



جمهوری اسلامی ایران  
وزارت فرهنگ و آموزش عالی  
شورای عالی برنامه ریزی

مشخصات کلی، برنامه و سرفصل دروس

دوره کارشناسی ارشد مهندسی سازه

گروه فنی و مهندسی



مصوب سیصد و شصت و هفتمین جلسه شورای عالی برنامه ریزی

مورخ: ۱۳۷۷/۱۰/۶

بسم الله الرحمن الرحيم

برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد مهندسی سازه



کمیته تخصصی :  
گرایش :  
کد رشته :

گروه : فنی و مهندسی  
رشته : مهندسی سازه  
دوره : کارشناسی ارشد

شورای عالی برنامه ریزی در سیصد و شصت و هفتمین جلسه مورخ ۱۳۷۷/۱۰/۶ بر اساس طرح دوره کارشناسی ارشد مهندسی سازه که توسط گروه فنی و مهندسی تهیه شده و به تأیید رسیده است ، برنامه آموزشی این دوره را در سه فصل (مشخصات کلی ، برنامه و سرفصل دروس) به شرح پیوست تصویب کرده، و مقرر می دارد :

**ماده (۱)** برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد مهندسی سازه از تاریخ تصویب برای کلیه دانشگاهها و مؤسسات آموزش عالی کشور که مشخصات زیر را دارند لازم الاجرا است .  
**الف :** دانشگاهها و مؤسسات آموزش عالی که زیر نظر وزارت فرهنگ و آموزش عالی اداره می شوند .  
**ب :** مؤسساتی که با اجازه رسمی وزارت فرهنگ و آموزش عالی و بر اساس قوانین ، تأسیس می شوند و بنابراین تابع مصوبات شورای عالی برنامه ریزی می باشند.  
**ج :** مؤسسات آموزش عالی دیگر که مطابق قوانین خاص تشکیل می شوند و باید تابع ضوابط دانشگاهی جمهوری اسلامی ایران باشند.

**ماده (۲)** این برنامه از تاریخ ۱۳۷۷/۱۰/۶ برای دانشجویانی که از این تاریخ به بعد وارد دانشگاه می شوند لازم الاجرا است.

**ماده (۳)** مشخصات کلی ، برنامه درسی و سرفصل دروس دوره کارشناسی ارشد مهندسی سازه در سه فصل برای اجرا به معاونت آموزشی وزارت فرهنگ و آموزش عالی ابلاغ می شود.

رأی صادره سیصد و شصت و هفتمین جلسه شورای عالی برنامه ریزی مورخ ۱۳۷۷/۱۰/۶  
در خصوص برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد مهندسی سازه

(۱) برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد مهندسی سازه  
که از طرف گروه فنی و مهندسی پیشنهاد شده بود، با اکثریت آراء به  
تصویب رسید.

(۲) این برنامه از تاریخ تصویب قابل اجرا است

رأی صادره سیصد و شصت و هفتمین جلسه شورای عالی برنامه ریزی مورخ ۱۳۷۷/۱۰/۶ در  
مورد برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد مهندسی سازه صحیح است، به مورد اجرا گذاشته شود.

دکتر مصطفی معین  
وزیر فرهنگ و آموزش عالی

مورد تأیید است.



دکتر علیرضا رهایی  
رییس گروه فنی و مهندسی

رونوشت: به معاونت محترم آموزشی وزارت فرهنگ و آموزش عالی  
خواهشمند است به واحدهای مجری ابلاغ فرمایید.

دکتر سید محمد کاظم نائینی  
دبیر شورای عالی برنامه ریزی

## فصل اول

### مشخصات دوره کارشناسی ارشد سازه



#### ۱- تعریف و هدف :

"کارشناسی ارشد سازه" یکی از "گرایش‌های" دوره کارشناسی ارشد "رشته مهندسی عمران" می‌باشد که مجموعه‌ای است آموزشی-پژوهشی (با تاکید بیشتر بر آموزش)، مرکب از دروس نظری، کاربردی و آزمایشگاهی و برنامه تحقیقاتی در زمینه مهندسی سازه، جهت تربیت طراحان متخصص در زمینه فوق و ایجاد زمینه کافی برای درک و توسعه آنچه در مرزهای نکتیک در زمان حال در این رشته خاص می‌گذرد.

هدف دوره کارشناسی ارشد سازه تربیت افرادی است که دارای توانایی مناسب جهت طراحی و نظارت بر اجرای پروژه‌های تخصصی در زمینه سازه و دارای توان تحقیقاتی کافی جهت حل مسائلی که در این زمینه با آن روبرو می‌شوند باشند. این پروژه‌های تخصصی می‌تواند شامل: ساختمانهای بلند و ساختمانهای کوتاه نسبتاً پیچیده، ساختمانهای صنعتی مانند کارخانجات و برجهای سیلویا، سازه‌های آبی مانند بندها و سد‌های و مخازن ذخیره آب، بندسازی و پل‌های بزرگ و تونل‌ها و نظائر آن باشد.

#### ۲- نقش و توانایی :

فارغ‌التحصیلان این دوره دارای زمینه کافی برای احراز مشاغل زیر می‌باشند :

الف : همکاری با مهندسين مشاور سازه ، معمار ، راه و راه آهن و آب جهت مشارکت در طرح و نظارت بر اجرای پروژه‌های موضوع فعالیت این موسسات

ب : همکاری با مهندسين مشاور صنعتی جهت مشارکت در طرح و نظارت بر اجرای ساختمانهای صنعتی و کارخانجات و سیلویا و برجها و غیره .

ج : همکاری با موسسات صنعتی که در تولید فرآورده‌هایی که به نحوه با مهندسی سازه سروکار دارند جهت مشارکت در طراحی فرآورده‌ها ، مانند صنایع دفاعی ، کشتی سازی و هواپیما سازی .

د : همکاری با وزارتخانه‌ها و سازمانهای مسئول اجرای طرحهای عمرانی و صنعتی جهت برنامه‌ریزی و نظارت بر طرحها مانند وزارت مسکن و شهرسازی ، راه و ترابری ، نیرو ، صنایع و شهرداریها .

### ۳- ضرورت و اهمیت :

فعالیت‌های صنعتی موضوع این دوره کارشناسی ارشد عمدتاً " قسمتی از فعالیت‌های موضوع دوره کارشناسی مهندسی عمران است و تفاوت این دو تنها در سطح تخصص مورد نیاز می‌باشد . حجم قابل ملاحظه‌ای از نیاز صنعت در زمینه مهندسی سازه به لحاظ تخصص در سطح کارشناسی توسط کارشناسان عمران برآورده می‌شود . تاسیس این دوره تنها برای برآورده کردن آن قسمت از نیازهای صنعت است که به تخصص بالاتر مربوط می‌گردد .

### ۴- ارتباط دوره با سایر دوره‌های کارشناسی ارشد :

این دوره با دوره کارشناسی ارشد سازه‌های هیدرولیکی در ارتباط نزدیک است ، به طوری که در دروس اصلی کم و بیش با یکدیگر مشترک می‌باشند .



### ۵- شرایط پذیرش دانشجو :

دانشجویان این دوره از طریق آزمون ورودی و از بین کارشناسان عمران ( عمران - آب ) و مهندسان راه و ساختمان ورشته مهندسی هوا و فضا ورشته مکانیک ( طراحی جامدات ) پذیرفته می‌شوند . در دروس برنامه ریزی شده این مجموعه دروس جبرانی پیش بینی نشده و تصور نمی‌رود نیازی به چنین پیش بینی وجود داشته باشد ، چون براحتی می‌توان دانشجویان این دوره را از بین کارشناسان عمران انتخاب نمود . آزمون ورودی در سطح محتسوی دروس دوره کارشناسی عمران تنظیم خواهد شد .

