

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

«بسمه تعالی»

بدون تردید «تحلیل سازه‌ها» یکی از دروس پایه و مهم در رشته مهندسی عمران محسوب می‌شود. که دانش آموخته رشته عمران بدون درک عمیق آن، قادر نخواهد بود مفاهیم طراحی و رفتار سازه‌ها را بیاموزد.

امروزه، در دانشگاه‌های کشور از کتب مختلفی برای تدریس تحلیل سازه‌ها استفاده می‌گردد. شاخص‌ترین آنها کتاب تحلیل سازه‌ها، تالیف مهندس شاپور طاحونی و مهندس اخوان لیل‌آبادی و همچنین تئوری مقدماتی سازه‌ها تالیف دکتر مجید بدیعی و همچنین کتاب دکتر حجت الله عادل است. که بی‌شک کتابهای ارزشمند و پرباری به لحاظ علمی در این زمینه محسوب می‌شوند. اما در مواجهه با برخی دانشجویان بویژه آنهایی که در سطح علمی متوسط هستند نیاز به تمرین بیشتر و آشنایی با مثالهای متنوع شدیداً احساس می‌شد. همچنین برخی دانشجویان نیازمند توضیح بیشتر برخی نکات کلیدی هستند. که به جز در سر کلاس و حضور استاد جوابگویی به آنها مقدور نیست. از آنجا که عموماً حجم زیاد کتب و مدت زمان برگزاری کلاس‌ها، فرصت حل مثالهای زیاد را مهیا نمی‌سازد. لذا تصمیم بر این گرفته شد که با تقسیم‌بندی درس تحلیل سازه‌ها در چند کتاب مجزا مجال حل مثالهای فراوان را فراهم آورد. که با توضیح ریز مطالب و حل گام به گام مسائل علاوه بر، برآورده ساختن نیاز این دسته از دانشجویان، بتوان از آن به عنوان یک مرجع در کنار کتابهای ارزشمند مذکور برای درک و تفهیم این درس استفاده نمود.

در پایان هر فصل تمرینهایی آورده شده است که دانشجو با الگو قرار دادن مثالهای مذکور، می‌تواند برای تسلط بیشتر بر مفاهیم درسی به حل آنها بپردازد. همچنین در لابه لای مثالها

سعی بر این بوده تا بر نکات اساسی و مهمی که در تستهای آزمونهای کارشناسی ارشد مطرح می‌گردد اشاره شود.

بدون شک هر اثری حاصل زحمات کار گروهی است. در اینجا وظیفه خود می‌دانم از زحمات جناب آقای مهندس آرش سلطانی کارشناس ارشد سازه که ما را در تصحیح متن و انتخاب مسائل یاری نمود تشکر نمایم. همچنین از مجموعه عماد گرافیک، بویژه سرکار خانم آزادیا که با صبر و حوصله ما را در شکل گرفتن این اثر و در ترسیم اشکال و ویرایش صفحات یاری نمودند نهایت تشکر و سپاسگذاری را به عمل آورم.

قطعا هیچ اثری خالی از نقص نیست و این نقایص برطرف نخواهد شد به جز مساعدت و راهنمایی استاتید و دانشجویان محترم که این کتاب را مورد مطالعه قرار می‌دهند. لذا امیدوارم با اشاره به نقص‌ها و نیازها ما را در تکمیل نمودن این کتاب در چاپهای بعدی یاری نمایند.

مؤلف

تابستان ۸۶

Farhang.Farrokhi@gmail.com

S-g-moghadam@yahoo.com

مقدمه

همانطور که می‌دانیم، سازه‌ها از لحاظ روش تحلیل به دو دسته سازه‌های معین ایستایی و سازه‌های نامعین ایستایی تقسیم می‌شوند. سازه‌های نامعین به سازه‌هایی اطلاق می‌شد که تعداد مجهولات تکیه گاهی و نیرویی در آنها بیشتر از تعداد معادلات موجود در سازه می‌بود (معادلات تعادل + معادلات شرط).

امروزه استفاده از سازه‌های نامعین ایستایی رواج زیادی پیدا کرده است. علت این امر سختی زیاد یا کمی تغییر شکل این گونه سازه‌هاست. همچنین ایمن بودن و صرفه جویی قابل ملاحظه‌ای که در هنگام استفاده از این سازه‌ها در مصالح بدست می‌آید از دیگر عوامل استقبال از این نوع سازه‌ها می‌باشد.

