روش اجزا محدود ۱

@Sazavash

مولف :
سیاوش سعیدی

سخن مولف

امیدوارم اینجانب سیاوش سعیدی قدم هرچند کوچکی
در طرز تفکر و نگاه تو به علم عمران و درس بسیارمهم
روش‌های اجزا محدود بردارم.
اگر میخوای پایان‌نامه‌ارشد یا تز دکتری پرباری داشته‌باشی حتما باید نیم نگاهی به اجزا محدود داشته‌باشی و بسیاری از شبیه‌سازی‌ها و صحت‌سنجی‌های علمی و عددی کارتو با نرم‌افزارهای المان‌محدود انجام بدی که‌یکی از مهم‌ترین اونا نرم‌افزار **Abaqus** هست که پایه‌اش همین‌درسه! پس برای داشتن یک دید آنالیزوری قوی و یک‌رساله قوی آماده‌باش چون این‌درس اون‌رو بهت میده و با دقت و گام به گام همراهم باش قول بهت میدم تمام سعیم رو می‌کنم که کاری کنم بهترین ورژن خودت در این درس رو بسازیم!

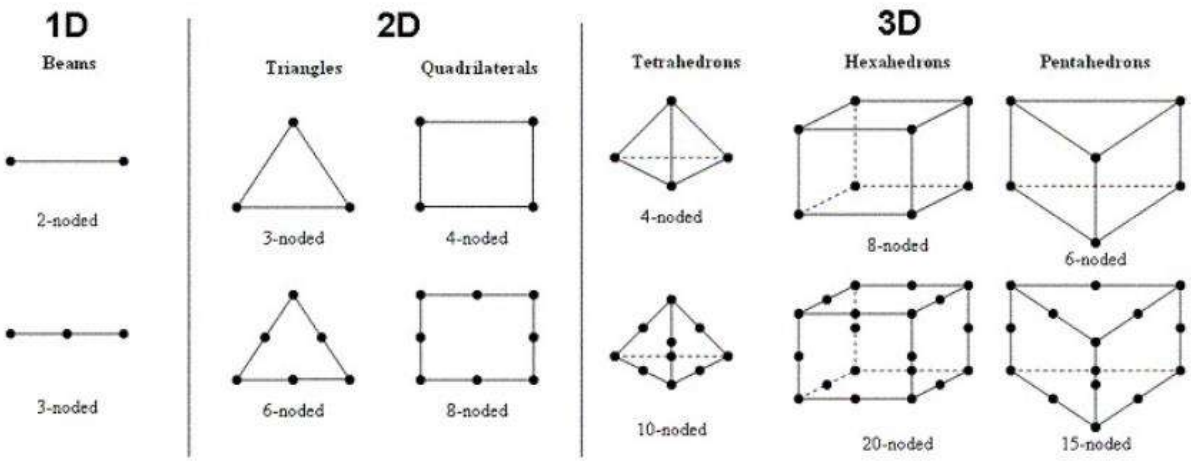
@Sazavash

این جزوه **فقط و فقط** مخصوص
دانشجویان کلاس تهیه شده
لطفا نشر و پخش نکنین
حلال و درست نیست
من راضی نیستم.

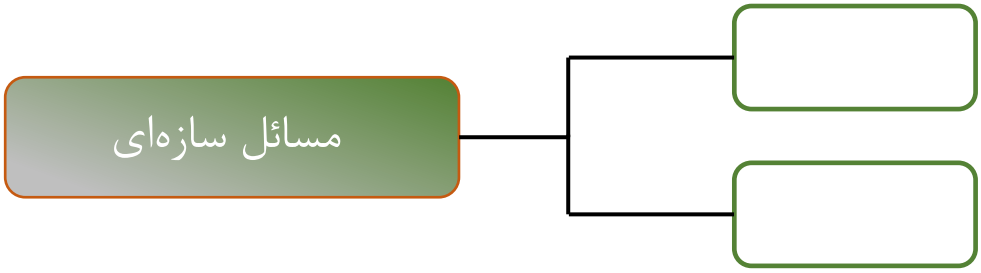
سیاوش سعیدی

۱-مقدمه (چیستی و چرایی موضوع؟!)

تعریف المان: روش اجزای‌محدود شامل مدل‌سازی سازه بااستفاده از عناصر کوچک به‌هم پیوسته است، به‌همین دلیل به‌نام المان محدود نام‌گذاری شده‌است.



