاکی که در جلوی خود پخش می‌کند، حرکت نمایند.

به‌منظور اجتناب از تغییرمکان قطعات نما، غلتک‌های سنگین نباید به هنگام عبور از فاصله یک متری به نما نزدیکتر شوند. متراکم کردن خاک در نزدیکی نما باید به وسیله وسایل سبک لرزنده صورت گیرد. عمل تراکم باید همواره به موازات نما و از داخل به طرف نما صورت گیرد. میزان تراکم لایه‌های خاکریز بر اساس مندرجات بخش خاکریزی و خاکبرداری این فصل می‌باشد.

omoorepeyman.ir

**۵-۶-۶-۶- آزمایش‌های کنترل کیفیت**

الف- مصالح قرضه منتخب برای خاک مصرفی در سازه، قبل از شروع عملیات باید مطابق بند ۵-۶-۶-۲ مورد آزمایش قرار گیرد.

ب- برای هر ۱۵۰۰ مترمکعب خاکریزی باید یک آزمایش دانه‌بندی انجام شود. تعیین یون‌های کلر و سولفات موجود در خاک نیز باید متناوباً و به تشخیص دستگاه نظارت کنترل شود.

پ- به ازای هر ۵۰ متر طول سازه در هر لایه، و در صورتی که عرض خاکریز زیاد باشد در هر ۵۰۰ مترمربع، یک آزمایش تعیین وزن مخصوص محلی باید انجام شود.

ت- آزمایش تراکم آزمایشگاهی در صورت یکنواخت بودن جنس خاک باید هر ۵۰۰ متر طول یک بار انجام شود و چنانچه کیفیت خاک تغییر کند آزمایش تراکم به تناسب و تعداد بیشتری باید انجام شود.

**۵-۶-۷- آب‌بندها[1]**

به‌منظور استفاده از ژئوسنتیتک‌های آب‌بند، موارد ذیل باید در نقشه‌ها و مشخصات فنی ذکر شود:

- حداقل مشخصات فنی مورد نیاز ژئوسنتتیک
- روش حمل و انبار
- نحوه آماده‌سازی بستر و روش نصب
- درزگیری و نحوه آزمایش و تایید یا رد آن
- نحوه کنترل و اطمینان از کیفیت (QC و QA)

**۵-۶-۷-۱- ژئوممبرین‌ها**

مشخصات فنی ژئوممبران باید مطابق با مشخصات فنی مندرج در استاندارد GRI-GM13 باشد. آزماش‌ها باید مطابق با مندرجات جدول ۵-۲۶ برای ژئوممبرین‌ها انجام شود.

۱- Moisture Barriers

omoorepeyman.ir

جدول ۵-۲۶- مشخصات فنی ژئوممبران و آزمایش‌های مربوط

| شاخص | واحد | مقدار آزمایش | استاندارد |
|---|---|---|---|
| ضخامت کمینه | mm | هر طاقه | ASTM D 5199 |
| چگالی | $g/cm^3$ | ۹۰۰۰۰ کیلوگرم | ASTM D 1505 |
| مقاومت کششی حین گسیختگی<br>مقاومت کششی حین تسلیم<br>ازدیاد طول حین گسیختگی<br>ازدیاد طول حین تسلیم | N/mm<br>N/mm<br>%<br>% | ۹۰۰۰ کیلوگرم | ASTM D 6693, Type IV Dumbbell, 50 mm/min G.L. 50 mm G.L. 33 mm |
| مقاومت پارگی | N | ۲۰۰۰۰ کیلوگرم | ASTM D 1004 |
| مقاومت سوراخ شوندگی | N | ۲۰۰۰۰ کیلوگرم | ASTM D 4833 |

### ۵-۶-۷-۱-۱- حمل و انبارداری و بررسی محصول

الف- نحوه حمل و انبارش رول‌های ژئوممبران باید به‌گونه‌ای باشد که از هر گونه خراش، ضربه، سوراخ شدگی، قرارگیری مستقیم در مقابل نور خورشید و آلودگی جلوگیری شود.

ب- ژئوممبران‌های موجود در انبار حداقل به صورت هفته‌ای یک‌بار بازدید شوند تا از احتمال مواردی که به آن‌ها آسیب وارد می‌کنند اطلاع کسب شود.

پ- ژئوممبران‌ها باید کاملاً صاف بوده و عاری از هرگونه سوراخ، حباب، بادکردگی، آلودگی با مواد خارجی، شکستگی و ترک باشند.

ت- تمام رول‌های ژئوممبران تحویلی، باید دارای برچسب کارخانه بوده و مشخصات فنی آن شامل نام کارخانه یا واردکننده، نوع محصول، ضخامت، طول، عرض، شماره رول روی محصول نصب‌شده باشد

### ۵-۵-۷-۱-۲- کلیات و ملاحظات نصب

الف- در هنگام پهن کردن رول ژئوممبران برای جلوگیری از جمع‌شدگی و بلندشدن در اثر باد توصیه می‌شود از کیسه های حاوی ماسه استفاده گردد.

ب- حتی‌الامکان از حرکت بر روی ژئوممبران پهن شده باید اجتناب شود. پرسنل باید از پوشیدن کفش‌هایی که باعث آسیب برای ژئوممبران می‌شود، اجتناب کنند.

پ- سیگار کشیدن پرسنل در حین نصب ژئوممبران ممنوع است.

ت- عبور و مرور وسایل نقلیه بر روی ژئوممبران ممنوع است، ولی حرکت محدود وسایل نقلیه با چرخ لاستیکی به شرطی که فشار تماس چرخ‌ها کمتر از ۵۵ کیلوپاسکال باشد، مانعی ندارد.

ث- اگر ژئوممبران در محلی نصب می‌شود که عبور و مرور باید از روی آن انجام گیرد، باید یک لایه محافظ با نظر مشاور روی ژئوممبران قرار داده شود.

ج- تمهیدات لازم برای انقباض و انبساط حرارتی در هنگام نصب باید پیش‌بینی شود.

omoorepeyman.ir

چ- درگوشه‌ها و قسمت‌های با حالت پیچیده مثل کنار سازه‌ها، لوله‌ها، گوشه رمپ‌ها، حداقل میزان درزهای اجرایی ژئوممبران باید پیش‌بینی شود.

ح- برای ایجاد اتصال مناسب بین ورق‌های ژئوممبران باید از همپوشانی کافی استفاده گردد. طبق آیین‌نامه‌ها حداقل همپوشانی ۱۵ سانتی‌متر توصیه می‌گردد.

خ- قبل از اکسترود کردن، قسمت‌های حرارتی دستگاه باید تمیز باشد و درجه حرارت طوری تنظیم گردد که آسیبی به ژئوممبران وارد نشود.

د- قبل از اجرای جوش، ورق‌های ژئوممبران باید از گرد و خاک، رطوبت، آلودگی و غیره پاک شود.

ذ- دستگاه جوش ژئوممبران باید قابلیت تنظیم دما و سرعت حرکت را داشته باشد.

ر- قبل از انجام جوش ورق‌های اصلی، باید یک سری نمونه به صورت آزمایشی با تایید دستگاه نظارت جوش شود تا از مناسب بودن نوع دستگاه، درجه حرارت و سرعت نصب اطمینان حاصل شود. شرایط محیطی در هنگام جوش نمونه‌ها باید همان شرایط ورق‌های اصلی باشد. برای انجام جوش، نمونه‌های ژئوممبران باید دارای حداقل عرض ۲/۵ سانتی‌متر و طول ۱۵ سانتی‌متر باشند. پس از انجام جوش باید آزمایش‌های مندرج در ذیل انجام پذیرد.

ز- تست خلاء باید مطابق با استاندارد ASTM D5641 انجام شود.

ژ- آزمایش فشار هوا باید مطابق با استاندارد ASTM D5820 انجام شود.

س- در صورت تشخیص دستگاه نظارت، قسمت‌هایی از جوش ورق‌های اصلی باید جدا شده و برای انجام آزمایش‌های برشی، کششی روی اتصال به آزمایشگاه ارسال شود. این نمونه باید دارای حداقل عرض ۳۰/۵ سانتی‌متر باشد.

ش- توصیه می‌گردد انتهای رول‌های اصلی را که جوش شده و اضافه هستند برای انجام آزمایش‌های میدانی بریده و آزمایش شود. همچنین سه نمونه به ابعاد ۳۰/۵×۳۰/۵ سانتی‌متر نزد پیمانکار باقی بماند و سایر موارد به آزمایشگاه ارسال گردد و دیگری آرشیو شود.

ص- تست‌های میدانی باید مطابق با استاندارد ASTM D6392 انجام گردد.

**۵-۶-۷-۱-۳- آماده‌سازی بستر قبل از نصب ژئوممبران**

الف- سطح بایدعاری از وجود سنگ‌دانه‌های با قطر بیشتر از ۱۹ میلی‌متر، آرماتور، اشیای نوک‌تیز، قطعات بتن شکسته و... باشد.

ب- خاک‌برداری به حالتی که موجب تقعر درشیب خاکی شود، مجاز نمی‌باشد. توصیه می‌شود در انتهای خاک‌برداری، سطح نهایی شیب خاکی تحدب داشته باشد. مقدار تحدب در وسط شیب باید برابر ۱۰ سانتی‌متر و مقدار تحدب در بالا و پایین شیب صفر باشد.

پ- بعد از خاک‌برداری، سطح شیب باید متراکم شود. در صورت ناهموار بودن سطح شیب پس از خاک‌برداری و یا خاک‌برداری بیش‌ازاندازه باید در محل موردنظر خاک درشت‌دانه مناسب ریخته و متراکم شود.

omoorepeyman.ir

ت- پس از خاک‌برداری، سطح شیب خاکی باید از وجود ریشه گیاهان احتمالی باقیمانده کاملاً پاک شده و در سطح خاک از علف‌کش به منظور جلوگیری از رویش مجدد گیاه استفاده شود.

ث- در محل کنج‌ها و اطراف سازه‌های بتنی و محل ورود لوله‌ها باید با ایجاد ماهیچه از جنس ملات سیمان، زاویه اجرا به ۱۳۵ درجه افزایش یابد. ابعاد ماهیچه باید حداقل ۳۰ سانتی‌متر یا بیشتر به‌گونه‌ای در نظر گرفته شود که ژئوممبران به‌راحتی روی بستر تماس کامل داشته باشد.

