

Journées Techniques Ouvrages d'Art 2015



Application de la méthode
en poussée progressive
pour le diagnostic sismique
d'un portique en béton armé

Denis Davi - CEREMA DTer Méditerranée

Présentation de l'ouvrage :

Le pont de St-André de la Roche (06)

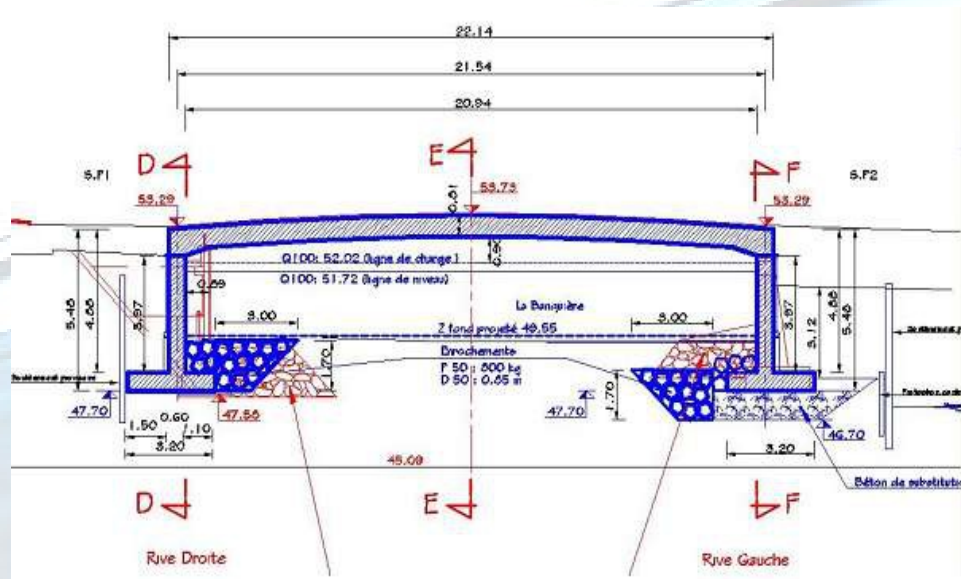


- Portique droit BA, ouverture 21,54 m
- Hyp. PS92 :
 - Zone II, classe B, sol S1
 - Conception élastique ($q=1$)

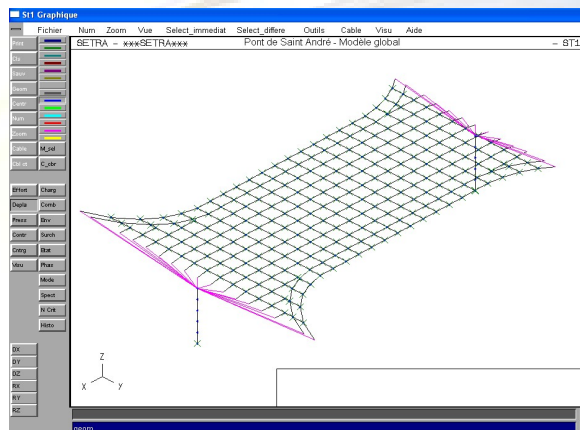
EC8 et nouvelle législation sismique nationale :

- Zone 4 (moyenne), cat. II, sol B
- $q=1$ (portique enterré à + de 80%)

Présentation de l'ouvrage :



Coupe longitudinale de l'ouvrage (source : POA, CETE Méd., mars 2007)



Structure non justifiée au sens des règles de dimensionnement des ouvrages neufs de l'EC8 : **critère de stabilité au glissement des semelles superficielles non vérifié**

Application de la méthode en poussée progressive pour le diagnostic sismique d'un portique en béton armé_DD

Principes/objectifs de la démarche

Étude de diagnostic

- Basée sur les caractéristiques réelles de la structure (*matériaux, ferrailage, dimensions*)
- Doit fournir une appréciation réaliste de son niveau de performance/vulnérabilité

