راهنمای بازرسی انواع دیوار حائل

مجری:

زهرا گواشیری

همکاران:

امیر محجوب، مهران غلامی

شماره نشر: گ- ۱۰۸۸

چاپ اول: ۱۴۰۳

سرشناسه	: گواشیری، زهرا، ۱۳۵۳ –
عنوان و نام پدیدآور	: راهنمای بازرسی انواع دیوار حائل/ مجری [طرح] زهرا گواشیری، همکاران امیر محجوب، مهران غلامی
مشخصات نشر	: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی۱۴۰۳.
مشخصات ظاهری	: ح، [۱۷۳] ص.: مصور ، جدول، نمودار
فروست	: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، شماره نشر: گ –۱۰۸۸
شابک	: ۹۷۸–۶۰۰–۱۱۳–۵۰۰–۲
وضعیت فهرستنویسی	: فیپا
یادداشت	: چکیده به زبان انگلیسی در انتهای کتاب آورده شده است.
یادداشت	: پشت جلد به انگلیسی: Zahra Gavashiri, Amir Mahjoob, Mehran Gholami. Inspection guide for retaining wall types**.**
یادداشت	: **کتابنامه: ص. ۱۳۱ – ۱۳۲.**
موضوع	: دیوارهای حائل -- بازرسی -- ایران
موضوع	: Inspection -- IranRetaining walls --
موضوع	: **دیوارهای حائل -- نگهداری و تعمیر -- ایران**
موضوع	:Maintenance and repair -- Iran Retaining walls --
شناسه افزوده	: محجوب، امیر، ۱۳۶۰ –
شناسه افزوده	: غلامی، مهران، ۱۳۵۲ –
شناسه افزوده	: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
شناسه افزوده	: Road, Housing and Urban Development Research Center
رده بندی کنگره	: TAv۷۰
رده بندی دیویی	: ۶۲۴/۱۶۴
شماره کتابشناسی ملی	: ۹۷۶۴۵۵۶
وضعیت رکورد	: فیپا

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

نام کتاب: راهنمای بازرسی انواع دیوار حائل
مجری: زهرا گواشیری
همکاران: امیر محجوب، مهران غلامی
شماره نشر: گ– ۱۰۸۸
ناشر: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
نوبت چاپ: اول
تیراژ: ۱۰۰ جلد
قطع: وزیری
لیتوگرافی، چاپ و صحافی: اداره انتشارات و چاپ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
قیمت: ۱۴۵۰۰۰۰ ریال
شابک: ۹۷۸–۶۰۰–۱۱۳–۵۰۰–۲ **ISBN**: 978-600-113-500-2

مسئولیت صحت دیدگاه‌های علمی بر عهده نگارندگان محترم می‌باشد.
کلیهٔ حقوق چاپ و انتشار اثر برای مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی محفوظ است.

نشانی ناشر: تهران، بزرگراه شیخ فضل ا... نوری، روبروی فاز ۲ شهرک فرهنگیان، خیابان نارگل، خیابان شهید علی مروی، خیابان حکمت صندوق پستی: ۱۳۱۴۵–۱۶۹۶ تلفن: ۶–۸۸۲۵۵۹۴۲ دورنگار: ۸۸۳۸۴۱۳۲
پست الکترونیکی:pub@bhrc.ac.ir فروش الکترونیکی: http:// pub.bhrc.ac.ir

سخن مرکز

حمل ونقل از ابتدای تاریخ بشر، نقشی اساسی در شکل‌دهی جوامع انسانی و توسعه اقتصادی آنها ایفا نموده است و در عصر حاضر نیز شریانهای ارتباطی، زیربنای اقتصاد هر کشوری را تشکیل می‌دهد. توسعه پایدار، حمل ونقل سریع و ایمن نیز همانند سایر ابعاد زندگی بشر، هنگامی تبلور پیدا می‌کند که به صورت نظام‌مند و بر اساس منطق علمی پایه‌ریزی شده باشد. دراین فرایند علمی و نظام‌مند است که نقش و جایگاه علوم حمل ونقل در توسعه پایدار و اقتصاد جوامع تجلی می‌یابد.

پژوهشکده حمل ونقل مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی در راستای پاسخگویی به نیازهای دستگاههای اجرایی زیر مجموعه وزارت راه و شهرسازی، انجام پژوهش‌های کاربردی را در دستور کار خود قرار داده است. یکی از این موارد

"راهنمای بازرسی انواع دیوار حائل" است .در این پژوهش، ضوابط بازرسی انواع دیوار حائل به همراه چک‌لیستهای بازرسی تهیه و ارائه شده است.

محمد مهدی حیدری

رئیس مرکزتحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

فهرست مطالب

عنوان **شماره صفحه**

فصل اول: جمع‌آوری و بررسی اطلاعات داخل و خارج کشور ۱
۱-۱- مقدمه ۱
۱-۲- هدف از تدوین راهنما ۲
۱-۳- جمع آوری و نقد و بررسی شرایط بازرسی دیوارهای حائل ۲
۱-۳-۱- راهنمای طراحی دیوارهای حائل- نشریه شماره ۳۰۸ ..... ۲
۱-۳-۲- راهنمای طراحی، ساخت و کنترل کیفیت دیوارهای حائل بنایی ۳
۱-۳-۳- راهنمای تعمیر و نگهداری دیوارهای حائل – رهسان‌پل‌دژ- ۱۳۹۱ ..... ٤
۱-۳-٤- کتابچه طرح دیوارهای حائل کوتاه ۵
۱-۳-۵- مهندسی و طراحی دیوارهای حائل و سیل‌بند ۵
۱-۳-٦- راهنمای طراحی دیوارهای حائل طره‌ای ٦
۱-۳-۷- راهنمای تهیه شناسنامه فنی و ارزیابی آسیب پذیری لرزه‌ای سازه های نگهبان ۷
۱-۳-۸- تثبیت شیب شیروانی خاکریزها و خاکبرداری‌ها ۷
۱-۳-۹- مشخصات فنی عمومی راه ۹
۱-۳-۱۰- مرجع کامل طراحی دیوارهای نیلینگ ۹
۱-۳-۱۱- نقشه‌های تیپ کامپساکس ۱۰
۱-۳-۱۲- نقشه‌های تیپ آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک وزارت راه و ترابری ۱۰
۱-۳-۱۳- نقشه‌های تیپ آبروهای راه تا دهانه ۱۰ متر ۱۱
۱-۳-۱٤- دستورالعمل طراحی و حفاظت پل در مقابل آبشستگی ۱۱
۱-۳-۱۵- راهنمای تعیین خسارت سیلاب ۱۲
۱-۳-۱٦- راهنمای تعیین مشخصات فنی، جزئیات و نقشه‌ها در پل و سازه‌های راه ۱۳
۱-۳-۱۷- راهنمای طراحی، اجرا و نگهداری دیوار هدایت آب پل‌ها ۱۳
۱-۳-۱۸- روش بازرسی پل‌های بتنی و روش بازرسی پل‌های فلزی ۱٤
۱-٤- جمع آوری و نقد و بررسی شرایط بازرسی دیوارهای حائل ۱٦
۱-٤-۱- دستورالعمل حفاظت از دیوارهای حائل ۱٦
۱-٤-۲- مدیریت نگهداری دیوارهای حائل ۱۷
۱-٤-۳-راهنمای مرجع بازرسان پل ۱۸
۱-٤-٤- ارزیابی دیوارهای حائل ۲۰
۱-٤-۵- راهنمای ارزیابی و مدیریت سازه های نگهدارنده زمین ۲۱
۱-٤-٦- راهنمای بازرسی سازه‌های راه ۲۲
۱-٤-۷- راهنمای نگهداری شیب‌ها ۲۳
۱-٤-۸- راهنمای بازرسی سریع دیوارهای حائل ۲۵

۱-٤-۹- راهنمای بازرسی دیوارهای حائل و صوتی و ارزیابی آنها ۲٦
۱-٤-۱۰- چک لیستهای بازرسی-دیوارهای حائل ۲۷
۱-٤-۱۱- نتیجه بررسی مطالب ارائه شده از مراجع خارجی ۲۷
فصل دوم: معرفی انواع دیوار حائل و بررسی آسیب‌های رایج آنها ۲۹
۲-۱- انواع دیوارهای حائل ۲۹
۲-۱-۱- انواع دیوار حائل از لحاظ عملکرد سازه‌ای ۲۹
۲-۱--۱-۱- دیوارهای حائل صلب ۲۹
۲-۱-۱-۲- دیوارهای حائل انعطاف پذیر ۳٤
۲-۱-۲- سیستم‌های رایج دیوار حائل در کشور ۳۸
۲-۱-۲-۱- دیوار حائل وزنی ۳۸
۲-۱-۲-۲- دیوارهای وزنی مهار شده ۳۹
۲-۱-۲-۳- دیوارهای طره‌ای T معکوس ٤۰
۲-۱-۲-٤- دیوار حائل طره‌ای L , I ٤۰
۲-۱-۲-۵- دیوار حائل غیر وزنی پشت بنددار ٤۱
۲-۱-۲-٦- دیوار حائل غیر وزنی پایه‌دار ٤۲
۲-۱-۲-۷- پایه‌های کناری پل (کوله‌ها) ٤۳
۲-۱-۲-۸- مجاری آبرو جعبه‌ای ٤۳
۲-۱-۳- انواع کوله‌ها ٤٤
۲-۱-۳-۱- کوله‌های با انتهای باز و انتهای بسته ٤٤
۲-۱-۳-۲- کوله‌های یکپارچه و کوله‌های دارای تکیه‌گاه مکانیکی ٤۵
۲-۱-٤- دیوار خاک مسلح فولادی ٤۸
۲-۱-٤-۱- دیوارهای خاک مسلح با ژئوسینتتیک ۵۰
۲-۱-٤-۲- دیوار خاک مسلح با نیلینگ یا میخ کوبی(Soil Nailing) ۵۵
۲-۱-٤-۳- دیوار خاک مسلح با تسمه‌های باریک فلزی ۵۷
۲-۲- آسیب‌های رایج در انواع دیوار حائل ۵۸
۲-۲-۱- انواع شکست و گسیختگی دیوارهای حائل ۵۸
۲-۲-۲- خرابی‌های مرتبط با شالوده و خاک بستر ٦۲
۲-۲-۲-۱- انواع حرکت‌های شالوده ٦۳
۲-۲-۲-۱-۱- علل حرکت فونداسیون ٦۳
۲-۲-۲-۱-۲- تأثیر بر روی سازه‌ها ٦۷
۲-۲-۳- انواع معایب، خرابی‌ها و نارسائی‌های مربوط به اجزاء انواع دیوار ۷۰
۲-۲-۳-۱-انواع معایب، خرابی‌ها و نارسائی‌های متداول در دیوارهای حائل ۷۰
۲-۲-۳-۲- انواع معایب، خرابی‌ها و نارسایی‌ای متداول در دیوارهای حائل بتنی ۷٦

۲-۲-۳-۳- انواع معایب، خرابی‌ها و نارسایی‌های متداول در دیوارهای حائل ۷۷
۲-۲-۳-٤- بررسی انواع معایب و نارسائی‌های متداول در انواع دیوارهای ۸۹
۲-۲-۳-۵- بررسی انواع معایب متداول در درزهای انبساط(صادق آذر، ۱۳۹۱) ۹۱
۲-۲-۳-۵-۱- انواع درز در دیوارهای حائل ۹۱
۲-۲-۳-۵-۲- آسیب‌های محتمل درز ها ۹۳
۲-۲-۳-٦- بررسی انواع معایب و نارسائی‌های متداول در سیستم زهکشی ۹۳
۲-۲-۳-٦-۱- روش‌های زهکشی ۹۳
۲-۲-۳-٦-۲- زهکشی طولی ۹۷
۲-۲-۳-٦-۳- آسیب زهکش‌ها ۹۹
۲-۲-۳-۷- بررسی انواع معایب و نارسائی‌های متداول در لایه ضد آب ۱۰۰
فصل سوم: تعیین عوامل موثر بر عملکرد دیوارهای حائل ۱۰۳
۳-۱-مقدمه ۱۰۳
۳-۲-پایداری دیوار حائل ۱۰۵
۳-۳- خاکریز و خاک شالوده ۱۰٦
۳-٤- تراوش آب و سیستم زهکشی ۱۰۷
۳-۵-آمار دیوارهای حائل کشور ۱۰۸
فصل چهارم: تهیه پیش‌نویس راهنمای بازرسی انواع دیوار حائل ۱۱۱
٤-۱- تعیین چارچوب انجام کار ۱۱۱
٤-۱-۱- فرآیند تدوین مقررات و دستورالعمل ۱۱۱
٤-۱-۲- الگو (فرمت) نوشتن مقررات و دستورالعمل ۱۱۲
٤-۱-۳- چارچوب دستورالعمل بازرسی ۱۱۳
٤-۱-٤- تهیه سرفصل‌های دستورالعمل ۱۱٤
٤-۲- راهنمای بازرسی انواع دیوار حائل ۱۱٤
٤-۲-۱- مقدمه ۱۱٤
٤-۲-۲- دامنه کاربرد ۱۱۵
٤-۲-۳- اهداف ۱۱٦
٤-۲-٤- تعاریف ۱۱۷
٤-۲-۵- تواتر زمانی انجام بازرسی ۱۱۹
٤-۲-٦- تیم بازرسی و شرایط و تخصص‌های لازم ۱۱۹
٤-۲- ۷- ابزار و تجهیزات مورد نیاز ۱۲۱
٤-۲-۸- نکات ایمنی حین بازرسی ۱۲۲
٤-۲-۹- بازدید صحرایی دیوارهای حائل ۱۲٤
٤-۲-۱۰- ملزومات پیش از بازرسی ۱۲۵

٤-٢-١١- گزارش بازرسی ١٢٦
٤-٢-١١-١- مقدمه ١٢٦
٤-٢-١١-٢- تشریح روند بازرسی ١٢٧
٤-٢-١١-٣- تعیین وضعیت آسیب‌دیدگی دیوار ١٢٧
٤-٢-١١-٤- نتیجه بازرسی ١٢٧
٤-٢-١١-٥- توصیه‌ها و پیشنهادات برای انجام کارهای آتی ١٢٨
٤-٢-١١-٦- ضمائم ١٢٨
٤-٢-١٢- پیوستها ١٢٩
مراجع ١٣١
پیوست شماره یک: فرمها و چک لیست‌های بازرسی ١٣٣
پیوست شماره دو: راهنمای تکمیل فرم اطلاعات شناسنامه‌ای و مشخصات فنی ١٤١
١- مقدمه ١٤٢
٢- راهنمای تکمیل فرم‌های شناسنامه ١٤٢
پیوست شماره سه: راهنمای تکمیل چک‌لیست‌های بازرسی ١٥٣
١- تکمیل جزئیات فرم‌های چک لیست بازرسی ١٥٤
٢- معرفی اجمالی آسیب‌های محتمل ١٥٥
٣- راهنمای تعیین شدت آسیب ١٥٦

چکیده

دیوارهای حائل از جمله ابنیه فنی هستند که در شبکه های حمل و نقل جاده ای و ریلی کاربرد گسترده ای دارند . برای سالهای متمادی از دیوارهای حائل غیرمسلح استفاده می شد .هرچند طراحی این دیوارها ساده و مصالح آن نیز دردسترس هستند اما عملکرد این دیواره محدود است. به این علت ، احداث دیوارهای مسلح بتنی و دیوارهای خاک مسلح توسعه پیدا کرد و به طور روزافزون گسترش یافت.

ابنیه فنی از پرهزینه ترین و مهم ترین عناصر راه ها هستند و اختلال و خرابی آن ها در اکثر موارد موجب قطع سرویس دهی محور شده و یا حداقل بر عبور و مرور سریع و روان تاثیر می گذارد .به همین دلیل بازرسی، نگهداری و تعمیر آن ها بسیار حائز اهمیت است .لذا ضرورت تدوین راهنمای بازرسی دیوارهای حائل محرز گردید.

جهت تدوین این راهنما ابتدا به جمع آوری اطلاعات و بررسی وضع موجود پرداخته شد. سپس متداول ترین روش های کنترل شیب و انواع دیوارهای حائل معرفی شده و رایج ترین خرابی ها در آن ها تشریح گردید. در ادامهکار، روش های بازرسی و برنامه ریزی برای این کار ، ابزار و تجهیزات و مشخصات تیم بازرسی و ملزومات پیش از بازرسی تهیه و ارائه شد.

متن فنی راهنما بر اساس فرمت سازمان برنامه به همراه سه پیوست تهیه و ارائه شده است. در پیوست شماره ۱، فرم شناسنامه فنی دیوار حائل و همچنین فرمهای چک‌لیست بازرسی ارائه شده است. در پیوست شماره ۲ ، روش تکمیل فرم شناسنامه فنی تشریح شده است. پیوست شماره ۳، به روش تکمیل چک‌لیستهای بازرسی بصورت مصور و مشروح اختصاص داده شده است.

کلمات کلیدی:

دیوار حائل- راهنما- بازرسی- تیم بازرسی- خرابی- اضمحلال- چک‌لیست- شدت آسیب

فصل اول: جمع‌آوری و بررسی اطلاعات داخل و خارج کشور

۱-۱- مقدمه

اگرچه بخش اعظم فعالیت‌های انجام گرفته برای بهره‌برداری از یک سازه در بخش‌های طراحی و اجرای آن صورت می‌گیرد، ولی بهره‌برداری و استفاده کارآمد از آن، بدون بررسی مداوم وضعیتش، پس از اتمام عملیات ساخت، مقدور نیست. اهمیت این امر با بالا رفتن درجهٔ حساسیت سازه و نیاز مداوم به بهره‌برداری از آن، افزایش می‌یابد.

لازمه وجود ابنیه فنی سالم و قابل اطمینان و بهترین استفاده از منابع محدود در دسترس، یک برنامه نگهداری مناسب و دقیق می‌باشد. تاثیر عوامل مخرب محیطی، وقوع سوانح طبیعی و غیر طبیعی و خرابی مصالح مصرفی به همراه بی‌توجهی به نگهداری ابنیه فنی، ابتدا باعث کاهش عمر مفید آن‌ها شده و در نهایت ممکن است ایمنی مسیر به خطر بیفتد. خرابی کلی یا جزیی دیوارهای حائل باعث ناپایداری راه (بالا سر دیوار) یا انسداد کلی و جزئی (راه پایین دست) می‌گردد. علاوه بر این قیمت بالای اجرا، جایگزینی و حتی در بعضی مواقع عدم امکان جایگزینی، نیاز به یک برنامه تعمیر و نگهداری مدون از آنها را محرز می‌نماید. هدف اصلی از انجام عملیات تعمیر و نگهداری دیوارهای حائل، اطمینان از ادامه سرویس‌دهی مناسب دیوار تا انتهای عمر مفید به لحاظ قابلیت سرویس‌دهی، ظاهر فیزیکی و توانایی مقاومت در برابر بارهای اعمالی و کاهش هزینه‌های عدم نگهداری می‌باشد. اما این مهم بدون بازرسی و ارزیابی وضع سازه در هر زمان و تشخیص میزان فرسایش، خرابی‌ها و آسیب‌های وارده ناممکن است. می‌توان گفت میزان

تأثیر مثبت عملیات نگهداری و تعمیر دیوار، تابعی از اعتبار و دقت بازرسی و ارزیابی‌های صورت گرفته است و به عبارت دیگر، بازرسی اساسی‌ترین رکن مدیریت نگهداری ابنیه فنی است.

۱-۲- هدف از تدوین راهنما

علیرغم اهمیت غیرقابل انکار بازرسی دیوارهای حائل که بخش کوچکی از آن در مقدمه ذکر شد، تاکنون دستورالعمل مدون و جامعی در ارتباط با این عملیات در وزارت راه و شهرسازی تهیه و ابلاغ نشده است. با بررسی‌های صورت گرفته، در ادارات راه استان‌ها به روش‌های مختلف و بسیار محدود، عملیات بازرسی انجام می شود. جهت دستیابی به یک روش یکسان و دقیق در مناطق مختلف تهیه راهنمای بازرسی انواع دیوار حائل در دستور کار قرار گرفته است. در تهیه این راهنما سعی بر این است که متن تهیه شده در برگیرنده کلیه مراحل بازرسی، به صورت علمی و سیستماتیک باشد. لذا در بخش‌های بعدی به بررسی آخرین مدارک و مستندات ابلاغ شده در داخل و خارج کشور پرداخته شده است.

۱-۳- جمع آوری و نقد و بررسی شرایط بازرسی دیوارهای حائل و اطلاعات موجود در داخل کشور

در داخل کشور منابع محدودی در مورد دیوارهای حائل وجود دارد که در ادامه به بررسی آن‌ها پرداخته می‌شود:

۱-۳-۱- راهنمای طراحی دیوارهای حائل- نشریه شماره ۳۰۸

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور – دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی، ۱۳۹۶.
این مجموعه راهنمای طراحی دیوارهای حایل است که زیر نظر کمیته تخصصی سد و تونل‌های انتقال دفتر استانداردها و معیارهای فنی شرکت سهامی مدیریت منابع آب ایران تهیه شده است. همان‌طور که عنوان این راهنما نشان می‌دهد، هدف از تهیه آن در

دسترس قراردادن مجموعه‌ای از راهنمایی‌ها و ضوابط برای طراحی دیوارهای حایل است.

در فصل اول این نشریه کلیات و دامنه کاربرد این راهنما توضیح داده شده است. در فصل دوم رده‌بندی و انواع دیوارهای حائل ارائه شده است. در فصل سوم در مورد نیروهای موثر بر دیوارهای حائل و سیل بند بحث شده است. در فصل چهارم نیز بررسی پایداری دیوارهای حائل انجام شده است. در فصل پنجم درمورد ظرفیت باربری پی دیوارهای حائل روابطی ارائه شده است. در فصل ششم ملاحظات اجرائی دیوارهای حائل توضیح داده شده است. در فصول ۷ تا ۱۰ نیز روش های طراحی انواع دیوارهای حائل بیان شده است و در فصل ۱۱ سیستم های نوین دیوارهای حائل معرفی شده است. در فصول ۱۲ و ۱۳ در مورد خاک مسلح و ضوابط مربوط به آن بحث شده است و در فصل ١٤ طراحی لرزه‌ای دیوارهای حائل توضیح داده شده است.

دراین راهنما در بخش‌های مختصری به صورت زیربندهای کوچکی در مورد نگهداری دیوارهای حائل صحبت شده است.

۱-۳-۲- راهنمای طراحی، ساخت و کنترل کیفیت دیوارهای حائل بنایی مهندسین مشاور آوند برزین -۱۳۸۹

با توجه به وسعت استفاده از دیوارهای حایل بنایی در کشور که در پروژه های راه اعم از راه‌های اصلی، فرعی، آزادراهها و پروژه های راه آهن استفاده می‌شوند، بهینه سازی طراحی و کنترل ساخت دیوارهای جدید و از طرفی نگهداری دیوارهای موجود، یک ضرورت غیرقابل انکار است.

شناخت اجزا و مصالح دیوارهای بنایی، عملکرد آنها، میزان فشار وارد بر دیوار، نحوه طراحی و چگونگی تاثیر نوع خاک پشت دیوار مباحثی است که در این مطالعات به تفصیل بیان شده است. همچنین با توجه به نیاز هماهنگی بیشتر در زمینه ساخت دیوارهای حایل بنایی، کلیه جزئیاتی که می‌تواند سبب ارتقاء کیفیت اجرا شود نیز مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. در ادامه به منظور تکمیل بحث، به روشهای جامع کنترل کیفیت اجرای این نوع دیوارها نیز با اشاره به دستورالعملها و استانداردهای ملی

و چگونگی بازرسی در حین اجرا و پس از ساخت پرداخته شده است. نتیجه این مطالعات در قالب چهار دستورالعمل شامل دستورالعملهای الف) پایدارسازی شیب‌ها، ب) تحلیل و طراحی، پ) اجرای دیوار و ت) کنترل کیفیت اجرا، ارایه شده است.

۱-۳-۳- راهنمای تعمیر و نگهداری دیوارهای حائل – رهسان‌پلدژ- ۱۳۹۱

تعمیر و نگهداری دیوارهای حائل به مفهوم اقداماتی است که برای حفظ وضعیت موجود سازه و اجزای آن انجام می‌شوند. مضمون چنین کاری عبارتست از بکار گیری روشهایی برای پیشگیری از بروز خرابیهای احتمالی و نگهداری مناسب از سازه جهت افزایش عمر سرویس‌دهی آن و پاسخگویی به نیازهای افزایش یافته ترافیکی آینده.

صرفه‌جویی اقتصادی در تعمیر و نگهداری دیوارهای حائل یکی از موضوعات بسیار حائز اهمیت است. همچنین نگهداری دراز مدت و حفظ ظرفیت باربری سازه از اهداف و برنامه‌ها می‌باشد. نرخ بسیار کم جایگزینی در اکثر کشورها نشان می‌دهد که نگهداری بلند مدت باید به طور کلی به عنوان یک قانون مطرح گردد. در غیر این صورت هزینه‌های صرف شده برای نگهداری جهت جلوگیری از نرخ بیش از حد اضمحلال کافی نخواهد بود.

اهداف فنی دستورالعمل عبارتند از:

- حفظ کاربری و ظرفیت باربری دیوار حائل تا زمان ممکن
- صرفه‌جویی اقتصادی برای حال و آینده
- دستیابی به بهره‌برداری مستمر با توجه به محدودیت‌های مالی موجود
- اطمینان از ایمنی مسافران
- حداقل‌سازی تداخل با ترافیک عبوری
- و در نهایت ارائه راهنمایی‌های روشن و قابل استناد برای ادارات کل راه و ترابری به منظور افزایش طول عمر، سطح ایمنی، سرویس دهی و قابلیت اعتماد دیوارهای حائل و هم‌چنین تعمیر آسیب‌های وارده به دیوارهای حائل با روش‌های مناسب و اصولی.

در این راهنما به ترتیب به موارد زیر پرداخته شده است.

۱- تعیین انواع دیوارهای حائلی که در این دستورالعمل مورد توجه قرار گرفته اند.

۲- روشهای نگهداری انواع دیوار حائل

۳- ارائه روشها و تجهیزات تعمیر انواع دیوارهای حائل

٤- ارائه روشها ، تجهیزات و آزمایشات کنترل کیفیت بخش‌های تعمیر شده

۵- ارائه روشها و عوامل موثر در انتخاب روش بهینه تعمیر

در نهایت به بررسی ترمیم و بازرسی سه نمونه از دیوارهای حائل پرداخته شده است که در اثر شرایط محیطی دچار آسیب شده‌اند.

۱-۳-٤- کتابچه طرح دیوارهای حائل کوتاه

این کتاب از سری نشریات انجمن سیمان پرتلند می‌باشد که توسط دکتر حسن رحیمی ترجمه شده است.

با توجه به اهمیت روز افزونی که دیوارهای حائل در تأمین حفاظت سطوح شیب‌دار، خاک‌ریزها، جدار پل‌ها، تراس بندی‌ها و غیره کسب نموده‌اند، طرح و ساختمان این گونه ابنیه بسیار مورد توجه قرار گرفته است. از آن‌جا که در ایران دیوارهای حائل نیز هم‌چون اغلب ابنیه مهم دیگر توسط پیمانکارانی ساخته می‌شود که از دانش و شناخت علمی کافی نسبت به کار برخوردار نیستند، لذا وجود متون فنی ساده در این گونه موارد و به خصوص در مناطقی که دسترسی به منابع فنی مناسب امکان‌پذیر نیست می‌تواند بسیار مفید باشد. با توجه به واقعیت مذکور است که اقدام به ترجمه این نشریه گردیده است. این نشریه از سری نشریات انجمن سیمان پرتلند (Portland Cement Association) می‌باشد که در آن مسائل فنی و اصول دیوارهای حائل به طور بسیار خلاصه و ساده مورد بحث قرار گرفته و جداول کاربردی مناسبی نیز ارائه گردیده است.

۱-۳-۵- مهندسی و طراحی دیوارهای حائل و سیلبند

این کتاب در سال ۱۳۹۷ توسط مهدی بهداروندی، شیما بهادری و علی ابراهیمی تالیف و منتشر گردید. بر اساس تعاریف ارائه شده در این کتاب، دیوار حائل به هر دیواری که

به منظور نگهداشت مصالح پشت خود تعبیه می‌شود، گفته می‌شود. دیوارهای حائل برای ارتفاع‌های متغیر قابل طراحی و ساخت هستند.

دیوار سیلبند هم به عنوان هر دیواری که عملکرد اصلی آن ممانعت از جریان سیل در زمین مجاور است تعریف می‌شود .این کتاب راهنما روش‌های طراحی فونداسیون دیوارهای حائل و سیلبند روی فونداسیونهای کم عمق را شرح می‌دهد یعنی باربری مستقیما روی خاک یا سنگ است. بر اساس مطالب ارائه شده در راهنمای دیوار های سیلبند، دیوار سیلبند به عنوان یک حالت خالص از دیوار حائل عمل می‌کند. این راهنما برای هر دو دیوار حائل و سیلبند به کاربرده می شود، مگر اینکه به طور خاص مستثنی شده باشد. در این مجموعه هم جنبه های ژئوتکنیکی و هم سازه‌ای گنجانده شده است. هماهنگی مهندسان ژئوتکنیک، سازه و زمین شناسان در طراحی دیوارهای حائل و سیلبند ضروری می باشد.

۱-۳-٦- راهنمای طراحی دیوارهای حائل طره‌ای که توسط پژوهشکده حمل و نقل وزارت راه و ترابری در سال ۱۳۸۷ منتشر شده است

راهنمای طراحی دیوارهای حائل طره ای به همت دکترمحمود قضاوی تهیه شده است.

فصل اول: کلیات

فصل دوم: معرفی انواع دیوارهای حایل و کاربرد آنها

فصل سوم: ملزومات طراحی دیوارهای حائل

فصل چهارم: فشار جانبی وارد بر دیوارهای حایل در شرایط غیرزلزله

فصل پنجم: فشار جانبی وارد بر دیواره های حایل در شرایط زلزله

فصل ششم: پایداری دیوارهای حائل طره ای پاشنه دار

فصل هفتم: ظرفیت باربری و نشست دیواره های حائل طره ای

فصل هشتم: طراحی سازه ای دیوارهای حایل

فصل نهم: بهینه سازی دیوارهای حائل طره ای

فصل دهم: مسائل اجرایی دیوارهای حائل

فصل یازدهم: علل خرابی دیوارهای حائل

۱-۳-۷- راهنمای تهیه شناسنامه فنی و ارزیابی آسیب پذیری لرزه‌ای سازه های نگهبان

این گزارش در تیر ماه ۱۳۹۸ توسط سید مهدی حسینی در پژوهشکده حمل و نقل انجام شد. شناسنامه فنی سازه‌نگهبان می‌تواند به عنوان یک چک‌لیست، یاری‌دهنده طراحان، سازندگان و مسوولان بهره‌برداری و نگهداری و مستندسازی سازه‌های نگهبان باشد. به این معنا که یادآور نکاتی در طراحی، ساخت و نگهداری است که به مهندسان مسوول کمک خواهد کرد تا نکته‌ای در این فرآیند (چه در فرآیند طراحی و ساخت سازه‌نگهبان جدید و چه در مطالعه وضعیت سازه‌های نگهبان موجود به قصد تشکیل پرونده سازه‌نگهبان یا ارزیابی آسیب‌پذیری) به دست فراموشی سپرده نشود. تمرکز این گزارش بر آسیب‌پذیری لرزه‌ای سازه‌های نگهبان است.

با توجه به اطلاعات تنظیم شده در شناسنامه فنی تهیه شده، رتبه‌بندی کیفی سازه-نگهبان که نشانگر نیاز یا عدم نیاز به اقدامات عاجل یا کوتاه‌مدت بهسازی، ایمن-سازی و ترمیم در برابر زلزله خواهد بود، تعیین می‌گردد. مباحث گوناگون ارائه شده در این مجموعه برای تهیه شناسنامه فنی دیوارهای حائل مفید است.

۱-۳-۸- تثبیت شیب شیروانی خاکریزها و خاکبرداری‌ها

این گزارش توسط عباس سروش در سال ۱۳۸۵ در پژوهشکده حمل و نقل تهیه گردید. در این مجموعه انواع شیروانی‌ها و عوامل مؤثر در ناپایداری شیروانی‌ها بیان شده است. روش‌های شناسایی و تشخیص ناپایدارسازی شیروانی‌های خاکی و سنگی و ارائه آنالیز آماری از لغزش شیروانی‌ها در کشور نیز در گزارش به تفصیل ارائه شده است. مجموعه حاضر با توجه به مطالب تدوین شده برای مهندسین مشاور و طراح در بخش ژئوتکنیک و راهسازی و نیز دانشجویان رشته مهندسی عمران و گرایش‌های مکانیک خاک و پی مفید بوده و استفاده از آن توصیه می‌گردد.

سطح و گستره مطالب این پژوهش متناسب با دانش فنی تکنسین‌ها و مهندسینی که عملاً درگیر کار فنی در رابطه با ناپایداری شیروان‌ها و پایدارسازی شیروانی‌ها است، ولی طبیعی است که برای معرفی روش‌های پایدارسازی، نیاز به ذکر خلاصه‌ای از مقدمات مربوطه می‌باشد.

این پژوهش، مطالب تئوری مربوط به روش‌های تحلیل پایداری شیب‌های سنگی و خاکی را در برنمی‌گیرد. هم‌چنین به رفتار مهندسی خاک‌ها و سنگ‌ها تحت بارگذاری‌های مختلف پرداخته نشده است. دو موضوع فوق، مطالبی کلاسیک است که در اکثر کتاب‌های مربوط به پایداری شیروانی‌های خاکی و سنگی معرفی شده‌اند.

مطالب و فصول این مجموعه به گونه‌ای انتخاب شده که شیروانی‌های خاکی و شیروانی‌های سنگی را در برگیرد. توجه اصلی در تدوین این مجموعه بر شناخت عوامل مختلف ناپایدار کننده، روش‌های شناسایی و روش‌ها و راه حل‌های پایدار سازی شیروانی‌ها می‌باشد. مطالب فنی در این مجموعه به صورتی ساده بیان شده تا برای کارشناسان و تکنسین‌های مهندسی عمران قابل استفاده باشد. در سراسر فصول، بر جنبه‌های کاربردی و عملی مباحث فنی به ویژه روش‌های پایدار سازی تأکید شده است.

در فصل اول پس از ذکر مقدمات، انواع ناپایداری شیروانی‌ها معرفی می‌گردد. در این فصول یک طبقه‌بندی کلی برای ناپایداری شیروانی‌ها براساس مکانیزم و هندسه لغزش ارائه می‌شود.

در فصل دوم عوامل مؤثر بر ناپایداری شیروانی‌ها بررسی عوامل به دو نوع طبیعی و مصنوعی تقسیم‌بندی کلی شده‌اند و زیرمجموعه‌های هر یک نیز معرفی شده است. مطالعه این فصل از این جهت اهمیت دارد که با شناخت عوامل ناپایداری می‌توان به جلوگیری از شروع ناپایداری و نیز تثبیت شیروانی‌ها اقدام نمود.

در فصل سوم روش‌های بررسی و تشخیص ناپایداری شیروانی‌ها مورد مطالعه قرار گرفته و در این فصل انواع روش‌های شناسایی و تحقیقات صحرایی و مطالعات دفتری معرفی می‌گردد. مطالب این فصل به گونه‌ای تهیه و تدوین شده که خواننده را در تشخیص ناپایداری، نوع مکانیزم ناپایداری و انتخاب روش‌های تثبیت آن یاری نماید.

فصل چهارم که در واقع فصل محوری این تحقیق است، روش‌های پیشگیری از لغزش شیروانی‌ها و راهکارهای اجرایی برای پایدار سازی آن‌ها را معرفی و به دو موضوع اصلی به صورت ویژه توجه شده است:

۱- روش‌های جلوگیری از ناپایداری شیروانی‌ها

۲- روش‌های پایدار سازی شیروانی‌های ناپایدار شده

البته اکثر روش‌های پایدار سازی برای دو موضوع فوق مشترک می‌باشد. با این وجود، هر جا که لازم بوده به تفکیک این دو پرداخته شده است.

فصل پنجم به بررسی لغزش شیروانی‌ها و بستر راه‌ها در ایران به همراه آنالیز آماری می‌پردازد. بررسی آماری با توجه به نوع لغزش، خسارت و تلفات ناشی از لغزش و با توجه به محل آن انجام شده است.

۱-۳-۹- مشخصات فنی عمومی راه (نشریه شماره ۱۰۱ سال ۱۳۸۳، تجدید نظر اول)

این نشریه که در واقع مرجع اصلی مشخصات فنی اجرایی مصالح، روش‌ها و آزمایشات مختلف برای کارهای راه‌سازی است، برای اولین بار در سال ۱۳٦٤ ابلاغ شد و در سالهای ۱۳۸۲ و ۱۳۹۲ مورد بازنگری قرار گرفت. این نشریه به طور کلی در برگیرنده ضوابط و بهره‌برداری و کنترل کیفیت پروژه‌های راه می‌باشد. در قسمت‌های مختلف این نشریه به طور غیر متمرکز به نحوه اجرا و ضوابط خاص ساخت دیوارها اشاره شده است.

۱-۳-۱۰- مرجع کامل طراحی دیوارهای نیلینگ

این مجموعه توسط اداره بزرگراههای آمریکا (FHWA) تهیه و منتشر شده است .آخرین ویرایش آن در سال ۲۰۱۵ چاپ شده است. امیر روحی مهر و محمد بهپور گوهری آن را ترجمه کرده و در سال ۱۳۹۷ چاپ شد.

با توجه به گسترش روزافزون استفاده از روش نیلینگ در ایران برای پایدارسازی ترانشه‌های موجود در پروژه‌های راهسازی، تونل‌سازی، پایدارسازی گودبرداری شهری و مقاوم‌سازی پل‌ها و سازه‌های نگهبان فرسوده برای کنترل طراحی صحیح و بازرسی و

نظارت بر ساخت و عملکرد دیواره نیلینگ نیاز به مرجعی کامل می‌باشد، کتاب مرجع کامل طراحی دیوارهای نیلینگ ترجمه‌ای است بر سند FHWA اشاره شده در پایین و مطالب افزوده شده در رابطه با مسائل قراردادی، مسائل حقوقی، نحوه طراحی، کنترل تغییر شکل و پایداری دیوارهای نیلینگ، با استفاده از نرم‌افزارهای متداول در ایران (Geostudio ,PLAXIS)، چک‌لیست‌های کنترل طراحی و....

لازم به ذکر است در حال حاضر هیچگونه استاندارد مدون برای طراحی و کنترل دیواره نیلینگ موجود نیست. کامل‌ترین منبع روش‌های طراحی، کنترل و مونیتورینگ ساخت این نوع دیوارها، بخش‌نامه شماره ۷ مهندسی ژئوتکنیک دیوارهای نیلینگ با شماره گزارش FHWA-NHI-14-007 است. در این سند صحت‌سنجی برمبنای روش LRFD به روش ASD افزوده شده است. علاوه بر آن ملاحظات مربوط به حفاظت خوردگی مفصل‌تر بیان شده است.

۱-۳-۱۱- نقشه‌های تیپ کامپساکس

نقشه‌های تیپ شرکت کامپساکس در خصوص مقاطع دیوارهای حائل وزنی بنایی و بتنی، در کنار نقشه های پلها و تونلهای مسیر، که اکثراً در پروژه‌های راه‌آهن در دست احداث این شرکت در حدود هشتاد سال پیش در اختیار کارفرمایان و بعدها مهندسان ایرانی قرار گرفت اولین نقشه‌های تیپ ساخت دیوارها در ایران می‌باشند.

هم‌چنین در زمان طراحی و ساخت محور راه‌آهن بافق – بندر عباس که مشاوره طراحی آن در ابتدا (دوره پهلوی) در اختیار این شرکت بود نیز نقشه های دیوارها با ابعاد و کاربردهای مختلف ارائه شده است. این نقشه ها بعضاً تا هم اکنون نیز مورد استفاده و استناد جامعه مهندسی کشور قرار میگیرد.

۱-۳-۱۲- نقشه‌های تیپ آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک وزارت راه و ترابری

به همت مهندسین شاغل در آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک وزارت راه و ترابری و در سال ۱۳۵۳ یکسری نقشه‌های تیپ جهت سازه های جانبی راه (پلها، آبروها، دیوارها،

تونل و..) منتشـر گردید. این نقشـه‌ها برگرفته از نقشـه های تیپ موجود سایر کشورها در این زمینه و در مواردی با محاسـبات و اصـلاحات لازم توسـط مهندسین آزمایشگاه بوده و در بسیاری از پروژه‌ها مورد استفاده و تایید مهندسان مشاور و پیمانکاران داخلی قرار گرفته است.

در این سـری از نقشـه‌ها در موراد گوناگونی به تیپ‌های مختلف دیوار حائل پرداخته شـده اسـت که می‌توان از مشـخصات فنی و هندسی آنها در تهیه چک‌لیست‌های دیوار حائل استفاده نمود.

۱-۳-۱۳- نقشه‌های تیپ آبروهای راه تا دهانه ۱۰ متر (نشریه ۱-۲۹۲ – وزارت برنامه و بودجه)

با توجه به نیاز مبرمی که در یکپارچه‌سـازی نقشـه‌های تیپ آبروهای مورد اسـتفاده در پروژه‌های راه و ابلاغ آن توسـط یک مرجع رسمی دولتی که قابل استناد باشد، احساس می شـد، ویرایش اول این نشـریه در سـال ۱۳٦۷ برای دهانه‌های تا هشت متر تهیه شد. در سـال ۱۳۹۸، سـازمان برنامه و بودجه به کمک وزارت راه و شـهرسـازی اقدام به بازنگری این نشریه نمود.

در این نشـریه نیز در موراد مختلف تیپ‌های مختلف دیوار حائل وزنی آورده شـده اسـت که می‌توان از مشـخصـات فنی و هندسـی آنها در تهیه چک‌لیستهای دیوار حائل استفاده نمود.

۱-۳-۱٤- دستورالعمل طراحی و حفاظت پل در مقابل آبشستگی

این دستورالعمل توسط دکتر غیاثی برای پژوهشکده حمل و نقل وزارت راه و ترابری سابق (وزارت راه و شهرسازی فعلی) تهیه و توسط سازمان برنامه با شماره ضابطه ۳۰۲ منتشر شده است. در این دستورالعمل بعد از ارائه چند مطالعه موردی از تخریب پل های ایران به علت آبشستگی، به خلاصه‌ایی از اطلاعات مورد نیاز در زمینه شناسایی رودخانه و مشخصات فنی آن که برای مطالعه آبشستگی مهم می‌باشند، اشاره شده است.

برآورد متغیرهای هیدرولیکی موثر بر عمق آبشستگی نظیر سرعت یا دبی جریان در محدوده پل از دیگر مباحثی است که در این دستورالعمل وجود دارد. مکانیزم آبشستگی و روش‌های برآورد آن در رودخانه و در محل پایه‌های پل نیز در این دستورالعمل به تفصیل مورد بحث قرار گرفته است. در این مجموعه به آبشستگی عمومی، آبشستگی تنگ‌شدگی و آبشستگی موضعی به نحو مطلوبی پرداخته شده است، ولی به روش‌های حفاظت از پایه‌های پل در مقابل آبشستگی اشاره نشده است. این مجموعه جهت آشنایی با آسیب‌های ناشی از آبشستگی و شناخت پارامترهای تاثیرگذار بر آبشستگی، مفید است. از این مطالب می‌توان در تهیه دستورالعمل بازرسی بطور موثری استفاده نمود(غیاثی، ۱۳۸٤).

۱-۳-۱۵- راهنمای تعیین خسارت سیلاب

این نشریه در سال ۱۳۸۵توسط وزارت نیرو (شرکت مدیریت منابع آب ایران، دفتر استاندارد و معیارهای فنی) منتشر گردیده است و شامل ٦ فصل می باشد. در فصل اول مفاهیم اولیه و اطلاعات آماری توزیع سیلاب در ایران و جهان ارائه و در فصل دوم، منشاء و مبانی هیدرولوژی سیلاب بهمراه روش‌های برآورد آن مورد بررسی قرار گرفته است. پس از بررسی انواع خسارت سیلاب و روش‌های برآورد آن در فصول سوم و چهارم، در فصل پنجم ارزیابی خسارت سیلاب‌های رخداده ارائه گردیده است. در فصل ششم ضمن ارائه اطلاعات جامعی از مدلهای رایانه‌ای، تخمین خسارت سیلاب، مدلهای هیدرولوژیکی (مدلهای مبتنی بر بارش– رواناب و فراوانی سیلاب)، هیدرولیکی (مدل‌های مبتنی بر فرآیند (جریان) رودخانه‌ای و فرآیند (رسوب) آبرفتی) و مدل‌های اقتصادی مورد بررسی قرار گرفته است(کمیته فنی شرکت سهامی مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۸۵).

