جمهوری اسلامی ایران

سازمان برنامه و بودجه کشور

ضوابط طراحی و اجرای سیستم آب‌بندی در ایستگاه‌ها و مسیر زیرزمینی (تونل) قطار شهری

نشریه شماره ۸۷۰

معاونت تولیدی، فنی و زیربنایی

امور نظام فنی اجرایی، مشاوران و پیمانکاران

nezamfanni.ir

۱۴۰۲

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

همکار و سرور گرامی

در نظر است تا پس از مدتی چند ماهه، این نشریه که حاصل سال‌ها مطالعه و تجربه در سطح کشور و مراجع معتبر بین‌المللی است، به عنوان ضابطه لازم‌الاجرا ابلاغ شود. لذا خواهشمند است ضمن مطالعه دقیق و استفاده از آن، نظرات ارزشمند خود را به نشانی زیر ارسال فرمایید تا قبل از ابلاغ، اصلاحات مورد نیاز انجام پذیرد:

Nezamfanni@chmail.ir

Nezamfanni.ir

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

بسمه تعالی

پیشگفتار

پس از ابلاغ ضوابط لازم‌الاجرای ۸۰۴ به منظور ایجاد اولویت‌های بالادستی در طراحی و ساخت ایستگاه‌های قطار شهری، مجموعه حاضر جهت تبیین معیارها و ضوابط طراحی، اجرایی و کنترلی سیستم آب‌بندی است که با رعایت آنها شرایط ایمن، قابلیت بهره‌برداری و پایایی (دوام) ایستگاه‌های زیرزمینی و تونل‌های شهری از منظر زهکشی و ایزولاسیون فراهم می‌گردد. مجموعه حاضر در هماهنگی با ضوابط ۸۰۴ تدوین شده است و انتظار می‌رود یکپارچگی و انسجام در نظر گرفته شده در فصول مختلف منجر به راهنمایی طراحان و تصمیم‌گیران در پیشبرد صحیح طرح ایستگاه‌ها و مسیر قطار شهری گردد. رعایت ضوابط حاضر در هماهنگی با مجموعه ۸۰۴ الزامی است.

علیرغم تلاش، دقت و وقت زیادی که برای تهیه این مجموعه صرف گردید، این مجموعه مصون از وجود اشکال و ابهام در مطالب آن نیست. لذا در راستای تکمیل و پربار شدن این نشریه از کارشناسان محترم درخواست می‌شود موارد اصلاحی را به امور نظام فنی و اجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور ارسال کنند. کارشناسان سازمان پیشنهادهای دریافت شده را بررسی کرده و در صورت نیاز به اصلاح در متن نشریه، با همفکری نمایندگان جامعه فنی کشور و کارشناسان مجرب این حوزه، نسبت به تهیه متن اصلاحی، اقدام و از طریق پایگاه اطلاع‌رسانی نظام فنی و اجرایی کشور برای بهره‌برداری عموم، اعلام خواهند کرد. به همین منظور، این نشریه به صورت راهنما در معرض استفاده قرار گرفته و پس از طی مدت زمان لازم، ابلاغ خواهد شد.

omoorepeyman.ir

تهیه و کنترل «ضوابط طراحی و اجرای سیستم آب‌بندی در ایستگاه‌ها و مسیر زیرزمینی (تونل) قطار شهری» [نشریه شماره ۸۷۰]

اعضای گروه تهیه‌کننده:

امین عمادی	شرکت مهندسین مشاور پژوهش	دکترای مهندسی عمران
سید محمد مهدی مدنی	شرکت مهندسین مشاور پژوهش	فوق لیسانس مهندسی عمران
سید نوید قائمی	شرکت مهندسین مشاور پژوهش	فوق لیسانس مهندسی عمران

فهرست مطالب

فصل ۱: کلیات ۱

۱-۱- اهداف ۳

۱-۲- دامنه کاربرد ۳

۱-۳- مقدمه ۳

۱-۴- اهمیت آب‌بندی در ایستگاه‌ها و مسیر زیرزمینی قطار شهری ۴

۱-۵- معرفی انواع روش‌های آب‌بندی ۵

۱-۵-۱- مقدمه ۵

۱-۵-۲- روش الف- آب‌بندی توسط اجراء لایه (غشاء) آب‌بند ۵

۱-۵-۳- روش ب- سازه آب‌بند ۱۶

۱-۵-۴- روش ج – آب‌بندی توسط اجراء سیستم زهکشی ۱۸

۱-۵-۵- روش د - روش ترکیبی جهت آب‌بندی سازه‌ها ۲۴

فصل ۲: طراحی سیستم آب‌بندی در ایستگاه‌ها و مسیر تونل قطار شهری ۵

۲-۱- گستره ۷

۲-۲- اهداف طراحی ۷

۲-۳- مقدمه ۷

۲-۴- فلسفه طراحی ۷

۲-۴-۱- کلیات ۸

۲-۴-۲- مشخصات طراح و مجری سیستم آب‌بندی ۸

۲-۵- طراحی سیستم آب‌بندی سازه‌های مترو ۹

۲-۵-۱- ارزیابی محل ساختگاه ۱۱

۲-۵-۲- بررسی شرایط سازه اصلی ۱۳

۲-۵-۳- بررسی و مقایسه انواع روش‌های آب‌بندی ۱۵

۲-۵-۴- انتخاب بهترین سیستم آب‌بندی برای سازه و تعیین الزامات آب‌بندی ۱۹

فصل ۳: طراحی سیستم آب‌بندی به وسیله غشاء ژئوممبران ۲۱

۳-۱- گستره ۲۳

۳-۲- مقدمه ۲۳

۳-۲-۱- کلیات طراحی ۲۳

۳-۲-۲- کلاس‌های مختلف آب‌بندی در سیستم آب‌بندی بوسیله غشاء ژئوممبران ۲۴

۳-۲-۳- انواع نظریه‌های طراحی در آب‌بندی بوسیله غشاء ژئوممبران ۲۵

omoorepeyman.ir

۳-۳- طراحی کلی سیستم آب‌بندی بوسیله غشاء ژئوممبران ۲۸
۳-۳-۱- مشخصات کلی ۲۸
۳-۳-۲- طراحی سیستم آب‌بندی بوسیله غشاء ژئوممبران در روش حفاری بسته ۲۸
۳-۳-۳- طراحی سیستم آب‌بندی بوسیله غشاء ژئوممبران برای حفاری باز (کند و پوش) ۳۲
۳-۴- آب‌بندی درز در سیستم آب‌بندی به روش غشاء ژئوممبران ۳۴
۳-۴-۱- مقدمه ۳۴
۳-۴-۲- قانون‌های عملکردی ۳۵
۳-۴-۳- انواع واتراستاپ آب‌بند کننده ۳۷
۳-۴-۴- طراحی آب‌بندی درزها در سیستم آب‌بندی به وسیله غشاء ژئوممبران ۴۳
۳-۵- رواداری‌ها ۵۶
۳-۵-۱- مقدمه ۵۶
۳-۵-۲- بسترسازی ۵۸
۳-۵-۳- رواداری لایه زهکش سطحی با هدف ارتقاء عملکرد زهکشی ۶۲
۳-۵-۴- رواداری لایه محافظ ۶۴
۳-۵-۵- رواداری ورق محافظ ۶۶
۳-۵-۶- رواداری غشاء آب‌بند - ژئوممبران ۶۶
۳-۵-۷- مصالح کامپوزیت (ژئوممبران لمینیت شده با لایه محافظ) ۷۴
۳-۵-۸- رواداری واتراستاپ‌ها ۷۵
۳-۵-۹- رواداری واتراستاپ‌های متورم شونده ۸۲
۳-۶- ملاحظات نصب ۸۳
۳-۶-۱- اتصال ورق ۸۴
۳-۶-۲- اجراء سیستم آب‌بندی بوسیله غشاء ژئوممبران ۸۷
۳-۷- پایش و کنترل کیفیت ۹۲
۳-۷-۱- بسترسازی ۹۲
۳-۷-۲- لایه زهکش ۹۳
۳-۷-۳- لایه محافظ ۹۴
۳-۷-۴- ورق محافظ ۹۵
۳-۷-۵- لایه ژئوممبران ۹۶
۳-۷-۶- لایه ژئوممبران لمینیت شده ۹۸
۳-۷-۷- واتراستاپ‌های پروفیلی ۹۹
۳-۸- کنترل‌ها ۱۰۰
۳-۹- چک‌لیست‌ها ۱۰۲

omoorepeyman.ir

فصل ۴: سیستم مبتنی بر زهکشی (بطنی و سطحی) ۱۰۵

۴-۱- گستره ۱۰۷
۴-۲- مقدمه ۱۰۷
۴-۳- کلیات طراحی ۱۰۷
۴-۴- عوامل و اطلاعات اولیه طراحی ۱۰۸
۴-۴-۱- مطالعات ژئوتکنیکی ۱۰۸
۴-۴-۲- توپوگرافی و عکسبرداری هوایی ۱۰۹
۴-۴-۳- آنالیز شیمیایی آب ۱۱۰
۴-۴-۴- تاثیر روند ساخت و ساز ۱۱۰
۴-۴-۵- دبی آب ۱۱۰
۴-۴-۶- ارزیابی وضعیت آب در زمان ساخت ۱۱۲
۴-۵- انتخاب و طراحی سیستم زهکشی ۱۱۲
۴-۵-۱- زهکشی بطنی ۱۱۲
۴-۵-۲- زهکشی سطحی ۱۱۳
۴-۵-۳- طراحی دیگر بخش‌های سیستم زهکشی ۱۱۵
۴-۶- چک لیست سیستم زهکشی ۱۱۵

فصل ۵: سیستم آب‌بندی غشائی مایع و پاششی ۱۱۷

۵-۱- گستره ۱۱۹
۵-۲- مقدمه ۱۱۹
۵-۳- طراحی و اجراء سیستم‌های غشائی مایع و پاششی ۱۱۹
۵-۳-۱- مطالعات دفتری و میدانی ۱۲۰
۵-۳-۲- بررسی عوامل موثر بر طراحی سیستم آب‌بندی غشاء مایع و پاششی ۱۲۰
۵-۳-۳- تعیین مشخصات فنی مصالح ۱۲۵
۵-۳-۴- آماده‌سازی و ترمیم بستر ۱۳۳
۵-۳-۵- پروسه اجرایی ۱۳۴
۵-۳-۶- مستندسازی و کنترل و پایش ۱۳۵

فصل ۶: سیستم تزریق ۱۳۷

۶-۱- گستره ۱۳۹
۶-۲- مقدمه ۱۳۹
۶-۳- کلیات و مفروضات اولیه تزریق ۱۴۰
۶-۳-۱- عملکردهای تزریق ۱۴۰

omoorepeyman.ir

۶-۲-۳- محدوده تزریق ۱۴۱
۶-۴- روند کلی طراحی تزریق ۱۴۴
۶-۴-۱- برداشت وضع موجود سازه ۱۴۴
۶-۴-۲- طرح تزریق ۱۴۷
۶-۴-۳- پرکننده‌ها (مصالح تزریق) ۱۴۷
۶-۵- طرح سیستم تزریق از منظر آب‌بندی ۱۴۹
۶-۵-۱- سیستم تزریق به عنوان بخشی از فلسفه طراحی ۱۴۹
۶-۵-۲- تزریق برای کارهای ترمیمی (آب‌بندی پس از ساخت) ۱۵۴
۶-۶- مصالح تزریق / گروت‌ریزی از منظر آب‌بندی ۱۵۶
۶-۶-۱- گروت پایه سیمانی ۱۵۶
۶-۶-۲- ژل اکرلیک ۱۵۷
۶-۶-۳- رزین‌ها و فوم‌های پلی ارتان ۱۵۷
۶-۶-۴- رزین‌ها و فوم‌های سیلیکات ۱۵۷
۶-۷- کارکرد گروت‌ها و مصالح تزریق از منظر آب‌بندی ۱۵۸
۶-۸- پروسه تزریق ۱۵۹
۶-۹- اجرای تزریق ۱۵۹
۶-۹-۱- کلیات ۱۵۹
۶-۹-۲- فشار تزریق ۱۶۰
۶-۱۰- پایش و کنترل کیفیت تزریق ۱۶۰
۶-۱۱- تجهیزات ۱۶۱
۶-۱۱-۱- پمپهای تزریق ۱۶۱
۶-۱۱-۲- پکرهای تزریق ۱۶۲
۶-۱۱-۳- شلنگ تزریق ۱۶۳
۶-۱۲- رواداری مصالح تزریق / گروت‌ریزی ۱۶۳
۶-۱۳- چک لیست ۱۶۶

مراجع ۱۶۷

omoorepeyman.ir

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱- انواع روش‌های اجرای لایه (غشاء) آب‌بند مانع نفوذ آب ۶
شکل ۱-۲- استفاده از ژئوممبران PVC در مسیر تونل قطار شهری ۸
شکل ۱-۳- نمایی از آب‌بند کننده غشائی مایع ۹
شکل ۱-۴- نمایی از GCL ۱۰
شکل ۱-۵- آسفالت ماستیک ۱۱
شکل ۱-۶- آسفالت ماستیک ریزدانه ۱۱
شکل ۱-۷- آسفالت ماستیک درشت‌دانه ۱۲
شکل ۱-۸- روند عملکرد عایق‌های درجا ریز سیمانی کریستال‌ساز ۱۳
شکل ۱-۹- استفاده از آب‌بند بر پایه سیمان و مواد بلوری شونده در سازه زیرزمینی ۱۴
شکل ۱-۱۰- نمایی از پوشش سیمانی چند جزئی ۱۵
شکل ۱-۱۱- زهکش‌های حفره‌دار – مصالح به صورت رول ۱۹
شکل ۱-۱۲- زهکش‌های حفره‌دار - اجرا ۱۹
شکل ۱-۱۳- نمایی از زهکش سطحی دیواره و کانال ۲۰
شکل ۱-۱۴- نمایی از زهکش زیرسطحی - ورودی گالری ۲۱
شکل ۱-۱۵- نمایی از زهکش سنتی – شن‌ریزی پشت دیوار ۲۲
شکل ۱-۱۶- نمایی از سیستم زهکشی داخلی ۲۳
شکل ۱-۱۷- نمایی از سیستم زهکشی خارجی ۲۴
شکل ۱-۱۸- نمایی از ترکیب دو روش آب‌بندی به وسیله غشاء ژئوممبران و سازه آب‌بند ۲۵
شکل ۲-۱- چارت طراحی سیستم آب‌بندی ۱۰
شکل ۲-۲- بخش‌های مختلف مسیر تونل ۱۳
شکل ۲-۳- تقسیم اولیه بخش‌های مختلف سازه زیرزمینی بر اساس روش ساخت ۱۵
شکل ۲-۴- تقسیم ثانویه بخش‌های مختلف سازه زیرزمینی بر اساس دیگر عوامل مهم نظیر تراز آب ۱۶
شکل ۲-۵- مقایسه انواع مصالح با توجه به موارد مورد نیاز پروژه ۱۷
شکل ۲-۶- مقایسه دوام و مقاومت در برابر شرایط خورندگی انواع سیستم‌های آب‌بندی ۱۸
شکل ۲-۷- انتخاب سیستم آب‌بندی منتخب برای هر قطعه مسیر یا ایستگاه ۱۹
شکل ۳-۱- نظریه اول، نقشه سیستم آب‌بندی بوسیله غشاء ژئوممبران به صورت چتری ۲۶
شکل ۳-۲- نمایی اجرایی از نظریه اول سیستم آب‌بندی بوسیله ژئوممبران به صورت چتری ۲۶
شکل ۳-۳- نظریه دوم، نقشه سیستم آب‌بندی به صورت یکپارچه محیطی ۲۷
شکل ۳-۴- نمایی اجرایی از نظریه دوم، سیستم آب‌بندی به صورت یکپارچه محیطی ۲۸
شکل ۳-۵- نمایی کلی از ترتیب لایه‌ها درسیستم آب‌بندی به وسیله غشاء ژئوممبران در حفاری بسته ۳۰
شکل ۳-۶- نمایی از ترتیب لایه‌ها درسیستم آب‌بندی به وسیله غشاء ژئوممبران در حفاری بسته – جزئیات A- دیواره‌ها و طاق ۳۰
شکل ۳-۷- نمایی از ترتیب لایه‌ها درسیستم آب‌بندی به وسیله غشاء ژئوممبران در حفاری بسته – جزئیات B- کف ۳۰
شکل ۳-۸- نمایی از ترتیب لایه‌ها درسیستم آب‌بندی تونل‌های باز (کند و پوش) ۳۳
شکل ۳-۹- نمایی عدم اجرای بتن مگر بر روی واتراستاپ ۳۳

omoorepeyman.ir

شکل ۳-۱۰- نمایی از عملکرد بر اساس طولانی‌تر کردن مسیر ۳۵
شکل ۳-۱۱- نمایی از عملکرد بر اساس مدفون شدگی ۳۵
شکل ۳-۱۲- نمایی از عملکرد بر اساس محصور شدگی ۳۶
شکل ۳-۱۳- نمایی از عملکرد بر اساس پر کردن ۳۶
شکل ۳-۱۴- نمایی از عملکرد بر اساس چسبندگی ۳۷
شکل ۳-۱۵- نمایی از واتراستاپ پروفیلی جوش شده به ژئوممبران PVC ۳۸
شکل ۳-۱۶- نمایی از واتراستاپ پروفیلی میان درز ۳۸
شکل ۳-۱۷- نمایی از انواع واتراستاپ پروفیلی ۱- میان درز بدون حباب ۲- میان درز با حباب ۳- کف خواب بدون حباب ۴- کف خواب با حباب ۳۹
شکل ۳-۱۸- نمایی از واتراستاپ فلزی ۳۹
شکل ۳-۱۹- نمایی از واتراستاپ متورم شونده ۴۰
شکل ۳-۲۰- نمایی از واتراستاپ پروفیلی به همراه واتر استاپ هیدروفیلیک ۴۰
شکل ۳-۲۱- نمایی از حداقل فاصله نصب واتراستاپ متورم شونده از سطح بتن ۴۱
شکل ۳-۲۲- نمایی از واتراستاپ چسبنده در داخل مخزن ۴۲
شکل ۳-۲۳- نمایی از شلنگ تزریق با قابلیت چندبار تزریق ۴۲
شکل ۳-۲۴- نمایی از شلنگ تزریق نصب شده در درزهای پیش‌بینی نشده و یا بعد از اجرا بتن ۴۳
شکل ۳-۲۵- آب‌بندی درز در حفاری بسته – عدم وجود فشار آب (چتری) – بهره‌مندی از واتراستاپ متورم شونده - طاق ۴۴
شکل ۳-۲۶- اجرای واتراستاپ متورم شونده در درز ۴۴
شکل ۳-۲۷- آب‌بندی درز در حفاری بسته – عدم وجود فشار آب – بهره‌مندی از واتراستاپ یک طرفه تخت – کف ۴۵
شکل ۳-۲۸- آب‌بندی درز به وسیله واتراستاپ خارجی ۴۵
شکل ۳-۲۹- جزئیات اجرائی سیستم آب‌بندی به وسیله ژئوممبران (چتری) در زمان رخداد بالازدگی آب در ناحیه اتصال به کف ۴۶
شکل ۳-۳۰- اتصال درز باز بدون فشار آب کف و طاق ۴۶
شکل ۳-۳۱- نمایی از درز بلوکی (رینگی) و طولی ۴۷
شکل ۳-۳۲- اتصال ناحیه انتقالی ساخت تونل به روش بسته به باز – دیاگرام شماتیک – مقطع طولی ۴۸
شکل ۳-۳۳- نمایی از واتراستاپ مهار شونده و یک طرف تخت ۴۸
شکل ۳-۳۴- اتصال ناحیه انتقالی ساخت تونل به روش بسته به باز - مقاطع ۴۹
شکل ۳-۳۵- اتصال ناحیه انتقالی ساخت تونل به روش بسته به باز – مقاطع ۴۹
شکل ۳-۳۶- جزئیات طرح کف، مقطع A-A ۵۰
شکل ۳-۳۷- درز انتقالی از سازه زیرزمینی باز به بسته با اتصال آب‌بند کف: دیاگرام سیستم تزریق سقف ۵۰
شکل ۳-۳۸- جزئیات اجرای سیستم تزریق واتراستاپ ۵۱
شکل ۳-۳۹- اتصال ناحیه انتقالی ساخت تونل به روش بسته به باز – مقاطع ۵۱
شکل ۳-۴۰- اتصال ناحیه انتقالی ساخت تونل به روش بسته به باز – مقاطع ۵۲
شکل ۳-۴۱- جزئیات طرح کف، مقطع A-A ۵۲
شکل ۳-۴۲- درز انتقالی از ساخت تونل بسته به باز با اتصال غیرآب‌بند کف - دیاگرام سیستم تزریق سقف ۵۲
شکل ۳-۴۳- ساخت تونل به روش بسته با سیستم غشاء آب‌بند ژئوممبران با وجود فشار آب درز فشاری در طاق (آب‌بندی درز بلوکی) ۵۳

omoorepeyman.ir

شکل ۳-۴۴- واتراستاپ داخلی برای سیستم آب‌بندی غشاء ژئوممبران با فشار: دیاگرام سیستم تزریق ۵۳
شکل ۳-۴۵- چیدمان سه بعدی نازل و خروجی شلنگ‌های تزریق ۵۴
شکل ۳-۴۶- نمایی از چیدمان نازل و خروجی شلنگ‌های تزریق در سقف ۵۴
شکل ۳-۴۷- اتصال واتراستاپ مهار کننده و بلوکی (رینگی) ۵۵
شکل ۳-۴۸- اتصال چهار راهی واتراستاپ خارجی – بالا تر بودن اهمیت آب‌بندی یک درز بر دیگری ۵۶
شکل ۳-۴۹- اتصال سه راهی واتراستاپ خارجی- اهمیت آب‌بندی یکسان برای هر دو درز ۵۶
شکل ۳-۵۰- رواداری هندسی بسترسازی برای روش چتری ۵۹
شکل ۳-۵۱- رواداری هندسی بسترسازی برای روش سرتاسری ۶۰
شکل ۳-۵۲- رواداری هندسی بسترسازی در محدوده عقب‌نشینی و تغییر هندسی مقطع ۶۰
شکل ۳-۵۳- رواداری هندسی کنج‌ها در لاینینگ بستر ۶۱
شکل ۳-۵۴- واتراستاپ خارجی – عرض ۶۰ سانتیمتر ۸۱
شکل ۳-۵۵- واتراستاپ اتصالی (مهاری) ۸۲
شکل ۳-۵۶- جوش لب به لب با کانال تست هوا ۸۴
شکل ۳-۵۷- جوش لب به لب بدون کانال تست هوا ۸۵
شکل ۳-۵۸- جوش اکستروژن ۸۵
شکل ۳-۵۹- نمونه واشر اتصال از جنس PVC و TPO ۸۹
شکل ۳-۶۰- نمونه واشر اتصال جهت ورق‌های با وزن بالا از جنس PVC و TPO ۸۹
شکل ۳-۶۱- چک لیست بسترسازی ۱۰۲
شکل ۳-۶۲- چک لیست کنترل لایه محافظ – ژئوتکستایل ۱۰۳
شکل ۳-۶۳- چک لیست کنترل جوش ژئوممبران ۱۰۴
شکل ۴-۱- نمونه نقشه توپوگرافی جهت طرح سیستم زهکشی ۱۰۹
شکل ۴-۲- گرفتگی لوله بدلیل رسوبات معدنی ۱۱۰
شکل ۴-۳- نمایی از دبی آب ورودی به تونل جهت اتفاء حریق ۱۱۱
شکل ۴-۴- انتخاب سیستم زهکشی بطنی با توجه به عمق آب زهکشی و نوع خاک ۱۱۳
شکل ۴-۵- نمایی از مقطع مسیر تونل و اجرای لایه‌های زهکش ۱۱۴
شکل ۴-۶- نمایی از بهره‌مندی از سیستم زهکش ژئوسنتتیکی به روش داخلی ۱۱۵
شکل ۴-۷- چک لیست سیستم زهکشی ۱۱۶
شکل ۵-۱- نمایی از فشار مثبت و منفی آب بر روی غشاء آب‌بند ۱۲۱
شکل ۵-۲- پوشش‌های ضخیم قیری اصلاح شده با پلیمر (PMBC) ۱۲۶
شکل ۵-۳- نمایی شماتیک از پوشش اشباع هیدروفوبیک ۱۲۹
شکل ۵-۴- نمایی شماتیک از پوشش اشباع ۱۲۹
شکل ۵-۵- نمایی شماتیک از پوشش محافظتی و عملکردی ۱۳۰
شکل ۵-۶- نمایی شماتیک تاثیر بسترسازی در اجرای لایه پوشش ۱۳۳
شکل ۵-۷- چک لیست اجرای سیستم آب‌بندی غشایی مایع و پاششی ۱۳۶
شکل ۶-۱- نمایی از تزریق فوم پلی یورتان در ترک دیواره جهت آب‌بندی ۱۴۱

omoorepeyman.ir

شکل ۶-۲- نمایی از ترمیم محدوده شن زده جهت اجرای عملیات تزریق ۱۴۲
شکل ۶-۳- نمایی از پکر گذاری و تزریق در درز اجرایی کف و دیواره ۱۴۳
شکل ۶-۴- نمایی از پکرگذاری با چیدمان مربعی جهت تزریق پرده آب‌بند در پشت دیواره ۱۴۳
شکل ۶-۵- نازل گروت‌ریزی سقف شامل نوار محافظ ۱۵۱
شکل ۶-۶- شلنگ‌های تزریق ۱۵۱
شکل ۶-۷- نازل تزریق با شلنگ‌های پر کننده ۱۵۱
شکل ۶-۸- واتراستاپ داخلی در انبساطی همراه با سیستم شلنگ تزریق و مقابله با آثار مخرب ۱۵۴
شکل ۶-۹- عملیات تزریق در درزهایی با نشب آب ۱۵۵
شکل ۶-۱۰- عملیات تزریق در درزهایی با نشب آب ۱۵۵
شکل ۶-۱۱- چک لیست عملیات تزریق ۱۶۶

omoorepeyman.ir

فهرست جدول‌ها

جدول ۲-۱- تیپ‌های مناسب آب‌بندی بر اساس سطح آب زیرزمینی ۱۲
جدول ۳-۱-کلاس‌های کاربری مختلف آب‌بندی ۲۵
جدول ۳-۲- طرح سیستم آب‌بندی – حفاری بسته ۲۹
جدول ۳-۳- طرح سیستم آب‌بندی به وسیله غشاء ژئممبران در حفاری باز ۳۲
جدول ۳-۴- مقادیر مجاز غیر پیوستگی در قطعات لاینینگ بستر ۶۱
جدول ۳-۵- حداقل مشخصات، روش تست و رواداری‌های مورد نیاز برای المان‌های زهکش سطحی با هدف ارتقاء عملکرد زهکشی ۶۳
جدول ۳-۶- حداقل مشخصات، روش تست و رواداری‌های مورد نیاز برای المان‌های زهکش سطحی با هدف ارتقاء عملکردی زهکشی تحت شرایط دمای بالا ۶۴
جدول ۳-۷- حداقل مشخصات، روش تست و رواداری‌های مورد نیاز برای لایه محافظ ۶۵
جدول ۳-۸- حداقل مشخصات، روش تست و رواداری‌های مورد نیاز برای ورق محافظ ۶۶
جدول ۳-۹- حداقل مشخصات، روش تست و رواداری‌های مورد نیاز برای ورق غشاء آب‌بند کننده ژئممبران ۶۸
جدول ۳-۱۰- حداقل مشخصات، روش تست و رواداری‌های اضافی برای ورق غشاء آب‌بند کننده ژئممبران تحت شرایط دمایی بالا ۷۳
جدول ۳-۱۱- حداقل مشخصات، روش تست و رواداری‌های ژئممبران لمینیت شده با لایه محافظ ۷۴
جدول ۳-۱۲- حداقل مشخصات، روش تست و رواداری‌های برای انواع واتراستاپ پروفیلی ۷۶
جدول ۳-۱۳- رواداری‌های اتصال واتراستاپ پروفیلی به ژئممبران ۸۰
جدول ۳-۱۴- واتراستاپ خارجی – عرض ۵۰ سانتیمتر ۸۱
جدول ۳-۱۵- انواع و تعداد بازرسی‌های کارگاهی برای جوش لب به لب با کانال تست هوا ۸۷
جدول ۳-۱۶- انواع و تعداد بازرسی‌های کارگاهی برای جوش لب به لب بدون کانال تست هوا ۸۷
جدول ۳-۱۷- دوره زمانی و انواع بازرسی انطباق کارخانه‌ای روی مصالح زهکش ۹۳
جدول ۳-۱۸- دوره زمانی و انواع بازرسی انطباق کارگاهی روی مصالح زهکش ۹۳
جدول ۳-۱۹- دوره زمانی و انواع بازرسی اصالت محصول روی مصالح زهکش ۹۳
جدول ۳-۲۰- دوره زمانی و انواع بازرسی انطباق کارخانه‌ای روی مصالح لایه محافظ ۹۴
جدول ۳-۲۱- دوره زمانی و انواع بازرسی انطباق کارگاهی روی مصالح لایه محافظ ۹۴
جدول ۳-۲۲- دوره زمانی و انواع بازرسی اصالت محصول روی مصالح لایه محافظ ۹۵
جدول ۳-۲۳- دوره زمانی و انواع بازرسی انطباق کارخانه‌ای روی ورق محافظ برای سازه زیرزمینی ۹۵
جدول ۳-۲۴- دوره زمانی و انواع بازرسی انطباق کارگاهی روی ورق محافظ برای سازه زیرزمینی ۹۵
جدول ۳-۲۵- دوره زمانی و انواع بازرسی اصالت محصول روی ورق محافظ برای سازه زیرزمینی ۹۶
جدول ۳-۲۶- دوره زمانی و انواع بازرسی انطباق کارخانه‌ای روی لایه ژئممبران ۹۷
جدول ۳-۲۷- دوره زمانی و انواع بازرسی انطباق کارگاهی روی لایه ژئممبران ۹۷
جدول ۳-۲۸- دوره زمانی و انواع بازرسی اصالت محصول روی لایه ژئممبران ۹۷
جدول ۳-۲۹- دوره زمانی و انواع بازرسی انطباق کارخانه‌ای روی لایه ژئممبران لمینیت شده ۹۸
جدول ۳-۳۰- دوره زمانی و انواع بازرسی انطباق کارگاهی روی لایه ژئممبران لمینیت شده ۹۸
جدول ۳-۳۱- دوره زمانی و انواع بازرسی اصالت محصول روی لایه ژئممبران لمینیت شده ۹۹
جدول ۳-۳۲- دوره زمانی و انواع بازرسی انطباق کارخانه‌ای روی واتراستاپ‌های پروفیلی ۹۹

omoorepeyman.ir

جدول ۳-۳۳- دوره زمانی و انواع بازرسی انطباق کارگاهی روی واتراستاپ‌های پروفیلی ۹۹
جدول ۳-۳۴- دوره زمانی و انواع بازرسی اصالت محصول روی واتراستاپ‌های پروفیلی ۱۰۰
جدول ۳-۳۵- چک لیست طراحی و اجرا سیستم آب‌بندی به روش غشاء ژئوممبران ۱۰۱
جدول ۴-۱- رنج تغییرات نفوذپذیری در انواع خاک مختلف در صورت عدم وجود اطلاعات کافی ۱۰۹
جدول ۵-۱- روند تشخیص ترک فعال و غیر فعال ۱۲۲
جدول ۵-۲- انتخاب روش ترمیمی برای ترک‌های فعال ۱۲۲
جدول ۵-۳- انتخاب روش ترمیمی برای ترک‌های نهفته ۱۲۳
جدول ۵-۴- محدودیت‌های ایجاد پل در ترک برای عایق درجا ریز سیمانی با توجه به کلاسه‌بندی عایق ۱۲۴
جدول ۵-۵- رواداری‌های کلی پوشش‌های ضخیم قیری اصلاح شده با پلیمر ۱۲۷
جدول ۵-۶- رواداری مصالح سیمانی بر اساس نحوه عملکردشان ۱۲۸
جدول ۵-۷- رواداری‌های کلی بهره‌مندی از مصالح پوشش‌های سیمانی چند جزئی ۱۳۱
جدول ۶-۱- ترک برداشت‌ها و آزمایشات پایه جهت تکمیل اطلاعات ۱۴۴
جدول ۶-۲- ترک، بررسی و تست‌های ثانویه جهت تکمیل اطلاعات ۱۴۵
جدول ۶-۳- درزها، بررسی و تست‌های اولیه ۱۴۵
جدول ۶-۴- درزها، بررسی و تست‌های ثانویه جهت تکمیل اطلاعات ۱۴۵
جدول ۶-۵- حفره‌ها، بررسی و تست‌های اولیه ۱۴۶
جدول ۶-۶- حفره‌ها، بررسی و تست‌های ثانویه جهت تکمیل اطلاعات ۱۴۶
جدول ۶-۷- آب‌بندی سطحی، بررسی‌های اولیه و آزمایشات ۱۴۶
جدول ۶-۸- شرح وضعیت رطوبت پس از آزمایشات و مشاهدات صورت گرفته ۱۴۶
جدول ۶-۹- محل کاربرد توصیه شده برای هر یک از مواد تزریق جهت پرکردن ترک و حفرات ۱۴۷
جدول ۶-۱۰- محل کاربرد توصیه شده برای هر یک از مواد تزریق جهت پرکردن درزها ۱۴۸
جدول ۶-۱۱- الزمات مورد نیاز برای مواد تزریق متورم شونده برای پرده آب‌بند ۱۴۹
جدول ۶-۱۲- وابستگی قطر و طول شلنگ تزریق براساس مصالح تزریق ۱۵۰
جدول ۶-۱۳- ماتریس تصمیمگیری برای انتخاب گروت ۱۵۸
جدول ۶-۱۴- مشخصات فنی لازم جهت مصالح تزریق متورم شونده جهت آب‌بندی ترکها ۱۶۳
جدول ۶-۱۵- رواداری کلی مصالح تزریق برپایه واکنش پلیمری پوزولانی ۱۶۴
جدول ۶-۱۶- رواداری کلی مصالح تزریق پزولان هیدرولیکی ۱۶۴
جدول ۶-۱۷- رواداری مصالح تزریق متورم شونده مورد استفاده جهت آب‌بندی ۱۶۵

omoorepeyman.ir

فصل ۱

کلیات

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۱-۱- اهداف

هدف این نشریه ارائه معیارها و ضوابط طراحی، اجرایی و کنترلی است که با رعایت آنها شرایط ایمن، قابلیت بهره‌برداری و پایایی (دوام) ایستگاه‌های زیرزمینی و تونل مترو شهری از منظر زهکشی و ایزولاسیون فراهم می‌شود.

۱-۲- دامنه کاربرد

دامنه کاربرد این نشریه به شرح موارد ذیل ارائه می‌گردد:

الف) ضوابط و توصیه‌های این نشریه باید در طراحی، انتخاب و تعیین مواد و مصالح اجراء و کنترل‌های سیستم آب‌بندی و زهکشی ایستگاه و تونل‌های شهری رعایت شود. ضوابط و توصیه‌های ارائه شده جهت طراحی، اجرا و کنترل کیفی انواع سیستم‌های آببندی و زهکشی شامل سیستم آب‌بندی و نم‌بندی به وسیله غشاء ژئوممبران، زهکشی، سیستم‌های غشائی مایع و پاششی و تزریق می‌باشد. لازم به ذکر است که ضوابط کلی مشخصات سیستم آب‌بندی در قطعات پیش ساخته بتنی تونل (TBM) و سازه آببند در نشریه ضوابط طراحی مسیر قطار شهری ارائه شده است.

ب) در مواردی که ضوابط این نشریه دارای ابهام یا سکوت باشد، توصیه آیین‌نامه‌های بین‌المللی معتبر ملاک عمل خواهد بود.

۱-۳- مقدمه

ساخت و احداث ایستگاه تونل شهری، در شرایط وجود آب همواره جزو اولین دغدغه طراحان، پیمانکاران و بهره‌برداران می‌باشد. احداث این نوع از سازه‌های زیرزمینی در شرایط خشک، ایمنی بیشتری داشته و رعایت حداقل ضوابط آب‌بندی و زهکشی جهت نم‌بندی کافی می‌باشد. در شرایط وجود آب، سازمان‌ها و ارگان‌های بین‌المللی در ساخت سازه تونل و ایستگاه‌ها معیارهای سخت‌گیرانه‌ای جهت عدم نفوذ آب در نظر گرفته‌اند.

در این فصل به اهمیت آب‌بندی و خطرات ناشی از ورود آب و رطوبت به این نوع سازه‌های زیرزمینی اشاره شده است. در ادامه عوامل موثر در طراحی سیستم‌های آب‌بندی، روش ساخت و ساز، شرایط سازه اصلی مسیر تونل قطار شهری و ایستگاه‌ها و همچنین انواع روش‌های آب‌بندی بررسی خواهد شد. ملاحظات و رواداری‌های سیستم‌های آب‌بندی طراحی شده باید در زمان‌های قبل ساخت، حین ساخت، بهره‌برداری و تعمیر و نگهداری منظور گردیده تا خللی در عملکرد سیستم آب‌بندی و زهکشی ایجاد نشود. لازم به ذکر است که سیستم آببندی باید قابلیت ترمیم شدگی را داشته باشد.

omoorepeyman.ir

۱-۴- اهمیت آب‌بندی در ایستگاه‌ها و مسیر زیرزمینی قطار شهری

با گسترش شهرها و جمعیت مناطق شهری، مشکلات ناشی از ازدحام و تراکم افراد از یک سو و نیاز به گسترش خدمات حمل و نقل ریلی از سوی دیگر، منجر به استفاده از فضای زیرزمینی شده است. از مزایای قطار شهری زیرزمینی می‌توان به حجم بالای جابجایی مسافر، عدم تداخل با سازه‌های سطحی، عمر مفید نسبتاً بالا، کاهش آلودگی و... اشاره نمود. به دلیل اهمیت زیاد مسیر زیرزمینی تونل‌ها و ایستگاه‌های قطار شهری، باید به بحث ایزولاسیون سازه‌های قطار شهری توجه ویژه ای کرد زیرا نفوذ آب و رطوبت به داخل جسم (ساختار) اعضاء بیرونی (پیرامونی) سازه‌های قطار شهری یا نشت آب و رطوبت به داخل محیط داخلی تونل و ایستگاه‌ها می‌تواند باعث کاهش راندمان، کاهش عمر سرویس‌دهی اعضاء سازه‌ای یا ایجاد مشکلات جبران‌ناپذیر (مثل ایجاد اشکال جدی در تاسیسات برقی به دلیل نشت آب به داخل ایستگاه) شود. به طور کلی، آب و رطوبتی که در تماس با سطوح خارجی اعضاء بتنی بیرونی (پیرامونی) سازه‌های قطار شهری قرار می‌گیرد می تواند ناشی از نفوذ آبهای سطحی به داخل خاک (مثل آبهای ناشی از بارندگی، آبیاری درختان و گیاهان، آبیاری زمین‌های کشاورزی نزدیک سازه و...)، وجود سفره آب زیرزمینی، وجود منابع آب در نزدیکی سازه مانند رودخانه، دریاچه و دریا، نشت آب از لوله‌های فاضلاب نزدیک سازه و... باشد.

انواع خرابی‌هایی که ممکن است بر اثر وجود آب در اطراف سازه‌های زیرزمینی به وجود آید شامل موارد زیر می‌باشد. درباره این خرابی‌ها و کلیه عواملی که باعث کاهش دوام بتن در طول عمر سرویس‌دهی سازه‌های زیرزمینی قطار شهری می‌شوند در نشریه «ضوابط ساخت سازه‌های بتنی قطار شهری توسط بتن‌های آب‌بند و با دوام» به تفصیل صحبت شده است:

- نفوذ آب به ساختار بتن سخت شده اعضاء بیرونی سازه‌ها و در نتیجه کاهش دوام بتن اعضاء در اثر مکانیسم‌های مختلف و کاهش ظرفیت باربری اعضاء؛
- نفوذ آب از طریق ترک‌های موجود در بتن اعضاء بیرونی سازه‌ها و در نتیجه کاهش دوام بتن اعضاء در اثر مکانیسم‌های مختلف یا نشت آب به فضای داخلی سازه‌ها؛
- ایجاد شرایط مرطوب یا خیس در فضای داخلی سازه‌ها به دلیل نشت آب از اعضاء بیرونی (پیرامونی) به داخل و ایجاد مشکلات مختلف به خصوص برای تاسیسات برقی و الکترونیکی؛

هدف از آب‌بندی سازه‌های بتنی قطار شهری (ایستگاه‌ها و تونل)، ایجاد سیستمی است که به وسیله آن بتوان از ورود آب و رطوبت به داخل جسم (ساختار) اعضاء بیرونی (پیرامونی) سازه‌ها جلوگیری کرد. منظور از سیستم، مجموعه‌ای از مواد، مصالح، وسایل، تجهیزات و روش‌هایی است که با به کار بردن همه آنها بتوان به هدف یا اهداف مورد نظر از منظر آب‌بندی دست پیدا کرد. هر سیستم آب‌بندی خاص، شامل مواد و روش‌های خاصی است که با به کار بردن آنها می‌توان سازه را به طور کامل آب‌بند کرد.

omoorepeyman.ir

۱-۵- معرفی انواع روش‌های آب‌بندی

۱-۵-۱- مقدمه

جهت آب‌بندی انواع سازه‌های بتنی، مواد و روش‌های آب‌بندی مختلفی وجود دارد. در این بخش به معرفی انواع مواد و روش‌های مورد استفاده جهت آب‌بندی انواع سازه‌های زیرزمینی در معرض آب پرداخته و از بین تمام این روش‌ها، روش ها و موادی که توسط آنها می‌توان سازه‌های زیرزمینی قطار شهری را آب‌بند نمود مشخص می‌شود. باید به این نکته توجه شود که برای ساخت سازه‌های بتنی قطار شهری، تنها باید از روش‌هایی که در این آیین‌نامه جهت آب‌بندی این سازه‌ها به طور خاص معرفی و مشخص می‌شوند استفاده کرد.

به طور کلی انواع روش‌های آب‌بندی به چهار دسته تقسیم‌بندی می‌شوند:

- روش الف- آب‌بندی توسط اجراء لایه (غشاء) آب‌بند[۱]؛
- روش ب- آب‌بندی توسط سازه آب‌بند[۲]؛
- روش ج- آب‌بندی توسط اجراء سیستم زهکشی داخلی[۳] ویا آبزدایی محدوده سازه زیرزمینی[۴]؛
- روش د- روش‌های ترکیبی (ترکیبی از دو یا سه روش قبل، مثل روش ترکیبی الف و ب، روش ترکیبی الف و ج، روش ترکیبی ب و ج، روش ترکیبی الف و ب و ج)؛

۱-۵-۲- روش الف- آب‌بندی توسط اجراء لایه (غشاء) آب‌بند

لایه (غشاء) آب‌بند، لایه‌ای است نفوذناپذیر یا با نفوذپذیری خیلی کم به ضخامت چند میلیمتر که به طور کامل یا به مقدار خیلی زیاد مانع از عبور آب و رطوبت و در نتیجه مانع رسیدن آب به اعضاء بتنی سازه‌ها می‌شود. به طور کلی، لایه‌های آب‌بند بر اساس محل قرارگیری آنها در اعضاء سازه‌ای می‌توانند به دو روش مختلف اجرا شوند (شکل ۱-۱):

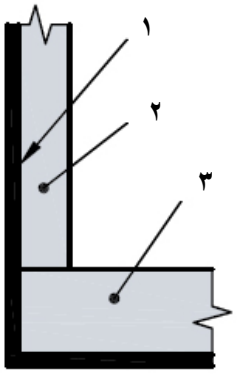
- روش الف-۱- لایه آب‌بند خارجی[۵]: در این روش، لایه (غشاء) آب‌بند بر روی سطوح خارجی (بیرونی) اعضاء بتنی (سطوحی از اعضاء که در طول عمر سرویس‌دهی سازه در تماس مستقیم با آب و رطوبت هستند) اجرا می‌شود.
- روش الف-۲- لایه آب‌بند داخلی[۶]: در این روش، لایه (غشاء) آب‌بند بر روی سطوح داخلی اعضاء بتنی سازه‌ها اجرا می‌شود و بعضاً این لایه آب‌بند به صورت نمای تمام شده کار بر روی سطوح داخلی اعضاء بتنی باقی می ماند.

---

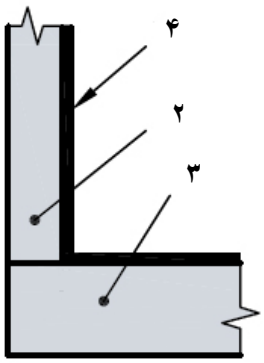
[۱] Barrier protection
[۲] Structurally integral protection
[۳] Drained protection
[۴] Dewatering
[۵] External
[۶] Internal

omoorepeyman.ir

لازم به ذکر است که روش اجرای ساندویچی (میانی) به دلیل عدم دسترسی و ترمیم‌پذیری ممنوع می باشد.



روش الف-۱ : لایه آب‌بند خارجی



روش الف-۲ : لایه آب‌بند داخلی

۱) لایه آب‌بند خارجی
۲) عضو بتنی عمودی (مثل دیوار)
۳) عضو بتنی افقی (مثل فونداسیون)
۴) لایه آب‌بند داخل

شکل ۱-۱- انواع روش‌های اجرای لایه (غشاء) آب‌بند مانع نفوذ آب

۱-۵-۲-۱- انواع مواد و مصالح روش الف

انواع مواد و مصالح مورد استفاده جهت اجراء لایه (غشاء) آب‌بند شامل موارد زیر می‌باشد که در ادامه، توضیحاتی درباره هر یک ارائه خواهد شد:

- **آب‌بند کننده‌های ورقه‌ای[۱]**

این نوع از آب‌بند کننده‌ها به صورت ورقه‌های انعطاف‌پذیر هستند که در بسته‌بندی‌های لوله شکل (به صورت رول) در عرض‌های مختلف ارائه شده و بر روی سطوح کار به صورت اجرا قبل از اجراء سازه اصلی۲ و یا اجرا پس از اجراء سازه اصلی۳ نصب می‌شوند. این آب‌بند کننده‌ها به دو دسته کلی پایه قیری و پایه پلیمری تقسیم‌بندی می‌شوند. لازم به ذکر است که با توجه به مشخصات مورد نیاز از این ورق‌ها امکان بهره‌مندی ترکیبی هم (نظیر قیر اصلاح شده با پلیمر) نیز وجود دارد.

- **آب‌بندکننده‌های پایه قیر[۴]**

این آب‌بند کننده‌های ورقه ای به صورت کاملا چسبیده به سطح کار بوده و بر حسب روش چسباندن آنها به دو دسته تقسیم‌بندی می‌شوند: ۱- آب‌بند کننده‌های ورقه‌ای از جنس قیر که سطوح پشت آنها توسط مشعل حرارت داده شده تا

[۱] Sheet Membranes
[۲] Pre-applied
[۳] Post-applied
[۴] Bituminous base

omoorepeyman.ir

نرم و چسبنده شوند و سپس به سطح زیرکار چسبانده می‌شوند. این آب‌بند کننده‌ها به صورت گرم اجرا[۱] می‌شوند. ۲- آب‌بند کننده‌های ورقه‌ای از جنس قیر که سطوح پشت آنها دارای چسب آماده می‌باشد و با کندن پلاستیک محافظ از روی چسب، می‌توان آنها را بر روی سطوح مختلف چسباند. این آب‌بند کننده‌ها به صورت سرد اجرا[۲] بوده و به آنها در اصطلاح «خود چسب» گویند.

- **آب‌بندکننده‌های پایه پلیمری (ژئوممبران‌ها[۳])**

این آب‌بند کننده‌های ورقه‌ای از جنس پلیمرهای مصنوعی بوده و از نظر جنس ماده تشکیل دهنده انواع مختلفی داشته و در نتیجه مشخصات فیزیکی و شیمیایی و همچنین دوام آنها متفاوت است. این آب‌بند کننده‌ها را در اصطلاح «ژئوممبران» هم گویند. این عایق‌ها به صورت رول مانند، در عرض‌ها و ضخامت‌های مختلف تولید می‌شوند. پلیمرهای اصلی تشکیل دهنده ژئوممبران‌ها به چهار دسته کلی پلی‌اتیلن (PE)، پلی وینیل کلراید یا پی‌وی‌سی (PVC)، پلی‌پروپیلن (PP) و ای‌پی‌دی‌ام (EPDM[۴]) تقسیم می‌شوند که در ادامه، درباره هر یک به طور مختصر توضیح داده خواهد شد:

- **ژئوممبران از جنس پلی‌اتیلن (PE)**

به طور کلی سهم ژئوممبران پلی‌اتیلنی به میزان تولید و مصرف نسبت به سایر پلیمرها بسیار بیشتر است. ژئوممبران‌های پلی‌اتیلنی در سه نوع عمده با چگالی زیاد[۵]، با چگالی کم[۶] و با چگالی خیلی کم[۷] تولید می‌گردند. هرچه چگالی پلی‌اتیلن کاهش یابد مقاومت کششی و شاخص سختی ژئوممبران نیز کاهش یافته و در اصطلاح ژئوممبران نرم‌تر و انعطاف‌پذیرتر می‌شود. ژئوممبران‌های چگالی زیاد و چگالی کم عمدتاً در استخرهای کشاورزی مورد استفاده قرار می گیرند به این ترتیب که ژئوممبران‌های چگالی کم در استخرهای کشاورزی که گوشه‌های تیز بیشتری دارند و یا اختلاف دمای شب و روز زیادی دارند مورد استفاده قرار گرفته و ژئوممبران چگالی زیاد در استخرهای با زوایای کندتر و نیاز به مقاومت بالا در برابر مواد خورنده مصرف می‌شوند. ژئوممبران‌های چگالی خیلی کم غالباً در آب‌بندی تونل‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. استفاده از ژئوممبران‌های پلی‌اتیلنی تخت (به صورت ورقه‌های بدون وجود برجستگی بر روی سطح آنها) در پروژه‌های عمرانی به دلیل ضریب انبساط حرارتی بسیار زیاد این نوع پلیمر، در محیط‌های با اختلاف دمای زیاد در زمان بهره‌برداری به علت ایجاد چین‌خوردگی و چروک‌های متعدد در ژئوممبران توصیه نمی‌شود که این مسئله از عمر بهره برداری مفید آن به شدت می‌کاهد.

---

[۱] Hot-applied

[۲] Cold-applied

[۳] Geomembranes

[۴] Ethylene Propylene Diene Monomer = EPDM

[۵] High-Density Polyethylene = HDPE

[۶] Low-Density Polyethylene = LDPE

[۷] Very Low-Density Polyethylene = VLDPE

omoorepeyman.ir

- **ژئوممبران از جنس پی‌وی‌سی (PVC[۱])**

پی‌وی‌سی مخفف پلیمر پلی وینیل کراید می‌باشد که با اضافه کردن موادی به آن در هنگام تولید، ساختاری نرم و انعطاف‌پذیر بدست می‌آورد. این پلیمر با داشتن انعطاف‌پذیری[۲]، سختی و ضریب انبساط حرارتی مناسب و همچنین دوام و مقاومت در برابر سوراخ شدگی و مقاومت در برابر مواد شیمیایی معمول، بیشترین مصرف را در آب‌بندی سازه‌های زیرزمینی که لایه PVC به طور مستقیم در معرض تابش آفتاب نیستند، دارد.

شکل ۱-۲- استفاده از ژئوممبران PVC در مسیر تونل قطار شهری

- **ژئوممبران از جنس پلی پروپیلن (PP)**

این نوع از ژئوممبران‌ها هم به لحاظ مشخصات فنی و هم به لحاظ شاخص نرمی جهت استفاده در سازه‌های زیرزمینی بسیار مناسب است ولی به دلیل قیمت بسیار زیاد آنها معمولاً در پروژه‌های خاص مورد استفاده قرار می‌گیرند.

- **ژئوممبران از جنس ای‌پی‌دی‌ام (EPDM [۳])**

عمده مصرف این نوع مصالح در کفی کفش‌ها، واشرها و لاستیک اتومبیل می‌باشد. مقاومت کم نظیر این پلیمر در برابر سایش باعث شده این نوع ژئوممبران‌ها نیز در پروژه‌های خاص مورد استفاده قرار گیرند.

- **آب‌بند کننده‌های غشائی مایع[۴]**

این مواد دارای خاصیت چسبندگی زیاد داشته و به صورت مایع (درجاریز) بر روی سطح کار اجرا شده و پس از عمل آوری نهایی و خشک شدن، باعث آب‌بندی سطوح می‌شوند. ذکر این نکته حائز اهمیت است که این نوع از آب‌بندکننده‌ها

---

[۱] Polyvinyl chloride

[۲] Flexibility

[۳] Ethylene Propylene Diene Monomer = EPDM

[۴] Liquid- applied membranes

omoorepeyman.ir

در شرایط فشار منفی آب به دلیل احتمال رخداد بلندشدگی و جداشدگی غشاء آب‌بند از سازه اصلی تحت شرایط خاص تحمل فشار توسط اجزاء دیگر توصیه می‌شود.

شکل ۱-۳- نمایی از آب‌بند کننده غشائی مایع

- **غشاء با هسته فعال[۱]**

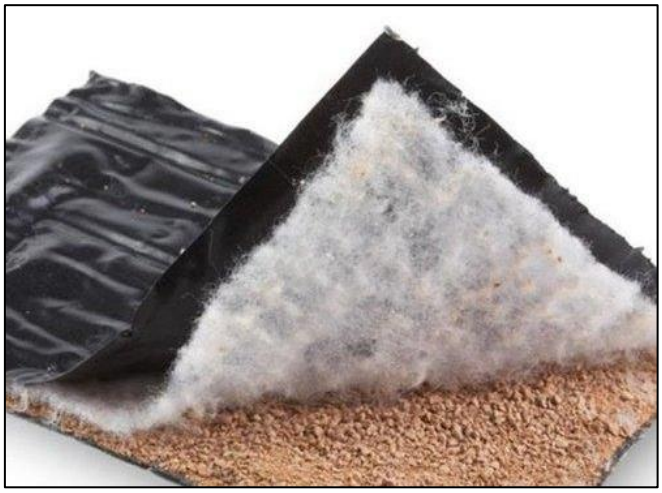
عملکرد این نوع از غشاءها بواسطه فعال شدن هسته غشاء در زمان برخورد با آب می‌باشد. اجزاء تشکیل دهنده این غشاء شامل هسته فعال بنتونیتی خشک یا پیش هیدراته و یا پلیمری خاص که در یک لایه تک یا دولایه ژئوتکستایل و یا ژئوممبران با چگالی سنگین محبوس شده است. یک نمونه پر کاربرد این غشاء به GCL[۲] نیز معروف هستند که شامل دو لایه ژئوتکستایل بافته و نابافته و بنتونیت می‌شود. دو لایه بالایی و پایینی ژئوتکستایل و لایه بنتونیت میانی توسط دوختن با نخ‌های خاص یا دوختن با سوزن‌های خاص (منگنه‌زنی) به هم متصل و یکپارچه می‌شوند. گاهی نیز به جای روش دوختن، لایه بنتونیتی توسط چسب به لایه‌های ژئوتکستایل متصل می‌شود. این نوع عایق به صورت ورقه‌های لوله‌ای شکل (به صورت رول) بسته‌بندی و عرضه می‌شود. لایه‌های بالایی و پایینی ژئوتکستایل مقاومت زیادی را در برابر خرابی، پارگی یا تجزیه شدن در برابر عوامل فیزیکی و شیمیایی ایجاد می‌کنند. هنگامی که رطوبت یا آب به عایق GCL و در نتیجه به لایه بنتونیت میانی می‌رسد، بنتونیت با آب واکنش داده و مقداری متورم می‌شود و یک لایه آب‌بند را ایجاد می‌کند که باعث کاهش شدید نفوذپذیری ورق GCL می‌شود. باید به این نکته مهم توجه کرد که عایق GCL باید به گونه‌ای اجرا شود که حتما بین دو وجه از سازه به صورت کاملا محبوس باقی بماند تا هنگامی که آب به آن می‌رسد و متورم می‌شود، فضای بین دو وجه را که در آن قرار گرفته پر کند. در پروژه‌های قطار شهری، استفاده از عایق آب‌بند کننده GCL جهت

[۱] Active core liners

[۲] GEOSYNTHETIC CLAY LINER

omoorepeyman.ir

آب‌بندی سازه تونل مجاز نمی‌باشد زیرا نمی‌توان در تمام قسمت‌های تونل حالت محبوس شدگی کامل را برای عایق GCL فراهم کرد. استفاده از این عایق در سازه‌های ایستگاه‌های مترو تنها در صورتی مجاز است که از سایر روش‌های آب‌بندی مجاز برای پروژه‌های قطار شهری (مانند سازه آب‌بند) نیز به عنوان روش مکمل استفاده شود. در این حالت باید پس از نصب عایق GCL بر روی سطوح، بتن‌ریزی به صورت مستقیم بر روی آن انجام شود تا محبوس شدگی و چسبندگی کامل فراهم گردد. لازم به ذکر است که استفاده از GCL در سطوح قائم مستلزم عدم حرکت بنتونیت بر اثر گرانش می‌باشد که باید این مسئله در تولید این محصول برای این کاربری مد نظر قرار گیرد. همچنین به دلیل فلسفه عملکردی این نوع مصالح، بهره‌مندی از آن در کنار لایه زهکش (که فضای خالی ایجاد می نماید) ممنوع می‌باشد.



شکل ۱-۴- نمایی از GCL

- **آسفالت ماستیک**[۱]

توده‌ای متراکم شامل مصالح سنگدانه، ماسه، مصالح ریزدانه سنگ آهک، پرکننده‌ها، قیر (به همراه افزودنی) می‌باشد. سنگدانه‌های معدنی از حفرات کمی تشکیل شده‌اند که پزولان‌ها و پرکننده‌ها در فضاهای خالی حفرات را پر می‌کنند و به وسیله ماده چسبی (قیر) به هم پیوسته شده‌اند. آسفالت ماستیک یک ماده روان با قابلیت گسترش در شرایط دمایی بالا می‌باشد که نیازی به تراکم و قالب‌بندی ندارد. در استانداردهای آب‌بندی توصیه شده است که جهت عملکرد بهتر ایزولاسیون در سه لایه پوشش اجرا شوند.

[۱] Mastic asphalt

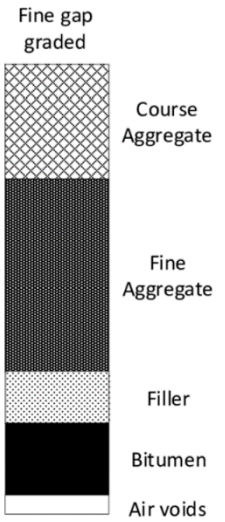
omoorepeyman.ir

شکل ۱-۵- آسفالت ماستیک

انواع آسفالت ماستیک به شرح ذیل می‌باشد:

- **آسفالت ماستیک ریزدانه**

در ساخت این نوع آسفالت ماستیک، بخش اعظمی از اجزاء تولیدی آن از مصالح ریزدانه جهت کاهش نفوذپذیری استفاده شده است که کاربرد اصلی این نوع آسفالت ماستیک بعنوان لایه ایزولاسیون می‌باشد.



الف) یک نمونه طرح اختلاط

ب) نمونه اجرایی آسفالت ماستیک ریزدانه

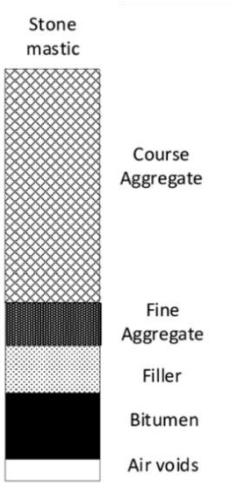
شکل ۱-۶- آسفالت ماستیک ریزدانه

- **آسفالت ماستیک درشت دانه**

در ساخت این نوع آسفالت ماستیک، علاوه بر اجزاء مصالح ریزدانه از مصالح درشت‌دانه در تولید آن استفاده شده است که کاربرد اصلی این نوع آسفالت ماستیک بعنوان لایه ایزولاسیون، لایه محافظتی و لایه‌های ترافیکی راه می‌باشد.

omoorepeyman.ir

ب) نمونه اجرایی آسفالت ماستیک درشت دانه



الف) یک نمونه طرح اختلاط

شکل ۱-۷- آسفالت ماستیک درشت‌دانه

- **غشاء پایه سیمان کریستال شونده[1]**

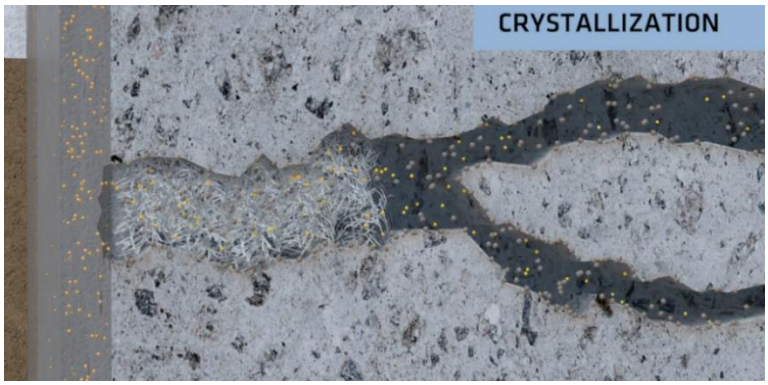
در ترکیب اصلی این ماده آب‌بند سیمان پرتلند، ماسه سیلیسی ریزدانه و مواد شیمیایی خاصی وجود دارد و این ماده توسط کارخانه‌های سازنده به صورت پودری ارائه می‌شود. هنگامی که پودر این ماده با مقدار مناسبی آب مخلوط می‌شود، دوغابی بدست می‌آید که می‌توان آن را توسط قلم مو، برس، غلتک و پاشش توسط پیستوله بر روی سطوح بتنی از پیش مرطوب شده اجرا کرد. وقتی این ماده آب‌بند بر روی سطح بتن اجرا می‌شود، مواد شیمیایی خاص موجود در آن با بلورهای هیدروکسید کلسیم ($Ca(OH2)$) موجود در ساختار خمیر سیمان سخت شده سطح بتن و همچنین ملکول‌های آب، ترکیب شده و بلورهای (کریستال‌هایی) را ایجاد می‌کنند که با رشد خود باعث کاهش قابل توجه یا مسدود شدن کامل منافذ مویینه سطح بتن و همچنین ترک‌های مویین موجود در سطح بتن شده و در نتیجه نفوذپذیری بتن از آن سطح را کاهش می‌دهند. این ماده آب‌بند دوغابی باید در چند لایه (چند دست) بر روی سطح بتن اجرا شود تا ضخامت مناسبی از آن بر روی بتن تشکیل شده و پوشش قابل قبولی را ایجاد کند. باید به این نکته توجه کرد که این ماده آب‌بند قادر است تا با ایجاد بلورهای حجیم منافذ مویینه و ترک‌های مویین لایه‌های سطحی بتن را تا حدودی یا به طور کامل پر کند، اما قادر نیست که به مقدار زیادی به درون ساختار بتن سخت شده نفوذ کند و با ایجاد بلورهای حجیم تمام این قسمت را مسدود و آب‌بند کند. با توجه به اینکه برخی از تولیدکنندگان این ماده آب‌بند برای آن از اصطلاح «نفوذگر» استفاده می‌کنند، باید دقت کرد که قابلیت نفوذ این ماده به داخل ساختار بتن سخت شده، بر خلاف برخی تبلیغات تولیدکنندگان، زیاد و قابل توجه نیست.

[1] Cementitious crystallization coatings

omoorepeyman.ir

الف) نمایی از ترک در بتن

ب) اجرای غشاء کریستال‌ساز روی دیواره (سمت چپ بر روی سطح)



ج) فعال شدن عایق درجا ریز در اثر تماس با آب و شروع واکنش شیمیای با آن (کریستال‌سازی)

د) اتمام واکنش کریستال‌سازی و آب‌بند شدن ترک

شکل ۱-۸- روند عملکرد عایق‌های درجا ریز سیمانی کریستال‌ساز

omoorepeyman.ir

در پروژه‌های قطار شهری، ماده آب‌بند کننده مایع بر پایه سیمان و مواد بلوری شونده و روش اجرایی آن نباید به عنوان یک سیستم اصلی و تنها جهت نم‌بندی در فشار مثبت آب در سازه‌های تونل و ایستگاه‌ها مورد استفاده قرار گیرد. چنانچه این ماده بر روی سطوح بیرونی اعضاء بتنی اجرا شود و قرار باشد تا پشت این اعضاء خاکریزی شود (مثل وجوه کناری فونداسیون)، جهت جلوگیری از خراشیده شدن یا کنده شدن این ماده از روی سطوح در اثر برخورد خاک با آن، حتما باید پیش از خاکریزی یک لایه محافظ (مثل ورق‌های پلی استایرن) بر روی سطوح بتنی آغشته شده با این ماده آب‌بند قرار داده شود و سپس خاکریزی انجام شود تا خاک درتماس مستقیم با لایه محافظ قرار گیرد، نه در تماس با ماده آب‌بند.

شکل ۱-۹- استفاده از آب‌بند بر پایه سیمان و مواد بلوری شونده در سازه زیرزمینی

- **پوشش‌های سیمانی چند جزئی[1]**

پوشش سیمانی به پوششی اطلاق می‌شود که سیمان پرتلند را به عنوان یکی از اجزای آن تشکیل می‌دهد و توسط یک چسب بر روی سطح نگه داشته می‌شود. با توجه به کاربری این نوع پوشش‌ها جهت آب‌بندی، در ساخت آن از مصالح ارتقاء یافته و افزودنی‌های مختلفی بهره برده می‌شود.

[1] Cementitious multi-coat renders, toppings and coatings

omoorepeyman.ir

شکل ۱-۱۰- نمایی از پوشش سیمانی چند جزئی

۱-۵-۲-۲- ملاحظات پایه ای در روش الف

ملاحضات پایه ای که در روش الف، آب‌بندی غشائی باید رعایت نمود به شرح ذیل می‌باشد. ذکر این نکته حائز اهمیت است که عدم رعایت هر یک از ملاحضات ارائه شده باعث افزایش ریسک عدم کارآیی مناسب این روش جهت مقابله با ورود آب می‌گردد:

- بستر اجرایی در این روش از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد و باید متناسب با نوع مصالح انتخابی رواداری‌های لازم را داشته باشد.
- قابلیت تحمل مناسب در برابر جابجایی سازه، رخداد ترک‌ها در زمان اجرای و بهره‌برداری – میزان تحمل مصالح انتخابی با میزان جابجایی‌های سازه مقایسه گردیده و یک سیستم ترمیمی مناسب جهت رخداد جابجایی‌های بیش از انتظار باید تعبیه گردد.
- خصوصیات هر نوع مصالح که شامل میزان چسبندگی به سازه اصلی، قابلیت اجرا قبل و بعد از سازه اصلی، نحوه اجراء و... باید در طراحی‌ها مد نظر قرارگیرد.
- تأثیرات زیست محیطی در محیط‌های خاکی و آبی
- پیوستگی، یکپارچگی غشاء حتی‌المکان باید از قطع غشاء (ورودی و خروجی لوله‌ها، سیستم ارت و...) خودداری نمود. در صوت لزم اجرای این ناپیوستگی‌ها در ابتدا باید به متمرکز نمودن آنها و ارائه یک جزئیات اجرایی مناسب و افزایش میزان قابلیت ترمیم‌پذیری در این نقاط اقدام نمود.
- چسبندگی غشاءها به سازه اصلی باید به صورت کلی و یا به صورت جزئی و یا به روش تفکیک سطوح به سازه اصلی وجود داشته باشد.

