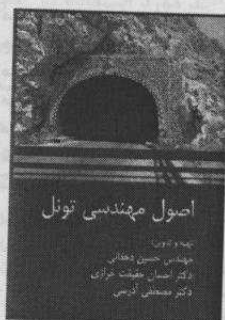


۱۵۸۸۲۹۶

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



اصول مهندسی تونل

تألیف:

مهندس حسین دهقانی

کارشناس بخش نگهداری اداره کل راه و شهرسازی استان فارس

دکتر احسان حقیقت خرازی

دکترای راه و ترابری از دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دکتر مصطفی آدرسی

استادیار دانشکده عمران دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی



Email : simaye.danesh@yahoo.com

Telegram : [telegram.me/simayedaneshpub](https://t.me/simayedaneshpub)

سرشناسه	دهقانی، حسین، ۱۳۴۹ -
عنوان و نام پدیدآور	اصول مهندسی تونل / تألیف حسین دهقانی، احسان حقیقت خرازی، مصطفی آدرسی.
مشخصات نشر	تهران: سیمای دانش؛ انتشارات آذر، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری	۳۰۸ ص.: مصور، جدول.
شابک	978-600-120-406-7
وضعیت فهرست نویسی	فیا
موضوع	تونل سازی
موضوع	Tunneling
موضوع	زمین شناسی
موضوع	Geology
موضوع	تونل سازی -- ابزار و وسایل
موضوع	Tunneling -- Equipment and supplies
حاشیه افزوده	حقیقت خرازی، احسان، ۱۳۶۵ -
شناسه افزوده	آدرسی، مصطفی، ۱۳۶۲ -
ه پند	۱۳۹۶ الف ۵۹/۵۸۸۰۵ TA
رده ی دیوید	۶۲۴/۱۹۳
شماره ثبت	۵۱۰۲۸۴۴

اصول مهندسی تونل

تألیف:	مهندس حسین دهقانی - دکتر احسان حقیقت خرازی -
ناشر:	دکتر مصطفی آدرسی
ناشر همکار:	انتشارات سیمای دانش
نوبت چاپ:	انتشارات آذر
تیراژ:	اول/۱۳۹۷
حروفچینی:	۱۰۰۰ نسخه
صفحه آرای:	موسسه مهراد
لیتوگرافی:	موسسه مهراد - مجتبی نظرییگی
چاپخانه:	باختر
صحافی:	فرشیوه
شابک:	روشنک
قیمت:	۷-۴۰۶-۱۲۰-۶۰۰-۹۷۸
	۳۲۰۰۰۰ ریال

کلیه حقوق این اثر برای انتشارات سیمای دانش محفوظ است.

انتشارات سیمای دانش: خیابان انقلاب - ابتدای خیابان ۱۲ فروردین
 پلاک ۳۱۸ - تلفن: ۶۶۴۶۴۷۷۹
 فروشگاه سیمای دانش: ۶۶۴۶۰۵۴۵
 انتشارات آذر: ۶۶۴۶۵۸۳۰
 کتابفروشی عصر دانش: ۶۶۴۹۳۷۰۱
 کتابفروشی پرهام: ۶۶۴۶۸۲۳۵

"شکر خدا که از مدد بخت کارساز بر حسب آرزوست همه کار و بار دوست"

خدای را بسیار شاکرم از این که الطاف ذات باری تعالی توفیق خدمت هرچند ناچیز در عرصه‌ی علم و دانش و گام در مسیر انتقال آموخته‌های خود به طالبان علم عنایت فرمود. در واقع فکر واقعیت بخشیدن به چنین مهمی از چندین سال پیش در ذهن نگارنده شکل گرفت. تدوین و گردآوری مجموعه‌ای شبیه این کتاب همواره در فکر و اندیشه‌ی اینجانب بوده است. که در راستای آن اقدام به مطالعه کتب و منابع گوناگون داخلی و خارجی، از جمله منابع و مآخذ مورد استفاده در تدوین مجموعه حاضر گردید. در مجموعه‌ی حاضر سعی بر آن شده است علاوه بر علمی بودن، به صورت کاربردی و عملی نیز باشد. تا کاربران بتوانند در صورت نیاز در پروژه‌های عملی از آن استفاده نمایند. همچنین تا حد ممکن سرفصل علمی دروس "اصول مهندسی تونل" و "تونل سازی" مصوب شورای عالی برنامه ریزی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری در مقطع کارشناسی را پوشش دهد. هر چند امکان نواقص و کاستی نیز وجود داشته و انتظار این است با ارشادات و انعکاس مشکلات از سوی کلیه بزرگان علم و دانش، اساتید محترم و دانشجویان استفاده کنندگان، برطرف گردد.