۱-۳-۱۶- راهنمای تعیین مشخصات فنی، جزئیات و نقشه‌ها در پل و سازه‌های راه

این نشریه در در سال ۱۳۸۵ در پژوهشکده حمل و نقل تهیه توسط شورایعالی فنی چاپ و ابلاغ شده است. مجموعه شامل ۲۲ فصل می‌باشد که در آن مشخصات عمومی نقشه‌ها، متره و برآورد و روش‌های مطالعه و طراحی جزئیات اجزای پل ارائه شده است. در قسمت اخیر اطلاعات بسیار مناسبی در خصوص جزئیات طراحی پایه‌های میانی، دیواره‌ها و کوله‌ها، پی و شالوده مورد بحث قرار گرفته است و در نهایت در فصول آخر جزئیات طراحی سایر ابنیه فنی نظیر کالورت، گالری، سیفون، جان‌پناه، زهکش پل، پیاده‌رو پل، تجهیزات روشنایی پل، تکیه‌گاه‌ها و عبور تاسیسات ارائه شده است(عماد، ۱۳۸۵). فصل‌های ۱۱ و ۱۲ این نشریه اطلاعات مفیدی در خصوص دیوارها و فونداسیون آنها ارائه کرده ست که جهت استفاده در این پروژه بسیار مفید هستند.

۱-۳-۱۷- راهنمای طراحی، اجرا و نگهداری دیوار هدایت آب پل‌ها

در بسیاری از رودخانه‌های فصلی و سیلابی، عرض بستر رودخانه زیاد بوده و در غالب اوقات سال جریانی در آن وجود ندارد. در چنین مواردی با در نظر گرفتن ملاحظات اقتصادی و به منظور کاهش طول پل معمولاً عرضی از رودخانه که در قسمت سیلابدشت قرار گرفته است توسط خاکریز عبور راه مسدود می‌شود. پیشروی خاکریزهای طرفین پل در بستر رودخانه موجب تنگ شدن معبر تخلیه آب و محدود شدن آن به دهانه پل می‌گردد. در این حالت جریان آب در امتداد خاکریز بدنه راه جریان یافته و در جهت عمود بر جهت جریان اصلی رودخانه وارد دهانه پل می‌شود، در این شرایط سرعت جریان در مقطع تنگ‌شده زیاد شده و در نتیجه آن تنش برشی وارد بر کف افزایش می‌یابد ضمن آنکه گردابه‌های مختلفی نیز در این ناحیه بوجود می‌آیند که نیروهایی در جهت مماس و همچنین عمود بر کف به ذرات بستر وارد می‌نمایند. مجموعه این شرایط باعث کاهش ظرفیت هیدرولیکی پل، آشفتگی جریان در

دهـانه اول، فرسـایش موضـعی در مقطع رودخانه و در محل کوله و افزایش احتمال تخریب پل می‌شود. به منظور بهبود شرایط جریان در محل پل، از دیوارهای هدایت آب اسـتفاده می‌شـود. ایجاد دیوار هدایت آب در بالادسـت پل موجب موازی شدن خطوط جریـان در محـل پـل، توزیع یکنواخـت‌تر دبی عبوری از نقـاط مختلف مقطع، افزایش ظرفیت هیدرولیکی پل، انتقال شـروع انقباض خطوط جریان به بالادسـت پل و فاصـله گرفتن از محل کوله و در نهایت کاهش میزان آبشـستگی در محل کوله‌ها می‌شـود. در این راهنما ابتدا اصـول و مبانی مورد اسـتفاده جهت طراحی دیوار هدایت آب پلها در ایران و سـایر کشـورها مورد بررسـی قرار می‌گیرد. در ادامه پیش‌نیازهای لازم جهت طراحی دیوار هدایت آب پلها نظیر مطالعات هیدرولوژی رودخانه و تعیین دبی حداکثر سـیلاب با دوره‌های بازگشـت مختلف، بررسی وضعیت مورفولوژی رودخانه، مطالعات هیدرولیکی پل و رودخانه و تعیین ابعاد مناسـب پل، مطالعات آبشـستگی و رسـوب و مطالعات مربوط به مدلسـازی جریان به اختصـار ارائه می‌گردند. تعیین مناسـب و بهینه شکل هندسی دیوار هدایت آب شامل طول، ارتفاع و زاویه اتصال، نحوه اجرا، نگهداری و همچنین چک لیسـت بازرسـی نیز به صـورت مختصر در انتها آمده است(کیلانه‌ئی و همکاران، ۱۳۹۵).

۱-۳-۱۸- روش بازرسی پل‌های بتنی و روش بازرسی پل‌های فلزی

دو گزارش فوق توسط مرکز تحقیقات و تیم این پروژه، طی سالهای ۹٤ تا ۹٦ تهیه شده اسـت. در فصـول اول و دوم این گزارش منابع و مطالعات انجام شده در زمینه بازرسی پل‌ها جمع‌آوری و بررسـی شـده اسـت. در فصـل سوم و چهارم پل‌های بتنی معرفی و مزایا و معایب این پل‌ها ارائه شـده است. در فصل پنجم طبقه بندی پل‌ها از دیدگاه‌های مختلف با ذکر مشخصات ارایه شده است. طبقه‌بندی پل‌ها از منظر مصالح سازه، سیستم طولی عرشـه، طول سـازه، سـیسـتم مقاومت مصـالح، شیوه ساخت و ... نیز انجام شده است(گواشیری و همکاران، ۱۳۹٦).

در فصـل شـشـم با توجه به آمار جمع‌آوری شده در داخل کشور، نسبت تعداد پل‌های بتنی به سـایر پل‌ها بررسـی و وضـعیت کلی پل‌های کشـور از نقطه نظر مصـالح مورد

استفاده و طبقه‌بندی پل‌های کشور ارائه شده است. در فصل هفتم اعضای پل در سه دسته کلی روسازه، سیستم تکیه‌گاهی و زیرسازه معرفی و عملکرد مورد انتظار این اجزاء بطور مفصل توضیح داده شده است. در تعریف و معرفی هر عضو، انواع آن نیز بیان شده است. تمامی بخش‌های الحاقی و غیرسازه‌ای مانند چراغ‌های روشنایی و یا دیوارهای صوتی نیز معرفی و بررسی شده است.

در فصل هشتم آسیب‌ها و خرابی‌های محتمل هر عضو به همراه ذکر دلیل آسیب بیان شده است. در این بخش تمامی آسیب‌های مرتبط با سیستم سازه‌ای یا بخش‌های الصاقی و روسازی ارائه گردیده است. خرابی‌های مربوط به مصالح هم بطور جداگانه ارائه شده است. در فصل نهم برنامه و اصول بازرسی پل‌ها تشریح شده است.

در فصل دهم این گزارش‌ها روش بازرسی هر عضو از پل به تفصیل بیان شده است. بازرس پل با مطالعه این گزارش‌ها می‌آموزد که حین بازرسی به چه نکاتی باید دقت کند و نیز با دیدن هر آسیب باید چه نقاط و چه اعضایی از پل را بازدید و بررسی نماید. این دو گزارش می‌تواند در تهیه چک لیست‌های بازرسی مورد استفاده قرار گیرند. خرابی های محتمل در اعضا و اجزای مختلف دیوارهای حائل به کمک بخشی از این گزارش‌ها استخراج خواهد شد. نکات ارائه شده در این دو گزارش، در تهیه پیوست‌های این دستورالعمل و راهنمای تعیین شدت آسیب‌ها و خرابی‌های ایجاد شده در دیوارهای حائل کاربرد زیادی دارند.

۱-۳-۱۹- نتیجه بررسی مطالب ارائه شده از مراجع داخل کشور

در داخل کشور هیچ مرجع خاصی که مستقیماً به مسئله بازرسی دیوارهای حائل بپردازد وجود ندارد. از مراجع مورد بررسی، میتوان برای پوشش دادن برخی از بندهای شرح خدمات استفاده نمود. به عنوان مثال نشریه شماره ۳۰۸، به خوبی انواع دیوار مورد استفاده در کشور را معرفی نموده است. در "راهنمای طراحی، ساخت و کنترل کیفیت دیوارهای حائل بنایی" جزییات دیوارهای حائل سنگی و آجری بطور کامل ارائه شده است. از"راهنمای تعمیر و نگهداری دیوارهای حائل" برای معرفی برخی از آسیب‌های مهم وارده به انواع دیوار حائل، با جزئیات و مکانیسم رخداد، می‌توان استفاده نمود. بسیاری

از مشخصات هندسی مهم دیوارهای حایل بنایی و بتنی در "راهنمای تهیه شناسنامه فنی و ارزیابی آسیب پذیری لرزه‌ای سازه های نگهبان" ارائه شده است که برای تهیه فرمهای مشخصات فنی و جزییات مورد بازرسی کاربرد فراوانی دارد. برای تعیین مشخصات دیوارهای نیلینگ و معرفی انها کتاب "مرجع کامل طراحی دیوارهای نیلینگ" مرجع مناسبی است. کتابهای "روش بازرسی پل‌های بتنی و روش بازرسی پل‌های فلزی" به خوبی انواع آسیبهای وارده به مصالح بتنی و فلزی مورد استفاده در انواع دیوار حائل را ارائه نموده است. برای تعیین انواع آسیبهای ناشی از برخورد آب به دیوارهایی که در مجاورت آب ساخته می‌شوند، می‌توان از مجموعه "دستورالعمل طراحی و حفاظت پل در مقابل آبشستگی" بهره برد.

۱-٤- جمع آوری و نقد و بررسی شرایط بازرسی دیوارهای حائل و اطلاعات موجود در خارج از کشور

در این بخش از گزارش به بررسی منابع به روز دنیا پرداخته شده است.

۱-٤-۱- دستورالعمل حفاظت از دیوارهای حائل[1]

RETAINING WALL INVENTORY MANUAL, Ohio Department of Transportation, AUGUST 2021

این دستورالعمل در آگوست ۲۰۲۱ به منظور برنامه ریزی برای تعمیر و نگهداری انواع دیوار حائل، توسط اداره حمل و نقل اوهایو تهیه شده است.

این مجموعه در ۵۰ صفحه و بصورت کاربردی برای کارشناسان اداره کل به شرح زیر تنظیم شده است:

در ابتدا به معرفی ساختار دفتر نگهداری دیوار حائل پرداخته و قوانین ارتباط سازمانی و وظیفه هر یک از اعضا بیان شده است. در تشریح فرآیند انجام کار چنین بیان شده است که هر منطقه از ایالت اوهایو باید یک لیست کامل دیوار حائل، شامل همه مدارک و مستندات و گزارش بازرسی تمام دیوارهای ساخته شده را ظرف سه سال پس از ابلاغ

[1] Retaining Wall Inventory Manual

دستورالعمل جمع آوری و داده ها را به اپلیکیشن تهیه شده، وارد نمایند. پس از آن، هر دیوار باید در یک چرخه حداکثر ۱۰ ساله مجدداً بازرسی شود. دیوارهایی که مستعد آسیب دیدگی شدید هستند، باید در یک دوره کوتاه‌تر، که توسط کارفرما تعیین می‌شود، دوباره بازرسی شوند.

در ادامه به هر نوع دیوار حائل، نوع مصالح مورد استفاده، نوع فونداسیون، نوع و جنس نمای ظاهری آن و مشخصات محل ساخت، یک کد اختصاص داده می‌شود. این کدها در جداول جداگانه با ذکر توضیحات کافی ارائه شده است.

در فصل بعدی پارامترهای ابعادی انواع دیوار بصورت مصور معرفی و پس از آن چک لیست بازرسی ارائه شده است. در انتهای گزارش جزییات اپلیکیشن توضیح داده شده است.

۱-٤-۲- مدیریت نگهداری دیوارهای حائل[۲]

Asset Management for Retaining Walls -TRS 1305- Published May 2013

این گزارش در ایالت مینی سوتا تهیه و در سال ۲۰۱۳ منتشر شده است. مدیران حمل و نقل این ایالت کوشیده‌اند یک برنامه مدیریت دارایی برای دیوارهای حائل ایجاد و یک روند ثابت برنامه‌ریزی شده تولید کنند. در این راستا نرم افزار Retaining Wall Management Program (RWMP) تهیه شد.

پرسنل تیم مدیریت دیوارهای حائل باید توانایی انجام موارد زیر را داشته باشند:

۱- بر ضوابط این راهنما مسلط باشند
۲- جمع‌آوری و مطالعه منابع و سوابق داخلی
۳- آگاهی به معیارهای پذیرش عمومی انواع دیوار حائل
٤- برداشت وضعیت موجود سازه
۵- تسلط به نرم‌افزار و ورود اطلاعات جمع‌آوری شده در فیلدهای مناسب

در فصول بعدی این گزارش به معیارهای پذیرش انواع دیوار حائل، اطلاعات عمومی مورد نیاز، اطلاعات محل ساخت و مشخصات فنی هر نوع دیوار پرداخته شده است. در

[2] Asset Management for Retaining Walls

این مجموعه جهت بازرسی و ملزومات آن به اسناد بالادستی کشور آمریکا اشاره شده است. آسیبهای محتمل وارده به دیوارهای حائل، در پیوست این گزارش به اختصار اورده شده است.

۱-٤-۳-راهنمای مرجع بازرسان پل[3]

Federal Highway Administration, Bridge Inspector's Reference Manual, Publication No. FHWA NHI 12-049, December, 2012

در اغلب دستورالعمل‌های بازرسی دیوار حائل برای جزییات بازرسی، رعایت نکات ایمنی، ملزومات بازرسی و ... به این راهنما، ارجاع داده شده است.

این راهنما، مرجع اصلی بازرسی انواع پل و کالورت در ایالات متحده محسوب می‌شود. راهنمای مرجع بازرس پل که بطور اختصار (BIRM) نامیده می‌شود، شامل ١٦ فصل، دو پیوست و یک واژه نامه است(FHWA, 2012).

در فصل اول هدف از بازرسی، برنامه و مراحل بازرسی پل، ایمنی حین بازرسی، مسئولیت تیم بازرسی، نحوه کنترل کیفیت و تضمین کیفیت عملیات بازرسی تشریح شده است. در این فصل اهداف بازرسی مبتنی بر افزایش کارآیی و عمر مفید پل‌ها و یافتن نکات مغفول یا روشهای نادرست طراحی و اجرا است که منجر به تخریب زودرس پل می‌شود. به این ترتیب با اصلاح روش‌های طراحی و اجرا، کمک شایان توجهی در برنامه‌ریزی، توزیع و کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری پل‌ها می‌شود.

بر اساس این راهنما، بازرسان پل باید آموزش‌های متعددی دریافت کنند از جمله:

- آشنایی با انواع پل،اجزاء و مفاهیم مربوطه
- ایمنی بازرسان
- ایمنی بهره‌برداران حین انجام عملیات بازرسی
- روشهای بازرسی انواع پل و دیوارهای حائل موجود
- بازرسی زیر آب
- بازرسی اجزاء حساس به شکست

[3] Bridge Inspector's Reference Manual

- بازرسی بستر، آبشستگی و پایداری جریان و بستر
- آشنایی با روش‌های غیر مخرب در بازرسی
- آشنایی با مدیریت پل و مبانی آن
- آشنایی با چک‌لیست‌ها، نحوه تکمیل
- روش گزارش نویسی و ارائه اطلاعات بازرسی

در این مجموعه مسئولیت تیم بازرسی به شرح زیر ارائه شده است:

- رعایت دقیق برنامه‌ریزی انجام شده جهت بازرسی
- رعایت نکات ایمنی فردی
- انجام مراحل کار با در نظر گرفتن نکات ایمنی کارگاهی جهت حفظ جان بهره برداران و سهولت عبور و مرور
- دقت در نوشتن گزارش بازرسی و ثبت و نگهداری آن در آرشیو اطلاعات مربوط به پل
- رعایت تمام نکات حقوقی در بازرسی و تهیه گزارش

سایر فصول این راهنما به جزییات آسیب‌های وارد به انواع مصالح مورد استفاده در پل‌ها و همه اجزای انواع پل می‌پردازد. جهت تعیین نوع و شدت خرابی مصالح دیوار حائل، می‌توان از ضوابط این راهنما استفاده نمود.

در موارد تخصصی فنی به عنوان مثال، طراحی، رواداریها و تعیین اغلب آسیب‌های سازه-ای دیوار حائل، باید نکات و ضوابط فصل دوازده این راهنما را بکار برد. فصل دوازدهم در خصوص بازرسی و ارزیابی زیرسازه پل است. در زیر فصل ۱-۱۲ ضوابط مربوط به بدنه کوله‌ها و دیوارهای جناحی ارائه شده است. و در زیر فصل ۲-۱۲ ضوابط مربوط به فونداسیون و شمع‌ها.

بسیاری از خرابی‌های سازه‌ای دیوارهای حایل مشابه کوله‌ها و دیوارهای بالی است. کوله‌های خاک مسلح نیز در این فصل بررسی شده است.

۱-٤-٤- ارزیابی دیوارهای حائل

Federal Highway Administration, Assessment Of Retaining Walls, ,Publication No. FHWA-HRT-09-005 , Jul/Aug 2009

معیارهای پذیرش دیوار حائل بر اساس این گزارش عبارتند از:

۱. لیست دیوارها شامل دیوارهای نگهدارنده، دیوارهای بالاگذر واجد شرایط، واقع در انواع جاده‌های آسفالته و مناطق پارکینگ است.
۲. دیوار حائل باید در داخل جاده موجود یا منطقه پارکینگ قرار داشته باشد که عموماً در محدوده‌های ساخت‌وساز شناخته شده یا فرض شده وجود داشته باشند. البته دیوار باید نقش حفاظت از جاده یا منطقه پارکینگ داشته باشند.
۳. حداکثر ارتفاع دیوار، که فقط آن بخش از ساختار دیوار را اندازه‌گیری می‌کند که به طور فعال خاک و/یا سنگ را نگه می‌دارد، باید بیشتر یا مساوی ٤ فوت (۱/۲ متر) باشد. برای کالورت‌ها، حداکثر ارتفاع دیواره/بالا باید بزرگتر یا مساوی ٦ فوت (۱/۸ متر) باشد.
٤. سازه‌های نگهدارنده سرپوشیده یا مدفون، به شرط تامین ضوابط بند فوق، در فهرست موجودی گنجانده می‌شوند.
۵. دیوارها بیشتر با زاویه نمای داخلی بزرگتر یا مساوی ٤۵درجه (نسبت شیب یک به یک) در لیست قرار می‌گیرند.
٦. هنگامی که تشخیص پذیرش دیوار بر اساس معیارهای فوق دشوار باشد، دیوار باید در فهرست قرار گیرد، به ویژه در جایی که هدف حمایت یا محافظت از جاده یا منطقه پارکینگ است و یا جایی که تخریب دیوار منجر به خطرات قابل توجهی شود.

رتبه بندی وضعیت دیوارها به شرح زیر است:

رتبه ۹ تا ۱۰، نشانگر وضعیت عالی، آسیب بسیار جزئی است و مانند این است که سازه تازه‌ساز و جدید باشد.

رتبه ۸ تا ۹ به شرایطی تلقی می‌شود که دیوار آسیب‌هایی در حد کم دیده باشد و نیاز به نگهداری جزئی دارد.

رتبه ۷ تا ۸، شرایط خوب و میزان آسیب کم تا متوسط دارد. آسیب قابل توجهی برای اجزای ساختاری اصلی دیوار مشاهده نمی‌شود.

رتبه ٦ تا ۷، نشان‌دهنده اینست که عملکرد دیوار خوب است ولی اولین نشانه‌های خوردگی و هوازدگی مشهود است.

رتبه ۵ تا ٦، نشان از آسیب‌دیدگی با شدت کم تا متوسط. آسیب‌های موجود عملکرد دیوار را به خطر نمی اندازد، اما عدم تعمیر ممکن است منجر به اختلال در عملکرد و/یا افزایش خطر شکست سازه در کوتاه مدت شود.

رتبه٤ تا ۵، نشان‌دهنده عملکرد ضعیف عناصر دیوار با آسیب‌های خاص است که باید سریعاً تعمیر شود تا از تعمیرات اساسی یا جایگزینی آن در جلوگیری شود.

رتبه ۳ تا ٤، نشان از شرایط ضعیف سازه دارد. آسیبها دارای شدت متوسط تا زیاد است. شرایط موجود عملکرد دیوار را تهدید می‌کند و استحکام آن‌را به خطر می‌اندازد اما تهدید فوری برای پایداری دیوار ایجاد نمی‌کند و بسته‌شدن آن ضروری نیست.

رتبه۲ تا ۳، نشان‌دهنده عملکرد خیلی ضعیف دیوار و آسیب‌دیدگی شدید است. بدون تعمیر احتمال خطر خرابی یا تعویض المان در کوتاه‌مدت وجود دارد.

رتبه ۱ تا ۲، شرایط سازه بحرانی است. دیوار دیگر عملکرد مورد نظر را انجام نمی‌دهد. پایداری کلی دیوار در معرض تهدید است.

رتبه۰ تا ۱ نشان‌دهنده دیواری است که هیچ عملکردی ندارد و در هر زمان در معرض خطر شکست فاجعه‌بار است.

۱-٤-۵- راهنمای ارزیابی و مدیریت سازه های نگهدارنده زمین

National Cooperative Highway Research Program (NCHRP), Guide To Assetmanagement Of Earth Retaining Structures, Olivier Brutus And Gil Tauber Gandhi Engineering, October 2009

این نشریه برای کمک به وزارت راه برای ایجاد یک برنامه مدون از لیست سازه‌های نگهبان موجود در بزرگراه‌ها و بازرسی منظم آنها تهیه شده است. با داشتن اطلاعات کافی

و قابل اعتماد از نوع، ویژگی و شرایط موجود سازه‌های نگهبان می‌توانند ضمن برنامه-ریزی برای تعمیر و نگهداری آنها، احتمال خرابی در آینده را پیش‌بینی نموده یا پیشگیری نمایند. این برنامه اساساً بر بهینه سازی عمر مفید یک سازه با حداقل هزینه چرخه عمر متمرکز است.

به دلیل تعداد بسیار زیاد دیوارها، اولویت با دیوارهایی است که خرابی آنها خطر قابل توجهی برای افراد، اموال یا اجزاء بزرگراه ایجاد می‌کند. مهمترین مؤلفه این ریسک ارتفاع دیوار است. با این حال، معیار ارتفاع معمولاً در ترکیب با یک یا چند معیار دیگر از جمله، نزدیکی به جاده، شیب خاک، مالکیت دیوار، نوع سازه و مرتبط بودن با پل یا کالورت، حائز اهمیت است.

در این نشریه ابتدا به معرفی انواع دیوار حائل، مشخصات و ویژگی‌های آنها پرداخته و مشخصات تیم بازرس تبیین شده است. در ادامه به ملزومات پیش از بازرسی و مطالعه دفتری اطلاعات مربوط به دیوارها اشاره کرده است. ابزارها و تجهیزات بازرسی هم به اختصار توضیح داده شده است.

فصول بعدی این نشریه در خصوص روش ارزیابی دیوارها، نحوه ورود اطلاعات به سیستم و روش‌های کنترل و تضمین کیفیت است.

۱-٤-٦- راهنمای بازرسی سازه‌های راه

VicRoads, Road Structures Inspection Manual, Prepared by: The Principal Engineer Structures, 2018

اداره راه ایالت ویکتوریا در کشور استرالیا در سال ۲۰۱۸، آخرین ویرایش این دستورالعمل را ابلاغ نموده است.

این راهنما به منظور بازرسی سیستماتیک تمام سازه‌های راه تهیه شده است. هدف، اطمینان از ایمنی کاربران جاده، اطمینان از یکپارچگی ساختاری سازه‌های راه با یکدیگر و افزایش عمر مفید آنهاست.

در فصل اول انواع بازرسی، انواع سازه‌های راه، کد مربوطه و مشخصات و اطلاعات مورد نیاز آنها بطور مختصر بیان شده است.

دیوار حائل بصورت زیر تعریف شده است:
سازه ای است که هدف اصلی نگهداشتن مصلح خاکی-سنگی است و در صورت دارا بودن شرایط زیر در اولویت ارزیابی قرار می‌گیرد:
ارتفاعی برابر یا بیشتر از ۱,۵ متر و شیبی مساوی یا تندتر از ۲:۱ (۶۳ درجه) باشد. یا ارتفاع آن بزرگتر از ۰,۵ متر باشد و در صورت خرابی سازه، جاده عبوری ترافیک را تحت تأثیر قرار دهد. در هر حال پوش شکست موهر باید با زاویه ٤٥ درجه از افقی تعیین شود.

بر اساس این راهنما دیوارهایی که تا ۳۰ متر از تکیه گاه پل ادامه یابند، بخشی از ساختار پل هستند. اگر طول دیوار بیش از ۳۰ متر باشد، بخش باقی مانده باید به عنوان دیوار حائل در نظر گرفته شود. در اینصورت یک شماره سازه به آن تعلق گرفته و تحت بازرسی جداگانه قرار می‌گیرد. دیوارهای ورودی، خروجی‌ها و رمپ‌های دسترسی اصلی، بخشی از ساختار اصلی پل هستند.

در ادامه به مراحل بازرسی، نکات ایمنی و سلامت محیط کار (HSE)، تجهیزات و ملزومات بازرسی پرداخته شده است. در این مجموعه چهار سطح آسیب (کم، متوسط، شدید و خیلی شدید) برای اعضای همه سازه‌ها در نظر گرفته شده است. در انتهای این راهنما، روش تهیه گزارش بصورت یک فرمت واحد برای انواع سازه ارائه گردیده است.

۱-٤-۷- راهنمای نگهداری شیب‌ها

Guide To Slope Maintenance , by Geotechnical Engineering Office, The Government Of The Hong kong , 2013

راهنمای نگهداری شیب‌ها، اولین بار در ماه جولای سال ۱۹۹۵ توسط دفتر مهندسی ژئوتکنیک اداره راه هنگ کنگ تهیه شد. آخرین ویرایش آن در ماه آوریل سال ۲۰۱۳ انتشار یافت.

این راهنما حاوی ضوابطی، جهت نگهداری سازه‌های نگهبان و سازه‌های محافظ شیب است. مخاطب این راهنما در وهله اول مهندسین و متخصصین می‌باشند، اما افراد دیگری که با کارهای نگهداری دیوارهای حائل و شیب‌ها سر و کار دارند نیز می‌توانند از آن استفاده کنند.

این راهنما به متولیان اجازه می‌دهد که امور نگهداری شیب‌ها و دیوارهای حائل را با توجه به پیامدهای اقتصادی راهبری کنند. همچنین سایر مواردی که مربوط به ملزومات نگهداری عوارض زمینی دست‌خورده می‌باشد و اقداماتی که باید برای کاهش خطر طبیعی عوارض زمین انجام داد نیز در این راهنما بیان شده است.

در مقایسه با سایر راهنماهای ژئوتکنیکی، این راهنما، توصیه‌هایی که در عمل کاربرد مناسبی دارند و به راحتی قابل اجرا می‌باشند را ارائه می‌کند.

فصل اول این راهنما به ارائه دامنه کاربرد و معرفی انواع سازه نگهدارنده شیب پرداخته است. فصل دوم مباحث مربوط به مدیریت نگهداری و مراحل انجام آن است. در فصل سوم ملزومات نگهداری برای شیب‌های ساخت بشر و دیوارهای حائل ارائه شده است. ضوابط مربوط به بازرسی، نگهداری روتین و پایش سلامت هم در همین بخش ارائه گردیده است.

در فصل چهارم، جنبه‌های فنی نگهداری شیب‌های ساخت بشر و دیوارهای حائل، پوشش سطحی خاک شیب‌ها، زهکشی سطحی، خارج کردن آب زیر زمینی، شیب‌های سنگی و اولویت‌بندی کارهای نگهداری بیان شده است.

در فصل پنجم، به نگهداری پیش‌گیرانه و فصل شش به ملزومات نگهداری برای عوارض دست خورده زمین پرداخته شده است.

فصل هفتم مطالبی در مورد ملزومات نگهداری برای کاهش خطر طبیعی عوارض زمین، توالی بازرسی‌های روتین و اصول بازرسی مهندسی است.

همان‌طوری که توضیح داده شد، این راهنما بیش از هر اسناد و مدارکی در کشورهای دیگر به موضوع تعمیر و نگهداری دیوارهای حائل می‌پردازد و می‌تواند مرجع مناسبی در این زمینه باشد.

۱-٤-۸- راهنمای بازرسی سریع دیوارهای حائل

Retaining wall – Quick Inspection Guide , Urban Development control office, City Planning Division ,Ministry of Land, Infrastructures and Transport of japan, 2013

راهنمای بازرسی سریع دیوارهای حائل مربوط به دفتر کنترل و توسعه شهری بخش برنامه‌ریزی شهری وزارت راه و ترابری، زمین و زیر ساخت‌های کشور ژاپن می‌باشد. آخرین ویرایش آن در سال ۲۰۱۳ چاپ شده است.

در واقع این راهنما حاوی چک لیست‌هایی می‌باشد که در مجموع اطلاعات کلی مناسبی را در مورد درجه خطرپذیری دیوار حائل در اختیار بهره برداران قرار می‌دهد. به عنوان یک سازه، دیوارهای حائل نیز با گذشت زمان تحت عوامل محیطی و غیر محیطی، فرسوده شده و دچار زوال می‌گردند چک لیست‌های ارائه شده در این راهنما، در بالا بردن سطح آگاهی افراد در مورد ایمنی و خطر پذیری دیوارهای حائل نقش مهمی داد.

در این راهنما در مورد دیوارهای حائل تقسیم اراضی خانه‌ها و یا به کار رفته در خانه‌ها صحبت شده است و انواعی که در نظر گرفته شده عبارتند از:

- دیوارهای حائل ساخته شده از بلوک‌های بتنی یا سنگ‌های بزرگ
- دیوارهای حائل بتنی و وزنی
- دیوارهای جائل بتن مسلح
- دیوارهای حائل با مصالح بنائی
- دیوارهای حائل خشکه چین

لذا چنانچه انواع دیگری از دیوارهای حائل موجود باشد که در این تقسیم‌بندی نباشد، استفاده از آن جهت تقسیم اراضی خانه‌ها مناسب به نظر نمی‌رسد.

چک لیست‌های مورد نظر در این راهنما به سه دسته کلی تقسیم بندی می‌شوند:

الف) چک لیست‌های مربوطه به ارزیابی شرایط محیطی پیرامونی دیوارها شامل:

- گودال‌های پاکسازی
- تراوش آب
- تسهیلات زهکشی

ب) چک لیست‌های کنترل سازه دیوار حائل شامل:

- ترک خوردگی
- تغییر مکان افقی
- نشست غیر متقارن
- برآمدگی
- شکست و چرخش

ج) ارزیابی جامع دیوار حائل

براساس امتیازات به دست آمده از دو دسته چک لیست‌های فوق، سه سطح درجه‌بندی برای تعیین سطح ایمنی دیوار حائل در نظر گرفته شده است:

I. تقریباً ایمن
II. نسبتاً ناپایدار
III. خطر زیاد

بدیهی است که هر چه امتیاز دیوار بیشتر باشد بیشتر در معرض خطر است.

این راهنما در راستای کاربرد خاص که برای آن تعریف شده راهنمای مناسبی می‌باشد اما چنانچه لازم باشد در سطح وسیعتری از آن استفاده شود باید تکمیل‌تر شود. لذا در حد الهام‌گیری جهت تهیه چک لیست‌های بازرسی دیوارهای حائل راه و ترابری راهنمای مناسبی است.

۱-٤-۹- راهنمای بازرسی دیوارهای حائل و صوتی و ارزیابی آنها

Retaining And Noise Wall Insection And Asset Management Manual-colorado deportment of transportation –April 2016-Report No Co.80222

این راهنما برای اولین بار در سال ۲۰۰٦ توسط مهندسین اداره راه کولورادو تهیه شد و بارها مورد ویرایش قرار گرفت. آخرین ویرایش آن در سال ۲۰۱٦ انجام شده است. این مجموعه مشتمل بر ٤ فصل است. در فصل اول ضمن تاکید بر اهمیت ارزیابی و مدیریت همه ابنیه مسیر از جمله دیوار حائل، به معرفی انواع دیوار حائل و اجزاء و مصالح مصرفی آنها پرداخته شده است. کد مربوط به هر نوع دیوار و اجزاء مرتبط با آن نیز ارائه شده است.

فصل دوم این راهنما مختص معرفی تعداد و انواع دیواهای حائل موجود در ایالت کولورادو و معرفی اسناد بالادستی مرتبط و فرمت جمع آوری مطالب است.
در فصل سوم، روش بازرسی انواع دیوار و اجزاء آن به همراه نحوه درج مطالب مربوط به وضعیت موجود دیوار در چک‌لیستها، ارائه شده است.
در فصل چهارم ضمن تاکید بر اهمیت و اهداف مدیریت نگهداری دیوارهای حائل، سطوح مختلف ارزیابی، بیان شده است. در انتهای این فصل نرم‌افزارهای مرتبط معرفی شده و روش ورود اطلاعات به آنها بصورت مختصر ارائه گردیده است.

۱-٤-۱۰- چک لیست‌های بازرسی-دیوارهای حائل

Inspection checklist - Retaining walls

در این مجموعه که در سال ۲۰۰۹ تهیه شده است، انواع و اقسام چک لیست‌های کنترل و بازرسی دیوارهای حائل توسط یه شرکت نیوزیلندی جمع‌آوری و ارائه شده است. هرکدام از چک لیست‌ها مربوط به نوع مشخصی از دیوار و یا مخصوص یک هدف در رابطه با زمینه کاری مربوطه می‌باشد.

۱-٤-۱۱- نتیجه بررسی مطالب ارائه شده از مراجع خارجی

بررسی مطالب ارائه شده خارجی نشان می‌دهد که بازرسی و نگهداری انواع دیوار حائل، در قالب نرم‌افزارهای مدیریت سازه‌های راه در حال انجام است. بازرسی‌ها مطابق برنامه زمان‌بندی شده انجام می‌شود. در همه دستورالعمل‌های مورد استفاده در ایالتهای مختلف آمریکا، به منظور تعیین عیوب و تخصصهای تیم بازرسی، تجهیزات و ابزار مورد استفاده به "راهنمای مرجع بازرسان پل" ارجاع داده شده است. مجموعه "مدیریت نگهداری دیوارهای حائل" که در ایالت مینی‌سوتا ابلاغ شده است، مرجع خوبی برای نهیه روند بازرسی و گزارش بازرسی است. مطالب ارائه شده در "ارزیابی دیوارهای حائل" جهت تعیین معیارهای پذیرش دیوار بسیار مفید هستند. در این ضابطه، دیوارها از لحاظ عملکرد به ۱۰ دسته تقسیم شده‌اند، که البته به دلیل وسعت این رده‌بندی برای ما قابل استفاده نیست.

مطالب ارائه شده در "راهنمای بازرسی سازه‌های راه" که در ایالت ویکتوریای استرالیا تهیه شده است، بسیار مفید است. در این مجموعه چهار سطح آسیب (کم، متوسط، شدید و خیلی شدید) برای اعضای همه سازه‌ها در نظر گرفته شده است. در انتهای این راهنما، روش تهیه گزارش بصورت یک فرمت واحد برای انواع سازه ارائه گردیده است. با بررسیهای انجام شده، به نظر می‌رسد الگو گیری از این راهنما بسیار با شرایط کشور مناسب‌تر بوده و قالب مطالب ارائه شده ، برای کارشناسان راهداری آسان‌تر و قابل استفاده‌تر است. مطالب ارائه شده در "چک لیست‌های بازرسی-دیوارهای حائل" نیز برای تهیه چک‌لیستهای بازرسی بسیار مفید و کاربردی است.

فصل دوم: معرفی انواع دیوار حائل و بررسی آسیب‌های رایج آن‌ها

۲-۱- انواع دیوارهای حائل

دیوارهای حائل برای حفظ و نگهداری خاک و یا سایر مصالح ریزشی ساخته می‌شوند. مصالح پشت دیوار، فشار جانبی روی بدنه دیوار اعمال می‌کند. تحت اثر این فشار، تمایل به لغزش و واژگونی در سازه دیوار ایجاد می‌شود. دیوار حائل باید در مقابل هر دو عامل (فشار اعمالی و واژگونی) پایداری کافی داشته باشد.(خدابنده، ۱۳۸۹)
دیوارهای حایل را می توان از نظر مصالح، روش اجرا، کاربری و عملکرد دسته بندی نمود.

۲-۱-۱- انواع دیوار حائل از لحاظ عملکرد سازه‌ای

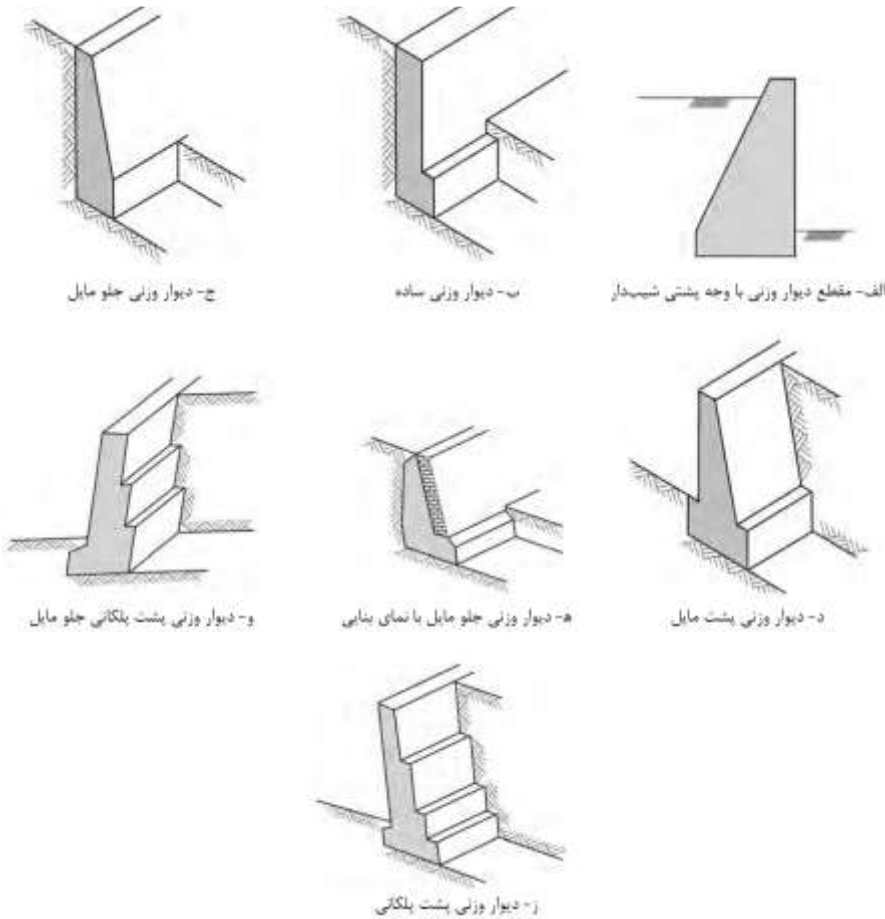
از لحاظ عملکرد سازه‌ای، دیوارهای حائل به دو دسته دیوارهای حائل صلب و انعطاف-پذیر تقسیم‌بندی می‌شوند .(طاحونی، ۱۳۹٦):

۲-۱-۱-۱- دیوارهای حائل صلب

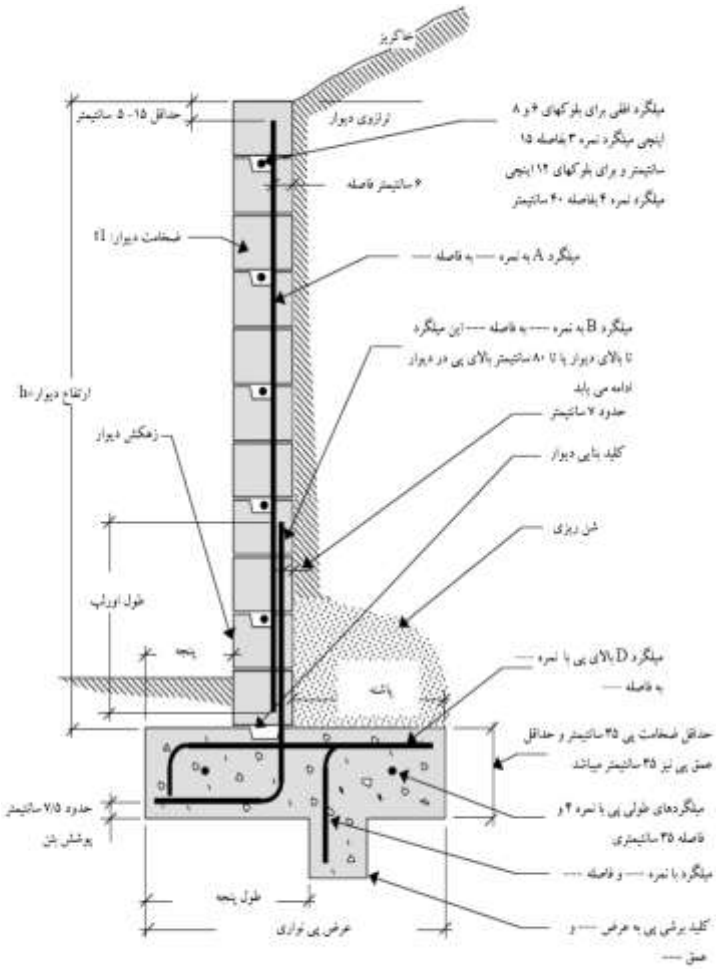
دیوارهایی هستند که خود را با نشست‌های محیط میزبان هماهنگ نمی‌کنند. انواع متداول آنها عبارتند از :

- دیوارهای حائل وزنی (بنایی و بتنی) (شکل ۲-۱)
- دیوارهای حائل وزنی نیمه مسلح (شکل‌های شماره ۲-۲ و ۲-۳)

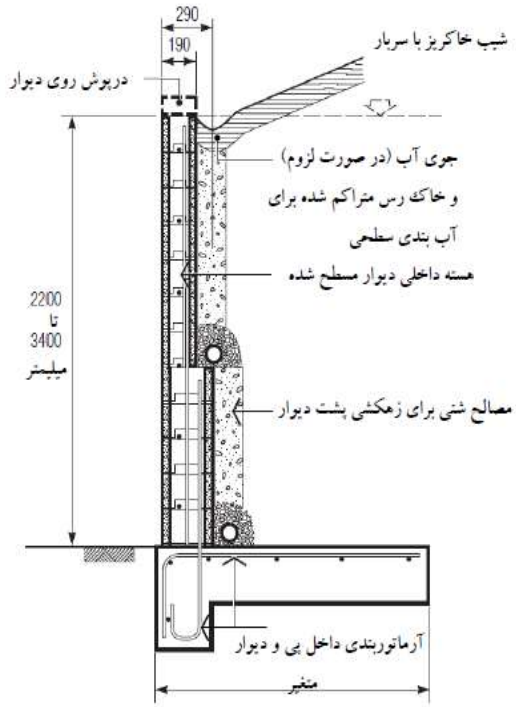
- دیوارهای حائل غیر وزنی (طره‌ای و پشت بنددار و ...)(شکل‌های ۲-٤، ۲-۵ و ۲-٦)
- دیوارهای حائل عمیق (سپرهای بتنی)



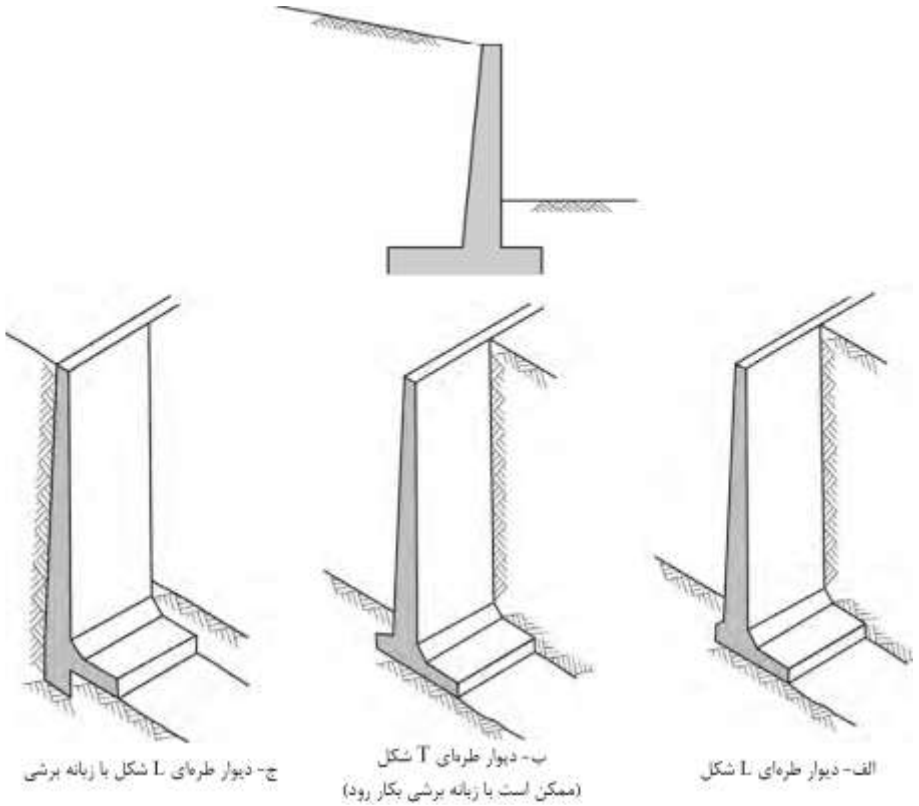
شکل ۲-۱- انواع دیوارهای حائل صلب و وزنی(طاحونی، ۱۳۹٦)



