



امام علی (ع):

«حفظ التجارب رأس العقل»

ثبت و بکارگیری تجربیات ریشه خردمندی است.

غیرالحکم و دررالکلم، باب چهارم، فصل سوم



سرشناسه: جلالی فر، حسین، ۱۳۴۷

عنوان و نام مترجمین: طراحی و ساخت تونل (جلد اول) (تحلیل تغییر شکل های کنترل شده در سنگ و خاک) - حسین جلالی فر

- ابوذر قربانی - سید مرتضی حسینی - فریبرز مفیدیان

مشخصات نشر: تهران، سپاه پاسداران انقلاب اسلامی، قرارگاه سازندگی خاتم الانبیا (ص)، قرب نوح (ع).

مشخصات ظاهری: ۲۸۰ ص

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۵۹۷۴-۴۰-۹

شابک دوره: ۹۷۸-۶۰۰-۵۹۷۴-۴۳-۰

وضعیت فهرست نویسی: فیبا

موضوع: تونل سازی

شناسه افزوده: سپاه پاسداران انقلاب اسلامی، قرارگاه سازندگی خاتم الانبیا (ص)، قرب نوح (ع).

رده بندی کنگره: TA ۸۰۵/۹ ط ۹۴ ۱۳۹۲

رده بندی دیویی: ۶۲۴/۱۹۳

شماره کتاب شناسی: ۳۱۳۳۷۴۳

نام کتاب: طراحی و ساخت تونل (جلد اول)

نویسنده: PIETRO LUNARDI

مترجمین: حسین جلالی فر - ابوذر قربانی - سید مرتضی حسینی - فریبرز مفیدیان

ناشر: قرارگاه سازندگی خاتم الانبیا (ص) - قرب نوح (ع)

صفحه بندی: سعید فراشیانی - جعفر شعبانی مقدم

نوبت چاپ: اول

تیراژ: ۱۰۰۰ نسخه

تاریخ انتشار: ۱۳۹۲

بهاء: ۳۰۰,۰۰۰ ریال

کلیه حقوق اعم از چاپ و تکثیر، نسخه برداری و سایر موارد برای قرارگاه سازندگی نوح (ع) محفوظ است
(نقل مطالب با ذکر مأخذ بلامانع است).

تهران - بزرگراه شهید عباس دوران - جنب ستاد نیروی دریایی سپاه - قرارگاه سازندگی نوح (ع)
تلفن: ۳۳۲۱۹۲۳۴-۳۵ - نمابر: ۳۳۲۱۹۲۳۴ - پست الکترونیکی: e-mail: Nooh@Khatam.net

برای آنان که باور دارند ...

خطرهای زمین‌شناسی و عدم پیمایش مناسب و نبود ابزارهای طراحی و ساخت جهت مقابله با پیشامدهایی که ما آنها را "مشکلات" می‌نامیم و نداشتن چشم‌انداز مناسبی از موفقیت، معمولاً طراحی و ساخت سازه‌های زیرزمینی را به موضوع دارای ریسک تبدیل می‌کند که با دقت‌های مورد نظر در پروژه‌های دیگر عمرانی قابل اجرا نیست. در نتیجه، در گذشته یک فضای زیرزمینی فقط به عنوان پناهگاه استفاده می‌شد و به نظر می‌رسید که فضایی می‌باشد که نسبت به سازه‌های سطحی کاربری کم و یا غیر قابل استفاده دارد و سازه‌ای است که فقط قسمتی از زمین را اشغال کرده است.

