

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 انتخابی می‌باشد که با توجه به سوابق آموزشی دانشجوی 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

۱۲	دروس الزامی
۱۲	دروس انتخابی
۲	سمینار
۶	پایان نامه
۳۲	جمع

۲. مواد آزمون ورودی

دروس آزمون در جدول شماره‌ی ۲ آمده است.

جدول شماره ۲، دروس آزمون ورودی و ضرایب آن‌ها

ردیف	نام درس
۱	ریاضی ۱ و ۲
۲	زبان تخصصی
۳	استاتیک و مقاومت مصالح
۴	مکانیک سنگ
۵	مکانیک خاک (ژئو تکنیک)
۶	زمین شناسی ساختمانی



۳. دروس جبرانی

دروس جبرانی رشته مطابق جدول ۳ 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 آموزشی مشخص و ارائه می‌شوند.

جدول شماره ۳، دروس جبرانی برای پذیرفته‌شدگان رشته‌های مختلف

ردیف	نام درس	تعداد واحد	مدرک کارشناسی
۱	مکانیک خاک (ژئوتکنیک)	۲	فارغ التحصیلان تمامی رشته های فنی و مهندسی به تشخیص گروه آموزشی
۲	مبانی مکانیک سنگ	۲	
۳	تحقیق در عملیات	۲	
۴	حفر چاه و فضاهای زیر زمینی	۲	
۵	آزمایشگاه مکانیک سنگ	۲	
۶	آزمایشگاه مکانیک خاک	۲	

۴. دروس اصلی

عناوین دروسی که کلیه دانشجویان موظف به گذراندن آن‌ها می‌باشند به شرح جدول ۴ است:

جدول شماره ۴، دروس اصلی و تخصصی

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	ژئومکانیک پیشرفته	۳
۲	روش‌های عددی در ژئومکانیک	۳
۳	مبانی طراحی و تحلیل فضاهای زیرزمینی	۳
۴	ریاضیات مهندسی پیشرفته	۳
	جمع کل	۱۲



۵، دروس انتخابی

حداقل ۱۲ واحد از بین دروس جدول ۵ بنا به تشخیص گروه آموزشی انتخاب می‌شود.

جدول ۵، دروس انتخابی

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	سازه‌های بتنی و فلزی در تونل سازی	۳
۲	تهویه‌ی پیشرفته در فضاهای زیرزمینی	۲
۳	زه‌کشی و آب‌کشی پیشرفته در فضاهای زیرزمینی	۲
۴	بازرسی، تعمیر و نگهداری تونل‌ها	۲
۵	مدیریت پروژه در تونل سازی	۲
۶	مباحث ویژه در تونل سازی	۲
۷	میکروتونل‌سازی	۲
۸	تحلیل دینامیک فضاهای زیر زمینی	۲
۹	عملیات اجرایی در تونل سازی	۲
۱۰	بهداشت، ایمنی، محیط زیست (HSE)	۲
۱۱	روش‌های تحکیم، ناتراواسازی و آب بندی در فضاهای زیرزمینی	۲
۱۲	روش‌های حفاری سنتی	۳
۱۳	ابزاربندی و رفتارسنجی در تونل	۳
۱۴	مهندسی ساختگاه تونل	۲



سرفصل دروس



۱- سرفصل دروس جبرانی

درس پیش‌نیاز ندارد	جبرانی	نوع واحد	تعداد واحد	مکانیک خاک (ژئوتکنیک)
			۲	
	نظری		تعداد ساعت	
			۳۲	
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> دارد				Soil Mechanics (Geotechniques)
سفر علمی <input checked="" type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>				

اهداف کلی درس: آشنایی با اصول پایه‌ی ژئوتکنیک

اهداف رفتاری: به کارگیری این اصول در احداث سازه‌های مهندسی در خاک

سرفصل درس:

۱- مشخصات اصلی خاک‌ها

طبیعت خاک‌ها، تحلیل اندازه ذرات خاک، پلاستیسیته‌ی خاک‌های ریز دانه، توصیف و دسته‌بندی خاک‌ها روابط فازی، تراکم خاک‌ها

۲- تراوایی

آب خاک‌ها، نفوذ پذیری، تئوری تراوایی، شبکه جریان، شرایط ناهمسان‌گردی خاک‌ها، شرایط خاک ناهمگون، شرایط انتقال تراوایی از میان سدهای خاکریزه‌ای (Embankment)، تزریق دوغاب، انجماد

۳- تنش موثر

اصول تنش موثر، واکنش تنش موثر در برابر تغییر در تنش کل، تأثیر تراوایی بر تنش موثر

