جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

محاسبه ی شبکه های جمع آوری فاضلاب

پس از تعیین مقدار فاضلاب در حالت های گوناگون بهره برداری از شبکه و انتخاب نوع لوله ها، باید برای شروع محاسبه ی شبکه جمع آوری فاضلاب گام های زیر برداشته شود:

گام اول- تهیه ی نقشه ی توپوگرافی از شهر مورد نظر- برای انجام بررسی ها و محاسبات شبکه ی جمع آوری فاضلاب حداقل دونوع نقشه توپوگرافی لازم است:

الف) نقشه ی توپوگرافی به مقیاس $\frac{1}{5000}$ تا $\frac{1}{10000}$ از شهر و حومه آن برای آگاهی بر وضعیت کلی عوارض طبیعی اطراف شهر و امکان ورود سیلاب های ناشی از بارندگی ها به درون شهر، در مواردی که شهر در مسیل سیلاب کوه های اطراف قرار دارد مطالعه روی نقشه ای به مقیاس $\frac{1}{50000}$ که دارای خطوط هم‌تراز باشد نیز لازم است. این گونه نقشه ها را در ایران می توان از سازمان جغرافیایی ارتش دریافت نمود.

ب) نقشه ی توپوگرافی به مقیاس $\frac{1}{1000}$ تا $\frac{1}{2500}$ برای انجام محاسبات دقیق شبکه. در این نقشه ها باید ترازیابی دقیق تمام خیابان ها، کوچه ها و گذرهای شهر منعکس باشد. سازمان نقشه برداری کل کشور با کمک عکس های هوایی، چنین نقشه هائی را از تمام شهرهای ایران تهیه کرده است. ترازها و بلندی های داده شده در این نقشه ها برای طرح های مقدماتی (مرحله اول) کافی هستند. ولی برای طرح های اجرائی (مرحله دوم) غالباً دارای دقت

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

کافی نبوده و باید ترازیابی زمینی و با دقت بیشتری انجام گرفته، روی نقشه های نامبرده منعکس گردد.

گام دوم- انتخاب مسیر لوله ها- با استفاده از نقشه های نامبرده و با توجه به شیب طبیعی زمین باید جهت حرکت فاضلاب در تمام خیابان ها، کوچه ها و گذرها روی نقشه های دقیق با مقیاس $\frac{1}{1000}$ تا $\frac{1}{2500}$ منعکس گردد. سپس با توجه به نوع شبکه ی جمع آوری فاضلاب لوله های اصلی و فرعی مشخص می گردند.

گام سوم- نامگذاری مسیرها- تمام مسیرها و تقاطع ها باید با کمک حروف و اعداد و نظمی مناسب نامگذاری شوند. هرچه این کار با نظمی بهتر انجام شود، محاسبه و کنترل آن آسانتر و احتمال اشتباه کمتر می گردد. این نامگذاری باید به گونه ای انجام گیرد که بتوان علاوه بر مشخص کردن مسیرها هریک از دهانه های بازدید را نیز با شماره ای نامگذاری نمود.

گام چهارم- تعیین حوزه ی آبریز لوله ها- برای این کار باید نخست محدوده ی خدمات شهری با توجه به نقشه های جامع و یا هادی شهر تعیین شود و سپس تراکم جمعیت در نقاط مختلف شهر معین و بالاخره حوزه ی آبریز هر قطعه لوله انتخاب و سطح آن برحسب هکتار محاسبه گردد.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

گام پنجم- تهیه ی پروفیل های طولی- با استفاده از نقشه های توپوگرافی دقیق به مقیاس $\frac{1}{1000}$ تا $\frac{1}{2500}$ و یا با استفاده از نتایج نقشه برداری و ترازیابی دقیق در محل و به ترتیب نامگذاری های انجام شده برای مسیرهای گوناگون پروفیل های طولی تمام خیابان ها، کوچه ها و گذرها با مقیاس های زیر کشیده می شوند:

- مقیاس در طول $\frac{1}{1000}$ تا $\frac{1}{2500}$
- مقیاس در ارتفاع $\frac{1}{100}$

گام ششم- تهیه ی جدولی مانند جدول های ********* و نوشتن نتایج محاسبه ی لوله ها در آن.

برای برداشتن گام های نامبرده و انجام محاسبه ی شبکه لازم است که مهندس طراح به موارد زیر توجه نموده و خط مشی طرح را انتخاب نماید.

انتخاب روش جمع آوری در شهرهای ایران- با توجه به ویژگی های نامبرده برای دو روش ملاحظه می شود که روش مجزا معمولاً دارای هزینه ی ساختمانی بیشتری است و وقتی باید به طرح آن مبادرت ورزید که طرح شبکه ی درهم از نظر فنی ایمنی نداشته باشد. در حالت های زیر طرح شبکه ی درهم برای شهرهای ایران نامناسب و شبکه ی مجزا پیشنهاد می شود:

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

الف) در شهرهای ساحلی که بتوان آب باران را در قسمت های گوناگون شهر مستقیماً وارد رودخانه یا دریا نمود. یعنی هزینه های ساختمان شبکه جمع آوری فاضلاب آب باران نسبتاً کم باشد.

ب) در شهرهائی که یک یا چند رودخانه خشک و یا مسیل از آن می گذرد و می توان از آنها به عنوان کانال های اصلی جمع آوری آب باران استفاده نمود. در این صورت بهتر است حتی الامکان روی این مسیل ها را پوشانید و در صورت نیاز به صرفه جوئی در هزینه ی طرح برای کانال های فرعی جمع آوری آب باران از جوی های روباز سنتی استفاده نمود.

ج) در شهرهای جنوبی ایران (کرانه های خلیج فارس و دریای عمان) به علت زیاد بودن شدت های لحظه ای بارندگی و جریان بادهای سطحی که گاهی همراه با حرکت ماسه بادی هستند و نیز زیادی نسبی روزهای خشک و بی بارندگی انتخاب شبکه ی مجزا پیشنهاد می شود. در برخی از شهرهای اطراف کویرها، با وجود کمتر بودن شدت های لحظه ای بارندگی و به علت زیادی روزهای بدون بارندگی و وجود بادهای همراه با ماسه بادی انتخاب روش درهم صحیح به نظر نمی رسد.

د) در شهرهایی که شیب خیلی زیادی دارند و می توان برای آب باران از شبکه ی روباز یا روبسته استفاده کرده و به سادگی آب باران را به بیرون شهر هدایت نمود انتخاب روش مجزا باید مورد توجه باشد.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

در مقابل تنها برای شهرهای شمالی ایران به ویژه در استان های مازندران و گیلان که روزهای بارندگی زیادی در سال دارند ممکن است روش درهم مورد توجه قرار گیرد. در این مورد نیز باید مطالعات کافی به عمل آید تا از نظر ایمنی مشکلاتی به وجود نیاید.

قوانین هیدرولیکی

جریان در فاضلاب ها معمولاً به صورت آزاد و تحت تأثیر نیروی ثقل انجام می گیرد. لذا در این قسمت تنها به آن دسته از قوانین و اصول هیدرولیکی اشاره می شود که در محاسبه ی چنین لوله هائی دخالت دارند. تنها در حالت بارندگی های شدید که لوله ها در مدت زمانی کوتاه قدرت کشش تمام آب باران را نداشته باشند سطح آب در دهانه های بازدید بالا آمده ولی به علت ارتباط آنها در کف خیابان با هوای آزاد فشار وارد شده حداکثر از چند متر بیشتر نمی گردد که آن هم قابل چشم پوشی است. بنابراین از گفتگو در مورد قوانین مربوط به لوله های فاضلاب زیر فشار که نظیر لوله های آب رسانی است خودداری شده و کافی است برای آگاهی بیشتر در این زمینه به کتاب آبرسانی شهری این نویسنده مراجعه شود.

فرضیاتی که در محاسبه به کار می روند.

همان گونه که اشاره شد جریان در لوله های فاضلاب غالباً به صورت آزاد و تحت تأثیر نیروی ثقل انجام می گیرد. برای به دست آورند فرمول هایی که بتوان به راحتی با آنها

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

محاسبه ی شبکه را انجام داد فرض هائی انجام می گیرد که کاربرد آنها تقریب هایی به همراه دارد. این فرض ها عبارتند از:

الف) جریان فاضلاب دائمی (ماندگار) است یعنی: $\frac{dv}{dt}=0$

ب) جریان فاضلاب یکنواخت است یعنی: $\frac{dv}{dx}=0$

ج) جریان فاضلاب باد بی ثابتی است یعنی: $\frac{dQ}{dx}=0$

ملاحظه می شود این سه شرط تنها در صورتی کاملاً برقرارند که در یک قطعه لوله مقدار سرعت در زمان های مختلف یکسان مسطح مقطع جریان در طول لوله ثابت و انشعابی به لوله وارد نگردد. در جریان های آزاد و بدون فشار این سه شرط سبب می شوند که شیب کف کانال برابر شیب خط انرژی و برابر شیب سطح آزاد فاضلاب گردد. با استفاده از همین شرط ها است که در محاسبه ی لوله های فاضلاب به جای شیب خط انرژی یا خط شیب فشار (آنچه در لوله های آبرسانی و زیرفشار، مورد توجه قرار می گیرد) از شیب کف کانال گفتگو به عمل می آید.

د) پخش سرعت در سطح مقطع جریان ثابت و سرعت را برابر سرعت متوسط فرض می کنند. $v=v_m=\frac{Q}{A}$

هـ) فاضلاب ماده ای غیرقابل تراکم در نظر گرفته شده یعنی وجود گازها در آن نادیده گرفته می شود.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

رابطه ی پیوستگی:

رابطه ی اصلی برای محاسبه ی لوله های فاضلاب همان رابطه ی پیوستگی یعنی رابطهٔ زیر می باشد.

$$Q = V_1 * A_1 = V_2 * A_2$$

در رابطه ی فوق Q دبی فاضلاب، V سرعت متوسط آن از رابطه ی قسمت د و A سطح مقطع جریان است.