**۵-۶-۷-۱-۴- نکات حین نصب ژئوممبران**

الف- پیمانکار چیدمان ژئوممبران برحسب عرض رول و محل‌های اجرایی را باید حداقل یک هفته قبل از شروع عملیات نصب به تایید دستگاه نظارت برساند.

ب- نصب ژئوممبران باید در دمای محیطی بین ۲ الی ۳۷ درجه سلسیوس و در یک شرایط آب و هوایی و دمایی یکسان و یکنواخت انجام شود.

پ- شرایط جوی و دمایی باید در گزارش‌های روزانه کارگاه ثبت شود.

ت- نصب لایه‌های ژئوممبران قبل و بعد از جوش دادن باید بدون چین‌وچروک انجام شود.

ث- چنانچه چروک ایجادشده در محل درز طولی در مسیر جوش قرار بگیرد باید به نحو مقتضی رفع شود.

ج- در گوشه‌ها و قسمت‌های باحالت پیچیده مثل کنار سازه‌ها، لوله‌ها، گوشه رمپ‌ها باید حداقل درزهای اجرای ژئوممبران قرار داده شود.

چ- برای ایجاد اتصال مناسب بین ورق‌های ژئوممبران باید از همپوشانی طولی کافی در محل درز استفاده گردد. همپوشانی طولی در محل درز اجرایی باید حداقل ۱۰ سانتی‌متر و حداکثر ۳۰ سانتی‌متر باشد.

ح- دما، سرعت و گوه دستگاه جوش ژئوممبران را باید متناسب با ژئوممبران مورد استفاده و بر اساس توصیه تولیدکننده انتخاب کرد.

خ- درصورتی‌که در حین آزمایش فشار هوا، نشتی رخ دهد، محل نشتی باید با وصله‌ای مربع شکل به ابعاد حداقل ۳۰ سانتی‌متر ترمیم شود. چنانچه محل نشتی معلوم نباشد، حتماً کل طول درز باید با وصله‌ای به عرض حداقل ۳۰ سانتی‌متر و طول کامل درز ترمیم شود.

**۵-۶-۷-۲- ژئوکمپوزیت‌های رسی**

ژئوکمپوزیت‌های رسی از یک لایه خاک بنتونیت خشک که بین دو لایه ژئوتکستایل یا روی یک لایه ژئوممبرین نگهدارنده قرار گرفته، تشکیل می‌شود.

omoorepeyman.ir

**۵-۶-۷-۲-۱- پذیرش و انبارداری ژئوکمپوزیت رسی**

الف- قبل از استفاده از بسته‌های ژئوکمپوزیت رسی باید دقت شود تا بسته‌بندی رول‌های وارد به کارگاه عاری از آسیب‌دیدگی باشد. تمامی رول‌ها باید دارای لیبل بوده و از پذیرش رول‌های فاقد لیبل و یا با بسته‌بندی آسیب‌دیده باید خودداری شود.

ب- انبارش محصول باید در محیط خشک با سطح صاف صورت بگیرد. برای جلوگیری از رسیدن آب به محصول باید رول‌ها در محدوده مسقف نگهداری شوند یا اینکه پوشش آب‌بند مناسب (مانند دولایه پلاستیک ضخیم) بر روی آن‌ها کشیده شود. محل نگهداری باید به صورت مناسبی زهکشی گردد تا رول‌ها در معرض رطوبت قرار نگیرند. در هنگام جابه‌جایی رول‌ها باید از رول بازکن یا حداقل یک لوله فولادی در وسط رول استفاده شود تا رول‌ها دچار شکست نشوند. حداکثر تعداد قابل ذخیره رول‌ها به صورت طبقاتی برابر ۱۵ رول در ۵ ردیف مطابق با شکل ۵-۲۳ باید باشد.

**شکل ۵-۲۳- نحوه ذخیره‌سازی رول‌ها به‌صورت طبقاتی**

**۵-۶-۷-۲-۲- شرایط آب و هوایی برای نصب ژئوکمپوزیت رسی**

الف- ژئوکمپوزیت رسی نباید به‌صورت روباز[۱] استفاده شود. استفاده از بنتونیت سدیم به صورت گرانول و پودری مجاز است.

ب- عملیات نصب و اجرا باید در هوای آفتابی انجام شود.

پ- به‌منظور جلوگیری از انبساط ژئوکمپوزیت رسی در اثر هیدراتاسیون ناشی از آب‌های سطحی باید بلافاصله پس از نصب روی آن با یک لایه نایلون پلی اتیلن ضخیم پوشانده شود.

ت- پس از نصب روی آن باید با یک لایه خاک به ضخامت حداقل ۳۰ سانتیمتر پوشانده شود. ضخامت خاک پوششی باید به حدی باشد که حداقل فشار ۶ کیلوپاسکال بر ژئوکمپوزیت رسی را اعمال کند. توصیه می‌شود از ۱۵ سانتیمتر

۱- exposed

omoorepeyman.ir

بتن مگر استفاده شود. پس از بتن ریزی برای افزایش تنش وارد به ژئوکمپوزیت رسی باید با ایجاد بارگذاری بر سطح بتن مقدار فشار افزایش یابد.

**۵-۶-۷-۲-۳- آماده‌سازی بستر برای نصب ژئوکمپوزیت رسی**

قبل از نصب ژئوکمپوزیت رسی باید سطح از وجود هرگونه آشغال(چوب، فلز،بتن و سنگریزه و...) پاک شود. اگر بستر زیرین ژئوکمپوزیت رسی، خاک باشد باید قلوه سنگ‌های بیشتر از ۶۳ میلی‌متر از سطح برداشته شوند. اگر سطح زیرین ژئوکمپوزیت رسی، بتن باشد باید سطح خوب جاروکشی شود. هرگونه برآمدگی ناگهانی بیش از ۱۲ میلی‌متر از سطح و هرگونه تغییر ناگهانی در سطح بیش از ۲۵ میلی‌متر باید ترمیم گردد. به‌طور کلی در هنگام نصب ژئوکمپوزیت رسی باید سطح خشک (رطوبتی که محصول را هیدراته ننماید مشکل زا نیست) باشد.

**۵-۶-۷-۲-۴- اصول نصب ژئوکمپوزیت رسی در کف**

پس از آماده‌سازی بستر و اجرای بتن مگر، ژئوکمپوزیت رسی باید بر روی کف پهن گردد. در شکل ۵-۲۴ جزئیات و مقادیر همپوشانی طولی و عرضی ارائه شده است. بین رول‌های مجاور باید همپوشانی (عرض و طولی) به میزان ۲۵ سانتی متر انجام شود و در محل همپوشانی از پودر بنتونیت به مقدار ۰/۵ کیلوگرم در متر طول استفاده شود. پس از پوشاندن کل کف، در محل تلاقی کف با دیواره گودبرداری باید با تمهیداتی ژئوکمپوزیت رسی را مطابق با شکل ۵-۲۵ به دیوار متصل نمود. جهت این کار از میخ می‌توان استفاده نمود. همچنین الزامات ذیل باید رعایت شوند.

الف- نصب ژئوکمپوزیت رسی باید در یک جهت باشد. در سطوح صاف جهت باز نمودن ژئوکمپوزیت رسی خیلی اهمیت ندارد.

ب- حداقل مقدار همپوشانی باید مطابق با شکل ۵-۲۴ باشد و تحت هیچ شرایطی در اجرا مقدار همپوشانی کمتر از مقادیر ارائه شده نباید باشد.

پ- وجود همپوشانی عرض برای دو نوار کنار هم ممنوع است و باید محل همپوشانی عرضی در دو نوار حداقل ۱ متر از هم فاصله داشته باشد (شکل ۵-۲۴).

ت- از پهن نمودن جی سی ال در مساحتی بیش از حدی که نتوان حداکثر در یک روز روی آن را توسط خاک یا بتن پوشاند، باید خودداری شود.

ث- در کنج‌ها برای اجرای صحیح باید یک ماهیچه بنتونیتی مطابق با شکل ۵-۲۵ مابین دیوار یا پی و ژئوکمپوزیت رسی اجرا گردد.

ج- از رفت و آمد ماشین‌آلات و بارگذاری مستقیم بر روی ژئوکمپوزیت رسی باید جلوگیری شود.

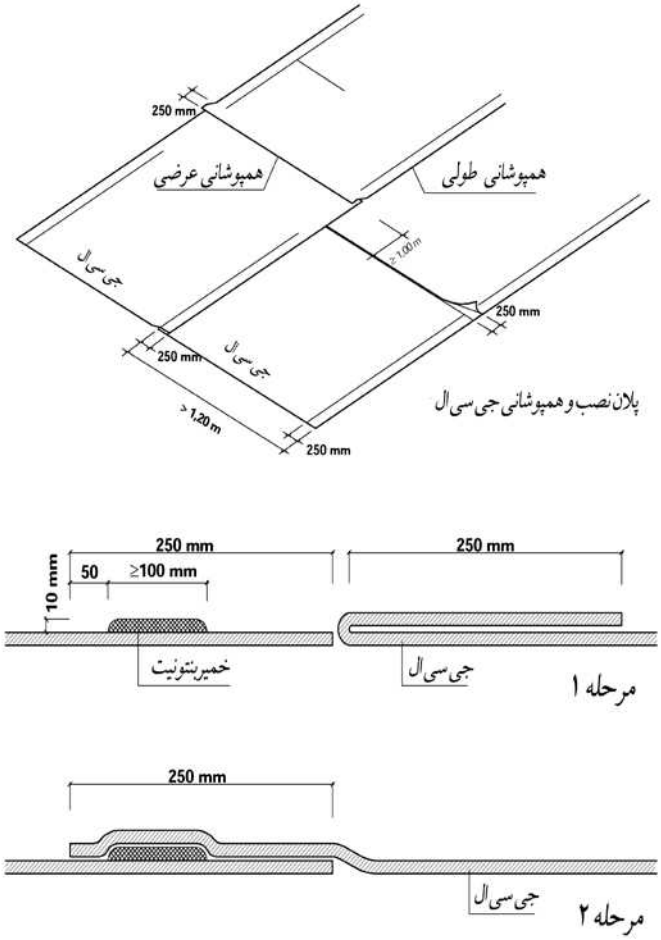
چ- محل همپوشانی طولی و عرضی باید عاری از هرگونه آلودگی باشد و فقط باید از پودر یا خمیر بنتونیت در محل همپوشانی استفاده نمود.

omoorepeyman.ir

ح- همپوشانی لایه انتظار و اتصال لایه ژئوکمپوزیت رسی کف، زیر شالوده به دیواره باید ۱۰۰ سانتی‌متر باشد. توصیه می‌گردد به‌منظور جلوگیری از هیدراته شدن ژئوکمپوزیت رسی در مجاورت با آب داخل گود یا بارندگی قبل از بتن‌ریزی، از یک لایه پلاستیک به‌روی لایه ژئوکمپوزیت رسی و در نواحی همپوشانی استفاده گردد.

