بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه یزد
دانشکده مهندسی معدن و متالورژی

پایان نامه:
برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
مهندسی معدن-مکانیک سنگ

بررسی تأثیر میزان و نوع پرشدگی پشت قطعات پیش ساخته بتنی بر بار وارد بر آن‌ها با استفاده از مدل‌سازی عددی (مورد مطالعاتی : تونل انتقال آب نوسود)

استادان راهنما :
دکتر کاظم برخورداری
دکتر جواد غلام‌نژاد

استاد مشاور: **مهندس مسعود بیاتی**

پژوهش و نگارش: **محسن همتی**

مهرماه ۱۳۹۰

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

آنان که وجودم برایشان همه رنج بود و وجودشان برایم همه مهر

توانشان رفت تا به توانایی برسم و مویشان سپید گشت تا رویم سپید بماند

آنان که فروغ نگاهشان، گرمی کلامشان و روشنی رویشان سرمایه‌های جاودانی زندگی من است

از استادان گرامی، آقایان دکتر برخورداری، دکتر غلام نژاد و مهندس بیاتی

که با راهنمایی های خود، بنده را در انجام این پروژه یاری نمودند تشکر و قدردانی می نمایم.

چکیده

توسعه روزافزون کشور در بخش‌های مختلف اعم از حمل و نقل عمومی شهری، ترابری بین شهری و شبکه‌های جمع آوری و انتقال آب و فاضلاب، نیاز به احداث تونل‌های جدید را در کشور ضروری می‌سازد. طی سال‌های اخیر، حفاری مکانیزه تونل‌ها با دستگاه TBM با توجه به بالا بودن سرعت اجرا و کیفیت مطلوب آن به عنوان یک گزینه برای حفر تونل تلقی می‌شود. از مهم‌ترین مزایای حفاری مکانیزه اجرای نگهداری دائم با استفاده از قطعات پیش ساخته بتن آرمه بنام سگمنت می‌باشد. این قطعات هم‌زمان با عملیات حفاری در پشت سپر انتهایی نصب شده و با ادامه عملیات حفاری و پیشروی دستگاه به منظور توزیع یکنواخت بار وارده از سازند روی پوشش بتنی، فاصله خالی بین این قطعات و توده سنگ دربرگیرنده با تزریق شن نخودی (pea gravel) و دوغاب از طریق حفره‌های تعبیه شده پر می‌شود. تجارب اجرایی به خصوص در پروژه حفاری مکانیزه نشان دهنده این موضوع بوده است که پر شدن کامل پشت پوشش بتنی از شن نخودی، امکان پذیر نیست. ریزش‌های موضعی اتفاق افتاده در دیواره و سقف تونل، صعوبت تزریق شن نخودی در سگمنت سقف، نشست و متراکم شدن آن در اثر لرزش‌های ناشی از عبور قطار حمل مصالح و همچنین نشت دوغاب سیمان و غیره را می‌توان بعضی از دلایل عدم پرشدگی کامل دانست. پر نشدن فضای خالی پشت سگمنت (تزریق تماسی نامناسب) ممکن است منجر به تمرکز تنش در پوشش بتنی شده و ناپایداری سازه را در پی داشته باشد.

در این مطالعه تأثیر میزان و نوع پرشدگی بر بار وارد بر پوشش بتنی بررسی شد. برای بررسی تأثیر میزان پرشدگی بر بار وارد بر پوشش بتنی ۶ وضعیت پرشدگی مختلف در نظر گرفته شده است که عبارتند از: وضعیت‌های پرشدگی ۰٪، ۵۰٪، ۷۰٪، ۹۰٪، سقف خالی و پرشدگی کامل. نتایج به دو صورت کیفی و کمی بررسی شد. بررسی کیفی نتایج نشان داد که تغییر درجه پرشدگی باعث تغییر در الگوی جابجایی‌های توده سنگ و پوشش بتنی، تغییر الگوی تغییرشکل پوشش بتنی، تغییر ابعاد ناحیه پلاستیک اطراف تونل و همچنین باعث تغییر مکان حداکثر نیروی محوری و حداکثر ممان خمشی در پوشش بتنی می‌شود. ارزیابی کمی نتایج نیز نشان داد که کاهش درجه پرشدگی باعث افزایش تنش طراحی در پوشش بتنی می‌شود به طوری که تنش طراحی برای مقطع ۳۰۰۰ تونل انتقال آب نوسود در وضعیت پرشدگی ۰٪ از نوع کششی و برابر با ۱۲/۷ مگاپاسکال و در وضعیت پرشدگی کامل از نوع فشاری و برابر ۸/۶ مگاپاسکال می‌باشد. همچنین در این پایان‌نامه تأثیر خواص مکانیکی مدول الاستیسیته، چسبندگی و زاویه اصطکاک

