

EFFETS DES PALEES DE CONTREVENTEMENT SUR LA REPONSE SISMIQUE DES STRUCTURES METALLIQUES

A. Larabat Ziane*, T. Branci*

* : Département de Génie Civil, Université Hassiba Ben Bouali de Chlef, larabat_z@hotmail.com, brancit@yahoo.fr

Résumé :

L'objectif de la présente étude est d'évaluer l'effet des palées triangulées de contreventement, centrées en X, en V et en V inversé et excentrées en K et en V, sur la réponse sismique des structures métalliques sur la base des trois méthodes règlementaires du code parasismique Algérien (RPA 2003), à savoir la méthode statique équivalente, la méthode d'analyse modale spectrale et la méthode d'analyse dynamique par accélérogrammes sismiques dans laquelle ceux de Boumerdes 2003, Kobe 1995 et Elcentro 1940 ont été utilisés.

A cet effet, des analyses ont été menées sur une série de portiques autostables en acier, contreventés par différentes formes de palées triangulées, en termes de périodes, de modes propres, de déplacements, d'efforts tranchants et d'énergie sismique. Les résultats obtenus par ces méthodes d'analyse ont fait l'objet d'investigations à titre comparative. A la lumière de ces investigations, il a été observé que les structures contreventées par un système de triangulation excentrée ont montré une meilleure performance vis-à-vis des actions sismiques.

Mots clés : ossature métallique, conception sismique, palée triangulée, accélérogramme, réponse, sismique.

1. INTRODUCTION :

2. DESCRIPTION DES STRUCTURES CONSIDEREES

Les structures considérées dans la présente étude (Fig.1) sont constituées par des portiques en charpente métallique ayant 6 étages et 3 travées chacune. La hauteur de chaque étage est de 3m et la portée de chaque travée est de 4.5m.

Le système de contreventement adopté dans ce cas est défini par des palées de triangulation centrées en X, en V et en V inversé, et par les palées de triangulation excentrée en K et en V. Ces structures sont soumises aux charges statiques obtenues par la méthode statique équivalente, et des charges dynamiques déduites à partir du spectre de réponse du code RPA. Par ailleurs, ces mêmes structures ont été soumises à l'action des trois accélérogrammes suivants : Boumerdes 2003, Kobe1995 et Elcentro 1940.

Les caractéristiques géométriques de tous les éléments structuraux ont été obtenues par un calcul préliminaire conformément aux dispositions des règles de construction métalliques de l'Eurocode3 [1, 2], et des règles parasismiques de l'Eurocode 8 [3], de l'AISC [4] et du RPA99 [5]. Dans les structures portant des contreventements en triangulations excentrées, le tronçon d'excentrement sismique est considéré du type « court », dont sa longueur est prise égale à 0.9 m.

3. PRESENTATION DES ACTIONS SISMIQUES

Les actions sismiques utilisées dans cette présente étude sur lesquelles a été menée notre étude vis-à-vis du comportement sismique des structures considérées, sont basées sur les trois méthodes d'analyses suivantes qui sont mentionnées dans le code RPA2003:

- méthode statique équivalente
- méthode d'analyse modale spectrale (spectre de réponse élastique de RPA99)
- méthode d'analyse par accélérogramme

L'analyse est effectuée par le logiciel SAP2000 [11] basé sur la méthode des éléments finis.

3.1 Méthode statique équivalente

La force sismique horizontale totale à la base de la structure V est exprimée selon le code RPA2003 par la formule suivante :

$$V = \frac{A \cdot D \cdot Q}{R} W \quad (1)$$

Les structures étudiées sont supposées implantées dans la zone III, zone classée comme zone de forte sismicité. Dans l'équation (1), les valeurs des coefficients considérées sont : A= 0.25, D = 2.7 et Q = 1.15 pour un site ferme et un groupe d'usage2.

