سازمان برنامه و بودجه کشور

راهنمای طراحی، اجرا و نگهداری

زهکشی محوطه بنادر

ضابطه شماره: ۸۸۵

ویرایش ۲۶-۰۷-۱۴۰۳

معاونت فنی، زیربنایی و تولیدی

امور نظام فنی و اجرایی

nezamfanni.ir

سازمان بنادر و دریانوردی

اداره کل مهندسی سواحل و بنادر

https://pmodynamics.pmo.ir

۱۴۰۳
omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

ریاست جمهوری
سازمان برنامه و بودجه کشور
رئیس سازمان

باسمه تعالی

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	شماره :	۱۴۰۳/۶۶۱۱۰۵
	تاریخ :	۱۴۰۳/۱۲/۱۵

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

عنوان:	**راهنمای طراحی، اجرا و نگهداری زهکشی در محوطه بنادر**
شماره ضابطه:	**۸۸۵**
نوع ابلاغ:	راهنما
حوزه شمول:	همه قراردادهای جدیدی که از محل وجوه عمومی ویا به صورت مشارکت عمومی-خصوصی منعقد می‌شوند.
تاریخ اجرا:	۱۴۰۴/۰۴/۰۱
متولی تهیه، اخذ بازخورد و اصلاح:	دبیرخانه «کارگروه تدوین ضوابط و معیارهای فنی و اجرایی سازه‌های ساحلی و دریایی»، مستقر در سازمان بنادر و دریانوردی
مرجع اعلام اصلاحات:	امور نظام فنی‌واجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور

این بخشنامه از تاریخ اجرا، جایگزین ضابطه شماره ۳۹۱ مورخ ۱۳۸۶/۰۵/۰۹ می‌شود.

سیدحمید پورمحمدی

omoorenevisan.ir

ش ش: ۷۸۳۱۲۸۴

omoorepeyman.ir

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

امور نظام فنی و اجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور، با همکاری اداره کل مدیریت مهندسی بنادر و سواحل سازمان بنادر و دریانوردی مبادرت به تهیه این راهنما کرده و آن را برای استفاده به جامعه‌ی مهندسی کشور عرضه نموده است.

نظر به تخصصی بودن موضوع، مسئولیت مطالب تهیه شده، تفسیر و اصلاح آن با مجموعه مرتبط در سازمان بنادر و دریانوردی می‌باشد که دریافت کننده نظرات و پیشنهادهای اصلاحی در مورد این راهنما بوده و اصلاحات لازم را امور نظام فنی اجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور اعلام خواهد کرد.

با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلطهای مفهومی، فنی، ابهام، ایهام و اشکالات موضوعی نیست. از این‌رو، از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هر گونه ایراد و اشکال فنی، مراتب را منعکس فرمایید. کارشناسان مربوط نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت. پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه:

تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علی‌شاه – مرکز تلفن ۳۳۲۷۱ - سازمان برنامه و بودجه کشور، امور نظام فنی و اجرایی

Email: nezamfanni@chmail.ir **web: nezamfanni.ir**

سازمان بنادر و دریانوردی

تهران، نشانی: میدان ونک، بزرگراه شهید حقانی، خیابان شهیدی، پلاک ۱، کدپستی: ۱۵۱۸۶۶۳۱۱۱

Email: info@pmo.ir **web: https://pmodynamics.pmo.ir**

omoorepeyman.ir

پیشگفتار:

از آنجا که بنادر یکی از مهمترین حلقه‌های اتصال سیستم‌های حمل‌ونقل در یک کشور محسوب می‌شود و جابجایی اکثر کالاهای صادراتی و وارداتی به دلیل ارزان‌تربودن و سهل‌الوصول بودن سیستم حمل‌ونقل دریایی از طریق بنادر صورت می‌گیرد، لذا طراحی بهینه سیستم حمل‌ونقل بنادر از اهمیت ویژه‌ای برخودار است. روسازی محوطه‌های بنادر یکی از مهمترین زیرساخت‌های یک بندر به حساب می‌آید.

در محوطه‌های بنادر بدلیل در معرض قرار گرفتن آب دریاهای شور، شرایط خورندگی، تراز آب‌های زیرزمینی و نوع خاک بستر باید تمهیدات لازم در طراحی، مشخصات مصالح و روش‌های اجرا و نگهداری در نظر گرفته شود. علاوه بر این، ممکن است در بنادر مصالح با مشخصات مورد نیاز در دسترس نباشد یا با توجه به شرایط دمایی، رطوبتی و بارگذاری در بنادر، در انتخاب مصالح مصرفی در انواع روسازی‌ها نظیر قیر و یا سیمان باید تمهیدات ویژه‌ای لحاظ شود. از طرفی گستردگی فضای محوطه‌ها توأم با شرایط اقلیمی و توپوگرافی خاص بنادر و نیز تأثیر آب بر عملکرد روسازی‌ها باعث شده است که موضوع زهکشی آب‌های سطحی در کنار مهندسی روسازی به یکی از موضوعات مهم در حوزه طراحی، اجرا و نگهداری محوطه‌ها و معابر بنادر تبدیل شود.

در تهیه این ضابطه سعی شده است تمامی فرآیند از طراحی، اجرا و نگهداری را شامل شود و سیستم‌های زهکشی به‌روز و کارآمدی معرفی شده است که به‌کارگیری آن‌ها قطعاً می‌تواند منجر به بهبود عملکرد روسازی محوطه‌های بندر شود و همچنین در ارتقای حمل و نقل ایمن محموله منتقل شده از/به بندر و افزایش عمر تجهیزات متردد و سایر زیرساخت های بندری تأثیرگذار خواهد بود.

با ابلاغ نشریه شماره ۳۹۱ سازمان برنامه و بودجه کشور در سال ۱۳۸۶ با عنوان "راهنمای طراحی روسازی بنادر" سعی شد تا بخشی از عملیات مرتبط با روسازی بنادر ضابطه مند گردد. با گذشت زمان و کسب تجارب از پروژه‌های اجرایی و مطابق با تصمیمات "کارگروه تدوین ضوابط و معیارهای فنی و اجرایی سازه‌های ساحلی و دریایی" مستقر در سازمان بنادر و دریانوردی، بازنگری این نشریه در دستور کار قرار گرفت. در حال حاضر ضابطه شماره ۸۸۴ سازمان برنامه و بودجه کشور با عنوان "ضوابط طراحی، اجرا و نگهداری روسازی بنادر" و ضابطه شماره ۸۸۵ سازمان برنامه و بودجه کشور با عنوان "راهنمای طراحی، اجرا و نگهداری زهکشی محوطه بنادر" جایگزین نشریه شماره ۳۹۱ گردید. این ضوابط با در نظر گرفتن شرایط موجود، با هدف طرح بهینه سیستم‌های روسازی و زهکشی و نیز افزایش عمر و کاهش هزینه‌های نگهداری آن‌ها تهیه شده است.

omoorepeyman.ir

امید است به‌کارگیری این راهنما در طرح‌های کشور در ارتقای کیفیت اجرا و بهره برداری پروژه ها و کاربرد بهینه از منابع موجود اثرگذار باشد. انتظار می‌رود با دریافت نظرات مفید تمامی استفاده‌کنندگان از این دستورالعمل اعم از پژوهشگران، طراحان، کارشناسان و مهندسان، بستر لازم برای اصلاحات و بازبینی‌های آتی فراهم شود.

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 راهنما از کارشناسان محترم درخواست می‌شود موارد اصلاحی را منعکس فرمایند. نظرات و پیشنهادهای اصلاحی دریافت شده مورد بررسی قرار گرفته و در صورت نیاز به اصلاح در متن راهنما، 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 خواهد شد. به همین منظور و برای تسهیل در پیدا کردن آخرین تغییرات معتبر، در بالای صفحات راهنما، تاریخ تدوین مطالب آن صفحه درج شده است که در صورت هرگونه تغییر در مطالب هر یک از صفحات، تاریخ آن صفحه نیز اصلاح خواهد شد. از این‌رو همواره مطالب صفحات دارای تاریخ جدیدتر معتبر خواهد بود.

حمید امانی همدانی- معاون فنی، زیربنایی و تولیدی

زمستان ۱۴۰۳

omoorepeyman.ir

تهیه و کنترل « راهنمای طراحی، اجرا و نگهداری زهکشی محوطه بنادر» [شماره ۸۸۵]

اعضای گروه تهیه‌کننده:

علیرضا خاوندی خیاوی	مهندسین مشاور فرارهسازفن	دکترای مهندسی عمران
کوروش جایروند	مهندسین مشاور فرارهسازفن	فوق لیسانس عمران-راه و ترابری
مصطفی کولیوند	مهندسین مشاور فرارهسازفن	فوق لیسانس سازه های هیدرولیکی
مهدی قدیم‌خانی	مهندسین مشاور فرارهسازفن	فوق لیسانس مهندسی رودخانه
محمد والی‌پور	سازمان بنادر و دریانوردی	فوق لیسانس عمران-ژئوتکنیک

اعضای گروه نظارت:

سعید حسن‌عباسی	سرپرست اداره کل مهندسی عمران و نظارت بر طرحها	فوق‌لیسانس مدیریت اجرایی
محمد شاکری‌نیا	رییس اداره مهندسی طراحی	فوق‌لیسانس سازه‌های دریایی

اعضای کارگروه تدوین ضوابط و معیارهای فنی و اجرایی سازه‌های ساحلی و دریایی:

علی فتحی	معاون مهندسی و توسعه امور زیربنایی	سازمان بنادر و دریانوردی
مهدی نیکوکار	مدیر کل مهندسی سواحل و بنادر	سازمان بنادر و دریانوردی
سعید حسن‌عباسی	سرپرست اداره کل مهندسی عمران و نظارت بر طرحها	سازمان بنادر و دریانوردی
بهزاد الوند	رئیس اداره مهندسی بنادر	سازمان بنادر و دریانوردی
محمد شاکری‌نیا	رئیس اداره مهندسی طراحی	سازمان بنادر و دریانوردی
رضا نایبی	کارشناس اداره مهندسی بنادر	سازمان بنادر و دریانوردی
فرزانه آقارمضانعلی	رییس‌گروه امور نظام فنی و اجرایی	سازمان برنامه و بودجه کشور
محمدامیر طباخها	کارشناس امور راه و ترابری و مدیریت عمران شهری و روستایی	سازمان برنامه و بودجه کشور
حمیدرضا خاشعی	کارشناس امور نظام فنی و اجرایی	سازمان برنامه و بودجه کشور
سیده معصومه صداقی	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی	
مهدی شفیعی‌فر	دانشگاه تربیت مدرس	
محمد مختاری	دانشگاه هرمزگان	
اکبر واثقی	پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله	
محمودرضا اکبرپور جنت	پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی	
مجید جندقی	جامعه مهندسان مشاور ایران	

omoorepeyman.ir

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

علیرضا توتونچی	معاون امور نظام فنی و اجرایی	سازمان برنامه و بودجه کشور
فرزانه آقارمضانعلی	رئیس گروه امور نظام فنی و اجرایی	سازمان برنامه و بودجه کشور
محمدامیر طباخها	کارشناس امور راه و ترابری و مدیریت عمران شهری و روستایی	سازمان برنامه و بودجه کشور

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

۱-تعاریف ۲

۲-سیستم‌های زهکشی و جمع‌آوری آب‌های سطحی در بنادر ۷

۲-۱-مقدمه ۷

۲-۲-معرفی انواع سیستم‌های زهکشی و جمع‌آوری آب‌های سطحی ۷

۲-۲-۱- سطوح شیب‌دار ۷

۲-۲-۲-کانیو ۸

۲-۲-۳- نیم نهر ۹

۲-۲-۴- زهکشی لبه با جدول ۹

۲-۲-۵-کانال پیش‌ساخته (Trench Drain)..... ۱۰

۲-۲-۶-کانال پیش‌ساخته خطی (Slot Drain) ۱۱

۲-۲-۷-کانال بتنی روباز ۱۱

۲-۲-۸-کانال بتنی سرپوشیده ۱۲

۲-۲-۹-سیستم زهکشی زیرسطحی (دریچه و لوله) ۱۳

۲-۲-۱۰-کانال های خاکی ۱۳

۲-۳-معرفی انواع سیستم‌های نگهداشت، تصفیه و دفع رواناب .. ۱۴

۲-۳-۱-مخازن زیرسطحی ۱۴

۲-۳-۲-بشکه های ذخیره آب باران ۱۵

۲-۳-۳-حوضچه های نفوذی ۱۵

۲-۴-ضوابط مرتبط با انتخاب نوع زهکشی در بنادر متناسب با نوع بهره‌برداری ۱۸

omoorepeyman.ir

۲-۴-۱-اسکله ها ۱۸
۲-۴-۲-ترمینال کانتینری ۱۸
۲-۴-۳-پایانه کانتینری ۱۹
۲-۴-۴-ترمینال مواد معدنی ۲۰
۲-۴-۵-پایانه مواد معدنی ۲۲
۲-۴-۶-ترمینال غلات ۲۲
۲-۴-۷- پایانه غلات ۲۲
۲-۴-۸-ترمینال و پایانه فله مایع ۲۳
۲-۴-۹-محوطه های ریلی ۲۳
۲-۴-۱۰-محوطه‌های اداری ۲۴
۲-۴-۱۱-معابر و راه‌های دسترسی ۲۵
۲-۴-۱۲-محوطه‌های پارکینگ ۲۵
۲-۴-۱۳-محوطه‌های کارواش، تعمیرگاه، سوخت‌گیری و بارگیری مواد نفتی ۲۵
۲-۵- محدودیت طراحی و اجرایی در بنادر ۳۰
۲-۵-۱-شرایط جزر و مد دریا ۳۰
۲-۵-۲-تأسیسات زیرسطحی ۳۰
۲-۵-۳-شرایط جوی ۳۰
۲-۵-۴- معارض‌ها (ساختمان، دکل برق و سایر تأسیسات زیرزمینی) ۳۱
۲-۵-۵- آب های حوضه های بالادستی ۳۱
طراحی سیستمهای زهکشی بنادر ۳۲
۳- طراحی سیستم‌های زهکشی بنادر ۳۳

omoorepeyman.ir

۳-۱- مراحل طراحی ۳۳
۳-۱-۱-مطالعات هواشناسی ۳۳
۳-۱-۲-مطالعات هیدرولوژی ۳۳
۳-۱-۳-مطالعات هیدرولیکی ۳۳
۳-۱-۴-تهیه نقشه‌های اجرایی ۳۴
۳-۲- مطالعات هواشناسی ۳۶
۳-۲-۱-روش تحلیلی ۳۶
۳-۲-۲- روش تجربی ۳۸
۳-۲-۳-رابطه شدت- مدت- فراوانی بارش ۳۹
۳-۲-۴- بارش طراحی ۴۰
۳-۳- مطالعات هیدرولوژی ۴۱
۳-۳-۱- حوضه آبریز ۴۱
۳-۳-۲- دبی طراحی ۴۲
۳-۴- مطالعات هیدرولیکی ۴۹
۳-۴-۱- زهکش‌های سطحی ۴۹
۳-۴-۲- زهکش سازهای ۷۹
۴-اجرای سیستم‌های زهکشی و جمع‌آوری آب‌های سطحی در بنادر ۹۲
۴-۱- آماده‌سازی قبل از شروع عملیات اجرایی ۹۳
۴-۲- کانالهای روباز ۹۳
۴-۲-۱- کانالهای روباز بتنی پیش‌ساخته..... ۹۳
۴-۲-۲- کانال های روباز بتنی درجا ۹۶

omoorepeyman.ir

۴-۳- کانیو ۹۹

۴-۳-۱- جزئیات اجرایی و مشخصات فنی ۹۹

۴-۳-۲- آزمون کنترل کیفیت ۱۰۰

۴-۳-۳- اتصال کانیو به مجاری زیر سطحی ۱۰۰

۴-۳-۴- اتصال دریچه به کانیو و لوله.....۱۰۴

۴-۴- نیم نهر ۱۰۷

۴-۵- زهکش‌های سرپوشیده ۱۰۷

۴-۵-۱- لوله و دریچه(مجرا) ۱۰۷

۴-۵-۲- آدم‌رو (اتاقک بازدید، منهول).....۱۱۵

۴-۵-۳- کانال سرپوشیده.....۱۲۳

۴-۵-۴- آشغال‌گیرها ۱۲۹

۴-۶- سیستم زهکشی سازهای ۱۲۹

۴-۶-۱- اجرا ۱۲۹

۴-۶-۲- آزمون کنترل کیفیت ۱۳۲

۴-۶-۳- جزئیات اجرایی لوله های خروجی ۱۳۲

۴-۷- سایر سیستم‌های زهکشی ۱۳۴

۴-۷-۱- مخازن زیرسطحی.....۱۳۴

۴-۸-راهکارهای رفع مشکلات مربوط به محدودیت های اجرایی ۱۳۴

۴-۸-۱-تأسیسات زیرسطحی ۱۳۴

۴-۸-۲-شرایط جزر و مد دریا ۱۳۵

۴-۸-۳- شرایط جوی ۱۳۷

omoorepeyman.ir

۴-۸-۴- معارض‌ها (ساختمان، دکل برق و سایر تأسیسات زیرزمینی) ۱۳۷
۴-۸-۵- آبهای حوضه های بالادستی ۱۳۷
۵-نگهداری و بهره‌برداری سیستم‌های زهکشی و جمع‌آوری آب‌های سطحی در بنادر ۱۴۰
۵-۱- مقدمه ۱۴۰
۵-۱-۱- بازدیدهای میدانی.....۱۴۰
۵-۲- اقدامات نگهداری ۱۴۲
۵-۲-۱- پاکسازی ۱۴۳
۵-۲-۲- ترمیمهای موضعی ۱۴۶
۵-۲-۳- تعمیرات اساسی ۱۴۹
۵-۲-۴- حریم شبکه های زهکشی.....۱۵۰
۵-۳- حفاظت از سازه ها ۱۵۰
۵-۳-۱- حفاظت کاتدی ۱۵۱
۵-۳-۲- پوشش سازه‌ها ۱۵۲
۵-۳-۳- استفاده از فلز آلیاژی ۱۵۳
۵-۳-۴- استفاده از ممانعت کننده‌های خوردگی.....۱۵۳
۵-۳-۵- استفاده از الیاف ضد ترک بتن ۱۵۳
پیوست ۱۵۵

omoorepeyman.ir

فهرست جداول

جدول ۱: مقایسه عملکردی انواع سیستم‌های زهکشی بنادر ۱۶

جدول ۲ : سیستم‌های زهکشی مناسب برای محوطه‌های مختلف بنادر ۲۷

جدول ۳ : راهنمای تعیین مقدار بارندگیهای ۵ تا ۱۲۰ دقیقهای نسبت به بارندگی یکساعته ۳۸

جدول ۴ : ضرایب تبدیل دورههای بازگشت مختلف رگبارهای بارش ۳۸

جدول ۵ : دوره بازگشت بارش طراحی براساس نوع بندر ۴۱

جدول ۶ : مقادیر ضرایب رواناب برای پوشش‌های مختلف ۴۳

جدول ۷: زمان ورود ۴۴

جدول ۸: رابطه بین گروههای هیدرولوژیکی خاک با حداقل شدت نفوذپذیری و نوع خاک ۴۶

جدول ۹: مقادیر CN برای پوشش‌های مختلف حوضه و شرایط رطوبتی متوسط ۴۶

جدول ۱۰ : اصلاح CN برای شرایط خشک و مرطوب ۴۷

جدول ۱۱: مقادیر پیشنهادی ضریب زبری در آبراههای مختلف ۵۰

جدول ۱۲: مقادیر معمول شیب‌های عرضی مورداستفاده برای روسازی، شانه و کانال ۵۵

جدول ۱۳ : حداقل شعاع انحنای پیشنهادی ۵۶

جدول ۱۴: نسبتb/y توصیه شده در کانال های ذوزنقه ای فرسایشی نسبت به دبی جریان ۵۸

جدول ۱۵: راهنمای مساحت تحت پوشش هر دریچه ۶۳

جدول ۱۶ : حداقل ابعاد آدم روها ۶۴

جدول ۱۷ : بررسی مزایا و معایب جنس های مختلف آدم رو ۶۴

جدول ۱۸: طبقهبندی کیفیت زهکشی لایه نفوذپذیر بر مبنای تخلیه ۵۰ درصد آب قابل زهکشی ۸۳

جدول ۱۹: ضریب افت هد آب (درصدی از کل آب) ۸۵

جدول ۲۰: نمونه‌ای از ضرایب نفوذ سطحی ۸۵

جدول ۲۱: مقادیر ضریب هیزن ۸۷

جدول ۲۲: ضریب مانینگ انواع لوله ۸۹

جدول ۲۳: حداقل و حداکثر عمق (H) بر اساس اندازه لوله ۱۲۷

omoorepeyman.ir

جدول ۲۴: مشخصات مصالح لایه زهکش سازه‌ای ۱۳۱
جدول ۲۵: دانه‌بندی دقیق زهکش سازه‌ای برای پایداری بیشتر..... ۱۳۱
جدول ۲۶ : زمان‌بندی بازرسی و بهره‌برداری از سیستم‌های زهکشی ۱۴۲
جدول ۲۷ : روش‌های تعمیر و نگهداری زهکش‌ها..... ۱۵۰

omoorepeyman.ir

فهرست اشکال

شکل ۱ : سیستم زهکشی سطحی با کانیو در محوطه اداری بندر شهید رجایی ۸
شکل ۲ : نمونهای از سیستم زهکشی با نیمنهر ۹
شکل ۳ : نمونهای از یک سیستم زهکشی لبه با جدول..... ۱۰
شکل ۴ : نمونههایی از سیستم زهکشی سطحی با کانال پیش‌ساخته..... ۱۰
شکل ۵ : نمونهای از سیستم زهکشی سطحی با کانال پیش‌ساخته خطی ۱۱
شکل ۶: نمونه‌ای از کانال بتنی روباز در معابر بندر شهید رجایی..... ۱۲
شکل ۷: نمونهای از کانال بتنی سرپوشیده در محوطه ترمینال چند منظوره بندر انزلی ۱۳
شکل ۸: شماتیک سیستم زهکشی زیرسطحی (الف. پلان عمومی جانمایی سیستم زهکشی، ب. مقطع عمومی سیستم زهکشی با لوله‌های کاروگیت) ۱۴
شکل ۹ : نمونهای از مخازن زیرسطحی ۱۵
شکل ۱۰ : نمایی از یک حوضچه نفوذی زیستی ۱۵
شکل ۱۱: استفاده از زهکش خطی در ترمینال‌های کانتینری ۱۹
شکل ۱۲: کانال پیش‌ساخته مشبک (trench drain) و کانال‌های بتنی سرپوشیده در پایانه‌های کانتینری ۲۰
شکل ۱۳ : نمونه محوطه بارگیری مواد معدنی ایزوله شده با سیستم زهکشی جداگانه ۲۱
شکل ۱۴: کانال مستطیلی در محوطه مواد معدنی بندر کنتان(Kuantan) مالزی ۲۱
شکل ۱۵: استفاده از کانال پیش‌ساخته مشبک (trench Drain) در سوله انبارها ۲۳
شکل ۱۶: کانال روباز مجاور خطوط ریل برای زهکشی محوطه ریلی ۲۴
شکل ۱۷: کانال پیش‌ساخته مشبک (trench Drain) در محوطه ریلی..... ۲۴
شکل ۱۸ : استفاده از کانال پیش‌ساخته مشبک در مناطق سوخت‌گیری ۲۶
شکل ۱۹ : فلوچارت راهنمای طراحی زهکشی آب‌های سطحی ۳۵
شکل ۲۰: برآورد عمق نرمال در مقاطع دایرهای، ذوزنقهای و مستطیلی..... ۵۲
شکل ۲۱ : شیب بندی دووجهی و قرار گرفتن کانال‌های زهکشی در خط القعرها.....۵۶
شکل ۲۲ : حداکثر شیب مجاز کف کانال برای خاکهای مختلف بستر بر اساس جریان ۵۷

omoorepeyman.ir

شکل ۲۳ : مقطع عرضی کانیو ۶۰
شکل ۲۴ : تورفتگی دریچه سیستم زهکشی در حاشیه راه‌ها ۶۲
شکل ۲۵ : نمونه‌ای از آشغالگیرهای سیستم‌های زهکشی ۶۶
شکل ۲۶ : محفظه آشغال‌گیر: (الف) نوع خروجی مستقیم، (ب) نوع جانبی ، (ج) سازوکار تله اندازی زباله ۶۷
شکل ۲۷ : ضریب K_{g1} بر اساس شکل میله‌های شبکه آشغال‌گیر (در این شکل مسیر جریان از بالا به پایین است) ۶۹
شکل ۲۸ : هندسه و مقاطع نمونه تله انداز رسوب (در پایین‌دست مجاری) ۷۰
شکل ۲۹ : نمونه محفظه تله انداز رسوب ۷۱
شکل ۳۰ : تخلیه ثقلی به آب‌های پذیرنده ۷۷
شکل ۳۱ : تخلیه ثقلی به‌صورت تخلیه آزاد ۷۸
شکل ۳۲ : تخلیه ثقلی به‌صورت مستغرق ۷۸
شکل ۳۳ : جزئیات عمومی اجرای کانال روباز (پیش‌ساخته و درجا) ۹۸
شکل ۳۴ : جزئیات عمومی اجرایی کانیو ۹۹
شکل ۳۵ : سیستم زهکشی سطحی با کانیو با لوله ۱۰۰
شکل ۳۶ : مقطع عمومی ترانشه های لوله‌ها ۱۰۲
شکل ۳۷: مقطع عرضی (اتصال دریچه به روسازی و پیاده‌رو در زهکش کانیو) ۱۰۵
شکل ۳۸ : پلان قطعه اتصالی دریچه به لوله ۱۰۵
شکل ۳۹: قطعه اتصالی دریچه به لوله A-A ۱۰۵
شکل ۴۰: قطعه اتصالی دریچه به لوله B-B ۱۰۶
شکل ۴۱: مشخصات و جزئیات اجرایی نحوه اتصال دریچه به لوله با استفاده از قطعه اتصالی – پلان ۱۰۶
شکل ۴۲: مشخصات و جزئیات اجرایی نحوه اتصال دریچه به لوله با استفاده از قطعه اتصالی- مقطع A -A ۱۰۶
شکل ۴۳: مشخصات و جزئیات اجرایی نحوه اتصال دریچه به لوله با استفاده از قطعه اتصالی- مقطع B-B ۱۰۷
شکل ۴۴ : نمونه‌ای از نحوه اتصال دهی لوله پلی‌اتیلن به آدم‌روها و سازه‌های صلب ۱۰۹
شکل ۴۵ : جزییات اجرایی بسترسازی لوله‌های بتنی ۱۱۱

omoorepeyman.ir

شکل ۴۶ : تأمین شرایط بستر یکنواخت در زیر لوله‌های بتنی ۱۱۱
شکل ۴۷ : کاربرد فیلتر ژئوتکستایل برای جلوگیری از فرار ذرات اطراف لوله ۱۱۳
شکل ۴۸ : شمای کلی لوله رانی ۱۱۵
شکل ۴۹ : آدم‌رو پلیمری در ابعاد مختلف ۱۱۹
شکل ۵۰ : آدم‌رو بتنی ۱۲۰
شکل ۵۱ : جزییات حلقه بتنی پیش‌ساخته با واشر لاستیکی ۱۲۱
شکل ۵۲ : ساخت آدم‌رو آجری ۱۲۲
شکل ۵۳ : جزئیات عمومی اجرایی کانال سرپوشیده با دال بتنی.....۱۲۵
شکل ۵۴: نحوه حمل و نصب کانال پیش‌ساخته خطی ۱۲۶
شکل ۵۵: لایه‌های اجرایی کانال پیش‌ساخته خطی (Slot) ۱۲۷
شکل ۵۶ : روش مهار زهکش خطی(اسلات) با چوب و بولت قبل از بتن‌ریزی.....۱۲۸
شکل ۵۷: جزئیات اجرای لولههای خروجی ۱۳۳
شکل ۵۸: اجزای سیستم زهکش سازه‌ای در معابر ۱۳۴
شکل ۵۹: سیستم زهکش سازه‌ای در محوطه پایانه کانتینری ۱۳۴
شکل ۶۰ : نمونه دریچه‌های جزر و مدی خودکار در خروجی شبکه زهکشی و شماتیک عملکرد آن ۱۳۶
شکل ۶۱ : نمونه از ماشین‌های شستشوی مجاری زهکشی ۱۴۵

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۱

تعاریف

omoorepeyman.ir

۱- تعاریف

تعاریف تبیین شده برای این آیین نامه مختص سیستم های جمع آوری آبهای سطحی بنادر می باشد.

آب‌های سطحی: آب تولیدشده از بارش‌های جوی که به درون زمین نفوذ نکرده و مستقیماً از سطح زمین یا سطوح خارجی ساختمان‌ها به زهکش‌ها، لوله‌های انشعاب وارد می‌شود. (به‌عبارت‌دیگر بخشی از رواناب است که به درون زهکش‌ها، لوله‌های انشعاب می‌ریزد.)

ارتفاع آزاد: طبق تعریف ارتفاع آزاد کانال، فاصله لبه فوقانی کانال تا سطح آب در شرایط عبور دبی طراحی است.

آزمون کفایت داده‌ها: آزمونی است برای تعیین کفایت داده های مورد بررسی

آزمون همگنی داده‌ها: پیش‌بینی بسیاری از پدیده‌ها هنگامی امکان‌پذیر است که داده‌های موجود همگن و متجانس باشند. برای بررسی همگن بودن داده‌ها از آزمون‌های مختلفی مانند روش آزمون دنباله‌ای، تحلیل خوشه-ای و ....استفاده می‌شود.

آشغال‌گیر: بخشی از سیستم زهکشی است که وظیفه جدا کردن زباله‌ها قبل از ورود به کانال‌های سرپوشیده یا زهکش زیرسطحی را بر عهده دارد.

آنالیز منطقه‌ای سیلاب: اقدامی برای تعمیم داده‌ها از نقاط مشخص و محدود به تمام سطح یک منطقه می‌باشد. در واقع هدف، دستیابی به روشی است که بتواند در هر نقطه‌ای از منطقه موردمطالعه، حتی در نقاط فاقد آمار برآوردی از سیلاب با هر دوره برگشت موردنظر ارائه دهد.

اپرون : به معنای بارانداز و محلی برای توقف کامیون‌ها زیر پای جرثقیل اسکله است.

اسکله : سازه دریایی است که برای پهلودهی و مهار واحدهای شناور و به منظور انجام خدمات بندری و تخلیه و بارگیری بکار گرفته می‌شود.

اراضی پشتیبانی : زمین‌های موجود در پشت ترمینال‌های بندری واقع در مجتمع‌های بندری که داخل محدوده تحت مدیریت بندر احتمالاً داخل حصار گمرکی واقع شده و برای ایجاد پایانه‌های کالا مستقیماً توسط بندر و یا توسط شرکت‌های ارائه‌دهنده خدمات لجستیک و ارزش افزوده مورد استفاده قرار می‌گیرد.

omoorepeyman.ir

اراضی عملیاتی : محدوده‌ای از بندر که مهمترین فعالیت‌های آن شامل تخلیه و بارگیری از کشتی به وسایل حمل خشکی و بالعلکس و انبارش موقت را شامل می‌شود. این محدوده شامل مجموعه اسکله، محوطه‌های بارانداز، انبارش موقت و معابر داخلی ترمینال‌ها هستند.

بهره‌برداری: کلیه اقداماتی که در خلال فعالیت معمول سیستم زهکشی انجام می‌شود (مانند: پایش و بازرسی، تنظیم و انحراف جریان به‌وسیله سازه‌های پیش‌بینی‌شده و...)

پایانه : محدوده‌ای از اراضی پشتیبانی بنادر که جهت نگهداری بلند مدت محموله‌های مختلف بندری استفاده می‌شود و عمدتاً فعالیت‌های پشتیبانی و لجستیکی در آن‌ها صورت می‌پذیرد.

پارکینگ : به محوطه توقف کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت وسایل‌نقلیه جاده‌ای و تجهیزات تخلیه و بارگیری بندری گفته می‌شود.

ترمینال : بخشی از اسکله، بارانداز و محل نگهداری موقت کالا در نزدیکی اسکله است که برای سرویس‌دهی به نوع مشخصی از کالاها و شناورها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

ترمینال کانتینری : به مجموعه اسکله کانتینری و کانتینر یارد (CY) گفته می‌شود.

پارامتر T50: این پارامتر بیانگر مدت‌زمان موردنیاز برای زهکشی ۵۰ درصد از آب نفوذی به روسازی است.

پارامتر T85: این پارامتر بیانگر مدت‌زمان موردنیاز برای زهکشی ۸۵ درصد از آب نفوذی به روسازی است.

اسکله باز : اسکله ای است که عرشه آن بر روی تعداد زیاد شمع قرار گرفته و آب به زیر آن پیشروی داشته باشد.

اسکله بسته : اسکله بسته از خاکریزی و بستر سازی در ساحل و پیشروی به سمت دریا ایجاد شده است.

پایانه: محل انبار و نگهداری بلندمدت محموله‌های بندری می‌باشد. این محوطه‌های که به اراضی پشتیبانی نیز موسوم است در اختیار سرمایه‌گذاران می‌باشد.

ترمینال: محل تخلیه، بارگیری، انبار و نگهداری موقت محموله‌های بندری می‌باشد.

تعمیرات سیستم‌های زهکشی: سری اقداماتی جهت رفع خرابی‌ها که در سیستم زهکشی بنادر انجام می‌گردد.

حوضچه آرامش: سازه‌ای که به‌منظور جلوگیری از آبشستگی در انتهای سیستم زهکشی استفاده می‌شود.

حوضچه رسوب‌گیر: رسوب‌گیرها به‌منظور جلوگیری از ورود رسوبات به سیستم زهکشی به کار می‌روند.

omoorepeyman.ir

دبی: به حجم جریان عبوری از یک مجرا، در بازه‌ای مشخص، نرخ جریان یا دبی جریان گفته می‌شود که آن را با Q نشان می‌دهند.

دریچه: بخشی از سیستم زهکشی بوده و محل ورود رواناب به داخل کانال سرپوشیده و یا لوله‌های زیرسطحی است.

دوره بازگشت: میانگین تعداد سال‌های بین وقوع یک رخداد تصادفی با مقدار معین وقوع مجدد آن باهمان مقدار معین یا مقداری بزرگ‌تر را دوره بازگشت میگویند. به‌عبارت‌دیگر، عکس احتمال وقوع یک رخداد با مقدار معین یا بیشتر از آن در هرسال، دوره بازگشت آن رخداد است.

رابطه شدت- مدت- فراوانی بارش: رابطه بین شدت و تداوم بارش در دوره‌های بازگشت مختلف. این‌گونه روابط معمولاً از طریق تحلیل آماری سری حداکثر سالانه شدت بارندگی به دست می‌آیند.

زمان پیک: زمان رسیدن به نقطه اوج هیدروگراف سیل می‌باشد.

زمان تمرکز: عبارت است از مدت‌زمانی که لازم است تا رواناب از دورترین نقطه حوضه به نقطه موردنظر در پائین‌دست برسد.

زهکش روباز: شامل کلیه سیستم های جمع آوری و انتقال رواناب بصورت روباز می باشد.

زهکش زیرسطحی : این سیستم زهکشی از لوله های زیرسطحی و دریچه جهت ورود رواناب به این مجاری تشکیل‌شده است

زهکش سازه‌ای: سیستم زهکشی است که رواناب نفوذ کرده در روسازی را جمع‌آوری می‌کند.

سطح حوضه: حوضه آبریز در طرح‌های جمع آوری آبهای سطحی بنادر، شامل کلیه سطوح در معرض بارش اعم از پشت بام ها، معابر، میادین، محوطه ها و ... می باشد.

سیستم‌های انتقال اصلی: شامل مجاری سطحی و زیرسطحی جهت انتقال رواناب به خروجی‌ها می‌باشد.

سیستم‌های انتقال فرعی: شامل مجاری سطحی و زیر سطحی جهت انتقال رواناب به سیستم انتقال اصلی می‌باشد.

سیستم‌های تخلیه و دفع: شامل سازه هایی است که رواناب از طریق آنها به دریا یا رودخانه تخلیه می شود. (مانند حوضچه رسوبگیر، دریچه های یک طرفه و ...)

omoorepeyman.ir

شبکه ثقلی: نوعی از شبکه زهکشی است که در آن نیروی جاذبه زمین باعث حرکت آب در شبکه می‌گردد و خطوط این شبکه به‌گونه‌ای طراحی می‌شوند که به‌صورت غیر پر عمل نمایند.

شدت بارش : ارتفاع بارش در واحد زمان که معمولاً برحسب میلی‌متر بر ساعت بیان می‌شود.

شماره منحنی (CN): شماره منحنی هر حوضه نشانگر رفتار هیدرولوژیکی و توان تولید رواناب حوضه در مواقع بارندگی می‌باشد.

شیب طولی کانال: اختلاف ارتفاع کف بین ابتدا و انتهای کانال نسبت به طول آن

شیب عرضی روسازی: عبارت است از شیب در جهت حرکت رواناب در سطح روسازی. در محوطه بنادر از این شیب به‌عنوان شیب حوضه نیز استفاده می‌شود.

ضریب تخلخل مؤثر: فضای خالی بین ذرات جامد خاک که به‌وسیله هوا، گازها و آب اشغال می‌شود.

ضریب رواناب : ضریبی است که برای تبدیل بارش به رواناب به کار می‌رود و تابعی از نوع کاربری اراضی و نفوذپذیری زمین می‌باشد.

ضریب زمان نفوذ آب: یکی از پارامترهای مربوط به محاسبات سیستم زهکش سازه‌ای می‌باشد که بستگی به جنس و مصالح روسازی دارد.

کانیو : کانیوها معمولاً با مقاطع قائم و مثلثی، در لبه روسازی استفاده می‌شود. این مجاری، رواناب را از طریق شیب‌بندی روسازی جمع‌آوری و انتقال می‌دهند.

لایروبی: به عملیاتی به‌منظور پاکسازی مجاری سیستم زهکشی از رسوبات و زباله و ... اطلاق می‌شود.

مقطع کانال: شکلی از برش عرضی کانال می‌باشد که ابعاد آن را نشان می‌دهد.

C250: بارهای جاده های کم تردد و پارکینگ های ماشین های سبک

A15: محوطه های با بارهای بسیار سبک مانند: مناطق عابران پیاده، فضای سبز

omoorepeyman.ir

۲

سیستم‌های زهکشی و جمع‌آوری آب‌های سطحی بنادر

omoorepeyman.ir

۲- سیستم‌های زهکشی و جمع‌آوری آب‌های سطحی در بنادر

۲-۱- مقدمه

نفوذ آب به لایه‌های روسازی و بستر خاک می‌تواند منجر به خرابی در آن نواحی شود. از این‌رو لازم است که در حد امکان از این نفوذ جلوگیری و یا سریعاً حذف شود. این موضوع در بنادر به دلیل شرایط آب و هوایی آن‌ها بسیار حائز اهمیت می‌باشد. یکی از راهکارهای مؤثر در این خصوص، زهکشی و جمع‌آوری آب‌های سطحی می‌باشد. زهکش‌ها، به‌طورکلی در دو دسته زهکش سطحی و زیرسطحی جای می‌گیرند. زهکش‌های زیرسطحی نیز در گروه‌های زهکشی عمیق و سازه‌ای طبقه‌بندی می‌شود که این دستورالعمل فقط زهکش سازه‌ای را شامل می‌شود. زهکشی سطحی به مجموعه عملیاتی گفته می‌شود که وظیفه جمع‌آوری، انتقال، تخلیه و تصفیه آب‌های سطحی ناشی از بارندگی بر روی بستر روسازی شده و یا آب‌های آزاد جاری از زمین‌های بالادست و مرتفع پیرامون را بر عهده دارد. زهکشی سازه‌ای، شامل مجموعه اقداماتی برای حذف سریع رطوبت و ممانعت از ورود آن به داخل روسازی است. در انتخاب سیستم‌های زهکشی مناسب برای محوطه‌های مختلف بندری باید به جنبه‌های فنی، اقتصادی، نوع بهره‌برداری و تردد ماشین‌آلات توجه شود. از مهم‌ترین مسائل فنی در محوطه‌های بندری، تردد ماشین‌آلات سنگین و شرایط آب و هوایی بنادر و تأثیرات آن بر مصالح مورداستفاده در سیستم‌های زهکشی می‌باشد.

۲-۲-معرفی انواع سیستم‌های زهکشی و جمع‌آوری آب‌های سطحی

۲-۲-۱- سطوح شیب‌دار

منظور از زهکشی با سطوح روسازی این است که فرآیند جمع‌آوری و انتقال رواناب سطحی از طریق سطح روسازی انجام می‌شود. این نوع زهکشی در بنادر شامل زهکشی شیب‌دار نفوذناپذیر و سیستم زهکشی لایه متخلخل روی روسازی نفوذناپذیر است که در ادامه هرکدام تشریح می‌شوند.

۲-۲-۱-۱-زهکش شیب‌دار غیرقابل نفوذ

در سیستم شیب‌دار غیرقابل نفوذ، سعی بر این است که با تنظیم شیب سطوح روسازی، آب سطحی از روسازی سریع‌تر خارج شود. در شیب‌های کم، مقدار بیشتری از آب به روسازی نفوذ می‌کند و تجمع آب نیز می‌تواند مشکلات

omoorepeyman.ir

ایمنی برای رانندگان ایجاد کند. از طرف دیگر، شیب تندتر به‌ویژه در پایانه‌های کانتینری می‌تواند بر پایداری و بازدهی تجهیزات و نیز دسترسی کانتینرهای روی‌هم تأثیر بگذارد.

۲-۲-۱-۲- سیستم زهکشی لایه متخلخل بر روی روسازی نفوذناپذیر

در این سیستم زهکشی یک‌لایه آسفالت متخلخل[1] بر روی لایه آسفالتی غیرقابل نفوذ اجرا می‌شود. به دلیل درصد فضای خالی زیاد آسفالت متخلخل، رواناب جذب لایه متخلخل می‌شود و پس از برخورد با لایه آسفالتی معمولی با شیب عرضی به کناره‌های مسیر و سپس تخلیه می‌شود.

۲-۲-۲- کانیو

کانیو ها معمولاً با مقاطع قائم و مثلثی، در لبه روسازی استفاده می‌شود. این مجاری، رواناب را از طریق شیب‌بندی روسازی جمع‌آوری و انتقال می‌دهند. در مواردی که ظرفیت کانیوهای تعبیه‌شده جوابگوی حجم رواناب پیش‌بینی‌شده در طراحی نباشد، با نصب دریچه در فواصل مناسب، مازاد رواناب سطحی به مجاری زیرسطحی منتقل می‌شود. در (شکل ۱) زهکشی سطحی با کانیو ارائه‌شده است. ذکر این نکته نیز لازم است که کانیوها علاوه بر اینکه برای جمع‌آوری آب‌های سطح روسازی استفاده می‌شوند، از فرسایش خاکریزها یا سایر سطوح کناری مسیر جلوگیری و محدوده نهایی مسیر را نیز مشخص می‌کنند.

شکل ۱: سیستم زهکشی سطحی با کانیو در محوطه اداری بندر شهید رجایی

[1] Porous asphalt

omoorepeyman.ir

۲-۲-۳- نیم نهر

در محوطه‌های با رواناب بیشتر به‌منظور افزایش ظرفیت آبروها از جوی دو سویه یا نیم‌نهر استفاده می‌شود. نمونه‌ای از نیم‌نهر در (شکل ۲) نشان داده‌شده است. این سیستم زهکشی سطحی قادر است حجم زیادی از آب را در مسیر طولانی انتقال دهد، به‌نحوی‌که خروجی‌های کانال در فواصل قابل‌توجهی از هم قرار داشته باشند. همچنین تعمیر و نگهداری آن آسان و خرابی‌های به وجود آمده در طول سال‌های بهره‌برداری و ناشی از عوامل محیطی در آن قابل‌رفع است. در صورت طراحی مناسب نیم نهر، خطرات بهره‌برداری از آن نسبت به دیگر انواع سیستم‌ها کمتر خواهد بود.

شکل ۲ : نمونه‌ای از سیستم زهکشی با نیم‌نهر

۲-۲-۴- زهکشی لبه با جدول

سیستم زهکشی لبه با جدول[1] از قطعات پیش‌ساخته‌ای که در داخل هرکدام فرورفتگی‌هایی تعبیه‌شده، تشکیل‌شده است. با قرار گرفتن جداول مذکور در کنار هم، فرورفتگی‌ها همچون مجرای تخلیه آب عمل می‌کند. جنس جداول از نوع بتنی یا مواد بازیافتی، پلیمری و نظایر آن می‌باشد. نمونه‌ای از یک سیستم زهکشی لبه با جدول در (شکل ۳) نشان داده‌شده است.

[1] Combined kerb and drainage units

omoorepeyman.ir

شکل ۳ : نمونه‌ای از یک سیستم زهکشی لبه با جدول

۲-۲-۵- کانال پیش‌ساخته (Trench Drain)

این سیستم زهکشی، کانال پیش‌ساخته‌ای است که در داخل بتن جاگذاری می‌شود و برای جمع‌آوری و هدایت آب‌های سطحی به کار می‌رود. این کانال‌ها بسته به نوع کاربری منطقه و میزان بارهای اعمالی به کانال و نوع موادی که در معرض کانال زهکشی قرار دارد، ممکن است در انواع مختلف تولید شود. در محوطه‌های بندری به دلیل تردد ماشین‌آلات سنگین، کلاس مقاومت وزنی بالایی از این سیستم موردنیاز می‌باشد. نمونه‌هایی از انواع مختلف کانال‌های مورداستفاده در مناطق بندری در (شکل ۴) ارائه‌شده است.

شکل ۴ : نمونه‌هایی از سیستم زهکشی سطحی با کانال پیش‌ساخته

omoorepeyman.ir

۲-۲-۶- کانال پیش‌ساخته خطی (Slot Drain)

کانال پیش‌ساخته خطی[1] شامل لوله‌های هیدرولیکی زیرسطحی است که به‌صورت پیش‌ساخته بر روی بستر بتن پیش‌ساخته و یا بتن درجا اجرا می‌شود. در این سیستم زهکشی، آب‌های سطحی از طریق شکافی که بالای لوله تعبیه‌شده است، به لوله هدایت می‌شوند. کانال‌های زهکشی خطی شبیه به کانال‌های زهکشی مشبک هستند با این تفاوت که درپوش قابل جدا شدن ندارند و آب از طریق شکاف وارد لوله می‌شود. برای جلوگیری از گرفتگی، عرض شکاف باید با عمق افزایش یابد. متناسب با کاربری منطقه، از کانال‌های زهکشی خطی با جنس ویژگی‌های مشخص استفاده می‌شود. در محوطه‌های بندری، کلاس مقاومت وزنی بالایی از این سیستم مورد نیاز می‌باشد. در (شکل ۵) نمونه‌ای از کانال پیش‌ساخته خطی نشان داده‌شده است. همچنین جنس پلیمری آن در برابر پساب‌های صنعتی، روغن، بنزین، گازوئیل، نمک جاده و عوامل یخ‌زدا نیز مقاوم است.

شکل ۵ : نمونه‌ای از سیستم زهکشی سطحی با کانال پیش‌ساخته خطی

۲-۲-۷- کانال بتنی روباز

این سیستم زهکشی غالباً برای انتقال رواناب سطوح خیابان و زمین‌های شیب‌دار اطراف ساخته می‌شود و در مناطقی که نیاز به جابجایی حجم زیاد رواناب است مورداستفاده قرار می‌گیرد. در صورت استفاده از کانال روباز، ضروری است به‌منظور کنترل و جلوگیری ورود رسوبات، کانال‌ها به‌صورت لبه‌دار اجراشده و برای ورود آب‌های سطحی

[1] Linear Drainage Channels

omoorepeyman.ir

خیابان‌ها، مجرایی برای این منظور تعبیه شود. نمونه‌ای از کانال بتنی روباز در معابر بندر شهید رجایی در (شکل ۶) نشان داده‌شده است. این کانال‌ها به‌صورت درجا و پیش‌ساخته اجرا می‌شوند.

شکل ۶: نمونه‌ای از کانال بتنی روباز در معابر بندر شهید رجایی

۲-۲-۸- کانال بتنی سرپوشیده

این سیستم زهکشی برای جمع‌آوری و انتقال رواناب سطوح محوطه‌ها مورداستفاده قرار می‌گیرد. درپوش‌ها غالباً از نوع بتنی مسلح بوده و برای ورود رواناب حفره‌هایی بر روی آن ایجاد می‌شود. در ضمن در فواصل مناسب دریچه‌هایی برای ورود رواناب و رفع انسداد آن‌ها در نظر گرفته می‌شود. این کانال‌ها می‌توانند به‌صورت درجا و پیش‌ساخته اجرا شوند. نمونه‌ای از کانال بتنی سرپوشیده در (شکل ۷) نشان داده‌شده است.

omoorepeyman.ir

شکل ۷: نمونه‌ای از کانال بتنی سرپوشیده در محوطه ترمینال چند منظوره بندر انزلی

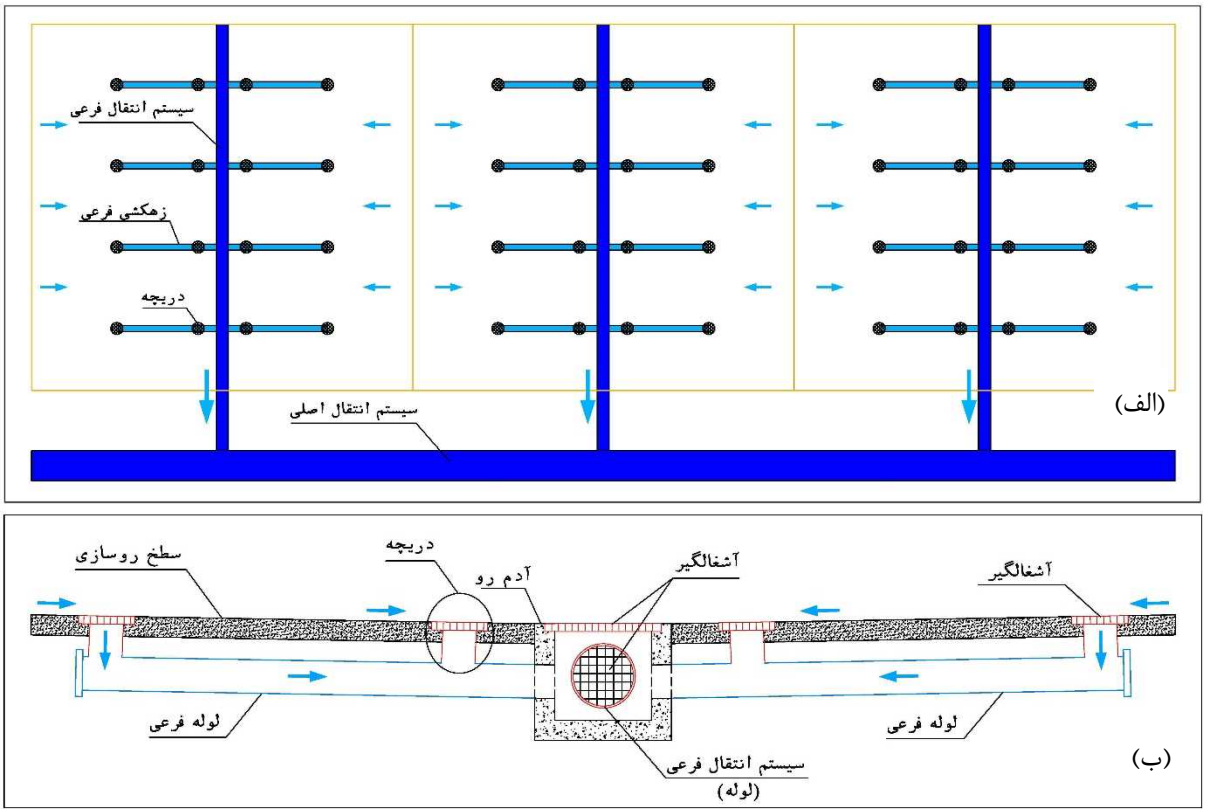
۲-۲-۹- سیستم زهکشی زیرسطحی (دریچه و لوله)

با توجه به شیب کم در محوطه‌های بندری، در صورت عدم امکان تأمین شیب کافی جهت تسریع در انتقال رواناب، توصیه می‌شود از مجاری زیرسطحی مانند لوله‌های کاروگیت با شیب مستقل از سطوح روسازی استفاده گردد. نحوه ورود آب به مجاری زیرسطحی از طریق تعبیه دریچه در فواصل مناسب خواهد بود. شماتیک پلان و مقاطع سیستم زهکشی زیرسطحی در (شکل ۸) ارائه‌شده است.

۲-۲-۱۰- کانال های خاکی

در بخشی از سیستم‌های انتقال رواناب به خروجی سیستم زهکشی بویژه در اراضی زهدار، کانال‌های خاکی می تواند مورد استفاده واقع شود. البته فرسایش پذیر بودن، رشد علف های هرز، افزایش زبری و کاهش ظرفیت عبور جریان از معایب این سیستم زهکشی بوده که استفاده از آن را محدود می سازد. از جمله مزایای این سیستم کاهش هزینه های اجرا و تخلیه زهاب های زیر سطحی به کانال خاکی می باشد.

omoorepeyman.ir



شکل ۸: شماتیک سیستم زهکشی زیرسطحی (الف. پلان عمومی جانمایی سیستم زهکشی، ب. مقطع عمومی سیستم زهکشی با لوله‌های کاروگیت)

۲-۳-معرفی انواع سیستم‌های نگهداشت، تصفیه و دفع رواناب

۲-۳-۱- مخازن زیرسطحی

مخازن زیرسطحی در درون و بیرون مسیر زهکشی می‌تواند قرار بگیرند. این مخازن برای کاهش اوج هیدروگراف سیلاب، کنترل سرعت جریان و درنتیجه کنترل بار رسوب و آلاینده‌های موجود در رواناب به کار می‌روند. از معایب این مخازن اشغال بخشی از محوطه می باشد. (آن بخش از محوطه که مخزن در زیر آن مدفون است، قابل استفاده نخواهد بود.) لذا کاربرد این مخازن در محوطه های وسیع می باشد. نمونه‌هایی از انواع مخازن زیرسطحی در (شکل ۹) نشان داده‌شده است.

omoorepeyman.ir

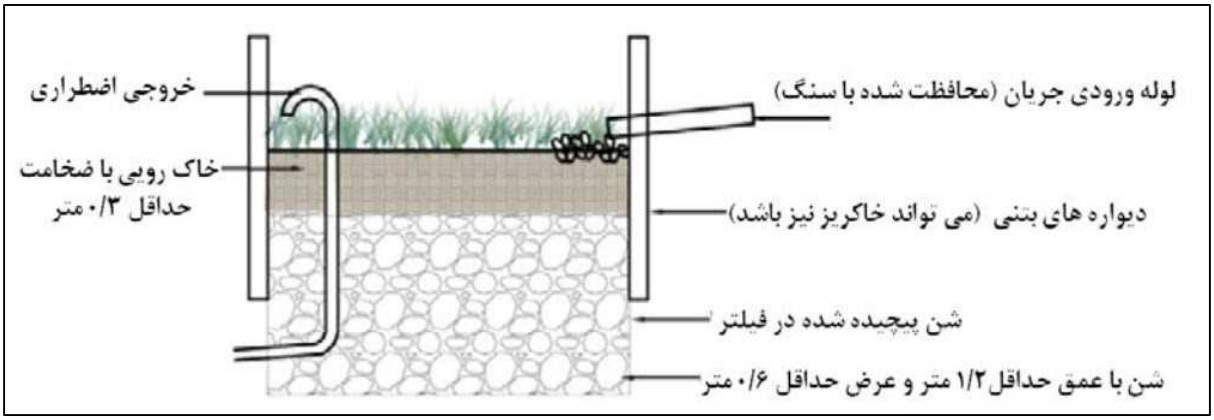
شکل ۹ : نمونه‌ای از مخازن زیرسطحی

۲-۳-۲- بشکه های ذخیره آب باران

استفاده از مخازن یا بشکه‌های کوچک آب، یک روش ساده برای نگهداری آب باران و آبیاری فضای است که می تواند در ساختمان های اداری و سوله انبار ها مورداستفاده قرار گیرد.