➡ **Ne pas s'arrêter au 1^{er} critère non vérifié**

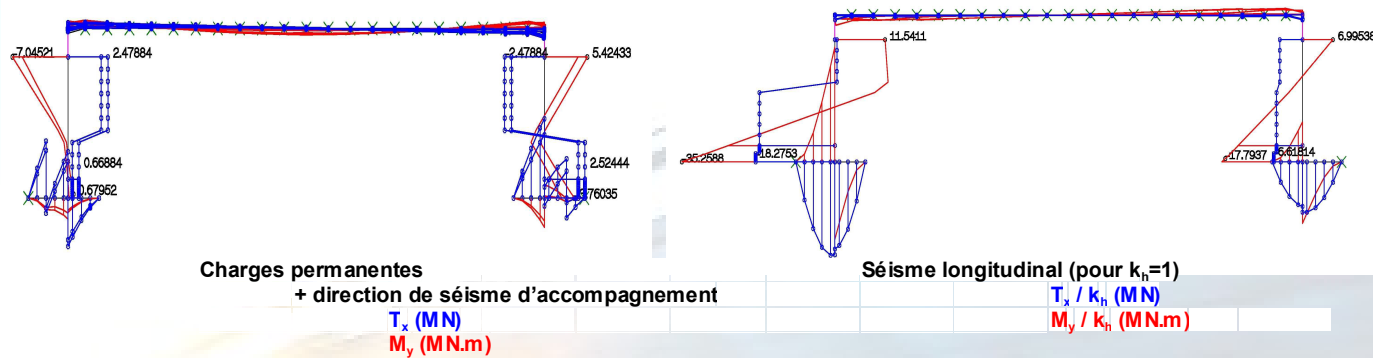
Principes/objectifs de la démarche

- ➔ **Décrire la chronologie complète de l'endommagement structural progressif sous sollicitation sismique croissante, en prenant en compte les effets bénéfiques liés :**
 - à la redondance (*ou hyperstaticité*) de la structure
 - aux possibles redistributions d'efforts après plastification de certains éléments (*approche par itérations successives*)
- ➔ **Évaluer les conséquences de telle ou telle défaillance locale à l'échelle globale de l'ouvrage**
Fonctionnalité / Intégrité

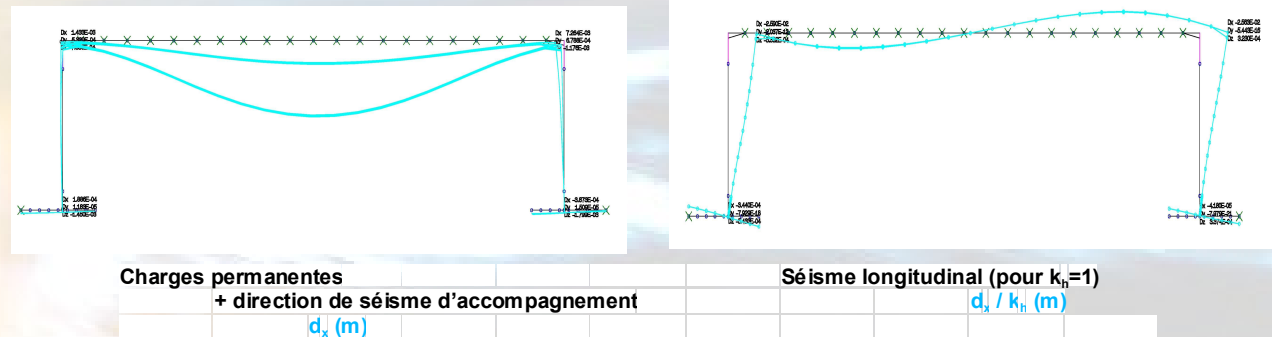
Application au cas d'étude

Distribution initiale des efforts internes

- Efforts tranchants et moments fléchissants (direction longitudinale)



