جمهوری اسلامی ایران

سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور

ضوابط طراحی هیدرولیکی سیفون‌ها و آبگذر زیر جاده

نشریه شماره ۳۲۱

معاونت امور فنی

دفتر امور فنی، تدوین معیارها وکاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

http:// tec.mporg.ir/

وزارت نیرو

سازمان مدیریت منابع آب ایران

دفتر استانداردها و معیارهای فنی

http:/www.wrm.or.ir/standard

جمهوری اسلامی ایران

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

ضوابط طراحی هیدرولیکی سیفون‌ها و آبگذر زیر جاده

نشریه شماره ۳۲۱

معاونت امور فنی
دفتر امور فنی، تدوین معیارها و
کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

وزارت نیرو
شرکت مدیریت منابع آب ایران
دفتر استانداردها و معیارهای فنی

انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور ۸۴/۰۰/۱۰۶

۱۳۸۴

فهرست‌برگه

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

ضوابط طراحی هیدرولیکی سیفون‌ها و آبگذر زیر جاده/ معاونت امور فنی، دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله؛ [با همکاری] وزارت نیرو شرکت مدیریت منابع آب ایران، دفتر استانداردها و معیارهای فنی.- تهران: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت امور اداری، مالی و منابع انسانی، مرکز مدارک علمی، موزه و انتشارات، ۱۳۸۴.

۱۷ ص.: جدول، نمودار.- (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی‌کشور، دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله؛ نشریه شماره ۳۲۱)

ISBN 964-425-690-5

فهرستنویسی براساس اطلاعات فیپا

ص.ع. به انگلیسی: Hydraulic design criteria for inverted siphon & road crossing structures

کتابنامه: ص. ۱۷

۱. سازه‌های هیدرولیکی — طرح و محاسبه — استانداردها. ۲. آبگذرهای زیر جاده — طرح و محاسبه- استانداردها. ۳. سیفونهای معکوس — طرح و محاسبه — استانداردها. الف. شرکت مدیریت منابع آب ایران. دفتر استانداردها و معیارهای فنی. ب. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. مرکز مدارک علمی، موزه و انتشارات. ج. عنوان.

۹ض ۱۸ س/ ۱۸۰ TC ۶۲۷

[۱۳۸۴ ش. ۳۲۱ ۲۴ س/ ۳۶۸ TA]

کتابخانه ملی ایران ۸۴-۳۳۵۰۶م

شابک ۵-۶۹۰-۴۲۵-۹۶۴ ISBN 964-425-690-5

ضوابط طراحی هیدرولیکی سیفون‌ها و آبگذر زیر جاده

ناشر: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت امور اداری، مالی و منابع انسانی، مرکز مدارک علمی، موزه و انتشارات

چاپ اول، ۲۰۰۰ نسخه

قیمت: ۴۰۰۰ ریال

تاریخ انتشار: سال ۱۳۸۴

لیتوگرافی: صبا

چاپ و صحافی: چاپ الجواد

همه حقوق برای ناشر محفوظ است.

بسمه تعالی

ریاست جمهوری
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
رئیس سازمان

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور	**شماره :** ۱۰۱/۱۳۳۴۴۵
	تاریخ : ۱۳۸۴/۸/۴

موضوع :
ضوابط طراحی هیدرولیکی سیفون‌ها و آبگذر زیر جاده

به استناد آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی، موضوع ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و در چهارچوب نظام فنی و اجرایی طرح‌های عمرانی کشور (مصوبه شماره ۲٤٥۲٥/ت ۱٤۸۹۸هـ مورخ ۱۳۷٥/٤/٤ هیأت محترم وزیران) به پیوست نشریه شماره ۳۲۱ دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله این سازمان، با عنوان «ضوابط طراحی هیدرولیکی سیفون‌ها و آبگذر زیرجاده» از نوع گروه سوم، ابلاغ می‌گردد.

دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور، پیمانکاران و عوامل دیگر می‌توانند از این نشریه به عنوان راهنما استفاده نمایند و در صورتی که روش‌ها، دستورالعمل‌ها و راهنماهای بهتری در اختیار داشته باشند، رعایت مفاد این نشریه الزامی نیست.

عوامل یاد شده باید نسخه‌ای از دستورالعمل‌ها، روش‌ها و یا راهنماهای جایگزین را برای دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله این سازمان، ارسال دارند.

فرهاد رهبر
معاون رییس جمهور و رییس سازمان

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور با استفاده از نظر کارشناسان برجسته، مبادرت به تهیه این دستورالعمل نموده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلطهای مفهومی، فنی، ابهام، ایهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این رو، ***از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی، مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:***

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

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

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

۴- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.

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

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه: تهران، خیابان شیخ بهائی، بالاتر از ملاصدرا، کوچه لادن، شماره ۲۴

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

صندوق پستی ۱۹۹۱۷-٤٥٤٨١ **http://tec.mporg.ir**

بسمه تعالی

پیشگفتار

استفاده از ضوابط، معیارها و استانداردها در مراحل تهیه (مطالعات امکان‌سنجی)، مطالعه و طراحی، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری طرح‌های عمرانی به لحاظ توجیه فنی و اقتصادی طرح‌ها، کیفیت طراحی و اجرا (عمر مفید) و هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری از اهمیت ویژه برخوردار می‌باشد.

نظام فنی و اجرایی طرح‌های عمرانی کشور (مصوبه مورخ ۱۳۷۵/۴/۴ هیأت محترم وزیران) بکارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی در مراحل تهیه و اجرای طرح و نیز توجه لازم به هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری در قیمت تمام شده طرح‌ها را مورد تأکید جدی قرار داده است.

باتوجه به مراتب یاد شده و شرایط اقلیمی و محدودیت منابع آب در ایران، امور آب وزارت نیرو (طرح تهیه و تدوین ضوابط و معیارهای صنعت آب کشور) با همکاری معاونت امور فنی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور (دفتر امورفنی،تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله) براساس ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه اقدام به تهیه استانداردهای مهندسی آب نموده است.

استانداردهای مهندسی آب با در نظر داشتن موارد زیر تهیه و تدوین شده است :

- استفاده از تخصص‌ها و تجربه‌های کارشناسان و صاحبنظران شاغل در بخش عمومی و خصوصی
- استفاده از منابع و مآخذ معتبر و استانداردهای بین‌المللی
- بهره‌گیری از تجارب دستگاه‌های اجرایی، سازمان‌ها، نهادها، واحدهای صنعتی، واحدهای مطالعه، طراحی و ساخت
- پرهیز از دوباره‌کاری‌ها و اتلاف منابع مالی و غیرمالی کشور
- توجه به اصول و موازین مورد عمل مؤسسه استانداردها و تحقیقات صنعتی ایران و سایر مؤسسات تهیه‌کننده استاندارد

ضمن تشکر از کارشناسان محترم برای بررسی و اظهار نظر در مورد این استاندارد، امید است مجریان و دست‌اندرکاران بخش آب، با بکارگیری استانداردهای یاد شده، برای پیشرفت و خودکفایی این بخش از فعالیت‌های کشور تلاش نموده و صاحبنظران و متخصصان نیز با اظهار نظرهای سازنده در تکامل این استانداردها مشارکت کنند.

