Solution de l'exercice 02 :

On a : $\rho = \frac{l_x}{l_y} = \frac{3.15}{3.5} = 0.9 > 0.4$ *et la charge uniformément répartie* $\Rightarrow$ la dalle porte dans deux sens.

1/ Evaluation de charges par tranche de 1m :

- ***Charge permanente (G):***

Poids propre du hourdis : 25000*0.1*1=2500N/m

Revêtement de la dalle : 500*1= 500N/m

G=3000N/m

- ***Charge d'exploitation (Q)*** : **Q=8000*1=8000N/m**

2/ Calcul des sollicitations : la dalle soumise à la flexion simple, on cherche donc le moment et l'effort tranchant dans les deux directions. Selon l'annexe E3 du règlement BAEL :

Pour cet exercice tout le panneau de la dalle est uniformément chargé, on commence par la détermination des moments selon les deux directions en supposant que la dalle repose librement sur son contour, on aura donc les moments suivants au centre de la dalle pour une tranche de 1m : $M_x = \mu_x . q . l_x^2$ et $M_y = \mu_y . M_x$

En tenant compte de la continuité (dans ce cas le panneau est continu au-delà de ses appuis dans les deux directions) : $M_x^t = 0.75 M_x$; $M_y^t = 0.75 M_y$; $M_x^a = M_y^a = 0.5 M_x$

- ***A l'ELU (ν=0) :*** *qu=1.35G+1.5Q=1.35*3000+1.5*8000=16050N/m*

$\rho = 0.9$ $d'après\ le\ tableau$ $\mu_x = 0.0458$ et $\mu_y = 0.778$

$$M_x = \mu_x . q_u . l_x^2 = 0.0458 * 16050 * 3.15^2 \simeq 7294 N.m$$

$M_y = \mu_y . M_x$ = 0.778*7294 ≃ 5675N.m

En tenant compte de la continuité :

En travée : $M_x^t = 0.75 M_x$ =0.75*7294=**5470.5N.m**

$M_y^t = 0.75 M_y$=0.75*5675=**4256N.m**

Sur appuis : $M_x^a = M_y^a = 0.5 M_x = 0.5 * 7294 = \mathbf{3647 N.m}$

L'effort tranchant : au milieu de l_y : $T_u^y = \frac{P_u}{2 l_y + l_x}$

Au milieu de l_x $T_u^x = \frac{P_u}{3 l_y}$

Avec : $P_u = q_u . l_x . l_y$=16050*3.15*3.5=176951.25N

$\boldsymbol{T_u^y}$ =**17433.6N/m** ; $T_u^x = 16852.5 N/m$

- ***A l'ELS (ν=0.2) :*** *qser=G+Q=3000+8000=11000N/m*

$\rho = 0.9$ $d'après\ le\ tableau$ $\mu_x = 0.0529$ et $\mu_y = 0.846$

$$M_x = \mu_x . q_{ser} . l_x^2 = 0.0529 * 11000 * 3.15^2 \simeq 5774 N.m$$

$M_y = \mu_y . M_x$ = 0.846*5774 ≃4885N.m

En tenant compte de la continuité :

En travée : $M_x^t = 0.75 M_x$ =0.75*5774=**4330.5N.m**

$M_y^t = 0.75 M_y$=0.75*4885≃**3664N.m**

Sur appuis : $M_x^a = M_y^a = 0.5 M_x = 0.5 * 5774 = \mathbf{2887 N.m}$

3/ Ferraillage :

3-1/ Calcul à l'ELU de résistance :

❖ **En travée sens *lx* :** $\mu = \frac{M_x^t}{b.d_x^2.f_{bc}} = \frac{5470.5}{100*8.5^2*14.2} = 0.053 < \mu_l = 0.392 \Rightarrow A'_x = 0$

μ<0.186⇒εs=10‰ →σs=$\frac{f_e}{\gamma s} \simeq 348MPa$

α=1.25(1-$\sqrt{1-2\mu}$)=0.068 ; β=0.0551

d'où : $A_x = \beta.b.d_x f_{bc}/\sigma_s$=1.91cm^2 soit : **4Ø8p.m=2.01 cm^2** et **st=100/4=25cm**

❖ **En travée sens *ly* :** $\mu = \frac{M_y^t}{b.d_y^2.f_{bc}}$ avec : d_y=10 - (1+0.8+0.4)=7.8cm