- Déformation



Application de la méthode en poussée progressive pour le diagnostic sismique
d'un portique en béton armé_DD

Application au cas d'étude

Seuils limite associés aux différents éléments résistants

		<u>Piédroit RG</u>		<u>Piédroit RD</u>	
		Valeurs limites	k_{h_crit} (g)	Valeurs limites	k_{h_crit} (g)
Structure portique					
<u>Tête</u>	M_{y_fiss} (MNm)	3,41	0,91	3,38	0
	M_{y_Rd} (MNm)	13,48	1,78	47,13	5,96
	θ_{pu} (rad)	0,036	-	0,036	-
	V_{Rd} (MN)	58,79	122	-58,78	10,74
<u>Pied</u>	M_{y_fiss} (MNm)	-3,54	0,12	-3,46	0,41
	M_{y_Rd} (MNm)	-13,70	0,41	-13,50	0,97
	θ_{pu} (rad)	0,031	-	0,043	-
	V_{Rd} (MN)	-62,60	3,46	-62,70	9,85
Fondations					
<u>Glissement : V/N</u>		0,46	0,13	0,46	0,65
<u>Glissement : d (m)</u>		0	0,13	0	0,65
<u>Poinçonnement : α</u>		1	0,16	1	0,49
Remblai					
<u>Déstruct surf / Chaussée : d (mm)</u>		50	1,99	50	2,22
<u>Activation butée active : d (mm)</u>		-	-	168	6,79
<u>Rupture : d (mm)</u>		500	19,36	500	19,64

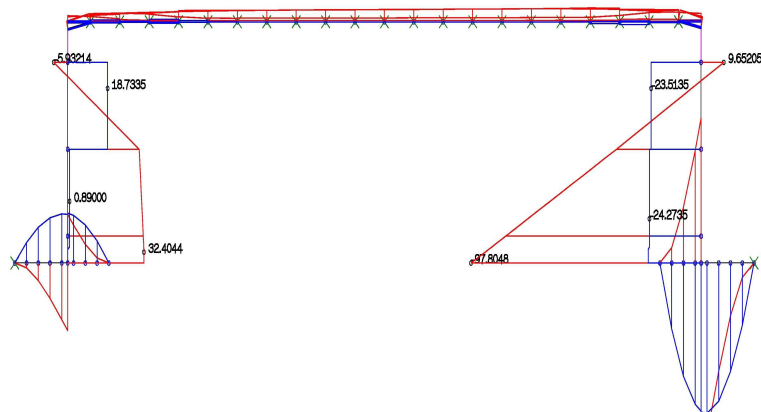
Application de la méthode en poussée progressive pour le diagnostic sismique
d'un portique en béton armé_DD

Application au cas d'étude

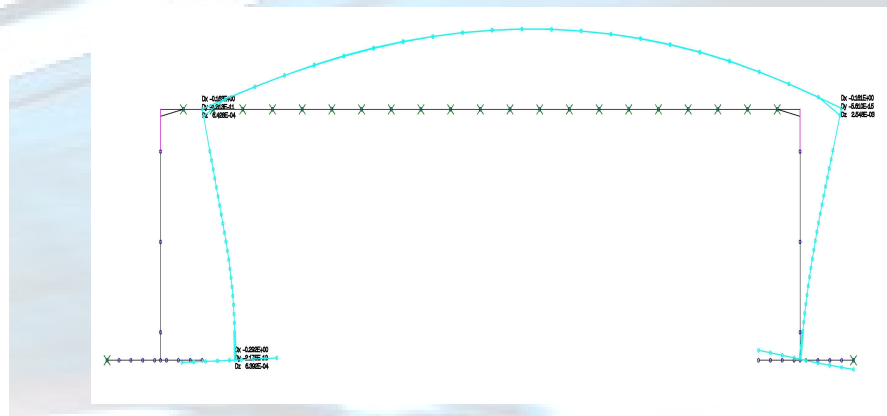
Itérations successives...

