

鑄鉄床版モジュール-主桁間の接合部におけるテーパ付き高力ボルト摩擦接合継手の
 すべり係数および荷重分担率の検討

大阪市立大学大学院 学生員 ○白井 悠吾 大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司
 日之出水道機器 (株) 正会員 飛永 浩伸 日之出水道機器 (株) 非会員 村山 稔

1. 背景および目的

軽量かつ耐疲労性に優れた床版として、図-1 のような球状黒鉛鑄鉄(FCD)を用いた道路橋床版(以下、鑄鉄床版)が開発されている¹⁾。鑄鉄床版は製作上の制約もあり、パネル状の鑄鉄床版モジュールと主桁間の接合部は高力ボルト摩擦接合にて支持部材を介して連結される。また、合成桁の床版取替えに使用されることも想定しているため、鑄鉄床版-主桁間における合成効果も期待されている。しかし、支持部材と連結する鑄鉄床版の接合部(リブ)には抜き勾配(約 1°のテーパ)が存在し、すべり耐力の低下が懸念される。そのため、鑄鉄床版-主桁間におけるすべり係数が重要となる。

鑄鉄床版-主桁間における支持部材の形状は、L 型の形状をした支持部材(以降 L 部材)と、鑄造により作成した T 型の支持部材(以降 T 部材)の 2 種類が存在する。既往研究²⁾では L 部材を支持部材に用いた鑄鉄床版-主桁間の接合部におけるすべり係数および合成効果の検討を行ったが、T 部材を用いた鑄鉄床版-主桁間における接合部のすべり挙動はいまだ検討されていない。本研究では T 部材を用いた鑄鉄床版-主桁間における接合部のすべり係数の検討を行うため、水平載荷試験を行った。

2. 試験体および計測項目

図-2 に水平載荷試験の試験概要を示す。試験体は鑄鉄床版側面から水平ジャッキにより載荷した。表-1 に設計耐力、図-3 に試験体の側面図、図-4 に T 部材の形状を示す。鑄鉄床版と支持部材間および支持部材と主桁間の接合面処理はブラスト処理を行った無機ジンク塗装面とした。鑄鉄床版-支持部材間は連結板を介して、支持部材-主桁間はフィラープレートを通して高力ボルト摩擦接合により接合している。高力ボルトはひずみ管理により、F10T(M22)の標準ボルト軸力を目標に締付けを行った。