۴- مقاومت برشی

معیار گسیختگی موهر، کلمب، آزمون‌های مقاومت برشی، مقاومت برشی ماسه‌ها، مقاومت برشی رس‌های اشباع، مفهوم حالات بحرانی تنش باقی‌مانده، ضریب فشار منفذی، اندازه‌گیری پیرومتر بر جا، شرایط زه‌کشی و پارامترهای مقاومت برشی در سرزمین، خزش، هوازگی و دگرسانی

۵- تنش‌ها و جابه‌جایی‌ها

الاستیسیته و پلاستیسیته، تنش‌ها در تئوری الاستیسیته، جابه‌جایی‌ها در تئوری الاستیسیته

۶- فشار جانبی زمین

تئوری رانکین در مورد فشار زمین، تئوری کلمب در مورد فشار زمین، کاربرد تئوری فشار زمین برای دیوارهای حفاظتی

۷- طراحی سازه‌های محافظت زمین (Earthtraining) دیوارهای نقلی و Cantilever، دیوارهای Cantilever sheet

pile، دیوارهای مهار شده یا Propped sheet pile، حفاریات Braced، دیوارهای دیافراگمی، زمین‌های تقویت شده



۸- تئوری تحکیم

آزمون Oedometer، نشست تحکیمی، روش یک بعدی نشست از طریق روش Bjerrum, Skempton، روش مسیر تنش، میزان یا درجه‌ی تحکیم، تئوری ترزاقی در تحکیم یک بعدی، تعیین ضریب تحکیم، تصحیح دوره احداث، روش یا راه حل عددی، زهکش‌های قائم

۹- ظرفیت باربری

ظرفیت باربری نهایی، ظرفیت باربری مجاز رس‌ها، ظرفیت باربری مجاز ماسه‌ها، ظرفیت باربری پایه‌ها یا شمع‌ها (Pile)، روش بهسازی زمین، حفریات، مهارهای زمین، نشست

۱۰- پایداری شیب‌ها

تحلیل برای شیب‌های بدون اصطکاک داخلی، روش برش‌ها، تحلیل یک لغزش انتقالی صفحه‌ای، روش‌های کلی تحلیل، پایان احداث و پایداری بلند مدت، سدهای خاکریزهای

۱۱- دسته بندی خاک‌ها و زمین‌های خاص از جنبه تونل سازی

زمین‌های پیچ خورنده (Raveling)، فشاری (Squeezing)، آماسی (Swelling) جریانی (Flowing) و رانشی (Running)

۱۲- بررسی و مطالعه زمین

روش‌های بررسی، نمونه برداری، نگاشت‌های گمانه‌ای، روش‌های ژئو فیزیکی

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
-	٪۴۰	آزمون نوشتاری	-
		٪۶۰	
		عملکردی	
		-	

منابع:

- 1- Craig, R.F. ; "Soil Mechanics"; 15th Edition; Chapman & Hall; 1994
- 2- Smith, G.N. ; "Elements of Soil Mechanics for Civil And Mining Engineers" Granada, New York; 1982
- 3- Hartman, H.L. (Editor); "SME Mining Engineering Handbook"; Vol. 1&2; 2nd Edition; SME Littleton Colorado; 1992; ch. 10-1



درس پیش نیاز ندارد	جبرانی	نوع واحد	تعداد واحد	مبانی مکانیک سنگ
	نظری		۲	
			تعداد ساعت	
			۳۲	
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد				Principles of Rock Mechanics
سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>				

اهداف کلی درس: آشنایی مختصر با مکانیک خاک، شناخت خصوصیات فیزیکی و مکانیکی سنگ ها و رفتار آنها تحت بارهای اعمالی، آشنایی با اصول تحلیل الاستیک و روابط تنش - کرنش به منظور ایجاد درک عملی برای به کارگیری آنها در تحلیل پایداری و طراحی فضاهای زیر زمینی و دیواره های شیب دار

اهداف رفتاری:

سرفصل درس:

مبانی مکانیک جامدات: تنش، تنش در یک نقطه، تنش در یک صفحه، دایره موهر، کرنش، کل کرنش، دایره موهر برای کرنش، روابط تنش، کرنش، انواع مواد از نظر رابطه تنش کرنش، رفتار ارتجاعی و غیر ارتجاعی سنگ ها، ملاک های شکست در سنگ ها، تنش های زمین تنش در پوسته جامد زمین، تنش های ثقلی، تنش های تکنونیک، تنش های محلی، تنش در پوسته باقیمانده، تاثیر عواملی نظیر چین خوردگی و فرسایش رویتش های زمین.

