

法政大学大学院 学生会員 村山 智之
法政大学工学部 正会員 森 猛

1. はじめに 疲労損傷の補修方法の一つにストップホール法がある。これは、疲労亀裂の先端にストップホールと呼ばれる円孔をあけ、亀裂先端の応力集中を緩和することにより残存寿命の延長、すなわち疲労強度の向上を計る方法である。そのストップホールをボルト締めし、母板とワッシャーの間の摩擦を利用することにより応力集中をさらに緩和して疲労強度の向上を計る方法がボルト締めストップホール法である。ストップホール法およびボルト締めストップホール法により補修した部材の疲労強度については、ストップホール先端の応力範囲を求め、それを基に評価すればよいとされている。また、その応力範囲の表示式についても検討が進められている。ここでは、単に円孔をボルト締めするのではなく、その間に小さな板を挿入することを考えた。これにより、母板との接触面積が増加し、当て板で分担される力も、ワッシャーのみの場合に比べて大きくなることにより応力集中はさらに緩和され、疲労強度が向上することを期待した。ここでは、この補修方法を当て板付きボルト締めストップホール法と呼ぶ。

本研究では、当て板付きボルト締めストップホール法により補修した疲労損傷部材の疲労強度を明らかにすることを目的とし、面外ガセット溶接継手をモデル化した試験体を用いて円孔壁の応力測定試験と疲労試験を行う。

2. 試験体 供試鋼材は板厚 12mm の SM490YA である。試験体は、溶接のままの試験体、板中央に $\phi=18\text{mm}$ の円孔（ストップホール）を 2 つあけ、鋸引きにより疲労亀裂を模擬したもの、その円孔をボルト締めしたもの、当て板を挟んでボルト締めしたものの 4 種類である。以後これらを N 試験体、H 試験体、B 試験体、P 試験体と呼ぶ。B、P 試験体で使用したボルトは F10T-M16 である。当て板は 1 辺 50mm の正方形で厚さ 9mm の鋼板（SS400）である。試験体の形状と寸法を図 1 に示す。N 試験体の溶接は低水素系の溶接棒を用いた手溶接法によって行っている。H 試験体、B 試験体、P 試験体については、ガセットとその溶接部を省略している。これら 3 つの試験体については、ガセットの溶接による残留応力を再現するために、円孔を加工する前に板中央長手方向に TIG-dressing を施している。

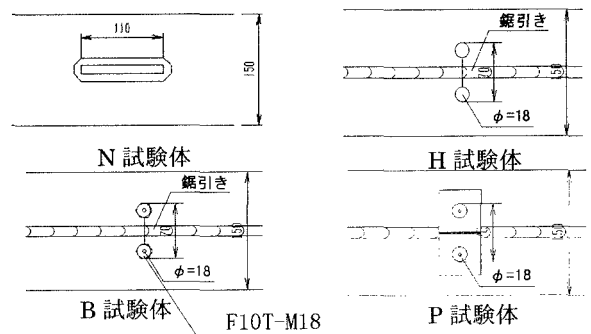


図 1 試験体の形状と寸法

3. 応力測定試験 H、B、P 試験体の円孔壁でのひずみを測定するため、ゲージ長 1mm のリード線付きひずみゲージを円孔内に貼付した。貼付位置は、応力集中が最も高くなり疲労亀裂が生じると予想される板厚中心である。ひずみゲージのリード線を円孔外に取り出すため、ボルトに円孔をあけ、ワッシャーの一部を

キーワード 疲労損傷 ボルト締めストップホール法 面外ガセット

連絡先 住所 〒184-8584 東京都小金井市梶野町 3-7-2 法政大学工学部 電話番号 042-387-6279

切り欠いた。当て板もワッシャーと同様に切り欠いた。また、公称ひずみを測定するために、試験体中心から 150mm 離れた左右側面にもひずみゲージを貼付した。ストップホール壁のひずみを公称ひずみで除した応力集中係数は、H 試験体で 6.63、B 試験体で 4.03、P 試験体では 3.39 であり、ボルト締め、そして当て板付きボルト締めによって応力集中が大きく緩和されている。

4. 疲労試験 疲労試験は、動的能力±500kN の油圧サーボ式材料試験機を用いて下限荷重を 10kN とした片振り引張荷重下で行った。繰返し速度は 10~20Hz である。