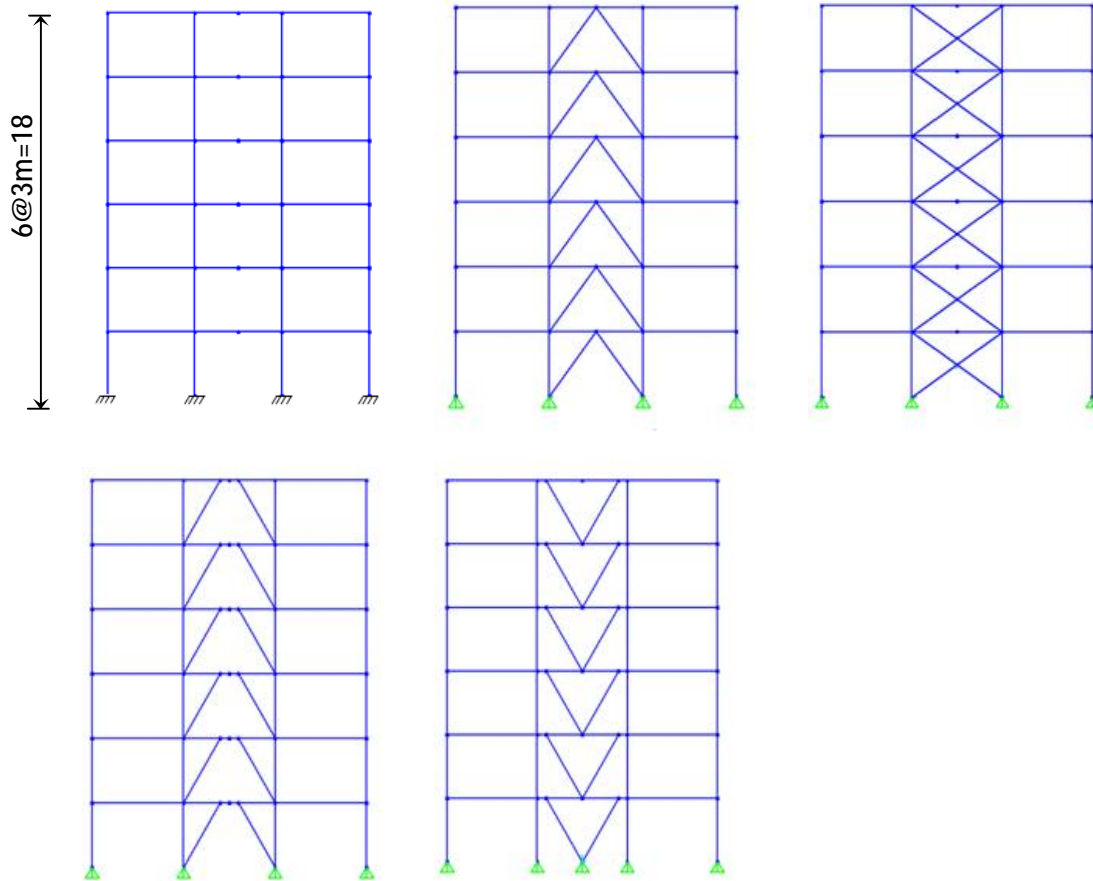


Figure 1 Systèmes de contreventements considérés

3. 2 Méthode dynamique modale spectrale

Les actions sismiques de cette méthode sont obtenues par un spectre de réponse élastique normalisé du RPA en considérant les mêmes coefficients envisagés dans la méthode statique équivalente.

3. 3 Méthode d'analyse dynamique par accélérogramme

Les caractéristiques des trois accélérogramme considérés dans la présente étude, en l'occurrence Boumerdes, Elcentro et Kobe, sont indiqués dans le tableau 1 ci-dessous, ainsi que leurs représentations graphiques qui sont illustrées sur la figure 2