رابطه ی جریان:

رابطه ی جریان رابطه ای است بین سرعت و افت فشار از یکسو و ابعاد و خواص هندسی لوله از سوی دیگر، رابطه های جریان به دو دسته تقسیم می شوند:

دسته ی اول- رابطه هایی که پایه ی تئوریک داشته و با عمل مطابقت داده شده اند مانند رابطه ی دارسی- وایسباخ.

دسته ی دوم- رابطه هائی که تنها از راه تجربه به دست آمده اند، مانند رابطه های هیزن- ویلیامز، مانینگ- استریکلر، شزی- کاتر، بازن، و ستون و دهها رابطه ی دیگر.

رابطه ی دارسی- وایسباخ: این رابطه که نخست برای لوله های زیرفشار به کار رفته است بر تئوری اختلاط پراندل پایه گذاری شده و سپس توسط دانشمندان دیگری مانند

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

نیکورادزه، شلیشتینگ، کولبروک، ومودی، بررسی و با نتایج آزمایشی تطبیق داده شده است.

این رابطه عبارت است از:

$$J = \frac{f}{d}\frac{v^2}{2g}$$ (رابطه ی ۳)

$$v = \sqrt{\frac{2gdJ}{f}}[m/s]$$ (رابطه ی ٤)

در این رابطه ها مقدار J در لوله های زیر فشار برابر شیب خط فشار و در لوله های بدون فشار ولی با جریان پ و با توجه به شرایط نامبرده برابر شیب کف لوله است. مقدار v سرعت متوسط جریان بر حسب متر در ثانیه از رابطه ی سرعت، d قطر درونی لوله بر حسب متر، g شتاب ثقل زمین بر حسب متر بر ثانیه به قوه دو و f ضریب مقاومت لوله در برابر جریان فاضلاب است که از رابطه ی کلی کولبروک یعنی ۵ و یا ازآباک شکل به دست می آید.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log\left(\frac{2{,}51}{\mathrm{Re}\sqrt{f}} + \frac{k}{3{,}71d}\right)$$ (رابطه ی ۵)

با قراردادن قطر موثر هیدرولیکی D از رابطه ی ۷ به جای قطر دایره یعنی d می توان با تقریبی کافی ار رابطه ی دارسی- وایسباخ برای محاسبه ی مقطع های غیر دایره ای شکل ولی نزدیک به آن مانند مقطع های تخم مرغی استفاده نمود. ولی برای مقطع های دیگری مانند چهار گوش، ذوزنقه و یا مثلثی باید ضریب دیگری به نام ضریب شکل در معادله دخالت داد

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

که چون کاربرد رابطه را مشکل می سازد از رابطه های دیگری مانند رابطه ی مانینگ- استریکلر برای اینگونه مقطع ها استفاده می کنند.

$$R=\frac{A}{U}$$ (رابطه ی ٦)

$$D=4R$$ (رابطه ی ٧)

در رابطه های ٦ و ٧ مقدار A نشان دهنده ی سطح مقطع جریان برحسب متر مربع، U محیط تر شده و R شعاع هیدرولیکی بر حسب متر است. با توجه به رابطه های ٦ و ٧ و ٤ مقدار سرعت از رابطه ی ٨ به دست می آید.

$$v=\sqrt{\frac{8gRJ}{f}}$$ (رابطه ی ٨)

طبق آباک شکل زیر، کولبروک از ترکیب دو رابطه ی مربوط به حالت های A و B رابطه ی ٥ را برای حالت کلی جریان پیشنهاد کرده است که برای جریان های فاضلاب مناسب است. در این رابطه f ضریب مقاومت لوله است که پیش از این ضریب مالش نامیده می شد، d قطر لوله، K مقدار زبری جدار لوله Re عدد رینلدز است که از رابطه ی ٩ به دست می آید.

$$\mathrm{Re}=\frac{v.d}{\nu}$$ (رابطه ی ٩)

در رابطه ی ٩، v سرعت فاضلاب، d قطر لوله و ν لزجت سینماتیکی فاضلاب است. در عمل لزجت سینماتیکی فاضلاب را $\frac{1}{2}\times10^{-6}$ تا $\frac{1}{3}\times10^{-6}$ متر مربع بر ثانیه فرض می

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

کنند که جدول های زیر براین مبنا محاسبه شده اند. عدد زبری مطلق جدار لوله یعنی K_a معمولاً توسط کارخانه ی سازنده به خریدار اعلام می گردد. اما نوع کاربرد لوله نیز در انتخاب عدد K، برای رابطه ی ۵ بسیار مؤثر است لذا در عمل مقدار K را به صورت زیر انتخاب می کنند که در آن اثر ناصافی های موضعی از قبیل محل اتصال لوله ها به همدیگر، محل انشعاب ها و یا دهانه های بازدید و نیز کهنه شدن لوله ها منظور شده است و به نام عدد زبری کار نامیده می شود:

الف- برای شاه لوله های فاضلاب که انشعاب خانه ها به آنها متصل نمی گردد و تعداد آدم روها در آنها کم است K را برابر یک میلیمتر فرض می کنند.

ب- برای لوله های فاضلاب معمولی که دارای انشعاب و دهانه های آدم رو هستند مقدار K را ۱/۵ میلیمتر می گیرند.

ج- برای مقطع های تخم مرغی شکل به علت کوتاه بودن طول قطعات آنها و در نتیجه زیادی اتصالات، مقدار زبری را ۱/۵ میلیمتر فرض می کنند.

د) در حالت های استثنائی و برای لوله های فرعی و بسیار کهنه که جدار آنها خورده شده باشد مقدار K را تا ۳ میلیمتر نیز انتخاب می کنند.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

طبق استاندارد آلمان غربی اگر کارگذاری لوله ها با دقت فراوان انجام گیرد، جنس لوله ها کاملاً صاف انتخاب گردند و در ساختمان آدم روها دقت به عمل آید تا افت انرژی در آنها به حداقل رسد می توان مقادیر زبری کار یعنی K را به ۱/۳ تا ۱/٤ اعداد نامبرده کاهش داد.

جدول های شماره ی ***** و ***** به ترتیب برای مقطع دایره ای و مقطع تخم مرغی شکل با زبری ۱/۵ میلیمتر می باشند. چنانکه جدول های نامبرده نشان می دهند. مقدار زبری جدار لوله از قدرت هدایت فاضلاب در آن می کاهد. درصد کاهش قدرت هدایت فاضلاب بر حسب درصد افزایش زبری جدار لوله در شکل ۲ منعکس شده است. اثر کاهش نامبرده در نتیجه ی افزایش قطر لوله کم می شود.

در دفاتر فنی و مهندسین مشاور معمولاً نیاز به جدول های مفصل تری برای محاسبه و طرح لوله های فاضلاب هست و لذا اینگونه جدول ها به صورت کتاب هائی جداگانه چاپ شده که در این جا به عنوان مثال دو نمونه از آنها با شماره های ۷ و ۱۰ در کتابنامه ی این بخش معرفی شده اند.

رابطه ی مانینگ- استریکلر: این رابطه ی تجربی که به صورت رابطه ی ۱۰ است به علت سادگی کاربرد و دقت نسبتاً خوب آن به ویژه برای مقطع های غیر دایره ای شکل و کانال های روباز هنوز در بسیاری از دفاتر مهندسی مصرف می شود.

$$Q = A \cdot v = A \cdot K_M \cdot R^{2/3} \cdot J^{1/2}$$ (رابطه ی ۱۰)

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

در این رابطه A سطح مقطع جریان، R شعاع هیدرولیکی مقطع جریان که از رابطه ی شماره ی ٦ به دست می آید، J برابر شیب کف کانال و بالاخره K_M ضریب ناصافی جدار کانال است که از جدول ۳ به دست می آید.

رابطه ی شماره ی ۱۰ به صورت آباک شکل ٦ نشان داده شده است.

در آباک شکل شماره ی ٦ شیب لوله با علامت s و ضریب ناصافی با n نشان داده شده است.

رابطه ی کاتر- شزی: رابطه ی شماره ی ۱۱ با کمک آزمایش هایی که در سال ۱۸٦۱ روی رودخانه می سی سی پی به عمل آمد توسط کاتروشزی پیشنهاد گردید و معمولاً برای کانال های روباز به کار می رود و امروزه کاربرد آن رو به کاهش است و به ویژه برای جریان در لوله ها کم دقت و نامناسب است.

$$Q = A,v = A.\frac{100R}{m+\sqrt{R}}\sqrt{J}$$ (رابطه ی ۱۱)

در رابطه ی ۱۱، A سطح مقطع جریان، R شعاع هیدرولیکی از رابطه ی ٦، J شیب کف کانال و m ضریب ناصافی جدار کانال می باشد. مقدار ضریب m برای کانال ها و لوله های فاضلاب خانگی برابر ۰/۳۵ و برای کانال های آب باران ۰/٤۰ می باشد. برای لوله های بسیار صاف مانند سفالی لعابدار و پلاستیکی می توان مقدار m را ۰/۲۵ نیز انتخاب نمود.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

رابطه ی ٦ تنها برای لوله ها است و برای کانال های غیر دایره ای رابطه مفصل تر می شود که در این جا از آوردن آن خودداری می شود.