各試験体の疲労試験より求めた総断面応力範囲と疲労寿命の関係を図 2 に示す。なお、H、B、P 試験体の純断面面積は、N 試験体の 53% にすぎない。図中の直線群は、それぞれの試験体について求めた疲労寿命に対する応力範囲の回帰直線である。溶接のままの N 試験体に比べて、ストップホール法で補修した H 試験体の疲労強度は、およそ半分となっている。B 試験体の疲労強度は、純断面面積が約半分となっているにもかかわらず、N 試験体と同程度となっており、当て板を挟んでボルト締めた P 試験体の疲労強度は N 試験体よりも高くなっている。すなわち、ボルト締めストップホール法で補修すれば、疲労損傷を受けていない初期状態の継手と同程度の疲労強度、そして当て板付きボルト締めストップホール法で補修すれば、初期状態の継手よりも疲労強度が高くなる。ストップホール法で補修した H 試験体に比べて、ストップホールをボルト締めた B 試験体の疲労強度は約 2 倍となっている。また、ボルトと母板の間に小さな板を挟んだ P 試験体の疲労強度は、B 試験体よりも 20% 程度高くなっている。すなわち、円孔をボルト締めするだけで、疲労強度は倍増し、小さな板を挟むと疲労強度はさらに向上する。

前述のように、H、B、P 試験体の純断面面積は N 試験体の半分程度となっており、実際の構造物ではこのような違いが生じないことを考えれば、ボルト締めストップホール法でも未損傷の継手よりも疲労強度がかなり高くなるものと予想される。参考のために、純断面での応力範囲で整理した疲労試験結果を図 3 に示す。

図 4 に円孔壁での応力範囲で整理した疲労試験結果を示す。H、B、P 試験体の疲労強度はほぼ一致している。したがって、当て板付きボルト締めストップホール法で補修した面外ガセット溶接継手についても、ストップホール壁での応力集中係数が明らかとなれば、疲労強度評価が可能と考えられる。

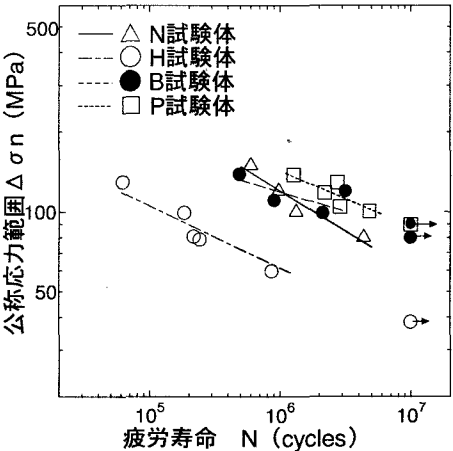


図 2 総断面応力範囲と疲労寿命の関係

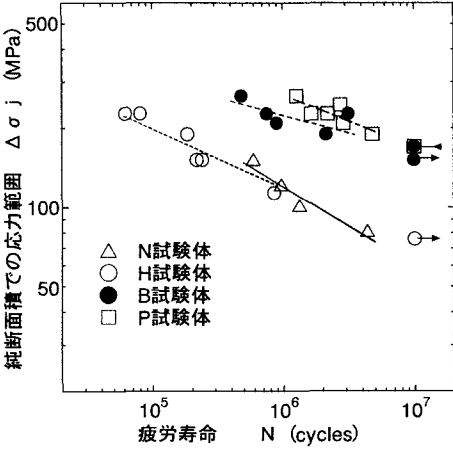


図 3 疲労試験結果（純断面で整理）

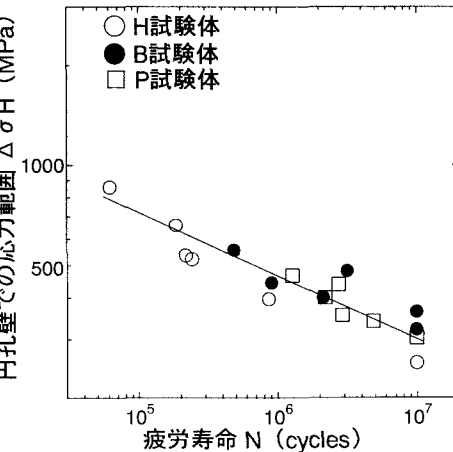


図 4 疲労試験結果（円孔壁の応力）