

۲۲۰۲۵۷۳

سنگ دوز کاری توده سنگ

اصول و کاربردها

مؤلف:

چارلی چانلین لی

(استاد دانشگاه NTNU نروژ)

مترجم:

مجتبی شیرزهی حق

(دانش آموخته مقطع کارشناسی ارشد دانشگاه تبریز)

انتشارات جهاد دانشگاهی

واحد صنعتی امیرکبیر

سرشناسه	لی، چارلی چانلین-Li, Charlie Chunlin
عنوان و نام پدیدآور	سنگ دوزکاری توده سنگ: اصول و کاربردها (کتاب)/مؤلف چارلی چانلین لی؛ مترجم مجتبی شیرزهی حق.
مشخصات نشر	تهران: جهاد دانشگاهی، واحد صنعتی امیرکبیر، انتشارات، ۱۴۰۰.
مشخصات ظاهری	۲۵۶ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک	ISBN: 978-964-210-371-3 ریا؛ ۷۵۰۰۰۰
وضعیت فهرست نویسی	فیبا
یادداشت	عنوان اصلی: Rockbolting : principles and applications [2017]
موضوع	سنگ دوزها
موضوع	Rock bolts
شناسه افزوده	شیرزهی حق، مجتبی، ۱۳۷۱-، مترجم
شناسه افزوده	جهاد دانشگاهی، واحد صنعتی امیرکبیر، انتشارات
رده بندی کنگره	TAYVZ
رده بندی دیویی	۶۲۲/۲۸
شماره کتابشناسی ملی	۷۶۲۳۳۴۸

این کتاب در جلسه مورخ ۱۴۰۰/۰۱/۲۹ شورای نشر کتاب جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر پس از طی مراحل ارزیابی علمی، مجوز چاپ و انتشار دریافت نموده است.



واحد صنعتی امیرکبیر

سنگ دوزکاری توده سنگ اصول و کاربردها

مؤلف: چارلی چانلین لی
مترجم: مجتبی شیرزهی حق

جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر

ناشر

مدیر مسؤول : دکتر مهدی ورسه ای

نوبت چاپ : اول

سال چاپ : ۱۴۰۰

قطع : -

شمارگان : ۱۰۰ نسخه

قیمت : ۷۵۰۰۰۰ ریال

طراح : آرزو انصاری

چاپخانه : صدف



ISBN: 978-964-210-371-3

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۲۱۰-۳۷۱-۳

نمایشگاه و فروشگاه دائمی: تهران، خیابان حافظ، روبروی خیابان سمیه، جنب دانشگاه صنعتی امیرکبیر، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر تلفن: ۹۸۱ ۹۵۰ ۹۸۲۱۶۶+ تلفکس: ۹۸۲ ۹۵۰ ۹۸۲۱۶۶+
www.jdamirkabir.ac.ir
فروشگاه اینترنتی:

پیشگفتار ناشر

اَطْلُبُوا الْعِلْمَ مِنَ الْمَهْدِ إِلَى اللَّحْدِ

توانمندسازی پایه‌های علمی دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی کشور از وظایف اصلی سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان نظام مقدس جمهوری اسلامی ایران می‌باشد. این مهم، ضمن افزایش اقتدار علمی کشور در عرصه‌های بین‌المللی؛ زمینه‌ساز استقلال اقتصادی با محوریت یافته‌های فن‌آورانه و دانش‌بنیان می‌گردد که خود از ارکان اصلی توسعه پایدار به‌شمار می‌آید. هم‌چنین واضح است که در کنار دو عنصر تعهد و تخصص، دسترسی به اطلاعات روز علمی و تکنولوژی‌های مدرن؛ نیاز اولیه برای توانمندسازی پایه‌های علمی به‌شمار می‌رود.

