ستاتيكا

تطبيقات بالحاسب في التحليل الإنشائي

الفصل الثامن : تطبيقات بالحاسب في التحليل الإنشائي

الـجـــــدارة:

معـرفة المـبادئ الأسـاسيّـة لبرامج التحليل والتصميم الإنشائي المستخدمة في المكاتب الهندسيّة، ومعرفة استعمال البرامج البسيطة في تحليل الكمرات و في تحليل الجمالونات.

الأهـــــداف:

- معرفة المبادئ الأساسية لبرامج التحليل (والتصميم) الإنشائي المستخدمة في المكاتب الهندسيّة،
- معرفة المبادئ والأساسيات والقدرة على التعامل مع الملفّات الرئيسيّة للبرامج الأكاديميّة في التحليل الإنشائي للكمرات والحصول على قيم و تخطيطات القوى الداخليّة وكذلك قيم وتخطيطات الإجهادات والتشوّهات،
- معرفة استعمال البرامج البسيطة في تحليل الجمالونات وحساب القوى المحوريّة في جميع عناصرها.

مستوى الأداء المطلوب : أن يصل المتدرّب إلى إتقان هذه الجدارة بنسبة ١٠٠٪.

الوقت المتوقع للفصل: ٤ ساعـات

الوسائل المساعدة :

- جهاز كمبيوتر محمّل عليه برامج إنشائيّة، و متّصل بشبكة الإنترنت.
- آلـة حـاسبـة

متطلبات الجدارة:

معرفة ما سبق دراسته في الرياضيات التخصصيّة، ومقدّمة في الحاسب الآلـي وإتقان ما سبق دراسته في جمـيع الفصول السابقة من هذه الحقيبة التدريبيّة.

تطبيقات بالحاسب في التحليل الإنشائي

٨- ١- مقدمـة:

تطورت في السنوات الأخيرة الحواسيب ومكوّناتها وملحقاتها تطوّرا سريعا. ونتيجة لذلك، إزداد الترابط بين علوم الهندسة الإنشائيّة والحاسب ليفسح أمامها الآفاق الواسعة ويذلّل لها الصعوبات. فتطوّرت أساليبها العلميّة والحسابيّة والعمليّة وانتقلت إلى مراحل أكثر تطوّرا تختصر الوقت وتعطي حلولا تمتاز بالدّقة والتعدّد.

وقد تبع ذلك ظهور برامج التحليل والتصميم الإنشائي باستخدام الكمبيوتر التي تعتبر ثورة في تطوير طرق دراسة وحساب الإنشاءات. إلاّ أن هذا التطوّر لم ولن يلغي دراسة الإستاتيكا ومقاومة المواد والإنشاءات التي تبقى ضروريّة، للطلبة وللمهندسين وللمصمّمين وللباحثين، لتكوين القاعدة الأساسيّة العلميّة في التحليل والتصميم الإنشائي وللتعامل مع هذه البرامج الجاهزة.

٨- ٢- برامج التحليل والتصميم الإنشائي:

يوجد عددا من البرامج المعروفة والهامّة والمشهورة جدّا في تحليل وتصميم المنشآت الخرسانيّة المسلّحة بجميع أنواعها، والمنشآت المعدنيّة بالإضافة على المواد الإنشائيّة الأخرى. وقد أصبحت هذه البرامج متوفّرة في كلّ المكاتب الهندسيّة وتتكرّر غالبا أسمائها في عروض التشغيل. ومن بين هذه البرامج: Safe، Eiffel، Sap2000، STEPLMN، Prokon، Robobat، Etabs، STAAD Pro ...، وهذه البرامج بالنسبة لمتدرّب التقنية المدنيّة الذي مازال لم يكمل دراسة مقرّر الإستاتيكا والمقرّرات التخصّصيّة الأخرى وخاصّة الإنشاءات الخرسانيّة والإنشاءات المعدنيّة، تبدوا بالنسبة له في هذه المرحلة معقّدة جدّا ومليئة بالتفاصيل ومكتظّة بالمتغيّرات، وهي كذلك بالنسبة للمهندسين المبتدئين، حيث أن شرح أدوات مثل هذه البرامج يتطلّب مذكّرة خاصّة به.

ويمكن الإطلاع على هذه البرامج بزيارة المواقع الإلكترونيّة التالية:

http://www.reisa.com
http://www.csiberkley.com
http://www.prokon.com
http://www.arab-eng.org
http://www.almohandes.org

وتتنافس حاليا الشركات المتخصّصة في إنتاج مثل هذه البرامج على تطوير البيئة الرسوميّة لتسهيل تمثيل المنشآت ومعاينة النتائج وفتح المجال لربط هذه البرامج بالبرامج الرسوميّة المشهورة الأخرى.

٨- ٣- البرامج التعليميّة البسيطة:

توجد عديد برامج الكمبيوتر التعليميّة في شتّى مجالات الهندسة والتقنية المدنيّة وهي بسيطة الإستخدام، ومنها عدّة برامج لتحليل الكمرات البسيطة والمستمرة بجميع أنواعها، حيث تقوم بحساب ورسم مخطّطات قوى القصّ وعزوم الإنحناء والإجهادات والتشوّهات. كما توجد برامج لتحليل الجمالونات (الشبكيات) وحساب القوى المحوريّة في جميع عناصرها.

من ميزات استخدام برامج الكميوتر لتحليل الكمرات هي إختصار الوقت وسرعة التحليل ودقّة النتائج والرسومات وذلك مقارنة بالحلول اليدويّة، وخاصّة إذا كانت الكمرة غير محدّدة ستاتيكيّا (statically indeterminate). ويمكن للمتدرّب الإستعانة بهذه البرامج لمقارنة الحل اليدوي مع النتائج المعطاة بإحدى هذه البرامج، ومنها: BeamPro، Risa، RDM5، Dr.Beampro، BridgeDesigner، MicroBeam.... ويمكن الإطلاع أو شراء هذه البرامج، أو تحميل إصداراتها التجريبيّة (Demo version) بزيارة المواقع الإلكترونيّة المبيّنة أعلاه، وكذلك المواقع التالية:

http://www.beams.com

http://www.alhandasa.com

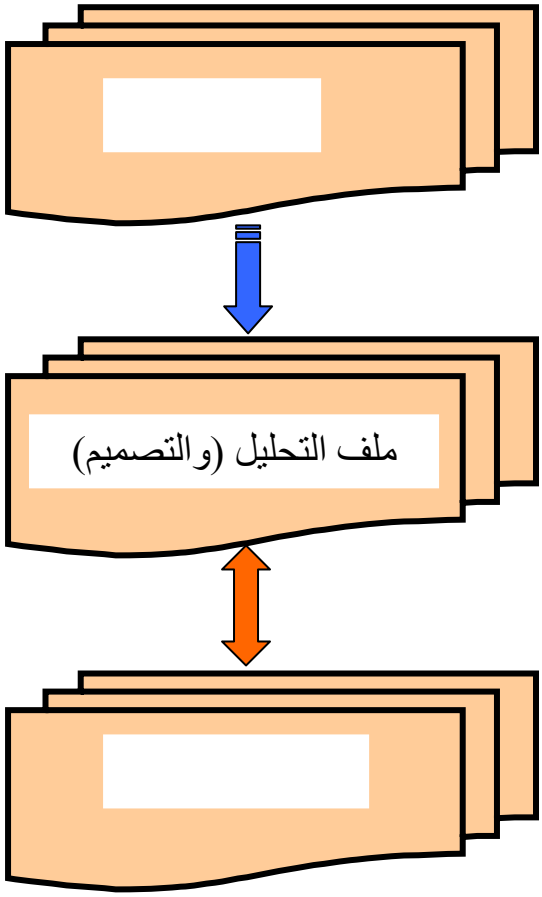
http://www.edu.arabsgate.com

http://www.prokon.com

http://www.drsoftware.com

٨- ٤- الملفّات الرئيسه للبرامج الإنشائيّة:

يتكوّن كلّ برنامج من ثلاثة ملفّات رئيسه، كما هي مبيّنة في الشكل (٨- ١) التالي:



شـكـل (٨ – ١)

ويبقى مستخدم البرنامج مسئولا عن نتائج البرنامج، مهما كانت إمكانيات وشهرة البرنامج، لأنه المعني بإدخال جميع البيانات التّي تخصّ المنشأة إلى البرنامج. وفي هذا الشأن، تظهر مثل هذه التنبيهات في أغلب البرامج وخاصّة النسخ الغير أصليّة:

<<The entire risk as to the use results and performance of this software is assumed by you.>>

٨- ٤- ١- ملف إدخال البيانات:

إن البيانات المطلوبة من مستخدم البرنامج هي عبارة عن قراءة للتمثيل الهندسي للمنشأة، وتشمل ما يلي:

- تحديد عنوانا للمنشأة المراد تحليلها،
- تحديد وحدات الأبعاد والقوى والأحمال،
- تحديد وتعريف عدد عقد(Nodes) الكمرة وإدخال إحداثياتها،
- تحديد خواص المقطع من ناحية المادّة والشكل والأبعاد،
- تحديد أنواع الركائز وأماكنها،
- تعيين أنواع الأحمال وقيمة ومكان كلّ حمل،

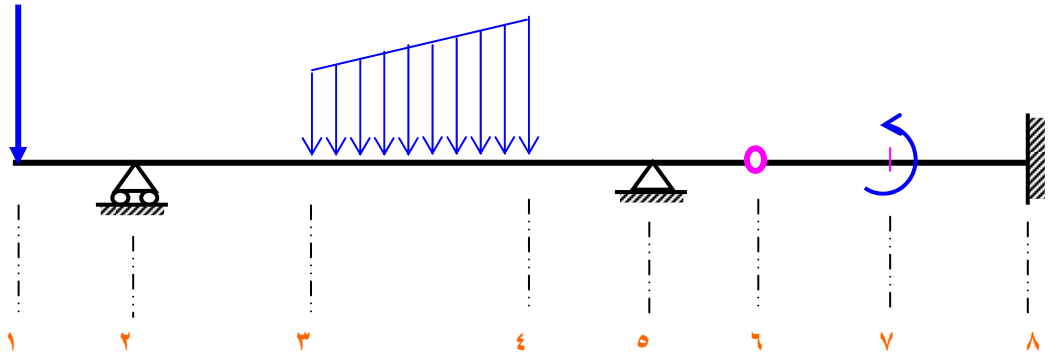
وفي أغلب البرامج، مثل BeamPro و RDM5 وغيرهما، حالما يتم إدخال إحدى هذه البيانات، تظهر مرسومة على شاشة الحاسوب تلقائيّا. وبالتالي عند الانتهاء من إدخال جميع البيانات يظهر التمثيل الهندسي للكمرة مرسوما على شاشة الحاسوب.

إنّ أغلب برامج تحليل الكمرات تستخدم طريقة مشهورة جدّا في تحليل وتصميم الإنشاءات تسمّى طريقة العناصر المحدودة (Finite Element Method). وتتطلّب هذه الطريقة تجزئة (Discretisation) الكمرة إلى أجزاء أو عناصر محدودة (members). وكلّ عنصر يتحدّد بعقدتين عند طرفيه. إن هذه العمليّة مهمّة جدّا إذ تمكّن مصمّم البرنامج، ثمّ البرنامج، من حساب الدّالات أو التعبيرات الجبريّة (algebraic expressions) لقوى القص $V(x)$ وعزوم الإنحناء $M(x)$ والإجهادات $\sigma(x)$ والتشوّهات $y''(x)$ لكل عنصر محدّد من الكمرة. و هكذا يمكن للبرنامج رسمها وحساب قيمها في كل مقطع من الكمرة.

مـثـــال ٨- ١:

باعتبار الكمرة المبيّنة في الشكل (٨- ٢)، يمكن تحديدها على النحو التالي :

- أطراف الكمرة : العقدتين ١ و ٨
- المفاصل الدّاخليّة بالنسبة للكمرة المركّبة: العقدة ٦
- الدعامات أو الركائز الخارجيّة: العقد ٢ و ٥ و ٨



شـــكـــل (٨- ٢)

- نقطة تأثير الحمل المركّز : العقدة ١
- نقطة تأثير العزم المركّز: العقدة ٧
- نقطة أطراف الحمل الموزّع: العقدتين ٣ و ٤

وعليه تمّ تجزئة الكمرة إلى سبعة عناصر محدودة، وهي:

(١- ٢)، (٢- ٣)، (٣- ٤)، (٤- ٥)، (٥- ٦)، (٦- ٧)، (٧- ٨).

٨- ٤- ٢- مـلـف الـتـحـلـيـل:

بعد الإنتهاء من إدخال جميع البيانات للمنشأة المراد حـلّـها، والتحقّـق من صحّتها من خلال مراجعتها ومتابعة رسـم تمثـيلها الهندسي على شاشة الحاسوب، يأتي الوقت لإعطاء الأمر للبرنامج للبدء في عمليّة التحليل. وسيقوم البرنامـج خلال عمليّة التحليل بتسجيل الملاحظات والنتائج إلى ملف الإخراج المعدّ للمتابعة والطباعة.

٨- ٤- ٣- مـلـف الـنـتـائـج:

تعطى نتائج التحليل في ملف الإخراج الخاصّ بالمنشأة، ويشمل جميع البيانات التي وقع إدخالها مبيّـنة ومرتّبة، بالإضافة إلى تمثيل قوى القص وعزوم الإنحناء والإجهادات والإنحرافات، مع بيان قيمها الصّغرى والقصوى في الإحداثيات الرئيسه، وكذلك قيم مركّبات ردود الأفعال. ويمكن لمستخدم البرنامج أن يطّـلع بالتفصيل على النتائج بالتنقّل بين أرقام العقد والعناصر. كما يمكنه قراءة قيم القوى الداخليّة وغيرها في أي مقطع من الكمرة بمجرّد الإشارة إليه بسهم الفأرة أو إدخال إحداثياته. كما تمكّن بعض البرامج من تكبير (zooming) أي جزء من الرسومات.