در جدول (۱-۱) اساس بر انواع مصالح اشاره شده و نحوه اجراء، میزان و نحوده چسبندگی ارائه شده است.

omoorepeyman.ir

جدول ۱-۱- انواع مصالح در روش الف

نوع مصالح	توضیحات	چسبندگی	کاربرد
غشاءهای ورقی قبل از اجرای سازه	غشاءهای ورقی مانند که قبل از بتن ریزی اجرا گردید و امکان چسبندگی به سازه اصلی را دارند	تمام چسبنده یا به صورت تفکیک سطوح	جهت جلوگیری از نفوذ آب برای سازه‌هایی که هنوز احداث نشده - اجراء به صورت خارجی
غشاءهای ورقی بعد از اجرای سازه	غشاءهای ورقی که می‌تواند به صورت‌های ذیل اجرا شوند: الف) سرد اجرا (خود چسبنده) ب) گرم اجراء (به وسیله حرارت و یا مواد قیری مذاب) ج) چسبندگی رزینی	تمام چسبنده و یا چسبندگی جزئی	اجرای از سمت خارج پس از اجرای سازه اصلی
غشاءهای مایع	انواع مختلف غشاءهای مایع وجود دارد که به صورت تک جزئی یا دو جزئی تولید می‌شود.	تمام چسبنده	اجرا به صورت خارجی و داخلی پس از اجرای سازه اصلی. در زمان استفاده در درجه داخلی فشار منفی آب باید مدنظر قرارگیرد.
ورق‌های با هسته فعال	هسته فعال متشکل از بنتونیت (و یا دیگر مصالح فعال) که به صورت لمینت شده تک یا دولایه می باشند، غالباً لایه لمینت شده از جنس ژئوتکستایل یا HDPE می باشد. هسته فعال شامل : -بنتونیت خشک -بنتونیت پیش هیدراته شده -هسته‌های فعال تولید شده از پلیمر	تمام چسبنده و یا چسنبدگی جزئی	اجرا به صورت خارجی
آسفالت ماستیک	پوشش‌های چندلایه که به صورت مایع داغ اجرا شوند.	تمام چسبنده و یا چسبندگی جزئی	اجرا به صورت خارجی
پوشش‌های سیمانی کریستال شونده	پوششهای فعال که به داخل ترک‌ها نفوذ نموده و ترک‌های کاپیلاری بسیار ریز را آب‌بندی نماید. می‌توان به صورت ملات، محلول و یا پوشش‌های پودری روی سطح بتن اجرا شوند.	تمام چسبنده	اجرا به صورت خارجی یا داخلی در حالات بتن پس از اجرای سازه اصلی
پوشش‌های سیمانی چند جزئی	پوشش‌هایی که در چند لایه به صورت ملاتی برروی سطح بتن اجرا می‌شود.	تمام چسبنده	اجرا به صورت خارجی و داخلی در حالت پس از اجرای سازه اصلی

۱-۵-۳- روش ب- سازه آب‌بند

یکی از روش‌های مهمی که جهت آب‌بندی سازه‌های زیرزمینی کاربرد دارد استفاده از سازه آب‌بند در ساخت اعضاء مختلف این سازه اصلی می‌باشد. سازه آب‌بند دارای سه رکن اصلی شامل طراحی سازه زیرزمینی از منظر آب‌بندی، آب‌بندی درزها و بتن آب‌بند و با دوام می‌باشد. در طراحی سازه از منظر آب‌بندی لازم است که سازه در اثر فشار آب طراحی، حداقل ضخامت سازه اصلی، میزان تراکم مناسب آرماتورها و کنترل ترک جهت محدودسازی ترک‌ها صورت پذیرد. بتن آب‌بند و با دوام بتن[۱] در طول عمر سرویس‌دهی سازه[۲] (حداقل ۱۰۰ سال) از ارکان مهم می‌باشد. چنانچه بخش‌های مختلف

[۱] Durability

[۲] Service Life

omoorepeyman.ir

سازه‌های بتنی خطوط زیرزمینی مترو در طول عمر سرویس‌دهی سازه از طرف سطوح بیرونی (خارجی) خود در تماس با آب زیرزمینی قرار گیرند، به دلیل اینکه ساختار میکروسکوپی بتن سخت شده دارای منافذ مویینه و احتمالا ترک‌های میکروسکوپی ریز می‌باشد، آب زیرزمینی می‌تواند توسط مکانیسم‌های مختلف وارد منافذ مویینه و ترک‌های میکروسکوپی شده و به جسم بتن نفوذ پیدا کند، سبب آسیب‌های فراوانی گردید و دوام بتن را در طول عمر سرویس‌دهی سازه کاهش دهند. همچنین اگر نفوذ آب به داخل بتن زیاد باشد، ایجاد رطوبت یا نشت آب از سمت سطوح داخلی اعضاء بتنی سازه‌های مترو می‌تواند مشکلات زیادی ایجاد کند. آب توسط مکانیسم نفوذپذیری در اثر فشار هیدروستاتیک آب خارجی[۱] و مکانیسم جذب موئینگی[۲] می‌تواند وارد ساختار بتن سخت‌شده شود. همچنین یون‌های موجود در آب می‌توانند پس از ورود به ساختار بتن سخت شده توسط مکانیسم همرفت[۳] و مکانیسم انتشار[۴] در جسم بتن حرکت کرده و پخش شوند.

به طور کلی، انواع خرابی‌های مرتبط با کاهش دوام سازه‌های بتنی خطوط مترو در طول عمر سرویس‌دهی آنها عبارتند از:

- تبلور نمک‌ها[۵] در منافذ مویینه موجود در سطوح خارجی اعضاء بتنی که در تماس با آب زیرزمینی هستند و تراز آب زیرزمینی در طول زمان و در فصول مختلف سال بالا و پایین می‌رود (سیکل‌های تر و خشک شدن متوالی)؛
- حمله سولفات‌های بیرونی (به تنهایی و بدون وجود یون‌های کلراید)[۶]؛
- ترکیب مکانیسم تبلور نمک‌های سولفاتی و مکانیسم حمله مستقیم سولفات‌های موجود در آب یا خاک در تماس با بتن؛
- خوردگی آرماتورها و قطعات فلزی مدفون در بتن در اثر حمله کلرایدها[۷]؛
- ترکیب مکانیسم حمله سولفات‌ها و حمله کلرایدها؛
- واکنش‌های قلیایی سنگدانه‌های بتن[۸]؛
- وجود ترک در اعضاء بتنی سازه پیش از اعمال بارهای اصلی سازه ای مانند ترک‌های ناشی از جمع شدگی خمیری در بتن تازه، ترک‌های ناشی از نشست بتن تازه، ترک‌های ناشی از جمع شدگی خود به خود، ترک‌های ناشی از جمع شدگی خشک شدن، ترک‌های ناشی از جمع شدگی حرارتی.

---

[۱] Penetration (or Permeability) Mechanism

[۲] Capillary Absorption Mechanism

[۳] Advection

[۴] Diffusion

[۵] Salt Crystallization

[۶] Individual External Sulfate Attack

[۷] Corrosion of Steel Reinforcement

[۸] Alkali-Aggregate Reactions

omoorepeyman.ir

جهت اطمینان از اینکه بتن اعضاء سازه‌های زیرزمینی مترو می‌تواند در طول عمر سرویس‌دهی سازه‌ها (حداقل ۱۵۰ سال) در مقابل کلیه شرایط محیطی آب‌بند و مقاوم بوده و دچار زوال و خرابی نشود، باید الزاماتی را در مرحله (فاز) طراحی و مهندسی[۱] و همچنین مرحله (فاز) ساخت و اجراء[۲] رعایت کرد. از طرف دیگر طراحی و اجراء دقیق و مناسب انواع درزهای مورد نیاز در اعضاء بتنی سازه‌ها (درز انقطلاع[۳]، درز انبساط[۴]، درز انقباض[۵]، درز اجرایی[۶]) و روش صحیح آب‌بندی درزها جزء ارکان اصلی طراحی و ساخت سازه‌های بتنی مترو توسط سازه آب‌بند می‌باشد.

در نشریه حاضر ضوابط مربوط به سازه آببند بحث نخواهد شد و توضیحات جامع و کامل در این زمینه، در نشریه‌ای با نام «ضوابط ساخت سازه‌های بتنی قطار شهری توسط سازه آب‌بند و با دوام» ارائه خواهد شد.

- **ملاحظات کلی در سازه آب‌بند**

به طور خلاصه و یک چک لیست مقدماتی باید ملاحظات ذیل در سازه آب‌بند به دقت بررسی شود:

- طراحی سازه و محدودیت‌های ابعادی
- توانایی تیم اجرایی در تولید، آماده‌سازی و بتن‌ریزی
- کنترل طرح اختلاط در کارخانه تولید بتن
- عمل‌آوری
- استفاده از کیکر در صورت لزوم
- شرایط استراتژیکی و عملیاتی سایت
- شرایط فرمدهی بتن
- نحوده انبار مصالح مصرفی
- شرایط قالب‌بندی، بتن آرماتورها و المان‌های آب‌بند (نظیر واتراستاپ و...)

۱-۵-۴- روش ج – آب‌بندی توسط اجراء سیستم زهکشی

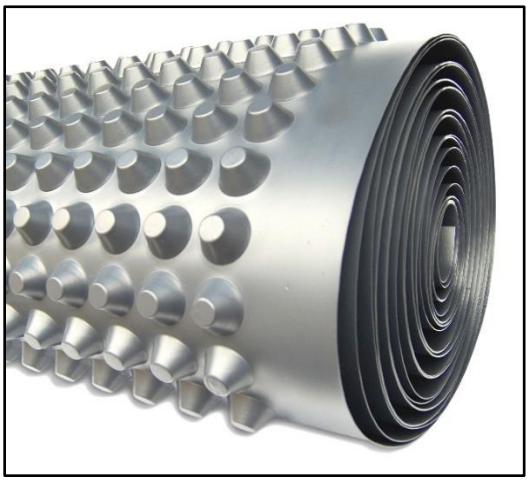
زهکشی به معنی مدیریت آبهای سطحی و زیرزمینی با هدف جمع‌آوری در محلی برای خارج کردن از محیط پیرامون سازه به روش ثقلی یا توسط پمپ مکانیکی (پمپاژ) می‌باشد. قبل از توضیح در مورد انواع سیستم‌های زهکشی، درباره برخی از واژه‌ها و اصطلاحاتی که در این زمینه مورد استفاده قرار می‌گیرند توضیح داده می‌شود:

---

[۱] Engineering Phase
[۲] Construction Phase
[۳] Isolation Joint
[۴] Expansion Joint
[۵] Contraction Joint
[۶] Construction Joint

omoorepeyman.ir

الف) غشاء (لایه) زهکش حفره دار[۱]: نوعی از مصالح پلیمری با چگالی زیاد که دارای حفره‌های ته بسته متعدد (به شکل شانه تخم مرغ) بوده و به صورت رول مانند عرضه می‌شود. این غشاء زهکش دارای قابلیت انعطاف‌پذیری بالا بوده و بعد از نصب روی سطوح، آب اطراف خود را جمع کرده و به سمت بخشی که قرار است آبها را به صورت ثقلی یا توسط پمپ مکانیکی از محیط اطراف سازه دور کند هدایت می‌کند. در شکل‌های (۱-۱۱) و (۱-۱۲) نمونه‌ای از این نوع زهکش نشان داده شده است.



شکل ۱-۱۱- زهکش‌های حفره‌دار – مصالح به صورت رول

شکل ۱-۱۲- زهکش‌های حفره‌دار - اجرا

ب) زهکش‌های سطحی: این نوع از زهکش‌ها برای جمع‌آوری آبهای سطحی ناشی از بارندگی به خصوص در مناطقی که دارای بارندگی‌های قابل توجه می‌باشند مورد استفاده قرار گرفته و شامل کانال‌های روباز کم عمق و المان‌های زهکش سطحی روی دیوار می‌باشند.

[۱] cavity drain membrane

omoorepeyman.ir

شکل ۱-۱۳- نمایی از زهکش سطحی دیواره و کانال

omoorepeyman.ir

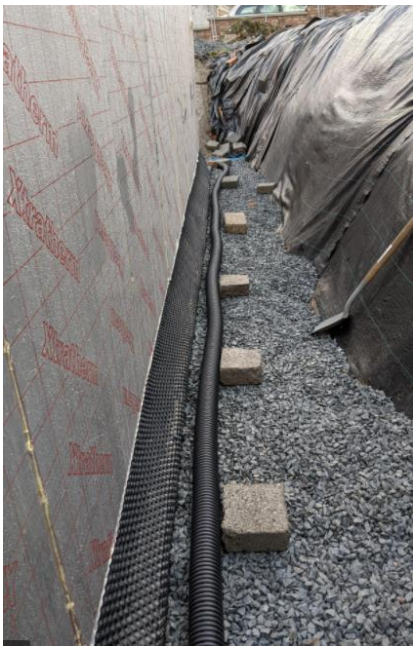
ج) زهکش‌های زیرسطحی (زیرزمینی): این نوع از زهکش‌ها در زیر سطح زمین اجرا شده و به دو صورت افقی و عمودی می‌باشند. در حالت افقی، زهکش به صورت مسیر عبور آب در حالت افقی در زیر سطح زمین بوده (گالری) و در حالت عمودی، زهکش شامل حفر چاه‌های نقطه‌ای[۱]، چاه‌های عمیق[۲]، چاه‌های نقطه‌ای مکنده[۳] می‌باشد.

شکل ۱-۱۴- نمایی از زهکش زیرسطحی - ورودی گالری

[۱] well points
[۲] Deep wells
[۳] Vacuum well points

omoorepeyman.ir

د) زهکش‌های سنتی: این نوع از زهکش‌ها شامل اجراء لایه‌هایی از مصالح طبیعی (مانند شن) جهت زهکشی و هدایت آب می‌باشد.



شکل ۱-۱۵- نمایی از زهکش سنتی – شن‌ریزی پشت دیوار

به طور کلی، سیستم زهکشی سازه‌ها را از نظر نحوه اجرا به دو دسته می‌توان تقسیم کرد:

omoorepeyman.ir

۱-۵-۴-۱- سیستم زهکشی داخلی[۱]

در این سیستم، آب از جسم اعضاء خارجی (پیرامونی) سازه عبور کرده و به سطوح داخلی اعضاء می‌رسد. در این حالت لایه زهکش (به عنوان مثال غشاء زهکش حفره‌دار) که در وجه داخلی اعضاء نصب شده آب را جمع‌آوری کرده و به کانال‌های انتقال‌دهنده آب منتقل می‌کند و سپس آب از طریق این کانال‌ها در یک حوضچه داخلی (سامپ)[۲] جمع‌آوری شده و از آنجا به خارج از سازه منتقل می‌شود. با توجه به اینکه در این روش، آب از جسم و ساختار اعضاء بتنی سازه عبور می‌کند، احتمال ورود یون‌های مهاجم و مواد شیمیایی به داخل ساختار بتن و در نتیجه تاثیر مخرب آنها بر دوام بتن و در نتیجه بر ظرفیت باربری اعضاء در طول عمر سرویس‌دهی سازه وجود دارد. همچنین با توجه به وجود آب در داخل سازه زیرزمینی بعضاً بوی نم و رطوبت نیز حس می‌شود. بر همین اساس استفاده از این سیستم زهکشی در ایستگاه‌ها و مسیر تونل‌های قطار شهری (مترو) ممنوع می‌باشد.

شکل ۱-۱۶- نمایی از سیستم زهکشی داخلی

۱-۵-۴-۲- سیستم زهکشی خارجی (آبزدایی[۳])

در این سیستم، با استفاده از زهکش‌های سطحی، زیرسطحی یا سنتی، تراز آب زیرزمینی در اطراف سازه را پایین آورده تا آب در تماس با سطوح خارجی اعضاء پیرامونی سازه قرار نگیرد. استفاده از این سیستم برای سازه‌هایی که در محیط‌های شهری ساخته می‌شوند، به ویژه ایستگاه‌ها و مسیر تونل قطار شهری (مترو)، دارای محدودیت‌هایی بوده و باید به اثرات نامناسب احتمالی این سیستم زهکشی توجه شود. مهمترین اثرات جانبی این سیستم زهکشی در محیط‌های شهری شامل

[۱] Drainage (Internal)
[۲] Sump
[۳] Dewatering

omoorepeyman.ir

به وجود آمدن نشست‌های تحکیمی در اثر پایین رفتن سطح آب زیرزمینی به ویژه در خاک‌های مسئله‌دار، تاثیرات نامناسب زیست محیطی ناشی از تغییر در تراز آب زیرزمینی و اختلال در فرآیندهای هیدروژئولوژیکی منطقه می‌باشد. بنابراین باید در مرحله (فاز) طراحی و مهندسی پروژه، کلیه این مسایل و آثار سوء احتمالی آنها در زمان ساخت و طول عمر سرویس دهی سازه به طور دقیق و جدی مورد مطالعه قرار گیرد.

لازم به ذکر است که استفاده از این نوع روش زهکشی به صورت موقت (نه دائم) و در مدت زمان کم با هدف ایجاد محیط مناسب برای عملیات اجرایی در حین ساخت و ساز (فاز ساخت پروژه) با بررسی‌های لازم شرایط فوق‌الذکر امکان پذیر می‌باشد.

شکل ۱-۱۷- نمایی از سیستم زهکشی خارجی

۱-۵-۵- روش د - روش ترکیبی جهت آب‌بندی سازه‌ها

گاهی اوقات شرایط محل ساخت سازه، شرایط آبهای سطحی و زیرزمینی اطراف سازه در طول عمر سرویس‌دهی آن و همچنین روش ساخت سازه ایجاب می‌کند تا جهت آب‌بندی آن سازه از ترکیب دو یا سه روش کلی آب‌بندی ذکر شده در قبل یعنی روش آب‌بندی توسط اجراء لایه (غشاء) آب‌بند، روش آب‌بندی توسط استفاده از سازه آب‌بند، و روش سیستم زهکشی استفاده شود. استفاده از روش ترکیبی، اطمینان و دوام بیشتری را در آب‌بندی سازه‌ها ایجاد کرده و باعث به حداقل رسیدن مشکلات ناشی از وجود آب در اطراف سازه در طول عمر سرویس‌دهی آن می‌شود.

omoorepeyman.ir

شکل ۱-۱۸- نمایی از ترکیب دو روش آب‌بندی به وسیله غشاء ژئوممبران و سازه آب‌بند

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل ۲

طراحی سیستم آب‌بندی در ایستگاه‌ها و مسیر تونل قطار شهری

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۲-۱- گستره

این فصل شامل اصول و روش‌های توصیفی و در برخی موارد شامل تحلیل طراحی سیستم آب‌بندی در سازه‌های ایستگاه‌ها و مسیر تونل زیرزمینی قطار شهری می‌باشد.

۲-۲- اهداف طراحی

هدف از طراحی، تعیین مناسب‌ترین سیستم آب‌بندی از منظر عملکرد در شرایط و عوامل مختلف موثر بر طراحی، هزینه و زمان بوده که شامل سیستم‌های منفرد ذکر شده در فصل ۱ (روش الف، ب، ج) یا سیستم ترکیبی (روش د) برای سازه‌های مورد بحث در این نشریه می‌باشد.

۲-۳- مقدمه

در طراحی سیستم‌های آب‌بندی سازه‌های مترو، پس از بررسی دقیق عوامل موثر بر آب‌بندی سازه‌های زیرزمینی و بررسی و مقایسه انواع روش‌های ممکن جهت آب‌بندی با کیفیت و دارای دوام زیاد، بر اساس جدول‌ها و نمودارهای طراحی، سیستم‌های منتخب به صورت توصیفی تعیین می‌شود. پس از آن با مقایسه سیستم‌های آب‌بندی از منظر عملکرد (سیستم منتخب علاوه بر ترمیم‌پذیری باید دارای کمترین میزان ریسک نشت و نفوذ آب به داخل سازه، اثرات زیست محیطی و نشست در محیط‌های شهری باشد)، هزینه (شامل هزینه‌های اولیه ساخت و هزینه‌های مربوط به تعمیر و نگهداری) و زمان (معمولاً عملیات آب‌بندی پروژه با برخی از فعالیت‌های اجرایی ابنیه پروژه تداخل دارد که انتخاب سیستم نامناسب می‌تواند منجر به تطویل غیر منطقی ساخت کلی پروژه گردد) پرداخته می شود. سیستم آب‌بندی منتخب به صورت توصیفی و در برخی موارد به صورت تحلیلی انتخاب می‌شود. روند کلی طراحی اشاره شده در این فصل تنها برای یک بخش از مسیر تونل یا ایستگاه که دارای مشخصه‌های اولیه طراحی مشابه باشند کاربرد دارد و با تغییر مشخصه‌های اصلی در یک مسیر یا ایستگاه (یا ایستگاه‌های مختلف) امکان تغییر سیستم آب‌بندی با رعایت اصول سازگاری سیستم‌ها با یکدیگر وجود دارد. توصیه می‌شود که تغییر در سیستم‌های آب‌بندی کلی مسیر و ایستگاه‌ها به حداقل ممکن برسد.

۲-۴- فلسفه طراحی

عملکرد مناسب سیستم آب‌بندی درسازه‌های زیرزمینی مستلزم پایبندی به یک فلسفه و روش درست طراحی می‌باشد. روند طرح یک سیستم آب‌بندی برای یک سازه اجرا نشده، در حال اجرا و ساخته شده متفاوت بوده و باید فلسفه و روش هر یک از این موارد به تفکیک تعیین شود. در طرح سیستم آب‌بندی یک سازه اجرا نشده می‌توان طرح سازه‌ای از منظر

omoorepeyman.ir

آب‌بندی بازبینی و بازنگری شود. این در حالی است که در ساختمان در حال اجرا و یا اجرا شده فلسفه و نحوه طراحی بر اساس وضع موجود سازه و محدودیت‌های آن می‌باشد.

۲-۴-۱- کلیات

قبل از هرگونه طراحی لازم است استراژدی کلی طرح در مواجهه با آب زیرزمینی مشخص گردد. دو نوع استراتژی کلی شامل عملکرد سد کنندگی و عملکرد هدایت آب وجود دارد. همچنین بر اساس شرایط مختلف محیطی باید روند و اثرات آن در طراحی لحاظ شود. بعنوان مثال در طراحی سیستم‌های آب‌بندی در شرایط اشباع حتی در صورت در نظر گرفتن سیستم زهکشی دائم پیشنهاد می‌شود طراح سازه، فشار هیدرواستاتیک آب روی سازه لحاظ نماید تا در شرایط بحرانی خسارت جبران‌ناپذیری به پروژه وارد نشود.

۲-۴-۲- مشخصات طراح و مجری سیستم آب‌بندی

طراح و مجری سیستم آب‌بندی باید مشخصه‌های زیر را دارا باشد:

۱) شناخت کافی از کلیات و مراحل اجرایی سازه‌های قطار شهری و همچنین تجربه کافی در خصوص طراحی، اجراء و کنترل کیفیت انواع سیستم‌های مختلف آب‌بندی؛

۲) شناخت کامل از انواع سیستم‌ها و مصالح آب‌بندی قابل استفاده در سازه‌های قطار شهری باشند؛

۳) استفاده از نیروی انسانی ماهر، متخصص و با تجربه در طراحی، اجرا و کنترل کیفیت و پایش سیستم آب‌بندی؛

۴) در صورت استفاده از سازه آب‌بند در ساخت سازه‌های قطار شهری (روش ب)، باید متخصص تکنولوژی بتن که دارای دانش و تجربه کافی در زمینه طراحی، تولید، اجرا، محافظت، تعمیر و کنترل کیفیت این نوع بتن بوده و همچنین مسلط به آیین‌نامه‌ها و استانداردهای ملی و بین‌المللی باشد به عنوان مشاور تخصصی در تیم طراحی و اجراء باشد.

لازم به ذکر است که طراح و مجری سیستم آب‌بندی باید با دیگر بخش‌های طراحی و اجراء پروژه ارتباط نزدیکی داشته باشد و هر گونه تغییر در طرح و اجراء دیگر بخش‌ها (موثر بر سیستم ایزولاسیون) باید قبل از عملی شدن به اطلاع طراح و مجری سیستم آب‌بندی رسانده شده و از نظرات و تجربیات ایشان استفاده شود و در صورت نیاز، اصلاحات لازم جهت بهبود عملکرد سیستم آب‌بندی انجام پذیرد. همچنین طراح و مجری سیستم آب‌بندی باید با تولید کننده (سازنده) مصالح آب‌بندی ارتباط و همکاری موثر و نزدیکی داشته باشد.

omoorepeyman.ir

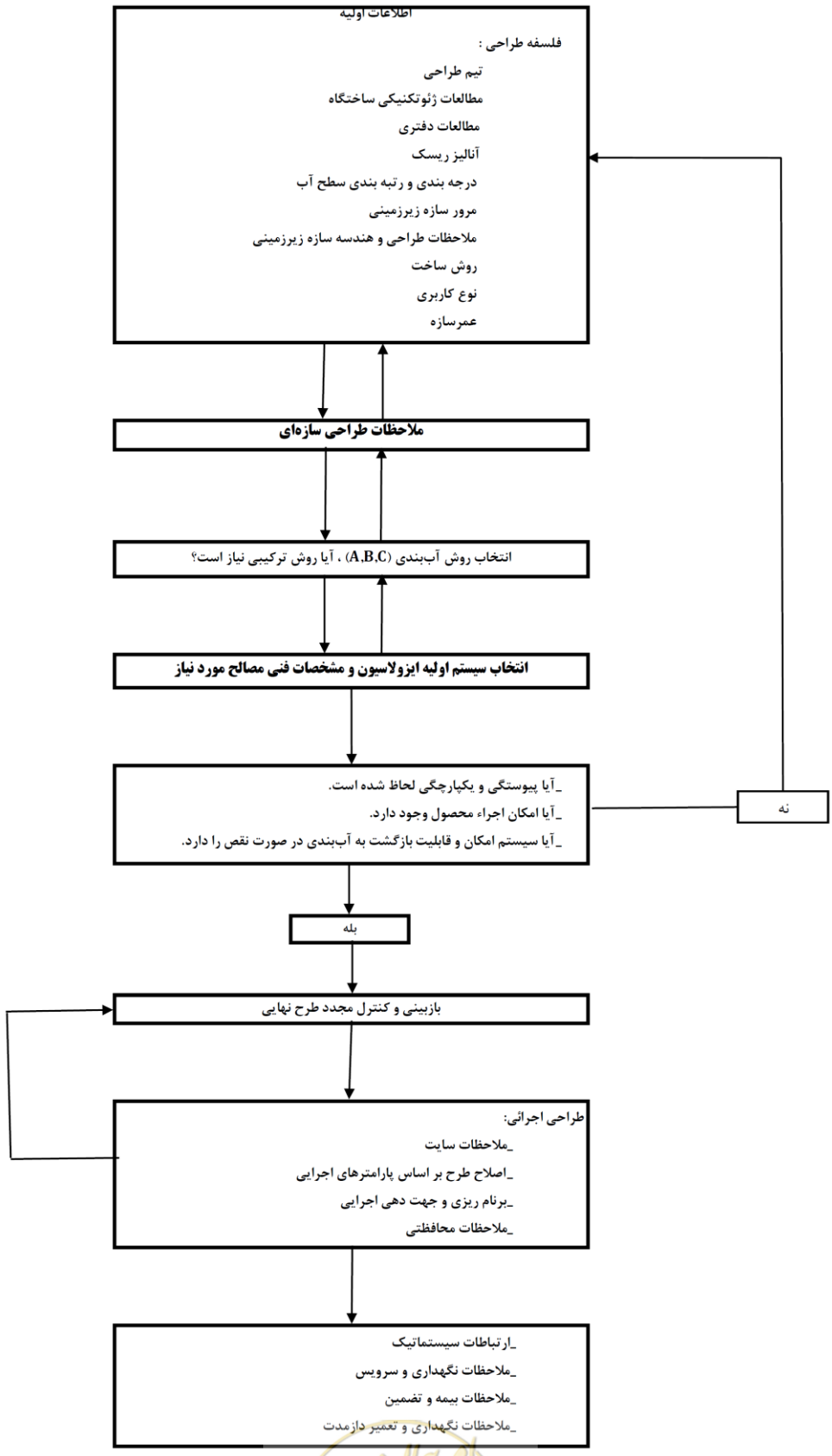
۲-۵- طراحی سیستم آب‌بندی سازه‌های مترو

در شکل (۲-۱) فرایند کلی طراحی سیستم آب‌بندی سازه‌های زیرزمینی ارائه شده است. این فرایند شامل ۵ مرحله کلی بوده که در ادامه درباره هر یک توضیح داده خواهد شد:

- جمع‌آوری اطلاعات اولیه
- بررسی و مقایسه انواع روش‌های آب‌بندی برای سازه مورد نظر
- انتخاب بهترین روش آب‌بندی برای سازه و تعیین الزامات آب‌بندی
- طراحی نهایی سیستم آب‌بندی سازه شامل مصائل کنترلی و اجرایی
- مباحث مربوط به ترمیم‌پذیری و نگهداری

ذکر این نکته حائز اهمیت است که گاهاً این امکان وجود دارد که دو یا چند سیستم تمام نیازهای پروژه را فراهم سازد که در این صورت باید با مقایسه و بررسی معایب و مزایای هر سیستم طی یک فعالیت آماری، بهترین سیستم آب‌بندی انتخاب گردد.

omoorepeyman.ir



شکل ۲-۱- چارت طراحی سیستم آب‌بندی

omoorepeyman.ir

۲-۵-۱- ارزیابی محل ساختگاه

۲-۵-۱-۱- مطالعات دفتری

در مطالعات دفتری مشخصات لازم مرتبط با ایزولاسیون باید بر طبق فصل دوم نشریه شماره ۲-۸۰۴ برداشت شده و تاثیرات آن بر طرح آب‌بندی مد نظر قرار گیرد. از جمله مطالعات ضروری جهت طراحی سیستم ایزولاسیون به شرح ذیل ارائه شده است:

- ارزیابی شرایط ژئولوژی شامل نفوذپذیری خاک، ریسک سیلاب، اثرات مواد رادیواکتیو، متان و دیگر موارد گازی و خورنده (کلر و اسیدها)
- ازریابی توپوگرافی زمین اطراف براساس سازه زیرزمینی (حداقل ۱۲ ماهه و ترجیحاً ۲۴ ماهه) و بررسی شرایط بالقوه رخداد موقت سطح آب به علت تغییر مسیر قنات، وجود لنزهای نفوذ ناپذیر و...
- برداشت اطلاعات سطح تراز حداکثری سطح آب زمینی و بررسی شرایط بالقوه رخداد سطح آب در بحرانی‌ترین شرایط زمانی با دوره بازگشت متناسب با زمان بهره‌برداری
- بررسی امکان تغییر سطح آب‌زیرزمینی در آینده و پیش‌بینی دراز مدت وضعیت آبی منطقه
- برداشت مشخصات و پارامترهای موثر در زهکشی با توجه به مشخصات خاک
- بررسی وجود منابع آبی نظیر قنات، درزهای آبی، استخر و... در محدوده اطراف سازه زیرزمینی
- تست شیمیایی آب در محدوده سازه زیرزمینی

۲-۵-۱-۲- سطح تراز آب و مشخصات شیمیایی آب

مهمترین فاکتور در طراحی سیستم آب‌بندی سازه‌های زیر زمینی، سطح تراز ایستابی آب (فشار هیدرواستاتیک آب) و بیشینه مقدار آن در بازه زمانی بلند مدت (تراز آب موجود و محتمل حداقل و حداکثر) می‌باشد. فشار هیدرواستاتیک آب ناشی از وجود تراز ایستابی و تغییرات آن، بطور مستقیم بر ضخامت لاینینگ بتنی، نوع و ضخامت لایه‌های مختلف آب‌بندی و روش زهکشی تاثیر می‌گذارد و گاهاً سبب تغییرات کلی در طرح سازه‌ای تونل یا ایستگاه‌های زیر زمینی می‌شود. چگونگی طرح سیستم آب‌بندی برای ترازهای مختلف آب در یک سازه زیرزمینی متفاوت است.

در خصوص طرح سیستم آب‌بندی سطح تراز ایستابی و فشار هیدرو استاتیک آب به سه دسته کلی تقسیم‌بندی می کنند:

الف) سطح آب بالا: شرایطی که سطح آب از تراز کف پی سازه بالاتر قرار گیرد.

ب) سطح آب متغیر: شرایطی که سطح آب در زمان‌های مختلف از سال در محدود تراز کف سازه تغییر نماید.

ج) سطح آب پایین: شرایطی که سطح آب از تراز کف سازه پایین‌تر قرارگیرد.

جدول زیر رابطه بین نوع روش آب‌بندی مورد استفاده را با سطح آب زیرزمینی نمایش می‌دهد.

omoorepeyman.ir

جدول ۲-۱- تیپ‌های مناسب آب‌بندی بر اساس سطح آب زیرزمینی

میزان خطر مرتبط با تراز آب زیرزمینی	درجه بندی سطح آب زیرزمینی	روش‌های آب‌بندی و زهکشی		
		غشاء مانع نفوذ سیال روش الف	سازه آب‌بند روش ب	زهکشی روش ج
کم ↕ زیاد	کم	امکان‌پذیر	امکان‌پذیر	امکان‌پذیر
	متغیر	در صورتی که ملاحضات و محدودیت‌های طراحی، اجرا، در سیستم آب‌بندی رعایت شود امکان‌پذیر است	امکان‌پذیر	امکان‌پذیر
	زیاد	در صورت بهره‌مندی همزمان از سیستم سازه آب‌بند امکان پذیر است.	در صورت وجود مواد خورنده در آب، همراه یکی از روش‌های الف امکان‌پذیر است.	در صورتی که تمامی اثرات زیست محیطی و سازه‌ای در محیط اطراف بررسی شده و خطری را ایجاد نماید مجاز است

وجود املاح و مواد شیمیایی محلول در آب و یا خاک می‌تواند آثار تخریبی جبران‌ناپذیری بر روی سازه‌های بتنی (حتی نفوذ ناپذیر) داشته باشد. جهت جلوگیری از آسیب‌های مذکور و در شرایطی که آب دارای اثر خورندگی باشد لازم است غشاء سازهای تیپ الف مورد استفاده قرار گیرند. لازم به ذکر است به دلیل آسیب‌پذیری خود غشاء سازها در مقابل برخی املاح و یا مواد آلی محلول در آب لازم است قبل از استفاده، آزمایشات شیمیایی آب از قبیل PH، قابلیت گذردهی جریان الکتریسیته، سختی، سولفات، کلر، کلسیم، کربن، مواد آلی محلول و مواردی که در مشخصات فنی محصولات بعنوان مواد شیمیایی زیانبار از آن یاد شده مورد آزمایش قرار گرفته و با مقادیر مجاز مصالح آب‌بندی روش الف مقایسه گردد.

۲-۵-۱-۳- آنالیز ریسک

ارزیابی ریسک باید براساس فشار هیدرواستاتیک آب در مدت زمان طولانی (عمر مفید سازه)، تأثیرات نفوذ آب و جریان آن در داخل سازه (تخریب بر اثر سولفات و کلر محلول در آب) و اثرات نشست تحکیمی و زیست‌محیطی سیستم‌های زهکش برآورد می‌شود. در ارزیابی ریسک (که طبق فصل ۵ نشریه شماره ۲-۸۰۴ صورت می‌گیرد) باید موارد ذیل حتماً مورد بررسی قرار گیرد:

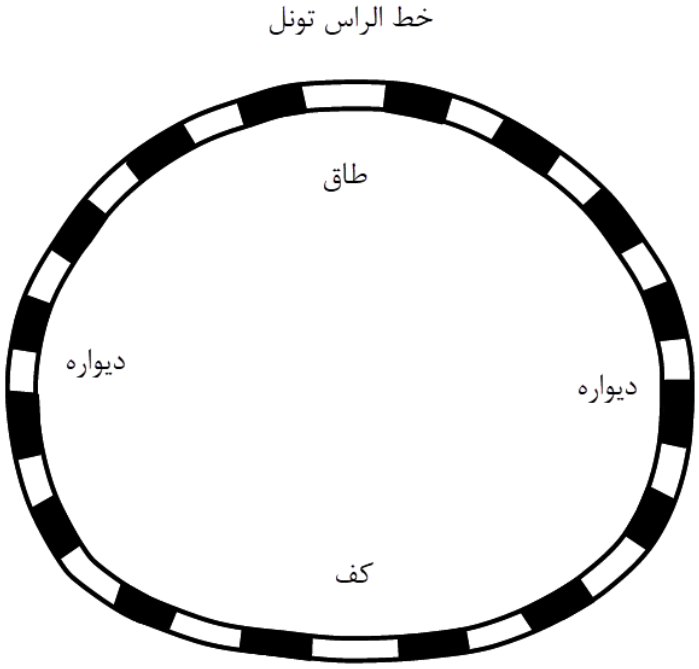
- تأثیر تغییرات آب و هوایی، آسیب دیدگی لوله و انشعاب فاضلاب، فضای سبز اطراف، سولفات، مواد رادیواکتیو، متان و دیگر گازها
- در زمانی که زهکش خارجی در طراحی دیده شده است باید تاثیر پایین آمدن سطح آب برروی سازه‌های اطراف، انسداد سیستم زهکشی در اثر رسوب‌گذاری ارزیابی شود.
- در مناطقی که تراز آب زیرزمینی پایینتر از مقطع سازه زیرزمینی قرار می‌گیرد، در صورت عدم طراحی سازه برای فشار هیدرواستاتیک آب محتمل، لازم است از زهکش‌های سطحی محیطی جهت هدایت و رهاسازی فشار مذکور

omoorepeyman.ir

بهره برده شود (زهکش‌های سطحی شامل کانال‌های جمع‌آوری آب در سطوح افقی و زهکش‌های حفره دار ویا شن‌ریزی در سطوح قائم می‌باشد).

۲-۵-۲- بررسی شرایط سازه اصلی

نوع، نحوه ساخت، تعداد طبقات سازه اصلی ایستگاه شهری، شرایط بازشوها، مسیرهای دسترسی ایستگاه و مسیر تونل شهری از اهمیت بسزایی برخوردار است. در بررسی سازه اصلی باید با مشخص نمودن محدوده مورد بررسی و نوع و مشخصات سازه‌ای اثرات آن در طراحی سیستم آب‌بندی لحاظ گردد. در شکل زیر نمایی از نامگذاری بخش‌های مختلف مسیر یک تونل شهری که در این نشریه مورد استفاده قرار گرفته است، نشان داده شده است.



شکل ۲-۲- بخش‌های مختلف مسیر تونل

۲-۵-۲-۱- انواع بارها موثر

بارهای تاثیر گذار در طراحی سیستم زهکشی و آب‌بندی تونل و ایستگاه‌های زیرزمینی برای بهره‌برداری ۱۰۰ ساله به شرح ذیل می‌باشند:

- فشار جانبی خاک (در طراحی سازه و اثر آن بر غشاء)
- بار دائمی فشار آب (در تونل‌هایی زیر آب زیرزمینی و مستغرق)
- نشست خاک (سیستم آب‌بندی باید در اثر نشست‌ها و تغییر شکل‌های متقارن و نامتقارن حین اجرا و زمان بهره‌برداری کارایی خود را حفظ نماید).

omoorepeyman.ir

- بارهای دینامیکی نظیر زلزله، ارتعاشات و... (سیستم آب‌بندی و زهکشی باید پس از جابجایی‌های ناگهانی و تحت اثر بار دینامیکی، به صورت محدود آسیب دیده و با توجه به راهکارهای پیش‌بینی شده در زمان طراحی و اجراء –پشتیبانی تزریق- به شرایط آب‌بندی اولیه بازگردد). جهت کسب اطلاعات بیشتر به فصل ۴ نشریه شماره ۲-۸۰۴ مراجعه شود.
- بارهای تغییر دما، فشار هوا و جمع شدگی بتن
- بار گذاری‌های موقت آب (شامل بارهای ناشی از ترکیدگی لوله، سیلاب با دوره بازگشت ۵۰۰ ساله، آب‌های گذرا و...)
- بار آتش‌سوزی (به دلیل قابل اشتعال بودن مصالح ایزولاسیون، این مسئله در زمان اجرا از اهمیت بسزایی برخوردار است)
- بارهای محتمل حین اجرا
- ملاحظات پدافند غیر عامل مانند بار انفجار

۲-۵-۲-۲- نوع کاربری

در هر سازه زیرزمینی نوع کاربری سازه تعیین کننده میزان رواداری نفوذ آب به داخل سازه زیرزمینی می‌باشد. در مسیرهای تونل‌های آبرو وجود کمی نشتی مجاز است ولی در سازه زیرزمینی تأسیسات حساس باید نشت آب و نم‌زدگی وجود نداشته باشد. در سازه‌های مطرح در این نشریه، ایستگاه‌ها باید نشتی به حداقل ممکن برسد و در مسیر تونل شهری رواداری کمتری مدنظر قرار می‌گیرد. رواداری مورد نیاز براساس کاربری توسط کارفرمای اصلی تعیین می‌گردد که برهمین اساس در فصل‌های مربوطه باتوجه به رواداری و اهمیت کاربری تعیین شده ضوابط سیستم آب‌بندی طراحی می‌شود.

۲-۵-۲-۳- روش ساخت و روش پایدارسازی

در ساخت ایستگاه‌ها و مسیر ارتباطی آنها (تونل‌ها) از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود. نوع روش حفاری و مراحل اجرائی آن گاهاً سبب تغییرات اساسی در سیستم آب‌بندی مسیر تونل یا ایستگاه می‌شود. به عنوان مثال در محل تلاقی حفاری مسیر تونل شهری و ایستگاه به دلیل روش‌های مختلف حفاری و پایدار سازی گود دذ ایستگاه بایدسیستم آب‌بندی منطبق با شرایط موجود لحاظ گردد. در هر حال روش‌های اجرایی ترکیبی یا ابداعی ممکن است علاوه بر روش‌های اجرایی شکل گیرد که در این صورت باید تمامی مراحل اجرایی به صورت گام به گام طی گزارش و نقشه‌های اجرایی در اختیار طراح سیستم آب‌بندی و زهکشی قرار گیرد.

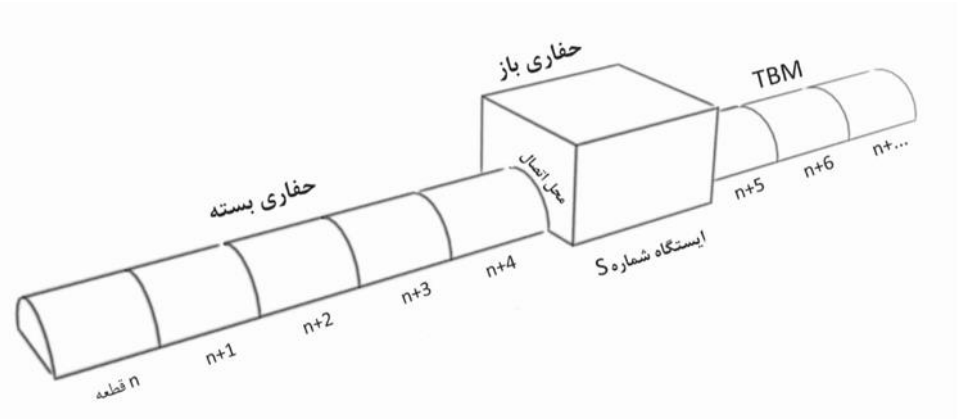
omoorepeyman.ir

۲-۵-۳- بررسی و مقایسه انواع روش‌های آب‌بندی

مقایسه و امکان‌سنجی انواع روش‌های مختلف در فصل قبل ارائه شده است که باید با توجه به ضوابط و محدودیت‌های ارائه شده در طراحی مورد استفاده قرار گیرد.

۲-۵-۳-۱- انتخاب سیستم‌های آب‌بندی ممکن

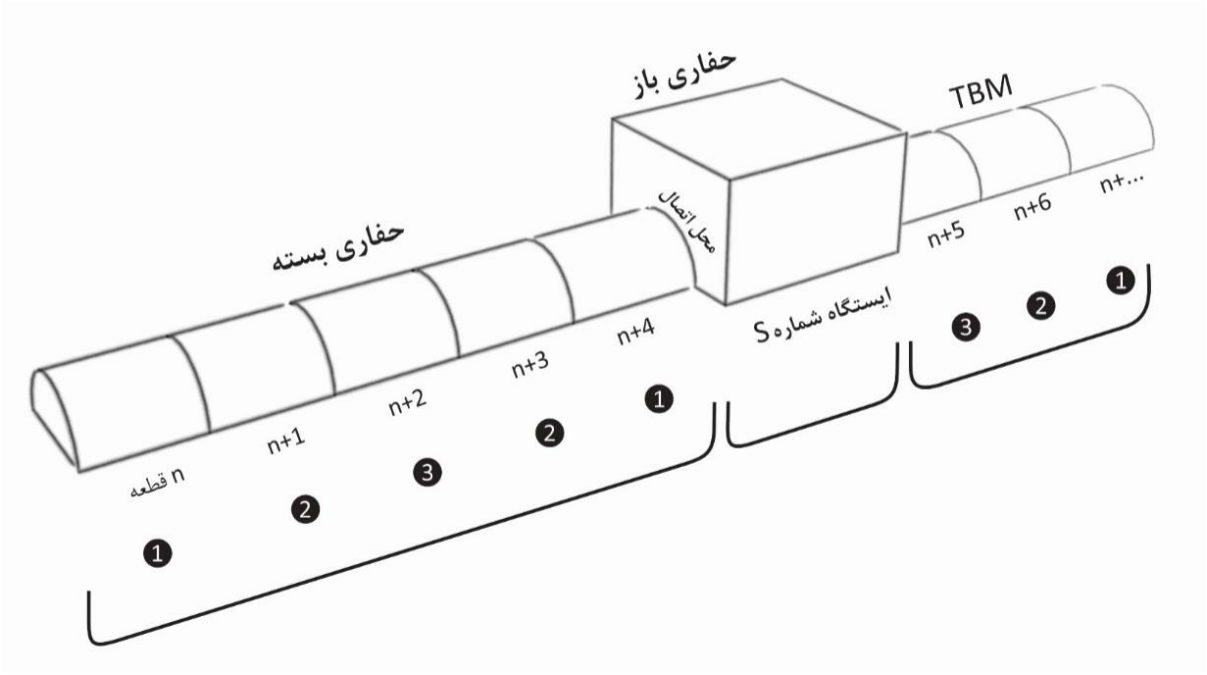
ایستگاه‌ها و مسیر تونل شهری گاهاً از روش‌های مختلف حفاری، در شرایط محیطی متفاوت و عوامل مختلف موثر در آب‌بندی احداث می شوند. با توجه به این مسئله در یک تقسیم‌بندی اولیه به منظور طراحی سیستم آب‌بندی، در ابتدا روش ساخت تونل را مبنای اولیه قرار می‌دهیم (در شکل (۲-۳) کل محدوده به سه قسمت اولیه بر اساس روش ساخت تقسیم می‌شود).



شکل ۲-۳- تقسیم اولیه بخش‌های مختلف سازه زیرزمینی بر اساس روش ساخت

هرگونه تغییر عوامل اساسی طراحی نظیر تراز آب، مواد خورنده، روش ساخت و... سبب تقسیم‌بندی بیشتر در قطعه مسیرها می‌شود. به عنوان مثال در قطعه شماره n سطح تراز آب پایین‌تر از تراز کف، قطعه شماره n+1 آب حاوی مواد خورنده و قطعه شماره n+2 سطح تراز آب بالاتر از تراز کف می‌باشد.

omoorepeyman.ir



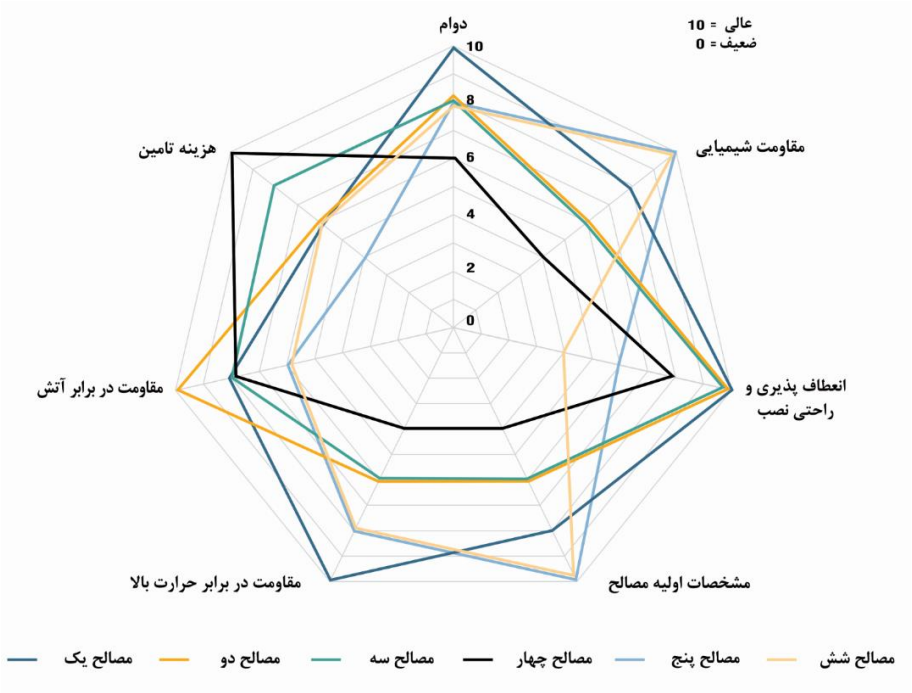
شکل ۲-۴- تقسیم ثانویه بخش‌های مختلف سازه زیرزمینی بر اساس دیگر عوامل مهم نظیر تراز آب

در این گام با تعیین مصالح و روش‌های مختلف آب‌بندی به انتخاب سیستم‌های مختلف قابل کاربرد در شرایط سازه زیرزمینی موجود برای هر بخش پرداخته می‌شود. پس از تعیین انواع سیستم‌های مختلف قابل قبول برای هر بخش تقسیم شده، حتی‌المکان به تجمیع سیستم‌ها (مطابق بخش‌های آتی) که نیاز پروژه را در طول مسیر بیشتری برآورد می‌نماید پرداخته می‌شود. محافظه کارانه‌ترین حالت انتخاب بحرانی‌ترین شرایط موثر بر سیستم آب‌بندی به عنوان شرایط طرح سیستم ایزولاسیون می‌باشد.

- **انتخاب انواع مصالح مناسب**

امتیازدهی به مصالح منتخب از روی مشخصات فنی آنها به دو روش نموداری قابل بررسی است. در روش اول عوامل مهم و موثر بر انتخاب مصالح همانند دوام، مقاومت شیمیایی، انعطاف‌پذیری، کرنش‌پذیری و... در یک ستون به ترتیب نوشته می‌شود و در ستون مجاور آن امتیاز آن به درصد محاسبه می‌گردد و در ستون بعدی میزان اهمیت آن مشخصه به صورتی نوشته می‌شود که مجموع کل اعداد این ستون برابر با یک واحد شود. سپس برای هر محصول ستون امتیازدهی در ستون درجه اهمیت ضرب و مجموع کل ستون حاصله محاسبه می‌گردد. مصالحی که بیشترین امتیاز را کسب کنند می‌تواند به عنوان کاندید استفاده در پروژه مطرح گردد. در شرایطی که امتیاز وزنی هر یک از مشخصات فنی مصالح یکسان باشد، می‌توان از نمودار ذیل بهره برد. در این نمودار هر کنج نشان دهنده یک مشخصه مورد نیاز (با توجه به نیاز پروژه) می‌باشد که مصالح و تیپ‌هایی که بیشینه مساحت را داشته باشند به عنوان یک مصالح مناسب جهت ادامه روند طراحی تعیین می‌شود.

omoorepeyman.ir



شکل ۲-۵- مقایسه انواع مصالح با توجه به موارد مورد نیاز پروژه

- **انتخاب سیستم‌های آب‌بندی مناسب**

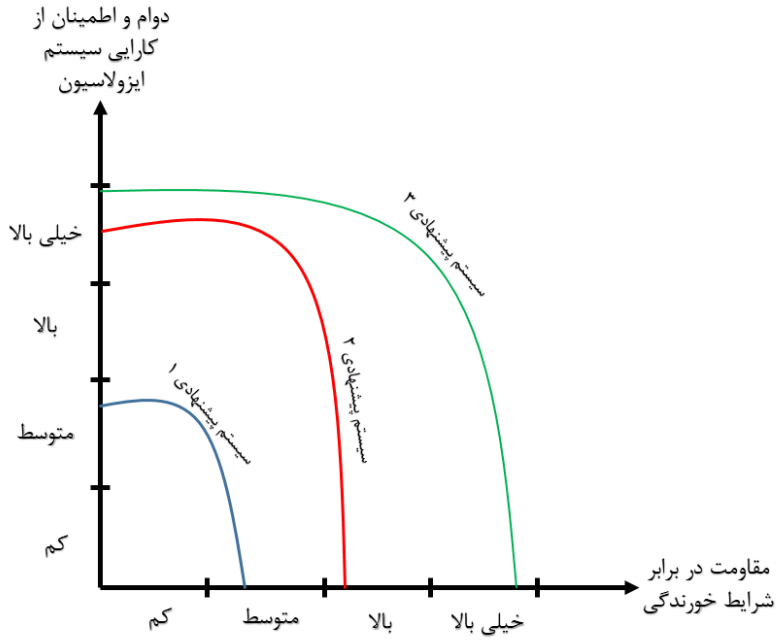
در انتخاب سیستم‌های آب‌بندی ممکن، برای هر بخش باید موارد ذیل مورد بحث و بررسی قرارگرفته و میزان اهمیت آن بر اساس وزن‌دهی امتیازبندی شده تا امکان بررسی و مقایسه فنی و مالی سیستم‌ها در مراحل بعدی فراهم شود:

- روش ساخت تونل، شرایط و چگونگی مرحله‌ای ساخت (بررسی امکان دسترسی به پشت سازه)
- شرایط و هندسه سازه اصلی ایستگاه یا مسیر زیرزمینی قطار شهری (میزان پیچیدگی هندسی سازه بررسی و امکان عملیات اجرایی سیستم ایزولاسیون)
- میزان حداکثری فشار آب وارد بر سیستم آب‌بندی
- طول عمر سازه و میزان دوام مورد انتظار سیستم آب‌بندی (۱۰۰ سال)
- میزان شرایط خوردندگی (این شرایط می‌بایست از مطالعات سایت مشخص شده باشد)
- شرایط لازمه جهت اجرای سیستم آب‌بندی
- امکانات و مصالح موجود در محل پروژه
- امکانات موجود جهت پایش و کنترل کیفی مصالح
- بررسی اولیه اقتصادی سیستم آب‌بندی
- بررسی اثرات زیست محیطی سیستم آب‌بندی
- زمان اجرایی مورد نیاز و مراحل اجرایی

omoorepeyman.ir

۲-۵-۳-۲- نحوه مقایسه سیستم‌ها

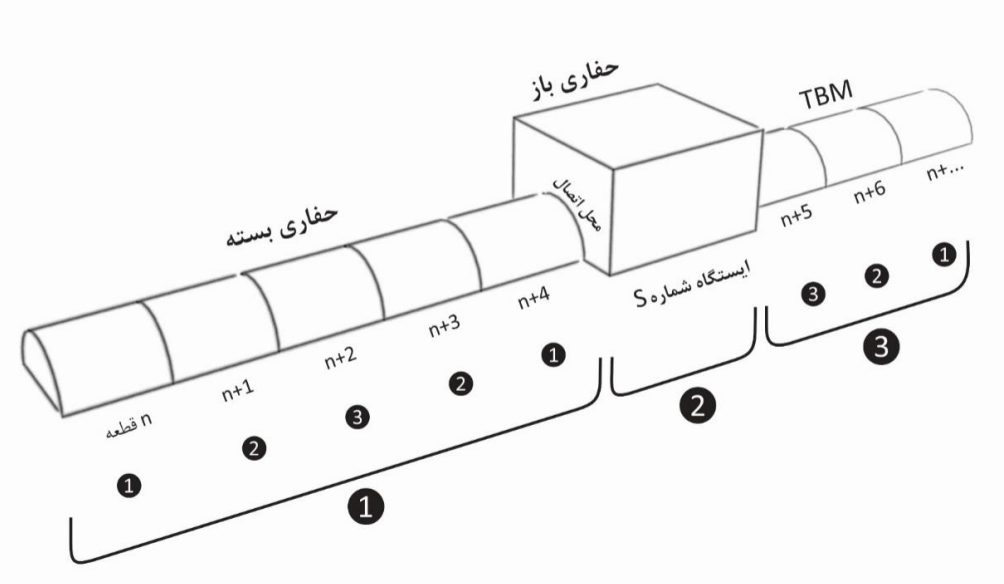
عوامل مؤثر در طراحی در هر قطعه باید به صورت خلاصه ذکر گردد و در ابتدای طراحی با توجه به مقتضیات سازه زیرزمینی به صورت توصیفی امکان‌سنجی انواع روش‌های آب‌بندی و سیستم‌های متحمل به روش امتیازدهی مشخص شود. در این مرحله به مقایسه انواع سیستم‌ها با توجه به دوام سیستم آب‌بندی بر اساس شرایط تهاجمی آب و یا خاک و نحوه ساخت تونل و ایستگاه با یکدیگر پرداخته می‌شود. در شکل (۲-۶) نمایی از این نمودار با توجه به نوع روش ساخت، میزان دوام و اطمینان از عملکرد سیستم ایزولاسیون و مقاومت آن در برابر شرایط مختلف خورندگی محیط را نشان داده شده است.



شکل ۲-۶- مقایسه دوام و مقاومت در برابر شرایط خورندگی انواع سیستم‌های آب‌بندی

پس از امکان سنجی سیستم‌های قابل کاربرد در هر قطعه با توجه به حساسیت و مخاطرات طرح نظریه کلی طراحی تعیین می‌شود. در این مرحله توصیه می‌شود که حتی‌المکان از یک سیستم یکپارچه جهت آب‌بندی و زهکشی بهره برده شود. تعداد سیستم‌های مختلف سبب ایجاد نقطع ضعف در محل تغییر سیستم و همچنین تغییر روند اجرایی، نظارتی و کنترلی می‌شود.

omoorepeyman.ir



شکل ۲-۷- انتخاب سیستم آب‌بندی منتخب برای هر قطعه مسیر یا ایستگاه

در انتخاب سیستم آب‌بندی منتخب، با توجه به میزان اهمیت هر عامل طراحی، به هر سیستم امتیازی اختصاص داده می‌شود و سیستم آب‌بندیی که بیشترین امتیاز را کسب نماید به عنوان سیستم منتخب انتخاب می‌شود. عواملی که باید در امتیازدهی هر سیستم لحاظ شود شامل عملکرد فنی سیستم، زمان اجرایی، میزان سهولت اجراء، سادگی کنترل و پایش، هزینه‌های تعمیر و نگهداری، هزینه اجرای سیستم، اثرات زیست محیطی و... می‌باشد.

۲-۵-۴- انتخاب بهترین سیستم آب‌بندی برای سازه و تعیین الزامات آب‌بندی

پس از انتخاب سیستم آب‌بندی منتخب بر اساس فلوچارت شکل (۲-۱) و موارد ذکر شده، باید بررسی‌های دقیق‌تری بر اساس انتظارات و خواسته‌های طراح صورت پذیرد که در صورت عدم برآورده شدن این موارد سیستم‌های در دسته‌بندی بعدی مورد بررسی قرار می‌گیرد. این فرآیند تا زمانی که روش آب‌بندی کلیه انتظارات طراح را برآورده نماید ادامه خواهد کرد. پس از نهایی شدن سیستم آب‌بندی لازم است برای سیستم انتخابی نهایی موارد ذیل تهیه و ارائه گردد:

- طرح توجیهی
- ارائه مشخصات فنی مصالح مورد استفاده در سیستم آب‌بندی
- رواداری‌ها (مطابق با رواداری‌های اشاره شده در هر فصل)
- تهیه گزارش طراحی و نقشه‌های اجرای برای هر بخش از سازه زیرزمینی (ایستگاه و مسیر) که به لحاظ سیستم ایزولاسیون متفاوت بوده و یا دارای جزئیات آب‌بندی می‌باشد.
- طراحی ناحیه اتصالی به صورت گزارش و نقشه
- تهیه گزارش و نقشه‌های جزئیات آب‌بندی شامل محل ورودی و خروجی‌ها
- تهیه دستورالعمل حمل، انبارداری و اجرا برای هر یک از مصالح مصرفی

omoorepeyman.ir

- تهیه گزارش نحوه ترمیم در زمان اجراء و نحوه برگشت‌پذیری سیستم آب‌بندی پس از نشت آب به داخل
- تهیه چک لیست‌های کنترلی در تمامی مراحل اجرایی شامل بستر قبل از اجرا، در حین اجراء و مراقبت‌های پس از اجراء
- تهیه دستورالعمل پایش کیفی وکمی مطابق چک لیست‌ها
- چارت زمان‌بندی
- متره و برآورد مقادیر و هزینه تامین مصالح و اجرا
- نحوه تعمیر و نگهداری

لازم به ذکر است که در بررسی طرح تحلیلی انتخاب بهترین سیستم آب‌بندی باید الزامات و رواداری مصالح و ضوابط هر سیستم براساس فصل مربوطه مورد بررسی قرار گرفته و طرح سیستم ایزولاسیون بر اساس آن تدقیق یافته و پس از تعیین میزان برآورد نمودن نیازهای پروژه به چرخه چارت طراحی جهت بررسی مجدد هدایت شود.

omoorepeyman.ir

فصل ۳

طراحی سیستم آب‌بندی به وسیله غشاء ژئوممبران

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۳-۱- گستره

در این فصل به ارائه ضوابط و معیارهای طرح، رواداری مصالح، چگونگی اجراء، کنترل و چک لیست‌های سیستم آب‌بندی به وسیله غشاء ژئوممبران پرداخته می‌شود.

۳-۲- مقدمه

با توجه به اهمیت تونل‌ها و ایستگاه‌های زیرزمینی و همچنین طول عمر بهره‌برداری ۱۰۰ ساله، این نوع سازه‌ها نیاز به حفاظت دائمی در برابر نفوذ مواد خورنده دارند. بر همین اساس جهت آب‌بندی با دوام و پایدار با در نظر گرفتن بهره‌برداری نیاز به طراحی یک سیستم با رعایت تمامی ضوابط، کنترل کیفیت مصالح مصرفی، شیوه‌نامه‌های اجرایی و کنترل‌های مربوطه بر اساس آیین‌نامه مبنا امری ضروری است.

به طور کلی سیستم آب‌بندی بوسیله غشاء ژئوممبران شامل آماده‌سازی بستر (معمولاً بتن شاتکریت)، لایه محافظ (غشاء محافظ، پوسته زهکش)، غشاء آب‌بند (ژئوممبران) و گاهاً سیستم پشتیبان تزریق می‌باشد. نحوه طراحی، مشخصات و جانمایی هر یک از لایه‌ها به وسیله جداول و پارامترهای مؤثر در طراحی تعیین می‌گردد که نحوه اجراء، پایش و کنترل کیفیت مصالح و اجرا می‌تواند عملکرد سازه را بهبود بخشد. پس از برداشت اطلاعات اولیه ارائه شده در فصل قبل به ادامه روند طراحی مطابق بخش‌های ذیل پرداخته می‌شود.

۳-۲-۱- کلیات طراحی

قبل از هر گونه طراحی جهت ارائه سیستم آب‌بندی به روش غشاء ژئوممبران، لازم است به نکات زیر توجه نمود:

۱) در طراحی و اجرای سیستم‌های آب‌بندی ایستگاه‌ها و تونل‌ها لازم است که از افراد با تجربه و با دانش فنی مرتبط استفاده گردد.

۲) با توجه به اینکه ایستگاه‌ها و مسیر زیرزمینی قطار شهری با اختلاف تراز قابل توجهی ساخته می‌شود، می‌بایست اثرات روان‌آب‌های سطحی و زیرسطحی شامل سیلاب‌های فصلی، آسیب به انشعابات آب و فاضلاب و... در طرح سیستم آب‌بندی مد نظر قرار گیرد.

۳) عوامل مؤثر در طراحی بر اساس فصل ۲، به صورت کامل برداشت شود.

۴) با توجه به تغییرات بارگذاری در زمان ساخت و در زمان بهره‌برداری، لازم است که انواع بارها و اثرات آن در دو حالت زمان ساخت و بهره‌برداری در طراحی سیستم آب‌بندی به این روش مد نظر قرار گرفته و اثرات هر یک در طراحی‌ها منظور شود. در زمان ساخت باید اثرات مخرب فشار هیدرواستاتیک آب و فشار گاز، بار دینامیکی ناشی از عبور تجهیزات ساخت، اثرات آرماتوربندی، قالب‌بندی، بتن‌ریزی، اثر فشار تزریق بر سازه تونل، خاکریزی و اثر

omoorepeyman.ir

تراکم خاک و صدمات ناشی از آن (در تونل‌های کند و پوش)، تنش‌های حرارتی و اثر UV (مخصوصاً در ایستگاه‌ها در زمان ساخت) در طراحی منظور گردد.

۵) بارها و اثرات آن در زمان بهره‌برداری (مدفون شدن سازه و سیستم آب‌بندی)، شامل فشار آب و خاک، فشار بالازدگی (Uplift)، تاثیرات زهکشی (نشست‌های تحکیمی)، املاح با خواص تهاجمی موجود در آب و خاک، نشت (ناشی از اختلاف فشار)، نیروهای دینامیکی (زلزله)، انتقال نیرو از پوسته سازه داخلی به پوسته سازه بیرونی و اثرات تزریق مواد باید در نظر گرفته شود.

۶) در این روش قابلیت تحمل نشست (جابجایی)، عدم تاثیرپذیری اثرات ناشی از تغییرات دما بر روی مصالح سازه و سیستم آب‌بندی، اثر عوامل خارجی نظیر سطوح بستر زبر و نحوه ترمیم و مهار مناسب جزء عوامل مؤثر در طراحی می‌باشد.

۷) عملکرد این نوع سیستم آب‌بندی شدیداً وابسته به انجام تست‌های کنترل کیفی مصالح و اجراء می‌باشد. با توجه به نوع مصالح انتخاب شده و روش‌های اجراء، باید چک لیست‌های کنترلی تهیه و پایش‌ها به صورت مستمر صورت‌پذیرد.

ابزار و قطعات جانبی نصب (مانند دیسک‌های نگهدارنده، تسمه اتصال، واشرهای مخصوص و...) نباید به عنوان یک جزء کم اهمیت در سیستم آب‌بندی تلقی گردد.

۳-۲-۲- کلاس‌های مختلف آب‌بندی در سیستم آب‌بندی بوسیله غشاء ژئوممبران

نوع کاربری سازه زیرزمینی تأثیر بسزایی در ارائه طرح جزئیات و مشخصات سیستم آب‌بندی به این روش دارد. در سیستم آب‌بندی به وسیله غشاء ژئوممبران کلاس‌های آب‌بندی به چهار رده کاملاً خشک، نسبتاً خشک، مرطوب و خیس مطابق جدول (۳-۱) تقسیم می‌گردد.

omoorepeyman.ir

جدول ۳-۱-کلاس‌های کاربری مختلف آب‌بندی

رده کلاس	کلاس ۱	کلاس ۲	کلاس ۳	کلاس ۴
توصیف	کاملاً خشک	نسبتاً خشک	مرطوب	خیس
مشخصه	هیچگونه محدوده مرطوب روی سطح تونل مجاز نمی‌باشد.	نقاط محدود مرطوب مجاز می‌باشد. هیچگونه ریزش آب روی سطح خشک مجاز نمی‌باشد.	نقاط مرطوب و نقاط محدود ریزش آب روی سطح خشک مجاز می‌باشد.	نقاط مرطوب و نقاط ریزش آب روی سطح خشک مجاز می‌باشد.
مثال کاربردی	- اتاق‌های تهویه هوا و ایزوله - اتاق‌های خشک - اتاق‌های منبع ذخیره انرژی - ایستگاه‌های مترو (وجود انسان)	-تونل آزادراه‌های -تونل آزادراه‌های در مناطق جنگلی - تونل‌های قطارهای سریع‌السیر - پارکینگ‌ها - خطوط مترو	- خطوط راه آهن منطقه‌ای - تونل‌های فرار	- تونل‌های فاضلابی
میزان نفوذ آب بر واحد l/sqm در ۲۴ ساعت				
رواداری	۰	۰ تا ۰/۱	۰/۱ تا ۰/۵	۰/۵ تا ۱

با توجه به جدول (۳-۱) ایستگاه‌های مترو در رده کلاس ۱ و مسیر تونل شهری در رده کلاس ۲ قرار می‌گیرد این کلاس کاربری به عنوان پیش فرض در طراحی در نظر گرفته می‌شود که با توجه به نظر بهره‌برداری و کارفرما کلاسه‌بندی کاربری هر بخش نهایی می‌گردد.

۳-۲-۳- انواع نظریه‌های طراحی در آب‌بندی بوسیله غشاء ژئوممبران

در زمینه آب‌بندی بوسیله غشاء ژئوممبران تونل‌ها و ایستگاه‌ها، دو نظریه کلی (الف) آب‌بندی به واسطه زهکشی (روش چتری[۱]) و (ب) آب‌بندی یکپارچه محیطی[۲] ارائه شده است.

الف) نظریه اول – آب‌بندی به واسطه زهکشی (روش چتری)

این نظریه بر پایه عملکرد زهکشی دائمی (مطابق با ضوابط فصل ۵) طراحی می‌شود. در این روش جهت جلوگیری از نفوذ نم و رطوبت به داخل سازه زیرزمینی از یک غشاء ژئوممبران در طاق و دیواره به صورت چتری استفاده می‌شوند. با توجه به تراز قرارگیری آب موارد ذیل قابل ذکر است.

۱) در صورتی که مقطع تونل پایین تر از سطح آب زیرزمین قرار داشته باشد لازم است ابتدا یک روش زهکشی بطنی متناسب جهت پایین آوردن سطح آب زیرزمینی اجراء گردیده (با توجه به ضوابط فصل ۵) و سپس برای کنترل نشتی‌ها و تراوشات آب از زهکش‌های سطحی و جهت نم‌بندی از ژئوممبران بهره‌برده شود.

