Behavior of Beams under Bending Moment only.

خواص الكمرات تحت تأثير عزوم الانحناء فقط

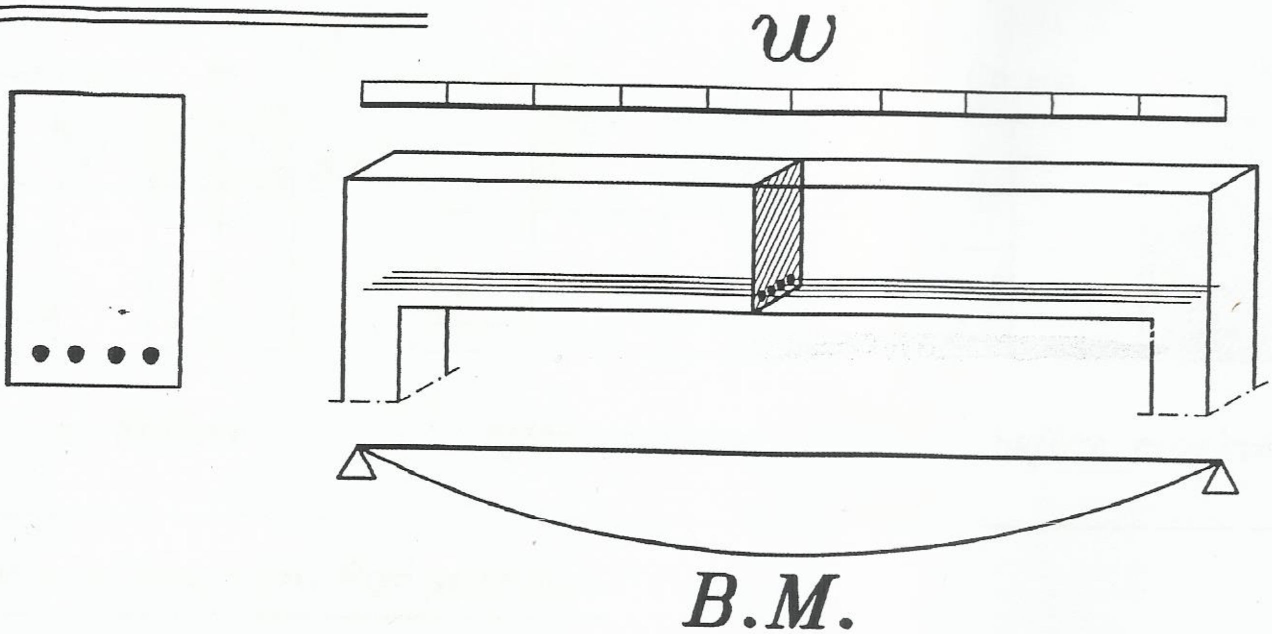
6/2

90

Part 1

$M_{cr.}$ & M_w

Introduction.



كثيرا ما نحتاج لحساب قوه تحمل قطاعات الكمره للعزوم المؤثره عليها .

أى نحتاج لحساب أكبر عزوم يستطيع القطاع تحملها فى الحالات المختلفه مثل :

1- ($M_{cr.}$) Cracking Moment

($M_{cr.}$) هو العزم الذى تبدأ عنده الخرسانه من جهه الشد فى التشرخ .

2- (M_w) Working Moment

(M_w) هو أكبر عزم مسموح به للكمرات الشغاله و الذى يجعلها *Just safe*

و اذا عرض القطاع لعزم أكبر من (M_w) يكون *unsafe* فى طريقه W.S.D.M.

Working Stress Design Method

3- (M_{ult}) Ultimae Moment.

(M_{ult}) هو أكبر عزم يتحمله القطاع و اذا تعرض القطاع لعزم أكبر ينهار .

4- ($M_{U.L.}$) Ultimae Limits Moment.

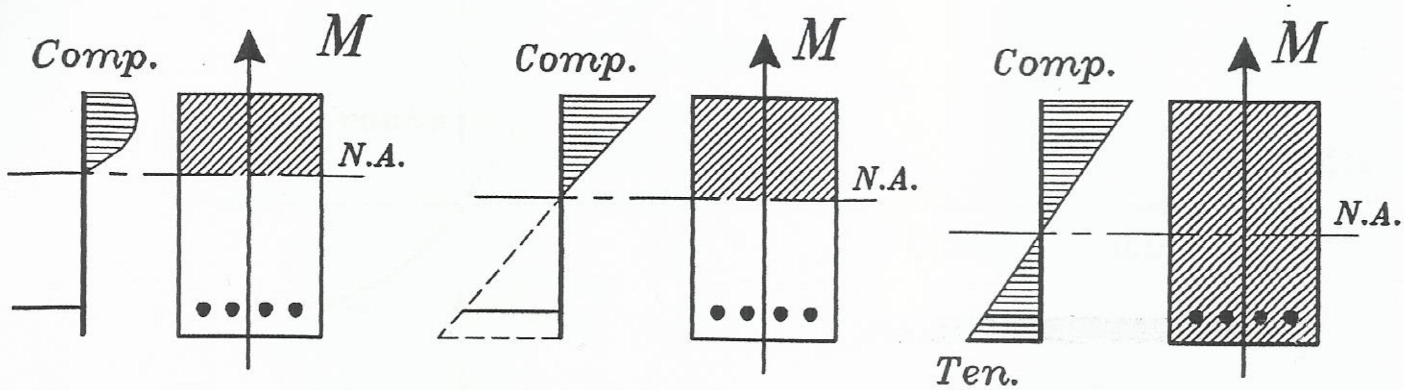
($M_{U.L.}$) هو أكبر عزم مسموح به للكمرات الشغاله و الذى يجعلها *Just safe*

و اذا عرض القطاع لعزم أكبر من ($M_{U.L.}$) يكون *unsafe* فى طريقه U.L.D.M.

Ultimae Limits Design Method

و لكى نستطيع أن نحسب العزوم التى يتحملها القطاع .
يجب أولا دراسه بعض خواص الخرسانه و الحديد المستخدمين فى القطاع .
و أيضا دراسه بعض الخواص الهندسيه للقطاع و معرفه بعض المبادئ الاساسيه للعناصر الانشائيه .

Stress Diagram For section under Bending Moment only.

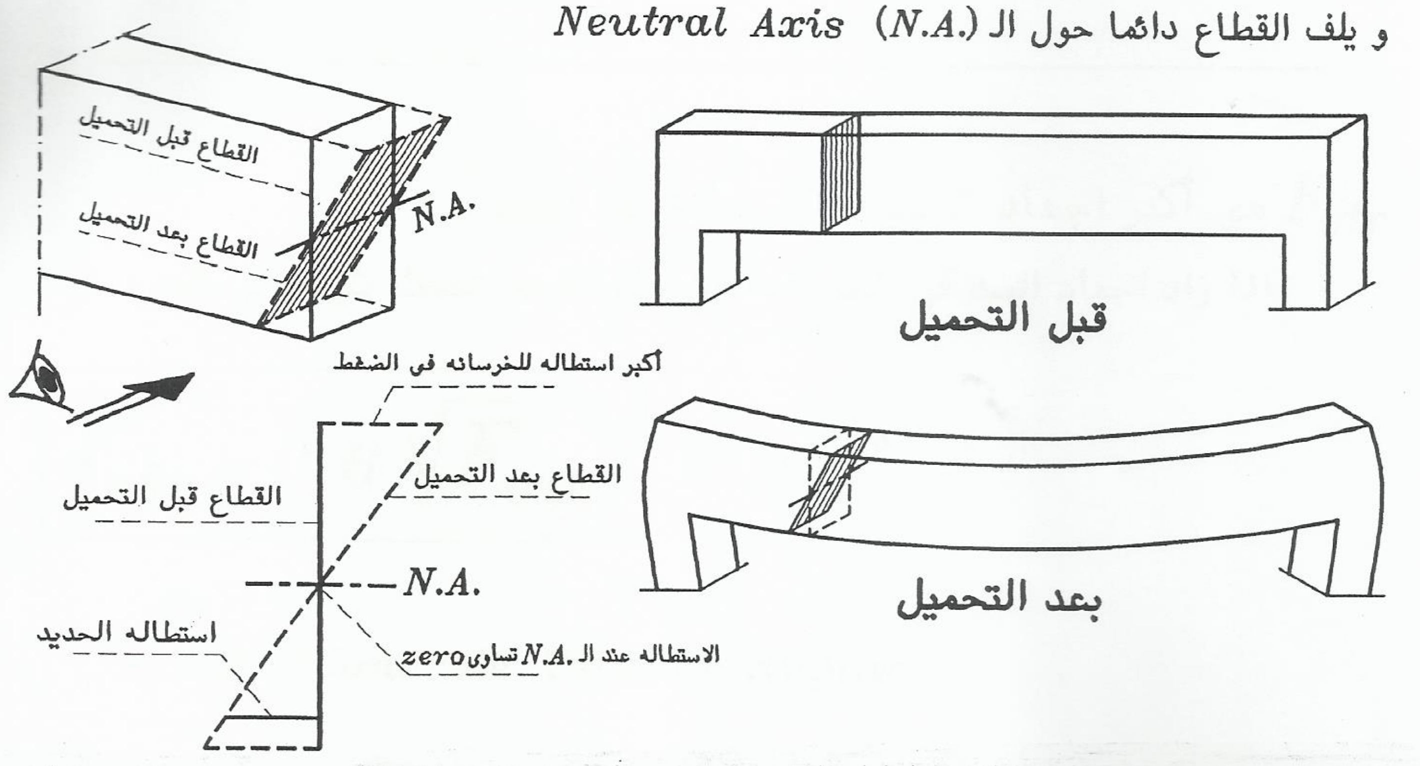


at Failure **after cracking** **before cracking**

Strain Diagram For sections.

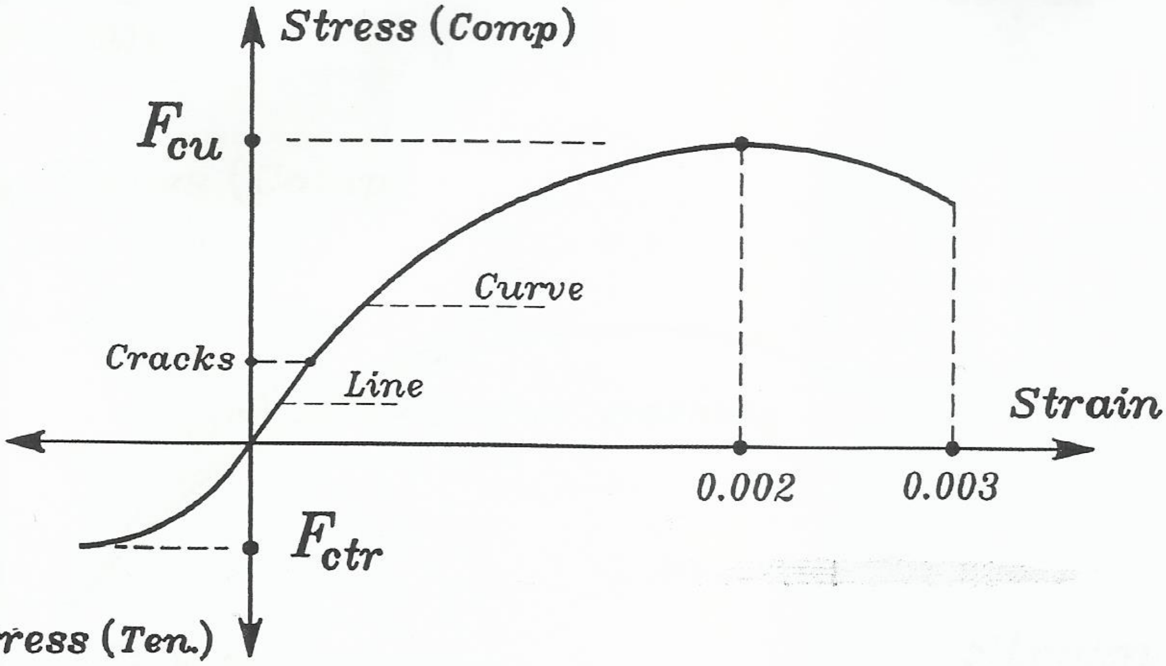
Elastic Theory.

هى نظريه تعتمد على أن شكل القطاع المستوى قبل تحميل الكمره يظل مستوى بعد التحميل .
و يلف القطاع دائما حول ال (N.A.) *Neutral Axis*



Strain Diagram.

Stress – Strain Curve For Concrete.



F_{cu} هى أكبر اجهاد تتحمله الخرسانه فى الضغط

و تتوقف قيمتها على تصميم الخلطه الخرسانيه .

رتبه الخرسانه							
F_{cu} $(N\backslash mm^2)$	18	20	25	30	35	40	45

F_{ctr} هى أكبر اجهاد تتحمله الخرسانه فى الشد .

واذا زاد اجهاد الشد فى الخرسانه عن هذه القيمه تحدث شروخ فى الخرسانه.

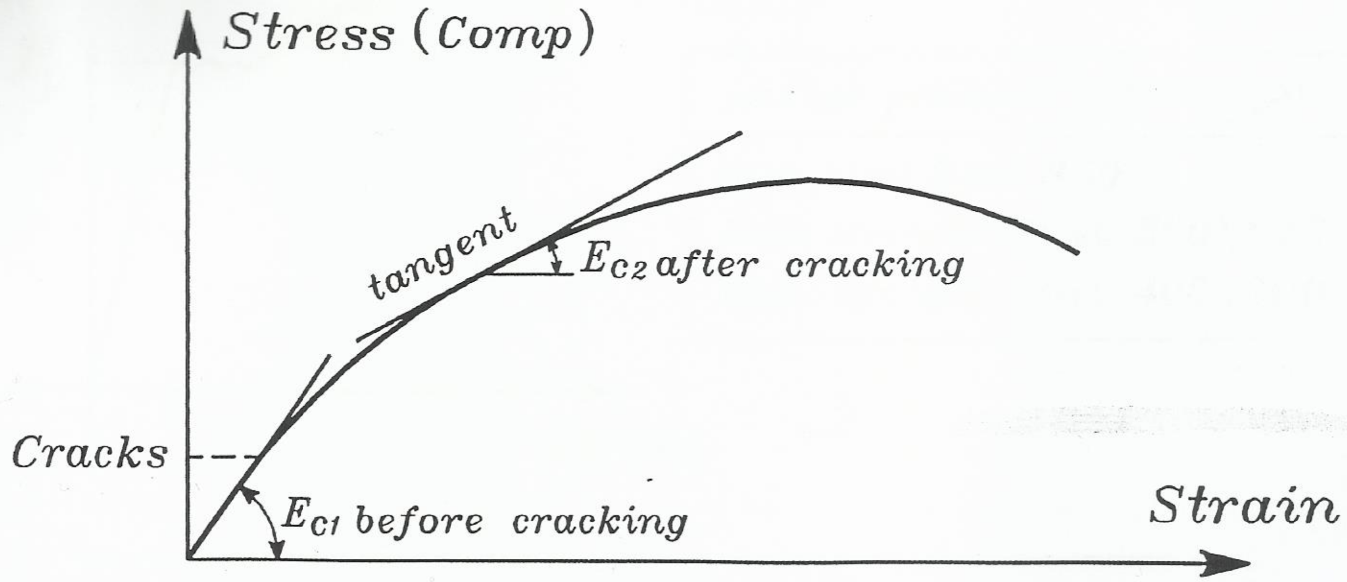
$$\boxed{F_{ctr} = 0.6\sqrt{F_{cu}}} \quad N\backslash mm^2$$

F_{ctr} (Concrete Tension Rupture)

Modules of elasticity of Concrete. (E_c)

$E = \dfrac{stress}{strain}$

معاير مرونه الخرسانه



$$\boxed{E_{C_1} = 4400\sqrt{F_{cu}}}\ N\backslash mm^2$$

E_{C_1} = modules of elasticity of concrete before craking.

و هو عباره عن ميل خط ال stress-strain curve قبل التشرخ .

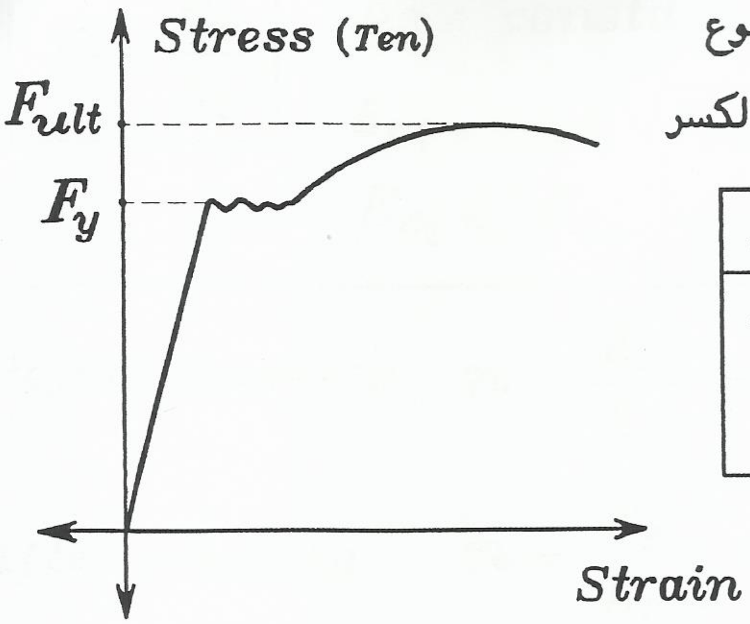
E_{C_2} = modules of elasticity of concrete after craking.

و هو عباره عن ميل المماس لل curve عند أى نقطه بعد التشرخ .

و لا يوجد لها معادله هى فقط ميل مماس ال curve عند النقطه المحسوب عندها E

$$\boxed{E_{C_2} < E_{C_1}}$$

Stress–Strain Curve For Steel in Tension.



اجهاد الخضوع yield stress (F_y)

اجهاد الكسر ultimate Stress (F_{ult})

انواع الحديد المستخدم فى مصر
Mild Steel 240\350
High strength Steel. 360\520
High strength Steel. 400\600

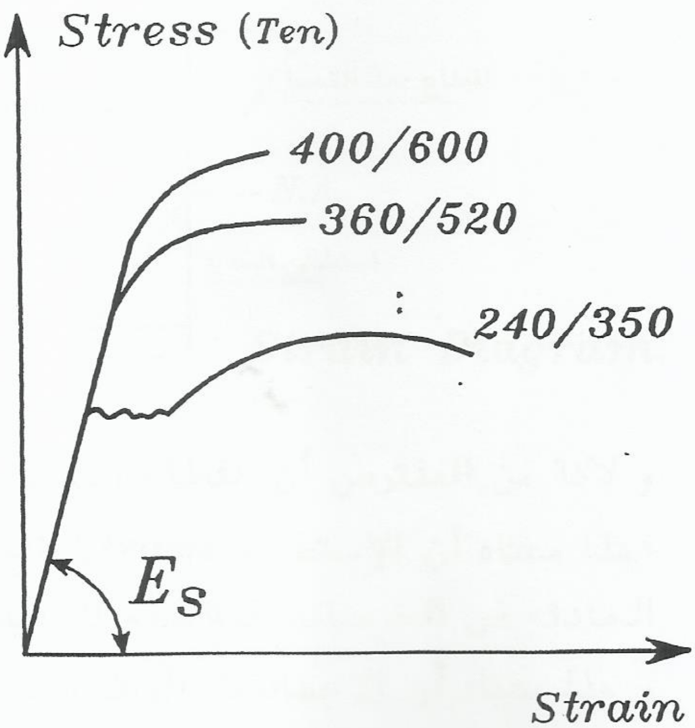
Modules of elasticity of Steel. (E_s)

معاير مرونه الحديد

For all types of steel

$\boxed{E_S = 2 * 10^5}$ $N\backslash mm^2$

E_S (Young's Modules)



Modular Ratio (n)

$$\boxed{n = \frac{E_s}{E_c}}$$

$E_s = constant = 2 * 10^5 \; N\backslash mm^2$

$E_{c1} = 4400 \sqrt{F_{cu}} \; N\backslash mm^2$ --- before cracking

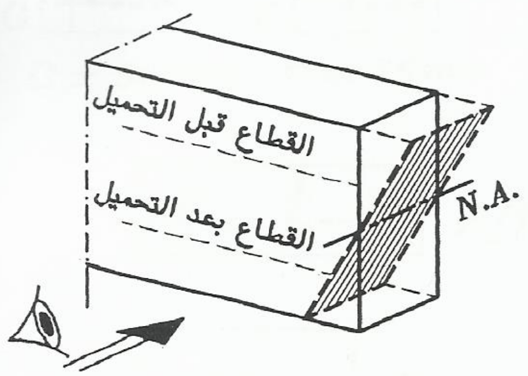
$E_{c2} < E_{c1}$ --------------- after cracking

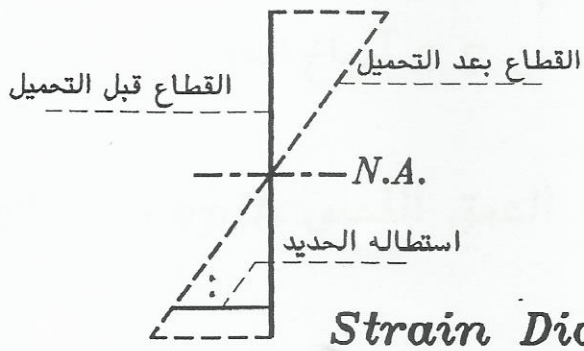
Before cracking $\quad n = \dfrac{E_s}{E_{c1}} = \dfrac{2 * 10^5}{4400 \sqrt{F_{cu}}} \simeq 10$

After cracking $\quad n = \dfrac{E_s}{E_{c2}} \simeq 15$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{(stress \backslash strain)\, steel.}{(stress \backslash strain)\, conc.} = 10$$

و معناه إنه إذا حدث للحديد نفس الإستطاله الحادثه للخرسانه سوف يكون على الحديد إجهادات (n) مره الإجهادات الواقعه على الخرسانه.



