

4ème conférence nationale sur les tremblements de terre et leur structure
24-25 avril 2013, CECRC de Kerman, Kerman, Iran
Et constructions de grande hauteur avec le procédé OriSTeel/SYSCERA (12 étages)

Système SYSCERA®, un nouveau système structurel et technique de construction

S.A. Mousavi (1), A. Bahrami Rad (2), A. Karkuti (3)

2- Département de génie civil et environnemental, Université de technologie AmirKabir, Téhéran, Iran

Contenu :

Cette étude présente un nouveau système structurel et une nouvelle technologie de construction, appelé système SYSCERA. Le système SYSCERA est un système de mur porteur de type caisson dans lequel les charges gravitationnelles et latérales sont supportées par les murs SYSCERA intérieurs et extérieurs. Le mur SYSCERA est un mur de cisaillement en béton de polystyrène expansé léger de faible résistance, renforcé par un treillis métallique 3D interconnecté, appelé panneau SYSCERA, ou panneau OriSTeel. À l'aide d'un modèle numérique pré-validé, les performances sismiques d'un bâtiment résidentiel à trois étages sont examinées et suivies de la procédure de conception requise. Les résultats obtenus indiquent que le système SYSCERA, a une très bonne résistance sismique.

Mots-clés : Système SYSCERA®, Béton léger, Béton EPS, Conception basée sur la performance, Mur de cisaillement.

Mots clés : OriSTeel®, ligne de production des structures métalliques utilisées dans la construction, le génie civil et les TP.

Mots clés Ductilité : Propriété d'un matériau à se laisser déformer facilement, et à se laisser étirer facilement. C'est la qualité principale du concept SYSCERA®.

Mots clés Case I: construction avec le système SYSCERA®

Mots clés Case II; Construction avec des blocs de polystyrène consolidés par deux voiles de béton.

Mots clés Case III: construction avec des briques de 20cm, et du mortier.

SYSCERA® est un nom de marque appartenant à Alain Blanck et déposée à l'INPI, inventeur du concept de construction **SYSCERA®**, et inventeur des machines et outils **OriSTeel®**, spécialement étudiés pour fabriquer en quantité industrielle les structures métalliques 3D **OriSTeel®** ou **SYSCERA®**.

Oristeel® est un nom de marque appartenant à Alain Blanck et déposées à l'INPI. Ces deux marques sont exploitées par la société **OriSTeel France sas**, 254 Rue de la Côte, 74210 Talloires Montmin, France.

Tel : +33 7 82 29 56 28 - Mail : a.blanck@oristeel.com (Alain Blanck, Président OriSTeel France.)

1. Introduction

De nos jours, en raison de la croissance démographique de la société, la demande de davantage de constructions d'habitations est inévitable. Des habitations supposées avoir des caractéristiques supérieures en termes de points de vue économique et technique, en particulier dans le cas de la construction en série. En conséquence, les techniques de construction industrialisées suscitent de plus en plus d'attention car elles présentent de nombreux avantages par rapport aux constructions classiques.

Dans de nombreuses techniques de construction modernes industrialisées, les colonnes et les poutres sont remplacées par des murs porteurs. Dans ces systèmes de type caisson, tels que la forme de tunnel (Balkaya et Kalkan [1], Kalkan et Yuksel [2]), la forme de béton isolé, la CIF, etc., tous les murs sont des murs porteurs qui supportent à la fois la gravité et les charges latérales. Cette étude porte sur un nouveau système de type boîte émergent, appelé système SYSCERA.

Le système SYSCERA est un nouveau type de système structurel qui utilise des murs SYSCERA pour supporter à la fois la gravité et les charges latérales. Les murs SYSCERA sont des murs construits en béton de polystyrène expansé (EPS) à faible résistance, super-léger, renforcé par des panneaux SYSCERA, des poutre (Raidisseurs) SYSCERA et, dans certains cas, des

4ème conférence nationale sur les tremblements de terre et leur structure
 24-25 avril 2013, CECRC de Kerman, Kerman, Iran
 Et constructions de grande hauteur avec le procédé OriSTeel/SYSCERA (12 étages)

barres d'armature supplémentaires en fer à béton. Le panneau SYSCERA est un treillis en acier galvanisé tridimensionnel à bandes droites et diagonales fabriqué par une machine de découpe à partir d'une bande d'acier uniforme sans soudure, comme illustré à la Figure 1-a. ladite bande a une section transversale rectangulaire d'épaisseur et de largeur de 1,6 mm et 5 mm, respectivement. Les poutres SYSCERA (raidisseur SYSCERA) sont des éléments de type treillis qui traversent les panneaux SYSCERA dans les directions verticale et horizontale.

L'échantillon de raidisseur SYSCERA est illustré à la Figure 1-b. Sa largeur est de 7 ou 8 cm et il comprend cinq barres d'armature d'un diamètre de 4,5 mm (deux en tant que bride supérieure et deux en tant que bride inférieure) et une barre sinusoïdale dans la longueur.

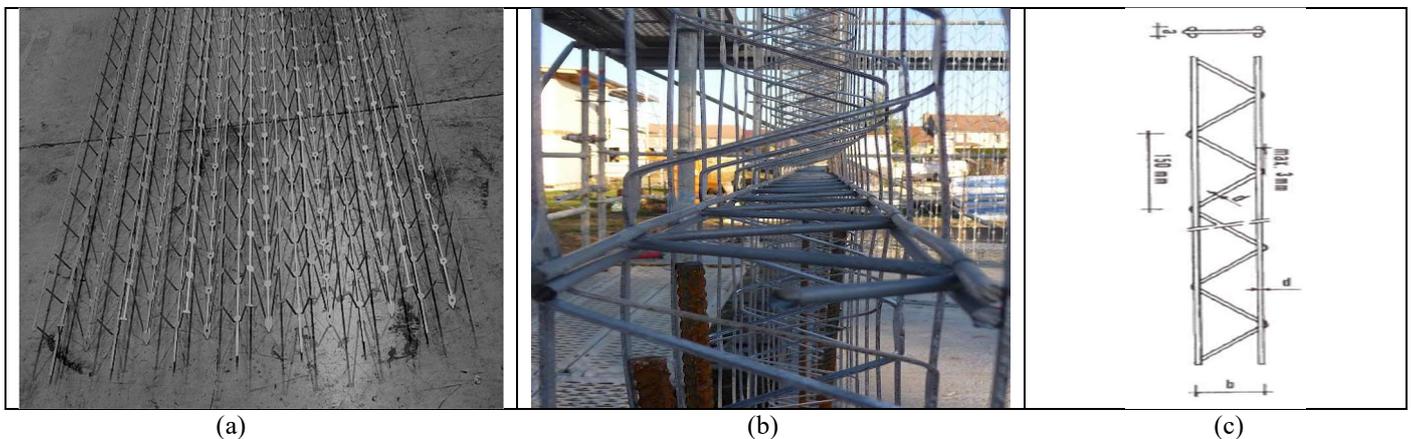
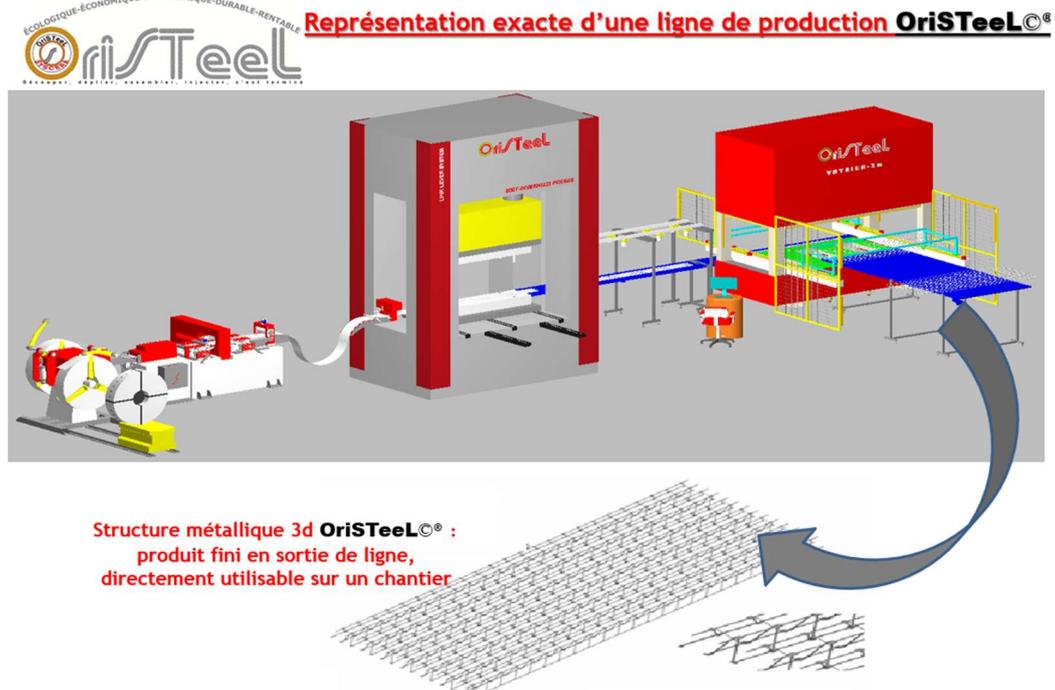


Figure 1. (a): panneau SYSCERA; (b): raidisseur SYSCERA en position, (c) plan raidisseur.



Production possible de 4 à 5pcs/mn sur cette ligne OriSTeel. TD8 de 3m de longueur.

4ème conférence nationale sur les tremblements de terre et leur structure
 24-25 avril 2013, CECRC de Kerman, Kerman, Iran
 Et constructions de grande hauteur avec le procédé OriSTeel/SYSCERA (12 étages)

2. Comportement cyclique du mur SYSCERA

Il est bien entendu qu'une analyse non linéaire ne donnerait pas de résultats fiables si les hypothèses retenues n'étaient pas fiables. La question la plus importante que le concepteur devrait se poser est la suivante : "Est-ce que j'utilise les données correctes pour le comportement concret de l'EPS ?" Il est évident que la courbe de contrainte-déformation du béton EPS, ou de tout béton en général, dépend strictement de la proportion de son mélange. Pour la proportion de mélange du tableau 2, la courbe contrainte-déformation est illustrée à la figure 3. Le comportement du béton est également simulé dans le programme à éléments finis à usage général, Abaqus [10], à l'aide du modèle bien connu de plasticité endommagée. Notez que la contrainte de compression du béton EPS utilisé est environ trois fois supérieure à celle du béton de poids normal. En d'autres termes, le béton EPS utilisé peut supporter des déformations importantes, et par la suite des déformations encore plus importantes.

Tableau 1. Proportion de mélange envisagée pour 1m³ de béton EPS

Ciment	Eau	Sable	Bille de Polystyrène Expansé et adjuventé	Fibre de verre ou polypro Fibres longues	Densité humide	Densité sèche	(MPa)
(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg / m ³)	(Kg / m ³)	33 jours
515	240	380	13.2	5.6	1155	1043	5.5

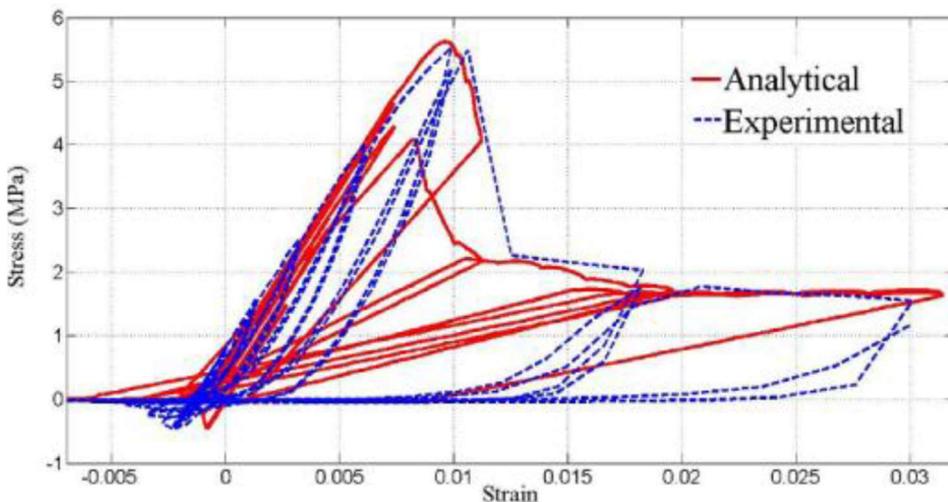


Figure 3. Comportement cyclique d'un échantillon cylindrique de béton EPS

Le comportement cyclique des parois de SYSCERA a été évalué de manière expérimentale et numérique par Mousavi et al [11] et Mousavi et Bahrami-Rad [12]. Abaqus peut estimer de manière fiable le comportement de l'enveloppe des murs SYSCERA, comme illustré à la figure 4. Cependant, il ne peut pas simuler avec précision le comportement du mur SYSCERA, ni en général de tout mur en béton, soumis à une charge cyclique principalement en raison du pincement. Comme illustré à la figure 7, IDARC [13] on peut estimer avec précision le comportement des murs SYSCERA dans des conditions de chargement en retour. En d'autres termes,

4ème conférence nationale sur les tremblements de terre et leur structure
 24-25 avril 2013, CECRC de Kerman, Kerman, Iran
 Et constructions de grande hauteur avec le procédé OriSTeel/SYSCERA (12 étages)

si la structure SYSCERA doit être conçue en fonction d'une analyse historique, l'IDARC doit être utilisé pour modéliser le bâtiment. Cependant, la simulation avec IDARC nécessite des paramètres précédemment calibrés qui ne sont actuellement pas disponibles pour différents murs SYSCERA avec différents rapports de format et détails de renforcement.

Comme la conception du système SYSCERA serait basée sur les performances avec des chargements monotones, les résultats d'Abaqus seraient satisfaisants. Notez que les dégradations cycliques sont également prises en compte dans le modèle numérique dérivé. Les panneaux SYSCERA et les raidisseurs SYSCERA peuvent être modélisés de manière explicite ou sous la forme de barres d'armature équivalentes rapprochées.

