

片面施工用高力ボルトを用いたボルト締めストップホール工法による疲労き裂の補修

明星大学 正会員 鈴木 博之
 明星大学 学生員 ○宮崎 清貴
 鋼橋技術研究会 相田 亨

1.はじめに

溶接継手部に生じる疲労き裂の補修方法の一つに、ストップホールを高力ボルトで締付けるボルト締めストップホール工法がある。しかしながら、この工法は両面施工が必要となるため、トラス弦材等の閉断面に発生した疲労き裂の場合、新たにハンドホールを明けなければ適用できない。本研究では、片面からしか施工しない場合を想定し、片面施工用高力ボルト（以下、ワンサイドボルトと呼ぶ）を用いたボルト締めストップホール工法による疲労き裂の補修について基礎的検討を行い、その可能性を確認する。また、ストップホール工法において孔壁を仕上げた場合の効果についても調査する。

2.実験方法

試験体は、図-1 に示すように、支間 6000mm、桁高 800mm の鋼 I 桁の片側に面外ガセット（以下、ガセットと記す）を溶接したものである。本研究では、き裂先端にストップホールを設け、ワンサイドボルトと高力ボルトを用いてストップホールを締付けた

場合のき裂再発生の防止効果を比較することを第一の目的としているので、ガセットの回し溶接止端に疑似き裂を入れることとした。疑似き裂は、図-2 に示すように、直径 26mm(●印)または 22mm(○印)のストップホール間を電動カッターで連結することとした。疲労試験は、容量 1250 kN の油圧サーボ疲労試験機を使用し、载荷は三点曲げとした。

疲労試験の最大荷重 (P_{max}) は 412 kN、最小荷重 (P_{min}) は 30 kN とした。き裂の発生については、繰返し回数 10 万回ないし 20 万回ごとに磁粉探傷試験を実施し、確認することとした。また、ストップホールおよびワッシャーの縁から 5mm の位置に歪ゲージを貼付し、静的载荷試験による歪測定結果からもき裂発生の有無を調査した。実験ケースは図-2 に示すとおりである。ケース 1 はワンサイドボルト(OS1)と高力ボルト(HTB1)との比較、ケース 2 はワンサイドボルト(OS2)とストップホールの表面仕上げを行った場合(GR2)との比較、ケース 3 はワンサイドボルト(OS3)とストップホールのみ(SH3)との比較、ケース 4 はストップホール(SH4)とストップホールの表面仕上げを行った場合 (GR4) との比較である。ケース 1～4 におけるガセット端の公称応力範囲はそれぞれ、111MPa、101MPa、91MPa、81MPa である。

キーワード ワンサイドボルト, き裂, 補修, ストップホール

連絡先 〒191-8506 東京都日野市程久保 2-1-1 明星大学理工学部土木工学科 TEL 042-591-9645

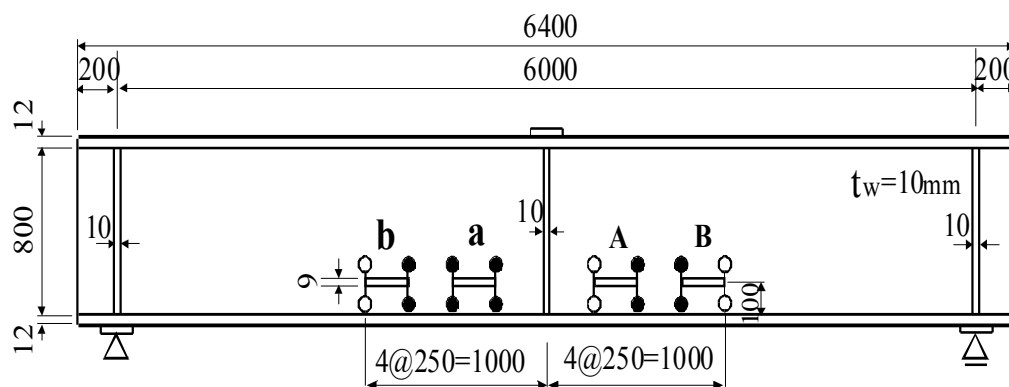


図-1 試験体形状

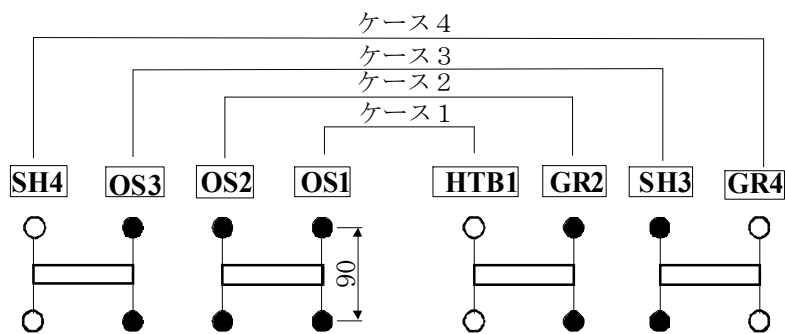


図-2 実験ケース

3.試験結果および考察

3.1 ボルト締付け前後の静的載荷試験

ボルト締付け前後に行った静的載荷試験の最大荷重 $P=412\text{kN}$ 時のワッシャー縁から 5mm の位置の応力を図-3 に示す。図中の点線で囲まれたグループは、ボルト締付け前の測定結果であり、実線で囲まれたグループは、ボルト締付け後である。図-3 よりボルト締めストップホール工法の場合は、ボルト締付け前後で 78MPa 、 104MPa の応力の低減があり、ストップホールをワンサイドボルトで締付けた場合は、ボルト締付け前後で $39\text{MPa}\sim 79\text{MPa}$ の応力の低減があることがわかる。したがって、ストップホールをワンサイドボルトで締付ける工法は、ボルト締めストップホール工法と同じように孔周辺の応力を低減させる効果があると言える。