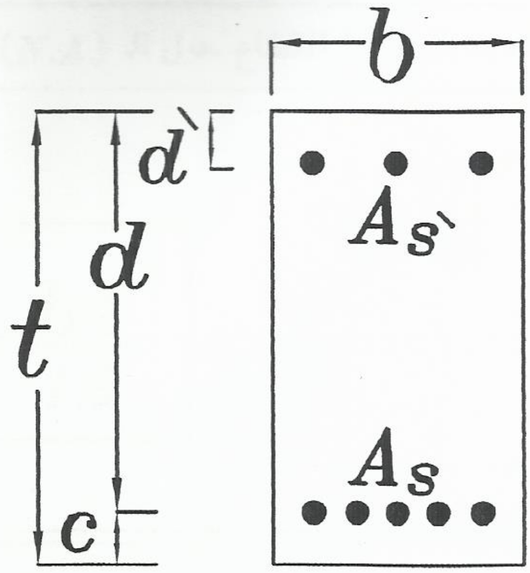


Strain Diagram.

و لأنة من المفترض أن القطاع المستوى قبل التحميل يظل مستوى بعد التحميل فهذا معناه أن الإستطاله $Strain$ الحادثه فى الحديد هى نفس الإستطاله الحادثه فى الخرسانه الملاصقه للحديد.

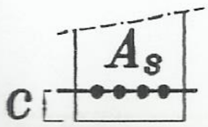
و هذا معناه أن الاجهادات الواقعه على الحديد تساوى (n) مره الاجهادات الواقعه على الخرسانه الملاصقه له.

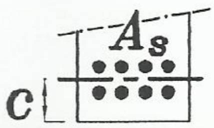
Important Symbols. رموز هامه



Width عرض القطاع $= b$

Depth عمق القطاع $= t$





$C \simeq 50\,mm$ $\quad C \simeq 75\,mm$

Tension cover غطاء حديد الشد $= C$

و يحسب من C.G. أسياخ الحديد

$\boxed{d = t - c}$ *Effective depth* العمق الفعلى $= d$

$\boxed{d' \simeq 50\,mm}$ *Compression cover* غطاء حديد الضغط $= d'$

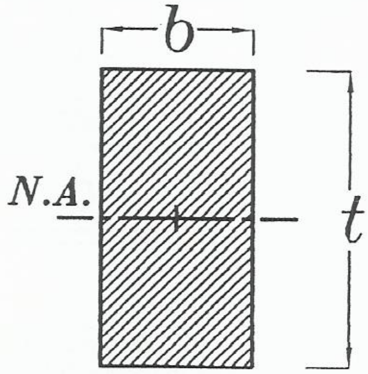
Area of tension steel مساحه حديد الشد $= A_s$

Area of compression steel مساحه حديد الضغط $= A_s'$

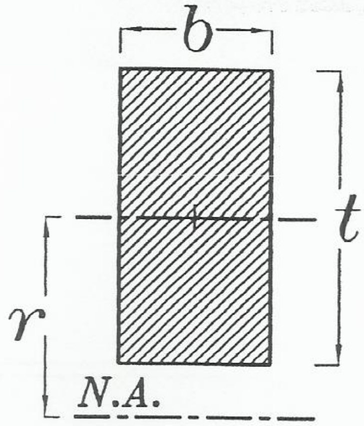
Moment of Inertia.

ملحوظه دائما نحسب ال *Inertia* (I) للقطاع حول ال *Neutral Axis* (N.A.)

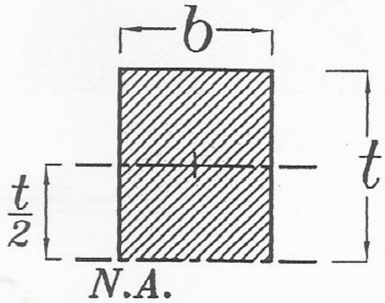
$$\boxed{I = \frac{b\,t^3}{12}}$$



$$\boxed{I = \frac{b\,t^3}{12} + (b\,t)\,(r)^2}$$

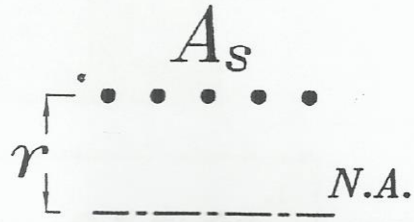


$$\boxed{I = \frac{b\,t^3}{3}}$$



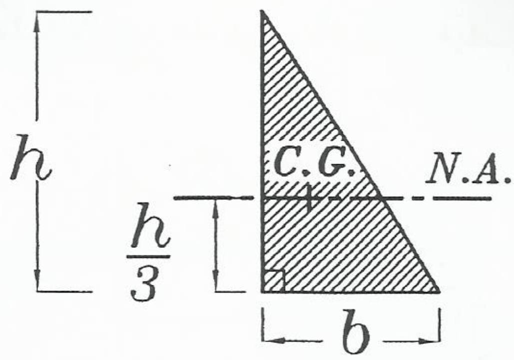
For Steel Bars.

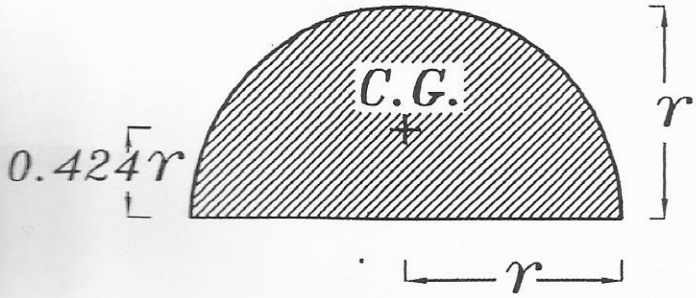
$$\boxed{I = A_s\,(r)^2}$$

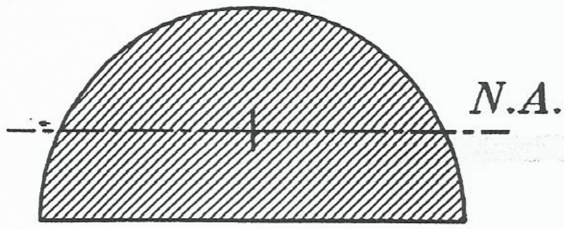


Special Cases.

$$I_X = \frac{b\,h^3}{36}$$

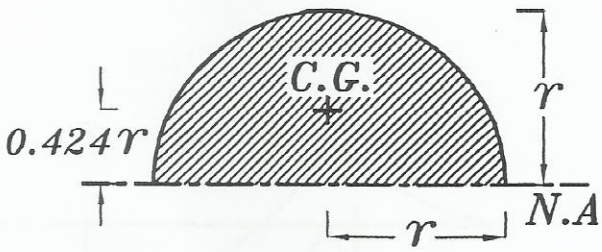


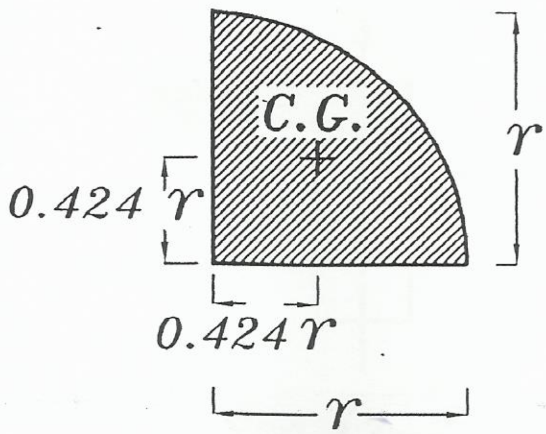


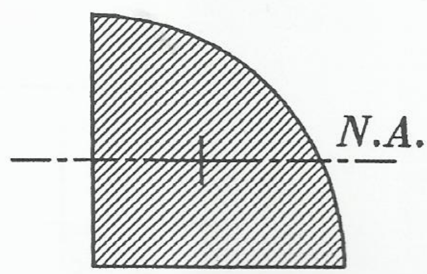


$$I = 0.11\,r^4$$

$$I = 0.11\,r^4 + \left(\frac{\pi r^2}{2}\right)\left(0.424\,r\right)^2$$



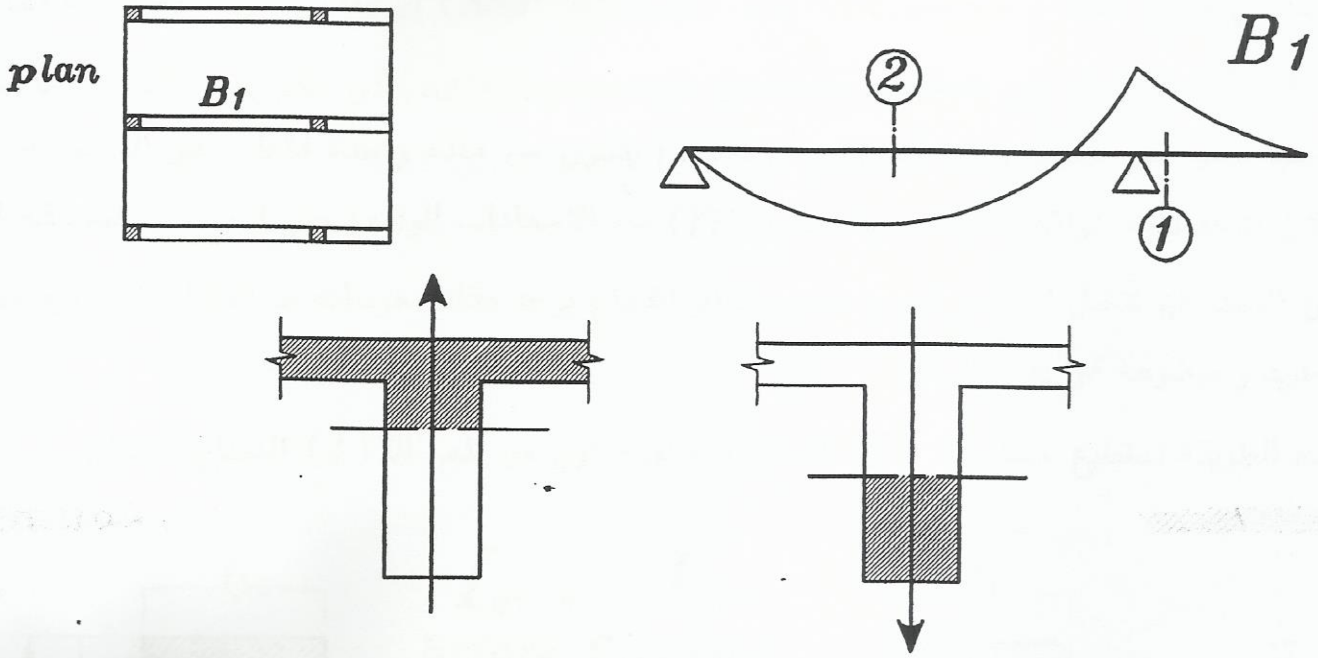




$$I_X = 0.055\,r^4$$

Tupes of Sections. R–Sec., T–Sec., L–Sec.

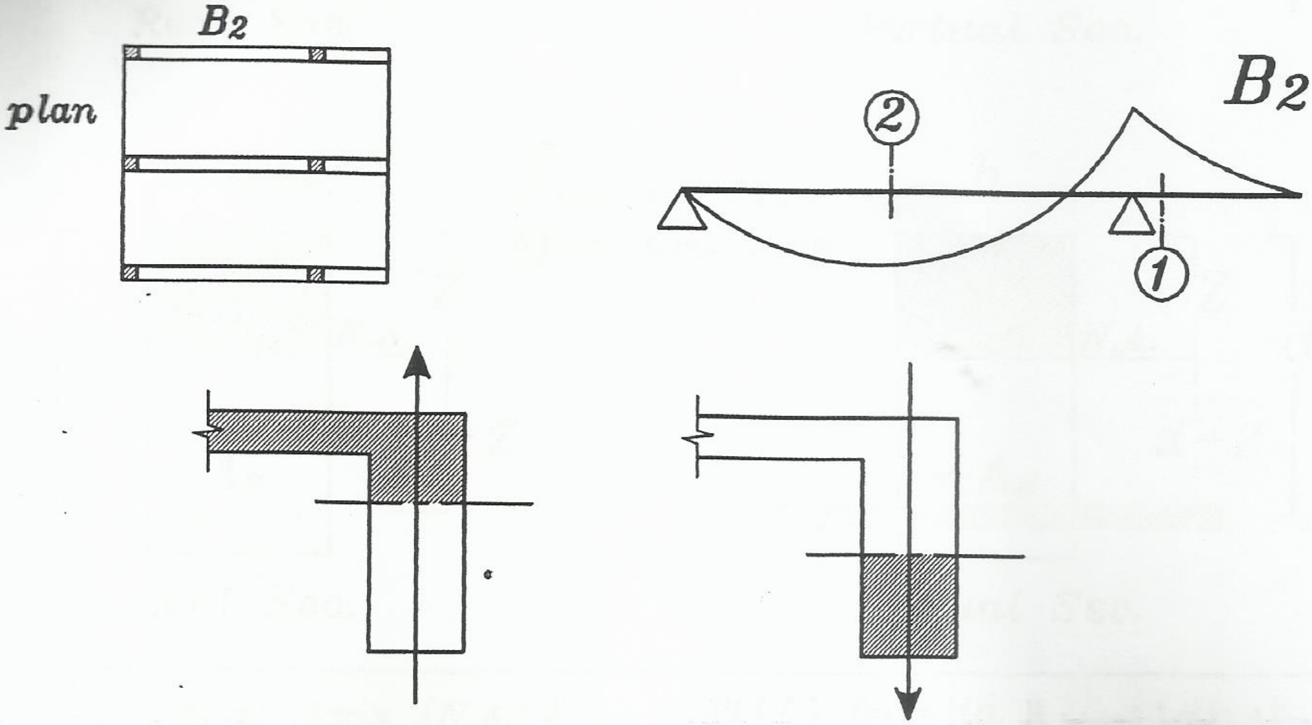
ⓐ ***Intermediate Beam.*** كمره وسطيه (أى أن البلاطه من الإتجاهين)



Sec. (2–2) Sec. (1–1)

T – section **R – section**

ⓑ ***Edge Beam.*** كمره طرفيه (أى أن البلاطه من جهه واحده)



Sec. (2–2) Sec. (1–1)

L – section **R – section.**

Virtual Section. القطاع التخيلى

لحساب ال *Inertia* (I) لقطاع بالقوانين السابقه

يجب أن يكون القطاع متجانس(*homogeneous section*) أى يتكون من ماده واحده فقط

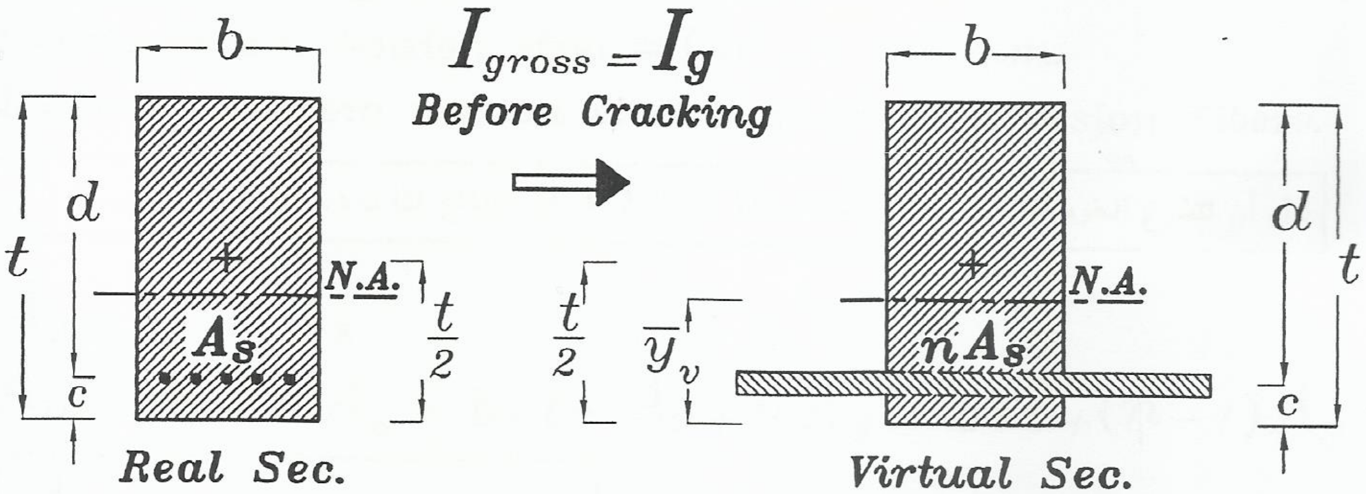
أما اذا كان القطاع غير متجانس(*heterogeneous section*) أى يتكون من أكثر من ماده

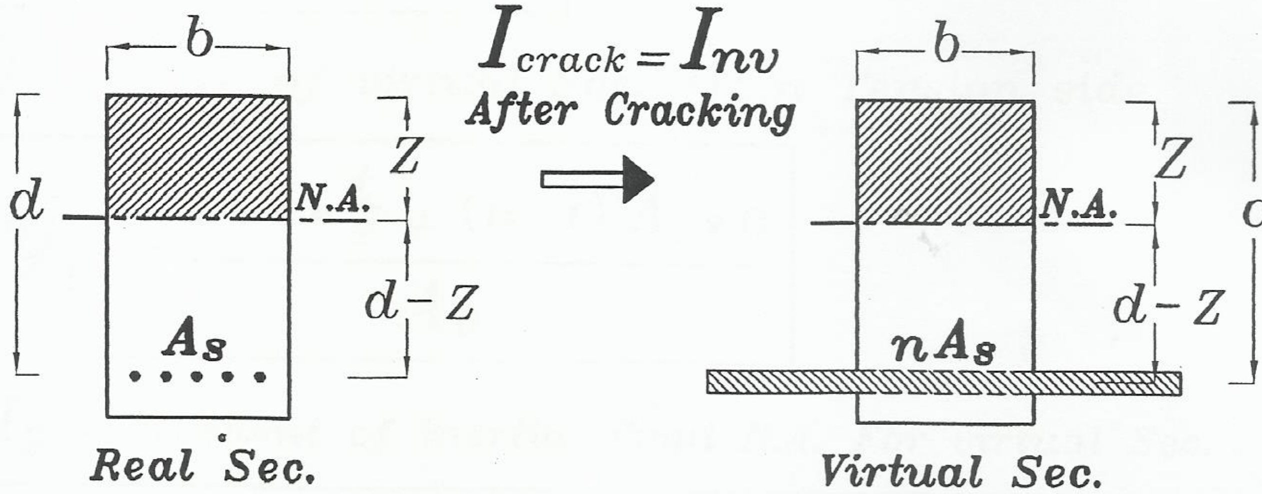
فيجب عمل حل تخيلى و هو بأفتراض أن القطاع يتكون من ماده واحده فقط و هى الخرسانه

و لان الاجهادات الواقعه على الحديد تساوى (n) مره الاجهادات الواقعه على الخرسانه الملاصقه له

فمن الممكن ان نتخيل انه بدل الحديد الموجود فى القطاع يوجد مكانه خرسانه مساحتها (n) مره مساحه الحديد و موضوعه فى نفس المكان

بهذه الطريقه نستطيع حساب ال (I) للقطاع التخيلى فتكون هى نفس ال (I) للقطاع الحقيقى.

