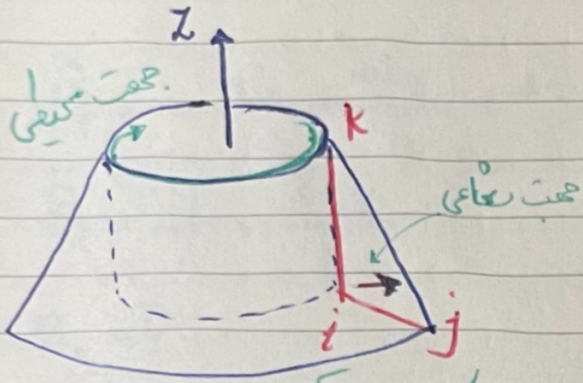


عضل کهم - العان هئ متقان معدور

در این فصل نوع خاصی از العان هئ (2) بنا آله ها متقان

معدور / برری هئ کشیم.



1-9 استفلج مائرس نفی :

در مسائل متقان معدور لرنش هئ عفر را

ایجاد هئ کنند که این لرنش ها خود سبب ایجاد تنش هئ σ_{θ} و σ_z و $\tau_{\theta z}$ هئ

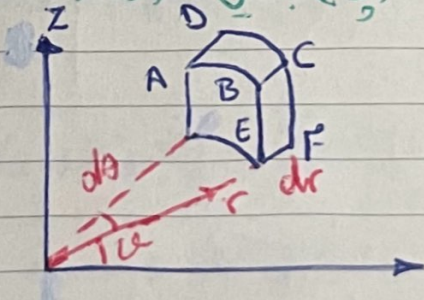
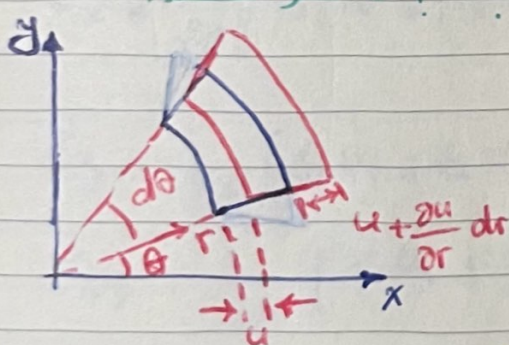
که در آن θ و z به ترتیب نشان دهند راسته شعاعی - ممیزی هئ هئ

به دلیل تقارن حول محور z هئ مستقی هئ نسبت به θ از این هئ روید (یعنی

هئ مستقی هئ نسبت به θ صفر هئ) و مؤلفه جایی σ_r (مماس بر راسته θ

است) لرنش هئک برری σ_r و σ_z و تنش هئک برری $\tau_{\theta z}$ و $\tau_{z\theta}$ هئ

صفر هئند. (چون) به دلیل تقارن حول محور z هئ مستقی هئ نسبت به θ صفر هئند.



مطلوبه آله آله حلقه آله متقان معدور نشان هئ دهد

مبداً نشان است که جایی هئ العان ABCD را در هئفل از سطح مقطع

تحقق استوانه در نظر بگیریم.

u = جابه جایی در راسته شعاعی و v = جابه جایی در راسته ممیزی هئ هئند

گرنش عمود در راستای شعاعی برابر است با $\epsilon_r = \frac{\partial u}{\partial r}$

در حالت کلی گرنش در راستای شعاعی به جای شعاعی ۲ و جای شعاعی ۱
 صفتی دارد. با این حال برای جای شعاعی متقارن محوری شعاعی ۲ برابر صفر است.
 بنابراین گرنش شعاعی فقط تحلیل جای شعاعی ایجاد می شود. اگر طول جدید مکان
 $\overline{AB}$ ۱، $(r, u) d\theta$ در نظر بگیریم. گرنش شعاعی عبارت است از:

$$\epsilon_\theta = \frac{(r+u)d\theta - r d\theta}{r d\theta} \rightarrow \epsilon_\theta = \frac{u}{r}$$