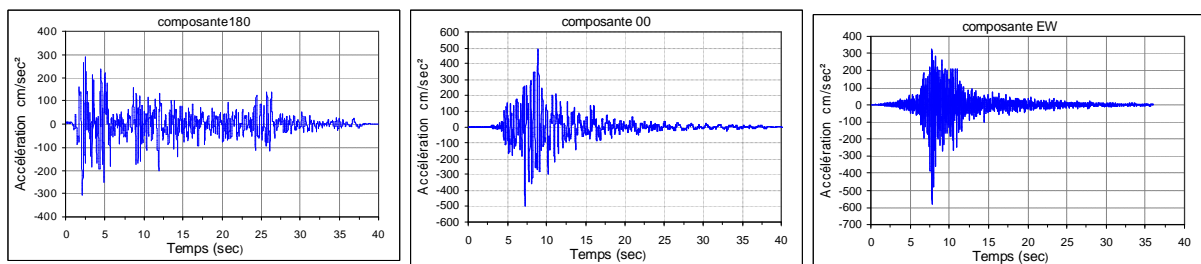


Figure 2 les accélérogrammes sismiques considérés

Tableau 1 Caractéristiques des accélérogrammes considérés

séisme	composante	Accélération max (g)	Pas de temps (s)	Durée totale (sec)	Temps relatif à amax(s)
Boumerdes 21/03/2003	E-W	0.34	0.005	36	9.225
Elcentro 18/05/1940	E-W	0.313	0.01	40	2.15
Kobe 16/01/1995	E-W	0.509	0.01	40.96	7.25

4. Résultats et discussions

Les résultats obtenus dans cette étude en termes de déplacement, d'effort tranchant pour les différents types de contreventements considérés sont présentés comme suit :

4.1 Déplacement latéral

Les déplacements latéraux à chaque étage obtenus par la méthode statique équivalente et celle d'analyse modèle spectrale sont représentés sur la figure 3, d'après cette figure on constate que :

- D'une part que les déplacements latéraux maximaux du portique autostable, sont en général, plus importants que ceux des autres portiques comportant des palées triangulées. Par ailleurs, en note que cette différence est significative aux étages supérieurs. Et d'autre part, tous les structures contreventées sont caractérisées par un déplacement latéral assez faible, à l'exception de celle avec contreventement centré en V, qui présente une déformation considérable aux étages supérieurs par rapport aux autres structures.
- Contrairement au portique autostable, les contreventements centrés en X montrent des déplacements latéraux la plus faibles par rapport à ceux des autres structures.

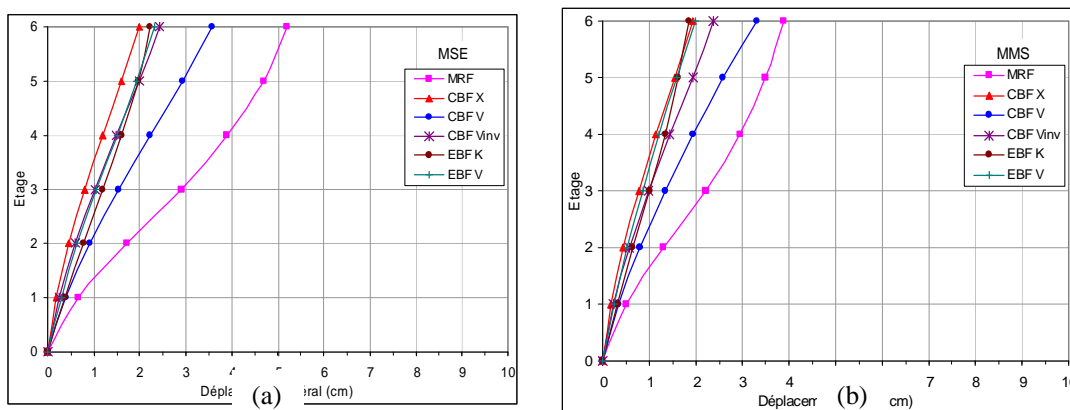


Figure 3 Déplacement latéral. a) par la méthode statique équivalente, b) par la méthode dynamique modale spectrale

Par ailleurs, la réponse temporelle en déplacement aux sommets des structures sous l'accélérogramme d'Elcentro est illustrée sur la figure 4. On constate les mêmes remarques observées pour les deux méthodes statique et spectrale montrées ci-dessus