کتاب حاضر در سیزده فصل تهیه گردیده است. سعی شده مطالب کاربردی بیان گردد. در این راستا از آخرین آئین نامه‌ها و نریافته‌ها نیز سازمان برنامه و بودجه کشور نیز استفاده شده است. همچنین بسیاری منابع دیگر مورد استنده قرار گرفته که در پایان ذکر گردیده است.

نوشتن هر کتاب نیاز به همکاری و تشویق بسیاری از افراد و اساتید محترم و صاحبان علم و دانش دارد. اینجانب نیز از این مهم مستثنی نبوده و عزیزی بوده اند که مشوق و همیار و همکار من بوده اند که در اینجا بر خود واجب دانسته از آنها یاد نموده و تشکر و تشویق می‌نمایم. سرآمد آن‌ها والدین معزز و گرمای خود بوده که با مجاهدت و ایثار خود در طول دوران زندگی زمینه تربیت و رشد اینجانب را مهیا نموده و همواره سعادت بدرقه دعای خیر عزیزان گرمای نصیب من گردیده است.

تقدیر و تشکر از همسر گرمای خود را باعث مباحثات و افتخار دانستم، چرا که اگر خلوص همدلی و همیاری ایشان نبود قطعاً مجموعه حاضر آماده نمی‌گردید. عزیزی که هم در طول زندگی مشترک یاریگر من بوده و با ایثار موجب آسودگی خاطر من در ادامه‌ی کسب علم و دانش و اتمام کتاب گردید. اما از شایسته‌ترین و بهترین عزیز مشوق اینجانب، جناب آقای دکتر احسان حقیقت خرازی بوده با تشویق‌ها و پیگیری‌های مجدانه، تنظیم فصول و اصلاح فنی و ادبی متون، هدایت برادرانه در تمامی زمینه‌ها، از ارکان اصلی به نتیجه رسیدن مجموعه حاضر هستند. در اینجا بر خود فرض واجب دانسته از ایشان تقدیر و تشکر ویژه به عمل آورده و آرزوی توفیق و سربلندی برای برادر گرمای نمایم.

در پایان از آقای مهندس ایوب صیادی و سرکار خانم محبوبه صابر که همکاری خالصانه داشته، تشکر به عمل آورده و آرزوی توفیق الهی برای آن‌ها می‌نمایم.

فصل اول- شناخت تونل و انواع آن	۱۳
۱-۱- مقدمه	۱۳
۲-۱- تعاریف تونل	۱۳
۳-۱- مزایای استفاده از سازه‌های زیرزمینی: (underground structures)	۱۵
۴-۱- معرفی تونل	۱۵
۵-۱- پیشرفت و تکامل تکنیک تونل‌سازی	۱۵
۶-۱- مراحل کار تونل‌سازی	۱۶
۷-۱- رده‌بندی تونل‌ها	۱۷
۸-۱- تاریخچه مداسی تونل	۱۷
۹-۱- تونل‌های حمل و نقل (ترافیکی)	۱۹
۱-۹-۱- تونل‌های جاده‌ای	۱۹
۲-۹-۱- تونل‌های راه‌آهن	۲۰
۴-۹-۱- تونل‌های شهری	۲۴
۱۰-۱- تونل‌های معدنی	۲۶
۱۱-۱- تونل‌های انتقال و انحراف آب و فاضلاب	۲۹
۱۲-۱- تونل‌های پدافند غیرعامل	۳۱
۱۳-۱- مزایای استفاده از تونل	۳۱
۱۴-۱- آشنایی با برخی از سازه‌های زیرزمینی جهان	۳۲
۱-۱۴-۱- تونل مانش	۳۲
۲-۱۴-۱- تونل گات هارد	۳۳
۳-۱۴-۱- تونل مون بلان	۳۴
۴-۱۴-۱- تونل سیکان (Seikan)	۳۵
۵-۱۴-۱- تونل پدافند غیرعامل تشعشع هسته‌ای فنلاند	۳۷
فصل دوم- اهمیت تونل در راه و راه‌آهن و ضوابط طراحی و اجرای پوشش داخلی	۳۹
۱-۲- مقدمه	۳۹
۲-۲- کاربرد و اهمیت احداث تونل‌های راه و راه‌آهن	۴۰
۱-۲-۲- کاربرد و اهمیت احداث تونل‌های راه و راه‌آهن در کشورهای مختلف	۴۱
۲-۲-۲- کاربرد و اهمیت احداث تونل‌های راه و راه‌آهن در ایران	۴۱
۳-۲- انتخاب مسیرهای راه و راه‌آهن	۴۵
۴-۲- شکل مقطع تونل‌های راه و راه‌آهن	۴۵