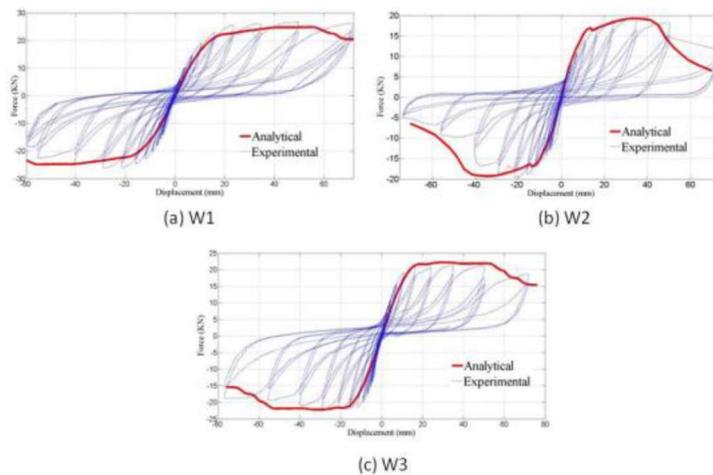


Figure 4. Fiabilité du modèle à Abaqus sous chargement monotone, Mousavi et al. [11]

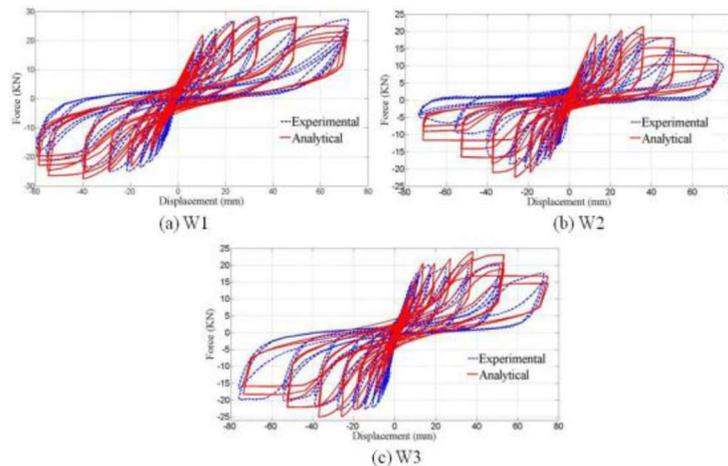


Figure 5. Fiabilité du modèle dans IDARC sous chargement cyclique, Mousavi et al. [11]

4ème conférence nationale sur les tremblements de terre et leur structure
24-25 avril 2013, CECRC de Kerman, Kerman, Iran
Et constructions de grande hauteur avec le procédé OriSTeel/SYSCERA (12 étages)

3. Procédure de conception du système SYSCERA

La procédure de conception proposée pour le système SYSCERA comprend deux phases distinctes, à savoir les phases préliminaires et finales. Les étapes détaillées de chaque phase sont présentées lors de la conception d'un immeuble résidentiel de trois étages. Le bâtiment est conçu conformément à la plus grande sismicité du pays, conformément au code sismique iranien [14]. Une dalle plate à double sens avec du béton de poids normal est considérée pour les fondations, sur tous les sols.

3.1. Conception préliminaire

L'analyse préliminaire et la conception du système SYSCERA, à élasticité linéaire, ressemblent aux systèmes conventionnels. Le bâtiment serait modélisé dans SAP [15] ou ETABS [16] ou un autre logiciel d'analyse classique dans lequel les éléments de coque peuvent être modélisés dans un espace 3D. Dans cette phase du travail, il n'est pas nécessaire de modéliser des coques non linéaires ou d'effectuer une analyse non linéaire. Il est recommandé d'utiliser des éléments de coque multicouches plutôt que homogènes. Le logiciel SAP, par exemple, peut être utilisé pour modéliser des éléments de coque multicouches.

La gravité et la charge latérale sont similaires aux autres systèmes, mais les points suivants doivent être respectés.

- Le facteur de modification (R) est 5 pour le système SYSCERA, conformément à la norme ASCE7-05 [17] pour des systèmes similaires. Ce paramètre n'est requis que dans cette phase de la conception et il convient de noter que dans la phase de conception finale, il n'est pas nécessaire de prendre en compte le facteur de modification car la phase finale serait non linéaire.

- La charge du vent doit également être prise en compte, car le système SYSCERA est très léger et que, dans certains cas, les charges latérales pourraient être dominées par le vent plutôt que par les tremblements de terre.

Les objectifs principaux de cette phase sont, d'une part, d'avoir une compréhension générale du comportement du bâtiment et de ses contraintes de compression / traction qui se développent à différentes parties de la structure, et, d'autre part, d'obtenir les caractéristiques dynamiques requises de la structure, telles que fréquences naturelles, facteurs de participation modale, vecteurs modaux, etc. Il convient de noter que ces données seraient nécessaires à la phase finale de la conception.

En outre, d'après la conception préliminaire, d'autres caractéristiques importantes de la structure seraient également révélées, telles que son niveau d'irrégularité en torsion, son niveau de rigidité des diaphragmes horizontaux, etc. Les charges mortes et vive du sol du bâtiment sont respectivement de 450 et 200 kg / m² (1 kg ≈ 10 N).

La figure 6 montre le contour des contraintes dans la direction verticale. De tels contours donnent une impression utile du niveau des contraintes dans différentes régions. Par exemple, sur cette figure, la résistance maximale à la compression est d'environ 0,7 MPa sous des charges de gravité ultimes, c'est-à-dire 1,2 D + 1,6 L. En outre, de tels contours peuvent être utilisés pour valider d'autres modèles du bâtiment, par exemple le modèle construit à Abaqus. Les principales caractéristiques du bâtiment sont résumées au tableau 2.

4ème conférence nationale sur les tremblements de terre et leur structure
 24-25 avril 2013, CECRC de Kerman, Kerman, Iran
 Et constructions de grande hauteur avec le procédé OriSTeel/SYSCERA (12 étages)

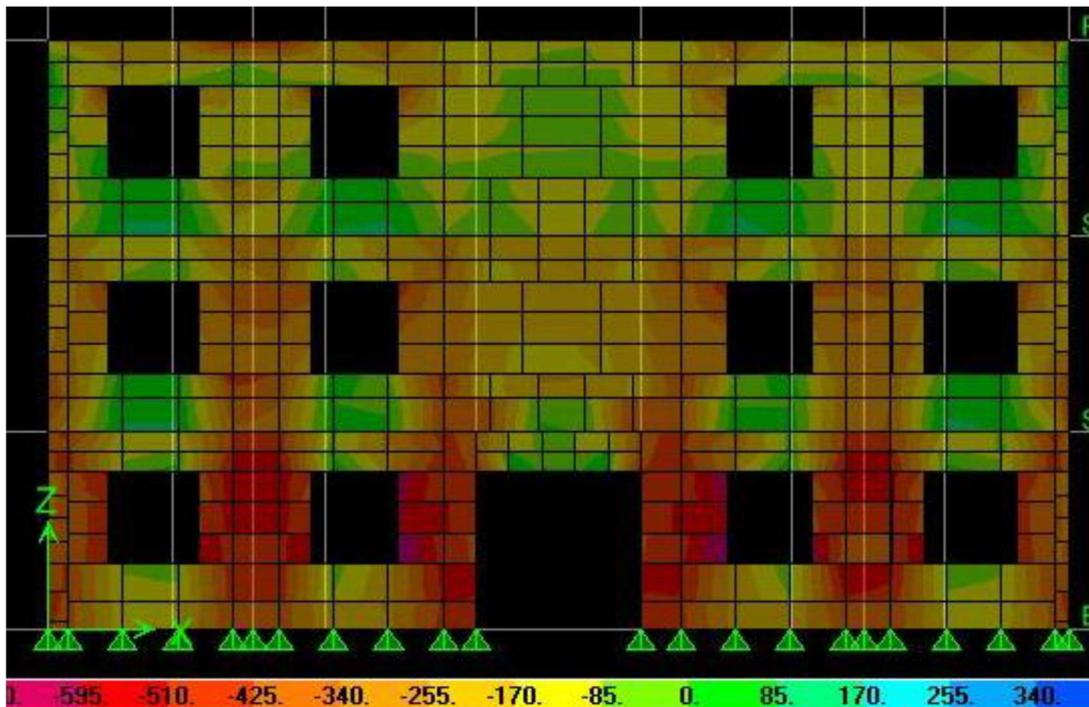


Figure 6. Contours de contraintes lors de la phase de conception préliminaire

Tableau 2. Principales caractéristiques du bâtiment

Charge morte Totale	Charge vive Totale	Première période (s)	Seconde Période (s)	Première participation de masse modale.	Seconde participation de masse modale
En tonnes	En tonnes				
428	98	038	029	87%	82%

Il convient de noter que les premier et deuxième mode du bâtiment sont respectivement dans les directions X et Y. Lors de l'obtention de périodes du bâtiment, aucun facteur de réduction ne doit être utilisé en raison de la fissuration. Parce que ces périodes vont être utilisées lors de la phase finale au cours de laquelle les premières périodes élastiques sont nécessaires.

3.2. Conception finale

Après la conception préliminaire, le concepteur a acquis une impression générale sur la structure et son comportement général.

Le bâtiment adopté est modélisé à Abaqus et soumis à une densité de 1,2 D + 0,5 L charges. Ceci est fait en utilisant une étape statique séparée. Pour la charge latérale, une autre dynamique implicite est définie. Les charges latérales sont réparties en fonction du premier

vecteur modal dans chaque direction. Au moins deux distributions de charge latérale doivent être prises en compte, par FEMA 356 [18]. Cependant, ici, seule la distribution susmentionnée est considérée en raison de contraintes d'espace. Les critères d'acceptation des murs SYSCERA diffèrent de ceux rapportés dans FEMA 356. Critères d'acceptation, extraits en fonction des résultats expérimentaux, tels que rapportés par Mousavi et al [11] serait utilisé pour les murs SYSCERA. Les souches recommandées sont présentées dans le tableau 3. Là encore, il convient de noter que ces valeurs sont obtenues exclusivement pour la proportion de mélange du béton EPS utilisé.

Tableau 3. Critères d'acceptation du système SYSCERA

	<u>IO</u>	<u>LS</u>	<u>CP</u>
Déformation en compression principale	0,003	0,007	0,01
Déformation principale en traction	0,02	0,05	0,08

Si certaines régions du bâtiment ne satisfont pas à ces critères, elles doivent être renforcé. Cela peut être fait en utilisant des raidisseurs supplémentaires, en augmentant l'épaisseur de la paroi, en augmentant la résistance du béton, etc. Trois cas sont considérés pour ce bâtiment, comme présenté dans le tableau 4 ci-dessous. Par défaut Le renforcement des murs SYSCERA, dans ce document est constitué de panneaux SYSCERA plus des raidisseurs verticaux et horizontaux. Raidisseurs SYSCERA espacés de 100 cm en vertical, et de 100 cm en horizontal.

Tableau 4. Différents cas considérés pour le bâtiment de 3 étages

<u>Cas</u>	<u>Description</u>
I	Barre d'appui non additionnelle, charge latérale dans la direction X - (SYSCERA)
II	Aucune barre supplémentaire, charge latérale dans la direction Y - (Mur de Polyst et 2 voiles béton)
III	Barre horizontale supplémentaire ($\Phi 8 @ 50cm$), charge latérale dans la direction X (Poutres acier)

4ème conférence nationale sur les tremblements de terre et leur structure
 24-25 avril 2013, CECRC de Kerman, Kerman, Iran
 Et constructions de grande hauteur avec le procédé OriSTeel/SYSCERA (12 étages)

Cas 1- (SYSCERA)

La courbe de poussée du bâtiment dans ce cas et ses dégradations pour différentes performances sont illustrées à la figure 7. Dans cet article, les zones qui ont dépassé l'acceptation des critères sont surlignées en blanc. Le déplacement de la cible peut être trouvé comme suit, par FEMA 356.

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g = 1.3 \times 1.1 \times 1 \times 1 \times 0.96 \times \frac{T_e^2}{4\pi^2} \times 9.81 = 0.34 T_e^2 \quad (1)$$

$$T_e \approx T_0 = 0.38s \rightarrow \delta_t = 0.34 \times 0.37^2 = 0.049 = 49mm$$

Selon la figure 7, les murs extérieurs du bâtiment dans la direction x et au premier étage ont besoin d'avoir une plus grande capacité de cisaillement que les dommages qui indiquent que les fissures diagonales sont apparues sur ces régions selon les critères de performance de LS.

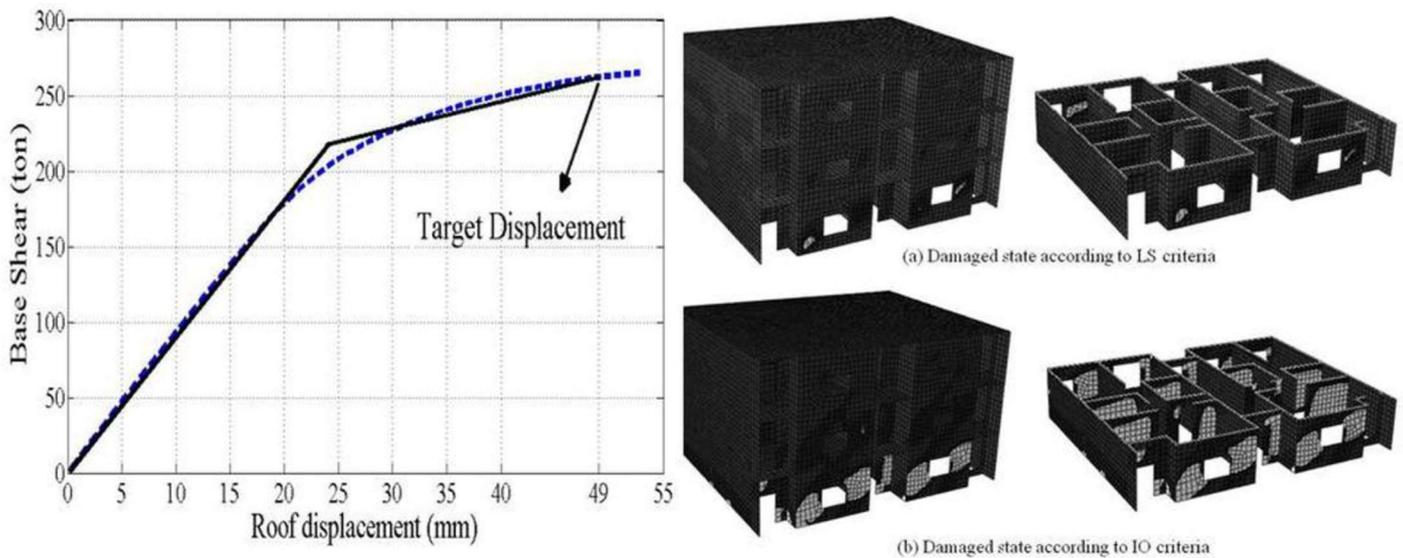


Figure 7. Courbe de renversement (capacité) du bâtiment et de ses zones endommagées selon les critères LS et IO dans le cas 1 (1 tonne = 10KN)

4ème conférence nationale sur les tremblements de terre et leur structure
 24-25 avril 2013, CECRC de Kerman, Kerman, Iran
 Et constructions de grande hauteur avec le procédé OriSTeel/SYSCERA (12 étages)

Cas II (construction en blocs de polystyrène avec deux voiles de béton)

Le déplacement de la cible dans ce cas peut être estimé comme suit.