داخلی مخلوط شن نخودی و دوغاب تزریق شده بر نیروهای محوری و ممان‌های خمشی ایجاد شده در پوشش بتنی تونل نوسود مورد بررسی قرار گرفت.

فهرست مطالب

مقدمه ۱

فصل اول: معرفی قطعات بتنی پیش‌ساخته

۱-۱. تاریخچه قطعات بتنی پیش‌ساخته ۴

۱-۲. انواع قطعات بتنی پیش‌ساخته ۵

۱-۲-۱. سگمنت‌های مستطیلی ۷

۱-۲-۲. سگمنت‌های متوازی الاضلاع ۸

۱-۲-۳. سگمنت‌های ذورنقه ۹

۱-۲-۴. سگمنت‌های شش وجهی ۹

۱-۳. پارامترهای هندسی طراحی قطعات بتنی پیش‌ساخته ۱۰

۱-۴. انواع خسارت های وارد بر قطعات بتنی پیش ساخته ۱۵

فصل دوم: پرکردن فضای خالی حلقوی بین پوشش سگمنتی و زمین

۲-۱. مقدمه ۲۱

۲-۲. پرکردن فضای خالی حلقوی در خاک ۲۲

۲-۳. پرکردن فضای خالی حلقوی در سنگ ۲۵

۲-۴. نفوذ دوغاب به داخل فضای استرینگ و فضای خالی حلقوی ۲۷

۲-۵. تزریق در فضای خالی حلقوی در حضور آب تراوشی ۳۱

۲-۶. تزریق پنوماتیکی شن نخودی ۳۹

۲-۷. روش های تزریق ۴۱

۲-۷-۱. تزریق از طریق چالهای دوغاب موجود در پوشش های سگمنتی ۴۱

۲-۷-۲. تزریق از طریق دنباله سپر ۴۳

۲-۸. تجهیزات مورد نیاز برای تزریق به داخل فضای خالی حلقوی ۴۳

فصل سوم: کلیات پروژه تونل انتقال آب نوسود کرمانشاه

۳-۱. معرفی تونل انتقال آب و موقعیت جغرافیایی آن ۴۸

۳-۲. مشخصات هندسی تونل ۵۰

۳-۳. مشخصات زمین شناسی مسیر تونل ۵۰

۳-۴. ویژگی های توده سنگهای مسیر تونل ۵۴

۳-۵. آب زیر زمینی و وضعیت آب در تونل ۵۸

۳-۶. حفاری تونل ۵۹

۳-۷. سیستم نگهداری تونل ۵۹

۳-۸. خواص قطعات پیش ساخته بتنی ، خواص محل اتصالات و شن نخودی و دوغاب ۶۰

فصل چهارم: بررسی تاثیر میزان و نوع پرشدگی پشت قطعات پیش ساخته بتنی بر بار وارد بر آن‌ها با استفاده از مدل سازی عددی

۴-۱. مروری بر روشهای عددی ۶۵

۴-۱-۱. محیط های مورد بحث در آنالیز ۶۷

۴-۱-۲. روش المان محدود ۶۹

۴-۱-۳. روش تفاضل محدود ۷۱

۴-۱-۴. روش المان مرزی ۷۱

۴-۱-۵. روش المان مجزا ۷۱

۴-۱-۶. روش های ترکیبی ۷۴

۴-۲. رفتار پوشش بتنی ۷۵

۴-۳. بررسی اثر پرشدگی پشت قطعات پیش ساخته بتنی ۷۷

۴-۳-۱. مدلسازی عددی سازند ۱۹ تونل انتقال آب نوسود ۷۹

۴-۳-۲. بررسی تاثیر میزان پرشدگی پشت قطعات پیش ساخته بتنی بر بار وارد بر آنها ۸۴

۴-۳-۳. بررسی تاثیر نوع پرشدگی پشت قطعات پیش ساخته بتنی بر بار وارد بر آنها ۹۹

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۵-۱. جمع بندی و نتیجه گیری..... ۱۰۳

