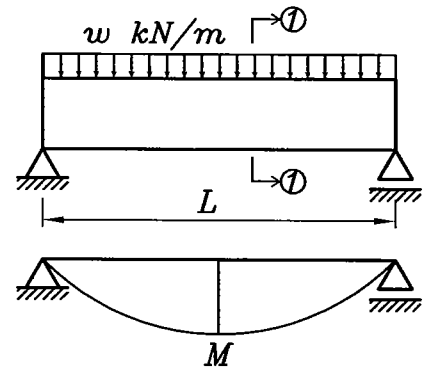
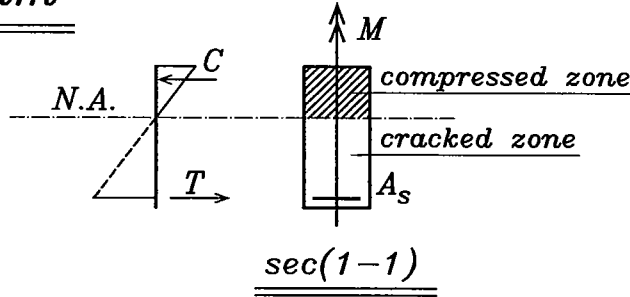


- في دراستنا السابقة استخدمنا الخرسانة المسلحة بفكرتها و هي ان الخرسانة تقاوم اجهادات الضغط في القطاع و الحديد يقاوم اجهادات الشد و بالتالي فان الخرسانة ناحية الشد تكون عديمة الفائدة بل و تشكل وزن زائد على المنشأ الخرساني .

- R.C. beam

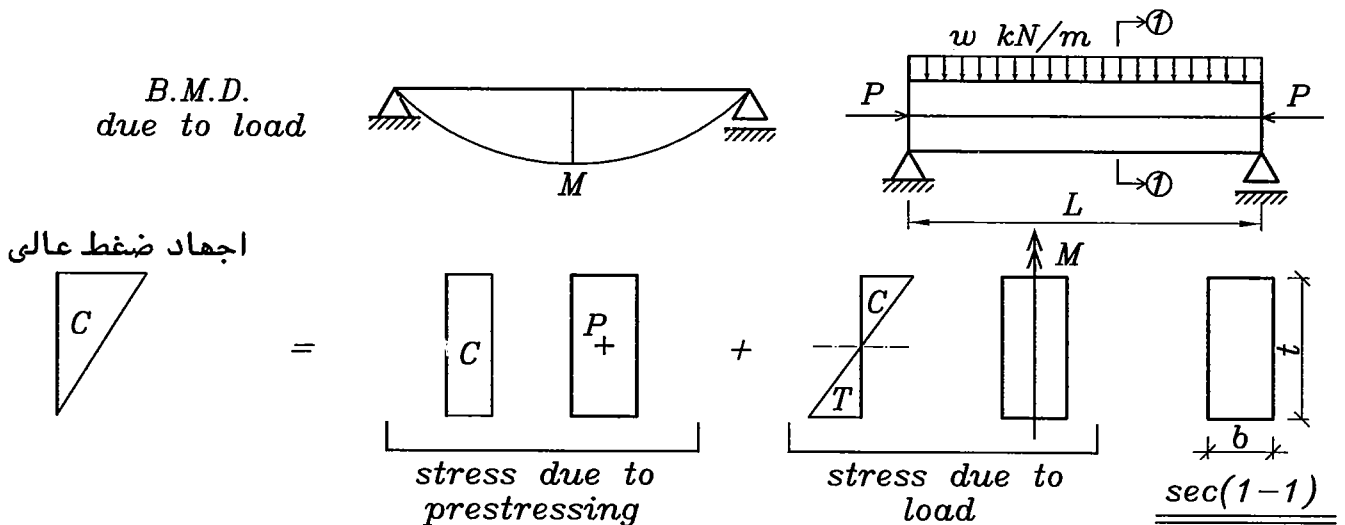


- Prestressed concrete beam

- فكرة الخرسانة سابقة الاجهاد هو التأثير بقوة ضغط على القطاع الخرساني بحيث تلغى (او تقلل) اجهادات الشد في القطاع الخرساني .

- Case (1)

نؤثر بقوة ضغط (P) عند ال (c.g.) للقطاع الخرساني



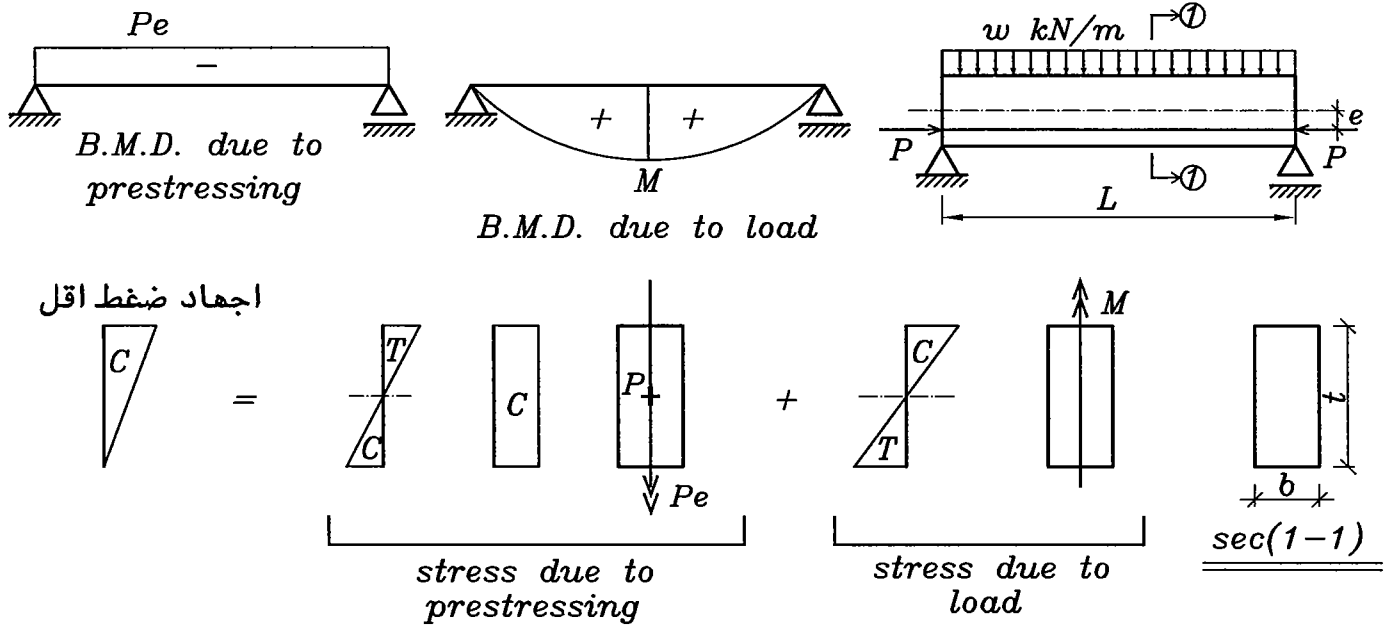
$$f_{ten.} (\text{tension stress due to load}) = \frac{M}{Z} = \frac{M}{bt^2/6} = \frac{6M}{bt^2}$$

$$f_{comp.} (\text{compressoin stress due to } P) = \frac{P}{A} = \frac{P}{bt}$$

$$\text{To get zero tension stress} \Rightarrow \frac{6M}{bt^2} = \frac{P}{bt} \Rightarrow \boxed{P = \frac{6M}{t}}$$

-Case (2)

نؤثر بقوة ضغط (P) على بعد (e) من (c.g.) القطاع الخرساني و بالتالي تسبب ($B.M.$) عكس الـ ($B.M.$) الناتج عن الاحمال المؤثرة على الكمرة و بالتالي نصل الى شكل افضل للاجهادات .



$$f_{ten.} (\text{tension stress due to load}) = \frac{M}{Z} = \frac{M}{bt^2/6} = \frac{6M}{bt^2}$$

$$f_{comp.} (\text{compression stress due to } P) = \frac{P}{A} + \frac{Pe}{Z} = \frac{P}{bt} + \frac{6Pe}{bt^2}$$

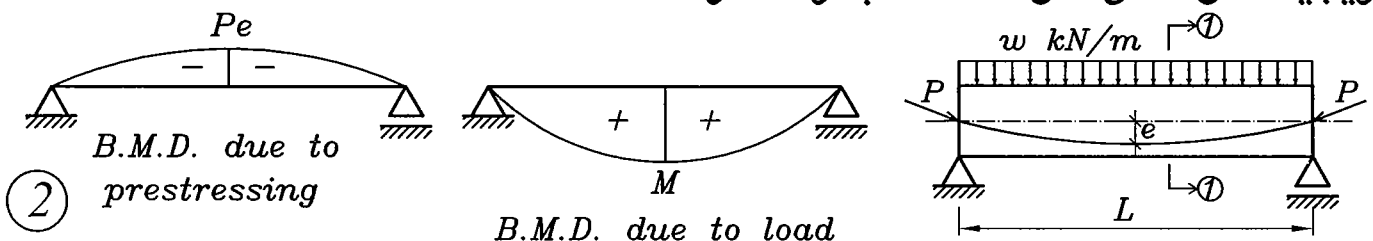
بوضع ($e=t/6$) وهى اقصى (eccentricity) للقطاعات (R -sections) حتى لا يحدث ($tension$) على القطاع

$$\text{To get zero tension stress} \Rightarrow \frac{6M}{bt^2} = \frac{P}{bt} + \frac{6P*(t/6)}{bt^2}$$

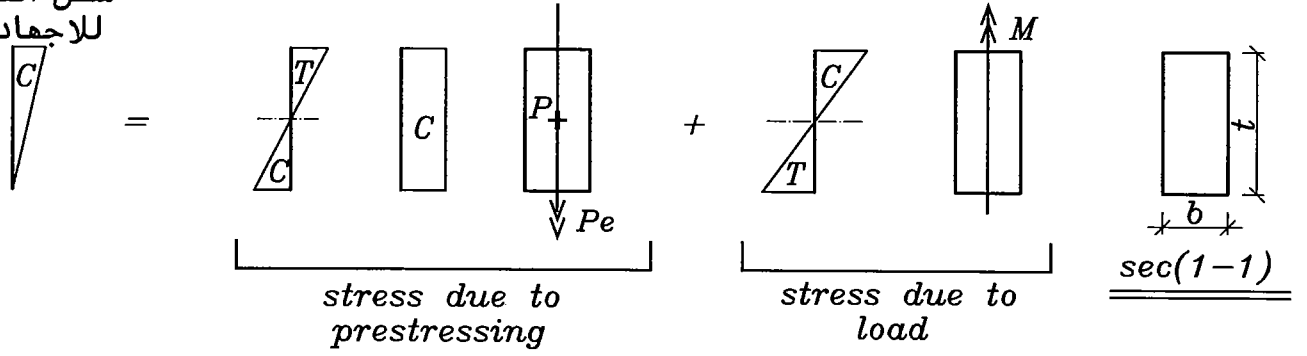
$$\Rightarrow \boxed{P = \frac{3M}{t}} \Rightarrow \text{وهى قيمة اقل من (case 1)}$$

-Case (3)

نؤثر بقوة ضغط (P) بحيث يتغير مسارها بنفس تغير ($B.M.D.$) الناتج عن الاحمال المؤثرة على الكمرة بمعنى ان تكون ($e=0$) عند الركائز الخارجية و تزداد تدريجيا حتى نصل الى منتصف بحر الكمرة .