تنش های القایی، تمرکز تنش در اطراف فضاهای زیرزمینی، تنش در اطراف فضاهای زیر زمینی متعدد، تمرکز تنش در جداره یک ردیف تونل ها با مقطع دایره ای تحت میدان های مختلف تنش، تمرکز تنش در جداره یک ردیف تونل های با مقطع دایره تحت میدان های مختلف تنش، تمرکز تنش در جداره یک ردیف تونل های با مقطع تخم مرغی در میدان های مختلف تنش، روش های اندازه گیری تنش زمین، تنش در تونل های حفر شده با مقطع مربع مستطیل در سنگ های مطبق و لایه نازک، سقف اولیه و سقف اصلی تئوری تیرها، خصوصیات مکانیک و رفتار سنگ ها روش های آزمایشگاهی در مطالعه رفتار سنگ طبقه بندی ساختاری یا رده بندی مهندسی سنگ ها با تقسیم بندی ژنتیکی، ژئوتکنیکی خواص فیزیکی و اندیسی سنگ ها و طبقه بندی بر اساس آن ها ایستایی دیواره در معادن روباز



روش ارزیابی:

پروژه	آزمون‌های نهایی	میان‌ترم	ارزشیابی مستمر
-	آزمون نوشتاری	٪۴۰	-
	٪۶۰		
	عملکردی		
	-		

منابع:

- 1- Singh, R.N. and Ghose, A.K. ; "Engineering Rock Structures in mining and civil Construction"; Taylor & Francis Groupple; London; 2006
- 2- Hartman, H.L. (Editor); "SME Mining Engineering Handbook"; Vol 1&2; SME Littleton Colorado; 1992; Sec.10
- 3- Goodman R.E. ; "Introduction to Rock Mechanics" ; John Wiley & Sons; New York; 1980
- 4- Jaeger, J.C. and Cook, N.G.W. ; "Fundamentals of Rock Mechanics"; 3th Edition; Chapman and Hall; London; 1979



درس پیش نیاز ندارد	جبرانی	نوع واحد	تعداد واحد	تحقیق در عملیات
			۲	
	نظری		تعداد ساعت	
			۳۲	
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد				Operation Research
سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>				

اهداف کلی درس: آشنایی با مبانی مهندسی و تحلیل سیستم های معدنی، کسب دیدی جامع از تکنیک های پژوهش عملیاتی و کاربرد در تصمیم گیری بهینه در شرایط مختلف پروژه های معدنی، یادگیری کار با نرم افزارهای پژوهش عملیاتی
اهداف رفتاری: آشنایی با روشهای مختلف بهینه سازی (روش های ریاضی و ابتکاری) و نحوه حل و کاربردهای آن
سرفصل درس:

الف، نظری

۱- مهندسی و تحلیل سیستمها

۲- آشنایی با مهندسی سیستمها

روش کلی حل مسائل جنبه های عمومی تصمیم گیری جمع آوری داده ها (روش های جمع آوری تعداد نمونه ها
تکنیک های تحلیل (مدل های آماری، نمودارهای کنترلی مدل های ریاضی)

۳- پژوهش عملیاتی

تعاریف و مفاهیم مدل سازی ریاضی و کاربرد آن در پژوهش عملیاتی

برنامه ریزی خطی LP تعاریف مدل ریاضی مسائل برنامه ریزی خطی روش ترسیمی برای حل مسائل LP، حالت های خاص در LP

۴- روش سیمپلکس

تعاریف و مبانی روش حل مسائل استاندارد مسائل غیر استاندارد و روش حل آنها، تفاوت های شکلی در جدول سیمپلکس، قیمت سایه، مسئله ثانویه یک مسئله برنامه ریزی خطی، روابط بین مسئله اولیه و ثانویه، روش سیمپلکس دوگان، الگوریتم سیمپلکس اصلاح شده

۵- تحلیل حساسیت و برنامه ریزی پارامتری

تعریف، انواع حساسیتها، برنامه ریزی خطی پارامتری

۶- کاربرد

فرمولاسیون (مراحل پایه، مسائل اختلاط یا Blending مسائل زمان بندی تولید دوگانه یا Duality و کاربردها، Slackness تکمیلی و کاربردها

۷- مدل حمل و نقل

تعاریف و مفاهیم، مسئله حمل و نقل برنامه ریزی خطی، روش حل حالت های خاص کاربردها



۸- مسئله تخصیص و گسیل

مسئله تخصیص و برنامه ریزی خطی مسئله تخصیص و مدل حمل و نقل و روش حل حالت‌های خاص، کاربردها