- **Itération 3 :** Libération de la translation en pied de piédroit RG

(⇒ induit une inversion bénéfique du signe des moments et efforts tranchants dans cet appui!!)



M_y / k_h (MN.m)
 T_x / k_h (MN)



d_x / k_h (m)

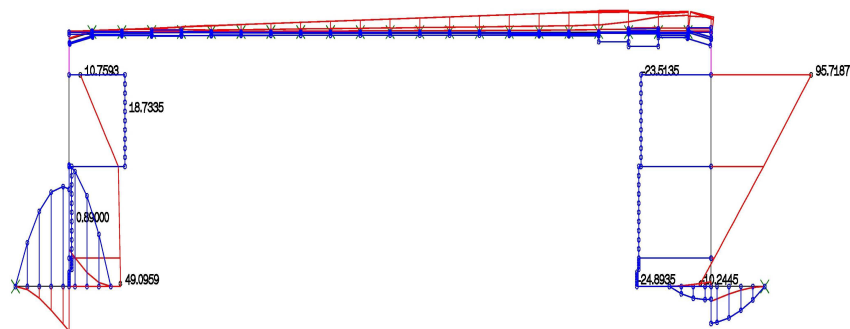
Répartition de l'incrément des sollicitations sismiques

Application de la méthode en poussée progressive pour le diagnostic sismique
d'un portique en béton armé_DD

Application au cas d'étude

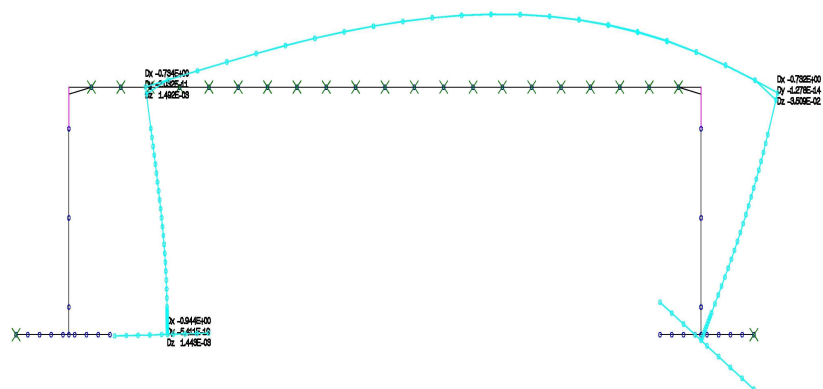
Itérations successives...

- **Itération 5** : Poinçonnement en pied de pignon RD



M_y / k_h (MN.m)

T_x / k_h (MN)



d_x / k_h (m)

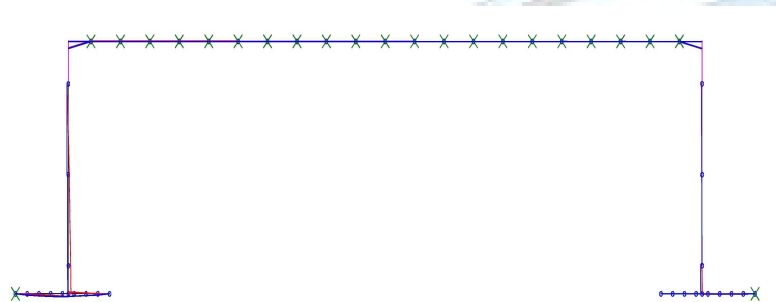
Répartition de l'incrément des sollicitations sismiques

Application de la méthode en poussée progressive pour le diagnostic sismique
d'un portique en béton armé_DD

Application au cas d'étude

Itérations successives...