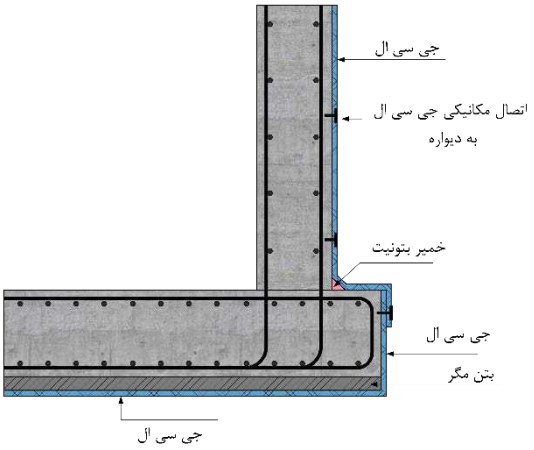
**۵-۶-۷-۳-۵- اصول نصب ژئوکمپوزیت رسی در دیواره**

کلیات اجرای ژئوکمپوزیت رسی بر روی دیواره مشابه اجرا بر روی کف می‌باشد. جهت همپوشانی رول‌های ژئوکمپوزیت رسی در دیواره‌ها باید از ملات بنتونیت استفاده شود. در گوشه‌ها باید یک لایه اضافی ژئوکمپوزیت رسی به عرض حدود ۵۰ سانتی‌متر در امتداد عمق اجرا شده و توسط ملات بنتونیت به ژئوکمپوزیت رسی مجاور چسبانده شود. سر نیل‌ها را باید با اجرای ملات ماسه سیمان صاف و سپس اقدام به اجرای ژئوکمپوزیت رسی نمود. به این منظور بایستی حتی الامکان از کوتاه نمودن سر نیل‌ها اجتناب نمود (شکل ۵-۲۶).




**شکل ۵-۲۴- اجرای ژئوکمپوزیت رسی (جی سی ال) در کف**

omoorepeyman.ir



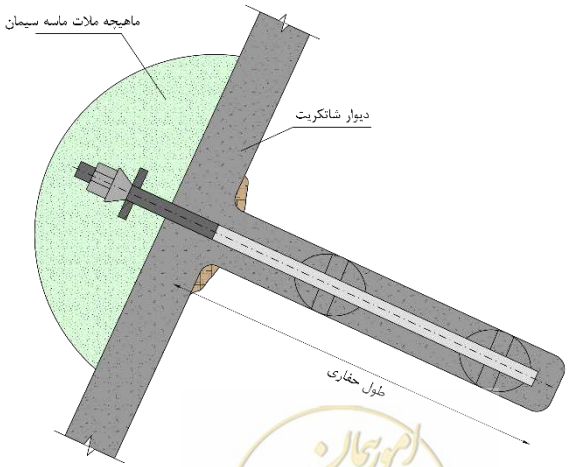

**شکل ۵-۲۵- اجرای ژئوکمپوزیت رسی (جی سی ال) در اطراف پی**

در مشخصات فنی باید حداقل رزوه آزاد لازم بعد از مهره سر نیل، بیان شود تا در صورت نیاز اضافه رزوه جهت نصب ژئوکمپوزیت رسی بریده شود.

برای اجرای ملات ماسه سیمان سر نیل‌ها باید الزامات ذیل رعایت شود:

الف- یک تور مرغی یا رابیتس باید به ابعاد ۲ برابر پلیت سر نیلینگ بر روی صفحه گذاشته شده و ملات ماسه سیمان به ضخامت مورد نظر اجرا شود. برای جلوگیری از طبله نمودن و ریزش ملات باید ملات در طی ۲ مرحله به ضخامت مورد نظر بر روی سر نیل اجرا شود.

ب- جهت اتصال ژئوکمپوزیت رسی به دیواره باید از میخ‌های مخصوصی به فاصله ۵۰ سانتی‌متر مطابق شکل ۳-۲۶ استفاده شود.. لازم به ذکر است پس از نصب ژئوکمپوزیت رسی به روی دیوار حائل، در صورت وجود فاصله بین دیواره حائل و دیواره گود، باید با خاک پر گردد. توصیه می‌شود جهت محافظت از لایه ژئوکمپوزیت رسی در هنگام خاکریزی از یک لایه ژئوتکستایل استفاده گردد. هیچ خط یا موجی نباید در محصول نصب شده ایجاد شود. در حین نصب باید ارتباط کامل بین محصول و دیواره زیرین وجود داشته باشد.



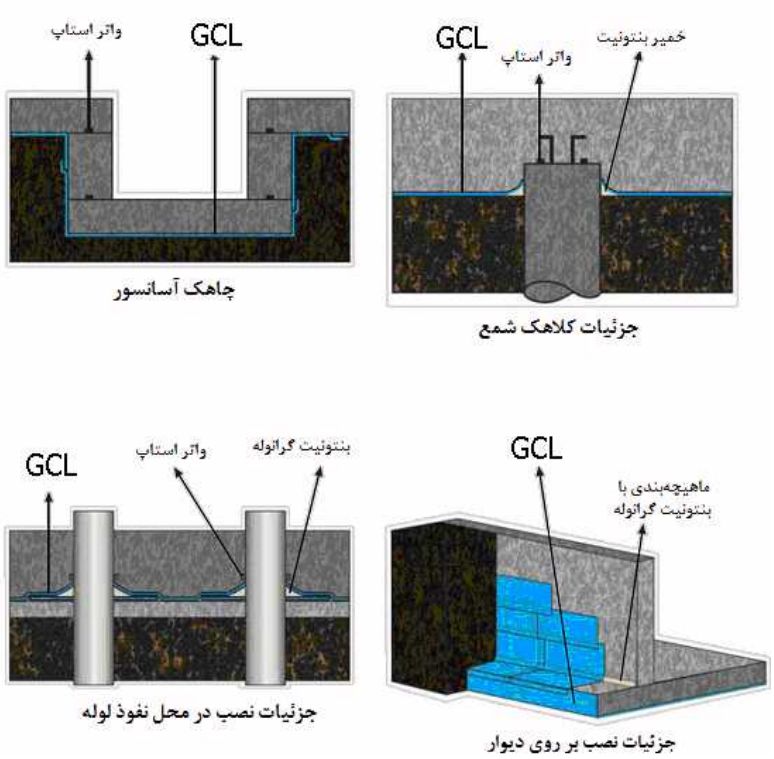

**شکل ۵-۲۶- جزئیات آماده سازی سر نیل‌ها برای نصب ژئوکمپوزیت رسی در دیواره**

omoorepeyman.ir

پ- در صورتی‌که ژئوکمپوزیت رسی در دیواره مستقیم با بتن ریزی دیوار حائل در تماس باشد، باید یک لایه نایلون پلی اتیلن در زیر و روی آن هنگام نصب کشیده و بر دیواره میخ شود.

ت- در صورت نشت آب بر روی دیوار و یا احتمال رسیدن آب به لایه ژئوکمپوزیت رسی، باید بر دیواره ابتدا یک نوار زهکش قائم به عرض ۱۰ سانتی‌متر به فاصله مرکز به مرکز ۲,۵ متر و ارتفاع برابر با دیوار درمعرض تراوش، نصب شده و سپس نصب نایلون زیر و ژئوکمپوزیت رسی و نصب نایلون رویه اجرا شود. در کف گود اتصال نوار زهکش قائم به زهکش کف موجود باید برقرار باشد تا از تجمع آب در روی بتن مگر موجود جلوگیری شود.

در شکل ۵-۲۷ به‌طورکلی نحوه اجرای ژئوکمپوزیت رسی در اطراف سرشمع و دیواره گود و محل اتصال لوله‌ها ارائه شده است.

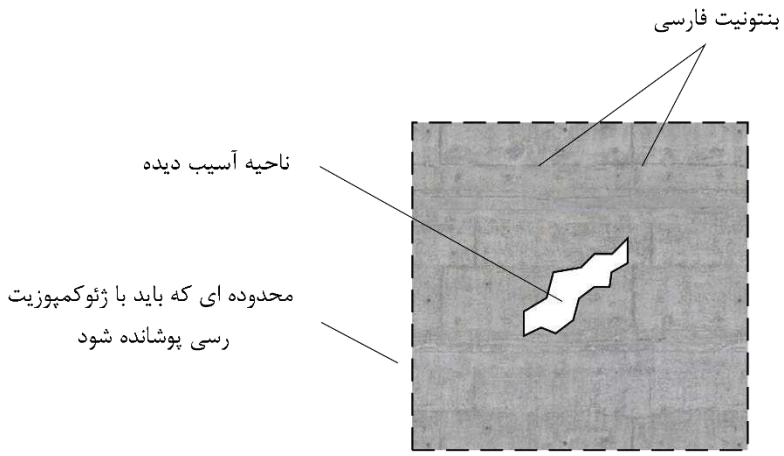



**شکل ۵-۲۷- نحوه اجرای ژئوکمپوزیت رسی در اطراف سرشمع و دیواره گود و محل اتصال**

### ۵-۶-۷-۲-۶- تعمیر محل آسیب دیده

در صورتی‌که محصول مورد استفاده آسیب ببیند باید عملیات تعمیر با استفاده از تکه‌دهی انجام شود. در اطراف حفره ایجاد شده باید تکه‌ای قرار گیرد به‌گونه‌ای که حداقل فاصله از لبه آسیب دیدگی ۳۰ سانتیمتر باشد. مقدار پودر بتن مورد نیاز در همپوشانی‌ها در این مورد ۵۰۰ گرم بر متر طول باید در نظر گرفته شود (شکل ۵ -۲۸).

omoorepeyman.ir




**شکل ۵-۲۸- نحوه تعمیر حفره های ایجاد شده در محصول در اثر عملیات اجرایی**

## ۵-۷- سلامت، ایمنی و محیط زیست

ضوابط عمومی مندرج در فصل دوم (جلد اول؛ ایمنی، سلامت و محیط زیست) مرتبط با عملیات خاکی و متناسب با هر یک از مراحل عملیات اجرایی لازم الاجراست. در ادامه به ضوابط اختصاصی سلامت، ایمنی و محیط زیست مرتبط با این فصل پرداخته شده است.