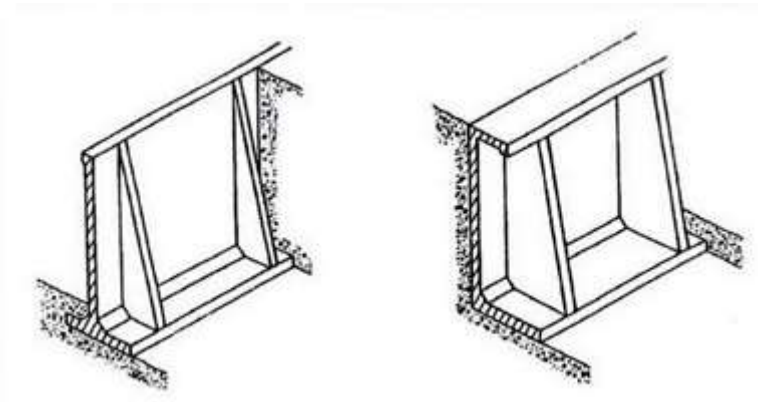
شکل ۲-۲- دیوارهای حائل بنایی نیمه مسلح ساخته شده در ایالت کالیفرنیا



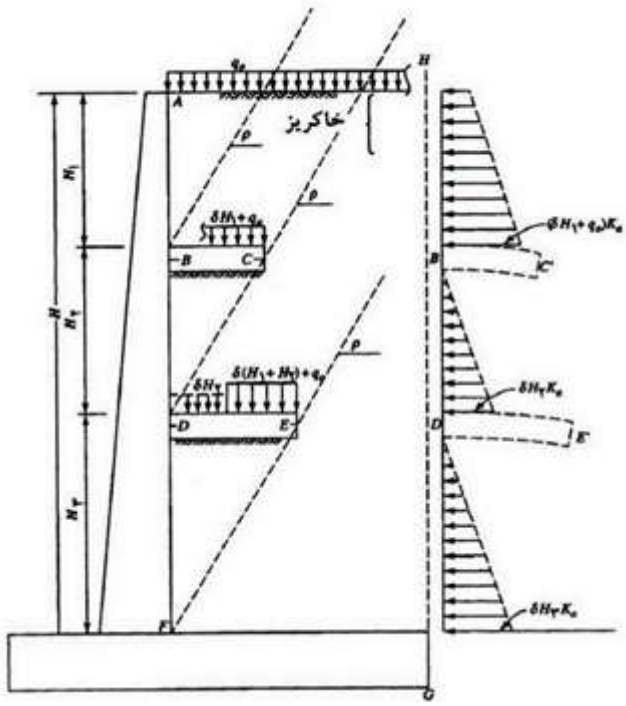
شکل ۲-۳- دیوارهای حائل بنایی نیمه مسلح ساخته شده در استرالیا(انجمن بتن بنایی استرالیا، ۲۰۱۲)



شکل ۲-٤- انواع دیوارهای حائل صلب غیروزنی و طره‌ای(طاحونی، ۱۳۹٦)



شکل۲-۵- دیوار حائل پشت بند دار(طاحونی، ۱۳۹٦)



شکل ۲-٦- دیوار حائل با تعبیه relief shelves (طاحونی، ۱۳۹٦)

۲-۱-۱-۲- دیوارهای حائل انعطاف پذیر

دیوارهایی هستند که خود را با نشست‌های محیط میزبان هماهنگ می‌کنند. انواع متداول آنها عبارتند از:

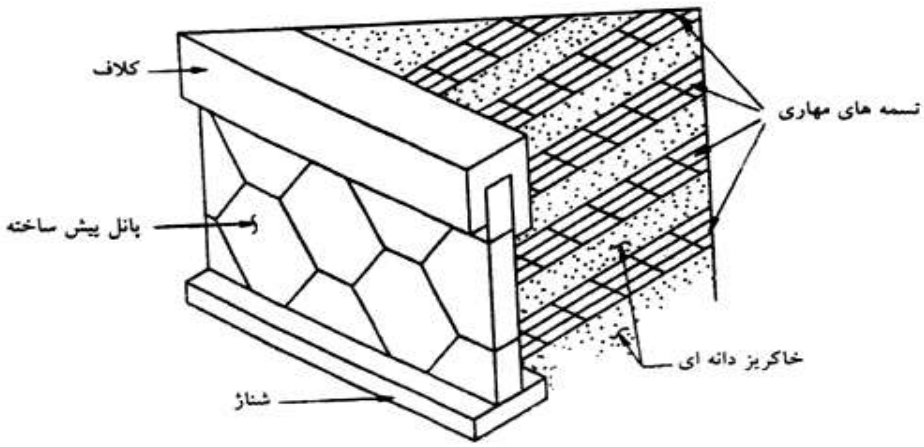
الف- دیوارهای خاک مسلح با تسمه‌های فولادی (شکل ۲-۷)

ب- دیوارهای خاک مسلح با شبکه‌های پلیمری(شکل ۲-۸)

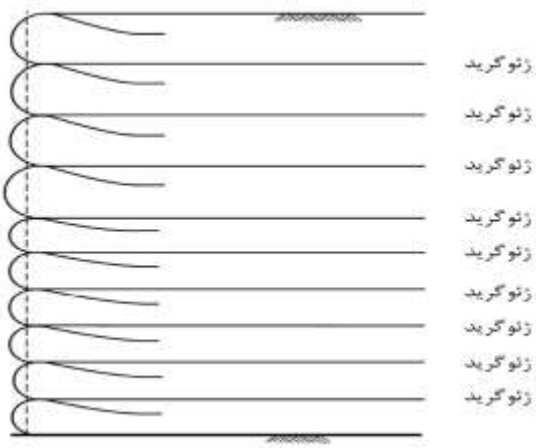
ج- دیوارهای حائل توری سنگی(شکل ۲-۹)

د- دیوارهای قفسه‌ای(شکل ۲-۱۰)

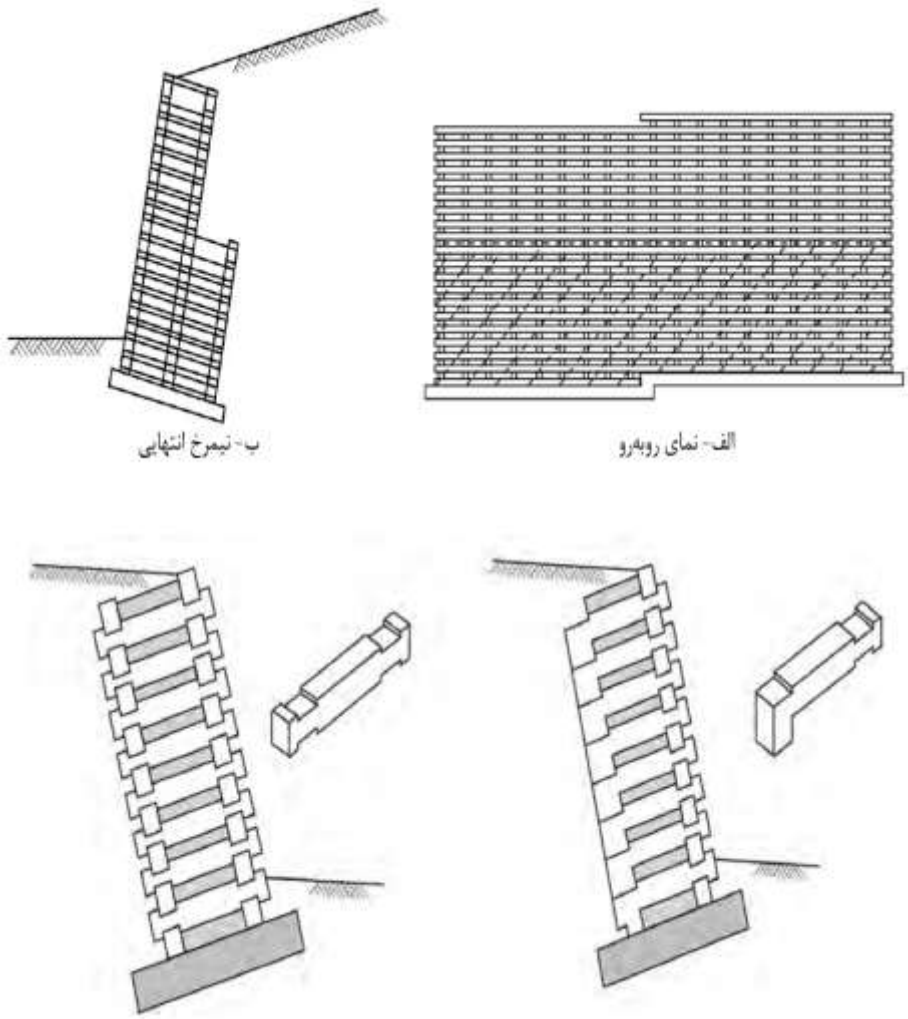
و- سپرهای فولادی (شکل ۲-۱۱)



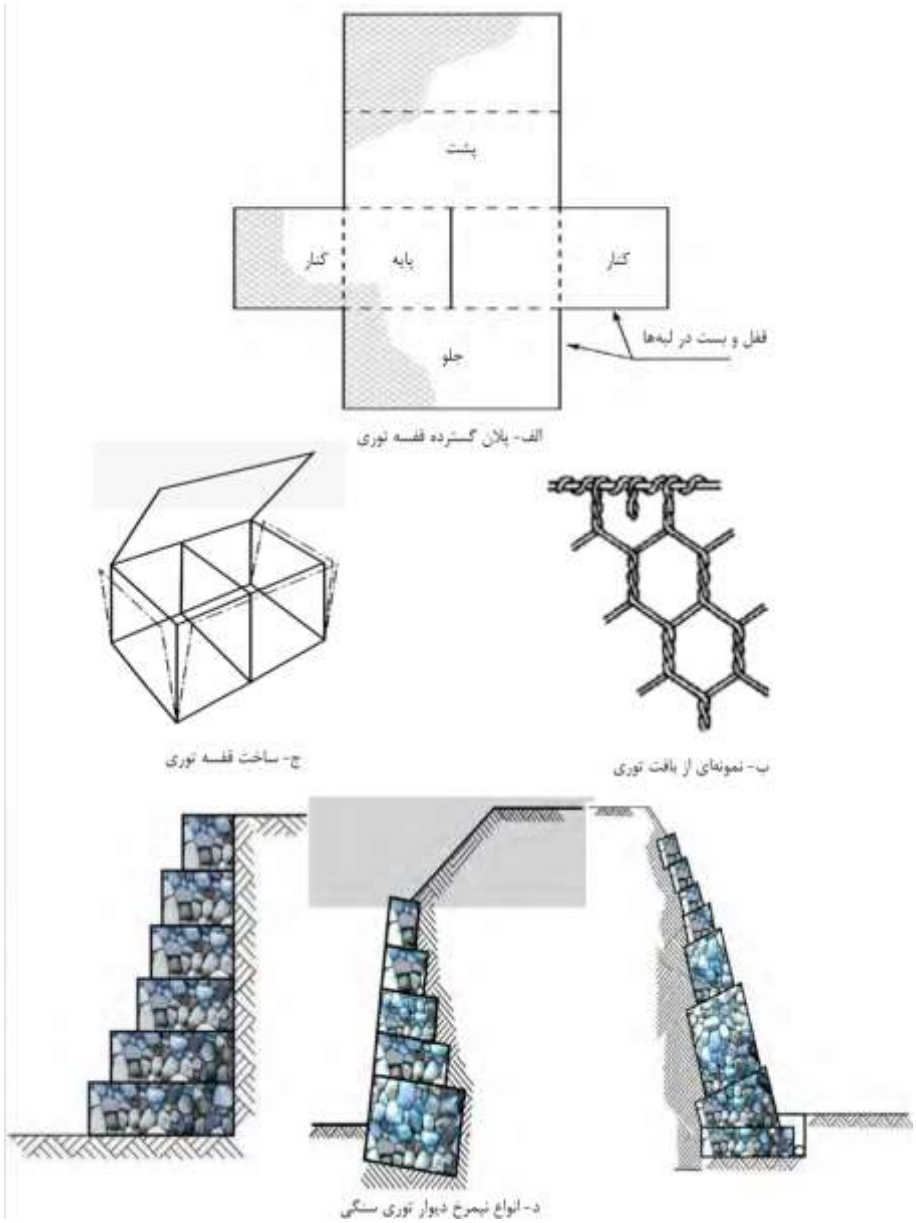
شکل ۲-۷- دیوار حائل انعطاف پذیر از نوع خاک مسلح با تسمه فولادی(طاحونی، ۱۳۹۶)



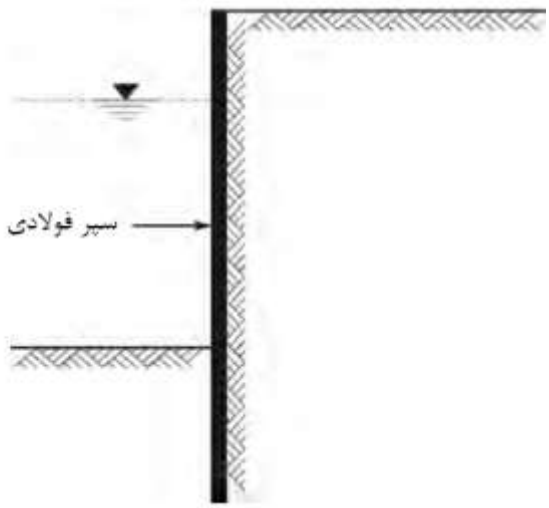
شکل ۲-۸- دیوار مسلح انعطاف پذیر از نوع خاک مسلح با ژئوسینتتیک(طاحونی، ۱۳۹۶)



شکل ۲-۹- دیوارهای حائل انعطاف پذیر قفسه‌ای با اجزای مختلف (طاحونی، ۱۳۹۶)



شکل ۲-۱۰- دیوارهای حائل انعطاف پذیر توری سنگی(طاحونی، ۱۳۹۶)



شکل ۲-۱۱- دیوار حائل انعطاف پذیر از نوع سپر فولادی(طاحونی، ۱۳۹۶)

۲-۱-۲- سیستمهای رایج دیوار حائل در کشور

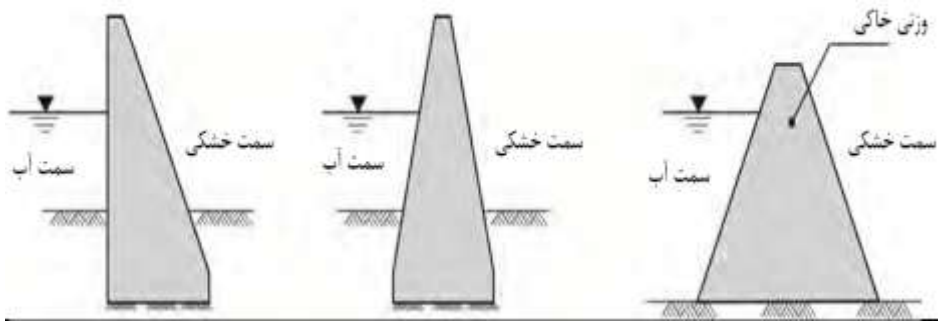
انواع مختلف دیوار حائل رایج به شرح زیر، در مسیر راه مورد استفاده قرار می‌گیرد:

۲-۱-۲-۱- دیوار حائل وزنی

دیوار حائل وزنی از مصالح بنایی (آجر و یا سنگ) با ملات ماسه سیمان و یا بتن غیر مسلح ساخته می شود. عامل پایداری در این نوع دیوار، وزن آن می‌باشد. در شرایط عادی، حداکثر ارتفاع اقتصادی برای این نوع دیوار در حدود ۳ متر است، لیکن با توجه به کمبود فولاد در ایران، استفاده از آن برای ارتفاع بیشتر نیز انجام می‌شود.(شکل ۲-۱۲)

کاربرد دیوارهای وزنی در انواع خاکی، بنایی و بتنی متداول است. در ایران اجرای نوع سنگی برای ساحل سازی رودخانه ها و مسیل ها بسیار متعارف است. شرط استفاده از این دیوارها، باربری مناسب زمین در زیر شالوده دیوار است. نوع خاکی دیوارهای وزنی نیز برای افزایش ارتفاع دیوار ه های رودخانه و یا هدایت رواناب در کناره های مسیل و جلوگیری از هجوم سیلاب به زمین های کشاورزی و شهری بسیار مورد استفاده قرار می گیرند.

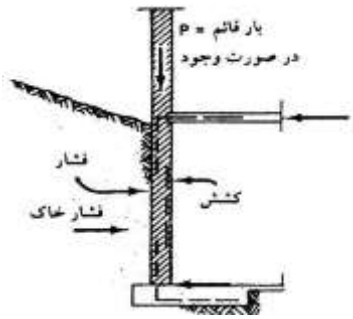
در این نوع دیوارها پایداری لازم در مقابل فشـار جانبی خاک تنها به واسـطه وزن مرده (وزن مصـالح) دیوار تأمین می‌گردد. این دیوارها معمولاً غیر مسـلح هستند، لیکن سطح تنشـهای کشـشـی ایجاد شده در مقاطع مختلف باید تا حد امکان پایین و ترجیحاً صفر باشـد. دیوارهای وزنی معمولاً مقطع ذوزنقه‌ای شکل دارند. در کشور ما هنوز هم از این نوع دیوار به وفور استفاده می‌شود(خدابنده، ۱۳۸۹).



شکل ۲-۱۲- انواع دیوارهای وزنی(طاحونی، ۱۳۹۶)

۲-۱-۲-۲- دیوارهای وزنی مهار شده

دیوارهای زیرزمین و یا دیوار پارکینگ‌های طبقاتی زیرزمینی نوع خاصـــی از دیوارهای حائل هستند که در اکثر حالتها در راستای قائم در حد فاصل کف طبقات به صورت تیر سراسری عمل می‌کند. در حالت دیگری ممکن است به عنوان تیر متکی در محل اتصال با سـایر دیوارها مطابق شکل (۲-۱۳) طراحی و آرماتورگذاری شوند. در صورت اتکای دیوار در چهار لبه و وقوع رفتار دو طرفه، ممکن اسـت نیاز به تحلیل های دقیقتر باشد. لازم به ذکر اســت که در چنین حالاتی، مقطع دیوار بارهای مرده ناشـــی از وزن کف و وزن خودش و بـارهای زنده احتمالی را به صـــورت قائم تحمل می‌کند و در شـــرایط وجود فشـار جانبی خاک، مقطع تحت اثر ترکیب نیروهای فشـاری و لنگرهای خمشـی طراحی می‌گردد(طاحونی، ۱۳۹۶).



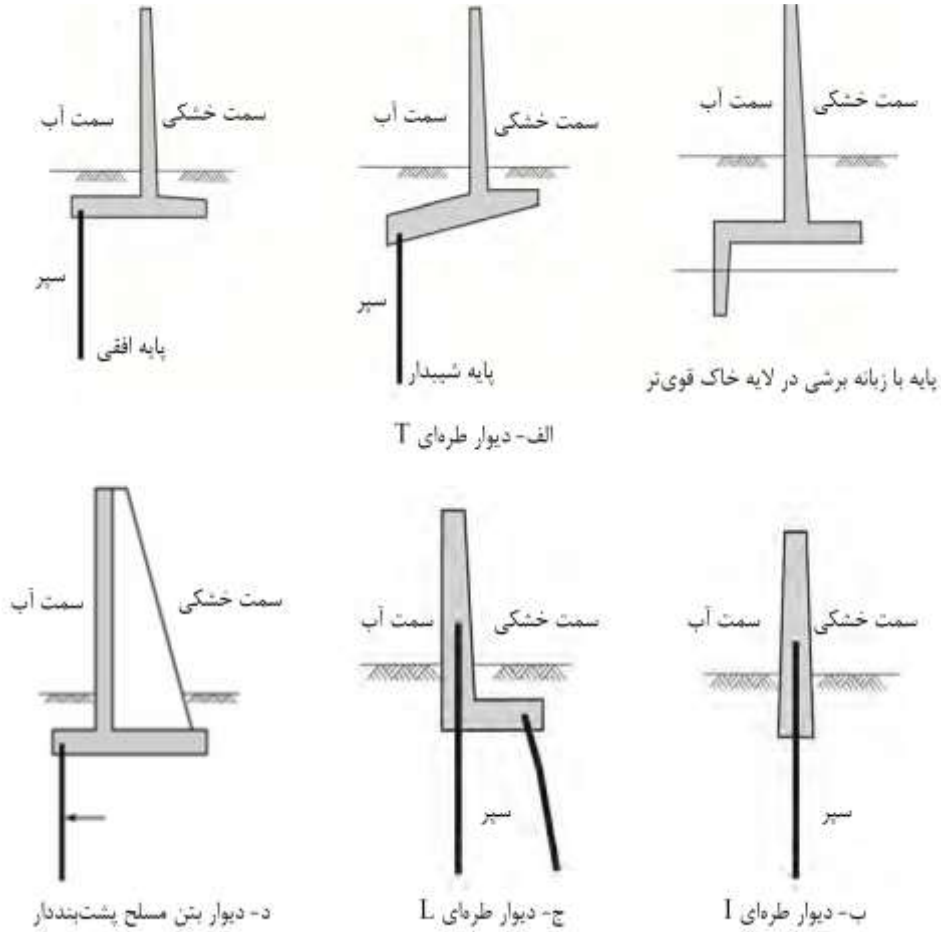
شکل ۲-۱۳- دیوار حایل مهار شده(طاحونی، ۱۳۹۶)

۲-۱-۲-۳- دیوارهای طره‌ای T معکوس

اغلب دیوارهای سیل بند از نوع طره‌ای T معکوس هستند .این دیوارها شامل شالوده و تیغه ی دیوار (سیل بند) هستند. اگر دیوارهای سیلبند در روی خاک احداث شوند، برای افزایش ضریب اطمینان در مقابل لغزش می توان از زبانه برشی استفاده نمود و در صورتی که روی سنگ احداث شوند، معمولا نیاز به زبانه برشی نخواهند داشت. همچنین اگر در زمین نامناسب احداث شوند، وجود شالوده مستقر برشمع لازم خواهد بود، در عین حال استفاده از تدابیری جهت جلوگیری از فرسایش پای دیوار در مقابل جریان آب نیز لازم است. در این راستا کاربرد سپر فلزی در پای دیوار بتنی می تواند به عنوان یک راه حل مورد توجه قرار گیرد. پایه ی دیوارهای T می تواند به صورت افقی یا شیب دار ساخته شود(شکل ۲-۱۴-الف) (طاحونی، ۱۳۹۶).

۲-۱-۲-۴- دیوار حائل طره‌ای L , I

دیوار حائل طره‌ای از معمول‌ترین انواع دیوارهای حائل در محدوده ارتفاعهای ۳ تا ۷ متر است که از بتن مسلح ساخته می‌شود. دیوار حائل طره‌ای از دو قسمت تیغه (دیوار) و پایه تشکیل می‌شود که قسمت سمت خاک پایه، موسوم به پاشنه و قسمت جلوی آن، موسوم به پنجه می‌باشد. کلیه این قسمتها رفتاری مشابه یک تیر طره‌ای دارند.



شکل ۲-١٤- انواع دیوار حایل طره‌ای و پشت بند دار(طاحونی، ١٣٩٦)

۲-۱-۲-۵- دیوار حائل غیر وزنی پشت بنددار

وقتی که ارتفاع دیوار حائل از ۷ متر تجاوز می‌کند، رفتار طره‌ای تیغه (دیوار) و پاشنه، باعث افزایش بیش از حد ضخامت و در نتیجه غیر اقتصادی شدن دیوار می‌شود. در چنین حالتی تیغه (دیوار) و پاشنه توسط دیوارهای عرضی مثلثی شکلی به نام پشت بند در فواصل مشخص، به یکدیگر دوخته می‌شوند. پشت بندها در واقع کش‌هایی می‌باشند که تیغه (دیوار) بر روی آنها تکیه می‌کند(طاحونی، ١٣٩٦).

۲-۱-۲-٦- دیوار حائل غیر وزنی پایه‌دار

دیوار حائل پایه‌دار بسیار مشابه دیوار حائل پشت بنددار است، با این تفاوت که دیوارهای عرضی مثلثی شکل که در این حالت پایه نامیده می‌شوند، در سمت پنجه دیوار حائل (سمتی که خاک وجود ندارد)، قرار می‌گیرند. در نتیجه برخلاف پشت‌بندها، پایه‌ها دارای عملکرد فشاری می‌باشد. با توجه به فشاری بودن پایه‌ها، برای یک ارتفاع مساوی، دیوار حائل پایه‌دار اقتصادی‌تر از دیوار حائل پشت بنددار می‌باشد. البته توجه به مخفی بودن پشت‌بندها در داخل خاک، دیوار حائل پشت بنددار دارای ظاهر خوشایندتری بوده و از این لحاظ، استفاده از آن معمولتر است(طاحونی، ۱۳۹٦).

در مقایسه با سایر دیوارهای غیروزنی، دیوار حایل طره‌ای از همه ساده‌تر و معمول‌تر است. دیوارهای بتن مسلح پشت بنددار هرچند که از لحاظ اقتصادی به صرفه هستند، اما مشکلات قالب‌بندی و اجرایی جزو معایب آنها هستند

امروزه ساخت دیوارهای حایل طره‌ای بتن آرمه بسیار متداول است. این دیوارها معمولاً می‌توانند کلیه نیازهای طراحی را برآورده نمایند. طول، ارتفاع، ضخامت، مصالح، پایداری محیطی، مقاومت مناسب، توانایی مقابله با مشکلات ژئوتکنیکی و پایداری لرزه‌ای، همگی دلایلی بر رشد روز افزون در ساخت این دیوارها است.

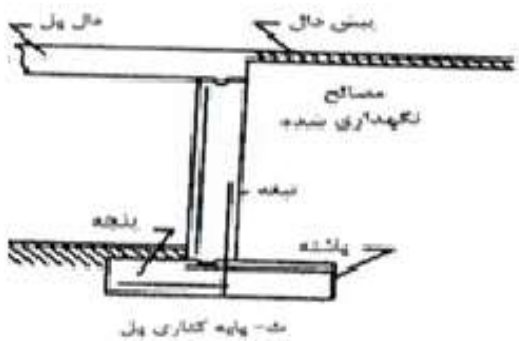
از طرفی دیوارهای حایل بنایی با سابقه‌ای به بلندای تاریخ راهسازی، هنوز از نظر مهندسی می‌توانند بخش زیادی از انتظارات ما را برآورده نمایند. زیبایی، هماهنگی با محیط طبیعی، استفاده از مصالح محلی، هزینه‌های اجرای نسبتاً کم و پایداری در شرایط آب و هوایی ایران، از مهمترین دلایل انتخاب این دیوارها است. معمولاً ارتفاع دیوارهای بنایی که از نوع وزنی و غیر مسلح هستند، تا حدود ٤ متر بوده و به ندرت بلندتر از ٦ متر اجرا میشوند. عملکرد لرزه‌ای دیوارهای حایل بنایی را می‌توان بزرگترین نقطه ضعف این نوع دیوارها دانست.

رفتار دیوارهای بنایی در مقابل این نوع بارها متفاوت و شاید بتوان گفت از جهاتی پیچیده‌تر از سایر سازه‌های صلب و پیوسته است. در هنگام زمینلرزه، زمین به شدت مرتعش شده و در امتدادهای متفاوتی به حرکت در می‌آید. شالوده دیوار مستقر بر خاک

و متناسب با حرکت زمین جابه‌جا می‌گردد ولی بخش‌های فوقانی دیوار به دلیل اثرات اینرسی، میرایی و سختی، با تأخیر به حرکت در می‌آید. این تأخیر در اجزای دیوار ایجاد تنش کرده و در اثر آن ترک‌های توسعه یابنده پدید می‌آید.

۲-۱-۲-۷- پایه‌های کناری پل (کوله‌ها)

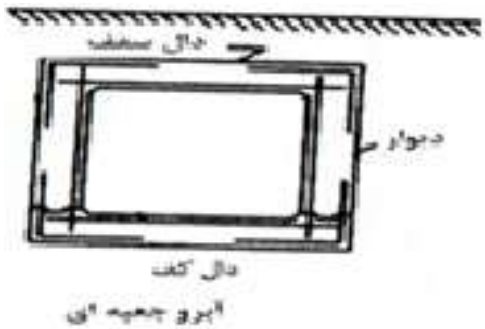
رفتار پایه‌های کناری پلها بسیار شبیه به رفتار دیوار حائل می‌باشد، با این تفاوت که علاوه بر بارهای یک دیوار حائل معمولی، بر آن واکنش های قائم و افقی ناشی از عبورگاه (عرشه) پل نیز وارد می‌شود(طاحونی، ١٣٩٦).(شکل ۲-۱۵)



شکل ۲-۱۵- کوله پل(عماد، ۱۳۸۵)

۲-۱-۲-۸- مجاری آبرو جعبه‌ای

غالباً به صورت قالبهای صلب بسته‌ای هستند که بارهای وارد بر آن، علاوه بر فشارهای جانبی خاک، شامل وزن خاک روی دال فوقانی و همچنین بار وسایل نقلیه نیز می‌باشند.(شکل ۲-١٦)



شکل ۲-١٦- آبرو جعبه‌ای(عماد، ۱۳۸۵)

۲-۱-۳- انواع کوله‌ها

همانطوریکه که عنوان شد رفتار پایه‌های کناری پل‌ها (کوله‌ها)، بسیار شبیه به رفتار دیوار حائل است، با این تفاوت که علاوه بر بارهای یک دیوار حائل معمولی، بر آن واکنش‌های قائم و افقی عرشه پل نیز وارد می‌شود. در ادامه انواع کوله معرفی می‌گردد.

۲-۱-۳-۱- کوله‌های با انتهای باز و انتهای بسته

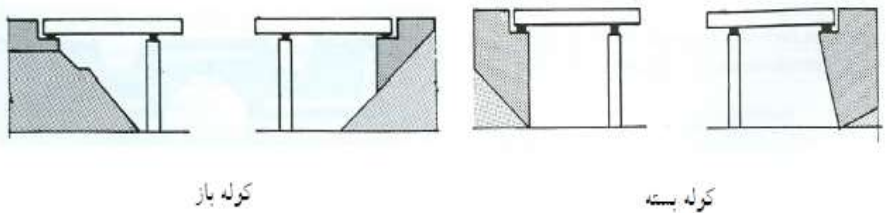
از نظر ارتباط بین کوله پل و جریان آب یا خاک با ترافیکی که از زیر پل می‌گذرد، کوله‌های پل را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد. کوله با انتهای باز و کوله با انتهای بسته که در تصویر (۲-۱۷) نشان داده شده است.

در مورد کوله با انتهای باز، شیب‌هایی بین دیواره کوله و لبه جاده یا کانال رودخانه‌ای که از زیر پل عبور می‌کند وجود دارد. چنین شیبهایی یک فضای گسترده برای عبور جریانهای ترافیک یا آب زیر پل فراهم می‌نماید. این نوع کوله تأثیر بسیار کمتری روی محیط و جریانهای ترافیک زیر پل نسبت به یک کوله با انتهای بسته دارد. همچنین، تعریض آینده جاده یا کانال آب زیر پل بوسیله تعدیل نسبتهای شیب بسادگی انجام می‌گردد. اگرچه وجود چنین شیبهایی معمولاً نیازمند دهانه های طولانی‌تر و حجم عملیات خاکی بیشتر بوده که منجر به افزایش هزینه ساخت پل می‌شود.

کوله با انتهای بسته معمولاً در فاصله کمی از جاده‌ها یا کانالهای آب اجرا می‌گردد. بخاطر نیاز به فضای آزاد عمومی و محدودیت های ساخت در حریم جاده امکان ایجاد هیچ گونه شیبی بین دیواره کوله و لبه جاده‌ها یا آبراهه‌ها وجود نداشته و دیواره‌های کوله باید بصورت مرتفع اجرا گردند. بخاطر آنکه هیچگونه فضایی بین کوله و لبه جریان ترافیک یا جریان آب وجود ندارد و یا مقدار فضا ناچیز است، تعریض آینده جاده‌ها یا آبراهه زیر پل بسیار مشکل خواهد شد. همچنین، دیوارهای مرتفع کوله و حجم خاکریزی بیشتر، اغلب منجر به افزایش هزینه های ساخت و نشست بیشتر جاده ورودی پل نسبت به کوله با انتهای باز می‌شود.

عموماً کوله‌های با انتهای باز اقتصادی‌تر، انعطاف پذیر وجذاب‌تر از کوله‌های با انتهای بسته هستند. اگر چه بخاطر محدودیت حریم راه و مقیاس بزرگ بار زنده برای قطارها،

که منجر به ساخت دهانه‌های کوتاهتر می‌شود، پلهای با کوله‌های با انتهای بسته بطور گسترده‌ای در مناطق شهری و برای سیستم‌های حمل و نقل ریلی در نظر گرفته می‌شوند(گواشیری، ١٣٩٦).



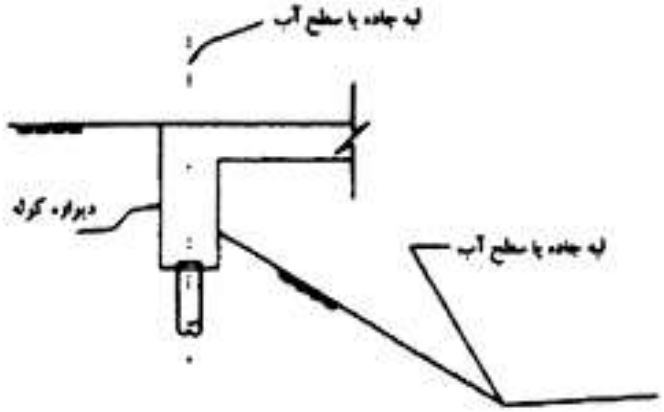
شکل ٢-١٧- آبرو جعبه‌ای(گواشیری، ١٣٩٦).

٢-١-٣-٢- کوله‌های یکپارچه و کوله‌های دارای تکیه‌گاه مکانیکی

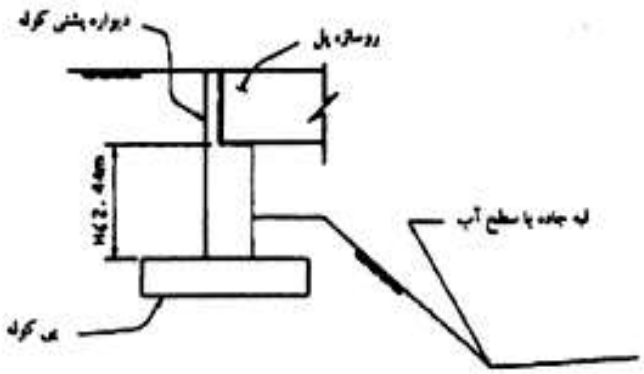
بر مبنای اتصال بین بدنه کوله و عبورگاه نیز می‌توان کوله‌ها را به دو دسته طبقه‌بندی نمود: کوله یکپارچه یا کوله با صفحه انتهایی و کوله دارای تکیه‌گاه مکانیکی. (شکل‌های ٢-١٨ تا ٢-٢١).

کوله یکپارچه بصورت یکپارچه با روسازه پل ساخته می‌شود. هیچ گونه حرکت نسبی وجود ندارد و تمام نیروهای روسازه در نقاط پایانی پل به دیواره کوله منتقل و سپس به خاک پشت کوله و پایه‌ها منتقل می‌شود. مزیت این نوع کوله هزینه اولیه ساخت پایین و درگیر شدن فوری با خاک خاکریز، هنگام جذب انرژی توسط پل تحت تأثیر حرکت‌های انتقالی می‌باشد. فشار مقاوم ایجاد شده بوسیله خاکریز می‌تواند منجر به سخت شدن

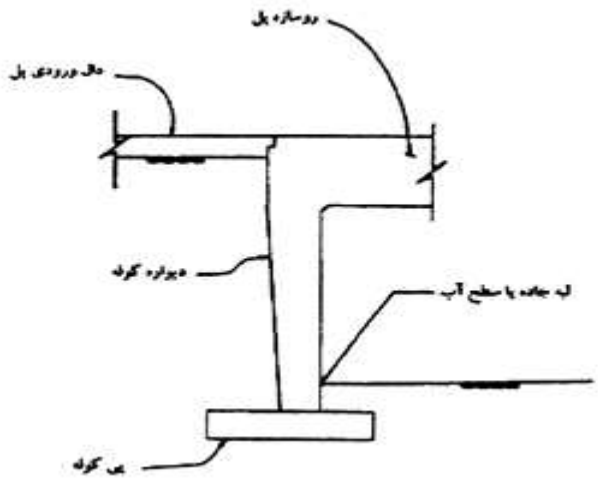
طراحی این نوع کوله شده و در عین حال افزایش هزینه‌های نگهداری را نیز می‌توان انتظار داشت. عملاً، این کوله‌ها عمدتاً در پل‌های کوتاه مورد استفاده قرار می‌گیرد.



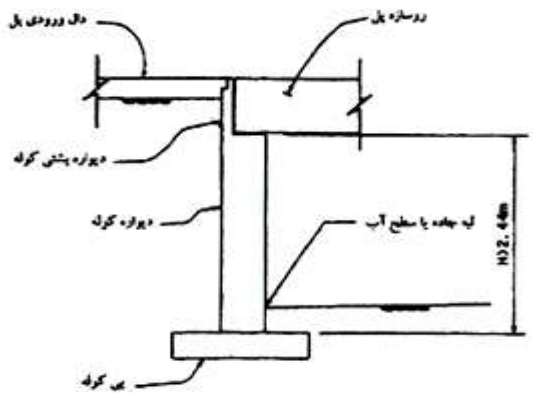
شکل ۲-۱۸- کوله باز یکپارچه(عماد، ۱۳۸۵)



شکل ۲-۱۹- کوله باز دارای تکیه‌گاه(عماد، ۱۳۸۵)



شکل ۲-۲۰- کوله بسته یکپارچه(عماد، ۱۳۸۵)



شکل ۲-۲۱- کوله بسته دارای تکیه‌گاه(عماد، ۱۳۸۵)

در کوله‌های دارای تکیه‌گاه، روسازه جدا از کوله اجرا می‌شود و بوسیله بالشتک‌های تکیه‌گاهی، تکیه‌گاه‌های گهواره‌ای، با دیگر ابزارها روی دیواره کوله قرار می‌گیرد. این نوع از کوله برای طراح پل امکان کنترل انتقال نیروهای روسازه را به دیواره کوله و خاکریز را فراهم می‌سازد(گواشیری، ١٣٩٦).

۲-۱-٤- دیوار خاک مسلح فولادی

خاک مسلح روش نسبتاً جدیدی است که نخستین بار توسط هنری ویدال، مهندس فرانسوی، در سال ۱۹٦۳ ابداع شد.

دیوار حائل پراگنیرس نخستین نمونه خاک مسلح بود که در سال ۱۹٦۵ در فرانسه بنا شد و پس از آن در سال‌های ۱۹٦۸ اجرای یک پروژه طولانی دیوارهای حائل بر روی شیب‌های ناپایدار در جنوب فرانسه، فرصت انجام بررسی‌های تحقیقاتی و پیشرفت‌های فنی را فراهم نمود.

خاک مسلح مجموعه‌ای از خاکریز (نوع خاک آن معمولاً دانه‌ای است)، عناصر مسلح‌کننده (به صورت تسمه، میلگرد و غیره) و اجزای پوسته می‌باشد. عناصر مسلح‌کننده به گونه‌ای در خاکریز جای داده می‌شوند که منجر به کاهش کرنش کششی حاصله شوند. خاک‌های دانه‌ای عموماً در مقابل فشار و برش مقاوم هستند، اما در کشش ضعیف هستند. در خاک مسلح وجود عناصر مسلح‌کننده در جهت کرنش کششی باعث بهبود رفتار خاک می‌شود (مشابه بتن مسلح). دیوارهای خاک مسلح در گروه دیوارهای انعطاف‌پذیر قرار دارند و بخش‌های اصلی آن عبارتند از (شکل ۲-۲۲):

۱- خاکریز: عموماً از خاک‌های دانه‌ای استفاده می‌شود.

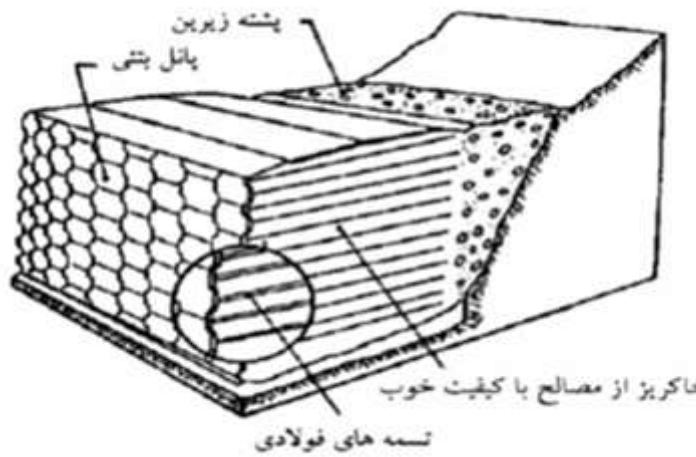
۲- عناصر مسلح کننده: در بیشتر موارد از تسمه‌های باریک و پهن، آرماتور و یا لایه‌های پلیمری که در فواصل معینی قرار داده شده‌اند، استفاده می‌شود.

۳- دیوار نما: قطعات دیوار نما به انتهای عناصر مسلح‌کننده متصل هستند و وجه خارجی دیوار را پوشش می‌دهند. این قطعات عموماً پانل بتنی یا پوشش بتنی هستند.

٤- اتصالات بین عناصر تسلیح کننده و قطعات دیوار نما، مکانیزم این اتصالات از نوع اصطکاکی یا قفل و بست است.

نسبت عرض به ارتفاع در دیوارهای خاک مسلح معمولاً بزرگ است و در نتیجه بر خلاف دیوارهای حائل معمولی، پدیده تمرکز تنش در پنجه دیوار دیده نمی‌شود. به همین دلیل برای بسترهای با ظرفیت باربری کم مناسب هستند.

در این نوع دیوار، درصد زیادی از حجم مصالح را خاک تشکیل می‌دهد (اگر از حجم المان پوسته صرفنظر شود، مقدار آن به بیش از ۹۹٪ می‌رسد)، در نتیجه سازه بسیار انعطاف‌پذیر است و قابلیت شکل‌پذیری و مقاومت در برابر نشست‌های نامساوی در آن نسبتاً زیاد است.



شکل ۲-۲۲- دیوار خاک مسلح(NCHRP, 2018)

در خاک مسلح با استفاده از عناصر مسلح‌کننده که در داخل خاک قرار گرفته‌اند و ابتدای آنها به قطعات دیوار نما متصل شده است، قطعات نما و به تبع آن، خاکریز، مهار می‌شود. در این روش خاکریز از یک سو روی قطعات نما فشار جانبی اعمال کرده و از دیگر سو، اندر کنش آن با عناصر تسلیح کننده باعث مهار خاک می‌شود.

بطور رایج دیوارهای خاک مسلح به سه نوع مسلح شده با ژئوسینتتیک، مسلح شده با تسمه فولادی و سیستم نیلینگ تقسیم بندی می‌شوند. در ادامه این دیوارها تشریح می‌شود(NCHRP, 2018).

۲-۱-٤-۱- دیوارهای خاک مسلح با ژئوسینتتیک

ژئوسینتتیک نام کلی مجموعه مصالحی است که از مواد مصنوعی نظیر پلیمرها ساخته شده و برای پایداری و بهسازی رفتار خاک استفاده می شوند. این مصالح عموماً به صورت شبکه یا ورقه‌های نازک تولید می شوند که قابلیت زهکشی، مسلح سازی و جداسازی خاک را دارند.

تفکر اولیهٔ استفاده از مصالحی نظیر منسوجات در عملیات خاکی، جدید نیست. به عنوان مثال از یک قرن پیش با قرار دادن پارچه‌های کرباس در خاکریزها اقدام به کاهش فشارجانبی وارده بر دیوارهای حائل می کردند. هلندی ها حدود ۵۰ سال پیش از منسوجات مصنوعی به عنوان فیلتر برای بازسازی و تعمیر سریع آب بندهای دریای شمال استفاده کردند. در آمریکا هم با استفاده از پارچه‌های کتانی جین اقدام به پایدارسازی جاده‌های خاکی نمودند.

امروزه ژئوسینتتیک‌ها کاربرد فراوانی در مهندسی ژئوتکنیک پیدا کرده‌اند. تکنولوژی دیوارهای ژئوسینتتیک براساس ایده تکنولوژی خاک مسلح پایه گذاری شده است. انواع اصلی ژئوسینتتیک عبارتند از شکل (۲-۲۳):

الف- ژئوتکستایل: عموماً جزء منسوجات شمرده می‌شوند که به جای الیاف طبیعی از الیاف مصنوعی (عموماً پلی پروپیلن یا پلی استر) بافته می‌شوند. این محصولات پلیمری انعطاف پذیر و متخلخل هستند. ویژگی اصلی آنها تخلخل‌شان است. امروزه ژئوتکستایل‌ها در زمینه مسلح سازی خاک کاربرد گسترده‌ای پیدا کرده‌اند.