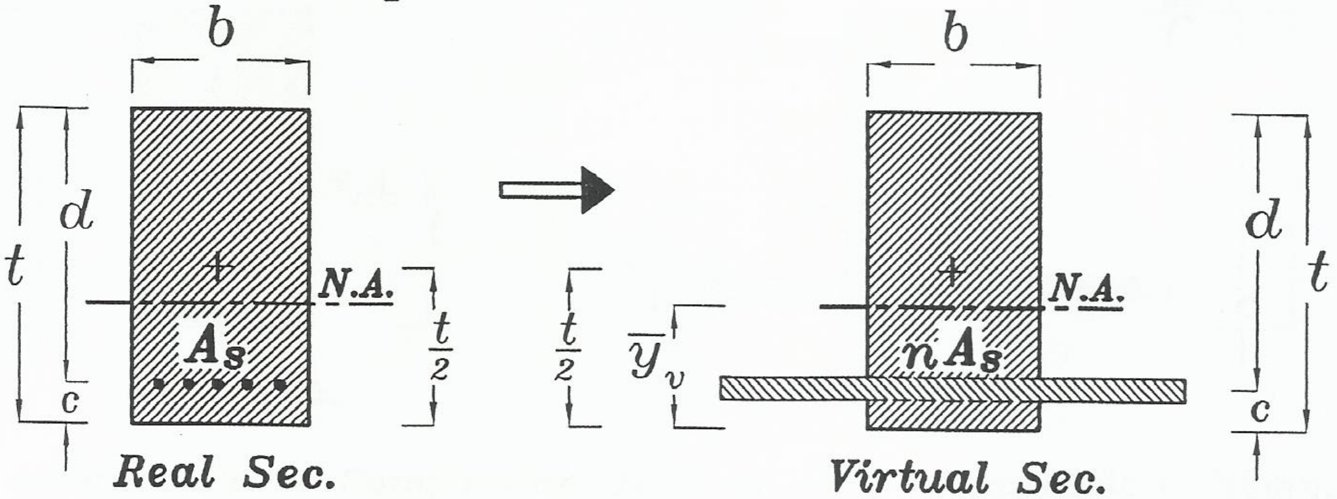




ملحوظه دائما نحسب ال *Inertia* (I) للقطاع حول ال (N.A.) *Neutral Axis*

Before cracking. I_g

without compression steel A_s'



n (before cracking) $\simeq 10$

c = cover From tension steel $\simeq (40 \longrightarrow 50)$ mm.

d = distance From tension steel to max compression Fibers.

قبل أن تتشرخ الخرسانه يكون مكان ال $(N.A.)$ عند ال $(C.G.)$ للقطاع لذا نحدد $\overline{y}$ قبل حساب ال (I)

$$A_c = b * t - A_s$$

$$A_v = A_c + n A_s = b * t - A_s + n A_s = b * t + (n-1) A_s$$

$$\boxed{A_v = b * t + (n-1) A_s}$$

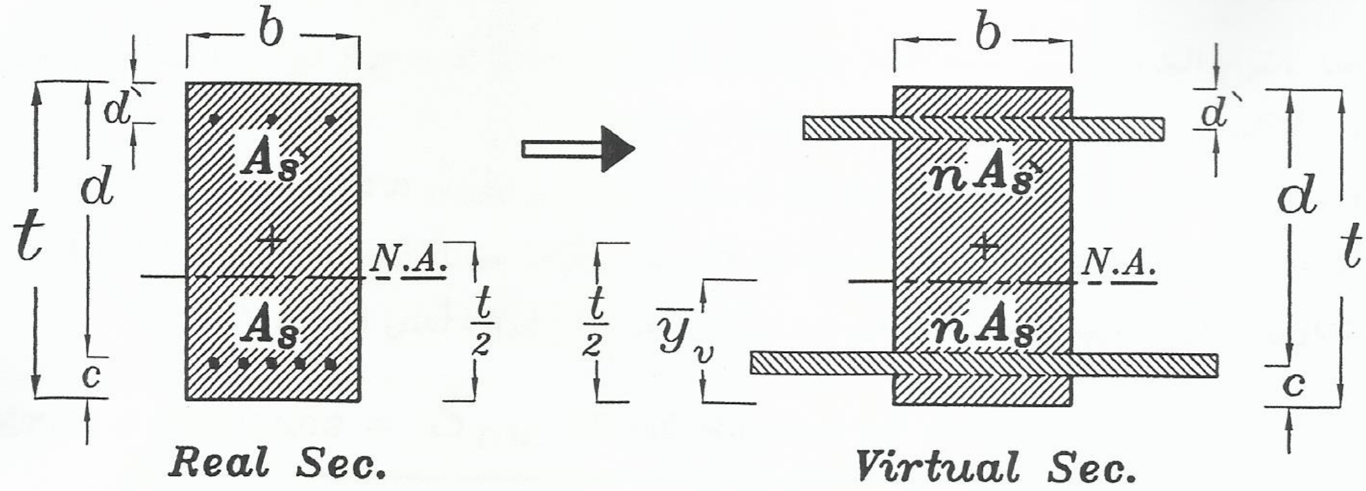
$\overline{y}_t$ = C.G. of virtual Sec. From Tension side.

$$\boxed{\overline{y}_t = \frac{b * t * \frac{t}{2} + (n-1) A_s * c}{A_v}}$$

. I_g = moment of inertia about N.A. For virtual Sec.

$$\boxed{I_g = \frac{b * t^3}{12} + b * t \left(\frac{t}{2} - \overline{y}_v\right)^2 + (n-1) A_s \left(\overline{y}_v - c\right)^2}$$

with compression steel $A_{s'}$



d' = *distance From Compassion steel to max compression Fibers.*

$$A_c = b * t - A_s - A_{s'}$$

$$A_v = A_c + nA_s + nA_{s'}$$

$$= b * t - A_s - A_{s'} + nA_s + nA_{s'}$$

IF $A_{s'} < 0.2\ A_s$
$\therefore$ We can neglect $A_{s'}$

$$\boxed{A_v = b * t + (n-1)A_s + (n-1)A_{s'}}$$

$\overline{y}_t$ = *C.G. of virtual Sec. From Tension side.*

$$\boxed{\overline{y}_t = \frac{b * t * \frac{t}{2} + (n-1)\ A_s * c + (n-1)\ A_{s'} * (t - d')}{A_v}}$$

I_g = *moment of inertia about N.A. For virtual Sec.*

$$\boxed{I_g = \frac{b * t^3}{12} + b * t\ \left(\frac{t}{2} - \overline{y}_v\right)^2 + (n-1)\ A_s\ (\overline{y}_v - c)^2 + (n-1)\ A_{s'}\ [(t-d') - \overline{y}_v]^2}$$

After cracking. I_{nv}

عند تشرخ الخرسانه من جهه الشد يتحرك ال (N.A.) جهه الضغط قليلا ليوازن القطاع من جديد
و بالتالى لن يكون ال (N.A.) عند ال (C.G.) القديمه للقطاع
و لكى نستطيع أن نحدد مكان ال (N.A.) الجديد نحدده عن طريق الاتزان
أى يجب أن يكون مجموع ضرب المساحات فى بعد مركزها عن ال (N.A.) أسفل ال (N.A.)
تساوى مجموع ضرب المساحات فى بعد مركزها عن ال (N.A.) أعلى ال (N.A.)

Area * distance = $S_{nv.}$ (First Moment of Area)

$$\boxed{S_{nv.\,above\,(N.A.)} = S_{nv.\,under\,(N.A.)}}$$

nv. means about (N.A.) For Virtual section

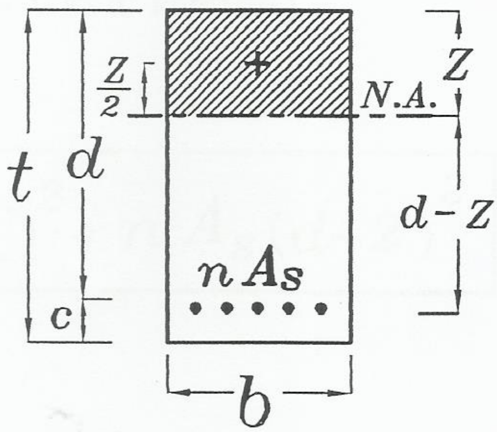
① For R-Sec.

without compression steel $A_{s'}$

n (after cracking) $\simeq 15$

Get Z (From Comp. side)

by taking $\boxed{S_{nv.\,above\,(N.A.)} = S_{nv.\,under\,(N.A.)}}$



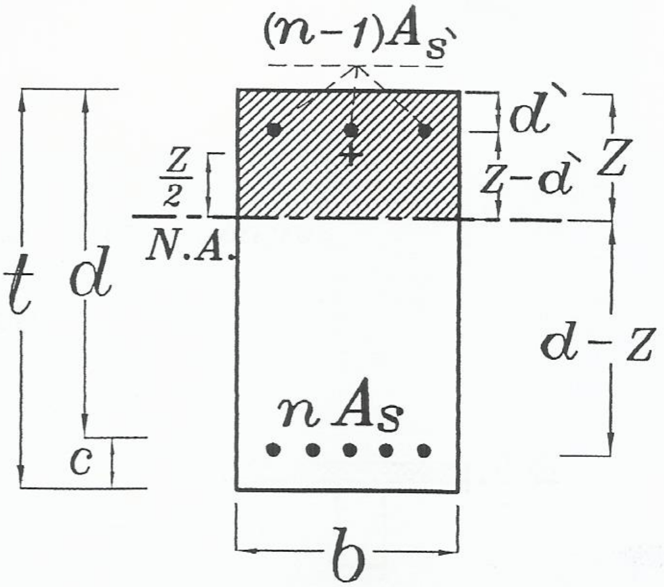
$$\boxed{b(z)\left(\frac{Z}{2}\right) = n A_s (d-Z)}$$

Get $I_{cr.} = I_{nv}$ (moment of inertia For cracked section)

$$\boxed{I_{nv} = I_{cr.} = \frac{bZ^3}{3} + n A_s (d-Z)^2}$$

with compression steel $A_{s'}$ $\boxed{IF\ A_{s'} > 0.2\ A_s}$

n (after cracking) $\simeq 15$



Get Z (From Comp. side)

$$\boxed{S_{nv.\ above\ (N.A.)} = S_{nv.\ under\ (N.A.)}}$$

$$\boxed{b(Z)\left(\frac{Z}{2}\right) + (n-1)\,A_{s'}\,(Z-d') = n\,A_s\,(d-Z)}$$

Get $I_{cr.} = I_{nv}$ (moment of inertia For cracked section)

$$\boxed{I_{nv} = I_{cr.} = \frac{bZ^3}{3} + (n-1)\,A_{s'}\,(Z-d')^2 + n\,A_s\,(d-Z)^2}$$

② For T-Sec. or L-Sec.

(Tension Steel only)

No Compresion steel in T-sec. & L-sec.

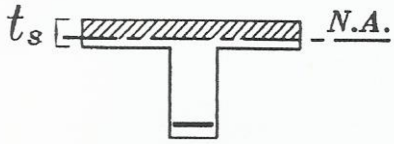
To know IF the N.A. above or under the Flange.

Assume that the N.A. is exactly at the Flange.

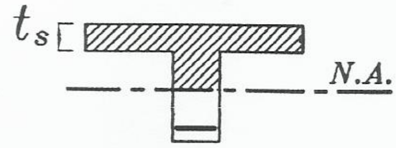
Calculate (First Moment of Area) $S_{nv.}$

above and under the Flange.

IF $S_{nv.}$(above) > $S_{nv.}$(under) $\xrightarrow{\therefore Z < t_s}$



IF $S_{nv.}$(under) > $S_{nv.}$(above) $\xrightarrow{\therefore Z > t_s}$

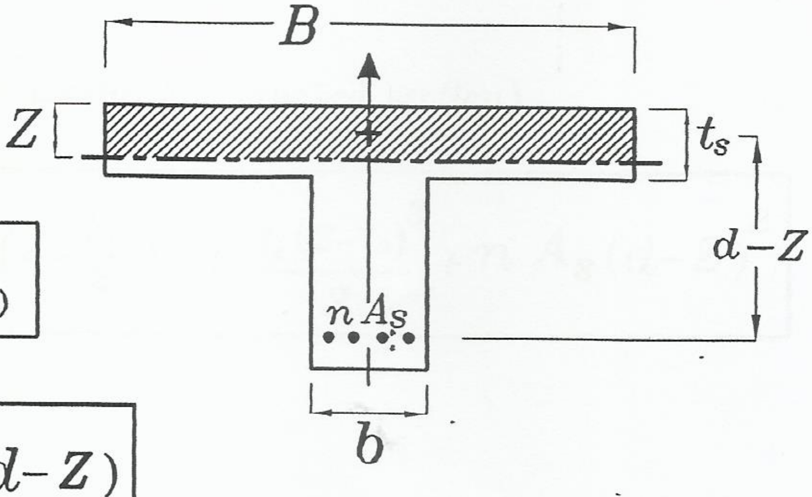


ⓐ IF $S_{nv.}$(above) > $S_{nv.}$(under) $\therefore Z < t_s$

$\therefore$ The sec. will act the same as R-sec. but with width B

n (after cracking) $\simeq 15$

Get Z (From Comp. side)



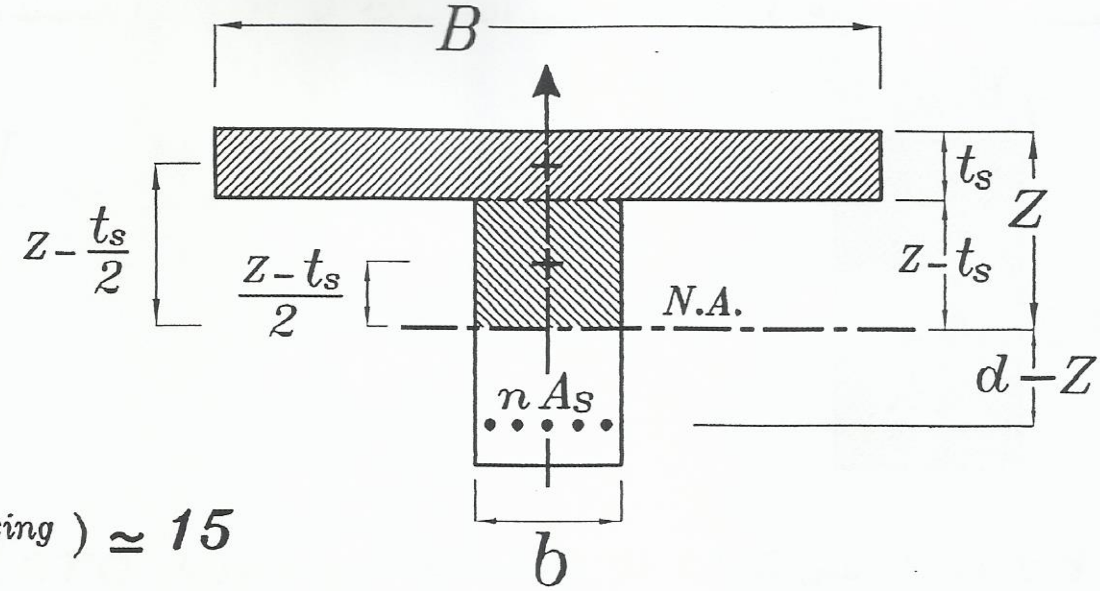
$$\boxed{S_{nv.\,\text{above (N.A.)}} = S_{nv.\,\text{under (N.A.)}}}$$

$$\boxed{B(Z)\left(\frac{Z}{2}\right) = n\,A_s(d-Z)}$$

Get $I_{cr.} = I_{nv}$ (moment of inertia For cracked section)

$$\boxed{I_{nv} = I_{cr.} = \frac{B\,Z^3}{3} + n\,A_s\,(d-Z)^2}$$

(b) IF $S_{nv.}(above) < S_{nv.}(under)$ $\therefore Z > t_F$



n (after cracking) $\simeq 15$

Get Z (From Comp. side)

$$\boxed{S_{nv.\,above\,(N.A.)} = S_{nv.\,under\,(N.A.)}}$$

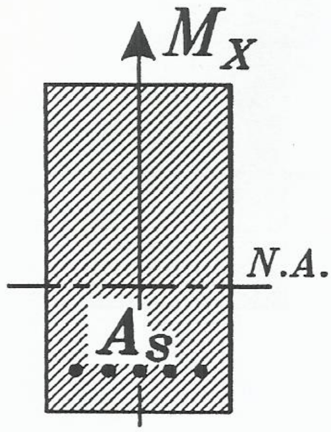
$$\boxed{B\,(t_s)\left(Z-\frac{t_s}{2}\right) + b\,(Z-t_s)\left(\frac{Z-t_s}{2}\right) = n\,A_s\,(d-Z)}$$

Get $I_{cr.} = I_{nv}$ (moment of inertia For cracked section)

$$\boxed{I_{nv} = I_{cr.} = \frac{B\,t_s^3}{12} + B\,(t_s)\left(Z-\frac{t_s}{2}\right)^2 + \frac{b\,(Z-t_s)^3}{3} + n\,A_s\,(d-Z)^2}$$

لحساب ال Normal stress على الخرسانه فى أى قطاع نستخدم معادله :

$$F = -\frac{N}{A} \pm \frac{M_Y\, x}{I_Y} \pm \frac{M_X\, y}{I_X}$$



و لاننا نتحدث على كمرات فلا يوجد عليها قوى محوريه $N = Zero$

$$\therefore\; F = \pm \frac{M_Y\, x}{I_Y} \pm \frac{M_X\, y}{I_X}$$

و لاننا نتحدث على أوزان فقط و لا نتحدث عن قوى افقيه فبالتالى يكون العزم رأسى فقط $M_Y = Zero$

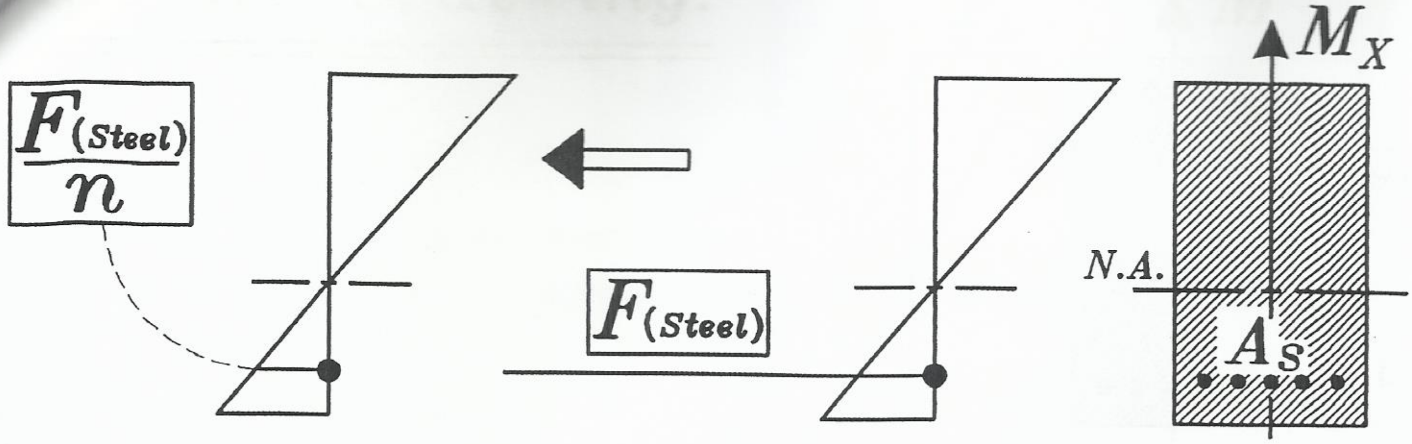
$$\therefore\; \boxed{F = \pm \frac{M_X\, y}{I_X}}$$

Normal stress
على الخرسانه

و لان الاجهادات الواقعه على الحديد تساوى (n) مره الاجهادات الواقعه على الخرسانه الملاصقه له.

$$\therefore\; \boxed{F = \pm n * \frac{M_X\, y}{I_X}}$$

Normal stress
على الحديد



$$\boxed{F = \frac{M\,y}{I}}$$ (Concrete)

$$\boxed{F = n\,\frac{M\,y}{I}}$$ (Steel)

Where :

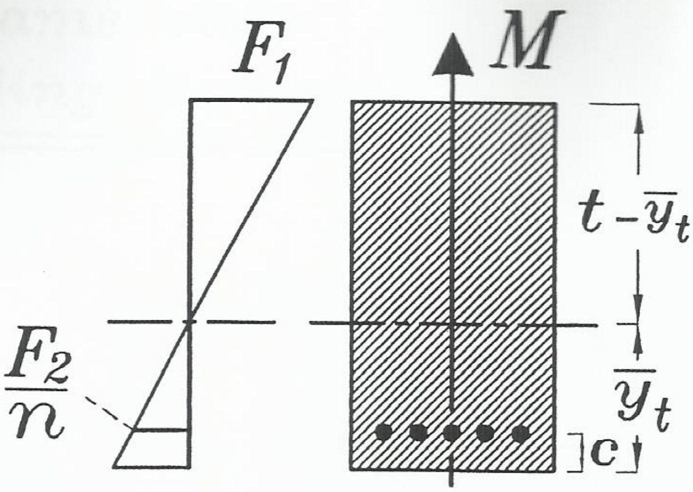
y هى المسافه من النقطه المحسوب عندها ال stress حتى ال N.A.

I هى ال moment of Inertia للقطاع الشغال حول ال N.A.

