به نام خداوند جان و خرد

مجموعه چکیده مقالات

ششمین کنگره ملی مهندسی عمران

۶ و ۷ اردیبهشت ماه ۱۳۹۰

دانشکده مهندسی عمران

دانشگاه سمنان

عنوان	صفحه
تعیین سهم مقاومت مقاوم اعضاء متقاطع عرضی ژئوگرید در اندرکنش خاک – ژئوگرید محمود رضا عبدی، محمد علی ارجمند	۳
تأثیر رطوبت بر اندرکنش خاک– ژئوگرید در آزمایش برش مستقیم مقیاس بزرگ محمود رضا عبدی، محمد علی ارجمند، مهدی سیاوش نیا	۴
بررسی عددی تاثیر نیروی دینامیکی برظرفیت باربری پی های سطحی جواد نظری افشار، محمود قضاوی	۵
تحلیل عددی پایداری شیب خاکی در اثر ایجاد سکو و مسلح شده با شمع عادل عساکره، امیر مویزچی	۶
بررسی عوامل موثر در اندر کنش احداث تونل های متقاطع غیر هم سطح امین توحیدی، محمد حسین صدقیانی	۷
بررسی نشست لوله‌های فولادی آبرسانی شهری (مطالعه موردی: طرح توزیع آب سد دوستی در شهر مشهد) آرمین بوستانی، کمل الدین صابری، حسن صدرنیا	۸
بررسی آزمایشگاهی تسلیح ماسه با تریشه های پلاستیک باطله پلی اتیلن ترفتالات(پت) سالار سیم نگار، سیدمحمدعلی زمردیان	۹
رفتار لرزه‌ای میکروپایلهای مایل سعید قربان بیگی، سید مهدی رادقی مهرجو	۱۰
کاربرد ژئوتکستایل در فیلتر سد های خاکی حسام دهقان خلیلی، رضا عباسی	۱۱
برآورد اضافه فشار آب حفره‌ای و روانگرایی با مطالعه موردی در بستر رودخانه کارون در مقطع تونل قطار شهری اهواز عبدالغفور خادم الرسول، مسعود اولی پور	۱۲
ازریابی سختی ستونهای سنگی به منظور طراحی بهینه شالوده‌های گسترده در خاکهای نرم ریز دانه عطا جعفری شالکوهی، علی کشاورز مقدم جورشری، فرزین کلانتری	۱۳
پهنه بندی منطقه طالش ازنظرسرعت موج برشی با استفاده از نتایج آزمایش spt حسن طاهرخانی، فرشید عزیزی	۱۴
بررسی عددی عوامل موثر برمکانیزم شکست و فشار سینه کار در تونلسازی مکانیزه سپری با سپر فشار تعادلی خاک (EPB) عادل عساکره، عبداله روحانی حاجی آقا	۱۵
محاسبه ی ضرایب ظرفیت باربری استاتیکی پی نواری با استفاده از مدل رفتاری دراکر– پراگر کاظم برخورداری، محمد فروغی، فرح خزاعی	۱۶
تاثیر مسلح کننده های متعامد (H-V) در کاهش نشست خاک	۱۷

ششمین کنگره ملی مهندسی عمران
۶ و ۷ اردیبهشت ۱۳۹۰
دانشگاه سمنان

بررسی نشست لوله های فولادی آبرسانی شهری (مطالعه موردی: طرح توزیع آب سد دوستی در شهر مشهد)

آرمین بوستانی[۱]، کمال الدین صابری[۲]، حسن صدر نیا[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه های آبی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه های آبی گروه مهندسی آب دانشگاه فردوسی مشهد
۳- استادیار گروه مکانیک ماشین های کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

water_structure82@yahoo.com

چکیده

خطوط انتقال آبرسانی شهری در سطح شهر و خصوصاً در عبور از زیر سازه‌ها و تاسیسات شهری مانند معابر شهری و بزرگراه ها، علاوه بر بارهای داخلی هیدرولیکی و سربارهای معمول خارجی در معرض بارگذاری‌های اضافی قابل توجهی قرار می‌گیرند که در موارد متعددی در همین نقاط بحرانی که حداکثر همزمانی بارگذاری‌های خارجی روی می‌دهد، شکست‌ها و خساراتی مشاهده شده است. در واقع بار وارد بر تمامی مجراهای زیرزمینی، ناشی از اندرکنش بین مجرا و خاک اطراف آن است. رعایت الگوهای استاندارد عملیات لوله رانی و همچنین توجه به نوع لوله های فولادی بکار رفته، نوع و تراکم بستر اطراف خطوط انتقال، قطر، پوشش و دبی انتقال از جمله موارد ضروری، قبل و در حین اجرای شبکه های آبرسانی شهری می باشد. اعمال بارگذاری های متداول شهری و از طرفی فشار کار و داخلی سیستم که در جهت افزایش ضریب اطمینان در مقابله با فشارهای قائم وارده بوده، جزء فرضیات حاکم بر محیط مسئله خواهد بود. در این نمونه، پهنه C از طرح اضطراری توزیع آب سد دوستی در سطح حوزه شهری مشهد انتخاب گردیده و به روش عددی اجزای محدود و در محیط نرم افزار انسیس به اجرا در آمده است. در مدل عددی انسیس، علاوه بر بررسی نشست لوله و تغییرشکل در راستای عمودی، پس از انتخاب المان صفحه ای، از هر دو گزینه زیر مجموعه المان مذکور استفاده شد. نتایج خروجی های دو المان صفحه ای ۴۲ و ۸۲ با تقریب ۰.۰۰۱ متر مشهود بود. این مدول بر پایه آئین نامه های سازمان مدیریت و ضوابط طراحی خطوط انتقال آب شهری، طراحی و اجرا گردیده است. روش عددی بکار گرفته شده، اجزای محدود بوده که قابلیت بررسی سازه های مدفون در خاک و احتساب اندرکنش آن ها را با خاک بستر در اثر بارگذاری ها دارد. نیروی مومنتوم در راستای طولی و همچنین خودروهای سبک اثر ناچیزی داشته و قابل اغماض بود. همچنین مشخص شد که مقدارعرض ترانشه در تغییرات بارهای خارجی و در نهایت نشست مجراها تاثیرگذار است. نشست بدست آمده توسط مدل انسیس برای لوله های فولادی که شامل طبقه بندی نیمه منعطف تا انعطاف پذیر کامل می شوند، با ضوابط طراحی در جا و شرائط اجرا شده همخوانی و همبستگی مناسبی داشت.

