



جمهوری اسلامی ایران
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شورای عالی برنامه ریزی آموزشی



برنامه درسی رشته

مهندسی عمران

Civil Engineering

مقطع تحصیلات تکمیلی
(کارشناسی ارشد ناپیوسته و دکتری تخصصی)



گرایش

ژئوتکنیک	Geotechnical
----------	--------------

زیرگروه تحصیلی مهندسی عمران

برنامه درسی اختصاصی

دانشگاه صنعتی شیراز

(بر اساس آئین نامه تدوین و بازنگری برنامه های درسی
مصوب جلسه ۹۵۹ مورخ ۱۴۰۲/۰۱/۲۰ شورای عالی برنامه ریزی آموزشی)



جمهوری اسلامی ایران
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شورای گسترش و برنامه ریزی آموزش عالی



دانشگاه صنعتی شیراز

برنامه درسی رشته

مهندسی عمران

CIVIL ENGINEERING

کارشناسی ارشد ناپیوسته و دکتری تخصصی

مشمول بر گرایش های:

۱. مهندسی ژئوتکنیک | Geotechnical Engineering

تهیه کنندگان:

دکتر علی لشکری

دکتر پیلتن طباطبایی شوریجه

دکتر سید محمد بینش

دکتر علی جوهری

دکتر حسین رهنما

استاد، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی شیراز

دانشیار، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی شیراز

دانشیار، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی شیراز

استاد، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی شیراز

استادیار، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی شیراز



باسمه تعالی

تاریخ: ۱۴۰۳/۰۵/۰۹

شماره: ۵۷۶۲۰/۸۷

پیوست:

بدینوسیله به اطلاع می‌رساند برنامه درسی رشته مهندسی عمران گرایش ژئوتکنیک و زلزله دوره دکتری تخصصی در شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه صنعتی شیراز مورخ ۱۴۰۲/۰۷/۱۰ مطرح و مورد موافقت قرار گرفت. لذا جهت اجرا و اقدام لازم ارسال می‌گردد.

با آرزوی توفیق الهی
دکتر محمدرضا صالحی
معاون آموزشی دانشگاه صنعتی شیراز



با آرزوی توفیق الهی
دکتر محمدحسین شفیعی
رئیس دانشگاه صنعتی شیراز



دانشگاه صنعتی شیراز

جمهوری اسلامی ایران
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری



دانشگاه صنعتی شیراز

ریاست

شیراز، بلوار مدرس

دانشگاه صنعتی شیراز

www.sutec.ac.ir

تلفن: ۰۷۱۳۷۳۵۳۵۱۱

کد پستی: ۷۱۵۵۷-۱۳۸۷۶

صندوق پستی: ۷۱۵۵۵-۳۱۳

دورنگار ۰۷۱۳۷۳۶۲۱۰۲



فصل اول

مشخصات کلی برنامه درسی



الف- دوره کارشناسی ارشد



عنوان رشته: مهندسی عمران - ژئوتکنیک

Civil Engineering - Geotechnical Engineering

دوره کارشناسی ارشد

ب) مشخصات کلی، تعریف و اهداف

دوره کارشناسی ارشد یکی از دوره‌های آموزشی و پژوهشی آموزش عالی است. این دوره، شامل دروس نظری، کاربردی، آزمایشگاهی و برنامه تحقیقاتی جهت افزایش اطلاعات متخصصان مهندسی عمران می‌باشد که زمینه کافی جهت درک، کاربرد و توسعه آنچه در مرزهای فن و اجرا در این رشته می‌گذرد را فراهم می‌آورد. هدف تربیت افرادی است که توانایی لازم جهت طراحی و نظارت بر اجرای پروژه‌های تخصصی در زمینه مهندسی ژئوتکنیک را داشته باشند. مهندسی ژئوتکنیک شاخه‌ای از مهندسی عمران است که به رفتار خاکها و سنگها در شرایط مختلف می‌پردازد. دانش مهندسی ژئوتکنیک در کنار زمین‌شناسی مهندسی و مهندسی معدن از ارکان اصلی توسعه زیرساختها در کشور محسوب می‌شود.

به گونه‌ای بسیار خلاصه، دانش آموختگان باید شناخت کافی از زمین به عنوان تکیه‌گاه نهایی تمامی ابنیه و سازه‌ها را داشته باشند و بتوانند در زمینه طراحی و تحلیل پی‌ها و دیگر سازه‌های خاکی اظهار نظر کنند.

پ) ضرورت و اهمیت

ابنیه گوناگون بار خود را به زمین منتقل می‌کنند. بنابراین شناخت رفتار مصالح زمینی و اصول طراحی و ساخت پی برای ابنیه نقش مهمی در پروژه‌های عمرانی دارد.

ت) تعداد و نوع واحدهای درسی

جدول (۱) - توزیع واحدها

نوع دروس	تعداد واحد
دروس عمومی	-
دروس پایه	-
دروس تخصصی	۱۴
دروس اختیاری	۱۲
رساله / پایان‌نامه	۶
جمع	۳۲



ث) مهارت، توانمندی و شایستگی دانش آموختگان

مهارت‌ها، شایستگی‌ها و توانمندی‌های ویژه	دروس مرتبط دوره کارشناسی ارشد
توانایی درک و شبیه‌سازی عددی رفتار خاکهای دانه‌ای و چسبنده	مکانیک خاک پیشرفته- مدلسازی رفتار خاک- میکرومکانیک و روش اجزای گسسته- روانگرایی- مکانیک خاک‌های غیر اشباع
توانایی پیشنهاد و طراحی یک یا چند روش برای بهسازی خاکهای مساله دار و تسلیح خاک	بهسازی خاک- ژئوتکنیک زیست محیطی- مهندسی ژئوسنتتیک‌ها
شناخت آلاینده های خاک و توانایی پیشنهاد روشهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی اصلاح خاک های آلوده و طراحی انواع مدفن های مهندسی. شناخت انواع ژئوسنتتیک‌ها و کاربرد آنها در پروژه‌ها	ژئوتکنیک زیست محیطی- مهندسی ژئوسنتتیک‌ها
شناسایی ژئوتکنیکی زمین برای پروژه‌های عمرانی	تحقیقات محلی- زمین شناسی مهندسی پیشرفته- ژئوتکنیک لرزه‌ای- دینامیک خاک
تحلیل و طراحی ژئوتکنیکی ابنیه خاکی (سدهای خاکی، خاکچالهای مهندسی، ...)	سدهای خاکی- ژئوتکنیک زیست محیطی
اجرای پی و ابنیه خاکی و نظارت بر اجرا	تحلیل پایداری شیب و گودبرداری- مهندسی پی پیشرفته- سدهای خاکی- بهسازی خاک
طراحی و اجرای تونل و ابنیه زیرزمینی	زمین شناسی مهندسی پیشرفته- مکانیک سنگ- روش های عددی
انطباق ابنیه با مسایل زیست محیطی	ژئوتکنیک زیست محیطی- بهسازی خاک
توانایی کاربرد روشهای عددی برای حل مسایل پیچیده در حیطه مکانیک خاک، مکانیک سنگ، پی سازی و ...	روشهای عددی- روش اجزای محدود- روش اجزای محدود پیشرفته
توانایی تعیین بارهای حدی در مکانیک خاک و مسایل مرتبط با آن	تحلیل حدی در مکانیک خاک- کاربرد آمار و احتمالات در مهندسی ژئوتکنیک
مهارت‌ها، شایستگی‌ها و توانمندی‌های عمومی	دروس مرتبط دوره کارشناسی ارشد
توانایی درک و تحلیل رفتار مکانیکی خاکها	مکانیک خاک پیشرفته- روانگرایی- مکانیک خاک‌های غیر اشباع- دینامیک خاک
تحلیل و طراحی پی برای ابنیه (مثل پلها، اسکله‌ها، سکوها، دریایی، ...)	مهندسی پی پیشرفته- تحلیل پایداری شیب و گودبرداری- ژئوتکنیک دریایی- مهندسی ژئوسنتتیک‌ها- تحلیل حدی در مکانیک خاک
تحلیل رفتار لرزه‌ای سازه‌های خاکی و شناخت مخاطرات زلزله	ژئوتکنیک لرزه‌ای- دینامیک خاک- کاربرد آمار و احتمالات در مهندسی ژئوتکنیک- اندرکنش خاک و سازه
انجام امور تحقیقاتی	سمینار و روش تحقیق



ج) شرایط و ضوابط ورود به دوره

پذیرش دوره در چارچوب روشهای عمومی پذیرش دانشجو طبق مقررات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری صورت میگیرد.

تبصره: دانشجویانی که رشته مقطع قبلی آنان با این رشته غیرمرتبط می باشد بایستی تا ۱۲ واحد را به عنوان دروس جبرانی از میان دروس دوره قبل این رشته را در نیمسال اول تا دوم بگذرانند. انتخاب این دروس به تشخیص گروه آموزشی دانشگاه / موسسه می باشد و بایستی شامل دروسی باشد که دانش پایه و اصلی این رشته را در بر بگیرد. تعداد واحدهای جبرانی نیز به تشخیص گروه آموزشی دانشگاه / موسسه و بر مبنای میزان ارتباط رشته با رشته دوره قبلی دانشجو می باشد.



ب- دوره دکتری



عنوان رشته: مهندسی عمران-ژئوتکنیک

Civil Engineering - Geotechnical Engineering

دوره دکتری

ب) مشخصات کلی، تعریف و اهداف

دوره دکتری مهندسی عمران - ژئوتکنیک بالاترین مقطع تحصیلی در این زمینه هست که به اعطای مدرک می انجامد. دوره دکتری بالاترین مقطع تحصیلی در آموزش عالی است و به دو مرحله آموزشی و پژوهشی مستقل از هم تقسیم می شود و با دفاع از رساله پایان می یابد.

این دوره مجموعه ای هماهنگ از فعالیت های آموزشی و پژوهشی است و محور اصلی فعالیت های علمی دوره دکتری به تناسب موضوع، پژوهش نظری، پژوهش تجربی و یا تلفیقی از این دو است و آموزش وسیله برطرف ساختن کاستی های اطلاعاتی داوطلب و هموار ساختن راه حصول به اهداف پژوهش می باشد.

هدف از برگزاری این دوره تربیت افرادی است که علاوه بر توانایی در آموزش مهندسين، با نوآوری در زمینه های مختلف مهندسی ژئوتکنیک در گسترش مرزهای دانش و رفع نیازهای کشور موثر باشند. این دوره مجموعه ای از فعالیت های آموزشی و پژوهشی است.

هدف از دوره دکتری، ضمن احاطه یافتن بر آثار علمی مهم در یک زمینه خاص از مهندسی عمران، رسیدن به یک یا چند مورد از موارد زیر است:

- آشنا شدن با روش های پیشرفته پژوهش و کوشش برای نوآوری در این زمینه

- دستیابی به جدیدترین مبانی علمی، تحقیقاتی و فناوری

- نوآوری در زمینه های علمی، تحقیقی و کمک به پیشرفت و گسترش مرزهای دانش

- تسلط یافتن بر یک یا چند هدف زیر:

۱- تعلیم، تحقیق و برنامه ریزی

۲- طراحی، اجرا، نظارت و ارزیابی

۳- تجزیه و تحلیل و حل مسائل علمی در مرزهای دانش

۴- حل مشکلات عملی جامعه در یکی از زمینه های مهندسی عمران



پ) ضرورت و اهمیت

ابنیه گوناگون بار خود را به زمین منتقل می کنند. بنابراین شناخت رفتار مصالح زمین و اصول طراحی و ساخت پی برای ابنیه نقش مهمی در پروژه های عمرانی دارد.

رشته مهندسی عمران-ژئوتکنیک دانشجویان را برای نقش آفرینی در طیف گسترده ای از تخصص های ذیربط و حل مسائل مهندسی و ارائه راهکار برای چالش های موجود در این حوزه مطالعاتی آماده می کند.

ت) تعداد و نوع واحدهای درسی

دوره دکتری دارای دو مرحله آموزشی و پژوهشی (تدوین رساله) می باشد. نحوه ورود و خاتمه هر مرحله و حداقل و حداکثر طول دوره مطابق آیین نامه دوره دکتری وزارت علوم، تحقیقات و فناوری می باشد. دوره دکتری با دفاع از رساله پایان می یابد.

دانشجو موظف است در بدو ورود به دوره، استاد راهنمای خود را انتخاب نماید. در همین زمان کلیات زمینه تحقیقاتی دانشجو و ریز دروس مربوطه باید توسط دانشجو، زیر نظر استاد راهنما تهیه و به تصویب شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده برسد.

- مرحله آموزشی

در مرحله آموزشی دوره دکتری مهندسی عمران، گذراندن ۱۵ واحد درسی از دروس دوره های تحصیلات تکمیلی (علاوه بر واحدهای قبلی گذرانده شده در مقطع کارشناسی ارشد) اجباری است و دانشجو باید در پایان مرحله آموزشی، علاوه بر واحدهایی که طبق مقررات به عنوان دروس اجباری و اختیاری در دوره کارشناسی ارشد گذرانده است، از گرایش مربوطه یا سایر گرایش ها طبق ضوابط واحد درسی اخذ نماید. ضمناً رساله دکتری شامل تعداد ۲۱ واحد می باشد، که بعد از گذراندن امتحان جامع قابل اخذ می باشد.

- امتحان جامع

دانشجویانی که همه واحدهای دروس مرحله آموزشی خود را با موفقیت گذرانده باشند، می توانند در آزمون جامع شرکت نمایند. این آزمون بصورت کتبی و شفاهی برگزار شده و دانشجو حداکثر دوبار می تواند در آن شرکت نماید.
تبصره:

۱- دروس قابل ارائه برای دانشجویان دوره دکتری از میان مجموعه دروس تحصیلات تکمیلی رشته تحصیلی دانشجو (با موافقت استاد راهنما و گرایش مربوطه) تعیین می گردد. ضمناً دانشجویان در مقطع دکتری نباید دروسی را اخذ نمایند که در دوره کارشناسی ارشد آن دروس را گذرانده اند.

۳- در دوره دکتری در صورت تایید استاد راهنما و گروه مربوطه، دانشجو می تواند حداکثر دو درس خود را از سایر گرایش های عمران و سایر رشته های مرتبط اخذ نماید. تعیین دروس تخصصی دانشجویان دکتری به تشخیص سرپرست گرایش یا استاد راهنمای دانشجو از بین جداول دروس تعیین شده برای دوره دکتری صورت می گیرد.



جدول (۱) - توزیع واحدها

نوع دروس	تعداد واحد
دروس عمومی	-
دروس پایه	-
دروس تخصصی	۱۵
رساله / پایان نامه	۲۱
جمع	۳۶

ث) مهارت، توانمندی و شایستگی دانش‌آموختگان

تربیت مدرسین دانشگاه و آشنایی با روش‌های پیشرفته تحقیق لازمه پیشرفت پایدار و تربیت مهندسين جهت انجام خدمات مهندسی در کشور می‌باشد.

از دانش‌آموختگان دوره دکتری انتظار می‌رود که ضمن اشراف به آخرین یافته‌های علمی و اجرایی تخصص مربوط به خود، در مواردی که در حین طرح و اجرای یک پروژه عمرانی راه حل مشخص و مدونی وجود ندارد، قادر باشند با استفاده از آموزه‌های دوران تحصیل (بخش آموزش و پژوهش)، راه حل مناسب، بهینه و قابل قبول در سطح جامعه حرفه‌ای ارائه نمایند. بخش دیگری از دانش‌آموختگان این دوره تدریس در دانشگاه‌ها و تربیت مهندسين عمران توانمند در دوره‌های کارشناسی و تحصیلات تکمیلی می‌باشد که بالطبع انتظار می‌رود در تولید علم و تبدیل علم به ایده و ثروت نقش موثری داشته باشند.

دانش‌آموختگان این دوره دارای قابلیت‌های لازم برای انجام کارهای زیر می‌باشند:

الف) آشنایی با روش‌های تحقیق و نوآوری در این زمینه

ب) آشنایی با روش‌های تعلیم و برنامه‌ریزی جهت تدریس در دانشگاه‌ها و تربیت مهندسين

ج) انجام امور تحقیقاتی و نوآوری در زمینه‌های علمی، تحقیقاتی و کمک به پیشرفت و گسترش مرزهای دانش



مهارت‌ها، شایستگی‌ها و توانمندی‌های ویژه	دروس مرتبط دوره دکتری
توانایی شبیه‌سازی عددی رفتار خاکهای دانه‌ای و چسبنده	مدلسازی رفتار خاک- میکرومکانیک و روش اجزای گسسته- روانگرایی- مکانیک خاک‌های غیر اشباع (پیش نیاز: مکانیک خاک پیشرفته)
توانایی پیشنهاد و طراحی یک یا چند روش برای بهسازی خاکهای مساله دار	بهسازی خاک- ژئوتکنیک زیست محیطی- مهندسی ژئوسنتتیک‌ها
شناخت انواع ژئوسنتتیک‌ها و کاربرد آنها در پروژه‌ها	ژئوتکنیک زیست محیطی- مهندسی ژئوسنتتیک‌ها
شناسایی ژئوتکنیکی زمین برای پروژه‌های عمرانی	تحقیقات محلی- زمین‌شناسی مهندسی پیشرفته- ژئوتکنیک لرزه‌ای
تحلیل و طراحی ژئوتکنیکی ابنیه خاکی (سدهای خاکی، خاکچالهای مهندسی، ...)	سدهای خاکی- ژئوتکنیک زیست محیطی
اجرای پی و ابنیه خاکی و نظارت بر اجرا	تحلیل پایداری شیب و گودبرداری- سدهای خاکی- بهسازی خاک (پیش نیاز: مهندسی پی پیشرفته)
طراحی و اجرای تونل و ابنیه زیرزمینی	زمین‌شناسی مهندسی پیشرفته- مکانیک سنگ- روش‌های عددی
انطباق ابنیه با مسایل زیست محیطی	ژئوتکنیک زیست محیطی- بهسازی خاک (پیش نیاز: مکانیک خاک پیشرفته)
توانایی کاربرد روشهای عددی برای حل مسایل پیچیده در حیطه مکانیک خاک، مکانیک سنگ، پی‌سازی و ...	روشهای عددی- روش اجزای محدود- روش اجزای محدود پیشرفته (پیش نیاز: روش‌های عددی)
توانایی تعیین بارهای حدی در مکانیک خاک و مسایل مرتبط با آن	تحلیل حدی در مکانیک خاک- کاربرد آمار و احتمالات در مهندسی ژئوتکنیک
مهارت‌ها، شایستگی‌ها و توانمندی‌های عمومی	دروس مرتبط دوره دکتری
توانایی درک و تحلیل رفتار مکانیکی خاکها	روانگرایی- مکانیک خاک‌های غیر اشباع (پیش نیاز: دینامیک خاک)
تحلیل و طراحی پی برای ابنیه (مثل پلها، اسکله‌ها، سکوها، دریایی، ...)	تحلیل پایداری شیب و گودبرداری- ژئوتکنیک دریایی- مهندسی ژئوسنتتیک‌ها- تحلیل حدی در مکانیک خاک (پیش نیاز: مهندسی پی پیشرفته)
تحلیل رفتار لرزه‌ای سازه‌های خاکی و شناخت مخاطرات زلزله	ژئوتکنیک لرزه‌ای- کاربرد آمار و احتمالات در مهندسی ژئوتکنیک- اندرکنش خاک و سازه

ج) شرایط و ضوابط ورود به دوره

پذیرش دوره در چارچوب روش‌های عمومی پذیرش دانشجو طبق مقررات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری



تبصره: دانشجویانی که رشته مقطع قبلی آنان با این رشته غیرمرتبط می‌باشد (یعنی کارشناسی ارشد آنها رشته‌ای از مهندسی عمران غیر از ژئوتکنیک باشد)، بایستی ۹ واحد را به عنوان دروس جبرانی از میان دروس دوره قبل این رشته را در نیمسال اول تا دوم بگذرانند. این دروس عبارتند از دینامیک خاک، مهندسی پی پیشرفته و مکانیک خاک پیشرفته.