۲-۳-۳- حوضچه‌های نفوذی

حوضچه‌های نفوذی، ترانشه‌ها یا گودی‌های گیاه‌کاری شده‌ای هستند که به‌طور موقت رواناب سطحی را ذخیره و پس از پاکسازی به منابع زیرزمینی وارد می‌کند. این روش تلفیقی از زهکش با مصالح درشت‌دانه و سطح گیاه‌کاری‌شده می‌باشد. نمایی از یک حوضچه نفوذی در (شکل ۱۰) نشان داده‌شده است.



شکل ۱۰ : نمایی از یک حوضچه نفوذی زیستی

بنابر آنچه گفته شد، در جدول ۱ زهکش‌های متداول بنادر، ازنظر عملکردی و دامنه کاربرد باهم مقایسه شده است.

omoorepeyman.ir

جدول ۱: مقایسه عملکردی انواع سیستم‌های زهکشی بنادر

ردیف	نوع زهکش	مزایا	معایب
۱	شیب‌دار غیرقابل نفوذ	- سهولت اجرا، - جلوگیری از انباشت رواناب - جمع‌آوری سریع رواناب	- محدودیت در شیب بالا بر پایداری کانتینرها - شیب‌بندی چندجهته بدلیل جابجایی‌ها و بارگذاری‌های متناوب، بمرور از بین می‌رود
۲	آسفالت متخلخل	- جلوگیری از انباشت رواناب - جمع‌آوری سریع رواناب - کاهش پخش آب به هنگام عبور خودرو - کاهش پتانسیل یخزدگی آب - اصلاح مقاومت لغزندگی در سطح معابر	- کاهش کارایی آسفالت‌های متخلخل باگذشت زمان - عمر کم آسفالت متخلخل نسبت به آسفالت معمولی - کاهش ظرفیت باربری
۳	کانیو	- جمع‌آوری و انتقال سریع رواناب - افزایش جذابیت خیابان‌ها - افزایش مقاومت روسازی - تعمیر و نگهداری آن آسان است	- رسوب‌گذاری و گرفتگی کانیو به دلیل سرعت جریان کم - ورود نخاله از زمین‌های اطراف
۴	نیم نهر	- جمع‌آوری و انتقال سریع رواناب - افزایش مقاومت روسازی بخاطر احاطه کردن اطراف روسازی	- رسوب‌گذاری و گرفتگی - ورود نخاله از زمین‌های اطراف
۵	لبه با جدول	- مناسب برای مناطقی با شیب طولی کم یا بدون شیب ، مانند دور میادین - مناسب برای مناطقی با بستر سنگی و محکم	- رسوب‌گذاری و مشکلات لایروبی
۶	کانال پیش‌ساخته مشبک	- جمع‌آوری و انتقال سریع رواناب - ظرفیت عبور جریان بالا - فضای ورودی بزرگ برای عبور جریان - تعمیر، تعویض و نگهداری آن آسان است - لایروبی آسان	- امکان شکستگی درپوش در صورت بار نامتعارف و ضربه زیاد
۷	کانال پیش‌ساخته خطی	- جمع‌آوری و انتقال نسبتاً سریع رواناب - ظرفیت عبور جریان بالا	- رسوب‌گذاری و مشکلات لایروبی به دلیل عدم امکان برداشتن درپوش آن

omoorepeyman.ir

ادامه جدول ۱: مقایسه عملکردی انواع سیستم‌های زهکشی بنادر

ردیف	نوع زهکش	مزایا	معایب
۸	کانال بتنی روباز	- مناسب برای مناطق با بارش زیاد - ظرفیت عبور جریان بالا - طول عمر زیاد - مناسب برای مناطقی که رواناب حوضه‌های بالادست به آن می‌ریزد - امکان اجرای ابعاد بزرگ کانال	- اشغال بخش زیادی از محوطه یا خیابان - تجمع آلاینده‌ها در جریان‌های کم و شیوع بیماری - احتمال سقوط وسایل نقلیه به داخل کانال‌های روباز
۹	کانال بتنی سرپوشیده	- ظرفیت عبور جریان بالا - طول عمر زیاد - افزایش جذابیت خیابان‌ها - برطرف شدن معایب کانال روباز	- لایروبی آن‌ها مشکل است و اغلب به دلیل مشکلات آن، لایروبی صورت نمی‌گیرد. - گرفتگی حفره‌های درپوش بتنی - زنگ‌زدگی و تخریب درپوش‌های فلزی
۱۰	زهکشی زیرسطحی (لوله یا کانال بتنی)	- جلوگیری از انباشت رواناب و انتقال آن به مجاری زیرسطحی - عدم وابستگی شیب تخلیه طولی رواناب نسبت به شیب طولی مسیر	- نیاز مستمر به آشغال‌زدایی ورودی دریچه‌ها برای جلوگیری از آب‌گرفتگی - رسوب‌گذاری و مشکلات لایروبی
۱۱	کانال خاکی	- زهکشی آبهای زیر سطحی به داخل کانال	- فرسایش پذیری، - رسوب‌گذاری و مشکلات لایروبی - رشد علفهای هرز و کاهش ظرفیت عبور جریان - اشغال بخش وسیعی از محوطه
۱۲	مخازن زیرسطحی	- نگهداری و استفاده از آب باران - کاهش اوج هیدروگراف سیلاب - کنترل سرعت جریان - کنترل رسوب و آلاینده‌ها	- اشغال بخشی از محوطه (عدم امکان استفاده از بخش‌هایی از محوطه که مخازن زیر آن مدفون است)
۱۳	بشکه‌های ذخیره آب باران	- نگهداری و استفاده از آب باران - کاهش اوج هیدروگراف سیلاب - حذف مواد قابل ته‌نشینی	اشغال بخشی از محوطه
۱۴	حوضچه‌های نفوذ	- کاهش اوج هیدروگراف سیلاب - آبیاری فضای سبز - پاکسازی رواناب و تغذیه آب زیرزمینی	- اشغال بخشی از محوطه (در صورت عدم تعبیه فضای سبز) - غیر قابل استفاده بودن رواناب محوطه های نفتی در آبیاری فضای سبز

omoorepeyman.ir

۲-۴-ضوابط مرتبط با انتخاب نوع زهکشی در بنادر متناسب با نوع بهره‌برداری

در انتخاب سیستم‌های زهکشی مناسب برای جمع‌آوری آب‌های سطحی محوطه‌های مختلف بندری باید جنبه‌های فنی، اقتصادی، نوع بهره‌برداری و تردد ماشین‌آلات موردتوجه قرار گیرد. از مهم‌ترین مسائل فنی در محوطه‌های بندری، تردد ماشین‌آلات سنگین و شرایط آب و هوایی بنادر و تأثیرات آن بر مصالح مورداستفاده در سیستم‌های زهکشی می‌باشد. با توجه به شرایط خاص محوطه‌های مختلف بنادر سیستم‌های زهکشی مناسب به شرح زیر پیشنهاد می‌گردد:

۲-۴-۱- اسکله ها

اسکله ها در بنادر به دو صورت باز و بسته اجرا و مورد بهره برداری قرار میگیرند. سیستم‌های جمع‌آوری آبهای سطحی اسکله‌های بسته با توجه به نوع کاربری آن مشابه سیستم‌های زهکشی ترمینال‌ها می‌باشد. در اسکله‌های باز می توان از کانال‌های پیش ساخته مشبک و یا ایجاد حفره‌هایی در سطح اسکله برای تخلیه رواناب استفاده کرد. درز انبساط در سازه اسکله باز به هیچ عنوان نباید جهت تخلیه رواناب مورد استفاده قرار گیرد.

۲-۴-۲- ترمینال کانتینری

با توجه به باراندازی و نگهداری موقت کانتینرها، تردد ماشین‌آلات سنگین در ترمینال‌های کانتینری، روش‌های جمع‌آوری آب‌های سطحی این نوع محوطه‌ها باید به نحوی باشد تا ضمن غلبه بر محدودیت‌های فوق، آب‌های سطحی را با سرعت تخلیه نموده و مانع ایجاد شرایط ماندابی گردد. مناسب‌ترین سیستم زهکشی این محوطه‌ها استفاده از سطوح شیب‌دار دو وجهی به همراه مجاری زهکشی با حداقل درپوش می‌باشد به‌نحوی‌که مجاری زهکشی در خط-القعرها و به موازات خط ساحلی قرار گیرد. شیب عرضی سطوح چه در محوطه پایانه و چه در محوطه ترمینال نباید کمتر از ۰/۵ و بیشتر از ۲ درصد باشد. زهکش‌های خطی مانند اسلات‌ها (slot) با کلاس مقاومت وزنی بالا برای مجاری زهکشی این محوطه‌ها مناسب می‌باشد. نمونه‌ای از سیستم زهکشی ترمینال کانتینری در (شکل ۱۱) نشان داده‌شده است. به‌منظور کانالیزه کردن تردد ماشین‌آلات جهت کاهش تکرار عبور از روی زهکش‌های خطی، توصیه می‌شود محل تردد ماشین‌آلات خط‌کشی گردد.

omoorepeyman.ir

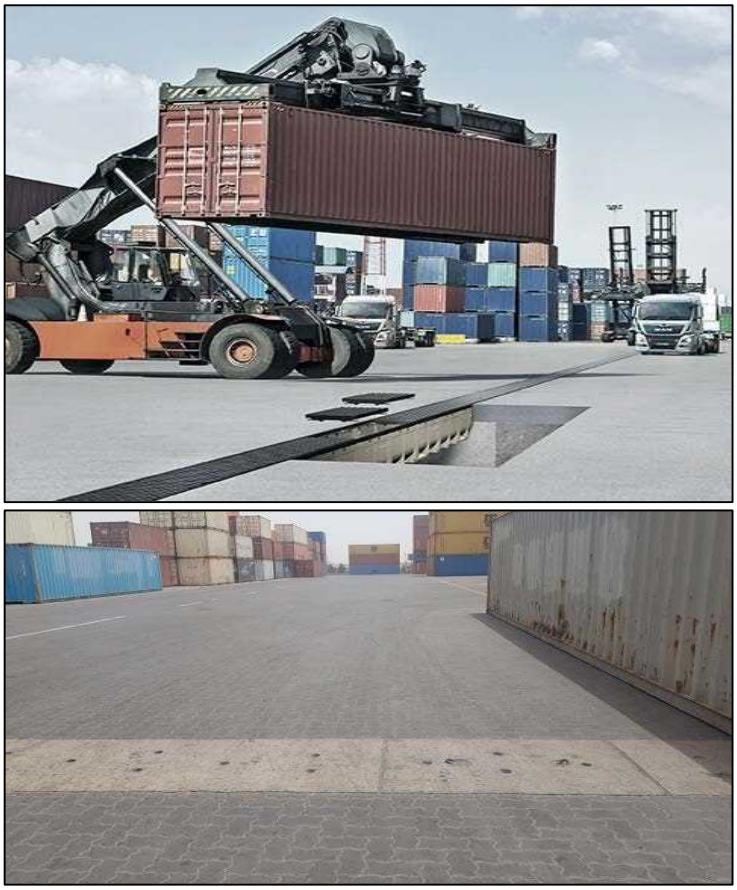
شکل ۱۱: استفاده از زهکش خطی در ترمینال‌های کانتینری

در صورت عدم امکان تأمین شیب کافی جهت تسریع در انتقال رواناب، توصیه می‌شود از مجاری زیرسطحی مانند لوله‌های کاروگیت و یا کانال‌های زیرسطحی با شیب مستقل از سطوح روسازی استفاده گردد. ابعاد دریچه زهکشی و تعداد آن با توجه به شیب مجاز، میزان بارش طرح و محاسبات هیدرولیکی تعیین می‌شود. نحوه ورود آب به مجاری زیرسطحی از طریق تعبیه دریچه در فواصل مناسب خواهد بود.

۲-۴-۳- پایانه کانتینری

مناسب‌ترین سیستم زهکشی این محوطه‌ها نیز مشابه ترمینال‌های کانتینری استفاده از سطوح شیب‌دار دو وجهی به همراه مجاری زهکشی می‌باشد. کانال پیش‌ساخته (trench drain) و زهکش خطی (slot) با کلاس مقاومت وزنی بالا برای مجاری زهکشی این محوطه‌ها مناسب خواهد بود. اولویت بعدی استفاده از کانال‌های بتنی سرپوشیده با درپوش بتنی حفره‌دار می‌باشد. نمونه‌ای از سیستم زهکشی پایانه کانتینری در (شکل ۱۲) نشان داده‌شده است.

omoorepeyman.ir



شکل ۱۲: کانال پیش‌ساخته مشبک (trench drain) و کانال‌های بتنی سرپوشیده در پایانه‌های کانتینری

در پایانه‌های کانتینری نیز توصیه می‌شود، جهت کاهش تکرار عبور از روی زهکش‌های خطی، محل تردد ماشین‌آلات خط‌کشی گردد.

۲-۴-۴- ترمینال مواد معدنی

۲-۴-۴-۱- محدوده اسکله‌ای

جمع‌آوری آب‌های سطحی این محوطه‌ها در اکثر بنادر کشور با چالش‌های اساسی همراه است. چراکه در هنگام بارندگی، مواد معدنی به همراه آب در سطح محوطه جاری و سپس وارد سیستم‌های زهکشی محوطه‌های مجاور شده و درنتیجه در اثر رسوب‌گذاری در مجاری به دلیل ماهیت مواد معدنی، رسوبات به‌مرور سفت شده و باعث گرفتگی آن‌ها می‌شود. یکی از مهم‌ترین راهکارها که در اکثر بنادر دنیا انجام می‌شود، ایزوله کردن این محوطه‌ها و حذف یا کاهش فاصله ترانزیت این مواد در داخل بنادر می‌باشد. لذا پیشنهاد می‌شود در نواحی اسکله‌ای، یک یا چند اسکله به بارگیری مواد معدنی اختصاص داده شود و با شیب بندی محوطه به سمت دریا، رواناب‌ها مستقیماً و یا از طریق

omoorepeyman.ir

کانال‌های روباز واقع در طرفین محوطه، از نقاط مشخص به دریا تخلیه شود. با این راهکار طول سیستم‌های انتقال‌دهنده کاهش‌یافته و لذا فرصت ته‌نشینی در داخل زهکش‌ها به رسوبات داده نمی‌شود و مهم‌تر از همه رسوبات این محوطه‌ها به محوطه‌های دیگر پخش نمی‌شود. در (شکل ۱۳) نمونه‌ای از محوطه بارگیری مواد معدنی ایزوله شده ارائه‌شده است.

شکل ۱۳ : نمونه محوطه بارگیری مواد معدنی ایزوله شده با سیستم زهکشی جداگانه

در شرایط استفاده از تسمه‌نقاله در حمل و بارگیری مواد معدنی، میزان تردد ماشین‌آلات کاهش‌یافته و لذا امکان به‌کارگیری کانال‌های سرپوشیده و یا پیش‌ساخته برای زهکشی این محوطه‌ها فراهم می‌گردد. در ضمن در این صورت مواد معدنی کمتر وارد این نوع سیستم می‌شود. در (شکل ۱۴) کانال پیش‌ساخته در محوطه مواد معدنی در بندر کنتان (Kuantan) مالزی نشان داده‌شده است.

شکل ۱۴: کانال مستطیلی در محوطه مواد معدنی بندر کنتان(Kuantan) مالزی

omoorepeyman.ir

۲-۴-۴-۲- محدوده انبارش موقت

در صورت عدم امکان تغییر محل محوطه‌های بارگیری مواد معدنی در بنادر موجود، به‌منظور جلوگیری از پخش رسوبات این محوطه به محوطه‌های دیگر، اجرای دیواره بتنی در پیرامون محوطه می‌تواند مؤثر واقع شود. مناسب‌ترین سیستم زهکشی این محوطه‌ها شیب بندی به طرفین محوطه به همراه کانال‌های روباز مجاور دیوارها می‌باشد. در این شرایط تعبیه حوضچه رسوب‌گیر ضرورت خواهد داشت. (به بند ۳-۴-۱-۱۱ مراجعه شود.)

۲-۴-۵- پایانه مواد معدنی

سیستم زهکشی پایانه‌های مواد معدنی مشابه محدوده انبارش موقت ترمینال‌های مواد معدنی، شیب بندی به طرفین محوطه به همراه کانال‌های روباز مجاور دیوارها می‌باشد. اجرای یک لایه جداکننده مانند دیوار بتنی یا فضای سبز با پوشش نسبتا متراکم به‌منظور جلوگیری از پخش رسوبات به محوطه‌های دیگر و همچنین تعبیه حوضچه رسوب‌گیر در این محوطه‌ها ضرورت دارد.

۲-۴-۶- ترمینال غلات

در این محوطه‌ها ورود غلات به همراه آب‌های سطحی به مجاری زهکشی اجتناب‌ناپذیر است. غلات پخش‌شده در این محوطه‌ها بمرور زمان و طی دفعات متعدد بارندگی با سایر مواد رسوبی مانند گل‌ولای ترکیب‌شده و منجربه تشکیل لایه‌های رسوبی سخت در مجاری زهکشی می‌شود. پیشنهاد می‌شود برای زهکشی این محوطه‌ها از کانال‌های پیش‌ساخته مشبک به دلیل سهولت لایروبی آن‌ها استفاده شود. استفاده از مجاری زیرسطحی مانند لوله‌ها و کانال‌های پیش‌ساخته خطی (Slot) به دلیل مشکلات لایروبی آن‌ها توصیه نمی‌شود. در مجاری زهکشی این محوطه‌ها، توصیه می‌شود محفظه آشغال‌گیر در نظر گرفته شود.

۲-۴-۷- پایانه غلات

محل نگهداری غلات در پایانه‌ها در سوله انبارها بوده که مناسب‌ترین سیستم زهکشی داخل آن‌ها کانال‌های پیش‌ساخته مشبک همانند (شکل ۱۵) می‌باشد. توصیه می‌شود برای تخلیه رواناب‌های پشت‌بام سوله‌ها، از داکت باران با امکان تخلیه به مجاری زهکشی پیرامون سوله استفاده گردد.

omoorepeyman.ir

شکل ۱۵: استفاده از کانال پیش‌ساخته مشبک (trench Drain) در سوله انبارها

۲-۴-۸- ترمینال و پایانه فله مایع

در محوطه های بارگیری و نگهداری فله مایع با توجه به وجود مخازن ذخیره، توصیه می شود از کانال های پیش ساخته مشبک و یا بتنی سر پوشیده حفره دار در مجاورت مخازن استفاده گردد. استفاده از مجاری زیرسطحی مانند لوله‌ها و کانال‌های پیش‌ساخته خطی (Slot) به دلیل چسبندگی روغن با رسوبات و مشکلات لایروبی آن‌ها در این محوطه ها توصیه نمی‌شود.

۲-۴-۹- محوطه های ریلی

سیستم زهکشی محدوده‌های ریلی اعم از ترمینال‌های ریلی و شانتینگ یاردها باید منطبق بر سیستم زهکشی محوطه‌های مجاور آن باشد. در صورت بالا بودن تراز زمین در محدوده‌های ریلی و قطع عرضی جریان محوطه مجاور توصیه می‌شود مطابق (شکل ۱۶) در مجاورت خطوط ریل کانال زهکشی اجرا گردد. این محوطه‌ها ممکن است دارای روسازی‌های مختلفی چون آسفالتی، شنی یا بلوک بتنی باشد. در محوطه‌های شنی می‌توان از زهکش سازه‌ای و یا کانال پیش‌ساخته مشبک (trench Drain) با تعبیه لوله بارباکان جهت هدایت رواناب به کانال مانند (شکل ۱۷) برای دفع رواناب‌ها استفاده کرد.

omoorepeyman.ir

شکل ۱۶: کانال روباز مجاور خطوط ریل برای زهکشی محوطه ریلی

شکل ۱۷: کانال پیش‌ساخته مشبک (trench Drain) در محوطه ریلی

۲-۴-۱۰- محوطه‌های اداری

مناسب‌ترین سیستم‌های زهکشی این محوطه‌ها کانیو و نیم نهر می‌باشد. این مجاری، رواناب را از طریق شیب‌بندی روسازی جمع‌آوری و انتقال می‌دهند. در مواردی که ظرفیت کانیو و نیم نهرهای تعبیه‌شده جوابگوی حجم رواناب پیش‌بینی‌شده در طراحی نباشد، با نصب دریچه در فواصل مناسب، مازاد رواناب سطحی به مجاری زیرسطحی منتقل می‌شود. در مناطقی محدودی از محوطه‌های اداری که شیب طولی مسیر کم یا بدون شیب است، مانند دور میادین می‌توان از سیستم زهکشی لبه با جدول استفاده کرد.

omoorepeyman.ir

۲-۴-۱۱- معابر و راه‌های دسترسی

مناسب‌ترین سیستم زهکشی معابر و راه‌های دسترسی به ترمینال و گیت بندری و راه‌های بین پایانه‌ای، کانال‌های بتنی سرپوشیده با درپوش بتنی می‌باشد. در صورت تخلیه رواناب محوطه‌های مجاور یا اراضی بالادست به این کانال‌ها، توصیه می‌شود از کانال‌های بتنی روباز در ابعاد بزرگ‌تر استفاده گردد.

۲-۴-۱۲-محوطه‌های پارکینگ

۲-۴-۱۲-۱- ماشین‌آلات سبک

مناسب‌ترین سیستم زهکشی محوطه ماشین‌آلات سبک شیب بندی و کانال پیش‌ساخته مشبک و خطی در پیرامون محوطه‌ها می‌باشد. در مناطق پرباران می‌توان از آسفالت متخلخل برای زهکشی سریع این محوطه‌ها استفاده کرد.

۲-۴-۱۲-۲- ماشین‌آلات سنگین

مناسب‌ترین سیستم زهکشی محوطه ماشین‌آلات سنگین نیز شیب‌بندی و استفاده کانال روباز در پیرامون این محوطه‌ها می‌باشد.

با توجه به موقعیت توقف ماشین‌آلات سنگین در بنادر که عمدتاً در محدوده قبل و بعد از گیت‌های ورود و خروج به‌منزله دریافت مجوز بارگیری صورت می‌گیرد و کنترل و بهره‌برداری ضعیف در آن نواحی، استفاده از زهکش خطی به دلیل مشکلات لایروبی آن توصیه نمی‌شود.

۲-۴-۱۳- محوطه‌های کارواش، تعمیرگاه، سوخت‌گیری و بارگیری مواد نفتی

تفاوت عمده این محوطه‌ها با محوطه‌های دیگر وجود فراورده‌های نفتی و احتمال پخش این مواد در برخی قسمت‌های این محوطه‌ها است. لذا ضروری است به‌منظور رعایت مسائل زیست‌محیطی، آب‌های سطحی این محوطه‌ها قبل از تخلیه به دریا به‌منظور جداسازی مواد نفتی از آب‌های سطحی، تصفیه کامل شود. جهت کنترل و اطمینان از عدم تخلیه مواد نفتی به دریا توصیه می‌شود جریان خروجی از تصفیه‌خانه‌ها قبل از تخلیه به دریا وارد حوضچه‌ای شده و پس از اتمام بارندگی و بازدید از این حوضچه‌ها، اجازه تخلیه به دریا داده شود.

omoorepeyman.ir

مناسب‌ترین سیستم‌های زهکشی این محوطه‌ها، شیب‌بندی مناسب و استفاده از کانال‌های پیش‌ساخته مشبک یا خطی با کلاس وزنی بالا و یا کانال‌های سرپوشیده با درپوش بتنی حفره‌دار می‌باشد. در (شکل ۱۸) نمونه‌ای از سیستم زهکشی محوطه سوخت‌گیری نشان داده‌شده است. استفاده از سیستم زهکشی زیرسطحی به دلیل مشکلات لایروبی آن، تجمع رسوبات و گرفتگی مجاری، توصیه نمی‌شود.

شکل ۱۸ : استفاده از کانال پیش‌ساخته مشبک در مناطق سوخت‌گیری

در جدول (۲) خلاصه سیستم‌های زهکشی مناسب برای محوطه‌های مختلف بنادر ارائه‌شده است.

omoorepeyman.ir

جدول ۲ : سیستم‌های زهکشی مناسب برای محوطه‌های مختلف بنادر

ردیف	محوطه		نوع سیستم زهکشی	توضیحات
۱	**ترمینال کانتینری**		- شیب بندی دووجهی سطوح محوطه - قرار گرفتن کانال‌های پیش‌ساخته خطی مانند اسلات ها (slot) با کلاس مقاومت وزنی بالا در خط القعرها	الویت اول استفاده از کانال‌های پیش‌ساخته خطی مانند اسلات ها می باشد.
			- شیب بندی دووجهی سطوح محوطه - قرار گرفتن لوله یا کانال زیرسطحی اصلی در خط القعرها با شیب مستقل - قرار گرفتن لوله یا کانال زیرسطحی فرعی در امتداد شیب سطوح با شیب مستقل - دریچه جهت ورود رواناب	در الویت دوم و در صورت عدم امکان تأمین شیب کافی، استفاده از لوله و یا کانال‌های زیرسطحی با شیب مستقل از سطوح روسازی توصیه می‌شود.
۲	**پایانه کانتینری**		- شیب بندی دووجهی سطوح محوطه - قرار گرفتن کانال‌های پیش‌ساخته مشبک (trench drain) و خطی (slot) با کلاس مقاومت وزنی بالا و کانال‌های بتنی سرپوشیده با درپوش بتنی حفره‌دار در خط القعرها	در صورت عدم امکان تأمین کانال‌های پیش‌ساخته با کلاس مقاومت وزنی بالا، کانال‌های بتنی سرپوشیده با درپوش بتنی حفره‌دار جایگزین مناسبی خواهد بود.
۳	**ترمینال مواد معدنی**	**محدوده اسکله‌ای**	- ایزوله کردن این محوطه‌ها - شیب بندی محوطه به طرفین - کانال‌های روباز واقع در طرفین محوطه - کانال پیش‌ساخته مشبک با کلاس مقاومت وزنی (در شرایط استفاده از تسمه‌نقاله)	یک یا چند اسکله به بارگیری مواد معدنی اختصاص داده‌شده و از پخش رسوبات این محوطه‌ها به محوطه‌های دیگر جلوگیری می‌شود.
		بارگیری موقت	- اجرای دیواره بتنی یا پوشش گیاهی در پیرامون محوطه - شیب بندی محوطه به سمت زهکش‌ها - کانال‌های روباز - حوضچه رسوب‌گیر	به‌منظور جلوگیری از پخش رسوبات این محوطه به محوطه‌های دیگر اجرای دیوار بتنی یا پوشش گیاهی پیرامون محوطه و حوضچه رسوب‌گیر ضرورت دارد

omoorepeyman.ir

ادامه جدول ۲ : سیستم‌های زهکشی مناسب برای محوطه‌های مختلف بنادر

ردیف	محوطه	نوع سیستم زهکشی	توضیحات
۴	**پایانه مواد معدنی**	- اجرای دیواره بتنی یا پوشش گیاهی در پیرامون محوطه - شیب بندی محوطه به سمت زهکش‌ها - کانال‌های روباز - حوضچه رسوب‌گیر	
۵	**ترمینال غلات**	- شیب بندی دووجهی سطوح محوطه - قرار گرفتن کانال‌های پیش‌ساخته مشبک (trench drain) با کلاس مقاومت وزنی بالا در خط القعرها - محفظه آشغال‌گیر	مجاری زیرسطحی مانند لوله‌ها و کانال‌های پیش‌ساخته خطی (Slot) به دلیل مشکلات لایروبی آن توصیه نمی‌شود.
۶	**پایانه غلات**	- کانال‌های پیش‌ساخته مشبک برای زهکشی رواناب داخل سوله انبار - داکت باران با امکان تخلیه به مجاری زهکشی پیرامون سوله انبار برای تخلیه رواناب‌های پشت‌بام سوله‌ها	محل نگهداری غلات در پایانه‌ها در سوله انبارها می‌باشد.
۷	**ترمینال و پایانه فله مایع**	- کانال‌های پیش‌ساخته مشبک - کانال بتنی سرپوشیده حفره دار	زهکش ها در مجاورت مخازن ذخیره اجرا گردد. استفاده از مجاری زیرسطحی مانند لوله‌ها و کانال‌های پیش‌ساخته خطی (Slot) بدلیل مشکلات لایروبی توصیه نمی‌شود
۸	**محدوده‌های ریلی**	- کانال روباز مجاور خط ریل (در صورت بالا بودن تراز زمین در محدوده‌های ریلی) - کانال‌های پیش‌ساخته مشبک (trench drain) و زهکش سازه‌ای (در محوطه‌های گراولی)	سیستم زهکشی محدوده‌های ریلی اعم از ترمینال‌ها و شانتینگ یاردها باید منطبق بر سیستم زهکشی محوطه‌های مجاور آن باشد.

omoorepeyman.ir

ادامه جدول ۲ : سیستم‌های زهکشی مناسب برای محوطه‌های مختلف بنادر

ردیف	محوطه		نوع سیستم زهکشی	توضیحات
۹	**محوطه‌های اداری**		- شیب بندی به سمت زهکش‌ها - کانیو - نیم نهر	در مواردی که ظرفیت کانیو یا نیم‌نهر تعبیه‌شده جوابگوی حجم رواناب پیش-بینی‌شده در طراحی نباشد، با نصب دریچه در فواصل مناسب، مازاد رواناب سطحی به مجاری زیرسطحی منتقل می‌شود.
			- زهکشی لبه با جدول	مناسب برای محوطه‌هایی با شیب طولی کم یا بدون شیب و یا مناطقی با بستر سنگی و محکم
۱۰	**معابر و راه‌های دسترسی**		- کانال‌های بتنی سرپوشیده با درپوش بتنی حفره‌دار - کانال‌های روباز	در صورت تخلیه رواناب محوطه‌های مجاور یا اراضی بالادست به این کانال‌ها، توصیه می‌شود از کانال‌های بتنی روباز در ابعاد بزرگ‌تر استفاده گردد.
۱۱	**محوطه‌های پارکینگ**	**ماشین‌آلات سبک**	- شیب بندی به سمت زهکش‌ها - کانال‌های پیش‌ساخته مشبک (trench drain)	در مناطق پرباران می‌توان از آسفالت متخلخل برای زهکشی سریع این محوطه‌ها استفاده کرد.
		ماشین‌آلات سنگین	- شیب بندی به سمت زهکش‌ها - کانال روباز	
۱۲	**محوطه‌های کارواش، تعمیرگاه، سوخت‌گیری و بارگیری مواد نفتی**		- شیب بندی به سمت زهکش‌ها - کانال پیش‌ساخته مشبک (trench Drain) و زهکش اسلات با کلاس مقاومت وزنی بالا - کانال‌های بتنی سرپوشیده با درپوش بتنی حفره‌دار	ضروری است به‌منظور رعایت مسائل زیست‌محیطی، آب‌های سطحی این محوطه‌ها قبل از تخلیه به دریا به‌منظور جداسازی مواد نفتی از آب‌های سطحی، تصفیه کامل شود.

omoorepeyman.ir

۲-۵-محدودیت طراحی و اجرایی در بنادر

۲-۵-۱- شرایط جزر و مد دریا

یکی از ویژگی‌های بارز اراضی کم ارتفاع بندری در مجاورت دریای آزاد، بالا و پایین رفتن تراز آب در اثر جزر و مد است. کاهش سرعت تخلیه و اثرات پس‌زدگی ناشی از مد و سایر عوامل می‌تواند نقشی تعیین‌کننده در عملکرد شبکه‌های زهکشی بنادر داشته باشد. به‌منظور تخلیه سریع و جلوگیری از اثرات پس‌زدگی ناشی از مد دریا، ضروری است تراز کف خروجی‌ها بالاتر از تراز مد دریا باشد و این موضوع در اراضی کم شیب ساحلی منجربه کاهش بیشتر سیستم‌های زهکشی و افزایش رسوب‌گذاری خواهد شد.

یکی دیگر از محدودیت های طراحی بنادر موضوع آب زیر زمینی این مناطق است که در شرایط مد دریا تشدید می گردد. لازم است در طراحی سیستم های جمع آوری آبهای سطحی و همچنین روسازی این موضوع مورد توجه قرار گیرد.

۲-۵-۲- تأسیسات زیرسطحی

با توجه به قدمت بالای اکثر بنادر، نقشه‌های ازبیلت تأسیسات بخصوص کابل‌های مدفون در اکثر قسمت‌ها موجود نبوده و لذا عملیات اجرایی مانند حفاری و کانال‌کشی با مشکلات اساسی روبرو می‌شود.

۲-۵-۳- شرایط جوی

یکی دیگر از محدودیت‌های اجرایی در بنادر بخصوص بنادر جنوب کشور، شرایط جوی آن در تابستان می‌باشد. علاوه بر مشکلات انسانی کار در دما و رطوبت بالا، برخی از عملیات اجرایی مانند بتن‌ریزی در چنین شرایطی با محدودیت‌هایی همراه می‌باشد. عملیات بتن‌ریزی کانال‌های سیستم‌های جمع‌آوری آب‌های سطحی نیز از این قاعده مستثنی نیست.

یکی از محدودیت هایی که از شرایط جوی بنادر نشات می گیرد شرایط خوردنده آن مناطق است که در طراحی سازه ها باید مد نظر قرار گیرد.

omoorepeyman.ir

۲-۵-۴- معارض‌ها (ساختمان، دکل برق و سایر تأسیسات زیرزمینی)

سازه‌های اجراشده قبلی اعم از ساختمان، دکل برق و سایر تأسیسات بخصوص تأسیسات زیرزمینی، در اکثر طرح‌ها مشکل‌ساز بوده و معمولاً حین اجرا در مواجهه با چنین مشکلاتی، تغییراتی در خط پروژه طرح داده می‌شود. در برخی از بنادر بزرگ، موضوع معارض‌ها حادتر نیز می‌شود که ناشی از عدم هماهنگی بخش‌های مربوطه می‌باشد.

۲-۵-۵- آب های حوضه های بالادستی

در برخی بنادر رواناب‌های شهری از سیستم زهکشی بندر به دریا و رودخانه تخلیه می‌شود که این امر سبب افزایش ابعاد و مقاطع کانال‌ها و مجراها ازنظر هیدرولیکی می‌شود. موضوع حائز اهمیت در این قسمت‌ها، رسوبات و زباله‌های موجود در رواناب‌های شهری است که وارد کانال‌های محوطه بنادر می‌شود و مشکلات رسوب‌گذاری و گرفتگی کانال‌ها را دو چندان می‌کند. چراکه وجود زباله در کانال‌های سطح شهر به‌مراتب بیشتر بوده و همین زباله‌ها منجربه گرفتگی و رسوب‌گذاری بیشتر در داخل زهکش‌های محوطه بنادر می‌گردد.

omoorepeyman.ir

۳

طراحی سیستم‌های زهکشی بنادر

omoorepeyman.ir

۳- طراحی سیستم‌های زهکشی بنادر

۳-۱- مراحل طراحی

طراحی یک سیستم زهکشی به‌صورت گام‌های زیر می‌باشد:

۳-۱-۱- مطالعات هواشناسی

اولین گام در طراحی سیستم‌های جمع‌آوری آب‌های سطحی، مطالعات هواشناسی می‌باشد. این مطالعات منجربه تعیین روابط شدت – مدت - فراوانی می‌گردد. دو روش تحلیلی و تجربی برای این منظور وجود دارد.

۳-۱-۲- مطالعات هیدرولوژی

دومین گام در طراحی سیستم‌های جمع‌آوری آب‌های سطحی، مطالعات هیدرولوژی می‌باشد. این مطالعات منجربه تعیین دبی طراحی می‌گردد. سه روش منطقی، SCS و آنالیز منطقه‌ای سیلاب برای این منظور پیشنهادشده است.

۳-۱-۳- مطالعات هیدرولیکی

مطالعات هیدرولیکی منجربه تعیین ابعاد زهکش‌ها یا کنترل ابعاد آن‌ها می‌گردد. لازم به ذکر است که قوانین و معادلات حاکم بر زهکش‌های سطحی و زیرسطحی باهم تفاوت داشته و روابط هر یک در ادامه ارائه‌شده است:

۳-۱-۳-۱- زهکش‌های سطحی

برای انجام مطالعات هیدرولیکی زهکش‌های سطحی از روابط متعددی وجود دارد. در این راهنما دو رابطه مانینگ و شزی که مهندسین و متخصصین در استفاده از آن‌ها اتفاق‌نظر دارند پیشنهادشده است.

۳-۱-۳-۲- زهکش‌های سازه‌ای

زهکشی سازه‌ای برای حذف آب نفوذی سطحی از لایه‌های روسازی، طراحی می‌شود. لایه زهکشی باید طوری طراحی شود که بتواند تمام آبی که به آن می‌رسد را در خود جای دهد. ابعاد لایه زهکشی را می‌توان با استفاده از قانون دارسی تعیین کرد.

omoorepeyman.ir

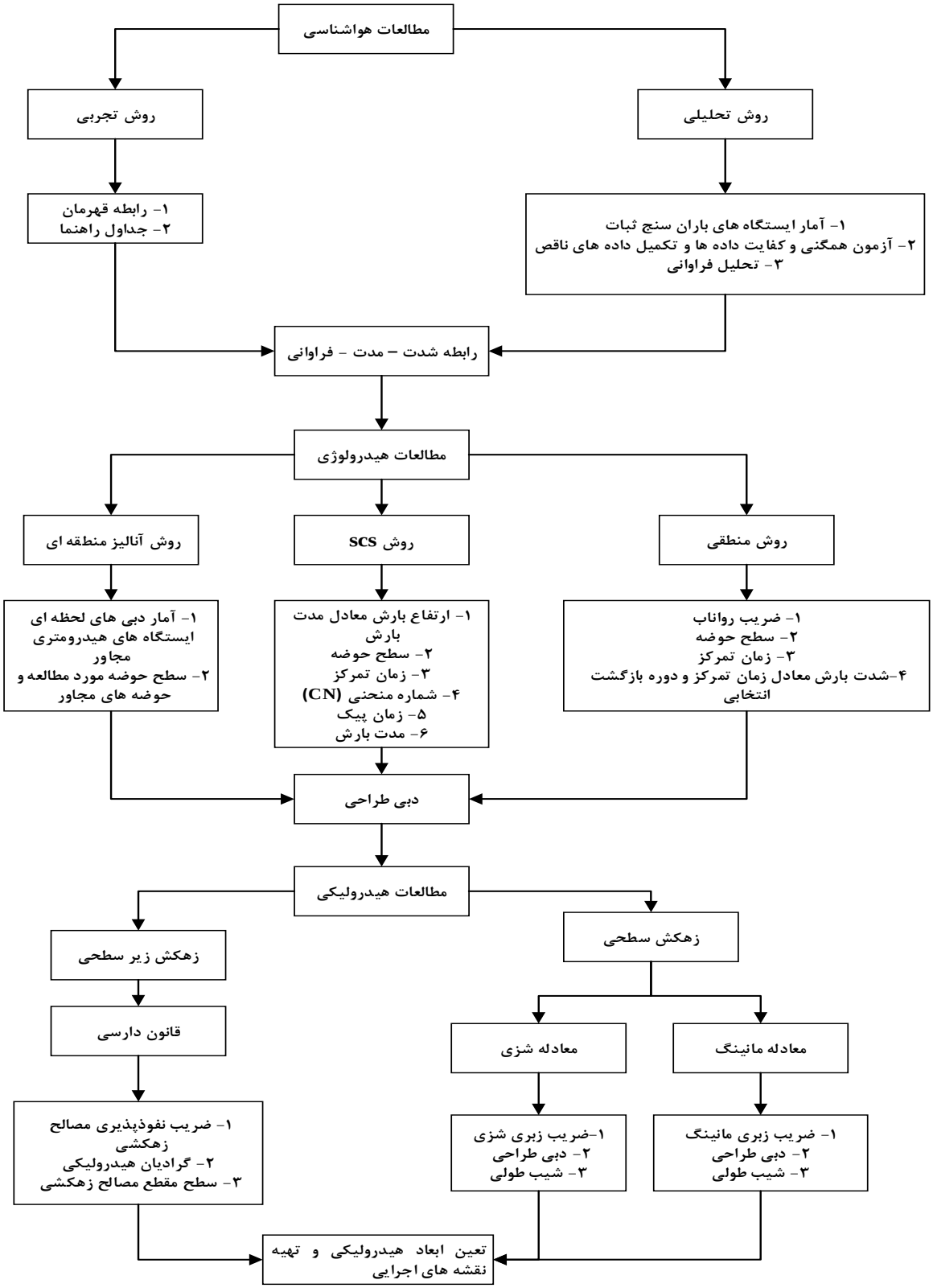
۳-۱-۴- تهیه نقشه‌های اجرایی

پس از مشخص شدن ابعاد زهکش‌ها، نقشه‌های اجرایی سیستم‌های زهکشی به همراه جزئیات کامل تهیه می‌شود. در این نقشه‌ها باید موارد زیر رعایت شود:

- نقشه‌های اجرایی اتصال به سیستم‌های شهری یا مخازن(در صورت نیاز)
- نقشه‌های اجرایی اتصال اجزی سیستم‌های زهکشی به یکدیگر
- نقشه‌های اجرایی اتصال در محل تغییر مقاطع یک سیستم زهکشی
- نقشه های اجرایی اجزای سیستم زهکشی (اعم از کانیو، کانال، آشغالگیر، دریچه، آدم رو، رسوبگیر و ...)

در(شکل ۱۹) روند طراحی سیستم‌های زهکشی نشان داده‌شده است.

omoorepeyman.ir



شکل ۱۹ : فلوچارت راهنمای طراحی زهکشی آب‌های سطحی

omoorepeyman.ir

۳-۲-مطالعات هواشناسی

مطالعات هواشناسی، وضعیت اقلیمی محدوده موردنظر و چگونگی رخدادهای اقلیمی را ارائه می‌دهد. به‌کارگیری این مطالعات، وضعیت تولید رواناب سطحی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. ازآنجاکه رگبارها عامل اصلی تولید سیلاب و رواناب‌های سطحی هستند، در برآورد میزان سیلاب و رواناب، تجزیه‌وتحلیل رگبارهای ایستگاه‌های باران‌سنج اهمیت ویژه‌ای دارد. تحلیل بارش‌های کوتاه‌مدت منجربه تعیین رابطه شدت – مدت - فراوانی بارش خواهد شد. برای بررسی بارش‌های کوتاه‌مدت و تعیین رابطه شدت – مدت - فراوانی از دو روش زیر استفاده می‌شود.

- استفاده از آمار بارندگی (روش تحلیلی)
- استفاده از روش‌های تجربی که توسط محققین به‌صورت رابطه ارائه‌شده است. (روش تجربی)

۳-۲-۱- روش تحلیلی

این روش فقط در ایستگاه‌هایی که مجهز به باران‌سنج ثبات هستند، امکان‌پذیر است. باران‌سنج ثبات (باران‌نگار) ارتفاع تجمعی بارش را برحسب زمان بر روی کاغذ مخصوص ثبت می‌کند. به کمک این دستگاه می‌توان شدت بارش را برای مدت دوام‌های مختلف به دست آورد.

۳-۲-۱-۱- جمع‌آوری و بررسی صحت‌وسقم آمار و بازسازی داده‌های ناقص

در ایران، مسئولیت تأمین و نگهداری ایستگاه‌های هواشناسی و اقلیمی کشور در اختیار سازمان هواشناسی و نیز مرکز مطالعات پایه مدیریت منابع آب وزارت نیرو است.

در جمع‌آوری آمار و اطلاعات، با در نظر گرفتن ارتفاع حوضه و مختصات جغرافیایی منطقه موردنظر، ایستگاه‌های هم‌جوار و تقریباً هم‌تراز با حوضه مطالعاتی، انتخاب و سپس با مراجعه به آمار در دسترس این ایستگاه‌ها، ایستگاه‌هایی که دارای طول عمر داده‌های بیشتری باشند، انتخاب می‌شوند. قبل از هرگونه پردازش داده‌ها، ابتدا آزمون‌های مختلفی بر روی‌داده‌های موجود صورت بگیرد.

omoorepeyman.ir

۳-۲-۱-۱-۱- آزمون همگنی داده‌ها

معمولی‌ترین روش گرافیکی که به‌منظور اطمینان از همگنی داده‌ها استفاده می‌شود، روش جرم مضاعف[1] است. این روش معمولاً برای آزمون همگنی داده‌های مربوط به بارندگی و رواناب مورداستفاده قرار می‌گیرد. در این روش داده‌های تجمعی یک متغیر (آمار ایستگاه مبنا)، در برابر داده‌های تجمعی متغیر دوم (آمار ایستگاه‌های دیگر) ترسیم می‌شود. در نمودار ترسیم‌شده، پراکندگی کم نقاط و در امتداد یک‌خط بودن آن‌ها بیانگر همگنی متغیرها است.

۳-۲-۱-۱-۲- آزمون کفایت داده‌ها

هدف استفاده از این آزمون این است که آیا تعداد داده‌های مورداستفاده در محاسبات تجربی و تئوری کفایت می‌کند. برای این‌کار مطابق رابطه مارکوس، حداقل داده‌ها از رابطه (۱) زیر بدست می‌آید :

$$Y = [4.3t \times logR]^{2}+6 \qquad (۱)$$

که در آن:

Y: حداقل قابل‌قبول تعداد داده‌ها برای تجزیه‌وتحلیل

t: مقدار t استیودنت در سطح اعتماد ۹۰ درصد به ازای درجه آزادی y-6

R: نسبت مقدار متغیر در دوره بازگشت ۱۰۰ سال به مقدار آن در دوره بازگشت ۲ سال بر اساس داده‌های موجود

ابتدا لازم است برای تعیین مقدار R ، تحلیل فروانی سیلاب بر روی داده های موجود صورت گرفته تا دبی های سیلابی با دوره باز گشت ۱۰۰ سال و ۲ سال از آن استخراج گردد. سپس برای y مقداری فرض کرده و برای سطح اعتماد ۹۰ درصد مقدار t استیودنت به ازای درجه آزادی y-6 را از جدول t استیودنت استخراج کرده و در فرمول قرار می دهیم. این آزمون و خطا را تا برقراری تساوی بین مقدار y فرضی و y محاسباتی ادامه می دهیم.

[1] Double mass analysis

omoorepeyman.ir

۳-۲-۱-۱-۳- بازسازی داده‌های ناقص

پس از انجام آزمون‌های موردنیاز، داده‌های ناقص با استفاده از روش همبستگی بین ایستگاه‌ها بازسازی و تکمیل می‌شود. در این روش، بعد از به دست آوردن آمار ایستگاه مبنا (به‌عنوان متغیر مستقل)، و ایستگاه فاقد آمار (به‌عنوان متغیر وابسته)، داده‌های موردنظر به روش همبستگی خطی موردبازسازی قرار می‌گیرند.

۳-۲-۲- روش تجربی

در مواردی که آمار و داده‌های کافی برای کاربرد روش تحلیل مستقیم آماری رگبارها موجود نباشد، می‌توان از نتایج مبتنی بر تجربیات بین‌المللی استفاده کرد. نمونه‌ای از نتایج حاصل از تجربیات در جدول ۳ و جدول ۴ ارائه‌شده که در صورت ناکافی بودن آمار و داده‌ها، می‌توان از آن‌ها استفاده کرد.

جدول ۳ : راهنمای تعیین مقدار بارندگی‌های ۵ تا ۱۲۰ دقیقه‌ای نسبت به بارندگی یک‌ساعته

مدت بارندگی (دقیقه)	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۱۲۰
نسبت بارندگی به بارش یک‌ساعته	۰/۲۹	۰/۴۵	۰/۵۷	۰/۶۶	۰/۷۹	۰/۸۸	۰/۹۵	۱/۰۰	۱/۲۵

جدول ۴ : ضرایب تبدیل دوره‌های بازگشت مختلف رگبارهای بارش

دوره بازگشت (سال)	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰
ضریب تبدیل	۰/۶۳	۰/۸۵	۱/۰۰	۱/۱۷	۱/۳۱	۱/۴۶

روش‌های تجربی به‌منظور محاسبه بارش در مدت زمان دلخواه با دوره برگشت موردنظر وجود دارد که برای شرایط آب‌وهوایی ایران استفاده از رابطه (۲) که توسط قهرمان در سال ۱۳۶۶، برای تعیین مقدار بارندگی در زمان تداوم بین ۱۵ دقیقه تا ۲۰ ساعت ارائه‌شده، پیشنهاد می‌شود.

$$P = (0.4525 + 0.2471\, Ln(T - 0.6)(0.371 + 0.618t^{0.44})P_{10}^{1} \qquad (۲)$$

$$P_{10}^{1} = e^{0.8} \times X^{1.1374} \times y^{-0.3072}$$

$$0.25 \le t \le 20$$

$$2 \le T \le 100$$

که در آن:

P : مقدار بارندگی برحسب میلیمتر

t: مدت بارندگی برحسب ساعت

omoorepeyman.ir

T: دوره بازگشت برحسب سال

P^{1}_{10}: بارندگی یک‌ساعته با دوره بازگشت ده سال

X: متوسط حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته یکساله برحسب میلی‌متر

Y: متوسط بارش سالانه برحسب میلی‌متر

e : عدد نپر

بر اساس شدت‌های محاسبه‌شده، منحنی‌های شدت- مدت- فراوانی (IDF)، که بیانگر رابطه بین شدت بارندگی و زمان تداوم رگبار را برای دوره برگشت‌های مختلف هستند، تهیه می‌شود.

۳-۲-۳- رابطه شدت- مدت- فراوانی بارش

طراحی سازه‌های هیدرولیکی نیازمند محاسبه فراوانی و شدت باران‌های حدی و درنتیجه تولید هیدروگراف‌های سیل است. از این‌رو روابط شدت- مدت- فراوانی (IDF[1]) بارش، در پیش‌بینی احتمالات آینده، تعیین ریسک و بالابردن دقت طراحی استفاده می‌شود. به‌عبارت‌دیگر، در صورت وجود داده‌های باران‌سنجی با تحلیل آماری فراوانی بارش‌ها، شدت بارندگی در تداوم موردنظر بدست می‌آید، اما در مناطق فاقد ایستگاه باران‌سنج باید از معادلات تجربی شدت- مدت- فراوانی بارش استفاده شود.

هرچه مدت بارش بیشتر باشد، شدت آن کمتر خواهد بود و بر عکس باران‌های درازمدت از شدت کمتری برخوردار هستند. به‌طورکلی برای توصیف ارتباط بین شدت بارندگی و زمان تداوم آن از رابطه (۳) استفاده می‌شود.

$$i = \frac{a}{(t+b)^c} \qquad (۳)$$

که در آن :

i: شدت متوسط بارندگی برحسب میلیمتر بر ساعت

t: مدت بارندگی بر حسب دقیقه

a، b و c : اعداد تجربی می باشند. بر اساس فرمول فوق این ضرایب برای ایستگاه های باران سنج مختلف کشور که مجهز به باران نگار هستند، محاسبه شده و از سازمان هواشناسی کشور قابل دریافت است.

[1] Intensity Duration Frequency (IDF)

omoorepeyman.ir

گام بعدی در تعیین رابطه شدت- مدت- فراوانی بارش، انتخاب قوانین مناسب آماری یا همان توابع چگالی احتمال و برآورد عوامل آن‌هاست. با توجه به متون مختلف هیدرولوژی، توزیع‌های خانواده گاما، گامبل تعمیم‌یافته، پارتو لوگ نرمال از سایرین مناسب‌ترند. برای این منظور داده‌های بارندگی ایستگاه باران‌سنج ثبات در تداوم‌های مختلف مورد تجزیه‌وتحلیل قرار می‌گیرد و با انتخاب قوانین مناسب آماری، شدت بارندگی برای دوره‌های بازگشت مختلف محاسبه می‌شود.

۳-۲-۴- بارش طراحی

انتخاب بارش طراحی، که معمولاً با استفاده از منحنی‌های شدت- مدت- فراوانی (IDF) و برای یک‌بارش با تداوم و فراوانی معلوم انجام می‌شود، اساسی‌ترین گام در برآورد سیلاب است. همچنین انتخاب بارش طراحی، گام نخست در برآورد دبی طراحی است که از ارکان اصلی در طراحی سازه‌های هیدرولیکی محسوب می‌شود. واضح است که اگر بارش طراحی با ظرفیت پروژه به‌طور کامل تطبیق نماید، پروژه به‌خوبی انجام می‌شود. اما اگر مقدار باران از مقدار طراحی تجاوز کند، پروژه کارآیی لازم را نخواهد داشت.

در تعیین دوره بازگشت در طرح های جمع آوری آبهای سطحی عواملی نظیر حجم ترافیک، سرعت مجاز، اثر پاشش آب و مشکلات حاصله، تجمع رواناب، نفوذ به لایه های زیرین، احتمال تخریب سازه ها و استانداردهای محلی در نظر گرفته شود.

بطور کلی دو روش برای تعیین دوره بازگشت وجود دارد:

- روش تحلیلی
- با استفاده از آئین نامه ها

در روش تحلیلی از دوره بازگشتی استفاده خواهد شد که از لحاظ هزینه ها بهینه است و به بهترین صورت شرایط خاص محل و خطرات مربوطه را در نظر می گیرد.

حوضه های کوچک دارای زمان تمرکز کمتری هستند و براساس منحنی های شدت- مدت- فراوانی (IDF) ، شدت بارندگی این حوضه های بیشتر می باشد. از طرفی احتمال وقوع بارندگی با شدت زیاد هم کمتر است.

با توجه به موارد ذکر شده، اهمیت روسازی، ترافیک، حمل‌ونقل و سطح حوضه کوچک بنادر دوره بازگشت جمع آوری آبهای سطحی مطابق جدول ۵ توصیه می‌شود.

omoorepeyman.ir

جدول ۵ : دوره بازگشت بارش طراحی براساس نوع بندر

بنادر	کاربری بندری	دوره بازگشت پیشنهادی سیلاب (سال)
بنادر محلی[۱]	تمام محدوده بندر	۲۰-۱۰
بنادر منطقه ای / ملی / بین المللی[۲]	محدوده ی عملیاتی *	۵۰-۲۵
	محدوده ی پشتیبانی	۲۰-۱۵
	محدوده ی اداری	۱۵-۱۰
	سیستم های حفاظت و انتقال آب حوضه های بالادست / جمع کننده اصلی در شبکه زهکشها	۵۰-۲۵

[۱] بنادر محلی : بنادر با امکان پهلودهی شناورهای کوچک و با آبخور تا چند متر (مانند لنج ها) که عملیات تخلیه و بارگیری عمدتاً بدون استفاده از تجهیزات خاص انجام می شود .