- **Itération 6 :** Libération de la translation en pied de pignon RD, avant activation de la butée active du remblai en rive droite



M_y / k_h (MN.m)

T_x / k_h (MN)



d_x / k_h (m)

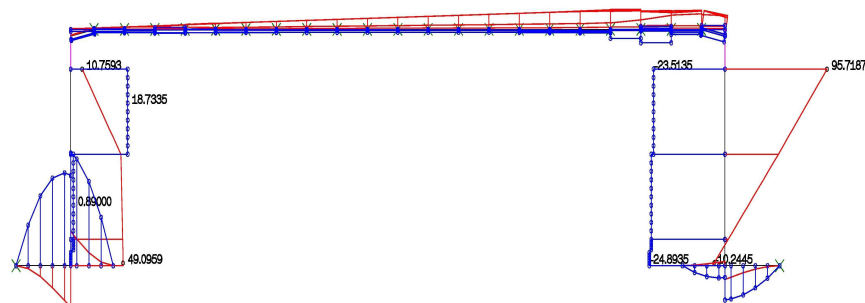
Répartition de l'incrément des sollicitations sismiques

Application de la méthode en poussée progressive pour le diagnostic sismique
d'un portique en béton armé_DD

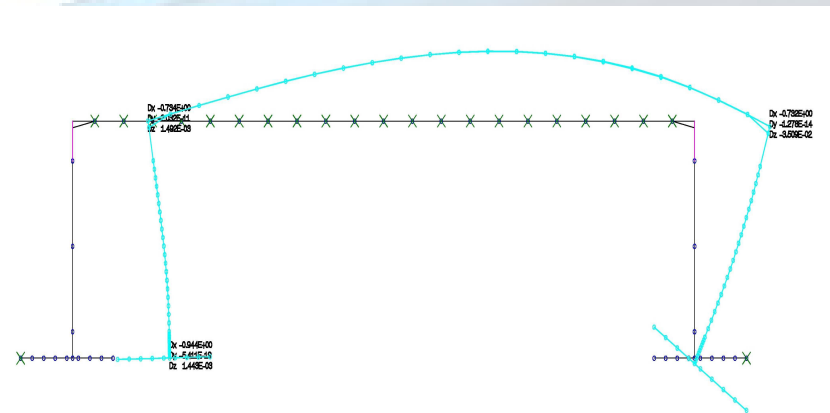
Application au cas d'étude

Itérations successives...

- **Itération 7 :** « Re-blocage » de la translation en pied de pignon RD



M_y / k_h (MN.m)
 T_x / k_h (MN)