فصل دوم

جدول عناوین و مشخصات دروس



جدول (۳) - عنوان و مشخصات کلی دروس تخصصی گرایش ژئوتکنیک - دوره کارشناسی ارشد

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد (۱-۳ واحد)	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز	هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی		
۱.	مکانیک خاک پیشرفته	۳	۳	-	-	۴۸	-	ندارد	ندارد
۲.	دینامیک خاک	۳	۳	-	-	۴۸	-	ندارد	ندارد
۳.	مهندسی پی پیشرفته	۳	۳	-	-	۴۸	-	ندارد	ندارد
۴.	مکانیک سنگ*	۳	۲	۱	-	۳۲	۳۲	ندارد	ندارد
۵.	مکانیک محیط های پیوسته*	۳	۳	-	-	۴۸	-	ندارد	ندارد
۶.	سمینار و روش تحقیق	۲	۲	-	-	۳۲	-	ندارد	ندارد
۷.									
۸.									
۹.									
۱۰.									

* دانشجویان مجاز به اخذ یکی از این دروس می باشد.



جدول (۴)- عنوان و مشخصات کلی دروس اختیاری گرایش ژئوتکنیک- دوره کارشناسی ارشد و دکتری

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد (۱-۳ واحد)	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز	هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی		
۱.	مهندسی ژئوسنتتیک‌ها	۳	۳	-	-	۴۸	-	ندارد	ندارد
۲.	مدلسازی خاک	۳	۳	-	-	۴۸	-	ندارد	ندارد
۳.	بهسازی خاک	۳	۳	-	-	۴۸	-	ندارد	ندارد
۴.	روانگرایی	۳	۳	-	-	۴۸	-	مکانیک خاک پیشرفته	ندارد
۵.	ژئوتکنیک زیست محیطی	۳	۳	-	-	۴۸	-	ندارد	ندارد
۶.	زمین شناسی مهندسی پیشرفته	۳	۳	-	-	۴۸	-	ندارد	ندارد
۷.	سدهای خاکی	۳	۳	-	-	۴۸	-	ندارد	ندارد
۸.	مکانیک خاک‌های غیر اشباع	۳	۳	-	-	۴۸	-	ندارد	ندارد
۹.	کاربرد آمار و احتمالات در مهندسی ژئوتکنیک	۳	۳	-	-	۴۸	-	ندارد	ندارد
۱۰.	روش اجزا محدود پیشرفته (غیر خطی)	۳	۳	-	-	۴۸	-	روش اجزا محدود	ندارد
۱۱.	روش اجزا محدود	۳	۳	-	-	۴۸	-	ندارد	ندارد

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد (۱-۳ واحد)	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز	هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی		
۱۲.	تحلیل حدی در مکانیک خاک	۳	۳	-	-	۴۸	-	ندارد	ندارد
۱۳.	روش‌های عددی	۳	۳	-	-	۴۸	-	ندارد	ندارد
۱۴.	ژئوتکنیک لرزه‌ای	۳	۳	-	-	۴۸	-	ندارد	ندارد
۱۵.	اندرکنش خاک و سازه	۳	۳	-	-	۴۸	-	ندارد	ندارد
۱۶.	تحلیل پایداری شیب و گودبرداری	۳	۳	-	-	۴۸	-	ندارد	ندارد
۱۷.	میکرومکانیک و اجزا گسسته	۳	۳	-	-	۴۸	-	مکانیک خاک پیشرفته	ندارد
۱۸.	ژئوتکنیک دریایی	۳	۳	-	-	۴۸	-	مهندسی پی پیشرفته	ندارد
۱۹.	تحقیقات محلی	۳	۳	-	-	۴۸	-	ندارد	ندارد



فصل سوم

ویژگی‌های دروس



عنوان درس به فارسی: مکانیک خاک پیشرفته		عنوان درس به انگلیسی: Advanced Soil Mechanics	
نوع درس و واحد			
پایه ☐	نظری ☒	ندارد	
تخصصی ☒	عملی ☐	ندارد	
اختیاری ☐	نظری-عملی ☐	۳	تعداد واحد:
رساله / پایان نامه ☐		۴۸	تعداد ساعت:

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف کلی:

- شناخت سازو کارها و نظام‌های حاکم بر رفتار مکانیکی رس‌ها و خاک‌های دانه‌ای

اهداف ویژه:

- درک مفهوم تنش موثر
- آشنایی نظری با ابزارهای آزمایشگاهی سنجش رفتارهای مقاومتی و تغییر شکلی خاک
- درک مفهوم مکانیک خاک حالت بحرانی
- آشنایی، حل مساله و تلاش برای پیش‌بینی رفتار خاک با یک مدل رفتاری سازگار با مکانیک خاک حالت بحرانی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مفهوم تنش موثر (effective stress) در مکانیک خاک (soil mechanics)

- مقدمه و مرور ادبیات فنی موضوع
- تنش موثر با در نظر گرفتن تراکم‌پذیری (compressibility) فازهای مختلف محیط متخلخل (porous medium)
- تنش موثر برای محیط‌های متخلخل دانه‌ای، تنش موثر برای سنگهای متخلخل و تنش موثر در گسیختگی

۲. شیمی کانی‌های رسی

- مقدمه و مرور ادبیات فنی موضوع
- کانی‌های رسی
- لخته شدن و پراکنش دانه‌های کانی‌های رسی
- اثر آب بر کانی‌های رسی
- اثر آب بر استحکام کانی‌های رس، مفهوم حد روانی و حد خمیری، شاخص خمیری و فعالیت
- ویژگی‌های مهندسی کانی‌های رسی شامل گذردهی آب، مقاومت برشی و تراکم‌پذیری

۳. خاک‌های دانه‌ای: اثر شکل دانه‌ها و منحنی دانه بندی بر رفتار مکانیکی

- مقدمه و مرور ادبیات فنی موضوع
- اثر دانه بندی بر رفتار مکانیکی خاکهای درشت دانه
- متغیرهای بیانگر کمی شکل دانه‌ها
- همبستگی‌های تجربی میان زاویه اصطکاک داخلی پسماند/حالت بحرانی و پارامترهای شکل دانه‌ها
- همبستگی‌های تجربی میان نسبت تخلخل حالت بحرانی و پارامترهای شکل دانه‌ها

۴. سنجش مقاومت برشی خاک

- مقدمه و مرور ادبیات فنی موضوع
- آزمون‌های برشی مستقیم شامل شرح مولفه‌های میدان تنش و جابجایی، محاسبه زاویه اصطکاک داخلی اوج و پسماند، زاویه اتساع
- آزمون سه محوری شامل شرح مولفه‌های میدان تنش کل، تنش موثر و کرنش، محاسبه زاویه اصطکاک داخلی اوج و حالت بحرانی، آزمونهای سه محوری فشاری و کششی، آزمونهای سه محوری تحکیم یافته زهکشی شده، سه محوری تحکیم یافته زهکشی نشده، تحکیم نیافته زهکشی نشده، آزمون تک محوری، محاسبه ضرایب مقادیر تنش، مفهوم مسیر تنش کل، مسیر تنش موثر، مسیر کرنش، انواع رفتارهای خاکهای دانه‌ای و رسی در آزمون سه محوری زهکشی نشده، ضرایب اضافه فشار آب حفره ای اسکمپتون (Skempton)



- آزمون برش ساده شامل شرح مولفه های میدان تنش و کرنش، انواع مختلف آزمون برش ساده
- آزمون برش سه محوری واقعی شامل شرح مولفه های میدان تنش و کرنش، انواع مختلف آزمون برش سه محوری واقعی
- آزمون برش پیچشی استوانه توخالی و شرح مولفه های میدان تنش و کرنش در این آزمون
- گزینش مناسب آزمون سنجش رفتار تنش-کرنش-مقاومت خاک

۵. تراکم و تورم خاک

- مقدمه و مرور ادبیات فنی موضوع: تراکم و تورم در میدان تنش موثر همسان در آزمون سه محوری
- بیش تحکیم یافتگی و نسبت تنش تسلیم
- مفهوم حالت نمونه خاک در سمت تر و خشک بحرانی
- تراکم و تورم یک بعدی در آزمون تحکیم ادئومتری

۶. مکانیک خاک حالت بحرانی

- مقدمه و مرور ادبیات فنی موضوع: رفتار عمومی نمونه های بازسازی شده خاک در برش
- معرفی مفهوم حالت بحرانی و خط حالت بحرانی
- حل مسائل در شرایط مختلف تراکم، تنش موثر دور گیر، مسیر تنش موثر و بیش تحکیم یافتگی

۷. مقاومت برشی اوج

- مقدمه و مرور ادبیات فنی موضوع
- معرفی سازوکارهای کلمب و تیلور برای توضیح وابستگی میان مقاومت برشی اوج و رفتار اتساعی خاک
- مرور داده های تجربی وابستگی میان مقاومت برشی اوج و رفتار اتساعی
- پوش مقاومتی زهکشی شده رسهای با بیش تحکیم یافتگی بالا در مود برش مستقیم و سه محوری زهکشی شده
- توسعه معادلات رفتاری ساده میان اوج مقاومت برشی و اتساع در چارچوب مکانیک خاک حالت بحرانی
- رفتار حدی نمونه های رس عادی و بیش تحکیمی

۸. مدل رفتاری Cam-Clay

- مقدمه و مرور
- توسعه معادلات رفتاری
- حل مسائل در شرایط مختلف تراکم، تنش موثر دور گیر، مسیر تنش موثر و بیش تحکیم یافتگی

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ارائه داده های تجربی آزمایشهای موجود توسط دیگر پژوهشگران به منظور پشتیبانی از نظریات ارائه شده.

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال	۲۰ درصد
آزمون میان نیم سال	۴۰ درصد
آزمون پایان نیم سال	۴۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

رایانه جهت برنامه نویسی پروژه پایان نیم سال بر مبنای مدل رفتاری Cam-Clay

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Wood D.M. (۱۹۹۰). Soil Behavior and Critical State Soil Mechanics. Cambridge University Press.
۲. Das B.M. (۲۰۱۹). Advanced Soil Mechanics (۵th Eds.). Taylor & Francis.
۳. Budhu M. (۲۰۱۱). Soil Mechanics and Foundations (۳rd Eds.). John Wiley & Sons.
۴. Atkinson J. (۲۰۰۷). The Mechanics of Soils and Foundations (۲nd Eds.). Taylor & Francis.
۵. Mitchell J.K., Soga K. (۲۰۰۵). Fundamentals of Soil Behavior (۳rd Eds.). John Wiley & Sons.



عنوان درس به فارسی: دینامیک خاک		عنوان درس به انگلیسی: Soil Dynamics	
نوع درس و واحد			
پایه ☐	نظری ☒	ندارد	دروس پیش نیاز:
تخصصی ☐	عملی ☐	ندارد	دروس هم نیاز:
اختیاری ☒	نظری-عملی ☐	۳	تعداد واحد:
رساله / پایان نامه ☐		۴۸	تعداد ساعت:

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف کلی:

- آشنایی با مباحث و طراحی های لرزه ای در علم مکانیک خاک

اهداف ویژه:

- آشنایی با علل وقوع زمین لرزه و انواع امواج ناشی از وقوع زمین لرزه
- آشنایی با مخاطرات رخداد زلزله در مهندسی ژئوتکنیک
- آشنایی با طراحی لرزه ای سازه های ژئوتکنیک

پ) مباحث یا سرفصل ها:

۱. تکتونیک صفحه ای + انواع گسل ها
۲. مشخصات دینامیکی خاک ها
 - مشاهدات آزمایشگاهی رفتار دینامیکی خاک های مختلف
 - تاثیر عوامل مختلف بر متغیرهای دینامیکی خاک ها
 - روابط تجربی برای متغیرهای دینامیکی خاک ها
 - اندازه گیری آزمایشگاهی و میدانی متغیرهای دینامیکی خاک ها
۳. زلزله (مهمترین بارگذاری دینامیکی)
 - منشأ، بزرگی و شدت زلزله
 - (پارامترهای کمی حرکت زمین) شتاب، سرعت، جابجایی، فرکانس، مدت تداوم
 - طیف پاسخ زلزله
 - تعیین پارامترهای زلزله
۴. تئوری ارتعاشات و انتشار امواج
 - ارتعاش سیستم یک درجه و دو درجه آزادی
 - معرفی ارتعاشات چند درجه آزادی
 - انتشار موج در نیم فضای الاستیک
 - معادلات انتشار یک بعدی موج برشی
۵. اثر ساختگاه
 - محاسبه تاثیر لایه های سطحی بر پارامترهای حرکت زمین با استفاده از روش خطی معادل
 - تاثیر توپوگرافی سطحی و توپوگرافی سنگ بستر
 - روانگرایی خاک ها
 - انواع مختلف روانگرایی و عوارض ناشی از آن



- مکانیزم روانگرایی
- روش‌های تعیین پتانسیل روانگرایی (معرفی روش آیین‌نامه‌های مختلف)
- ۷. تحلیل لرزه‌ای شيروانی‌ها
- تحلیل شبه استاتیکی پایداری
- روش‌های تخمین تغییر شکل
- ۸. تحلیل لرزه‌ای دیوارهای نگهبان
- فشار جانبی خاک هنگام زلزله (روش مונوبه اکابه)
- روش‌های تعیین میزان جابجایی دیوار
- تاثیر آب بر رفتار لرزه‌ای دیوارها
- ۹. طراحی پی‌های ماشین آلات
- انواع ارتعاشات پی
- کنترل دامنه و فرکانس
- ارتعاشات کنترل نشست

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

-ارائه تکلیف‌های کلاسی جهت انجام و ارائه محاسبات دستی در بخش‌های مقدماتی اولیه

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۲۰ درصد
آزمون میان نیم سال	۳۰ درصد
آزمون پایان نیم سال	۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

انجام برنامه نویسی در محیط برنامه نویسی *MATLAB* در بخش‌های مختلف سر فصل

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

- ۱- Kramer, Steven Lawrence., Geotechnical earthquake engineering (Prentice-Hall civil engineering and engineering mechanics series), ۱۹۹۶
- ۲- Ishihara, K. (۱۹۹۵). Earthquake Geotechnical Engineering (1st Eds.). Cambridge University Press.
- ۳- Das, B. M. (۲۰۱۱) Soil Dynamics.



عنوان درس به فارسی: مهندسی پی پیشرفته		عنوان درس به انگلیسی: Advanced Foundation Engineering	
نوع درس و واحد			
■ نظری	□ پایه	ندارد	
□ عملی	■ تخصصی	ندارد	
□ نظری-عملی	□ اختیاری	۳	تعداد واحد:
□ رساله / پایان نامه		۴۸	تعداد ساعت:

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر:

هدف کلی:

- پس از گذراندن این درس دانشجو باید قادر به درک رفتار پی و اندرکنش آن با خاک و سازه باشد.
- پس از گذراندن این درس دانشجو باید در خصوص طراحی و اجرای انواع پی از دیدگاه ژئوتکنیکی دانش نسبتاً جامعی بدست آورده باشد.

اهداف ویژه:

- آشنایی دانشجویان با فضاهای حرفه ای در حوزه طراحی و اجرای انواع پی
- تقویت توان دانشجو در خصوص طراحی ژئوتکنیکی انواع پی از طریق جمع بندی دانش قبلی (دوره کارشناسی) و تکمیل مباحث

پ) مباحث یا سرفصل ها:

۱. ظرفیت باربری زمین
 - نظریه های مختلف باربری زمین
 - اعتبار نظریات کلاسیک ظرفیت باربری
 - نکات مهم در بکارگیری روابط ظرفیت باربری
 - ظرفیت باربری بر اساس روشهای عددی
 - ضرایب اطمینان و احتمال گسیختگی
۲. نشست و تغییر شکل خاک
 - ملاحظات تعیین متغیرهای نشست آنی (خطی و غیر خطی)
 - ملاحظات تعیین متغیرهای نشست دراز مدت (تحکیم و خزش)
 - محاسبه نشست آنی و دراز مدت (روشهای ساده، تجربی، عددی)
 - محاسبه و تخمین نشست غیر یکنواخت و دوران پی
 - قابلیت اعتماد محاسبات نشست و درس های حاصل از اندازه گیری ها
 - انتخاب نشست کل و نسبی مجاز در یک پروژه
 - سایر علل تغییر شکل (مثل خاک دستی، تورم، آب شستگی زیر سطحی، خزش، یخبندان)
۳. طراحی و اجرای پی های سطحی
 - انواع پی ها و یادآوری روش طراحی
 - تحلیل پی های انعطاف پذیر
 - تحلیل پی های انعطاف پذیر
 - مراحلی که در طراحی سازه و پی



- مسائل ژئوتکنیکی اجرای پی ها
- گودبرداری در مجاورت ساختمان همسایه
- گودبرداری زیر سطح آب
- ۴. فشار جانبی خاکها و طراحی ابنیه نگهدارنده
- حدود صحت نظریه های کلاسیک تعیین فشار جانبی خاکها
- بکارگیری روشهای عددی در تحلیل فشار جانبی
- فشار جانبی ناشی از تراکم خاک
- محاسبه تغییر شکل ابنیه نگهدارنده خاک
- انواع ابنیه نگهدارنده
- یادآوری اصول طراحی دیوارهای وزنی و طره ای
- روشهای طراحی و اجرای سپرها
- آشنایی با خاک مسلح
- کوله پل ها و سایر ابنیه خاص تحت فشار جانبی
- ۵. طراحی و اجرای شمع ها
- انواع شمع ها و روشهای اجرا
- مبانی طراحی شمع ها (ظرفیت باربری و نشست)
- روشهای تحلیل شمع تحت بار افقی
- تحلیل اندرکنش گروه شمع تحت بارهای، قائم، افقی و لنگر
- آزمایش شمع (روشهای استاتیکی و دینامیکی)
- تحلیل فرو رفت شمع تحت ضربه شمعکوب

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

- استفاده از مراجع جامع که در حوزه طراحی ژئوتکنیکی پی ها در فضاهای حرفه ای مورد استفاده قرار می گیرند.
- ارائه تجربیات موجود در خصوص انواع پروژه های اجرا شده .
- تهیه یک مطالعه موردی توسط هر دانشجو از یک پروژه مهندسی پی در ایران و تشریح روشهای اجرای آن.

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال	۲۰ درصد
آزمون میان نیم سال	۳۰ درصد
آزمون پایان نیم سال	۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- تجهیزات لازم جهت ارائه تصاویر مربوط به پروژه های اجرایی

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

- ۱) Bowles, J.E., (۱۹۹۶), "Foundation Analysis and Design", McGraw-Hill, ۱۱۷۵ P.
- ۲) Das, B.M., (۱۹۹۹), "Shallow Foundations", CRC Press, ۳۶۶P.
- ۳) Murphy V.N.S., (۲۰۰۷) "Advanced Foundation Engineering", CBS Publishers, ۸۲۱P.
- ۴) Salgado, R. (۲۰۰۸), "The Engineering of Foundations", McGraw-Hill, ۸۸۲P.