ملاحظـة:

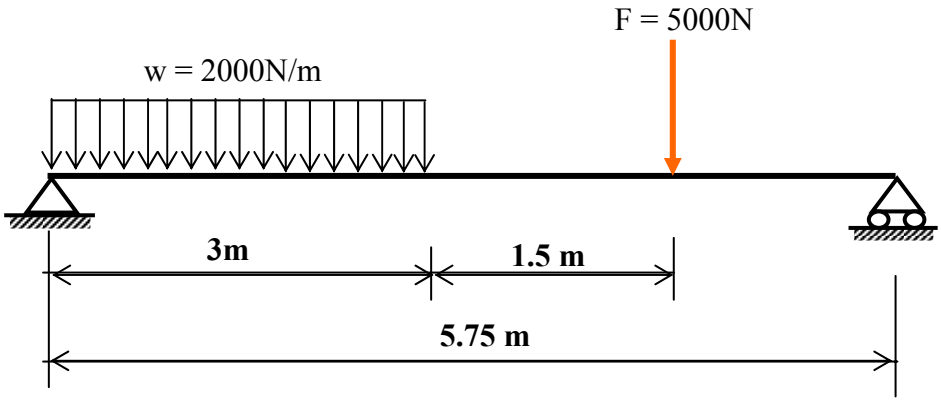
قد تختلف اصطلاحات الإشارات (sign conventions) والإتجاهات الموجبة للقوى والعزوم من برنامج إلى آخر، وبالتالي فهي قد تتوافق أو تختلف مع ما تمّ طرحه في هذه الحقيبة التدريبيّة.

٨- ٥- أمثـــلة مـــحـلولـــة:

إنّ أفضل وأسرع طريقة للتعرّف على استعمال أي برنامج بشكل سريع ومبسّط هو قراءة البرنامج المساعد والإطّلاع على الأمثلة الملحقة بالتعريف بالبرنامج، ثمّ تمثيل مسائل إنشائيّة بسيطة ومألوفة، وهكذا حتّى يتمكّن المتدرّب من فهم واستعمال أدوات البرنامج. كما يمكن للمتدرّب إعادة تمثيل الأمثلة اللاحقة المرفقة بحلولها، وبعد ذلك يمكن الإنتقال إلى تمثيل الكمرات والجمالونات المبيّنة في التمارين التالية وتحليلها.

مـــثـــال ٨- ٢:

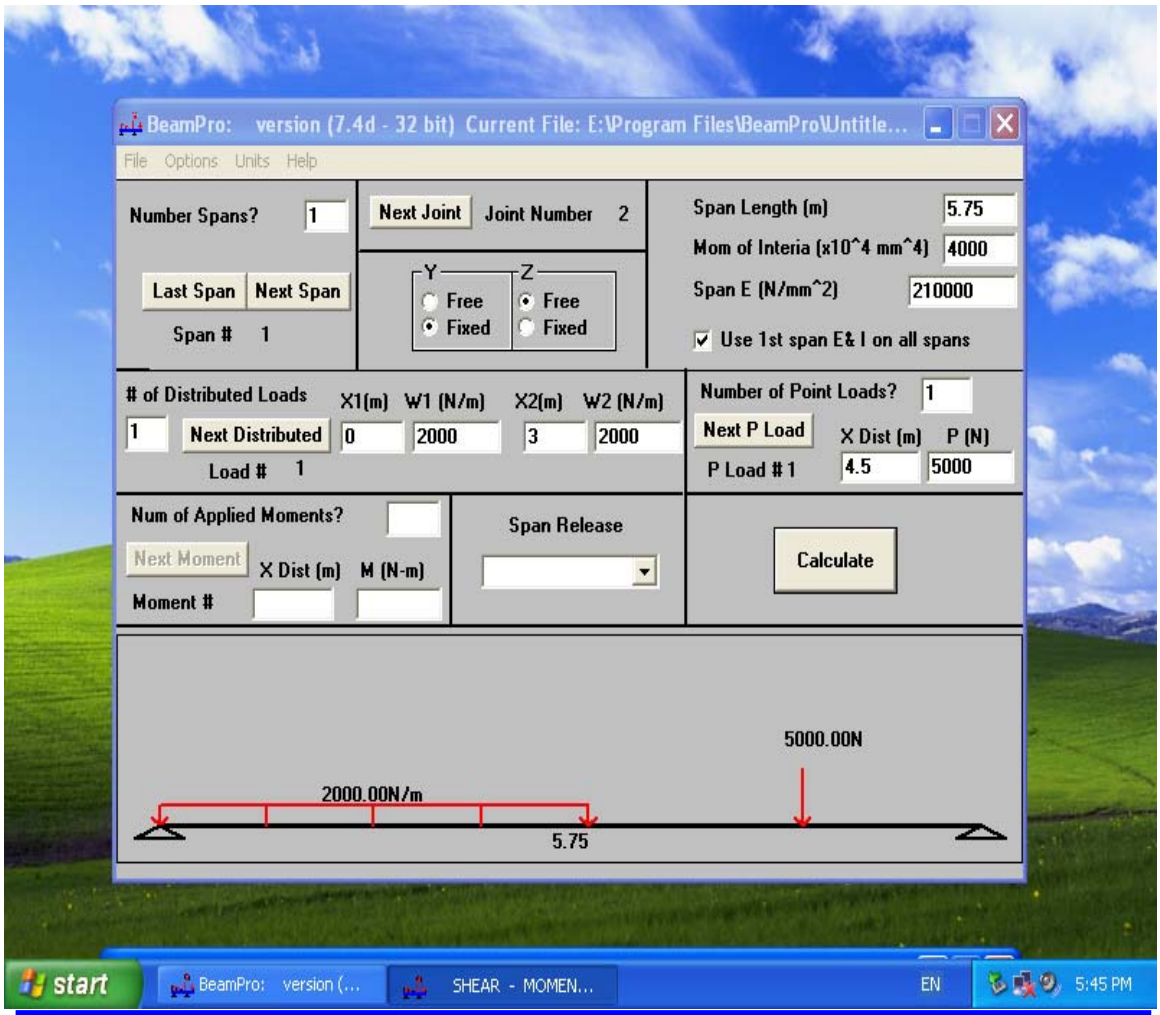
المطلوب تحليل الكمرة الموضّحة في الشكل (٨- ٣) باستعمال برنامج BeamPro.