ب- ژئوگرید: ورقه‌های شبکه مانند پلاستیکی هستند که برای بهبود خواص فیزیکی‌شان در زمان تولید دریک جهت یا دو جهت کشیده می‌شوند. کاربرد اصلی آن مسلح‌سازی خاک است، براین اساس مقاومت کششی در آنها از عوامل حاکم در طراحی می‌باشد.

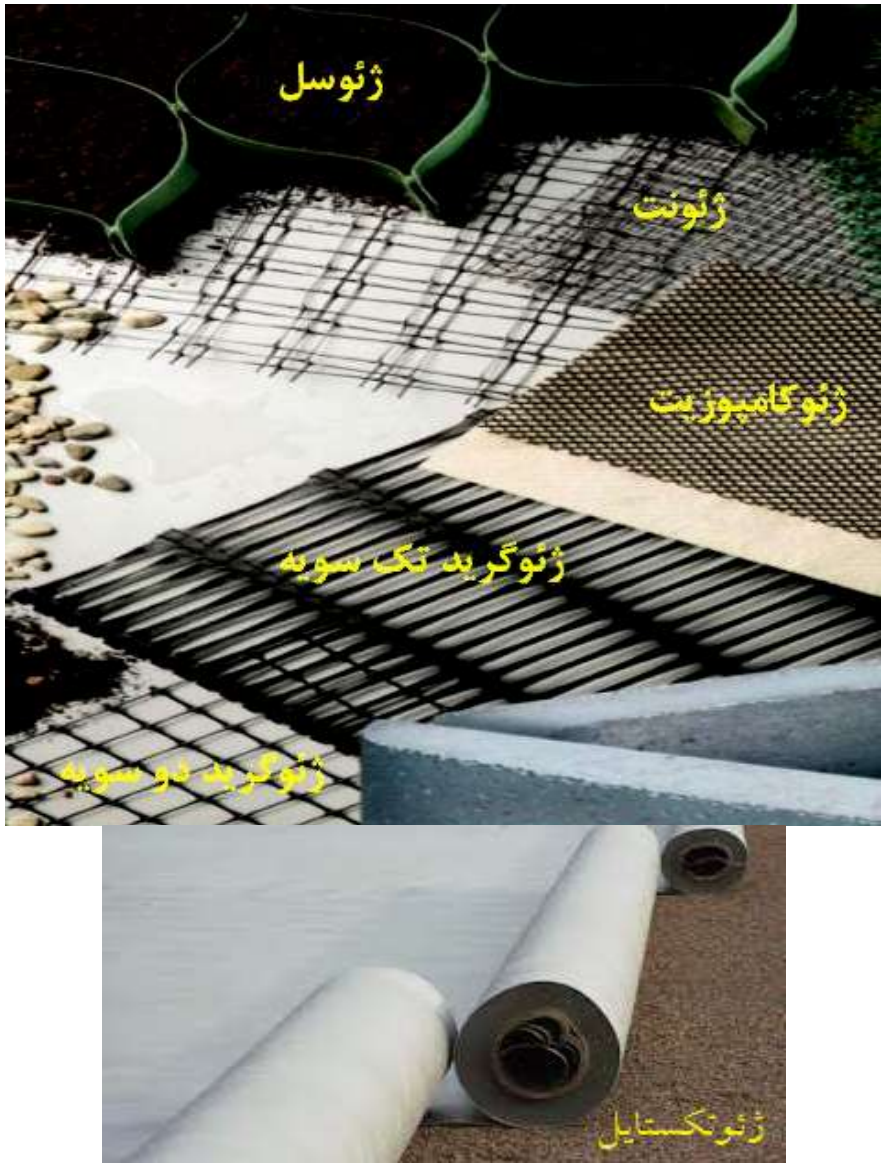
پ- ژئونت: ماده پلیمری توری مانندی است که تا حدی مشابه ژئوگرید است، اما روش تولید آن متفاوت می باشد. بیشترین کاربرد آن در زمینه زهکشی است.

ت- ژئوممبرن: صفحات نازک پلیمری نفوذناپذیری هستند که به عنوان آب بند استفاده

می شوند.

ث- ژئوکامپوزیت: محصولات حاصله از مجموعه گروه‌های بالا به صورت لایه‌ای یا ترکیبی است که برای کاربری‌های خاص مواد افزودنی دیگری هم به آن اضافه می‌شود.

برای عملیات خاکی، خواص مکانیکی، فیزیکی و هیدرولیکی ژئوسینتتیک مدنظر است. این خواص تابعی از نوع ژئوسینتتیک، نوع پلیمر، روش تولید و ... هستند. به علاوه باید توجه ویژه‌ای به دوام و پایایی آنها شود، زیرا مشابه سایرمصالح ساختمانی، مشخصات مکانیکی آنها در طول زمان تغییر می‌کند. این تغییر تابع عوامل چندی از جمله شرایط محیطی، نوع پلیمر و وضعیت تنش در مصالح است. یکی از عوامل مخرب برای این مصالح اشعه ماورای بنفش می‌باشد، در نتیجه حفاظت در مقابل این اشعه از اهمیت بالایی برخوردار است. ژئوسینتتیک مصرفی برای کارهای ژئوتکنیکی متناسب با کاربری مورد نظر انتخاب می شود. از سویی به ازای هر نوع انتخابی، محصولات و ترکیبات بسیاری وجود دارد. بنابراین انتخاب مصالح نیازمند توجه ویژه‌ای است.(NCHRP, 2018)



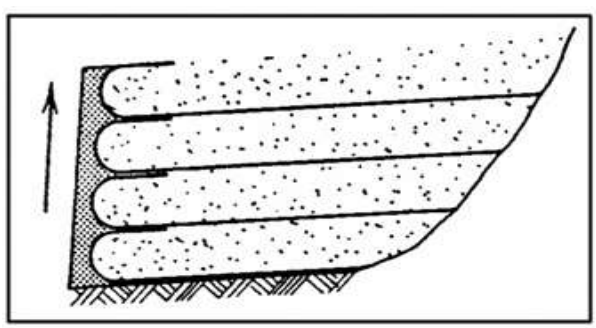
شکل ۲-۲۳- انواع ژئوسینتتیک ها

تکنولوژی دیوارهای ژئوسینتتیک برگرفته شده از ایده خاک مسلح است. این دیوارها به شکل های متفاوت و با استفاده از انواع ژئوسینتتیک‌ها طراحی و اجرا می شوند. معروفترین نمونه‌های این دیوارها عبارتند از:

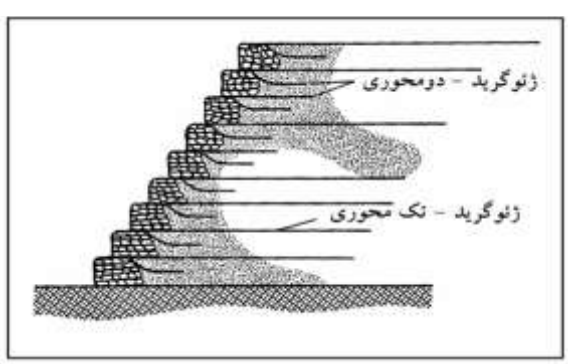
الف – دیوارهای ژئوتکستایل: در این دیوارها خاکریز به صورت لایه‌ای اجرا می‌شود و هر لایه بین صفحات ژئوتکستایل قرار گرفته و نمای خارجی دیوار عموماً برای حذف اثر منفی اشعه مافوق بنفش پوشش می‌شود (شکل ۲-۲٤).

ب- دیوارهای ژئوگرید: در این دیوارها با استفاده از ژئوگرید دیوارهای حائلی مشابه دیوارهای ژئوتکستایل اجرا می‌شود.

به دلیل وجود سوراخهای ژئوگرید امکان رشد سبزه در فاصله بین این سوراخ‌ها و یا پشت آنها وجود دارد. از سویی تأثیر اشعه مافوق بنفش هم کمتر است و در نتیجه وجه خارجی این دیوارها عموماً پوشش نمی‌شود (شکل۲-۲۵).



شکل ۲-۲٤- دیوار ژئوتکستایل (NCHRP, 2018)



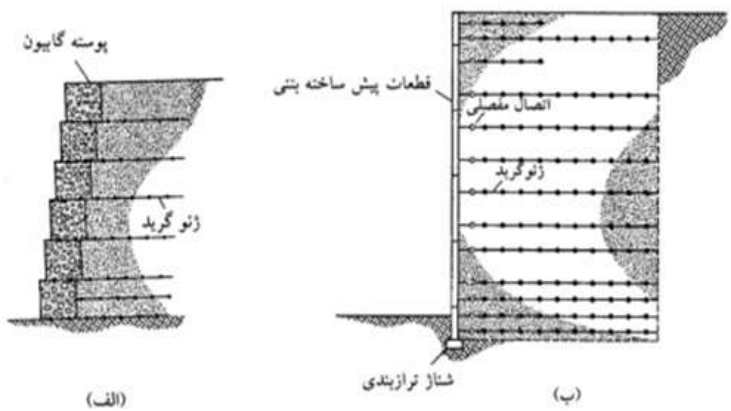
شکل ۲-۲۵- دیوار ژئوگرید (NCHRP, 2018)

پ- دیوارهای مسلح با ژئوگرید: این دیوارها تلفیقی از ایده خاک مسلح و دیوارهای حائل ژئوسینتتیک هستند. برای اجرای این دیوارها از ژئوگرید برای مسلح‌سازی خاکریز دانه‌ای استفاده شده است (شکل۲-۲۶).

در مجموع مزایا و معایب دیوارهای ژئوسینتتیک در مقایسه با دیوارهای خاک مسلح و حائل متعارف را می توان به شرح زیر خلاصه کرد (NCHRP, 2018) :

مزایا:

- سیستم سازه‌ای دیوارهای ژئوسینتتیک انعطاف پذیرتر هستند .در مقابل نشستهای نامساوی و همچنین نیروهای زلزله مقاومتر هستند.
- حجم عملیات خاکی و حفاری پشت دیوار کمتر است.
- پدیده خوردگی بتن و فولاد در دیوارهای ژئوسینتتیک مشاهده نمی شود.
- خاکریز پشت دیوار می تواند شامل ریزدانه هم باشد.
- در دیوارهای ژئوتکستایل عملیات زهکشی به راحتی قابل انجام است.
- احتیاج به تجهیزات سنگین برای اجرای دیوار نیست و در اجرای آن می توان از نیروی کار کارگر غیرماهر استفاده کرد.
- در مجموع عموماً اقتصادی‌تر است.



شکل ۲-۲۶- دیوارهای مسلح شده با ژئوگرید (الف) دیوار نمای گابیونی، (ب) دیوار نما با قطعات پیش ساخته بتنی (NCHRP, 2018)

معایب:

- پدیده خزش در ژئوسینتتیک‌ها وجود دارد.
- به مسائل دوام و پایایی آنها باید توجه کافی داشت. به عنوان مثال در مورد دیوارهای ژئوتکستایل باید وجه خارجی دیوار از آثار اشعه مافوق بنفش حفاظت شود.
- به فضای باز زیادی در پشت دیوار نیاز هست.

۲-۱-٤-۲- دیوار خاک مسلح با نیلینگ یا میخ کوبی(Soil Nailing)

نیلینگ یا میخ کوبی نوعی تکنیک خاک مسلح است که معمولاً برای مسلح کردن زمین مجاور حفاری با نصب میله‌های فولادی یا میخ‌ها با فاصله نزدیک انجام می‌شود. می‌توان برش‌های عمودی یا شیب‌دار را برای حفاری با استفاده از میلگردهای درون خاک به عنوان مسلح کننده اجرا کرد(شکل ۲-۲۷) (روحی، ۱۳۹۷).

طی فرآیند نیلینگ میلگردهای فولادی با فواصل کوتاه با شیب ۲۰ تا ۲۵ درجه به صورت افقی در زمین تعبیه می‌شوند و با پیشرفت کار نحوه اجرا از بالا به پایین خواهد بود و برای ایجاد ساختاری یکپارچه از شاتکریت یا دیوار بتنی به عنوان نمای بیرونی استفاده می‌کنند. روش نیلینگ علاوه بر خاک در سایر مصالح مثل سنگ های نرم نیز استفاده می شود. اجزای تشکیل دهنده ی عملیات نیلینگ یا میخ کوبی شامل موارد زیر است:

۱-میلگردهای مسلح کننده : اصلی ترین بخش عملیات نیلینگ یا میخکوبی میلگردهای مسلح کننده ای هستند که بوسیله ی دوغاب در نقاط از پیش حفر شده تعبیه می شوند .

۲-دوغاب : پس از اینکه میلگردهای مربوطه در نقاط از پیش تعیین و حفر شده قرار می گیرند ، عملیات تزریق دوغاب انجام می شود . در این مرحله دوغاب تزریق شده نقش مهمی در انتقال تنش از زمین به میلگرد ایفا می کند. علاوه بر این دوغاب تزریق شده سطحی در برابر خوردگی روی میلگردها تشکیل می دهد.

۳-فاصله دهنده: نقش فاصله دهنده ها در عملیات نیلینگ یا میخکوبی ایجاد و حفظ فاصله میلگرد از جدار گمانه است. با استفاده از فاصله دهنده ها مدار دوغاب تزریقی در اطراف میلگردها به حداقل می رسد.

٤-هدنیل: هدنیل‌ها در واقع همان بخش انتهایی میلگردها هستند که از سطح دیوار بیرون می زنند و با اتصال جوشی به صفحه هد نیل نصب شده و میخ را به سطح شیب یا جدار گود متصل می کند .

۵-پوشش سطحی : ایجاد پوشش موقتی یا دائمی در قالب شبکه ی فولادی، بتن پاشی، آرماتور بندی و یا اجرای بتن درجا برای حفظ خاک بین میخ در مقابل عوامل مختلف محیطی و ایجاد یکنواختی و تامین ظرفیت باربری مورد نیاز انجام می شود.

٦-سیستم زهکشی : سیستم زهکشی برای هدایت آب های جمع شده به سمت شیب یا گود بدلیل احتمال وجود آب در پشت پوشش سطحی و فشار مخرب ناشی از آن ایجاد می شود.

نیلینگ به صورت روش مقاوم (Passive) و بدون پیش تنیدگی فولاد اجرا می‌شود و اعضا باربر تحت فشار، برش و گشتاور خمش قرار می‌گیرند(روحی، ۱۳۹۷).

شکل شماره ۲-۲۷- دیوار خاک مسلح با نیلینگ(روحی، ۱۳۹۷)

در مقایسه اجمالی دیوارهای ژئوسینتتیک و نیلینگ می‌توان گفت میخ کوبی دیواره ها یا نیلینگ به معنای تسلیح برجای توده خاک موجود با نصب میلگرد های فولادی (Nails)

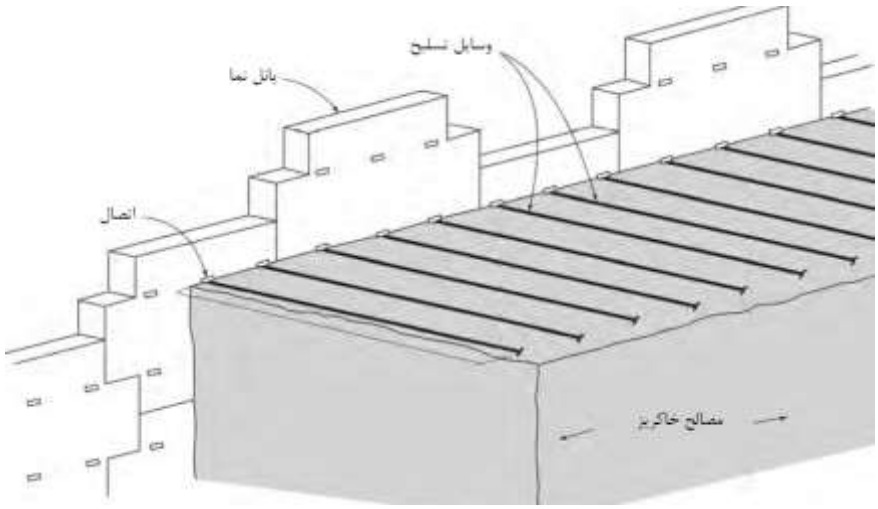
در فواصل نزدیک به هم در یک سطح شیبدار و یا در محل گودبرداری به صورت قائم و با اجرای از بالا به پایین می باشد. میلگردهای معمولا داخل گمانه هایی که در دیواره خاکی قرار می گیرند که به منظور جلوگیری از خوردگی میلگرد ها و انتقال مناسبتر نیروها بین خاک و میلگرد توسط **دوغاب سیمان** پر می‌شوند. هدف، استحکام خاک موجود و جلوگیری از ریزش آن است.

دیوارهای ژئوسینتتیک در خاکریز و بصورت لایه به لایه اجرا می‌شوند. عناصر مسلح کننده به گونه‌ای در خاکریز جای داده میشوند که منجر به کاهش کرنش کششی حاصله شوند. در این روش اتصال خاک با لایه‌ها بصورت اصطکاکی است. در این روش حتماً خاک محل باید اصلاح شده و دانه‌ای باشد. در خاک مسلح وجود عناصر مسلح کننده در جهت کرنش کششی باعث بهبود رفتار خاک میشود (مشابه بتن مسلح).

۲-۱-٤-۳- دیوار خاک مسلح با تسمه‌های باریک فلزی

اجزای مسلح کننده مورد استفاده در این نوع دیوارخاک مسلح اجزای فلزی شامل مهار یا تسمه های فولادی با پوشش گالوانیزه و یا پوشش اپوکسی است.

به منظور تثبیت مکانیکی خاکریزها از این تسمه‌ها به صورت افقی و در فواصل مشخصی از یکدیگر بر روی خاک قرار داده می شوند .سپس یک لایه خاک ریخته و متراکم می گردد و تسمه‌های ردیف بعدی چیده شده و این کار تا تراز بالای خاکریز ادامه می یابد(طاحونی، ۱۳۹٦). (شکل ۲-۲۸)



شکل شماره ۲-۲۸- دیوار خاک مسلح با تسمه فولادی(طاحونی، ۱۳۹۶)

۲-۲- آسیب‌های رایج در انواع دیوار حائل

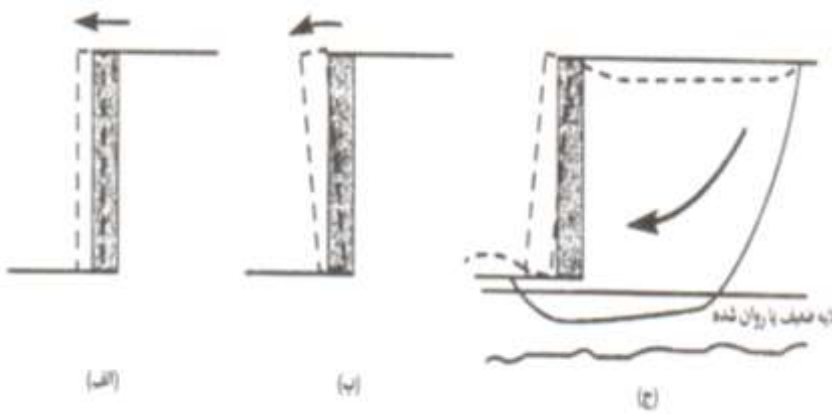
در این قسمت به توضیح انواع آسیب‌های محتمل در مورد دیوارهای حائل در رابطه با عملکرد کلی سازه دیوار پرداخته می‌شود، لذا مسائلی از قبیل انواع گسیختگی دیوارها و خاک زیر آن، مسائل مرتبط با نشست، حرکات و آسیب‌های مرتبط با فونداسیون، تغییر مکانهای نامناسب، آبشستگی و ... که در انواع دیوار مشترک است در ابتدای این بخش و سپس خرابی‌های مرتبط با نوع و جنس مصالح دیوار حائل در ادامه، تشریح خواهد شد.

۲-۲-۱- انواع شکست و گسیختگی دیوارهای حائل

در شرایط استاتیکی، همه دیوارهای حائل تحت تأثیر نیروهای حجمی وابسته به جرم دیوار هستند. این نیروها بوسیله رانش خاک و نیروهای خارجی از قبیل آنچه که توسط مهارها منتقل می‌گردد، تولید می‌شوند. یک طراحی کامل دیوار حائل تعادل همه این نیروها را تأمین می‌کند بدون اینکه تنش‌های برشی تولید شده از مقاومت برشی خاک تجاوز نمایند. بهر حال ممکن است در خلال زلزله نیروهای داخلی و تغییرات مقاومت خاک تعادل را بر هم زده و موجب بروز تغییر مکان دائمی دیوار شود. هنگامی‌که این

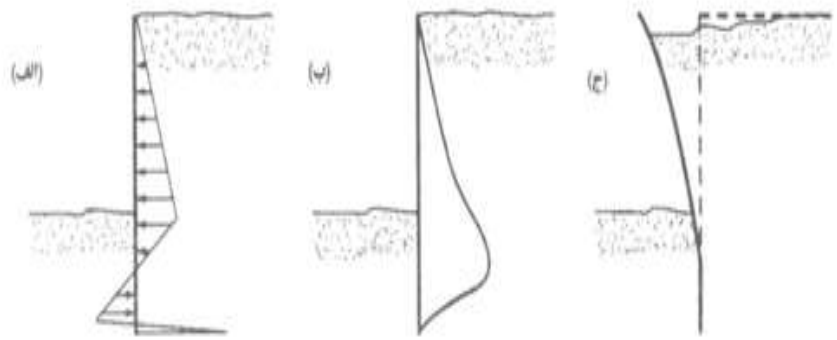
تغییر مکان دائمی زیاد گردد، گسیختگی دیوار بصورت لغزش، دوران، خمش و یا سایر مکانیزم‌های دیگر خواهد بود. مقدار تغییر مکانی که موجب شکست دیوار می‌شود به عوامل متعددی بستگی دارد و بر اساس مشخصات یک ساختگاه خاص قابل تعریف است. دیوارهای ثقلی معمولا ناشی از لغزش، واژگونی و یا شکست مرکب گسیخته می‌شوند (شکل ۲-۲۹).

لغزش هنگامی روی می‌دهد که نیروهای افقی به تعادل نمی‌رسند (یعنی زمانی که فشارهای جانبی بر پشت دیوار تنشی ایجاد می‌کنند که از مقاومت لغزشی موجود در قاعده دیوار بیشتر باشد). گسیختگی‌های واژگونی هنگامی رخ می‌دهد که گشتاور تعادل، تأمین نگردیده باشد. در قائده این دیوارها معمولاً گسیختگی پی رخ خواهد داد. دیوارهای حائل ثقلی همچنین ممکن است با ناپایداری خاک در پشت و قائده آنها دچار خسارت گردند. با چنین شکست‌هایی که توام با گسیختگی بستر است، ممکن است بعنوان شکست پایداری شیروانی، که دیوار را هم در بر می‌گیرد، برخورد شود. سیستم‌های دیوار مرکب از قبیل دیوارهای گابیونی، دیوارهای صندوقه‌ای و دیوارهای تثبیت شده مکانیکی ممکن است بهمین طریق گسیخته شده و یا با گسیخته شدن اجزاء مختلف دیوار به شکل‌های برشی، کششی و یا کنده شدن دچار شکست گردند.



شکل ۲-۲۹- مکانیزمهای معمول برای دیوار حائل ثقلی؛ (الف)- شکست لغزشی (یا جابجایی)؛ (ب)- شکست واژگونگی (دورانی)؛ (ج)- شکست مرکّب (قضاوی، ۱۳۸۷)

دیوارهای طره‌ای با مکانیزم‌های یکسانی مشابه دیوارهای ثقلی و یا مکانیزم‌های شکست خمشی گسیخته می‌شوند. تاثیر رانش خاک و گشتاور خمشی بر دیوارهای حائل بستگی به هندسه، سختی و مقاومت سیستم خاک دیوار دارد. (شکل (۲-۲۹-الف و ب) مربوط به دیاگرامهای فشار و گشتاور برای یک دیوار حائل). اگر گشتاور ایجاد شده در دیوار از گشتاور خمشی دیوار بیشتر شود، گسیختگی خمشی رخ خواهد داد (شکل ۲-۲۹- ج). شکل پذیری سازه‌ای دیوار، خود ممکن است بر میزان تغییر شکل تولید شده در اثر گسیختگی خمشی تأثیر گذارد. (قضاوی، ۱۳۸۷)



شکل ۲-۳۰- (الف)- فشار خاک؛ (ب)- گشتاورهای خمشی؛ (ج)- مکانیزم شکست خمشی برای دیوار حائل یک سرگیردار (طره‌ای) (قضاوی، ۱۳۸۷)

دیوارهای حائل مهارشده معمولاً بوسیله ناپایداری مرکب، شکست دورانی، خمشی و یا گسیخته شدن اجزاء مهار کننده ناپایدار می‌شوند. در اینحالت گسیختگی دیوار همراه با دوران است. در دیوارهای جناحی پل‌ها و زیرزمین‌ها نقطه مذکور بالای دیوار خواهد بود (شکل ۲-۳۰- الف).

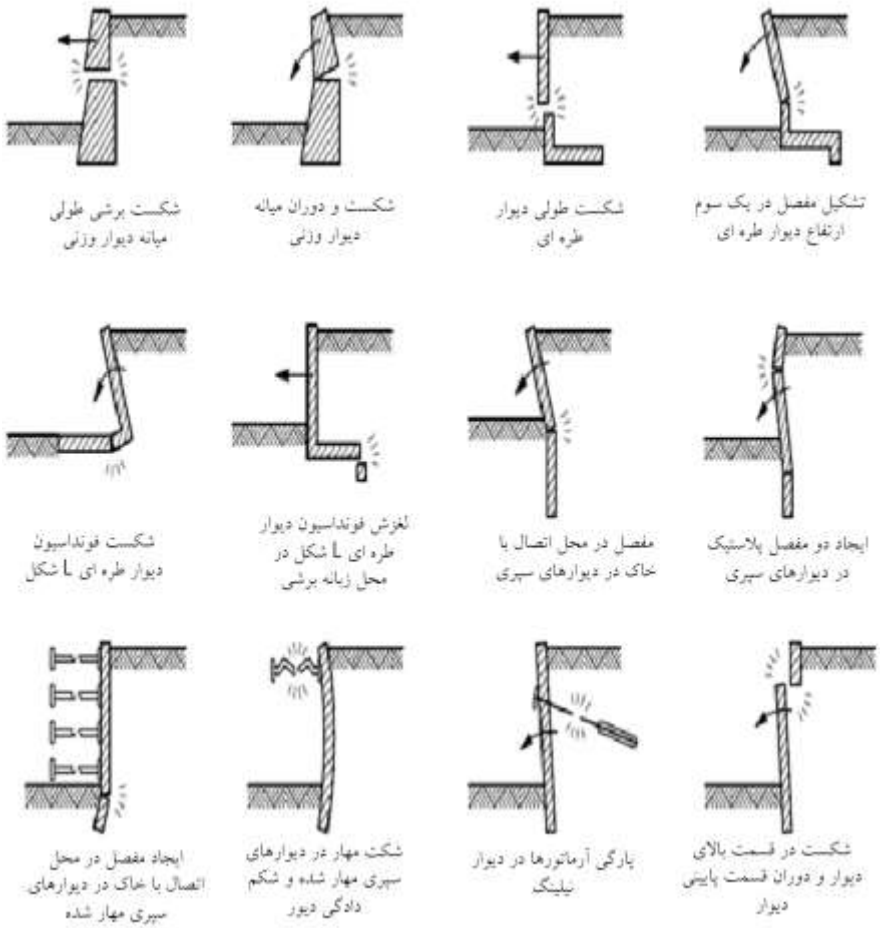
دیوارهای انکر شده با طول نقوذ مناسب ممکن است بعلت کمبود مقاومت Passive خاک در پایین، در قسمت پنجه خود کج شوند (شکل ۲-۳۱- ب). دیوارهای انکر شده مشابه دیوارهای یک سرگیردار، ممکن است دچار گسیختگی خمشی گردند، گرچه نقطه شکست (ماکزیمم گشتاور خمشی) ممکن است متفاوت باشد. شکست اجزاء مهارکننده ممکن است شامل در آمدن انکر، گسیخته شدن میله‌ها و یا کمانش ورق‌ها شود. همچنین

نشست‌های خاک پشت دیوار می‌تواند بارگذاری محوری و متمایل بر اجزاء مهارکننده از قبیل میله‌ها و بست‌های کششی وارد سازد.

شکل ۲-۳۱- مودهای قابلیت شکست برای دیوارهای مهار شده؛ (الف)- چرخش دیوارهای جناحی حول نقطه بالای خود؛ (ب)- چرخش دیوار با انکراژ فوقانی در اثر فقدان مقاومت passive خاک در پنجه دیوار؛ (ج)- فقدان ظرفیت مناسب در انکراژ (قضاوی، ۱۳۸۷)

شکست در خود دیوار هم ممکن است اتفاق بیفتد. در دیوارهای حائل بنایی (غیرصلب) وضعیت اصلی خرابی، شکست در بدنه دیوار است. بدین صورت که با استفاده از تحلیل خطی در اثر بارگذاری عمود بر صفحه دیوار، لنگرهای خمشی ایجاد شده در سازه دیوار بنایی باعث ایجاد تنش‌های کششی ناشی از خمش در دیوار می‌شود. حال چنانچه مقدار این تنش کششی، بیشتر از تنش مجاز کششی مصالح بنایی شود، ترک در دیوار ایجاد می‌شود(قضاوی، ۱۳۸۷) .

انواع مودهای شکست تیغه دیوار در اثر بارهای اعمالی خاکریز و یا سربار، برای انواع دیوار حائل در شکل شماره (۲-۳۲) ارائه شده است.



شکل ۲-۳۲- مودهای شکست تیغه انواع دیوار حائل

۲-۲-۲- خرابی‌های مرتبط با شالوده و خاک بستر

حرکت شالوده‌ها اعلب بخاطر حرکت خاک بستر آنهاست. به این علت ضروری است توضیحات شفافی در این زمینه ارائه شود.

تغییر شکل خاک‌ها به علت تغییر حجم، منجر به شکست‌های برشی در آنها می‌شود. لغزش شیب‌ها و گسیختگی‌های بسترهای باربر، نمونه‌های خوبی از شکست‌های برشی هستند. چنانچه بارها آن‌قدر زیاد نباشند که باعث شکست برشی گردند، ممکن است با نشست بستر به عنوان نتیجه‌ای از تغییر حجم خاک مواجه شویم. مدت زمان نشست و

مقدار آن به ترکیب و شکل خاک بستگی دارد. خاک‌های دانه‌ای نظیر ماسه، معمولاً در زمان کوتاهی تغییر حجم نسبتاً کمی خواهند داشت. در مقابل خاک‌های چسبنده مانند رس، می‌توانند دستخوش تغییر شکل‌ها یا تغییر حجم‌های بزرگی شوند که سال‌ها به طول خواهد انجامید. مقوله اخیر"تحکیم" نام داشته و معمولاً در مورد رس‌ها و سیلت-های رسی اتفاق می‌افتد. در ادامه انواع آسیب‌های مرتیط با شالوده تشریح شده است(بهداروندی، ۱۳۹۷).

۲-۲-۲-۱- انواع حرکت‌های شالوده

برای سهولت حرکت‌های شالوده را به دسته‌های زیر تقسیم بندی می‌کنیم:

الف- حرکت‌های جانبی: سازه‌های نگهدارنده خاک، نظیر کوله‌ها و دیوارهای حائل، مستعد حرکت‌های جانبی هستند، هر چند گاهی پایه‌ها هم دستخوش چنین جابجایی‌هایی می‌شوند.

ب- حرکت‌های قائم (نشست‌ها): هر نوع زیر سازه‌ای که بر روی سنگ بستر قرار نگرفته باشد، ممکن است نشست کند.

پ- نشست‌های شمع: هر چند نشست شمع را می‌توان تحت عناوین حرکت‌های قائم و افقی منظور نمود، لیکن بطور جداگانه به جهت تمایل بررسی شمع‌ها به عنوان نوش‌دارویی برای تمامی مشکلات شالوده‌ها، آن را به طور جداگانه مطرح می‌سازیم. علاوه بر اینها، برخی از علل خرابی‌های شالوده‌ها، خاص شالوده‌های عمیق است.

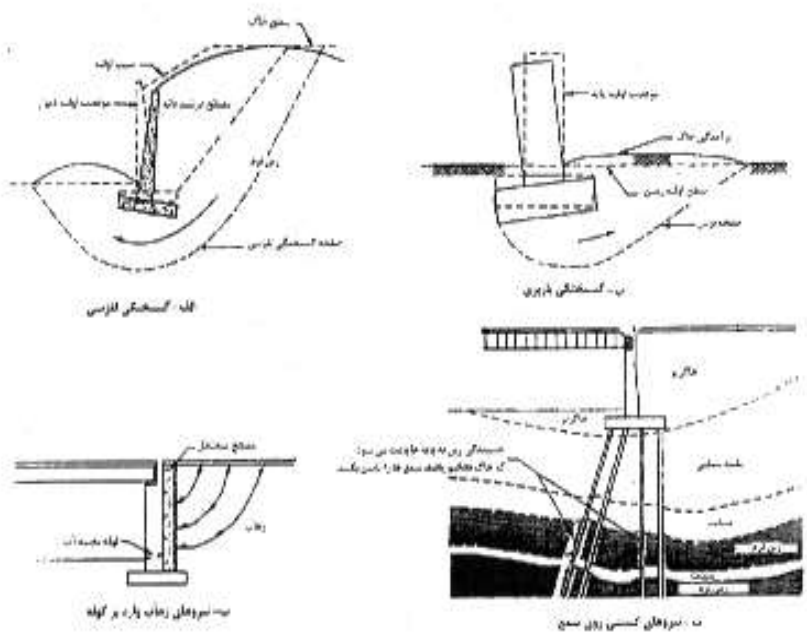
ت- حرکت چرخشی (کج شدگی): حرکت چرخشی زیرسازه را می‌توان به عنوان نتیجه نشست نامتقارن با حرکت‌های جانبی دانست. این مورد به عنوان حرکتی معمول در زیر سازه‌های مختلف باشد(حسینی، ۱۳۹۸).

۲-۲-۲-۱-۱- علل حرکت فونداسیون

موارد زیر که به عنوان علل حرکت فونداسیونها بر شمرده می‌شوند، بجز در مواردی که مشخصاً ذکر شده باشد، می‌توانند بسته به وضعیت بارهای وارده به زیر سازه حرکات جانبی و یا حرکات قائم را باعث گردند.

الف- گسیختگی شیب (لغزش در خاکریزها): عبارتست از گسیختگی‌های برشی که بصورت حرکت‌های جانبی دامنه کوه‌ها، شیب‌های بریده شده یا خاکریزها نمود پیدا می‌کند. بارهای شالوده‌ها یا خاکریزهایی که تنش‌های برشی بیش از تحمل برشی خاک ایجاد می‌نماید، عامل اصلی و معمول بروز چنین حرکتهایی هستند (شکل ۲-۳۳-الف).

ب- گسیختگی باربری: گسیختگی باربری عبارتست از نشست یا دوران شالوده که ناشی از گسیختگی برشی خاک زیرین آن باشد (شکل ۲-۳۳-ب). چنانچه گسیختگی شیب یا گسیختگی باربری در یک سازه قدیمی‌تر اتفاق افتد، معمولا بیانگر آن است که تغییراتی در وضعیت زیر سطحی بوجود آمده است. این مسئله می‌تواند ایمنی سازه‌ها و فونداسیونهای مجاور را به مخاطره بیاندازد(حسینی، ۱۳۹۸)..



شکل ۲-۳۳- علل حرکت شالوده(حسینی، ۱۳۹۸).

پ- تحکیم: در اثر تحکیم خاک‌های چسبنده، نشست‌های تحکیمی قابل توجهی ایجاد می‌شود. نشست فونداسیون دیوارها ممکن است به علت تغییر وضعیت آب

زیرزمینی، قرار گرفتن خاکریز اضافه در مجاورت و نزدیکی سازه یا افزایش ارتفاع خاکریزهای موجود باشد.

ت- زهآب: به جریان آبی که از درون خاک، از نقطه‌ای با حد بالاتر (تراز یا فشار) به نقطه ای با حد پایین‌تر، تراوش و حرکت می‌کند، زهآب گفته می‌شود(شکل ۲-۳۳- پ). زهآب باعث ایجاد نیروهایی در درون خاکی که آب از آن عبور می‌کند، می‌شود. زهآب به اشکال زیر می‌تواند باعث حرکت جانبی دیوارهای حائل گردد.

۱- افزایش وزن (و فشارهای جانبی) خاکریز پشت، زیرا باعث اشباع کامل یا نسبی مصالح می‌شود.

۲- کاهش مقاومت ایجاد شده توسط خاک جلوی سازه.

ث- تغییرات تراز آب: تغییرات دوره‌ای زیاد در تراز آب موجود در مصالح درشت دانه سست، ممکن است باعث کوبیدگی و فشرده شدن لایه‌های فوقانی گردد. تأثیرات تغییرات غیر دوره‌ای سطح آب از قبیل تحکیم، لغزش و زهآب، قبلا توضیح داده شد. تغییرات سطح آب، همچنین ممکن است مشخصات خاک باربر فونداسیون را تغییر دهد و در نهایت تغییر در مشخصات خاک به حرکت جانبی یا نشست فونداسیون بیانجامد.

ج- یخ زدگی: برآمدگی ناشی از یخ زدگی خاکها، به علت افزایش حجم لنزهای یخی بین اجزای خاک می‌باشد. شالوده‌هایی که در ترازی بالاتر از تراز یخ زدگی خاک واقع می‌شوند، باید بتوانند تأثیرات برآمدگی تاشی از یخ زدگی خاک و کاهش ظرفیت باربری ناشی از سست شدگی متعاقب خاک را تحمل کنند. المانهای قائمی که بر روی پایه‌های قائم سه ستونه سبک واقع شده‌اند، ممکن است به خاطر عملکرد یخ زدگی خاک و تورم ناشی از آن، بلند شوند.

چ- خاکهای تورمی: برخی از انواع رسها، در مجاورت رطوبت، آب را جذب کرده، متورم شده و فشارهای افقی را به دیوارهای نگهدارنده‌شان وارد می‌سازند. تجربه نشان داده است که سازه‌هایی که بر روی چنین خاکهایی بنا می‌شوند، دچار حرکتهای قائم می‌گردند (در جهت عکس نشست).

ح- یخ: در هنگامی که مصالح دانه‌ای ریز جهت پرکردن پشت سازه‌های نگهدارنده خاک استفاده می‌شوند و سطح آب از تراز یخ زدگی بالاتر باشد، در این مواقع انبساط آب منجمد، نیروهای بسیار بزرگی را به دیوار وارد می‌آورد.

و- آبشستگی و فرسایش: آبشستگی می‌تواند باعث نشستهای بزرگ و یا گسیختگیهای سازه‌ای گردد. قابلیت آب در حمل دانه‌های خاک بصورت معلق، باعث ایجاد حفره-های قابل توجه در مجاورت دیوارها و پایه پلها می‌گردد. این شرایط در اغتشاشات شدیدتر آب بحرانی تر شده و دانه‌های بزرگتری از خاک امکان جابجایی و شسته‌شدن پیدا می‌کنند. فرسایش خاکریزها که به دلیل زهکشی نامناسب بوجود می‌آید (شکل-های ۲-۳٤ و ۲-۳۵) نیز می‌تواند به نشست کوله‌ها منجر گردد.

ز- دپو و انباشت مصالح خاکی یا سنگی: خاکریزهایی که پس از ساخت و احداث ابنیه اجرا می‌شوند، ممکن است با ایجاد بارهایی بیش از ظرفیت باربری بستر و یا بیش از بارهای طراحی اولیه باعث نشست‌هایی گردند(صادق آذر،۱۳۹۱).

شکل ۲-۳٤- فرسایش خاکریز پشت دیوار کوله به علت زهکشی نامناسب

شکل ۲-۳۵- فرسایش خاکریز پشت کوله

۲-۲-۲-۱-۲- تأثیر بر روی سازه‌ها

تأثیر حرکت شالوده‌ها بر روی سازه به عوامل زیر بستگی پیدا می‌کند.

الف- بزرگی حرکت

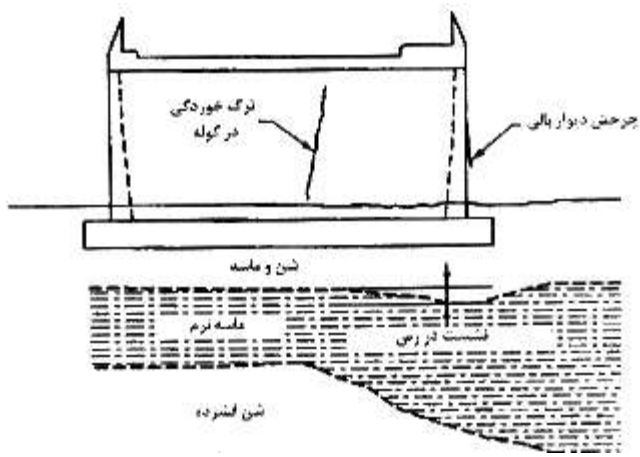
همه شالوده‌ها دستخوش نشست می‌شوند. شالوده‌های بزرگ، به احتمال زیاد، دارای مقادیری نشست نامساویند. هر چند حرکت‌های بسیار کوچک شالوده‌ها تأثیری بر سازه فوقانی نخواهد داشت. سازه‌های با دهانه ساده و آنهایی که به مقدار کافی درز داشته باشند، نسبت به بقیه، در مقابل حرکت‌های متوسط تحمل بیشتری دارند. در سازه‌های گیردار در اثر این حرکت‌ها ترک‌های کوچکی در محل‌های گیرداری ایجاد می‌گردد. حرکت‌های بزرگ، تقریباً در تمامی سازه‌ها مشکل ایجاد می‌کند.

در کوله پل‌ها حرکت‌های بزرگ به درزهای عرشه فشار وارد کرده، موجب ترک خوردن دال، جابجایی تکیه‌گاه‌ها، ترک‌خوردگی زیر سازه، چرخش یا لغزش سازه، ترک‌خوردگی روسازه، کمانش اعضا و گاهی باعث فرو ریختن سازه می‌شود. چنانچه نشست‌های بزرگتری در یک طول ثابت اتفاق بیافتد، خرابی‌های بیشتری را در سازه می‌توان انتظار داشت.

ب- انواع نشست‌ها

۱- نشست یکنواخت: نشست یکنواخت تمامی انواع شالوده‌ها، تأثیرات کمی بر روی سازه خواهد داشت. در یک تجربه، نشست ۳۰ سانتیمتری شالوده، یک پل تک دهانه کوچک (۲۱ متری) هیچ مشکل محسوسی را ایجاد ننمود.

۲- نشست نامساوی: نشست نامساوی در تمامی دیوارها می‌تواند موجب خرابیهای جدی شود. در مواقع بروز اختلاف نشست بین ۲ جزء زیر سازه‌ای، مقدار خرابی‌ها و آسیب‌ها به نوع و طول دیوار بستگی پیدا خواهد کرد. چنانچه این اختلاف نشست زیر فونداسیون یک زیر سازه بوقوع به پیوندد، خرابی می‌تواند از ایجاد شکافی در درز انبساط قائم بین دیوار بالی و کوله پل‌ها تا کج‌شدگی و ترک‌خوردگی شدید دیوارها و سایر اعضا تغییر نماید(صادق آذر،۱۳۹۱).. (شکلهای ۲-۳۶ تا ۲-۳۸ را ببینید).



شکل ۲-۳۶- نشست نامساوی زیر کوله (صادق آذر، ۱۳۹۱)

شکل۲-۳۷- نشست نامساوی و چرخش کوله

شکل ۲-۳۸- نشست نامساوی پایه‌ها باعث نشست روسازه شده است

۲-۲-۳- انواع معایب، خرابیها و نارسائی‌های مربوط به اجزاء انواع دیوار

در این بخش از گزارش آسیب‌های محتمل برای هر نوع دیوار، بسته به مصالح و سیستم سازه‌ای مورد استفاده ارائه شده است. به دلیل وسعت استفاده از بتن در ساخت دیوارها و قطعات نما روی آسیب‌های مربوط به مصالح بتن بیشتر تاکید شده است.

۲-۲-۳-۱-انواع معایب، خرابیها و نارسائی‌های متداول در دیوارهای حائل بتن مسلح

بتن به تنهایی یک ماده نسبتاً بی‌اثر است. اما اگر در تماس با فولاد قرار بگیرد (تیرهای فولادی یا میله های تقویت‌کننده) و یا حاوی شن و ماسه واکنش‌پذیری باشد، دچار فساد و خرابی خواهد شد. بتن قابلیت ترک خوردن، خرد شدن و فروریختن را دارد و این خرابی‌ها به شرایط نامساعد محیط اطراف، کیفیت بتن و مجاورت آن با عوامل تقویت-کننده خوردگی بستگی دارد. در ادامه انواع نارسائی‌های بتن در دیوارهای حائل بتن مسلح و علل بوجود آورنده آنها مورد بررسی قرار می‌گیرند(صادق آذر،۱۳۹۱).