۵) Budhu M., (۲۰۰۸), "Foundations and Earth Retaining Structures", John Wiley, ۴۵۷P.

۶) Tomlinson M., Woodward J., (۲۰۰۸), "Pile Design and Construction Practice", Taylor@Francis. Fifth edition, ۵۶۶P.

عنوان درس به فارسی: مکانیک سنگ		عنوان درس به انگلیسی: Rock Mechanics	
نوع درس و واحد			
پایه ☐ نظری ☒		ندارد	دروس پیش نیاز:
تخصصی ☐ عملی ☒		ندارد	دروس هم نیاز:
اختیاری ☒ نظری-عملی ☐		۳	تعداد واحد:
رساله / پایان نامه ☐		۳۲ نظری + ۳۲ عملی	تعداد ساعت:

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☒ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف کلی:

- درک رفتار مکانیکی سنگها در انواع پروژه های عمرانی

اهداف ویژه:

- پروژه های بزرگ و وسیعی نظیر سدها، تونلها، پلها، نیروگاه ها و ... در ارتباط مستقیم با مکانیک سنگ هستند. از سوی دیگر با گسترش و رشد سریع شهرها، ساخت و سازهای شهری نیز به دامنه کوه ها کشیده شده است. نظر به موارد فوق شناخت مکانیک سنگ از اهمیت زیادی برخوردار است.

پ) مباحث یا سرفصل ها:

۱. مقدمه

- اهمیت مکانیک سنگ در پروژه های عمرانی
- ارتباط مکانیک سنگ با مکانیک خاک و زمین شناسی مهندسی
- منشا و انواع سنگها
- ۲. مشخصات پایه و شاخص سنگهای بکر
- روابط وزنی حجمی در سنگها
- تعریف سنگ بکر
- تعیین توده ویژه، چگالی، تخلخل
- تعیین شاخص بو کی
- مقطع نازک و کانی شناسی
- آزمون دوام و ارتفگی
- سختی و چکش اشمیت
- مقاومت فشاری سنگها
- آزمون بار نقطه ای
- مقاومت کششی سنگها (کشش مستقیم و غیر مستقیم)
- آزمون تک محوری و اندازه گیری پارامترهای الاستیک سنگ
- مشخصات تنش- کرنش کامل سنگ
- شکست ترد و شکل پذیر
- عوامل مؤثر بر مقاومت تک محوری سنگها (اثر سختی دستگاه، شکل نمونه، ...)
- رابطه بین سنگ بکر

۳. توده سنگ

- ویژگی های توده سنگ (درزه، فاصله درزه، زبری درزه، میل و شیب و ...)
- مغزه گیری در توده سنگ
- شاخص کیفی توده سنگ
- طبقه بندی های توده سنگ (بار ترزاقی، RMR، Q)

۴. تنشهای برجا در توده های سنگی

- عوامل طبیعی در تعیین امتداد تنشهای اصلی
- تخمین اولیه تنشهای اصلی
- حدود تغییرات نسبت تنشهای افقی به تنش قائم
- اندازه گیری مقدار و امتداد تنشهای اصلی با آزمونهای درجا (جک مسطح، شکست هیدرولیکی، پیش مغزه گیری)

۵. مقاومت سنگ و معیارهای گسیختگی

- معیار موهر-کولمب برای سنگ بکر
- رفتار سه محوری سنگهای بکر
- اثرات فشار همه جانبه، فشار آب منفذی، انتقال از رفتار ترد به شکل پذیر، ...
- رفتار سنگهای غیرایزوتروپ در آزمایش سه محوری
- سلول هوک و سه محوری سریع سنگها
- معیار شکست گریفیت
- معیار تجربی بنیاوسکی
- معیار هوک و براون

• نمایه مقاومت زمین شناختی (GSI)

- معیار تعمیم یافته هوک و براون برای توده سنگ
- تعیین مدول تغییر شکل پذیری توده های سنگی

۶. مقاومت برشی درزه ها و ناپیوستگی ها

- مقاومت ها و زاویه های اوج، پسماند و اتساع
- اصطکاک کولمب
- مدل دو خطی پاتون
- مدل لادنی و آرشامبولت
- معیار بارتون

• مقاومت فشاری دیواره درزه (JCS)

• ضریب زبری درزه (JRC)

• آزمایش برش مستقیم درزه سنگ

• آزمایش برش مستقیم برای تعیین زاویه اصطکاک پایه (Base)

۷. کاربرد مکانیک سنگ در مهندسی پی

- مسائل خاص پی های واقع در زمین های سنگی
- توزیع تنش در توده های سنگی لایه لایه
- ظرفیت باربری و نشست پی های سطحی واقع در سنگ
- ظرفیت باربری و نشست پی های عمیق



ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

تدریس درس همراه با خواندن برخی مقالات کلیدی مطرح در زمینه مکانیک سنگ و همچنین گزارش برخی پروژه‌های بزرگ درگیر با مکانیک سنگ

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۱۵ درصد
آزمون میان نیم‌سال	۳۵ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- نشان دادن انواع نمونه‌های سنگی و مغزه‌ها به دانشجویان برای درک بهتر آنها
- نشان دادن انواع مغزه گیر سنگ و همچنین فیلم حفاری در سنگ
- انجام برخی از آزمایشهای مهم توسط متصدی آزمایشگاه در حضور دانشجویان برای درک بهتر دانشجویان

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Brady, B.H.G. and Brown, E.T. (2004) "Rock Mechanics for underground mining", Third Edition, Kluwer Academic Publishers, 647 p.
۲. Hudson, J.A. and Harrison, J.P. (1997) "Engineering Rock Mechanics", Pergamon, 458 p.
۳. Wylie, D.C. and Mah, C.W. (2004) "Rock slope engineering" civil and mining", 4th edition, Spon Press, 456 p.



عنوان درس به فارسی: مکانیک محیط‌های پیوسته		عنوان درس به انگلیسی: Mechanics of Continuous Media	
نوع درس و واحد			
پایه ☐	نظری ☒	ندارد	دروس پیش نیاز:
تخصصی ☐	عملی ☐	ندارد	دروس هم نیاز:
اختیاری ☒	نظری-عملی ☐	۳	تعداد واحد:
رساله / پایان نامه ☐		۴۸	تعداد ساعت:

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف کلی:

- مکانیک محیط‌های پیوسته بخشی از دانش مکانیک است که هدف اصلی آن درک عمیق‌تر از چگونگی تغییر شکل‌ها و انتقال نیروهای داخلی در محیط‌های مادی پیوسته تغییر شکل پذیر (غیر صلب) می باشد. پذیرش فرض پیوستگی محیط امکان تجزیه و تحلیل رفتار مکانیکی محیط بر پایه معادلات دیفرانسیل بنا شده بر پایه اصول هندسه، پایداری جرم (mass conservation)، پایداری انرژی (energy conservation) و پایداری تکانه (momentum conservation) را فراهم آورده و راه را برای توسعه معادلات رفتاری (constitutive equations) توصیفگر رفتار مصالح هموار می سازد.

اهداف ویژه:

- اهداف اصلی این درس شامل معرفی عمومی مفاهیم تنش و کرنش، قانونهای پایداری جرم، اندازه حرکت و انرژی برای محیط‌های پیوسته، معادلات رفتار کشسان در محیط‌های پیوسته و آشنایی با مفاهیم اولیه نظریه‌های کشسانی و خمیری می باشد.

مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه
 - معرفی مفهوم محیط پیوسته (continuous medium)
۲. بردارها و تانسورها
 - مقدمه
 - بردارها و جمع بردارها
 - معرفی نمایش اندیسی
 - ضرب داخلی و خارجی بردارها
 - دستگاه مختصات دکارتی و چرخش محورهاى مختصات
 - گرادینان تابع اسکالر، عملگر دل، دیورژانس، لاپلاسین و کرل
 - حل چند نمونه مساله
۳. تنش
 - نیروهای سطحی و حجمی
 - بردار تنش و مولفه‌های تنش
 - مقادیر اصلی و امتدادهای ویژه تانسور تنش، نامتغیرهای تانسور تنش، بخش کروی و انحرافی بردار تانسور تنش
 - حل چند نمونه مساله
۴. تغییر شکل و کرنش
 - کرنشهای کوچک و چرخش در دو بعد



- کرنشهای کوچک و چرخش در سه بعد
- تغییر شکل یک محیط پیوسته و مشتقات مادی
- تنسور نرخ تغییر شکل، تنسور چرخش و نرخ کرنش طبیعی
- معرفی مفهوم ریاضی تنسور کرنش گرین-لاگرانژ (Green-Lagrange strain tensor)، ضریب بزرگنمایی، و امتدادها در محیط تغییر شکل یافته
- معادلات سازگاری کرنشها وقتی کرنشها معلوم باشند
- حل چند نمونه مساله

۵. مفاهیم عمومی

- مقدمه
- پایستاری جرم و معادلات پیوستگی
- پایستاری تکانه، معادله حرکت و تعادل و تنشهای جفتی (couple stresses)
- تعادل انرژی، قانون اول ترمودینامیک و معادله انرژی
- اصل جابجایی مجازی
- آنتروپی و قانون دوم ترمودینامیک و نابرابری کلوزیوس-دوهم (Clausius-Duhem Inequality)
- معادله حالت (equation of state)، رابطه گیبس (Gibbs relation)، توابع پتانسیل ترمودینامیکی (Thermodynamics potentials) و تابع اتلاف (dissipation function)

۶. معادلات رفتاری

- مقدمه و مصالح آرمانی (ideal materials)
- نظریه کشسان کلاسیک، نظریه عمومی هوک (generalized Hook's law)، همسانی، بیش کشسانی (hyperelasticity)، تابع انرژی کشسان (elastic energy function) و تقارن کشسانی (elastic symmetry)
- مبانی نظریه خمیری (plasticity theory)، رفتار خمیری فلزات و خاکها
- معرفی عمومی مفهوم تابع/سطح تسلیم (yield surface, yield function)، معرفی معیارهای تسلیم مقدماتی مانند فون میسز (von Mises)، ترسکا (Tresca)، دراگر-پراگر (Drucker-Prager) و مور-کلمب (Mohr-Coulomb)، حل چند مثال تحلیلی و عددی و نمایش چگونگی رخداد تسلیم در هر معیار
- نظریه پایداری دراگر (Drucker, ۱۹۵۲) و بحث درباره محدب بودن تابع تسلیم و نیز اصل تعامد (normality)
- معیارهای بارگذاری، باربرداری و بارگذاری خنثی با توجه به وضعیت بردار نمو تنش نسبت به نرمال بر تابع تسلیم
- مفهوم قانون جریان وابسته (associated flow rule): بررسی قانون جریان وابسته برای معیار فون میسز و معیار مور-کلمب
- مفهوم قانون جریان ناوابسته (non-associated flow rule)
- نظریه عمومی سخت شوندگی (general hardening theory)
- نظریه های سخت شوندگی همسان (isotropic hardening) و نظریه سخت شوندگی جنبشی (kinematic hardening)

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

- مباحثه کلاسی به منظور ایجاد درک عمیق تر مفاهیم و نیز، ارائه تکلیف کلاسی در انتهای هر فصل
- ارائه یک پروژه پایان ترم در قالب برنامه نویسی بر پایه کل مفاهیم آموزش داده شده درس

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

- فعالیت های کلاسی و حل تکالیف در طول نیم سال ۲۰ درصد
- آزمون میان نیم سال ۴۰ درصد
- آزمون پایان نیم سال ۴۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

رایانه، جهت برنامه نویسی

چ) فهرست منابع پیشنهادی:



- Malvern, L. E. (۱۹۶۵). Introduction to the Mechanics of a Continuous Medium, Prentice-Hall Inc., New Jersey, USA.
- رحیمیان، م. و اسکندری قادی، م. (۱۳۷۷). مکانیک محیطهای پیوسته. انتشارات دانشگاه تهران

عنوان درس به فارسی:		سمینار و روش تحقیق	
عنوان درس به انگلیسی:		Seminar and Research Method	
دروس پیش نیاز:		ندارد	
دروس هم نیاز:		ندارد	
تعداد واحد:		۲	
تعداد ساعت:		۳۲	
نوع درس و واحد			
☐ پایه ☒ نظری			
☐ عملی ☒ تخصصی			
☐ نظری-عملی ☐ اختیاری			
☐ رساله / پایان نامه			

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☒ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف کلی:

- هدف اصلی این درس آشنایی دانشجویان با اصول و مبانی تحقیق، روش تحقیق و همچنین نحوه ارائه مکتوب و شفاهی یافته‌های علمی و مهندسی است. دانشجویان در این درس ضمن حضور در کلاس با اهداف و روشهای تحقیق و همچنین روشهای جمع‌آوری اطلاعات آشنا می‌شوند. در ضمن اطلاعات گردآوری شده در یک زمینه خاص را در کلاس ارائه می‌دهند.

اهداف ویژه:

- مهمترین هدف این درس آماده‌سازی دانشجویان برای انجام پژوهش به صورت پایان نامه است. در این درس نحوه نگرش علمی به مسایل مهندسی و نحوه نگارش پایان‌نامه تدریس میگردد.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. اصول و مبانی تحقیق
 - ویژگی‌های تحقیق (نظام یافتگی، ساده سازی، قابلیت تکرار)
 - اهداف تحقیق (شناخت و پیش‌بینی پدیده‌ها و بهبود روش‌ها)
 - انواع تحقیق (تجربی و تحلیلی، اکتشافی و تصدیقی، بنیادی و کاربردی)
 - مراحل تحقیق (انتخاب ایده، مرور منابع، انتخاب روش، انجام کار و ارائه گزارش)
 - مقایسه تحقیق در دوره‌های کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری

۲. یافتن و سازماندهی اطلاعات تحقیقاتی

- کتاب و دایره المعارف
- مقالات و پایان نامه ها
- بانک های اطلاعاتی
- اینترنت و شبکه های مجازی
- معیارهای اعتبارسنجی مقالات و مراجع علمی
- روشهای سازماندهی اطلاعات
- روزآمد بودن در طول دوره تحقیق

۳. نگارش و ارائه علمی

- پیشه تحقیق (پروپوزال)
- نگارش و انتشار مقاله
- چاپ مجله علمی



- نگارش و تدوین پایان نامه
- دفاع از پایان نامه
- رعایت اخلاق علمی و حرفه‌ای
- ۴. کلیات روشهای عمومی پژوهش در مهندسی عمران
 - پایش و ارزیابی میدانی
 - مدل‌های ریاضی (تحلیلی، عددی، داده محور)
 - مدل‌های فیزیکی
 - آزمایش‌های المانی (نمونه ای)
 - برنامه ریزی تحقیقات دراز مدت
- ۵. آشنایی و نرم‌افزارهای کاربردی تحقیق
 - Endnote
 - Visio

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

نشان دادن نمونه‌هایی از پایان‌نامه‌ها و مقالات به دانشجویان در حین درس برای روشن شدن محتوی درس.

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم سال	۲۰ درصد
آزمون پایان نیم سال	۲۰ درصد
گزارش کتبی سمینار	۳۵ درصد
ارائه شفاهی سمینار	۲۵ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

تجهیزات سمعی و بصری برای ارائه درس

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- فاخر، علی (۱۳۹۵) «ابزار عمومی تحقیق»، چاپ هشتم، انتشارات دانشگاه تهران.



عنوان درس به فارسی: مهندسی ژئوسنتتیک ها		عنوان درس به انگلیسی: Geosynthetics Engineering	
نوع درس و واحد			
پایه ☐	نظری ☒	ندارد	دروس پیش نیاز:
تخصصی ☐	عملی ☐	ندارد	دروس هم نیاز:
اختیاری ☒	نظری-عملی ☐	۳	تعداد واحد:
رساله / پایان نامه ☐		۴۸	تعداد ساعت:

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف کلی:

- آشنایی با گونه های شناخته شده تر ژئوسنتتیک ها و کاربرد آنها در مهندسی ژئوتکنیک

اهداف ویژه:

- معرفی انواع ژئوسنتتیک ها و کارکردهای مختلف آنها
- معرفی آزمونهای مختلف سنجش ویژگی های فیزیکی و مکانیکی ژئوسنتتیک ها
- معرفی و طراحی اجزای مختلف دیوارهای خاک مسلح شده با ژئوسنتتیک
- معرفی و کاربرد ژئوسنتتیک ها در فیلتر و زهکش

پ) مباحث یا سرفصل ها:

۱. ژئوسنتتیک ها

- مقدمه و مرور ادبیات فنی موضوع
- معرفی ژئوتکستایل های بافته و نبافته، ژئوتکستایل دوخته و اشاره به کاربردهای آنها
- معرفی ژئوگرید های یک طرفه و دوطرفه و اشاره به کاربردهای آنها
- معرفی ژئونت ها و اشاره به کاربردهای آنها
- معرفی ژئوممبران ها و اشاره به کاربردهای آنها
- معرفی ژئو کامپوزیت ها و اشاره به کاربردهای آنها
- معرفی ژئوسل ها و اشاره به کاربردهای آنها
- معرفی ژئوفوم، ژئومت، ژئومش، ژئوپاپ و ژئواستریپ و اشاره به کاربردهای آنها
- دلایل اهمیت ژئوسنتتیک ها در مهندسی ژئوتکنیک
- نشانگان اختصاری فنی ژئوسنتتیک ها
- ساختار ملکولی پلیمرهای سازنده ژئوسنتتیک ها
- عاملهای محیطی زیانبار/مخرب بر دوام ژئوسنتتیک ها

۲. کارکرد و گزینش

- معرفی کارکردهای مختلف ژئوسنتتیک ها
- شرح کاربردهای اصلی ژئوسنتتیک ها برای مسلح سازی، جداسازی، فیلتر، زهکش، مانع در برابر آب و محافظت
- اشاره به کاربردهای فرعی ژئوسنتتیک ها برای جذب آب و آلودگی، بالشتک، عایقکاری، تثبیت سطحی و مسلح سازی گیاهی
- معیارهای گزینش ژئوسنتتیک