همچنین گرنش محور طولی عبارت است از

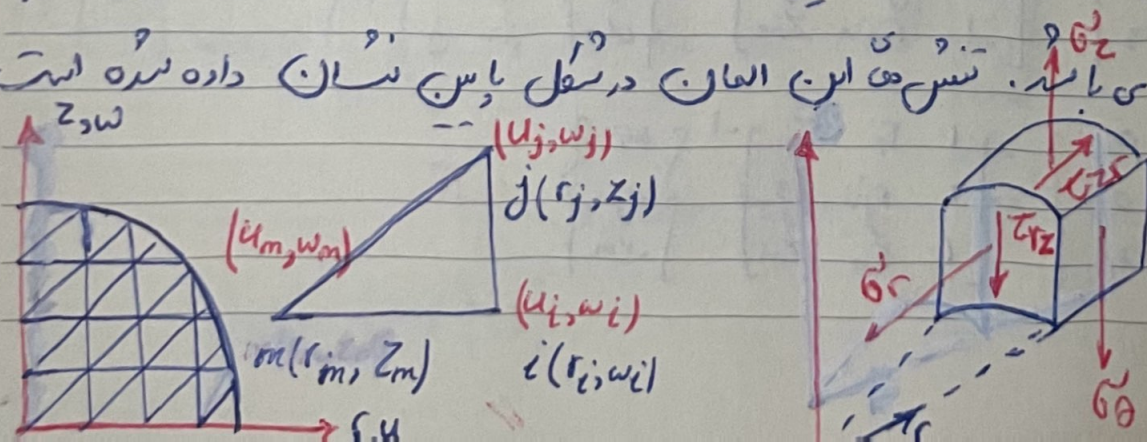
$$\gamma_{rz} = \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial r}$$

رابطه تنش - گرنش هم فرموده صورت زیر است:

$$\begin{Bmatrix} \epsilon_r \\ \epsilon_z \\ \epsilon_\theta \\ \gamma_{rz} \end{Bmatrix} = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \begin{bmatrix} 1-\nu & \nu & \nu & 0 \\ \nu & 1-\nu & \nu & 0 \\ \nu & \nu & 1-\nu & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1-2\nu}{2} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \epsilon_r \\ \epsilon_z \\ \epsilon_\theta \\ \gamma_{rz} \end{Bmatrix}$$

۶-۱-۱- شکل ابتدای نوع المان

یک جابجاء متقارن محوری و همچنین یک المان متداول در شکل
 نشان داده شده است. این المان دارای سه گره و سه گره دارای ۲ درجه
 آزادی می باشد. تنش ها این المان در شکل با این نشان داده شده است.



۳-۲-۱۰ انتفا تابع های جانبی

تابع های جانبی همان به صورت زیر هستند.

$$\begin{cases} u(r, z) = a_1 + a_2 r + a_3 z \\ w(r, z) = a_4 + a_5 r + a_6 z \end{cases}$$

همان طور که دیده می شود شکل تابع های جانبی خطی و مشابه با تابع های جانبی است که بر روی همان خطی کرنس ثابت در نظر گرفته بودیم

جانبی لری عبارتند از

$$\{d\} = \begin{Bmatrix} \{d_i\} \\ \{d_j\} \\ \{d_m\} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} u_i \\ w_i \\ z_i \\ w_j \\ u_m \\ w_m \end{Bmatrix}$$

ماتریس تابع های جانبی را به شکل ماتریس به صورت زیر می توان نوشت :

$$\{d\} = \begin{Bmatrix} u \\ w \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} a_1 + a_2 r + a_3 z \\ a_4 + a_5 r + a_6 z \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & r & z & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & r & z \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \end{Bmatrix} \quad (III)$$

با جایگزینی کردن مختصات نقاط لری در معادلات بالا خوا داشتیم

$$\begin{Bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & r_i & z_i \\ 1 & r_j & z_j \\ 1 & r_m & z_m \end{bmatrix}^{-1} \begin{Bmatrix} u_i \\ u_j \\ u_m \end{Bmatrix} \quad (IV)$$

$$\begin{Bmatrix} a_4 \\ a_5 \\ a_6 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & r_i & z_i \\ 1 & r_j & z_j \\ 1 & r_m & z_m \end{bmatrix}^{-1} \begin{Bmatrix} w_i \\ w_j \\ w_m \end{Bmatrix} \quad IV$$

با این عملیات داریم که می‌توانیم خواص داشته باشیم:

که داریم:

$$\begin{Bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{Bmatrix} = \frac{1}{2A} \begin{bmatrix} \alpha_i & \alpha_j & \alpha_m \\ \beta_i & \beta_j & \beta_m \\ \gamma_i & \gamma_j & \gamma_m \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_i \\ u_j \\ u_m \end{Bmatrix} \quad (V)$$

$$\alpha_i = r_j Z_m - Z_j r_m$$

$$\begin{Bmatrix} a_4 \\ a_5 \\ a_6 \end{Bmatrix} = \frac{1}{2A} \begin{bmatrix} \alpha_i & \alpha_j & \alpha_m \\ \beta_i & \beta_j & \beta_m \\ \gamma_i & \gamma_j & \gamma_m \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} w_i \\ w_j \\ w_m \end{Bmatrix} \quad (VI)$$

$$\alpha_j = r_m Z_i - Z_m r_i$$

$$\alpha_m = r_i Z_j - Z_i r_j$$

و همچنین:

$$\beta_i = Z_i - Z_m \quad \gamma_i = r_m - r_j$$

$$\beta_j = Z_m - Z_i \quad \gamma_j = r_i - r_m$$

$$\beta_m = Z_i - Z_j \quad \gamma_m = r_j - r_i$$

تابع‌های شکل را می‌توانیم به شکل زیر بنویسیم:

بودیم، در نظر می‌گیریم:

$$N_i = \frac{1}{2A} (\alpha_i + \beta_i r + \gamma_i z)$$

$$N_j = \frac{1}{2A} (\alpha_j + \beta_j r + \gamma_j z)$$

$$N_m = \frac{1}{2A} (\alpha_m + \beta_m r + \gamma_m z)$$

جایگذاری کردن معادله (III) و (IV) و همچنین تابع‌های شکل در معادله II

ما تابع‌های جابجایی کلی را می‌دهد:

$$\begin{Bmatrix} \psi \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} u(r, z) \\ w(r, z) \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} N_i & 0 & N_j & 0 & N_m & 0 \\ 0 & N_i & 0 & N_j & 0 & N_m \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_i \\ w_i \\ u_j \\ w_j \\ u_m \\ w_m \end{Bmatrix}$$

یا به شکل خلاصه‌تر:

$$\{\psi\} = [N] \{d\}$$

۹۰۱
۶۰۱
۶- آسوم تغییر روابط کرنس - جایی در تنفس - کرنس

جایگزینی کردن در معادله $W = a_4 + a_5 r + a_6 z$, $u = a_1 + a_2 r + a_3 z$

در معادله ها کرنس نتیجه می دهد :

$$\{\varepsilon\} = \begin{Bmatrix} a_2 \\ a_6 \\ a_1/r + a_2 + \frac{a_3 z}{r} \\ a_3 + a_5 \end{Bmatrix}$$

۹۰۱
۶۰۱
با باز نویسی معادله بالا به شکل کرنس ها به صورت ماتریس ستونی با نتیجه می دهد

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_r \\ \varepsilon_z \\ \varepsilon_\theta \\ \varepsilon_{rz} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1/r & 1 & z/r & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \end{Bmatrix}$$

جایگزینی کوخ معادله های I و II در معادله بالا و ساده سازی نتیجه می دهد :

$$\{\varepsilon\} = \frac{1}{2A} \begin{bmatrix} \beta_i & 0 & \beta_j & 0 \\ 0 & \delta_i & 0 & \delta_j \\ \alpha_i/r + \beta_i + \frac{\delta_i z}{r} & 0 & \alpha_j/r + \beta_j + \frac{\delta_j z}{r} & 0 \\ \delta_i & \beta_i & \delta_j & \beta_j \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \beta_m & 0 \\ 0 & \delta_m \\ \frac{\alpha_m}{r} + \beta_m + \frac{\delta_m z}{r} & 0 \\ \delta_m & \beta_m \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_i \\ w_i \\ u_j \\ w_j \\ u_m \\ w_m \end{Bmatrix}$$

ساده ساز معادله بالا به شکل زیر خواهد بود :

$$\{\varepsilon\} = \begin{bmatrix} [\beta_i] & [\beta_j] & [\beta_m] \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_i \\ w_i \\ u_j \\ w_j \\ u_m \\ w_m \end{Bmatrix}$$

کودران زیر ساندس هی $[Bi]$ عبارتند از :

$$[B_i] = \frac{1}{2A} \begin{bmatrix} \beta_i & 0 & \delta_i \\ 0 & \frac{d_i}{r} + \beta_j + \frac{\delta_j}{r} & 0 \\ \delta_j & 0 & \beta_i \end{bmatrix}$$

ماتیس [B] را ماتیس کلاسیک می‌نامند.