کلمات کلیدی: نشست لوله، طرح توزیع آب سد دوستی، مدل عددی، اندرکنش خاک و سازه

بررسی نشست لوله های فولادی آبرسانی شهری (مطالعه موردی: طرح توزیع آب سد دوستی در شهر مشهد)

آرمین بوستانی[۱]، کمال الدین صابری[۲]، حسن صدر نیا[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه های آبی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه های آبی گروه مهندسی آب دانشگاه فردوسی مشهد

۳- استادیار گروه مکانیک ماشین های کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

Water_structure۸۲@yahoo.com
Kamal.safir@gmail.com
Hassan.sadrnia@yahoo.com

خلاصه

اعمال بارگذاری های متداول شهری و از طرفی فشار کار و داخلی سیستم که در جهت افزایش ضریب اطمینان در مقابله با فشارهای قائم وارده بوده، جزء فرضیات حاکم بر محیط مسئله است. در این نمونه، پهنه C از طرح اضطراری توزیع آب سد دوستی در سطح حوزه شهری مشهد انتخاب گردیده و به روش عددی اجزای محدود و در محیط نرم افزار انسیس به اجرا در آمده است. نتایج خروجی های دو المان صفحه ای ۴۲ و ۸۲با تقریب ۰,۰۰۱ متر مشهود بود. نیروی مومنتوم در راستای طولی و همچنین خودروهای سبک اثر ناچیزی داشت.

کلمات کلیدی: نشست لوله، طرح توزیع آب سد دوستی، مدل عددی، اندرکنش خاک و سازه، انسیس.

۱. مقدمه

شبکه های آبرسانی شهری بعنوان شاهراه اصلی و شریان حیاتی چون قلبی تپنده، در دل جوامع تلقی می شوند. بدین منظور لزوم توجه به مشکلات و پیش بینی نواقص در آن اهمیت می یابد. در بررسی های اقتصادی که به منظور طراحی و اجرای تاسیسات آبرسانی شهری صورت می گیرد، موارد زیر به منظور ملاک هایی برای عملیات خط لوله در شبکه باید مد نظر قرار گیرد.

توجه به عمر مفید و استهلاک اجزاء اصلی تاسیسات مورد طراحی شامل لوله اصلی و متعلقات آن با در نظر گرفتن قابلیت بهره برداری و امکان تعمیر در صورت بروز مشکل (مدیریت بحران) و بررسی پدیده های مخرب طبیعی و غیرطبیعی، طراحی اساسی این تاسیسات و محاسبه بارهای وارده و همچنین مطالعه و بررسی طرح های بلند مدت توسعه شهری، از قبیل : طرح های جامع، هادی و تفصیلی و همکاری و تعامل با سایر ارگان های دولتی و خصوصی مشارکتی در مدیریت شهری جزء مواردی هستند که باید مد نظر قرار گیرد. با توجه به اهمیت طراحی و مقاوم سازی این خطوط و جای گرفتن آن در دسته شریان های حیاتی، در خطوط انتقال تحت فشار، اغلب از لوله های چدنی[۱]، چدنی نشکن[۲] و فولادی استفاده می شود.

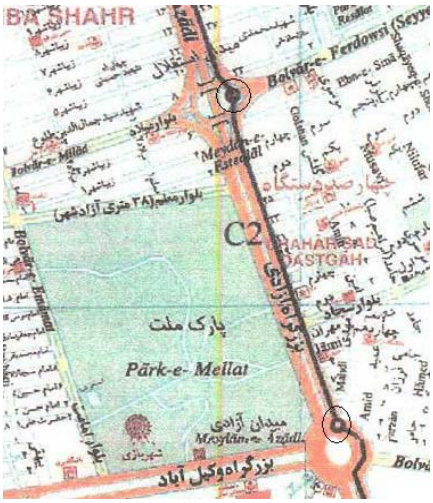
با توجه به اهمیت تامین آب شرب شهر مشهد و طرح های توسعه شهری موجود در این حوزه، پروژه اضطراری انتقال آب سد دوستی (مشترک مرزی بین ایران و ترکمنستان)، امکان سنجی و از سال ۱۳۸۷ در دستور کار قرار گرفت. اسپانگلر به عقیده خودش اولین شخصی بود که روی رفتار لوله های فلزی مدفون و تابع سختی نسبی آن ها به مطالعه پرداخت [۱]. در این بررسی نیز پهنه C از این طرح انتقال انتخاب و محدوده طرح حد فاصل میدان آزادی تا میدان استقلال با لوله فولادی و قطر یکسان ۱ متر می باشد. با احتساب بارهای قائم وارده بر مقطع عرضی در نظر گرفته شده از این لوله و همچنین نحوه استقرار مجرا و خاکریزی جناحین و روسازی صورت گرفته، توسط یک مدل عددی که بر پایه روش اجزاء محدود اجرا می شد، تحلیل تغییر شکل و نشست بستر و جناحین لوله مدل شد. مدل رفتاری خاک، معیار موهر – کولمب و محیط نیز به صورت الاستو – پلاستیک فرض شد.

