

## 曲げを受ける鋼I桁下フランジ当て板補修におけるボルト配置に関する検討

大阪市立大学大学院 学生員 ○福辻 菜絵  
西日本高速道路(株) 正会員 豊田 雄介

大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司  
NEXCO 西日本コンサルタンツ(株) 正会員 小山 雅己  
(株)富士技建 正会員 水内 將司

### 1. 目的

鋼部材に対する補修として、高力ボルト摩擦接合を用いた当て板工法があるが、曲げを受ける場合の荷重伝達機構は明らかになっていない。当て板特有の荷重伝達として、母材と当て板がそれぞれ荷重を分担するが、両者の端部から相対ずれが生じることで、母板と当て板の荷重分担率が断面積率と一致しないことが示されている<sup>1)</sup>。

本研究では、鋼I桁の下フランジに腐食欠損を有する実大規模の供試体に対し、当て板補強を行ったうえで曲げ荷重実験を実施し、ボルト配置が下フランジと当て板の発生ひずみおよび相対ずれに与える影響について検討した。

### 2. 実験概要

下フランジ欠損量は下フランジ厚の30%とし、当て板厚は健全時の下フランジ厚と同厚とした。使用したボルトは、F10TのM20高力六角ボルトである。接合面は、さび促進剤による赤錆とした。

実験ケースを表-1に示す。各供試体の下フランジにおけるボルト配置を図-1に示す。Type1は、カバープレート補強の設計<sup>2)</sup>を参考に式(1)<sup>3)</sup>を用い、下フランジから当て板に荷重が伝達する際に発生する水平せん断力から必要ボルト本数を決定した。

$$\rho_h = \frac{SQ}{I} \cdot \frac{p}{n} < \rho_a \quad (1)$$

ここに、 $\rho_h$ ：ボルトに作用するせん断力(N)、 $\rho_a$ ：ボルト1本あたりの許容力(N)、 $S$ ：せん断力(N)、 $Q$ ：断面一

次モーメント(mm<sup>3</sup>)、 $I$ ：断面二次モーメント(mm<sup>4</sup>)、

$p$ ：ボルト中心間隔(mm)、 $n$ ：ボルト列数

Type2は、端部に卓越するせん断応力を遷移区間に均一間隔に配置したケースである。遷移区間とは、端部に卓越するせん断応力を分担する区間のことである。なお、卓越するせん断応力の算出には、文献4)を参考にした。荷重方法は、せん断力が作用するように、ボルト配置区間に荷重点を設けた4点曲げ荷重とし、すべりが生じるまで荷重を行った。

### 3. 実験結果と考察

#### 3.1 荷重一支間中央変位

荷重一支間中央変位関係を図-2に示す。両ケースの初期剛性は一致している。Type1は、約2,000kNですべりが生じ、Type2は約3,800kNですべりが生じたと考えられる。Type2には、荷重低下と音を伴うすべり現象が見られ、Type1には明確なすべりは見られなかった。両ケースとも、端部から下フランジと当て板に相対ずれが発生したが、Type2ではボルト本数を増加させたことで、端部の相対ずれを抑制でき、Type1よりもすべり耐力が高くなり、明確なすべり現象に至ったと考えられる。なお、明確なすべりが見られなかったType1のすべりは非線形挙動に移行した時をすべりと示している。

