

PROBLÉMATIQUE

Le boulonnage et le soudage sont les deux principales méthodes utilisées pour l'assemblage de pièces métalliques multiples. Le soudage est surtout utilisé en usine pour la fabrication de superstructures métalliques importantes telles que les ponts en acier, alors que le boulonnage est utilisé en chantier pour l'assemblage final. Les boulons et les écrous doivent être conformes aux spécifications relatives aux matériaux et au mode de fabrication. Le serrage en lui-même peut aussi occasionner des problèmes de tension.

Un guide sur le boulonnage devrait être disponible bientôt au ministère des Transports du Québec (MTQ).

CONTRÔLE À LA RÉCEPTION

Les boulons utilisés pour le montage d'une charpente métallique doivent satisfaire les exigences de la norme ASTM A325 ou A490. Les boulons A490, qui possèdent une très haute résistance, ne peuvent être galvanisés à chaud, étant donné le risque de fragilisation à l'hydrogène au moment du décapage à l'acide, étape qui précède le trempage des pièces d'acier dans le bain de zinc. Dans le cas des boulons A325 galvanisés, le filetage des écrous doit être repris après la galvanisation en imposant une surdimension, tel qu'il est décrit dans la norme, car le diamètre du boulon s'est accru lors de l'opération. Le but est de conserver la tolérance dimensionnelle standard entre les filets des écrous et des boulons.

Aussitôt livrés en chantier, les boulons doivent être entreposés à l'abri des intempéries, dans des contenants bien scellés, afin d'éviter que leur état de surface soit altéré, ce qui pourrait éventuellement modifier la tension de serrage pour un couple de serrage donné. Une fois les attestations de conformité vérifiées, l'entrepreneur doit, en présence du surveillant, prélever trois boulons par lot et effectuer des essais au tensiomètre en suivant la méthode de serrage décrite à l'article 10.24.6.6 de la norme CAN/CSA-S6-00. Le tensiomètre est un appareil mesurant la tension dans le boulon quand on applique un couple de serrage. Après la rotation de l'écrou, la tension obtenue doit correspondre à 70 % de la résistance à la traction minimale F_u prescrite dans la norme ASTM A325 ou A490.

NORMALISATION

La norme CAN/CSA-S6-00 de 2000, intitulée « Code canadien sur le calcul des ponts routiers », remplace l'édition précédente

de 1988 en y incluant quelques modifications quant au boulonnage, notamment en ce qui concerne la formule de calcul aux états limites de la résistance au glissement (V_s). Le coefficient μ de l'ancienne norme a été remplacé par deux autres coefficients, k_s et c_1 , que l'on retrouve dans la nouvelle norme au tableau 10.18.2.2. Les valeurs de c_1 ne sont valides que pour des boulons ASTM A325 et A490, en utilisant la méthode de rotation de l'écrou tel qu'il est spécifié dans la norme CAN/CSA.

Un autre type de boulon est de plus en plus utilisé aux États-Unis, soit le boulon ASTM F1852 communément appelé le boulon TC (figure 1). Il a la même résistance mécanique que le boulon A325. Le boulon TC possède une tête ronde ou hexagonale et une extrémité réduite étoilée qui cisaille au serrage final. Il n'a été utilisé au MTQ que de façon expérimentale jusqu'à maintenant. Le facteur c_1 n'a pas encore été déterminé.

Des modifications ont aussi été apportées à la norme CAN/CSA relativement à la méthode de serrage de l'écrou. Dans l'ancienne norme, en plus de pouvoir utiliser la méthode de rotation de l'écrou, il était permis de serrer l'écrou en mesurant la tension au moyen d'un indicateur et en démontrant que la tension exigée dans le boulon avait été obtenue. Étant donné les difficultés de validation des résultats sur les chantiers et le nombre de contestations, cette méthode a été abandonnée.

MÉTHODE DE SERRAGE PAR ROTATION DE L'ÉCROU

L'inspecteur doit pouvoir vérifier visuellement la rotation relative de l'écrou par rapport au boulon, peu importe l'outil avec lequel l'écrou est serré. Cela implique que l'écrou et l'extrémité du boulon doivent être marqués avant le serrage final. Il s'agit de faire une marque sur la demi-circonférence de l'extrémité du boulon et sur la partie supérieure de l'écrou, toutes les deux en position midi, avant de faire le serrage final.

Cette méthode de serrage, prévue à l'article 10.24.6.6, nécessite un préserrage appelé « serrage à bloc », afin de garantir que toutes les parties du joint sont bien en contact les unes avec les autres. L'article ne traite pas de la tension dans les boulons correspondante au serrage à bloc. Toutefois, elle devrait se situer autour de 15 % de la tension requise pour l'assemblage, soit 15 % de 70 % de la résistance à la traction F_u des boulons. Cette valeur est tirée de l'article 10.24.6.7, qui traite de l'inspection et du processus d'arbitrage en cas de désaccord. Le serrage à bloc ne doit pas être excessif, ce qui pourrait provoquer une déformation plastique des filets.

