

کارشناسی ارشد مهندسی معدن، مکانیک سنگ

مشخصات برنامه

۱- تعریف و اهداف

کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک سنگ یکی از شاخه‌های دوره‌ی کارشناسی ارشد مهندسی معدن می‌باشد و مجموعه‌ای است آموزشی - پژوهشی، مرکب از تعدادی درس نظری، کاربردی، آزمایشگاهی و برنامه‌ی تحقیقاتی در زمینه‌ی مهندسی مکانیک سنگ جهت افزایش اطلاعات کارشناسان معدن و عمران و ایجاد زمینه‌ی کافی جهت درک و توسعه‌ی آنچه در مرزهای تکنیک در زمان حال در این رشته‌ها می‌گذرد.

هدف این دوره تربیت افرادی است که دارای توانایی لازم جهت تحقیق در رفتار سنگ، طراحی و نظارت بر اجرای پروژه‌های تخصصی در زمینه‌ی حفاری، پایداری، نگهداری و پی در محیط‌های سنگی و ضمناً توان تحقیقاتی جهت حل مسائل که در این زمینه‌ها با آن‌ها روبرو می‌شوند را دارا باشند.

۲- نقش و توانایی

فارغ‌التحصیلان این دوره می‌توانند در پروژه‌های تحقیقاتی، اجرایی و تخصصی در زمینه‌ی زیر فعالیت کنند:

الف) وزارت صنعت، معدن و تجارت: حفاری و استخراج معادن، نگهداری و پایدارسازی تراشه‌ها و به طور کلی نظارت بر پروژه‌های مهندسی سنگ

ب) وزارت راه و شهرسازی: طراحی و اجرای تونل‌های شهری و بین شهری، پل‌ها، اجرا و نگهداری تراشه‌ها، سازه‌های زیرزمینی

ج) وزارت نیرو: سدسازی (پی سدها، تکیه گاه سدها، تونل‌های انحراف آب، نیروگاه‌های زیرزمینی)، سازه‌های زیرزمینی، انرژی اتمی

د) وزارت نفت: ژئومکانیک نفت، ازدیاد برداشت، پارامترهای مکانیک سنگی مخزن، پایداری چاه، ساخت پایانه‌های نفتی

۳- ضرورت و اهمیت

با توجه به گسترش روزافزون پروژه‌های زیربنایی نظیر تونل‌ها، نیروگاه‌ها، سدها، معادن، مخازن نفتی و ... که همگی آن‌ها در سنگ و یا روی سنگ اجرا می‌شوند لزوم شناخت رفتار مکانیکی سنگ‌ها اهمیت زیادی پیدا می‌کند.

گسترده‌ی و تنوع عملیات پروژه‌های سنگی با وجود طبیعت متغیر و نامنظم سنگ‌ها و شرایط متغیر زمین ساختی و تکنونیک باعث ایجاد تحولی شگرف در فن آوری حفاری و نگهداری فضاها و زیرزمینی شده است. به همین دلیل ضرورت و اهمیت تحقیقات و پژوهش در زمینه مهندسی سنگ بیش از پیش احساس می‌شود.

۴- شرایط پذیرش دانشجو

الف، جنسیت: مرد و زن

ب، مواد و ضرایب آزمون ورودی: مطابق بند مواد آزمون ورودی.



۵- طول دوره و شکل نظام

مدت لازم برای اتمام این دوره ۲ سال می‌باشد. حداقل و حداکثر مجاز برای اتمام این دوره مطابق آیین نامه‌ی دوره‌ی کارشناسی ارشد می‌باشد.

جدول دروس

۱. تعداد واحدهای درسی و پژوهشی

تعداد کل واحدهای لازم برای گذراندن این مجموعه ۳۲ واحد آموزشی، پژوهشی می‌باشد. واحدهای آموزشی شامل ۱۲ واحد الزامی و ۱۲ واحد اختیاری می‌باشد که با توجه به سوابق آموزشی دانشجو و به وسیله‌ی اساتید راهنما تعیین می‌شود. تعداد واحدهای پژوهشی ۸ واحد بوده که ۲ واحد آن به شکل سمینار، شامل مطالعات نظری، مرور بر نشریات و تهیه‌ی پیشنهاد پژوهشی در ارتباط با موضوع پروژه می‌باشد و ۶ واحد آن به پایان نامه اختصاص دارد (جدول ۱).

جدول ۱. تعداد واحدهای درسی و پژوهشی

| نوع دروس | تعداد واحد |
|--------------|------------|
| دروس الزامی | ۱۲ |
| دروس اختیاری | ۱۲ |
| سمینار | ۲ |
| پایان نامه | ۶ |
| جمع | ۳۲ |

۲. مواد آزمون ورودی

مواد آزمون ورودی هرسال توسط شورای عالی برنامه‌ریزی وزارت علوم تعیین و توسط سازمان سنجش اعلام می‌شود.



۳. دروس جبرانی

دروس جبرانی رشته حداکثر ۶ واحد، مطابق جدول ۲ می‌باشد. این واحدها در احتساب واحدهای لازم برای گذراندن این دوره در نظر گرفته نمی‌شوند و بر اساس رشته‌ی تحصیلی پذیرفته‌شدگان و دروس گذرانده شده در دوره‌ی کارشناسی توسط گروه تخصصی مشخص می‌شوند.