معاون امور فنی

تابستان ۱۳۸۴

ترکیب اعضای کمیته

ترکیب اعضای کمیته فنی شماره ۳ (آبیاری و زهکشی) که در تهیه و تنظیم این استاندارد مشارکت داشتند به شرح زیر هستند :

آقای محمدکاظم سیاهی	مهندسین مشاور پندام	فوق‌لیسانس مهندسی عمران و مهندسی آبیاری و زهکشی
آقای محمدحسن عبدا... شمشیرساز	مهندسین مشاور پژوهاب	فوق‌لیسانس مهندسی آبیاری و زهکشی
آقای احمد قزل‌ایاغ	مهندسین مشاور آبفن	فوق‌لیسانس مهندسی راه و ساختمان
آقای محمدجواد مولایی	وزارت نیرو	لیسانس آبیاری و آبادانی
آقای منصور طهماسبی	وزارت نیرو	لیسانس مهندسی راه و ساختمان

همچنین سرکار خانم مهندس محرابی در تنظیم نهایی این استاندارد همکاری نمودند.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه	۱
الف – ضوابط طراحی هیدرولیکی سیفون معکوس	۲
۱– هدف	۲
۲– دامنه کاربرد	۲
۳– انواع مجرای سیفون	۲
۴– پوشش خاکی روی مجرای سیفون	۲
۵– اجزای مختلف سیفون	۵
۶-۱ مجرای سیفون	۵
۶-۲ تبدیل ورودی و خروجی	۵
۶-۳ طوقه دور لوله	۶
۶-۴ مجرای تخلیه	۶
۶-۵ هرز آبرو	۶
۶-۶ تدابیر ایمنی	۷
۶– مبانی طراحی هیدرولیکی سیفون	۷
۷– ملاحظات طراحی	۹
ب – ضوابط طراحی هیدرولیکی آبگذر زیر جاده	۱۳
۸– تعریف	۱۳
۹– موارد استفاده	۱۳
۱۰– ملاحظات طراحی	۱۳
۱۱– طراحی هیدرولیکی	۱۵
۱۲– تبدیل ورودی و خروجی	۱۶
۱۳– طوقه دور لوله یا مجرا	۱۶
۱۴– حفاظت بدنه کانال در مقابل فرسایش	۱۶
منابع و مراجع	۱۷

مقدمه

سیفون (سیفون معکوس[1]) که به آن مجرای سیفونی نیز گفته می‌شود، برای عبور جریان کانال با نیروی ثقل از زیر جاده، راه‌آهن، لوله‌های نفت و گاز (سیفون‌های کوتاه)، زهکش‌ها، گودال‌های طبیعی و رودخانه‌ها (سیفون‌های بلند) و سایر مستحدثات استفاده می‌شود. سیفون‌ها معمولاً به‌صورت پر و تحت فشار طراحی می‌گردند. با توجه به ظرفیت سازه، شرایط توپوگرافی و نوع عوارض واقع در مسیر اجرای سیفون، این سازه شامل تبدیل ورودی و خروجی و مجرای سیفون (نوع یک) یا مجرای سیفون با چاهک ورودی و خروجی (نوع دو) است. شکل‌های (۱) و (۲) به ترتیب سیفون نوع (۱) و (۲) را نشان می‌دهد.

با توجه به جنبه‌های اقتصادی و فنی، ساختمان سیفون با سایر انواع ساختمان‌های هیدرولیکی دیگر که برای منظور فوق می‌توانند احداث شوند، مورد مقایسه قرار می‌گیرد. استفاده از ناو پایه‌دار[2] راه‌حل دیگری برای عبور جریان کانال از یک رودخانه یا مسیل و یا یک گودافتادگی طبیعی یا دره می‌باشد. گزینه قابل رقابت دیگر استفاده از پل روی کانال، برای عبور جاده و راه‌آهن به‌جای احداث سیفون است. عموماً برای بده‌های کمتر از ۳ مترمکعب بر ثانیه، سازه سیفون مقرون به صرفه‌تر می‌باشد. برای بده بزرگ‌تر از ۳ مترمکعب بر ثانیه، با توجه به نوع عوارض قطع شده توسط کانال گزینه سیفون و ناو پایه‌دار یا پل در مورد تقاطع با جاده و راه‌آهن و یا زیرگذر[3] (در تقاطع با زهکش‌ها و سیلاب‌روها) باید مقایسه گردد.

هزینه‌های ساخت، نگهداری و بهره‌برداری، عواملی هستند که ممکن است ساختمان سیفون را از سایر ساختمان‌های دیگر که به‌همین منظور ایجاد می‌شوند (به‌خصوص برای بده‌های کمتر از ۳ مترمکعب بر ثانیه) اقتصادی‌تر نماید. با این حال در بعضی شرایط ممکن است بار هیدرولیکی برای کارکرد سیفون کافی نباشد بنابراین به‌کارگیری این ساختمان عملی نبوده و استفاده از ساختمان دیگری مانند پل یا ناو پایه‌دار توجیه‌پذیر خواهد بود. ساختمان سیفون در مناطقی که تراکم جمعیت در اطراف آن زیاد است، به تجهیزات و تمهیدات ایمنی (مانند آشغال‌گیر، نردبان، زنجیر، تابلوهای هشداردهنده و ...) در دهانه ورودی و خروجی نیاز دارد.

* توضیح اینکه در این استاندارد، برای راحتی کاربرد، به جای سیفون معکوس از کلمه سیفون استفاده شده است.

1 - Inverted siphone
2 - Elevated Flume
3 - Calvert

الف - ضوابط طراحی هیدرولیکی سیفون معکوس

۱- هدف

این نشریه به عنوان بخشی از مجموعه ساختمان‌های هیدرولیکی شبکه‌های آبیاری و زهکشی به‌منظور یکنواخت‌سازی طراحی هیدرولیکی این ساختمان‌ها و هماهنگی در تهیه نقشه‌های آنها تدوین گردیده است.

۲- دامنه کاربرد

ضوابط طراحی هیدرولیکی ارائه شده در این نشریه برای کانال‌های آبیاری مختلف با ظرفیت ۳ متر مکعب بر ثانیه یا کمتر قابل استفاده می‌باشد.

۳- انواع مجرای سیفون

شکل مقطع سیفون براساس شرایط هیدرولیکی، توپوگرافی و اقتصادی تعیین می‌گردد. مقاطعی که معمولاً مورد استفاده قرار می‌گیرند دایره‌ای شکل و راست‌گوشه می‌باشد.

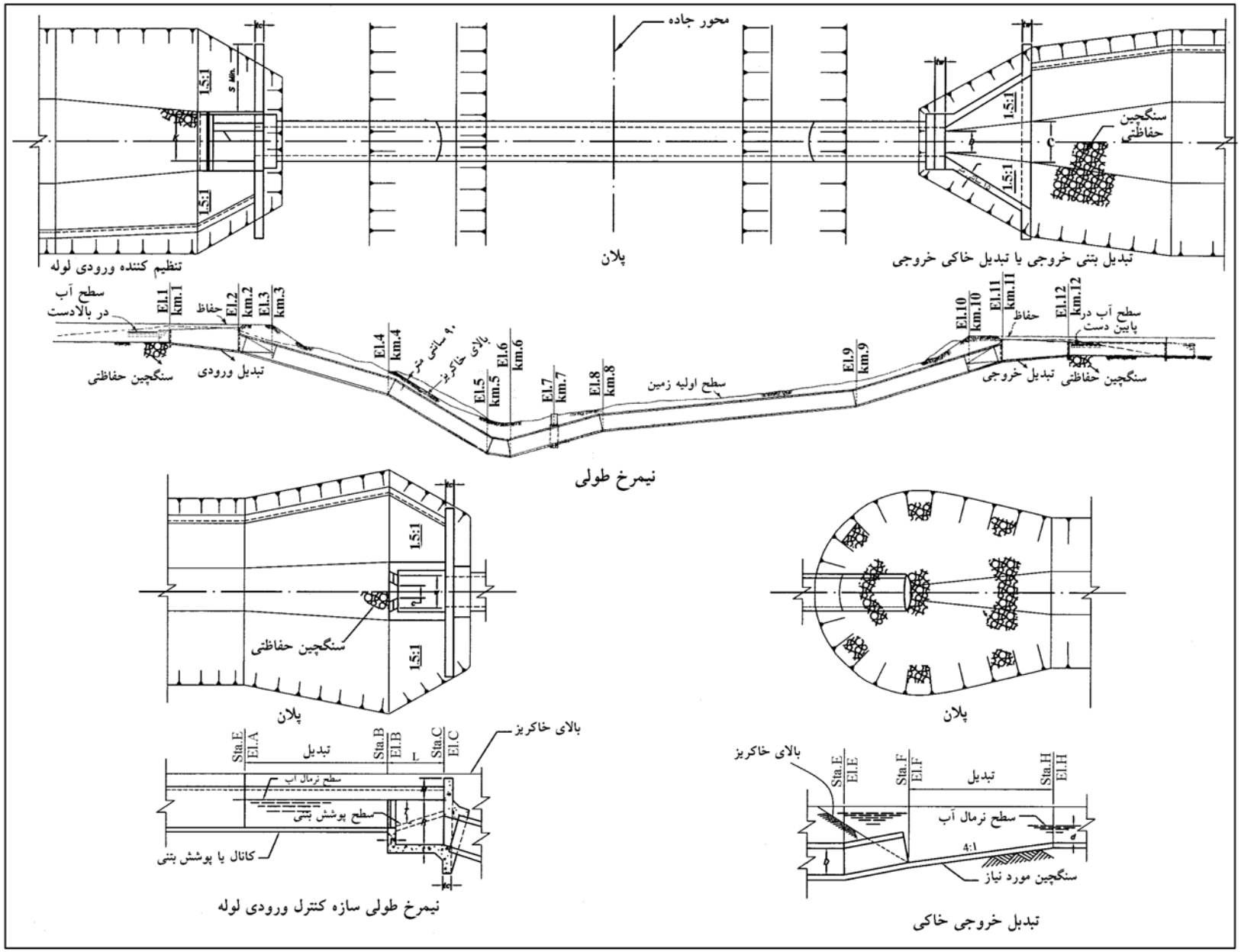
لوله‌های بتنی پیش‌ساخته، متداول‌ترین نوع مجاری دایره‌ای‌شکل سیفون‌ها هستند. لوله‌های فولادی، لوله‌های بتنی پیش‌تنیده و همچنین لوله‌های آزبست سیمان عموماً برای فشارهای بالا به‌کار می‌روند. لوله‌های بتنی پیش‌ساخته، معمولاً برای مجاری سیفون تا قطرهای ۱/۲ متر مورد استفاده قرار می‌گیرند. از قطرهای بزرگ‌تر نیز می‌توان در شرایط خاص و فراهم بودن امکان ساخت استفاده نمود.

