

GUIDE AFPS/CFMS

« Procédés d'amélioration et de renforcement de sols sous actions sismiques »

# Rôle des inclusions rigides

Michel Glandy (Soletanche-Bachy-Pieux)



Association régie par la loi  
du 1.07.1901



# 1 grand principe

*Il y a toujours un matelas entre  
l'inclusion et la structure portée*

*Y compris et surtout sous semelles*



## 2 domaines d'application

*Domaine n°1 où les inclusions rigides sont nécessaires à la justification de la portance*

*Domaine n° 2 où les inclusions rigides ont pour fonction principale la réduction des tassements*



## Domaine n° 2 : § 5.8.2.2

Les inclusions rigides ayant ici pour fonction la réduction des tassements et n'étant pas nécessaires à la stabilité de l'ouvrage sous actions sismiques, le séisme peut tout au plus entraîner une perte de fonctionnalité des inclusions qui se traduirait par des tassements de l'ouvrage pendant et après séisme.

**En conséquence, il n'est pas nécessaire d'armer les inclusions rigides.**

# *Domaine 1*



# Domaine n° 1

Il faut alors garantir pendant le séisme la résistance des inclusions telle qu'elle est prise en compte dans les calculs

*et donc justifier que ces inclusions restent dans le domaine élastique*

(justifications comparables aux règles en application pour les pieux, applications strictes de l'EC2 et de l'EC7).

# Domaine n° 1

Dans le domaine n° 1, il convient de vérifier le dimensionnement des inclusions rigides vis-à-vis :

- des efforts induits par les effets inertiels ;
- des effets cinématiques induits par le mouvement du sol.

*Le cumul des effets cinématiques et inertiels se fait conformément au § 5.3.*

# Cumul des effets inertiels et cinématique

	I et II	III	IV
<b>A</b>		I	I
<b>B</b>		I	I
<b>C</b>		I	I
<b>D</b>		C+I	C+I
<b>E</b>		C+I	C+I
<b>S1</b>		C+I	C+I
<b>S2</b>		C+I	C+I

	I	II	III	IV
<b>A</b>		I	I	I
<b>B</b>		I	I	I
<b>C</b>		I	I	I
<b>D</b>		I	C+I	C+I
<b>E</b>		I	C+I	C+I
<b>S1</b>		I	C+I	C+I
<b>S2</b>		I	C+I	C+I



## Rupture par glissement § 5.8.3.1

L'angle de frottement  $\delta$  de l'interface sol-structure (évalué selon l'EN 1997-1 §6.5.3) correspond à l'angle critique du matelas intercalaire.

Dans le cas d'une semelle soumise à un torseur ( $N_{Ed}$ ,  $M_{Ed}$ ,  $V_{Ed}$ ), seules les inclusions sollicitées en compression sont prises en compte dans la vérification.

On doit vérifier à l'ELU que  $V_{Ed} < N_{Ed} \cdot \text{tg } \delta / \gamma_M$ .

où  $\gamma_M$  est un coefficient partiel de matériau valant 1,25.



# Intégrité des IR (STR)

L'objectif du calcul est de vérifier que les contraintes induites dans les inclusions rigides lors des sollicitations sismiques sont acceptables en considérant à la fois les distributions :

- de l'effort normal ;
- de l'effort tranchant ;
- du moment fléchissant.

# Intégrité des IR (STR)

Les approches ASIRI sont applicables pour évaluer les efforts en tête d'inclusion.

Selon l'approche simplifiée par excès de l'annexe H, il est possible d'évaluer les efforts de cisaillement au niveau de la tête des inclusions au prorata de la répartition des contraintes verticales en compression :

- respectivement  $\sigma_{cb}$  dans l'inclusion rigide ;
- et  $\sigma_s$  hors emprise de ces inclusions rigides



# Intégrité des IR (STR)

## Compression

La vérification de la contrainte à la compression se fait conformément aux recommandations Asiri.