جدول شماره ۲. دروس جبرانی برای پذیرفته‌شدگان رشته‌های مختلف - کارشناسی ارشد رشته‌ی مکانیک سنگ

| ردیف | نام درس | تعداد واحد | واحد نظری | واحد عملی | نوع واحد | نوع درس | تعداد ساعت |
|------|--------------------|------------|-----------|-----------|----------|---------|------------|
| ۱ | مکانیک سنگ تخصصی | ۲ | ۲ | - | نظری | جبرانی | ۳۲ |
| ۲ | مقاومت مصالح تخصصی | ۲ | ۲ | - | نظری | جبرانی | ۳۲ |
| ۳ | ژئوتکنیک | ۲ | ۲ | - | نظری | جبرانی | ۳۲ |
| ۴ | پی سازی | ۲ | ۲ | - | نظری | جبرانی | ۳۲ |

۴. دروس الزامی

عناوین دروسی که کلیه دانشجویان موظف به گذراندن آنها می‌باشند به شرح جدول ۳ است:

جدول شماره ۳، دروس الزامی - کارشناسی ارشد رشته‌ی مکانیک سنگ

| ردیف | نام درس | تعداد واحد | واحد نظری | واحد عملی | نوع واحد | نوع درس | تعداد ساعات |
|------|-------------------------------|------------|-----------|-----------|----------|---------|-------------|
| ۱ | ریاضیات مهندسی پیشرفته | ۳ | ۳ | - | نظری | الزامی | ۴۸ |
| ۲ | مکانیک محیط‌های پیوسته در سنگ | ۳ | ۳ | - | نظری | الزامی | ۴۸ |
| ۳ | طراحی و اجرای فضاهای زیرزمینی | ۳ | ۳ | - | نظری | الزامی | ۴۸ |
| ۴ | روش‌های عددی در ژئومکانیک | ۳ | ۳ | - | نظری | الزامی | ۴۸ |

۵. دروس اختیاری

حداقل ۱۲ واحد از بین دروس جدول ۴ بنا به تشخیص گروه تخصصی انتخاب می‌شود.

جدول ۴، مجموعه دروس اختیاری تحصیلات تکمیلی رشته‌ی مکانیک سنگ (کارشناسی ارشد و دکتری)

| ردیف | نام درس | تعداد واحد |
|------|---|------------|
| ۱ | دینامیک سنگ | ۳ |
| ۲ | مبانی تئوری پلاستیسیته در سنگ و خاک | ۳ |
| ۳ | ابزاربندی و آزمایش‌های صحرایی | ۲ |
| ۴ | زمین‌شناسی مهندسی پیشرفته | ۳ |
| ۵ | بی‌سازی پیشرفته | ۲ |
| ۶ | مهندسی دیواره‌های شیب دار پیشرفته | ۲ |
| ۷ | آمار و احتمالات پیشرفته | ۳ |
| ۸ | بهسازی زمین | ۳ |
| ۹ | مکانیک شکست | ۳ |
| ۱۰ | کاربرد روش‌های هوشمند (فازی، شبکه‌های عصبی، الگوریتم ژنتیک) | ۲ |
| ۱۱ | حفاری و انفجار پیشرفته | ۳ |
| ۱۲ | بررسی‌های ساختمانی | ۲ |
| ۱۳ | مکانیک محیط‌های ناپیوسته | ۲ |
| ۱۴ | هیدرومکانیک محیط‌های ناپیوسته | ۲ |
| ۱۵ | مهندسی نشست زمین | ۳ |
| ۱۶ | اخلاق در مهندسی | ۲ |
| ۱۷ | هیدرومکانیک | ۳ |
| ۱۸ | حفاری مکانیزه | ۳ |
| ۱۹ | مدیریت پروژه‌های مکانیک سنگ | ۲ |
| ۲۰ | مدیریت پسماند در ژئومکانیک | ۳ |
| ۲۱ | فیزیک سنگ | ۳ |
| ۲۲ | مباحث ویژه | ۲ |

تبصره ۱- در صورت تایید استاد راهنما و گروه مربوط، دانشجو می‌تواند حداکثر یک درس خود را از سایر رشته‌های مهندسی معدن یا سایر رشته‌های مرتبط اخذ نماید.

تبصره ۲- چنانچه گروه تخصصی بخواهد هر یک از دروس اختیاری فاقد سرفصل در این برنامه را ارائه کند؛ لازم است سرفصل پیشنهادی خود را با توجه به استانداردهای این برنامه تهیه و پس از تأیید مراجع ذی‌صلاح دانشگاه برای تصویب به کمیته‌ی برنامه‌ریزی مهندسی معدن وزارت متبوع ارسال نماید. بدیهی است سرفصل پیشنهادی پس از تصویب در کمیته قابل اجرا خواهد بود.

تبصره ۳- سرفصل درس مباحث ویژه با توجه به نیاز رشته و موضوعات جدید در زمینه‌های مرتبط با رشته‌ی تحصیلی توسط استاد مربوطه تهیه و پس از تصویب در گروه آموزشی دانشگاه برای حداکثر دو دوره قابل اجرا خواهد بود. پس از آن گروه آموزشی می‌بایست سرفصل درس را برای تصویب به کمیته برنامه‌ریزی مهندسی معدن ارسال نماید تا عنوان درس و سرفصل آن به صورت درس اختیاری جدید در برنامه ثبت گردد.



سرفصل دروس الزامی
رشته‌ی مکانیک سنگ



۶. سرفصل دروس الزامی

| | | | | |
|--|--------|----------|------------|----------------------------------|
| درس پیش‌نیاز | الزامی | نوع درس | تعداد واحد | ریاضیات مهندسی پیشرفته |
| | | | ۳ | |
| | نظری | نوع واحد | تعداد ساعت | |
| | | | ۴۸ | |
| آموزش تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> | | | | Advanced Engineering Mathematics |

اهداف کلی درس:

سرفصل درس:

آنالیز تنسوری خطی: معرفی بردارها و تنسورهای رتبه دو و بالاتر، قوانین جمع و ضرب بردارها و تنسورها، معرفی بردارهای پایه و دستگاه‌های مختصات متعامد و غیر متعامد (ایلیک) و مؤلفه‌های کوواریانت و کنترآواریانت و مخلوط بردارها و تنسورها آنالیز تنسوری غیر خطی: بیان چمبره‌ها (منیفولدها) و سیستم مختصات منحنی الخط، بیان بردارها و تنسورها در دستگاه‌های منحنی الخط، معرفی تنسورهای متریک، بیان مفادیر ویژه و بردارهای ویژه تنسورها، مشتق گیری از تنسورها بیان نشان‌ها (سیمبل) کریستوفل از نوع اول و دوم، ارائه مثال‌های مهندسی کاربردی از تنسورها مانند تنش کوشی کرنش‌های اویلسری و لاگرانژی و تنسور نفوذ پذیری.