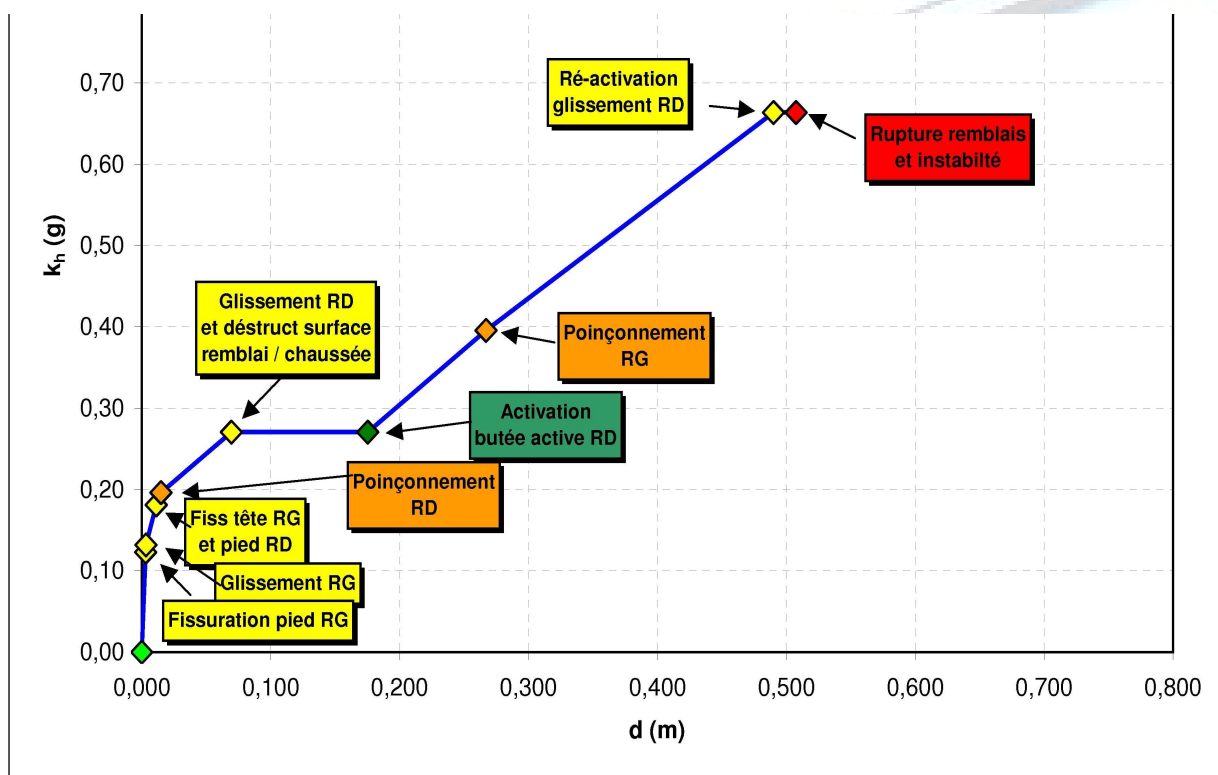
d_x / k_h (m)

Répartition de l'incrément des sollicitations sismiques

Application de la méthode en poussée progressive pour le diagnostic sismique
d'un portique en béton armé_DD

Application au cas d'étude

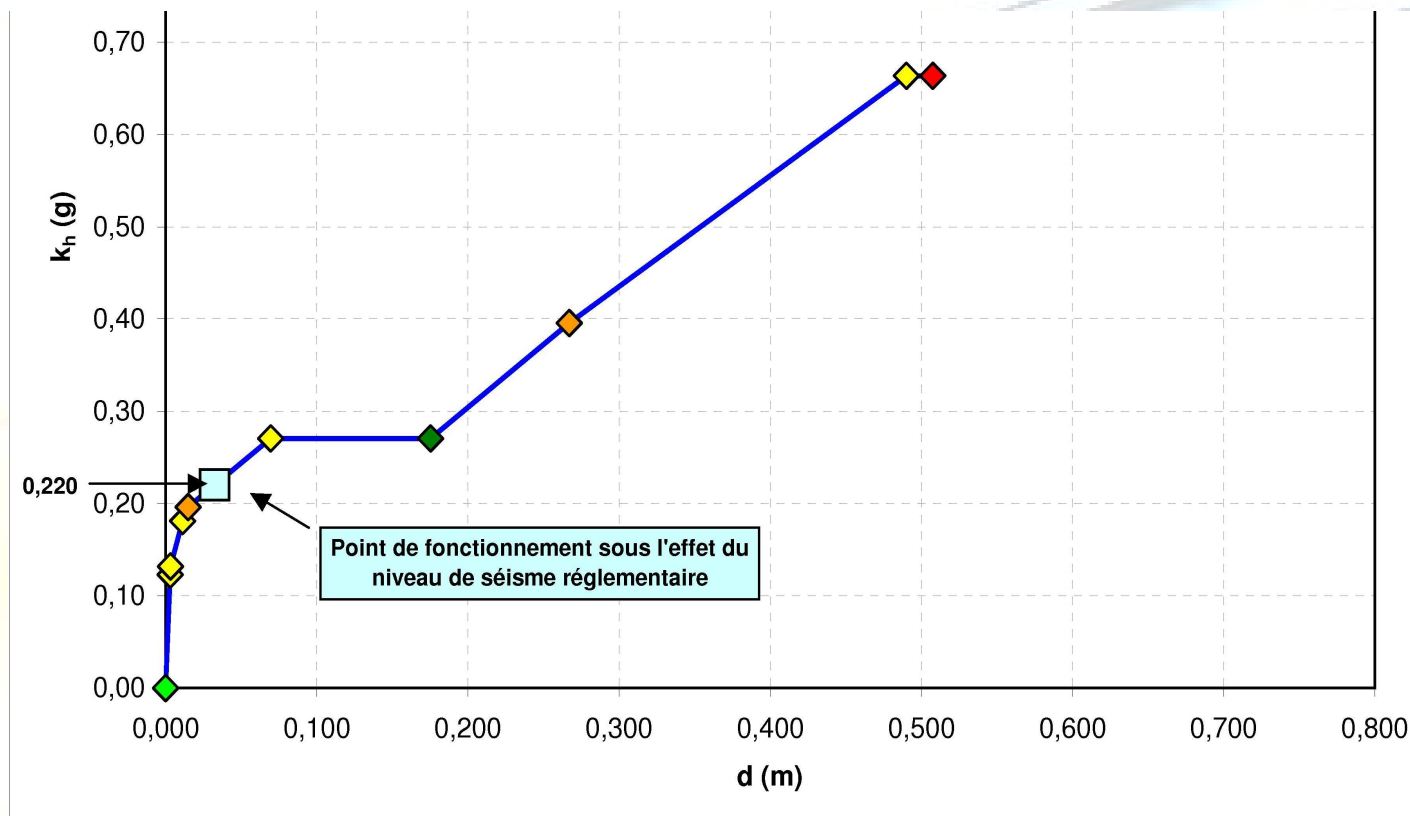
Courbe de capacité globale et point de fonctionnement



