

در اینجا فیلم های کلاس تحلیل سازه ۲ به ۳۶ فیلم مباحث اصلی و ۲۴ فیلم جلسات تکمیلی تقسیم شده است. مطالعه ۳۶ جلسه اصلی به همه دانشجویان توصیه می شود. این ۳۶ جلسه، شاکله اصلی درس تحلیل سازه ۲ است که اینجانب در کلاس های دانشگاه تدریس می نمایم. ۲۴ جلسه مابقی شامل مثال های متنوع تر یا مباحث پیشرفته تری است که می تواند در فهم عمیق تر و یا تسلط بیشتر روی درس کمک کند.

لینک جزوه کلاس: [/https://daneshesaze.com/structural-analysis2](https://daneshesaze.com/structural-analysis2)

اصلی: ویدئوهای ۸-۱، ۱۳-۱۶، ۱۸، ۲۰، ۲۴-۲۷، ۳۳-۳۵، ۳۷، ۴۰-۴۳، ۴۷، ۴۸، ۵۰-۵۷

تکمیلی: ویدئوهای ۹-۱۲، ۱۷، ۱۹، ۲۱-۲۳، ۲۸-۳۲، ۳۶، ۳۸، ۳۹، ۴۴-۴۶، ۴۹، ۵۸-۶۰

مباحث اصلی

فصل اول: روش شیب-افت

جلسه ۱: اثبات رابطه شیب-افت و شرح مفاهیم

جلسه ۲: روش های سختی و نرمی و مثال تیر و قاب بدون درجه آزادی دلتا

جلسه ۳: رابطه شیب-افت اصلاح شده و حل مثال تیر

جلسه ۴: حل مثال قاب با شیب-افت اصلاح شده و تیر با تکیه گاه ارتجاعی

جلسه ۵: حل مثال تیر و قاب با نشست تکیه گاهی

جلسه ۶: تعیین درجات آزادی تغییر مکانی (دلتا) و حل مثال قاب دارای گریز جانبی

جلسه ۷: حل مثال قاب دارای چند درجه آزادی دلتا

جلسه ۸: حل مثال قاب شیب دار

فصل دوم: روش توزیع لنگر (روش کراس)

جلسه ۱۳: مفاهیم اولیه در روش توزیع لنگر

جلسه ۱۴: توضیح روش توزیع لنگر و حل یک مثال تیر

جلسه ۱۵: مثال تیر سه دهانه

جلسه ۱۶: مثال قاب بدون درجه آزادی تغییرمکانی (دلتا)

جلسه ۱۸: مثال قاب دارای درجه آزادی تغییرمکانی (دلتا)

جلسه ۲۰: قاب با چند درجه آزادی دلتا و قاب تحت نشست تکیه گاهی

فصل سوم: تحلیل سازه های متقارن

جلسه ۲۴: انواع تقارن، رسم نصف سازه و حل مثال تیر

جلسه ۲۵: مثال تیر و قاب با تقارن محوری مستقیم و معکوس

جلسه ۲۶: تفکیک هر بارگذاری به جمع بارگذاری متقارن و پادمتقارن

جلسه ۲۷: مثال هایی از تحلیل سازه متقارن

فصل چهارم: خط تاثیر سازه های نامعین

جلسه ۳۳: اصل مولر-برسلاو و حل دو مثال از محاسبه خط تاثیر تیر

جلسه ۳۴: طرح ظاهری خط تاثیر و الگوی بار بحرانی

جلسه ۳۵: مثال بیشینه لنگر و برش در تیر با الگوی بار بحرانی

جلسه ۳۷: مثال بیشینه لنگر و برش در اثر عبور بار

فصل پنجم: تحلیل ماتریسی سازه ها

جلسه ۴۰: تاریخچه، درجات آزادی آزاد و مقید، ماتریس سختی اعضا، و مختصات محلی و کلی

جلسه ۴۱: ماتریس سختی عضو خرپایی در مختصات محلی و کلی و ماتریس دوران (مبدل)

جلسه ۴۲: تشکیل ماتریس سختی کل سازه با سرهم بندی ماتریس سختی اعضا به همراه مثال خرپا

جلسه ۴۳: اعمال شرایط مرزی، محاسبه مجهولات تغییر مکانی و نیروی اعضا به همراه مثال خرپا

جلسه ۴۷: ماتریس سختی تیر و قاب در مختصات محلی و کلی

جلسه ۴۸: تحلیل تیر به روش ماتریسی و بردار بارگذاری برای بارهای متنوع

- جلسه ۵۰: مثال تحلیل ماتریسی قاب بدون درجه آزادی دلتا
- جلسه ۵۱: ماتریس سختی قاب، بردار بارگذاری، و حذف درجات آزادی یکسان
- جلسه ۵۲: مثال تحلیل قاب دارای درجه آزادی دلتا با صرف نظر از تغییر شکل محوری اعضا
- جلسه ۵۳: مثال تحلیل قاب دارای درجه آزادی دلتا با در نظر گرفتن تغییر شکل محوری اعضا
- جلسه ۵۴: مثال تحلیل ماتریسی قاب شیب دار
- جلسه ۵۵: تحلیل ماتریسی سازه تحت نشست تکیه گاهی به همراه مثال قاب
- جلسه ۵۶: تحلیل ماتریسی سازه در اثر تغییر دما به همراه مثال قاب
- جلسه ۵۷: مثال تحلیل ماتریسی خرپا در اثر تغییر دما و نقص عضو

مباحث و مثال های تکمیلی

فصل اول: روش شیب-افت

- جلسه ۹: نوشتن درجات آزادی دلتای وابسته
- جلسه ۱۰: حل مثال تیر با تکیه گاه فنر محوری به روش های مختلف
- جلسه ۱۱: حل مثال تیر با تکیه گاه فنر محوری و دورانی به روش های مختلف
- جلسه ۱۲: حل مثال تیر با تکیه گاه فنری در وسط دهانه به روش های مختلف

