این برنامه برای تحلیل خرپای دوبعدی نوشته شده است.

قبل از اجرای برنامه چهار فایل اکسل میسازیم...

برای فایل نخست سه ستون در نظر میگیریم که در ستون اول شماره ی المان ها را به ترتیب از 1 تا m ( شماره ی آخرین المان) قرار میدهیم و در ستون دوم و سوم تعیین میکنیم که هر المان بین کدام گره ها قرار میگیرد.. سپس این فایل اکسل را با نام n&e در مسیر اجرای برنامه ذخیره میکنیم...

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Node j | Node i | شماره ی المان |
|  |  | 1 |
|  |  | 2 |
|  |  | 3 |
|  |  | .  .  . |
|  |  | m |

برای فایل دوم پنج ستون در نظر میگیریم که در ستون اول شماره ی المان ها را به ترتیب از 1 تا m ( شماره ی آخرین المان) قرار میدهیم و در ستون دوم طول هر المان ، در ستون سوم سطح مقطع هر المان ، در ستون چهارم مدول الاستیسیته و در ستون پنجم زاویه ای که هر المان با جهت مثبت محور xها در دستگاه عمومی دارد را قرار میدهیم. سپس این فایل اکسل را با نام truss information در مسیر اجرای برنامه ذخیره میکنیم...

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| زاویه ی هر المان با جهت مثبت محور xها | مدول الاستیسیته | سطح مقطع المان | طول المان | شماره ی المان |
|  |  |  |  | 1 |
|  |  |  |  | 2 |
|  |  |  |  | 3 |
|  |  |  |  | .  .  . |
|  |  |  |  | M |

برای فایل سوم یک ستون در نظر میگیریم و در آن ستون مولفه های نیروی خارجی را برای هر گره قرار میدهیم.این فایل اکسل را با نام forces در مسیر اجرای برنامه ذخیره میکنیم...

|  |
| --- |
| مولفه های نیروی خارجی |
| Fx1 (مولفه ی x نیروی خارجی روی گره ی 1) |
| Fy1(مولفه ی y نیروی خارجی روی گره ی 1) |
| Fx2 (مولفه ی x نیروی خارجی روی گره ی 2) |
| Fy2(مولفه ی y نیروی خارجی روی گره ی 2) |
| .  .  . |
| Fx n (مولفه ی x نیروی خارجی روی گره ی n) |
| Fy n(مولفه ی y نیروی خارجی روی گره ی n) |

* در این ستون، چنانچه مقدار مولفه­ای معلوم بود، آن مقدار را قرار میدهیم و چنانچه مجهول بود (تکیه­گاه­ها)، آن را به صورت Fx n یا Fy n که n شماره ی گره میباشد ، قرار میدهیم...

برای فایل چهارم یک ستون در نظر میگیریم و در آن ستون مولفه های جابه­جایی را برای هر گره قرار میدهیم.این فایل اکسل را با نام displacement در مسیر اجرای برنامه ذخیره میکنیم...

|  |
| --- |
| مولفه های جابه­جایی |
| x1 (مولفه ی x جابه­جایی روی گره ی 1) |
| y1(مولفه ی y جابه­جایی روی گره ی 1) |
| x2 (مولفه ی x جابه­جایی روی گره ی 2) |
| y2(مولفه ی y جابه­جایی روی گره ی 2) |
| .  .  . |
| x n (مولفه ی x جابه­جایی روی گره ی n) |
| y n(مولفه ی y جابه­جایی روی گره ی n) |

* در این ستون چنانچه مقدار مولفه­ای مشخص بود، آن را قرار میدهیم و چنانچه مجهول بود آن را به صورت x n یا y n که n شماره ی گره میباشد ، قرار میدهیم... (لازم به ذکر است که جابه­جایی یا مجهول است یا صفر است...)

ماتریس سختی کل را با نام Kt در نظر میگیریم . مرتبه ی این ماتریس 2n\*2n میباشد که n تعداد گره ها میباشد.