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g = 1.3 \times 1.1 \times 1 \times 1 \times 0.96 \times \frac{T_e^2}{4\pi^2} \times 9.81 = 0.34 T_e^2 \quad (2)$$

$$T_e \approx T_0 = 0.29s \rightarrow \delta_t = 0.34 \times 0.29^2 = 0.029 = 29mm$$

Ici encore, la courbe de renversement et les états endommagés du bâtiment sont illustrés dans Figure 8.

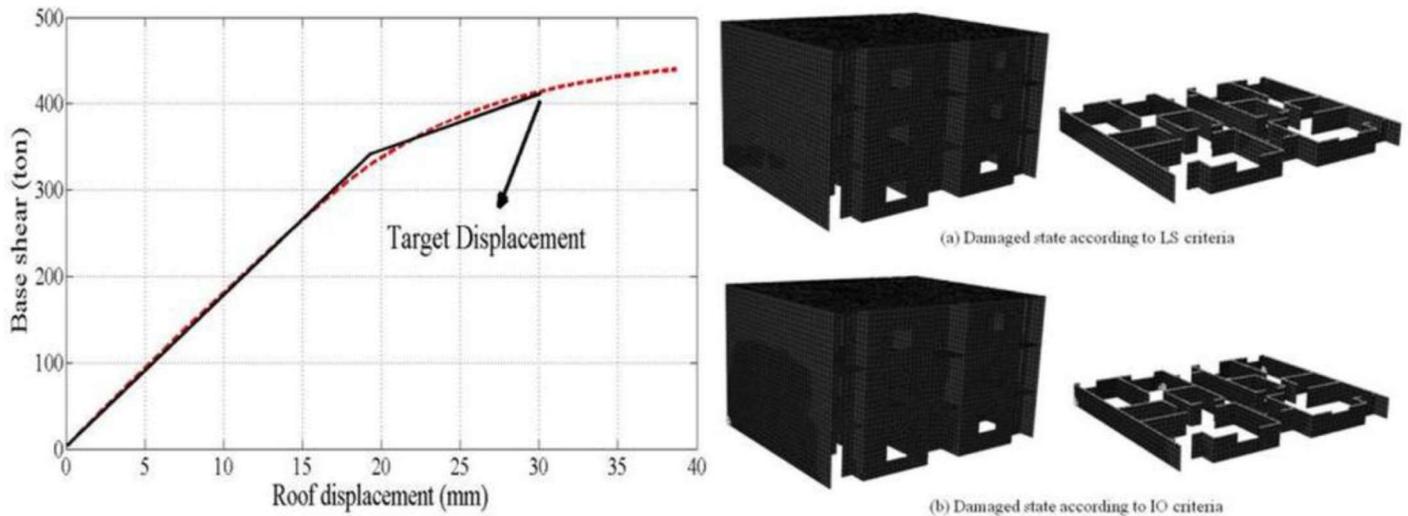


Figure 8. Courbe de renversement (capacité) du bâtiment et de ses états endommagés selon les critères LS et IO dans le cas II (1 tonne = 10KN)

Notez que la rigidité du bâtiment dans les directions X et Y des Figures 7 et 8 peut être estimée comme :

$$K_x = 9.2 \text{ ton / mm}, K_y = 17.6 \text{ ton / mm}, \frac{T_x}{T_y} = \sqrt{\frac{K_y}{K_x}} = \sqrt{\frac{17.6}{9.2}} = 1.38 \quad (3)$$

Le ratio ci-dessus selon ETBAS, présenté dans le tableau 2, est de 1,28. Rapports de rigidité obtenus, validez les deux modèles dans une certaine mesure et de telles comparaisons sont fortement recommandées. La faible différence entre les rapports obtenus est liée au fait que la rigidité obtenue auprès d'ETABS est la rigidité initiale, tandis que celle obtenue chez Abaqus est la rigidité effective. Il est clair que dans cette direction, le bâtiment satisferait aux critères de performance de LS. Si des performances IO sont requises, le mur SYSCERA nécessite des renforts supplémentaires (Raidisseurs) sur les régions mises en surbrillance.

4ème conférence nationale sur les tremblements de terre et leur structure
 24-25 avril 2013, CECRC de Kerman, Kerman, Iran
 Et constructions de grande hauteur avec le procédé OriSTeel/SYSCERA (12 étages)

Cas III (Construction en briques creuses et mortier)

Comme indiqué dans le cas I, certaines armatures supplémentaires doivent être mises en place dans le bâtiment dans la direction X, en particulier au premier étage. La figure 9 illustre la courbe de basculement et les états d'endommagement du bâtiment. Il est clair que, dans ce cas, les critères d'acceptation de LS seraient satisfaits.

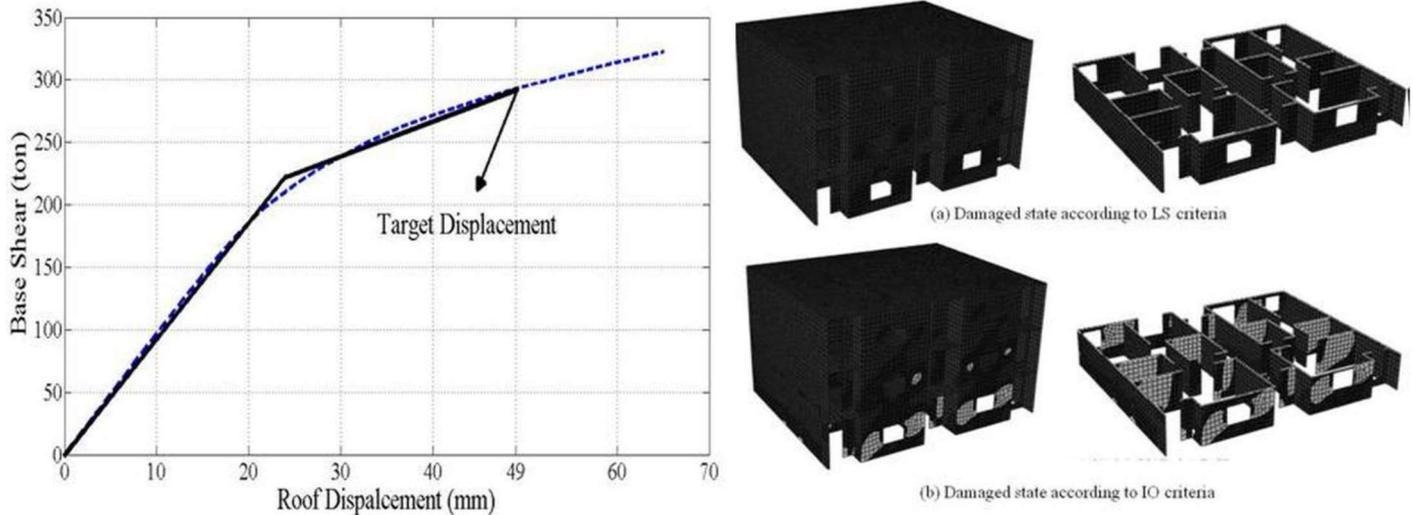


Figure 9. Courbe de renversement (capacité) du bâtiment et de ses états endommagés pour les critères LS et IO dans le cas III (1 tonne = 10KN)

Enfin, les auteurs aimeraient préciser qu'un modèle informatique précis et un bâtiment bien conçu ne garantiraient pas nécessairement la fiabilité du bâtiment. Une attention particulière devrait être accordée à la phase de construction, en particulier pour les éléments suivants : Bien choisir la proportion de béton EPS, la verticalité des murs SYSCERA, le mûrissement du béton, les armatures supplémentaires (Raidisseurs, le cas échéant) et la longueur de développement des panneaux SYSCERA.

4. Conclusions

Un nouveau système structural et technique de construction émergent, appelé système SYSCERA, est présenté dans cet article. Le système SYSCERA est une structure de type boîte dans laquelle les murs SYSCERA supportent des charges à la fois gravimétriques et latérales. Selon des études expérimentales et numériques, il a été constaté que les murs SYSCERA présentent un haut niveau de ductilité en raison de leur béton EPS utilisé et de leurs panneaux SYSCERA, qui fournissent un renforcement bien détaillé du mur. Ce fait est à nouveau observé dans cette étude lors de la simulation au niveau du système d'un bâtiment de 3 étages. Une procédure de conception du système SYSCERA, comprenant deux phases préliminaire et finale, est proposée et les étapes requises de chaque phase sont discutées au cours du document. Cette étude montre qu'un béton de PSE de faible résistance peut être utilisé dans des éléments structuraux tel SYSCERA, et donne de très bonnes performances.

4ème conférence nationale sur les tremblements de terre et leur structure
 24-25 avril 2013, CECRC de Kerman, Kerman, Iran
 Et constructions de grande hauteur avec le procédé OriSTeel/SYSCERA (12 étages)

5. Remerciements

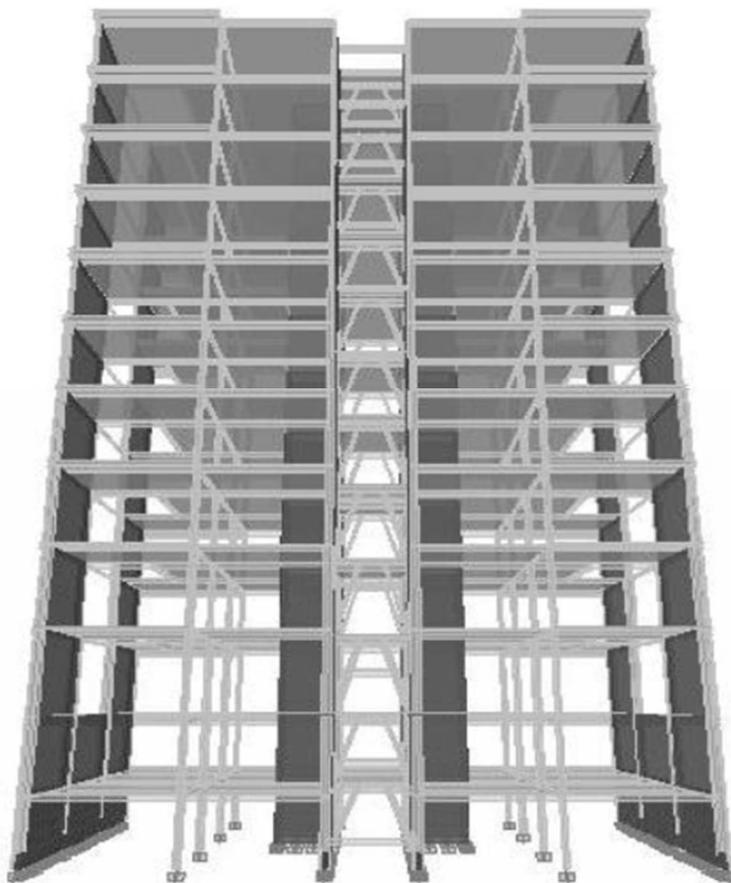
- [1] Balkaya C et Kalkan E (2004). Vulnérabilité sismique, comportement et conception des structures de bâtiment en forme de tunnel, Eng. Struct., 26, 2081-2099.
- [2] Kalkan E et Yuksel S.B (2007). Avantages et inconvénients des bâtiments en forme de tunnel RC (de type caisson) à plusieurs étages, Struct. Des. Tall Special Build., DOI: 10.1002 / tal.368.
- [3] Institut d'architecture du Japon (AIJ). (2002). Norme AIJ pour la conception structurelle de structures de murs en béton armé en forme de caisson. Comité directeur pour la construction des murs, AIJ, Japon.
- [4] Institut américain du béton (ACI) (2008). Exigences du code du bâtiment pour le béton structurel, ACI 318-08, Michigan.
- [5] Eurocode 8 (1995). Dispositions de conception concernant la résistance des structures aux séismes - Partie 1-3: Règles générales - Règles spécifiques pour divers matériaux et éléments, CEN - Comité européen de normalisation, Bruxelles.
- [6] AC 408 (2009). Critères d'acceptation du béton structural avec des particules synthétiques légères. Critères d'acceptation du service d'évaluation ICC.
- [7] Babu D.S, Babu K.G et Wee T.H (2005). Propriétés des bétons à agrégats légers de polystyrène expansé, Cem. Concret Res., 35, 1218-1223.
- [8] Babu D.S, Babu K.G et Tiong-Huan W (2006). Effet de la taille des agrégats de polystyrène sur les caractéristiques de résistance et de migration de l'humidité du béton léger, Cem. Concret Compos., 28, 520-527.
- [9] Chen B et Liu J (2004). Propriétés du béton de polystyrène expansé léger renforcé de fibres d'acier, Cem. Concret Res., 34, 1259-1263.
- [10] Abaqus version 9.11. (2011). Dassault Systèmes Simulia Corp, Providence, RI.
- [11] SA Mousavi, SM Zahrai, Bahrami-Rad A (2013). Comportement cyclique du mur SYSCERA ; Mur de cisaillement en béton EPS ultraléger, Journal of Structural Engineering, ASCE, en cours de révision.
- [12] Mousavi SA, Bahrami-Rad A (2013). Panneau SYSCERA, une nouvelle armature tridimensionnelle interconnectée pour murs de soutènement en béton, Applied Mechanics and Materials, Vols. 256-259, pp 629-634. doi: 10.4028 / www.scientific.net / AMM.256-259.629. [13] Reinhorn AM, Roh H., M Sivaselvan, SK Kunnath, ER Valles, Madan A., Li C., Lobo R., Park YJ (2009), IDARC 2D version 7.0: programme d'analyse des dommages inélastiques des structures, MCEER Technical Rapport - MCEER-09-0006, Université de Buffalo - Université d'État de New York.
- [14] Norme n° 2800 (2005). Code de pratique iranien sur la conception des bâtiments résistant aux séismes, 3e édition, Centre de recherche sur le bâtiment et le logement, Téhéran.
- [15] SAP version 14.2.2 (2010). Ordinateurs et structures, inc., CA.
- [16] ETABS version 9.7.1 (2010). Ordinateurs et structures, inc., CA.
- [17] Société américaine des ingénieurs civils (ASCE). (2005). Charges de calcul minimales pour les bâtiments et autres structures. ASCE7-05, Reston, Virginie.
- [18] Agence fédérale de gestion des urgences (FEMA). (1998). Évaluation des bâtiments en béton et en maçonnerie endommagés par un tremblement de terre, Manuel des procédures de base. FEMA 306, Washington, D.C.