و تساوى $I = I_g$ للقطاع قبل التشرخ before cracking

و تساوى $I = I_{nv}$ للقطاع بعد التشرخ after cracking

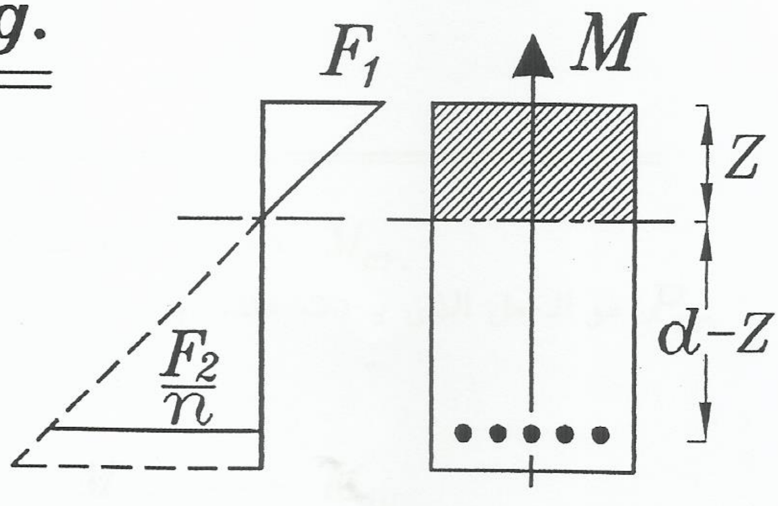
Before Cracking.



$$F_{1\,(Concrete)} = \frac{M * y}{I} = \frac{M * (t - \overline{y}_t)}{I_g}$$

$$F_{2\,(Steel)} = n\frac{M * y}{I} = 10 * \frac{M * (\overline{y}_t - c)}{I_g}$$

Before Cracking.



$$F_{1\,(Concrete)} = \frac{M * y}{I} = \frac{M * Z}{I_{nv}}$$

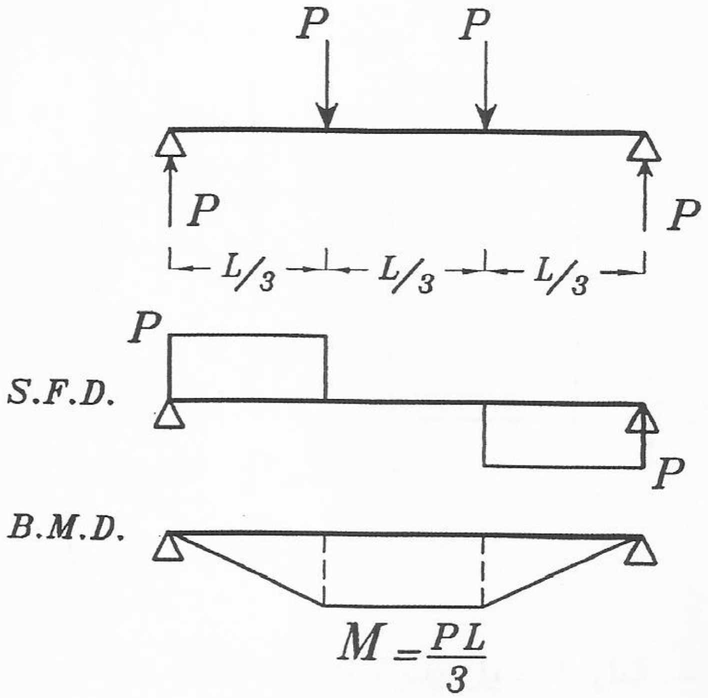
$$F_{2\,(Steel)} = n\frac{M * y}{I} = 15 * \frac{M * (d - Z)}{I_{nv}}$$

Stages of Beams under Variable Bending Moment.

لدراسه خواص الكمره تحت تأثير حالات التحميل المختلفه.

ندرس كمره (Simply Supported) كما هو مبين فى الشكل (مع اهمال وزنها .o.w).

حيث يكون الثلث الأوسط من الكمره يوجد علية .B.M فقط. و لا يوجد علية .S.F و هذا هو الجزء هو الذى سندرسه.



بزياده مقدار القوى P يزداد مقدار العزم الواقع على على الكمره $M = \frac{PL}{3}$

و بدراسه الكمره مع زياده الحمل نجد أنها تمر بثلاث مراحل :

1 – 0.0 $\longrightarrow$ Cracking.
2 – Cracking $\longrightarrow$ Working.
3 – Working $\longrightarrow$ Ultimate.

1– Cracking Stage. $M = 0.0 \longrightarrow M_{cr.}$

$P_{cr.}$ هو الحمل الذى يحدث عنده أول شرخ فى الكمره من جهه الشد Tension Side

$$M_{cr.} = (P_{cr.} * L) \backslash 3$$

2– Working Stage. $M_{cr.} \longrightarrow M_w$

P_w هو الحمل الذى يصل عنده الاجهاد على أى من الحديد أو الخرسانه الى $F_{allowable}$

$$M_w = (P_w * L) \backslash 3$$

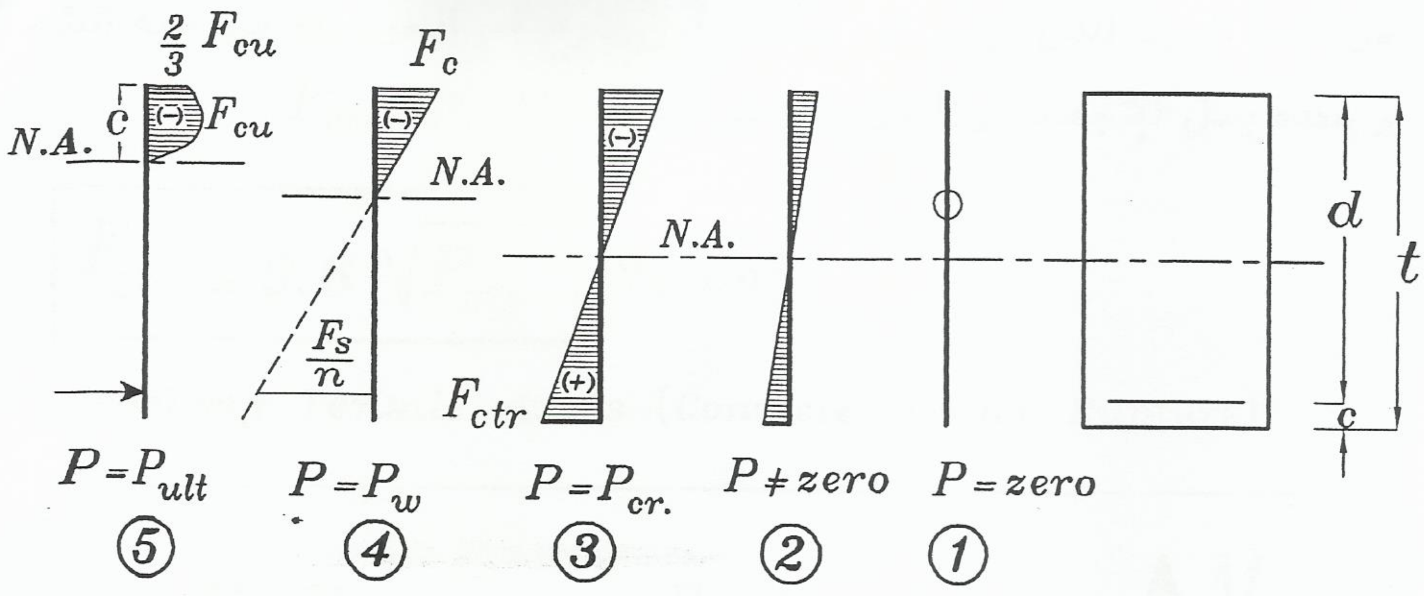
3– Ultimate Stage. $M_w \longrightarrow M_{ult.}$

$P_{ult.}$ هو الحمل الذى يحدث عنده انهيار للكمره أى يصل الاجهاد على الخرسانه فى الضغط الى F_{cu} أو يصل الاجهاد على الحديد فى الشد الى F_y

$$M_{ult.} = (P_{ult.} * L) \backslash 3$$

Normal Stresses Diagram

For beams subjected to Bending Moment only.



١ - قبل التحميل يكون ال $normal\ stress = Zero$

٢ - فى بدايه التحميل يحدث شد فى السطح السفلى و ضغط فى السطح العلوى

٣ - مع زياده الحمل يزيد ال $normal\ stress$ حتى يصل فى منطقه الشد الى F_{ctr}

و عند هذه اللحظه يسمى الحمل $P_{cr.}$ و يسمى العزم $M_{cr.}$

٤ - مع زياده الحمل تظهر شروخ فى الخرسانه فى منطقه الشد

(الجزء المتشرخ من الخرسانه لا يؤخذ فى الحساب أى كأنه غير موجود)

و مع زياده الحمل يصل الاجهاد فى الخرسانه فى منطقه الضغط الى F_c *Allowable stresses*

أو يصل الاجهاد فى الحديد فى منطقه الشد الى F_s *Allowable stresses*

و عند هذه اللحظه يسمى الحمل P_w و يسمى العزم M_w

٥ - مع زياده الحمل يزداد الضغط على الخرسانه و يحدث تغير غير منتظم فى الاجهادات

على الخرسانه *non Linear stresses*

حتى يصل الاجهاد فى الخرسانه فى منطقه الضغط الى F_{cu}

أو يصل الاجهاد فى الحديد فى منطقه الشد الى F_y

و تبدأ الكمره فى الانهيار و عند هذه اللحظه يسمى الحمل P_{ult} و يسمى العزم M_{ult}

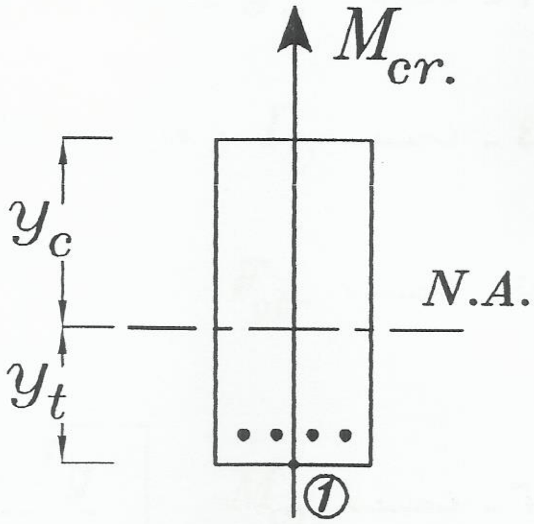
Cracking Moment ($M_{cr.}$)

هو قيمه العزم الذى يؤدى الى حدوث أول شرخ فى الخرسانه من جهه الشد
و عنده يصل الإجهاد فى الخرسانه فى منطقه الشد الى F_{ctr}

$$\boxed{F_{ctr} = 0.6\sqrt{F_{cu}}} \quad N\backslash mm^2$$

Cracking Tensile stress. (*Concrete Tension Rupture*)

$$\because\ F = \frac{M * y}{I} \Longrightarrow M = \frac{F * I}{y}$$



at cracking

F *at point* ① $= F_{ctr}$

$\therefore$ *Moment at this case* $= M_{cr.}$

$$\boxed{M_{cr.} = \frac{F_{ctr} * I_g}{y_t}}$$

$M_{cr.}$ = *Cracking moment*

I_g = *Moment of Inertia around N.A.*
(*For virtual sec.*)

y_t = *Distance between N.A. to extreme tension Fibers.*
(*For virtual sec.*)

عندما يكون شكل المقطاع معطى و مطلوب $M_{cr.}$

أى يطلب قيمه العزم الذى سوف يسبب التشرخ للخرسانه فى منطقه الشد .

تكون خطوات الحل كالاتى :

١ - نحسب n

$$n = \frac{E_s}{E_{c1}} = \frac{2*10^5}{4400\sqrt{F_{cu}}} \simeq 10$$

٢ - نحسب A_v المساحه التخيليه للقطاع بالكامل $A_v = A_c + (n-1)A_s + (n-1)A_{s'}$

٣ - نحسب $\overline{y}_t = \overline{y}_v$ و تكون من جهه الشد Tension Side

٤ - نحسب I_v و هو عزم القصور الذاتى للقطاع التخيلى بالكامل $I_v = I_g$

٥ - نحسب F_{ctr}

$$\boxed{F_{ctr} = 0.6\sqrt{F_{cu}}}$$

٦ - نحسب $M_{cr.}$

$$\boxed{M_{cr.} = \frac{F_{ctr} * I_g}{\overline{y}_t}}$$

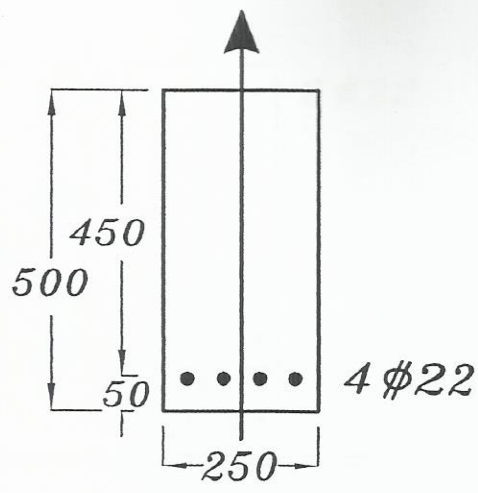
Example.

Data.

Mega Pascal

$F_{cu} = 25\ N\backslash mm^2 = 25\ Mpa$

st. 360/520



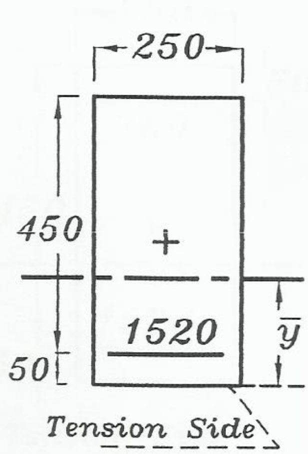
Req.

For the shown Cross-Section

Calculate M_{cr}.

Solution.

$$A_s = 4\phi 22 = 4\left[\frac{\pi * 22^2}{4}\right] = 1520\ mm^2$$



① $$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2*10^5}{4400\sqrt{25}} = 9.09 \longrightarrow n = 10$$

② $$A_v = A_c + (n-1)A_s$$

$$A_v = 250*500 + (10-1)(1520) = 138680\ mm^2$$

③ $$\overline{y}_t = \frac{250*500*250 + (10-1)(1520)(50)}{138680} = 230.27\ mm$$

④ $$I_{gross} = \frac{250*500^3}{12} + 250*500(250-230.27)^2 + (10-1)(1520)(230.27-50)^2$$

$$= 3097388472\ mm^4$$

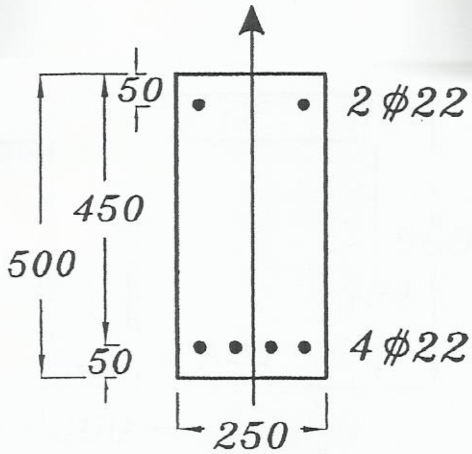
⑤ $$F_{ctr} = 0.6\sqrt{F_{cu}} = 0.6\sqrt{25} = 3.0\ N\backslash mm^2$$

⑥ $$M_{cr} = \frac{F_{ctr} * I_g}{\overline{y}_t} = \frac{3.0 * 3097388472}{230.27} = 40353347.9\ N.mm$$

$$= \frac{40353347.9\ N.mm}{10^6} = 40.35\ kN.m$$

$$\boxed{M_{cr} = 40.35\ kN.m}$$

Example.



Data. $F_{cu} = 25\ N/mm^2 = 25\ Mpa$

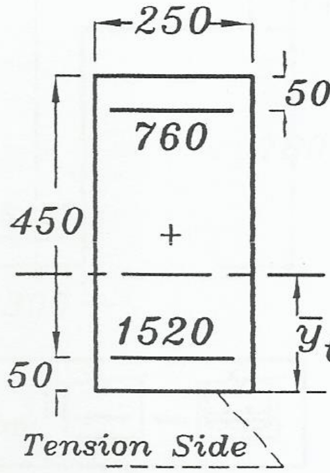
st. 360/520

Req. Calculate M_{cr}.

Solution. $A_s = 4\phi 22 = 4\left[\frac{\pi * 22^2}{4}\right] = 1520\ mm^2$

$$A_{s`} = 2\phi 22 = 2\left[\frac{\pi * 22^2}{4}\right] = 760\ mm^2$$

> IF $A_{s`} < 0.2\ A_s$ We can neglect $A_{s`}$
>
> $\because \frac{A_{s`}}{A_s} = \frac{760}{1520} = 0.50 > 0.2$ $\therefore$ We can't neglect $A_{s`}$



① $n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2 * 10^5}{4400\sqrt{25}} = 9.09 \longrightarrow n = 10$

② $A_v = b * t + (n-1)A_s + (n-1)A_{s`}$

$A_v = 250 * 500 + (10-1)(1520) + (10-1)(760) = 145520\ mm^2$

③ $\overline{y}_t = \frac{250 * 500 * 250 + (10-1)(1520)(50) + (10-1)(760)(450)}{145520} = 240.6\ mm$

④ $I_{gross} = \frac{250 * 500^3}{12} + 250 * 500 (250 - 240.6)^2 + (10-1)(1520)(240.6-50)^2$

$$+ (10-1)(760)(450-240.6)^2 = 3412106414\ mm^4$$

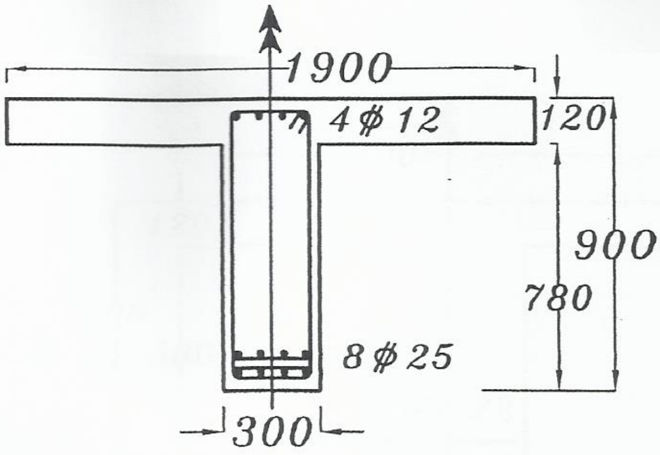
⑤ $F_{ctr} = 0.6\sqrt{F_{cu}} = 0.6\sqrt{25} = 3.0\ N\backslash mm^2$

⑥ $M_{cr} = \frac{F_{ctr} * I_g}{\overline{y}_t} = \frac{3.0 * 3412106414}{240.6} = 42544967.7\ N.mm$

$$= \frac{42544967.7\ N.mm}{10^6} = 42.54\ kN.m$$

$$\boxed{M_{cr} = 42.54\ kN.m}$$

Example.



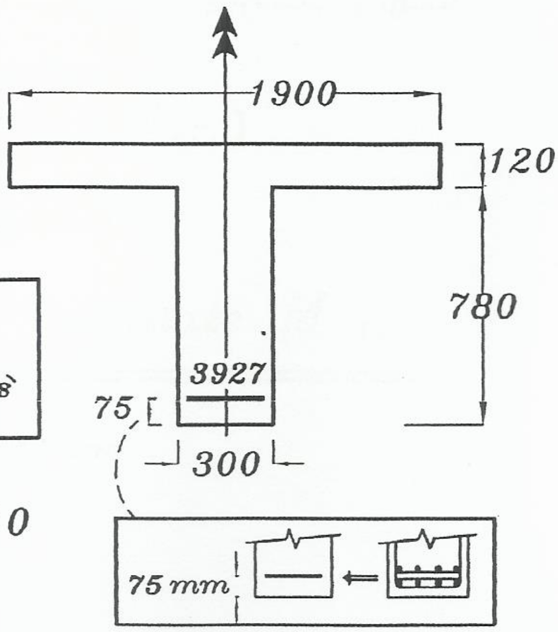
Data.

$F_{cu} = 25 \ N/mm^2 = 25 \ Mpa$

st. 360/520

Req. Calculate M_{cr}.

Solution.