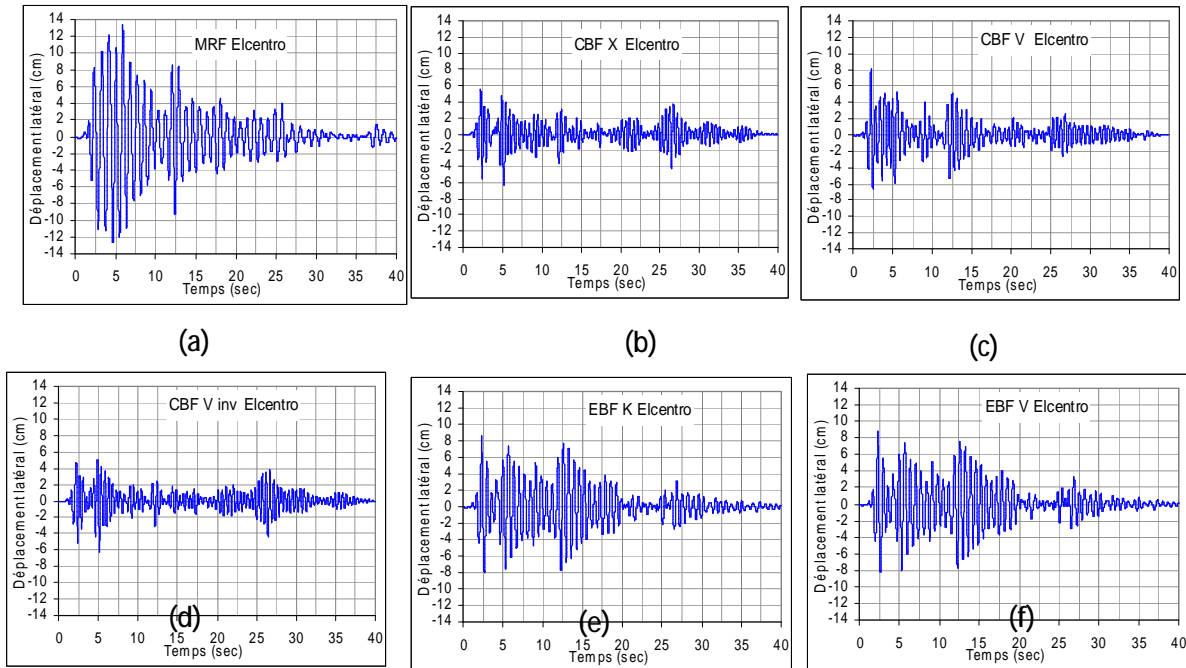


Figure 4 déplacements latéraux du sommet des portiques sous l'accélérogramme d'Elcentro

4.2 Efforts tranchants

La figure 5 montre la distribution des efforts tranchants obtenus dans les différentes structures par la méthode spectrale. D'après cette figure on constate que :

- les structures contreventées par les palées triangulées centrées en V inversé présentent des efforts de cisaillement d'étage plus élevés par rapport à ceux des autres structures.
- Il à noter que, bien que la structure avec contreventement centré en V a été soumise à la même charge sismique que celle en V inversé, il en résulte quant des efforts tranchants différents.
- le portique autostable est caractérisé par une réponse assez faible par rapport à celle observée dans le contreventement en X, malgré que leurs actions sismiques sont identiques.

La figure 6 représente la variation temporelle des efforts tranchants à la base des structures sous l'accélérogramme de Boumerdes. La plus faible réponse est observée dans la figure 6 (a) rapportée au portique autostable, en raison de sa flexibilité remarquable par rapport aux autres structures. Par ailleurs, une augmentation des efforts à la bases des structures contreventées par palées triangulées s'effectuée par un taux varie de 47 à 65% par rapport à celui du portique autostable.

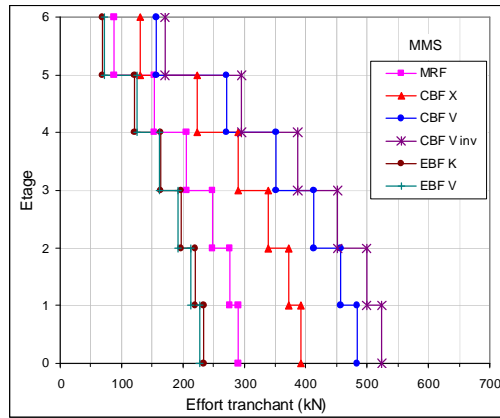


Figure 5 Efforts tranchants obtenus par l'analyse modale spectrale

Les valeurs maximales de la réponse temporelle des efforts tranchants à la base sous les trois accélérogrammes sont représentées sur l'histogramme illustré sur la figure 7 qui montre que :

