

バックルプレート桁のき裂に対する簡易な下支え工法に関する一考察

西日本旅客鉄道(株) 正会員 ○福本 守 正会員 木村 元哉
 (公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 濱上 洋平
 (一社) 日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 正会員 小野 秀一
 神戸大学 正会員 橋本 国太郎

1. はじめに 図-1のようなバックルプレート(以下、BP)床版を有する鉄道橋では、BPの取付け部においてき裂が発生することがある。これに対して、BPの下全面を鋼床版で覆い、隙間にモルタルを充填する補強方法(以下、従来工法)が提案されている¹⁾。従来工法は、BPに代わって上載荷重を支持する新たな鋼床版を用いるものであり、床版部材の冗長性が高まるが、一方で施工性や経済性が課題となる。また、き裂が進展した場合には、下全面が鋼床版で覆われるためそれを発見することが困難といった課題もある。

本研究では、BPのき裂に対する合理的な対策として、変状を目視確認でき、かつBPの耐荷性能を最大限活かした簡易な下支え工法を考案し、その効果を室内載荷試験およびFEM解析により検証した。

2. 簡易な下支え工法の考案 著者らは、BPのき裂には、上面の防水機能喪失に伴う腐食の影響が大きいことを報告した²⁾。これより、BP上面からの腐食抑制がき裂の進展防止に有効と言えるが、軌道上からその対策を行うことは容易ではない。また、著者らは、上載荷重の一部は縦桁等の骨組部材が直接負担し、BPの分担荷重が設計値よりも十分に小さいことを示した³⁾。

これらの知見をもとに、従来工法よりも合理的な対策として、図-2のように骨組部材にはしご状に組んだH形鋼を取り付け、H形鋼の上フランジとBPとの間に間詰めを行うという簡易な下支え工法(以下、本工法)を考案した。本工法は、将来BPの腐食が進行し、BP取付け部の4辺ともが破断したとしても、BPおよび下支え材料により耐荷性能を発揮することを期待したものである。また本工法は、従来工法よりも簡素な構造で施工性や経済性に優れること、およびBPの変状を目視確認できることなどの特長を有する。一方、き裂部からの漏水対策が別途必要であることや、前記の耐荷性能を有するかが不明確であるなどの課題があった。なお、間詰め材として、スラブ軌道のてん充層として実績が豊富なCAモルタルを用いた。

3. 載荷試験・FEM解析の概要 下路形式のBP桁を対象に室内載荷試験およびFEM解析を行い、本工法の効果を検証した。試験体(図-3)と解析モデルの詳細は、文献3)に示しているので参照されたい。BP板厚は文献2)の知見に基づき、50%の腐食を考慮して3.2mmとした。図-3に示すBP(パネルII)において、本工法を実施した後、取付け部4辺ともに人工的なき裂を導入した。図-3に示す載荷位置に設計列車荷重(EA-17、衝撃含む)250kN(1レール125kN)を静載荷し、BP(パネルII)および下支え材料(H形鋼, CAモルタル)の耐荷性状を確認した。