4ème conférence nationale sur les tremblements de terre et leur structure
24-25 avril 2013, CECRC de Kerman, Kerman, Iran
Et constructions de grande hauteur avec le procédé OriSTeel/SYSCERA (12 étages)

Systeme SYSCERA dans les immeubles de grande hauteur.

SYSCERA System in High-rise Buildings



4ème conférence nationale sur les tremblements de terre et leur structure
 24-25 avril 2013, CECRC de Kerman, Kerman, Iran
 Et constructions de grande hauteur avec le procédé OriSTeel/SYSCERA (12 étages)

**Système SYSCERA utilisé pour des immeubles de grande hauteur.
 Caractéristiques techniques et économiques
 Par : Seyed Amin Mousavi**

Il est bien connu que les murs SYSCERA constituent un système structurel fiable en raison de sa ductilité élevée et de sa redondance élevée. Le système SYSCERA peut cependant être utilisé en combinaison avec d'autres systèmes structurels. Les murs et les sols SYSCERA ont deux effets importants sur la structure qu'ils ont mise en place. Premièrement, ils réduisent sensiblement la charge permanente de la structure et, deuxièmement, ils améliorent la capacité de dissipation d'énergie de la structure, tout comme des amortisseurs.

Le premier effet du système SYSCERA (Cas I), à savoir la légèreté, peut être observé dans d'autres systèmes, tels que les panneaux 3D (Cas II) réalisés en blocs de polystyrène expansé, rigidifié par deux voiles de béton de 3cm, les briques creuses (Cas III), etc. Cependant, le deuxième effet n'est pas visible dans d'autres systèmes, sauf dans une certaine mesure dans les panneaux 3D (Cas II). Parce que les murs de briques sont assemblés à partir de nombreuses unités fragiles discrètes, briques qui se comportent de manière fragile. Les panneaux 3D en bloc de polystyrène sont composés de deux très fines couches de béton qui sont partiellement composites au moyen de barres d'armature diagonales en treillis. Cependant, leur système de renforcement conventionnel, à savoir les armatures verticales et horizontales, ainsi que leur poids normal imposent une certaine limitation à leur ductilité.

Le présent manuscrit a pour objet d'évaluer l'effet de la réduction de la charge morte d'un bâtiment en raison de la présence du mur SYSCERA et du plancher SYSCERA plutôt que des systèmes muraux classiques. Les effets de la capacité portante et de la ductilité des murs SYSCERA ne sont pas pris en compte dans cette étude. Ils seront examinés dans une autre étude.

Le projet est un immeuble résidentiel de 12 étages comportant les dessins architecturaux suivants, figures 1 à 3.

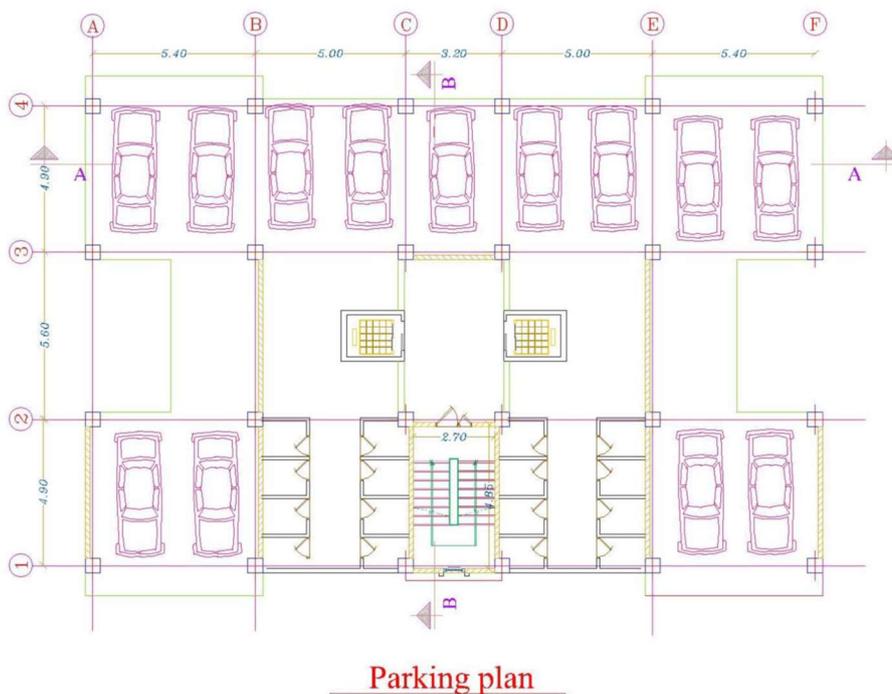
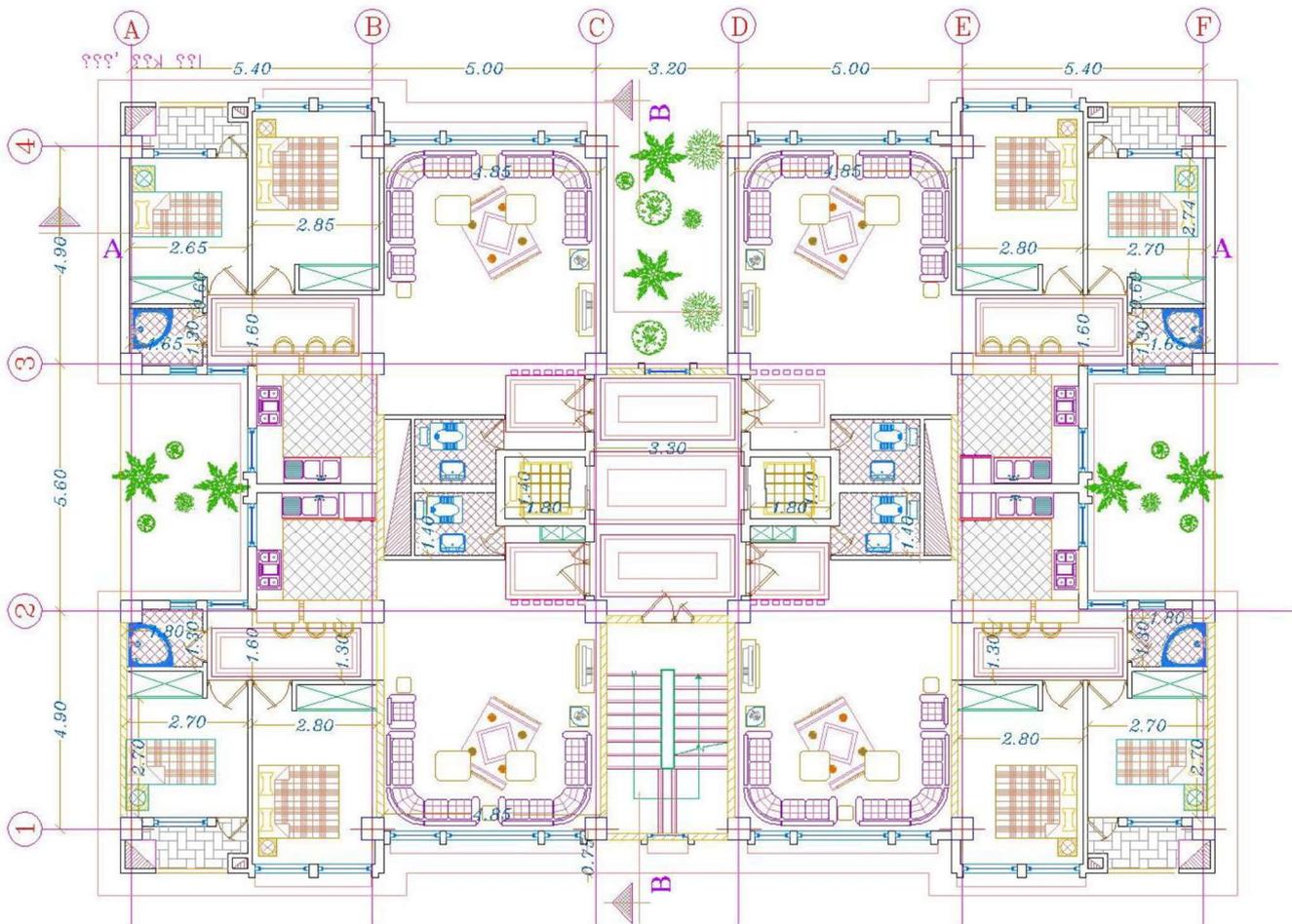


Figure 1. Parking plan

4ème conférence nationale sur les tremblements de terre et leur structure
 24-25 avril 2013, CECRC de Kerman, Kerman, Iran
 Et constructions de grande hauteur avec le procédé OriSteel/SYSCERA (12 étages)



Residential stories typical plan

Figure 2. Plan des étages

4ème conférence nationale sur les tremblements de terre et leur structure
 24-25 avril 2013, CECRC de Kerman, Kerman, Iran
 Et constructions de grande hauteur avec le procédé OriSTeel/SYSCERA (12 étages)



Figure 3. Différentes sections du bâtiment

Trois cas différents sont considérés dans cette étude tels que représentés dans le tableau 1 et illustrés à la figure 4. Les densités du béton, du béton EPS et du mortier sont supposées être de 2200 (Béton standard), 800 (SYSCERA) et 1600 kg / m³ (Mortier), respectivement.

Tableau 1. Systèmes de murs et de dalles considérés

	Wall	floor	wall load (Kg/m ²)	floor load (Kg/m ²)
Case I	SYSCERA -12cm	Mini-beam	96	100
Case II	3D panel-12cm	3D panel	105	182
Case III	Earthen hollow bricks- 20cm	joist-block	170	200

Cas I - SYSCERA-Mur de 12cm – Raidisseurs horizontaux de 8 et verticaux de 7 cm.

Cas 2 - Panneau 3D12cm – Bloc de polystyrène + 2 voiles de béton

Cas 3 – Mur de briques 20cm

4ème conférence nationale sur les tremblements de terre et leur structure
 24-25 avril 2013, CECRC de Kerman, Kerman, Iran
 Et constructions de grande hauteur avec le procédé OriSTeel/SYSCERA (12 étages)

Détails des 3 systèmes comparés

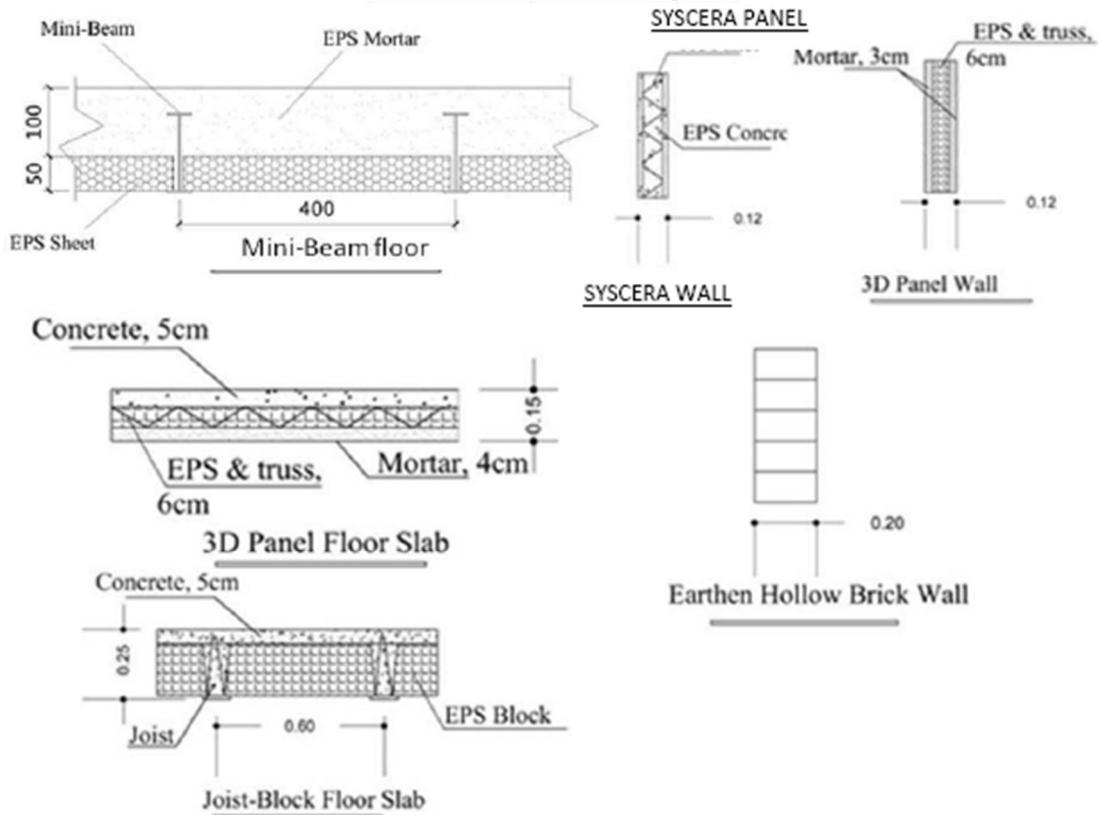


Figure 4. Systèmes de murs et de sols considérés

Il convient de noter que 70 kg / m² sont ajoutés à toutes les charges mortes du plancher, 70 kg / m² pour les murs extérieurs et 50 kg / m² pour les murs intérieurs, afin de prendre en compte les effets de finition. De plus, l'effet des murs intérieurs est pris en compte dans les charges de gravité des planchers. La longueur des murs intérieurs dans les constructions résidentielles est d'environ 130 m. En multipliant cette valeur par la hauteur nette des étages résidentiels (3 m), la superficie des murs intérieurs serait de 390 m². En divisant le poids total de tous les murs intérieurs d'un étage par la superficie du plan d'étage (365 m², quel que soit l'escalier), on peut estimer la valeur à ajouter en charge à vide du plancher.

Charge surfacique équivalente des murs intérieurs = 390 x poids des murs intérieurs (kg/m²)/350.

Il convient de noter que pour les planchers libres, il n'y a pas de mur, mais en raison du poids de finition supérieur, des murs intérieurs équivalents sont également pris en compte pour ce plancher.

4ème conférence nationale sur les tremblements de terre et leur structure
 24-25 avril 2013, CECRC de Kerman, Kerman, Iran
 Et constructions de grande hauteur avec le procédé OriSteel/SYSCERA (12 étages)

Tableau 2. Charge morte de chaque cas

	Exterior walls (Kg/m)	floor load (Kg/m ²)	Equivalent interior loads (Kg/m ²)	floor considering effect of interior wall (Kg/m ²)	load of walls	Floor's live load (Kg/m ²)
Case I	510	170	105	275		200
Case II	540	230	115	345		200
Case III	745	250	190	440		200

En raison des grandes ouvertures dans certains murs extérieurs, un coefficient de réduction de 0,5 est considéré pour ces murs. En outre, on suppose que la charge utile du plancher et des couloirs de stationnement est comprise entre 500 et 350 kg / m², respectivement. Il convient de noter que la hauteur d'escalier n'est pas modélisée et que son poids ne serait pas directement pris en considération. Cependant, la charge vive du toit est supposée être de 200 kg / m² au lieu de 150 kg / m².

Comparaison entre la norme n ° 2800 et la norme ASCE7-05 pour les images de moment système

Standard No. 2800

Le bâtiment est situé à Mazandaran, au nord de l'Iran. Selon la norme n ° 2800,

$$C = \frac{ABI}{R}$$

Où « C » est le coefficient sismique, « R » représente le facteur de comportement (ou facteur de modification de la réponse), « A », « B », et « I » pour l'accélération de la conception, la valeur du spectre de réponse, et le facteur d'importance du bâtiment, respectivement.

Selon l'emplacement du bâtiment,
 A = 0,3

On suppose que la vitesse des ondes de cisaillement du site est de 350 m / s. Par conséquent, conformément à la norme N° 2800, le site serait de type III. En conséquence :

$$T_0=0.15$$

$$T_1=0.7$$

$$S=1.75$$

Les paramètres ci-dessus dépendent du type de sol et de la sismicité du site.

En utilisant une valeur approximative pour T,

$$T = 0.08H^{0.75} = 0.08 \times 35.1^{0.75} = 1.15s$$

La hauteur du bâtiment est mesurée à partir du sol plutôt que de la base du bâtiment. Selon la norme n ° 2800, il est possible d'augmenter cette valeur de 25%. Par conséquent, T=1.44s

$$B = (s + 1) \left(\frac{T_s}{T} \right)^{0.67} = 2.75 \times \left(\frac{0.7}{1.44} \right)^{0.67} = 1.70$$

4ème conférence nationale sur les tremblements de terre et leur structure
 24-25 avril 2013, CECRC de Kerman, Kerman, Iran
 Et constructions de grande hauteur avec le procédé OriSteel/SYSCERA (12 étages)

Selon la norme n° 2800 pour ce bâtiment, le cadre de moment intermédiaire en acier est admissible. Pour ce système
 $R = 7$
 Donc,

$$C = \frac{0.3 \times 1.70 \times 1}{7} = 0.073$$

La valeur ci-dessus pour le coefficient sismique est applicable pour la conception de contrainte admissible. Pour le transformer dans la conception LRFD, il devrait être multiplié par 1,4. Donc,

$$C_{LRFD} = 1.4 C_{ASD} = 1.4 \times 0.073 = 1.102$$

ASCE7-05

Selon la définition de différents paramètres dans ASCE7-05 et la norme n° 2800,

$$S_{DS} = AB_{max} = A(s+1) = 0.3 \times 2.75 = 0.825$$

$$S_{D1} = \frac{T_0 S_{DS}}{0.2} = \frac{0.15 \times 0.825}{0.2} = 0.62$$

Selon le tableau 11.6-1 de l'ASCE7-05, la catégorie de conception parasismique du bâtiment est « D ».

Selon le tableau 12.2-1, le cadre de couple intermédiaire n'est pas autorisé pour ce bâtiment ;
 Le cadre de moment spécial doit être utilisé avec $R = 8$.

Selon Sec. 12.8 de ASCE7-05,

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I}\right)} = \frac{0.825}{8} = 0.103$$

Il est évident que la norme n° 2800 et la norme ASCE7 conduisent à une valeur unique pour le coefficient sismique. Cependant, selon ASCE7, ce bâtiment devrait être proportionné et détaillé selon des critères spéciaux, alors qu'un cadre intermédiaire est acceptable selon la norme n° 2800. En d'autres termes,

En raison du fait que de nombreuses dispositions des codes iraniens sont principalement basées sur des codes de pratique américains, tels que AISC, ACI, FEMA, etc. et que de nombreux codes américains, à l'exclusion de la FEMA, sont principalement élaborés conformément à la norme ASCE7, il est plus raisonnable de considérer la norme ASCE7 chargement plutôt que la norme n° 2800. En conséquence, ce manuscrit est préparé sur la base des dispositions de chargement ASCE7-05.

Pour cette construction, une analyse du spectre de réponse est adoptée. Le spectre d'accélération est obtenu à partir de la norme ASCE7-05 modifiée par la région de Mazandaran divisée par R / I . Selon 11.4.2 (ou 20.3-1), la classe de site du bâtiment est « D », c'est-à-dire un sol raide. Les paramètres requis pour le spectre de réponse sont :

$$S1 = 0.62$$

$$Ss = 1.225$$

Selon la procédure présentée à la Sec. 11.4.5 de ASCE7-05, le spectre de pseudo-accélérations pour la région de Mazandaran est illustré dans Figure 5.

4ème conférence nationale sur les tremblements de terre et leur structure
 24-25 avril 2013, CECRC de Kerman, Kerman, Iran
 Et constructions de grande hauteur avec le procédé OriSteel/SYSCERA (12 étages)

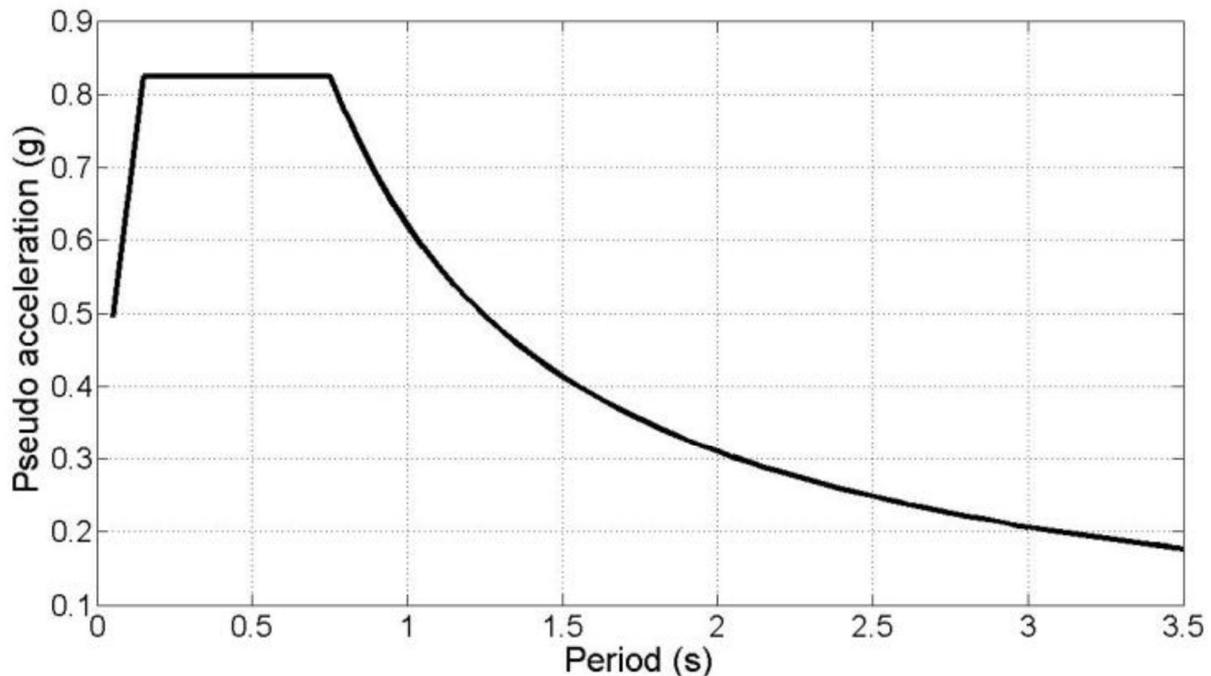


Figure 5. Spectre d'accélération modifié pour Mazandaran

Cloison en tant que mur de cisaillement

Si une paroi de séparation (cloison) peut transférer des charges latérales, elle se comporte comme une paroi de cisaillement lors d'un événement sismique. Comme un mur appelé cloison de cisaillement dans ce texte. Par conséquent, une cloison en cisaillement doit répondre à deux exigences. Premièrement, il doit être suffisamment ductile pour supporter les déplacements latéraux induits par les séismes et, deuxièmement, ses connexions (connexion à la poutre, au mur, au sol et au plancher) doivent être suffisamment solides pour pouvoir transférer toutes les charges imposées.

Cas I-Mur SYSCERA : Structure métallique dépliées en 3D + raidisseur + béton allégé

Les murs SYSCERA peuvent être considérés comme des murs de cisaillement en raison de leur ductilité élevée et de leur nouvelle technique de renforcement (panneaux SYSCERA + raidisseurs). De plus, il est possible de concevoir leurs connexions en tant que composants à commande de force. Le mur SYSCERA peut également augmenter efficacement les capacités de son cadre correspondant.

Cas II-Mur de panneaux 3D : Blocs de polystyrène expansé + deux voiles de béton de 3cm + renforts diagonaux métallique.

Les panneaux 3D sont en réalité composés de deux murs de béton minces partiellement composés de renfort traversant en forme de treillis qui sont passés à travers d'un panneau en polystyrène (ou un noyau). Leur capacité de maintien latéral, ou même en gravité des charges dépendent strictement du maillage traversant qui relie les deux couche minces.

4ème conférence nationale sur les tremblements de terre et leur structure
24-25 avril 2013, CECRC de Kerman, Kerman, Iran
Et constructions de grande hauteur avec le procédé OriSTeel/SYSCERA (12 étages)

Cas III-Mur de briques creuses + mortier :

Ce mur ne peut pas être considéré comme un mur de cisaillement car il est peu résistant, et peu ductile (en réalité aucune ductilité), spécialement dû au fait que les carreaux de briques creuses sont plus faibles que le mortier et ils se comportent comme un élément contrôlé par la force, comme suggéré par FEMA306 (Sec. 8.2). L'auteur aimerait préciser qu'il est possible de considérer les murs de briques creuses comme murs remplis, mais ce n'est pas une décision économique, car dans ce cas, le concepteur doit utiliser la modification facteur pour les murs de briques creuses (environ 1,5 selon ASCE7) dans la procédure d'analyse. En d'autres termes si le concepteur prend en compte l'effet de ces murs dans l'analyse structurelle, il doit concevoir le bâtiment pratiquement élastique, ce qui augmente considérablement les coûts du projet.

Cependant, selon FEMA306, les briques d'argile ont un niveau de ductilité très modéré. Mais le principal inconvénient des briques en terre cuite est leur poids, qui augmente considérablement le poids total du bâtiment.

Selon FEMA306, cependant, les briques d'argile ont un niveau relativement modéré de ductilité. Mais le principal inconvénient des briques d'argile est leur poids qui augmente considérablement le poids total du bâtiment.

Bétons plus faibles que la résistance minimale acceptée par ACI :

Selon ACI318-08 (section 5.1.1), la résistance à la compression du béton ne doit pas être inférieure à 2500 psi (17MPa). L'intention de ACI en ce qui concerne cette limitation est de fournir un béton durable et ductile. En outre, de nombreuses dispositions d'ACI sont basées sur des recherches antérieures utilisant du béton à haute résistance. Mais que se passe-t-il s'il est possible d'avoir un béton durable et ductile avec une résistance inférieure à 2500 psi ? ACI répond à cette question sur son Sec. 1.4. ACI dans cette section approuve les nouveaux matériaux qui se conforme au code si leurs utilisateurs peuvent démontrer leur efficacité par une utilisation réussie, une analyse ou tester.

L'auteur aimerait préciser que les murs SYSCERA qui utilisent du béton EPS (avec compression environ 6 MPa) ont montré un comportement assez ductile sous une charge latérale monotone dans le plan. Ces analyses ont été effectuées avec le logiciel d'éléments finis Abaqus. Les résultats obtenus sont hors de portée du manuscrit actuel. Cependant, les résultats obtenus indiquent que, selon ACI318-08, les murs SYSCERA peuvent être utilisés comme murs de cisaillement spéciaux.

Sélection de la procédure d'analyse :

Conformément à la section 12.6 de la norme ASCE7-05, les techniques d'historique du spectre de réponse modale ou de réponse sismique devrait être utilisé pour ce bâtiment.

Selon FEMA273 (chapitre 2), une analyse dynamique linéaire ou non linéaire doit être effectuée pour ce bâtiment. Il convient de noter que la procédure linéaire statique n'est pas autorisée en raison de la hauteur du bâtiment. (Plus de 100 pieds), et la procédure statique non linéaire est également interdite en raison des effets importants de modes plus élevés.

Effet des remplissages dans les cadres en acier :

L'effet des remplissages sur les structures n'est pas un sujet bien documenté. Certains codes, cependant, ont des dispositions à ce sujet, telles que FEMA273 et son commentaire FEMA274. (Plus de 100 pieds), et la procédure statique non linéaire est également interdite en raison des effets importants de modes plus élevés.

Selon FEMA 356, il faut considérer que les murs et les cadres intercalaires supportent des forces latérales sismiques à action composite, jusqu'à la rupture complète des murs. Dans le cas de remplissages fragiles, le mur doit être retiré du modèle analytique.

4ème conférence nationale sur les tremblements de terre et leur structure
24-25 avril 2013, CECRC de Kerman, Kerman, Iran
Et constructions de grande hauteur avec le procédé OriSTeel/SYSCERA (12 étages)

Il convient de noter qu'un mur échouerait s'il ne satisfaisait pas l'acceptation critères du chapitre 6 (pour les remplissages en béton) et du chapitre 7 (pour les remplissages en maçonnerie).

Les remplissages fragiles peuvent conduire à une irrégularité de torsion importante. En conséquence, il est plus raisonnable de détailler les remplissages fragiles, de sorte qu'ils peuvent être étiquetés comme des remplissages isolés (remplissages sans interaction cadre environnant).

Selon Eurocode8 (Section 6.10.3), les remplissages peuvent être classés en trois types :

1. Remplissages qui sont connectés positivement au cadre structurel : ces cadres remplis doivent être conçu à l'aide du chapitre 7 de l'Eurocode8 ou de l'AI SCM, partie II.
2. Remplissages qui sont structurellement déconnectés du cadre environnant sur les côtés latéraux et supérieurs (remplissages isolés): ces cadres remplis doivent être analysés indépendamment des effets du remplissage.
3. Remplissages qui sont connectés à son cadre, mais pas avec des connexions positives : ces remplissages des cadres peuvent être conçus en utilisant le concept de jambe de compression ou en utilisant des éléments Gap (éléments ne pouvant transférer que les efforts de compression).

Dans ce manuscrit, les effets de remplissage ne sont considérés que pour le cas I (murs SYSCERA) en raison de leur ductilité.

La modélisation :

Le bâtiment est modélisé avec ETABS V 9.7.0. Tous les éléments structurels en acier sont conçus en utilisant AISC360-05 et la disposition sismique de AISC341-05. Tous les éléments structurels en béton sont conçus en utilisant ACI 318-08 ou résultats obtenus à partir de modèles analytiques (pour murs SYSCERA).

Toutes les poutres et colonnes, (raidisseurs), sont considérées comme des éléments de cadre (déformation linéaire dans leur section transversale) et tous les murs sont modélisés à l'aide d'un élément de coque pour capturer les déformations non linéaires dans leurs sections transversales.

La conception des fondations et des dalles n'entre pas dans le cadre de ce manuscrit. Il est clair que certains fondus des piles seraient utiles, voire nécessaires, pour la fondation de ce bâtiment.

La dalle de plancher pour le cas II est une dalle à double sens et pour les cas I et III, une dalle à sens unique.

Les murs de séparation sont tous négligés dans le modèle, mais leur poids est pris en compte dans la charge permanente du sol. Cela signifie qu'ils doivent être construits après la construction de leur sol et que leurs connexions aux éléments structurels doivent être conçues en fonction du niveau de service, plutôt que du niveau de conception, séisme.

4ème conférence nationale sur les tremblements de terre et leur structure
 24-25 avril 2013, CECRC de Kerman, Kerman, Iran
 Et constructions de grande hauteur avec le procédé OriSTeel/SYSCERA (12 étages)

Comme indiqué précédemment, les murs remplis ne sont modélisés que dans le (cas I), c'est-à-dire les murs SYSCERA. Parce que d'autres murs, c'est-à-dire des panneaux 3D avec une couche de béton mince et des murs de briques creuses, sont trop fragiles pour être considérés comme des remplissages structurels dans le modèle mathématique.

Il est intéressant de noter que les murs en panneaux 3D (cas II) peuvent être considérés comme des murs structurels si leurs couches de béton ont une épaisseur minimale de 5 cm et que le panneau comporte également des éléments diagonaux bien détaillés. Cependant, un tel mur augmenterait la charge morte du bâtiment. Cette revendication sera davantage discutée plus tard dans ce manuscrit.

Modélisation des panneaux de remplissage : (SYSCERA)

Le cadre avec les murs remplis SYSCERA peut être classé dans la catégorie Composite pour murs de cisaillement en béton armé spécial avec éléments en acier de construction (C-SRCW), tel que défini dans de nombreux codes de pratique tels que AISC, FEMA356, Eurocode8, ASCE7, etc.

Une illustration schématique de ce système est présentée à la figure 6.

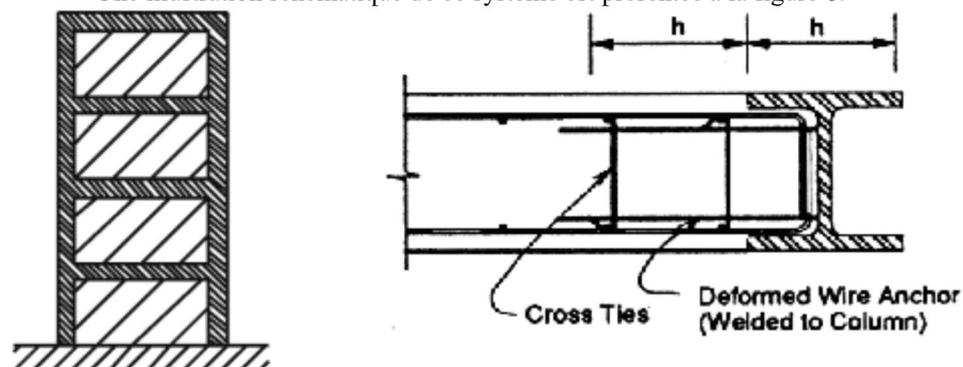


Figure 6. Système structurel C-SRCW, tel que reconnu par AISC et Eurocode8

Comme pris en charge par AISC Séismique Provision 2005, les colonnes de ce système peuvent être des colonnes en acier non enrobées ou enrobées. Dans le cas de colonnes non enrobées, des connecteurs mécaniques, tels que des goujons à tête ou des canaux, sont nécessaires pour transférer le cisaillement vertical entre le mur et la colonne et pour ancrer les renforts du mur.

Si les éléments de mur sont interrompus par des poutres en acier, des connecteurs de cisaillement sont nécessaires à l'intersection.

La spécification de ce système peut être trouvée dans certains codes de pratique, des dispositions importantes de ce système selon les dispositions sismiques de l'AISC, partie II, sec. 15 et 16 sont comme suit,

- Le mur de ce système doit être conçu conformément à ACI318, y compris au chapitre 21, c.-à-d. Mur de cisaillement renforcé spécial. La rigidité en flexion effective du mur de béton doit être multipliée par 0,7 conformément à ACI318 (sect. 10.10.4.1). Cependant, selon FEMA356, la flexion et les rigidités de cisaillement du mur doivent être multipliées par 0,8

4ème conférence nationale sur les tremblements de terre et leur structure
 24-25 avril 2013, CECRC de Kerman, Kerman, Iran
 Et constructions de grande hauteur avec le procédé OriSTeel/SYSCERA (12 étages)

et 0,4, respectivement. En conséquence, la flexion et la rigidité du mur est multipliée par 0,7 conformément à ACI318 et sa rigidité au cisaillement est multipliée par 0.4 selon FEMA356, dans le manuscrit actuel.

- Lorsque des profilés en acier de construction non revêtus (colonnes) agissent comme éléments de délimitation, la résistance axiale des membres de la frontière doit être déterminée en supposant que les forces de cisaillement sont portées par le mur en béton armé et toute la gravité et les forces de renversement sont transportées par les éléments de frontière en conjonction avec le mur de cisaillement.

- AISC ne fournit aucune disposition pour les poutres qui encadrent deux colonnes verticales dans cette section. Ces poutres augmenteraient la résistance à l'écrasement du mur.

- La capacité des connecteurs de cisaillement devrait être réduite de 25%. Ce facteur de réduction considéré comme 40% pour les connecteurs de cisaillement des poutres en acier car selon les résultats rapportés par Tong et al (2005), ces connecteurs de cisaillement sont plus vulnérables aux pannes. (Tong X., Hajjar JF., Schultz AE., Shield CK. (2005), « Comportement cyclique des structures en acier avec des murs de remplissage en béton armé composite et des connexions », Journal de Construction al Steel recherche 61, 531-552.)

- Le raccordement de la poutre en acier à une colonne en acier peut être épinglé conformément à la définition ASCE7 pour ce système. Cependant, la connexion partiellement restreinte suggérée par Tong et al (2005) est plus préférable, car dans ce schéma, une énergie supplémentaire peut être dissipée par la rotation plastique des connexions PR. Les panneaux remplis diminuent considérablement la demande de la poutre en acier pas besoin de connexions totalement restreintes. En plus des sections plus légères peuvent être adoptées pour l'acier faisceau. Pour utiliser les avantages des techniques ci-dessus dans ce manuscrit, les sections en acier léger sont adoptées pour les poutres et des liaisons totalement retenues leur sont fournies.

La procédure de conception adoptée pour le système C-SRCW est la suivante :
 Étape 1. Le cadre nu serait conçu pour les charges par gravité.

CSRCW Répartition des charges de gravité des structures en acier (poutres et poteaux) :

Le système doit être aussi léger que possible. Il convient de noter que l'utilisation de très fortes colonnes en tant que membres limites serait un mécanisme d'échec, car dans ce cas ce n'est pas un mécanisme ductile. (Donc trop rigide).

Étape 2. Des panneaux remplis (tenant compte de la rigidité fissurée) seraient intégrés au modèle et alors toute la structure (éléments en acier et panneaux de béton) serait contrôlée pour la charge

Combinaisons comprenant des charges sismiques complètes.

Les panneaux de remplissage et les charges axiales doivent résister aux charges de cisaillement du cadre C-SRCW en raison du renversement devrait résister à la fois par les colonnes de délimitation et les murs remplis.

Il convient de noter que la procédure ci-dessus est un schéma de conception conservateur en raison du fait que selon AISC-05m Sec. 15.2, la première étape n'est pas obligatoire.

Systèmes résistant à la charge latérale :

Les systèmes structurels suivants sont utilisés dans ce manuscrit,

SMF = cadre de moment spécial (la ductilité serait assurée par des charnières en flexion plastiques dans les poutres et les colonnes)

4ème conférence nationale sur les tremblements de terre et leur structure
 24-25 avril 2013, CECRC de Kerman, Kerman, Iran
 Et constructions de grande hauteur avec le procédé OriSteel/SYSCERA (12 étages)

EBF = cadre contreventé de manière excentrique (la ductilité serait assurée par des charnières de cisaillement en plastique dans le faisceau de liaison)

SCBF = cadre spécial contreventé concentriquement (la ductilité serait assurée par la compression plastique par flexion charnières aux accolades sous compression et donnant sur les accolades sous tension)

C-SRCW = composite de mur de cisaillement en béton armé spécial avec éléments en acier (ductilité fournie par des articulations en plastique cédant à la tension et en flexion de compression sur les colonnes en acier de délimitation)

Cas I (Panneaux SYSCERA)

Selon les plans architecturaux du bâtiment,

Direction X : SMF + SCSW + EBF $R = 7$, $C_d = 5,5$, $\Omega = 2,5$ (limite de hauteur dans la catégorie sismique D = non limitée)

Direction Y : C-SRCW + SMF $R = 7$, $C_d = 6$, $\Omega = 2,5$ (limite de hauteur dans la catégorie sismique D = non limitée)

Il convient de noter que les murs SYSCERA peuvent être considérés comme des murs de cisaillement spéciaux. Le terme "spécial" indique une haute ductilité des murs de cisaillement spéciaux. Selon les modèles d'éléments finis des murs SYSCERA.

En utilisant Abaqus, les murs SYSCERA sont assez ductiles, même plus que les exigences de l'ACI (voir Annexe A).

Cas II (Panneaux 3D polystyrène + voile de béton)

Selon un rapport créé par EVG3D®, l'un des plus grands producteurs de panneaux 3D, le minimum d'épaisseur du béton est de 5 cm dans les murs à panneaux 3D destinés à être des murs porteurs, à l'exception des bâtiments dont l'épaisseur est limitée à 4cm. Ceci est principalement dû au fait que pour des épaisseurs moindres, le béton du mur est enclin à la boucle. (Buckle-prone).

La résistance au cisaillement des murs de panneaux 3D est fournie par des barres diagonales en treillis du panneau. Capacité de cisaillement, par conséquent, se limite à la résistance au flambement des diagonales et à leur résistance au soudage. À cause du fait que ces diagonales sont intégrées au noyau EPS, elles ont un grand potentiel de flambage. Ces boucles sont observées dans certaines études expérimentales telles que celles menées par Kabir (2005) et Rezaifar et al. (2009). Cette dernière étude est une étude expérimentale sur table à secousses qui montre une forme pincée pour l'hystérésis courbes des murs de panneaux 3D, cependant, ce pincement n'est pas mentionné explicitement dans cet article.

Par conséquent, les murs en panneaux 3D ne peuvent pas être considérés comme des murs spéciaux en raison de leur potentiel de flambage en dalles de béton et dans leurs diagonales. Cependant, il est permis de les considérer comme des âmes ordinaires renforcées des murs.

Pour les raisons susmentionnées, les murs de panneaux 3D ne sont pas considérés comme des éléments structurels dans le système actuel étudié. Par conséquent, les systèmes suivants sont adoptés en tant que systèmes structurels du bâtiment.

Direction X: SMF + EBF, $R = 8$, $C_d = 4$, $\Omega = 2,5$ (limite de hauteur dans la catégorie sismique D = non limitée)

Direction Y: SCBF, $R = 6$, $C_d = 5$, $\Omega = 2$ (limite de hauteur dans la catégorie sismique D = 160 ft ou 49m)

Cas III

Selon les plans architecturaux du bâtiment, cadre spécial résistant au moment et support excentré les cadres peuvent être adoptés pour la direction X.

Pour la direction Y, des cadres en acier spécial à contreventement concentrique sont adoptés.

Selon le tableau 12.2-1 de ASCE7-05 :

Direction X: SMF + EBF, $R = 8$, $C_d = 4$, $\Omega = 2,5$ (limite de hauteur dans la catégorie sismique D = non limitée)

4ème conférence nationale sur les tremblements de terre et leur structure
 24-25 avril 2013, CECRC de Kerman, Kerman, Iran
 Et constructions de grande hauteur avec le procédé OriSTeel/SYSCERA (12 étages)

Direction Y: SCBF, R = 6, Cd = 5, $\Omega = 2$ (limite de hauteur dans la catégorie sismique D = 160 ft ou 49m)
 Il est intéressant de noter que dans ce cas, selon la norme n° 2800,

Cx = 0,067, Cy = 0,112
 En attendant, selon ASCE7-05,
 Cx = 0,069, Cy = 0,136,

Il est clair que les deux codes donnent des résultats approximativement égaux. Cependant, ASCE7-05 est un peu plus conservateur.

Les figures 7 et 8 illustrent les vues 3D des trois cas.

Il convient de souligner que, dans tous les cas, il a été supposé que le remblai situé derrière le sous-sol n'impose aucune contrainte notable pour le déplacement latéral du bâtiment.

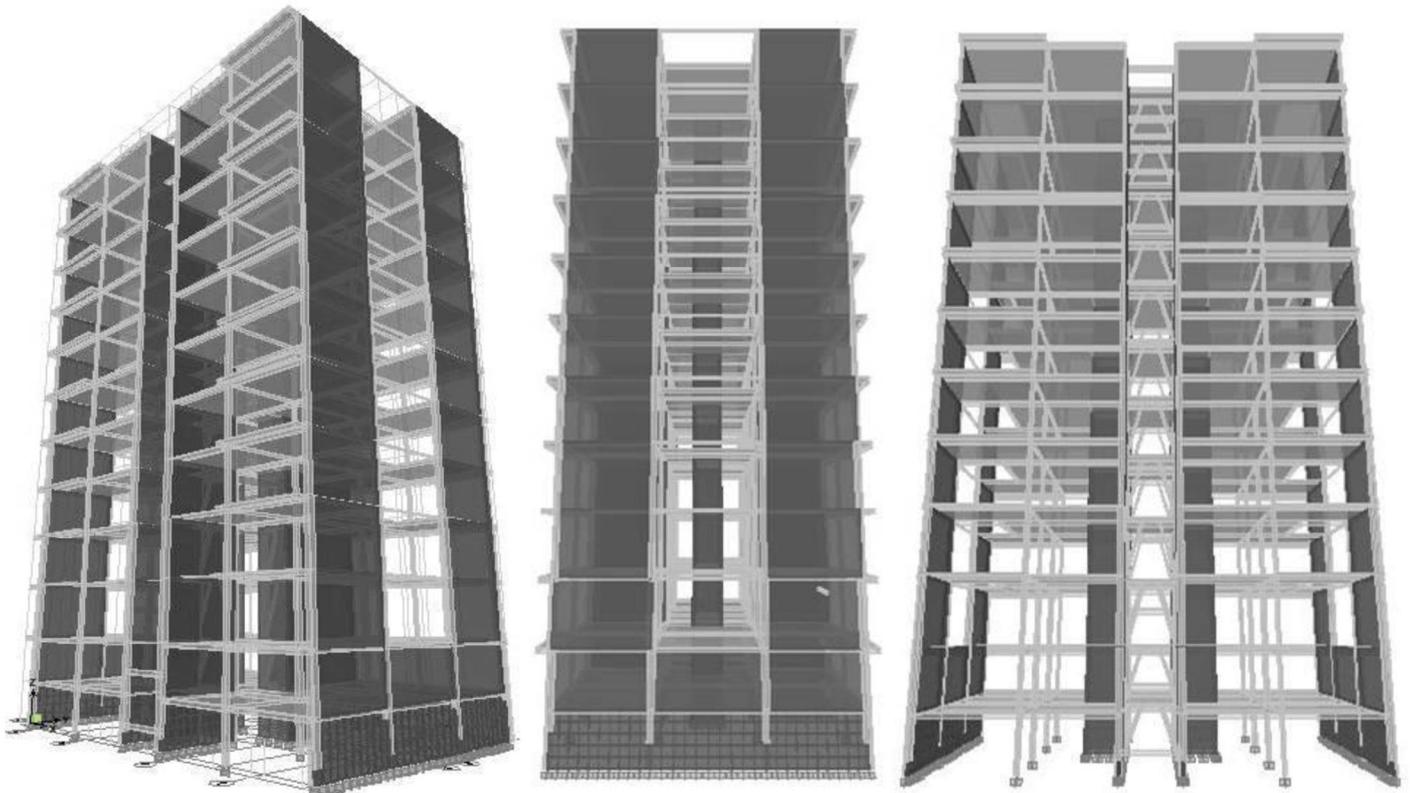


Figure7. Vue 3D du cas I (Panneaux 3D SYSCERA)

4ème conférence nationale sur les tremblements de terre et leur structure
24-25 avril 2013, CECRC de Kerman, Kerman, Iran
Et constructions de grande hauteur avec le procédé OriSteel/SYSCERA (12 étages)

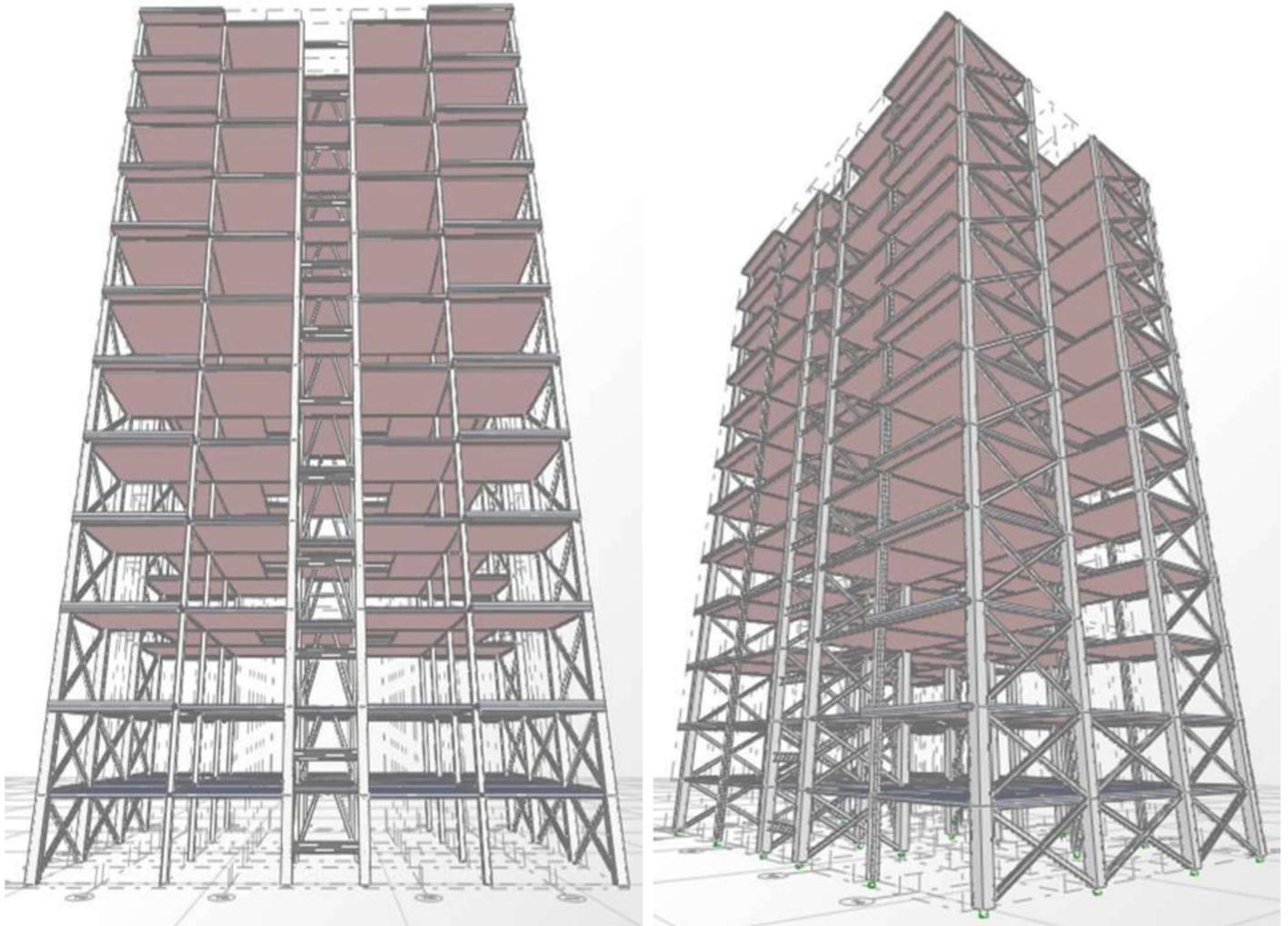


Figure 8. Vue 3D des cas II et III

Analyse de stabilité :

L'analyse de stabilité est effectuée à l'aide de la méthode d'analyse directe (DAM) selon AISC-05. (Annexe 7). Dans cette méthode, le facteur de longueur effective (K) est égal à l'unité dans tous les cas. Cette méthode comprend Flexion, cisaillement et déformation axiale + réduction de la rigidité due à l'inélasticité + imperfection géométrique + analyse rigoureuse p-delta non linéaire tenant compte des effets locaux du p-delta.

Le petit P-delta, c'est-à-dire P- δ , peut être comptabilisé en divisant tous les membres du cadre en deux éléments, en utilisant la technique de maillage. Il est intéressant de noter que la méthode de longueur effective suppose que toutes les colonnes se déforment simultanément, ce qui est une hypothèse très conservatrice qui ne représente pas le comportement réel de la structure, comme le confirme le Manuel de conception des châssis en acier CSI (2009).

4ème conférence nationale sur les tremblements de terre et leur structure
 24-25 avril 2013, CECRC de Kerman, Kerman, Iran
 Et constructions de grande hauteur avec le procédé OriSTeel/SYSCERA (12 étages)

Mise à l'échelle du spectre de réponse :

Le spectre adopté est mis à l'échelle conformément à ASCE7-05 (section 12.9.4).

Résultats obtenus :

Les résultats de tous les cas considérés sont résumés dans le tableau 3.

Tableau 3. Résultats des cas adoptés

Case	TD (ton)	TL (ton)	V _x (ton)	V _y (ton)	Total steel weight (ton)	Steel weight (Kg/m ²)	T _x (s)	T _y (s)
I	1935	965	143	239	165	42	2.15	1.07
II	2320	965	152	298	250	64	1.46	1.02
III	3010	965	223	390	297	76	1.75	1.17

TD = Charge morte totale, TL = Charge vive totale, V_x = Cisaillement de la base sismique dans la direction X, V_y = Cisaillement de la base sismique dans la direction Y, T = Période naturelle de la construction

Le système SYSCERA est-il rentable ?

Afin de répondre à la question ci-dessus, les coûts de chaque cas sont évalués dans cette section à l'aide des éléments suivants :
 Hypothèses raisonnables :

Il convient de noter que les coûts de finition et de revêtement de sol ne sont pas inclus dans le tableau 4.

Il est à noter que 1200 Tomans équivalent à environ 1 US \$.

Table4. Coûts estimés pour chaque mètre carré

Coût de l'article (milliersToman / m2)

Le coût de la structure en acier est supposé être de 1600 Tomans / Kg. (Le coût réel est inférieur à celui mentionné mais elle est augmentée de 15% afin de refléter les coûts supplémentaires liés aux connexions structurelles.)

Il convient de noter que la superficie des étages est de 3900m2 et la superficie de tous les murs est de 5950m2.

Table 5. Comparaison des coûts entre les différents cas en Million Toman

(Les finitions, les revêtements de sol, les façades et les installations mécaniques et électriques ne sont pas pris en compte pour les cas II et III, mais sont pris en compte pour SYSCERA), puisque le second œuvre est installé à l'intérieur des structures SYSCERA avant l'injection du béton dans ces structures.

Pour rappel : Cas I = Murs SYSCERA, Cas II = murs blocs polystyrène et voiles béton, Cas III = Murs de briques et mortier

Case	Steel Frame (Million Tomans)	Walls (Million Tomans)	Floors (Million Tomans)	Total (Million Tomans)
I (Iranian SYSCERA panel)	264	208	156	628
I (Imported SYSCERA panel)	264	298	156	718
II	400	179	137	716
III	475	143	129	747

4ème conférence nationale sur les tremblements de terre et leur structure
 24-25 avril 2013, CECRC de Kerman, Kerman, Iran
 Et constructions de grande hauteur avec le procédé OriSteel/SYSCERA (12 étages)

J'ai gardé le change de 2012, qui fait apparaître les avantages du système SYSCERA, à condition que l'usine de production OriSteel soit implantée dans le pays de construction.,
 Les calculs ramenés au change de 2019 feraient apparaître les mêmes écarts en pourcentages.

Ou simplement,

Table 6. Comparaison du coût total

Les prix ramenés au m² sont toujours favorables au système SYSCERA, et encore plus favorable si la ligne de production est installée dans le pays de construction.

Case	Cost (Thousand Toman/m ²)
I (Iranian SYSCERA panel)	161
I (Imported SYSCERA panel)	184
II	183
III	192

L'auteur souhaite préciser qu'en raison des faibles charges de gravité dans le cas I, les dimensions et les coûts de la fondation du bâtiment serait plus faible que les autres cas. Toutefois, cette réduction n'est pas abordée dans le programme actuel manuscrit. Les résultats ci-dessus justifient l'utilisation du système SYSCERA dans les immeubles de grande hauteur, en fonction du point de vue économique.

Conclusion des scientifiques :

Selon ce dossier, il est constaté que le système SYSCERA peut être utilisé à la fois en tant que système de cloisons et de murs. Grâce à sa légèreté et à sa capacité de charge, le système SYSCERA réduit considérablement la taille des éléments structurels. Les murs SYSCERA sont suffisamment légers pour réduire efficacement les charges sismiques imposées et suffisamment ductile pour dissiper l'énergie sismique entrée.

Annexe A :

Comportement des murs SYSCERA :

Le comportement réel des murs SYSCERA a déjà été étudié par l'auteur et il a été prouvé qu'ils sont assez ductiles, que ce soit un mur SYSCERA mince ou un mur SYSCERA épais.

4ème conférence nationale sur les tremblements de terre et leur structure
 24-25 avril 2013, CECRC de Kerman, Kerman, Iran
 Et constructions de grande hauteur avec le procédé OriSteel/SYSCERA (12 étages)

Partie a.

Murs minces SYSCERA :

10 parois minces différentes, comme indiqué à la Figure A.1, sont considérées et soumises à un plan monotone de déplacement latéral. Leurs courbes de capacité sont illustrées aux figures A.2 et A.3.