Application de la méthode en poussée progressive pour le diagnostic sismique
d'un portique en béton armé_DD

Application au cas d'étude

Courbe de capacité globale et point de fonctionnement



Application de la méthode en poussée progressive pour le diagnostic sismique d'un portique en béton armé_DD

Conclusions

- ➔ Méthode en poussée progressive très efficace et bien adaptée au diagnostic des ouvrages existants (*mais nécessite une bonne connaissance des données structurales d'entrée*)
- ➔ Un peu plus complexe à mettre en œuvre qu'une analyse élastique linéaire classique (*itérations successives*)
- ➔ Permet de mieux représenter la résistance réelle de la structure (*redistributions d'efforts internes après défaillance locale de certains éléments*)

Enseignements pour l'ouvrage étudié

- ➔ Quelques désordres sous sollicitations sismiques réglementaires
 - Fissuration des piédroits
 - Glissement d'une semelle et poinçonnement de l'autre selon les critères de justification de l'EC8 (*plus sévères que PS92*)

- ➔ Pas de nature à remettre en cause l'intégrité structurale de l'ouvrage ni sa fonctionnalité pour les premiers secours
(déformation maxi en tête limitée à 3 cm environ hors prise en compte de l'effet cyclique favorable des sollicitations sismiques)

Enseignements pour l'ouvrage étudié

- ➔ Marge de sécurité très conséquente (*ouvrage capable de supporter plus de 3 fois le niveau de séisme réglementaire avant rupture*)
- ➔ Confirmation de la très faible vulnérabilité sismique de ce type d'ouvrages courants
- ➔ A noter enfin que la prise en compte de l'interaction sol-structure (*assouplissement local lié à l'endommagement des fondations*) empêche ici la mobilisation de la capacité d'amortissement ductile (*formation de rotules plastiques*) dans les pénédroits

Merci de votre attention



Denis DAVI

Cerema / Direction territoriale Méditerranée

PCI « Vulnérabilité des ouvrages de Génie Civil
aux aléas sismiques et hydrauliques »

04 42 24 76 81 ou 04 72 14 32 25

denis.davi@cerema.fr