Pour les vérifications sismiques, la valeur du coefficient partiel de sécurité sur le béton  $\gamma_c$  est égale à **1.30** (selon EC8 AN Clause 5.2.4 (3) Note 2).

# Intégrité des IR (STR)

## Compression

Sous sollicitations sismiques, la contrainte admissible est limitée à

$$\min(7 \text{ MPa} ; f_{cd} ; 0,9 f_c / 1,30)$$

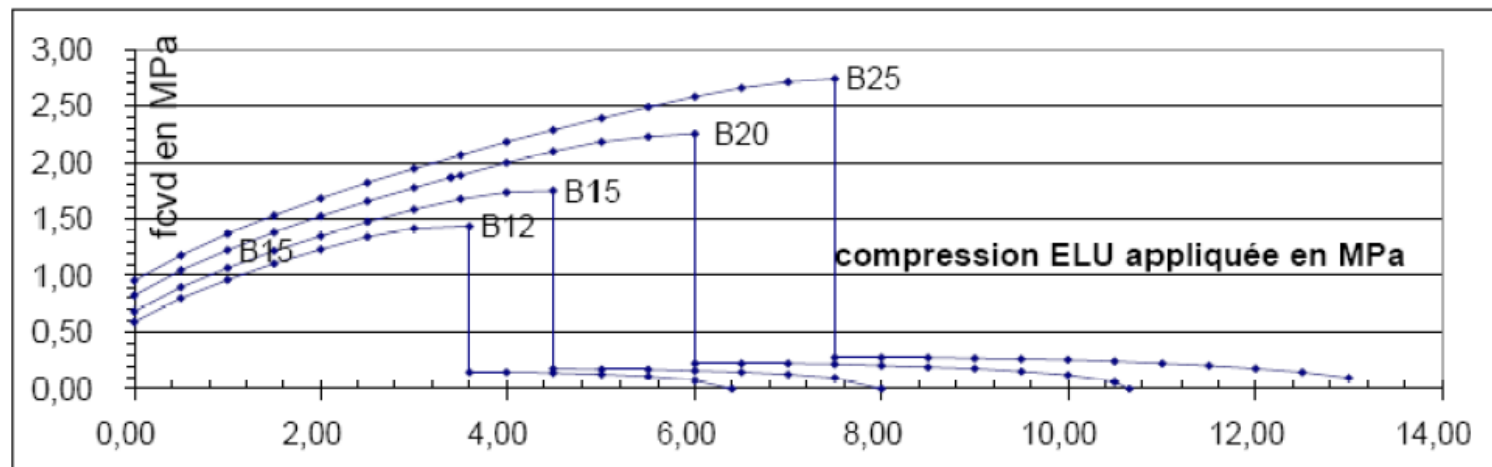
$$f_{cd} = \alpha f_c / (k_1 * k_2 / k_3)$$

$$\alpha = 0.8 \text{ si non armé, } 1 \text{ sinon}$$

# Effort tranchant IR non armée

Conformément au § 12.3.1(8) de la norme NFP 94 262, dans le domaine 1, aucun cisaillement n'est admissible si le diamètre de l'inclusion non armée est inférieur à 400 mm.

Sous réserve de calculer la transmission des efforts horizontaux conformément à la méthode décrite en annexe F sans diminution, on peut ramener cette limite à 300 mm