- **پوسته‌شدن بتن (Scaling)**: از بین رفتن تدریجی ملات و سنگدانه‌ها در سطح خارجی بتن است که ناشی از شکست شیمیایی پیوندهای سیمان ایجاد شده و باعث کاهش دوام بتن می‌شود (شکل ۲-۳۹).

شکل ۲-۳۹- پوسته شدن بتن(گواشیری، ۱۳۹۶)

- **ورقه ورقه شدن (Delamination)**: این پدیده جدایی بتن در امتداد یک صفحه موازی و نزدیک سطح بتن می‌باشد. این خرابی می تواند به دلیل خوردگی میلگرد یا انقباض متفاوت دو لایه بیش متراکم شده وکم متراکم شده در طی پرداخت بتن ایجاد شود. ورقه ورقه شدن معمولاً با استفاده از صدای مرده‌ای که در اثر کوبیدن روی سطح بتن ایجاد می‌شود، قابل تشخیص است. مراحل پیشرفته این آسیب می‌تواند منجر به پکیدن بتن شود(شکل ۲-٤۰).

شکل ۲-٤۰- ورقه‌ورقه شدن سطح بتن(گواشیری، ۱۳۹٦)

تفاوت پوسته‌شدگی با تورق شدید و لایه‌لایه شدن بتن در عمق آن است. پوسته‌شدگی سطحی است (حداکثر عمق ۲۵ میلیمتر) و معمولاً سطح وسیعی از بتن را فرا می‌گیرد. اما تورق شدید معمولاً موضعی و عمیق است.

- **قلوه‌کن شدن (Spalling)** : قلوه‌کن شدن بتن یک آسیب جدی برای بتن است. چرا که می‌تواند باعث آسیب‌های پیشرفته و سریع بتن شود (شکل ۲-٤۱). دلیل عمده پکیدن بتن خوردگی آرماتور و یا رخداد تنش فشاری زیاد در بتن است. این آسیب را می‌توان بصورت زیر دسته‌بندی کرد:

قلوه‌کن شدن کوچک: به شکل دایره‌ای با عمق کمتر از ۲۰ میلیمتر و بعد کمتر از ۱۵۰ میلیمتر در سایر جهات

قلوه‌کن شدن بزرگ: با عمق بیشتر از ۲۰ میلیمتر و بعد بیش از ۱۵۰ میلیمتر در سایر جهات

شکل ۲-٤۱- قلوه‌کن شدن بتن(گواشیری، ۱۳۹٦)

- **شوره‌زدن (Efflorescence)**: خشک شدن رطوبتی که حاوی نمک باشد، باعث ته‌نشین شدن نمک سفید یا رنگی در روی سطح بتن می‌شود. این موارد معمولاً در سطح زیرین تاوه‌های بتنی و در طول ترکهای دیوار مشاهده می‌گردد. این شوره‌ها نشانگر نفوذ آب و وجود بتن ترک خورده یا متخلخل است (شکل ۲-٤۲).

شکل ۲-٤۲- شوره‌زدن بتن(گواشیری، ۱۳۹٦)

- **کرموشدگی (Honeycomb)** : حفره‌های داخل بتن به علت اینکه ملات به خوبی فضای بین دانه‌ها را پر نکرده است. این مساله ناشی از بتن با کیفیت پایین و یا ساخت و قالب‌بندی کم دقت و ویبره ناقص بوده است(شکل ۲-٤۳).

شکل ۲-۴۳- کرموشدگی بتن(گواشیری، ۱۳۹۶)

- **خوردگی و نمایان شدن آرماتورها (Corrosion)**: کربناتاسیون و نفوذ یون کلر به بتن باعث ایجاد فرآیندهای الکتروشیمیایی و نهایتاً جدا شدن تدریجی اتمهای آهن از فولاد شده و خوردگی رخ می‌دهد(شکل ۲-٤٤).

شکل ۲-٤٤- خوردگی و نمایان شدن آرماتورها(گواشیری، ۱۳۹۶)

- **ترک‌خوردگی**: ترک‌خوردگی از جمله رایج‌ترین آسیب‌های ایجاد شده در سازه‌های بتنی است. ترکها بر اساس عرض آنها مطابق جدول ۲-۱ طبقه بندی می‌شوند:

جدول ۲-۱- طبقه‌بندی ترک‌ها بر اساس عرض آن‌ها

نوع ترک	عرض ترک
مویی	کمتر از ۰/۱ میلیمتر
ریز	بین ۰/۱ تا ۰/۳ میلیمتر
متوسط	بین ۰/۳ تا ۰/۷ میلیمتر
بزرگ	بزرگتر از ۰/۷ میلیمتر

نوع ترک‌ها بر اساس جهت ترک در شکل شماره ۲-٤٥ نشان داده شده است.

شکل ۲-٤٥-انواع ترک در بتن(گواشیری، ۱۳۹٦)

- تغییر شکل‌ها

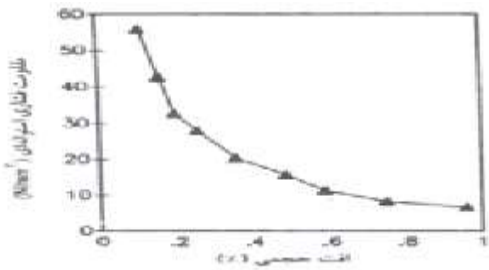
تورم و انبساط بتن معمولاً نشانگر مواد واکنش‌زا است. با وجود این تورم محلی ممکن است نشانگر خطر خرابی فشاری باشد. پیچش عرشه نیز احتمالاً نشانگر نشست پایه‌ها می‌باشد.

- خیز اضافی

این مسأله می‌تواند به علت ناکافی بودن ظرفیت سازه‌ای عرشه یا عبور بارهای بیش از حد باشد، همچنین تنش‌های وابسته به زمان نیز عامل ایجاد چنین خرابیهایی خواهند بود.

- آسیب ناشی از سایش

آسیب وارده به سطح بتن به علت سایش و اصطکاک با ذرات خارجی مانند آب و شن می‌باشد(شکل ۲-٤٦).

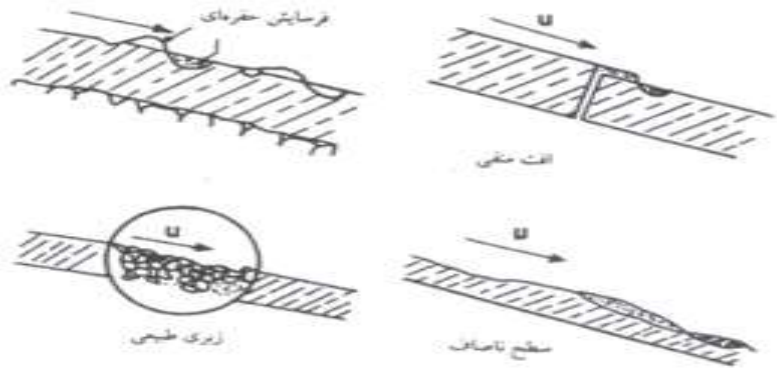


شکل ۲-٤٦- ارتباط بین مقاومت و سایش

- آسیب ناشی از فرسایش

جدایی گسترش یابنده بتن در اثر ضربات وارده و عمل ساینده از حرکت مواد جامد یا ناشی از کاویتاسیون مایعات می‌باشد.

پس از ایجاد ناصافی اولیه در سطح، فرسایش به سرعت پیشرفت می‌کند مصالح واقع در زیر سطح بتن نسبت به حمله فرسایشی آسیب پذیرترند، زیرا فرسایش نخست با هجوم به خمیر سیمان سنگدانه‌های را تحت تأثیر قرار می‌دهد علاوه بر خسارت مکانیکی که از فرسایش نتیجه که شود، حمله شیمیایی نیز می‌تواند آغاز کننده خرابی باشد. آب معدنی آزاد با....اسیدی می‌تواند سبب فروشویی آهک یا برداشتن سطح بتن شود. بتن ضعیف شده در سطوح ناصافی که پدید می‌آید نسبت به توان ساینده شدید حاصل از نیروهای فرسایش آسیب پذیرتر می‌شوند(صادق آذر،۱۳۹۱) (شکل ۲-٤۷).



شکل ۲-٤۷- نامنظمی سطح که باعث ایجاد فرسایش بیشتر می‌گردد(صادق آذر،۱۳۹۱).

۲-۲-۳-۲- انواع معایب، خرابیها و نارساییهای متداول در دیوارهای حائل بتنی وزنی(خدابنده، ۱۳۸۹)

در بخش قبل در مورد انواع معایب دیوارهای بتن مسلح بحث شد. در این بخش در مورد انواع معایب مربوط به دیوارهای حائل با بتن غیر مسلح تمرکز خواهد شد و در مورد معایب خاص این دیوارها توضیح داده خواهد شد. شایان ذکر است که تعدادی از آسیب-های بتن و دلایل آن در بخش قبل تشریح شد و مجدداً ذکر نخواهد شد.

- **آسیب ناشی از تنش حرارتی**

اختلاف دما در سازه بتنی غیر مسلح باعث بروز تغییرات حجمی افتراقی می‌شود. اگرانقباض یا انبساط محدود شود، برآیند تنش‌های کششی حاصل ازظرفیت تنش کششی بتن تجاوز می‌کند و می‌تواند سبب خرابی (ترک برداشتن)شود. معمولاً تأثیر تغییرات دما دراثر هیدراتاسیون سیمان به جرم بتن مربوط می‌شود (مثلاً درسدها، دیوارها، پی‌ها و ...) درحالی که تغییرات دما دراثر تغیردمای محیط، می‌تواند برهر سازه‌ای مؤثر باشد. انقباض وانبساط حاصل از نوسان‌های فصلی و روزانه دما، می‌تواند باعث باز و بسته شدن ترک-های از پیش موجود بشود.

به طور معمول، تغییرات حرارتی که سبب خرابی سازه می‌شوند، تغییرات سریعی هستند که طی آنها دمای سطح به سرعت تغییر می‌کند وتغییرات دما در هسته عضو مورد نظردر سازه به کندی صورت می‌گیرد. این شرایط گرادیان دمای خمیده‌ای ایجاد می‌کند که تندترین بخش این منحنی گرادیان در سطح، بویژه درلایه بیرونی تا عمق ۲,۵ سانتی متراست. نشانه‌های شاخص خرابی در اثر تنش‌های حرارتی، پوسته شدن سطح دراثر ترک‌های حرارتی ناشی ازشیب‌های تغییر دمای شدید با شیب تند هستند.

- **آسیب ناشی از انقباض خشک‌شدگی**

انقباض خشک‌شدگی در اثر از دست رفتن رطوبت از خمیر سیمان بروز می‌کند. بتن به موازات گیرش وسخت شدن به تدریج دچار انقباض می‌شود که با خشک‌شدن سطح خارجی بتن و نیزکربناسیون، انقباض بیشتری رخ می‌دهد. اگر این انقباض مقید شود، تنش‌های کششی توسعه پیدا می‌کند و ممکن است ترک ایجاد شود. ترک‌های ناشی از

انقباض مقید غالبا بلافاصله بعد ازساخت قابل مشاهده هستند، اما در مواردی که خشک-شدن به کندی رخ می‌دهد، ممکن است که تا مدت‌ها آشکار نشود. ترک‌های ناشی از انقباض مقید غالباً بلا فاصله بعد از ساخت قابل مشاهده هستند، اما در مواردی که خشک‌شدن به کندی رخ می‌دهد، ممکن است که تا مدت‌ها آشکار نشود.

ترک‌های تشکیل شده از ترک‌های مویی ریز تا ترک‌های به پهنای ۳ میلی‌متر هستندکه غالباً مدخل ورود رطوبت، دی‌اکسیدکربن و سایر نمک‌های مضر می‌شوند. ترک‌های ریز سطحی در دیوارها و دال‌ها مثالی دیگر ازانقباض خشک‌شدن است. شرایط محیطی نامتعارف، گرادیان‌های تغییر رطوبتی ایجاد می‌کند که ممکن است به انقباض افتراقی بیانجامد، انقباضی که نتیجه آن وابسته به میزان درقید بودن بتن، پیچش یا ترک خوردن است. به عنوان مثال، پیچیدن دال‌ها بر بستر راه نتیجه انقباض خشک‌شدگی و ایجاد گرادیان دما و رطوبت است .گرادیان رطوبت، در نتیجه مقدار زیاد رطوبت بستر، پیچیدن رو به بالای لبه‌دال‌ها را سبب می‌شود.

- **آسیب ناشی از خزش**

خزش تغییر شکل پیوسته‌ای است که در بتن تحت فشار بار مداوم رخ می‌دهد و نتایج آن سال‌ها بعد ظاهر می‌شود. تأثیر خزش، کاهش تنش در بتن تحت قید است. اگرچه طراحی نامناسب که امکان خزش را درعناصر سازه‌ای ساختمان در نظر نمی‌گیرد، (مثلاً کوتاه‌شدگی ستون‌ها یا خیز سقف‌ها وتیرها) ممکن است منجر به انتقال بار به اجزای غیر سازه‌ای نظیر دیوارهای نما شده وسبب وقوع ترک و خرابی در آنها بشود.

۲-۲-۳-۳- انواع معایب، خرابیها و نارساییهای متداول در دیوارهای حائل با مصالح بنایی(خدابنده، ۱۳۸۹)

به طور کلی در یک محیط مرکب بنایی گسیختگی به شش نوع قابل تقسیم است.گسیختگی های نوع ۱ ،۲و ۳ مربوط به گسیختگی در ملات و گسیختگی های نوع ٤ ، ٥ و ٦ مربوط به مصالح بکاررفته می باشد. در ذیل، انواع این گسیختگی ها توضیح داده می شود شکل (۲-٤۸) انواع گسیختگی را نشان می دهد.

۱- جدایی واحدها تحت اثر گسیختگی کششی که در ملات ایجاد می شود بوجود می آید.

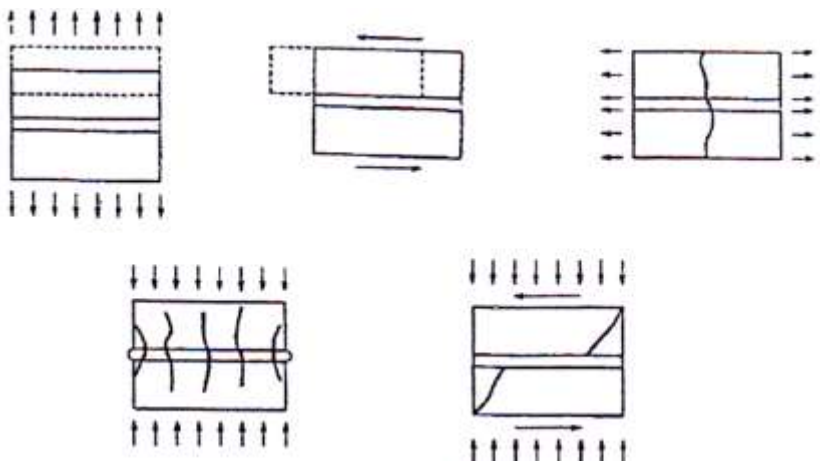
۲- لغزش واحدهای بنایی بر روی یکدیگر به علت ناکافی بودن نیروی عمودی (جهت تولید اصطکاک و جلوگیری از لغزش)، باعث گسیختگی می شود.

۳- گسیختگی فشاری ملات.

٤- ترک خوردگی واحدهای مصالح بنایی تحت اثر تنش های کششی موجود.

۵- ایجادترکهای قطری در واحدهای مصالح بنایی در اثر وجود نیروی مقاوم اصطکاکی یا چسبندگی زیاد در وجوه بالا و پایین هر واحد.

۶- گسیختگی فشاری یا پکیدگی واحدهای مصالح تحت اثر نیروهای فشاری زیاد.

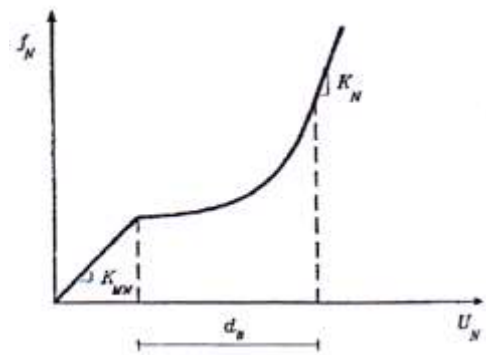


شکل ۲-٤۸- انواع گسیختگی (خدابنده، ۱۳۸۹)

گسیختگی‌های فوق، بر اساس روابط رفتاری ملات و مصالح تحت تنش‌های گوناگون ایجاد می‌شود. به عنوان مثال گسیختگی شماره ۱ هنگامی اتفاق می‌افتد که مقدار تنش کششی نرمال به اندازه نیروی مقاوم چسبندگی بین ملات و آجر برسد. در اینصورت بعد از جدایی، تنش‌ها در سطوح جدا شده به صفر خواهند رسید و تا زمانی که دو وجه جدا شده ، روی هم قرار نگرفته‌اند این تنش‌ها صفر خواهند بود.

گسیختگی شماره ۲ هنگامی رخ می‌دهد که تنش برشی ایجاد شده در عضو ، از مقدار نهایی تنش برشی تجاوز کند.

گسیختگی شماره ۳ همراه با خرد شدن ملات است به این ترتیب که در مراحل ابتدای بارگذاری، ملات خاصیت الاستیک دارد و هنوز شکست رخ نداده است. هنگامی که ترکیب تنش‌ها در ملات موجب شکست در نقطه‌ای از آن می‌شود، دو وجه مصالح بنایی روی هم قرار می‌گیرد. با وقوع این پدیده، همچنان رفتار ملات بصورت الاستیک در نظر گرفته می‌شود ولی شکست ملات و اثر آن در رفتار موضعی سازه توسط ضریبی موسوم به ضریب پنالتی در معادلات تعادل منظور می‌گردد. به منظور آشنایی با ضریب پنالتی می‌توان به کتب اجزاء محدود مراجعه نمود. شکل (۲-۴۹) این مطلب را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۴۹- ضریب پنالتی در آسیب نوع ۳

گسیختگی شماره ٤ و ٥ با معیار رانکین کنترل می شود به این ترتیب که هنگامی که تنش کششی موجود در مصالح بنایی به مقدار حداکثر مقاومت کششی رسید ترکهایی در جهت عمود بر تنش کششی در سازه ظاهر می شود.

سطح تسلیم برای گسیختگی شماره ٦ در محدوده فشار- فشار، تنش‌ها قرار دارد.

- اشکال در ملات و بندکشی

خالی شدن ملات بند بنایی را باید به سرعت ترمیم کرد. عدم توجه به این اشکال که در ابتدا کم اهمیت به نظر می رسد باعث ایجاد محلی برای رشد دانه گیاهان، حبس آب باران و یا قطرات حاصل از تقطیر رطوبت هوا (شبنم) و یخ زدن متعاقب آن، انباشته شدن بلورهای نمک و سولفات در مناطق کویری و سواحل جنوب ، لق شدن سنگها و

آجرها و مواردی از این قبیل می شـود. به این ترتیب واضـح است که باید نقاط ضعیف و ترک خورده و خالی شده بند سنگها یا آجرها را شناسایی وترمیم کرد (شکل ۲-۵۰).
یکی از اشـکالات عمومی که در بنایی اتفاق می افتد لق شـدن و افتادن یک قطعه سنگ یا آجر است .

این امر می توانـد بـه دلیل نقص در ملات بنایی باشـــد. این نقص یا ذاتی اســـت و یا عارضی. در نقص های ذاتی ممکنست ملات در موقع ساختن خوب مخلوط نشده باشد و یا بعد از اجرا خوب عمل آوری نشده باشد (ملات سوخته یا یخ زده) .

از جمله نقص های عارضی می توان به اثر عوامل مخرب خارجی مانند سولفاتها ، نمک و یخ زدن اشـاره کرد. در هر حال ، اگر بخشی از ملات بنایی ضعیف باشد یا به تدریج دچار فساد و اضمحلال شود، یکپارچگی بنایی از دست رفته، قطعه سنگ یا آجر مجاور آن بی ثبات در نهایت از جای خود خارج خواهد شد.

همچنین، اشـکالات بندکشـی عبارتند از اشکالات در عیار سیمان، نامناسب بودن اضافه مخلوطهایی که برای تغییر رنگ یا کندگیری ملات اسـتفاده می شـوند و در صـورت اســتاندارد نبودن باعث کاهش گیرایی ســیمان ، پوکی بیش از حد و یا ترک خوردن بندکشی بعد از اجرا می شوند.

یک دسـته اشـکالات هم وابسـته به عوامل محیطی است مانند نفوذ نمک به دلیل وزش بادهای کویری که با خود ذرات ریز ماســه و نمک دارند. خشــکی هوا در موقع اجرای بندکشـی، اگر با مرطوب نگاه داشـتن سـطح بندکشی شده در چند روز اول بعد از اجرا همراه نباشد، موجب ضعف ملات و تخریب آن در آینده خواهد شد. بندکشی در هوای ســرد و یخ زدن احتمالی ملات در شــب اول بعد از اجرا و بالاخره زمین لرزه هایی که باعث بوجود آمدن ترکهای نازک در جســم ملات شــده و آنرا در برابر عوامل مخرب جوی آسیب پذیر می سازند.

نقطه ضـعف در بندکشـی بصـورت طبله کردن، خراشیده شدن و قلوه کن شدن خود را نشـان می دهد . از آن پس لبه پدید آمده در اثر کنده شـدن بندکشـی یا ترکهای بوجود آمده در اثر عوامل گفته شـده، محل مناسبی برای جمع شدن آب خواهد بود که بسته به شـرایط محیط به جای رشـد گیاهان یا محل یخ زدن در شب تبدیل شده و اشکال پدید

آمده در جسم ملات پیشروی می کند . ناگفته پیدا است که پس از مدتی (معمولاً ۱ الی ۵ سال بسته به شرایط محیطی) با از دست رفتن ملات و بندکشی اطراف بلوکهای سنگی یا آجری استفاده شده ، تخریب بنایی آغاز می شود(شکل ۲-۵۱).

شکل ۲-۵۰- خالی شدن بندها مقدمه ای برای لق شدن سنگها است(خدابنده، ۱۳۸۹)

تصویر ۲-۵۱- خراشیده شدن و قلوه کن شدن ملات بنایی(خدابنده، ۱۳۸۹)

- اشکال در سنگ ساختمانی

سنگهای مصرف شده در بنایی دیوارها باید از هر جهت سالم و بدون نقص یا رگه ضعیف و دارای استحکام مناسبی باشند.

در اینجا منظور از استحکام، یکپارچگی و مقاومت فشاری و برشی کافی سنگ در برابر بار وارده است که نباید با «سختی» که بیانگر خصوصیات مکانیکی کانیها است اشتباه شود. ممکنست یک قطعه سنگ دگرگون دارای کانیهای کوارتز و کالسدون و مانند آنها باشد اما وجود رگه های ناخالصی، استحکام عمومی سنگ را دچار مشکل سازد.

معروف ترین سنگهای مناسب برای بنایی، بازالت ها (غالباً به دلیل صعوبت چکش کاری در نمای بنایی مصرف نمی شوند) ماسه سنگها، سنگهای آهکی سخت و گرانیتها هستند.

بعضی از سنگها به دلیل تخلخل زیاد و داشتن رگه های عناصر فعال مثل گچ و آهک ممکنست آب جذب کنند و با وقوع چند سیکل یخ زدن و باز شدن یخ، نقطه ضعفی در سطح سنگ بوجود می آید. همچنین وجود مواد آلی یا رگه های خاک و ناخالصی ممکنست در سنگ نقطه ضعف بوجود آورند. از بین رفتن تدریجی سنگ نامرغوب را نشان می دهند.

یک علت شایع هم ایجاد ترکهای موئین در موقع سنگ تراشی است که با چشم غیرمسلح دیده نشده و در آینده با کمک عوامل جوی به نقطه ضعف مصالح بنایی مبدل می شود. آجرهای مصرفی در ساخت دیوار ممکن است همگی از مواد اولیه یکسان و شرایط پخت مشابهی برخوردار نباشند و وجود عناصر مخرب در خاک رس مورد استفاده و یا نپخته بودن آجر (آنهایی که در کوره دور از آتش چیده شده اند) می تواند آجر ضعیف بوجود آورد .

باید توجه کرد که لق شدن و افتادن سنگ و آجر از بنایی، متاسفانه پیشرونده است. اگر در ابتدا تنها یک قطعه سنگ یا آجر به دلیل یکی از اشکلات فوق معیوب بوده و از محل خود خارج شود ، به تدریج قطعات مجاور ، برای لق شدن و تخریب مستعد می شوند. (شکل ۲-۵۲)

در جاهائیکه بنایی در معرض عبور ترافیک است، برخورد وسایل نقلیه یا بار آنها ممکنست به یک یا چند قطعه سنگ صدمه بزنند. در هر حال به دلایل متعددی ممکنست یک قطعه سنگ در میان بنایی، دچار اضمحلال ، پوسته شدن، ترک خوردن ومانند آن شود که در صورت تاخیر در ترمیم، نهایتاً منجر به افتادن سنگ خواهد شد.

شکل ۲-۵۲- اضمحلال تدریجی سنگ نامرغوب(خدابنده، ۱۳۸۹)

- یخ‌زدگی

این معضل در دیوارهای ساخته شده از سنگ سست یا آجرهای ضعیف دارای اهمیت بیشتری می‌باشد. با تجمع آب درون درزها (حتی درون مصالح استفاده شده) و یخ‌زدن، و به تبع آن انبساط و افزایش قابل ملاحظه فشار در مصالح بنایی بوجود می‌آید و گاهی منجر به شکست، جداشدگی یا تکه‌تکه‌شدن مصالح می‌گردد.

- ارتعاش

دیوارهای حائل با مصالح بنایی در برابر ارتعاشات دائمی عملکرد مناسبی ندارند. همین امر موجب شل‌شدگی درزها و ایجاد ترک در آنها می‌گردد و به تبع آن ظرفیت باربری به میزان قابل‌ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد.

- هوازدگی

تغییرات مداوم روزانه درجه حرارت، تغییر فصلی درجه حرارت، برف و باران و سایر عوامل جوی گاهی منجر به فرسایش تدریجی و تضعیف قابل توجه دیوار حائل می‌گردند. دیوارهای حائل ساخته شده از سنگ‌های "نرم" از جمله ماسه‌سنگ با ملات آهک، گاهی به قدری دچار فرسایش و خوردگی می‌شوند که لایه خارجی سنگ بطورکلی از بین رفته و تنها درزهای ملات‌آهکی سخت باقی می‌ماند(شکل‌های ۲-۵۳ و ۲-۵٤).

شکل ۲-۵۳- آغاز هوازدگی و پوسته شدن سنگ نامرغوب(خدابنده، ۱۳۸۹)

شکل ۲-٥٤- هوازدگی در قطعه سنگ نامرغوب سریعتر از سایر سنگها رخ می دهد(خدابنده، ۱۳۸۹)

- ترک‌خوردگی

این خرابی در اثر نیروهای کششی ناشی از ترافیک سنگین، ارتعاش، خرابی فونداسیون، تغییرات درجه حرارت، یا چرخه‌های خیس شدن و نرم‌شدگی بوجود می‌آید. همانطور که بیان گردید، با تجمع آب درون ترک‌ها و چرخه‌های ذوب و یخبندان، مقاومت سازه‌ای دیوار به میزان قابل ملاحظه کاهش می‌یابد. ترک‌های سطحی اهمیت قابل ملاحظه‌ای ندارند. از سوی دیگر ترک‌های عمیق و پهن (بیش از ۵ میلیمتر) باید مورد توجه قرار

گیرد. تمامی ترک‌ها باید به دقت به همراه اطلاعات موقعیت، وسعت و ابعاد ثبت و ضبط گردند.(شکل ۲-۵۵)

شکل ۲-۵۵- نشست موضعی پی باعث ترک سازه ای در دیوار شده است(خدابنده، ۱۳۸۹).

- نفوذ آب

بسیاری از دیوارهای حائل قدیمی، دارای لایه عایق در برابر آب و رطوبت نیستند. بنابراین آب به آسانی از سطح به درون مصالح بنایی نفوذ نموده و در صورت عدم تعبیه سیستم زهکشی کافی و مناسب (که در اکثر موارد نیز به همین ترتیب می‌باشد)، آب نفوذی در فضاهای خالی تجمع می‌نماید. آب نام برده منجر به اشباع شدن مصالح و به تبع آن کاهش قابل ملاحظه ظرفیت باربری و در نهایت خرابی موضعی می‌گردد.

- عملیات اجرایی ضعیف

این معضل بصورت عدم وجود گیره و مهار بین دیواره‌های جناحی پل در هنگام نیاز، اجرای ضعیف درز، کیفیت پایین و نامناسب پوشش مصالح و عدم تعبیه سیستم زهکشی مناسب در پشت دیوار و مصالح پرکننده، قابل بیان و بررسی می‌باشد.

- آبشستگی کلی

آبشستگی کلی عبارتست از تمایل رودخانه به تغییر هندسه معبر جریان که می تواند در پلان یا در ارتفاع باشد.

آبشستگی کلی در پلان وقتی اتفاق می افتد که دیوار در محل یک پیچ تند آبرو قرار داشته باشد. در اینصورت اگرچه رودخانه در رژیم عادی در کانالی که خود حفر کرده یا انسان ساخته (بستر صغیر) باقی می ماند، ولی در مواقع طغیان (فصل بهار) سرعت و حجم جریان باعث تخریب جدار و تمایل رودخانه به عبور از پشت دیوار می شود.

آبشستگی در ارتفاع در شرایطی اتفاق می افتد که شیب هیدرولیکی جریان زیاد و در نتیجه سرعت عبور آب باعث تغییر در پروفیل بستر رودخانه می گردد.

این پدیده در نزدیکی سرچشمه رودخانه (مثلاً کوههای البرز یا زاگرس) و یا نزدیک به مخزنی که در حال کاهش ارتفاع است (مانند دریاچه های خزر و ارومیه) اتفاق می افتد.

- آبشستگی موضعی

آبشستگی موضعی تقریباً در تمام رودخانه ها در موقع طغیان اتفاق می افتد و قاعدتاً نوع پی و عمق قرارگیری باید به نحوی انتخاب شده باشد که دیوار از این بابت صدمه نبیند اما گاهی به دلیل ضعف طراحی، تغییر رژیم رودخانه که خود می تواند نتیجه احداث تاسیسات جدید در بالادست و پایین دست و سایر دلایل باشد، خطر آبشستگی، بدنه پی، پایه و یا شسته شدن خاک زیر فونداسیون را تهدید می کند که در این موارد باید حسب مورد نسبت به تعمیر اقدام کرد.

سرعت جریان رودخانه همچنین باعث صدمه دیدن مصالح بنایی (خصوصاً آجرها) و خالی شدن بندها می شود.

- نشست عمومی پی ها

کلیه نیروهای حاصل از بارهای مرده و زنده (دائمی و متغیر) نهایتاً به فونداسیونها منتقل می شوند و باید توسط عکس العمل بوجود آمده در خاک زیر یا اطراف پی حمل شود. اگر به هر دلیلی خاک نتواند نیروی کافی عکس العمل را همزمان با تغییر شکل قابل قبول، بسیج کند، نشست عمومی یا موضعی پی رخ می دهد.

نشست زیر پی از چند بخش تشکیل شده است:

- تغییر شکل طبیعی دانه های خاک تحت بارهای وارده که به نشست الاستیک موسوم است. این نشست معمولاً در حد چند میلیمتر و تقریباً آنی است.
- افزایش تراکم خاک که در اثر نیروهای وارده اتفاق می افتد و به معنی کاهش تخلخل (حفرات خالی بین دانه های خاک) است. این نوع نشست نیز قاعدتاً سریع است اما گاهی به دلیل تعادل موقتی نیروها یک شرایط ناپایدار بوجود می آید که بر هم خوردن این تعادل وابسته به ارتعاشات سازه، زلزله و یا سیکل‌های بالا و پایین رفتن آب زیر زمینی است.
- تحکیم لایه های رسی اشباع یا نزدیک به اشباع، که در واقع تغییر مکانیزم تعادل نیروهای درون لایه خاک زیر پی است و چون برقراری تعادل جدید نیازمند جابجایی آب درون لایه های رسی است، معمولاً وابسته به زمان است و در مواقعی می تواند سالها طول بکشد.

صرفنظر از مورد اول (نشست الاستیک) سایر موارد می توانند باعث نشست بیش از حد فونداسیون دیوارها بشوند.

برای اجتناب از بروز حالت دوم، معمولاً سعی می شود که با گودبرداری یا استفاده از تکنیکهای پی سازی عمیق، نیروهای وارده به فونداسیون را به لایه های متراکم خاک یا سنگ انتقال دهند.

در هر حال همواره احتمال عدم دقت کافی در رسیدن به لایه مقاوم خاک ، افت عمومی سطح آب زیر زمینی در منطقه (اطراف دشتهای کشاورزی و یا شهرهای بزرگ) و شسته شدن ریزدانه‌ها از درون جسم خاک (جابجایی دانه‌های ریز خاک در اثر تغییرات مکرر سطح آب زیر زمینی در مجاورت رودخانه‌ها) وجود دارد.

- نشست موضعی پی دیوارها

نشست موضعی پی دیوارها بسیار شایع است . یک دلیل مهم آن آبشستگی خاک زیر پی دیوار در سمت داخل دهانه (معبر آب) می باشد، سست شدن خاک در یک سمت پی باعث نشست بیشتر در آن سمت و چرخیدن دیوار حول محور عرضی می شود. دلیل مهم دیگر، اشباع شدن خاک پشت دیوار و افزایش نیروی رانش افقی خاک است

که ممکنست از تنش مجاز لبه داخلی پی بیشتر شده موجب چرخیدن دیوار مشابه حالت قبل گردد.

اگر شرایط فرسایش رودخانه در بالا دست و پایین دست دیوار متفاوت باشد، ممکنست بیشترین سستی خاک و متعاقب آن نشست پی در یک گوشه فونداسیون اتفاق افتد که در این صورت چرخش دیوار حول محور طولی خواهد بود. چنین وضعیتی یعنی نشست نامساوی یک گوشه پی و متعاقب آن چرخش دیوار حول دو محور می تواند به ایجاد ترک مورب سازه ای شود.

- اشکالات سازه‌ای فونداسیون

علت بسیاری از اشکالات سازه ای، در مشکلات پی و فونداسیون نهفته است. در اینگونه موارد پس از رفع مشکل اصلی (تثبیت و اصلاح پی) باید تعمیرات مناسب بر روی بخشهای آسیب دیده سازه انجام شود.

عمده ترین اشکالی که در دیوارها و دیوارهای بازگشتی یا بالی رخ می دهد انواع ترکها و شکافها است که با توجه به علت بوجود آورنده ممکنست عمودی یا مورب باشند. نحوه برخورد با ترکهای بنایی متاثر از عمق ترک و بازشدگی ترک است (شکل ۲-۵۶)

شکل ۲-۵۶- چرخیدن دیوار به سمت داخل دهانه – علامت نشست نامتقارن فونداسیون(خدابنده، ۱۳۸۹)

۲-۲-۳-٤- بررسی انواع معایب و نارسائی‌های متداول در انواع دیوارهای خاک مسلح

رفتار و عملکرد خاک مسلح در درازمدت تابعی از رفتار المان‌های مسلح‌کننده آن در طول زمان است. براساس ویژگی‌های مکانیکی مورد نیاز برای المان‌های مسلح‌کننده، فولاد یکی از بهترین انتخاب‌ها است، اما پدیده خوردگی در فولاد باعث تقلیل رفتار خاک مسلح می‌شود. بدین دلیل استفاده از سایر مصالح ارجح‌تر است.

خاک مسلح را می‌توان نتیجه مشارکت دو ماده با مدول الاستیسیته متفاوت دانست که اساس آن بر اصطکاک و اندرکنش خاک و المان‌های مسلح‌کننده پایه‌گذاری شده است. نوع خاک و مشخصات آن، فواصل، مشخصات مکانیکی و مقاومت کششی عناصر مسلح کننده مهمترین پارامترهای موثر بر رفتار دیوار است. مهمترین آسیب‌های وارده عبارتند از :

الف – فرسودگی، کشیده شدن، خرابی و یا پارگی المان‌های مسلح‌کننده.

ب – خرابی در اثر لغزش بین خاک و المان‌های مسلح‌کننده

عوامل متفاوتی بر مقدار ضریب اصطکاک بین خاک و مصالح تسلیح‌کننده تأثیرگذار هستند. این عوامل عبارتند از: وزن مخصوص خاکریز، زبری سطوح المان‌های مسلح کننده، فشار خاک وارده روی عناصر مسلح‌کننده، نوع خاکریز، میزان رطوبت خاکریز.

در مورد رفتار سازه خاک مسلح آزمایش‌های انجام شده نشانگر تغییر نیروی کششی در طول المانهای مسلح‌کننده و رسیدن آن به یک مقدار حداکثر در این طول است. مکان هندسی محل تنش حداکثر در المان‌های مسلح‌کننده برای لایه‌های متفاوت خط نیروی کششی حداکثر را تعریف می‌کند. این خط دو ناحیه محرک و مقاوم را از هم جدا می کند (شکل ۲-۵۷).

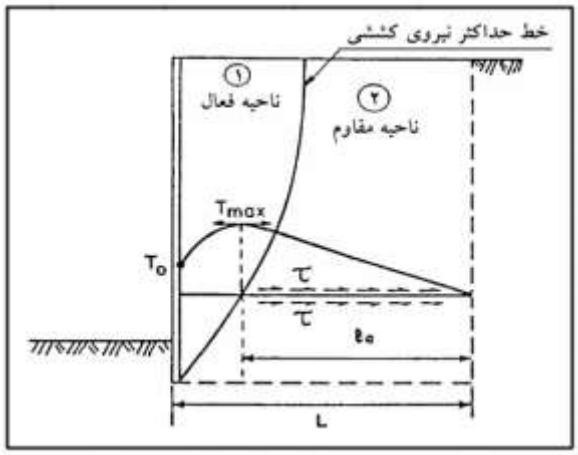
الف- ناحیه محرک: در این ناحیه خاک تمایل به جدا شدن از سازه دارد و عامل اصطکاک در طول المان مسلح‌کننده آن را مهار می‌کند.

ب- ناحیه مقاوم: در این ناحیه تنش برشی مانع از لغزش المان‌های مسلح‌کننده می‌گردد. خط مرزی بین این دو ناحیه (خط کشش حداکثر) سطح محتمل گسیختگی در سازه است. موقعیت این خط تابع چند پارامتر از جمله هندسه سازه، نیروهای وارده و

تأثیرات دینامیکی است. علاوه بر آن میزان صلبیت المانهای مسلح‌کنند هم بر روی شکل آن اثرگذار است.

این سطح گسیختگی متفاوت از گوه گسیختگی کولمب است، این خط در ناحیه فوقانی دیوار، عمودی است و این موضوع به دلیل وجود المان‌های مسلح‌کننده نسبتاً صلب در خاک است که باعث تغییر توزیع تنش، کرنش درخاک می‌شود(سروش، ۱۳۸۵).

نتایج حاصله از آزمایش دیوارهای مسلح شده با عناصر مسلح‌کنندهٔ پلیمری همچنین بررسی نمونه‌های المان محدود نشان داده‌اند که با افزایش انبساط‌پذیری (کاهش صلبیت) المان‌های مسلح‌کننده محل خط کشش حداکثر از دیوار دورشده و به شکل گوه گسیختگی کولمب نزدیک می‌شود.



شکل ۲-۵۷- خط کشش حداکثر و نواحی محرک و مقاوم(سروش، ۱۳۸۵)

علاوه بر موارد فوق آسیب‌های زیر نیز در دیوارهای خاک مسلح رایج است:

- خرابی اتصال المان با نما
- ریزش یا تخریب دیوار نما یا قطعات آن
- انحراف دیوار نما و یا شکم دادگی آن
- عدم قفل و بست صحیح قطعات نما در یکدیگر

۲-۲-۳-۵- بررسی انواع معایب متداول در درزهای انبساط(صادق آذر، ۱۳۹۱)

برای به حداقل رسانیدن ترک در سازه‌های حجیم لازم است در محل‌های مختلف در بدنه سازه درزهای کنترلی ایجاد نمود. اجرای سه نوع درز کنترلی به شرح زیر رایج است:

درزهای انبساط، درزهای انقباض و درزهای اجرایی افقی

انتخاب نوع و نصب درزها براساس طرح و ابعاد دیوار، روش اجرا و نوع استفاده از آن تعیین می‌گردد

۲-۲-۳-۵-۱- انواع درز در دیوارهای حائل

- درزهای انبساط

درز انبساط یک درز جدایی قایم از پایین پایه تا بالای دیوار است که برای کنترل آثار زیان بار ناشی از تغییر طول های حرارتی، فصلی، نشست های تکیه گاهی و ارتعاشات طولی ناشی از زلزله در دیوارهای حایل تعبیه می شود. معمولا درزانبساط برای جلوگیری از خردشدگی، ترک خوردگی و گاهی اوقات برای قطع یکسرگی مورد نیاز می باشند.

در دیوارهای نسبتا نازک، درزها را در نواحی مستعد برای انبساط یا نشست‌های نامساوی تعبیه می‌کنند. تعبیه درزهای انبساط در نقاط تغییر امتداد دیوار، تغییر ناگهانی مقطع و نیز جنس خاک پی در فواصل منظم و طول های مستقیم لازم است.

درز انبساط بین دو لبه دیوار باید دارای فاصله مناسبی بوده و آرماتورهای طولی نیز در محل درز قطع شوند. برای جلوگیری از حرکتهای خارج از صفحه، می توان میلگردهایی را به صورت زبانه در محل درز انبساط تعبیه نمود، مشروط بر اینکه با بتن مجاور چسبندگی نداشته باشند (آرماتورهای برشی). در محل هایی که نیاز به آب بندی وجود دارد، درز باید طبق استانداردهای رایج آب‌بندی شود.

انتخاب نوع و ضخامت مصالح پرکننده بر اساس تغییر شکل های ناشی از انقباض اولیه و انبساط های بعدی ناشی از حداکثر تغییرات دما می باشد. بدین منظور، باید از مصالح پرکننده آزمایش شده و همچنین پخ های مناسب استفاده نمود.

- درزهای انقباضی

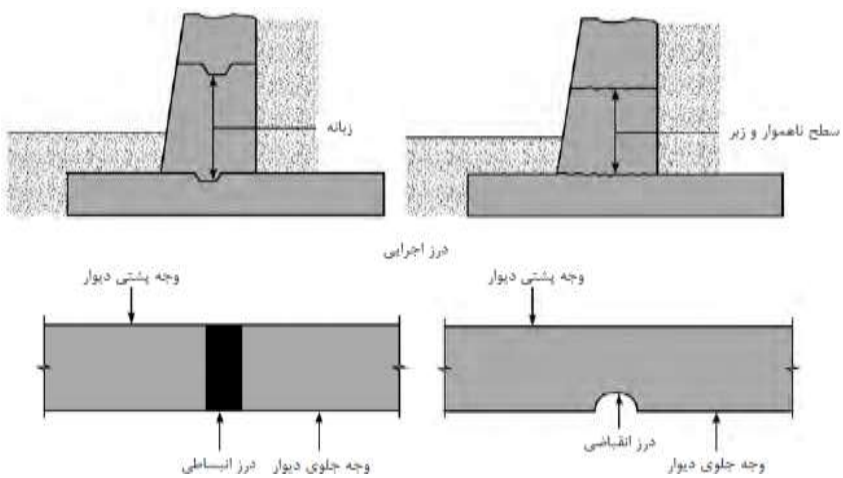
درز انقباضی یک درز قائم در تمام ارتفاع دیوار از بالای پایه تا بالای دیوار است که وظیفه

آن کنترل جمع شدگی طولی دیوار است.

به طور معمول در دیوارهای طویل یا سطوح وسیع، مقاطعی را به طور عمدی به صورت ضعیف طراحی می کنند تا ترک های اجتناب ناپذیر و غیرقابل پیش بینی بتن در این موقعیت ها رخ دهند. از درزهای انقباضی میتوان برای تقسیم سازه به قطعات قابل اجرا به عنوان جایگزینی برای درزهای اجرایی استفاده نمود.

در هر پروژه با بررسی نیازهای طراحی سازه ، حجم بتن‌ریزی در قطعه اجرایی و استفاده بهینه از قالب ها، موقعیت این درزها مشخص می شوند .معمولا درزهای انقباضی در فواصلی به طول ٦ تا ١٠ متر تعبیه می شوند .سطح این درزها به صورت صاف و قالب بندی شده می باشد. در دیوارهای طره‌ای بتنی، درزهای انقباضی تنها در تیغه دیوار تعبیه می شوند و امتداد دادن آن ها به شالوده الزامی نیست(شکل شماره ۲-۵۸)

درزهای انقباضی قائم می‌توانند به صورت انقباضی - اجرایی و یا انقباضی - القایی باشند. در درز انقباضی- اجرایی بتن‌ریزی قطع می‌شود، درحالی که در درز انقباضی -القایی بتن‌ریزی مداوم است و فقط مقطع درز تضعیف می‌گردد.



