

Journées Techniques Ouvrages d'Art 2014



Analyse des coûts
de renforcements
sismiques

Denis Davi
Céline Moreau

Présentation de l'étude

Cadre général :

Étude réalisée par le PCI « Vulnérabilité des ouvrages de Génie Civil aux aléas sismiques et hydrauliques » (DTerMed) pour la DTecITM du Cerema

Objectif :

Produire un rapport de synthèse sur les coûts de renforcement sismique des OA, en s'appuyant sur des premiers retours d'expérience opérationnels



Données « sources »

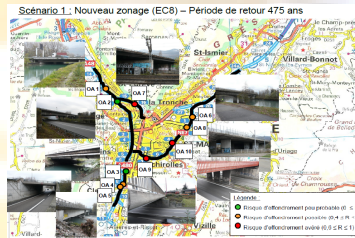
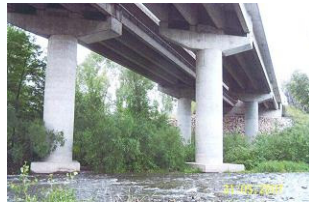
Coûts issus d'études opérationnelles récentes (≤ 10 ans) de diagnostics/renforcements sismiques d'ouvrages :

- 5 viaducs autoroutiers de l'A9 entre Perpignan et l'Espagne
- Viaduc de Caronte (A55, Martigues)
- Dalle du CC du Merlan (Liaison L2 - Marseille)
- Pont sur le Trou au Diable (Martinique - RN5)
- Mise aux normes sismiques du Viaduc Valle di Leto (exemple italien)
- Investigations géotechniques Pont du Jaï (13) et Quai des Avisos (Martinique)

Coûts des études (évaluations sommaires de vulnérabilité et diagnostics) :

- Évaluation sommaire du risque sismique sur OA courants du triangle autoroutier A7, A8, A54 (région PACA)
- Estimation vulnérabilités sismiques et priorisation des diagnostics sur réseau Escota A8-A500 (06)
- Analyse sommaire OA existants du projet de rocade L2 à Marseille
- Évaluation préliminaire du risque sismique sur 10 OA stratégiques de desserte de la ville de Grenoble

➔ Vocation « évolutive » du rapport



Structuration du rapport

Aspects traités :

Intro.

- Rappel contexte législatif et réglementaire national et expériences étrangères
- Causes d'endommagement des OA sous séisme, stratégies et techniques de renforcement associées
- Partie A : Coûts associés aux différentes techniques de renforcement structural
- Partie B : Coûts des renforcements de sol et coûts liés à la prévention des effets induits
- Partie C : Coûts relatifs aux études et investigations

Structuration du rapport

Présentation des résultats :

- Classement des techniques par objectifs et stratégies de renforcement

Exemple :

Objectifs	Stratégies de renforcement possibles	Techniques associées
Limitation des efforts transmis aux appuis	Augmentation de la souplesse	- Modification des conditions d'appui (remplacement des AA par des AA plus souples) - AA glissants au droit des éléments les plus raides (isolation locale des piles courtes...) - Systèmes fusibles
	Augmentation de l'amortissement structural	- Dispositifs parasismiques amortisseurs (visqueux, élasto-plastiques...) - Chemisage des piles encastrées - Isolation locale au droit des éléments non-ductiles (AA glissants)
	Réduction de la masse	Remplacement de tout ou partie du tablier par structure plus légère (dans le cadre général d'une opération plus lourde de réfection structurale)

Structuration du rapport

Présentation des résultats :

- Pour chaque technique : descriptif et principe d'emploi + fourchette de prix unitaires


Exemple :

Mise en place d'amortisseurs visqueux										
Références							Prix Unitaires		Coûts globaux à l'échelle de l'ouvrage (yc. coûts associés)	
Affaire	Niv. étude	Année constr.	Zone sismique	Struct. OA	L _{totale}	Surf. tab	Coût U (€ HT)	U	Coût total (€)	Coût total par m ² de tablier (€/m ²)
Viaduc du TECH (élargissement A9)	APOA (2010)	1974-1976	3 (modérée)	2 viaducs VIPP	201 m	4 422 m ²	25 000	/ U	200 000 €	45 €/m ²
Viaduc du POX (élargissement A9)	APOA (2009)	1974-1976	3 (modérée)	2 viaducs VIPP	352,0 m 318,5 ml	8 255 m ²	12 500 à 25 000 €	/ U	300 000 €	36 €/m ²
Viaduc de la CALCINE (élargissement A9)	APOA (2009)	1974-1976	3 (modérée)	2 viaducs VIPP	408 ml	9 996 m ²	12 500 à 25 000 €	/ U	400 000 €	40 €/m ²
Viaduc de l'AGLY (élargissement A9)	APOA (2010)	1973-1974	3 (modérée)	2 viaducs VIPP	102 ml	2 958 m ²	9 625 €	/ U	154 000 €	52 €/m ²
Viaduc de ROME (élargissement A9)	APOA (2009)	1973-1974	3 (modérée)	2 viaducs VIPP	323,5 ml 328,0 ml	6 966 m ²	12 500 à 25 000 €	/ U	300 000 €	43 €/m ²
Viaduc de la TET (élargissement A9)	APOA (2009)	1974-1976	3 (modérée)	2 viaducs Dalle BP bi-nervurée	202 ml	4 848 m ²	25 000 €	/ U	180 000 €	37 €/m ²
Fourchettes de prix :							9 625 à 25 000 €	/ U		36 à 45 €/m ²