تعمیم دایم با استفاده از ماتریس [3] تابعی از مختصات z و t است. بنابراین در حالت کلی کرنش ϵ_0 ثابت نیست.

نفس تو بگو ای پسر زنده دادم می شود :

$$\{c\} = [D][B]\{a\}$$

گفته که آن ماتریس [۵] در سمت راست معادله (I) داده شده است.

سم کا حجامہ : استخراج مائیں سفی و عمارت العال

ماترس سفی توفیق الطول زیر زادہ می سود

$$[K] = \iiint_V [B]^T [D] [B] dV$$

ماہِ صائِنِ مغلرہ :

$$[K] = 2\pi \int \int [B]^T [D] [B] r \, dr \, dz$$

ماتریس $[B]$ تابعی از x, y است. بنابراین می‌توان آن را $[K]$ تابعی از x, y نوشت.

$\Gamma_{\text{ul}}(z, r; j)$

مقدار $[K]$ ای توان به یکی از سه روش زیر به دست آید:

(الف) استلال نیروی عددی

(ب) جهش صریح و استلال نیروی جمله به جمله

(پ) ارزیابی $[B]$ در نقطه مرکزی $(\bar{x}, \bar{z})$ که همان:

$$\bar{x} = \frac{x_i + x_j + x_m}{3}$$

$$\bar{z} = \frac{z_i + z_j + z_m}{3}$$

و بدین وسیله ماتریس $[B] = [B(\bar{x}, \bar{z})]$ تعریف می شود. بنابراین به عنوان

بدخمین اولیه ماتریس معکوس عبارت است از:

$$[K] = 2\pi \bar{x} A [B]^T [D] [B]$$

چنانچه از این محاسبات و با توجه به تغییرات استفاده شود

روش (پ) نتایج قابل قبولی را می دهد.

(الف) نیروها جسمی گسترده

در این نوع اعلان ها می توان نیروها جسمی را توسط رابطه زیر به دست آورد.

$$\{F_d\} = 2\pi \int_A [N]^T \begin{Bmatrix} R_b \\ R_z \end{Bmatrix} r dr dz$$

که در آن $R_b = \frac{1}{2} \rho r^2$ برای قطعه ای که با سرعت دورانی ω حول محور z

می چرخد و حقایق آن ρ است r نیز فاصله نقطه شعاعی است.

همچنین z فاصله نیروی جسمی در واحد حجم است معمولاً دلیل آن حضور

نیروی گرانش است.

با در نظر گرفتن نیروهای حجمی در گره داریم:

$$\{F_b\} = 2\pi \int_A [N_i]^T \begin{Bmatrix} R_b \\ R_z \end{Bmatrix} r dr dz$$

که در آن $[N_i]^T = \begin{bmatrix} N_i & 0 \\ 0 & N_i \end{bmatrix}$

غیر عبارت تمام استخوان‌های سیم‌کشی را با یک سیم‌کشی دهانه:

$$\{F_b\} = \frac{2\pi}{3} \begin{Bmatrix} \bar{R}_b \\ \bar{z}_b \end{Bmatrix} \bar{A}_r$$

که در این عبارت مبداء مختصات نقطه مرکزی استوانه در نظر گرفته شده است. همچنین R_b نیروی حجمی بر واحد حجم در راستای شعاعی است که در مرکز استوانه ارزیابی می‌شود. نیروهای حجمی در گره‌های m با نیروی حجمی در گره n برابر هستند. بنابراین برای بدیهه‌ای داریم:

$$\{F_b\} = \frac{2\pi \bar{A}}{3} \begin{Bmatrix} \bar{R}_b \\ \bar{z}_b \\ \bar{R}_b \\ \bar{z}_b \\ \bar{R}_b \\ \bar{z}_b \end{Bmatrix}$$

که در آن $\bar{R}_b = \frac{1}{2} \rho \bar{r}^2$

ب) نیروهای سطحی: نیروهای سطحی می‌توان از طریق روابط زیر به دست

آمد

$$\{F_s\} = \int_S [N_s]^T \{T\} ds$$

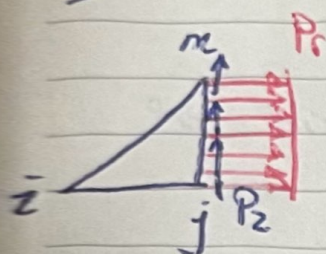
که در آن $[N_s]$ می‌باشد مانند

تابع سطحی که در روی سطح ارزیابی می‌شود است

برای مشغولیت‌های P_r و عددی P_z داریم:

$$\{P_s\} = \int_S [N_s]^T \begin{Bmatrix} P_r \\ P_z \end{Bmatrix} ds$$

به عنوان مثال برای عمودی m در ابعاد نشان داده شده زیر:



با هم می‌توانیم P_r و P_z را اعمال کنیم

همان طور که در شکل مشخص است در سطح m

داریم $r = z$ حال می‌توانیم معادله بالا را برای هر یک از نودها به صورت

معمولاً استفاده کنیم

به عنوان نمونه برای نود j داریم: $N_j = \frac{1}{2A}(\alpha_j z + \beta_j r + \gamma_j z)$

عبارت $N_j = \frac{1}{2A}(\alpha_j z + \beta_j r + \gamma_j z)$ می‌باشد

$$\{P_{s_i}\} = \int_{z_j}^{z_m} \frac{1}{2A} \begin{bmatrix} \alpha_j z + \beta_j r + \gamma_j z & 0 \\ 0 & \alpha_j z + \beta_j r + \gamma_j z \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} P_r \\ P_z \end{Bmatrix} 2\pi r dz$$

که در این استرال در $r = z$

استرال برای معادله بالا همراه با تکرار این خواص برای P_{s_i} و P_{s_m} نیز می‌توانیم

در نودهای مختلف m را می‌دهد:

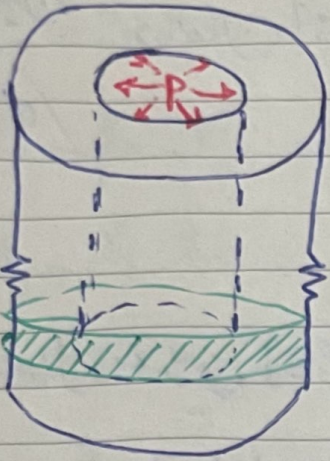
$$\{P_s\} = \frac{2\pi r_j (z_m - z_i)}{2} \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ P_r \\ P_z \\ P_r \\ P_z \end{Bmatrix}$$

چون برای نود j هیچ نیروی

وارد نمی‌شود، پس مقدار اول صفر

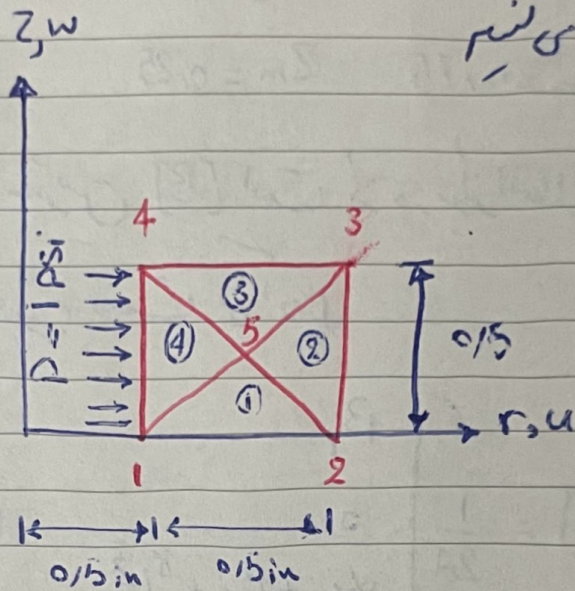
می‌شود.

مثال: برای تحلیل استوانه دیواره ضخیم ملد لرعت فشار درونی $P=1 \text{ psi}$ گرفته است. جام های و تنش معار به دست آورید.



پس: تحت استوانه را به معیار ای می

تقسیم می کنیم



لکه به ذرات است که به دلیل تقارن

برای افعی از استوانه معافاندر

مقتار کل استوانه است

از آنجا که داریم مسئله را به صورت حل دستی حل می کنیم از روشی درست

برای سادگی استفاده کرده ایم اگر چه طبیعتاً روش حل برای تحلیل با المانهای

هم به همین صورت است.