شکل ۲-۵۸- درزهای اجرایی انبساطی و انقباضی (طاحونی، ١٣٩٦)

- درزهای اجرایی افقی در دیوارهای طره ای بتنی

برای دیواره های طره ای بتنی، در محل اتصال دیوار با شالوده باید یک درز اجرایی تعبیه

شود .در این نوع از دیوارها، درزهای افقی اضافی در ارتفاع دیوار، باید در فواصلی حدود ۳ متر تعبیه شوند .جهت کسب مقاومت برشی مورد نیاز، باید سطح هر درز تا حد امکان مضرس شود.

۲-۲-۳-۵-۲- آسیب‌های محتمل درز ها

به طور کلی جمع شدن آشغال و مواد زائد در درزها باعث پر شدن آنها خواهد شد. درزها در دمای پایین و سرما عریض شده و باعث خرابی بنای درزها به علت باریک شدن در گرما می‌شود. لذا باید برای جلوگیری از بروز چنین مشکلاتی درزها را تمیز نگه داشت و موادی که بین آنها را پر می‌کند زدود. همچنین در بعضی جاها استفاده از مواد درز پرکن (الاستومرها) مفید خواهد بود.

۲-۲-۳-٦- بررسی انواع معایب و نارسائیهای متداول در سیستم زهکشی

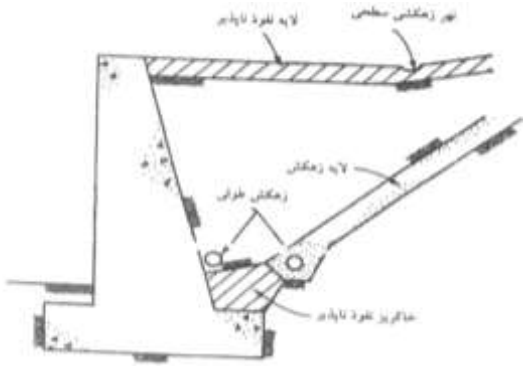
از عمده‌ترین دلایل خرابی دیوارهای حایل، سیستم زهکشی نامناسب است. سیستم‌های زهکشی برای از بین بردن فشارهای هیدرو استاتیک وارد بر سطح گسیختگی و سطح پشت دیوار در اثر نشت آب و نفوذ آب باران لازم می‌باشند. در برخی حالات سیستم زهکش برای ممانعت از افزایش فشار ناشی از یخ‌زدگی خاکریز یا حداقل کردن فشار ناشی از تورم خاک‌های چسبنده لازم است. نوع سیستم زهکشی به جنس مصالح خاکریز، مقدار بارش، شرایط آب سطحی و زیر زمینی و پتانسیل یخ‌زدگی بستگی دارد. علاوه بر استفاده از سیستم زهکش، دیوار باید دارای ضریب ایمنی مناسب در ارتباط با سیستم زهکشی باشد(صادق آذر، ۱۳۹۱).

۲-۲-۳-٦-۱- روش‌های زهکشی

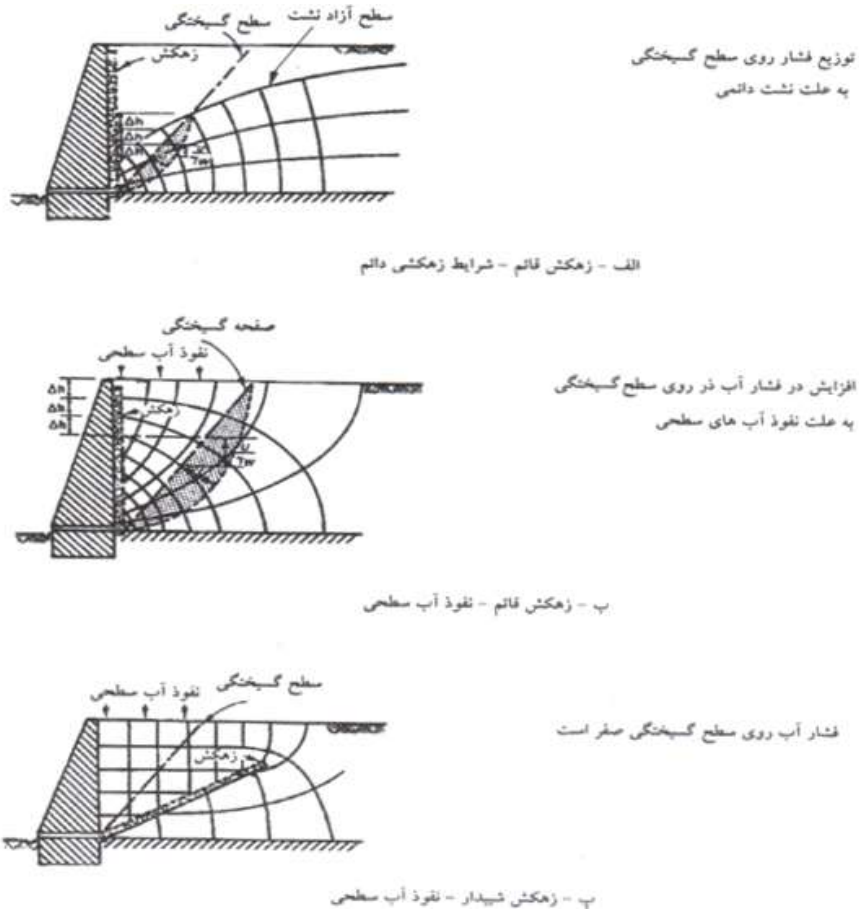
دیوارهای حایل باید دارای سیستم زهکشی سطحی مناسب برای دفع آب‌های سطحی باشند. همان‌گونه که در بالا اشاره شد، باید لایه‌ای از خاک نفوذپذیر در بالای خاکریز برای کاهش نفوذ آب باران قرار داده شود.

مؤثرترین روش برای کنترل زهکشی، انجام خاکریزی بر روی یک لایه زهکش شیبدار و

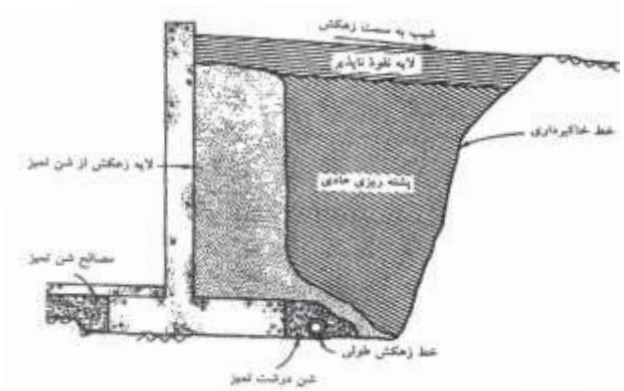
دارای زهکش طولی است (شکل ۲-۵۹). لایه زهکش شیبدار افزایش فشار هیدروا-ستاتیک بر روی سطح گسیختگی در اثر نشت آب زیرزمینی و نفوذ آب باران را به حداقل می‌رساند. استفاده از زهکش در امتداد دیوار تأثیر کمتری دارد و غالباً باعث اعمال نیرو-های بزرگتری به دیوار می‌شود (شکل ۲-۶۰). لیکن برای دیوارهای نسبتاً کوتاه (تقریباً کوتاهتر از ۳متر) افزایش این نیروها، خیلی زیاد نیست و روش استفاده از زهکش در مجاورت دیوار اغلب به کار می‌رود. زهکش‌های در امتداد دیوار را می‌توان به صورت یک لایه زهکش درجا (شکل ۲-۶۱) یا یک سیستم زهکشی پیش‌ساخته (شکل ۲-۶۲) در نظر گرفت. وقتی مسئله گسترش یخ‌زدگی وجود دارد، باید از سیستمی مشابه زهکش شکل (۲-۶۳) استفاده نمود. اگر از خاک‌های چسبنده (ریزدانه) به عنوان مصالح خاکریز استفاده می‌شود، برای جلوگیری از تغییر میزان رطوبت خاک ودر نتیجه کاهش ترک-خوردگی و پتانسیل تورم باید از سیستم زهکش نشان داده شده در شکل(۲-۶۴) استفاده نمود. در صورت استفاده از زهکش پیش‌ساخته در مجاورت دیوار، مقاومت خرد شدن زهکش پیش‌ساخته باید از ۳ برابر حداکثر فشار جانبی وارد بر دیوار بزرگتر باشد. استفاده باز این زهکش‌ها برای زهکش شیبدار به دلیل امکان وارد آمدن صدمه به زهکش در حین عملیات کوبیدن خاک و همچنین لغزش زهکش در امتداد صفحه زهکش توصیه نمی‌شود.



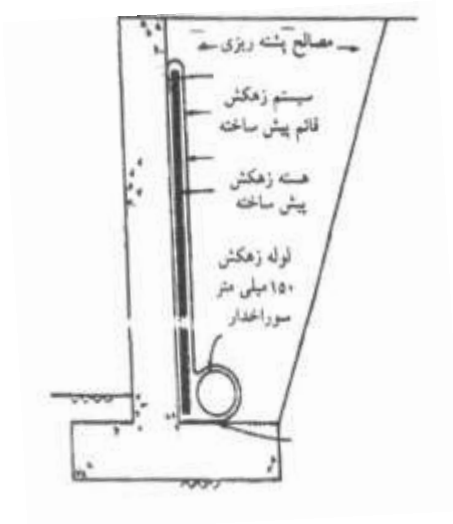
شکل ۲-۵۹- لایه زهکشی شیبدار(طاحونی،۱۳۹۱)



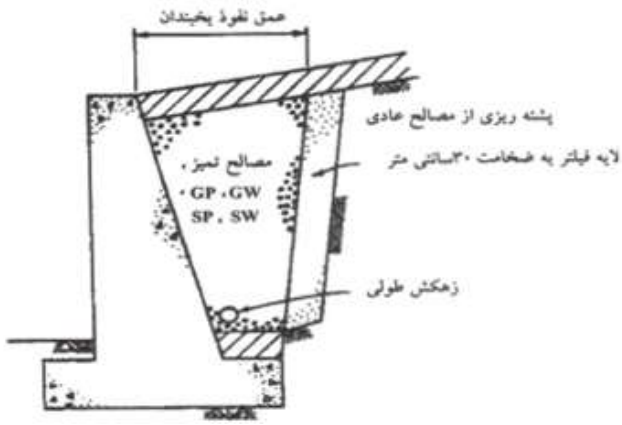
شکل ۲-۶۰- تأثیر موقعیت زهکش بر روی افزایش فشار هیدرواستاتیک بر روی سطح گسیختگی



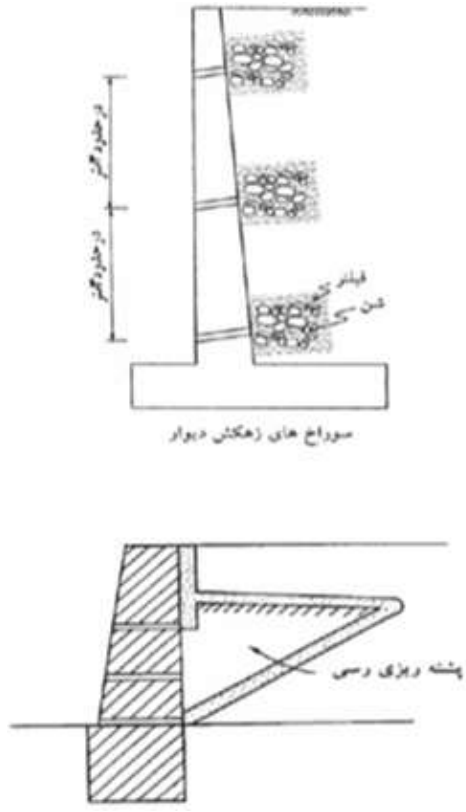
شکل ۲-۶۱- لایه زهکش در امتداد دیوار حائل(طاحونی، ۱۳۹۱)



شکل ۲-۶۲- سیستم زهکش پیش‌ساخته مرکب قائم
(در مجاورت دیوار) (طاحونی، ۱۳۹۱)



شکل ۲-۶۳- سیستم زهکش برای جلوگیری از نفوذ یخزدگی پشت دیوارحائل(طاحونی، ۱۳۹۱)



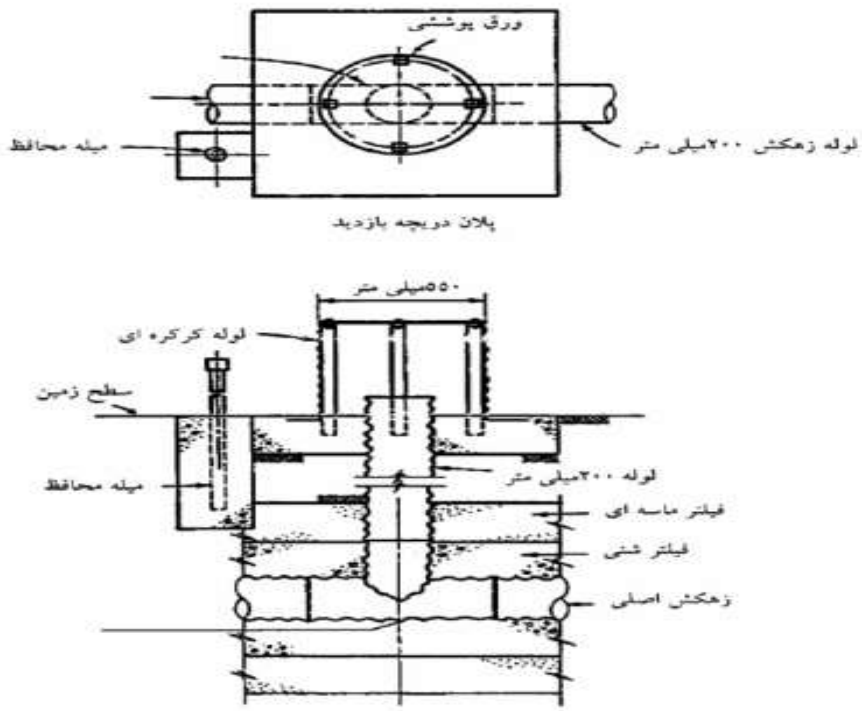
شکل ۲-٦٤- سیستم زهکشی برای پشته‌ریزی رسی(طاحونی، ۱۳۹۱)

۲-۲-۳-٦-۲- زهکشی طولی

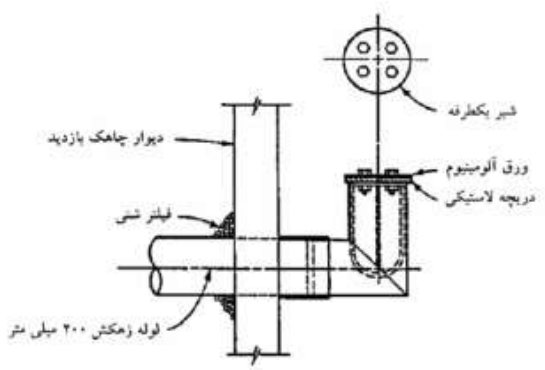
زهکش‌های طولی برای تخلیه آب از پشت دیوار حائل به داخل یک آبرو، کانال یا ... استفاده می‌شوند. قطر زهکش‌های طولی باید به اندازه کافی بزرگ باشند و همچنین برای تأمین سرعت مناسب جهت شستن رسوبات از داخل زهکش باید دارای شیب طولی مناسب باشند. برای حداقل کردن مسدودشدگی در نیمه تحتانی لوله باید سوراخ‌هایی را تعبیه نمود.

برای تعمیر و نگهداری زهکش‌ها و برای کاهش بارهای طراحی، آدم‌روها و دریچه-های بازدید (شکل ۲-٦٥) باید در ورودی‌های مهم و هم در خم تند لوله برای سهولت در بازدیدها و تمیز کردن تعبیه شود. در انتهای زهکش طولی باید یک شیر یکطرفه برای جلوگیری از پس زدن آن تعبیه شود (شکل ۲-٦٦) مقطع انتهایی لوله نگدارنده شیر

یکطرفه باید دارای درپوش قابل پرداخت جهت بازدید و تمیز کردن باشد.(طاحونی، ۱۳۹۱)



شکل ۲-٦۵- دریچه‌های بازدید برای زهکش‌های طولی(طاحونی، ۱۳۹۱)



شکل ۲-٦٦- شیر یکطرفه در انتهای زهکش طولی(طاحونی، ۱۳۹۱)

سوراخ زهکش شامل لوله‌ای به قطر حداقل ۷/۵ سانتی‌متر می‌باشد که به طور عرضی در داخل تیغه دیوار قرار دارند. برای جلوگیری از مسدود شدن لوله‌های زهکش، باید در

ورودی لوله‌ها، توده شنی و مصالح فیلتر تعبیه گردد. به طور معمول فاصله سوراخ زهکش به صورت قائم و افقیی نباید بیش از ۳ متر باشد.

در هنگام ریختن مصالح زهکش، نباید جدایی در دانه‌ها بوجود آمده و یا دچار آلودگی گردند. جدایی دانه‌ها باعث برهم خوردن شرایط نفوذپذیری و پایداری مصالح زهکش می‌گردد.

آلوده شدن مصالح فیلتر به مواد مضر در اثر آب گل‌آلود، گرد و غبار و ... در حین اجرا می‌تواند باعث گرفتگی سوراخ‌ها و فضاهای خالی در مصالح شده و مانع انجام زهکشی صحیح گردد. در صورتی که مصالح فیلتر یا زهکشی دارای مواد مضر باشند باید آنها را تعویض نمود. مصالح فیلتر که تحت تأثیر سفت شدن (گیرش) می‌باشد باید خارج شود(طاحونی، ۱۳۹۱).

۲-۲-۳-۶-۳- آسیب زهکش‌ها

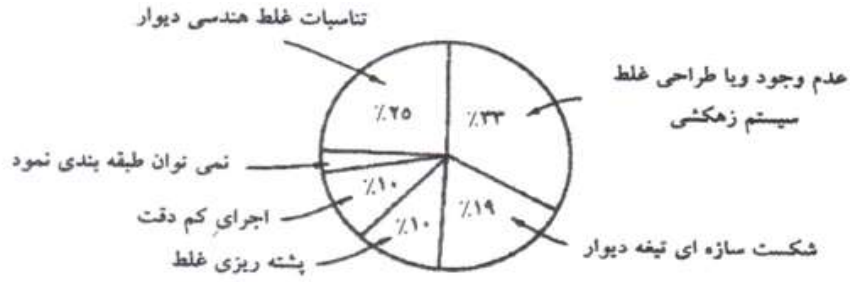
نتیجه دو مطالعه آماری در ارتباط با خرابی دیوارهای حائل در شکل (۲-۶۷) ارائه شده است. بر اساس اطلاعات ارائه شده در این شکل موارد زیر مرتبط با زهکشی دیوارها مشاهده می‌شود:

الف- استفاده از رس به عنوان مصالح خاکریز پشت دیوار یا زیر شالوده باعث بیشترین خرابی‌های دیوارهای حائل شده است.

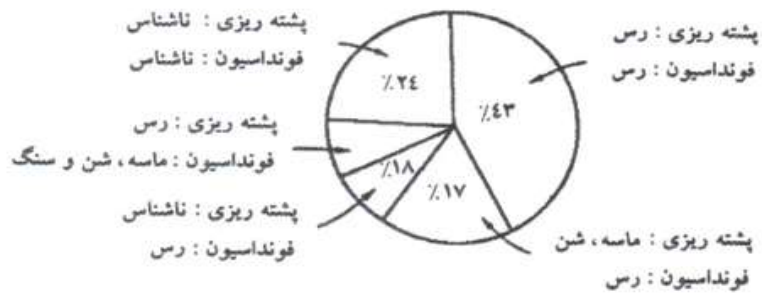
ب – طراحی و اجرای نادرست سیستم زهکش و یا پایه دیوار مهمترین دلیل خرابی دیوارهای حائل است.

علاوه بر موارد فوق آسیب‌های زیر در سیستم زهکش محتمل است:

- فرسودگی و شکستن لوله‌ها و اتصالات آنها
- انسداد لوله‌های زهکش
- انسداد ورودی آب به لوله‌ها
- شکست یا کوتاه بودن ناودانی و کم بودن تعداد لوله‌های عرضی خروج آب از دیوار



الف - دلایل خرابی دیوارهای حایل صلب بتنی



ب - نوع پشته ریزی و خاک فونداسیون دیوارهای خراب شده

شکل ۲-٦۷- دلایل عملکرد نامناسب دیوارهای حائل(قضاوی، ۱۳۸۷)

۲-۲-۳-۷- بررسی انواع معایب و نارسائیهای متداول در لایه ضد آب

دیوارهای حائل اغلب در معرض خاک و تراوش آب قرار دارند. در بعضی موارد که خاک پشت دیوار شیب‌دار باشد، ممکن است آب به سطح بالای دیوار هم برسد. نفوذ آب و نشت آب در مصالح بتنی دیوار باعث تسریع در خوردگی و آسیب‌دیدگی بتن و آرماتورها می‌شود. جهت جلوگیری از نفوذ آب و افزایش عمر دیوار، محل تماس دیوار با خاک یک لایه آب‌بند اجرا نمود. برخی از آسیب‌های رایج در لایه آب‌بند به شرح زیر است(صادق آذر، ۱۳۹۱):

- لزجت نامناسب غشاهای مایع (از جهت کم یا زیاد) در زمان ساخت
- فرسودگی و پارگی لایه آب‌بند
- اشکالات اجرایی

- ضعف اتصال لایه‌های پیش ساخته
- خرابی درزبندها و لغزش لایه‌ها

راهنمای بازرسی انواع دیوار حائل، باید همه انواع دیوار حائل موجود در مسیر راههای کشور را پوشش دهد. انواع دیوار حائل در این فصل بررسی شد. دیوارهای بنایی نیمه مسلح، به دلیل عدم استفاده در کشور، بررسی نخواهند شد. در مورد دیوارهای با ارتفاع بسیار کم و دیوارهایی که در مسیر حمل و نقل نیستند نیز مطالبی ارائه نخواهد شد.

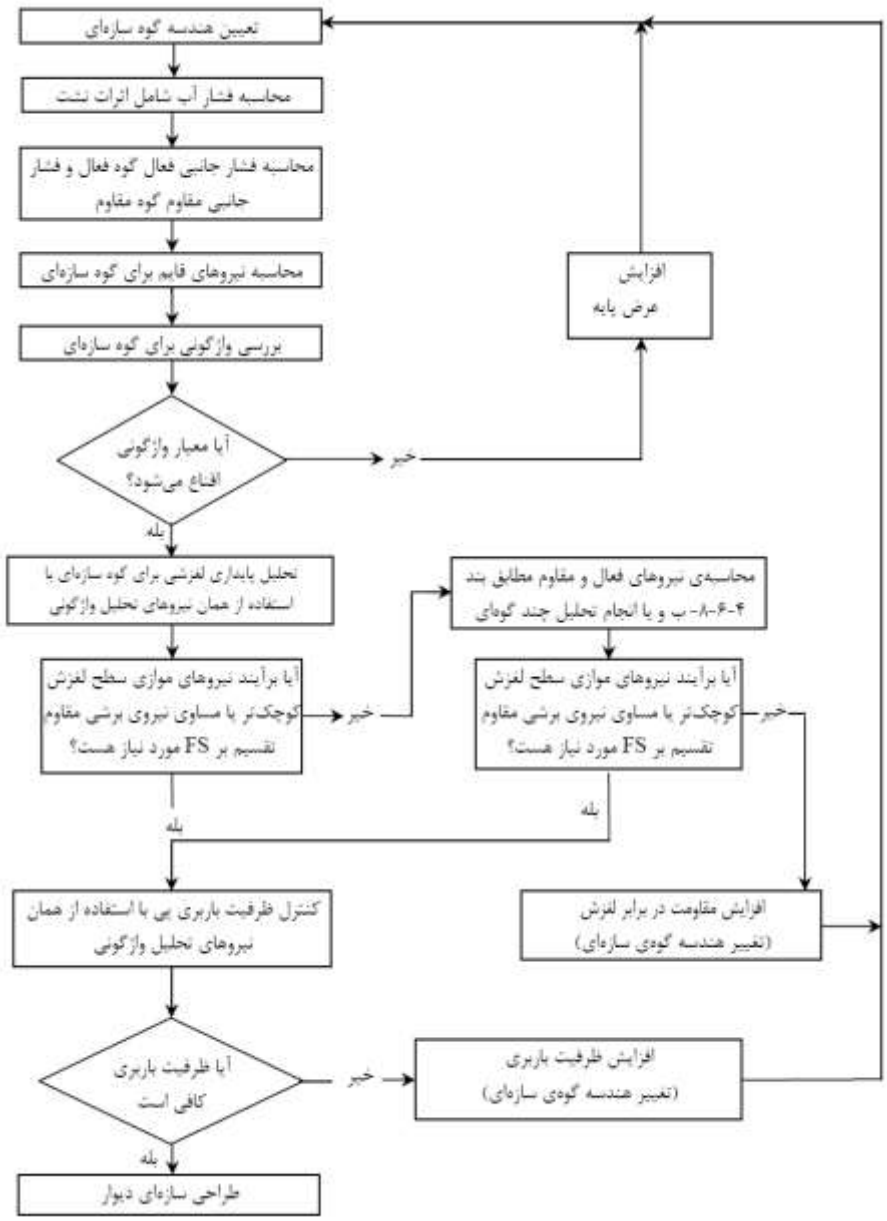
فصل سوم: تعیین عوامل موثر بر عملکرد دیوارهای حائل

۳-۱-مقدمه

همانطور که در شکل ۲-٦٦ مشاهده می‌شود، اغلب دلیل آسیب دیوارهای حایل مربوط به طراحی نادرست و اجرای ناصحیح یا ناقص است. در شکل ۳-۱، فرآیند طراحی صحیح انواع دیوار حائل ارائه شده است. در صورت عدم رعایت موارد آورده شده در این فرآیند و عدم انجام آزمایشهای لازم قبل از طراحی و نیز نقص مطالعات لازم، ممکن است طراحی منجر به تعیین ابعاد و جزئیات ناکافی شود.

جهت تعیین عوامل موثر بر عملکرد دیوارهای حائل،فریند کار به اینصورت است که ابتدا باید همه آسیبهای ارائه شده در فصل دوم جمع‌بندی شود و در نهایت آسیبهای جدی که بر عملکرد دیوار حائل تاثیرگزارند، استخراج گردد. پس از آن عوامل ایجاد کننده این آسیبها تعیین گردد. این عوامل، همان عوامل موثر بر عملکرد دیوار هستند.

در این گزارش پس از طی فرآیند فوق عوامل تاثیرگزار، به دلیل تعدد، به سه دسته کلی تقسیم گردید که در این فصل به آنها پرداخته می‌شود.



شکل ۳-۱- نمودار طراحی دیوار حائل(بهداروندی، ۱۳۹۷)

سه دسته عوامل موثر بر عملکرد دیوار حائل به شرح زیر دسته‌بندی شده است:

- عوامل موثر بر پایداری
- خاکریز و خاک شالوده

- تراوش آب و سیستم زهکشی

در ادامه، این عوامل تشریح می‌شود.

۳-۲-پایداری دیوار حائل

عدم ملاحظات لازم در برآورد مشخصات خاک و بارگذاری‌هایی که در طراحی دیده نشده یا کم تخمین زده شده‌اند، می‌توانند به ایجاد ناپایداری و در نهایت منجر به شکست دیوار شوند. در اینجا به سایر عوامل مؤثر در علل خرابی دیوارهای حائل اشاره می‌شود(حسینی، ۱۳۹۸).

- مقاومت ناکافی خاکریز جلوی دیوار در صورتی که در طرح در نظر گرفته شده باشد.
- حفاری در مقابل دیوار
- عبور و مرور ترافیک و به هم خوردن خاک جلوی دیوار
- عبور لوله و تأسیسات از مقابل دیوار
- رشد و نمو گیاهان و در نتیجه انقباض خاک جلوی دیوار
- ایجاد ترک‌های کششی خاکریز و پر شدن از آب
- افت مقاومت خاکریز جلوی دیوار در اثر زلزله
- آب شستگی خاکریز مقابل دیوار و کاهش مقاومت در برابر پایداری
- لغزش کلی خاک شالوده بدلیل قرارگیری در شیب یا وجود لایه‌ای ضعیف در شالوده
- لغزش سطحی خاک شالوده بدلیل وجود لایه ضعیف یا قرارگیری دیوار در شیب
- دوران دیوار حایل طره‌ای مهار شده حول محل مهار، بدلیل ناکافی بودن مقاومت خاکریز در قسمت عمق مدفون سپر
- تداخل منطقه محرک خاکریز پشت سپرها و منطقهٔ مقاوم جلوی مهار در دیوارهای حایل سپری مهار شده

۳-۳- خاکریز و خاک شالوده

مصالح خاکریز یا خاک شالوده می‌توانند عامل بسیار مهمی در پایداری دیوارهای حایل باشند. موارد زیر ممکن است باعث شکست دیوار حائل از نظر مسائل ژئوتکنیکی و پایداری شود(حسینی، ۱۳۹۸).

- نبود دقت در برآورد پارامترهای مقاومت برشی و تراکم پذیری خاک
- وقوع لغزش برشی سطحی که منجر به ناپایداری دیوار می‌شود
- وقوع لغزش عمیق در لایهٔ ضعیف در عمقی از خاک شالوده
- یخ زدگی خاک و ذوب شدن آن و افزایش رطوبت، که باعث افزایش فشارجانبی می‌شود
- تغییرات حجمی در اثر تغییرات رطوبت (تورم و انقباض‌های متوالی)
- افزایش فشار آب منفذی در خاکریز یا خاک شالوده
- ایجاد ترک‌های انقباضی در خاک جلوی پنجه و عدم اتصال به دیوار و ایجاد مشکلات پایداری
- ازدیاد فشار جانبی در اثر تراکم خاکریز
- وجود درز و شکاف در سنگ کف که باعث کاهش ظرفیت باربری می‌شود
- لغزش در اثر وجود درز و شکاف در سنگ شالوده
- لغزش در خاک شالوده بدلیل وجود صفحات لغزشی در رس‌های با شاخص خمیری زیاد
- وقوع پدیده روانگرایی زیر خاکریز و خاک شالوده
- نشست خاک‌های رسی نرم (حتی اگر در زیر سپرهای طره‌ای قرار گیرند)
- رشد گیاهان درون خاکریز و افزایش فشار جانبی
- افت مقاومت خاک‌های چسبنده در اثر ایجاد کرنش‌های تناوبی ایجاد شده ناشی از زلزله
- نیروهای ناشی از امواج
- برخورد کشتی‌ها، قایق‌ها و توده‌های یخی به دیوارهای ساحلی

- نشست خاک در اطراف مهار زمینی دیوارهای حایل سپری مهار شده
- افزایش فشار جانبی محرک وارد بر مهار مدفون در زمین در دیوارهای مهار شده در اثر نفوذ آب به پشت سیستم مهار

۳-٤- تراوش آب و سیستم زهکشی

عوامل زیر می‌تواند در عملکرد صحیح سیستم زهکشی اختلال ایجاد نمایند و اگر در طراحی مدنظر قرار نگیرند ممکن است به علت ایجاد فشارهای جانبی اضافی، باعث ناپایداری سازه دیوار شوند(حسینی، ۱۳۹۸).

- به هم خوردگی دانه‌بندی فیلتر هنگام اجرای خاکریز
- آلوده شدن مصالح فیلتر
- سمنته شدن مصالح فیلتر
- هجوم گل و لای به دورن مصالح فیلتر و خاکریز به دنبال سیلاب‌ها و بارش‌های اتفاقی
- بسته شدن لوله شکافدار زهکش
- دانه‌بندی نادرست مصالح فیلتر و در نتیجه شسته شدن مصالح یا نبود زهکشی آب مناسب
- آسیب رسیدن به مصالح زهکش و لوله‌های زهکش حین تراکم خاکریز به ویژه در صورت استفاده نکردن از لایه محافظت کننده در اطراف لوله‌ها
- آسیب رسیدن به لوله زهکش طولی در صورتی که در زیر پایه دیوار ساخته شده باشد
- رشد و نمو گیاهان درون مصالح زهکش و لوله‌های زهکش و مسدود کردن مسیر حرکت آب
- هجوم آب گل آلود از طریق لوله‌های خروجی عرضی از ساقه دیوار به دنبال جمع شدن آب در جلوی دیوار
- آسیب دیدن لوله‌های زهکش در محل اتصالات در پی نشست نسبی
- شکستن اتصالات نامناسب لوله زهکشی

- به هم ریختن دانه‌بندی فیلتر در اثر ایجاد آشیانه توسط جانوران (به ویژه از طریق لوله‌های عرضی خروجی)
- ترک خوردگی پتوی نفوذ ناپذیر در پی خشک‌سالی
- فرسایش درز و شکاف‌های سنگ شالوده
- از بین رفتن مصالح تزریق شده در درز و شکاف‌های سنگ و یا تزریق نکردن مطلوب مصالح
- پاره شدن واتراستاپ (در صورت استفاده) به دلیل عدم کیفیت یا نشست نسبی
- از بین رفتن لایه نفوذ ناپذیر (در صورت وجود) به دنبال فرسایش
- آب شستگی در پایین دست و وقوع پدیده وگاب یا تشدید آن
- فرسایش لایه سطح فوقانی خاکریز (در صورت وجود) یا به هم خوردگی آن در اثر عوامل محیطی

۳-۵-آمار دیوارهای حائل کشور

فرم ارائه شده در شکل شماره ۳-۲، برای جمع آوری اطلاعات و آمار مربوط به دیوار حائل‌های موجود در کشور تهیه شد و در اختیار ادارات کل راهداری استانها قرار گرفت. اما متاسفانه علی‌رغم پیگیری‌های انجام شده هیچ پاسخی دریافت نشد. در سالنامه آماری سازمان راهداری نیر هیچ اطلاعاتی در این خصوص ارائه نمی‌شود. لذا در جلسه‌ای آموزشی که با حضور مدیران ابنیه ادارات کل راهداری استانها تشکیل شده بود، فرم مختصری مطابق شکل ۳-۳ تهیه و در اختیار مدیران ابنیه حاضر در جلسه قرار گرفت تا به صورت درصدی و حدودی، آماری از دیوارهای حائل در اختیار اعضای تیم قرار بگیرد.

مشخصات دیوارهای حائل اداره کل راه و ترابری استان .....

ردیف	نوع					مشخصات هندسی (متر)			تعداد مشابه	مشکلات عمومی دیوارهای حائل استان
	سنگی	بتن غیر مسلح	بتن مسلح	ترکیبی	سایر	طول	عرض	ارتفاع		

شکل ۳-۲-فرم درخواست آمار دیوار حائل

انواع دیوار حائل	بتن مسلح	بنایی و سنگی	غیر مسلح
تعداد (درصد از کل)			

شکل ۳-۳- فرم مختصر اطلاعات دیوار حائل به صورت درصد

جمع بندی اطلاعات در جدول زیر ارائه شده است:

انواع دیوار حائل	بتن مسلح	بنایی و سنگی	بتن غیر مسلح	خاک مسلح
تعداد (درصد از کل)	٪۳۷	٪۴۸	٪۱۰	٪۵

البته آمار فوق فقط مربوط به مسیرهای جاده‌ای است و اطلاعات راه آهن اخذ نشده است.

فصل چهارم: تهیه پیش‌نویس راهنمای بازرسی انواع دیوار حائل

٤-١- تعیین چارچوب انجام کار

در ابتدای این بخش ابتدا فرآیند عمومی تدوین مقررات و دستورالعمل و فرمت نوشتن آن مورد بررسی قرار می‌گیرد. سپس چهارچوب دستورالعمل بازرسی بر اساس این فرآیند استاندارد، تنظیم می‌گردد.

٤-١-١- فرآیند تدوین مقررات و دستورالعمل

فرآیند تنظیم مقررات و دستورالعمل و بازنگری آن شامل یک چرخه است که از تشخیص یک خلا در مقررات سازمان، شروع و با تنظیم و اجرای مقررات و دستورالعمل تصویب شده و بازنگری آن برای اطمینان از عملکرد و صحت آن ادامه می‌یابد. برای اطمینان از اجرای صحیح و هماهنگ تهیه مقررات و دستورالعمل‌ها یا بازنگری آنها، پیشبرد مرحله‌ای کار، به شرح زیر پیشنهاد می‌شود:

مرحله اول (تحلیل نیاز):در این مرحله یک کمبود یا خلا تشخیص داده می‌شود که باید با سیاست‌گزاری و تدوین و تصویب مقررات و دستورالعمل جدید یا بازنگری اسناد موجود برطرف گردد.

مرحله دوم (مشاوره و پیش‌نویس): این مرحله باید با رعایت نکات زیر طی شود:

- برای دستیابی به بهترین روندها تحقیقات لازم انجام شود و با ذیربطان مختلف مشورت گردد تا نظر مساعد آنها نیز در این روند جلب گردد.
- برای تهیه پیش‌نویس مقررات و دستورالعمل باید از انشاء و الگوی مناسب استفاده شود.
- پیش‌نویس باید با نظر ذیربطان بررسی و یا بازنگری گردد.

مرحله سوم (تصویب): در این مرحله، مقررات و دستورالعمل به تصویب مراجع ذیربط می‌رسد.

مرحله چهارم (ابلاغ و اجرای مقررات و دستورالعمل): گام‌های اجرای مقررات و دستورالعمل باید در این مرحله عملی گردد. در امور بازنگری، مقررات و دستورالعمل جدید باید به کتابچه دستورالعمل موجود اضافه شود.

مرحله پنجم (تداوم): تغییرات لازم و منتج از مقررات و دستورالعمل جدید توسط کارفرما رصد گردد.

مرحله ششم (بازنگری): هر دو سال یکبار یا اگر لازم است زودتر مقررات‌ها و دستورالعمل‌ها بازنگری شوند.

٤-١-٢- الگو (فرمت) نوشتن مقررات و دستورالعمل

بخش اول:

- مقدمه: این بخش باید شامل موارد زیر بوده و پاسخگوی سوالات مطروحه باشد:
  - ✓ در یک یا دو جمله کاربرد مقررات یا دستورالعمل مورد نظر، در ارتباط با استراتژی‌ها ، اهداف کلان و یا اهداف اختصاصی سازمان بیان می‌شود.
  - ✓ منظور و مقصود مقررات یا دستورالعمل. چرا این مقررات یا دستورالعمل برگزیده شده است؟
- مخاطبان این مقررات یا دستورالعمل:
  - ✓ چه چیزی یا چه کسی هدف این مقررات یا دستورالعمل است؟
  - ✓ آیاهمه افراد و همه چیز را در بر می گیرد؟

✓ موارد استثناء این مقررات یا دستورالعمل چیست؟ (فهرست افراد و یا مشمولین مقررات باید ارائه گردد.)

بخش دوم:

- مقررات (POLICY):

✓ این مقررات یا دستورالعمل بر پایه چه اصولی استوار است؟

✓ اصول ممکن است به ریز توضیح داده شود و یا می‌توان با عباراتی مبتنی بر عملکرد اصولی که در این مقررات یا دستورالعمل مدنظر است، بیان شود.

بخش سوم:

- متن دستورالعمل:

✓ رمز نوشتن دستورالعمل دقیق و شفاف جهت انجام یک فرآیند، تفکر گام به گام به شرح زیر است:

۱- گام‌های کلیدی در فرآیند چیست؟

۲- چه کسی یا کسانی مسئول تکمیل هر گام است؟

۳- فرآیند چگونه شروع می شود؟

✓ در نگارش متن باید از جملات معلوم استفاده کرد. جملات معلوم گام‌ها را منطقی‌تر نشان می‌دهد.

✓ حتی الامکان جملات بصورت امری یا با فاعل شروع شود.

✓ استفاده از فلوچارت می تواند فرآیند را بصورت بصری توصیف نماید.

بخش چهارم:

- مراجع

بخش پنجم:

- پیوست‌ها

٤-۱-۳- چارچوب دستورالعمل بازرسی

تعداد بسیار زیادی دیوار حائل در سطح کشور وجود دارد که کنترل وضعیت و شرایط آنها به ندرت انجام می‌شود. محدود بودن پرسنل آشنا با انواع دیوار حائل و رفتار آن در

سطح راهداری و ادارات کل استان‌ها، تیم تهیه‌کننده را بر آن داشت، یک راهنمای بازرسی برای این نوع از سازه‌های مسیر تهیه نماید.
دیوارهای حائل ساختمان در این دستورالعمل بررسی نمی‌شوند.

٤-١-٤- تهیه سرفصل‌های دستورالعمل

با توجه به بررسی‌های انجام شده، سرفصل‌های زیر برای دستورالعمل در دست تهیه، پیشنهاد می‌گردد:

- مقدمه
- دامنه کاربرد دستورالعمل
- تعاریف
- اهداف
- تواتر زمانی انجام بازرسی
- تیم بازرسی و شرایط و تخصص‌های لازم
- ابزار و تجهیزات مورد نیاز
- نکات ایمنی حین بازرسی
- ملزومات پیش از بازرسی
- گزارش بازرسی
- مراجع
- پیوست‌ها

٤-٢- راهنمای بازرسی انواع دیوار حائل

٤-٢-١- مقدمه

دیوارهای حائل همواره به عنوان یکی از عناصر ضروری و غیر قابل اجتناب در صنعت حمل و نقل محسوب می‌شوند و معمولاً میزان قابل ملاحظه‌ای از سرمایه را در شبکه‌های

ریلی و جاده‌ای به خود اختصاص می‌دهند. بازرسی، مقدمه تلاش برای حفظ وضعیت مطلوب و بهبود عملکرد سازه‌ای در طول عمر مفید سازه است و منتج به ارائه راهکار جهت نگهداری و تعمیر به موقع خواهد شد. به این ترتیب علاوه بر افزایش ایمنی و کارایی، از خرابی و آسیب بیش از حد آن نیز جلوگیری به عمل آمده و صرفه‌جویی قابل توجهی در هزینه‌های ناشی از تعمیرات اساسی و یا ساخت و بهره‌برداری مجدد خواهد شد. در این راستا تدوین راهنمای بازرسی دیوارحائل بسیار ضروری و حائز اهمیت است.

در این راهنما، سازه‌های نگهدارنده خاک، دیوارهای حائل تلقی می‌گردند و به سه دسته کلی زیر تقسیم می‌شود:

- دیوار سازه‌ای ساخته شده از بتن و مصالح بنایی
- دیوارهای خاک مسلح
- کوله پل

دیوارهای حائل یکی از دو کارکرد زیر را در ارتباط با جاده و یا آبراهه انجام می‌دهند:

- نگه‌داشتن خاک کنار جاده یا آبراهه (جاده یا آبراهه از پایین دست دیوار عبور می‌کند)
- حمایت از جاده یا آبراهه و حفظ آن (جاده یا آبراهه از بالا دست دیوار عبور می‌کند)

٤-۲-۲- دامنه کاربرد

این راهنما به منظور انجام بازرسی انواع دیوار حائل در مسیرهای جاده‌ای با هدف بررسی وضعیت موجود و تعیین کمی و کیفی آسیب‌های وارده است.

ضوابط این راهنما شامل دیوارهای حائل معمولی بتنی، مصالح بنایی و خاک مسلح با ارتفاع حداقل ۱۲۰ سانتیمتر و نیز دیوارهای برگشتی (دیوارهای طویل عمود بر کوله و در امتداد خاکریز) و دیوار رمپ‌ها، می‌شود(vicroad, 2018). ضوابط بازرسی دیوارهای

کوله و دیوارهای بالی پل در "دستورالعمل‌های بازرسی پل" بطور مفصل ارائه شده است و در این راهنما مطلبی در این خصوص ارائه نمی‌گردد. این مجموعه دیوارهای حائل ویژه که بر اساس استانداردهای خاص طراحی شده‌اند و سازه‌های محافظ شیب با زاویه ٤٥ درجه و کمتر از آن را، شامل نمی‌گردد(CDOT, 2016).

الزامات بازرسی بطور خلاصه به شرح زیر می‌باشد(FHWA, 2012):

- تمام اعضای دیوار باید از فاصله نزدیک (حداکثر ۳ متر فاصله چشم غیر مسلح از عضو) با تجهیزات مناسب جهت مشاهده دقیق مورد بازرسی قرار گیرند.
- سیستم‌های زهکش باید به صورت چشمی کنترل شوند
- حین بازرسی باید نور کافی برای دیدن و تشخیص ترک‌های ریز فراهم باشد.
- در بازرسی، بخشهای زیر نیاز به بازرسی مستقیم ندارند مگر به تشخیص مسئول تیم بازرسی و تایید کارفرما:
  - محدوده خاکریز و سیستم زهکشی مدفون پشت دیوار، که در دسترس نیست
  - بخشهای زیر سطح خاک
- تمام قسمتهایی از دیوار که دسترسی به آنها مشکل است نیز باید مورد بازرسی قرار گیرند. خصوصاً اعضای باربر، اجزای اضافه شده به سیستم دیوار جهت بهسازی و تعمیر، درزهای دیوار و کلیه اجزای مربوطه باید بازرسی شوند.

٤-۲-۳- اهداف

هدف از بازرسی، حصول اطمینان از کارکرد مناسب اعضای مختلف سازه‌ای و غیرسازه‌ای دیوار می‌باشد، به نحوی‌که، بهره‌برداری از آن بدون ایجاد هرگونه مشکل و وقفه امکان-پذیر بوده و در صورت آسیب‌دیدگی، با انجام نگهداری پیشگیرانه و تعمیر به موقع از توسعه خرابی‌ها جلوگیری شود.

