19/01/2018

Fondation

Mathieu Choné - Noé Couderc

Mathieu Choné - Noé Couderc

Nous cherchons à dimensionner un établissement scolaire situé en Martinique, construit dans les années 70. La structure est un système poteau poutre en béton armé. Nous cherchons à réaliser un renforcement parasismique du bâtiment.

A. Dimensionnement et descente de charges

On dimensionne dans un premier temps les dalles, poutres et poteaux de la structure.

1.

Au vu des différentes longueurs des dalles, nous avons représenté les différents sens de portée et leurs lignes de rupture.

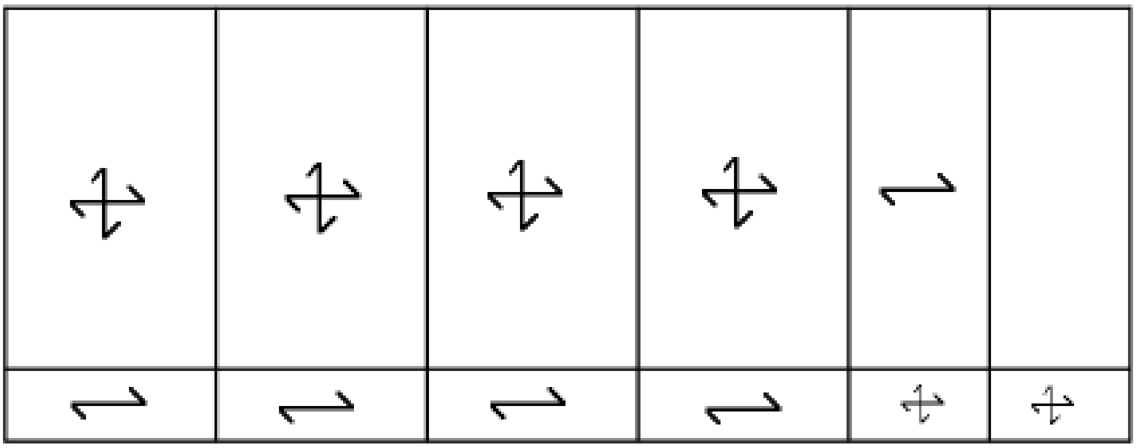


Schéma des sens de portée des différentes dalles du bâtiment

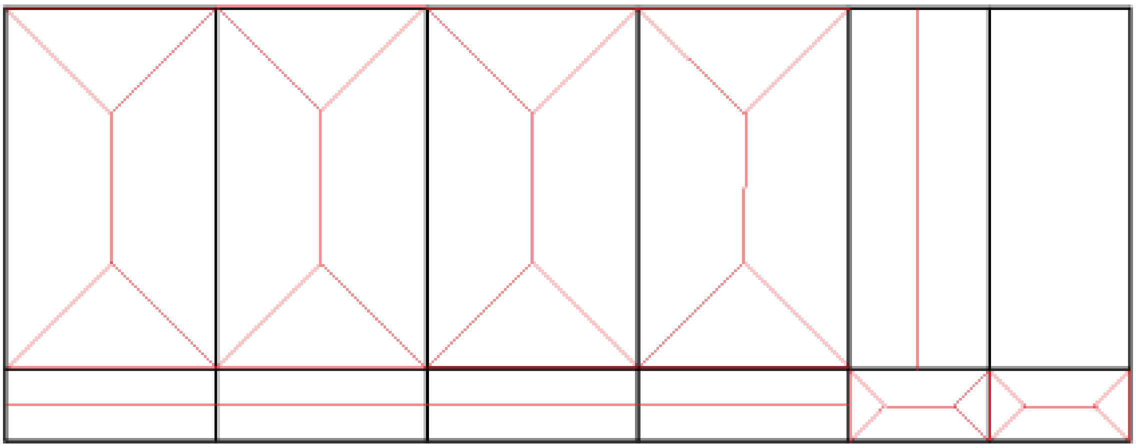


Schéma des lignes de rupture des différentes dalles du bâtiment

2.

