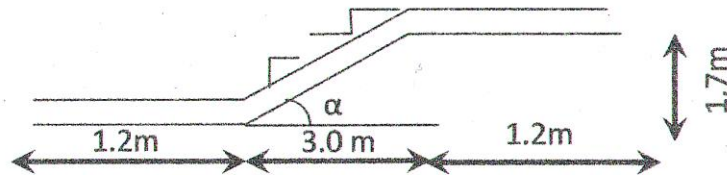


Examen final du 2^{ème} semestre (24/05/2025)

Exercice n°1 (08 pts)

Soit l'allure ci-dessous d'un escalier formé de deux paliers et une paillasse en béton armé :



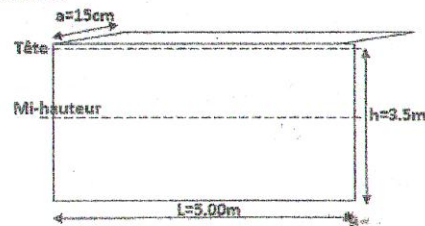
- 1- Pré dimensionner cet escalier en donnant le nombre de marches, la largeur du giron, l'épaisseur de la paillasse et du palier et l'angle de l'inclinaison α .
- 2- On néglige le poids du garde corps et on prend une charge d'exploitation égale à 350 Kg/m^2 . Calculer à l'état limite ultime de résistance le ferrailage de cet escalier en utilisant le FeE400.type1, $\gamma_s=1.15$ et pour le béton on a $f_{c28}=25 \text{ MPa}$, $f_{t28}=2.1 \text{ MPa}$, $\sigma_{bc}=14.2 \text{ MPa}$, $\gamma_b=1.15$. (Vous prenez $d=13 \text{ cm}$ et la masse volumique du béton 2500 Kg/m^3)
- 3- Faites un croquis représentatif du ferrailage.

Exercice n°2 (06 pts)

Soit un voile en béton armé représenté ci-joint, soumis à une charge linéaire répartie sous charges permanentes $G=500 \text{ KN/ml}$ et charges d'exploitation $Q=350 \text{ KN/ml}$.

Si l'effort limite ultime est donné par la formule suivante :

$$N_{u \text{ lim}} = \alpha \left[\frac{B_r \cdot f_{c28}}{0.9 \cdot \gamma_b} + A \frac{f_e}{\gamma_s} \right]$$

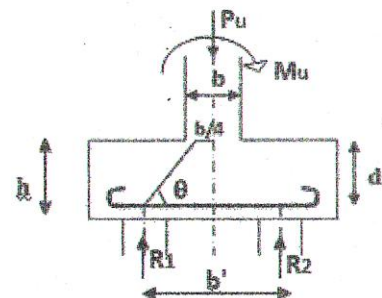


- Pour une bande de largeur $d=1 \text{ m}$, calculer et proposer une section d'acier A pour ce voile après vérification des contraintes en tête et à mi-hauteur. (vous prenez : $f_{c28}=25 \text{ MPa}$, $f_e=400 \text{ MPa}$, $\alpha=0.623$, $B_r=0.13 \text{ m}^2$, $\gamma_b=1.5$ et $\gamma_s=1.15$)

Exercice n°3 (06pts)

Soit un poteau de largeur $b=60 \text{ cm}$ transmettant une charge centrée $P_u=3000 \text{ KN}$ et un moment $M_u=280 \text{ KNm}$ à une semelle repose sur deux pieux d'entre axes b' égales à 1.40 m .

- 1- Calculer les dimensions (h et d de la semelle et l'angle d'inclinaison θ des bielles). Prenez un enrobage égale 5 cm
- 1- Calculer les réactions R_1 et R_2 .
- 2- Calculer la section des armatures inférieures et supérieures de cette semelle en utilisant le FeE400 type1.