۵-۲. پیشنهادات..... ۱۰۵

فهرست منابع به ترتیب استفاده در متن..... ۱۰۶

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱. قطعات توپر..... ۶

شکل ۱-۲. سگمنت‌های مستطیلی..... ۸

شکل ۱-۳. سگمنت‌های متوازی‌الاضلاع..... ۹

شکل ۱-۴. سگمنت‌های ذوزنقه‌ای..... ۹

شکل ۱-۵. سگمنت‌های هگزاگونال(شش وجهی)..... ۱۰

شکل ۱-۶. بخش‌های مختلف یک پوشش مستطیلی..... ۱۴

شکل ۲-۱. فاکتورهای موثر در پهنای فضای خالی حلقوی..... ۲۱

شکل ۲-۲. پرکردن فضای خالی حلقوی در خاک..... ۲۳

شکل ۲-۳. تزریق در فضای خالی حلقوی پشت پوشش سگمنتی..... ۲۴

شکل ۲-۴. مخلوط‌های ملات برای پرکردن فضای خالی حلقوی در خاک..... ۲۴

شکل ۲-۵. تغییر شکل پوشش بتنی به علت وزن و بار بالقوه در سقف..... ۲۵

شکل ۲-۶. مشکلات بالقوه در خصوص پرکردن فضای خالی حلقوی در سنگ..... ۲۶

شکل ۲-۷. عمق نفوذ سیال بینگهام تزریق شده به داخل یک شکاف افقی ۲۸

شکل ۲-۸. تغییرات مقاومت برشی با زمان برای دو مخلوط..... ۲۹

شکل ۲-۹. عمق نفوذ ملات در داخل فضای خالی حلقوی و فضای استرینگ---..... ۳۰

شکل ۲-۱۰. فشار تزریق موثر موردنیاز به عنوان تابعی از عرض فضای خالی حلقوی ---..... ۳۱

شکل ۲-۱۱. دستگاه آزمایش تزریق بروی خمیرهای سیمان در حضور آب جاری..... ۳۲

شکل ۲-۱۲. تغییرات حد جریان خمیر سیمان با زمان..... ۳۴

شکل ۲-۱۳. مدل ساده شده برای نشان دادن نفوذ آب از ناپیوستگی‌ها به داخل فضای خالی حلقوی..... ۳۵

شکل ۲-۱۴. فشار تزریق موردنیاز برای جلوگیری از فرسایش دوغاب موجود در فضای خالی حلقوی---..... ۳۸

شکل ۲-۱۵. تزریق پنوماتیکی شن نخودی از طریق روزنه‌های موجود در پوشش سگمنتی..... ۳۹

شکل ۲-۱۶. محدوده کاربرد تکنیک‌های تزریق ۴۰
شکل ۲-۱۷. محدوده کاربرد مصالح تزریق ۴۱
شکل ۲-۱۸. تزریق از طریق چال‌های دوغاب موجود در پوشش سگمنتی ۴۲
شکل ۲-۱۹. تزریق از طریق دنباله سپر ۴۳
شکل ۲-۲۰. پمپ پیستونی دوبل با مسیر تزریق نصب شده ۴۴
شکل ۲-۲۱. پمپ کرم‌مانند با مسیر تغذیه در زیر و خروج ماده در بالا ۴۵
شکل ۲-۲۲. پمپ حفره دار جلوروندە ۴۶
شکل ۳-۱. موقعیت تونل زاگرس در ایران ۴۹
شکل ۳-۲. مقطع طولی تونل (متراژ ۲۳۰۰ تا ۳۷۰۰) ۴۹
شکل ۳-۳. سطح مقطع تونل ۵۰
شکل ۳-۴. قطعات پیش ساخته بتنی تونل ۶۰
شکل ۴-۱. محیط پیوسته که هیچ‌گونه درزه‌ای در آن مشاهده نمی‌شود ۶۷
شکل ۴-۲. محیط پیوسته با چند دسته درزه ۶۷
شکل ۴-۳. محیط نا پیوسته ۶۸
شکل ۴-۴. محیط شبه پیوسته ۶۸
شکل ۴-۵. مدل مکانیکی المان محدود ۷۰
شکل ۴-۶. المان بندی به روش المان مجزا ۷۲
شکل ۴-۷. تغییرشکل پوشش غیر محصور تحت بارگذاری یکنواخت ۷۵
شکل ۴-۸. تغییرشکل پوشش غیر محصور تحت بارمتمرکز ۷۶
شکل ۴-۹. تغییرشکل پوشش به طور جزئی محصور تحت بارمتمرکز ۷۶
شکل ۴-۱۰. تغییرشکل پوشش تمام محصور تحت بارمتمرکز ۷۷
شکل ۴-۱۱. تغییرشکل پوشش تمام محصور تحت بارنامنظم ۷۷
شکل ۴-۱۲. نمودار تغییرات همگرایی مقطع دایروی با پیشروی جبهه حفاری ۸۱
شکل ۴-۱۳. نمایی از هندسه کلی مدل سه بعدی ۸۲

شکل ۴-۱۴. نمایی نزدیک از تونل به همراه ماده پرکننده پشت پوشش بتنی ۸۲
شکل ۴-۱۵. المان ساختاری پوشش (سگمنت) به همراه گره‌ها و زون‌ها برای ربع اول مدل ۸۳
شکل ۴-۱۶. تاریخچه مربوط به نیروی نامتعادل کننده برای وضعیت پرشدگی کامل پشت سگمنت ۸۳
شکل ۴-۱۷. وضعیتهای مختلف پرشدگی در پشت سگمنت ۸۴
شکل ۴-۱۸. جابجایی‌های اتفاق افتاده برای زمین و عضو ساختاری برای وضعیتهای پرشدگی مختلف ۸۶
شکل ۴-۱۹. سگمنت تغییر شکل یافته (با بزرگنمایی ۳۰۰ برابر) برای وضعیت‌های پرشدگی مختلف ۸۷
شکل ۴-۲۰. مناطق پلاستیک اتفاق افتاده در اطراف تونل برای وضعیت‌های پرشدگی مختلف . ۸۹
شکل ۴-۲۱. نیروهای محوری ایجاد شده در سگمنت برای وضعیتهای پرشدگی ۰٪ و ۵۰٪ ۹۰
شکل ۴-۲۲. نیروهای محوری ایجاد شده در سگمنت برای وضعیتهای پرشدگی ۷۰٪ و ۹۰٪ ۹۱
شکل ۴-۲۳. نیروهای محوری ایجاد شده در سگمنت برای وضعیتهای پرشدگی سقف خالی و پرشدگی کامل..... ۹۲
شکل ۴-۲۴. ممان‌های خمشی ایجاد شده در سگمنت برای وضعیتهای پرشدگی ۰٪ و ۵۰٪ ۹۳
شکل ۴-۲۵. ممان‌های خمشی ایجاد شده در سگمنت برای وضعیتهای پرشدگی ۷۰٪ و ۹۰٪ .. ۹۴
شکل ۴-۲۶. ممان‌های خمشی ایجاد شده در سگمنت برای وضعیتهای پرشدگی سقف خالی و پرشدگی کامل..... ۹۵

فهرست نمودارها و جدول‌ها

نمودار ۴-۱. جابجایی شعاعی سگمنت برای دیواره و تاج تونل به ازای درجه‌های پرشدگی مختلف ۹۶

نمودار ۴-۲. نیروهای محوری ایجاد شده در سگمنت برای وضعیت‌های پرشدگی مختلف ۹۷

نمودار ۴-۳. ممان‌های خمشی ایجاد شده در سگمنت برای وضعیت‌های پرشدگی مختلف ۹۷

نمودار ۴-۴. میزان جابجایی شعاعی در دیواره و تاج تونل به ازای تغییر در مدول الاستیسسته ۱۰۰

نمودار ۴-۵. میزان جابجایی شعاعی در دیواره و تاج تونل به ازای تغییر در چسبندگی ۱۰۰

نمودار ۴-۶. میزان جابجایی شعاعی در دیواره و تاج تونل به ازای تغییر در زاویه اصطکاک ۱۰۱