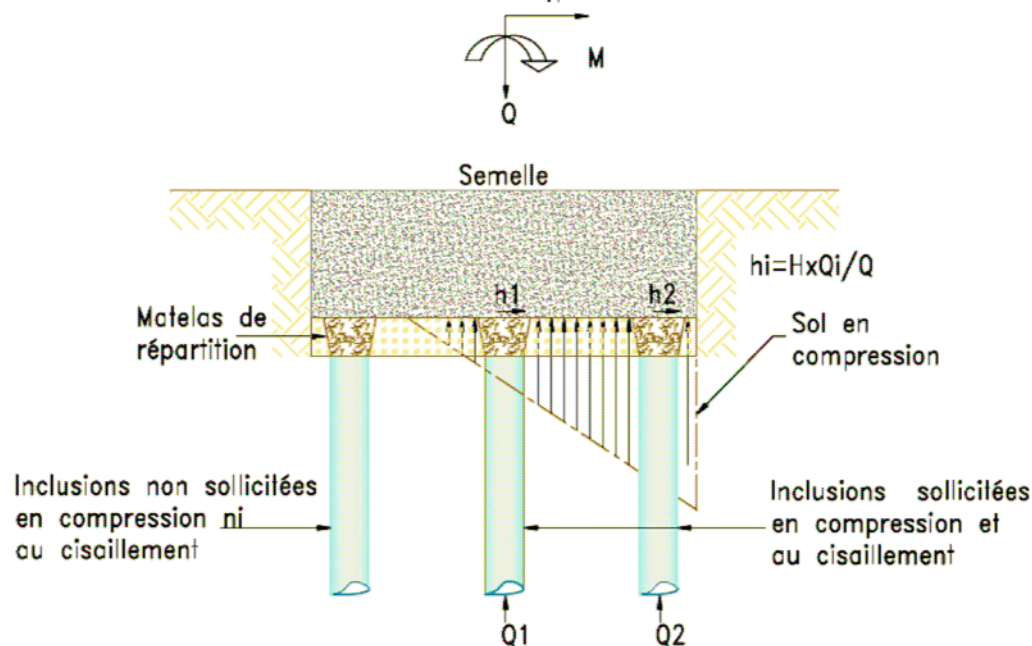


# Effort tranchant

Ils ne s'appliquent donc que sur les sols ou sur les colonnes fictives travaillant en compression, en particulier, en cas de moments de renversement s'appliquant sur la semelle.

chaque colonne sollicitée en compression à une valeur  $Q_i$  reprend donc en tête de colonne fictive un effort tranchant :

$$T_i(0) = H_i \cdot Q_i / Q$$



# Dispositions constructives

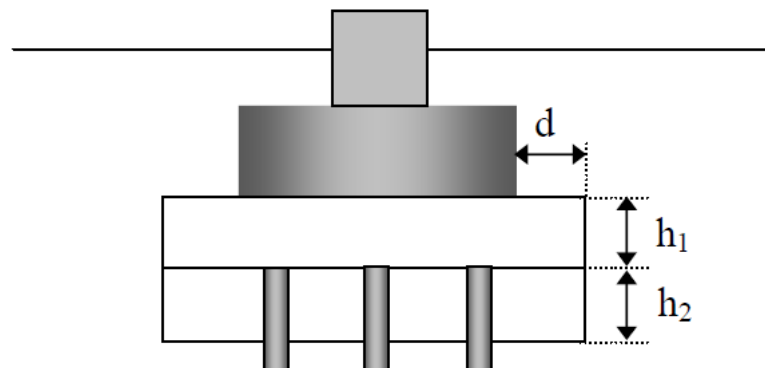
Les dispositions constructives des recommandations d'ASIRI s'appliquent pleinement. Elles sont complétées par les dispositions suivantes :

## *Inclusions de confinement*

Dans le cas général, il n'y a pas lieu a priori, de prévoir des inclusions de confinement à l'extérieur de la semelle.