رابطه ی هیزن- ویلیامز: این رابطه به صورت رابطه ی شماره ۱۲ می باشد و بیشتر برای لوله های زیرفشار به کار می رود لذا از گفتگوی بیشتر درباره آن خودداری شده و برای آگاهی بیشتر خواننده می تواند به کتاب آبرسانی شهری مراجعه نماید.

$$Q = A,v = A.0.85.C.R^{0.63}.J^{0.54}$$ (رابطه ی شماره ۱۲)

در رابطه ی ۱۲ ، پارامترهای A، R ، J مانند رابطه های پیشین و C ضریب زبری لوله است.

تعیین ابعاد کانال های فاضلاب

برای تعیین ابعاد کانال های فاضلاب باید نخست نوع کانال و سپس شیب آن انتخاب گردد. چنانکه پیش از این اشاره شد جنس لوله بسته به نوع فاضلاب و جنبه های اقتصادی و امکان های تهیه لوله انتخاب می گردد.

در ازای لوله و اختلاف ارتفاع زمین در ابتدا و انتهای آن از روی نقشه اندازه گیری می شود. با توجه به محدودیت شیب لوله ها که در جدول شماره ی ۵ داده شده است، خطای حاصل از این روش اندازه گیری طول لوله قابل چشم پوشی است.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

در مورد مقطع های دایره ای و تخم مرغی شکل پس از انتخاب شیب و بسته به جنس و مقدار زبری جدار لوله از یکی از جدول های شماره ۱ و ۲ و یا آباک های شماره ی ۳ تا ۵ می توان قطر لوله ی دایره ای و یا تخم مرغی شکل و نیز قدرت هدایت Q_O و سرعت جریان V_O آن را در حالتی که با جریان پرکار کند خواند. در مورد مقطع های غیر دایره ای یعنی شکل های شماره ی ۱ از اعداد جدول ٤ که در آن نسبت بین دبی و سرعت در مقطع مورد نظر به دبی و سرعت جریا در مقطع دایره ای با قطری برابر پهنای مقطع مورد نظر ($B=2r$) داده شده است استفاده نمود. نسبت های نامبرده برای دو فرمول دارسی- وایسباخ و مانینگ- استریکلر داده شده اند. البته لازم به تذکر است که به جای روش اخیر می توان با محاسبه ی شعاع هیدرولیکی و کاربرد رابطه های جریان نیز مستقیماً Q و v حالت پراین مقطع ها را محاسبه نمود.

بررسی حالت نیمه پر در کانال های فاضلاب

در کانال های فاضلاب بیشتر وقت ها فاضلاب به صورت ناپر جریان می یابد و لذا مقدار دبی و سرعت بسته به ارتفاع فاضلاب در فاضلاب رو تغییر می نماید. چون کاهش سرعت در مواقع کمی فاضلاب ممکن است سبب ته نشین شدن مواد معلق در آن گردد، بررسی و تعیین سرعت واقعی فاضلاب در حالت های گوناگون یکی از مهم ترین قسمت های طرح شبکه ی فاضلاب می باشد. به عبارت دیگر پس از تعیین ابعاد هندسی کانال باید

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

مقدار سرعت در حالت های مختلف به ویژه در موقع شروع بهره برداری کنترل شود. برای انجام این کار از منحنی های شکل ۷ برای مقطع دایره و شکل ۸ برای مقطع تخم مرغی معمولی و شکل ۹ برای مقطع نعل اسبی معمولی به صورت زیر استفاده می شود:

اگر Q دبی واقعی و یا دبی لحظه ای جریان فاضلاب در لوله ای باشد، با در دست داشتن نسبت $\frac{Q}{Q_0}$ و با کمک منحنی Q در شکل شماره ی ۷ مقدار $\frac{h}{d}$ و با کمک منحنی v د همان شکل مقدار $\frac{v}{v_0}$ خوانده می شود. مقادیر Q_0 و v_0 مربوط به حالت پر در لوله هستند که از جدول های شماره ۱ و یا آباکهای شماره ی ۳ و ٤ به دست می آیند. سپس با معلوم بودن d مقدار h یعنی ارتفاع واقعی فاضلاب در فاضلابرو و v سرعت لحظه ای جریان برای دبی Q محاسبه می گردد.

در اینجا لازم به تذکر است که در شکل های ۷ تا ۹ اثر مقاومت هوای موجود در لوله ی نیمه پر نیز دخالت داده شده است.

برای به دست آوردن مقادیر A یعنی سطح مقطع جریان در لوله و R شعاع هیدرولیکی آن در حالت نیمه پر کافی است نسبت های $\frac{R}{r}, \frac{A}{A_0}$ در محور افقی خوانده شود و مقادیر A و R محاسبه شود.

محدودیت های فنی

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

برای این که شبکه ی فاضلاب بتواند در موقع بهره برداری خوب کار کند یعنی از یک سو ته نشین شدن مواد معلق سبب گرفتگی فاضلابروها نشود و از سوی دیگر مواد معلق سخت مانند شن و ماسه موجب سایش و فرسایش کف فاضلابروها نگردد باید محدودیت های فنی زیر را در موقع طرح شبکه مورد توجه قرار داد.

محدودیت سرعت

جریان فاضلاب در کانال تنشی به نام تنش شویندگی (نوعی تنش برشی) را بر دیواره و کف کانال وارد می سازد که از رابطه ی شماره ۱۳ به دست می آید. این تنش در اثر نیروی کشش آب (قدرت حمل مواد به وسیله آب) پدیدار می گردد.

$$\tau = \gamma_W .R.J$$ (رابطه ی ۱۳)

در رابطه ی ۱۳، τ تنش شویندگی فاضلاب بر دیواره یا کف کانال بر حسب کیلوگرم بر متر مربع، γ وزن مخصوص فاضلاب بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب، R شعاع هیدرولیکی سطح مقطع جریان بر حسب متر و J شیب کف کانال می باشد. با استفاده از رابطه های ۳ و ۷ نتیجه می شود.

$$\tau = \frac{\gamma_W .f}{8g}.v^2$$ (رابطه ی ۱٤)

مقدار تنش شویندگی لازم برای حمل مواد معلق و یا ته نشین شده در کف کانال بین ۰/۲۵ تا ¾ کیلوگرم بر متر مربع می باشد و چنانکه ملاحظه می شود مقدار آن با توان دوم

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

سرعت متناسب می باشد لذا سرعت فاضلاب در فاضلابروها نباید از حدودی کمتر و یا بیشتر گردد.

سرعت شستشو- سرعت شستشو در جریان فاضلاب سرعتی است که بتوان با کمک آن مواد ته نشین شده در کانال را شستشو داد. اگر γ_S وزن مخصوص مواد نامبرده، V حجم، A سطح و ds قطر متوسط آنها باشد، مقاومتی که مواد نامبرده در برابر حرکت از خود نشان می دهند برابر خواهد بود با:

$$\tau = (\gamma_s - \gamma_w)\frac{V}{A}$$ (رابطه ی ۱۵)

برای مواد کروی شکل نسبت $\frac{V}{A}$ برابر است با $\frac{ds}{6}$ ولی برای مواد گوناگون می توان آن را برابر k.ds نمایش داد که در آن k ضریب شکل ماده ی معلق می باشد.

با استفاده از رابطه های شماره ی ۱۵ و ۱٤ نتیجه می شود:

$$v = \sqrt{\frac{8g(\gamma_S - \gamma_W)k.d_S}{\gamma_W . f}}$$ (رابطه ی ۱٦)

در رابطه ی ۱٦ مقدار v را به نام سرعت شستشو می نامند. اگر با تقریبی کافی $\gamma_W = 1$ فرض نماییم خواهیم داشت:

$$V = 8.86\sqrt{\frac{k.ds}{f}(\gamma_S - 1)}\left[dm/s\right]$$ (رابطه ی ۱۷)

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

در رابطه ی ۱۷ مقدار γ_s بر حسب کیلوگرم بر دسیمتر مکعب، d بر حسب دسیمتر و v بر حسب دسیمتر بر ثانیه است. برای محاسبه ی سرعت شستشو اثر چسبندگی مواد معلق را نیز در ضریب k می گنجانند و در این صورت مقدار آن برای مواد معلق معمولی در فاضلاب بین ۰/۰٤ تا ۰/۸ و بیشتر می باشد.

حداقل سرعت- با تکیه بر نتایج آزمایشگاهی و به طور کلی با توجه به وزن مخصوص مواد آلی موجود در فاضلاب ها، حداقل سرعت لازم برای این که اینگونه مواد در فاضلاب ته نشین نشوند حدود ۰/۳۰ متر بر ثانیه و حداقل سرعت لازم برای این که مواد معلق معدنی مانند شن و ماسه ته نشین نگردند حدود ۰/٦ تا ۰/۷۵ متر بر ثانیه می باشد.

اما محاسبه و تعیین حداقل سرعت موجود در فاضلابروهای شهرها و کنترل آن مسئله ای است بسیار مهم و پیچیده. زیرا عملاً به علت نوسان های تولید فاضلاب ممکن است در ساعت هایی از شب سرعت واقعی در برخی از فاضلابروها نزدیک به صفر رسیده و ته نشین شدن مواد معلق در آن اجتناب ناپذیر گردد. ولی در ساعت هایی از روز سرعت جریان در آن به اندازه ای زیاد شود که مواد ته نشین شده شسته شوند. لذا باید در محاسبه ی حداقل سرعت به نکات زیر توجه شود.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

الف- حداقل سرعت برای زمان شروع بهره برداری از شبکه محاسبه شود. یعنی با توجه به تاریخ نسبتاً دقیق شروع بهره برداری از شبکه ی جمع آوری فاضلاب، تعداد و تراکم جمعیت و مصرف سرانه ی آب محاسبه ی حداقل سرعت انجام گیرد.

