

小径高力ボルトの追加による当て板補修されたストップホールの応力集中の低減効果

関西大学 学生員 ○玉利 仁, 正会員 石川 敏之
 横河ブリッジホールディングス 正会員 清川 昇悟
 横河ブリッジ 中辻 亘

1. はじめに

鋼橋に発生した疲労き裂の一般的な補修法として、き裂先端にドリル孔(ストップホール)を設け、き裂部を覆うようにして当て板を高力ボルトで補修する方法がある。しかし、当て板補修されたストップホールから疲労き裂が再発生した事例も報告されている¹⁾。当て板補修されたストップホールの応力集中をより低減させる研究として、当て板とともにストップホールをボルト締めする方法がある。さらに、高力ボルト配置によっても当て板補修されたストップホールの応力集中が異なり、き裂をまたぐ高力ボルト間長が短いほど、ストップホールの応力集中が小さくなることが明らかにされている²⁾。したがって、当て板補修の効果をさらに高めるためには、き裂をまたぐ高力ボルト間長を短くすることも有効と考えられる。しかし、既に当て板補修されている場合には、高力ボルト間長を短くすることは困難である。このような状況に対して、筆者らは、当て板と共に、き裂部を高力ボルト締めする工法も提案している³⁾。本研究では、既設の当て板補修された場合に対してもストップホールの応力集中を低減させるための新たな工法として、図-1に示すように、疲労き裂とき裂から第1列目の高力ボルト間の主板と当て板を小径高力ボルトで接合し、き裂をまたぐ高力ボルト間長を短くする方法を提案する。この方法によって、き裂をまたぐ小径の高力ボルト間を高力ボルト間長とみなせれば、ストップホールの応力集中をさらに低減できると考えた。本研究では、提案工法の効果を、引張試験により明らかにする。

2. 試験体

本研究で用いた試験体を表-1、図-1に示す。試験体の寸法は、これまでに実施してきた文献3)と比較するために同寸法とした。表-1には、比較する文献3)の小径高力ボルトを用いていない試験体も列記している。試験体 P140-9B は、厚さ 12mm、幅 150mm の主板の両面にストップホール(SH)を覆うように厚さ 9mm、幅 140mm の当て板を 2 行 2 列の高力ボルト接合した試験体である。試験体 P140-9S は、試験体 P140-9 のストップホールもボルト締めした試験体である。試験体 P70 シリーズは、当て板幅を 70mm として、ストップホール縁を直接目視観察できるように、ストップホールの半分を覆う当て板とした試験体である。防錆に対する配慮は必要であるが、このような当て板形状を採用することは、補修後のストップホールの直接的な点検・経過観察が可能になるメリットがあると考えている。試験体 P140-9B と同じ当て板厚 9mm でストップホールを目視できるようにした試験体 P70-9B では、当て板の断面積が試験体 P140-9B の 50%になる。当て板の効果は、当て板と主板の断面積比に影響される²⁾ため、試験体 P70 シリーズでは、当て板厚さを 16mm にし、試験体 P140-9B の当て板の断面積の 89%とした試験体も準備した。試験体の主板には、疲労き裂を模したスリット(幅 4mm)を設け、その両端に $\phi 22.5\text{mm}$ のストップホールを施工した。ストップホールの内部と縁は#100 のサンドペーパーで仕上げをしている。主板と当て板の接合には、トルシア形高力ボルト S10T(M20)を用い、ボルト孔は $\phi 22.5\text{mm}$ とした。トルシア形高力ボルトの 1 次締めおよび本締めには専用のトルクレンチを用いた。提案工法では、スリット中央から左右 20mm の位置に $\phi 18\text{mm}$ の孔を設け、建築用の高

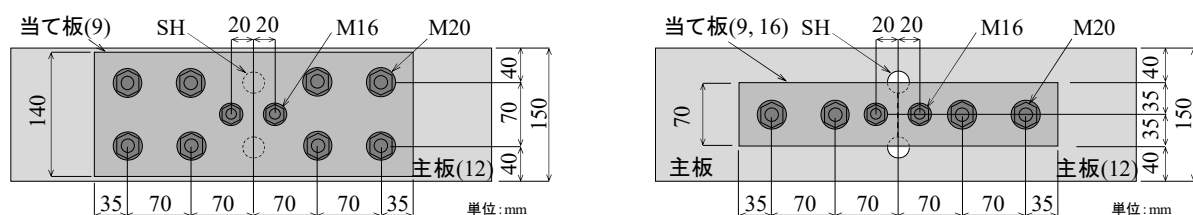


図-1 試験体寸法

キーワード ストップホール, 高力ボルト, 応力集中

連絡先 〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35 TEL 06-6368-0926

表-1 試験体一覧 (*:文献 3))

