

X.1. Appareil d'appuis :

Un appareil d'appui en élastomère fretté est un bloc d'élastomère vulcanisé renforcé intérieurement par une ou plusieurs frettes en acier, collées chimiquement (adhésion) pendant la vulcanisation. L'élastomère est un matériau macromoléculaire qui reprend approximativement sa forme et ses dimensions initiales après avoir subi une importante déformation sous l'effet d'une faible variation de contrainte.

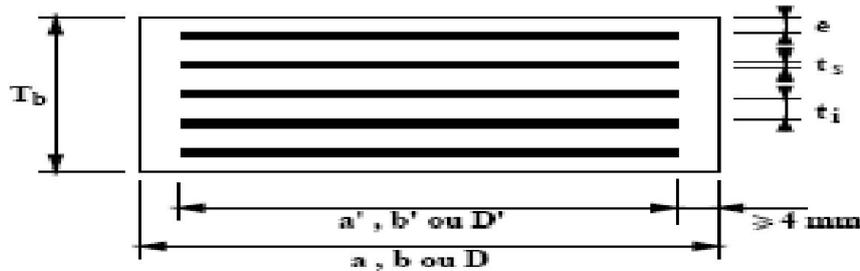


Figure : X.1. Dimension en plan de l'appareil d'appuis.

Les appareils d'appuis ont pour rôle :

- la transmission des efforts normaux,
- les déplacements horizontaux,
- les rotations de la structure de directions quelconques,
- la transmission des efforts horizontaux, dans certaines limites.

Réactions max dues aux combinaisons:

$1,35(G+D240)$ à L'ELU.

$R_{max} = 0,9531 \text{ MN}$.

X.1.1. Aire de l'appareil d'appui :

a: Côte parallèle à l'axe horizontale de l'ouvrage.

b: Côte perpendiculaire à l'axe horizontal de l'ouvrage.

Contrainte limite de compression de l'appareil d'appui est de : $\overline{\sigma}_m = 15 \text{ Mpa}$.

$$\sigma_M = \frac{R_{max}}{a \times b} < \overline{\sigma}_m$$

On trouve $a \times b \geq 635,4 \text{ cm}^2$.

X.1.2. Hauteur nette d'élastomère :

D'après le document SETRA BT N04/1974 : $\tau_H \leq 0,5G$.

τ_H : Contrainte tangentielle due à la déformation lente U (retrait, fluage et la température).

G : module d'élasticité transversale.

$U1 = \Delta h_{max}$ Déformation lente (retrait, fluage, température)

$$\Delta h_{\max} = 13,35 \cdot 10^{-3} \text{ m.}$$

$$\text{Donc } G \cdot \frac{\Delta h_{\max}}{T} \leq 0,5 G:$$

$$\text{D'où : } T \geq 26,7 \text{ mm.}$$

$$\text{On prend : } T = 50 \text{ mm.}$$

X.1.3. Dimension en plan de l'appareil :

Il faut respecter les conditions suivantes :

- La condition de non flambement.
- L'épaisseur minimale.

$$\frac{a}{10} \leq T \leq \frac{a}{5} \leftrightarrow 5T \leq a \leq 10T \rightarrow 250 \leq a \leq 500 \text{ mm.}$$

$$\text{Soit } a = 300 \text{ mm.}$$

$$\text{Alors : } a \times b \geq 635,4 \text{ cm}^2.$$

$$\text{Donc } b = 400 \text{ mm.}$$

En conclusion on va prendre un appareil d'appuis type : CIPEC 300x400x5(12+3).

Avec : $t_s = 3$ mm. Frette métallique.

$t = 12$ mm. Frette d'élastomère.

X.2. Répartition des efforts horizontaux sur l'infrastructure:

Les charges de chaussées, des systèmes A(l) et B_c sont susceptibles de développer les réactions de freinage, effort s'exerçant sur la surface de la chaussée dans l'un ou l'autre sens de circulation.

X.2.1. Force de freinage développée par Système A(L) :

L'effort de freinage correspondant à la charge $H = A(L) \cdot F$

$$F = \frac{1}{(20 + 0,35\% \times S)}$$

S : désigne la surface chargée en m²

$$A = 221,65t$$

$$S = 224,8m^2$$

$$H_{A(L)} = 10,66t \Rightarrow H_{A(L)} = 0,76t \text{ par chaque appareil d'appui .}$$

X.2.2. Force de freinage développé par système B_c :

Un camion peut développer un effort de freinage égal à son poids. Un seul camion est supposé freiner donc : $F = 30t$

Donc la force qui revient pour chaque appareil d'appui :

$$H_{Bc} = 30 / 2 \times 7$$

$$H_{Bc} = 2,14t$$

X.2.3. Effort dû au séisme :

L'intensité du séisme est:

G : poids propres du tablier $G = 635,81 \text{ tonnes}$

Effort horizontal dû au séisme est égale à :

$$\xi_H = \xi_S G$$

Avec :

$$\xi'_S = 0,1 : \text{Accélération horizontale}$$

$$G = 672t : \text{Poids propre du tablier}$$

$$\xi_H = 63,58t$$

Effort vertical dû au séisme est égale à :

$$\xi_V = \xi_S G$$

Avec :

$$\xi'_S = 0,07 : \text{Accélération verticale}$$

$$G = 635,81t : \text{Poids propre du tablier}$$

$$\xi_V = 44,5t$$

X.2.4. Surcharge du vent :

L'action du vent est perpendiculaire à l'axe horizontal de l'ouvrage, on considère une Pression de 250 Kg/cm^2 .

La section latérale sur laquelle agit le vent est :

$$S = 28,1 (1,45 + 0,2 + 0,09) = 48,89 \text{ m}^2$$

$$H_V = 48,89 \times 0,25 = 12,22 \text{ t}$$

X.3. Vérification des contraintes :**X.3.1. Contrainte de compression :**

$$N_{max} = 0,9531 \text{ MN}$$

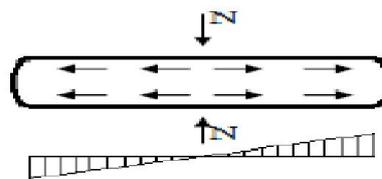


Figure : X.2. Contrainte normale.

$$\sigma_m = \frac{N_{max}}{a \times b} = \frac{0,9531}{0,3 \times 0,4} = 7,94 \text{ MPa} < 15 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Vérifiée}$$

X.3.2. Contrainte de cisaillement :

On vérifie que :

$$\tau_N + \tau_\alpha + \tau_H \leq 5G$$

X.3.2.a. Effort de cisaillement dû à l'effort normal:

$$\tau_N = (1,5 \times \sigma_m) / \beta \leq 3G$$

Où :

$$\beta = \frac{a \times b}{2t(a + b)}$$

$$\beta = \frac{30 \times 40}{2 \times 1 \times (30 + 40)} = 8,57$$

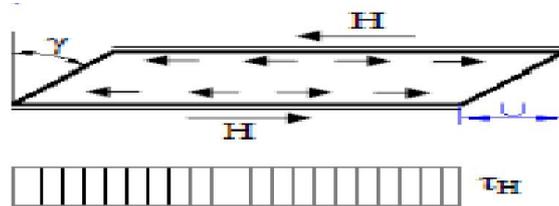


Figure : X.3. Contrainte de cisaillement.

Alors :

$$\tau_N = (1,5 \times \sigma_m) / \beta = (1,5 \times 7,94) / 8,57 = 13,89 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_N \leq 3G \Rightarrow 13,89 \text{ kg/cm}^2 \leq 24 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow \text{Vérifiée}$$

Avec : $G = 8 \text{ kg/cm}^2$

X.3.2.b. Effort de cisaillement dû a l'effort horizontal:

➤ Sous un déplacement lent :

$$\tau_{H1} = (G \times U_1) / T < 0,5G$$

U_1 : Déplacement dû au déplacement (température, retrait et fluage).

T : Hauteur nette de l'élastomère.

$$\tau_{H1} = (8 \times 1,335) / 5 = 2,136 \text{ kg/cm}^2 < 4 \text{ kg/cm}^2$$

➤ Sous effet dynamique :

$$\tau_{H2} = \frac{H_2}{a \cdot b} < 0,5G$$

H_2 : Effort de freinage = 2,14t développer par la charge B_c .

$$\tau_{H2} = 2140 / (30 \times 40) = 1,78 \text{ kg/cm}^2 < 4 \text{ kg/cm}^2$$

➤ Sous effort de déformation cumulée:

$$\tau_H = \tau_{H1} + \tau_{H2} / 2 \leq 0,7G$$

$$\tau_H = 2,136 + 1,78 / 2 = 3,02 \text{ kg/cm}^2 < 5,6 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow \text{Vérifiée}$$

➤ Sollicitation due à une rotation :

$\alpha_0 = 10 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$: Rotation supplémentaire pour tenir compte des imperfections de pose.

$\alpha_t = \alpha_T / n$;

$\alpha_T = \alpha + \alpha_0$: Rotation maximale de l'appareil d'appui (en service à vide).

$\alpha_T = 10 \cdot 10^{-3} - 6,03 \cdot 10^{-3} = 3,97 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$.

$n = 5$ nombre de feuillettes de l'élastomère.