ب، عملی

آشنایی با نرم افزارهای Lingo یا Lindo و Primavera یا MSPProject

ارائه و حل مسائل کاربردی و مسائل جامع به صورت تکلیف

روش ارزیابی:

پروژه	آزمون‌های نهایی	میان ترم	ارزشیابی مستمر
%۴۰	آزمون نوشتاری	-	-
	%۶۰		
	عملکردی		
	-		

منابع:

- ۱- مهرگان، محمد رضا، "پژوهش عملیاتی"، نشر سالکان، ۱۳۷۹
- ۲- حاج شری محمدی، علی، "مدیریت و کنترل پروژه"، جهاد دانشگاهی صنعتی اصفهان، ۱۳۶۷
- ۳- بانکی، محمد تقی، "برنامه ریزی شبکه ای"، مرکز نشر دانشگاهی
- ۴- هوسترولید، و. و کوچتام، "طراحی و برنامه ریزی معادن روباز"، ترجمه خدایاری، ع.ا.، یابوری شهر رضام، دانشگاه صنایع و معادن ایران، ۱۳۸۳
- 5- Hartman. H.L. (Editor); "SME Mining Engineering Handbook"; Vol 1&2; 2nd Edition; SME Littleton Colorado; 1992; ch. 8-3
- 6- Hillier, F.S. and Liberman, G. J.; "Introduction to operations Research"; McGraw-Hill; 2001



درس پیش‌نیاز ندارد	جبرانی	نوع واحد	تعداد واحد	حفر چاه و فضاهای زیر زمینی
			۲	
	نظری		تعداد ساعت	
			۳۲	
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> دارد				Shaft and Underground Excavation
سفر علمی <input checked="" type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>				

اهداف کلی درس: آشنایی با فضاهای زیر زمینی چاه و تونل و کاربرد آنها و روش های احداث تونل، چاه و دویل، مخاطرات و ملاحظات زیست محیطی در احداث فضاهای زیر زمینی

اهداف رفتاری:

سرفصل درس:

- ۱- کلیات مفاهیم و تعاریف تاریخچه و ضرورت طراحی و مراحل آن دسته بندی و مبانی دسته بندی فضاهای زیرزمینی عملیات واحد در حفر فضاهای زیرزمینی و دسته بندی روش های حفر آنها
- ۲- دسته بندی فضاهای زیرزمینی بر مبنای کاربرد معدن کاری، کاربردهای غیر معدنی و توضیح و مشخصات آنها (تونل های حمل و نق، انتقال آب و فاضلاب، چاهها مخازن ذخیره سازی، تولید برق دفن زباله ها)
- ۳- مخاطرات حفريات زیرزمینی
- ۴- مطالعات ساختگاهی
زمین شناسی و عوامل موثر بر احداث فضاهای زیرزمینی، ارزیابی های مکانیک سنگی
- ۵- اکتشافات ساختگاهی
- ۶- حفر تونل در زمین های سنگی
روش های حفر مقایسه و ملاحظات روش های حفر سنتی و مکانیزه، انتخاب روش حفر تونل با چال زنی و انفجار حفر تونل با TBM، حفر تونل یا ماشین های حفار بازویی، جنبه های اجرایی پوشش و نگهداری در تونل های سنگی
- ۷- انفجار در تونل ها (برش ها، فرمول و مدل های طراحی الگوی انفجار تونلی انفجار در تونل های امتدادی دنباله لایه ای زغالی)
- ۸- انفجار در چاهها و دویلها
پایین رو (تمام مقطع پله ای مارپیچ بالا رو چوب بست کاری چاه باز، الیماگ ژورا چال بلند)، چالزنی و انفجار تولیدی (روش قیفی قائم پرو چال بلند استخراج طبقات فرعی با چال های بادبزی روش استخراج اتاق و پایه روش استخراج کند و آکند)
- ۹- حفر تونل در زمین های نرم و ضعیف
طبقه بندی زمین های نرم تونل سازی سپری نگهداری و پوشش تونل های زمین های نرم، انتخاب روش، تونل سازی قطر کوچک (Microtunnelling)، لوله رانی