فصل دوم: روش توزیع لنکر

- جلسه ۱۷: محاسبه تغییر مکان (دلتا) و دوران (تتا)
- جلسه ۱۹: مباحثی پیرامون درجه آزادی دلتا و تحلیل خرپاها
- جلسه ۲۱: مثال های تیر با تکیه گاه ارتجاعی (فنر محوری و دورانی)
- جلسه ۲۲: مثال های تیر با مفصل داخلی، تغییر مقطع در طول دهانه و قاب شیب دار
- جلسه ۲۳: مثال قاب با مفصل داخلی دارای درجه آزادی

فصل سوم: تحلیل سازه های متقارن

جلسه ۲۸: مثال قاب بدون درجه آزادی دلتا و مثال قاب دارای درجه آزادی دلتا

جلسه ۲۹: مثال تیر و قاب با فنر داخلی و تکیه گاهی

جلسه ۳۰: محاسبه خیز و دوران (دلتا و تتا) در تیرهای متداول

جلسه ۳۱: تقارن نقطه ای مستقیم و معکوس

جلسه ۳۲: حل یک مثال تکنیکی با روش های مختلف

فصل چهارم: خط تاثیر سازه های نامعین

جلسه ۳۶: طرح ظاهری خط تاثیر قاب

جلسه ۳۸: مثال بیشینه لنگر و برش در اثر عبور بار

جلسه ۳۹: رسم خط تاثیر سازه چند درجه نامعین و مثال

فصل پنجم: تحلیل ماتریسی سازه ها

جلسه ۴۴: مثال از تحلیل ماتریس خرپا

جلسه ۴۵: مثال از تحلیل ماتریس خرپا

جلسه ۴۶: مقدار ویژه و بردار ویژه ماتریس سختی

جلسه ۴۹: مثال تحلیل تیر با تغییر مقطع در طول دهانه

جلسه ۵۸: تحلیل ماتریسی سازه با تکیه گاه ارتجاعی (فنر محوری و دورانی)

جلسه ۵۹: تحلیل ماتریسی سازه با فنر داخلی و مفصل داخلی

جلسه ۶۰: تراکم استاتیکی ماتریس سختی

تحلیل سازه ها ۲- جلسه اول (روش شیب افت)

در این جلسه درس تحلیل سازه های ۲ را شروع می کنیم. در ابتدای این ویدئو سرفصل درس ارائه می شود. سپس فصل اول درس یعنی روش شیب-افت ارائه شده است. بدین منظور ابتدا رابطه شیب-افت اثبات می شود. با توجه به اینکه رابطه شیب-افت رابطه مبنایی روش سختی است، این موضوع به صورت مفصل مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه دوم (روش شیب افت)

این ویدئو ابتدای مبحث چگونگی به کار بردن روش شیب-افت جهت تحلیل سازه های نامعین می باشد. در این ویدئو ابتدا به مقایسه روش های سختی و نرمی در تحلیل سازه های نامعین پرداخته شده، سپس دو مثال از تیر و قاب نامعین به روش شیب-افت تحلیل شده است. این مثال ها تنها، درجه آزادی دورانی داشته و درجه آزادی تغییرمکانی ندارد.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه سوم (روش شیب افت)

در این جلسه ابتدا یک مثال تیر سراسری به روش شیب-افت حل می شود. سپس رابطه اصلاح شده شیب-افت برای عضو یک سر مفصل به دست می آید و دوباره همان مثال با استفاده از رابطه شیب-افت اصلاح شده حل می شود. این موضوع موجب نوشتن یک معادله با یک مجهول به جای نوشتن دو معادله دو مجهولی می شود و حل مساله را سریع تر می نماید.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه چهارم (روش شیب افت)

در این ویدئو دو مثال دیگر از سازه هایی که فقط دارای درجه آزادی دورانی هستند، به روش شیب-افت حل شده است. مثال اول مربوط به یک قاب است که روی گره آن یک لنگر متمرکز وارد شده است و به کمک رابطه اصلاح شده شیب-افت حل می شود. مثال دوم مربوط به تحلیل یک تیر با تکیه گاه ارتجاعی (دارای فنر دورانی) به روش شیب-افت است. در این ویدئو در مورد مفاهیم سختی دورانی تیرها و محاسبه تغییرمکان به کمک سختی های موازی هم توضیح داده شده است.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه پنجم (روش شیب افت)

در این ویدئو تحلیل سازه تحت نشست و دوران تکیه گاهی به روش شیب-افت توضیح داده شده است. علاوه بر این توضیحاتی در مورد سازه های دارای اعضای صلب آمده و یک مثال از تحلیل سازه دارای تیر صلب حل شده است.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه ششم (روش شیب افت)

در این ویدئو به تحلیل سازه های دارای درجه آزادی تغییرمکانی (دلتا) به روش شیب-افت پرداخته شده است. بدین منظور در ابتدا، نحوه تعیین تعداد درجات آزادی تغییرمکانی توضیح داده شده است. سپس یک مثال قاب که دارای یک درجه آزادی تغییرمکانی است حل شده است. برای تشکیل معادلات سازه ای که دارای درجه آزادی دلتا می باشد، علاوه بر معادلات تعادل لنگر گره ها، از معادلات برش نیز کمک گرفته می شود که در این مثال به تشریح این موضوع پرداخته شده است.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه هفتم (روش شیب افت)

در این جلسه یک قاب دارای سه درجه آزادی تغییرمکانی (درجه آزادی دلتا) به روش شیب-افت حل شده است. در این مساله به نوشتن ۸ معادله ۸ مجهولی بسنده شده و معادلات حل نشده است.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه هشتم (روش شیب افت)

در این جلسه یک مثال از قاب شیبدار به روش شیب-افت حل شده است. بدین منظور ابتدا تعداد درجات آزادی تغییرمکانی مستقل محاسبه شده و سپس چگونگی نوشتن درجات آزادی تغییرمکانی وابسته بر حسب آنها توضیح داده شده است. در مرحله بعدی روابط شیب-افت بر حسب این درجات آزادی دلتا و با در نظر گرفتن علامت نوشته می شود. در مرحله انتهایی نحوه نوشتن معادله برش برای این قاب ها توضیح داده می شود.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه نهم (روش شیب افت)