شكل افضل
للاجهادات



$$f_{ten.} (tension \ stress \ due \ to \ load) = \frac{M}{Z} = \frac{M}{bt^2/6} = \frac{6M}{bt^2}$$

$$f_{comp.} (compression \ stress \ due \ to \ P) = \frac{P}{A} + \frac{Pe}{Z} = \frac{P}{bt} + \frac{6Pe}{bt^2}$$

بوضع (eccentricity) وهى اقصى ($e = 0.5t - cover = 0.5t - 0.05t = 0.45t$) يمكن توقيعهما داخل الكمرة

$$To \ get \ zero \ tension \ stress \Rightarrow \frac{6M}{bt^2} = \frac{P}{bt} + \frac{6P*(0.45)}{bt^2}$$

$$\Rightarrow \boxed{P = \frac{1.62M}{t}} \Rightarrow \text{وهى قيمة اقل من (case 1,2)}$$

-مما سبق يتضح ان

-قيمة (P) التى تجعل القطاع غير معرض لاجهادات شد تتغير قيمتها حسب مكان تاثيرها و بالتالى فان افضل مسار للقوة (P) هى ان تتغير بنفس تغير ($B.M.D.$) المؤثر على الكمرة .

-كذلك فان تغير مسار القوة (P) بنفس تغير ($B.M.D.$) المؤثر على الكمرة يجعل ($B.M.$) الناتج عن ($prestressing$) يساوى صفر عند الركائز الخارجية و بالتالى لا توجد اجهادات شد على القطاعات الخارجية .

How to make prestressed concrete?

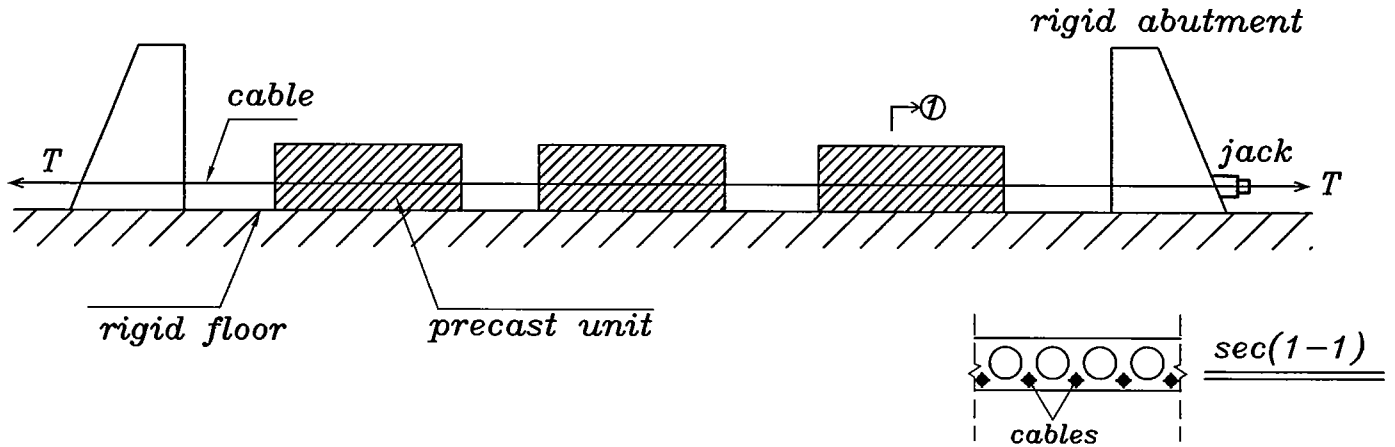
يتم عمل الخرسانة سابقة الاجهاد عن طريق شد اسياخ من الحديد (من نوع خاص) داخل الخرسانة (قبل او بعد صبها) ثم ربطها مع الخرسانة و تركها لترتد مسببة اجهادات ضغط على الخرسانة .

Methods to make prestressed concrete:

1- Mechanical methods

a - Pre-tensioning method

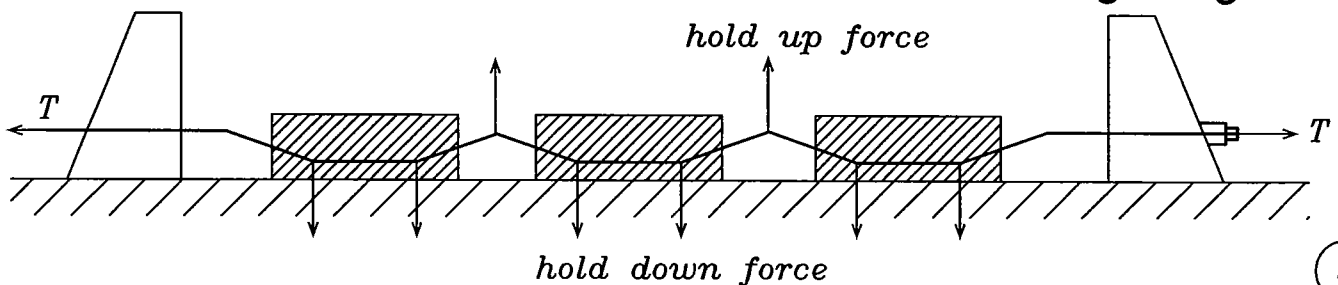
-تستخدم هذه الطريقة فى مصانع انتاج الخرسانة سابقة الاجهاد مثل (precast-prestressed hollow core slabs)



-فى هذه الطريقة يتم شد الكابلات بين قائمين (two rigid abutments) و صب الخرسانة على الكابلات المشدودة و بعد تصلب الخرسانة يتم قطع الكابلات و نتيجة وجود (bond) بين الخرسانة والحديد فان الكابلات لا تستطيع استعادة طولها الاصلى فتسبب ضغط على الخرسانة .

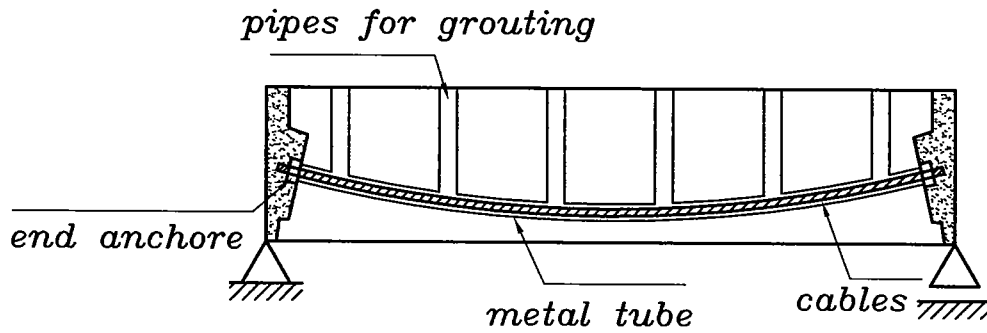
- ملحوظة هامة

فى هذه الطريقة يصعب تشكيل الكابلات لذلك فان الكابلات تكون مستقيمة او كالشكل التالى



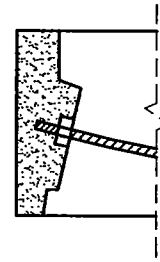
b – Post-tensioning method

-وهى الطريقة الأكثر شيوعا نظرا لامكانية تنفيذها فى الموقع .
و فيها يتم وضع مواسير ذات تخانة رقيقة جدا و قطر اكبر قليلا من قطر الكابل (mortar tight metal tube) داخل الشدة و بعد صب الخرسانة يتم ادخال الكابلات داخل المواسير و شدتها بالقوة المطلوبة ثم ربطها فى الخرسانة عن طريق (end anchore)
-يتم حقن الخرسانة بعد ذلك باستخدام (grout) وذلك لتحقيق التماسك بين الخرسانة و الكابلات و حماية الاسياخ من الصدأ .



– Types of end anchore:

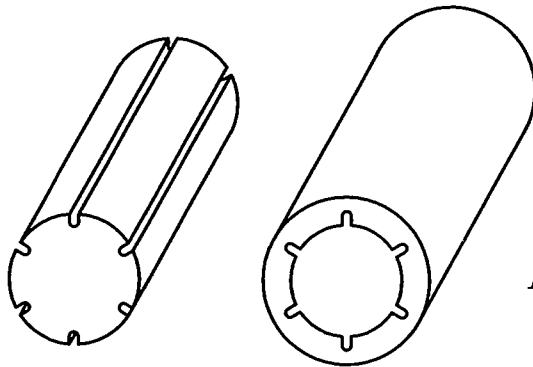
1– Washer and nut الصامولة و القلاووظ



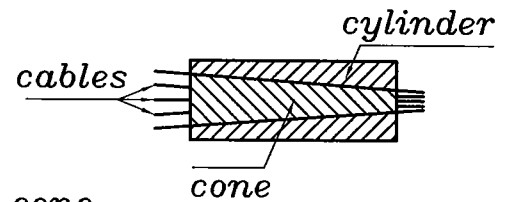
حيث يتم قلوطة طرف الكابل و تثبيته بصامولة ثم يتم صب مونة عند الطرف

2– Cone and cylinder المخروط و الاسطوانة

و منها نظام (Freyssinet system)



Freyssinet wedge cone



- ملحوظة

تستخدم طريقة (post-tensioning) فى حالة (long spans) نظرا لصعوبة النقل من المصنع فى حالة انها (pre-tensioning)

2- Chemical methods

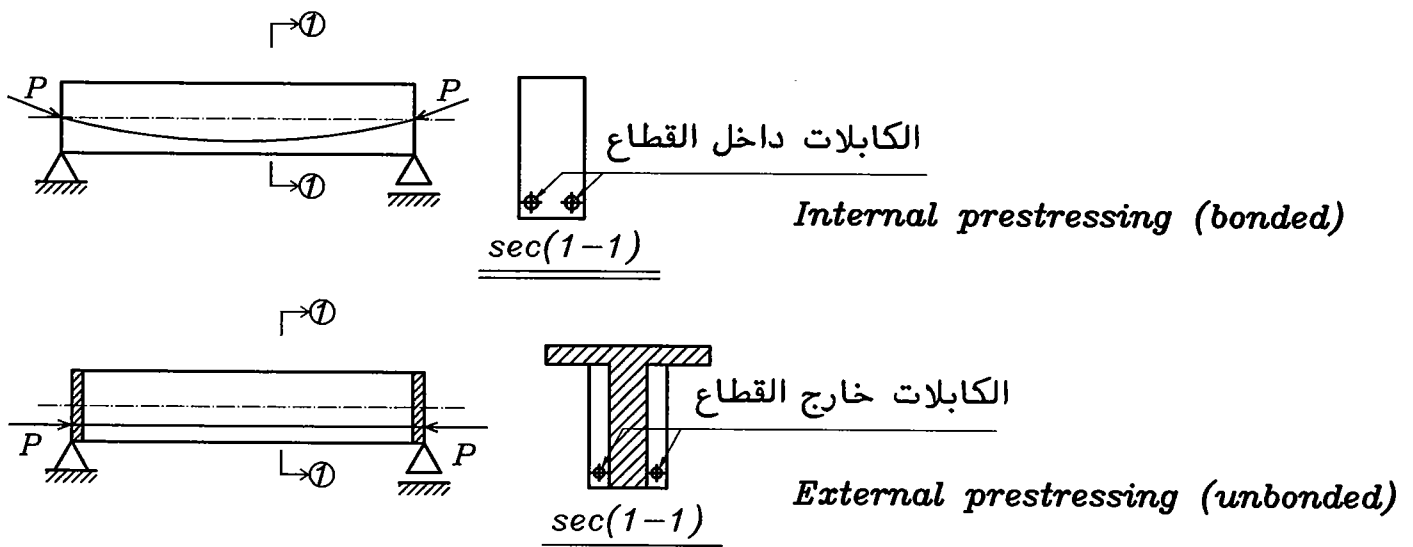
- وفيها يتم استخدام اسمنت من نوع خاص (*expansive cement*) ينتج عن تفاعله تمدد الخرسانة و نتيجة التماسك بين الحديد و الخرسانة (*bond*) فان الحديد يتمدد معها و بالتالى يحدث فيه اجهادات شد و عندما تنكمش الخرسانة فان الحديد يحاول استعادة طوله الاصلى فيسبب ضغط على الخرسانة .
- هذه الطريقة نادرة الاستخدام لان تمدد الخرسانة يحدث فى جميع الاتجاهات و بالتالى فانه يصعب التحكم فى تمدد الخرسانة كذلك فان الاجهاد الناتج عنه يكون قليل (*low level stresses*) مقارنة بـ (*mechanical methods*)

3- Electrical method

- وفيها يتم توصيل الكابلات بتيار كهربى فترتفع درجة حرارتها الى (250° – 450°) و تتمدد ثم يتم ربطها فى الشدة و صب الخرسانة و بعد تصلب الخرسانة يفصل التيار الكهربى فتحاول الكابلات استعادة طولها الاصلى و نتيجة التماسك بين الحديد والخرسانة فان الاسياخ لا تستطيع استعادة طولها الاصلى فتسبب ضغط على الخرسانة .