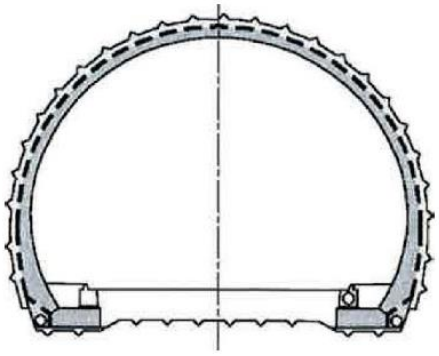
[۱] Umbrella system

[۲] All around system

omoorepeyman.ir

۲) در صورت بالاتر قرار گرفتن مقطع تونل از سطح آب زیرزمینی جهت کنترل نشتی‌های ناشی از تأسیسات زیربنایی شهری همچون شاه لوله‌های آب و فاضلاب و سیستم‌های دفع فاضلاب صنعتی (چاه‌ها و انباره‌ها و...) و یا تراوشات قنوات آسیب دیده می‌توان از زهکشی سطحی جهت جمع‌آوری آب و هدایت آن به خارج از سازه و جهت نم‌بندی از ژئوممبران بهره برد.

در حالت (۱) به دلیل عدم طراحی سازه اصلی تونل جهت مواجهه با آب، سیستم زهکشی اصلی مطابق با ضوابط و معیارهای فصل ۵ طراحی گردیده و لایه نم‌بند ژئوممبران مطابق با ضوابط این فصل طراحی می‌گردد. تونل‌ها و ایستگاه‌هایی که با این روش اجرا می‌شوند حتماً باید دارای سیستم تهویه مناسبی باشند. با توجه به پیامدهای احتمالی نشست تحکیمی، اثرات زیست‌محیطی و پیامد اختلال در سیستم زهکشی در این روش، توصیه می‌شود حتی‌الامکان از حالت (۱) در ایستگاه‌ها و مسیرهای شهری استفاده نگردد.



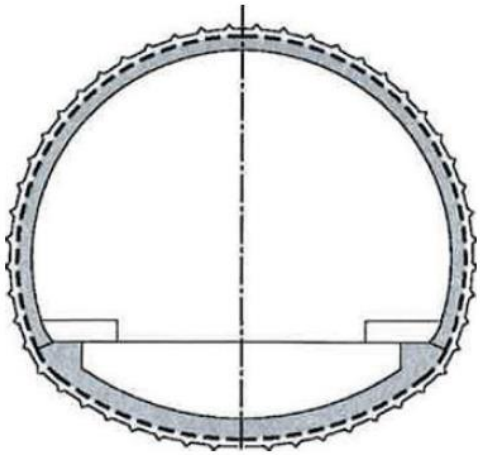
شکل ۳-۱- نظریه اول، نقشه سیستم آب‌بندی بوسیله غشاء ژئوممبران به صورت چتری

شکل ۳-۲- نمایی اجرایی از نظریه اول سیستم آب‌بندی بوسیله ژئوممبران به صورت چتری

omoorepeyman.ir

ب) نظریه دوم – سیستم آب‌بندی به صورت یکپارچه محیطی

از سیستم یکپارچه در دو حالت بهره برده می‌شود: ۱) در شرایطی که سازه زیرزمینی بصورت مخزنی و با محاسبات فشار هیدرو استاتیک آب و کنترل ترک طراحی گردیده و مقطع تونل پایین‌تر از تراز ایستابی آب قرار می‌گیرد. ۲) در شرایطی که اثرات تهاجمی محیطی و مواد شیمیایی خاک (سولفات، کلر، کربن و...) خارج از محدوده مجاز باشد. در حالت دوم هدف اصلی جلوگیری از تخریب سازه در مجاورت مواد شیمیایی آسیب زننده به بتن می‌باشد. انتخاب روش مناسب بین نظریه اول و دوم بسیار وابسته به جنس خاک، محل ساختگاه و میزان دبی آب ورودی در زمان حفاری می‌باشد. بعنوان مثال در خاک‌های ریزدانه بعلت نفوذپذیری بسیار کم و شعاع تاثیر ناچیز المان‌های زهکشی و همچنین ریسک نشست در سازه‌های مجاور، ممکن است نظریه اول مناسب نباشد. در نظریه دوم سیستم آب‌بندی در سرتاسر مقطع تونل و یا ایستگاه (تا تراز سطح زمین) اجراء می‌شود. بر همین اساس فشار هیدرواستاتیکی به عنوان یک نیروی موثر در طراحی‌ها لحاظ می‌گردد.



شکل ۳-۳- نظریه دوم، نقشه سیستم آب‌بندی به صورت یکپارچه محیطی

ذکر این نکته حائز اهمیت است که در طراحی به این روش به دلیل اهمیت بالای آب‌بندی ضوابط سختگیرانه در خصوص مشخصات مصالح، آب‌بندی درزها، طراحی جزئیات و سیستم پشتیبانی تزریق باید رعایت شود. همچنین جهت عملکرد بهتر این روش هر چه عملیات اجرای سیستم آب‌بندی با کیفیت و نظارت سطح بالاتری اجراء شود، هزینه‌های آب‌بندی پس از ساخت و نگهداری به شدت کاهش می‌یابد. بر همین اساس نظارت و آزمایش‌های کنترل کیفیت و تست‌های اجرائی اکیداً توصیه می‌گردد که در بخش‌های آتی به این مسئله پرداخته خواهد شد.

omoorepeyman.ir

شکل ۳-۴- نمایی اجرایی از نظریه دوم، سیستم آب‌بندی به صورت یکپارچه محیطی

۳-۳- طراحی کلی سیستم آب‌بندی بوسیله غشاء ژئوممبران

با توجه به مطالب ارائه شده در فصل دوم، طراحی هر نوع سیستم آب‌بندی سازه‌های زیرزمینی به تراز آب زیر زمینی (فشار هیدرواستاتیک آب) و شرایط خورندگی محیط اطراف (آب و خاک) وابسته بوده که طراحی سیستم آب‌بندی بوسیله غشاء ژئوممبران از این امر مستثنی نمی‌باشد. با توجه به اینکه شیوه حفاری و ساخت تونل تأثیر چشمگیری در طراحی سیستم آب‌بندی به این روش دارد، در ادامه نحوه طراحی و تعیین مشخصات حیاتی سیستم آب‌بندی بوسیله غشاء ژئوممبران برای دو دسته‌بندی سیستم حفاری و ساخت تونل به روش‌های بسته و باز ارائه شده است.

۳-۳-۱- مشخصات کلی

با توجه به ماهیت و عملکرد سیستم آب‌بندی به وسیله غشاء ژئوممبران برخی ملزومات سازه‌ای نیز توصیه شده است. شرایط خاص لزوم بهره‌مندی از سیستم سازه آب‌بند در نشریه طرح اختلاط بتن آب‌بند ذکر گردیده که برای طرح جزئیات باید به آن نشریه مراجعه شود و پس از تعیین ضوابط کلی جهت تکمیل بستر طراحی باید به آب‌بندی درزها پرداخته شود. لازم به ذکر است که در طراحی درزهای آب‌بند گاهاً نقطه مشترک بین سیستم آب‌بندی به وسیله غشاء ژئوممبران و سازه آب‌بند می‌باشد که هر کدام از نشریات که ضوابط سختگیرانه‌تری را وضع نموده‌اند، حاکم می‌باشد.

۳-۳-۲- طراحی سیستم آب‌بندی بوسیله غشاء ژئوممبران در روش حفاری بسته

در ایستگاه‌ها و تونل‌های که به روش بسته احداث می‌شوند، امکان بهره‌مندی از هر دو روش آب‌بندی غشائی و سازه آب‌بند و یا هر دو وجود دارد. عوامل موثر در طراحی شامل شرایط هیدرواستاتیکی، جنس خاک پیرامون سازه اصلی،

omoorepeyman.ir

هندسه و پیچیدگی‌های سازه اصلی، روش پایدارسازی تونل، هندسه سیستم آب‌بند کننده و شرایط خورندگی محیط اطراف می‌باشد. جدول (۳-۲) مشخصات و ضوابط اساسی سیستم آب‌بندی به وسیله غشاء ژئوممبران در روش حفاری بسته را ارائه می‌نماید:

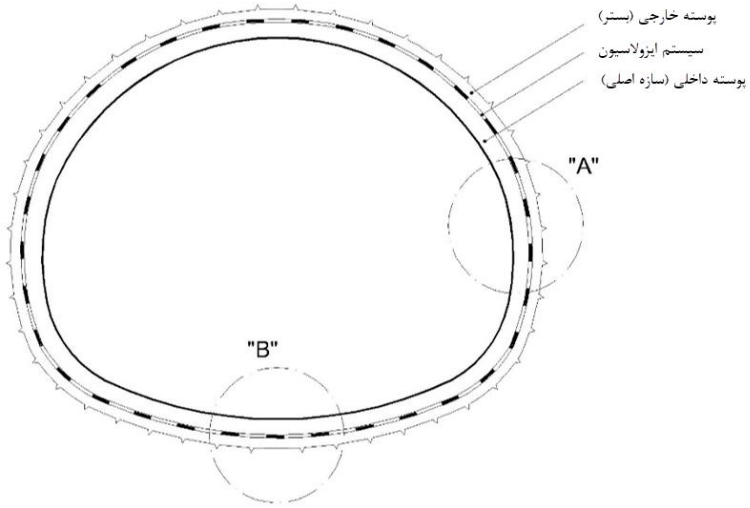
جدول ۳-۲- طرح سیستم آب‌بندی – حفاری بسته

هندسه آب‌بندی	فشار هیدرواستاتی ک بالای کف تونل(mWc)	حمله شیمیایی طبق مبحث نهم مقررات ملی ساختمان[1]	نوع و محل سیستم آب‌بندی		شرایط آب‌بندی درز و سیستم پشتیبان		
			طاق	کف (در صورت نیاز)	درزبند (واتراستاپ)		سیستم پشتیبان
					درزبند داخلی	درزبند خارجی	
چتری	-	ملایم تا متوسط (ردیف ۱)	ژئوممبران با ضخامت ۲ میلیمتر[1]	توصیه می‌شود	ـــــ	توصیه می‌شود	ـــــ
			سازه آب‌بند		الزامی است	ـــــ	ـــــ
محیطی یکپارچه		بالا (ردیف‌های ۲ الی ۷)	ژئوممبران با ضخامت ۲ میلیمتر		ـــــ	توصیه می‌شود	ـــــ
	تا ۳۰ (0.3MPa)	ملایم تا متوسط (ردیف ۱)	ژئوممبران با ضخامت ۳ میلیمتر[1]		ـــــ	الزامی است	الزامی است
			سازه آب‌بند		الزامی است	ـــــ	ـــــ
		بالا (ردیف‌های ۲ الی ۷)	ژئوممبران با ضخامت ۳ میلیمتر		ـــــ	کاملاً چسبنده و یا چسبندگی جزئی به روش تفکیک سطوح الزامی است	الزامی است
			سازه آب‌بند به همراه ژئوممبران با ضخامت ۲ میلیمتر برای محافظت از سازه		الزامی است	ـــــ	ـــــ
	از ۳۰ الی ۶۰ (0.3~0.6MPa)	در همه شرایط	ژئوممبران با ضخامت ۳ میلیمتر به همراه سازه آب‌بند		ـــــ	کاملاً چسبنده و یا چسبندگی جزئی به روش تفکیک سطوح الزامی است	الزامی است
			سیستم دو لایه ژئوممبران به صورت وکیوم (ضخامت ۳ میلیمتر سمت خاک و ضخامت ۲ میلیمتر سمت سازه زیرزمینی)		ـــــ	کاملاً چسبنده و یا چسبندگی جزئی به روش تفکیک سطوح الزامی است	الزامی است
۱- طبق رواداری مرتبط با مصالح ژئوممبران							

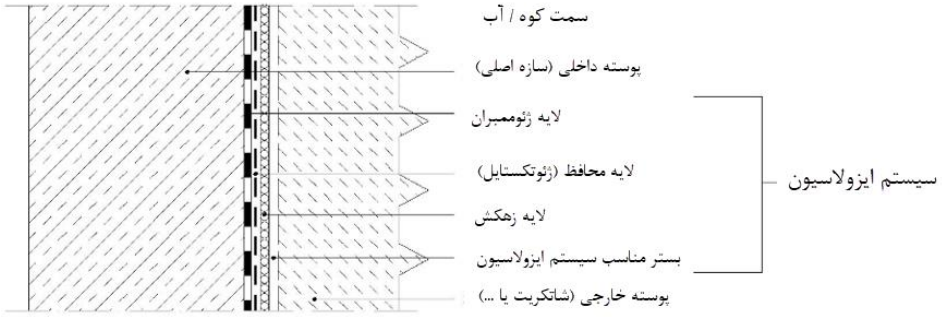
ترتیب لایه‌های در سیستم آب‌بندی به وسیله غشاء ژئوممبران در تونل‌های بسته در شکل (۳-۵) نشان داده شده است. علاوه بر اجزاء نمایش داده شده در شکل می‌توان به ملزوماتی همچون نگهدارنده‌ها، نوارهای محافظتی درزبندها، واتراستاپ‌ها و ملحقات سیستم تزریق پشتیبان اشاره نمود.

[1] ویرایش پنجم سال ۱۳۹۹

omoorepeyman.ir

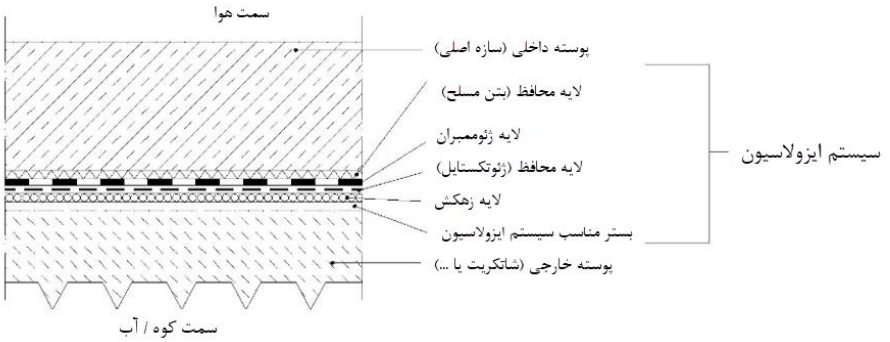


شکل ۳-۵- نمایی کلی از ترتیب لایه‌ها درسیستم آب‌بندی به وسیله غشاء ژئوممبران در حفاری بسته



شکل ۳-۶- نمایی از ترتیب لایه‌ها درسیستم آب‌بندی به وسیله غشاء ژئوممبران در حفاری بسته – جزئیات A- دیواره‌ها و طاق

در شکل (۳-۶) ترتیب لایه‌ها در دیواره را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است با توجه به نظر طراح امکان جابجایی لایه محافظ و زهکش با در نظر گرفتن تمامی جوانب طراحی امکان‌پذیر است.



شکل ۳-۷- نمایی از ترتیب لایه‌ها درسیستم آب‌بندی به وسیله غشاء ژئوممبران در حفاری بسته – جزئیات B- کف

توصیه می‌شود که لایه زهکش کف از مصالح سنتی (شن) استفاده شود. بهره‌مندی از مصالح زهکش ژئوسنتتیکی به دلیل خزش بلند مدت تحت بار ثابت توصیه نمی‌شود.

omoorepeyman.ir

- **لایه بستر**

به دلیل آسیب‌پذیربودن غشاء ژئوممبران، اجراء لایه ژئوممبران در کنج‌ها و گوشه‌ها و همچنین فشار ناشی از بتن‌ریزی، مشخصات مقاومتی و پستی و بلندی لایه بستر از اهمیت بالایی برخوردار است میزان معیارهای پذیرش در رواداری‌های مقاومتی و هندسی بستر در بخش رواداری‌های بسترسازی ارائه شده است.

- **لایه زهکش**

باتوجه به اینکه اجرای ژئوممبران در سطح خشک باید انجام شود، در صورت وجود نشتی سطح بستر لازم است از هر گونه نفوذ آب و جریان به طور موقت به سازه تونل جلوگیری شود. برای این منظور زهکش‌های سطحی (مقصود از زهکشی سطحی دیواره همان زهکش‌های حفره‌دار و زهکش سطحی کف شامل کانال‌های شیب‌بندی و لوله‌گذاری شده می‌باشند)، آب اطراف سازه را به سیستم زهکشی طولی سازه زیرزمینی منتقل می‌کنند. اگر میزان زبری سطح و توان هیدرولیکی لایه محافظ برای عبور جریانات آب کافی نباشد، حتماً باید از یک لایه زهکش بهره برده شود. لایه زهکش بر اساس ماکزیمم میزان دبی ورودی بر روی سطح دیواره برای یک متر عرض و مقدار مقاومت فشار وارده از سوی بتن تازه با احتساب ضریب اطمینان‌های لازم طراحی می‌شوند. بسترهای با قطعات بتنی پیش ساخته زبری سطح کمتری دارند که این مسئله سبب کاهش عبور جریان آب در لایه محافظ می‌گردد. با توجه به این مسئله در این نوع بسترسازی حتماً باید از لایه زهکش بهره برده شود. مشخصات فنی مورد نیاز برای زهکش براساس میزان گذردهی آب مورد نیاز و مقاومت فشاری وارده از خاک یا بتن تازه به لایه زهکش تعیین می‌گردد. حداقل مشخصات فنی لایه زهکش در بخش آتی ارائه شده است.

- **لایه ژئوتکستایل**

لایه ژئوتکستایل محافظ باید بین بستر و لایه ژئوممبران نصب گردد (ممکن است در برخی موارد لایه زهکش حفره دار بصورت موقت مورد استفاده قرار گیرد). عملکرد این لایه جهت محافظت عایق ژئوممبران در برابر زبری، لبه‌ها و پستی و بلندی بستر و در مجموع افزایش مقاومت در برابر سوراخ شدگی می‌باشد. طراحی لایه محافظ باید به گونه‌ای باشد که تنش‌های وارده بر لایه ژئوممبران (سنگدانه‌ها و دیگر زائده‌های مجاز روی بستر) در طول زمان ساخت و بهره‌برداری را به حداقل ممکن برساند. علاوه بر حفاظت (در مواردی که مقطع برای عدم وجود آب طراحی می‌شود) لایه محافظ برای زهکش آب مشخصات (فیلتراسیون) و گذردهی آب تعیین می‌گردد که باید مشخصات زهکش این لایه نیز در طرح و نقشه‌های اجرایی ارائه شود. محدودیت‌های مشخصات فنی لایه محافظ در بخش آتی ارائه شده است.

- **لایه ژئوممبران**

از آنجایی که در مجموعه فعالیت‌های اجرایی پس از نصب عایق ژئوممبرین (آرماتوربندی، قالب‌بندی و بتن‌ریزی) احتمال آسیب و ایجاد تنش در ورق‌های ژئوممبرین بسیار زیاد است، طراح باید با اشراف کامل تک تک موارد مذکور را بررسی و در مشخصات مکانیکی ژئوممبرین مد نظر قرار دهد. عوامل مکانیکی مانند تنش کششی در یک یا چند محور ورق، له‌شدگی، چین‌دار شدن، تنش‌های فشاری محدود و کلی و تنش‌های نقطه‌ای سبب افزایش ریسک و عدم عملکرد

omoorepeyman.ir

مناسب ورق می‌شوند. با در نظر گرفتن موارد فوق‌الذکر و ضوابط طراحی این فصل ضخامت و میزان استحکام ورق بر اساس شرایط محیطی انتخاب می‌گردد. ضخامت‌های اشاره شده در جدول (۳-۲) (حتی در صورتی که دیگر محدودیت‌ها با ضخامت کمتر ورق برآورده شود) باید به عنوان حداقل رعایت گردد.

۳-۳-۳- طراحی سیستم آب‌بندی بوسیله غشاء ژئوممبران برای حفاری باز (کند و پوش)

سیستم آب‌بندی در این نوع از ایستگاه‌ها و تونل‌ها به وسیله سازه آب‌بند و سیستم آب‌بند غشائی در نظر گرفته می‌شود. در محیط‌هایی که خورندگی خاک و آب در محدوده اطراف تونل زیاد باشد استفاده از سیستم غشاء آب‌بند امری ضروری است. با توجه به نظر طراح، بهره‌مندی از سیستم آب‌بند غشائی به جای سازه آب‌بند نیز مجاز است. لازم به ذکر است که با توجه به ماهیت حفاری و اجرا در این روش، جهت محافظت از غشاء ژئوممبران باید تمهیدات ویژه‌ای لحاظ شود. جدول (۳-۳) مشخصات و ضوابط اساسی سیستم آب‌بندی به وسیله غشاء ژئوممبران در روش حفاری باز را ارائه می‌نماید:

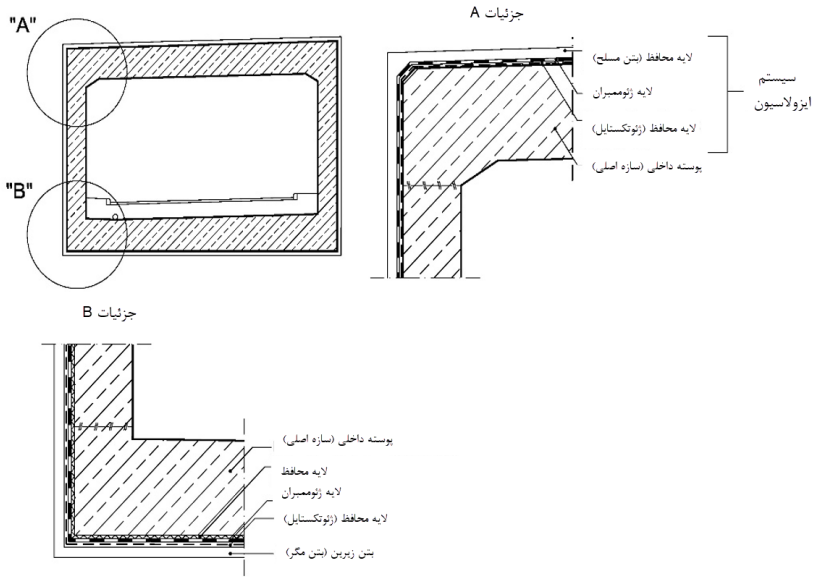
جدول ۳-۳- طرح سیستم آب‌بندی به وسیله غشاء ژئوممبران در حفاری باز

هندسه آب‌بندی	فشار هیدرواستاتیک بالای کف تونل (mWc)	حمله شیمیایی طبق مبحث نهم مقررات ملی ساختمان[1]	نوع و محل سیستم آب‌بندی			ملاحظات
			سقف طاق و دیواره	کف (در صورت نیاز)	درزها	
چتری	-	ملایم تا متوسط (ردیف ۱)	ژئوممبران با ضخامت۳ میلیمتر	ـــــ	ـــــ	ـــــ
			سازه آب‌بند		درزبند داخلی	
		بالا (ردیف‌های ۲ الی ۷)	ژئوممبران با ضخامت ۳ میلیمتر		ـــــ	
محیطی یکپارچه	تا ۳۰ (0.30 MPa)	ملایم تا متوسط (ردیف ۱)	سازه آب‌بند		درزبند داخلی	ـــــ
		بالا (ردیف‌های ۲ الی ۷)	سازه آب‌بند + ژئوممبران به ضخامت ۳ میلیمتر		درزبند داخلی	سیستم پشتیبان تزریق

ترتیب لایه‌های در سیستم آب‌بندی به وسیله غشاء ژئوممبران در تونل‌های باز در شکل (۳-۸) نشان داده شده است.

[1] ویرایش پنجم سال ۱۳۹۹

omoorepeyman.ir

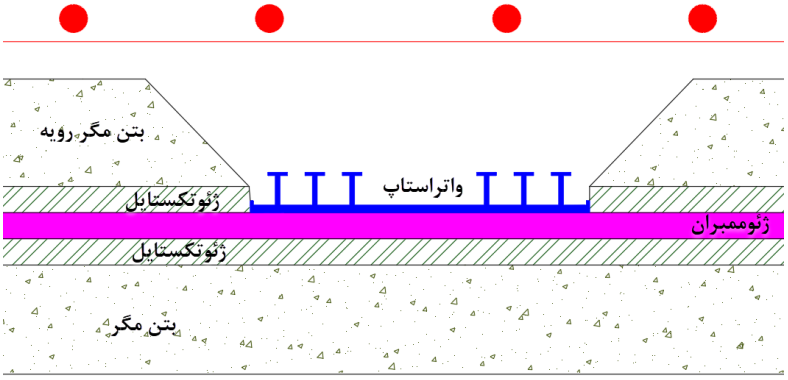


شکل ۳-۸- نمایی از ترتیب لایه‌ها درسیستم آب‌بندی تونل‌های باز (کند و پوش)

لازم به ذکر است در برخی مواقع (بهره‌مندی از ژئوممبران‌های چسبنده و...) لایه ژئوممبران مستقیماً با سازه اصلی در تماس می‌باشد.

- **لایه محافظ**

لایه محافظ جهت حفاظت از عایق در برابر خاکریزی خاک روی سقف و کناره دیواره بعد از اجرای عایق و همچنین در برابر زبری بستر و بتن‌ریزی کف استفاده می‌شود. جهت محافظت از عایق در قسمت کف توصیه می‌گردد بعد از اجرای یک لایه ژئوتکستایل از یک لایه بتن مگر نیز بهره برده شود. ذکر این نکته ضروری است که واتراستاپ‌های تفکیک سطوح کف باید با سازه اصلی درگیر شوند. به این معنی که در صورت اجرای بتن مگر روی ژئوممبران پی وی سی نباید روی واتراستاپ‌ها با بتن مگر مطابق شکل (۳-۹) پر شود.



شکل ۳-۹- نمایی عدم اجرای بتن مگر بر روی واتراستاپ

omoorepeyman.ir

- **لایه ژئوممبران**

به دلیل آسیب‌پذیر بودن عایق در این روش حفاری لازم است که ضوابط طراحی، اجرایی و کنترلی مطابق این نشریه رعایت شود. همچنین بهره‌مندی از ژئوممبران چسبنده به دلیل خاص بودن و به روز بودن باید مطابق با دستورالعمل تولیدکننده و مطابق با ضوابط این نشریه طراحی، اجرا و کنترل و پایش شود.

۳-۴- آب‌بندی درز در سیستم آب‌بندی به روش غشاء ژئوممبران

۳-۴-۱- مقدمه

تجربه نشان داده در صورت آسیب در غشاء ژئوممبران، بیش از ۹۰ درصد آب ورودی به سازه‌های زیر زمینی از محل درزهای بتن به داخل نفوذ می‌کنند. دلیل این مسئله در سیستم آب‌بندی به روش غشاء ژئوممبران به دو علت ۱- آسیب محلی غیر از محدوده درز در ژئوممبران و نشر آب از محل آسیب به درز و ۲- آسیب دیدن ورق در محل درز می‌باشد و چون آب تمایل به صرف انرژی کمتر برای حرکت دارد، نشر آب از محل درزها رخ می‌دهد. به همین علت آب‌بندی درزها خصوصاً درزهای سرد اجرایی در سازه‌های زیرزمینی (فونداسیون، دیوارها و طاق) مشخصاً عملکرد سیستم آب‌بندی را چند برابر می‌کند. به عبارت ساده‌تر آب‌بندی درزهای سرد مهمترین مقوله آب‌بندی سازه زیرزمینی است و بعنوان یک قانون کلی در سازه‌های زیرزمینی (با یا بدون تراز آب) باید از واتراستاپ مناسب و طراحی شده بهره برد. لازم به ذکر است در سیستم‌های چندگانه که از روش‌های مختلف آب‌بندی (غشاء سازها، سازه آب‌بند و یا زهکشی) به صورت توامان استفاده می‌شود، باز هم طراحی درز بصورت آب‌بند رکن اصلی آب‌بندی سازه زیرزمینی است. در این بخش تنها به چگونگی آب‌بندی درز در زمان بهره‌مندی از غشاء ژئوممبران ارائه شده است. جهت آب‌بندی درز در دیگر روش‌ها به ضوابط مربوط به سازه آب‌بند باید مراجعه شود.

در استفاده از انواع درزبند باید مسائل نصب، لزوم اتصال مناسب به ورق ژئوممبران، شکل‌پذیری، مقاومت در برابر مواد شیمیایی و مشخصات فنی لازمه رعایت شود. چگونگی حمل، انبارداری و نصب صحیح باید طبق رواداری این نشریه صورت پذیرد. مصالح درزبند باید با مصالح بخش همجوار همخوانی داشته و نباید از مصالحی که قابلیت ایجاد همپوشانی استاندارد بین آنها وجود ندارد، استفاده شود. مورد مذکور در خصوص خود ورق‌های ژئوممبران نیز صادق است. بدین معنی که بدلیل عدم اتصال بین ژئوممبران‌های با جنس پلیمری تشکیل دهنده متفاوت، نمی‌توان از دو جنس متفاوت ژئوممبران برای یک مقطع سازه زیرزمینی بهره برده شود. در صورت استفاده از طراحی آب‌بندی درز، با روشی غیر از نشریه حاضر، باید عملکرد صحیح آن قبل از اجرا توسط مراجع معتبر به اثبات رسیده باشد.

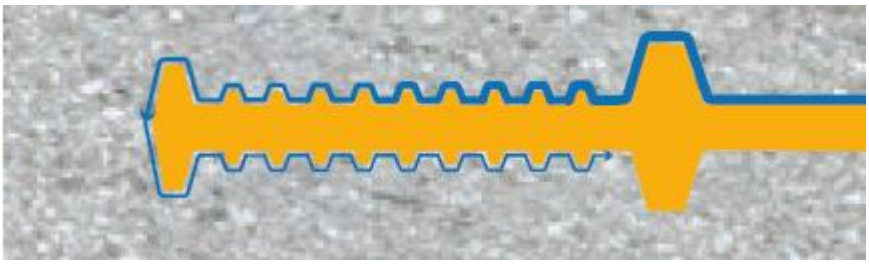
omoorepeyman.ir

۳-۴-۲- قانون‌های عملکردی

واتراستاپ‌ها بر اساس عملکردشان در بتن به پنج دسته کلی تقسیم‌بندی می‌شوند. با این حال ممکن است واتراستاپ‌ها بیش از یک عملکرد را توامان داشته باشند.

- **عملکرد بر اساس طولانی‌تر کردن مسیر آب**

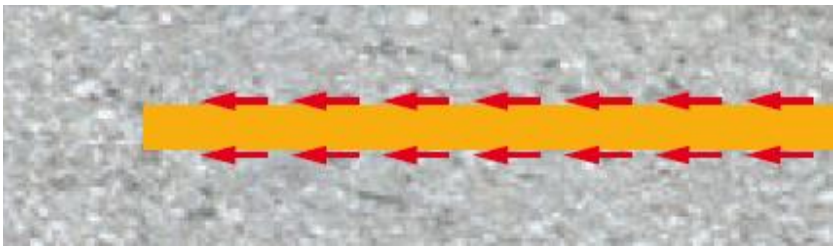
این قانون بر طولانی‌تر کردن و افزایش طول مسیر عبور آب در بتن سبب افت انرژی و کاهش فشار آب می‌گردد. بعنوان مثال استفاده از واتراستاپ پی وی سی با عرض ۳۲ سانتیمتر در وسط درز سرد، مسیر آب در هر وجه درگیر در بتن به میزان بیش از ۳۲ سانتیمتر (وجود دندانه روی واتراستاپ) علاوه بر عرض سازه بتنی افزایش می‌یابد. این نوع واتراستاپ‌ها عمدتاً از پلیمرهای همچون پی وی سی[۱] و پلی اتیلن[۲] تولید می‌شوند.



شکل ۳-۱۰- نمایی از عملکرد بر اساس طولانی‌تر کردن مسیر

- **عملکرد بر اساس مدوفون شدگی**

این نوع از واتراستاپ‌ها به واسطه مدوفون شدن و چسبندگی بالای خود با بتن تازه و همچنین طولانی‌تر کردن مسیر سبب آب‌بندی درز می‌شود. جنس این نوع از واتراستاپ‌ها معمولاً فلزی می‌باشد. در مواردی که لازم است مقطعی (عمدتاً فولادی) ضخامت بتن کف، دیوار و یا طاق را قطع می‌کند، از این نوع از واتراستاپ‌ها بهره برده می‌شود. معمولاً جنس مصالح تشکیل دهنده این نوع از واتراستاها با مقطع مذکور همخوانی دارد. بعنوان مثال در صورت لزوم عبور یک لوله فلزی از داخل بتن لازم است از یک صفحه فلزی به شکل حلقه (ابعاد طراحی می‌گردد) دور لوله جوش داده شود.



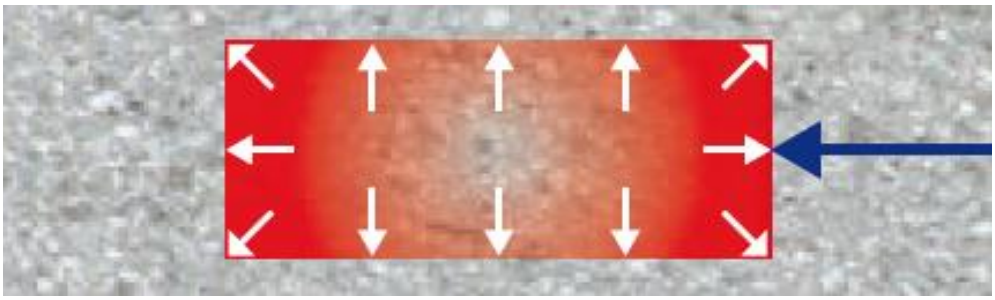
شکل ۳-۱۱- نمایی از عملکرد بر اساس مدفون شدگی

[۱] PVC
[۲] PE

omoorepeyman.ir

- **عملکرد بر اساس تورم در زمان محصورشدگی**

این نوع از واتراستاپ‌ها که معمولاً فعال و جاذب آب می‌باشند که با افزایش حجم بین بتن قدیم و جدید با ایجاد فشار محبوس در اثر عدم وجود فضای کافی جهت تورم، مانع نفوذ آب به داخل سازه می‌گردند. عملکرد این نوع از مصالح بسیار وابسته به مشخصات شیمیایی (خصوصاً میزان گذردهی جریان الکریسیته EC آب که مشخص کننده مقدار نمک محلول در آب می‌باشد)، سیکل رفت و برگشتی آب و تراز هیدرو استاتیکی آب می‌باشد. معمولاً دو نوع بنتونیتی و هایدروفیلیک در دسترس می‌باشد که با توجه به شرایط پروژه جنس آن انتخاب می‌گردد. با توجه به اینکه عملکرد محصورشدگی رابطه مستقیم با فشار محدوده اطراف خود دارد، از واتراستاپ‌هایی با این عملکرد فقط در ترازهای محدود آب (فشار زیاد آب سبب عدم تورم کافی واتراستاپ می‌گردد) بهره برده می‌شود.



شکل ۳-۱۲- نمایی از عملکرد بر اساس محصور شدگی

- **عملکرد بر اساس پر کردن**

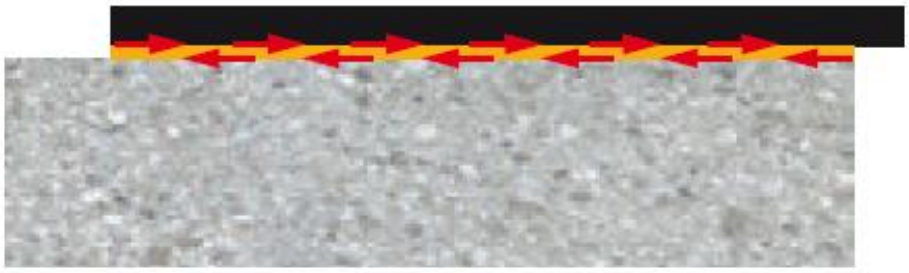
این قانون بر اساس فلسفه عملکردی تزریق در درزها پایه‌گذاری شده است. در این قانون با اجرای شلنگ تزریق در درز و تزریق مواد پس از ساخت سازه، قبل یا در اوایل بهره‌برداری درز آب‌بند می‌شود. لازم به ذکر است استفاده از این قانون عملکردی به تنهایی برای آب‌بندی درز مجاز نمی‌باشد. توضیحات تکمیلی در فصل تزریق ارائه گردیده است.

شکل ۳-۱۳- نمایی از عملکرد بر اساس پر کردن

omoorepeyman.ir

- **عملکرد بر اساس چسبندگی**

در برخی موارد برای آب‌بندی درز از نوارهای چسبنده برپایه مصالح ترموپلاستیک[۱]، لاستیک آب‌بند[۲]، قیر[۳] و یا رزین‌های اپوکسی[۴] استفاده می‌شود. این نوع نوارها با چسبندگی لازم خود به بخش سازه‌ای اطراف درز در سمت فشار مثبت، سبب آب‌بند شدن درز می‌گردد. با توجه به ضخامت نوار تا فشار ۱۰ متر می‌توان از این نوع درزبندها در آب‌بندی درز بهره برد.



شکل ۳-۱۴- نمایی از عملکرد بر اساس چسبندگی

۳-۴-۳- انواع واتراستاپ آب‌بند کننده

انواع واتر استاپ‌ها به لحاظ هندسی به سه نوع کلی پروفیلی و نوار چسبی و خطی تقسیم می‌شوند که از جمله آنها می‌توان به واتراستاپ‌های پروفیلی پلیمری، فلزی، متورم شونده (فعال)، چسبنده و شلنگ تزریق اشاره نمود. برمبنای کارآیی و محل استفاده واتراستاپ‌ها می‌تواند در طراحی آب‌بندی درزها، اتصالات و قطعات سازه‌ای مورد استفاده قرار گیرند.

طراحی روش آب‌بندی درزهای اجرایی، کنترلی و انبساطی نیاز به درزبند آب‌بندکننده با هندسه و مصالح خاص و مشخص مربوط به آن مقطع دارد که مقاومت لازم در برابر تغییرشکل‌های بالقوه را بدون خرابی و در عین حال حفظ خاصیت آب‌بندکنندگی (عدم جدایش از بتن) داشته باشند. در اغلب موارد از درزبند آب‌بندکننده (واتراستاپ‌های) داخلی و خارجی از جنس الاستومر یا ترموپلاستیک استفاده می‌شود. از واتراستاپ‌های فلزی معمولاً در حالت وجود اسکلت فلزس در بتن و شرایط خاص و انواع دیگر آن نظیر واتراستاپ‌های متورم شونده و یا شلنگ‌های تزریق در موارد خاص که اجرای گزینه‌های دیگر ممکن نیست و یا سطح اطمینان بالاتری از آب‌بندی مد نظر باشد مورد استفاده قرار می‌گیرد.

- **واتر استاپ‌های پروفیلی**

به واتراستاپ‌هایی از جنس پلیمر (پی وی سی، پلی اتیلن و...) که شکل هندسی مقطع آن ثابت می‌باشند، در اصطلاح واتراستاپ‌های پروفیلی گفته می‌شوند. این نوع از واتراستاپ‌ها بنا به اقتضای شرایط اجرایی می‌توانند در قسمت میانی درز

---

[۱] TPO

[۲] EPDM

[۳] Rubber

[۴] Epoxy Resin

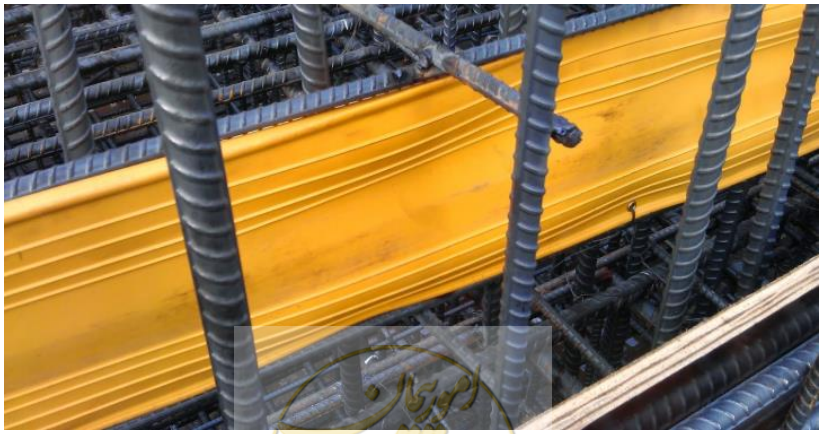
omoorepeyman.ir

سرد (دمبلی و یا میان درز و یا دوطرفه) و یا خارج از آن (کف خواب و یا یک طرفه) جهت جوش به ژئوممبران تولید و اجرا گردد. فلسفه آب‌بند کردن درزها در واتراستاپ‌های پروفیلی عملکرد بر اساس طولانی کردن مسیر آب می‌باشد. با توجه به قالب‌بندی، بتن‌ریزی و سیستم آب‌بندی از این واتراستاپ‌ها در داخل و خارج مقطع مورد استفاده قرار می‌گیرد. در برخی موارد برای جبران نقص، حفرات و خرابی بتن در محدوده واتر استاپ پیشنهاد استفاده از شلنگ تزریق و یا واتراستاپ هیدروفیلیک نیز توصیه شده است.

در صورت استفاده از واتر استاپ‌های خارجی جوش شده به ورق ژئوممبران اقدامات لازم جهت طراحی و اجراء براساس ضوابط ارائه شده در این فصل صورت پذیرد.

شکل ۳-۱۵- نمایی از واتراستاپ پروفیلی جوش شده به ژئوممبران PVC

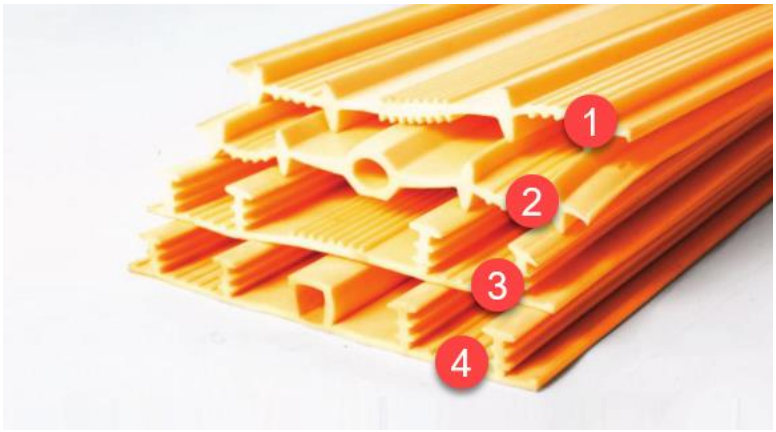
استفاده از واتراستاپ‌های خارجی در صورت تراکم زیاد آرماتور، ضخامت کم دال و یا در بتن‌ریزی‌هایی که ابزار لازم جهت بستن انتهای قالب با وجود واتراستاپ‌های میان درز وجود ندارد (بستن انتهای قالب بوسیله مش فلزی یا رابیتز) توصیه می‌گردد. لازم به ذکر است اجرای این نوع از واتراستاپ‌ها بصورت افقی در هنگام ریسک محبوس شدن حباب هوا در قسمت دندانه‌ها و خم شدن در هنگام بتن‌ریزی را به همراه دارد که این احتمال در مورد واتراستاپ‌های داخلی (میان درز) کمتر است. ضوابط مربوط به واتراستاپ میان درز در فصل سازه آب‌بند ارائه شده است.



شکل ۳-۱۶- نمایی از واتراستاپ پروفیلی میان درز

omoorepeyman.ir

لازم به توضیح است که برخی از واتراستاپ‌های پروفیلی در وسط مقطع خود با یک حباب به شکل سیلندری توخالی تولید شده که از آنها در درزهای انبساطی بهره برده می‌شود. فلسفه وجود این حباب ایجاد امکان حرکت بین دو مقطع بتنی بدون تحمل تنش اضافی در واتراستاپ می‌باشد. لازم به ذکر است نوع مواد پرکننده درزهای انبساطی طبق ضوابط مندرج در فصل سازه آب‌بند تعیین می‌شود.



شکل ۳-۱۷- نمایی از انواع واتراستاپ پروفیلی ۱- میان درز بدون حباب ۲- میان درز با حباب ۳- کف خواب بدون حباب ۴- کف خواب با حباب

- **واتراستاپ‌های فلزی**

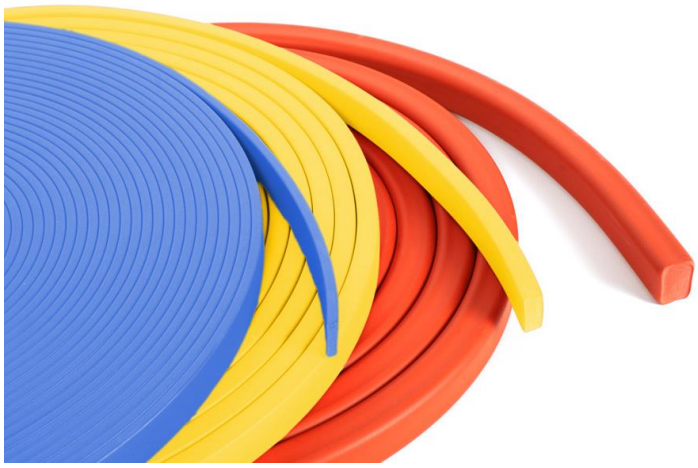
واتراستاپ‌های فلزی ورق‌های بدون پوشش (ورق سیاه) با ضخامت مجاز حداقل دو میلیمتر هستند. چگونگی آب‌بند کردن درز در این نوع از واتراستاپ‌ها بر پایه قانون مدفون شدگی در بتن می‌باشد. بعنوان مثال در ستون‌های فلزی که مقطع بتن دیوار حائل را قطع می‌نماید، می‌توان با جوش دادن این نوع از واتراستاپ به ستون‌ها (دقیقاً در وسط ضخامت بتن) از نفوذ آب به داخل سازه جلوگیری کرد. صلبیت این نوع از واتراستاپ‌ها به عنوان یک مزیت به شمار می‌رود.

شکل ۳-۱۸- نمایی از واتراستاپ فلزی

omoorepeyman.ir

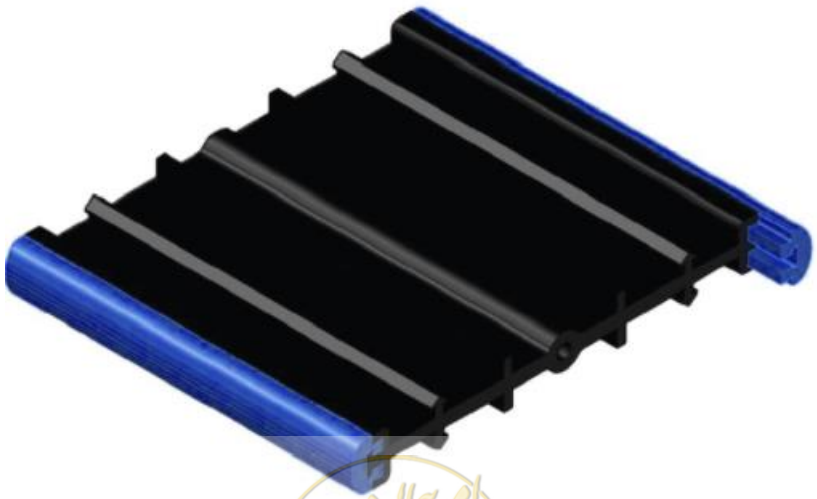
- **واتراستاپ‌های متورم شونده**

ساختار این نوع از واتراستاپ‌ها بدین گونه‌است که پس از مواجهه با آب افزایش حجم می‌دهند (به اصطلاح عملکرد فعال دارند). چگونگی آب‌بند کردن درز در این نوع از واتراستاپ‌ها بر پایه قانون فشار تماس انبساطی یا قانون تورم می‌باشد. با توجه به نحوه عملکرد این نوع واتراستاپ‌ها، باید تمامی سطوح اطراف آن با بتن پوشیده شود. در شرایطی که فشار هیدرواستاتیک آب از فشار متورم شوندگی واتراستاپ (با لحاظ نمودن ضریب اطمینان) بیشتر شود، امکان استفاده از این نوع واتراستاپ‌ها وجود ندارد. استفاده از این نوع واتراستاپ‌ها در درزهای انبساطی ممنوع بوده و تنها در درزهای با فشار هیدرو استاتیکی محدود (طبق جداول رواداری مربوطه) مورد استفاده قرار می‌گیرند.



شکل ۳-۱۹- نمایی از واتراستاپ متورم شونده

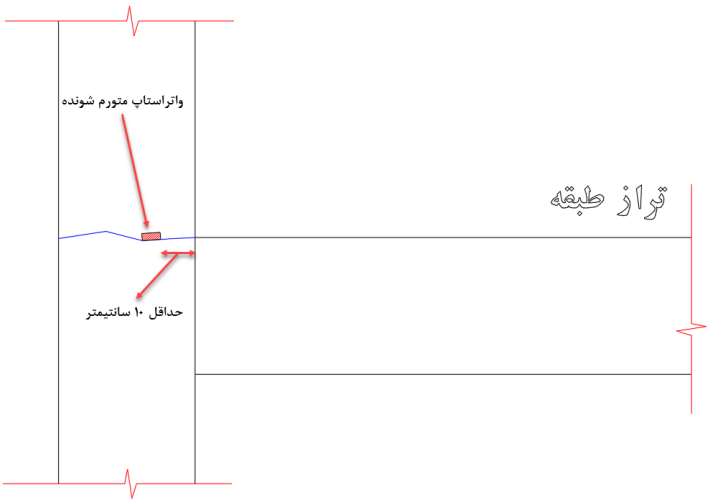
لازم به ذکر است که پروسه تورم یک پروسه زمان‌بر بوده و شرایط رسیدن به سیستم آب‌بندی کامل درز با کمی تاخیر صورت می‌پذیرد. این نوع از واتراستاپ‌ها در ترکیب با واتراستاپ‌های پروفیلی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکل ۳-۲۰- نمایی از واتراستاپ پروفیلی به همراه واتر استاپ هیدروفیلیک

omoorepeyman.ir

با توجه به امکان خروج دوغاب و ایجاد خرابی سطحی در محل تماس قالب با دال کف، این نوع واتراستاپ‌ها باید در فاصله حداقل ۱۰ سانتیمتری از لبه‌های خارجی سطح بتن نصب گردند.



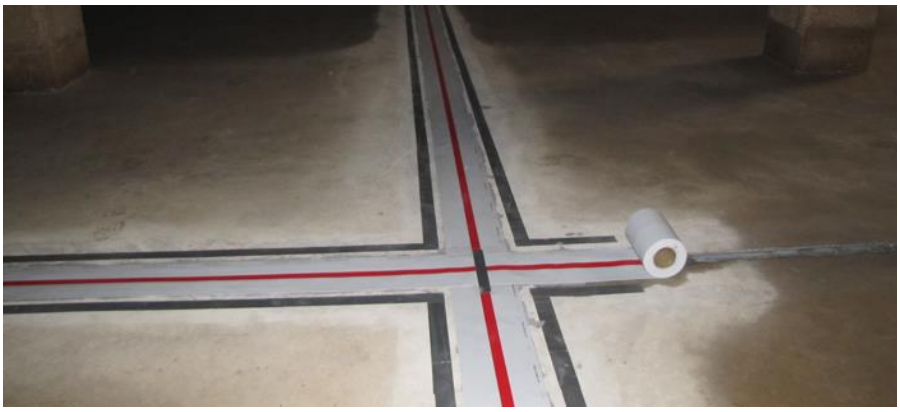
شکل ۳-۲۱- نمایی از حداقل فاصله نصب واتراستاپ متورم شونده از سطح بتن

واتراستاپ‌های متورم شونده (بنتونیتی و هایدروفیلیک) باید از مصالحی ساخته شده باشند که قدرت متورم شدگی مناسب داشته باشد و این قابلیت در طول عمر سازه پایایی و پایداری لازم را در برابر عوامل مهاجم محیطی داشته باشد. این نوع از واتراستاپ‌ها باید دارای پوشش موقت باشند که در زمان بتن‌ریزی متورم نشده و از ازدیاد حجم اولیه و اثرات مخرب سازه‌ای آن جلوگیری بعمل آید. واتراستاپ متورم شونده باید به وسیله رزین مخصوص (در صورت اتصال مکانیکی نباید آسیبی به سطح بتن زیر واتراستاپ وارد شود) به بتن متصل گردد. در فصول بارندگی باید به اندازه‌ای کار شود که در اسرع وقت بتوان روی آن را با بتن پوشانید. همچنین تاکید می‌شود باید از تورم این نوع واتراستاپ‌ها قبل از بتن‌ریزی جلوگیری گردد. وجود آب، جریان دار در تماس با واتراستاپ و یا مواد شیمیایی خورنده محلول در آب نباید تاثیری در عملکرد واتر استاپ داشته باشد. متورم شوندگی باید در زمان سیکل رفت و برگشت آب خاصیت خود را حفظ نموده و به دلیل تولید این مصالح بر اساس شرایط محیطی متفاوت قبل از مصرف مشخصات شیمیایی آب خصوصاً میزان نمک محلول در آن به اطلاع تامین کننده رسیده تا محصول مناسب مورد استفاده قرار گیرد.

- **واتراستاپ‌های چسبنده فشار مثبت**

این نوع از واتراستاپ‌ها از جنس‌های مختلف و سازگار با سیستم آب‌بندی انتخابی و به صورت نواری تولید می‌شوند. نوار مذکور در جهت فشار مثبت (خارج از سازه در صورت دسترسی) بصورت پیوسته با رعایت همپوشانی مجاز چسبانیده می‌شوند. ضخامت این نوارها، برای فشار آب ۵ متر برابر با ۱ میلیمتر و برای فشار آب ۱۰ متر برابر با ۲ میلیمتر بوده و با عرض معمول ۲۰ سانتیمتر تولید می‌شوند. فشار آب بیشتر نیز توسط این نوع واتراستاپ‌ها قابل اجرا می‌باشد که تاییدیه‌ها و طرح آن باید توسط تولید کننده ارائه شود. این نوع از واتراستاپ‌ها اغلب در سازه آب‌بند مورد استفاده قرار می‌گیرد.

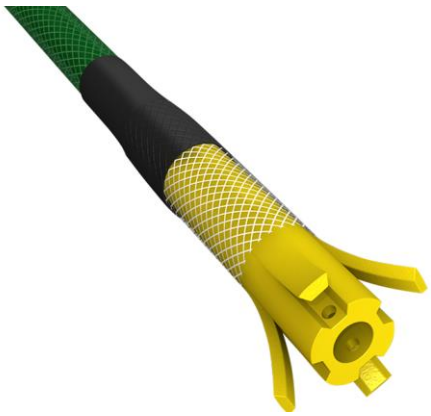
omoorepeyman.ir



شکل ۳-۲۲- نمایی از واتراستاپ چسبنده در داخل مخزن

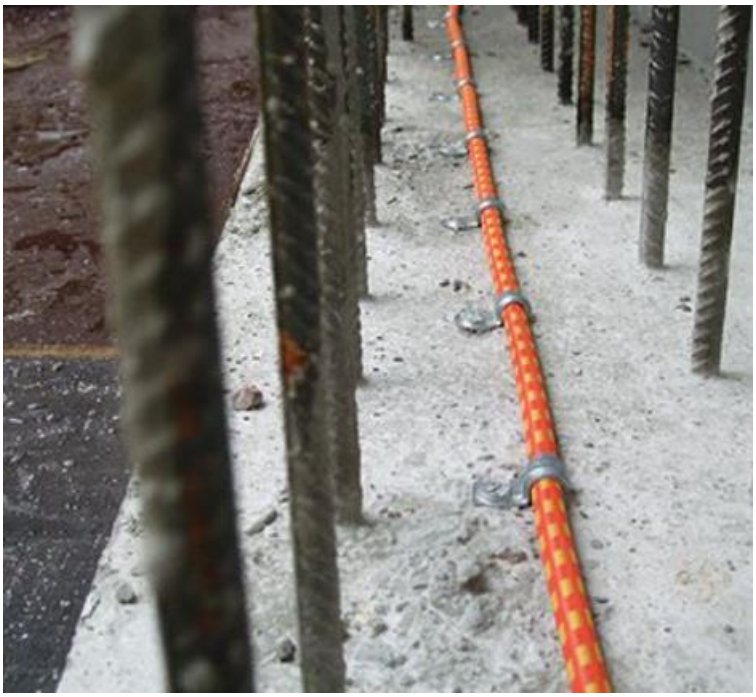
- **شلنگ‌های تزریق**

به طور کلی شلنگ‌های تزریق به عنوان یک سیستم پشتیبان برای واتراستاپ‌ها و سیستم تفکیک سطوح غشاء ژئوممبران (بازگرداندن سیستم به آب‌بندی) اضافه می‌شوند که بر اساس کنترل نفوذ آب به وسیله تزریق مواد رزین پلی ارتان، ژل اکرلیک و مصالح سیمانی طراحی می‌شوند. شلنگ‌های تزریق (نوع، نحوه اجرا و قطر داخلی) به علاوه مصالح تزریق، طول تزریق، مقدار و فشار تزریق و پک تزریق باید با هم همخوانی داشته باشند که ضوابط مربوط به این مصالح در فصل تزریق ارائه شده است. شلنگ‌های تزریق به تنهایی به عنوان یک سیستم آب‌بندی درز در نظر گرفته نمی‌شوند. (لازم به ذکر است در سازه‌های نیمه کاره که بخشی از سازه بدون اجرای واتراستاپ پروفیلی در درز اجرا شده است، بهره‌مندی از این روش مجاز می‌باشد). لوله‌های تزریق مورد استفاده باید بگونه‌ای باشند که امکان نفوذ دوغاب از خارج به داخل منافذ روی شلنگ را نداشته باشند. همچنین پس از مهار مناسب لوله در محل درزهای سرد (وسط درز) بوسیله گیره‌های مخصوص، قسمت انتهایی و نازل باید در جعبه مناسب قرار گرفته تا از صدمات احتمالی هنگام قالب‌بندی و بتن‌ریزی محفوظ بماند. جهت بررسی ملاحظات طراحی، اجرا و کنترل کیفیت به فصل تزریق مراجعه شود.



شکل ۳-۲۳- نمایی از شلنگ تزریق با قابلیت چندبار تزریق

omoorepeyman.ir



شکل ۳-۲۴- نمایی از شلنگ تزریق نصب شده در درزهای پیش‌بینی نشده و یا بعد از اجرا بتن

۳-۴-۴- طراحی آب‌بندی درزها در سیستم آب‌بندی به وسیله غشاء ژئوممبران

با توجه اهمیت آب‌بندی درز، در این بخش به ارائه جزئیات طراحی و نقشه‌های اجرایی آب‌بندی درز در سیستم آب‌بندی به وسیله غشاء ژئوممبران براساس نظریه‌های چتری و یا یکپارچه سرتاسری پرداخته شده است. قبل از شروع فرآیند طراحی درزها باید توجه داشت اکثر پلیمرها با مصالح پایه متفاوت قابلیت اتصال به هم را ندارند. لذا در طراحی اولیه باید در دسترس بودن این مصالح همسان برای یک سیستم کنترل گردد. مثلاً در صورت طراحی سیستم بوسیله ژئوممبران پی وی سی، باید از واتراستاپ‌ها، فلنج اتصال تزریق و مواد پر کننده همخوان با این نوع ژئوممبران موجود و در دسترس باشد. آیین نامه اکیداً توصیه کرده است که عایق باید به صورت کامل یا جزئی به سازه اصلی چسبندگی داشته باشد. با توجه به روش تفکیک سطوح پیشنهادی توسط آیین‌نامه، واتر استاپ‌های پروفیلی به ورق جوش داده می شود تا بتوان به روش تفکیک سطوح، چسبندگی جزئی را ایجاد نمود.

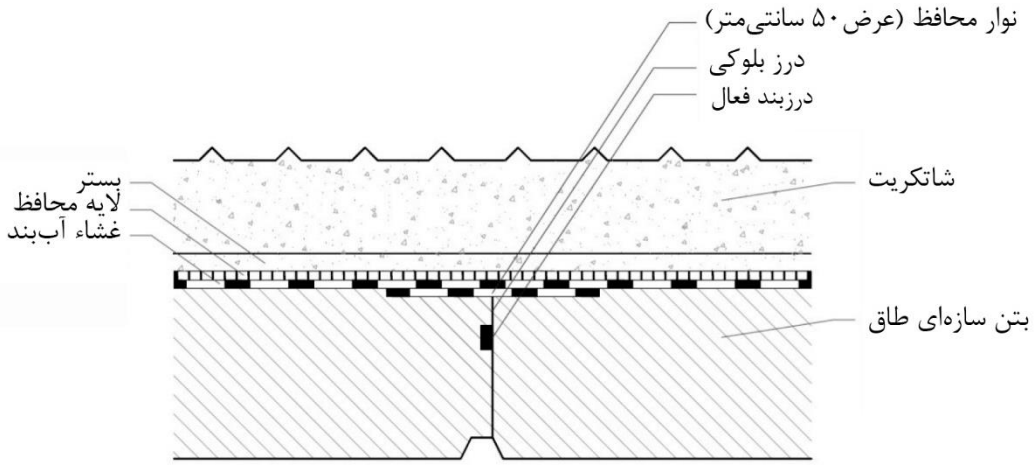
- **طراحی آب‌بندی درز در حفاری بسته – عدم وجود فشار آب (چتری)**

الف) طاق

درزهای اجرایی بین قطعات بتنی بصورت درز فشاری طراحی می‌شوند. با توجه به شکل (۳-۲۵) جهت حفاظت یک لایه ورق ژئوممبران به عرض ۵۰ سانتیمتر از جنس، ضخامت و مشخصات ورق ژئوممبران اصلی (باید کاملاً به ورق جوش شود) استفاده می‌شود. همچنین جهت آب‌بندی درز از واتراستاپ متورم شونده در یک سوم میانی لاینینگ خارجی (مطابق

omoorepeyman.ir

شکل (۳-۲۵)) و یا واتراستاپ یک طرف تخت جوش شده به ژئوممبران استفاده می‌شود. واتراستاپ‌های پروفیلی به علت ابعاد بزرگتر و عملکرد بهتر بر واتراستاپ‌های متورم شونده ارجحیت دارد.



شکل ۳-۲۵- آب‌بندی درز در حفاری بسته – عدم وجود فشار آب (چتری) – بهره‌مندی از واتراستاپ متورم شونده - طاق

در شکل (۳-۲۶) نمایی از واتراستاپ متورم شونده اجرا شده در درز نشان داده شده است.

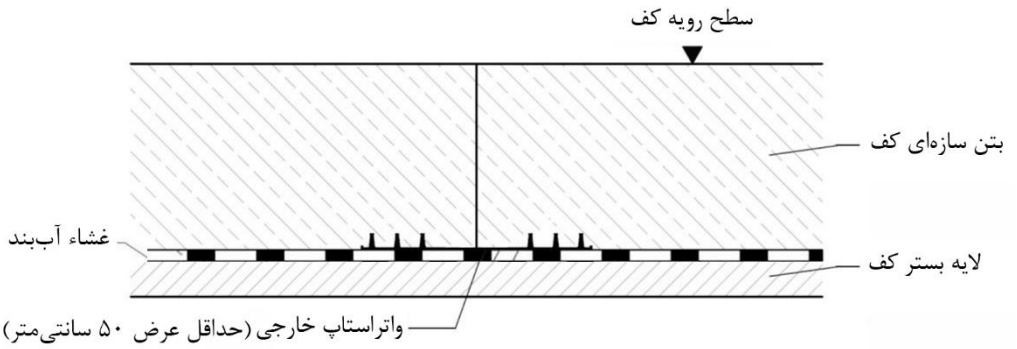
شکل ۳-۲۶- اجرای واتراستاپ متورم شونده در درز

ب) کف

این درزها بر مبنای درزهای فشاری طراحی و به وسیله واتراستاپ‌های خارجی آب‌بند می‌شود (شکل‌های (۳-۲۷) و (۳-۲۸). نحوه طراحی در نواحی انتقالی در محل‌هایی که روش ساخت (بسته و باز) متفاوت است، به عنوان درز انبساطی طراحی شده و به وسیله واتراستاپ خارجی حباب‌دار آب‌بند می‌شوند. عرض واتراستاپ باید بزرگتر از ۳۲۰ میلیمتر، ضخامت

omoorepeyman.ir

بزرگتر از ۴ میلیمتر و جنس سازگار با لایه ژئوممبران باشد. بدیهی است که امکان اجرائی بودن فقط در صورت بهره‌مندی از نظریه یکپارچه به دلیل حفاظت از سازه می‌باشد.



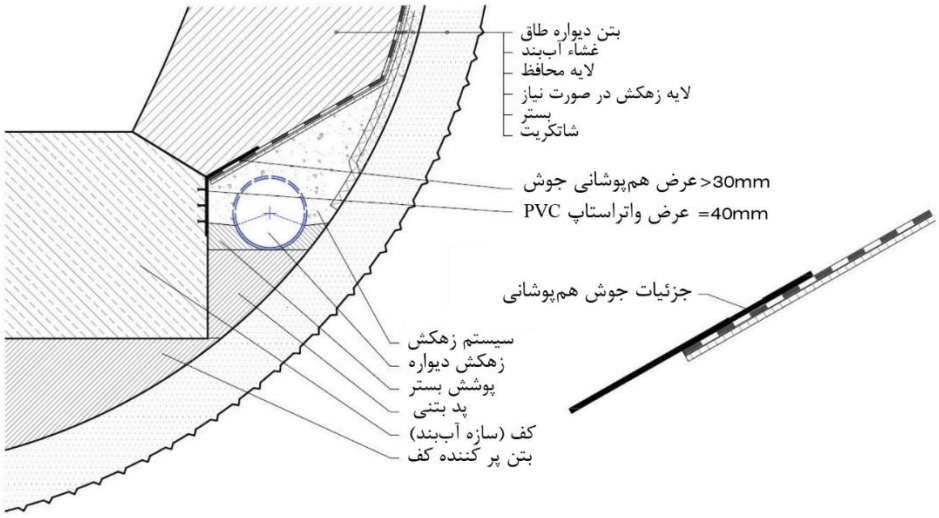
شکل ۳-۲۷- آب‌بندی درز در حفاری بسته – عدم وجود فشار آب – بهره‌مندی از واتراستاپ یک طرفه تخت – کف

شکل ۳-۲۸- آب‌بندی درز به وسیله واتراستاپ خارجی

- **طراحی آب‌بندی درز در ناحیه انتقالی دیواره به کف در نظریه چتری – احتمال رخداد بالازدگی آب**

اگر امکان بالازدگی آب از کف و رخداد فشار هیدرواستاتیک وجود داشته باشد، باید لایه ژئوممبران به نحو مناسبی به لایه کف متصل گردد. برای این منظور مطابق شکل زیر از واتراستاپ قطع کننده (مهاری) در انتهای ورق استفاده می‌شود. طول ورق اتصال (عرض همپوشانی) برابر با ۳۰ سانتیمتر و میزان حداقل ۵ سانتیمتر به روش دستی باید جوش داده شود. همچنین باید طول انتظار حداقل ۵۰ سانتمیتری جهت جوش ورق در اجرا در نظر گرفته شود. واتراستاپ باید عرضی بزرگتر از ۴۰ سانتیمتر و از مصاح سازگار با ژئوممبران باشد. لازم به ذکر است که در صورت امتداد بیشتر ورق ژئوممبران در کناره فونداسیون کف، امکان بهره‌مندی از واتراستاپ یکطرف تخت با عرض ۳۲ سانتیمتر بجای واتراستاپ مهاری نیز وجود دارد.

omoorepeyman.ir

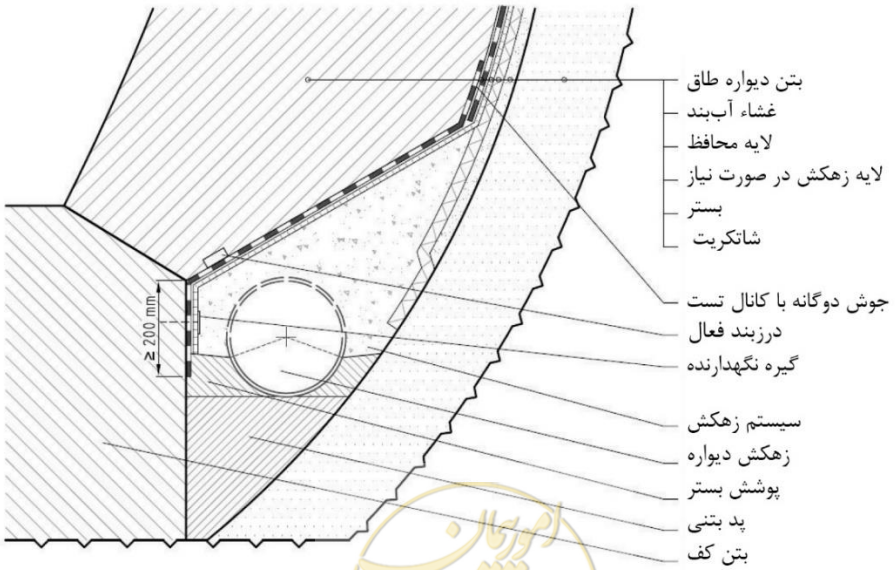


شکل ۳-۲۹- جزئیات اجرائی سیستم آب‌بندی به وسیله ژئوممبران (چتری) در زمان رخداد بالازدگی آب در ناحیه اتصال به کف

- **طراحی آب‌بندی درز در ناحیه انتقالی دیواره به کف در نظریه چتری – بدون احتمال رخداد بالازدگی آب**

وجود واتراستاپ در محل درز باز بین کف و دیواره‌ها ضروری نمی‌باشد. سیستم زهکشی در این نوع از درزها باید به گونه‌ای باشد که امکان نفوذ آب در اطراف درز وجود نداشته باشد. جهت جلوگیری از انسداد مسیر زهکشی و کانال آب به وسیله تزریق موارد ذیل باید در این نوع از درزها دیده شود:

- امتداد ژئوممبران به میزان حداقل ۲۰ سانتیمتر از درز در امتداد قائم بر کف
- توصیه می‌گردد کمی بالاتر از درز از یک واتراستاپ متورم شونده روی ژئوممبران بهره برده شود.
- استحکام و استواری لایه ژئوممبران و لایه محافظ در محل مورد نظر به نحو مناسبی تامین شود.