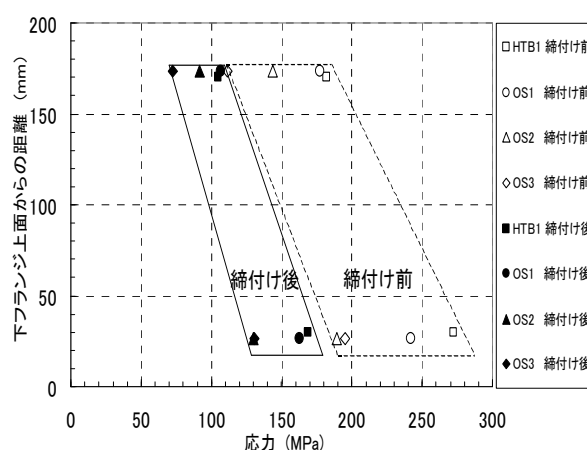


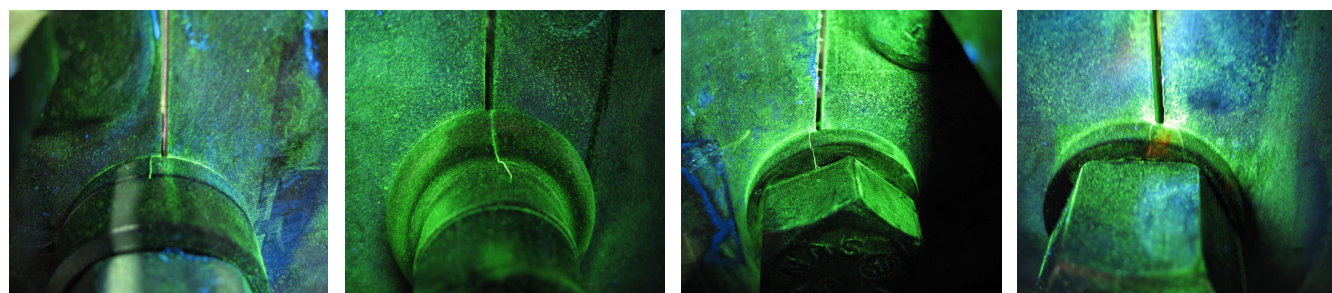
図-3 最大荷重($P=412\text{kN}$)時の応力

3.2 疲労試験

20 万回の繰返し載荷後に、SH3 に長さ 23mm の疲労き裂 (写真-1) を確認した。この SH3 の疲労き裂は、孔の周囲を仕上げていないために、切削傷やバリに応力集中が生じ、疲労き裂が発生したものである。このき裂については M16 の高力ボルトを用いたボルト締めストップホール工法 (以下 HTB-M16 という) で補修し、疲労試験を継続した。40 万回の繰返し載荷後に、前述の M16 のワッシャー 2 枚にき裂が確認されたので、ワッシャーを交換して疲労試験を継続した。53 万回の繰返し載荷後に、SH4 に 10mm 、GR2 に 7mm の疲労き裂を確認したため、これらのき裂に HTB-M16 工法による補修を行った。60 万回の繰返し載荷後に、写真-2 に示すように、ワンサイドボルトのフィラー、ワンサイドボルトのバルブスリーブ、高力ボルトのワッシャーにき裂を確認した。これらは、繰返し荷重を受けるウェブに導入した疑似き裂の開閉口挙動によりウェブと、フィラー、バルブスリーブ、およびワッシャーとの間に摩擦が生じ、フレッチング疲労によりき裂が発生したものと考えられる。また、40 万回の繰返し載荷後に補修した SH3 の M16 のナット側のワッシャーにも疲労き裂が発生していたが、ボルト側のワッシャーにはき裂は発生していなかった。



写真-1 SH-3 疲労き裂



(a)ワンサイドボルトの
ナット側のフィラー

(b)ワンサイドボルトの
バルブスリーブ

(c)高力ボルトのワッシャー
(ボルト側)

(d)高力ボルトのワッシャー
(ナット側)

写真-2 フィラー、バルブスリーブ、ワッシャーに発生したき裂

4.まとめ

本研究の結果、得られた知見は以下の通りである。

- (1)ワンサイドボルトでストップホールを締付ける工法は、高力ボルトと同様にき裂再発生を防止することができ、さらに高力ボルトを用いた場合と同じような応力低減効果があった。
- (2)き裂の開閉口挙動により、フィラー、バルブスリーブ、ワッシャーにフレッチング疲労が生じているものと推察された。また、切削傷の研磨やバリをとるなどの処置を行うだけでも疲労強度が向上する結果となった。