۴۵.....	۲-۴-۱- مقطع دایره
۴۶.....	۲-۴-۲- مقطع چهارگوش (باکس)
۴۸.....	۲-۴-۳- مقطع دی شکل
۴۹.....	۲-۴-۴- مقطع نعل اسبی
۵۰.....	۲-۵-۵- مشخصات هندسی تونل‌های راه
۵۱.....	۲-۵-۱- مقطع عرضی تونل‌های راه
۵۶.....	۲-۵-۲- مقاطع طولی تونل‌های راه
۵۶.....	۲-۵-۳- روش پیمایی راه
۵۷.....	۲-۶-۶- مشخصات هندسی تونل‌های راه‌آهن
۵۸.....	۲-۶-۱- مقطع عرضی راه‌آهن
۶۰.....	۲-۶-۲- مقطع طولی تونل‌های راه‌آهن
۶۱.....	فصل سوم- زمین شناسی تونل
۶۱.....	۳-۱- مقدمه
۶۲.....	۳-۲- مطالعه اولیه و نحوه گزینش ساختمان تونل
۶۳.....	۳-۳- جمع‌آوری اطلاعات
۶۴.....	۳-۴- بررسی نقشه‌های توپوگرافی و عکس‌های هوایی
۶۵.....	۳-۵- مطالعات زمین شناسی سطحی
۶۷.....	۳-۶- مطالعات ژئوفیزیکی
۶۷.....	۳-۷- حفر گمانه‌های اکتشافی
۶۸.....	۳-۷-۱- طراحی شبکه گمانه‌ها
۶۹.....	۳-۷-۲- حفر گمانه‌های افقی
۶۹.....	۳-۷-۳- حفر گالری‌های حفاری
۶۹.....	۳-۸- مطالعات آبشناسی
۶۹.....	۳-۹- مطالعات آزمایشگاهی
۷۰.....	۳-۹-۱- عوامل موثر در جانمایی گمانه‌ها
۷۱.....	۳-۹-۲- توصیه‌های منابع مختلف برای جانمایی گمانه‌ها
۷۴.....	۳-۹-۳- توصیه‌های برای شرایط خاص کشور ایران
۷۶.....	۳-۹-۴- توصیه‌های منابع مختلف برای انتخاب عمق گمانه‌ها
۷۸.....	۳-۱۰- ارزیابی ساختمان تونل
۷۸.....	۳-۱۱- سایر عوامل در مطالعات اولیه و نحوه گزینش ساختمان تونل‌ها
۸۰.....	۳-۱۲- طبقه بندی شرایط زمین (Ground Condition) یا شرایط کاری (JobCondition) در اجرای تونل