بطور کلی اهداف زیر در بازرسی دیوارها مورد انتظار است:

- اطمینان از عملکرد مناسب دیوار
- اطمینان از تأمین ایمنی بهره‌برداران مسیر
- کنترل اعضای تعمیر و یا بهسازی شده و اطمینان از عملکرد مناسب آنها

- ثبت شرایط دیوار از نظر فیزیکی و بهره‌برداری
- ثبت تغییرات ایجاد شده در هر بازرسی نسبت به بازرسی مرحله قبل و تحلیل اجمالی این تغییرات
- تعیین نیاز به تعمیر و نگهداری و پیش‌بینی مشکلات آتی
- تهیه و ارائه اطلاعات، داده‌های مفید و انتقال بازخوردها برای استفاده در طراحی، ساخت و نگهداری دیوارها

٤-٢-٤- تعاریف

دیوار حایل: سازه نگهدارنده یا دیواری است که بتواند برای جلوگیری از ریزش و یا برای مهار خاک‌های تپه‌ها یا دیگر عوارض طبیعی مشرف به جاده‌ها یا ساحلی نزدیک به دریاها و دامنه‌های غیرطبیعی و به‌طور کلی هر جا که احتیاج به تکیه‌گاه جانبی باشد، مورد استفاده قرار گیرد.

پل: سازه‌ای است از جنس مصالح بتنی، فلزی، بنایی و یا مختلط، با دهانه حداقل ٦ متر برای عبور مسیر راه، راه‌آهن و یا پیاده از روی آب، هر نوع مسیر و یا مانع فیزیکی دیگر.

سپر فلزی: یک صفحه فلزی است که به عنوان یکی از روش های پایدارسازی گود یا خاک مورد استفاده قرار می‌گیرد. اجرای این سازه به روش سپرکوبی انجام می‌شود.

ساحل: دیواره‌های عمودی و یا شیبدار کناره‌های رودخانه، ساحل نامیده می‌شوند.

بازرسی: به مجموعه فعالیت‌هایی چون مشاهده، اندازه‌گیری، آزمایش و قضاوت مهندسی در مورد وضعیت سلامت سازه و میزان آسیب‌های وارده به آن، بازرسی گفته می‌شود.

خرابی: هرگونه آسیب وارده به سازه در اثر عوامل شیمیایی، فیزیکی یا مکانیکی، خرابی نامیده می‌شود.

شدت آسیب: کمیتی است که میزان اثر یک خرابی در کاهش سرویس‌دهی و عمر مفید سازه را نشان می‌دهد.

دیوار آسیب‌دیده: دیواری است که حداقل دارای یک خرابی یا آسیب باشد.

درز انبساط دیوار: درز انبساط یک درز جدایی قایم از پایین پایه تا بالای دیوار است که برای کنترل آثار زیان بار ناشی از تغییر طول های حرارتی، فصلی، نشست های تکیه گاهی و ارتعاشات طولی ناشی از زلزله در دیوارهای حایل تعبیه می شود.

زهکش دیوار: سیستم زهکشی در دیوارهای حائل برای جمع آوری و دفع آب‌های پشت دیوار تعبیه می‌شود.

دیوار مصالح بنایی: دیوارهایی هستند که از مصالح بنایی (آجر، بلوک و یا سنگ) با ملات ماسه سیمان و یا بتن غیر مسلح ساخته می شود.

خاک مسلح: مجموعه‌ای از خاکریز (نوع خاک آن معمولاً دانه‌ای است)، عناصر مسلح‌کننده (به صورت تسمه، میلگرد و غیره) و نما می‌باشد. در این سیستم خاک با استفاده از عناصر مسلح‌کننده که در داخل آن قرار گرفته‌اند و ابتدای آنها به قطعات دیوار نما متصل شده است، مهار می‌شود.

دیوار هدایت آب: دیوارهای هدایت آب خاکریزهایی هستند که در امتداد مسیر رودخانه، در بالادست پل (و بعضا پایین‌دست پل) در یک یا دوطرف ، برای هدایت جریان احداث می‌شوند.

سنگچین[4]: لایه‌هایی با دانه‌بندی مناسب که به صورت دست‌چین و یا درهم برای محافظت فونداسیون دیوار یا خاکریزها از فرسایش ریخته می‌شوند.

گابیون[5]: سبدهای سیمی که با سنگ پرشده و برای ساخت یا تعمیر دیوار استفاده می‌شوند.

آبشستگی[6]: برداشت مصالح از بستر جریان یا خاکریز است که در نتیجه عبور جریان رخ می‌دهد.

---

[4] Riprap
[5] Gabion
[6] Scour

٤-۲-٥- تواتر زمانی انجام بازرسی

بطور معمول هر پنج سال یکبار، به منظور کسب اطمینان از وضعیت مناسب بهره‌برداری دیوار حائل، تعیین شرایط موجود دیوار و اعضای آن به صورت دقیق انجام می‌شود. در خصوص دیوارهای واقع شده در محیط‌های خورنده و نیز سپرهای فلزی، این زمان به ۳ سال کاهش می‌یابد(CDOT, 2016).

بعد از وقوع هر حادثه طبیعی یا غیرطبیعی و غیر معمول، دیوارهای واقع در مسیر حادثه، باید بازرسی شوند. دیوارهای واقع در مسیر جریان آب، بعد از هر رواناب عظیم، برای اطمینان از سلامت شالوده باید بررسی شوند.

درصورتیکه برای برخی از دیوارها ریسکهای بالاتری در نظر گرفته شود، بنا به صلاحدید کارفرما، باید بازرسی در دوره زمانی کوتاهتری انجام شود.

از آنجایی که شناسایی مشکلات زهکشی با بازرسی در حین یا پس از بارندگی های شدید آسان تر است، در صورتی که کفایت سیستم زهکشی مشکوک باشد، بازرس باید انجام این بازرسی را در زمان بارندگی مد نظر قرار دهد.(FHWA, 2009)

٤-۲-٦- تیم بازرسی و شرایط و تخصص‌های لازم

تیم بازرسی دیوار حائل باید متشکل از افراد زیر باشد:

-**مسئول تیم**: مسئول تیم باید دارای حداقل مدرک تحصیلی کارشناسی مهندسی عمران، متخصص سازه یا ژئوتکنیک(اخذ شده از دانشگاه‌های معتبر داخل یا خارج مورد تأیید وزارت علوم، تحقیقات و فناوری) و حداقل ۸ سال سابقه کار در زمینه بازرسی، اجرا، طراحی، نگهداری و یا مقاوم‌سازی ابنیه فنی باشد.

برنامه‌ریزی شروع بازرسی، شامل اجتناب یا حذف خطرات ممکن برای تیم و بهره-برداران، انتخاب روش‌های عملیاتی مناسب، انتخاب تجهیزات مناسب بازرسی و استفاده از تجهیزات ایمنی و یا حفاظتی ویژه، از مهمترین وظایف مسئول تیم است.

وی باید به منظور کنترل و تأیید نهایی گزارش، سازه را مجدداً بازدید کلی نماید. مسئول تیم می‌تواند همزمان حداکثر در ٤ تیم بازرسی فعالیت داشته باشد.

-حداقل یک کارشناس بازرسی:

کارشناس بازرس باید دارای حداقل مدرک تحصیلی کارشناسی مهندسی عمران (اخذ شده از دانشگاه‌های معتبر داخل یا خارج مورد تأیید وزارت علوم، تحقیقات و فناوری) و حداقل ۲ سال سابقه کار در زمینه بازرسی، اجرا، طراحی، نگهداری و یا مقاوم‌سازی پل باشد.

کارشناسان بازرسی باید بر اساس دستورات مسئول تیم، اندازه‌گیری‌های لازم، یادداشت-برداری و عکس‌برداری را انجام دهند و فرم‌ها را بر اساس ضوابط این راهنما تکمیل نمایند. کارشناسان بایستی گزارش بازرسی را تهیه و جهت کنترل نهایی و تأیید در اختیار مسئول تیم قرار دهند.

-حداقل یک کمک بازرس: کمک بازرس به منظور نصب و نگهداری تجهیزات و انجام کارهایی مانند برس‌زنی و کمک در انجام اندازه‌گیری‌ها در تیم بازرسی قرار می‌گیرد.

بسته به شرایط دیوار، در صورت تشخیص مسئول تیم یا کارفرما، یک متخصص زمین-شناس یا لرزه زمین ساخت و هیدرولیک، می‌تواند تیم را همراهی نماید (CDOT, 2016).

تبصره۱: تمام افراد تیم بازرسی باید شرایط عمومی زیر را داشته باشند:

- توانایی بالارفتن از نردبان و استفاده از تجهیزات دسترسی به قسمت‌های مختلف دیوار
- شناخت و توانایی بکارگیری ابزار و تجهیزات بازرسی
- آشنایی کافی به مقررات و ضوابط ایمنی، بهداشت محیط کار و حفاظت ایمنی
- مهارت در ترسیم قابل فهم طرح‌ها، نوشتن و درج مطالب حین بازرسی (کمک بازرس ملزم به داشتن این شرط نیست)
- آشنایی با فرم‌ها و چک‌لیست‌های بازرسی و نحوه تکمیل آنها (کمک بازرس ملزم به داشتن این شرط نیست)

تبصره۱: قبل از انجام بازرسی، رزومه افراد تیم بازرسی باید توسط کارفرما مورد تأیید قرار گیرد.

تبصره۲: اعضای تیم باید گواهینامه دوره‌های آموزشی مورد تایید کارفرما را به همراه رزومه خود ارائه نمایند.

٤-۲- ۷- ابزار و تجهیزات مورد نیاز

تجهیزات و ابزار زیر به تشخیص تیم بازرسی، به منظور انجام عملیات بازرسی مورد استفاده قرار می‌گیرند (گواشیری، ۱۳۹٦) (شکل شماره ٤-۱):

- **ابزار تمیز کردن:** فرچه، کاردک، بیلچه، برس سیمی و نظایر آن
- **ابزار بازرسی:** چاقو، وسایل برش، سمبه، چکش لاستیکی، پیچ‌گوشتی، تراز، شاغول، چکش فولادی، گونیای فلزی و نظایر آن
- **ابزار کمک دید:** دوربین شکاری، چراغ قوه با باتری اضافه، ذره‌بین، آینه، چراغ قوه کلاهی، نورافکن و نظایر آن
- **ابزار اندازه‌گیری:** خط‌کش تاشو، متر، اندازه‌گیر اپتیکی ترک، دماسنج، نوار اندازه-گیری، کارت‌های با ضخامت مختلف، کولیس و نظایر آن.
- **ابزار جهت ثبت اطلاعات:** تخته زیردستی، فرم‌های بازرسی، دفترچه یادداشت، دوربین عکس‌برداری با قابلیت درج تاریخ در عکس، گچ، ماژیک، مداد، خودکار، پاک‌کن، موبایل، تبلت و ....
- **ابزار و تجهیزات دسترسی:** نظیر نردبان‌ها، داربست، طناب، بالابر، پایین‌بر و کمربندهای ایمنی
- **وسایل ایمنی شخصی:** از قبیل جلیقه و لباس شب نما که قابلیت جاگیری تجهیزات بازرسی در آن وجود داشته باشد، کفش مناسب، چکمه، کلاه ایمنی، عینک ایمنی، عینک آفتابی، دستکش، ماسک، جعبه کمکهای اولیه
- **علائم و تجهیزات انحراف ترافیک:** نظیر پرچم، حفاظ ترافیکی، تابلوها و علائم هشداردهنده، موانع و نوارهای پلاستیکی

ابزار تمیزکاری	ابزار بازرسی
ابزار اندازه‌گیری	ابزار کمک دید
ابزار دسترسی- نردبان	ابزار دسترسی- بالابر

شکل ٤-١- برخی از ابزار و تجهیزات بازرسی(گواشیری، ١٣٩٦)

٤-٢-٨- نکات ایمنی حین بازرسی

انجام بازرسی یا هرگونه عملیات اجرایی در مسیر ترافیک باید ضمن رعایت مقررات بهداشت کار، حفظ ایمنی بهره‌برداران، بازرسین، مأموران و کارگران، جریان روان و ایمن ترافیک و سرعت عمل در انجام کار را به همراه داشته باشد. مسئول تیم بازرسی باید به منظور ایمنی هر چه بیشتر بر اساس ضوابط و مقررات، مجوزهای لازم را اخذ نموده و

با تمامی سازمان‌های مرتبط (راهداری و پلیس راه) هماهنگی‌های لازم را انجام دهد.
توصیه می‌شود هنگام برنامه‌ریزی برای بازرسی، محل بازرسی از نظر تمام خطرات احتمالی و روش های کار در مجاورت این خطرات بررسی شود.
روش انحراف ترافیک و نصب علائم هشداردهنده باید بر اساس نشریه ۷-۲٦۷ سازمان برنامه و بودجه انجام شود. در عملیات بازرسی دیوارها علاوه بر ضوابط نشریه فوق-الاشاره ملاحظات ایمنی زیر نیز باید به دقت رعایت گردد:

- استفاده از لباس‌های مجهز به برچسب شبرنگ و قابل رؤیت (در شب و روز) توسط تمام افراد و مأموران در محل دیوار و سطح راه (لباس‌ها تمیز وسالم باشند)
- استفاده از کلاه ایمنی، عینک، دستکش، کفش کار مناسب توسط اعضای تیم بازرسی (شکل شماره ٤-۲)
- استفاده از ماسک مناسب جهت جلوگیری از ابتلا به بیماری با قارچ هیستوپلاسموز (در خاک آلوده به مدفوع پرندگان) و حفاظت از هر نوع گرد و غبار
- استفاده از قلاب و کمربند ایمنی دور کمر توسط بازرس در صورت احتمال سقوط از ارتفاع
- بکاربردن ابزار و تجهیزات ایمن و سالم
- اطمینان از ایمنی در محوطه‌های تاریک، خلوت، دارای ناهمواری و چاله، قبل از بازرسی (در محوطه‌های تاریک استفاده از نورافکن الزامی است)
- اطلاع از حقوق قانونی درصورت بروز حادثه
- امتناع از انجام کارهای پر خطر بدون رعایت موارد ایمنی
- هشیاری کامل در حین بازرسی
- همکاری با سایر اعضا تیم بازرسی جهت کمک و اطلاع رسانی به موقع درهنگام خطر
- افراد تیم نباید رو و یا زیر اعضایی که مشکوک به ریزش و لقی هستند، بایستند.
- بازرسین نباید بدون در نظر گرفتن تمهیدات ترافیکی، از عرض سواره‌رو عبور کند.

- تیم بازرسی باید در صورت وجود سیم‌های برق هوایی عبوری، هنگام استفاده از بالابر مراقب سیم‌ها باشد.
- بازرسین نباید به سیم‌های برق دست بزنند.
- در صورت عبور سیم یا کابل برق از بالا یا مجاورت دیوار، زمان بارندگی، بازرسی انجام نشود.
- بازرس باید مراقب گیاهان (گزنه و ...) ، جانوران و حشرات گزنده (کنه، مار و ...) و همینطور پرنده‌ها (خفاش و ...) در اطراف سازه باشد.

جلیقه شبرنگ	شلوار شبرنگ	کفش ایمنی
عینک ایمنی	ماسک فیلتردار	کلاه ایمنی و دستکش

شکل ٤-۲- تجهیزات ایمنی(گواشیری، ۱۳۹٦)

٤-۲-۹- بازدید صحرایی دیوارهای حائل

قبل از انجام عملیات بازرسی، بازدید صحرایی به همراه نماینده کارفرما و مهندسین مشاور درگیر عملیات بازرسی انجام می‌پذیرد. هدف از انجام این بازدید رسیدن به یک

دید کلی در خصوص موقعیت قرارگیری سازه، نوع، ابعاد و وضعیت عمومی آن می‌باشد. بدین ترتیب ایده کلی در خصوص اهداف عملیات بازرسی، وسعت و روش عملیات بدست می‌آید. با انجام صحیح عملیات دفتری نام برده از عملکرد مؤثر و کارآمد اعضای تیم بازرسی و دقیق بودن عملیات نگهداری، اطمینان حاصل می‌گردد. در بازدید صحرایی دیوارهای حائل باید به موارد زیر توجه شود(CDOT, 2016):

- ویژگی‌های سازه‌ای منحصر به فرد و مسائل ویژه سازه مورد نظر
- بررسی نیاز به پاکسازی سطح شیب‌ها و کانال‌های زهکش از شن وماسه و سنگ دانه‌های انباشته شده بر روی آنها.
- پایداری شیب خاکریز بالای دیوار
- بررسی عوارض غیر طبیعی یا آسیبهای غیر عادی در شیبها و یا دیوارهای حایل
- بررسی وضعیت کلی دیوار و تصمیم‌گیری در خصوص کفایت تخصص‌های تیم بازرسی و ابزار و تجهیزات موجود

در صورت شک به وجود نشت در تاسیسات مدفون مجاور دیوار، مانند فاضلاب، لوله های آب رسانی و ... باید اقدامات فوری برای یافتن و مرمت بخش آسیب دیده انجام شود.

٤-۲-۱۰- ملزومات پیش از بازرسی

لازم است مسئول تیم بازرسی ملزومات زیر را قبل از شروع عملیات بازرسی فراهم و کنترل نماید:

- تشکیل تیم بازرسی
- مطالعه و بررسی همه مستندات مربوط به دیوار (اطلاعات عمومی و مشخصات فنی، نقشه‌ها، اطلاعات عمومی، گزارش‌های بازرسی دوره‌های قبل و گزارش‌های مربوط به تعمیر و نگهداری)
- اطمینان از ایمن و کارآمد بودن همه تجهیزات و ابزار بازرسی
- به همراه داشتن فرم و چک‌لیست بازرسی

- اطمینان از هماهنگی به منظور کنترل ترافیک عبوری و اخذ مجوزهای قانونی و کنترل نقشه ایمنی انسداد خطوط عبوری در صورت نیاز
- اشراف تیم بازرسی به نکات ایمنی و تمامی ضوابط این راهنما

٤-۲-۱۱- گزارش بازرسی

پس از هر بار انجام عملیات بازرسی، گزارش بازرسی باید تهیه شده و پس از تایید مسئول تیم بازرسی به کارفرما تحویل داده شود. اگر گزارش بازرسی به طور صحیح گردآوری و تهیه شود، یکی از اسناد فنی با ارزش محسوب می‌شود. یک گزارش خوب علاوه بر ارائه اطلاعات در مورد وضعیت موجود دیوار، یک منبع مؤثر برای بازرسی‌های بعدی است. حین عملیات بازرسی، موارد اضطراری و نیاز به تعمیر بسیار فوری باید توسط تیم بازرسی سریعاً و بصورت مکتوب به کارفرما گزارش شوند.

گزارش تهیه شده توسط تیم بازرسی، باید شامل موارد زیر باشد:

٤-۲-۱۱-۱- مقدمه

مقدمه باید بطور واضح دیوارحائل را معرفی کرده و تاریخ بازرسی را مشخص نماید. موقعیت مکانی نقطه میانی دیوار براساس GPS مشخص شود. ضمناً معایب عمده و بخش‌هایی که شدت آسیب خیلی زیاد و یا نیاز به تعمیر اضطراری و اقدام فوری دارند، باید در این بخش بطور مجزا معرفی شوند(CDOT, 2016).

عکس‌های معرفی دیوار در این قسمت، شامل موارد زیر است(FHWA, 2009):

- عکس یا نقشه‌ای که موقعیت جغرافیایی محل دیوار را نشان دهد.
- عکس نمای دیوار که راستای طولی دیوار را نشان دهد و تا حد امکان محل درز انبساط روی دیوار، فاصله دیوار تا روکش آسفالت و خروجی زهکشهای بدنه و سایر اجزاء پای دیوار را نشان دهد.
- عکس محل درز انبساط و درز انقباض
- عکس جزییات بالای دیوار، قرنیز و ....

٤-۲-۱۱-۲- تشریح روند بازرسی

- توالی بازرسی دیوار و ابزار دسترسی (به عنوان مثال: نمای دیوار، پای دیوار، کانال و ....)
- ابزار و تجهیزات مورد استفاده (به عنوان مثال: چکش و ترازیاب)
- انحراف ترافیک و شرح انسداد (به عنوان مثال: بسته شدن مسیر، افراد پرچم نگهدار و ...)
- نکات خاص ایمنی
- اعلام نیاز به متخصص خاص در بازرسی (متخصص هیدرولیک و ...)
- شرایط جوی حین بازرسی (درجه حرارت و بارانی یا آفتابی بودن هوا)(گواشیری، ۱۳۹٦)

٤-۲-۱۱-۳- تعیین وضعیت آسیب‌دیدگی دیوار

- همه بخشهای آسیب‌دیده (با اشاره به موقعیت) و تمام نشانه‌های آسیب و خرابی به همراه شدت، گستره وعمق آنها با دقت و به اندازه کافی باید ارائه شوند.
- برای اعضایی که امکان دسترسی به آنها وجود ندارد، تقاضای فراهم آوردن امکانات بیشتر یا بررسی دقیق‌تر گردد.

٤-۲-۱۱-٤- نتیجه بازرسی

نتیجه‌گیری مهم‌ترین بخش هر گزارش است. تجربه و قضاوت بازرس در تفسیر نتایج بازرسی بر اساس وضعیت موجود دیوار حائل و نتیجه‌گیری‌های منطقی و عملی بسیار مهم است. نتیجه‌گیری‌های نادرست یا منحرف شده می‌توانند منجر به توصیه‌های نامناسب شوند.

بازرس باید با توجه به شرایط محیطی، وضعیت همه اعضای سازه و بستر رودخانه و نیز با توجه به اینکه همه خرابی‌ها و آسیب‌ها اهمیت یکسانی ندارند، وضعیت کلی دیوار را تشریح نماید. در این قسمت از گزارش دلایل احتمالی رخداد خرابی‌ها و نقص‌های

موجود و پیامدهای شکست دیوار(مطابق جدول ٤-١) باید بطور واضح توضیح داده شود(FHWA, 2009).

جدول شماره ٤-١ : دسته‌بندی شدت پیامدهای شکست دیوار(FHWA, 2009)

ردیف	شدت پیامد شکست	اثرات
۱	کم	بدون از دست دادن جاده، خطر عمومی کم برای بهره برداران از مسیر، بدون تأثیر بر ترافیک در مدت زمان تعمیر/تعویض دیوار
۲	متوسط	بسته شدن یک ساعته تا کوتاه مدت جاده، خطر عمومی کم تا متوسط برای بهره برداران از مسیر، چندین مسیر جایگزین موجود است
۳	زیاد	از دست دادن فصلی تا طولانی مدت جاده، خطر تلفات جانی قابل توجه برای بهره برداران از مسیر، مسیرهای جایگزین موجود نیست

٤-٢-١١-٥- توصیه‌ها و پیشنهادات برای انجام کارهای آتی

در این بخش از گزارش بازرس بایستی توصیه‌های لازم جهت نگهداری، ترمیم، تعمیر، برطرف کردن خرابی‌ها و جلوگیری از وقوع مجدد آنها را ارائه نماید.
اقدامات و توصیه‌های تعمیراتی باید در دو دسته کلی زیر ارائه شوند:

- اقدامات و تعمیرات اضطراری
- اقدامات و تعمیرات برنامه‌ریزی شده

در صورت لزوم نیاز به بازرسی دقیق‌تر، پیشنهاد انجام آزمایش یا بکارگیری روش‌ها و یا ابزارهای خاص باید در این قسمت از گزارش ارائه گردد.

٤-٢-١١-٦- ضمائم

فرم‌های تکمیل شده، چک‌لیست‌ها و عکس‌های گرفته شده بر اساس فرمت ارائه شده در پیوست شماره یک (فرم‌ها و چک لیست‌های بازرسی)، در این قسمت از گزارش قرار داده شود. راهنمای تکمیل فرم‌های مذکور در پیوست شماره دو (راهنمای تکمیل فرم‌ها و چک لیست‌های بازرسی) ارائه گردیده است.
در تهیه عکس آسیب‌ها باید ضوابط زیر رعایت شود:

- مسیر ترک‌ها با ماژیک یا هر وسیله دیگری مشخص شود.
- عکس‌ها به گونه‌ای گرفته شود که اندازه و مقیاس ترک معلوم باشد.
- اطراف محل اضمحلال یا پوسیدگی یا خوردگی، با ماژیک خط کشیده شود.
- عکس‌ها شماره‌گذاری شوند و جهت عکس گرفتن مشخص شود.
- توضیح مربوط به هر عکس به صورت مختصر زیر آن نوشته شود.
- عکس‌ها با کیفیت خوب گرفته شده و کاملاً واضح باشند. (وضوح حداقل ۵ مگاپیکسل)
- شدت و میزان گسترش خرابی در عکس‌ها مشهود باشد

٤-۲-۱۲- پیوست‌ها

پیوست شماره یک: فرم‌ها و چک لیست‌های بازرسی

پیوست شماره دو: راهنمای تکمیل فرم اطلاعات شناسنامه‌ای و مشخصات فنی دیوار حائل

پیوست شماره سه: راهنمای تکمیل چک لیست‌های بازرسی

مراجع

بهداروندی، م،بهادری، ش، ابراهیمی، ا، (۱۳۹۷)، " مهندسی و طراحی دیوارهای سیلبند" ، موسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران، چاپ اول

حسینی، س.م، (۱۳۹۸)، " راهنمای تهیه شناسنامه فنی و ارزیابی آسیب پذیری لرزه‌ای سازه های نگهبان " ، انتشارات مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

خدابنده، ا، (۱۳۸۹)، "راهنمای طراحی، ساخت و کنترل کیفیت دیوارهای حائل بنایی" ، تهیه شده در پژوهشکده حمل و نقل

رحیمی، ح، (۱۳۷۵)، " کتابچه طرح دیوارهای حائل کوتاه" ، انجمن سیمان پرتلند، انتشارات نشر و فن

روحی مهر، ا، بهپور، م، (۱۳۹۷)، " مرجع کامل طراحی دیوارهای نیلینگ" ، انتشارات گوهری، چاپ اول

سروش، ع، (۱۳۸۵)، " تثبیت شیب شیروانی خاکریزها و خاکبرداری‌ها " ، گزارش تهیه شده در پژوهشکده حمل و نقل

صادق آذر، ن، (۱۳۹۱)، " راهنمای تعمیر و نگهداری دیوارهای حائل " ، گزارش تهیه شده در پژوهشکده حمل و نقل

طاحونی، ش، (۱۳۹٦)، "راهنمای طراحی دیوارهای حائل"، نشریه شماره ۳۰۸، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور – بازنگری اول

عماد، ک.، (۱۳۸۵)، "راهنمای تعیین مشخصات فنی، جزئیات و نقشه‌ها در پل و سازه‌های راه"، انتشارات پژوهشکده حمل و نقل، چاپ اول.

غیاثی، ر.، (۱۳۸٤)، "دستورالعمل مطالعات هیدرولیکی و آبشستگی پل"، نشریه شماره ۳۰۲ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.

قضاوی، م، (۱۳۸۷)، " راهنمای طراحی دیوارهای حائل طره‌ای " ، انتشارات پژوهشکده حمل و نقل

کمیته فنی شرکت سهامی مدیریت منابع آب ایران، (۱۳۸۵)، "راهنمای تعیین خسارت سیلاب"، وزارت نیرو، نشریه ۲۹٦– الف.

کیلانه‌ئی، ف. و منتظری نمین، م.، (۱۳۹۵)، " راهنمای طراحی، اجرا و نگهداری دیوار هدایت آب پل‌ها "، انتشارات پژوهشکده حمل و نقل، چاپ اول.

گواشیری، ز، محجوب، ا. و منصورزاده، س.م.، (۱۳۹٦)، "روش بازرسی اجزای پل‌های بتنی"، انتشارات مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، چاپ اول.

گواشیری، ز،(۱۳۹٦)،"روش بازرسی پل‌های فولادی"، پروژه پژوهشی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی-پژوهشکده حمل و نقل.

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی (۱۳۹۲)، "مشخصات فنی عمومی راه"، نشریه شماره ۱۰۱ ، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور – بازنگری دوم

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، (۱۳۹۸)، " نقشه‌های تیپ آبروهای راه تا دهانه ۱۰ متر"، نشریه شماره ۱-۲۹۲ ، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور – بازنگری دوم

Colorado Deportment Of Transportation(CDOT), (2016), “ Retaining And Noise Wall Insection And Asset Management Manual”. Report No Co.80222

Federal Highway Administration(FHWA), (2009), “Assessment Of Retaining Walls”.Publication No. FHWA-HRT-09-005

FHWA NHI 12-049, (2012), “Bridge Inspector's Reference Manual”.

Geotechnical Engineering Office,The Government Of The Hong kong, (2013), “ Guide To Slope Maintenance ”.

National Cooperative Highway Research Program (NCHRP), (2018), “Guide To Assetmanagement Of Earth Retaining Structures”.

Ohio Department of Transportation, (2021), “Retaining Wall Inventory Manual”.Publication No .ORC 5501.47.

TRS, (2013), “Asset Management for Retaining Walls”.Publication No 1305

Urban Development control office, City Planning Division ,Ministry of Land, Infrastructures and Transport of japan, (2013), “ Retaining wall – Quick Inspection Guide”.

VicRoads,(2018), “ Road Structures Inspection Manual”. Prepared by: The Principal Engineer Structures.

پیوست شماره یک

فرم‌ها و چک لیست‌های بازرسی

جدول پ۱-۱: فرم اطلاعات شناسنامه‌ای و مشخصات فنی دیوار حائل

وزارت راه و شهرسازی

فرم شماره ۱

فرم شناسنامه ای و مشخصات فنی دیوار حایل

اطلاعات عمومی و اجرایی

استان (اداره کل)	نام دیوار (سازه)	نام و شماره جاده اصلی	کد دیوار (سازه)	طول جغرافیایی Deg Min Sec	عرض جغرافیایی Deg Min Sec	ابتدای قرارگیری (شمالی جنوبی / غربی شرقی)

شهرستان (اصلی / فرعی)	مختصات جهانی GIS X Y Z	شهرهای واقع در طرفین (ابتدا / انتها)	سال آغاز مطالعات طراحی (نامعلوم)	سال ساخت (نامعلوم)	سال بهره برداری (نامعلوم)	متصل به پل (بلی / خیر)

در معرض برخورد (بلی / خیر)	متصل به: (راه / راه آهن)	نوع تاسیسات متصل به سازه (آب / برق / گاز / فاضلاب / مخابرات)	نام دستگاه نظارت	نام پیمانکار	مشاور طرح سازه	مشاور ژئوتکنیک

آب و هوای منطقه (گرم / سرد / معتدل / خشک / نیمه مرطوب / مرطوب)	تقاطع یا روگذاره (نام: دائم / فصلی)	سابقه سیل یا طغیان آب؟ (دارد / سال وقوع / ندارد)	وضعیت خورندگی در محل دیوار (سازه) (آب: دریا / سیل / خاک)	نوع داده خورنده	اطلاعات موجود (کلیه طرح اجرایی / نقشه محاسبات / نقشه مکانیک خاک)

درجه حرارت در تابستان Min. Max.	درجه حرارت در زمستان Min. Max.

اطلاعات فنی و هندسی

مصالح بکار رفته در ساخت دیوار حایل: بتن مسلح (ژئوسنتتیک / سنگی) — آجری (بتن غیرمسلح / لوری گابیونی) — میلگرد نیتینگ (نوار فلزی / سایر: .....)

نوع سیستم دیوار حایل:

دیوار وزنی بتن غیر مسلح	دیوار حایل L یا T شکل
دیوار وزنی مهار شده	دیوار خاک مسلح یا ژئوسنتتیک
دیوار وزنی مصالح بنایی	دیوار حائل با تیپ relief shelves
دیوار جاذبی طره ای بتنی	دیوار خاک مسلح نیتینگ
دیوار طره ای بتنی ساده	دیوار خاک مسلح با شبکه باریک فلزی
دیوار طره ای با پاشنه بتنی	دیوار حایل قفسه ای
دیوار طره ای پایه دار	دیوار حایل لوری سنگی
دیوار حایل T معکوس طره ای	سایر:

محل دیوار حایل: دشت (روگذاره) — کوهستان (تراس)

وظیفه دیوار: هادی آب — حایل سنگ / خاک

شکل دیوار در پلان قوس دارد (قوس دارد / اتصاع قوس: .....) — تراز فونداسیون: یکسان است / اختلاف ارتفاع (تراز در ابتدای دیوار: ... تراز در انتها: .....)

طول دیوار (متر)	ارتفاع دیوار (متر) (کمترین / بیشترین)	ضخامت دیوار (در بالا / در پایین)	ابعاد فونداسیون (طول×عرض)	شمع (تعداد / قطر شمع / عرض / ارتفاع)	گابیون (تعداد / عرض / ارتفاع)	پرده و جان پناه (دارد / ارتفاع / عرض)
متر:	..... /	..... /	.....	..... / ..... / ..... /	..... / ..... /	..... / ..... / .....

درز انبساط (دارد / ندارد)	مصالح بین درزها	عرض درزها	فاصله درزها:	نوع زهکش	زهکش (دارد / ندارد)	تاسیسات زهکشهای نقطه ای (طولی / در ارتفاع)	کفایت زهکش ها (بلی / خیر)
	.....	....		.....		....	

تعمیرات: نوع عملیات

تعمیر سازه‌ای	سال اجرا:	مشاور:	پیمانکار:	تاریخ:
تعمیر غیر سازه‌ای	سال اجرا:	مشاور:	پیمانکار:	تاریخ:
بازسازی کلی	سال اجرا:	مشاور:	پیمانکار:	تاریخ:
سایر	سال اجرا:	مشاور:	پیمانکار:	تاریخ:

ترسیم موقعیت دیوار

تایید

نام تکمیل کننده فرم و امضاء	کنترل کننده و امضاء
تاریخ	تاریخ

ادامه جدول پ۱-۱

عکس نمای طولی دیوار (شامل کل ارتفاع دیوار) توضیحات:	مقطع دیوار توضیحات:
عکس از محل درز انبساط توضیحات:	زهکشهای دیوار توضیحات:

جدول پ۱-۲: چک‌لیست بازرسی دیوار حائل بنایی و طره‌ای بتنی

وزارت راه و شهرسازی

کارفرما : .....

چک لیست بازرسی

فرم شماره ۲

دیوار حایل بنایی و طره ای بتنی

استان (اداره کل)	نام دیوار	کد دیوار

مورد بازرسی	آسیب های محتمل						شدت آسیب		شماره عکس	نیاز به تعمیر یا بررسی بیشتر؟
تاج دیوار حایل	☐ اضمحلال بتن	☐ جمع شدن آب	☐ فروافتادگی قطعات تاج				☐ کم	☐ زیاد		☐
قسمت پایین دیوار (خوردگی شدید، خورده زدگی، کربناسیون و نفوذ کلرا)	☐ خوردگی شدید	☐ خورده زدگی بتن	☐ قلوه کن شدن مصالح دیوار				☐ کم	☐ زیاد		☐
	☐ اضمحلال مصالح	☐ جدا شدن مصالح	☐ سایر :				توضیحات:			
بدنه دیوار حایل از لحاظ ترک عمودی و قطری (ترک برفی، خمشی و غیره)	☐ شکستگی دیوار	☐ ترک عمیق و عریض	☐ ترک تا فونداسیون امتداد دارد				☐ کم	☐ زیاد		☐
	☐ ترکهای افت بتن	☐ اختلاف سطح طرفین ترک	☐ سایر :				توضیحات:			
بدنه دیوار حایل از لحاظ ترک افقی (ترک برفی، خمشی، ناشی از نشست و غیره)	☐ شکستگی دیوار	☐ ترک عمیق و عریض	☐ ترک طولی در سرتاسر دیوار				☐ کم	☐ زیاد		☐
	☐ ترکهای افت بتن	☐ اختلاف سطح طرفین ترک	☐ سایر :				توضیحات:			
وضعیت جریان آب رودخانه	☐ آبشستگی پای دیوار	☐ نمایان شدن فونداسیون	☐ سایر :				☐ کم	☐ زیاد		☐
خاکریز پشت دیوار (شرایط خاکریز، آب پاشنه و غیره)	☐ خاک نامناسب	☐ امکان ریزش خاک	☐ آسیب خاکریز نامناسب است				☐ کم	☐ زیاد		☐
	☐ وجود مسیر آب	☐ نشست خاکریز	☐ خاک از روی دیوار سرازیر است				توضیحات:			
درزهای انبساط	☐ عرض غیرمتعارف درز	☐ افزایش عرض درز	☐ آسیب مصالح دیوار در محل درز				☐ کم	☐ زیاد		☐
	☐ غیر مسطح بودن دو لبه درز		☐ سایر :				توضیحات:			
درزهای اجرایی (عرض ترک، عمق ترک)	☐ ترک عریض	☐ ترک طویل (سراسری)	☐ اختلاف سطح طرفین ترک				☐ کم	☐ زیاد		☐
	☐ ترک عمیق	☐ نفوذ آب به بیرون ترک	☐ سایر :				توضیحات:			
پایداری دیوار از منظر حرکت و تغییر شکل	☐ لغزش دیوار	☐ شکم دادگی دیوار	☐ سایر :				☐ کم	☐ زیاد		☐
پایداری دیوار از منظر دوران و چرخش (شدت زاویه دوران، محل دوران، عواقب بعدی)	☐ دوران شدید	☐ ناشی از نشست	☐ مرکز دوران در پی دیوار است				☐ کم	☐ زیاد		☐
	☐ حرکت دیوار	☐ ناشی از زلزله	☐ مرکز دوران در تاج دیوار است				توضیحات:			
فاقد زهکشی زهکشی دیوار حایل (نوع زهکش، شرایط کارایی و غیره)	☐ فاقد زهکشی	☐ زهکشی ناکافی	☐ پرشدن زهکش ها از آشغال				☐ کم	☐ زیاد		☐
	☐ اجرای نامناسب	☐ انسداد ورودی لوله ها	☐ شکست یا لوله بودن لوله ها				توضیحات:			
	☐ وجود خاک رس در محدوده پشت دیوار		☐ سایر :							
کیفیت اجرای دیوار حایل (عریان شدن میلگرد، تخلخل، پوشش بتنی کم و غیره)	☐ اجرای نامناسب	☐ پوشش بتنی کم	☐ جدا شدن سنگ و مصالح بنایی				☐ کم	☐ زیاد		☐
	☐ مصالح نامناسب	☐ عریان شدن میلگرد	☐ بدکاشی دیوار نامناسب است				توضیحات:			
پی و فونداسیون	☐ آبشستگی پی	☐ ایجاد حفره عمیق	☐ لرزه و سایط نقلیه در محل پی				☐ کم	☐ زیاد		☐
	☐ نشست خاک	☐ نشست پی دیوار	☐ سایر :				توضیحات:			
تاسیسات متصل به دیوار (برق، آب، گاز، فاضلاب، مخابرات و ...)	☐ نشت محتویات	☐ نشست	☐ شکست اتصالات				☐ کم	☐ زیاد		☐
	☐ شل شدن کابل	☐ نامناسب بودن محل عبور	☐ سایر :				توضیحات:			
خرابی مصالح	☐ اضمحلال بتن	☐ افتادن قطعات لبه	☐ خرابی مصالح درز انبساط				☐ کم	☐ زیاد		☐
	☐ فروافتادن سنگ	☐ خالی شدن ملات	☐ سایر :				توضیحات:			
سایر ملاحظات بازرسی (انواع بازرسی، ابزار و امکانات لازم و غیره)	☐ عدم دسترسی بدلیل ارتفاع یا وجود رودخانه		☐ به تردبان/بالابر نیاز است				☐ کم	☐ زیاد		☐
	☐ عدم دسترسی بدلیل ترافیک سنگین کنار دیوار		☐ به ابزارهای اندازه گیری نیاز است				توضیحات:			
تشریح وضعیت عمومی اطراف دیوار (ساخت و ساز، برداشت مصالح، تخلیه نخاله)										
پیشنهاد بازرس برای تعمیر و نگهداری										

نام تکمیل کننده فرم و امضاء		کنترل کننده و امضاء
تاریخ		تاریخ

جدول پ۱-۳: چک‌لیست بازرسی دیوار خاک مسلح

وزارت راه و شهرسازی

سازمان راهداری

چک لیست بازرسی

فرم شماره ۳

دیوار حایل خاک مسلح

استان (اداره کل)	نام دیوار	کد دیوار

مورد بازرسی	آسیب های محتمل				شدت آسیب	شماره عکس	نیاز به تعمیر یا بررسی بیشتر
تاج دیوار حایل در صورت وجوه	☐ خوردگی شدید	☐ جمع شدن آب	☐ فروانداختگی قطعات		کم ☐ زیاد ☐		☐
قسمت پایین دیوار	☐ خوردگی شدید	☐ شوره زدگی بتن	☐ قلوه کن شدن مصالح دیوار		کم ☐ زیاد ☐		☐
(خوردگی، شوره زدگی، کربناسیون و نفوذ کلر)	☐ اضمحلال مصالح	☐ جدا شدن مصالح	☐ سایر :		توضیحات:		
بدنه دیوار حایل از لحاظ ترک	☐ شکستگی دیوار	☐ ترک عمیق و عریض	☐ ترک تا فونداسیون امتداد دارد		کم ☐ زیاد ☐		☐
عمودی و قطری (ترک برشی، خمشی و غیره)	☐ ترک افت مصالح	☐ اختلاف سطح طرفین ترک	☐ سایر :		توضیحات:		
بدنه دیوار حایل از لحاظ ترک افقی	☐ شکستگی دیوار	☐ ترک عمیق و عریض	☐ ترک طولی در سرتاسر دیوار		کم ☐ زیاد ☐		☐
(ترک برشی، خمشی، ناشی از نشست و غیره)	☐ بیرون زیختن خاک	☐ اختلاف سطح طرفین ترک	☐ سایر :		توضیحات:		
وضعیت جریان آب روی‌خانه	☐ آبشستگی دیوار	☐ وجود حفره	☐ تنظیم بستر و جریان ضروری است		کم ☐ زیاد ☐		☐
خاکریز پشت دیوار	☐ خاک نامناسب	☐ انباشتن ریزش خاک	☐ شیب خاکریز نامناسب است		کم ☐ زیاد ☐		☐
(شرایط خاکریز، شیب، پاشنه و غیره)	☐ وجود سیر آب	☐ نشست خاکریز	☐ سایر :		توضیحات:		
المانهای تسلیح	☐ خوردگی المان	☐ پارگی المان	☐ کشیده شدن المان در خاک		کم ☐ زیاد ☐		☐
(ژئوسنتتیک، میلگرد، نوارهای فلزی و اتصالات)	خرابی اتصالات یا قطعات نما		☐ ناکافی بودن المانها		توضیحات:		
پایداری دیوار از منظر حرکت و تغییر شکل	☐ لغزش دیوار	☐ انکم دادگی دیوار نما	☐ سایر :		کم ☐ زیاد ☐		☐
پایداری دیوار از منظر دوران و چرخش	☐ دوران شدید	☐ ناشی از نشست	☐ مرکز دوران در پی دیوار است		کم ☐ زیاد ☐		☐
(حدوده زاویه دوران، محل دوران، حرکت جدی)	☐ حرکت دیوار	☐ ناشی از زلزله	☐ مراکز دوران در تاج دیوار است		توضیحات:		
زهکشی دیوار حایل	☐ عدم زهکشی	☐ زهکشی ناکافی	☐ پر شدن زهکش ها از آشغال		کم ☐ زیاد ☐		☐
(نوع زهکش، شرایط، کارایی و غیره)	☐ اجرای نامناسب	انسداد وورودی لوله ها	شکست یا کوتاه بودن لوله ها		توضیحات:		
	☐ وجود خاک رس در	☐ حوضه پشت دیوار	☐ سایر :				
کیفیت اجرای دیوار نما	☐ اجرای نامناسب	☐ اتصال نامناسب	☐ عدم اتصال صحیح قطعات نما		کم ☐ زیاد ☐		☐
	مصالح نامناسب	☐ جریان شدن دیاگرد	☐ ناکافی بودن پوشش بتنی آرماتور		توضیحات:		
پی و فونداسیون	☐ آبشستگی پی	☐ ایجاد حفره عمیق	☐ لرزه وسایط نقلیه در محل پی		کم ☐ زیاد ☐		☐
	☐ نشست خاک	☐ نمایان شدن پی	☐ سایر :		توضیحات:		
تاسیسات متصل به دیوار	☐ لغزش مجاورات	☐ نشست	☐ شکست اتصالات		کم ☐ زیاد ☐		☐
برق، آب، گاز، فاضلاب، مخابرات و ...)	☐ غیر کابل	☐ نامناسب بودن محل عبور	☐ سایر :		توضیحات:		
سایر ملاحظات بازرسی	عدم دسترسی بدلیل ارتفاع یا وجوه روخانه		☐ به ارجهان بالاتر نیاز است		توضیحات:		☐
(موانع بازرسی، ابزار و امکانات لازم و غیره)	عدم دسترسی بدلیل ترافیک سنگین کنار دیوار		☐ به ابزارهای اندازه گیری نیاز است				
گاردیل و حفاظ	☐ ترک خوردگی و اضمحلال بتن حفاظ		☐ زنگ زدگی و خوردگی نرده		کم ☐ زیاد ☐		☐
	☐ آسیب دیدگی حفاظ در اثر برخورد		☐ نامناسب بودن نوع حفاظ		توضیحات:		
تشریح وضعیت عمومی اطراف دیوار							
ساخت و ساز بدون اجازه مصالح، تخلیه نخاله							
پیشنهاد بازرس برای تعمیر و نگهداری							

نام تکمیل کننده فرم و امضاء		کنترل کننده و امضاء	
تاریخ		تاریخ	

جدول پ۱-٤: چک‌لیست بازرسی دیوار حائل قفسه‌ای و گابیونی

وزارت راه و شهرسازی

کارفرما : .....