۳. ویژگی های فنی ژئوسنتتیک ها: سنجش و ارزیابی

- مقدمه و مرور ادبیات فنی موضوع



- معرفی ویژگی های فیزیکی ژئوسنتتیک ها شامل وزن واحد، ضخامت و سختی خمشی و اهمیت آنها در کاربرد
- معرفی ویژگی های مکانیکی ژئوسنتتیک ها شامل تراکم پذیری، رفتار نیرو-کششی، مدولهای سختی کششی و مقاومت کششی، معرفی آزمونهای کشش تک محوره، دو محوره، کرنش مسطح، و کشش چند محوره برای سنجش رفتار نیرو-کشش-مقاومت ژئوتکستایل ها، اشاره مقدماتی به آزمونهای سطح تماس خاک-ژئوسنتتیک
- معرفی ویژگی های هیدرولیکی ژئوسنتتیک ها شامل پوکی ژئوتکستایل، درصد حجم باز، آزمونهای سنجش اندازه حفره ها و سنجش نفوذپذیری در صفحه و عمود بر صفحه ژئوتکستایل، معرفی مفهوم قابلیت گذردهی، معرفی معیارهای انسداد
- معرفی آزمونهای سنجش دوام و تخریب ژئوسنتتیک ها تحت اثر خزش، تخریب های بیولوژیکی و شیمیایی، پرتو فرابنفش، گرما
- معرفی معیارهای طراحی به منظور لحاظ کردن آسیب های ضمن اجرا، خزش، تخریبهای بیولوژیکی و شیمیایی، و سایر عاملهای زیانبار و نامطلوب
- ۴. **مقاومت برشی بسیج شده در سطح تماس خاک-ژئوسنتتیک**
 - مقدمه و مرور ادبیات فنی سطح تماس خاک-سازه
 - مرور داده های تجربی عاملهای تاثیر گذار (زبری سطح سازه، دانه بندی خاک، تراکم خاک، تراز تنش قائم، شکل دانه های خاک، مسیر تنش و قید تغییر حجم اعمالی و درجه اشباع خاک) بر بسیج مقاومت برشی در سطح تماس خاک-سازه و خاک-ژئوسنتتیک
 - مرور آزمایشهای مختلف سنجش رفتار مقاومتی و تغییر حجمی سطح تماس خاک سازه مانند آزمونهای برش مستقیم و برش ساده و همچنین آزمون بیرون کشش
- ۵. **دیوارهای نگهبان مسلح شده با ژئوسنتتیک**
 - مقدمه و مرور ادبیات فنی موضوع
 - روشهای مختلف مسلح سازی دیوارهای نگهبان و دلایل انتخاب ژئوسنتتیک ها برای مسلح سازی دیوارهای نگهبان
 - گونه های مختلف دیوارهای نگهبان مسلح شده با ژئوسنتتیک
 - اجزای اصلی دیوارهای نگهبان مسلح شده با ژئوسنتتیک
- ۶. **مبانی طراحی دیوارهای نگهبان مسلح شده با ژئوسنتتیک**
 - معرفی مودهای مختلف داخلی و خارجی گسیختگی دیوارهای نگهبان مسلح شده با ژئوسنتتیک
 - توسعه روابط طراحی پایداری داخلی یک دیوار نگهبان مسلح شده با ژئوسنتتیک در برابر پارگی ژئوسنتتیک، بیرون کشش ژئوسنتتیک و بیرون کشش ژئوسنتتیک دورپیچ در المان نما
 - توسعه روابط طراحی پایداری داخلی یک دیوار نگهبان مسلح شده با ژئوسنتتیک در برابر لغزش، واژگونی، ظرفیت باربری پی و پایداری شیروانی خاکریز
 - ارائه الگوریتم طراحی
 - نکات تکمیلی شامل برگزیدن خاک مناسب برای خاکریز دیوار و نیز نحوه اعمال سربار
 - نکات تکمیلی شامل روشهای مختلف تجربی و نیمه تجربی برآورد جابجایی دیوار نگهبان مسلح شده با ژئوسنتتیک و ارزیابی مطلوب/نامطلوب بودن میزان جابجایی دیوار نگهبان
 - نکات تکمیلی اصلاح روش بیشاپ در بررسی پایداری شیروانی به منظور در نظر گرفتن اثر وجود مسلح کننده ها در بهبود پایداری
 - حل نمونه مسائل متعدد طراحی دیوار نگهبان مسلح شده با ژئوسنتتیک و مقایسه برخی موارد با دیگر رویکردهای مرسوم طراحی دیوار نگهبان مانند دیوار نگهبان وزنی و دیوار نگهبان بتن مسلح
- ۷. **خاکریزهای تقویت شده با ژئوسنتتیک**
 - شرح سازوکارهای مختلف زوال خاکریزهای مسلح شده با ژئوسنتتیک شامل: گسیختگی شیروانی کلی، گسترش جانبی، نشست خاکریز، زوال با رسیدن به ظرفیت باربری و زوال ناشی از بیرون کشش
 - شرح روابط طراحی در برابر سازوکارهای مختلف زوال
- ۸. **شالوده های سطحی تقویت شده با ژئوسنتتیک**
 - شرح سازوکارهای مختلف زوال شالوده های سطحی مسلح شده با ژئوسنتتیک شامل: رسیدن به ظرفیت باربری کلی در خاک میان شالوده و نخستین سفره ژئوسنتتیک، بیرون کشش ژئوسنتتیک، پارگی ژئوسنتتیک و پارگی ناشی از خزش ژئوسنتتیک
- ۹. **کاربرد ژئوسنتتیک ها برای فیلتراسیون و زهکشی**
 - مقدمه و مرور ادبیات فنی موضوع
 - طبقه بندی ژئوتکستایل ها بر اساس قابلیت های مورد نیاز حین اجرا
 - معرفی چند نمونه ال نحوه اجرای ژئوسنتتیک ها بعنوان زهکش و شرح فرایند اجرا
 - معرفی چند نمونه از نحوه اجرای ژئوسنتتیک ها برای جلوگیری از فرسایش و شرح فرایند اجرا



ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ارائه کلاسی دو مقاله توسط هر یک از دانشجویان درباره کاربرد ژئوسنتیک ها

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم سال ۲۰ درصد

آزمون میان نیم سال ۴۰ درصد

آزمون پایان نیم سال ۴۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

ابزارآلات نمایش ارائه دانشجویان در کلاس

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Shukla S. K., Yin J-H (۲۰۰۶). Fundamentals of Geosynthetic Engineering. Taylor & Francis.

۲. Koerner R.M. (۲۰۱۲). Designing with Geosynthetics (۶th Eds.). XLibris.



عنوان درس به فارسی: مدلسازی خاک		عنوان درس به انگلیسی: Soil Modeling	
نوع درس و واحد			
نظری ■	پایه □	ندارد	دروس پیش نیاز:
عملی □	تخصصی □	ندارد	دروس هم نیاز:
نظری-عملی □	اختیاری ■	۳	تعداد واحد:
رساله / پایان نامه □		۴۸	تعداد ساعت:

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر:

هدف کلی:

- آشنایی و کسب توانایی تدوین و کار با معادلات رفتاری به منظور شبیه سازی رفتار مکانیکی خاکها

اهداف ویژه:

۱. آشنایی با جبر تنسوری برای تدوین و کار با معادلات رفتاری
۲. آشنایی با تنسورهای تنش و کرنش در حالت عمومی
۳. آشنایی با گونه های مختلف نظریه کشسانی
۴. آشنایی با نظریه کشسان-خمیری کلاسیک
۵. آشنایی با نظریه های کشسان-خمیری پیشرفته

پ) مباحث یا سرفصل ها:

۱. مقدمه

- مقدمه، مرور ادبیات فنی موضوع و اهداف درس، مفهوم معادلات رفتاری (constitutive equations)
- مبانی ریاضی نگارش اندیسی (Indicial notation)
- معرفی کمیت های اسکالر، برداری و تنسوری
- اصول پایه نگارش اندیسی
- معرفی کارکرد عملگرهای برداری در نگارش اندیسی مانند ضرب داخلی دو بردار، ضرب خارجی دو بردار، گرادیان تابع اسکالر، عملگر دل، دیورژانس، لاپلاسین، کرل و حل نمونه چند مساله نمونه
- معرفی تنسورهای مرتبه دو و بالاتر و عملگرهای مقدماتی مربوط به آنها مانند جمع دو تنسور، ضرب جفتی دو بردار، ضرب عددی دو تنسور، ضرب اسکالر دو تنسور و برخی عملگرهای کمتر مرسوم. معرفی تنسورهای یکه.
- حل چند نمونه مساله

۲. نظریه تغییر شکل (Deformation theory)

- مقدمه و مرور ادبیات فنی موضوع
- بررسی ریاضی تغییر شکلهای مجاز و مفهوم ماتریس ژاکوبین (یعقوبی) (Jacobian matrix) و حل چند نمونه مساله
- معرفی مفهوم ریاضی تنسور کرنش گرین-لاگرانژ (Green-Lagrange strain tensor)، ضریب بزرگنمایی، و امتدادها در محیط تغییر شکل یافته (حل چند نمونه مساله)

معرفی تنسور کرنش مهندسی، کرنش حجمی، تنسور کرنش برشی و کرنش برشی (اسکالر)

کرنشهای اکتاهدرال (octahedral strains)

معادلات بازنگاری کرنشها



- حل چند نمونه مساله

۳. مفهوم تَنسور مرتبه دوم کوشی (Cauchy stress tensor)

- رده بندی نیروها: نیروهای خارجی و داخلی، نیروهای سطحی و حجمی
- معرفی مفهوم بردار تنش (stress vector)
- معرفی مفهوم تَنسور مرتبه دوم تنش و ارتباط آن با مفهوم بردار تنش (حل چند نمونه مساله)
- محاسبه بردار تنش روی هر صفحه دلخواه، محاسبه مولفه های نرمال و مماسی بردار تنش روی هر صفحه دلخواه (حل چند نمونه مساله)
- امتدادهای ویژه و مقادیر ویژه تَنسور تنش، معرفی نامتغیرهای تَنسور تنش (invariants of stress tensor) و مفهوم فیزیکی آنها، تنشهای اکتاهدرال (octahedral stresses)
- معادلات تعادل
- حل چند نمونه مساله

۴. نظریه کشسانی (Elasticity Theory)

- مقدمه و مرور ادبیات فنی موضوع: نظریه کشسانی متغیر (variable elasticity)، نظریه بیش کشسانی (hyperelasticity)، نظریه کشسانی کاهیده (hypoelasticity)
- توسعه نظریه کشسان خطی برای مصالح همسان (isotropic) بر پایه چارچوب بیش ارتجاعی
- حالت های خاص نظریه کشسانی خطی برای مصالح همسان، معرفی ضرایب لامه (Lamé coefficients)
- توسعه نظریه های کشسان خطی برای مصالح ناهمسان بر مبنای نظریه (Graham & Houlsby (۱۹۸۳)
- توسعه یک نظریه کشسانی غیرخطی برای مصالح همسان: مدل هذلولی (Hyperbolic model)
- توسعه نظریه های بیش کشسانی غیرخطی با امکان ناهمسانی وابسته به تنش برای خاکهای درشت دانه و ریزدانه بر پایه نظریه های (Borja et al. (۱۹۹۷ و Einav & Puzrin (۲۰۰۴)

۵. مبانی نظریه خمیری (Plasticity theory)

- مقدمه
- مرور ادبیات فنی موضوع: بررسی رفتار ساده شده فولاد و تسلیم و سخت شوندگی مجدد آن، تسلیم نمونه های رس بازسازی شده در آزمایش تحکیم و برش
- معرفی مفاهیم پایه و رفتارهای ساده سازی شده: رفتار صلب-خمیری کامل، رفتار کشسان-خمیری کامل، مفهوم سخت شوندگی، رفتارهای سخت شونده و نرم شونده در دامنه خمیری
- معرفی عمومی مفهوم تابع/سطح تسلیم (yield surface, yield function)، معرفی معیارهای تسلیم مقدماتی مانند فون میسز (von Mises)، ترسکا (Tresca)، دراگر-پراگر (Drucker-Prager) و مور-کلمب (Mohr-Coulomb)، حل چند مثال تحلیلی و عددی و نمایش چگونگی رخداد تسلیم در هر معیار
- نظریه پایداری دراگر (Drucker, ۱۹۵۲) و بحث درباره محدب بودن تابع تسلیم و نیز اصل تعامد (normality)
- اشاره به اصل پایداری Hill (۱۹۵۸) و نتایج آن
- معیارهای بارگذاری، باربرداری و بارگذاری خنثی با توجه به وضعیت بردار نمو تنش نسبت به نرمال بر تابع تسلیم
- مفهوم قانون جریان وابسته (associated flow rule): بررسی قانون جریان وابسته برای معیار فون میسز و معیار مور-کلمب
- مفهوم قانون جریان ناوابسته (non-associated flow rule)
- نظریه عمومی سخت شوندگی (general hardening theory)
- نظریه های سخت شوندگی همسان (isotropic hardening)، نظریه سخت شوندگی جنبشی (kinematic hardening)، نظریه سخت شوندگی مختلط (mixed hardening)
- معادلات رفتاری عمومی میان نمو تَنسور تنش و تَنسور کرنش با فرض رفتار کشسان-خمیری (elastic-plastic behavior)

۶. نظریه های خمیری پیشرفته

- مقدمه و مرور ادبیات فنی موضوع: شرح نیاز به توسعه نظریه های خمیری پیشرفته
- سخت شوندگی دو گانه (double hardening)
- نظریه خمیری با سطح های تسلیم چند گانه (multi yield surface plasticity theory)
- نظریه خمیری با سطح حدی (bounding surface plasticity theory)
- نظریه خمیری عمومی (generalized plasticity theory) پیشنهادی (Pastor-Zienkiewicz-Chan (۱۹۹۰)
- نظریه خمیری-کاهش یافته (hypoplasticity theory)
- معرفی پروژه برنامه نویسی



ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

- پس از تدریس فصل ۵، یک پروژه شامل برنامه نویسی برای مدل هذلولی و همچنین کالیبراسیون مدل در برابر داده های تجربی واقعی درخواست می گردد.
- پس از تدریس فصل ۶، یک پروژه شامل اثبات تحلیلی روابط برای معادلات رفتاری عمومی میان نمو تنسور تنش و تنسور کرنش با فرض رفتار کشسان-خمیری با فرض قانون جریان ناوابسته درخواست می گردد.
- پس از تدریس فصل ۷، یک پروژه برنامه نویسی و کالیبراسیون مدل در برابر داده های تجربی بر مبنای یک خانواده الف یا ب از مدلهای زیر درخواست می گردد:

الف- مدلسازی رفتار رسهای بازسازی شده: مدل Cam-Clay اصلاح شده، یک عضو از خانواده SClay^۱، یا یک عضو از خانواده SAniClay

ب- مدلسازی رفتار ماسه در بارگذاری های تک سویه و یا چرخه ای با لحاظ کردن آثار حالت اولیه ماسه و یکی از عوامل: بارگذاری چرخه ای، بافت ذاتی یا تحمیلی خاک، شکست دانه ها در چارچوبهای Nor-sand یا SAniSand.

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال	۲۰ درصد
آزمون میان نیم سال	۴۰ درصد
آزمون پایان نیم سال	۴۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

رایانه جهت برنامه نویسی

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Chen, W.F., Mizuno, E. (۱۹۹۰). Nonlinear Analysis in Soil Mechanics. Elsevier.
۲. Chen, W.F., Baladi, G.Y. (۱۹۸۵). Soil Plasticity: Theory and Implementation. Elsevier.
۳. Liu, Y., Zheng, Y. (۲۰۱۹). Plastic Mechanics of Geomaterials. Springer.

۴. رحیمیان، م. و اسکندری قادی، م. (۱۳۷۷). مکانیک محیطهای پیوسته. انتشارات دانشگاه تهران



عنوان درس به فارسی: بهسازی خاک		عنوان درس به انگلیسی: Soil Improvement	
نوع درس و واحد			
نظری ☒ / پایه ☐		ندارد	دروس پیش نیاز:
عملی ☐ / تخصصی ☐		ندارد	دروس هم نیاز:
نظری-عملی ☐ / اختیاری ☒		۳	تعداد واحد:
رساله / پایان نامه ☐		۴۸	تعداد ساعت:

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف کلی:

- آشنایی با رویکردهای مختلف بهسازی خاکهای مساله دار شامل مسائل اجرایی و نمونه طراحی

اهداف ویژه:

۱. آشنایی و معرفی روشهای مرسوم بهسازی خاک
۲. ایجاد توانایی پیشنهاد یک یا چند روش بهسازی خاک مساله دار
۳. طراحی فرایند بهسازی با توجه به مسائل اجرایی

پ) مباحث یا سرفصلها:

۱. آشنایی با روشهای کاربردی بهسازی خاک
 - مقدمه و مرور ادبیات فنی موضوع
 - معرفی اهداف بهسازی، عامل های تاثیر گذار بر انتخاب روش بهسازی، طبقه بندی روشهای بهسازی
۲. استفاده از ژئوسنتتیک به منظور بهسازی خاک
 - مقدمه و مرور ادبیات فنی موضوع
 - معرفی ژئوسنتتیک ها شامل ژئوتکستایلها، ژئوگریدها و ژئوسل ها
 - شیب ها و خاکریزهای مسلح شده با ژئوسنتتیک ها
 - دیوارهای مسلح شده با ژئوسنتتیک
 - پی های مسلح شده با ژئوسنتتیک
۳. خاکبرداری و جایگزینی خاک
 - مقدمه و مرور ادبیات فنی موضوع، دامنه کاربرد، مزایا و محدودیت ها
 - مصالح و روشهای ساخت و اجرا، انتخاب مصالح
 - معیارهای گسیختگی و روشهای طراحی
 - بررسی نشست
 - حل نمونه مسائل
۴. ژئوگرافیک
 - مقدمه و مرور ادبیات فنی موضوع، دامنه کاربرد، مزایا و محدودیت ها
 - اصول ساخت، اجرا و کنترل کیفیت
 - مانی طراحی شامل مبانی نظری، ملاحظات طراحی، پارامترها و مراحل طراحی
 - حل نمونه مسائل



۵. پیش بارگذاری

- مقدمه و مرور ادبیات فنی موضوع، دامنه کاربرد، مزایا و محدودیت ها
- پیش بارگذاری با خاکریز، زهکش قائم، لایه زهکشی، تنش و تغییر مکان خاک
- مفهوم پیش بارگذاری، تنش و تغییر مکان خاک، مبانی تحکیم
- مبانی طراحی شامل زهکش های قائم، پیش بارگذاری، اثر سربار، فرایند طراحی
- آزمایشها و بررسی های میدانی
- حل نمونه مسائل

۶. تراکم سطحی

- مقدمه و مرور ادبیات فنی موضوع، دامنه کاربرد، مزایا و محدودیت ها
- تجهیزات و روشهای ساخت و اجرا، ماشین آلات تراکم
- مبانی طراحی شامل اصول، ملاحظات طراحی، پارامترها، فرایند طراحی
- آزمایشها و بررسی های میدانی، کنترل کیفیت
- حل نمونه مسائل

۷. تراکم دینامیکی

- مقدمه و مرور ادبیات فنی موضوع، دامنه کاربرد، مزایا و محدودیت ها
- دسته بندی پدیده ها در تراکم دینامیکی، تراکم دینامیکی خاکهای دانه ای، روانگرایی، تغییر نفوذپذیری، بهبود ویژگی های خاک ناشی از روانوردی (thixotropy)، جایگزینی دینامیکی خاکهای ریزدانه
- روشهای ساخت و اجرا، ماشین آلات تراکم
- مبانی طراحی شامل اصول، ملاحظات طراحی، پارامترها، فرایند طراحی
- آزمایشها و بررسی های میدانی شامل آزمایشهای نفوذ استاندارد، پرسیمتری، مخروط دینامیکی، نفوذ مخروط استاندارد
- حل نمونه مسائل

۸. تراکم ضربه ای سریع و تراکم ارتعاشی

- مقدمه و مرور ادبیات فنی موضوع، دامنه کاربرد، مزایا و محدودیت ها
- روشهای ساخت و اجرا، ماشین آلات تراکم، مراحل اجرا
- مبانی طراحی شامل اصول، ملاحظات طراحی، پارامترها، فرایند طراحی
- آزمایشها و ملاحظات اجرایی
- حل نمونه مسائل

۹. تراکم انفجاری

- مقدمه و مرور ادبیات فنی موضوع، دامنه کاربرد، مزایا و محدودیت ها
- روشهای ساخت و اجرا، ماشین آلات تراکم، مراحل اجرا
- شعاع تاثیر و ضخامت خاک متراکم شده، پاسخ زمین در تراکم انفجاری
- مبانی طراحی شامل اصول، ملاحظات طراحی، پارامترها، محاسبه نشست
- آزمایشها و ملاحظات اجرایی، بررسی تراکم خاک بعد از انفجار
- حل نمونه مسائل