به هر حال، پیشرفت‌های مهم در زمینه مطالعات زمین‌شناسی، وجود برنامه‌های کامپیوتری قدرتمند جهت انجام محاسبات طراحی و مهم‌تر از آنها معرفی تکنولوژی‌های جدید حفاری که در زمین‌های مختلف مؤثر می‌باشند، شرایط را برای یک جهش رو به جلو فراهم کرده است. آخرین نکته منفی مهم جهت رسیدن به شفافیت در این زمینه که از فعالیت‌های سنتی باقی مانده است، عدم وجود یک روش معتبر مدرن و جهانی در طراحی می‌باشد که در یکپارچه‌سازی و بهره‌برداری از قابلیت‌های جدید و هدایت مهندس طراح در تمام مراحل طراحی و ساخت مؤثر باشد. در واقع امروزه جواب به سؤال بدیهی و پیش پا افتاده "طراحی و ساخت یک فضای زیرزمینی شامل چه بخش‌هایی است؟" نشان دهنده عدم توافق مهندسان طراح، نه تنها در مورد شکل، بلکه در مورد محتوا هم می‌باشد. این امر غافلگیر کننده نیست زیرا از آن دسته موضوعاتی است که با روش‌های کمی مختلفی می‌توان آن را بیان کرد. تا همین چند وقت پیش نیز، نبود اطلاعات کافی به این معنی بود که طراحی یک سازه زیرزمینی باید در طول اجرای آن دائماً بهسازی گردد. در نتیجه، طراحی چنین سازه‌هایی عمدتاً شامل تعیین هندسه مسیر و نوع برخی از مقاطع بود، در حالی که وسایل حفاری، فعالیت‌های پایدارسازی تونل و اینکه چه نوع پوششی استفاده شود از جمله تصمیمات مهمی بود که در طول پیشروی تونل انجام می‌گرفت.

همیشه عمل "مشاهده"ی پاسخ زمین به حفاری تونل به منظور پیشنهاد اقدام مناسب برای پایدارسازی تونل در کوتاه مدت و میان مدت معمولاً از اصول اجرای سازه‌های زیرزمینی بوده است. در قرن گذشته برخی از مهندسين طراح به این فکر افتادند که روش‌های مختلف طراحی و ساخت را با توجه به این عمل توسعه دهند و اگر چه اساس کار آنها بر پایه یک نظریه علمی نادرست بود، با این حال پیشرفت‌های قابل توجهی در آن زمان به دست آوردند. این امر در ابتدا برای آنها موفقیت‌های چشمگیری به ارمغان آورد اما در ادامه ناکامی‌های زیادی نصیب آنها شد. به علت عدم وجود ایده جایگزین و ارائه روش‌های جدید که ناشی از سستی غیر قابل توجیه مهندسان و گرایش عمومی به استفاده از روش‌های قدیمی بود، این روش‌ها توانستند باقی بمانند و شکوفا گردند. این روش‌ها، به رهبری NATM، نه تنها معلوم شد که در شرایط واقعاً سخت ژئوتکنیکی و ژئومکانیکی نامناسب هستند بلکه نشان داده شد که بسیار از زمان عقب مانده‌اند، به همین علت با توجه به ماهیتشان نمی‌توانند راه‌حلی ارائه کنند که قادر باشد در هر وضعیتی مراحل اجرایی را طبق برنامه، از نظر مالی و برنامه‌ریزی و دیگر الزامات ضروری به‌طور شفاف و محتاطانه در جوامع مدرن، مدیریت کند.

در این زمینه بود که در بیش از ۱۰ سال قبل، روش تحلیل تغییر شکل‌های کنترل شده در سنگ و خاک (ADECO-RS) ارائه شد که با اقبال عمومی همراه با ابهامات کمتر مواجه گردید. اینجانب و تیم تحقیقاتی در طول یک دوره طولانی از تحقیقات تئوریک و تجربی خارج از رویه‌های سنتی، این روش را تکمیل کردیم. سرانجام معلوم شد که طبیعت سه بعدی استاتیکی و دینامیکی حفر تونل چقدر مهم بوده و با در نظر گرفتن این مورد در نتایج نهایی آن و با کشف تکنولوژی‌های جدید و مناسب به نظر رسید که می‌توان قول یک تحول عظیم رو به جلو را داد. این امر برای اولین بار این امکان را فراهم می‌کند که اجرای یک سازه زیرزمینی قبل از اینکه شروع شود تمام جزئیات طراحی، هزینه ساخت و برنامه اجرایی آن معلوم گردد.

از آن پس اعتبار این روش در ساخت بیش از ۳۰۰ کیلومتر تونل که حداقل ۱۵۰ کیلومتر آن در شرایط بسیار سخت تنش - کرنش بود، آزمایش شده است. این موارد در کنفرانس‌ها و نشریات مختلف بحث شده است به صورتی که بدون هیچ تردیدی معلوم شد که چگونه می‌توانیم قول خود را به یک واقعیت تبدیل کنیم. در واقع این روش این امکان را می‌دهد که هزینه و زمان ساخت یک سازه زیرزمینی با درجه قابل قبولی از دقت (به نسبت داده‌های موجود زمین‌شناسی) پیش‌بینی گردد، اتفاقات پیش‌بینی نشده به حداقل رسیده و مشکلات پیشروی تونل که در زمین‌های مشابه و با همان روباره به وجود می‌آید را از بین ببرد. سرانجام به نظر می‌رسد که یک تخمین قابل اطمینان از نسبت هزینه به سود یک سازه زیرزمینی که پارامتری اساسی در تصمیم‌گیری و انتخاب روش طراحی می‌باشد، قابل دستیابی باشد.

