

RAPPORT SOMMAIRE

ESSAIS DE FATIGUE SUR JOINTS MODULAIRES DE GOODCO Z-TECH TYPE LG À BARRE DE SUPPORT UNIQUE AVEC ÉTRIERS SOUDÉS



Le génie pour l'industrie

Omar Chaallal, ing., Ph.D.
Professeur Titulaire et Directeur de DRSR

Lotfi Guizani, ing., Ph.D.
Professeur Agrégé

William Bonnell
Étudiant de 2^e cycle

Département de Génie de la Construction
École de technologie supérieure
1100, rue Notre-Dame ouest
Montréal (Québec)
H3C 1K3
Tel : (514) 396-8852
Fax : (514) 396-8584
Courriel : omar.chaallal@etsmtl.ca

Avril 2012

ESSAIS DE FATIGUE SUR JOINTS MODULAIRES DE GOODCO Z-TECH TYPE LG À BARRE DE SUPPORT UNIQUE AVEC ÉTRIERS SOUDÉS

Ce rapport se veut une synthèse de l'étude commanditée par Goodco Z-Tech, un produit de Structural-Ponts, une division de Canam Group Inc., et menée au laboratoire de structure de l'École de technologie supérieure, Université du Québec à Montréal. Les détails de ladite étude sont décrits dans le rapport technique intitulé : *Essais de Fatigue sur Joints Modulaires de Goodco Z-Tech Type LG à Barre de Support Unique avec Étriers Soudés*, qui a été soumis à Goodco Z-Tech en avril 2012.

Résumé

Les joints modulaires sont des éléments importants qui se trouvent au niveau de la structure de la chaussée d'un ouvrage d'art. Plusieurs composants structuraux de ces joints sont sollicités par le passage des charges d'essieu, ce qui induit des chargements cycliques de fatigue. En 2003, Goodco Z-Tech a réalisé des essais de fatigue sur son système de joints modulaires à barre de support multiple (de type LR). Le système de joints modulaires à barre de support simple (de type LG) présente un avantage économique et compétitif certain par rapport au type LR. Pour pouvoir démontrer que ce type de joints est également très performant sur le plan structural, Goodco Z-Tech l'a soumis aux essais de fatigue prescrits dans le rapport NCHRP 402, *Fatigue Design of Modular Bridge Expansion Joints*, qui s'impose partout dans le monde comme la référence pour ce type d'essais. Ceux-ci ont été effectués de façon concluante en 2011. Par ces essais, Goodco Z-Tech a acquis une expertise et une compréhension très avancées du comportement en fatigue des joints modulaires. Cela a permis, sur la base des résultats obtenus, de mettre au point des procédures de conception des plus adaptées, capables de répondre aux exigences les plus sévères.

Nous vous présentons le protocole d'essai appliqué, le montage d'essai utilisé, un aperçu des modélisations effectuées ainsi qu'un sommaire des résultats obtenus.

Contexte

Afin d'optimiser la conception de ses joints modulaires pour ponts, la compagnie Goodco Z-Tech, un produit de Structural-Ponts, une division du Groupe Canam Inc. a commanditée une étude sur la performance en fatigue de son système de Joint Modulaire de Type LG à Barre de Support Unique avec Étriers Soudés. L'étude expérimentale a été menée par l'Équipe *DRSR : Développement & Recherche en Structures et Réhabilitation* au laboratoire de structure du Département de génie de la construction de l'École de Technologie Supérieure (Université du Québec) à Montréal entre janvier 2011 et avril 2012.

Objectifs de l'étude

L'objectif principal de l'étude est d'évaluer la résistance en fatigue des détails critiques du joint modulaire et en particulier les étriers soudés. Les objectifs spécifiques s'établissent comme suit: (a) construire une courbe expérimentale de fatigue représentant l'intervalle de contrainte en fonction du nombre de cycles, communément appelée courbe S-N (*Stress range versus Number of cycles*), avec au moins 10 points, relatifs aux détails des étriers soudés à la poutre centrale, et (b) vérifier que les détails des étriers soudés des joints modulaires identifiés plus haut ont une résistance en fatigue compatible avec (et rencontrent les exigences de) la catégorie C de la norme AASHTO LRFD 2007 pour les ponts.