表-1 実験ケースの内訳

ケース名	遷移区間 (mm)	下フランジ厚 (mm)	当て板厚 (mm)	当て板面数	接合面処理
Type1	無	25	14	2面	赤錆
Type2	370				

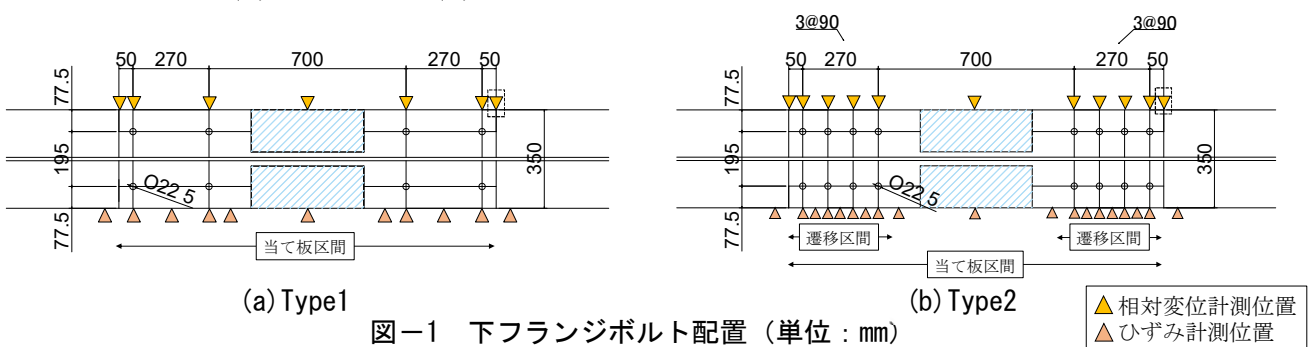


図-1 下フランジボルト配置 (単位：mm)

キーワード 当て板補修, 相対ずれ, 荷重分担

連絡先 〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院 橋梁工学研究室 TEL&FAX 06-6605-2765

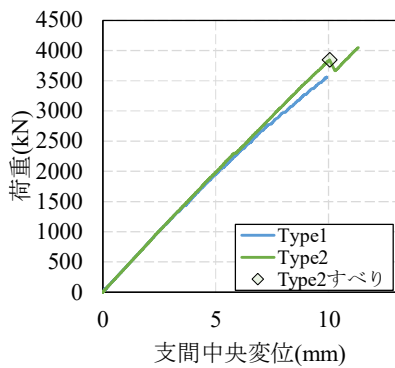


図-2 荷重－支間中央変位関係

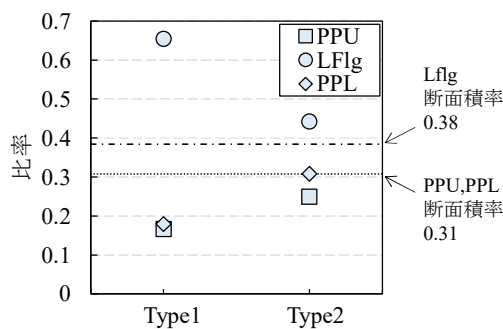


図-4 中央断面の荷重分担率

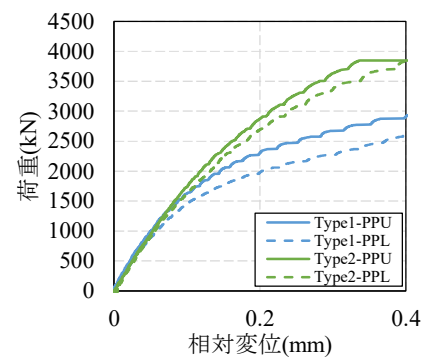
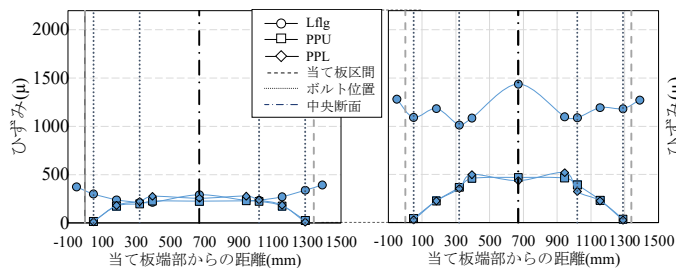
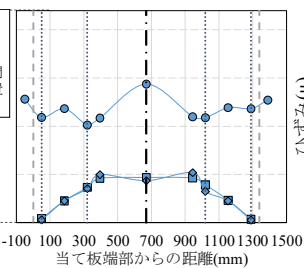


