الأكاديمية العربية الدولية
Arab International Academy

اسم المحاضرة : التحليل الإنشائي المتقدم

اسم المحاضر م. راما زهره

الأكاديمية العربية الدولية – منصة أعد

مخطط المادة العلمية

أولاً- مقدمة عن التحليل الإنشائي.

ثانياً-مراحل بناء الإنشاءات.

ثالثاً- خطوات التحليل الإنشائي .

رابعاً- الطرق المستخدمة في التحليل الإنشائي.

خامساً- التعريف عن طريقة مصفوفة الصلابة.

سادساً- التعريف عن درجات الحرية ودرجة تقرير العنصر الإنشائي.

سابعاً- التحليل الإنشائي للجائز بإستخدام مصفوفة الصلابة.

مقدمة عن التحليل الإنشائي

يقصد بكلمة الإنشاءات كل مادة صلبة (غير سائلة ولا غازية) تتعرض لمؤثرات خارجية أو داخلية أو الاثنين معاً من شأنها أن تولد قوى داخلية ، ومع ذلك فإن المعنى المألوف للفظ الإنشاءات هو ما تم إنشائه لتحمل قوى معينة سواء في البر أو البحر أو الجو كالمباني بأنواعها المختلفة و الخزانات و الآلات و السفن و الغواصات وأبراج الكهرباء و الطاقة.

يتكون الإنشاء من مجموعة من العناصر الإنشائية المتصلة مع بعضها البعض ، و يستخدم لتحمل الحمولات بأشكالها المختلفة ، تعد الأبنية ، الجسور ،الأبراج ، الخزانات، و السدود أمثلة مباشرة على الإنشاءات المدنية .

مراحل بناء الإنشاءات

تتطلب عملية بناء هذه الإنشاءات أربع مراحل :

1- التخطيط .

2- التحليل الإنشائي.

3- التصميم .

4 – التنفيذ .

مراحل بناء الإنشاءات

مرحلة التخطيط :

تتطلب عملية بناء إنشاء ما مخصص ليقدم وظيفة محددة ، اهتمام كبير من ناحية اختيار شكل الإنشاء بحيث يكون امناً واقتصاديًا .

تعد هذه المرحلة من أهم و أصعب مرحلة في الهندسة الإنشائية .تتطلب عادة دراسات مستقلة متعددة لحلول مختلفة قبل أن يتم الحكم على أنسب الحلول الإنشائية .

مراحل بناء الإنشاءات

مرحلة التحليل الإنشائي :

تعد مرحلة التحليل الإنشائي جزءاً أساسياً من تصميم الهياكل الإنشائية ، حيث يساعد المهندسين على فهم سلوك و سلامة الهيكل تحت مختلف الظروف. يتضمن استخدام الأساليب الرياضية و الحسابية لتحديد القوى و الضغوط المؤثرة على الهيكل ، و التحقق مما إذا كان التصميم يفي بالمعايير المطلوبة للسلامة والأداء . والتأكد من أن الهيكل قوي بما يكفي لتحمل الأحمال المتوقعة ، وأنه اقتصادي و فعال في البناء . وهذا يساعد على منع الأعطال و ضمان طول عمر الهيكل و سلامته ، وحماية المستخدمين و البيئة المحيطة.

مراحل بناء الإنشاءات

مرحلة التصميم :

بعد تحليل الإنشاء و إيجاد القوى الداخلية و الانتقالات يتم حساب أبعاد العناصر بحيث تحقق المعايير المقاومة ، الاستقرار الموضعي و الكلي ، و تحقيق السهوم (الانتقالات) حسب اشتراطات كودات التصميم و المواصفات. بعد ذلك يتم تصميم الوصلات بين العناصر من حيث المقاومة و الأبعاد وترسم المخططات التنفيذية .

مرحلة التنفيذ :

تتطلب هذه المرحلة الأخيرة ترتيب المكونات المختلفة للإنشاء و تنظيم الفعاليات التي تمكن من التنفيذ الفعلي و بهذا الخصوص يجب مراقبة مراحل التنفيذ كافة للتأكد من أن عملية التنفيذ تتوافق مع المخططات التنفيذية .

خطوات التحليل الإنشائي

تحديد المشكلة : تحديد أهداف و معوقات التحليل.

تحديد الأحمال: تحديد أنواع و حجم الأحمال التي سيتعرض لها المنشأ.

تحديد طريقة التحليل المناسبة : اختيار طريقة التحليل المناسبة بناءً على نوع الهيكل و الأحمال التي سيواجهها .