Description des spécimens

Trois spécimens identiques de joint modulaire avec étriers soudés sont testés en fatigue. Les détails du spécimen mis à l'essai sont présentés à la **Figure 1**. Chaque spécimen est composé d'une poutre centrale de type 3020 (profilé laminé en I, dimensions : 130×80mm) supportée par quatre poutres de support, de même profilé, de portée 1081 mm et formant trois portées continues de 910 mm. Les poutres de support sont connectées à la poutre centrale au moyen de 4 étriers soudés (S1 à S4, voir Figure 1).

Procédure d'essai

Tous les essais ont été menés en conformité avec les recommandations de la norme AASHTO LRFD 2007 pour les ponts, *Section 14.5.6.9 – Model Bridge Joint System*, laquelle est basée sur le Rapport NCHRP-402 du *National Cooperative Highway Research Program* intitulé: *Fatigue Design Criteria for Modular Bridge Expansion Joints* (NCHRP, 1997). Ceci inclut la procédure d'essai, le calcul des contraintes dues aux charges considérées et les critères de rupture.

Bâti d'essai:

Les essais de fatigue sont menés dans la plage de vie finie. Chaque spécimen est placé selon une inclinaison de 11.3 degrés de sorte qu'en appliquant une charge verticale, celle-ci se décompose en une composante transversale à la poutre centrale (soit parallèle à la surface de roulement) égale à 20% de la composante agissant normalement au joint (soit selon l'axe fort de la poutre centrale).

Instrumentation:

Les spécimens sont instrumentés pour mesurer les amplitudes des déformations correspondant aux charges appliquées tout au long de l'essai de fatigue. Chacun des spécimens est instrumenté à l'aide de plus de 40 jauges de déformation installées le long de la poutre centrale, ainsi que sur les montants des étriers (voir **Figure 2**). Des capteurs de déplacement sont également utilisés pour mesurer les déplacements horizontaux et verticaux.

Chargement en fatigue:

Les charges sont appliquées verticalement à l'aide de deux vérins synchronisés (distance entre vérins = 1946 mm) en mode de contrôle de force, tel qu'illustré à la **Figure 3**. Les spécimens sont soumis à différentes amplitudes de chargement, variant entre 130kN/vérin à 175kN/vérin. Une telle variation permet d'obtenir un nombre de points suffisant pour construire la courbe de fatigue (S-N) expérimentale. Les spécimens ont subi entre 1200550 cycles et 3163276 cycles. Le **tableau 1** présente les charges appliquées, les amplitudes de chargement et le nombre de cycles pour chacun des spécimens.

Essais de Calibration:

Avant d'être soumis à l'essai de fatigue, chacun des spécimens est sujet à des essais statiques de calibration. Ces essais de calibration en plus de confirmer la validité des modèles structuraux, permettent de vérifier la robustesse de la saisie des données et leur répétabilité, en conformité avec les exigences de la norme AASHTO LRFD 2007 pour ponts et le Rapport NCHRP-402 (NCHRP, 1997).

Tableau 1: Charge appliquée et amplitude de chargement par vérin

Spécimen	Charge statique appliquée (kN)	Amplitude par vérin (kN)	Fréquence (Hz)
MJ1	95	± 65	2.0
MJ2	105	± 75	2.0
MJ3	117.5	± 87.5	1.5 ^(a)

^(a) Fréquence réduite avec l'accroissement de la contrainte pour maintenir un niveau acceptable de vibration.

Résultats

Les résultats relatifs aux trois spécimens, désignés par MJ1, MJ2 et MJ3, sont présentés dans le **tableau 2**.

