

# ETUDE PARAMÉTRIQUE SUR LA PERFORMANCE SISMIQUE DES OSSATURES EN BÉTON ARMÉ

Benazouz Cheikh<sup>1</sup>, Mohamed Hadid<sup>2</sup>

1) Magister, Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics, ENSTP.

2) Maître de Conférences, Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics, ENSTP.

## RÉSUMÉ

Ce travail a pour objectif d'analyser certains paramètres susceptibles d'influencer d'une manière explicite ou implicite la demande sismique. Parmi les paramètres retenus, nous verrons que certains paramètres ont une influence sur la capacité comme le type de structure et la durée du séisme exprimée par le coefficient  $\kappa$ , et d'autres influençant la demande tels que la zone sismique, les caractéristiques des sites. L'étude paramétrique est faite en utilisant la CSM (Procédure C) de l'ATC40.

## MOTS - CLÉS

Performance, ossature, contreventement, demande sismique.

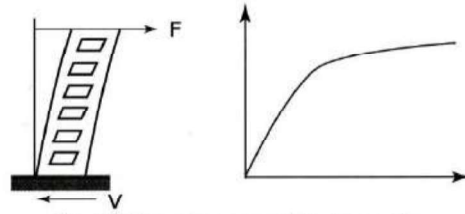


Fig.2.1 Développement de la courbe

2. La courbe Pushover subit donc les transformations suivantes :

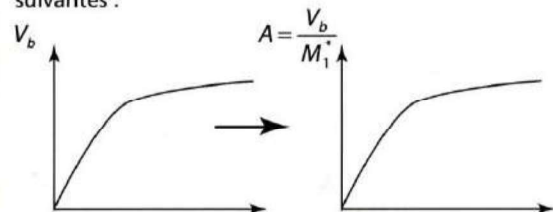


Fig.2.2 Conversion de la courbe Pushover en format ADRS (Acceleration-Displacement Response Spectra)

## 1. Introduction

La demande en déplacement inélastique est définie comme étant un déplacement cible représentant une demande globale maximale probable de la structure une fois sollicitée par un séisme donné.

L'évaluation précise du déplacement cible est associée à l'objectif spécifique de la performance.

Maintenant, nous ouvrons une porte à plusieurs questions représentant des points d'équivoque et il nous semble très intéressant d'essayer de décrypter les relations permettant d'identifier l'effet de certains paramètres sur l'évaluation du point de performance ou par conséquent sur la détermination des demandes sismiques.

## 2. Etude paramétrique

L'intérêt de la méthode CSM consiste entre autres à superposer une courbe représentant la capacité de résistance d'une structure issue d'une analyse statique non linéaire (Pushover) avec une courbe représentative de la sollicitation apportée par le séisme. L'intersection représente le point de fonctionnement (point de performance) permettant d'évaluer le déplacement maximal que la structure subira et son degré de pénétration dans le domaine plastique.

La méthode CSM (Chopra A. K, Goel R. K, 1999) se propose de :

1. Développer la relation entre l'effort tranchant à la base  $V_b$  et le déplacement du toit  $u_r$ , cette relation est obtenue par la courbe Pushover.

$$D = \frac{u_r}{\Gamma_1 \Phi_{r1}} \quad (1)$$

$$A = \frac{V_b}{M_1^*} \quad (2)$$

$$\Gamma_1 = \frac{\left[ \sum_{j=1}^N m_j \Phi_{j1} \right]}{\left[ \sum_{j=1}^N m_j \Phi_{j1}^2 \right]} \quad (3)$$

$$M_1^* = \frac{\left[ \sum_{j=1}^N m_j \Phi_{j1} \right]}{\left[ \sum_{j=1}^N m_j \Phi_{j1}^2 \right]} \quad (4)$$

Avec :