سری فوریه کاربرد و محاسبه سری‌های عددی به کمک سری فوریه - تساوی بسل - پاراسوال
انتگرال فوریه - تعریف - قضایای مربوطه

حساب تغییرات، روش‌های تقریبی (عددی) حل معادلات دیفرانسیل
فرم دیفرانسیل خارجی

متمم معادلات مشتق جزئی: حل معادله ریمان مرتعش به روش فوریه و روش دالامبر
حل معادله انتقال حرارت در مختصات دکارتی

حل معادله $\Delta U=0$ مختصات دکارتی، مختصات استوانه‌ای و مختصات کروی
متمم جبر ماتریس‌ها قضیه‌ها میلتن - کیلی

حل دستگاه‌های معادله دیفرانسیل به روش ماتریسی - مسائل ویژه مقدار ماتریس

حل دستگاه‌های معادله دیفرانسیل با استفاده از قضیه هامیلتن - کیلی برای حالات مختلف مختصات و

جبر بول - ماتریس بول و کاربرد آن

کاربرد آمار در مکانیک سنگ



| پروژه | آزمون‌های نهایی | میان‌ترم | ارزشیابی مستمر |
|-------|-----------------|----------|----------------|
| ... | آزمون نوشتاری | ... | ... |
| | ... | | |
| | عملکردی | | |
| | - | | |

منابع:

1. Allen Jeffrey , "Advanced Engineering Mathematics" Second edition, Academic Press, INC2002
2. Erwin Kreyszig, "Advanced Engineering Mathematics" 9th edition, Wiley International Edition, 2006



| | | | | |
|--|--------|----------|------------|-------------------------------|
| درس پیش‌نیاز: | الزامی | نوع درس | تعداد واحد | مکانیک محیط‌های پیوسته در سنگ |
| | | | ۳ | |
| | نظری | نوع واحد | تعداد ساعت | |
| | | | ۴۸ | |
| آموزش تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> | | | | Continuum Mechanics in Rocks |

اهداف کلی درس:

آشنای با تئوری‌های مکانیک جامدات در سنگ

سرفصل درس:

مقدمات و مفروضات محیط سنگی پیوسته

-تنش، نانسور تنش، تنش‌های انحراف آور، معادلات تعادل، تنش روی صفحات مخصوص، جمع تنش‌ها، تنش برشی ماکزیمم، تنش‌های اکتاهدرال

- کرنش در یک نقطه، تغییر شکل‌ها، تفسیر لاگرانژ و اولر، کرنش‌های کوچک و محدود، روابط تنش و کرنش الاستیک خطی و غیر خطی

- روابط الاستیسیته برای جامدات، معادلات تعادل یا ترم‌های تغییر شکل‌ها، معادلات سازگاری یا ترم‌های تنش‌ها روابط الاستیسیته در حالت‌های خاص

-پلاستیسیته، مقدمه، حالت‌های فیزیکی رفتار پلاستیک، ملاک‌های تسلیم سطح گسستگی برای مدل‌های ترسکا و فن میزس، مور-کولمب و دراکر پراگر، قوانین جریان، پتانسیل پلاستیک

انواع شکستگی در سنگ

* دانشجوی موظف است در قالب مباحث نظری آموزش داده شده طبق نظر استاد مربوط، یک پروژه مستقل ارائه نماید.

روش ارزیابی:

ارزیابی دانشجو در این درس، طبق نظر استاد مربوط و در موارد زیر صورت می‌پذیرد.

| پروژه | آزمون‌های نهایی | میان‌ترم | ارزشیابی مستمر |
|-------|-----------------|----------|----------------|
| | آزمون نوشتاری | ... | ... |
| | ... | | |
| | عملکردی | | |
| | - | | |

منابع:

- Continuum Mechanics for Engineers, 2nd edition, 1999, Mase, G. Thomas, George E. Mase
- مکانیک محیط‌های پیوسته، تالیف دکتر محمد حسین حامدی، انتشارات اندیشه نصیر ۱۳۹۱.
- Elasticity, Tensor, Dyadic and Engineering Approaches. Pei Chi Chou and Nicolas J. Pagano.
- Discontinuity analysis for rock engineering, Priest S.D., 1992.
- Fundamentals of Discrete Element Methods for Rock Engineering: Theory And Applications, Jing L., Ove S. 2007.
- Fundamentals of Rock Mechanics. Jaeger and Cook, Third Edition, Chapman and Hall 1972.

| | | | | |
|--|--------|----------|------------------|---|
| درس پیش‌نیاز | الزامی | نوع درس | تعداد واحد ۳ | طراحی و اجرای فضاهای زیرزمینی |
| | نظری | نوع واحد | تعداد ساعت ۴۸ | |
| آموزش تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> | | | | Design and Planning Underground Spaces |

اهداف کلی درس :

سرفصل درس:

کلیات، تعاریف، واژه‌ها و مفاهیم در حفریات زیرزمینی

نقش زمین‌شناسی در حفریات زیرزمینی، شامل: چینه‌شناسی، زمین‌ساخت و نوزمین‌ساخت، آب‌زمین‌شناسی و زمین‌گرمایی