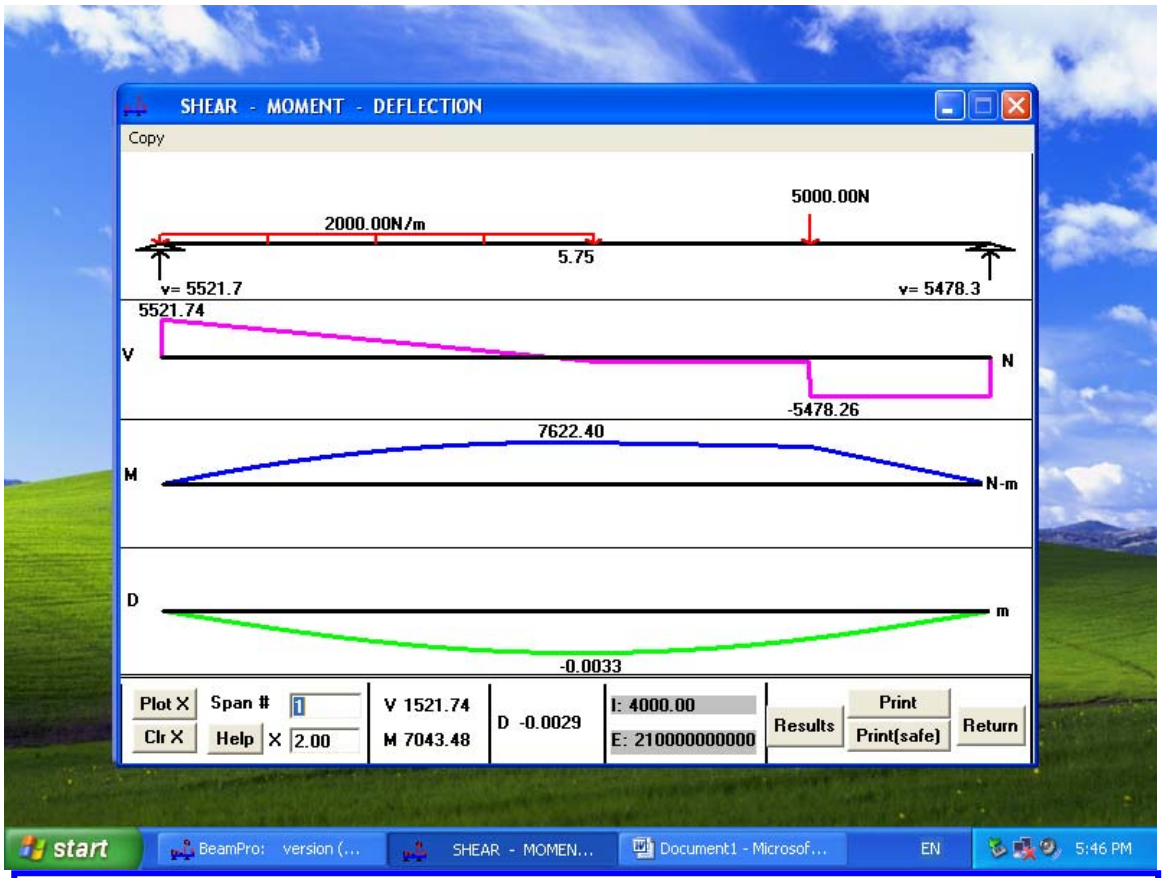
شـكل (٨- ٣)

الـــحـــل:

الشكلين (٨- ٤) و(٨- ٥) يوضحان نتائج حل هذا المثال باستخدام البرنامج المشار إليه.



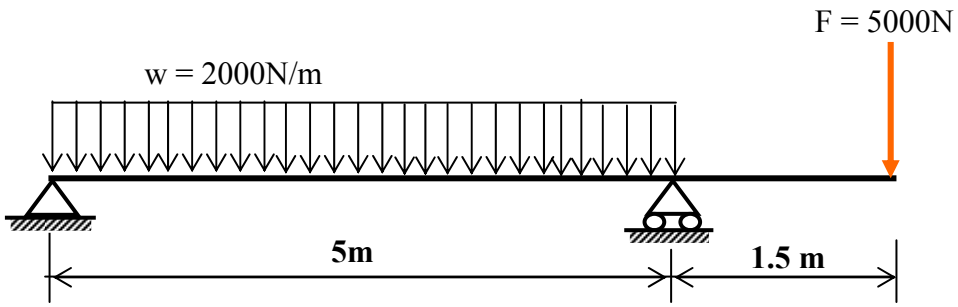
شـــكـــل (٨-٤) : بعد إدخال البيانات، تظهر الكمرة مرسومة على شاشة الحاسوب.



شـكـل (٨-٥) : تخطيطات قوة القص (V) وعزم الانحناء (M) والانحراف (D) للكمرة المبيّنة في الشكل (٨- ٣)

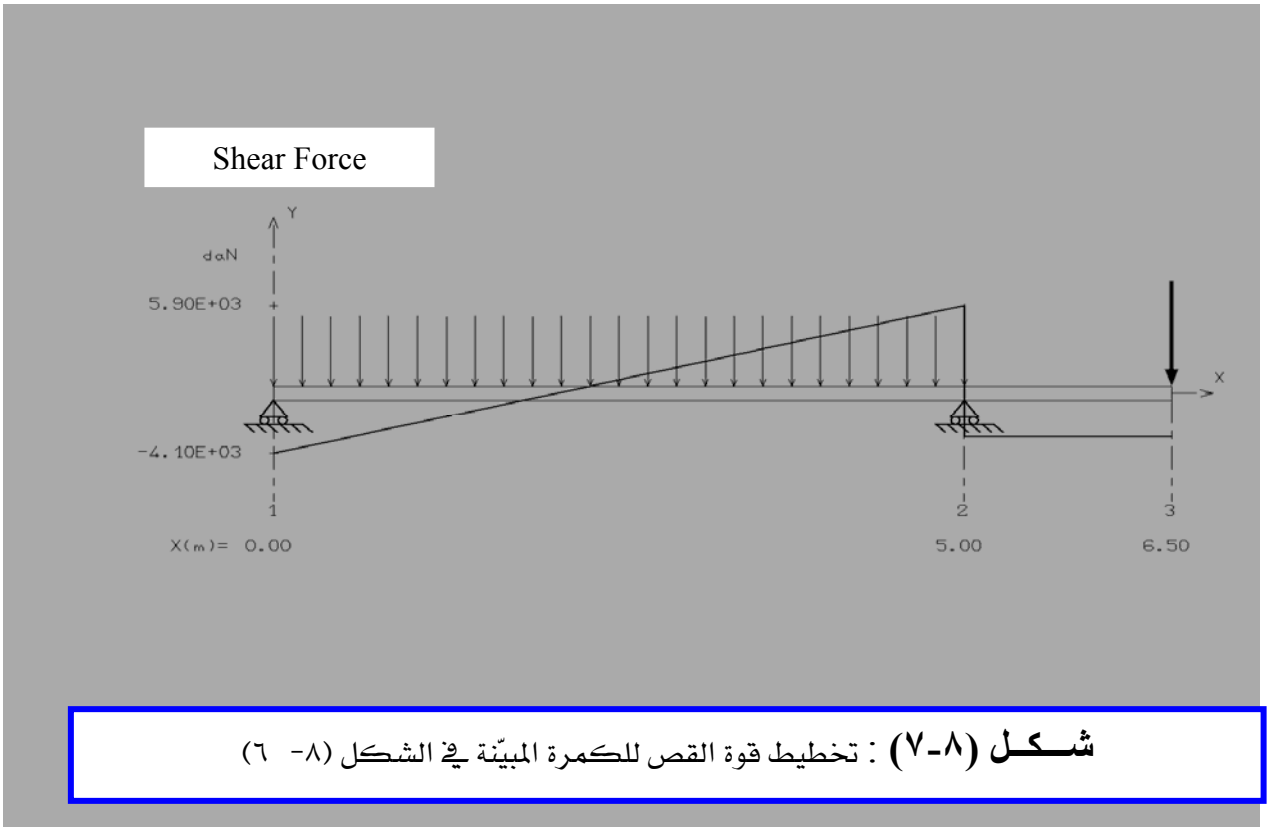
مـثـال ٨- ٣ :

المطلوب تحليل الكمرة الموضّحة في الشكل (٨- ٦) باستعمال برنامج RDM5.