$M_1^*$  Masse modale effective du premier mode

$\Gamma_1$  Facteur de participation modal du premier mode

$m_j$  Masse du j<sup>ème</sup> niveau

$\Phi_{j1}$  Amplitude du niveau j au mode fondamental

n Nombre de niveaux

$\Phi_{r1}$  Amplitude du premier mode au niveau du toit

3. Conversion du spectre de réponse en format (ADRS), Cette conversion peut être faite par la relation suivante

$$D = \frac{T_n^2}{4\pi^2} A \quad (5)$$

D Déplacement spectral  
A Accélération spectrale  
 $T_n$  Période naturelle

Si le spectre de réponse est en format de vitesse spectrale, alors la conversion doit être faite par les relations suivantes, (ATC40, 1996).

$$A = \frac{2\pi}{T_n} S_v \quad (6)$$

$$D = \frac{T_n}{2\pi} S_v \quad (7)$$

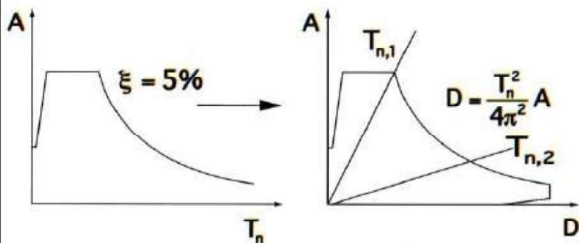


Fig.2.3 Conversion du spectre de réponse en format ADRS

4. Combiner le diagramme de la demande et de la capacité et déterminer la demande en déplacement, cette étape est très compliquée en analyse dynamique d'un système linéaire équivalent avec des valeurs successivement mises à jour de la période de vibration  $T_{eq}$  et l'amortissement équivalent  $\xi_{eq}$

Accélération spectrale

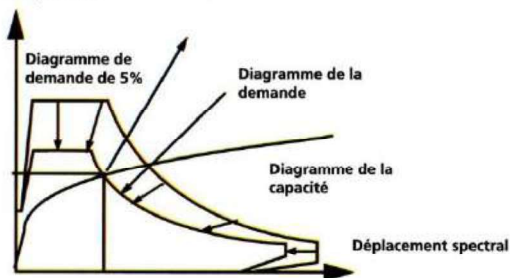


Fig.2.4 Détermination du point de performance

5. Comparer la demande en déplacement déterminée à l'étape 4 en déplacement global et comparer avec les valeurs limites.

### 2.1. Influence du système de contreventement sur la capacité

Pour analyser l'influence du système de contreventement sur la capacité de la structure à dissiper de l'énergie nous utilisons un exemple d'un bâtiment R+5 avec les caractéristiques suivantes :

- Deux types de contreventement (Portiques et mixtes).
- Type d'analyse (Mode élastique).
- On fixe le coefficient  $\kappa = 0.67$ .
- Zone sismique III.
- Site 2 (Site ferme).

Reprenons la courbe qui donne  $\beta_{eff}$  sur la figure 2.5. Nous y avons également reporté :

- Une autre courbe de demande et de capacité correspondant à une ossature contreventée par des portiques.

### 2.2. Influence de la durée du séisme sur la capacité

Pour analyser l'influence de la durée du séisme sur la capacité de la structure à dissiper de l'énergie on utilise un exemple d'un bâtiment R+5 contreventé par un système mixte (Voiles - Portiques) avec les caractéristiques suivantes :

- Type d'analyse (Mode élastique).
- Zone sismique III.
- Site 2 (Site ferme).

On fixe le système de contreventement et on varie le coefficient  $\kappa$  pour les trois types A, B et C.

On obtient les courbes de capacités et de demandes en fonction du  $\kappa$  représentées dans la figure 2.6.

### 2.3. Influence de la zone sismique sur la demande

Pour l'influence de la zone sismique sur la demande de l'énergie à dissiper, on utilise un exemple d'un bâtiment R+5 contreventé par un système mixte (Voiles - Portiques) avec les caractéristiques suivantes :

- Type d'analyse (Mode élastique).
- On fixe le coefficient  $\kappa = 0.67$
- Site 2 (Site Ferme).

On fixe le site et on varie la zone sismique pour les quatre zones du RPA99/version 2003. Zone III, IIb, IIa et I. On obtient les courbes de capacités et de demandes en fonction de la zone sismique représentées dans la figure 2.7.