تحلیل سازه‌های نامعین دو وجه تمایز مشخص با تحلیل سازه‌های معین دارد:

۱- تعیین واکنش‌های تکیه گاهی و نیروی داخلی در سازه‌های نامعین نه تنها به هندسه سازه بستگی دارد، بلکه به مشخصات الاستیک نظیر، مدول الاستیسیته، سطح مقطع، ممان اینرسی اعضا نیز وابسته است. یعنی در طرح یک سازه نامعین علاوه بر مشخص نمودن مصالح سازه، لازم است ابعاد اولیه‌ای برای مقاطع اعضای آن انتخاب گردد. پس از تحلیل سازه براساس این مشخصه‌ها و تعیین نیروهای داخلی، ابعاد اولیه منتخب برای این نیروها کنترل می‌شوند. در صورت نیاز تغییر داده می‌شوند و سازه دوباره تحلیل می‌گردد و این سعی و خطا آنقدر ادامه می‌یابد تا به ابعاد مورد نظر برسیم.

۲- نیروهای داخلی در سازه‌های نامعین نه تنها از بارهای خارجی، بلکه از تغییر در درجه حرارت، نشست‌های نامساوی تکیه گاهی و عدم دقت در مونتاژ سازه ناشی می‌شوند. لازم به تذکر است که در تحلیل هر گونه سازه، اعم از معین و نامعین باید دو شرط تعادل ایستایی و سازگاری هندسی تغییر شکلها تامین گردد. خصوصا در سازه‌های نامعین ترکیبی از واکنشها جواب واقعی مسئله خواهد بود که علاوه بر تامین شرط ایستایی شرط سازگاری هندسی را نیز تامین نمایند.

سازه‌هایی که تغییر شکل آنها کوچک می‌باشد و از مصالح الاستیک خطی ساخته شده‌اند به سازه‌هایی با رفتار خطی مشهورند. برای چنین سازه‌هایی جمع آثار قوا که پایه و اساس روشهای معمول تحلیل سازه‌های معین می‌باشد، برای سازه‌های نامعین بدون در نظر گرفتن نیروی محوری نیز قابل استفاده است.

رایج‌ترین روشهای معمول تحلیل سازه‌های نامعین، عبارتند از: روش نیرو^۱ یا زمی^۲ و روش تغییر مکان^۳ یا سختی^۴ و بالاخره ترکیب روش نیرو و تغییر مکان می‌باشد. موضوع این کتاب بررسی روشهای سختی یا تغییر مکان برای تحلیل سازه‌های نامعین می‌باشد که معمولاً در قالب درس تحلیل سازه‌ها (۲) برای دانشجویان مهندسی عمران تدریس می‌گردد.

در روش‌های نیرو، نیروهای واکنش تکیه گاهی یا نیروهای داخلی اضافی به عنوان مجهول انتخاب می‌گردند. سپس با استفاده از اصل جمع آثار قوا، سازه نامعین ایستایی با حذف مجهولات اضافه به صورت یک سازه معین در می‌آید (سازه پایدار است) سپس این مجهولات اضافه به صورت نیروهای خارجی در نظر گرفته می‌شوند. و مقدار آنها محاسبه می‌گردد.

در روش‌های تغییر مکان یا سختی، تغییر مکانهای گره‌ای سازه به عنوان مجهول انتخاب می‌گردد. برخلاف روش نیرو که در آن ابتدا شرط ایستایی سازه تامین می‌شد و بعد شرط سازگاری هندسی، در روش سختی ابتدا شرط سازگاری تغییر شکلها برقرار می‌شود و سپس تغییر شکلهای مجهول طوری تعیین می‌گردد که شرط ایستایی سازه تامین گردد.

فصول این کتاب به بررسی روشهای سختی، روش شیب افت، روش توزیع لنگر هاردی کراس و روش کانی می‌پردازد. همچنین به علت کاربرد تقارن سازه‌ها در تحلیل سازه‌های نامعین این مبحث نیز در مطالب این کتاب گنجانده شده است.