$A_s = 8\phi 25 = 8 \left[\frac{\pi * 25^2}{4}\right] = 3927 \ mm^2$

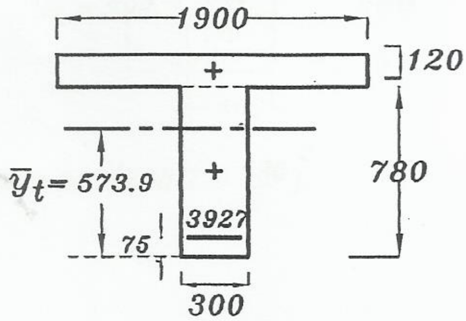
$A_{s`} = 4\phi 12 = 4 \left[\frac{\pi * 12^2}{4}\right] = 452 \ mm^2$

IF $A_{s`} < 0.2 \ A_s$ We can neglect $A_{s`}$
$\because \frac{A_{s`}}{A_s} = \frac{531}{3930} = 0.135 < 0.2 \quad \therefore$ We can neglect $A_{s`}$

① $n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2 * 10^5}{4400 \sqrt{25}} = 9.09 \longrightarrow n = 10$

② $A_v = A_c + (n-1) A_s = 120 * 1900 + 780 * 300 + (10-1)(3927) = 497343 \ mm^2$

③ $\overline{y}_t = \frac{120 * 1900 * (780+60) + 780 * 300 * \left(\frac{780}{2}\right) + (10-1)(3927)(75)}{497343} = 573.9 \ mm$



④ $I_{gross} = \frac{1900 * 120^3}{12} + 1900 * 120 (780 + 60 - 573.9)^2 + \frac{300 * 780^3}{12}$

$+ 300 * 780 \left(573.9 - \frac{780}{2}\right)^2 + (10-1)(3927)(573.9 - 75)^2$

$= 44992510490 \ mm^4$

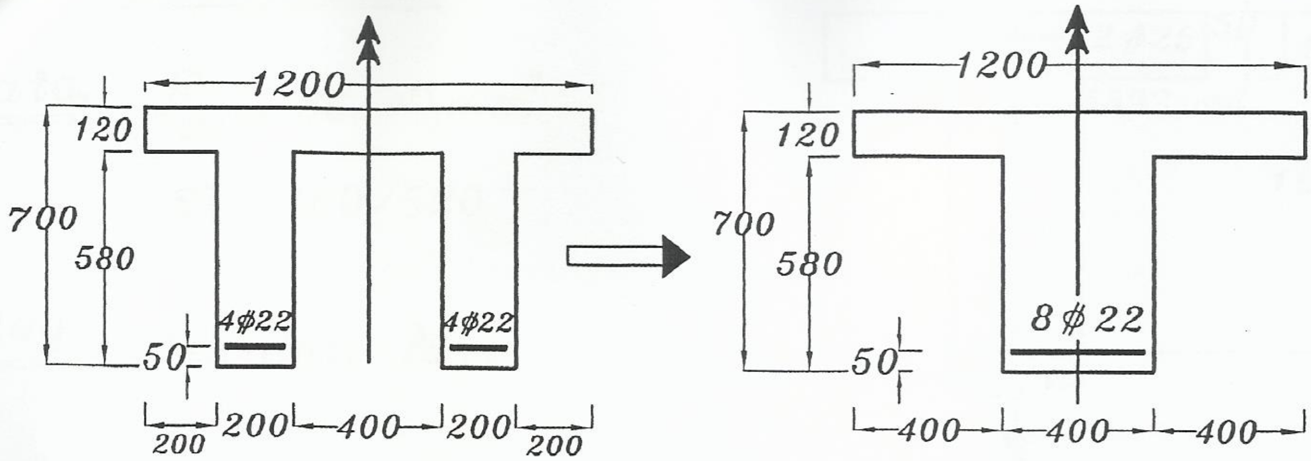
⑤ $F_{ctr} = 0.6 \sqrt{F_{cu}} = 0.6 \sqrt{25} = 3.0 \ N\backslash mm^2$

⑥ $M_{cr} = \frac{F_{ctr} * I_g}{\overline{y}_t} = \frac{3.0 * 44992510490}{573.9} = 235193468.3 \ N.mm$

$= 235.19 \ kN.m$

$$\boxed{M_{cr} = 235.19 \ kN.m}$$

Example.



We can convert the Sec. to an easyer Cross-Sec. and has the same properties. (Area , $\overline{y}$, A_s , c, I & $M_{cr.}$)

Data. $F_{cu} = 25\ N\backslash mm^2$ st. 360/520

Req. For the shown Cross-Section Calculate $M_{cr.}$

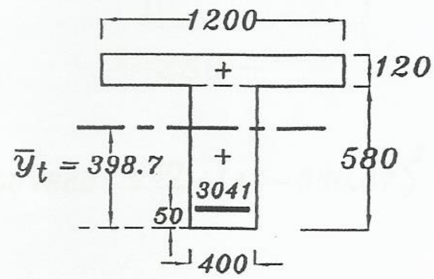
Solution. $A_s = 8\phi22 = 8\left[\frac{\pi * 22^2}{4}\right] = 3041\ mm^2$

① $n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2*10^5}{4400\sqrt{25}} = 9.09 \longrightarrow n = 10$

② $A_v = A_c + (n-1)A_s = 120*1200 + 580*400 + (10-1)(3041) = 403369\ mm^2$

③ $\overline{y}_t = \frac{1200*120*(580+60) + 580*400*\frac{580}{2} + (10-1)(3041)(50)}{403369}$

$= 398.7\ mm$



④ $I_{gross} = \frac{1200*120^3}{12} + 1200*120(580+60-398.7)^2 + \frac{400*580^3}{12} + 400*580\left(398.7 - \frac{580}{2}\right)^2$

$+ (10-1)(3041)(398.7-50)^2 = 21130115740\ mm^4$

⑤ $F_{ctr} = 0.6\sqrt{F_{cu}} = 0.6\sqrt{25} = 3.0\ N\backslash mm^2$

⑥ $M_{cr} = \frac{F_{ctr} * I_g}{\overline{y}_t} = \frac{3.0 * 21130115740}{398.7} = 158992594\ N.mm$

$= 159.0\ kN.m.$

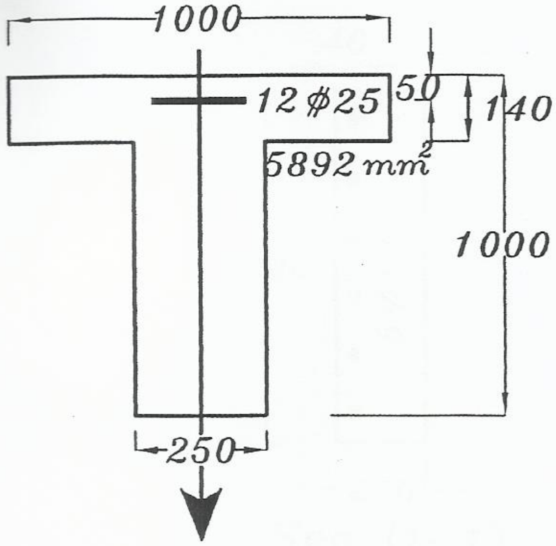
$\boxed{M_{cr} = 159.0\ kN.m}$

Example.

Data. $F_{cu} = 25 \ N\backslash mm^2$

st. 360/520

Req. Calculate M_{cr}.

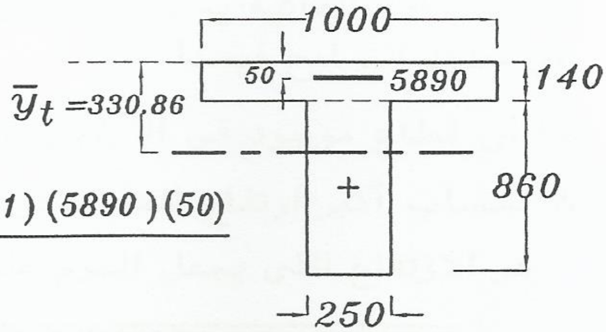


Solution.

$$A_s = 12 \phi 25 = 12\left[\frac{\pi * 25^2}{4}\right] = 5890 \ mm^2$$

① $n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2*10^5}{4400\sqrt{25}} = 9.09 \longrightarrow n = 10$

② $A_v = A_c + (n-1)A_s = 140*1000 + 860*250 + (10-1)(5890) = 408010 \ mm^2$



③ $\overline{y}_t = \frac{1000*140*70 + 250*860*(\frac{860}{2} + 140) + (10-1)(5890)(50)}{408010}$

$= 330.87 \ mm$

④ $I_{gross} = \frac{1000*140^3}{12} + 1000*140(330.87-70)^2 + \frac{250*860^3}{12} + 250*860(\frac{860}{2} + 140 - 330.87)^2$

$+ (10-1)(5890)(330.87-50)^2 = 39483504630 \ mm^4$

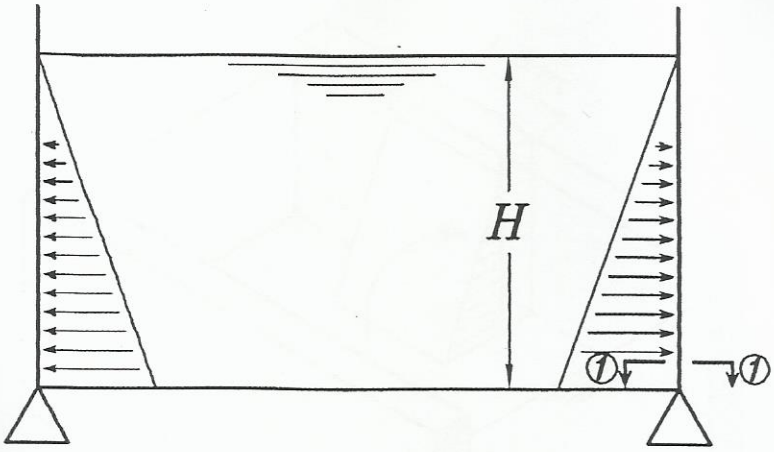
⑤ $F_{ctr} = 0.6\sqrt{F_{cu}} = 0.6\sqrt{25} = 3.0 \ N\backslash mm^2$

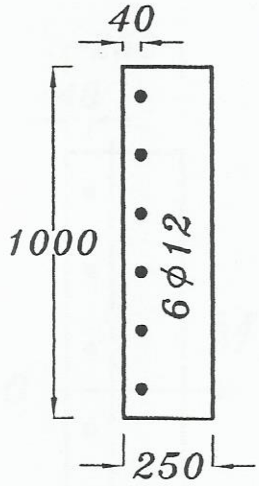
⑥ $M_{cr} = \frac{F_{ctr} * I_g}{\overline{y}_t} = \frac{3.0 * 39483504630}{330.87} = 357997140.5 \ N.mm$

$= 358.0 \ kN.m.$

$$\boxed{M_{cr} = 358.0 \ kN.m}$$

Example.





Sec. (1-1)

For the given statical system & cross section of a water tank with 0.25 m thick cantilever walls, It is required to Find the max safe height of water (H) in the tank.

$F_{cu} = 30\ N\backslash mm^2$ st. 240/350

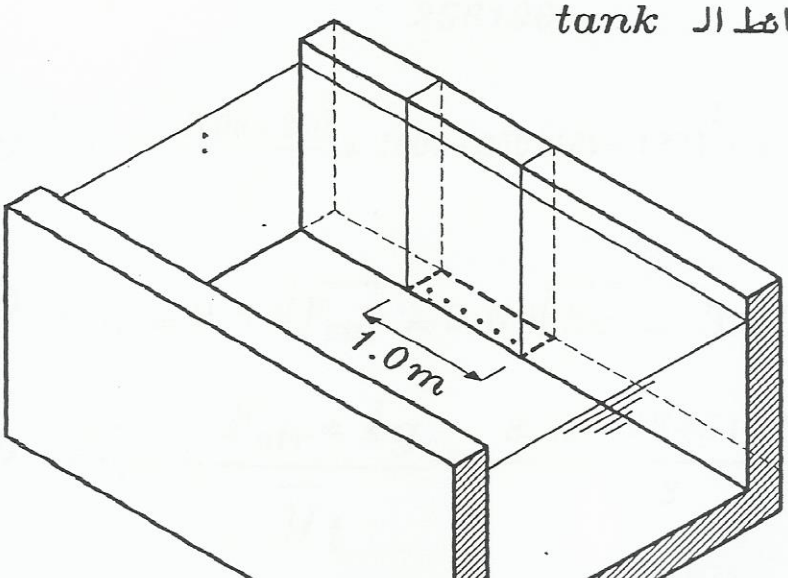
فى المنشآت المائيه يجب منع حدوث أى شروخ فى الخرسانه حتى لا تصل المياه الى حديد التسليح فيصدأ

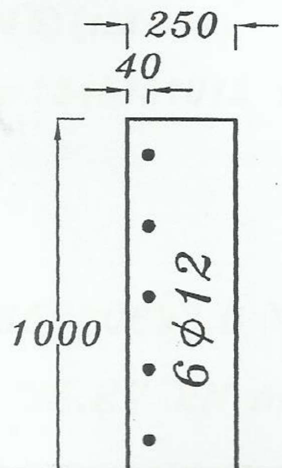
لذا أى قطاع موجود فى الـ tank يجب أن لا يتعدى العزم عليه عن $M_{cr.}$

∴ لحساب أكبر ارتفاع للماء ممكن أن تتحمله حوائط الـ tank

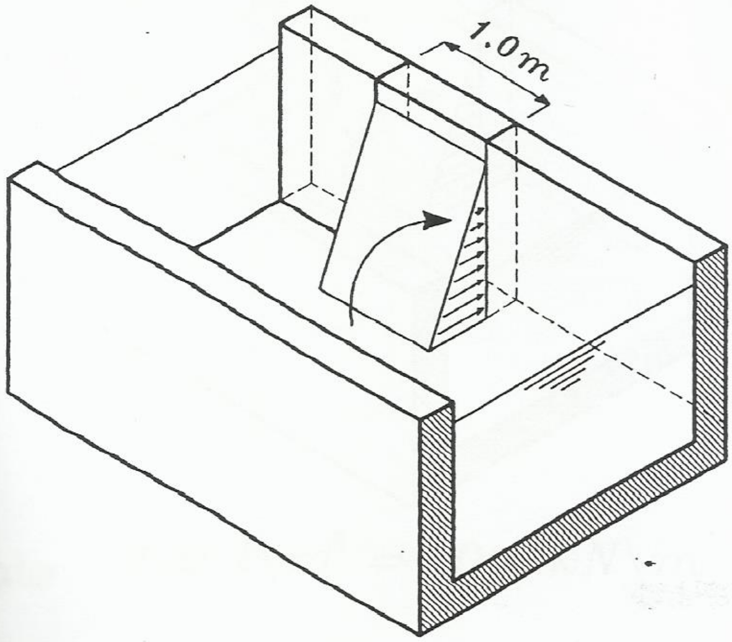
هو الارتفاع الذى يجعل العزم على القطاع السفلى للحائط مساوى تماماً لـ $M_{cr.}$

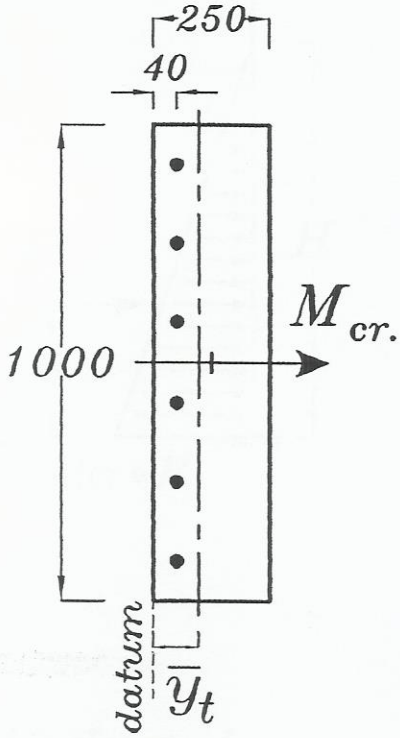
سيتم دراسه - ١٫ م من حائط الـ tank





$M_{cr.}$ For the section.





$$A_s = 6\phi 12 = 678.5 \ mm^2$$

① $n = \dfrac{E_s}{E_c} = \dfrac{2*10^5}{4400\sqrt{30}} = 8.29 \longrightarrow n = 10$

② $A_v = 250*1000 + (10-1)(678.5) = 256106 \ mm^2$

③ $\overline{y}_t = \dfrac{250*1000*125 + (10-1)(678.5)(40)}{256106} = 123 \ mm$

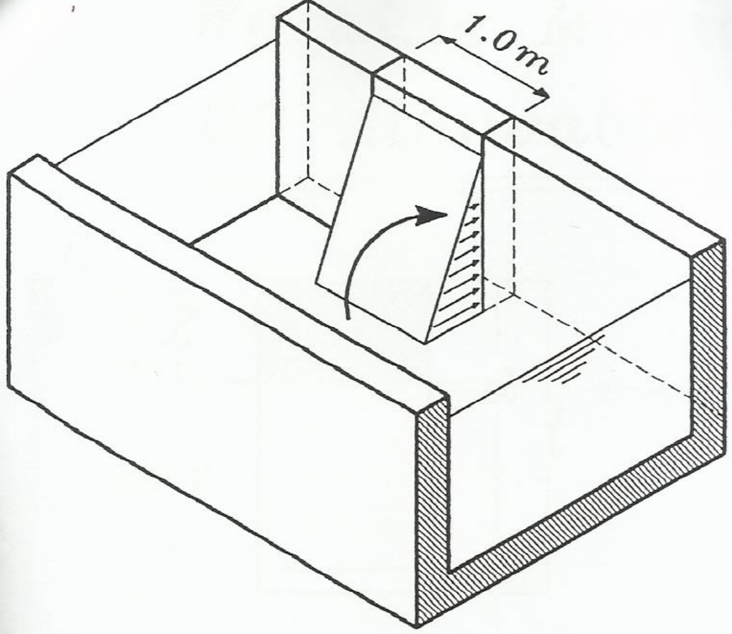
④ $I_g = \dfrac{1000*250^3}{12} + 1000*250(125-123)^2 + (10-1)(678.5)(123-40)^2$

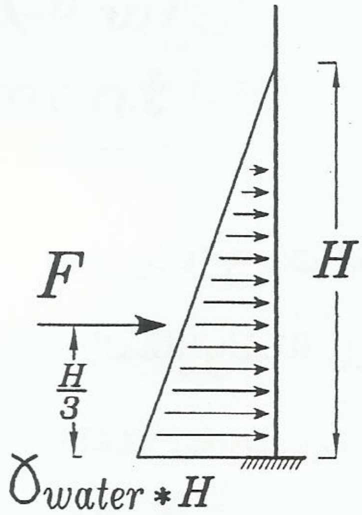
$= 1345151012 \ mm^4$

⑤ $F_{ctr} = 0.6\sqrt{F_{cu}} = 0.6\sqrt{30} = 3.28 \ N \backslash mm^2$

⑥ $M_{cr} = \dfrac{F_{ctr} * I_g}{\overline{y}_t} = \dfrac{3.28 * 1345151012}{123} = 35870693.6 \ N.mm$

$= \mathbf{35.87} \ kN.m$





$\gamma_{water} = 1.0\ t\backslash m^3 = 10.0\ kN\backslash m^3$

water pressure (at base) $= \gamma_{water} * H = 10\,H\ kN\backslash m^2$

water Force $F = \frac{1}{2}(\gamma_{water} * H) * H = \frac{1}{2}(10\ H) * H = 5.0\ H^2\ kN$

Actual moment at Base $= F * \frac{H}{3} = 5.0\ H^2 * \frac{H}{3} = \frac{5}{3}\ H^3\ kN.m$

$$\boxed{\text{Actual moment at Base} = \frac{5}{3} H^3\ kN.m}$$

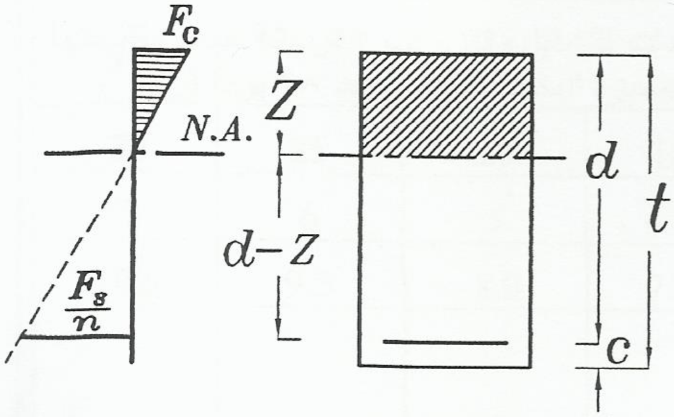
To get the max. safe height (H)

$\therefore$ Actual moment at Base $= M_{cr.}$

$\because\ \frac{5}{3} H^3 = 35.87\ kN.m \quad \therefore \boxed{H = 2.781\ m}$

∴ اذا زاد إرتفاع الماء عن $2.781\ m$ سوف يكون العزم المؤثر على القطاع السفلى للحائط أكبر من ال $M_{cr.}$ فتتشرخ الخرسانه فيصل الماء إلى الحديد فيصدأ الحديد .

Working Moment (M_w)
OR Allowable Moment



عندما تتشرخ الخرسانه فى منطقه الشد
يتحول القطاع الفعال كما بالشكل
الى خرسانه فى منطقه الضغط
و حديد فى منطقه الشد .