مجاری با مقاطع راست‌گوشه (صندوقه‌ای)، به‌صورت تک مجرا یا چند مجرا اغلب در ساختمان سیفون‌های کوتاه در حالتی که‌اختلاف فشار آب در داخل مجرا کمتر از ۱ اتمسفر باشد در نظر گرفته می‌شود.

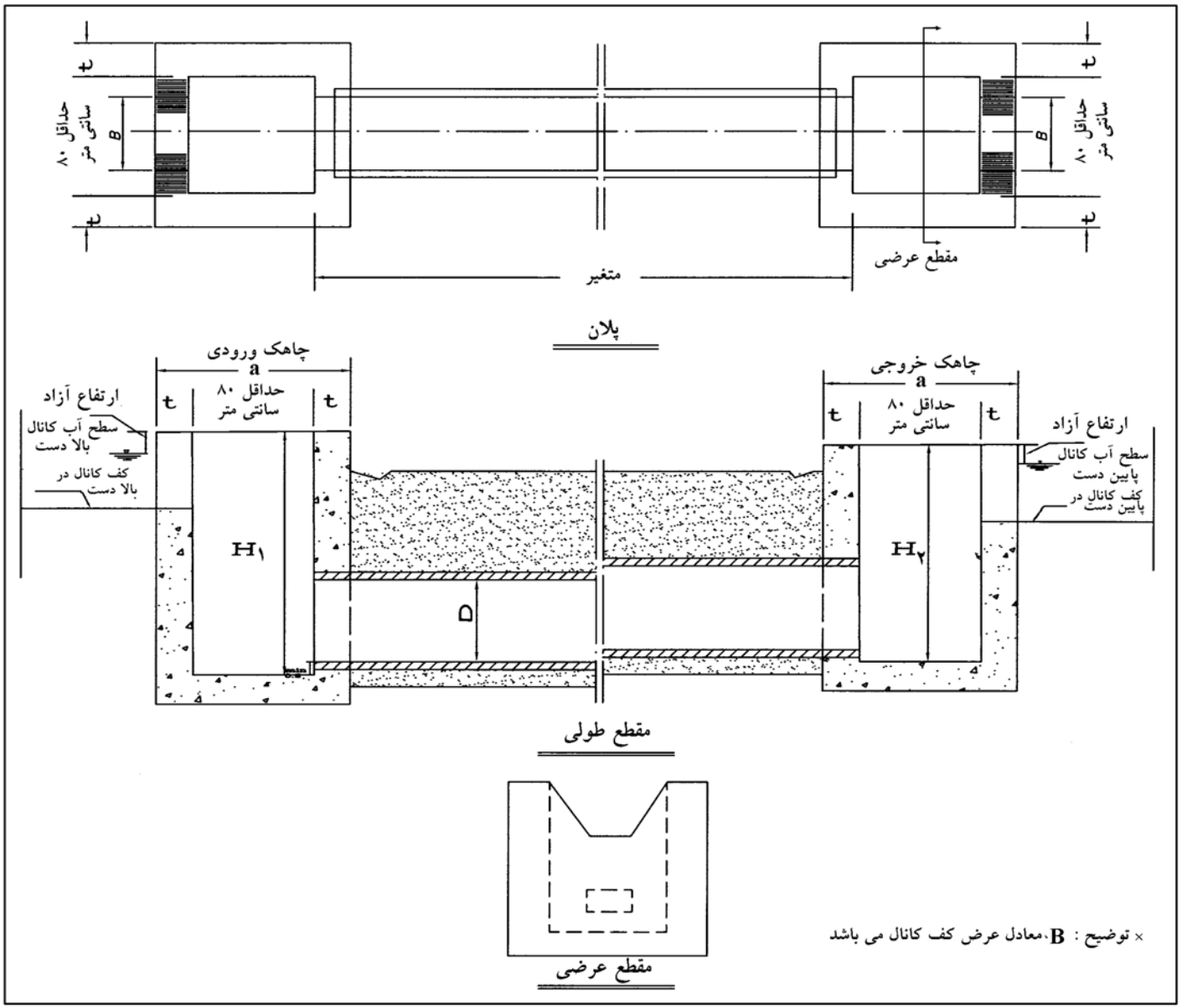
انواع لوله‌های بتنی که به‌عنوان مجرای سیفون مورد استفاده قرار می‌گیرند، باید در هنگام نصب دارای اتصالات یا تمهیدات آب‌بندی باشند.

۴- پوشش خاکی روی مجرای سیفون

ارتفاع پوشش مصالح خاکی روی لوله‌ها در تقاطع با جاده‌های اصلی و راه‌آهن، باید حداقل ۰/۹ متر و در تقاطع با جاده سرویس مزارع حداقل ۰/۶ متر منظور گردد. در سیفون‌هایی که از زیر زهکش‌های ساخته شده عبور می‌نمایند، حداقل فاصله بتنی بالای لوله تا کف زهکش ۱ متر و در مورد مسیل‌ها و رودخانه‌ها این حداقل، به عمق آب‌شستگی بستر رودخانه بستگی داشته و حداقل ۱/۵ متر درنظر گرفته می‌شود.



شکل ۱- سیفون نوع ۱- USBR



شکل ۲- سیفون نوع ۲ همراه با سازه چاهک ورودی

برای حفظ حداقل پوشش خاکی روی لوله، شیب جاده سرویس کانال یا راه دسترسی مزرعه (رمپ[1]) در بالادست و پایین‌دست سازه می‌تواند حداکثر ۱۰ درصد درنظر گرفته شود. بدیهی است در مورد جاده‌های اصلی و ارتباطی، لازم است ضوابط و استانداردهای وزارت راه و ترابری در این رابطه در نظر گرفته شود.

در حالتی که جویچه کنار جاده از روی مجرای سیفون عبور نماید، حداقل فاصله بین کف جویچه تا روی لوله (تاج‌لوله) باید ۰/۶ متر منظور شود.

در تمام سیفون‌هایی که از زیر مجاری زهکش عبور می‌نمایند برای پوشش، حداقل ۱ متر خاک، لازم است مگر اینکه مطالعات نشان دهد که پوشش بیشتری برای جلوگیری از نشست‌های بعدی کانال مورد لزوم باشد.