بر این اساس جهادگران جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر با مدیریت جهادی خود علاوه بر فعالیت‌های فرهنگی، پژوهش‌های فن‌آورانه و نیز آموزش‌های تخصصی فن‌آور و اشتغال‌محور، با چاپ کتب و مجلات علمی متخصصان و دانشگاهیان فرهیخته کشور و هم‌چنین ترجمه آثار فاخر و به‌روز دنیا توسط «انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر» پلی تکنیک تهران» که یکی از معتبرترین انتشارات دانشگاهی در حوزه علوم پایه و مهندسی می‌باشد؛ به وظیفه انقلابی و اعتقادی خویش جامه عمل پوشانده و امیدوار است بتواند نیازهای علمی پژوهشگران، دانشجویان و پویندگان راه علم را در تحقق آرمان‌های اصیل انقلاب فراهم سازد.

این کتاب به روح پرفتح معمار کبیر انقلاب، شهدا و ایثارگران هشت سال دفاع مقدس به‌ویژه شهدای گرانقدر جهاد دانشگاهی و دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تقدیم می‌گردد. امید است دانشگاهیان و فعالین عرصه‌های علم و فن‌آوری کشور، پوینده راه این شهیدان والا مقام همچون شهدای جهاد علمی، در محیط مقدس و انسان‌ساز دانشگاه باشند.

از همه عزیزان محقق و دانش‌پژوه تقاضا می‌شود این انتشارات را از نظرات تخصصی و پیشنهادات راهگشای خود در جهت ارتقاء سطح علمی کتب منتشره و هم‌چنین گسترش زمینه‌های علمی آن‌ها، بهره‌مند سازند.

هماره در پرتو الطاف الهی پیروز و سربلند باشید
انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر

مقدمه مترجم

به نام آن که جان را فکرت آموخت

سر خدای را سپاس می‌گوییم که در این آشفته بازار جهان فرصتی در کف نهاد تا کتاب ارزشمند «Rockbolting: Principles and Applications» اثر پروفسور Charlie Chunlin Li استاد محترم دانشگاه NTNU نروژ را به زبان فارسی ترجمه نمایم و در اختیار جامعه محترم مهندسی ایران عزیز قرار دهیم. بحث المان تسلیح و به‌طور ویژه سنگ‌دوز (Rockbolt)، در برخی از کتاب‌های تالیف یا ترجمه‌شده مهندسی سنگ و تونل، یک فصل را به خود اختصاص داده‌است. اما اینجانب در هنگام مرور ادبیات فنی برای تدوین پیشنهاد رساله دکترای خود کتابی را که به‌طور اختصاصی به سنگ‌دوز بپردازد، مشاهده نکردم. از این رو پس از مطالعه نسخه اصلی کتاب حاضر، تصمیم گرفتم آن را به زبان فارسی ترجمه نمایم. جامعه هدف این کتاب مهندسان محترم عمران، ژئوتکنیک، معدن، تونل، نفت و زمین‌شناسی است. محتوای کتاب شامل همه مباحث حوزه سنگ‌دوزها یعنی معرفی انواع سنگ‌دوزهای موجود در بازار، تجهیزات جانبی سنگ‌دوزها، مکانیک سنگ‌دوزها، طراحی سنگ‌دوزکاری، نصب سنگ‌دوزها، کنترل کیفیت سنگ‌دوزها، مدل‌سازی عددی سنگ‌دوزها و تجربیات استفاده از سنگ‌دوزها در پروژه‌های مختلف است. از این رو می‌توان کتاب حاضر را منبع جامعی برای آشنایی مفصل با سنگ‌دوزها تلقی نمود. همه مطالب نسخه اصلی کتاب بدون کم و کاست به زبان فارسی ترجمه گردیده و تلاش بر آن بوده که از واژگان فارسی مصطلح استفاده گردد. واژه‌نامه فارسی به انگلیسی در انتهای کتاب ارائه شده‌است. امید آن که کتاب «سنگ‌دوزکاری توده‌سنگ: اصول و کاربردها» بخشی از نیاز علمی و اجرایی جامعه مهندسی ایران سرفراز را پوشش دهد. در پایان از عاشقانه‌های زندگی خودم، پدر مهربان و مادر فداکارم تشکر می‌کنم و این تحفه اندک را محضر مبارکشان تقدیم می‌نمایم. هم‌چنین از خوانندگان محترم درخواست می‌نمایم پیشنهادات، انتقادات و نقطه‌نظرات ارزشمند خود را از طریق ایمیل shirzhmojtaba@gmail.com برای اینجانب ارسال نمایند.