Bonne chance

Dr : BENADDI Hachemi

Consignes

Exercice n° 1

1. Prédimensionnement:

On doit s'observer à la formule de Blondel.

$$59 \leq 2h + g \leq 64 \quad (0,25)$$

Si le reculement vaut 3,00 m

On prend un $g = 30$ cm.

et le nombre de marches N

$$N = \frac{H}{h}$$

On suppose $h = 17$ cm.

$$\text{Alors } N = \frac{170}{17} = 10 \text{ marches}$$

$$N = 10 \text{ marches}$$

Alors:

$$2h + g = 34 + 30 = 64$$

donc

$$59 \leq 2h + g \leq 64$$

Alors on aura:

$$\left\{ \begin{array}{l} g = 30 \text{ cm.} \\ h = 17 \text{ cm.} \\ N = 10 \text{ marches.} \end{array} \right. \quad (0,25)$$

Épaisseur de la paille et du palier:

$$\frac{l}{30} \leq e \leq \frac{l}{20}$$

$$\text{avec: } l = \sqrt{(1,7)^2 + (3)^2} = 3,44 \text{ m} \quad (0,25)$$

donc.

• L'angle de l'inclinaison α .

$$\tan \alpha = \frac{1,7}{3} = 0,566 \quad (0,25)$$

$$\Rightarrow \alpha = 29,5^\circ \quad (0,25)$$

2. Ferrailage.

• Évaluation des charges

• Palier: Pour 1 m de linéaire

$$P_{\text{propre}} = 1 \times 0,15 \times 2500 = 375 \text{ kg/ml}$$

$$g_1 = 4,35 g + 1,5 q$$

$$g_1 = 4,35 \times 375 + 1,5 \times 350$$

$$g_1 = 10312,5 \text{ N/ml} \quad (0,5)$$

• Paille:

$$P_{\text{propre}} = \frac{e}{\cos \alpha} \times 1 \times 2500 = 431,03 \text{ kg/ml}$$

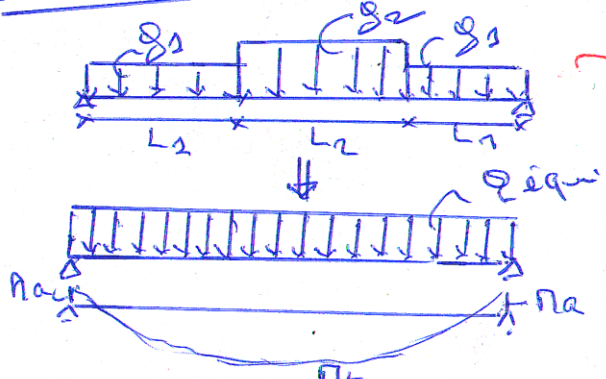
$$P_{\text{des marches}} = \frac{h}{2} \times 1 \times 2500 = 227,5 \text{ kg/ml}$$

$$g_2 = 4,35 g + 1,5 q$$

$$= 4,35 (431,03 + 227,5) + 1,5 \times 350$$

$$g_2 = 13937,6 \text{ N/ml} \quad (0,5)$$

Calcul de la charge équivalente:



$$Q_{\text{équ}} = \frac{\sum Q_i l_i}{\sum l_i} \quad (0,25)$$

$$= \frac{2 \times 10312,5 \times 12 + 3 \times 13337,6}{5,4}$$

$$Q_{\text{équ}} = 18326,44 \text{ N/m} \quad (0,5)$$

$$\Pi_0 = \frac{Q_{\text{équ}} \times L^2}{8} \quad (0,25)$$

$$\Pi_0 = 44929,88 \text{ N.m}$$

$$\begin{cases} M_E = 0,8 \Pi_0 = 35943,91 \text{ N.m} \\ \Pi_a = 0,3 \Pi_0 = 13478,96 \text{ N.m} \end{cases} \quad (0,25)$$

Ferraillage à la flexion simple

Entravée

$$\mu = \frac{M_E}{\sigma_s b d^2} = \frac{35943,91}{14,2 \times 100 \times (13)^2} = 0,149 < \mu_l \quad (0,25)$$