التحقق من النتائج : التأكد من أن نتائج التحليل ضمن الحدود المقبولة و متوافقة مع تعريف المشكلة .

تعديل التصميم : إذا لزم الأمر ، قم بتعديل الهيكل لتلبية أهداف و قيود التحليل.

الطرق المستخدمة في التحليل الإنشائي

1- التحليل الإنشائي بطريقة القوة : وهو الطريقة الأكثر شيوعاً في التحليل الإنشائي ، حيث يتم تحليل الهيكل بناءً على توازن القوى و العزوم .

2- التحليل الإنشائي بالعناصر المنفصلة : و هو طريقة تحليل تعتمد على تقسيم الهيكل إلى عناصر منفصلة تتفاعل مع بعضها البعض.

3- التحليل الإنشائي بالتجريب : و هو طريقة تحليل تعتمد على إجراء اختبارات على الهيكل الفعلي لتحديد سلوكه وقدرته على تحمل الأحمال.

4- التحليل الإنشائي بالعناصر المحددة : و هو طريقة تحليل تعتمد على تقسيم الهيكل إلى عناصر صغيرة و تطبيق القوانين الفيزيائية على كل عنصر وهي الطريقة المستخدمة حالياً في برامج التحليل الهندسي .

MATRIX STIFFNESS METHOD
طريقة مصفوفة الصلابة

التحليل الإنشائي بإستخدام مصفوفة الصلابة

تعد طريقة مصفوفة الصلابة المستخدمة في التحليل الإنشائي حالة خاصة مشتقة من الطريقة العامة FINITE ELEMENT METHOD

من العناصر الإنشائية التي نستطيع دراستها بطريقة مصفوفة الصلابة :

1- الجوائز .

2- الإطارات.

3-الجوائز الشبكية.

MATRIX STIFFNES METHOD
طريقة مصفوفة الصلابة

العلاقة الأساسية في هذه الطريقة :

$$F/Q=K.D$$

F: Force

K: Stiffness factor

D: Displacement

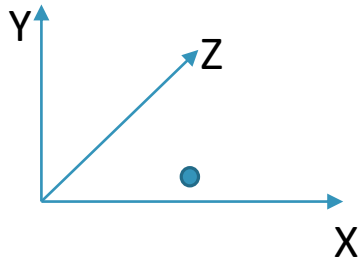
يوجد تناسب طردي ما بين القوة المؤثرة على العنصر و مقدار الإزاحة الحاصل له.

يوجد علاقة عكسية بين مقدار الإزاحة و معامل الصلابة للعنصر بحيث كلما زادت صلابة العنصر كان مقدار الإزاحة المعرض له العنصر أقل

DEGREE OF FREEDOM
درجات الحرية

هي عدد الإزاحات و الدورانات المسموحة لكل نقطة.

مثلاً لدي نقطة في الفراغ ما هو عدد الإزاحات المسموحة لهذه النقطة و ماهوعدد الدورانات المسموحة لهذه النقطة ؟



تتحرك النقطة حول كل من المحاور الثلاث وكذلك لدينا ثلاث دورانات للنقطة حول المحاور.

إذاً للنقطة 6 درجات من الحرية 3 درجات حرية للحركة

و 3 درجات حرية للدوران

DEGREE OF FREEDOM
درجات الحرية

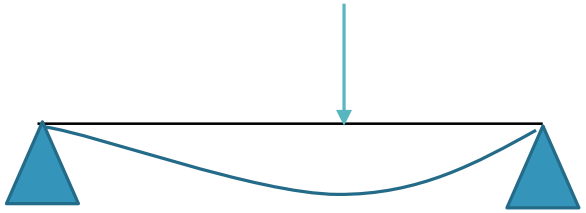
كل نقطة في الجائز مسموح لها بالإنتقال الشاقولي وذلك نتيجة للأحمال الشاقولية المؤثرة .

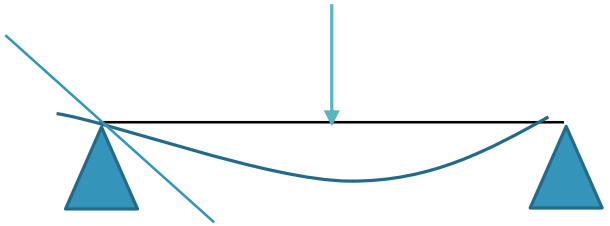
مما يؤدي إلى حدوث دوران نتيجة الإزاحة الرأسية الحاصلة .

بالتالي يوجد لكل نقطة في الجائز درجتين من الحرية

1- الإزاحة الرأسية .

2- الدوران.