در تمام سیفون‌هایی که از زیر کانال‌های خاکی عبور می‌کنند، حداقل ۰/۶ متر پوشش خاکی (فاصله بین کف‌کانال تا روی لوله سیفون) مورد نیاز است.

برای تمام سیفون‌هایی که از زیر کانال بتنی پوشش شده عبور می‌نمایند، حداقل ۰/۳ متر پوشش خاک (فاصله بین پوشش کانال و روی لوله سیفون) نیاز است.

۵- اجزای مختلف سیفون

۵-۱ مجرای سیفون

طول مجرای سیفون، با توجه به عرض جاده، شیب کناره جاده و راه‌آهن موجود در نظر گرفته می‌شود. شیب خاکریز بدنه جاده نباید بیشتر از ۱/۵:۱ (۱ قائم : ۱/۵ افقی) در نظر گرفته شود.

شیب مجرای لوله‌ای سیفون نباید بیشتر از ۲:۱ و کمتر از ۰/۰۰۵ باشد. تغییرات در شیب لوله نوع بتنی مسلح پیش‌ساخته[2] (PCP) و همچنین در مسیر آن، با به‌کارگیری زانوهای پیش‌ساخته، اریب کردن انتهای لوله، برش لوله‌های پیش‌ساخته و یا با اتصالات کششی و استفاده از چندین لوله در انحناهایی که شعاع آن نسبتاً زیاد است انجام می‌شود.

تغییر شیب در لوله‌های آزبست سیمانی، فایبرگلاس و موارد مشابه، و همچنین تغییر مسیر این نوع لوله‌ها، می‌تواند با استفاده از چندین قطعه لوله (وقتی‌که شعاع انحنا بزرگ باشد) یا به‌وسیله برش لوله صورت گیرد.

۵-۲ تبدیل ورودی و خروجی

معمولاً برای کاهش افت بار و جلوگیری از فرسایش کانال‌های پوشش نشده، در قسمت ورودی و خروجی، سیفون تبدیل به‌کار برده می‌شود. این تبدیل، به صورت خاکی، بتنی، سنگچین و یا ترکیبی از آنها می‌باشد.

در سیفون‌های با مجاری نسبتاً کوتاه (سیفون‌های زیر جاده) برای کاهش هزینه می‌توان تبدیل بتنی را حذف نمود، اگرچه این عمل ممکن است سبب افزایش طول مجرا و عملیات حفاظتی اطراف ورودی و خروجی مجراگردد.

1- Ramp

2 - Precast Reinforced Concrete Pressure Pipe

سازه سیفون در شرایط زیر، اغلب به تبدیل بتنی یا نوعی سازه کنترل بتنی در ورودی و تبدیل بتنی در خروجی نیاز دارند.

- تمام سیفون‌هایی که باید از زیر راه‌آهن عبور نمایند.
- تمام سیفون‌هایی که قطر آنها بیشتر از ۰/۹ متر بوده و از زیر جاده عبور می‌نمایند.
- تمام سیفون‌هایی که در یک کانال پوشش نشده ایجاد می‌شوند (وقتی که سرعت آب در کانال بیشتر از ۱ متر بر ثانیه در لوله باشد).

در سیفون‌های نوع ۲، معمولاً برای اتصال مناسب مقطع کانال با چاهک ورودی و خروجی، دهانه ورودی و خروجی کانال در دیواره چاهک، به شکل‌مقطع عرضی کانال احداث می‌گردد. قسمت ورودی سیفون می‌تواند با ساختمان کنترل کننده سطح آب همراه باشد.

در خصوص چگونگی طراحی و محاسبه طول تبدیل، به نشریه ضوابط طراحی هیدرولیکی ساختمان‌های حفاظتی و تقاطعی، تبدیل و ایمنی و ساختمان‌های حفاظت در مقابل فرسایش طرح استاندارد مهندسی آب کشور مراجعه شود.

۵-۳ طوقه دور لوله[1]

برای کاهش سرعت جریان نشت آب در طول قسمت خارجی لوله و جلوگیری از آب‌شستگی زیر پی، و همچنین جلوگیری از نقب‌زدن جانوران یا آب‌شستگی در زیر لوله، از طوقه دور لوله استفاده می‌شود. ممکن است در برخی از سیفون‌ها، به دلیل بار هیدرولیکی کم، نیازی به استفاده از آنها نباشد. طراحی طوقه دور لوله (از نظر تعداد و ابعاد) در طول مسیر با توجه به بار هیدرولیکی موجود و مشخصات خاک، با استفاده از فرمول‌ها و قوانین مربوط به آن صورت می‌گیرد.

۵-۴ مجرای تخلیه[2]

ساختمان مجرای تخلیه، در پایین‌ترین نقطه مجرای سیفون‌های نسبتاً طولانی، برای تخلیه آب و رسوب داخل مجرا پیش‌بینی می‌شود. ساختمان مجرای تخلیه، شامل یک لوله فولادی شیردار (دریچه‌دار) است که به بدنه مجرای سیفون متصل می‌گردد. سیفون‌های با مجاری نسبتاً کوتاه را معمولاً در مواقع لزوم می‌توان با پمپاژ از هر دو انتهای مجرا تخلیه نمود.

در سیفون‌های طولانی با مجرای به قطر ۱ متر و بیشتر، اغلب علاوه بر مجرای تخلیه، یک دریچه بازدید نیز در میانه مسیر ایجاد می‌گردد تا یک راه دیگر برای بازدید و نگهداری وجود داشته باشد.

۵-۵ هرز آبرو[3]

هرز آبروها، اغلب در بالادست سیفون قرار داده می‌شوند و منظور از احداث آنها، منحرف کردن تمام یا قسمتی از آب کانال در مواقع اضطراری بهره‌برداری است.

---

1 - Pipe Collar
2 - Blowoff Structures
3 - Wasteways

۶-۵ تدابیر ایمنی

در اطراف ساختمان سیفون، باید تجهیزات ایمنی نصب شود تا از بروز خطرات جانی برای اشخاص و حیوانات جلوگیری به‌عمل آید.

۶- مبانی طراحی هیدرولیکی سیفون

معمولاً سرعت جریان در مجرای سیفون به بار هیدرولیکی موجود، جنبه‌های اقتصادی و شرایط و کیفیت ساخت بستگی دارد و ابعاد مجرای سیفون، با توجه به موارد بالا تعیین می‌گردد.

حداکثر سرعت مجاز برحسب نوع ساختمان سیفون به شرح زیر توصیه می‌شود :

- برای سیفون‌های کوتاه (حداکثر طول ۲۰ متر) با تبدیل‌های خاکی در قسمت ورودی و خروجی، ۱ متر بر ثانیه،
- برای سیفون‌های کوتاه با تبدیل‌های بتنی در قسمت ورودی و خروجی و یا سیفون‌هایی که ساختمان کنترل در قسمت ورودی و تبدیل بتنی در قسمت خروجی دارند، ۱/۵ متر بر ثانیه، و
- برای سیفون‌های طولانی با تبدیل‌های بتنی در قسمت ورودی و خروجی و یا سیفون‌های با ساختمان کنترل در قسمت ورودی و تبدیل بتنی در قسمت خروجی، حداکثر ۳ متر بر ثانیه برای مجاری صندوقه‌ای و ۲ متر بر ثانیه برای مجاری لوله‌ای.

برای جلوگیری از رسوب‌گذاری مواد معلق جریان در مجرای سیفون، باید حداقل سرعت غیررسوب‌گذار در مجرا حفظ شود. در طراحی برای شرایط عبور حداقل جریان، می‌توان با اعمال تمهیداتی مانند استفاده از چند مجرا و پیش‌بینی دریچه یا سرریز در ورودی آنها، حداقل سرعت را تأمین نمود.