۱۰. ستون سنگی

- مقدمه و مرور ادبیات فنی موضوع، دامنه کاربرد، مزایا و محدودیت ها
- روشهای ساخت و اجرا، روش ارتعاشی-جایگزینی، روش ارتعاشی-جابجایی، روش خشک-ریزش از بالا، روش ستون سنگی کوبشی، روش ستون سنگی متراکم، روش ستون سنگی با ژئوگرید
- مبانی طراحی شامل اصول، ملاحظات طراحی، پارامترها، فرض ها و فرایند طراحی

انواع ستونهای سنگی

روشهای عملکرد زمین بهسازی شده با ستون سنگی

آزمایش نفوذ و نمونه گیری خاک، آزمایش بارگذاری صفحه

حل نمونه مسائل

۱۱. کیفیت و اختلاط سطحی



- مقدمه و مرور ادبیات فنی موضوع، دامنه کاربرد، مزایا و محدودیت ها
- مصالح افزودنی شامل: خاک طبیعی، آهک، سیمان، خاکستر بادی، سرباره کوره، نمکها، کلریدها، سیلیکاتها، قیر، پلیمرها، رزین ها، الیاف، مصالح بازیافتی
- تجهیزات و روشهای ساخت و اجرا
- مبانی طراحی
- حل نمونه مسائل

۱۲. اختلاط عمیق خاک (deep soil mixing)

- مقدمه و مرور ادبیات فنی موضوع، دامنه کاربرد، مزایا و محدودیت ها
- مصالح، تجهیزات و روشهای ساخت و اجرا
- ویژگی های خاک پایدار شده
- ظرفیت باربری ستونهای اختلاط عمیق
- نشست و تحکیم
- پایداری خاکریز تقویت شده با ستون اختلاط عمیق، کاهش روانگرایی با اختلاط عمیق
- پارامترها و مراحل طراحی
- شکل مرسوم و ابعاد ستونها، مودهای زوال محتمل
- حل نمونه مسائل

۱۳. بهسازی بیولوژیکی

- مقدمه و مرور ادبیات فنی موضوع، دامنه کاربرد، مزایا و محدودیت ها
- استفاده از ریشه گیاهان برای بهبود مقاومت برشی خاک
- استفاده از پلیمرها و باکترهای زنده، رسوب دهی میکروبی کربنات کلسیم
- اشباع زدایی زیستی برا کاهش خطر روانگرایی
- تثبیت خاکهای مساله دار با تزریق زیستی
- حل نمونه مسائل

۱۴. تزریق نفوذی (permeation grouting)

- مقدمه و مرور ادبیات فنی موضوع، دامنه کاربرد، مزایا و محدودیت ها
- مصالح و روشهای ساخت و اجرا
- تجهیزات مورد نیاز
- نحوه اجرا
- تزریق پذیری، فشار مجاز دوغاب، شعاع نفوذ، الگوی گمانه ها، روش و پارامترهای طراحی و طراحی
- آزمایشها و ملاحظات اجرایی، پایداری دوغاب و فیلتراسیون، پایش، کنترل کیفیت و اطمینان
- حل نمونه مسائل

۱۵. تزریق تراکمی

- مقدمه و مرور ادبیات فنی موضوع، دامنه کاربرد، مزایا و محدودیت ها
- مصالح و روشهای ساخت و اجرا
- تجهیزات مورد نیاز و مصالح دوغاب
- نحوه اجرای تزریق تراکمی
- شرایط زیر سطحی و محدودیت ها، فاصله بندی گمانه های تزریق
- آزمایشها و ملاحظات اجرایی، آزمایشهای صحرایی کنترل بهسازی، کنترل کیفیت حین تزریق
- حل نمونه مسائل

۱۶. تزریق بر فشار

- مقدمه و مرور ادبیات فنی موضوع، دامنه کاربرد، مزایا و محدودیت ها
- مصالح و روشهای ساخت و اجرا
- تجهیزات مورد نیاز
- روشهای مختلف
- مکانیزم جریان جت، اثر فشار دینامیکی، فرسایش پذیری خاک، طراحی



- آزمایشها و ملاحظات اجرایی، کنترل قطر ستونهای اجرا شده، مغزه گیری، رواداری های حفاری، برگشت مصالح
- حل نمونه مسائل

۱۷. ریزشمع

- مقدمه و مرور ادبیات فنی موضوع، دامنه کاربرد، مزایا و محدودیت ها
- مصالح و روشهای ساخت و اجرا
- تجهیزات مورد نیاز اجرای ریز شمع
- روشهای اجرا
- انواع ریز شمع و تقسیم بندی بر اساس مصالح مصرفی، نحوه طراحی و روش اجرا
- طراحی
- آزمایشها و ملاحظات اجرایی پذیرش، آزمایشهای بارگذاری صحرایی و معیارهای پذیرش
- حل نمونه مسائل

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ارائه کلاسی دو مقاله توسط هر یک از دانشجویان درباره کاربرد روشهای مختلف بهسازی خاک

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال	۲۰ درصد
آزمون میان نیم سال	۴۰ درصد
آزمون پایان نیم سال	۴۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

ابزار آلات ارائه کلاسی

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Han, J. (۲۰۱۵). Principles and Practice of Ground Improvement. John Wiley & Sons.
۲. Nicholson, P. G. (۲۰۱۵). Soil Improvement and Ground Modification Methods. Elsevier.
۳. Raison, C.A. (۲۰۰۴). Ground Soil Improvement. ICE Publishing.



عنوان درس به فارسی: روانگرایی		عنوان درس به انگلیسی: Liquefaction	
نوع درس و واحد		مکانیک خاک پیشرفته	
نظری	پایه	ندارد	
عملی	تخصصی	۳	
نظری-عملی	اختیاری	۴۸	
رساله / پایان نامه			

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف کلی:

- درک مفهوم روانگرایی و راه های مقابله با آن

اهداف ویژه:

۱. شناخت گونه های مختلف روانگرایی و تفاوت میان آنها
۲. شناخت انواع مختلف خاکهای مستعد روانگرایی و عاملهایی که استعداد روانگرایی را تشدید می کنند و یا کاهش می دهند
۳. شناخت آسیبهای مختلف ناشی از روانگرایی
۴. برآورد واقع بینانه ضریب اطمینان در برابر روانگرایی

پ) مباحث یا سرفصل ها:

۱. ویژگی های خاک های مستعد برای روانگرایی
۲. ارزیابی پتانسیل روانگرایی
 - ارزیابی آغاز روانگرایی بر اساس نتایج آزمون نفوذ استاندارد
 - معرفی روابط همبستگی میان نتایج آزمون نفوذ استاندارد و روانگرایی
 - ارزیابی آغاز روانگرایی بر اساس نتایج آزمون نفوذ مخروط
 - معرفی روابط همبستگی میان نتایج آزمون نفوذ مخروط و روانگرایی
 - ارزیابی آغاز روانگرایی بر اساس نتایج سرعت موج برشی
 - معرفی روابط همبستگی میان نتایج سرعت موج برشی و روانگرایی
 - اصلاحات لازم بر نتایج آزمون های برجای نفوذ استاندارد و نفوذ مخروط
۳. ارزیابی تاثیر مقدار و نوع ریزدانه بر پتانسیل روانگرایی
 - روانگرایی لای ها و رسها
 - روانگرایی ماسه های لای دار: بررسی اثر ریزدانه بر مقادیر نسبت تخلخل کمینه و بیشینه، خط حالت بحرانی، مدول برشی و CSR
 - معرفی مفهوم نسبت تخلخل اسکلتی و نسبت تخلخل معادل میان دانه ای
۴. ارزیابی پایداری پس از روانگرایی
 - مقدمه
 - جایگزینی های کوچک تا متوسط ناشی از روانگرایی
 - جایگزینی های بزرگ ناشی از روانگرایی
 - ارزیابی نسبت ناشی از روانگرایی
 - مقادیر برشی خاک ها در برابر روانگرایی
 - مقدمه



- بررسی تاثیر تراکم خاک، تراز تنش، ناهمسانی ذاتی، ناهمسانی تحمیلی، مد برشی، ریزدانه، نسبت تنش دوره ای (CSR)، سیمانی شدگی و استعداد خرد شدگی
- بررسی تاثیر شیب زمین، ضریب تاثیر (K_σ)، سن لایه ها، بزرگی زمین لرزه، شتاب بیشینه
- ۶. پیش بینی رفتار خاک در زمان روانگرایی
- کاربرد مدل های رفتاری پیشرفته در پیش بینی روانگرایی
- مقدمه ای بر کاربرد روش های عددی اجزای محدود، تفاضل محدود و اجزای مجزا در بررسی روانگرایی
- ۷. روش های کاهش آسیب های روانگرایی

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

- ارائه داده های واقعی برداشت های میدانی و تلاش برای درک و یافتن همخوانی میان نظریه های موجود و رفتارهای میدانی مشاهده شده
- ارائه دو مقاله کلاسی درباره بررسی های میدانی، آزمایشگاهی و نظری پدیده روانگرایی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال	۲۰ درصد
آزمون میان نیم سال	۴۰ درصد
آزمون پایان نیم سال	۴۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

ابزار آلات ارائه کلاسی

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Jefferies, M. (۲۰۱۵). Soil Liquefaction: A Critical State Approach (۲nd Eds.). Taylor & Francis.
۲. Ishihara, K. (۱۹۹۵). Earthquake Geotechnical Engineering (۱st Eds.). Cambridge University Press.
۳. Youd T.L., Idriss I.M. (۲۰۰۱). Liquefaction resistance of soils: summary report from the ۱۹۹۶ NCEER and ۱۹۹۸ NCEER/NSF workshops on evaluation of liquefaction resistance of soils. J Geotech Geoenviron Eng, ۱۲۷(۴): ۲۹۷-۳۱۳.



عنوان درس به فارسی: ژئوتکنیک زیست محیطی		عنوان درس به انگلیسی: Environmental Geotechnics	
نوع درس و واحد			
پایه ☐	نظری ☒	ندارد	دروس پیش نیاز:
تخصصی ☐	عملی ☐	ندارد	دروس هم نیاز:
اختیاری ☒	نظری-عملی ☐	۳	تعداد واحد:
رساله / پایان نامه ☐		۴۸	تعداد ساعت:

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف کلی:

- در سالهای اخیر بحثهای زیست محیطی اهمیت فراوانی یافته اند. پر واضح است که در توسعه پایدار باید پاسداشت محیط زیست مد نظر قرار داده شود. هدف اصلی این درس آشنایی مهندسان ژئوتکنیک با مباحث زیست محیطی و کاربرد دانش مهندسی ژئوتکنیک در حل مسایل زیست محیطی است.

اهداف ویژه:

- شناساندن ملزومات طراحی ها ژئوتکنیک در رابطه با محیط زیست.

پ) مباحث یا سرفصل ها:

۱. مقدمه

- آشنایی با ژئوتکنیک زیست محیطی
- انواع مواد زائد
- اثر متقابل مواد زائد و خاک
- قابلیت کانی های رسی در جذب آلودگی
- خواص مهندسی مواد زائد (زباله ها)

۲. دفن مهندسی و بهداشتی زباله

- آشنایی با دفن زباله ها و اجزا مدفن
- لایه های نفوذناپذیر
- پایداری شیلروانی ها و فشار جانبی زباله ها
- فیلتر و زهکشی در مدفن
- گاز و کنترل آن در مدفن
- تراکم و نشست زباله ها
- رفتار لرزه ای مدفن
- بهبود مکانیکی زباله در مدفن
- اجزای مدفن و بهره برداری
- انتقال آلودگی در خاک
- کلیات و اهمیت مساله
- پلایه های آلودگی جذب و انتقال



- مدلسازی انتقال آلودگی
- ۴. بهبود خاکهای آلوده
- اهمیت و کاربرد
- آزمایشهای فیزیکی و شیمیایی
- آشنایی با انواع روشهای بهبود خاک
- روشهای اجرایی بهبود خاکهای آلوده
- مقایسه روشها و انتخاب روش مناسب در یک پروژه
- ۵. سدهای باطله
- آشنایی با نحوه تولید مواد باطله و سدهای باطله
- خواص مهندسی مواد باطله
- انتخاب محل و جانمایی
- آشنایی با اصول طراحی سدهای باطله
- روشهای بهبود و تثبیت مواد باطله
- ۶. کاربرد ژئوسنتتیکها در ژئوتکنیک زیست محیطی
- معرفی انواع ژئوسنتتیکها
- کاربرد ژئوتکستایلها در فیلتراسیون
- کاربرد ژئوممبرینها در جداسازی
- کاربردهای ژئوسنتتیکها در زهکشی

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

استفاده از اسلاید و امکانات سمعی و بصری.

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم سال	۱۵ درصد
آزمون میان نیم سال	۳۵ درصد
آزمون پایان نیم سال	۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

وسایل سمعی و بصری برای ارائه اسلایدهای درسی.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

- ۱- Mario Manssere, Charles Shackelford, William van Impe, (۲۰۰۵), "Environmental Geotechnics, TC۵ Report"
- ۲- Sharma, H.D., Lewis, S.P., (۱۹۹۴), "Waste Containment Systems, Waste Stabilizatio, And Landfills-Design and Evaluation"

۳- علی پاک (۱۳۹۸) «ژئوتکنیک زیست محیطی»، انتشارات دانشگاه صنعتی شریف.



عنوان درس به فارسی: زمین شناسی مهندسی پیشرفته		عنوان درس به انگلیسی: Advanced Engineering Geology	
نوع درس و واحد			
نظری ■	پایه □	ندارد	
عملی □	تخصصی □	ندارد	
نظری-عملی □	اختیاری ■	۳	تعداد واحد:
رساله / پایان نامه □		۴۸	تعداد ساعت:

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر:

هدف کلی:

- دانش مهندسی ژئوتکنیک به تنهایی نمیتواند برای حل مسایل و مشکلات تمامی احداثات مهندسی جوابگو باشد. در بسیاری از پروژه‌های بزرگ که با مقیاس وسیعی از زمین سروکار دارند، دانش زمین شناسی مهندسی به عنوان مکمل در کنار دانش ژئوتکنیک قرار میگیرد و بدون شناخت دقیق از زمین شناسی مهندسی ممکن است که مخاطرات و مشکلات زمین به گونه کاملی شناسایی نشوند.

اهداف ویژه:

- اهداف اصلی این درس شناساندن دانش زمین شناسی مهندسی برای مهندسان ژئوتکنیک است. در دوره کارشناسی مهندسی عمران زمین-شناسی مهندسی به صورت اجمالی و مقدماتی تدریس میگردد. اما، برای مهندس ژئوتکنیک به صورت تخصصی با زمین و خاک و سنگ سروکار دارد، زمین شناسی مهندسی پیشرفته لازم و مهم است. شناسایی سازندهای ایران، انواع سنگها، مخاطرات زمین شناسی و ... از اهداف اصلی این درس است.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. کلیات

- جایگاه زمین شناسی در فعالیتهای مهندسی و اکتشافات ژئوتکنیکی
- مبانی کانی شناسی و سنگ شناسی
- مرفولوژی، چینه شناسی، زمین ساخت
- هیدروژئولوژی
- کلیاتی درباره زمین شناسی و چینه شناسی و سازندهای ایران

۲. اکتشافات سطحی و زیر سطحی

- دورسنجی: آشنایی با روش کار با تصاویر ماهواره‌ای و عکسهای هوایی
- نقشه‌های زمین شناسی: نقشه خوانی، نقشه‌های زمین شناسی ایران
- نقشه‌های زمین شناسی مهندسی (نقشه‌های پهنه‌بندی، نقشه‌های لرزه خیزی، ...)
- شناخت مخاطرات زمین شناسی (گسل‌ها، دامنه‌های ناپایدار و کارست)
- آشنایی کلی با روشهای رایج ژئوفیزیکی در اکتشافات ژئوتکنیکی

۳. کلیات اکتشافات زیر سطحی با روشهای ژئوتکنیکی

- برداشت داده‌های زمین شناسی
- تعیین لایه‌ها و رسم نیمرخها، تهیه نقشه‌های ساختاری



- تصاویر استریوگراف و کاربرد آن در تحلیل داده‌های زمین
- ۴. بررسی‌های زمین‌شناسی در پروژه‌های مختلف
 - اکتشافات و بهره‌برداری از منابع قرضه
 - اکتشافات دامنه‌های ناپایدار
 - تونلها و فضاهاى زیرزمینی
 - سد و سازه‌های وابسته
 - سازه‌های خطی (راه، راه آهن)
- ۵. معرفی روشهای آنالیز دستگاهی خاک و سنگ
 - آشنایی با روشهای XRD و XRF
 - تهیه مقاطع نازک و پتروگرافی
- ۶. آشنایی با معادن، مشخصات و اجزای آنها
 - معادن سنگهای ساختمانی
 - معادن شن و ماسه
 - معادن کانسارهای فلزی (آهن، ...)

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

استفاده از اسلاید و امکانات سمعی و بصری برای تدریس درس توصیه می‌گردد.

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۱۵ درصد
آزمون میان نیم سال	۳۵ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

در صورت امکان یک بازدید میدانی میتواند در تدریس درس سودمند باشد. از سوی دیگر نشان دادن انواع سنگها به دانشجویان برای درک آنها در این درس مفید است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

- ۱- معماریان، حسین (۱۳۸۴) «زمین‌شناسی برای مهندسين»، چاپ ششم، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۲- معماریان، حسین (۱۳۸۳) «زمین‌شناسی مهندسی و ژئوتکنیک»، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۳- Bell, F.G. (۲۰۰۴) "Engineering Geology and Construction", Spon Press, USA.
- ۴- Hack, R. et al. (Eds), (۲۰۰۴) "Engineering Geology for Infra-Structure Planning in Europe", International Association of Engineering Geology and Environment.
- ۵- Hunt, R.E. (۲۰۰۵) "Geotechnical Engineering Investigation Handbook", Boca Raton Publication.



عنوان درس به فارسی: سدهای خاکی		عنوان درس به انگلیسی: Embankment Dams	
نوع درس و واحد			
پایه ☐	نظری ☒	ندارد	دروس پیش نیاز:
تخصصی ☐	عملی ☐	ندارد	دروس هم نیاز:
اختیاری ☒	نظری-عملی ☐	۳	تعداد واحد:
رساله / پایان نامه ☐		۴۸	تعداد ساعت:

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف کلی:

- آشنایی دانشجویان با مبانی طراحی و اصول ساخت سدهای خاکی و سنگریزه‌ای
- ایجاد آمادگی در دانشجویان ژئوتکنیک برای همکاری با رشته مهندسی آب و سازه‌های هیدرولیکی در ساخت احداثات هیدروژئوتکنیکی

اهداف ویژه:

- طراحی و ساخت سدهای خاکی و سنگریزه‌ای در حقیقت کاربرد اصول علمی تدریس شده در مجموعه درسهای دیگری برای مقاصد خاص سدسازی است. این درس بیشتر از آنکه درصدد ارائه موضوعات علمی به دانشجویان باشد، به دنبال آموختن تکنیکهای عملی بکارگیری روشهای علمی در ساخت سدهای خاکی است.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه

- تاریخچه سدسازی در جهان و ایران
- معرفی تعدادی از سدهای مهم در جهان و ایران همراه با مشخصات ویژه آنها
- اهداف و اهمیت سدسازی

۲. مطالعات پایه برای سدسازی

- مطالعات هواشناسی، هیدرولوژی، مهندسی رودخانه و ...
- مطالعات ژئوتکنیک و ویژگی‌های ساختگاه سد
- مطالعات منابع قرضه
- مطالعات اقتصادی، اجتماعی و ...