مطالعات زمین‌شناسی مهندسی برای طراحی فضاهای زیرزمینی، شامل: برداشت‌های سطحی و زیر سطحی، آزمایش‌های ژئوتکنیکی برجا و آزمایشگاهی، و ابزار بندی و رفتار نگاری

تعیین وضعیت تنش‌های برجا در زمین، با انجام بررسی‌های زمین‌ساختی، محاسبات بر اساس نظریه‌ی کشسانی و اندازه‌گیری مستقیم در گمانه و تونل

تعیین وضعیت توزیع تنش‌ها پس از حفر فضاهای زیرزمینی با اشکال مختلف و به صورت تکی، زوجی و چندگانه

روش‌های بهسازی و پایدارسازی زمین، شامل: زهکشی و خشک‌اندازی، تزریق دوغاب، یخبندان، نصب میل مهار و سیم مهار، نصب توری و اندودپاشی

حفر فضاهای زیرزمینی در زمین‌های نرم و خاکی با روش سنتی و مکانیزه

نگهداری فضاهای زیرزمینی در زمین‌های نرم و خاکی، شامل: نگهداری اولیه و آستر بندی نهایی

حفر فضاهای زیرزمینی در زمین‌های سخت و سنگی با روش سنتی (چال زنی و آتشباری) و استفاده از ماشین‌آلات

ارزیابی کیفیت اجرایی ماشین‌آلات حفریات زیرزمینی

طراحی نگهداری فضاهای زیرزمینی در زمین‌های سخت و سنگی با روش‌های: تجربی (مانند RSR ، RMR ، Q)، محاسباتی (مانند روش اندرکنش سنگ-چال)، مشاهده و عمل (مانند روش جدید اتریشی NATM) و تحلیل‌های عددی (با روش‌هایی نظیر اجزای محدود و معادلات انتگرال مرزی)

بررسی گسیختگی‌های با کنترل ساختاری در توده‌های سنگ درزه‌دار و دارای چینه‌بندی و طراحی نگهداری قطعات بالقوه ناپایدار

بررسی تأثیر بارهای دینامیکی و تنش‌های ناشی از آتشباری و زمین‌لرزه بر پایداری فضاهای زیرزمینی

☞ دانشجوی موظف است در قالب مباحث نظری آموزش داده شده طبق نظر استاد مربوطه، یک پروژه مستقل ارائه نماید.

روش ارزیابی:

ارزیابی دانشجو در این درس، طبق نظر استاد مربوط و در موارد زیر صورت می‌پذیرد.

| پروژه | آزمون‌های نهایی | میان‌ترم | ارزشیابی مستمر |
|-------|-----------------|----------|----------------|
| ... | آزمون نوشتاری | ... | ... |
| | ... | | |
| | عملکردی | | |
| | - | | |

منابع:

1. Gary S. Brierley; David H. Corkum; David J.Hatem. 2010. Design-Build Subsurface Projects. SME publishing.
2. R.N. Singh; A.K. Ghose, 2006. Engineering Rock Structures in Mining and Civil Construction. Taylor & Francis group.
3. E. Hoek; RK. Kaiser;W.E Bawden. Support of Underground Excavation In Hard Rock; A.A. Balkema.
4. E. Hoek; E.T. Brown. 1980. Underground Excavation in Rocks. Institution of Mining & Metallurgy.
5. John A. Hudson; John P. Harrison; 1997. Engineering rock mechanics; an introduction to the principles. Pergamum Press.
6. Z.T. Bieniawski. 1984. Rock mechanics design in mining and tunneling. A.A. Balkema.



| | | | | |
|--|--------|----------|------------|-----------------------------------|
| درس پیش‌نیاز | الزامی | نوع درس | تعداد واحد | روش‌های عددی در ژئومکانیک |
| | | | ۳ | |
| | نظری | نوع واحد | تعداد ساعت | |
| آموزش تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> | | | | Numerical Methods in Geomechanics |

اهداف کلی درس: حل معادلات دیفرانسیل با شرایط مرزی با استفاده از روش‌های مختلف عددی مورد استفاده در ژئومکانیک

اهداف رفتاری: شناخت و درک نحوه به کارگیری روش‌های مختلف عددی در طراحی و تحلیل پروژه‌های ژئومکانیک به ویژه حفاریات زیرزمینی

سرفصل درس:

- کلیات، روش‌های عددی، اصول انرژی
 - مقدمه‌ای بر روش تحلیل ماتریسی سازه‌ها
 - مقدمه‌ای بر روش تفاضل‌های محدود
 - مقدمه‌ای بر روش عناصر محدود
 - مقدمه‌ای بر روش عناصر محدود (غیر خطی مادی) شامل حل مسائل الاستوپلاستیک به روش غیر صریح (ایمپلیسنت)
 - مقدمه‌ای بر المان‌های تماسی (کانکت) درزه ای (جوینت)
 - کاربرد روش‌های عددی در حل مسائل مکانیک خاک (نشست، گسترش تنش‌ها...)
 - کاربرد روش‌های عددی در حل مسائل مربوط به پی‌ها (پی‌های سطحی، شمع‌ها، دیواره‌های خائل...)
- * دانشجوی موظف است در قالب مباحث نظری آموزش داده شده طبق نظر استاد مربوط، یک پروژه مستقل ارائه نماید.