¹. Force method

². Flexibility method

³. displacement method

⁴. stiffness method

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول: روش شیب- افت	
۱-۱. کلیات.....	۲
۱-۲. درجه آزادی و بدست آوردن روابط شیب افت.....	۵
۱-۳. تحلیل تیرها به روش شیب- افت.....	۹
۱-۴. تحلیل تیرهای دارای کنسول.....	۱۹
۱-۵. تیرهای دارای نشست تکیه گاهی و دوران تکیه گاهی.....	۲۳
۱-۶. کاربرد روش شیب افت برای قابها.....	۲۴
۱-۷. تحلیل قابهای بدون درجه آزادی انتقالی.....	۲۹
۱-۸. تحلیل قابها با یک درجه آزادی انتقالی بدون عضو مایل.....	۳۴
۱-۹. قابهای با یک درجه آزادی انتقالی و عضو مایل.....	۳۹
۱-۱۰. حل هندسی سازه‌ها.....	۴۰
۱-۱۱. روش شیب افت برای قابهای با چند درجه آزادی انتقالی.....	۴۶
۱-۱۲. اثر حرارت در روابط شیب افت.....	۵۲
۱-۱۳. ترکیب سازه، فتر در مسائل شیب افت.....	۵۳
۱-۱۴. مقایسه روش‌های نیرو و تغییرات آن.....	۵۵
مسائل حل شده فصل.....	۵۶
مسائل فصل.....	۹۸
فصل دوم: روش توزیع لنگر	
۲-۱. کلیات.....	۱۰۲
۲-۲. تحلیل تیرها به روش توزیع لنگر.....	۱۰۹

۱۱۳	۲-۳. تحلیل تیرها با نشست و دوران تکیه گاهی
۱۱۷	۲-۴. تیرهای دارای کنسول
۱۲۰	۲-۵. استفاده از سختی کاهش یافته
۱۲۴	۲-۶. روش توزیع لنگر برای قاب‌های بدون حرکت جانبی
۱۳۵	۲-۷. تحلیل قاب‌های مستطیلی با یک درجه آزادی انتقالی
۱۴۲	۲-۸. تحلیل قاب‌ها با چند درجه آزادی انتقالی
۱۴۵	مسائل حل شده
۱۸۳	مسائل فصل

فصل سوم: تحلیل سازه‌های متقارن

۱۸۶	۳-۱. تعریف سازه‌های متقارن
۱۸۷	۳-۲. شرایط ایستایی و هندسی در تقارن مستقیم
۱۸۸	۳-۳. شرایط ایستایی و هندسی در تقارن معکوس
۱۸۸	۳-۴. سختی موثر
۱۸۹	۳-۴-۱. سختی موثر در تقارن مستقیم
۱۹۰	۳-۴-۲. سختی موثر در تقارن معکوس
۱۹۰	۳-۵. تحلیل سازه‌های مختلف تحت تقارن مستقیم
۱۹۱	۳-۵-۱. تیر با تعداد دهانه زوج
۱۹۳	۳-۵-۲. تیر با تعداد دهانه فرد
۱۹۵	۳-۵-۳. قاب با تعداد دهانه زوج
۱۹۶	۳-۵-۴. قاب با تعداد دهانه فرد
۱۹۷	۳-۶. تحلیل سازه‌های مختلف تحت تقارن معکوس
۱۹۷	۳-۶-۱. تیر با تعداد دهانه زوج
۱۹۹	۳-۶-۲. تیر با تعداد دهانه فرد

۲۰۰	 ۳-۶-۳. قاب با تعداد دهانه زوج
۲۰۱	 ۳-۶-۴. قاب با تعداد دهانه فرد
۲۰۴	 ۳-۷. بارگذاری کلی
۲۰۷	 مسائل حل شده فصل
۲۱۷	 مسائل حل نشده

فصل چهارم: روش کانی

۲۲۰	 ۴-۱. کلیات
۲۲۱	 ۴-۲. تحلیل تیرهای سراسری به روش کانی
۲۳۱	 ۴-۲-۱. تحلیل تیرهای دارای کنسول به روش کانی
۲۳۳	 ۴-۲-۲. تحلیل تیرهای دارای نشست تکیه گاهی به روش کانی
۲۳۸	 ۴-۳. کاربرد خاصیت تقارن در روش کانی
۲۴۳	 ۴-۴. تحلیل قاب‌های ساده فاقد انتقال گره
۲۵۲	 ۴-۵. تحلیل قاب‌های مستطیلی دارای درجه آزادی انتقالی
۲۶۷	 ۴-۶. تحلیل قاب‌های مستطیلی منظم که ارتفاع ستونهای طبقه اول برابر باشد
۲۷۳	 ۴-۷. تحلیل قاب‌های منظم که پای ستون آنها مفصلی است
۲۷۹	 ۴-۸. مقایسه روش کانی و کراس
۲۸۱	 مسائل حل شده فصل
۲۹۹	 پیوست‌ها
۳۰۳	 فهرست منابع و مآخذ