افت بار در سیفون‌ها به شرح زیر می‌باشد:

- افت بار تنگ‌شدگی مجرا در تبدیل ورودی،
- افت بار ساختمان تنظیم یا کنترل کننده جریان در ورودی (در صورتی که دارای تنظیم‌کننده ورودی باشد)،
- افت بار ناشی از اصطکاک در مسیر مجرا ،
- افت بار ناشی از وجود زانوهای افقی و عمودی در مسیر مجرا ، و
- افت بار بازشدگی مجرا در تبدیل خروجی.

معمولاً ۱۰ درصد افت بارهای محاسبه شده به‌عنوان ضریب اطمینان، به مجموع بالا اضافه می‌شود تا احتمال پس‌زدن جریان در بالادست ساختمان سیفون در شرایط عبور بده طراحی وجود نداشته باشد.

افت بار هیدرولیکی، در تبدیل به صورت مضربی از Δhv بیان می‌شود که Δhv عبارت است از اختلاف انرژی سرعتی در مجرا و کانال.

ضریب افت بار هیدرولیکی در تبدیل نوع بال شکسته[1]، ۰/۴ برای قسمت ورودی و ۰/۷ برای قسمت خروجی و در تبدیل خاکی ۰/۵ برای ورودی و ۱ برای خروجی می‌باشد. برای اینکه افت بار هیدرولیکی به حداقل برسد و از ورود هوا به داخل مجرا نیز جلوگیری شود، باید استغراق دهانه ورودی مجرای سیفون[2] معادل Δhv ۱/۵ و حداقل برابر با ۷/۵ سانتی‌متر در قسمت ورودی مجرا پیش‌بینی شود؛ همچنین قسمت خروجی مجرا نیز نباید مستغرق باشد.

ارتفاع استغراق، معادل فاصله قائم بین سطح نرمال آب در کانال و قسمت فوقانی مجرای سیفون می‌باشد. اگر سیفون دارای تبدیل‌های بتنی در ورودی و خروجی باشد، از نظر اقتصادی بهتر است که تبدیل‌های بالادست و پایین‌دست مشابه یکدیگر در نظر گرفته شود.

اگر میزان استغراق در قسمت خروجی، بزرگ‌تر از $\frac{۱}{۶}$ ارتفاع (یا قطر) بازشدگی مجرا در خروجی باشد، افت بار برای شرایط بازشدن ناگهانی مجرا محاسبه می‌گردد و مقدار آن برای تبدیل خاکی و بتنی برابر Δhv ۱ خواهد بود. در سیفون‌های نوع (۲)، ضریب افت بار هیدرولیکی برای قسمت ورودی ۰/۵ و برای قسمت خروجی ۱ در نظر گرفته می‌شود.

افت بار اصطکاکی در مسیر مجرای سیفون، معمولاً با استفاده از فرمول مانینگ محاسبه می‌شود:

$$S_f = \left[\frac{Q_n}{AR^{\frac{۲}{۳}}}\right]^۲ = \left[\frac{V_n}{R^{\frac{۲}{۳}}}\right]^۲$$

که در آن :

S_f = افت بار (متر بر متر طول)،

Q = بده طراحی مجرای سیفون (مترمکعب برثانیه)،

n = ضریب زبری مانینگ،

R = شعاع هیدرولیکی،

V = سرعت جریان در مجرا ، و

A = سطح مقطع جریان .

در مواردی که فشار هیدرولیکی در مجرای سیفون بیش از ۱۰ متر باشد، می‌توان برای محاسبه افت بار در طول مجرا از فرمول‌های افت بار در مجاری تحت فشار استفاده کرد. افت بار در زانوهای مجاری لوله‌ای با استفاده از شکل (۳) تعیین می‌شود و برای مجاری صندوقه‌ای می‌توان با تعیین قطر معادل لوله از شکل نامبرده استفاده نمود. در مورد سیفون‌های نسبتاً طولانی که قسمت ورودی آنها در شرایطی بدون استغراق می‌باشد، اعمال ملاحظات خاص هیدرولیکی ضروری است. چنین شرایطی مربوط به کارکرد سیفون با ظرفیتی کمتر از ظرفیت اسمی و یا کمتر بودن ضریب واقعی اصطکاک مجرا با آنچه که در طراحی منظور شده خواهد بود. در چنین حالتی، جهش آبی در داخل مجرا ایجاد می‌گردد و به علت پس‌زدن آب و ایجاد اختلال در جریان، سیفون به‌طور مناسب عمل نخواهد کرد. شکل (۴) برای طراحی درست قسمت ورودی چنین سیفون‌هایی به‌کار گرفته

1 - Broken Back Type
2 - Seal

می‌شود. با تغییر شیب یا ابعاد مجرا نیز می‌توان برای این منظور شرایط مناسب تأمین نمود. روش دیگر برای حل این مشکل، منظور نمودن لوله هوا[1] در قسمت بالای بدنه مجرا در محل تجمع هوا در ابتدای مجرا می‌باشد.

۷- ملاحظات طراحی

مواردی که باید در طراحی یک ساختمان سیفون در نظر گرفت، به شرح زیر است :

۷-۱ تعیین نوع ساختمان ورودی و خروجی مورد احتیاج، همچنین نوع و اندازه تقریبی ابعاد مجرا،

۷-۲ تهیه یک طرح اولیه از پروفیل طولی سیفون (شامل مجرا، ساختمان‌های ورودی و خروجی) که در آن، خط زمین طبیعی، خصوصیات کانال و فواصل ابتدا و انتهای سیفون از شروع کانال با ذکر ارتفاعات مربوط به آن مشخص شده باشد (به شکل ۵ مراجعه شود)،

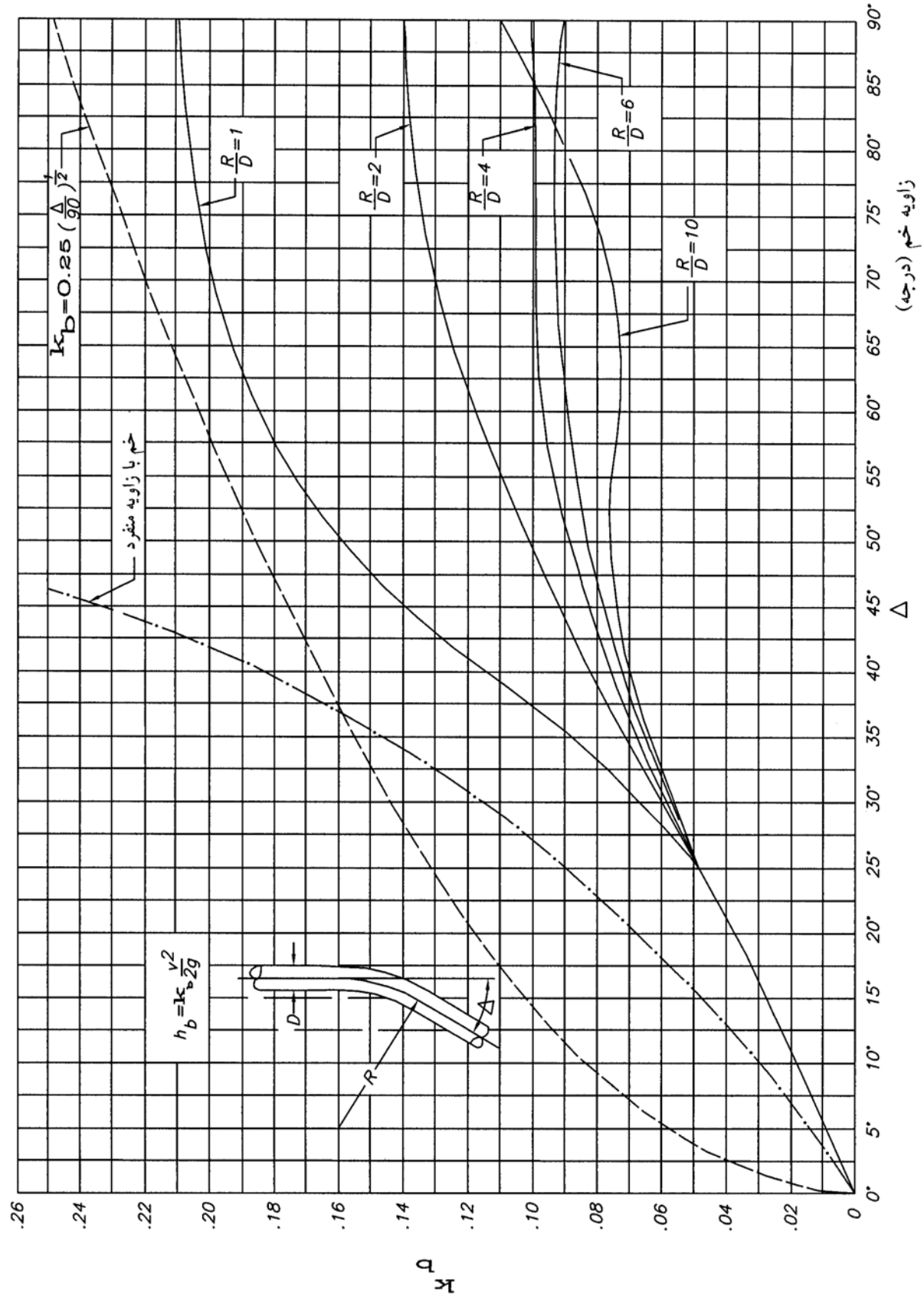
در طرح اولیه، نوع پوشش مورد نیاز مجرا، شیب، زوایای انحنا و استغراق دهانه مجرا در محل تبدیل‌ها یا ساختمان‌های کنترل در قسمت ورودی، باید مورد توجه قرار گیرد،