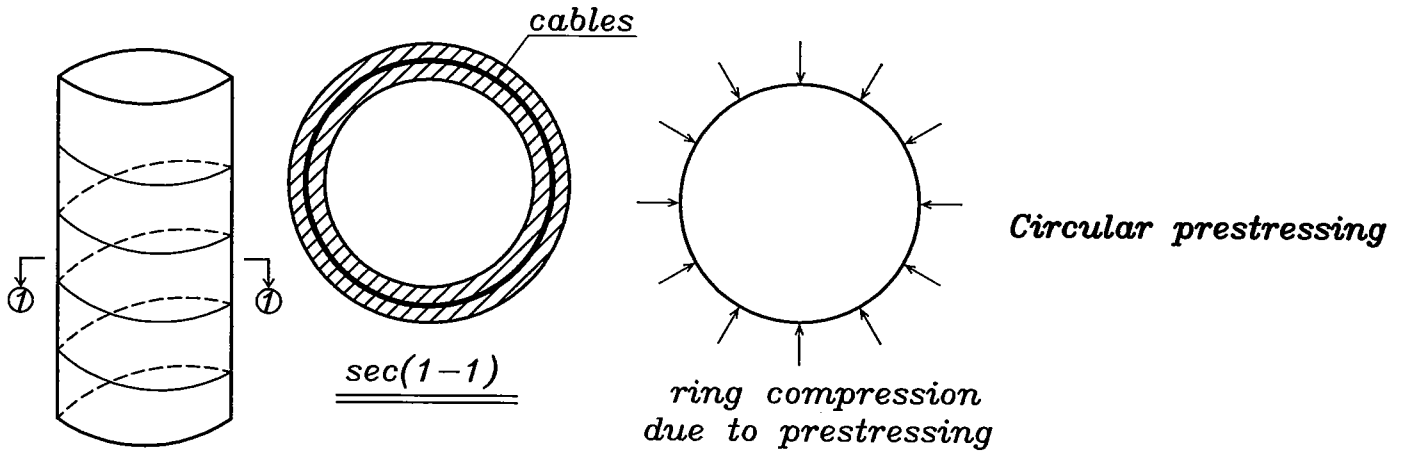
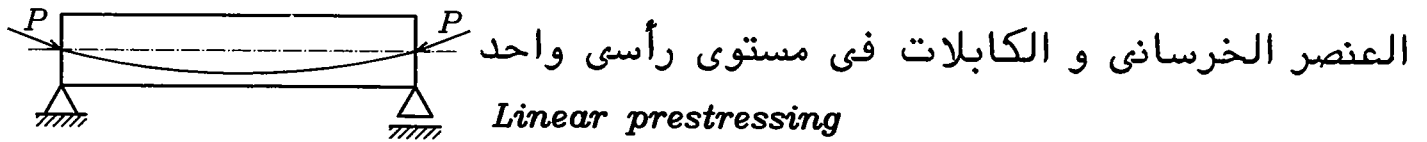
– Types of prestressed concrete

1- Internal and external prestressing



و عادة تستخدم (*ex. prestressing*) عند عمل (*repair*) للكبارى و المنشآت القديمة .

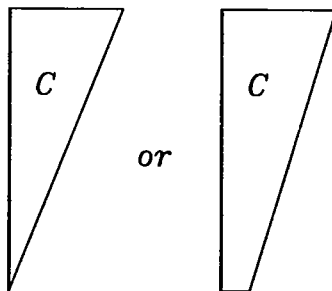
2- Linear and circular prestressing



الاسياخ عبارة عن دوائر و تستخدم عادة في
(circular tanks & surfaces of revolution)

حيث يتم شد الكابلات مسببة (ring compression)

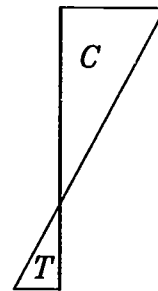
3- Fully and partial prestressing



Fully prestressing

No allowed tension stresses
in the cross section

القطاع بالكامل عليه اجهادات ضغط



Partially prestressing

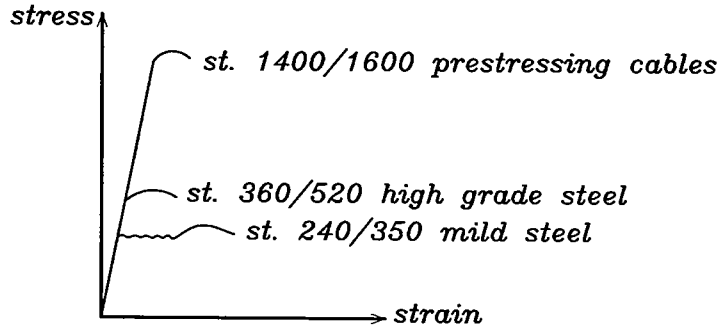
Allowed tension stresses
in the cross section

جزء من القطاع عليه اجهادات شد

Materials used in prestressed concrete

1- Steel

يتم استخدام حديد ذو مقاومة شد عالية (عن طريق التحكم فى نسب الكربون و الفوسفور فى سبيكة الحديد) .



- ويكون الحديد عبارة عن اسياخ (wires) او مجموعة من الاسياخ ذات اقطار صغيرة (4-12mm) يتم جدلها مع بعضها لتكون حزمة (cable) - يجب ان يحقق الحديد المستخدم الخواص الميكانيكية المطلوبة مثل (ductility, bonding, resistance to corrosion and fatigue)

2- Concrete

-تميز الخرسانة المستخدمة فى (prestressed concrete) انها ذات مقاومة ضغط عالية ($f_{cu} \geq 30 \text{ N/mm}^2$) ويتم ذلك عن طريق زيادة محتوى الاسمنت و استخدام الاضافات المناسبة و خلط و معالجة الخرسانة جيدا .

Losses of prestressing force

Short term losses or initial losses

- 1-Elastic shortening of concrete
انضغاط الخرسانة نتيجة قوة الضغط المنقولة لها
- 2-Slippage of end anchore
انضغاط مخروط التثبيت نتيجة قوة الضغط المنقولة اليه
- 3-Friction
قوى الاحتكاك بين (metal tube) و الكابلات

Long term losses or final losses

- 1-Shrinkage of concrete
انضغاط الخرسانة نتيجة الانكماش
- 2-Creep of concrete
انضغاط الخرسانة نتيجة الزحف
- 3-Relaxation of steel
نقص الاجهاد فى الكابلات مع الزمن

Why do we use high strength steel in prestressed concrete?

نستخدم حديد ذو مقاومة شد عالية و ذلك نظرا لوجود الفواقد (*losses of prestressing*) والتي تقلل من الاجهاد فى الحديد و هذه الفواقد قد تصل الى $(200-300N/mm^2)$ لذلك يجب استخدام مقاومة شد عالية للتغلب على هذه الفواقد .

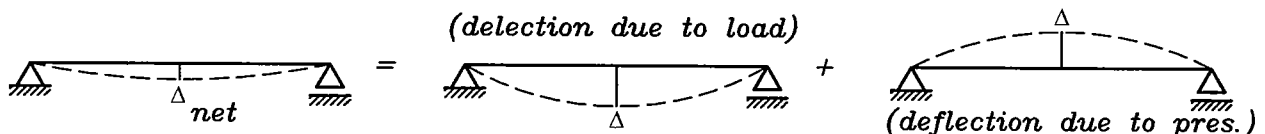
Why do we use concrete with high compressive strength in prestressed concrete?

نستخدم خرسانة ذات مقاومة ضغط عالية و ذلك لتقليل التغيرات الحجمية مثل الانكماش و الزحف و بالتالى نقل الفواقد (*Losses of prestressing force*) كذلك فان استخدام خرسانة ذات مقاومة ضغط عالية يقلل من أبعاد القطاع و بالتالى يقلل من وزن العنصر الخرسانى .

What are the advantages and disadvantages of prestressed concrete?

Advantages of prestressed concrete:

- ١- استخدام مواد ذات مقاومة عالية و بالتالى نقل ابعاد القطاع الخرسانى و بالتالى يقلل الوزن الكلى للمنشأ .
- ٢- نتيجة عدم وجود اجهادات شد (او اجهادات شد اقل من f_{ct}) فان القطاع بالكامل يقاوم الاجهادات المؤثرة عليه (*uncracked section*) بينما فى حالة الخرسانة غير سابقة الاجهاد فان جزء قليل من القطاع الخرسانى يقاوم اجهادات الضغط الواقعه عليه بينما حديد التسليح يقاوم اجهادات الشد الواقعة عليه (*cracked section*)
- ٣- نتيجة عدم وجود شروخ فان العنصر يكون اقل عرضة لصدا الحديد و العوامل الضارة بالخرسانة (*durability*)
- ٤- تقلل (*deflection*) لان (*prestressing force*) تسبب (*deflection*) لا على .

$$\text{net} = \text{(deflection due to load)} + \text{(deflection due to pres.)}$$


- ٥- نتيجة وجود (*prestressing force*) فانها تقلل من (*diagonal tension*)

⑨

و بالتالى نضع كانت اقل (*better shear resistance*)

٦- تعطى مقاومة عالية للكلال (fatigue) لذلك يفضل استخدامها فى الكبارى (heavy moving loads)

٧- تفضل فى حالة البحور الكبيرة (long spans) لأنها تكون (economic)
Disadvantages of prestressed concrete:

١- تحتاج الى (special stuff) فى التصميم و التنفيذ .

٢- التكلفة العالية لعناصره مثل (end anchore & cables) وكذلك الاضافات التى توضع فى الخرسانة حتى يكون لها مقاومة ضغط عالية .

What are transfer stage and working stages?

1- Transfer stage

وهى مرحلة تلى شد الكابلات مباشرة و تكون الاحمال الواقعة على الكمرة هى (dead loads) فقط و تكون القوة المنقولة الى الكمرة هى (P_i) بعد حدوث (initial losses)

2- Working stage

وهى مرحلة تتعرض فيها الكمرة لاقصى عزوم ممكنة من حالات التحميل المختلفة و تكون القوة المنقولة الى الكمرة هى (P_e) بعد حدوث (final losses) لذلك يتم عمل (check) على هاتين المرحلتين .

Why factor of safety of concrete at transfer stage is lower than factor of safety at working stage?