روش ارزیابی:

ارزیابی دانشجوی در این درس، طبق نظر استاد مربوط و در موارد زیر صورت می‌پذیرد.

| ارزشیابی مستمر | میان‌ترم | آزمون‌های نهایی | پروژه |
|----------------|----------|-----------------|-------|
| ... | ... | آزمون نوشتاری | ... |
| | | ... | |
| | | عملکردی | |
| | | - | |

منابع:

1. M. Pastor, C. Tamagnini, 2004, Numerical modeling in Geomechanics
2. Chandrakant S. Desai, Giancarlo Gioda, 1990, Numerical methods and constitutive modelling in geomechanics



سرفصل دروس اختیاری تحصیلات تکمیلی رشته‌ی
مکانیک سنگ (کارشناسی ارشد و دکتری)



۷. سرفصل دروس اختیاری تحصیلات تکمیلی رشته‌ی مکانیک سنگ (کارشناسی ارشد و دکتری)

| | | | | |
|--|---------|----------|------------|-------------|
| درس پیش‌نیاز | اختیاری | نوع درس | تعداد واحد | دینامیک سنگ |
| | | | ۳ | |
| | نظری | نوع واحد | تعداد ساعت | |
| | | | ۴۸ | |
| آموزش تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> | | | | |

اهداف کلی درس:

سرفصل درس:

مبانی پایه، مروری بر مکانیک محیط‌های پیوسته

مروری بر تئوری الاستیسیته، مفاهیم تنش، کرنش، تغییر شکل، معادلات کرنش جابجایی

قوانین حرکت و تئوری انتشار امواج در محیط الاستیک

قانون هوک، مفهوم انرژی کرنش، معادله موج، روش‌های حل معادله موج، انواع مختلف امواج، انواع و مکانیزم‌های مختلف میرایی، تأثیر محیط روی انتشار امواج، انعکاس و انتقال امواج

مکانیزم انفجار، ارتعاشات حاصله و روش‌های ارزیابی آن‌ها

دینامیک انفجار در سنگ، پارامترهای اصلی در ارزیابی ارتعاش، معیار PPV برای ارزیابی ارتعاشات، پدیده بندگی و رفتار سنجی در ارزیابی ارتعاشات حاصله از انفجار

پدیده انفجار سنگ و رخداد‌های لرزه‌ای در فضاهای زیرزمینی

خواص و ویژگی‌های دینامیک سنگ‌ها

مبانی مهندسی زلزله

کاربرد روش‌های لرزه‌ای در تحلیل سازه‌های سطحی و زیرزمینی در توده سنگ

✽ دانشجوی موظف است در قالب مباحث نظری آموزش داده شده طبق نظر استاد مربوطه، یک پروژه مستقل ارائه نماید.



روش ارزیابی:

ارزیابی دانشجو در این درس، طبق نظر استاد مربوط و در موارد زیر صورت می‌پذیرد.

| پروژه | آزمون‌های نهایی | میان‌ترم | ارزشیابی مستمر |
|-------|-----------------|----------|----------------|
| ... | آزمون نوشتاری | ... | ... |
| | ... | | |
| | عملکردی | | |
| | - | | |

منابع:

1. Zhou, Y. & Zhao, J., 2011, Advances in Rock Dynamics and Application, CRC Press.
2. Zhao, J. & Jianchun, L., 2013, Rock Dynamics and Application – State of the art CRC Press.



| | | | | |
|--|---------|----------|------------|-------------------------------|
| درس پیش نیاز | اختیاری | نوع درس | تعداد واحد | ابزاربندی و آزمایش‌های صحرائی |
| | | | ۲ | |
| | نظری | نوع واحد | تعداد ساعت | |
| | | | ۳۲ | |
| آموزش تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> | | | | |

اهداف کلی درس:

سرفصل درس:

ابزار بندی و رفتار نگاری

مفهوم کلی و اهداف ابزار بندی و رفتار نگاری

تعاریف و اصطلاحات رفتارسنجی

فواید استفاده از ابزار بندی

برنامه ریزی (planning) رفتار نگاری

مبدل‌های ابزارنگاری و سیستم‌های جمع‌آوری داده‌ها

- ابزارهای هیدرولیکی

- ابزارهای پنوماتیکی

- ابزارهای الکتریکی

- سیستم تار لوزان (مرتعش)

- جابجایی القایی LVDT, LDT

- پتانسیومترها

ابزارها

بیزومترها: انواع و موارد کاربرد آنها

جابجایی سنجی

- ترک سنج‌ها

- همگرایی سنج‌ها

- کشیدگی سنج‌ها (درون گمانه‌ای، میله‌ای، غبره)

✓ کشیدگی سنج های چند سیمی

✓ کشیدگی سنج های چند میله‌ای

✓ کشیدگی سنج میله‌ای با لنگیر دارای گیر حلقوی

- نشست سنج

- پاندول

- درزه سنج



- ✓ کرنش سنج‌ها: انواع و کاربرد آن‌ها
- ✓ کرنش سنج دو محوری
- ✓ تغییر شکل سنج چاه لوله‌ای
- ✓ کرنش سنج سه محوری
- ✓ کرنش سنج دو محوری فتوالاستیکی
- ✓ کرنش سنج مقاومتی شامل پل و تستون 1/4، نیمه و پل کامل
- ✓

تنش سنج‌ها:

- ✓ تنش سنج شیشه‌ای
- ✓ تنش سنج ارتعاشی
- ✓ روش جک تخت و مسطح
- ✓ روش ایجاد ترک هیدرولیکی

انحراف (شیب)سنجی:

- انحراف سنج (Inclinometer)
- شیب سنج (Tilt meter)

فشار سنجی

- سلول فشار (Pressure Cell)
- سلول تنش (Stress Cell)

نیروسنج (load Cell)

- ✓ نیروسنج یا مهر سنگی
- ✓ نیروسنج با مهر سنگی فتوالاستیکی
- ارتعاش سنجی: انواع شتاب نگار، لرزه نگار، ژئوفن و کاربرد آن‌ها
- جمع‌آوری پردازش و تفسیر داده‌های ابزار دقیق
- انتخاب نوع ابزار دقیق، نگهداری و کالیبراسیون آن‌ها

آزمایش‌های صحرائی

- آزمایش جک تخت
- آزمایش دیلاتومتری
- آزمایش بارگذاری صفحه‌ای
- آزمایش جک شعاعی
- آزمایش جک گودمن
- آزمایش شکست هیدرولیکی
- آزمایش شکاف زن گمانه‌ای
- آزمایش بیش مغزه‌گیری
- آزمایش دینامیکی برجا

© دانشجو موظف است در قالب مباحث نظری آموزش داده شده طبق نظر استاد مربوطه، یک پروژه مستقل ارائه نماید.