**۶- طول دوره و شکل و نظام :**

طول مدت لازم برای انمام این دوره ۲ سال است و حداکثر مجاز برای انمام ایسن دوره مطابق آئین نامه دوره کارشناسی ارشد می باشد . نظام آموزشی آن واحدی است و کلیه دروس نظری و سمینار و پایان نامه در ۴ نیمسال تحصیلی ارائه می شود . مدت تدریس هر واحد نظری ۱۷ ساعت ، عملی ۲۴ ساعت است .

**۷- تعداد واحدهای درسی و پژوهشی :**

تعداد کل واحدهای درسی و پژوهشی این دوره ۲۲ واحد بشرح زیر است :

دروس تخصصی اجباری	۱۵ واحد
دروس انتخابی	۹ واحد
سمینار	۲ واحد
پروژه (پایان نامه )	۶ واحد

جمع ۲۲ واحد



جدول دروس اصلی و تخصصی الزامی مهندسی سازه

کد درس	نام درس	تعداد واحد	ساعات		پیشنیاز یا زمان ارائه درس
			جمع	نظری / عملی	
۱	ریاضیات عالی مهندسی	۳	۵۱	۵۱	
۲	دینامیک سازه‌ها	۳	۵۱	۵۱	
۳	تئوری الاستیسیته و پلاستیسیته	۳	۵۱	۵۱	
۴	روش اجزاء محدود	۳	۵۱	۵۱	
۵	یکی از دروس زیر:*				
	الف - پایداری سازه‌ها	۳	۵۱	۵۱	
	ب - سازه‌های فلزی پیشرفته	۳	۵۱	۵۱	
	ج - سازه‌های بتن آرمه پیشرفته	۳	۵۱	۵۱	
		۱۵			
	جمع				



\* : برنامه‌ریزی و تصمیم در ارائه این سه درس بعهده کمیته تحصیلات تکمیلی گروه‌های آموزشی (دردانشگاههای جامع) و دانشکده (در دانشگاههای تخصصی) بوده و دانشجو موظف است خود را با این برنامه تطبیق دهد.

جدول دروس تخصصی اختیاری مهندسی سازه

کد درس	نام درس	تعداد واحد	ساعات		پیشنیاز یا زمان ارائه درس
			نظری	عملی	
۱	پایداری سازه‌ها	۳	۵۱	۵۱	
۲	سازه‌های فلزی پیشرفته	۳	۵۱	۵۱	
۳	سازه‌های بتن آرمه پیشرفته	۳	۵۱	۵۱	
۴	مهندسی زلزله	۳	۵۱	۵۱	
۵	اصول طراحی سازه‌های دریایی	۳	۵۱	۵۱	
۶	طراحی غیرارجاعی (خمیری) سازه‌ها	۲	۳۴	۳۴	
۷	بتن پیش تنیده	۲	۳۴	۳۴	
۸	طراحی ساختمانها در برابر زلزله	۳	۵۱	۵۱	
۹	اثر زلزله بر سازه‌های ویژه	۳	۵۱	۵۱	
۱۰	تئوری صفحات و پوسته‌ها	۳	۵۱	۵۱	
۱۱	بهینه‌سازی در مهندسی عمران	۲	۳۴	۳۴	
۱۲	نگهداری و ترمیم سازه‌ها	۲	۳۴	۳۴	
۱۳	سدهای بتنی	۳	۵۱	۵۱	
۱۴	مهندسی پل	۳	۵۱	۵۱	
۱۵	آزمایشگاه سازه	۱	۱۷	۱۷	
۱۶	سازه‌های فضایی	۲	۳۴	۳۴	
۱۷	تئوری پلاستیسیته	۲	۳۴	۳۴	
۱۸	ایمنی در سازه‌ها	۲	۳۴	۳۴	
۱۹	تکنولوژی عالی بتن	۲	۳۴	۳۴	
۲۰	طراحی هیدرولیکی سازه‌ها	۳	۵۱	۵۱	
۲۱	مهندسی پی پیشرفته	۳	۵۱	۵۱	
۲۲	اندرکنش سازه و آب	۳	۵۱	۵۱	
۲۳	اندرکنش خاک و سازه	۳	۵۱	۵۱	
۲۴	بهسازی سازه‌های آسیب دیده در زلزله	۲	۳۴	۳۴	
					جمع





## ریاضیات عالی مهندسی

تعداد واحد: ۳

سرفصل درس:

- ۱- یادآوری از معادلات دیفرانسیل معمولی، حل معادلات به کمک بسط توانی و مروری بر مفاهیم بسط بر حسب توابع متعامد (فوریه، بسل، لژندار) و کاربرد در حل معادلات دیفرانسیل اشتروم - لیوویل
- ۲- کاربرد روش مجزاسازی متغیرها جهت حل معادلات دیفرانسیل با مشتقات پاره‌ای در سیستم مختصات مختلف منحنی الخط
- ۳- آشنایی با مفاهیم تبدیلهای انتگرالی و کاربرد آن در حل مسائل معادله دیفرانسیل با مشتقات پاره‌ای و استفاده از قضیه مانده‌ها (ثوری توابع مختلط) در برآورد تبدیل‌های معکوس انتگرالی
- ۴- کاربرد تبدیل Z در حل معادلات هارمونیک و بی‌هارمونیک با استفاده از کاربرد نگاشت همدیس
- ۵- آنالیز تانسورها و کاربرد آن در مسائل مهندسی
- ۶- آشنایی با حساب تغییرات شامل مفهوم Functional، معادله اولر - لاگرانژ، کاربرد قضیه مانده‌های وزنی و روش رایله - رینز در حل معادلات دیفرانسیل بصورت تبدیل به معادلات جبری در حوزه یا مرز



## دینامیک سازه‌ها

تعداد واحد: ۳

سرفصل درس:

- ۱- تفاوت تحلیل‌های استاتیکی و دینامیکی
- ۲- انواع بارهای دینامیکی
- ۳- درجات آزادی و نحوه مدل کردن سازه‌ها
- ۴- معادلات حرکت در سیستم‌های یکدرجه آزادی
- ۵- ارتعاش آزاد سیستم‌های یکدرجه آزادی
- ۶- تحلیل دینامیکی سیستم‌های یکدرجه آزادی در مقابل انواع بارها (هارمونیک، ضربه‌ای ...)
- ۷- انتگرال دیوهمل و تحلیل سیستم‌ها به روش فوق
- ۸- رفتار غیر خطی سیستم‌های یک درجه آزادی در حالت دینامیکی
- ۹- تعیین معادلات سیستم‌های چند درجه آزادی
- ۱۰- ارتعاش آزاد سیستم‌های چند درجه آزادی و تعیین مقادیر ویژه و مدهای ارتعاشی
- ۱۱- روش آنالیز مودال جهت تحلیل سیستم‌های چند درجه آزادی
- ۱۲- روش انتگرال‌گیری مستقیم جهت تحلیل سیستم‌های یک و چند درجه آزادی
- ۱۳- روش فرکانسیل جهت تحلیل سیستم‌های یک و چند درجه آزادی
- ۱۴- تحلیل دینامیکی سیستم‌های پیوسته ساده