تعریف گره‌ها: مجهولات مسائل شامل تغییرمکان‌ها و نیروهای‌گرهی و . . . با استفاده از گره‌ها یا نودها به‌دست می‌آوریم، در ادامه راجعبه تعداد گره‌ها و چگونگی آن‌ها بحث خواهیم‌کرد.



روش نیرو

روش جابجایی

۱-مقدمه (روش سختی و روش نرمی؟!)

روش سختی: درصفحه‌قبل خواندیم که بااستفاده از روش سختی جابجایی‌ها را بدست می‌آوریم و پس از آن با استفاده از مشتق‌گیری میدان جابه‌جایی به کرنش‌ها می‌رسیم، بنابراین میدان کرنش را به‌راحتی بدست می‌آوریم. پس از آن با استفاده از روابط مشخصه به تنش‌ها می‌رسیم.

روش نرمی: در روش نرمی بافرض داشتن تنش‌ها و میدان‌تنش با استفاده از معادلات مشخصه (قانون‌هوک) می‌توانیم به‌میدان کرنش‌ها برسیم و درنهایت با انتگرال‌گیری از کرنش‌ها به‌جابجایی‌ها درراستاهای X و Y و Z برسیم. اما تفاوت مهم این‌روش با روش‌سختی در این است که آیا مثلا u و v بدست‌آمده در معادله ..... صدق می‌کنند؟ برای پاسخ به‌این سوال باید سراغ روابط سازگاری رفت.

۱-مقدمه (روش‌های استخراج معادلات FEM)

باتوجه به توضیحات داده‌شده روش سختی یا همان روش جابجایی برای حل مسائل اجزامحدود و همچنین برای نرم‌افزارهای اجزامحدود روش ساده‌تر با محاسبات کمتری خواهدبود. پس این‌روش یعنی معیار قراردادن جابجایی‌های در اکثر نرم‌افزارهای تجاری متد اصلی است.

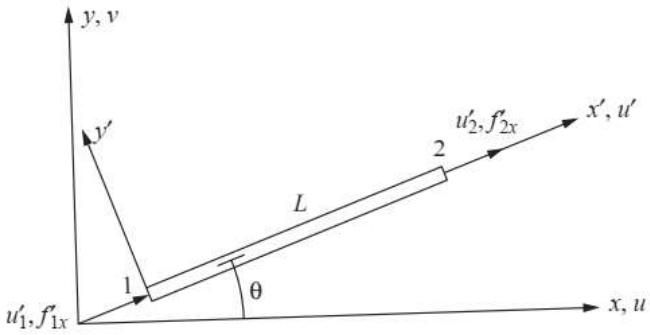
انواع روش‌ها برای استخراج معادلات FEM :

- **Direct Equilibrium** — مستقیما معادلات تعادل بین نیروها و جابجایی‌ها را درنظر می‌گیرد.
- **Variational**
- **Weighted residual**

درخصوص روش‌های فوق می‌توان گفت :

۲-خرپاها (تحلیل المان محدود خرپاهای ۲بعدی)

مهم‌ترین اختلاف بین سازه‌های یک‌بعدی (مانند فنرها و . . .) باخرپاها این‌است کـه اعضـای خرپا جهات مختلفی را دارا می‌باشند، برای توجیه این جهات مختلف، سیستم‌های مختصات محلی و کلی به‌صورت زیر معرفی می‌شوند.



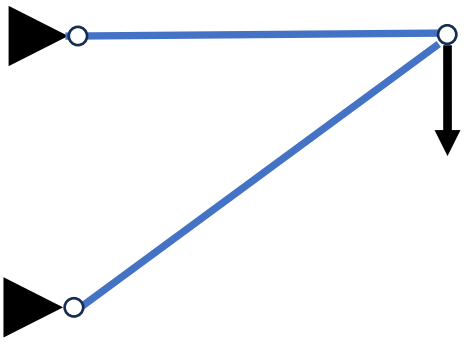
درجایی‌که از علامت "پریم" استفاده‌شـد، بـه‌منظور مشـخص‌کردن ماتریس‌هـای سـختی موضعی . . . . . که نیروهای گرهی موضعی . . . . . را به جابجایی‌های گرهی موضـعی . . . . . مرتبط می‌سازد استفاده شده است.