۸۲	۱۳-۳- حفر تونل در سنگ‌های رسوبی (Sedimentary rocks).....
۸۲	۱-۱۳-۳- تأثیر لایه‌بندی در حفر تونل‌ها (Bedding).....
۸۳	۲-۱۳-۳- تأثیر چین‌خوردگی در حفر تونل‌ها (تاق‌دیس ۴ و ناودیس ۴) (Fold).....
۸۳	۳-۱۳-۲- تأثیر مناطق گسله در حفر تونل‌ها.....
۸۴	۱۴-۳- حفر تونل در سنگ‌های آذرین (Igneous rocks).....
۸۴	۱۵-۳- حفر تونل در سنگ‌های دگرگونی (metamorphic rocks).....
۸۴	۱۶-۳- حفر تونل در دامنه‌ها.....
۸۵	۱۷-۳- حفر تونل در زیر سطح ایستایی.....
۸۶	۱۸-۳- حفر تونل در مناطق کارستیک (Karstic).....
۸۶	۱۹-۳- حفر تونل در خاک.....
۸۶	۲۰-۳- حفر تونل در زمین‌های سست (Soft Ground).....
۸۷	۱-۲۰-۳- تعریف بهسازی.....
۸۷	۲۱-۳- فازبندی مطالعات ژئوتکنیک.....
۸۸	۲۲-۳- روش‌های انجام مطالعات ژئوتکنیک.....
۹۱	فصل چهارم- طبقه‌بندی مهم‌ترین توده‌های سنگی با نگرشی در طراحی تونل.....
۹۱	۱-۴- مقدمه.....
۹۲	۲-۴- طبقه‌بندی مهندسی توده‌های سنگی.....
۹۲	۳-۴- مفاهیم طبقه‌بندی مهندسی توده سنگ.....
۹۳	۴-۴- انواع مختلف طبقه‌بندی‌های موجود برای توده سنگ.....
۹۳	۱-۴-۴- طبقه‌بندی توده سنگ به روش ترزاتی.....
۹۶	۲-۴-۴- طبقه‌بندی توده‌های سنگی از نظر مقاومت.....
۹۶	۳-۴-۴- طبقه‌بندی ژئومکانیکی توده سنگ به روش [Rock mass Rating] (RMR).....
۱۰۰	۱-۳-۴-۴- کاربردهای RMR (Rock mass Rating).....
۱۰۲	۴-۴-۴- رده‌بندی لوفر (Lauffer) و پاچر (Pacher) زمان پابرجایی (Stand up time).....
۱۰۵	۵-۴-۴- طبقه‌بندی توده‌های سنگی شیب‌دار به روش SMR (Slope mass rating).....
۱۰۵	۶-۴-۴- طبقه‌بندی بر اساس شاخص کیفیت سنگ (RQD).....
۱۰۸	۷-۴-۴- طبقه‌بندی مهندسی توده‌های سنگی بر اساس ساختار سنگ (RSR).....
۱۰۹	۸-۴-۴- طبقه‌بندی مهندسی سیستم کیفیت توده سنگ (Q).....
۱۱۳	۱-۸-۴-۴- کاربرد طبقه‌بندی Q در تونلسازی.....
۱۱۷	فصل پنجم- مشخصات فنی طراحی تونل.....
۱۱۷	۱-۵- سرعت طرح.....

۱۱۸.....	۱-۱-۵- انتخاب سرعت طرح.....
۱۱۹.....	۲-۱-۵- سرعت طرح در تونل ها.....
۱۲۰.....	۲-۵- مسیر افقی (پلان) راه در محل تونل.....
۱۲۰.....	۱-۲-۵- فاصله دید توقف.....
۱۲۱.....	۲-۲-۵- راه در بخش های ابتدایی و انتهایی داخل تونل.....
۱۲۱.....	۳-۲-۵- تقاطع ها و دسترسی ها در نزدیکی ورودی و خروجی تونل.....
۱۲۱.....	۴-۲-۵- راه در حوالی ورودی تونل.....
۱۲۱.....	۳-۵- نیمرخ طولی (خط پروژه) در تونل ها.....
۱۲۲.....	۴-۵- ررسانا راه.....
۱۲۲.....	۱-۴-۵- کلیات.....
۱۲۲.....	۲-۴-۵- طراحی و صب و اشکال روشنایی.....
۱۲۲.....	۵-۵- انواع تونل ها.....
۱۲۳.....	۱-۵-۵- گروه بندی تونل ها.....
۱۲۳.....	۱-۱-۵-۵- گروه بندی تونل ها بر حسب نوع مسیر راه.....
۱۲۳.....	۲-۱-۵-۵- گروه بندی تونل ها بر حسب شکل مقطع تونل.....
۱۲۳.....	۶-۵- نیمرخ عرضی تونل ها.....
۱۲۴.....	۱-۶-۵- سواره رو.....
۱۲۴.....	۲-۶-۵- شانه ها.....
۱۲۵.....	۳-۶-۵- توقفگاه اضطراری.....
۱۲۷.....	۴-۶-۵- پیاده روها.....
۱۲۸.....	۵-۶-۵- ارتفاع.....
۱۲۸.....	۶-۶-۵- شیب عرضی.....
۱۲۸.....	۷-۶-۵- حفاظهای ایمنی.....
۱۲۳.....	فصل ششم- روش های حفاری در تونل ها.....
۱۳۳.....	۱-۶- مقدمه.....
۱۳۵.....	۲-۶- روش حفاری چالزنی.....
۱۳۵.....	۱-۲-۶- الگوی چالزنی.....
۱۳۶.....	۲-۲-۶- سطح آزاد.....
۱۳۶.....	۳-۲-۶- برش موازی.....
۱۳۷.....	۴-۲-۶- برش های زاویه دار.....
۱۳۸.....	۵-۲-۶- محیط مقطع تونل.....

