

## 高力ボルト摩擦接合へのボルト孔樹脂充填による支圧効果

関西大学 学生会員 ○八重垣 諒太 正会員 石川 敏之  
 ショーボンド建設 正会員 木田 秀人

## 1. はじめに

鋼橋において、部材の腐食損傷が生じている事例が多数報告されている。損傷箇所を高力ボルト摩擦接合による当て板補修をする場合、表面処理を行い接合面にすべり係数を確保する必要がある。しかし、部材の損傷が著しい場合、すべり係数が十分に確保できないことが考えられる<sup>1)</sup>。そこで本研究では、すべり係数が十分でない高力ボルト摩擦接合を対象として、高力ボルト摩擦接合のボルト孔に樹脂を充填する工法に着目し、ボルト孔に樹脂を充填することによる主板と当て板の相対変位への影響を明らかにする。また、樹脂の支圧効果による荷重伝達を有限要素解析により調べる。

## 2. 一軸引張試験

本研究では、図-1 に示すように、主板の両面に当て板を接合した試験体を用意した。試験体には鋼種 SM490Y( $\sigma_Y=379\text{N/mm}^2$ )を用いた。主板と当て板の接合面は、すべり係数が低くなるようにグライNDER処理のみとし、高力ボルトには S10T(M20)を利用した。図-2 に示すように座金に幅 4mm、深さ 2.5mm の溝を 2 つ(注入孔と通気口)設けて、ボルトの締め付け直後にシリンジを用いて樹脂の充填を行った。

引張試験は、試験体に樹脂の充填を行った後に、室温で 24 時間以上養生し、その後 35℃の乾燥炉で 12 時間養生してから、さらに、室温で 1 週間以上経てから実施した。

載荷荷重  $P$  と主板と当て板の相対変位  $\delta$  の関係を図

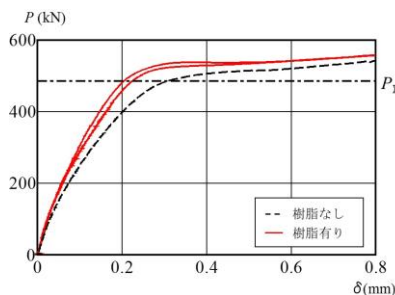
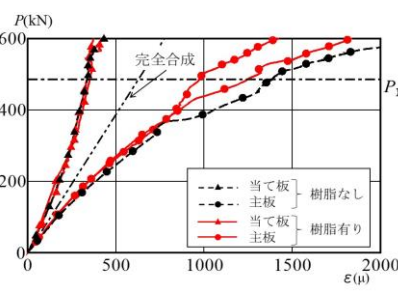
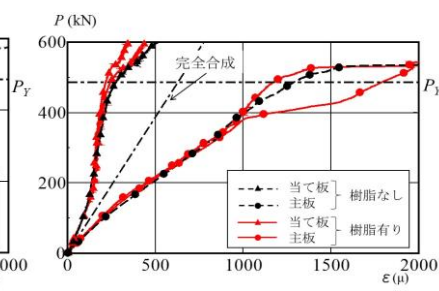


図-3 荷重と相対変位の関係



(a) 試験体中央



(b) 1, 2 列目のボルト間

図-4 荷重とひずみの関係

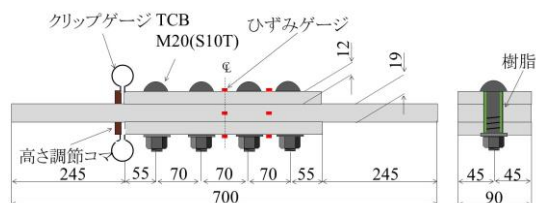


図-1 試験体寸法(単位:mm)