ب- محاسبه ی حداقل سرعت با توجه به درصدی از خانه ها که انشعاب دریافت می کنند انجام گیرد. یعنی ضریب بهره برداری از شبکه در شروع کار دخالت داده شود.

ج- محاسبه ی حداقل سرعت برای حالت خشکی و بدون بارندگی انجام گیرد یعنی تمام فاضلاب هایی که ممکن است از بارندگی ناشی شوند مانند آنچه از اتصال های غیرمجاز ناشی می شود در محاسبه ی حداقل سرعت دخالت داده نشود.

د- در صورتی که سطح آب زیرزمینی در محل پائین تر از لوله های فاضلاب قرار داشته باشد، برای محاسبه ی حداقل سرعت باید نشت آب در لوله ها صفر فرض گردد. اگر لوله های هدایت فاضلاب کاملاً در زیر آب زیرزمینی قرار دارند باید تنها قسمتی از نشت آب پیش بینی شده (مثلاً ۵۰٪) را در محاسبه ی حداقل سرعت دخالت داد.

با در نظر گرفتن شرایط و نکات نامبرده می توان محاسبه ی حداقل سرعت را به یکی از سه روش زیر انجام داد:

روش نخست- با در نظر گرفتن شرط ها و نکات بند «الف» تا «د» سرعت فاضلاب را برای میانگین مقدار آن (۲٤ ساعت تخلیه در شبانه روز) محاسبه نمود. این سرعت نباید از ۰/۵

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

متر بر ثانیه کمتر باشد. این روش بسیار مطمئن و دارای ضریب اطمینان بسیار خوبی است ولی دستیابی به آن در لوله های فرعی همیشه امکان پذیر نیست.

روش دوم- با استفاده از سرعت شستشو می توان شبکه را طوری محاسبه نمود که مطمئناً هر روز حداقل یک بار سرعت فاضلاب به مقدار سرعت شستشو کننده مورد نظر برسد برای رسیدن به این هدف کافی است که با توجه به نکات و شرایط بندهای «الف» تا «د» دبی فاضلاب را محاسبه و در ضرایب ماکزیمم فاضلاب (مثلاً ۱۰ تا ۱۸ ساعت کار در شبانه روز) ضرب کرده و بر مبنای آن سرعت فاضلاب محاسبه گردد. این سرعت که به نام سرعت مطمئن برای شستن کانال نامیده می شود باید حداقل ۰/۷۵ متر بر ثانیه باشد.

سازمان جهانی بهداشت (WHO) مقدار آن را برای مناطق گرمسیر برابر ۰/۹ متر در ثانیه پیشنهاد می کند.

روش سوم- با استفاده از سرعت نیم پر لوله (در صورتی که ارتفاع فاضلاب در شبانه روز به بیش از نصف قطر لوله برسد) در این روش کنترل می شود که سرعت نامبرده برای لوله های فاضلاب خانگی در سیستم مجزا حداقل ۰/٦ متر بر ثانیه و برای لوله های هدایت کننده آب باران حداقل ۰/۹ متر بر ثانیه باشد.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

در صورتی که شیب های موجود کاربرد هیچکدام از سه روش نامبرده را امکان پذیر نسازند و سرعت های محاسبه شده از اعداد داده شده کمتر گردند پیش بینی دستگاه های شستشو برای کانال لازم به نظر می رسد.

حداکثر سرعت- اهمیت توجه به حداکثر سرعت جریان فاضلاب به اندازه ی حداقل آن نیست. تنها از نقطه نظر مقاومت لوله ها به سائش می باشد که می بایست سرعت از حدی بیشتر نگردد. لذا مقدار حداکثر مجاز سرعت جریان فاضلاب برای لوله های گوناگون به صورت زیر متفاوت می باشد:

- برای لوله های سفالی لعابدار	۱۰ متر در ثانیه
- برای لوله های بتنی و بتن فولادی	٦ تا ۱۲ در ثانیه
- برای لوله های آزبست سیمانی	٦ متر در ثانیه
برای لوله های پی- وی- سی و پلی اتلین	۵ متر در ثانیه

با توجه به محدودیت های شیب لوله ها به ویژه در لوله های فاضلاب خانگی نیازی به کنترل جریان از نقطه نظر حداکثر سرعت در بین نمی باشد.

محدودیت شیب

نیرویی که در اثر حرکت فاضلاب به دیواره و کف کانال وارد می آید طبق رابطه ی شماره ۱۳ متناسب با شعاع هیدرولیکی سطح جریان و شیب کف کانال می باشد. یعنی هرچه

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

قطر لوله کمتر باشد نیاز به شیب بیشتری برای به وجود آوردن تنش شویندگی لازم جهت جابجا کردن مواد معلق و یا ته نشین شده در لوله می باشد. لذا به علت اهمیت مسئله ی کنترل سرعت در جریان فاضلاب و از دیدگاه کافی بودن نیروی محرکه ی فاضلاب در بردن مواد معلق و یا چنانکه پیش از این گفته شد برای تأمین تنش شویندگی به مقدار ۰/۲۵ تا ٤/۳ کیلوگرم بر متر مربع، بسته به قطر لوله ها حداقل و حداکثری برای شیب آنها قائل شده اند که در جدول شماره ی ۵ مشخص گردیده اند.

محدودیت ارتفاع فاضلاب

به علت امکان وجود مواد درشت و معلق در فاضلاب و امکان گیر کردن این مواد به کف کانال و در نتیجه باز ایستادن و ته نشین شدن آنها، برای ارتفاع فاضلاب در لوله ها نیز حداقلی پیش بینی می کنند. این حداقل از یک سو نباید کمتر از ۰/۱ قطر لوله باشد و از سوی دیگر در لوله های با قطر کم نباید از ۲ تا ۳ سانتی متر کمتر گردد. شرایط محاسبه ی حداقل ارتفاع فاضلاب مانند شرایط محاسبه ی حداقل سرعت می باشد و باید تمام نکات مربوطه مورد توجه قرار گیرند.

سرعت بحرانی- مسئله دیگری که با افزایش سرعت جریان در کانال ها به ویژه کانال های آب باران و کانال های روباز هدایت کننده فاضلاب های سطحی ممکن است پیش آید تغییر نوع جریان از حالت رودخانه ای به حالت سیلابی است. مشخص کننده این تحول عدد

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

فرود Fr می باشد. در صورتی که عدد فرود برابر یک گردد حالت بحرانی و اگر از یک بزرگتر گردد نوع جریان به حالت سیلابی تبدیل می شود. در اثر کاهش شیب کانال و در نتیجه کاهش سرعت جریان ممکن است حالت جریان دوباره تبدیل به رودخانه ای شود که این پدیده همراه با پرش هیدرولیکی و بالا رفتن سطح آب در کانال می باشد و باید پی آمدهای آن بررسی گردد.

محدودیت قطر لوله ها

استاندارد های کشورهای گوناگون حداقل قطر لوله های فاضلاب خانگی را برای مسیرهای فرعی ۲۰ سانتی متر پیشنهاد می کنند. در حالت های استثنائی که طول لوله کوتاه، دیواره ی آن نسبتاً صاف، تعداد انشعاب ها کم و کارگذاری لوله خوب و نیاز به سرعت بیشتری در آن باشد می توان حداقل قطر را ۱۵ سانتی متر هم انتخاب نمود.

برای لوله ی انشعاب خانه هائی با یک واحد مسکونی ۱۲/۵ سانتی متر و برای خانه هایی با ۲ تا ۳ واحد مسکونی ۱۵ سانتی متر و برای ساختمان هایی که واحدهای مسکونی بیشتری را شامل می شوند، ۲۰ سانتی متر پیشنهاد شده است.

لوله های آب باران در شبکه های مجزا و یا لوله های شبکه های درهم را حداقل با قطری برابر ۲۵ سانتیمتر می سازند.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

حداقل قطر لوله های جمع آوری آب باران کنار خیابان ها را ۱۵ سانتی متر معین کرده اند. لوله های از قطر ۸۰ سانتی متر به بالا را قابل خزیدن و لوله های ۱۲۰ سانتی متر و بیشتر را قابل راه رفتن فرض می کنند.

مثال- طرح جمع آوری فاضلاب شهرکی پس از بررسی های محلی به صورت سیستم مجزا پیشنهاد شده است. جمعیت شهرک نامبرده در ۲۵ سال آینده (سال طرح) بالغ بر ۸٤٤۰ نفر و مصرف سرانه ی آب ۱٦۰ لیتر در شبانه روز پیش بینی می شود. نسبت تبدیل آب به فاضلاب در شروع بهره برداری ۸۰ درصد و نشت آب زیرزمینی و آبهای غیرمجاز جمعاً ۲۵ درصد فرض می شود. لوله های موجود دارای زبری جداری برابر K=1.5mm می باشند. شدت های لحظه ای بارندگی در شهر برابر شدت های لحظه ای داده شده در شکل شماره ی ***** فرض می گردد. در مجاورت شهر مانند شکل شماره ی ۱۰ کارخانه قندی با ظرفیت یکصد هزارتن در سال وجود دارد که فاضلاب آن برابر ٦۰ لیتر در ثانیه است و باید با فاضلاب خانگی شهر درهم آمیخته شده و وارد تصفیه خانه گردد. فاضلاب های سطحی محوطه ی کارخانه به صورت مجزا وارد مسیل مجاور کارخانه می گردد.