أكبر إجهاد تتحمله الخرسانه فى الضغط F_{cu}

أكبر إجهاد يتحمله الحديد فى الشد أو الضغط F_y

و إذا زادت الإجهادات المؤثره على أى من الخرسانه أو الحديد عن F_{cu} أو F_y يحدث إنهيار للكمره .

لذا فنعمل على أن تكون الإجهادات المؤثره أقل من F_{cu} ، F_y حتى لا يحدث إنهيار للكمره .

و هذه الإجهادات تسمى (الإجهادات المسموح بها) *Allowable Stresses*

أى أنها أكبر إجهادات نسمح بها لكى تؤثر على الحديد و الخرسانه مع ضمان عدم الإنهيار.

Allowable Stresses For Concrete $= F_c$

Allowable Stresses For Steel $= F_s$

F_{cu} $(N\backslash mm^2)$	18.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0
F_c $(N\backslash mm^2)$	7.0	8.0	9.5	10.5	11.5	12.5

F_y $(N\backslash mm^2)$	240	360	400
F_s $(N\backslash mm^2)$	140	200	220

Egyptian Code
Page (5-2)

Egyptian Code Page (5-2)

أنواع الإجهادات	المصطلحات	إجهادات التشغيل وفقاً لرتب الخرسانة حسب مقاومتها المميزة للمكعب القياسي بعد ٢٨ يوماً (ن/مم٢)			
مقاومة الخرسانة المميزة (الرتبة)	f_{cu}	18	20	25	30
الضغط المحوري ($e = e_{min}$)	f_{co}	4.5	5	6	7
الانحناء أو الضغط كبير اللامركزية	f_c	7.0	8.0	9.5	10.5
القص					
مقاومة الخرسانة للقص					
بدون تسليح في البلاطات والقواعد	q_c	0.7	0.8	0.9	0.9
بدون تسليح في الأعضاء الأخرى	q_c	0.5	0.6	0.7	0.7
وجود تسليح جذعي في جميع الأعضاء (القص واللي معا)	q_2	1.5	1.7	1.9	2.1
القص الثاقب	q_{cp}	0.7	0.8	0.9	1.0
الصلب الفولاذ					
1-صلب طري 240/350	f_s	140	140	140	140
2- صلب 280/450		160	160	160	160
3-صلب 360/520		200	200	200	200
4-صلب 400/600		220	220	220	220
5-الشبك الملحوم 450/520 أملس		160	160	160	160
ذو النتوءات أو ذو العضات		220	220	220	220

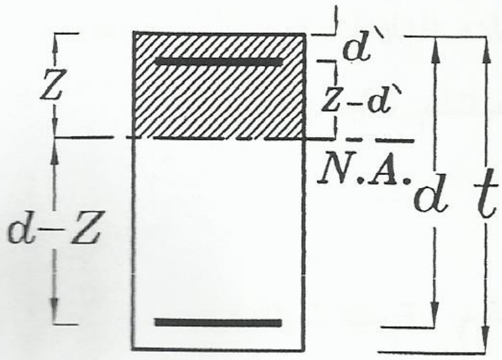
و تعريف ال Working Moment (M_w)

هو العزم الذى يوصل الاجهادات على أى من الحديد أو الخرسانه الى Allowable Stresses

فى المسأله عندما يعطينا القطاع و يطلب تحديد M_w

تكون خطوات الحل كالأتى :ـ

١ ـ نأخذ $n \simeq 15$ Modular ratio after cracking



٢ ـ لتحديد مكان ال N.A.

نحسب قيمه Z و تكون من جهه الضغط

و ذلك بأن نأخذ $S_{nv} = Zero$

٣ ـ نحسب قيمه I_{nv} و هو عزم القصور الذاتى للقطاع الشغال حول ال N.A.

٤ ـ نحسب قيمه العزم الذى يجعل الإجهادات على الخرسانه فى الضغط F_c

$$\boxed{M_{wc} = \frac{F_c * I_{nv}}{Z}}$$

٥ ـ نحسب قيمه العزم الذى يجعل الإجهادات على الحديد فى الشد F_s

$$\boxed{M_{ws} = \frac{\left(\frac{F_s}{n}\right) * I_{nv}}{d-Z}}$$

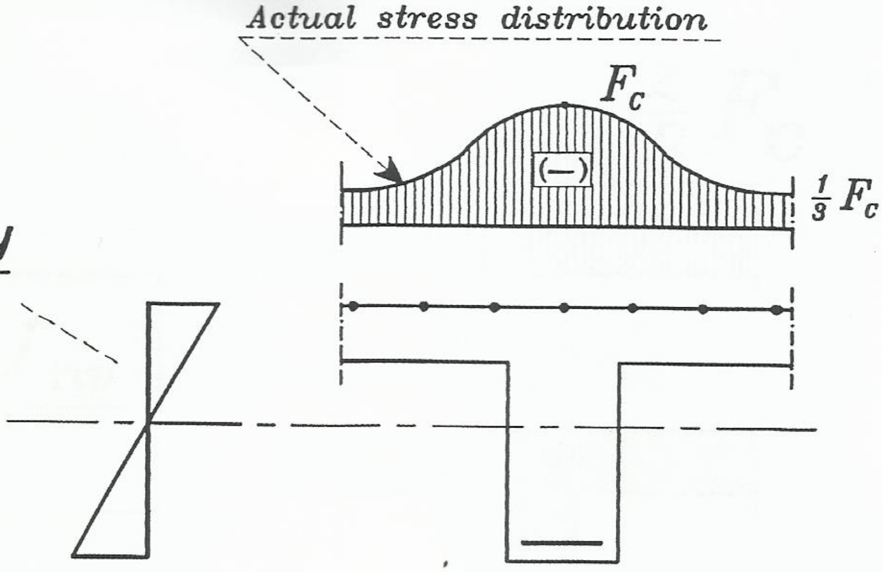
٦ ـ نحسب قيمه العزم الذى يجعل الإجهادات على الحديد فى الضغط $F_{s`}$

$$\boxed{M_{ws`} = \frac{\left(\frac{F_{s`}}{n}\right) * I_{nv}}{Z-d`}}$$

(ممكن إهمال هذه الخطوه)

٧ ـ نأخذ القيمه الاقل من M_{wc} , M_{ws} , $M_{ws`}$ فتكون هى M_w للقطاع

For T–Sec.



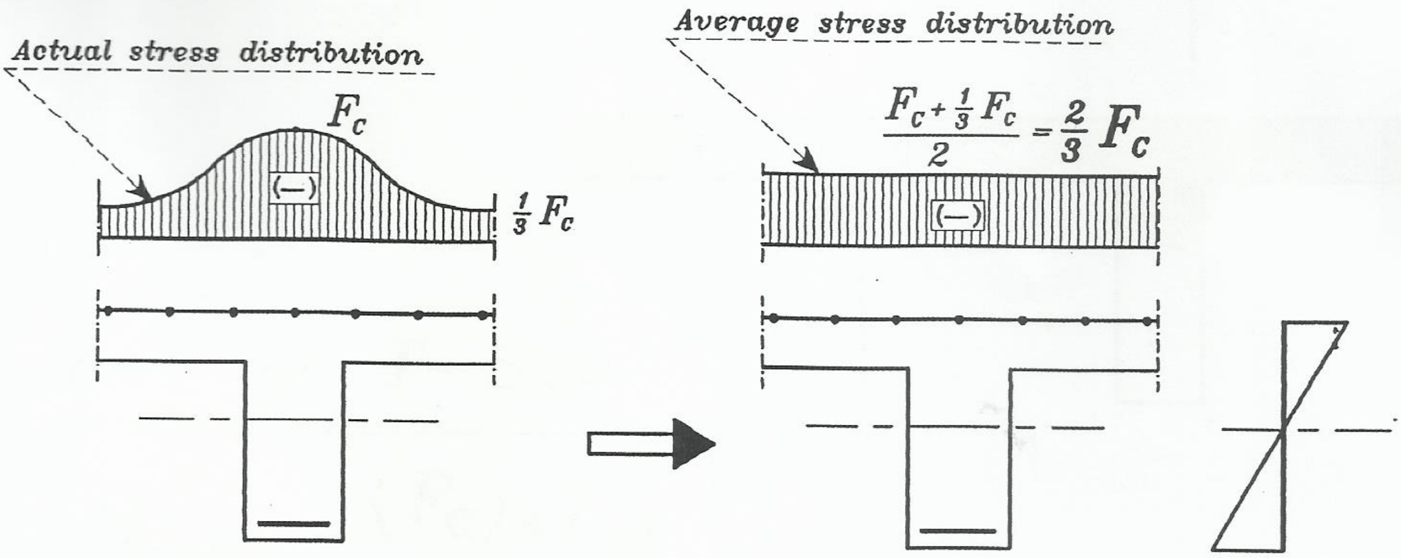
$$F = \pm \frac{M_X\, y}{I_X}$$

فى ال .T–Sec يحدث زياده كبيره فى الاجهادات على خرسانه البلاطه فوق الكمره مباشره فيكون شكل ال stress على اعلى خط أفقى فى القطاع غير منتظم (كما بالشكل) .

و لكى نستطيع ان نستخدم معادله $F = \frac{M\, y}{I}$

يجب ان يكون ال stress عند كل خط افقى فى القطاع منتظم (قيمته ثابته) .

لذا سنعتبر ان اعلى خط فى القطاع عليه stress منتظم بقيمه $\frac{2}{3}F_c$

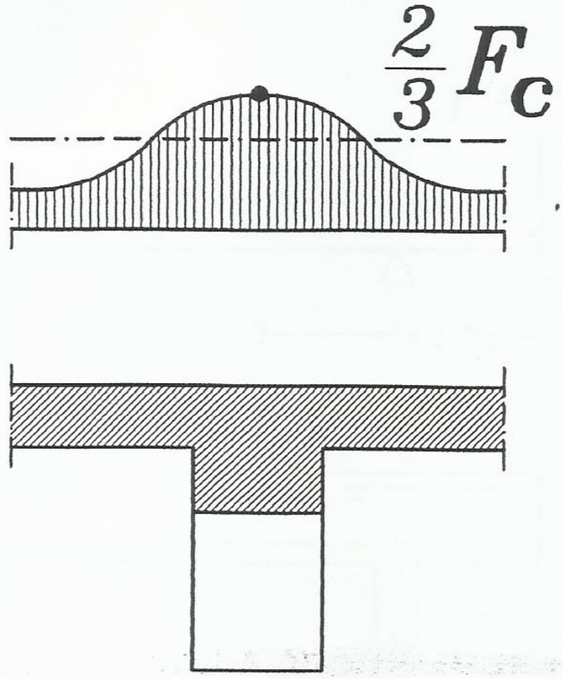


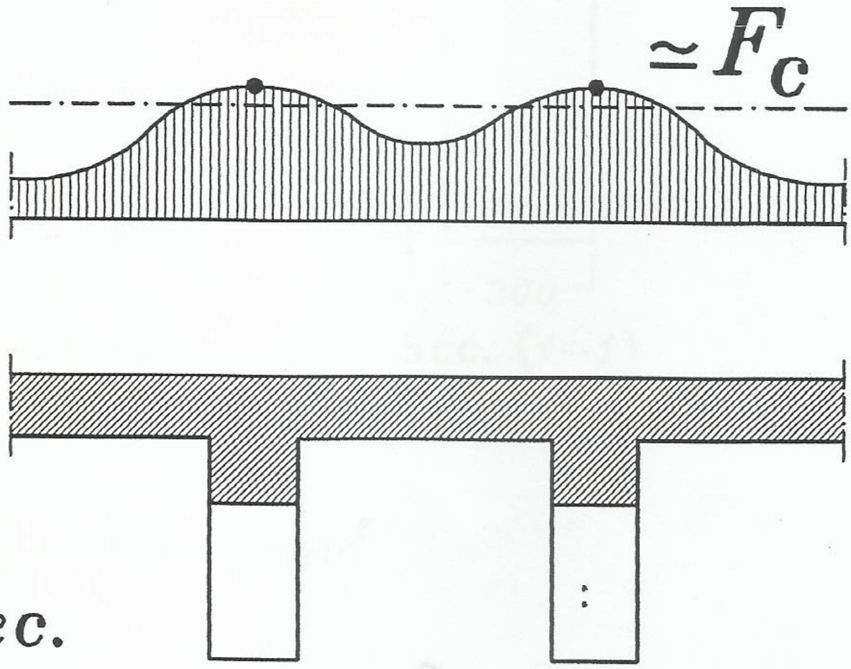
$\therefore$ For T–Sec. $$\boxed{M_{wc} = \frac{(\frac{2}{3}F_c) * I_{nv}}{Z}}$$

Special Case.

T−Sec.

$$\boxed{M_{wc} = \frac{(\frac{2}{3}F_c)*I_{nv}}{Z}}$$

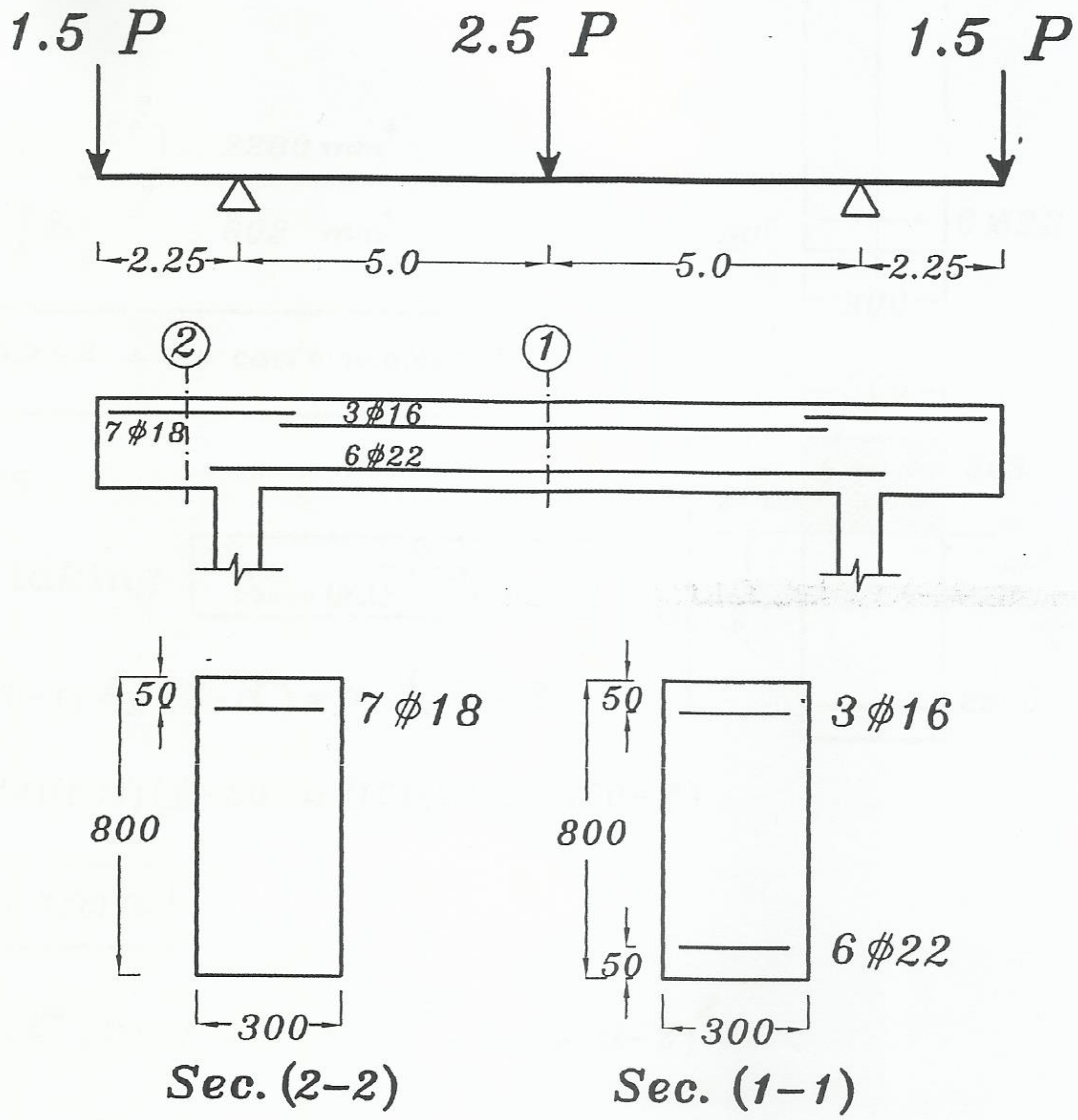




not as T−Sec.

$$\boxed{M_{wc} = \frac{(F_c)*I_{nv}}{Z}}$$

Example.



Data.

neglecting O.W.

$F_{cu} = 25 \ N\backslash mm^2 \qquad F_y = 360 \ N\backslash mm^2$

Req.

Fined the allowable working loads (P_w). acting on the beam.

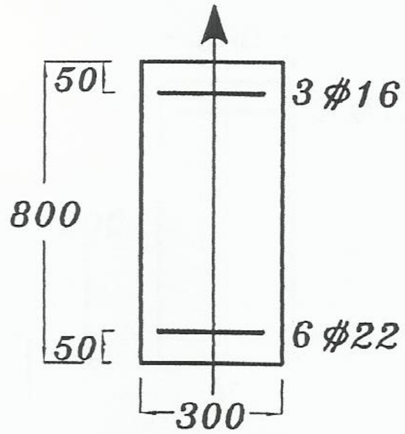
Allowable stresses

$F_{cu} = 25 \ N\backslash mm^2 \longrightarrow F_c = 9.5 \ N\backslash mm^2$

$F_y = 360 \ N\backslash mm^2 \longrightarrow F_s = 200 \ N\backslash mm^2$

Solution.

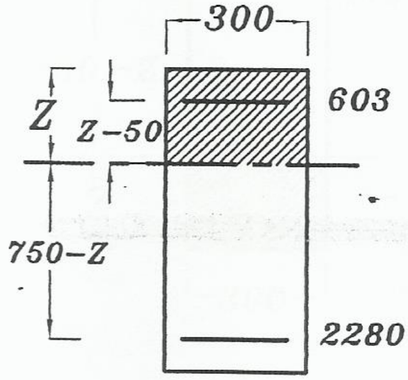
Sec. ①



$$A_s = 6\phi 22 = 8\left[\frac{\pi * 22^2}{4}\right] = 2280\ mm^2$$

$$A_{s`} = 3\phi 16 = 3\left[\frac{\pi * 16^2}{4}\right] = 603\ \ mm^2$$

$\because \frac{A_{s`}}{A_s} = \frac{603}{2280} = 0.26 > 0.2 \ \therefore$ We can't neglect $A_{s`}$