### ۵-۷-۱- مشخصات عمومی

**۵-۷-۱-۱-** در مناطقی که در مجاورت خطوط زیرزمینی مترو قرار دارند، انجام هرگونه عملیات حفاری و گودبرداری منوط به اخذ مجوز از مراجع دارای صلاحیت و رعایت حریم مربوط است.

**۵-۷-۱-۲-** در مواردی که عملیات گودبرداری و حفاری در مجاورت خطوط راه آهن، مترو، بزرگراه‌ها و یا مراکز و تاسیساتی که تولید ارتعاش می‌نماید، انجام می‌شود، باید تدابیر برای جلوگیری از لغزش یا ریزش جداره‌ها اتخاذ شود و پایداری گود با توجه و دقت بیشتری پایش گردد.

**۵-۷-۱-۳-** قبل از خاکبرداری زمین مورد نظر، باید استحکام و جنس خاک و همچنین پایداری ابنیه مجاور، فاصله پی‌ها و دیوارها از محل گودبرداری، عوارض زیرزمینی مجاور گود مانند چاه‌های فاضلاب، قنات، سازه‌های زیرزمینی و... شرایط خاص احتمالی دیگر در محل، توسط شخص دارای صلاحیت به دقت مورد بررسی قرار گیرد و خطرات موجود به دستگاه نظارت ارائه شود تا تمهیدات مقتضی در نظر گرفته شود.

omoorepeyman.ir

**۵-۷-۱-۴-** افرادی که در عملیات گودبرداری و حفاری، تزریق بتن، کوبش شمع‌ها و کار با ماشین آلات به‌کار گرفته می‌شوند، باید دارای تجربه کافی بوده و کارت مهارت از مرجع صاحب صلاحیت داشته باشند؛ همچنین افراد صاحب صلاحیت بر کار آنان نظارت نمایند.

**۵-۷-۱-۵-** در استفاده از روش‌های پایدارسازی دیواره‌های گودبرداری از قبیل میخ‌کوبی و میل مهار، ورود به محدوده املاک مجاور و معابر عمومی بدون موافقت مالکان و مرجع دارای صلاحیت ممنوع است.

**۵-۷-۱-۶-** قبل از شروع کار، خطوط برق‌دار هوایی و زمینی و پست‌های برق موجود در اطراف محل عملیات باید به دقت بررسی شده و در صورت وجود احتمال نقض حریم‌های قانونی این تاسیسات توسط ماشین‌آلات خاکبرداری و کامیون‌های حمل خاک، تجهیزات حفاری، چکش‌های هیدرولیکی و کوبشی، ماشین‌آلات تزریق، لوله ترمی، هیدروفرز، جرثقیل‌ها و سایر ماشین آلات مورد استفاده در عملیات خاکی، باید اقدامات حفاظتی مطابق بند ۲-۱۲-۲ به‌عمل آورده شود.

**۵-۷-۱-۷-** چنانچه وضعیت گود یا شیار و کانال، به نحوی است که روشنایی کافی با نور طبیعی تامین نمی‌شود، باید برای جلوگیری از حوادث ناشی از فقدان روشنایی، از منابع نور مصنوعی استفاده شود.

**۵-۷-۱-۸-** قطع و جابجایی و وارد کردن صدمه به درختان در کارگاه در حین عملیات خاکبرداری و گودبرداری ممنوع است و در صورت اجتناب ناپذیر بودن، باید با اخذ مجوز از مراجع صاحب صلاحیت بدان اقدام شود.

**۵-۷-۱-۹-** چنانچه محل گودبرداری در نزدیکی و یا مجاورت یکی از ایستگاه‌های خدمات عمومی از قبیل آتش‌نشانی و اورژانس و یا در مسیر خودروهای آن‌ها باشد، باید قبلاً مراتب به اطلاع دستگاه‌های مسئول رسانده شود تا احیاناً در سرویس رسانی عمومی وقفه‌ای ایجاد نشود.

**۵-۷-۱-۱۰-** گروه اجرایی عملیات گودبرداری و تثبیت دیواره‌ها باید نسبت به انجام اقدامات لازم در صورت بروز شرایط اضطراری توجیه بوده و آموزش‌های لازم را گذرانده باشند و بر اساس دستورالعمل تدوین شده برای مدیریت بحران که شرح وظایف هر یک از عوامل در آن مشخص شده، در شرایط اضطراری اقدام نمایند.

**۵-۷-۱-۱۱-** شب‌ها در کلیه معابر و پیاده‌روهای اطراف محوطه گودبرداری و حفاری، (به‌ویژه در بافت‌های شهری)، باید روشنایی کافی تأمین و همچنین علائم هشدار دهنده شبانه از قبیل چراغ‌های احتیاط، تابلوهای شبرنگ و غیره مطابق بند ۲-۱۱ در اطراف منطقه محصور شده نصب شود، به طوری‌که کلیه عابران و رانندگان وسایل نقلیه از فاصله کافی و به موقع متوجه خطر گردند.

**۵-۷-۱-۱۲-** کارگران فعال در عملیات پایدارسازی دیواره‌ها، از قبیل ساختن، حمل و تزریق دوغاب سیمانی، پاشش بتن، دستگاه حفاری و ... باید مجهز به تجهیزات حفاظتی از جمله ماسک تنفسی، دستکش، سربند و کلاه ایمنی، عینک و نقاب حفاظتی، کفش و لباس کار با پوشش کامل سطح بدن و محافظ گوش مطابق ضوابط بخش ۲-۱۰ باشند. با توجه به احتمال آسیب رساندن مفتول‌های شبکه موجود در پوشش دیواره گود، لازم است کارگران هنگام نصب از دستکش

omoorepeyman.ir

حفاظتی استاندارد و ساقدار از جنس برزنت یا لاستیک مخصوص استفاده نمایند. لباس کارگران باید قادر باشد از خراشیدگی احتمالی مفتول‌های شبکه با بدن نیز جلوگیری به‌عمل آورد.

**۵-۷-۱-۱۳-** در کارهای اجرایی از قبیل تثبیت خاک بستر که در آن کار با سیمان و آهک وجود دارد باید برای کاهش انتشار گردوغبار ضوابط بندهای ۲-۹-۶-۱۱، بندهای ب و پ رعایت شود.

**۵-۷-۱-۱۴-** کارگران شاغل در عملیات خاکی در زمین‌های لجنی، برای مصون ماندن از عوارض پوستی ناشی از تماس این مواد با پوست، باید مجهز به چکمه لاستیکی ساق دار باشند و از دستکش و لباس‌های آستین بلند استفاده نمایند.

**۵-۷-۱-۱۵-** جایگاه‌های کار و وسایل دسترسی ایمن در فعالیت‌های اجرایی که در ارتفاع انجام می‌شود مانند حفاری دیوارهای گود، بتن‌پاشی، تزریق دوغاب بتنی و سیمانی، باید مطابق بند ۲-۵ برای کارگران شاغل در عملیات تأمین شود. هنگام بتن‌پاشی دیوارهای گود با توجه به وزن قابل توجه شیلنگ و لوله و احتمال ضربه ناشی از پس‌زدگی دستگاه، باید تمهیدات فوق برای اپراتور بتن‌پاش مد نظر قرار گیرد. در عملیات بتن پاشی و حفاری و تزریق بتن، باید عوامل اجرایی در معرض خطر سقوط، مجهز به تجهیزات حفاظتی مطابق بند ۲-۶ باشند.

**۵-۷-۱-۱۶-** در مسلح سازی و تثبیت دیوارهای خاکی و سطوح شیب‌دار با استفاده از مصالح ژئوسنتتیک، باید قطعات بریده شده، زوائد و باقیمانده‌های ژئوگریدها و ژئوتکستایل‌ها از محیط جمع آوری شده و مطابق بند ۲-۹-۶-۱۱-خ دفع شوند.

**۵-۷-۱-۱۷-** شمع‌های بتنی پیش ساخته باید به گونه‌ای طراحی شوند که بخش دور ریز آن به حداقل برسد. قسمت دور ریز شمع‌ها باید به مکان مناسب انتقال داده شود و مطابق ضوابط مرجع دارای صلاحیت حمل و دفع شود.

**۵-۷-۱-۱۸-** در انتخاب گِل حفاری (بنتونیت) باید ملاحظات زیست محیطی در نظر گرفته شود تا میزان آلودگی‌های مضر به مقادیر مجاز معرفی شده توسط مرجع دارای صلاحیت محدود گردد. برای جلوگیری از هدر رفتن گِل حفاری هنگام سرریز شدن چاه حفاری می‌توان با تعبیه‌کردن یک حوضچه در نزدیکی محل حفاری، رواناب را به حوضچه هدایت و با جداکردن ذرات معلق بزرگتر، با سرند دوباره به چاه برگرداند. همچنین در مورد پساب و رواناب ناشی از بتن پاشی، تزریق دوغاب، گل حفاری، گل و لای ناشی از اجرای روش ستون شنی ارتعاشی و نظایر آن باید الزامات بند ۲-۹-۶-۱۳ رعایت شود.

**۵-۷-۱-۱۹-** در صورت اجرای روش ستون شنی ارتعاشی باید وضعیت آب‌های زیرزمینی در ناحیه عملیات پایش و بررسی و در صورت وجود مواد آلاینده در خاک و آب زیرزمینی، از این روش پرهیز شده و از روش خشک حین حفاری استفاده شود.