Tableau 2: Résultats

		Nb. de cycles à la 1ère fissure	Type de fissure	Nb. de cycles à la rupture	Propagation de fissure	Commentaires	
MJ1	S1	-	-	-	-	Pas de fissure	Test arrêté à 3 163 276
	S2 Int	2 300 000	B	2 927 965	Haut étrier	Rupture	
	S3	-	-	-	-	Pas de fissure	
	S4	-	-	-	-	Pas de fissure	
MJ2	S1 Int	2 125 000	B'	2 299 521	Montant étrier	Rupture	Test arrêté à 2 877 500
	S2 Int	1 334 000	A	-	Poutre centrale	Pas de rupture	
	S3 Ext	1 334 000	A	-	Poutre centrale	Pas de rupture	
	S4	-	-	-	-	Pas de fissure	
MJ3	S1	-	-	-	-	Pas de fissure	Test arrêté à 1 200 550
	S2	-	-	-	-	Pas de fissure	
	S3 Ext	710 000	A	-	Poutre centrale	Pas de rupture	
	S4	-	-	-	-	Pas de fissure	

Notes:

Int = Côté intérieur = fissures entre étriers et charges

Ext = Côté extérieur = fissures entre étriers centraux

Modes de rupture observés:

Toutes les fissures observées correspondent à l'un des trois types de fissures relatifs aux détails d'étriers soudés dont les critères de rupture, inspirés du NCHRP-402, sont décrits à la **Figure 4**. Trois fissures de **type A** se sont produites : deux dans le deuxième spécimen du côté intérieur de l'étrier S2 et du côté extérieur de l'étrier S3; et une dans le troisième spécimen du côté extérieur de l'étrier S3. Ces fissures ont pris origine sur la poutre centrale à l'endroit (ou tout près) de la soudure de la jonction du montant de l'étrier et se sont propagées dans la poutre centrale avant d'atteindre le critère de rupture (**Figure 5**). Deux fissures, une de **type B** (soudure du haut) et une de **type B'** (soudure du bas) se sont également produites dans le premier (Type B, côté intérieur de l'étrier S2) et le second spécimen (Type B', côté intérieur de l'étrier S1). Ces fissures ont progressé selon un plan parallèle à l'axe transversal du montant de l'étrier (**Figure 6**).

Compatibilité avec la catégorie C de la norme AASHTO:

Les douze (12) points S-N (Amplitude de contrainte en fonction du Nombre de cycles) obtenus expérimentalement sont présentés à la **Figure 7** avec les courbes S-N limites inférieures de la norme AASHTO LRFD 2007 pour différentes catégories et en particulier la catégorie C ciblée. On observe que tous les points sont situés au dessus de la courbe de catégorie C, et donc, la résistance en fatigue des détails des étriers soudés est compatible avec la catégorie C de la norme AASHTO LRFD 2007.

Conclusion

Les résultats obtenus confirment clairement que **la résistance en fatigue du détail de l'étrier soudé des Joints Modulaires de Goodco Z-Tech Type LG à Barre de Support Unique avec Étriers Soudés est compatible avec (et rencontre les exigences de) la catégorie C** de la norme AASHTO LRFD 2007.