La dalle A-B/3-4 fait 7,71 mètres de longueur sur 4,5 mètre de largeur. La dalle portant dans deux directions, la longueur fictive de la dalle est de 5,89 mètres et les charges appliquées à l’ELU sont de 5.8 kN/m² répartis sur l’ensemble.

On estime donc une première épaisseur de dalle de $h = \frac{L}{30} = 0{,}2m$. On réalise un calcul itératif tel que h=$\left(1-\frac{2}{3}\left(\frac{Lx}{Ly}\right)^2\right)^{1/3}$*$0{,}018 * L\sqrt[3]{25h+q'}$, avec Lx = 4,5m et Ly = 7,71m et q' = 5.8 kN/m².

Après calcul, nous retenons une épaisseur de dalle de 0.218 m, soit 22 cm de dalle.

3.

Nous cherchons à prédimensionner la poutre transversale située en file 4-A/B. On suppose que la poutre a une hauteur de 50 cm.

Nous évaluons dans un premier temps la charge linéique appliquée à la poutre. Les charges de la salle de classe sont de 1,5 kN/m² pour la charge permanente et de 2,5 kN/m² pour la charge d'exploitation. Ce qui nous donne pour une reprise de portée de 4,5 m une masse linéique de Ped = 52,65 kN/ml.

Le coefficient α étant de 0.29 on applique le coefficient k_2 = 0.88 à la charge linéique pour obtenir le moment réel repris par la poutre. Cela nous donne un moment M de 348,7 kNm.

Nous appliquons la formule suivante :

$$\mu = \frac{M}{b*(0.9*h)^2*f\mathrm{cd}}$$

Avec μ=0.25 pour trouver b, la largeur de la poutre avec h =0,5 m et $f$cd = 30 MPa.

Nous obtenons donc une hauteur de poutre telle que b= 0.34 m.

4.

On applique la même méthode pour la poutre en file B-3/4 avec une hauteur de 0,3 m. La poutre étant de 4,5 m de longueur, les charges linéiques dues aux différentes dalles AB-34 est de 28.18 avec un coefficient k_2 de 0,666 ; et pour la dalle BC-34, une charge linéique de 6.65 KN/m avec un coefficient k2 de 0,958. On obtient un moment M de 63,6 KNm.

On obtient donc une largueur de poutre telle que b= 0.17 m.

5.

Le poteau en file 2-B est reprend la charge des différentes poutres 2-A/C et B-1/3. En utilisant les lignes de rupture vues précédemment et les charges données dans l'énoncé on trouve alors qu'à cet emplacement le poteau reprend 17.4 m² de salle de classe et 3.5 m² de terrasse.

En utilisant les charges surfaciques des salles de classe, des terrasses et du toit nous évaluons que le poteau en file 2-B reprend, pour le rez-de-chaussée uniquement, à l'ELU une charge de 556.4 kN.

Poteau rdc et 1 er étage		
ELS	405,0	KN
ELU	554,4	KN
Poteau 2 éme étage		
ELS	398,0	KN
ELU	546,9	KN

En utilisant le même résultat pour le R+1 et d'autres charges surfaciques pour le toit, nous trouvons que le poteau reprend une charge totale de 1677 kN. Le poteau étant au centre de la structure, nous prendrons en compte un coefficient de 1,1 en charge totale. On obtient une charge totale réelle de 1845 KN.

6.

On sait que $N_{rd} = \sigma_0 (1+\rho\mu)$ or ρ=2% et $\sigma_0 = 19.5$ MPa, on trouve ainsi une dimension de poteau de 20*30 cm².

B. Fondations

Nous cherchons a dimensionner le système de fondation du batiment.

1.

La charge verticale en pied de poteau vaut 1570 kN. Il s'agit des reprises de charges calculées précédemment auxquelles on ajoute le poids du poteau.

2.