## تئوری الاستیسیته و پلاستیسیته (ارتجاعی و خمیری)

تعداد واحد: ۳

هدف: آشنا نمودن دانشجویان با قوانین حاکم به رفتار ارتجاعی و خمیری اجسام  
تغییر شکل پذیر

سرفصل درس:

- ۱- تنش: تعریف تنش بر روی یک سطح، معادلات تعادل، تنشهای اصلی، تنش برشی  
ماکزیمم، بعضی حالات خاص تنش - معادلات تعادل در دستگاههای مختصات استوانه‌ای و  
کروی
- ۲- کرنش، کرنش در یک نقطه، روابط کرنش و تغییر مکان، کرنشهای اصلی، شرایط  
سازگاری، بعضی حالات خاص کرنش - روابط کرنش و تغییر مکان در دستگاههای مختصات  
استوانه‌ای و کروی
- ۳- روابط عمومی تنش و کرنش در حالت ارتجاعی، بیان شرایط سازگاری بر حسب تنش
- ۴- حل مسائل سه بعدی تئوری ارتجاعی با استفاده از توابع پتانسیل، مسائل بوسینک -  
کلوین - سروتی، ...
- ۵- روابط عمومی تنش و کرنش برای جامدات کاملاً پلاستیک و جامدات سخت شونده،  
شرایط سیستم قوانین جریان
- ۶- تنش مسطح و کرنش مسطح در حالت ارتجاعی، کاربرد آنها در حل مسائل - حل  
مسائل دو بعدی متقارن محوری با استفاده از توابع تنش
- ۷- تنش و کرنش مسطح در حالت پلاستیک، معادلات تعادل
- ۸- خمش خالص میله در حالت ارتجاعی
- ۹- پیچش میله‌ها در حالت ارتجاعی پیچش در میله‌ها با مقاطع مختلف
- ۱۰- پیچش در حالت پلاستیک میله‌های استوانه‌ای
- ۱۱- روشهای انرژی، انرژی کرنشی، اصل کار مجازی، اصل کار حداقل، اصل یکتایی -  
فضاهای کاستلیانو، حل مسائل
- ۱۲- تنش‌های حرارتی



## روش اجزاء محدود

تعداد واحد: ۳

هدف: آشنایی با روش تحلیل عددی اجزای محدود در حل معادلات دیفرانسیل حاکم بر محیط‌های پیوسته و کسب مهارت تحلیلی به ویژه در محیط‌های مکانیک جامدات و سازه‌ها

سرفصل‌های درس:

- ۱- معرفی محیط‌های پیوسته و مدل‌های ریاضی آنها شامل مدل‌های پیوسته و مدل‌های گسسته
- ۲- روش اجزای محدود برای تحلیل محیط پیوسته ارتجاعی در مکانیک جامدات
- ۳- تحلیل تنش و کرنش مستوی
- ۴- تحلیل تنش سه بعدی
- ۵- انواع توابع شکل دو و سه بعدی
- ۶- المان‌های ایزوپارامتریک و انتگرال‌گیری عددی
- ۷- تعمیم روش المان‌های محدود - روش مانده‌های وزن‌دار گالرلکین
- ۸- برنامه‌نویسی کامپیوتری روش اجزای محدود
- ۹- مقدمه‌ای بر خمش صفحات و المان‌های محدود مربوط به آن



## پایداری سازه‌ها

تعداد واحد: ۳

پیشنیاز: تئوری الاستیسیته و پلاستیسیته

هدف: آشنا ساختن دانشجویان با اصول پایداری قطعات و سازه‌ها و کاربرد آنها در طرح سازه‌ها

سرفصل درس:

- ۱- کمانش ارتجاعی و "ارتجاعی - خمیری" ستونها: باراولر، طول مؤثر، تئوری مدول دوگانه و مماسی، تئوری شنلی، ستونها با نقص اولیه، نحوه استفاده از این اصول در تدوین آیین‌نامه‌ها
- ۲- روشهای تقریبی و کاربرد آنها در حل مسائل پایداری، بار بحرانی با استفاده از منحنی تغییر شکل تقریبی، انرژی پتانسیل ایستا، روش "رایلی - ریتز" و روش گلوکین
- ۳- تیر ستونها، بررسی بارگذاریهای مختلف، تأثیر نیروی محوری بر روی سختی خمشی، مقاومت نهایی، نحوه استفاده از اصول در تدوین آیین‌نامه‌ها
- ۴- کمانش پیچشی و پیچش جانبی اعضاء، کمانش جانبی تیرهای با مقطع مستطیل در خمش خالص، کمانش جانبی تیرهای "شکل"، نحوه استفاده از این اصول در تدوین آیین‌نامه‌ها
- ۵- کمانش تابها: بررسی بارگذاریهای مختلف، تأثیر نیروی محوری بر روی سختی خمشی، مقاومت قابها، نحوه استفاده از این اصول در تدوین آیین‌نامه‌ها.





## سازه‌های فلزی پیشرفته

تعداد واحد: ۳

هدف: آشنا ساختن دانشجویان با اصول طراحی سازه‌های فولادی در انواع مختلف

سرفصل درس:

- ۱- اصول پایداری اجزاء فشاری در حد ارتجاعی و در ماوراء حد ارتجاعی، اثر تنشهای پسماند، طرح اعضاء فشاری در خراباها و قابها، ناپایداری قابها، تعیین طول مؤثر اجزاء فشاری، بررسی مبانی ضوابط آیین‌نامه‌ها
- ۲- اصول پایداری صفحات در حد ارتجاعی و در ماوراء حد ارتجاعی، بررسی مبانی ضوابط آیین‌نامه‌ها
- ۳- پیچش در تیرها، پیچش در مقاطع و پروفیل‌های مختلف، ترکیب خمش و پیچش، کماتش پیچشی، تیرهای بدون تکیه‌گاه جانبی، بررسی خواص مقاطع مختلف، بررسی تکیه‌گاههای جانبی، بررسی مبانی ضوابط آیین‌نامه‌ها
- ۴- طرح تیرستونها: روشهای تحلیل پایداری تیرستونها در شرایط مختلف بار محوری و بارهای جانبی و لنگرها، بررسی ضوابط آیین‌نامه‌ها و مبانی آنها
- ۵- طرح تیرها با مقطع متغیر، طرح تیرستونها با مقطع متغیر، تیر ورقهای دوگانه، بررسی ضوابط تئوری و آیین‌نامه‌ای
- ۶- طرح تیرهای مختلط از فولاد و بتن، اعمال تئوری تیر، تأثیر روشها، روشهای ساخت، اتصالات برشی، بررسی مبانی ضوابط آیین‌نامه‌ها و کاربرد آن
- ۷- طرح اعضاء جدار نازک، اعضاء خمشی، اعضاء فشاری، و تیرستونها و اتصالات آنها
- ۸- طرح و تحلیل انواع اتصالات
- ۹- طرح قابها، قابهای صلب، قاب بادبند و قاب بدون بادبند
- ۱۰- طراحی با توجه به خستگی، طرح اعضاء، اتصالات

توجه مهم: علاوه بر سرفصل فوق یادآوری نکاتی پیرامون سازه‌های صنعتی به شرح زیر ضروری است:

سالنهای صنعتی سنگین - بونکرها و سیلوها - مخازن مرتفع پایدار - مخازن تحت فشار - دودکشها

## سازه‌های بتن آرمه پیشرفته

تعداد واحد: ۳

هدف: آشنایی دانشجویان با مباحث پیشرفته بتن آرمه و طراحی سازه‌های مخصوص و مطالب دیگر که در ادامه مباحث سازه‌های بتن آرمه ۱ و ۲ دوره کارشناسی قابل طرح می‌باشد.