حل- با توجه به این که سیستم مجزا انتخاب شده است محاسبه ی کانال های فاضلاب خانگی و آب باران جداگانه انجام می گیرد.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

الف- فاضلاب های خانگی- با در نظر گرفتن شکل های شماره ۱۰ و ۱۱ محاسبات برابر جدول شماره ی ٦ انجام می گیرد. تراکم جمعیت یعنی اعداد مربوط به ستون شماره ی ٦ با توجه به اطلاعات محلی تهیه می گردند. ضرایب ماکزیمم و می نیمم جریان یعنی اعداد ستون های شماره ی ۹ و ۱۰ با توجه به آباک شکل ***** نسبت به متوسط جریان انتخاب شده اند. در ستون شماره ی ۲۳ حداقل سرعت طبق روش نخستین تعیین آن انجام گرفته و ملاحظه می شود که لوله های شماره ی ۲و ۳و ۷و ۱۱ جوابگوی ضوابط روش نامبرده نیستند. لذا در ستون شماره ۲٦ سرعت شستشو بر مبنای روش دوم تعیین حداقل سرعت محاسبه شده اند. برای این منظور فرض شده است که در شروع بهره برداری تنها ۵۰٪ مردم انشعاب گرفته باشند و نشت آب زیرزمینی نیز صفر باشد. در این صورت ملاحظه می شود تنها لوله ردیف شماره ی ۲ جوابگوی رابطه ی مربوطه نمی باشد. با یک محاسبه ی ساده می توان دید که پس از اینکه بیش از ۹۰ درصد مردم در این ناحیه از انشعاب فاضلاب استفاده کردند سرعت شستشو به مقدار لازم خود می رسد. لذا تا پیش از این مدت باید روزانه با کمک ماشین های آب شهرداری و استفاده ازحوضچه های شستشوی دستی مانند شکل شماره ۲۲ این قطعه لوله را شستشو داد. در محاسبات این جدول مصرف سرانه ی آب در ۲۵ سال آینده (سال طرح) ۱٦۰ لیتر در شبانه روز و نسبت تبدیل آب به فاضلاب ۸۰٪ و نشت آب

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

زیرزمینی ۲۰٪ و ناصافی جدار لوله های مورد استفاده ۱/۵ میلیمتر فرض شده اند. قطر لوله ها از جدول شمارهٔ ۱ به دست آمده است.

ب- فاضلاب های سطحی- جدول شماره ی ۷ برای محاسبه کانال های آب باران تنظیم شده است. در این جدول ستونهای یک تا ۵ نظیر جدول ٦ می باشد. ضرایب جریان سطحی یعنی اعداد ستون شماره ی ٦ از جدول شماره ی ***** و اعداد ستون شماره ی ۸ یعنی شدت های بارندگی از منحنی های شکل **** و بر مبنای بارندگی هایی که سالی یکبار رخ می دهند تعیین شده اند. در گام اول محاسبه، مقدار زمان تمرکز برای تعیین شدت بارندگی به طور تقریبی فرض و سپس مقدار آن در ستون شماره ی ۲۱ محاسبه و به جای مقدار فرضی قرار داده و محاسبه تکرار می شود تا جائی که مدت زمان تمرکز فرضی برابر مقدار محاسبه شده درآید.

در یک طرح اجرائی باید مسیر کانال ها، طول و قطر آنها و جای آدم روها در پلان شهر کشیده و مشخص گردد. به ویژه در شبکه ی مجزا جهت کنترل محل های برخورد دو نوع کانال این کار ضروری است. در شکل ۱۰ به علت کوچکی جا تنها شبکه ی فاضلاب خانگی نشان داده شده است.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

همچنین پروفیل طولی تمام مسیر کانال ها باید مانند شکل نمونه ی ۱۱ کشیده شوند.

بهتر است همراه با پروفیل های طولی هر قطعه کانال موقعیت و پلان آن نیز در گوشه یا بالای نقشه کشیده شود.

محاسبه ی استاتیکی لوله های فاضلاب

هدف از این گفتار بررسی نیروهای وارد بر لوله های فاضلاب و پیش بینی های لازم برای این که این لوله ها بتوانند نیروهای وارده را تحمل نمایند می باشد.

شناسائی نیروها

کار گذاردن لوله در زمین می تواند به دو حالت انجام گیرد:

۱- حالت اول که بیشتر رخ می دهد آن است که در زمین گودبرداری شده و لوله را در آن کار می گذارند.

۲- این حالت که در موارد استثنائی از آن استفاده می شود آن است که در زمین تونل زده و لوله فاضلاب را در آن قرار می دهند.

در هر صورت پس از قرار دادن لوله در زمین و ریختن خاک روی آن نیروهایی ناشی از وزن خاک، وزن سربارهای روی خاک ریزی و بالاخره تأثیر حرکت وسایل نقلیه بر لوله وارد می آیند. علاوه بر این نیروها نیروهای دیگری نیز از قبیل وزن لوله، وزن فاضلاب درون آن و نیز در صورتی که لوله در آب زیرزمینی قرار گیرد فشار آب زیرزمینی بر لوله وارد می

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

آید. این نیروها برابر شکل ۱۲ در دیواره های لوله تولید لنگر خمشی M و نیروی عرضی N را می نمایند. عکس العمل زمین G در برابر نیروهای نامبرده بسته به درجه ی سختی زمین متفاوت است. در شکل ۱۳ عکس العمل زمین های سست و زمین های سخت برای مقطع دایره ای بدون پایه و با پایه نشان داده شده است.

اگر نیروهای وارد به لوله بیش از قدرت تحمل لوله باشند امکان شکستن آن پیش می آید. قدرت تحمل یا مقاومت شکستگی لوله های فاضلاب یعنی Fs معمولاً در کارخانه طبق شکل شماره ی ١٤ توسط آزمایش سه نبش تعیین می گردد.

چون عمق لوله های فاضلاب معمولاً زیاد می باشد عوض کردن لوله های آسیب دیده همیشه همراه با هزینه های گزافی می باشد. لذا برای کاهش هزینه های نگهداری شبکه بررسی استاتیکی لوله ها پیش از کارگذاردن آنها لازم است. نیروهای وارد به لوله را بطور کلی به دو گروه تقسیم می کنند:

گروه اول- نیروهای ناشی از بار مرده ای مانند وزن خاک و وزن سربارهایی که ممکن است بعداً روی گود قرار گیرند. این نیروها تابع شکل و ابعاد هندسی گودبرداری و میزان کوبیدگی خاک هستند.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

گروه دوم- نیروهای ناشی از بار زنده که در نتیجه ی گذشتن وسایل نقلیه ی گوناگون از روی گود بر لوله وارد می آید. این نیروها بیشتر تابع نوع وسیله ی نقلیه و عمق لوله در زمین می باشند.

برای بررسی اثر نیروهای گروه اول نخست باید سه حالت زیر را از هم جدا نمود و با توجه به آن محاسبه را انجام داد.

حالت اول یا حالت گودبرداری- در این حالت که در عمل بیشتر رخ می دهد عمق گود نسبت به پهنای آن زیاد است.

حالت دوم یا حالت خاکریزی- در این حالت یا لوله مستقیماً روی سطح زمین طبیعی و یا روی خاکریزی که کاملاً کوبیده شده باشد کار گذاشته شده و روی آن خاکریزی می کنند و یا اینکه در گودی کار گذاشته می شود که پهنای آن نسبت به عمق لوله نسبتاً زیاد باشد.

حالت سوم یا حالت تونلی- در عمق های بسیار زیاد ممکن است بجای گودبرداری از تونل برای لوله گذاری استفاده شود.

برای روشن تر شدن تفاوت دو حالت اول و دوم لوله گذاری باید توجه نمود که پس از کار گذاردن لوله و ریختن خاک روی آن معمولاً خاک دستی ریخته شده روی لوله نسبت به زمین طبیعی مجاور آن تمایل بیشتری به نشست کردن دارد. در صورتیکه طبق شکل شماره ی ۱۵a حالت اول برقرار باشد در موقع نشست زمین روی لوله و در اثر اصطکاک دیواره ی

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

کانال نیروی مقاومی در جهت خلاف نشست بر خاک مزبور اثر گذاشته و در نتیجه از نیروی وزن زمین بر لوله می کاهد. اثر کاهش نامبرده بستگی دارد به نوع زمین و نسبت عمق گود به پهنای آن. هر چه نسبت پهنای ترانشه به عمق آن بیشتر گردد اثر نیروهای اصطکاکی در کاهش وزن خاک کمتر می گردد تا جائی که اگر پهنای ترانشه از حدی بیشتر گردد اثر نامبرده صفر گردیده و حتی ممکن است مانند شکل شماره ی ۱۵b بر وزن خاک روی لوله بیفزاید (حالت دوم یا حالت خاکریزی) لذا باید کوشش شود پهنای ترانشه تا آنجا که اجرای کار اجازه می دهد کوچکتر برگزیده شود. تعیین حداکثر برای پهنای ترانشه برای اینکه حالت اول برقرار باشد یا کمک حاصلضرب عدد γsd در عدد a و استفاده از آباک شکل شماره ی ۱۶ انجام می گیرد.

عدد rsd نسبت نشست نامیده می شود که برابر است با نشست نسبی منشور خاکی روی لوله نسبت به منشور خاکی که در گود و در کنار لوله قرار دارد. عدد rsd برای حالتی که لوله کاملاً سخت بوده و روی زمین سنگی کار گذاشته شود برابر یک و برای زمین های معمولی ۰/۵ تا ۰/۸ و برای زمین های سست و باتلاقی صفر تا ۰/۵ می باشد. در صورتی که لوله انعطاف پذیر باشد عدد نامبرده از صفر تا ۰/٤- نیز می رسد.

عدد $a^{۲}$ نسبت روآمدگی لوله می باشد و برابر است با نسبت قسمتی از لوله که بالاتر از کف گود قرار گرفته (فاصله تاج لوله تا کف گود) به قطر خارجی لوله. اگر طبق شکل

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

شماره ی ۱۲ زاویه مرکزی قسمتی از لوله که در زمین فرو رفته است 'a۲ فرض گردد، مقدار a از رابطه ی شماره ۱۸ به دست می آید.