[۲] بنادر منطقه ای / ملی / بین المللی : بنادری با حوزه ی تأثیر وسیع تر از بنادر محلی که جهت پهلودهی به شناورهای بزرگتر استفاده می شوند . این بنادر بعضاً نقش بسزایی در ترانزیت محموله های تاثیرگذار کشور دارند و عمدتاً دارای تجهیزات خاص تخلیه و بارگیری می باشند.

در بنادر با ظرفیت سالانه ی بیشتر از ۲۰ میلیون TEU استفاده از دوره ی بازگشت ۱۰۰ سال قابل توجیه است.

۳-۳- مطالعات هیدرولوژی

۳-۳-۱- حوضه آبریز

حوضه آبریز در طرح‌های جمع آوری آبهای سطحی بنادر، شامل کلیه سطوح در معرض بارش اعم از پشت بام ها، معابر، میادین، محوطه ها و ... می باشد. در صورت تخلیه رواناب شهری از طریق سیستم زهکشی محوطه های بندری به دریا یا رودخانه، حوضه آبریز به محوطه‌های بندری محدود نشده و حوضه آبریز شهری نیز به آن اضافه می شود.

به‌منظور طراحی اجزای سیستم زهکشی محوطه‌های مختلف، توصیه می‌شود که کلیه سطوح اعم معابر و محوطه‌هایی که رواناب آن‌ها به یک سیستم انتقال فرعی ختم می‌شود، تحت عنوان یک زیر حوضه در نظر گرفته‌شده و دبی طراحی جداگانه‌ای برای هر زیر حوضه تعیین شود.

برای بررسی حوضه آبریز بنادر از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱/۱۰۰۰، عکس‌های هوایی با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ و ماهواره‌ای به همراه بازدید صحرایی کارشناس مربوطه استفاده می‌شود.

omoorepeyman.ir

۳-۳-۲- دبی طراحی

در محاسبات مربوط به طراحی زهکشی بنادر به دلیل کوچک بودن حوضه آن‌ها از بارش‌های کوتاه‌مدت و نسبتاً شدید برای تعیین دبی طرح استفاده می‌شود. در این مناطق برآورد حداکثر لحظه‌ای جریان برای طراحی سیستم‌های زهکشی رواناب کفایت می‌کند. در ادامه روش‌های برآورد حداکثر لحظه‌ای جریان برای مناطق مجهز و یا فاقد ایستگاه اندازه‌گیری ارائه‌شده است.

۳-۳-۲-۱- روش منطقی یا استدلالی

روش استدلالی[1] قدیمی‌ترین، ساده‌ترین و متداول‌ترین روش برآورد شدت‌جریان اوج سیلاب است. این روش در حوضه‌های کوچک با مساحت کمتر از ۲/۵ کیلومترمربع و بر پایه فرضیات زیر استوار است.

- شدت بارندگی برای تمام سطح حوضه آبریز یکنواخت فرض شده است.
- دوره بازگشت رگبار و رواناب حاصله یکسان است.
- جهت دستیابی به حداکثر دبی رواناب، باید زمان تداوم بارش برابر با زمان تمرکز حوضه باشد.
- ضریب رواناب در یک حوضه برای کلیه رگبارها با دوره‌های بازگشت مختلف یکسان است.

مساحت اکثر پایانه‌های کانتینری کمتر از ۲ کیلومترمربع است. لذا روش منطقی برای طراحی زهکشی تأسیسات مناسب است. در روش منطقی، دبی رواناب حداکثر از رابطه (۴) بدست می‌آید:

$$Q = 0.00275\ CIA \qquad (۴)$$

که در آن:

Q: دبی حداکثر (m^3/s)

C: ضریب رواناب که تابع مشخصات حوضه است.

I: شدت بارش (mm/hr) برای تداومی برابر زمان تمرکز حوضه و دوره بازگشت مربوطه.

A: مساحت حوضه (ha)

[1] Method Rational

omoorepeyman.ir

۳-۳-۲-۱-۱- ضریب رواناب

ضریب رواناب (C) عبارت است از نسبت ارتفاع رواناب به ارتفاع کل بارش که به عوامل مختلف هندسی، گیاهی، خاکی، رطوبت اولیه خاک و شدت نفوذپذیری بستگی دارد. مقادیر ضرایب رواناب برای پوشش‌های مختلف در (جدول ۶) ارائه‌شده است. در اکثر طرح‌های زهکشی از مقادیر میانگین ضریب رواناب برای سطوح مختلف و با فرض عدم‌تغییر آن در طول رگبار، استفاده می‌شود. برای شیب‌های ملایم و خاک‌های نفوذپذیر از مقادیر کوچکتر و برای شیب‌های تند و خاک‌های نفوذناپذیر از مقادیر بزرگ‌تر استفاده می‌شود. در صورتی‌که حوضه دارای پوشش‌های مختلف باشد می‌توان از میانگین وزنی ضریب رواناب استفاده نمود.

جدول ۶ : مقادیر ضرایب رواناب برای پوشش‌های مختلف

نوع پوشش	ضریب رواناب
روکش آسفالت	۰/۷ الی ۰/۹۵
روکش آجری	۰/۷ الی ۰/۸۵
روکش بتنی	۰/۸ الی ۰/۹۵
راه‌های شنی و یا شانه‌ها	۰/۴ الی ۰/۶
شیب‌ها در خاکبرداری یا خاکریزی	۰/۵ الی ۰/۷
مناطق چمن‌کاری‌شده	۰/۳ الی ۰/۵
مناطق مسکونی	۰/۵ الی ۰/۷

۳-۳-۲-۱-۲- شدت بارش

در فرضیات روش منطقی باید شدت بارندگی در طول بارش یکنواخت باشد و بارش تمام حوضه را بپوشاند. به همین دلیل این روش فقط در حوضه‌های کوچک (تا ۲/۵ کیلومترمربع) قابل‌استفاده است. شدت بارش طرح باید از روی منحنی‌های شدت-مدت-فراوانی منطقه بدست آید. شدت بارش طرح، براساس فاکتورهای مدت بارش (معادل زمان تمرکز حوضه آبریز) و دوره بازگشت طرح تعیین می شود.

۳-۳-۲-۱-۳- زمان تمرکز حوضه

زمان تمرکز که از مهم‌ترین پارامترهای فیزیکی حوضه آبریز محسوب می‌شود، عبارت است از مدت‌زمانی که لازم است تا رواناب از دورترین نقطه حوضه به نقطه موردنظر در پایین‌دست برسد. در روش منطقی، حداکثر رواناب را تنها

omoorepeyman.ir

برای آن دسته از باران‌هایی می‌توان برآورد کرد که طول مدت بارندگی برابر زمان تمرکز حوضه باشد. از این‌رو، برای برآورد حداکثر جریان رواناب تخمین زمان تمرکز ضروری است.

زمان تمرکز در حوضه‌های کوچک مانند بنادر، بستگی به تراکم ساخت و ساز، دور یا نزدیک بودن فواصل ورودی‌ها از یکدیگر، شکل هندسی حوضه و مهم‌تر از همه شیب و طول مجاری زهکشی دارد.

از میان روشهای مختلف محاسبه زمان تمرکز، استفاده از رابطه (۵) ارائه شده توسط سازمان هوانوردی آمریکا برای باند فرودگاه‌ها به دلیل تشابه نسبی با محوطه های بنادر توصیه می شود.

$$t_c = \frac{\left[3.64(1.1-C)L^{0.83}\right]}{H^{0.33}} \qquad (۵)$$

که در آن:

t_c: زمان تمرکز حوضه (ساعت)

C: ضریب رواناب

L: طول آبراهه اصلی (کیلومتر)

H: اختلاف ارتفاع حوضه (متر)

همچنین زمان تمرکز در حوضه‌های کوچک عبارت است از مجموع زمان ورود و زمان جریان. منظور از زمان ورود، مدت‌زمانی است که آب از سطح محوطه‌ها در سطح زمین جاری و از دورترین نقطه حوضه آبریز به ابتدای سیستم انتقال اصلی می رسد. زمان ورود، بین ۵ تا ۳۰ دقیقه مطابق جدول ۷ متغیر است.

جدول ۷: زمان ورود

مساحت تحت پوشش اولین سیستم انتقال نیمه اصلی	زمان
تا ۵ هکتار	۵ تا ۱۰ دقیقه
۵ تا ۱۰ هکتار	۱۰ تا ۱۵ دقیقه
۱۰ تا ۲۰ هکتار	۱۵ تا ۲۰ دقیقه
۲۰ تا ۵۰ هکتار	۲۰ تا ۳۰ دقیقه

omoorepeyman.ir

زمان جریان مدت‌زمانی است که آب از اولین ورودی سیستم انتقال اصلی به نقطه موردنظر برسد. مدت زمان جریان بستگی به طول سیستم انتقال اصلی، زبری جدار، شکل و جنس سطح مقطع و شیب مجرا دارد که با استفاده از رابطه مانینگ محاسبه می‌شود. بر این اساس معمولاً زمان حرکت آب در کانال‌های اصلی از پیش معلوم نیست. از این‌رو برآورد زمان تمرکز نقاط واقع بر روی کانال‌های اصلی و به تبع آن محاسبه حداکثر دبی سیلاب در آن نقاط باید با روش سعی و خطا انجام شود. با محاسبه زمان تمرکز و در نظرگرفتن دوره بازگشت طرح، با استفاده از منحنی‌های شدت- مدت- فراوانی، میزان شدت بارش قابل‌محاسبه است.

۳-۳-۲-۲- روش SCS

سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS[1]) روشی را برای تخمین رواناب از روی رگبارها، ویژگی‌های نفوذپذیری خاک، پوشش گیاهی و مدیریت کشت حوضه‌های آبریز ارائه داده است. اساس این روش بر «فرضیات هیدروگراف واحد» استوار است. این روش برای برآورد پیک جریان ۲/۵ تا ۸ کیلومترمربع قابل‌استفاده است.

۳-۳-۲-۲-۱- تعیین ارتفاع رواناب

ارتفاع رواناب یک بارندگی با استفاده از روابط (۶) و ۰ محاسبه می‌شود.

$$Q_d = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \qquad (۶)$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \qquad (۷)$$

که در آن:

Q_d: ارتفاع رواناب[2] (mm)

P: ارتفاع بارندگی (mm)

S: پتانسیل نگهداری آب در سطح زمین (mm)

CN: شماره منحنی مربوط به مقدار نفوذ آب در حوضه (بدون بعد)

[1] Soil Conservation Service (SCS)

[2] Runoff depth

omoorepeyman.ir

شماره منحنی[1] (CN) نیز از روی خصوصیات خاک، نوع بهره‌برداری از زمین و شرایط رطوبت پیشین خاک و به ترتیب زیر تعیین می‌شود.

الف- گروه هیدرولوژیک خاک تعیین می‌شود. بر اساس این طبقه‌بندی تمام خاک‌ها با توجه به پتانسیل تولید رواناب به چهار گروه مطابق جدول ۸ تقسیم‌بندی می‌شوند.

ب- مقدار CN با توجه به نوع خاک و پوشش حوضه از جدول ۹ استخراج می‌شود.

ج- مقدار CN بدست آمده بر اساس وضعیت رطوبتی خاک و با استفاده از جدول ۱۰ تصحیح می‌شود. توصیه می‌شود، به‌منظور دستیابی به حداکثر سیلاب، شماره منحنی حالت مرطوب در نظر گرفته شود.

جدول ۸: رابطه بین گروه‌های هیدرولوژیکی خاک با حداقل شدت نفوذپذیری و نوع خاک

توانایی تولید رواناب	نوع خاک	شدت نفوذپذیری		گروه هیدرولوژیکی
		سانتیمتر بر ساعت	اینچ بر ساعت	
کم	شنی و قلوه‌سنگ	بیش از ۷/۶	بیش از ۳	A
متوسط	شنی لومی، لومی شنی، شنی رسی	۳/۸-۷/۶	۱/۵-۳	B
نسبتاً زیاد	لومی، لومی رسی، لومی سیلتی، دارای لایه سخت در عمق خاک	۱/۳-۳/۸	۰/۵-۱/۵	C
زیاد	رسی، خاک‌های شور، توده‌های سنگی، جاده، آسفالت، بتن، سطوح منازل، خاک‌های سنگلاخی	کمتر از ۱/۳	کمتر از ۰/۵	D

جدول ۹: مقادیر CN برای پوشش‌های مختلف حوضه و شرایط رطوبتی متوسط

خصوصیات پوشش سطح حوضه	A	B	C	D
پشت‌بام‌ها، پارکینگ‌ها و دیگر جاهای آسفالتی	۹۸	۹۸	۹۸	۹۸
مناطق مسکونی با ۶۵ درصد آسفالت	۷۷	۸۵	۹۰	۹۲
مناطق مسکونی با ۲۰ درصد آسفالت	۵۱	۶۸	۷۹	۸۴
خیابان‌ها و جاده‌های آسفالتی	۹۸	۹۸	۹۸	۹۸
جاده‌های خاکی	۷۲	۸۲	۸۷	۸۹
جاده‌های شوسه	۷۶	۸۵	۸۹	۹۱
باغچه و چمنزار با پوشش ضعیف (پوشش کمتر از ۵۰ درصد)	۴۹	۶۹	۷۹	۸۴
باغچه و چمنزار با پوشش خوب (پوشش بیشتر از ۷۵ درصد)	۳۹	۶۱	۷۴	۸۰
نواحی اداری با ۸۵ درصد سطح نفوذناپذیری	۸۹	۹۲	۹۴	۹۵

omoorepeyman.ir

[1] Runoff Curve Number

جدول ۱۰ : اصلاح CN برای شرایط خشک و مرطوب

CN در وضعیت رطوبت متوسط	CN اصلاح‌شده	
	زمین خشک	زمین مرطوب
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
۹۵	۸۷	۹۹
۹۰	۷۸	۹۸
۸۵	۷۰	۹۷
۸۰	۶۳	۹۴
۷۵	۵۷	۹۱
۷۰	۵۱	۸۷
۶۵	۴۵	۸۳
۶۰	۴۰	۷۹
۵۵	۳۵	۷۵
۵۰	۳۱	۷۰
۴۵	۲۷	۶۵
۴۰	۲۳	۶۰
۳۵	۱۹	۵۵
۳۰	۱۵	۵۰
۲۵	۱۲	۴۵
۲۰	۹	۳۹
۱۵	۷	۳۳
۱۰	۴	۲۶
۵	۲	۱۷

۳-۳-۲-۲-۲- دبی حداکثر لحظه‌ای رواناب

ساده‌ترین روش جهت تعیین حداکثر لحظه‌ای جریان بروش SCS استفاده از ابعاد هیدروگراف واحد است. از حاصل‌ضرب دبی اوج هیدروگراف واحد در ارتفاع رواناب، حداکثر لحظه‌ای جریان بدست می‌آید. بدین ترتیب دبی حداکثر لحظه‌ای رواناب از روابط(۸) و (۹) محاسبه می‌شود.

$$Q = Q_d \left(\frac{0.208A}{t_p} \right) \quad (۸)$$

$$t_p = \frac{D}{2} + 0.6\, t_c \quad (۹)$$

omoorepeyman.ir

که در آن:

Q: دبی حداکثر لحظه‌ای رواناب (m^3/s)

Q_d: ارتفاع رواناب (mm)

A: مساحت حوضه (km^2)

t_p: زمان رسیدن به اوج هیدروگراف (hr)

t_c: زمان تمرکز حوضه (hr)

D: مدت زمان بارش (hr)

۳-۳-۲-۳- آنالیز منطقه‌ای سیلاب

در برآورد سیلاب در حوضه‌های فاقد آمار، مشخصات هندسی حوضه‌ها به لحاظ هیدرولوژیکی مهم‌ترین نقش را دارد. یکی از روش‌های تعیین دبی رواناب در حوضه‌های فاقد آمار و یا دارای آمار محدود، تحلیل منطقه‌ای سیلاب است که بر پایه مشخصات هندسی حوضه آبریز مجاور و آمار ایستگاه‌های هیدرومتری آن استوار است. برای این منظور، ابتدا آمار دبی‌های لحظه‌ای ایستگاه‌های هیدرومتری مجاور جمع‌آوری و پس از رفع نقص ، با ترسیم مقادیر متوسط دبی‌های لحظه‌ای ایستگاه‌های مجاور در مقابل سطح حوضه بالادست آن‌ها، رابطه (۱۰) بدست می‌آید.

$$Q = a.A^b \qquad (۱۰)$$

که در آن:

Q: دبی حداکثر لحظه‌ای رواناب با دوره بازگشت ۲ سال (m^3/s)

A: مساحت حوضه (km^2)

a , b: ضرایب ثابت (بدست آمده از خط رگرسیون متوسط دبی های لحظه ای در مقابل سطح حوضه ها)

سپس آنالیز فراوانی بر اساس توزیع‌های آماری مناسب بر روی آمار دبی‌های سیلابی ایستگاه های مجاور انجام شده و دبی‌های سیلابی با دوره‌های بازگشت مختلف بدست می‌آید. از تقسیم دبی سیلاب‌های مربوطه در هر دوره بازگشت به متوسط دبی‌های سیلابی (دبی‌های با دوره بازگشت ۲ سال)، دبی بدون بعد سیلاب‌ها بدست می آید.

با معلوم بودن مساحت حوضه مورد مطالعه، با استفاده از رابطه (۱۰) دبی سیلابی آن با دوره بازگشت ۲ سال بدست می‌آید. در نهایت از حاصل‌ضرب دبی‌های بی‌بعد بدست آمده از مرحله قبل در دبی با دوره بازگشت ۲ سال (بدست آمده از رابطه ۱۰) دبی‌های با دوره بازگشت مختلف بدست می‌آید.

omoorepeyman.ir

۳-۴-مطالعات هیدرولیکی

۳-۴-۱- زهکش‌های سطحی

۳-۴-۱-۱- معادله جریان در زهکش‌های سطحی

سیستم‌های انتقال رواناب غالباً برای وضعیت جریان آزاد طراحی می‌شوند. این وضعیت در کانال‌های روباز یا مجاری سرپوشیده که دارای سطح آزاد جریانند، برقرار است. طراحی اجزای این قسمت معمولاً با فرض برقراری جریان یکنواخت و پایدار انجام می‌شود. در این صورت شیب خطوط انرژی و هیدرولیکی یکسان و برابر شیب کف کانال است. برای این منظور رابطه‌های متعددی پیشنهادشده است که از میان آن‌ها، رابطه مانینگ به‌طور گسترده در کشورهای مختلف برای تعیین سرعت جریان در یک جریان دائمی یکنواخت کاربرد دارد، رابطه‌ای است که توسط مانینگ[1] در سال ۱۸۸۹ به شرح رابطه (۱۱) پیشنهاد شد. کاربرد رابطه مانینگ در محاسبات مربوط به جریان‌های آزاد در سیستم‌های جمع‌آوری و انتقال رواناب‌ها متداول بوده و توسط مراجع مختلف توصیه‌شده است.

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \qquad (۱۱)$$

که در آن :

V: سرعت متوسط جریان (m/s)

R: شعاع هیدرولیکی (نسبت سطح مقطع به محیط خیس‌شده) برحسب (m)

S: شیب‌خط انرژی که در جریان یکنواخت با شیب کف کانال برابر است.

n: ضریب زبری مانینگ

با توجه به نتایج نسبتاً رضایت‌بخش این رابطه، به‌طور گسترده‌ای از آن در حل مسائل مربوط به جریان‌های دائمی یکنواخت استفاده می‌شود. در خصوص رابطه مانینگ باید توجه داشت چنانچه ضریب زبری انتخابی کمتر از میزان واقعی در نظر گرفته شود، کانال طراحی‌شده ظرفیت عبور جریانی کمتر از میزان پیش‌بینی‌شده را خواهد داشت. از طرف دیگر، چنانچه ضریب زبری بیشتر از حد واقعی انتخاب شود، مقطع کانال بزرگ‌تر از حد موردنیاز، طراحی و درنتیجه هزینه‌های اجرایی طرح، افزایش غیرمعقول می‌یابد. از این‌رو تعیین مقدار مناسب ضریب زبری مانینگ از

[1] Manning

omoorepeyman.ir

اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. برای این منظور، مقادیر پیشنهادی ضریب زبری در آبراهه‌های مختلف در جدول ۱۱ ارائه‌شده است.

جدول ۱۱: مقادیر پیشنهادی ضریب زبری در آبراهه‌های مختلف

ردیف	شرح جزئیات	مقدار ضریب زبری (n)
۱	فلوم‌های پلی اتیلنی. فلوم‌های فلزی رنگ‌شده و بتنی ساخته‌شده با قالب‌های فلزی روغن‌مالی شده. بتن‌پاشی زیر فشار وقتی سطح آن ماله‌کشی (ماله فلزی) شود.	۰/۰۱۲
۲	سازه‌های چوبی، فلزی رنگ‌شده و بتن‌ریزی در شرایط معمولی صافی و یکنواختی قوس‌ها باید همان با تست مستقیم کانال باشد.	۰/۰۱۳
۳	پوشش بتنی با سیمان پرتلند. پوشش با بتن آسفالتی که با ماشین اجرا شود، آجرکاری با پوشش سیمانی در این مقدار احتمال رشد کم جلبک و همچنین کمی ترسیب پیش‌بینی شده است.	۰/۰۱۴
۴	کانال با سطوح جانبی خوب و کف ناهموار مندرج در ردیف ۳ با قبول ترسیب سیلت، شن و ماسه، روکش‌های بتنی صاف که به‌طور فصلی زبری آن به علت رویش رستنی‌ها افزایش می‌یابد، حداقل ضریب زبری کارهای مخلوط سنگ و بتن با اجرای بسیار عالی.	۰/۰۱۵
۵	بتن‌ریزی با قالب چوبی زبر برای انتقال آب صاف با کمی مواد معلق، مواد مندرج در ردیف ۳ با جلبک خیلی زیاد یا حاوی مقدار زیاد ذرات قلوه‌سنگ (۵ –۷/۵ سانتیمتر)، کانال‌های قدیمی که با ملات سیمانی روکش شده باشند، کانال‌های کوچک با پوشش بتنی در طول‌های مستقیم و یکنواخت که کف کانال دارای ناهمواری و سطوح جانبی به‌وسیله ته‌نشینی رسوبات زبر شده باشد	۰/۰۱۶
۶	برای انتقال آب صاف در کانال با کف بتنی خوب و سطوح جانبی عالی از سنگ‌چین. کانال‌هایی که پوشش آن با درزهای ناهموار همراه باشد رقم مبنا برای بتن‌های پاشیدنی با فشار روی سطوح نیمرخ‌سازی و پروفیله شده صاف (پوشش با بتن‌پاشی زیر فشار.)	۰/۰۱۷
۷	بالاترین ضریب زبری برای کارهای بتنی تحت هر شرایطی، پوشش بتنی با سطوح بسیار زبر و ناصاف و قوس‌های تند و کوتاه پوشیده از جلبک و شن در کف آن، کمترین مقدار n برای استفاده از سنگ‌چین یک‌دست با اجرای خوب. کانال با جدارهای بتنی و کف طبیعی، کانال خاکی در بسترهای رس – لوم با ته‌نشینی رسوبات ماسه‌ای در وسط و رسوبات سیلتی در کناره‌ها، سطوح بتن پاشیده با فشار و صاف‌نشده.	۰/۰۱۸
۸	کانال‌هایی با بنای فرسوده یا ساخته‌شده در داخل زمین محکم یا کانال‌هایی که با پوشش شن کوبیده ساخته‌شده باشد و سطح جریان چنان باشد که دانه‌های سیلت فضاهای خالی درشت‌دانه‌ها را پر کند.	۰/۰۲۰
۹	کانال با روکش سنگی و ملات ماسه و سیمان	۰/۰۲۳
۱۰	کانال با روکش گابیون	۰/۰۲۵
۱۱	کانال‌هایی با کف خاکی و دیواره‌های سنگی	۰/۰۲۸ تا ۰/۰۳۵
۱۲	آبراهه طبیعی	۰/۰۳۵

omoorepeyman.ir

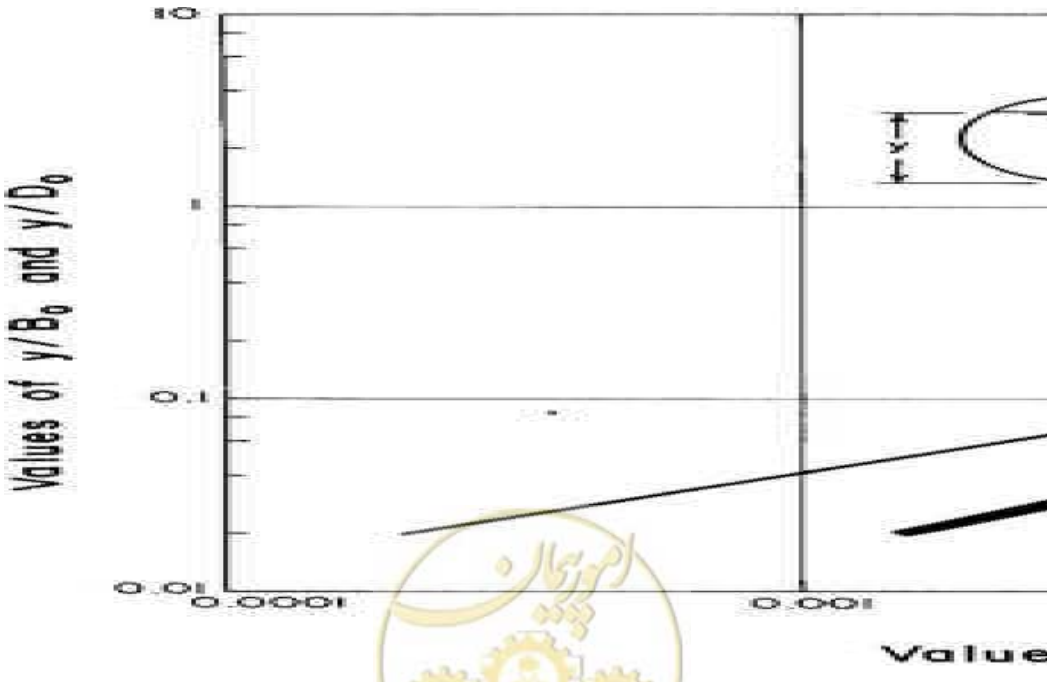
۳-۴-۱-۲- تعیین ابعاد مقطع کانال

یکی از نکاتی که در طرح کانال‌ها موردتوجه قرار می‌گیرد، «بهترین سطح مقطع هیدرولیکی» است. منظور از بهترین سطح مقطع هیدرولیکی، سطح مقطعی است که کمترین محیط‌ترشده (P) را دارد. در این صورت R=(A/P) بیشینه می‌شود، که با توجه به رابطه مانینگ یا شزی مقدار ضریب انتقال سطح، سرعت و درنتیجه ظرفیت کانال نیز به حداکثر خود می‌رسد.

نظر به اینکه شکل عمومی رابطه مانینگ به دلیل ضرورت استفاده از روش سعی و خطا در طراحی چندان راحت نیست، برای رفع این معضل عبارت ($AR^{2/3}$) به‌عنوان فاکتور مقطع برای محاسبات جریان یکنواخت تعریف می‌شود. این فاکتور، صرفاً به عمق جریان و مشخصه‌های هندسی مقطع بستگی دارد. شکل کلی معادله پیشنهادی به‌صورت رابطه (۱۲) ارائه‌شده است.

$$AR^{\frac{2}{3}} = \frac{nQ}{S^{\frac{1}{2}}} \qquad (۱۲)$$

همان‌طور که از رابطه (۱۲) معلوم است، در صورت مشخص‌بودن سه پارامتر n، Q و S می‌توان عبارت سمت چپ را تعیین کرد. بر این اساس منحنی‌های بدون بعد برای مقاطع دایره‌ای، ذوزنقه‌ای و مستطیلی تهیه‌شده که در (شکل ۲۰) نشان داده‌شده است. بدین ترتیب با معلوم بودن عرض کف در مقاطع ذوزنقه و مستطیلی و یا قطر در مقاطع دایره‌ای، عمق نرمال و یا بالعکس، با مشخصات عمق جریان، عرض در کف یا قطر قابل‌محاسبه است.



omoorepeyman.ir

شکل ۲۰: برآورد عمق نرمال در مقاطع دایره‌ای، ذوزنقه‌ای و مستطیلی

۳-۴-۱-۳- ضوابط هیدرولیکی زهکش های‌سطحی

در طراحی هیدرولیکی شبکه جمع‌آوری آب‌های سطحی باید ملاحظات زیر مدنظر باشد.

- امکان عبور و مرور و دسترسی در طول دوره سیلابی و بلافاصله پس از آن‌که باید در حد قابل‌قبول و متناسب با ضرورت آن وجود داشته باشد.
- زیبایی محیط اطراف
- جلوگیری از بروز تلفات جانی و خسارت عمده
- تخلیه سریع آب‌های سطحی، به‌نحوی‌که آب فرصت ایستادگی و نفوذ به لایه‌های زیرین را نداشته باشد.
- مسائل زیست‌محیطی
- مسائل اقتصادی اجرا و نگهداری

در ادامه، ملاحظات عمومی در طراحی و تحلیل شبکه جمع‌آوری آب‌های سطحی تشریح شده است.

۳-۴-۱-۳-۱- افت انرژی

به‌منظور بررسی و ارزیابی میزان اتلاف انرژی در شبکه آب‌های سطحی و سیل آبرو موجود، تفکیک پارامترهایی که منجر به افت انرژی در مجاری می‌شوند، ضروری است. تحقیقات نشان داده است که عمده اتلاف انرژی معمولاً در موارد زیر است.

- افت انرژی ناشی از زبری مجرا
- افت ناشی از انقباض و انبساط ناگهانی و یا تدریجی مقطع عبور

رابطه مانینگ جزو ساده‌ترین رابطه‌های تجربی برای محاسبه تلفات ناشی از اصطکاک در مجاری جریان آزاد است که برای طراحی شبکه‌های جمع‌آوری آب‌های سطحی توصیه‌شده است.

افت ناشی از انقباض و انبساط مقطع که معروف به افت‌های موضعی است، به افت‌هایی گفته می‌شود که بر اثر تغییر ناگهانی جهت و یا مقدار سرعت به وجود می‌آید. این افت‌ها، مضربی از بار سرعت و مطابق رابطه (۱۳) هستند:

$$h_1 = K\frac{V^2}{2g} \qquad (۱۳)$$

که در آن:

omoorepeyman.ir

h_1: افت موضعی (متر)

K: ضریب افت موضعی (بدون بعد)

$V^2/2g$: بار سرعت (متر)

ضریب افت موضعی با توجه به تغییرات در بزرگی و جهت سرعت، به شرح زیر تعیین می‌شود:

- ضریب افت ناشی از انبساط ناگهانی ۱ و برای حالت تدریجی ۰/۳
- ضریب افت ناشی از انقباض ناگهانی ۰/۵ و برای حالت تدریجی ۰/۱

۳-۴-۱-۳-۲- سرعت جریان

ملاحظات مربوط به سرعت جریان شامل سرعت‌های حداقل و حداکثر است. سرعت حداقل جریان باید به نحوی باشد که در حد ممکن از ترسیب مواد در کف کانیو یا کانال و نیز رشد گیاهان آبزی در مجاور کانال جلوگیری شود. برای تأمین چنین شرایطی لازم است که زهکش‌ها به‌گونه‌ای طراحی شوند که در حالت پر، از سرعت جریان معادل و یا بیش از ۰/۹ متر بر ثانیه باشد.

سرعت حداکثر جریان نیز نباید به حدی برسد که باعث خوردگی و ایجاد فرسایش در کف و دیواره‌های کانال شود. در این خصوص توصیه می‌شود سرعت جریان در شرایط نرمال حداکثر ۲/۵ متر بر ثانیه باشد.

۳-۴-۱-۳-۳- ارتفاع آزاد

طبق تعریف ارتفاع آزاد کانال، فاصله لبه فوقانی کانال تا سطح آب در شرایط عبور سیلاب طراحی است و باید به‌اندازه‌ای باشد که نوسانات سطح آب و همچنین امواج تشکیل‌شده در سطح آب به بیرون از کانال ریخته نشود. لزوم پیش‌بینی عمق آزاد در کانال‌ها بدین شرح است:

- افزایش ضریب زبری کانال در طول بهره‌برداری در مقایسه با ضریب زبری مرحله طراحی.
- جلوگیری از بیرون ریختن آب در هنگام وزش باد یا طوفان.
- افزایش ارتفاع آب در کانال‌ها در اثر رسوب‌گذاری در طول بهره‌برداری و رشد گیاهان آبزی در آب.

در یک کانال، ارتفاع آزاد تابعی از اندازه کانال، محل و نوسانات سطح آب داخل کانال، شیب کانال و نظایر آن است. در شرایط عادی عمق آزاد کانال، بنا به پیشنهاد دفتر احیای اراضی امریکا مطابق رابطه (۱۴) محاسبه می‌شود.

omoorepeyman.ir

$$F.B = \sqrt{C.Y} \quad (۱۴)$$

که در آن :

F.B: ارتفاع آزاد (m)

Y: عمق آب در کانال (ft)

C: ضریب ثابت بین ۱/۷ تا ۲/۵ برای کانال‌هایی که ظرفیت آن‌ها بین ۰/۰۷ تا ۸۵ مترمکعب در ثانیه تغییر می‌کند، انتخاب می‌شود.

برای محاسبه عمق آزاد در کانال‌های دارای شرایط معمولی رابطه (۱۵) نیز قابل‌استفاده است.

$$F.B = \sqrt{C.D} \quad (۱۵)$$

که در آن :

F.B: ارتفاع آزاد (m)

D: عمق آب در کانال (m)

C: ضریب ثابتی است که بین ۰/۴۶ تا ۰/۷۶ تغییر می‌کند. حداقل مقدار برای دبی تا ۰/۶ مترمکعب در ثانیه و حداکثر آن برای دبی تا ۸۵ مترمکعب در ثانیه و بیشتر.

رابطه (۱۶) هم توسط لاسی[1] در دستگاه متریک پیشنهادشده است.

$$F.B=0.2+0.15Q^{1/3} \quad (۱۶)$$

که در آن Q عبارتست از دبی طراحی بر حسب مترمکعب بر ثانیه

همچنین مقادیر دیگری برای ارتفاع آزاد به شرح زیر پیشنهادشده است.

- چاو[2] پیشنهاد می‌کند که به‌طورکلی ۵ تا ۳۰ درصد عمق جریان را می‌توان به‌عنوان ارتفاع آزاد در نظر گرفت.
- طبق توصیه یونسکو حداقل ارتفاع آزاد برای مجاری سیلابرو برابر ۲۵ سانتیمتر و برای شرایط جریان فوق بحرانی برابر ۳۰ درصد عمق جریان است.

[1] Lacey

[2] Chow

omoorepeyman.ir

۳-۴-۱-۳-۴- شیب طولی زهکش

برای اینکه مشکل هیدرولیکی انتقال آب به وجود نیاید و جریان در کانال در حد بحرانی و دارای مقطع بهینه هیدرولیکی باشد، باید شیب طولی کانال مناسب باشد. در تعیین شیب طولی کانال باید ملاحظات زیر مدنظر باشد.

- برای تعیین شیب طولی مناسب پس از انجام نقشه‌برداری مسیر کانال، بهتر است پروفیل طولی و عرضی برای مسیر انتخاب‌شده تهیه شود.
- درصورتی‌که جریان در کانال از حد بحرانی فراتر رود می‌توان با ایجاد تمهیدات لازم، کاربرد شیب طولی مناسب و دراپ یا تعبیه بافل‌ها از ایجاد جریان فوق بحرانی و فرسایش زیاد در کانال جلوگیری نمود.
- در بسیاری از موارد شیب منتخب کانال بستگی به هدف بهره‌برداری از کانال دارد. در طراحی کانال‌های جمع‌آوری و دفع آب‌های سطحی شیب کانال باید به‌گونه‌ای باشد که سرعت جریان از حد مجاز تجاوز نکند.
- حداقل شیب مجاری نیز باید به‌گونه‌ای انتخاب شود که سرعت جریان در آنها کمتر از ۰/۹ متر بر ثانیه باشد.
- همچنین شیب طولی مطلوب در کانیوها نباید از ۰/۵ درصد و در حالت مطلق از ۰/۳ درصد کمتر باشد.

۳-۴-۱-۳-۵- شیب عرضی روسازی

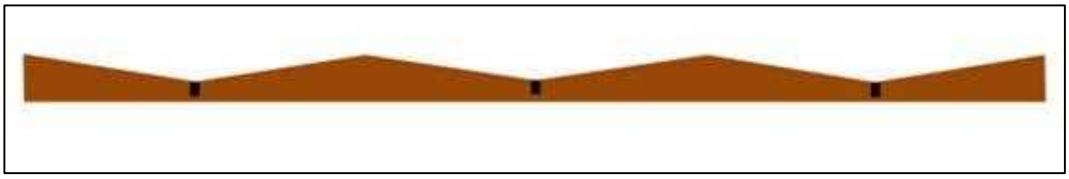
یکی دیگر از مؤلفه‌های تأثیرگذار در زهکشی آب‌های سطحی، اجرای شیب عرضی در معابر و محوطه‌ها است. در انتخاب شیب عرضی باید راحتی و رضایت رانندگان نیز مدنظر قرار بگیرد. در محوطه بنادر با توجه به سرعت نسبتاً کم، توصیه می‌شود شیب عرضی حداقل ۰/۵ و حداکثر ۲ درصد باشد. مقادیر متداول شیب‌های عرضی مورداستفاده برای روسازی، شانه و کانال‌های جانبی در جدول ۱۲ ارائه‌شده است.

جدول ۱۲: مقادیر معمول شیب‌های عرضی مورداستفاده برای روسازی، شانه و کانال

شرح	شیب عرضی (درصد)
محوطه‌ها	۰/۵ تا ۲
معابر	۱/۵ تا ۲
شانه	۴ تا ۶
کف کانال	۲۵ تا ۵۰

omoorepeyman.ir

در محوطه‌های وسیع لازم است از شیب بندی‌های دو وجهی متوالی مطابق شکل ۲۱ استفاده شود. در این روش، مجموعه‌ای از برجستگی‌ها و فرورفتگی‌ها در یک امتداد به نحوی اجرا می‌شود که در خط‌القعرها کانال‌های زهکشی قرار می‌گیرد.



شکل ۲۱ : شیب بندی دووجهی و قرار گرفتن کانال‌های زهکشی در خط القعرها

۳-۴-۱-۳-۶- حداقل شعاع انحنای مجاز در زهکش‌ها

شعاع انحنا برای کانال‌های پوشش‌دار به‌اندازه سطح مقطع، ظرفیت، سرعت و نوع مصالح استفاده‌شده برای پوشش بستگی دارد. شعاع انحنای کانال‌ها باید تا حد امکان بزرگ اختیار شود تا از اتلاف انرژی در طول مسیر جلوگیری شود. حداقل شعاع انحناء از رابطه (۱۷) بدست می‌آید:

$$R_{min} = 11V^2\sqrt{A} + 12 \qquad (۱۷)$$

که در آن:

V: سرعت متوسط جریان (m/s)

A: سطح مقطع (m^2)

R_{min}: حداقل شعاع انحنا (m)

در مواردی نیز حداقل شعاع انحنا برحسب میزان دبی در نظر گرفته می‌شود. در جدول ۱۳ حداقل شعاع انحنای پیشنهادی برحسب ظرفیت‌های مختلف کانال ارائه‌شده است.

جدول ۱۳ : حداقل شعاع انحنای پیشنهادی

دبی جریان (m^3/s)	حداقل شعاع انحنا (m)
کوچکتر از ۰/۳	۹۰
۰/۲ تا ۳/۸	۱۵۰
۲/۸ تا ۱۴	۳۰۰
۱۴ تا ۲۸	۶۰۰

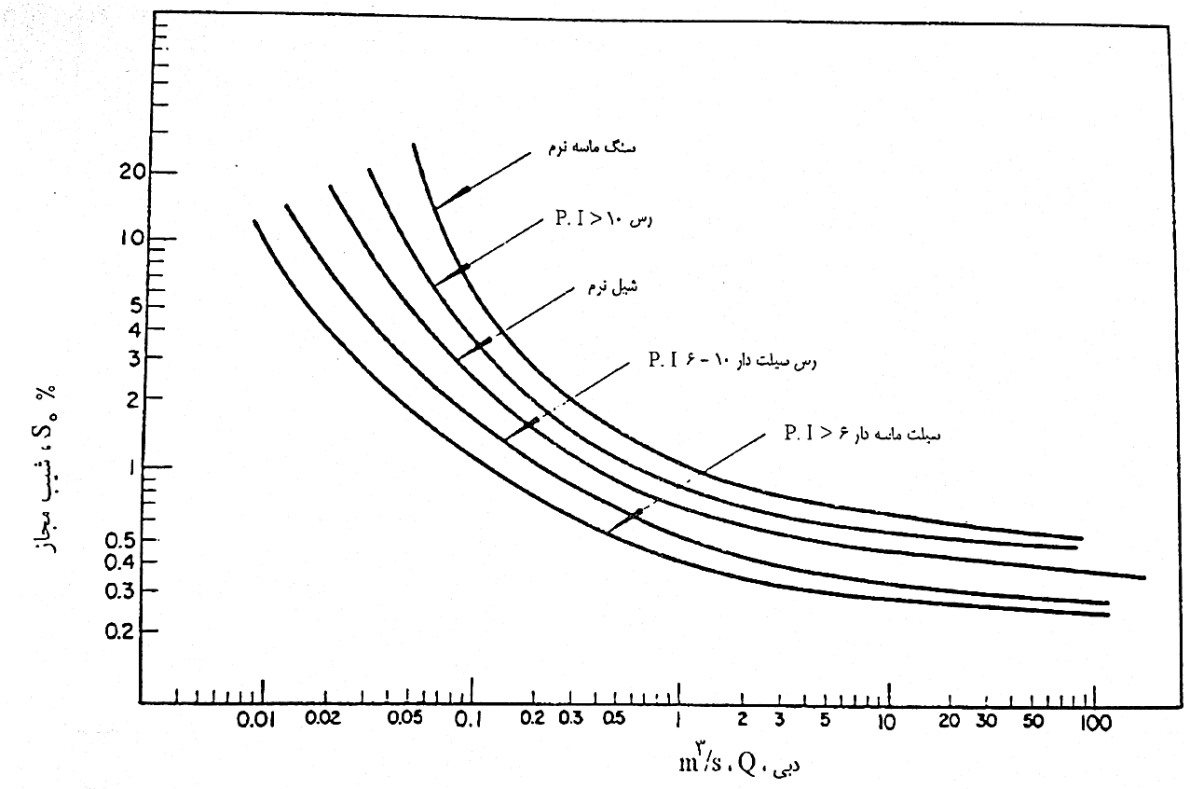
omoorepeyman.ir

۳-۴-۱-۴- ضوابط هیدرولیکی کانال‌های خاکی

مهمترین مسئله که کانالهای خاکی با آن مواجه هستند، مسائل مربوط به فرسایش، ته نشین شدن رسوبات معلق و اتلاف یا نشت آب از بدنه کانال است که می بایست از لحاظ طراحی مورد توجه قرار گیرند.

براساس تجربیات برای طراحی کانالهای فرسایشی توصیه های زیادی در موسسات تحقیقاتی کشورهای مختلف ارائه شده است که در اینجا به ذکر دو توصیه می پردازیم:

توصیه اول: در (شکل ۲۲) حداکثر شیب مجاز کف کانال برای خاکهای مختلف نشان داده شده است. این شکل اهمیت انتخاب درست دبی جریان را برای مسیر انتخاب شده و یا بالعکس انتخاب درست شیب کف کانال را برای دبی طرح نشان می دهد. چنانچه از این شکل استفاده می شود مقطع پایدار برای کانال در نظر گرفته می شود.



شکل ۲۲ : حداکثر شیب مجاز کف کانال برای خاکهای مختلف بستر بر اساس جریان

توصیه دوم: اگر از لحاظ آب و هوایی و اتلاف آب در اثر تبخیر مشکلی نباشد، جدول ۱۴ راهنمای خوبی جهت انتخاب نسبت b/y در کانال ذوزنقه ای می باشد. برای شرایط آب و هوایی اکثر نقاط ایران بهتر است b/y حداکثر ۲/۵ و در شرایط خاص تا ۵ اختیار شود. (b عرض کف کانال و y ارتفاع کانال)

omoorepeyman.ir

جدول ۱۴: نسبت b/y توصیه شده در کانال های ذوزنقه ای فرسایشی نسبت به دبی جریان

دبی (m^3/s)	۰/۳	۳	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۳۰	۵۰
b/y	۲	۴	۴/۵	۵	۶/۵	۷	۷/۵	۹

۳-۴-۱-۵- ضوابط آرایش شبکه زهکشی

بهترین آرایش شبکه از نظر راندمان هیدرولیکی، شبکه‌ای است که بتواند رواناب حاصل از بارش طراحی را در اسرع وقت جمع آوری و تخلیه نماید. طبیعتا هر چقدر تراکم شبکه زهکشی بیشتر باشد، تخلیه رواناب با سرعت بیشتری صورت خواهد گرفت. برای تعیین تراکم زهکشی مطلوب ضروری است بررسی دقیق فنی و اقتصادی صورت گیرد.

در تعیین فواصل عرضی زهکش‌ها در برخی از محوطه ها بویژه در محوطه‌های کانتینری، ضروری است چیدمان کانتینرها و سایر عوارض موجود لحاظ گردد. همچنین فواصل زهکش ها در هر محوطه تا حد امکان یکسان باشد و هیچ زهکشی با عوارض موجود در محوطه تلاقی نداشته باشد. توصیه می‌گردد که فواصل عرضی زهکشها از همدیگر بیشتر از ۵۰ متر نباشد. ضروری است در جانمایی زهکش ها مسیر تردد ماشین آلات سنگین مورد توجه دقیق قرار بگیرد تا حداقل تلاقی با آنها وجود داشته باشد. توصیه می شود سیستم زهکشی محوطه اسکله ای (اپرون) متاثر از سیستم زهکشی محوطه کانتینری نبوده و دارای سیستم زهکشی جداگانه ای باشد.

در تعیین راستای شبکه زهکشی، شکل، جانمایی و شیب غالب محوطه‌ها تاثیر گذار می باشد. جهت تخلیه سریع و کاهش طول سیستم زهکشی، بهتر است راستای سیستم انتقال اصلی عمود بر خط ساحلی باشد.

توصیه می شود زهکش های ترمینال کانتینری در راستای خط اسکله و ترمینال فله مایع در مجاورت مخازن ذخیر قرار بگیرند.

۳-۴-۱-۶- نرم افزارهای مناسب برای طراحی شبکه جمع آوری آبهای سطحی

پارامترهای مؤثر در تحلیل سیستم های جمع آوری رواناب ها غالباً فرآیندهای پیچیده ای هستند که برای شناخت بهتر آنها از نرم افزار یا مدلهای ریاضی استفاده می شود. رایج ترین نرم افزارها در زمینه شبیه سازی سیلابها و تحلیل هیدرولیکی شبکه آبهای سطحی شهرها عبارتند از: HEC-RAS ، Storm-Cad و EPA-SWMM

از میان آنها نرم افزار EPA-SWMM امکانات بیشتری نسبت به بقیه دارد. این نرم افزار ابزاری برای شبیه سازی جامع فرآیندهای هیدرولوژی، هیدرولیک، کیفیت فاضلاب و روانابهای سطحی شهرها می باشد.

omoorepeyman.ir

۳-۴-۱-۷- طراحی کانیو

کانیوها باید به‌گونه‌ای طراحی شوند که سطح آب‌گرفتگی را در گسترده قابل‌قبول محدود نمایند. ماشین‌های پارک شده از ظرفیت کانیوها کاسته و گاه سبب سوارشدن آب به سطح پیاده‌رو می‌شود. ظرفیت یک کانیو به شکل مقطع جریان، شیب طولی و ضریب زبری بستگی دارد. مقطع کانیو معمولاً مثلثی است و لبه جدول ضلع قائم مثلث را تشکیل می‌دهد. ضلع بزرگ این مثلث ممکن است دارای شیب یکنواخت بوده و یا در قسمت‌های مختلف دارای شیب‌های متفاوت بوده و یا حتی در قسمتی دارای انحنا باشد.

در اماکنی که وسایط نقلیه پارک می‌کنند، توصیه می‌شود که ظرفیت کانیوها برای ارتفاع آب معادل ۵۰ درصد بلندی لبه جدول در شیب‌های تا ۱۰ درصد و ارتفاع آب معادل ۴۰ درصد بلندی لبه جدول در شیب‌های بیشتر از ۱۰ درصد محاسبه و منظور شود. در انتخاب شیب طولی کانیوها و لبه پیاده‌روها باید شیب طولی خیابان در نظر گرفته شود. اگر جریان ترافیک وسایل نقلیه، سنگین و یا پیاده قابل‌ملاحظه است، توصیه می‌شود که کلیه روناب محل تقاطع‌ها در بالادست جذب و به مجاری زیرسطحی هدایت شود. برای محاسبه ظرفیت و سرعت جریان در کانیوها می‌توان از رابطه (۱۸) کمک گرفت. (شکل ۲۳)

$$Q = K(Z/n)S_0^{1/2}.d^{8/3} \qquad (۱۸)$$

$$d = \left[\frac{nQ}{KZS_0^{1/2}}\right]^{3/8}$$

$$V_a = \frac{2k}{n}S_0^{1/2}S_x^{2/3}T^{2/3}$$

که در آن :

Q : جریان دبی برحسب (m^3/s)

n : ضریب مانینگ

S_o : طولی شیب

T : آب سطح پهنای

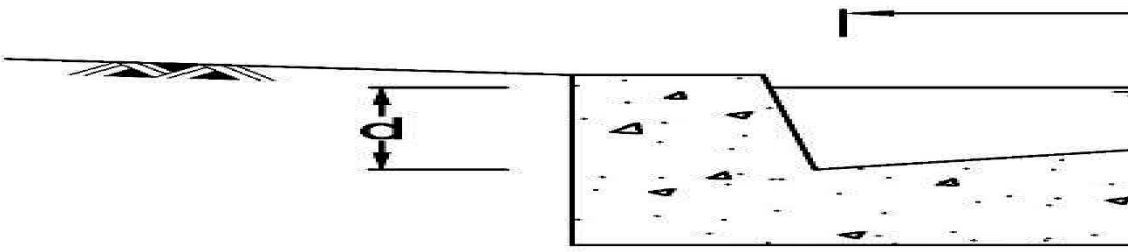
d : عمق جریان در عمیق‌ترین قسمت

K : ضریب ثابت = ۰/۳۷۵

Z = عکس شیب عرضی(T/d)

omoorepeyman.ir

S_x = شیب عرضی



شکل ۲۳ : مقطع عرضی کانیو

توصیه می‌گردد که سرعت حداکثر ۲/۵ متر بر ثانیه به‌عنوان ضابطه طراحی مطرح گردد. بهترین و مطلوب‌ترین مقطع کانیو ازنظر راندمان هیدرولیکی مقطعی است که بتواند، با رعایت حداکثر عمق اجرائی، جریان را هر چه بیشتر در لبه جدول متمرکز نماید. در مناطق سردسیر و یخبندان توصیه می‌شود که از جریان یافتن رواناب حاصله از ذوب برف به داخل بنادر و افزایش شانس یخبندان، ممانعت به عمل آید. لازمه این کار در نظر گرفتن کانیو در هر دو طرف و کاهش فاصله دریچه‌ها می‌باشد.

طراحی نیم نهر مطابق بند۳-۴-۱-۴ این آیین نامه صورت میگیرد.

۳-۴-۱-۸- طراحی دریچه‌ها

بنا به تعریف دبی جریان جذب‌شده توسط دریچه را تحت شرایط معین و تعریف‌شده، ظرفیت دریچه گویند. یکی از مهم‌ترین فاکتورهای مؤثر بر ظرفیت دریچه، عمق جریان در محل بازشدگی دهانه ورودی است. ظرفیت دریچه مسطح مشبک، بستگی شدیدی به دبی جریان در مقطعی دارد که با عرض دریچه مشخص‌شده است. افزایش شیب عرضی سبب افزایش ظرفیت دریچه مسطح مشبک می‌شود. افزایش طول دریچه جدولی و افزایش عرض دریچه مسطح مشبک با افزایش ظرفیت آن‌ها همراه است. برای دریچه‌های مسطح مشبک، راندمان دریچه عامل مهمی در تعیین ظرفیت دریچه است. در دریچه‌های جدولی، گود کردن زهکش سبب افزایش ظرفیت دریچه می‌شود. مقدار گودی اثر بیشتری بر ظرفیت، در قیاس با نوع چیدمان و نحوه استقرار گودی دارد.

دریچه‌های نوع جدولی اقتصادی‌ترین نوع دهانه ورودی است که برای جذب ۸۵ تا ۹۰ درصد جریان رواناب تعبیه می‌شوند. این دریچه‌ها با افزایش عمق جریان در کناره جدول یا لبه خیابان همراه است. دهانه‌های نوع مشبک افقی کلیه جریان روی شبکه را، به انضمام قسمتی از جریان کناری، جذب خواهند کرد. به‌طورکلی دهانه مشبک افقی کلیه

omoorepeyman.ir

آب روی شبکه را به داخل مجرای زیرسطحی هدایت خواهد کرد. مگر اینکه سرعت جریان به‌قدری زیاد شود که آب از روی شبکه به اطراف و یا جلوتر پاشیده شود. فروافتادگی صفحه مشبک تا حدود زیادی بر ظرفیت ورودی خواهند افزود.

عوامل مؤثر بر موقعیت و فاصله دهانه‌ها از یکدیگر عبارتنداز:

- مقدار و شدت رواناب
- شیب طولی و عرضی جاده
- آب‌گرفتگی مجاز و قابل‌تحمل
- ظرفیت دهانه ورودی
- موقعیت و هندسه تقاطع‌ها و تغییر شیب‌ها
- قابلیت دسترسی برای بازدید و تعمیرات
- میزان آشغال‌ها
- حجم ترافیک وسایل نقلیه و پیاده

گرچه پارامترهای اقتصادی اصلی‌ترین و تعیین‌کننده‌ترین عامل در تعیین تعداد و فاصله دهانه‌ها است، لکن، تعبیه دهانه‌های ورودی در نقاط زیر الزامی است:

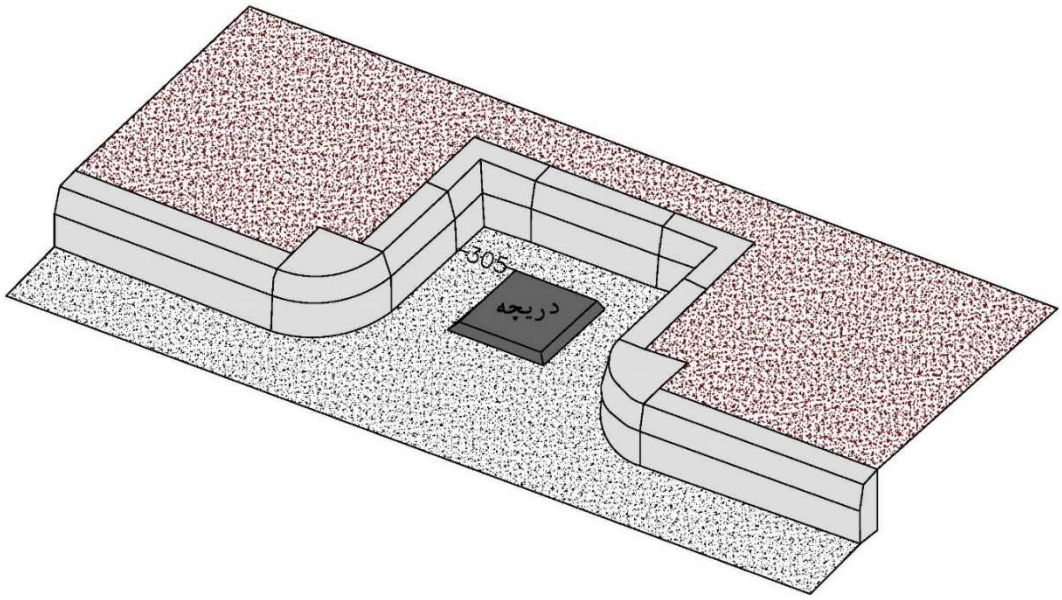
- خط القعرها
- تقاطع خیابان‌ها
- بالادست قسمت لچکی رامپ‌ها

در محل تلاقی معابر توصیه می‌شود دهانه ورودی در قسمت بالادست منظور شود. بهتر است که از انتخاب و چیدمان اختیاری دهانه‌های ورودی اجتناب شده و با رعایت عوامل فوق‌الذکر و تحلیل منطقی اتخاذ تصمیم شود.

