

負曲げ作用に対する鋳鉄床版のデッキ添接構造に関する 2, 3 の検討

ヒノデホールディングス（株）	正 会 員	○山下 良
大阪市立大学大学院	正 会 員	山口 隆司
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 学 生 員 松 井 駿
ヒノデホールディングス (株) 正 会 員 飛 永 浩 伸

1. 研究背景および研究目的

近年，RC 床版の老朽化が問題となっており，将来，その更新が必要になることが想定される．床版更新の際には，軽量かつ耐疲労性に優れる球状黒鉛鑄鉄を用いた鑄鉄床版¹⁾もメニューの一つとして注目されている．鑄鉄床版は，製作上の制約から複数のモジュールで構成され，それらの連結は避けられない．材料の性質上，溶接が難しいことから，その連結には高力ボルト継手を用いられ，既往研究²⁾により，接合構造が輪荷重に対して成立することが確認されている．一方，接合部に負曲げが作用した際には図-1 に示すようなデッキ上面の離間が発生してしまうという課題がある．この負曲げ作用によるデッキ離間への対策として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引張接合の併用接合を検討しているが，デッキ上面の摩擦接合の効果及び各接合が互いにどう作用するか明確になっておらず，効率的な設計（ボルト数，配置等）とは言えない状況にある．そこで，本研究では，鑄鉄床版モジュールの接合部を対象とし，FEM 解析により，負曲げ作用時のデッキ上面の摩擦接合と端リブの引張接合を併用した際の影響を確認し，効果的なボルト配置について検討した．

2. 解析概要

対象とした鋳鉄床版モジュールを図-2 に示す。図-2 に示しているモジュールを 4 分割し、図-3 に示すような鋳鉄床版モジュールの 4 パネルの接合部をモデル化した。鋳鉄床版モジュールは 8 節点低減積分ソリッド要素でモデル化した。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。要素分割に関して、鋳鉄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。摩擦係数は、既往研究²⁾を参考に、

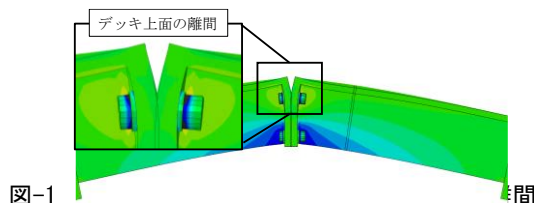


图-1

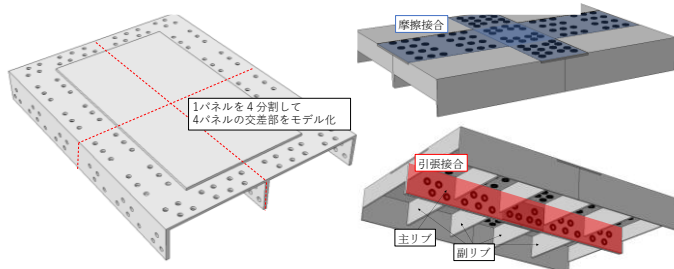


図-2 鑄鉄床版モジュール

図-3 接合部のモデル化

表-1 解析に用いた材料特性値

部位	材質	ヤング係数 E(GPa)	ポアソン比	降伏点 σ_y (MPa)	ひずみ硬化係数 E'(GPa)
鋳鉄床版	FCD500	170	0.27	320	E/50
添接板	SM490Y	200	0.3	弾性体	
ボルトセット	F10T	195	0.3	1036	E/100

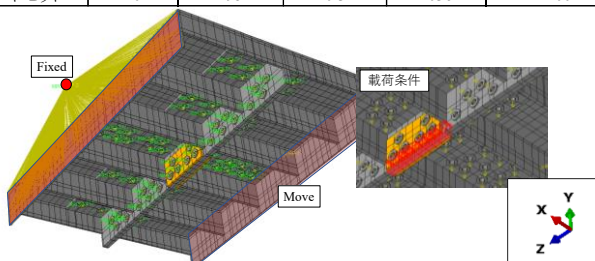


図-4 境界条件および載荷条件

表-2 解析ケース

解析ケース	摩擦接合の有無
Prototype	有
Conventional	無
Prototype-revised (引張接合の上段省略)	有

当て板－鋳鉄床版間，鋳鉄床版間は0.4とした．材料特性値は表-1 に示すものを用いた．境界条件および載荷条件を図-4 に示す．載荷荷重は幅員方向中央に負曲げが作用するよう強制変位を与えた．解析ケースを表-2 に示す．デッキ上面の摩擦接合の効果を，デッキの離間量とボルト軸力の変動に着目し，評価した．

3. 解析結果

荷重-デッキの離間関係を図-5 に、梁理論より求めた副リブの理論降伏荷重時におけるデッキの橋軸方向離

キーワード 鋳鉄床版、負曲げ、引張接合、デッキの離間

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

間コンター（鋳鉄床版突合せ部の X 方向の離間量）を図-6 に示す。Conventional では、負曲げ作用時にデッキ上面の離間量が大きいですが、デッキ上面を摩擦接合することで、離間量が抑制することを確認した。

