

片当たりが生じた皿型高力ボルト摩擦接合継手のすべり耐力に及ぼす影響

阪神高速道路（株） 正会員 ○田畑 晶子 正会員 金治 英貞
 大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司 学生員 黒野 佳秀

1. はじめに

著者らは鋼橋部材連結部の高力ボルトによる凹凸を解消するために、皿型高力ボルトに着目し、これを締結材として用いた摩擦接合に対して、その継手性能に関する実験と FEM 解析を実施し、接触圧分布や荷重伝達、すべり耐力などのメカニズム解明や合理的な設計手法について検討している¹⁾。皿型高力ボルトはボルト頭が連結板のざぐり孔に固定され、位置が決まるため、一般の高力ボルトと比べ、架設時誤差などの解消がより困難になると予想される。本稿では、施工時の孔ずれ等によりボルトが連結板や母板に片当たりの場合を想定し、すべり耐力に及ぼす影響を引張試験を行い検討した。

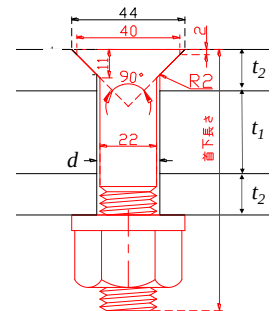


図-1 皿型ボルトの形状

2. 実験計画

本研究で使用する皿型高力ボルトの形状を図-1 に示す。供試体は、1 行 3 列継手の母板厚 $t_1=16\text{mm}$ (SM490)、連結板厚 $t_2=12\text{mm}$ (SM490)の降伏先行型継手(CD-16M12M；すべり降伏耐力比 $\beta_d=1.39$)であり、近年の鋼床版デッキプレートの板厚構成を参考にした。供試体一般図を図-2 に示す。ボルトは呼び径 M22, F10T を使用した。母板と連結板の接触面には無機ジンクリッチペイントを目標膜厚 $75\mu\text{m}$ で塗装した。その際、皿型状に切削するざぐり面も同様に塗装した。片当たりに関する 3 つのケース(図-3)及び供試体の製作手順を以下に述べる。
 ①ボルト頭が連結板と片当たり(CD-16M12Mhk)：ボルト片面をざぐり部に押し当てた状態で母板・連結板を万力で固定しボルトを締め付けて製作した。
 ②ボルト軸部が母板、または連結板と片当たり(CD-16M12Mbk, CD-16M12Mrk)：ボルト孔を中心から $+1.25\text{mm}$ ずらして孔明け、母板、または連結板を外側ボルト当てた状態でボルトを締め付けて製作した。ボルトのキャリブレーション試験は、ボルト軸平行部に 2 枚のひずみゲージを貼り、万能試験機を用いてひずみ出力値をもとにボルト軸力に換算する方法を用いた。その際、ひずみゲージのリード線の貫通孔(3mm)をボルト頭に加工した。

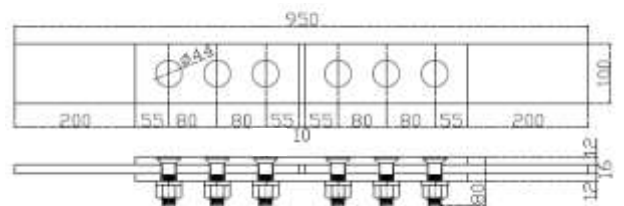


図-2 供試体一般図 (単位：mm)