Le tableau 5 $\Rightarrow \beta = 0,9185 \quad (0,25)$

$$\text{Et } A_t = \frac{M}{\beta \cdot d \cdot \sigma_s}$$

$$A_t = \frac{35943,91}{0,9185 \times 13 \times 348} = 8,65 \text{ cm}^2 \quad (0,25)$$

$$A_t = 8,65 \text{ cm}^2$$

$$\text{Soit } 8 \phi 12 = 9,06 \text{ cm}^2 \quad (0,25)$$

$$\text{C.N.F. : } A_{\text{min}} = 0,23 f_{tj} \frac{b d}{f_e} = 1,56 \text{ cm}^2 \quad (0,25)$$

$$A_t = 9,06 - 2264$$

Sur appuis

$$\mu = \frac{\Pi_a}{\sigma_s b d^2} = \frac{13478,96}{14,2 \times 100 \times 13^2} = 0,056 < \mu_l \quad (0,25)$$

$$\mu = 0,056 < \mu_l$$

Le tableau nous donne

$$\beta = 0,971 \quad (0,25)$$

$$\text{Et } A_a = \frac{\Pi_a}{\beta \cdot d \cdot \sigma_s} = 3,06 \text{ cm}^2 \quad (0,25)$$

$$\text{Soit } 4 \phi 10 = 3,14 \text{ cm}^2$$

$$\text{C.N.F. : } A_{\text{min}} = 1,56 \text{ cm}^2 \quad (0,25)$$

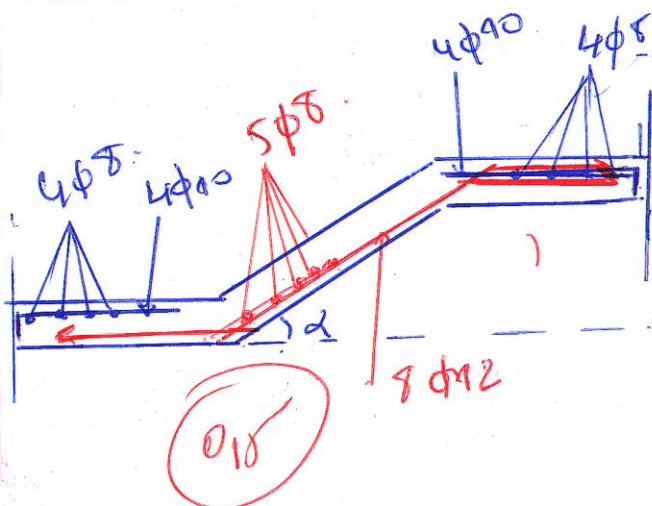
$$A_a > A_{\text{min}} \quad (\text{C.V.})$$

$$A_{\text{req}} = \frac{A_a}{\eta} = \frac{3,14}{\eta} = 0,78 \text{ cm}^2 \quad (0,25)$$

ou donc,

$$4 \phi 8 = 2,01 \text{ cm}^2$$

3 - Croquis



Exercice n°2

Données ; $G = 500 \text{ kN}$, $Q = 300 \text{ kN}$
 $f_{t28} = 25 \text{ MPa}$; $f_e = 400 \text{ MPa}$; $\alpha = 0,628$
 $B_r = 0,13 \text{ m}^2$; $\delta_b = 1,5$ et $\delta_s = 1,15$

$$N_{ulim} = \alpha \left[\frac{B_r f_{t28}}{0,986} + A \frac{f_e}{\delta_s} \right]$$

$$\Rightarrow A = \frac{\delta_s}{f_e} \left[\frac{N_{ulim}}{\alpha} - \frac{B_r f_{t28}}{0,986} \right] \quad (0,15)$$

• Vérification au tite du voile

$$N_u = 1,35 G + 1,5 Q$$

$$N_u = 1200 \text{ kN} \quad (0,15)$$

En tite il faut vérifier que

$$\sigma_u \leq \sigma_{ulim} \quad (0,15)$$

à l'axe d'égalité, on trouve

$$\sigma_u = \frac{N_u}{\alpha}$$

$$\Rightarrow \sigma_{ulim} = \alpha \cdot \sigma_u$$

$$\frac{N_{ulim}}{\alpha \cdot d} = \alpha \cdot \frac{N_u}{\alpha \cdot d}$$

$$\Rightarrow N_{ulim} = \alpha N_u \quad (0,25)$$

On remplace dans la formule
on trouve

$$A = \frac{\delta_s}{f_e} \left[\alpha \frac{N_u}{\alpha} - \frac{B_r f_{t28}}{0,986} \right]$$

$$\Rightarrow A = \frac{\delta_s}{f_e} \left[N_u - \frac{B_r f_{t28}}{0,986} \right]$$

$$\Rightarrow A = \frac{1,15}{400} \left[1200 - \frac{130 \times 25}{0,986} \right]$$

$$\Rightarrow A = -3,38 \text{ cm}^2 \quad (0,15)$$

C'est une section négative, ce qui veut dire qu'il n'y a pas besoin d'armatures (théorie inerte), mais on pose en principe un T 5 mmé sur chaque face du voile au seuil centre. (0,15)