[۱] - Iron

[۲] - Ductile Iron

در بسیاری موارد می توان با کاربرد یک نرم افزار اجزای محدود مبتنی بر حل الاستیک- پلاستیک کامل با معیار موهر- کولمب وضعیت رفتاری و جابه جایی های محیط اطراف و بالای مجراهای مدفون در زمین های خاکی را پیش بینی کرد [۲].

در حالت کلی جابجایی های درون مدل های نرم افزاری اجزای محدود قادر به نشان دادن منطقه پلاستیک شدگی و کرنش آن در خاک های سست می باشد و اصولا در موارد معمولی شرائط زمین در محدوده الاستیک باقی می ماند [۳]. بار وسائل نقلیه سبک با توجه به آئین نامه آوا[۱] قابل اغماض و با توجه به موقعیت محدوده انتخابی (شکل ۱)، بار وسائط نقلیه سنگین برای کامیون ایران با فشار متوسط ۸ تن بر متر مربع به صورت مولفه عمودی فرض شد.



شکل ۱ – محدوده انتخابی خط لوله فولادی با قطر ۱۰۰۰ میلی متر

مدل عددی اجزای محدود برای تحلیل تغییرشکل مجرا و جناحین، نرم افزار انسیس در نظر گرفته شد. در مطالعات سازه ای و تعیین نیروها نیز به دلیل قابلیت انجام انواع تحلیل های خطی و غیرخطی در زمینه استاتیکی و دینامیکی، مش بندی مناسب و تنوع المان های موجود از نرم افزار انسیس استفاده شده است. اگر مسئله نیاز به تحلیل های چندگانه به صورت همزمان داشته باشد، انسیس به راحتی از عهده این کار بر می آید.

نشست یا تغییر شکل تاج لوله عامل موثری در فشار وارد بر لوله است. از طرف دیگر مقاومت تکیه گاهی یا ظرفیت باربری مجرای زیرزمینی تابعی از شکل، نوع مصالح تشکیل دهنده، بستر سازی و نحوه اجرای خاکریز در جناحین و روی آن در هنگام اجرای مجرا می باشد. لوله های فولادی و چدنی بدلیل این که جزء مجاری انعطاف پذیر می باشند، در مقابل امواج لرزه ای ناگهانی در صورتی که بستر سازی مناسب و تراکم جناحین در استقرار به حالت ترانشه به طور صحیح اجرا شود، مقاوم بوده و قابلیت انعطاف پذیری مناسبی دارد. به منظور مدل کردن و تحلیل صحیح، مشخصه های صلبیت خمشی[۲] برای جدار نازک لوله های اسپیرال و سختی محوری[۳] برای فولاد به شرح زیر بدست آمد.

$$EA = (2\times10^{8}\times(\frac{\pi d^{2}}{4})) = 1.57\times10^{8}\,(KN) \qquad (۱)$$

$$I = \frac{t^{3}}{12} = 144(mm^{4}) \qquad (۲)$$

$$EI = 2\times10^{5}\times144 = 2.88\times10^{7}\,(N.mm^{2}) \qquad (۳)$$

[۱] -AWWA

[۲] -EI

[۳]- EA

به منظور دستیابی به بهترین تحلیل در مورد نشست، پس از اجرای مدل با استفاده از المان Plane۴۲ ، دوباره مسئله با المان Plane۸۲ مدل شد.Plane۴۲ برای مدل سازی دو بعدی سازه های صلب به کار می رود. این المان با ۴ گره که هر گره دارای دو درجه آزادی است تعریف می گردد. خواص ارتوتروپیک، بارهای سطحی، بارهای حجمی می توانند نیز برای آن تعریف گردد.

این المان قابلیت خمیری[۱] ، خزش، کرنش های بزرگ، تورم[۲]، سخت شدگی را دارا می باشد. المانPlane۸۲ نیز با ۸ گره که هر گره آن دارای دو درجه آزادی می باشد. این المان به صورت گره های مثلثی و یا چهارضلعی برای مش بندی محیط به کار می رود. نتایج بکارگیری هر دو المان بسیار نزدیک به یکدیگر بود، فقط با تقریب حدود ۱۰٪ میزان نشست بدست آمده مجرا در دو حالت با یکدیگر متفاوت بود.

۲. بررسی منابع

همگام با رشد صنعتی و جمعیتی جهان در نیم قرن گذشته نیاز به تحقیقات منابع آب و از جمله تحقیقات پیرامون سیستم های انتقال آب در اکثر کشورهای صنعتی بشدت احساس و در این رابطه مطالعات مختلفی انجام شده است.

عطاری و همکاران(۱۳۸۰)، به بررسی رفتار لرزه ای مخازن مدفون پرداختند. آن ها در این مطالعه ضمن مدل سازی مخزن، خاک و سیال به وسیله نرم افزار انسیس و با در نظر گرفتن اندرکنش بین سیال و سازه و نیز خاک- سازه نحوه توزیع فشار دینامیکی خاک و هیدرودینامیکی سیال را مورد بررسی قرار داده اند. آن ها به این نتیجه رسیده اند که کاهش چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی خاک باعث افزایش فشار جانبی خاک در مدل های مورد مطالعه شده است.

ابریشمی و یزدی نژاد(۱۳۸۷)، برای مدل سازی خوردگی فاضلابروهای بتنی در شبکه فاضلاب شهری مشهد مقدس اقدام به مدل کردن لوله کردند. بدین منظور دو لوله بتنی با اقطار ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی متر و با شکل مقطع دایره ای کامل(ضخامت ثابت) در دو حالت Shell و Frame مدل سازی گردید و در حالت Frame در دو وضعیت عضو تیری Beam و Column آنالیز صورت پذیرفت. سپس نتایج آنالیز آن ها تحت یک بارگذاری ثابت و برای شرایط یکسان در نقاط بحرانی لوله برداشت شد. مشخص شد که نتایج حاصل از مدل Frame به لحاظ سادگی و کارآمدی و تشابه با نظریه مارستون، بهترین گزینه برای مدل سازی لوله های بتنی جدید مد نظر قرار گرفت [۴].