$a = 0.5(1+\cos a')$ (رابطه ی ۱۸)

اگر لوله کاملا روی کف ترانشه قرار گیرد a برابر یک می گردد. با در دست داشتن حاصل ضرب $a.\gamma sd$ و داشتن قطر خارجی da مقدار پهنای بحرانی bc تعیین می گردد.

محاسبه ی بارهای مرده در حالت گودبرداری $(b<bc)^3$

همانگونه که پیش از این اشاره شد بارهای مرد خود به دو صورت ظاهر می شوند:

بارهای ناشی از وزن زمین و بارهای ناشی از سربارهای روی زمین

الف) محاسبه ی نیروهای ناشی از وزن زمین- در این محاسبه اگر اصطکاکی بین دیواره ی گود و خاک دستی ریخته شده نمی بود نیروی وارد بر لوله برابر وزن خاک روی آن می گردید. ولی وجود نیروهای برش در دیواره ی گود برابر شکل شماره ی a ۱۵ از مقدار نیروی ناشی از وزن خاک می کاهد.

برای محاسبه ی نیروی وارد به لوله رابطه ی تعادل را طبق شکل شماره ی ۱۷ برای قسمتی از خاک ریخته شده روی لوله با استفاده از تئوری سیلوها و با فرض ثابت بودن فشار Py در پهنای گود یعنی b و برای یک متر طولی لوله می نویسند.

$$dW = 1.\gamma.b.dy$$
$$dR = 1.Px.tg\varphi.dy$$

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

حال با توجه به عدد رانکین یعنی Ka که نسبت بین فشار اکتیو افقی به فشار اکتیو قائم وارد به دیواره ی گود می باشد خواهیم داشت.

$$Ka = \frac{Px}{Py} = tg^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right) = \frac{1-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}$$

$$dR = 1.Ka.tg\varphi.Py.dy$$

حال رابطه ی تعادل برای یک متر طولی از ترانشه طبق شکل شماره ی ۱۷ می شود:

$$\gamma.b.dy - bdpy - 2tg\varphi.Ka.py.dy = 0$$

در این جا لازم به تذکر است که در این رابطه از اختلاف ناچیز موجود بین زاویه اصطکاک درونی زمین یعنی φ و زاویه ی اصطکاک درونی بین زمین طبیعی موجود در دیوارهٔ گود و خاک ریخته شده یعنی φ' صرفنظر شده و آن دو برابر فرض گردیده اند.

حال با توجه به شرایط حدی در شکل شماره ی ۱۷ خواهیم داشت.

$y=0 \rightarrow p_y=0$, $y=h \rightarrow p_y=p_h$

و لذا مقدار فشار در عمق h می شود:

$$p_h = \gamma.b.\frac{1-e^{-2Ka^{tg\varphi\frac{h}{b}}}}{2Katg\varphi}$$

و با فرض

$$C_d = \frac{1-e^{-2Ka^{tg\varphi\frac{h}{b}}}}{2Katg\varphi}$$ (رابطه ی ۱۹)

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

خواهیم داشت:

$p_h = C_d.\gamma.b$ (رابطه ی ۲۰)

لذا مقدار نیروی وارد از زمین بر یک متر طولی از کانال به پهنای b می شود:

$P'e = C_d.\gamma.b^2$ (رابطه ی ۲۱)

رابطه ی شماره ی ۲۱ به نام رابطه ی مارستون نامیده می شود و ضریب C_d در آن طبق رابطه ی شماره ی ۱۹ تابعی است از زاویه ی اصطکاک درونی خاک یعنی φ و نسبت عمق به پهنای گود یعنی h : b مقدار C_d از آباک شکل شماره ی ۱۸ به دست می آید.

ضریب تمرکز تنش m: پخش فشار در نزدیکی سطح زمین تقریباً یکنواخت است، در صورتی که فشار وارد شده از خاک طبق رابطه ۲۰ در روی لوله تنها وقتی می تواند یکنواخت باشد که انعطاف پذیری لوله و زمین اطراف آن یکسان باشد. در حالت کلی اگر E_s مدول الاستیسته ی زمین و E_p مدول الاستیسته ی لوله باشد، n نسبت انعطاف پذیری زمین و لوله با رابطه ی شماره ی ۲۲ بیان می شود.

$n = \frac{E_s}{E_P}\left(\frac{r_m}{s}\right)^3$ (رابطه ی ۲۲)

در رابطه ی ۲۲ مقدار r_m برابر شعاع متوسط لوله و s کلفتی جدار آن است. مقدار E_P از صفحه ۹۸ و E_s برای زمین های گوناگون از جدول شماره ی ۸ به دست می آید.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

اعداد جدول ۸ خیلی تقریبی هستند و تنها برای محاسبات مقدماتی قابل استفاده می باشند. با استفاده از نسبت انعطاف پذیری n مقدار ضریب تمرکز نقش m در روی لوله از رابطه ی شماره ۲۳ و یا از نمودار شکل شماره ی ۱۹ به دست می آید. نسبت انعطاف پذیری n در زمین های ماسه ای و برای لوله های بتنی و سفالی لعابدار برابر ۰/۱ تا ۰/۲ و برای لوله های آزبست سیمانی با جدار نازک (لوله های فاضلابی) برابر یک است. در مورد لوله های پلاستیکی این مقدار به حدود ۱۰ نیز می رسد.

با توجه به آنچه گفته شد رابطه ی کلی نیروی وارد بر لوله می شود.

$$P_e = m.\frac{d_a}{b}.P_e' \quad \text{(رابطه ۲٤)}$$

البته باید توجه نمود که شرط برقراری رابطه ی ۲٤ آن است که $P_e \le P_e'$ باشد لذا در عمل سه حالت ممکن است رخ دهد.

حالت اول- وقتی که انعطاف پذیری زمین بیش از لوله باشد، مثلاً در موقع استفاده از لوله های بتنی و سفالی لعابدار، در این صورت باید مقدار $m\frac{d_a}{b} > 1$ گردیده ورابطه ی شمارهٔ ۲٤ تنها به صورت $P_e = P_e'$ می تواند برقرار باشد و لذا مقدار نیروی نیروی وارد بر لوله های سخت می شود.

$$P_e = C_d.\gamma.b^2 \quad \text{(رابطه ی ۲۵)}$$

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

حالت دوم- وقتی لوله دارای انعطاف پذیری بیشتری باشد مانند لوله های آزبست سیمان، فولادی و پلاستیکی بسیار سخت. مارستون معتقد است که با کوبیدن خاک اطراف لوله می توان تقریباً انعطاف پذیری لوله و زمین را یکسان فرض نمود و لذا ضریب تمرکز تنش m را می توان پس از کوبیدن خاک تقریباً برابر یک انتخاب نمود و مقدار نیروی وارد بر لوله از رابطه ی شماره ی ۲۶ به دست می آید.

$$P_e = \frac{da}{b}.P_e' = C_d.\gamma.b.da$$ (رابطه ی ۲۶)

حالت سوم- وقتی لوله دارای انعطاف پذیری بسیاری باشد مانند لوله های فولادی، آزبست سیمانی با دیواره ی نازک و لوله های پلاستیکی، این گونه لوله های دایره ای شکل در اثر نیروهای وارد از سمت بالا تغییر شکل داده و تبدیل به بیضی خوابیده ای می شوند. در این صورت مقدار m کوچکتر از یک شده و مقدار نیروی وارد بر لوله از رابطه ی ۲۷ به دست می آید.

$$P_e = C_d.m.\gamma.b.da$$ (رابطه ی ۲۷)

ب) **محاسبه ی نیروهای ناشی از بار سطحی ثابت روی زمین**- اگر باری سطحی (مثلاً وزن دیواری) برابر W_0 کیلوگرم بر متر طولی کانال وارد آید، برای تعیین P_0 یعنی اثر این بار بر روی لوله ای در عمق h کافیست مانند آنچه برای محاسبه ی اثر نیروی ناشی از زمین به عمل آمد اثر بار W_0 نیز جداگانه محاسبه شود.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

$$P_0 = W_0 e^{-2Ka.tg\varphi\frac{h}{b}}$$ (رابطه ی ۲۸)

روش تقریبی کهر ووتسورک

این دو دانشمند پس از آزمایش های طولانی نتیجه گرفتند که با تقریبی کافی مقدار Ka در زمین های معمولی برای ۰/۵ می باشد و با این فرض رابطه ی ۱۹ را به صورت رابطهٔ ۲۹ خلاصه نمودند.

$$A = \frac{1-e^{-tg\varphi\frac{h}{b}}}{tg\varphi}.\frac{b}{h}$$ (رابطه ی ۲۹)

برای تعیین اثر سربار سطحی روی زمین بر لوله مانند آنچه برای تأثیر نیروی ناشی از زمین به عمل آمد و نظیر A ضریب A_0 را محاسبه کردند.

$$A_0 = e^{-tg\varphi\frac{h}{b}}$$ (رابطه ی ۳۰)

با استفاده از دو رابطه ی شماره ی ۲۹ و ۳۰ مقادیر A و A_0 را در آباک شکل شمارهٔ ۲۰ برای پنج نوع زمین گوناگون کشیدند. لذا با استفاده از این روش تقریبی رابطه های ۲۱ و ۲۸ به صورت رابطه های ۳۱ و ۳۲ در می آیند.

$$P_e' = A.\gamma.b.h$$ (رابطه ی ۳۱)

$$P_0 = A_0.W_0$$ (رابطه ی ۳۲)

$$P_e' = P_e' + P_0$$ (رابطه ی ۳۳)

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

رابطه ی ۳۳ نشان دهنده ی تمام نیرویی است که از تمام پهنای گود یعنی b بر لوله وارد می آید ولی در صورت کوبیدن خاک ریخته شده در ترانشه قسمتی از این نیرو توسط زمین اطراف لوله گرفته می شود. لذا آنها ضریب کاهشی را پیشنهاد کرده و نیروی مؤثر را از رابطه ی ۳٤ محاسبه می کنند.

$$Pe = \frac{da+b}{2b}.P_e' \qquad \text{(رابطه ی ۳٤)}$$

محاسبه ی بارهای مرده در خاکریزی ($b>b_c$)

این حالت عملاً کمتر در شبکه های فاضلاب شهرها پیش می آید و محاسبه ی آن نیز دارای پیچیدگی بیشتری است.