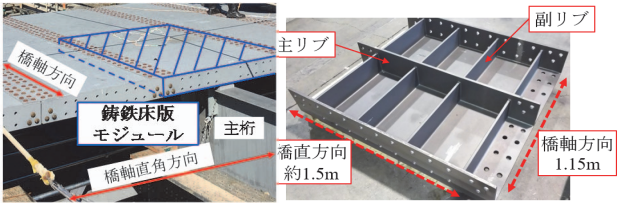


図-1 鑄鉄床版モジュール

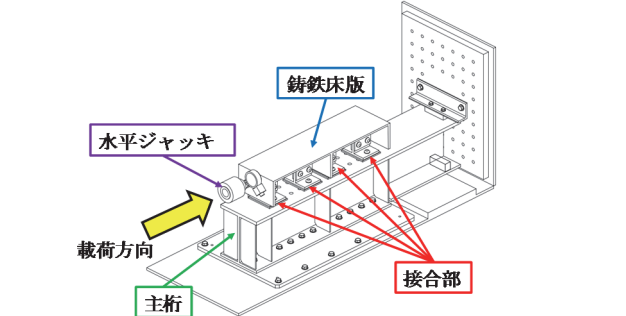


図-2 鑄鉄床版-主桁間の水平載荷試験概要

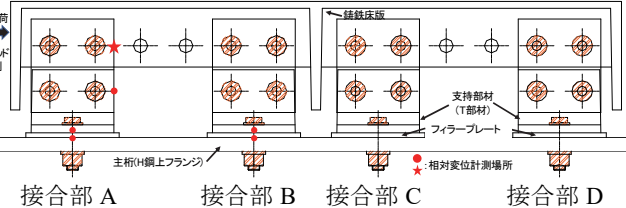


図-3 試験体の側面図および相対変位計測場所

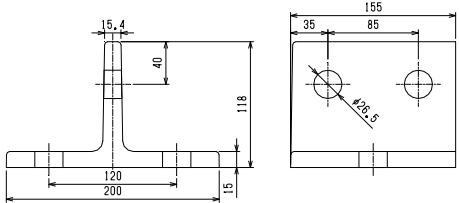


図-4 T 部材の概要(単位:mm)

表-1 試験体の設計耐力

支持部材形状	設計すべり係数 μ	床版支持部材間ボルト本数	床版支持部材間設計すべり耐力(kN)	支持部材主桁間ボルト本数	支持部材主桁間設計すべり耐力(kN)
T部材	0.4	8	1312	8	656

計測項目は水平ジャッキの荷重および水平変位と、鑄鉄床版-主桁間におけるすべり挙動を検討するため、鑄鉄床版-支持部材間、支持部材-フィラープレート間、フィラープレート-主桁(H 鋼上フランジ)間にクリップ変位計を設置し、載荷軸方向の相対変位を測定した。

キーワード 鑄鉄床版モジュール、テーパ、高力ボルト摩擦接合継手、すべり係数、荷重分担率
 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 工学研究科 都市系専攻 橋梁工学分野
 TEL&FAX 06-6605-2765

3. 試験結果

3.1 荷重-変位関係および荷重-相対変位関係

荷重は表-1 に示す設計すべり荷重を目標に行った。試験の結果、すべりは載荷点に最も近い接合部 A で生じ、接合部 B では相対変位が増加していなかった。荷重-変位関係を図-5 (a) に、計測箇所の中で最も相対変位が大きかった位置(図-3 星印)の荷重-相対変位関係を図-5 (b) に示す。すべり荷重は文献 4) を参考に、図-3 に示す計測位置が 0.2mm に達した時点での荷重と定義した。すべり荷重およびすべり係数 μ_1 を表-2 に示す。すべり係数 μ_1 は式(1)より算出した。

$$\mu_1 = \frac{P}{n \times m \times N} = \frac{757}{8 \times 2 \times 201} = 0.24$$

式(1)

ここで、 μ_1 ：すべり係数、 P ：すべり荷重(kN)、 n ：鋳鉄床版-支持部材間のボルト本数、 m ：接合面数、 N ：試験前ボルト軸力(kN)

既往研究 4)により、テーパを有する鋳鉄部材を母材に用いたすべり試験では、テーパが無い場合に比べてすべり係数が 18%低減すること、鋳鉄床版に生じた弾性変形の影響を考慮せず各接合部の荷重分担率を均等と仮定して算出したことにより、 μ_1 は小さかったと考えられる。

3.2 各接合部における水平荷重分担率の検討

すべりが生じた接合部における水平荷重の分担率を解析により検討した。解析は ABAQUS/Standard2018 を用いて梁要素で行った。梁解析のモデルを図-6 に示す。断面は鋳鉄床版を T 型断面、接合部を矩形断面と仮定し、鋳鉄床版の幅は有効幅とした。部材断面を図-7 に示す。鋳鉄床版と各接合部の端点を結合し、各接合部の拘束条件は完全固定とした状態で弾性解析を行い、各接合部に生じた断面力(軸力及びせん断力)を求め、求めた断面力から各接合部における水平荷重の分担率を検討した。検討結果を表-3 に示し、水平荷重分担率を考慮したすべり係数 μ_2 を表-2 に示す。すべり係数 μ_2 は式(2)より算出し、0.35 を得た。

$$\mu_2 = \frac{P_{\text{接合部A}}}{n \times m \times N} = \frac{757 \times 0.368}{2 \times 2 \times 201} = 0.35$$

式(2)