مجتبی شیرزحق

دانشجوی دکترای مهندسی عمران-ژئوتکنیک دانشگاه تربیت مدرس

زمستان ۱۳۹۹

معرفی نویسنده

پروفسور چارلی چانلین لی مدرک کارشناسی و کارشناسی ارشد خود را در رشته مهندسی زمین شناسی از دانشگاه Central South چین و مدرک دکترای خود را در رشته مکانیک سنگ از دانشگاه صنعتی Lulea سوئد دریافت کرده است. پروفسور لی پس از پایان تحصیل، به مدت ۷ سال به عنوان همکار پژوهشی و دانشیار مکانیک سنگ معدنی در دانشگاه صنعتی Lulea مشغول به کار بوده است. ایشان در معدن Kristineberg سوئد بیش از ۴ سال به عنوان مهندس کنترل زمین و مدیر سیستم نگهداری دینامیکی مشغول کار بوده است. پروفسور لی از سال ۲۰۰۴ استاد مکانیک سنگ دانشگاه NTNU نروژ است.

دکتر لی در زمینه مکانیک سنگ و کنترل زمین در پروژه های شهری و معدنی بیش از ۳۰ سال سابقه کار دارد. علاقه اصلی ایشان پایدارسازی سنگ و توده سنگ، نگهداری سنگ، و طراحی فضاهای زیرزمینی است. پروفسور لی با بهره گیری از دانش عمیق خود در مکانیک گسیختگی سنگ و توده سنگ بیش از ۸۰ مقاله علمی منتشر نموده است. در دو دهه اخیر توجه ایشان به سمت نگهداری سنگ، به ویژه در شرایط سنگ تحت تنش بالا رفته است. پروفسور لی از دانش عمیقی در زمینه سنگ دوزها و سایر تجهیزات نگهداری سنگ و عملکرد آنها برخوردار است، به طوری که در سال ۲۰۰۶ سنگ دوز D جذب کننده انرژی را ابداع نموده است. این سنگ دوز در معدن های عمیق و تونل های در معرض ترکش سنگ و سنگ لهیده با اقبال گسترده ای به کار گرفته شده است.

دکتر لی با داشتن تخصص ویژه در نگهداری سنگ، پایدارسازی حفاری های زیرزمینی و ابزاربندی در محل، در معدن ها، تونل ها و نیروگاه های آبی بسیاری به عنوان مشاور علمی و فنی حضور داشته است. پروفسور لی از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۹ سمت معاونت بخش اروپای جامعه بین المللی مکانیک سنگ (ISRM) را عهده دار بوده است.

پیش‌گفتار

سنگ‌دوزکاری پرکاربردترین راه نگهداری از سنگ در حفاری‌های زیرزمینی شامل معدن‌کاری، تونل‌سازی و سایر مغارهای مهندسی است. اگرچه مدت‌هاست برای تسلیح سنگ از سنگ‌دوزها استفاده می‌شود، اما چگونگی عملکرد سنگ‌دوزها در توده‌سنگ هم‌چنان برای بسیاری روشن نیست. تعداد زیادی از انواع مختلف سنگ‌دوزها در بازار موجود است. از این رو برای کسی که دانش خوبی در زمینه سنگ‌دوزها ندارد، انتخاب مناسب‌ترین نوع سنگ‌دوز برای سنگی با شرایط معین، مشکل به نظر می‌رسد. در سال‌های گذشته، پروژه‌ها و پژوهش‌های مهندسی دانش ما را در حوزه سنگ‌دوزکاری به طرز قابل توجهی افزایش داده‌است.