بوستانی و همکاران (۱۳۸۹)، به بررسی و مدل سازی نشست خاکریز احداث شده روی فونداسیون خاکی با بافت نرم با نرم افزار انسیس پرداختند. پس از پایان ساخت خاکریز(به صورت لایه لایه) از طرفی با کاهش فشار آب حفره ای اضافی پایداری خاکریز افزایش و از سویی دیگر بدلیل کاهش نفوذپذیری بافت خاک پی، نشست در خاکریز و لایه مستقر در روی آن (پی رسی) داشت. این نشست در ابتدا تنها بصورت دگرشکلی در راستای قائم اتفاق افتاد. نرم افزار انسیس نیز بدلیل قابلیت های سازه ای که داراست، توانایی مدل کردن نشست توده خاک خاکریز روی پی و مدل کردن تغییر شکل های حاصل را داشت [۵].

بوستانی و همکاران(۱۳۸۹)، به مدل سازی نشست سازه سطحی که مجرای تحت فشار حامل جریان از زیر آن می گذرد با مدل انسیس و پلاکسیس پرداختند. در مدل انسیس مشابه پلاکسیس کم ترین جابجایی مشاهده شده مربوط به تکیه گاه های زیر فونداسیون سازه سطحی بود. در مدل انسیس تکیه گاه سمت چپ (متمایل به لوله) بیش ترین بار را تحمل کرده و نسبت به مهار سمت راستی خود تغییر شکل بمراتب بیش تری داشت. در محاسبات مربوط به سازه های زیر سطحی (تونل،خطوط لوله،....) در صورتی که اندرکنش سازه با بستر پیرامونش مد نظر باشد، مدل انسیس نتایج بهتری از خود نشان می دهد [۶].

گائو و همکاران(۲۰۰۳)، مشخصه های ژئوتکنیکی بستر را روی لوله های انتقال جریان تحت فشار در کف دریا که برای حمل گاز، نفت و پساب های صنعتی بکار برده می شوند، بررسی کردند. دو پارامتر تنش ها و امواج غیر خطی اطراف لوله ها در زیر آب که سبب روانگرایی توده خاک زیرین حامل های جریان می شود، مهمترین عوامل دخیل در ناپایداری خط لوله معرفی شد. بدلیل نبود داده های واقعی از حالت تئوری و قشر حدی برای تعیین ضخامت بستر در شرائط همسان و همین طور غیر یکنواخت استفاده شد. مشخص شد که تغییرات ضخامت در مقدار تنش برشی روی دیواره لوله و تنش های داخل لوله موثر بوده و کاهش ضخامت ممکن است سبب افزایش تنش های برشی شود [۷].

رحمان و همکاران(۲۰۰۸)، لوله مستقیمی با فشار داخلی یکنواخت تحت اثر بارگذاری سطحی را با نرم افزار انسیس مدل کردند. حالت ۴ گره مثلثی و با ۶ درجه آزادی در هر گره تعریف شد. المان۱۸۱ Shell در مدل انسیس تطابق خوبی با داده های واقعی برای تحلیل بارگذاری و تعیین تغییر شکل لوله در راستای طولی داشت [۸].

---

[۱] - Plasticity

[۲] - Swelling

گارسیانو و همکاران(۲۰۰۹)، تاثیر شرائط مرزی در تست لوله ها و مدل کردن با روش اجزاء محدود را در مواردی که لوله گذاری در عمق آب و شرائط زیر سطح ایستابی رخ می دهد بررسی کردند. نتایج اختلافات فاحشی در تنش های محوری و مقدار کرنش مورد انتظار با تئوری داشت. بدین نتیجه رسیدند که در صورت نبود داده های واقعی و کارگاهی و بکارگیری آن ها در روشهای عددی، صحت خروجی ها و تحلیل های مرتبط با مدل کردن از اعتبار برخوردار نیست. همچنین دریافتند که تغییر شکل و بارگذاری محاسبه شده روی لوله در مدل برای احتساب مومنتوم و کرنش لوله در زانویی ها تنها بستگی به هندسه و خواص مواد لوله و بستر دارد [۹].

۳. مواد و روش ها

استقرار لوله در مجرا به روش حفر و جایگذاری در ترانشه صورت گرفت. در این روش لوله در یک ترانشه نسبتاً باریک که در خاک دست نخورده حفر شده، کار گذاشته و روی آن خاکریزی می شود. مثال هایی از این شیوه اجرا، در کارگذاری لوله های زهکش، فاضلاب، آبرسانی و گاز رسانی دیده می شود. عرض ترانشه به پهنای ۲ متر و عمق کارگذاری ۲,۲ متر می باشد. لوله اسپیرال فولادی به قطر داخلی ۱۰۰۰ میلی متر و ضخامت خارجی ۱۲ میلی متر با فشار داخلی متوسط براساس استانداردهای شبکه ایران، ۵ اتمسفر لحاظ شد.

در شبکه های تحت فشار آب شهری، فشار داخلی لوله باید به حدی باشد که بتواند فشار سرباره های سطحی سازه ای، نظیر ساختمان ها را تا ۵ طبقه و با حداقل فشار اسمی داخل لوله تا حدود ۶ اتمسفر تامین کند. بدین منظور در مدل سازی عددی و با توجه به کارآیی شبکه، فشار داخلی لوله به میزان ۵ اتمسفر مدل شد. در مدل کردن به دلیل تقارن شکل، در هر دو محیط انسیس نصف شکل مدل شد. مشخصات خاک ها و مصالح پر کننده ترانشه به شرح جدول (۱) آورده شده است.