روش ارزیابی:

ارزیابی دانشجوی در این درس، طبق نظر استاد مربوط و در موارد زیر صورت می‌پذیرد.

| پروژه | آزمون‌های نهایی | میان‌ترم | ارزشیابی مستمر |
|-------|-----------------|----------|----------------|
| ... | آزمون نوشتاری | ... | ... |
| | ... | | |
| | عملکردی | | |
| | ... | | |

منابع:

1. Brown E. (Edit.) Rock Characterization Testing and Monitoring, ISRM Suggested Methods, Pergamum Press 1981.
2. Duncliff, J., "Geotechnical Instrumentation for Monitoring Field Performance" John Wiley & Sons, Inc., 1988.
3. Goodman, R. E., "Introduction to Rock Mechanics" , John Wiley & Sons, 1980.
4. Hudson J. A.(Editor in chief). "Comprehensive Rock Engineering, 5 Vols., Pergamon Press, 1993.
5. Ketelaar, V.B.H. (Gini), "Satellite Radar Interferometer Subsidence Monitoring Techniques", Springer, 2009.



| | | | | |
|--|---------|----------|------------|-----------------|
| درس پیش نیاز | اختیاری | نوع درس | تعداد واحد | پی سازی پیشرفته |
| | | | ۲ | |
| | نظری | نوع واحد | تعداد ساعت | |
| | | | ۳۳ | |
| آموزش تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> | | | | |

اهداف کلی درس:

سرفصل درس:

طراحی دیوارهای نگهدارنده (حایل)

بیان حالت تنش جانبی حالی، تنش جانبی در حالات فعال، ساکن و غیر فعال (Active, At rest, Passive)
 نظریه رانکین به نظریه رانکین برای خاک‌های چسبنده و غیر چسبنده برای تنش فعال و غیر فعال و در حالت شیروانی
 نظریه کلمب، نظریه کلمب برای فشار جانبی خاک در حالات خاک‌های چسبنده و غیر چسبنده

انواع دیوارهای حایل، بیان انواع دیوارهای حایل و تفاوت آن‌ها

طراحی دیوارهای حایل وزنی (Gravity Retaining Walls)

طراحی در دیوارهای حایل طرفی (Conti Lever Retaining walls)

طراحی در دیوارهای حایل مهارشده

طراحی سپرکوبی و انواع آن در زمین‌های دارای خاک‌های چسبنده و غیر چسبنده

آزمایشات صحرایی

طراحی (Site Investigation) چگونگی بررسی سایت

حفاری و انواع آن و نمونه گیری، شامل انواع حفاری مانند ضربهای، چرخشی و ... انواع نمونه گیری

آزمایشات صحرایی مانند SPT (نفوذ استاندارد)، CPT (مخروط نفوذ کننده)، پرسومتر

ظرفیت باربری پی‌های سطحی

تعریف پی سطحی و انواع آن

نظری ظرفیت باربری ترزاقی

نظری ظرفیت باربری میرهوف

نظری ظرفیت باربری وسیک

تعیین ظرفیت باربری آزمایشات SPT، CPT و پرسومتر



نشست پی در زمین‌های دارای خاک‌های غیر چسبنده
 نشست پی در زمین‌های دارای خاک‌های چسبنده ، نشست آبی ، نشست تحکیمی
 تعیین ظرفیت باربری بر روی بستر های سنگی

شمع‌ها

تعریف شمع و انواع آن‌ها ، شمع‌های کوشی ، شمع‌ها ریخته‌ای
 روش محاسبه مقاومت اصلکاکای شمع در خاک‌های چسبنده و غیر چسبنده
 روش محاسبه مقاومت نوک شمع
 ظرفیت باربری شمع‌های تک و گروهی
 تعیین ظرفیت باربری شمع‌ها با استفاده از آزمایشات صحرایی
 آزمایش شمع‌ها (آزمایش استاتیکی و دینامیکی)
 * دانشجوی موظف است در قالب مباحث نظری آموزش داده شده طبق نظر استاد مربوط، یک پروژه مستقل ارائه نماید.

روش ارزیابی:

ارزیابی دانشجوی در این درس، طبق نظر استاد مربوط و در موارد زیر صورت می‌پذیرد.

| ارزشیابی مستمر | میان ترم | آزمون‌های نهایی | پروژه |
|----------------|----------|-----------------|-------|
| ... | ... | آزمون نوشتاری | ... |
| | | ... | |
| | | عملکردی | |
| | | ... | |

منابع:

1. Foundation Analysis and Design, Joseph E. Bowles, 1996.
2. مکانیک خاک (جلد دوم)، دکتر کامبیز بهنیا - دکتر امیرمحمد طباطبایی، مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران، نوبت چاپ: چهاردهم، شابک ۹۷۸-۹۶۴-۰۳-۲۹۳



| | | | | |
|--|---------|----------|------------|-----------------------------------|
| درس پیش‌نیاز | اختیاری | نوع درس | تعداد واحد | مهندسی دیواره‌های شیب‌دار پیشرفته |
| | | | ۲ | |
| | نظری | نوع واحد | تعداد ساعت | |
| | | | ۳۲ | |
| آموزش تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> | | | | |

