

打込み式高力ボルトを用いたボルト締めストップホール法の疲労亀裂補修効果

法政大学大学院 正会員 ○内田 大介

法政大学 正会員 森 猛

（社）日本橋梁建設協会 製作研究委員会 小澤 克郎

芝田 之克

黒田 岩男

1. はじめに

ガセット溶接継手部に生じた疲労亀裂を補修する方法の1つにボルト締めストップホール法がある。これは、疲労亀裂の先端に設けたストップホールを高力ボルトで締め付ける方法である。この方法はストップホールによる疲労亀裂先端での応力集中低減に加え、応力集中箇所の力の一部が母板とワッシャー間の摩擦を介してボルト部に流れるため、その補修効果は高い。このボルト締めストップホール法において通常の高力ボルトのかわりに打込み式高力ボルトを用いれば、母板とワッシャー間の摩擦に加え、母板とボルト軸部が一体となって力を伝達することにより、さらに高い補修効果が期待できると考えられる。本研究では、疲労亀裂が生じた面外ガセット溶接継手に対する打込み式高力ボルトを用いたボルト締めストップホール法の疲労亀裂補修効果を検討する目的で、モデル試験体の応力測定試験と疲労試験を行った。

2. 試験方法

供試鋼材は板厚 12mm と 25mm の SM490 あるいは SM490Y である。試験体の形状・寸法を図 1 に示す。試験体の表裏面の中央長手方向には TIG-dressing を行い、溶接継手部に生じる引張残留応力を模擬している。鋸引きにより面外ガセット溶接継手に生じた疲労亀裂を模擬し、 $\phi=23\text{mm}$ のストップホールをあけた後、B10T-M22 をハンマーで打ち込んでトルクレンチで締め付けたものが WG-BB 試験体である。導入軸力は高力ボルトの標準軸力とした。打込み式高力ボルトを写真 1 に示す。WG-BB 試験体に加えて、 $\phi=18\text{mm}$ のストップホールによる補修を模擬した WG-2H 試験体、WG-2H 試験体の円孔を F10T-M16 の高力ボルトを用いて標準軸力で締め付けた WG-2B 試験体も用意した。これら 3 種類の試験体の板厚はいずれも 12mm あるいは 25mm である。応力測定は、動的能力 $\pm 500\text{kN}$ の電気油圧サーボ式材料試験機を用いて図 2 に示す位置にひずみゲージを貼付して行った。疲労試験は下限荷重を 10kN とした片振り繰返し荷重下で行った。荷重波形は正弦波、繰返し速度は 5～20Hz である。

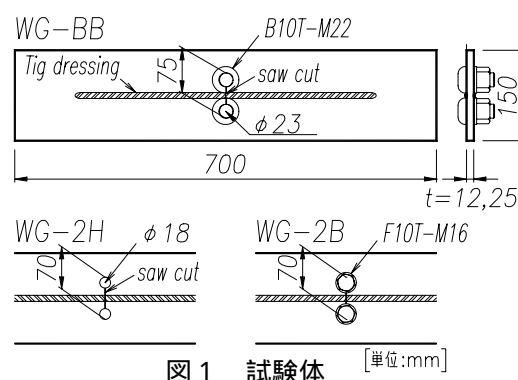


図 1 試験体 [単位:mm]

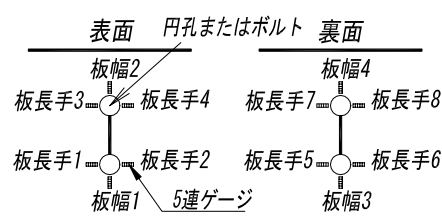


図 2 ひずみゲージ貼付位置

3. 応力測定試験結果

板幅方向と板長手方向の測定結果の平均値を図 3 と 4 に示す。図の縦軸はひずみの測定値にヤング係数 ($2.06 \times 10^5 \text{N/mm}^2$) を乗じた応力を公称応力で除したものである。なお、WG-BB 試験体はワッシャーの有無を考慮して表裏面別々に図示した。板表面での測定であったため、板厚による影響、ボルト軸部での応力伝達の影響は確認できなかったが、WG-2B 試験体、WG-BB 試験体の応力分布はばらつきが小さく、応力集中係数が 1 に近いことからボルト部において力が伝達されていることがわかる。