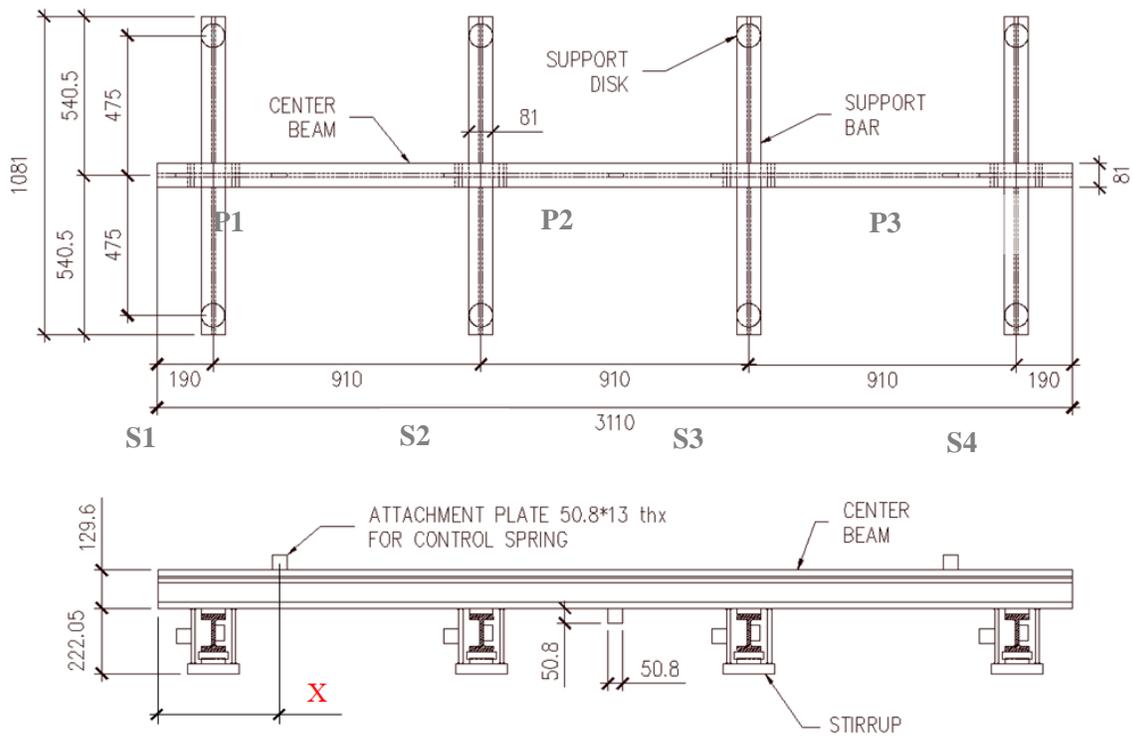


Figure 1 – Détails du spécimen mis à l'essai

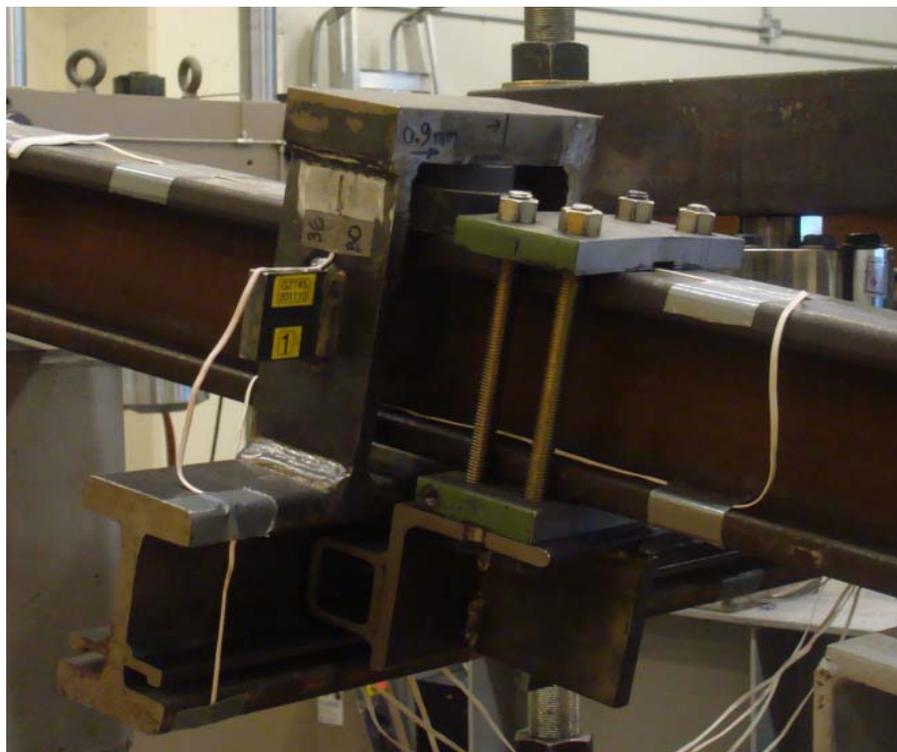


Figure 2 – Vue d'un étrier soudé instrumenté



Figure 3 –Spécimen instrumenté installé sur le bâti d’essai spécialement conçu