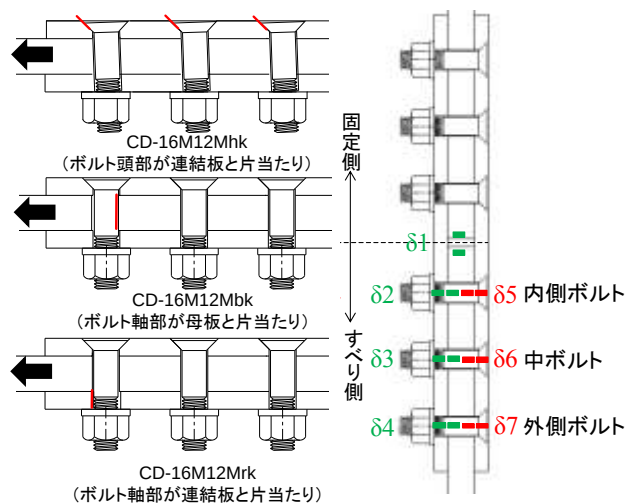


図-3 片当たりのケース 図-4 相対変位測定位置

3. すべり試験

すべり試験には、1,000kN 万能試験機を用いた。試験は、図-4 に示すように、すべり側と固定側を設定し、すべり側にすべりが発生するまで载荷を行った。すべり側のボルト軸力は標準ボルト軸力である 226kN、固定側のボルト軸力は標準ボルト軸力の 1 割増しである 246kN を目標にトルクレンチを使って導入した。なお、すべり側のボルト軸力はひずみ値により管理し、固定側のボルト軸力はトルク値により管理を行った。供試体の相対変位測定位置を図-4 に示す。すべりの定義は、すべり時に明確な荷重低下が見られなかったことから、母板と連結板との相対変位 δ_2 が 0.2mm に達した時の荷重とした²⁾。すべり試験はボルト軸力のリラクセーションの影響を除くためにボルト締付け後 24 時間以上経過後に実施した。

4. 試験結果

図-5 には供試体の最大荷重発生時までの引張試験結果(左：荷重-相対変位、右：荷重-軸力低下率)を示す。軸力低下率はボルト軸力を初期ボルト軸力で無次元化している。すべり荷重及び純断面降伏荷重は同図中に示した。

キーワード 皿型高力ボルト、摩擦接合、すべり試験、片当たり

連絡先 〒541-0056 大阪市中央区久太郎町 4-1-3 阪神高速道路(株) 技術部 TEL 06-4963-5606

同図(a)より、相対変位は初期勾配において外側ボルト($\delta 4$)が内側ボルトより大きくなっている。これは降伏先行($\beta < 1.0$)で引張荷重の影響を受け、連結板母板降伏耐力比($\gamma = 1.42$)の影響もあり、母板の降伏が先行したためであり、軸力低下率も外側ボルトが大きい。同図(b)より、外側ボルトが初期から支圧状態であるため、外側ボルト($\delta 7$)に加え中央ボルト($\delta 3$)も増加している。軸力低下率は(a)と同様に外側ボルトが大きい。同図(c)より、荷重-相対変位は片当たりなしの傾向と類似し、軸力低下の傾向も同様であった。

なお、本研究では摩擦接合を対象とするため、すべり耐力に着目し、現行道示に従い終局限界をすべりと定義しているが、片当りは支圧状態にも大きく影響するため、引張試験ではピーク荷重時まで実験を行っている。文献 3) によると道示で規定される許容支圧応力度としての孔変形量は 10%以下とあり、今回の変形量は遙かに小さいこと、また、応力再配分の効果もあり、支圧による影響は小さいと考えられる。つぎに、すべり試験で得られた各々の供試体のすべり荷重とすべり係数を図-6 に示す。すべり係数 μ_1 は式(1)を用いて、相対変位 $\delta 2$ が 0.2 mm に達した時点の荷重に対して、すべり側のボルトの試験前軸力の平均値を用いて算出した。

$$\mu_1 = \frac{P}{m * n * N_1} \quad \dots (1)$$

ここに、 μ_1 : すべり係数、 P : すべり試験で測定された相対変位 0.2 mm 時の荷重、 m : 接合面の数 (=2)、 n : ボルト本数 (=3)、 N_1 : 試験前軸力の平均値 (kN)

同図より、片当たりの有無によるすべり係数への影響は平均値で比較すると片当たりのないモデルに対して 2%程度の低下率であった (0.49→0.48)。また、片当たりのパターンによるすべり係数への影響は、CD-16M12Mhk (ボルト頭片当たり) のばらつきが増加したが、平均値での差が小さく、設計で要求されるすべり係数 0.45 を上回った。

5. まとめ

本研究では施工時の孔ずれ等により片当たりが生じた皿型高力ボルト摩擦接合継手のすべり耐力への影響を降伏先行型継手の供試体を用いた引張試験で検討した。その結果、片当たりによる部分的な支圧変形がすべり耐力与える影響は小さいこと、片当たりによってすべり係数のばらつきは増加するが平均値で比較するとその影響は小さいことを確認した。

