

CONCEPTION POUR LA RÉSILIENCE SISMIQUE

Construction plus rapide avant et après un tremblement de

Par Lydell Wiebe, titulaire de la chaire de dotation en conception efficace des structures et professeur

LA CONCEPTION sismique moderne est comparable aux zones de déformation des véhicules. Tout comme votre voiture est conçue pour absorber l'énergie d'une collision et pour assurer votre sécurité à l'intérieur, les bâtiments en acier sont conçus pour absorber l'énergie d'un tremblement de terre tout en protégeant les occupants. Malheureusement, les bâtiments sont beaucoup plus difficiles à réparer ou remplacer qu'une voiture.

Des ingénieurs avant-gardistes travaillent pour changer cela. Alors que les générations précédentes de codes et de normes du bâtiment se sont concentrées sur la sécurité des personnes, les recherches et pratiques émergentes visent à promouvoir la résilience sismique et à permettre aux structures de reprendre rapidement le service après un important tremblement de terre.

Les cadres contreventés en acier sont un système de résistance aux forces latérales répandu partout au Canada, car ils peuvent facilement être conçus pour fournir la rigidité et la résistance nécessaires. Bien que les contreventements diagonaux ne doivent pas se déformer visiblement sous une charge ordinaire, ils sont conçus pour se déformer en compression et céder en tension sous charge sismique. De cette façon, les cycles répétés de l'énergie sismique peuvent causer des dommages, mais pas de défaillances, ce qui protège l'intégrité de la structure.

Les contreventements sont généralement fabriqués à l'aide de profilés tubulaires, qui sont reliés aux poutres et aux colonnes à l'aide de goussets conçus pour se plier lors du flambement d'un contreventement en compression. Pour favoriser les formes désirables de déformation et de dissipation d'énergie lors d'un tremblement de terre, les contreventements sont souvent reliés par des éléments soudés sur place, même

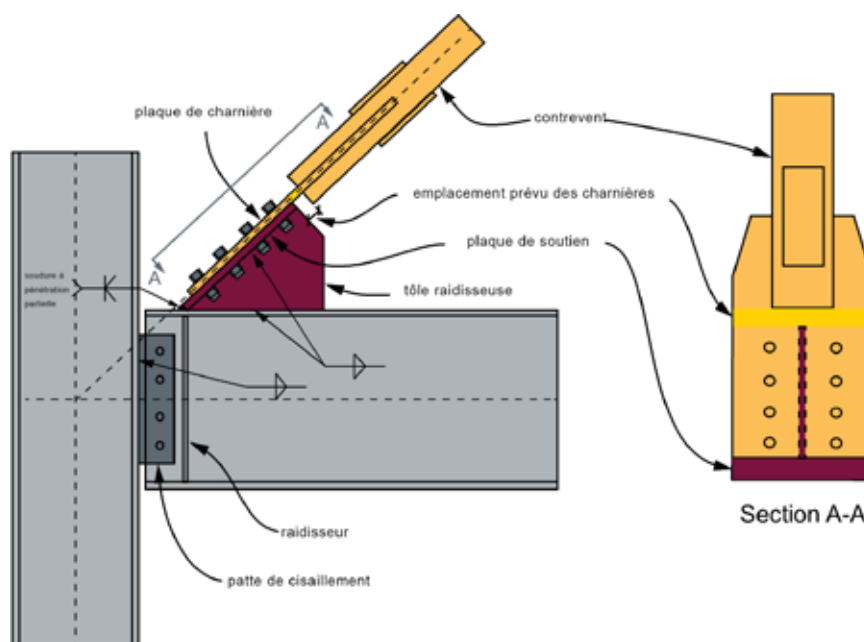


FIGURE 1 : Module de contreventement remplaçable

Les cadres contreventés en acier sont un système de résistance aux forces latérales répandu partout au Canada, car ils peuvent facilement être conçus pour fournir la rigidité et la résistance nécessaires.

si cela complique le processus de montage et les réparations après un tremblement de terre. De plus, le détaillage typique favorise le flambement hors du plan du cadre, ce qui peut endommager les cloisons adjacentes ou le revêtement.

UN NOUVEAU PARADIGME : MODULES DE CONTREVENTEMENT REMPLAÇABLES

Depuis 2014 et avec le soutien de l'ICCA,

des chercheurs de l'Université McMaster élaborent une autre approche pour assembler les contreventements dans un cadre à contreventements concentriques. Ce concept est basé sur un *module de contreventement remplaçable*, une unité fabriquée en atelier et boulonnée en place sur le chantier.

Comme le montre la figure 1, avec un module de contreventement remplaçable, le gousset habituel est remplacé par une plaque de charnière conçue pour se plier

AVEC DES CADRES CONTREVENTÉS EN ACIER

terre

agrégé, Université McMaster; **Vahid Mohsenzadeh**, titulaire d'un doctorat

lors du flambement du contreventement, avec une tôle raidisseuse pour assurer la stabilité de l'assemblage. Ainsi, l'objectif est d'éviter le soudage sur place et le flambement hors plan et de faciliter les réparations après un tremblement de terre.

Une phase antérieure d'essais de validation du concept axée sur le module lui-même a démontré que ce dernier pourrait confiner les dommages à l'intérieur de l'unité remplaçable tout en offrant le même comportement sismique que les éléments plus conventionnels.

ESSAIS À GRANDE ÉCHELLE À L'UNIVERSITÉ MCMASTER

Au cours de cette dernière phase de la recherche, les cadres ont été soumis à des essais à grande échelle au moyen de modules de contreventement remplaçables, comme le montre la figure 2. Ces essais ont été possibles grâce au soutien de l'ICCA et de ses membres Walters Group, Salit Steel et Atlas Tube, ainsi que du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG). Ces essais avaient pour but de déterminer si les modules de contreventement remplaçables étaient compatibles avec les assemblages typiques de poutres et s'ils pouvaient effectivement être remplacés pour rétablir la performance originale du cadre, même après une charge sismique importante.

Ces essais à l'échelle de 70 % représentaient le deuxième étage d'un immeuble à plusieurs étages à Vancouver. Le programme d'essai comprenait trois types d'assemblages poteau-poutre : (1) un assemblage à patte de cisaillement (utilisé comme assemblage à cheville); (2) une platine (cheville); et (3) une platine boulonnée non raidie (fixe). Deux essais ont été effectués pour chacun de ces trois types d'assemblage : un avec un module de contreventement remplaçable original et un autre avec un module de rechange.

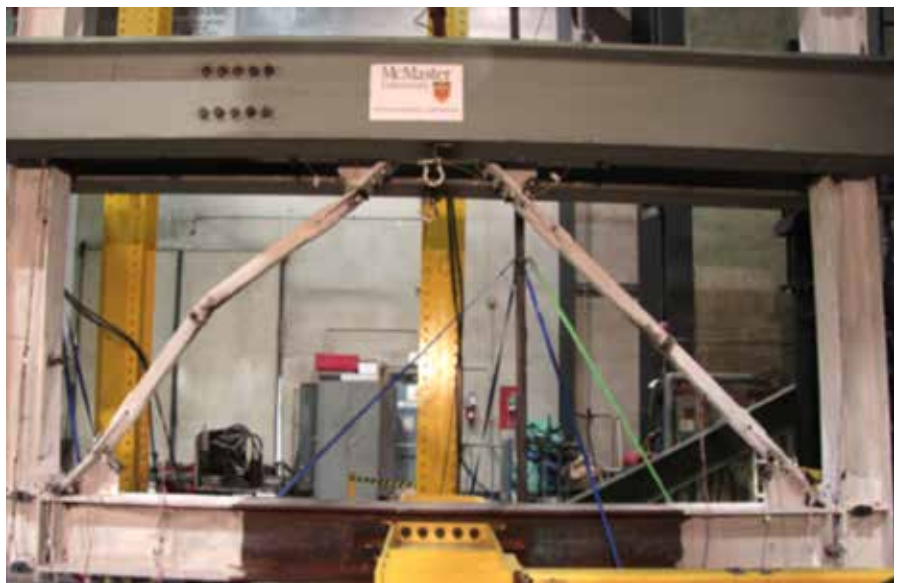


FIGURE 2 : Essais à grande échelle avec modules de contreventement remplaçables à l'Université McMaster



Ingénierie

Depuis plus de 70 ans, nous continuons à offrir l'excellence en ingénierie et un véritable esprit de collaboration avec tous nos partenaires.

www.rjc.ca

Tsawwassen Mills | Delta, BC



Vancouver • Surrey • Victoria • Nanaimo • Kelowna • Calgary • Edmonton • Saskatoon • Toronto • Ottawa • Kitchener • Kingston

ARTICLE

La figure 3 montre des déformations typiques observées pendant le programme d'essai. Comme prévu lors de la conception, les dommages se limitaient essentiellement aux modules de contreventement remplaçables. Comme prévu pour tout contreventement dans un cadre à contrevents concentriques de conception parasismique, le flambement par compression (figure 3a) a mené à une rotule plastique et un bombement local au milieu du contrevent (figure 3b), avec rupture de tension éventuelle à cet endroit après de nombreux cycles de charge importants (figure 3c). Pendant les essais, cette rupture s'est produite à l'endroit prévu pour tout élément d'assemblage de contrevent bien conçu.