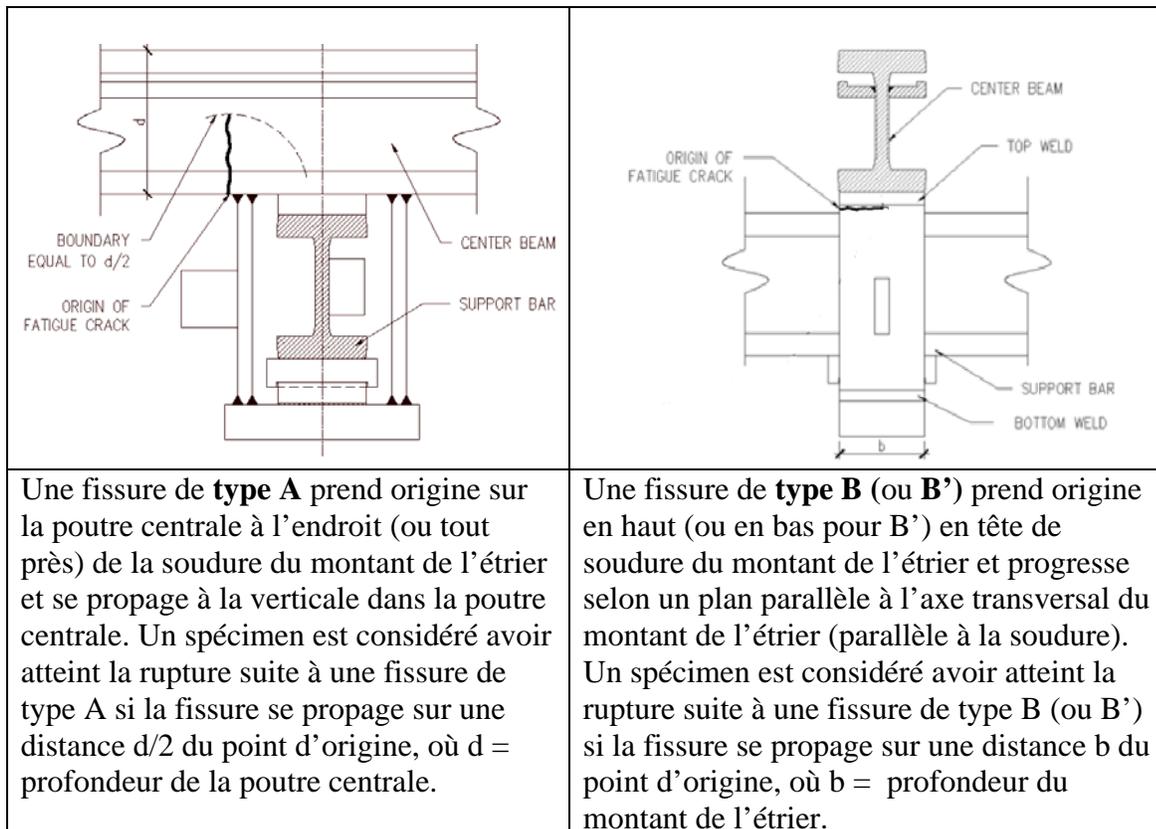


Figure 4 – Types de fissure A, B et B' et leur critère de rupture



Figure 5 – Fissure Type A à l'étrier S3 à 1 200 500 cycles



Figure 6 – Fissure Type B à l'étrier S2 à 2 300 000 et 2 927 965 cycles

