بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه یزد

دانشکده مهندسی معدن و متالورژی

گروه مکانیک سنگ

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

مهندسی معدن- مکانیک سنگ

تحلیل و طراحی قطعات بتنی پیش ساخته تونل انتقال آب نوسود کرمانشاه

استادان راهنما: دکتر علیرضا یاراحمدی بافقی

دکتر جواد غلام نژاد

استادمشاور: مهندس مسعود بیاتی

پژوهش و نگارش: الیار کاوسیان

مهرماه ۹۰

تقدیم به

همه ی خوبان

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه وتعریف مسأله ۱

فصل دوم معرفی قطعات بتنی پیش‌ساخته ۴

۲-۱ تاریخچه قطعات بتنی پیش ساخته ۵

۲-۲انواع قطعات بتنی پیش ساخته ۶

۲-۲-۱ سگمنتهای مستطیلی ۸

۲-۲-۲-متوازی الاضلاع ۹

۲-۲-۳-ذوزنقه ۹

۲-۲-۴- شش وجهی ۱۰

۲-۳ تولیدقطعات بتنی پیش ساخته ۱۰

۲-۳-۱پارمترهای مهم درانتخاب طرح اختلاط بتن ونحوه اختلاط ۱۱

۲-۴ طراحی قطعات بتنی پیش ساخته ۲۱

۲-۴-۱ پارامترهای هندسی طراحی ۲۲

فصل سوم: روندکارTBMونیروهای بحرانی واردبرسگمنتهای بتنی ۲۸

۳-۱ مقدمه ۲۷

۳-۲ انواع خسارت ها ۲۷

۳-۳روندکارماشینهای حفارمکانیزه ۳۲

۳-۳-۱ ماشینهای حفاری ۳۴

فصل چهارم کلیات پروژه انتقال آب تونل دشت ذهاب ۴۰

۴-۱ معرفی تونل انتقال دشت ذهاب وموقعیت جغرافیایی آن ۳۹

۴-۲- مشخصات هندسی تونل ۴۰

۴-۴- ویژگیهای توده سنگهای مسیر تونل ۴۴

۴-۵- آب زیرزمینی و وضعیت آب در تونل دشت ذهاب ۴۸

۴-۶- حفاری تونل ۴۹

۴-۷- سیستم نگهداری تونل ۴۹
۴-۸- خواص قطعات پیش ساخته بتنی،خواص محل اتصالات ۵۰
۴-۹- ابزاربندی در تونل ۵۲
فصل پنجم تحلیل قطعات بتنی پیش ساخته ۵۴
۵-۱ مقدمه ۵۵
۵-۲ روش تجربی وتحلیلی ۵۵
۵-۲-۱ بارهای وارده برپوشش تونل ۵۵
۵-۲-۲فشارزمین ۵۶
۵-۲-۳ فشارآب ۵۸
۵-۲-۴بارمرده ۵۹
۵-۲-۵سربار ۶۱
۵-۲-۶عکس العمل بستر ۵۹
۵-۲-۷ بارهای اعمال شده ازداخل تونل ۶۰
۵-۲-۸بارگذاری حین اجرا ۶۰
۵-۲-۹موادمورداستفاده ۶۰
۵-۳محاسبات ساختاری ۶۲
۵-۳-۱اصول طراحی ۶۲
۵-۳-۲محاسبه ی نیروهای داخلی ۶۳
۵-۳-۳ارزیابی درزهها ۶۷
۵-۳-۴بررسی ضریب اطمینان مقطع پوشش ۶۷
۵-۳-۵روش طراحی حالت حدی ۶۷
۵-۳-۶روش طراحی تنش مجاز ۶۸
۵-۳-۷محاسبات ساختاری درزه ها ۶۹
۵-۳-۸جزییات سازه ای ۷۰