لان (transfer stage) مرحلة مؤقتة من عمر المنشا لذلك ناخذ (f.o.s.) اقل بينما حالة (working stage) هى المرحلة الدائمة من عمر المنشا لذلك ناخذ (f.o.s.) اكبر

What are the reasons for using longitudinal steel in prestressing concrete beams?

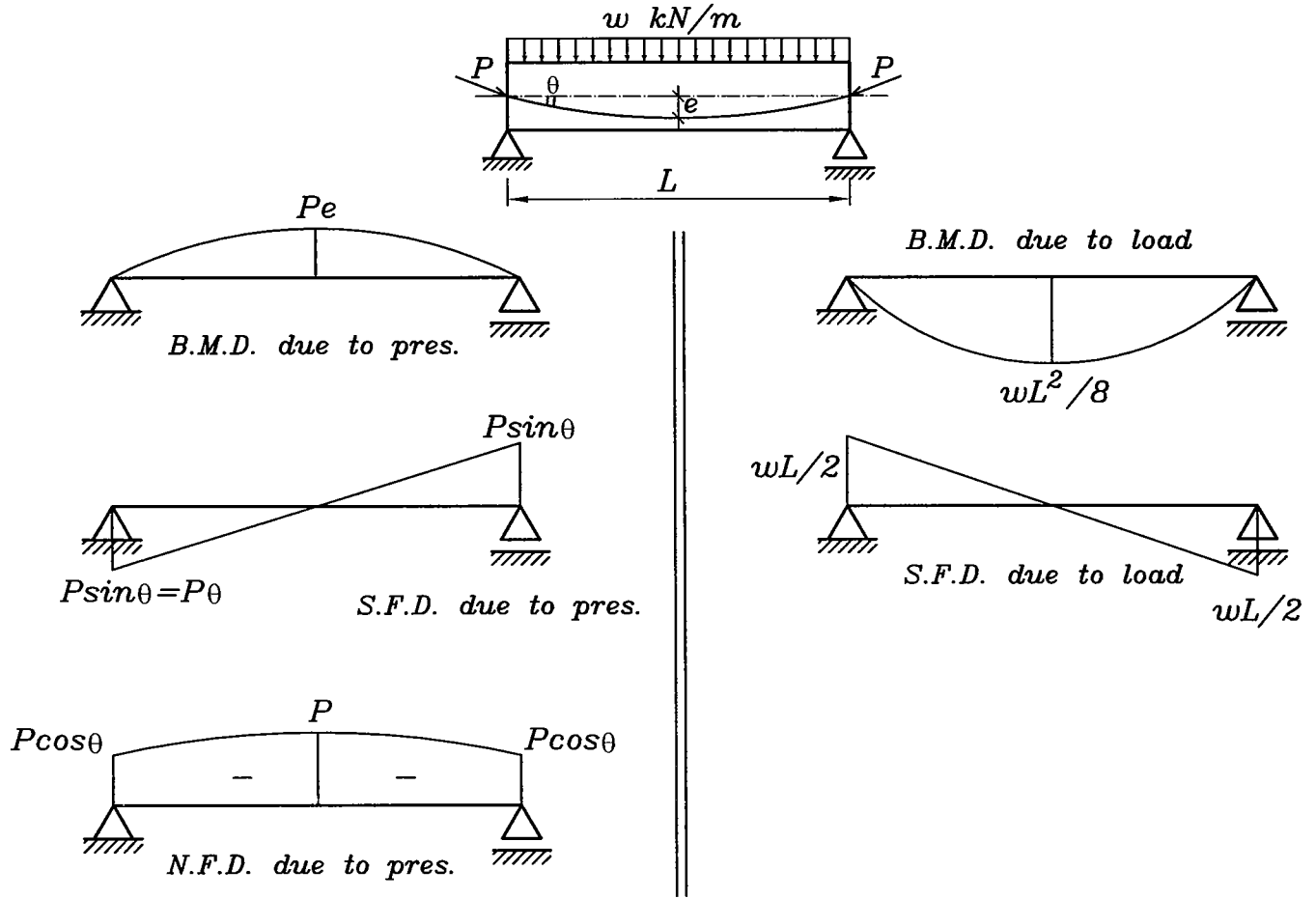
The egyptian code requires minimum longitudinal RFT. to :

- 1- increase moment capacity (M_R) of cross section.
- 2- resist the stresses due to shrinkage and creep.
- 3- improve the ductility of the prestressed member.

Internal forces due to prestressing

نختار (cable) بحيث يكون شكله هو نفس شكل (B.M.D.) الناتج عن الاحمال وذلك حتى يتكون عزم من (prestressing force) يلاشى او يقلل العزم الناتج عن (loads)

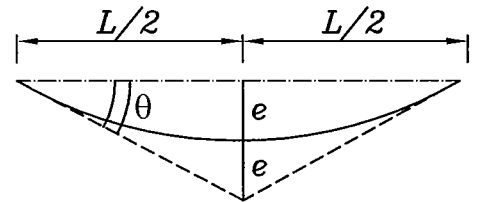
Simple beam with distributed load



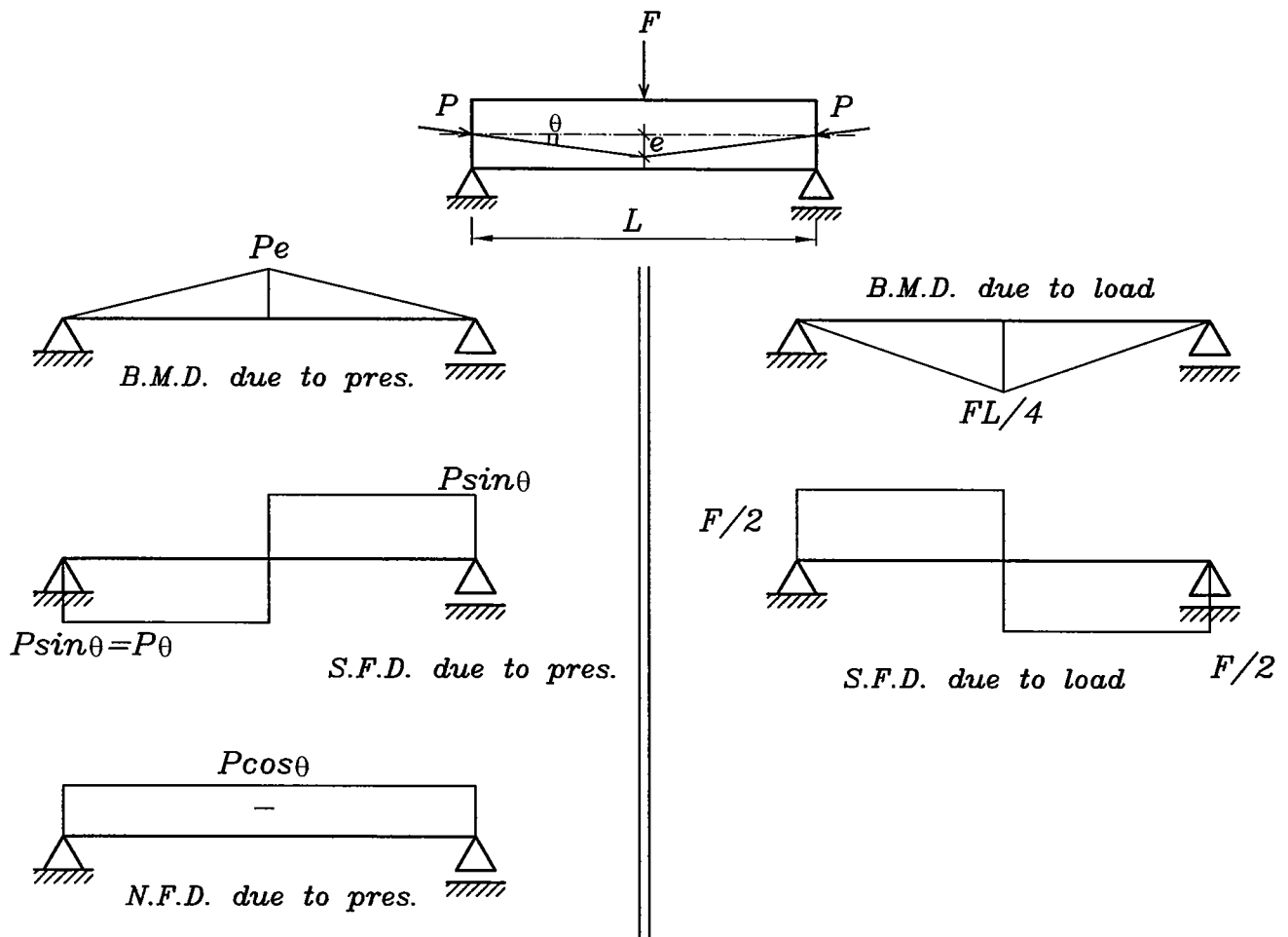
where: $\tan \theta = \frac{2e}{L/2} = \frac{4e}{L}$

∴ (θ) زاوية صغيرة

$\Rightarrow \sin \theta = \tan \theta = \theta = 4e/L$



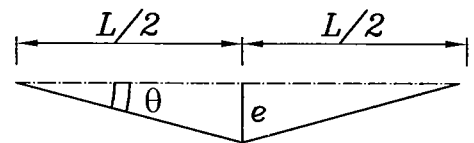
Simple beam with single concentrated load:



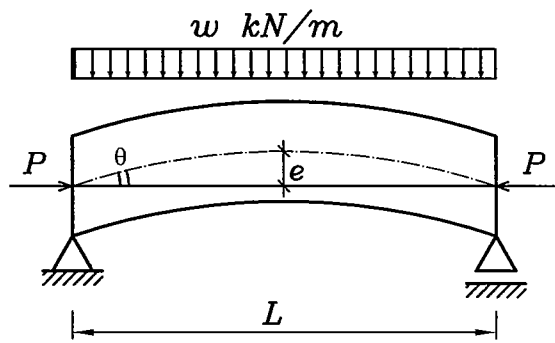
where: $\tan \theta = \frac{e}{L/2} = \frac{2e}{L}$

∴ زاوية صغيرة (θ)

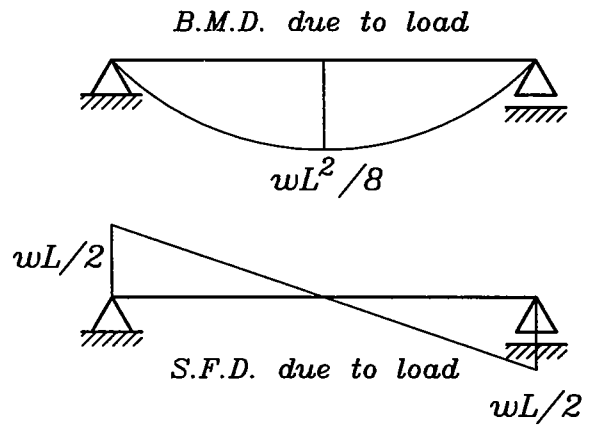
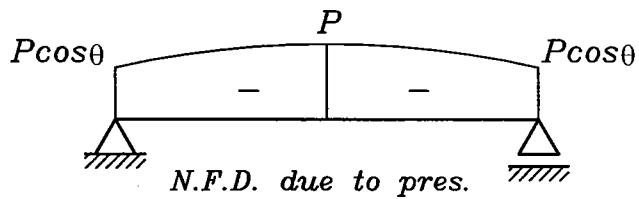
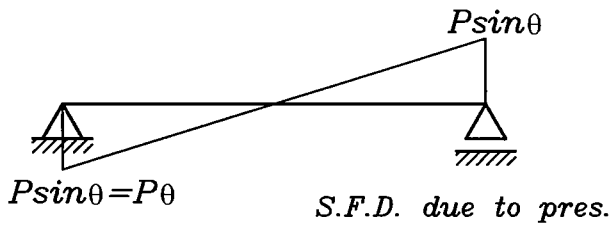
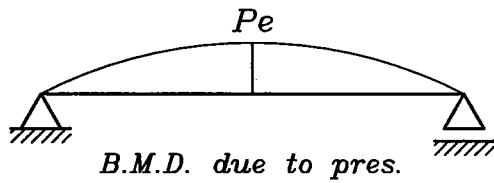
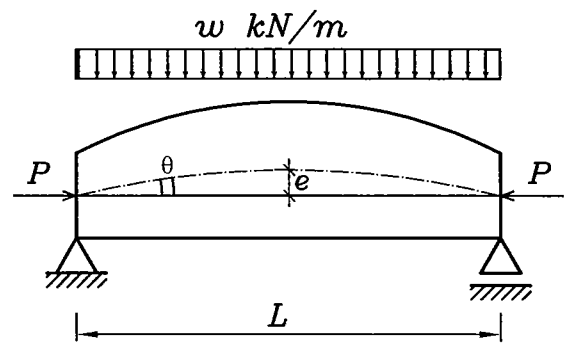
$$\Rightarrow \sin \theta = \tan \theta = \theta = 2e/L$$