سرفصل درس:

- ۱- تئوری خطوط گسیختگی در تاوها و کاربرد آن در روشهای طراحی
- ۲- تحلیل سقف‌های پلیسه‌ای و مشبک و بررسی جزئیات طراحی آنها
- ۳- تحلیل قوسهای گیردار و مفصلی و بررسی جزئیات در طرح آنها
- ۴- طراحی اجزاء بتن با کیفیت بالا
- ۵- مسائل خاص سازه‌های بلند مرتبه از بتن آرمه و سیستم‌های دیوار باربر
- ۶- طرح منابع آب هوایی و زمینی و بررسی جزئیات آنها
- ۷- طرح دودکش‌ها و برج‌های خنک کن
- ۸- طرح سیلوها و بررسی جزئیات آنها



## مهندسی زلزله

تعداد واحد: ۳  
پیشنیاز: دینامیک سازه‌ها

سرفصل درس:

- ۱- مکانیزم وقوع زلزله و لرزه‌خیزی منطقه
- ۲- پدیده‌های همراه با زلزله و خسارات ناشی از آن
- ۳- مقیاس‌های اندازه‌گیری زلزله
- ۴- امواج ناشی از زلزله و پدیده‌های مرتبط (انعکاس و انکسار امواج)
- ۵- تعیین زلزله طرح در پروژه‌های مهم
- ۶- روش تحلیل آیین‌نامه‌ای زلزله
- ۷- روش دینامیکی تحلیل در مقابله زلزله
- ۸- روش طیفی تحلیل در مقابل زلزله
- ۹- ارتعاشات سازه‌ها و تعیین پریود ارتعاش در مودهای مختلف توسط روش‌های موجود
- ۱۰- معیارهای طرح سازه‌های مقاوم در برابر زلزله





## اصول طراحی سازه‌های دریایی

تعداد: ۳

هدف: آشنایی با نکات طراحی سازه‌های مختلف دریایی

### سرفصل درس

- ۱- آشنایی کلی با انواع سازه‌های دریایی
- ۲- بررسی مسایل جانمایی سازه‌های دریایی و ارائه طرح تفصیلی
- ۳- بررسی اولیه کلیه نیروهای وارد بر سازه دریایی مورد نظر و مطالعه مسائل ژئوتکنیک و پی
- ۴- طراحی انواع اسکله‌ها (صندوقه - شمع و عرشه - شناور...)
- ۵- طراحی انواع موج شکن‌ها (سنگریزه‌ای، بتنی، شناور، مختلط و...)
- ۶- طراحی انواع سکوها (ثابت فلزی، وزنی بتنی، شناور، مختلط و...)
- ۷- طراحی مخازن و لوله‌های زیر دریا
- ۸- طراحی سازه‌های کوچک دریایی (بویه‌های مختلف، فانوس‌ها و...)
- ۹- آشنایی با طراحی شناورها
- ۱۰- بررسی مسئله خستگی در سازه‌های دریایی و توجه به آن در طراحی
- ۱۱- حفاظت و نگهداری و تعمیر در سازه‌های دریایی
- ۱۲- نوع مصالح مصرفی و انتخاب آنها



## طراحی غیر ارتجاعی (خمیری) سازه‌ها

تعداد واحد: ۲

سرفصل درس:

- ۱- رابطه تنش و کرنش - لنگر مقاوم مقطع - آیده آل کردن رابطه تنش و کرنش (ماده الاستیک پلاستیک کامل) - محاسبات الاستیک پلاستیک کامل
- ۲- لنگر پلاستیک کامل - تئوری ساده پلاستیک کامل
- ۳- قضایای تئوری پلاستیک - قضیه حد بالا، قضیه حد پایین، قضیه یکتایی
- ۴- تحلیل و طرح تیرها به روش پلاستیک کامل
- ۵- تحلیل ستونهای غیر ارتجاعی - طرح ستونها
- ۶- تحلیل و طرح قابهای چند طبقه مهار شده
- ۷- محاسبه تغییر مکانها در شروع فرو ریختگی
- ۹- طرح قابهای مهار نشده
- ۱۰- اصول روش
- ۱۱- بتن آرمه و طرح پلاستیک
- ۱۲- تئوری خطوط تسلیم



## بتن پیش تنیده

تعداد واحد: ۲

سرفصل درس:

- ۱- مشخصات مصالح مصرفی
- بتن. خصوصیات مکانیکی و شکل پذیری، تغییر شکل‌های آنی و دراز مدت، انقباض افزایش بتن - بتن با کیفیت بالا
- فولاد. انواع فولاد، فولاد با مقاومت بالا، مشخصات مکانیکی و ارتگی فولاد - خستگی
- انواع فولادهای استاندارد (تک مفتول و گروه مفتول)
- ۲- محاسبه اُفت‌های نیروی پیش تنیدگی. اُفت‌های کوتاه مدت و دراز مدت
- ۳- محاسبات خمشی تیرهای معین در حالت‌های حد نهایی و بهره‌برداری. تعیین مسیر کابلها، کنترل تنشها در حالت‌های مختلف خمشی
- ۴- مقاومت برشی. تعیین ظرفیت برشی تیرها. محاسبه فولاد برشی (فولاد ساده یا فولاد پیش تنیدگی)
- ۵- محاسبات خمشی تیرهای نامعین. تعیین مسیر بهینه کابلها با توجه به اثر یکسرگی نیروی پیش تنیدگی
- ۶- سیستم‌های پیش تنیده. روشهای اجرایی - محاسبات خمشی، تعیین نیروی پیش تنیدگی و کنترل تنشها
- ۷- تنیدن دایره‌ای. مبانی تئوریک، محاسبه نیروی پیش تنیدگی در حالت‌های مختلف، حالت‌های عملی: منابع و سیلوها
- ۸- حالت‌های خاص استفاده از سیستم‌های پیش تنیده: پی‌ها، کارهای تعمیراتی



## طراحی ساختمانها در برابر زلزله

تعداد واحد: ۳  
پیشنیاز: دینامیک سازه‌ها

سرفصل درس:

- ۱- بررسی رفتار انواع ساختمانها در مقابل زلزله
- ۲- مدل کردن ساختمانهای مختلف جهت تحلیل
- ۳- انواع سیستم‌های سازه‌ای مقاوم در برابر زلزله (برای ساختمانها)
- ۴- تحلیل ساختمانهای مختلف در مقابل زلزله
- ۵- مقایسه روش‌های آیین‌نامه‌ای، طیفی و دینامیکی جهت تحلیل ساختمانها
- ۶- بررسی مسائل مهندسی پی ساختمانها در حالت زلزله
- ۷- مسائل اجرایی در ساخت ساختمانهای مقاوم در برابر زلزله
- ۸- نکات طراحی ساختمانهای بتنی در برابر زلزله
- ۹- نکات طراحی ساختمانهای فلزی در برابر زلزله
- ۱۰- بررسی طراحی ساختمانهای بلند و نکات مرتبط در حالت زلزله



## اثر زلزله بر روی سازه‌های ویژه

تعداد واحد: ۳

پیشنیاز: مهندسی زلزله - محاسبه ساختمانها در برابر زلزله

هدف: آشنایی با اصول طراحی مقاوم در برابر زلزله در خصوص تعدادی از سازه‌های مهم عمرانی

سرفصل درس:

- ۱- آشنایی کلی با رفتار سازه‌های ویژه و اهمیت آنها
- ۲- تفاوت رفتاری بین سازه‌های ویژه و ساختمانهای معمول و رایج
- ۳- تحلیل و طراحی مقاوم در برابر زلزله سدها (خاکی - وزنی - قوسی)
- ۴- تحلیل و طراحی مقاوم در برابر زلزله برج‌های هوایی آب
- ۵- تحلیل و طراحی مقاوم در برابر زلزله مخازن زمینی و مدفون
- ۶- تحلیل و طراحی مقاوم در برابر زلزله دکل‌های مشبک انتقال نیرو
- ۷- تحلیل و طراحی مقاوم در برابر زلزله دکل‌های مخابراتی (مهار شده و مهار نشده)
- ۸- تحلیل و طراحی مقاوم در برابر زلزله دودکش‌ها
- ۹- تحلیل و طراحی مقاوم در برابر زلزله انواع پل‌ها
- ۱۰- تحلیل و طراحی مقاوم در برابر زلزله لوله‌های مدفون
- ۱۱- تحلیل و طراحی مقاوم در برابر زلزله دیوارهای حائل
- ۱۲- تحلیل و طراحی مقاوم در برابر زلزله سازه‌های دریایی (موج شکن - اسکله)
- ۱۳- تحلیل و طراحی مقاوم در برابر زلزله سیلوا
- ۱۴- تحلیل و طراحی مقاوم در برابر زلزله سازه‌های صنعتی و تجهیزات پالایشگاهها



## تئوری صفحات و پوسته‌ها

تعداد واحد: ۳

پیشنیاز: تئوری الاستیسیته و پلاستیسیته یا همزمان  
هدف: آشنا ساختن دانشجویان با اصول حاکم بر رفتار صفحات و پوسته‌ها و کاربرد آنها در حل بعضی از سازه‌ها

سرفصل درس:

- ۱- معادلات عمومی خمش صفحات
- ۲- روشهای حل معادلات عمومی خمش برای صفحات مستطیلی، دایره‌ای و متوازی‌الاضلاع با بارگذاری و شرایط انتهایی متفاوت
- ۳- روشهای انرژی: انرژی کرنشی، روشهای ریتز و گلرکین
- ۴- کماتش صفحات: بار بحرانی صفحات مستطیل شکل
- ۵- روشهای عددی برای حل مسائل صفحات
- ۶- تئوری غشایی پوسته‌ها: معادلات عمومی نیروی غشایی، حل معادلات برای پوسته‌های با تقارن محوری، تغییر شکل
- ۷- تئوری خمشی پوسته‌ها: معادلات عمومی تعادل، حل این معادلات برای پوسته‌های با تقارن محوری
- ۸- اشاره به پایداری پوسته‌های استوانه‌ای شکل
- ۹- اشاره‌ای به دینامیک صفحات و پوسته‌ها



## بهینه‌سازی در مهندسی عمران

تعداد واحد: ۲  
پیشنیاز: اجزاء محدود

سرفصل درس:  
۱- مقدمه:

- ۱-۱- مسئله بهینه‌سازی سازه‌ها و پارامترهای مؤثر در آن
- ۱-۲- تاریخچه و روشهای کلی حل مسئله بهینه‌سازی
- ۱-۳- کاربردهای مهم بهینه‌سازی

۲- برنامه‌ریزی مسائل بهینه‌سازی:

- ۲-۱- روشهای حل مسئله بهینه خطی
- ۲-۲- روشهای حل مسئله بهینه بدون قید
- ۲-۳- روشهای حل مسئله مقید با قیود خطی
- ۲-۴- روشهای تبدیلی و جایگزینی و حل مسائل پیاپی
- ۲-۵- روشهای پیشرفته حل مسائل بهینه خطی
- ۳- طرح بهینه اعضای فلزی، بتنی و پیش تنیده
- ۴- فرمولاسیون آنالیز مناسب با طرح بهینه باروش سختی و نرمی
- ۵- آنالیز حساسیت در سازه‌های الاستیک
- ۶- آنالیز و طراحی حدی قابهای خمشی فلزی یا بتن آرمه
- ۷- فرمولاسیون طراحی بهینه سازه‌های خرابایی
- ۸- فرمولاسیون طراحی بهینه سازه‌های سه بعدی، دکل‌ها و پوسته‌ها
- ۹- پروژه برنامه‌نویسی مناسب





## نگهداری و ترمیم سازه‌ها

تعداد واحد: ۲

هدف: آشنایی با روش‌های ارزیابی آسیب دیدگی و مصالح و روشهای تعمیر و تقویت سازه‌ها

سرفصل درس:

- ۱- آشنایی با مفاهیم تعمیر، تقویت و عمر مفید سازه‌ها
- ۲- ارزیابی سازه‌های موجود (بتنی و فولادی) در مقابل زلزله:  
روش‌های ارزیابی نامنظم بودن ساختمان در پلان و ارتفاع و تعیین طبقه نرم (Soft) - شناخت انواع سیستم‌های مقاوم در مقابل زلزله از قبیل دیوار برشی، بادبند، قاب خمشی و...
- روش‌های ارزیابی سیستم‌های مقاوم موجود در سازه‌ها
- ۳- تقویت سازه‌های موجود (بتنی و فولادی) در مقابل زلزله:  
روش‌ها و استراتژی تقویت سازه‌ها - اصلاح نامنظمی در پلان و ارتفاع و طبقه نرم - تقویت قاب‌های خمشی، بادبندها دیافراگم‌ها، دیوارهای برشی، پی‌ها و...
- ۴- ارزیابی سازه‌های آسیب دیده بتنی ناشی از عوامل شیمیایی:  
آشنایی با روش‌ها و آزمایش‌های غیر مخرب و نیمه مخرب از قبیل مغزه‌گیری، پتانسیل خوردگی، پروفیل کلر، عمق نفوذ کربناسیون، مقاومت فشاری و چگونگی تعیین علل خرابی از قبیل خوردگی آرماتور، سولفات‌ها شدن بتن، واکنش قلیایی - سنگدانه‌ها و...
- ۵- انواع مصالح تعمیر سازه‌های بتنی: سیستم‌های پلیمری - رزین‌ها از قبیل اپکسی (epoxy) و پلی استر Polyester - مواد چسبنده پلیمری برای اتصال بتن موجود به بتن یا ملات تعمیری - انواع مواد تعمیر ترک‌ها از قبیل گروت سیمانی و پلیمرهای تزریقی
- ۶- روش‌های اعمال مصالح تعمیر برای سازه‌های بتنی: روش‌های تزریق مواد به داخل ترک‌ها - روش‌های آماده‌سازی سطح تعمیر - روش‌های بتن پاشی (خشک و تر) - روش قالب‌بندی - روش دستی (ماله‌کشی)
- ۷- تعمیر سازه‌ها در زیر آب: انواع روش‌های جداکردن بتن‌های آسیب دیده و آماده‌سازی سطح تعمیر - انواع روش‌ها و مصالح تعمیر در زیر آب
- ۸- روش‌های مختلف حفاظت در مقابل خوردگی سازه‌های بتنی مسلح و فولادی
- ۹- برنامه‌ریزی و مدیریت نگهداری سازه‌های مختلف
- ۱۰- بررسی مدل‌های مختلف پیش‌بینی عمر مفید سازه‌ها