# Dispositions constructives

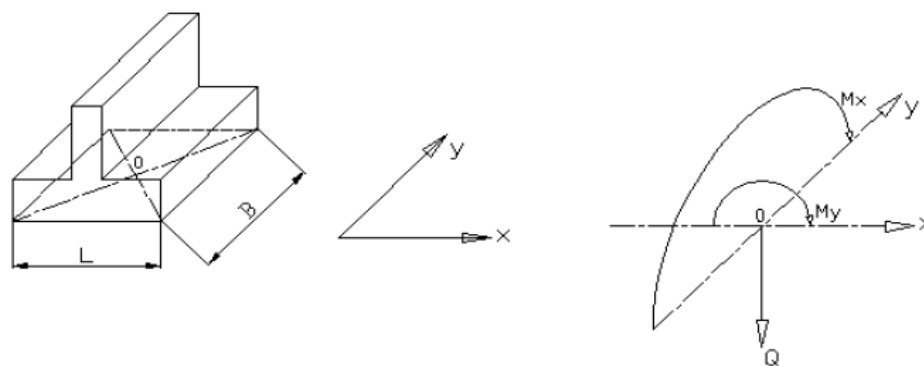


	<b>Catégories d'importance II</b>	<b>Catégorie d'importance III</b>	<b>Catégorie d'importance IV</b>
Zones sismiques	3 à 5	2 à 5	2 à 5
h1	50	50	Max( $\Phi$ ; 50 cm)
h2*	min(diam ; 50 cm)	Min( $\Phi$ ; 50 cm)	Min( $\Phi$ ; 50 cm)
d	1 $\Phi$	2 $\Phi$	$\Phi + 50$ cm

# Dispositions constructives

Les dispositions relatives aux calculs de la capacité portante d'une semelle sur inclusions sous compression non centrée sont rappelées en Annexe D.

Soit une semelle de dimensions  $B \times L$ , soumise à un torseur d'efforts dont les éléments au centre de la base sont la charge verticale  $Q$  ( $Q = q \times B \times L$ ), et les moments  $M_x$  et  $M_y$  ;  $L$  est parallèle à l'axe des  $x$ .



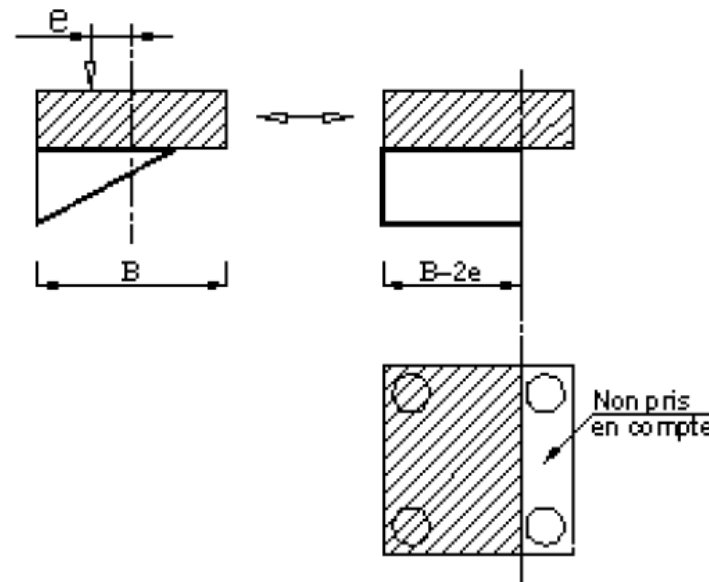
On impose qu'il y ait des inclusions sur plus d'un axe parallèle :

- à l'axe des  $x$  dès que  $M_x / Q > B/6$
- à l'axe des  $y$  dès que  $M_y / Q > L/6$ .

# Vérification portance

On se ramène alors à une répartition rectangulaire équivalente (Meyerhof)  $q'$  :

- $q' = q \cdot B \cdot L / \{ (B - 2\delta_x) \cdot (L - 2\delta_y) \}$



*Commentaire : Pour qu'une inclusion soit prise en compte dans le calcul, il faut vérifier qu'elle se situe dans la partie du sol entièrement comprimée*

On minore alors  $q_p$  selon les errements en vigueur par un coefficient  $i_{\delta\beta}$  □

- $q_p = i_{\delta\beta} \square (k_p \cdot p_{le}) + q'_o$  où  $q'_o$  est la contrainte du sol en place à la profondeur  $h$

# Vérification portance

On vérifie sur la surface réduite que la somme de la portance de la semelle et de celles des IR situées sous la zone comprimée est supérieure à la charge appliquée

La portance de l'inclusion est limitée à

La portance STR du matériau

La portance GEO de l'IR

La résistance du matelas