試験体	ボルト 行数	当て板長さ (mm)	当て板幅 (mm)	当て板厚 (mm)	ボルト本数	応力集中係数 α_{SH} ($\sigma_{sn} = 100\text{N/mm}^2$)
SH*	-	-	-	-	-	7.68
P140-9*	2	350	140	9	8 本(M20)	1.74
P140-9B	2	350	140	9	8 本(M20), 2 本(M16)	1.49
P140-9S*	2	350	140	9	10 本(M20)	1.31
P70-9*	1	350	70	9	4 本(M20)	3.26
P70-9B	1	350	70	9	4 本(M20), 2 本(M16)	2.75
P70-16*	1	350	70	16	4 本(M20)	2.37
P70-16B	1	350	70	16	4 本(M20), 2 本(M16)	1.98

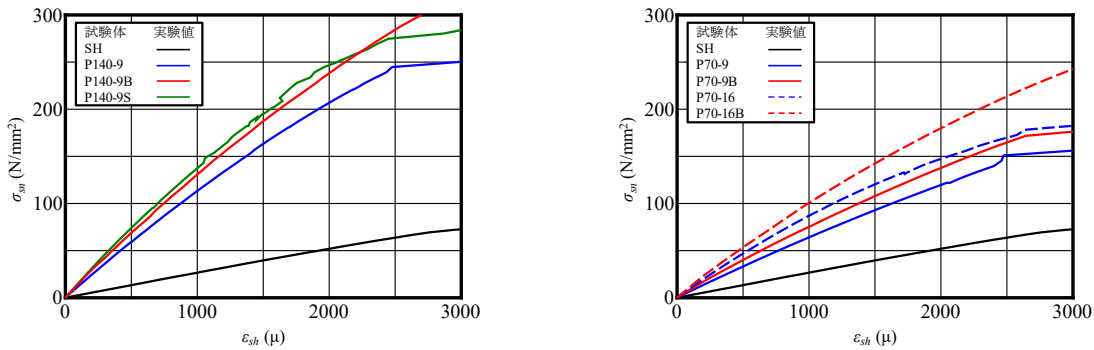


図-2 公称応力 σ_{sn} とストップホール壁のひずみ ϵ_{sh} の関係

力ボルト F10T(M16)を、プレセット型トルクレンチを用いて 100N・m で 1 次締めし、270N・m で本締めした．ひずみの計測位置は、ストップホールの壁の板厚中央とし、ゲージ長 1mm のひずみゲージによりひずみを計測した．当て板でストップホールを覆った試験体では、文献 3)と同様に片面の当て板に $\phi 5\text{mm}$ の孔を設けてリード線を配線した．試験体の接合面は、文献 3)と同様にサンドブラスト処理としている．接合面の算術平均粗さ R_a は、6.0～8.0 μm であった．

3. 試験結果

載荷試験で得られた、公称応力 σ_{sn} (載荷荷重を主板の総断面積で除した値)とストップホール壁のひずみ ϵ_{sh} の関係を図-2 に示す．公称応力 σ_{sn} は、作用荷重を主板の総断面積で除した値である．図-2 より、試験体 SH を除いて、公称応力 σ_{sn} が 100N/mm² 程度までは、当て板のすべりが発生しておらず、 σ_{sn} とストップホール壁のひずみ ϵ_{sh} の関係が線形性を示していることがわかる．全ての試験シリーズに対して、 $\sigma_{sn} - \epsilon_{sh}$ 関係が線形性を示している範囲では、小径高力ボルトを用いた試験体 P140-9B、P70-9B、P70-16B が文献 3)の通常配置の試験体 P140-9、P70-9、P70-16 と比べて傾きが大きくなっていることがわかる．また、試験体 P140-9B は、 $\sigma_{sn} - \epsilon_{sh}$ 関係が線形性を示している範囲では、文献 3)のストップホールもボルト締めした試験体 P140-9S に近い傾きとなっていることがわかる． $\sigma_{sn}=100\text{N/mm}^2$ の際のストップホールの応力集中係数 $\alpha_{SH}(=E_s\epsilon_{sh}/\sigma_{sn})$ を表-1 に示す．したがって、小径高力ボルトを用いた場合、ストップホール壁のひずみが低減しているため、ストップホールの応力集中を低減できることがわかる．

4. まとめ

本研究では、疲労き裂とき裂から第 1 列目の高力ボルト間の主板と当て板を小径高力ボルトで接合し、き裂をまたぐ高力ボルト間長を短くする方法を提案した．一軸引張試験の結果から、提案工法のストップホールの応力集中の低減効果を示した．

参考文献

1) 石丸浩司, 増田高志, 佐々木靖彦, 小西拓洋, 澁谷敦: 鋼橋の橋脚隅角部・桁端切欠き部・支承受台部の疲労損傷に対する大規模対策, 土木学会第 58 回年次学術講演会概要集第 1 部, 第 58 巻, I-545, pp. 1089-1090, 2003.

2) 清川昇悟, 館石和雄, 判治剛, 清水優, 中山裕哉: 当て板によるストップホール部の応力集中低減効果, 構造工学論文集, Vol. 64A, pp. 435-444, 2018.

3) 玉利仁, 石川敏之, 清川昇悟, 中辻亘: 当て板とき裂部ボルト締めの併用によるストップホールの応力集中の評価, 構造工学論文集, Vol. 67A, pp. 509-517, 2021.