



# 4<sup>th</sup> civil k-f-s (1B)

## تصميم منشآت خرسانية مسلحة

### REINFORCED CONCRETE DESIGN (3)

د/ أحمد عبد الله حمودة



وَأَنَّ خَافَتُ فِي  
عَيْنِكَ الدُّنْيَا فَهِيَ لَكَ  
فِي الْإِسْتِغْفَارِ فَرَجًا  
كَبِيرًا..



HASSAN ELSAYED  
FACULTY OF ENGINEERING



### ■ Introduction :-

• تتعرض خزانات المياه إلى مجموعة من العوامل البيئية الضارة مثل الرطوبة والذلاخ وهذه العوامل تؤثر بالضرر على حديد التسليح لذلك تم تقسيم المنشآت الخرسانية المسلحة حسب تعرض أسطح الشد فيما للعوامل الضارة.

Category one	Category two	Category Three	Category four.
• منشآت ذات أسطح شدة محيطية. • مثل جميع العناصر الداخلية من المنشآت لغاية والأسقف الخارجية المعزولة جيداً.	• منشآت ذات أسطح شدة غير محيطية. • مثل الأسقف الداخلية والخارجية في المناطق المجاورة للشوارع. وكذلك اللبائر والجراجات والصالات المفتوحة.	• منشآت ذات أسطح شدة معرضة للأسطح خضراء. • مثل خزانات المياه واللبائر (تحت المجاري المائية) (معرضة للرطوبة عالية) والمنشآت المعرضة لبخار الماء.	• منشآت ذات أسطح شدة معرضة لعوامل تسبب صدأ الحديد. • مثل المصانع الكيميائية وخزانات صرف الصرف والمنشآت المعرضة إلى ماء البحر.

• وبالتالي عند تصميم المنشآت المعرضة لعوامل خضراء يجب التأكد من عدم تشقق القطاع حتى تضمن عدم وصول المياه إلى حديد التسليح وبالتالي تضمن عدم صدأ الحديد.

### ■ Factors affecting Crack width :-

العوامل المؤثرة على عرض الشقوق

1. Concrete Cover. كلما زاد سمك الغطاء الخرساني يقل عرض الشقوق.
2. Types of steel used (Smooth , Deformed) الحديد المشرب بتماسك مع الخرسانة أكثر من الحديد الأملس وبالتالي يقل عرض الشقوق.
3. Diameter of steel bar. كلما زاد قطر السبيخ يزداد عرض الشقوق.
4. strength of concrete ( $f_{cu}$ ). كلما زاد  $f_{cu}$  يزداد تماسك الحديد بالخرسانة فيقل عرض الشقوق.
5. stress in steel R.F.T ( $f_s$ ) كلما زاد ( $f_s$ ) يزداد عرض الشقوق.



■ يتم تخفيض الاجهادات المسموح بها في الحديد عن طريق ال (Bar) وذلك طبقاً لـ  
 category ،  $\phi_{Bar}$  ، types of steel

- For Smooth rebars:-

Table (1-1)

Working stress $N/mm^2$	Bar $F_y = 240$	Cat. (1) Bar diameter	Cat. (2) Bar diameter	Cat. (3),(4) Bar diameter.
140	1	28 mm	20 mm	16 mm
120	0.84	32 mm	22 mm	20 mm
100	0.69	...	...	32 mm

- For deformed rebars:-

Table (2-1)

Working stress $N/mm^2$	Bar $F_y = 350$ $F_y = 420$		Cat. (1) Bar diameter	Cat. (2) Bar diameter	Cat. (3),(4) Bar diameter
220	1	0.92	18 mm	16 mm	10 mm
200	0.93	0.83	22 mm	20 mm	12 mm
180	0.85	0.75	25 mm	22 mm	18 mm
160	0.75	0.67	32 mm	25 mm	22 mm
140	0.65	0.58	...	28 mm	28 mm
120	0.56	0.5	...	...	32 mm

$$\bullet A_s = \frac{M_u}{\phi_{cr} \cdot J \cdot F_y \cdot d}$$

■ يتم تخفيض الاجهاد في الخرسانة عن طريق ( $\eta$ ) ويعتمد على آتانة القطاع. (Hv)

Table (3-1)

$t_v$ (mm)	$\leq 100$	200	400	$\geq 600$
$\eta$	1	1.2	1.3	1.4

$$\bullet t_v = t \left( 1 + \frac{(f_{ct})_T}{(f_{ct})_M} \right)$$

• هبوط الخرسانة في وقت التحضير.

$$\bullet \text{The allowable tensile stress in concrete } (f_{ct}) = \frac{f_{ctr}}{\eta}$$





