

摩擦接合と引張接合を併用した鋳鉄床版接合部における引張接合の荷重分担に関する検討

ヒノデホールディングス（株）学 生 員 ○山下 良
大阪公立大学大学院 正 会 員 山口 隆司

大阪公立大学大学院 学 生 員 李 若曦
ヒノデホールディングス（株）正 会 員 白井 悠吾

1. 研究背景および目的

近年、RC 床版の老朽化が問題となっており、その更新が必要となっている。床版の更新の際には、軽量かつ耐疲労性に優れる球状黒鉛鋳鉄を用いた床版（以下、鋳鉄床版）が開発されている¹⁾。鋳鉄床版は材料の性質上、溶接が難しいことから図-1 の様な床版パネルを高力ボルトで連結することで構成される。床版同士の連結は端リブをボルトで締結するが、接合部に主桁作用による負曲げが発生した際に図-2 のようにデッキ上面に離間が発生し舗装への悪影響が懸念される。このデッキの離間への対策として、著者らは、図-3 に示すようにデッキ上面に添接板を設置し、デッキ上面の摩擦接合と従来の端リブの引張接合を併用した接合構造を提案²⁾し、負曲げ作用時の引張作用に対し、床版の形状やボルト配置が摩擦接合部と引張接合部の荷重分担へ及ぼす影響について検討した。しかし、引張接合部の上下2 段のボルト間の荷重分担は明らかになっておらず、設計上の課題となっている。ここでは、本接合構造の引張接合部の設計を可能とするため、床版形状およびボルト配置をパラメータとした FEM 解析を実施し、それらが引張接合のボルトの荷重分担に与える影響を検討した。

2. 解析概要

図-4 に対象とした摩擦—引張接合を併用した解析モデルを示す。形状は図-1 に示す様に、床版の形状から部分的に抽出した。図-4 に示す端リブ厚 t_f 、ボルト位置 b_r 、 b_h 、 b_e を形状パラメータとして表-1 の様にパラメトリック解析を行った。なお、それぞれのパラメータは工具干渉等の施工上の制約、道路橋示方書に示されるボルト間隔の制約、製造上の制約から設定している。

解析モデルは 8 節点低減積分ソリッド要素で、高力ボルトは座金のみをソリッド要素でモデル化し、軸部ははり要素で簡易的にモデル化した。要素分割は、床版および添接板は要素辺長 8mm、ボルトセットは要素辺長 3mm とした。引張接合部および摩擦接合部に用いる高力ボルトは、M22F10T とし、ボルト軸力は M22F10T の設計ボルト軸力の 205kN とする。

キーワード 鋳鉄床版、負曲げ、デッキの離間、引張接合、摩擦接合
連絡先 〒849-0101 佐賀県三養基郡みやき町大字原古賀字岩崎 R&D 総合センター Tel 0942-94-5600

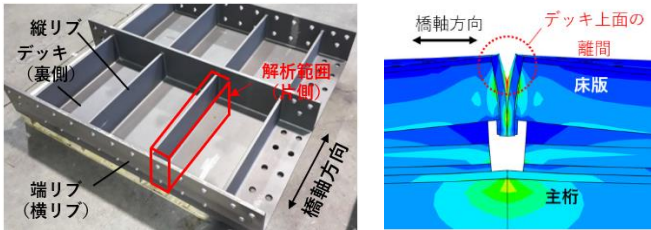


図-1 鋳鉄床版パネル

図-2 端リブ継手（負曲げ作用時）

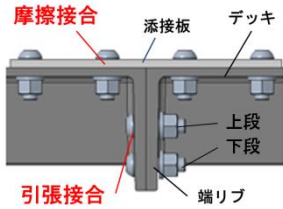


図-3 摩擦—引張接合の併用接合構造

表-2 材料特性

部位	材質	ヤング率 [GPa]	ポアソン比
床版	FCD500	170	0.28
添接板	鋼材	200	0.3

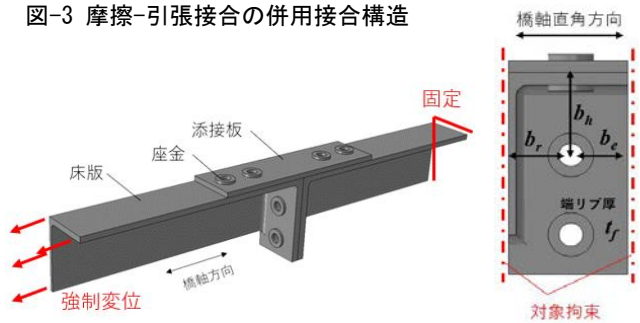


図-4 解析モデルおよび境界条件

表-1 解析ケース

パラメータ	寸法[mm]
b_r	60, 75
b_h	68, 98
b_e	33, 75
t_f	12, 25

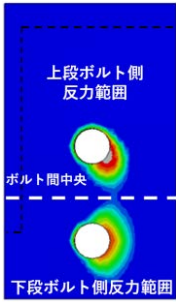


図-5 接触圧力分布（添接板すべり荷重時）

すべり係数は、既往研究²⁾を参考に、添接板—床版間、床版同士は 0.4 とした。材料特性値は表-2 に示す値とした。図-4 に示すように両端を対称拘束、床版への負曲げ作用時に発生する引張力を強制変位により与えた。橋梁に負曲げが作用した場合、主桁部分を中立軸とした曲げ応力分布となるが、その内床版厚に着目すると純引張に近い分布となることから、本研究では要素的な検討として純引張として解析している。