بنابراین ما در مسیر درستی هستیم. به هر حال من احساس می‌کنم که هنوز بررسی‌ها و مطالعات بیشتری باید صورت پذیرد. قصد این کتاب فقط این نیست که اصول اولیه روش را به صورت کامل معرفی نماید و یا اینکه چگونه با پیروی از اصول آن می‌توان طراحی و ساخت سازه‌های زیرزمینی را با قابلیت اعتماد و دقتی که در گذشته قابل دستیابی نبوده، انجام داد. قصد این کتاب این است که علاوه بر موارد فوق، برای جامعه علمی منبعی مفید در مورد تمام کارهای در زمینه بهبود روش ADECO ایجاد نماید.

در نگارش این کتاب سعی شده که تا حد امکان متن ساده بوده و خواندن آن لذت بخش باشد، علیرغم اینکه ماهیت متن بسیار تخصصی و فنی است. در نتیجه بر اساس تجربیات کسب شده در طول سالیان گذشته به عنوان مدرس دانشگاه، سعی کردم این موضوع را مد نظر قرار دهم که در سرتاسر کتاب چه موضوعاتی باعث کنجکاوی شده و یا در چه مواردی خوانندگان نیاز به توضیحات بیشتری خواهند داشت. به منظور تلاش جهت پاسخ به این کنجکاوی‌ها بود که در برخی موارد به سمت موضوعاتی هدایت شدم که به ظاهر کاملاً از موضوع مورد بحث دور بود. احساس کردم که می‌توان توضیحات را ساده‌تر نموده و توجه خواننده را به موضوعات پیچیده جلب کرد. در نتیجه کتابی با دو دسته مطالب به دست آمد. یک دسته صفحات فرد که متن اصلی کتاب را دنبال می‌کند و دیگری صفحات زوج که می‌توان به صورت مستقل از متن اصلی کتاب مطالعه نمود. در این صفحات بود که سعی شد به کنجکاوی خوانندگان جهت کسب توضیحات یا مشاهدات بیشتر پاسخ داده شود.

کتاب حاضر اولین جلد از مجموعه دو جلدی کتاب طراحی و ساخت تونل است. این اثر حاصل ترجمه کتاب (Design and Construction Tunnel (Analysis of controlled deformation in rocks and soils) با عنوان اختصاری ADECO-RS تألیف آقای پیترو لوناردی می‌باشد. با توجه به جایگاه خاص و مهم سازه‌های زیرزمینی در ایران از قبیل تونل‌ها (انتقال آب، راه و ...)، مغارها (نیروگاه و ...) و فضاهای بزرگ زیرزمینی (استخراج معادن زیرزمینی)، سالانه صدها میلیارد ریال در این بخش سرمایه‌گذاری و هزینه می‌شود. این قبیل سازه‌ها از پیچیدگی‌های خاصی برخوردار بوده که روش مطالعه، طراحی و اجرای آنها را با سایر سازه‌های عمرانی متفاوت می‌سازد. علیرغم وجود منابع متنوع فارسی در اکثر زمینه‌های مهندسی معدن و عمران، متأسفانه در زمینه سازه‌های زیرزمینی و مکانیک سنگ و خاک منبع فارسی قابل توجهی وجود ندارد با توجه به تجربه و شناخت مترجمین در این زمینه و نقایصی که در برخی کتب وجود دارد، تصمیم به ترجمه این اثر گرفته شد.

قرارگاه سازندگی خاتم‌الانبیاء (ص) - قرب نوح (ع) نیز به‌عنوان یکی از مجموعه‌های توانمند اجرایی و فنی کشور، تاکنون طرح‌های بزرگ عمرانی را در عرصه‌های ملی و بین‌المللی به انجام رسانده و به ثبت و گسترش دانش فنی همواره توجه خاص دارد. در این راستا و با نظر به گسترش دانش و فن تونل‌سازی در کشور، گام کوچکی در جهت یکپارچه‌سازی، گردآوری، تدوین و ترجمه ضوابط و معیارهای طراحی این رشته برداشته است. این کتاب شامل سه بخش اصلی شامل معرفی روش ADECO-RS، مرحله طراحی، مرحله اجرا و بخش پیوست‌ها می‌باشد که در دو جلد چاپ خواهد شد. جلد اول پیش‌روی شماسست و جلد دوم نیز در آینده‌ای نزدیک به چاپ خواهد رسید.