طبق نظریه ی مارستون بار وارد بر لوله در خاکریز برابر است با حاصل جمع جبری وزن منشور خاکی واقع در روی لوله و نیروهای برش بین سطح منشور نامبرده و خاک مجاور آن (سطح برش).

نیروهای برشی معمولاً تا سطح تمام شده خاکریز ادامه نیافته و مانند شکل شماره ی ۱۵b در سطحی بالاتر از تاج لوله که سطح یا نشست یکسان نامیده می شود پایان می یابد.

مقدار نیروی وارد به لوله از رابطه ی ۳۵ در دو حالت به صورت زیر به دست می آید:

$$P_e = C_n.\gamma.b^2 \qquad \text{(رابطه ی ۳۵)}$$

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

الف- در صورتی که در پاره ای از نقاط لوله گذاری، گود برداری و خاکریزی تواماً انجام شود و لوله در گودی به پهنای b کار گذاشته شود به طوری که فاصله ی تاج لوله تا کف زمین طبیعی در بالای گود t باشد و سپس لوله وروی زمین طبیعی تا ارتفاع h (فاصله ی تاج لوله تا سطح خاکریز) خاکریزی شود. در این صورت اگر نسبت $\frac{t}{b}$ برابر a' فرض شود.

در رابطه ی ۳۵ مقدار C_n ضریبی است که طبق آباکهای شکل ۲۱ با در دست داشتن مقادیر a' و rsa و نسبت h/b که در محور قائم شکل خوانده می شود به دست می آید.

ب- در صورتی که لوله فقط در خاکریزی قرار گیرد معمولاً نخست روی آن را تا ارتفاع t با خاک دستی پوشانده می کوبند و متراکم می کنند و در این صورت مقدار a' برابر نسبت t/d_a می باشد. برای کوتاهی گفتار از بیان روش محاسبه ی این حالت به علت استثنائی بودن آن خودداری می شود.

ولی با توجه به این که سطح برشی نامبرده تنها وقتی به وجود می آید که زمین از الت الاستیک بیرون رفته و به حالت پلاستیک وارد شده باشد. اگر خاک ریخته شده روی لوله خوب کوبیده شود عملاً نشست زمین از حالت الاستیک خود بیرون نمی آید لذا محاسبه ی نیروها با استفاده از تئوری الاستیسته درست تر می باشد. با استفاده از این تئوری نیروی وارد به لوله از رابطه ی ۳۶ محاسبه می شود.

$$Pe = m.\gamma.da.h \qquad \text{(رابطه ی ۳۶)}$$

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

مقدار m مانند گذشته با در دست داشتن مدول الاستیسته ی زمین و لوله از منحنی شکل شماره ی ۱۹ به دست می آید.

محاسبه ی بارهای مرده ی وارد به لوله در تونل

در صورتی که بخواهند فاضلاب را در عمقی بسیار کار بگذارند و یا به علل دیگری نتوانند سطح زمین را خاکبرداری نمایند، با ایجاد کوره و تونل در زمین و نگهداری آن با کمک داربست لوله ی فاضلاب را در آن کار گذاشته و فضای بین لوله و دیواره ی تونل را پر می کنند.

نیروهای مؤثر وارد بر لوله در تونل عبارتند از:

الف- وزن منشور خاکی به پهنای تونل و ارتفاعی معادل فاصله ی تاج تونل تا سطح زمین طبیعی

ب- نیروی اصطکاکی یا برشی بین منشور خاکی نامبرده و زمین مجاور.

ج- نیروهای چسبندگی بین ذرات منشور خاکی نامبرده با جدار زمین مجاور.

با توجه به شناسائی نیروهای مؤثر بر تونل و طبق رابطه ی مارستون مقدار نیروی وارد به لوله می شود.

$$P_e = C_t.b(\gamma.b - 2c)$$ (رابطه ی ۳۷)

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

در رابطه ی ۳۷ مقدار C_t از آباک شکل ۲۲ به دست می آید، در صورتی که به جای عمق تاج لوله مقدار h را برابر عمق تاج تونل قرار دهند، b برابر پهنای تونل، γ وزن مخصوص زمین روی تونل و مقدار c برابر ضریب چسبندگی است که از جدول شماره ی ۸ برای زمین های گوناگون به دست می آید. باید توجه داشت که مقادیر c در جدول نامبرده تقریبی و تنها در صورتی تقریب نامبرده کافی است که زمین روی تونل کاملاً همگن باشد.

محاسبه ی بارهای زنده:

بارهای زنده یا بارهای متحرک وارد به لوله های فاضلاب عبارتند از نیروهایی که در اثر حرکت وسائل نقلیه به زمین و در نتیجه به لوله وارد می آیند. این نیروها به دو صورت زیر بر لوله تأثیر می گذارند:

الف- نیروهای استاتیکی ناشی از وزن وسیله ی نقلیه.

ب- نیروهای دینامیکی ناشی از حرکت وسیله ی نقلیه به صورت ارتعاش و ضربه

عواملی که در مقدار این نیروها مؤثرند به ترتیب اهمیت عبارتند از:

۱- وزن وسیله ی نقلیه

۲- عمق لوله در زمین

۳- سرعت وسیله ی نقلیه

٤- نوع روسازی راه

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

۵- پهنای گود

٦- نوع وسیله ی نقلیه از نظر ساختمان فنرهای آن

۷- شکل کارگذاری لوله در زمین و میزان کوبیدگی خاک در روی آن

۸- تعداد تکرار بارگذاری یا تعداد وسائل نقلیه ای که از روی لوله می گذرد.

با توجه به عوامل نامبرده ملاحظه می شود که دستیابی به نتایج دقیق و کلی امکان پذیر نمی باشد. هرچه عمق لوله بیشتر گردد درصد تأثیر نیرو بر آن کاسته می شود به طوری که عملاً برای عمق های بیش از دو متر (عمق بیشتر لوله های فاضلاب در شهرها) تنها درصد کمی از نیروی نامبرده بر لوله تأثیر می کند. لذا در این جا ساده ترین روش محاسبه ی تقریبی اثر نیروهای نامبرده بر لوله طبق استاندارد آلمان غربی بیان گردیده و برای آگاهی خواننده به روش های دیگر تنها شماره ی منبع در کتابنامه داده می شود.

طبق استاندارد نامبرده مقدار ماکزیمم نیروی وارد بر لوله را می توان از رابطه ی شمارهٔ ۳۸ که بر تئوری بوزینسک پایه گذاری شده است به دست آورد.

$$P_V = C_V . P_v . da$$ (رابطه ی ۳۸)

در رابطه ی ۳۸ مقدار da قطر خارجی لوله بر حسب متر، P_v وزن چرخ وسیله ی نقلیه (نیمی از وزن یک محور آن) بر حسب کیلوگرم بر متر مربع از تصویر افقی لوله و C_V ضریب ضربه است که از رابطه های شماره ی ۳۹ و ٤٠ به دست می آید.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

$C_V = 1 + \frac{0.3}{h}$ (رابطه ی ۳۹)

$C_V = 1 + \frac{0.6}{h}$ (رابطه ی ٤٠)

رابطه ی ۳۹ برای راه ها و گذرگاه های معمولی است وقتی که عمق لوله یعنی h حداقل ۰/۵ متر باشد و رابطه ی ٤٠ برای فرودگاه ها و زیر راه آهن است که عمق h حداقل یک متر باشد. کهر ووتسورک برای مقدار C_V حداقل هایی پیشنهاد کرده اند که با نوع روسازی راه به صورت زیر بستگی دارد.

الف- برای روسازی های آسفالتی و یا بتنی $C_V = 1.5$

ب) برای روسازی های سنگ فرش شده $C_V = 1.7$

ج) برای روسازی های قلوه سنگی و شنی $C_V = 2.0$

مقدار P_v از آباک شکل شماره ی ۲۳ برحسب تن بر متر مربع از تصویر افقی لوله به دست می آید. وزن سنگین ترین وسیله ی نقلیه ی داده شده در آباک نامبرده برای هر محور ۲۰ تن (وزن هر دو چرخ به هم چسبیده برابر ۱۰ تن) و سبکترین آنها کامیون هایی هستند که وزن هر چرخ جلو برابر ۰/۵ تن و هر چرخ عقب یک تن است.

طبق مشخصات وزارت راه و ترابری ایران وزن هر جفت چرخ سنگین ترین کامیون ها در ایران برابر ۹ تن می باشد (هر محور برابر ۱۸ تن).

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

برای عمق های کم (حدود یک متر) ممکن است مقدار حاصل ضرب $P_v.d_a$ بزرگتر از وزن چرخ یعنی نصف وزن محور گردد. در این صورت باید وزن چرخ در محاسبه دخالت داده شود.