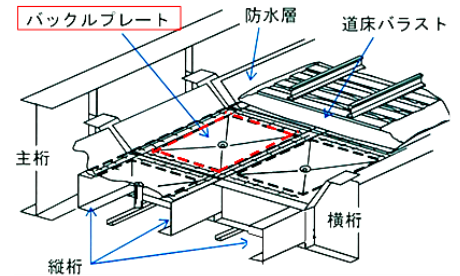


図-1 BP桁(下路形式)の構造概要

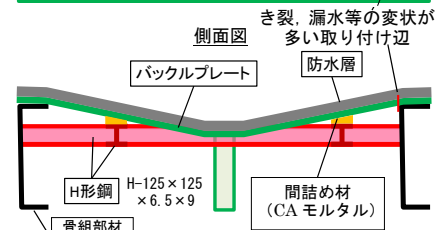
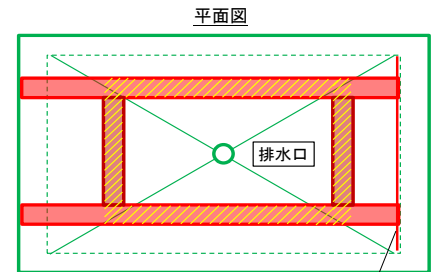
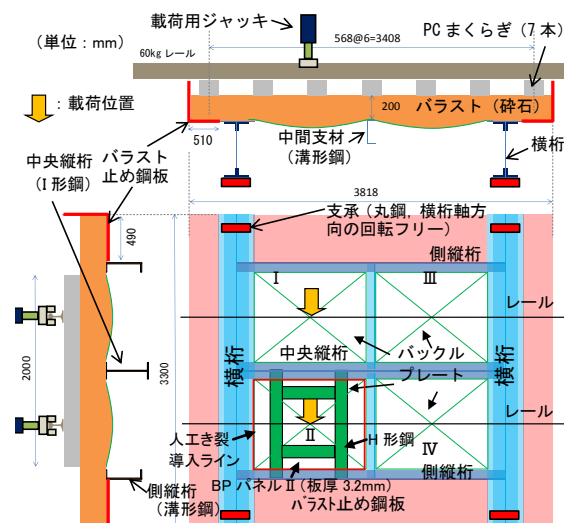


図-2 簡易な下支え工法(本工法)



※パネルIIで4辺の人工き裂導入および本工法を実施
 図-3 載荷試験体概要

キーワード バックルプレート, 下支え, き裂, 漏水, 補修・補強

連絡先 〒532-0011 大阪市淀川区西中島 5-4-20 中央ビル 2F 西日本旅客鉄道(株) 構造技術室 鋼構造 TEL 06-6305-6958

4. 効果の検証

(1) BP (パネルⅡ) の耐荷性状

BP 端部 (き裂部) における BP と骨組部材との相対鉛直変位 (以下, BP の目違い) を図-4 に示す. 図-4 より, BP の目違いは実験と解析で同様の傾向であり, 最大でも 0.6mm 未満とわずかであった.

BP の上下面におけるひずみゲージの測定結果に基づく, BP の橋軸方向の面外曲げ応力を図-5 に示す. 図-5 には, BP の人工き裂の導入前かつ本工法の実施前の载荷試験結果も示した. 図-5 より, 本工法を実施することで, 下支え部近傍 (測点 2,3) の BP の面外曲げ応力が実施前より大きくなったものの, その値は 10MPa 以下と非常に小さいレベルであった.

(2) H 形鋼の耐荷性状

H 形鋼の下フランジ下面における部材軸方向応力を図-6 に示す. 図-6 より, 応力は実験と解析で同様の傾向であり, 縦桁に接続した H 形鋼 (測点 2,3,5,6) で 20MPa 程度であった. 図-6 には設計列車荷重 250kN を全て H 形鋼が等分布負担すると考えた計算値も示したが, 発生応力はその 25%以下であった. これは, 列車荷重が道床バラストを介して周囲の骨組部材などに分散されるためと考えられる.

(3) CA モルタルの耐荷性状

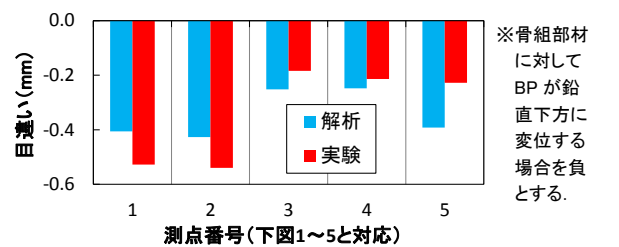
FEM 解析による CA モルタルの鉛直方向応力コンターを図-7 に示す. 図-7 より, 端部などの一部を除き圧縮応力が 0.2MPa 以下であった. これは, 設計列車荷重 250kN を全て CA モルタルが等分布負担すると考えた計算値である 0.41MPa の約 50%であった. 一方, 中央縦桁側の CA モルタルにおいて, BP 中央寄りの縁端部で圧縮応力 0.46MPa と, 局所的に前記の計算値を上回る圧縮応力が生じた. この原因として, CA モルタルの支持部近傍における BP の局所的な変形により, CA モルタルの端部に荷重が偏ったことが考えられる. 著者らは, この変形性状を模擬した要素試験により 1000 万回の繰り返し载荷に対する CA モルタルの耐疲労性を検証している⁴⁾が, 今後, 実物大試験体を用いた耐疲労性の検証も行う予定である.