تمرکز این جلسه از درس بر روی چگونگی نوشتن درجات آزادی تغییرمکانی وابسته بر حسب درجات آزادی تغییرمکانی مستقل در قاب های شیب دار است. برای این منظور عمدتاً از روش برداری تغییرمکان ها استفاده شده است و در بعضی موارد از کشیدن تغییر شکل های قاب نیز کمک گرفته شده است. علاوه بر این، در مورد علامت درجه آزادی دلتا در روابط شیب-افت و نوشتن معادله برش نیز توضیحاتی ارائه شده است.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه دهم (روش شیب افت)

در این جلسه یک مثال از تیر با تکیه گاه ارتجاعی (فنر) به روش شیب-افت حل شده است. در این مثال تیر دارای درجه آزادی دلتا می باشد. پس از حل این مثال به روش شیب-افت، به منظور بهبود نگرش تحلیلی و مقایسه روش های مختلف، همین مثال به روش مدلسازی با فنر (روش سختی)، روش سازگاری تغییرشکل ها، روش کاستیلیانو و روش تیر مزدوج هم حل شده است. در انتها به دانشجویان گرامی توصیه می شود که تحلیل سازه های نامعین را با روش های مختلف انجام داده و نقاط ضعف و قوت هر یک از روش ها را در مسائل مختلف مقایسه نمایند.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه یازدهم (روش شیب افت)

در این جلسه یک مثال تیر با تکیه گاه ارتجاعی (فنر محوری و فنر چرخشی) ابتدا به روش شیب-افت و سپس به روش تیر مزدوج و روش کاستیلیانو حل می شود. این مساله از طرفی دارای دو درجه آزادی بوده و از طرف دیگر دو درجه نامعین است. به همین دلیل در هر دو روش سختی و نرمی باید ۲ معادله ۲ مجهولی حل شود و از این نظر مشابه هستند. با مقایسه روش های حل می توانید نقاط قوت هر کدام از روش ها و همچنین تسلط خود بر هر کدام از این روش ها را بیازمایید.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه دوازدهم (روش شیب افت)

در این جلسه یک مساله تیر با ۳ درجه نامعینی مطرح شده است که تیر هم تکیه گاه فنری دارد و هم تحت اثر بار خارجی و نشست تکیه گاهی قرار می گیرد. این مثال ابتدا به روش شیب-افت حل شده است که یک روش کلاسیک و مناسب برای حل چنین مساله ای است. سپس سعی شده است همین تیر به روش نرمی یا روش

سازگاری تغییرشکل ها هم حل شود. از آنجایی که درجه نامعینی تیر زیاد است و حل مساله طولانی می شود، در به کارگیری روش سازگاری تغییرشکل ها فقط یک نیروی اضافه در نظر گرفته شد. در نتیجه می بایست تغییرمکان های تیر دو درجه نامعین محاسبه می شد که برای این کار از مفاهیم و روابط ارائه شده در قسمت های قبلی استفاده شد.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه سیزدهم (روش پخش لنگر)

در این جلسه کلیات و مفاهیم روش توزیع لنگر (روش کراس) توضیح داده شده است. به این منظور ابتدا مفهوم کلی این روش بر مبنای روش شیب-افت توضیح داده شده است. در ادامه، تعاریف پایه یعنی سختی دورانی، ضریب توزیع و ضریب انتقال ارائه شده است و در انتها دو مثال ساده از تیر و قاب به روش توزیع لنگر حل شده است. البته توضیح کامل روش توزیع لنگر در جلسه بعد ارائه می شود. در این جلسه توضیحات مفهومی روش ارائه شده و فقط مثال های ساده با یک درجه آزادی دورانی حل شده است.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه چهاردهم (روش پخش لنگر)

در این جلسه ابتدا روش توزیع لنگر (روش کراس) به صورت گام به گام توضیح داده می شود. سپس یک مثال تیر سراسری به این روش حل می شود و طی چند سیکل به جواب نهایی می رسد. علاوه بر این، همین مساله بر اساس سختی اصلاح شده هم حل می شود. در انتها توصیه می شود که در کلیه مسائلی که یک عضو درانتها روی تکیه گاه مفصلی یا غلتکی قرار می گیرد، حتما از سختی اصلاح شده استفاده شود.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه پانزدهم (روش پخش لنگر)

در این جلسه، یک مثال دیگر از تحلیل تیر سراسری به روش توزیع لنگر حل شده است؛ با این تفاوت که در این مثال تیر دارای دوران و نشست تکیه گاهی نیز می باشد. علاوه بر این در یکی از گره های تیر یک لنگر متمرکز نیز وارد شده است. در انتها، مساله یک بار دیگر به روش کراس حل شده است که این بار در هر سیکل محاسباتی، ابتدا توزیع لنگر برای همه گره ها و سپس انتقال برای همه گره ها انجام می شود.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه شانزدهم (روش پخش لنگر)

در این جلسه، یک مثال از تحلیل قاب به روش توزیع لنگر (روش کراس) حل شده است. در این مثال قاب درجه آزادی تغییرمکانی ندارد و به همین دلیل فقط با یک بار استفاده از روش کراس حل می شود. در انتها دیاگرام لنگر قاب نیز رسم شده است.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه هفدهم (روش پخش لنگر)

در این ویدئو، ابتدا در مورد نحوه محاسبه دوران گره ها در روش توزیع لنگر (روش کراس) توضیح داده شده و دو مثال از این موضوع حل شده است. در ادامه یک قاب بدون درجه آزادی تغییرمکانی تحلیل شده است که در یکی از تکیه گاه ها فنر چرخشی (فنر پیچشی) دارد.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه هجدهم (روش پخش لنگر)

