



خدا یا چنان کی سرانجام کار
تو خوشنود باشی و ما رستگار

مکانیک سنگ (مبانی و تخصصی) کارشناسی ارشد

مؤلفان: مهرداد ایمانی - سیف‌الدین موسی‌زاده

چاپ اول - تابستان ۱۳۹۶

سرشناسه: ایمانی، مهرداد، ۱۳۷۱-

عنوان و نام پدیدآور: مکانیک سنگ (مبانی و تخصصی) کارشناسی ارشد

مشخصات نشر: تهران: مدرسان شریف، ۱۳۹۶.

مشخصات ظاهری: [۴]: ۴۲۲ ص: ۲۲×۲۹ س.م.

شابک: 978-964-11-6240-7

وضعیت فهرست نویسی: فیپای مختصر

شناسه افزوده: موسی زاده، سیف الدین، ۱۳۵۶-

شماره کتابشناسی ملی: ۴۸۰۵۰۶۲

نام کتاب: مکانیک سنگ (مبانی و تخصصی) کارشناسی ارشد

مؤلفان: مهندس مهرداد ایمانی - مهندس سیف الدین موسی زاده (عضو هیئت علمی دانشگاه)

ناشر: انتشارات مدرسان شریف

تیراژ: ۱۰۰ نسخه

نوبت چاپ: اول

تاریخ چاپ: مردادماه ۱۳۹۶

حروف چینی: واحد تایپ انتشارات مدرسان شریف

چاپ و صحافی: مهاجرنو

قیمت: ۳۵۰۰۰ تومان

شابک: 978-964-11-6240-7

هر گونه استفاده از مطالب این کتاب اعم از بازنویسی، خلاصه سازی، نقل مطالب آموزشی، استفاده از سؤالات یا پاسخ ها، برداشت به صورت دست نویس، کپی، تکثیر و یا هر گونه چاپ سنتی و دیجیتالی، استفاده به صورت کتاب الکترونیکی، لوح فشرده، قرار دادن مطالب بر روی اینترنت و وب سایت ها و یا هر گونه شبکه کامپیوتری دیگر و به طور کل هر گونه استفاده ی اشخاص حقیقی و حقوقی در جهت منافع معنوی و مادی خود، بدون اجازه کتبی ناشر ممنوع و بر اساس بند (۵) ماده ۲۳ قانون حمایت از حقوق مؤلفان و مصنفان و قوانین مربوط به جرایم رایانه ای کشور قابل پیگیری در محاکم قضایی می باشد.

به نام خدا

«مقدمه مؤلفان»

علم مکانیک سنگ شاخه‌ای از علوم مهندسی است که در آن چگونگی رفتار سنگ در برابر عوامل درونی و بیرونی و تغییرات آنها مورد بحث قرار می‌گیرد. از آنجایی که فعالیت‌هایی نظیر تونل‌های راه‌آهن، تأمین آب و زهکشی، نیروگاه‌های زیرزمینی، فضا‌های زیرزمینی ذخیره آب، نفت، گاز، هوا و همچنین دفن زباله‌های اتمی، معادن روباز و زیرزمینی و غیره در سنگ یا بر روی سنگ صورت می‌گیرد، لزوم شناخت مفاهیم اولیه و عوامل مهندسی در ارتباط با سنگ‌ها برای مهندسان این رشته امری ضروری است. مقاطع تحصیلات تکمیلی در رشته مهندسی مکانیک سنگ به منظور توسعه مرزهای دانش در این حوزه به شدت مورد توجه صنعتگران و پژوهشگران کشور قرار گرفته است. لذا با توجه به اهمیت مباحث مربوط به حوزه تونل‌سازی و سایر فضا‌های زیرزمینی، نیاز به مراجع مناسب داخلی برای همگام‌سازی دانش‌پژوهان جدید با دنیای سراسر رقابت خارجی احساس می‌شود. نبود منابع و مراجع داخلی مناسب باکیفیت در زمینه مهندسی مکانیک سنگ برای دانشجویان مقاطع مختلف و نیز داوطلبان کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک سنگ، ما را بر آن داشت تا در راستای برطرف نمودن این نیاز اساسی گام برداریم.