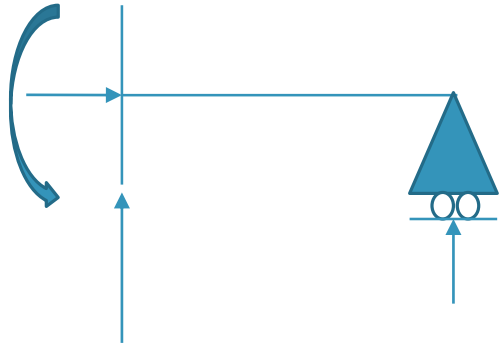
static/Kinematic Indeterminacy
درجة عدم التقرير

Static indeterminacy عدد المجاهيل –عدد معادلات التوازن

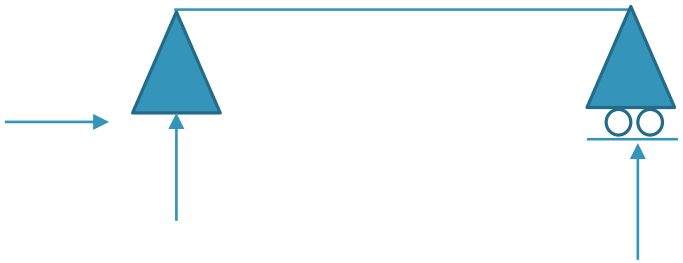
Kinematic indeterminacy عدد درجات الحرية المسموحة لكل عنصر

أمثلة

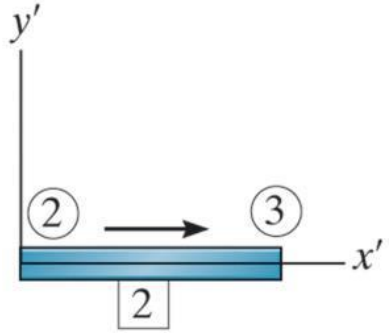
الجائز غير مقرر ستاتيكياً و كينماتياً من الدرجة الأولى

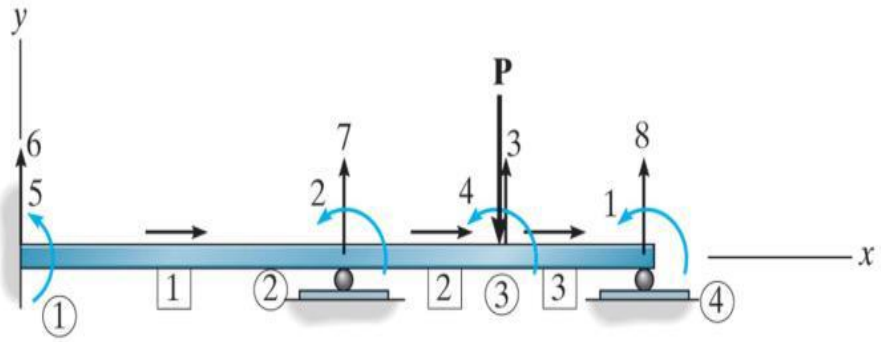


الجائز مقرر ستاتيكياً
و غير مقرر كينماتياً من الدرجة الثانية



BEAM ANALYSIS USING THE STIFFNESS METHOD
التحليل الإنشائي للجائز بإستخدام طريقة مصفوفة الصلابة





مراحل حل مصفوفة الصلابة للجائز

1- وضع المحاور الخاصة بالجائز.

2- ترقيم العقد و العناصر الموجودة في الجائز.

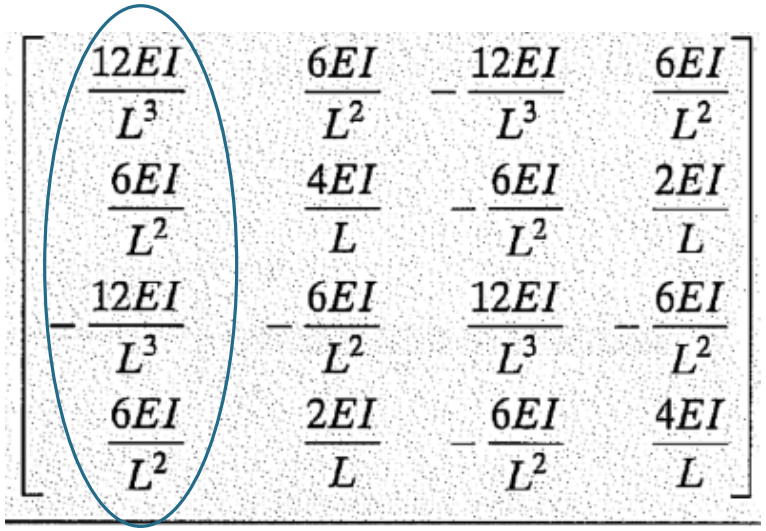
3- ترقيم درجات الحرية لكل عقدة موجودة بالجائز.