چک لیست بازرسی

فرم شماره ٤

دیوار حایل قفسه ای و گابیونی

استان (اداره کل)	نام دیوار	کد دیوار

مورد بازرسی	آسیب های محتمل						شماره عکس	شدت آسیب		نیاز به تعمیر یا بررسی بیشتر؟
تاج دیوار حایل در صورت وجود	خوردگی شدید	☐	جمع شدن آب	☐	فروافتادگی قطعات	☐		کم ☐	زیاد ☐	☐
قسمت پایین دیوار (خوردگی، شوره زدگی، کربناسیون و نفوذ کلرا)	خوردگی شدید	☐	پارگی تورهای گابیون	☐	فروریزش قطعات دیوار	☐		کم ☐	زیاد ☐	☐
	اضمحلال مصالح	☐	خوردشدگی قطعات	☐	سایر :	☐		توضیحات:		
بدنه دیوار حایل از لحاظ ترک عمودی و قطری (ترک برشی، خمشی و غیره)	شکستگی دیوار	☐	ترک عمیق و عریض	☐	ترک تا فونداسیون امتداد دارد	☐		کم ☐	زیاد ☐	☐
	ترکهای اتت مصالح	☐	اختلاف سطح دو لبه	☐	سایر :	☐		توضیحات:		
بدنه دیوار حایل از لحاظ ترک افقی (ترک برشی، خمشی، ناشی از نشست و غیره)	شکستگی دیوار	☐	ترک عمیق	☐	ترک طولی در سرتاسر دیوار	☐		کم ☐	زیاد ☐	☐
	ترک عریض	☐	جابجایی قطعات نما	☐	سایر :	☐		توضیحات:		
وضعیت جریان آب رودخانه	آبشستگی دیوار	☐	نمایان شدن پی	☐	سایر :	☐		کم ☐	زیاد ☐	☐
خاکریز پشت دیوار (شرایط خاکریز، شیب پاشنه و غیره)	خاک نامناسب	☐	امکان ریزش خاک	☐	شیب خاکریز نامناسب است	☐		کم ☐	زیاد ☐	☐
	وجوه مسیر آب	☐	نشست خاکریز	☐	سایر :	☐		توضیحات:		
پایداری دیوار از منظر حرکت و تغییرشکل	لغزش دیوار	☐	شکم دادگی دیوار نما	☐	سایر :	☐		کم ☐	زیاد ☐	☐
پایداری دیوار از منظر دوران و چرخش (خوردگی، زاویه دوران، محل دوران، موقعیت بحرانی)	دوران شدید	☐	ناشی از نشست	☐	مرکز دوران در پی دیوار است	☐		کم ☐	زیاد ☐	☐
	حرکت دیوار	☐	ناشی از زلزله	☐	مرکز دوران در تاج دیوار است	☐		توضیحات:		
زهکشی دیوار حایل (نوع زهکش، شرایط کارایی و غیره)	فاقد زهکشی	☐	زهکشی ناکافی	☐	پر شدن زهکش ها از آدخال	☐		کم ☐	زیاد ☐	☐
	اجرای نامناسب	☐	انسداد ورودی لوله ها	☐	شکست یا کوتاه بودن لوله ها	☐		توضیحات:		
			وجوه خاک رس در محدوده پشت دیوار	☐	سایر :	☐				
کیفیت اجرای دیوار نما	اجرای نامناسب	☐	اتصال ناکافی	☐	خرابی اتصال قطعات نما	☐		کم ☐	زیاد ☐	☐
	مصالح نامناسب	☐	فروریزش مصالح	☐	پارگی یا شکست قطعات نما	☐		توضیحات:		
پی و فونداسیون	آبشستگی پی	☐	ایجاد حفره عمیق	☐	لرده وسایط نقلیه در محل پی	☐		کم ☐	زیاد ☐	☐
	نشست	☐	شکست پی دیوار	☐	سایر :	☐		توضیحات:		
سایر ملاحظات بازرسی (انواع بازرسی، ابزار و امکانات لازم و غیره)	عدم دسترسی بدلیل ارتفاع یا وجوه روبخانه	☐			به ترمیان بالابر نیاز است.	☐		توضیحات:		☐
	عدم دسترسی بدلیل ترافیک سنگین کنار دیوار	☐			به ابزارهای اندازه گیری نیاز است	☐				
گاردریل و حفاظ	ترک خوردگی و اضمحلال بتن حفاظ آسیب دیدگی حفاظ در اثر برخورد	☐			زنگ زدگی و خوردگی نرده نامناسب بودن نوع حفاظ	☐ ☐		کم ☐	زیاد ☐	☐

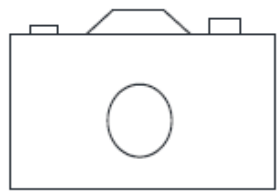
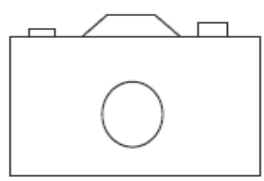
تشریح وضعیت عمومی اطراف دیوار

ساخت و ساز، برداشت مصالح، تخلیه نخاله

پیشنهاد بازرس برای تعمیر و نگهداری

نام تکمیل کننده فرم و امضاء		کنترل کننده و امضاء
تاریخ		تاریخ

جدول پ۱-۵: فرم عکس آسیب‌ها

نام دیوار : ..... محور : ..... – ..... از کیلومتر : ..... تا ..... کد دیوار: ..... صفحه ..... از	
شماره عکس : مختصات جغرافیایی: موقعیت عکس: توصیف عکس : تاریخ عکس: توضیحات:	
شماره عکس : مختصات جغرافیایی: موقعیت عکس: توصیف عکس : تاریخ عکس: توضیحات:	

پیوست شماره دو

راهنمای تکمیل فرم اطلاعات شناسنامه‌ای و مشخصات فنی دیوار حائل

۱- مقدمه

این پیوست مجموعه راهنمایی‌هایی است که منجر به تعیین وضعیت موجود دیوار حائل می‌شود. چک‌لیست‌های بازرسی باید توسط بازرسان مجرب و پس از مطالعه مطالب این پیوست تکمیل گردد.

۲- راهنمای تکمیل فرم‌های شناسنامه

در جدول پ۱- ۱، " فرم اطلاعات شناسنامه‌ای و مشخصات فنی دیوار حائل"، به منظور وحدت رویه در تکمیل فرم‌ها موارد زیر باید رعایت گردد.

اطلاعات عمومی و اجرایی:

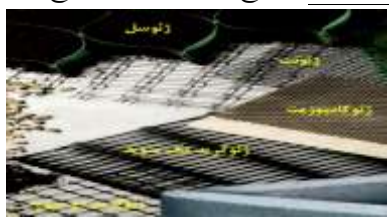
- نام استان: در این قسمت نام استان و اداره کل مربوطه درج می‌شود.
- نام دیوار: در صورتی که نام خاصی برای سازه دیوار انتخاب شده باشد، در این قسمت درج می‌گردد.
- نام و شماره جاده اصلی: نام و یا ابتدا و انتهای مسیری که دیوار در آن واقع شده است، نوشته می‌شود.
- کد دیوار: در این قسمت کد منتخب، که توسط کارفرما تهیه و ابلاغ شده است درج می‌گردد.
- طول جغرافیایی و عرض جفرافیایی: مختصات جغرافیایی محل قرارگیری دیوار است
- شهرستان: در این قسمت شهر اصلی و بخش فرعی شهر که دیوار در آن قرار دارد نوشته می‌شود.
- مختصات جهانی GIS: (XوY)، که از طریق سیستم‌های ماهواره‌ای یا با دستگاه GPS (به صورت UTM) بدست آمده و در فرم نوشته می‌شود.
- سال آغاز مطالعات طراحی: در صورت معلوم بودن سال طراحی دیوار، این قسمت تکمیل می‌شود.
- سال ساخت: در صورت معلوم بودن سال ساخت دیوار، این قسمت تکمیل می‌شود.

- سال بهره‌برداری: در صورت معلوم بودن سال شروع بهره‌برداری، این قسمت تکمیل می‌شود.
- متصل به پل: در صورتی که دیوار حائل ار نوع دیوار بالی یا دیوار برگشتی متصل به پل باشد، باید در این قسمت مشخص گردد.
- در معرض برخورد: اگر دیوار در مسیر به نحوی قرار گرفته باشد که امکان برخورد با وسیله نقلیه وجود داشته باشد، این قسمت تکمیل می‌شود.
- متصل بودن دیوار به مسیر راه یا راه آهن باید مشخص شود.
- نوع تاسیسات متصل به سازه: در صورت عبور هر نوع تاسیسات خدماتی از جمله برق، آب، گاز و.... از حریم دیوار، باید در این قسمت درج گردد.
- نام دستگاه نظارت: نام دستگاه یا ناظران تایید کننده سازه، در صورت معلوم بودن باید در این قسمت درج گردد.
- نام پیمانکار: نام پیمانکار و مجری ساخت سازه، در صورت معلوم بودن باید در این قسمت درج گردد.
- نام مشاور طرح سازه: نام مشاور و طراح سازه، در صورت معلوم بودن باید در این قسمت درج گردد.
- نام مشاور ژئوتکنیک: نام مشاور ژئوتکنیک، در صورت معلوم بودن باید در این قسمت درج گردد.
- آب و هوای منطقه: وضعیت آب و هوای منطقه از لحاظ دما و رطوبت در این بخش از شناسنامه تعیین می‌شود.
- تقاطع با رودخانه: در صورت متقاطع بودن راستای دیوار با رودخانه این قسمت تکمیل می‌گردد.
- سابقه سیل: در صورت وجود سابقه سیل قبلی و یا طغیان رودخانه، این بخش از شناسنامه باید تکمیل شده و سال وقوع آخرین سیل یا طغیان درج گردد.
- وضعیت خورندگی در محل دیوار: در صورت وجود پتانسیل خورندگی محیطی، باید علل خورندگی به همراه نوع ماده خورنده در این بخش مشخص گردد.

- درجه حرارت در تابستان: در این قسمت باید حداقل و حداکثر دما در تابستان درج شود.
- درجه حرارت در زمستان: در این قسمت باید حداقل و حداکثر دما در زمستان درج شود.
- اطلاعات موجود: در این قسمت باید تعیین شود گه آیا اطلاعات مربوط به طراحی و محاسبات، مکانیک خاک و نقشه‌های اجرایی موجود است یا خیر و در صورت وجود باید ضمیمه شناسنامه شود.

اطلاعات فنی و هندسی:

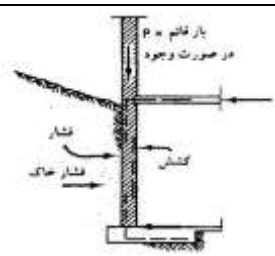
- مصالح بکار رفته در ساخت دیوار حائل: نوع مصالح بکار رفته باید بر اساس نوع دیوار مطابق شکل پ-۱ تعیین گردد:

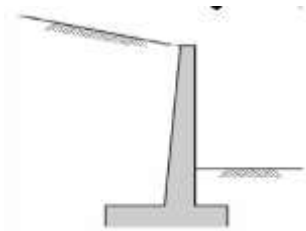
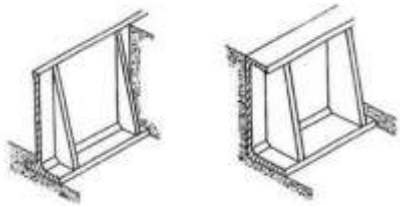
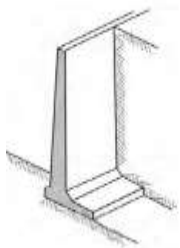
بتن مسلح : بتنی که به وسیله آرماتورها، شبکه‌های توری تقویتی، صفحات فلزی و یا الیاف تقویتی مسلح شده تا مقاومت کششی آن را افزایش دهند. 	سنگ
ژئوسینتتیک : مصالح پلیمری جهت تسلیح خاک 	آجر
بتن غیر مسلح: بتنی است که در آن هیچ المان تسلیح‌کننده‌ای بکار نرفته است 	توری گابیون
میلگرد نیلینگ 	تسمه فلزی

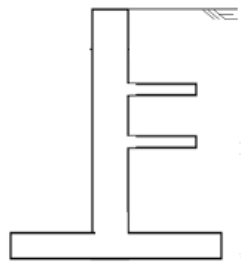
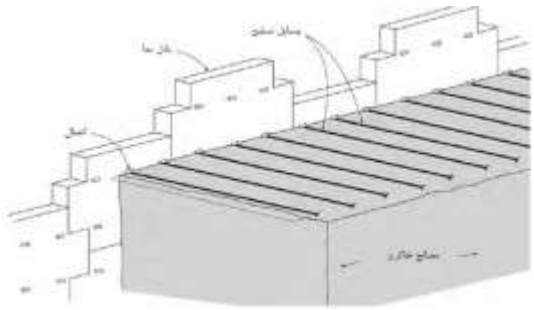
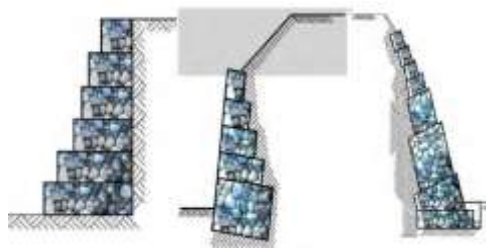
شکل پ-۱-۱ : انواع مصالح بکار رفته در ساخت دیوار حائل

- محل دیوار حائل: قرار گرفتن دیوار در دشت، حاشیه رودخانه، منطقه کوهستانی یا در محل ترانشه، در این قسمت تعیین می‌شود.
- وظیفه دیوار: اینکه دیوار به منظور نگهداشتن خاک و سنگ و یا هادی بودن آب جاری طراحی و ساخته شده باشد، باید قسمت مربوطه علامت زده شود.

نوع سیستم دیوار حائل: سیستم سازه‌ای دیوار حائل مطابق شکل پ-۱-۲ تعیین می‌گردد.

دیوار وزنی بتن غیر مسلح	
دیوار وزنی مهار شده	
دیوار وزنی مصالح بنایی	
دیوار جناحی طره‌ای پل	

دیوار طره‌ای بتنی ساده	
دیوار طره‌ای بتنی با پشت بند	
دیوار طره‌ای بتنی پایه‌دار	
دیوار L و I طره‌ای	
دیوار خاک مسلح با ژئوسینتتیک	

دیوار حائل با تعبیه relief shelves	
دیوار خاک مسلح نیلینگ	
دیوار خاک مسلح با تسمه باریک فلزی	
دیوار قفسه‌ای	
دیوار حائل توری سنگی (گابیونی)	

شکل پ-۱-۲ : انواع دیوار حائل از نظر سیستم سازه‌ای

- شکل دیوار در پلان: در صورتیکه دسوار در پلان قوسی شکل باشد، باید شعاع قوس نسز در این قسمت نوشته شود.
- تراز فونداسیون: اگر فونداسیون دیوار در یک تراز اجرا نشده باشد، باید میزان اختلاف ارتفاع و نیز تراز فونداسیون در ابتدا و انتهای دیوار هم تعیین و درج گردد.
- طول دیوار: از هر درز انبساط تا درز انبساط مجاور، یک دیوار محسوب می‌شود. لذا در صورت وجود درز، باید فاصله بین درزها بر حسب متر را در این محل درج نمود.
- ارتفاع دیوار : در امتداد طول دیوار، بیشترین و کمترین ارتفاع دیوار بر حسب متر درج شود.
- ضخامت دیوار: در امتداد ارتفاع دیوار، بیشترین و کمترین ضخامت تیغه بر حسب سانتی‌متر درج شود.
- ابعاد فونداسیون: ابعاد فونداسیون یا سرشمع بصورت "عرض × طول" بر حسب متر یادداشت می‌شود.
- شمع: تعداد و قطر شمع‌ها در صورت وجود درج شود. (قطر شمع بر حسب سانتی-متر)
- قرنیز: ارتفاع و عرض (ضخامت) قرنیز در صورت وجود بر حسب سانتی‌متر نوشته شود.
- نرده یا جانپناه: ارتفاع و عرض (ضخامت) نرده یا جانپناه در صورت وجود بر حسب سانتی‌متر نوشته شود.
- درز انبساط: وجود یا عدم وجود درز انبساط باید در این قسمت تعیین شود.
- مصالح بین درز: جنس و نوع مصالح پرکننده درز درج شود.
- عرض درز: فاصله بین دو لبه درز یا میزان بازشدگی آن بر حسب سانتی‌متر نوشته شود.
- فاصله درزها: فاصله بین دو درز مجاور بر حسب متر درج گردد.
- زهکش: وجود یا عدم وجود زهکش باید در این قسمت تعیین شود.
- نوع زهکش:

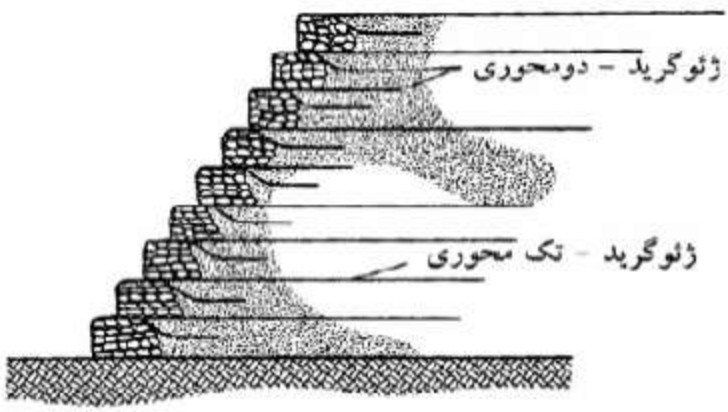
- فاصله زهکش‌های نقطه‌ای: فاصله بین خروجی زهکش‌ها در نمای بیرونی دیوار در طول و ارتفاع بر حسب متر اندازه‌گیری و در این بخش درج شود.
- کفایت زهکش‌ها: این موضوع که از نظر طراحی و عملی زهکش‌ها برای دیوار کافی بوده و آب پشت دیوار را دفع می‌کنند یا خیر، باید در این قسمت تعیین شود.
- تعیین موقعیت دیوار : موقعیت دیوار موضوع این شناسنامه باید در نقشه هوایی تعیین و در این قسمت قرار داده شود (مانند شکل پ-۱-۳).

شکل پ-۱-۳ : موقعیت دیوار در نقشه هوایی

- عکس نمای طولی دیوار : این عکس باید شامل کل ارتفاع دیوار و بخشی از طول دیوار باشد(مانند شکل پ-۱-٤).

شکل پ-۱-٤ : نمای طولی دیوار

- مقطع دیوار: در این قسمت از فرم باید مقطع دیوار بطور شماتیک رسم شده و جزییات دیوار در مقطع مشخص شود(مانند شکل پ-۱-۵).

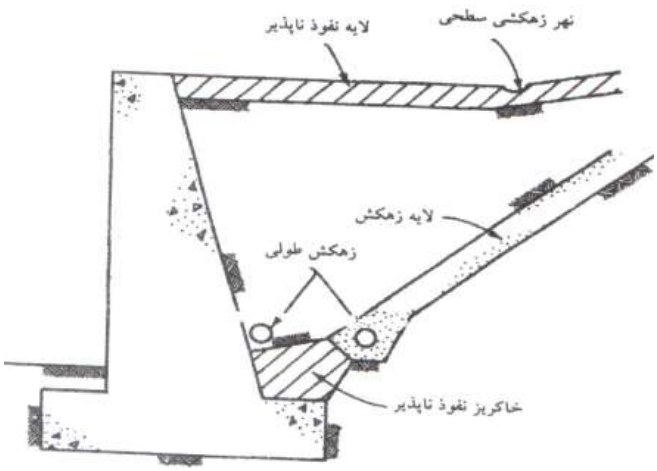


شکل پ-۱-۵ : مقطع دیوار

- عکس از محل درز انبساط: در این عکس باید درز در کل رتفاع دیوار قابل مشاهده باشد(مانند شکل پ-۱-٦).

شکل پ-۱-٦ : درز انبساط دیوار

- زهکشهای دیوار: در این قسمت از فرم باید محل و نوع زهکشها بصورت عکس یا ترسیم شماتیک تعیین شوند(مانند شکل پ-۱-۷).



شکل پ-۱-۷ : زهکش‌های دیوار

پیوست شماره سه

راهنمای تکمیل چک‌لیست‌های بازرسی

۱- تکمیل جزئیات فرم‌های چک لیست بازرسی

برای تعیین وضعیت آسیب‌دیدگی دیوارهای حائل چک‌لیست‌هایی تحت عنوان چک لیست بازرسی "دیوار حائل بنایی و طره‌ای بتنی" ، "دیوار خاک مسلح" ، "دیوار حائل قفسه‌ای و گابیونی" درجداول شماره پ۱- ۲ تا پ۱- ٤ ارائه شده است.

در قسمت بالای این چک لیست‌ها اطلاعات کلی مربوط به "استان" محل قرارگیری دیوار، "نام" و "کد" یا شماره دیوار درج گردد. در ستون اول " مورد بازرسی" نام اعضای محتمل موجود در دیوار حائل درج شده است. در ستون دوم "آسیب‌های محتمل"، همه آسیب‌هایی که ممکن است در عضو مورد بازرسی ایجاد شود، در این ستون درج شده است و بازرس باید آسیبهای مشهود را تعیین کند. در صورتیکه آسیب ایجاد شده در این لیست نباشد باید بطور مجزا در قسمت "سایر" درج شود. در ستون مربوط به " شدت آسیب"، باید کم یا زیاد بودن میزان آسیب‌دیدگی بر اساس جداول پ-۳-۱ تعیین شود. در صورتیکه وضعیت آسیب‌دیدگی نیاز به توضیحات اضافه داشته باشد، باید در قسمت " توضیحات " برای هر عضو مورد بازرسی بطور مجزا ارائه گردد.

در ستون " شماره عکس" باید شماره عکس‌های مربوط به آسیب عضو مورد نظر ارائه گردد.

در صورتیکه آسیب‌دیدگی عضو مورد نظر، نیاز به بررسی بیشتر و یا تعمیر دارد باید در ستون آخر چک‌لیست تعیین شود.

در قسمت انتهایی چک‌لیست باید وضعیت عمومی اطراف دیوار از لحاظ ساخت و ساز، برداشت مصالح و تخلیه نخاله بصورت مختصر تشریح شود.

در نهایت چک لیست تهیه شده باید توسط تکمیل کننده فرم که بازرس است امضا شده و توسط کنترل کننده فرم که مسئول تیم بازرسی است، تایید گردد.

شدت آسیب بر اساس جدول پ۳-۱- تعیین می‌گردد.

شدت آسیب اعضای سازه‌ای، پارامتر مناسبی برای تعریف نیازهای تعمیراتی عضو است. تعریف و تشریح جزئیات انواع خرابی برای اعضای مختلف دیوار حائل در بند ۳

همین پیوست بصورت مصور، جهت راهنمایی بازرسین و نزدیک نمودن قضاوت‌های مهندسی ارائه شده است.

۲- معرفی اجمالی آسیبهای محتمل

اهم آسیب‌های احتمالی در انواع دیوار حائل بطور مختصر به شرح زیر می‌باشد:

الف- در اعضای بتنی آسیب‌های رایج عبارتند از:

ترک‌خوردگی، خرد شدن بتن، لایه لایه شدن و تورق یا قلوه‌کن شدن، پوسته‌شدن و جداشدگی بتن، نم‌زدگی، خیس شدن بتن، تراوش و نشت آب از درزها، لکه‌های زنگ، شکست سطحی، اضمحلال(خوردگی، تخلخل، سایش)، کیفیت پایین بتن (کرمو بودن بتن و ...)، آثار برخورد وسایل نقلیه

جدول شماره پ۳- ۱- شدت آسیب

شدت آسیب	توصیف
کم	اجزای دیوار آسیب دیده‌اند. در برخی از جاها سطح مقطع و کارآیی آن کمی کاهش یافته است اما این کاهش به اندازه‌ای نیست که بر روی مقاومت، عملکرد و سطح سرویس‌دهی تأثیر داشته باشد. باید برنامه‌ریزی لازم جهت ترمیم و تعمیرات جزئی آن انجام شود. (دیوار نیاز به نگهداری و مرمت دارد)
زیاد	اجزای دیوار خرابی توسعه یافته همراه با کاهش شدید در سطح مقطع مؤثر و کارآیی دارند. این خرابی باعث کاهش مقاومت و سطح سرویس‌دهی شده است. کارآیی عضو کاهش یافته است و در صورت عدم تعمیر به موقع، شکست آن محتمل است. (دیوار قابل تعمیر است)
نکته۱: در صورتیکه دیوار دارای آسیب‌های سطحی و جزئی است نیازی به درج در فرم وجود ندارد. به عنوان مثال اگر پوسته شدگی سطحی بخش کوچکی از بتن یا ترک‌های خیلی ریز با فاصله زیاد و یا زنگ زدگی سطحی و کم اجزای فولادی مشاهده می‌شود نیاز به درج در فرم نیست. نکته۲: اگر دیوار در آستانه گسیختگی و شکست است و یا خطر ایمنی برای بهره‌برداران وجود دارد، وضعیت آن باید سریع و با فوریت "آنی" به اطلاع کارفرما رسانده شود. شرایط باید مورد بررسی بیشتر قرار گرفته و اقدامات احتیاطی و فوری توسط کارفرما انجام شود.	

ب- در اعضای فلزی آسیب‌های رایج عبارتند از:
آسیب دیدن پوشش رنگ یا گالوانیزه و ...، خوردگی فولاد و کاهش سطح مقطع، شکستگی، ترک خوردگی(در جوش و فولاد پایه)، تغییر شکل‌های دائمی ایجاد شده در اعضا (ناشی از کمانش، لهیدگی، تابیدگی و پیچش عضو)، شل شدن اتصالات، فرسودگی و سایش زیاد، وضعیت داخلی مقاطع فولادی بسته(جمع شدن آب و زنگ‌زدگی درون مقطع و ...)، آثار برخورد وسایل نقلیه

ج- در اعضای ساخته شده از مصالح بنایی یا ترکیبی، آسیب‌های رایج عبارتند از:
ترک‌خوردگی در ملات بین مصالح، ترک خوردن عضو، بیرون پریدگی و اضمحلال مصالح، خرد شدن و فروریختن سنگ یا ملات.

ح- در ژئوسینتتیک‌ها، آسیب‌های رایج عبارتند از:
خزش لایه‌های ژئوسینتتیک، پارگی لایه‌ها، عدم حفاظت لایه‌ها از اشعه مافوق بنفش، روییدن علف از سوراخ‌های ژئوگرید و از بین رفتن اتصال بین لایه‌ها و نمای دیوار

خ- در توری‌های فلزی، آسیب‌های رایج عبارتند از:
پارگی توری‌ها، روییدن علف از سوراخ توری، بیرون ریختن سنگ‌ها از توری و جابجایی یا فرو افتادن قطعات توری و سنگ

۳- راهنمای تعیین شدت آسیب

در ادامه بصورت مصور جداولی تهیه شده است که بازرس باید با استفاده از راهنمایی‌های ارائه شده در این جداول، تجارب و قضاوت مهندسی خود، شدت آسیب‌های وارد شده به اعضای دیوار حائل را با تقریب نسبتاً خوب تخمین زده و وارد چک لیست کند.

به عنوان مثال سه جدول اول تحت شماره‌های پ۳- ۲ ، پ۳- ۳ و پ۳- ٤ برای تعیین شدت آسیب " دیوارهای حائل طره‌ای " تهیه شده است. جدول پ۳- ۲برای " شدت آسیب کم" ، جدول پ۳- ۳ برای " شدت آسیب زیاد"، جدول پ۳- ٤ برای " نیاز به اطلاع رسانی آنی" ارائه شده است.

جدول شماره پ۳- ۲- شدت آسیب کم در دیوارهای حائل طره‌ای بتنی

دیوار حائل طره‌ای بتنی شدت آسیب: کم	
مصالح بتنی دیوار در بخشی از دیوار حائل دچار تورق شدید شده است، سطح مقطع در این بخش کاهش یافته است اما دیوار هنوز مقاومت و عملکرد مناسبی دارد. این بخش از دیوار باید در دستور کار ترمیم قرار گیرد	
سرتاسر بدنه دیوار دچار پوسته شدگی شده است. آسیب کم است اما عملکرد لایه ایزولاسیون پشت دیوار و زهکش‌ها باید بررسی شود و ترمیم سطح دیوار در دستور کار قرار گیرد.	
مصالح بتنی تاج دیوار در بخشی از طول دچار آسیب شده است. در همین قسمت از دیوار آثار شوره زدگی نیز مشاهده می‌شود. کیفیت نامناسب بتن مصرفی و نیز زهکشی یا ایزولاسیون نامناسب موجب این آسیب شده است. سطح مقطع در این بخش کاهش یافته است اما دیوار هنوز مقاومت و عملکرد مناسبی دارد. این بخش از دیوار باید در دستور کار ترمیم قرار گیرد.	

جدول شماره پ۳- ۳- شدت آسیب زیاد در دیوارهای حائل طره‌ای بتنی

دیوار حائل طره‌ای بتنی شدت آسیب: زیاد	
این دیوار بتنی دچار ترک‌خوردگی قائم با عرض زیاد شده است. سایر قسمت‌های دیوار سالم به نظر می‌رسد. این ترک نشان از شکم دادگی دیوار دراین بخش دارد. قطعا عملکرد دیوار در این بخش کاهش یافته است و این آسیب در حال پیشرفت است. باید این قسمت از دیوار در دستور کار تعمیر قرار گیرد.	
این دیوار بتنی دچار ترک‌خوردگی قائم با عرض خیلی زیاد شده است. ترکهای متعددی در همین راستا، در مجاورت این ترک، ایجاد شده است. این ترک نشان از شکم دادگی دیوار دراین بخش دارد. قطعا عملکرد دیوار در این بخش کاهش یافته. باید این قسمت از دیوار در دستور کار تعمیر سریع قرار گیرد.	
مصالح بتنی تاج دیوار در سراسر طول دچار آسیب شده است. آرماتورها نمایان شده است. سطح مقطع در این بخش کاهش یافته است اما دیوار هنوز مقاومت و عملکرد مناسبی دارد. اما به دلیل گستردگی آسیب، شدت آن را"زیاد" ارزیابی می‌کنیم	

مصالح بتنی دیوار در سراسر طول دچار آسیب شده است. ترک خوردگی و تورق شدید مشاهده می‌شود. دیوار هنوز مقاومت و عملکرد مناسبی دارد. اما به دلیل گستردگی آسیب، شدت آن را"زیاد" ارزیابی می‌کنیم	

جدول شماره پ۳- ٤- موارد نیاز به اطلاع رسانی آنی، در دیوارهای حائل طره‌ای بتنی

دیوار حائل طره‌ای بتنی نیاز به اطلاع رسانی آنی	
دیوار دچار گسیختگی شده و بخشی از آن فرو ریخته است. باید سریعاً دیوار در دستور کار بررسی بیشتر قرار گرفته و پایداری خاک پشت دیوار نیز بررسی گردد.	
دیوار دچار دوران و گسیختگی شده است. باید سریعاً دیوار در دستور کار بررسی بیشتر قرار گرفته و پایداری خاک پشت دیوار نیز بررسی گردد.	
دیوار دچار دوران و شکست شده است. باید سریعاً دیوار در دستور کار بررسی بیشتر قرار گرفته و پایداری خاک پشت دیوار نیز بررسی گردد.	

جدول شماره پ۳- ۵- شدت آسیب کم در دیوار حائل بنایی

دیوار حائل بنایی شدت آسیب: کم	
آجرهای این دیوار در محل خم، دچار آسیب‌دیدگی شده‌اند، بندهای آجر خالی شده و کمی از هم فاصله گرفته‌اند. پایداری دیوار حفظ شده است و هنوز عملکرد خوبی دارد ولی بررسی وضعیت فشار خاک در این محل باید مورد بررسی قرار گیرد.	
قسمتی از بدنه دیوار بتنی غیر مسلح دچار آسیب دیدگی شده است. دیوار هنوز عملکرد قابل قبولی دارد ولی به دلیل ترک خوردگی افقی، وضعیت آن از لحاظ شکم دادگی باید مورد بررسی بیشتر قرار گیرد.	
تاج بتنی این دیوار سنگی ترک خورده است و این ترک خوردگی بصورت قائم در دیوار شروع شده است. دیوار هنوز در شرایط باربری و عملکرد مناسبی قرار دارد.	

جدول شماره پ۳- ٦- شدت آسیب زیاد، در دیوار حائل بنایی

دیوار حائل بنایی، شدت آسیب: زیاد	
این دیوار سنگی دچار ترک خوردگی قائم با عرض ترک زیاد شده است. ترک خوردگی در سطح جاده، در همان راستا امتداد پیدا کرده است. با توجه به سلامت کامل سایر بخش‌های دیوار می‌توان گفت که این ترک خوردگی ناشی از ناپایداری جزئی خاک ایجاد شده است و شرایط موجود باید توسط مهندسین زمین‌شناس بررسی شده و راهکار تعمیر اساسی ارائه گردد.	
دیوار آجری پس از تعمیرات قبلی که احتمالا ناشی از شکم‌دادگی دیوار بوده است، مجدد از قسمت تحتانی تعمیر شده، دچار آسیب‌دیدگی از همان نوع شده است. این موضوع حکایت از عدم کفایت تعمیر قبل است و شرایط دیوار باید مجدد بررسی و تعمیر اساسی انجام شود.	
مصالح سنگی پایین دیوار دچار فروافتادگی شده است و بخشی از خاک پایین دیوار، در این محل تخلیه شده است. برای جلوگیری از تخریب بیشترف دیوار باید سریعاً تحت تعمیر قرر گیرد.	
این دیوار سنگی، دچار ترک قطری با عرض زیاد شده است. کمی حرکت جانبی در محل ترک مشاهده می‌شود. این آسیب پیشرونده است و از نوع " زیاد" ارزیابی می‌شود. دیوار نیاز به تعمیرات اساسی دارد.	

جدول شماره پ۳- ۷- موارد نیاز به اطلاع رسانی آنی، در دیوارحائل بنایی

دیوار حائل بنایی، نیاز به اطلاع رسانی آنی	
قسمت سنگی بدنه دیوار و بخشی از خاک آن، بطور کامل دچار فروریزش شده است و با توجه به بالاگذر بودن دیوار، احتمال به خطر افتادن ایمنی کاربران زیاد است. ممکن است دیوار بطور کامل فرو ریزد.	
دیوار هم بالاگذر است و هم پایین گذر، مسیرها پر تردد هستند، ترک قائم با عرض زیاد در سراسر ارتفاع دیوار ایجاد شده است. وضعیت پایداری و نیز ایمنی کاربران در خطر است و باید اطلاع رسانی آنی به کارفرما شود.	
بخشی از دیوار حائل سنگی کاملا دچار فرو ریزش شده است.	

جدول شماره پ۳- ۸- شدت آسیب کم در دیوار حائل خاک مسلح

دیوار حائل خاک مسلح شدت آسیب: کم	
بلوک‌های پایینی نمای دیوار ژئوسینتتیکی دچار خوردگی و کمی جابجایی شده‌اند. شدت آسیب، " کم" منظور می‌شود.	
در بلوک‌های نمای بخشی از دیوار ژئوسینتتیک ترک خوردگی دیده می‌شود. در تاج دیوار جداشدگی مشاهده می‌شود. اجزاء لایه‌های ژئوسینتتیک دچار کشیدگی شده‌اند اما هنوز گسیختگی رخ نداده است و دیوار هنوز عملکرد خوبی دارد. شدت آسیب، " کم" منظور می‌شود ولی برای جلوگیری از پیشرفت آسیب و به دلیل سهولت تعمیر در این مرحله، بهتر است دیوار در اولویت تعمیر قرار گیرد.	
بخشی از نمای دیوار خاک مسلح فرو ریخته است ولی دیوار هنوز عملکرد خوبی دارد.	

جدول شماره پ۳- ۹- شدت آسیب زیاد در دیوار حائل خاک مسلح

دیوار حائل خاک مسلح شدت آسیب: زیاد	
دیوار خاک مسلح از نوع ژئوگریدی و بدون نما است. در بخش بیرونی دیوار، لایه‌های ژئوگرید کشیده شده و بخشی از خاک درون آن تخلیه شده است. دیوار ممکن است ناپایدار شود و نیاز به کشیدن و جایگذاری مجدد بخش بیرونی دیوار در اسرع وقت را دارد.	
در قسمتی از دیوار، بخشی از بلوک‌های پایینی از جای خود خارج شده و اتصال خو را با اجزای مسلح کننده از دست داده‌اند. خاک پشت دیوار در حال ریزش و تخلیه است. امکان ناپایداری سریع دیوار وجود دارد.	
در قسمتی از دیوار، بخشی از بلوک‌های پایینی از جای خود خارج شده و اتصال خو را با اجزای مسلح کننده از دست داده‌اند. خاک پشت دیوار در حال ریزش و تخلیه است. امکان ناپایداری سریع دیوار وجود دارد.	

جدول شماره پ۳- ۱۰- موارد نیاز به اطلاع رسانی آنی، در دیوارحائل خاک مسلح

دیوار حائل خاک مسلح، نیاز به اطلاع رسانی آنی	
بخشی بزرگی از نمای این دیوار خاک مسلح بلند، دچار ریزش شده و لایه‌های ژئوسینتتیک هم تخریب شده و از دیوار بیرون کشیده شده‌اند. بخشی از خاک هم فرو ریخته است. به دلیل بالاگذر بودن دیوار، احتمال ناپایداری آنی و به خطر افتادن جان بهره‌برداران وجود دارد.	
بخشی از بتن و اتصالات این دیوار نیلینگ فرو ریخته است و امکان ریزش کامل روی سطح جاده پایین را دارد.	
بخشی بزرگی از نمای این دیوار خاک مسلح دچار ریزش شده و لایه‌های ژئوسینتتیک هم تخریب شده و از دیوار بیرون کشیده شده‌اند. بخشی از خاک و سطح جاده بالا هم فرو ریخته است.	

جدول شماره پ۳- ۱۱- شدت آسیب کم در دیوار حائل قفسه‌ای

دیوار حائل قفسه‌ای شدت آسیب: کم	
قفسه‌های این دیوار فلزی است. المانهای افقی قسمت تحتانی تحت نیروهای وارده تغییر شکل داده است. شدت آسیب از نوع "کم "است و باید در دستور کار ترمیم قرار گیرد.	
برخی از قفسه‌های بتنی آسیب دیده‌اند. اما دیوار هنوز عملکرد خود را حفظ کرده است. شدت آسیب از نوع "کم "است و باید در دستور کار ترمیم قرار گیرد.	
برخی از قفسه‌های بتنی آسیب دیده‌اند. اما دیوار هنوز عملکرد خود را حفظ کرده است. شدت آسیب از نوع "کم "است و باید در دستور کار ترمیم قرار گیرد.	

جدول شماره پ۳- ۱۲- شدت آسیب زیاد در دیوار حائل قفسه‌ای

دیوار حائل قفسه‌ای شدت آسیب: زیاد	
تعداد زیادی از قفسه‌های بتنی شکسته و از جای خود خارج شده‌اند. بخشی از دیوار عملکرد مفیدی ندارد. شدت آسیب از نوع "زیاد "است و باید در دستور کار تعمیر اساسی قرار گیرد.	
تعداد زیادی از قفسه‌های بتنی شکسته و قطعات آن از هم فاصله گرفته‌اند. بخشی از خاک خارج شده است و دیوار عملکرد مفیدی ندارد. شدت آسیب از نوع "زیاد "است و باید در دستور کار تعمیر قرار گیرد.	
تعداد زیادی از قفسه‌های بتنی شکسته و خرد شده‌اند. در این بخش دیوار شکم داده است. بخشی از خاک خارج شده است و دیوار عملکرد مفیدی ندارد. شدت آسیب از نوع "زیاد "است و باید تعمیر شود.	

جدول شماره پ۳- ۱۳- موارد نیاز به اطلاع رسانی آنی، در دیوارحائل قفسه‌ای

دیوار حائل قفسه‌ای نیاز به اطلاع رسانی آنی	
تعداد زیادی از قفسه‌های بتنی شکسته و از جای خود خارج شده‌اند. دیوار کاملا فرو ریخته است . این وضعیت باید بصورت آنی اطلاع رسانی شود.	
تعداد زیادی از قفسه‌های بتنی شکسته و از جای خود خارج شده‌اند. دیوار کاملا گسیخته شده است . این وضعیت باید بصورت آنی اطلاع رسانی شود.	
تعداد زیادی از قفسه‌های بتنی شکسته و از جای خود خارج شده‌اند. دیوار کاملا گسیخته شده است . بدنه جاده بالا، در حال ریزش است و ایمنی بهره‌برداران در خطر است. این وضعیت باید بصورت آنی اطلاع رسانی شود.	

جدول شماره پ۳- ١٤- شدت آسیب کم در دیوار حائل گابیونی

دیوار حائل گابیونی شدت آسیب: کم	
توری برخی از گابیون‌ها پاره شده و کمی از مصالح بیرون ریخته است. عملکرد دیوار هنوز خوب است و در وضعیت ایمنی قرار دارد.	
کمی از مصالح بیرون ریخته است. احتمالا دلیل آن عدم دانه‌بندی مناسب سنگهاست. عملکرد دیوار هنوز خوب است و در وضعیت ایمنی قرار دارد.	
بخشی از توریهای پای دیوار پاره شده‌اند. مصالح بیرون ریخته است و به دلیل مجاورت آب و احتمال سیلابی شدن مسیر و آبشستگی، بهتر است سریعتر تعمیر شود.	

جدول شماره پ۳- ۱۵- شدت آسیب زیاد در دیوار حائل گابیونی

دیوار حائل گابیونی شدت آسیب: زیاد	
با توجه به نشست مسیر عبوری بالاگذر، باید پایداری دیوار و آبشستگی پای آن بررسی شده و در دست تعمیر فوری قرار گیرد.	
به دلیل استفاده از مصالح نامناسب در گابیونها، پاره شدن توری‌ها و تخریب کامل بخش از دیوار، آسیب از نوع زیاد ارزیابی شده و باید در دستور کار تعمیر اساسی قرار گیرد.	
توری‌های گابیون که برای تعمیر دیوار قبلی استفاده شده است، با وجود یکبار تعمیر، مجدد پاره شده و تغییر شکل داده‌اند. این شرایط باید بطور کامل مورد بررسی قرار گرفته و در دست تعمیر قرار گیرد.	

جدول شماره پ۳- ۱۶- موارد نیاز به اطلاع رسانی آنی، در دیوارحائل گابیونی

دیوار حائل گابیونی نیاز به اطلاع رسانی آنی	
بخشی از گابیونهای دیوار بطور کامل تخریب و دچار فروریزش شده‌اند. دیوار و خاک پشت آن ناپایدار شده و باید به سرعت به کارفرما اطلاع‌رسانی نمود.	
در این سازه از گابیونها برای اصلاح و تعمیر دیوار بتنی زیرین استفاده شده است. به دلیل آسیب و قلوه کن شدن دیوار زیرین احتمال فروریزش گابیونها و تخریب مسیر وجود دارد.	

Abstract

Retaining walls are among the technical structures that are widely used in road and rail road transportation networks. Unarmed retaining walls have been used for many years. Although the design of these walls is simple and its materials are available, but the function of these walls is limited. Due to this, the construction of reinforced concrete walls and reinforced soil walls was developed and expanded.

Technical structures are one of the most costly and important elements of roads and their disruption and breakdown in most cases cause interruption of service or at least affect on the fast and smooth passage. For this reason, their inspection, maintenance and repair are very important. Therefore, it is necessary to develop an inspection guide for retaining walls.

In order to compile this guide, first, information is collected and the current situation is examined. Then the most common methods of slope control and types of retaining walls are introduced and the most common failures are described. In the following inspection and planning methods for this work, tools, equipment and inspection forms are prepared and presented. This guide has three appendices.

In Appendix No. 1, the technical ID form of the retaining and the inspection checklist forms are presented, In Appendix No. 2, the method of completing the technical ID form is described. Appendix No. 3 is dedicated to the method of completing inspection checklists.

KEY WORDS:

Retaining walld-guide- inspection-inspection team- damage-deteriorate-check list

Road, Housing & Urban Development Research Center

Inspection Guide For Retaining Wall Types

BY

Zahra Gavashiri

Assistants:

Amir Mahjoob
Mehran gholami

Research Report

BHRC Publication No: R-1088

2024