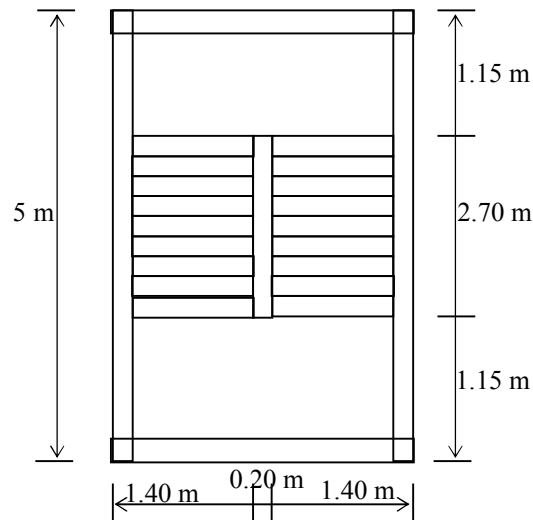


Exercice : (Escalier)

Soit l'escalier à paillasse adjacentes droites de 1.4 m de largeur représenté sur la figure, dimensionner l'escalier et calculer son ferrailage. Hauteur d'étage : 3.3m ; $f_{c28}=20$ MPa ; FeE400, fissuration peu préjudiciable.



Solution :

1/ Dimensionnement :

- D'après la relation de BLONDEL : $59 \leq g + 2h \leq 66$ (g et h en cm)

On fixera $h=16.5\text{cm}$; nombre de contre marche : $n = \frac{H}{h} = \frac{330/2}{16.5} = 10$

$g = \frac{L}{n-1} = 30\text{ cm}$ on vérifie la relation de Blondel, $59 \leq g + 2h = 63\text{cm} \leq 66$ (c.v.)

[On fixe ($m=60$) et on résout l'équation : $mn^2 - n(m + 2H + L) + 2H = 0 \rightarrow n=10.47$
soit $n=10$ contre marches : $h = \frac{H}{n} = 16.5\text{ cm}$ et $g = \frac{L}{n-1} = 30\text{cm}$ et on vérifie $59 \leq g + 2h = 63\text{cm} \leq 66$]

Angle d'inclinaison : $tg\alpha = \frac{330/2}{270} = 0.611 \rightarrow \alpha = 31.4^\circ$

- Détermination de l'épaisseur de la paillasse :

$l/30 \leq e \leq l/20$; $l = \sqrt{H^2 + L^2} = 316\text{ cm}$

$10.55 \leq e \leq 15.8\text{ cm}$ on prend: $e = 15\text{ cm}$

2/ Evaluation des charges :

Charges permanentes:

a/ Paillasse :

- Poids propre de la paillasse : $25 \times 0.15 / \cos 31.4^\circ = 4.39\text{ kN/m}^2$
 - Poids des marches : $0.165 \times 22 / 2 = 1.82\text{ kN/m}^2$
 - Revêtement (2 cm) : $0.02 \times 20 = 0.4\text{ kN/m}^2$
 - Enduit de plâtre (2 cm) : $0.02 \times 14 / \cos 31.4^\circ = 0.33\text{ kN/m}^2$
 - Garde corps : $= 0.42\text{ kN/m}^2$
- $G_1 = 7.36\text{ kN/m}^2$

b/ Palier :

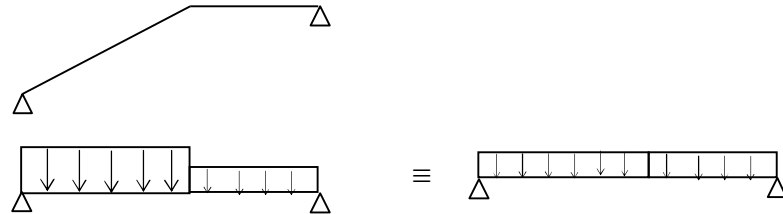
- Poids propre du palier : $25 \times 0.15 = 3.75\text{ kN/m}^2$
 - Revêtement : $0.02 \times 20 = 0.4\text{ kN/m}^2$
 - Enduit de plâtre : $0.02 \times 14 = 0.28\text{ kN/m}^2$
- $G_2 = 4.43\text{ kN/m}^2$