درس مکانیک سنگ از منابع اصلی رشته مهندسی مکانیک سنگ در مقطع کارشناسی ارشد و همچنین از منابع رشته‌هایی نظیر مهندسی عمران و زمین‌شناسی مهندسی نیز تلقی می‌شود؛ بنابراین داوطلبان این گرایش‌ها برای کسب تخصص‌های لازم به درک صحیح از مباحث مکانیک سنگ نیاز دارند. در تألیف این کتاب از منابع اصلی در حال تدریس در معتبرترین دانشگاه‌های خارجی و داخلی استفاده شده است تا دانشجویان و داوطلبان تحصیلات تکمیلی مشکل چندانی در فراگیری مفاهیم نداشته باشند. بدیهی است که با این نگرش در فراگیری مطالب، در صورت تمایل به ادامه تحصیل و اشتغال در این کشورها، داوطلبان عزیز به علوم جدید مسلط خواهند شد.

کتاب حاضر حاصل سال‌های متمادی از تحریرات مؤلف در رشته مهندسی مکانیک سنگ در مقاطع کارشناسی و کارشناسی ارشد معتبرترین دانشگاه‌های ایران است و به گونه‌ای تألیف شده تا منبع مناسبی برای دانشجویان و داوطلبان باشد و در نهایت آن‌ها را برای ورود به مقاطع تحصیلات تکمیلی آماده کند. در هر فصل از این کتاب ابتدا مفاهیم به صورت کامل با مثال‌ها و نکات متعدد توضیح داده شده است؛ سپس سؤالات آزمون‌های کارشناسی ارشد سراسری از سال ۸۳ تا ۹۵ و آزاد از سال ۸۸ تا ۹۰ به همراه پاسخ تشریحی در قالب تست‌های طبقه‌بندی شده آمده است. در آخر هر فصل آزمون‌های نیز جهت سنجش داوطلب آورده شده است که پاسخ کلیدی آن‌ها در انتهای کتاب قرار دارد. در انتهای کتاب، سؤالات آزمون سراسری ۹۶ با پاسخ‌های کاملاً تشریحی و ۳ مرحله آزمون خودسنجی در سطوح A (ساده)، B (متوسط) و C (سخت) ارائه شده است. پاسخ این ۳ مرحله آزمون خودسنجی را می‌توانید در سایت www.modaresanesharif.ac.ir مشاهده نمایید.

در پایان لازم است از مدیریت محترم انتشارات مدرسان شریف که رهنمودهای ایشان باعث ارتقای کتاب شده است سپاسگزاری نماییم.

همچنین از واحد تألیف و تایپ انتشارات مدرسان شریف که در هرچه بهتر شدن این کتاب از هیچ کوششی دریغ نورزیدند کمال تشکر و امتنان را داریم.

یقیناً هر اثری توأم با خطایی است؛ لذا از تمامی صاحب‌نظران و دانشجویان تقاضا داریم هرگونه اشکالی را از طریق شماره پیام کوتاه ۰۸۳۸۷۱۰۰۰ اطلاع دهند و یا با شماره تلفن ۰۶۱۰۹۹-۰۲۱ (روابط عمومی انتشارات مدرسان شریف) تماس حاصل نمایند.

