

## 引張部材に設けられた円孔の充填に関する基礎的検討

法政大学 学生会員 ○酒井 美樹 法政大学 正会員 内田 大介  
法政大学大学院 正会員 網谷 岳夫 法政大学 正会員 平野 雄大

## 1. 目的

鋼橋の架設や補修・補強工事では仮設部材が設置される場合があり、これらは工事完了後に残置されるものと撤去されるものがある。撤去される仮設部材は本設部材に高力ボルトで接合されることが多く、本設部材に設けられたボルト孔は仮設部材撤去後に断面欠損箇所となる。ボルト孔は応力集中箇所となるが、吊金具設置等のための孔など、総断面積と純断面積の差が小さい場合には、防錆に配慮した上で疲労照査を行えばよいと考えられる。しかし、残置されるボルト孔の一群が大きくなれば、耐力に対しても影響を及ぼす可能性がある。一般に、残置されるボルト孔については防錆に配慮し、孔を再利用できる樹脂性のキャップの適用や、高力ボルトによる締付けの他、金属補修材による充填などで処置されている。これらの力学的特性について、円孔を有する平板については種々の知見が得られているものの、円孔を高力ボルト等で充填した場合については十分な検討がなされているとはいえないと考えられる。

本研究では、充填された円孔を有する鋼板が、引張を受ける場合に着目し、その応力性状や耐力を把握することを目的とする。そのために、中央に円孔を1個、あるいは単列で3個有する鋼板を対象とし、充填材料として金属補修材、トルシア形高力ボルト、打込み式高力ボルトの3種類を使用して引張試験を行う。

## 2. 試験方法

試験体一覧を表1に、試験体形状と静的載荷試験に用いたひずみゲージの貼付位置を図1に示す。本研究ではM22のボルト孔( $\phi 24.5\text{mm}$ )の処置を想定した検討を行った。円孔を充填する材料は金属補修材、トルシア形高力ボルト S10T-M22 と打込み式高力ボルト B10T-M24 の3種類とし、比較のために円孔のままの試験体も製作した。B10T-M24のボルト孔径は道路橋示方書に従い、 $25.5\text{mm}(\pm 0.3\text{mm})$ とした。試験体の板厚はI桁橋の腹板等を想定した9mmとし、円孔は1個設置したものを基本と考えた。しかし、販売されているB10T-M24の最小の首下長さは60mmであり、ボルトメーカーの保証する最小の締め付け板厚は18mmであった。そのため、B10Tでは9mmの当て板を併用することとし、ボルト本数は当て板への力の伝達の状況が確認できるよう3本とした。この際、円孔の間隔は道路橋示方書のM22のボルト孔の最小間隔である75mmとしている。当て板タイプの試験体はS10Tの試験体も製作した。ボルトを挿入する方向は、S10Tは通常の施工を想定して当て板側からとしたが、B10Tは軸部の凹凸がより多く母板の円孔壁に接するよう、母板側からとした。試験はボルトを締め付けてから624時間(26日)以上、金属補修材は16日以上経過後に実施した。試験体は各4体であり、そのうち1体を静的載荷試験後に引張耐力試験を実施した。引張耐力試験のみ実施する3体は図1に示したゲージ位置から間引いてゲージを貼付している。

## 3. 静的載荷試験

試験は2000kN 万能試験機を用い、円孔部も弾性域となるよう母板の総断面の公称応力を $10\text{N}/\text{mm}^2$ 刻みで $100\text{N}/\text{mm}^2$ まで載荷した。各試験体の表面における長軸方向の中心線上貼付したひずみゲージより得られた、最大荷

表1 試験体一覧

名称	板厚	孔数	孔径	充填物
1H	9	1	24.5	なし
1D				金属補修材
1S				S10T
3H	9	3	24.5	なし
3S				S10T
3Sa			S10T当て板	
3Ba			B10T当て板	

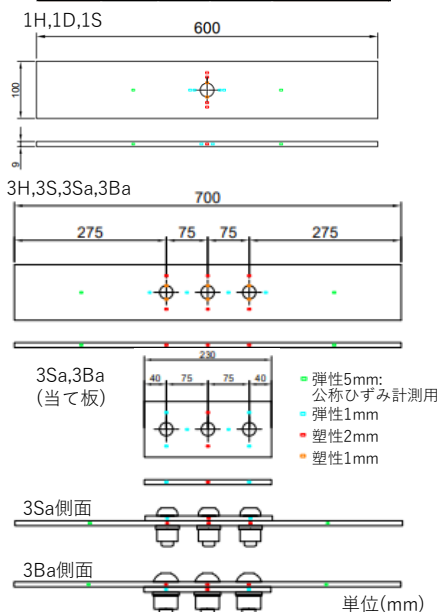


図1 試験体・ひずみゲージ位置

キーワード ボルト孔, 高力ボルト, 仮設部材

連絡先 〒184-8584 東京都小金井市梶野町 3-7-2 法政大学鋼構造研究室 TEL 042-387-6279

重時の長軸方向のひずみを公称ひずみで除した値の分布図を、円孔が 1 個のものと 3 個のものに分けて図 2(a),(b)に示す。なお、長手方向のひずみは当て板のある 3Sa, 3Ba 試験体以外は表裏の平均値、公称ひずみは 4 枚のゲージの平均値である。図 2(a)をみると 1H 試験体と 1D 試験体ひずみ分布はほぼ同じであり、金属補修材は力の伝達に寄与していないことが分かる。円孔を高力ボルトで締め付けると、円孔壁の応力集中が緩和されることは知られているが、1S 試験体でも高力ボルト部における力の伝達を確認できる。図 2(b)をみると 3S 試験体でも 1S 試験体と同程度の高力ボルト部の力の伝達を確認できる。3Sa, 3Ba 試験体では母材部のひずみが 3H 試験体よりも大きく、当て板を介して力が伝達されていると考えられ、その効果は 3Ba 試験体の方が大きい、両試験体とも当て板表面に圧縮のひずみが生じており、板曲げの影響も受けていることが分かる。