این کتاب آخرین وضعیت سنگ‌دوزکاری را در نگهداری و تسلیح سنگ در حفاری‌های زیرزمینی شرح می‌دهد. در فصل دوم انواع مختلف سنگ‌دوزهایی که در پروژه‌های مهندسی استفاده می‌شوند، یعنی سنگ‌دوزهای مرسوم و گونه‌های جدید جذب‌کننده انرژی و هم‌چنین تجهیزات جانبی سنگ‌دوزها با توجه به ساختار و مشخصات خود معرفی گردیده‌است. عملکرد سنگ‌دوزهای مختلف شامل مقاومت، ظرفیت تغییر شکل نهایی و ظرفیت جذب انرژی سنگ‌دوزها در فصل سوم ارائه شده‌است. پس از آن، مکانیک سنگ‌دوزها و سنگ‌دوزکاری شامل مدل‌های سنگ‌دوزها، اندرکنش سنگ‌دوزها با سنگ و با سایر تجهیزات نگهداری و نظریه نگهداری سنگ با جزئیات در فصل چهارم مطرح گردیده‌است. در فصل پنجم، اصول طراحی سنگ‌دوزکاری و انواع روش‌های سنگ‌دوزکاری معرفی شده‌است. فرآیند نصب انواع سنگ‌دوزها در فصل ششم ارائه شده‌است. کنترل کیفیت سنگ‌دوزکاری در فصل هفتم ارائه گردیده و شامل آزمون‌های بیرون‌کشی، آزمون‌های کنترل کیفیت، آزمون‌های محک طراحی و آزمون‌های محک است. مبحث فصل هشتم خلاصه‌ای از مدل‌های محاسباتی سنگ‌دوزهاست که در مدل‌سازی عددی مهندسی ژئوتکنیک استفاده می‌شود. طراحی سنگ‌دوزکاری هم‌چنان به صورت تجربی انجام می‌گیرد.

از این رو تعدادی از موارد عملی سنگ‌دوزکاری، که از پروژه‌های معدنی و عمرانی جمع‌آوری شده، در فصل نهم ارائه گردیده است. مطالعه این موارد نه تنها باعث یادگیری تجربیات مفید می‌شود بلکه زمینه فراگیری درس‌هایی در حوزه طراحی سنگ‌دوزکاری را نیز فراهم می‌سازد.

فصل چهارم طولانی‌ترین فصل کتاب است که در آن به پیشینه نظری هر کدام از انواع سنگ‌دوزها و اندرکنش آن‌ها با توده سنگ پرداخته شده است. متخصصان سنگ‌دوزکاری اگر بخواهند می‌توانند از این فصل صرف‌نظر نمایند، اما مطالب موجود در آن حتی برای مهندسان باتجربه ژئوتکنیک نیز می‌تواند مفید واقع گردد و از جنبه‌های مختلفی مانند دانش انتخاب نوع مناسب سنگ‌دوزها، تعیین پارامترهای طراحی و چگونگی نصب سنگ‌دوزها به کار آید.

جامعه هدف این کتاب، همه افرادی هستند که در حوزه نگهداری و تسلیح سنگ فعالیت می‌کنند. انتظار می‌رود مهندسان پس از مطالعه این کتاب، با انواع سنگ‌دوزهای موجود در بازار و اصول سنگ‌دوزکاری که هم‌اکنون در حفاری‌های زیرزمینی در سنگ استفاده می‌شود، آشنا گردند. مشاوران ژئوتکنیکی می‌توانند به کمک نظریات و اصولی که در این کتاب معرفی شده، پروژه‌های خود را تحلیل نمایند و موارد مطالعاتی را به عنوان مرجع برای پروژه‌های خود در نظر بگیرند. پژوهشگران دانشگاهی می‌توانند با مطالعه این کتاب به سرعت با آخرین وضعیت فن‌آوری سنگ‌دوزکاری آشنایی پیدا کنند و پس از آن کار خود را در حوزه سنگ‌دوزها و سنگ‌دوزکاری به پیش ببرند. دانشجویان ممکن است از این کتاب به عنوان یک کتاب درسی استفاده نمایند و برای یادگیری مبانی و مکانیک پیشرفته سنگ‌دوزکاری از آن بهره‌مند گردند.