جلد اول این کتاب شامل ۸ فصل می‌باشد که در انتها به بخش توضیح و تفسیر واژگان تخصصی ختم می‌شود. در این فصول معرفی روش ADECO-RS و فاز طراحی ارائه شده است.

از ویژگی‌های این کتاب ارائه تصاویر زیبا و واضح از فعالیت‌های اجرایی است. همچنین تا حد امکان سعی شده است متون داخل اشکال، نمودارها و جداول به‌طور واضح و خوانا ترجمه شود. از آنجا که کتاب پیش‌روی ترجمه‌ای از کتاب اصلی می‌باشد، لذا از کلیه اساتید و صاحب‌نظران تقاضا می‌شود با نظرات و پیشنهادات خود، ما را در راستای بهبود و ارتقای کیفی کتاب در جلد دوم و چاپ‌های بعدی یاری نمایند.

در خاتمه از جناب آقای مهندس عباداله عبداللهی، آقای مهندس محمد جوان‌بخت، آقای مهندس سعیدرضا مختاری و آقای دکتر روح‌اله ناصرزاده، آقای مهندس غلامرضا توسلی‌پور، آقای مهندس بهمن غلامپور و دیگر همکاران در معاونت فنی و مهندسی قرارگاه سازندگی نوح (ع) که با ارائه نظرات و دیدگاه‌های کارشناسی خود، امکان تولید این کتاب را فراهم نمودند، تشکر و قدردانی به‌عمل می‌آید.

سخنی با خوانندگان

در مراحل مختلف طراحی و ساخت یک تونل استفاده از یک روش طبقه‌بندی در زمین اطراف تونل بسیار مفید است. با تکیه بر این سیستم طبقه‌بندی، می‌توان یک ایده کلی از وضعیت زمین و در نتیجه وضعیت پایداری آن به دست آورد. واضح و مبرهن است هر سیستم طبقه‌بندی که تاکنون ارائه شده است مربوط به رده‌بندی سنگ‌ها بوده است که هر کدام از آنها در شرایط خاص (مانند ارتفاع روباره، وضعیت ناپیوستگی‌ها، وضعیت آب‌های زیرزمینی و...) پاسخ‌های محافظه‌کارانه‌ای ارائه می‌دهند. پس لزوم ارائه روشی که بتواند محیط‌های مختلف شامل سنگ یا خاک را طبقه‌بندی کند، احساس می‌شد. در این کتاب روشی جدید از طبقه‌بندی زمین جهت شناخت وضعیت سنگ و خاک اطراف تونل ارائه شده است. همچنین بر خلاف روش‌های دیگر تحلیل پایداری تونل که بیشتر معطوف به سقف و دیواره‌های تونل هستند در این روش علاوه بر سقف و دیواره‌ها به تحلیل پایداری جبهه‌کار و زمین جلوتر از جبهه‌کار توجه ویژه‌ای شده است. در این خصوص ورود اصطلاحات جدیدی مانند هسته-جبهه‌کار (core-face) و هسته‌پیشروی (advance core) به متون مهندسی تونل‌سازی جالب توجه است. مطالعه روش جدید ADECO-RS در کنار روش‌های دیگر طبقه‌بندی مانند R_{Mi} ، Q ، RMR و همچنین روش‌های تحلیل پایداری مانند همگرایی-همجواری می‌تواند دنیایی جدید از مباحث تونل‌سازی برای اساتید و دانشجویان به ارمغان آورد. همچنین نوع نگارش متفاوت این کتاب نسبت به کتاب‌های دیگر می‌تواند پاسخگویی بسیاری از ابهامات خوانندگان و جلوگیری از رجوع به منابع دیگر می‌شود.