## سدهای بتنی



تعداد واحد: ۳

### سرفصل درس:

- ۱- آشنایی با تاریخچه سدهای بتنی
- ۲- معرفی انواع سدهای بتنی
- ۳- معیارهای انتخاب ساختگاه سد شامل عوامل منابع آب، اقتصاد، زمین شناسی، هندسه و مهندسی ژئوتکنیک
- ۴- سدهای بتنی قوسی
  - مصالح، مکانیزم های باربری، خصوصیات ساخت، انواع سر ریزهای ممکن
  - معیارهای شکل قوس، شکلی طره، شکل سد، روش بهینه سازی شکل، تعریف ریاضی شکل بدنه
  - کنترل کلان پایداری تکیه گاهها، معیارهای توزیع تنش
- ۵- بتن حجیم سدها
  - مسائل حرارتی، طرح اختلاط، روشهای پیش و پس سرد کردن مصالح و بتن و محاسبات آنها
  - بتن غلطکی در سدها
  - خرابیهای بتن در سدهای بتنی
- ۶- بارگذاری سدهای بتنی شامل بارهای اصلی و فرعی (آب، وزن، حرارت، زلزله برکنش و...)
- ۷- بار زلزله و سطوح مختلف آن شامل میزان خطرپذیری، شتاب مبنا، طیف و شتابنگاشت، زلزله طرح
- ۸- بارهای هیدرو دینامیکی ناشی از زلزله
- ۹- آسیب پذیری سدهای بتنی در مقابل زلزله و نحوه اصلاح شکل آنها برای کاهش آسیب پذیری
- ۱۰- رفتار دینامیکی سدهای بتنی قوسی و سدهای وزنی
- ۱۱- بارگذاری حرارتی شامل حرارت درونی و نحوه کنترل آن، حرارت محیطی و نحوه تعیین و اعمال آن
- ۱۲- مدل ریاضی و روش های تحلیل سدهای بتنی شامل سازه، پی و دریاچه - روش اجزای محدود
- ۱۳- مقدمه ای بر روش تحلیل آزمون بار
- ۱۴- تحلیل پایداری تکیه گاههای سد قوسی شامل روش های ۲ و ۳ بعدی
- ۱۵- تعیین ضرایب اطمینان تنش و طراحی بتن
- ۱۶- سدهای بتنی وزنی و پشتبنددار و مسائل ویژه آنها در طراحی، تحلیل و اجرا
- ۱۷- سدهای بتنی چند قوسی و قوسی وزن و موارد استفاده
- ۱۸- روش های اجراء و تجهیزیات رفتار سنجی سدهای بتنی
- ۱۹- ارائه فیلم، اسلاید و بازدید از ساختگاه سدهای واقعی

## مهندسی پل



تعداد واحد: ۳

پیشنیاز: مبانی تئوری صفحات و پوسته‌ها

هدف: آشنا ساختن دانشجویان با اصول طراحی پل‌های متداول در کشور

سرفصل درس:

- ۱- آشنایی با اجزاء مختلف پلها، طبقه‌بندی پلها
- ۲- انتخاب محل پل از نظر وضع زمین، انتخاب نوع پل بلحاظ اقتصادی، انتخاب طول دهانه‌های پل با در نظر گرفتن مسائل اقتصادی، معماری و هیدرولوژی.
- ۳- انواع بارهای وارده به پل‌های راه و راه آهن - اثر دینامیکی بارها
- ۴- روشهای تئوریک تحلیل عرشه پل (تئوری شبکه‌ها) و موارد استعمال هر یک از آنها
- ۵- روش محاسبه پل‌های صفحه‌ای، پل‌های بتن آرمه با سیستم تیروتاوه
- ۶- محاسبه پل‌های فلزی با تیرهای جانبی و تحتانی - پل‌های مرکب
- ۷- انواع پایه‌های پلها و طرز انتخاب و محاسبه آنها
- ۸- انواع دیوارهای پای خاکریزها و دیوارهای هدایتی در پلها
- ۹- روش طرح و محاسبه انواع دستگاههای تکیه‌گاهی
- ۱۰- آشنایی با پل‌های جمبه‌ای و اصول محاسباتی آنها
- ۱۱- آشنایی با پل‌های مورب و پل‌های قوسی در پلان و در نما و اصول محاسباتی آنها
- ۱۲- آشنایی با پل‌های ترکیبی، معلق و مبانی طراحی آنها

## آزمایشگاه سازه



تعداد واحد: ۱

هدف: آشنا ساختن دانشجویان با روشهای مدلسازی، انجام آزمایشات اندازه گیری و نتیجه گیری از آزمایشات و بررسی رفتار سازه

سرفصل درس:

- برنامه آموزشی آزمایشگاه توسط گروه آموزشی و با توجه امکانات دانشگاه تنظیم میشود. این برنامه میتواند در جهت دادن شناسایی موارد زیر تنظیم گردد.
- ۱- آشنایی با انواع مختلف بارگذاری از قبیل استاتیکی، دینامیکی شبه دینامیکی و وسایل بارگذاری مثل مکانیکی و هیدرولیکی، وزنی فشار، خلاء و غیره
  - ۲- آشنایی با ابزارهای اندازه گیری دقیق و دستگاههای اطلاعات برداری، اندازه گیری تغییر مکانها، کرنشها، انحناءها، مدول الاستیسیته، دقت و خطای اندازه گیریها
  - ۳- بررسی روشهای طرح سازهها به کمک مدلسازی و ساخت مدلهاى مختلف و انجام آزمایشهای لازم
  - ۴- بررسی تئوری اثر مقیاس (اندازه) در مصالح و مدلها



## سازه‌های فضایی

تعداد واحد: ۲

هدف:

آشنایی دانشجویان با فرمهای نوین سازه‌ای در ایجاد فضاهای حجیم علی‌الخصوص سازه‌های فضاکار، مراتب بکارگیری هر یک از فرمهای سازه‌های فضاکار در طراحی معماری و طراحی سازه‌ای به منظور ایجاد مدل‌های واقعی و معرفی نمونه‌های ساخته شده در جهان به همراه نحوه استفاده از امکانات تکنولوژی جدید در ایجاد فضاهای بزرگ.

شناخت اجزای سازه‌های فوق و فرمهای مختلف این اجزا در برپا کردن یک سازه فضاکار، نحوه طراحی فرمهای سه بعدی به کمک برنامه فرمینگ، شناخت و بررسی عملکرد این سازه‌ها در مقابل بارهای اعمالی و آشنا شدن با مسائل خاص سیستمهای فوق در روند تحلیل و طراحی با بهره‌گیری از رایانه.

سرفصل:

- ۱- معرفی و شناخت سیستمهای سازه‌ای سه بعدی
- ۲- بررسی سازه‌های فضاکار، تقسیم‌بندی و مبانی کاربردی این سازه‌ها
- ۳- اجزاء سازه‌های فضاکار، اتصالات
- ۴- طراحی اشکال و تحلیل در سیستمهای فضاکار (بررسی پایداری)
- ۵- بارگذاری سازه‌های فضاکار (معرفی فرمهای بارگذاری و انواع آن)
- ۶- تحلیل مدل‌های کوچک سه بعدی  
در این بخش دانشجویان با نحوه معرفی مدل‌ها به رایانه آشنا شده و برای انجام پروژه نهایی آماده می‌شوند.
- ۷- تحلیل مدل‌های عملی و واقعی در سازه‌های فضاکار  
در این قسمت دانشجویان مدل‌های عملی و سازه‌های فضاکار را که به منظور پوشش یک فضای عمومی بکار گرفته می‌شود، در مرحله نخست طراحی فرم معماری سازه (با در نظر گرفتن پایداری)، سپس بارگذاری، آنالیز و نهایتاً طراحی اعضاء سازه را انجام می‌دهند. دانشجویان می‌توانند پروژه خود را به صورت متمرکز بر روی یکی از اجزاء سازه‌ای فضاکار (به عنوان مثال طراحی شکلی عملی از اتصالات بین عضوی یا اتصالات تکیه‌گاهی به همراه آنالیز آن با استفاده از روش اجزاء محدود) انجام دهند.