دریچه‌ی جمع‌آوری آب‌های سطحی باید تا حد امکان در خارج از مسیر حرکت عابران پیاده قرار داده شوند. در صورتی که دریچه‌ها در سطح پیاده‌رو قرار گیرند، باید آن‌ها را هم‌تراز و هم‌سطح با فضای اطراف آن تعبیه کرد.

در مسیرهای پر ترافیک که خطر تخریب درپوش وجود دارد می‌توان مانند شکل ۲۴ دریچه آب‌های سطحی را در حاشیه کنار جاده تعبیه کرد. ابعاد این تو رفتگی حداقل باید ۳۰۵ میلی‌متر از هر طرف لبه دریچه بزرگتر باشد. شیب بند باید طوری اجرا شود که به سمت دریچه رواناب‌ها هدایت گردد.

omoorepeyman.ir



شکل ۲۴ : تورفتگی دریچه سیستم زهکشی در حاشیه راه‌ها

برای یک شیب پیوسته می‌توان حداکثر فاصله ممکن را بین دهانه‌های ورودی، به شرطی که خصوصیات رواناب یکسان داشته و یا فقط از پوشش آسفالتی تشکیل و دارای شکل مستطیلی باشد، منظور کرد. پیش‌فرض در این تصمیم این است که زمان تمرکز برای کلیه دهانه‌های ورودی یکسان است. رابطه (۱۹)

$$x = 0.905Vy^{1/2} \qquad (۱۹)$$

که در آن:

x : حداکثر فاصله بین دهانه‌های ورودی برحسب (m)

V : سرعت متوسط جریان برحسب (m/sec)

y : افت ارتفاع یا فاصلهٔ عمودی از سطح آب تا قسمت زیرین شبکهٔ آبگیری برحسب (m)

ظرفیت تقریبی دریچه جدولی نیز از رابطه (۲۰) قابل برآورد است:

$$Q_i = 0.166L_i d_i^{1.5} \qquad (۲۰)$$

که در آن:

d_i = عمق جریان در بالای لبه آبگیر(m)

L_i = طول مفید دهانه آبگیر(m)

omoorepeyman.ir

Q_i = ظرفیت آبگیر برحسب (m^3/s)

انتخاب فاصله دریچه‌ها باید با توجه به پارامترهای هیدرولیکی لازم صورت گیرد. با این وجود، راهنمای مساحت تحت پوشش هر دریچه در جدول ۱۵ ارائه‌شده است.

جدول ۱۵: راهنمای مساحت تحت پوشش هر دریچه

ردیف	شیب عمومی محوطه	حداکثر مساحت تحت پوشش هر **دریچه** (مترمربع)
۱	۰/۰۰۱ تا ۰/۰۰۳	۱۵۰
۲	۰/۰۰۴ تا ۰/۰۰۷	۲۰۰
۳	۰/۰۰۸ تا ۰/۰۱۱	۲۵۰
۴	۰/۰۱۲ تا ۰/۰۱۵	۳۰۰
۵	۰/۰۱۶ تا ۰/۰۲۰	۳۵۰
۶	۰/۰۲۱ تا ۰/۰۲۵	۴۰۰

۳-۴-۱-۹- طراحی آدم رو

آدم‌روها ابنیه فنی هستند که برای دسترسی، بازرسی، اتصال لوله های زهکشی زیرسطحی (متصل کردن چندین خط لوله به یکدیگر)، در سیستم جمع آوری آبهای ساخته می‌شوند. در محل اتصال لوله‌های زیر سطحی فرعی به سیستم انتقال فرعی مطابق (شکل ۸) و همچنین سیستم انتقال فرعی به سیستم انتقال اصلی تعبیه آدم رو ضرورت دارد. توصیه می گردد بمنظور رفع آبگرفتگی و پاکسازی مجاری زیر سطحی، در فواصل حداقل ۵۰ متر آدم رو در نظر گرفته شود. نکات مهم در طراحی آدم روها عبارتند از:

- دسترسی آسان به آدم رو در مواقع لزوم
- مقاوم بودن نسبت به نفوذ آب های زیرزمینی اطراف
- قابلیت تحمل بارها و فشارهای وارده

omoorepeyman.ir

۳-۴-۱-۹-۱- ابعاد آدم‌رو

ابعاد آدم روها به مشخصات سیستم زهکشی زیر سطحی از جمله قطر لوله های اصلی و فرعی، عمق کارگذاری بستگی دارد. در جدول ۱۶ حداقل ابعاد مورد نیاز آدم رو ها ارائه شده است. نقشه‌های اجرایی آدم روها در ابعاد مختلف مطابق ضابطه ۲۹۱ می باشد.

جدول ۱۶ : حداقل ابعاد آدم روها

<table>
<tr><td></td><td colspan="2">h<0.6m</td><td colspan="2">0.6m <h<1.2m</td><td colspan="2">1.2m <h<3m</td></tr>
<tr><td></td><td>d_0≤400mm</td><td>d_0≥400mm</td><td>d_0≤400mm</td><td>d_0≥400mm</td><td>d_0≤400mm</td><td>d_0≥400mm</td></tr>
<tr><td>di≤400mm</td><td colspan="4">دایره ای به قطر ۱/۲ متر</td><td colspan="2">دایره ای به قطر ۱/۵ متر</td></tr>
<tr><td>di=500~700mm</td><td>دایره ای به قطر ۱/۵ متر</td><td>دایره ای به قطر ۱/۸ متر</td><td colspan="4" rowspan="3">نیاز به طراحی خاص دارد</td></tr>
<tr><td>di=800mm</td><td colspan="2">مربعی بعرض ۱/۸ متر</td></tr>
<tr><td>di=900-1000mm</td><td>مستطیلی با ابعاد ۳×۲</td><td>مستطیلی با ابعاد ۳/۵×۲/۷۵</td></tr>
</table>

d_0 : قطر لوله فرعی ، di : قطر لوله اصلی ، h : ارتفاع آدم رو

۳-۴-۱-۹-۲- جنس آدم‌رو

آدم رو ها در جنس های مختلف بتنی، آجری و پلیمری قابل کاربرد هستند. بطور معمول جنس آدم رو ها بتنی می باشد. در مناطق کم عرض و قدیمی می توان از آجر نیز برای ساخت آدم رو استفاده کرد. همچنین با توجه به استفاده روزافزون از محصولات پلیمری در صنایع مختلف جهان، این محصول می‌تواند جایگزین مناسبی برای منهول‌های بتنی یا آجری باشد. در جدول ۱۷ مزایا و معیب آدم رو ها در جنس های مختلف ارائه شده است.

جدول ۱۷ : بررسی مزایا و معایب جنس های مختلف آدم رو

جنس آدم رو	مزایا	معایب
بتنی	- اقتصادی بودن - وجود مصالح قابل دسترسی - نصب و اجرای سریع	- آسیب‌پذیر در برابر مواد خورنده - آب‌بندی نامناسب در اتصالات - وزن بالای اجزاء (در صورت پیش ساخته)
آجری	- ارزان بودن - اجرای سریع - ساخت در ارتفاع کوتاه	- محدودیت در ارتفاع بیش از ۳ متر - آب‌بندی نامناسب در کل سازه - عدم مقاومت در برابر مواد شیمیایی
پلیمری	- هزینه بسیار پائین - زمان اجرای بسیار کم	- ضعف بدنه در مقابل بار جانبی و ترافیکی - نیاز به انبار داری و رعایت نکات ایمنی

omoorepeyman.ir

	- قابلیت نصب آسان - عدم نیاز به ماشین آلات سنگین برای اجرا - سهولت در امر نگهداری	- تحمل کم نسبت به بارهای شعاعی محوری (لازم است یک رینگ بتنی در اطراف دهانه ورودی آدم رو نصب شود.)

توصیه می شود جنس درب آدم رو ها از نوع لولادار غیرفلزی مقاوم مانند کامپوزیتی با قابلیت تحمل بار ترافیکی ۶۰ تن در هر مترمربع در محوطه های عملیاتی و ۲۵ تن در هر مترمربع در محوطه های غیرعملیاتی باشد.

۳-۴-۱-۱۰- طراحی آشغال‌گیر

برای جلوگیری از ورود اشیاء خارجی به داخل کانال‌های سرپوشیده در محل کانیوها و دریچه‌های بازدید لازم است از آشغالگیرهای مخصوص استفاده شود. آشغال‌گیر شبکه فلزی است که از تعدادی میله موازی با فواصل معین که در یک قاب قرارگرفته‌اند، تشکیل‌شده است. نصب آشغال‌گیر با زاویه خاصی و یا به‌طور عمود نسبت به جهت جریان در داخل یک کانال انجام می‌شود. استفاده از آشغال‌گیر فواید زیر را با خود به همراه دارد:

- استفاده از آشغال‌گیر برای جلوگیری از گرفتگی مجاری سرپوشیده و یا زیرسطحی
- آشغال‌گیر برای افزایش ظرفیت عبور جریان
- استفاده از آشغال‌گیر برای کاهش مواد معلق موجود در آب‌های سطحی

آشغال‌گیرها در ورودی شبکه، داخل لوله، داخل کانال، یا انتهای لوله‌ها قرار می‌گیرند. با بررسی انواع مختلف آشغال‌گیرها بر مبنای شاخص‌هایی مانند سطح حوضه آبریز، دوره تناوب پاکسازی سازه، تراز انرژی موردنیاز برای کار، بازده حذف زباله از جریان، هزینه‌های ساخت و بهره‌برداری و ... تعدادی از آن‌ها در شبکه جمع‌آوری آب‌های سطحی مورداستفاده قرار می‌گیرند.

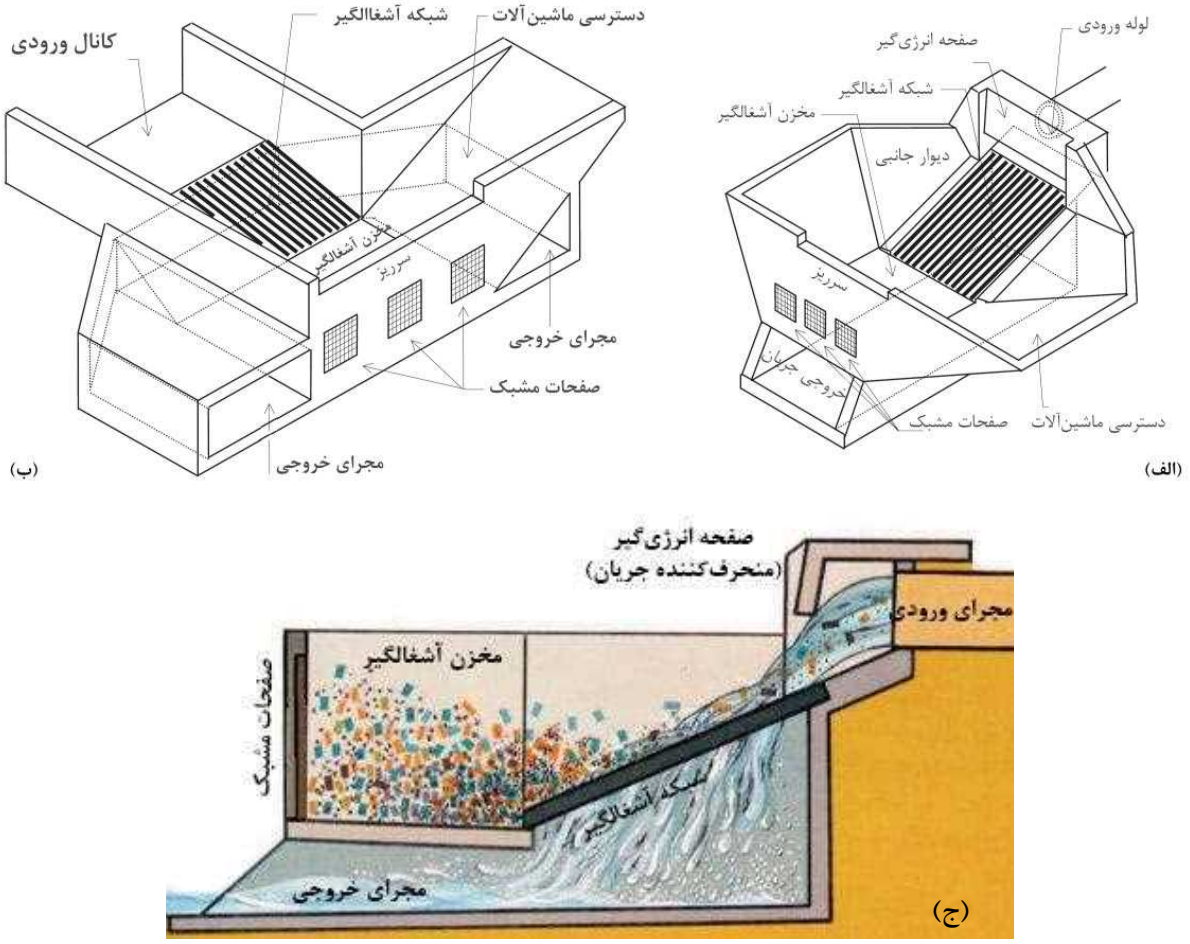
آشغال‌گیر ها را می‌توان بر اساس فاصله میله‌ها، نوع عملکرد آشغال‌گیر (دستی و مکانیکی) و فرم آشغال‌گیر طبقه‌بندی کرد. نمونه‌ای از این آشغال‌گیرها در (شکل ۲۵) ارائه‌شده است.

omoorepeyman.ir

شکل ۲۵ : نمونه‌ای از آشغالگیرهای سیستم‌های زهکشی

علاوه بر شبکه آشغال‌گیر، محفظه آن نیز نقش مهمی در سیستم جمع‌آوری آب‌های سطحی دارد. محفظه آشغال‌گیر سازه‌ای است که در ورودی یا مسیر سیستم زیرزمینی جمع‌آوری و هدایت آب‌های سطحی تعبیه‌شده و از آن برای تله اندازی و نگهداشت زباله‌هایی که وارد سیستم شده‌اند، استفاده می‌شود. نمونه‌ای از آن در (شکل ۲۶) ارائه‌شده است.

omoorepeyman.ir



شکل ۲۶ : محفظه آشغال‌گیر: (الف) نوع خروجی مستقیم، (ب) نوع جانبی ، (ج) سازوکار تله اندازی زباله

محل قرارگیری و اندازه آشغال‌گیرها به عواملی مانند افت انرژی جریان عبوری از آن‌ها، مشخصات سازه‌ای و ایمنی و اندازه خروجی حوضچه‌ها وابسته است. برای تخلیه رسوبات واریزه‌های همراه جریان لازم است پیش‌بینی‌های لازم مانند حرکت لولایی یا ریلی صفحه آشغال‌گیر صورت گیرد. شیب صفحات آشغال‌گیر در ورودی مسیر لوله‌ها و مجاری جریان باید بین ۳H:1V تا ۵H:1V باشد تا زباله‌های سبک با فشار آب و افزایش تراز آب، به بالا حرکت کنند و انسداد آشغال‌گیر به تأخیر بیفتد هرچه سرعت جریان به سمت خروجی حوضچه کمتر باشد، باید زاویه صفحات با افق کمتر باشد. مبانی طراحی آشغال‌گیر به شرح زیر است:

- معمولاً فاصله‌ی بین میله‌ها را ۱۰ الی ۵۰ میلی‌متر در نظر می‌گیرند و عرض میله‌های آشغال‌گیر را نیز ۱۰ میلی‌متر در نظر می‌گیرند.
- سرعت عبور سیال از بین میله‌ها ۰/۶ الی ۱ در نظر گرفته می‌شود.

omoorepeyman.ir

- در تصفیه‌خانه‌ها در صورت بزرگ‌تر بودن دبی میانگین ورودی از ۱۵۰ لیتر در ثانیه، از آشغال‌گیر مکانیکی استفاده می‌شود

با توجه به مبانی، سرعت عبور سیال از بین میله‌ها را انتخاب می‌شود و سپس با تقسیم دبی میانگین بر سرعت مذکور مجموع سطح باز بین میله به دست می‌آید: رابطه (۲۱)

$$\frac{Q_{ave}}{v} = A \qquad (۲۱)$$

ارتفاع جریان در کانال از رابطه مانینگ محاسبه می‌شود (h1). سپس با تقسیم سطح به‌دست‌آمده از مرحله‌ی قبل (A) بر ارتفاع h1 مجموع عرض باز بین میله‌ها b1 را بدست می‌آید.

در مرحله‌ی بعد با تقسیم مجموع عرض باز میله‌ها بر عرض هر میله (انتخاب‌شده بر اساس مبانی)، تعداد فضای باز و در نهایت تعداد میله‌ها محاسبه می‌شود.

مقدار افت انرژی جریان به وجود آمده توسط آشغالگیرهای در مسیر خروج جریان نباید به‌اندازه‌ای باشد که سبب پس‌زدگی جریان شود. بنابراین مقدار این افت باید در محاسبات هیدرولیکی لحاظ و کنترل شود. روابط تجربی مختلفی برای تعیین مقدار افت انرژی ناشی از عبور جریان از آشغال‌گیرها وجود دارند. رابطه(۲۲) متداول برای محاسبه افت انرژی در آشغالگیرهایی که از میله‌های موازی تشکیل‌شده‌اند، به شرح زیر است:

$$H_{g=}K_{g1}\left(\frac{t}{x}\right)^{4/3}\left(\frac{V^2}{2g}\right)\sin\Theta \qquad (۲۲)$$

در این رابطه

H_g : مقدار افت تراز انرژی (متر)

K_{g1} : ضریب بی‌بعد شکل میله‌های شبکه (مطابق شکل ۲۷)

t : بیشینه عرض مقطع میله عمود بر جریان (متر)

x : کمینه فضای آزاد بین میله (متر)

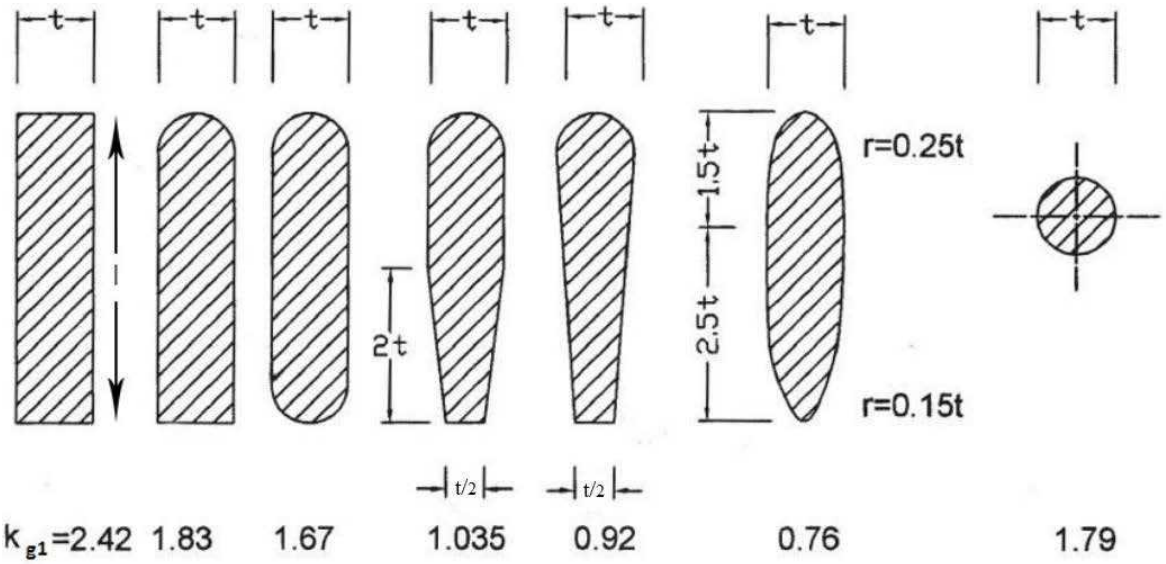
v : سرعت جریان نزدیک شونده به آشغال‌گیر (متر بر ثانیه)

g : شتاب جاذبه

θ : زاویه آشغال‌گیربا افق (درجه)

معمولاً نسبت مقدار سطح بازشوها به کل سطح آشغال‌گیرها ۴۰ تا ۵۰ درصد پیش‌بینی می‌شود.

omoorepeyman.ir



شکل ۲۷ : ضریب K_{g1} بر اساس شکل میله‌های شبکه آشغال‌گیر (در این شکل مسیر جریان از بالا به پایین است)

۳-۴-۱-۱۱- طراحی حوضچه رسوب‌گیر

رسوب‌گیرها به‌منظور جلوگیری از ورود رسوبات به شبکه جمع‌آوری رواناب سطحی به کار می‌روند. اجرای رسوب‌گیر در شرایط و موقعیت‌های ذیل ضرورت دارد:

- در بنادری که ورود آب از حوضه‌های بالادست به سیستم زهکشی آن وجود دارد.
- در محوطه‌های مستعد رسوب‌گذاری زیاد مانند محوطه‌های بارگیری مواد معدنی (کلینکر و سنگ‌آهن)

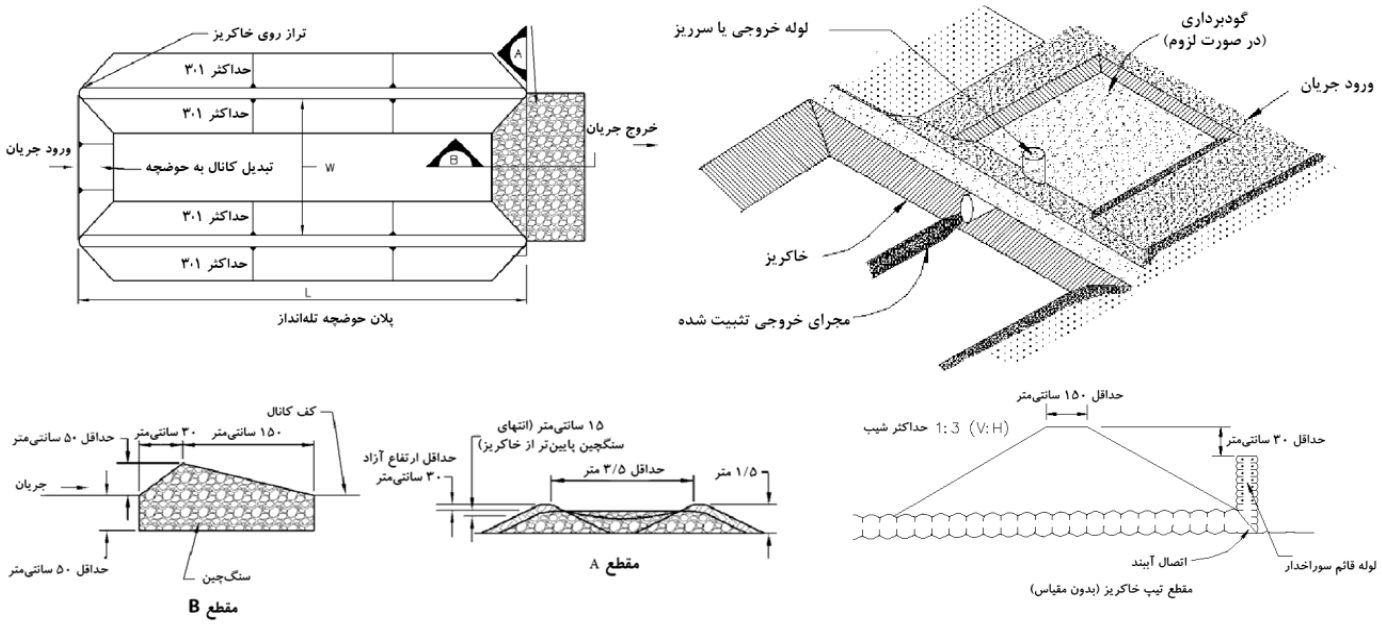
رسوبگیرهای بسته به حجم رسوبات به‌صورت پیش‌ساخته و درجا اجرا می‌شود. ابعاد، تعداد و فواصل قرارگیری رسوبگیرها از یکدیگر باید توسط مشاور با توجه به ویژگی‌های طرح تعیین گردد.

این حوضچه‌ها به‌طور معمول به همراه آشغال‌گیرها ساخته می‌شوند. اساس کار حوضچه‌های تله اندازی رسوب استفاده از نیروی جاذبه زمین برای ته‌نشین کردن رسوبات است. برای این کار، سطح مقطع جریان در مجرا افزایش می‌یابد تا حرکت جریان کُند شود و ذرات همراه جریان فرصت ته‌نشینی داشته باشند. شرایط جریان و هندسه مجرای حوضچه رسوبگیر طوری در نظر گرفته می‌شود که برخاستن ذرات ته‌نشین شده در حوضچه به کمترین مقدار ممکن برسد. در ادامه دو نوع حوضچه رسوب‌گیر به لحاظ موقعیت قرارگیری ارائه‌شده است.

omoorepeyman.ir

۳-۴-۱-۱۱-۱- حوضچه یا گود در پایین‌دست مجاری

این سازه‌ها با گودبرداری در زمین یا خاکریزی و ایجاد حوضچه ته‌نشینی ساخته می‌شوند. در این حوضچه‌ها رسوبات همراه رواناب فرصت ته‌نشینی پیدا می‌کنند. چنین حوضچه‌هایی برای حوضه آبریز در حدود ۴۰۰۰ مترمربع یا حوضه‌های با حجم رسوبات زیاد همراه جریان کاربرد دارند. تله انداز رسوب از یک حوضه کوچک با مجرای خروجی به‌صورت سرریز یا لوله تشکیل‌شده است. دیوارهای حوضچه با پوشش گیاهی یا سنگچین در مقابل فرسایش محافظت می‌شوند. در انتهای مجرای خروجی نیز با ایجاد سنگچین از فرسایش جلوگیری می‌شود. کف و دیوارهای حوضچه باید به روش ASTM D698 تراکم ۹۵ درصد داشته باشند. برای جلوگیری از سرریز حوضچه و خرابی آن، باید یک خروجی به‌صورت سرریز یا لوله در ترازی به فاصله حداقل ۳۰ سانتیمتری از لبه درونی دیوار حوضچه قرار گیرد. در (شکل ۲۸) هندسه و مقاطع نمونه تله انداز رسوب نشان داده‌شده است. عمق حوضچه حداکثر ۱/۵ متر و حداکثر شیب خاکریزها ۳ افقی در مقابل ۱ عمودی هستند. حداقل عرض حوضچه برابر ۳/۵ متر پیشنهادشده است. سنگچین در پایین‌دست و اطراف لوله خروجی با d_{50} برابر ۳۰ سانتیمتر انتخاب می‌شود. این سنگچین باید حداقل تا تراز ۳۰ سانتیمتری پایین‌تر از خاکریز انتهایی حوضچه امتداد پیدا کند.

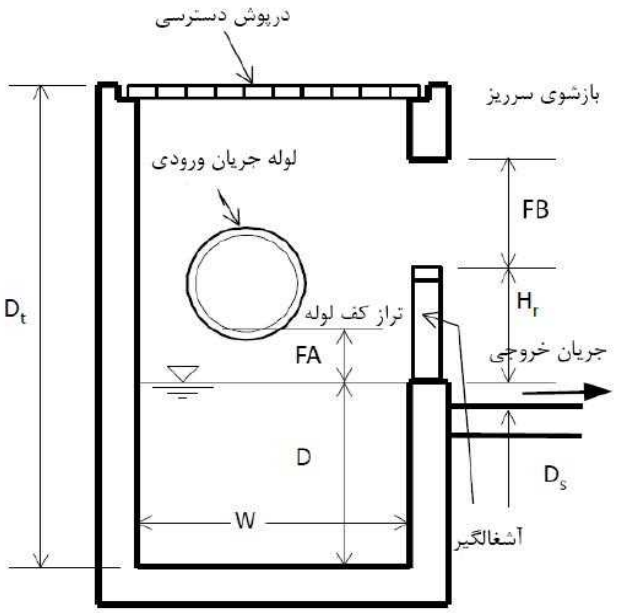


شکل ۲۸ : هندسه و مقاطع نمونه تله انداز رسوب (در پایین‌دست مجاری)

omoorepeyman.ir

۳-۴-۱-۱۱-۲- محفظه تله انداز رسوب در مسیر جریان کانال

این محفظه‌ها به همراه آشغال‌گیر در مسیر جریان در کانال قرار می‌گیرند و بخشی از رسوبات جریان را به دام می‌اندازند. آشغال‌گیر پایین‌دست این محفظه از عبور زباله‌های همراه جریان جلوگیری می‌کنند. در (شکل ۲۹) مقطع یک نمونه محفظه تله انداز رسوب آمده است. جریان از مجرای ورودی به‌صورت آزاد به محفظه می‌ریزد و رسوبات همراه آن در محفظه ته‌نشین می‌شوند. پس از پر شدن محفظه، جریان با عبور از آشغال‌گیر وارد مجرای پایین‌دست می‌شود. در بالای آشغال‌گیر فضایی برای عبور جریان‌های اضافه بر جریان طرح محفظه پیش‌بینی شده است.



شکل ۲۹ : نمونه محفظه تله انداز رسوب

حجم محفظه بر مبنای حجم کل آورد رسوبات همراه جریان طرح حوضچه و زمان‌بندی لایروبی حوضچه تعیین می‌شود. عرض حوضچه (W_t) با توجه به نیاز به کاهش سرعت در مجرا (سرعت متوسط کمتر از ۰/۵ متر بر ثانیه در دبی طرح) برای ته‌نشینی ذرات تعیین می‌شود. لازم است حداقل نسبت طول حوضچه به عرض آن برابر ۲ در نظر گرفته شود. عمق محفظه (D) برای تأمین حجم لازم برای نگهداشت رسوبات و امکانات بهره‌برداری تعیین می‌شود. بهتر است این عمق به حداکثر ۱/۵ متر محدود شود. لازم است فاصله پایین‌ترین نقطه مجرای ورودی جریان از تراز ثابت آب در محفظه (FA) طوری انتخاب شود که جریان ورودی در سیلاب طرح محفظه از آب موجود در حوضچه کمترین تأثیر را بپذیرد. آشغال‌گیر انتهایی محفظه با فرض گرفتگی ۵۰ درصد بازشوها طرح می‌شود. صفحه آشغال‌گیر از اجزای قائم با فواصل بازشوی ۵ سانتیمتر تشکیل می‌شوند. در جریان طرح محفظه، ارتفاع آشغال‌گیر (H_r) دو برابر

omoorepeyman.ir

عمق بحرانی جریان عبوری از مقطع با عرضی برابر مجموع عرض بازشوهای آشغال‌گیر در نظر گرفته می‌شود. برای ایجاد امکان عبور جریان‌های با دبی بیشتر از دبی طرح از محفظه، لازم است در بالای آشغال‌گیر فضای آزاد در نظر گرفته شود. ارتفاع این فضا (FB) حداکثر ۳۵ سانتیمتر و مقدار بدست آمده از رابطه (۲۳) است:

$$FB = \left(\frac{Q_p}{1.7L_r}\right)^{2/3} \quad (۲۳)$$

در این رابطه:

Q_p : دبی اوج سیلاب طرح مجرا (مترمکعب بر ثانیه)

L_r : طول محفظه در مسیر عمود بر جریان (متر)

کف کانال پائین‌دست آشغال‌گیر(D_s) حداقل ۱۰ سانتیمتر پائین تر از تراز معمول مانداب در محفظه قرار می‌گیرد. کل ارتفاع محفظه (D_t) از جمع ارتفاع لازم برای آشغال‌گیر، فضای آزاد، و عمق لازم برای محفظه به دست می‌آید. برای دسترسی به محفظه و لایروبی لازم است ورودی با درپوش مناسب با قطر مفید داخلی حداقل ۹۰ سانتیمتر و نردبان دسترسی با پله‌های با فواصل ۳۰ سانتیمتر، در نظر گرفته شوند.

۳-۴-۱-۱۲- طراحی حوضچه آرامش

به‌منظور جلوگیری از آبشستگی، ضروری است سازه تخلیه آب‌های سطحی تا لبه دریا امتداد داشته باشد. در صورتیکه فاصله طولی و ارتفاعی بین محل تخلیه و لبه دریا زیاد باشد، اجرای سازه‌های مستهلک کننده انرژی مانند حوضچه آرامش جهت جلوگیری از آبشستگی در محل تخلیه، ضرورت دارد.

حوضچه‌های آرامش با پرش هیدرولیکی شامل کف بندهای افقی و شیب‌دار و نیز متعلقات استهلاک انرژی از قبیل بلوک‌های تنداب، بلوک‌های حوضچه و دیواره‌های انتهایی پیوسته یا دندانه‌دار می‌باشند.

هر حوضچه آرامش برحسب شدت پرش هیدرولیکی، معمولاً احتیاج به اجزایی دارد تا ضمن شکل دادن پرش هیدرولیکی در یک موقعیت و محل خاص، تا حد امکان از طول آن بکاهد. از جمله این اجزاء عبارت‌اند از:

- بلوک‌های پای تنداب که در محل تغییر شیب و در ابتدای کف افقی حوضچه ساخته‌شده و هدف از ساخت آن‌ها، کوتاه کردن طول پرش و تثبیت آن است.

omoorepeyman.ir

- آب‌پایه که به‌صورت دندانه‌دار یا منفرد در انتهای حوضچه ساخته‌شده و باعث کاهش بیشتر طول پرش هیدرولیکی و کنترل بهتر موقعیت آن می‌گردد. در حوضچه‌های آرامش بزرگ، به جهت آن‌که آب با سرعت زیاد، می‌تواند به انتهای حوضچه برسد، معمولاً آب‌پایه به‌صورت دندانه‌دار ساخته می‌شود.
- بلوک‌های آرام‌کننده که بلوک کف یا بلوک‌های حوضچه آرامش نیز نامیده می‌شوند، در قسمت میانی حوضچه آرامش قرارگرفته و هدف از ساخت آن‌ها، اتلاف انرژی به‌صورت متمرکز و یکجا می‌باشد .در سرعت‌های کم، بلوک‌های آرام‌کننده بسیار مؤثر هستند، اما آنگاه‌که سرعت جریان زیاد باشد، ممکن است این نوع زائده مناسب نبوده و احتمالاً باعث ایجاد پدیده کاویتاسیون گردد.

در برخی از حوضچه‌های آرامش، می‌توان از یک دیواره سرتاسری پیوسته به‌عنوان جایگزین بلوک‌ها استفاده کرد که عموماً دارای مزیت‌های زیر می‌باشد:

- کوتاه شدن طول حوضچه آرامش
- افزایش نرخ استهلاک انرژی
- کنترل و تثبیت بهتر و مناسب‌تر پرش هیدرولیکی
- کاهش عمق پایاب موردنیاز

متغیرهای مهم در طراحی حوضچه آرامش عبارت‌اند از عرض حوضچه، طول حوضچه، ارتفاع دیوارها و رقوم بستر حوضچه.

۳-۴-۱-۱۲-۱- عرض حوضچه آرامش

عرض حوضچه یک متغیر بسیار مهم است زیرا ابعاد پرش هیدرولیکی تابع آن است. افزایش عرض حوضچه شرایط هیدرولیکی را برای پرش بهتر می‌کند ولی باعث افزایش هزینه می‌گردد. همچنین پائین بردن کف حوضچه آرامش برای تعادل نیروی مخصوص با پایاب و انجام پرش مطلوب است ولی این امر نیز باعث افزایش هزینه‌ها می‌گردد. بنابراین دو متغیر عرض حوضچه و رقوم کف آن باید طوری انتخاب گردد که هزینه در حداقل باشد. معمولاً رابطه(۲۴) برای عرض حوضچه، نتایج خوبی ازنظر اقتصادی می‌دهد.

$$W = K\sqrt{Q} \qquad (۲۴)$$

omoorepeyman.ir

که در آن K ضریبی است که معمولاً برابر ۱/۸ در نظر گرفته می‌شود. در سرریزهای کوتاه عرض مقطع تاج سرریز شوت و حوضچه آرامش یکسان انتخاب می‌گردد. در حالیکه در سرریزهای بلند، به دلایل اقتصادی و هیدرولیکی ازنظر کاهش پتانسیل کاویتاسیون عرض حوضچه کمتر از عرض تاج سرریز انتخاب می‌شود.

۳-۴-۱-۱۲-۲- طول حوضچه آرامش

طول حوضچه آرامش متناسب با طول پرش هیدرولیکی است. طول پرش (که برابر با طول غلتک‌های سطحی جریان است) با عدد فرود تغییر می‌کند. می‌توان طول پرش را برابر با $5d_2$ در نظر گرفت که d_2 عبارت است از ارتفاع جریان پس از پرش هیدرولیکی. d_2 از رابطه(۲۵) محاسبه می‌گردد:

$$d_2 = -\frac{d_1}{2} + \frac{d_1}{2}\sqrt{1 + 8Fr_1^2} \qquad (۲۵)$$

که در آن

Fr_1 : عدد فرود در مقطع قبل از پرش هیدرولیکی

d_1 : ارتفاع جریان در مقطع قبل از پرش هیدرولیکی

طول حوضچه آرامش برای حالت فوق که حوضچه فاقد دندانه می‌باشد، حدود $6d_2$ در نظر گرفته می‌شود. مطالعات بر روی مدل‌های هیدرولیکی نشان می‌دهد که استفاده از دندانه‌ها در حوضچه آرامش باعث کاهش طول حوضچه می‌گردد. بر اساس تقسیم‌بندی USBR حوضچه آرامش به دو نوع رده‌بندی می‌شود. حوضچه آرامش بدون دندانه (حوضچه نوع I) و حوضچه آرامش با دنده که در آن‌ها طول حوضچه آرامش کمتر است. انواع حوضچه آرامش با دنده متداول شامل تیپ‌های II و III می‌باشند که حوضچه آرامش تیپ III برای محل تخلیه آب‌های سطحی پیشنهاد می‌شود.

۳-۴-۱-۱۲-۳- ارتفاع دیواره‌های حوضچه آرامش

ارتفاع دیواره‌ها باید به‌اندازه‌ای باشد که پرش هیدرولیکی را در برگیرد. طبق توصیه USBR، ارتفاع آزاد بالای d_2 (عمق پس از پرش) برابر $0.03(V_1+d_2)$ متر در نظر گرفته می‌شود که در آن V_1 سرعت جریان قبل از پرش برحسب متر بر ثانیه و d_2 برحسب متر می‌باشند.

omoorepeyman.ir

۳-۴-۱-۴-۱۲- حفاظت توسط سنگچین

سنگچین به‌عنوان یک وسیله مؤثر جهت حفاظت بستر و سواحل کانال‌ها در برابر فرسایش در پائین‌دست حوضچه آرامش استفاده می‌شود. در پائین‌دست حوضچه آرامش، سرعت جریان پس از پرش زیاد است و ممکن است بستر محل تخلیه را مورد فرسایش قرار دهد. سنگچین به‌عنوان مستهلک کننده انرژی اضافی عمل می‌کند و سرعت جریان را به سرعت مطمئن کاهش می‌دهد. تعیین اندازه سنگچین به‌وسیله رابطه (۲۶) USBR توصیه می‌شود:

$$D = K\frac{V^2}{2g} \qquad (۲۶)$$

که در آن D قطر سنگ، V سرعت متوسط جریان و K ضریب برابر ۱ برای جریان آرام و برابر ۱/۴ برای جریان متلاطم شدید می‌باشد. سنگچین باید بر روی یک‌لایه فیلتر به ضخامت حدود ۱۵۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر قرار گیرد. فیلتر باید خوب دانه‌بندی شده باشد و حداکثر اندازه ذرات آن از ۷۵ میلی‌متر تجاوز نکند. ضخامت سنگچین از ۱/۵ برابر حداکثر اندازه سنگچین نباید کمتر باشد.

۳-۴-۱-۱۳- ضوابط تصفیه آبهای سطحی

امروزه با استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته می‌توان آلایندگی‌های آب‌های سطحی را حذف و آب تصفیه‌شده را در زمینه‌های مختلف از قبیل آبیاری فضای سبز، صنایع مختلف و ... مورداستفاده قرارداد. آب‌های سطحی بنادر به دلیل وجود فراورده‌های نفتی در محوطه‌ها، تعمیرات و کارواش خودروها غالباً دارای تنوع بیشتری از آلاینده‌ها بوده و لذا تصفیه رواناب این مناطق از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشد و ضروری است به‌منظور رعایت مسائل زیست‌محیطی، رواناب‌ها قبل از تخلیه به رودخانه یا دریا به‌طور کامل تصفیه گردد.

۳-۴-۱-۱۴- ضوابط طراحی تخلیه آب‌های سطحی

۳-۴-۱-۱۴-۱- تراز تخلیه آب‌های سطحی

در مواردی که رواناب را باید در رودخانه، دریاچه، دریا و یا سایر نقاطی تخلیه کرد که آب در آن‌ها انباشته‌شده یا جریان دارد، ضروری است که احتمال افزایش سطح آب در محل تخلیه بررسی و ارزیابی شود و معلوم گردد که این امر تا چه اندازه باعث وقفه و اختلال در تخلیهٔ ثقلی رواناب‌ها می‌گردد. مطالعات برنامه‌ریزی‌شده باید نشان دهد که اولاً

omoorepeyman.ir

افزایش سطح آب در محل دریافت‌کننده جریان‌های سطحی دارای چه فراوانی وقوع است. دوماً تداوم اشل‌های بالا چند ساعت یا چند روز ادامه خواهد داشت و سوما احتمال وقوع ترازهای بالای سطح آب در رودخانه، دریا یا دریاچه‌های طبیعی و مصنوعی هم‌زمان با وقوع سیلاب ناشی از بارندگی چقدر است وقوع این وضعیت دارای چه احتمالی است. در (شکل ۳۰) نمونه‌ای از تخلیهٔ ثقلی به آبراهه‌های پذیرنده نشان داده‌شده است.

هرگاه احتمال افزایش تراز سطح آب در محل تخلیه و پس زدن آب محتمل باشد ، دهانهٔ خروجی مجرای انتهایی شبکه به یک یا چند دریچهٔ یک‌طرفه مجهز شده و بدین طریق از ورود جریان‌های سیلابی و گل‌ولای رودخانه به داخل محدود ۀ اراضی حفاظت‌شده جلوگیری می‌گردد.

تخلیهٔ ثقلی رواناب‌ها به رودخانه، دریا یا دریاچه‌ها وقتی به نحو مناسب و مطلوب انجام می‌پذیرد که تراز سطح آب در انتهای تأسیسات محل تخلیه به دریاچهٔ دریافت‌کننده، حداقل هم‌تراز و ترجیحاً بالاتر از سطح آب موجود در دریافت‌کننده باشد و ظرفیت کافی برای دفع ایمن آب‌های دریافتی نیز وجود داشته باشد.

دامنهٔ نوسانات تراز آب در محل دریافت کنندهٔ رواناب از مهترین خصوصیات محل تخلیه محسوب می‌شود. تخلیهٔ رواناب‌های ناشی از بارندگی در آن گروه از شهرهای ساحلی که ارتفاع اندکی از سطح دریا دارند، غالباً متأثر از نوسانات جزر و مدی سطح آب دریاست و در هر ۲۴ ساعت مداومًا شرایطی پدید می‌آید که از نظم و دامنهٔ خاص و معمولاً مشخصی برخوردار است و ممکن است تخلیهٔ ثقلی را با اشکالاتی مواجه سازد. طوفان‌های دریایی نیز که منشأ اصلی بروز آن وزش بادهای پر قدرت است نیز باید موردتوجه قرار گیرد. از سوی دیگر برای دفع و تخلیهٔ رواناب‌ها در مسیل‌ها و خشک‌رودها معمولاً مشکلی وجود ندارد و با اقداماتی در زمینهٔ اصلاح و بهسازی مقطع و مسیر این‌گونه محل‌های تخلیه، راه‌حل‌های مناسبی در اختیار خواهد بود. چگونگی عملکرد هیدرولیکی مجاری تخلیه در (شکل ۳۱) و (شکل ۳۲) برای دو حالت تخلیهٔ آزاد و تخلیهٔ مستغرق آمده است. در تخلیه آزاد، میزان جریان تخلیه شونده با استفاده از رابطهٔ (۲۷) سرریزها به شرح زیر تعیین می‌شود:

$$Q = CLH^{3/2} \qquad (۲۷)$$

که در آن:

Q : ظرفیت آبگیر برحسب (m^3/s)

L : عرض دهانه مجرای خروجی برحسب (m)

H : ارتفاع مؤثر آب در داخل محوطه برحسب(m)

omoorepeyman.ir

C : ضریب جریان

در وضعیتی که شرایط تخلیهٔ آزاد فراهم نباشد، میزان جریان خروجی با استفاده از رابطه (۲۸) عمومی روزنه‌ها به شرح زیر محاسبه می‌شود:

$$Q = CA\sqrt{2gh} \qquad (۲۸)$$

که در آن:

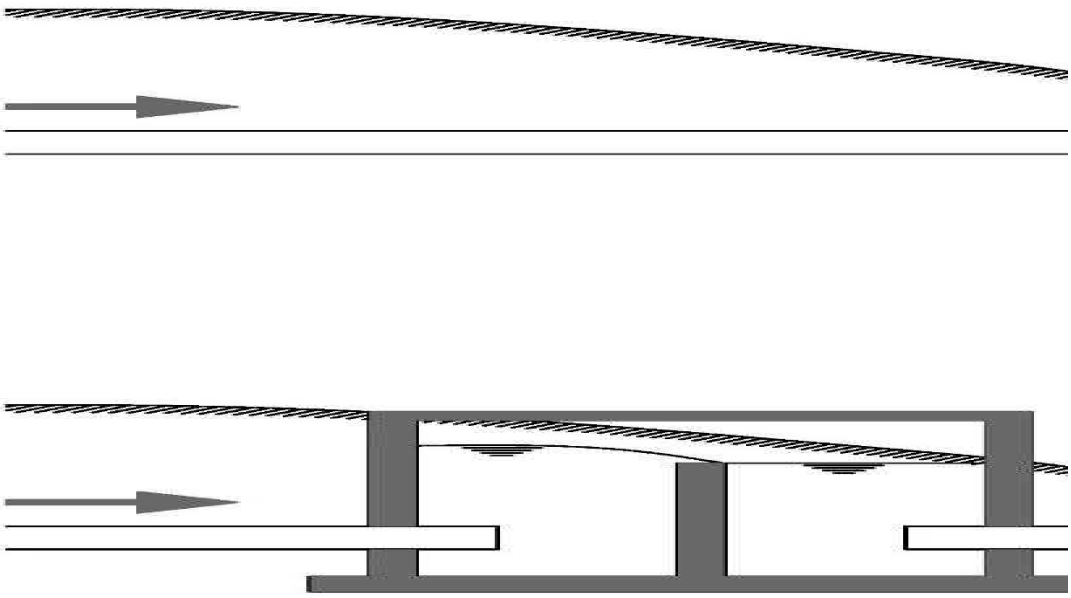
Q : ظرفیت آبگیر برحسب (m^3/s)

A : مقطع عبور جریان برحسب (m^2)

g : شتاب ثقل (۹/۸۱ متر بر مجذور ثانیه)

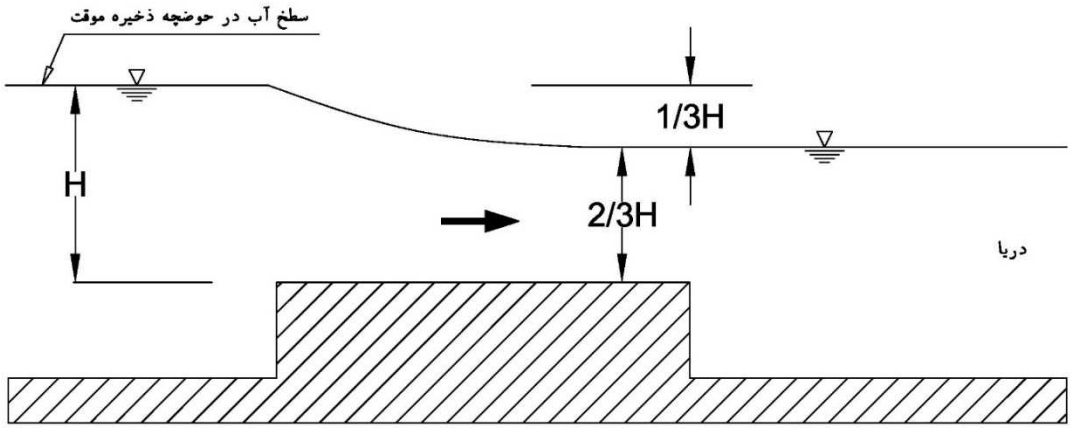
h : ارتفاع مؤثر آب برحسب(m)

C : ضریب جریان

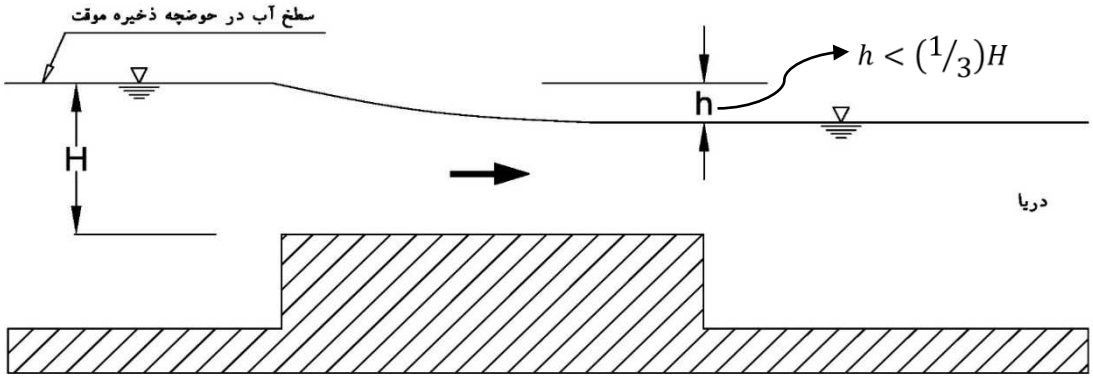


شکل ۳۰ : تخلیه ثقلی به آب‌های پذیرنده

omoorepeyman.ir



شکل ۳۱ : تخلیه ثقلی به‌صورت تخلیه آزاد



شکل ۳۲ : تخلیه ثقلی به‌صورت مستغرق

۳-۴-۱-۱۴-۲- موقعیت و تعداد تخلیه آب‌های سطحی

موقعیت و تعداد تخلیه آبهای سطحی به شرایط محل دریافت‌کننده جریان‌های سطحی، شکل عمومی و وسعت بنادر، کاربری محوطه‌های مختلف و شیب مجاری زهکشی بستگی دارد.

در شرایط تخلیه به آبهای آزاد، ضروری است موقعیت‌هایی که از شرایط جذر و مد تاثیر پذیری کمتری دارند (مانند خورها) شناسایی و میزان تاثیر پذیری آنها مورد بررسی قرار گیرد.

موقعیت تخلیه آبهای سطحی در بنادر وسیع بستگی به نوع کاربری محوطه های مختلف آن دارد. در ترمینال‌های مواد معدنی جهت جلوگیری از پخش رواناب این محوطه ها به محوطه های دیگر بهتر است اولاً موقعیت این ترمینال‌ها در محوطه‌های های اسکله‌ای و یا نزدیک به آن باشد و ثانیاً تخلیه این محوطه‌ها بصورت مستقل از محوطه‌های دیگر صورت گیرد. موقعیت تخلیه آبهای سطحی ترمینال‌های بارگیری مواد نفتی نیز بدلیل ضرورت تصفیه رواناب این محوطه‌ها نیز می بایست بصورت مستقل از تخلیه گاه‌های دیگر باشد.

omoorepeyman.ir

در اکثر بنادر جهت کاهش هزینه ها، برای انتقال رواناب چندین محوطه مختلف از یک سیستم انتقال اصلی استفاده می شود. در این صورت طول سیستم انتقال اصلی افزایش و به تبع آن شیب آن کاهش می یابد. طولانی کردن مسیر سیستم انتقال اصلی اگر منجربه کاهش سرعت جریان به کمتر از ۰/۹ متر بر ثانیه شود، مجاز نیست. در چنین شرایطی ضروری است با کوتاه کردن مسیر خط انتقال، تعداد محل تخلیه افزایش یابد.

در بنادر مستطیل شکل که گسترش طولی آن به موازات خط ساحلی می باشد، جهت تخلیه سریع رواناب و کاهش ابعاد زهکش ها، تعداد محل تخلیه با بررسی فنی و اقتصادی قابل افزایش است.

۳-۴-۲- زهکش سازه‌ای

۳-۴-۲-۱- معادله جریان در زهکش سازه‌ای

یک سیستم زهکشی سازه‌ای را می‌توان مستقیماً در زیر یک روسازی ایجاد کرد تا هر آبی که به سطح زیرین روسازی می‌رسد، هدایت و تخلیه شود. لایه زهکشی باید طوری طراحی شود که بتواند تمام آبی که به آن می‌رسد را در خود جای دهد. ابعاد لایه زهکشی با استفاده از قانون دارسی مطابق رابطه (۲۹) قابل‌تعیین است.

$$Q = \mathrm{kiA} \qquad (۲۹)$$

که در آن:

Q: دبی آب (m^3/s)

k: ضریب نفوذپذیری مواد زهکشی (m/s)

i: گرادیان هیدرولیکی (m/m)

A: سطح مقطع زهکشی (m^2)

۳-۴-۲-۲- مبانی محاسبات زهکشی سازه‌ای

طبق این راهنما در محاسبات مربوط به زهکشی سازه‌ای، ابتدا باید پارامترهای مربوط به عمق لایه‌های زهکش برای جای‌دادن آب نفوذی تعیین و پس از آن مدت زمان خروج آب از لایه زهکش محاسبه شود.

omoorepeyman.ir

۳-۴-۲-۲-۱- محاسبه حداقل ضخامت برای جای‌دادن آب نفوذی

برای این‌که ضخامت موردنیاز لایه زهکش با توجه به معیار ذکرشده به دست بیاید باید پارامترهای ورودی آن اندازه‌گیری شوند. پارامترهای ورودی شامل ضریب زمان نفوذ آب (F)، ضریب تخلخل مؤثر (Ne) و شاخص رگبار (R) است.