Simple beam with distributed load



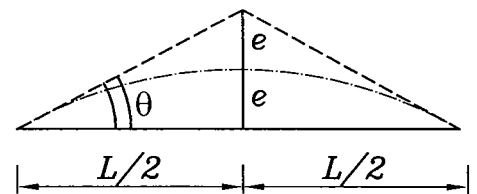
OR



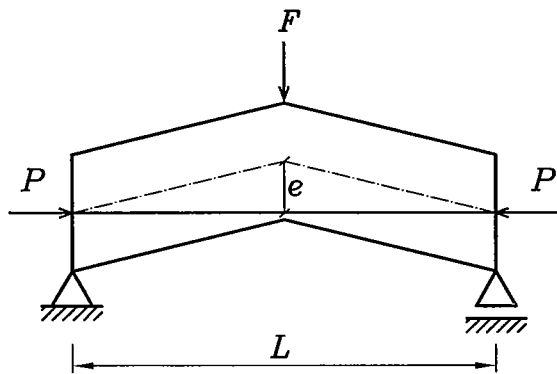
where: $\tan \theta = \frac{2e}{L/2} = \frac{4e}{L}$

\therefore زاوية صغيرة (θ)

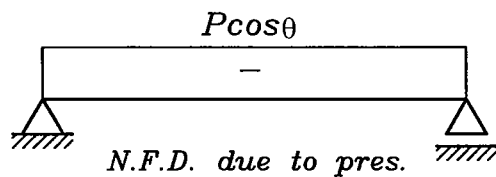
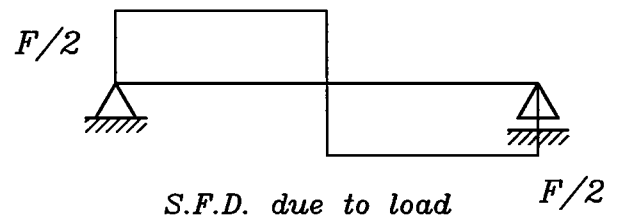
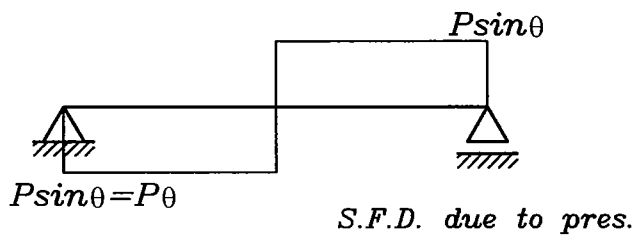
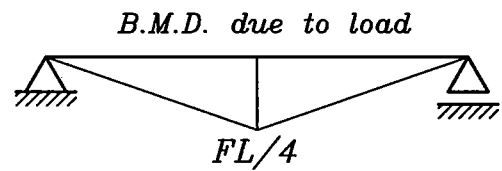
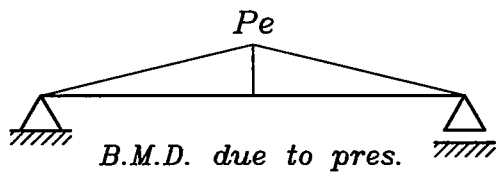
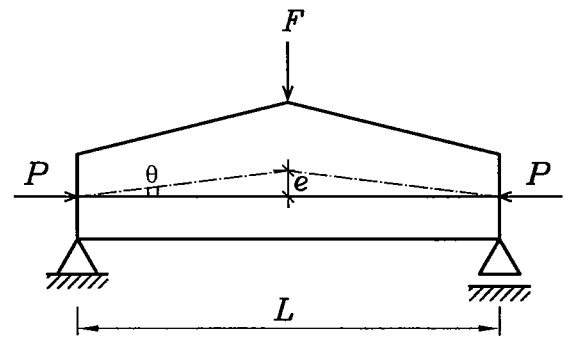
$\Rightarrow \sin \theta = \tan \theta = \theta = 4e/L$



Simple beam with single concentrated load:



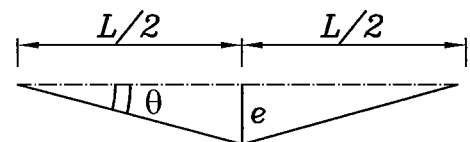
OR



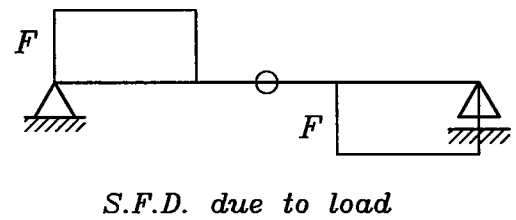
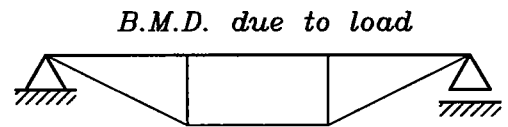
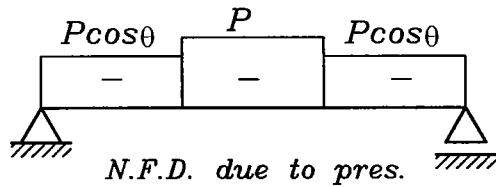
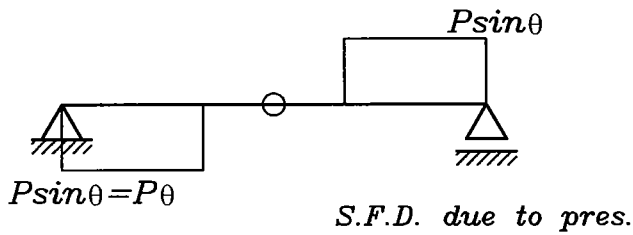
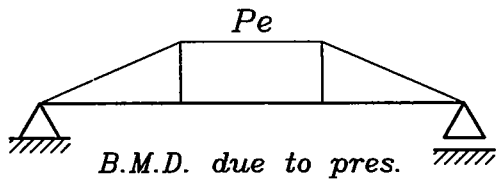
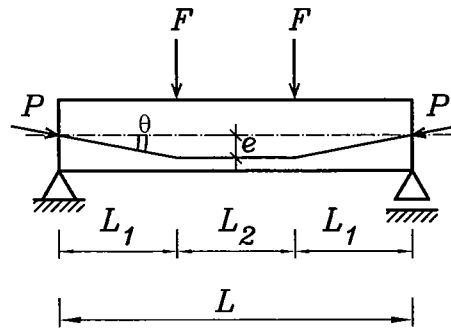
where: $\tan \theta = \frac{e}{L/2} = \frac{2e}{L}$

∴ (θ) زاوية صغيرة

$\Rightarrow \sin \theta = \tan \theta = \theta = 2e/L$



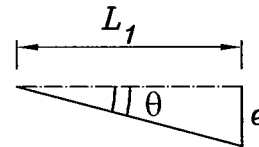
Simple beam with double concentrated loads:



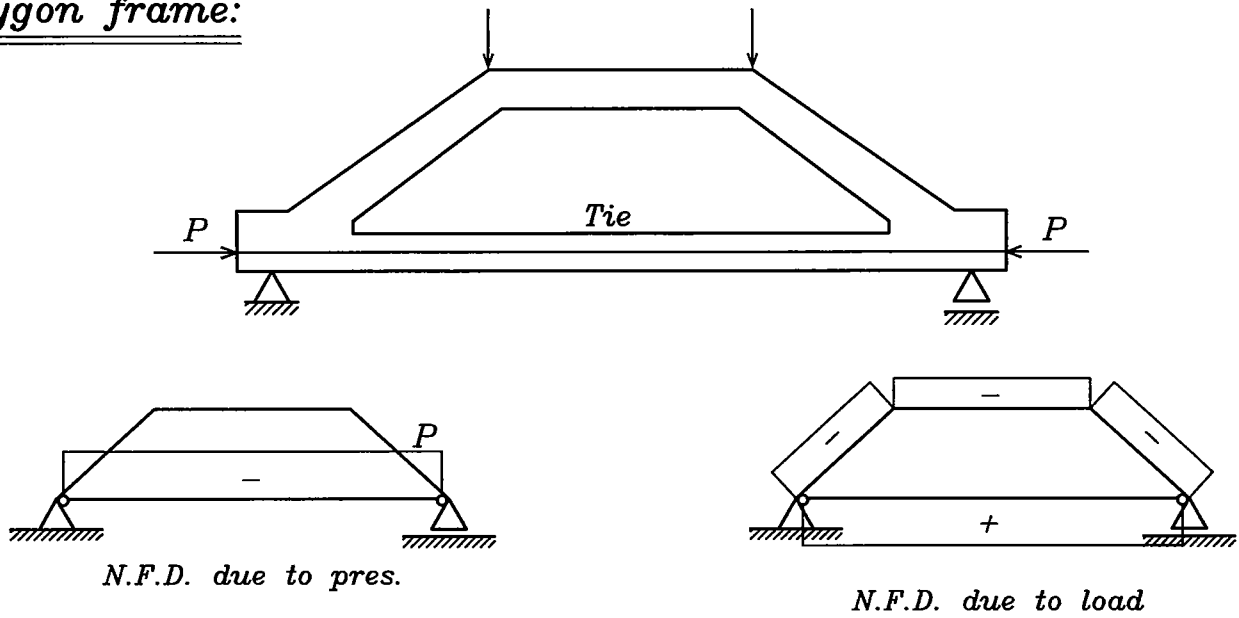
where: $\tan \theta = \frac{e}{L_1}$

∴ زاوية صغيرة (θ)