فهرست

فصل ۱: مقدمه	۱۹
فصل ۲: انواع سنگ دوزها	۲۵
۱-۲ مقدمه	۲۵
۲-۲ سنگ دوز مکانیکی	۲۷
۱-۲-۲ سنگ دوز پوسته انبساطی	۲۷
۲-۲-۲ سنگ دوز شکاف و گوه	۲۸
۳-۲ سنگ دوز تزریقی	۲۹
۱-۳-۲ سنگ دوز آج دار تمام تزریقی	۲۹
۲-۳-۲ سنگ دوز رزوه شده تمام تزریقی	۳۱
۳-۳-۲ سنگ دوز ریشه تزریقی	۳۲
۴-۳-۲ سنگ دوز شکاف و گوه تمام تزریقی	۳۲
۴-۲ سنگ دوز خود حفر	۳۳
۵-۲ سنگ دوز کابلی	۳۴
۶-۲ سنگ دوز اصطکاکی	۳۹
۱-۶-۲ سنگ دوز شکاف دار	۳۹

۴۰.....	۲-۶-۲ سنگ‌دوز تورمی.....
۴۱.....	۷-۲ سنگ‌دوز مرکب.....
۴۳.....	۸-۲ سنگ‌دوز تسلیمی جذب‌کننده انرژی.....
۴۳.....	۱-۸-۲ سنگ‌دوز مخروط.....
۴۴.....	۲-۸-۲ سنگ‌دوز D.....
۴۴.....	۳-۸-۲ سنگ‌دوز توپ‌گارفورد.....
۴۵.....	۴-۸-۲ سنگ‌دوز تسلیمی لاک.....
۴۵.....	۵-۸-۲ دورابار.....
۴۶.....	۶-۸-۲ سنگ‌دوز روفکس.....
۴۷.....	۷-۸-۲ سنگ‌دوز He.....
۴۷.....	۹-۲ تجهیزات جانبی سنگ‌دوز.....
۴۸.....	۱-۹-۲ صفحه‌ها.....
۴۹.....	۲-۹-۲ مهره‌ها.....
۴۹.....	۳-۹-۲ واشرها.....
۵۰.....	مراجع.....
۵۳.....	فصل ۳: عملکرد سنگ‌دوزها.....
۵۳.....	۱-۳ روش‌های آزمون.....
۵۳.....	۱-۱-۳ آزمون استاتیکی آزمایشگاهی.....
۵۶.....	۲-۱-۳ آزمون دینامیکی آزمایشگاهی.....
۵۷.....	۲-۳ عملکرد استاتیکی سنگ‌دوزهای معمولی.....
۵۷.....	۱-۲-۳ تحت بار کشش محوری یا برش جانبی.....
۶۳.....	۲-۲-۳ تحت هر دو بار کشش محوری و برش جانبی.....
۶۶.....	۳-۳ عملکرد سنگ‌دوزهای جذب‌کننده انرژی.....
۶۶.....	۱-۳-۳ سنگ‌دوز مخروط.....
۶۷.....	۲-۳-۳ سنگ‌دوز D.....

۶۹	۳-۳-۳ سنگ دوز گارفورد.....
۶۹	۴-۳-۳ سنگ دوز تسلیمی لاک.....
۷۰	۵-۳-۳ دورابار.....
۷۰	۶-۳-۳ سنگ دوز روفکس.....
۷۱	۷-۳-۳ سنگ دوز He.....
۷۲	۴-۳ مشاهدات میدانی.....
۷۶	مراجع.....
۷۹	فصل ۴: مکانیک سنگ دوزکاری.....
۷۹	۱-۴ انواع سنگ دوزها.....
۸۱	۲-۴ مدل های سنگ دوز.....
۸۲	۱-۲-۴ سنگ دوزهای مهار دوشطه ای.....
۸۴	۲-۲-۴ سنگ دوزهای تمام تزریقی.....
۸۸	۳-۲-۴ سنگ دوزهای اصطکاکی.....
۹۰	۴-۲-۴ سنگ دوزهای جذب کننده انرژی.....
۹۲	۳-۴ اندرکنش سنگ دوز با سنگ.....
۹۲	۱-۳-۴ مدل فیزیکی لانگ.....
۹۳	۲-۳-۴ الگوهای بارگذاری برجا.....
۹۷	۳-۳-۴ سنگ دوزهای تمام تزریقی.....
۱۰۰	۴-۳-۴ سنگ دوز D.....
۱۰۵	۵-۳-۴ سنگ دوزهای تورمی.....
۱۱۲	۴-۴ اندرکنش سنگ دوزها با سایر انواع تجهیزات نگهداری.....
۱۱۹	۵-۴ اصول نگهداری سنگ.....
۱۱۹	۱-۵-۴ منحنی پاسخ زمین (GRC) و منحنی مشخصه نگهداری (SCC).....
۱۲۲	۲-۵-۴ ترسیم منحنی GRC.....
۱۲۷	۳-۵-۴ منحنی مشخصه نگهداری (SCC) سنگ دوزها.....

