

RENFORCEMENT DES STRUCTURES PAR LA TECHNIQUE DE L' ISOLATION PARASISMIQUE

F.ACHOUR¹, H.BENOUALI¹,
F.BELHAMEL¹

1 Centre national d'études et de recherches
intégrées du bâtiment, CNERIB, cité nouvelle
El-Mokrani, Soudania,

email : achfarida@yahoo.fr

Mots- clés : Réhabilitation, Isolation parasismique,
Structure isolée, Réponse dynamique

RESUME : La réhabilitation sismique constitue assurément l'un des problèmes les plus délicats que rencontre le domaine de la construction. L'isolation parasismique, qui était jusqu'à présent appliquée pour les structures nouvelles, a commencé d'être adoptée comme méthode de réhabilitation du bâti ancien.

Contrairement aux approches traditionnelles qui ont pour principe d'augmenter la rigidité et la résistance des éléments structuraux, l'isolation parasismique est basée sur le concept de réduire l'action sismique agissant sur les structures.

1. INTRODUCTION

Construire a toujours été un des premiers soucis de l'homme, cependant s'il est encore fréquent de construire de nouvelles structures, c'est de plus en plus souvent qu'il faut intervenir au milieu de constructions existantes. La réhabilitation sismique constitue l'un des problèmes les plus délicats que rencontre le domaine de la construction et le renforcement des structures existantes est un aspect très récent du génie parasismique. En effet beaucoup de recherches ont été menées ces dernières années pour l'innovation des méthodes de renforcement.

L'isolation parasismique qui était jusqu'à présent appliquée pour les nouvelles structures, a commencé d'être adoptée comme méthode de réhabilitation sismique pour le bâti ancien, surtout pour les monuments historiques.

Contrairement aux approches traditionnelles qui ont pour principe d'augmenter la rigidité et la résistance des éléments structuraux, l'isolation parasismique est basée sur le concept de réduire l'action sismique agissant sur les structures.

2. APPLICATION ET PRINCIPE DE L'ISOLATION PARASISMIQUE

La réhabilitation sismique peut être destinée à un ouvrage, soit pour retrouver ses performances initiales, soit pour les augmenter. Dans le premier cas, il s'agit d'une réparation de dommages subis, dans le deuxième cas il s'agit d'un renforcement pour éviter ou du moins limiter les effets d'un éventuel séisme.

Le renforcement des structures peut se faire par plusieurs méthodes :

- augmenter la résistance et la ductilité des éléments structuraux (poteaux et poutres);
- introduire de nouveaux éléments structuraux capables de reprendre une partie ou la totalité de l'action sismique;
- réduire l'action sismique agissant sur la structure.

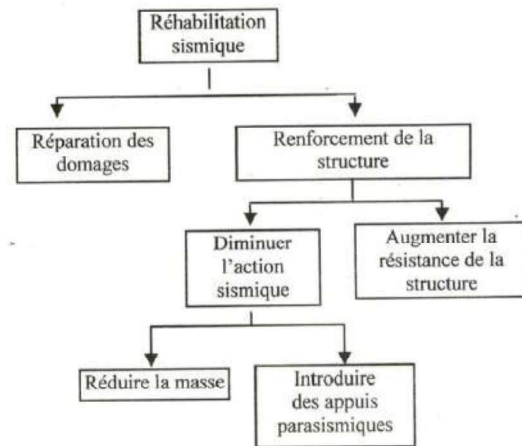


Figure 1 : Méthodes de réhabilitation sismique

La réduction de l'action sismique s'obtient soit par la réduction de la masse de la structure, ce qui fait réduire les forces d'inertie, soit par l'application de la technique de l'isolation parasismique.

L'isolation parasismique est une méthode d'isolation partielle des structures du sol qui s'effectue par l'introduction des appuis dont la souplesse horizontale est beaucoup plus grande que celle de la structure.

Cette méthode est basée sur le concept de la grande flexibilité horizontale, ce qui permet la réduction des accélérations transmises à la superstructure, par conséquent la réduction des charges sismiques agissant sur la structure, ce qui donne aussi un mouvement de corps rigide pour la superstructure.

Les premières applications pratiques de l'isolation parasismique pour les nouvelles structures à travers le monde ont commencé dans les années 80 [1].

Pour les ouvrages existants, le premier bâtiment dans le monde réhabilité en utilisant l'isolation par la base est l'hôtel de ville de Salt Lake (Utah, USA) en 1989. Le

système d'isolation consistait en une combinaison de 447 appuis en caoutchouc avec amortisseur en barreau de plomb et des appuis en caoutchouc fretté.