- ۱۳۸..... ۶-۲-۶ انفجار کنترل شده
- ۱۳۹..... ۶-۲-۷ تعداد چال و مقدار مواد منفجره مورد نیاز
- ۱۴۲..... ۶-۳-۳ حفاری با TBM
- ۱۴۲..... ۶-۳-۱-۱ تاریخچه ساخت و استفاده از TBM
- ۱۴۴..... ۶-۳-۲-۲ انواع TBM
- ۱۴۴..... ۶-۳-۲-۱-۲ TBM های باز
- ۱۴۶..... ۶-۳-۲-۲-۲ TBM های تک سپری
- ۱۴۸..... ۶-۳-۲-۳-۲ TBM های دو سپری (سپر تلسکوپی) (Telescopic Shield)
- ۱۵۰..... ۶-۳-۳-۳ انواع ابزار برش و کاربرد آن‌ها
- ۱۵۳..... ۶-۳-۴-۳ عملکرد TBM
- ۱۵۸..... ۶-۳-۵-۳ انتخاب نوع TBM و طراحی آن
- ۱۵۹..... ۶-۳-۶-۳ مزایا و مایب TBM
- ۱۶۰..... ۶-۳-۷-۳ شرکت‌های اصلی رنده TBM
- ۱۶۰..... ۶-۴-۴-۳ حفاری با کله گاوی (Roadheader)
- ۱۶۱..... ۶-۴-۱-۴ تاریخچه دستگاه‌های کله گاوی
- ۱۶۱..... ۶-۴-۲-۴ قدرت و وزن دستگاه‌های کله گاوی
- ۱۶۲..... ۶-۴-۳-۴ مبانی حفاری دستگاه‌های کله گاوی و خروجی
- ۱۶۴..... ۶-۴-۴-۴ ابزار برش
- ۱۶۴..... ۶-۴-۵-۴ توانایی حفاری دستگاه کله گاوی
- ۱۶۵..... ۶-۴-۶-۴ کنترل دستگاه‌های کله گاوی
- ۱۶۵..... ۶-۴-۷-۴ کاربرد کله گاوی‌ها در روش NATM
- ۱۶۶..... ۶-۴-۸-۴ تأثیر ویژگی‌های حفر سنگ بر عملکرد دستگاه کله گاوی
- ۱۶۸..... ۶-۴-۹-۴ دستگاه‌های کله گاوی دو بازویی (twin boom roadheader)
- ۱۶۹..... ۶-۴-۱۰-۴ حفر تونل با چکش‌های ضرب‌های هیدرولیک
- ۱۷۰..... ۶-۴-۱۱-۴ ملاحظات دیگر
- ۱۷۱..... ۶-۴-۱۲-۴ مقایسه کله گاوی‌های تاج حفر مخروطی و تاج حفر طبلکی
- ۱۷۷..... ۶-۴-۱۳-۴ ابداع و توسعه تکنولوژی آبقشان در کله گاوی‌ها
- ۱۷۹..... ۶-۴-۱۴-۴ تشریح عملکرد آبقشان
- ۱۸۳..... فصل هفتم- تهویه و آبکشی در تونل‌ها
- ۱۸۳..... ۷-۱-۱ تهویه تونل‌ها
- ۱۸۶..... ۷-۱-۱-۱ مراحل انتخاب سیستم تهویه