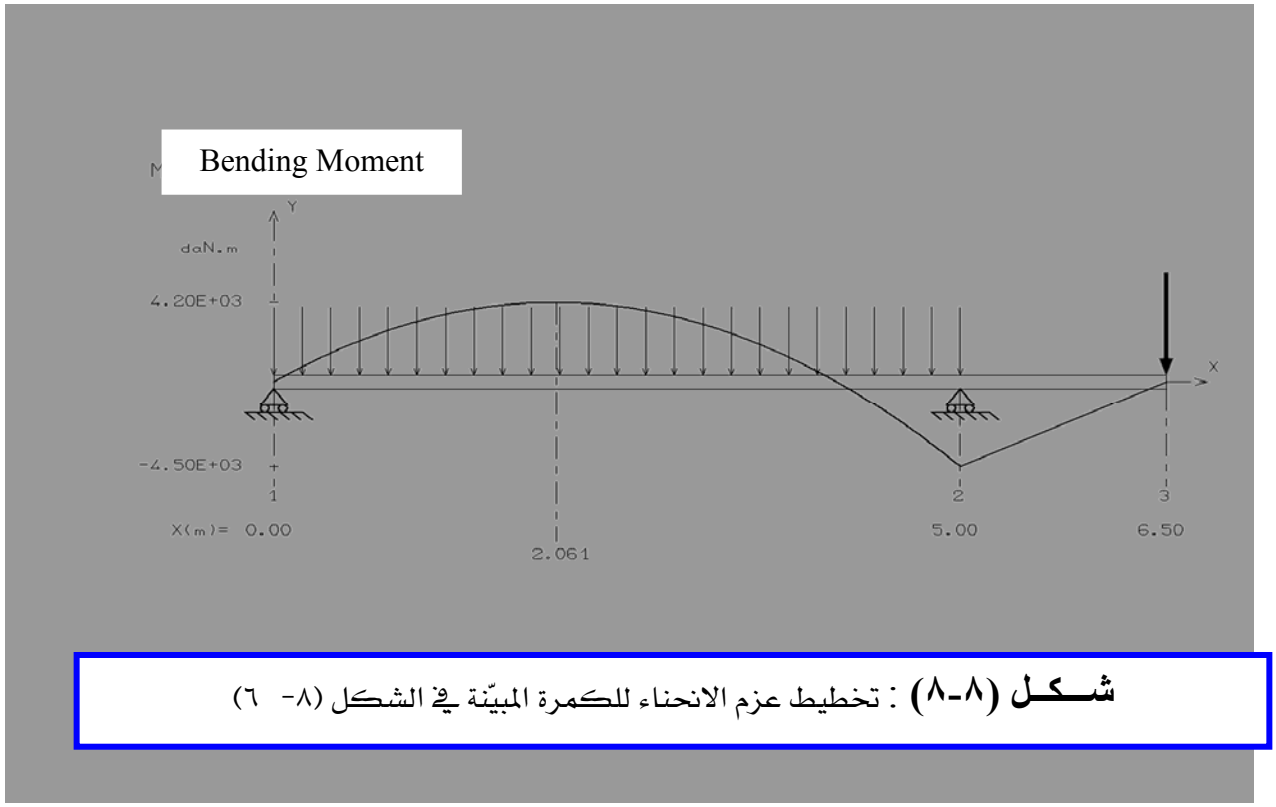


شـكـل (٨- ٦)

الـــــحـل: إن حلّ هذا المثال يتمثّل بالشكلين (٨- ٧) (٨- ٨) التاليين.



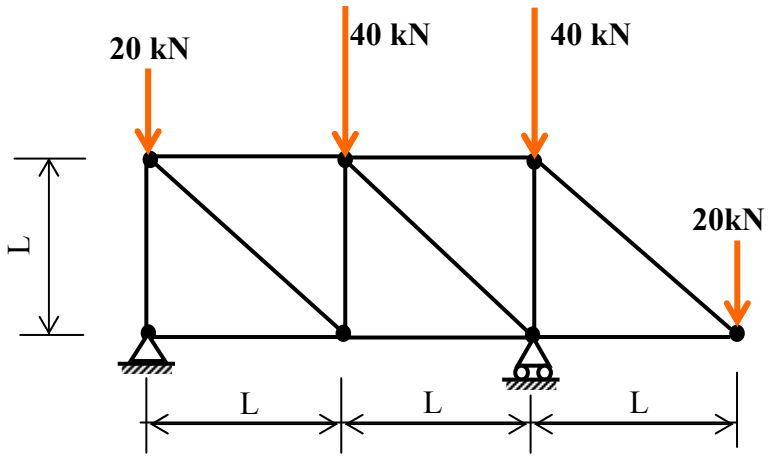
شـــكـل (٨-٧) : تخطيط قوة القص للكمرة المبيّنة في الشكل (٨- ٦)



شـــكـل (٨-٨) : تخطيط عزم الانحناء للكمرة المبيّنة في الشكل (٨- ٦)

مـثـال ٨- ٤ :

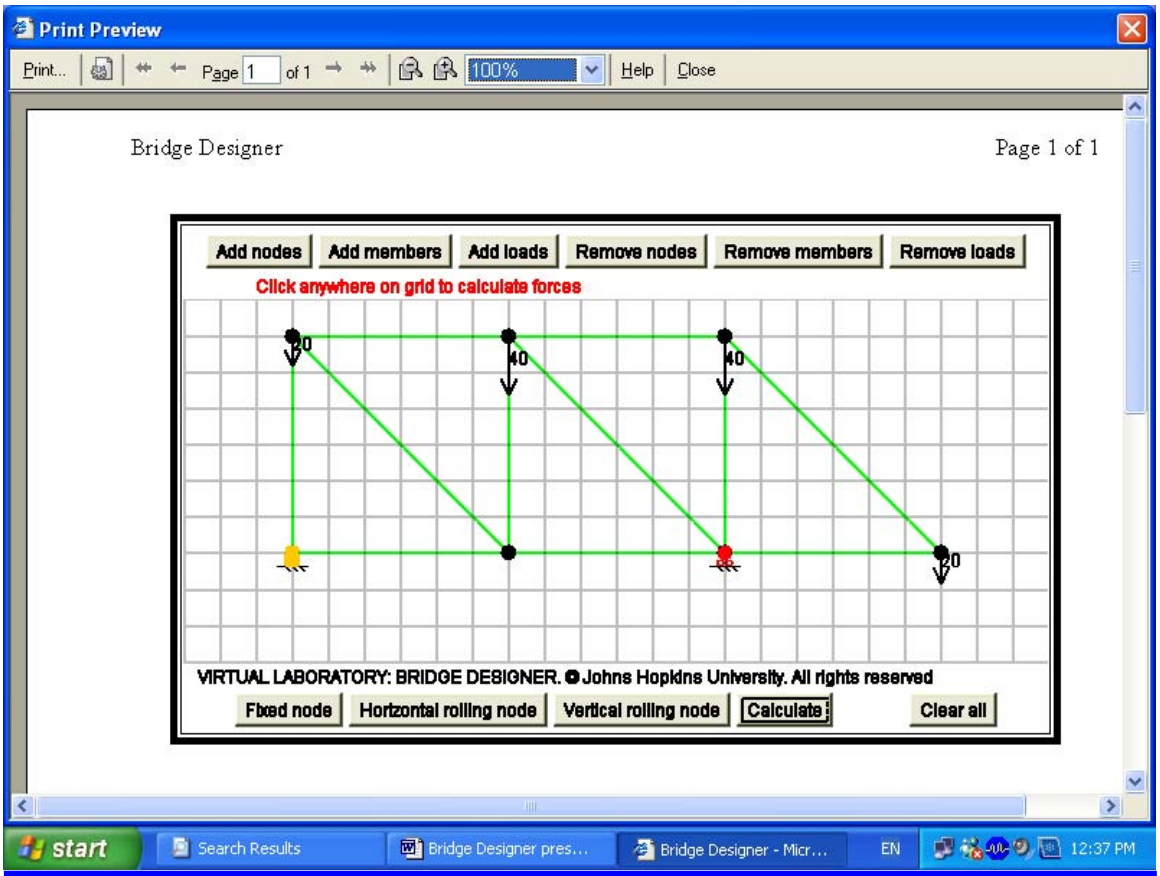
المطلوب تحليل الـجمالون الموضّح في الشكل (٨- ٩) باستعمال برنامج Bridge Designer.