Structuration du rapport

Présentation des résultats :

- Fiches « études de cas » permettant de cerner le contexte et les mesures associées aux différentes opérations

IDENTIFICATION DE L'OUVRAGE	DESCRIPTION DE L'OUVRAGE	CONTEXTE DU PROJET
<p>VIADUC DE CARONTE (Martigues - 13) MOA: Etat MOE: DIRMED Date de construction: 1969 - 1972 Date du renforcement sismique: 2012</p>	<p>DALLE BI-NERVURÉES BP (VIADUC D'ACCÈS) PONT A BÉQUILLES MÉTALLIQUE, CAISSON À PLATELAGE ORTHOTROPE (VIADUC PRINCIPAL)</p>  <p>Travure: <ul style="list-style-type: none"> viaducs d'accès nord: 6x45.00+34.50 = 259.50m (3916m²x2) viaducs d'accès sud: 7x45.00+44.50 = 315.50m (5165m²x2) viaduc principal: 300.00m Longueur totale: 874.00m Profil en travers: 14.50m (section courante) Voie(s) portée(s): A55 Voie(s) franchie(s): passe navigable, voies communales</p>	<p>Niveau d'étude: DCE / MARCHE de travaux (2011) Motif de l'opération: RENFORCEMENT STRUCTURAL ET RÉPARATION DES VIADUCS D'ACCÈS BP</p> <p>RÉPARATIONS ENVISAGÉES</p> <ul style="list-style-type: none"> précontrainte additionnelle longitudinale précontrainte transversale verticale dans les massifs d'ancrage cachetage / injection des fissures des tabliers et piles remplacement des appareils d'appuis reprise générale de la conception parasismique reprise des passerelles concessionnaires

Exemple :

RENFORCEMENT SISMIQUE	COÛTS DES OPERATIONS
<p>HYPOTHÈSES SISMIQUES Zone de sismicité : Z3 (modérée) Sols de fondation: D (S = 1,6)</p> <p>CONCEPTION ET DISPOSITIONS PARASISMIQUES EXISTANTES conception PS69 . dispositifs anti-sismiques sur piles-culées (connecteurs dynamiques – rompus) . liaison par frottement béton/béton sur culées inefficace</p> <p>STRATÉGIE DE RENFORCEMENT SISMIQUE Augmentation de la capacité de déplacement du tablier "sans" modification de la structure : • libération d'un soufflé de 25mm sur culées Amélioration du comportement d'ensemble (régularité structurale) : • butées parasismiques latérales de blocage sur culées et piles-culées • butées parasismiques latérales de sécurité sur piles Augmentation de la souplesse et de l'amortissement • remplacement des AA en élastomère fretté • amortisseurs parasismiques longitudinaux à seuil de déclenchement (culées)</p>	<p>Coût global de l'opération: 8 604 k€ HT . Prix généraux (installation chantier / phasage): 2 827 k€ HT . Postes Travaux: 5 777 k€ HT</p> <p>Coût du renforcement sismique: 1 321 k€ HT soit: 15,3 % du montant global de l'opération et 22,3 % des postes travaux Ratio : 72 € HT/m² de SU</p> <p>% par rapport au coût de démolition/reconstruction : 1,1 % (Le coût de remplacement a été évalué à 117 M€, sur la base d'un ratio de 4200€/m² de tablier démolé + pondération de 1,5 pour contraintes d'exploitation.)</p>

Quelques premiers enseignements

- Amélioration sensible de la performance sismique des ouvrages pour un coût global relativement modéré : **entre 75 € et 700 € HT/m²** de surface utile (**moyenne autour de 300 € HT/m²**), soit **entre 1% et 11% du coût estimé de remplacement des ouvrages** (hors chiffrage perturbation du trafic et autres coûts indirects).
- Chiffres relativement cohérents par rapport aux données italiennes (financements publics débloqués compris entre 60 et 450€/m² de tablier selon la nature de l'intervention et le niveau de performance sismique de l'ouvrage avant travaux)
- Dans la plupart des cas, s'inscrit dans un contexte de mise à profit d'une opération plus globale de réhabilitation d'ouvrage (réparation de pathologies, travaux d'élargissement...) ; Coûts de l'ordre de **10% à 35% du montant de cette opération**

Merci de votre participation



Cerema / DTerMed

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

Denis DAVI

Adjoint au responsable du pôle /

Référent risque sismique et infrastructures

Tel : 04 42 24 76 81 (ou 04 72 14 32 25)

denis.davi@cerema.fr