۱۳۲	مراجع
۱۳۵	فصل ۵: طراحی سنگ دوزکاری
۱۳۵	۱-۵ مودهای گسیختگی برجای توده سنگ
۱۳۵	۱-۱-۵ سقوط قطعه تحت اثر وزن
۱۳۶	۲-۱-۵ گسیختگی برشی در سنگ نرم و ضعیف
۱۳۹	۳-۱-۵ گسیختگی کششی در سنگ سخت
۱۴۲	۴-۱-۵ ترکش سنگ
۱۴۴	۲-۵ شرایط بارگذاری زیرزمینی و انواع سنگ دوزهای مناسب
۱۴۴	۱-۲-۵ توده سنگ های با تنش کم
۱۴۵	۲-۲-۵ توده سنگ های با تنش زیاد
۱۴۶	۳-۲-۵ انواع سنگ دوز مناسب
۱۴۷	۳-۵ اصول طراحی
۱۴۷	۱-۳-۵ قوس فشار طبیعی
۱۴۹	۲-۳-۵ روش شناسی طراحی
۱۵۴	۳-۳-۵ طول و فاصله داری سنگ دوز
۱۵۹	۴-۳-۵ ضریب اطمینان
۱۶۴	۵-۳-۵ سازگاری میان تجهیزات نگهداری
۱۶۵	۴-۵ انواع سنگ دوزکاری
۱۶۵	۱-۴-۵ قطعات گوه ای در سقف
۱۶۸	۲-۴-۵ قطعات گوه ای در دیوار
۱۷۱	۳-۴-۵ سنگ دوزکاری قوسی
۱۷۲	۴-۴-۵ سنگ دوزکاری پشت بند
۱۷۴	۵-۴-۵ سنگ دوزکاری معلق
۱۷۵	۶-۴-۵ سنگ دوزکاری بخیه ای

۱۷۶	۷-۴-۵ سنگ دوزکاری در مغارهای بزرگ مقیاس
۱۷۷	۸-۴-۵ فورپول
۱۸۲	۹-۴-۵ سنگ دوزکاری در سنگ مستعد ترکش
۱۸۲	مراجع
۱۸۵	فصل ۶: نصب سنگ دوزها
۱۸۵	۱-۶ مقدمه
۱۸۶	۲-۶ سنگ دوزهای مکانیکی
۱۸۶	۳-۶ سنگ دوزهای شکافدار
۱۸۷	۴-۶ سنگ دوزهای تورمی
۱۸۸	۵-۶ سنگ دوزهای آجدار تزریقی
۱۸۸	۱-۵-۶ سنگ دوزهای تمام تزریقی با سیمان
۱۸۹	۲-۵-۶ سنگ دوزهای تمام تزریقی با رزین
۱۹۱	۳-۵-۶ سنگ دوزهای ریشه تزریقی با رزین
۱۹۲	۶-۶ سنگ دوزهای CT
۱۹۲	۷-۶ سنگ دوزهای D
۱۹۲	۱-۷-۶ تزریقی با سیمان
۱۹۳	۲-۷-۶ تزریقی با رزین
۱۹۴	۸-۶ سنگ دوزهای مخروط
۱۹۵	۹-۶ سنگ دوزهای کابلی
۱۹۶	۱۰-۶ نصب مکانیزه سنگ دوز
۱۹۸	مراجع
۱۹۹	فصل ۷: کنترل کیفیت سنگ دوزکاری
۱۹۹	۱-۷ مقدمه
۱۹۹	۲-۷ آزمون های بیرون کشی