با آرزوی موفقیت

مهندس مهرداد ایمانی - مهندس سیفال‌الدین موسی‌زاده (عضو هیئت علمی دانشگاه ارومیه)

فصل اول: خواص فیزیکی سنگ‌ها

۱	زمین‌شناسی
۲	تقسیم‌بندی سنگ‌ها از نظر خواص آن‌ها
۲	خواص ذاتی سنگ‌ها
۳	روابط حجمی
۵	روابط وزنی
۱۵	خواص کشسانی (الاستیسیته) و روابط تنش - کرنش در سنگ‌ها
۱۶	خواص لایه‌بندی، تورق، کیلواژ در سنگ‌ها
۱۶	خواص عکس‌العملی سنگ‌ها در برابر شرایط خاص
۱۶	خواص سختی و ساینده‌گی در سنگ‌ها
۱۶	نفوذپذیری سنگ‌ها
۱۷	دوام
۱۸	خواص مقاومت سنگ‌ها (شاخص بار نقطه‌ای)
۱۸	خواص درزه‌ها و ناپیوستگی‌ها در سنگ‌ها
۱۸	خواص سنگ در ارتباط با پدیده‌های فیزیکی
۱۸	سرعت صوت
۱۹	خواص حرارتی سنگ‌ها
۱۹	خواص الکتریکی سنگ‌ها
۱۹	تأثیرات شیمیایی سنگ‌ها
۱۹	خواص فلز اوار
۲۲	تست‌های انجام شده فصل اول
۲۳	پاسخنامه تست‌های طبقه‌بندی شده فصل اول
۲۵	آزمون فصل اول

فصل دوم: آنالیز تنش

۲۶	مقدمه
۴۹	اندازه‌گیری کرنش (سه شاخه کرنش)
۶۰	خلاصه فصل دوم
۶۴	تست‌های طبقه‌بندی شده فصل دوم
۶۹	پاسخنامه تست‌های طبقه‌بندی شده فصل دوم
۷۶	آزمون فصل دوم

فصل سوم: سنگ بکر

۷۸	مفاهیم
۸۰	خصوصیات مکانیکی سنگ بکر یا ماده سنگ
۸۱	انواع منحنی‌های تنش - کرنش
۸۳	منحنی کامل تنش - کرنش تحت بارگذاری فشاری تک‌محوری
۸۹	انواع مدول الاستیسیته (E)
۹۱	عوامل مؤثر بر مقاومت فشاری تک‌محوری
۹۵	تردی یا شکنندگی (Brittleness)
۹۹	رفتار سنگ تحت تنش‌های سه‌محوری
۱۰۰	رفتار سنگ تحت تنش‌های هیدرواستاتیک در آزمایش سه‌محوری
۱۰۱	رفتار سنگ تحت تنش‌های انحرافی در آزمایش سه‌محوری

مدرسین شریف



۱۰۷	آزمایش‌های مقاومت کششی (Tensile Strength Test)
۱۱۶	ویژگی‌های تابع زمان
۱۱۹	خلاصه فصل سوم
۱۲۴	تست‌های طبقه‌بندی‌شده فصل سوم
۱۳۱	پاسخنامه تست‌های طبقه‌بندی‌شده فصل سوم
۱۴۰	آزمون فصل سوم

فصل چهارم: ناپیوستگی‌ها

۱۴۶	استرینت
۱۴۸	دیاگرام خطوط تراز (Contour Diagram)
۱۵۶	روش‌های برداشت ناپیوستگی‌ها
۱۶۱	خلاصه فصل چهارم
۱۶۲	تست‌های طبقه‌بندی‌شده فصل چهارم
۱۶۳	پاسخنامه تست‌های طبقه‌بندی‌شده فصل چهارم
۱۶۴	آزمون فصل چهارم

فصل پنجم: ویژگی‌های مکانیکی توده سنگ

۱۶۵	ویژگی‌های مقاومتی ناپیوستگی
۱۶۶	حداکثر مقاومت برشی
۱۶۶	تخمین برشی سطوح گسیختگی صاف
۱۷۴	آزمایش برشی بر روی سطح گسیختگی شیب‌دار
۱۷۴	چسبندگی و اصطکاک لحظاتی
۱۷۵	تأثیر مواد پرکننده و مقاومت برشی درزه
۱۷۵	اندرکنش سطح سنگ - ماده پرکننده
۱۸۱	آزمایش مقاومت برشی بر جان توده سنگ
۱۸۳	تغییر شکل‌پذیری
۱۸۴	اندازه‌گیری خواص شکل‌پذیری سنگ با استفاده از آزمایش‌های استاتیک
۱۸۹	اندازه‌گیری‌های دینامیک
۱۹۱	خلاصه فصل پنجم
۱۹۳	تست‌های طبقه‌بندی‌شده فصل پنجم
۱۹۵	پاسخنامه تست‌های طبقه‌بندی‌شده فصل پنجم
۱۹۸	آزمون فصل پنجم