## ① Section subjected to Pure tensile strength (T):-

• Given :: ✓ Tensile force (T) = ... kN

✓  $f_{cu} = \dots \text{N/mm}^2$

✓  $f_y = \dots \text{N/mm}^2$

1. Empirical dimensions :: (using working loads)

• Assume :  $t = 0.6 * T_{kw} = \dots \text{mm} \geq 200 \text{mm}$

$b = 1000 \text{mm}$

2. Evaluating  $A_s$  :: (using ultimate loads)

•  $T_u = 1.4 * T = \dots \text{kN}$

.. Based on  $f_y = \dots \text{N/mm}^2$  & assume bar diameter = ... mm and use Category (3)

∴ From table (2.1) ∴  $f_{cr} = \dots$

$$A_s = \frac{T_u * 10^3}{f_{cr} * f_y} = \dots \text{mm}^2$$

$$A_{s_{min}} = 5 \# 12 \text{m}$$

3. Check of tensile stress caused cracks (using working loads):-

• Actual tensile stress of R.C. :: (Pure tensile)

$$f_t = \frac{T * 10^3}{(b * t) + n * A_s} \quad n = \frac{E_s}{E_c} = 10$$

• (Ft) should be less than cracking tensile strength. (Fcto)

$$f_{cto} = \frac{f_{ctr}}{1.4} \quad ; \quad f_{ctr} = 0.6 \sqrt{f_{cu}}$$

$f_t < f_{cto}$  ∴ section is perfectly safe.

## ② Section subjected to Pure bending moment (M):-

• Given :: ✓ Bending moment (M) = ... kN.m

✓  $f_{cu} = \dots \text{N/mm}^2$

✓  $f_y = \dots \text{N/mm}^2$

1. Empirical dimension :: (using working loads).

$$• \text{Assume : } t = \sqrt{\frac{M * 10^6}{0.3}} \geq 200 \text{mm} \quad \& \quad b = 1000 \text{mm}$$

2. Check of tensile stress caused cracks (using working load).

• Actual tensile stress of R.C. :: (Pure bending moment).





$$- F_{ct} = \frac{6M \times 10^6}{b \times t^2}$$

•  $(F_{ct})$  should be less than  $(F_{ct(M)})$ .

$$- F_{ct(M)} = \frac{F_{ctr}}{\eta} \quad ; F_{ctr} = 0.6 \sqrt{F_{cu}} \quad ; \eta = 1.4$$

$\therefore F_{ct} < F_{ct(M)} \quad \therefore$  section is perfectly safe.

3- Evaluating  $A_s$  (using ultimate loads):

$$- M_u = 1.4 \times M = \dots \text{ kN.m}$$

$$- d = C_1 \sqrt{\frac{M_u \times 10^6}{F_{cu} \times b}} \quad , C_1 = \checkmark \rightarrow J = \checkmark \quad \therefore A_s = \frac{M_u \times 10^6}{P_{cr} \times F_y \times J \times d}$$

$\therefore$  Based on  $F_y = \dots \text{ N/mm}^2$  &  $\phi_{\text{Bar}} = \dots \text{ mm}$  and use Category (3).

$\therefore$  From table (2-1)  $\therefore P_{cr} = \dots$

$$- A_{smin} = 5 \# 12/m'$$

③ section subjected to bending moment and tensile force (M & T):

• given :  $\checkmark$  Tensile force (T) =  $\dots \text{ kN}$

$\checkmark$  Bending moment =  $\dots \text{ kN.m}$

$\checkmark F_{cu} = \dots \text{ N/mm}^2 \quad \checkmark F_y = \dots \text{ N/mm}^2$

1- Empirical dimension (using working loads):

$$- \text{Assume } \therefore t = \sqrt{\frac{M \times 10^6}{0.3b}} + (30 \sim 40 \text{ mm}) = \dots \text{ mm} > 200 \text{ mm} \quad ; b = 1000 \text{ mm}$$

2- Check of tensile stresses caused cracks (using working loads).

• Actual tensile stress of R.C (M & T)

$$- F_{ct} = F_{ct(T)} + F_{ct(M)} = \frac{T \times 10^3}{b \times t} + \frac{6M \times 10^6}{b \times t^2} = \dots \text{ N/mm}^2$$

•  $(F_{ct})$  should be less than  $(F_{ct(M+T)})$

$$- F_{ct(M+T)} = \frac{0.6 \sqrt{F_{cu}}}{\eta}$$

$$t_v = t \times \left(1 + \frac{F_{ct(T)}}{F_{ct(M)}}\right) = \dots \text{ mm} \quad \therefore \text{From table (3-1)} \quad \therefore \eta = \dots$$