۷-۳ افت بارها برای طرح اولیه محاسبه می‌گردد. اگر افت بارهای محاسبه شده برابر با اختلاف ارتفاع هیدرولیکی موجود یا پیش‌بینی شده سطح آب طرفین سیفون نباشد، تجدید نظر در ابعاد مجرا و حتی در پروفیل کانال ضرورت پیدا می‌کند. اگر افت بارهای محاسبه شده، بیشتر یا کمتر ازاختلاف موجود بین سطح آب کانال در پایین‌دست و بالادست باشد، ابعاد مجرا باید متناسب با آن افزایش یا کاهش یافته و یا در پروفیل مسیر کانال تجدید نظر شود تا ارتفاع لازم ایجاد گردد.

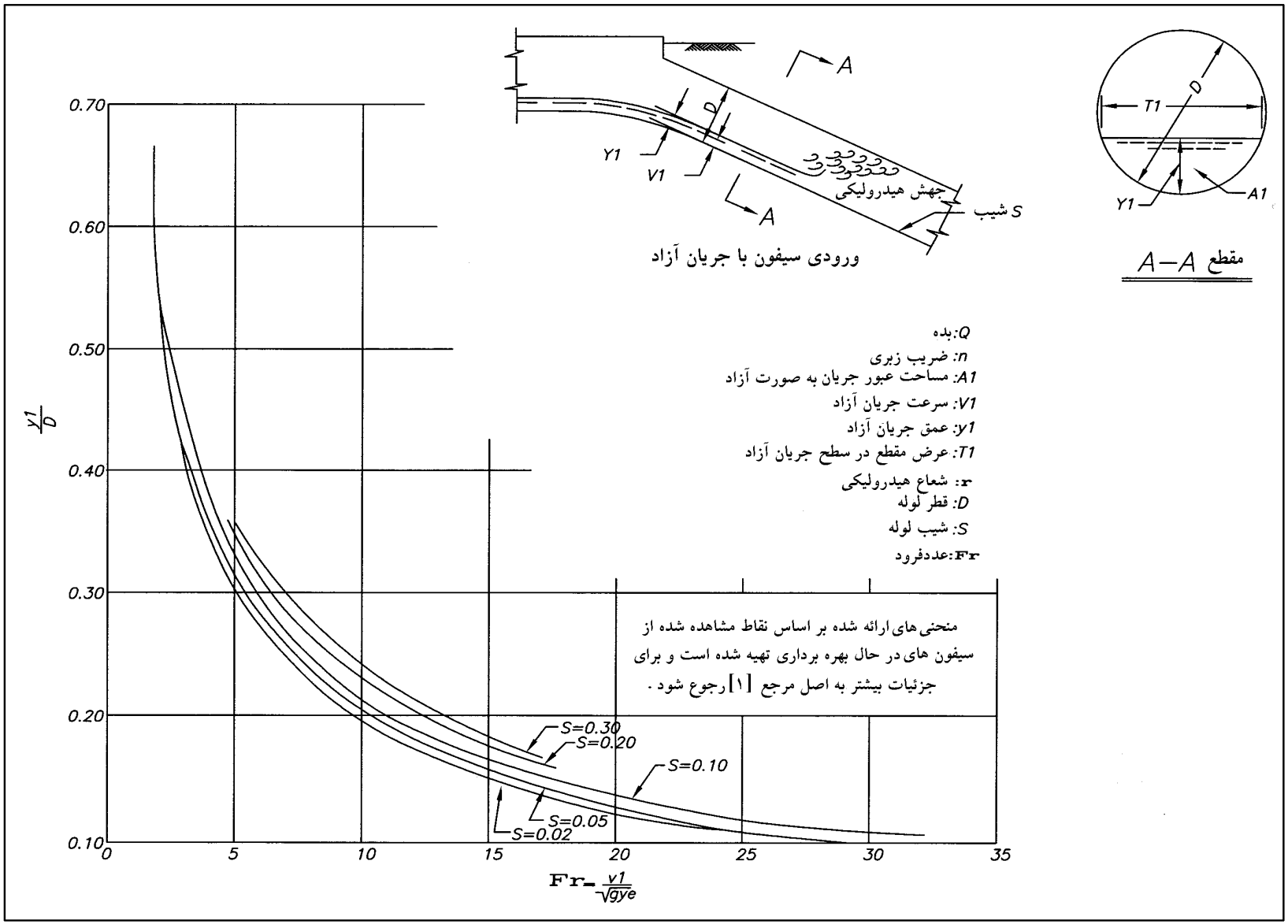
۷-۴ در سیفون‌های طولانی، در صورتی که قسمت ورودی آن دارای استغراق کافی نباشد، باید عملکرد درست قسمت ورودی سیفون کنترل گردد و در موارد لزوم، در قسمت ورودی از سازه کنترل (Check) استفاده شود.

۷-۵ در شرایط استفاده از لوله برای مجرای سیفون، نوع و کلاس لوله را می‌توان با توجه به مقدار بار خارجی و فشار داخلی تعیین نمود.