① Take $n = 15$

② Get Z by taking $\boxed{S_{\underset{\text{above (N.A.)}}{nv.}} = S_{\underset{\text{under (N.A.)}}{nv.}}}$

$$b(z)\left(\frac{Z}{2}\right) + (n-1)\,A_{s`}\,(Z - d`) = n\,A_s\,(d - Z)$$

$$300(Z)\left(\frac{Z}{2}\right) + (14)(603)(Z-50) = (15)(2280)(750-Z)$$

$$\boxed{Z = 298.3\ mm}$$

③ Get $I_{nv} = \frac{bZ^3}{3} + (n-1)\,A_{s`}\,(Z-d`)^2 + n\,A_s\,(d-Z)^2$

$$I_{nv} = \frac{300\,(298.3)^3}{3} + (14)(603)(298.3-50)^2 + (15)(2280)(750-298.3)^2$$

$$= 10152758140\ mm^4$$

④ $M_{wc} = \frac{F_c * I_{nv}}{Z} = \frac{9.5 * 10152758140}{298.3} = 323336246.6\ N.mm$

$$= 323.33\ \ kN.mm$$

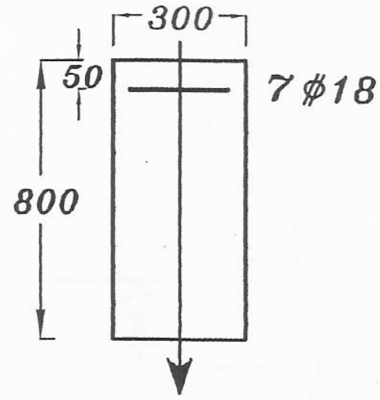
⑤ $M_{ws} = \frac{\left(\frac{F_s}{n}\right) * I_{nv}}{d-Z} = \frac{\left(\frac{200}{15}\right) * 10152758140}{750-298.3} = 299690300\ \ N.mm$

$$= 299.7\ \ kN.m$$

⑥ $\boxed{M_{w1} = 299.7\ kN.m}$

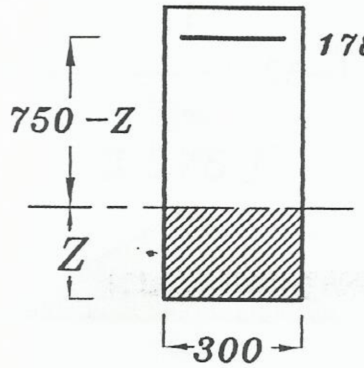
Sec. ②

$$A_s = 7\phi 18 = 7\left[\frac{\pi * 18^2}{4}\right] = 1781\ mm^2$$



① Take $n = 15$

② Get Z by taking $\boxed{S_{nv.\ above\ (N.A.)} = S_{nv.\ under\ (N.A.)}}$



$$b(z)\left(\frac{Z}{2}\right) = n\,A_s(d-Z)$$

$$300(z)\left(\frac{Z}{2}\right) = (15)(1781)(750-Z)$$

$$\boxed{Z = 287.1\ mm}$$

③ Get $I_{nv} = \dfrac{bZ^3}{3} + n\,A_s(d-Z)^2$

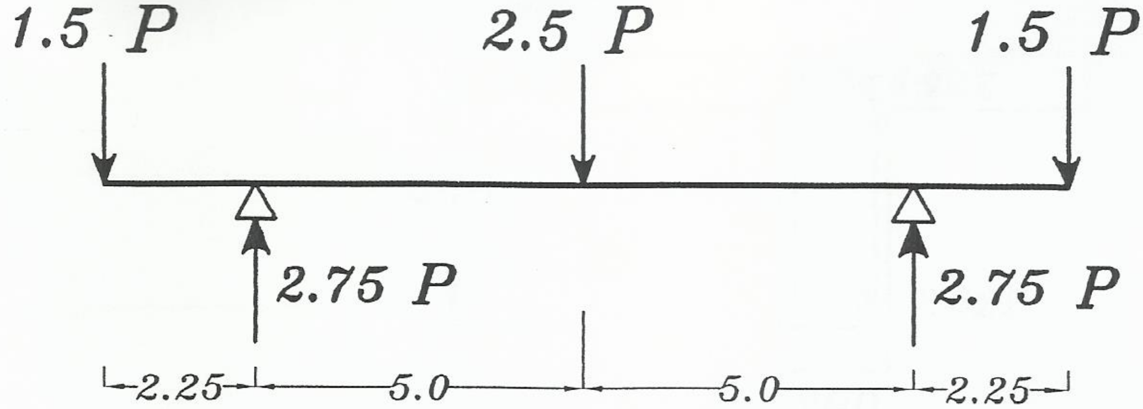
$$I_{nv} = \frac{300\ (287.1)^3}{3} + (15)(1781)(750-287.1)^2 = 8090856524\ mm^4$$

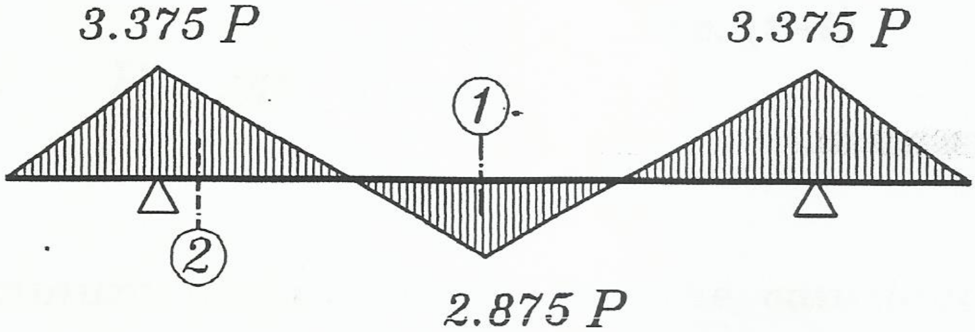
④ $$M_{wc} = \frac{F_c * I_{nv}}{Z} = \frac{9.5 * 8090856524}{287.1} = 267722525\ N.mm$$
$$= 267.72\ kN.m$$

⑤ $$M_{ws} = \frac{\left(\frac{F_s}{n}\right) * I_{nv}}{d-Z} = \frac{\left(\frac{200}{15}\right) * 8090856524}{750-287.1} = 233048362\ N.mm$$
$$= 233.05\ kN.m$$

⑥ $$\boxed{M_{w2} = 233.05\ kN.m}$$

Actual Moment.





Sec. 1 $M_{act.} = 2.875\ P$

To Get $P_w \longrightarrow M_{act.} = M_w$

$\therefore\ 2.875\ P_w = 299.7\ kN.m \longrightarrow P_{w1} = 104.24\ kN$

Sec. 2 $M_{act.} = 3.375\ P$

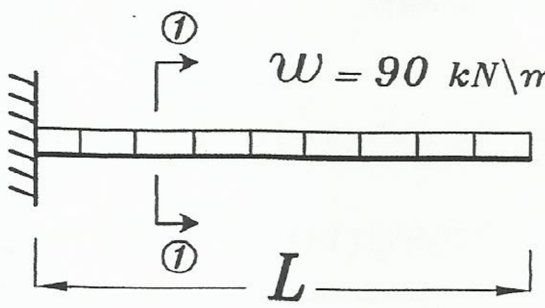
To Get $P_w \longrightarrow M_{act.} = M_w$

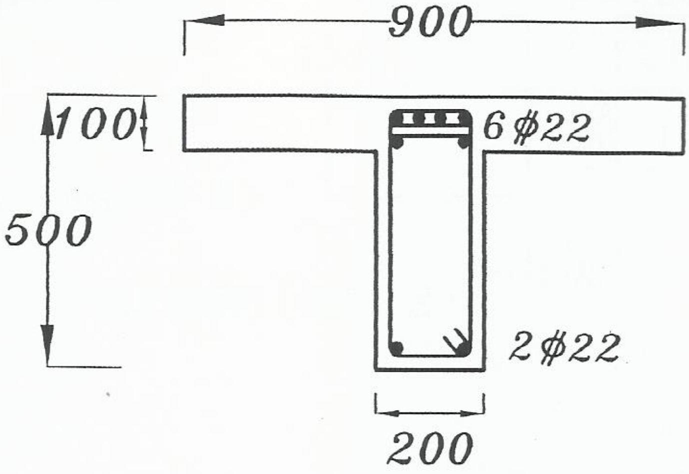
$\therefore\ 3.375\ P_w = 233.05\ kN.m \longrightarrow P_{w2} = 69.05\ kN$

P_w For all the beam is the least one of P_{w1}, P_{w2}

$$\boxed{P_w = 69.05\ kN}$$

Example.





Sec. (1−1)

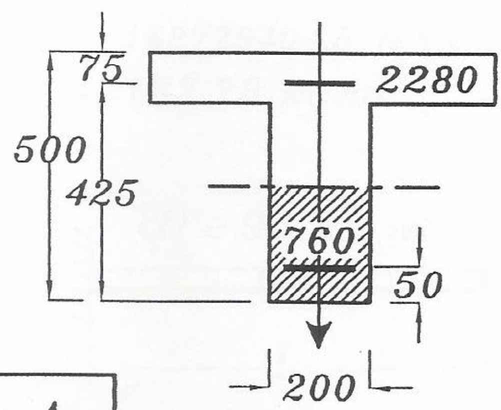
Data.

$F_{cu} = 25 \ N\backslash mm^2$ $\quad F_y = 360 \ N\backslash mm^2$

Req.

Fined the maximum design length For the cantilever.

Solution.



$$A_s = 6\,\phi 22 = 6\left[\frac{\pi * 22^2}{4}\right] = 2280 \ mm^2$$

$$A_s^{`} = 2\,\phi 22 = 2\left[\frac{\pi * 22^2}{4}\right] = 760 \ mm^2$$

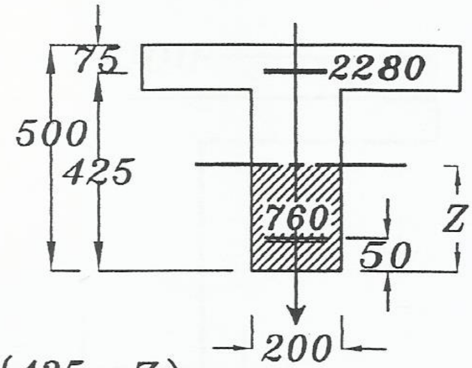
$$\boxed{\because \ \frac{A_s^{`}}{A_s} = \frac{760}{2280} = 0.33 > 0.2 \ \therefore \ \text{We can't neglect } A_s}$$

Allowable stresses

$$F_{cu} = 25 \ N\backslash mm^2 \longrightarrow F_c = 9.5 \ N\backslash mm^2$$

$$F_y = 360 \ N\backslash mm^2 \longrightarrow F_s = 200 \ N\backslash mm^2$$

① Take $n = 15$



② Get Z by taking $\boxed{S_{\underset{\text{above (N.A.)}}{nv.}} = S_{\underset{\text{under (N.A.)}}{nv.}}}$

$$b(z)\left(\frac{Z}{2}\right) + (n-1)\,A_{s'}\,(Z - d') = n\,A_s\,(d - Z)$$

$$200(z)\left(\frac{Z}{2}\right) + (14)(760)(Z - 50) = (15)(2280)(425 - Z)$$

$$\boxed{Z = 224.0 \text{ mm}}$$

③ Get $I_{nv} = \dfrac{bZ^3}{3} + (n-1)\,A_{s'}\,(Z - d')^2 + n\,A_s\,(d - Z)^2$

$$I_{nv} = \frac{200\,(224.0)^3}{3} + (14)(760)(224.0 - 50)^2 + (15)(2280)(425 - 224.0)^2$$

$$= 2453145773 \text{ mm}^4$$

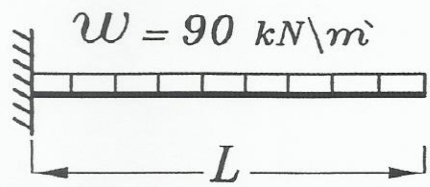
④ $M_{wc} = \dfrac{F_c * I_{nv}}{Z} = \dfrac{9.5 * 2453145773}{224.0} = 104039664.5 \text{ N.mm}$

$$= 104.04 \text{ kN.m}$$

⑤ $M_{ws} = \dfrac{\left(\frac{F_s}{n}\right) * I_{nv}}{d - Z} = \dfrac{\left(\frac{200}{15}\right) * 2453145773}{425 - 224.0} = 162729404.5 \text{ N.mm}$

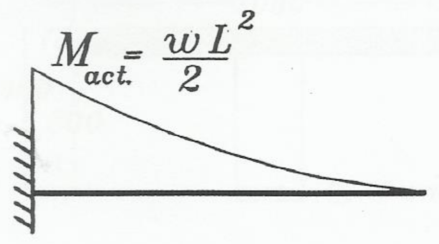
$$= 162.73 \text{ kN.m}$$

⑥ $\boxed{M_w = 104.04 \text{ kN.m}}$



Actual Moment =

$$M_{act.} = \frac{w L^2}{2} = \frac{90\,L^2}{2} = 45\,L^2$$



To get the maximum design length $= L_w$

$$M_{act.} = M_w$$

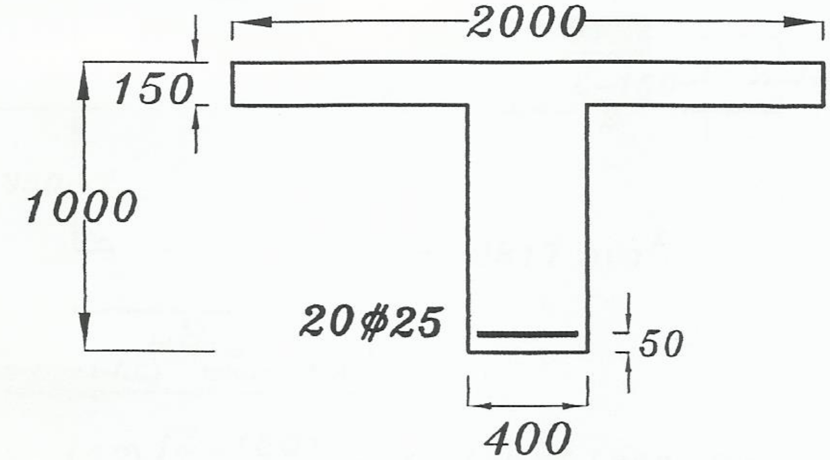
$$45\,L^2 = 104.04 \longrightarrow \boxed{L = 1.52 \text{ m}}$$

Example.

Data.

$F_{cu} = 25 \quad N\backslash mm^2$

$F_y = 360 \quad N\backslash mm^2$



Req. Calculate M_w

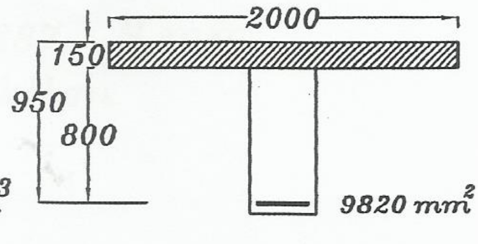
$$A_s = 20\,\phi 25 = 20\left[\frac{\pi * 25^2}{4}\right] = 9817\ mm^2$$

Allowable stresses

$F_{cu} = 25 \quad N\backslash mm^2 \longrightarrow F_c = 9.5 \quad N\backslash mm^2$

$F_y = 360 \quad N\backslash mm^2 \longrightarrow F_s = 200 \quad N\backslash mm^2$

To know IF Z is bigger or smaller than the Flange thickness $= 150$ mm

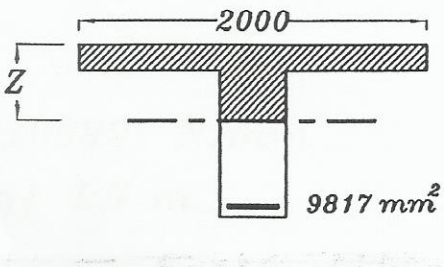


$S_{nv.}(\text{above}) = 150 * 2000 * (75) = 22500000\ mm^3$

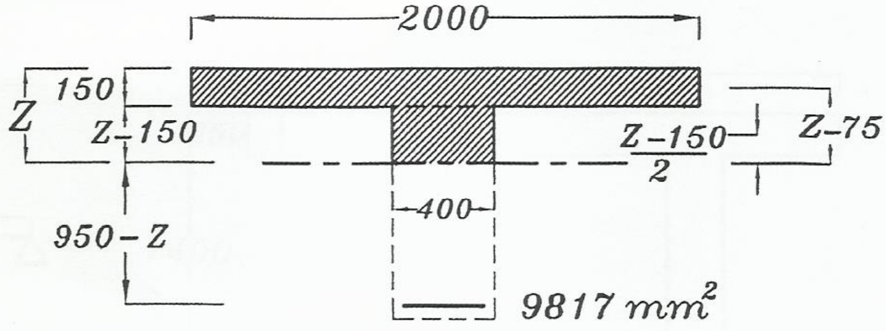
$S_{nv.}(\text{under}) = 15 * 9817 * (800) = 117804000\ mm^3$

$\because\ S_{nv.}(\text{under}) > S_{nv.}(\text{above})$

$\therefore\ Z > 150$ mm



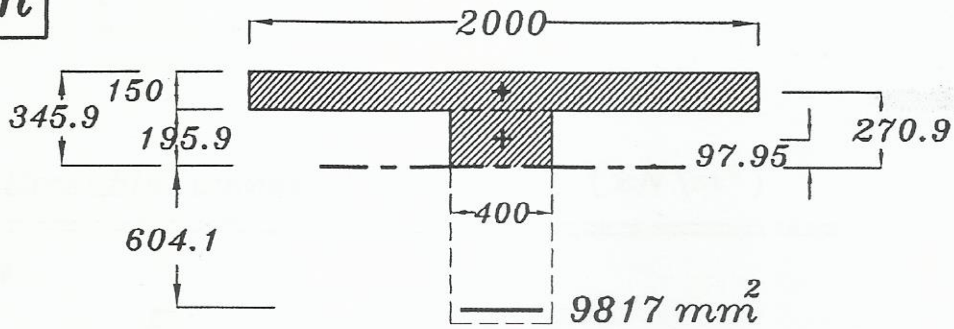
① Take $n = 15$



② Get Z by taking $\boxed{S_{\underset{\text{above (N.A.)}}{nv.}} = S_{\underset{\text{under (N.A.)}}{nv.}}}$

$$(2000)(150)(Z-75) + (400)(Z-150)\left(\frac{Z-150}{2}\right) = (15)(9817)(950-Z)$$

$$\boxed{Z = 345.9 \ \text{mm}}$$



③ $$I_{nv} = \frac{2000(150)^3}{12} + (2000)(150)(270.9)^2 + \frac{400(195.9)^3}{3}$$
$$+ (15)(9817)(604.1)^2 = 77319715230 \ \text{mm}^4$$

④ $$M_{wc} = \frac{\left(\frac{2}{3}\right) F_c * I_{nv}}{Z} \quad \text{------} \quad T\text{–}Sec.$$

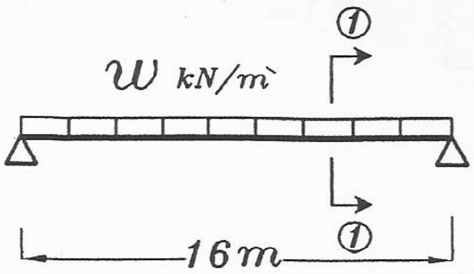
$$= \frac{\left(\frac{2}{3}\right) 9.5 * 77336137390}{345.9} = 1416003287 \ \text{N.mm}$$
$$= \mathbf{1416.0} \ \text{kN.m}$$

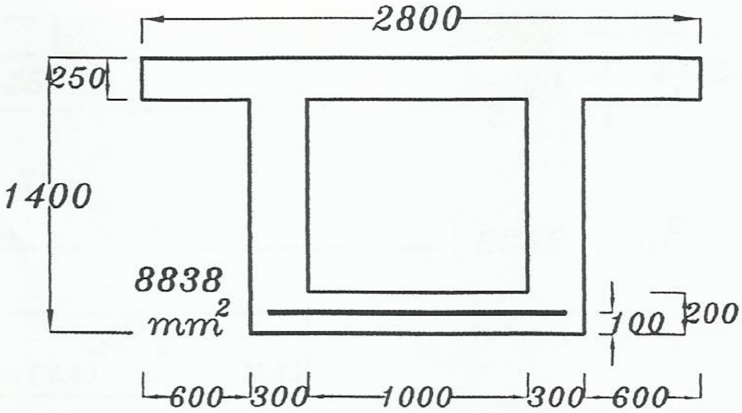
⑤ $$M_{ws} = \frac{\left(\frac{F_s}{n}\right) * I_{nv}}{d-Z}$$

$$= \frac{\left(\frac{200}{15}\right) * 77336137390}{950 - 345.9} = 1706916899 \ \text{N.mm}$$
$$= \mathbf{1706.91} \ \text{kN.m}$$

⑥ $$\boxed{M_w = 1416.0 \ \text{kN.m}}$$

Example.





Sec. (1−1)

Data.

$F_{cu} = 30 \quad N\backslash mm^2$

$F_y = 360 \quad N\backslash mm^2$

$F.C. = 3.50 \quad kN\backslash m^2$

$$\boxed{A_S = 8838 \ mm^2}$$

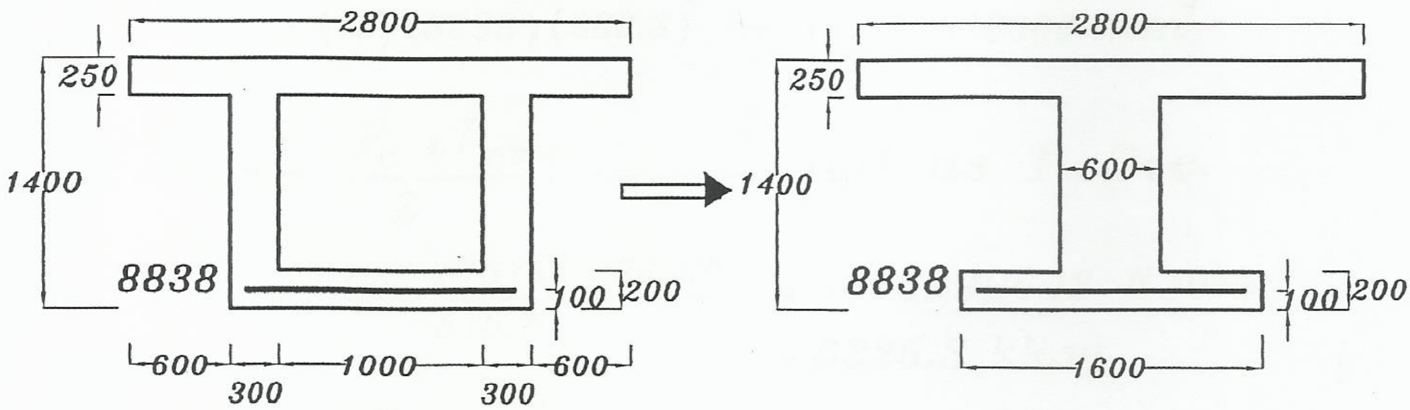
Req.