**۵-۷-۱-۲۰-** هنگام کار با دستگاه جوش ژئوممبران، باید کارگران از دستکش مقاوم در برابر حرارت استفاده کنند.

**۵-۷-۱-۲۱-** در عملیات بتنی مورد نیاز در اجرای عملیات خاکی و پایدارسازی گودها و قطعات پیش ساخته بتنی، باید الزامات بخش ۶-۴ (جلد سوم؛ بتن و اجرای آن) به تناسب نوع عملیات رعایت شود.

omoorepeyman.ir

**۵-۷-۱-۲۲-** در اجرای سازه‌های فولادی مورد نیاز در اجرای عملیات خاکی و پایدارسازی گودها و جابه‌جایی قطعات سنگین فولادی (ستون‌ها، تیرها، خرپاها و...)، باید الزامات بخش ۷-۱۱ (جلد چهارم، فولاد و اجرای سازه‌های فولادی) به تناسب نوع عملیات رعایت شود.

**۵-۷-۱-۲۳-** در حفاری انواع چاه‌ها و چاهک‌ها و کانال‌ها، باید الزامات بندهای ۱۳-۵-۱ و ۲ (جلد نهم، محوطه سازی) رعایت شود.

**۵-۷-۱-۲۴-** اگر در عملیات پایدارسازی خاک بستر، از قیر برای تثبیت استفاده می‌گردد باید الزامات بند ۱۳-۵-۴(جلد نهم، محوطه سازی) رعایت شود.

**۵-۷-۱-۲۵-** در تمام عملیات باربرداری مورد نیاز در اجرای عملیات خاکی باید الزامات بند ۲-۸ رعایت شود.

**۵-۷-۱-۲۶-** با توجه به مواجهه مستمر کارگران شاغل در عملیات خاکبرداری، حفاری، تزریق و شمع کوبی با سر و صدا، ارتعاش، گرد و غبار و لازم است ضوابط بند ۲-۹-۶ رعایت شود.

### ۵-۷-۲- حصارکشی و تردد به داخل گود و کانال

**۵-۷-۲-۱-** در صورتی‌که عملیات گودبرداری و خاکبرداری ترانشه و حفر کانال در مجاورت معابر و فضاهای عمومی انجام می‌شود باید برای جلوگیری از سقوط افراد و وسایل نقلیه، همچنین برای جلوگیری از پرتاب سنگ، سقوط حیوانات، مصالح ساختمانی، وسایل نقلیه عبوری و ماشین‌آلات حفاری و خاکبرداری و سرازیر شدن آب به داخل گود، باید اطراف محل گودبرداری و خاکبرداری به‌نحو مناسب محصور و محافظت شود. حصار حفاظتی باید با رعایت مفاد بند ۲-۲-۲ در فاصله حداقل ۱٫۵ متری از لبه گود احداث شود و به علائم هشداردهنده (چراغ‌های چشمک زن و سایر موانع هدایت مسیر با قابلیت دید در شب و روز) مطابق بخش ۲-۱۱ مجهز شود. در صورتی‌که انجام این اقدامات به‌دلایل شرایط محیطی امکان‌پذیر نباشد، باید با استقرار نگهبان در هر ۲۴ ساعت تا پایان اجرای عملیات، با استفاده از نوارکشی و نصب علائم نوری از سقوط عابران و وسایل نقلیه به داخل کانال یا گود جلوگیری نمود.

**۵-۷-۲-۲-** برای رفت و آمد کارگران به محل گودبرداری باید راه‌های ورودی و خروجی مناسب و ایمن در نظر گرفته شود. در محل گودهایی که عمق آن بیش از ۶ متر باشد، باید برای هر ۶ متر یک سکو یا پاگرد برای نردبان‌ها، پله‌ها و راه‌های شیب‌دار پیش‌بینی شود. این سکوها یا پاگردها و همچنین راه‌های شیب دار و پلکان‌ها باید به‌وسیله نرده‌های مناسب محافظت شوند (شکل ۵-۲۹).

omoorepeyman.ir

**شکل ۵-۲۹- دسترسی ایمن به داخل گود**

**۵-۷-۲-۳-** عرض معابر و راه‌های شیب دار ویژه وسایل نقلیه نباید کمتر از ۴ متر باشد و در طرفین آن باید موانع محکم و مناسبی نصب شود.

**۵-۷-۲-۴-** در محل‌گودبرداری باید یک نفر نگهبان مسئول نظارت بر ورود و خروج کامیون‌ها و ماشین‌آلات سنگین باشد و نیز برای آگاهی کارگران و هدایت عابران و وسایل نقلیه، علایم هشداردهنده در معبر ورود و خروج کامیون‌ها و ماشین آلات مذکور نصب شود. انتخاب محل استقرار ماشین آلات مورد نیاز عملیات در معابر باید با رعایت ضوابط بند ۲-۷-۲-۱ – پ و ت و ۲-۷-۳-۷ انجام پذیرد.

**۵-۷-۲-۵-** در شیارهای عمیق و طولانی که عمق آن‌ها بیش از ۱ متر است، باید به ازای حداکثر هر ۳۰ متر طول، یک نردبان کار گذارده شود. لبه بالایی نردبان باید تا حدود ۱ متر بالاتر از لبه شیار ادامه داشته باشد.

**۵-۷-۲-۶-** درمواردی که حفاری در زیر پیاده‌روها ضروری است باید برای پیشگیری از خطر ریزش، اقدامات احتیاطی از قبیل نصب مهارهای مناسب با استقامت کافی انجام و با نصب موانع، نرده‌ها و علایم هشداردهنده مطابق بخش ۲-۱۱ منطقه خطر به‌طورکلی محصور و از عبور و مرور افراد جلوگیری به‌عمل آید.

### ۵-۷-۳- بازدید و بازرسی از گود

**۵-۷-۳-۱-** در موارد زیر باید دیواره‌های محل گودبرداری، همچنین دیوارها و ساختمان‌های مجاور، دقیقاً توسط شخص صاحب صلاحیت مورد بررسی و بازدید قرار گرفته و در نقاطی که خطر ریزش، لغزش یا تغییرشکل‌های غیرمجاز به وجود آمده، اقدامات مورد نیاز به‌عمل آورده شود:

omoorepeyman.ir

**الف**- قبل از پایدارسازی کامل به صورت روزانه و بعد از پایدارسازی، حداقل هفته‌ای یک بار.

**ب**- بعد از یک وقفه ۲۴ ساعته یا بیشتر در کار.

**پ**- بعد از وقوع بارندگی، طوفان، سیل، زلزله و یخبندان.

**ت**- بعد از هرگونه عملیات انفجاری.

**ث**- بعد از ریزش ناگهانی.

**ج**- بعد از وارد آمدن صدمات اساسی به مهارها.

**چ**- در صورت مشاهده هرگونه تغییر رنگ خاک و مشاهده آثار رطوبت غیرمعمول و جدید.

**ح**- در صورت شنیدن صداهای مهیب از داخل دیوارهای پایدارسازی شده به‌ویژه به روش میخ‌کوبی و انکراژ.

**۵-۷-۳-۲**- در گودهایی که عمق آن‌ها بیش از ۱ متر است، نباید کارگر در محل کار به‌تنهایی به‌کار گمارده شود. همچنین اگر در مجاورت محل گودبرداری و حفاری کارگرانی مشغول به‌کار دیگری باشند، اقدامات احتیاطی برای ایمنی آنان نیز باید به‌عمل آورده شود.

**۵-۷-۳-۳**- درصورتی‌که احتمال نشت و تجمع گازهای سمی و خطرناک در داخل کانال وجود داشته باشد باید با اتخاذ تدابیر فنی و نصب وسایل تهویه، هوای منطقه تنفسی کارگران به‌طور موثر تهویه شود. همچنین در صورت تجمع آب در کانال باید نسبت به تخلیه آن اقدام شود.

**۵-۷-۳-۴**- چنانچه در طول مدت زمان گودبرداری یا پس از آن، رنگ خاک بخشی از دیواره گود تیره‌تر از رنگ بقیه خاک ساختگاه شود، یا درصد رطوبت بخشی از دیواره گود افزایش یابد یا آب از بخشی از دیوار به داخل گود نفوذ کند، نشان دهنده وجود حفره‌ها یا چاه‌های جذبی فاضلاب، نشت آب از شبکه آب یا فاضلاب، وجود باغچه در حال آبیاری در زمین‌های مجاور یا عبور آب‌های زیر زمینی از میان لایه‌های درشت دانه یا منبع آب با منشأ نامشخص در حوالی مرز گودبرداری است و احتمال کاهش پایداری دیواره گود در آن نواحی بیشتر خواهد بود. لذا بسته به نوع پدیده مشاهده شده باید راه‌کارهای پایدارسازی تکمیلی در حذف منبع ایجاد رطوبت به‌کار رود و افزایش ظرفیت سازه نگهبان به‌طور موضعی در همان ناحیه با تایید دستگاه نظارت در نظر گرفته و اجرا شود.

**۵-۷-۳-۵**- چنانچه در هنگام نصب سازه نگهبان یا پس از آن یکی از عناصر سازه‌ای مانند یک دیوار، مهار پشت‌بند، ستون، شالوده ستون‌ها یا شالوده تامین‌کننده نیروهای فشار مقاوم و عناصر افقی کاهش دهنده طول کمانش جانبی پشت بندها، به حالت حدی کمانش یا گسیختگی خود برسد، نشان دهنده اعمال نیروهای بیش از ظرفیت سازه نگهبان است، در این موارد باید مسئله سریعاً بررسی و با نظر دستگاه نظارت طرح تقویت سازه نگهبان اجرا شود.

**۵-۷-۳-۶**- باید به‌طور روزانه آمار کارگران شاغل در گود به‌صورت دقیق با تمام مشخصات، آدرس و تلفن تماس در دفتر مخصوص این کار ثبت شود.

omoorepeyman.ir

**۵-۷-۳-۷-** سیستم روشنایی کامل برای مکان گودبرداری ساختگاه باید تأمین و در هنگام شب، تمام قسمت‌های کارگاه گودبرداری با نورکافی روشن شود به‌نحوی که خرابی احتمال هر قسمت از سازه نگهبان یا دیواره گودبرداری را بتوان از بیرون گود به‌خوبی مشاهده کرد.