参考文献

- 1) 田畑, 金治, 黒野, 山口: 皿型高力ボルトを用いた摩擦接合の継手特性に関する研究, 構造工学論文集 vol59A, 2013
- 2) 日本建築学会: 鋼構造接合部設計指針, 2001
- 3) 戸田, 山口, 松村, 直江他: 高力ボルト摩擦接合継手のすべり以後の支圧変形量と残存摩擦力の定量的評価, 土木学会第 67 回年次学術講演会, p671-672, 2012

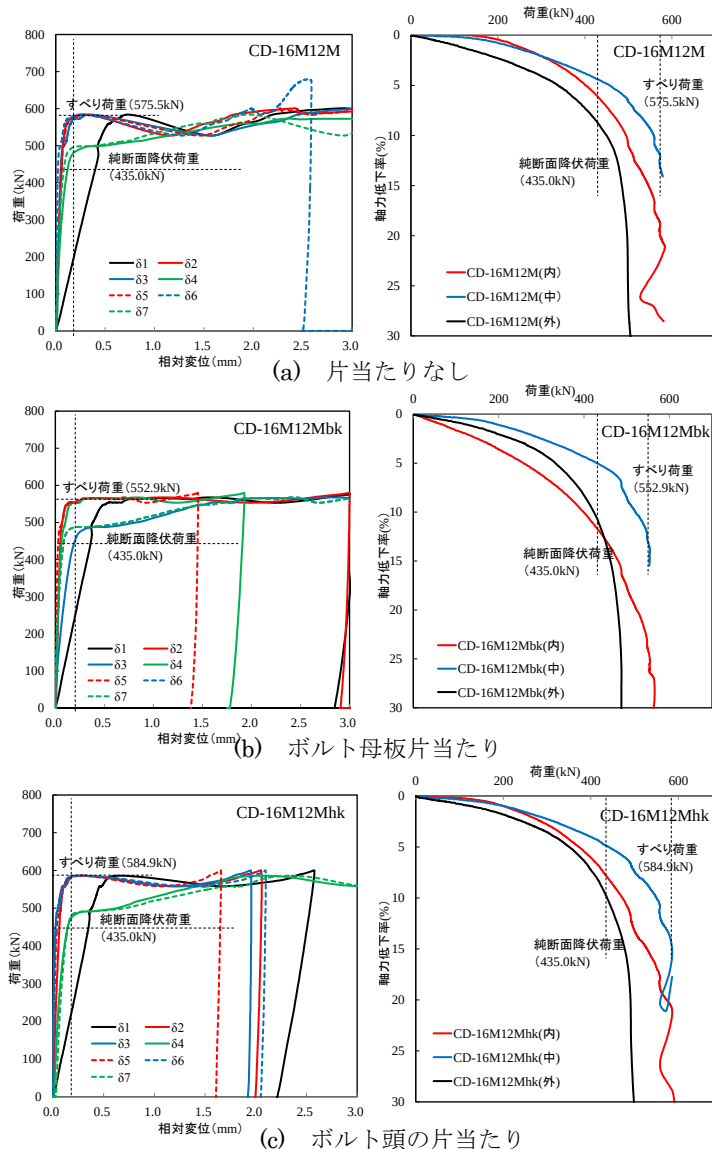


図-5 引張試験結果
(左: 荷重-相対変位, 右: 荷重-軸力低下率)

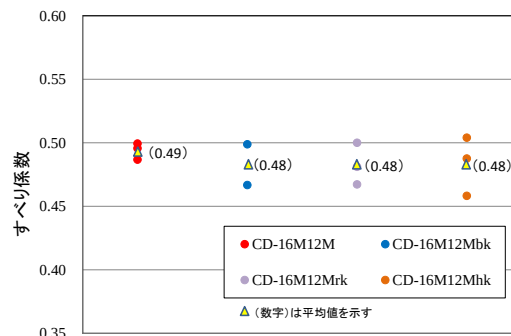


図-6 すべり係数