۱۰- حفر چاه و تونل

حفر چاه با چالزنی و انفجار (تجهیز، احداث دهانه، چالزنی و انفجار، بارگیری و باربری، اجرای پوشش و نگهداری)، روش‌های ویژه (دیوارهای چوبی، دیوارهای با ورق‌های فولادی یا بتنی، روش کیسون، حفر با پایین بردن سطح ایستایی، حفر با تزریق سیمان، حفر با انجماد) سیستم‌های حفر مکاتبه و حفر با چاه‌زن‌ها یا SBM ها و اجرای پوشش، سیستم‌های حفر دوپیل (چالزنی و انفجار سکوه‌های دوپیل زنی حفر با دوپیل زن‌ها یا RBM ها سیستم‌های حفر چاه از طریق تعریض دوپیل

۱۱- مخاطرات تونل سازی و ملاحظات زیست محیطی

۱۲- مروری بر روش‌های بهسازی زمین (Ground treatment)

۱۳- نمایش فیلم به منظور شناخت تجهیزات و دستگاه‌ها و نحوه عملکرد آن‌ها الزامی است

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
-	%۴۰	آزمون نوشتاری	-
		%۶۰	
		عملکردی	
		-	

منابع:

- 1- Whitteker, B.N and Frith, R.C; "Tunnelling design stability and construction", IMM;1990
- 2- Bickel,J.O. and Kusel, T.R; "Tunnel Engineering Hand Book", 1997
- 3- Hartman, H.L. (Editor); " SME Mining Engineering Handbook", Vol 1 & 2, 2nd Edition, SME Littleton Co. ; 1992; Sec 17-4, 24



درس پیش نیاز ندارد	جبرانی	نوع واحد	تعداد واحد	آزمایشگاه مکانیک سنگ
			۲	
	نظری		تعداد ساعت	
			۳۲	
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> دارد				Laboratory of Rock Mechanics
<input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> کارگاه <input checked="" type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/> سفر علمی				

اهداف کلی درس: آشنایی عملی با روش های اندازه گیری خصوصیات فیزیکی، مکانیکی و هیدرولیکی سنگ و خاک و نحوه ی انجام آزمایش ها و تعیین پارامترهای مکانیکی سنگ و خاک

اهداف رفتاری:

سرفصل درس:

دستورالعمل های عمومی، ایمنی و طرز تهیه گزارش

خصوصیات ذاتی: چگالی، رطوبت، تخلخل، نسبت حفره، وزن مخصوص

خصوصیات شاخص: بار نقطه ای، چکش اشمیت، دوام داری، تورق، مقاومت در برابر انجماد، سختی، سایش، شاخص سرشار

خصوصیات مکانیکی: مقاومت فشاری تک محوری، تغییر شکل پذیری، مقاومت کششی، مقاومت برشی، مقاومت فشاری سه محوری

روش ارزیابی:

پروژه	آزمون های نهایی	میان ترم	ارزشیابی مستمر
-	آزمون نوشتاری	-	%۷۰
	%۳۰		
	عملکردی		
	-		



درس پیش‌نیاز ندارد	جبرانی	نوع واحد	تعداد واحد	آزمایشگاه مکانیک خاک
			۲	
	نظری		تعداد ساعت	
			۳۲	
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> سمینار <input checked="" type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> سفر علمی				Laboratory of Soil Mechanics

اهداف کلی درس: آشنایی با تجهیزات متداول در اندازه گیری خصوصیات فیزیکی و مکانیکی خاک و روش کار با آنها

اهداف رفتاری:

سرفصل درس: شناخت تجهیزات آزمایشگاهی، نحوه کار، استانداردهای مربوطه، نحوه اندازه گیری خصوصیات و روش تجزیه تحلیل اطلاعات حاصله و نیز ارائه گزارش نتایج

آزمایشات تعیین خصوصیات فیزیکی (شامل تخلخل، پوکی، وزن مخصوص، میزان رطوبت، ...)

طبقه بندی خاک با استفاده از طبقه بندی آستو و متحد

آزمایشات تعیین خصوصیات مکانیکی (شامل محدود اتربرگ، سفتی یا قوام خاک، تراکم نسبی، فعالیت، آزمون‌های تحکیم یک بعدی، پارامترهای مقاومت برشی با تست سه محوری، ...)