4- نقوم بتكوين كل من مصفوفة القوى الخارجية المؤثرة عند كل عقدة.

وكذلك مصفوفة درجات الحرية عند كل عقدة .

5- تكوين مصفوفة الصلابة لكل عنصر في الجائز.

BEAM ANALYSIS USING THE STIFFNESS METHOD
التحليل الإنشائي للجائز بإستخدام طريقة مصفوفة الصلابة



استنتاج مصفوفة الصلابة للجائز

يتكون الجائز من عقدة عند البداية و كذلك عقدة عند النهاية.

عند كل عقدة يوجد درجتين من الحرية

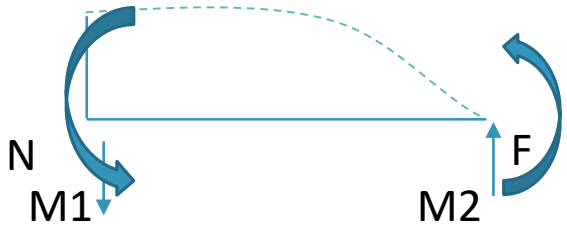
1-الإزاحة الرأسية

2- الدوران

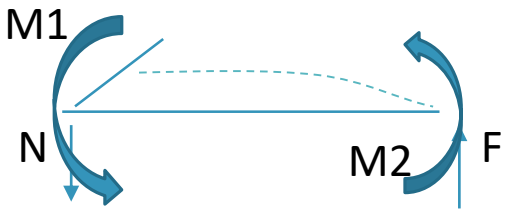
نقوم بإستنتاج قيم كل من الإزاحة الرأسية و الدوران عند كل عقدة و ذلك بإفتراض انزياح شاقولي بمقدار صغير عند عقدة البداية.

BEAM ANALYSIS USING THE STIFFNESS METHOD
التحليل الإنشائي للجائز بإستخدام طريقة مصفوفة الصلابة

$$\begin{bmatrix} \frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} & -\frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} \\ \frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} \\ -\frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} \\ \frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} \end{bmatrix}$$



A



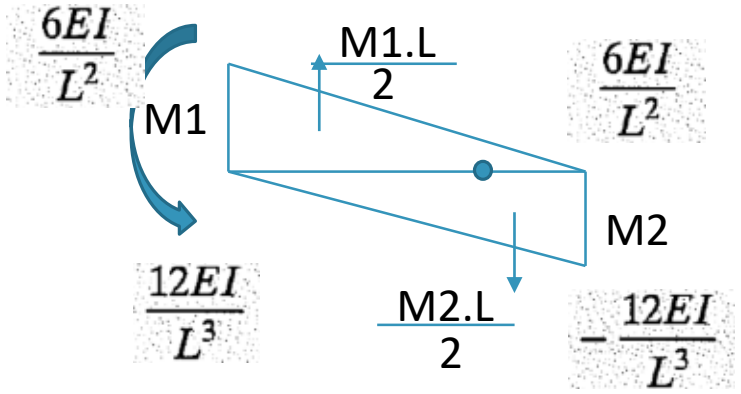
B

نقوم بدراسة حالة الإنزياح الشاقولي عند نقطة البداية وإيجاد قيم العزوم عند نقطة البداية والنهاية للحالة الأولى

رد الفعل عند النقطة الأولى = $\frac{M1+M2}{2}$

رد الفعل عند النقطة الثانية = $\frac{M1+M2}{2}$

BEAM ANALYSIS USING THE STIFFNESS METHOD
التحليل الإنشائي للجائز بإستخدام طريقة مصفوفة الصلابة



بالبداية نقوم برسم مخطط العزم ثم من خلال معادلات التوازن

نقوم بحساب كل من قوى القص وكذلك العزوم عند نقطة البداية

و كذلك نقطة النهاية

بحل المعادلات نحصل على قيم ردود الأفعال و العزوم .