## تئوری پلاستیسیته (نظریه خمیری)

تعداد واحد: ۲

### سرفصل درس:

- ۱- محدودیت نظریه ارتجاعی، مفهوم معیار تسلیم و انهدام و ضرورت بکارگیری نظریه خمیری در فلزات، خاک و بتن
- ۲- رابطه بین جزء تنش - جزء کرنش در نظریه ارتجاعی غیر خطی، کاربرد کار مجازی و قضایای پایداری دراگر بررسی شرایط تعامد (فرمالیته)، تحدب و یکتایی در مسائل تئوری ارتجاعی غیر خطی
- ۳- تعیین رابطه بین جزء تنش - جزء کرنش در مدل صلب خمیری (Perfectly Plastic Modelling)
- ۱-۳- قانون سیلان (Flow rule) در حالت تنش چند بعدی
- ۲-۳- بررسی رفتار ماده با قانون سیلان همراه (Associated Flow rule) و غیره همراه
- ۳-۳- بررسی محدودیت مدل تئوری ارتجاعی غیر خطی و رافع آنها توسط نظریه خمیری
- ۴-۳- تعیین ماتریس سختی در مواد براساس چند قانون سیلان همراه (موهر، کلب، دراگر، پراگر، فون میسزس)
- ۴- تعیین رابطه بین جزء تنش، جزء کرنش در مدل سخت شونده (Work Hardening Materials)
- ۱-۴- مدل‌های مختلف سخت شونده
- ۲-۴- سطح بارگذاری و قوانین سخت شونده
- ۳-۴- قانون سیلان و قضایای پایداری دراگر (Drucker)
- ۴-۴- مفهوم تنش و کرنش مؤثر
- ۵-۴- رابطه بین جزء تنش - جزء کرنش در انواع ماده سخت شونده
- ۵- تحلیل حدی
- ۱-۵- قضایای تحلیل حدی (حد بالایی و حد پایینی)
- ۲-۵- روشهای پایه‌ای در روش حد بالایی و کاربرد حالت در تنش مسطح، کرنش مسطح و ۳ بعدی
- ۳-۵- کاربرد روش تحلیل حدی در قابها
- ۴-۵- کاربرد روش تحلیل حدی در ورقها
- ۵-۵- کاربرد روش تحلیل حدی در پوسته‌ها



## ایمنی در سازه‌ها

تعداد واحد: ۲

سرفصل درس:

- ۱- مقدمه بر تحلیل ایمن
- ۲- میانی احتمالاتی ایمنی سازه‌ها
- ۳- تعمیم روابط ایمنی
- ۴- روش مقدار میانگین، رتبه اول و ممان دوم
- ۵- روش پیشرفته رتبه اول، ممان دوم
- ۶- روش‌های مشابه‌سازی مونت-کارلو
- ۷- مسائل تحلیل ایمنی
  - ۱- ۷-۱ تحلیل ایمنی یک تیر
  - ۲- ۷-۲ تحلیل ایمنی یک جوش گوشه تحت اثر ترکیب بارها
  - ۳- ۷-۳ تحلیل ایمنی سیستم‌های ساده
- ۸- تحلیل ایمنی سیستم براساس آنالیز خطی
- ۹- تحلیل ایمنی سیستم بر اساس مکانیزم‌های خرابی
- ۱۰- تحلیل ایمنی سیستم با بکارگیری روش المانهای محدود غیر خطی
- ۱۱- روشهای تحلیل ایمنی سازه‌های استاتیکی
- ۱۲- روشهای تحلیل ایمنی سازه‌های دینامیکی
- ۱۳- تحلیل ایمنی سیستم برای سازه‌های حساس به بارهای دینامیکی
- ۱۴- معیارهای پیچیدگی و ضرایب نامعینی سازه‌ها



## تکنولوژی عالی بتن

تعداد واحد: ۲

### سرفصل درس:

- ۱ - شیمی سیمان  
هیدراتاسیون سیمان، اثر ترکیبات سیمان در مقاومت و حرارت، و سایر موارد
- ۲ - مقاومت بتن  
مقاومت در فشار و در کشش، تأثیر عوامل مختلف در مقاومت، معادلات مقاومت، روابط بین مقاومت فشاری و کششی، روابط بین تخلخل و مقاومت، مقاومت خستگی، مقاومت ضربه‌ای
- ۳ - الاستیسیته، انقباض، خزش  
ضرایب الاستیسیته استاتیکی و دینامیکی، روابط بین مقاومت و مدول الاستیسیته، روابط بین مدولها و عوامل مؤثر بر میزان مدولها، ضریب پواسون، اندازه‌گیری مدولها، عوامل مؤثر بر انقباض بتن، محاسبات میزان انقباض از آیین‌نامه‌های مختلف، اندازه‌گیری میزان انقباض، خزش و عوامل مؤثر بر خزش بتن، انواع تغییر شکلها، محاسبات میزان خزش از آیین‌نامه‌های مختلف، اندازه‌گیری خزش، اثرات خزش در سازه
- ۴ - طرح بتن  
عوامل اساسی در طرح بتن، روابط بین مقاومت‌های مشخصه و هدف، مراحل طرح بتن، روشهای وزنی و حجمی طرح بتن طرح بتن با حباب هوا
- ۵ - آزمایشات کنترل کیفیت بتن  
سنجش کارایی، مقاومت فشاری نمونه‌های مختلف و مقایسه آنها با یکدیگر، مقاومت تسریع شده، آزمایشات غیر مخرب (چکش اشمنیت، مافوق صوت، بیرون آوردن، ...) آزمایشات مغزه‌گیری، روابط بین مقاومت مغزه و مقاومت واقعی، پذیرش بتن، روشهای آماری بررسی نتایج آزمایشات، بررسی عمق ترک.
- ۶ - مواد مضاف و افزونه‌های بتن  
انواع مواد مضاف و افزونه، تأثیر مواد مضاف و افزونه بر خواص بتن، مکانیزم عمل مواد مضاف، کاربرد مواد مضاف پوزولانها و نقش آنها در خواص بتن.
- ۷ - پایایی و دوام بتن  
نفوذپذیری بتن، عوامل مؤثر بر میزان نفوذپذیری، اندازه‌گیری میزان نفوذ، خرابیهای شیمیایی بتن، حمله سولفاتها و روشهای پیشگیری، حمله کلرورها و روشهای پیشگیری، کربناتاسیون و عوامل مؤثر بر میزان آن، پیشگیری خرابی کربناتاسیون مکانیزم خوردگی فولاد در بتن، روشهای پیشگیری خوردگی آرماتور، واکنش قلیایی دانه‌ها و روشهای پیشگیری از سرطان بتن، اثرات سایش و فرسایش و خلاه‌زایی بر بتن، روشهای مقابله با خرابیهای مکانیکی، شوره‌زدگی و علل آن یخ‌زدگی و خرابی بتن در اثر سیکلهای یخ‌زدن و آب شدن، خواص بتن با حباب هوا در مقایسه با یخ‌زدگی
- ۸ - روشهای مختلف کاربرد بتن  
بتن‌ریزی در شرایط ویژه، بتن‌ریزی در هوای گرم، بتن‌ریزی در هوای سرد، بتن آماده، پمپ نمودن بتن، پاشیدن بتن، بتن‌ریزی در زیر آب.
- ۹ - بتن‌های جدید  
بتن‌های پلیمری، بتن‌های با الیاف فولادی و پلیمری، بتن گوگردی، بتن غلطکی، بتن فروشیمیایی، بتن‌های سبک، بتن‌های سنگین، بتن با مقاومت بسیار بالا بتن پلاستیک
- ۱۰ - بتن حجیم  
مسائل حرارتی، محاسبات حرارت، سیستم‌های کاهش دما، روشهای پیش و پس سرد کردن



## طراحی هیدرولیکی سازه‌ها

تعداد واحد: ۳

هدف: آشنا ساختن دانشجویان با انواع سازه‌های هیدرولیکی وابسته به بندها، سدها و بررسی اجمالی مسائلی که در طراحی هیدرولیکی و سازه‌های آنها دخالت دارند.