آزمایشات نفوذپذیری در آزمایشگاه

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
-۷۰٪	-	آزمون نوشتاری	-
		۳۰٪	
		عملکردی	

منابع:

1-B.M.Das, 2006, Principles of Geotechnical Engineering



درس پیش‌نیاز ---	الزامی	نوع واحد	تعداد واحد	ژئومکانیک پیشرفته
	نظری		۳	
			تعداد ساعت	
		۴۸		
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/> ندارد				Advanced Geomechanics
<input type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار				

اهداف کلی درس: آشنایی با مسائل پیچیده مکانیک خاک و مکانیک سنگ و کاربرد آن در طراحی حفاریات زیرزمینی
اهداف رفتاری: شناخت و درک اصول حاکم بر ژئومکانیک و به کارگیری آن در طراحی حفاریات زیرزمینی به ویژه ارزیابی رفتار توده خاک/سنگ و تعیین پارامترهای طراحی
سرفصل درس:

۱- مروری بر رفتارهای خاک و سنگ

مروری بر رفتار سنگ بکر تحت بارهای تک محوری فشاری، سه محوره قراردادی و سه محوره واقعی بررسی رفتار خاک‌های دانه‌ای تحت آزمایش سه محوره زهکشی شده و زهکشی نشده- بررسی خاک‌های چسبنده تحت آزمایش تک محوره (ادنومتریک سه محوره تحکیم یافته تحکیم نیافته زهکشی شده و زهکشی نشده

۲- مدل‌های رفتاری الاستوپلاستیک

بیان معادلات الاستیک، الاستوپلاستیک، همراه و غیر همراه، مدل‌های الاستیک و الاستوپلاستیک سنگ بکر براساس آزمایشات سه محوره واقعی- بیان مدل‌های الاستیک و شبه الاستیک خاک، بیان نظریه بحرانی خاک و مدل‌های الاستوپلاستیک مبنی بر نظریه بحرانی (مدل‌های کمبریج) و مدل‌های حدسی خاک (موکلمب-)

۳- رفتار درزه سنگ‌ها و دگر شکل پذیری آن‌ها (قائم، برشی) تحت بار ثابت قائم، سختی ثابت قائم و مدل‌های رفتاری (جابجایی) تجربی (مدل بارتون- باندیس) و مدل‌های الاستوپلاستیک

۴- تئوری تحکیم خاک

بیان تئوری تحکیم ترزاقی و تئوری تحکیم بیوت
روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
	۴۰٪	آزمون نوشتاری	
		۶۰٪	
		عملکردی	
		-	



منابع:

- 1- Jaeger, Cook, Zimmerman, Fundamental of Rock Mechanics,2007
- 2- B.M. Das, 2006, Principles of Geotechnical Engineering
- 3- J.A. Hudson, J.P. Harrison, 1997, Engineering Rock Mechanics Volume 1&2



۲- درس الزامی

درس پیش نیاز ---	الزامی	نوع واحد	تعداد واحد	روش‌های عددی در ژئومکانیک
	نظری		۳	
			تعداد ساعت	
		۴۸		
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد				Numerical Methods in Geomechanics
<input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/> سفر علمی				

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 پروژه های ژئومکانیک به ویژه حفاریات زیرزمینی

سرفصل درس:

- ۱- کلیات، روش‌های عددی، اصول انرژی
- ۲- مقدمه‌ای بر روش تحلیل ماتریسی سازه‌ها
- ۳- مقدمه‌ای بر روش تفاضل‌های محدود
- ۴- مقدمه‌ای بر روش عناصر محدود
- ۵- مقدمه‌ای بر روش عناصر محدود (غیر خطی مادی) شامل حل مسائل الاستوپلاستیک به روش غیر صریح (ایمپلیست)
- ۶- مقدمه‌ای بر المان‌های تماسی (کانکتکت) درزه ای (جوینت)
- ۷- کاربرد روش‌های عددی در حل مسائل مکانیک خاک (نشست، گسترش تنش‌ها،...)
- ۸- کاربرد روش‌های عددی در حل مسائل مربوط به پی‌ها (پی‌های سطحی، شمع‌ها، دیواره‌های حائل،...)
- ۹- پروژه.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
	%۴۰	آزمون نوشتاری	%۲۰
		%۴۰	
		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



درس پیش نیاز ---	الزامی	نوع واحد	تعداد واحد	مبانی طراحی و تحلیل فضاهای زیرزمینی
	نظری		۳	
			تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/> ندارد				Principles of Underground Structures Design and Analysis
<input type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار				

اهداف کلی درس: آشنائی با مبانی طراحی و تحلیل حفريات زیرزمینی مختلف
اهداف رفتاری: شناخت و درک کامل مبانی طراحی سازه‌های زیرزمینی شامل نحوه تعیین مشخصات هندسی و ابعادی، ارزیابی نوع و میزان بارهای وارده بر سازه و نحوه ارزیابی اندرکنش سازه با توده سنگ درون گیر آن برای فضاهای زیرزمینی با کاربردهای مختلف

سرفصل درس:

۱- تنش در اطراف تونل‌ها

تنش‌های برجا، وضعیت تنش‌ها پس از حفر تونل، وضعیت تنش در توده‌های سنگی متجانس (همسان گرد) و الاستیک، وضعیت تنش در سنگ‌های با لایه بندی افقی، وضعیت تنش در سنگ‌های با لایه‌های شیب دار، رفتار خمیری (مومسان) سنگ‌ها در اطراف تونل، رفتار وابسته به زمان تونل‌ها

۲- روش‌های تحلیل تنش در تونل‌ها

تقسیم بندی روش‌های تحلیل تنش، روش‌های عناصر محدود دو بعدی، روش عناصر محدود سه بعدی، روش عناصر محدود شبه سه بعدی، روش‌های تفاوت‌های محدود و عناصر مجزا، روش عناصر مرزی، نرم افزارهای موجود برای تحلیل تنش در تونل‌ها

۳- ناپایداری در تونل‌ها

شکستگی سنگ‌ها، بلوک‌ها و گوه‌های سنگی، بررسی پایداری بلوک‌های سنگی، پایدار سازی کوه‌های سنگی، تیرهای سنگی، بر او رد زمان پابرجایی، بهینه سازی مشخصات تونل برای جلوگیری از ناپایداری

۴- مکانیسم شکستگی و ریزش در تونل‌ها

شکستگی و ناپایداری تونل و حفريات منفرد در توده‌های سنگی متجانس، شکستگی و ناپایداری در محیط‌های ناهمگن، توده‌های سنگی آماس پذیر و قابل انحناء، رابطه‌ی شکستگی‌ها و ساختار توده سنگ.

۵- ترکش سنگ

تاریخچه‌ی اتفاقات، تراز انرژی، مکانیسم ترکش سنگ، پیش بینی، کنترل ترکش سنگ



۶- روش‌های تحلیلی طراحی

تحلیل اندر کنش سنگ و سیستم نگهداری، مدل‌سازی عددی، مدل‌سازی فیزیکی

۷- روش‌های تجربی طراحی

استفاده از رده بندی بار سنگ ترزاقی، استفاده از رده بندی پروتودیاکونوف، استفاده از رده بندی لوفر و پاچر (زمان پابرجایی)، استفاده از شاخص کیفیت سنگ (RQD)، استفاده از رده بندی بر اساس ساختار سنگ (RSR)، استفاده از رده بندی ژئومکانیکی (RMR)، استفاده از سیستم رده بندی Q (NGL)، دستورالعمل استفاده از رده‌های مختلف در طراحی سیستم نگهداری

۸- روش‌های مشاهده‌ای طراحی

هدف‌های رفتار سنجی توده سنگ، پارامترهای مورد سنجش در رفتار سنجی، ویژگی‌های کلی سیستم‌های رفتار سنجی، مراحل کار در رفتار سنجی، ابزار مورد نیاز در رفتار سنجی، نحوه‌ی اندازه‌گیری تغییر شکل و جا به جایی در توده سنگ، چگونگی اندازه‌گیری‌ها با ابزار دقیق، ایستگاه‌های رفتار سنجی، رفتار سنجی ریز لرزه‌ها، تعبیر و تفسیر داده‌های رفتار سنجی، معیارهای ارزیابی داده‌های رفتار سنجی، جنبه‌های علمی رفتار سنجی، روش تونل سازی اتریسی جدی (NATM)، روش محدود سازی همگرایی

۹- بارهای موثر بر سیستم نگهداری

نقش وضعیت سنگ در بارهای موثر، تونل در سنگ‌های بکر و مقاوم، تونل در سنگ‌های لایه‌ای هوا نخورده و شیست‌ها، تونل در سنگ‌های توده‌ای نسبتاً درزه دار، تونل در سنگ‌های خرد شده، تونل در سنگ‌های بلوکی و رگه‌ای، فشار زمین در سنگ‌های تجزیه شده و رس‌ها، تونل در سنگ‌های چلبدنی و تورمی

۱۰- چوب بست

خواص فیزیکی چوب، خواص مکانیکی چوب، عیوب چوب، محافظت چوب، حفاظت چوب در برابر آتش، بارهای وارده بر چوب بست، تعیین ابعاد سیستم نگهداری چوبی، نحوه اجرای چوب بست در تونل‌ها

۱۱- قاب‌های فلزی

سابقه تاریخی سیستم‌های نگهداری فلزی، خواص مهندسی فولاد، انواع قاب‌های فولادی، ارزیابی بارهای وارده بر قاب‌های فلزی، طراحی و محاسبه قاب‌های فلزی