بر این اساس مطالب این کتاب به دو گروه تقسیم‌بندی شده است؛ یک دسته صفحات فرد که متن اصلی کتاب را دنبال می‌کند و دیگری صفحات زوج که شامل مباحث ویژه می‌باشد و می‌توان به صورت مستقل از متن اصلی کتاب مطالعه نمود. در صفحات زوج کتاب، مطالب مفیدی از موضوعات مکانیک سنگ و مباحث مربوط به تونل‌سازی ارائه می‌دهد که می‌توان آنها را به عنوان توضیحات اضافی یا تکمیلی مربوط به صفحات فرد قبل از خود در نظر گرفت.

دقت کنید ممکن است در بعضی قسمت‌های کتاب به خصوص اواخر برخی فصول، ادامه متن اصلی کتاب به صفحات زوج هم کشیده شود که بهترین راهنما در این مورد، توجه به سربرگ‌های آبی رنگی است که برای دسته دوم مطالب در نظر گرفته شده است.

از تحقیق تا ADECO-RS

فصل اول: دینامیک پیشروی تونل

۱۹	۱-۱- مفاهیم اولیه
۲۳	۲-۱- محیط
۲۵	۳-۱- عمل
۲۷	۴-۱- عکس العمل

فصل دوم: تغییر شکل محیط نسبت به عمل حفاری

۳۳	۱-۲- تحقیقات تجربی و تحلیلی
۳۵	۱-۲-۱- مرحله اول تحقیقات
۳۷	۲-۲-۱- مرحله دوم تحقیقات
۳۹	۱-۲-۱-۲- تونل بزرگراه فرجوس
۴۳	۲-۲-۱-۲- تونل سانتواستفانو (۱۸۴)
۴۷	۳-۲-۱-۲- تونل اس. الیا (۱۹۸۵)
۴۹	۴-۲-۱-۲- تونل تاسو (۱۹۸۸)
۵۱	۵-۲-۱-۲- نتایج مرحله دوم تحقیقات
۵۳	۳-۱-۲- مرحله سوم تحقیقات
۶۳	۱-۳-۱-۲- تونل واستو (۱۹۹۱)
۶۳	۱-۳-۱-۲- تاریخچه کوتاهی از عملیات حفاری
۶۵	۲-۳-۱-۲- فاز برداشت و مطالعه
۶۷	۳-۳-۱-۲- فاز عیب‌یابی
۶۷	۴-۳-۱-۲- بررسی رفتار تنش- کرنش
۶۷	۵-۳-۱-۲- فاز رفع عیب
۷۳	۶-۳-۱-۲- فاز اجرایی
۷۵	۷-۳-۱-۲- فاز رفتارسنجی در طول ساخت
۷۹	۲-۳-۱-۲- نتایج مرحله سوم تحقیق
۸۳	۲-۲- هسته پیشروی به عنوان ابزاری برای پایداری
۸۴	۳-۲- هسته پیشروی نقطه مرجع بیان مشخصات تونل

فصل سوم: تحلیل تغییر شکل‌ها براساس روش ADECO-RS

۸۹	۱-۳- مطالعات تجربی و تحلیلی
۹۱	۱-۳-۱- آزمایش‌های برجا
۹۷	۲-۳-۱- آزمون‌های آزمایشگاهی
۱۰۳	۲-۳- تحلیل‌های عددی

۱۰۳	۱-۲-۳- انجام مطالعات و تحقیقات با استفاده از روش‌های تحلیلی
۱۰۵	۲-۲-۳- انجام مطالعات و تحقیقات با استفاده از روش‌های عددی روی مدل‌های با تقارن محوری
۱۰۹	۳-۲-۳- انجام مطالعات و تحقیقات با استفاده از روش‌های عددی در مدل‌های سه بعدی
۱۱۱	۳-۳- نتایج تحلیل‌های تجربی و تئوری تغییر شکل‌ها

۱۱۵	فصل چهارم: کنترل تغییر شکل‌ها بر اساس روش ADECO-RS
۱۱۷	۱-۴- کنترل جابجایی‌های زمین، جلوتر از جبهه کار تونل
۱۱۷	۲-۴- کنترل جابجایی‌های زمین، در پشت جبهه کار تونل

۱۲۹	فصل پنجم: تحلیل تغییر شکل‌های کنترل شده در سنگ و خاک
۱۲۹	۱-۵- توسعه روش جدید
۱۳۱	۱-۱-۵- چارچوب مفهومی مطابق با روش ADECO-RS
۱۳۵	۱-۱-۵-۱- رده A
۱۳۵	۱-۱-۵-۲- رده B
۱۳۷	۱-۱-۵-۳- رده C
۱۳۹	۲-۱-۵- مراحل مختلف روش ADECO-RS