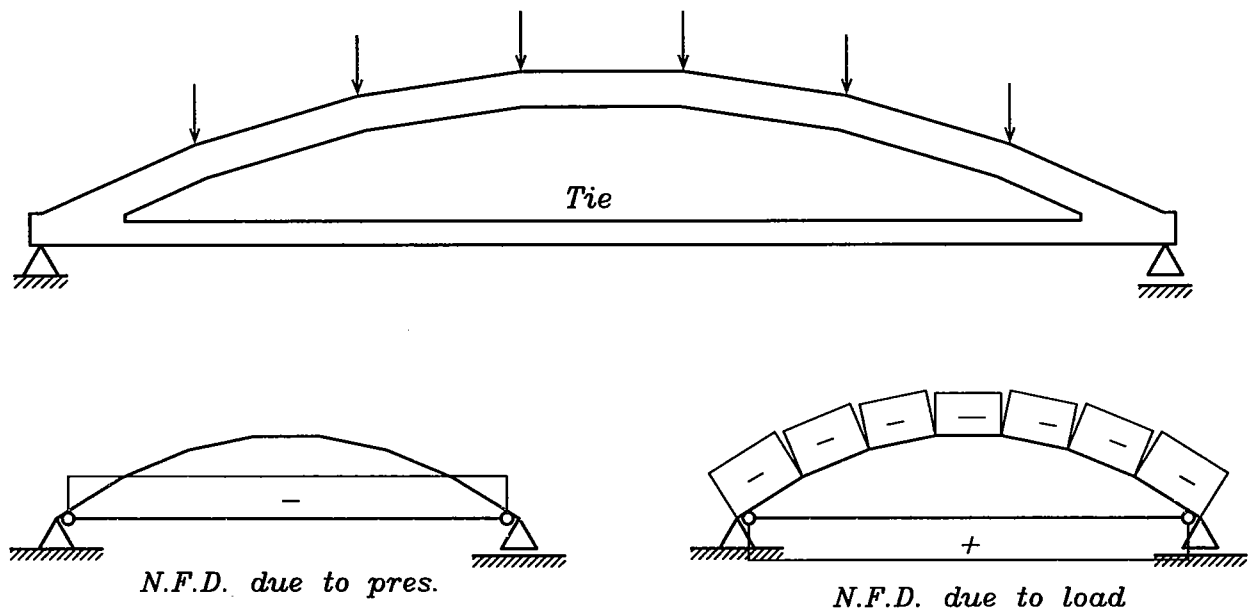
$$\Rightarrow \sin \theta = \tan \theta = \theta = \frac{e}{L_1}$$



Polygon frame:

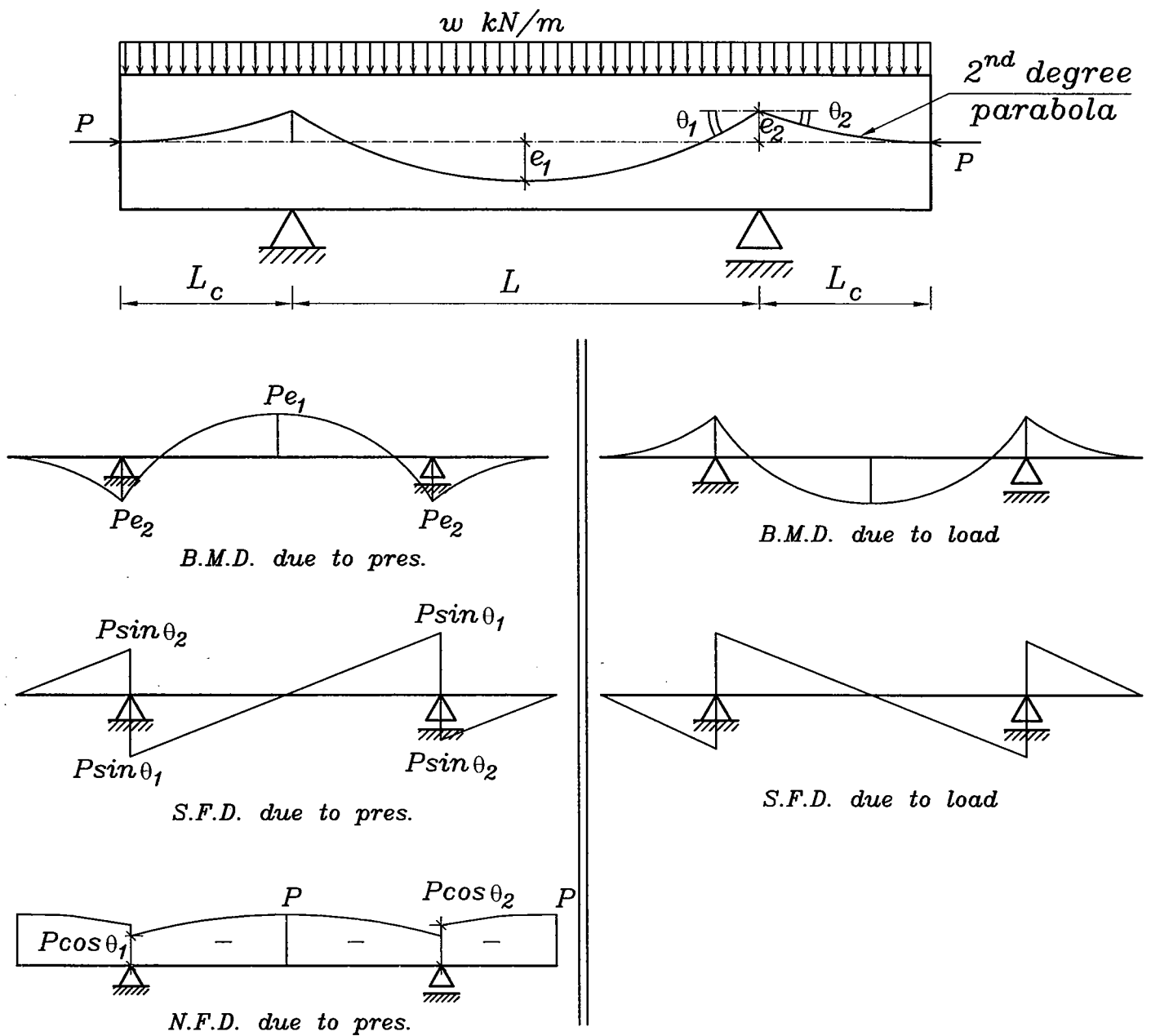


Arch girder:

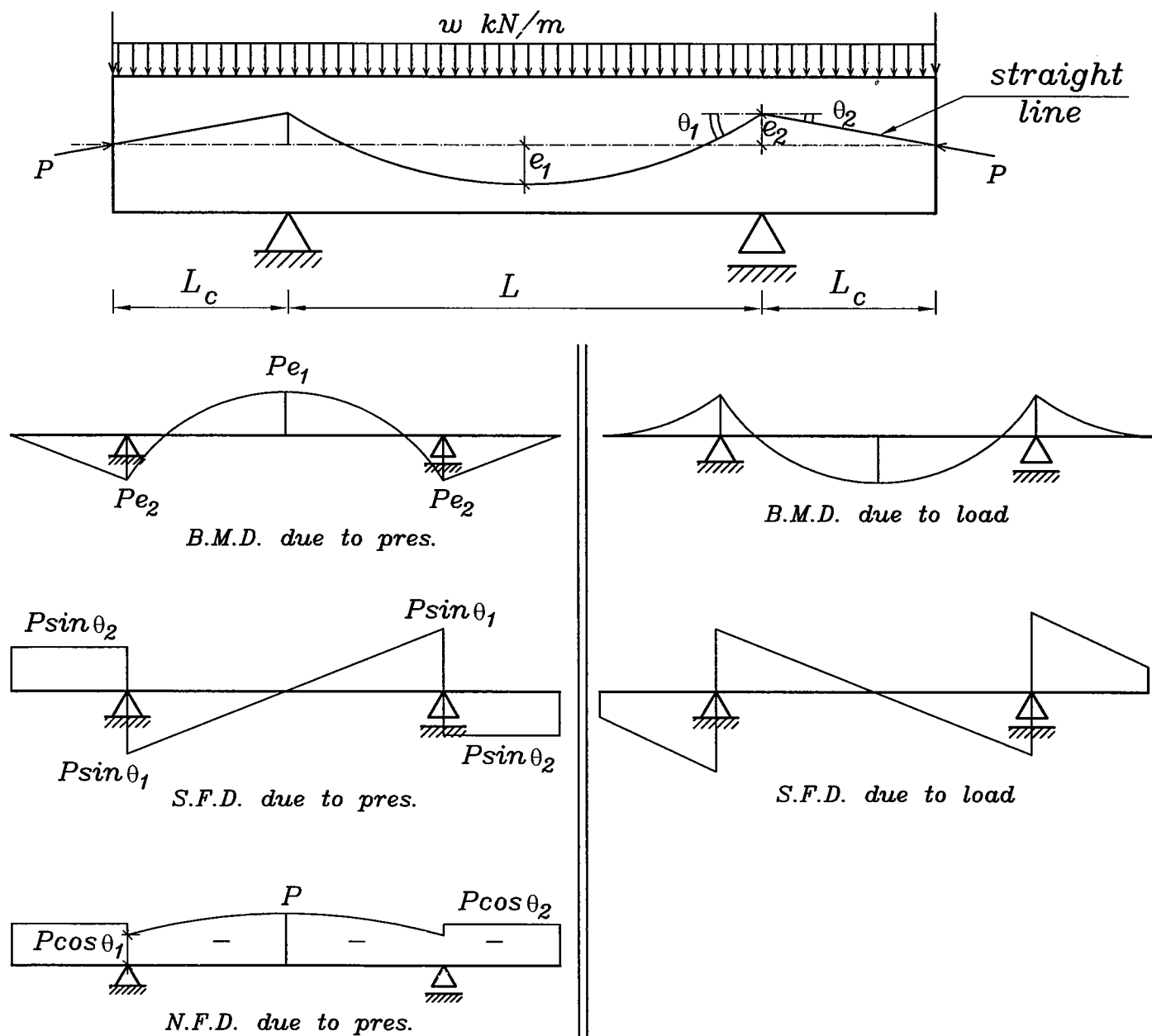


لاحظ ان (prestressing force) تكون في ال (tie) فقط لان باقى عناصر ال (polygon frame & arch girder) عليها (normal force compression)

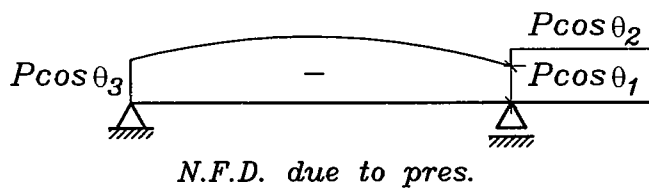
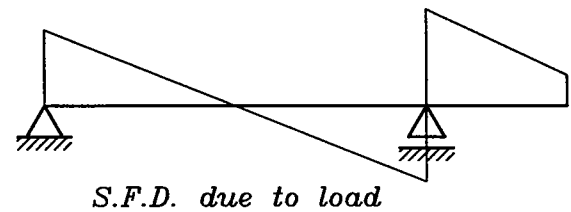
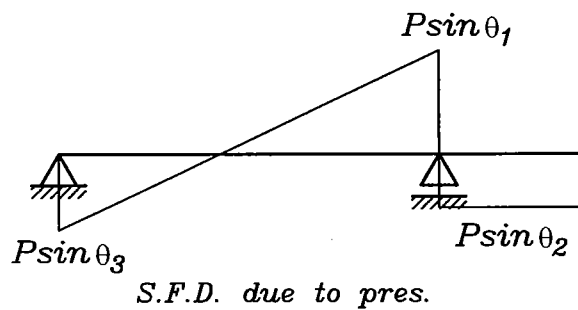
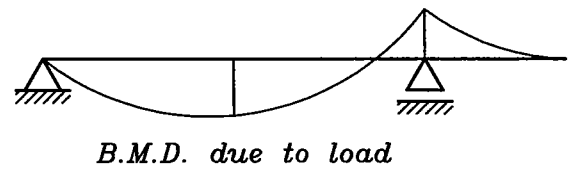
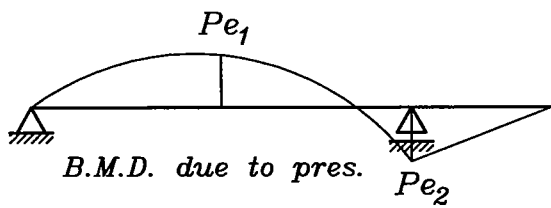
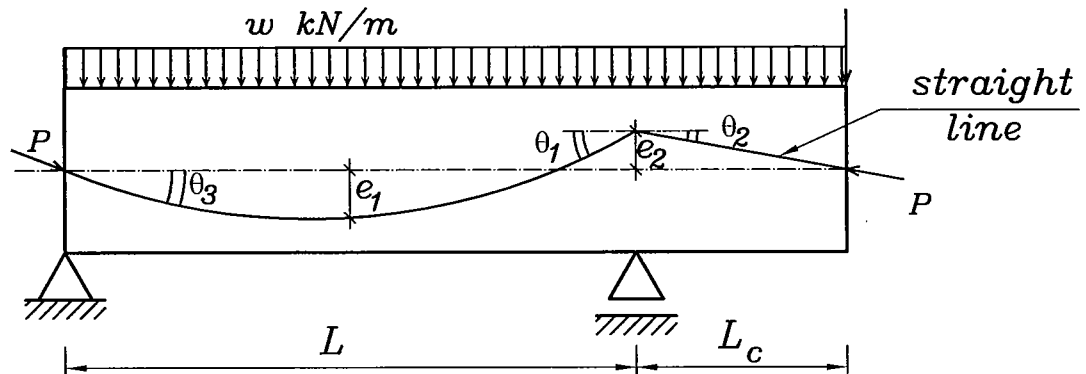
Simple beam with double cantilevers:



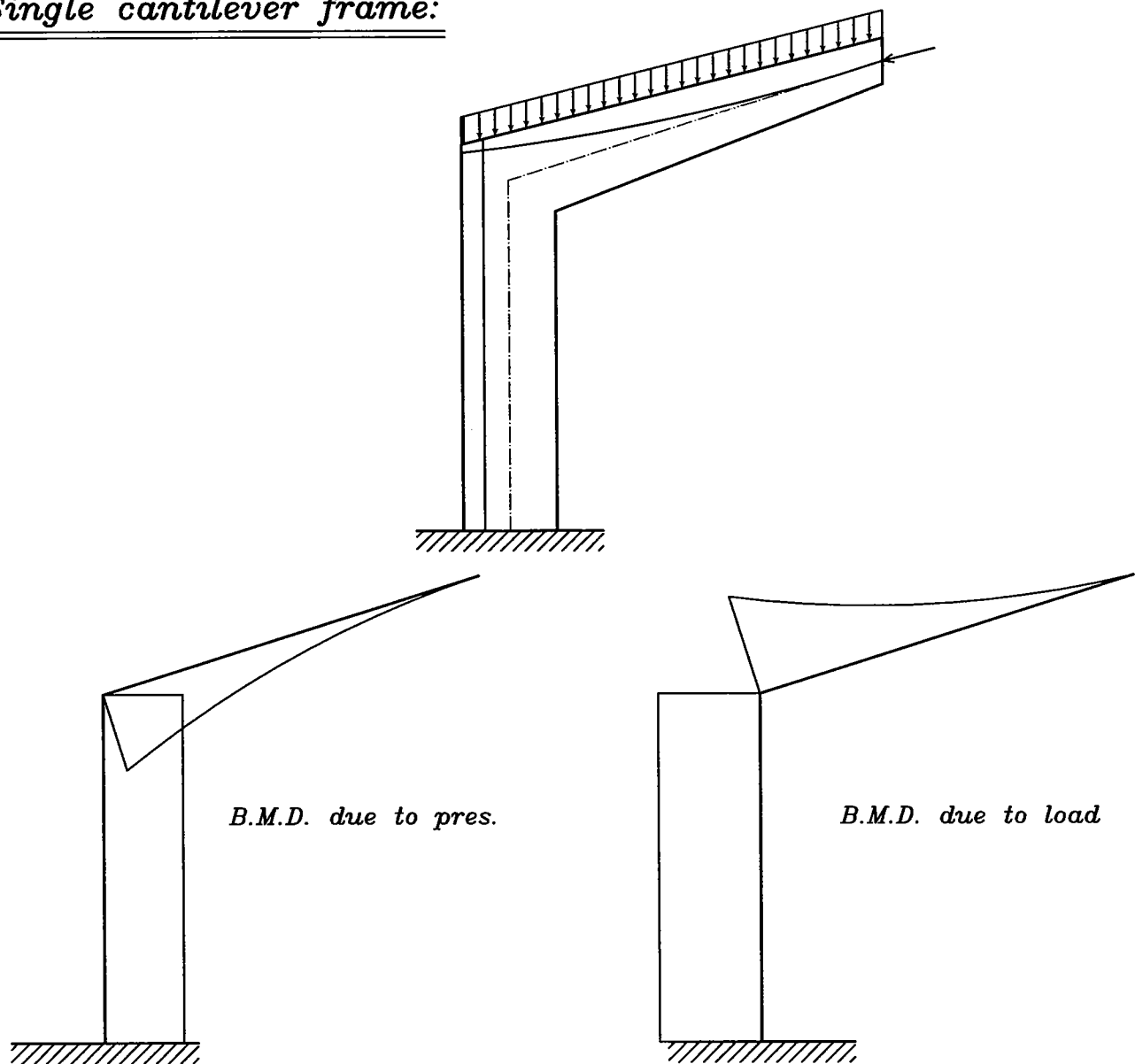
Simple beam with double cantilevers:



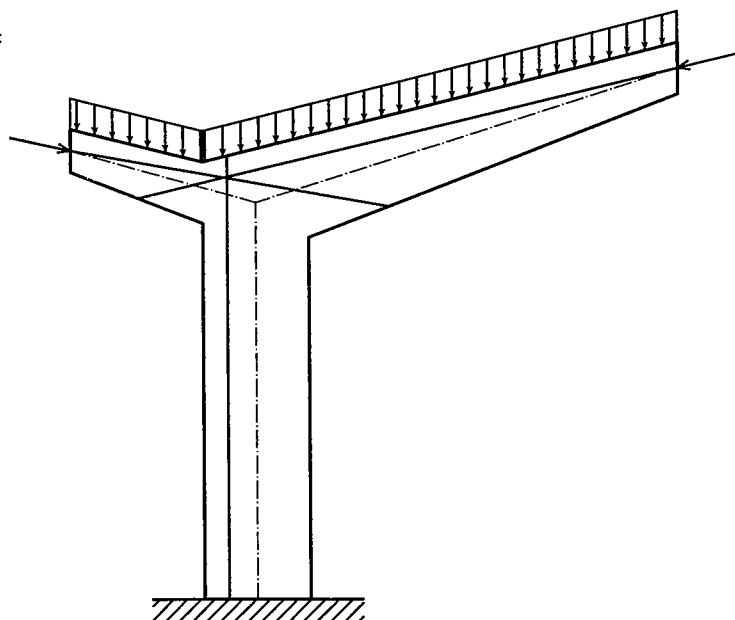
Simple beam with single cantilever:

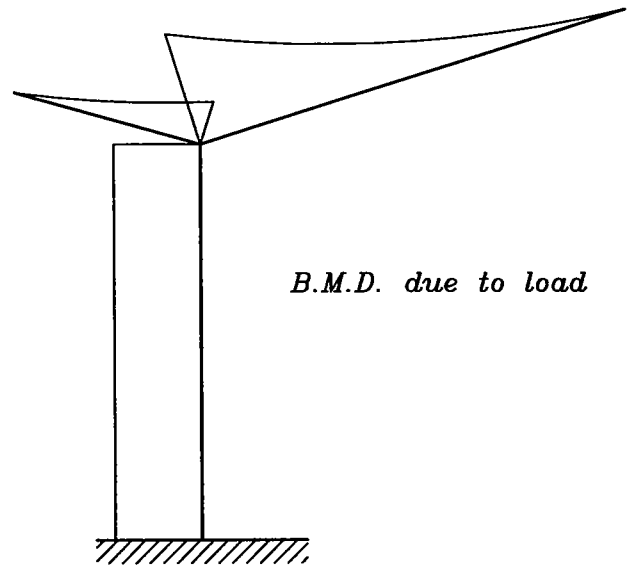
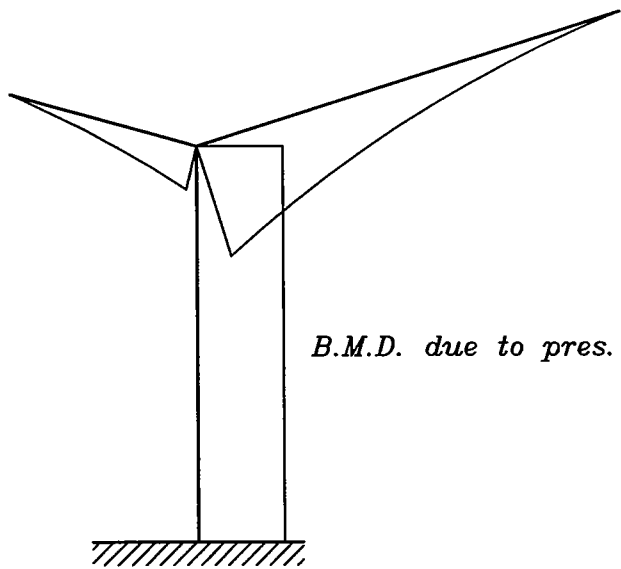


Single cantilever frame:

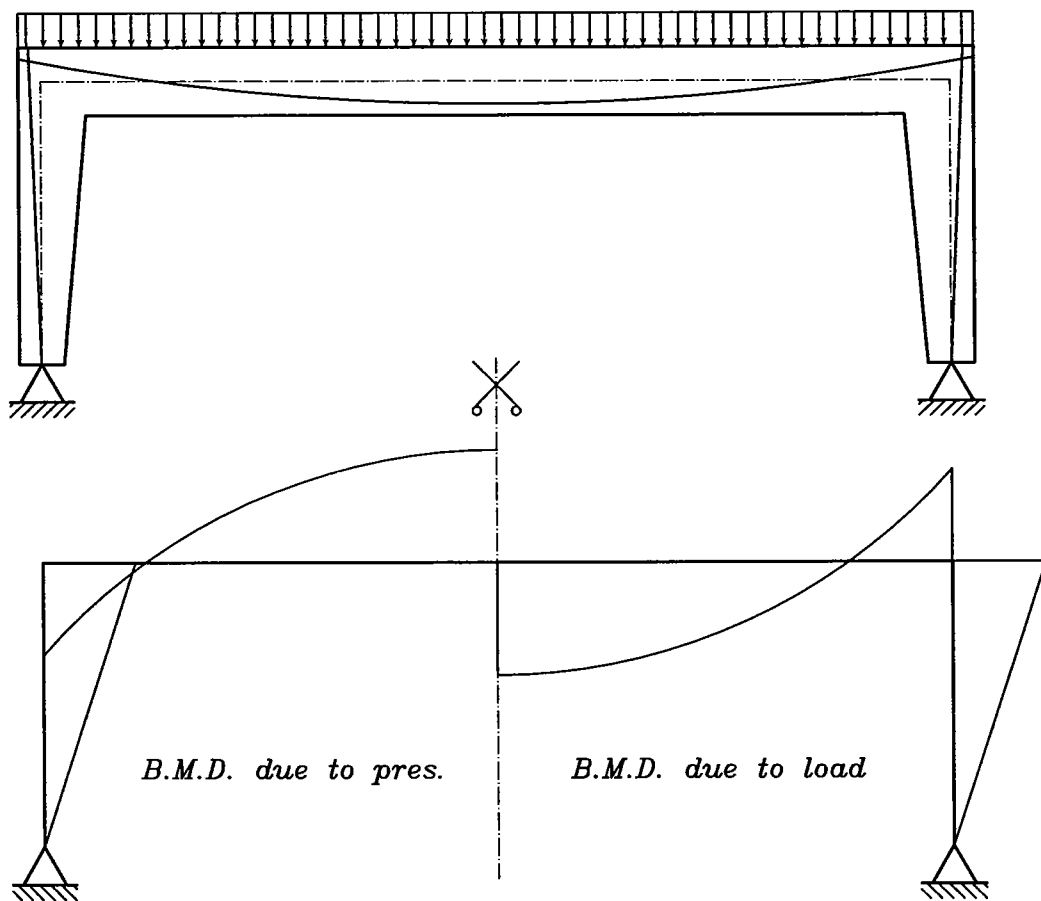


Double cantilever frame:

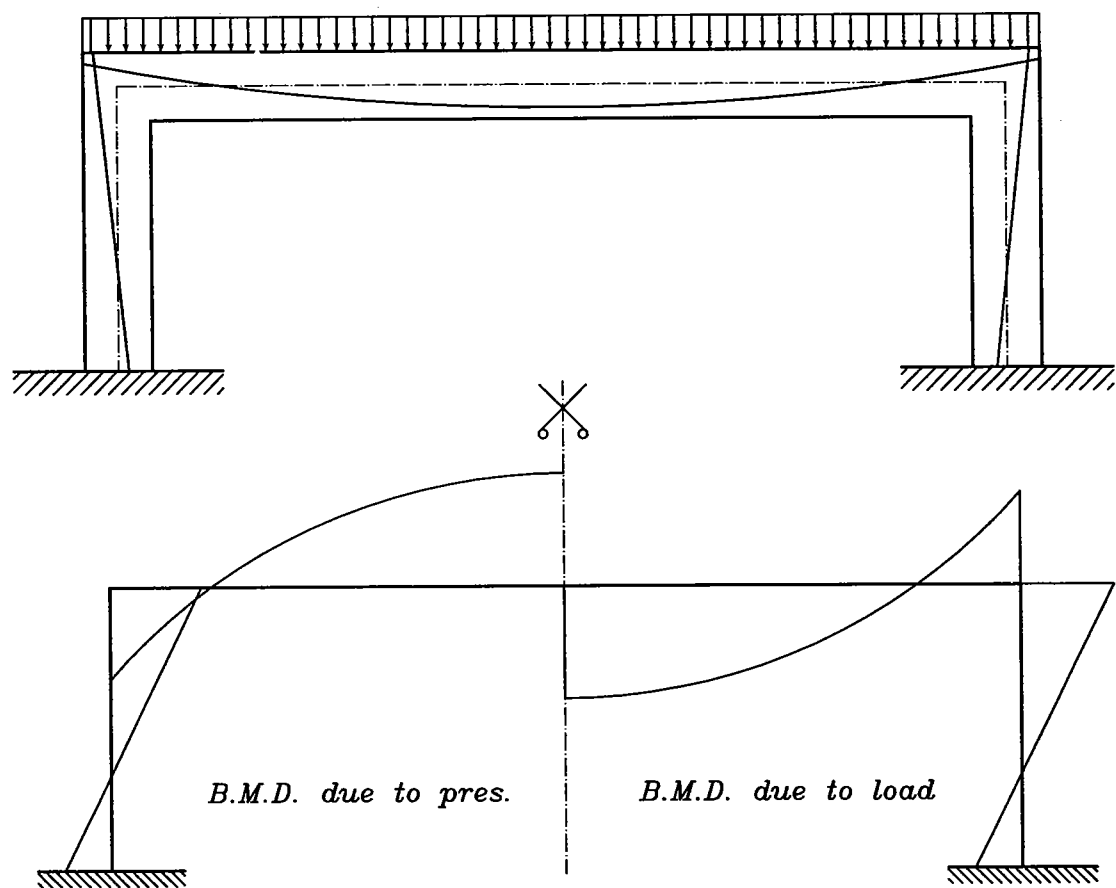




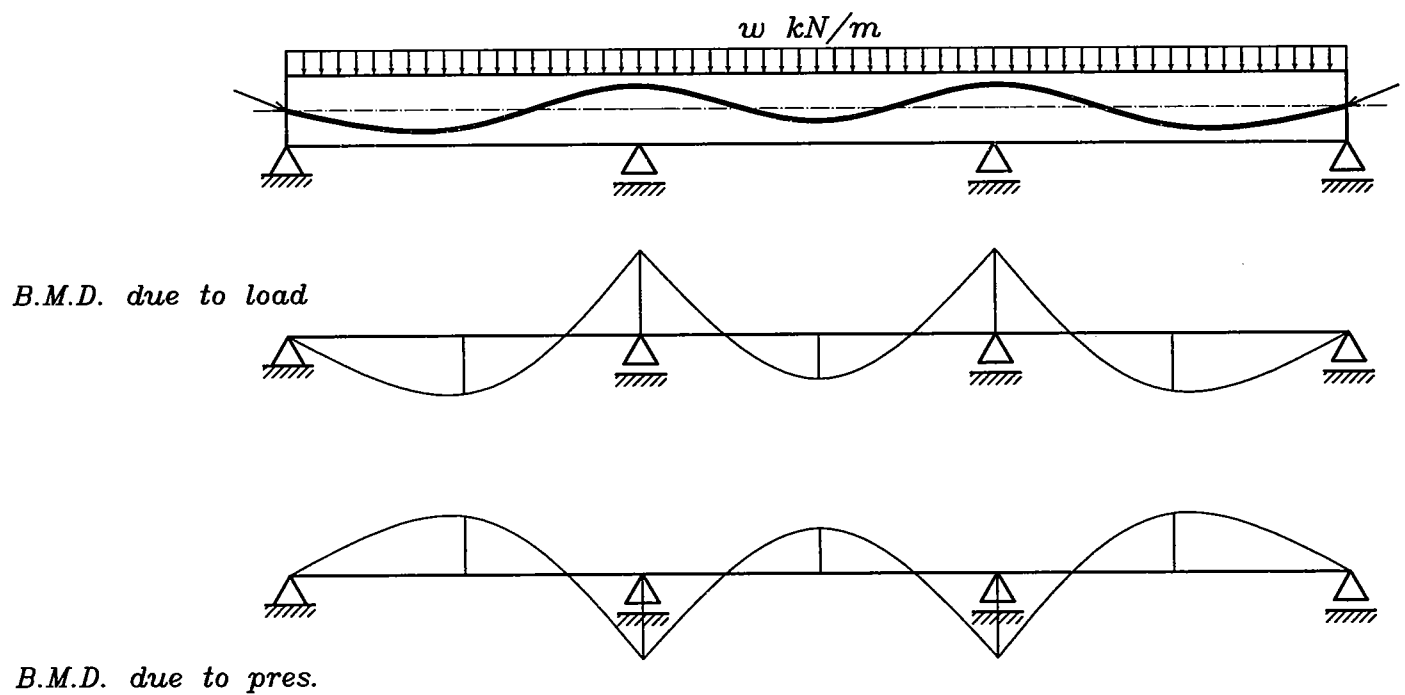
Two hinged frame:



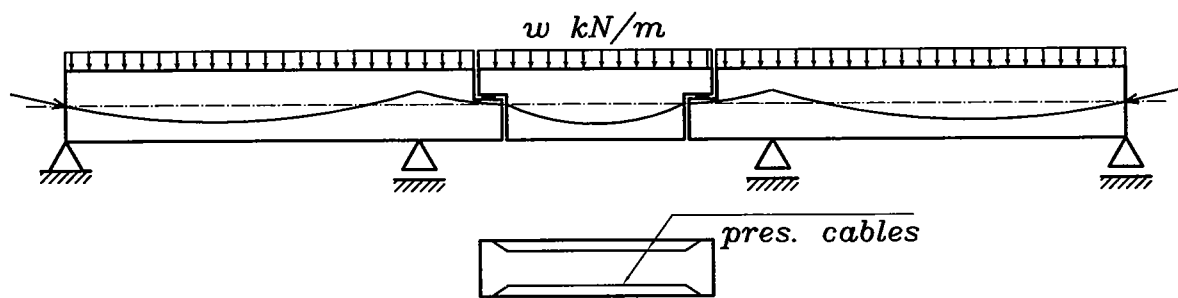
Fixed frame:



Continuous beam:

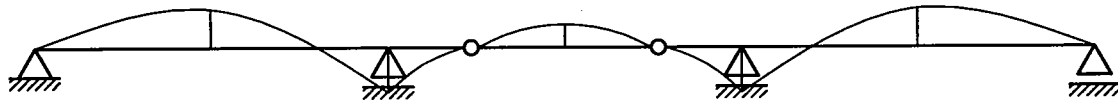
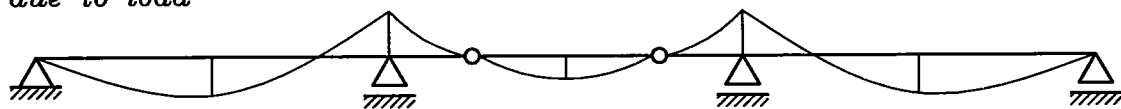


Continuous beam with floating bay:



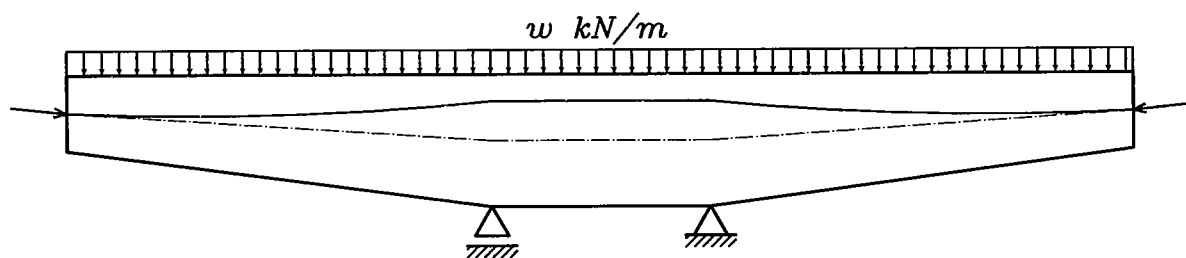
Plan of interior panel (floating bay)

B.M.D. due to load

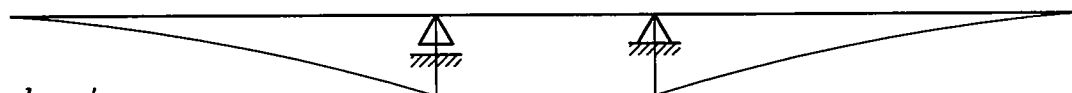
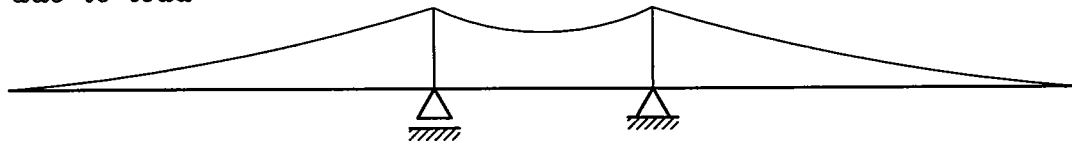


B.M.D. due to pres.

Simple beam with double cantilevers:



B.M.D. due to load



B.M.D. due to pres.