۱۲- پیچ سنگ

مکانیزم پیچ سنگ، تاریخچه تکامل و گسترش پیچ سنگ، طبقه بندی پیچ سنگ‌ها، انواع پیچ سنگ، انواع داوول، آزمایش پیچ سنگ، برآورد میزان گیرش پیچ سنگ، طراحی سیستم پیچ سنگ، طراحی پیچ سنگ برای پایداری بلوک‌های سنگی، طراحی پیچ سنگ‌های دوقلو (تراس‌ها)

۱۳- کابل‌های مهاری

مراحل تکامل کابل‌های مهاری، مقدار مقاومت پیوند کابل مهاری، دوغاب و دوغاب کاری، ظرفیت باربری کابل‌های مهاری، تأسیسات کابل مهاری، کابل‌های مهاری اصلاح شده، طراحی کابل‌های مهاری



۱۴- شاتکریت

انواع شاتکریت، اجزای شاتکریت، ترکیب شاتکریت، مقاومت شاتکریت، کنترل کیفیت شاتکریت، نحوه‌ی اجرای شاتکریت موارد استعمال شاتکریت در فضاهای زیرزمینی، طراحی تجربی شاتکریت، طراحی تحلیلی شاتکریت

۱۵- نگهداری با بتن

مزایا و معایب بتن، انواع بتن، اجزای تشکیل دهنده بتن، خواص اساسی بتن، تعیین ترکیب بتن، طرز تهیه و استفاده از بتن، بتن مسلح، نگهداری تونل با قطعات پیش ساخته بتنی، نگهداری تونل به روش بتن ریزی در جا، طراحی آستر بتن.

روش ارزیابی:

پروژه	آزمون‌های نهایی	میان ترم	ارزشیابی مستمر
-	آزمون نوشتاری	۴۰٪	-
	۶۰٪		
	عملکردی		
	-		

منابع:

- 1- R.S. Sinha, 1989, Underground structures, design and instrumentation
- 2- B. Singh and R.K. Goel, 2006, Tunneling in weak rocks
- 3- Walter Wittke, 2007, Stability Analysis and Design for Mechanized Tunneling
- 4- Walter Wittke, 2007, New Austrian Tunneling Method (NATM), Stability Analysis and Design



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

اهداف کلی درس:

اهداف رفتاری:

سرفصل درس:

- ۱- 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 (ابلیک) و مولفه‌های کوواریانت و کنتراواریانت و مخلوط بردارها و تنسورها
- ۲- آنالیز تنسوری غیرخطی: بیان چمبره‌ها (منیفولدها) و سیستم مختصات منحنی الخط، بیان بردارها و تنسورها در دستگاه‌های منحنی الخط، معرفی تنسورهای متریک، بیان مقادیر ویژه و بردارهای ویژه تنسورها، مشتق‌گیری از تنسورها بیان نشان‌ها (سیمیل) کریستوفل از نوع اول و دوم، ارائه مثال‌های مهندسی کاربردی از تنسورها مانند تنش کوشی کرنش‌های اویلری و لاگرانژی و تنسور نفوذ پذیری .
- ۳- سری فوریه کاربرد و محاسبه سری‌های عددی به کمک سری فوریه - تساوی بسل - پارسوال
- ۴- انتگرال فوریه - تعریف - قضایای مربوطه
- ۵- حساب تغییرات، روش‌های تقریبی (عددی) حل معادلات دیفرانسیل
- ۶- فرم دیفرانسیل خارجی
- ۷- متمم معادلات مشتق جزئی: حل معادله ریمان مرتعش به روش فوریه و روش دالامبر
- ۸- حل معادله انتقال حرارت در مختصات دکارتی
- ۹- حل معادله $U=0 \Delta$ مختصات دکارتی، مختصات استوانه‌ای و مختصات کروی
- ۱۰- متمم جبر ماتریس‌ها قضیه‌ها میلتن - کبلی
- ۱۱- حل دستگاه‌های معادله دیفرانسیل به روش ماتریسی - مسائل ویژه مقدار ماتریس
- ۱۲- حل دستگاه‌های معادله دیفرانسیل با استفاده از قضیه هامیلتن - کیلی برای حالات مختلف
- ۱۳- جبر بول - ماتریس بول و کاربرد آن
- ۱۴- کاربرد آمار در مکانیک سنگ



روش ارزیابی:

پروژه	آزمون‌های نهایی	میان ترم	ارزشیابی مستمر
-	آزمون نوشتاری	%۴۰	-
	%۶۰		
	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