• Vérification à mi-hauteur

Le poids du voile vaut;

$$2,5 \times 0,15 \times 5 = 18750 \text{ N/ml}$$

par mètre de hauteur (0,15)
 à mi-hauteur le poids sera
 $\frac{18750 \times 3,5}{2} = 32812,5 \text{ N}$ (0,15)

Donc

$$N_u = 1,35 [500 + 32,81] + 1,5 \times 300$$

$$N_u = 1244,30 \text{ kN} \quad (0,15)$$

à mi-hauteur il faut vérifier que;

$$\sigma_u \leq \sigma_{ulim} \quad (0,15)$$

c'est à dire;
 $N_u \leq N_{ulim}$

Et il faut trouver (A) dans la formule (1). on aura donc,

$$A = \frac{85}{f_e} \left[\frac{N_u}{\alpha} - B_r \frac{f_{ct}}{2985} \right]$$

$$A = \frac{1,15}{400} \left[\frac{1244,30}{0,630} - \frac{130 \times 28}{29 \times 1,5} \right]$$

$$A = -1,14 \text{ cm}^2$$

c'est une section négative aussi, ce qui veut dire qu'il n'y a pas besoin d'armature théoriquement, mais on pose en général un treillis perimétrique sur chaque face au centre de la voute.

Exercice n°3

$b = 60 \text{ cm}$, $P_u = 3000 \text{ kN}$, $N_u = 280 \text{ kN}$

$b' = 1,40 \text{ m}$, et l'enrobage = 5 cm

1- Calcul de dimensions.

$$0,6 \left(\frac{b' - b}{2} \right) \leq d \leq 0,7 \left(\frac{b' - b}{2} \right)$$

$$0,6(1,4 - 0,3) \leq d \leq 0,7(1,4 - 0,3)$$

$$0,55 \text{ m} \leq d \leq 0,77 \text{ m}$$

On adopte, $d = 60 \text{ cm}$

$$\begin{cases} h = d + 5 \text{ cm} \\ h = 65 \text{ cm} \end{cases}$$

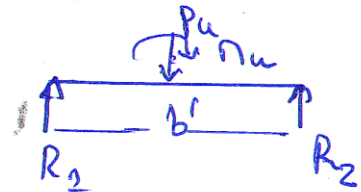
b) L'angle d'inclinaison θ .

$$\tan \theta = \frac{d}{\frac{b'}{2} - \frac{b}{4}}$$

$$\tan \theta = \frac{60}{\frac{1,40}{2} - \frac{60}{4}}$$

$$\Rightarrow \theta = 47,46^\circ$$

2. Calcul de réactions



$$R_1 = \frac{P_u}{2} + \frac{N_u}{b'}$$

App.N

$$R_1 = \frac{280}{1,4} + \frac{3000}{2}$$

$$R_1 = 1700 \text{ kN}$$

$$R_2 = \frac{P_u}{2} - \frac{N_u}{b'}$$

App.N

$$R_2 = \frac{3000}{2} - \frac{280}{1,4}$$

$$R_2 = 1300 \text{ kN}$$

3- Calcul de armatures

$$M_u = e_u P_u \Rightarrow e_u = \frac{N_u}{P_u} = \frac{280}{3000}$$

$$e_u = 93 \text{ mm}$$

$$\frac{b}{10} = \frac{60}{6} = 10 \text{ cm}$$

$e_u < \frac{b}{10} \Rightarrow$ on applique la méthode des barres.

a) Armatures inférieures

$$\text{On pose } P_u = 2 R_1$$

$$A_{inf} = 1,10 R_1 \left(\frac{b' - b}{2} \right)$$

$$A_{inf} = 1,10 \times 1700 \left(\frac{1,4 - 0,3}{2} \right)$$

$$A_{inf} = 49,25 \text{ cm}^2 \text{ soit } 11 \phi 25 = 54 \text{ cm}^2$$