فصل ششم: رده‌بندی مهندسی سنگ‌ها

۲۰۰	رده‌بندی مهندسی سنگ‌ها
۲۰۱	رده‌بندی مهندسی سنگ بکر
۲۰۴	رده‌بندی سنگ بکر براساس شکل متحتی تنش - کرنش سنگ‌ها
۲۰۴	رده‌بندی مهندسی توده سنگ
۲۲۵	راهنمایی‌هایی جهت انجام طبقه‌بندی RMR
۲۳۲	مقایسه سیستم‌های مختلف رده‌بندی سنگ‌ها
۲۳۷	خلاصه فصل ششم
۲۴۰	تست‌های طبقه‌بندی‌شده فصل ششم
۲۴۳	پاسخنامه تست‌های طبقه‌بندی‌شده فصل ششم
۲۴۸	آزمون فصل ششم

مدرسان شریف



فصل هفتم: معیارهای شکست

۲۴۹	معیارهای شکست (Failure Criteria)
۲۵۰	معیارهای شکست برای سنگ سالم
۲۶۲	تأثیر فشاری آب منفذی (U)
۲۶۶	معیار موهر کولمب (با فرض خطی بودن رابطه موهر)
۲۷۰	معیارهای شکست تجربی برای سنگ سالم
۲۸۰	معیار شکست هوک و براون برای توده سنگ
۲۸۱	موارد کاربرد معیار شکست هوک و براون
۲۸۵	تأثیر ناهمسانی بر رفتار سنگ‌ها
۲۸۹	خلاصه فصل هفتم
۲۹۳	تست‌های طبقه‌بندی‌شده فصل هفتم
۲۹۹	پاسخنامه تست‌های طبقه‌بندی‌شده فصل هفتم
۳۰۹	آزمون فصل هفتم

فصل هشتم: تنش‌های برجا

۳۱۲	تنش‌های برجا
۳۳۲	خلاصه فصل هشتم
۳۳۳	تست‌های طبقه‌بندی‌شده فصل هشتم
۳۳۵	پاسخنامه تست‌های طبقه‌بندی‌شده فصل هشتم
۳۳۸	آزمون فصل هشتم

فصل نهم: تحلیل پایداری فضا‌های زیرزمینی

۳۳۹	وضعیت تنش‌ها در حفر تونل
۳۴۰	تونل‌های دایره‌ای
۳۷۲	بهینه‌سازی مشخصات تونل برای جلوگیری از ناپایداری
۳۷۳	خلاصه فصل نهم
۳۷۵	تست‌های طبقه‌بندی‌شده فصل نهم
۳۷۸	پاسخنامه تست‌های طبقه‌بندی‌شده فصل نهم
۳۸۱	آزمون فصل نهم

فصل دهم: تحلیل پایداری شیروانی‌های سنگی

۳۸۳	مقدمه
۳۸۳	نقش ناپیوستگی‌ها (لایه‌بندی، درزه، گسل) در ایجاد ناپایداری
۴۰۴	خلاصه فصل دهم
۴۰۶	تست‌های طبقه‌بندی‌شده فصل دهم
۴۰۷	پاسخنامه تست‌های طبقه‌بندی‌شده فصل دهم
۴۰۹	آزمون فصل دهم
۴۱۰	آزمون‌های خودسنجی
۴۱۶	سوالات آزمون سراسری ۹۶
۴۱۸	پاسخنامه آزمون سراسری ۹۶
۴۲۱	پاسخنامه آزمون‌ها
۴۲۲	منابع و مراجع

مدرسای
شریف