- L'utilisation des palées de contreventement augmente les efforts de cisaillement à la base des structures, par rapport à celui du portique autostable, par un taux de 29% (triangulation excentrée) et de 34% à 71% (triangulation centrée) dans le cas de l'accélérogramme de Kobe. Dans le cas de l'accélérogramme d'Elcentro cette variation est comprise entre 12% et 14% (triangulation excentrée) et entre 23% à 38% (triangulation centrée).
- Le séisme de Kobe présente des réponses plus élevées que celui d'Elcentro et de Boumerdes pour toutes les structures considérées, mais avec une diversité significative concernant les structures contreventées en X et en V.

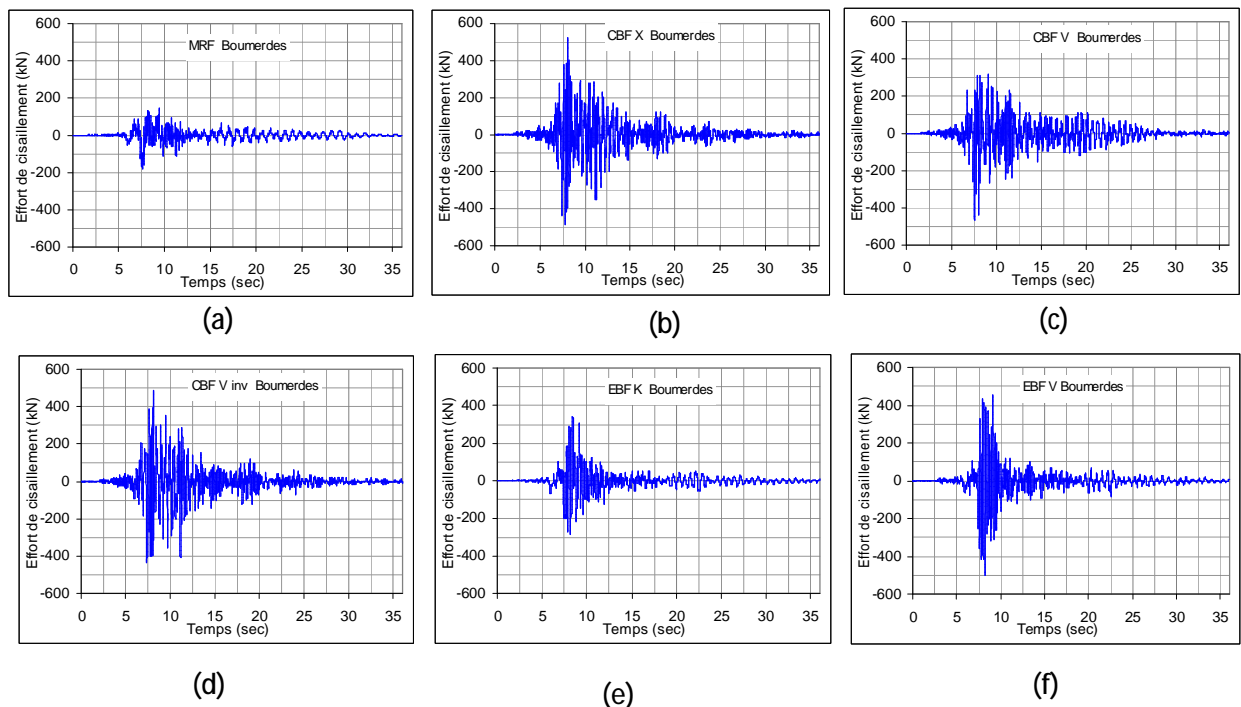


Figure 6 Effort de cisaillement à la base des structures sous l'accélérogramme de Boumerdes

Ceci met en évidence l'effet du type des accélérogrammes sur la réponse sismique des structures, à savoir une structure construite proche, intermédiaire ou loin de la faille sismique. C'est pour ceci, certains règlements parasismiques imposent ce problème par d'autres coefficients variables en fonction de la distance entre la structure et la source sismique (noté near-field ou far-field) [10].