در این ویدئو، تحلیل قاب با تغییرمکان جانبی (درجه آزادی دلتا) به روش توزیع لنگر توضیح داده می شود. برای حل چنین مساله ای، باید قاب را دوبار به روش کراس تحلیل کنیم تا مجهول دلتا (تغییرمکان جانبی) به دست آید. در ادامه جواب مساله جمع جواب های دو مساله حل شده قبلی است. برای روشن شدن بیشتر موضوع، یک مثال هم در این جلسه حل شده است.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه نوزدهم (روش پخش لنگر)

در این ویدئو ابتدا به این سوال پاسخ داده شده است که چرا در تحلیل خرپاها، با اینکه اتصال اعضا مفصل نیست، اعضا را دو سر مفصل فرض کرده و همه اعضا را فقط کششی یا فشاری در نظر می گیریم. علاوه بر این چنین موضوعی برای کلیه قاب ها که درجه آزادی دلتا ندارند (و یا برابر صفر است)، وقتی که نیروهای متمرکز روی گره ها وارد می شود، تعمیم داده شده است.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه بیستم (روش پخش لنگر)

در این جلسه ابتدا روش تحلیل قاب چند طبقه به روش توزیع لنگر توضیح داده شده است. از این موضوع مثالی حل نشده است. به دلیل اینکه حل چنین مساله ای با دست، زمان خیلی زیادی نیاز دارد و عمدتاً توسط نرم

افزارهای کامپیوتری با مبنای تحلیل ماتریسی و روش شیب افت حل می شود. در ادامه ی این ویدئو، دو مثال از تحلیل قاب های کوچک تحت بار و نشست تکیه گاهی حل شده است.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه ۲۱ (روش پخش لنگر)

در این ویدئو، چند مثال از تیر روی تکیه گاه های فنری به روش توزیع لنگر حل شده است. این تیرها روی فنر محوری یا فنر پیچشی قرار گرفته اند و دارای درجه آزادی دورانی و انتقالی می باشند.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه ۲۲ (روش پخش لنگر)

در این ویدئو، ابتدا مثال تیری که در بین دو تکیه گاه تغییر مقطع دارد حل شده است. سپس یک مثال قاب شیبدار با درجه آزادی تغییرمکانی به روش کراس تحلیل می شود. به طور کلی مثال های حل شده در جلسات انتهایی هر مبحث، بیشتر جنبه تکمیل درس را دارد و بهتر است دانشجو ابتدا خودش روی نحوه حل مساله فکر کند.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه ۲۳ (روش پخش لنگر)

در این ویدئو یک مثال قاب خمشی که روی تیر آن مفصل وجود دارد به روش توزیع لنگر حل شده است. چون قاب یک درجه آزادی جابجایی دارد و ایجاد مفصل در تیر هم یک درجه آزادی دیگر دلتا ایجاد می کند، مساله مانند یک قاب با دو درجه آزادی دلتا حل می شود.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه ۲۴ (تحلیل سازه متقارن)

در این ویدئو ابتدا در مورد تعریف سازه متقارن محوری و متقارن مرکزی (متقارن نقطه ای) و بعد از آن در مورد تقارن مستقیم و تقارن معکوس (تقارن و پاد تقارن) بر اساس بارگذاری توضیح داده شده است. در ادامه در مورد اینکه تحلیل نصف سازه کافی است و شرایط تکیه گاهی (شرایط مرزی) در محل نصف کردن سازه صحبت می شود. در این قسمت سعی شده است که با توجیه هم از بعد نیرویی و هم بعد تغییر مکانی، چگونگی تعیین شرایط مرزی تشریح شود تا امکان تعیین شرایط مرزی در مسائل پیچیده تر فراهم گردد. در انتها نیز دو مثال از سازه متقارن و پاد متقارن به روش توزیع لنگر حل شده است.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه ۲۵ (تحلیل سازه متقارن)

در این جلسه ابتدا در مورد سختی اعضای متقارن توضیح داده شده و سپس دو مثال از سازه متقارن مستقیم به روش توزیع لنگر حل می شود. در ادامه یک قاب پادمتقارن (متقارن معکوس) با تکنیک تقارن حل می شود. برای حل این مثال که دارای یک درجه آزادی تغییرمکانی هم می باشد، یک بار از روش توزیع لنگر (روش سختی) و یک بار از روش کاستیلیانو (روش نرمی) استفاده شده است.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه ۲۶ (تحلیل سازه متقارن)

در این جلسه، سازه متقارن تحت بارگذاری کلی تحلیل می شود. به طور کلی هر بارگذاری روی سازه متقارن را می توان به جمع یک بارگذاری متقارن و یک بارگذاری پادمتقارن تبدیل کرد. در این ویدئو چگونگی انجام این کار به همراه چند مثال توضیح داده شده است.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه ۲۷ (تحلیل سازه متقارن)

در این جلسه با کمک گرفتن از مفاهیم تقارن، چند مثال از به دست آوردن تغییر شکل ها و دوران گره ها به روش توزیع لنگر حل شده است. در نیم ساعت انتهایی کلاس، در مورد به دست آوردن نیروی ستون ها در یک قاب چند طبقه و چند دهانه به صورت تقریبی صحبت شده است.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه ۲۸ (تحلیل سازه متقارن)

در این جلسه دو تمرین از قاب با بارگذاری کلی با تکنیک تقارن حل شده است. در هر دو مثال، بارگذاری کلی به یک بار متقارن و یک بار پادمتقارن تقسیم شده و سازه ها به روش توزیع لنگر تحلیل شده است. در انتها پاسخ های بارگذاری متقارن و متقارن معکوس با یکدیگر جمع شده است. در مثال دوم قاب دارای درجه آزادی تغییرمکانی (دلتا) نیز می باشد.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه ۲۹ (تحلیل سازه متقارن)