جدول(۱)- مشخصات خاک های مورد استفاده در ترانشه

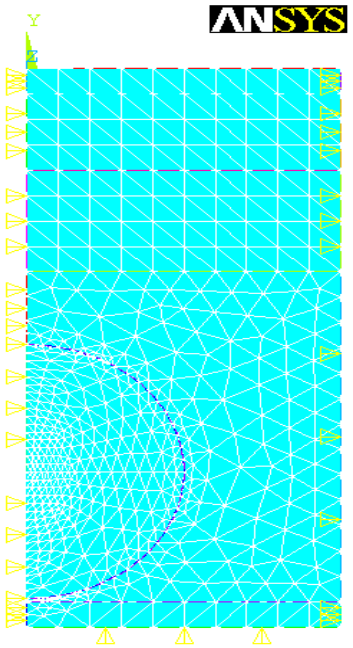
پارامتر	مشخصه	آسفالت	ماکادام	گراول	رس	واحد
مدل مواد	مدل	موهر- کلمب	موهر- کلمب	موهر- کلمب	موهر- کلمب	-
معیار رفتاری	نوع	زهکشی شده	زهکشی شده	زهکشی شده	زهکشی شده	-
چگالی	γ	۲۳/۵	۲۶	۲۶	۱۸	KN/m^3
مدل الاستیسیته	E	۸۰۰۰۰	۸۰۰۰۰	۶۰۰۰۰	۱۲۰۰۰	KN/m^2
ضریب پواسن	ν	۰/۱۵	۰/۲	۰/۲۵	۰/۳۵	-
زاویه اصطکاک داخلی	φ	۳۵	۴۰	۳۷	۲۵	-
چسبندگی	C	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۱	KN/m^2
زاویه اتساع	Ψ	۰	۰	۰/۲	۰	-

هر چه خاک ریز دانه تر باشد و جنس آن نرم تر، ضریب پواسون افزایش می یابد. از پارامترهای خاک ، دو عامل ضریب پواسون و مدول یانگ در تعیین نشست خاک تاثیر گذارند و اصولاً چگالی و زوایای اصطکاک داخلی و اتساع در صورت تغییرات وسیع، تاثیر چندانی در پدیده نشست خاک نخواهد داشت. زاویه اصطکاک داخلی خاک به درجه تراکم خاک ارتباط پیدا می کند که بایستی به عنوان معیاری برای مشخصات خاک روی لوله منظور گردد. در خاک دانه ای به علت بالا بودن ضریب نفوذپذیری، فشار حفره ای ایجاد شده بوسیله اعمال بار سریع زایل می شود.

مطالعات انجام شده در روی مجاری واقع در ترانشه یا خاکریز، نشان می دهد که فشار ناشی از یک بار متمرکز سطحی نظیر وزن چرخ کامیون، با توزیع فشار حاصل از حل بوسینسک برای بار متمرکز در روی یک محیط نیمه بی نهایت انطباق خوبی دارد. بدین منظور در مدل کردن بار کامیون از توزیع فشار و براساس کامیون HS-۲۰ آشتو استفاده شد.

در تحلیل عددی اجزاء محدود، مش بندی و اتخاذ تعداد گره مناسب و کیفیت خاک اطراف لوله ها از نظر خواص مهندسی- مکانیکی خاک در تعیین تنش های موجود موثر است [۱۰]. در مدل های طراحی شده، تغییر مکان المان های قرار گرفته در مرزهای پایین مدل در تمام جهت ها صفر در نظر گرفته شد و برای مرزهای چپ و راست جهت حرکت در جهت محور y آزاد بوده و در جهت x صفر در نظر گرفته شد. پروفیل ترانشه و لوله مدل شده و مش بندی شده در انسیس در شکل (۲) مشاهده می شود. در پر کردن خاکریز به ترتیب چیدمان از کف ترانشه تا سطح: خاک سرندی (رس) ۱/۴

متر، گراول ۴۰سانتی متر، ماکادام به ضخامت ۳۰ و آسفالت ۱۰سانتی متر می باشد (شکل ۳). همچنین پس از گراول توسط خاک سرندی(رس) از ارتفاع حدود ۳۰ سانتی متر بالای تاج لوله تا ۱۰ سانتی متر کف لوله (به عنوان بستر سازی)، در مجموع ۱,۴ متر تا کف ترانشه پر گردید و جناحین و بستر لوله نیز با خاک سرندی که بیشتر آن از الک کردن خاک دپوشده حاصل از خاکبرداری به منظور حفر ترانشه پوشانده شد.



شکل ۲- نمونه مش بندی شده مدل مورد مطالعه در انسیس

شکل۳- نیمه متقارن شکل ترانشه و ترتیب چیدمان لایه ها

در جدول (۲) مشخصات سیال (آب) در دمای ۲۰ درجه و همچنین خواص جدار لوله آورده شده است.