Surcharges (habitation) $Q=250 \text{ kg/m}^2=2.5 \text{ kN/m}^2$

3/ Sollicitations aux états limites :

- E.L.U. :
 - Paillasse : $q_{u1}=1.35G_1+1.5Q=13.69 \times 1 \text{ m}=13.69 \text{ kN/m}$
 - Palier : $q_{u2}=1.35G_2+1.5Q=9.73 \times 1 \text{ m}=9.73 \text{ kN/m}$
- E.L.S. :
 - Paillasse : $q_{ser1}=G_1+Q=9.86 \times 1 \text{ m}=9.86 \text{ kN/m}$
 - Palier : $q_{ser2}=G_2+Q=6.93 \times 1 \text{ m}=6.93 \text{ kN/m}$

Schéma statique :



q_1 et q_2 ne sont pas proches : la charge équivalente : $q_e = \frac{\sum q_i l_i}{\sum l_i}$

$$q_{eu} = \frac{13.69 \times 2.7 + 9.73 \times 1.15}{2.7 + 1.15} = 12.5 \text{ kN/m}$$

$$q_{eser} = \frac{9.86 \times 2.7 + 6.93 \times 1.15}{3.85} = 8.98 \text{ kN/m}$$

$$M_o = q_e \cdot l^2 / 8 ; \quad M_t = 0.8 M_o ; \quad M_a = 0.4 M_o ; \quad T = q_e \cdot l / 2$$

$$M_{ou} = q_{eu} \cdot l^2 / 8 = 23.16 \text{ kN.m} ; \quad M_{tu} = 0.8 M_{ou} = 18.53 \text{ kN.m} ; \quad M_{au} = 0.4 M_{ou} = 9.26 \text{ kN.m} ; \\ T = q_{eu} \cdot l / 2 = 24.1 \text{ kN}$$

$$M_{oser} = q_{eser} \cdot l^2 / 8 = 16.64 \text{ kN.m} ; \quad M_{tser} = 0.8 M_{oser} = 13.31 \text{ kN.m} ; \quad M_{aser} = 0.4 M_{oser} = 6.65 \text{ kN.m}$$

4/ Calcul des armatures à l'ELU de résistance : Le calcul se fait par tranche de 1 m de largeur. $f_{bc}=11.33 \text{ MPa}$; $f_{t28}=1.8 \text{ MPa}$; $\sigma_s=348 \text{ MPa}$; $d=15-1-0.7=13.3 \text{ cm}$.

Section	Mu (kN.m)	b (cm)	d (cm)	μ	α	β	As (cm ²)	Asmin (CNF) (cm ²)	Aadoptée (cm ²)
Travée	18.53	100	13.3	0.092	0.121	0.0969	4.19	1.38	4HA12=4.52
Appui	9.26	100	13.3	0.046	0.059	0.0477	2.06	1.38	4HA10=3.14

5/ Vérification à l'ELS : comme la fissuration est peu préjudiciable, la limitation des fissures n'est pas nécessaire, et comme la section est rectangulaire, soumise à la flexion simple avec le type d'acier FeE400, il reste donc à vérifier : $\sigma_{bc} \leq 0.6 f_{c28} = 0.6 \times 20 = 12 \text{ MPa}$

On peut ne pas effectuer cette vérification si : $\alpha \leq \frac{\gamma-1}{2} + \frac{f_{c28}}{100}$ avec : $\gamma = \frac{M_u}{M_{ser}} = 1.39$

$$\alpha = (0.121 \text{ en travée et } 0.059 \text{ sur appui}) < \frac{\gamma-1}{2} + \frac{f_{c28}}{100} \quad (\text{C.V})$$

Donc la vérification à l'ELS n'est pas nécessaire.

3.4/ Effort tranchant : On doit vérifier : $\tau_u = \frac{T_u}{b \cdot d} \leq \bar{\tau}_u$

$$\bar{\tau}_u = \min(0.2 f_{c28} / \gamma_b ; 5) = \min(2.67 ; 5) = 2.67 \text{ MPa} \quad (\text{fissuration est peu préjudiciable})$$

$$\tau_u = \frac{T_u}{b \cdot d} = \frac{24100}{1000 \times 133} = 0.18 \text{ MPa} < 2.67 \text{ MPa} \Rightarrow \text{pas d'armatures transversales}$$