رابطه ای که نیروهای خارجی را به جابه­جایی­ها در دستگاه عمومی مربوط میکند، به شکل مقابل میباشد:

Ft = Kt \* At

در این رابطه Ft ماتریس کلی نیروهای خارجی و At ماتریس جابجایی های کلی میباشند و هر دو دارای مرتبه ی 2n\*1 میباشند... Ktهم ماتریس سختی کلی و دارای مرتبه ی 2n\*2n است. این ماتریس دارای بخش مختلف که هر بخش خود یک ماتریس 2×2 است می­باشد و از روی سختی مربوط به المانها به دست می آید که آن را با Ke نشان میدهیم ... Ke یا ماتریس المانها دارای مرتبه ی 4×4 است و دارای 4 بخش که هر بخش خود یک ماتریس 2×2 میباشد ساخته شده است...

در اینجا نگاهی به نوع حل مساله می­اندازیم....

در واقع هر خرپا دارای تعدادی المان است و هر المان که یک عضو دو نیرویی است دارای دو سر میباشد که به هر یک از این دو سر یک گره میگوییم....پس هر المان بین دو گره قرار دارد ؛ فرض کنیم این دو گره، node i و node j باشند. هر یک از این دو گره دارای دو مولفه­ی نیرو و دو مولفه­ی جابجایی میباشد. بنابراین برای هر المان 4 مولفه ی نیرو و 4 مولفه ی جابجایی وجود دارد که ماتریس سختی برای المانها ( Ke ) ارتباط بین این 4 مولفه ی نیرو و جابجایی رو برقرار میکند...

Fe = Ke \* Ae

در رابطه ی ماتریسی بالا بخش از ماتریس سختی ( که خود یک ماتریس 2×2 میباشد) ارتباط بین مولفه­های نیروی گره i یعنی (یک ماتریس 1×2 ) و مولفه های جابجایی گره i یعنی (یک ماتریس 1×2 ) را برقرار میکند. به همین ترتیب داریم:

: ارتباط بین و را برقرار میکند...

: ارتباط بین و برقرار میکند....

: ارتباط بین و برقرار میکند....

در ماتریس عمومی نیز جملات بالا صدق میکنند) برای مثال: : ارتباط بین و را برقرار میکند(... اما از آنجا که یک گره بین چندین المان قرار میگیرد ، باید تاثیر تمام ها را در نظر بگیریم. رابطه ی نیروها و جابجایی ها در دستگاه عمومی به شکل زیر است:

Ft = Kt \* At

در این جا هم مانند قسمت قبلی هریک از بخشهای ماتریس f توسط بخش های مختلف ماتریس سختی به بخش های ماتریس a مرتبط میشوند.... ( برای مثال: در رابطه ی ماتریسی بالا بخش از ماتریس سختی ( که خود یک ماتریس 2×2 میباشد) ارتباط بین مولفه های نیروی گره 1 یعنی (یک ماتریس 1×2 ) و مولفه های جابجایی گره 1 یعنی (یک ماتریس 1×2 ) را برقرار میکند. )

در ماتریس عمومی حاصل جمع تمام ها در ماتریس المانها میباشد...

خروجی­ها:

Ft: ماتریس نیروهای خارجی (متشکل از مولفه­های مجهول و معلوم)

Unf: بخش مجهول ماتریس نیروهای خارجی

Unknownforces: مقدار به دست آمده برای نیروهای خارجی مجهول

At: ماتریس جابه­جایی برای المان­های مختلف (متشکل از بخش مجهول و معلوم)

A: بخش مجهول ماتریس جابه­جایی

Unknowndisp: پاسخ به دست آمده برای هر مولفه­های مجهول ماتریس جابه­جایی

Strain: کرنش در هر المان

Stress: تنش در هر المان

Internalforces: نیروهای داخلی در هر المان

مثالی که در برنامه حل می­شود برای خرپای زیر است:

