CNRC · NRC

Solution constructive nº 45

Comment garantir une bonne performance sismique avec des habitations à ossature de bois à plate-forme

J.H. Rainer et E. Karacabeyli

Cet article présente une analyse de la bonne performance des habitations à ossature de bois à plate-forme qui a pu être observée lors de tremblements de terre. Les auteurs apportent certaines solutions à des problèmes pratiques et soulignent les nouveautés en matière de technologie, de normes et de codes.

En Amérique du Nord, les habitations résidentielles sont construites majoritairement avec une ossature de bois, le plus souvent du type plate-forme, appelée ainsi car les murs sont érigés sur le plancher[1] qui constitue la plate-forme.

Les bâtiments à ossature de bois à plate-forme sont conçus de deux façons : suivant les règles de construction classiques ou suivant des calculs d'ingénierie. La construction classique utilise des composantes aux propriétés prédéterminées et est basée sur une réglementation issue de l'expérience. Cette réglementation est contenue dans la partie 9 du Code national du bâtiment (CNB) du Canada[2] et peut généralement s'appliquer aux constructions résidentielles d'une superficie au sol inférieure à 600 m^2 et de 3 étages maximum. Tous les autres bâtiments à ossature de bois doivent être conçus par un ingénieur qualifié conformément aux exigences contenues dans la partie 4 du CNB. Les deux méthodes de calcul doivent prendre en considération les surcharges éventuelles dues aux séismes, en fonction du niveau de risque que représente l'emplacement du bâtiment.

Risques sismiques au Canada

Au Canada, la plupart de l'activité sismique a lieu le long des plaques tectoniques de la croûte terrestre qui se sont déplacées au cours des temps géologiques et qui encore aujourd'hui continuent de bouger les unes par rapport aux autres. Un soudain glissement au point de rencontre de ces plaques libère une énergie qui se propage sous la forme d'ondes terrestres qui causent un tremblement de terre. Au Canada, les plaques de l'Amérique du Nord et du Pacifique convergent dans l'océan au large de l'île de Vancouver. La frontière entre ces plaques s'étend au nord vers l'Alaska et au sud, vers le Mexique. Loin des zones de rencontre des plaques tectoniques, les tremblements de terre dits « intraplaques » surviennent dans les zones où la croûte terrestre est faible, par exemple le long du fleuve Saint-Laurent.

Le risque sismique le plus élevé au Canada se retrouve sur les îles de la côte ouest et il diminue graduellement vers les montagnes rocheuses. Les zones adjacentes aux vallées du Saint-Laurent et d'Ottawa, de même que certaines régions des Maritimes, constituent des zones à risque modéré. La région autour de La Malbaie au Québec située dans la vallée du Bas-Saint-Laurent, est par contre une zone à risque sismique élevé, au même titre que de petites régions du Yukon et de l'Arctique. Des cartes sur les risques sismiques de la Commission géologique du Canada sont contenues dans les Commentaires sur le calcul des structures (Partie 4) du CNB[2].

Des tremblements de terre importants ont eu lieu au Canada au cours du 20ème siècle (Cornwall-Massena, ON, en 1944, Courtney,

construction

Publié par

Institut de recherche en construction IRC

Tableau 1. Séismes et pertes humaines (adapté de la référence n° 4)

Séisme	Magnitude Échelle de Richter M	Nombres de personnes tuées		Nombre de maisons à ossature de bois à plate-forme fortement ébranlées (estimation)
		Total	Dans les maisons à ossature de bois à plate-forme	
Alaska, 1964	8,4	130	< 10	
San Fernando CA, 1971	6,7	63	4	100 000
Edgecumbe NZ, 1987	6,3	0	0	7 000
Saguenay QC, 1988	5,7	0	0	10 000
Loma Prieta CA, 1989	7,1	66	0	50 000
Northridge CA, 1994	6,7	60	16 + 4*	200 000
Hyogo-ken Nambu, Kobe Japon, 1995	6,8	6 300	0**	8 000**

* Défaillance des fondations qui a causé l'effondrement du bâtiment à flanc de coteau.
** Afférent aux maisons "2x4" dans la zone touchée.

C.- B., en 1946, Miramichi, N.-B., en 1982, Nahanny, T.N.-O. en 1985, Saguenay, QC, en 1988). Cependant, ces tremblements de terre n'ont pas causé de dommages étendus, soit en raison de leur faible puissance ou parce que l'épicentre était situé dans une zone à faible densité d'habitation. Ainsi les maisons canadiennes n'ont jamais subi de secousses suffisantes pour éprouver le degré de performance prévu pour la maison à ossature de bois. Nous devons donc nous tourner vers l'expérience vécue dans d'autres pays où le même type de construction existe, à savoir en Californie, en Nouvelle-Zélande et récemment au Japon, où la nouvelle maison "2x4" est semblable à la maison canadienne.

Analyse de la performance parasismique

L'objectif premier au moment de concevoir une structure résistante aux séismes est d'éviter que des personnes ne soient blessées, voire tuées lors d'un tel événement. En Californie, un objectif plus coûteux visant à réduire les dégâts sur les ouvrages a reçu récemment une attention particulière, mais, au Canada, la protection de la population demeure la priorité.

Une enquête effectuée sur la performance des constructions à ossature de bois lors des tremblements de terre a montré que le taux d'accidents mortels était remarquablement bas[3] (tableau 1). Ces données illustrent qu'une minorité de bâtiments se sont effondrés et que plusieurs ont résisté à de fortes secousses et presque sans dégâts ou avec divers degrés de dommages superficiels ou structurels.

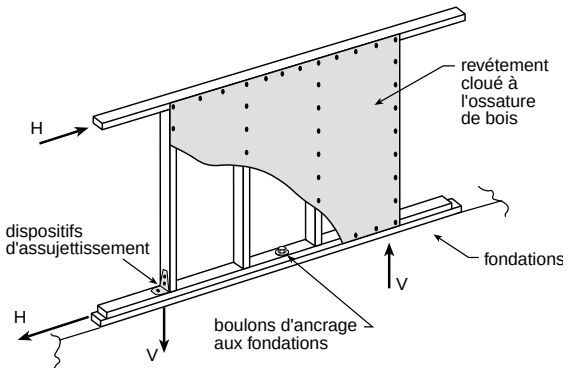

Figure 1. Diagramme simplifié des principales forces sismiques agissant sur un mur travaillant en cisaillement

Le faible taux de décès dans le cas des constructions à ossature à plate-forme peut être dû à plusieurs facteurs :

- rapport solidité-poids élevé du bois;
- redondance de structure dans la conception (c.-à-d., sont présents plus d'éléments structuraux que le nombre minimum pour résister aux forces créées par le séisme);
- capacité élevée d'absorption de l'énergie issue des pertes aux assemblages cloués;
- comportement ductile des différents éléments de bois.

Face à un séisme, les éléments clés dans ce type de bâtiment sont les murs travaillant en cisaillement. Un mur travaillant en cisaillement est formé de colombages verticaux et de sablières hautes et basses, contreventés sur un ou deux côtés à l'aide de panneaux de contreplaqué solidaires, de panneaux à copeaux orientés (OSB) ou de plaques de plâtre. Suivant les exigences en matière de surcharge sismique, il faudra peut-être utiliser des dispositifs d'assujettissement pour empêcher le mur de se soulever aux angles ou aux ouvertures (voir figure 1).

Problèmes éventuels

Il existe plusieurs facteurs pouvant amoindrir la performance parasismique et conduire à de sérieux dégâts, des effondrements et de graves dangers pour les occupants. Parmi eux, citons un premier étage sans résistance, des sols de fondation instables, des meubles, des éléments ou des appareils électroménagers non retenus.

Premier étage sans résistance

De grandes ouvertures dans les murs travaillant en cisaillement comme des fenêtres, des portes ou des portes de garage, peuvent réduire la surface du mur de façon trop importante. Le rôle du mur travaillant en cisaillement étant primordial dans la résistance aux secousses sismiques, un manque de résistance de ce mur cause des distorsions plus grandes pouvant entraîner jusqu'à l'effondrement, notamment dans les bâtiments de plusieurs étages (voir figure 2). De grandes ouvertures dans les murs peuvent également créer une dissymétrie du bâtiment et donc des forces de torsion sismiques supplémentaires dans le bâtiment, aggravant ainsi les effets de la

Figure 2. Déformation excessive d'un premier étage faible dans un immeuble d'appartements, tremblement de terre de Northridge, 1994. Dans une autre partie du bâtiment, le rez-de-chaussée s'est complètement effondré.

faiblesse de l'étage (voir figure 3). Pour compenser de grandes ouvertures, il faudra peut être augmenter la résistance structurale.

Un exemple particulier d'étage non résistant est l'effondrement du mur nain (appelé aussi mur bas). Ce type de mur est un tronçon de mur dans certains bâtiments entre la partie supérieure des fondations de béton ou de maçonnerie et les solives de rez-de-chaussée. Son effondrement menace l'intégrité de la structure entière. Le défaut du mur nain est souvent un manque de contreventement plutôt que de grandes ouvertures.

Sols de fondation instables

Des sols de fondation instables peuvent créer un effondrement total ou partiel d'un bâtiment. Le pire se produit lorsqu'il y a liquéfaction du sol, glissements de terrain, formation de fissures et ameublissement du roc ou du sol sur les pentes devant le bâtiment. La liquéfaction a lieu suite à une secousse, le sol devient carrément liquide et perd sa résistance, causant un tassement uniforme ou différentiel et d'éventuels dégâts dans la structure. Dans les terrains en pente, les glissements de terrain et les fissures du sol peuvent entraîner une dislocation de la structure entière. L'ameublissement du roc et de la terre sur les pentes devant un bâtiment peut donner lieu à des glissements de terrain envahissant et mettant en danger le bâtiment.

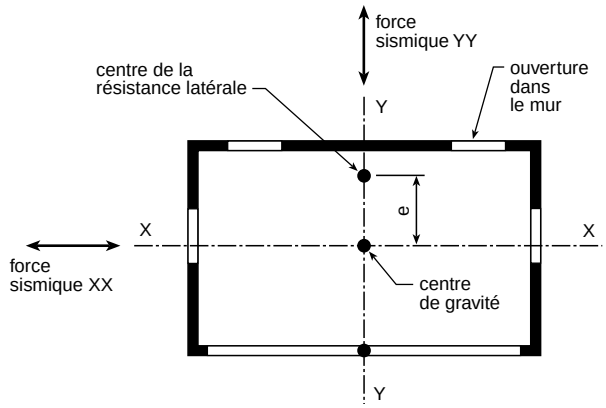

Figure 3. Esquisse d'une implantation de bâtiment dissymétrique. Les forces sismiques dans la direction X-X provoquent une torsion sur le plan horizontal à cause d'une excentricité « e », distance entre le centre de la masse de l'étage et le centre de la résistance du mur travaillant en cisaillement de l'étage.

Pour cerner et lever les dangers des sols instables, on a généralement recours à des spécialistes en géotechnique expérimentés.

Meubles, éléments ou appareils électro-ménagers non retenus

Lors de tremblements de terre, les objets hauts comme les étagères peuvent basculer et les objets glissants ou de forme ronde peuvent se transformer en projectiles. Des cloisons intérieures lourdes, non contreventées peuvent tomber et des murs rideaux (par ex., revêtement de brique) ou des auvents mal fixés tomber sur les passants. Les chauffe-eau à gaz d'usage domestique, s'ils ne sont pas proprement attachés et sécurisés, peuvent facilement basculer vers l'avant ou bouger, causant une éventuelle fuite de gaz et donc un risque d'explosion.

Mesures préventives spéciales

Quand les exigences architecturales ou fonctionnelles empêchent d'équiper la construction de murs suffisamment solides pour résister de façon adéquate aux tremblements de terre, les systèmes brevetés suivants font partie des mesures qui peuvent être prises pour les bâtiments à ossature de bois, à la fois pour les constructions nouvelles et le renforcement des anciennes :

- ZWALL : une poutre verticale en métal placée à l'intérieur, parallèlement à un mur, et fixée aux fondations et aux structures du plafond
- MIDPLY : un mur fait de trois couches de revêtement au lieu des une ou deux classiques
- Mur renforcé : un mur préfabriqué renforcé sur son pourtour par une fourrure de métal

D'autres installations coûteuses comme des amortisseurs à friction et des supports antivibratoires de base n'ont été jusqu'à présent utilisées dans les constructions à ossature de bois à plate-forme que dans des circonstances exceptionnelles.

Atténuation des faiblesses sismiques dans les bâtiments existants

Certains bâtiments anciens à ossature de bois et d'autres moins anciens présentent des faiblesses qui peuvent avoir des conséquences dramatiques en cas de séisme important. Dans le cas des constructions faites selon les réglementations classiques, la Société canadienne d'hypothèques et de logement a publié un guide de reconnaissance des défaillances structurales éventuelles qui contient des moyens pour y remédier[5]. Pour les constructions exécutées sur plans d'ingénieurs, un jeu de trois publications, disponible à l'IRC, offre des lignes directrices permettant une analyse rapide, une évaluation détaillée de la structure et une

protection des bâtiments existants[6]. La U.S. Federal Emergency Measures Agency (FEMA) a également produit une documentation utile.

Nouveautés dans le domaine de la résistance parasismique

Les progrès dans les méthodes d'évaluation des risques sismiques, dans les matériaux et les techniques de construction, dans les outils de conception et d'analyse, de même que les changements dans les conditions économiques et sociales ainsi que dans les préférences des consommateurs constituent une pulsion continue pour améliorer la résistance parasismique des bâtiments. Les résultats de la recherche menée sur le comportement parasismique d'éléments tels que les murs travaillant en cisaillement et blindages moulés, les assemblages faits avec des clous, des boulons et autres matériaux ainsi que les essais en grandeur réelle faits sur des maisons placées sur tables de vibration permettent actuellement une meilleure évaluation quantitative de la résistance parasismique des constructions à ossature de bois à plate-forme. Les dernières données sont maintenant intégrées dans différents guides et normes de calcul des structures, par exemple :

- le nouveau guide que prépare le Conseil canadien du bois sur les constructions à ossature de bois pour la partie 9 du CNB;
- la norme CSA O86 sur les règles de calcul aux états limites des charpentes en bois qui contiendra bientôt des exigences pour les murs travaillant en cisaillement présentant des ouvertures, l'apport des plaques de plâtre, les murs travaillant en cisaillement sans cales, les clous actionnés par force motrice, les immobilisations et les ancrages, et le facteur de modification de force R tel qu'utilisé dans la partie 4 du CNB;
- les nouvelles lignes directrices de la CSA, CSA S832, qui sont presque terminées, sur la réduction des risques sismiques à partir des éléments non structuraux;
- les réglementations du CNB en matière de calcul de surcharge sismique qui sont actuellement révisées en se basant sur un risque sismique présentant 2 % de chance de dépassement en 50 ans au lieu des 10 % actuels;
- les exigences parasismiques présentes dans les codes du bâtiment d'autres pays qui ont été récemment publiées ou révisées, par exemple l'International Building Code (IBC) 2000 des États-Unis, l'Eurocode 2001 de l'Union européenne et les réglementations sismiques révisées de la Nouvelle-Zélande.

Résumé

Si l'on apporte le soin nécessaire à la conception et à la construction, les bâtiments à ossature de bois à plate-forme se comportent bien lors des tremblements de terre du point de vue de la sécurité publique et, même, dans certains cas, du point de vue de la prévention des dégâts. Des techniques et des matériaux particuliers permettent d'atteindre une bonne performance parasismique et de parer à des problèmes éventuels critiques comme les faiblesses des étages et les défaillances des fondations. Les guides de calcul et les codes du bâtiment, au Canada comme ailleurs dans le monde, sont en modification de façon à refléter les derniers résultats de la recherche sur les séismes.

Références

1. Kesik, T.J. *Construction de maison à ossature de bois - Canada*. Société canadienne d'hypothèques et de logement, Ottawa, 1997.
2. *Code national du bâtiment - Canada 1995*. Commission canadienne des codes du bâtiment et de prévention des incendies, Conseil national de recherches Canada, Ottawa. Aussi, *Commentaires sur le calcul des structures (partie 4)*.
3. Rainer, J.H. et Karacabeyli, E. *Performance of wood-frame building construction in earthquakes*. Special Publication n° SP-40, Forintek Canada, Vancouver, 1999.
4. Rainer, J.H. et Karacabeyli, E. Performance of wood-frame construction in past earthquakes. *Proceedings, 12th world conference of earthquake engineering*, Auckland, 2000.
5. *Guide d'amélioration de la résistance des habitations aux séismes*. Société canadienne d'hypothèques et de logement, Ottawa, 1998.
6. Allen, D.E. *Évaluation et protection parasismiques des bâtiments*. Solution constructive n° 26, Institut de recherche en construction, Conseil national de recherches Canada, 1999.

***M. J. Hans Rainer**, Ph.D., est consultant à Surrey, C.-B. Avant de quitter l'Institut de recherche en construction du Conseil national de recherches, il était responsable du laboratoire des structures et conseiller de recherche pour le Comité national canadien de génie sismique (CANCEE) du CNB.*

***M. Erol Karacabeyli** est directeur du Wood Engineering Department, Forintek Canada Corp., à Vancouver. Il est membre du CANCEE, du comité technique (TC) sur les règles de calcul aux états limites des charpentes en bois - CSA O86, des comités techniques sur les structures en bois ISO, CIB, RILEM, ASTM, et du Wood-frame Committee du Building Seismic Safety Council (BSSC) aux États-Unis.*

© 2000
Conseil national de recherches du Canada

Décembre 2000
ISSN 1206-1239

« Solutions constructives » est une collection d'articles techniques renfermant de l'information pratique issue de récents travaux de recherche en construction.

Pour obtenir de plus amples renseignements, communiquer avec l'Institut de recherche en construction, Conseil national de recherches du Canada, Ottawa K1A 0R6.
Téléphone : (613) 993-2607 Télécopieur : (613) 952-7673 Internet : http://irc.nrc-cnrc.gc.ca