4. 引張耐力試験

静的載荷試験と同じ試験装置を用い、2kN/sec の載荷速度で破断するまで連続的に載荷を行った。計測データは 0.05sec ごとに取得している。試験では試験体中央断面の側面に添付したひずみゲージから得られたひずみ値が別途実施した JIS Z 2201 の 1A 号試験片（以下、1A 号試験体）の引張試験で得られた降伏ひずみに達したときの荷重を降伏荷重（図 3）とした。降伏荷重と最大荷重を母板の純断面積あるいは総断面積で除した降伏耐力と引張耐力を算出し、各 4 体の平均値で整理した結果を図 4 に示す。図中には 1A 号試験体から得られた耐力も示している。

総断面で整理した耐力をみると、引張耐力は円孔のみの試験体と円孔を充填した試験体でほぼ同じであり、充填材料は引張耐力の回復に寄与しないことがわかる。降伏耐力は当て板を施した試験体で 20%程度向上しているが、1A 号試験体の耐力よりは小さく完全な回復ではない。

純断面で整理した耐力をみると、引張耐力は充填材料の有無によらず 1A 号試験体の耐力よりも 1 割程度大きくなっており、孔による応力集中が塑性変形を拘束するとして既往の研究<sup>2)</sup>と同様の結果であった。各試験体の降伏耐力を 1A 号の結果と比較すると、当て板のない試験体は 1A 号とほぼ同じであり、当て板があると 20%程度大きくなっている。

5. まとめ

引張部材の円孔を金属補修材やトルシア形高力ボルトで充填しても降伏耐力や引張耐力は円孔のみの場合とほぼ同じであることが分かった。トルシア形高力ボルトや打込み式高力ボルトは当て板を併用すると、降伏耐力は 20%程度向上するものの円孔がない状態には回復せず、引張耐力は円孔のみの場合とほぼ同じであった。なお、打込み式高力ボルトについては鉄道橋のように呼び径+1.2mm (±0.3mm) とすることにより、支圧力による力の伝達が大きくなり、より良い効果が得られる可能性がある。今後は FE 解析を実施するとともに、疲労強度や座屈耐力についても基礎的な検討をしていく予定である。

参考文献 1)森：ボルト締めした円孔の応力集中と疲労強度，土木学会論文集，No. 543/1-36, pp.123-132, 1996. 7. 2)土木学会：本州四国連絡橋鋼上部構造に関する調査研究報告書 別冊 4・鋼上部構造用鋼板の所要性能（鋼材分科会），1973.3.

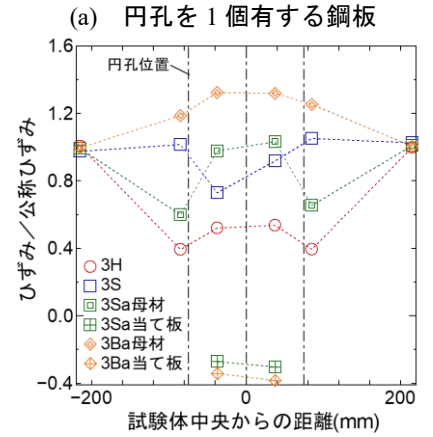
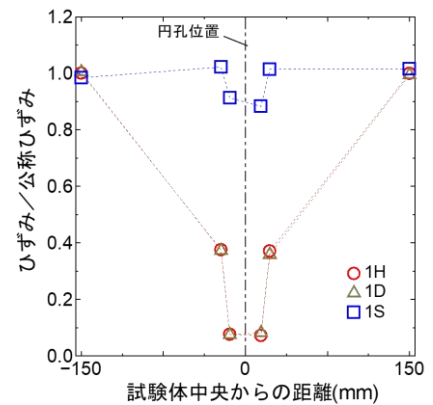


図 2 試験体表面の長軸方向ひずみ性状

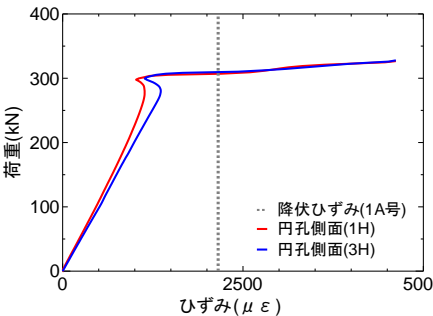


図 3 荷重－ひずみ曲線の例

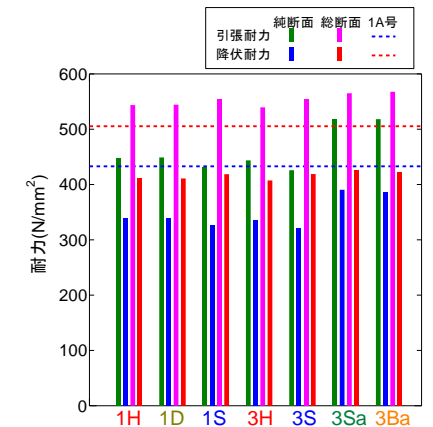


図 4 各試験体の降伏耐力と引張耐力