- تخصص‌های مرتبط با طراحی و اجرای سدها

۳. ویژگی‌های سدهای خاکی

- انواع سدهای خاکی (همگن، هسته مرکزی، ...)
- خواص مختلف در سدهای خاکی (هسته، فیلتر، پوسته و ...)
- روشهای احداث رودخانه، فرازبند و نشیب‌بند
- روشهای اجرایی سدهای خاکی
- علل بروز مشکلات رایج موثر بر انتخاب نوع سد خاکی (اهداف، اهمیت، ساختگاه، آب و هوا و ...)



- مشخصات هسته در سدهای خاکی (هندسه، مصالح، اجرا، ...)
- ۴. علل خرابی سدهای خاکی
- مطالعات آماری علل خرابی سدهای خاکی
- ۵. ویژگی‌های خاص طراحی سدهای خاک
- تراوش
- سرریز شدن مخزن
- رگاب و فرسایش داخلی
- پایداری شیبها
- اثرات موج در مخزن (طراحی ارتفاع آزاد و ریپ‌رپ)
- ترک در هسته، شکست هیدرولیکی، قوس زدگی و ...
- ۶. کنترل تراوش در سد، پی و تکیه‌گاهها
- تعیین حجم تراوش
- تعیین فشار برکنش
- شبکه جریان در سد و پی
- گرا دایانهای هیدرولیکی در سد و پی
- روشهای آب‌بندی پی و کف مخزن (دیوار آب‌بند، تزریق، پتو، ...)
- ۷. فرسایش داخلی و رگاب
- تعریف فرسایش داخلی و رگاب
- مکانیزم‌های فرسایش داخلی
- علل شروع فرسایش داخلی
- راهکارهای مقابله با فرسایش داخلی
- طراحی فیلتر
- طراحی زهکش
- مسایل ویژه در رابطه با فرسایش داخلی (جداشدگی دانه‌ها، خودترمیمی، فروریزش و ...)
- مسایل خاکهای واگرا و مستعد فرسایش
- اندازه‌گیری فرسایش‌پذیری خاکها
- ۸. پایداری و نشست سدهای خاکی
- نشست سد
- محاسبات تحکیم و فشار آب منفذی
- پایداری شیبها (روش تعادل حدی، ضریب اطمینان و ...)
- پایداری دینامیکی شیبها
- تحلیل‌های زهکشی شده و زهکش نشده
- افت سریع مخزن
- ۹. ابزار دقیق و پایش در سدهای خاکی
- ۱۰. معرفی سدهای سنگریزه‌ای با رویه بتنی (CFRD)
- ۱۱. معرفی سدهای باطله

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

- تدریس محتوای درسی باید همراه با امکانات سمعی و بصری (پاورپوینت) باشد.
- بازدید از یک پروژه سدسازی بسیار میتواند در درک دانشجویان کمک کند.



ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۲۵ درصد
آزمون میان نیم‌سال	۲۵ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- امکانات معمولی ارائه درس
- امکانات رایانه‌ای برای تدریس نرم‌افزار کاربردی

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

- ۱- Fell R, MacGregor P, Stapledon D, Bell G and Foster M (۲۰۱۵) "Geotechnical Engineering of Dams", ۲nd edn. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- ۲- Kutzner, C. (۱۹۹۷) "Earth and Rockfill Dams: Principles of design and construction", A.A. Balkema, ۳۴۲ p.



عنوان درس به فارسی:		مکانیک خاک‌های غیر اشباع	
عنوان درس به انگلیسی:		Unsaturated Soil Mechanics	
دروس پیش نیاز:	ندارد	پایه	نظری
دروس هم نیاز:	ندارد	تخصصی	عملی
تعداد واحد:	۳	اختیاری	نظری-عملی
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان نامه	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف کلی:

- آشنایی با خاکهای غیر اشباع و مساله دار و رفتار مکانیکی این خاکها

اهداف ویژه:

- ایجاد درک تفاوت بین رفتار خاک اشباع و غیر اشباع
- آشنایی با مبانی شناخت رفتار خاک های غیر اشباع مانند منحنی نگه دارنده آب در خاک
- آشنایی نظری با ابزارهای آزمایشگاهی سنجش رفتارهای مقاومتی و تغییر شکلی خاک های غیر اشباع
- آشنایی با مدل رفتاری های پر کاربرد در مکانیک خاک غیر اشباع

پ) مباحث یا سرفصل ها:

۱. مقدمه ای بر مکانیک خاک های غیر اشباع (تاریخچه، لزوم و موانع)
۲. خواص و روابط بین فازها (ذرات خاک، آب، هوا)
۳. متغیرهای حالت تنش (معرفی تنش خالص، مکش کل و اجزای آن و مزدوج های کاری آن ها)
۴. نظریه تغییر حجم خاک های غیر اشباع (تحکیم، تورم، رمبندگی)
۵. روش های اندازه گیری اجزای مکش در خاک غیر اشباع (مکش کل، مکش های اسمزی و بافتی و رفتار هیسترسز هیدرولیکی)
۶. آشنایی با منحنی مشخصه آب - خاک (منحنی نگه دارنده آب در خاک)
۷. قوانین جریان و نفوذ پذیری خاک غیر اشباع نسبت به آب و هوا
۸. روش ها و تجهیزات اندازه گیری حجم خاک های غیر اشباع
۹. ابزارهای اندازه گیری جریان آب در خاک غیر اشباع
۱۰. تئوری مقاومت برشی خاک های غیر اشباع
۱۱. روش های تجهیزات اندازه گیری پارامترهای مقاومت برشی
۱۲. آشنایی رفتار مقاومت برشی و تغییر حجمی خاک های غیر اشباع در بارگذاری دینامیکی
۱۳. مدل های رفتاری در خاک های غیر اشباع (سطوح حالت، مدل های الاستوپلاستیک با متغیرهای تنش خالص و مکش (BBM) و مدل های

(پیشرفته)

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

– ارائه تکلیف های کلاسی و ارائه دانشجویی از مقالات مرتبط

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال ۲۰ درصد

آزمون میان نیمسال ۳۰ درصد

آزمون پایان نیمسال ۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

– انجام برنامه نویسی در محیط برنامه نویسی *MATLAB* در بخش های میانی و انتهایی سر فصل ها

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱– Fredlund, D.G, Rahardjo, H., Fredlund, M.D. (۲۰۱۲), “Unsaturated Soil Mechanics in Engineering Practice”.

۲– Clifton, A.W., Barbour, S.L., Wilson, G.W., (۱۹۹۹), “The Emergence of Unsaturated Soil Mechanics”



عنوان درس به فارسی: کاربرد آمار و احتمالات در مهندسی ژئوتکنیک		عنوان درس به انگلیسی: Application of Statistics and Probability in Geotechnical Engineering	
نوع درس و واحد			
نظری ☒	پایه ☐	ندارد	
عملی ☐	تخصصی ☐	ندارد	
نظری-عملی ☐	اختیاری ☒	۳	تعداد واحد:
رساله / پایان نامه ☐		۴۸	تعداد ساعت:

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف کلی:

- آشنایی با خاکهای با کاربرد مباحث آمار و احتمالات در مکانیک خاک بواسطه ناهمگنی خاک

اهداف ویژه:

- یادآوری مفاهیم پایه ای آمار و احتمال
- آشنایی با کاربرد مفاهیم آمار و احتمال در مهندسی عمران با تمرکز بر روی ژئوتکنیک
- ورود به مباحث مختلف مهندسی ژئوتکنیک مانند پایداری شیب و نشست با نگاه احتمالاتی

پ) مباحث یا سرفصل ها:

۱. متغیرهای آماری و توزیع احتمالاتی
 - یادآوری مفاهیم پایه
 - خصوصیات متغیرهای مقاومتی (ϕ و C)
۲. تحلیل همبستگی در ژئوتکنیک
 - انواع رگرسیون و کاربرد آنها در ژئوتکنیک
 - ارزیابی برخی روابط تجربی متداول در ژئوتکنیک
 - کاربرد در ارزیابی نتایج آزمایش ها و تحلیل خطا
 - تشکیل بانک داده های ژئوتکنیکی
۳. تحلیل ژئوتکنیکی براساس آمار و احتمالات
 - مقایسه تحلیل یقینی (Deterministic) و اعتمادپذیری (reliability)
 - مقایسه زمین آمار (Geostatistics) و آمار معمولی
 - کاربرد در ظرفیت باربری و نشست پی ها
 - کاربرد در پایداری شیروانی ها
 - کاربرد در برنامه ریزی مطالعات ژئوتکنیکی



- سایر کاربردها
- روش های انجام آنالیز غیرقطعی
- روش انجام آنالیز غیرقطعی به روش مستقیم

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

- ارائه تکلیف های کلاسی جهت انجام و ارائه محاسبات دستی در بخش های مقدماتی اولیه آشنایی با مبانی آمار و احتمال

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال	۲۰ درصد
آزمون میان نیمسال	۳۰ درصد
آزمون پایان نیم سال	۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- انجام برنامه نویسی در محیط برنامه نویسی *MATLAB* در بخش های انتهایی سر فصل بویژه بخش های مربوط به کاربرد روش های عددی در آمار و احتمال

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

- ۱- Chrstian, J.T. (۲۰۰۴) "Geotechnical Engineering Reliability: How well do we know what we are doing?", Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol. ۱۳۰, No. ۱۰, pp.۹۸۵-۱۰۰۳.
- ۲- Beacher, G.B. and Christian, J.T. (۲۰۰۳) "Reliability and Statistics in Geotechnical Engineering", Wiley, UK.



عنوان درس به فارسی: روش اجزای محدود پیشرفته (غیر خطی)		عنوان درس به انگلیسی: Advanced Finite Element Method (Non-linear)	
نوع درس و واحد			
نظری ☒	پایه ☐	روش اجزای محدود	
عملی ☐	تخصصی ☐	ندارد	
نظری-عملی ☐	اختیاری ☒	۳	تعداد واحد:
رساله / پایان نامه ☐		۴۸	تعداد ساعت:

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف کلی:

- آشنایی با انواع تحلیل‌های غیرخطی توسط روش اجزای محدود

اهداف ویژه:

- آشنایی با نحوه مدل‌سازی پدیده‌های پیچیده شامل رفتار غیر خطی مصالح و تغییر فرم‌های زیاد توسط روش اجزای محدود.
- آشنایی با نحوه مدل‌سازی انواع تماس بین مصالح مختلف توسط روش اجزای محدود

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مفاهیم اولیه
 - مقدمه ای بر جبر برداری و تانسوری
 - مفاهیم تنش و کرنش
 - مقدمه ای بر مکانیک محیط‌های پیوسته
 - مروری بر روش المان محدود خطی
۲. مقدمه ای بر روش المان محدود غیر خطی
 - معرفی سیستم‌های غیر خطی در مکانیک جامدات
 - روش حل معادلات جبری غیر خطی
 - مروری بر الگوریتم‌های حل در مسائل غیر خطی در روش المان محدود
۳. تحلیل سیستم‌های ارتجاعی غیر خطی توسط روش المان محدود
 - مفاهیم تنش و کرنش در تغییر فرم‌های زیاد
 - ارائه فرمول‌بندی لاگرانژی کامل (total Lagrangian) و لاگرانژی به روز شده (updated Lagrangian) برای تحلیل ارتجاعی غیر خطی
 - فرمول‌بندی روش المان محدود برای حل مسائل ارتجاعی غیر خطی
 - تحلیل المان محدود برای مسائل ارتجاعی-خمیری

- معرفی معادلات رفتاری
- معرفی الگوریتمهای حل برای بروزرسانی تنشها بر اساس معادلات رفتاری مختلف شامل رفتار خمیری کامل و رفتار سخت شوندگی
- فرمولبندی روش المان محدود برای حل مسائل ارتجاعی-خمیری
- ۵. تحلیل المان محدود مسائل تماس
- بررسی مسائل ساده با یک نقطه تماس
- ارائه فرمولبندی کلی برای مسائل تماس شامل تماسهای بدون اصطکاک و تماسهای دارای اصطکاک
- ارائه فرمولبندی المان محدود برای مسائل تماس شامل تماس جسم انعطاف پذیر و صلب و تماس دو جسم انعطاف پذیر

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

- استفاده از مراجعی که به بیان ساده مطالب نسبتاً پیچیده درس را بیان کرده باشند.
- الزام نمودن دانشجو به برنامه نویسی هر کدام از مباحث ارائه شده برای یک مساله ساده به منظور درک محتوا و همچنین آشنایی با مشکلات الگوریتم سازی در خصوص تحلیلهای غیر خطی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

- | | |
|---------------------------------|---------|
| فعالیت‌های کلاسی در طول نیم سال | ۵۰ درصد |
| آزمون پایان نیم سال | ۵۰ درصد |

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- آشنایی دانشجو با روش اجزای محدود خطی
- امکانات سخت افزاری و نرم افزاری برای انجام برنامه نویسی کامپیوتری

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

- ۱- Kim N. H., (۲۰۱۵) "Introduction to nonlinear finite element analysis", Springer.
- ۲- Potts D.M., Zdrakovic, L. (۱۹۹۷), "Finite elements analysis in geotechnical engineering", Vol. ۱ (theory), Vol. ۲ (application). Telford Publishing, London.
- ۳- Owen D.R., Hinton E., (۱۹۸۰), "Finite elements in plasticity, Theory and Practice", Pineridge Press Limited.
- ۴- Bathe K.J. (۲۰۱۴), "Finite element procedures", Prentice Hall, Pearson Education, Inc.



عنوان درس به فارسی: روش اجزای محدود		عنوان درس به انگلیسی: Finite Element Method	
نوع درس و واحد			
نظری ☒	پایه ☐	ندارد	
عملی ☐	تخصصی ☐	ندارد	
نظری-عملی ☐	اختیاری ☒	۳	تعداد واحد:
رساله / پایان نامه ☐		۴۸	تعداد ساعت:

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف کلی:

- آشنایی با روش اجزای محدود خطی

اهداف ویژه:

- آشنایی دانشجویان با نحوه برنامه نویسی توسط روش اجزای محدود
- آشنایی دانشجویان با کاربرد روش اجزای محدود در مهندسی ژئوتکنیک

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. معرفی کلی انواع مدل‌سازی های ژئوتکنیکی (مدلهای تئوری، مدل‌های رفتاری، مدل‌های فیزیکی، مدل‌های عددی).
۲. معرفی انواع معادلات حاکم در مسائل مهندسی ژئوتکنیک (معادلات تراوش پایدار و ناپایدار-معادلات پخش-...)
۳. معرفی روش تفاضل محدود و ارائه فرمول‌بندی برای کاربردهای ژئوتکنیکی شامل نشست از داخل سد خاکی، تحکیم و مسائل آب زیرزمینی.
۴. توصیف روابط تنش-کرنش، کرنش-جابجایی و جابجایی-نیرو در مسائل الاستیسیته خطی.
۵. معرفی فرم ضعیف معادلات دیفرانسیل حاکمه و روشهای تشکیل فرم ضعیف شامل روشهای تغییراتی (مختص مسائل مکانیک جامدات) و روش باقی مانده وزن دار شده

۶. معرفی ماتریس سختی و تشکیل ماتریس سختی برای یک مساله یک بعدی بر اساس روش تغییراتی و روش باقیمانده وزن دار شده گالرکین.

۷. بیان اصول تخمین تابع و معرفی تابع شکل.

۸. تعیین ماتریس سختی برای المانهای یک بعدی شامل المان خطی خرابا، المان خرابا با مرتبه بالاتر، المان تیر، المان قاب.

۹. بحث در خصوص برنامه نویسی در روش المان محدود.

معرفی الگوریتم عددی.



۱۱. تعیین ماتریس سختی برای المانهای دو بعدی (در شرایط کرنش صفحه ای و تنش صفحه ای) شامل المانهای مثلثی ایزوپارامتریک (LST، CST، QST)، المان مستطیلی، المان ایزوپارامتریک چهار ضلعی (۴، ۹، ۱۶ و ۲۵ گره) و المان سرنديپیتی (۸ گره).
۱۲. تعیین ماتریس سختی برای المان ورق.
۱۳. فرمولبندی روش المان محدود برای المانهای تقارن محوری شامل المانهای مثلثی و چهار ضلعی.
۱۴. فرمولبندی روش المان محدود برای المانهای سه بعدی شامل المانهای چهار وجهی و شش وجهی و همچنین المانهای با مرتبه بالا.
۱۵. معرفی روش کار معادل برای تعیین نیروهای گره های در عناصر سازه ای.
۱۶. تعیین بردار نیروهای گره ای معادل تنشهای سطحی و نیروهای حجمی در المانهای دو بعدی و سه بعدی.
۱۷. فرمولبندی روش المان محدود برای حل مسائل ارتجاعی دینامیک.
۱۸. استفاده از روش المان محدود در حل مسائل نشت پایدار.
- فرمولبندی روش المان محدود برای حل مسائل جریان ناپایدار در محیط متخلخل غیر اشباع.
۱۹. فرمولبندی روش المان محدود برای آنالیز همبسته در مساله تحکیم.

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

- پس از ارائه هر مبحث درسی لازم است که دانشجو با استفاده از برنامه نویسی آن مبحث را برای یک مثال ساده بررسی نماید. این امر هم به درک مفاهیم کمک می کند هم باعث می شود دانشجو با مشکلات الگوریتم نویسی در خصوص روش اجزای محدود آشنا شود.

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم سال	۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- امکانات سخت افزاری و نرم افزاری برای انجام برنامه نویسی کامپیوتری

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Liu G.R., Quek S.S. (۲۰۰۳), "Finite element method, a practical course", Butterworth-Heinemann.
۲. Potts D.M., Zdrakovic, L. (۱۹۹۷), "Finite elements analysis in geotechnical engineering", Vol. ۱ (theory), Telford Publishing, London.
۳. Zohdi T.L. (۲۰۱۵), "A finite element primer for beginners, The basics", Springer.
- ۴- Bathe K.J. (۲۰۱۴), "Finite element procedures", Prentice Hall, Pearson Education, Inc.