Comme prévu, les plaques de charnière ont cédé en pliant (comme le montre la peinture blanche qui s'écaille sur la figure 3d) pour permettre le flambement du contrevent. Une fois l'essai terminé, le module de contreventement endommagé a été enlevé et remplacé assez facilement, et le cadre offrait essentiellement le même rendement avec les nouveaux modules de contreventement remplaçables.

Parmi les deux assemblages poteau-poutre à cheville, l'assemblage à patte de cisaillement a été privilégié non seulement en raison de sa facilité de construction, mais aussi parce qu'elle était plus efficace pour limiter les contraintes sur les poteaux. L'assemblage poteau-poutre fixe a subi certains dommages lors des glissements très importants, mais a également permis d'augmenter la redondance et la capacité de réserve.

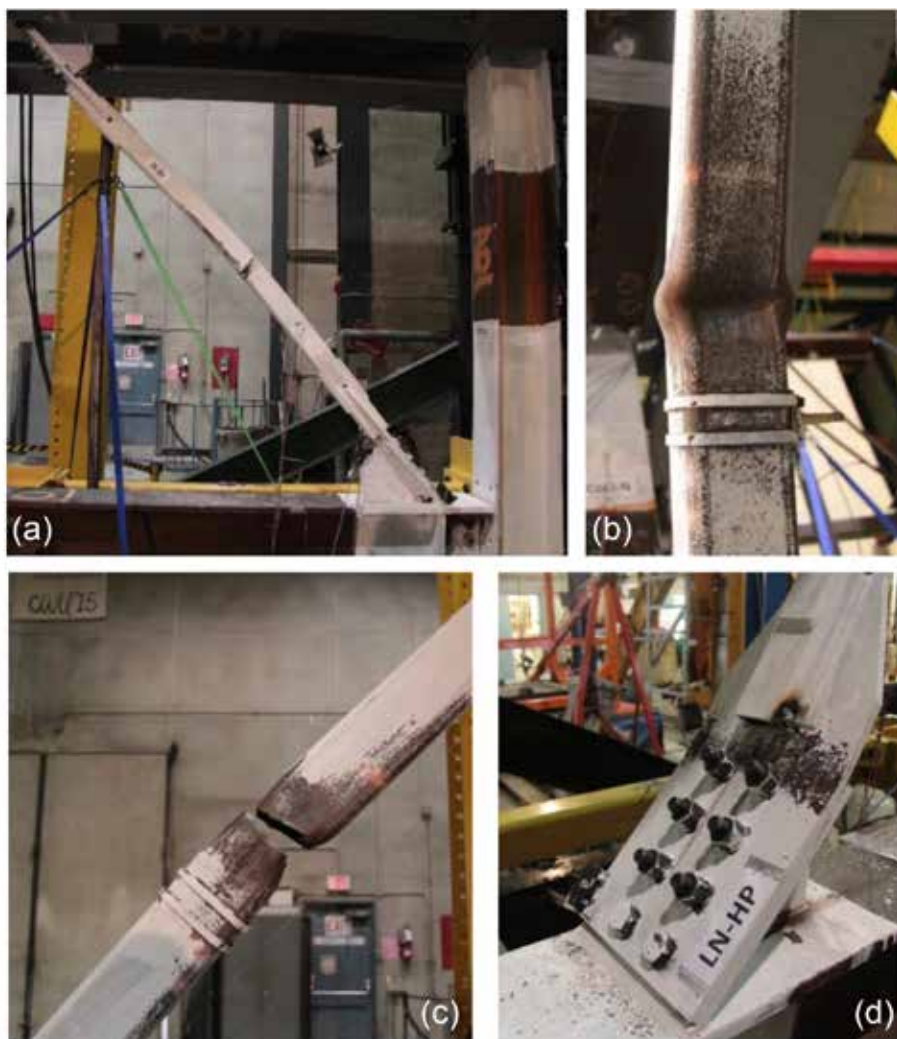


FIGURE 3 : Progression typique des dommages

**Galvaniseur à chaud établi
au Canada depuis 1965**

CORBEC
MONTRÉAL | QUÉBEC | PRINCEVILLE | HAMILTON

www.corbec.net
1-800-463-8313

Dans l'ensemble, ce programme d'essai a dépassé les attentes en confirmant que les modules de contreventements remplaçables sont viables dans un cadre entièrement contreventé en acier de conception parasismique.

DOCUMENTATION ET CONCEPTION

Les résultats des deux phases de ce programme d'essai ont été publiés dans deux articles publiés dans le *Journal of Structural Engineering*, et les versions finales de ces articles sont disponibles auprès de l'auteur ou de l'ICCA. Les calculs de conception du programme d'essais expérimentaux sont également disponibles sur demande pour ceux qui souhaitent obtenir des renseignements détaillés sur la façon dont un module de contreventement remplaçable peut être conçu pour bénéficier des avantages de la construction parasismique et de la résilience démontrés par ce programme d'essais. **AA**