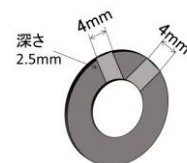


図-2 加工した座金

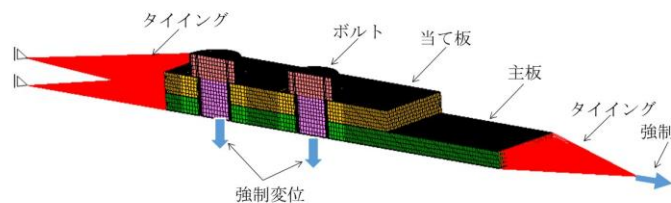


図-5 解析モデル

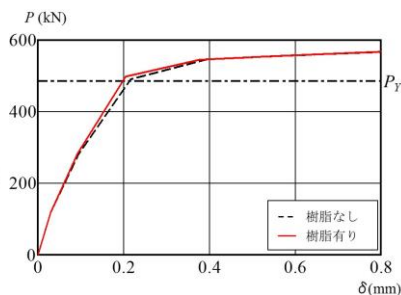
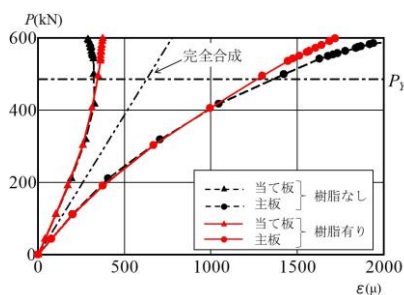
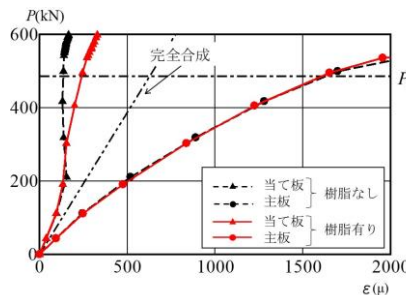


図-6 荷重と相対変位の関係(FEM)



(a) 試験体中央



(b) ボルト間

図-7 荷重とひずみの関係(FEM)

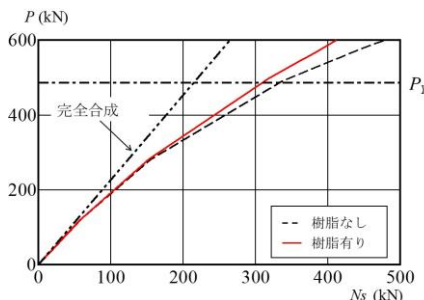


図-8 荷重と主板の軸力の関係(FEM)

### 3. 有限要素解析

汎用の有限要素解析 MARC を用い、一軸引張試験の試験体をモデル化して解析を行った。図-5 に、解析のモデルを示す。解析モデルは、3次元ソリッド要素を用い、対称性を考慮して実モデルの1/8とした。また、タイピングを用いて主板と当て板の軸方向変位を拘束して試験体中央の対称条件とした。ボルトの軸力は、トルシア型高力ボルト M20 の設計ボルト軸力 165kN となるように強制変位で導入した。ボルト、主板、当て板および樹脂がそれぞれ接する要素間に接触条件を設けた。主板と当て板および、ボルトと当て板の摩擦係数を 0.3、他の部材間の摩擦係数を 0.001 とした。

有限要素解析(FEM 解析)により求めた、荷重  $P$  と主板と当て板の相対変位  $\delta$  の関係を図-6 に示す。この図から、実験結果ほど明確ではないが、FEM 解析により、樹脂を充填した場合、充填していない場合に比べて相対変位が小さくなることが再現できた。

FEM 解析により求めた、荷重  $P$  とひずみ  $\varepsilon$  の関係を図-7 に示す。図のひずみは、試験体の計測位置と同じ位置の結果である。図-7(a) から、樹脂を充填した場合、主板のひずみが降伏荷重  $P_Y$  付近で、充填をしていない場合に比べて小さくなった。また、図-7(b) から、樹脂を充填した場合、充填をしていない場合より当て板のひずみが大きくなった。このように FEM 解析では、樹

脂の充填により荷重とひずみの関係が、充填をしていない場合と比べて若干変化することがわかった。

次に、荷重  $P$  と試験体中央の主板の分担軸力  $N_s$  の関係を図-8 に示す。図には、完全合成されている場合の主板の分担軸力も示している。図から、樹脂を充填した場合、充填をしていない場合に比べて、主板の分担軸力  $N_s$  が若干小さくなる。すなわち当て板に荷重が伝達されていることがわかる。したがって樹脂の支圧効果により当て板に軸力が伝達されたと考えられる。また、別途行った解析から、樹脂を充填した場合、接合面のすべり係数が低くなるに従い、樹脂の支圧効果による当て板への軸力の伝達が向上する傾向が見られた。

### 4. 結論

本研究の結果から、ボルト孔に樹脂を充填することで樹脂の支圧効果により、降伏荷重に達した際の、主板と当て板の相対変位を小さくでき、主板の軸力を当て板へより伝達できることを明らかにした。

### 謝辞

本研究は科学研究費助成事業(16K06479)の助成を受けて実施した。

### 参考文献

- 1) 土木学会 鋼構造委員会：腐食した鋼構造物の性能回復事例と性能回復設計法，鋼構造シリーズ 23，土木学会，2014。