図-5 荷重－相対変位関係

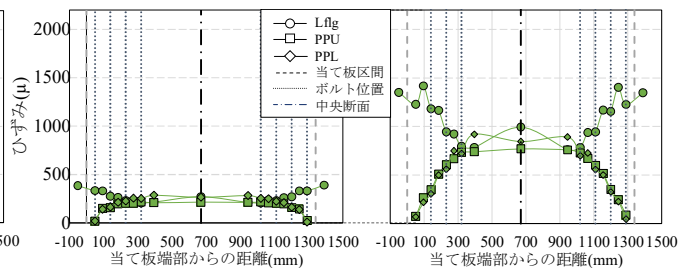


(i) 荷重約 1,000kN

(a) Type1



(ii) 荷重約 3,500kN



(i) 荷重約 1,000kN

(b) Type2

(ii) 荷重約 3,500kN

図-3 ひずみ分布

### 3.2 下フランジと当て板のひずみ分布

各荷重レベルにおける下フランジと当て板に発生したひずみを図-3に示す。荷重約 1,000kN, 3,500kN 時の発生ひずみを示す。

線形挙動を示す荷重約 1,000kN 時, Type1 と Type2 は下フランジ, 当て板ともに同程度のひずみが発生している。図-3において, Type1 が非線形挙動となった 3,500kN では, Type1 は中央断面において下フランジの発生ひずみが当て板の約 3 倍となっており, 摩擦限界<sup>5)</sup>に達したことで, 当て板の分担荷重が増加しなくなったためと考えられる。一方, Type2 は, 下フランジの発生ひずみが当て板の約 1.3 倍であった。

荷重 3,500kN 時の, 下フランジと当て板の荷重分担率と断面積率を図-4に示す。断面積率は, 当て板または下フランジ断面積が当て板接合部の総断面積に占める割合と定義している。Type1 では, 下フランジと当て板の荷重分担率は, 約 65%, 約 17%, Type2 では, 約 44%, 約 28%となる。なお, 下フランジと当て板の断面積率は, それぞれ約 38%, 約 31%である。このことから, Type1 の下フランジの荷重分担率は断面積率の約 1.7 倍であり, Type2 の下フランジの荷重分担率は断面積率の約 1.2 倍となった。

### 3.3 当て板端部の相対ずれ

荷重－相対変位関係を図-4に示す。相対変位は, 図

1に示す位置で上面当て板－下フランジ, 下面当て板－下フランジ間を計測している。Type2 のすべりが生じた側の, 点線に示す位置での結果を示す。

Type1 と Type2 を比較すると, 荷重－支間中央変位関係で線形挙動を示す荷重 1,000kN では, 端部の相対変位が両ケース同程度となっている。1,500kN を超えると, Type1 の相対変位が大きく, 端部からの相対ずれが大きくなったことがわかる。このことから, 水平せん断力から決定したボルト本数に, 端部に卓越するせん断応力を考慮しボルト本数を加えるのが良いと考えられる。

### 4. まとめ

- (1) 端部から相対ずれが発生し, それが中央へ進展することですべりに至るため, 端部に卓越するせん断応力を考慮してボルト本数を増加させると, 端部の相対ずれを抑制でき, すべり荷重の低下を抑えることができる。
- (2) 端部の相対ずれが大きくなると, 荷重分担率は断面積率との差が大きくなり, 端部の相対ずれを抑制することで断面積率に近づくことを確認した。

#### 参考文献

- 1) 永田和寿, 町田幸大, 小川麻実, 山口隆司: 引張を受ける高力ボルト鋼板当て板接合部の荷重伝達機構に関する解析的検討, 鋼構造論文集, 第 23 巻, 第 90 号, 2016.
- 2) 千田光, 宍戸唯一: カバープレートで下フランジを補強した合成梁の耐力と剛性, 日本建築学会構造系論文集, Vol.75, No.657, pp.2063-2071, 2010.
- 3) 公益社団法人日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, I 共通編・II 鋼橋編, 2017.
- 4) 清水優: 鋼部材に接着された補修・補強用当て板の剥離照査方法と剥離抑制工法に関する研究, 京都大学博士論文, 2014.
- 5) 神野巧矢, 山口隆司, 浅野貴弘, 小山雅己, 水内將司: すべり先行とした高力ボルト摩擦接合当て板補修部の荷重伝達に関する実験的検討, 第 76 回年次学術講演会講演概要集, I-195, 2021.9.