جدول ۱-۱. مقایسه قطعات پیش ساخته با اشکال مختلف ۷

جدول ۲-۱. نتایج آزمایش‌های تزریق با یک خمیر سیمان ۳۵

جدول ۳-۱. مجموعه‌های لیتولوژیکی شناسایی شده در مسیر تونل ۵۴

جدول ۳-۲. داده ها و پارامترهای موجود و مورد نیاز برای انجام پروژه ۵۶

جدول ۳-۳. خصوصیات و پارامترهای سازندهای موجود در مسیر تونل (سازند ۱۳-۲۰) ۵۷

جدول ۳-۴. خواص قطعات پیش ساخته بتنی تونل ۶۱

جدول ۳-۵. خواص شن نخودی و دوغاب تزریقی پشت سگمنت در تونل ۶۲

جدول ۴-۱. کاربرد روش‌های عددی ۶۹

جدول ۴-۲. حداکثر تنش فشاری و تنش کششی برای درجه‌های پرشدگی مختلف ۹۹

جدول ۴-۳. میزان تنش طراحی (تنش فشاری) پوشش بتنی برای وضعیت پرشدگی کامل، به ازای تغییر پارامترهای مکانیکی مخلوط شن نخودی و دوغاب ۱۰۱

مقدمه

مدیریت آب‌های سطحی در کشور از مهم‌ترین فعالیت‌ها در جهت رشد و توسعه کشور، تقویت بخش‌های کشاورزی، صنعت و تولید نیرو تلقی می‌شود. تونل انتقال آب نوسود، انتقال آب از رودخانه سیروان را که از رودخانه‌های پر آب منطقه باختری است به مناطق جنوب باختری کشور و دشت‌های پایین دست ممکن می‌سازد. طول این تونل بالغ بر ۴۸ کیلومتر است که با شیبی معادل هشت در ده هزار (۰/۰۰۰۸۱۸) در استان کرمانشاه از رودخانه سیروان تا دشت ازگله امتداد خواهد داشت. عملیات اجرایی این پروژه با روش حفاری مکانیزه و با استفاده از دستگاه D.S.TBM انجام می‌شود. نگهداری این تونل با استفاده از قطعات بتنی پیش‌ساخته‌ای به شکل لانه زنبوری صورت می‌گیرد این قطعات از پایین به بالا در محیط قطعه حفاری شده نصب می‌شوند و پوشش بتنی یکپارچه‌ای را به وجود می‌آورند. بلافاصله بعد از اتمام نصب پوشش بتنی پیش‌ساخته، فضای خالی حلقوی بین پوشش و زمین با شن نخودی پرشده و با پیشرفت عملیات حفاری، تزریق دوغاب پشت پوشش بتنی و در فاصله تقریباً ۲۰۰ متری از سینه کار حفاری انجام می‌شود. پر کردن فضای خالی حلقوی بین پوشش و زمین به منظور به حداقل رساندن نشست سطح زمین، هدایت رینگ سگمنتی در تراز و امتداد واقعی و جلوگیری از انحراف آن، یکپارچگی و تحکیم پوشش سگمنتی و جلوگیری از اعمال بار به صورت متمرکز بر رینگ بتنی صورت می‌گیرد.

تجارب اجرایی به خصوص در پروژه حفاری مکانیزه نشان دهنده این موضوع بوده است که پر شدن کامل پشت پوشش بتنی از شن نخودی، امکان پذیر نیست. ریزش‌های موضعی اتفاق افتاده در دیواره و سقف تونل، صعوبت تزریق شن نخودی در سگمنت سقف، نشست و متراکم شدن آن در اثر لرزش‌های ناشی از عبور قطار حمل مصالح و همچنین نشت دوغاب سیمان و غیره را می‌توان بعضی از دلایل عدم پرشدگی کامل دانست [۱۲] .پر نشدن فضای خالی پشت سگمنت (تزریق تماسی نامناسب) مشکلات زیادی را می‌تواند برای سازه به وجود آورد که باید از آن جلوگیری کرد. با توجه به موارد ذکر شده، مشخص است که بررسی میزان و نوع پرشدگی پشت قطعات پیش ساخته بتنی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این پروژه تحلیل‌ها بر اساس روش

عددی تفاضل محدود و با استفاده از نرم افزار FLAC 3D صورت می‌گیرد. به عنوان مورد مطالعاتی تونل انتقال آب نوسود مورد توجه قرار گرفته و نتایج حاصل از آن، برای طراحی بهتر سیستم نگهداری که پوشش بتنی (لاینینگ) می‌باشد استفاده می‌شود.