$\alpha_t = 0,794 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$.

$$\tau_a = G/2 \times \left(\frac{a}{t}\right)^2 \times \alpha_t < 1,5G$$

$$\tau_a = 8/2 \times (30/1)^2 \times 0,794 \times 10^{-3} = 2,85 \text{ kg/cm}^2$$

$$1,5G = 12 \text{ kg/cm}^2$$

$$2,85 \text{ kg/cm}^2 < 12 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow \text{c'est vérifiée}$$

Les contraintes de cisaillement sont limitées à :

$$\tau_a + \tau_H + \tau_N \leq 5G$$

$$2,85 + 3,02 + 13,89 < 40$$

$$19,76 \text{ kg/cm}^2 \leq 40 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow \text{c'est Vérifiée.}$$

X.3.3. Condition de non cheminement et non glissement:

$$\sigma_{\min} = \frac{N_{\min}}{(a \times b)} > 20 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{avec: } N_{\min} = 23,56 \text{ t}$$

$$H < f \cdot N_{\min}$$

$$\sigma_{\min} = \frac{23560}{(30 \times 40)} = 23,26 \text{ Kg/cm}^2 > 20 \text{ Kg/cm}^2 \Rightarrow \text{c'est Vérifier}$$

f: Coefficient de frottement

$$f = 0,1 + 6/\sigma_{\min} = 0,35$$

$$H = G \times a \times b \times \frac{U_1}{T} = 8 \times 10^{-3} \times 30 \times 40 \times \frac{1,38^5}{5} = 2,65 \text{ t} < 8,24 \text{ t} \Rightarrow \text{Vérifier}$$

X.4. Dimensionnement des frettes :

On doit vérifier les conditions suivantes :

$$t_s \geq \frac{a \times \sigma_m}{\beta \sigma_e}$$

σ_e : Limite d'élasticité en traction de l'acier constructif des frettes.

$$\sigma_e = 2200 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (Acier E}_{24-1} \text{: } e < 3 \text{ mm \{SETRA Bulletin technique\})}$$

$$t_s \geq \frac{30 \times 23,26}{8,57 \times 2200} = 0,03 \text{ mm}$$

On prendra : $t_s = 3 \text{ mm}$

X.5. Ferrailage du dé d'appui :

Le dé d'appui permet de diffuser les charges localisées provenant directement du tablier qui peut provoquer des fissures, pour cela on disposera des armatures de chaînage et d'éclatement.

X.5.1. Armatures de chaînage:

La section calculée doit reprendre un effort de $R = 0,25R_{\max} = 23,82 \text{ t}$.

$$A_c = \frac{0,25R_{max}}{\bar{\sigma}_s} ; \text{avec } \bar{\sigma}_s = 333,33\text{MPa pour } f_e = 500\text{MPa}$$

$$A_c = \frac{0,2382}{333,33} = 7,14 \text{ cm}^2$$

On prend 6HA 12.

X.5.2. Armatures de profondeur :

Pour limiter la propagation d'éventuelles fissures ; on dispose des armatures.
La section calculée doit reprendre un effort de :

$$R = 0,125. R_{max} = 11,91\text{t}$$

$$A_p = \frac{0,125R_{max}}{\bar{\sigma}_s} ; \text{avec } \bar{\sigma}_s = 333,33\text{MPa pour } f_e = 500\text{MPa}$$

$$A_p = 0,1191/333,33 = 3,57 \text{ cm}^2$$

On prend 4HA12 .

X.5.3. Armatures de diffusion:

X.5.3.a. Ferrailage de surface (frettes sup) :

Ce sont des armatures capables de reprendre : 4% R_{max}

$$A_{fs} = 0,04 R_{max} / \bar{\sigma}_s = 1,14 \text{ cm}^2$$

On prend 3HA8 pour $A_{fs} = 1,51 \text{ cm}^2$

X.5.3.b. Ferrailage inférieur ou d'éclatement « frettes inf » :

Les frettes sont disposées sur une profondeur Z tel que : $h/3 < Z < h$

$$A = 0,1 R_{max} / \bar{\sigma}_{fs} = 2,85 \text{ cm}^2$$

On prend 6HA8 pour $A = 2,51 \text{ cm}^2$.

X.6. Calcul du joint de chaussée :

Les joints de chaussée sont conçus et réalisés pour assurer la continuité de circulation entre deux éléments métalliques identiques solidarisés aux deux parties d'ouvrage au moyen de tiges précontraintes.

Dans le plus part des cas, est insérés entre les éléments métalliques, un profil en élastomère qui empêche la pénétration des corps étrangers.

Le choix d'un type de joint de chaussée fait référence à une classification basée sur l'intensité du trafic, on distingue :

Les joints lourds pour les chaussées supportant un trafic journalier supérieur à 3000 véhicules, Les joints semi lourds pour un trafic entre 1000 et 3000 véhicules et Les joints légers pour un trafic inférieur à 1000 véhicules.



Figure : X.4. Photo réelle d'un joint de chaussée.