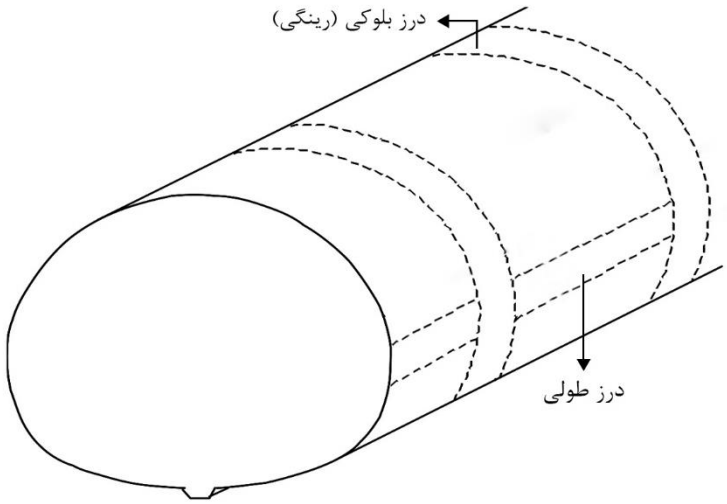


شکل ۳-۳۰- اتصال درز باز بدون فشار آب کف و طاق

omoorepeyman.ir

- **طراحی آب‌بندی درزهای طولی و بلوکی مسیر تونل**

اگر در ساخت و سازهای اجرایی به دلیل هندسه و عملیات اجرایی در طول مسیر سازه زیرمینی درز اجرایی رخ دهد، جهت آب‌بندی درز می‌توان از واتراستاپ خارجی با عرض ۳۲ سانتیمتر برای حالت عدم وجود آب و یا وجود سیستم زهکشی دائم و با عرض ۵۰ سانتیمتر با وجود فشار هیدرو استاتیکی آب استفاده نمود. لازم به ذکر است که درزهای بلوکی در اولویت آب‌بندی قرار داشته و نباید در طول مسیر توسط واتر استاپ‌های درز طولی قطع شوند (مانند شکل (۳-۳۱)).

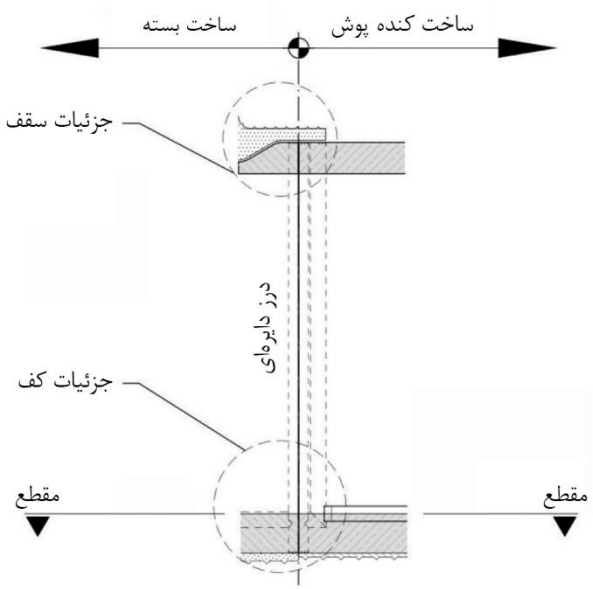


شکل ۳-۳۱- نمایی از درز بلوکی (رینگی) و طولی

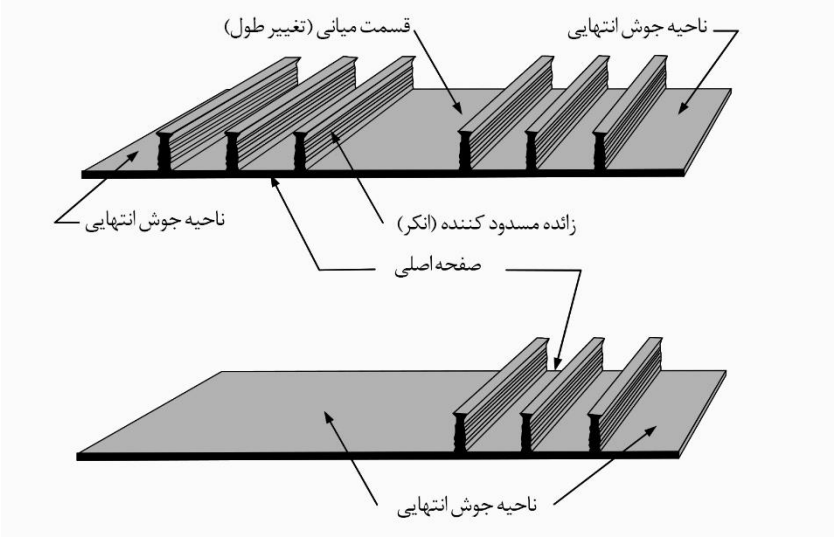
- **طراحی درز آب‌بند ناحیه انتقالی حفاری باز و بسته با وجود فشار آب**

یکی از درزهای مهم به لحاظ آب‌بندی، درز انبساطی محل حفاری باز و بسته (بعنوان مثال تقاطع ایستگاه و خط مسیر) می‌باشد. در شکل زیر نمایی از مقطع تونل حفاری باز و بسته نشان داده شده است. جهت آب‌بندی درز از دو نوع واتراستاپ یک طرف تخت (عرض برابر با ۶۰۰ میلمتر، ضخامت ۴ میلیمتر و مصالح سازگار با لایه ژئوممبران) و واتراستاپ مهار کننده (عرض ۴۰۰ میلیمتر و ضخامت ۴ میلیمتر و مصالح سازگار با لایه ژئوممبران) به انتهای لایه ژئوممبران (با حداقل عرض جوش ۵ سانتیمتر بدون کانال تست جوش) استفاده می‌شود.

omoorepeyman.ir



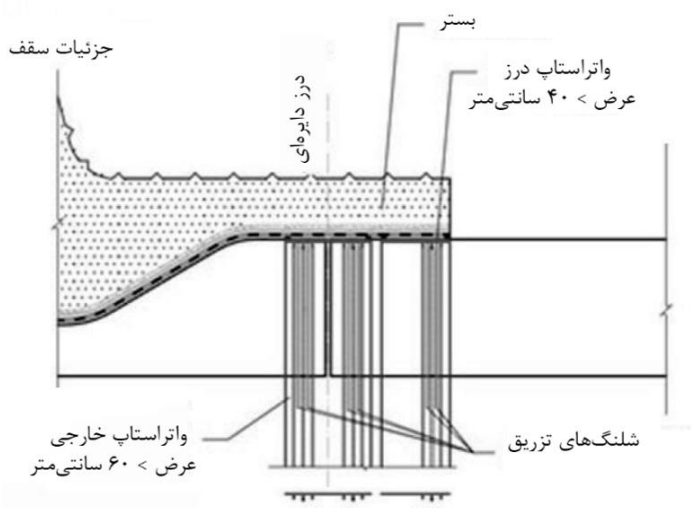
شکل ۳-۳۲- اتصال ناحیه انتقالی ساخت تونل به روش بسته به باز – دیاگرام شماتیک – مقطع طولی



شکل ۳-۳۳- نمایی از واتراستاپ مهار شونده و یک طرف تخت

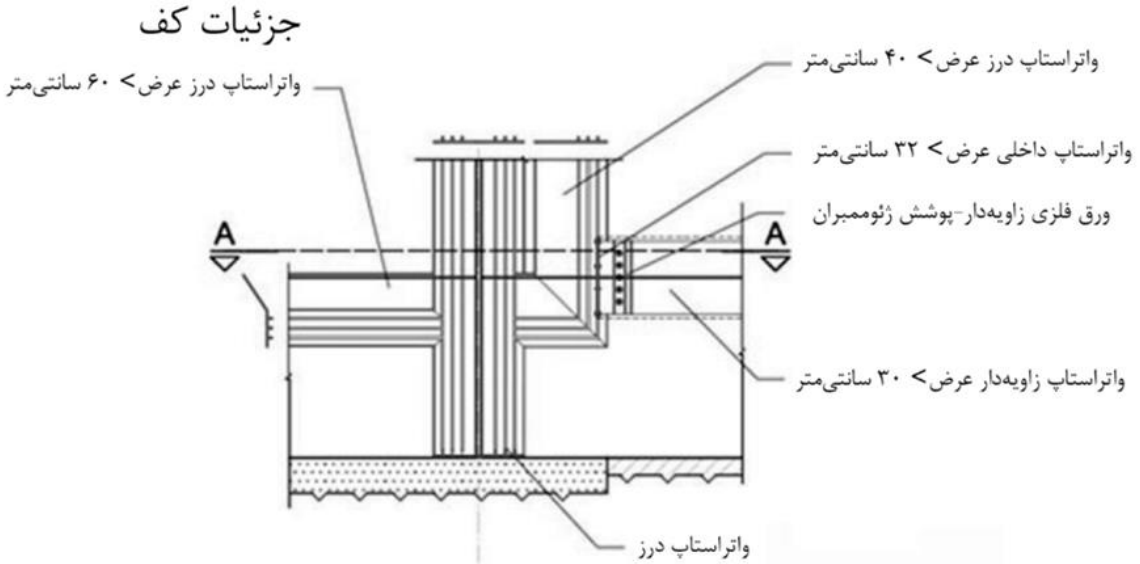
در قسمت سقف هر دو نوع واتراتساپ‌های ذکر شده تماماً اجرا گردیده و سیستم پشتیبانی تزریق و گروت‌ریزی اجرا می‌شود.

omoorepeyman.ir



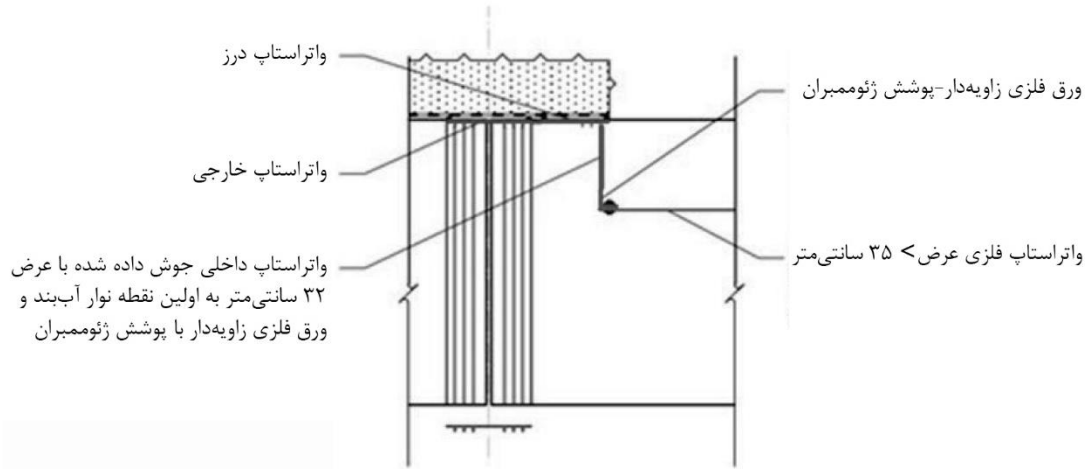
شکل ۳-۳۴- اتصال ناحیه انتقالی ساخت تونل به روش بسته به باز - مقاطع

در قسمت درز اتصال کف و دیوار لازم است که پیوستگی درز بند رعایت شود در شکل‌های (۳-۳۵) و (۳-۳۶) نمونه‌ای از این اتصال مابین دو سیستم آب‌بندی غشاء ژئوممبران و سازه آب‌بند نشان داده شده است که به وسیله یک واتراستاپ واسطه فلزی با پوشش ژئوممبران (سازگار با واتراستاپ و ورق) ارتباط آب‌بندی به صورت مستمر برقرار شده است. در طراحی آب‌بندی در این محدوده رعایت پیوستگی سیستم آب‌بندی درزبند الزامی بوده و جهت اطمینان می‌توان از روش پشتیبانی تزریق نیز در این محدوده‌ها بهره برد.



شکل ۳-۳۵- اتصال ناحیه انتقالی ساخت تونل به روش بسته به باز – مقاطع

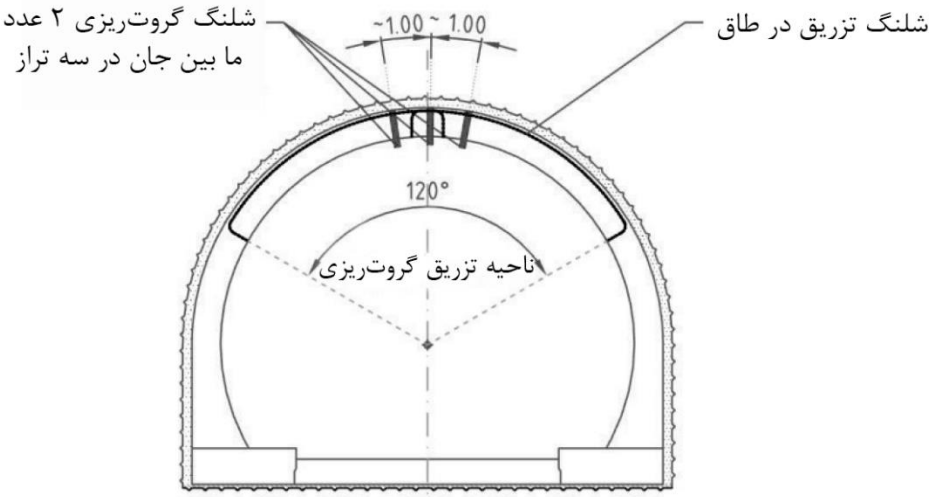
omoorepeyman.ir



شکل ۳-۳۶- جزئیات طرح کف، مقطع A-A

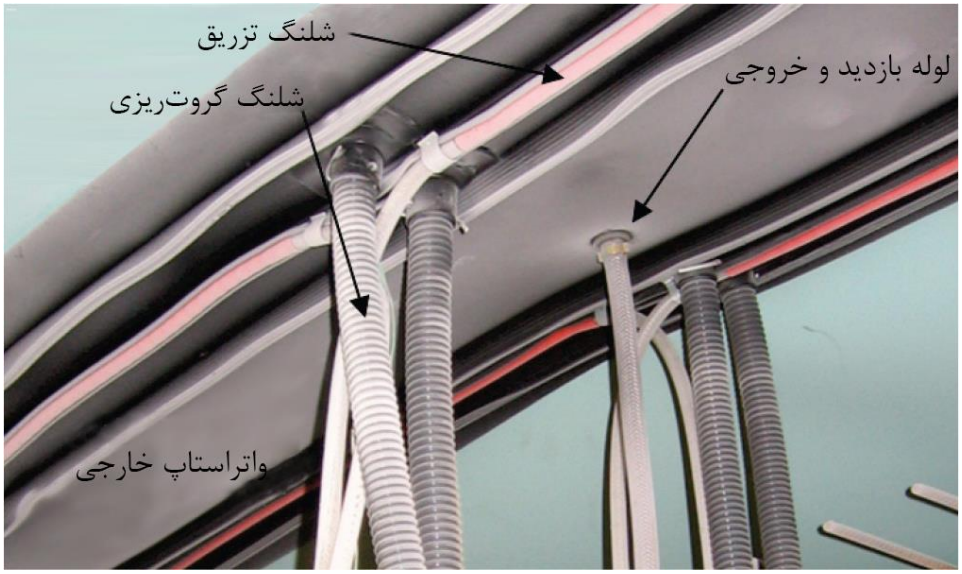
پروسه زیر برای اجرای سیستم تزریق پشتیبان در سقف اجرا می‌شود (شکل‌های (۳-۳۷) و (۳-۳۸)). لازم به ذکر است که ضوابط فصل تزریق نیز باید رعایت شود.

- ۳ در ۲ شلنگ‌های پشتیبان بین جان واتراستاپ در دو طرف اتصال جهت گروت‌ریزی و بازدید
- شلنگ‌های تزریق از وسط طاق به اطراف (زاویه ۱۲۰ درجه) در هر دو طرف درز ادامه می‌یابد.



شکل ۳-۳۷- درز انتقالی از سازه زیرزمینی باز به بسته با اتصال آب‌بند کف: دیاگرام سیستم تزریق سقف

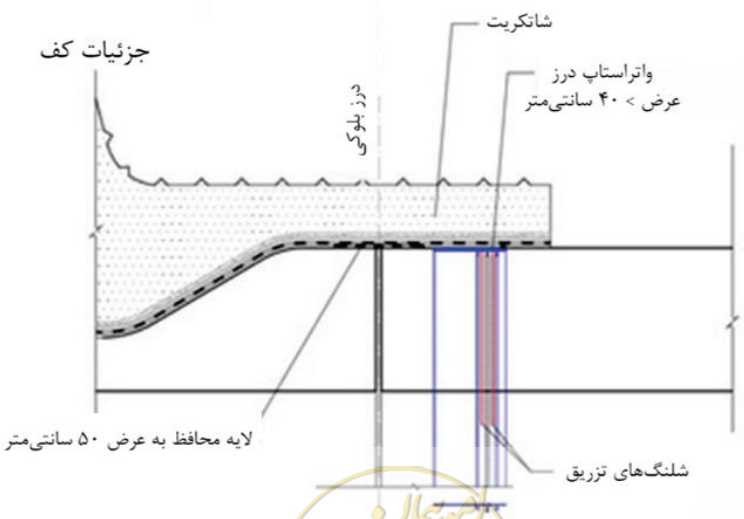
omoorepeyman.ir



شکل ۳-۳۸- جزئیات اجرای سیستم تزریق واتراستاپ

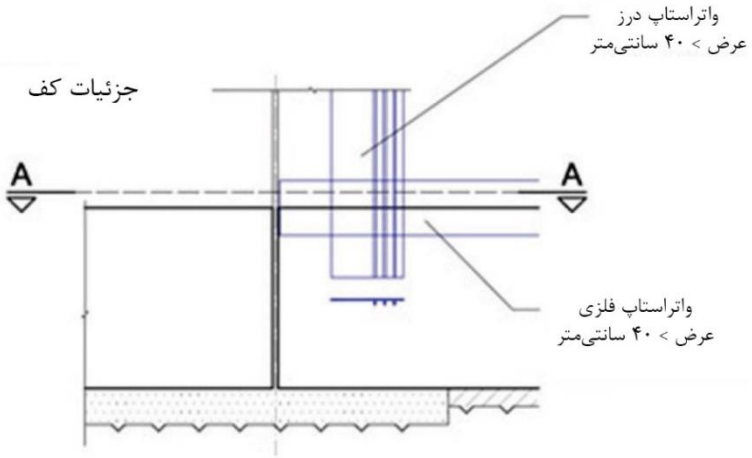
- **طراحی درز آب‌بند ناحیه انتقالی حفاری باز و بسته بدون فشار آب**

اجرای نوار به عرض ۵۰ سانتیمتر از جنس و ضخامت سیستم آب‌بندی که در درز بین ساخت تونل باز و بسته بدون فشار آب و اتصال غیر آب‌بند کف به ژئوممبران، جهت محافظت از لایه ژئوممبران توصیه می‌شود. اتصال درز بین ساخت تونل باز و بسته باید به عنوان یک درز انبساطی طراحی شود. ژئوممبران در مقطع ساخت تونل بسته باید در ناحیه اتصال درز ساخت تونل باز و بسته باید امتداد یابد. نوار درزبند مهاری (عرض ۴۰۰ میلیمتر و ضخامت ۴ میلیمتر و مصالح سازگار با لایه ژئوممبران) به انتهای لایه ژئوممبران (با حداقل عرض جوش ۵ سانتیمتر بدون کانال تست جوش) جوش داده می‌شود. لازم به ذکر است بجای واتراستاپ مهاری می توان از واتراستاپ کف خواب با عرض ۳۲ سانتیمتر و ضخامت ۴ میلیمتر استفاده شود.

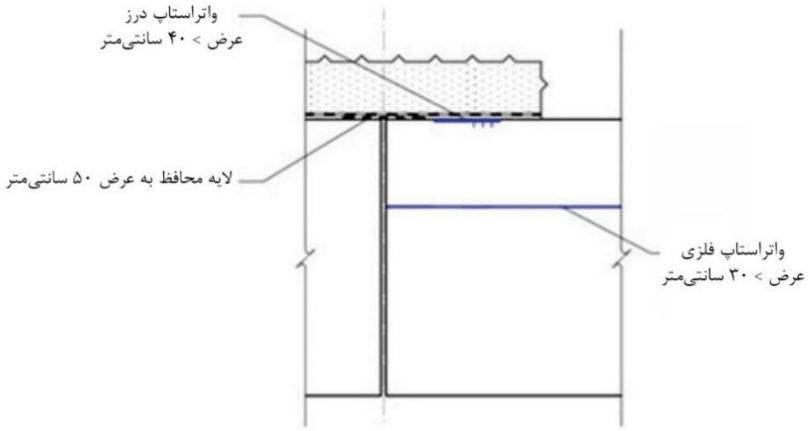


شکل ۳-۳۹- اتصال ناحیه انتقالی ساخت تونل به روش بسته به باز – مقاطع

omoorepeyman.ir



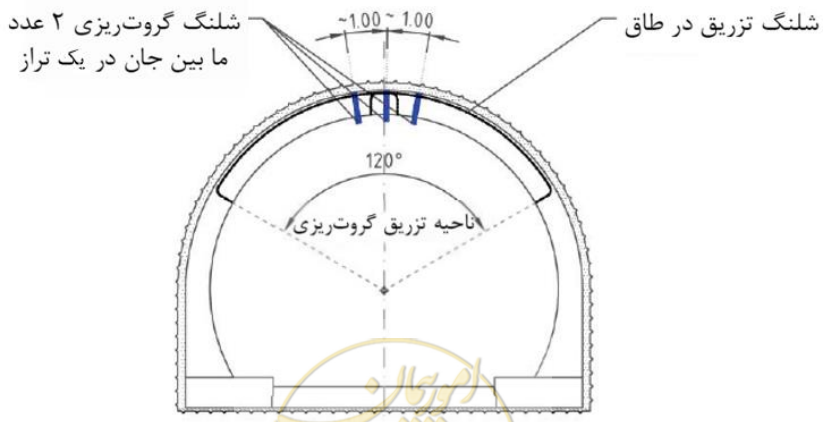
شکل ۳-۴۰- اتصال ناحیه انتقالی ساخت تونل به روش بسته به باز – مقاطع



شکل ۳-۴۱- جزئیات طرح کف، مقطع A-A

پروسه زیر برای اجرای سیستم تزریق پشتیبان در سقف اجرا می‌شود (شکل (۳-۴۲)):

- ۳ در ۲ شلنگ‌های پشتیبان بین جان
- شلنگ‌های تزریق از وسط طاق به اطراف (زاویه ۱۲۰ درجه) ادامه می‌یابد.

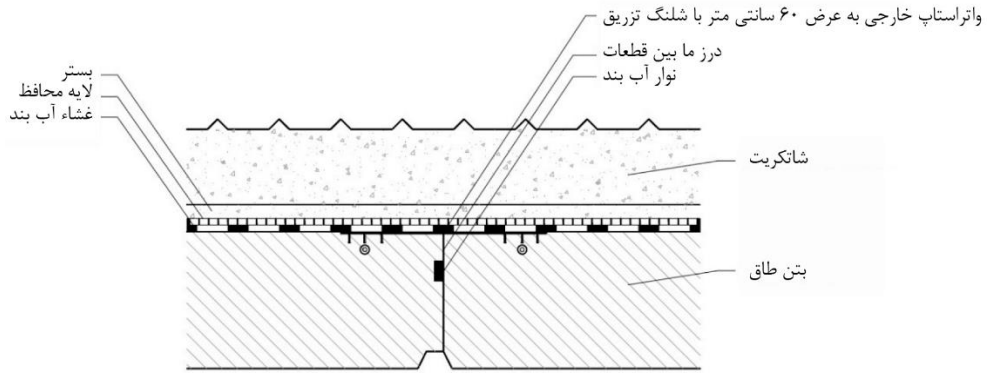


شکل ۳-۴۲- درز انتقالی از ساخت تونل بسته به باز با اتصال غیرآب‌بند کف - دیاگرام سیستم تزریق سقف

omoorepeyman.ir

- **واتراستاپ‌های خارجی در سیستم غشاء آب‌بند ژئوممبران با وجود فشار آب**

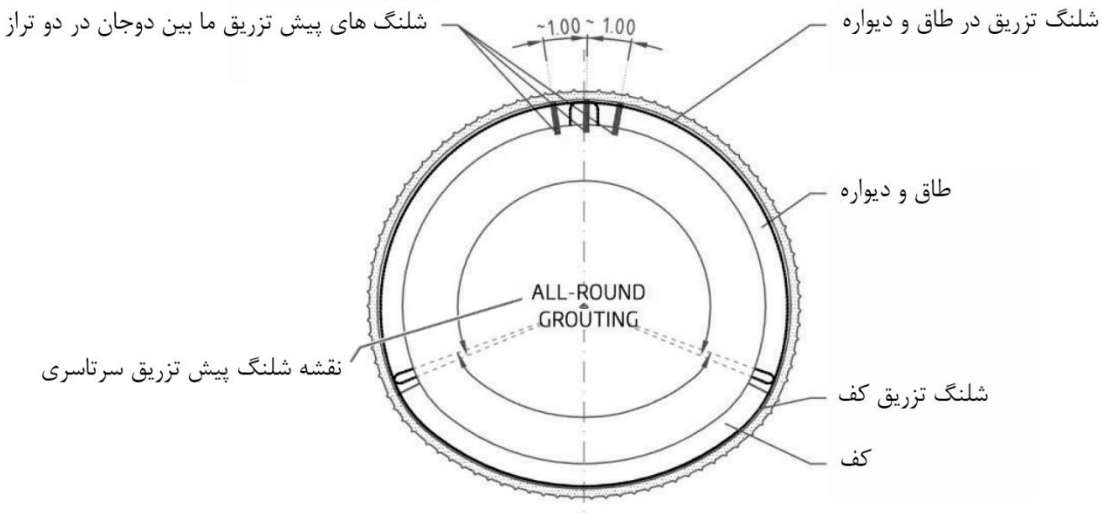
درزهای بین قطعات بتنی سازه زیرزمینی به عنوان یک درز فشاری طراحی می‌شوند (شکل (۳-۴۳)). واتراستاپ خارجی (عرض بزرگتر از ۶۰۰ میلیمتر و ضخامت بزرگتر از ۴ میلیمتر) باید در سرتاسر مقطع تونل جهت آب‌بندی درزهای بلوکی اجرا شوند. مصالح واتراستاپ باید با ژئوممبران سازگار باشد. با توجه جداول طراحی و نظر طراح در صورت نیاز به سیستم پشتیبانی تزریق و نوار آب‌بند متورم کننده به صورت شکل (۳-۴۳) اجرا می‌شوند.



شکل ۳-۴۳- ساخت تونل به روش بسته با سیستم غشاء آب‌بند ژئوممبران با وجود فشار آب درز فشاری در طاق (آب‌بندی درز بلوکی)

ضوابط شلنگ‌های تزریق:

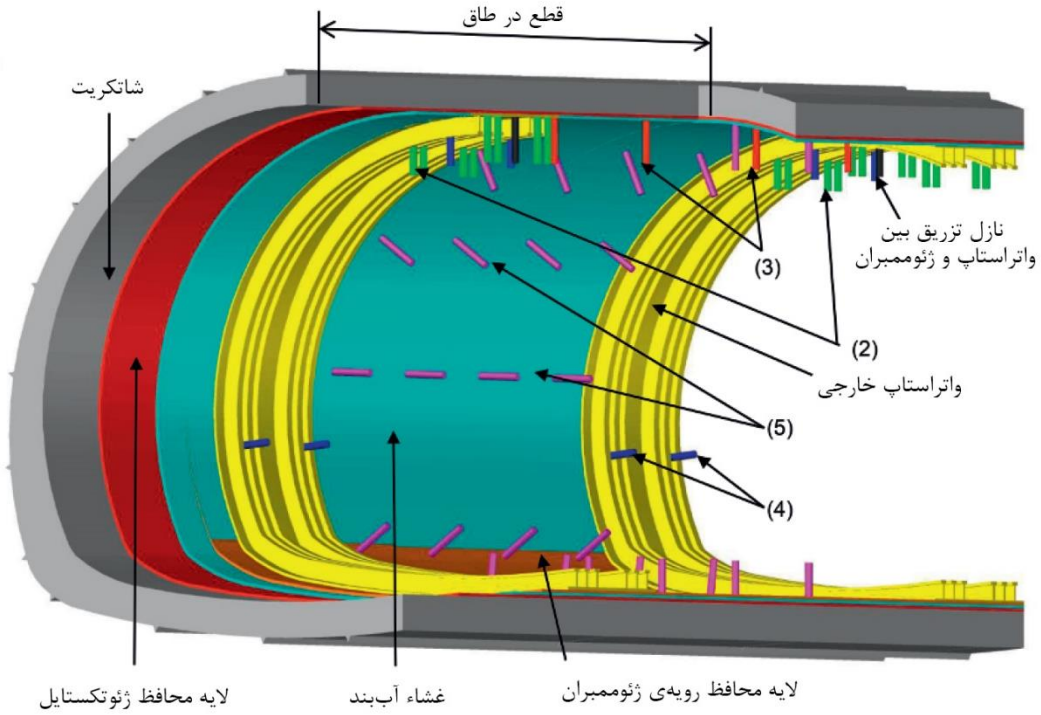
- ۳ در ۲ شلنگ‌های پشتیبان بین جان طبق شکل
- شلنگ‌های تزریق روی جان مرکزی



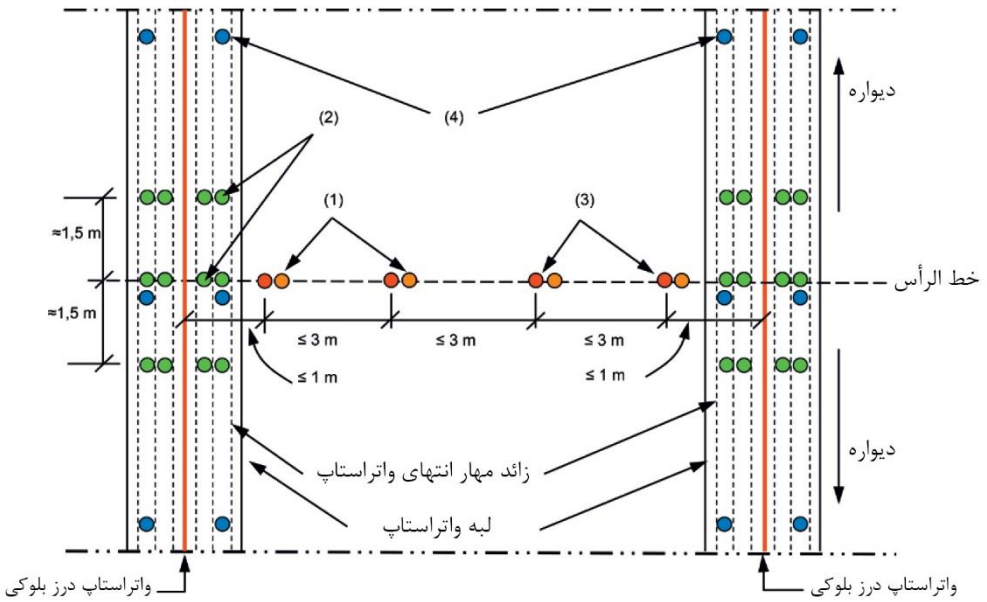
شکل ۳-۴۴- واتراستاپ داخلی برای سیستم آب‌بندی غشاء ژئوممبران با فشار: دیاگرام سیستم تزریق

در شکل (۳-۴۵) نمایی سه بعدی از نحوه چیدمان سیستم تزریق و نازل گروت‌ریزی نشان داده شده است.

omoorepeyman.ir



شکل ۳-۴۵- چیدمان سه بعدی نازل و خروجی شلنگ‌های تزریق



شکل ۳-۴۶- نمایی از چیدمان نازل و خروجی شلنگ‌های تزریق در سقف

(۱) محل تزریق از پیش تعیین شده بعد از بتن‌ریزی پوسته داخلی جهت پر کردن فضای خالی

(۲) محل تزریق دوغاب برای بتن‌ریزی برنامه‌ریزی شده و پرکردن فضای خالی واتراستاپ پروفیلی

(۳) محل تزریق از پیش تعیین شده بعد از بتن‌ریزی پوسته داخلی جهت آب‌بندی در محدوده خطراس

(۴) محل فشرده‌سازی (به راحتی قابل تراکم) و یا در صورت لزوم به عنوان دریچه بازدید و تزریق

omoorepeyman.ir

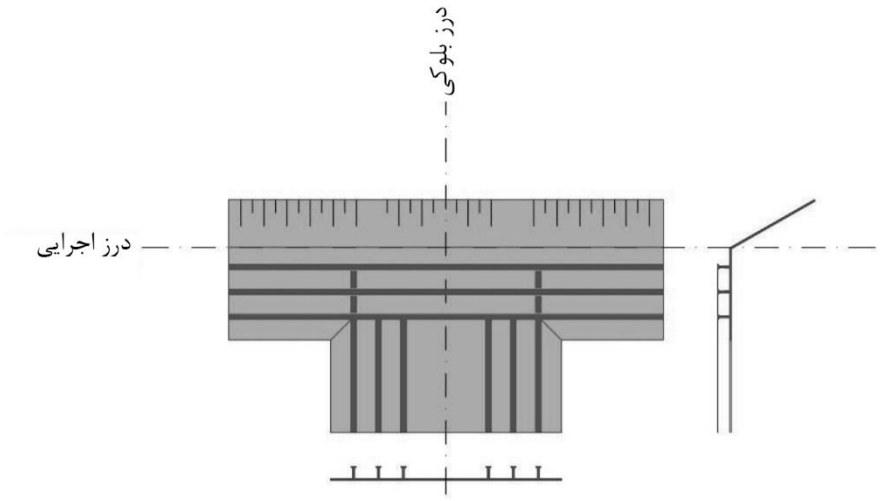
(۵) محل‌های تعیین شده جهت تزریق به منظور بازدید و آب‌بندی دیواره و در محدوده فضای تفکیک شده

- **نحوه اجرا و اتصال واتراستاپ خارجی**

واتراستاپ‌ها باید درز را نفوذناپذیر نموده و یک سیستم بسته را به وجود آورند. این واتراستاپ‌ها به صورت قائم و افقی به ورق ژئوممبران جوش داده می‌شوند. برای آب‌بندی هرچه بهتر درز، بهره‌مندی از اتصالات آماده سه راهی و چهارراهی تولید شده در کارخانه جهت جلوگیری از صدمات و عدم جوش مناسب در کارگاه توصیه می‌شود.

- اتصال واتراستاپ مهارکننده به واتراستاپ بلوکی (رینگی)

واتراستاپ‌های خارجی که مهار انتهایی دارند مطابق شکل (۳-۴۷) به واتراستاپ بلوکی (رینگی) داده می‌شوند. برای اطمینان بیشتر از عدم حرکت طولی آب بین درز واتراستاپ مهار انتهایی و واتراستاپ بلوکی (رینگی) می‌توان از واتراستاپ‌های متورم شونده استفاده نمود. با این حال بهره‌مندی از واتراستاپ‌های متورم شونده برای ساخت تونل به روش باز (جهت جلوگیری از بیرون کشیدگی مهار انتهای) مجاز نمی‌باشد.

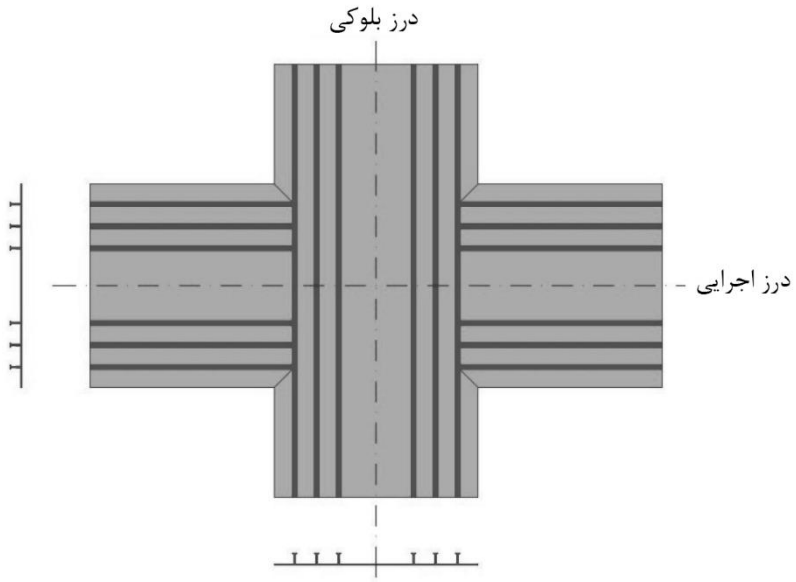


شکل ۳-۴۷- اتصال واتراستاپ مهار کننده و بلوکی (رینگی)

- اتصالات سه راهی و چهار راهی واتراستاپ خارجی

اتصال چهار راهی در واتراستاپ‌ها تنها در دو جهت وجه بیرونی واتراستاپ عمود بر آن جوش داده می‌شوند (شکل (۳-۴۸)). به طور مشابه در اتصالات سه راهی تنها یک طرف وجه بیرونی واتراستاپ جوش داده می‌شود. لازم به ذکر است درزهای اجرایی بلوکی (رینگی) که از اهمیت بیشتری برخوردار هستند باید زائده‌های واتراستاپ به صورت ممتد ادامه داشته باشد.

omoorepeyman.ir



شکل ۳-۴۸- اتصال چهار راهی واتراستاپ خارجی – بالا تر بودن اهمیت آب‌بندی یک درز بر دیگری

در برخی موارد که اهمیت آب‌بندی هر دو درز یکسان باشد، تمام زائده‌های واتراستاپ باید به صورت فارسی بر مطابق شکل (۳-۴۹) اجرا شوند. لازم به ذکر است در ساخت این اتصالات باید از دستگاه‌ها و روش‌های مناسب بهره برده شود.

شکل ۳-۴۹- اتصال سه راهی واتراستاپ خارجی- اهمیت آب‌بندی یکسان برای هر دو درز

۳-۵- رواداری‌ها

۳-۵-۱- مقدمه

در این بخش به ارائه رواداری‌ها، محدودیت‌ها و معیارهای پذیرش بسترسازی، مصالح مورد استفاده در سیستم آب‌بندی به وسیله غشاء ژئوممبران پرداخته شده است. همچنین نکات کلی در خصوص بسته‌بندی، حمل، انبارداری، برچسب گذاری،

omoorepeyman.ir

گزارش تست و تاییدیه‌های انواع مصالح مورد استفاده در یک سیستم آب‌بندی اشاره شده است که باید در هر یک از مصالح مصرفی به دقت رعایت شود.

- **بسته‌بندی، حمل و انبار داری**

پیمانکار باید اطمینان حاصل نماید که بسته‌بندی، حمل و انبارداری مصالح روی مشخصات فنی آن اثر نمی‌گذارد. حمل و انبار کارگاهی مصالح باید بگونه‌ای باشد که از بسته‌بندی‌ها در برابر صدمات و سایر عوامل محافظت گردد. نکات ذکر شده توسط تولید کننده در خصوص نحوه نگهداری نیز باید رعایت گردد. امکان انبار مصالح در محیط روباز تنها در صورتی امکان‌پذیر است که یا مصالح به نحو مناسبی در برابر صدمات و اشعه UV حفاظت شده باشد و یا از یک لایه روکش محافظ جهت جلوگیری از صدمات استفاده شده باشد.

- **لیبل‌گذاری و اطلاعات روی بسته‌بندی**

- تمامی مصالح مورد استفاده باید مستندات ذیل را داشته باشند:
  - علامت استاندارد ملی کشور سازنده و استانداردهای بین‌المللی اخذ شده
  - علامت محصول و بسته‌بندی مطابق استاندارد مربوطه
- لیبل هر محصول کاملاً قابل رویت بوده و در زمان حمل تا کارگاه از بین نرود.
- برای هر بار محصول دریافتی (حمل شده به کارگاه) موارد ذیل روی لیبل بسته‌بندی یا همراه مصالح ارائه شده باشد:
  - نام و آدرس تولید کننده
  - مواد تشکیل دهنده هر محصول
  - شماره تولید (تاریخ تولید و تاریخ انقضاء)
  - شماره رول
  - مشخصات فنی محصول
  - مشخصات هندسی محصول (به عنوان مثال عرض، طول و ضخامت)

- **گزارش تست و تاییدیه‌های محصول**

برای هر محصول باید رواداری‌های ارائه شده توسط تست‌های آزمایشگاهی و تاییدیه‌های معتبر مورد بررسی قرار گرفته و در صورت مطابقت امکان بهره‌مندی از محصول فراهم می‌گردد. به همین منظور جهت پایش و کنترل کیفیت به شرح ذیل نکاتی در این خصوص ارائه گردیده است:

- تست‌های پایه باید برای سازگاری و انطباق مصالح با ملزومات ارائه شده در مشخصات فنی مصالح صورت گرفته و هر محصول که نقش تعیین کننده‌ای در سیستم آب‌بندی دارد باید گزارش انجام تست آن محصول ارائه شده باشد.

omoorepeyman.ir

- آزمایش‌های صورت گرفته باید به وسیله شخص مستقل دارای صلاحیت انجام شود. شخص ارزیاب باید واجد شرایط لازم جهت انجام تست باشد.
- تمامی نتایج آزمایشگاهی باید در گزارش تست‌ها ثبت شده و نتایج آن به صورت آماری توسط نمودار و شکل ارائه شده باشد.
- گزارش تست ارائه شده برای هر محصول با توجه به اهمیت و مشخصه‌های مورد نیاز آن، مدت زمان خاصی دارای اعتبار می‌باشد که مدت اعتبار با توجه به نوع محصول تعیین می‌گردد.
- تاییدیه‌های هر محصول باید توسط مراکز معتبر تهیه شده باشد.
- به دلیل حساسیت بسیار زیاد مصالح مصرفی در آب‌بندی سازه‌های زیرزمنی، بازرسی مصالح ژئوممبران ورودی به کارگاه در غیاب گزارش تست‌های آزمایشگاهی و کنترل‌های محصولات توسط شخص ثالث صورت پذیرد. نحوه بازرسی و چگونگی آن در بخش آتی ارائه شده است.
- در صورت تغییر در مصالح پایه و یا تغییر در مشخصات تولیدی محصول یا پروسه تولید، لازم است که تست‌ها مجددا مورد ارزیابی قرار گرفته و در صورت تغییرات اساسی بازرسی محصول مجدداً صورت گیرد.

۳-۵-۲- بسترسازی

جهت اجرای سیستم آب‌بندی بوسیله غشاء ژئوممبران باید بستر کار خشک باشد. اگر شرایط زیر برقرار باشد، سطح بستر خشک محسوب شده و قابلیت اجرا را دارا می‌باشد:

۱) در تماس دست خشک روی سطح، هیچگونه اثری از آب روی دست مشاهده نشود.

۲) محدوده‌های مرطوب به بعد طولی ۲۰ سانتیمتر محدود شده باشند (ویا یک درصد از سطح می‌تواند مرطوب باشد).

بستر برای اجرا باید پایداری (نگهداشت لایه‌ها) و مقاومت ابعادی (رواداری هندسی) کافی و مقاومت فشاری کافی برای نصب لایه ژئوممبران و دیگر لایه‌ها (زهکش سطحی و محافظ) را داشته باشد. مصالح بستر و قطعات نصب لایه ژئومبران باید درگیری لازم را بایکدیگر داشته باشند. قطعات نصب نباید تا زمان اجرای سازه داخلی از بستر جدا شوند. در زمان شلیک میخ از تفنگ نباید پوسته بستر دچار آسیب شود. اگر شرایط بستر به حدی مرطوب باشد که امکان کار کردن وجود نداشته باشد، باید به نحو مناسبی آب روی بستر جمع‌آوری و زهکشی شود تا شرایط مناسب فراهم شود.

لازم به ذکر است برخی ملاحظات بسترسازی با توجه به انعطاف‌پذیری ورق قابل تغییر می‌باشد. هر چه ورق صلب تر باشد باید ضوابط سختگیرانه‌تری برای بستر لحاظ شود که در این شرایط باید ضوابط ارائه شده توسط تولید کننده مد نظر قرار گیرد. در هر شرایطی باید حداقل ضوابط ارائه شده در این بخش رعایت شود.

omoorepeyman.ir

- **ضوابط بستر شاتکریت**

ضوابط ذیل باید قبل از اجرای این نوع از سیستم آب‌بندی در بسترهای شاتکریت رعایت گردد:

۱) مقاومت و پایداری کافی جهت نگهداری لایه‌ها را داشته باشد.

۲) کیفیت بتن اجرایی برای شاتکریت باید حداقل رده مقاومتی C20 را داشته باشد.

۳) ماکزیمم سایز سنگدانه‌ها باید به نحوی محدود شود که به لایه آب‌بندی آسیب وارد نکند. در غیر این صورت باید تدابیر محافظتی بیشتری (مثلاً بهره مندی از لایه ژئوتکستایل با گرماژ بالاتر) در طرح لحاظ شود.

۴) علاوه بر بررسی‌های بستر به لحاظ مکانیکی، لازم است از تهاجمی محیطی نیز روی عایق بررسی گردد.

- **رواداری‌های ابعادی در مقاطع بدون فشار آب (روش چتری)**

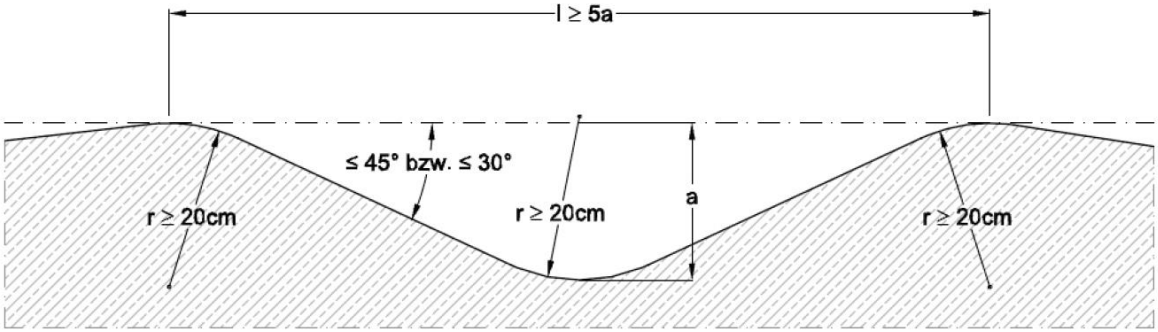
در این نوع شرایط رواداری‌های ابعادی ذیل باید رعایت گردد:

۱) نسبت فرورفتگی بستر به طول آن به عدد یک پنجم محدود گردد.

۲) برای ورق‌های تا ضخامت ۲/۵ میلیمتر، زاویه مابین سطح بسترسازی و بستر فرورفته برابر با بیشینه مقدار ۴۵ درجه می‌باشد. برای ضخامت بیشتر ژئوممبران زاویه مذکور تا ۳۰ درجه کاهش می‌یابد.

۳) شعاع انحنای سطح فرورفته نباید کمتر از ۲۰ سانتیمتر باشد.

در شکل (۳-۵۰) نمایی از محدودیت‌های اشاره شده نشان داده شده است. لازم به ذکر است که محدودیت ارائه شده برای همه مقیاس‌های بسترسازی باید لحاظ گردد.



شکل ۳-۵۰- رواداری هندسی بسترسازی برای روش چتری

- **رواداری‌های ابعادی در مقاطع با فشار آب (روش سرتاسری)**

در این نوع مقاطع رواداری‌های ابعادی ذیل باید رعایت گردد:

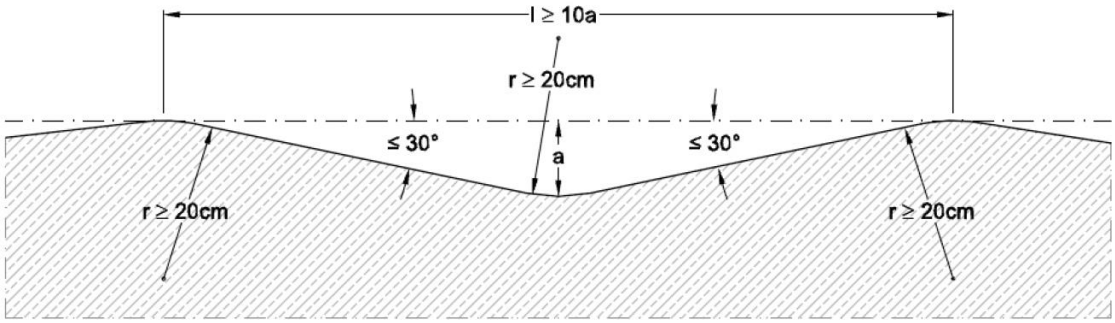
۱) نسبت فرورفتگی بستر به طول آن به عدد یک دهم محدود گردد.

۲) زاویه مابین سطح بسترسازی و بستر فرورفته باید کمتر ۳۰ درجه باشد.

۳) شعاع انحنای سطح فرورفته نباید کمتر از ۲۰ سانتیمتر باشد.

omoorepeyman.ir

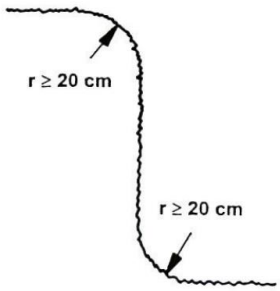
در شکل زیر نمایی از محدودیت‌های اشاره شده نشان داده شده است. لازم به ذکر است که محدودیت ارائه شده برای همه مقیاس‌های بسترسازی باید لحاظ گردد.



شکل ۳-۵۱- رواداری هندسی بسترسازی برای روش سرتاسری

- **رواداری ابعادی در عقب نشینی و تغییر هندسی مقطع**

در محدوده عقب‌نشینی دیواره بستر، ژئوممبران نصب شده باید همخوانی مناسبی با بستر داشته و هیچگونه حفره در زیر لایه ژئوممبران وجود نداشته و لایه ژئوممبران باید منطبق بر سطح بستر اجرا شوند. در محل عقب‌نشینی و فرورفتگی بستر باید به صورت ماهیچه‌ای (با شعاع انحنای بیشتر از ۲۰ سانتیمتر – مطابق شکل (۳-۵۲)) اجرا شود. لازم به ذکر است جهت آزادسازی تنش ایجاد شده در زمان گیرش بتن تازه در کنج‌ها، توصیه شده است که از یک لایه لغزنده روی ژئوممبران تنها در محدوده کنج بهره برده شود.



شکل ۳-۵۲- رواداری هندسی بسترسازی در محدوده عقب‌نشینی و تغییر هندسی مقطع

- **بستر از نوع قطعات پیش‌ساخته**

سطح تمام شده قطعات پیش‌ساخته باید طوری طراحی و اجرا شوند که بستر مناسبی (عدم وجود حفره و لبه‌های تیز زیر لایه ژئوممبران) را برای اجرای سیستم آب‌بندی فراهم نماید. با توجه به این مسئله ملاحظات ویژه‌ای باید در مراحل طراحی بستر، سیستم آب‌بندی و طراحی لاینینگ مدولار صورت پذیرد. زهکشی درطول و عرض تونل از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. سیستم آب‌بندی منتخب باید قابلیت استفاده بدون چین روی سطح را داشته باشد. باید از بدام افتادن هر

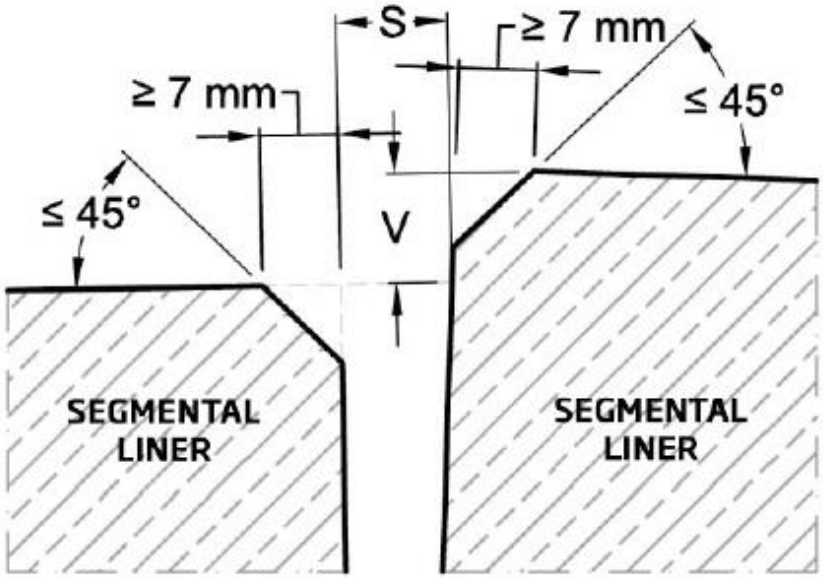
omoorepeyman.ir

گونه هوا و یا آب در مابین سیستم آب‌بندی و سطح لاینینگ جلوگیری بعمل آید. ملزومات زیر باید به طور کلی در این نوع از بسترها رعایت شود:

- قطعات ناپایدار بستر و نگهدارنده‌های تغییر شکل داده شده، برچیده شود.
- کنج قطعات مدولار مطابق شکل (۳-۵۳) گوه‌ای شود.

جدول ۳-۴- مقادیر مجاز غیر پیوستگی در قطعات لاینینگ بستر

انحراف قطعات (V)	عرض شکاف[1] (S)	لایه محافظ[2]
≤ ۱۵ mm	≤ ۲۰ mm	حداقل ۵۰۰ g/m2
≤ ۲۵ mm	≤ ۳۰ mm	حداقل ۹۰۰ g/m2
		حداقل ۵۰۰ g/m2
> ۲۵ mm	> ۳۰ mm	حداقل ۵۰۰ g/m2



شکل ۳-۵۳- رواداری هندسی کنج‌ها در لاینینگ بستر

بازشوها، سوراخ‌ها و بیرون‌زدگی با قطر بزرگتر از ۵ سانتیمتر و یا مساحت بیشتر از ۲۰ سانتیمترمربع باید پر گردیده و سطح مورد نظر به لحاظ ابعادی و مقاومتی پایدار (بر اساس فشار بتن) باشد. پرکننده‌های مناسب شامل ملات سیمانی و فوم پلی استایرن با صلبیت ۱۰ نیوتن بر میلیمترمربع می‌باشد.

لبه‌های تیز باید مسطح گردیده و لبه‌هایی که دچار شکستگی شده است ترمیم گردد. پوسته پوسته‌شدگی و خرابی قطعات در لبه‌ها و گنج‌ها نباید هیچگونه آسیبی به ورق وارد نماید که در صورت نیاز باید این نواحی ترمیم گردند.

omoorepeyman.ir

اگر درزهای اتصال قطعات به عنوان یک المان زهکش طراحی در نظر گرفته شوند، محل درز نباید به وسیله ملات پر شوند و هر گونه مصالح پرکننده پیوسته در این نواحی باید برچیده شود. در صورت نیاز، در مواقعی که جریان آب زیاد باشد باید یک سیستم زهکشی با قابلیت زهکشی کافی در درزها و یا در داخل قطعات دیده شود.

- **بستر بتنی درجا ریز**

گوشه‌های تیز باید به شکل گوه‌ای، ماهیچه‌ای و یا با شکستن و زدودن اصلاح گردد. قطعات ناپایدار برچیده شود. سطح بتن باید عاری از هر گونه پوکی و یا مشابه آن که تحت فشار (نظیر بتن‌ریزی) ناپایدار شود، باشد. در محدوده‌های ناپیوستگی، الزامات بخش‌های قبل رعایت گردد.

۳-۵-۳- رواداری لایه زهکش سطحی با هدف ارتقاء عملکرد زهکشی

در سازه‌های زیرزمینی که فونداسیون، دیواره‌ها و طاق آن بدون در نظر گرفتن فشار هیدرواستاتیک آب طراحی می‌شوند، باید از عدم بوجود آمدن هر گونه تنش مضاعف آب بر روی سازه جدا کننده اطمینان حاصل نمود. این مدل از لایه‌های زهکشی سطحی، بر اساس مقدار ماکزیمم دبی آب ورودی از هر متر طول و بیشینه فشار بتن تازه روی لایه‌های زهکش طراحی و انتخاب می‌شوند.

حداقل رواداری‌های لایه زهکش سطحی با هدف ارتقاء عملکرد کلی سیستم زهکشی در جدول (۳-۵) ارائه شده است.

omoorepeyman.ir

جدول ۳-۵- حداقل مشخصات، روش تست و رواداری‌های مورد نیاز برای المان‌های زهکش سطحی با هدف ارتقاء عملکرد زهکشی

ردیف	مشخصه	استاندارد تست	الزامات	
۱	نوع المان زهکش		ورق زهکش شانه تخم مرغی، ژئوکامپوزیت‌ها (لمینیت شده با ژئوتکستایل) حداقل متشکل از سه لایه پلی اتیلن	
۲	لیبل‌گذاری و مستندات		جنس، مشخصات تولید کننده، ضخامت اسمی، گرماژ و علامت استاندارد روی بسته و مستندات مربوط	
	مستندات		مستندات استاندارد در صورت نیاز	
۳	وزن واحد سطح	EN ISO 9864	نرخ مشخصه تلرانس توسط تولید کننده تعیین می‌گردد.	
۴	مقاومت کششی نهایی	EN ISO 10319	≥ ۱۰ kN	
۵	ضخامت طبق فشار استاندارد			
۱-۵	۲ کیلو پاسکال	EN ISO 9863-1	نرخ مشخصه تلرانس توسط تولید کننده تعیین می‌گردد.	
۲-۵	۲۰۰ کیلو پاسکال		≥ ۴ mm و ≤ ۱۲ mm	
۶	ظرفیت گذردهی آب	EN ISO 12958	حداقل	≥ ۱۰ l/(h*m) و یا 10^{-4} m^2/s
			انجام محاسبات	میزان گذرهی مورد نیاز طبق دبی آب موجود با مشخصات ارائه شده در برگه فنی محصول مقایسه شود.
۷	واکنش به آتش	EN ISO 11925-2 , EN 13501-1	کلاس E	
۸	مقاومت فشردگی	حداقل	۴۰۰ kPa	
		انجام محاسبات	میزان فشار وارده بر مترمربع واحد ورق با مشخصات ارائه شده در برگه فنی محصول مقایسه شود. این فشار می تواند در اثر ارتفاع بتن ریزی، فشار خاک و ... برآورد شود.	

جهت پایین آوردن ریسک گرفتگی مسیر آب در پشت لایه زهکش، لازم است وجود یک لایه فیلتر بررسی گردد. در برخی موارد لایه فیلتر سبب جمع شدن ضایعات داخل آب گردید و به عنوان یک لایه با گذردهی کم تلقی شده که این مسئله سبب کاهش بازدهی لایه فیلتر می‌شود.

اگر لایه زهکش در تماس مستقیم با غشاء آب‌بند ژئوممبران است، باید با مصالح آن سازگار بوده و آسیبی به لایه آب‌بند وارد ننماید. توصیه می‌شود از یک لایه ژئوتکستایل محافظتی بین لایه زهکش و ژئوممبران بهره برده شود.

برای استفاده از لایه زهکش در قسمت کف حداقل مقاومت فشاری باید برابر با ۲۰۰ کیلو نیوتن بر مترمربع (فشار بتن) با ماکزیمم فشردگی ۲۰ درصد باشد. لازم به ذکر است بهره‌مندی از لایه زهکش ژئوسنتتیک در زیرسازه‌ها به دلیل خزش غیر قابل کنترل این مصالح در فشار ثابت و کاهش سطح تنش توصیه نمی‌شود.

omoorepeyman.ir

- **سازه‌های خاص تحت شرایط دمای بالا**

در زمان نصب این مصالح اگر دمای محیط از ۴۰ درجه سانتیگراد تجاوز نماید و عمر مفید بهره‌برداری بیش از ۱۰۰ سال برآورد گردیده باشد، لازم است علاوه بر مشخصات اعلام شده در جدول (۳-۵)، الزامات محافظه کارانه‌تری که در جدول (۳-۶) ذکر شده است، تامین گردد.

جدول ۳-۶- حداقل مشخصات، روش تست و رواداری‌های مورد نیاز برای المان‌های زهکش سطحی با هدف ارتقاء عملکردی زهکشی تحت شرایط دمای بالا

ردیف	مشخصه	استاندارد تست	الزامات
۸	رفتار پس از نگهداری در محلول آبی	EN 14415	ظرفیت گذردهی آب: $\geq$ ۱۰$^{-۴}$ m^2/s ۲۰۰ kPa تغییرات مکانیکی در ضربه < ۴۰ ٪ تغییرات در وزن مخصوص < ۷ ٪
۹	رفتار پس از نگهداری در محلول آبی با ۰/۵ درصد اسید سولفوریک	EN 1847	ظرفیت گذردهی آب: $\geq$ ۱۰$^{-۴}$ m^2/s ۲۰۰ kPa تغییرات مکانیکی در ضربه < ۴۰ ٪ تغییرات در وزن مخصوص < ۷ ٪
10	رفتار پس از نگهداری در آب داغ	EN 12958	ظرفیت گذردهی آب: $\geq$ ۱۰$^{-۴}$ m^2/s ۲۰۰ kPa تغییرات مکانیکی در ضربه < ۴۰ ٪ تغییرات در وزن مخصوص < ۷ ٪

در خصوص الزامات ارائه شده در فوق ارائه نکات ذیل ضروری می‌باشد:

شرایط محیطی شدیداً قلیایی (متاثر از مشخصات شیمیایی آب محدوده سازه، مواد حاصل از مصالح بستر و تزریق) می تواند در دراز مدت سیستم آب‌بندی را تحت تاثیر قرار دهد. برای بررسی این اثر بر روی لایه زهکش، انجام تست در دمای ۵۰ درجه و با بهره‌گیری از محلول‌های مذکور الزامی است.

۳-۵-۴- رواداری لایه محافظ

حداقل رواداری‌های لایه محافظ در جدول (۳-۷) ارائه شده است.

omoorepeyman.ir

جدول ۳-۷- حداقل مشخصات، روش تست و رواداری‌های مورد نیاز برای لایه محافظ

ردیف	مشخصه	استاندارد تست	الزامات	
			$500\ g/m^2$ (طاق و دیواره)	$900\ g/m^2$ (کف)
۱	نوع لایه محافظ		ژئوتکستایل	
۱-۱	جنس فیبر		پلی‌پروپیلن[1]	
۱-۲	چسبندگی فیبر		تسلیح شده به روش مکانیکی	
۲	لیبل‌گذاری و مستندات	EN ISO 10320 , EN 13256	لیبل‌گذاری روی بسته بندی: علامت استاندارد و مستندات مربوط به آن	
۳	وزن			
۳-۱	وزن واحد سطح	EN ISO 9864	$\geq 500\ g/m^2$	$\geq 900\ g/m^2$
۳-۲	وزن اسمی [2]		$\geq 556\ g/m^2$	$\geq 1000\ g/m^2$
۴	آنالیز گرماسنج روبشی تفاضلی[1]	EN ISO 11357-1 , ISO 11357-3	تلرانس نقطه ذوب : $\pm 10\ ٪ \leq$	
۵	ضخامت در فشار مشخص			
۵-۱	۲ کیلو پاسکال	EN ISO 9863-1	نرخ مشخصه تلرانس توسط تولید کننده تعیین می‌گردد.	
۵-۲	۲۰۰ کیلو پاسکال		$\geq 1/7\ mm$	$\geq 3/4\ mm$
۶	مشخصه‌های مکانیکی تست کشش نوار عرض پهن			
۶-۱	مقاومت کششی در راستاری عرضی و طولی	ISO 10319 EN	$\geq 30\ kN/m$	$\geq 50\ kN/m$
۶-۲	کرنش در زمان شکست در راستاری عرضی و طولی		نرخ مشخصه تلرانس توسط تولید کننده تعیین می‌گردد.	
۶-۳	کرنش در زمان بیشینه نیروی کششی در راستاری عرضی و طولی (بیشینه تغییرشکل یافته کششی)		$\geq 50\ ٪$	
۷	مقاومت سوراخ‌شدگی	ISO 12236 EN	$\geq 3\ kN$	$\geq 7\ kN$
۸	سوراخ‌شدگی دینامیکی	ISO 13433 EN	$\leq 7\ mm$	$\leq 13\ mm$
۹	مقاومت در برابر اکسیداسیون	ISO 13438 EN	عمر بهره‌برداری حداقل ۲۵ سال بر طبق استاندارد EN 13256	
۱۰	مقاومت در محیط قلیایی (PH>9)	, EN EN 14030 ISO 10319	تقلیل در مقاومت کششی و کرنش در شکست در عمر بهره‌برداری حداقل ۲۵ سال $\leq$ ۲۰ درصد	
۱۱	واکنش به آتش	EN ISO 11925-2 ,ÖNORM EN 13501-1	کلاس E [3]	
۱۲	نفوذ آب در صفحه در فشار ۲۰۰ کیلوپاسکال	EN ISO 12958	$\geq 3\ l/(m.h)$	
۱۳	بازده حفاظتی	EN 14574	تقلیل در مقدار بدست آمده در تست اولیه $\leq 0/1\ mm$	

۱- فقط مواد خام خالص مجاز است (۱۰۰ درصد PP و بیشینه مقدار ۱۰ درصد مواد بازیافتی، دیگر مصالح بازیافتی مجاز نیست).
۲- برای انحراف از مقدار در تست اصلی : $0/1\ ٪ \leq$
۳- ممکن است اندازه‌گیری جداگانه‌ای برای نصب در هوای فشرده نیاز باشد (با توافقنامه با ملزوات ایمنی و سلامت).

[1] DSC, Differential Scanning Calorimeter

omoorepeyman.ir

۳-۵-۵- رواداری ورق محافظ

حداقل رواداری‌های ورق محافظ در جدول (۳-۸) ارائه شده است.

جدول ۳-۸- حداقل مشخصات، روش تست و رواداری‌های مورد نیاز برای ورق محافظ

ردیف	مشخصه	استاندارد تست	الزامات
۱	نوع ورق محافظ		ورق انعطاف‌پذیر با لایه هشدار روشن در یک طرف در تناقص با رنگ مصالح پایه، مشخصات لایه هشدار باید مطابق با مصالح پایه باشد.
۲	لیبل‌گذاری و مستندات	EN 13491	تولید کننده، جنس، ضخامت اسمی، علامت استاندارد و لیبل آن روی بسته و مستندات مربوط در صورت نیاز
۳	مشخصات ظاهری	EN 1850-2	بدون ترک، تاول و زائده
۴-۱	ضخامت	EN 1849-2	≥ ۳ mm ضخامت با لایه هشدار
۴-۲	ضخامت لایه هشدار		≤ ۰/۱ mm لایه هشدار
۵	مقاومت کششی در راستای طولی و عرضی	[1]EN ISO 527-1, -3	≥ ۸ N/mm^2
۶	مقاومت سوراخ‌شدگی	ISO 12 236 EN	≥ ۲/۸ kN
۷	رفتار مقاومتی در اثر ضربه (سوراخ‌شدگی)	EN 12691 (سقوط وزنه ۵۰۰ گرم، روش A)	بدون سوراخ‌شدگی در ۱۲۵۰ میلیمتر ارتفاع سقوط
۸	واکنش به آتش	EN ISO 11925-2 , EN 13501-1	کلاس E

تست نمونه نوع ۵ در سرعت ۱۰۰ mm/min

ممکن است اندازه‌گیری جداگانه‌ای برای نصب در هوای فشرده نیاز باشد (با توافقنامه با ملزوات ایمنی و سلامت).

۳-۵-۶- رواداری غشاء آب‌بند - ژئوممبران

دو نوع مصالح رایج در سیستم ایزولاسیون سازه‌های زیرزمینی شامل پلی وینیل کلراید نرم[1] و پلی‌الفین منعطف یا ترموپلاستیک پلی الفین[2] هستند. همچنین امروزه ژئوممبران بر پایه پلی الفین‌ها با تراکم کم[3]، تراکم کم خطی[4] و تراکم خیلی کم[5] و پروپیلن‌های منعطف[6] و از ترکیب دیگر مصالح ژئوسنتتیک به اصطلاح کامپوزیت تولید می‌شوند.