اهداف کلی درس:

سرفصل درس:

مروری بر اصول مهندسی دیواره‌های شیب دار

بررسی‌های ساختگاهی و جمع آوری داده‌های زمین شناسی در برنامه ریزی مطالعات پایداری شیب

بررسی‌های هیدرولوژی و هیدروژئولوژی ارزیابی فشار آب زیرزمینی در محیط‌های بیوسته و ناپیوسته، روش‌های اندازه گیری قابلیت هدایت هیدرولیکی به کمک آزمون‌های هد متغیر و بمیاز

مقایسه تحلیلی روش‌های تعادل حدی Bishop ، Morgenstern-Price ، Janbu ، Spencer ، Sarma

پایداری شیب‌ها در حالات کوتاه مدت (Short term)، دراز مدت (long term) ، کاهش سریع سطح آب مجاور شیب (Rapid Drawdown) ، زلزله

تحلیل پایداری لغزش‌های صفحه‌ای، گوه‌ای، واژگونی در حالت پلکانی (Step Path)، سقوط سنگ (Rocfalls)

تحلیل پایداری به منظور تعیین شیب پله (Bench Angle) تعیین شیب پایدار دیواره‌های نهایی (Overall Slope Angle) تعیین شیب بین پله‌ای (Inter Ramp Angle)

مبانی تحلیل پایداری شیب‌ها به صورت سه بعدی

تعیین مقاومت برشی در شیب‌های خاکی و سنگی بر اساس تحلیل برگشتی

روش‌های پایدار سازی شامل:

عملیات خاکی (خاکبرداری، خاکریزی)

کلیاتی در مورد پایدار سازی به کمک دیواره‌های حائل

کلیدهای برشی (Shear keys)، شانکرت و پیچ سنگ، انکرهای تحت کشش (tensioned anchors)، داوول تمام تزریق بدون کشش، دیواره‌های پشت بند دار (buttress)

زهکشی سطحی و زیر سطحی شامل حفاری چال‌های زهکش تقریباً افقی در دیواره نهایی، بمیاز، گالری زهکش و چال‌های پروانه‌ای درون گالری



انفجارهای کنترل شده به منظور بهبود پایداری شیب: روش‌های air decking , cushion blasting , presplitting , trimming , smooth wall blasting و line drilling .

اصول تحلیل دینامیکی شیب‌ها به روش شبه استاتیک و نیومارک

ریسک و قابلیت اعتماد در پایداری شیب‌های خاکی و سنگی در طراحی به روش قطعی (Deterministic) و به روش احتمالاتی (Probabilistic)

اصول تحلیل عددی در پایداری شیب‌های خاکی و سنگی

ابزار بندی و رفتارنگاری در مهندسی دیواره‌های شیب دار

✽ دانشجو موظف است در قالب مباحث نظری آموزش داده شده طبق نظر استاد مربوط، یک پروژه مستقل ارائه نماید.

روش ارزیابی:

ارزیابی دانشجو در این درس، طبق نظر استاد مربوط و در موارد زیر صورت می‌پذیرد.

| پروژه | آزمون‌های نهایی | میان‌ترم | ارزشیابی مستمر |
|-------|-----------------|----------|----------------|
| ... | آزمون نوشتاری | ... | ... |
| | ... | | |
| | عملکردی | | |
| | ... | | |

منابع:

1. Hoek, E., Bray, J. W, 1991, "Rock slope engineering" Institution of Mining and Metallurgy, London.
2. Giani, P. G., 1992, "Rock slope stability", A. A. Balkema, Rotterdam, Brookfield.
3. Duncan C. Wyllie, Christopher W. Mah, 2004, "Rock slope engineering, civil and mining", 4th edition, Spon Press.
4. Braja M. Das, 2010, "Principles of geotechnical engineering", 7th edition, Cengage Learning.
5. Duncan J.M., White S.G., 2005, "Soil strength and slope stability", John Willy and Sons, INC.
6. Cheng Y.M. and Lau, C.K., 2008, "Slope Stability Analysis and Stabilization, New methods and insight", Routledge publisher.
7. Abramson Lee W., Lee Thomas S., Sharma Sunil, Boyce Glenn M., 2002, "Slope Stability and Stabilization Methods", John Willy and Sons, INC.

| | | | | |
|--|---------|----------|------------|--------------------|
| درس پیش نیاز: ... | اختیاری | نوع درس | تعداد واحد | مکانیک شکست |
| | | | ۳ | |
| | نظری | نوع واحد | تعداد ساعت | |
| | | | ۴۸ | |
| آموزش تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> | | | | Fracture Mechanics |
| سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/> | | | | |

اهداف کلی درس:

آشنایی با تئوری‌های مکانیک شکست

سرفصل درس:

مفهوم شکست در جامدات

- مفهوم Ductility و Brittleness در شکست
- شکست در حد میکرو و ماکرو
- مفهوم فاکتور شدت تنش
- مفهوم چسبندگی در مواد و ارتباط آن با شکست
- مفهوم چقرمگی

انواع شکست (شکل ظاهری شکست) در اشل آزمایشگاهی و محل

- نواقص سنگ

- نحوه شکست

اثر عوامل درونی و بیرونی در شکست سنگ

- ترک

- طبیعت بار (شبه استاتیک، دینامیک (دوره‌ای) و خزش)

- خلیخل و قرچ

- حرارت

- کریستاله بودن

- رطوبت (خوردگی، پوسیدگی)

ملاک‌های شکست در سنگ

- ملاک ترسکا

- ملاک موهر- کلمب

- ملاک فون میس

- ملاک دارگر- پراگر

- ملاک هوک- براون

مروری بر مباحث الاستیسیته

- تابع تنش ایری (Airy stress Function)