۳-۴-۲-۲-۲- ضریب زمان نفوذ آب (F)

طراحی زهکش سازه‌ای در روسازی برحسب میزان آب نفوذی در روسازی در بیشترین ساعت بارش با دوره بازگشت دوساله انجام می‌شود. میزان آب نفوذی به نوع روسازی، جنس لایه‌ها، عملیات نگهداری انجام‌شده در طول دوره بهره‌برداری و نیز جنس و عملکرد زهکش بستگی دارد. بنابراین این ضریب در طول دوره عملکرد روسازی همواره متغیر و محاسبه آن دشوار است. برای سهولت در انجام طراحی، این ضریب ۰/۵ در نظر گرفته شود.

۳-۴-۲-۲-۳- ضریب تخلخل مؤثر

یکی از پارامترهای تأثیرگذار در قابلیت زهکشی روسازی، ضریب تخلخل مؤثر خاک و لایه زهکش است. تخلخل مؤثر به نسبت حجم فضای خالی خاک که آب رطوبت آن با استفاده از نیروی جاذبه تخلیه‌شده است، به حجم کل مواد جامد خاک گفته می‌شود. این پارامتر با استفاده از رابطه (۳۰) قابل‌محاسبه است.

$$n_e = 1 - \frac{\gamma_d}{G_s \cdot \gamma_w}(1 + G_s \cdot W_e) \qquad (۳۰)$$

در رابطه مذکور، n_e ضریب تخلخل مؤثر، γ_d وزن مخصوص خشک مصالح، G_s چگالی مواد جامد، γ_w وزن مخصوص آب و W_e میزان درصد آب موجود در خاک پس از زهکشی کامل آن است. ضریب تخلخل مؤثر، عمدتاً برای خاک‌های ماسه‌ای و شنی به ۰/۱۵ و برای اساس نفوذپذیر به ۰/۲۵ محدود می‌شود.

۳-۴-۲-۲-۴- شدت رگبار (R)

منظور از شدت رگبار، میزان بیشینه بارش ساعتی برحسب متر بر ساعت با دوره بازگشت دو ساعته است.

۳-۴-۲-۲-۵- محاسبه حداقل ضخامت لایه زهکش

میزان حداقل ضخامت لایه زهکش برای نفوذ آب‌های سطحی برای روسازی‌های دارای عرض بیش از ۶ متر، با استفاده از رابطه (۳۱) محاسبه می‌شود.

omoorepeyman.ir

$$H = \frac{F.R}{0.85.n_e} \quad (۳۱)$$

در رابطه مذکور، پارامتر F بیانگر ضریب زمان نفوذ، R شدت رگبار برحسب متر بر ساعت و ne ضریب تخلخل مؤثر است.

۳-۴-۲-۲-۶- محاسبه زمان خروج آب

زمان خروج آب به مدت‌زمانی گفته می‌شود که میزان مشخصی از آب نفوذی به روسازی، زهکش و از آن تخلیه شود. مطابق توصیه FAA باید ۵۰ درصد از آب نفوذی به لایه‌های اساس و زیراساس در مدت حداکثر ۱۰ روز تخلیه شود. در صورت استفاده از لایه زهکش نیز باید لایه زهکش به‌گونه‌ای طراحی شود که آب ۸۵ درصد از آب نفوذی ظرف مدت یک روز تخلیه شود. برای محاسبه این پارامتر باید مشخصات هندسی مقطع عرضی روسازی شامل طول زهکشی آب، ضخامت لایه زهکشی، شیب طولی و عرضی، تخلخل مؤثر و ضریب نفوذپذیری خاک در دسترس باشد.

۳-۴-۲-۲-۷- محاسبه ضریب زهکشی خاک

در جریان ماندگار، فرض بر این است که مقدار تغذیه، دقیقاً برابر مقدار تخلیه باشد. به‌عبارت‌دیگر، سطح آب زیرزمینی باگذشت زمان به‌هیچ‌وجه تغییر نکند. ضریب زهکشی نشان‌دهنده شدت تغذیه یا تخلیه آب و برابر با میانگین عمق خروجی زهکش‌ها است. ضریب زهکشی به عوامل زیادی از جمله بافت خاک، نوع کشت، عمق ریشه، میزان آب آبیاری، فاصله آبیاری، شیب اراضی، روش آبیاری، عمق زهکش، عمق لایه محدودکننده، شوری آب‌وخاک، نشت از اراضی بالادست، نشت از کانال‌ها و جوی‌ها و نظایر آن بستگی دارد. ضریب زهکشی برای خاک‌ها از رابطه(۳۲) قابل‌محاسبه است.

$$k = \frac{(6.214\times10^5).(D_{10})^{1.478}.(n)^{6.654}}{(P_{200})^{0.597}} \quad (۳۲)$$

در رابطه مذکور، D_{10} اندازه الکی برحسب میلی‌متر است که ۱۰ درصد خاک از آن عبور می‌کند. P_{200} درصد عبوری از الک نمره ۲۰۰ و n ضریب تخلخل مؤثر خاک است. ضعف این رابطه این است که برای دانه‌بندی بدون مصالح عبوری از الک ۲۰۰، کاربرد ندارد.

omoorepeyman.ir

۳-۴-۲-۲-۸- محاسبه پارامتر T50

برای ارزیابی وضعیت زهکشی آب و مدت زمان خروج آب از لایه باید پارامتر T_{50} محاسبه شود. در واقع این پارامتر بیانگر مدت زمان موردنیاز برای زهکشی ۵۰ درصد از آب نفوذی به روسازی است و از رابطه(۳۳) بدست می‌آید.

$$T_{50} = \frac{(n_e.L^2)}{(2.k.H_0)} \qquad (۳۳)$$

در رابطه مذکور، پارامتر ne ضریب تخلخل مؤثر (رابطه ۰)، پارامتر L برابر با طولی که آب باید برای خروج از روسازی طی کند (فوت)، پارامتر k برابر با ضریب نفوذپذیری خاک (فوت بر روز)، و پارامتر H_0 برابر با ضخامت لایه برحسب فوت است. پارامتر طول میانگین زهکش با استفاده از رابطه(۳۴) محاسبه می‌شود.

$$L = \frac{L_t.\sqrt{i_t^2+i_e^2}}{i_t} \qquad (۳۴)$$

در رابطه مذکور، i_t شیب عرضی و i_e شیب طولی است. L_t نیز فاصله عرض خروج آب یا عرض محور از محل شکست شیب است.

۳-۴-۲-۲-۹- محاسبه پارامتر T_{85}

همان‌طور که پیشتر گفته شد، در صورت استفاده از اساس زهکش، باید ۸۵ درصد از آب نفوذی به روسازی در مدت کمتر از ۲۴ ساعت از بدنه روسازی خارج شود. به‌عبارت‌دیگر، پارامتر T_{85} که بیانگر مدت‌زمانی است که ۸۵ درصد از آب نفوذی به روسازی از آن خارج می‌شود، باید کمتر از ۲۴ ساعت باشد و با استفاده از رابطه(۳۵) محاسبه می‌شود.

$$T_{85} = \frac{n_e.D}{i.k} \qquad (۳۵)$$

در رابطه مذکور D، برابر با طولی که آب باید برای خروج از روسازی طی کند و i ضریب شیب عرضی معادل است که از رابطه(۳۶) بدست می‌آید.

$$i = \sqrt{i_t^2 + i_e^2} \qquad (۳۶)$$

در رابطه مذکور، i_t شیب عرضی و i_e شیب طولی است. در روسازی موجود هر دو شیب طولی و عرضی ۰/۰۱ است و لذا پارامتر شیب مؤثر حدود ۰/۰۱۴ در نظر گرفته می‌شود.

omoorepeyman.ir

۳-۴-۲-۳- طراحی سیستم زهکشی سازه‌ای

در این زیربند، طراحی سیستم زهکشی سازه‌ای شامل طرح اساس نفوذپذیر، طرح لایه جداکننده، انتخاب زمین پارچه و نیز طرح لوله‌های زهکشی ارائه‌شده است.

۳-۴-۲-۳-۱- طرح لایه نفوذپذیر

طراحی لایه نفوذپذیر بر پایه فرضیات زیر انجام می‌شود:

- تا زمانی‌که لایه اشباع شود، آب به داخل آن نفوذ می‌نماید.
- پس از اشباع‌شدن لایه، آب اضافی وارد آن نمی‌شود.
- بعد از توقف بارش، آب از طریق لوله‌های خروجی یا به‌طور مستقیم از طریق لایه نفوذپذیر به کانال وارد می‌شود.

- **روش طراحی**

روش طراحی هیدرولیکی لایه نفوذپذیر بر مبنای تعیین زمان زهکشی است. در این روش، زمان موردنیاز برای زهکشی لایه نفوذپذیر از وضعیت سیلابی اولیه تا یک درجه اشباع قابل‌قبول محاسبه می‌شود. اصل بر این است که طرح لایه نفوذپذیر به‌گونه‌ای باشد که ۵۰ درصد آب قابل زهکشی، تقریباً در مدت دو ساعت تخلیه شود. بر این اساس، طبقه‌بندی کیفیت زهکشی لایه نفوذپذیر در جدول ۱۸ ارائه‌شده است.

جدول ۱۸: طبقه‌بندی کیفیت زهکشی لایه نفوذپذیر بر مبنای تخلیه ۵۰ درصد آب قابل زهکشی

کیفیت زهکشی	زمان زهکشی
عالی	۲ ساعت
خوب	۱ روز
متوسط	۷ روز
ضعیف	۱ ماه
خیلی‌ضعیف	بدون انجام زهکشی

- **پارامترهای ورودی**

پارامترهای ورودی در روش طراحی زهکشی لایه بدین شرح است:

- طراحی اولیه روسازی

omoorepeyman.ir

- خصوصیات مصالح
- هندسه راه شامل شیب عرضی، شیب طولی و پهنای خط عبور
- ضخامت لایه نفوذپذیر
- دانه‌بندی مصالح لایه نفوذپذیر
- میزان نفوذپذیری مصالح لایه نفوذپذیر

- **روند طراحی**

مراحل روند طراحی زمان زهکشی به شرح زیر است.

۱- انتخاب درجه مطلوب زهکشی که برای راه ها و محوطه های معمولی ۰/۵ در نظر گرفته می‌شود.

۲- انتخاب ضخامت لایه نفوذپذیر (H)

۳- تعیین ضریب نفوذپذیری (k) مصالح لایه با انجام آزمون آزمایشگاهی. پیشنهاد می‌شود که با استفاده از رابطه (۲۸) مقدار ضریب نفوذپذیری کنترل شود.

۴- محاسبه ضریب تخلخل مؤثر با استفاده از رابطه (۲۹) یا رابطه‌ای که در ادامه تشریح می‌شود.

۵- تعیین پارامتر T_{50} با استفاده از رابطه(۳۲).

۶- اگر مقدار پارامتر T_{50} مطلوب نباشد، تکرار مراحل طراحی.

در موردمحاسبه ضریب تخلخل مؤثر، علاوه بر رابطه (۲۹) ، می‌توان از رابطه (۳۷) استفاده کرد.

$$N_e = N \times WL \qquad (۳۷)$$

که در آن:

N: تخلخل مصالح است که با استفاده از رابطه (۳۸) برحسب وزن مخصوص واقعی (Gsb) و دانسیته خشک مصالح (γd) برحسب کیلونیوتن بر مترمکعب بدست می‌آید.

$$N = \left(1 - \frac{\gamma_d}{9.81 \times G_{sb}}\right) \qquad (۳۸)$$

WL: ضریب افت هد آب برای لایه نفوذپذیر است. این ضریب، تابعی از نوع و مقدار مصالح ریزدانه موجود در لایه است و از جدول ۱۹ و با در نظر گرفتن توضیحات زیر، بدست می‌آید.

- منظور از مصالح ریزدانه، مصالح گذرنده از الک شماره ۲۰۰ است.

omoorepeyman.ir

- برای مصالح شنی با مقدار صفر درصد ریزدانه، ضریب افت هد آب برابر ۸۰ درصد است.
- برای مصالح ماسه با صفر درصد مصالح ریزدانه، ضریب افت هد آب برابر ۶۵ درصد است.

جدول ۱۹: ضریب افت هد آب (درصدی از کل آب)

نوع مصالح لایه	نوع و مقدار مصالح ریزدانه								
	پرکننده[1]			لای[2]			رس[3]		
	٪۲,۵	٪۵	٪۱۰	٪۲,۵	٪۵	٪۱۰	٪۲,۵	٪۵	٪۱۰
شن	۷۰	۶۰	۴۰	۶۰	۴۰	۲۰	۴۰	۳۰	۱۰
ماسه	۵۷	۵۰	۳۵	۵۰	۳۵	۱۵	۲۵	۱۸	۸

برای اهداف طراحی، سرعت ورود آب به یک سطح با اعمال یک ضریب نفوذ برای حداکثر بارندگی در یک ساعت که می‌توان انتظار داشت به‌طور میانگین هرسال یک‌بار رخ دهد، از رابطه (۳۹) تعیین می‌شود:

$$K = R_{max} I_c \qquad (۳۹)$$

که در آن:

K : ضریب نفوذپذیری که به‌عنوان نرخ نفوذ در نظر گرفته می‌شود(m/s)

R_{max} : حداکثر بارندگی یک‌ساعته در سال (m/s)

I_C : ضریب نفوذ

این رابطه به این معنی است که نسبتی از بارندگی به سطوح مختلف نفوذ می‌کند. نمونه‌ای از محدوده‌های پیشنهادی برای ضرایب نفوذ سطحی در جدول ۲۰ آورده شده است. اگر سطح شانه‌ها با خطوط ترافیکی متفاوت باشد، نرخ نفوذ برای هر نوع سطح باید محاسبه شود.

جدول ۲۰: نمونه‌ای از ضرایب نفوذ سطحی

ضریب نفوذ	نوع روسازی
0.2-0.4	آسفالت با دانه‌بندی پیوسته
0.3-0.4	بتن

[1] Filler

[2] Silt

[3] Clay

omoorepeyman.ir

0.4-0.6	شانه آب‌بندی نشده (شانه خاکی)

با استفاده از نرخ نفوذ، مقدار آب ورودی به سطح روسازی با اعمال قانون دارسی از رابطه (۴۰) تعیین می‌شود:

$$q = i(k_1 w_1 + k_s w_s) \qquad (۴۰)$$

q: میزان حجم آب ورودی به سطح (m^3/s) به ازای هر متر طول مسیر

k_1 : ضریب نفوذپذیری روسازی محوطه در محل تردد(m/s)

w_1 : عرض کل محوطه در محل تردد (متر)

k_s : ضریب نفوذپذیری شانه‌ها (m/s)

w_s : عرض کل شانه‌ها (متر)

I : گرادیان هیدرولیکی(m/m)

- **تعیین ظرفیت زهکشی لایه نفوذپذیر**

پس از تعیین ضخامت و سایر مشخصات لایه نفوذپذیر، با فرض جریان پایدار، ظرفیت زهکشی لایه نفوذپذیر از رابطه (۴۱) قابل‌محاسبه است.

$$q = k.H.(S + \frac{H}{2L}) \qquad (۴۱)$$

که در آن:

k: ضریب نفوذپذیری لایه نفوذپذیر

L: طول لایه نفوذپذیر

H: ضخامت لایه

S: شیب طولی لایه نفوذپذیر

۳-۴-۲-۳-۲- طرح لایه جداکننده (لایه فیلتر)

طراحی لایه جداکننده یا فیلتر در چهار مرحله زیر انجام می‌شود.

- **مرحله اول: تأمین نفوذپذیری**

omoorepeyman.ir

دانه‌بندی مصالح لایه جداکننده باید به‌گونه‌ای باشد که حداکثر نفوذپذیری آن با استفاده از رابطه (۴۲)، موسوم به رابطه هیزن[1]، برابر ۴/۵ متر در روز باشد.

$$k = C_k . D_{10}^2 \qquad (۴۲)$$

که در آن :

k: نفوذپذیری برحسب میلی‌متر بر ثانیه

D_{10}: اندازه مؤثر مصالح برحسب میلی‌متر

C_k: ضریب هیزن که ضریبی تجربی وابسته به نوع خاک است و مقدار آن از جدول ۲۱ بدست می‌آید.

جدول ۲۱: مقادیر ضریب هیزن

نوع خاک	محدوده D_{10} (میلی‌متر)	C_k (1/mm.s)
ماسه یکنواخت	۰/۰۶ تا ۰/۳	۸ تا ۱۲
ماسه خوب دانه‌بندی‌شده و ماسه لای‌دار	۰/۰۰۳ تا ۰/۶	۵ تا ۸

- **مرحله دوم: تناسب لایه جداکننده با خاک بستر**

برای حفظ تناسب لایه جداکننده با خاک بستر باید معیارهای زیر تأمین باشد.

- معیار جداکنندگی[2]: (لایه سابگرید) $5D_{85} \leq$ (لایه جداکننده) D_{15}
- معیار یکنواختی[3]: (لایه سابگرید) $25D_{50} \leq$ (لایه جداکننده) D_{50}

که در معیارهای مذکور، D_x نشان‌دهنده اندازه ذره‌ای است که x درصد مصالح سنگی از آن کوچکترند.

- **مرحله سوم: تناسب لایه جداکننده با لایه نفوذپذیر**

برای حفظ تناسب لایه جداکننده با لایه نفوذپذیر باید معیارهای زیر تأمین باشد.

- معیار جداکنندگی: (لایه جداکننده) $5D_{85} \leq$ (لایه نفوذپذیر) D_{15}

[1] Hazen

[2] Separation

[3] Uniformity

omoorepeyman.ir

- معیار یکنواختی: (لایه جداکننده) $25D_{50} \leq D_{50}$ (لایه نفوذپذیر)

که در معیارهای مذکور، D_x نشان‌دهنده اندازه ذره‌ای است که x درصد مصالح سنگی از آن کوچکترند.

- **مرحله چهارم: تأمین سایر معیارهای دانه‌بندی**

علاوه بر موارد گفته‌شده، مصالح سنگی لایه جداکننده باید دارای ویژگی‌های زیر باشد:

- مصالح لایه جداکننده باید دارای دانه‌بندی پیوسته خوب و میزان مصالح ریزدانه آن محدود باشد.
- حداکثر درصد عبوری از الک ۲۰۰، نباید بیشتر از ۱۲ درصد باشد.
- بهتر است ضریب یکنواختی مصالح بزرگ‌تر از ۴۰ درصد باشد، اما درهرحال نباید این ضریب کوچکتر از ۲۰ باشد.

۳-۴-۲-۳-۳- انتخاب زمین پارچه

حداقل معیارهای لازم برای انتخاب زمین‌پارچه برای استفاده به‌عنوان صافی به شرح زیر است:

- **اندازه سوراخ‌های زمین پارچه**

اندازه سوراخ‌های زمین پارچه با توجه به نوع کاربرد آن و با رعایت موارد زیر انتخاب می‌شود.

- اگر خاک پایه یعنی همان خاکی که باید زهکشی شود، کمتر از ۵۰ درصد مواد ردشده از الک ۲۰۰ داشته باشد، اندازه ظاهری چشمه[1] زمین پارچه باید کمتر از ۰/۶ میلی‌متر (الک شماره ۳۰) باشد.
- اگر خاک پایه بیشتر از ۵۰ درصد مواد ردشده از الک ۲۰۰ داشته باشد، اندازه ظاهری چشمه باید کوچکتر از ۰/۳ میلی‌متر (الک شماره ۵۰) باشد.
- حتی‌الامکان باید از کمترین قطر معادل استفاده شود.
- اگر خاک پایه از مصالح ۲۵-۰ میلی‌متر باشد، برای انتخاب اندازه ظاهری باید مصالح ردشده از الک شماره ۴ یعنی ۴/۷۵ میلی‌متر مبنا قرارداده شود.

- **نفوذپذیری زمین پارچه**

[1] Apparent Opening Size

omoorepeyman.ir

نفوذپذیری زمین‌پارچه‌ها بسته به شرایط استفاده از سیستم زهکشی، به شرح زیر است.

- در شرایط عادی، نفوذپذیری زمین‌پارچه باید مساوی یا بزرگ‌تر از نفوذپذیری خاک پایه باشد.
- در شرایط بحرانی، یعنی شرایطی که اجرای سیستم زهکشی برای محافظت از راه بسیار ضروری است، نفوذپذیری زمین‌پارچه باید مساوی یا بزرگ‌تر از ده برابر نفوذپذیری خاک پایه باشد.

۳-۴-۲-۴-۳- طراحی لوله‌های زهکشی

برای جلوگیری از حرکت و فرار دانه‌های فیلتر به لوله‌های زهکشی باید روابط(۴۳) و(۴۴) برای مصالح فیلتر و لوله‌های زهکش برقرار باشد.

$$1.2 \leq \frac{D_{85}^{F}}{b} \leq 1.4 \qquad (۴۳)$$

$$1.2 \leq \frac{D_{85}^{F}}{D} \leq 1.4 \qquad (۴۴)$$

که در آن‌ها:

D_{85}^{F}: اندازه الکی است که ۸۵ درصد ذرات مصالح فیلتر از آن عبور کند.

b: عرض شکاف لوله زهکش

D: قطر سوراخ‌های لوله زهکش

مصالح فیلتر نباید بیش از ۵ درصد مواد ردشده از الک شماره ۲۰۰ داشته باشد. همچنین عرض شکاف لوله زهکش نیز باید بزرگ‌تر از ۰/۸ میلی‌متر باشد.

پس از تعیین جریان در لوله، اندازه لوله را می‌توان با استفاده از رابطه مانینگ با مقادیر مربوط به شیب و زبری لوله تعیین کرد. قطر لوله برای زهکشی سازه‌ای معمولاً ۱۰۰ میلی‌متر در نظر گرفته می‌شود. ممکن است از لوله‌های اضافی برای برآوردن نیازهای جریان استفاده شود. لوله‌های زهکشی معمولاً از جنس پلی‌اتیلن، بتنی و فلزی می‌باشد. شیب لوله معمولاً باید حداقل ۱ درصد و حداقل مطلق آن ۰/۳ درصد باشد. حداکثر شیب باید توسط حداکثر سرعت جریان ۲ تا ۳ متر بر ثانیه کنترل شود. مقادیر ضریب زبری مانینگ لوله‌ها در جدول ۲۲ آورده شده است.

جدول ۲۲: ضریب مانینگ انواع لوله

ویژگی لوله‌ها	ضریب مانینگ

omoorepeyman.ir

لوله بتنی	0.011 – 0.013
کاروگیت پلی‌اتیلن	0.016
پلی‌اتیلن معمولی	0.009
کاروگیت فلزی	0.022 – 0.025

نفوذپذیری لوله با اندازه، ترتیب و تعداد دهانه‌ها (بازشوها) در لوله تعیین می‌شود. دهانه‌ها ممکن است اتصالات باز بین طول لوله یا شکاف‌های ساخته‌شده باشند. بااین‌حال، اگر مساحت کل دهانه‌ها ۱۵۰۰ میلی‌متر مربع بر متر طول لوله باشد، برای اکثر کاربردها، نفوذپذیری کافی خواهد بود. هر دهانه ساخته‌شده با اندازه کوچک باید تمیز بریده شود. حداکثر عرض دهانه را می‌توان با توجه به نوع ماده فیلتر پیشنهادی انتخاب یا مشخص کرد. تقریباً تمام آزمایشات لوله مربوط به استحکام لوله است که معیاری برای تحمل بارهای زنده و مرده بدون خرد شدن است.

omoorepeyman.ir

۴

اجرای سیستم‌های زهکشی و جمع‌آوری آب‌های سطحی بنادر

omoorepeyman.ir

۴- اجرای سیستم‌های زهکشی و جمع‌آوری آب‌های سطحی در بنادر

هدایت، انحراف و خارج کردن آب‌های ناشی از بارندگی (رواناب سطحی) و درصورت وجود آب‌های زیرزمینی، نحوه حذف یا کاهش تأثیرگذاری آن بر عملکرد محوطه، باید در نقشه‌های اجرایی مصوب لحاظ شده باشد. مهندس مشاور و پیمانکار باید دقت کنند که معمولاً نحوه زهکشی حین اجرا با زمان بهره‌برداری متفاوت است لذا باید در برنامه‌ریزی و ارائه برنامه زمان‌بندی این موارد در نظر گرفته شود. این فصل ملاحظات اجرایی مهم برای انواع زهکش‌ها را مطابق چارت زیر در بر می‌گیرد:

- **کانال‌های روباز**
  - ۱- بتنی پیش ساخته
  - ۲- بتنی درجا

- **کانیو**
  - ۱- بدون اتصال به مجاری زیر سطحی
  - ۲- اتصال به مجاری زیر سطحی ← (۱- لوله گذاری، ۲- اتصال دریچه به کانیو و لوله)

- **زهکش سرپوشیده**
  - ۱- لوله و دریچه
    - ۱- انواع دریچه و آدم رو
    - ۲- اتصال انواع لوله به آدم رو
    - ۳- لوله رانی
  - ۲- کانال سرپوشیده
    - ۱- بتنی پیش ساخته با دال
    - ۲- پیش ساخته
      - ۱- خطی (slot)
      - ۲- مشبک (Trench Drain)

- **زهکش سازه‌ای**

omoorepeyman.ir

۴-۱- آماده‌سازی قبل از شروع عملیات اجرایی

مهم‌ترین مواردی که قبل از شروع عملیات اجرای زهکش سطحی باید کنترل شوند، عبارتند از :

- پیوستگی مسیر هدایت آب‌های سطحی در محوطه
- کنترل نقشه‌های اجرایی سیستم زهکشی
- عدم تداخل مسیرهای هدایت آب با کانال‌های تأسیسات برقی و مکانیکی در محوطه
- عدم کاهش یا حذف کارایی کاربری‌های تعریف‌شده برای محوطه‌ها به دلیل جانمایی سیستم زهکشی

پیمانکار با توجه به نقشه‌های اجرایی مصوب و مطابق مشخصات ذکرشده در قرارداد باید نسبت به تهیه کلیه قطعات پیش‌ساخته و مصالح و حمل آن‌ها به کارگاه با هماهنگی و تائید مهندس مشاور اقدام کند.

مهندس مشاور و پیمانکار برای شروع اجرا یا تغییر سیستم‌های زهکشی در هر مرحله زمانی باید اطمینان حاصل کند که این عملیات باعث بروز مشکل برای سایر بخش‌های اجرایی پروژه نمی‌شود. به‌طور کلی زمان شروع عملیات زهکشی باید به نحوی برنامه‌ریزی شود که بستر موردنظر برای شروع ساخت زهکش‌ها آمده باشد و از دوباره‌کاری یا تخریب مجدد قسمت‌های ساخته‌شده خودداری شود. همچین دقت شود که سیستم زهکشی نباید منجر به هدایت آب به داخل ساختمان یا کانال‌های تأسیساتی واقع در محوطه شود.

۴-۲-کانال‌های روباز

کانال‌های روباز و آبروها (کانیو) متداول‌ترین زهکش‌های روباز هستند. در محوطه‌های بنادر این نوع زهکش‌ها از نوع بتنی می‌باشند. سیستم زهکشی سطحی روباز برای مسیرها و محوطه‌های طولانی فاقد شیب طولی، مناسب نمی‌باشد. این کانال‌ها به‌صورت پیش‌ساخته و درجا اجرا می‌شوند که در زیر نحوه اجرا آن‌ها توضیح داده‌شده است.

۴-۲-۱- کانال‌های روباز بتنی پیش‌ساخته

استفاده از قطعات پیش‌ساخته مجزا صرفاً در دیواره (به‌صورت جداول بتنی) مجاز است.

omoorepeyman.ir

۴-۲-۱-۱- مشخصات فنی

در روش بتن پیش‌ساخته، شکل، مقاطع، جزییات، مشخصات فنی، بازرسی ظاهری، نوع و تعداد آزمایش‌ها و معیارهای پذیرش باید مطابق با مندرجات استاندارد ملی ایران به شماره ۱۲۷۲۸ باشد.

پیمانکار باید روش‌های ساخت و نصب قطعات پیش‌ساخته بتنی را که در نقشه‌ها نشان داده‌شده است، برای بررسی و تائید به مهندس مشاور ارائه دهد.

در مواردی که قطعات پیش‌ساخته توسط تولیدکننده‌های محلی ساخته و تحویل می‌شوند، پیمانکار باید مدارک کامل دال بر انطباق مشخصات این قطعات با مشخصات موردنیاز ارائه دهد. علاوه بر آن مهندس مشاور می‌تواند در مورد قطعات پیش‌ساخته آزمون‌های لازم را تقاضا کند. قطعاتی که با مشخصات خواسته‌شده مطابقت نداشته باشند، باید با قطعات مناسب و مطابق مشخصات جایگزین شوند.

تمامی لبه‌های بیرونی نمایان قطعات بتنی برای جلوگیری از لب پر شدن، باید گرد گوشه باشند. حداقل شعاع انحنای لبه‌ها (به‌جز مواردی که شعاع آن‌ها با توجه به ملاحظات ترافیکی و هیدرولیکی تعیین می‌شود) نباید کمتر از ۱۰میلی‌متر باشد. قطعات بتنی پیش‌ساخته باید تماماً پرسی باشند.

سطح تمام‌شده قطعات نباید دارای ناهمواری‌های موضعی بیش از ۱mm یا ناهمواری‌های تدریجی بیش از ۲mm در هر متر طول باشند.

بتن‌ریزی هر قطعه پیش‌ساخته باید در یک مرحله انجام شود و هیچ درز اجرایی در هنگام قطعات پیش‌ساخته قابل‌قبول نیست، مگر آن‌که توسط مهندس مشاور تائید شود. میلگرد گذاری قطعات پیش‌ساخته باید مطابق با ضوابط میلگرد گذاری بتن انجام گیرد.

قطعات پیش‌ساخته نباید تا حداقل هفت روز پس از بتن‌ریزی از محل قرارگیری حرکت داده شوند. روش‌های انبارش و نگهداری قطعات پیش‌ساخته باید طوری باشد که قطعات در معرض تنش‌های بیش‌ازحد مجاز یا سایر آسیب‌ها قرار نگیرند.

تا هنگامی‌که بتن به حداقل٪۶۰ مقاومت فشاری طراحی خود نرسیده باشد نباید قطعات پیش‌ساخته حرکت داده شوند. همچنین کارگذاری آن‌ها باید پس از رسیدن به مقاومت فشاری طراحی انجام شود.

قطعاتی که به دلیل نواقص بتن یا نگهداری و انبارش نامناسب یا آسیب دیدن حین اجرا، شکسته یا ترک‌خورده باشند، قابل‌استفاده نخواهند بود.

omoorepeyman.ir

۴-۲-۱-۲- آزمایش‌های کنترل کیفیت

برای هر محموله که وارد کارگاه می‌شوند، حداقل ۳ نمونه از جداول پیش‌ساخته به‌طور تصادفی انتخاب و بر اساس استاندارد مندرجات استاندارد ملی ایران به شماره ۱۲۷۲۸ باید مورد ارزیابی ظاهری و کنترل کیفی آزمایش قرار گیرد. بعد از اجرا، سطح تراز هر جدول نباید از تراز طراحی ۶ ± میلی‌متر تجاوز کند و انحراف در راستای طولی وقتی‌که با شمشه ۳ متری کنترل می‌شود، نباید بیش از ۳ میلی‌متر(۳ میلی‌متر در هر ۳۰متر طول) باشد. همچنین انحراف قائم جدول باید به حداکثر ۳میلی‌متر محدود شود. در سمتی که احتمال توقف خودرو وجود دارد، سطح فوقانی جدول نباید از سطح سواره‌رو بیش از ۲۰میلی‌متر باشد.

۴-۲-۱-۳- اجرا

قطعات پیش‌ساخته باید با روش مناسب و ایمن حمل شوند مانند حمل با استفاده با پالت. از پرتاب قطعات در هنگام جابه‌جایی و تخلیه باید خودداری شود. کنترل رقوم نهایی بستر طبیعی، سطح بتن مگر و شیب طولی راستای سیستم‌های زهکشی بسیار ضروری است. شیب طولی باید به نحوی کنترل شود که هدایت صحیح آب به راحتی امکان‌پذیر بوده و از طرفی نباید منجر به افزایش سرعت جریان آب و بروز خرابی‌های احتمالی در سطح محوطه شود. در صورت قرارگیری بر روی یکی از لایه‌های روسازی، زهکش باید به نحوی قرارگیرد که منجربه کاهش باربری لایه روسازی نگردد. در صورت قرارگیری سیستم زهکش بر روی بستر طبیعی، باید به نحوی آماده شوند که هیچگونه نشستی در آن‌ها بعد از اجرای سیستم زهکشی ایجاد نشود. درصد تراکم بستر طبیعی حداقل باید برابر با ۹۵ درصد باشد.

پس از انجام عملیات خاکی و اجرای بستر در محوطه، پیمانکار باید ابتدا مسیرهای مجاور راستای زهکش‌ها را میخکوبی کرده و پس از ارزیابی و برداشت نیمرخ طولی با توجه به خط پروژه و رقوم برداشت‌شده، رقوم کف تمام‌شده قطعات پیش‌ساخته را مشخص و بر اساس آن‌ها، اقدام به خاکبرداری محل قطعات کند. مسیر دقیق زهکش‌ها در خطوط مستقیم و قوس‌ها، باید با رنگ کاملاً پیاده و مشخص شوند. مشخصات لایه‌های زیرین باید مطابق نقشه‌های مصوب اجرا شوند.

omoorepeyman.ir

کلیه عملیات‌های اجرایی از جمله تأسیسات زیر بنایی در زیر محدوده و محل اجرای زهکش‌ها قبل از شروع عملیات باید تکمیل‌شده باشد. پیمانکار باید با هماهنگی مهندس مشاور اطمینان حاصل کند که کلیه عملیات‌ها انجام‌شده است.

عملیات نصب زهکش‌ها با استفاده از قطعات پیش‌ساخته باید روی یک بستر مقاوم و یکنواخت انجام شود. برای فونداسیون این قطعات باید از بتن با حداقل مقاومت فشاری نمونه‌ی استوانه‌ایC25 استفاده شود. مواد زائد از جمله ریشه گیاهان باید از محل‌های مورد بتن‌ریزی زدوده شوند. سایر مشخصات بتن باید مطابق آیین‌نامه آبا و در بنادر جنوب مطابق آیین نامه ملی پایایی بتن در محیط خلیج فارس و دریای عمان باشد.

بلوک‌های بتنی باید دارای حداقل مقاومت فشاری نمونه‌ی استوانه‌ایC25 باشند. اندود لیسه‌ای در بستر کانال حداقل یک سانتیمتر ضخامت داشته باشد. بتنی که به‌عنوان ماهیچه و نیز بر روی بستر طبیعی(بتن مگر) اجرا می‌شود باید حداقل مقاومت فشاری نمونه‌ی استوانه‌ای C15 را تأمین نماید. شکل ۳۳ جزییات اجرایی کانال روباز به‌صورت پیش‌ساخته و درجا نشان داده‌شده است.

پشت قطعات پیش‌ساخته (جدول) برای جلوگیری از تغییر مکان افقی آن باید با قیدهایی (ماهیچه‌ای) از جنس بتن با حداقل مقاومت فشاری نمونه‌ی استوانه‌ایC25، به‌جز در مواردی که روسازی مجاور تکیه‌گاه مناسبی برای این قطعات ایجاد کرده، محافظت شود. ابعاد هندسی این ماهیچه باید در نقشه‌های اجرایی به‌طور دقیق آورده شود. با توجه به اهمیت ماهیچه در پایداری قطعات پیش‌ساخته، ماهیچه با قالب‌بندی مناسب اجرا شود. اجرای ماهیچه به شکل مثلثی مناسب نیست و باید به‌صورت مستطیلی اجرا گردد.

۴-۲-۲- کانال های روباز بتنی درجا

۴-۲-۲-۱- مشخصات فنی

برای کانال‌های روباز، بتن مورداستفاده باید دارای مقاومت فشاری میانگین نمونه ۲۸ روزه مکعبی استاندارد بر اساس روش آزمون استاندارد ملی ایران نباید کمتر از ۳۰Mpa و مقاومت فشاری ۲۸ روزه نظیر نمونه مکعبی استاندارد برای نمونه منفرد باید بیش از ۲۵Mpaباشد.

omoorepeyman.ir

۴-۲-۲-۲- آزمایش‌های کنترل کیفیت

آزمایشات مربوط به مصالح بتن مطابق آیین‌نامه آبا می‌باشد. برای جدول با بتن درجا، در هر ۱۰۰ متر طول حداقل دو نمونه باید اخذ و مقاومت فشاری انجام شود.

۴-۲-۲-۳- اجرا

مشخصات بستر این سیستم مطابق بند ۳-۱-۲-۴ این آیین‌نامه اجرا می‌شود. در روش درجا، بتن مصرفی در اجرای کانال باید از رده C25 باشد. برای بتن درجا، مشخصات مصالح سنگدانه‌ای و سیمان باید مطابق آیین‌نامه آبا و در بنادر جنوب مطابق آیین نامه ملی پایایی بتن در محیط خلیج فارس و دریای عمان باشد. در انتخاب نوع پوشش و دانه‌بندی مصالح، باید شیب طولی کانال و سرعت آب در نظر گرفته شود.

جدول‌های درجا باید با روش قالب‌بندی دستی و یا دستگاه با قالب لغزان اجرا شوند. قالب دستی می‌تواند از جنس چوب یا فلز باشد. قالب‌ها باید تمیز، صاف و بدون اعوجاج در کل عمق و طول قالب باشند و به نحو مناسبی مهار و مطابق با نقشه‌های اجرایی در جای خود قرارگرفته باشد. پس از بتن‌ریزی در قالب‌ها، بتن باید متراکم شود. قالب‌ها لازم است طبق برنامه زمان‌بندی مصوب و تا زمانی که سطح بتن رویه پس از قالب برداری آسیب نبیند، باز نشوند. بعد از قالب برداری سطوح نمایان باید بلافاصله سابیده شود تا یک سطح یکنواخت بدست آید.

در حالت استفاده از دستگاه قالب لغزان پس از بتن‌ریزی،بتن با استفاده از لرزاننده متراکم می‌شود. در هنگام پرداخت نهایی دستی بعد از حرکت دستگاه باید دقت شود که این اقدام باعث ریزش مصالح بتنی جدول و یا ایجاد اعوجاج در جدول نشود. باید از جاروهای تمیز برای پرداخت نهایی استفاده شود.

فواصل قطع جدول‌ها باید توسط مشاور تعیین‌شده باشد. این فاصله حداکثر ۳متر پیشنهاد می‌شود. جزییات این قطع در عرض و ارتفاع باید مطابق نقشه اجرایی باشد. همچنین باید از مصالح منبسط شونده مطابق مشخصات ذکرشده در نقشه‌ها به ضخامت حداقل ۶ میلی‌متر استفاده شود. ضروری است پس از پرداخت جدول‌ها در اسرع وقت نسبت به محافظت بتن اقدام گردد.

انتقال بتن از مخلوط‌کن تا محل نهایی بتن‌ریزی باید مطابق روش‌هایی باشد که از جدا شدن یا از بین رفتن مصالح جلوگیری شود. بتن باید در طول عملیات بتن‌ریزی با استفاده از وسایل مناسب کاملاً متراکم شود، به‌طوری که کاملاً میلگردها و اقلام مدفون را در برگیرد و قسمت‌های داخلی و به خصوص گوشه‌های قالب‌ها را به خوبی پر کند. روش‌های

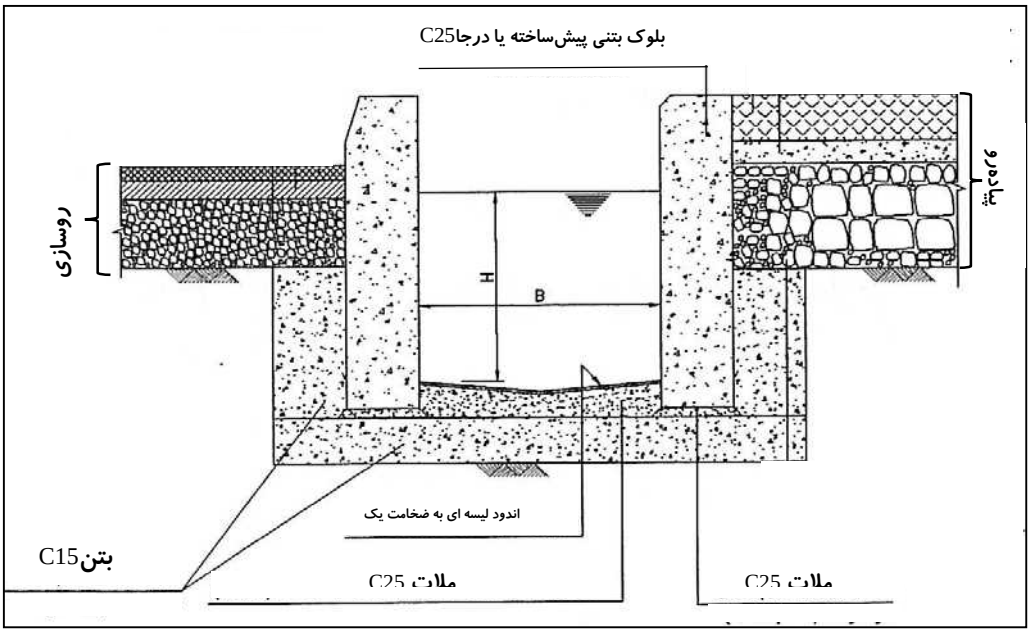
omoorepeyman.ir

عمل‌آوری بتن بعد از سخت شدن اولیه به خوبی انجام شود. روش‌های از قبیل آب‌پاشی، پوشاننده‌های خیس اشباع‌شده و سایر روش‌های مورد تائید مشاور انجام پذیرد. برای حفظ آب بتن قطعاتی که به‌صورت درجا اجرا و سطح زیرین آن‌ها در تماس با خاک قرار دارد، در صورت تشخیص مهندس مشاور می‌توان از جداساز مناسب مانند نایلون استفاده کرد که مورد تائید مهندس مشاور باشد.

باتوجه به شرایط خورنده بنادر بویژه بنادر جنوب، توصیه می شود حداقل پوشش بتنی روی میلگردها ۷ سانتیمتر در نظر گرفته شود.

در کانال‌های بتنی به هیچ عنوان نباید درزی در کف آبرو ایجاد شود. بنابراین استفاده از قطعات پیش‌ساخته مجزا یا ایجاد درز در بتن درجا برای کف زهکش‌ها مجاز نیست.

درصورتی‌که در نقشه‌های اجرایی، امکان ورود رواناب سطحی به صورت مستقیم از سطوح مجاور به کانال روباز در نظر گرفته‌شده باشد، باید دقت شود که شیب منطبق با نقشه اجرایی باشد و هیچ‌گونه مانعی در مسیر رواناب سطحی وجود نداشته باشد. در صورت تعیین محل‌های مشخص برای خروج آب از سطوح روسازی شده، محل و ابعاد دریچه به کانال‌ها باید در نقشه‌های اجرایی مشخص شوند. مطابق با ضابطه ۲۹۱، جزییات اجرایی کانالهای تامین گردد و همچنین جانمایی و موقعیت محل باید به تائید مهندس مشاور برسد.



شکل ۳۳ : جزئیات عمومی اجرای کانال روباز (پیش‌ساخته و درجا)

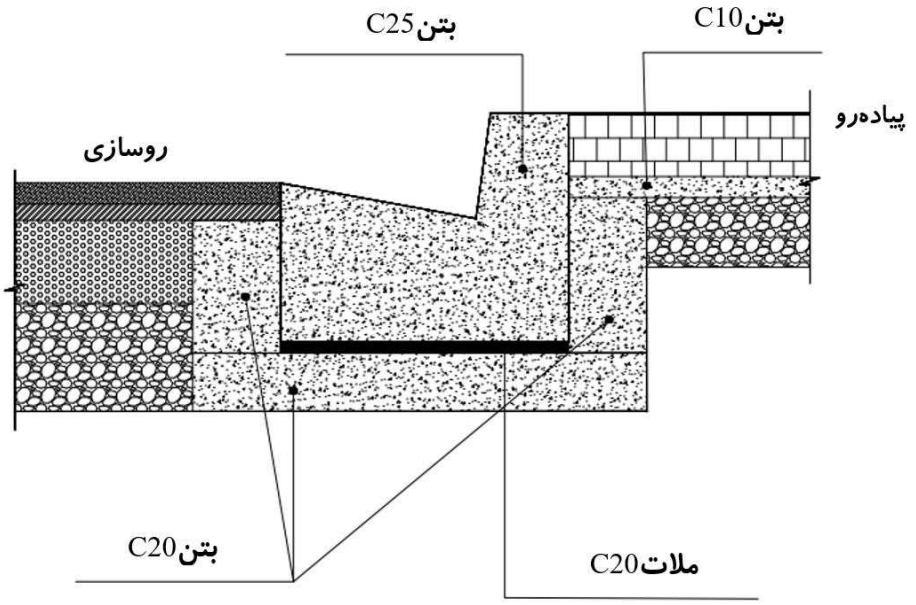
omoorepeyman.ir

۴-۳-کانیو

کانیو در کنار کلیه معابر بزرگراهی، شریانی، معابر فرعی و دسترسی محلی قابلیت استفاده دارد و به دلیل شکل ظاهری و نحوه‌ی طراحی، صرفاً در کناره معابر قرار می‌گیرد. اجرای این سیستم از سه بخش کانیو، دریچه و لوله شکیل‌شده است.

۴-۳-۱- جزئیات اجرایی و مشخصات فنی

قسمت آبگیر کانیو (مثلثی شکل) باید پیش‌ساخته با حداقل مقاومت فشاری نمونه‌ی استوانه‌ای حداقل C25 و به صورت یکپارچه ساخته شود به‌طوری که درز در قطعه پیش‌ساخته ایجاد نگردد. در اجرای کانیو نباید هیچ‌گونه درز یا فاصله‌ای با روسازی مجاور ایجاد شود که رواناب به روسازی نفوذ کند. بتنی که به‌عنوان ماهیچه و بستر اجرا می‌شود باید حداقل دارای مقاومت فشاری نمونه‌ی استوانه‌ایC20 باشد. ملات استفاده‌شده در کانیو باید حداقل مقاومت فشاری نمونه‌ی استوانه‌ایC20 را دارا باشد. در محل اتصال پیاده‌رو و کانیو، حتماً باید لبه‌ی فوقانی کانیو و پیاده‌رو به یکدیگر متصل شوند (حتی به‌صورت شیب‌دار). ایجاد فاصله ارتفاعی بین سطح پیاده‌رو و لبه‌ی کانیو، مجاز نمی‌باشد. جزییات اجرایی کانیو در ضابطه ۲۹۱ شرح داده شده است. شکل ۳۴ جزییات عمومی اجرای کانیو نشان داده‌شده است.



شکل ۳۴ : جزئیات عمومی اجرایی کانیو

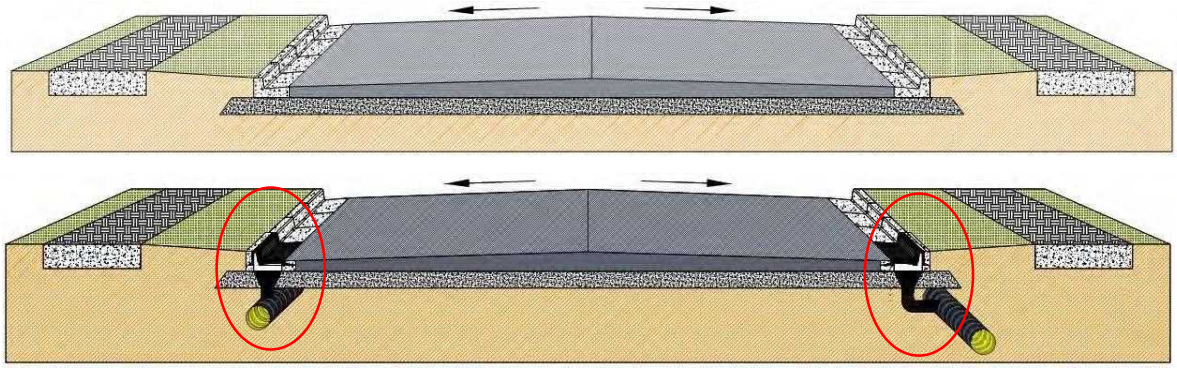
omoorepeyman.ir

۴-۳-۲- آزمون کنترل کیفیت

آزمایشات کنترل کیفیت کانیو، مطابق بند ۴-۲-۱-۲ این آیین‌نامه در قطعات پیش‌ساخته در نظر گرفته شود. قسمتهایی که به‌صورت درجا اجرا می شود مطابق آیین‌نامه آبا و در بنادر جنوب مطابق آیین نامه ملی پایایی بتن در محیط خلیج فارس و دریای عمان می‌باشد. برای بتن درجا، در هر ۱۰۰ متر طول حداقل دو نمونه باید اخذ و مقاومت فشاری و خمشی انجام شود.

۴-۳-۳- اتصال کانیو به مجاری زیر سطحی

در مواردی که ظرفیت کانیوهای تعبیه‌شده جوابگوی حجم رواناب پیش‌بینی‌شده در طراحی نباشد، با نصب دریچه در فواصل مناسب، مازاد رواناب سطحی مطابق (شکل ۳۵) به مجاری زیرسطحی منتقل می‌شود.



شکل ۳۵ : سیستم زهکشی سطحی با کانیو با لوله

۴-۳-۳-۱- مشخصات فنی و آزمون کیفیت لوله‌ها

در اجرای کانیو با لوله، لوله‌ها از جنس پلی‌اتیلنی حداقل ۱۶bar استفاده می‌شود که اتصالات راحت‌تری نسبت به لوله‌های دیگر دارند. مشخصات این لوله‌ها برای پلی‌اتیلن تک جداره مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۱۴۴۲۷ و لوله دوجداره پلی‌اتیلن مطابق استاندارد ملی ایران به شماره۹۱۱۶ و همچنین جوش لب به لب لوله و اتصالات پلی‌اتیلن مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۱۸۶۴۸ تأمین می‌شود. الزامات کیفی لوله‌های دوجداره پلی‌اتیلن تولیدی باید با تائید بازرس فنی و کنترل کیفیت مورد تائید نهایی برسد. الزامات کیفی لوله‌ها مطابق استاندارد ملی ایران شماره۹۱۱۶ صورت می‌پذیرد. نمونه‌برداری و بازرسی لوله‌ها و اتصالات طبق استاندارد ملی ایران شماره۴-۹۱۱۶ تأمین می‌شود.

omoorepeyman.ir

۴-۳-۳-۲- اجرای لوله‌های پلی‌اتیلن

در ابتدا باید محل کانال، نقشه‌برداری و خط‌کشی شود و سپس کانال کنی صورت گیرد. بعد از کانال کنی و در صورتی که کف ترانشه از ظرفیت باربری کافی برخوردار نباشد، باید با پی‌سازی تقویت شود. برای تقویت ظرفیت باربری لایه‌ای از مصالح مناسب به‌عنوان پی استفاده شود. لایه بسترسازی نیز باید در بالای پی اجرا شود. بتن مورداستفاده در رده حداقل مقاومت فشاری نمونه‌ی استوانه C10 می‌باشد.

بسترسازی به محدوده حدفاصل کف ترانشه (روی پی) تا زیر لوله گفته می‌شود. نقش این لایه فراهم کردن تکیه‌گاه یکنواخت و پایدار برای لوله است. این لایه بی‌نظمی‌های کف ترانشه را اصلاح‌کرده و شیب و تراز موردنیاز قرارگیری کف لوله را نیز تأمین می‌نماید.

ناحیه تکیه‌گاهی محدوده‌ای حدفاصل زیر لوله تا خط مرکزی طرفین آن است. این ناحیه بیشترین اهمیت را در محدود کردن تغییر شکل لوله دارد و باید کاملاً با مصالح مناسب پرشده و عاری از هرگونه فضای خالی باشد.

خاک‌ریزی اولیه به بخش آغازشده از روی لایه بسترسازی تا روی لوله گفته می‌شود. این بخش باید حداقل تا cm ۱۵ بالای تاج، لوله امتداد یابد. برخی مواقع به دلیل مقاصد اقتصادی این بخش را نیز در دو قسمت اجرا می‌کنند بخش اولیه از مصالح مرغوب‌تر و یا با تراکم بیش‌تر بوده و از روی لایه بسترسازی حداقل به مقدار ۷۵٪ قطر لوله ارتفاع می‌یابد و نقش مهم آن مهار تغییر شکل‌های لوله است. بخش ثانویه از روی بخش اولیه تا مقدار مشخص‌شده روی تاج لوله، امتداد می‌یابد. نقش این لایه بیش‌تر توزیع فشار ناشی از سربارهای فوقانی روی لوله و ممانعت از آسیب دیدن لوله تحت تأثیر خاکریزی نهایی است. اگر خاک‌ریزی نهایی، حاوی سنگ و قلوه‌سنگ باشد بهتر است ضخامت پوشش خاک روی لوله در بخش خاک‌ریزی اولیه حداقل ۳۰سانتیمتر لحاظ شود.

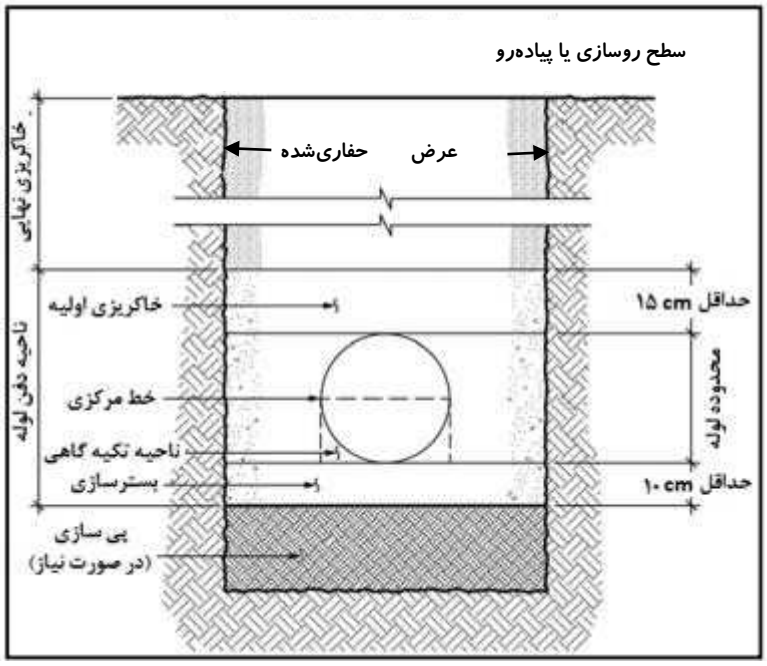
خاک‌ریزی نهایی از روی خاک‌ریزی اولیه آغازشده و جنس مطابق جنس بستر روسازی می‌باشد. خاک‌ریزی نهایی باید عاری از سنگ‌های بزرگ (قطر بیش از ۲۰سانتیمتر)، نخاله سطح معبر، واریزه‌ها، کنده‌های درخت، قطعات تخریب‌شده روسازی(تکه‌های آسفالت و بتن) و مانند آن‌ها باشد.