$\therefore F_{ct} < F_{ct(M+T)} \quad \therefore$  section is perfectly safe





### 3- Evaluating $A_s$ (using ultimate loads):-

- $M_u = 1.4 * M = \dots \text{ kN.m}$

- $T_u = 1.4 * T = \dots \text{ kN}$

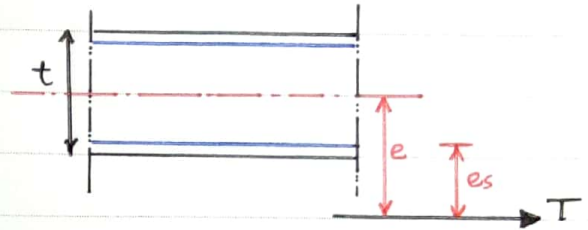
- $e = M_u / T_u$

**IF  $e/t > 0.5$**

- $e_s = e - t/2 + \text{Cover}$

- $M_{ues} = T_u * e_s$

- $d = C \sqrt{\frac{M_{ues} * 10^6}{F_{cu} * b}} \therefore C = \sqrt{\dots} \quad J = \sqrt{\dots}$



From table (2-1) Get ( $\beta_{cr}$ )

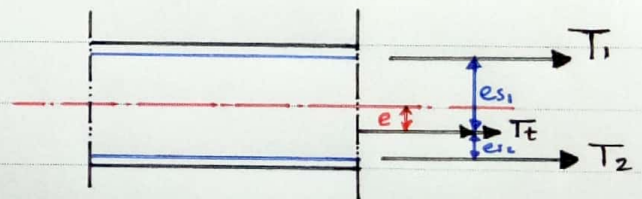
$$\therefore A_s = \frac{M_{ues} * 10^6}{\beta_{cr} * F_y * J * d} + \frac{T_u * 10^3}{\beta_{cr} * F_y * \delta_s}$$

**IF  $e/t < 0.5$**

- $e_{s1} = t/2 - \text{Cover} + e$

- $e_{s2} = t/2 - \text{Cover} - e$

- $T_1 = T_t * \frac{e_{s2}}{t - 2C} \quad \cdot T_2 = T_t - T_1$



$$\therefore A_{s1} = \frac{T_{u1} * 10^3}{\beta_{cr} * F_y * \delta_s}$$

$$\therefore A_{s2} = \frac{T_{u2} * 10^3}{\beta_{cr} * F_y * \delta_s}$$

### ④ Section subjected to bending moment and compression force ( $M < N$ ):-

- given :-  $\checkmark$  Compression force ( $N$ ) =  $\dots \text{ kN}$

- $\checkmark$  Bending moment =  $\dots \text{ kN.m}$

- $\checkmark F_{cu} = \dots \text{ N/mm}^2 \quad \checkmark F_y = \dots \text{ N/mm}^2$

#### 1- Empirical dimension (using working loads):-

- Assume :-  $t = \sqrt{\frac{M * 10^6}{0.3}} - 20 \text{ mm} = \dots \text{ mm} \geq 200 \text{ mm} \quad \therefore b = 1000 \text{ mm}$

#### 2- check of tensile stresses caused cracks (using working loads):-

- Actual tensile stress of R.c : ( $M < N$ ):-

$$-f_{ct} = f_{ct(M)} + f_{ct(N)} = \frac{6M * 10^6}{b * t^2} + \frac{-N}{b * t}$$





- ( $F_{ct}$ ) should be less than ( $F_{ct(M)}$ ).
- $F_{ct(M)}$  Get from table ...  $\text{من جدول السليتن}$

∴  $F_{ct} < F_{ct(M)}$  ∴ section is safe.

### 3 - Evaluating $A_s$ (using ultimate loads) :-

•  $M_u = 1.4 * M = \dots \text{kv.m}$

•  $N_u = 1.4 * N = \dots \text{kv}$

•  $e = M_u / N_u$

∴ IF  $e/t < 0.5$

∴ Design using (Interaction Diagram).

•  $k = \frac{N_u * 10^3}{t * b * F_{cu}}$

•  $k(e/t) = \frac{M_u * 10^6}{t^2 * b * F_{cu}}$

using I.D having  $\alpha = 1$  ... Get  $P = \checkmark$

•  $M = f * f_{cu} * 10^{-4}$

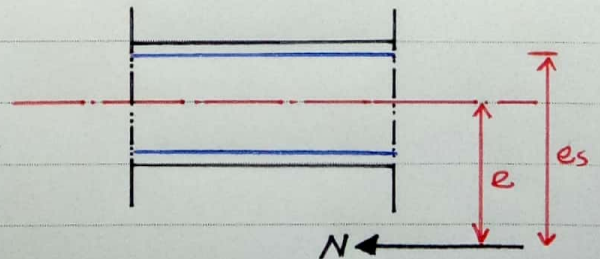
∴  $A_s = \frac{M * b * t}{P_{cr}}$

∴ IF  $e/t > 0.5$

•  $e_s = e + t/2 - \text{cover}$

•  $M_{u_{e_s}} = N_u * e_s$

•  $d = C_1 \sqrt{\frac{M_{u_{e_s}} * 10^6}{F_{cu} * b}}$   $C_1 = \checkmark$   $J = \checkmark$



∴  $A_s = \frac{M_{u_{e_s}} * 10^6}{P_{cr} * f_y * J * d} - \frac{N_u * 10^3}{P_{cr} * f_y}$