پایان‌نامه پیش رو شامل ۵ فصل است که پس از مقدمه، در فصل اول به معرفی قطعات بتنی پیش‌ساخته و انواع آن پرداخته می‌شود. فصل دوم به ارائه توضیحاتی در مورد پر کردن فضای خالی بین پوشش بتنی و زمین می‌پردازد در ابتدای این فصل، پر کردن فضای خالی حلقوی در خاک و سنگ مطرح می‌شود و در ادامه، به بیان تزریق پنوماتیکی شن نخودی، انواع روش‌ها و تجهیزات مورد نیاز برای تزریق و به توضیح مشکلات پیش رو برای پر کردن فضای خالی حلقوی خواهد پرداخت. فصل سوم به بیان مطالبی در خصوص کلیات پروژه تونل انتقال آب نوسود پرداخته می‌شود. بررسی تأثیر میزان و نوع پرشدگی پشت قطعات پیش ساخته بتنی بر بار وارد بر آن‌ها در فصل چهارم مطرح می‌شود در ابتدای این فصل، مروری بر روش‌های عددی داریم و انواع روش‌ها را به طور مختصر بیان می‌کنیم در ادامه این فصل، با استفاده از نرم‌افزار FLAC 3D، اثر پرشدگی پشت قطعات بتنی پیش‌ساخته را از لحاظ میزان و نوع پرشدگی به دو صورت کیفی و کمی مورد ارزیابی قرار خواهیم داد و در نهایت، در فصل پنجم به جمع‌بندی و ارائه پیشنهادات خواهیم پرداخت.

فصل اول:

معرفی قطعات بتنی پیش ساخته

۱-۱ تاریخچه قطعات بتنی پیش ساخته

تاریخ استفاده از قطعات بتنی پیش ساخته به سال ۱۸۶۰ میلادی بر می‌گردد، این پوشش شامل تعدادی قطعات چدنی قالب ریزی شده بود که در تونل بزرگراه لندن استفاده شد [۱]. تا سال ۱۹۳۰، سیستم نگهداری غالب تونل‌های حفر شده با ماشین‌های تونل بری، متشکل از قطعات چدنی پیش ساخته بود [۲]. پس از آن به تدریج پوشش‌های بتنی ساخته شده و گسترش یافتند. پوشش‌های بتنی پیش ساخته در ابتدا در انگلیس برای تونل‌های فاضلاب با قطر کم (۱/۵ تا ۳ متر) که در لندن حفر می‌شدند به کار گرفته شدند. پس از آن مسیرهای طولانی، با قطر کم حفر شده در لندن با انواع مختلفی از شکل‌های قطعات بتنی پیش ساخته، نگهداری شدند. پیمانکاران انگلیسی این نوع پوشش را برای تونل‌های با قطر ۶ متر گسترش دادند. یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های این نوع قطعات، کوچک بودن ابعاد آن‌ها و کم بودن وزن آن‌ها (۱۰۰ تا ۴۰۰ کیلوگرم برای هر قطعه) بود که در تونل‌های با قطر زیاد که تعداد المان‌های یک حلقه پوشش (۱۲ المان برای تونل با قطر ۶ متر) بیشتر می‌شد، مزیت مناسبی به حساب می‌آمد. پس از آن با توسعه ماشین‌های TBM برای حفاری تونل‌های 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 دستگاه‌های نصب مکانیزه این قطعات نیز گسترش یافتند [۲]. استفاده از اولین پوشش قطعه‌ای بتنی به سال ۱۹۳۰ میلادی مربوط می‌شود که در گلاسکو اسکاتلند توسط یک پیمانکار انگلیسی ساخته شد. انگیزه اصلی در گسترش پوشش‌های 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 می‌شد و به هم پیچ می‌شدند، استفاده شد. بعدها ثابت شد که پوشش‌های متشکل از قطعات بتنی پیش ساخته از لحاظ اقتصادی و تکنیکی، بسیار مناسب بوده و برای پوشش‌های چدنی جانشین خوبی هستند. البته پوشش‌های چدنی هنوز هم در پروژه‌های زیر آبی که مسئله آب بندی از اهمیت زیادی برخوردار است، استفاده می‌شوند، چرا که آب بندی پوشش‌های بتنی از چدنی مشکل‌تر است [۱ و ۳].