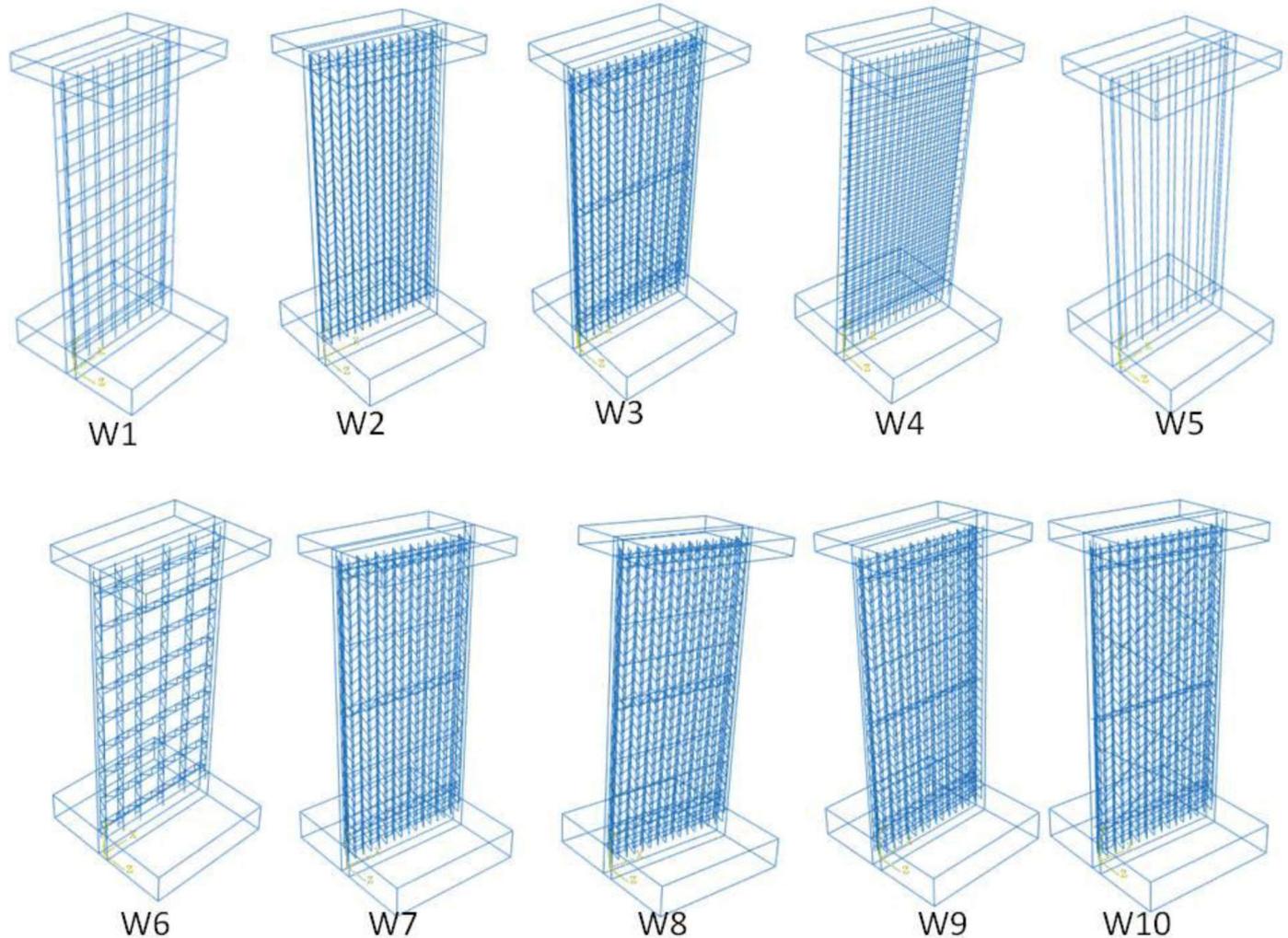


Figure A.1

4ème conférence nationale sur les tremblements de terre et leur structure
 24-25 avril 2013, CECRC de Kerman, Kerman, Iran
 Et constructions de grande hauteur avec le procédé OriSteel/SYSCERA (12 étages)

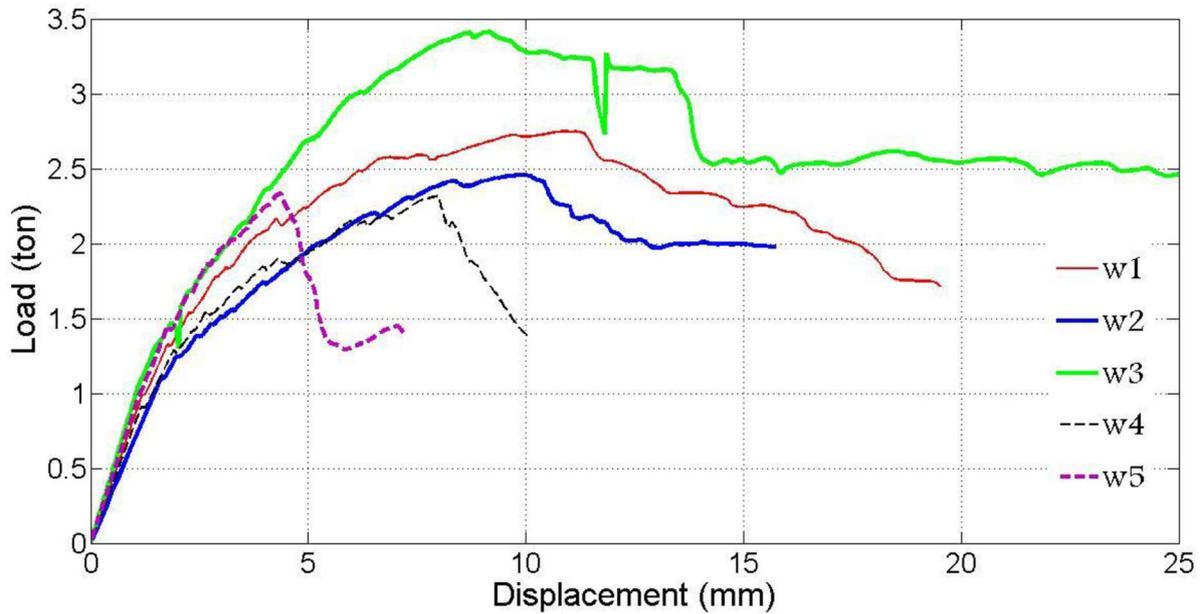


Figure A.2

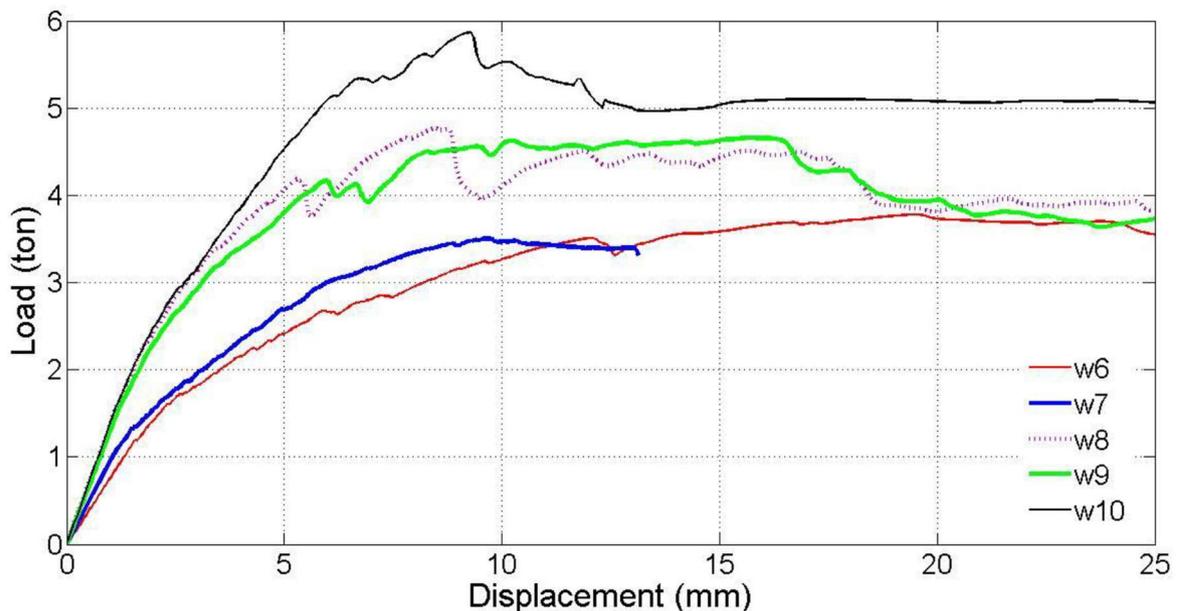


Figure A.3

4ème conférence nationale sur les tremblements de terre et leur structure
 24-25 avril 2013, CECRC de Kerman, Kerman, Iran
 Et constructions de grande hauteur avec le procédé OriSTeel/SYSCERA (12 étages)

Partie b. Murs uniquement en structures 3D SYSCERA (ou OriSTeel) :

Deux cas différents sont considérés ici, comme illustré à la Figure A.4.

Cas SQW1 est un mur sans renforts constitué uniquement des panneaux SYSCERA.

Cas SQW2 est le même mur constitué de panneaux SYSCERA, de poutres (raidisseurs) SYSCERA et barres de fer à béton montées en diagonales.

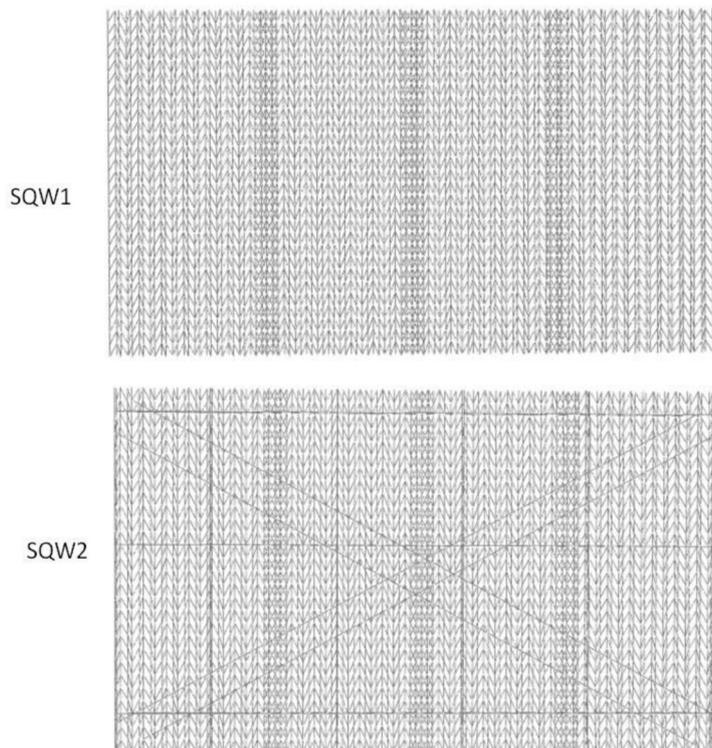


Figure A.4

Les courbes de capacité de ces cas seraient comme indiqué à la figure A.5 ci-dessous.

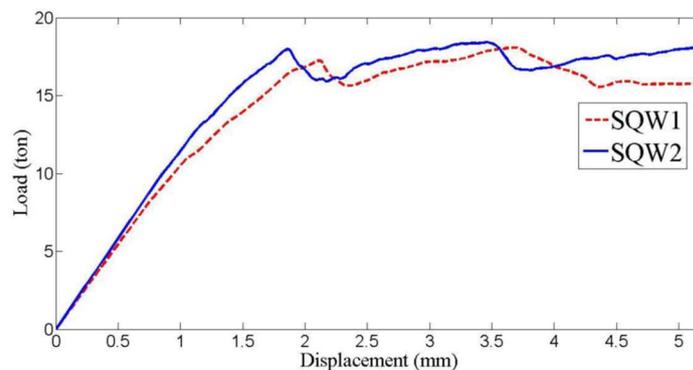


Figure A.5

4ème conférence nationale sur les tremblements de terre et leur structure
 24-25 avril 2013, CECRC de Kerman, Kerman, Iran
 Et constructions de grande hauteur avec le procédé OriSTeel/SYSCERA (12 étages)

Conclusions de OriSTeel France :

1. OriSTeel France en conclut logiquement que les solutions W3 et W10 du tableau A1, sont les deux solutions les plus pertinentes pour construire des bâtiments de grande hauteur avec les structures OriSTeel TD8 utilisées dans les constructions SYSCERA, comme le démontrent les courbes des tableaux A2 et A3
2. Toutes les modélisations et les calculs de ce dossier ont été effectués sur la base de murs SYSCERA d'une épaisseur de 12cm or tout, avec des structures métalliques dépliées de 8cm d'épaisseur, correspondant au standard TD8 de OriSTeel France. Le béton EPS utilisé ici a une densité d'environ 1000Kg/m3.
3. En 2019, OriSTeel propose des outils et des machines pouvant produire des structures métalliques de 8, 12, ou 16cm d'épaisseur, pour des murs or tout de 14, 18, ou 22cm d'épaisseur, et un béton allégé de 1100Kg/m3.
4. Ces nouveaux produits proposés par OriSTeel France répondent aux réserves exprimées dans certains articles de ce dossier, et apporte une réponse définitive concernant les constructions de grande hauteur.
4. Il est donc évident qu'avec ce système, la construction d'immeubles de grandes hauteurs, type 12 étages, voire plus, est validée dans le cadre d'une utilisation avec structure poteaux poutres, conformément à l'exemple décrit dans ce dossier.
5. Les ingénieurs qui ont développés l'ensemble des calculs présentés ici ont participé à la 3ème conférence nationale sur les tremblements de terre et leur structure, 17-18 octobre 2012, CECRC de Kerman, Kerman, Iran. L'Iran est un des pays au monde les plus fréquemment touché par de violents tremblements de terre, c'est un pays très en avance concernant les recherches scientifiques liées à ces phénomènes naturels.
6. Avec les nouvelles améliorations apportées aux structures métalliques par OriSTeel France ces deux dernières années (2017 et 2018), permettant une interconnexion et une continuité sans faille dans le nouveau système de verrouillage des structures métalliques OriSTeel entre elles, les performances démontrées ici en seront encore améliorées. Par exemple l'emploi de mini goujons à tête pour transférer le cisaillement vertical entre les différents éléments du bâtiment, principalement au niveau des murs verticaux. Dans certaines circonstances, ces mini goujons pourront servir de fusible en cas de séisme violent, sans forcément causer des dommages supplémentaires à la structure.

OriSTeel France sas
 254 rue de la Côte
 La Côte Montmin
 74210 TALLOIRES-MONTMIN
 SIRET: 833 883 042 00026- APE 7490B
 N° TVA intracom: FR36833862642
 Alain Blanck
 Président