**۵-۷-۳-۸-** تا حد امکان در شب و زمان بارندگی باید از خاکبرداری در مجاور مرزگودبرداری خودداری شود. در صورتی‌که خاکبرداری در چنین مواردی الزامی باشد، خاکبرداری باید با مجوز دستگاه نظارت انجام شود.

**۵-۷-۳-۹-** در مواقع بارندگی چنانچه بخشی از دیواره گود در معرض بارندگی قرار داشته و دیوار سازه نگهبان در آن قسمت تکمیل نشده باشد، ضروری است با پوشش آب‌بند پلاستیکی مناسب تا کف گود به‌گونه‌ای که از نفوذ آب به دیوار و پای آن جلوگیری نماید، پوشانده شود.

### ۵-۷-۴- انتقال و انبارکردن تجهیزات و مصالح

**۵-۷-۴-۱-** انبارکردن و نگهداری موقت مواد و مصالح قابل احتراق و اشتعال پایه پلیمری از قبیل ژئوسنتتیک‌ها، ژئوتکستایل‌ها، ژئوگرید، ژئو ممبران باید مطابق ضوابط بند ۲-۲-۵-۷ و ۳-۴-۳-۲ صورت گیرد و محل انبارش مجهز به تجهیزات اطفای حریق، مطابق بند ۲-۴-۶ باشد. همچنین محل انبار این مصالح باید در مکانی خلوت و به دور از مسیر تردد کارگران قرار داشته باشد.

**۵-۷-۴-۲-** قطعات بتنی پیش‌ساخته مورد استفاده در اجرای ستون‌های روش بالا به پایین و نظایر آن باید به‌گونه ای ساخته شوند که عملیات نقل و انتقال، جابجایی، نصب و برپاکردن آن‌ها به‌راحتی و با ایمنی کامل انجام شود. وزن تقریبی قطعات نیز باید بر روی آن‌ها نوشته یا حک شود. قلاب‌ها یا سایر وسایلی که در قطعات پیش‌ساخته به‌منظور سهولت جابجایی و بلندکردن آن‌ها پیش‌بینی و تعبیه می‌شوند، باید مطابق ضوابط بند ۶-۴-۴-۲ (جلد سوم، بتن و اجرای آن) باشد.

**۵-۷-۴-۳-** قبل از قراردادن ماشین آلات و وسایل مکانیکی از قبیل جرثقیل، بیل مکانیکی، کامیون و غیره و یا انباشتن خاک‌های حاصل از گودبرداری و حفاری و مصالح ساختمانی در نزدیکی لبه‌های گود، در صورت تشخیص و تایید دستگاه نظارت باید شمع، سپر و مهارهای لازم برای افزایش مقاومت در مقابل بارهای اضافی در دیواره گود نصب شود.

**۵-۷-۴-۴-** در تخلیه میلگرد یا تیرآهن و سایر بارهای سنگین مشابه در اطراف لبه‌های گود به‌ویژه در زمانی‌که پایدارسازی دیواره‌ها کامل نشده، باید توسط دستگاه نظارت اطمینان حاصل شود که وزن و ضربات ناشی از تخلیه این مصالح و ارتعاشات ناشی از آن، خطری برای گود ایجاد نمی‌کند. رعایت فاصله ایمن مناسب و اتخاذ تدابیر لازم برای کاهش وزن و ضربه ناشی از تخلیه بار الزامی است. در تخلیه مصالح ناشی از خاکبرداری و دپوی لوله‌ها و سایر مصالح مورد نیاز اجرای عملیات حفر گود و کانال باید الزامات بند ۲-۲-۶ رعایت شود.

omoorepeyman.ir

**۵-۷-۴-۵-** در شرایطی که فضای کار محدود است، همچنین در زمین‌هایی که شرایط استحکام خاک مطلوب نیست و لازم است سربار لبه گود کاهش یابد، باید مصالح خارج شده از گود مرتباً بارگیری و به محل دپوی تعیین شده حمل شود. همچنین این مصالح نباید در پیاده‌روها و معابر عمومی به نحوی انباشته شود که مانع عبور و مرور شود و الزامات بند ۲-۲-۷-۱ باید رعایت شود.

**۵-۷-۴-۶-** بالاکشیدن اجسام سنگین و حجیم از جمله تیرآهن و قطعات فولادی مورد استفاده در اجرای سازه نگهبان خرپایی، نصب ستون‌ها و اجزای اسکلت فلزی در روش بالا به پایین، مهار متقابل، دیوار برلنی و مانند آن‌ها، به صورت دستی با طناب، کابل و نظایر آن مجاز نیست و باید از جرثقیل و یا سایر بالابرهای مکانیکی مناسب استفاده شود. همچنین استفاده از زنجیر برای بستن تیرآهن و سایر اجزای فولادی مجاز نمی‌باشد. ایمنی وسایل بالابر و سایر ادوات و تجهیزاتی که در برپایی و نصب اجزای سازه‌های فولادی به‌کار گرفته می‌شوند باید مطابق با مفاد بخش ۲-۸ تامین شود.

**۵-۷-۴-۷-** در صورتی‌که از وسایل بالابر برای حمل خاک و مواد حاصل از گود برداری و حفاری استفاده شود، باید پایه‌های این وسایل به طور محکم و مطمئن نصب شده و خاک و مواد مذکور نیز باید با محفظه‌های ایمن و مطمئن بالا آورده شود.

### ۵-۷-۵- تجهیزات و ماشین آلات

**۵-۷-۵-۱-** به‌کارگیری ماشین آلات ساختمانی در عملیات خاکی، باید مطابق ضوابط بخش ۲-۷ انجام شود.

**۵-۷-۵-۲-** برای ضوابط ماشین آلات قیرپاش به بند ۱۳-۵-۴ (جلد نهم، محوطه سازی) مراجعه شود.

**۵-۷-۵-۳-** برای ضوابط ماشین آلات متراکم کننده خاک (غلتک‌ها) به بند ۱۳-۵-۵ (جلد نهم، محوطه سازی) مراجعه شود.

**۵-۷-۵-۴-** در استفاده از جک‌های هیدرولیکی باید ضوابط بند ۲-۷-۸-۵ رعایت شود.

**۵-۷-۵-۵-** استفاده از دستگاه‌های جوشکاری و برشکاری برای ساخت، برپایی و نصب اجزای فولادی مورد نیاز، باید با رعایت مفاد بند ۲-۳ انجام شود.

**۵-۷-۵-۶-** استفاده از ابزارهای دستی و قدرتی باید با رعایت مفاد بند ۲-۷-۱۰ انجام شود.

**۵-۷-۵-۷-** برای عملیات کندن، هل دادن، دپوکردن و تسطیح خاک در زمین‌های ناپایدار، باید از ماشین‌های دارای چرخ‌های زنجیری استفاده شود.

**۵-۷-۵-۸-** محل استقرار ماشین‌آلات و وسایل مکانیکی از قبیل جرثقیل، بیل مکانیکی، لودر، کامیون یا انباشتن خاک‌های حاصل از گودبرداری و یا مصالح ساختمانی در مجاورت گود، باید توسط شخص صاحب صلاحیت بررسی و حداقل فاصله مناسب تعیین شود؛ این فاصله باید دقیقاً از لبه گود رعایت شود. این فاصله در هر حال، نباید کمتر از ۱ متر از لبه گود باشد.

omoorepeyman.ir

**۵-۷-۵-۹-** در سطوح شیب‌دار محدوده کارگاه حین مراحل مختلف عملیات خاکی ضروری است تا تمهیدات لازم برای جلوگیری از حرکت ناخواسته ماشین آلات حفر و جابجایی خاک، کامیون مخلوط‌کن و مانند آن در حین اجرای عملیات از طریق قرار دادن بلوک‌های چوبی در زیر چرخ‌ها و توجه به شیب مجاز و پیشگیری از واژگونی به‌عمل آورده شود.

**۵-۷-۵-۱۰-** در صورتی‌که در گودبرداری از دستگاه‌های برقی مانند الکتروموتور برای هوادهی، تخلیه آب، پمپاژ دوغاب و نظایر آن استفاده می‌شود، این گونه دستگاه‌ها باید با رعایت مفاد بخش ۲-۱۲ به‌کار گرفته شوند تا کارگران در مقابل خطر برق‌گرفتگی محافظت شوند.

**۵-۷-۵-۱۱-** عملیات اجرای میخ و مهار، حفاری و تزریق دوغاب همراه با ایجاد سر و صدا، دود و گرد و غبار است. از این رو لازم است فعالیت اجرایی در مناطق شهری به‌نحوی مدیریت شود که کمترین مزاحمت ممکن برای اهالی منطقه را در بر داشته باشد. در مناطق شهری اجرای عملیات چال زنی و فعالیت کمپرسور و دریل واگن باید مطابق با ساعات کار مجاز مطابق بند ۲-۹-۶-۲ باشد.

**۵-۷-۵-۱۲-** در صورتی‌که از موتورهای احتراق داخلی در گود استفاده می‌شود باید با اتخاذ تدابیر فنی، گازهای حاصل از کار موتور به‌طور موثر از منطقه کاری کارگران تخلیه شود.

**۵-۷-۵-۱۳-** فقط اشخاص صاحب صلاحیت مجاز به انجام تعمیرات بر روی تجهیزاتی از قبیل کمپرسور، کامیون مخلوط‌کن، پمپ، جت گروتینگ، چک‌های هیدرولیکی و... سایر تجهیزات مورد استفاده در عملیات می باشند. قبل از شروع عملیات تعمیر، تمام منابع انرژی دستگاه قطع شده و مطابق بند ۲-۲-۹ دستگاه باید قفل و برچسب زده شود. بر روی برچسب مربوط باید عبارتی نوشته شود که نشان دهنده خارج از سرویس بودن دستگاه باشد.

**۵-۷-۵-۱۴-** دستگاه همزن ساخت دوغاب باید مجهز به ضامن باشد تا در هنگام تمیزکاری دستگاه، از به کار افتادن تصادفی آن پیشگیری به‌عمل آید.