۱۸۶	۷-۱-۲- محاسبه مقدار هوای لازم
۱۸۷	۷-۱-۳- انتخاب لوله تهویه
۱۸۷	۷-۱-۴- محاسبه نشست هوا
۱۸۷	۷-۱-۵- محاسبه افت در لوله‌های تهویه
۱۸۷	۷-۱-۶- انتخاب فن
۱۸۸	۷-۱-۷- محاسبه توان لازم
۱۸۸	۷-۱-۸- لوله‌های تهویه
۱۸۹	۷-۱-۹- انتخاب لوله‌های تهویه
۱۸۹	۷-۱-۱۰- فیلتر
۱۹۱	۷-۱-۱۱- منحنی مشخصه فن
۱۹۲	۷-۱-۱۲- استفاده چند فن
۱۹۲	۷-۲- آبکشی تونل‌ها
۱۹۳	۷-۳- جابه‌جایی مواد و تجهیزات برای
۱۹۳	۷-۳-۱- خط آهن
۱۹۵	۷-۳-۲- وسایل نقلیه چرخ لاستیکی
۱۹۶	۷-۳-۳- نوار نقاله
فصل هشتم- طراحی سیستم‌های نگهداری تونل با استفاده از روش‌های طبقه‌بندی مهندسی	
۱۹۹	توده سنگ
۱۹۹	۸-۱- مقدمه
۲۰۰	۸-۲- انواع سیستم‌های نگهداری تونل
۲۰۱	۸-۲-۱- شرایط سیستم نگهداری توده سنگ در اطراف تونل
۲۰۱	۸-۲-۳- فاکتورهای مورد نیاز طراحی مناسب سیستم نگهداری
۲۰۲	۸-۳-۱- مهمترین عوامل و معیارهای موثر در طراحی سیستم نگهداری تونل‌ها
۲۰۲	۸-۴-۱- سیستم نگهداری تونل توسط قاب‌های فلزی
۲۰۲	۸-۴-۱-۱- دلایل کاربرد قاب‌های فولادی در تونل‌ها
۲۰۲	۸-۴-۲- قاب‌های قوسی
۲۰۳	۸-۴-۳- نقش شرایط زمین‌شناسی در سیستم نگهداری تونل‌ها با استفاده از قاب
۲۰۴	۸-۴-۴- طراحی و محاسبه قاب‌های فلزی
۲۰۴	۸-۴-۴-۱- قاب‌های فلزی صلب
۲۰۸	۸-۴-۴-۲- قاب‌های فلزی مفصل‌دار
۲۱۰	۸-۴-۴-۳- قاب‌های کشویی