Fined the allowable working live load $(kN\backslash m^2)$

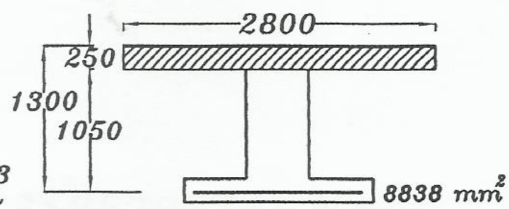
Allowable stresses

$F_{cu} = 30 \quad N\backslash mm^2 \longrightarrow F_c = 10.5 \ N\backslash mm^2$

$F_y = 360 \ N\backslash mm^2 \longrightarrow F_S = 200 \ N\backslash mm^2$



To know if Z is bigger or smaller than the Flange thickness = 250 mm

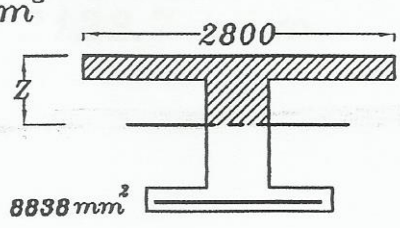


$S_{nv.}(above) = 250 * 2800 * (125) = 87500000 \ mm^3$

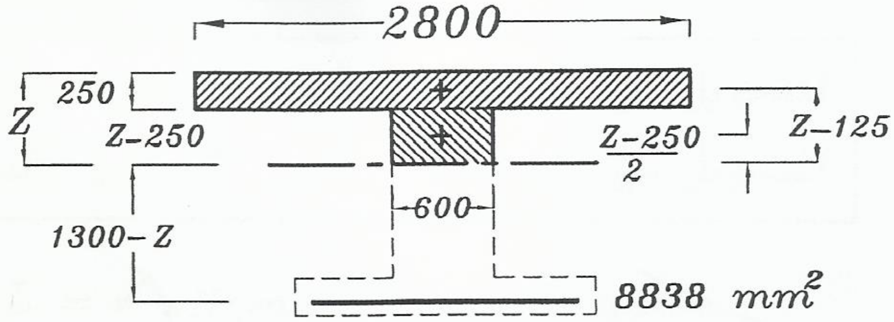
$S_{nv.}(under) = 15 * 8838 * (1050) = 139198.5 \ mm^3$

$\because \ S_{nv.}(under) > S_{nv.}(above)$

$\therefore \ Z > 250 \ mm$



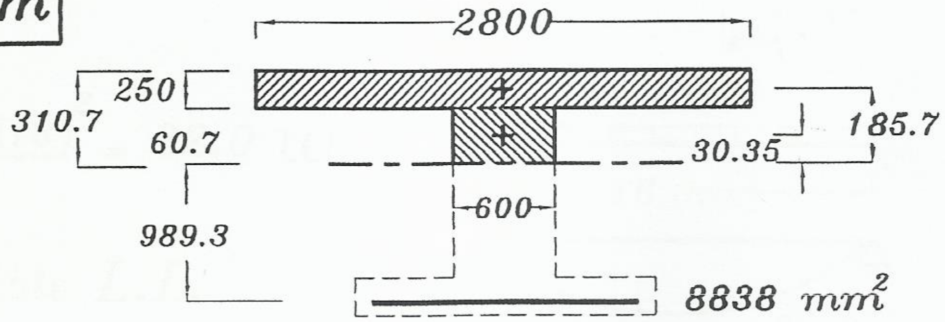
① Take $n = 15$



② Get Z by taking $\boxed{S_{nv.\ above\ (N.A.)} = S_{nv.\ under\ (N.A.)}}$

$$(2800)(250)(Z-125)+(600)(Z-250)\left(\frac{Z-250}{2}\right) = (15)(8838)(1300-Z)$$

$$\boxed{Z = 310.7\ mm}$$



③ $$I_{nv} = \frac{2800(250)^3}{12} + (2800)(250)(185.7)^2 + \frac{600(60.7)^3}{3} + (15)(8838)(989.3)^2 = 157577886000\ mm^4$$

④ $$M_{wc} = \frac{F_c * I_{nv}}{Z}$$ ------ not as T_Sec.

$$= \frac{10.5 * 157577886000}{310.7} = 5325290643\ N.mm$$

$$= 5325.3\ kN.m$$

⑤ $$M_{ws} = \frac{\left(\frac{F_s}{n}\right) * I_{nv}}{d-Z}$$

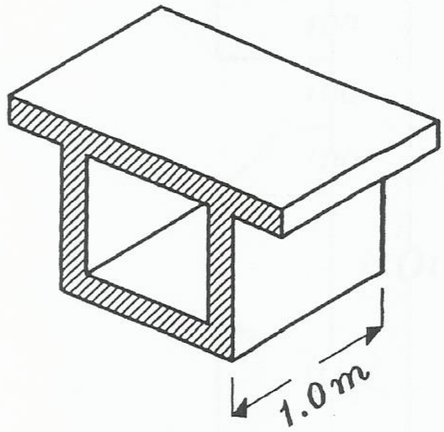
$$= \frac{\left(\frac{200}{15}\right) * 157577886000}{1300 - 310.7} = 2123762741\ N.mm$$

$$= 2123.7\ kN.m$$

⑥ $$\boxed{M_w = 2123.7\ kN.m}$$

للتحويل من $kN\backslash m^2 \xrightarrow{\text{إلى}} kN\backslash m'$ نضرب فى العرض بالمتر
للتحويل من $kN\backslash m' \xrightarrow{\text{إلى}} kN\backslash m^2$ نقسم على العرض بالمتر

$w = O.W. + F.C. + L.L. = \checkmark\ kN\backslash m'$



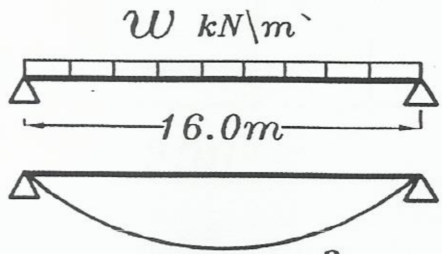
O.W. of the beam For 1.0 m.

$= \text{Volume} * \gamma_c$

$= [0.25(2.8) + 0.95(0.6) + 0.20(1.6)]\ (25)$

$= 39.75\ kN\backslash m'$

$$M_{act.} = \frac{wL^2}{8} = \frac{w(16)^2}{8} = 32.0\,w$$



$$M_{act.} = \frac{wL^2}{8}$$

To get the allowable L.L.

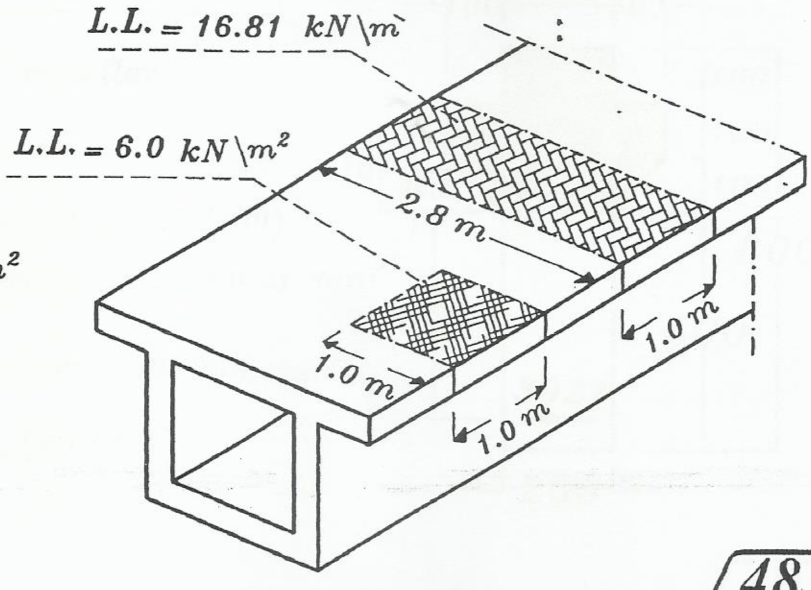
$$M_{act.} = M_w$$

$32\,w = 2123.7\ kN.m \longrightarrow \boxed{w = 66.36\ kN\backslash m'}$

$\because\ w = O.W. + F.C. + L.L.$ العرض بالمتر

$\therefore\ 66.36 = 39.75 + (3.5 * 2.8) + L.L. \longrightarrow \boxed{L.L. = 16.81\ kN\backslash m'}$

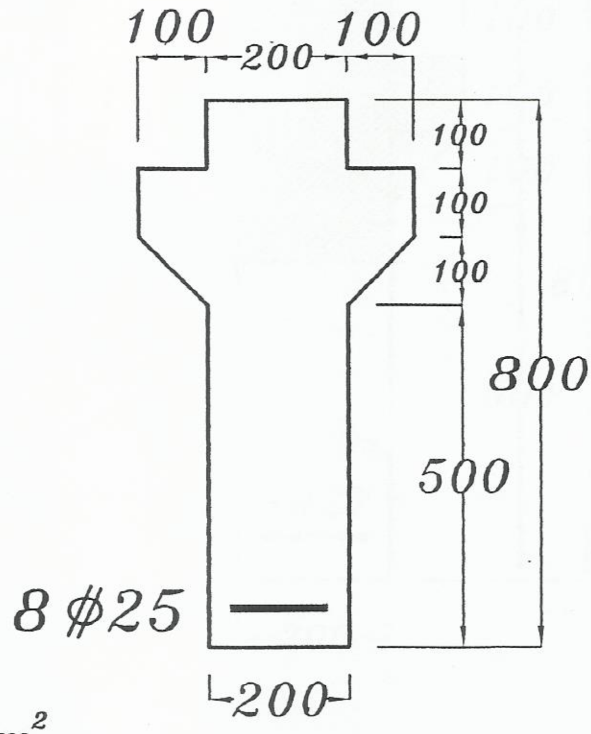
$$L.L.\ (kN\backslash m^2) = \frac{L.L.\ (kN\backslash m')}{\text{العرض بالمتر}}$$



$$\therefore\ L.L. = \frac{16.81}{2.80} = 6.0\ kN\backslash m^2$$

$$\boxed{L.L. = 6.0\ kN\backslash m^2}$$

Example.



Data.

$F_{cu} = 25 \quad N\backslash mm^2$

$F_y = 360 \quad N\backslash mm^2$

Req.

Calculate M_w

Solution.

$A_s = 8\phi 25 = 8\left[\frac{\pi * 25^2}{4}\right] = 3927\, mm^2$

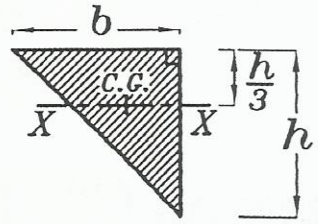
Allowable stresses

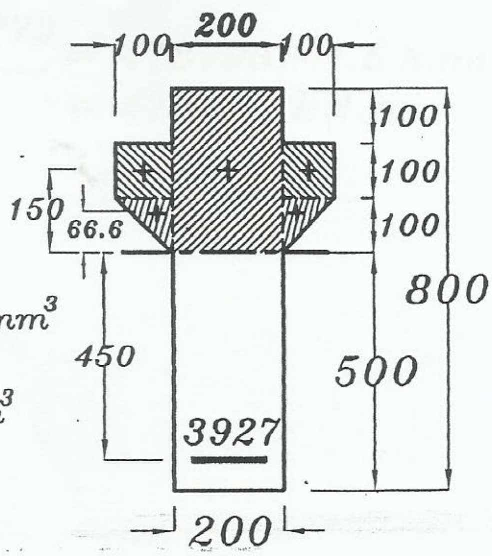
$F_{cu} = 25 \quad N\backslash mm^2 \longrightarrow F_c = 9.5 \quad N\backslash mm^2$

$F_y = 360\ N\backslash mm^2 \longrightarrow F_s = 200\ N\backslash mm^2$

Inertia For right angle Triangle

$$\boxed{I_x = \frac{b\,h^3}{36}}$$





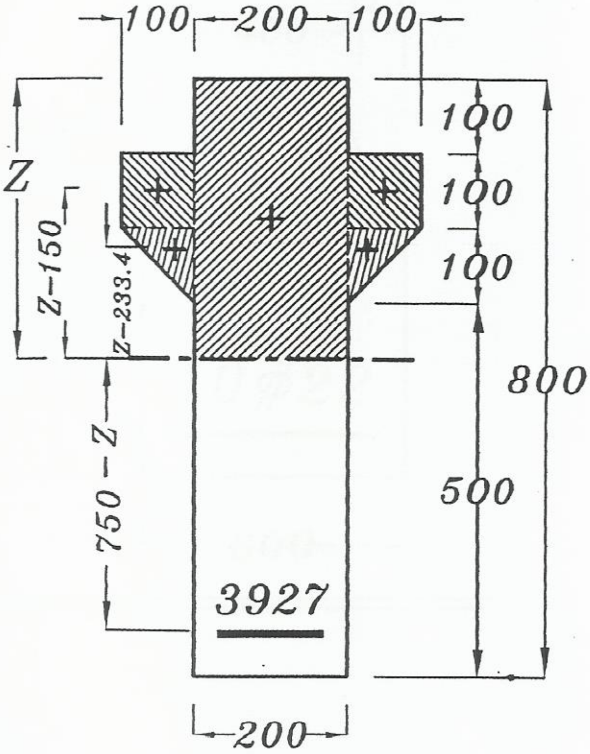
To know if Z is bigger or smaller than 300 mm

$$S_{nv.}(above) = (200)(300)(150) + 2\,(100)(100)(150) + 2\left(\frac{1}{2}\right)(100)(100)(66.6) = 12666000\ mm^3$$

$$S_{nv.}(under) = 15 * 3927 * (450) = 26507250\ mm^3$$

$\because\ S_{nv.}(under) > S_{nv.}(above)$

$\therefore\ Z > 300\ mm$



① Take $n = 15$

② Get Z by taking $\boxed{S_{nv.\ above\ (N.A.)} = S_{nv.\ under\ (N.A.)}}$

$$200(Z)\left(\frac{Z}{2}\right) + 2(100)(100)(Z-150)$$

$$+ 2\left(\frac{1}{2}\right)(100)(100)(Z-233.4)$$

$$= (15)(3927)(750-Z)$$

$$\boxed{Z = 387.77\ mm}$$

③ Get $I_{nv} = \dfrac{200(387.77)^3}{3} + 2\left(\dfrac{100*100^3}{12}\right) + 2(100)(100)(387.77-150)^2$

$$+2\left(\frac{100*100^3}{36}\right) + 2\left(\frac{1}{2}\right)(100)(100)(387.77-233.34)^2$$

$$+(15)(3927)(750-387.77)^2 = 13007509270\ mm^4$$

④ $M_{wc} = \dfrac{F_c * I_{nv}}{Z} = \dfrac{9.5 * 13007509270}{387.77} = 318671733.5\ N.mm$

$$= 318.67\ kN.m$$

⑤ $M_{ws} = \dfrac{\left(\frac{F_s}{n}\right) * I_{nv}}{d-Z} = \dfrac{\left(\frac{200}{15}\right) * 13007509270}{750-387.77} = 478793741.5\ N.mm$

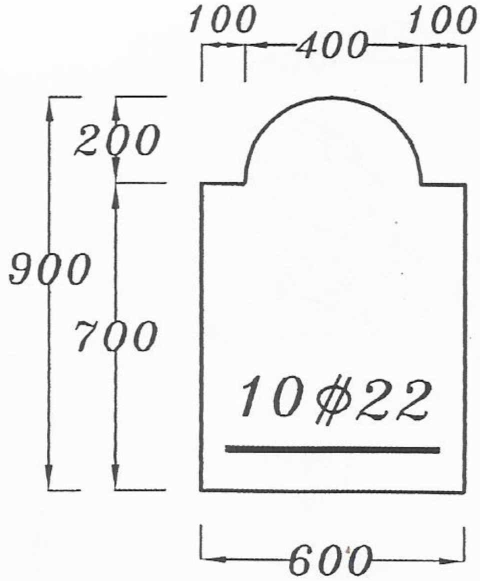
$$= 478.7\ kN.m$$

⑥ $\boxed{M_w = 318.67\ kN.m}$

Example.

Data. $F_{cu} = 25 \quad N\backslash mm^2$

$F_y = 360 \quad N\backslash mm^2$



Req.

Calculate M_w

Solution.

$$A_s = 10\phi 22 = 10\left[\frac{\pi * 22^2}{4}\right] = 3801\ mm^2$$

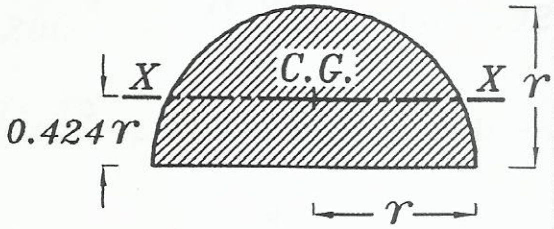
Allowable stresses

$F_{cu} = 25 \quad N\backslash mm^2 \longrightarrow F_c = 9.5 \quad N\backslash mm^2$

$F_y = 360 \ N\backslash mm^2 \longrightarrow F_s = 200 \ N\backslash mm^2$

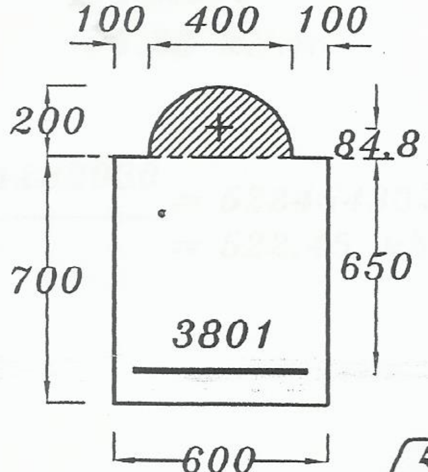
Inertia For semi circle.

$$\boxed{I_X = 0.11\, r^4}$$



:

To know if Z is bigger or smaller than 200 mm

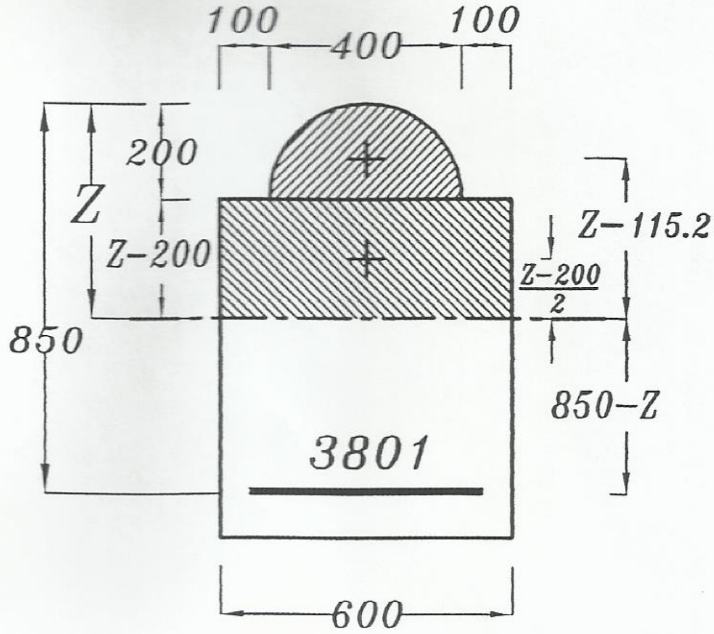


$$S_{nv.}(\text{above}) = \frac{\pi\,(200)^2}{2}(84.8) = 5328141.1\ mm^3$$

$$S_{nv.}(\text{under}) = 15 * 3800 * (650) = 37059750\ mm^3$$

$\because \ S_{nv.}(\text{under}) > S_{nv.}(\text{above})$

$\therefore \ Z > 200\ mm$



① Take $n = 15$

② Get Z by taking $\boxed{S_{nv.\ \text{above (N.A.)}} = S_{nv.\ \text{under (N.A.)}}}$

$$\frac{\pi\,(200)^2}{2}\,(Z-115.2) + (600)(Z-200)\left(\frac{Z-200}{2}\right)$$

$$= (15)(3801)(850-Z) \qquad \boxed{Z = 381.92\ mm}$$

③ Get $I_{nv} = 0.11\,(200)^4 + \frac{\pi\,(200)^2}{2}\,(381.92-115.2)^2$

$$+ \frac{600 * 181.89^3}{3} + (15)(3801)(850-381.92)^2$$

$$= 18341282030\ mm^4$$

④ $M_{wc} = \frac{F_c * I_{nv}}{Z} = \frac{9.5 * 18341282030}{381.92} = 456226904\ N.mm$
$= 456.22\ kN.m$

⑤ $M_{ws} = \frac{\left(\frac{F_s}{n}\right) * I_{nv}}{d-Z} = \frac{\left(\frac{200}{15}\right) * 18341282030}{850-381.92} = 522454339\ N.mm$
$= 522.45\ kN.m$

⑥ $\boxed{M_w = 456.22\ kN.m}$