[1] PVC-P
[2] FPO/TPO
[3] PE-LLD
[4] PE-LD
[5] PE-VLD
[6] PP-flex

omoorepeyman.ir

در تونلسازی انتخاب بهره‌مندی از بین PVC-P و TPO/FPO بسیار سخت و دشوار می‌باشد. مزیت‌ها و معایت هر یک از این محصولات با هم برابری می‌کند.

انتخاب نوع پلیمر تشکیل دهنده ژئوممبران جهت استفاده در آب‌بندی مسیر تونل و ایستگاه‌های زیرزمینی وابسته به مشخصات شیمیایی آب و میزان پیچیدگی‌های بستر اجرایی می‌باشد. در واقع بعنوان یک فرمول نچندان دقیق، افزایش میزان پیچیدگی بستر، طرح را به سمت استفاده از ورق‌های PVC و افزایش اثر تهاجمی شیمیایی محیطی طرح را به سمت استفاده از ورق‌های TPO سوق می‌دهد.

با توجه به تجربیات و سازه‌های احداث شده تا به هم اکنون حداقل رواداری‌های ذیل برای ورق غشاء آب‌بند کننده ژئوممبران مورد نیاز می‌باشد.

omoorepeyman.ir

جدول ۳-۹- حداقل مشخصات، روش تست و رواداری‌های مورد نیاز برای ورق غشاء آب‌بند کننده ژئوممبران

ردیف	مشخصه	استاندارد تست	الزامات	
			PVC-P	FPO,TPO
۱	برچسب‌گذاری و مستندات	EN 10320	-درج نام و لوگوی تولید کننده، جنس، ضخامت اسمی، کد استاندارد تولید بر روی لیبل در بسته‌بندی - علامت گذاری برای همپوشانی در ناحیه خط جوش - نوع تائید اصالت طبق استاندارد DIN EN ISO 10320 -سایر مستندات در صورت نیاز	
۲	مشخصات ظاهری	EN 1850-2	عاری از حباب ، ترک ، اجزای خارجی و حفره ؛ پیوند همه جانبه بین لایه هشدار و مواد اصلی	
۳	صافی لبه (g) صافی سطح (p)	EN 1848-2	g ≤ 50 mm p ≤ 10 mm	g ≤ 50 mm p ≤ 10 mm
۴	ضخامت			
۱-۴	ضخامت کلی بدون لایه هشدار ضخامت اسمی مقدار میانگین کمترین مقدار بیشترین مقدار	EN 1849-2	2 mm , 3mm , 4mm ≤ ضخامت اسمی ≤ -5%ضخامت میانکین ≤+5%ضخامت میانگین	
۲-۴	ضخامت لایه هشدار		≤ 0,2 mm	≤ 0,2 mm
۵	مواد تشکیل دهنده			
۱-۵	چگالی	EN ISO 1183	چگالی اسمی با رواداری: ≤± 0,02 g/cm³	چگالی اسمی با رواداری: ≤± 0,005 g/cm³
۲-۵	آنالیز گرماسنج روبشی (DSC)	EN ISO 11327-1 & 3	نمودار را تعیین کنید	نمودار را تعیین کنید
۳-۵	نرخ جریان جرمی مذاب(MFR)	DIN EN ISO 1133-1 ۱۹۰°C m=۵Kg	---	محدوده نوسان مجاز: ارزش اسمی 15 %
۶	مشخصات مکانیکی			
۱-۶	تنش پارگی طولی و عرضی	DIN EN ISO 527-1 & 3, specimens 5, v=100 mm/min v = 5 mm/min	≥14 N/mm2	≥14 N/mm2
۲-۶	ازدیاد طول پارگی طولی و عرضی		≥ 300 %	≥500 %
۳-۶	مدول الاستیسته بین ۱٪ و ۲٪ ازدیاد طول طولی و عرضی		≤ 20 N/mm2	≤ 100 N/mm2
۴-۶	رفتار در آزمون سوراخ‌شدگی	DIN EN 12691, Procedure A 500g weight	برای ضخامت اسمی ۲mm: ارتفاع سقوط نزدیک به ۷۵mm برای ضخامت اسمی ۳۲: ارتفاع سقوط نزدیک به ۲۵۰mM1	
۵-۶	نفوذپذیری آب	EN ISO 12236	آب‌بند	آب‌بند
۷	مقاومت باد شدگی ورق			
۱-۷	افزایش طول برآمدگی (مقاومت فشار ترکیدگی) در آزمایش کشش چند محوری	DIN EN 14151, specimens d = 200 mm	≥ 50%	
۸	اندازه‌گیری مقاومت در برابر بار متمرکز	EN 12691	ضخامت اسمی ۲/۱ میلیمتر: آب‌بند در ارتفاع سقوط ۷۵۰ میلیمتر ضخامت اسمی ۳/۵ میلیمتر: آب‌بند در ارتفاع سقوط ۱۲۵۰ میلیمتر	

omoorepeyman.ir

ردیف	مشخصه	استاندارد تست	الزامات	
			PVC-P	FPO,TPO
۹	مقاومت فشاری درازمدت	--	آب‌بند در ۷ نیوتن بر میلیمتر مربع در مدت زمان ۴۸ ساعت	
۱۰	رفتار بعد از تاشدگی در سرمای C20°-	EN 495-5	بدون ترک در دمای ۲۰- درجه	---
۱۱	رفتار پس از نگهداری در محلول داغ			
۱-۱۱	تغییرات ابعاد بعد از نگهداری در گرمخانه	EN 1107-2	≤ 2.0 % (6 h / 80 ^{0}C)	≤ 2.0 % (1 h / 100 ^{0}C)
۲-۱۱	مشخصات ظاهری	EN 1850-2	عاری از حباب، بدون تاول و شوره	
۱۲	مقاومت درازمدت			
۱-۱۲	روش تسریع تحت شرایط دمایی مداوم	EN 1296 (EN ISO 527-1&3)	---	کاهش در مقاومت در کرنش نهایی ≤ 20 %
	خم شدگی در دمای پایین	EN 495-5		بدون ترک در دمای ۲۰- درجه
۲-۱۲	مقاومت در برابر اکسیداسیون	EN 14575	کاهش در مقاومت در کرنش نهایی ≤ 20 %	کاهش در مقاومت در کرنش نهایی ≤ 20 %
۳-۱۲	رفتار پس از غوطه وری در آب داغ	--	کاهش تنش پارگی و ازدیاد طول پارگی در مقایسه با شرایط تحویل حداکثر ٪۲۵ کاهش جرم حداکثر ٪۵	کاهش در مقاومت در کرنش نهایی ≤ 20 %
۴-۱۲	رفتار بعد از نگهداری در محلول آبی (آب، شیرآهک اشباع‌شده)	EN 14415 (EM ISO 527-1 & -3)	تغییر در تنش پارگی و ازدیاد طول پارگی در مقایسه با شرایط تحویل حداکثر ٪۲۵	
۵-۱۲	رفتار پس از غوطه وری در محلول آبی با نسبت 5-6% اسید سولفوریک	DIN EN1847 ۲۸d ،۲۳°C	تغییر در تنش پارگی و ازدیاد طول پارگی در مقایسه با شرایط تحویل حداکثر ٪۲۰	
	رفتار بعد از تاشدگی در سرمای C ° 20- درجه سلسیوس		بدون ترک خوردگی	
۶-۱۲	مقاومت در برابر ترک‌های تنش محیط زهکش SCR	ASTM D 5397	مقاومت پس از ۲۰۰ ساعت	---
۱۳	مقاومت عنصر (پایه)	CEN/TS 14416	بدون نفوذ	
۱۴	واکنش در برابر آتش	DIN EN ISO 11925-2 DIN EN 13501-1	کلاس E	کلاس E
۱۵	رفتار جوش پذیری			
۱-۱۵	اجراء جوش	DVS 2225-5	عاری از هرگونه نقص	عاری از هرگونه نقص
۲-۱۵	رفتار جوش در تست برشی ضریب اتصال کوتاه مدت (fz)	DIN EN 12317-2, DVS 2226-1,2	پارگی خارج از جوش حداکثر ۰/۶	
۳-۱۵	رفتار جوش در آزمون جداشدگی مقاومت در برابر جداشدگی (Rs)	DIN EN ISO 11925-2 DIN EN 13501-1	جدا شدگی در طول مدت رسیدن به مقاومت جداشدگی مجاز است. ≥6,0 N/mm	رفتار جوش در آزمون جداشدگی مقاومت در برابر جداشدگی (Rs)

omoorepeyman.ir

- **نکات مهم در رواداری‌ها و ضوابط لایه ژئوممبران**

  - **ملاحظات کلی**

با انتخاب مناسب‌ترین مواد پایه و ترکیب آنها، ورق انعطاف‌پذیر آب‌بند غشائی می‌توانند به طور خاص برای نیازهای سازه زیرزمینی تولید شوند. باید توجه ویژه‌ای به انعطاف‌پذیری ورق ژئوممبران شود تا امکان نصب و اطمینان از نصب اصولی آن فراهم شود. هرچه ورق‌ها به نحو مناسبی بر روی بستر اجرا شده باشد، تنش در ورق به دلیل فشار و خم‌شدگی در هنگام بتن‌ریزی سازه اصلی کم می‌شود.

در هنگام انتخاب مواد برای ژئوممبران، معیارهای مهم شامل مقاومت شیمیایی، دوام، شرایط بستر، سازگاری مواد و حفاظت از محیط زیست (در فرمولاسیون و فرآیند تولید آنها) باید رعایت گردد. به طور کلی، از فلزات سنگین مانند کادمیوم و سرب، مواد پایه هالوژن، مواد بازیافت و نرم‌کننده‌هایی با تمایل زیاد به جابجایی در پلیمر DEHP (DOP) نباید استفاده شود.

ورق ژئوممبران باید یک لایه هشدار با رنگ متضاد با مواد پایه داشته باشند این امر باعث می‌شود هنگام بازرسی چشمی، هرگونه نقص در ورق‌ها آسان‌تر شناسایی شود. لایه هشدار نباید روی قابلیت جوش‌پذیری ورق ژئوممبران تأثیر بگذارد و قدرت جوش‌پذیری را کاهش دهد. همچنین این لایه باید با پلیمر پایه به شکلی ممزوج شده باشد که به هیچ‌وجه امکان جداکردن آنها از هم میسر نباشد.

  - **لیبل‌گذاری و مدارک**

مشخصات محصول باید بر روی محصول چاپ شده باشد. توصیه می‌شود محل اورلپ مورد نیاز جهت جوش نیز مشخص شده باشد. هر رول باید لیبل علامت استاندارد را داشته باشد. هر پکیج ارسالی باید مدارک و مستندات لازمه را به همراه داشته باشد.

  - **مشخصات ظاهری**

بررسی ظاهر محصولات می‌تواند نشانگر بسیاری از معایب کیفی محصولات باشد. بعنوان مثال نباید هیچ‌گونه ترک، حفره، حباب، ناهمگونی و تاول یا اجزاء خارجی در سطح ورق دیده شود.

  - کیفیت سطح

صافی سطح محصول برای نصب حرفه‌ای و جوشکاری ورق ژئوممبران ضروری است.

  - **ضخامت**

ضخامت لایه هشدار باید بین ۰/۱۰ میلیمتر و ۰/۱۸ میلیمتر باشد و ممکن است در ضخامت ورق گنجانده شود. تغییرات ضخامت کلی ورق نباید بیش از ۵ درصد در سطح ورق داشته باشد.

omoorepeyman.ir

- **مواد تشکیل دهنده**

چگالی، آنالیز گرماسنج روبشی تفاضلی[۱] یا طیف‌سنجی مادون قرمز[۲] (بیان نوع تجهیزات و روش آزمایش) و میزان جریان جرم مذاب اطلاعاتی را در مورد ترکیب ماده ارائه می‌دهد که ویژگی‌ها و کیفیت غشاء ورق ژئوممبران را نمایان می‌سازد.

در مورد مواد با پایه پلی الیفن، دمای ذوب کریستالی از تجزیه و تحلیل آنالیز گرماسنج روبشی تفاضلی و سرعت جرم ذوب مذاب، اطلاعاتی در مورد قابلیت جوش‌پذیری ورق ارائه می‌دهد. این مشخصه‌ها جهت نحوه جوش (دما و سرعت جوش) صورت می‌پذیرد.

- **مشخصات مکانیکی**

ورق‌های ژئوممبران مورد استفاده در سازه‌های زیرزمینی باید از نظر مشخصات مکانیکی قابلیت تحمل تنش‌های ناشی از ناهمواری بستر، نشست‌های سازه و زلزله را دارا باشد. همچنین از انعطاف‌پذیری کافی برخوردار بوده تا در قسمت کنج‌های زاویه‌دار تنش‌های مضاعف به ورق اعمال نگردد.

- **رفتار در برابر سوراخ شدگی**

این ویژگی میزان مقاومت ورق ژئوممبران در برابر تنش‌های ضربه‌ای است. رفتار ورق در برابر سوراخ‌شدگی باید به گونه‌ای باشد که استحکام کافی در برابر تنش‌های رایج حین نصب که در اثر برخورد تصادفی از اجسامی مانند آرماتور یا ابزارآلات بوجود می‌آید را داشته باشد. لازم به ذکر است که میزان ضربه وارده اگر بیش از مقادیر مندرج در جدول قبل باشد سبب آسیب به ورق گردیده و باید پس از بررسی به ترمیم ورق اقدام نمود.

- **قابلیت خم شدگی در دمای پایین**

این آزمایش تأیید می‌کند که ورق تمایل به شکننده شدن در دماهای پایین ندارد و می‌تواند بدون ترک خوردگی به صورت محدود تغییر شکل دهد.

- **میزان تغییرات ابعادی بر اثر حرارت (انبساط حرارتی)**

رفتار حین و بعد از قرار گرفتن در معرض حرارت، به عنوان یک ارزیابی برای تأیید مراحل پروسه تولید با توجه به نوع ماده، مورد بررسی قرار می‌گیرد. در هنگام تولید ورق‌ها (با استفاده از روش اکستروژن یا کلندرینگ) زنجیره‌های مولکولی در جهت تولید تراز شده و در طی پروسه خنک شدن در محل خود مستقر می‌شوند. در حین گرمایش (به عنوان مثال در حین عملیات جوش) این تنش‌های داخلی تا حد زیادی برداشته می‌شوند. بنابراین، کوچکترین تغییر ابعادی ممکن بعد از قرار گرفتن در معرض حرارت، به عنوان یک معیار برای ارزیابی پردازش صحیح مواد در نظر گرفته شود. بنابراین تغییر ابعادی نباید بیشتر از دو درصد کل عرض ورق توزیع شود.

---

[۱] DSC

[۲] IR, InfraRed

omoorepeyman.ir

- **دوام طولانی مدت**

در حین بهره‌برداری، ورق ممکن است تحت تأثیر عوامل شیمیایی و فیزیکی محیط قرار گیرد. این امر بر خواص مکانیکی آن تأثیر می‌گذارد و سبب کاهش عمر مفید آن می‌شود. همچنین این مسئله ممکن است سبب کاهش مشخصه‌های الاستیسیته نظیر مدول الاستیک آن در تنش‌ها گردد.

مقاومت طولانی مدت ژئوممبران، توانایی آن را برای حفظ خصوصیات مورد نیاز در معرض تأثیرات محیطی برآورده می‌نماید. تأثیرات قابل پیش‌بینی شامل عوامل احتمالی کاهش عملکرد خاص مواد مانند هیدرولیز، رطوبت و اثرات دما، اکسیداسیون (شکسته شدن زنجیره‌های مولکولی در مجاورت اسید، اکسیژن یا ازن)، حمله شیمیایی، فشارهای مکانیکی، تنش، خستگی و اثر پرتوی فرابنفش باید در رفتار دراز مدت ژئوممبران در نظر گرفته شود.

سیستم آب‌بندی باید به نحوی طراحی شده باشد که قادر به پاسخگویی به کلیه الزامات اساسی آب‌بندی سازه برای یک دوره ۱۰۰ ساله را داشته باشد. از آنجا که ترمیم سیستم آب‌بندی منجر به تحمیل هزینه زیادی بر پروژه می‌شود، عملکرد آن باید در تمام طول عمر سرویس‌دهی حفظ شود.

- **عکس‌العمل در برابر آتش**

به دلیل قابلیت اشتعال پلیمرها، با رعایت موارد ایمنی، خطر آتش‌سوزی را باید تا حد امکان در مرحله نصب با اقدامات احتیاطی در برابر آتش سنجید و اقدامات پیش‌گیرانه را انجام داد. ورق‌های ژئوممبران باید مطابق با ضوابط ایمنی کارگاه در برابر آتش محافظت شوند.

- **جوش‌پذیری**

ورق‌ها به وسیله جوش به یکدیگر وصل می‌شوند تا یک محدوده آب‌بند را تشکیل دهند. قابلیت جوش‌پذیری و استحکام جوش‌ها برای کارآیی سیستم آب‌بندی بسیار مهم است. نکته مهم آنکه ورق‌ها با پایه پلیمر متفاوت قابلیت اتصال و جوش حرارتی به یکدیگر را ندارند. بعنوان مثال امکان ایجاد اتصال حرارتی بین ورق‌های ژئوممبران PVC و PE وجود ندارد.

- **طراحی خاص تحت شرایط دمای بالا**

زمانی که دمای بالاتر از ۴۰ درجه در محدوده سازه زیرزمینی باشد و عمر مفید ۱۰۰ ساله در نظر باشد، در برخی مشخصه‌های لایه زهکش شرایط محافظه‌کارانه‌تری اعمال می‌گردد. علاوه بر رواداری ارائه شده در جدول (۳-۹)، باید حداقل رواداری و الزامات جدول (۳-۱۰) نیز تامین گردد.

omoorepeyman.ir

جدول ۳-۱۰- حداقل مشخصات، روش تست و رواداری‌های اضافی برای ورق غشاء آب‌بند کننده ژئوممبران تحت شرایط دمایی بالا

ردیف	مشخصه	استاندارد تست	الزامات	
			PVC-P	TPE-O,TPO
۱۶	رفتار پس از غوطه‌وری در محلول آبی	EN 14415	کاهش در مقاومت کششی و کرنش در زمان شکست: کمتر از ۲۵ درصد کاهش مقاومت در برابر ضربه (رتفاع سقوط): کمتر از ۴۰ درصد تغییرات در وزن کمتر از ۷ درصد	
۱۷	رفتار پس از غوطه‌وری در محلول آبی با ۰/۵ درصد اسید سولفوریک	EN 1847 (۳۶۰ روز در دمای ۵۰ درجه)	کاهش در مقاومت کششی و کرنش در زمان شکست: کمتر از ۲۵ درصد کاهش مقاومت در برابر ضربه (رتفاع سقوط): کمتر از ۴۰ درصد تغییرات در وزن کمتر از ۷ درصد	
	رفتار پس از غوطه‌وری در محلول آبی با ۵ تا ۶ درصد اسید سولفوریک	EN 1847 (۱۲۰ روز در دمای ۲۳ درجه)	کاهش در مقاومت کششی و کرنش در زمان شکست: کمتر از ۲۵ درصد کاهش مقاومت در برابر ضربه (رتفاع سقوط): کمتر از ۳۰ درصد تغییرات در وزن کمتر از ۴ درصد	
۱۸	رفتار پس از غوطه‌وری در آب داغ	EN 12691 (۳۶۰ روز در دمای ۷۰ درجه)	کاهش در مقاومت کششی و کرنش در زمان شکست: کمتر از ۲۵ درصد کاهش مقاومت در برابر ضربه (رتفاع سقوط): کمتر از ۴۰ درصد تغییرات در وزن کمتر از ۷ درصد تغییر ابعادی کمتر از ۵ درصد	---
		EN 12691 (۲۴۰ روز در دمای ۵۰ درجه)	کاهش در مقاومت کششی و کرنش در زمان شکست: کمتر از ۲۵ درصد کاهش مقاومت در برابر ضربه (رتفاع سقوط): کمتر از ۳۰ درصد تغییرات در وزن کمتر از ۳ درصد تغییر ابعادی کمتر از ۳ درصد	---

omoorepeyman.ir

۳-۵-۷- مصالح کامپوزیت (ژئوممبران لمینیت شده با لایه محافظ)

ژئوممبران لمینیت شده با لایه محافظ، علاوه بر رواداری ارائه شده هر جزء، باید حداقل رواداری‌های ارائه شده در جدول (۳-۱۱) را نیز تامین کند.

جدول ۳-۱۱- حداقل مشخصات، روش تست و رواداری‌های ژئوممبران لمینیت شده با لایه محافظ

ردیف	مشخصه	استاندارد تست	الزامات	
			PVC-P	PE, TPE-O,TPO
۱	برچسب‌گذاری و مستندات	EN 13491	تولید کننده، جنس، ضخامت اسمی، علامت استاندارد و لیبل آن روی بسته و مستندات مربوط در صورت نیاز	
۴	ضخامت			
۱-۴	ضخامت اسمی ورق لمینیت شده با لایه نشانه‌گر	EN 1849-2	≥ 2.0 mm ≥ 3,15 mm	≥ 2.0 mm ≥ 3,15 mm
۵	مواد تشکیل دهنده			
۱-۵	وزن	EN ISO 9864	بر اساس مشخصات مورد نیاز	
۶	مشخصات مکانیکی در تنش تک محوره			
۱-۶	مقاومت کششی در جهت طولی و عرضی	EN ISO 12311	1500 N / 50 mm	
۲-۶	کرنش در زمان شکست در جهت طولی و عرضی		≥50 %	
۷	مشخصات مکانیکی در تنش چند محوره			
۱-۷	فشار پارگی در عرض شکاف ۳۰ میلیمتر	EN 1928	غیر قابل نفوذ در فشار ۲ بار در ۵ ساعت	
۱۱	رفتار پس از نگهداری در محلول داغ			
۱-۱۱	تغییر در وزن	EN 1107-2	≤ 3.0 % (6 h / 80 ^{0}C)	≤ 3.0 % (1 h / 100 ^{0}C)
	واکنش در برابر آتش			
۱۴	واکنش در برابر آتش	EN ISO 11925-2	کلاس E	
۱۵	رفتار جوش پذیری			
۲-۱۵	رفتار جوشی در تست برشی	EN 12317-2	شکست خارج از محدوده جوش	
۳-۱۵	مقاومت جداشدگی جوش	EN 12316-2	≥6,0 N / 50mm	

برای موارد خاص ژئوممبران لمینیت شده با لایه محافظ علاوه بر الزامات جدول (۳-۱۱) باید موارد اشاره شده در جدول الزامات ژئوممبران تحت شرایط خاص (دمای بالاتر از ۴۰ درجه در محدوده سازه زیرزمینی و عمر مفید ۱۰۰ ساله) رعایت گردد. در صورت نیاز به لایه محافظ با مشخصات بالاتر از لایه لمینیت شده، لایه ژئوتکستایل لمینیت شده در این حالت نباید به عنوان لایه محافظ در طراحی‌ها در نظر گرفته شود.

omoorepeyman.ir

۳-۵-۸- رواداری واتراستاپ‌ها

جهت تفکیک سطوح و یا اجرای واتراستاپ یک طرفه روی ژئوممبران، واتراستاپ‌ها باید به ورق ژئوممبران جوش داده شوند. براساس جنس واتراستاپ که با جنس ورق ژئوممبران سازگار است نوع و نحوه جوش تعیین می‌شود. نحوه جوش در واتراستاپ‌های PVC به وسیله ذوب مواد و فشار تماسیبه ژئوممبران PVC و در واتراستاپ‌های TPO به وسیله جوش اکستروژن به ژئوممبران TPO می‌باشد.

با انتخاب صحیح و سازگار واتراستاپ با مصالح ژئوممبران، واتراستاپ‌ها و نوارهای آب‌بند می‌توانند با شرایط خاص مورد نیاز در سازه زیرزمینی همخوانی داشته باشند. واتراستاپ‌های پروفیلی (قالبی) باید توانایی تغییر شکل در تنش‌های زیر حد مقاومت شکست بتن را داشته باشند و همچنین تحت تنش‌های دائمی فشار آب تسلیم نشوند. انعطاف‌پذیری بالا (کرنش‌پذیری) و کافی برای این نوع واتراستاپ‌ها امری ضروری است. انعطاف‌پذیری مصالح و مقاومت آن در برابر مواد شیمیایی می‌تواند با اضافه کردن پلیمر بیشتر و یا بالا بردن درصد مقدار الاستومر بهبود یابد که این تغییر ترکیب مصالح سبب کاهش جوش‌پذیری آن شده و باید اثر آن در اجرا دیده شود.

مشخصات مورد نیاز (نظیر ضخامت، ابعاد هندسی، کرنش‌پذیری و...) برای واتراستاپ‌ها بر اساس تنش‌های هیدرواستاتیک و دینامیکی روی سازه در زمان ساخت و اجرا تعیین می‌شود. واتراستاپ‌های پروفیلی باید مقاومت کافی در برابر آب زیرزمینی و دیگر اثرات خارجی داشته و نباید مشخصه‌های آب‌بند کنندگی آنها در طی تغییر شکل‌های سازه تغییر نمایند. مشخصه‌های مقاومت در برابر مواد شیمیایی واتراستاپ با قرار گرفتن آن در محلول آبی تعیین می‌گردد. همچنین این روش اطلاعاتی در خصوص پایداری، رفتار بلند مدت، رفتار شسته‌شدگی، ترکیب‌بندی واتراستاپ و کیفیت ثبات مصالح را اعلام می‌نماید. بخش‌هایی از واتراستاپ که در تماس با دیگر عوامل هستند باید به صورت دائمی کاملاً با آنها سازگار باشد. برای هر پروژه باید حداقل نیازهای و رواداری‌های واتراستاپ‌ها کنترل گردد.

واتراستاپ‌های داخلی و خارجی باید حداقل مشخصات جدول (۳-۱۲) (واتراستاپ با فرمول یکسان و تنها متفاوت در هندسه، نیاز به مدارک تست جهت اثبات عملکرد دارند) را برآورده نمایند.

omoorepeyman.ir

جدول ۳-۱۲- حداقل مشخصات، روش تست و رواداری‌های برای انواع واتراستاپ پروفیلی

ردیف	مشخصه	PVC; PVC-NBR و TPO		الاستومر	
		استاندارد تست	رواداری	استاندارد تست	رواداری
۱	لیبل‌گذاری	--	تولید کننده، جنس، عرض و زمان تولید	--	تولید کننده، جنس، عرض و زمان تولید
۲	مشخصات ظاهری	EN 1850-2	عاری از تاول، شکاف، زائده و حفره، بدون پیچ و تاب	EN 1850-2	عاری از تاول، شکاف، زائده و حفره، بدون پیچ و تاب
۳	مشخصات ابعادی	بر طبق ضوابط	حداقل رواداری‌ها	بر طبق ضوابط	حداقل رواداری‌ها
۴	ترکیب مواد تشکیل دهنده				
۱-۴	آنالیز DSC	EN 11357	دیاگرام تشخیص	EN 11357	دیاگرام تشخیص
۲-۴	طیف سنجی	ASTM E334	دیاگرام تشخیص	ASTM E334	دیاگرام تشخیص
۵	مقاومت کششی	EN 527	$\geq 10\ N/mm^2$	EN 527	$\geq 10\ N/mm^2$
۶	کرنش در زمان شکست	EN 527	$\geq 300\ \%$	EN 527	$\geq 380\ \%$
۷	مدول الاستیسیته در کرنش طولی ۱ و ۲ درصد	EN 527	بر طبق روادای لازم	-	-
۸	سختی	-	-	EN 23529	62 ± 5
۹	مقاومت در برابر گسترش پارگی ذوزنقه‌ای	ISO 34-1	$\geq 12\ N/mm$	ISO 34-1	$\geq 8\ N/mm$
۱۰	فشردگی	-	-	EN 815-1	≤20 % بعد از ۱۶۸ ساعت در دمای ۲۳ درجه و ≤ 35 % بعد از ۲۴ ساعت در دمای ۷۰ درجه
۱۱	کشیدگی	-	-	EN 815-1	-
۱۲	رفتار در دمای پایین	EN 18541	کرنش در زمان شکست در دمای ۲۰ درجه بعد از ۲ ساعت ≥ 200 % و در دمای منفی ۲۰ درجه عدم ترک	EN 18541	الاستیسیته باقیمانده در دمای منفی ۲۰ درجه بعد از ۲۴ ساعت ≤۹۰ سختی
۱۳	رفتار در برابر حرارت	EN 1296	تغییر در مقاومت پارگی ذوزنقه‌ای و کرنش در زمان شکست ≤۲۰ % و تغییر در مدول الاستیسیته کمتر از ۵۰ درصد	EN868	تغییر در مقاومت پارگی ذوزنقه‌ای و کرنش در زمان شکست ≤۲۰ % و تغییر در سختی کمتر از ۸
۱۴	رفتار در زمان قرارگیری در محفظه ازون	-	-	EN 1431	بدون ترک
۱۵	مقاومت موقت در برابر روغن	EN 1847	تغییر در مقاومت پارگی ذوزنقه‌ای و کرنش در زمان شکست ≤۲۰ %	-	-
۱۶	مقاومت در برابر سوخت‌های دیزلی	EN 1847	تغییر در مقاومت پارگی ذوزنقه‌ای و کرنش در زمان شکست ≤۲۰ %	-	-

omoorepeyman.ir

ردیف	مشخصه	PVC; PVC-NBR و TPO		الاستومر	
		استاندارد تست	رواداری	استاندارد تست	رواداری
۱۷	مقاومت در برابر هیدرولیز	EN 14415	تغییر در مقاومت پارگی ذوزنقه‌ای و کرنش در زمان شکست % ۲۵≥	EN 14415	تغییر در مقاومت پارگی ذوزنقه‌ای و کرنش در زمان شکست % ۲۰≥
۱۸	مقاومت در محیط قلیایی	EN 14415	تغییر در مقاومت پارگی ذوزنقه‌ای و کرنش در زمان شکست % ۲۵≥	EN 14415	تغییر در مقاومت پارگی ذوزنقه‌ای و کرنش در زمان شکست % ۲۰≥
۱۹	رفتار پس از ذخیره سازی در محلول آبی	EN 1847	تغییر در مقاومت پارگی ذوزنقه‌ای و کرنش در زمان شکست % ۲۰≥	EN 1847	تغییر در مقاومت پارگی ذوزنقه‌ای و کرنش در زمان شکست % ۳۰≥
۲۰	رفتار پس از ذخیره‌سازی در محیط قیری	EN 18541	تغییر در مقاومت پارگی ذوزنقه‌ای و کرنش در زمان شکست % ۲۰≥ تغییر در مدول الاستیسیته ٪ ۵۰ ≥	EN 13304	تغییر شکل دائمی ٪۲۰≥ مقاومت ذوزنقه‌ای ۷ MPa ≥ کرنش در زمان شکست ٪ ۳۰۰ ≥
۲۱	مقاومت در برابر آتش	EN 13501	کلاس E	EN 13501	کلاس E

- **نکات مهم در رواداری‌ها و محدودیت‌ها**

  - **برچسب‌گذاری**

برچسب واتر استاپ‌ها باید توسط کارخانه و بر روی محصول درج گردیده و اطلاعاتی نظیر مشخصات کارخانه تولیدکننده، زمان تولید، ابعاد رول و هندسه مقطع در آن لحاظ گردد.

  - **مشخصات کلی ظاهری**

مشخصات کلی ظاهری باید توسط بازرس در محل و با برش مقطع نمونه و سطح واتراستاپ کنترل شود.

  - **پایداری ابعادی هندسه پروفیل**

ضخامت مصالح به وسیله اهرم فشاری با قطر ۱۰ میلیمتر و فشار تماسی ۲۰ کیلو پاسکال برداشت می‌شود. دیگر مشخصات ابعادی باید توسط ابزارآلات مناسب (گیج لغزشی) کنترل گردد.

  - **تشخیص ترکیب مصالح**

ترکیب مصالح به وسیله آنالیز DSC و اسپکتروسکوپی IR تشخیص داده می‌شوند. فاکتور دوام برای تغییرات محدود مشخصات مصالح باید تا حد ممکن ثابت باقی بماند. در خصوص مصالح پلی اتیلن، دمای ذوب کریستالی از آنالیز DSC و نرخ جریان-وزنی ذوب اطلاعات مناسبی را در خصوص جوش‌پذیری می‌دهد.

  - **مقاومت کششی، کرنش در زمان شکست و مدول الاستیسیته**

مشخصات مقاومت کششی، کرنش در زمان شکست و مدول الاستیسیته باید مطابق با استانداردهای معتبر استخراج شود.

omoorepeyman.ir

- **سختی**

این مشخصه بر طبق استاندارد EN ISO 868 انجام می‌شود. این مشخصه بیشتر مشخصات و پارامترهای روی سطح واتراستاپ‌های الاستومر را ارائه می‌نماید.

- **مقاومت در برابر گسترش پارگی**

مقاومت در برابر گسترش پارگی در الاستومرها مطابق با استاندارد DIN ISO 6133 انجام می‌شود و باید در محدوده‌های ضوابط این نشریه باشد.

- **مقاومت فشار و کشش**

یکی از مهمترین مشخصه‌های واتراستاپ‌ها، مقاومت فشاری و کشش آن می‌باشد این مشخصه در درزهای انبساطی که واتراستاپ باید قابلیت حرکتی بالایی داشته باشد از اهمیت بسزایی برخوردار است.

- **رفتار در دماهای پایین**

برای واکنش به بازرسی در برابر سرما (الاستیسیته)، کرنش در زمان شکست همانطور که در ردیف ۱۲ جدول (۳-۱۲) نشان داده شده است، آزمایش می‌شود. نمونه‌ها حداقل برای ۲ ساعت در دمای (۲±۲۰-) درجه سانتیگراد نگهداری می شوند و سپس در آن دما آزمایش می‌شوند. هیچ‌گونه ترکی نباید بعد از ۲ ساعت ذخیره‌سازی در (۲±۲۰-) درجه سانتیگراد ایجاد شود.

- **رفتار در دماهای بالا**

آزمایش ذخیره‌سازی گرما روی مواد مصالح طبق EN1296 انجام می‌شود. نمونه‌ها به مدت ۷۰ روز در دمای ۸۰ درجه در فشار اتمسفر ذخیره می‌شوند. مقاومت پارگی، کشیدگی در هنگام شکست و مدول الاستیک مطابق با EN 1296 تعیین می‌شود و با نتایج حاصل از نمونه اولیه مقایسه می‌شود. درصد تغییر پس از گرما ثبت می‌شود.

بر خلاف مواد ترموپلاستیک، مدت زمان ذخیره گرما برای الاستومرها تنها ۷ روز در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد است: پس از در معرض قرار گرفتن، مقاومت پارگی مطابق با DIN 53508، کشیدگی در زمان استراحت مطابق با DIN 53504 و سختی طبق EN ISO 868 آزمایش می‌شود.

- **رفتار پس از قرار گرفتن در برابر ازن**

مهمترین پارامتر برای خاصیت طول عمر الاستومرها، تأثیر ازن است. این مشخصه با توجه به DIN ISO 1431-1، پس از ۴۸ ساعت ذخیره‌سازی در محلول غلظت مشخص از ازن و ۲±۴۰ درجه سانتیگراد در ۲۰٪ کشش آزمایش می‌شود.

- **مقاومت در برابر روغن**

این آزمایش برای صدمات ناشی از روغن در دمای ۲۳ درجه سانتیگراد با مدت زمان ۷۲ ساعت است.

omoorepeyman.ir

- **مقاومت در برابر سوخت‌های دیزلی**

این آزمایش برای خسارت ناشی از سوخت‌های دیزل مطابق با EN 590، در دمای ۲۳ درجه سانتیگراد با مدت زمان ۷۲ ساعت انجام می‌شود. این آزمایش در واتراستاپ‌های الاستومر که تحت تماس در برابر قیر هستند، انجام می‌شود.

- **مقاومت در برابر هیدرولیز و محیط قلیایی**

برای آزمایش مقاومت در برابر هیدرولیز (ذخیره‌سازی در آب گرم) و قلیایی (آهک اشباع شده Ca (OH) 2) مطابق با EN 14415، نمونه‌ها به مدت ۵۶ روز در دمای ۵۰ درجه در مایع ذخیره می‌شوند. بلافاصله پس از آن، مقاومت پارگی و کشیدگی در هنگام گسیختگی مشخص می‌شود و با مقادیر نمونه‌های اولیه مقایسه می‌شود. درصد تغییر پس از ذخیره سازی در مایع با نمونه اولیه ثبت می‌شود.

- **رفتار پس از قرار گرفتن در محلول آبی**

این نوع رفتار بر اساس تست در محلول آبی (۵ الی ۶ درصد اسید سولفوریک) طبق استاندارد EN1847، با نمونه‌های قرار گرفته در محفظه برای ۲۸ روز در دمای محلول ۲۳ درجه صورت می‌پذیرد.

بلافاصله بعد از شرایط فوق مقاومت پارگی و کرنش در زمان گسیختگی محاسبه و با مقادیر در حالت قبل از قرارگیری در شرایط فوق مقایسه و تغییرات صورت گرفته ثبت شود.

- **رفتار پس از قرار گرفتن در معرض قیر**

رفتار پس از قرار گرفتن در معرض قیر طبق استاندارد DIN 18541-2 صورت می‌پذیرد، نمونه‌ها مقاومت پارگی، کرنش در زمان شکست و مدول الاستیک در زمان محفظه حرارتی و محفظه قیری صورت می‌پذیرد.

این تست برای واتراستاپ‌های ترموپلاستیک و الاستیک که در معرض قیر قرار گرفته‌اند، مورد نیاز نمی‌باشد.

- **رفتار در برابر آتش**

تست این رفتار بر اساس استاندارد EN ISO 11925-2 صورت پذیرفته و کلاسه‌بندی آن بر اساس EN 13501-1 صورت می‌پذیرد.

- **رفتار عملکردی درزها در ناحیه انتهایی واتراستاپ**

رفتار عملکردی درزها در ناحیه انتهایی واتراستاپ به وسیله یک ضریب موقت صورت می‌پذیرد (از تقسیم مقاومت کششی در محل درز به مقاومت کششی در محلی غیر از درز). اگر واتراستاپ ترموپلاستیک به ورق ژئوممبران جوش شده باشد، عمکرد اتصال باید توسط تست‌های جوش مورد بررسی قرارگیرد. اتصال صورت گرفته باید به صورت چشمی برای مشخصات خارجی و محفظه تست شتاب دهنده استفاده شود. رواداری‌های ارائه شده در جدول (۳-۱۳) باید رعایت شود.

omoorepeyman.ir

جدول ۳-۱۳- رواداری‌های اتصال واتراستاپ پروفیلی به ژئوممبران

مشخصه	استاندارد	رواداری
مشخصه ظاهری	DVS 2225-5	عاری از هرگونه عیب
رفتار در تست برشی	EN 12317-2	پارگی خارج از محل اتصال
ضریب حرارت اتصال f_z		≥ ۰/۶
رفتار در تست جدا شدن	EN 12316-2	جدا شدن درصورتی که به مقاومت مربوطه برسد مجاز است
مقاومت جدا شدن		≥ ۶N/mm

- **چسبندگی فولاد**

در واتراستاپ‌ها که مهار انتهایی فولادی دارند، باید اتصال بین الاستومر و فولاد به صورت دائمی برقرار باشد. تست این اتصال تحت فشار بیشتر از ۱/۵ کیلو نیوتن انجام می‌شود. واتراستاپ‌های الاستومر طبق استاندارد DIN 7865-2 انجام می‌شود.

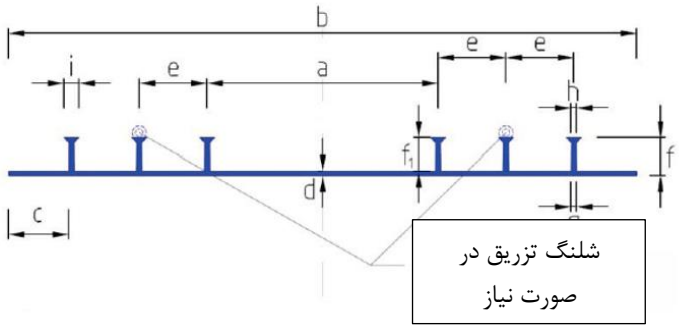
- **رواداری ابعادی واتراستاپ‌ها**

رواداری ابعادی اشاره شده در شکل ذیل ابعاد اسمی واتراستاپ‌ها می‌باشد و انحراف معیار ±۵ درصد از ابعاد اشاره شده مجاز می‌باشد.

- **واتراستاپ خارجی**

واتراستاپ‌های خارجی معمولاً در نواحی که امکان اجرای واتراستاپ‌های تخت میان درز وجود ندارد و یا طراحی سیستم ایزولاسیون بر اساس روش تفکیک سطوح انجام پذیرفته، مورد استفاده قرار می‌گیرد. واتراستاپ‌های مورد استفاده در نواحی بحرانی همانند نواحی انتقال سازه‌های زیرزمینی باز به بسته و یا درز بین قطعات باید عرض حداقل ۶۰ سانتیمتر و حداقل‌های ذکر شده در جداول (۳-۵۴) را دارا باشد.

omoorepeyman.ir



راهنما:

b... عرض کل	f_1... عمق دندانه میانی
a... عرض قسمت میانی	g... ضخامت دندانه های انتهایی
d... ضخامت نوار	h... ضخامت باریک ترین مقطع دندانه ها
e... فاصله مرکز به مرکز دندانه ها	i... ضخامت کلاهک دندانه
f... عمق پروفیل	c... عرض لبه

عرض ها			ضخامت ها	پروفایل ها					
b [mm]	a [mm]	c [mm]	d [mm]	e [mm]	f [mm]	f_1 [mm]	g [mm]	h [mm]	i [mm]
≥ ۶۰۰	≥ ۲۲۰-۲۰۰	≥ ۶۰-۵۰	≥ ۴	≥ ۷۰	≥ ۳۰	≥ ۲۶	≥ ۵	≥ ۴	≥ ۱۲

شکل ۳-۵۴- واتراستاپ خارجی – عرض ۶۰ سانتیمتر

جهت آب‌بندی درزهای اجرایی همانند درزهای بین طاق و کف و یا درز سرد طبقات ایستگاه‌ها، واتراستاپ‌های با عرض حداقل ۵۰ سانتیمتر و حداقل رواداری مطابق جدول (۳-۱۴) رعایت گردد. در سایر موارد نیز مانند واتراستاپ‌هایی که در روش تفکیک سطوح و صرفاً جهت منفک کردن دو ناحیه از یکدیگر استفاده می‌شود، می‌توان از واتراستاپ‌های با حداقل عرض ۳۲ سانتیمتر و ضخامت ۴ میلیمتر بهره برده شود.

جدول ۳-۱۴- واتراستاپ خارجی – عرض ۵۰ سانتیمتر

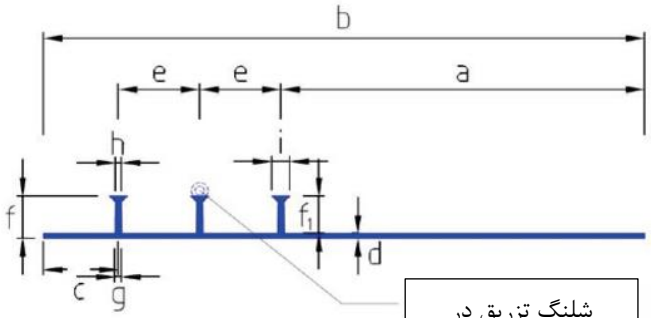
عرض ها			ضخامت ها	پروفایل ها					
b [mm]	a [mm]	c [mm]	d [mm]	e [mm]	f [mm]	f_1 [mm]	g [mm]	h [mm]	i [mm]
≥ ۵۰۰	≥ ۱۲۰	≥ ۵۰	≥ ۴	≥ ۵۴	≥ ۳۰	≥ ۲۶	≥ ۴/۵	≥ ۴	≥ ۱۲

- **واتراستاپ اتصالی (مهاری)**

از واتراستاپ‌های مهاری معمولاً جهت اتصال ژئوممبران به بتن در سیستم‌های آب‌بندی چتری استفاده می‌شود. به شکلی که در محل شروع و انتهای ورق امکان حرکت آب بین ژئوممبران و سازه بتنی وجود نداشته باشد (رجوع شود به ایزولاسیون با ژئوممبران به روش چتری). همچنین محل برخورد دو سیستم آب‌بندی متفاوت که یکی از آنها شامل

omoorepeyman.ir

ژئوممبران باشد را توسط این نوع از واتراستاپ‌ها می‌توان محدود نمود. این نوع از واتراستاپ‌ها باید حداقل رواداری ابعادی نشان داده شده در شکل (۳-۵۵) را داشته باشند (معمولاً برای جوش‌پذیری بهتر در لبه، ضخامت انتهای لبه واتراستاپ کاهش به مقدار محدودی کاهش می‌یابد).



راهنما:

b... عرض کل	f1... عمق دندانه میانی
a... عرض قسمت میانی	g... ضخامت دندانه های انتهایی
d... ضخامت نوار	h... ضخامت باریک ترین مقطع دندانه ها
e... فاصله مرکز به مرکز دندانه ها	i... ضخامت کلاهک دندانه
f... عمق پروفیل	c... عرض لبه

عرض ها			ضخامت ها	پروفایل ها					
b [mm]	a [mm]	c [mm]	d [mm]	e [mm]	f [mm]	f_1 [mm]	g [mm]	h [mm]	i [mm]
≥ ۴۰۰	≥ ۲۰۰	≥ ۵۰	≥ ۴	≥ ۴۵	≥ ۳۰	≥ ۲۶	≥ ۴/۵	≥ ۴	≥ ۱۲

شکل ۳-۵۵- واتراستاپ اتصالی (مهاری)

۳-۵-۹- رواداری واتراستاپ‌های متورم شونده

واتر استاپ‌های متورم شونده باید قابلیت تورم شوندگی متداوم در سیکل رفت و برگشتی آب (تغییر حجم متورم شونده حداقل ۳۰۰ درصد حجمی به طور میانگین)، پایداری در زمان تورم و مشخصات متورم‌شوندگی یکنواخت را داشته باشند.

عواملی که در نحوه عملکرد واتراستاپ متورم شونده تعیین کننده است شامل ترکیبات شیمیایی آب و فشار متورم شونده و میزان رشد آن در طول زمان است. جهت استفاده از این نوع واتراستاپ‌ها در سازه زیرزمینی، مواردی نظیر مشخصات دوام، مقاومت شیمیایی و مشخصه‌های عملکرد در برابر شرایط آب (حرارت و جریان آب) نیز باید مورد بررسی قرار گیرد.

بخشی از واتراستاپ‌ها که در معرض جریانات آب می‌باشند، نباید شسته شوند (واتراستاپ‌های بنتونیتی این مشخصه را ندارد). همچنین کارایی و عملکرد واتراستاپ برای جلوگیری از تورم شدگی پیش از موعد می‌بایست تضمین گردد.

omoorepeyman.ir

بدین منظور در زمان ساخت در شرایط مرطوب و خیس، باید از واتراستاپ‌های با پوشش‌های محافظ اولیه روی سطح آن استفاده نمود. در درزهای سیستم آب‌بندی جهت عملکرد مناسب این نوع از واتراستاپ‌ها نیاز است هر گونه آلودگی، یخ، آب محبوس شده، سیمان و دیگر مصالح از روی سطح محل نصب زدوده شود. سطح بتن بستر نصب باید خشک و عاری از هرگونه نقص و عیب و ترک باشد. جهت اطمینان از قرارگیری واتراستاپ‌های متورم شونده در محل نصب شده در زمان بتن ریزی لازم است که واتراستاپ در مقطع طولی خود به خوبی به بستر چسبیده و مهار شده باشد (توصیه می گردد در صورت زبری بالای سطح از چسب ماستیک بهره برده شود). علاوه بر رواداری‌های اشاره شده در این بخش لازم است که ملزومات ارائه شده توسط تولید کننده نیز رعایت گردد.

۳-۶- ملاحظات نصب

عموماً سیستم آب‌بندی غشاء خارجی بعد از اجرا در دسترس نمی‌باشد، بنابراین در حین اجرا و در زمان احداث سازه اصلی باید توجه ویژه‌ای به دستورالعمل‌ها و نیازهای طراحی شود. عملیات عمرانی پس از اجرای سیستم آب‌بندی باید طبق الزامات و محدودیت‌های وضع شده توسط طراح سیستم آب‌بندی و توصیه های تولید کننده مصالح مورد استفاده در سیستم آببندی انجام پذیرد تا آسیب و صدمه‌ای به اجزاء سیستم آب‌بندی وارد نگردد. تمام نکات اجرایی و ملاحظات لازم جهت محافظت از سیستم آب‌بندی می‌بایست برای عوامل نظارت، پیمانکار و دیگر عوامل اجرایی، ارائه و کنترل‌های لازم صورت پذیرد.

ورق‌های ژئوممبران حتی‌المکان باید به وسیله جوش دوگانه حرارتی (با ایجاد کانال تست) به یکدیگر متصل گردد و در صورت عدم امکان این نوع جوش (در نواحی انتقالی، گوشه‌ها، پچ‌ها و اتصالات) حداقل ۳۰ میلی‌متر جوش دستی کامل با هوای گرم (بدون کانال تست) مجاز می‌باشد. اتصال واتراستاپ‌های پروفیلی تخت باید هر دو لبه به میزان حداقل ۳۰ میلی‌متر جوش کامل به ورق داده شوند. در فاصله ۲۰ سانتی‌متر از مرکز اتصالات سه‌راهی شکل در ورق ژئوممبران می توان از جوش دستی با هوای گرم و المان جوش استفاده نمود. رخداد جوش چهار ورق جداگانه ژئوممبران در یک نقطه (چهارراه) مجاز نمی‌باشد.

وسایل نصب جنبی، نگهدارنده‌ها و اتصالات قطعات پشتیبانی تزریق نباید خللی در عملکرد سیستم آب‌بندی ایجاد کنند. اتصال مناسب واتراستاپ و ژئوممبران مستلزم همخوانی مصالح هر دو می‌باشد.

قبل از هرگونه بتن‌ریزی سازه اصلی، باید عیوب و خرابی‌های ورق ژئوممبران ترمیم شود. تمام مراحل نصب، کنترل و ترمیم ورق باید طی گزارش کاملی مکتوب گردد.

با توجه به اینکه مصالح سیستم آب‌بندی قابل اشتعال هستند، باید موارد ایمنی زیر در خصوص عدم آتش‌سوزی رعایت گردد:

- مصالح مورد نیاز برای دو روز در محل سایت انبار گردیده و پس از تکمیل کار هر بخش مصالح باقیمانده از کارگاه خارج شود.

omoorepeyman.ir

- دستورالعمل مواجهه با آتش‌سوزی باید توسط بخش سلامت و ایمنی ارائه شود.

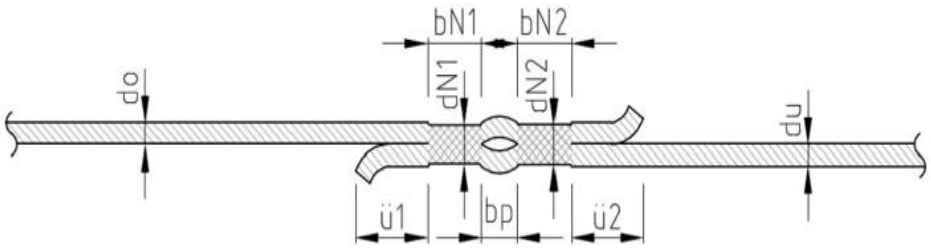
۳-۶-۱- اتصال ورق

کیفیت جوش ورق تاثیر بسیار زیادی روی عملکرد سیستم آب‌بندی دارد. اجرای جوش باید توسط افراد با صلاحیت تایید شده صورت پذیرد. جهت کنترل کالیبراسیون دستگاه جوش حرارتی، قبل از هرگونه عملیات اجرایی باید نمونه تست مخرب جوش روی ورق انجام شود و پس از بازرسی صحت جوش، مجوز شروع عملیات اجرایی داده می‌شود.

- **جوش ورق**

نحوه جوش ورق به سه روش با کانال تست، بدون کانال تست و اکستروژن می‌باشد که در شکل‌های (۳-۵۶) تا (۳-۵۸) نشان داده شده است.

جوش ورق با کانال تست هوا، توسط دو فک داغ و به وسیله دستگاه جوش اتومات انجام می‌شود. عرض جوش هر طرف باید حداقل ۱۵ میلیمتر و عرض کانال تست حداقل ۱۰ میلیمتر باشد.

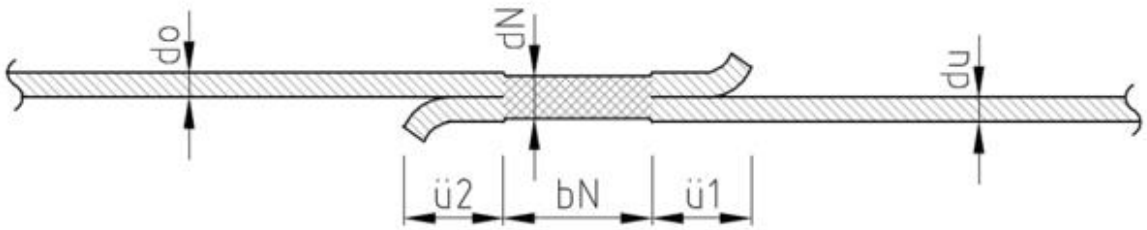


bN1 = عرض قسمت جوش جلویی ≥: ۱۵ mm
bN2 = عرض قسمت جوش پشتی ≥۱۵mm
bp = عرض کانال تست ≥۱۰mm
dN1=ضخامت جوش جلو
dN2= ضخامت جوش پشت
do = ضخامت ورق بالا
du = ضخامت ورق پایین
ü = همپوشانی از جلو
ü =همپوشانی از پشت

شکل ۳-۵۶- جوش لب به لب با کانال تست هوا

جوش ورق بدون کانال هوا به وسیله تجهیزات دستی به عرض ۳۰ میلیمتر اجرا می‌شود. مسیر جوش ورق‌ها اول به صورت نقطه‌ای به وسیله هوای داغ ثابت می‌شود و سپس به صورت جوش متقاطع در دو مرحله (دستگاه جوش دستی) و جوش کامل در یک مرحله (دستگاه جوش حرکتی) صورت می‌پذیرد.

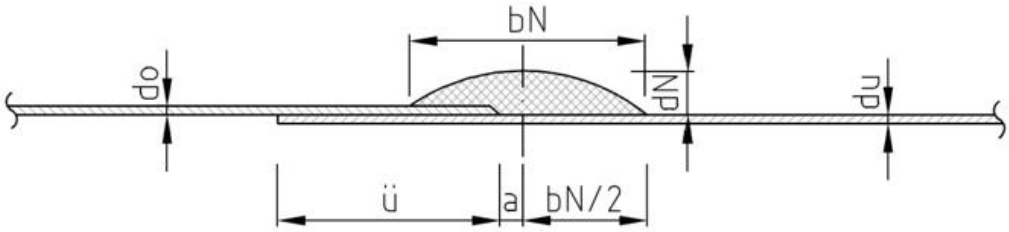
omoorepeyman.ir



ü2= همپوشانی از پشت
bN = عرض جوش ≥: ۳۰mm
dN = ضخامت جوش
do = ضخامت ورق بالایی
du = ضخامت ورق پایینی
ü1 = همپوشانی از جلو

شکل ۳-۵۷- جوش لب به لب بدون کانال تست هوا

در جوش الکتروژن که دقیقاً شبیه به لحیم‌کاری است از ذوب کردن مفتول همخوان با پلیمر پایه ژئوممبران بوسیله هوای داغ بهره‌برداری می‌شود. عرض جوش باید حداقل ۲۵ میلیمتر باشد و انحراف مرکز جوش (a) باید کمتر از ۵ میلیمتر نسبت به ورق بالایی باشد. این روش در ژئوممبران‌های با پایه پلیمر پلی‌اتیلنی میسر است.



a = خروج از مرکز ≤ ۵ mm
bN = عرض جوش ≥: ۳۰mm
dN = ضخامت جوش
do = ضخامت ورق بالایی
du = ضخامت ورق پایینی
ü = همپوشانی ≥ ۶۰mm

شکل ۳-۵۸- جوش اکستروژن

- **اتصال واتراستاپ به ژئوممبران**

جوش واتراستاپ‌ها به ورق ژئوممبران عموما به صورت دستی و با هوای گرم انجام می‌شود. جوش‌ها با بازرسی چشمی (با ابزار تست) و با انجام تست لایه‌برداری بررسی می‌شوند. ترکیب پلیمر تشکیل‌دهنده واتراستاپ‌ها باید با ورق ژئوممبران همخوانی داشته باشند. تغییرات اندک در فرمولاسیون برای بهبود کیفیت تولید مجاز است. واتراستاپ‌ها باید جوش‌پذیری مناسبی با ورق داشته باشند. مناسب بودن جوشکاری (سازگاری) بین ورق ژئوممبران و واتراستاپ باید توسط ناظر و با تست‌های معتبر تأیید شود.

omoorepeyman.ir

اتصال مهار انتهایی پروفیل واتراستاپ‌ها با استفاده از یک مکانیسم کنترل شونده گرمایی صورت می‌پذیرد. ضایعات حاصل از جوش پس از اتمام عملیات باید از سطح برچیده شود. بیشینه میزان انحراف در جوش از مرکز جوش برابر با ۲ میلیمتر می‌باشد.

واتراستاپ‌های داخلی پلی اتیلنی الاستومر باید به وسیله جوش اکستروژن به هم متصل شوند. سه‌راهی و چهارراهی واتراستاپ‌ها در محل مقاطع افقی و عمودی واتراستاپ‌ها به یکدیگر باید در کارخانه تولید گردیده و از نمونه‌های دست‌ساز در کارگاه حتی‌المکان امتناع گردد.

واتراستاپ‌های قرار گرفته در درزهای اجرایی باید به صورت پیوسته اجرا شوند. واتراستاپ‌های با مهار انتهایی فلزی، باید با جوش مناسبی به هم متصل شوند. همچنین واتراستاپ‌های متورم شوند با قرار گرفتن طول همپوشانی در کنار هم اجرا می‌شوند.

- **ماشین‌آلات جوش و تجهیزات**

ماشین آلاتی که به طور پیوسته به صورت اتوماتیک حرکت می‌کنند و فشار مکانیکی در محل جوش اعمال می‌نمایند، به عنوان ماشین آلات اتوماتیک شناخته می‌شوند. این ماشین‌آلات برای طول‌های طولانی جوش مورد استفاده قرار می‌گیرند.

تجهیزات جوشی که به صورت اتوماتیک حرکت نمی‌کنند و فشار جوش به طور دستی اعمال می‌شود، تجهیزات دستی جوش خوانده می‌شود. این نوع تجهیزات برای خط جوش‌های کوتاه، محل‌هایی با دسترسی نامناسب و کارهای ترمیمی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

تمامی مراحل و فرآیند جوش با هر نوع از تجهیزات و در هر گونه شرایط کارگاهی باید مطابق با موارد اشاره شده در بخش قبل انجام شود. موارد ذیل برای کیفیت هر جوش باید تضمین شود:

- تنش‌های حرارتی و مکانیکی بر روی مصالح باید در زمان جوشکاری پایین بماند.
- جوش باید مقاومت کافی همراه با شکل‌پذیری مناسب را داشته باشد.
- مشخصات ابعادی جوش با رواداری‌های مربوطه همخوانی داشته باشد.

رعایت موارد فوق مستلزم این است که دمای جوش، سرعت و نیروی اتصال ورق در زمان جوش بتواند به طور مستقل بر اساس مواد و ضخامت ورق و دما و رطوبت محیط تنظیم شود و در طول عملیات جوشکاری در حد مجاز نگه داشته شود.

- **انواع و تعداد بازرسی جوش کارگاهی**

کلیه بازرسی‌های کارگاهی باید به عنوان بخشی از خدمات نظارت انجام شود. نتایج باید به طور کامل و قابل اثبات در گزارش‌های بازرسی ثبت شود (مطابق چک لیست‌ها).

انواع و تعداد بازرسی‌های کارگاهی در جداول (۳-۱۵) و (۳-۱۶) ذکر شده است:

omoorepeyman.ir

جدول ۳-۱۵- انواع و تعداد بازرسی‌های کارگاهی برای جوش لب به لب با کانال تست هوا

نوع کنترل کیفیت	روش بازرسی	دامنه تست	
		پیمانکار آب‌بندی	ناظر کارگاهی[1]
آب‌بند بودن خط جوش	تست فشار هوا محبوس	تمام خطوط جوش	تمام خطوط جوش
مشخصات ظاهری	چشمی بطور یکنواخت	تمام خطوط جوش	تمام خطوط جوش
عرض جوش (نمای پلان)	چشمی با گیج لغزشی	تمام خطوط جوش	کنترل نقطه ای
ضخامت جوش	چشمی با گیج لغزشی	تمام خطوط جوش نمونه	تمام خطوط جوش
مشخصات مکانیکی	تست لایه برداری	تمام خطوط جوش نمونه	تمام خطوط جوش
۱-تمام تست‌های آب‌بندی و مشخصات خط جوش باید توسط ناظر کارگاهی کنترل شود. بقیه موارد باید در نقاط کنترلی توسط پیمانکار آب‌بندی کنترل شود.			

جدول ۳-۱۶- انواع و تعداد بازرسی‌های کارگاهی برای جوش لب به لب بدون کانال تست هوا

نوع کنترل کیفیت	روش بازرسی	دامنه تست	
		پیمانکار آب‌بندی	ناظر کارگاهی[1]
آب‌بند بودن خط جوش[2]	چشمی به همراه شاخص نشانه گر	تمام خطوط جوش	کنترل نقطه ای
مشخصات ظاهری	چشمی به همراه شاخص نشانه گر	تمام خطوط جوش	کنترل نقطه ای
عرض جوش (نمای پلان)	چشمی بطور یکنواخت	تمام خطوط جوش	تمام خطوط جوش
ضخامت جوش	چشمی با گیج لغزشی	تمام خطوط جوش نمونه	کنترل نقطه ای
مشخصات مکانیکی	تست لایه برداری	تمام خطوط جوش نمونه	کنترل نقطه ای
۱-تمام تست‌ها باید توسط ناظر کارگاهی کنترل شود. ۲- جوش‌های دستی برای ترمیم و حالت‌های خاص به وسیله تست وکیوم و یا تست ولتاژ بالا (اسپارک) صورت گرفته و توسط ناظر کنترل می‌شود.			

نتایج بازرسی کارگاهی باید در گزارش‌های بازرسی ثبت شود (برای مثال به بخش چک لیست‌ها مراجعه شود).

این گزارش توسط پیمانکار آب‌بندی به عنوان بخشی از نظارت تهیه شده است، که توسط نظارت عالیه (اداره استاندارد، کارفرما و هر فرد ذیصلاح) برای کامل بودن و صحت فنی بررسی شده و امضا می‌گردد.

- **تست نشت**

روش‌های ذیل برای تست پیوسته خط جوش به لحاظ نشتی مطابق جداول فوق باید صورت پذیرد:

جوش لب به لب با کانال هوا: تست فشار هوا محبوس

جوش لب به لب بدون کانال هوا: بازرسی چشمی و شاخص میله

جوش اکستروژن: بازرسی چشمی و شاخص میله

۳-۶-۲- اجراء سیستم آب‌بندی بوسیله غشاء ژئوممبران

- **کلیات**

باید از انباشتگی و وجود آب برروی بسترسازی جلوگیری شود. در محدوده طاق باید هرگونه جریان آب به‌وسیله زهشکی سطحی یا بطنی به محدوده خارج از محل اجرای نصب هدایت شود. در محدوده کف و دیواره‌ها جریانات آبی به‌وسیله یک سیستم زهکشی موقت باید از محل کارگاه خارج گردیده تا از هرگونه غوطه‌وری ژئوممبران قبل از بارگذاری جلوگیری

omoorepeyman.ir

شود و ژئوممبران به‌طرز یکنواختی روی بستر قرار گرفته باشد. باید هر گونه عبور و مرور ماشین‌آلات و تجهیزات در محدوده اجرا محدود شود تا ایمنی در برابر صدمات مکانیکی و حرارتی افزایش یافته و آسیبی به ژئوممبران وارد نگردد.

- **بسترسازی سیستم آب‌بندی**

قبل از هرگونه آغاز عملیات اجرایی، بستر کار باید مطابق با الزامات بخش رواداری کنترل گردد. در بسترهای بتنی که واتراستاپ خارجی در طرح آب‌بندی آن در نظر گرفته شده است، رواداری‌های خاص باید رعایت شود. کارفرما، مشاور، ناظر و پیمانکار آب‌بندی، باید از تمامی مراحل اجرایی اطلاعات لازم را داشته باشند. مشخصات و وضعیت بستر باید به‌صورت مکتوب به تائید عوامل پروژه رسیده و برنامه اجرایی سیستم آب‌بندی مشخص گردد.

- **لایه ژئوتکستایل محافظ**

لایه ژئوتکستایل محافظ باید به صورت کامل برروی بستر با حداقل همپوشانی ۱۰ سانتیمتر قرارگیرد. محل همپوشانی‌ها باید به وسیله هوای داغ بهم جوش داده شوند. اگر جهت اجرا از میخ و واشر جهت نگهداری لایه استفاده شود، باید به نحوی اجرا و یا پوشیده شود که آسیبی به ورق ژئوممبران وارد ننماید.

در زمانی که محل میخ‌ها از قبل در نقشه‌های اجرایی مشخص شده باشد، می‌توان از یک غشاء محافظ به صورت طراحی شده از قبل، جهت پوشش میخ‌ها استفاده نمود تا لایه ژئوممبران مستقیماً در تماس با سرمیخ‌ها نباشد. نگهدارنده‌ها (میخ‌ها و واشرها) به روش شلیک تفنگ برروی بستر محکم می‌شوند که پیشنهاد می‌شود که از روش سوراخ کاری و پیچ کردن جهت نگهداری لایه‌ها بهره برده شود.

در نهایت جهت نگهداری عایق ژئوممبران از واشرهای مخصوص (راندل) در نقاط مشخصه که در بخش بعد توضیحاتی در این خصوص ارائه می‌شود، استفاده می‌شود. در صورت استفاده از لایه محافظ و غشاء آب‌بند کننده به طور همزمان (کامپوزیت لمینت شده)، باید پروسه چسبندگی دو لایه در کارخانه به وسیله کلندرینگ یا چسباندن صورت پذیرد.

- **غشاء ژئوممبران**

لایه ژئوممبران باید تحت کمترین تنش کششی ممکن باشد و کاملاً بر روی بستر تکیه داشته و بدون هرگونه برآمدگی اجرا شود تا در زمان بتن‌ریزی عایق از روی بستر جدا نشود. بنابراین در محل‌هایی که بستر دارای ناهمواری می‌باشد، باید از نگهدارنده‌های بیشتری استفاده شود.

میزان همپوشانی مشخص شده روی ورق توسط کارخانه، باید به‌صورت کاملاً دقیق رعایت شود تا کنترل کیفی اجراء امکان‌پذیر باشد. ورق‌های ژئوممبران باید به صورت صاف بر روی انحنای طاق و دیواره نصب شوند. ورق ژئوممبران باید توسط نگهدارنده‌ها تا زمان اجرای سیستم آب‌بندی، آرماتوربندی و بتن‌ریزی به نحو مناسبی نگه‌داشته شده باشد. حداقل تعداد نگهدارنده جهت نصب ورق به تعداد ذیل می‌باشد:

- ۳ عدد در هر مترمربع در ناحیه سقف
- ۲ عدد در هر مترمربع در ناحیه لوله و کناره دیواره‌ها
- ۱ عدد در هر مترمربع در ناحیه کف

omoorepeyman.ir

در محدوده‌هایی که جریان آب وجود دارد جهت جلوگیری از جمع‌شدگی آب در پشت عایق تعداد واشرها و راندل‌ها در این محدوده‌ها باید افزایش یابد.

- **واشرها (راندل)**

درصورت استفاده از روش نگهداری به‌وسیله واشر، عایق ژئوممبران به‌وسیله هوای گرم و دستی به واشرها جوش و در محل خود ثابت نگهداشته می‌شوند. مصالح واشر و ژئوممبران باید باهم سازگار باشند. جهت جلوگیری از آسیب به عایق ژئوممبران، میخ‌ها نباید از سطح رویین واشر (راندل) بیرون زده باشد.

واشرها (راندل) معمولی از دیسک پلاستیک با عقب‌نشینی در مرکز آن جهت قرارگیری سرمیخ‌ها در سطح پائین‌تر از سطح فوقانی راندل تولید می‌شوند. به طور کلی واشرها با قطر خارجی برابر با ۸۰ میلیمتر، قطر عقب نشینی مرکزی برابر با ۲۵ میلیمتر و ضخامت ۸ میلیمتر تولید می‌شوند. واشرها باید دارای الاستیسیته بالا و ترکیب با پایداری ابعادی کافی باشند. واشرها باید به نحوی تولید شوند که در صورت وجود حفره در پشت ورق و کشیدگی بیش از حد ورق، واشر زودتر از ورق شکسته و یا گسیخته شود.