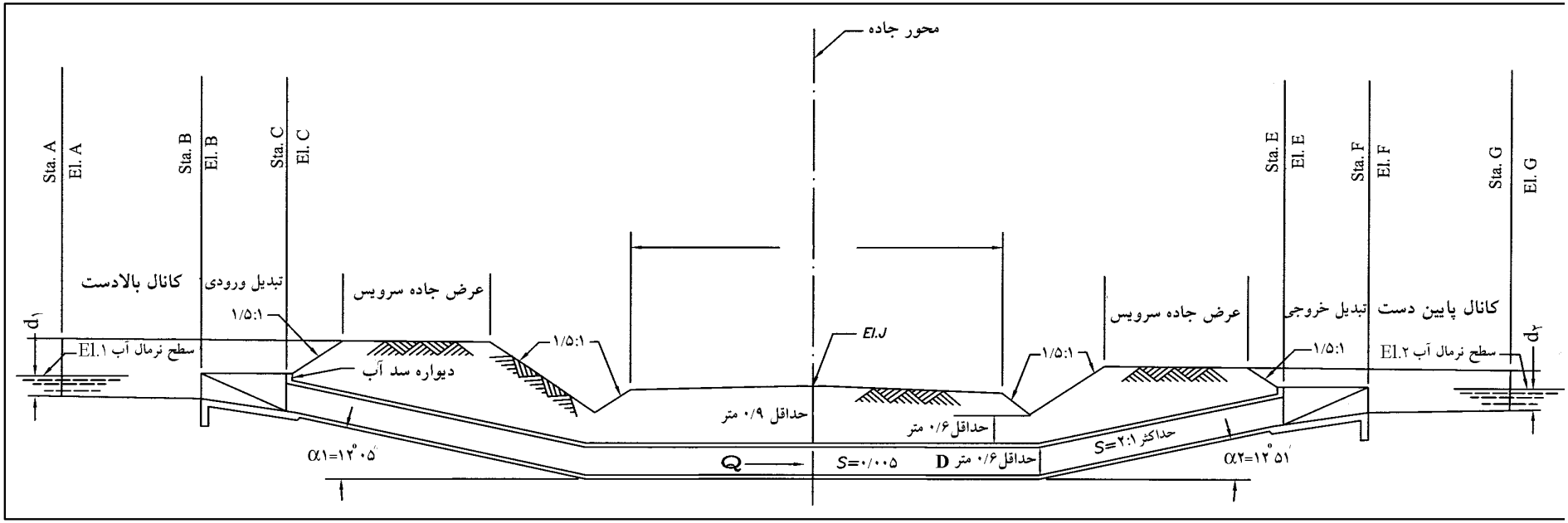
1 - Air Vent



شکل ۳- نمودار تعیین ضریب افت انرژی موضعی در خم‌ها



شکل ۴- چگونگی کنترل شیب ورودی برای جریان آزاد در ورودی سیفون



شکل ۵- نمونه سیفون لوله‌ای از زیر جاده با تبدیل

ب - ضوابط طراحی هیدرولیکی آبگذر زیر جاده[1]

۸- تعریف

ساختمان‌های آبگذر زیر جاده، برای انتقال آب کانال از زیر جاده یا راه‌آهن مورد استفاده قرار می‌گیرند. معمولاً برای‌چنین منظوری، از مجرای لوله‌ای یا صندوقه‌ای استفاده می‌شود. آبگذر زیر جاده، معمولاً دارای مقطع طولی مستقیم می‌باشد.

۹- موارد استفاده

معمولاً برای بده‌های تا حدود ۳ مترمکعب بر ثانیه، استفاده از سازه آبگذر زیر جاده، اقتصادی‌تر از احداث‌پل است. در مورد بده‌های بیشتر تا ۱۰ مترمکعب بر ثانیه، مقایسه اقتصادی فنی اجرای پل با سازه آبگذر زیر جاده ضرورت خواهد داشت.

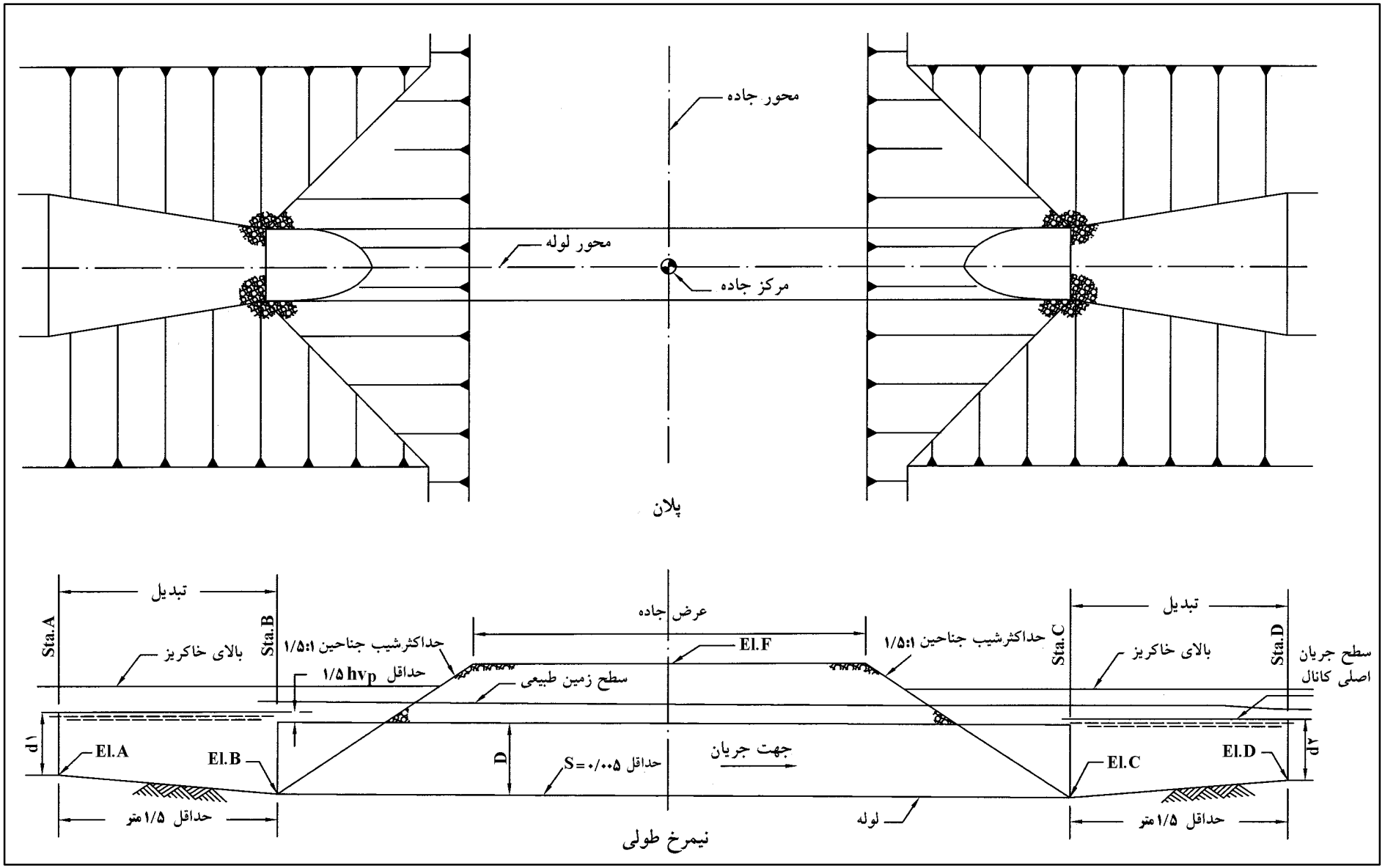
ساختمان‌های آبگذر زیر جاده، در مقایسه با ساختمان پل، چه هنگام احداث و چه بعد از آن، کمتر موجب قطع راه می‌گردند. در بعضی مواقع، نصب لوله‌ها با راندن در عمق مناسب از زیر جاده[2] انجام می‌پذیرد. در ساختمان آبگذر زیر جاده، عبور جاده از روی سازه تقاطعی همراه با نهرچه‌های زهکش دو طرف جاده از روی آن در نظر گرفته می‌شود که در حالت عدم استفاده از آن، باید آب زهکش‌ها به داخل کانال تخلیه شوند.

۱۰- ملاحظات طراحی

ساختمان‌های تقاطع کانال با جاده با مجرای مستقیم، با جریان آزاد یا با فشار کم طراحی می‌شوند. معمولاً ارتفاع هیدرولیکی موجود در ابتدای سازه و همچنین هزینه‌ها و امکانات اجرایی، توجیهی برای انتخاب سازه تقاطع‌کانال با جاده، در مقایسه با استفاده از پل روگذر ماشین‌رو می‌باشد.

مجرای لوله‌ای، معمولاً از نوع لوله پیش‌ساخته بتن مسلح فاضلابی (کالورتی) (RCCP)[3] یا لوله بتن مسلح فشاری (PCP) یا لوله آزبست سیمانی (AC)[4] انتخاب می‌شود. از لوله‌های پلی‌اتیلن (PE)[5] یک جداره، دو جداره و فایبرگلاس (GRP)[6] نیز می‌توان با توجه به فشار بار داخلی و بار خارجی، برحسب مورد، استفاده نمود. لوله‌های بتنی غیرمسلح، برای قطر۶۰ سانتی‌متر یا کمتر به‌کار می‌رود.