معادله ماتریسی کلی حالت

عبارة است از:

$$\begin{Bmatrix} F_{1r} \\ F_{1z} \\ F_{2r} \\ F_{2z} \\ F_{3r} \\ F_{3z} \\ F_{4r} \\ F_{4z} \\ F_{5r} \\ F_{5z} \end{Bmatrix} = [K] \begin{Bmatrix} u_1 \\ w_1 \\ u_2 \\ w_2 \\ u_3 \\ w_3 \\ u_4 \\ w_4 \\ u_5 \\ w_5 \end{Bmatrix}$$

ماتریس K از این شیوه مشتق می‌شود: $K = \int_V B^T D B dV$

$$[K] = 2\pi r A [\bar{B}]^T [D] [\bar{B}]$$

$$r_i = 0.5$$

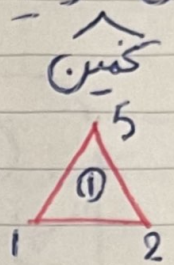
$$Z_i = 0$$

$$r_j = 1$$

$$Z_j = 0$$

$$r_m = 0.75$$

$$Z_m = 0.25$$



حال ماتریس $[\bar{B}]$ که همای $[B]$ است از درون‌المان در

$Z = \bar{Z}$ و $r = \bar{r}$ ارزیابی شده است را به دست می‌آوریم

$$[\bar{B}] = \frac{1}{2A} \begin{bmatrix} \beta_i & 0 & \beta_j & 0 \\ 0 & \delta_i & 0 & \delta_j \\ \alpha_i + \beta_i \frac{r}{r} + \frac{\delta_i \bar{Z}}{r} & 0 & \alpha_j + \beta_j \frac{r}{r} + \frac{\delta_j \bar{Z}}{r} & 0 \\ \delta_i & \beta_i & \delta_j & \beta_j \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \beta_m & 0 \\ 0 & \delta_m \\ \alpha_m + \beta_m \frac{r}{r} + \frac{\delta_m \bar{Z}}{r} & 0 \\ \delta_m & \beta_m \end{bmatrix}$$

از درون $\alpha_i = \delta_j Z_m - Z_j r_m$ محاسبه می‌داریم

$$\alpha_i = (1)(0.25) - (0)(0.75) = 0.25 \text{ in}^2$$

$$\alpha_j = r_m Z_i - Z_m r_i = (0.75)(0) - (0.25)(0.5) = -0.125 \text{ in}^2$$

$$\alpha_m = r_i Z_j - Z_i r_j = (0.5)(0) - (0)(1) = 0 \text{ in}^2$$

$$\bar{z} = \frac{z_1 + z_2 + z_3}{3}$$

$$\bar{r} = \frac{r_1 + r_2 + r_3}{3}$$

$$\beta_i = z_j - z_m = -0.25 \text{ in}$$

$$\beta_j = z_m - z_i = 0.25 \text{ in}$$

$$\beta_m = z_i - z_j = 0 \text{ in}$$

$$\delta_i = \delta_m - r_j = -0.25 \text{ in}$$

$$\bar{r} = 0.15 + \frac{1}{2}(0.15) = 0.175 \text{ in}$$

$$\delta_j = \delta_j - r_m = -0.25 \text{ in}$$

$$\bar{z} = \frac{1}{3}(0.25) = 0.0833 \text{ in}$$

$$\delta_m = \delta_j - r_i = 0.15 \text{ in}$$

$$A = \frac{1}{2}(0.15)(0.25) = 0.01875 \text{ in}^2$$

جایگزینی عبارت $\bar{r}$ بالا در ماتریس $[B]$ نتیجه می‌دهد:

$$[B] = \frac{1}{\text{in}} \begin{bmatrix} -0.25 & 0 & 0.25 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -0.25 & 0 & -0.25 & 0 & 0.15 \\ 0.125 & 0.0556 & 0 & 0.0556 & 0 & 0.10556 \\ -0.25 & -0.25 & -0.25 & 0.25 & 0.15 & 0 \end{bmatrix} \quad (II)$$

این $[D]$ معکوس $[D]$ در علامه (I) در عین 1-9 دارد که

$$[D] = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \begin{bmatrix} 1-\nu & \nu & \nu & 0 \\ \nu & 1-\nu & \nu & 0 \\ \nu & \nu & 1-\nu & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1-2\nu}{2} \end{bmatrix}$$

جایگزینی کردن $\nu = 0.3$ و $E = 30 \times 10^6 \text{ psi}$ خواص داست:

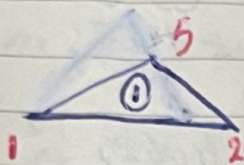
$$[D] = 57.7 \times 10^6 \begin{bmatrix} 0.7 & 0.3 & 0.3 & 0 \\ 0.3 & 0.7 & 0.3 & 0 \\ 0.3 & 0.3 & 0.7 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.2 \end{bmatrix} \text{ psi}$$

با جابجایی کردن $[B]$ و $[D]$ در معادله $[K] = 2\pi \bar{A}[B]^T [D][B]$

به صورت زیر به دست می آید:

$$[K^{(1)}] = 10^6 \begin{bmatrix} 54,46 & 29,45 & -31,63 & 2,26 & -29,37 & -31,71 \\ & 61,17 & -11,33 & 33,98 & -31,72 & -95,15 \\ & & 72,59 & -38,52 & -20,31 & 49,84 \\ & & & 61,17 & 22,66 & -95,15 \\ & & & & 56,72 & 9,06 \\ & & & & & 190,31 \end{bmatrix}$$

مستقیم



که در آن شماره های بالای ستون ها نشان دهنده ی درجه های آزادی در

ماتریس سختی العال ① است. به شیوه ای مشابه می توان $[K^{(2)}]$ ، $[K^{(3)}]$

$[K^{(4)}]$ را به دست آورد. سپس بنابر آوردن ماتریس سختی عملی به ماتریس کلی

نتیجه می رسد:

$$[K] = 10^6 \begin{bmatrix} 95,99 & 51,33 & -31,63 & 2,26 & 0 & 0 & 20,39 \\ 51,35 & 108,74 & -11,33 & 33,98 & 0 & 0 & 0,75 \\ -31,63 & -11,33 & 158,34 & -84,59 & 52,52 & 12,84 & 0 \\ 2,26 & 33,98 & -84,59 & 135,94 & -12,84 & -41,54 & 0 \\ 0 & 0 & 52,52 & -12,84 & 158,33 & 84,59 & -31,63 \\ 0 & 0 & 12,84 & -41,54 & 84,59 & 135,94 & -2,26 \\ 20,39 & 0,75 & 0 & 0 & -31,63 & -2,26 & 95,99 \\ -0,75 & -26,43 & 0 & 0 & 11,33 & 33,98 & -51,35 \\ -95,82 & -67,96 & -139,2 & 67,98 & -139,22 & -67,98 & -95,82 \\ -52,86 & -11,63 & 83,07 & -128,4 & -83,07 & -128,4 & 52,86 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} -0,75 & -95,82 & -52,86 \\ -26,43 & -67,96 & -116,3 \\ 0 & -139,2 & 83,07 \\ 0 & 67,98 & -128,4 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 11,33 & -139,2 & -83,07 \\ 33,98 & -67,98 & -128,4 \\ -51,35 & -95,82 & 52,86 \\ 108,74 & 67,96 & -116,3 \\ 67,96 & 498,99 & 0 \end{bmatrix}$$

66
in

$$\{P_j\} = \frac{2\pi r_j (Z_m - Z_j)}{2} \begin{Bmatrix} 0 \\ P_r \\ P_2 \\ P_r \\ P_2 \end{Bmatrix}$$

نیروی ها (ترکیب اعمال شده عبارتند از :

$$\Rightarrow \{F_{1r}\} = \frac{2\pi r_1 (Z_4 - Z_5)}{2} P_r$$

$$\{F_{1r}\} = \frac{2\pi (0.5)(0.5)}{2} (1) = 0.785 \quad lb$$

$$F_{4r} = 0.785 \quad lb$$

به همین ترتیب داریم :

سایر نیروها (ترکیب فرقی هستند با هم با برتری $[k]$ و معادله زیر جایابی می شود)
جایابی معمول را بدست آورد :

$$u_1 = 0.0322 \times 10^{-6} \text{ in}$$

$$w_1 = 0.00115 \times 10^{-6} \text{ in}$$

$$u_2 = 0.0219 \times 10^{-6} \text{ in}$$

$$w_2 = 0.00206 \times 10^{-6} \text{ in}$$

$$u_3 = 0.0219 \times 10^{-6} \text{ in}$$

$$w_3 = -0.00206 \times 10^{-6} \text{ in}$$

$$u_4 = 0.0322 \times 10^{-6} \text{ in}$$

$$w_4 = -0.00115 \times 10^{-6} \text{ in}$$

$$u_5 = 0.0244 \times 10^{-6} \text{ in}$$

$$w_5 = 0$$