### 2.4. Influence du site sur la demande

Pour l'influence du site sur la demande de l'énergie à dissiper, on utilise un exemple d'un bâtiment R+5 contreventé par un système mixte (Voiles - Portiques) avec les caractéristiques suivantes :

- Type d'analyse (Mode élastique).
- On fixe le coefficient  $\kappa = 0.67$
- Zone sismique III.

On fixe la zone sismique et on varie le site pour les quatre sites du RPA99/version 2003 : Site S1, S2, S3 et S4. On obtient les courbes de capacités et de demandes en fonction des sites représentées dans la figure 2.8.



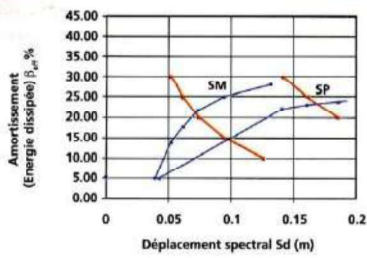


Fig. 2.5 Influence du système de contreventement

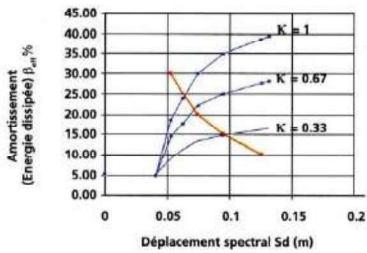


Fig. 2.6 Influence de la zone sismique sur le point de performance

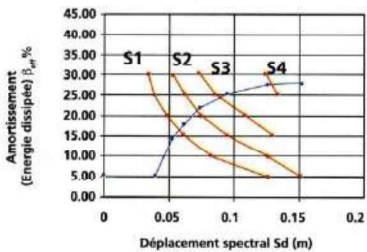


Fig. 2.7 Influence de la zone sismique sur le point de performance

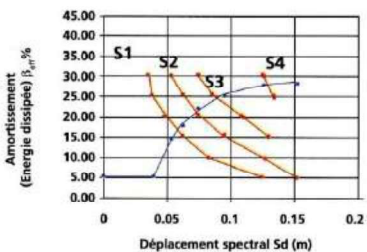


Fig. 2.8 Influence du site sur le point de performance

### 3. Conclusion

L'étude paramétrique représente un outil efficace pour la détermination de l'influence de certains paramètres sur les niveaux de performances des structures.

Pour notre travail, nous avons choisi quatre paramètres essentiels caractérisant le niveau de performance des structures qui sont le système de contreventement, la durée du séisme, la zone sismique et le type de site.

Les dimensions de la structure à étudier influent directement sur la courbe de capacité, le projeteur peut alors modifier ses options de renforcement ou simplement sa conception initiale, selon le niveau de performance souhaité. Pour le renforcement, il pourra jouer sur les différentes options suivantes :

- Augmenter la résistance.
- Augmenter la raideur.
- Allonger le pallier de ductilité.
- Utiliser des isolateurs.
- Utiliser des spectres avec amortisseurs, etc...

Chacune de ces options se traduit par des courbes différentes en amortissement, avec les conséquences sur le comportement d'ensemble de la structure.

### 4. Références

[1] Applied Technology Council (1996), "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings", ATC-40, Volume 1 and 2, Report No. SSC 96-01, Seismic Safety Commission, Redwood City, CA.

[2] Chopra Anil. K, Goel Rakesh. K, 1999 "Capacity-emand-Diagram Methods for Estimating Seismic Deformation of Inelastic Structures: SDF Systems ", PEER, Pacific Earthquake Engineering Center, University of California, Berkeley PEER 1999/02, April 1999.

[3] Farzad Naeim, Bhatia Hussain et ROY Lobo. M., "Performance-based seismic engineering ", Seismic Design Handbook, 2000

[4] Mouroux. P « la méthode du point de performance (ATC-40) principes de base et utilisation pratique, application à un bâtiment existant, les projets HAZUS et RISK-UE », PM-gr / 02-55. Aménagement et risques naturels.