۵-۳-۹زاویه درزههای سگمنت کلید ۷۱
۵-۴المانهای تسلیح سگمنت ۷۱
۵-۴-۱ المانهای تسلیح بدنه ۷۲
۵-۴-۲المانهای تسلیح اصلاحی ۷۳
۵-۵ پوشش ثانویه ۷۳
۵-۶محاسبه نیروهای داخلی ۷۴
۵-۶-۱روش بارگذاری مستقیم ۷۴
۵-۶-۳روش معادلات الاستیک ۷۵
۵-۷بررسی ضریب ایمنی ۷۵
۵-۸تحلیل عددی ساختارهای سنگی ۷۵
۵۵-۹-۱۰ مراحلمحاسباتیترمافزارFLAC3D ۷۵
۵-۱۰ تعریف مساله ۸۱
۵-۱۰-۱ بررسی اثردرزه داری درمیزان مقاومت لاینینگ ۸۱
۵-۱۰-۲نتایج تستهای صورت گرفته وبررسی نتایج ۹۶
۵-۱۰-۳ آزمون تعیین سفتی درزه ۸۹
۵-۱۰-۴مدلسازی عددی لاینینگ تونل سپری ۱۰۰
۵-۱۰-۵تعیین سفتی درزه زاویه ایK_{ω}(angular joint stiffness)..... ۹۲
۵-۱۰-۱۱ تاثیرتعدادوراستای (جهتداری) اتصالات ۹۳
۵-۱۱بررسی تفاضل محدودموردمطالعاتی ۹۷
۵-۱۱-۲خواص شن نخودی ودوغاب ۱۱۱
۵-۱۲ابزاربندیصورت گرفته درمنطقه ۱۱۸
۵-۱۳ جمعبندی تحلیل های صورت گرفته ۱۲۱
فصل ششم: نتیجه گیری وپیشنهادات ۱۲۵
۶-۱ پیشنهادات..... ۱۲۶

فهرست جداول

جدول ۲-۱ مقایسه انواع مختلف قطعات پیش ساخته ۸

جدول ۲-۲ دانه بندی متاسب برای سنگ دانه های ریز ۱۴

جدول ۲-۳ دانه بندی سنگ های درشت دانه برای بتن با مقاومت سایشی مناسب ۱۵

جدول ۴-۱ مجموعه های لیتولوژیکی شناسایی شده در مسیر تونل ۴۶

جدول ۴-۲ داده ها و پارامترهای موجود و مورد نیاز برای انجام پروژه ۴۸

جدول ۴-۳ خصوصیات و پارامترهای سازنده موجود در مسیر تونل دشت ذهاب ۵۰

جدول ۴-۴ خواص قطعات بتنی پیش ساخته تونل دشت ذهاب ۵۵

جدول ۴-۵ خواص شن نخودی و دوغاب تزریقی پشت سگمنت در تونل دشت ذهاب ۵۵

جدول ۵-۱ مدول الاستیسیته فولاد و بتن ۶۷

جدول ۵-۲ معادلات استاتایک برای محاسبه نیروهای داخلی ۷۲

جدول ۵-۳ المان های اصلی تسلیح سگمنت ۷۹

جدول ۵-۴ کارایی روش های عددی ۸۶

جدول ۵-۵ نمونه ها و درزه های بررسی شده در آزمون نگهداری ساده ۹۴

جدول ۵-۶ خواص لاینینگ و خاک در برگیرنده مورد استفاده در تحلیل ۱۰۱

جدول ۵-۷ ضریب کاهش ممان در بعضی موارد تحلیلی ۱۰۷

جدول ۵-۸ مشخصات بتن مورد استفاده در مورد مطالعاتی ۱۲۰

جدول ۵-۹ خواص شن نخودی و دوغاب ۱۲۳

جدول ۵-۱۰ نتایج تحلیل های دو بعدی صورت گرفته در منطقه ی مطالعاتی دشت ذهاب ۱۳۳

جدول ۵-۱۱ نتایج حاصل از تحلیل های ۳ بعدی ۱۳۳

جدول ۵-۱۲ نتایج حاصل از اندازه گیری های برجای منطقه در متراژ ۳۰۰۰ متری ۱۳۳

جدول ۵-۱۳ جابجایی های حاصل از بررسی رینگ بتنی بصورت پوسته ی استوانه ۱۳۴

جدول ۵-۱۴ نتایج حاصل از تحلیل های مختلف سیستم نگهداری تونل نوسود مقطع ۳۰۰۰ ۱۳۷

چکیده

تونل های آبی از اهمیت بالایی برای بقا حیات شهری برخورددار هستند. بررسی پایداری سیستم های نگهداری این تونل ها با توجه به زمان استفاده این تونل ها که از اکثرا مادام العمرمی باشند، از اهمیت بالایی برخوردار است. پروژه انتقال آب نوسود کرمانشاه که با هدف انتقال آب از منطقه کرمانشاه به خوزستان احداث شده است در طول ۵۰ کیلومتر بعلت عبور از مناطق کوهستانی از گزینه تونل استفاده می شود.سیستم حفاری این تونل سیستم حفاری مکانیزه ی دو سپره و نگهداری آن استفاده از قطعات لاینیگ می باشد. بررسی پایداری سسیتم های قطعات بتنی پیش ساخته اغلب بدون در نظر گرفتن درزه های موجود ما بین رینگ های بتنی صورت می پذیرد. که این امر سبب می شود تا شکست های بوجود آمده در رینگ بتنی ناشی از اعمال نیروی فشاری بالاتر از مقاومت فشاری بتن ایجاد شود. در حالیکه با توجه به مشاهدات صورت گرفته در محیط های اجرایی شکست در این رینگ های بتنی در فشاری کمتر از مقاومت های بتنی و در محل تماس درزه ها مشاهده می شود. در این پایان نامهدر بررسی سیستم های نگهداری به ساختار هندسی و جزییات طراحی آن ها توجه شدو سیستم نگهداری توسط نرم افزار تفاضل محدود ۳بعدی FLAC3D شبیه سازی شد و نتایج حاصل با نتایج حاصل از بررسی رینگ بتنی همراه با درزه های موجود در آن با نتایج حاصل از شبیه سازی سیستم نگهداری بصورت یک پوسته ی استوانه ای مقایسه و ارزیابی شد ماکزیمم جابجایی از بررسی رینگ ها همراه با در نظر گرفتن درزه ها ۸ میلی متر بدست آمد که با نتایج حاصل از اندازه گیری های برجا هماهنگی بیشتری داشت .