Courbes S-N pour les détails des étriers

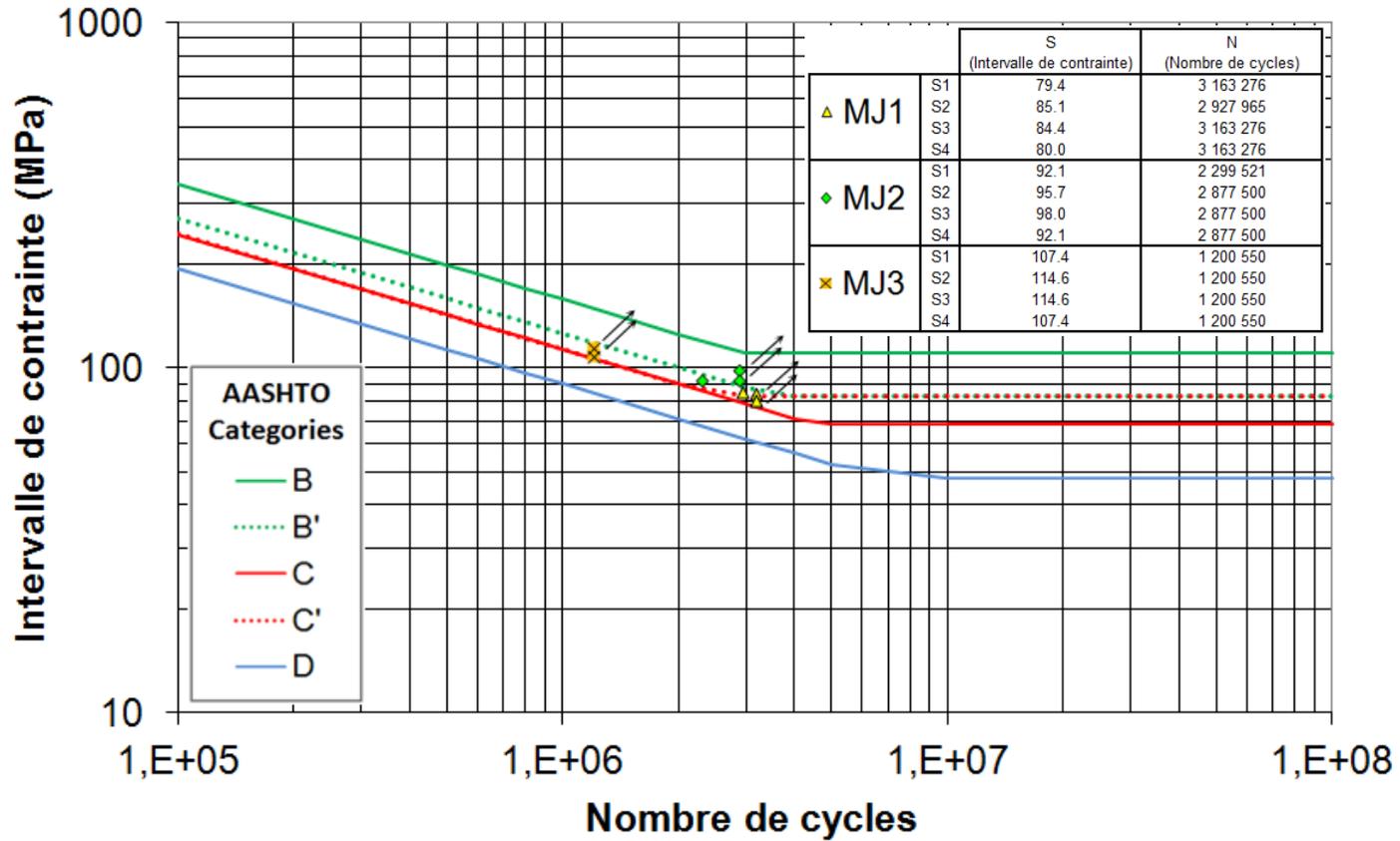


Figure 7 – Douze points S-N obtenus pour détails des étriers soudés à partir des essais de fatigue selon les spécifications de l'AASHTO et du NCHRP-402