D'après le sondage P5 nous pouvons décrire la composition du sol selon sa profondeur. Le premier mètre est constitué de terre végétale et les quatre mètres suivants de sol de type sablo-graveux. Entre 5 et 7 mètres, il y a une couche rocheuse, puis entre 7 et 11 mètres, il y a de l'argile compact. A partir de 11 m le sondage n'indique plus que du sable fin.

Ce sondage est situé au plus près de la structure, on considère donc que l'ensemble du terrain est du même type au vu des différents sondages adjacents réalisés.

<table>
<tr><th>Profondeur</th><th>Type</th><th>Effort (T)</th><th>Pression KN/m²</th></tr>
<tr><td>0</td><td>Terre végétale</td><td>0,5</td><td>9005,58*z</td></tr>
<tr><td>1</td><td rowspan="4">Sablo -graveux</td><td rowspan="4">0,7</td><td rowspan="4">3001,86</td></tr>
<tr><td>2</td></tr>
<tr><td>3</td></tr>
<tr><td>4</td></tr>
<tr><td>5</td><td>Zone de roche</td><td>8</td><td>36022,18*(z-5)+12007,44</td></tr>
<tr><td>6</td><td rowspan="5">Argile compact</td><td rowspan="5">4</td><td rowspan="5">24014,88</td></tr>
<tr><td>7</td></tr>
<tr><td>8</td></tr>
<tr><td>9</td></tr>
<tr><td>10</td></tr>
<tr><td>11</td><td>Sable fin</td><td></td><td></td></tr>
</table>

Tableau récapitulatif du sondage P5

3.

Au vu de la structure du sol, on voit qu'une large bande de sablo-graveux est située sous les fondations supposées, on considère que l'ensemble de la résistance de pointes est constante tel que q_{ce}=3001.86 KN/m².

Le terrain étant assez plat au vue du plan et les charges sont bien centrées, on considère donc d'après l'Eurocode 7 que q_{net} =k_c*q_{ce} .

Le sol étant sablo-graveux, nous prendrons un $k_c = k_0 + (a + b\frac{De}{B})(1 - e^{-c\frac{De}{B}})$ avec a=0.03, b=0.02 et c = 5 en supposant que De/B<2.

On suppose que le remblai pèse environ 20 KN/m^3, on obtient l'inéquation suivante en supposant que la fondation est à environ 1 m de profondeur De:

A'= $\frac{\text{Vd}}{\frac{qnet}{\gamma RV * \gamma RDV} + Ro}$ avec Vd=1570 kN, qnet=480.3, R0=40 KN/m², avec γRV=1.4 et γRDV=1.2

4.

On suppose que B = 2 m pour obtenir une valeur de k_c et on réalise un calcul par itération. On obtient ainsi une surface effective de fondation de 6,18 m² pour une fondation carré et de 5.81 m² pour une fondation circulaire, soit une fondation carré de 2.48 m de côté et une fondation circulaire de 1.85 m de diamètre.

C. Calcul Sismique

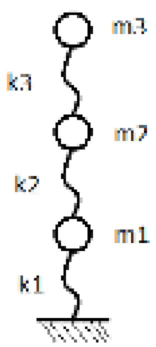
On étudie dans cette partie le comportement du bâtiment sous sollicitation sismique uniquement dans le sens transversal.

1.

Nous étudions le bâtiment sous la forme du modèle brochette, chaque masse est associée au plancher avec un degré de liberté et les poteaux représentent les différents ressorts entre chaque masse.

Le poids de chaque plancher est modélisé par le poids de la structure, les charges permanentes et par le poids des charges d'exploitations (qui doivent être prises en compte dans la modélisation).

Le bâtiment est ainsi modélisé :



m1	230575	m
m2	230575	m
m3	206289	m
k1=k2=k3	57866667	k
Inertie du poteau	0,000200	m4

On obtient les différentes matrices de raideur et de masse telles que :

$$T=\begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{bmatrix}$$

$$K=\begin{bmatrix} 3k & -2k & -k \\ -2k & 2k & -k \\ -k & -k & k \end{bmatrix}$$

On cherche à calculer les périodes propres du bâtiment et les déformées modales du bâtiment. On cherche donc à résoudre l'équation tel que det(K-ω^2T)=0.