این جلسه دو تمرین دیگر یکی از تیر و دیگری از قاب که دارای فنرهای پیچشی هم هستند با تکنیک تقارن حل شده است. در مثال تیر بارگذاری متقارن بوده و نیروی فنرها برای نصف سازه محاسبه شده است. نصف سازه به سه روش مختلف شامل شیب-افت، توزیع لنگر و کاستیلیانو تحلیل شده است. در مثال دوم که یک قاب با فنر پیچشی است، ابتدا بارگذاری کلی به دوبارگذاری متقارن و پادمتقارن تقسیم شده است. سپس سازه به روش توزیع لنگر تحلیل شده است. در نیم ساعت انتهایی این ویدئو نصف قاب به روش کاستیلیانو هم تحلیل شده و توضیحاتی در مورد تغییرشکل سازه ارائه شده است.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه ۳۰ (تحلیل سازه متقارن)

در این جلسه در مورد نحوه محاسبه تغییرمکان و چرخش در تیرهای دو سر مفصل، دو سر گیردار و یک سرمفصل - یک سر گیردار تحت بارهای متمرکز، گسترده و مثلثی توضیح داده شده و مثال های نسبتاً متنوعی حل شده است. این ویدئو کمک می کند بتوانیم دلتا و تتا در تیرهای متداول را با دانستن لنگرهای گیرداری و روابط ساده به دست آوریم.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه ۳۱ (تحلیل سازه متقارن)

در این ویدئو، مبحث سازه با تقارن نقطه ای (تقارن مرکزی) مطرح شده است. پس از توضیح مفاهیم اولیه دو مثال از تحلیل سازه ها با تقارن مرکزی حل شده و در آنها از مفاهیم تقارن و پادتقارن استفاده شده است.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه ۳۲ (تحلیل سازه متقارن)

در واقع این جلسه زیرمجموعه تحلیل سازه های متقارن محسوب نمی شود. در این جلسه یک مثال خاص را مورد بررسی قرار داده ایم که در آن فنر پیچشی در قسمت میانی سازه و روی دو عضو آن واقع شده است. برای حل این مثال از روش های توزیع لنگر، شیب-افت و سازگاری تغییرشکل ها استفاده شده است. این مثال جنبه تکمیلی مباحث فصل های اول و دوم را داشته و مطالعه آن به دانشجویانی که تسلط روی مباحث قبلی ندارند توصیه نمی شود.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه ۳۳ (خط تاثیر سازه‌های نامعین)

در این ویدئو ابتدا مفهوم خط تاثیر و چگونگی ترسیم آن از روی تغییرشکل سازه توضیح داده می شود. بدین منظور اصل مولر-برسلاو که در تحلیل سازه ۱ بیان شده است، یادآوری می گردد. در ادامه، تابع خط تاثیر از روی تابع تغییرشکل سازه در دو مثال مستقل برای دو تیر مختلف محاسبه می شود. برای محاسبه تغییرمکان سازه آزاد شده مطابق اصل مولر- برسلاو می توان از روش های مختلفی استفاده کرد که در این مثال ها از روش تیر مزدوج استفاده شده است. علاوه بر این توضیح داده شد که محاسبه خط تاثیر فقط برای مجهولات اضافه در یک سازه نامعین کافی است و خط تاثیر سایر پارامترها را می توان با استفاده از استاتیک محاسبه کرد. در انتهای فیلم احساس کردم که اشتباهی رخ داده ولی به علت عجله فرصت نداشتم اصلاحش کنم. به همین دلیل در انتهای فایل پی دی اف در لینک زیر، این مورد را اصلاح کردم.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه ۳۴ (خط تاثیر سازه‌های نامعین)

در این ویدئو ابتدا درباره اهمیت رسم شکل شماتیک خط تاثیر برای سازه های نامعین توضیح داده شده است. در حالی که محاسبه تابع خط تاثیر سازه های نامعین روند طولانی و زمانبری دارد، با استفاده از طرح ظاهری (شکل شماتیک) خط تاثیر می توان مفاهیم اساسی مورد نیاز در طراحی را برآورده کرد. در ادامه، نحوه ترسیم خط تاثیر برای دو تیر سراسری آموزش داده شده است. سپس با استفاده از همین شکل شماتیک، الگوی بارگذاری بحرانی تعیین شده و در مورد حالت های کلی شکل بارگذاری بحرانی برای لنگر و برش روی تکیه گاه و وسط دهانه قضاوت شده است.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه ۳۵ (خط تاثیر سازه‌های نامعین)

در این جلسه، دو مثال از محاسبه بیشینه لنگر و بیشینه برش تکیه گاهی و برش وسط دهانه تحت بار زنده حل شده است. برای این منظور، از مفاهیم الگوی بار بحرانی که در جلسه قبل گفته شد، استفاده شده است. در هر مثال، پس از محاسبه بیشینه پاسخ، نحوه تقریب زدن جواب توضیح داده شده است. علاوه براین، در این مورد که چرا این الگوی بار بحرانی است، بر اساس حس فیزیکی و تحلیلی مطالبی ارائه شده است.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه ۳۶ (خط تاثیر سازه‌های نامعین)

در این ویدئو، در مورد الگوی بار زنده ای که موجب بحرانی ترین مقادیر برش و لنگر در تیر و ستون های قاب خمشی می شود، توضیح داده شده است. بدین منظور طرح ظاهری (شکل شماتیک) خط تاثیر قاب برای هر

پارامتر رسم شده و بر اساس آن الگوی بار بحرانی تعیین می شود. علاوه بر این، در مورد الگوی بار شطرنجی بار زنده (پیشنهادی آیین نامه های بارگذاری)، توضیحاتی ارائه شده است. در انتهای این جلسه نیز یک مثال دیگر از خط تاثیر تیر سراسری حل شده است.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه ۳۷ (خط تاثیر سازه های نامعین)

در این ویدئو، به چند مثال از خط تاثیر سازه های نامعین از وجوه مختلف پرداخته شده است. در مثال اول نحوه محاسبه ماکزیمم نیروها در یک سازه نامعین به کمک تعیین محل بار بحرانی از شکل شماتیک خط تاثیر و تحلیل سازه نامعین برای بار متحرک در آن محل ارائه شده است. در مثال دوم نحوه محاسبه تابع خط تاثیر در طول تیر آموزش داده می شود. در مثال سوم به نحوه محاسبه مساحت زیر منحنی خط تاثیر در تیرهای نامعین به کمک تحلیل تیر تحت بار گسترده پرداخته شده است.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه ۳۸ (خط تاثیر سازه های نامعین)