جدول(۲)- خواص آب داخل و مشخصه های پوشش لوله

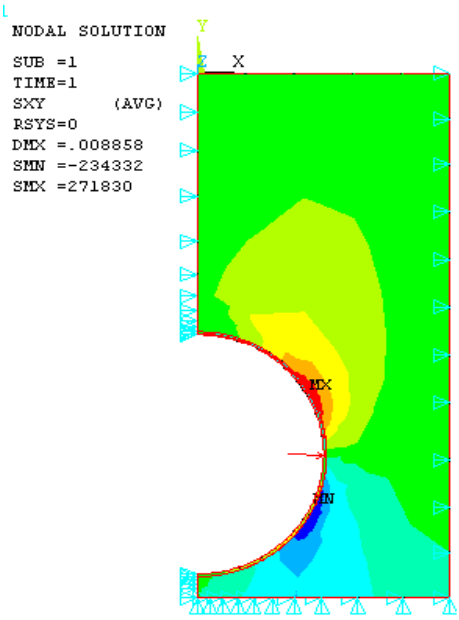
آب (سیال درون لوله)			فولاد (پوشش جدار لوله)		
GPa	۲/۱	E	KN/m^2	$2e^8$	E
KN/m^3	۱۰	۲	-	۰/۳	ν
$Kg.s/m^2$	۰/۰۰۰۱۱۵	μ	m	۰/۰۱۲	d

در استفاده از بعضی پارامترهای مرتبط با خاک، مانند ضریب پواسون و چسبندگی و همچنین زاویه اتساع (برگشت پذیری حجمی) در صورت وجود در مدل انسیس تابع جداگانه ای تعریف نشده است. بدین منظور از مدل رفتاری دراکر – پراگر برای تعیین خصوصیات رفتاری خاک استفاده شد.

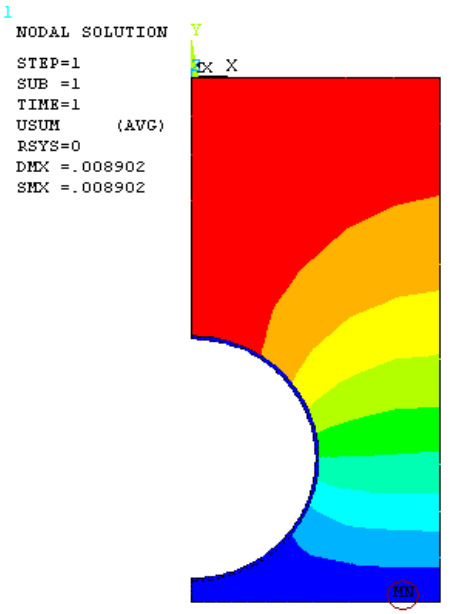
۴. اجرای مدل و نتایج

در حالت کلی مجاری انعطاف پذیر ابتدا در حالت خالی (بدون فشار داخلی) تحت بار خارجی قرار می گیرند. در نتیجه فشار خارجی مقطع لوله را به صورت بیضی افقی در می آورد. وقتی که مجرا تحت فشار داخلی قرار می گیرد، به علت شکل بیضوی مقطع، برآیند مولفه های قائم فشار داخلی بزرگتر از برآیند مولفه های افقی خواهند شد [۱۱]. مولفه قائم فشار داخلی در قسمت بالایی لوله در جهت مخالف بار قائم اثر کرده و همراه با مقاومت ذاتی مجرا، با بارهای قائم مقابله می نماید. در نتیجه تغییر شکل قائم مقداری کاهش می یابد و هندسه مقطع به صورت شکل بینابین دایره و بیضی در می

آید. نتایج بدست آمده از دو المان نشانگر آن بود که فقط در میزان جابجایی کل تفاوت وجود داشت. این اختلاف به خاطر ماهیت حل در گره ها و درجات آزادی و همچنین مش بندی در المان های مذکور اتفاق افتاد. در شکل های (۴) و (۵)، به ترتیب جابجایی و تنش برشی کل مدل شده در محیط نرم افزار و نقاط ماکزیمم و مینیمم آن ها نشان داده شده است.

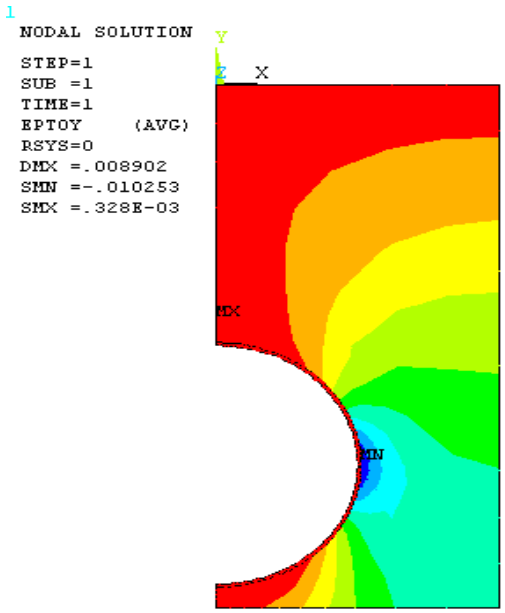


شکل ۴ – تنش برشی کل با المان Plane ۴۲

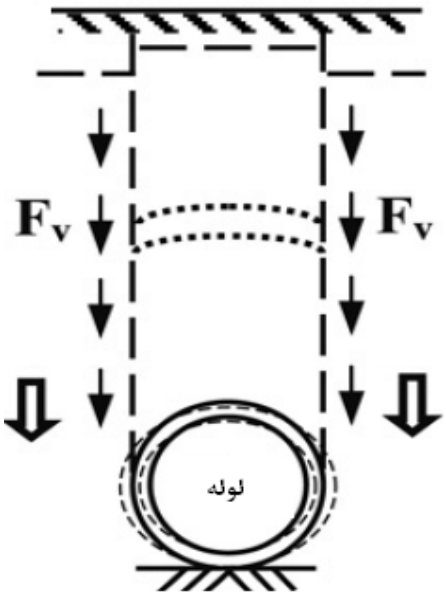


شکل ۵ – جابجایی کل مدل با المان Plane ۸۲

کمترین کرنش در جدار خارجی لوله و در مرکز آن بود (شکل۶) جابجایی نسبی لوله و خاک (لغزش) همواره نسبت عکس با اندازه سختی خاک داشته و خاصیت مذکور به این معناست که با افزایش سختی، لغزش مابین آن ها کاهش خواهد یافت. همچنین این مقدار با افزایش عمق کارگذاری لوله ها، نیز روند کاهشی را دنبال خواهد کرد (شکل ۷).



