

طرح درس جهت ارائه در نیمسال تحصیل دوم ۱۴۰۲

دانشکده	فنی مهندسی	گروه	مکانیک سنگ
گرایش	مکانیک سنگ	مقطع	کارشناسی ارشد
نام درس	طراح و اجرای فضاهای زیرزمینی	نوع درس	پایه ☐ نظری ☒ تخصصی ☒ عملی ☐ اختیاری ☐ نظری-عملی ☐
تعداد واحد	۳ واحد	نام استاد	دکتر حمیدرضا نجاتی
دروس پیش نیاز	مکانیک سنگ پیشرفته	تلفن دفترکار	۸۲۸۸۳۳۸۰
دروس هم نیاز		پست الکترونیک	h.nejati@modares.ac.ir

مقدمه

این درس برای دانشجویان مهندسی عمران و مهندسی معدن طراحی شده است تا اصول و مبانی طراحی و اجرای پروژه‌های زیرزمینی را بیاموزند. این درس شامل مباحثی از جمله تحلیل پایداری، روش‌های حفاری، نوع تجهیزات و مصالح مورد استفاده در طراحی فضاهای زیرزمینی می باشد.

✓ اهداف درس:

۱. آشنایی با اصول و مفاهیم طراحی و اجرای فضاهای زیرزمینی.
۲. تحلیل و ارزیابی پایداری سازه‌های زیرزمینی.
۳. شناخت روش‌های مختلف حفاری و ماشین‌آلات مورد استفاده
۴. - بررسی مسائل زیست‌محیطی و ایمنی در پروژه‌های زیرزمینی.
۵. آشنایی با انواع روش‌های طراحی فضاهای زیرزمینی شامل روش‌های تجربی، تحلیلی، فیزیکی و عددی.

✓ سرفصل‌ها

۱. مطالعات اولیه برای شناخت زمین

- بررسی‌های صحرایی
- تحلیل زمین‌ساختاری
- بررسی توپوگرافی
- تحلیل خطر لرزه‌ای
- تنش‌سنجی
- آزمایش‌های صحرایی و آزمایشگاهی

۲. جانمایی و طراحی اولیه پروژه‌های زیرزمینی

- جانمایی پروژه

- تعیین مسیر یا واریانت تونل
- بررسی لزوم حفر تونل
- تحلیل بلوکی فضای زیرزمینی با استفاده از نرم افزار UNWEDGE
- تعیین پارامترهای ژئومکانیکی محیط توده سنگ
- استفاده از نرم افزار ROCDATA در تعیین خواص توده سنگ

۳. تحلیل پایداری سازه‌های زیرزمینی

- مفاهیم پایه پایداری
- تحلیل تنش و تغییر شکل
- معیارهای شکست و تئوری‌های مربوطه
- انواع سیستم‌های نگهداری تونل‌ها
- شاتکریت (Shotcrete)
- راک بولت (Rock Bolt)
- بتن برجا (Cast-in-Place Concrete)
- سگمنت بتنی (Precast Concrete Segment)
- قاب فولادی (Steel Arch Support)
- استفاده از نرم‌افزارهای PLAXIS و RS2 برای تحلیل پایداری

۴. روش‌های حفاری و تجهیزات

- معرفی روش‌های حفاری: انفجار، تونل‌زنی، ماشین‌آلات TBM
- حفاری به روش انفجار (Drill and Blast)
- مزایا و معایب
- مراحل اجرای حفاری و انفجار
- تجهیزات مورد استفاده
- روش‌های مکانیزه حفاری: Tunnel Boring Machine (TBM)
- انواع TBM: فشار تعادل زمین (EPB)، ماشین‌های سپری (Shield Machines)
- کاربردها و محدودیت‌ها
- انتخاب TBM مناسب
- روش‌های نوین حفاری

- میکروتونلینگ (Microtunneling)

- حفاری جهت‌دار (Directional Drilling)

- ماشین‌آلات و تجهیزات جانبی

- انواع ماشین‌آلات حفاری و نگهداری

- سیستم‌های تهویه و پشتیبانی

- تجهیزات ایمنی و نظارت

- مدیریت و پایش پروژه

- تکنیک‌های مدیریت پروژه‌های زیرزمینی

- سیستم‌های پایش و کنترل

۵. روش‌های طراحی فضاهای زیرزمینی:

- بخش اول: روش‌های تجربی

- معرفی روش‌های تجربی

- کاربردها و محدودیت‌ها

- بخش دوم: روش‌های تحلیلی

- مبانی تئوریک و تحلیلی

- کاربردها و مثال‌ها

- بخش سوم: روش‌های فیزیکی

- مدل‌سازی فیزیکی

- روش‌های آزمایشگاهی

- بخش چهارم: روش‌های عددی

- مبانی روش‌های عددی

- آموزش نرم‌افزار FLAC

- طراحی فضاهای زیرزمینی با استفاده از FLAC

- طراحی لاینیگ دائم با استفاده از نرم‌افزار SAP

- بررسی و تحلیل نتایج عددی



- سخنرانی و تدریس نظری
- مطالعات موردی و تحلیل پروژه‌های واقعی
- کارگاه‌های عملی و بازدیدهای میدانی
- تحلیل و حل مسائل گروهی
- آموزش نرم‌افزارهای FLAC, SAP, PLAXIS و RS2 و اجرای پروژه‌های عملی

✓ رئوس مطالب و برنامه ارائه در کلاس: (در صورتی که واحد عملی یا نظری-عملی بود، نوع آموزش در توضیحات بیان شود)

توضیحات	موضوع جلسه درس	شماره جلسه
	مطالعات اولیه برای شناخت زمین	جلسه اول
	جانمایی و طراحی اولیه پروژه‌های زیرزمینی	جلسه دوم
	تحلیل بلوکی فضای زیرزمینی	جلسه سوم
	تحلیل پایداری سازه‌های زیرزمینی	جلسه چهارم
	تحلیل تنش و تغییر شکل، انواع سیستم‌های نگهداری تونل‌ها	جلسه پنجم
	حفاری به روش انفجار	جلسه ششم
	روش‌های مکانیزه حفاری	جلسه هفتم
	روش‌های طراحی فضاها و زیرزمینی	جلسه هشتم
	روش طراحی تجربی	جلسه نهم
	روش طراحی تحلیلی	جلسه دهم
	روش طراحی عددی	جلسه یازدهم
	اصول مدلسازی عددی	جلسه دوازدهم
	طراحی لاینینگ موقت با روش عددی	جلسه سیزدهم
	طراحی لاینینگ دائم با روش عددی	جلسه چهاردهم
	بررسی و تحلیل نتایج عددی	جلسه پانزدهم
	بررسی و تحلیل نتایج عددی	جلسه شانزدهم

✓ روش ارزشیابی:

- ✓ آزمون‌های میان‌ترم و پایان‌ترم: ۳۰٪
- ✓ - پروژه‌های عملی و گروهی: ۵۰٪
- ✓ - ارائه کلاسی: ۲۰٪

منابع :

- ✓ کتب تخصصی در زمینه مکانیک سنگ و مهندسی زیرزمینی
- ✓ - مقالات علمی و پژوهشی جدید
- ✓ - مستندات و گزارشات پروژه‌های واقعی