5. まとめ

BP のき裂に対する簡易な下支え工法を考案し, その効果を室内载荷試験および FEM 解析で検証した結果, BP の腐食が進展して, 取付け部 4 辺ともが破断し, かつ板厚が製作時の 50%に減肉したとしても, BP および下支え材料により床版部材としての耐荷性能が発揮されることがわかった.

参考文献

- 1) (財) 鉄道総合技術研究所: 鋼構造物補修・補強・改造の手引き, pp.202-206, 1992.7.
- 2) 福本守ほか: バックルプレート桁の変状原因と荷重分担に関する検討, 日本鉄道施設協会誌, Vol.54, No.11, pp.52-54, 2016.11.
- 3) 福本守ほか: 鋼鉄道橋バックルプレートの分担荷重, 土木学会第 71 回年次学術講演会, I-111, pp.221-222, 2016.9.
- 4) 橋本雅行ほか: 鋼橋の補修への適用を想定した CA モルタルの疲労特性, 土木学会第 72 回年次学術講演会, VI-590, pp.1179-1180, 2017.9.



測点番号(下図1~5と対応)

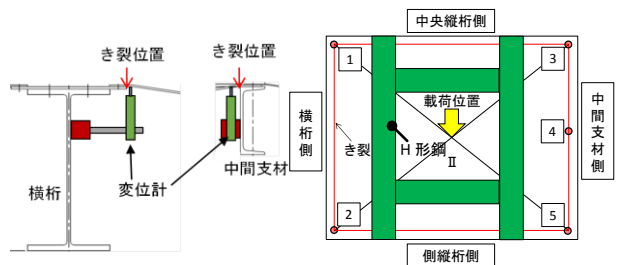
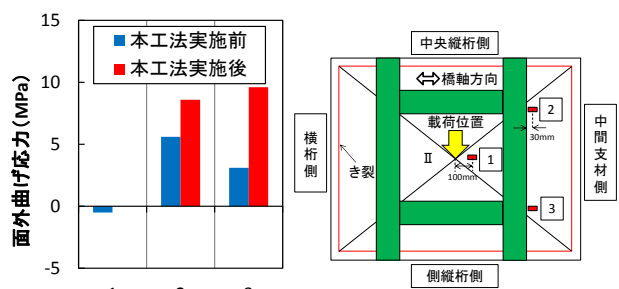


図-4 BP の目違い(実験, FEM)



測点番号(右図1~3と対応)

※下面引張・上面圧縮が大きく
なる曲げを正とする.

図-5 BP の橋軸方向面外曲げ応力(実験)

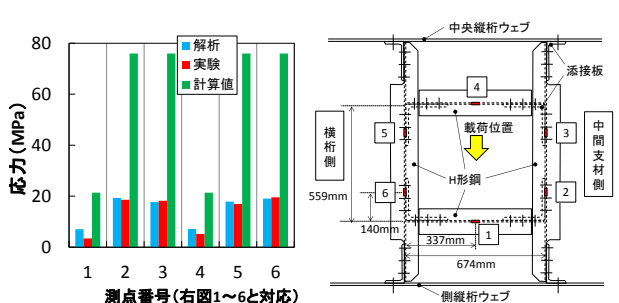


図-6 H 形鋼の下フランジ部材軸方向応力(実験, FEM)

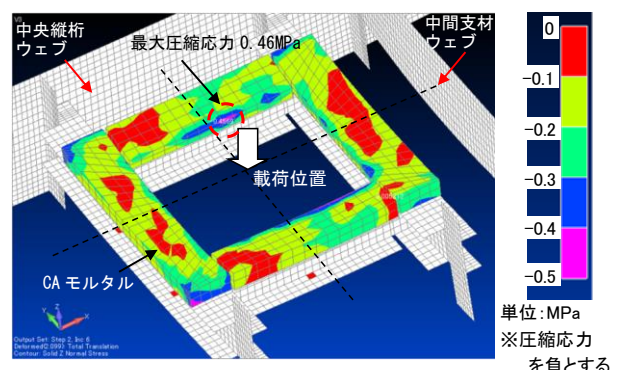


図-7 CA モルタルの鉛直方向応力コンター(FEM)