در این ویدئو، چند مثال از خط تاثیر تیرهای نامعین حل شده است. در این مثال ها، هدف پیدا کردن بیشینه مقدار یکی از کنش های تیر در اثر بار متحرک است. هر مثال دو بار، یک بار با تشخیص محل بحرانی بار با استفاده از شکل شماتیک خط تاثیر و یک بار با استفاده از اصل مولر-برسلاو حل شده است.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه ۳۹ (خط تاثیر سازه های نامعین)

در این ویدئو، دو مثال از خط تاثیر تیرهای نامعین حل شده است. در مثال اول، محل بار بحرانی قابل تشخیص نیست. مثال دوم که کمتر در درس تحلیل سازه به آن پرداخته می شود مربوط به محاسبه تابع خط تاثیر یک تیر چند درجه نامعین است. برای حل چنین مثالی، یکی از بهترین روش ها استفاده از روش توزیع لنگر و اصل جمع آثار قوا است. این مثال می تواند راهنمای کلی برای محاسبه عددی خط تاثیر سازه های با درجه نامعینی بالا باشد.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه ۴۰ (تحلیل ماتریسی سازه‌ها)

در این جلسه ابتدا تاریخچه تحلیل ماتریسی سازه ها و چگونگی رشد آن با اختراع کامپیوتر توضیح داده شده است. سپس تفاوت های کلیدی تحلیل ماتریسی با تحلیل کلاسیک و اجزاء محدود توضیح داده می شود. پس از این مقدمات، سه مفهوم کلیدی درجات آزادی، ماتریس سختی و مختصات کلی و محلی ارائه شده است که در ادامه درس کاربرد زیادی دارد. علاوه بر این، مثال هایی برای به دست آوردن ماتریس سختی اعضا حل شده است.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه ۴۱ (تحلیل ماتریسی سازه‌ها)

معمولا تحلیل ماتریسی را با مبحث خرپاها شروع می کنند. بدین منظور ابتدا ماتریس سختی عضو خرپایی در مختصات محلی به دست آمد. در ادامه، ماتریس مبدل (ماتریس دوران) که وظیفه انتقال کمیت ها بین مختصات محلی و مختصات کلی را دارد، محاسبه شد. سپس نحوه محاسبه ماتریس سختی در مختصات کلی بر اساس ماتریس دوران و ماتریس سختی در مختصات محلی اثبات شد. در انتها، ماتریس سختی عضو خرپایی در مختصات کلی محاسبه گردید.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه ۴۲ (تحلیل ماتریسی سازه‌ها)

در این جلسه نحوه به دست آوردن ماتریس سختی سازه از ماتریس سختی عضو توضیح داده شده و یک مثال حل شده است. بدین منظور ابتدا ماتریس سختی کلیه اعضای سازه در مختصات کلی (Global) نوشته می شود. سپس با سرهم بندی (Assembly) این ماتریس ها، ماتریس سختی کل سازه به دست می آید. در این جلسه قبل از حل مثال، مفهوم سرهم بندی که مبتنی بر نوشتن معادلات تعادل گره به روش سختی است، توضیح داده شده است.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه ۴۳ (تحلیل ماتریسی سازه‌ها)

در این جلسه، با اعمال شرایط مرزی (تکیه گاه ها) به سازه، سازه پایدار شده و قابل تحلیل می شود. برای اعمال شرایط مرزی، ماتریس سختی کل سازه بر اساس درجات آزادی آزاد و مقید پارتیشن بندی می شود و با حل ماتریس سختی درجات آزادی آزاد، تغییرمکان های گرهی به دست می آید. شایان ذکر است که که پس از اعمال شرایط تکیه گاهی، دترمینان ماتریس سختی غیر صفر و قابل حل می شود. در ادامه، با داشتن تغییرمکان های گرهی، می توان نیروی اعضای خرپا و عکس العمل های تکیه گاهی را به دست آورد.

در این ویدئو پس از توضیح روش کلی حل، یک مثال خرپا به روش ماتریسی تحلیل شده و نیروهای اعضا و عکس العمل های تکیه گاهی به دست آمده است.

در انتها چگونگی به دست آوردن ماتریس سختی به صورت مستقیم و بدون سرهم بندی ماتریس سختی اعضا توضیح داده شده است که در حل دستی مثال ها مفید می باشد. علاوه بر این، یک مثال از حل دستگاه معادلات به روش حذف گاوس حل شده است.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه ۴۴ (تحلیل ماتریسی سازه ها)

در این جلسه، یک مثال دیگر از تحلیل خرپاها به روش تحلیل ماتریسی حل شده است. برای حل، فقط ماتریس سختی درجات آزادی آزاد محاسبه شده و تغییرمکان های گرهی به دست می آید. سپس نیروی داخلی اعضای خرپا، با استفاده از ماتریس سختی محلی و ماتریس انتقال محاسبه می شود.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه ۴۵ (تحلیل ماتریسی سازه ها)

در این جلسه، یک مثال دیگر از تحلیل خرپاها به روش تحلیل ماتریسی حل شده است. بدین منظور، ابتدا تغییرمکان های گرهی و سپس نیروهای داخلی اعضای خرپا محاسبه شده است. هر چند که حل این مثال و بعضی از مساله های دیگر به صورت دستی به مراتب ساده تر می باشد، اما باید توجه کرد که آنچه برای یک انسان و یک کامپیوتر ساده شمرده می شود، متفاوت است. از نظر کامپیوتر، روشی ساده تر است که دارای الگوریتم مشخصی برای برنامه نویسی بوده و برای همه مساله ها به صورت یکسان قابل استفاده باشد. طولانی و تکراری بودن مسیر برای کامپیوتر دشوار نیست. برعکس پیچیدگی ذهن انسان زیاد بوده و از وجوه مختلف به مساله نگاه می کند و کوتاه ترین روش ها را انتخاب می کند.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه ۴۶ (تحلیل ماتریسی سازه ها)