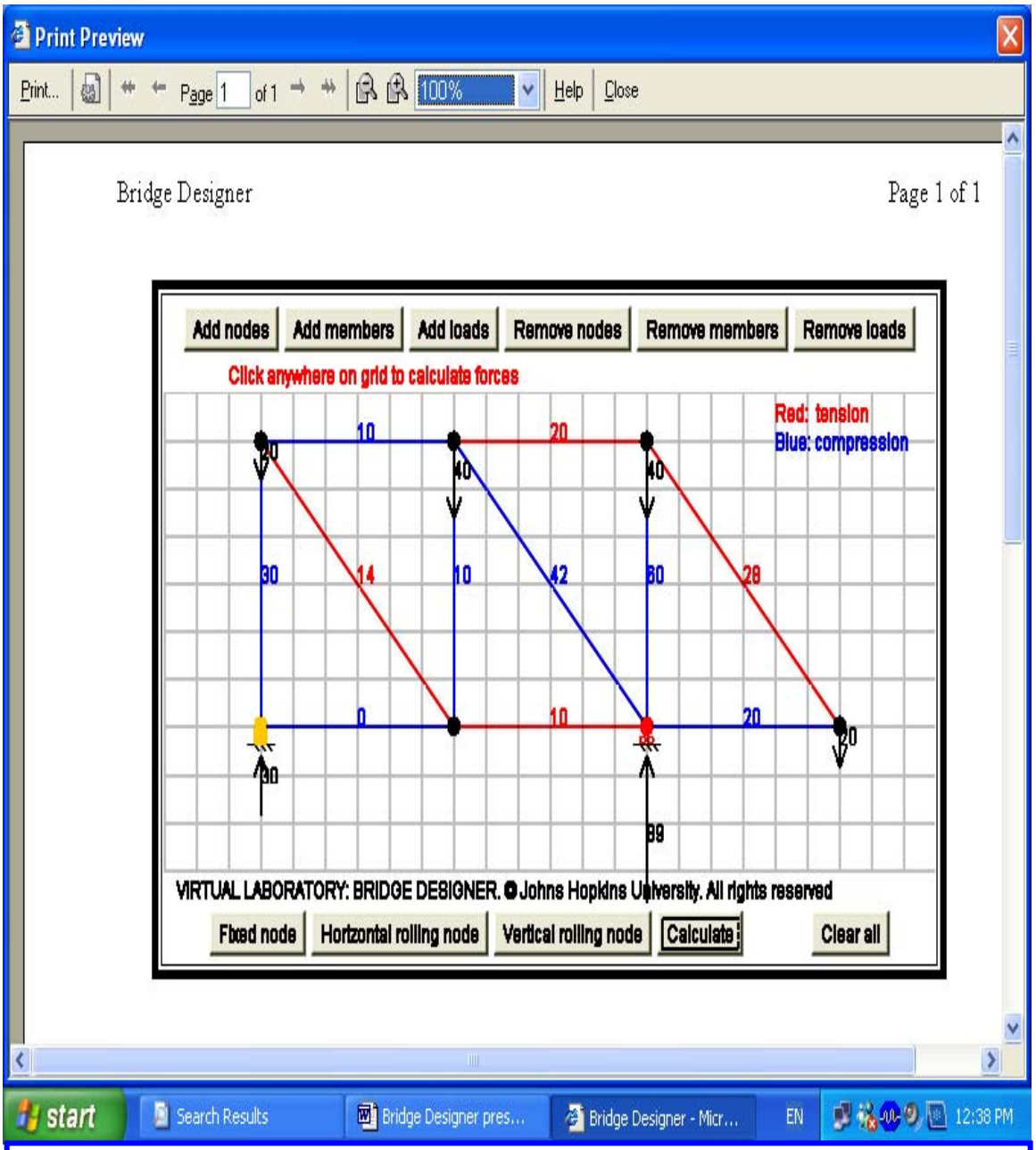
شـكـل (٨- ٩)

الـحـل:

يظهر حل هذا المثال كما في الشكلين (٨- ١٠) و (٨- ١١) التاليين:



شـكـل (٨-١٠) : يتمّ إدخال البيانات برسم الجمالون على الورقة ذات المربّعات.



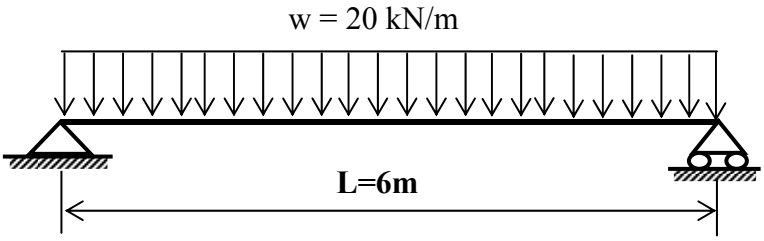
شـــكـــل (٨-١١) : تظهر القوى المحوريّة على كلّ عنصر من الجمالون، ورسم العناصر المشدودة باللون الأحمر والعناصر المضغوطة باللون الأزرق.

٨- ٦- تـــمـــاريـــن:

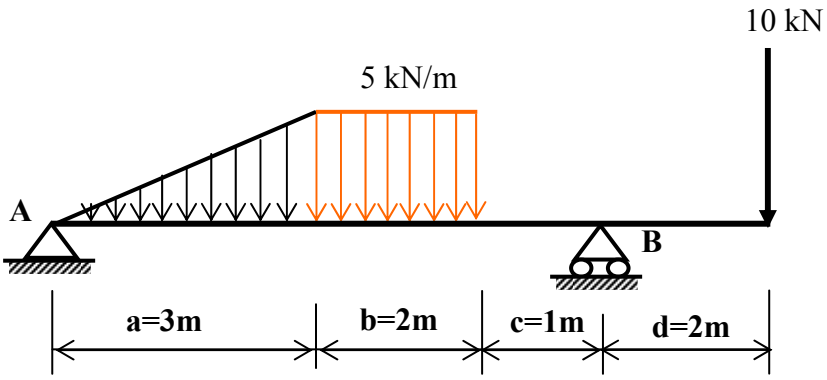
(ت ٨- ١) إلى (ت ٨- ٥) :

باستخـدام إحدى برامج تحليل الكمرات الـمـتاح لك: قم بإدخـــال بيانات الكمرات المبيّنة في الأشكال (ت ٨- ١) إلى (ت ٨- ٥) ثمّ أوجد وتـحـقّق من:

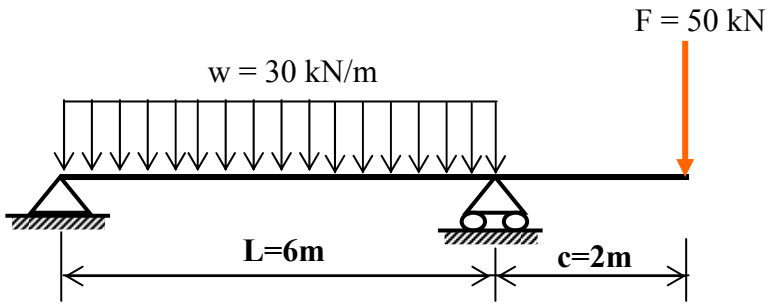
- قيم مركّبات ردود الفعل
- تخطيطات قوى القص وعزوم الانحناء والإجهادات الناتجة عن عزوم الانحناء. مع بيان قيمها الصّغرى والقصوى وفي الإحداثيات الرئيسه.
- قارن النتائج مع زملائك الذين استخدموا برنامجا مختـلـفا.
- احسب يدويّا قيم القوى الداخليّة عند مقطعين مختلفين من كلّ كمرة وقارن حلك مع نتائج البرنامج.



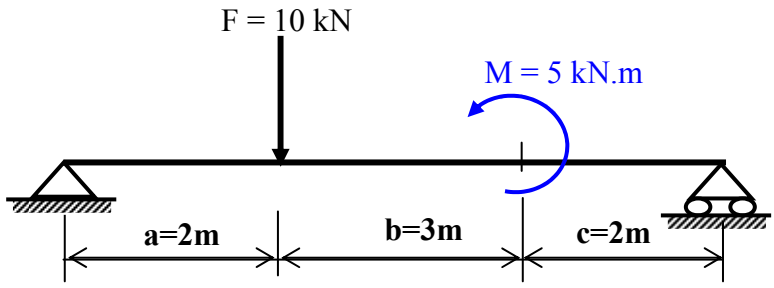
شـكل (ت٨- ١)



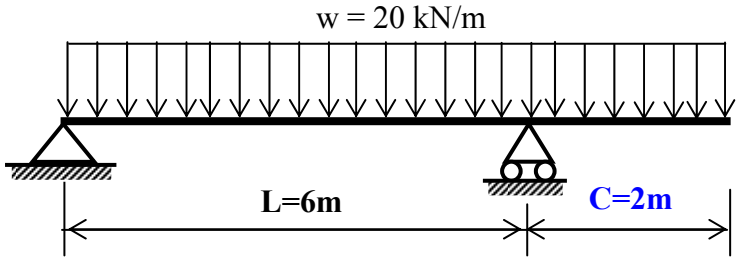
شـكل (ت٨- ٢)



شـكل (ت٨- ٣)



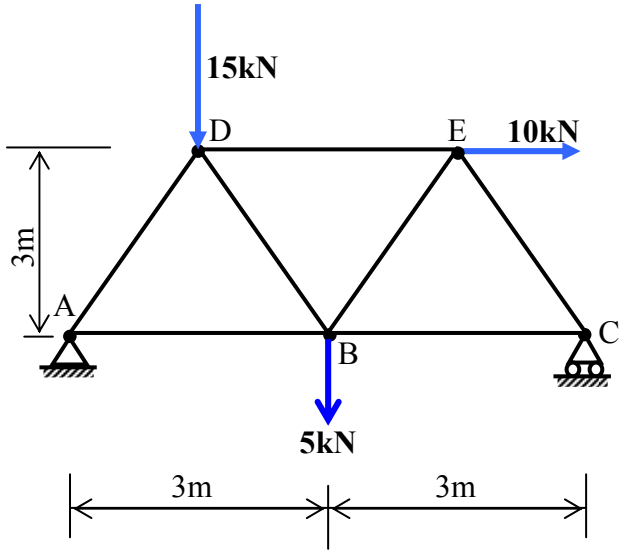
شـكل (ت٨- ٤)



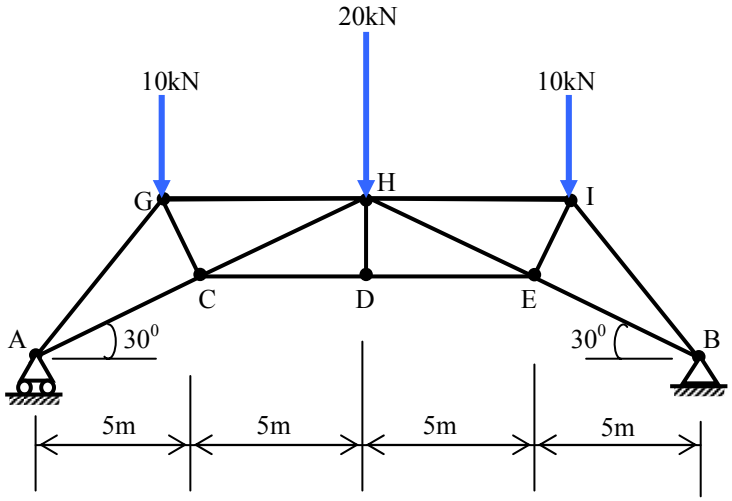
شـكل (ت٨- ٥)

(ت ٨- ٦) و (ت ٨- ٧) :

باستخدام إحدى البرامج البسيطة لتحليل الجمالونات المستوية (plane trusses)، أوجد القوي الدّاخليّة (المحوريّة) في جميع أعضاء الجمالونات المبيّنة في الشكلين (ت ٨- ٦) (ت ٨- ٧). ثمّ بيّن إذا كان العضو معرّضا للشدّ أوالضغط. واحسب يدويّا القوى المحوريّة في ثلاثة عناصر من كل جمالون وقارن نتائجك بنتائج البرنامج.



شـكـل (ت ٨- ٦)



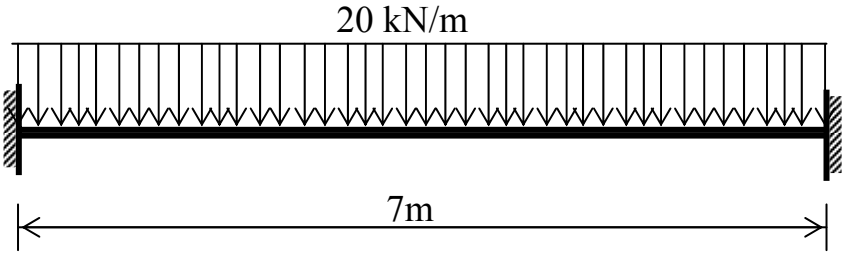
شـكـل (ت٨-٧)

(ت ٨- ٨) إلى (ت ٨- ١٠) :