- تحلیل صفحه کشتی حاوی سوراخ دایره‌ای



- تحلیل صفحه کششی حاوی سوراخ بیضوی
- تحلیل الاستیک ترک
- تمرکز تنش
- مودهای شکست پایه
- ضریب شدت تنش (K) و چقرمگی
- نرخ رهایی انرژی شکست (G) و مقدار بحرانی
- تحلیل انواع مسایل پایه
- مودهای شکست ترکیبی
- ضوابط پایداری ترک
- ضوابط رشد ترک
- تئوری شکست گریفیث
- روش‌های آزمایشگاهی محاسبه مقادیر بحرانی K و G
- تحلیل الاستوپلاستیک ترک
- مفاهیم پایه پلاستیسیته نوک ترک
- حل‌های پایه مرتبه یک
- حل‌های مرتبه بالا
- معیار بازشدگی ترک
- انتگرال J
- مدل ترک چسبنده
- مدل ترک مجازی

☞ دانشجوی موظف است در قالب مباحث نظری آموزش داده شده طبق نظر استاد مربوطه، یک پروژه مستقل ارائه نماید.



روش ارزیابی:

ارزیابی دانشجو در این درس، طبق نظر استاد مربوط و در موارد زیر صورت می‌پذیرد

| پروژه | آزمون‌های نهایی | میان‌ترم | ارزشیابی مستمر |
|-------|-----------------|----------|----------------|
| ... | آزمون نوشتاری | ... | ... |
| | ... | | |
| | عملکردی | | |
| | ... | | |

منابع:

- ۱- مکانیک شکست و خستگی دکتر رحمت‌ا. قاجار، انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی ۱۳۸۸.
2. Fundamentals of Rock Mechanics by Jaeger & Cook
3. Elastic and Plastic Fracture by A.G. Atkins & Y-W Mai
4. Deformation and Fracture Mechanics of Engineering Materials, R.W. Hertzberg, Fourth Edition.
5. Fracture Processes in Concrete, Rock and Ceramics, Vol.1 by J.G.M.vanMier, J.G.Rots and A.Balcker
6. Elementary Engineering Fracture Mechanics by David Brick
7. Fracture Mechanics by Nestor Perez



| | | | | |
|--|---------|----------|------------|------------------|
| درس پیش‌نیاز: ... | اختیاری | نوع درس | تعداد واحد | مهندسی نشست زمین |
| | | | ۳ | |
| | نظری | نوع واحد | تعداد ساعت | |
| | | | ۴۸ | |
| آموزش تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> | | | | |
| سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/> | | | | |

اهداف کلی درس:

سرفصل درس:

نشست طبیعی و تأثیر فرآیندهای زمین‌شناسی
توسعه مفاهیم و تئوری‌های نشست در معدنکاری
معدنکاری و حرکت زمین و تأثیر فاکتورهای مختلف
حرکت ناشی از استخراج زیرزمینی در روباره
گودال نشست نهایی
گودال نشست دینامیک
روش‌های پیش‌بینی نشست:
الف- روش‌های تابع پرفیل
ب - روش‌های تابع تأثیر
ج - مدل‌های فیزیکی
د- مدل‌های عددی و تحلیلی
پیش‌بینی نشست با استفاده از مدل تجربی SEH
نشست ناشی از روش استخراج اتاق و پایه
نشست ناشی از استخراج لایه‌های پرشیب زغال
نشست ناشی از تونل‌های کم‌عمق
نشست ناشی از استخراج آب زیرزمینی، فعالیت میدین گازی و نفتی و تبدیل به گاز لایه‌های زغالی
روش‌های اندازه‌گیری نشست
کنترل نشست زمین
تشریح جابجایی‌های زمین به کمک مدل‌های نشست



* دانشجوی موظف است در قالب مباحث نظری آموزش داده شده طبق نظر استاد مربوطه، یک پروژه عملی ارائه نماید.

روش ارزیابی:

ارزیابی دانشجو در این درس، طبق نظر استاد مربوط و در موارد زیر صورت می‌پذیرد

| پروژه | آزمون‌های نهایی | میان‌ترم | ارزشیابی مستمر |
|-------|-----------------|----------|----------------|
| ... | آزمون نوشتاری | ... | ... |
| | ... | | |
| | عملکردی | | |
| | ... | | |

منابع:

1. B.N. Whittaker, D.J. Reddish, Subsidence: occurrence, prediction and control, Elsevier science, 1989.
2. 1989.
3. Syd S. Peng, Surface subsidence engineering, SME, 1992.
4. N.C.B. Subsidence engineering, Handbook, 1966.
5. Helmut Kratzsch, mining subsidence engineering, Springer-Verlag, 1982.
6. T.L. Holzer, Man-induced land subsidence. Geological society of America, 1984.
7. E.C. Donaldson, Subsidence due to fluid withdrawal, Elsevier science, 1995.
8. V.B.H. Ketelaar, Satellite radar interferometry: Subsidence monitoring techniques, Springer, 2009.
9. G.J. Colaizzi, Pumped-slurry backfilling of abandoned coal mine workings for subsidence control at Rock Springs, Wyo, University of Michigan library, 1981.
10. S. Tandanand, Assessment of subsidence data from the northern Appalachian basin for subsidence prediction, University of Michigan library, 1982.
11. R. Dyni, Subsidence investigation over salt-solution mines in Hutchinson, KS, University of Michigan library, 1986.
12. A.C. Waltham, T. Waltham, Ground subsidence, Chapman and Hall, 1989
13. N. London, Site investigation in areas of mining subsidence, Transatlantic Arts, 1975
14. T. Waltham, F. Gladstone Bell, M.G. Culshaw, Sinkholes and subsidence: karst and cavernous rocks in engineering and construction, Springer