لازم به توضیح است که امروزه قطعات بتنی پیش ساخته دارای طرح اختلاط معینی می‌باشند و در بررسی سیستم‌های نگهداری و پوشش‌های نگهداری آنچه اهمیت دارد، توجه به ابعاد پوشش‌ها از قبیل ضخامت و وزن عرض آن‌ها در موارد پیشنهادی می‌باشد؛ لذا در این پایان نامه به جای اشاره به طرح اختلاط و نحوه‌ی تولید سگمنت‌ها به انواع قطعات بتنی از لحاظ شکل قطعات و پارامترهای هندسی آن‌ها اشاره می‌شود. این مطالب در عین اختصار از جامعیت کافی برای فهم مطالب ذکر شده در ادامه‌ی مطلب برای خواننده، بر خو دار می‌باشد.

۱-۲ انواع قطعات بتنی پیش‌ساخته[۱]

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

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

- قطعات توپر[۲]

این نوع سگمنت‌ها امروزه بسیار استفاده می‌شوند. این قطعات حاوی یکسری حفرات کوچک برای جلوگیری سیستم اتصالات شامل بولت‌ها و داول‌ها و غیره می‌باشند. به واسطه‌ی توپر کردن، این قطعات از مقاومت مناسبی برخوردار هستند [شکل ۱-۱].

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

[۲] Solid Segments

- قطعات حفره دار[1]

این قطعات غالباً در گذشته مورد استفاده قرار می‌گرفتند و امروزه استفاده آن‌ها تنها به سازه‌هایی همانند پوشش چاه‌ها محدود شده است. این قطعات نیاز به حفاری بزرگ‌تری نسبت به قطعات توپر در شرایط سطح مقطع و ممان اینرسی مشابه دارند. اندازه‌ی ابعاد حفرات به گونه‌ای است که اجازه‌ی انجام عملیات نصب بولت های مستقیم (که نیاز به حفرات بزرگ‌تری نسبت به سایر اتصالات می‌باشد) را نشان می‌دهد. در جدول ۱-۱ بر اساس برخی پارامترهای قابل توجه به مقایسه‌ی اشکال مختلف این قطعات پرداخته شده است.

شکل ۱- ۱. قطعات توپر [۴].

[1] Hallow or ribbed segments

جدول ۱-۱ . مقایسه قطعات پیش ساخته با اشکال مختلف [۱].

پارامتر	مستطیل Rectangular	ذوزنقه Trapezoidal	متوازی‌الاضلاع Rhomboidal	شش وجهی Hexagonal
مراحل نصب	ناپیوسته	ناپیوسته (به صورت حلقه به حلقه)	ناپیوسته (به صورت حلقه به حلقه)	پیوسته (به صورت یک حلقه‌ی کامل نصب می‌شود)
قطعه کلید	نیاز دارد	-	نیاز دارد	نیاز ندارد
اجرای قوس‌های قائم و افقی و اصلاح امتداد	قطعات خاص یا حلقه‌های مخروطی شکل	قطعات خاص یا حلقه‌های مخروطی شکل	قطعات خاص یا حلقه‌های مخروطی شکل	المان خاصی نیاز ندارد محدودیت در مقدار بازشدگی بین درزه های محیطی وجود دارد.
آب بندی درزه ها	درزه های باز استفاده از نوار آب بند	درزه های باز استفاده از نوار آّب بند	درزه های باز استفاده از نوار آّب بند	درزه های باز با استفاده از شیارهای بند کشی

علاوه بر موارد ذکر شده انواع دیگری از قطعات پیش ساخته که به صورت تخت (Flat) یا جعبه‌ای (Box) هستند نیز برای ایجاد یک سطح هموار در کف تونل یا ... مورد استفاده قرار می‌گیرند.

در ادامه به بررسی هر یک از انواع سگمنت‌های بتنی پرداخته می‌شود:

۱-۲-۱ سگمنت های مستطیلی

حلقه ی سگمنت‌های مستطیلی، متشکل از تعدادی قطعات استاندارد مستطیلی شکل، دو قطعه متقابل و یک قطعه کلید می‌باشد (شکل ۱-۲). اتصال این نوع المان‌ها غالباً با بولت انجام