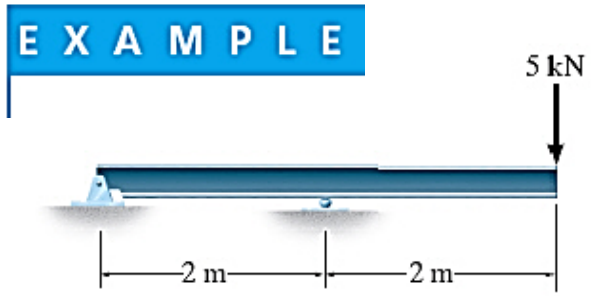
$\longrightarrow \sum Fy = \frac{M1.L2}{2EI} = \frac{M2.L2}{2EI} \longrightarrow M1=M2$

$\longrightarrow \sum M = 0 \qquad \frac{M.L}{2} + \frac{L}{3} = 1 = EI$

$\longrightarrow \frac{M}{6} L2=EI$

$$\begin{bmatrix} \frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} & -\frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} \\ \frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} \\ -\frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} \\ \frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} \end{bmatrix}$$

EXAMPLE

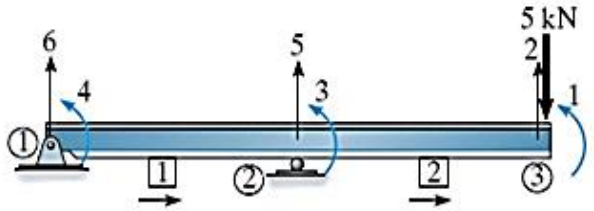


المطلوب حساب ردود الأفعال عند المساند

خطوات الحل :

1-ترقيم كل عقدة وعنصر في الجائز

2- تكوين مصفوفة القوى الخارجية ومصفوفة المجاهيل .



$$\mathbf{Q}_k = \begin{bmatrix} 0 \\ -5 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{matrix} \qquad \mathbf{D}_k = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \begin{matrix} 5 \\ 6 \end{matrix}$$

EXAMPLE

3- تكوين مصفوفة الصلابة لكل عنصر في الجائز .

$$\mathbf{k}_1 = EI \begin{array}{c} \\ 6 \\ 4 \\ 5 \\ 3 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} 6 & 4 & 5 & 3 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1.5 & 1.5 & -1.5 & 1.5 \\ 1.5 & 2 & -1.5 & 1 \\ -1.5 & -1.5 & 1.5 & -1.5 \\ 1.5 & 1 & -1.5 & 2 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$\mathbf{k}_2 = EI \begin{array}{c} \\ 5 \\ 3 \\ 2 \\ 1 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} 5 & 3 & 2 & 1 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1.5 & 1.5 & -1.5 & 1.5 \\ 1.5 & 2 & -1.5 & 1 \\ -1.5 & -1.5 & 1.5 & -1.5 \\ 1.5 & 1 & -1.5 & 2 \end{bmatrix} \end{array}$$

EXAMPLE

4- تطبيق علاقة مصفوفة الصلابة وحساب المجاهيل.

$$\mathbf{Q} = \mathbf{KD}$$

$$\begin{bmatrix} 0 \\ -5 \\ 0 \\ 0 \\ \hline Q_5 \\ Q_6 \end{bmatrix} = EI \left[\begin{array}{cccc|cc} 2 & -1.5 & 1 & 0 & 1.5 & 0 \\ -1.5 & 1.5 & -1.5 & 0 & -1.5 & 0 \\ 1 & -1.5 & 4 & 1 & 0 & 1.5 \\ 0 & 0 & 1 & 2 & -1.5 & 1.5 \\ \hline 1.5 & -1.5 & 0 & -1.5 & 3 & -1.5 \\ 0 & 0 & 1.5 & 1.5 & -1.5 & 1.5 \end{array}\right] \begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \\ D_4 \\ \hline 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$0 = 2D_1 - 1.5D_2 + D_3 + 0$$

$$-\frac{5}{EI} = -1.5D_1 + 1.5D_2 - 1.5D_3 + 0$$

$$0 = D_1 - 1.5D_2 + 4D_3 + D_4$$

$$0 = 0 + 0 + D_3 + 2D_4$$

$$D_1 = -\frac{16.67}{EI} \qquad D_2 = -\frac{26.67}{EI}$$

$$D_3 = -\frac{6.67}{EI} \qquad D_4 = \frac{3.33}{EI}$$

$$Q_5 = 1.5EI\left(-\frac{16.67}{EI}\right) - 1.5EI\left(-\frac{26.67}{EI}\right) + 0 - 1.5EI\left(\frac{3.33}{EI}\right)$$

$$= 10 \text{ kN}$$

$$Q_6 = 0 + 0 + 1.5EI\left(-\frac{6.67}{EI}\right) + 1.5EI\left(\frac{3.33}{EI}\right)$$

$$= -5 \text{ kN}$$

نهاية المحاضرة

آمل أن تكونوا قد حققتم الفائدة

شكرا لحضوركم .....