Afin d'illustrer cette assertion, on a demandé à différents monteurs d'effectuer le serrage à bloc de quelques boulons sur plusieurs chantiers. La tension obtenue dans des boulons de 3/8 pouce de diamètre a varié de 3 000 à 15 000 lbf. Le serrage à bloc a été obtenu au moyen d'une clef à mâchoires ou de quelques percussions d'un perceur pneumatique. Les résultats du serrage final effectué après le serrage à bloc apparaissent à la figure 2. Dans le premier graphique, pour un serrage à bloc de 3 000 lbf, la tension finale est supérieure à l'exigence minimale de 28 000 lbf à 1/3 de tour de rotation, qui est la rotation visée pour la longueur de boulon utilisé. Dans le deuxième graphique, pour un serrage à bloc de 15 000 lbf, la tension finale est aussi supérieure à l'exigence de 28 000 lbf à 1/3 de tour de rotation, mais les filets ont subi une déformation plastique non acceptable, comme on peut le voir par la forme aplatie de la courbe.

Lors d'un contrôle à la réception dans le cadre de travaux effectués par un entrepreneur, la partie étoilée de l'extrémité d'un boulon TC s'est rompue par cisaillement avant d'atteindre la tension minimale exigée. La lecture du tensiomètre indiquait seulement 18 000 lbf alors qu'on aurait dû obtenir une tension minimale de 28 000 lbf. Une enquête a révélé qu'un sous-traitant avait fait galvaniser les écrous sans les fileter à nouveau à un diamètre surdimensionné. Le revêtement de zinc entre les boulons et les écrous s'est refoulé au fond des filets, le couple de serrage a augmenté rapidement et la tension dans les boulons s'est maintenue à une valeur trop basse. Le problème n'était pas lié au type de boulon mais plutôt à la transformation du produit après fabrication.

Il n'existe pas de relation mathématique entre le couple de serrage et la tension dans les boulons, même si les deux évoluent dans le même sens. Le coefficient de friction entre le boulon et l'écrou est influencé entre autres par le type de revêtement, le type de filet, la lubrification et la tolérance dimensionnelle des filets. Lorsque les boulons ne sont pas vérifiés au début des travaux à l'aide d'un tensiomètre, il n'y a pas de garantie que l'on obtienne la tension désirée dans les boulons, même si un couple de serrage élevé a été obtenu sur l'indicateur de la clé dynamométrique.


CONCLUSION

Un tensiomètre doit être utilisé pour s'assurer de la conformité des boulons dès le début des travaux. Les boulons et les écrous doivent être conformes aux normes ASTM et la méthode de serrage, à la norme CAN/CSA. Cette méthode comporte un préserrage adéquat et une rotation relative de l'écrou par rapport au boulon, qui permet d'atteindre une tension de serrage finale minimale recommandée sans déformation plastique des filets.

RÉFÉRENCE

Research Council on Structural Connections, 2000, « Spécification for Structural Joints Using ASTM A325 or A490 Bolts », Committee 15, c/o American Institute of Steel Construction Inc., One East Wacker Drive, Suite 3100, Chicago, Illinois 60601-2001, 23 juin 2000.

RESPONSABLES : Donald Villeneuve, ing.
Roger Gosselin, ttp
Service des matériaux
d'infrastructures

DIRECTEUR : 
Michel Labrie, ing.

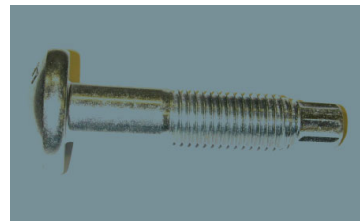


Figure 1 : Boulon TC

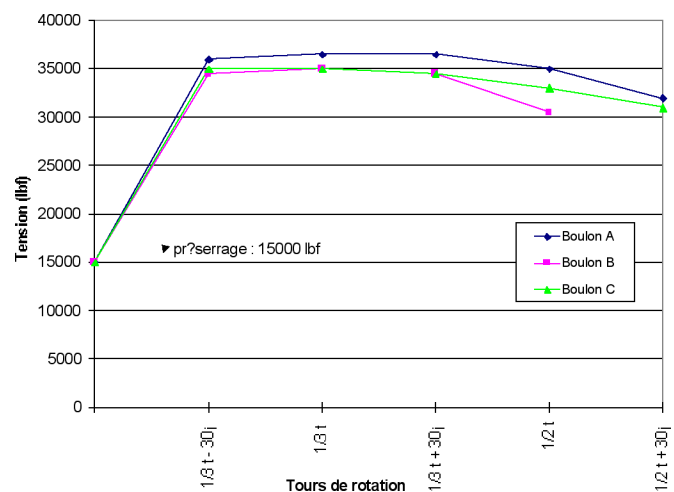
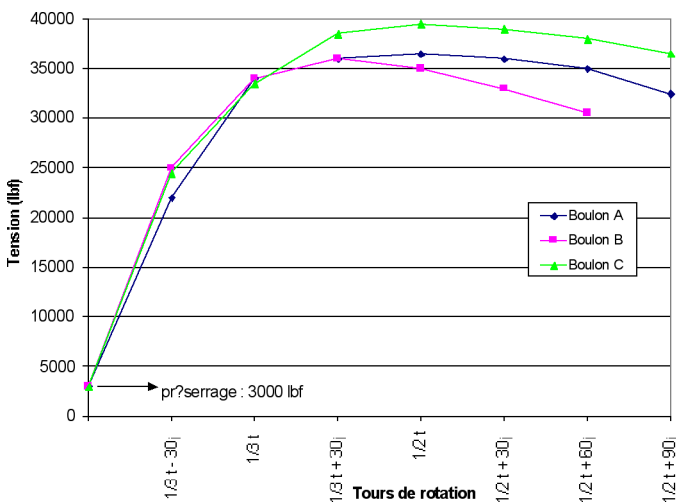


Figure 2 : Essais de tension sur boulons ASTM A325 galvanisés