شکل ۳-۵۹- نمونه واشر اتصال از جنس PVC و TPO

شکل ۳-۶۰- نمونه واشر اتصال جهت ورق‌های با وزن بالا از جنس PVC و TPO

omoorepeyman.ir

- **واشرهای نر و ماده پارچه‌ای (چسب زیپی)**

در زمان استفاده از واشرهای نر و ماده پارچه‌ای جهت ایجاد چسبندگی مناسب چسب زیپی، باید از ابعاد مناسب واشر استفاده شود. روش نگهداری این نوع واشرها به پوستر خارجی و تعداد نگهدارنده همانند واشرهای پلاستیکی می‌باشد. در این روش اجراء لایه ژئوممبران باید با یک لایه لمینیت در پشت که با واشر سازگار باشد (با وزن مخصوص ۱۸۰ گرم بر مترمربع) در محل خود ثابت نگه داشته شده و به نحو مناسبی به لایه محافظ چسبیده باشد. این لایه ژئوتکستایل باید در کارخانه به روش کلندرینگ یا چسبی تولید شوند. لبه ژئوممبران در یک طرف به عرض ۱۰ سانتیمتر باید بصورت آزاد و بدون پوشش لمینیت باشد. این لبه به‌عنوان لبه جوش نامیده می‌شود که جهت جوش ورق‌ها به یکدیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد. نحوه نصب ورق‌های لمینت شده برروی واشرها توسط فشار به غلطک در محل واشرها می‌باشد. در معدود حالت ژئوممبران‌های لمینت شده تنها به وسیله فشار دستی روی واشرها محکم می‌شوند.

- **نوارهای نر و ماده پارچه‌ای**

عملکرد این نوارها همانند عملکرد واشرهای نر و ماده است اما با سرعت بیشتر در محدوده پروفیل نصب می‌شوند که نیروی نگهدارندگی بیشتر و یکنواخت‌تری را فراهم می‌آورند. نوارهای نر و ماده پارچه‌ای بدون مصالح پشت در عرض ۳ سانتی‌متر تولید می‌شوند. بسته به کیفیت بستر، چسبندگی نوار و وزن سیستم آب‌بندی، از سه تا شش ردیف برای هر دو متر ژئوممبران استفاده می‌شود. این نوارها به وسیله میخ و یا چسب در محل خود محکم می‌شوند. محل مرکز نگهداری این نوارها باید به همدیگر نزدیک باشد و بیشتر از ۰/۳۳ متر شود.

این روش یک روش تکنیکی نصب می‌باشد که غالباً در سازه زیرزمینی‌های با پوسته خارجی لاینینگ مدولار مورد استفاده قرار می‌گیرد. چسب زیپی لایه لاینینگ بتن را به لایه محافظ، لایه زهکش و یا به لایه ژئوممبران می‌چسباند. انواع چسب بر پایه پلی استر، پلی یورتان و لاستیک مصنوعی در دسترس است. مواد چسبنده مستقیماً برروی لاینینگ مدولار و یا لایه لمینیت شده ژئوممبران اجرا می‌شوند.

مطابق با روش واشرهای نر و ماده پارچه‌ای روش نصب به وسیله ماشین صورت می‌گیرد که در قسمت جزئیات آن باید به صورت دستی و به وسیله اسپری تفنگی اجرا شود. وابسته به کیفیت بستر، میزان چسبندگی و وزن سیستم آب‌بندی، ۳ تا ۶ ردیف چسب در هر دو متر ژئوممبران مورد استفاده قرار می‌گیرد. اجرا به روش اتصال نقطه‌ای نیز با توجه به روادارهای مربوطه امکان‌پذیر می‌باشد. در صورت وجود رطوبت برروی پوسته امکان خشک کردن با حرارت به وسیله تابش و بویلرهای هوای داغ وجود دارد. در زمان اجرا به وسیله چسب باید سطح بستر عاری از هرگونه آلودگی (نظیر روغن، رطوبت سطحی و...) باشد. طراحی در این روش اجرا باید بگونه‌ای باشد که هوای محبوسی در زیر ژئوممبران شکل نگیرد.

در طرح این اتصال دوام ژئوممبران باید تضمین شود. مصالح و مواد مصرفی در اتصال با هم سازگار باشند. این سازگاری مواد در زمان تماس مستقیم مواد به یکدیگر و یا وجود جوش اتصال ضروری می‌باشد.

omoorepeyman.ir

در روش اجرای یکپارچه محیطی، ورق کف و تاج به صورت جداگانه نصب می‌شوند. در درزهای طولی ورق ژئوممبران باید بالاتر از آرماتورهای انتظار اجرا شود تا بدون هیچگونه آسیبی در هنگام مراحل بعدی اجرای ژئوممبران صورت پذیرد و مانعی در مقابل حرکت دستگاه جوش خودکار نگردد.

- **لایه محافظ کف**

لایه محافظ کف باید بلافاصله پس از نصب ژئومببران اجرا گردد. تا زمانی که لایه ژئومببران کف به وسیله لایه محافظ پوشیده نشده است، نباید هیچ‌گونه وسیله نقلیه‌ای از روی آن عبور نماید. در زمان اتمام لایه محافظ امکان عبور و مرور (حداکثر بار هر چرخ برابر با ۷۵۰ کیلوگرم) فراهم می‌شود. لایه محافظ بتنی با ضخامت ۱۰ سانتیمتر جهت حفاظت بر روی لایه ژئوممبران اجرا می‌شود. لازم به ذکر است جهت حفاظت از لایه ژئوممبران در زمان اجرای بتن مگر محافظ توصیه می‌شود از یک لایه محافظ ژئوسنتتیکی نظیر ژئوتکستایل با گرماژ بالاتر از ۵۰۰ گرم در واحد سطح (ترجیحاً ۹۰۰ گرمی) استفاده شود. لایه محافظ باید حداقل ۳۰ سانتی‌متر از آرماتورهای کف ادامه داشته باشد. همچنین توصیه شده است که لایه مگر دارای مش آرماتور حرارتی به صورت تک لایه اجرا شود.

- **لایه محافظ نواری درزهای مدولار بتنی**

جهت حفاظت از عایق در محل درزهای مدولار بتنی (قالب‌بندی درز قطعات)، یک نوار عایق اضافی با عرض ۵۰ سانتیمتر و ضخامت حداقل ۲ میلیمتر با لایه هشدار استفاده می‌شود. نوار عایق اضافی باید به طور کامل روی ورق خوابیده و مرکز نوار دقیقا همراستا با مرکز درز باشد.

- **نکات کلی در خصوص اجرای واتراستاپ‌ها**

واتراستاپ‌ها باید مطابق با دستورالعمل تولید کننده حمل و انبار شوند. در زمان نصب باید از هرگونه آسیب به واتراستاپ که سبب اختلال در عملکرد آن می‌شود جلوگیری بعمل آید. هنگام بازکردن رول واتراستاپ‌های با مهار انتهایی نباید واتراستاپ‌ها دچار کمانش جانبی و خم‌شدگی شوند.

واتراستاپ‌ها باید دربرابر صدمه، آلودگی، حرارت و تابش مستقیم آفتاب محافظت شوند. همچنین از برخورد اشیاء تیز گوشه، بسترزبری بالا، آرماتور و... به واتراستاپ جلوگیری شود. نصب واتراستاپ‌ها باید با نقشه‌های اجرائی مطابقت داشته باشد.

واتراستاپ‌های خارجی که برروی بستر لایه ژئوممبران نصب می‌شود باید دقیقاً در محل درز بتن قرارگیرند. لبه انتهای واتراستاپ‌ها باید به صورت کامل و پیوسته به ورق ژئوممبران جوش داده شوند. انتهای واتراستاپ‌ها باید به وسیله ابزارآلات مناسب کنترل گردد. حداکثر رواداری در اتصالات ۲ میلیمتر می‌باشد.

ابزارآلات نصب باید بگونه‌ای باشد که همه ضوابط اجرایی این فصل رعایت شود. تنها اتصالات طولی لب به لب درکارگاه مجاز بوده و دیگر اتصالالت (نظیر سه‌راهی، چهارراهی و...) باید در شرایط کارخانه‌ای تولید شوند. قبل از اجرا باید نمونه جوش در انتهای واتراستاپ‌ها صورت پذیرد و پس از تایید روند اجرای واتراستاپ‌ها آغاز شود. پس از جوش واتراستاپ‌ها

omoorepeyman.ir

باید زائده‌های جوش با دقت از محل اتصال زدوده شوند. الزامات بخش واتراستاپ‌ها باید در زمان نصب رعایت و کنترل گردد.

۳-۷- پایش و کنترل کیفیت

پایش، بازرسی و کنترل کیفیت روند تولید، نصب و نگهداری طبق سه نوع بازرسی اولیه، انطباق محصول و اصالت محصول که در ذیل به آن پرداخته شده است، صورت می‌پذیرد.

- **بازرسی اولیه**

بازرسی که در آن مشخصات مورد نیاز برای محصول تایید می‌گردد (مشخصات کلی محصول). این بازرسی توسط سازنده محصول (تولید کننده) تعیین شده و توسط یک موسسه آزمایشگاهی مستقل معتبر انجام می‌شود. از بازه زمانی انجام تست‌ها نباید بیش از ۵ سال گذشته باشد.

- **بازرسی انطباق محصول**

بازرسی که در آن تایید می‌شود که محصول تولید شده با مشخصات مورد نیاز سازگار است (مشخصات انتخاب شده). بازرسی انطباق محصول همیشه جزئی جدایی‌ناپذیر از کنترل محصول توسط بهره‌بردار است. نتیجه بازرسی انطباق محصول نشان می‌دهد که مقادیر مشخصات فنی محصول مورد بررسی با مقادیر مورد نیاز مطابقت دارد یا خیر.

- **بازرسی اصالت محصول**

بازرسی که تایید می‌کند که حجم مشخصی از محصول که تحویل بهره‌بردار می‌شود، با اطلاعات ارائه شده توسط تولید کننده مطابقت دارد. بازرسی اصالت توسط بهره‌بردار (کارفرما) تعیین و توسط یک موسسه آزمایشگاهی معتبر مستقل انجام می‌شود. نتایج بازرسی اصالت محصول نشان می‌دهد مقادیر مشخصات فنی بدست آمده در یک محصول تحت رواداری‌های مورد نیاز تولید شده و با ادعای کارخانه تولید کننده مطابقت دارد یا خیر.

۳-۷-۱- بسترسازی

جهت بررسی مشخصات بستر طبق رواداری بخش قبل از یک وسیله اندازه‌گیری بنام چوب شاخص استفاده می‌شود. این وسیله اندازه‌گیری باید طولی برابر با ۲ متر و کاملاً صاف بوده و در راستای سازه زیرزمینی به بازرسی بستر پرداخته شود. جهت کنترل میزان شعاع انحنا و طول کمان بستر از وسیله اندازه‌گیری قوسی (شابلن) شکل با طولی برابر با ۲ متر مورد استفاده قرار گرفته و چک لیست‌های کنترلی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

omoorepeyman.ir

۳-۷-۲- لایه زهکش

- **بازرسی اولیه**

تمامی رواداری‌های اشاره شده باید در بازرسی اولیه قبل از نصب رعایت شود.

- **بازرسی انطباق محصول**

در این بازرسی تاییدیه‌های مورد نیاز جهت کنترل کیفیت و کمیت محصول تهیه شود. تمامی اطلاعات بازرسی صورت گرفته باید قابل ردیابی و توسط تولید کننده برای هر بخش از محصول تضمین شده باشد. مشخصات و بازه زمانی انجام بازرسی و تست‌ها باید با توجه به رواداری بخش قبل رعایت شود.

جدول ۳-۱۷- دوره زمانی و انواع بازرسی انطباق کارخانه‌ای روی مصالح زهکش

ردیف	مشخصه	دوره زمانی
۱	نوع المان زهکش	هر بخش حمل
۲	لیبل و مستندات محصول	
۳	وزن واحد سطح	هر ۵۰۰۰ متر مربع
۴	تنش کششی در نقطه تسلیم	
۵-۱	ضخامت تحت فشار مشخصه ۲ کیلو پاسکال	
۵-۲	ضخامت تحت فشار مشخصه ۲۰۰ کیلو پاسکال	
۶	ظرفیت گذردهی آب	

جدول ۳-۱۸- دوره زمانی و انواع بازرسی انطباق کارگاهی روی مصالح زهکش

ردیف	مشخصه	دوره زمانی
۱	نوع المان زهکش	هر بخش حمل
۲	لیبل و مستندات محصول	

- **بازرسی اصالت محصول**

مشخصات و بازه زمانی انجام بازرسی و تست‌ها باید با توجه به رواداری بخش قبل رعایت شود.

جدول ۳-۱۹- دوره زمانی و انواع بازرسی اصالت محصول روی مصالح زهکش

ردیف	مشخصه	دوره زمانی
۱	نوع المان زهکش	هر بخش حمل
۲	لیبل و مستندات محصول	
۵-۱	ضخامت تحت فشار مشخصه ۲ کیلو پاسکال	هر ۵۰۰۰۰ مترمربع یا حداقل ۱ مورد برای هر پروژه
۵-۲	ضخامت تحت فشار مشخصه ۲۰۰ کیلو پاسکال	
۶	ظرفیت گذردهی آب	

omoorepeyman.ir

۳-۷-۳- لایه محافظ

- **بازرسی اولیه**

تمامی رواداری‌های مندرج در بخش قبل باید در بازرسی اولیه قبل از نصب رعایت شود. الزامات و بازرسی که برای ژئوتسکتایل ۵۰۰ گرم بر واحد سطح رعایت می‌شود، باید برای ژئوتکستایل ۹۰۰ گرم بر واحد سطح نیز رعایت شود. الزامات مورد نیاز با توجه به رواداری‌ها در ردیف‌های ۳-۱ (وزن واحد سطح)، ۵-۱ و ۵-۲ (ضخامت تحت فشار مشخصه)، ۶ (مشخصه‌های مکانیکی)، ۷ (مقاومت سوراخ‌شدگی و ۸ (سوراخ‌شدگی دینامیکی) باید مطابق با وزن واحد سطح هر محصول مورد ارزیابی و بازرسی قرار گیرد.

- **بازرسی انطباق محصول**

در این بازرسی تاییدیه‌های مورد نیاز جهت کنترل کیفیت و کمیت محصول تهیه شود. تمامی اطلاعات بازرسی صورت گرفته باید قابل ردیابی و توسط تولید کننده برای هر بخش از محصول تضمین شده باشد. مشخصات و بازه زمانی انجام بازرسی و تست‌ها باید با توجه به رواداری بخش قبل رعایت شود.

جدول ۳-۲۰- دوره زمانی و انواع بازرسی انطباق کارخانه‌ای روی مصالح لایه محافظ

ردیف	مشخصه	دوره زمانی
۲	لیبل و مستندات محصول	هر بخش حمل
۳-۱	وزن واحد سطح	هر ۵۰۰۰ متر مربع
۴	آنالیز DSC	هر ۱۰۰۰۰ متر مربع
۵-۱	ضخامت تحت فشار مشخصه ۲ کیلو پاسکال	هر ۵۰۰۰ متر مربع
۵-۲	ضخامت تحت فشار مشخصه ۲۰۰ کیلو پاسکال	
۶-۱	مقاومت کششی در طول و عمود بر طول راستای تولید محصول	هر ۱۰۰۰۰ متر مربع
۶-۲	کرنش در شکست در طول و عمود بر طول راستای تولید محصول	
۶-۳	کرنش در بیشینه نیروی کششی	
۷	مقاومت سوراخ شدگی	هر ۱۰۰۰۰ متر مربع
۸	سوراخ شدگی دینامیکی	

جدول ۳-۲۱- دوره زمانی و انواع بازرسی انطباق کارگاهی روی مصالح لایه محافظ

ردیف	مشخصه	دوره زمانی
۱-۱	نوع فیبر (مواد خام)	هر ۵۰۰۰ متر مربع
۲	لیبل و مستندات محصول	هر بخش حمل
۳-۱	وزن واحد سطح	هر ۵۰۰۰ متر مربع

omoorepeyman.ir

- **بازرسی اصالت محصول**

مشخصات و بازه زمانی انجام بازرسی و تست‌ها باید با توجه به رواداری بخش قبل رعایت شود.

جدول ۳-۲۲- دوره زمانی و انواع بازرسی اصالت محصول روی مصالح لایه محافظ

ردیف	مشخصه	دوره زمانی
۱-۱	نوع فیبر (مواد خام)	هر ۵۰۰۰۰ متر مربع یا حداقل یک مورد در هر پروژه
۲	لیبل و مستندات محصول	
۱-۳	وزن واحد سطح	
۴	آنالیز DSC	
۱-۵	ضخامت تحت فشار مشخصه ۲ کیلو پاسکال	
۲-۵	ضخامت تحت فشار مشخصه ۲۰۰ کیلو پاسکال	
۱-۶	مقاومت کششی در طول و عمود بر طول راستای تولید محصول	
۲-۶	کرنش در شکست در طول و عمود بر طول راستای تولید محصول	
۳-۶	کرنش در بیشینه نیروی کششی	
۷	مقاومت سوراخ شدگی	
۸	سوراخ شدگی دینامیکی	

۳-۷-۴- ورق محافظ

- **بازرسی اولیه**

تمامی رواداری‌های مندرج در جداول بخش قبل باید در بازرسی اولیه قبل از نصب رعایت شود.

- **بازرسی انطباق محصول**

در این بازرسی تاییدیه‌های مورد نیاز جهت کنترل کیفیت و کمیت محصول تهیه شود. تمامی اطلاعات بازرسی صورت گرفته باید قابل ردیابی و توسط تولید کننده برای هر بخش از محصول تضمین شده باشد. مشخصات و بازه زمانی انجام بازرسی و تست‌ها باید با توجه به رواداری بخش قبل رعایت شود.

جدول ۳-۲۳- دوره زمانی و انواع بازرسی انطباق کارخانه‌ای روی ورق محافظ برای سازه زیرزمینی

ردیف	مشخصه	دوره زمانی
۲	لیبل و مستندات محصول	هر بخش حمل
۳	مشخصات ظاهری	به طور مداوم
۱-۴	ضخامت	هر ۵۰۰۰ متر مربع
۵	مقاومت کششی در راستای طولی و عرضی	
۷	اندازه‌گیری مقاومت در برابر بارهای ضربه‌ای	هر ۲۰۰۰۰ متر مربع

جدول ۳-۲۴- دوره زمانی و انواع بازرسی انطباق کارگاهی روی ورق محافظ برای سازه زیرزمینی

ردیف	مشخصه	دوره زمانی
۲	لیبل و مستندات محصول	هر بخش حمل

omoorepeyman.ir

- **بازرسی اصالت محصول**

مشخصات و بازه زمانی انجام بازرسی و تست‌ها باید با توجه به رواداری بخش قبل رعایت شود.

جدول ۳-۲۵- دوره زمانی و انواع بازرسی اصالت محصول روی ورق محافظ برای سازه زیرزمینی

ردیف	مشخصه	دوره زمانی
۲	لیبل و مستندات محصول	هر ۵۰۰۰۰ متر مربع یا حداقل یک مورد در هر پروژه
۳	مشخصات ظاهری	
۴-۱	ضخامت	
۵	مقاومت کششی در راستای طولی و عرضی	
۶	مقاومت سوراخ شدگی	
۷	اندازه‌گیری مقاومت در برابر بارهای ضربه‌ای	

۳-۷-۵- لایه ژئوممبران

- **بازرسی اولیه**

تمامی رواداری‌های مندرج در جداول بخش قبل باید در بازرسی اولیه قبل از نصب رعایت شود.

الزامات و بازرسی که برای ژئوممبران ۲ میلیمتر رعایت می‌شود، باید برای ژئوممبران ۳ میلیمتر نیز رعایت شود. الزامات مورد نیاز با توجه به رواداری‌ها در ردیف‌های ۴ (ضخامت)، ۸ (اندازه‌گیری مقاومت در برابر بارهای ضربه‌ای)، ۱۱-۱ (پایداری ابعادی) و ۱۵ (جوش‌پذیری) باید مطابق با ضخامت هر محصول مورد ارزیابی و بازرسی قرار گیرد.

اگر ژئوممبران در موسسه‌های آزمایشگاهی مختلفی مورد ارزیابی و تست قرار گرفت، باید مشخصه مواد (آنالیز DSC و...) نمونه‌ها به تایید برسد.

- **بازرسی انطباق محصول**

در این بازرسی تاییدیه‌های مورد نیاز جهت کنترل کیفیت و کمیت محصول تهیه شود. تمامی اطلاعات بازرسی صورت گرفته باید قابل ردیابی و توسط تولید کننده برای هر بخش از محصول تضمین شده باشد. مشخصات و بازه زمانی انجام بازرسی و تست‌ها باید با توجه به رواداری بخش قبل رعایت شود.

omoorepeyman.ir

جدول ۳-۲۶- دوره زمانی و انواع بازرسی انطباق کارخانه‌ای روی لایه ژئوممبران

ردیف	مشخصه	دوره زمانی
۱	لیبل و مستندات محصول	هر بخش حمل
۲	مشخصات ظاهری	به طور مداوم
۳	صافی سطح	هر ۱۰۰۰ متر مربع
۱-۴	ضخامت با لایه هشدار	هر ۵۰۰۰ متر مربع
۲-۴	ضخامت لایه هشدار	
۱-۵	وزن مخصوص	هر ۲۰۰۰۰ متر مربع
۲-۵	آنالیز DSC و طیف IR	
۳-۵	نرخ جریان مواد مذاب	
۱-۶	مقاومت کششی در راستای طولی و عرضی	هر ۵۰۰۰ متر مربع
۲-۶	کرنش در شکست در راستای طولی و عرضی	
۳-۶	مدول الاستیسیته بین کرنش ۱ تا ۲ درصد در راستای طولی و عرضی	
۸	اندازه‌گیری مقاومت در برابر بارهای ضربه‌ای	هر ۲۰۰۰۰ متر مربع
۱۰	قدرت تا خوردگی در دمای پایین	
۱-۱۱	پایداری ابعادی	هر ۵۰۰۰ متر مربع
۲-۱۱	مشخصات ظاهری	

جدول ۳-۲۷- دوره زمانی و انواع بازرسی انطباق کارگاهی روی لایه ژئوممبران

ردیف	مشخصه	دوره زمانی
۱	لیبل و مستندات محصول	هر بخش حمل
۲	مشخصات ظاهری	به طور مداوم
۱-۴	ضخامت با لایه هشدار	هر ۵۰۰۰ متر مربع
۱۵	جوش‌پذیری تحت رواداری بخش ۶-۵-۱ استاندارد DVS2225-5	هر ۵۰۰۰ متر مربع

- **بازرسی اصالت محصول**

مشخصات و بازه زمانی انجام بازرسی و تست‌ها باید با توجه به رواداری بخش قبل رعایت شود.

جدول ۳-۲۸- دوره زمانی و انواع بازرسی اصالت محصول روی لایه ژئوممبران

ردیف	مشخصه	دوره زمانی
۱	لیبل و مستندات محصول	هر ۵۰۰۰۰ متر مربع یا حداقل یک مورد در هر پروژه
۲	مشخصات ظاهری	
۱-۴	ضخامت با لایه هشدار	
۱-۵	وزن مخصوص	
۲-۵	آنالیز DSC و طیف IR	
۳-۵	نرخ جریان مواد مذاب	
۱-۶	مقاومت کششی در راستای طولی و عرضی	
۲-۶	کرنش در شکست در راستای طولی و عرضی	
۳-۶	مدول الاستیسیته بین کرنش ۱ تا ۲ درصد در راستای طولی و عرضی	
۸	اندازه‌گیری مقاومت در برابر بارهای ضربه‌ای	
۱-۱۱	پایداری ابعادی	
۱۵	جوش‌پذیری	

omoorepeyman.ir

۳-۷-۶- لایه ژئوممبران لمینیت شده

شرایط ذکر شده در ذیل علاوه بر رواداری‌های اعلام شده در بخش قبل نیز در محصول لایه ژئوممبران لمینیت شده با ژئوتکستایل باید رعایت گردد.

- **بازرسی اولیه**

تمامی رواداری‌ها اشاره شده در بخش قبل باید در بازرسی اولیه قبل از نصب رعایت شود.

الزامات و بازرسی که برای ژئوممبران ۲ میلیمتر رعایت می‌شود، باید برای ژئوممبران ۳ میلیمتر نیز رعایت شود. الزامات مورد نیاز با توجه به رواداری‌ها در ردیف‌های ۶-۱ (تغییر ابعادی) و ۸ (جوش‌پذیری) باید مطابق با ضخامت هر محصول مورد ارزیابی و بازرسی قرار گیرد.

- **بازرسی انطباق محصول**

مشخصات و بازه زمانی انجام بازرسی و تست‌ها باید با توجه به رواداری بخش قبل رعایت شود.

جدول ۳-۲۹- دوره زمانی و انواع بازرسی انطباق کارخانه‌ای روی لایه ژئوممبران لمینیت شده

ردیف	مشخصه	دوره زمانی
۱	لیبل و مستندات محصول	هر بخش حمل
۱-۲	ضخامت اسمی لایه ژئوممبران با لایه نشانه گر و محصول لمینیت شده	هر ۵۰۰۰ متر مربع
۱-۳	وزن واحد سطح	
۱-۴	مقاومت کششی در راستای طولی و عرضی	
۲-۴	کرنش در شکست در راستای طولی و عرضی	
۱-۵	فشار شکاف در عرض شکاف خوردگی ۳۰ میلیمتر	هر ۱۰۰۰۰ متر مربع
۱-۶	تغییر ابعادی	هر ۵۰۰۰ متر مربع
۱-۸	رفتار خط جوش در تست تنش برشی	هر ۱۰۰۰۰ متر مربع

جدول ۳-۳۰- دوره زمانی و انواع بازرسی انطباق کارگاهی روی لایه ژئوممبران لمینیت شده

ردیف	مشخصه	دوره زمانی
۱	لیبل و مستندات محصول	هر ۵۰۰۰ متر مربع
۱-۲	ضخامت اسمی لایه ژئوممبران با لایه نشانه‌گر و محصول لمینیت شده	
۱-۳	وزن واحد سطح	
۸	جوش‌پذیری تحت رواداری بخش ۶-۵-۱ استاندارد DVS2225-5	

omoorepeyman.ir

- **بازرسی اصالت محصول**

مشخصات و بازه زمانی انجام بازرسی و تست‌ها باید با توجه به رواداری بخش قبل رعایت شود.

جدول ۳-۳۱- دوره زمانی و انواع بازرسی اصالت محصول روی لایه ژئوممبران لمینیت شده

ردیف	مشخصه	دوره زمانی
۱	لیبل و مستندات محصول	هر ۵۰۰۰۰ متر مربع یا حداقل یک مورد در هر پروژه
۱-۳	وزن واحد سطح	
۱-۵	فشار شکاف در عرض شکاف خوردگی ۳۰ میلیمتر	
۱-۶	تغییر ابعادی	

۳-۷-۷- واتراستاپ‌های پروفیلی

- **بازرسی اولیه**

تمامی رواداری‌های اشاره شده در بخش قبل باید در بازرسی اولیه قبل از نصب برای انواع جنس‌های واتراستاپ رعایت شود. رواداری ابعادی واتراستاپ بر اساس نوع آن و محل استفاده باید مطابق با بخش‌های مربوطه کنترل شود.

- **بازرسی انطباق محصول**

در این بازرسی تاییدیه‌های مورد نیاز جهت اساس کیفیت و کمیت محصول تهیه شود. تمامی اطلاعات بازرسی صورت گرفته باید قابل ردیابی و توسط تولید کننده برای هر بخش از محصول تضمین شده باشد. مشخصات و بازه زمانی انجام بازرسی و تست‌ها باید با توجه به رواداری بخش قبل رعایت شود.

جدول ۳-۳۲- دوره زمانی و انواع بازرسی انطباق کارخانه‌ای روی واتراستاپ‌های پروفیلی

ردیف	مشخصه	دوره زمانی
۱	لیبل و مستندات محصول	هر بخش حمل
۲	مشخصات کلی ظاهر	به طور مداوم
۳	پایداری ابعادی هندسه پروفیل	
۱-۴	آنالیز DSC	هر ۱۰۰۰۰ متر مربع
۲-۴	طیف IR	
۵	مقاومت کششی	
۶	کرنش در شکست	
۸	سخت‌شدگی لبه A	

جدول ۳-۳۳- دوره زمانی و انواع بازرسی انطباق کارگاهی روی واتراستاپ‌های پروفیلی

ردیف	مشخصه	دوره زمانی
۱	لیبل و مستندات محصول	هر بخش حمل
۲	مشخصات کلی ظاهر	
۳	پایداری ابعادی هندسه پروفیل	

omoorepeyman.ir

- **بازرسی اصالت محصول**

مشخصات و بازه زمانی انجام بازرسی و تست‌ها باید با توجه به رواداری بخش قبل رعایت شود.

جدول ۳-۳۴- دوره زمانی و انواع بازرسی اصالت محصول روی واتراستاپ‌های پروفیلی

ردیف	مشخصه	دوره زمانی
۱	لیبل و مستندات محصول	هر ۵۰۰۰۰ متر مربع یا حداقل یک مورد در هر پروژه
۲	مشخصات کلی ظاهر	
۳	پایداری ابعادی هندسه پروفیل	
۴-۱	آنالیز DSC	
۴-۲	طیف IR	
۵	مقاومت کششی	
۷	مدول الاستیک بین کرنش طولی ۱ و ۲ درصد	
۶	کرنش در شکست	
۸	سخت‌شدگی لبه A	

۳-۸- کنترل‌ها

کنترل‌های لازم در خصوص طراحی و اجرا سیستم آب‌بندی به روش غشاء ژئوممبران به شرح ارائه شده در جدول (۳-۳۵) می‌باشد.

omoorepeyman.ir

جدول ۳-۳۵- چک لیست طراحی و اجرا سیستم آب‌بندی به روش غشاء ژئوممبران

کنترل‌های طراحی
بررسی مفروضات و مقدمات طراحی با توجه به آخرین اطلاعات موجود
کنترل ضخامت لایه و جزئیات طراحی سیستم بر اساس جداول طراحی سیستم سازه زیر زمینی باز و بسته (کنترل تنش در ژئوممبران)
کنترل رواداری هر یک از لایه‌ها با توجه به بخش رواداری در مراحل مختلف تهیه، حمل و اجرا
کنترل تمامی مراحل نصب (طرح نحوه نصب لایه‌ها و چگونی اتصال لایه‌ها به بستر، نخوه نصب واتراستاپ‌ها، جانمایی و نحوه اجرا سیستم آب‌بندی درز و سیستم پشتیبانی تزریق و...)
بازبینی و برداشت عملکرد سیستم آب‌بندی به صورت مستمر و بهینه‌سازی طرح تا زمان اتمام عملیات اجرایی
کنترل نقشه‌های اجرایی با توجه به طرح سیستم آب‌بندی
کنترل اجرا – بسترسازی
کنترل میزان زبری سطح
عدم وجود اشیاء تیز و برنده روی بستر
کنترل اجرای بستر با توجه ملاحظات ارائه شده در بخش رواداری و کنترل به وسیله چوب شاخص
کنترل پایداری بستر جهت نصب لایه‌ها و عدم ریزش
کنترل ماهیچه کنج بر طبق رواداری
کنترل بتن مگر
عدم وجود روان آب روی سطح
کنترل اجرا – نصب لایه محافظ
کنترل تعداد و نحوه نگهدارنده‌ها
کنترل جوش مناسب لایه
کنترل میزان رواداری‌های لایه با بخش رواداری به صورت دوره‌ای در کف و دیواره
کنترل مشخصات لایه محافظ در صورت بهره‌مندی در نقش زهکشی
کنترل میزان چین و چروک لایه
کنترل اجرا – نصب لایه زهکش
کنترل تعداد و نحوه نگهدارنده‌ها
کنترل اتصال و همپوشانی مناسب لایه (بازرسی چشمی)
کنترل میزان رواداری‌های لایه با بخش رواداری به صورت دوره‌ای
کنترل میزان چین و چروک لایه
کنترل پیوستگی جریان در تمامی مراحل سیستم زهکشی
کنترل سیستم برق و وجود برق اضطراری
کنترل سیستم پمپ و نحوه عملکرد و چگونگی خارج نمودن آب
کنترل دوره ای اثرات زیست محیطی و نشست بر روی سازه‌های مجاور و سطح زمین
کنترل اجرا – نصب لایه ژئوممبران
کنترل تعداد و نحوه نگهدارنده‌ها
کنترل میزان همپوشانی و جوش مناسب لایه (تست فشار هوا، تست وکیوم، بازرسی چشمی و...)
کنترل میزان رواداری‌های لایه با بخش رواداری به صورت دوره‌ای
عدم کشیدگی عایق در محل درزها
کنترل رواداری واتراستاپ، نحوه جوش، جانمایی و حفاظت از آن
کنترل اتصال مناسب سیستم پشتیبانی تزریق
کنترل اجرا – حفاظت تا قبل از بتن‌ریزی
تشکیل جلسات توجیهی دوره‌ای و بیان کنترل‌های محافظتی از سیستم آب‌بندی به عوامل پیمانکاران آرماتوربندی و بتن‌ریزی و دیگر پیمانکاران مرتبط
کنترل و بازرسی چشمی از سلامت سیستم آب‌بندی
کنترل محل جانمایی واتراستاپ‌ها و سیستم پشتیبان تزریق
کنترل نحوه ترمیم
کنترل تمیزی واتراستاپ‌ها تا زمان بتن‌ریزی

omoorepeyman.ir

۳-۹- چک‌لیست‌ها

مستندات

چک لیست بسترسازی سیستم ایزولاسیون

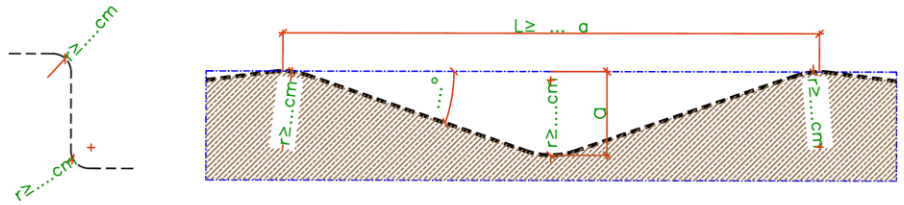
گزارش شماره : ..... مورخ : ..... صفحه ..... از .....

محل

نوع سازه اصلی : .....
سازه اصلی : .....
محل سازه‌ای : .....
ایستگاه قبل : ..... ایستگاه بعد : .....
کیلومتراژ از ایستگاه : .....
کیلومتراژ از خط مترو : .....

مشخصه محل : .....
کف ☐ دیواره ☐ طاق ☐
شماره ارجاع نقشه طرح : .....
کیلومتراژ به ایستگاه : .....
کیلومتراژ به خط مترو : .....

رواداری و نحوه کنترل



بازدید چشمی ☐ اسکن تونل ☐ دوربین ☐ گیج اندازه‌گیری ☐

نتایج کنترل

توضیحات :

مقادیر بیش از رواداری در بستر فشار مشاهده گردید. بله ☐ خیر ☐
بازدید اولیه از شاتکریت صورت گرفت و مورد قبول شد. بله ☐ خیر ☐
زبری سطح مورد تائید است. بله ☐ خیر ☐
قطعات فلزی برچیده شده و یا با شات پوشانده شده است. بله ☐ خیر ☐

تایید

بستر سازی مورد تایید است. بله ☐ خیر ☐

پیمانکار ایزولاسیون : تاریخ و امضاء :	نظارت : تاریخ و امضاء :	نظارت عالیه/کارفرما : تاریخ و امضاء :

شکل ۳-۶۱- چک لیست بسترسازی

omoorepeyman.ir

مستندات

لایه محافظ ژئوتکستایل

گزارش شماره : ..... مورخ : ..... صفحه ..... از .....

محل

نوع سازه اصلی : ..... مشخصه محل : .....

سازه اصلی : ..... کف ☐ دیواره ☐ طاق ☐

محل سازه‌ای : ..... شماره ارجاع نقشه طرح : .....

ایستگاه قبل : ..... ایستگاه بعد : .....

کیلومتراژ از ایستگاه : ..... کیلومتراژ به ایستگاه : .....

کیلومتراژ از خط مترو : ..... کیلومتراژ به خط مترو : .....

مشخصات مصالح

جنس ژئوتکستایل : .....

گرماژ ژئوتکستایل : ..... حداقل رواداری گرماژ : .....

کاربرد : حفاظت ☐ فیلتراسیون ☐ زهکشی ☐

مشخصات وسایل نگهدارنده (راندل) : .....

نتایج کنترل

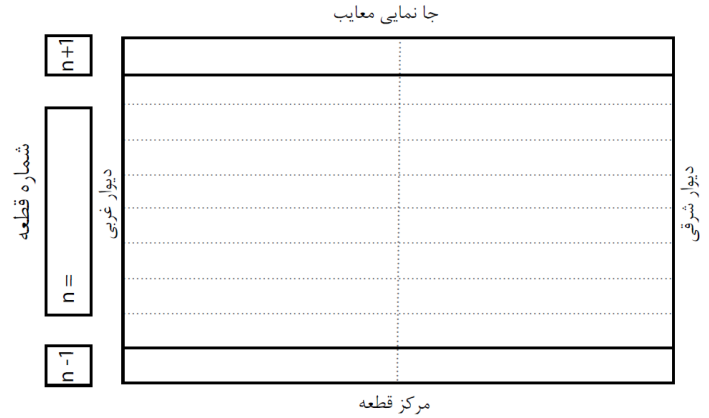
جنس ژئوتکستایل مورد تایید است؟ بله ☐ خیر ☐

گرماژ ژئوتکستایل مورد تایید است؟ بله ☐ خیر ☐

یکنواختی و تراکم بافت ژئوتکستایل مورد تایید است؟ بله ☐ خیر ☐

تعداد نگهدارنده مورد تایید است؟ بله ☐ خیر ☐

هم پوشانی به درستی اجرا شده است؟ بله ☐ خیر ☐



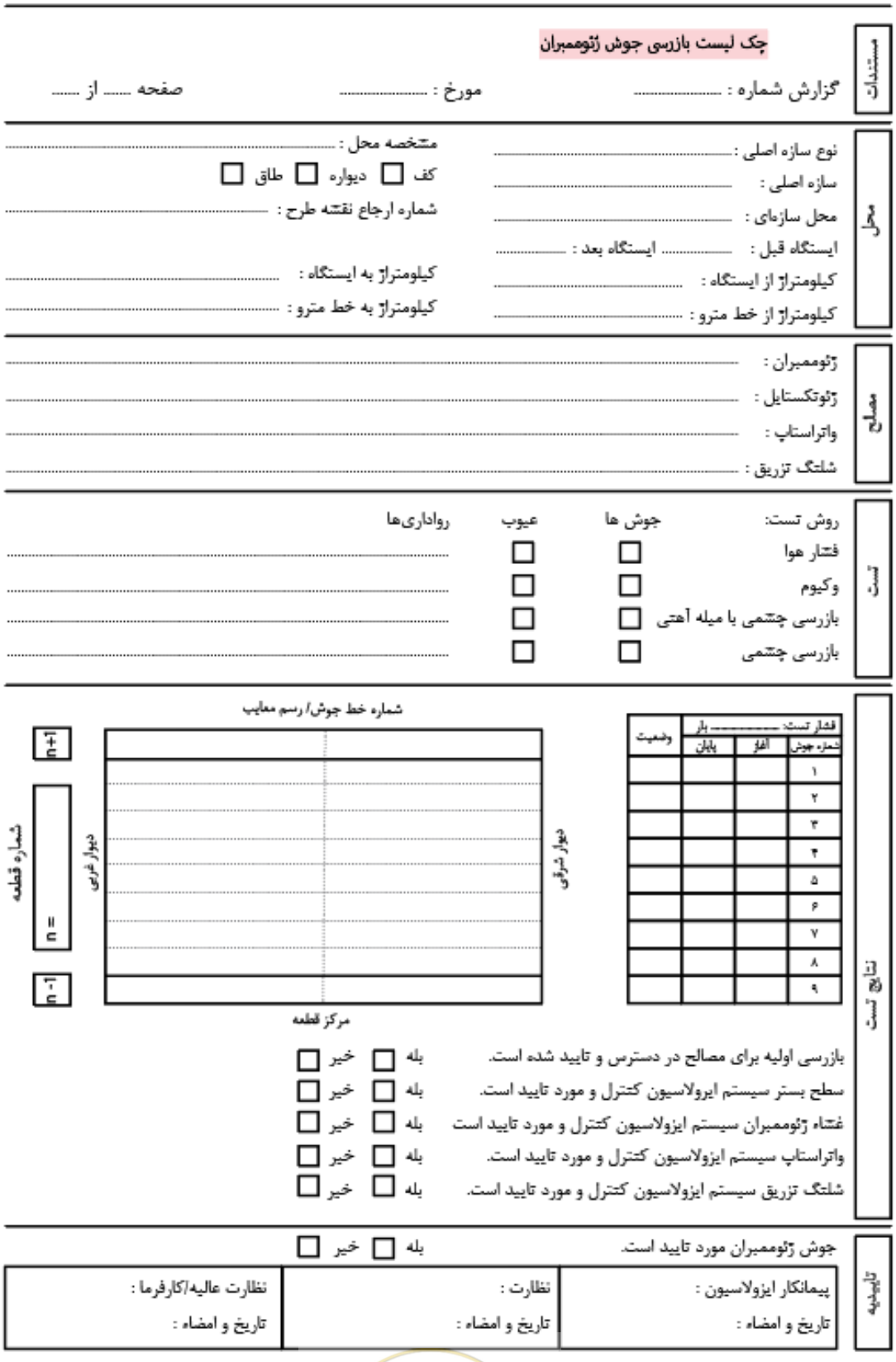
تایید

لایه محافظ اجرا شده مورد تایید است. بله ☐ خیر ☐

پیمانکار ایزولاسیون :	نظارت :	نظارت عالیه/کارفرما :
تاریخ و امضاء :	تاریخ و امضاء :	تاریخ و امضاء :

شکل ۳-۶۲- چک لیست کنترل لایه محافظ – ژئوتکستایل

omoorepeyman.ir



مستندات

چک لیست بازرسی جوش ژئوممبران

گزارش شماره : ..... مورخ : ..... صفحه ..... از .....

محل

نوع سازه اصلی : .....
سازه اصلی : .....
محل سازه‌ای : .....
ایستگاه قبل : ..... ایستگاه بعد : .....
کیلومتراژ از ایستگاه : .....
کیلومتراژ از خط مترو : .....

مشخصه محل : .....
کف ☐ دیواره ☐ طاق ☐
شماره ارجاع نقشه طرح : .....
کیلومتراژ به ایستگاه : .....
کیلومتراژ به خط مترو : .....

مصالح

ژئوممبران : .....
ژئوتکستایل : .....
واتراستاپ : .....
شلتگ تزریق : .....

تست

روش تست:	جوش ها	عیوب	رواداری‌ها
فشار هوا	☐	☐	.....
وکیوم	☐	☐	.....
بازرسی چشمی با میله آهنی	☐	☐	.....
بازرسی چشمی	☐	☐	.....

نتایج تست

شماره جوش	فشار تست: ..... بار: افزار	پایان	وضعیت
۱			
۲			
۳			
۴			
۵			
۶			
۷			
۸			
۹			

شماره خط جوش/ رسم معایب

بازرسی اولیه برای مصالح در دسترس و تایید شده است. بله ☐ خیر ☐
سطح بستر سیستم ایزولاسیون کنترل و مورد تایید است. بله ☐ خیر ☐
غشاء ژئوممبران سیستم ایزولاسیون کنترل و مورد تایید است بله ☐ خیر ☐
واتراستاپ سیستم ایزولاسیون کنترل و مورد تایید است. بله ☐ خیر ☐
شلتگ تزریق سیستم ایزولاسیون کنترل و مورد تایید است. بله ☐ خیر ☐

تاییدیه

جوش ژئوممبران مورد تایید است. بله ☐ خیر ☐

پیمانکار ایزولاسیون :	نظارت :	نظارت عالیه/کارفرما :
تاریخ و امضاء :	تاریخ و امضاء :	تاریخ و امضاء :

شکل ۳-۶۳- چک لیست کنترل جوش ژئوممبران

omoorepeyman.ir

فصل ۴

سیستم مبتنی بر زهکشی

(بطنی و سطحی)

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۴-۱- گستره

در این فصل به ارائه ضوابط کلی زهکشی بطنی و سطحی در سیستم‌های مبتنی بر زهکشی موقت و دائم پرداخته می‌شود.

۴-۲- مقدمه

فلسفه عملکردی سیستم‌های مبتنی بر زهکشی دائم با وجود و یا عدم وجود آب متفاوت می‌باشد. در سیستم‌های مبتنی بر زهکشی دائم در زمان بالا بودن تراز آب، با پایین آوردن آب اجازه ورود آب به محدوده ایستگاه و یا مسیر تونل داده نمی‌شود این مسئله باتوجه به عمق زیاد زهکشی سبب تأثیرات زیادی در محدوده اطراف سازه می‌گردد. با پائین آوردن آب اثرات نشست تحکیمی خاک، زیست‌محیطی، تغییر رژیم آبی منطقه و اختلال عملکردی در سازه‌های ساختمانی و صلب محدوده (نظیر لوله‌های تأسیساتی و...) را به دنبال دارد. این مسئله در محیط‌های شهری گاهاً اثرات مخرب زیادی داشته و بهره‌مندی از سیستم زهکش دائمی در صورت رخداد اثرات فوق‌الذکر مجاز نمی‌باشد.

در محیط‌های بدون وجود آب، سازه ایستگاه و تونل بدون در نظر گرفتن بار آب طراحی می‌شوند. با توجه به این مسئله وجود یک سیستم زهکشی (سطحی و گاهاً بطنی) جهت آزادسازی موقت فشار آب از پشت دیوارها در زمان به وجود آمدن تراز موقت آب در پشت سازه (مانند ترکیدگی لوله، بارندگی منابع آبی محدود در اطراف تونل و...) بسیار سودمند بوده و باعث ارتقاء عملکردی سازه زیرزمینی از منظر آب‌بندی و سازه‌ای می‌شود.

در زمان وجود آب، جهت حفاری و امکان اجرای عملیات عمرانی از یک سیستم موقت زهشکی (بطنی، سطحی و یا هردو) تا زمان اتمام ساخت جهت پائین اندازی آب استفاده می‌شود که تا زمان ساخت سازه با درنظرگرفتن کلیه اثرات آن و انجام تمهیدات لازم جهت مقابله با آن مجاز می‌باشد.

۴-۳- کلیات طراحی

جهت طراحی سیستم زهکشی لازم است که موارد ذیل در نظر گرفته شود:

- سیستم زهکشی باید براساس جمع‌آوری و خارج کردن آب بوجود آمده از نشت آب‌های موجود در خاک اطراف به سازه، آب بارندگی و اثرات آن، سیلاب، آب شدن برف، شستشوی تونل و آب آتش‌نشانی طراحی شود.
- توصیه می‌شود که جمع‌آوری آب در سیستم زهکش تا محل ذخیره (سامپ) به صورت ثقلی صورت پذیرد و سپس در محل ذخیره در صورت امکان (عدم آلایندگی و نبود مواد خورنده) به صورت ثقلی توسط قنات و یا پمپاژ از محدوده سازه خارج گردد.

omoorepeyman.ir

- اثرات شیمیایی آب، خاک، شرایط آب و هوایی (یخ زدگی و...) مسیر هندسی و دبی آب موجود می‌باید در طراحی سیستم زهکشی لحاظ گردد.
- در ورودی مسیر تونل و ایستگاه‌ها باید تمهیداتی لازم جهت عدم ورود آب‌های حاصل از بارندگی و سیلاب دیده شود.
- سیستم زهکشی باید مطابق با مباحث و ضوابط ایمنی و اطفاء حریق مباحث مقررات ملی ساختمان و دستورالعمل کارگاه طراحی شود.
- سیستم تأسیسات جنبی نظیر تأسیسات برقی، اتاق کنترل، تجهیزات مکانیکی (پمپ- لوله تخلیه) و مشخصات سازه‌ای محل ذخیره باید مطابق با ضوابط آئین‌نامه، مباحث و یا نشریه‌های مربوطه طراحی شوند.
- سیستم زهکشی دائمی باید برای شرایط هیدرولوژیکی و رخداد سیلاب حداقل ۵۰۰ ساله طراحی شوند.
- پروتکل‌های مکانیکی، برق، اتفاء حریق، اتاق کنترل، ایمنی و... باید باتوجه به ضوابط بهره‌بردار و مراجع معتبر تهیه و اجرا شوند.
- جانمایی محل ذخیره و محل تخلیه پمپاژ باید مورد تأئید دیگر بخش‌های عمرانی (تأسیسات برقی، مکانیکی، سازه و بهره‌بردار) بوده و براساس آن اثرات آن را در طراحی لحاظ نمایند.

امکان دسترسی به اتاق تأسیسات پمپاژ شریان‌های اصلی زهکشی در سیستم زهکشی باید فراهم باشد تا در صورت رخداد هرگونه اختلال امکان تعمیر و نگهداری وجود داشته باشد.

۴-۴- عوامل و اطلاعات اولیه طراحی

در این بخش به ارائه عوامل و مفروضات مورد نیاز جهت طراحی سیستم زهکشی سازه‌های زیرزمینی پرداخته می‌شود.

۴-۴-۱- مطالعات ژئوتکنیکی

به دلیل اینکه بخش اعظمی از طراحی سیستم زهکشی براساس آب ورودی از خاک محدوده اطراف سازه به داخل سازه می‌باشد مطالعات ژئوتکنیکی شامل جنس خاک در ترازهای مختلف محدوده سازه، میزان نفوذپذیری، آنالیز شیمیایی، ظرفیت باربری و دیگر مشخصات خاک از اهمیت بسزایی برخوردار است. جهت اطلاعات تکمیلی می‌توان به فصل دوم نشریه شماره ۲-۸۰۴ مراجعه شود. جنس خاک و میزان نفوذپذیری خاک می‌تواند نقش بسیار تعیین کننده‌ای داشته باشد. برای مثال در خاک‌های ریزدانه با نفوذپذیری پائین عبور آب به کندی حرکت نموده و در این نوع از خاک‌ها اجرای سیستم زهکشی (بطنی) با روش‌های پیچیده اجرا می‌شود. در اجرای سیستم زهکشی سطحی (زهکش دیواره و کانال‌های سطحی و کف و...) در خاک‌های ریزدانه میزان دبی ورودی بسیار کمتر از خاک‌های درشت دانه در یک رژیم آبی موجود می‌باشد.

omoorepeyman.ir

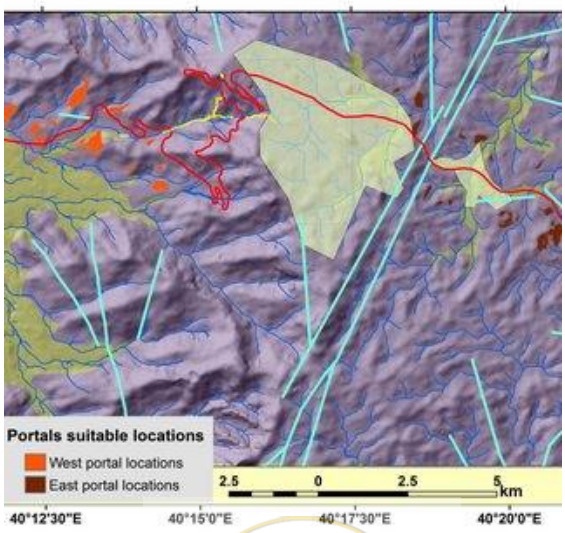
در جدول (۴-۱) میزان تقریبی نفوذپذیری برخی از خاک و سنگ‌ها جهت طرح اولیه ارائه شده است. بدیهی است جهت ارائه طرح نهایی باید برداشت ژئوتکنیکی لازم صورت پذیرد.

جدول ۴-۱- رنج تغییرات نفوذپذیری در انواع خاک مختلف در صورت عدم وجود اطلاعات کافی

نوع خاک یا سنگ	رنج تغییرات نفوذپذیری (cm/s)
شن	۱ الی ۵
ماسه تمیز	10^{-2} الی 10^{-3}
مخلوط ماسه تمیز و شن	10^{-1} الی 10^{-3}
ماسه با دانه بندی متوسط تا ریز	10^{-1} الی 10^{-2}
ماسه با دانه بندی بسیار ریز	10^{-3} الی 10^{-4}
ماسه سیلتی	10^{-2} الی 10^{-5}
رس یکنواخت	10^{-7} الی 10^{-9}
شیل	10^{-4} الی 10^{-8}
ماسه سنگ	10^{-4} الی 10^{-8}
سنگ آهک	10^{-4} الی 10^{-7}
سنگ‌های شکسته و ورقه‌ای	۱۰-۲ الی 10^{-6}

۴-۴-۲- توپوگرافی و عکسبرداری هوایی

وجود نقشه‌های توپوگرافی و هیدرولوژیکی منطقه در تعیین منابع اصلی آب و همچنین تعیین شیب‌بندی و گرادیان مسیر زهکشی به صورت ثقلی بسیار موثر است. این اطلاعات کمک شایانی در طراحی سیستم زهکشی به روش ثقلی را می‌نماید. این اطلاعات می‌تواند حرکت آب در بارندگی، سیلاب و موقعیت تجمع منابع آبی (نظیر برف، آب و...) را نمایان سازد.



شکل ۴-۱- نمونه نقشه توپوگرافی جهت طرح سیستم زهکشی

omoorepeyman.ir

۴-۴-۳- آنالیز شیمیایی آب

با توجه به فصل اول انتخاب هر روش و مصالح مورد نیاز در هر سیستم آب‌بندی (آب‌بندی مخزنی و زهکشی) وابستگی شدیدی به مقاومت دراز مدت آن در برابر عوامل شیمیایی و سختی آب و خاک محدوده دارند. بنابراین آنالیز شیمیایی و سختی آب نقش تعیین کننده‌ای در مشخصات فنی مصالح مورد استفاده در سیستم زهکشی (و یا دیگر سیستم‌های آب‌بندی) دارد.

امکان گرفتگی مسیر زهکشی به سبب رسوبات معدنی و خرابی‌های ناشی از مواد شیمیایی داخل آب بر تأسیسات مکانیکی (نظیر پمپ) باید توسط بخش تأسیسات کنترل گردد. در شکل (۴-۲) نمونه‌ای از گرفتگی لوله به دلیل رسوبات معدنی نشان داده شده است.

شکل ۴-۲- گرفتگی لوله بدلیل رسوبات معدنی

۴-۴-۴- تاثیر روند ساخت و ساز

نحوه حفاری و یا گودبرداری و همچنین نوع و نحوه ساخت سازه اصلی و توالی عملیات اجرایی از عوامل مهم و مؤثر در طراحی سیستم زهکشی خصوصاً موقت جهت اجراء می‌باشد. وجود مصالح شیمیایی و پزولان‌ها در مصالح ساختمانی و همچنین مجاورت لوله‌های زهکشی و مصالح زهکشی بادیگر بخشهای سازه‌ای باید به دقت مورد بررسی قرارگیرد. لازم به ذکر است تاثیر سیستم آب‌بندی (نظیر وجود شلنگ‌های تزریق و انجام عملیات تزریق) باید در طراحی‌ها منظور گردیده و ضوابط لازم جهت عدم اختلال در عملکرد سیستم زهکشی در تمامی مراحل اجرایی و طراحی رعایت گردد.

۴-۴-۵- دبی آب

با توجه به منابعی آب ذکر شده (آب منطقه، بارندگی، سیلاب، آب شدن برف، شستشوی داخل تونل و آب اطفاء حریق) دبی طراحی برای بحرانی‌ترین حالت ممکنه محاسبه می‌شود. بدیهی است که امکان رخداد همه منابع آبی در یک زمان

omoorepeyman.ir

ممکن نبوده و باید در محاسبه دبی آب بحرانی‌ترین حالت ترکیبی منابع بر اساس اعلام نظر بخش تاسیسات و مطالعات ژئوتکنیک مدنظر قرارگیرد.

در تعیین دبی و گرادیان آب ورودی باید دو نوع کلی منابع آب ذیل بررسی و میزان دبی هر کدام برداشت شود.

- **آب‌های ورودی از خارج به داخل سازه**

این دسته منابع آبی تعیین کننده سیستم آب‌بندی و ملاحظات و ضوابط طراحی سیستم زهکشی هدایت کننده در پشت سازه می‌باشند عواملی همچون تراز آب زیرزمینی، وجود لنزهای نفوذپذیر (تشکیل آب روز لنز)، بارندگی، سیلاب، آب شدن یخ در دبی ورودی تأثیر گذار است. لازم به ذکر است در تعیین دبی ورودی این منابع باید به نفوذپذیری خاک و یا وضعیت سنگ‌ها در هر محدوده تونل توجه ویژه‌ای داشته و براساس گزارشات پمپاژ چاه در مدت مشخص میزان دبی تعیین شود. همچنین در تعیین دبی این منابع باید امکان رخداد بیشترین حجم آبی مورد بررسی و در طراحی‌های منظور گردد.

- **آب‌های داخل سازه زیرزمینی**

منابع اصلی این آب‌ها تأسیسات بهداشتی، شستشوی تونل، آبهای سطحی ورودی از مسیر عبور و مرور و آب اطفاء حریق (آتش‌نشانی) می‌باشد. دبی این منابع مشخص بوده و باید اطلاعات آن از واحد تأسیسات گرفته شود. در شکل (۴-۳) نمایی از دبی آب جهت اتفاء حرق در مسیر تونل نشان داده شده است.

شکل ۴-۳- نمایی از دبی آب ورودی به تونل جهت اتفاء حریق

omoorepeyman.ir

۴-۴-۶- ارزیابی وضعیت آب در زمان ساخت

مطالعات اولیه صورت گرفته گاهاً همراه با خطا می‌باشد. همچنین باتوجه به عدم اطلاع ژئوتکنیکی دقیق امکان تغییر در مفروضات اولیه در زمان ساخت وجود دارد. به همین دلیل لازم است در ابتدا پس از شروع حفاری و پایدارسازی، بازدیدها و بررسی‌های لازم در خصوص صحت اطلاعات برداشت شده و سیستم زهکشی مورد بازبینی و اصلاح قرارگیرد.

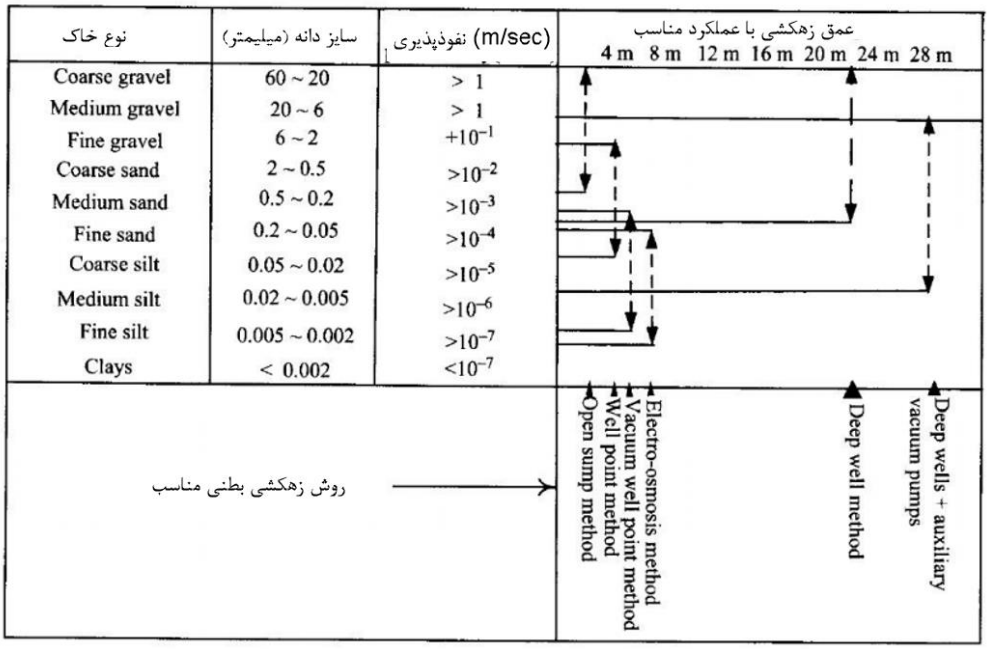
۴-۵- انتخاب و طراحی سیستم زهکشی

پس از برداشت اطلاعات و عوامل مؤثر در طراحی به انتخاب و طراحی سیستم زهکشی پرداخته می‌شود. منظور از انتخاب سیستم زهکشی، در ابتدا گزینش بطنی و سطحی بودن سیستم زهکشی با توجه به عوامل یاد شده و در مرحله بعد نوع سیستم بطنی (میله، گالری و سیستم مکش و...) و یا سطحی (زهکش‌های شنی، لایه‌های زهکش ژئوسنتتیکی، کانال‌های داخلی تونل، آبروها و...) می‌باشد. میزان آب و دبی ورودی و مشخصات ژئوتکنیکی و هیدرولوژیکی منطقه در انتخاب وجود سیستم بطنی به همراه سطحی نقش تعیین کننده‌ای دارد. همچنین با توجه به مطالب اشاره شده به طور کلی سه نوع سیستم زهکشی در طراحی ایستگاه و مسیر تونل شهری مدنظر قرار می‌گیرد که شامل سیستم زهکشی دائمی در صورت وجود آب (که در صورت رخداد اثرات مخرب اشاره شده در بخش قبل، مجاز نمی‌باشد)، سیستم زهکشی دائمی در صورت عدم وجود آب و سیستم زهکشی موقت می‌باشد.

۴-۵-۱- زهکشی بطنی

زهکشی بطنی شامل زهکشی به وسیله چاه‌های نقطه‌ای و گالری، چاه نقطه‌ای تنها، سیستم مکشی، روش الکترواستمری، چاه نقطه‌ای عمیق و سیستم چاه عمیق و پمپ زهشکی خطی می‌باشد. در شکل (۴-۴) نحوه انتخاب سیستم‌های بطنی فوق‌الذکر نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود با توجه به میزان عمق زهکشی، نفوذپذیری خاک (اندازه ذرات) نوع روش زهشکی بطنی مشخص می‌گردد.

omoorepeyman.ir



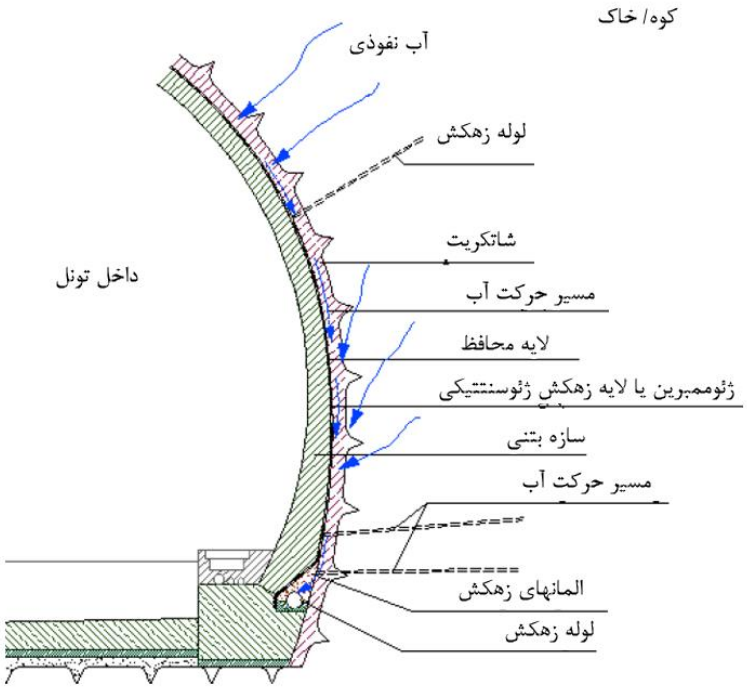
شکل ۴-۴- انتخاب سیستم زهکشی بطنی با توجه به عمق آب زهکشی و نوع خاک

مشخصات و جزئیات طرح و فاصله المان‌های زهکشی با توجه به توپوگرافی و دبی ورودی توسط طراح تعیین می‌گردد.

۴-۵-۲- زهکشی سطحی

زهکشی‌های سطحی شامل مصالح زهکش‌های سنتی، لایه‌های زهکشی ژئوسنتتیکی (ژئوتکستایل، زهکش شانه تخم مرغی) و کانال‌های زهکش می‌باشد در شکل (۴-۵) نمایی از مقطع مسیر تونل به همراه المان‌های زهکش (لایه زهکش و کانال) و مسیر حرکتی آب نشان داده شده است.

omoorepeyman.ir

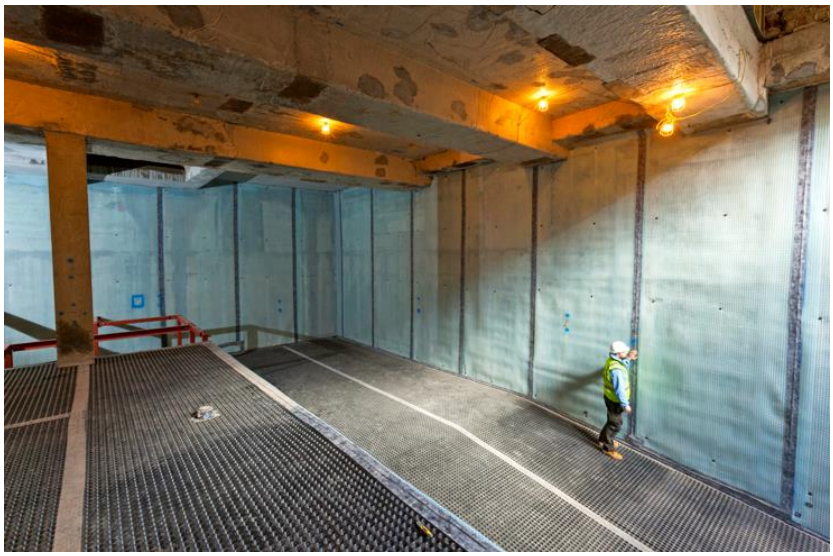


شکل ۴-۵- نمایی از مقطع مسیر تونل و اجرای لایه‌های زهکش

مشخصات لایه زهکشی با توجه به میزان دبی آب و فشارهای ناشی از بتن تازه و یا در مواقعی خاک پشت سازه طراحی می‌شود. حداقل رواداری این لایه در بخش رواداری لایه‌های زهکش در فصل سوم ارائه شده است.

جهت طراحی کانال‌های زهکشی راه در مسیر تونل و گاهاً مصالح شنی به نشریه طراحی راه (نشریه ۱۰۱) مراجعه شود. در برخی از موارد از زهکش‌های سطحی در وجه داخلی سازه نیز بهره‌مند می‌شوند. روش کار بدین صورت است که با عبور آب از المان‌های سازه‌ای از روی سطح دیواره به کف و از کف به وسیله مجاری زهکش پای دیوار به مخزن جمع‌آوری منتقل شده و از آنجا به جریان پمپ می‌شود. این روش به دلیل عبور آب از سازه و آثار مخرب آن برروی سازه و همچنین ایجاد بوی نم و رطوبت در داخل توصیه نمی‌شود.

omoorepeyman.ir



شکل ۴-۶- نمایی از بهره‌مندی از سیستم زهکش ژئوسنتتیکی به روش داخلی

۴-۵-۳- طراحی دیگر بخش‌های سیستم زهکشی

با توجه به موارد اشاره شده در بخش‌های قبل، طراحی دیگر بخش‌های مختلف سیستم زهکشی به شرح ذیل ارائه می‌شود:

- طراحی سازه‌ای بخش‌های مختلف سیستم زهکشی نظیر اتاق کنترل، سامپ، ورودی و خروجی‌ها باید توسط مراج معتبر توسط طراح سازه طراحی شود. لازم به ذکر است با توجه به وجود آب در این نوع سازه‌ها ملاحظات و ضوابط آب‌بندی باید رعایت شود.
- طراحی تأسیساتی شامل پمپ، نحوه پمپاژ، دیگر المان‌های مکانیکی باید توسط طراح مکانیک طراحی شود.
- طراحی سیستم‌های برق شامل برق اضطراری کارکرد خودکار و تصمیم نحوه سیم‌کشی باید توسط متخصین طراح برق طراحی شود.
- طراحی نحوه کنترل (تجهیزات اتاق کنترل) باید توسط افراد مجرب در این زمینه طراحی شود.
- طراحی سیستم زهکشی باید بگونه‌ای باشد که امکان بازرسی و تعمییر و نگهداری سیستم زهکشی در طول بهره‌برداری از سازه فراهم شده باشد.

۴-۶- چک لیست سیستم زهکشی

با توجه به موارد اشاره شده در بخش‌های قبل نمونه چک لیست کنترل سیستم زهکشی در ذیل ارائه شده است.

omoorepeyman.ir

مستندات

چک لیست سیستم زهکشی

گزارش شماره : ..... مورخ : ..... صفحه ..... از .....