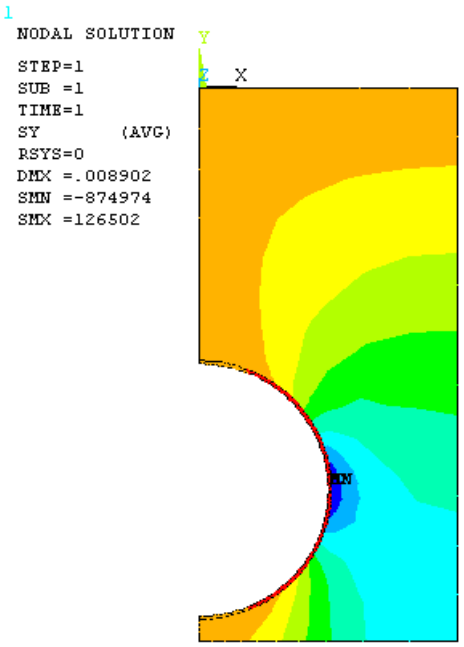
شکل ۶ – کرنش محوری مجرا در راستای قائم



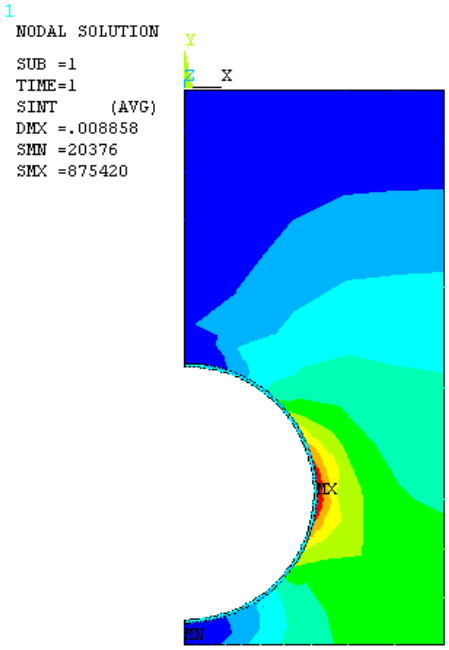
شکل۷– نشست نسبی لوله انعطاف پذیر فولادی در اثر اعمال بارگذاری

تاثیر قطر و نسبت ضخامت لوله، روی تناسب تنش حاصله در طی گسیختگی لوله و ایجاد درز در لوله، تناظری مستقیم است. با افزایش شدت و مقدار فشار داخلی لوله تا حد مجاز اطمینان، قابلیت تغییر شکل لوله به وضوح کاهش یافت [۱۲]. از روش های شبیه سازی خاک، مدل نمودن آن به صورت یک توده پیوسته با المان های محدود و بی نهایت با رفتار غیر خطی الاستو- پلاستیک می باشد که از دقت بسیار بالاتری در مقایسه با دیگر روش ها برخوردار است، در شکل (۸) کمترین تنش در راستای قائم و بیشترین تنش جانبی در مرکز پوسته خارجی لوله بود.

تنش ماکزیمم در وسط جدار خارجی لوله ۱۱۶ مگا پاسکال می باشد (شکل ۹)، که تا حد تنش تسلیم فولاد فاصله زیادی داشته و خطر گسیختگی جدار وجود ندارد.



شکل ۸ - تنش محاسبه شده در راستای قائم



شکل ۹ - نمایه تنش کل در مقطع مدل شده در انسیس

با توجه به بار های قائم اعمال شده و نشست بستر و خاکریز جناحین، در صورتی که مقدار تراکم بستر لوله بین ۸۵٪ تا ۹۵٪ گرفته شود، تغییرشکل مجرا و خاک جناحین در محدوده مناسبی از درجه اطمینان قرار می گیرد. همچنین مقدار مجاز تغییر شکل لوله با توجه به نوع پوشش اپوکسی به کار رفته در جدار لوله کمتر از ۵٪ (حداکثر تغییر شکل مجاز) می باشد.

المان Plane ۸۲ برای تحلیل در مدل صفحه ای دو بعدی در این مسئله، به دلیل غیر خطی بودن در شیوه حل بهتر بود و نتایج آن با داده های واقعی و تئوری تطابق بیشتری از خود نشان داد.

۵. نتیجه گیری

لوله های فولادی که در ترانشه نصب می شوند، تحت بار ناشی از فشار خاک روی آن و بارهای خارجی، نظیر بار ناشی از عبور کامیون و فشار داخلی و عکس العمل های بستر واقع خواهند شد. برای اجتناب از صدمه به لوله بر اثر عکس العمل های حاصل از این بارها، لازم است خاکریزی زیر و اطراف لوله طوری انجام شود که بستر مناسبی برای لوله ایجاد کند. با افزایش استحکام حداقل و کاهش ضخامت مجاز در حد استاندارد لوله های فولادی، افزایش سطح مقطع لوله در قطر بیرونی و کاهش بار اعمالی گسترده شده در پوسته خارجی جدار آن ها اتفاق می افتد. پدیده غالب در مورد تغییر شکل و نشست بستر و جناحین و همچنین ستون خاک بالای لوله، تغییر شکل های کوچک هندسی و ساختاری می باشد.