مرحله طراحی

۱۴۵	فصل ششم: فاز برداشت و مطالعه
۱۴۵	۱-۶- مقدمه
۱۴۵	۱-۱-۶- مفاهیم پایه‌ای در فاز برداشت و مطالعه
۱۴۷	۲-۱-۶- فاز برداشت و مطالعه در حفاری‌های سنتی
۱۴۹	۱-۲-۱-۶- ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی و هیدرولوژیکی منطقه
۱۵۱	۲-۲-۱-۶- موقعیت و تعیین عوارضی که فضای زیرزمینی از آنها عبور می‌کند
۱۵۴	۳-۲-۱-۶- شرایط تکتونیکی، زمین‌شناسی ساختمانی و وضعیت تنش در توده سنگ
۱۵۷	۴-۲-۱-۶- رژیم هیدرولوژیکی توده سنگ
۱۵۷	۵-۲-۱-۶- ویژگی‌های ژئومکانیکی مواد
۱۶۳	۳-۱-۶- فاز برداشت و مطالعه برای حفاری با TBM
۱۶۵	۴-۱-۶- برداشت و مطالعه زمین‌شناسی توسط حفاری با تونل پیشرو
۱۶۹	۵-۱-۶- ملاحظات نهایی

۱۷۹	فصل هفتم: فاز عیب‌یابی
۱۷۹	۱-۷- تاریخچه
۱۷۹	۲-۷- اصول پایه‌ای مرحله عیب‌یابی
۱۸۱	۳-۷- شناسایی بخش‌های با رفتار تنش-کرنش یکنواخت
۱۸۵	۴-۷- روش‌های محاسباتی برای پیش‌بینی رده رفتاری
۱۹۱	۵-۷- بررسی توسعه تغییر شکل

۱۹۳	۶-۷- دهانه تونل
۱۹۵	۶-۷-۱- سنگ شناسی، چینه شناسی، تکتونیک و شیب ورودی
۱۹۵	۶-۷-۲- هیدرولوژی، ساختمان‌ها و سازه‌های قبلی و محدودیت‌های زیست‌محیطی
۱۹۷	۶-۷-۳- ویژگی‌های ژئومکانیکی سنگ
۱۹۷	۶-۷-۴- پیش‌بینی تغییر شکل شیب
۱۹۹	۷-۷- ملاحظات نهایی
۲۰۳	فصل هشتم: فاز رفع عیب
۲۰۳	۸-۱- تاریخچه
۲۰۵	۸-۲- اصول اولیه فاز رفع عیب
۲۱۱	۸-۳- سیستم‌های حفاری
۲۱۳	۸-۴- حفاری مکانیزه یا سنتی
۲۱۹	۸-۵- ماشین‌های حفار تونل و فعالیت‌های محدودسازی که ایجاد می‌کنند
۲۲۳	۸-۶- طراحی بر اساس حفاری سنتی
۲۲۷	۸-۷- فعالیت‌های پایدارسازی
۲۳۳	۸-۷-۱- فعالیت‌های پیش‌تحکیمی
۲۳۵	۸-۷-۲- فعالیت‌های تحکیمی
۲۳۷	۸-۷-۳- فعالیت‌های پیش‌نگهدارنده و نگهدارنده
۲۳۷	۸-۸- ترکیبی از مقاطع معمول طولی و عرضی
۲۴۵	۸-۹- متغیرهای اجرایی
۲۴۷	۸-۱۰- ابعاد و بررسی انواع سطح مقطع تونل
۲۴۹	۸-۱۰-۱- روش‌های محاسباتی تعیین بار جامد
۲۵۱	۸-۱۰-۲- روش‌های محاسباتی حلقه پلاستیک شده
۲۵۳	۸-۱۱- موارد ویژه در فاز رفع عیب
۲۵۳	۸-۱۱-۱- تونل‌های زیر سطح ایستایی
۲۵۹	۸-۱۱-۲- تونل‌های مجاور
۲۵۹	۸-۱۱-۳- تونلی با دو جبهه کار نزدیک شونده به هم
۲۶۳	۸-۱۱-۴- دهانه ورودی
۲۶۵	۸-۱۲- ملاحظات نهایی
۲۶۷	اصطلاحات تخصصی
۲۷۵	منابع و مراجع