**۵-۷-۵-۱۵-** شیلنگ‌های هوای فشرده مورد استفاده در پمپاژ و تزریق دوغاب و بتن پاشی، باید دارای اتصالاتی با قابلیت خرابی بی‌خطر[۱] باشند تا از جدا شدن قسمت‌های مختلف آن از یکدیگر در زمانی که تحت فشار هوا قرار می‌گیرند جلوگیری شده و ریسک برخورد آن با کارگران کاهش یابد.

**۵-۷-۵-۱۶- در** راه اندازی و بهره برداری از ابزار آلات پنوماتیکی قابل حمل باید ریسک ناشی از صدمات شروع به کار ماشین به حداقل رسانده شود و در مواقعی که فشار بهره برداری متغیر است شیر هوا به‌صورت اتوماتیک تنظیم شود.

**۵-۷-۵-۱۷-** شیلنگ و اتصال شیلنگ هوای فشرده ابزار پنوماتیکی قابل حمل باید برای فشار کاری مجاز طراحی شده و به‌صورت محکم و ایمن به خروجی لوله بسته شده باشد.

**۵-۷-۵-۱۸-** ابزارهای پنوماتیکی (چکش و دریل‌های بادی) باید به گیره ایمن و ابزار آزادساز برای جلوگیری از قلاب شدن ابزارها مجهز باشند.

۱- fail safe

omoorepeyman.ir

**۵-۷-۵-۱۹-** با توجه به بالا بودن احتمال بروز خطرات به‌دلیل ماهیت عملیات گودبرداری و پایدارسازی و استفاده از ماشین آلات سنگین در اجرای کار باید ناحیه نا ایمن در اطراف ماشین‌آلات و جبهه‌های کاری با استفاده از علائم و تابلوهای هشدار دهنده مطابق بخش ۲-۱۱ مشخص و از بقیه قسمت‌های کارگاه تفکیک شود. ورود افراد و وسایل نقلیه به این نواحی مشخص شده باید با هماهنگی مسئول ایمنی و سرپرست عملیات اجرایی انجام شود.

**۵-۷-۵-۲۰-** تجهیزات زیرفشار مانند جک‌ها، اهرم‌ها و شیلنگ‌ها از نظر خرابی، فرسودگی و لقی و شیلنگ‌ها از نظر عدم وجود ترک، سوراخ و پارگی، خوردگی و فرسودگی و هرگونه نشتی باید به‌صورت مستمر بازدید و بررسی شده و در صورت مشاهده هرگونه مورد غیرعادی، رفع عیب شود.

**۵-۷-۵-۲۱-** اطراف موتور و رادیاتور ماشین‌آلات خاکبرداری از نظر جمع شدن آشغال و گردوخاک باید به‌صورت روزانه بازدید و بررسی شود. همچنین اطراف باتری یا قطعاتی از موتور که دارای حرارت زیاد هستند مثل خفه‌کن اگزوز و توربو شارژ باید از نظر تجمع هرگونه مواد قابل اشتعال (شاخ و برگ و علف‌های خشک و...) به‌صورت مستمر بازدید شده و در صورت وجود، پاکسازی شوند.

**۵-۷-۵-۲۲- کامیون**

**الف-** کار با کامیون‌هایی که انباره سوخت و یا لوله‌های سوخت‌رسانی آن‌ها دچار نقص فنی شده مجاز نیست، چون ممکن است منجر به وقوع آتش سوزی شود.

**ب-** هر راننده‌ای که به منطقه عملیات می‌رسد باید نوبت بارگیری را رعایت کرده و در منطقه‌ای توقف نماید که خارج از عملکرد بیل‌های مکانیکی باشد و قبل از دریافت اجازه حرکت از طرف مسئول بیل مکانیکی، کامیون را به حرکت در نیاورد.

**پ-** باید در قسمت عقب کامیون، چراغ پر نور برای تامین روشنایی در شب، در زمان حرکت به طرف عقب تعبیه شود.

**ت-** کامیون‌های کمپرسی باید دارای دستگاه‌های بالابرنده سالم باشند.

**ث-** استفاده از کامیون‌های کمپرسی که دارای نقص‌هایی چون نشت روغن از سیستم هیدرولیکی، کاهش فشار هوا در دستگاه‌های پنوماتیکی، درست کار نکردن فشارسنج‌های کمپرسورها، خوردگی یا شکستن اجزای مکانیکی دستگاه، سالم نبودن ترمز دستی، رگلاژ نبودن ترمزها، کم باد بودن لاستیک‌ها، ظاهر شدن شکاف عرضی در طول شاسی و تغییر شکل آن، شل بودن یا فقدان پرچ‌ها دراتصال فرمان، پاره و زده شدن لاستیک‌ها، سالم نبودن قفل چرخ‌ها هستند، مجاز نمی‌باشد.

**۵-۷-۵-۲۳- بیل مکانیکی**

**الف-**در هنگام حرکت بیل مکانیکی، جام یا خاکبردار آن باید خالی از بار باشد، همچنین بوم آن باید در جهت حرکت قرار گیرد.

omoorepeyman.ir

**ب**- در موقع تعمیر جام یا خاک بردار بیل مکانیکی یا لودر با تعویض ناخن‌های آن، باید آن را قبلاً در محل خود محکم نمود تا از حرکت ناگهانی آن و ایجاد حادثه جلوگیری به‌عمل آید.

**پ**- راننده نباید در زیر محل استقرار بیل مکانیکی اقدام به حفاری نماید.

**ت**- قبل از شروع بارگیری باید اطمینان حاصل شود که پایداری بیل مکانیکی در زمان بارگیری و مانور، حفظ می‌شود.

**۵-۷-۵-۲۴- لودر**

**الف**- برای حفظ تعادل بیشتر دستگاه، در زمان حرکت لودر با جام بار شده، باید جام نزدیک زمین نگه داشته شود.

**ب**- حداکثر شیب مسیر برای کار با لودر چرخ لاستیکی ۳۰ درجه است.

**پ**- از بیل (جام) دستگاه نباید به‌عنوان بالابر استفاده شود.

**ت**- راننده لودر هنگام ساختن خاکریز یا خاکریزی از بالای پرتگاه‌ها، باید برای افزایش ایمنی و جلوگیری از سقوط دستگاه، ابتدا توده‌ای اولیه و موقت از خاک را جمع کرده و سپس با استفاده از توده بعدی، به توده اولیه فشار وارد کند.

**ث**- هنگامی‌که راننده به خاک بالای پرتگاه فشار وارد می‌کند یا زمانی‌که ماشین به قله سربالایی می‌رسد، بار وارده و نیروی مقاوم در برابر حرکت ماشین، به‌ناگهان کاهش می‌یابد و خطر افزایش سریع و کنترل نشده سرعت ماشین وجود دارد. در چنین موقعیت‌هایی راننده باید تمرکز کافی داشته و سرعت را کاهش دهد.

**ج**- هنگام حمل و جابه‌جایی محموله‌های ناپایدار (مانند اجسام کروی، گرد یا صفحات روی‌هم انباشته)، خطر سقوط بار روی اتاقک راننده و مصدومیت افراد و خرابی ماشین وجود دارد، لذا جام نباید در ارتفاع بالا قرار گیرد و به عقب نیز نباید خم نشود.

**چ**- استفاده نامناسب از تایرها و رینگ‌های مربوط، خطر ترکیدن و خراب شدن لاستیک یا پرتاب شدن رینگ به سمت بیرون را به‌همراه دارد که می‌تواند منجر به مصدومیت نفرات حاضر در محدوده آن شود. هنگام بادکردن تایرها از قرارگرفتن افراد در نزدیکی آن باید اجتناب شود و شیلنگ باد باید با نصب گیره به شیر باد تایر محکم شود. جوشکاری و روشن کردن آتش در کنار تایرهای لودر مجاز نیست.

**۵-۷-۵-۲۵- بولدوزر**

**الف**- برای تعمیرات، روغنکاری و رگلاژ باید بولدوزر را در محوطه‌ای صاف و افقی نگهداشت، موتور را خاموش کرد و بیل را روی زمین قرار داد.

**ب**- به‌منظور بازدید قسمت زیر بیل بولدوزر، باید موتور آن را خاموش کرد و بیل را روی پایه‌ای مطمئن تکیه داد و آنگاه آن را بازدید کرد.

**پ**- حمل و نقل ماشین آلات، اطاق‌های سیار و... به‌وسیله بولدوزر فقط با بکسل بند ثابت مجاز است.

omoorepeyman.ir

**ت**- حمل و نقل بولدوزر معیوب باید توسط تریلر انجام شود. در صورت لزوم باید از بکسل بند ثابت برای بکسل کردن بولدوزر استفاده کرد و بیل را باید پایین نگه داشت. به هنگام جابه‌جایی دستگاه از یک محل به محل دیگر، باید آن را محکم بست و جلوی چرخ‌های آن را کاملاً مسدود کرد.

**ث**- سرعت مجاز بولدوزر چرخ لاستیکی ۳۲ تا ۴۸ کیلومتر در ساعت است.

**ج**- بولدوزر باید قبل از شروع به کار، گریس‌کاری و روغنکاری شود.

**چ**- حین تخلیه در نزدیکی لبه‌ها برای جلوگیری از سقوط، باید مانعی جلوی چرخ‌های دستگاه قرار داده شود.

**ح**- به‌کارگیری بولدوزرهای چرخ لاستیکی در جبهه‌های کاری با شیب بیش از ۲۵ درجه مجاز نیست.

**۵-۷-۵-۲۶- اسکریپر**

**الف**- اسکریپر باید توسط یک رشته کابل اطمینان به کشنده متصل شود.

**ب**- هنگام تعویض تیغه‌های اسکریپر، جام تیغه‌ها باید به‌عنوان تکیه‌گاه قرار بگیرد.

**پ**- در اسکریپرهایی که توسط تراکتورهای لاستیکی کشیده می‌شوند در راه‌های دسترسی، در زمان پُر بودن، شیب مجاز حداکثر ۱۵ درجه و در زمان خالی بودن دستگاه، شیب مجاز، حداکثر ۲۵ درجه است.