عنوان درس به فارسی: تحلیل حدی در مکانیک خاک		عنوان درس به انگلیسی: Limit Analysis in Soil Mechanics	
نوع درس و واحد			
پایه ☐	نظری ☒	ندارد	
تخصصی ☐	عملی ☐	ندارد	
اختیاری ☒	نظری-عملی ☐	۳	تعداد واحد:
رساله / پایان نامه ☐		۴۸	تعداد ساعت:

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف کلی:

- آشنایی با مباحث بنیادی تحلیل حدی در مکانیک خاک

اهداف ویژه:

- آشنایی با روشهای نوین تحلیل حدی در مکانیک خاک (روشهای حدی عددی)
- تقویت درک دانشجو در خصوص مباحث پایداری در مکانیک خاک

پ) مباحث یا سرفصلها:

۱. معرفی و ارائه مبانی پلاستیسیته در خاک (با نگرش کاربرد در روشهای حدی)

- سطح تسلیم - معیار تسلیم
- رفتار خمیری (کامل - سخت شونده - نرم شونده)
- اصل دراکر - اصل عمل
- تجذیب سطح تسلیم - اصل نرمالیت
- معیار تسلیم - قانون جریان (وابسته و غیر وابسته)
- میدان تنش قابل قبول - میدان سرعت قابل قبول

۲. روش خطوط مشخصه

۳. مفهوم ریاضی روش خطوط مشخصه و حل دستگاههای معادلات دیفرانسیل با استفاده از آنها



- حل معادلات تعادل در خاک با استفاده از روش خطوط مشخصه تنش و ارائه مفهوم فیزیکی این خطوط
- تحلیل یک یا چند مسئله پایداری و ارائه نحوه حل دستگاه معادلات خطوط مشخصه در نواحی مختلف و تحت شرایط مرزی متفاوت
- معرفی روش خطوط مشخصه کرنش و راه حل های موجود مبتنی بر آن
- حل ترسیمی معادلات به روش خطوط مشخصه
- ۳. معرفی کاربردهای نوین روش های حدی در مکانیک خاک
- تحلیل عددی روش های مرز بالا و مرز پایین به روش اجزا محدود
- تحلیل مسائل پایداری در مصالح با قانون جریان غیروابسته
- در نظر گرفتن معیارهای تسلیم غیرخطی (نظیر هوک براون)
- تحلیل مسائل پایداری در مکانیک سنگ و تونل سازی
- کاربرد روش های حدی در خاک های ناهمگن
- تحلیل سه بعدی مسائل پایداری
- کاربرد مسائل پایداری در تحلیل های آماری جهت تعیین احتمال گسیختگی و قابلیت اطمینان و طراحی بر اساس عملکرد
- تحلیل مسائل لرزه ای به روش استاتیکی
- معرفی روش سازواری (shakedown) کاربرد آن در مسائل لرزه ای

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

- تعیین مقالات به روز در خصوص مباحث تحلیل حدی در مکانیک خاک و الزام دانشجوی به مطالعه آنها جهت آشنایی با کاربردهای به روز این مباحث
- انجام یک برنامه نویسی مقدماتی جهت روشهای تحلیل حدی عددی
- الزام نمودن دانشجوی به برنامه نویسی در خصوص روش خطوط مشخصه برای یک پی نواری
- تعیین تمرینهای متعدد جهت انجام حل دستی بوسیله روشهای سنتی تحلیل حدی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

- فعالیت های کلاسی در طول نیم سال ۵۰ درصد
- آزمون پایان نیم سال ۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- امکانات سخت افزاری و نرم افزاری برای انجام برنامه نویسی کامپیوتری

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

- ۱) Sokolovski V.V., (۱۹۶۰), "Statics of Soil Media", Butterworths Scientific Publications, London, ۲۳۷P.
- ۲) Atkinson J.H., (۱۹۸۱), "Foundations and Slopes", Wiley, ۳۲۳P.
- ۳) Chen W.F., (۱۹۹۰), "Limit Analysis in Soil Mechanics", Elsevier, Amsterdam, ۴۷۷P.
- ۴) Yu H.S., (۲۰۰۶), "Plasticity and Geotechnics", Springer, ۵۴۰P.



عنوان درس به فارسی: روش‌های عددی		عنوان درس به انگلیسی: Numerical Methods	
نوع درس و واحد			
نظری ☒	پایه ☐	ندارد	
عملی ☐	تخصصی ☐	ندارد	
نظری-عملی ☐	اختیاری ☒	۳	تعداد واحد:
رساله / پایان‌نامه ☐		۴۸	تعداد ساعت:

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف کلی:

- آشنایی با انواع روشهای عددی در حل مسائل مقادیر مرزی

اهداف ویژه:

- آشنایی با الگوریتم نویسی برای انواع روشهای عددی
- آشنایی با محدودیتها و کاربردهای روشهای عددی در مهندسی ژئوتکنیک

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه

- تاریخچه و نحوه گسترش روشهای عددی در علوم مهندسی
- روشهای عددی در این درس و چگونگی ارائه آنها
- اهمیت مدل سازی عددی در ژئوتکنیک

۲. تئوری تقریب



- قواعد مربوط به مجزاسازی محیط پیوسته
- فرمهای کلاسیک عناصر
- عنصر مبنا و تقریب روی عنصر
- ۳. روش اجزاء محدود
- مجزاسازی محیط و عناصر پایه
- انواع مختلف المانهای یک بعدی، دوبعدی و سه بعدی
- فرم انتگرالی معادلات
- روش باقیمانده های وزن دار
- تبدیل فرمهای انتگرالی
- فونکسیونلها
- مجزاسازی فرمهای انتگرالی
- شکل عرضه ماتریسی معادلات
- روشهای عددی و تکنیک های برنامه نویسی مورد نیاز
- ۴. روش تفاضل محدود
- توضیح روش تفاضل محدود
- حل معادلات لاپلاس دوبعدی و تحکیم یک بعدی توسط روش تفاضل محدود
- ۵. روش عناصر مرزی
- مبانی روش عناصر مرزی
- مبانی تعریف توابع گرین و حل اصلی در یک معادله مشتقات جزئی
- کاربرد مسائل ژئوتکنیکی
- ۶. روش عناصر مجزاء
- مبانی و یک سیکل محاسباتی
- معادله حرکت و الگوریتم حل آن
- قانون تماس
- اعمال شرایط مرزی
- ۷. بکارگیری مدل های عددی برای حل مسائل ژئوتکنیکی
- آشنایی با نرم افزارهای عددی
- مراحل بکارگیری نرم افزارهای تجاری یا تحقیقی
- روشهای کالیبراسیون و بررسی صحت نتایج

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

- هر مبحث درسی همراه با برنامه نویسی آن مبحث برای مسائل ساده همراه می باشد.
- در هر مبحث درسی یک مساله ساده با نرم افزارهای تجاری موجود در آن روش حل می شود.

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

۵۰ درصد

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال

۵۰ درصد

آزمون پایان نیم سال

ج) هلو و مات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:



چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Liu G.R., Quek S.S. (۲۰۰۳), "Finite element method, a practical course", Butterworth-Heinemann.
۲. Potts D.M., Zdrakovic, L. (۱۹۹۷), "Finite elements analysis in geotechnical engineering", Vol. ۱ (theory), Telford Publishing, London.
۳. Hamming R.W. (۱۹۸۷), "Numerical Methods for Scientists and Engineers", Dover Publications, ۲nd Edition, ۷۲۱P.
۴. Katsikadelis J.T. (۲۰۱۶), "The Boundary Element Method for Engineeris and Scientists" Elsevier, ۴۴۵P.
۵. Forcythe G.E. & Waso W.R. (۲۰۰۴), "Finite Difference Method", Dover Phoenix Editions, ۴۴۴ P.
۶. Munjiza A. (۲۰۰۴), "The Combined Finite-Discrete Element Method", Wiley, ۳۴۸P.

عنوان درس به فارسی: ژئوتکنیک لرزه‌ای		عنوان درس به انگلیسی: Geotechnical Earthquake Engineering	
نوع درس و واحد			
نظری ☒	پایه ☐	ندارد	دروس پیش نیاز:
عملی ☐	تخصصی ☐	ندارد	دروس هم نیاز:
نظری-عملی ☐	اختیاری ☒	۳	تعداد واحد:
رساله / پایان نامه ☐		۴۸	تعداد ساعت:

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف کلی:

- این دوره بر روی آشنایی با روش‌های امواج سطحی و کاربرد آن‌ها در شناسایی ساختگاه، تحلیل مخاطره لرزه‌ای و روان‌گرایی خاک و ارزیابی آن تمرکز دارد.

اهداف ویژه:

- آشنایی با انتشار موج در محیط‌های لایه ای و روش‌های امواج لرزه ای نزدیک به سطح، هم از دیدگاه تئوری و کاربردی
- آشنایی با مخاطرات زلزله در ساختگاه و تحلیل خطرپذیری لرزه ای
- آشنایی با برخی از پدیده‌های ژئوتکنیک لرزه‌ای مانند زمین لغزش و روان‌گرایی

ب) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه
۲. انتشار موج در محیط‌های نامحدود
۳. اجسام نیمه نامتناهی،
- در خاک‌های لایه ای و کاهش امواج تنش.



۳. روش امواج سطحی

تعریف روش موج سطحی

تحلیل طیفی روش موج سطحی (SASW)

تجزیه و تحلیل چند کاناله روش موج سطحی (MASW)

امواج رایلی، پراکندگی، برهم نهی مودال

نظریه امواج ریلی در محیطهای لایه ای

مدل سازی انتشار امواج ریلی: شبیه سازی منحنی پراکندگی

آزمایش با امواج سطحی: به دست آوردن منحنی پراکندگی در یک سایت

منحنی پراکندگی نظری و منحنی پراکندگی آزمایش میدانی

سیگنال در مقابل نویز تبدیل ها

تبدیل $\omega - p$ ، تبدیل $\tau - p$ ، تبدیل $f - k$

برگردان منحنی پراکندگی

سه مرحله روش داده برداری، پردازش، برگردان

۴. تحلیل مخاطره لرزه ای

کاهش خطرات لرزه ای، زلزله شناسی و زلزله،

حرکت قوی زمین،

پارامترهای جنبش زمین

روابط کاهندگی

تجزیه و تحلیل مخاطره لرزه ای؛

تحلیل خطر لرزه ای قطعی (DSHA)

تحلیل احتمالی خطر لرزه ای (PSHA)

۵. روانگرایی

ارزیابی خطرات روانگرایی،

اثرات روانگرایی

۶. زمین لغزش، گودبرداری و پدیده های دیگر ژئوتکنیک لرزه ای

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

- معرفی مراجع مختلف به دانشجویان که همراه با تدریس در کلاس مورد بهره برداری قرار گیرد

- الزام دانشجویان به انجام تکالیف کلاسی و یک پروژه در قالب تحلیل مخاطره لرزه ای

- ترغیب دانشجویان به استفاده از کد نویسی در حل برخی مسائل

- انجام بازدید از مسائل ویژه ژئوتکنیک لرزه ای و انجام آزمایش میدانی امواج سطحی توسط دانشجویان

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

۱۰ درصد

۴۵ درصد

۴۵ درصد

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال

آزمون میان نیم سال

آزمون پایان نیم سال



ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- تجهیزات کمک درسی همانند وایت برد و قلم نوری

- تجهیزات رایانه ای مانند رایانه و ویدئوپروژکتور

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- Kramer, Steven Lawrence., Geotechnical earthquake engineering (Prentice-Hall civil engineering and engineering mechanics series), ۱۹۹۶

۲- Lin, Shibin, "Advancements in active surface wave methods: modeling, testing, and inversion" (۲۰۱۴). Graduate Theses and Dissertations. Paper ۱۳۷۶۱

۳- Sebastiano Foti, Carlo Lai, Glenn J. Rix, Claudio Strobbia, Surface Wave Methods for Near-Surface Site Characterization, Editore: Routledge, Anno edizione: ۲۰۱۷, ISBN: ۱۱۳۸۰۷۷۷۳۹

عنوان درس به فارسی:		اندرکنش خاک و سازه	
عنوان درس به انگلیسی:		Soil-Structure Interaction	
دروس پیش نیاز:	ندارد	نوع درس و واحد	
دروس هم نیاز:	ندارد	☐ پایه ☐ نظری	
تعداد واحد:	۳	☐ تخصصی ☐ عملی	
تعداد ساعت:	۴۸	☐ نظری-عملی ☒ اختیاری	
		رساله / پایان نامه ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف کلی:

- آشنایی با تحلیلهای اندرکنش خاک و سازه

اهداف ویژه:

- آشنایی با تحلیلهای مستقیم و زیر سازه در اندرکنش خاک و سازه در حوزه زمان و فرکانس
- آشنایی با روشهای محاسبه سختی خاک و سازه
- انتشار موج در زمین و در میدان آزاد و روابط سختی زمین در انواع موج درونی و سطحی
- آشنایی با روش مدل مخروط در به دست آوردن سختی زمین ناشی از انتشار موج

پ) مباحث با سرفصل ها:

۱. مقدمه
۲. اهداف این تحلیل برهمکنش خاک و سازه



انواع بارهای اعمال شده در تحریک لرزه ای ویژه
اثرات متقابل خاک و سازه

فرض خطی بودن در اندر کنش خاک و سازه
انواع مسائل دربرگیرنده اندر کنش خاک و سازه
روشهای مستقیم و زیرسازه تحلیل اندر کنش خاک و سازه

۲. مبانی سیستم دینامیک گسسته

معادلات حرکت در حوزه زمان

تبدیل به دامنه های مودال

معادلات حرکت برای تحریک هارمونیک

اصل تناظر

تبدیل فوریه گسسته

روش پاسخ مختلط

۳. معادله حرکت پایه

روابط در جابجایی های کل

پایه انعطاف پذیر

پایه صلب

پایه های خاص

برهمکنش های سینماتیکی و اینرسی

بارها و خصوصیات آنها

ماشین آلات دوار

ضربه

زمین لرزه

مثال مقدماتی سیستم یک درجه آزادی SSI

بیان مساله

معادلات حرکت سیستم جفت شده

سیستم معادل یک درجه آزادی

پارامترهای بدون بعد

مطالعه پارامتریک

۴. اصول انتشار موج

معادله موج یک بعدی

اهمیت انتشار موج

انواع امواج

ماتریس دینامیک سفتی و ضریب دینامیک سفتی

نرخ انتقال انرژی

میرایی مواد

همگرایی ضریب سختی دینامیکی میله محدود به ضریب سختی میله بینهایت

۵. پاسخ میدان آزاد

ضریب پروسفتی سایت

مفاهیم مدل مخروطی

مکانیسم های سختگیرانه



انتشار موج در یک مخروط همگن نیمه بی نهایت کوتاه شده
انعکاس و شکست موج در یک ناپیوستگی مادی در یک مخروط
دیسک بر روی سطح یک لایه نیمه فاصله
دیسک در یک نیمه فضای لایه ای تعیبه شده است
فونداسیون تعیبه شده در یک نیم فضای لایه لایه
ویژگی های مدل مخروطی
معادله موج سه بعدی در مختصات دکارتی
امواج موج P، موج S، موج ریلی و موج عشق.
۶. پاسخ میدان آزاد ساختمانی

تعریف موضوع
سه جنبه هنگام تعیین محیط لرزه ای
محل کنترل نقطه
تقویت، پراکندگی و تضعیف
ماتریس پویاسفتی سایت،
تقویت سایت برای امواج بدن
امواج سطحی
تقویت ها
سرعت ظاهری و عوامل پوسیدگی
نیمه فضا

برخورد امواج SH
برخورد امواج P
برخورد موج SV
برخورد امواج ریلی
جابجایی ها و تنش ها با تغییر عمق
سیستم تک لایه بر روی نیم فضا
امواج SH
امواج لاو
تفسیر فیزیکی متغیرها
امواج P و SV
امواج ریلی
۷. مطالعه پارامتریک حرکت خارج از صفحه

محدوده تحقیق
امواج SH به صورت عمودی
امواج SH مورب
تشدید درونی

تشدید در خنمون
امواج لاو
پراکندگی و کاهندگی
جابجایی ها و تنش ها با تغییر عمق
تشدید درونی



۹. مطالعه پارامتریک حرکت در صفحه

هدف تحقیقات

برخورد عمودی امواج SV و P

امواج شیبدار P و SV

برخورد امواج P

برخورد موج SV

ترکیب برخورد امواج P و SV

۱۰. امواج ریلی

پراکندگی و تضعیف

جابجایی ها و تنش ها در مقابل عمق

حرکت پراکنده

۱۱. ساختگاه نرم

توضیحات ساختگاه و نقطه کنترل حرکت

امواج SH عمودی و شیبدار

برخورد امواج P و SV عمودی و شیبدار

امواج لاو

امواج ریلی

جابجایی ها و تنش های درون صفحه با تغییر عمق

حرکت پراکنده

۱۲. ساختگاه سنگی

توضیحات سایت و کنترل حرکت

امواج لاو

امواج ریلی

الگوهای موج فرضی

حرکت پراکنده

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

- معرفی مراجع مختلف به دانشجویان که همراه با تدریس در کلاس مورد بهره برداری قرار گیرد

- الزام دانشجویان به انجام تکالیف کلاسی تحلیلی و عددی و انجام یک پروژه در قالب تحلیل اندر کنش خاک و سازه

- ترغیب دانشجویان به استفاده از کد نویسی در حل مسأله مدل مخروط

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال ۱۰ درصد

آزمون میان نیم سال ۴۵ درصد

آزمون پایان نیم سال ۴۵ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

تجهیزات کمک درسی همانند وایت برد و قلم نوری

تجهیزات رایانه ای و امکانات سمعی بصری

چ) فهرست منابع پیشنهادی:



۱- Kramer, Steven Lawrence., Geotechnical earthquake engineering (Prentice-Hall civil engineering and engineering mechanics series), ۱۹۹۶

۲- John P. Wolf "Dynamic Soil Structure Interaction", Prentice-Hall, Englewood Cliffs, ۱۹۸۶

۳- John P. Wolf and Andrew J. Deeks, Foundation Vibration Analysis: A Strength-of-Materials Approach

عنوان درس به فارسی: تحلیل پایداری شیب و گودبرداری		
نوع درس و واحد		عنوان درس به انگلیسی: Slope Stability and Excavations
نظری ☒ پایه ☐		ندارد
عملی ☐ تخصصی ☐		ندارد
نظری-عملی ☐ اختیاری ☒		۳
رساله / پایان نامه ☐		۴۸
		تعداد واحد:
		تعداد ساعت:

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف کلی:

- آشنایی با تجزیه و تحلیل، طراحی و اصلاح شیب‌های ناپایدار، لغزش‌ها، ریزش سنگ‌ها، گودبرداری‌ها، حائل‌های نگهدارنده و خاکریزها

اهداف ویژه:

- آشنایی با نحوه شناسایی و تجزیه و تحلیل شیب‌های ناپایدار
- آشنایی با نحوه شناسایی، تجزیه و تحلیل، پیشگیری و اصلاح زمین لغزش‌ها و دیگر جابجایی‌های شیب ناشی از فعالیت‌های طبیعی و انسانی
- آشنایی با نحوه برخورد با زمین لغزش‌ها و ناپایداری‌های شیب با یادگیری اهمیت مهندسی، زمین‌شناسی و تجربیات محلی
- آشنایی با نحوه تحلیل شیب‌ها با علم کاربردی با استفاده از روش‌های تعادل حدی، تغییر شکل و مبتنی بر احتمال

آشنایی محاسبه انواع فشار فعال و غیرفعال، انواع سازه نگهدارنده، گودبرداری در مناطق شهری، آیین‌نامه‌های گودبرداری‌های، مطالعات ژئوتکنیک

برای گودبرداری‌ها



پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- ۱- شیب‌های خاک، حفاری‌ها و شیب‌های بریده شده
مقدمه، انتظارات و اهداف
گسیختگی، حرکات و فرآیندهای شیب
مکانیسم‌های تحریک کننده
پایداری شیب: هندسه، زمین‌شناسی، هیدروژئولوژی و ژئوتکنیک
- ۲- مقاومت برشی، وضعیت تنش، و فشار آب
اصول مقاومت برشی
اندازه‌گیری مقاومت
آزمون‌ها و استانداردهای آزمایشگاهی
آزمایشات میدانی قدرت درجا
اهمیت فشار آب و منافذ در پایداری شیب
نفوذپذیری خاک
نیروهای تراوش
فشار آب منفذی
- ۳- تجزیه و تحلیل پایداری شیب
مکانیک تعادل حدی
روش‌های تحلیل پایداری شیب
روش‌های متداول استفاده از برش‌ها
انتخاب روش تحلیل
زهکشی شده در برابر شرایط زهکشی نشده
تحلیل تنش کل در برابر تحلیل تنش موثر
روش‌های تحلیل در حال تکامل
تجزیه و تحلیل تغییر شکل
روش‌های المان محدود
روش‌های احتمالی
- ۴- گزارش پایداری شیب
مولفه‌ها و ساختار تحلیل پایداری شیب جامع
گزارش پایداری شیب
- ۵- چگونه و چرا شیب‌های غیراشباع گسیخته میشوند.
مکش خاک و منحنی مشخصه خاک-آب
شرایط تنش در شیب‌های غیراشباع
پایداری شیب نامحدود در شرایط تراوش غیراشباع
مطالعات موردی شیب‌های برش ناشی از بارندگی
- ۶- نرم افزارهای تحلیل پایداری شیب
مربوطی بر تحلیل پایداری شیب سه بعدی با استفاده از نرم افزارها
شیبهای سنگی و رانش زمین
شیب‌های زمین‌شناسی لغزش
مواد فرآیندهای زمین‌شناسی موثر بر زمین لغزش
مکانیسم‌های زمین لغزش و شرایط آب و هوایی