### سرفصل درس:

- ۱- آشنایی با انواع سازه‌های هیدرولیکی وابسته به بندها و سدها و مؤلفه‌های آنها و چگونگی هماهنگی آنها
- ۲- بررسی عوامل مختلف هیدرولوژیکی، هیدرولیکی، زمین‌شناسی، ژئوتکنیکی در روند انتخاب محل، نوع سدها
- ۳- بررسی سرریزها و انواع آنها و عوامل مؤثر در طراحی آنها
- ۴- آبیگرها تخلیه‌کننده‌ها و انواع آنها و عوامل مؤثر در طراحی آنها در سدها
- ۵- هیدرولیک انرژی گاهها
- ۶- آشنایی کلی با نیروگاههای آبی و تأسیسات مختلف آنها
- ۷- بررسی اجمالی روشهای اجرایی ساخت سازه‌های هیدرولیکی  
توصیه میشود ارائه این درس علاوه بر همراه داشتن پروژه با نشان دادن فیلم و اسلاید و بازدید از تأسیسات هیدرولیکی سدها همراه باشد.





## مهندسی پی پیشرفته

تعداد واحد: ۳

سرفصل درس:

- ۱- آزمایشگاههای صحرایی - کاربرد نتایج این آزمایشها در طراحی پی‌های سطحی و عمیق
- ۲- پی‌های عمیق
  - \* بررسی رفتار یک شمع در خاک‌های مختلف - اثر گروه
  - \* توزیع بار بین گروه شمع تحت بار محوری
  - \* شمع تحت فشار جانبی - بررسی رفتار تک شمع و گروه شمع
  - \* توزیع بار بین گروه شمع تحت فشار جانبی
- ۳- سپرهای فلزی
- ۴- دیوارهای جداکننده بتنی در خاک - مهارها
- ۵- خاک مسلح
- ۶- روشهای اصلاح خواص خاک
- ۷- بررسی مسائل خاص در طراحی پی‌ها



## اندرکنش سازه و آب

تعداد واحد: ۳

پیشنیاز: روش اجزاء محدود - دینامیک سازه‌ها

### سرفصل درس:

- ۱- معادلات ناویه - استوکز و شرایط مرزی مختلف آن در هیدرودینامیک
- ۲- روش حل معادلات لاپلاس و هلمهولتز در شرایط خاص
- ۳- مروری بر روش اجزاء محدود در سیالات
- ۴- المانهای اویلری و لاگرانژی آب
- ۵- معادلات حاکم بر رفتار دینامیکی سازه
- ۶- مدل المان محدود سازه
- ۷- اندرکنش معادلات حاکم بر سازه و سیال
- ۸- روش‌های ساده مدل دینامیکی آب - سازه
- ۹- روش حل دقیق عددی سیستم درگیر آب - سازه
- ۱۰- کاربردها: سدها، مخازن آب و اجسام غوطه‌ور
- ۱۱- معرفی برنامه‌های کامپیوتری مربوط



## اندرکنش خاک و سازه

تعداد واحد: ۳

پیشنیاز: دینامیک خاک - روشهای اجزاء محدود

سرفصل درس:

- ۱- هدف از تحلیل اندرکنش خاک و سازه و تأثیرات آن
- ۲- بررسی تأثیر سازه‌ها بر خصوصیات حرکت آزاد زمین
- ۳- اشاره‌ای به انتشار امواج در خاک
- ۴- سختی دینامیکی خاکها (امپدانس خاک) و تعیین آن
- ۵- تأثیر خاک بر روی رفتار سازه در حالت زلزله
- ۶- مدل‌های تحلیلی خاک جهت بررسی اندرکنش خاک و سازه (معادلات حرکت)
  - الف - مدل متمرکز شده خصوصیات خاک بصورت فنر و کمک فنر
  - ب - مدل تیر برشی
  - ج - مدل نیمه بینهایت ارتجاعی
  - د - مدل اجزاء محدود
- ۷- روش‌های تحلیل اندرکنش خاک و سازه در حوزه زمانی
- ۸- روش‌های تحلیل اندرکنش خاک و سازه‌ها در حوزه فرکانس
- ۹- اندرکنش خاک و سازه برای پی‌های صلب و انعطاف پذیر
- ۱۰- اندرکنش خاک و سازه برای مدل توام خاک و سازه
- ۱۱- اندرکنش خاک و سازه برای مدل زیرسازه‌ای
- ۱۲- بررسی اندرکنش خاک و سازه در حالت غیر خطی



## بهسازی سازه‌های آسیب دیده در زلزله

تعداد واحد: ۲

پیشنیاز: محاسبه ساختمانها در برابر زلزله

سرفصل درس:

- ۱- کلیاتی پیرامون بهسازی سازه‌های آسیب دیده از زلزله و ویژگیهای آن
- ۲- مرحله اقدامات اولیه (بازدید - انجام برخی آزمایش‌های سریع و ساده - بررسی مطالعات ژئوتکنیک)
- ۳- مرحله تشخیص (تعیین گسترده نارساییها - طبقه‌بندی نارساییها: خرابیهای مشهود بتن، فولاد، آسیب دیدگی ملحقات ساختمان، تغییر شکل‌ها و حرکات غیر متعارف، لطمات موضعی، گسیختگی، سایر لطمات)
- ۴- بررسی علل بروز نارساییها (آسیب شناسی): خطاهای طراحی، اجرایی و بهره‌برداری - پیر شدن و فروپایگی مصالح - خطاهای اتفاقی و عامل‌های استثنایی - تغییر شرایط نسبت به دوره طرح و اجرا
- ۵- ارزیابی وضع موجود سازه و باقیمانده مقاومت آن
- ۶- مرحله چاره جویی: تعیین نوع و گستره بهسازی - انتخاب مصالح و روش‌های بهسازی قابل اعمال - مقایسه روش‌ها از دیدگاه فنی، اقتصادی، ارزیابی آنها با معیار "هزینه - نتیجه"
- ۷- مرحله باز طراحی: تحلیل سازه به منظور باز طراحی و ملحوظ داشتن وضع پس در بهسازی
- ۸- مرحله انجام عملیات بهسازی: تنظیم برنامه اجرایی، اصول اجرایی بهسازی، مصالح جانشین، وسایل و تجهیزات، نیروی انسانی، ضوابط ویژه بهسازی
- ۹- مراحل بهسازی سازه‌های بتن آرمه: کندن و تخریب قسمت‌های معیوب، آماده کردن سطوح حاصل از تخریب، اصلاح آرماتوربندی، قالب بندی، کاربرد مصالح جانشین، مراقبت مصالح جانشین پس از مصرف
- ۱۰- ترمیم‌های موضعی در سازه‌های فلزی