فصل نهم- فرم معماری و طراحی سازه تونل‌های مشترک تأسیسات شهری	۲۱۳
۱-۹- فرم معماری و مقطع تونل	۲۱۳
۲-۹- عوامل موثر در شکل مقطع از نظر تأسیسات و سازه	۲۱۳
۳-۹- نتیجه‌گیری و ابعاد پیشنهادی	۲۱۴
۴-۹- ضوابط مربوط به بتن و میلگرد	۲۱۹
۵-۹- ضوابط ساخت و اجرای قطعات پیش‌ساخته	۲۲۰
فصل دهم- سیستم نگهداری تونل توسط پیچ سنگ (Rockbolt)	۲۲۳
۱-۱۰- مقدمه	۲۲۳
۲-۱۰- تعریف پیچ سنگ	۲۲۳
۳-۱۰- معایب پیچ سنگ گوه و شکاف	۲۲۸
۴-۱۰- پیچ‌های تزریقی	۲۳۱
۵-۱۰- پیچ‌سنگ‌های مخصوص (Trasses rock bolts)	۲۳۵
۶-۱۰- برآورد میزان شدت پیچ‌سنگ‌ها	۲۳۷
۱-۶-۱۰- پیچ‌سنگ‌های شکاف و گرد	۲۳۷
۷-۱۰- پیچ‌سنگ‌های با پوسته سیست زنده (Expansion shell rock bolt)	۲۳۷
۸-۱۰- پیچ‌سنگ‌های چسبی (Resin)	۲۳۷
۹-۱۰- طراحی سیستم پی‌چسنگ	۲۳۸
۱-۹-۱۰- انتخاب طول پیچسنگ (Rock bolt Length)	۲۳۸
۲-۹-۱۰- تعیین فاصله‌داری پیچ‌سنگ‌ها	۲۴۰
۳-۹-۱۰- تعیین قطر پیچ‌سنگ	۲۴۲
۴-۹-۱۰- چگالی پیچ‌سنگ	۲۴۳
فصل یازدهم- سیستم نگهداری تونل توسط شاتکریت	۲۵۱
۱-۱۱- استفاده از شاتکریت برای نگهداری فضاها و زیرزمینی	۲۵۱
۲-۱۱- انواع شاتکریت	۲۵۲
فصل دوازدهم- تنش در اطراف تونل‌ها	۲۶۱
۱-۱۲- انواع تنش	۲۶۱
۱-۱-۱۲- تنش‌های برجا (in situ)	۲۶۱
۲-۱-۱۲- تنش‌های القایی (induced)	۲۶۱
۲-۱۲- مقادیر تئوری تنش‌های برجا	۲۶۲
۳-۱۲- وضعیت تنش‌ها پس از حفر تونل	۲۶۶
۴-۱۲- تونل‌های دایره‌ای	۲۶۷

۲۶۹.....	۱۲-۵- منطقه تأثیر تونل‌ها
۲۷۰.....	۱۲-۶- تنش در اطراف تونل‌ها
۲۷۳.....	فصل سیزدهم- عملیات ابزاربندی و رفتارنگار در تونل‌ها
۲۷۳.....	۱۳-۱- تاریخچه ابزاربندی
۲۷۳.....	۱۳-۲- هدف از ابزاربندی
۲۷۴.....	۱۳-۳- لزوم ابزاربندی
۲۷۵.....	۱۳-۴- توانایی‌های فردی لازم در ابزاربندی
۲۷۵.....	۱۳-۵- خطا عدم اطمینان در اندازه‌گیری
۲۷۷.....	۱۳-۶- مسخحات عمومی دستگاه‌های اندازه‌گیری
۲۷۷.....	۱۳-۷- طراحی سیستم‌های ابزار دقیق
۲۷۸.....	۱۳-۸- چند نمونه از سایزگذاری در تونل‌ها
۲۷۸.....	۱۳-۸-۱- نقشه‌برداری نور
۲۷۹.....	۱۳-۸-۲- اندازه‌گیری همگرایی
۲۸۰.....	۱۳-۸-۳- انبساطسنج میل‌های (rod extensometer)
۲۸۱.....	۱۳-۸-۴- پیزومتر (piezometer)
۲۸۱.....	۱۳-۸-۵- سلول فشار کل (total pressure cell)
۲۸۲.....	۱۳-۸-۶- سلول بار (load cell)
۲۸۴.....	۱۳-۹- استاندارد ابزار بندی
۲۸۴.....	۱۳-۹-۱- تعاریف
۲۸۵.....	۱۳-۹-۲- انواع رفتارنگاری در یک طرح
۲۸۵.....	۱۳-۹-۳- پارامترهای مورد سنجش در رفتارنگاری
۲۸۶.....	۱۳-۹-۴- واژه‌نامه
۲۹۰.....	۱۳-۱۰- معرفی انواع ابزار
۲۹۲.....	۱۳-۱۱- خصوصیات یک نقشه ابزار (تهیه نقشه جانمایی)
۲۹۳.....	۱۳-۱۲- تجهیزات مورد نیاز و نحوه پیاده‌سازی محل ابزار
۲۹۴.....	۱۳-۱۳- پارامترهای کنترلی در حین نصب
۲۹۷.....	۱۳-۱۴- نصب ابزار
۳۰۷.....	۱۳-۱۴- شناسایی حفرات زیرسطحی
۳۰۸.....	منابع و مراجع