**۵-۷-۵-۲۷- شمع‌کوب**

**الف**- در زمان کوبش شمع‌ها و سپرها، برای جلوگیری از حوادث احتمالی مانند سقوط شمع هنگام جابجایی، پاره شدن کابل‌های جرثقیل، باید عملیات بار برداری مطابق بخش ۲-۸ انجام شود.

**ب**- حین اجرای شمع‌های کوبشی و درجا لازم است جهت پیشگیری از حوادث ناشی از واژگونی شمع‌کوب یا شمع، پاره شدن شیلنگ‌های هیدرولیکی و پنوماتیکی، همچنین جلوگیری از رفت و آمدهای افراد غیرمسئول، با استفاده از نوار خطر مطابق بند ۲-۱۱ حریم ایمن مشخص شود.

**پ**- چنانچه در حین کوبش، بالشتک شمع مشتعل شود یا دود کند، باید بلافاصله خاموش شده و به محل مناسب برای تعمیرات منتقل شود.

**۵-۷-۵-۲۸- دستگاه حفاری**

**الف**- دستگاه حفاری نباید در محلی که در معرض ریزش سنگ قرار دارد مستقر شود.

**ب**- قبل از چال زنی باید از سفت بودن زمین محل استقرار چرخ‌های دستگاه اطمینان حاصل شود.

**پ**- از منطقه‌ای که حفاری شده باید بازدید شده و از اتمام حفاری مطابق طرح چال‌زنی اطمینان حاصل شود.

**ت**- در حفاری‌های انجام شده در سطح زمین باید دهانه سوراخ‌های حفاری شده مسدود شود یا منطقه کاری برای عدم ورود افراد متفرقه حصارکشی و علامت‌گذاری شود تا پای شان در حفرات ایجاد شده فرو نرود و آسیب نبینند.

omoorepeyman.ir

**ث**- از شیلنگ‌های باد باید به‌صورت مستمر بازدید به‌عمل آورده شود و قسمت‌های دارای سوراخ به روش بریدن و زدن بست در آن قسمت، اصلاح شود.

**ج**- بست‌های روی شیلنگ باد که بر اثر جابجایی و کشیده شدن روی زمین شل می‌شوند باید به‌صورت مستمر بازدید شوند.

**چ**- هنگام بازکردن قطعات دستگاه باید شیر باد بسته باشد.

**ح**- حین حفاری هر چال قبل از حفر کامل در چندین نوبت، راد و مته باید جلو و عقب برده شود تا مته در داخل چال گیر نکند.

**خ**- اگر به‌طور اتفاقی خروج دود یا بخار از دستگاه مشاهده شد جریان برق باید فورا قطع شود.

**د**- در خلال جابه‌جایی دستگاه حفاری در فواصل طولانی و یا هنگامی‌که روی سطح شیبدار حرکت می‌کند باید دکل پایین آورده شود.

omoorepeyman.ir

# Building General Technical Specification Volume II

# Demolation-Geotechnics

# [IR-Code 55-2]

## Authors & Contributors Committee:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Mohsen | Bahram ghaffari (Demolation Section Chair) | Hafez Construction Co. | M.Sc. of Civil Eng. |
| Zahra | Mansouri | Middle East Water and Environment Consulting Engineers | M.Sc. of Civil Eng. |
| Ali | Taheri | National Iranian Gas Company | Ph.D. of Civil Eng. |
| Farzin | Kalantary (Geotechnics Section Chair) | K.N.Toosi University of Technology | Ph.D. of Civil Eng. |
| Javad | Nazariafshar | Azad University | Ph.D. of Civil Eng. |
| Hamed | Bayesteh | Ghom University | Ph.D. of Civil Eng. |
| Mahdi | Rojhani | Kharazmi University | Ph.D. of Civil Eng. |
| Hamidreza | Elahi | Saman pey Co. | Ph.D. of Civil Eng. |
| Eiman | Reza | K.N.Toosi University of Technology | M.Sc. of Civil Eng. |
| Mohsen | Sabermahani | Iran University of Science & Technology | Ph.D. of Civil Eng. |
| Soheil | Jafarinejad | Construction Materials Institute of University of Tehran | M.Sc. of Civil Eng. |
| Amir | Malekmohammadi | Construction Materials Institute of University of Tehran | M.Sc. of Civil Eng. |

## Coordination and Integration Committee:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Mohammad | Shekarchi (Chair) | University of Tehran | Ph.D. of Civil Eng. |
| Asghar | Sead samii | University of Tehran | Ph.D. of Architectural Eng. |
| Hasan | Aghatabesh | Ministry of Roads & Urban Development | M.Sc. of Civil Eng |
| Mohammad hosein | Eftekhar | Bonyad Maskan Co. | M.Sc. of Civil Eng. |

omoorepeyman.ir

| | | | |
|---|---|---|---|
| Alireza | Toutounchi | Deputy of Department of Technical & Executive Affairs | M.Sc. of Civil Eng. |
| Mohammad jafar | Alizadeh | Ministry of Roads & Urban Development | M. Sc. of Civil Eng. |
| Javad | Farid | Behrad Fardis Co. | M.Sc. of Civil Eng. |
| Mohammad reza | Tabib zadeh | Association of Petroleum Industry Engineering & Construction Companies | M.Sc. of Civil Eng. |
| Behnaz | Pourseyed | Former Head of Department of Technical & Executive Affairs | M.Sc. of Civil Eng. |
| Mohammad reza | Siadat | Expert of Department of Technical & Executive Affairs | M.Sc. of Architectural Eng. |
| Hassan | Soltanali | Avid Saraye Imeni Keifiyat Co. | M.Sc. of Civil Eng. |
| Mohsen | Bahram ghaffari | Hafez Construction Co. | M.Sc. of Civil Eng. |
| Farzin | Kalantary | K.N.Toosi University of Technology | Ph.D. of Civil Eng. |
| Hormoz | Famili | Kooban Kav Consulting Engineers Co. | Ph.D. of Civil Eng. |
| Abazar | Asghari | University of Tehran | Ph.D. of Civil Eng. |
| Rasoul | Mirghaderi | University of Tehran | Ph.D. of Civil Eng. |
| Farhang | Farahbod | Building and Housing Research Center | Ph.D. of Civil Eng. |
| Nader | Khajeh ahmad attari | Building and Housing Research Center | Ph.D. of Civil Eng. |
| Sohrab | Veiseh | Building and Housing Research Center | Ph.D. of Mining Eng. |
| Mojdeh | Zargaran | Building and Housing Research Center | Ph.D. of Chemical Eng. |
| Behrouz | Kari | Building and Housing Research Center | Ph.D. of Civil Eng. |
| Alireza | Khavandi | University of Zanjan | Ph.D. of Civil Eng. |
| Abdollah | Hosseini | University of Tehran | Ph.D. of Civil Eng. |
| Seyed ali | Razavi | University of Science and Culture | Ph.D. of Civil Eng. |
| Behnam | Mehrparvar | Building and Housing Research Center | Ph.D. of Civil Eng. |

omoorepeyman.ir

**Steering committee (With the secretary of Road, Housing & Urban Development Research Center):**

| | | |
|---|---|---|
| Mohammad | Shekarchi (chair) | University of Tehran |
| Mohammad hosein | Eftekhar | Bonyad Maskan Co. |
| Mohammad jafar | Alizadeh | Ministry of Roads & Urban Development |
| Alireza | Toutounchi | Plan and Budget Organization |

**Steering committee (Plan and Budget Organization):**

| | | |
|---|---|---|
| Alireza | Toutounchi | Deputy of Department of Technical & Executive Affairs |
| Mohammad reza | Siadat | Expert of Department of Technical & Executive Affairs |
| Sajjad | Heidari Hasanaklou | Expert of Department of Technical & Executive Affairs |

omoorepeyman.ir

## Abstract:

The first edition of Code 55 was published in 1974 with focus on standardizing the general technical specifications for buildings in the country. The second edition, released in 2013, also considered an adaptation to the country's climatic conditions and incorporated attention to new technologies and industrial innovations. The revision and completion of contents, particularly in the second chapter "Construction Materials," the fifth chapter "Concrete," and the inclusion of new relevant standards throughout the text, along with technical editing of the entire collection, were among the significant changes that have been made.

The current edition, compiled by the Road, Housing, and Urban Development Research Center, represents the "third revision" of Code 55. This revision is based on the significant developments in the construction industry in the recent years compared to the previous edition. Fundamental revisions have been made, with key topics including attention to principles of sustainable development, environmental protection, energy conservation, application of new technologies, and industrialized building methods. There is also a focus on considering climatic and geographical conditions in material selection, providing implementation methods with monitoring and control capabilities, prioritizing the use of local materials and domestic construction, and paying special attention to the country's seismic conditions.

Due to the extensive content, this regulation has been prepared and compiled in ten separate volumes as described below:

- Volume One: General Specification, Documentation, Health and Safety Executive
- **Volume Two: Demolition, Geotechnics**
- Volume Three: Concrete, Technology and Construction
- Volume Four: Steel and Implementation of Steel Structures
- Volume Five: Masonry work, Building Facade
- Volume Six: Insulation
- Volume Seven: Coatings
- Volume Eight: Doors and Windows
- Volume Nine: Landscaping
- Volume Ten: Seismic Rehabilitation of Existing Buildings

This volume (the second volume) consists of the fourth chapter (Demolition), the fifth chapter (Geotechnics).

Users are encouraged to send their desired amendments to the secretariat of Code 55 (Code55@bhrc.ac.ir) to contribute to the enhancement of the current code. Proposed amendments will be reviewed by experts, and a revised text will be prepared if necessary. It is important to acknowledge the approximately 100 professors and experts who actively participated in compiling this edition.

omoorepeyman.ir

**Islamic Republic of Iran**
**Plan and Budget Organization**

# Building
# General Technical Specification
# Volume II

## Demolation-Geotechnics

## IR-Code 55-2

**Last Version 01/08/2025**


Deputy of Technical, Infrastructure and Production

Road, Housing & Urban Development Research Center

Department of Technical and Executive Affairs

Department/Office

nezamfanni.ir

2025


omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

**این ضابطه**

به عنوان جلد دوم مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی، به تخریب و ژئوتکنیک در هنگام ساخت ساختمان می‌پردازد و رعایت آن طبق بخشنامه ابلاغی الزامی است.

omoorepeyman.ir