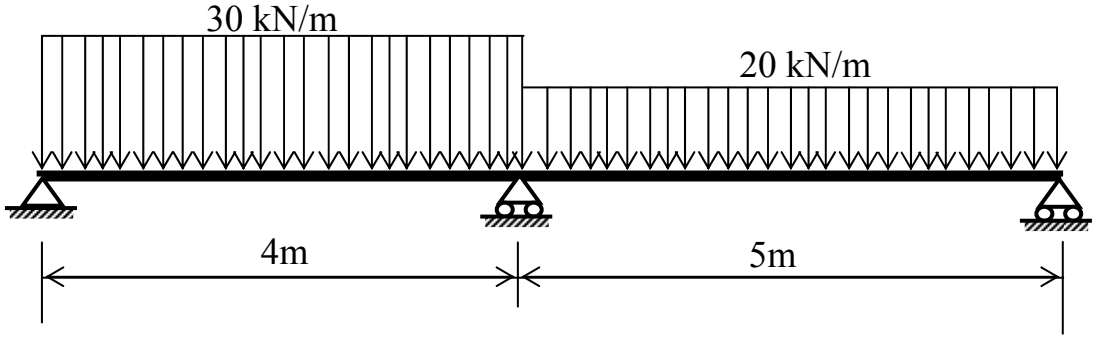
تشكّل الكمرات المستمرّة، وهي غير مقرّرة ستاتيكيّـا، غالبيّـة كمرات أي مشروع إنشائي، وإن كانت خارجة عن مواضيع مقرّر الإستاتيكا، سيتعرّض المتدرّب لتحليلها وتصميمها في مقرّر إنشاءات خرسانيّة. وكمدخل لهذا المقرّر الهامّ، قم بتحليل الكمرات المبيّنة في الأشكال (ت٨- ٨) إلى (ت ٨- ١٠):

١- مستعينا بالعلاقات بين الأحمال وقوى القص وعزوم الانحناء (راجع الباب السادس) ارسم يدويّا الشكل البياني (دون أي حسابات) لتخطيطات القوى الداخليّة.

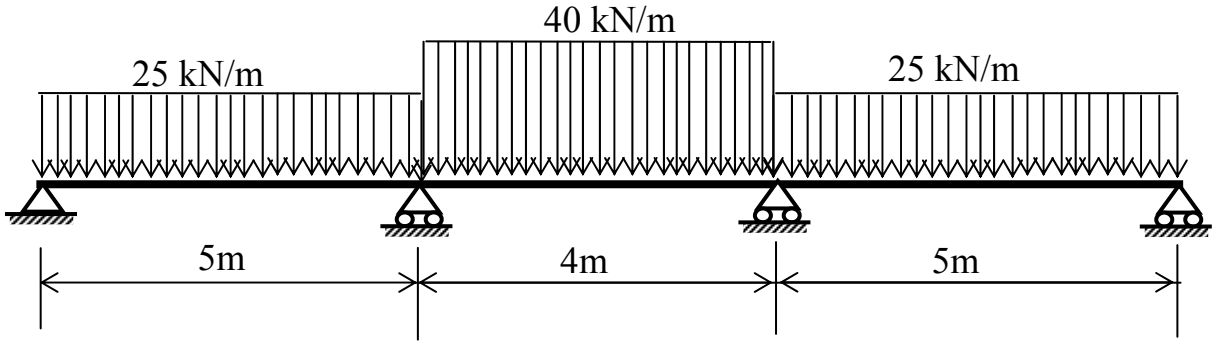
٢- باستخـدام إحدى برامج تحليل الكمرات المتاح لك، قم بتحليل هذه الكمرات وقارن تخطيطات القوى الدّاخليّة برسوماتك البيانيّة لها.



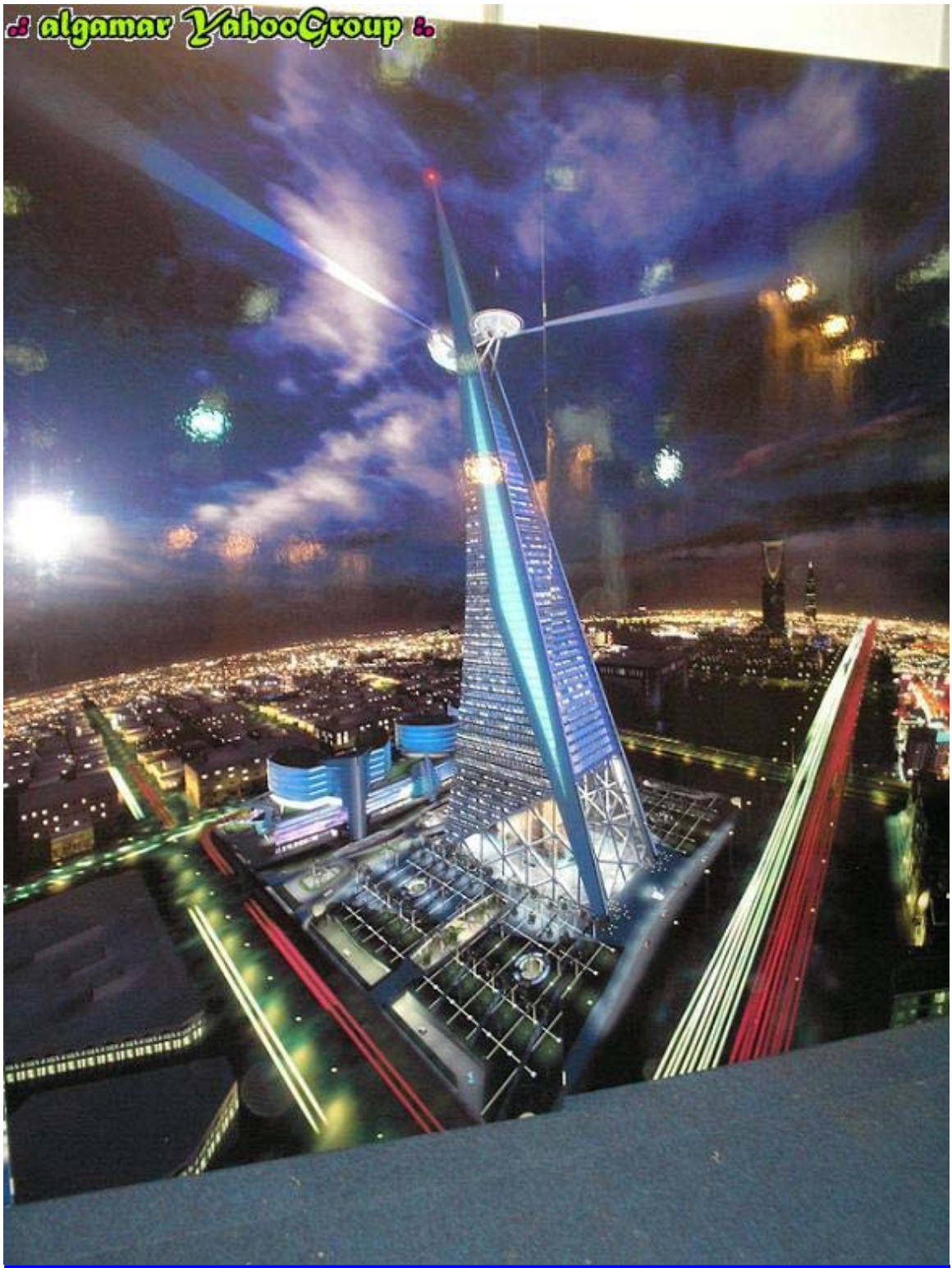
شـــكـــل (ت٨- ٨)



شـــكـــل (ت٨- ٩)



شـــكـــل (ت٨- ١٠



من المشاريع المستقبلية بالمملكة العربيّة السعودية:
هنا سينشأ أعلى مسجد في العالم و أعلى مطعم في العالم