مقدمه

مسئله انتقال آب برای استفاده آن در شهرهای بزرگ کشور از مسائل حیاتی برای ادامه روند حیات شهرها است. هم اکنون در کشورمان پروژههای آب رسانی زیادی در حال انجام می باشد که برای انتقال آب از تونل استفاده می شود. با توجه به طول زیاد این تونل ها، حفاری مکانیزه گزینه ای مناسب و اقتصادی است، از سوی دیگر با توجه به طول عمر بالای این تونل ها ، مساله نگهداری این تونل ها حائز اهمیت بوده و بررسی و بیان نقاط خطر احتمالی برای سیستم های نگهداری مرتبط حائز اهمیت می باشد.

اهمیت موضوع ایمنی و پایداری سیستم های نگهداری بر هیچ کس پوشیده نیست. هر گونه ناپایداری در سیستم های ایمنی از عدم توانایی سیستم نگهداری در مقابله با بارهای وارد بر آن می باشد. این عدم پایداریبا در اثر وجود ضعف های ساختاری در این سیستم ها است و یا اینکه بار ورودی بر سیستم نگهداری به شدت بالا می رود. منطقه ی دشت ذهاب واقع در استان کرمانشاه یکی از پروژه های بزرگ و حیاتی برای انتقال آب از استان های آب خیز کشور به استان های کم آب ایران همچون قم می باشد و در نتیجه دقت در بررسی سیستم ایمنی و نگهداری تونل از اهمیت بالایی برخوردار می باشد.

در این پایان نامه تحقیقات صورت گرفته برای هر دو مورد بیان شده و بررسی های مورد نظر برای تونل انتقال آب نوسود کرمانشاه صورت گرفته است.

به این منظور تحلیل سه بعدی توسط نرم افزار تفاضل محدود**FLAC3D**انجام گرفته و نتایج حاصل از این بررسیها مورد ارزیابی قرار گرفته است.

پایان نامه حاضر شامل ۵ فصل است که به صورت مختصر به صورت زیر می باشد:

ابتدا به طرح مسأله و اهداف پایان نامه پرداخته می شود، فصل دوم به معرفی قطعات بتنی پیش ساخته و انواع آن اختصاص یافته است. در فصل سوم نیز اشاره ی مختصری به روند کار **TBM**و درنتیجه ی آن بارهای وارد به قطعات بتنی پیش ساخته می شود.فصل چهارم به تشریح موقعیت و زمین شناسیمورد مطالعاتی مد نظر و بررسی ساختمان قطعات بتنی پیش ساخته استفاده شده در منطقه ی دشت ذهاب اختصاص یافته است.در فصل پنجمتحلیل عددیانجام شده توسط نرم افزار عددی FLAC3Dبرای مقطع ۳۰۰۰ تونل انتقال آب نوسود کرمانشاه مورد بررسی قرار گرفته و

خروجی های حاصل از شبیه سازی توسط نرم افزار مورد بررسی ارائه شده است. در این فصلعلاوه بر تحلیل هایصورت گرفته، تحلیل های قبلی صورت گرفته در مقطع ۳۰۰۰ گزارش می شود. در انتها فصل ششم شامل تصمیم گیری از نتایج بدست آمده از فصول قبل و پیشنهادات می باشد.