$\mu = \frac{4256}{100*7.8^2*14.2} = 0.049 < \mu_l = 0.392 \Rightarrow A'_y = 0$

μ<0.186⇒εs=10‰ →σs=$\frac{f_e}{\gamma s} \simeq 348MPa$

α=1.25(1-$\sqrt{1-2\mu}$)=0.0628 ; β=0.0509

d'où : $A_y = \beta.b.d_y f_{bc}/\sigma_s$=1.62cm^2 soit : **6Ø6p.m=1.70 cm^2** et **st≃17cm**

❖ **Sur appui sens *lx* :** $\mu = \frac{M_x^a}{b.d_x^2.f_{bc}} = \frac{3647}{100*8.5^2*14.2} = 0.036 < \mu_l = 0.392 \Rightarrow A'_x = 0$

μ<0.186⇒εs=10‰ →σs=$\frac{f_e}{\gamma s} \simeq 348MPa$

α=1.25(1-$\sqrt{1-2\mu}$)=0.0459 ; β=0.0372

d'où : $A_x = \beta.b.d_x f_{bc}/\sigma_s$=1.29cm^2 soit : **5Ø6p.m=1.41 cm^2** et **st=20cm**

❖ **Sur appui sens *ly* :** puisque $M_x^a = M_y^a$, on prend : $A_y = A_x$ soit :**5Ø6p.m=1.41 cm^2**

Malgré que : *dy<dx*, il est inutile de refaire le calcul puisque : la section d'armature adoptée est supérieure à celle calculée.

3-2/ vérification de l'espacement : l'espacement maximal suivant ***lx*** est : st_{max}=min(3ht et 33cm)=min(3*10 et 33)=30cm , on remarque que $st_x^{t\ et\ a}$< st_{max} (C.V)

l'espacement maximal suivant ***ly*** est : st_{max}=min(4ht et 44cm)=min(4*10 et 44)=40cm , on remarque que $st_y^{t\ et\ a}$< st_{max} (C.V)

3.3/ Armatures minimales :

A_x^{min}=0.23b.d_x.f_{t28}/f_e=0.23*100*8.5*2.1/400=1.03cm^2

$A_x^{t\ et\ a} \geq A_x^{min}$ (C.V)

A_y^{min}=0.23b.d_y.f_{t28}/f_e=0.23*100*7.8*2.1/400=0.94cm^2

$A_y^{t\ et\ a} \geq A_y^{min}$ (C.V)

En outre: Ay= $1.7cm^2 \geq \frac{A_x}{4} = \frac{2.01}{4} = 0.5cm^2$ (C.V)

3.4/ Effort tranchant :

$\tau_u = \frac{T_u^{max}}{bd} = \frac{\boldsymbol{T_u^y}}{bd_y} = \frac{\mathbf{17433.6}}{1000*78}$=0.22MPa <0.05$f_{c28}$=1.25MPa ⇒ pas d'armatures transversales

3.5/ 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 : σbc≤ $0.6f_{c28} = 0.6*25 = 15MPa$

On peut ne pas effectuer cette vérification si :$\alpha \leq \frac{\gamma-1}{2} + \frac{f_{c28}}{100}$ avec : $\gamma = \frac{M_u}{M_{ser}} = (1.26\ et\ 1.16)$

α=(0.068 et 0.0628 et 0.0459)< $\frac{\gamma-1}{2} + \frac{f_{c28}}{100}$ (C.V)

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

Vue en plan du ferraillage de la dalle :

On dispose en travée dans les deux directions (niveau inférieur), une barre sur deux arrêtée d'une distance≤ ***lx*****/10=0.315cm** soit **: 30cm**

On dispose sur appui dans les deux directions (niveau supérieur), des chapeaux de longueur par rapport au nu de la poutre : $l_1 \geq$ max (l_a ; 0.2 l) ; si on considère des barre sans crochet : $l_a = l_s$

$l_s = \frac{\emptyset . f_e}{4\tau_s}$ avec $\tau_s = 0.6\psi_s^2 f_{t28}$ et ψ_s =1.5 pour les HA

ls=*la*=21cm

$l_1^x \geq \max(21\,;0.2 * 315\,) = 63cm$

$l_1^y \geq \max(21\,;0.2 * 350\,) = 70cm$