L'équation obtenue est telle que : $a\omega^6+b\omega^4+c\omega^2+d=0$
Avec

$$a = -m_1m_2m_3$$
$$b = 3km_2m_3 + 2km_1m_3 + km_1m_2$$
$$c = -m_1k^2 - 2m_2k^2 - 2m_3k^2$$
$$d = -7k^3$$

Avec:

$$a = -1.1*10^{16}$$
$$b = 1.7*10^{19}$$
$$c = -3.7*10^{21}$$
$$d = -1.35*10^{24}$$

On cherche dans un premier temps les solutions de l'équation de la forme $a\,x^3 + b\,x^2 + c\,x + d = 0$ avec $x = \omega^2$

On obtient trois solutions telles que :

$$x_1 = 214{,}04$$
$$x_2 = 1279{,}8$$
$$x_3 = 42{,}5$$

2.
On trouve ainsi trois fréquences de résonnance du bâtiment :

$$\omega_1 = 14.63$$
$$\omega_2 = 35.76$$
$$\omega_3 = 6.52$$

Et ainsi :

$$T_1 = 0.43$$
$$T_2 = 0.18$$
$$T_3 = 0.96$$

3.
On cherche maintenant les différentes déformées du bâtiment en fonction des différentes fonctions de résonance. Pour cela on résout l'équation (K-ω^2T)D=0 avec $D=\begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \end{bmatrix}$.

On obtient 3 équations telles que :

$$\begin{cases}(3k-\ \omega^2 m_1)d_1 - 2k\mathrm{d}_2 - k\mathrm{d}_3 = 0\\ -2k\mathrm{d}_1 + (2k-\omega^2 m_2)\mathrm{d}_2 - k\mathrm{d}_3 = 0\\ -k\mathrm{d}_1 - 2k\mathrm{d}_2 + (k-\omega^2 m_3)\mathrm{d}_3 = 0\end{cases}$$

On fixe $\mathrm{d}_3 = 1$ et on obtient les solutions suivantes :

$$\begin{cases}\mathrm{d}_3 = 1\\ \mathrm{d}_1 = \dfrac{k-\omega^2 m_3}{k} - \mathrm{d}_2\\ \mathrm{d}_2 = \dfrac{3k-2\omega^2 m_3}{4k-\omega^2 m_2}\end{cases}$$

Ainsi pour chaque fréquence, on obtient :

ω	5,45	13,89	33,32
d1	0,16	-0,25	-9,44
d2	0,71	0,45	5,81
d3	1,00	1,00	1,00

La première période propre obtenue vaut 0.15 s dans le résultat in-situ alors que dans notre modélisation nous trouvons une première période propre de 0.18 s. Ces résultats sont assez proches, ce qui valide plus ou moins l'exploitation des différentes masses utilisé pour la modélisation. Si nous voulons obtenir une valeur de période identique, nous devons nous intéresser aux réelles charges d'exploitation utilisées dans le bâtiment, les charges utilisées étant supposées identiques dans chaque pièce.

4.

Au vu des résultats obtenus pour permettre une meilleure résistance du bâtiment, il faudrait réaliser une modification des murs de maçonnerie pour qu'il y ait une séparation entre les parois en maçonnerie. La stabilité peut être réalisée par des refends et des joints. Des bielles de compression peuvent être rajoutées pour rajouter de la stabilité au portique avec remplissage. Appliquer des lamelles de matériau composite peut également améliorer la ductilité.

Une grande partie de la structure risque lors d'un séisme de s'écrouler sous l'effet de la plastification de l'armature. Pour éviter cela, nous préconisons de réaliser des travaux pour chercher à rendre la structure de type « poteau fort et poutre faible », de façon à avoir une structure ayant une plastification au niveau des planchers. On pourra ainsi limiter les dégâts extérieurs et limiter les dommages humains.