چنانچه دیواره‌های ترانشه لوله پایدار بوده و یا حفاظت‌شده باشند، تنها لازم است عرض ترانشه به مقداری باشد که بتوان عملیات اجرایی لازم از جمله تراکم خاک دور لوله را به‌خوبی انجام داد. اگر از ابزار تراکم خاصی استفاده می‌شود، فضای بین لوله و دیوار ترانشه باید بزرگ‌تر از عرض ابزار تراکم باشد. حداقل عرض ترانشه نباید از قطر خارجی لوله

omoorepeyman.ir

به‌اضافه ۴۰سانتیمتر یا ۱،۲۵ برابر قطر خارجی لوله به‌اضافه ۳۰سانتیمتر هرکدام که بیشتر است، کمتر باشد. تنها درصورتی‌که اطمینان حاصل شود در عرض ترانشه کمتر نیز تراکم مصالح دور لوله مطابق مشخصات پروژه انجام می‌شود. با تائید مهندس طراح می‌توان عرض ترانشه را کمتر در نظر گرفت.

مقاومت دیوار ترانشه نقش ویژه‌ای در ایجاد شرایط تکیه‌گاهی جانبی برای مصالح دور لوله دارد. اگر خاک دیواره ترانشه سست باشد، این نقش کاهش‌یافته و لذا مصالح دور لوله باید به‌تنهایی شرایط تکیه‌گاهی را ایجاد نمایند. اگر مقاومت جانبی خاک دیواره ترانشه بسیار کم باشد خاک‌های بسیار سست با عدد نفوذ استاندارد $N< 5$، خاک‌های نباتی و لجنی و یا خاک‌های با خاصیت تورمی زیاد ولی دیوار ترانشه ایستایی نسبی خود را حفظ کند ضخامت مصالح دور لوله از هر طرف حداقل معادل نصف قطر لوله باید در نظر گرفته شود. اگر خاک دیواره به‌هیچ‌وجه شرایط پایدار نداشته باشد یا در شرایطی که لوله در خاک‌ریز اجرا می‌شود، ضخامت مصالح دور لوله در طرفین آن باید حداقل معادل قطر لوله در نظر گرفته شود. مقطع عمومی ترانشه لوله‌گذاری در (شکل ۳۶) نشان داده‌شده است.



شکل ۳۶ : مقطع عمومی ترانشه های لوله‌ها

لوله‌گذاری باید کاملاً منطبق با مسیر تراز ارتفاعی و شیب مشخص‌شده در پروژه انجام شود. در محل‌های اتصال که به صورت مادگی هستند باید حفره کوچکی در بستر لوله ایجاد کرد تا قسمت برجسته محل اتصال در آن قرارگرفته و در نتیجه بدنه لوله به‌طور کامل روی لایه بستر قرار گیرد. محل این حفره باید در ادامه با مصالح مشابه لایه بسترسازی پر شود. چنانچه مسیر لوله‌گذاری دارای انحنا باشد، باید زاویه اتصال لوله‌ها در حد مجاز تعریف‌شده توسط تولیدکننده

omoorepeyman.ir

باشد تا از نشت احتمالی سیال در آینده جلوگیری شود. اتصال دهی لوله‌ها مطابق با دستورالعمل تولیدکننده انجام می‌شود. اتصال دهی با استفاده از حلقه درزگیر واشر لاستیکی باید مطابق با دستورالعمل تولیدکننده باشد و موارد زیر رعایت شود:

- نری و مادگی کوپلینگ باید عاری از اجسام خارجی باشد که می‌توانند بر اتصال دهی مناسب در محل اتصال، تأثیر گذارند.
- انتهای نری دار لوله باید تمیز باشد. با استفاده از پارچه تمیز و خشک کل محیط انتهای لوله تمیز شود.
- انتهای نری دار لوله با استفاده از روان کننده و روش اعمال توصیه‌شده توسط تولیدکننده لوله آغشته به روان کننده شود. کل محیط به‌ویژه در انتهای پخدار، لوله آغشته به روان کننده شود.
- شیار استقرار واشر لاستیکی آغشته به روان کننده نشود؛ زیرا روان کننده می‌تواند منجر به جابه‌جایی واشر شود. پس از آغشته سازی انتهای نری دار باید تمیز و عاری از آلودگی و ماسه شود در صورت چسبیدن آلودگی یا ماسه به انتهای آغشته به روان کننده نری باید تمیز و دوباره به روان کننده آغشته شود.
- انتهای نری دار لوله طوری درون مادگی کوپلینگ قرار داده شود که با واشر لاستیکی تماس یکنواختی داشته باشد. سایر الزامات و موارد مربوط به اتصال دهی با استفاده از حلقه درزگیر واشر لاستیکی مطابق با AWWA M45 است.

۴-۳-۳-۲-۱- حداقل عمق دفن لوله ها

با توجه به بار ترافیکی ماشین آلات سنگین در محوطه های بنادر عمق دفن لوله ها باید به حدی باشد که تاثیر نیروی وزن ماشین آلات بر لوله ها به حداقل ممکن برسد. با توجه به تحمل فشار بار جانبی حداقل ۳۰ کیلونیوتون بر مترمربع در لوله های پلی اتیلن کاروگیت دار، استفاده از این لوله ها در زهکشی زیرسطحی توصیه می گردد.

حداقل عمق دفن باید براساس ارزیابی شرایط خاص پروژه توسط مشاور تعیین شود. درصورت عدم ارزیابی مهندسی حداقل عمق دفن بدون بار ترافیکی ۳۰۰ میلیمتر، در صورت وجود بار ترافیکی تا ۶۰۰ میلیمتر توصیه می شود.

omoorepeyman.ir

۴-۳-۴- اتصال دریچه به کانیو و لوله

دریچه به‌منظور انتقال رواناب سطحی مازاد بر ظرفیت کانیو به مجرای زیرسطحی استفاده می‌شود که از یک دریچه‌ی مشبک و یک قاب تشکیل‌شده است و در کناره‌ی سواره‌رو (در امتدادکانیو) اجرا می‌گردد. فاصله‌ی دهانه‌های دریچه ها بستگی به عرض خیابان و شیب طولی و عرضی و میزان رواناب سطحی معابر دارد.

۴-۳-۴-۱- مشخصات فنی

جنس دریچه می‌تواند از چدن، چدن داکتی، کامپوزیت، فولاد، فایبرگلاس و پلیمر باشد. در هر صورت لازم است حداقل مقاومت D400 مربوط به استاندارد EN124 را تأمین نماید.

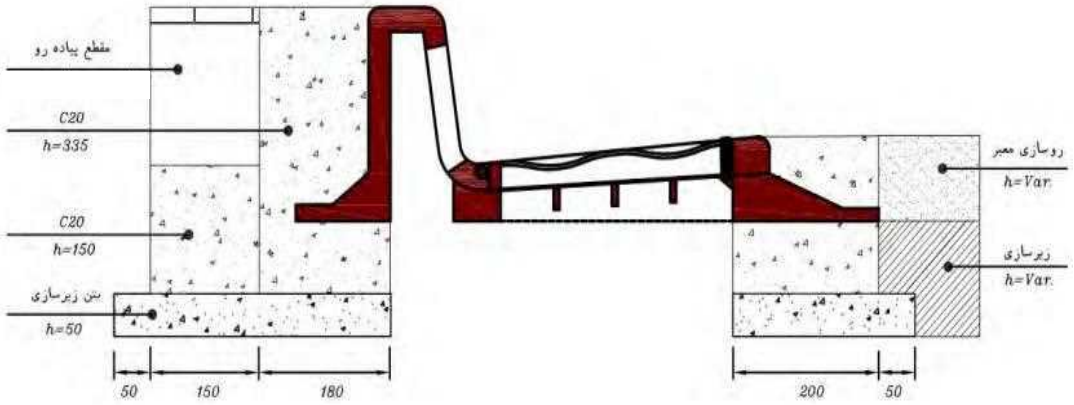
۴-۳-۴-۲- آزمون کنترل کیفیت

مشخصات دریچه باید با الزامات استاندارد ملی ایران شماره۱۴۹۷۶ مطابق داشته باشد.

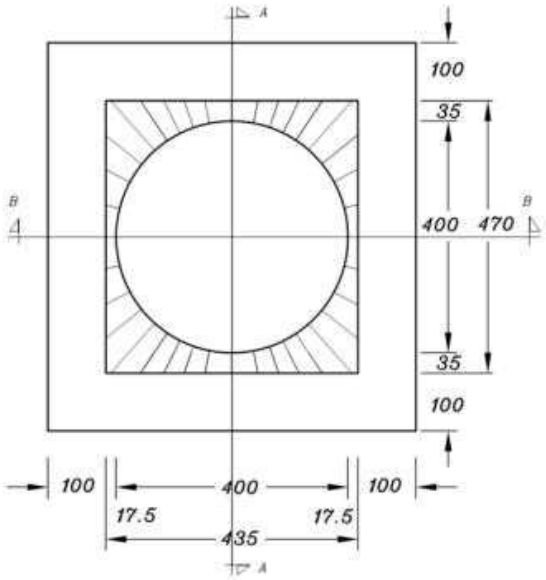
۴-۳-۴-۳- اجرا

بتن زیرسازی قبل از اجرای دریچه و سایر قسمت‌های بتنی اطراف، همزمان با اجرای دریچه اجرا می‌گردد و حداقل مقاومت فشاری نمونه‌ی استوانه‌ای C20 مطابق شکل۳۷ استفاده می‌شود. ضخامت دیواره‌های دریچه‌ها با توجه به جنس آن‌ها متغیر می‌باشد. عرض شیارهای شبکه کف و دیواره‌ی دریچه‌ها (رایزر) نباید بیش از ۲۰ میلی‌متر باشد. طول قطعه دریچه ۵۰ سانتیمتر می‌باشد. دریچه در دو نوع لولادار (به‌منظور اجرا روی رسوبگیر و پاکسازی مجاری زیرسطحی) و بدون لولا (صرفاً به‌منظور انتقال آب به مجاری زیرسطحی) تولید و اجرا می‌گردد. نحوه‌ی قرارگیری دریچه روی مجاری زیرسطحی بوسیله‌ی قطعه‌ی رابط در شکل ۳۷الی شکل ۳۹ارائه گردیده است. قطعه رابط به‌صورت پیش‌ساخته تولید می‌شود و می‌تواند از جنس‌های مختلفی مانند ورق گالوانیزه، پلی‌اتیلن، فایبرگلاس، جی.آر.پی و پلیمر باشد. تعیین ضخامت مناسب قطعه اتصالی از جنس‌های مختلف بر عهده‌ی تولیدکننده بوده و توسط مشاور طرح تأیید می‌گردد. قطعه اتصالی باید با استفاده از سه‌راهی سه سر کوپل مساوی به مجرای زیرسطحی متصل گردد (شکل ۴۰ الی شکل ۴۲).

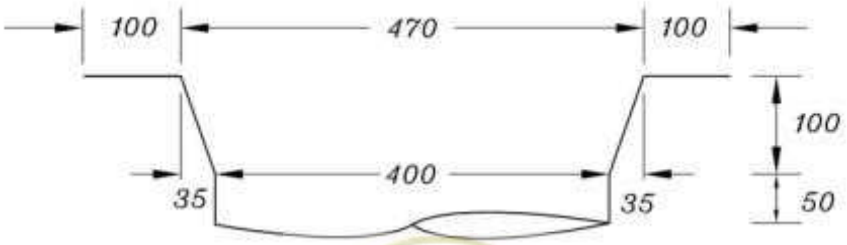
omoorepeyman.ir



شکل ۳۷: مقطع عرضی (اتصال دریچه به روسازی و پیاده‌رو در زهکش کانیو)

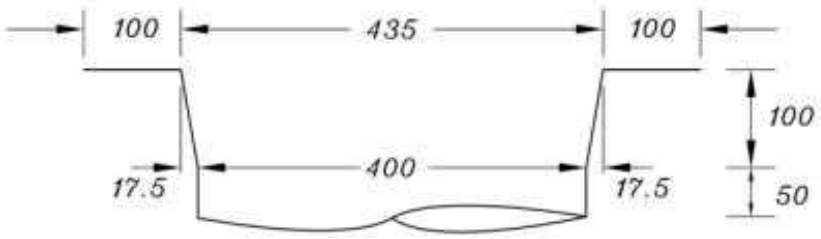


شکل ۳۷ : پلان قطعه اتصالی دریچه به لوله

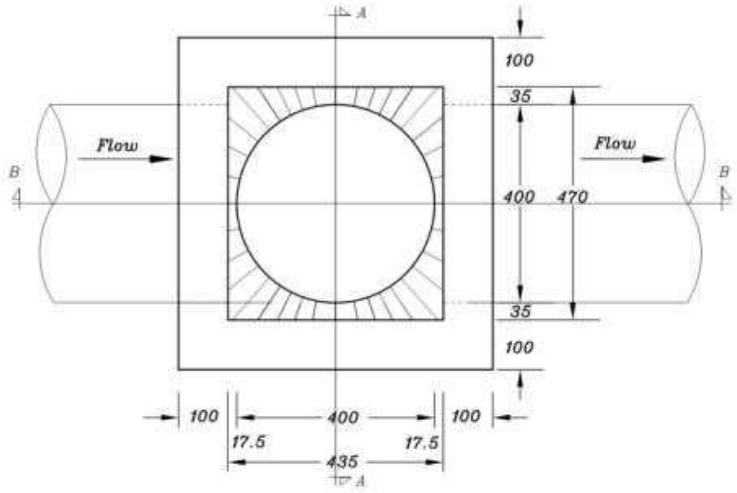


شکل ۳۸: قطعه اتصالی دریچه به لولهA-A

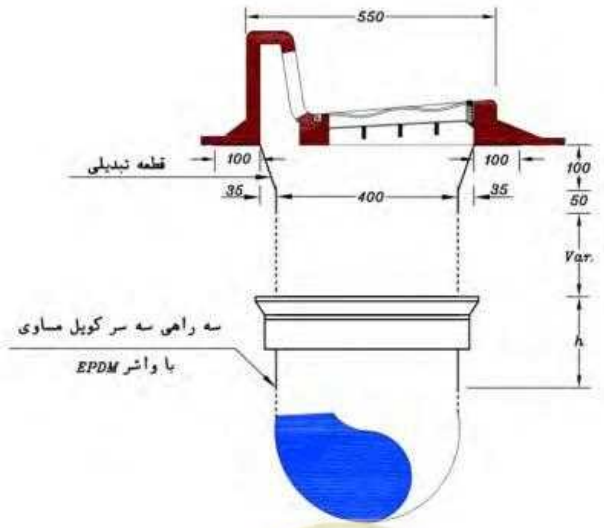
omoorepeyman.ir



شکل ۳۹: قطعه اتصالی دریچه به لولهB-B

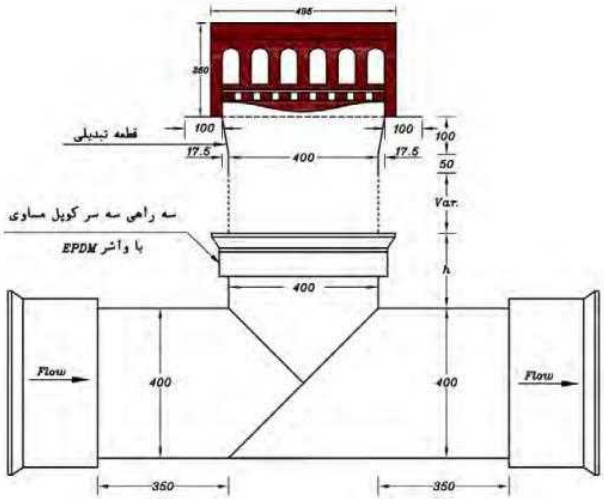


شکل ۴۰: مشخصات و جزئیات اجرایی نحوه اتصال دریچه به لوله با استفاده از قطعه اتصالی – پلان



شکل ۴۱: مشخصات و جزئیات اجرایی نحوه اتصال دریچه به لوله با استفاده از قطعه اتصالی– مقطع A -A.

omoorepeyman.ir



شکل ۴۲: مشخصات و جزئیات اجرایی نحوه اتصال دریچه به لوله با استفاده از قطعه اتصالی- مقطعB-B

۴-۴-نیم نهر

مطابق بند ۴-۳ این آیین‌نامه اجرا می‌گردد.

۴-۵-زهکش‌های سرپوشیده

این نوع زهکش‌ها شامل دریچه‌هایی واقع در سطح محوطه و کانال‌ها یا لوله‌های طولی است که در زیر سطح قرار دارند (شکل ۸). شیب طولی کانال یا لوله می‌تواند مستقل از شیب طولی معابر و محوطه باشد. در برخی مواقع، در این سیستم برای هدایت بهتر آب از جدول نیز استفاده می‌کنند. این جداول، نقش جداکننده به‌ویژه حائل ایمن بین سواره‌رو و پیاده‌رو را ایفا می‌نماید. در سیستم‌های پوشیده شده، باید در هر امتداد حداقل یک دریچه بازدید و پاکسازی مطابق نقشه‌ها اجرا شود. درصورتی‌که راستا بیشتر از ۵۰ متر باشد، برای هر ۵۰ متر نیاز به یک دریچه بازدید می‌باشد. این سیستم زهکشی شامل دو نوع لوله و کانال سرپوشیده در این آیین‌نامه معرفی می‌شوند.

۴-۵-۱- لوله و دریچه(مجرا)

این سیستم زهکشی در روسازی با شیب دو یا چندوجهی استفاده می‌شود که از طریق دریچه‌ها رواناب وارد لوله زیرسطحی می‌شود. اجزای این سیستم عبارتند از: دریچه، لوله و آدم‌رو می باشد که در ادامه روش اجرا این سیستم ذکرشده است.

omoorepeyman.ir

اگر دریچه‌ها در معرض بارگذاری سنگین قرار داشته باشد، باید از جنس چدنی و فولادی استفاده شود. دریچه‌های از جنس کامپوزیتی و پلی‌اتیلن نیز در محوطه‌های با رده بارگذاری A15 تاD400 قابل‌استفاده است.

۴-۵-۱-۱- آزمون کیفیت و مشخصات فنی دریچه ها

۴-۵-۱-۱-۱-دریچه‌های چدنی

آزمون مربوط به دریچه‌های چدنی باید مطابق استاندارد ملی ایران شماره۲-۱۴۹۷۶ باشد. دریچه‌های چدنی آدم‌رو ساخته‌شده از چدن، بسته به کاربرد، برای رده‌A15 تاF900 می‌توانند استفاده شود.

۴-۵-۱-۱-۲- دریچه فولادی

آزمون مربوط به دریچه‌ها فولادی باید مطابق استاندارد ملی ایران شماره۳-۱۴۹۷۶ باشد. دریچه آدم‌رو ساخته‌شده از فولاد یا آلیاژ آلومینیوم، بسته به کاربرد، برای رده‌A15 تا رده‌F900 می‌توانند استفاده شود.

۴-۵-۱-۱-۳- دریچه‌های کامپوزیتی

آزمون مربوط به دریچه‌ها کامپوزیتی باید مطابق استاندارد ملی ایران شماره۵-۱۴۹۷۶ باشد. دریچه‌های آدم‌رو و آب گیر ساخته‌شده از مواد کامپوزیتی، بسته به کاربرد، برای رده‌A15 تا رده‌D400 می‌توانند استفاده شوند. لازم به ذکر است این دریچه‌ها برای رده‌هایE600 وF900 قابل کاربرد نیستند.

۴-۵-۱-۱-۴- دریچه‌های پلی‌اتیلن

آزمون مربوط به دریچه‌ها پلی‌پروپیلن، پلی‌اتیلن و پی‌وی‌سی صلب باید مطابق استاندارد ملی ایران شماره۶-۱۴۹۷۶ باشد. دریچه‌های آدم‌رو و آب گیر ساخته‌شده از مواد پلی‌پروپیلن و پی‌وی‌سی، بسته به کاربرد، برای رده‌A15 تا رده‌B125 می‌توانند استفاده شوند. لازم به ذکر است این دریچه‌ها برای رده‌هایC250, D400, E600وF900 قابل کاربرد نیستند.

۴-۵-۱-۲- مشخصات فنی لوله ها

درصورت استفاده از لوله در زهکش‌های سرپوشیده، مشخصات آن‌ها باید در نقشه‌های اجرایی به‌دقت آورده شود. مشخصات انواع مختلف لوله برای استفاده در سیستم زهکشی زیرسطحی باید بر اساس استانداردهای زیر باشد:

لوله‌های بتنی مسلح : مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۸۹۰۶

omoorepeyman.ir

لوله دوجداره پلی‌اتیلن: مطابق استاندارد ملی ایران به شماره۹۱۱۶

جوش لب‌به‌لب لوله و اتصالات پلی‌اتیلن: مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۱۸۶۴۸

لوله‌های یو پی‌وی‌سی : مطابق استاندارد ملی ایران به شماره‌های ۹۱۱۸، ۷۶۶۹ و ۲۰۰۱

لوله‌های چدن نشکن : مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۳۷۳۲

لوله‌های فولادی موجدار از پیش روکش شده پلیمری : مطابق استاندارد آشتو به شماره M245

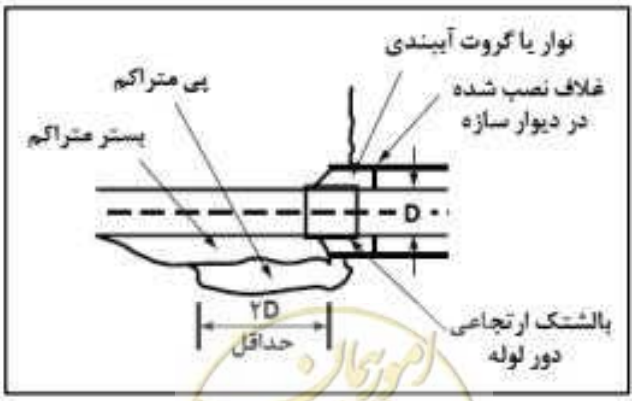
۴-۵-۱-۳- اجرا

در اجرای لوله‌های پلی‌اتیلنی از بند۴-۳-۳-۲ این آیین‌نامه استفاده می‌شود.

۴-۵-۱-۳-۱- اتصال دهی لوله‌های پلی‌اتیلن به آدم‌رو و سازه‌های صلب

محل اتصال لوله به آدم‌رو و سایر سازه‌های صلب، برای کاهش اثر نشستهای نسبی محتمل و حفظ شرایط آب‌بندی، باید شرایط انعطاف‌پذیر داشته باشد. در این حالات نوارهای آب‌بند و بالشتک‌های ارتجاعی می‌توانند استفاده شوند. نمونه جزییات محل اتصال لوله به سازه‌های صلب در (شکل ۴۳) ملاحظه می‌شود.

در این حالت به فاصله حداقل ۲ برابر قطر لوله از دیواره سازه، پی‌سازی و سپس بستر لوله باید از خاک مناسب با تراکم ۹۰ درصد اجرا گردد. اگر محدودیت فضا مانع از اجرای صحیح پی و بستر این ناحیه شود، می‌توان از مخلوط‌های پرکننده روان، نظیر مخلوط خاک و سیمان استفاده کرد. لازم به ذکر است استفاده از مخلوط‌های شفته آهکی به دلیل امکان تولید گرمای زیاد حین عمل‌آوری و تأثیر بر بدنه لوله برای استفاده در بسترسازی لوله‌های پلی‌اتیلنی توصیه نمی‌شود.



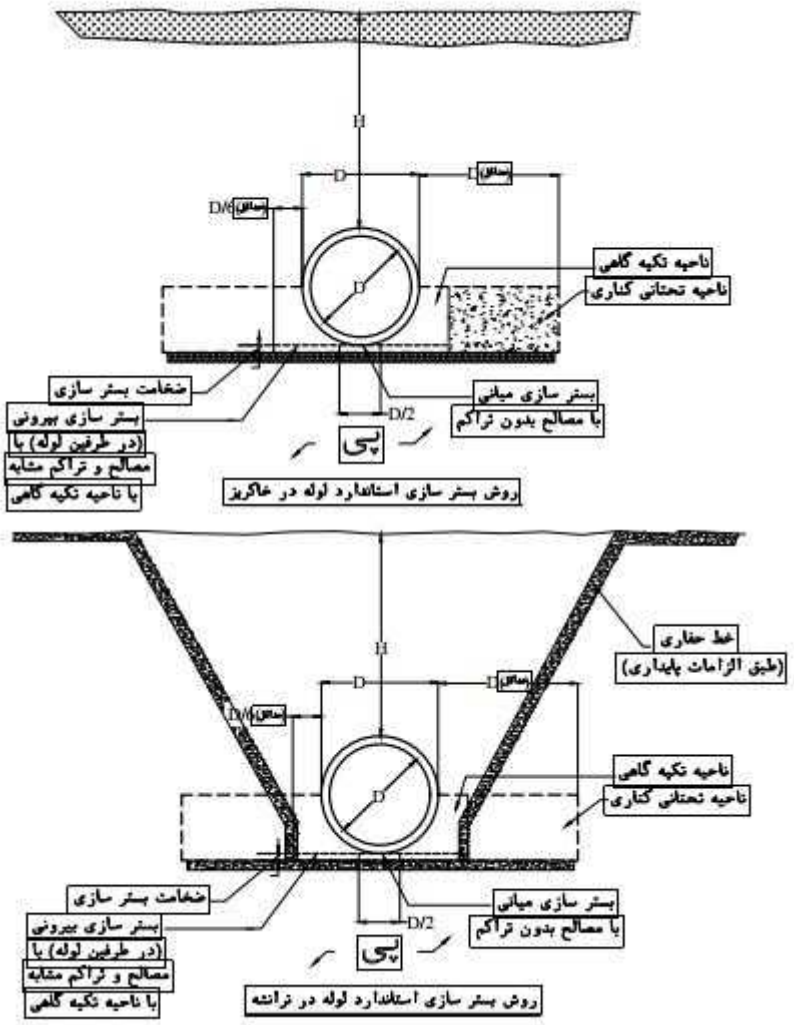
شکل ۴۳ : نمونه‌ای از نحوه اتصال دهی لوله پلی‌اتیلن به آدم‌روها و سازه‌های صلب

omoorepeyman.ir

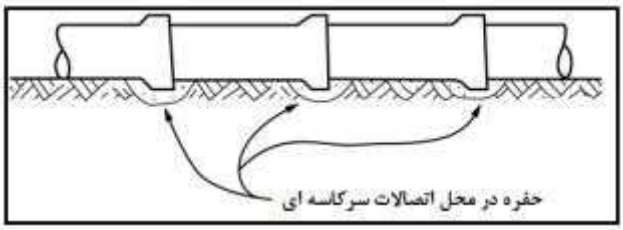
۴-۵-۱-۳-۲- نحوه بسترسازی لوله‌های بتنی

بار خاک روی لوله‌های بتنی تابع وزن مخصوص خاک و عرض ترانشه در ناحیه تاج لوله است. با افزایش عرض ترانشه، بار روی لوله نیز بیشتر می‌شود. لذا باید ترانشه لوله با عرض استاندارد حفر شود، اگر عرض ترانشه از حد معینی که عرض انتقالی نامیده می‌شود، بیشتر باشد شرایط لوله در خاکریز ایجاد می‌شود که در این حالت، بار ناشی از وزن خاک روی لوله ثابت خواهد شد. حالت اجرا در خاکریز برای شرایط اجرای لوله زیر خاکریز جاده‌ها و راه‌آهن، کاربرد دارد. بنابراین بسترسازی لوله‌های صلب بتنی به دو صورت اجرا در شرایط ترانشه و اجرا در شرایط خاک‌ریز، تقسیم‌بندی می‌شود. به‌هرحال مجموع بارهای خارجی باید کمتر از ظرفیت باربری لوله با احتساب شرایط بسترسازی آن باشد. رده‌های بسترسازی دارای ضرایب بستر مشخصی بوده و باید با استانداردهای ACPA و ASTM C1479 مطابقت داشته باشد. شکل ۴۴ روش بسترسازی لوله بتنی در خاکریزی و ترانشه نشان داده است. ترانشه لوله باید تا عمقی حفاری شود که برای اجرای بسترسازی کفایت نماید اگر ترانشه بیش از عمق موردنیاز کنده‌شده باشد پیمانکار باید قسمت‌های اضافه حفاری را با مصالح متراکم شده مورد تائید مهندس مشاور، پر نماید. پی ترانشه یا خاک‌ریز باید ظرفیت باربری کافی داشته باشد. در غیر این صورت باید پی ترانشه را با مصالح جایگزین متراکم، تقویت نمود. لایه بسترسازی باید با ضخامت کافی و به صورت کاملاً یکنواخت و با شیب لازم در زیر لوله، اجرا شود. هرگونه ناهمواری در این لایه می‌تواند موجب بروز تمرکز تنش ناخواسته در بدنه لوله شود. در محل‌های اتصال مادگی باید حفره کوچکی مطابق (شکل ۴۵) در نظر گرفته شود؛ طوری که بدنه لوله کاملاً روی لایه بستر قرار گیرد. لازم است ناحیه بسترسازی میانی به صورت بدون تراکم، اجرا شود.

omoorepeyman.ir



شکل ۴۴ : جزییات اجرایی بسترسازی لوله‌های بتنی



شکل ۴۵ : تأمین شرایط بستر یکنواخت در زیر لوله‌های بتنی

۴-۵-۱-۳-۳- حداقل عرض ترانشه لوله‌های بتنی

عرض ترانشه باید به اندازه‌ای باشد که عملیات نصب لوله و اجرای مصالح دور آن طبق مشخصات فنی بدون محدودیت، مقدور باشد. البته افزایش بیش‌ازحد عرض ترانشه نیز به دلیل افزایش بار خاک روی لوله مطلوب نیست.

omoorepeyman.ir

عرض ترانشه از هر طرف لوله باید حداقل ۲۵cm یا یک ششم قطر خارجی لوله هر کدام بیش‌تر است باشد. چنانچه عرض ترانشه حین اجرا به دلایلی نظیر ریزش دیواره ترانشه بزرگتر از ابعاد مشخص‌شده در مشخصات پروژه باشد، کفایت بسترسازی باید به تائید مهندس طراح رسانده شود. در صورت قصور پیمانکار هرگونه هزینه اضافی بسترسازی ناشی از افزایش عرض ترانشه به عهده وی خواهد بود.

۴-۵-۱-۳-۴- خاکریزی نهایی لوله‌های بتنی

مشخصات خاکریزی روی لوله نظیر ضخامت لایه‌ها و میزان تراکم آن‌ها باید مطابق الزامات مشخص‌شده در مشخصات پروژه باشد. عملیات خاکریزی روی لوله باید در بازه کوتاهی عقب‌تر از محل نصب لوله‌ها در جریان باشد. خاکریزی روی لوله تا سطح زمین، طبیعی باید طبق مشخصات پروژه انجام شود. تا ارتفاع ۱۵سانتیمتر روی تاج لوله، استفاده از مصالح خاکی با ذرات درشت‌تر از ۵□۷سانتیمتر مجاز نیست. کلیه مصالح خاک‌ریزی روی لوله، باید فاقد سنگ‌های درشت، نخاله، ریشه درختان، چوب و یا قطعات روسازی تخریب‌شده و مانند آن‌ها باشد. در محل‌های با بار ترافیکی، خاک روی لوله باید تا سطح سواره‌رو، طبق الزامات ترافیکی متراکم شود.

وقتی برای تراکم این لایه‌ها از ابزار تراکم ضربه‌ای و یا ارتعاشی استفاده می‌شود، توجه ویژه‌ای باید به عمل آورد تا از ایجاد آسیب به لوله جلوگیری شود. این توجه خصوصاً تا ارتفاع ۶۰ سانتیمتر بالاتر از تاج لوله بیشتر می‌شود.

۴-۵-۱-۳-۵- اتصال دهی لوله بتنی به آدم‌رو و سازه‌های صلب

در محل اتصال لوله‌ها به آدم‌روها یا سایر سازه‌های صلب باید تمهیداتی برای مقابله با خطر نشست نسبی محتمل در نظر گرفته شود. در ناحیه اتصال باید حداقل دو نقطه انعطاف‌پذیر نزدیک به هم ایجاد شود. در این حالت باید از قطعه لوله‌ای با طول کوتاه (حدود ۶۰ سانتیمتر) در فاصله‌ای حداکثر تا ۹۰ سانتیمتر آدم‌رو استفاده گردد. در دو نقطه اتصال این لوله کوتاه، باید کوپلینگهای دارای حلقه درزگیر الاستومری مطابق استاندارد ASTM C425 و یا اتصالات ارتجاعی مطابق با مشخصات استاندارد ASTM C923 مورداستفاده قرار بگیرد.

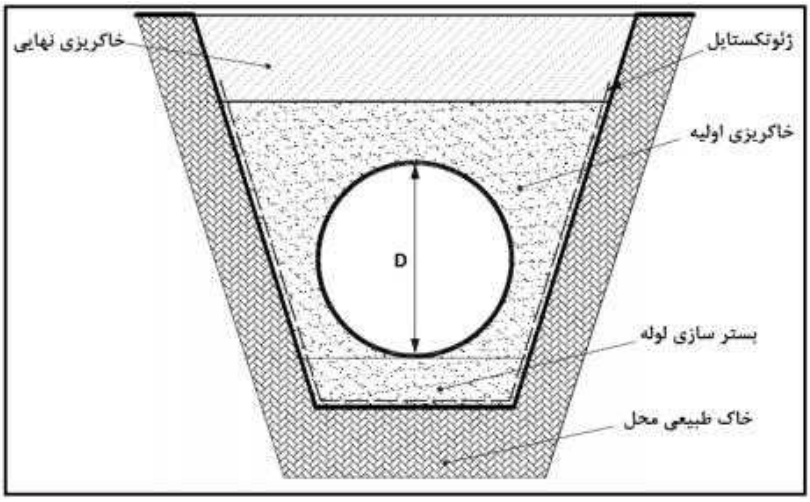
۴-۵-۱-۳-۶- مهاجرت ذرات خاک و جلوگیری از آن

وقتی مصالح درشت‌دانه با دانه‌بندی باز در مجاورت مصالح ریزدانه قرار بگیرند، ذرات ریزدانه ممکن است به علت وجود گرادیان هیدرولیکی آب زیرزمینی، به درون فضاهای خالی مصالح درشت‌دانه حرکت کنند که این پدیده، مهاجرت ذرات خاک نامیده می‌شود. حین ساخت ترانشه لوله، عملیاتی نظیر پمپاژ آب برای زهکشی ترانشه می‌تواند گرادیان‌های

omoorepeyman.ir

هیدرولیکی قابل‌توجهی ایجاد کند. همچنین بعد از اتمام عملیات اجرایی نیز وجود مصالح با نفوذپذیری زیاد، برای بسترسازی لوله‌ها می‌تواند حالتی از زهکشی شدید در مناطق با سطح آب زیرزمینی بالا ایجاد کند. درصورتی‌که پتانسیل وقوع این پدیده وجود داشته باشد باید با راهکارهایی نظیر اصلاح دانه‌بندی مصالح، استفاده از فیلترهای خاکی و یا فیلترهای ژئوتکستایلی در مرز میان مصالح ناسازگار از وقوع آن جلوگیری کرد.

نمونه کاربردی ژئوتکستایل به‌عنوان فیلتر بین مصالح دیواره ترانشه و مصالح ناحیه دفن لوله در (شکل ۴۶) ملاحظه می‌شود. درصورت نیاز لایه ژئوتکستایل دور تا دور خاکریز اولیه را در بر می‌گیرد.



شکل ۴۶ : کاربرد فیلتر ژئوتکستایل برای جلوگیری از فرار ذرات اطراف لوله

۴-۵-۱-۴- لوله رانی

لوله رانی به روش های حفاری و لوله گذاری ماشینی، بدون حفر ترانشه اتلاق می شود. در این آیین نامه، موارد عمومی مربوط به لوله رانی مورد بحث قرار می گیرد. جزئیات مربوط به این روش کار، در هر مورد و با توجه به ماشین آلات و نوع لوله مورد استفاده، توسط مهندس مشاور و سازنده ماشین آلات و لوله ها تعیین می گردد. لوله رانی به دو روش کلی زیر انجام می شود.

- **روش اول :**

در روش اول و با کمک دستگاه حفاری، ابتدا مسیر لوله به صورت تونل حفاری شده و متوالیاً غلاف گذاری می‌گردد. سپس لوله در داخل غلاف نصب و پس از استقرار لوله، غلافها خارج می شوند. در این روش لوله گذاری، فشار زیادی به

omoorepeyman.ir

لوله وارد نشده و می توان از لوله های معمولی، مانند پلی اتیلن، استفاده کرد. با توجه به محدودیت های قطر غلاف، حداکثر قطر لوله گذاری به روش اول معادل ۴۰۰ میلیمتر است.

- **روش دوم :**

در روش دوم و با کمک دستگاه های حفاری و جک، همزمان با عملیات حفاری، لوله نیز با جک زنی به جلو رانده می شود. در این روش ، محدودیت قطر، به مانند روش اول، وجود نداشته ولی لوله های مصرفی از نوع خاص می باشند. با توجه به اهمیت و گستردگی اجرا به روش دوم، در این مشخصات فنی، عمدتاً این روش مورد بحث قرار می گیرد.

۴-۵-۱-۴-۱- اجرای لوله رانی

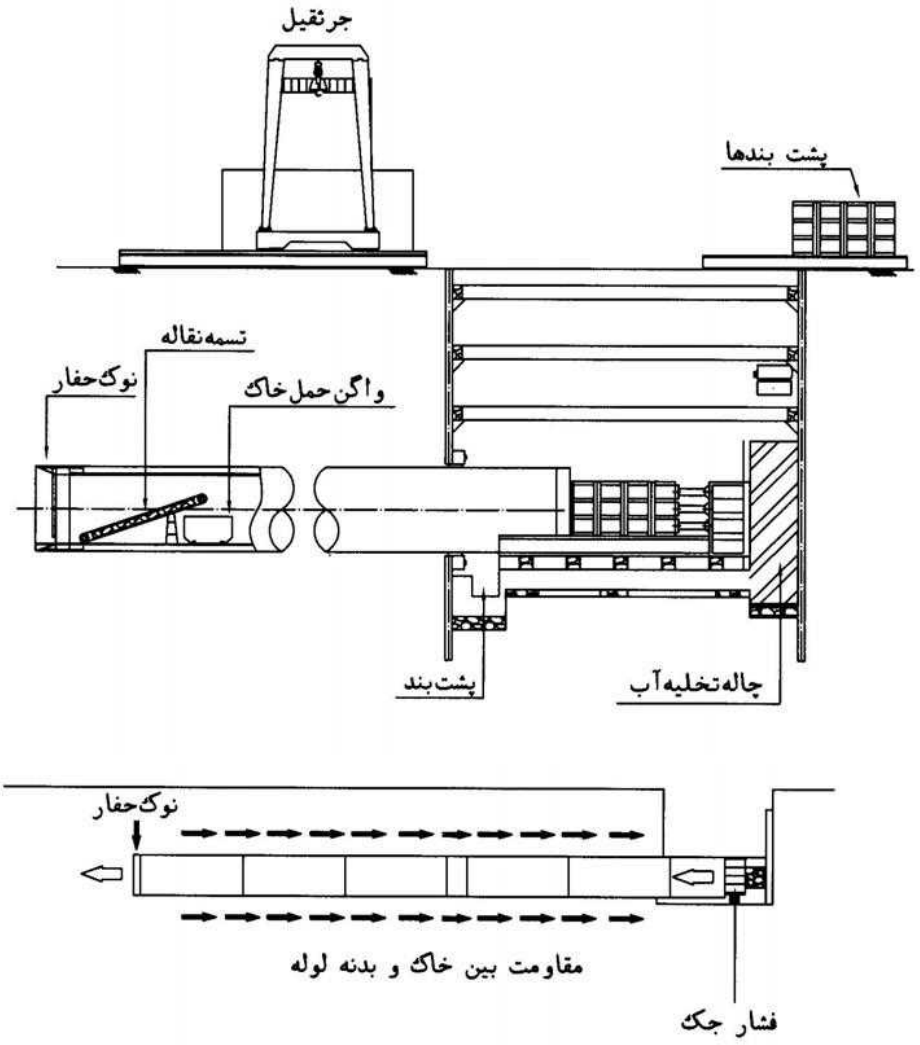
هر قطعه از عملیات لوله رانی، از یک شفت، که به عنوان شفت ارسال نامیده می شود، شروع و به شفت بعدی، که به عنوان شفت دریافت است، ختم می گردد. لوله رانی از محل شفت ارسال به دو طرف انجام می پذیرد. بدین ترتیب، شفت های ارسال و دریافت در مسیر لوله رانی به صورت یک در میان قرار می گیرند. شفت های ارسال و دریافت، در مراحل بعدی تبدیل به آدم رو می شوند. طول هر قطعه از لوله رانی و یا به عبارت دیگر، فاصله شفتهای دریافت و ارسال، با توجه به امکانات اجرایی و جنس زمین و لوله و سایر عوامل مؤثر، متغیر می باشد. ابعاد، شکل و نحوه حفاظت دیواره شفت کاملاً به شرایط محلی، مانند جنس زمین، سطح آبهای زیرزمینی، وضعیت ترافیکی و تراکم منطقه و نظایر آن و همچنین امکانات اجرایی بستگی دارد. در (شکل ۴۷) شمای کلی عملیات لوله رانی نشان داده شده است.

۴-۵-۱-۵- غلاف گذاری

در مواردی که لوله های زیرسطحی بدلیل محدودیت اجرایی، در عمق کمتری نصب می شوند، ضروری است لوله‌ها در داخل غلاف [1]فلزی و یا بتنی و یا کانال سرپوشیده که قبلاً زیر محوطه یا معابر نصب و یا ساخته شده، قرار داده شود.

[1] Casing

omoorepeyman.ir



شکل ۴۷ : شمای کلی لوله رانی

۴-۵-۲- آدم‌رو (اتاقک بازدید، منهول)

آدم‌روها ابنیه فنی هستند که برای دسترسی به شبکه زهکشی ساخته می‌شوند. این ابنیه باید طوری ساخته شوند که کارگران حین بهره‌برداری از شبکه بتوانند با کمک ابزارهای ویژه، گرفتگی احتمالی لوله‌ها را برطرف و آن‌ها را تمیز کنند. آدم‌روها از طریق سوراخ‌های پیش‌بینی‌شده در دریچه ورودی، تا حدودی موجب جمع‌آوری رواناب و تهویه شبکه جمع‌آوری آب‌های سطحی نیز می‌شوند.

آدم‌رو با چشم غیرمسلح مشاهده و بررسی می‌کنند. سطوح داخلی و خارجی آن باید صاف، تمیز و عاری از هرگونه نقصی باشد. دو انتهای لوله یا نری‌ها در اتاقک‌های بازدید و آدم‌روها، باید صاف و بدون پلیسه بوده و در محدوده ناحیه برش، عمود بر محور دو انتهای هر جز باشند. رده‌بندی اسمی اندازه اتاقک‌های بازدید یا آدم‌رو باید بر اساس قطر داخلی

omoorepeyman.ir

میله ورودی انجام شود. تمام ابعاد، باید مطابق استاندارد ملی ایران شماره۲۴۱۲ اندازه‌گیری شود. پله‌ها و پلکان آدم‌رو، باید مطابق استاندارد ملی ایران شماره۱۲۰۲۷ و نردبان آدم‌رو مطابق با استانداردEN14396 باشد. دریچه‌های آدم‌رو مطابق استاندارد ملی ایران شماره۱۴۹۷۶ می‌باشد.

انواع متداول آدم‌روها از دیدگاه مصالح مصرفی به شرح زیر هستند:

۴-۵-۲-۱- آدم‌روهای پلیمری

حداکثر عمق احداث آدم‌روهای پلی‌پروپیلن ۶ متراست. برای آدم‌روهای مدفون در خاک با عمق بیش از ۴متر، باید از دال میانی(کمربند بتن مسلح که اطراف آدم‌رو اجرا می‌شود) استفاده شود. الزامات دال میانی توسط مشاور پروژه ارائه می‌شود. الزامات آدم‌رو و اتاقک بازدید باید مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۱۴۸ باشد. محل اتصال لوله‌های ورودی و خروجی به آدم‌رو باید از نوع انعطاف‌پذیر باشد.

۴-۵-۲-۱-۱- مشخصات فنی و آزمون کیفیت

الزامات سفتی و اندازه اسمی میله ورودی و اتاقک اصلی باید مطابق با استاندارد ISO ۱۰۴۶۷ باشد. میله ورودی و اتاقک اصلی باید مطابق با اندازه اسمی (DN) و ارتفاع داخلی رده‌بندی شوند. علاوه بر این میله ورودی و اتاقک اصلی باید شامل سفتی اسمی (SN) در رده‌بندی خود باشند حداقل سفتی اسمی باید SN ۲۵۰۰ باشد. علاوه بربندهای زیر سایر الزامات باید مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱۵۵۹۱ باشد.

مواد الاستومری مورداستفاده برای تولید درزگیرها برحسب کاربرد باید مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱-۷۴۹۱ یا استاندارد ملی ایران شماره ۲-۷۴۹۱ باشند. همچنین درزگیر لاستیکی باید به صورت یکپارچه تولید شود. درصورت نیاز به چسب در محل اتصال مشخصات چسب باید توسط تولیدکننده‌ی آدم‌رو اتاقک بازدید اظهار شود. هم‌چنین چسب‌ها نباید بر خواص اجزای همراه با آن تأثیر منفی گذاشته و نباید مانع از انطباق سامانه مونتاژ شده با الزامات کارایی ارائه‌شده در استاندارد ملی ایران شماره ۱۵۵۹۱ شوند. شرایط مرجع برای انجام آزمون باید مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱۵۵۹۱ باشد.

۴-۵-۲-۱-۲- اجرا

آدم‌رو پلی‌اتیلن باید بر روی یک کف محکم و آماده‌سازی شده جهت نصب قرار گیرند. بعد از گودبرداری باید قطعات بزرگ و قلوه‌سنگ‌ها از کف ترانشه برداشته شود. سپس کف سازی با استفاده از خاک (کلاسI) مطابق استاندارد

omoorepeyman.ir

ASTM2321 که به‌خوبی تراز و کاملاً کوبیده شده است (تراکم حداقل ۹۵٪ و با ضخامت حدود ۳۰ سانتی‌متر) انجام پذیرد. بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۱۴۸ بجای این خاک، از یک کف بتنی با حداقل مقاومت فشاری نمونه‌ی استوانه‌ایC15 (به‌صورت درجا یا پیش‌ساخته) (Concrete Slab) و با ضخامت حدود ۱۵ سانتی‌متر استفاده شود. در محل‌هایی که کف محل گودبرداری شده (کف ترانشه) دارای خاک سست و یا سطح تراز آب‌های زیرزمینی بالاتر از کف آدم‌رو باشد و یا خاک اشباع در محل وجود داشته باشد، حتماً از دال بتنی و به‌صورت پیش‌ساخته و در محل کف ترانشه استفاده شود. در محل‌هایی که خاک بسیار سست باشد، باید مقداری(دستور مهندس مشاور) از خاک کف برداشته و با خاک مناسب ابتدا جایگزین شود و سپس مراحل فوق انجام پذیرد. این موارد حتماً بایستی با نظر مهندسین و مشاوران انجام پذیرد.

بر اساس استاندارد ASTM1759 ، اطراف آدم‌رو، تا شعاع یک متر، باید خاکریزی (کلاس I) با تراکم حداقل ۹۰٪ اجرا شود. لذا در محل‌هایی که امکان انجام این کار وجود داشته باشد پس از کف‌سازی و استقرار آدم‌رو و تراز کردن آن، باید خاک پرکننده به‌صورت یکنواخت و با تراکم اجرا شود و همچنین باید دقت نمود که این خاک از دیوار آدم‌رو شروع و تا دیواره ترانشه ادامه داشته باشد و حتماً به‌صورت یکنواخت و لایه‌لایه باشد(حداکثر ضخامت لایه۱۵ سانتیمتر) تا باعث انحراف آدم‌رو از خط تراز نگردد و این کار تا بالا و نزدیک کف محل نصب ادامه یابد. درمحل‌هایی که امکان باز کردن ترانشه (گودبرداری محل نصب آدم‌رو) به این میزان وجود نداشته باشد، ولی خاک دست‌نخورده با خواص تقریبی خاک کلاس I و با تراکم موردنظر در محل باشد، می‌توان اطراف آدم‌رو را کمتر (حدود ۳۰-۲۰ سانتیمتر) بازنمود که در این صورت امکان تراکم دهی خاک سختر می‌شود، بایستی از مصالح جایگزین که پس از سفت شدن به تراکم موردنیاز برسد، استفاده نمود.

- **محل‌های اتصال**

الزامات و موارد مربوط به محل‌های اتصال و کارایی محل‌های اتصال باید مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱۵۵۹۱ باشد.

- **مشخصات هندسی**

omoorepeyman.ir

در ابعاد اجزای میله ورودی و اتاقک اصلی GRP-UP باید مطابق با الزامات ابعادی مربوط در استاندارد ۱۰۴۶۷ ISO رابطه با قطر، ضخامت دیواره و طول باشد. دهانه‌ها برای دسترسی افراد به درون آدم‌رو باید مطابق با مقررات ایمنی باشد.

الزامات ایمنی دهانه‌ای با قطر حداقل ۶۰۰mm را الزام می‌کنند. میله ورودی و اتاقک اصلی باید از بخش‌هایی ساخته شوند که مشخصات مکانیکی آن‌ها مطابق با الزامات استاندارد ۱۰۴۶۷ ISO باشد. برای آزمون نوعی (TT) تنش فشاری طولی اولیه در شکست (Oh) با استفاده از آزمونه‌های منشور و روش توصیف‌شده در استاندارد ملی ایران شماره ۱۵۵۹۱ تعیین شود. تولیدکننده باید حداقل تنش فشاری طولی ویژه اولیه را تعیین و اظهار کند. سایر الزامات و موارد مربوط باید مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱۵۵۹۱ باشد.

- **عدم نشتی آدم‌روها اتاقک‌های بازدید و محل‌های اتصال آن‌ها**

آدم‌روها و اتاقک‌های بازدید و محل‌های اتصال آن‌ها برای کاربردهای ذکرشده در این ضابطه، باید در مقابل فشار داخلی و خارجی بین 0 bar و ۰/۵bar مطابق با EN ۴۷۶ بدون نشتی باشند. عدم نشتی بخش‌های آدم‌رو و اتاقک بازدید منطبق بر این ضابطه در صورتی تضمین می‌شود که مطابق با استاندارد ۱۰۴۶۷ ISO باشند و محل‌های اتصال آن‌ها الزامات استاندارد ملی ایران شماره ۱۵۵۹۱ را برآورده کنند.

- **نشانه‌گذاری**

الزامات و موارد مربوط به نشانه‌گذاری باید مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱۵۵۹۱ باشد.

- **پله‌ها و پلکان‌های آدم‌رو**

پله‌ها و پلکان‌های آدم‌رو باید مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۰۲۷ و نردبان‌های آدم‌رو باید مطابق با استاندارد EN ۱۴۳۹۶ باشند. حداقل بیرون‌زدگی پلکان‌ها از سطح میله ورودی، باید ۱۲۰mm باشد. فاصله عمودی بین پلکان‌های آدم‌رو باید به ارتفاع داخلی اجزای آن ارتباط داده شود و در محدوده ۲۵۰mm تا ۳۵۰mm باشد. پلکان‌های تکی باید به صورت متناوب طوری ثابت شوند که فاصله مراکز آن‌ها در صفحه عمودی، با رواداری ۱۰ mm± در محدوده ۲۷۰mm تا ۳۰۰mm باشد. پلکان‌های دوتایی باید با فاصله عمودی ۲۵۰mm تا ۳۵۰ mm بالای یکدیگر ثابت شوند. هم‌چنین فاصله افقی بین مراکز آن‌ها باید mm (۱۰± ۳۰۰) باشد.

omoorepeyman.ir

هنگام آزمون، مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱۵۵۹۱، پلکان‌های نصب‌شده توسط تولیدکننده درون یک آدم‌رو باید نیروی عمودی (F_v ۲kN) و نیروی افقی بیرون کشیدن (F_H ۵KN) را تحمل کنند. حین اعمال نیروی عمودی (Fv) ۲KN، پلکان نباید تغییر شکل بیش از ۵mm و تغییر شکل دائمی بیش از ۱mm داشته باشد.

سایر الزامات و موارد مربوط به پله‌ها و پلکان‌های آدم‌رو باید مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱۵۵۹۱ باشد.

- **ارزیابی انطباق**

ارزیابی انطباق آدم‌روها و اتاقک‌های بازدید باید مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱۸۵۳۲ باشد.

نمونه آدم‌رو پلیمری در ابعادهای مختلف در (شکل ۴۸) نشان داده‌شده است.

شکل ۴۸ : آدم‌رو پلیمری در ابعاد مختلف

۴-۵-۲-۲- آدم‌روهای بتنی

آدم‌روهای بتنی به دو شکل درجا و پیش‌ساخته اجرا می‌شوند. آدم‌روهای درجا در زمان طولانی‌تری نسبت به آدم‌روهای پیش‌ساخته اجرا می‌شوند؛ ولی آدم‌روهای پیش‌ساخته به دلیل وزن بالای قطعات، لزوم آب‌بندی در محل‌های اتصال و عدم امکان جبران خطاهای اجرایی، به‌ویژه در آدم‌روهای با کرسی پیش‌ساخته، دارای محدودیت‌هایی هستند. اگر ابعاد آدم‌رو قابل‌توجه نباشد و یا شکل هندسی منظمی اعم از پلان و پروفیل نداشته باشد، آدم‌روی بتنی به روش درجا قابل‌اجرا است. (شکل ۴۹) نمونه از آدم‌رو بتنی نشان داده‌شده است.

omoorepeyman.ir

شکل ۴۹ : آدم‌رو بتنی

۴-۵-۲-۲-۱- مشخصات فنی

پوشش بتن به دلیل حمله سولفاتی و شرایط محیطی بسیار شدید، باید در جداره داخلی آدم‌رو (دیواره‌ها و سقف) از بتن با مشخصات فنی عمومی کارهای خطوط لوله زهکشی با پوشش (مقاوم در برابر سایش و فرسایش) استفاده شود. استفاده از بتن با حداقل مقاومت فشاری ۲۸ روزه‌ی ۳۰MPa بلامانع است. با توجه به شرایط خاک اطراف آدم‌رو، اجرای غشای محافظ خارجی طبق ضوابط آیین‌نامه بتن ایران (آبا) برای محیط‌های خورنده انجام می‌شود.

میلگردهای حرارتی و جمع شدگی بتن نباید به فاصله بیش از ۳۰۰میلی‌متر و ضخامت عضو بتنی (هرکدام که کمتر است)، از یکدیگر فاصله داشته باشند و به قطر کمتر از ۱۲میلی‌متر اختیار شوند. طبق استاندارد ASTM C478 (استاندارد آدم‌روهای بتن مسلح پیش‌ساخته) فاصله میلگردهای حلقوی ۱۵سانتیمتر است که باید در یک سوم میانی ضخامت دیوار قرار گیرد. مطابق با استاندارد ASTM C478، موقعیت و شکل آرماتورهای حلقه‌ای باید توسط میلگردهای طولی حفظ شود. میلگردهای حلقه‌ای مورداستفاده در میله ورودی و بخش مخروطی آدم‌رو، نباید به فاصله بیش‌تر از ۱۵سانتیمتر و به قطر کمتر از ۱۲ میلی‌متر اختیار شوند.