زمینه تاریخی

خصوصیات زیرسطحی

کاربری زمین و ریسک

تجزیه و تحلیل و مکانیسم ها

مکانیک سنگ و بررسی شیب سنگ

۸- روش های تخمین مقاومت برشی ناپیوستگی ها

حالت های شکست شیب سنگ و تجزیه و تحلیل

بررسی شیب سنگ

نقشه برداری

مهندسی زمین شناسی دامنه های سنگی

۹- بررسی شیب سنگ و زمین لغزش

اصلاح شیب سنگ

موضوعات پیشرفته در مهندسی شیب

ارزیابی ریسک پیشگیرانه

صخره های فرو افتاده

انواع و طبقه بندی ها

تحقیقات میدانی و ابزار دقیق

کاهش خطر و ساخت و ساز

۱۰- طراحی مهندسی شیب ها و حفظ زمین

۱۱- کاربرد ژئوسنتتیک در شیب ها و خاکریزها

تقویت

کنترل فرسایش

زه کشی

تعمیر زمین لغزش

۱۲- فشارهای جانبی زمین

تعاریف و توسعه فشارهای زمین فعال، غیرفعال و خنثی

حرکاتی برای بسیج فشارهای فعال و منفعل

۱۳- طراحی سازه نگهدارنده گودبرداری

انواع سازه نگهدارنده

روشهای اجرایی سازه نگهدارنده خرابایی

روش اجرایی سازه نگهدارنده نیلینگ و انکوراژ

سازه نگهدارنده بتنی

روشهای مرحله ای گودبرداری

توصیه آیین نامه ای در مورد گودبرداریهای شهری

مطالعات ژئوتکنیک برای گودبرداری ها

فشارهای زمین برای دیوار حائل طره ای

طراحی بایگودبردار (روش دستی)

نورده کف گودبرداری، نشست سطوح و انحرافات جانبی

بایگودبردار سطح آب زیر زمینی و زهکشی

طراحی



۱۴- روشهای موردی در تثبیت، پشتیبانی و بهبود شیب

روش لوله و تخته برای شکست شیب کم عمق

پایه (شمع) حفاری شده و دیوار حائل در شیبهای با گسیختگی کم عمق

سیستم پشتیبانی جانبی در یک منطقه زمین لغزش فعال

۱۵- طراحی خاکریز و تکیه گاه

حالت های شکست

توزیع تنش

ماهیت و انتخاب مواد پرکننده

مشخصات تراکم و معیارهای پذیرش

تکیه گاه

زه کشی

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

- معرفی مراجع مختلف به دانشجویان جهت بهره برداری از آن همزمان با تدریس در کلاس

- الزام دانشجویان به انجام تکالیف کلاسی تحلیلی و عددی و انجام یک پروژه در قالب تحلیل پایداری شیب و تحلیل گودبرداری

- ترغیب دانشجویان به استفاده از کد نویسی در حل مسأله پایداری شیب

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال ۱۰ درصد

آزمون میان نیم سال ۴۵ درصد

آزمون پایان نیم سال ۴۵ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- تجهیزات کمک درسی همانند وایت برد و قلم نوری

- تجهیزات رایانه ای مانند رایانه و ویدئوپروژکتور

- نرم افزارهای کاربردی در این زمینه مانند Plaxis

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- مقررات ملی ساختمان ایران - مبحث هفتم - پی و پی سازی

۲- Muni Budhu, Foundations and Earth Retaining Structures, Wiley; 1st edition (January ۱۴, ۲۰۰۸)



عنوان درس به فارسی: میکرومکانیک و روش اجزای گسسته		عنوان درس به انگلیسی: Micromechanics and Discrete Element Method	
نوع درس و واحد		مکانیک خاک پیشرفته	
☐ پایه ☐ نظری		ندارد	
☐ عملی ☐ نظری-عملی		۳	
☐ اختیاری ☐ رساله / پایان نامه		۴۸	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف کلی:

- آشنایی با میکرومکانیک و روش اجزای گسسته در مکانیک خاک

اهداف ویژه:

۱. معرفی خاک به عنوان یک محیط گسسته و آشنایی با مفاهیم و پارامترهای حاکم بر برهم کنش میان دانه ها در مقیاس خرد
۲. چگونگی ایجاد وابستگی میان عاملهای درجه اول برهم کنش میان دانه ها در مقیاس خرد و ویژگیهای مقیاس کلان محیطهای دانه ای مانند

آشنایی با روش اجزایی گسسته و کاربردهای آن در مکانیک خاک

پ (مباحث یا سرفصل ها:



۱. مقدمه

- شرح ماهیت گسسته خاک های دانه ای
- ارائه نمونه ها و شواهدی که تنها با پذیرش خاک دانه ای به عنوان محیط گسسته قابل بررسی و تحلیل هستند

۲. مفهوم هندسی بافت در محیط های دانه ای

- مقدمه
- تعریف ریاضی و هندسی بافت بر اساس امتداد دانه ها، عمود بر صفحات تماس میان دانه ها، فضای خالی میان دانه ها و نیروهای تماسی میان دانه ها
- معرفی تنسور بافت (fabric tensor) مرتبه ۲ و بالاتر
- نامتغیرهای تنسورهای بافت و مفهوم فیزیکی آنها
- کاربرد تنسورهای بافت در مکانیک محیط های پیوسته
- معرفی مفهوم عدد همپایگی (coordination number)
- حل چند نمونه مساله ساده

۳. وابسته سازی ویژگی های مقیاس کلان (macro-scale) به ویژگی های مقیاس خرد (micro-scale)

- اثبات نظریه گاز کامل و بررسی وابستگی ویژگی های مقیاسهای کلان و خرد
- تعریف مفهوم تنش موثر با نگرش میکرومکانیکی برای یک محیط گسسته دو بعدی
- حل مساله: بررسی میانگین نیروهای مبادله شده میان دانه ها در تراکم همسان
- تعریف مفهوم تنش موثر با نگرش میکرومکانیکی برای یک محیط گسسته سه بعدی

۴. توسعه مدلهای رفتاری بر پایه مفاهیم میکرومکانیکی

- مقدمه
- نظریه اتساع (Rowe (۱۹۶۲)
- فرمولبندی یک مدل رفتاری وابسته به حالت بر اساس مکانیک محیط های پیوسته
- فرمولبندی یک مدل رفتاری وابسته به حالت با فرض ناپیوستگی محیط خاک دانه ای
- برنامه نویسی فرمولبندی دو مدل رفتاری بر اساس مکانیک محیط های پیوسته و گسسته و مقایسه پیش بینی ها با داده های تجربی

۵. دینامیک ملکولی و معرفی روش عددی اجزای گسسته (Discrete element Method: DEM)

- مقدمه و مرور تاریخچه در علوم مختلف و بخصوص در مکانیک خاک
- معرفی الگوهای مختلف اندرکنش تماسی میان دانه های گسسته، مفهوم میرایی در محیطهای دانه ای، مفهوم کرنش در محیطهای گسسته
- معرفی نرم افزارهای دانشگاهی و تجربی توسعه یافته بر اساس روش اجزای گسسته

۶. پروژه پایان ترم

- شبیه سازی رفتار دو بعدی یا سه بعدی محیط های دانه ای به روش اجزای گسسته

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ارائه تکلیف های کلاسی جهت انجام و ارائه محاسبات دستی پارامترهای بافت چند محیط دانه ای
انجام برنامه نویسی بر مبنای فرض گسسته بودن محیط برای شبیه سازی رفتار خاکهای دانه ای

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال	۲۰ درصد
آزمون میان نیم سال	۴۰ درصد
آزمون پایان نیم سال	۴۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

رایانه جهت انجام شبیه سازی های عددی

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. O'Sullivan, C. (۲۰۱۱). Particulate Discrete Element Modeling: A Geomechanical Perspective CRC Press



۲. Iwashita, K., Oda, M (۱۹۹۹). Mechanics of Granular Materials: An Introduction (۱st Eds.). CRC Press.

۳. Cambou, B., Jean, M., Radjaï F (۲۰۱۰). Micromechanics of Granular Materials (۱st Eds.). Wiley.

عنوان درس به فارسی:		ژئوتکنیک دریایی	
عنوان درس به انگلیسی:		Marine Geotechnics	
دروس پیش نیاز:	مهندسی پی پیشرفته	نوع درس و واحد	
دروس هم نیاز:	ندارد	☐ پایه ☐ نظری	
تعداد واحد:	۳	☐ عملی ☐ تخصصی	
تعداد ساعت:	۴۸	☐ نظری-عملی ☒ اختیاری	
		☐ رساله / پایان نامه	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف کلی:

آشنا ساختن دانشجویان با مباحث خاص ژئوتکنیکی در دریا، در شناسایی محلی ساختگاه و طراحی ژئوتکنیکی سازه های ساحلی و سازه های دور از ساحل

اهداف ویژه:

۱. آشنایی با انواع پی در سازه های دریایی و طراحی آنها از دیدگاه ژئوتکنیکی

۲. آشنایی با پیرامون ها در فضای حرفه ای مرتبط با ژئوتکنیک دریایی

پ (مباحث با سرفصل ها:

۱. شناسایی ژئوتکنیکی در دریا

۲. طراحی سازه های سطحی از بستر دریا



- گمانه زنی و نمونه برداری در اعماق کم آب (زیر ۲۰ متر)
- گمانه زنی و نمونه برداری در اعماق زیاد آب (زیر ۲۰ متر)
- آزمونهای پر جا در دریا
- نقش بررسی های ژئوفیزیکی

۲. خواص و رفتار ویژه خاکهای دریایی

- رس های بسیار سست لجنی
- ماسه های سست و احتمال روانگرایی
- خاکهای کربناتی
- زمینهای مرجانی
- سایر خاکهای ویژه در دریا

۳. آب شستگی بستر دریا

- انواع آب شستگی در دریا
- روشهای پیش بینی آب شستگی
- آب شستگی در مجاورت ابنیه دریایی
- مقابله با آب شستگی

۴. ژئوتکنیک موج شکن و سازه های خرده سنگی در دریا

- خواص فیزیکی و مکانیکی مصالح خرده سنگی
- فشار آب حفره ای در بدنه موج شکن تحت موج
- جریان حفره ای در بدنه
- پایداری بدنه موج شکن
- تغییر شکل های برشی و حجمی بدنه موج شکن
- پایداری و نشست خاک بستر

۵. ناپایداری بستر دریا

- عوامل ناپایداری و مکانیزم آن
- تحلیل ناپایداری تحت نیروهای ثقلی
- تحلیل ناپایداری تحت موج
- تحلیل ناپایداری در شرایط زلزله
- تاثیر ناپایداری بستر دریا بر سازه ها

۶. پی سازه های وزنی دریایی

- ساخت، اجرا و ابزار گذاری سکوه های وزنی
- تحلیل پایداری پی سکوه های وزنی
- تحلیل تغییر فرم پی سکوه های وزنی بر اساس تئوری الاستیسیته
- پدیده رگاب و فرسایش

۷. پی جک آنها

- انواع پی ها و بار طرح آنها
- پیش بینی عملکرد پی های تک
- پیش بینی عملکرد پی های گسترده
- انواع مهارهای کف دریا
- روش های پایداری مهارها

۸. پی شستگی سازه های دریایی



- انواع شمع در سازه های دریایی
- تکیه گاه موقت برای سازه های شمع
- تحلیل کوبش شمع
- برآورد ظرفیت باربری محوری و جانبی شمعها
- تحلیل رفتار شمعها تحت بار دینامیک

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

- استفاده از مراجع جامع که در حوزه طراحی ژئوتکنیکی سازه های دریایی در فضاهای حرفه ای مورد استفاده قرار می گیرند.
- ارائه تجربیات موجود در خصوص انواع پروژه های اجرا شده در خصوص سازه های دریایی .
- تهیه یک مطالعه موردی توسط هر دانشجو از یک پروژه ژئوتکنیک دریایی و تشریح روشهای اجرای آن.

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال	۲۰ درصد
آزمون میان نیم سال	۳۰ درصد
آزمون پایان نیم سال	۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

تجهیزات لازم جهت ارائه تصاویر مربوط به پروژه های اجرایی

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Randolph, M. and Gourvenec, S. (۲۰۱۱), "Offshore Geotechnical Engineering", Spon Press.
۲. Poulos, H.G. (۱۹۸۸), "Marine Geotechnics", Boston Unwin Hyman, ۴۷۳ p.
۳. Fang, H.Y. (۱۹۸۶) "Marine Geotechnology and Nearchore/Offshore Structures", ۳۷۲ p.
۴. COFS (۲۰۰۵), "Frontiers in Offshore Geotechnics", A.A. Balkema.

عنوان درس به فارسی:		تحقیقات محلی	
عنوان درس به انگلیسی:		Site Investigation	
نوع درس و واحد			
دروس پیش نیاز:	ندارد	پایه ☐ نظری ☒	
	ندارد	تخصصی ☐ عملی ☐	
تعداد واحد:	۳	اختیاری ☒ نظری-عملی ☐	
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان نامه ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف کلی:

هر مهندس عمران در طول عمر حرفه ای خود با شناسایی ژئوتکنیکی زمین در مراحل مختلف پروژه های عمرانی مواجه میشود. لذا آشنایی با روشهای شناسایی ژئوتکنیکی ساختگاه ضرورت دارد. ضمناً شناسایی ها بخش عمده ای از حرفه ژئوتکنیک را به خود اختصاص می دهند و سهم مهمی از نظر علمی، تحقیقی و حرفه ای در مهندسی ژئوتکنیک دارند. شناسایی های ژئوتکنیکی شامل برنامه ریزی مطالعات، مطالعات دفتری، حفاری گمانه، آزمونهای برجا، نمونه گیری، آزمایش های آزمایشگاهی و تهیه گزارش میشود.



هدف از این درس آشنایی دانشجویان با اصول برنامه‌ریزی شناسایی‌های ژئوتکنیکی و تکنیک‌های انجام آن است. اتخاذ استراتژی درست شناسایی‌ها و انتخاب مناسب نوع تکنیک‌های کار و شناخت مزایا و معایب آنها بیش از جزئیات ارائه شده در آیین‌نامه‌ها مورد توجه این درس می‌باشد. ذکر این مهم ضروری است که درس تحقیقات محلی برای آماده‌سازی دانشجویان برای بازار کار حرفه مهندسی ژئوتکنیک می‌باشد.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه و برنامه‌ریزی مطالعات
 - لزوم شناسایی زمین در پروژه‌های عمرانی
 - مراحل شناسایی ژئوتکنیکی زمین
 - شناسایی در فاز یک و دو مطالعات و فاز اجرا
 - مطالعات دفتری و بازدید محلی
 - عمق مناسب گمانه
 - تعداد و محل حفر گمانه
 - آرایش مناسب گمانه‌ها برای سازه‌های مختلف
۲. حفاری و گمانه‌زنی
 - حفر چاه، چاهک و ترانشه
 - روشهای حفاری گمانه
 - حفاری در خاک
 - حفاری در سنگ
 - سرته‌ها و مغزه گیرها
 - مشخصات مکانیکی ماشین‌های حفاری
 - استقرار دستگاه حفاری در خشکی و دریا
۳. نمونه برداری
 - نمونه گیری دستی و بلوکی
 - روشهای تهیه نمونه دست نخورده
 - روشهای تهیه نمونه دست خورده
 - بازسازی نمونه
 - ارزیابی دستخوردگی نمونه‌ها
 - تهیه نمونه بدون گمانه‌زنی
 - نمونه گیری از سنگ
 - تهیه نمونه برای آزمونهای آزمایشگاهی
 - انواع نمونه گیرها
۴. آزمونهای محلی
 - آزمایش بارگذاری صفحه (PLT)
 - آزمایش برش مستقیم درجا (FDST)
 - آزمایش نفوذ استاندارد (SPT)
 - آزمایش نفوذ مخروط (CPT)
 - آزمایش نفوذسنجی دینامیکی (DCPT و DPSH, DPM, DPL)
 - آزمایش ابرار مکینتاش (Mackintosh Probe)
 - آزمایش مخروط سوندی (Swedish Weight Sounding)
 - آزمایش برش پره صحرایی (VST)

- آزمایش لوفران (Lefranc)
- آزمایش لوژان (Lugeon)
- آزمایش پرسومتری (Pressuremeter)
- آزمایش دیلاتومتری (Dilatometer)
- آزمایش مقاومت سنجی الکتریکی (Electrical Resistivity)
- ۵. آزمونهای آزمایشگاهی
- کاربرد آزمایشهای مقاومتی، تغییر شکلی و نفوذپذیری
- کاربرد آزمایشهای دینامیکی
- کاربرد آزمایشهای شیمیایی
- تجویز نوع و تعداد آزمونهای مناسب خاک و سنگ
- ۶. تهیه گزارش شناسایی ها
- اصول ارائه داده ها
- تحلیل نتایج و ارائه پیشنهادات
- اجزا گزارشهای بدون تفسیر
- اجزا گزارشهای مهندسی
- ۷. ویژگی های خاص شناسایی زمین در پروژه های مختلف
- تونل و سازه های زیرزمینی
- سد و سازه های وابسته
- راهسازی و ابنیه پل و راه
- سازه های دریایی
- ساختمانهای بلند
- ساختمانهای سبک و ارزان

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

- ۱- با توجه به هدف درس باید وقت کلاس صرف برنامه ریزی و انتخاب استراتژی شناسایی ها و مزایا و معایب ابزار و آزمونهای مختلف در شرایط گوناگون کاربرد تکنیک ها شود. مراجع مناسب در رابطه با جزییات تجهیزات استاندارد و جزییات روشهای کار معرفی گردد.
- ۲- بازدید عملی یک پروژه شناسایی زمین در مرحله گمانه زنی قابل توصیه است.
- ۳- ارائه درس با استفاده از امکانات سمعی و بصری (پاورپونت) همراه با نشان دادن تصویرها و فیلم بسیار سودمند است.

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال	۱۵ درصد
آزمون میان نیم سال	۳۵ درصد
آزمون پایان نیم سال	۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

امکان بازدید از یک نمونه پروژه مطالعات ژئوتکنیک در حال انجام بویژه در حین حفاری گمانه ها.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- Hunt, R. E. (۲۰۰۷). "GEOTECHNICAL INVESTIGATION METHODS: A Field Guide for Geotechnical Engineers", Taylor and Francis, ۳۵۲ p.



۲- Monnet, J. (۲۰۱۵). "In Situ Tests in Geotechnical Engineering", John Wiley and Sons., ۴۰۱ p.

۳- Mayne, P. W. and Fonseca, V.D. (۲۰۰۴) "Geotechnical and Geophysical Characterisation", Millpress, ۱۹۱۰ p.

۴- Clayton, C.R.I., Matthews, M.C. and Simons, N.E. (۱۹۹۵) "Site Investigation", Second Edition, Blackwell Science, ۵۸۴ p.