Une importante opération de réhabilitation par isolation a été réalisée aussi en 1995 pour la cour d'appel de San Francisco (US court of Appeals, San Francisco), les appuis utilisés sont les appuis en pendule glissant (FPS) [2]. Les avantages du système d'isolation par la base peuvent être très importants pour les ouvrages existants :

- les appuis sont conçus pour réduire l'action sismique de telle manière que la superstructure ne nécessite aucune augmentation de résistance;
- les travaux sont limités seulement aux poteaux du premier niveau;
- Les ouvrages ne sont pas mis hors service lors des travaux d'insertion des appuis.

L'efficacité de cette méthode diminue avec la flexibilité de l'ouvrage à renforcer car dans le cas d'un ouvrage très souple, il est difficile d'avoir une différence entre les périodes de la structure encastrée et celles de la structure isolée [3].

3. TECHNIQUE D'INSERTION DES APPUIS PARASISMIQUES

L'application pratique de la méthode de l'isolation parasismique pour les nouvelles constructions ne pose aucun problème technique, vu que les appuis sont installés au dessus des fondations avant la surélévation des poteaux, mais l'insertion d'un isolateur sous un poteau existant n'est pas chose aisée du fait de la nécessité de couper l'élément et de faire porter temporairement le poids de la structure.

Pour l'étude d'un projet de réhabilitation sismique avec le système d'isolation par la base, deux points essentiels doivent être pris en considération dans le processus de conception à savoir : l'emplacement des appuis et le type d'isolateur à utiliser [2].

Pour l'emplacement des isolateurs, on peut avoir trois à quatre alternatives :

- au dessus des fondations, sous les poteaux du premier niveau;
- à la tête des poteaux du premier niveau;
- à la mi-hauteur des poteaux du premier niveau.

Les types d'appuis, généralement utilisés sont [1]:

- appuis en caoutchouc fretté (Laminated rubber bearings);
- appuis en caoutchouc avec amortisseur en barreau de plomb (Lead rubber bearings);
- système d'isolation résistant par frottement (Resilient-friction base isolation system);
- appuis glissants utilisés par l'EDF (Electricité de France);
- appuis en pendules glissants (FPS).

Avant de porter un choix sur l'une des alternatives et l'un des types d'appuis, une étude détaillée est nécessaire pour avoir l'efficacité de chaque type et le coût associé à l'installation des isolateurs

pour chaque alternative.

L'insertion des appuis parasismiques se fait en général suivant les étapes :

- relever la structure en utilisant des vérins hydrauliques;
- excaver la fondation existante et faire une extension pour l'isolateur;
- réaliser des percements sur la fondation existante et insérer des chevilles pour assurer la liaison avec la nouvelle fondation;
- couper les poteaux à la base;
- placer l'isolateur;
- transférer le poids de la structure aux isolateurs.

4. EXEMPLE D'APPLICATION

Pour illustrer l'effet de l'isolation par la base sur les structures existantes, une analyse numérique, d'un exemple de renforcement par l'introduction des isolateurs, a été effectuée sur un ouvrage à cinq niveaux [5], l'analyse de cet exemple consiste à comparer trois sections d'armatures des poteaux et poutres les plus sollicités :

- la section des armatures existantes;
- la section des armatures donnée par la vérification de la structure;
- la section des armatures donnée par les sollicitations s'exerçant sur la structure après l'introduction des isolateurs.

4.1 DESCRIPTION DE LA STRUCTURE

la structure est un bâtiment à cinq niveaux en béton armé de forme en plan rectangulaire de 13,95 x 11,6 m² comportant quatre travées dans le sens longitudinal et trois travées dans le sens transversal. Les poteaux sont de 30x30 cm² et les poutres de 30x40 cm².

La qualité du béton de la structure a été évaluée par une campagne d'essais non destructifs (ultra-son et scléromètre) sur les éléments verticaux de l'ouvrage. Les essais destructifs sur des carottes de béton prélevées ont donné une moyenne de résistance de 20 MPa, qui a été utilisée pour la vérification de la structure.

Un relevé de mesures au pachomètre a permis de déterminer les positions et les diamètres des aciers.

La période fondamentale de la structure est de 0,39 seconde [5].

4.2 DESCRIPTION DU SYSTÈME D'ISOLATION

Le système d'isolation consiste en 20 appuis à glissement placés d'une façon concentrique sous chaque poteau.

Les valeurs maximale et minimale du coefficient de frottement des appuis sont :

$$f_{\max} = 0.1 \quad \text{et} \quad f_{\min} = 0.07$$

La période du système d'isolation est :

$$T_b = 2\pi \sqrt{\frac{M}{k_b}} = 2 \text{ s}$$

L'accélérogramme utilisé est représenté sur la figure 2 avec une accélération maximale de 0.3417 g.