در این جلسه، بیشتر به توضیح یک موضوع مفهومی در زمینه مقدار ویژه و بردار ویژه ماتریس سختی پرداخته شده است. این موضوع وقتی مهم می شود که بخواهیم ناپایداری یک سازه را در روش تحلیل ماتریسی تشخیص داده و تعداد قیدهای مورد نیاز برای پایداری و نحوه اعمال آن به سازه را تشخیص دهیم. در این صورت تعداد مقادیر ویژه ی صفر برای ماتریس سختی بیانگر تعداد قیدهای مورد نیاز و بردارهای ویژه مربوط به مقادیر ویژه ی صفر بیانگر شکل حرکت صلب مربوطه در سازه می باشد.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه ۴۷ (تحلیل ماتریسی سازه‌ها)

در این جلسه، ابتدا ماتریس سختی تیر (با ۴ درجه آزادی) در مختصات محلی (Local) نوشته شد و سپس این ماتریس سختی به ماتریس سختی با درجه آزادی محوری (با ۶ درجه آزادی) تعمیم یافت. در ادامه ماتریس مبدل (ماتریس انتقال یا ماتریس چرخش) برای عضو خمشی با ۶ درجه آزادی نوشته شد. در انتها ماتریس سختی عضو خمشی (با ۶ درجه آزادی)، در مختصات کلی (Global) محاسبه گردید. برای فهم بهتر درایه های ماتریس سختی، سه مولفه از آن، با مفاهیم تحلیل سازه به صورت مستقیم محاسبه شد.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه ۴۸ (تحلیل ماتریسی سازه‌ها)

در این جلسه، یک مثال از تحلیل ماتریسی تیرها حل شده است. برای این کار ماتریس سختی درجات آزادی دورانی نوشته شده و پس از آن بارهای روی تیرها به بار گرهی تبدیل شد. سپس با حل معادله $kd=P$ ، تغییر مکان های گرهی به دست آمد. در انتها، نیروی انتهایی اعضا محاسبه شد. در ادامه این جلسه، محاسبه بار گرهی و نیروهای انتهایی اعضا برای بارگذاری های متنوع و خاص توضیح داده شد. بدین منظور از فرمول ها و جداول لنگرهای گیرداری اعضا استفاده می شود که فایل این جداول در لینک زیر قرار گرفته است:

[/https://daneshesaze.com/fixed-end-moments](https://daneshesaze.com/fixed-end-moments)

تحلیل سازه ها ۲- جلسه ۴۹ (تحلیل ماتریسی سازه‌ها)

در این جلسه، یک مثال دیگر از تحلیل ماتریسی تیرها حل شده است که در آن، در طول یکی از تیرها تغییر مقطع وجود دارد. به همین دلیل درجات این تیر به صورت دو تیر مستقل در نظر گرفته می شود و درجات آزادی قائم و چرخش وسط دهانه هم به درجات آزادی تیر اضافه می شود. پس از محاسبه ماتریس سختی و بارهای گرهی، تغییر مکان های گرهی به دست می آید. در انتها، نیروی انتهایی اعضا نیز محاسبه می شود.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه ۵۰ (تحلیل ماتریسی سازه‌ها)

در این جلسه، اولین مثال از قاب ها با روش تحلیل ماتریسی حل شده است. قاب انتخاب شده از نظر روش شیب-افت، درجه آزادی تغییرمکانی ندارد. بنابراین، در حل ماتریسی ابتدا از تغییر طول محوری تیر و ستون

صرف نظر شده و قاب فقط با درجه آزادی دورانی گره ها حل شده است که این حل در تطابق کامل با روش شیب-افت و توزیع لنگر است. در مرحله دوم، تغییر طول محوری اعضا در نظر گرفته شد و قاب با درجات آزادی تغییرمکانی مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج تحلیل نشان می دهد که علیرغم طولانی شدن راه حل ناشی از تغییر دستگاه معادلات از ۲ معادله و ۲ مجهول به ۴ معادله و ۴ مجهول، نتیجه تقریباً تغییری نداشته است. به همین دلیل در مثال های بعدی از تغییرشکل محوری اعضا صرف نظر می شود. البته در برنامه نویسی با کامپیوتر که حل دستگاه معادلات کار ساده ای است، ماتریس های سختی با در نظر گرفتن سختی محوری اعضا حل می شود تا برنامه عمومیت بیشتری داشته باشد.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه ۵۱ (تحلیل ماتریسی سازه ها)

در این جلسه، ابتدا در مورد ماتریس سختی اعضای قاب در مختصات کلی توضیح داده شده است. هدف از این بخش ساده کردن نوشتن ماتریس های سختی تیر و ستون در مثال هایی است که به صورت دستی حل می شود. البته ماتریس سختی اعضای مایل نیز با صرف نظر از تغییر طول محوری اعضا توضیح داده شده است. در ادامه توضیحات کاملتری از مفهوم بردار بارگذاری در قاب و نحوه نوشتن آن آمده است. بدین منظور بردار بارگذاری به بار گرهی و بار ناشی از بارگذاری در طول عضو تقسیم شده است. در بخش سوم درس، نحوه فشردن کردن ماتریس سختی سازه با در نظر گرفتن درجات آزادی یکسان (Equal DOF) توضیح داده شده است.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه ۵۲ (تحلیل ماتریسی سازه ها)

در این ویدئو، یک مثال قاب با درجه آزادی تغییرمکانی به روش تحلیل ماتریسی حل شده است. برای حل این مثال از تغییرشکل محوری اعضا صرف نظر شده است. به عبارت دیگر این مثال همان تحلیل به روش شیب-افت است که به صورت ماتریسی نوشت می شود. یعنی خط اول و دوم معادلات جمع لنگر در گره برابر صفر و خط سوم معادله برش است. برای حل این مثال، ابتدا ماتریس سختی k_{ff} برای سازه به روش سرهم بندی ماتریس سختی اعضا به دست آمده است. نکته جالب توجه اینکه در انتهای همین ویدئو چگونگی به دست آوردن این ماتریس به روش مستقیم هم توضیح داده شده است.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه ۵۳ (تحلیل ماتریسی سازه‌ها)