荷重-ボルト軸力の関係を図-7 に示す。Conventional では、上段のボルト軸力 B2 が最も増加している。対して、Prototype では下段の高力ボルトのボルト軸力が大きく増加した。これは、デッキ上面が摩擦接合によって拘束されることで、上段の引張接合ボルト位置の開きが減少し、上段のボルト軸力の変動が小さくなったと考えられる。また、デッキ上面の摩擦接合の有無によらず、副リブの理論降伏荷重である約 250kN 作用時でも引張接合部の高力ボルトのボルト軸力は許容ボルト軸力 $=0.9 \times$ 降伏ボルト軸力を満足した。Conventional では、引張接合のボルト軸力は一定の荷重を超えると非線形的に増加したが、Prototype では線形的に増加している。Prototype では上面の摩擦接合が滑った際に、Conventional と同様に引張接合のボルト軸力が非線形的に増加すると考えられる。

デッキ上面に添接板を摩擦接合した場合、引張接合上段のボルト軸力の増加が小さかったことから、引張接合上段のボルトを省略して、引張接合上段のボルトの有無による離間量を比較した。上段ボルトを省略し

た際の荷重-デッキの離間関係および荷重-ボルト軸力関係を図-8 に示す。離間量、ボルト軸力共に上段の引張接合用ボルトを省略した影響は小さく、差はわずかであった。

4. まとめ

負曲げ作用時、Conventional では、荷重の増加とともにデッキ上面の離間量は大きくなったが、デッキ上面の摩擦接合により、その程度は大幅に低減されることを確認した。引張接合のみの場合、負曲げ作用時に上段の引張接合ボルトが主として荷重伝達する。しかし、デッキ上面を摩擦接合とすることで、端リブ引張接合部では、負曲げ作用時に、下側ボルトが主として荷重伝達することから、引張接合上段ボルトを省略しても、離間量およびボルト軸力の変動について差は小さく上段ボルトの省略は可能と考えられる。

<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, 第24巻第95号, pp.13-24, 2017.9.
- 2) 廣澤直人, 山口隆司, 飛永浩伸, 村山稔: 鋳鉄床版モジュール接合部に適用した高力ボルト引張接合継手の力学的挙動に関する解析的検討, 構造工学論文集, Vol.66A, pp389-398, 2019.3

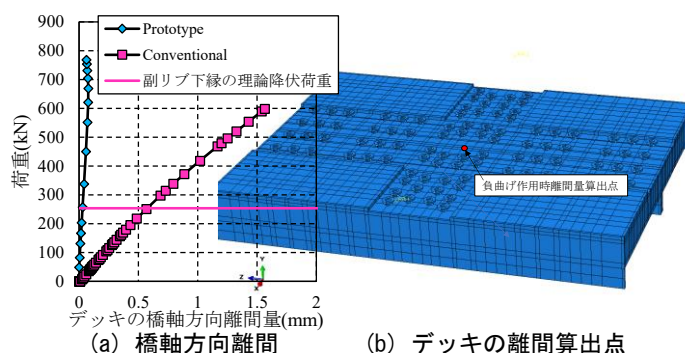


図-5 荷重-デッキの離間関係

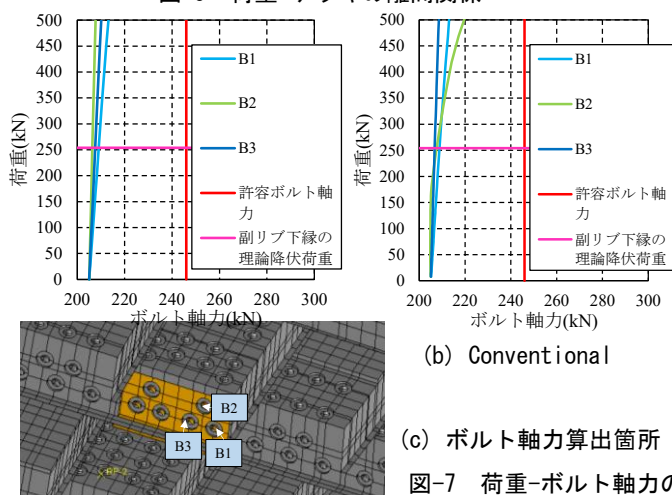


図-7 荷重-ボルト軸力の離間関係

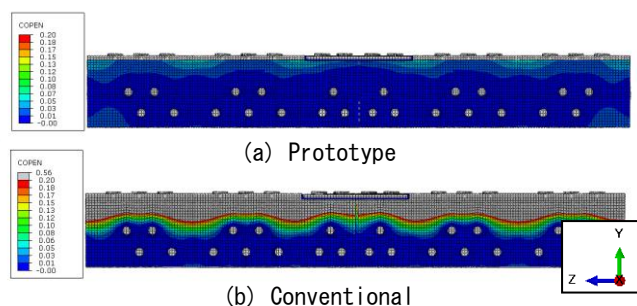


図-6 離間コンター(mm)【副リブの理論降伏荷重時】

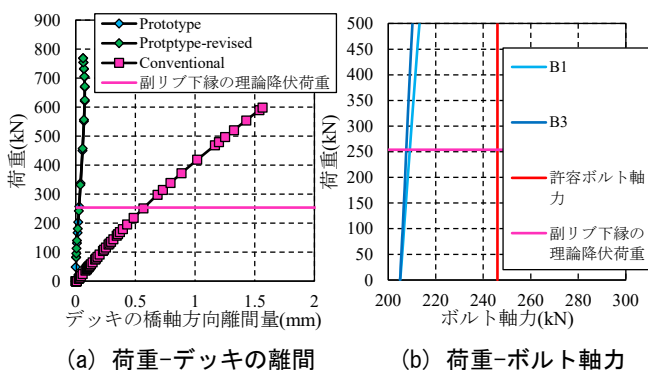


図-8 Prototype-revised の上段ボルト省略の影響