1 - Road Crossings
2 - Pipe Jacking
3 - Reinforcool Concrete Culvert Pipe
4 - Asbestos – Cement Pipe
5 - Polyethylen Pipe
6 - Glass Rainforced Pipe



شکل ۶- نمونه آبگذر زیر جاده

در مواردی که جریان آب در سازه تقاطع کانال با جاده بدون فشار داخلی یا با فشار داخلی کم باشد، لوله‌هایRCCP با استفاده از اتصالات استاندارد و با یک غلاف بتنی به ضخامت حداقل ۱۰ سانتی‌متر مورد استفاده قرار می‌گیرد. در حالت استفاده از مجرای صندوقه‌ای، برای راحتی اجرا، مقطع با ابعاد حداقل m ۱×۱ توصیه می‌شود.

۱۱- طراحی هیدرولیکی

طراحی هیدرولیکی آبگذر زیر جاده، شامل انتخاب قطر لوله یا ابعاد مجرای صندوقه‌ای به شکلی خواهد بود که نتایج زیر را در برداشته باشد:

۱۱-۱ در کانال‌های خاکی، حداکثر سرعت مجاز برای مجاری سازه تقاطعی برابر ۱ متر بر ثانیه و چنانچه برای قسمت‌های ورودی و خروجی سازه تبدیل بتنی در نظر گرفته شود، می‌توان حداکثر سرعت مجاز را تا میزان ۱/۵ متر بر ثانیه منظور نمود.

۱۱-۲ در کانال‌های با پوشش بتنی، حداکثر سرعت مجاز در مجرای لوله‌ای یا صندوقه‌ای سازه تقاطعی، می‌تواند تا ۲/۵ متر بر ثانیه انتخاب شود .

حداکثر تراز کف ورودی مجرا با کاهش مقدار قطر لوله (یا ارتفاع مجرای صندوقه‌ای) به اضافه ۱/۵ برابر ارتفاع معادل سرعت $\left(\frac{V^2}{2g}\right)$ در حالت مقطع پر، از تراز سطح آب کانال در بالادست سازه به‌دست می‌آید. در سازه آبگذر زیر جاده، حداقل شیب در طول مجرا ۰/۰۰۵ در نظر گرفته می‌شود.

در طراحی مجرای سازه، باید حداقل پوشش خاکی لازم روی مجرا تا سطح جاده به شرح زیر منظور گردد:

۱- در همه سازه‌های تقاطعی با راه‌آهن و راه‌های دیگر، به جز راه‌های داخل مزارع باید حداقل ۰/۹۰ متر پوشش خاکی پیش‌بینی شود. در صورتی که جویچه زهکشی کنار، از روی مجرا عبور نماید، حداقل فاصله بین کف جویچه زهکش و بالای مجرا باید ۶۰ سانتی‌متر باشد.

۲- در سازه‌های تقاطع کانال با جاده‌های مزارع، پوشش حداقل ۶۰ سانتی‌متر برای روی مجرا تا روی جاده و هم‌چنین برای روی مجرا تا زیر نهر زهکش باید در نظر گرفته شود. در اغلب مواقع در صورت نیاز برای تأمین حداقل پوشش لازم، شیب طولی جاده مزرعه در محل تلاقی با سازه مذکور تا ۱۰٪ ممکن است برسد.

یکی دیگر از راه‌های تأمین حداقل پوشش روی مجرا، قراردادن کف آن در ابتدای سازه در عمقی بیشتر از عمق گفته شده در بند ۲ بالا است، گرچه حداکثر اختلاف تراز فاصله کف کانال با کف مجرا نباید از $\frac{1}{2}$ قطر لوله یا ارتفاع مجرا بیشتر باشد (مگر در مواقعی که اجرای یک سازه کنترل در ورودی سازه تقاطع کانال با جاده ضرورت داشته باشد).

عرض و شیب‌های جانبی خاکریز جاده، در تقاطع با سازه تقاطعی باید حفظ گردد؛ در هر صورت، شیب جانبی خاکریز جاده نباید تندتر از ۱/۵:۱ باشد.

۱۲- تبدیل ورودی و خروجی

تبدیل، اغلب در ورودی و خروجی سازه آبگذر زیر جاده مورد استفاده قرار می‌گیرد. اغلب افزایش سرعت در سازه تبدیل ورودی و کاهش سرعت در سازه تبدیل خروجی به‌وجود می‌آید.

سازه‌های تقاطعی در شرایط زیر، معمولاً به تبدیل بتنی یا نوعی سازه کنترل بتنی در ورودی و تبدیل بتنی در خروجی نیاز دارند.

- در تقاطع با تمام جاده‌های مهم شهری و راه‌آهن‌ها،
- در سازه‌هایی که قطر لوله یا ارتفاع مجرای آن بیش از ۹۰۰ میلی‌متر باشد، و
- در سازه‌هایی که سرعت داخل مجرا از ۱ متر بر ثانیه بیشتر بوده و جریان عبوری از سازه تقاطعی به کانال خاکی هدایت می‌گردد.

در سایر موارد، از تبدیل سنگچین یا تبدیل از نوع خاکی می‌توان استفاده نمود. در صورتی که کنترل سطح آب در بالادست سازه تقاطعی ضرورت داشته باشد، می‌توان کنترل‌کننده سطح آب را با ورودی سازه تقاطعی همراه نمود.

۱۳- طوقه دور لوله یا مجرا

برای کاهش سرعت جریان آب در طول بدنه خارجی مجرا و خاک اطراف آن، و در نتیجه جلوگیری از حرکت و جابجایی ذرات خاک، و یا جلوگیری از اثر ایجاد حفره توسط جانوران برحسب مورد، از طوقه بتنی در دور مجرا استفاده می‌گردد.

۱۴- حفاظت بدنه کانال در مقابل فرسایش

برای حفاظت از بدنه کانال‌های خاکی در مقابل فرسایش در مجاورت سازه‌های تقاطعی، به نشریه ضوابط طراحی هیدرولیکی ساختمان‌های حفاظتی و تقاطعی، تبدیل و ایمنی و ساختمان‌های حفاظت در مقابل فرسایش طرح استاندارد مهندسی آب کشور مراجعه شود.

منابع و مراجع

1- A.J. Aisenbrey, Jr. – R.B. Hayes – H.J. Warren - D.L. Winsett – R.B. Young, Design of Small Canal Structures, United States, Department of The Interior – Bureau of Reclamation Denver, Colorado 1978.

2- Design Standard No 3- Canal and Related Structures , United States , Department of The Interior – Burea of Reclamation, Office of Chief Eng. De nver , Colorado 1967.

3- M- Cancelloni, Techniques rurales en afrique a les ouvrages d'un petit reseau d' irrigation Janvier 1969.

خواننده گرامی

دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، با گذشت بیش از سی سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر چهارصد عنوان نشریه تخصصی – فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به صورت تألیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. نشریه پیوست در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت‌های عمرانی به کار برده شود. به این لحاظ برای آشنایی بیشتر، فهرست عناوین نشریاتی که طی سه سال اخیر به چاپ رسیده است به اطلاع استفاده کنندگان و دانش پژوهان محترم رسانده می‌شود.

لطفاً برای اطلاعات بیشتر به سایت اینترنتی **http://tec.mporg.ir** مراجعه نمایید.

دفتر امور فنی، تدوین معیارها

و

کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

Hydraulic Design Criteria For Inverted Siphon & Road Crossing Structures

این نشریه
با عنوان «ضوابط طراحی هیدرولیکی سیفون و آبگذر زیر جاده» شامل دو بخش " ضوابط طراحی هیدرولیکی سیفون معکوس" و " ضوابط طراحی هیدرولیکی آبگذر زیر جاده " می باشد.
در این نشریه ضمن توضیح موارد استفاده و ملاحظات طراحی و مشخصه‌های اجزاء مختلف ساختمان‌های مذکور، ضوابط طراحی هیدرولیکی آنها نظیر محاسبه سطح مقطع مجاری، سرعت حداکثر و حد اقل جریان در مجاری، افت بار در قسمت‌های ورودی، خروجی و مجاری ساختمان‌ها ارائه گردیده است.

معاونت امور اداری ، مالی و منابع انسانی
مرکز مدارک علمی ، موزه و انتشارات

ISBN 964-425-690-5