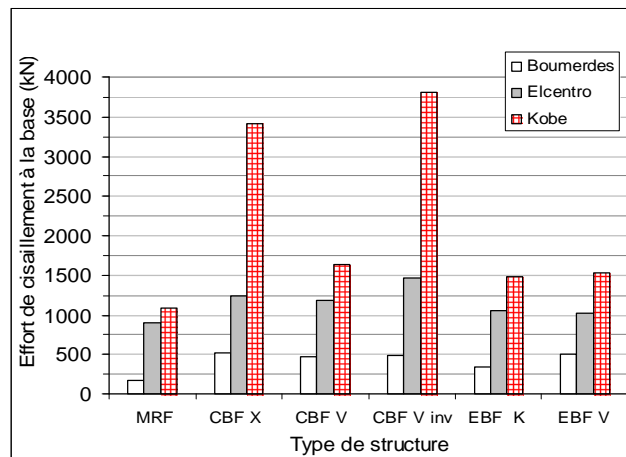


Figure 7 Effort de cisaillement maximal à la base des structures

5. Conclusion

À la lumière des résultats obtenus, on peut tirer les conclusions suivantes :

Concernant l'analyse élastique effectuée par les deux méthodes indiquées ci-dessus, le portique autostable présente une déformation latérale importante, par contre les ossatures avec triangulations centrées caractérisées par une déformation minimale, cependant les ossatures avec triangulations excentrées sont caractérisées par les performances de ces deux structures, à savoir la rigidité de celle centrées et la ductilité des portiques autostables. On note ici que cette performance est affectée principalement par la longueur du tronçon sismique (Link), notre étude a été consacrée seulement pour un tronçon court.

À propos de l'effort tranchant à la base des structures, on constate que la méthode statique équivalente surestime les efforts tranchants dans toutes les structures considérées ($V_{statique} > V_{spectral}$).

La valeur élevée du coefficient de comportement imposé par les normes parasismiques pour les structures métalliques en portique autostable, et celles avec triangulations excentrées, est justifiée par la réponse de ces structures en terme d'effort tranchant à la base engendré sous les accélérogrammes sismiques réels, cependant cet effort est assez faible à la base de ces structures par rapport aux autres structures caractérisées par un coefficient de comportement faible.

Les résultats obtenus ont montré l'efficacité des structures avec triangulation excentrées en K vis-à-vis aux actions sismiques.

Référence:

- [1] EN-1993-1-1 (2003) Eurocode 3 ; Calcul des Structures en Acier, Part 1-1 Règles Générales et règles pour les bâtiments, Comité Européen de normalisation
- [2] Jaques Brozzetti, Eurocode 3 et document d'application nationale, Calcul des Structures en Acier, Part 1-1 règles générales et règles pour les bâtiments, Edition Eyrolles, Paris, 1996.
- [3] EN 1998-1 (2004) Eurocode 8 ; Calcul des structures pour leur résistance aux séismes. Partie 1 : Règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments

- [4] AISC (2005) American Institute of Steel Construction Inc, Seismic Provisions for Structural Steel Buildings. AISC, Chacago.
- [5] DTR B C 2 48; Règles Parasismiques Algériennes RPA99/Version 2003, Centre de Recherche Appliquée en Génie Parasismique, Alger.
- [6] Robert Tremblay; Seismic Design and Behavior of Concentrically Braced Steel American Institute of Steel Construction, 2003, 28p.
- [7] Wenshui Gan; Earthquake Response of steel braces and braced steel frames, Repport No. EERL 96-06, California Universities for Research in Earthquake Engineering, California Institute Technology, December 1996.
- [8] Egor P. Popov & Michael D. Engelhardt; Seismic Eccentrically Braced Frames, J. Construct. Steel Research 10 (1988) 321-354
- [9] M. Bocco, P.P.Rossi; Seismic behavior of eccentrically braced frames, Engineering Structures 31 (2009) 664_674.
- [10] UBC 97, Uniform Building Code 97, International Conference Building Officials
- [11] CSI (Computer and Structures Inc). SAP2000 v12 integrated Finite Element Analysis and Design of Structures. CSI, Berkeley, 2009