ここで、 μ_2 ：すべり係数、 $P_{\text{接合部A}}$ ：すべり荷重時に接合部 A に生じていた水平荷重(kN)、 n ：接合部 A における鋳鉄床版-支持部材間のボルト本数、 m ：接合面数、 N ：試験前ボルト軸力(kN)

4. 結論

T 部材を用いた鋳鉄床版-主桁間の接合構造を模した試験体に水平載荷試験を行い、各接合部の荷重分担率を考慮してすべり係数を算出した結果、0.35 を得た。今後は、作用曲げモーメントも考慮した水平荷重分担率を検討し、テーパを有する接合部のすべり係数を検討した後、鋳鉄床版モジュールおよび主桁接合部のすべり係数を同定する予定である。

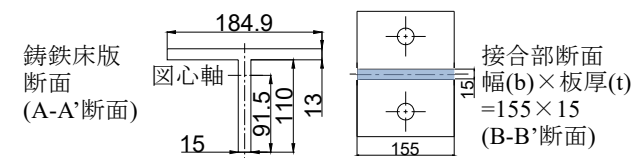
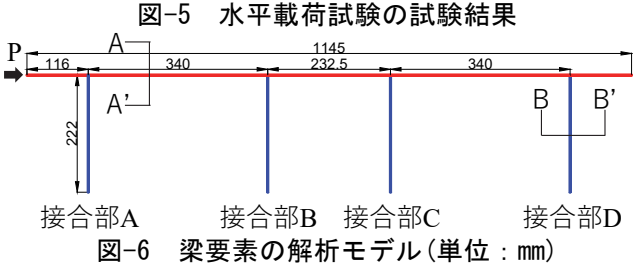
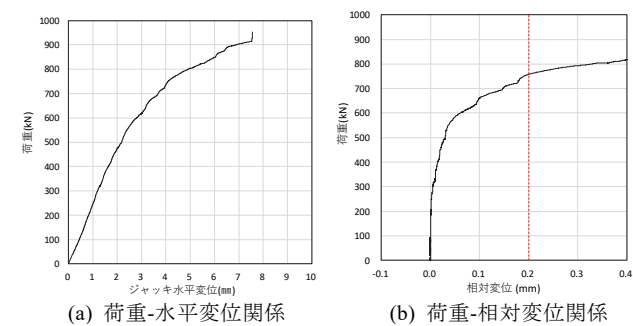


図-7 鋳鉄床版および接合部の断面 (単位: mm)

表-2 試験体のすべり荷重とすべり係数

支持部材形状	すべり発生場所	床版-支持部材間試験前軸力平均値(kN)	すべり荷重(kN)	すべり係数 μ_1	すべり係数 μ_2
逆T分離型	鋳鉄床版-支持部材間	201	757	0.23	0.35

表-3 各接合部の水平荷重分担率 (%)

接合部	接合部 A	接合部 B	接合部 C	接合部 D
水平荷重分担率 (%)	36.8	28.8	20.8	13.6

<参考文献>

1) 例えば、飛永浩伸, 村山稔, 佐伯英一郎, 玉越隆史, 山口栄輝, 三木千壽: 球状黒鉛鋳鉄の道路橋床版への適用に関する基礎的研究, 鋼構造論文集, Vol. 24, No. 95, pp.13-24, 2017.

2) 白井悠吾, 山口隆司, 飛永浩伸, 加藤祥久, 水谷公昭, 野原得博: 鋳鉄床版モジュール-主桁間接合におけるテーパつき高力ボルト摩擦接合継手の力学的挙動及び合成効果の検討, 土木学会, 第 74 回年次学術講演会, I-429, 2019.9.

3) 日本建築学会: 鋼構造接合部設計指針, 丸善出版株式会社, 2012.3.

4) 白井悠吾, 山口隆司, 飛永浩伸, 村山稔, 廣澤直人: テーパ付き鋳鉄母板を有する高力ボルト摩擦接合継手のすべり挙動, 土木学会, 第 73 回年次学術講演会, I-209, 2018.8.