مطابق با ضوابط استاندارد ASTM C990 جزییات محل اتصال حلقه‌های بتنی باید طوری باشد که شرایط آب‌بندی را تأمین کرده و مقاومت کافی در برابر بارهای جانبی را داشته باشد. لازم است در محل قرارگیری حلقه‌های بتنی از ملات ماسه سیمان و چسب بتن و یا واشرهای لاستیکی با مقاومت کافی مطابق با (شکل ۵۰) استفاده شود. برای افزایش سرعت اجرا، می‌توان واشرهای لاستیکی را قبل از اجرای آدم‌رو روی حلقه‌ها نصب کرد.

omoorepeyman.ir

شکل ۵۰ : جزییات حلقه بتنی پیش‌ساخته با واشر لاستیکی

۴-۵-۲-۲-۲- آزمایشات کنترل کیفیت

آزمایشات کنترل کیفیت آدم‌رو بتنی بشرح زیر می‌باشد:

برای انجام آزمون کیفیت مطابق استاندارد BS1881 جذب آب باید کمتر از ۲درصد باشد. نفوذ آب در بتن طبق استاندارد8-EN12390 حداکثر ۱۰ میلی‌متر باشد. نفوذ بون کلر در بتن مطابق استانداردASTM C1202، حداکثر ۲۰۰۰ کولمب باشد. حداکثر پوشش میلگرد باید ۶ سانتیمتر اجرا گردد، مگر اینکه طبق مشخصات فنی و خصوصی مهندس مشاور ضخامت دیگری تعیین نماید. مقاومت فشاری طبق حدود در ضابطهASTM C39، ASTM C497 تعیین می‌شود. بارگذاری حداکثر و بارگذاری تائید شده مطابق ضابطه ۱۴۶ -الف(لوله‌های بتنی مسلح، برای جمع‌آوری آب باران و فاضلاب-ویژگی ها) تأمین می‌گردد. مهندس مشاور باید تمام پارامترهای لازم آزمون‌ها را از استانداردهای ذکرشده کنترل نماید.

۴-۵-۲-۳- آدم‌روهای آجری

استفاده از آدم‌روهای آجری فقط تا عمق ۳ متر و برای اقطار لوله تا ۴۰۰ میلی‌متر و برای محل‌هایی که تراز پی بالاتر از تراز آب‌های زیرزمینی باشد، مجاز است. ضخامت دیوار آدم‌روهای آجری نباید کمتر از ۲۲ سانتیمتر باشد.

اگر ارتفاع آدم‌رو بیش از ۳متر باشد و اجرای سایر انواع آدم‌رو به دلیل وجود تأسیسات زیرسطحی و عدم امکان حمل مصالح ممکن نباشد، با اجرای کلاف‌های افقی و قائم، می‌توان از آدم‌روی آجری با ضخامت الزامی ۳۵ سانتیمتر استفاده کرد. (شکل ۵۱) ساخت آدم‌رو آجری نشان داده‌شده است.

omoorepeyman.ir

شکل ۵۱ : ساخت آدم‌رو آجری

۴-۵-۲-۳-۱- مشخصات فنی

تقویت آدم‌روهای با مقطع دایره‌ای و عمق بالای ۳ متر توسط میلگرد افقی با قطر ۶ یا ۸ میلی‌متر در ملات به ضخامت ۲ سانتیمتر انجام می‌شود. جزییات تقویت آدم‌روهای آجری با مقطع مستطیلی با عمق بالای ۳ متر، به دو صورت زیر قابل‌اجرا است:

الف: تعبیه میلگرد با قطر ۶ یا ۸ میلی‌متر در درزهای به ضخامت حداقل ۲ سانتیمتر

ب: تعبیه میلگرد با قطر ۱۰ میلی‌متر در کلاف‌های افقی

کلاف‌های قائم، باید حداقل در چهارگوشه آدم‌روهای آجری با مقطع مستطیلی اجرا شوند. در آدم‌روهای آجری با مقطع دایره‌ای نیز، باید حداقل ۴ کلاف قائم به صورت متقارن اجرا شود.

ملات مصرفی اجرای آدم‌روها مطابق با استاندارد ASTM C270 از نوع ملات قوی (S) با میانگین مقاومت ۲۸ روزه ۱۲/۴MPa است. مطابق با استاندارد فوق، نسبت مواد پرکننده به مواد چسباننده در ملات نباید کمتر از ۲/۲۵ و بیشتر از ۳/۵ باشد.

مطابق با ضوابط استاندارد ASTM C32، آجر مورداستفاده در دیواره آدم‌روها باید دارای رده MM با حداقل مقاومت فشاری (میانگین ۵ نمونه) ۱۷MPa و جذب آب حداکثر (میانگین ۵نمونه) ۲۲٪ باشد. در آن قسمت از دیوار آجری که با خاک تماس مستقیم و دائم دارد، باید از آجری استفاده شود که خاصیت جذب آب کمی داشته باشد. آجر

omoorepeyman.ir

مورداستفاده در آدم‌رو باید دارای سطح صاف و یکنواخت باشد. همچنین آجر مصرفی باید دارای شکل هندسی منظم (مقطع مستطیل شکل) با لبه‌های صاف و گوشه‌های مربعی باشد.

با توجه به محیط‌های خورنده، استفاده از سیمان نوع ۲ در تهیه ملات مناسب خواهد بود. لازم است در جداره داخلی آدم‌رو (دیواره‌ها و سقف) از پوشش مناسب استفاده شود.

۴-۵-۲-۳-۲- آزمایشات کنترل کیفیت

آجر تحویلی در محل پروژه باید توسط مهندس مشاور با بازرسی چشمی کنترل شود. الزامات تعیین‌شده و آزمون‌های مربوط در خصوص مقاومت فشاری و جذب آب از استاندارد ملی ایران شماره۷ تأمین می‌شود. آجر باید بدون ترک و تورفتگی بوده و در مقابل یخبندان مقاوم باشد. اگر آجر ضمن کار و یا حمل و انبارش ترک بردارد و یا شکسته شود، قابل‌استفاده نیست و باید با آجر سالم جایگزین شود. در خصوص سایر مشخصات آجرهای مصرفی باید ضوابط ۵۵ و ۱۰۸ سازمان برنامه و بودجه کشور رعایت شود.

۴-۵-۲-۴- پر کردن اطراف آدم‌رو بتنی و آجری

اطراف آدم‌روها باید با مصالح با تراکم سازگار با خاک اطراف و با تراکم حداقل۹۰ درصد انجام پذیرد تا نشست نسبی و تغییر مکان‌های زاویه‌ای، کنترل‌شده و امکان آسیب‌دیدگی محل‌های اتصال لوله و آدم‌رو به حداقل برسد. برای این منظور، انواع مخلوط‌های پرکننده روان می‌تواند مورداستفاده قرار بگیرد. ناحیه زیر و اطراف لوله، می‌تواند با مصالح بسترسازی و پر کردن دور لوله‌ها پر شود.

۴-۵-۳- کانال سرپوشیده

۴-۵-۳-۱- کانال بتنی پیش‌ساخته با دال

استفاده از قطعات پیش‌ساخته مجزا صرفاً در دیواره (به‌صورت جداول بتنی) و درپوش بصورت دال بتنی مجاز است و مابقی اعضای بتن درجا اجرا می‌گردد. مشخصات فنی، آزمون کنترل کیفیت و روش اجرا مطابق بند۴-۲-۱ این آیین‌نامه انجام می‌شود.

omoorepeyman.ir

۴-۵-۳-۱-۱- اجرای دال بتنی پیش‌ساخته

ضخامت و نوع میلگرد گذاری دال در این نوع سیستم بر اساس محوطه و بارگذاری آن توسط مهندس مشاور طراحی می‌گردد. در این قطعات باید مقاومت در برابر بارهای وارده و حرکت ماشین‌آلات و وضعیت تکیه‌گاه‌ها آن رعایت گردد. جزئیات اجرای کانال سرپوشیده مشابه کانال روباز در ضابطه ۲۹۱ اشاره شده است.

۴-۵-۳-۱-۲- مشخصات عمومی دال‌های پیش‌ساخته بتنی

دال‌های بتنی دارای برخی مشخصات عمومی هستند که به‌عنوان حداقل‌هایی در ساخت تمامی دال‌های پیش‌ساخته باید رعایت شوند:

- جنس تمامی دال‌ها از بتن مسلح است و از آرماتور نوع AIII در تولید آن‌ها استفاده می‌شود.
- عموماً ظاهر یا همان دال‌های بتنی مستطیل شکل است و از عیار سیمان ۳۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب در آن‌ها استفاده می‌شود.
- حداقل رده بتن مصرفی در آن‌ها C25 می‌باشد و معمولاً از نوع سیمان پرتلند تیپ ۲ در ساخت دال‌ها (اسلب‌ها) استفاده می‌شود.
- نسبت آب به سیمان بین۰/۴ تا ۰/۴۵ است که از روان کننده‌های کربوکسیلاتی نیز در آن‌ها استفاده می‌شود.

دال‌ها برحسب تحمل بار ناشی از عبور وسایل نقلیه در دو نوع ترافیکی و غیر ترافیکی تولید و اجرا می‌گردند. مطابق مبحث ششم مقررات ملی ساختمان، ضابطه ۱۳۹ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور و همچنین مطابق آیین‌نامه۳۸۸ (طرح و محاسبه سازه‌های بتنی پیش‌ساخته)، طراحی کانال‌ها و دال‌های ترافیکی بر اساس عبور کامیون (تریلی) با وزن ۴۰ تن صورت می‌گیرد. با توجه به اینکه بار ناشی از هر محور کامیون ۱۶ تن می‌باشد، لذا با در نظر گرفتن توزیع این بار بر روی دو سری چرخ، بار متمرکزی معادل ۸ تن برای طراحی کانال‌ها و دال‌ها در نظر گرفته می‌شود. همچنین طراحی و ساخت کانال‌های غیر ترافیکی بر اساس بار متمرکز ۲ تن صورت می‌گیرد.

در صورت استفاده از دال پیش‌ساخته در محوطه‌های که عبور ماشین‌آلات بر روی آن امکان‌پذیر است، باید حفره‌ها در سطح دال جهت ورود رواناب به سیستم در نظر گرفته شود. تعداد این حفره باید طوری انتخاب گردد که در سطح دال ضعف ایجاد نگردد و همچنین رواناب به راحتی تخلیه نماید.

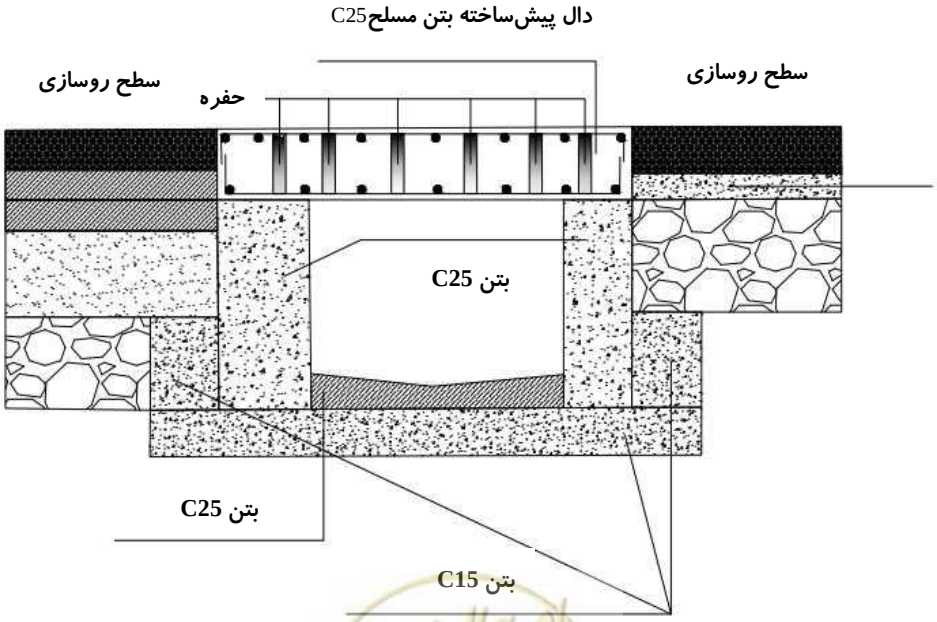
omoorepeyman.ir

درصورتی‌که نیاز به دسترسی به داخل کانال وجود داشته باشد، می‌توان بر روی دال یک دریچه از جنس چدنی یا کامپوزیتی نصب نمود. نصب دریچه بر روی تمامی دال‌های روی کانال ضروری نیست. استفاده از یک کانال دریچه دار در فواصل ۵۰-۲۰ متر امکان دسترسی لازم به داخل کانال را فراهم می‌نماید. همچنین در محل تقاطع دو کانال یا نقاط حساس(عبور ماشین‌آلات کمتر است) از دال با دریچه استفاده می‌گردد. شکل ۵۲ جزییات عمومی اجرای کانال پیش‌ساخته بتنی سرپوشیده نشان داده‌شده است.

کانال‌های بتنی پیش‌ساخته باید با استاندارد BS EN 1340 مطابقت داشته باشند. هرگونه تغییر در طراحی سیستم زهکشی بتنی پیش‌ساخته، نیاز به مشخصات فنی و خصوصی طراح را دارد. چنین تغییراتی فقط در صورتی موردبررسی قرار می‌گیرد که بتوان در بارگذاری و زهکشی محوطه‌های مختلف بندری رضایت بخشی کامل را به همراه داشته باشد. در طراحی و اجرای کانال پیش‌ساخته بتنی باید الزامات زیر رعایت گردد:

- مطابق با استاندارد BS EN 1340 خطری برای عموم و تردد ماشین‌آلات سنگین ایجاد نکند.
- مطابق با استاندارد BS EN 1340 سایر جنبه‌ها به‌عنوان مثال: استحکام کافی و ... پاسخگو باشد.
- رواناب سطوح را جمع‌آوری و انتقال دهد.

در محوطه‌های بندری به دلیل تردد ماشین‌آلات سنگین، کلاس مقاومت وزنی بالا (F900) موردنیاز می‌باشد.



شکل ۵۲ : جزئیات عمومی اجرایی کانال سرپوشیده با دال بتنی

omoorepeyman.ir

۴-۵-۳-۲- کانال پیش‌ساخته خطی (Slot Drain)

۴-۵-۳-۲-۱- مشخصات فنی و اجرا

- تراز شکاف (رایزر) باید هم‌سطح روسازی تمام‌شده قرارگیرد.
- یک‌لایه بتن مگر با حداقل مقاومت فشاری رده C10 نمونه استوانه‌ای، کف کانال زهکش خطی ریخته شود تا بتوان زهکش را به درستی تعبیه کرد یا با استفاده از براکت زهکش به زمین متصل گردد(شکل ۵۳).
- قطعات زهکش خطی را به هم متصل کرده و رایزر آن باید متحدالمرکز و در یک راستا قرار بگیرند.
- در صورت ریزشی بودن دیواره‌های کانال باید حتماً مهار شوند.
- قبل از بتن‌ریزی اطراف زهکش خطی، ابتدا دهانه شکاف با چسب نواری پوشانده شود یا در صورت نیاز فوم استایروفی وارد رایزر گردد. این امر به جلوگیری از ریختن بتن در داخل زهکش از طریق شکاف در حین ریختن بتن در اطراف زهکش کمک می‌کند. مقاومت فشاری بتن باید در رده بتن مصرف‌شده برای روسازی باشد و یا رده C30 تأمین شود. زمانی که ریختن بتن و گیرش اولیه سپری شد، برای اطمینان از اینکه بتن کاملاً زهکش خطی را احاطه کرده باشد، استفاده از ویبراتور مدادی قویاً توصیه می‌شود و نباید هیچ حباب یا فضای خالی باقی بماند. در نهایت، هنگامی‌که دال بتنی سخت شد، نوار یا فوم استایروفوم از شکاف جدا کرده و سپس تمام زبانه‌های فلزی باز و اطراف زهکش جاروب و پاکسازی گردد.
- اتصالات باید مطابق با الزامات AASHTO M252، AASHTO M294 یا ASTM F2306 تأمین شود.

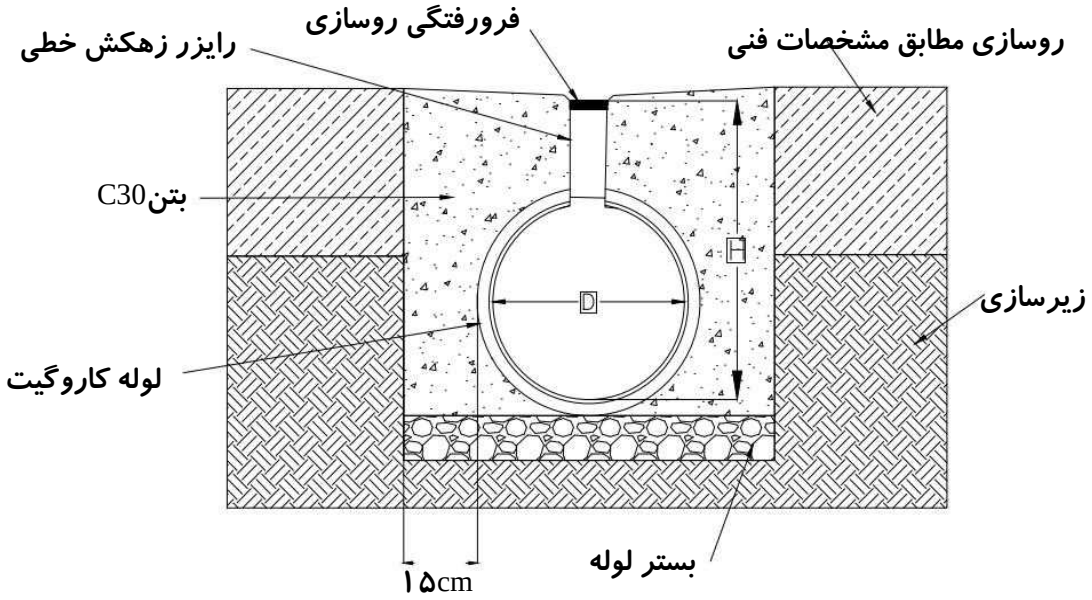
شکل ۵۳: نحوه حمل و نصب کانال پیش‌ساخته خطی

omoorepeyman.ir

حداقل و حداکثر عمق موردنیاز برای زهکش خطی بر اساس قطر لوله مطابق جدول ۲۳ می‌باشد. عمق کانال که در (شکل ۵۴) به‌عنوان "H" نشان داده‌شده است. با افزودن قطر داخلی لوله، ضخامت تقریبی لوله، حداقل ارتفاع شیار تا تاج داخلی لوله، و فرورفتگی در روسازی محاسبه می‌شود.

جدول ۲۳: حداقل و حداکثر عمق (H) بر اساس اندازه لوله

قطر داخلی (میلی‌متر)	۱۰۰	۱۵۰	۲۰۰	۲۵۰	۳۰۰	۳۷۵	۴۵۰	۶۰۰	۷۵۰	۹۰۰
حداقل عمق کانال H (میلی‌متر)	۳۵۰	۴۰۷	۴۵۸	۵۰۸	۵۷۰	۶۴۸	۷۲۴	۸۸۳	۱۰۶۱	۱۲۱۳
حداکثر عمق کانال H (میلی‌متر)	۷۷۵	۸۲۶	۸۷۷	۱۲۳۲	۱۳۰۹	۱۳۸۵	۱۵۳۷	۱۵۳۷	۱۶۹۰	۱۸۴۲



شکل ۵۴: لایه‌های اجرایی کانال پیش‌ساخته خطی (Slot)

رایزر (شکاف) باید حداقل ۱۳ میلی‌متر زیر بالاترین لایه روسازی قرارگرفته باشد. ارتفاع شکاف تا تاج لوله کمتر از ۲۲۹ میلی‌متر توصیه می‌شود.

۴-۵-۳-۲-۲- نحوه اجرای زهکش خطی بعد از اجرای روسازی

موارد زیر در اجرای زهکش خطی در نظر گرفته شود:

omoorepeyman.ir

- باید عرض کانال کنی حداقل ۳۰ سانتیمتر بزرگ‌تر از قطر لوله در نظر گرفته شود.
- محل نصب کانال، خط‌کشی شده و محل کانال کنی و تخلیه روی روسازی موجود علامت‌گذاری گردد.
- محل خط‌کشی شده به عمق۶۰ سانتیمتر و یا مطابق جدول ۲۳ کانال کنی گردد.
- ترانشه حفرشده باید فضایی در زیر و در دو طرف زهکش خطی به وجود بیاورد که حداقل ۱۵ سانتیمتر بتن در اطراف زهکش قرارگیرد.
- برای گیرایی بتن با روسازی، دو طرف برش روسازی موجود دریل و رولپلاک زده شود. فاصله تقریبی رولپلاک‌ها تقریباً ۴۰ تا ۶۰ سانتیمتر در دو طرف ترانشه در طول کانال باشد. بتن‌ریزی این بخش مانند بند۴-۴-۴-۱ این آیین‌نامه انجام می‌شود.
- قبل از بتن‌ریزی مطابق(شکل ۵۵) زهکش خطی را با چوب در سطح روسازی یا اطراف مهار کرده، سپس بتن‌ریزی انجام شود. گاها چوب یا بولت ممکن است بعد از بتن ریز در کار باقی بماند.

شکل ۵۵ : روش مهار زهکش خطی(اسلات) با چوب و بولت قبل از بتن‌ریزی

۴-۵-۳-۲-۳- آزمون کیفیت

هر قطعه پیش‌ساخته زهکش خطی به‌طور مستقل بارگذاری شده، تا معیارهای تعیین‌شده در مشخصات فنی BS EN 1433 را برآورده کنند.

۴-۵-۳-۳- کانال پیش‌ساخته مشبک(Trench Drain)

مشخصات و روش اجرای کانال‌های پیش‌ساخته سرپوشیده مشابه کانال‌های خطی بند ۴-۵-۳-۲ می‌باشد.

omoorepeyman.ir

۴-۵-۳-۳-۱- مشخصات فنی و کنترل کیفیت

حداقل بارگذاری طراحی سازه برای سازه‌های بتنی پیش‌ساخته به‌صورت یکپارچه یا قطعه‌ای طبق استاندارد ASTM C890 تأمین می‌شود. سازه‌های آب و فاضلاب پیش‌ساخته بتنی مطابق استاندارد ASTM C913 صورت می‌گیرد.

۴-۵-۴- آشغال‌گیرها

به‌منظور جلوگیری از ورود زباله به کانال‌های سرپوشیده معمولاً بعد از دریچه‌ها یا در دهانه کانال سرپوشیده (محل تبدیل کانال روباز به کانال سرپوشیده) مورداستفاده قرار می‌گیرد. آشغال‌گیرها باید پیش‌ساخته باشند. جنس آشغال‌گیر می‌تواند از فایبرگلاس، پلی‌اتیلن، فایبرگلاس و پلیمر باشد. سبد آن برای سهولت در تخلیه زباله‌ها باید از جنس پلی‌اتیلن باشد. در هر صورت لازم است جنس، مشخصات هندسی، موقعیت و فاصله آن باید در نقشه‌ها مشخص و مطابق آن اجرا شود. احداث آشغال‌گیر در محل تردد ماشین‌آلات مجاز نیست. دریچه آشغال‌گیرها باید هم‌سطح روسازی باشد و جنس آن به نحوی باشد که حداقل مقاومت D400 مربوط به استاندارد EN124 را تأمین کند.

۴-۶-سیستم زهکشی سازه‌ای

زهکش سازه‌ای در محوطه‌ها و معابر تعبیه می‌شود تا آب نفوذ کرده به لایه‌های روسازی توسط این زهکش از آن‌ها خارج‌شده و به خروجی هدایت شود.

۴-۶-۱- اجرا

۴-۶-۱-۱- کانال کنی

الف) حفاری کانال (ترانشه) به عرض ۶۰ سانتی‌متر و به عمق تقریبی ۶۰ سانتی‌متر(سطح غیرقابل نفوذ) به صورت مستطیلی انجام شود و سپس کف کانال توسط نقشه‌بردار جهت رعایت شیب طولی مطابق با نقشه‌های اجرایی کنترل شود.

ب) حفاری کانال باید به صورتی باشد که لبه‌های کناری خراب نباشد و به‌صورت هندسی طبق ابعاد ذکرشده و مستطیلی اجرا شود

omoorepeyman.ir

ج) چنانچه بعد از اجرای روسازی، زهکش سازه‌ای تعبیه شود باید لبه‌های کانال با استفاده از دستگاه کاتر به عمق ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر(یا به ضخامت روسازی) برش داده شود و سپس با استفاده از دستگاه بیل مکانیکی به عرض ۶۰ سانتی‌متر و عمق موردنیاز (به صورت هندسی) عملیات کانال کنی انجام شود.

چ) مصالح حاصل از حفاری کانال نباید در خاکریزی روی زهکش استفاده شود.

۴-۶-۱-۲- لوله

الف) اجرای یک‌لایه ماسه طبیعی به ضخامت حداقل ۸ سانتی‌متر و متراکم کردن آن زیر لوله

ب) تهیه لوله‌ها با پوشش ژئوتکستایل مطابق با مشخصات فنی

ج) جایگذاری لوله‌ها طبق نقشه‌ها اجرایی و مشخصات فنی

چ) پر کردن اطراف لوله با مصالح زهکش تا تراز زیر لایه نفوذپذیر روسازی

کنترل سطح تراز روی مصالح زهکش به نحوی انجام گیرد که به هیچ عنوان تراز بالاتر از کد کف لایه نفوذپذیر روسازی نباشد و حداکثر ۱/۲ سانتی‌متر می‌تواند پایین‌تر از لایه نفوذپذیر باشد.

۴-۶-۱-۳- پر کردن اطراف لوله

پر کردن فضای خالی اطراف و روی لوله‌ها باید بعد از پاک کردن کامل روی لوله‌ها و طرفین دیوارها از مصالح اضافی و بازدید و تأیید دستگاه نظارت انجام گیرد. این فضای خالی باید در لایه‌هایی به ضخامت حداکثر ۱۵ سانتیمتر با مصالح مناسب یا مصالح منتخب زهکش (که دانه‌بندی آن‌ها در مشخصات فنی خصوصی تعیین‌شده است)پر شود و مصالح روی لوله‌ها نباید پرتاب شود. عملیات خاکریزی باید به طریقی صورت گیرد که تراز طرفین آبروها و لوله‌ها در هرلحظه یکسان بوده و به لوله‌ها و دیوارها در حین انجام کارها آسیبی وارد نشود. هنگام ریختن مصالح روی لوله‌ها باید دقت کافی به عمل آید تا لوله‌ها جابه‌جا نشده و آسیب نبینند. مصالح زهکشی نباید از ماسه حاصل از سنگ شکسته کربناتی که به‌تدریج در آب حل می‌شود استفاده نمود.

شیب بستری که لوله روی آن قرار می‌گیرد باید در تمام طول لوله‌گذاری منطبق با شیب نقشه‌های اجرایی بوده و کنترل شود. شیب لوله‌ها نباید از ۰/۳ درصد کمتر باشد و در هیچ‌یک از قسمت‌های مختلف شیب معکوس در لوله‌ها ایجاد نشود. کانال‌هایی که لوله در کف آن قرار داده می‌شود باید منطبق با ابعاد و اندازه‌های مشخص‌شده در نقشه باشد. فاصله دو طرف لوله‌ها از دیواره‌های کانال باید حداقل ۱۵ سانتی‌متر باشد. بستری که لوله روی آن قرار می‌گیرد

omoorepeyman.ir

باید تراکم کافی و یکنواخت داشته باشد. بعد از قرار گرفتن لوله‌ها در کف کانال، اطراف و روی آن‌ها باید بلافاصله با مصالح زهکشی که دانه‌بندی آن‌ها مشخصات فنی خصوصی تعیین‌شده است پر شود. در ابتدا باید مصالح را با دقت در دو طرف لوله‌ها ریخته و آنگاه باید روی لوله‌ها را تا ارتفاع ۱۰سانتیمتر با مصالح زهکش پر کرد و با تخماق دستی متراکم نمود. بقیه فضای خالی روی لوله‌ها باید با قشرهای ۱۵سانتیمتری پر و با کوبنده‌ها یا غلتک‌های کوچک دستی کوبیده شود.

۴-۶-۱-۴- مصالح سنگی و لایه جداکننده

در جدول ۲۴مشخصات مصالح لایه زهکش سازه‌ای اشاره‌شده است. در جدول ۲۵ برای دانه‌بندی دقیق این مصالح استفاده می‌شود. با این وجود برای پایداری بیشتر بهتر است از دانه‌بندی با بزرگترین بعد دانه درشت‌تر استفاده شود. این دانه‌بندی‌ها باید ضریب نفوذپذیری لازم را تأمین کنند.

جدول ۲۴: مشخصات مصالح لایه زهکش سازه‌ای

مشخصه	مواد با زهکشی سریع
نفوذپذیری متر بر روز	۱۵۰۰-۳۰۰
تخلخل موثر	۰,۲۵
درصد شکستگی وجه سنگ	۷۵ برای CBR۵۰
C_V	۳,۵ <
سایش به روش لوس آنجلس	۴۰>
C_V = ضریب یکنواختی مصالح برابر است با D60/D10	

جدول ۲۵: دانه‌بندی دقیق زهکش سازه‌ای برای پایداری بیشتر

اندازه الک اینچ (میلیمتر)	دانه بندی۳- حداکثر ۳۸ میلیمتر	
	درصد عبوری	دامنه تغییرات
۱/۵ اینچ (۳۷میلیمتر)	۱۰۰	-۵
۱ اینچ (۲۵میلیمتر)	۷۹	±۸
۳/۴ اینچ (۱۹میلیمتر)	۶۶	±۸
۰/۵ اینچ (۱۲/۵ میلیمتر)	۵۲	±۸
۳/۸ اینچ (۹/۵ میلیمتر)	۴۲	±۸
شماره۴(۴/۷۵ میلیمتر)	۲۵	±۶
شماره۸(۲/۳۶ میلیمتر)	۱۲	±۶

omoorepeyman.ir

شماره۱۶(۱/۱۸ میلیمتر)	۲	±۲

مصالح اطراف و روی لوله به تراکم نیاز دارد و در زمان تراکم نباید ضخامت از ۳۰ سانتی‌متر بیشتر باشد.

در زهکش‌های باید از ژئوتکستایل AOSکمتر از ۰/۲۱۲ میلی‌متر استفاده کرد. لوله زهکش از هر طرف باید حداقل ۱۵ سانتی‌متر با دیواره فاصله داشته باشد. فاصله مرکز لوله از لایه فوقانی باید حداقل ۳۰ سانتی‌متر و از کف بستر حداقل ۸ سانتی‌متر باشد. قطر لوله‌ها بر اساس محاسبات مربوط به بند۳-۴-۲-۳ این آیین‌نامه استخراج می‌شود. فشار قابل‌تحمل لوله و سایر مشخصات لوله باید مطابق آشتو M252 باشد.

۴-۶-۲- آزمون کنترل کیفیت

الف) دانه‌بندی مصالح سنگی بر اساس استاندارد ASTM C136 یا AASHTO T27 (هر ۵۰۰ تن)

ب) نفوذپذیری مصالح هر ۵۰۰۰ تن

ج) تخلخل مؤثر لایه‌های ترانشه زهکش هر ۵۰۰ تن

چ) درصد شکستگی وجه سنگ هر ۵۰۰ تن

ه) سایش به روش لوس‌آنجلس هر ۵۰۰۰ تن

در صورت هرگونه تغییر در جنس و مشخصات فنی مصالح، آزمایش‌های فوق به تشخیص مهندس مشاور باید انجام گردد.

ابعاد سوراخ‌ها سطح لوله و چیدمان آن باید طبق مشخصات فنی در نظر گرفته شود. جزییات اجرای اتصال لوله به آدم‌رو مطابق بند۴-۵-۱-۳-۱ این آیین‌نامه می‌باشد. زهکش سازه‌ای به هیچ عنوان نباید مستقیم به خروجی (رودخانه یا دریا) تخلیه شود زیرا امواج جزر و مد بر این سیستم تأثیر منفی می‌گذارد.

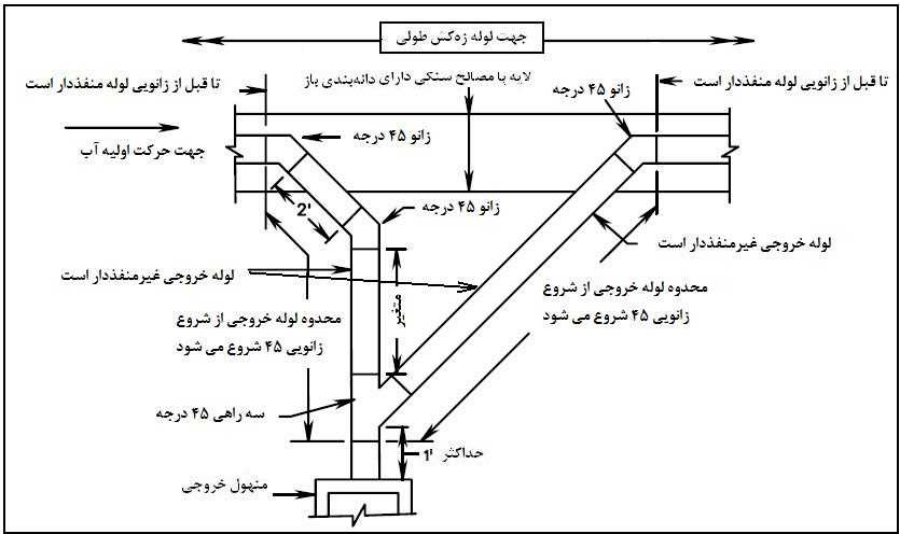
لوله‌های طولی(لوله‌های سوراخ‌دار) زهکش سازه‌ای، باید قبل از خروج (در صورت نیاز خارج از محوطه‌ها) به آدم‌رو و هر سیستم زهکش دیگر توسط لوله خارجی متصل شوند. این لوله‌های خارجی از جنس لوله طولی بوده و نیز نباید سوراخ داشته باشد.

۴-۶-۳- جزئیات اجرایی لوله‌های خروجی

لوله‌های خروجی برای تخلیه آب از زهکش‌های طولی استفاده می‌شود. جزئیات اجرای لوله‌های خروجی و لوله زهکش طولی مربوطه در (شکل ۵۶) نشان داده‌شده است. در اجرای لوله‌های خروجی باید ملاحظات زیر مدنظر باشد.

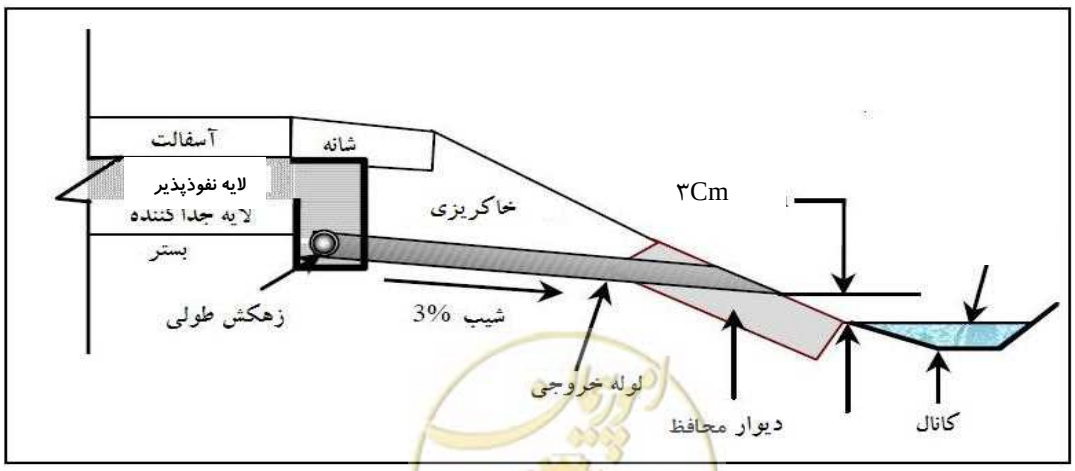
omoorepeyman.ir

- حداقل مطلق شیب طولی لوله‌های خروجی ۲ درصد و حداقل مطلوب آن ۳ درصد است.
- ارتفاع انتهای لوله خروجی، باید ۳۰ سانتیمتر بالاتر از کف آدم‌رو یا هر سیستم خروجی دیگر زهکشی باشد.
- حداقل ضخامت موردنیاز لایه مصالح سنگی بر روی لوله زهکشی ۱۰ سانتیمتر (۴ اینچ) است.
- همه اتصالات از جمله لوله زانویی و یا چندراهی باید تمام خصوصیات لوله خروجی مانند مقاومت گسیختگی را دارا باشند.



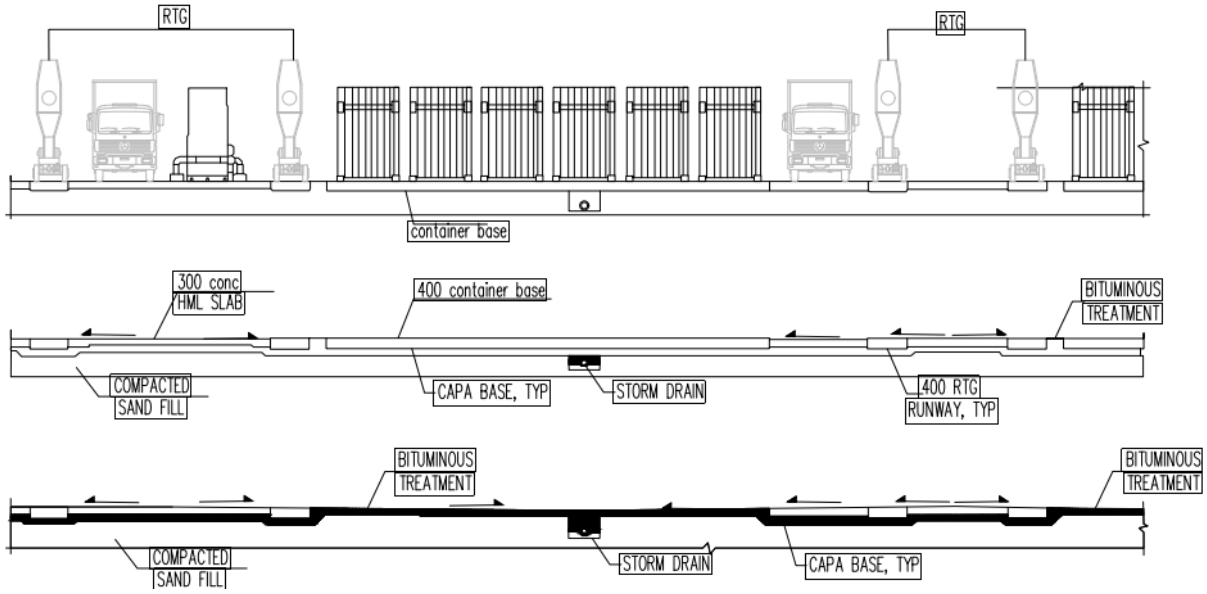
شکل ۵۶: جزئیات اجرای لوله‌های خروجی

شکل ۵۷ مقطع زهکش سازه‌ای در معابر را نشان داده است و شکل ۵۹ مقطع زهکش سازه‌ای در محوطه پایانه کانتینری را نشان می‌دهد.



omoorepeyman.ir

شکل ۵۷: اجزای سیستم زهکش سازه‌ای در معابر



شکل ۵۸: سیستم زهکش سازه‌ای در محوطه پایانه کانتینری

۴-۷-سایر سیستم‌های زهکشی

۴-۷-۱- مخازن زیرسطحی

این سیستم مطابق با ضابطه ۱۲۳ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور تأمین می‌شود.

۴-۸- راهکارهای رفع مشکلات مربوط به محدودیت های اجرایی

۴-۸-۱- تأسیسات زیرسطحی

یکی از مشکلات اجرایی اکثر بنادر کشور، عدم وجود نقشه‌های ازبیلت تأسیسات بخصوص کابل‌های مدفون است که عملیات اجرایی مانند حفاری و کانال‌کشی را با مشکلات اساسی روبرو کرده است. یکی از پرکاربردترین و مؤثرترین ابزارها برای شناسایی عوارض زیرسطحی استفاده از روش رادار نفوذی(GPR) می‌باشد. برای این منظور ابتدا منطقه هدف، توسط خطوطی فرضی که در اصطلاح به آن‌ها پروفیل گفته می‌شود تقسیم‌بندی می‌شوند. فاصله این خطوط در هر منطقه متناسب با میزان دقت موردنیاز در هر پروژه تعریف می‌شود. سپس دستگاه GPR بر روی پروفیل‌ها حرکت داده‌شده و داده‌برداری بر روی این خطوط انجام می‌گیرد. هر یک از لوله‌ها و یا کابل‌های موجود در زیر سطح هر پروفیل، اثر هذلولی مانندی بر روی مقاطع داده می‌گذارند. پس از پردازش داده‌ها و شناسایی هذلولی‌ها در مرحله تفسیر، با دنبال کردن خطوط لوله و کابل در بین مقاطع داده و استفاده از روش درون‌یابی، نقشه تأسیسات به‌طور

omoorepeyman.ir

کامل استخراج می‌شود. پس از این مرحله، با توجه به خصوصیات امواج بازتاب شده، مانند سرعت امواج، شدت بازتاب‌ها و ابعاد هذلولی‌ها، خصوصیاتی چون نوع تأسیسات – آب، برق، گاز، ... عمق تأسیسات و فرعی یا اصلی بودن انشعابات را می‌توان تعیین نمود. در نهایت نقشه جامعی از تأسیسات موجود در منطقه مورد شناسایی تهیه می‌شود که در قالب ArcGIS یا AutoCad قابل‌استفاده می‌باشد.

۴-۸-۲- شرایط جزر و مد دریا

مشخصه اصلی بسیاری از اراضی کم ارتفاع و جزر و مدی شیب‌های کم و هموار است که این موضوع باعث مشکلات عدیده‌ای در طراحی هیدرولیکی می‌شود. در زهکشی این نواحی نسبت به سایر مناطق در شرایط مشابه، به شبکه‌های بزرگ‌تر موردنیاز می‌باشد. همچنین به دلیل دشواری طراحی و اجرای سیستم‌های هیدرولیکی ثقلی در این نواحی، در برخی موارد استفاده از دریچه‌های سیلاب یا جزر و مد و یا سیستم‌های پمپاژ اجتناب‌ناپذیر می‌شود.

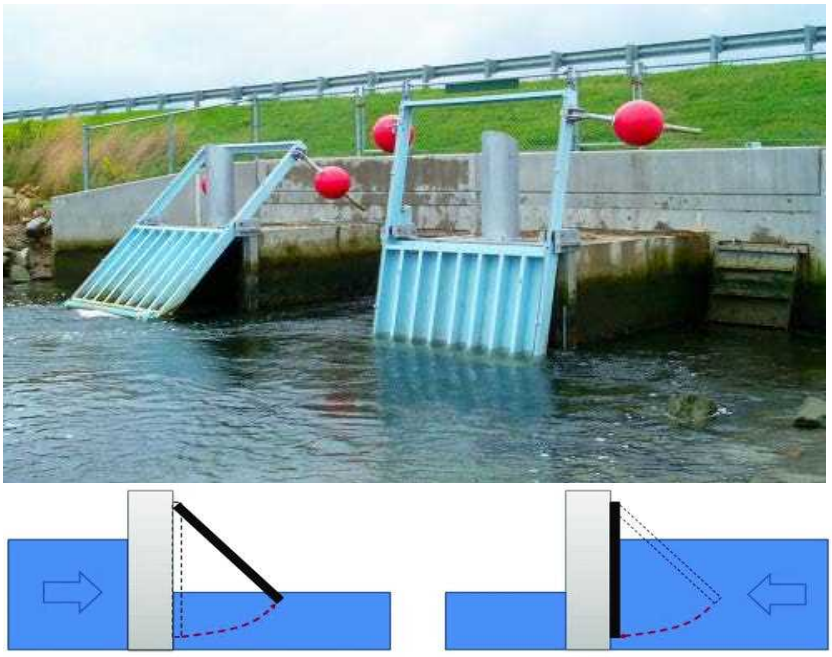
در این‌گونه بنادر شبکه‌های تخلیه آب‌های سطحی بایستی بر اساس محاسبات خط شیب هیدرولیکی (برای سیستم‌های لوله‌ای) یا تحلیل برگشت آب (برای کانال‌های باز) کنترل‌شده و توجه ویژه‌ای در تعیین ترازهای پایابی مناسب شود. اولین گام در فرآیند طراحی شبکه‌های جمع‌آوری آب‌های سطحی در مجاورت یا داخل نواحی جزر و مدی تعیین تراز پایاب مناسب می‌باشد. در مناطقی که توپوگرافی هموار است، یا موانعی در مسیر جریان وجود دارد، اثرات پس‌زدگی در ترازهای پایابی بالا می‌تواند زیاد باشد. این تراز در مقطعی از کانال یا لوله که سرعت جریان صفر بوده و مساحت مقطع می‌تواند بی‌نهایت فرض شود (مثل دریاچه، دریا و سدها) تعیین می‌شود. همچنین لازم است تا در تعیین تراز پایاب موارد ذیل نیز مدنظر قرار گیرد:

- زمانی که رودخانه‌ها وارد محدوده جزر و مدی سواحل می‌شوند، رسوبات آن‌ها به دلیل کاهش سرعت جریان و واکنش شیمیایی ناشی از اختلاط با آب‌شور قابلیت ته‌نشینی می‌یابد. بنابراین اثرات تغییرات احتمالی تراز بستر رودخانه‌ها ناشی از فرآیند رسوب‌گذاری در تعیین تراز پایاب بایستی بررسی گردد.
- در بنادری که در مصب یا بخش جزر و مدی رودخانه‌ها و یا خورهای متصل به رودخانه‌های دائمی یا فصلی واقع‌شده‌اند، تراز سطح آب ممکن است در اثر جریان سیلابی بالادست تحت تأثیر قرار گیرد و این مورد بایستی در تعیین تراز پایاب مدنظر قرار گیرد.

omoorepeyman.ir

- افزایش تراز سطح دریا در اثر تغییرات فشار جوی به‌ویژه در مکانیزم‌های کم‌فشار نظیر چرخندها[1] و گردبادها[2]
- افزایش تراز دریا در اثر بادهای قوی پایدار در راستای به سمت ساحل که باعث منجر به وقوع پدیده خیزاب می‌شود.
- توصیه می‌شود در طرح‌های توسعه بزرگ‌مقیاس که دارای افق‌های بلندمدت هستند، افزایش تراز دریاها به دلیل اثرات گلخانه‌ای و گرمایش جهانی در قالب سناریوهای مختلف مورد ارزیابی واقع‌شده و در صورت لزوم در تعیین تراز پایاب لحاظ گردد.

استفاده از دریچه‌های جزر و مدی[3] یکی از راهکارهای متداول برای جلوگیری از ورود آب به داخل شبکه جمع‌آوری آب‌های سطحی در زمان مد می‌باشد. لازم به ذکر است این دریچه‌ها بایستی به‌صورتی طراحی شوند که عملکرد آن‌ها خودکار باشد چراکه در صورت عملکرد دستی معمولاً با مشکلات زیادی مواجه بوده و بهینه نیست. این دریچه ها از فولاد ضد زنگ SS316 که دارای مقاومت در برابر خوردگی آب دریا است ساخته می شوند. (شکل ۵۹)



شکل ۵۹ : نمونه دریچه‌های جزر و مدی خودکار در خروجی شبکه زهکشی و شماتیک عملکرد آن

[1] Cyclone

[2] Typhoon

[3] Tide Gate

omoorepeyman.ir

۴-۸-۳- شرایط جوی

یکی دیگر از محدودیت‌های اجرایی در بنادر بخصوص بنادر جنوب کشور، شرایط جوی آن در تابستان می‌باشد. هوای گرم در کیفیت بتن تازه یا سخت شده اثر می‌گذارد و سبب بروز خواص نامطلوب در بتن می‌شود. به‌طورکلی اگر دمای بتن بیشتر از ۳۲ درجه سانتیگراد باشد، هوای گرم محسوب می‌شود. در چنین مواردی بهتر است به‌جای ساخت بتن و بتن‌ریزی در اواسط روز، در اوایل صبح یا شب‌هنگام، بتن‌ریزی انجام شود. وجود شرایط هوای گرم در مناطقی از کشور به‌ویژه در حاشیه خلیج‌فارس و دریای عمان وجود شرایط خاصی مانند ایجاد خوردگی در میلگردهای بتن این شرایط را پراهمیت می‌نماید و باید بدان توجه خاصی مبذول داشت.

۴-۸-۴- معارض‌ها (ساختمان، دکل برق و سایر تأسیسات زیرزمینی)

سازه‌های اجراشده قبلی اعم از ساختمان، دکل برق و سایر تأسیسات بخصوص تأسیسات زیرزمینی، در اکثر طرح‌ها مشکل‌ساز بوده و معمولاً حین اجرا در مواجهه با چنین مشکلاتی، تغییراتی در خط پروژه طرح داده می‌شود. برای جلوگیری از بروز مشکلات ناشی از معارض‌ها، قبل از شروع مطالعه، ضروری است نقشه‌برداری دقیق با مقیاس مناسب از محدوده طرح صورت بگیرد و کلیه معارض در آن پیاده گردد.

۴-۸-۵- آبهای حوضه های بالادستی

همانطور که قبلا نیز اشاره شد در برخی بنادر رواناب‌های شهری از سیستم زهکشی بندر به دریا و رودخانه تخلیه می‌شود که این امر سبب افزایش ابعاد و مقاطع کانال‌ها و مجراها ازنظر هیدرولیکی می‌شود. موضوع حائز اهمیت در این بنادر، رسوبات و زباله‌های موجود در رواناب‌های شهری است که وارد کانال‌های محوطه بنادر می‌شود و مشکلات رسوب‌گذاری و گرفتگی کانال‌ها را دو چندان می‌کند. ضروری است قبل از ورود رواناب شهری به داخل محوطه بندری، از آشغال‌گیر و حوضچه‌های رسوب‌گیر استفاده شود.

لازم به ذکر است بنادری که در مسیر سیلاب‌های مخرب حوضه‌های آبریز بالادست واقع شده اند، ضروری است در برابر هجوم آنها حفاظت شوند. برای این منظورلازم است دبی های سیلابی در نقاط تهدید مشخص و سازه‌های حفاظتی مناسب برای مهار آن صورت گیرد. اجرای کانال در بالادست بندر و انحراف مسیل توسط کانال حفر شده، دایک خاکی

omoorepeyman.ir

با پوشش سنگ چین و دیوار سیل‌بند در نقاط تهدید از جمله روش‌های حفاظت بندر در برابر هجوم سیلاب‌های مخرب می باشند.

omoorepeyman.ir

۵

نگهداری و بهره‌برداری سیستم‌های زهکشی و جمع‌آوری آب‌های سطحی در بنادر

omoorepeyman.ir

۵- نگهداری و بهره‌برداری سیستم‌های زهکشی و جمع‌آوری آب‌های سطحی در بنادر

۵-۱- مقدمه

هدف اصلی از نگهداری سامانه‌های زهکشی، حفظ شبکه در بهترین شرایط و افزایش طول عمر مفید آن‌ها با کمترین هزینه ممکن است. پیش‌بینی می‌شود تا ۳ درصد از هزینه سرمایه‌گذاری به‌طور سالانه صرف بهره‌برداری و نگهداری از سامانه گردد.

یکی از مهم‌ترین الزامات در حفظ عملکرد مطلوب زهکش‌ها در دوره بهره‌برداری و نگهداری صحیح، داشتن اطلاعات و داده‌های لازم و نقشه‌های اجرایی زهکش‌های اجراشده است. بنابراین در پایان ساخت، تاریخ بهره‌برداری، نقشه‌های چون ساخت، مشخصات مصالح مورداستفاده و دستورالعمل بهره‌برداری و نگهداری توسط مشاور تدوین و تحویل بهره‌بردار شود. در دستورالعمل آماده‌شده باید، ساختار سازمانی بهره‌برداری و نگهداری ازنظر نیروی انسانی و ماشین‌آلات، بازدیدهای دوره‌ای، فرم‌های بازدید و گزارش‌های مربوط، روش‌ها و شاخص‌های ارزیابی، روش‌های برنامه‌ریزی و روش‌های تعمیر و نگهداری برای هرکدام از اجزا، مشخص شود. فاصله زمان ساخت و شرایط پروژه و منطقه از عواملی هستند که فاصله بازدیدها را مشخص می‌نمایند.

در ذیل چارچوب کلی اقدامات نگهداری از سامانه‌های زهکشی که باید در دوران بهره‌برداری انجام شود، شامل بازدیدهای میدانی، ارزیابی وضعیت موجود، شناسایی مشکلات و ارائه راهکارهای مناسب برای ترمیم و تعمیرات موضعی و اساسی ارائه‌شده است.

۵-۱-۱- بازدیدهای میدانی

شبکه‌های زهکشی باید به‌طور مرتب و با فاصله‌های مشخص مورد بازدید قرار گیرند تا اطلاعات لازم از وضعیت موجود جمع‌آوری شود. مشاهدات انجام‌شده در طی بازدیدهای مختلف باید ثبت شود و یک نسخه از آن برای بررسی مسئولان مربوط ارسال گرد.. لازم بذکر است که بازدیدها باید توسط عوامل آموزش‌دیده و مجرب انجام شود. بازدیدهای لازم برحسب بازه زمانی عبارتند از:

۵-۱-۱-۱- بازدیدهای روزانه

درصورتی‌که در نقطه‌ای، از پمپ‌های زهکش به صورت روزانه استفاده می‌شود، باید به‌طور روزانه و در هنگام کار موردتوجه قرار گیرد.

omoorepeyman.ir

۵-۱-۱-۲- بازدیدهای هفتگی

زهکش‌های اصلی باید به‌طور هفتگی مورد بازدید قرار گیرند. در بازدید هفتگی، چگونگی تخلیه آب، شرایط فیزیکی زهکش‌های اصلی و محل تلاقی آن‌ها با سایر زهکش‌ها باید کنترل شوند. اگر در نقطه‌ای از زهکش اصلی، وسایل اندازه‌گیری تعبیه‌شده است، باید چگونگی کار آن موردبررسی قرارگرفته شود.

۵-۱-۱-۳- بازدیدهای ماهانه

در بازدید ماهانه، محل تخلیه رواناب به دریا، سیستم‌های پمپاژ (در صورت وجود)، حوضچه‌های رسوب‌گیر، آشغال‌گیرها مسیر باید مورد بازدید قرار گیرد.

۵-۱-۱-۴- بازدیدهای سالانه

کلیه زهکش‌ها حداقل باید یکبار در سال به‌ویژه در اوایل فصول بارانی چک شوند تا آسیب‌دیدگی‌ها یا انسدادهایی که توسط آشغال‌ها یا مصالح ایجادشده برطرف گرد. دریچه‌ها، پوشش کانال‌ها، آدم‌روها و درپوش‌های آن‌ها باید به‌طور منظم یک‌بار در سال موردبررسی قرار گیرند .

۵-۱-۱-۵- بازدیدهای موردی و اضطراری

علاوه بر بازدیدهای دوره‌ای منظم که برای بهره‌برداری بهینه لازم است، در صورت وقوع سیل، زلزله یا حوادث غیرمترقبه با توجه به‌شدت و ضعف آن‌ها باید بازدیدهایی از سامانه‌های زهکشی، به‌خصوص سازه‌های مسیر و محل آن‌ها و نقاط حساس دیگر به عمل آید تا در صورت ایجاد اشکال، مراتب گزارش و به‌سرعت به رفع نقایص اقدام گردد.