3. 解析結果

図-5に引張接合部における端リブ間の接触圧力分布を示す。本研究の対象である引張接合部のそれぞれのボルト部への作用を評価するためには、ボルトの締め付け時の初期軸力による反力や載荷時のてこ反力の影響を考慮して、式(1)(2)で示す様にボルトの軸力増分 B_u (上段), B_d (下段) とボルト周りの反力 R_u (上段), R_d (下段) の和を各ボルト部への作用 P_u (上段), P_d (下段) として定義する。その際の上下段のボルトのそれぞれの反力の範囲は図-5の様にボルト間中心を境界として定義した。

式(1)(2)で示した各ボルト部への作用のうち、上段のボルトの割合 U を式(3)とし、各解析パラメータと U の関係を図-6に示す。上段のボルトの分担の割合 U は 57~78%程度と解析ケースで異なることがわかった。また、ボルト位置 b_r , b_h , b_e の変化による U の変化量は小さく、一律の傾向ではなかった。これは、それぞれのパラメータが複雑に作用しているためと考えられる。一方、端リブ厚 t_f に関しては比較的 U の変化量が大きく t_f が大きいほど U が大きい傾向であり、 U は t_f の影響が支配的であることがわかった。

最も影響の大きかった端リブ厚 t_f がボルト部への荷重の分担におよぼす影響を確認するため、図-7にミーゼス応力コンターの变形図を示す。 t_f が小さい場合は端リブの剛性が低いいため端リブの变形が大きく、デッキの離間の变形だけでなく全体として下に凸の曲げ变形が発生している。これにより、下段のボルト側にも引張作用が加わり、結果として上段ボルトの荷重分担の割合が低くなったと考えられる。

設計をする上でボルト位置 b_h , b_r , b_e においては傾向が異

なるケースがあり単純に評価することは難しい。ただし、最も影響度の大きい端リブ厚 t_f に関して、図-6で示す様に結果の上限値を取ることで上段のボルトの設計に対しては安全側の設計が可能と考える。また、下段のボルト側にも荷重の分担があるが、本ケース内では全て上段のボルト以下の作用しか発生しないため、上段のボルトが許容値以下であれば下段のボルトは設計上問題ないという整理が可能である。

4. まとめ

摩擦一引張接合を併用した接合構造における端リブ厚 t_f およびボルト位置 b_r , b_h , b_e が引張接合のボルト部の荷重分担におよぼす影響を調査した結果、本解析ケースでは上段ボルトの荷重分担 U は 57~78%程度と変化した。また、この構造においては端リブ厚 t_f が最も荷重分担に寄与し、端リブ厚 t_f が厚くなるにつれて荷重分担 U は増加する傾向にあることがわかった。なお、各端リブ厚 t_f 時の上段ボルトの荷重分担 U の上限を用いて引張接合のボルトを設計することで荷重分担を考慮しつつ安全側の設計が可能であることがわかった。

<参考文献>

- 1) 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, 第24巻第95号, pp.13-24, 2017.9.
- 2) 山下良, 松井駿, 山口隆司, 飛永浩伸, 白井悠吾: 負曲げ作用に対する鉄床版のデッキ添接構造に関する検討, 土木学会, 第68回構造工学シンポジウム

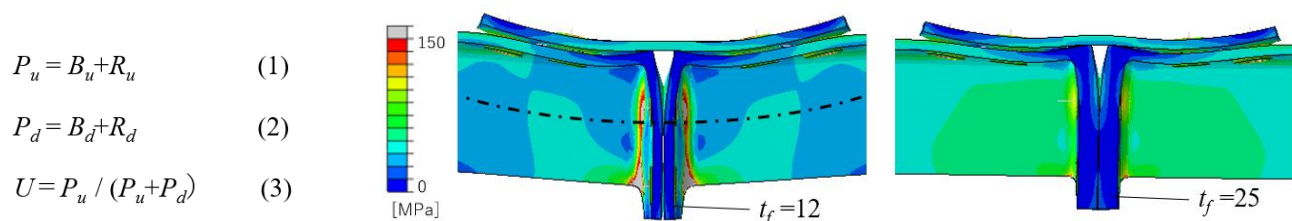


図-7 ミーゼス応力 ※引張荷重 100k 時, 変形倍率 200 倍

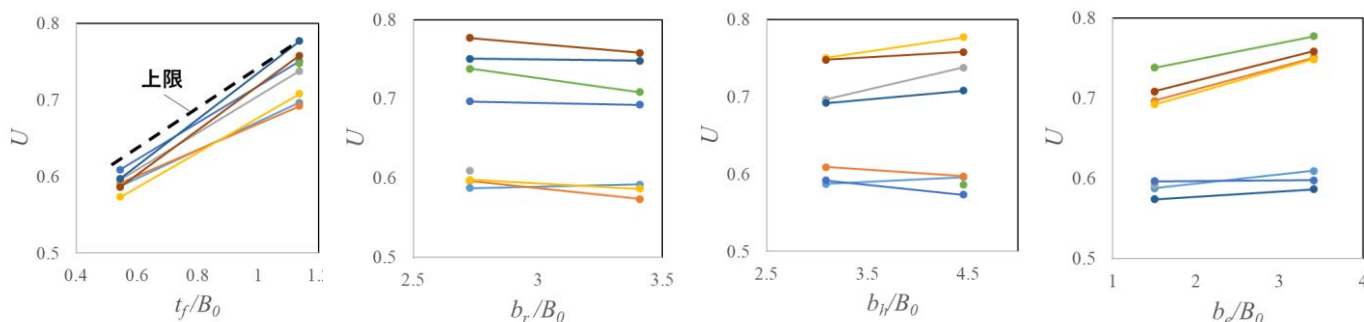


図-6 上段ボルト部の荷重分担の割合 U と各パラメータの関係