キーワード 疲労亀裂、打込み式高力ボルト、ボルト締めストップホール法、疲労強度

連絡先 〒184-8584 東京都小金井市梶野町 3-7-2 法政大学工学部 土木工学科 TEL 042-387-6279

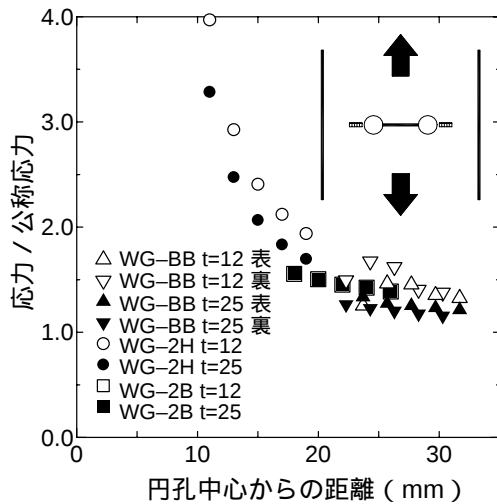


図3 板幅方向応力分布

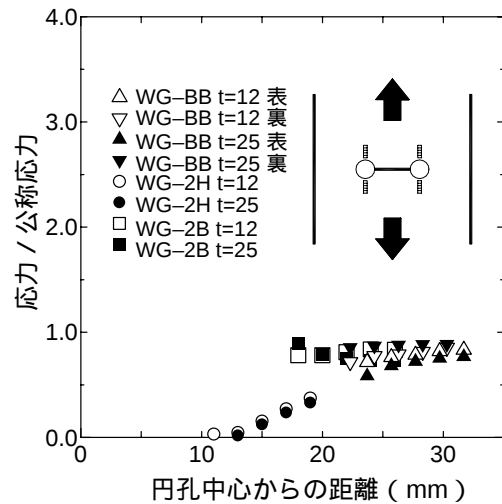


図4 板長手方向応力分布

4. 疲労試験結果

公称応力範囲で整理した疲労試験結果を図5と6に示す。図5はWG-2Hと、図6はWG-2BとWG-BBの結果の比較である。WG-2Bの疲労強度は板厚が大きくなると低くなる傾向にあるがWG-2H、および、WG-BB疲労強度は板厚によらず一定である。これは、WG-2B試験体は板厚増加によって軸力による応力緩和の効果が薄れるが、WG-BB試験体ではボルト軸部でも力が伝達されるため、板厚増加による影響を受けなかったためと考えられる。また、WG-BBの疲労強度はWG-2Hと比較して高く、WG-2Bの板厚12mmの疲労強度と同程度であった。WG-BBの疲労強度がWG-2Bのそれを上回らなかった理由として、打込み式高力ボルト軸表面の凹凸が挙げられる。この凹凸は打込み式高力ボルト本来の使用方法である支圧接合の際に継手が滑ることを防ぐためのものであるが、ボルト打ち込み時に円孔壁に微小なキズを生じさせ、疲労強度の低下につながったものと考えられる。写真1にWG-BB試験体の破断面の一例を示す。

5. まとめ

- (1) 打込み式高力ボルトを用いたボルト締めストップホール法の疲労亀裂補修効果は、従来のボルト締めストップホール法と比較して板厚12mmで同等、板厚25mmでは補修効果が大きいことが確認された。
- (2) 打込み式高力ボルトを用いたボルト締めストップホール法は、母板とボルト軸が一体となり、ボルト軸部で力が伝達されるため、母板厚の影響を受けにくい補修方法である。
- (3) 打込み式高力ボルト軸表面の凹凸は、補修効果を低減させる要因となる。

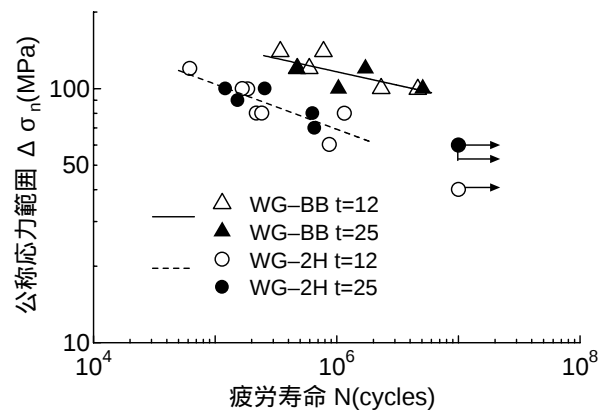


図5 疲労試験結果 WG-2H との比較

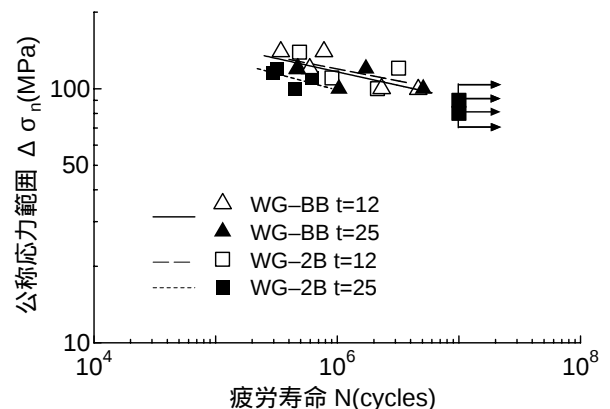


図6 疲労試験結果 WG-2B との比較

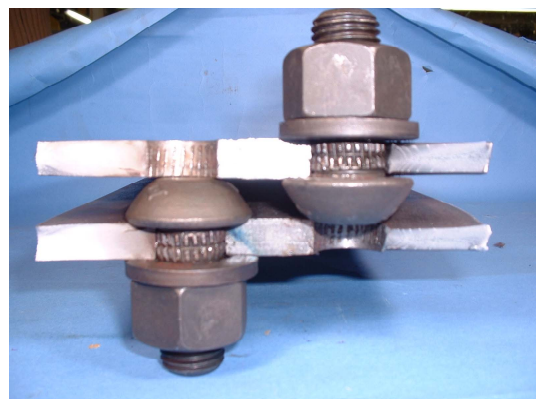


写真1 WG-BB 破断面