۲۰۱.....	۳-۷ آزمون‌های کنترل کیفیت
۲۰۱.....	۱-۳-۷ آزمون‌های فولاد
۲۰۱.....	۲-۳-۷ آزمون‌های مهره
۲۰۲.....	۲-۳-۷ آزمون‌های صفحه سنگ‌دوز
۲۰۳.....	۴-۳-۷ آزمون‌های مقاومت ملات سیمانی
۲۰۳.....	۴-۷ آزمون‌های محک طراحی
۲۰۳.....	۱-۴-۷ آزمون‌های رفتار بار-انبساط
۲۰۳.....	۲-۴-۷ آزمون‌های ویسکوزیته ملات سیمانی
۲۰۴.....	۳-۴-۷ آزمون‌های مقاومت چسبندگی
۲۰۴.....	۴-۴-۷ بازرسی حال
۲۰۵.....	۵-۷ آزمون‌های محک
۲۰۶.....	مراجع
۲۰۷.....	فصل ۸: مدل‌سازی عددی
۲۰۷.....	۱-۸ مقدمه
۲۰۸.....	۲-۸ مدل‌های تسلیح محلی
۲۰۸.....	۱-۲-۸ مدل مکانیکی
۲۱۰.....	۲-۲-۸ مدل مفهومی
۲۱۵.....	۳-۸ مدل مفهومی برای تسلیح سراسری
۲۱۷.....	۴-۸ مدل مفهومی برای توده‌سنگ مسلح-با-سنگ‌دوز
۲۱۸.....	مراجع
۲۱۹.....	فصل ۹: پروژه‌های عملی سنگ‌دوزکاری
۲۱۹.....	۱-۹ کلیات
۲۱۹.....	۲-۹ پروژه شماره ۱: نگهداری دینامیکی سنگ در یک معدن مستعد ترکش
۲۲۱.....	۳-۹ پروژه شماره ۲: نگهداری استاتیکی سنگ در یک معدن مستعد ترکش

۲۲۳.....	۴-۹ پروژه شماره ۳: نگهداری سنگ در معدن Kiruna
۲۲۴.....	۱-۴-۹ زمین‌شناسی و شرایط سنگ
۲۲۵.....	۲-۴-۹ لرزه‌خیزی
۲۲۶.....	۳-۴-۹ سیستم نگهداری دینامیکی سنگ
۲۲۸.....	۵-۹ پروژه شماره ۴: نگهداری سنگ در یک معدن زیرزمینی سنگ‌آهن
۲۲۹.....	۱-۵-۹ نگهداری استاتیکی سنگ
۲۳۰.....	۲-۵-۹ نگهداری دینامیکی سنگ
۲۳۱.....	۶-۹ پروژه شماره ۵: نگهداری سنگ در معدن Coleman
۲۳۳.....	۷-۹ پروژه شماره ۶: نگهداری سنگ در معدن عمیق Creighton
۲۳۴.....	۱-۷-۹ نگهداری اولیه
۲۳۴.....	۲-۷-۹ نگهداری دینامیکی تک‌گذری در شرایط مستعد ترکش
۲۳۵.....	۳-۷-۹ نگهداری زمین تحت فشار لایه ماسه تحکیم‌یافته کارگاه استخراج معدن
۲۳۶.....	۸-۹ پروژه شماره ۷: نگهداری سنگ در معدن Garpenberg
۲۳۸.....	۹-۹ پروژه شماره ۸: نگهداری سنگ در معدن Craig
۲۳۹.....	۱۰-۹ پروژه شماره ۹: نگهداری سنگ در معدن Lucky Friday
۲۴۱.....	پیوست
۲۴۱.....	پیوست A
۲۴۶.....	ضمیمه B
۲۴۹.....	واژه‌نامه فارسی به انگلیسی