فصل اول معرفی قطعات بتنی پیش ساخته

۱-۱تاریخچه قطعات بتنی پیش ساخته

تاریخ استفاده از قطعات بتنی پیش ساخته به سال ۱۸۶۰ میلادی بر می گردد، این پوشش شامل تعدادی قطعات چدنی قالب ریزی شده بود که در تونل بزرگراه لندن استفاده شد [۱]. تا سال ۱۹۳۰، سیستم نگهداری غالب تونل های حفر شده با ماشین های تونل بری، متشکل از قطعات چدنی پیش ساخته بود[۲]. پس از آن بتدریج پوشش های بتنی ساخته شده و گسترش یافتند. پوشش های بتنی پیش ساخته در ابتدا در انگلیس برای تونل های فاضلاب باقطر کم (۱/۵ تا۳ متر) که در لندن حفر می شدند به کار گرفته شدند. پس از آن مسیرهای طولانی، با قطر کم حفر شده در لندن با انواع مختلفی از شکل های قطعات بتنی پیش ساخته، نگهداری شدند. پیمانکاران انگلیسی این نوع پوشش را برای تونل های با قطر ۶ متر گسترش دادند. یکی از مهمترین ویژگی های این نوع قطعات، کوچک بودن ابعاد آن ها و کم بودن وزن آن ها (۱۰۰ تا ۴۰۰ کیلوگرم برای هر قطعه) بود که در تونل های با قطر زیاد که تعداد المان هاییک حلقه پوشش (۱۲ المان برای تونل با قطر ۶متر) بیشتر می شد، مزیت مناسبیبه حساب می آمد. پس از آن با توسعه ماشین هایTBM برای حفاری تونل های با قطر زیاد (۵ تا ۱۰ متر)، قطعات بتنی پیش ساخته با ابعاد بزرگ و با تلرانس های ساخت خیلی کم، توسعه یافتند و در این راستا دستگاه های نصب مکانیزه این قطعات نیز گسترش یافتند [۲]. استفاده از اولین پوشش قطعه ای بتنی به سال ۱۹۳۰ میلادی مربوط می شود که در گلاسکو اسکاتلند توسط یک پیمانکار انگلیسی ساخته شد. انگیزه اصلی در گسترش پوشش های بتنی پیش ساخته، کمبود مواد خام، قبل از جنگ جهانی دوم برای چدن بود و به جای قطعات چدنی، از قطعات بتنی مشابه که پشت آن تزریق انجام می شد و به هم پیچ می شدند، استفاده شد. بعدها ثابت شد که پوشش های متشکل از قطعات بتنی پیش ساخته از لحاظ اقتصادی و تکنیکی، بسیار مناسب بوده و برای پوشش های چدنیجانشین خوبی هستند. البته پوشش های چدنی هنوز هم در پروژه های زیر آبی که مساله آب بندی از اهمیت زیادی برخوردار است، استفاده می شوند، چرا که آب بندی پوشش های بتنی از چدنی مشکل تر است[۱و۳].

لازم به توضیح است کهامروزه قطعات بتنی پیش ساخته دارای طرح اختلاط معینی می باشند و در بررسی سیستم های نگهداری و پوشش های نگهداری آنچه اهمیت دارد، توجه به ابعاد پوشش ها از قبیل ضخامت و وزن عرض آن ها در موارد پیشنهادی می باشد. لذا در این پایان نامه به جای اشاره به طرح اختلاط و نحوه ی تولید سگمنت ها به انواع قطعات بتنی از لحاظ شکل قطعات و پارامترهای هندسی آن ها اشاره می شود. این مطالب در عین اختصار از جامعیت کافی برای فهم مطالب ذکر شده در ادامه ی مطلب برای خواننده، برخودار می باشد.

۲-۲انواع قطعات بتنی پیش ساخته[۱]

طی اجرای پروژه های متعدد تونلسازی در سرتاسر دنیا برای نیازهای مختلف شامل تونل های مترو، راه آهن، تونل های انتقال آب، تونل های فاضلاب، انواع مختلفی از قطعات بتنی پیش ساخته، ابداع شد.

هندسه سگمنت به طور اساسی به نوع سیستم نصب سگمنت مرتبط می شود و بر این اساس اشکال زیر گسترش یافتند.

- قطعات توپر[۲]

این نوع سگمنت ها امروزه بسیار استفاده می شوند. این قطعات حاوییکسری حفرات کوچک برای جلوگیری سیستم اتصالات شامل بولت ها و داول ها و غیره می باشند. بواسطه ی توپر کردن، این قطعات از مقاومت مناسبی برخوردار هستند.

- قطعات حفره دار[۳]

این قطعات غالبا در گذشته مورد استفاده قرار می گرفتند و امروزه استفاده آن ها تنها به سازه هایی همانند پوشش چاه ها محدود شده است. این قطعات نیاز به حفاری بزرگتری نسبت به قطعات توپر در شرایط سطح مقطع و ممان اینرسی مشابه دارند. اندازه ی ابعاد حفرات به گونه ای

---

[۱] مطالب این قسمت عمدتا بر گرفته از منبع شماره [۳] می باشد.

[۲] Solid Segments

[۳] Hallow or ribbed segments