پس از بدست‌آوردن ماتریس‌های محلی یا موضعی مـا بـه‌دنبال ارتبـاط بـین نیروهـای اصـلی گرهی با جابجایی‌های اصلی گرهی هستیم، که این‌ارتباط منجر به تولید ماتریس سـختی کـل یا . . . . . می‌شود. در ادامه و با حل مثال آموزشی خرپاها متوجه می‌شـویم کـه مـاتریس سختی برای یک المان یا یک میله خرپا برابر است با :

$$[k] = \begin{bmatrix} & \\ & \end{bmatrix}$$

۲-خرپاها (تحلیل المان محدود خرپاهای ۲بعدی)

مثال ۲-۱ (آسان) درخرپای شکل‌زیر جابجایی و تنش اعضا را بدست‌آورید.



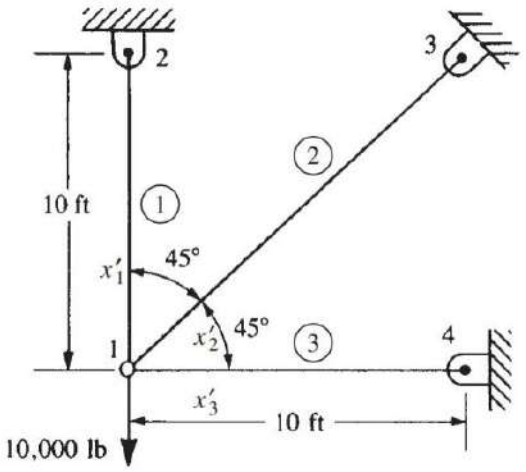
یک درس مهم :

۲-خرپاها (تحلیل المان محدود خرپاهای ۲بعدی)

۲-خرپاها (تحلیل المان محدود خرپاهای ۲بعدی)

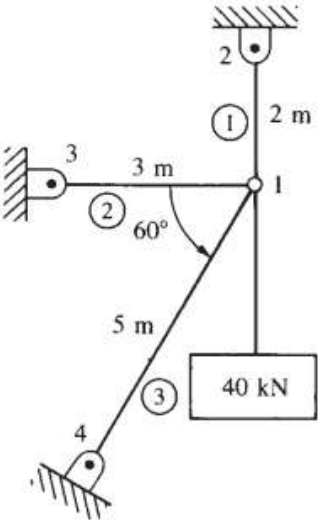
۲-خرپاها (تحلیل المان محدود خرپاهای ۲بعدی)

تمرین ۲-۱ (متوسط): درخرپای شکل‌زیر جابجایی گره ۱ را در راستای x و y بدست‌آورید.



۲-خرپاها (تحلیل المان محدود خرپاهای ۲بعدی)

مثال ۲-۲ (متوسط) درخرپای شکل‌زیر جابجایی افقی و عمودی گره **۱** را بدست‌آورید.



سوال درسوال: تنش در المان‌ها را بدست‌آورید.

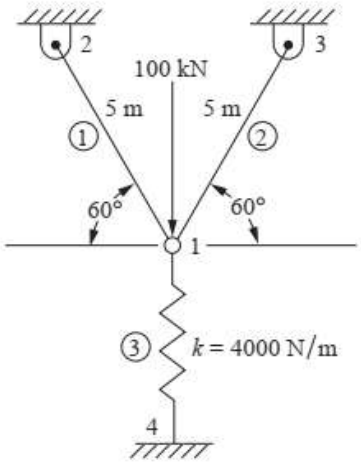
سوال درسوال: اگر المان ۱ حذف شود پاسخ جابجایی عمودی و افقی گـره ۱ چه تغییری می‌کند؟

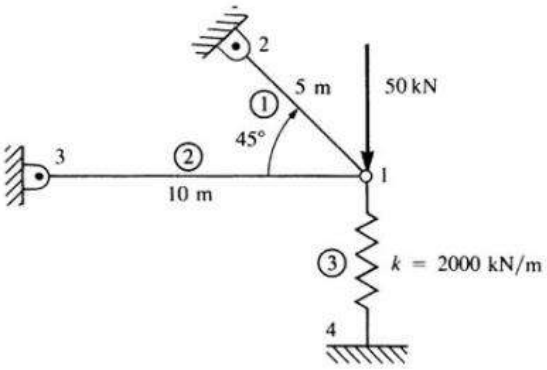
۲-خرپاها (تحلیل المان محدود خرپاهای ۲بعدی)

۲-خرپاها (تحلیل المان محدود خرپاهای ۲بعدی)

۲-خرپاها (تحلیل المان محدود خرپاهای ۲بعدی)

تمرین ۲-۲ (متوسط): درخرپاهی شکل‌زیر جابجایی تمام‌گره‌ها و تنش اعضا را بدست‌آورید.





۲-خرپاها (تحلیل المان محدود خرپاهای ۲بعدی)