در جدول ۲۶ برنامه زمان‌بندی بازرسی و بهره‌برداری از سیستم‌های زهکشی ارائه‌شده است.

omoorepeyman.ir

جدول ۲۶ : زمان‌بندی بازرسی و بهره‌برداری از سیستم‌های زهکشی

نوع بازدید	اجزای مورد بازدید		اطلاعات ثبت‌شده
بازدید روزانه	سیستم پمپاژ در حال فعالیت		ثبت مشکلات مشاهده‌شده در سیستم پمپاژ
بازدید هفتگی	محوطه‌های سوخت گیری و بارگیری مواد معدنی	محل تخلیه آب‌های سطحی	تخلیه مواد نفتی به دریا در صورت وجود
	سایر محوطه‌ها و معابر	سیستم های زهکشی اصلی	ثبت خرابی و گرفتگی
بازدید ماهانه	محوطه‌های بارگیری مواد معدنی و غلات	کلیه اجزای سیستم زهکشی بویژه آشغال‌گیر و حوضچه رسوبگیر درضمن بازدی از این محوطه ها بعد از هر بارندگی ضروری است.	ثبت میزان رسوبات تجمع یافته در حوضچه های رسوبگیر و سایر مشکلات
	سایر محوطه‌ها و معابر	کلیه اجزای سیستم زهکشی قابل دسترسی باز اعم از کانال، آشغالگیر، درپوش، آدم رو	ثبت مشکلات مشاهده‌شده در سیستم ها
بازدید سالیانه	محوطه‌های کانتینری با سیستم‌های زهکشی مدفون و سرپوشیده	بازدید مکانیزه با استفاده از دوربین از کل سیستم‌های مدفون،	ثبت اقدامات تمیزکاری و لایروبی سالیانه،
	سایر محوطه‌ها و معابر	آدم‌روها، پوشش و بدنه کانال‌ها	ثبت خرابی‌های مشاهده‌شده و اصلاح‌شده
بازدید اضطراری	قبل از وقوع (در صورت دریافت هشدار) بازدید از کلیه سیستم زهکشی بعد از وقوع – بازدید از کل سیستم با تمرکز بر نقاط دارای مشکل احتمالی، بازدید از خرابی‌های احتمالی		نوع حادثه، تاریخ، مشکلات ایجادشده، اقدامات انجام‌شده، وضعیت سیستم زهکشی بعد از ترمیم و تعمیرات اضطراری

۵-۲-اقدامات نگهداری

اقدامات نگهداری سیستم‌های زهکشی را می‌توان به شکل زیر طبقه‌بندی کرد:

- پاکسازی
- ترمیم‌های موضعی
- تعمیرات اساسی
- بازسازی و جایگزینی سیستم موجود با سیستم جدید

omoorepeyman.ir

۵-۲-۱- پاکسازی

برای هر محوطه بندری، باید یک برنامه پاکسازی شامل اقدامات پاکسازی جاری، دوره‌ای و اضطراری، زمان و تناوب آن‌ها و تجهیزات موردنیاز تدوین شود. پاکسازی سیستم‌های زهکشی باید به‌گونه‌ای باشد که مسیر آب مسدود نشود. موانع احتمالی می‌توانند شامل شن، ماسه، دانه‌های غلات، چوب، علف‌های هرز و مواد معدنی مانند کلینکرها باشد. این موانع باید از زهکش‌ها خارج‌شده و به یک محل مناسب حمل شود به‌گونه‌ای که مجدداً به داخل زهکش وارد نشوند.

پاکسازی سطوح روسازی، مسیرهای زهکش، آشغال‌گیرها و حوضچه‌های رسوبگیر و لایروبی جزو این اقدامات می‌باشند. همچنین اگر احتمال رشد گیاهان در داخل مسیر آب وجود دارد، مقتضی است که رشد گیاهان در حوضه زهکشی تحت کنترل قرار گیرد. برای تمیز کردن دریچه‌ها می‌توان از جاروهای مکنده استفاده کرد.

برای پاکسازی زهکش‌ها می‌توان به‌صورت زیر عمل نمود:

- اگر لازم است وسایل کنترل ترافیک در محل قرار داده شود تا بتوان با ایمنی کامل به انجام کار و فعالیت پرداخت. همچنین از یک نفر پرچم‌دار نیز در محلی مناسب برای هوشیاری رانندگان استفاده شود.
- محدوده کار مشخص‌شده و به نحوی برنامه‌ریزی شود که ایمنی کارگاه و ترافیک برقرار حفظ شود.
- همه رسوبات و موانع باید جابجا شوند و این کار باید از پائین‌دست شروع شود. با استفاده از بیل، سنگ‌ها و آشغال‌ها به شانه راه منتقل شود. توسط کامیون بارگیری و به محل مناسب حمل شوند.
- بعد از تمیزکاری و هنگام قرار دادن مجدد دریچه‌ها بایستی توجه شود که دریچه‌ها به‌صورت کاملاً درستی در سر جایشان قرار گیرند.
- در لایروبی، وضعیت موجود سیستم‌های زهکشی پس از لایروبی بررسی شود. همچنین لازم است مشخصات کانال‌ها پس از لایروبی با نقشه‌های ازبیلت تطبیق داده شود.
- پس از تمیز کردن و لایروبی امکان بررسی دقیق سازه‌های زهکشی و شناسایی خرابی‌های احتمالی به‌ویژه امکان بررسی وجود خوردگی بتن و آرماتور کانال‌ها در اثر حضور مواد مضر وجود دارد. بنابراین بعد از اتمام

omoorepeyman.ir

عملیات تمیزکاری و لایروبی، زهکش‌ها باید بازرسی شود تا بتن ترک و یا شکسته نباشد. اگر نقطه‌ای نیاز به ارزیابی دقیق دارد، باید با رنگ علامت‌گذاری شده و به متولیان اطلاع داده شود.

روش‌های لایروبی و شستشوی کانال‌ها به‌طورکلی به سه دسته تقسیم می‌شوند که در ذیل هریک از روش‌ها شرح داده است:

۵-۲-۱-۱- روش‌های سنتی

از قدیمی‌ترین روش‌ها برای شستشو می‌باشد. در این روش از طریق انسداد لوله در محل دریچه یا آدم‌رو یا در مسیر جریان استفاده می‌شود.

۵-۲-۱-۲- روش‌های شستشوی تحت‌فشار

در این روش آب تحت‌فشار و با سرعت زیاد از افشانک‌ها خارج می‌شود، زاویه خروج آب تا ۱۵ درجه است (معمولاً ۳۰ تا ۴۵ درجه) از طریق افشانک‌ها که به شلنگی به طول حداکثر ۳۰۰ متر متصل هستند، مقدار جریان آب تا حدود ۱۰۰ لیتر بر دقیقه تحت‌فشار ۲۰۰تا ۸۰۰ بار منتقل می‌گردد. با خروج آب از افشانک‌ها، شلنگ و محفظه افشانک‌ها برخلاف جهت جریان آب به حرکت درآمده و رسوبات موجود شسته می‌شوند. جریان خروجی آب از افشانک، باعث حرکت افشانک در جهت مخالف و افزایش سرعت جریان آب‌شده و ذرات رسوبات به حالت معلق درآمده و به محل تعیین‌شده منتقل و در محل مزبور به کمک نیروی مکش خارج می‌شوند. عوامل مؤثر بر قدرت شویندگی تجهیزات عبارت‌اند از : نوع افشانک، زاویه خروج آب و مقدار جریان آب خروجی از افشانک. به کمک روش شستشوی تحت‌فشار، با وجود حداقل نیروی انسانی (۲ یا ۳ نفر) بازدهی قابل‌قبولی خواهد داشت. (۲ تا ۳ کیلومتر در روز) در (شکل ۶۰) نمونه‌ای از این ماشین شستشو ارائه‌شده است. لازم به ذکر است، تجهیزاتی مانند انواع نازل، دوربین‌های بازرسی و کنترل مسیرهای فاضلاب نیز بر روی این دستگاه قابل‌نصب می‌باشد.

omoorepeyman.ir

شکل ۶۰ : نمونه از ماشین‌های شستشوی مجاری زهکشی

۵-۲-۱-۳- روش‌های مکانیکی

شستشوی مکانیکی را می‌توان به سه روش زیر انجام داد:

الف- به‌صورت دستی به کمک مواد شوینده

در این روش به‌صورت دستی رسوبات سیمانی شده و موانع موجود را حذف و همچنین اقدامات لازم جهت آماده‌سازی فعالیت‌های تعمیرات را انجام می‌دهد. در رابطه با رسوبات سیمانی شده و موارد مشابه، از کلنگ، چکش هوای فشرده، تخریب محدود به کمک موارد ناریه و تجهیزات مکانیکی کوچک استفاده می‌شود.

ب- به کمک تجهیزات متعارف

تجهیزات تمیزکننده مکانیکی در وهله اول برای تخریب رسوبات سیمانی شده و سپس انتقال آن مورداستفاده قرار می‌گیرد.

ج- به کمک تجهیزات ویژه

برای رفع رسوبات سیمانی شده، اشیای خارجی و ریشه گیاهان و همچنین جهت دستیابی به کارآمدی بالای موردنیاز در فعالیت‌های مربوط به تمیز کردن کانال‌ها و لوله‌ها از تجهیزات زیر استفاده می‌شود. (این امر به‌ویژه در رابطه با لوله‌های غیرقابل‌دسترس کاربرد دارد.)

- تجهیزات ضربه‌ای

omoorepeyman.ir

- تجهیزات حفاری با تراش (چرخشی، چرخشی ضربه‌ای)
- تجهیزات برشی (مکانیکی، جریان آب تحت‌فشار بالا)
- تجهیزات سند بلاست

۵-۲-۱-۴- ماشین آلات مورد استفاده در لایروبی

پاکسازی زهکش می‌تواند بوسیله یک بیل مکانیکی یا گریدر انجام شود. نوع تجهیزات مورد استفاده به شرایط و وضعیت زهکش و تجهیزات موجود بستگی دارد. اگر گریدر موجود باشد، می‌توان در موارد زیر از آن استفاده نمود:

- زمین‌های مجاور کانال به اندازه کافی مستحکم باشند تا بتوانند تجهیزات را تحمل کنند.
- شیب‌های زهکش به گونه‌ای باشد که گریدر بتواند به‌راحتی کار کند.
- کانال‌های طولانی

اما اگر بیل مکانیکی موجود باشد می‌توان در شرایط زیر از آن استفاده نمود:

- زمین‌های اطراف بسیار سست باشند.
- شیب‌های زهکش نامناسب و بسیار تند باشد.

۵-۲-۲- ترمیم‌های موضعی

ترمیم موضعی با هدف رفع نواقص و ایرادات جزئی و جلوگیری از گسترش خرابی انجام می‌گیرد. به عبارت دیگر ترمیم‌ها در برخی مواقع ماهیت پیشگیرانه دارد.

۵-۲-۲-۱- ترمیم شکل و عمق سیستم زهکشی

هدف از این فعالیت تثبیت مجدد برای ترمیم و تسطیح مقاطع عرضی و کنترل رسوب‌ها می‌باشد. مقاطع عرضی ممکن است به واسطه عبور و مرور ترافیک، شرایط جوی تخریب شود. تالاب (آب راکد) و رسوب وقتی به وجود می‌آید که شیب کف کانال زهکش به‌اندازه‌ای تخت باشد که آب نتواند با سرعت کافی حرکت کند. در نواحی صاف، شیب کانال باید به‌صورت دقیق کنترل شود. مصالح اضافی برداشته شود و به یک محل مناسب حمل شده و سطح کانال به‌خوبی تمیز شود.

omoorepeyman.ir

۵-۲-۲-۲- کنترل فرسایش جزئی

فرسایش زهکش درجایی رخ می‌دهد که سرعت جریان آب بسیار زیاد است. این نوع فرسایش زمانی رخ می‌دهد که شیب زیاد بوده و شیب‌ها حفاظت و تثبیت نشده‌اند. در این شرایط می‌توان با ایجاد تمهیدات لازم، اجرای شیب طولی مناسب و دراپ یا تعبیه بافل‌ها از فرسایش در کانال جلوگیری نمود. برای جلوگیری از فرسایش در پیچ‌ها، مقاطع با پیچ تند را می‌توان با منحنی‌های بازتر تعویض نمود. خروجی زهکش‌ها را می‌توان بزرگ‌تر نمود تا سرعت آب در هنگام خروج کاهش یابد.

۵-۲-۲-۳- کنترل فرسایش کلی

کنترل فرسایش‌های شدید در محل‌هایی است که حجم زیاد آب با شیب تند و یا به‌صورت آبشار در جریان است. در چنین شرایطی می‌توان با اجرای سازه‌های مستهلک کننده انرژی مانند شوت با استفاده از سنگ و مصالح بنایی، آبشار با استفاده از سنگ و یا بتن و حوضچه آرامش با استفاده از بتن از فرسایش کلی جلوگیری نمود.

۵-۲-۲-۴- ترمیم فرسایش خروجی کانال

یکی از مشکلات رایج، فرسایش بستر جریان در خروجی کانال‌هایی می‌باشد که کف کانال با شیب بیش‌ازحد طراحی و ساخته می‌شود. سرعت زیاد جریان باعث فرسایش می‌شود. وجود آبشار حتی در شیب ملایم بستر نیز امکان ایجاد فرسایش را فراهم می‌آورد. این مشکل یکی از عیوب ساخت و یا طراحی می‌باشد و اگر در نظر گرفته نشود بستر دچار فرسایش خواهد شد. به‌منظور ترمیم فرسایش در صورت محدود بودن دامنه آن، باید محل آسیب‌دیده با بلوک‌های سنگی به ابعاد حدود ۳۰ سانتیمتر پر شود تا یک سطح کاهنده انرژی ایجاد شود. این بلوک‌های سنگی را باید به‌طور مناسب در اطراف ناحیه تخریب‌شده نیز اجرا کرد.

۵-۲-۲-۵- ترمیم ترک‌های کانال

ترک در دیوارهای هدایت و سازه‌های اصلی معمولاً به علت نشست فونداسیون خاک زیر کانال می‌باشد. اگر نشست کوچک و محدود باشد فقط ترک‌هایی کوچک به وجود می‌آید و تأثیر کمی بر کانال می‌گذارد. به‌هرحال، ترک‌ها باید به هر نحو ممکن‌ترمیم شود تا از نفوذ آب به فونداسیون و نشست بیشتر جلوگیری شود. برای ترمیم ترک‌ها، ابتدا باید

omoorepeyman.ir

آن‌ها را تمیز نمود. این کار با دقت و با استفاده از آب و برس انجام می‌شود. تا مواد اضافی جابجا شوند. سپس باید ترک‌ها مرطوب و با ملات سیمان پر شود.

۵-۲-۲-۶- ترمیم دیواره‌ها و جداول کناری

درجایی که قسمتی از کل دیواره جانبی یا جداول کناری به واسطه نشست یا فرسایش خراب می‌شوند، یک‌ترمیم سریع و بسیار مؤثر لازم می‌باشد. مقاطع فرسوده یا نشست با استفاده از مصالحی مانند مصالح اولیه می‌بایست ساخته یا جایگزین شوند.

۵-۲-۲-۷- ترمیم کف کانال

اگر کل کف کانال خراب‌شده باشد، یک دال بتنی پیوسته‌ای باید بر روی کل طول کانال‌کشیده شود. سکوهای ورودی و خروجی کانال باید مطابق با وضعیت جدید کف کانال، بتن‌ریزی، ترمیم و تصحیح شود.

۵-۲-۲-۸- ترمیم لبه کانال‌ها

همچنین تخریب لبه فوقانی کانال‌ها منجربه ورود رسوبات معابر و محوطه‌ها به داخل کانال‌ها می‌گردد. لذا ترمیم لبه‌های فوقانی کانال‌ها ضروری بوده و برای ورود رواناب به کانال، مدخل‌هایی در ابعاد و فواصل مناسب نصب گردد.

۵-۲-۲-۹- ترمیم نشتی در لوله‌های زهکش

چنانچه مشخص شود در بدنه سیستم زهکشی مخصوصاً در دیواره آن نشتی وجود دار، باید سریعاً نسبت به شناسایی و ترمیم آن اقدام شود. در برخی حالت‌ها، نشست موضعی حاشیه سیستم زهکشی و اشباع بودن لایه‌های مجاور آن می‌تواند نشان‌دهنده نشتی باشد.

۵-۲-۲-۱۰- تعویض درپوش آدم‌روها

یکی از معضلات سیستم‌های زهکشی به‌ویژه در بنادر، سرقت درپوش چدنی منهولها بوده که مشکلات ترددی و گرفتگی سیستم زهکشی را به دنبال دارد. توصیه می‌شود برای جلوگیری از سرقت درپوش منهولها، جنس آن‌ها از مواد غیر بازیافتی مانند بتن الیافی باشد.

omoorepeyman.ir

۵-۲-۳- تعمیرات اساسی

این تعمیرات شامل رفع خرابی بخش قابل‌ملاحظه‌ای از سیستم زهکشی و جایگزینی است. لزوم دسترسی به نقشه‌های چون ساخت بسیار مهم است. برای تعمیرات اساسی لازم است اقدامات زیر به ترتیب انجام شود:

۵-۲-۳-۱- شناسایی علت خرابی

تعیین علت خرابی بسیار مهم است. این علت می‌تواند ناشی از اضمحلال یا انسداد بخشی از سیستم زهکشی باشد.

۵-۲-۳-۲- تعیین محدوده خرابی

تعیین محدوده خرابی برای تعیین حجم کار و نیز در تعیین راهکار بسیار مهم است. در قسمت‌هایی که دسترسی مستقیم وجود ندارد، استفاده از روش‌های مخرب مانند کندن و یا روش‌های غیر مخرب مانند استفاده از دوربین می‌تواند مؤثر باشد.

۵-۲-۳-۳- تعیین راهکار

تعیین راهکار مناسب مخصوصاً در مواقعی که به دلیل گذشت زمان، راهکار بهینه، متفاوت از مشخصات زهکش موجود می‌باشد بسیار مهم است. در این حالت باید به سازگاری و نیز نحوه اتصال سیستم جدید به سیستم موجود بسیار باید دقت شود تا عملکرد سیستم دچار مشکل نشود.

۵-۲-۳-۴- بازسازی سیستم زهکشی

سیستم‌های زهکشی که تخریب می‌شوند و یا از حد ترمیم و بهسازی اساس خارج می‌شوند، باید بازسازی و جایگزین شوند. مانند قسمت‌هایی که زهکش‌های کنار مسیر دچار مشکل فرسایش شده‌اند، و این امر ناشی از افزایش جریان آب می‌باشد، ایجاد یک کانال جدید برای تخلیه لازم است. فرایند بازسازی و جایگزینی سیستم زهکش جدید مانند فرایند ساخت زهکش ، نیاز به مطالعات و تهیه نقشه‌های اجرایی دارد.

omoorepeyman.ir

۵-۲-۳-۵- ساخت حوضچه خروجی

اگر خروجی کانال به‌صورت پیوسته و کامل فرسوده شود، یک حوضچه جدید (ترجیحاً حوضچه آرامش) باید ساخته شود. حوضچه خروجی انرژی آب را کاهش می‌دهد و خطر فرسایش پائین‌دست را کم می‌کند. یک حوضچه خروجی را می‌توان با مصالح سنگی و یا با بتن ساخت. در جدول ۲۷ روش‌های تعمیر و نگهداری زهکش‌ها ارائه‌شده است.

جدول ۲۷ : روش‌های تعمیر و نگهداری زهکش‌ها

سیستم زهکش	تعمیر و نگهداری دائمی و مستمر	تعمیر و نگهداری دوره‌ای و متناوب
کانیو، نیم‌نهر و انواع کانال	پاکسازی، ترمیم فرسایش، ترمیم ترک‌ها، ترمیم دیوارها و مسیرهای عبور	کنترل فرسایش‌های شدید، ترمیم کف زهکش، ساخت حوضچه‌های خروجی، بازسازی
دریچه بازدید و لوله	پاکسازی محوطه و دریچه بازدید و تعویض دریچه‌های بازدید	تقویت لوله زهکش

۵-۲-۴- حریم شبکه های زهکشی

بمنظور سهولت ورود رواناب و جلوگیری از ورود مواد رسوبی به داخل زهکش‌ها ضروری است فاصله‌ای بین محل انبارش کالا در بنادر و زهکش‌ها تحت عنوان حریم زهکش‌ها لحاظ گردد. توصیه می شود در کلیه محوطه ها حداقل ۲ متر و در محوطه های بارگیری مواد معدنی با احتساب دیوار بتنی (نیوجرسی) حداقل ۵ متر حریم در نظر گرفته شود.

۵-۳- حفاظت از سازه ها

با توجه به شرایط محیطی بنادر حفاظت سازه‌ها از خوردگی بسیار مهم است جهت حفاظت سازه‌ها در برابر خوردگی روش‌های مختلفی وجود دارد که پس از انجام مطالعات کافی و کسب اطلاعات محیطی و سازه‌ای، یک یا ترکیبی از چند روش انتخاب‌شده و اجرا می‌گردد.

اصولاً در صورتیکه سازه‌های بتنی با نفوذپذیری کم که تابعی از دانه‌بندی مصالح و پیوستگی آن، وجود پوشش کافی روی آرماتورها، میزان آب و سیمان، حمل و نحوه بتن‌ریزی و عمل‌آوری بتن می‌باشد، احداث گردند و سازه‌های فلزی نیز خوب پوشش شوند و محیط در مرتبه بالای خوردگی نباشد، مشکل خوردگی جدی نیست. در غیر این صورت بخصوص در شرایط آب و هوایی بنادر، خوردگی جدی بوده و حفاظت از سازه‌ها ضروری است.

omoorepeyman.ir

ذیلاً چند روش حفاظت برای سازه‌ها معرفی می‌شود که پس از انجام مطالعات لازم و تشخیص نوع خوردگی، یک یا ترکیبی از آن‌ها بکار می‌رود.

۵-۳-۱- حفاظت کاتدی[1]

حفاظت کاتدی عبارت است از تغییر پتانسیل در آند و رساندن آن به پتانسیل کاتد و توقف خوردگی قطعاتی که در معرض حملات خوردگی هستند. دو روش عمده برای حفاظت کاتدی وجود دارد:

۵-۳-۱-۱- حفاظت کاتدی با استفاده از جریان معکوس[2]

در این روش با استفاده از منبع جریان مستقیم، قطب منفی به فلز موردحفاظت و قطب مثبت به جریان آند متصل می‌گردد.

۵-۳-۱-۲- حفاظت کاتدی با استفاده از آند فداشونده[3]

در این روش منبع جریانی وجود نداشته و عبارت است از اتصال یک قطعه فلز مانند منیزیم، روی، آلومینیوم یا مشابه آند به فلز موردحفاظت. غیر از آندهای مذکور از آندهای دیگر مانند چدن، گرافیت، پلاتین با پوشش تیتانیوم، آسفالت‌های هادی، سرامیک‌های هادی و روی نیز استفاده می‌شود. این آندها بسته به نوع آن، دارای عمر و کاهش وزن‌های متفاوت هستند. برای طراحی سیستم حفاظت کاتدی بایستی شرایط محیطی و سازه‌ای کاملاً بررسی‌شده و اطلاعاتی از مقدار و اندازه فولاد و پوشش روی فولاد و آرماتور، پیوستگی الکتریکی آرماتورها، موقعیت جغرافیایی سازه و پارامترهای مرتبط با آن جمع‌آوری شود تا مبنای طراحی واقع شود.

[1] Cathodic Protection

[2] Impressed Current

[3] Sacrificial anode

omoorepeyman.ir

۵-۳-۲- پوشش سازه‌ها

۵-۳-۲-۱- پوشش سازه‌های بتنی

ایجاد پوشش‌های سطحی در بتن باعث عدم نفوذ یون‌های کلر و یا گاز CO_2 گردیده و نتیجتاً به پایداری بیشتر لایه روئین آرماتورها می‌انجامد. این پوشش‌ها برای شرایط محیطی معمولی (محیط قلیایی) به ضخامت یک میلی‌متر و از موادی مانند پلی وینیل ها، بوتیرال، اکریلها، اپوکسی‌ها، پلی اورتون‌ها، قیرها و آسفالت و مشابه توصیه می‌شود.

در محیط‌های با شرایط اسیدی رقیق، پوشش ضخامت سه تا ده میلی‌متر و از موادی مانند اپوکسی سند فیلد، پلی‌استر سند فیلد، پلی آورتان سند فیلد و مشابه توصیه می‌شود. در محیط‌های سخت اسیدی و قلیایی ضخامت نه میلی‌متر و بالاتر و از موادی مانند اپوکسی های تقویت‌شده، پلی‌استرها، صفحات نئوپرن و صفحات پی‌وی‌سی نرم شده و مشابه توصیه می‌شود.

۵-۳-۲-۲- پوشش سازه‌های فلزی

۵-۳-۲-۲-۱- پوشش‌های فلزی

ایجاد یک پوشش فلزی مانند روی، کادمیم و غیره بر روی قطعات فلزی می‌تواند آن را در برابر خوردگی محافظت کند. این پوشش‌ها به روش‌های مختلفی چون غوطه‌وری گرم، روش گازی، آبکاری، روش نفوذی، گالوانیزه خشک و پوشش کرم و ... اجرا می‌گردد. این پوشش‌ها را می‌توان به‌عنوان حفاظت کاتدی یا فدا شونده نیز تلقی کرد.

۵-۳-۲-۲-۲- پوشش‌های رنگی

این پوشش‌ها دارای رنگ پایه معدنی یا آلی بوده و دارای انواع گوناگونی مانند آلکیدی، اپوکسی، کلرو کائوچو، فنلیکی، وینیلی، سیلیکونی، پلی اورتان و... است که پس از تمیزکاری سطح فولاد اجرا می‌گردد. تمیزکاری سطح فولاد نیز به روش‌های مختلف مانند برس زنی، اسیدشوئی، پاشش ماسه و ساچمه پاشی عملی می‌گردد. ضخامت لایه‌های رنگ نیز بسته به شرایط محیطی متفاوت است و معمولاً در سه لایه آستر، میانی و رویه اجرا می‌شود.

۵-۳-۲-۲-۳- سایر پوشش‌ها

پوشش‌های قیری به‌صورت سرد، گرم، مسلح یا معمولی پس از تمیزکاری در سطح فولاد اجرا می‌گردد.

omoorepeyman.ir

۵-۳-۲-۳- پوشش آرماتورها

یکی از روش‌هایی که می‌تواند از خوردگی جلوگیری کند پوشش دادن آرماتور است. این پوشش‌ها می‌تواند از نوع رنگی و با رنگ پایه اپوکسی، پوشش‌های فلزی مانند روی و کادمیم و یا پوشش سرامیکی باشد. در بررسی طرح این پوشش‌ها باید به چسبندگی بتن به آرماتور و همچنین واکنش احتمالی شیمیایی پوشش با سایر مواد منجمله سیمان توجه نمود. سطوح این پوشش‌ها معمولاً به‌وسیله اسید شویی تمیز می‌شوند.

۵-۳-۳- استفاده از فلز آلیاژی

یکی دیگر از روش‌های محافظت در مقابل خوردگی، استفاده از فلزات آلیاژی در سازه‌های فلزی و یا آرماتورهای آلیاژی در سازه‌های بتنی بجای فولادهای کم‌کربن است. این روش بسیار پرهزینه بوده و شاید به همین دلیل کاربرد آن محدود است.

۵-۳-۴- استفاده از ممانعت کننده‌های خوردگی

ممانعت کننده‌ها موادی هستند که چنانچه به محیط خورنده اضافه شوند باعث توقف و یا کاهش سرعت خوردگی می‌شوند. این مواد از خانواده نیتریت‌ها و بنزوات‌ها هستند. نیتریت‌ها به‌عنوان ممانعت کننده‌ها آنُدی وارد واکنش شده و روی فرآیندهای آندی تأثیر می‌گذارند و بنزوات‌ها جزو ممانعت کننده‌های کاتدی هستند. شایع‌ترین انواع این مواد نیتریت سدیم و بنزوات سدیم است.

۵-۳-۵- استفاده از الیاف ضد ترک بتن

به‌منظور افزایش مقاومت بتن کانال‌ها در برابر بارهای وارده و فرسایش (با توجه به خورندگی بالا در بنادر) و همچنین بهبود فرسایش‌های ایجادشده و افزایش انعطاف سازه از مصالح خاصی می‌توان استفاده کرد. یکی از مصالح پرکاربرد برای مقاوم‌سازی بتن، استفاده از بتن الیافی (FRC) است. بتن الیافی یک ماده کامپوزیتی متشکل از مواد فیبری است که یکپارچگی ساختاری آن را افزایش می‌دهد. الیاف رایج مورداستفاده در بتن مسلح شامل فولاد، شیشه، الیاف مصنوعی و طبیعی می‌باشد. در بررسی مزایای بتن الیافی می‌توان به مقاومت مکانیکی بالا نسبت به قرارگیری در مواجهه با ضربه، مقاومت بالا در برابر ورقه ورقه شدن و سایش، ظرفیت باربری بالا پس از ترک‌خوردگی، مقاومت کششی، برشی و خمشی بالا اشاره کرد.

omoorepeyman.ir

الیاف دیگری بنام Crackstop از جنس پلی‌پروپیلن شناسایی‌شده که در ساخت سازه‌های بتنی کاربرد داشته و استفاده از آن از خوردگی‌های فیزیکی و مکانیکی جلوگیری می‌کند.

نوع دیگر استفاده از الیاف در تقویت بتن، روش (FRP) است که یک روش مدرن برای مقاوم‌سازی بتن است. (FRP) ها با ترکیب الیاف و رزین ساخته می‌شوند و به سطح زیرین بتن می‌چسبند و با ایجاد یک‌لایه پوششی، موجب محافظت از آن مصالح می‌شوند. این مصالح وزن کمی دارند، سرعت اجرای آن‌ها بالا است و مقاومت بالایی دارند. به علاوه، کار با این الیاف، بدون محدودیت انجام می‌شود.

omoorepeyman.ir

۶

پیوست

omoorepeyman.ir

چک‌لیست شماره ۱: کنترل کیفیت زهکش زیرسطحی				
کانال کنی				
ردیف	معیار	نتیجه بررسی		توضیحات
		بله	خیر	
۱	آیا ابعاد کانال کنی مطابق نقشه اجرایی می‌باشد؟			
۲	آیا شیب بندی مطابق نقشه اجرایی می‌باشد؟			
۳	آیا بسترسازی زیر لوله‌ها مطابق نقشه‌های اجرایی است؟ نقاط ارتفاعی مطابق نقشه می‌باشد؟ ضخامت لایه بستر مطابق نقشه می‌باشد؟			
۴	آیا خاک نامناسب و سست بستر با مصالح قابل‌قبول جایگزین شده است؟ مصالح جایگزین شده باید تا حصول تراکم نسبی ۹۸ درصد به روش آشتو T180طریقه Dکوبیده شود			
۵	آیا برای تخلیه آب زیرزمینی سپرکوبی، حائل بندی و تلمبه‌زنی نیاز می‌باشد؟			
لوله‌ها				
۶	شیب بندی لوله‌ها مطابق نقشه اجراشده است؟			
۷	آزمایشات مربوط به کیفیت لوله از قبیل: درصد وزنی دوده یا کربن در پلی‌اتیلن، تست خمش، فشار و ضریب الاستیسیته و... انجام گردیده است؟			
۸	اتصالات لوله‌ها با یکدیگر، مطابق نقشه و بدون درز جهت نشتی می‌باشد؟ لوله‌ها متحدالمرکز و در یک راستا می‌باشند؟			
۹	مصالح فیلتر اطراف لوله‌ها مطابق نقشه اجرا گردیده است؟			
۱۰	کیفیت مصالح فیلتر اطراف لوله‌ها مطابق استاندارد و آزمایشات است؟			
۱۱	مقاومت فشاری بتن پایه لوله (بالشتک) مطابق با الزامات ASTM C94 می‌باشد؟			

omoorepeyman.ir

چک‌لیست شماره ۲: کنترل کیفیت کانال روباز				
کانال کنی				
ردیف	**معیار**	**نتیجه بررسی**		**توضیحات**
		بله	**خیر**	
۱	آیا ابعاد پی‌کنی مطابق نقشه اجرایی می‌باشد؟			
۲	آیا شیب بندی مطابق نقشه اجرایی می‌باشد؟			
۳	آیا بسترسازی زیر قطعات پیش‌ساخته مطابق نقشه‌های اجرایی است؟ نقاط ارتفاعی مطابق نقشه می‌باشد؟ ضخامت لایه بستر مطابق نقشه می‌باشد؟			
۴	آیا خاک نامناسب و سست بستر با مصالح قابل‌قبول جایگزین شده است؟ مصالح جایگزین شده باید تا حصول تراکم نسبی۹۸درصد به روش آشتو T180طریقه Dکوبیده شود			
۵	آیا برای تخلیه آب زیرزمینی سپرکوبی، حائل بندی و تلمبه‌زنی نیاز می‌باشد؟			
قطعات پیش‌ساخته				
۶	آیا تواتر نمونه‌برداری از سیمان پرتلند در قطعات بتنی به نحو صحیح انجام‌شده است؟			
۷	آیا بارگذاری‌های لازم در قطعات پیش‌ساخته شد در آزمایشات موردقبول بوده است؟			
۸	کیفیت مصالح قطعات پیش‌ساخته مورد تأیید دستگاه نظارت می‌باشد؟			
۹	نحوه اتصالات قطعات پیش‌ساخته به یکدیگر مورد تأیید دستگاه نظارت می‌باشد؟			
۱۰	کیفیت مصالح جهت پر کردن اطراف قطعات مطابق استاندارد و آزمایشات است؟ تراکم مصالح مطابق T180 طریقه D حداقل ۹۵درصد باشد			

omoorepeyman.ir

چک‌لیست شماره ۳: کنترل و تطبیق مطالعات شبکه زهکشی و جمع‌آوری آب‌های سطحی				
هواشناسی				
ردیف	**معیار**	**نتیجه بررسی**		**توضیحات**
		بله	**خیر**	
۱	آیا ایستگاه باران‌سنج ثبات در نزدیکی طرح وجود دارد؟ در صورت عدم وجود ایستگاه باران‌سنج ثبات، آمار بارندگی‌های روزانه نزدیکترین ایستگاه‌ها ضرورت دارد.			
۲	آیا داده‌های جمع‌آوری کفایت آماری دارند؟ در صورت عدم‌کفایت داده‌ها، تطویل آمار لازم خواهد بود.			
۳	انتخاب دوره بازگشت بارش طراحی مورد تأیید کارفرما می‌باشد؟			
۴	نمودارهای شدت-مدت-فراوانی ترسیم‌شده است؟ شدت بارندگی برای دوره بازگشت‌های مختلف بدست آمده است؟			
هیدرولوژی				
۵	آیا محوطه‌های مختلف بندر مطابق نقشه‌های اجرایی حوضه بندی شده است؟			
۶	آیا مشخصات فیزیولوژیکی محوطه‌های بندر استخراج گردیده است؟ شامل: مساحت محوطه بندری، جنس روسازی، طول حرکت آب، شیب محوطه، نقطه خروج و...			
۷	آیا رابطه مورداستفاده در محاسبات دبی با توجه به فرضیات و ضوابط آن درست انتخاب‌شده است؟			
۸	زمان تمرکز هر زیر حوضه استخراج گردیده است؟			
۹	دبی طراحی هر یک از زیر حوضه‌ها به‌طور مجزا محاسبه و تعیین‌شده است؟			
هیدرولیکی				
۱۰	آیا در انتخاب زهکش مناسب محوطه‌های مختلف بندر، ضوابط مربوطه رعایت شده است؟			
۱۱	آیا نقشه همچون ساخت تأسیسات موجود است؟			
۱۲	آیا عبور تأسیسات از داخل کانال‌های زهکشی می‌باشد؟			
۱۳	با توجه به توپوگرافی محوطه‌های بندر، شیب مجاز زهکش‌ها رعایت شده است؟ (در صورت پایین بودن شیب از حد مجاز، زهکش زیرسطحی موردنیاز خواهد بود.)			
۱۴	آیا جانمایی زهکش‌ها با توجه به نقشه موقعیت سازه‌ها و محوطه‌ها، درست انتخاب‌شده است؟			
۱۵	آیا تأثیرات جزر و مد بر هیدرولیک جریان در زهکش‌ها موردبررسی قرارگرفته است؟			

omoorepeyman.ir

ادامه چک‌لیست شماره ۳: کنترل و تطبیق مطالعات شبکه زهکشی و جمع‌آوری آب‌های سطحی				
هیدرولیکی (ادامه)				
ردیف	معیار	نتیجه بررسی		توضیحات
		بله	خیر	
۱۶	آیا ضوابط مربوط به روابط هیدرولیکی رعایت شده است؟ (شیب، ضریب زبری، سرعت جریان، سطح مقطع، ارتفاع آزاد و...)			
۱۷	آیا جریان زیربحرانی در کل زهکش‌ها برقرار است یا نه؟ (جریان هیدرولیکی در زهکش‌ها به‌منظور جلوگیری از ایجاد پرش هیدرولیکی و فرسایش، نباید فوق بحرانی باشد.)			
۱۸	آیا سازه‌هایی جانبی مانند آشغال‌گیر و حوضچه رسوب‌گیر در طرح در نظر گرفته‌شده است؟ آیا ضوابط هیدرولیکی آن رعایت شده است؟			
۱۹	آیا در خروجی زهکش‌ها، تمهیدات لازم اتخاذشده است؟			
۲۰	در تهیه نقشه‌های اجرایی، ابعاد، شیب، ورودی‌ها و سایر سازه‌های جنبی مشخص‌شده است؟ آیا با محاسبات هیدرولیکی مطابقت دارد؟			

omoorepeyman.ir

چک‌لیست شماره ۴: ارزیابی و کنترل‌های ادواری نگهداری و تعمیرات شبکه زهکشی و جمع‌آوری آب‌های سطحی بنادر				
نگهداری				
ردیف	معیار	نتیجه بررسی		توضیحات
		بله	خیر	
۱	آیا بازدید از زهکش‌ها مطابق برنامه زمان‌بندی بازدیدها صورت می‌گیرد؟			
۲	آیا پس از هر بارندگی سیستم‌های زهکشی مورد بازرسی قرار می‌گیرند؟			
۳	آیا پاکسازی سیستم‌های زهکشی از زباله، رسوبات و ... به‌موقع انجام می‌گردد؟			
۴	آیا لایروبی سیستم‌های زهکشی مطابق برنامه زمان‌بندی صورت می‌گیرد؟			
۵	آیا پاکسازی زهکش‌ها ، آشغال‌گیر و حوضچه‌های رسوب‌گیر محوطه‌های انبار غلات و مواد معدنی مطابق برنامه زمان‌بندی صورت می‌گیرد؟			
۶	آیا گزارشات بازرسی بازدید مختلف بایگانی‌شده و موجود است؟			
۷	گیاهان و درختانی که در سیستم زهکش، رویش داشته‌اند پاکسازی شده‌اند؟			
۸	اگر از پمپ جهت تخلیه رواناب استفاده می‌شود، باید مراقبت‌های لازم از پمپ صورت گیرد. آیا سرویس دوره‌ای برای این امر تعیین‌شده است؟			
۹	عملکرد سیستم رسوب‌گیر و سیستم دفع مواد نفتی و روغنی مطابق دستورالعمل تعیین‌شده می‌باشد؟			
۱۰	آیا از جداسازی مواد نفتی و روغنی قبل از تخلیه به دریا صورت می‌گیرد؟			
۱۱	آیا سازه‌های جنبی مانند آشغال‌گیرها، حوضچه‌های رسوب‌گیر و تصفیه‌خانه‌ها مورد بازرسی قرار می‌گیرد؟			
۱۲	آیا کنترلی بر عدم تخلیه رواناب تصفیه نشده بر دریا وجود دارد؟			
۱۳	آیا عملکرد سازه‌های جنبی مانند آشغال‌گیرها، حوضچه‌های رسوب‌گیر و تصفیه‌خانه‌ها در طول زمان بهره‌برداری مطلوب است؟			
۱۴	آیا عملکرد ماشین‌آلات پاکسازی و لایروبی مطلوب است؟			

omoorepeyman.ir

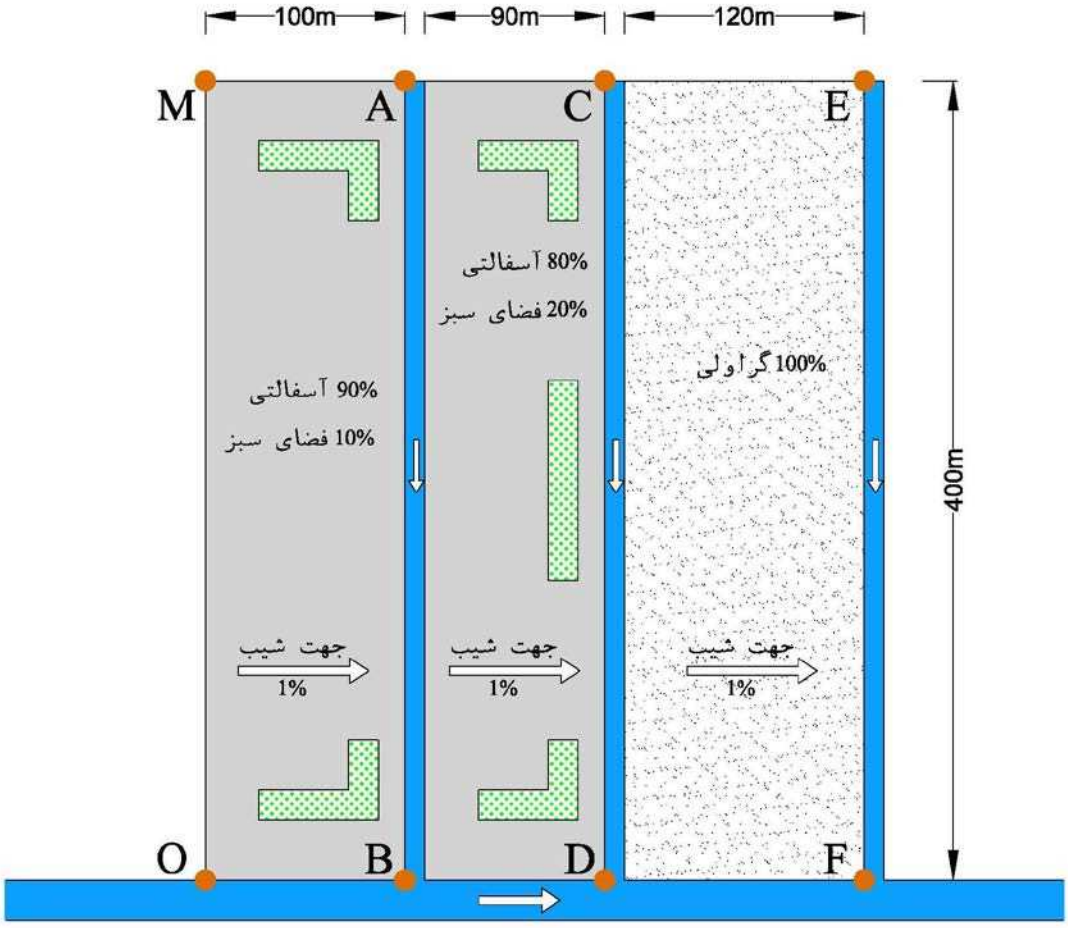
ادامه چک‌لیست شماره ۴: ارزیابی و کنترل‌های ادواری نگهداری و تعمیرات شبکه زهکشی و جمع‌آوری آب‌های سطحی بنادر				
تعمیرات				
ردیف	معیار	نتیجه بررسی		توضیحات
		بله	خیر	
۱۵	تعمیرات ناشی از نشست در قسمت‌های مختلف زهکش بررسی و رفع گردیده است؟ نشست های اطراف زهکش به دلیل حرکت ماشین‌آلات رفع گردیده است؟			
۱۶	شکستگی، ترک و تخریب بخش‌های مختلف سیستم‌های زهکشی بررسی و رفع شده است؟			
۱۷	آیا بعد از تعمیرات، شیب و شکل مقاطع زهکش‌ها تغییر کرده است؟ دلیل این امر چه می‌باشد؟			
۱۸	آیا کنترل فرسایش در زهکش‌ها صورت گرفته است؟ آیا راهکار مناسب برای کنترل فرسایش صورت گرفته است؟			
۱۹	آیا درپوش‌های تخریب‌شده زهکش‌ها (اعم از درپوش منهولها و کانال‌های سرپوشیده و پیش‌ساخته) تعمیر و یا تعویض شده است؟			
۲۰	آیا الکتروپمپ‌های معیوب (در صورت وجود) تعمیر و یا تعویض شده است؟			
۲۱	در صورت نامطلوب بودن عملکرد حوضچه‌های رسوب‌گیر و تصفیه‌خانه‌ها، آیا تعمیرات اجزای آن‌ها انجام‌شده است؟			
۲۲	در صورت نامطلوب بودن عملکرد ماشین‌آلات پاکسازی و لایروبی، تعمیرات آن‌ها انجام‌شده است؟			
۲۳	آیا خرابی داکت باران سوله انبارها رفع شده است؟			

omoorepeyman.ir

مثال:

با توجه به توسعه پایانه کانتینری یکی از بنادر کشور به میزان۱۲/۵ هکتار، مطلوب است محاسبه ابعاد کانال روباز AB, CD, EF (زهکش‌های فرعی) و OF (زهکش اصلی).

متوسط حداکثر بارش ۲۴ ساعته، ۲۲ میلی‌متر و متوسط بارش سالانه، ۱۳۲ میلی‌متر می‌باشد. دوره بازگشت بارش طراحی ۵۰ سال در نظر گرفته‌شده است. دبی طراحی بخش قدیمی ترمینال در نقطه O برابر ۰/۷ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد. شیب طولی زهکش‌های فرعی ۱ درصد و اصلی نیم درصد می‌باشد.



گام ۱: محاسبه زمان تمرکز

همان‌طور که قبلاً نیز اشاره شد، زمان تمرکز در حوضه‌های کوچک عبارت است از مجموع زمان ورود و زمان جریان.

omoorepeyman.ir

زمان ورود، مدت‌زمانی است که آب از سطح محوطه‌ها در سطح زمین جاری و از دورترین نقطه حوضه آبریز به ابتدای سیستم انتقال اصلی می رسد. مساحت تحت پوشش هر سیستم انتقال فرعی حدود ۵ هکتار است لذا با توجه به جدول ۷ زمان ورود حدود ۱۰ دقیقه خواهد بود.

زمان جریان، مدت‌زمانی است که طول می‌کشد تا جریان آب از نقطه A تا F برسد و با آزمون‌وخطا به دست می‌آید با فرض سرعت جریان ۱m/s و با توجه به مسافت حدود ۶۱۰ متری، زمان جریان برابر ۱۰ دقیقه خواهد شد. پس از انجام محاسبات هیدرولیکی و محاسبه سرعت جریان، زمان جریان اصلاح خواهد شد. لذا در فرض اولیه زمان تمرکز ۲۰ دقیقه خواهد بود.

گام ۲: محاسبه شدت بارش طراحی

با استفاده از رابطه (۲) ، شدت بارندگی ۲۰ دقیقه‌ای با دوره بازگشت ۵۰ سال را بدست می‌آوریم:

X=22mm , Y=132mm

P_{10}^{1}=16.7 mm

P=12.6 mm

I=37.7 mm/hr

گام۳: ضریب رواناب

ضریب رواناب متوسط هر یک از زیر حوضه‌ها مطابق جدول زیر با استفاده از جدول ۶ محاسبه می‌کنیم:

زیر حوضه	نوع سطح	ضریب رواناب (از جدول ۵)	مساحت (hr)	C.A	ضریب رواناب میانگین زیر حوضه
۱	آسفالتی	۰/۹۵	۳/۶	۳/۴۲	۰/۸۷
	فضای سبز	۰/۱	۰/۴	۰/۰۴	
۲	آسفالتی	۰/۹۵	۲/۸۸	۲/۷۴	۰/۷۸
	فضای سبز	۰/۱	۰/۷۲	۰/۰۷	
۳	گراولی	۰/۴	۴/۸	۱/۹۲	۰/۴

omoorepeyman.ir

گام۴: دبی طراحی

با استفاده از رابطه استدلالی دبی طراحی هر یک از زیر حوضه‌ها را مطابق جدول زیر بدست می‌آوریم:

زیر حوضه	مساحت (hr)	ضریب رواناب میانگین	بارش طراحی (mm/s)	دبی طراحی (m^3/s)
۱	۴	۰/۸۷	۳۷/۷	۰/۳۶
۲	۳/۶	۰/۷۸		۰/۲۹
۳	۴/۸	۰/۴		۰/۲۰

گام۵: محاسبات هیدرولیکی

ابعاد زهکش را با استفاده از مدل HEC-RAS بدست می‌آوریم. خلاصه نتایج اجرای مدل به همراه ارتفاع آزاد محاسبه‌شده از رابطه (۲۷) و ارتفاع کانال محاسباتی در جدول زیر ارائه‌شده است:

بازه کانال	دبی (m^3/s)	عرض مقطع (m)	ارتفاع آب (m)	سرعت متوسط (m/s)	ارتفاع آزاد (m)	ارتفاع محاسباتی کانال (m)
A-B	۰/۳۶	۰/۶	۰/۳۳	۱/۸۲	۰/۳۱	۰/۶۴
C-D	۰/۲۹	۰/۶	۰/۲۹	۱/۶۸	۰/۳۰	۰/۵۹
E-F	۰/۲	۰/۶	۰/۲۳	۱/۴۹	۰/۲۹	۰/۵۲
O-B	۰/۷	۱	۰/۳۷	۱/۹۱	۰/۳۳	۰/۷۰
B-D	۱/۰۶	۱	۰/۵	۲/۱۴	۰/۳۵	۰/۸۵
D-F	۱/۳۵	۱	۰/۵۷	۲/۳۶	۰/۳۷	۰/۹۴
بعد از نقطه F	۱/۵۵	۱	۰/۷	۲/۲۲	۰/۳۷	۱/۰۷

جهت سهولت اجرا بهتر است تا حد امکان تغییرات کمی در ابعاد کانال‌ها داده شود. لذا ابعاد کانال‌های فرعی بر اساس حداکثر ارتفاع آب در آن کانال‌ها (مسیر CD)، ۰/۶×۰/۶ و در مسیر کانال اصلی (مسیر OF) به‌صورت ۱×۱ و بعد از نقطه F به‌صورت ۱×۱/۱ (عرض ۱ متر و ارتفاع ۱/۱ متر) مناسب خواهد بود.

omoorepeyman.ir

با توجه به جدول فوق مشاهده می‌شود که متوسط سرعت جریان در طول کل کانال‌ها، حدود ۲ متر بر ثانیه است، لذا زمان جریان از نقطه A تا F به حدود ۵ دقیقه و به تبع آن زمان تمرکز نیز به ۱۵ دقیقه کاهش خواهد یافت. لذا لازم است کلیه محاسبات فوق اعم از بارش طراحی، دبی طراحی و ابعاد زهکش‌ها مطابق برای زمان تمرکز ۱۵ دقیقه مجدداً محاسبه گردد.

مراجع

- Austroads, Guide to Guide to Pavement Technology Part 10 :Subsurface Drainage. 2009: Sydney NSW 2000 Australia.
- FAA, Airport Drainage Design (5D), in Advisory Circular. 2013, Federal Aviation Admininstration: U.S. Department of Transportation
- FHWA, construction of pavement subsurface drainage systems (reference manual). 2002, Federal Highway Administration FHWA: U.S. Department of Transportation.
- FHWA, Introduction to Highway Hydraulics, in Hydraulic Design Series No. 4. 2008, Federal Highway Administration: U.S .Department of Transportation.
- FHWA-NHI, Urban Drainage Design Manual, in Hydraulic Engineering Circular 22. 2009: Federal Highway Administration & National highway Institute.
- NCHRP, Guide for mechanistic-empirical design of new and rehabilitated pavement structures. 2004.
- QMS-9, A.Q.M., asphalt quality management system: section 9, in Materials and Test Unit. 2020, North Carolina Department of Transportation
- Santhalingam, s.V., highway drainage systems. 1999: Highway agency London.

- آیین‌نامه روسازی آسفالتی راه‌های ایران. ضابطه شماره ۲۳۴. ۱۳۹۰: پژوهشکده حمل و نقل.
- آیین‌نامه طرح هندسی راه‌های ایران. ۱۳۹۱: سازمان برنامه و بودجه کشور.
- اجلالی-دهقانی, اصول مهندسی زهکشی. دانشگاه پیام نور.
- افشار, راهنمای طراحی و اجرای سیستم زهکشی آب‌های سطحی و زیرسطحی در راه‌ها، راه‌آهن و فرودگاه. ۱۳۸۹, پژوهشکده حمل‌ونقل.
- ارائه روش‌های نوین مدیریت رواناب سطحی. ۱۳۹۵, مرکز مطالعات برنامه‌ریزی شهری و روستایی.
- راهنمای طرح و اجرای لایه‌های روسازی با زهکش مناسب, ضابطه شماره ۳۶۶. ۱۳۹۴, سازمان برنامه و بودجه کشور.
- راهنمای طراحی، ساخت و بهره‌برداری سامانه‌های انحراف سیلاب, ضابطه شماره ۵۲۷. ۱۳۹۱, سازمان برنامه و بودجه کشور.
- شهریار, خ., تحلیل فراوانی وقوع حداقل دبی و حداکثر بارش ۲۴ ساعته بوسیله روش گامبل و لوگ پیرسون تیپ ۳ در حوضه رودخانه کمال چای(دامنه جنوبی سبلان). همایش کاربرد جغرافیای طبیعی در برنامه ریزی محیطی, ۱۳۸۹.
- ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری و زهکشی, ضابطه شماره ۱۰۸. ۱۳۷۳.

omoorepeyman.ir

- قاضی‌زاده‌هاشمی-تجریشی, مقایسه و ارائه روشی جهت تخمین زمان تمرکز در حوضه های کوچک شهری. دهمین کنگره بین‌المللی مهندسی عمران، دانشکده مهندسی عمران، تبریز, ۱۳۹۴.
- محمدی-مامی‌زاده, مقایسه مدل‌های آماری و تجربی در تعیین منحنی‌های شدت-مدت-فراوانی بارش (مطالعه موردی: شهر ایلام). نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران, ۱۳۹۹. سال یازدهم، شماره چهل و یکم.

omoorepeyman.ir

خواننده گرامی

نظام فنی و اجرایی در سازمان برنامه و بودجه کشور، با گذشت بیش از پنجاه سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر هشتصد عنوان تخصصی - فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی، نشریه 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 ضوابط و نشریات منتشر شده در سال‌های اخیر در سایت اینترنتی nezamfanni.ir قابل دستیابی می‌باشد.

omoorepeyman.ir

Islamic Republic of Iran

Plan and Budget Organization

Design guideline implementation and maintenance criterias for drainage systems in port area

IR-Code 885

Deputy of Technical Infrastructure and Production

Department of Technical and Executive Affairs

Nezamfanni.ir

Ports & Maritime Organization

Department of Technical and Infrastructure Development Affairs

www.Pmo.ir

2025

omoorepeyman.ir

این راهنما

در این راهنما سعی شده است تمام فرآیندهای مربوط به طراحی، اجرا و نگهداری سیستم‌های زهکشی به‌روز و کارآمد معرفی شود. به‌کارگیری این راهنمای فطعاً می‌تواند منجر به بهبود عملکرد روسازی محوطه‌های بندر شود و همچنین در ارتقای حمل و نقل ایمن محموله منتقل شده از/به بندر و افزایش عمر تجهیزات متردد و سایر زیرساخت های بندری تأثیرگذار خواهد بود.

omoorepeyman.ir