در این ویدئو، مثال جلسه قبل که یک قاب با درجه آزادی تغییرمکانی است، این بار با در نظر گرفتن تغییرشکل محوری اعضا حل شده است. نحوه تشکیل ماتریس سختی **kff** هم برای محاسبات دستی و هم برای برنامه نویسی توضیح داده ده است. در ادامه مجهولات تغییرمکانی با حل دستگاه معادلات به کمک **matlab** محاسبه شد و در آخر، نیروی اعضای سازه به دست آمد.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه ۵۴ (تحلیل ماتریسی سازه‌ها)

در این ویدئو، یک قاب شیبدار با ۷ درجه آزادی به روش تحلیل ماتریسی، تحلیل می شود. این مثال در جلسه ۲۲ به روش توزیع لنگر حل شده بود. با توجه به مورب بودن ستون ها، این مثال از نظر مفهومی جزء کامل ترین مثال هایی است که می توان حل کرد. در این مثال، برای نوشتن ماتریس سختی **kff** و همچنین حل دستگاه معادلات، از نرم افزار **MATLAB** کمک گرفتیم. در انتها، نیروی اعضای سازه نیز به کمک **MATLAB** به دست آمد. در عین حال چون اعضای قاب معمولاً شیبدار نیستند، توجه بیشتر و مطالعه دقیق تر مثال جلسه قبل که یک قاب با تیر و ستون معمول است را به همه دانشجویان عزیز توصیه می کنم.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه ۵۵ (تحلیل ماتریسی سازه‌ها)

در این ویدئو، یک قاب تحت نشست و دوران تکیه گاهی به روش ماتریسی تحلیل شده است. بدین منظور ابتدا بردار بارگذاری ناشی از نشست های تکیه گاهی به دست آمد و در مرحله بعد مجهولات تغییرمکانی و نیروی اعضا محاسبه شد. در نهایت لنگرهای انتهایی اعضا با لنگرهای به دست آمده از روش توزیع لنگر (روش کراس) مقایسه شد. شایان ذکر است که این مساله در جلسه ۲۰ همین مجموعه به روش توزیع لنگر حل شده بود.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه ۵۶ (تحلیل ماتریسی سازه‌ها)

در این ویدئو، چگونگی تحلیل ماتریسی یک سازه تحت تغییر دمای یکنواخت یا غیریکنواخت توضیح داده شده است. از آنجایی که در حل چنین مساله ای فقط تعیین بردار بارگذاری متفاوت است، در ابتدای کلاس، مقادیر نیروهای گیرداری تیر در اثر تغییر دما محاسبه شد. با استفاده از این نیروها، نیروهای گرهی روی قاب یا تیر مشخص می شود و در ادامه مجهولات تغییرمکانی و نیروهای داخلی اعضا محاسبه می شود. در انتهای این

کلاس، همین مساله به روش توزیع لنگر حل شده است. مقایسه فرآیند حل نشان می دهد که حل چه مساله هایی با دست و چه مساله هایی با کامپیوتر آسانتر است.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه ۵۷ (تحلیل ماتریسی سازه‌ها)

در این ویدئو، یک خرپای نامعین تحت اثر تغییر دما و نقص عضو ناشی از خطای مونتاژ به روش تحلیل ماتریسی تحلیل شده است. تفاوت کلیدی این مساله با مسائل مشابه در خرپاها، در تعیین بردار بارگذاری است. برای حل این مثال ابتدا نیروهای گرهی ناشی از افزایش دما و کوتاه بودن عضو محاسبه شد. در ادامه مجهولات تغییرمکانی و نیروهای داخلی اعضا تعیین گردید.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه ۵۸ (تحلیل ماتریسی سازه‌ها)

در این ویدئو، در مورد حل مسائل با مفصل داخلی، تکیه گاه ارتجاعی و فنر داخلی به روش تحلیل ماتریسی توضیح داده شده است. سپس دو مساله با تکیه گاه فنری، شامل فنر محوری و محور دورانی به روش ماتریسی تحلیل شده است.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه ۵۹ (تحلیل ماتریسی سازه‌ها)

در این ویدئو، یک مثال از قاب دارای فنر دورانی، حل شده است. برای این کار چرخش های دو سر فنر پیچشی به صورت مستقل در نظر گرفته شده و ماتریس سختی k_{ff} فنر هم با ماتریس سختی اعضای تیر و ستون سر هم بندی می شود. در نهایت جواب با نتایج روش توزیع لنگر مقایسه شده است. استفاده از فنرهای محوری و چرخشی در مدلسازی غیرخطی سازه ها کاربرد وسیعی دارد. معمولاً رفتار غیرخطی را به صورت متمرکز در فنر در نظر می گیرند و مدل رفتاری کالیبره شده آزمایشگاهی را به این فنرها تخصیص می دهند. در انتهای جلسه، بر مبنای مثال حل شده، در مورد تحلیل غیرخطی قاب های خمشی و نحوه مدل کردن مفصل پلاستیک با فنر پیچشی و چگونگی حل آنها توسط نرم افزار توضیح داده شده است.

تحلیل سازه ها ۲- جلسه ۶۰ (تحلیل ماتریسی سازه‌ها)

این ویدئو آخرین جلسه تحلیل سازه ۲ است و به دلیل طولانی شدن کلاس ها از مبحث تحلیل تقریبی سازه ها صرف نظر نمودیم. در این جلسه ابتدا مفاهیم و روابط کاهش درجات آزادی سازه به روش تراکم استاتیکی ماتریس سختی (static condensation) توضیح داده شده است. سپس برای فهم بهتر موضوع، یک مثال کوچک از این روش حل شده است.