محل

نوع سازه اصلی : ..... مشخصه محل : .....

سازه اصلی : ..... کف ☐ دیواره ☐ طاق ☐

محل سازه‌ای : ..... شماره ارجاع نقشه طرح : .....

ایستگاه قبل : ..... ایستگاه بعد : .....

کیلومتراژ از ایستگاه : ..... کیلومتراژ به ایستگاه : .....

کیلومتراژ از خط مترو : ..... کیلومتراژ به خط مترو : .....

مشخصات مصالح

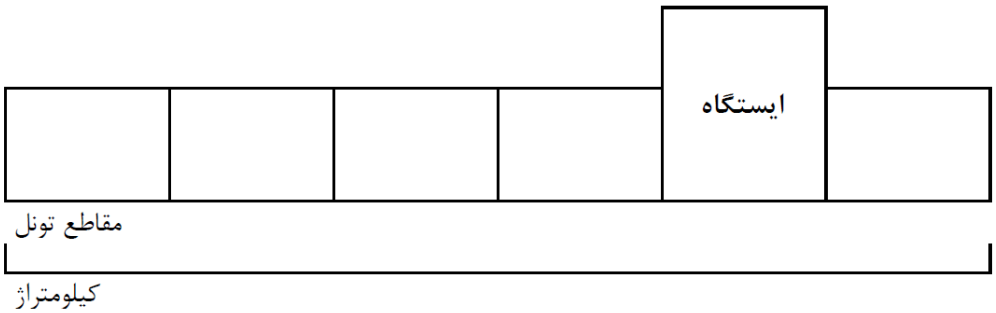
زهکشی بطنی : دارد ☐ ندارد ☐ زهکشی سطحی : دارد ☐ ندارد ☐

توضیحات : .....

.....

.....

نتایج کنترل



آیا پیوستگی سیستم زهکشی به صورت یکپارچه و یکنواخت طراحی و اجرا شده است؟ بله ☐ خیر ☐

آیا لایه‌های زهکشی بر طبق مشخصات رواداری طرح انتخاب شده است؟ بله ☐ خیر ☐

آیا لایه‌های زهکشی به درستی نصب و اجرا شده است؟ بله ☐ خیر ☐

آیا سیستم کنترل، برق، مکانیک و نگهداری مطابق طرح اجرا شده است؟ بله ☐ خیر ☐

تاییدیه

سیستم زهکشی مورد تایید است. بله ☐ خیر ☐

پیمانکار ایزولاسیون :	نظارت :	نظارت عالیه/کارفرما :
تاریخ و امضاء :	تاریخ و امضاء :	تاریخ و امضاء :

شکل ۴-۷- چک لیست سیستم زهکشی

omoorepeyman.ir

فصل ۵

سیستم آب‌بندی غشائی مایع و پاششی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۵-۱- گستره

در این فصل به ارائه ضوابط و معیارهای کلی، روش‌های اجرایی و چک لیست‌های سیستم آب‌بندی غشاء مایع و پاششی پرداخته می‌شود. این غشاءها شامل مصالح پوشش‌های ضخیم قیری اصلاح شده با پلیمر[۱]، پوشش‌های سیمانی کریستال‌ساز[۲] و پوشش‌های سیمانی چند جزئی[۳] می‌باشد.

۵-۲- مقدمه

از مزایای بهره‌مندی از سیستم‌های غشاء مایعی و پاششی می‌توان به مقاومت مناسب در برابر عوامل خورنده (باتوجه به مشخصات مصالح)، توانایی پوششی ترک‌ها تا عرض ترک محدود، قابلیت انعطاف‌پذیری مناسب در شرایط مختلف آب و هوایی و چسبندگی کامل به اجزاء سازه اصلی (در صورت اجراء بر روی سازه اصلی) را اشاره نمود. با توجه به اصول اولیه آب‌بندی سازه‌های زیرزمینی هر سیستم غشائی باید به صورت کامل یا جزئی به سازه متصل باشد. از جمله معایب این روش می‌توان به مواردی همچون عدم بهره‌مندی در حالت مثبت در زیر سازه (عدم امکان رعایت ضوابط این نشریه مبنی بر چسبندگی به سازه اصلی) و همچنین وجود راه دسترسی به پشت سازه جهت اجرا، بعضاً عدم سازگاری با دیگر سیستم های آب‌بندی، شرایط محیطی مناسب، بسترسازی مناسب اشاره نمود.

۵-۳- طراحی و اجراء سیستم‌های غشائی مایع و پاششی

با توجه به گستردگی در نوع مصالح، نحوه تولید، روش‌های مختلف اجرایی و عملکردی و همچنین پیشرفت سریع در ارتقاء این نوع از عایق‌ها به دلیل امکان شکل‌دهی عایق با هندسه بستر و چسبندگی خوب با بستر اجرایی، طراحی کاملاً مشخص و گام به گام در مراجع معتبر بین‌المللی ارائه نشده است. در استانداردهای مختلف نظیر BS، ACI و... با توجه به ماهیت عایق‌های مایع و پاششی به حداقل‌های کنترلی جهت طراحی بسنده کرده‌اند. در ادامه به بررسی حداقل‌های کنترل‌ها و رواداری این نوع از عایق‌ها پرداخته شده است. لازم به ذکر است که با توجه به عوامل یاد شده در بالا، ملاحظات و روش طراحی تولید کننده محصول (که مصالح آن به تاییدیه یکی از مراجع معتبر رسیده است) نیز باید در روند طراحی مد نظر قرار گیرد. مراحل کلی طراحی و اجراء سیستم‌های غشائی مایع و پاششی به مراحل ارائه شده ذیل تقسیم می‌گردد:

- مطالعات دفتری و میدانی
- بررسی عوامل موثر بر طراحی سیستم آب‌بندی غشائی مایع و پاششی

[۱] Polymer Modified Bituminous thick Coating (PMBC)

[۲] Cementitious crystallization coatings

[۳] Cementitious multi-coat renders, toppings and coatings

omoorepeyman.ir

- تعیین مشخصات فنی مصالح مورد نیاز
- آماده سازی و ترمیم بستر با توجه به نوع مصالح
- پروسه اجرایی پوششی بر اساس ضوابط کلی این نشریه و مطابق با دستورالعمل اجرایی تولید کننده
- مستندسازی و کنترل و پایش عملکرد سیستم آب‌بندی

۵-۳-۱- مطالعات دفتری و میدانی

در مطالعات دفتری و میدانی باید مشخصات دقیق از نوع هندسه سازه برداشت گردیده و امکان‌سنجی اجرای این نوع سیستم آب‌بندی ارزیابی گردد. در این نوع ارزیابی باید عواملی همچون چسبندگی غشاء به سازه اصلی، اجرائی بودن پوشش، تحمل فشار آب (در صورت وجود فشار آب استفاده از غشاء پوششی منفی ممنوع بوده و صرفاً جهت نم‌بندی- عدم وجود آب جریان‌دار- می‌باشد.) و عملکرد پوششی مورد ارزیابی قرار بگیرد. لازم به ذکر است که تمهیدات لازم جهت حفاظت از پوشش پس از اجرا نیز باید در طراحی دیده شود.

۵-۳-۲- بررسی عوامل موثر بر طراحی سیستم آب‌بندی غشاء مایع و پاششی

در طراحی سیستم آب‌بندی غشاء مایع و پاششی باید عواملی همچون میزان انعطاف‌پذیری و چسبندگی، دوام، ضخامت، شرایط بستر، حداکثر عمق و عرض ترک قابل پوشش، سازگاری با سازه، کشسانی و نحوه محافظت از آن طراحی گردد.

- **سازه زیرزمینی**

نوع سازه زیرزمینی (تونل، گود ساختمانی، مخزن بتنی و...)، نحوه ساخت و ساز و پایدارسازی سازه زیرزمینی از مهمترین عوامل در تعیین نوع و مشخصات مصالح عایق درجا ریز می‌باشد. قابلیت دسترسی به پشت سازه، نوع سازه (بتنی، بتن-فولادی و...) و طراحی سازه آب‌بند از عولمل مهم این بخش می‌باشد.

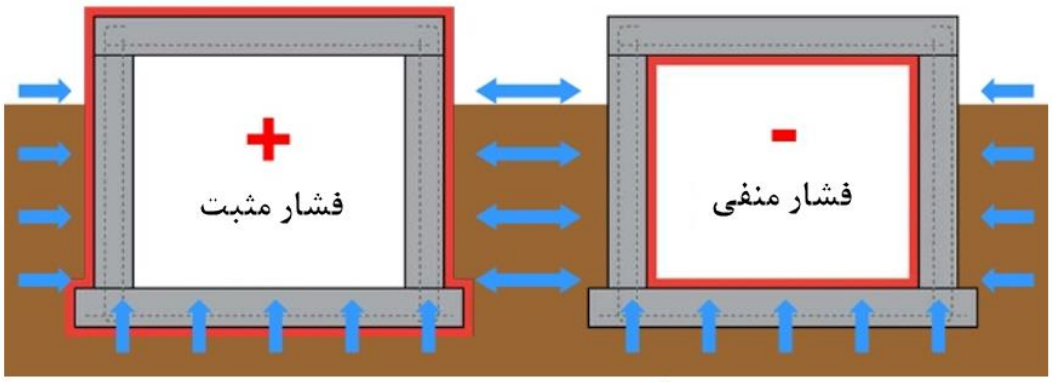
- **تراز آب**

تراز آب زیر زمینی یکی از عوامل بسیار مهم در طراحی انواع سیستم‌های آب‌بندی می‌باشد. هر چه تراز آب بیشتر باشد فشار آب بیشتر بوده و سبب تاثیر بسزایی بر روی غشاء آب‌بند می‌شود.

- **اثر جهت فشار آب**

یکی از مهمترین عوامل در طراحی عایق‌های درجا ریز جهت اعمال فشار بر غشاء آب‌بند می‌باشد. در شکل (۵-۱) دو حالت فشار مثبت و منفی نشان داده شده است. فشار منفی سبب بلند شدن غشاء آب‌بند از روی بستر می‌شود و فشار مثبت سبب اعمال فشار مضاعف عایق به بستر شده و در جهت بهبود عملکرد غشاء آب‌بند عمل می‌نماید.

omoorepeyman.ir



شکل ۵-۱- نمایی از فشار مثبت و منفی آب بر روی غشاء آب‌بند

- **چسبندگی غشاء**

در استاندارد BS8102 عامل چسبندگی غشاء آب‌بند به سازه اصلی به عنوان مهمترین عامل در کاهش یا افزایش ریسک نشت آب به داخل سازه بیان شده است. با توجه به این مسئله میزان چسبندگی نوع عایق درجاریز و چگونگی اجرای آن که بتواند چسبندگی مناسبی با سازه اصلی داشته باشد یک عامل مهم در طراحی می‌باشد.

- **ملاحظات زیست محیطی**

به دلیل بهره‌مندی عایق درجا ریز در مجاورت آب و خاک لازم است است که اثرات آن بر محیط زیست مورد بررسی قرار گیرد.

- **مشخصات ترک در سازه بتنی**

یکی از عوامل مهم در انتخاب عایق‌های درجا ریز، میزان توانایی مورد نیاز مصالح جهت پوشش عرض و عمق ترک می باشد. ترمیم صحیح ترک‌ها در سازه‌های بتنی در گرو تشخیص درست دلیل تشکیل آن و انتخاب روش مناسب ترمیم است. دلایل تشکیل ترک‌ها در جدول زیر آمده است که در آن ترک‌ها در دو دسته فعال و غیر فعال طبقه‌بندی شده‌اند. ترک‌های فعال ترک‌هایی هستند که علت و مکانیزم تشکیل آن‌ها هم‌چنان وجود داشته و پس از ترمیم و ایزولاسیون نیز گسترش می‌یابند. ترک‌های غیرفعال ترک‌هایی هستند که احتمال تشکیل و گسترش آن‌ها پس از اجرای پوشش سطحی روی دیواره سازه دیگر وجود ندارد. روند زیر به شناسایی دلیل تشکیل ترک کمک خواهد کرد:

۱) شناسایی مشخصات ظاهری و عمق ترک
۲) شناسایی زمان تشکیل ترک
۳) اندازه‌گیری درجات آزادی سازه و قضاوت در مورد پایداری سازه
۴) جمع‌بندی و قضاوت کلی با استناد به موارد ۱ تا ۴ و جدول (۵-۱)

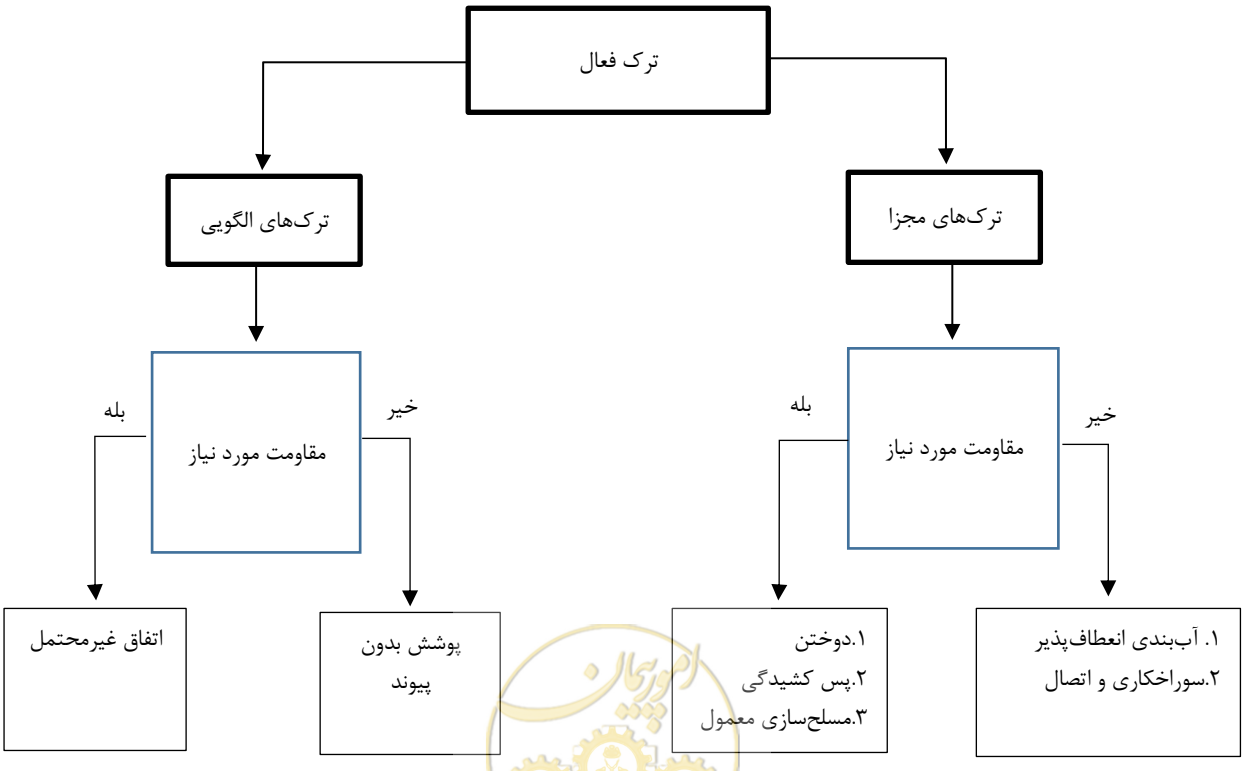
omoorepeyman.ir

جدول ۵-۱- روند تشخیص ترک فعال و غیر فعال

علت	نوع ترک		توضیحات
	فعال	غیرفعال	
بارگذاری اتفاقی		*	
خطاهای طراحی (آرماتورگذاری نادرست)	*		بر اساس ظرفیت باربری سازه موجود، بارگذاری کاهش یابد و یا طرح مقاوم‌سازی بر اساس بازطراحی ارائه گردد.
تنش‌های حرارتی (افزایش حجم بیش از حد در اثر تغییرات حرارتی و عدم وجود درز انبساط مناسب)	*		پیشنهاد می‌گردد که سازه بر اساس درز انبساط مناسب بازطراحی شود.
خوردگی آرماتورها	*		ترمیم ساده و سطحی پیشنهاد نمی‌شود چرا که آسیب‌های ناشی از خوردگی آرماتورها ادامه خواهد یافت.
نشست پی	*	*	اندازه‌گیری نشست پی جهت بررسی ادامه یافتن یا نیافتن آن، باید انجام گیرد.
واکنش قلیایی سنگدانه	*		تا زمان وجود رطوبت خرابی ادامه خواهد داشت. روش‌های ترمیم ترک بی‌فایده خواهد بود.
روش ساخت نامناسب (نگهداری نامناسب و...)		*	
فرضیات غلط طراحی (استفاده از اتصالات صلب با ضریب انبساط متفاوت، تمرکز تنش و...)	*		

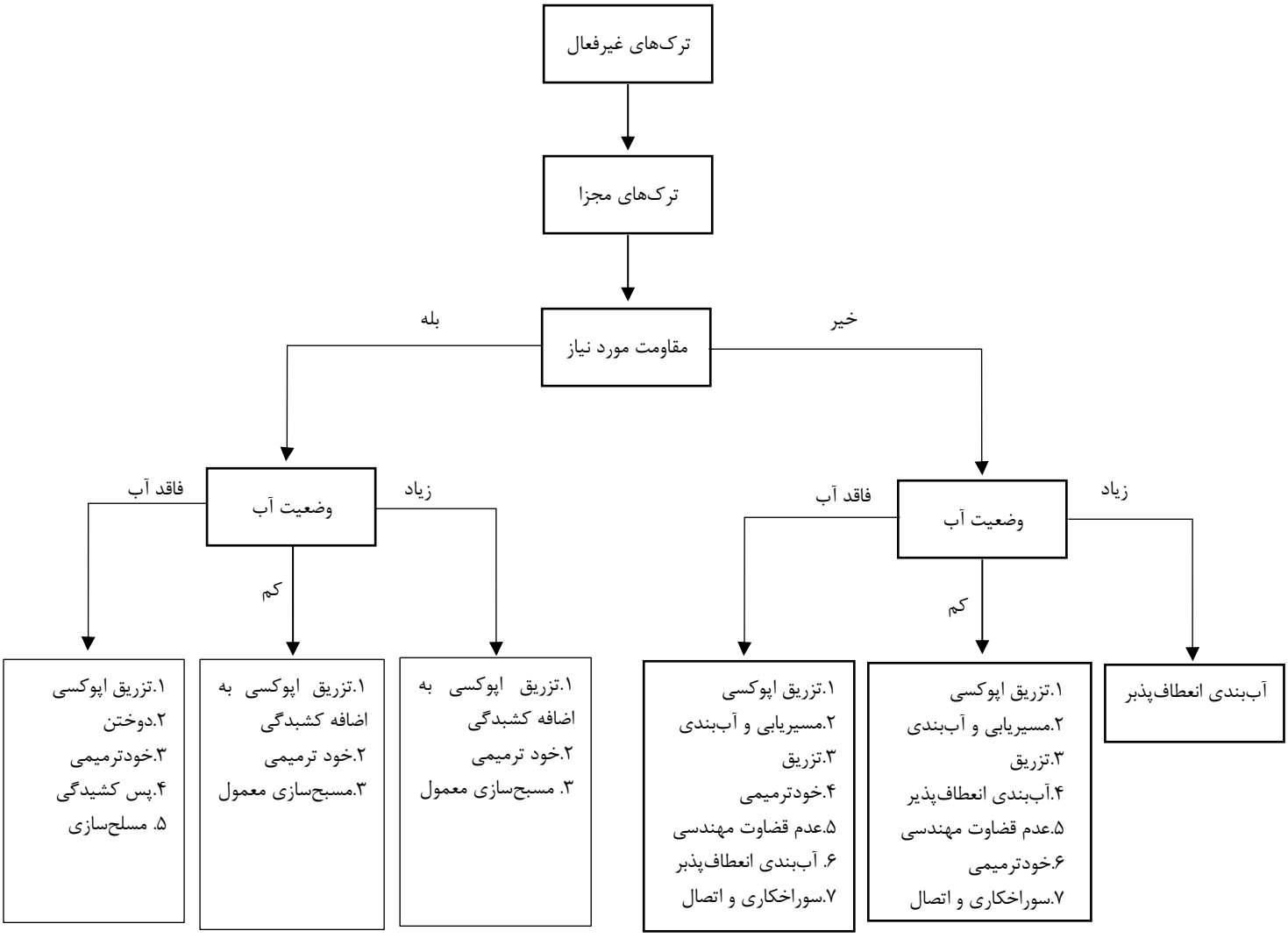
بر طبق استاندارد BS1504 جداول (۵-۲) و (۵-۳) جهت ترمیم ترک‌های فعال و نهفته ارائه شده است.

جدول ۵-۲- انتخاب روش ترمیمی برای ترک‌های فعال



omoorepeyman.ir

جدول ۵-۳- انتخاب روش ترمیمی برای ترک‌های نهفته



- **قابلیت تحمل ترک‌های جدید (انعطاف‌پذیری غشاء)**

توانایی ایجاد پل در ترک[1] و حفظ خصوصیات پوشش درجاریز آب‌بند بر اساس استاندارد EN 1062-7 برای ترک‌های باز ممتد تعیین می‌شود. در جدول (۵-۴) یک نمونه از محدودیت‌های آن برای عایق درجا ریز سیمانی با توجه به کلاسه بندی عایق ارائه شده است. این کنترل باید طبق مشخصات فنی تایید شده توسط مرجع معتبر برای محصول شرکت تولید کننده مورد بررسی قرار گرفته باشد.

[1] Bridged Crack

omoorepeyman.ir

جدول ۵-۴- محدودیت‌های ایجاد پل در ترک برای عایق درجا ریز سیمانی با توجه به کلاسه‌بندی عایق

کلاس	عرضی که امکان پلسازی ترک وجود دارد (میلیمتر)	نرخ سرعت باز شدن ترک (میلیمتر بر دقیقه)
A_1	> ۰/۱۰۰	---
A_2	> ۰/۲۵۰	۰/۰۵
A_3	> ۰/۵۰۰	۰/۰۵
A_4	> ۱/۲۵۰	۰/۵
A_5	> ۲/۵۰۰	۰/۵

- **مقاومت در برابر فشردگی**

عایق‌های درجاریز تحت فشار همه جانبه دچار تراکم می‌شوند. این مسئله باید طبق مدارک شرکت تولید کننده مورد بررسی قرار گیرد. این مسئله زمانی رخداد بیشتری پیدا می‌کنند که پوشش مورد استفاده وظیفه آب‌بندی درز بین بتن قدیم و جدید را برعهده داشته باشد. نمونه این نوع محل بهره‌مندی از ملات کریستال ساز جهت آب‌بندی درز سرد می‌باشد.

- **مقاومت در برابر انواع مواد موجود در آب**

با توجه به ماهیت شیمیایی عایق‌های درجا ریز باید اثر مواد شیمیایی موجود در آب و خاک بر روی عایق درجا ریز مورد بررسی قرار گرفته باشد.

- **ضخامت غشاء (در زمان اجرا و پس از خشک شدن)**

ضخامت پوشش در هنگام اجراء و خشک شدن و نحوه اجراء (با قلمو، پیستوله و...) گاهاً متفاوت می‌باشد. با توجه به این مسئله در زمان طراحی ضخامت در زمان خشک شدن پوشش باید رعایت گردد که روش تست این مشخصه مطابق EN IS819 باید با طراحی هم‌خوانی داشته باشد. لازم به ذکر است تعداد مراحل مورد نیاز جهت نیل به ضخامت پوشش، میزان ضخامت پوشش با توجه به نیاز پروژه و دیگر ضوابط اجرایی در این خصوص بر طبق دستورالعمل شرکت تولید کننده می‌باشد.

- **میزان آب‌بندکنندگی غشاء**

با توجه به به روش تست EN IS820 رده آب‌بند کنندگی مصالح تعیین می‌گردد و این رده با اهداف طرح مقایسه گردیده و مصالح مناسب با رواداری مشخصه شده در طرح تعیین می‌گردد.

- **میزان تحمل مقاومتی عایق در برابر عوامل آسیب‌زا**

همه عایق‌های غشائی به دلیل ضخامت کم (زیر یک سانتیمتر) در برابر فعالیت‌های خشن (نظیر ساخت دیوار پوششی، آرماتور بندی، دیوار چینی و...) آسیب‌پذیر هستند. بر همین اساس باید میزان آسیب این نوع عایق‌ها با توجه به مراحل اجرایی بعد اجرای عایق در طراحی منظور شود.

omoorepeyman.ir

- **رطوبت سطح بستر در زمان اجراء**

هر یک از پوشش‌ها محدودیت اجرایی در افزایش رطوبت بستر دارند. با توجه به این مسئله رطوبت بستر باید در زمان اجراء کنترل گردیده و با مقادیر مجاز اجرای پوشش که توسط تولید کننده تضمین شده است مقایسه و در محدوده مجاز باشد.

- **بستر**

نوع جنس، زبری، برآمدگی‌ها و مشخصات فیزیکی و مکانیکی بستر و همچنین عرض و عمق ترک از عوامل بسیار مهم در طراحی این نوع از عایق‌ها می‌باشد. مشخصات بستر اجرای عایق برداشت شده و با مشخصات فنی انواع عایق‌های اشاره شده در مقدمه مقایسه می‌شود.

- **نقش‌های عملکردی غشاء**

در طراحی یک غشاء آب‌بند ممکن است غشاء علاوه بر نقش آب‌بند کنندگی، برای عملکردهای دیگری نیز طراحی شود. در ذیل کلیه عملکردهایی که یک غشاء و پوشش ممکن است برعهده داشته باشد ارائه شده است. جهت طراحی توامان هر یک از این عملکردها باید به آیین‌نامه‌های معتبری نظیر مجموعه استانداردهای یک تا ده BS1504 مراجعه شود.

۱) ترمیم و افزایش مقاومت
۲) ترمیم و افزایش سختی
۳) آب‌بندی
۴) بهبود ظاهری
۵) افزایش دوام
۶) کاهش اثر عوامل خورنده محیطی

۵-۳-۳- تعیین مشخصات فنی مصالح

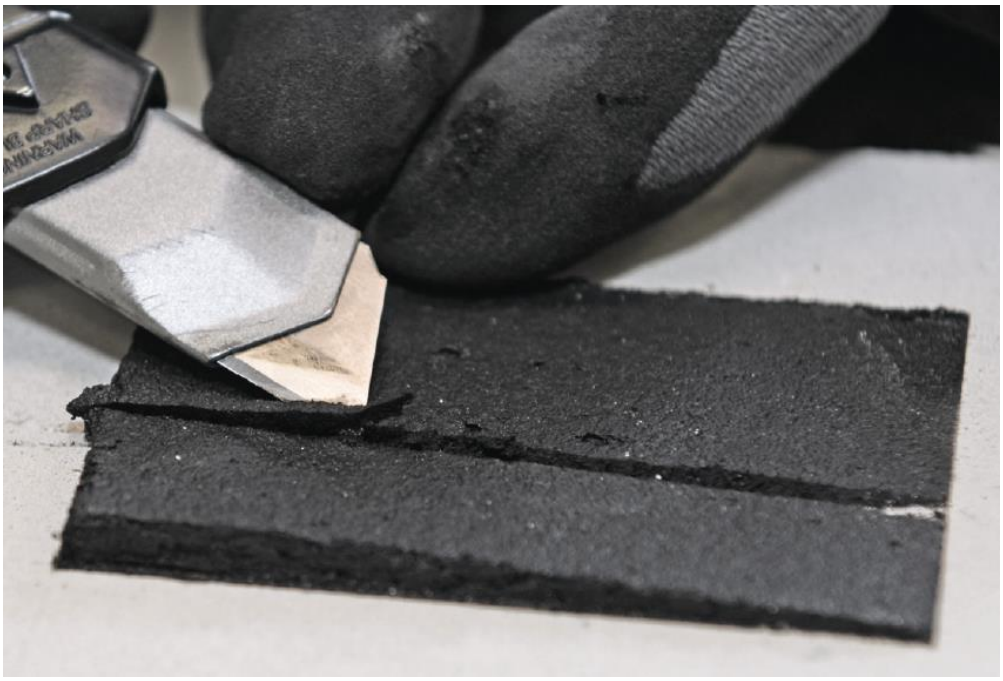
تعیین نوع مصالح مصرفی و کیفیت مصالح از اهمیت بسزایی برخوردار است در جدول (۵-۵) مشخصات کلی مصالح که در طراحی مقایسه می‌شود نشان داده شده است. در این جداول حداکثر رواداری‌های مجاز مشخصات آزمایش شده با مشخصات اعلامی از تولید کننده برای هر نوع مصالح گفته شده ارائه شده است.

- **مصالح پوشش‌های ضخیم قیری اصلاح شده با پلیمر**

پوشش‌های ضخیم قیری اصلاح شده با پلیمر بر اساس استاندارد BS8102 در رده پوشش‌های آب‌بند کننده مایع[۱] قرار می‌گیرند. پوشش‌های پایه امولسیون قیری که بوسیله پلیمر اصلاح شده به صورت تک جزئی یا دو جزئی تولید می‌شوند. جهت ارتقاء عملکرد این پوشش می‌توان از افزودنی و یا مصالح دانه‌ای معدنی استفاده نمود.

[۱] Liquid applied membranes

omoorepeyman.ir



شکل ۵-۲- پوشش‌های ضخیم قیری اصلاح شده با پلیمر (PMBC)

پوشش‌های ضخیم قیری اصلاح شده با پلیمر باید رواداری کلی ارائه شده در جدول (۵-۵) را داشته باشد. لازم به ذکر است که با توجه به شرایط پروژه و طراحی امکان دارد رواداری‌های سختگیرانه‌تری مد نظر قرار گیرد.

omoorepeyman.ir

جدول ۵-۵- رواداری‌های کلی پوشش‌های ضخیم قیری اصلاح شده با پلیمر

ردیف	مشخصات	رواداری				روش تست
۱	توانایی پل سازی ترک	کلاس CB 0 بدون رواداری	کلاس CB 1 بدون خرابی عرض ترک ≥1 mm ضخامت لایه خشک ≥3 mm (MLV)	کلاس CB 2 بدون خرابی عرض ترک ≥2 mm ضخامت لایه خشک ≥3 mm (MLV)		روش A یا B نکته: روش تست باید متناسب با کلاسه بندی مورد نظر باشد
۲	مقاومت در برابر باران	کلاس R 0 بدون رواداری	کلاس R 1 ≤ 24 h ضخامت لایه خیس ≥ 3 mm (MLV)	کلاس R 2 ≤ 8 h ضخامت لایه خیس ≥ 3 mm (MLV)	کلاس R 3 ≤ 4 h ضخامت لایه خیس ≥ 3 mm (MLV	EN 15816
۳	مقاومت در برابر آب	۱- بدون تغییر رنگ در آب ۲- بدون جداشدگی لایه ها ضخامت لایه بزرگتر از ۴ میلمتر باشد بدون تغییر در ماده طبق استاندارد EN 15817				EN 15817
۴	انعطاف پذیری در دمای پایین	بدون ترک				EN 15813
۵	پایداری در دمای بالا	بدون تغییر یا ریزش				EN 15818
۶	کاهش در ضخامت لایه بعد ازکامل خشک شدن	≤ 50 % (MLV)				EN 15819
۷	رفتار در برابر آتش	کلاسه‌بندی طبق استاندارد EN 13501-1 تعیین شود.				تست طبق استاندارد EN 13501-1 ضمیمه A
۸	آب‌بندی	کلاس W1 ≥ 24 h 0.0075 N/mm² یا ضخامت لایه خشک بدون لایه رویه ≥ 3 mm (MLV)	کلاس W2A ≥ 72 h 0.0075 N/mm² یا ضخامت لایه خشک بدون لایه رویه ≥ 3 mm (MLV)	کلاس W2B ≥ 24 h 0.0075 N/mm² یا ضخامت لایه خشک بدون لایه رویه ≥ 3 mm (MLV)		EN 15820
۹	مقاومت در برابر متراکم شدن	کلاس C 0 بدون رواداری	کلاس C 1 پایدار at ≤ 50% تغییرات بیشتر ۳ درصد با سه روز در معرض بودن MN/m² 0.06 ضخامت کوچکتر ≥ 3 mm (MLV)	کلاس C 2 A پایدار at ≤ 30% تغییرات بیشتر ۳ درصد با سه روز در معرض بودن MN/m² 0.30 ضخامت کوچکتر ≥ 4 mm (MLV)	کلاس C 2 B پایدار at ≤ 50% تغییرات بیشتر ۳ درصد با سه روز در معرض بودن MN/m² 0.30 ضخامت کوچکتر ≥ 3 mm (MLV)	EN 15815

omoorepeyman.ir

- **پوشش‌های سیمانی کریستال‌ساز**

مواد نفوذگر و کریستال شونده با قابلیت واکنش اجزا تشکیل دهنده با رطوبت و اجزای بتن، تشکیل کریستال‌های نا محلول و ایجاد ساختار یکپارچه با بتن و متعاقب آن نفوذ در عمق بتن (در عمق محدود) و آب‌بندی و محافظت داخلی می‌شود. نحوه عملکرد مواد نفوذگر کریستال شونده به عنوان افزودنی در طرح اختلاط بتن (با مشخصات خاص و تایید شده که سبب کاهش آب در زمان هیدراتاسیون نشود) و یا به عنوان پوشش بر روی سطح بتن در زمان گیرش و یا پس از سخت شدن می‌باشد.

جدول ۵-۶- رواداری مصالح سیمانی بر اساس نحوه عملکردشان

ردیف	مشخصات عملکرد	مرجع	روش تست	رواداری			
				سازه ای		غیرسازه ای	
				کلاس R4	کلاس R3	کلاس R2	کلاس R1
۱	مقاومت تراکم	None	EN 12190	≥ 45 MP_a	≥ 25 MP_a	≥ 15 MP_a	≥ 10 MP_a
۲	درصد کلر	None	EN 1015-17	≤ 0.05 %		≤ 0.05 %	
۳	قدرت چسبندگی	MC (0.40)	EN 1542	≥ 2.0 MP_a	≥ 1.5 MP_a	≥ 0.8 MP_a	
۴	رواداری جمع شدگی و انبساط	MC (0.40)	EN 12617-4	مقاومت چسبندگی بعد از تست			بدون رواداری
				≥ 2.0 MP_a	≥ 1.5 MP_a	≥ 0.8 MP_a	
۵	مقاومت در برابر کربناتاسیون	None	EN 13295	MC (0.45)		بدون رواداری	
۶	بدون الاستیک	None	EN 13412	≥ 20 GP_a	≥ 15 GP_a	بدون رواداری	
۷	سازه های حرارتی بخش اول – یخ زدن و آب شدن	MC (0.40)	EN 13687-1	مقاومت چسبندگی بعد از ۵۰ سیکل			بازدید چشمی بعد از ۵۰ سیکل
				≥ 2.0 MP_a	≥ 1.5 MP_a	≥ 0.8 MP_a	
۸	سازه های حرارتی بخش دوم – یخ زدن و آب شدن	MC (0.40)	EN 13687-2	مقاومت چسبندگی بعد از ۳۰ سیکل			بازدید چشمی بعد از ۳۰ سیکل
				≥ 2.0 MP_a	≥ 1.5 MP_a	≥ 0.8 MP_a	
۹	سازه های حرارتی بخش سوم – سیکل خشک شدن	MC (0.40)	EN 13687-4	مقاومت چسبندگی بعد از ۳۰ سیکل			بازدید چشمی بعد از ۳۰ سیکل
				≥ 2.0 MP_a	≥ 1.5 MP_a	≥ 0.8 MP_a	
۱۰	مقاومت دربرابر لغزش	None	EN 13036-4	کلاس ۱ : واحد تست مرطوب 40 < کلاس ۲: واحد تست خشک 40 < کلاس ۳: واحد تست مرطوب55 <		کلاس ۱ : واحد تست مرطوب 40 < کلاس ۲: واحد تست خشک 40 < کلاس ۳: واحد تست مرطوب 55 <	
۱۱	ضریب حرارت انبساط	None	EN 1770	بدون رواداری اگر تستهای ۷ و ۸ و یا ۹ انجام شده باشد در غیر اینصورت مقادیر اعلام شده		بدون رواداری اگر تستهای ۷ و ۸ و یا ۹ انجام شده باشد در غیر اینصورت مقادیر اعلام شده	
۱۲	ضریب پایداری	None	EN 13057	≤ 0.5 % $Kg\text{-}m^{-2}h^{-0.5}$		≤ 0.5 % $2_h^{-0.5}$	بدون رواداری

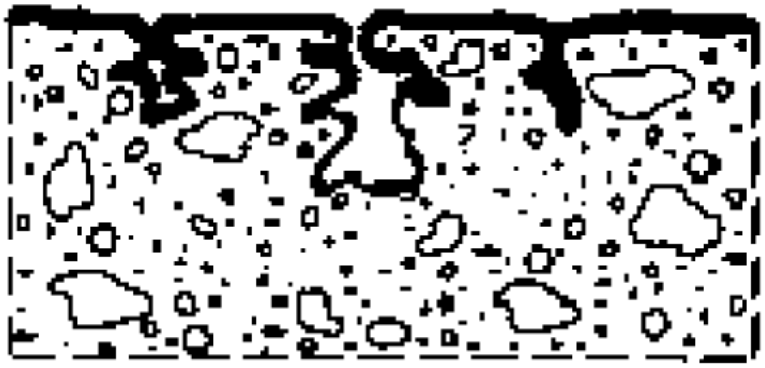
omoorepeyman.ir

- **پوشش‌های سیمانی چند جزئی**

در شکل‌های (۵-۳) الی (۵-۵) نمایی از حالات مختلف پوششی سیمانی بر روی سازه نشان داده شده که در پوشش‌های اشباع هیدروفوبیک[۱] تنها سطح رویه به صورت محدود پوشیده می‌شود که تغییری در مشخصه‌های سازه‌ای ایجاد نمی‌نماید. این نوع پوشش‌ها جهت آب‌بندی مجاز نمی‌باشند.

شکل ۵-۳- نمایی شماتیک از پوشش اشباع هیدروفوبیک

در پوشش‌های اشباع[۲]، سطح رویه پوشیده شده وسیع‌تر بوده و تنها قادر به پوشاندن خلل و فرج‌های با ابعاد کوچک می‌باشد که این نوع پوشش‌ها جهت آب‌بندی توصیه نمی‌شود.



شکل ۵-۴- نمایی شماتیک از پوشش اشباع

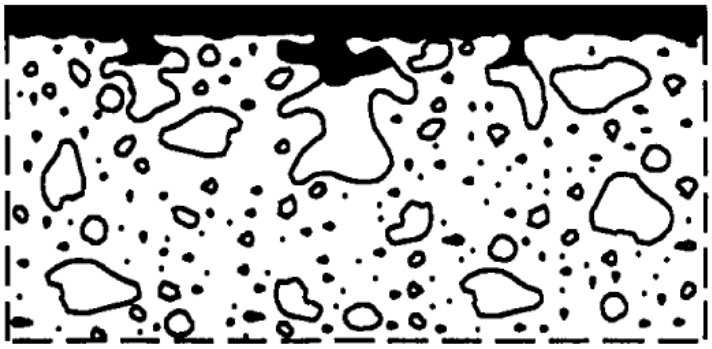
دسته سوم پوشش‌ها بعنوان پوشش‌های محافظتی و عملکردی[۳] در شکل (۵-۵) نشان داده شده است. ضخامت معمول این پوشش‌ها از ۰/۱ میلیمتر تا ۵ میلیمتر متغیر است (در مواردی خاص ضخامت ممکن است بیش از ۵ میلیمتر نیز طراحی و اجرا شود). این نوع پوشش‌ها می‌تواند به عنوان یک پوشش مناسب جهت آب‌بندی مورد استفاده قرار گیرد. لازم به ذکر است که اندازه‌گیری ضخامت لایه در حالت خشک طبق استاندارد EN ISO 2808 تعیین می‌گردد.

[۱] hydrophobic impregnation

[۲] impregnation

[۳] coating

omoorepeyman.ir



شکل ۵-۵- نمایی شماتیک از پوشش محافظتی و عملکردی

تست‌های مورد نیاز با توجه به نوع کاربری پوشش سیمانی طبق استاندارد BS 1504-3 ارائه شده است. در جدول (۵-۷) تست‌های اولیه تشخیصی پوشش سیمانی و رواداری آنها ارائه شده است.

omoorepeyman.ir

جدول ۵-۷- رواداری‌های کلی بهره‌مندی از مصالح پوشش‌های سیمانی چند جزئی

مشخصه	روش آزمایش	تغییرات
مشخصات اجزاء تشکیل دهنده		
مشخصات ظاهری و رنگ	بازرسی چشمی	یکنواخت و مشابه توضیحات ارائه شده توسط تولید کننده
وزن به روش پیکنومتر وزن به روش معلق در آب	EN ISO 2811-1 EN ISO 2811-2	±3 % ±3 %
طیف مادون قرمز	EN 1767	باید منطبق با مقادیر اعلامی باشد
اپوکسی	EN 1877-1	±5 %
عملکرد آمینه	EN 1877-2	±6 %
مقادیر هیدروکسیل	EN 1240	±10 %
درصد ایزوسیانات	EN 1242	±10 %
فرار یا فرار نبودن مواد	EN ISO 3251	±5 %
درصد مقدار خاکستر	EN ISO 3451-1	±5 %
گرماسنجی	EN ISO 11358	+5% at 600° C
زمان جریان	EN ISO 2431	±15 %
ویسکوزینه	EN ISO 3219	±20 %
سایز دانه بندی ذرات در حالت خشک	EN 12192-1	>2 mm ±6 % abs. 0.063 mm – 2 mm: ±4 % abs. <0.063 mm: ±2 % abs.
مشخصه‌های پس از اختلاط قبل از گیرش		
روش آزمایش سطحی	EN ISO 1517	±10 %
زمان گیرش	EN ISO 9514	±15 %
مشخصه‌های سختی پس از ۷ روز	EN ISO 868	باید منطبق با مقادیر اعلامی باشد
مواد تشکیل دهنده مقدار هوا وزن حباب‌ها کارایی-جریان ملات زمان سخت‌شدگی	EN 1015-5 EN 1015-7 EN 12190 and EN 1015-6 EN 13395-2 EN 13294	±15 % or 20 mm ±2 % (abs.) ±5 % ±15 % ±20 %

رواداری‌های مورد نیاز برای پوشش‌های سیمانی با توجه به کاربری پوشش در استاندارد BS1504-3 ارائه شده است.

omoorepeyman.ir

- **کنترل مشخصات فنی مصالح**

پس از بررسی مشخصات کلی مصالح به بررسی مخاطرات و اهداف طراحی و تعیین مشخصات فنی و مطابق موارد ذیل پرداخته می‌شود:

- **توانایی پوششی عرض ترک**

یکی از عوامل مهم در انتخاب مشخصات فنی میزان توانایی مورد نیاز مصالح جهت پوشش عرض و عمق ترک می‌باشد. برخی از منابع قابلیت پوشش آب‌بندی عرض ترک صرفاً به وسیله غشاء مایع و پاششی تا ۰/۳ میلیمتر را ذکر کرده‌اند. لازم به ذکر است در صورت ادعا تولید کننده بر مقادیر بیشتر باید مستندات آزمایشگاهی معتبر ارائه گردد.

- **مقاومت در برابر عوامل خورنده**

از دیگر موارد مهم در انتخاب نوع مصالح میزان مقاومت پوششی در برابر عوامل خورنده محیطی می‌باشد که بر طبق استاندارد EN IS816 تست می‌گردد. لازم به ذکر است با توجه به شرایط موجود سازه و محیط و همچنین شرایط مخاطرات آب‌بندی مقادیر هر مشخصه توسط طراح تعیین می‌گردد. ضوابط جزئی و معیارهای نهایی این مشخصه‌ها بر اساس استاندارد BS EN IS814 برای عایق‌های قیری و ASTM D7832 و C 836 برای دیگر مصالح مورد استفاده از غشاء پوششی و مایع باید رعایت شود.

- **مقاومت در برابر آب**

مصالح در این مشخصه بر طبق استاندارد EN IS817 مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. با توجه به اهمیت این مسئله در موضوعیت این نشریه عواملی همچون پایایی مصالح در دراز مدت، عدم تغییر رنگ پوشش در زمان مواجهه با آب باید بررسی شود. احتمال رخداد جداشدگی پوششی در پوشش‌های منفی بیشتر بوده که بهره‌مندی از این نوع پوشش‌ها فقط به صورت محدود در موارد خاص که فشار هیدرواستاتیک وجود ندارد و یا ناچیز باشد، مجاز است.

- **انعطاف‌پذیری و پایداری در دماهای مختلف**

با توجه به اینکه در ساخت و سازهای ایستگاه‌های شهری و تونل مترو دامنه تغییرات تراز سازه از سطح زمین زیاد بوده اهمیت انعطاف‌پذیری و پایداری در دماهای مختلف بر طبق استانداردهای EN IS815 و EN IS818 باید بررسی و مورد ارزیابی قرار بگیرد.

- **ضخامت پوشش**

ضخامت پوشش در هنگام اجراء و خشک شدن و نحوه اجراء (با قلمو، پیستوله و...) گاهاً متفاوت می‌باشد. با توجه به این مسئله در زمان طراحی ضخامت در زمان خشک شدن پوشش باید رعایت گردد که روش تست این مشخصه مطابق EN IS819 باید با طراحی هم‌خوانی داشته باشد. لازم به ذکر است تعداد

omoorepeyman.ir

مراحل مورد نیاز جهت نیل به ضخامت پوشش، میزان ضخامت پوشش با توجه به نیاز پروژه و دیگر ضوابط اجرایی در این خصوص بر طبق دستورالعمل شرکت تولید کننده می‌باشد.

- **مقاومت در برابر آتش**

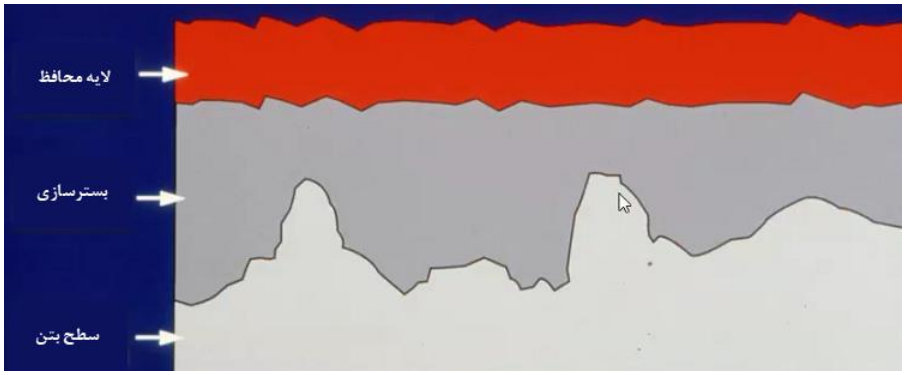
با توجه به حساسیت و اهمیت بالای مترو شهری و ایستگاه‌های شهری رتبه‌بندی مصالح باید بر طبق روش تست EN BS01-1 مورد ارزیابی قرار گرفته و منطبق با ضوابط ایمنی تهیه شده توسط پروژه باشد.

- **مشخصه آب‌بند کنندگی**

با توجه به به روش تست EN IS820 رده آب‌بند کنندگی مصالح تعیین می‌گردد و این رده با اهداف طرح مقایسه گردیده و مصالح مناسب با رواداری مشخصه شده در طرح تعیین می‌گردد.

۵-۳-۴- آماده‌سازی و ترمیم بستر

با توجه به انتخاب مصالح، بستر پوشش باید طبق ضوابط کلی این بخش دستورالعمل تولید کننده پوشش آماده گردد. در شکل (۵-۶) نمایی شماتیک و میکروسکوپیک از سطح بتن، بسترسازی و اجرای لایه پوشش محافظتی نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود اهمیت بسترسازی در کاهش مواد مصرفی، عدم وجود مواد مضرر روی سطح (این مواد سبب کاهش عملکرد پوشش و گاهاً سبب برچیدن پوشش از سطح) و عملکرد بهتر پوشش مشاهده می‌شود.



شکل ۵-۶- نمایی شماتیک تاثیر بسترسازی در اجرای لایه پوشش

در عملیات بسترسازی باید موارد ذیل در نظر گرفته شود:

۱) برداشت قطعات سست از روی سطح بتن
۲) کنده کاری قطعات غیر سازه‌ای
۳) ترمیم حفرات و درزها (به وسیله برش V) و پر کردن محل با مصالح آب‌بند کننده نظیر گروت آب‌بند
۴) برداشت سطوح هوازده بتن و تمیز نمودن سطح از گرد و غبار و دیگر ضایعات به وسیله واتر جت
۵) رعایت ضوابط اعلام شده از سوی کارخانه تولید کننده محصول

omoorepeyman.ir

- **رطوبت سطحی**

هر یک از پوشش‌ها محدودیت اجرایی در افزایش رطوبت بستر دارند. با توجه به این مسئله رطوبت بستر باید در زمان اجراء کنترل گردیده و با مقادیر مجاز اجرای پوشش که توسط تولید کننده تضمین شده است مقایسه و در محدوده مجاز باشد.

- **شرایط آب و هوا و دما**

در زمان اجراء باید دما حداقل ۵ درجه بالای نقطه شبنم باشد. حداقل دمای بستر در دمای اجرا برابر با ۵ درجه سانتی‌گراد و حداکثر دما برابر با ۳۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. لازم به ذکر است که رطوبت و شرایط آب و هوایی (وجود گرد وغبار، باد و...) باید به نحوی باشد که خللی در اجراء پوششی بر طبق ضوابط تولید کننده ایجاد ننماید.

- **شرایط ترک‌ها و حفرات**

شرایط ترک (عرض ترک) نباید به گونه‌ای باشد که مصالح پوشش انتخاب شده توانایی مقابله با آن را نداشته باشد. در غیر این صورت ترک‌های با عرض ترک بالاتر از حد مجاز اعلام شده در مشخصات فنی مصالح قبل از اجرای پوشش باید توسط مصالح پرکننده آب‌بند ترمیم و پر شوند.

- **شرایط سطح**

سطح اجرای پوشش باید عاری از هرگونه گرد و غبار، روغن و مواد مضر و با توجه به نوع مصالح مصرفی باشد. همچنین سطح بستر باید مقاومت فشاری و کششی لازم را با توجه به حداکثر مشخصات فنی مصالح را داشته باشد. لازم به ذکر است وجود حفرات، خرابی‌های بتن (نظیر شن‌زدگی، خوردگی و...) باید قبل از اجرای پوشش ترمیم گردید و ضوابط لازم جهت اجرای پوشش را برآورده نماید.

۵-۳-۵- پروسه اجرایی

پروسه اجرایی آب‌بندی به وسیله غشاء پوششی مایع و پاششی بر اساس دستورالعمل اجرایی تولید کننده تعیین می‌شود. در این دستورالعمل باید شرایط بستر، نحوه آماده سازی حداکثر رطوبت مسطح بستر، درصد و نحوه اختلاط (در صورت دو یا چند جزئی بودن)، مدت زمان کرنش، نحوه اجرا (به صورت سرد و یا گرم)، چگونگی عمل‌آوری و محافظت از پوشش ارائه شده باشد. با توجه به اهمیت آماده‌سازی بستر لازم است که کنترل و پایش مناسب قبل از اجرای پوشش صورت گرفته باشد. عوامل اجرایی با توانایی و مدارک لازمه جهت اجراء را داشته باشند. لازم به ذکر است عملکرد مناسب این نوع از سیستم‌های آب‌بند وابسته به بسترسازی مناسب، عدم وجود المان و یا ترمیم مناسب رابط آب (میلگردهای نگهدارنده قالب که از کل مقطع عبور می‌کنند) قبل از اجرای پوشش، ضخامت پوشش، عمل‌آوری مناسب پس از اجرا می‌باشد.

omoorepeyman.ir

۵-۳-۶- مستندسازی و کنترل و پایش

مستندسازی، کنترل و پایش مراحل مختلف طراحی و اجرا این امکان را به عوامل طراح و اجراء را می‌دهد که با توجه به شرایط سازه‌ای و محیطی موجود طرح، مصالح و نحوه اجراء خود را مورد بازنگری قرار داده و معایب و کمبودهای رخداده را به حداقل برسانند. پایش و کنترل کیفیت مصالح و اجراء در هر پروژه عمرانی از اهمیت بسزایی برخوردار است. با توجه به این مسئله و مراحل طراحی و اجرایی اشاره شده در چک لیست ذیل عوامل مهم کلی جهت پایش و کنترل ارائه شده است. با توجه به گستردگی مصالح و روش اجرایی چک لیست حاضر توجه به مصالح، نحوه اجراء و شرایط محیطی در وجود باید اصلاح و تکمیل گردد.

omoorepeyman.ir

مستندات

چک لیست ایزولاسیون غشائی مایع و پاششی

گزارش شماره : ..... مورخ : ..... صفحه ..... از .....

محل

نوع سازه اصلی : ..... مشخصه محل : .....

سازه اصلی : ..... کف ☐ دیواره ☐ طاق ☐

محل سازه‌ای : ..... شماره ارجاع نقشه طرح : .....

ایستگاه قبل : ..... ایستگاه بعد : .....

کیلومتراژ از ایستگاه : ..... کیلومتراژ به ایستگاه : .....

کیلومتراژ از خط مترو : ..... کیلومتراژ به خط مترو : .....

مصالح و کلیات

مصالح پوششی ۱ : ..... مصالح پوششی ۲ : .....

تجهیزات : ..... روش اجراء : سرد : ☐ گرم : ☐

محل اجراء : مثبت : ☐ منفی : ☐

نتایج کنترل

کنترل مشخصات فنی مصالح با مشخصات فنی ارائه شده در طرح صورت پذیرفته است؟	بله ☐	خیر ☐
عوامل اجرایی توانایی و تجربه کافی اجراء را دارا می‌باشند؟	بله ☐	خیر ☐
بستر عاری از هرگونه آلودگی، گرد و غبار، روغن و مواد مضر می‌باشد؟	بله ☐	خیر ☐
عرض ترک‌های بستر مابین، از حداکثر مقادیر مجاز می‌باشد؟	بله ☐	خیر ☐
مقاومت بستر شرایط اجرای پوشش را دارا می‌باشد؟	بله ☐	خیر ☐
ترمیم بستر به نحو اصولی و مطابق با ضوابط صورت گرفته است؟	بله ☐	خیر ☐
روش اجرای پوشش مطابق ضوابط و دستورالعمل تولید کننده انجام شده است؟	بله ☐	خیر ☐
کنترل و پایش‌های لازم صورت پذیرفته است؟	بله ☐	خیر ☐

تایید

اجرای پوشش مورد تایید است و اجرای مراحل بعدی اجرائی بلامانع است. بله ☐ خیر ☐

پیمانکار ایزولاسیون : تاریخ و امضاء :	نظارت : تاریخ و امضاء :	نظارت عالیه/کارفرما : تاریخ و امضاء :

شکل ۵-۷- چک لیست اجرای سیستم آب‌بندی غشایی مایع و پاششی

omoorepeyman.ir

فصل ۶

سیستم تزریق

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۶-۱- گستره

در این فصل به ارائه ضوابط و معیارهای اجرائی و رواداری مصالح تزریق و تجهیزات آن قبل از بهره‌برداری و در زمان بهره‌برداری (آب‌بندی پس از ساخت) پرداخته می‌شود.

۶-۲- مقدمه

در طراحی سیستم آب‌بندی بهره‌مندی از تزریق می‌تواند به صورت برنامه‌ریزی شده (طراحی و اجرای سیستم تزریق نظیر شلنگ، پکر و... در زمان اجرا) و یا جهت ترمیم سازه‌های موجود (آب‌بندی پس از ساخت) صورت‌پذیرد. ضوابط و معیارهای پذیرش ارائه شده در این بخش با توجه به عوامل مختلفی نظیر هدف از تزریق، محل تزریق و... تعیین شده است. به وسایل کمکی تزریق نظیر (شلنگ تزریق با نگه‌دارنده‌های خارجی، نازل تزریق، ملزومات گروت‌ریزی سقف، شلنگ‌های بتن‌ریز، نگهداره‌های شلنگ، لوله‌ها، سوراخ‌ها، پکرها، شلنگ‌های پرکننده) به همراه مصالح و ماشین‌آلات تزریق، سیستم تزریق گفته می‌شود.

این وسایل کمکی تزریق جهت آماده‌سازی، حمل و اجرای مصالح تزریق به منظور پرکردن و آب‌بند کردن درزها، حفرات و سوراخ و یا احداث یک پرده آب‌بند مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به مطالب فوق‌الذکر، طراحی سیستم تزریق به دو صورت ذیل می‌باشد:

- طراحی سیستم تزریق به عنوان بخشی از اجراء وجزو فلسفه طراحی اولیه (پشتیبان تزریق)
- طراحی سیستم تزریق جهت ترمیم خرابی‌ها و نشت‌ها (آب‌بندی پس از ساخت)

اگر سیستم تزریق جهت آب‌بندی در طراحی‌های اولیه مورد استفاده قرار می‌گیرد، به عنوان یک سیستم اضافی و یا تکمیلی برای واتراستاپ‌های پروفیلی و صفحه فلزی و جهت سیستم تفکیک سطوح برای ورق ژئوممبران به عنوان سیستم ثانویه (پشتیبان) و یا تکمیلی اجرا می‌گردد.

در عملیات تزریق پس از ساخت اگر سازه بتنی قادر به تحمل فشار آب نباشد، عملیات تزریق به تنهایی جهت آب‌بندی به دلیل گسترش مجدد ترک در سازه بر اثر فشار آب، موفقیت‌آمیز نخواهد بود. پس لازمه عملکرد مناسب تزریق طراحی سازه اصلی برای ترک برای فشار هیدرو استاتیکی طرح می‌باشد.

در زمان اجراء سازه‌های زیرزمینی گاهاً برخی از محدوده‌ها به خوبی با بتن پر نمی‌شود (به عنوان مثال ناحیه طاق مسیر تونل شهری) جهت پرکردن این بخش‌ها می‌توان با گروت‌ریزی به وسیله نازل‌های تعبیه شده در زمان اجراء استفاده نمود. در این حالت فشار تزریق در محدوده پایین و از مصالح پرکننده نظیر گروت سیمانی بهره‌برده شود.

omoorepeyman.ir

اجزاء مختلف سیستم پشتیبانی تزریق باید مناسب و سازگار با همه محدودیت‌ها و دیگر سیستم‌های آب‌بندی باشد. در طراحی سیستم پشتیبانی تزریق باید مشخصات و رواداری‌های نوع گروت، قطر و طول شلنگ‌های تزریق، هندسه مسیر تزریق، شعاع عملکردی مصالح، نحوه دسترسی، فشار تزریق و جعبه تقسیم تزریق ارائه شده باشد.

قبل از آغاز تزریق، پیمانکار باید روش کار خود را مطابق ضوابط و معیارهای این نشریه و نظریه طرح بر طبق موارد ذیل ارائه نماید:

- صلاحیت افراد اجرایی
- نوع ماشین (پمپ) و مدارک دال بر کالیبراسیون آن
- مصالح مورد استفاده (مشخصات فنی و معیارهای پذیرش)
- فشار تزریق
- نحوه کنترل کیفی و پایش
- برنامه زمانی
- مدارک و دفترچه طراحی

بعد از عملیات اجرایی تزریق گزارشی با موارد اشاره شده در ذیل باید تهیه گردیده در مدارک فنی بایگانی شود.

- اجزاء گروت مورد استفاده
- کیفیت و مقدار گروت، فشار و زمان تزریق در هر محدوده تفکیک شده با ارائه جدول
- مدارک میزان اثر بخشی در هر محدوده تفکیک شده
- حادثه و رویدادهای رخ داده در هر محدوده تفکیک شده (نظیر خروج گروت از ترک و درز)

۶-۳- کلیات و مفروضات اولیه تزریق

۶-۳-۱- عملکردهای تزریق

تزریق براساس هدف عملکرد آن به دسته بندی ارائه شده در ذیل تقیسم می‌گردد:

- تزریق با عملکرد پرکنندگی جهت انتقال نیرو - اصطکاکی (گروه F)
- تزریق با عملکرد پرکنندگی و انعطاف‌پذیری در محل‌ترک‌های فعال (گروه D)
- تزریق با عملکرد پرکنندگی و تورم‌شوندگی جهت آب‌بندی (گروه S)
- آب‌بندی سطوح در تماس با خاک به وسیله سیستم تزریق سطحی (پرده آب‌بند)

omoorepeyman.ir

۶-۳-۲- محدوده تزریق

محدوده‌ای که عملیات تزریق در آن صورت می‌پذیرد، تأثیر بسزایی در طراحی انتخاب مصالح و نحوه اجرای عملیات تزریق دارد. محدوده تزریق به ترک، شن‌زدگی، درزها و پرده آب‌بند تقسیم می‌شود که در ذیل به این محدوده‌ها پرداخته شده است.

- **ترک**

علم به علت رخداد ترک و چگونگی رفتار ترک در آینده، در طراحی سیستم تزریق بسیار مهم است. انواع ترک‌ها براساس علل رخداد آن به طور کامل در فصل سازه آب‌بند ارائه شده است. از منظر تزریق انواع ترک‌ها به شرح تقسیم‌بندی می‌شوند:

- ترک‌های انقباضی
- ترک‌های زنده و گسترش یابنده
- ترک‌های حرارتی
- ترک‌های ناشی از بارهای استاتیکی و دینامیکی

پس از مشخص شدن علل رخداد ترک لازم است که هدف از تزریق در ترک مشخص گردد که در ذیل برخی از این اهداف ارائه شده است.

- جلوگیری از ورود آب از ترک (آب‌بندی)
- ایجاد ارتباط فشار و مقاومت مابین هر دو طرف ترک (اتصال قفل شدگی نیرو)
- ایجاد ارتباط کششی محدود شده ما بین هر دو طرف ترک (اتصال الاستیک)

شکل ۶-۱- نمایی از تزریق فوم پلی یورتان در ترک دیواره جهت آب‌بندی

omoorepeyman.ir

- **شن‌زدگی و حفرات**

به دلایل اجرائی، طرح اختلاط نامناسب و روند نامناسب تهیه بتن امکان رخداد فضاهای خالی و شن‌زده در بتن افزایش می‌یابد که با توجه به کاربردی سازه، تزریق یا ترمیم جهت بالا بردن مقاومت مقطع، آب‌بندی و صرفاً پرکردن صورت می‌پذیرد. نحوه ترمیم یا تزریق با توجه به گستردگی و عمق محدوده شن زده توسط طراح تعیین می‌گردد.

- جلوگیری از نشت (آب‌بندی)
- استحکام مقاومتی
- پرکردن حفرات

لازم به ذکر است در صورت نیاز به ترمیم بتن می‌توان به آیین‌نامه‌های معتبر نظیر BS1504 و ACI مراجعه نمود.

شکل ۶-۲- نمایی از ترمیم محدوده شن زده جهت اجرای عملیات تزریق

- **درزها**

همانطور که در فصل‌های قبل اشاره گردید عملکرد تزریق در درزهای مختلف (انبساطی، حرکتی، اجرائی و کنترل کننده) به شرح ذیل ارائه می‌گردد:

- دستیابی به آب‌بندی و مقاومت کششی و فشاری مابین هر دو طرف درز (اتصال قفل شدگی نیرو در درزهای اجرائی) را فراهم نماید.
- پرکننده آب‌بندی در درزهای انبساطی (اتصالات انعطاف‌پذیر) با پرکننده‌های انعطاف‌پذیر که امکان حرکت در اتصال را فراهم نماید.

omoorepeyman.ir

شکل ۶-۳- نمایی از پکر گذاری و تزریق در درز اجرایی کف و دیواره

- **پرده آب‌بند**

پرده آب‌بند در زمان مواجهه سازه با خاک مرطوب و یا خیس مورد استفاده قرار می‌گیرد برای این منظور تزریق در محدوده پشت دیوار (مابین خاک و دیوار) انجام شده و تمامی آبراه‌های موجود بین خاک و سازه آب‌بند بسته می‌شود. در این نوع تزریق به علت وجود حفرات بزرگ یا خروج بیش از حد مواد به محدوده‌های ناخواسته عملیات تزریق با فشار پایین و حجم مصرفی موارد تزریق بالا صورت می‌پذیرد.

شکل ۶-۴- نمایی از پکرگذاری با چیدمان مربعی جهت تزریق پرده آب‌بند در پشت دیواره

- **در محدوده‌های مشخص شده در طرح**

با توجه به طراحی و نوع سیستم ایزولاسیون، لازم است که عملیات تزریق قبل از هر گونه بهره‌برداری مطابق با گام‌های زمانی و مکانی ارائه شده در طرح سیستم ایزولاسیون انجام پذیرد. این نوع تزریق فارغ از هر گونه نفوذ آب و نشت آب باید در محدوده‌هایی که در طرح ذکر شده انجام پذیرد. لازم به ذکر است که در صورت مسکوت ماندن برخی موارد این روش تزریق در نشریه حاضر باید ملاحظات تولید کننده و نتایج آزمایشات معتبر در طراحی مد نظر قرار گیرد.

omoorepeyman.ir

۶-۴- روند کلی طراحی تزریق

در طراحی سیستم تزریق لازم است در ابتدا علل رخداد خرابی تعیین کردید و پس از تعیین هدف از ترمیمی و تزریق به ارائه طرح چگونگی تزریق و مصالح مناسب پرداخت شود. در ذیل گام‌های کلی طراحی سیستم تزریق ارائه می‌شود که در بخش‌های بعدی به ارائه جزئیات طراحی سیستم تزریق از منظر آب‌بندی پرداخته می‌شود.

الف) برداشت وضع موجود و تعیین وضعیت سازه با کلیه آزمایشات لازم

ب) هدف از تزریق و طرح سیستم کلی تزریق

ج) تهیه مشخصات فنی مصالح و روند اجرایی عملیات تزریق

د) کنترل و پایش اجرائی عملیات (تضمین کیفیت و مستندسازی)

ه) تهیه تأییدیه‌های صحت انجام عملیات

۶-۴-۱- برداشت وضع موجود سازه

نحوه و میزان برداشت و بررسی وضع موجود سازه و نوع مستنداتی که باید تهیه شود، بستگی به ماهیت و اهمیت نقص به وجود آمده در سازه دارد. بسته به ماهیت نواقص، مخاطرات و هدف از تزریق مطابق جداول (۶-۱) الی (۶-۸) برداشت‌هایی صورت می‌پذیرد تا وضع موجود مشخص گردد. برای اطمینان از عملکرد مناسب تزریق، تعیین وضعیت رطوبت و نشت براساس جدول ذیل ضروری می‌باشد.

برای ترک‌هایی که گمان می‌رود تأثیر مهمی در میزان ظرفیت باربری، قابلیت سرویس‌دهی و دوام سازه یا اجزاء داشته باشند نیاز به برداشت و آزمایشات بیشتری می‌باشد که طبق جداول (۶-۱) الی (۶-۸) باید انجام شوند. در تحقیقات گسترده‌تر بررسی بیشتر اطلاعات هواشناسی، نوسانات آب و هوایی و فشارهای مربوط به ترافیک نیز مورد نیاز است.