با افزایش قطر، میزان شکست لوله ها کاهش یافته و قابلیت کاربری لوله ها افزایش می یابد. همچنین با افزایش طول لوله، قابلیت کاربری آن کاهش می یابد. افزایش سن لوله نیز باعث احتمال شکست آن می شود. سن لوله رابطه مستقیم(توانی) و درصد تلفات آب رابطه معکوس با قطر لوله ها

دارند [۱۳]. در صورتی که فشار آب شبکه بیش از فشار اسمی لوله بوده و آن را تحت تنشی بیش از تنش مجاز خود قرار دهد، در صورت تداوم و یا تکرار این پدیده، فشار مازاد منجر به شکست لوله می گردد. فرسودگی لوله نیز با گذشت زمان باعث آسیب پذیری لوله ها در برابر فشارهای داخلی و خارجی می شود که البته با توجه به عمر مفید لوله و پیش بینی های طرح، خطر خاصی خط انتقال را تهدید نمی کند.

در صورتی که چسبندگی بین مصالح خاکریز و جدارهای ترانشه ناچیز فرض گردد، مقدار تنش های برشی به طرف بالا، مساوی حاصلضرب فشار جانبی مصالح خاکریز بر جدارهای ترانشه در تانژانت زاویه اصطکاک بین دو مصالح خواهد شد. با احتساب سایر نیروهای جزئی مانند فشار ناشی از ریشه درختان و سازه های سطحی و خطوط مجاور که در مسئله از این موارد صرفنظر شد، جابجایی کل و نشست نسبی در محدوده مجاز از نظر اطمینان بدست آمد. همچنین حدود ۱ میلی متر در المان ۸۲ Plane نشست لوله نسبت به المان دیگر بیشتر بود و همچنین یکی از محدودیت ها در مدل اجرا شده در المان دیگر (Plane۴۲)، این بود که خواص ماده و خاک از نوع میرایی (Damp)، برای آن قابل تعریف نبود.

۶. مراجع

۱. Spangler MG. "*The structural design of flexible culverts",* Iowa state college-bulletin 30, vol. XI. Ames (IA); 1941.

۲. وفائیان، م. (۱۳۸۲)، " الگوی دگرشکلی های خاک بر اثر احداث تونل دایره ای در آن،" مجله استقلال، سال ۲۲، شماره ۲، اسفند ۱۳۸۲.

3. Chia-Cheng Fan, James H. Long, *"Assessment of existing methods for predicting soil response of laterally loaded piles in sand*", Computers and Geotechnics, 32, pp: 274–289, (2005).

۴. ابریشمی، ج- یزدی نژاد، ج. (۱۳۸۷) "بررسی خوردگی فاضلابروهای بتنی و پیشنهاد بهترین روش های مقابله با خوردگی"- طرح تحقیقاتی - شرکت آب و فاضلاب مشهد

۵. بوستانی، آ. گلمایی، س.ح. انصاری، ح. (۱۳۸۹)،" بررسی روند تغییرات فشار حفره ای در اثر احداث خاکریز جاده روی خاک های با بافت نرم با استفاده از روش اجزا محدود"، مجموعه مقالات پنجمین کنگره ملی مهندسی عمران-دانشگاه فردوسی مشهد- اردیبهشت ۱۳۸۹- مشهد مقدس

۶. بوستانی، آ. گلمایی، س.ح. داوری، ک. (۱۳۸۹)،" مدل سازی نشست سازه های سطحی در اثر مجرای تحت فشار حامل جریان زیر سطحی توسط روش اجزا محدود"، مجموعه مقالات پنجمین کنگره ملی مهندسی عمران-دانشگاه فردوسی مشهد- اردیبهشت ۱۳۸۹

7. F.P. Gao, D.S. Jeng, H. Sekiguchi -*"aInstitute of Numerical study on the interaction between non-linear wave-buried pipeline and non-homogenous porous seabed*" - Computers and Geotechnics 30 , pp:535–547, (2003).

8. Syed M. Rahman, Tasnim Hassan, Edmundo Corona -*"Evaluation of cyclic plasticity models in ratcheting simulation of straight pipes under cyclic bending and steady internal pressure"* - International Journal of Plasticity 24, pp: 1756–1791, (2008).

9. F. Guarracino , A.C. Walker , A. Giordano -*"Effects of boundary conditions on testing of pipes and finite element modeling"*- International Journal of Pressure Vessels and Piping 86, pp:196–206, (2009).

10. T.H.Hyde, R.Lou,A. A.Becker, *"Analysis of stresses in pipes indented by long external indentation & subsequent stress variation due to pressure fluctuations.",* International Journal of Pressure Vessels & Piping, vol 86 ,pp 428–434 ,2009.

۱۱. دفتر امور فنی و تدوین معیارهای سازمان برنامه و بودجه- " مهندسی خطوط لوله انتقال آب (منطبق بر ضوابط نشریه شماره ۱۸۵)- چاپ دوم- انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۳.

12. T.H.Hyde, R.Lou,A. A.Becker, *, "Elastic-plastic analysis of offset indentations on unpressurised pipes",* International Journal of Solids and Structures,Vol 44 ,pp 399–418 ,2007.

13. Kettler,A., & Goulter, L,*"An Analysis of pipe breakage in urban water distribution networks",* .Can.J.Civ.Eng, 12(2): 286-293, (1985).

ششمین کنگره ملی مهندسی عمران

۶ و ۷ اردیبهشت ۱۳۹۰
ایران - سمنان

دانشگاه سمنان

گواهی پذیرش مقاله

بدین وسیله گواهی می‌شود مقاله

بررسی نشست لوله های فولادی آبرسانی شهری (مطالعه موردی: طرح توزیع آب سد دوستی در شهر مشهد)

به نگارش

آرمین بوستانی، کمل الدین صابری، حسن صدرنیا

پس از بررسی توسط هیئت داوران ششمین کنگره ملی مهندسی عمران مورد تائید قرار گرفته و در کتاب چکیده مقالات به چاپ رسیده است.

دکتر محمد کاظم شربتدار
دبیر کنگره