محاسبه و انتخاب نوع بستر لوله

با توجه به نیروهای ناشی از بارهای مرده ی زمین P_e و نیروهای ناشی از بارهای سطحی P_0 و ثابت روی زمین و بالاخره نیروهای ناشی از بارهای زنده و متحرک P_v نیروی کل وارد بر یک متر طولی لوله فاضلاب عبارت می شود از:

$$P = P_e + P_0 + P_v$$ (رابطه ی ٤١)

اگر نیروی مقاومت و قدرت تحمل یک متر طولی لوله در آزمایش سه نبش طبق شکل ١٤ برابر F_s باشد، برای پایداری لوله در برابر بارهای وارده نباید رابطه ی ٤٢ برقرار باشد.

$$L_f = \frac{P.\mu}{F_s}$$ (رابطه ی ٤٢)

در رابطه ی ٤٢ مقدار P طبق رابطه ی ٤١ برابر است با مجموع کل نیروهای وارد بر یک متر طولی لوله، μ ضریب اطمینانی است که بسته به خوبی و بدی زمین، نوع کار گذاردن و عمق لوله برابر ١/٥ تا ٢/٠ برگزیده می شود، F_s با کمک آزمایش سه نبش توسط کارخانه ی سازنده مشخص می گردد و بالاخره L_f ضریب بستر یا ضریب بارگذاری لوله بوده و طبق

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

شکل های شماره ی ۲٤ تغییر می کند. لذا محاسبه ی L_f مهندس طراح را به نوع بستر سازی لازم برای پایداری لوله در برابر بارهای وارده راهنمائی می کند.

در صورتی که نیروهای وارد به لوله بسیار بوده (مثلاً وقتی عمق لوله بسیار کم و یا بسیار زیاد باشد) و ضریب بستری بیش از ۳ تا ٤ لازم گردد، باید کوشش شود که لوله ای محکمتر با دیواره ای کلفت تر به کار رود و تنها در صورتی که چنین امکانی نباشد می توان از بسترهای نوع ۹ و ۱۰ در شکل ۲٤ که جزئیات آن در شکل ۲۵ داده شده است استفاده نمود. بتنی که برای این منظور به کار می رود، نباید عیاری کمتر از ۱۲۰ کیلوگرم سیمان در متر مکعب داشته باشد.

مثال- شاه لوله ی فاضلاب شهری با قطر بیرونی ۵۳۷ میلیمتر (قطر درونی ۵۰۰ میلیمتر) از جنس آزبست سیمان کلاس A با مقاومت شکستگی ٤٤۰۰ کیلوگرم بر متر طولی می باشد. عمق کف لوله در مسیر خود متفاوت و بین ۲/۲ تا ٤/۵ متر تغییر می کند. جنس زمین محل نسبتاً خوب و از شن و ماسه همراه با مواد آهکی و مارنی با وزن مخصوص ۱۹۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب می باشد. سنگین ترین وسائل نقلیه ای که از این خیابان می گذرند کامیون هایی هستند که حداکثر وزن وارد بر هر محور آنها ۱۵ تن (هر چرخ ۷/۵ تن) می باشد. مطلوب است تعیین نوع بستر سازی لازم برای لوله ها.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

حل- الف- محاسبه ی پهنای ترانشه b – با استفاده از رابطه ی شماره ی ******** به دست می آید.

$$b=0,537+2.0,25=1,037m$$

انتخاب می شود:

$$b=1,10m$$

ب- محاسبه ی پهنای بحرانی ترانشه b_c- در صورتی که پیش بینی شود که در کف ترانشه ۱۰ سانتیمتر ماسه ریخته شده و لوله روی آن قرار گیرد و با فرض این که لوله حدود ۵ سانتی متر به درون ماسه وارد شود نسبت روآمدگی آن یعنی a می شود:

$$a=\frac{0,49}{0,537}\approx 0,91$$

با توجه به نوع زمین می توان rsd را حداقل ۰/٦ فرض نمود. لذا برای کاربرد منحنی های شکل شماره ی ******* خواهیم داشت:

$$rsd.a=0,6.0,91\approx 0,55$$

حال با توجه به عمقهای گوناگون لوله خواهیم داشت:

۱- برای قسمت های کم عمق لوله گذاری

$$\frac{h}{d_a}=\frac{2,20-0,50-0,0185}{0,537}=3,13$$

با کمک منحنی های نامبرده به دست می آید:

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

$$\frac{b_c}{d_a} = 1,95$$

$$b_c = 1,95.0,537 = 1,04 < 1,10m$$

یعنی در قسمت های کم عمق اثر نیروها بر لوله مانند حالت خاکریزی می باشد.

۲- برای قسمت های با عمق زیاد

$$\frac{h}{d_a} = \frac{4,50 - 0,50 - 0,0185}{0,537} = 7,41$$

$$\frac{b_c}{d_a} = 2,6$$

$$b_c = 2,6.0,537 = 1,39 > 1,10m$$

یعنی در قسمت های عمیق اثر نیروها بر لوله مانند حالت گود برداری می باشد.

ج- برای قسمت های کم عمق- با توجه به حالت خاکریزی می توان از رابطه ی

شماره ی ۳۵ و منحنی های شکل شماره ی ۲۱ استفاده نمود.

مقدار ۰/۳- = rsd فر شده و مقدار a' نیز به صورت زیر محاسبه می شود:

$$a' = \frac{t}{b} = \frac{2,20 - 0,50 - 0,0185}{1,10} = 1,53$$

چون در این مسئله سطح خاکریز برابر سطح زمین طبیعی در محل فرض می شود و لذا

h= t بوده و $\frac{h}{b} = 1,53$ می گردد با خواندن مقدار $\frac{h}{b}$ در محورهای قائم شکل شماره ی ۲۱

مقدار $C_n = 1/1$ تعیین می گردد و لذا با استفاده از رابطه ی شماره ی ۳۵ خواهیم داشت.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

$$P_e = 1{,}1.1950.1{,}1^2 = 2595{,}5[kg]$$

۲- برای قسمت های عمیق- با توجه به حالت گود برداری می توان از رابطه ی ۲۶ و منحنی b در شکل ۱۸ استفاده نمود.

$$\frac{h}{b} = \frac{4{,}50 - 0{,}50 - 0{,}0185}{1{,}1} = 3{,}62 \rightarrow Cd = 2{,}15$$

$$P_e = 2{,}15.1950.1{,}1.0{,}537 = 2476{,}5[kg]$$

ملاحظه می شود در قسمت های عمیق با وجود افزایش چشم گیر در مقدار خاک روی لوله و به علت وجود نیروهای برشی کاهش دهنده ی نیروی وزن زمین مقدار نیروی محاسبه شده افزایش نیافته است.

د- محاسبه ی بارهای زنده یا نیروهای ناشی از عبور وسائل نقلیه

۱- برای قسمت های کم عمق- طبق رابطه ی ۳۸ و با استفاده از منحنی ردیف ٤٥ در شکل ۲۳ و آسفالت بودن کف خیابان (Cv=1/5) خواهیم داشت:

$$h = 2{,}20 - 0{,}50 - 0{,}0185 = 1{,}6815[m] \rightarrow pv = 2{,}05\left[t/m\right]$$

$$Pa = 1{,}5.2{,}05.0{,}537 = 1{,}651[t] = 1651[kg]$$

۲- برای قسمت های عمیق- مانند بندیک خواهیم داشت:

$$h = 4{,}50 - 0{,}50 - 0{,}0185 = 3{,}98[m] \rightarrow pv = 0{,}90\left[t/m\right]$$

$$Pv = 1{,}5.0{,}90.0{,}537 = 0{,}725[t] = 725[kg]$$

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

هـ – جمع نیروهای وارد به لوله ی فاضلاب

۱– برای قسمت های کم عمق

$$P = P_e + P_v$$

$$P = 2595 + 1651 = 4246\left[kg/m\right]$$

۲– برای قسمت های با عمق زیاد

$$P = 2476 + 725 = 3201\left[kg/m\right]$$

و– محاسبه ی ضریب بستر سازی

طبق رابطه ی ٤٢ و انتخاب ضریب اطمینانی برابر ۱/۵ خواهیم داشت:

$$L_f = \frac{4246.1{,}5}{4400} = 1{,}45$$

با توجه به شکل های شماره ی ٢٤ و آسانتر بودن روش اجرا، بسترسازی نوع شمارهٔ ٤ انتخاب می شود.

ز– مقایسه با روش کهر ووتسورک

در صورتی که در بند ج از روش کهرووتسورک استفاده شود. با کمک رابطه ی ۳۱ و منحنی شماره ی ۲ در شکل ۲۰ نتیجه می شود:

۱– برای قسمت های کم عمق

$$\frac{h}{b} = 1{,}53 \rightarrow A = 0{,}71$$

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

$$p_e' = 0,71.1950.1,1.1,6815 = 2561\left[kg/m\right]$$

$$P_e = \frac{da+b}{2b} P_e' = \frac{0,537+1,10}{2.1,1}.2561 = 1905\left[kg/m\right]$$

$$P = P_e + P_v = 1905 + 1651 = 3556\left[kg/m\right]$$

۲- برای قسمت های با عمق زیاد

$$\frac{h}{b} = 3,62 \rightarrow A = 0,47$$

$$p_e' = 0,47.1950.1,1.3,9815 = 4015\left[kg/m\right]$$

$$P_e = \frac{0,537+1,10}{2.1,10}.4041 = 2987\left[kg/m\right]$$

$$P = 2987 + 725 = 3712\left[kg/m\right]$$

ملاحظه می شود که نتایج به دست آمده ۱۰ تا ۲۰ درصد با روش مارستون در بند ج تفاوت دارند. با توجه به تقریبی بودن روش ها و به تقریب هایی که اصولاً در انتخاب نوع زمین و منحنی های مربوطه رخ می دهد چنین تفاوت هایی اجتناب ناپذیر می باشد.