جدول ۶-۱- ترک برداشت‌ها و آزمایشات پایه جهت تکمیل اطلاعات

ردیف	برداشت	تشخیص / روش تحیق	نتایج و مستندسازی
۱	مشخصات سازه مورد نظر	مستندات موجود	برداشت اطلاعات
۲	اقدامات قبلی	مستنداتو تحقیقات موجود	اطلاعات مربوط به اقدامات قبل به عنوان مثال پرکردن ترک‌ها
۳	نوع ترک	ارزیابی چشمی و کرگرفتن	گزارش
۴	مسیرترک	ارزیابی چشمی و کرگرفتن	نمایش گرافیکی و توضیحات (به عنوان مثال فاصله ترک و چیدمان ترک‌ها)
۵	عرض ترک	لوازم اندازه‌گیری و ذره‌بین مقیاس‌دار	ثبت اطلاعات تاریخ، زمان و محل اندازه‌گیری (تخمین حداقل و حداکثر عرض ترک با دقت ۰/۱ میلیمتر)
۶	شرایط رطوبت ترک	ارزیابی چشمی	توصیف‌های تعریف شده در جدول ۷-۸
۷	علت ترک	ارزیابی چشمی، تحقیق و در صورت ممکن محاسبات و تحلیل	تخمین امکان رخداد ترک

omoorepeyman.ir

جدول ۶-۲- ترک، بررسی و تست‌های ثانویه جهت تکمیل اطلاعات

ردیف		برداشت		روش تشخیص و تحقیق	نتایج و مستندسازی
۱	۱-۱	تعیین عرض ترک	کوتاه مدت (دینامیک)	اندازه‌گیری جابجایی (به عنوان مثال با مبدل جابجایی)	با تاریخ، زمان و شرایط آب و هوا و تغییرات ثبت شود
	۱-۲		روزانه	اندازه‌گیری جا به جایی (به عنوان مثال گیج جابه جایی، کرنش و موقعیت سنج)	با تاریخ، زمان و شرایط آب و هوا و تغییرات ثبت شود
	۱-۳		طولانی مدت	پایش ترک (به وسیله فیبر نوری و...)	تغییرات در دوران طولانی احتمالاً چندین ماه با تاریخ و شرایط آب و هوا و شرایط قابل اجراء
۲		هندسه ترک		بازرسی و استفاده از آزمایشات غیر مخرب	عمق ترک، عرض ترک و مسیر ترک
۳		وضعیت بسته ترک		بازرسی، در صورت نیاز نمونه برداری	کاهش چسبندگی و آسیب‌پذیری در برابر پرکننده‌ها، رطوبت نمونه

جدول ۶-۳- درزها، بررسی و تست‌های اولیه

ردیف	برداشت	تشخیص / روش تحقیق	گزارش
۱	نوع درز	نحوه ساخت و ساز و دفترچه ساختمان	گزارش
۲	اقدامات قبلی	مستندات و تحقیقات موجود	نشانه اقدامات قبلی به عنوان مثال فشار
۳	هندسه ترک	بازرسی چشمی و کرگرفتن	ترسیم و توضیحات لازمه
۴	شرایط رطوب درز	بازرسی چشمی	رده‌بندی براساس جدول ۷-۸
۵	علت نفوذ رطوبت	بازرسی چشمی، مطالعات منطقه‌ای و محاسباتی	اطلاعات در مورد ترسیم درز

جدول ۶-۴- درزها، بررسی و تست‌های ثانویه جهت تکمیل اطلاعات

ردیف		برداشت		تشخیص / روش تحقیق	نتایج و مستندسازی
۱	۱-۱	حرکت درزها	کوتاه مدت (دینامیکی)	اندازه‌گیری جانمایی، به عنوان مثال مبدل جابجایی	تغییرات با ثبت زمان، تاریخ و شرایط آب و هوایی
	۱-۲		روزانه	اندازه‌گیری جابجایی، گیج، فشارسنج و مدل موقعیت	تغییر بین قرائت‌های صبح و عصر با فاصله زمانی تقریبی ۱۲ ساعت با تاریخ، شرایط آب و هوایی دمایی
	۱-۳		درازمدت	اتصالات پایشی، پروسه فیبرنوری	تغییرات دراز مدت (هر ماه) با تشخیص تاریخ و شرایط آب و هوایی در صوت نیاز تغییرات دمایی
۲		شرایط درز		بازرسی چشمی در صورت نیاز نمونه‌گیری	رده بندی بر اساس جدول ۷-۸

omoorepeyman.ir

جدول ۶-۵- حفره‌ها، بررسی و تست‌های اولیه

ردیف	برداشت	تشخیص / روش تحقیق	نتایج و مستندسازی
۱	بررسی مشخصات ساختمان مورد نظر	مستندات موجود	---
۲	اقدامات قبلی	مستندات و تحقیقات موجود	اطلاعات مربوط به اقدامات قبلی، به عنوان مثال پر کردن حفرات
۳	شرایط سازه، تشخیص حفرات	ضربه زدن، آندوسکوپی، تست مقاومت و فشار (کر و آزمایش‌های برگشتی)	ساختار، هندسه سازه، مصالح ساختمانی، محل استقرار، توزیع و حجم حفرات، رسوب در حفرات، استحکام قطعه و پایداری
۴	وضعیت رطوبتی حفره‌ها	حفاری خشک (آندوسکوپی)	رده‌بندی بر اساس جدول ۷-۸

جدول ۶-۶- حفره‌ها، بررسی و تست‌های ثانویه جهت تکمیل اطلاعات

ردیف	برداشت	تشخیص / روش تحیق	نتایج و مستندسازی
۱	وضعیت سازه	تست‌های غیر مخرب (ضربه اکو، الکتروسونیک، ترموگرافی و رادار)	نوع و هندسه سازه، مصالح، موقعیت، توزیع و حجم حفرات، پایداری
۲	شرایط حفرات	بازرسی چشمی، آندسکوپی (حفاری خشک)، ترموگرافی، نمونه برداری، تست‌های شیمیایی	رسوبات کاهش دهنده، چسبندگی اتصال، پرکننده‌های آسیب دهنده، رده‌بندی بر اساس جدول ۷-۸

جدول ۶-۷- آب‌بندی سطحی، بررسی‌های اولیه و آزمایشات

ردیف	برداشت	تشخیص / روش تحیق	نتایج و مستندسازی
۱	مشخصات سازه مورد نظر	مستندات موجود	گزارش
۲	اقدامات قبلی	کتاب ساختمان، نقشه‌های ازبیلت مراجعه شود	اطلاعات در مورد اقدامات قبلی از منظر آب‌بندی
۳	تشخیص ملزومات نصب	برنامه‌ریزی‌ها و کاوش‌ها	محل لوله، لوله‌ها، زهکش‌ها و...
۴	شرایط ساختاری، ثبت ساختار آب‌بندی موجود و شرایط موجود خاک	مطالعات ژئوتکنیک، کر گیری و آندوسکوپی	ساختار و هندسه سازه و اطراف آن، وضعیت آب‌بندی و مشخصات خاک و همگنی و وضعیت رطوبت و تخلخل خاک
۵	تحقیقات در مورد خاک بهسازی شده	حفاری کر و یا حفاری عمودی، نمونه برداری، تجزیه و تحلیل شیمیایی	اثرات ناشی از پر کننده‌ها

جدول ۶-۸- شرح وضعیت رطوبت پس از آزمایشات و مشاهدات صورت گرفته

شرح وضعیت	ویژگی
خشک	هیچ‌گونه آبی مشاهده نشود تأثیر نشت آب تشخیص داده نشده است. مدت زمان طولی رخ نخواهد داد. ترک‌ها خشک می‌باشند.
مرطوب	تغییر رنگ در محدوده ترک وجود داشته اما نشت آب رخ نداده. علائم وجود نشتی آب وجود دارد. ترک به طرز چشمگیری مرطوب می‌باشد.
خیس	قطرات ریز آب در محل ترک قابل تشخیص می‌باشد.
آب جاری	آب به طور پیوسته جریان دارد.

omoorepeyman.ir

۶-۴-۲- طرح تزریق

پس از برداشت وضع موجود، تاثیر عیوب بر ظرفیت باربری، قابلیت سرویس‌دهی، آب‌بندی و دوام ارزیابی می‌شود. براساس این ارزیابی، به همراه اطلاعات از سوابق موجود و ترمیم، علت نقص و اهداف و ماهیت تزریق و همچنین احتمال رخداد نقص مشخص می‌شود. با توجه به این مسئله موارد ذیل جهت طرح سیستم تزریق تعیین می‌گردد:

- هدف از تزریق
- اندازه و وسعت اولیه تزریق لازمه جهت دستیابی به هدف
- پرکننده‌ها و ارائه مشخصات فنی مصالح
- نحوه پیشنهادات مورد نیاز جهت تزریق
- حداکثر فشار تزریق
- اقدامات لازم جهت تضمین کیفیت
- مستندسازی
- صلاحیت مجریان

۶-۴-۳- پرکننده‌ها (مصالح تزریق)

- **پرکننده‌های برای پرکردن ترک‌ها و حفره‌ها**

مصالح تزریق برای پرکردن ترک‌ها و حفره‌ها با توجه به عملکردهای اشاره شده (گروه‌هایی F، D و S) طبق جدول (۶-۹) تعیین می‌گردد.

جدول ۶-۹- محل کاربرد توصیه شده برای هر یک از مواد تزریق جهت پرکردن ترک و حفرات

	شرایط رطوبت بر طبق جدول ۷-۸ در زمان انجام عملیات			
	خشک	مرطوب	خیس	آب جاری
پرکردن ترک‌ها به منظور انتقال نیرو	۱،۳،۴	۱،۳،۴	۳	-
پرکردن ترک به منظور آب‌بندی	۱،۲،۳،۴	۱،۲،۳،۴	۲،۳،۴	۲،۴
پرکردن شن زدگی و حفرات، به منظور افزایش ظرفیت باربری	۱،۳،۴	۱،۳،۴	۳	-
پرکردن شن زدگی و حفرات به منظور آب‌بندی	۱،۲،۳،۴	۱،۲،۳،۴	۲،۳،۴	۲،۴

۱ EP
۲ PUR (بجز ژل PUR)
۳ پرکننده‌های معدنی
۴ رزین اکرلیک (بجز ژل اکرلیک)

omoorepeyman.ir

- آزمایش سلامت و ارزیابی مواد تزریق در تماس با آب زیرزمینی و میزان عملکرد آن باید توسط مراجع معتبر تایید شده باشد.

مواد تزریق سخت شده نباید منتشر کننده مواد مضر بهداشتی و زیست‌محیطی باشند. این مسئله با توجه به مشخصات فنی ارائه شده توسط تولید کننده که توسط مرجع معتبر آزمایش شده است، کنترل می‌گردد.

- رفتار خورندگی موارد تزریق

در زمان تزریق در ترک‌ها با مواد تزریق متورم شونده در بتن مسلح، رفتار خورندگی مواد تزریق باید به لحاظ الکتروشیمیایی توسط یک آزمایش معتبر بررسی شده و نتایج در محدوده رواداری‌های آیین‌نامه‌های معتبر طراحی بتن باشد.

- **مصالح تزریق برای پرکردن درزها**

مصالح تزریق برای درزها در شرایط مختلف طبق جدول (۶-۱۰) پیشنهاد می‌شود.

جدول ۶-۱۰- محل کاربرد توصیه شده برای هر یک از مواد تزریق جهت پرکردن درزها

		شرایط رطوبت بر طبق جدول ۷-۸ در زمان انجام عملیات تزریق			
		خشک	مرطوب	خیس	آب جاری
درزهای حرکتی و انبساطی	پرکردن انتقال نیرو	مجاز نیست	مجاز نیست	مجاز نیست	مجاز نیست
	پرکردن آب‌بند	نقطه موقتی ۲,۴	نقطه موقتی ۲,۴	نقطه موقتی ۲,۴	نقطه موقتی ۲,۴
درزهای اجرائی	پرکردن انتقال نیرو	۱,۳,۴	۱,۳,۴	۳	-
	پرکردن آب‌بند	۱,۲,۳,۴	۱,۲,۳,۴	۲,۳,۴	۲,۴
درزهای کنترلی	پرکردن انتقال نیرو	۱,۳,۴	۱,۳,۴	۳	-
	پرکردن آب‌بند	۱,۲,۳,۴	۱,۲,۳,۴	۲,۳,۴	۲,۴

۱ EP
۲ PUR (بجز ژل PUR)
۳ پرکننده‌های معدنی
۴ رزین اکرلیک (بجز ژل اکرلیک)

- **مصالح تزریق پرده آب‌بند در تماس با خاک**

مصالح مورد استفاده در در تشکیل پرده آب باید به گونه‌ای باشد که در زمان مواجه با آب متورم شده و نقش سد کنندگی در برابر آب را داشته باشند. در صورت عدم رطوبت، مصالح واکنش داده شده دارای حجم کوچکی می‌باشد که به محض تماس آب با ژل (نشتی)، ژل‌ها دوباره متورم می‌شوند و راه‌های نفوذی آب را سد می‌کنند. معمولاً در وجود رطوبت خاک از این روند کوچک شدن و بزرگ شدن صرف‌نظر می‌شود.

omoorepeyman.ir

با توجه به اینکه عملیات تزریق در این حالت سبب بسته شدن راه‌های نفوذآب موجود می‌شود، احتمال ایجاد راه نفوذ جدید در آینده به دلیل وجود رطوبت در خاک وجود داشته که نیاز به تکمیل عملیات در طرح عملیات تزریق در آینده می‌باشد. باتوجه به این مسئله رخداد نشت‌های جدید جزء قصور طراح و پیمانکار نمی‌باشد. در طرح عملیات تزریق باید احتمال نیاز به تزریق‌های آتی اشاره شود. مواد تزریق مورد استفاده جهت تشکیل پرده آب‌بند نیز در تماس با خاک باید شرایط جدول (۶-۱۱) را برآورده نماید.

جدول ۶-۱۱- الزمات مورد نیاز برای مواد تزریق متورم شونده برای پرده آب‌بند

تست	اختلاط	محدودیت
خاصیت ویسکوزیته بعد از اختلاط با درصد استاندارد برطبق دستورالعمل سازنده	مواد دو جزئی بدون واکنش دهنده نمک	باید ارائه شود
خاصیت تغییر شکل پذیری	مواد دو جزئی بدون واکنش دهنده نمک	> 15 %
تغییرات حجم و وزن بعد از خشک شدن و در معرض آب بودن	ژل / تست اختلاط	—
تغییرات حجم و وزن نگهداری در مخزن آب (۱۶۵ ساعت)	اجراء مواد دو جزئی	> 15 %
تغییرات حجم و وزن نگهداری در مخزن آب (۱۶۵ ساعت)	تست مواد	> 3 %
نفوذپذیری	—	$1*10^{-8}$ m/s

۶-۵- طرح سیستم تزریق از منظر آب‌بندی

با توجه به مطالب اشاره شده در بخش قبل در ادامه به ارائه طرح سیستم تزریق از منظر آب‌بندی پرداخته شده است.

۶-۵-۱- سیستم تزریق به عنوان بخشی از فلسفه طراحی

در زمانی که سیستم تزریق به عنوان بخشی از فلسفه طراحی می‌باشد، باید دقت نمود که سیستم تزریق به نحو مناسبی طراحی گردیده تا دسترسی کامل به نقاط مختلف وجود داشته باشد. عواملی ناخواسته در اجراء (نظیر قطع بتن‌ریزی در محل غیر از طراحی) باید در طرح به روزرسانی شده و جزئیات مناسب ارائه شده در ذیل در طراحی‌ها منظور شود:

- تزریق در حفرات و سوراخ‌های ناحیه سقف مانند فاصله خالی طاق (به وسیله نازل تزریق، لوله‌های گروت پیش از بتن‌ریزی و شلنگ‌ها) امکان‌پذیر باشد.
- امکان تزریق در پشت قطعات مدولار بتنی (به وسیله نازل و شلنگ‌های تزریق) وجود داشته باشد.
- شلنگ‌های تزریق روی واتراستاپ‌ها و پروفیل فلزی مطابق ذیل وجود داشته باشد:
  - شلنگ‌های تزریق با توجه به ملزومات و ضوابط فصل ۳ برای آب‌بندی به وسیله غشاء ژئوممبران
  - شلنگ‌های تزریق در مرکز جان واتراستاپ در سرتاسر محیط در تونل‌های تحت فشار هیدرواستاتیک آب
  - شلنگ‌های تزریق برای واتراستاپ‌های داخلی
- اجرای شلنگ تزریق در انتهای واتراستاپ حباب دارد

omoorepeyman.ir

- امکان تزریق برای درزهایی که به لحاظ تکنیکی به سختی تحت کنترل هستند وجود داشته باشد.
- تزریق در محدوده تغییرات سازه‌ها و نواحی انتقالی امکان‌پذیر باشد.
- امکان تزریق در محدوده ورودی‌ها و خروجی‌ها وجود داشته باشد.
- سیستم تزریق باید در محل مناسب و قابل دسترسی جهت تزریق کردن باشد.
- شلنگ‌های تزریق باید مناسب با محدودیت‌ها و مقتضیات سازه زیرزمینی بوده و موارد ذیل در این خصوص رعایت شود.
  - هندسه شلنگ باید به صورت دایره‌ای بوده و از ایجاد کنج و گوشه جلوگیری بعمل آید.
  - در تزریق مواد سیمانی، وجود مش و پوشش فابریک شلنگ تزریق که سبب جداسازی دانه‌های مواد تزریق می‌شود، مجاز نمی‌باشد.
  - پایداری و مقاومت کافی شلنگ‌ها در زمان نصب تحت شرایط غالب اجرائی امری ضروری می‌باشد.
  - هندسه نصب شلنگ‌های تزریق وابسته به قطر، طراحی شلنگ و نوع مصالح تزریق می‌باشد.
  - مناسب بودن گروت تزریق مطابق بخش بعد در سازه‌های زیرزمینی (طول عملکردی مصالح تزریق با توجه به گروت، مصالح تزریق سازگار، فشار تزریق و...) تعیین می‌گردد.
  - طول‌های تجربی شلنگ‌های تزریق براساس نوع مصالح تزریق و قطر شنلگ مصالح تزریق در جدول (۶-۱۲) ارائه شده است:

جدول ۶-۱۲- وابستگی قطر و طول شلنگ تزریق براساس مصالح تزریق

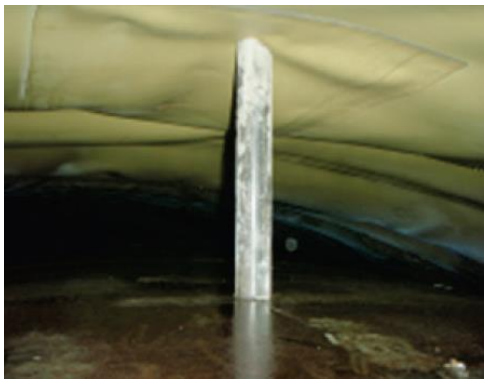
قطر داخل شلنگ‌های تزریق	≥ 6 mm	≥ 10 mm	≥ 19 mm
گروت‌های پایه سیمانی (D95 ≤ 3 mm)	-	-	15 m
گروت‌های پایه سیمانی (D95 ≤ 1 mm)	-	15 m	20 m
گروت‌های پایه سیمانی (D95 ≤ 9,5 µm)	-	20 m	25 m
رزین سیلیکات	-	20 m	25 m
ژل اکرلیک	15 m	30 m	30 m
رزین پلی ارتان	15 m	30 m	30 m

- **تزریق فضای خالی سقف**

حفرات و فضای خالی باقی مانده بعد از عملیات اجرایی بتن که غالباً در سقف می‌باشد، باید به نحوه مناسب و با پایداری کافی توسط مصالح پایه سیمانی مطابق بخش رواداری‌ها، تزریق گردد. عملیات تزریق توسط نازل‌های تزریق سقف (شکل (۶-۵)، حداقل ۴ در هر محدوده تفکیک شده) شلنگ‌های نواری تزریق (شکل (۶-۶) حداقل سه ردیف)، یا نازل‌های تززیق

omoorepeyman.ir

(شکل (۶-۷)، حداقل ۸ عدد) انجام می‌شود. نحوه اجرا و اتصال نازل‌ها و شلنگ‌ها در زمان بهره‌مندی از دیگر سیستم‌های آب‌بندی باید مطابق ضوابط و معیارهای مربوطه و طبق نظر طراح صورت پذیرد.



شکل ۶-۵- نازل گروت‌ریزی سقف شامل نوار محافظ

شکل ۶-۶- شلنگ‌های تزریق

شکل ۶-۷- نازل تزریق با شلنگ‌های پر کننده

در زمان تزریق فضای خالی سقف در تونل‌های بدون فشار هیدرواستاتیک آب، باید این اطمینان حاصل شود که مصالح تزریق به هیچ عنوان وارد سیستم زهکشی نگردد. جهت اطمینان از این امر لازم است که پس از عملیات تزریق در این نوع از تونل‌ها، باید مسیر سیستم زهکشی به وسیله آب به طور کامل تمیز و شستشو گردد. در محدوده‌های درزهای فشاری، جهت جلوگیری از فرار مواد تزریق از یک نوار فوم به صورت یکپارچه استفاده می‌شود. آغار پروسه تزریق از نزدیکترین

omoorepeyman.ir

نقطه تحتانی محدوده تفکیک شده به طور پیوسته تا نقاط تاج به طوری که محدوده خالی کاملا با مواد تزریق پرشود، انجام می‌شود.

- **سیستم پشتیبانی تزریق در محدوده‌های تفکیک شده در سیستم آب‌بندی به وسیله غشاء ژئوممبران**

برای اطمینان از چسبندگی پوسته داخل بتن آرمه و ژئوممبران در تونل با وجود فشار آب، یک سیستم پشتیبانی تزریق با توجه به ضوابط فصل سوم طراحی و اجراء می‌گردد. پروسه پرنمودن فضای خالی مابین ژئوممبران و در بتن باید به صورت سیستماتیک و مشخص باشد. محدوده داخل تونل به وسیله روش تفکیک سطوح به بخشهای مجزا به عنوان مانع گسترش مواد تزریق به دیگر نواحی تقسیم می‌شود. توصیه می‌شود در سیستم پشتیبانی تزریق در محدوده‌های تفکیک شده (جهت تشکیل پرده آب‌بند مابین ژئوممبران و سازه) در زمان سخت شدن بتن قبل از بازگرداندن آب به سطح تراز طبیعی خود را انجام می‌شود.

جهت جلوگیری از اثرات مخرب به سیستم آب‌بندی به دلیل تنش در زمان اجرا و بهره‌برداری (فشار هیدرواستاتیک آب) ملزومات توصیه می‌گردد:

- شلنگ‌های پرکننده برای نازل‌های تزریق باید حداقل قطر داخلی برابر با ۱۹ میلیمتر داشته باشند.
- شلنگ‌ها در مسیر مستقیم نصب شوند (مثلا در راستای قالب بندی)
- نوار فوم پیرامونی جهت عملکرد مانع کننده در درزهای فشاری اجرا شود.
- عملیات تزریق از طریق نازل‌های تزریق انجام می‌شود. تعداد و فاصله نازل‌ها و شلنگ‌هابر اساس ضوابط فصل سوم اجرا می‌شود.
- شلنگ‌های پرکننده باید به وضوح مشخص شده باشد و با هر بخش عملیات تزریق همخوانی داشته باشد (معمولاً به وسیله رنگ).
- از ثابت ماندن محل نازل‌ها در طی عملیات بتن‌ریزی اطمینان حاصل شود.
- محل نازل‌ها باید در مجاورت قطعات نگهدارنده ژئوممبران (واشرها) باشد.
- عوامل عملیات اجرائی (آرماتوربندی، سیستم آب‌بندی، بتن‌ریزی و...) باید با هماهنگی افراد متخصص اجرای ترزیق فعالیت کنند تا سبب اختلال در سیستم تزریق نشوند.
- شکل‌گیری سیستم تزریق پشتیبانی محدوده‌های تفکیک شده باید قبل از هر گونه عملیات ترمیمی سازه تونل صورت گرفته باشد.
- در ابتدا سیستم تزریق پشتیبان محدوده‌ها با حرکت از پایین (کف) به بالا (طاق به سقف) اجرا می‌شود. سپس عملیات گروت‌ریزی در واتر استاپ‌ها به وسیله شلنگ‌های گروت پیش بتن‌ریزی (با ادغام کامل واتر استاپ با مهارهایی در سقف) صورت می‌پذیرد. پس از آن در صورت نیاز عملیات گروت‌ریزی از طریق شلنگ‌های تزریق روی واتراستاپ‌ها انجام می‌شود. وجود عیب در عملیات تزریق توسط تزریق از نزدیک‌ترین پکر برطرف می‌شود.

omoorepeyman.ir

- برای حاصل شدن یک سطح تزریق یکپارچه باید عملیات تزریق به طور پیوسته اجرا شود. عملیات تزریق هر محدوده تفکیک باید بدون وقفه طولانی انجام شود.
- پروسه تزریق باید به صورت مستمر برطبق ترتیب پکرها، فشار و مقدار تزریق، زمان تزریق و دیگر تحلیل صورت گرفته مستندسازی شود.
- فشار استاندارد تزریق برابر با ۱ الی ۲ بار می‌باشد. بیشینه فشار برطبق میزان مقاومت لایه غشاء آب‌بند و پوسته داخل سازه بتن آرمه مشخص می‌شود (مطابق نظر طراح تونل و فشار هیدرواستاتیک آب) استفاده از فشارهای اولیه بیشتر (خارج از حد مجاز) جهت مشخص شدن مسیر تزریق مابین ژئوممبران و پوسته داخل سازه تونل مجاز می‌باشد.
- پس زدگی مواد تزریق از درزها، پکرهای نصب شده باید در گزارشات مستند سازی شود.
- جهت بازیابی و افزایش مسیر تزریق باید آب و همه پکرها تزریق شود. این کار باید برای سه محدوده تفکیک شده قبل از عملیات تزریق انجام شود.
- قبل از هرگونه آغاز عملیات تزریق باید فشار بیشینه توسط مهندسین طراح سازه و سیستم آب‌بندی تعیین شود.
- نحوه حرکت در محدوده‌های تزریق شده باید کاملاً مستند سازی شود.
- عملیات تزریق در زمان خروج مواد متوقف شده و پس از بستن مسیر خروج عملیات تزریق دوباره ادامه یابد.

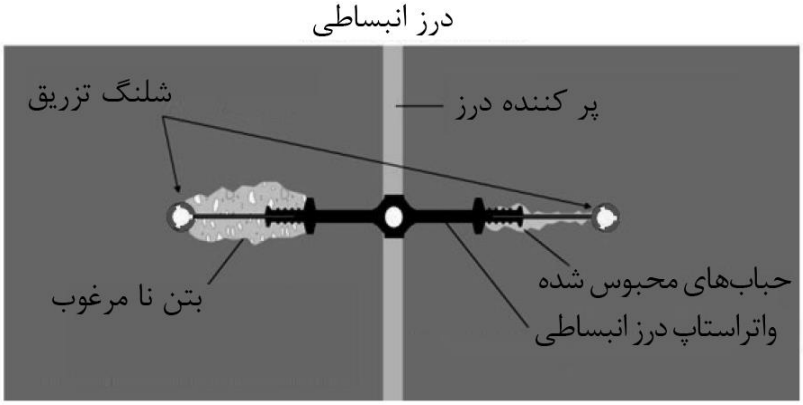
- **شلنگ‌های تزریق روی واتراستاپ‌های پروفیلی و فلزی**

اگر شلنگ‌های تزریق جهت سیستم پشتیبانی تزریق اجرا می‌شود، باید در سمتی داخل و یا روی واتراستاپ‌ها نصب شوند. این مسئله از جریان کنترل نشده مواد تزریق به زمین در زمان تزریق در شلنگ‌ها جلوگیری نموده و سبب کاهش ریسک نشت آب در زمان بهره‌برداری می‌شود. جهت تزریق قبل از بهره‌برداری معایب حفرات و فضاهای خالی بتن در اطراف واتراستاپ‌های مدفون شده در بتن آب‌بند، باید واتراستاپ‌های پروفیلی و فلزی، قابلیت اجرای شلنگ تزریق را داشته باشد. شکل (۷-۸) نمایی از واتراستاپ‌های تزریق شده (بیشینه مقدار فاصله تثبیت شده از مرکز برابر ۱۵ سانتیمتر) نشان داده شده است. در صورت وجود آب با فشار بیش از ۳ متر توصیه می‌شود، در شلنگ‌های تزریق نصب شده در واتراستاپ‌های داخلی حتما باید عملیات تزریق انجام شود.

در شلنگ‌های تزریق نصب شده در واتراستاپ‌های خارجی مورد استفاده سیستم آب‌بندی به وسیله غشاء ژئوممبران در صورت نیاز عملیات تزریق صورت می‌گردد. در زمان نصب شلنگ‌های تزریق مسیرهای مستقیم انتخاب شده و از مسیر پیچیده جلوگیری گردیده و بر طبق حداقل شعاع چرخش مشخص شده توسط تولید کننده طراحی و اجرا گردند.

omoorepeyman.ir

شلنگ‌های تزریق باید مقاومت کافی در برابر عدم ورود مواد خورنده ملات سیمان در زمان اجراء به داخل را داشته باشد. در غیر این صورت شلنگ‌های تزریق بلافاصله بعد از عملیات بتن‌ریزی باید توسط آب شسته شوند.



شکل ۶-۸- واتراستاپ داخلی در انبساطی همراه با سیستم شلنگ تزریق و مقابله با آثار مخرب

۶-۵-۲- تزریق برای کارهای ترمیمی (آب‌بندی پس از ساخت)

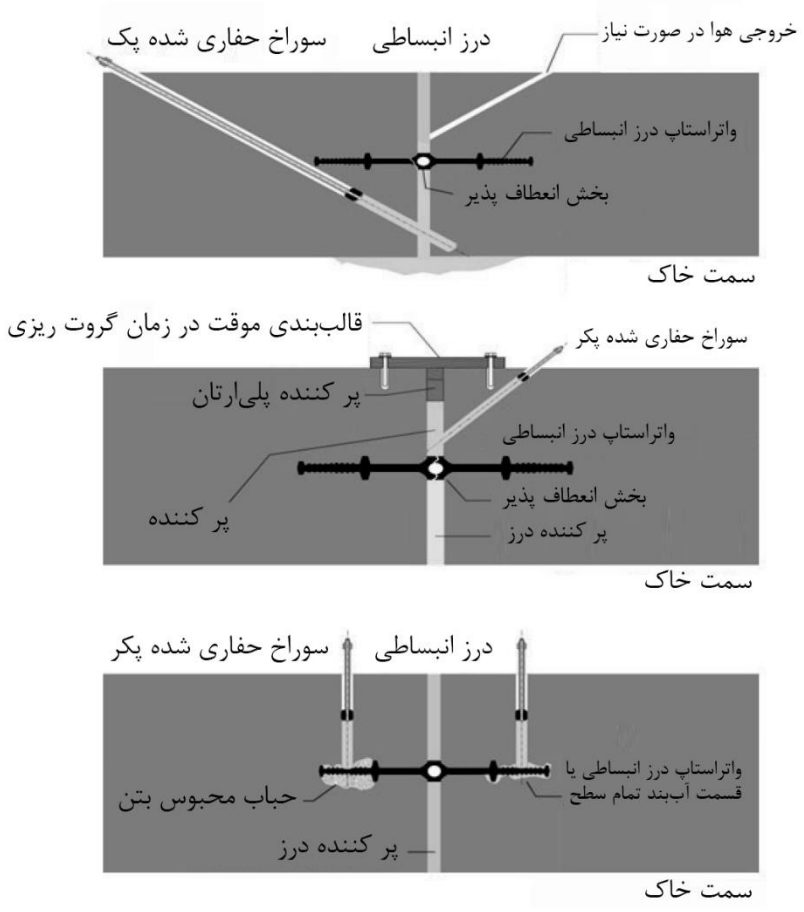
این نوع عملیات تزریق شامل موارد ذیل می‌باشد:

- درزهایی با نشت آب
- سازه‌های بتنی دارای عیوب (مانند شن زدگی)
- حفرات بتن
- ترک‌های بتن
- نشت در اطراف ورودی و خروجی‌ها
- خرابی در عایق ژئوممبران

در درزهایی که نشت آب دارند به وسیله عملیات تزریق در پکرهای نصب شده می‌بایست انجام شود تا سیستم به حالت آب‌بند باز گردد. شکل (۶-۹) نمایی از این حالت اجراء را نشان می‌دهد.

omoorepeyman.ir

شکل ۶-۹- عملیات تزریق در درزهایی با نشب آب



شکل ۶-۱۰- عملیات تزریق در درزهایی با نشب آب

- نشت به دلیل خرابی ژئوممبران به وسیله اجرای صحیح سیستم تزریق به وسیله مصالح مناسب ترمیم می‌گردد. عملیات تزریق با ایجاد یک پرده آب‌بند به وسیله طرح جانمایی مناسب پکرگذاری مشخص انجام می‌شود.

omoorepeyman.ir

- در عملیات تزریق واتراستاپ به عنوان یک مانع جهت کاهش مصرف مواد عمل می‌نماید. در صورت عدم وجود واتراستاپ، نیاز است که در ابتدا یک مانع به وسیله تزریق کرده است ایجاد شود و سپس عملیات تزریق انجام شود.
- جهت عدم کاهش عملکرد ژئوممبران پس از تزریق لازم است که از مواد انعطاف‌پذیر تزریق استفاده شود.

۶-۶- مصالح تزریق / گروت‌ریزی از منظر آب‌بندی

مصالح تزریق /گروت‌ریزی باید با دیگر مصالحی که در تماس با آن هستند، سازگار باشند. همچنین عملکرد مناسب مصالح تزریق در برابر مواد خورنده آب زیرزمینی باید به اثبات رسیده باشد. کاربرد مصالح گروت‌ریزی تزریق در جدول (۷-۱۳) لیست شده است که الزامات آن باید مطابق با بخش رواداری تامین گردد. در ادامه انواع مصالح گروت و تزریق ارائه شده است:

۶-۶-۱- گروت پایه سیمانی

گروت پایه سیمانی باید از پودر سیمان پایدار با مشخصات زیر باشد:

- پمپ‌پذیری و روان بودن خیلی مناسب
- حداقل جمع شدگی و سخت شدگی یکنواخت
- ته‌نشینی و جداشدگی خیلی کم دانه‌ها
- خاصیت آب‌بندی بالا

گروت‌های پایه سیمانی (با فیلر پایه معدنی) معمولاً برای پرکردن ترک‌ها، حفرات و معایب بتن جهت دستیابی به مقاومت مورد استفاده قرار می‌گیرند. میزان مقاومت و سطح پرکنندگی این مصالح در مشخصات فنی ارائه می‌شود. معمولاً از پلاستیسایزر و در برخی موارد از مواد تأخیری و یا موارد منسبط شونده (نظیر بنیتونیت) به عنوان افزودنی مورد استفاده قرار می‌گیرد. محصول عمل آوری شده عموماً به حالت صلب می‌باشد. معایبی که در ترکیبات نظیر دانه‌بندی، بیشینه سایز دانه‌ها و نرمی متفاوت هستند شامل ملات‌های سیمانی، چسب یا خمیر سیمان، سوسپانسیون‌های پودر پایه سیمانی و سوسپانسیون سیمانی می‌باشند که کاربرد هریک از آنها براساس عرض ترک توسط طراح تعیین می‌شود.

سرعت عکس‌العمل گروت‌های سیمان براساس نرمی و میزان نسبت آب به سیمان تعیین می‌شود که تمایل به انقباض با افزایش نرمی افزایش می‌یابد. بنابراین مصالح با تمایل انقباض زیاد (نظیر سیمان‌های با ذرات میکرونی) ممکن است نیاز به گروت‌ریزی مجدد را دارند. در زمان بهره‌مندی از گروت‌های پایه سیمانی، امکان جداشدگی دانه‌ها که براثر جریان آب و یا مصالح فیلتر نظیر پوشش رویه شلنگ‌های تزریق، باید کنترل شود.

omoorepeyman.ir

۶-۶-۲- ژل اکرلیک

ژل‌های اکرلیک از پایه اکرلیک و یا متاکرلیک با خاصیت متورم شوندگی در تماس با آب هستند که به فرم محصول منعطف و لاستیکی عمل‌آوری می‌شوند. زمان عکس‌العمل و گیرش به نوع کاربری آن وابسته است. همچنین ژل سخت با مشخصات الاستیک قوی‌تر نیز تولید می‌شود که تنها تفاوت این محصولات به لحاظ شیمیایی در میزان آب تشکیل دهنده که در نقش یک پلاستیسایزر است، می‌باشد. ژل‌های نرم اکرلیک برای آب‌بندی‌های با هدف انعطاف‌پذیری نظیر آب‌بندی محدوده‌های تفکیک شده یا گروت‌ریزی درزهای انبساطی مورد استفاده قرارمی‌گیرد. علاوه بر عملکرد آب‌بندی، ژل‌های سخت مشخصه تحکیمی داشته که به هر حال با مقاومت فشاری پلی‌ارتان و یا رزین‌های تزریق سیلیکات قابل مقایسه نمی‌باشند. رزین‌های اکرلیک برای گروت‌ریزی مناسب نبوده و بیشتر جهت کف‌سازی مورد استفاده قرارمی‌گیرد.

مزیت اصلی ژل‌های اکرلیک، کرنش بالای آنها در زمان شکست و ویسکوزیته پایین (در مورد آب) در زمان اختلاط می باشد. ژل‌های اکرلیک تزریق شده در محدوده‌های خیس یا پرشده با آب باید چسبندگی مناسبی با محدوده‌های سیمانی، درزها و کناره ترک‌ها داشته باشند و توانایی مقابله با آب به وسیله اثر تورم شوندگی که بعد از اتمام گروت‌ریزی رخ می‌دهد را داشته باشند.

۶-۶-۳- رزین‌ها و فوم‌های پلی ارتان

مصالح بسیار متنوعی بر پایه پلی ارتان برای آب‌بندی وجود دارد. گروت‌های ترمیمی ترک در بخش رواداری‌ها ارائه شده است. دو جزء رزین و فوم پلی ارتان عموماً نقش سدکنندگی آب را داشته و گیرش سریع و یا فاکتور فوم شوندگی بالای آن، سبب چسبندگی مناسب با کناره درزها می‌شود. این واکنش یک واکنش حرارت‌زا بوده که سبب افزایش دما می‌گردد.

۶-۶-۴- رزین‌ها و فوم‌های سیلیکات

رزین‌های سیلیکات دوجزئی دارای گیرش سریع و انعطاف‌پذیری متوسط هستند. فوم پایه سیلیکات جهت پرکردن ترک‌ها، حفرات و سوراخ‌ها در معدن، عملیات عمرانی، تحکیم شوندگی و سدکنندگی آب مورد استفاده قرارمی‌گیرند.

با اختلاط دوجزء، یک امولسیون یکنواخت حاصل می‌شود که جذب آبی در ناحیه گروت‌ریزی نداشته ولی با توجه به وزن مخصوص خود، آب را خارج می‌نماید. ماده مخلوط شده در ابتدا به صورت سیال بود که به سرعت با جذب گرما مشخصات جریانی آن تغییر می‌یابد. اگر رزین سیلیکاتی در درزهای انبساطی ثابت نگه داشته نشود، به سرعت به حالت غیرسیال، سخت و بدون خاصیت فوم شوندگی تغییر حالت می‌دهد.

در فضاهای محدود نظیر ترک‌ها، حفرات، درزها و .... فوم‌های سیلیکات به حداکثر خاصیت فوم شوندگی که به صورت طبیعی در محیط باز می‌رسد، دست پیدا نمی‌کند. این مسئله سبب تحکیم بالا، تراکم و مقاومت فوم به واسطه که

omoorepeyman.ir

چسبندگی به سیمان‌های شل، ماسه، شن و سنگ می‌شود. گروت تزریق رزین سیلیکات دارای خاصیت آب‌بندکنندگی آب، فشار، بخار است و توانایی انتقال نیروی فشاری در صورت نیاز را نیز دارند.

۶-۷- کارکرد گروت‌ها و مصالح تزریق از منظر آب‌بندی

در جدول (۶-۱۳) انواع کارکرد گروت‌ها و مصالح تزریق از منظر آب‌بندی ارائه شده است:

جدول ۶-۱۳- ماتریس تصمیم‌گیری برای انتخاب گروت

کارگرد / گروت	گروت ریز فضای خالی سقف	تمام سطوح (محدوده تفکیک شده)	ترمیم واتر استاپ (بتن تزریق لوله‌های تزریق)	تزریق واتر استاپ (سیستم شلنگ تزریق)	ترمیم درزهای مابین قطعات	تمام سطوح بتن تزریق آب‌بندی
گروت‌های پایه سیمانی ($D95 \leq 3$ mm)	X	X	X	-	-	-
گروت‌های پایه سیمانی ($D95 \leq 1$ mm)	O	X	X	O [3),7)]	-	O [7)]
گروت‌های پایه سیمانی ($D95 \leq 9{,}5$ µm)	O	X	X	O [3),7)]	-	O [7)]
ژل انعطاف پذیر اکرلیک	-	-	-	X [3),4)]	X [3), 4), 6)]	X [5)]
رزین انعطاف پذیر پلی ارتان	-	-	-	X [2),8)]	X [2), 8)]	-
رزین سیلیکات	-	O [1)]	O	-	X[1)]	O
فوم سیلیکات	-	-	-	-	X[1)]	-

(علائم جدول بیانگر : امکان‌پذیر است = O و مناسب نیست = - و توصیه می‌شود = X)

۱) تزریق به وسیله شلنگ‌های تزریق به علت زمان واکنش کوتاه امکان‌پذیر نیست. بهره‌مندی از حفاری و پکرگذاری و یا لنزهای تزریق با حداقل خطر داخلی ۱۰ میلمتر لازم است.

۲) عکس‌العمل فوم‌شوندگی اگر تماس با آب سبب گرمای بالای می‌شود با توجه به آن تمامی مراحل اجراء باید کنترل گردد.

۳) برخی از انواع مواد در این حالت توانایی چندبار تزریق را دارا می‌باشند.

۴) تزریق به وسیله سیستم شلنگ‌های تزریق که به واتراستاپ متصل می‌باشند، صورت می‌پذیرد.

۵) ترمیمی در ابتدا به وسیله پرکردن نقص‌ها و حفرات به وسیله گروه سیمانی انجام می‌شود. بعد از فاز تزریق سیمانی گروت‌ریزی جهت آب‌بندی به وسیله رزین پلی ارتان یا ژل اکرلیک انجام شود.

۶) از طریق سوراخ حفاری و پکرگذاری شده

۷) جهت پیش آب‌بندکنندگی ممکن است رزین‌های مصنوعی و یا ژل اکرلیک جهت پیش تزریقی و عملکرد بالای آب‌بندی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۸) تزریق دوباره یا چندباره توسط همان سیستم مورد استفاده امکان‌پذیر نمی‌باشد.

omoorepeyman.ir

۶-۸- پروسه تزریق

در پروسه تزریق نکات ذیل باید بطور کلی مدنظر قرار گیرد:

- گروت‌ریزی و تزریق در هر محدوده باید از پایین به بالا انجام شود.
- قبل از آغاز عملیات تزریق لازم است از صحت و بازبودن مسیر حرکتی (شلنگ‌ها و نازل‌ها و...) توسط عبور آب اطمینان حاصل شود (همچنین تزریق آب می‌تواند به عنوان یک فعال کننده برخی مصالح تزریق عمل نماید).
- در خصوص اجرای عملیات تزریق در ابتدا از یک طرف مواد تزریق وارد شده و پس از خروج از انتهای دیگر و بدون وجود هرگونه حباب هوا، انتهای سیستم تزریق بسته شده و فشار تزریق به صورت آهسته تا فشار طراحی افزایش یافته و این عمل تا زمان خروج مواد از حفرات، درزها و... ادامه می‌یابد.

عملیات تزریق پایه به صورت کامل مستندسازی شود. مقدار، زمان و فشار تزریق باید برای هر منقطه تزریق شده به تفکیک در گزارش ارائه گردد.

۶-۹- اجرای تزریق

۶-۹-۱- کلیات

برنامه‌ریزی اجرای عملیات تزریق باید حداقل شامل موارد ذیل باشد:

- طراحی و تعیین بهترین زمان تزریق (گزارشات و طراحی و مستندات)
- دستورالعمل (شیوه نامه اجراء)
- تجهیزات مورد نیاز کارگاهی (وسیله حفاری، پمپ، پکر و...)
- تأمین و انبارداری مواد مصرفی
- مستندات‌سازی روش اجراء و نتایج آن

انتخاب روش تزریق مناسب، باتوجه به وضعیت سازه، آرماتورها و هدف از تزریق و نوع مصالح انتخاب می‌شود.

- **اقدامات حفاظتی لازم برای افراد، سازه و محیط زیست**

افراد: ایمنی تمامی فعالیت‌های افراد باید براساس ضوابط ایمنی کارگاه ومراجع معتبر تأمین گردد. استفاده از عینک و دستکش مناسب صراحتاً توصیه می‌شود.

سازه: به دستورالعمل ایمنی ارائه شده در کارگاه مراجعه شود.

محیط زیست: باتوجه به مشکلات به وجودآمده در گذشته بایدتوجه ویژه‌ای به موارد زیر صورت پذیرد:

- دفع مناسب مواد پاک‌کننده و تمیزکننده تجهیزات و...
- دفع مناسب بقایای مواد تزریق باقیمانده

omoorepeyman.ir

- دفع مناسب ظروف باقیمانده
- دفع مناسب مواد متفرقه (مته‌ها، خاک حفاری، زباله‌های خرد شده، مواد پرکننده، پارچه‌ها و...)

۶-۹-۲- فشار تزریق

فشار تزریق مناسب با توجه به نوع و جنس مصالح، مقاومت فشاری سازه، محل و نوع آرماتور موجود، وجود عایق، ماده تزریق مورد استفاده و هدف تزریق تعیین می‌گردد. براساس همین عوامل روش‌های تزریق به شرح ذیل تقسیم می‌گردد.

- **روش تزریق با فشارهای مختلف:**

- **روش تزریق با فشار کم:**

در این روش حداکثر فشار تزریق برابر با ۱۰ بار می‌باشد. این روش در محل‌هایی مورد استفاده قرار می‌گیرد که مصالح و جنس سازه و محیط تزریق تحمل فشارهای بالا را ندارد. به عنوان مثال تزریق در فضای مابین ورق ژئوممبران و سازه و یا پرده آب‌بند پشت سازه اشاره نمود.

- **روش تزریق با فشار بالا:**

در این روش فشار تزریق برابر یا بیش از ۱۰ بار می‌باشد. این روش در محل‌هایی مورد استفاده قرار می‌گیرد که مصالح و جنس سازه و محیط تزریق تحمل فشارهای بالا را داشته باشد مورد استفاده قرار می‌گیرد. به عنوان مثال می‌توان به تزریق در ترک سازه‌های بتنی اشاره نمود.

- **روش تزریق خاص – خلاء:**

در این روش مواد تزریق به وسیله مکش در ترک‌ها و حفراتی که خلاء در آن ایجاد شده است صورت می‌گیرد. لازمه انجام عملیات تزریق به این روش این است که ترک‌ها و حفرات مقاومت لازم جهت شکل‌گیری خلاء در داخل آنها را داشته باشند. مزیت این روش این است که تقریباً تمامی ترک‌ها و حفرات با مواد تزریق پر می‌شود. با توجه به خطرات و فشار بالا تمامی مراحل این روش باید توسط افراد متخصص و آموزش دیده انجام شود.

۶-۱۰- پایش و کنترل کیفیت تزریق

سیستم‌های تزریق و آب‌بندی واتراستاپ و درزها باید براساس ضوابط ارائه شده در این نشریه کنترل و بازرسی شوند مصالح باید مستند سازی گردد. تمامی مراحل پایش و کنترل کیفیت مصالح باید مستندسازی گردد. در ذیل نکات کلی ارائه می‌گردد.

- تمامی مدارک باید کنترل گردد (نباید بیش از ۵ سال از تاریخ مدارک گذشته باشد) مصالح مورد استفاده باید الزامات بخش رواداری را داشته و دارای مدرک استاندارد باشد.

omoorepeyman.ir

- گروت باید دارای توانایی مقابله با آتش براساس استانداردهای معتبر را داشته باشد و مشخصات مصالح آن باید طبق مشخصات فنی طرح کنترل گردد.
- ژل اکرلیک نباید خاصیت خورندگی برروی فولاد و یا واتراستاپ فلزی داشته باشد.
- تست‌های سازگاری روی واتراستاپ و ژئوممبران باید انجام گردد.

۶-۱۱- تجهیزات

۶-۱۱-۱- پمپ‌های تزریق

پمپ‌های تزریق مصالح تزریق را در داخل ترک‌ها، حفرات و نواقص پمپ می‌کنند. از وسایل مدرج جهت اندازه‌گیری مقدار مواد مصرف شده و فشار هر مرحله تزریق استفاده می‌شود. دستگاه‌هایی که میزان دوز مصرفی مواد و فشار سنج دارند. امکان کنترل و پایش کمتر را برای اپراتور فراهم می‌کند.

پمپ‌های تزریق با توجه به امکان اختلاط تعداد اجزاء مختلف به موارد ذیل تقیسم می‌شوند:

- پمپ‌های تک جزئی
- پمپ‌های چند جزئی

پمپ‌های تزریق براساس و روش کارکرد شامل موارد ذیل می‌باشند:

- پمپ‌های دیافراگرامی
- پمپ‌های پستونی
- پمپ‌های چرخشی
- پمپ‌های خاص

۶-۱۱-۱-۱- پمپ‌های تزریق متفاوت در تعداد اجزاء قابل اختلاط

الف) پمپ‌های تزریق تک جزئی

در این نوع از پمپ‌ها امکان پمپ کردن یک جزء یا یک ماده تزریق از قبل مخلوط شده وجود دارد. پروسه عمل‌آوری و زمان گیرش مواد باید به دلیل افزایش مداوم ویسکوزیته در نظر گرفته شود.

ب) پمپ‌های چند جزئی

در این پمپ‌ها انواع مواد جزء توسط دستگاه اختلاط با هم مخلوط می‌شوند. محل قراگیری دستگاه اختلاط درز در نزدیکی محل تزریق و پکرها می‌باشد. این پمپ‌ها توانایی پمپ مواد تزریق با زمان گیرش پائین را دارا می‌باشند.

omoorepeyman.ir

۶-۱۱-۱-۲- پمپ‌های تزریق متفاوت در عملکرد اجرایی

الف) پمپ‌های دیافراگرامی

حرکت و فشار مواد به وسیله یک غشاء انجام می‌شود. مواد تزریق با ویسکوزیته کم در حالات فشار کم و زیاد قابل تزریق می‌باشد.

ب) پمپ‌های پیستونی

حرکت و فشار مواد به وسیله پیستون انجام می‌شود. مواد تزریق در حالات فشار کم و زیاد قابل تزریق می‌باشند.

ج) پمپ‌های چرخشی

حرکت و فشار مواد توسط حرکت چرخشی انجام می‌شود.

د) پمپ‌های خاص

به عنوان مثال شامل پمپ‌های ذیل می‌باشد:

- پمپ‌های مکانیکی

حرکت و فشار مواد توسط یک فشرده ساز مکانیکی در شلنگ صورت می‌گیرد

- پمپ‌های خلاء

مواد تزریق با ایجاد فشار خلاء منتقل می‌شوند که در خصوص مواد با ویسکوزیته پائین مورد استفاده قرار می‌گیرند.

- مخزن تحت فشار

مواد تزریق به وسیله فشار تولید شده در یک مخزن منتقل می‌شوند. که در خصوص مواد با ویسکوزیته کم در فرآیند فشار کم مورد استفاده قرار می‌گیرد.

تزریق رزین و مواد معدنی را می‌توان با یک دستگاه قابل تنظیم کنترل نمود. پارامترهای تزریق نظیر شروع، پایان، حداکثر فشار، مقدار مواد مورد نیاز، غیره قابل برنامه‌ریزی و کنترل می‌باشد. در پمپ‌های مجهز امکان ثبت اطلاعات مقدار مواد مصرفی و فشار تزریق به صورت الکتریکی (همچنین قابل برداشت برای هر پکر به صورت مجزا) وجود دارند.

۶-۱۱-۲- پکرهای تزریق

پکرهای تزریق راه ارتباطی بین سازه و پمپ تزریق را فراهم می‌سازند این پکرها باید بگونه‌ای در سازه مهار شوند که از نشت مواد کنترل نشده و جریان خلاف جهت پمپ مواد جلوگیری نمایند.

در عملیات تزریق انواع پکرهای حفاری، ضربه‌ای، چسبنده و مخصوص (ویژه) مورد استفاده قرار می‌گیرد. پکرهای حفاری و ضربه‌ای به وسیله پیچاندن و یا به صورت ضربه‌ای در سوراخ آماده شده مهار می‌شوند. پکرهای چسبنده در بالای ترک به وسیله یک عامل چسبنده انتقال نیرو روی سطح جز سازه محکم می‌شوند. پکرهای مخصوص در بالای ترک با داشتن یک مخزن روی سطح چسبیده می‌شود. که به صورت متعدد مواد با ویسکوزیته کم در ترک ریخته می‌شود.

omoorepeyman.ir

۶-۱۱-۳- شلنگ تزریق

شلنگ‌های تزریق در محل مورد نظر (درزها) در زمان بتن‌ریزی جانمایی می‌شوند که امکان تزریق را پس از اتمام بتن‌ریزی را فراهم می‌نمایند. پروسه در زمان علمیات تزریق باید منطبق با مراحل ساخت و نظر طراح باشد. تفاوت‌هایی در خصوص نحوه طرح و اجرای عملیات تزریق در شلنگ‌های یک یا چندبار تزریق وجود دارد.

۶-۱۲- رواداری مصالح تزریق / گروت‌ریزی

ملاحظات کلی مورد نیاز برای مواد تزریق با توجه به پایه مصالح مصرفی در جداول (۶-۱۴) الی (۶-۱۷) ارائه شده است. مواد ارائه شده توسط تولید کننده باید تست شده و در محدوده رواداری‌های ارائه شده در جداول (۶-۱۴) الی (۶-۱۷) باشد.

جدول ۶-۱۴- مشخصات فنی لازم جهت مصالح تزریق متورم شونده جهت آب‌بندی ترک‌ها

مشخصات فنی	لزوم تست
مشخصات کلی: مشخصه‌های آب‌بندی رفتار خورندگی	 ■ □
مشخصات کارایی: ویسکوزینه میزان تورم و نرخ نگه‌داشت آب ز مان گیرش	 ■ ■ ■
مشخصات دوام: حساسیت به آب: میزان تورم به علت برخورد به آب حساسیت به سیک خشک و خیش شدن سازگاری با بتن	 ■ ■ ■
■ باید مستندات آزمایش‌های لازم ارائه شود. □ در صورت نیاز برطبق نظر طراح مستندات آزمایش‌های لازم ارائه شود.	

omoorepeyman.ir

جدول ۶-۱۵- رواداری کلی مصالح تزریق برپایه واکنش پلیمری پوزولانی

مشخصه	روش تست	رواداری (درصد اختلاف براساس مقادیر اعلام شده توسط تولید کننده)
مشخصات اجزاء: مرتبط با نوع اجزاء اپوکسی عملکرد آمینه مقدار هیدراتاسیون درصد ایزوسیانات پک عملکرد وزن مخصوص آنالیر با مواد سرخ	EN 1877-1 EN 1877-2 EN 1240 EN 1242 برطبق نوع ماده تست میشود	±5 ±6 ±10 ±10 ±3 نتیجه آنالیز باید منطبق بر اظهاران تولیدکننده باشد
مشخصات ماده مخلوط شده پس از اختلاط: ویسکوزینه زمان گیرش اندازه گیری میزان مواد غیر قابل فرار	EN ISO 3219 EN ISO 9514 EN ISO 3251	±20 ±20 ±20
مشخصه‌های مخلوط سخت شده: مقاومت کشش، کرنش و مواد الاستیسه (F,D) مشخصه‌های مقاومتی	EN ISO 527-1 EN ISO 527-2	±20 ±20

جدول ۶-۱۶- رواداری کلی مصالح تزریق پزولان هیدرولیکی

مشخصه	روش تست	رواداری (درصد اختلاف براساس مقادیر اعلام شده توسط تولید کننده)
مشخصات اجزاء: سایر دانه‌ها با آزمایش تفکین ممیزی	ISO 13320	---
مشخصات ماده مخلوط شده پس از اختلاط: جریان زمان اجراء زمان گیرش پایداری فیتراسیون	EN 14117 EN 196-3 EN ISO 9514 EN 14497	±20 ±20 ±20
مشخصه‌های مخلوط سخت شده: مقاومت کشش، کرنش و مواد الاستیسه (F,D) مشخصه‌های مقاومتی	EN ISO 527-1 EN ISO 527-2	±20 ±20
مقاومت فشاری وزن	EN 12190	±15

omoorepeyman.ir

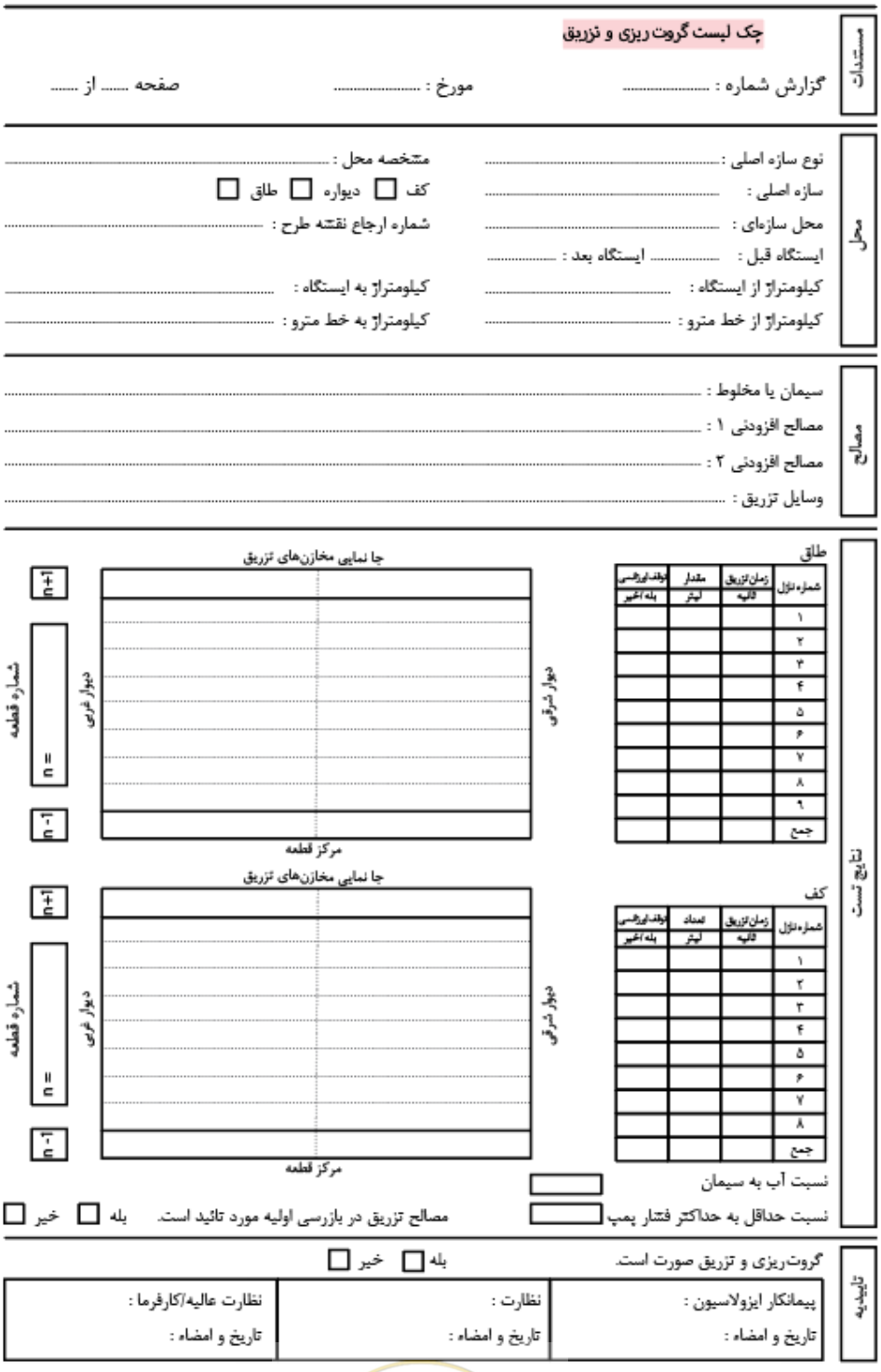
جدول ۶-۱۷- رواداری مصالح تزریق متورم شونده مورد استفاده جهت آب‌بندی

مشخصات کلی			
۱	آب‌بند کنندگی	EN 14068	
۲	رفتار فرسایشی	---	نباید مسبب فرسایش آب‌بند بتن شود
مشخصه‌های کارایی			
۳	کارایی ویسکوزیته	EN ISO 3219	
۴	تغییر وزن در سیکل آب و خشک شدگی	EN 14498	مطابق مقدار اعلام شده
۵	زمان واکنش	EN ISO 9514	مطابق مقدار اعلام شده
۶	حساسیت نسبت به آب	EN 14498	میزان تورم شدگی و مشخصه‌های مواد باید منطبق با نتایج اعلام شده باشد.
۷	حساسیت به سیکل خیس و خشک شدن	EN 14498	بعد از سیل انجام آزمایش وزن نمونه باید بالاتر یا مساوی وزن نمونه اولیه باشد
۸	سازگاری با بتن	EN 14498	پس از ۲۸ روز نگهداری در آب تغییر وزن نمونه متورم شده به طور ثابت افزایش برابر با حداقل ۱۰ درصد وزن اولیه را داشته باشد.

omoorepeyman.ir

۶-۱۳- چک لیست

با توجه به مطالب اشاره شده در این فصل نمونه چک لیست کنترلی عملیات تزریق در ذیل ارائه شده است.



شکل ۶-۱۱- چک لیست عملیات تزریق

omoorepeyman.ir

مراجع

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

مراجع

۱) آیین‌نامه بتن ایران (آبا)، نشریه شماره ۱۲۰ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۱۳۸۳.

۲) آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله -استاندارد ۲۸۰۰، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۹۲.

۳) حداقل بار وارده بر ساختمان‌ها و ابنیه فنی، استاندارد ۵۱۹ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۷۵.

۴) ضوابط عمومی طراحی سازه‌های آبی بتنی، نشریه شماره ۳۱۲ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۱۳۸۴.

۵) ضوابط و معیارهای طرح و محاسبه مخازن آب زمینی، نشریه شماره ۱۲۳ سازمان برنامه و بودجه، ۱۳۷۴.

۶) مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ایران (بارهای وارد بر ساختمان)، دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان، ۱۳۸۵.

۷) مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران (طرح و اجرای ساختمان‌های بتن آرمه)، دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان، ۱۳۸۵.

۸) مشخصات فنی و عمومی راه تجدیدنظر دوم معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری،۱۳۹۲.

۹) مشخصات فنی عمومی مخازن آب زمینی، نشریه شماره ۱۲۴ سازمان برنامه و بودجه، ۱۳۷۲.

۱۰) نوارهای آب‌بند از جنس پلیمرهای ترموپلاستیک برای استفاده در درزهای بتن درجا، قسمت ۱- ویژگی‌های ظاهری، استاندارد شماره ۱-۱۳۲۷۷ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۹

11) ACI 224.3R , Joints in Concrete Construction, American Concrete Institute, 2001.

12) ACI 305.3, Seismic Design of Liquid-Containing Concrete Structures and Commentary, American Concrete Institute, 2006.

13) ACI 318, Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary, American Concrete Institute, 2011.

14) ACI 347, Guide To Formwork For Concrete، American Concrete Institute, 2004.

15) ACI 347-04, Guide to Formwork for Concrete, American Concrete Institute, 2008.

16) ACI 350, Code Requirements for Environmental Engineering Concrete Structures andCommentary, American Concrete Institute, 2006.

17) ACI 350.1R-01, Tightness Testing Of Environmental Engineering Concrete Structures and Commentary, American Concrete Institute, 2001.

18) ACI 350.4R, Design Considerations for Environmental Engineering Concrete Structures, American Concrete Institute, 2004.

19) ACI 504R, Guide to Sealing Joints in Concrete Structures, American Concrete Institute, 2008.

20) Anchor, R.D., Arnold, E., Design of Liquid Retaining Concrete Structures, 1992.

21) ASTM D1752, Standard Specification for Preformed Sponge Rubber Cork and Recycled PVC Expansion Joint Fillers for Concrete Paving and Structural Construction, American Society ofTesting and Materials, 2008.

22) AWWA 1995c, Modeling, Analysis and Design of Water Distribution Systems, American Water Work Association, 1995.

23) AWWA C652-92 Disinfection of Water-Storage Facilities, American Water Work Association, 2002.

omoorepeyman.ir

24) AWWA D110, Wire and Strand Wound Circular Prestressed Concrete Water Tank, American Water Work Association, 1995.
25) AWWA D115-06, Tendon-Prestressed Concrete Water Tanks, American Water WorksAssociation, 2006. 72- AWWA D115-95, Circular Prestressed Concrete Water Tanks with Circumferential Tendons, American water work association, 1996.
26) AWWA M25, Flexible-Membrane Covers and Linings for Potable-Water Reservoirs, AmericanWater Work Association, 2000.
27) AWWA M32, Distribution Network Analysis for Water Utilities, American Water Work Association, 1989.
28) AWWA M42, Steel Water-Storage Tanks, American Water Work Association, 1998.
29) BS 5337, Structural use of concrete for rataining aqueous liquids, British Standards Institution, 1976.
30) BS 8007, British Standard Code of Practice for Design of Concrete Structures for Retaining Aqueous Liquids, British Standards Institution, 1987.
31) BS EN 12390 Part8, Testing Hardened Concrete. Depth of Penetration of Water under Pressure, European Committee for Standardization, 2009.
32) BS EN 13101, Steps for underground man entry chambers. Requirements, marking, testing and evaluation of conformity, European Committee for Standardization, 2002.
33) BS EN 1992-3, Design of Concrete Structures - Part 3: Liquid retaining and containment structures, European Committee for Standardization, 2006.
34) CIRIA C660, Early-Age Thermal Crack Control in Concrete, P.B. Bamforth, CIRIA, 2007.
35) DIN 18197:2011-04, Abdichten von Fugen in Beton mit Fugenbandern, Deutsche Norm, 2011.
36) DIN 18541 Part 1, Thermoplastics Sealing Strips for Sealing Joints in In-situ Concrete-Concepts, Geometry and Dimentions, Deutsche Norm, 1992.
37) DIN 18541 Part 2, Thermoplastics Sealing Strips for Sealing Joints in In-situ Concrete-Requirements, Testing and Inspection, Deutsche Norm, 1992.
38) Gergely, P., Lutz, L. A., “Maximum Crack Width in Reinforced Concrete Flexural Members,” Causes, Mechanism, and Control of Cracking in Concrete, SP-20, American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich., 1968, pp. 87-117.
39) Guide to Water Supply Regulations, Abu Dhabi Regulations & Supervision Bureau, 2003.
40) Guideline for the physical security of water utilities, American Society of Civil Engineers, 2006.
41) Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, American Society of Civil Engineers, 2010.
42) Munshi, J.A., Rectangular Concrete Tanks, Portland Cement Association, 1998.
43) BS 8102, Protection of below ground structures against water ingress. Code of practice.2022.
44) BS EN 1504, Part 1~10, Products and systems for the protection and repair of concrete structures. Definitions, requirements, quality control and evaluation of conformity.
45) BS EN 13967, Flexible sheets for waterproofing - Plastic and rubber damp proof sheets including plastic and rubber basement tanking sheet - Definitions and characteristics, 2012.
46) BS EN 1928,Flexible sheets for waterproofing. Bitumen, plastic and rubber sheets for roof waterproofing. Determination of watertightness, 2000.
47) BS EN 13491,Geosynthetic barriers. Characteristics required for use in the construction of tunnels and associated underground structures, 2018.
48) BS EN 13969,Flexible sheets for waterproofing. Bitumen damp proof sheets including bitumen basement tanking sheets. Definitions and characteristics, 2004.

omoorepeyman.ir

49) BS EN 15814,Polymer modified bituminous thick coatings for waterproofing. Definitions and requirements, 2011+A2:2014.
50) BS EN 12970 Mastic asphalt for waterproofing. Definitions, requirements and test methods, 2000.
51) BS 85500, Flood resistant and resilient construction. Guide to improving the flood performance of buildings, 2015.
52) Tunnel Waterproofing, GUIDELINE , AUSTRIAN SOCIETY FOR CONSTRUCTION TECHNOLOGY(ÖBV), AUGUST 2015
53) ASTM D 5641, Standard Practice for Geomembrane Seam Evaluation by Vacuum Chamber, 2006
54) ASTM D7177/D7177M, Standard Specification for Air Channel Evaluation of Polyvinyl Chloride (PVC) Dual Track Seamed Geomembranes, 2021
55) Wasserundurchlässige Betonbauwerke - Weiße Wannen, RICHTLINIE, Österreichische Bautechnik Vereinigung (öbv), FEBRUAR 2018
56) ZTV-ING, Part 5 ,Tunnel construction , Section 5, Waterproofing, 2017.
57) TL/TP-ING, Part 5 Section 5, Technical Delivery Conditions and Technical Test Specifications for Plastic Geomembranes and Associated Profile Strips, TL/TP KDB, 2017.
58) DGGT, Empfehlungen zu Dichtungssystemen im Tunnelbau, EAG-EDT, 2018
59) Tunnel lining design guide, The British Tunnelling Society and The Institution of Civil Engineers, 2004
60) Richtlinie "Tunnelentwässerung, Österreichische Bautechnik Vereinigung (öbv),2010"

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

خواننده گرامی

امور نظام فنی و اجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور، با گذشت بیش از چهل سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر هشتصد عنوان نشریه تخصصی - فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به‌صورت تالیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. ضابطه حاضر در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت‌های عمرانی به کار برده شود. فهرست نشریات منتشر شده در سال‌های اخیر در سایت اینترنتی **nezamfanni.ir** قابل دستیابی می‌باشد.

Islamic Republic of Iran
Plan and Budget Organization

Specifications for Design and Execution of Waterproofing System in Urban and Suburban Railway Stations and Routes

No.870

Deputy of Production, Technical and Infrastructure

Department of Technical & Executive affairs, Consultants and Contractors

nezamfanni.ir

2023

این نشریه

با عنوان « ضوابط طراحی و اجرای سیستم آب‌بندی در ایستگاه‌ها و مسیر زیرزمینی (تونل) قطار شهری» ملاک طراحی سیستم آب‌بندی در خطوط قطار شهری و حومه‌ای کشور است.

omoorepeyman.ir