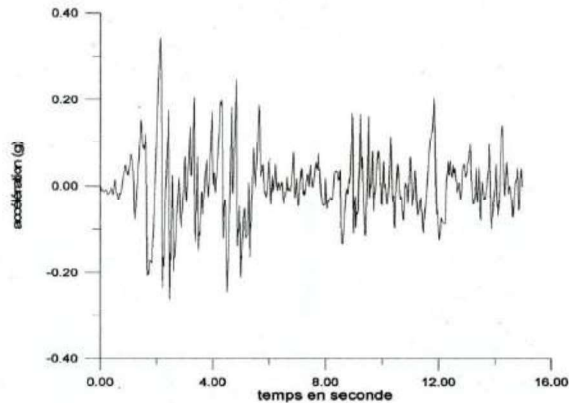


Figure 2 : Accélérogramme à la base

4.3 RÉSULTATS

Les réponses en déplacement et en accélération du dernier niveau sont présentées sur les figures 3 et 4. D'après la figure 3 l'accélération maximale du dernier niveau est inférieure à l'accélération à la base.

Les sections d'armatures pour les éléments les plus sollicités sont présentées dans le tableau 1 avec :

- section 1 : la section des armatures existantes;
- section 2 : la section des armatures donnée par la vérification de la structure;
- section 3 : la section des armatures donnée par les sollicitations s'exerçant sur la structure après l'introduction des isolateurs.

D'après les résultats du tableau 1, après l'introduction des isolateurs, les sections d'armatures existantes sont suffisantes donc la superstructure ne nécessite aucune augmentation de résistance.

Elément	Section 1	Section 2	Section 3
Poteau	6 T 16	16.6 cm ² (8 T 16)	1.69 cm ² (2 T 12)
Poutre	6 T16	11.64 cm ² (6 T16)	4.46 cm ² (3T 14)

Tableau 1 Sections d'armatures des éléments les plus sollicités

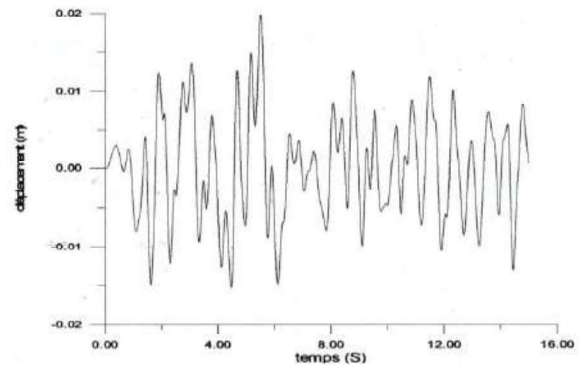


Figure 3 : Réponse en déplacement du dernier niveau

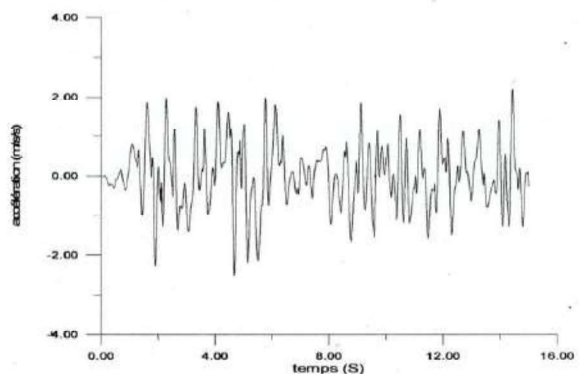


Figure 4 : Réponse en accélération du dernier niveau

5. CONCLUSION

L'insertion des appuis parasismiques pour les structures existantes est une nouvelle méthode qui constitue une alternative pour la réhabilitation sismique des ouvrages, qui peut présenter plusieurs avantages comparée aux méthodes traditionnelles, surtout pour les monuments historiques pour lesquels l'aspect architectural est important; cette méthode présente aussi quelques difficultés concernant le modèle de calcul à adopter pour la structure et l'approche de conception à utiliser.

6. BIBLIOGRAPHIE

- [1] ACHOUR F. Influence des isolateurs sismiques sur la réponse dynamique des bâtiments. Mémoire de Magister, Ecole nationale des travaux publics Alger, juin 2004
- [2] ANOOP S.MOKHA, NAVINCHANDRA AMIN, MICHAEL C.CONSTANTINOU, VICTOR ZAYAS, Seismic isolation retrofit of large historic building, Journal of structural engineering, vol 122 No 3 march 1996.
- [3] CALDERONI B., GHRSI A., RINALDI Z. Base isolation as a retrofitting for existing r.c.buildings, 11th European Conference on Earthquake Engineering, Balkama 1998.
- [4] DAVIDOVICI V. La construction en zone sismique, Editions le Moniteur 1999.
- [5] IDIR M., REBZANI B., Rapport d'expertise du siège du conseil national des assurances Dely Brahim Alger, mars 2004.