

大阪市立大学工学部
大阪市立大学大学院
JR 西日本

学生会員 ○馬場 幸志
正会員 松村 政秀
正会員 坂田 鷹起

大阪市立大学大学院
JR 西日本

正会員 山口 隆司
正会員 木村 元哉

1. 研究背景および研究目的

近年、鋼鉄道橋では腐食損傷に関する事例が報告されている．中でも、塩害により、図-1 に示すようなプレートガーダー橋のカバープレート（以下、「CP」と略す）に顕著な腐食が発生している事例が存在する．これらの腐食によって生じる板厚減少は強度や剛性を低下させる要因となる．CP の腐食損傷に対する一般的な既存の補修・補強方法として当て板工法が挙げられる．しかし、CP の腐食が著しい場合には CP 自体を取り替える新しい工法の確立が有用と考えられる．片側の主桁を新規 CP に取替える場合、そのまま CP を取外すと、両主桁間で応力差・たわみ差が生じるため、CP 取替え前後での橋梁の力学的挙動を詳細に把握しておく必要がある．

本研究は、著しく腐食した CP を有する桁長 13.4m の 2 主桁橋梁を対象に FEM 解析を実施し、施工を想定したステップ毎の、応力やたわみを把握することを目的とする．特に 2 主桁橋の下フランジまたは CP の応力やたわみに着目し取替え工法成立の可否を確認した上で、主桁間を繋ぐ部材に着目し、より荷重分担率が高い構造について検討する．

2. 解析モデルおよび解析ステップ

解析ソフト Abaqus／Standard を用いて、弾性解析を行った．対象橋梁の寸法を図-2 (a) に示す．主桁は一辺 35mm の四辺形シェル要素，横つなぎ材（対傾構，上横構）は梁要素（半径約 37mm の等価円形断面）でモデル化した．使用する材料係数はヤング率 200,000MPa，ポアソン比 0.3 である．荷重条件として，死荷重は，橋側歩道や防塵板，レール，まくら木などを含めた 186.3kN をウェブ直上に分布荷重として与えた．また，図-2 (b) に示すように，活荷重は鉄道構造物等設計標準・同解説-鋼・合成構造物¹⁾に基づき，衝撃（走行速度：130km/h）を考慮した $p1=122.4kN$ を与えた．主桁の端部はピン・ローラー支承である．

表-1 に示す施工ステップに基づいて解析を行った．ステップ I は、橋梁に死荷重のみが作用している状態、ステップ II はステップ I の状態から片側主桁の CP を取外した状態、ステップ II-L はステップ II の状態に活荷重が作用する状態である．ステップ III はステップ II から新たに CP を取付け、活荷重が作用する状態である．このステップは CP が取り外され状態で列車が通過する場合を想定している．

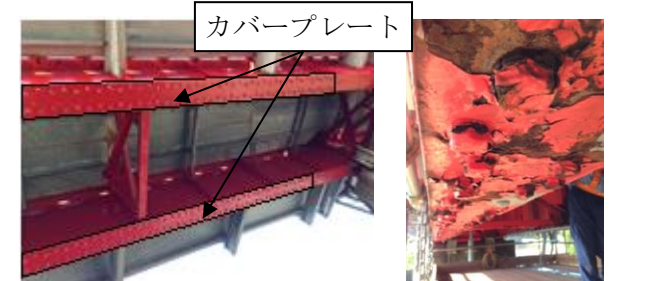
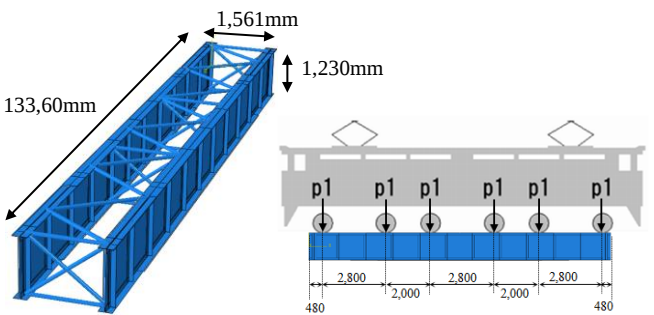


図-1 カバープレート(左)と塩害による腐食(右)



(a) 橋梁の形状 (b) 活荷重載荷方法

図-2 橋梁の概要（単位：mm）

表-1 施工ステップの概要

(a) 施工ステップ

		荷重条件	モデル	備考
ステップ	I	死荷重	A	施工前
	II	死荷重	B	施工中
	II-L	死荷重+活荷重	B	施工中に列車通過
	III	死荷重+活荷重	C	施工後に列車通過

(b) 構造モデル

		構造状態
モデル	A	既設の状態
	B	カバープレートを取外した状態
	C	新規カバープレート取付後

3. 解析結果

各ステップにおける橋軸方向に生じた支間中央の直応力とたわみを表-2に示す。ステップⅠ、ⅢではCPに、ステップⅡ、Ⅱ-LではCPがないため下アングルのフランジ面に着目している。CPを取外すことで、CPを取外した主桁の方が、一方の主桁より応力・たわみともに増加している。ステップⅡでは、主桁間の応力差が6MPa、たわみ差が0.4mm生じている。また、施工中に列車が通過しない限り、どのステップにおいても最大応力は許容応力度140MPa以下である。施工中に列車が通過することを想定したステップⅡ-Lでは、下アングルのフランジ面の一部で許容応力度以上の応力が生じている。したがって、CPを取外した状態で列車が通過できるよう、主桁間の荷重分担率を向上させて、活荷重作用時の応力低減を図る必要があることがわかった。

4. 横桁や下横構による主桁間の荷重分担率の向上策

主桁間の荷重分担率を向上させる方法として、図-3に示すように横桁や下横構を取付けた構造を考える。片側の主桁支間中央に集中荷重100kNを載荷し、主桁間の荷重分担を調べた。

図-4に示す横桁を設けた構造と下横構を設けた構造を既設の構造と比較すると、横桁を設けても荷重分担率は向上しなかった。一方、下横構を設けた場合、荷重分担率が向上し、CPを取替える主桁の応力分担率は約90%から約65%まで低減した。これは、せん断中心位置の変化と橋梁全体のねじり剛性の向上が有効であったといえる。

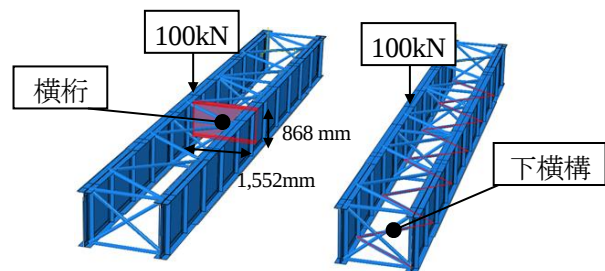
そこで、図-3(b)と同様に既設の構造に下横構を設け、CPの取替え施工を行った場合を検討した。ステップⅡ-Lでは許容応力以上の応力が生じたが、下横構を設けることで主桁間の荷重分担率が向上し、許容応力度以下とすることができた。最大応力は127MPa程度である。下横構の設置により施工中に列車が通過し得ることがわかった。

5. まとめ

本研究では、片側の主桁に著しく腐食したカバープレートをもつ鋼鉄道2主桁橋梁を対象に施工ステップを再現したFEM解析を行い、施工ステップ毎の力学的挙動を把握し、主桁間を繋ぐ部材に着目して、主桁間の荷重分担率が高い構造について検討することを目的とした。得られた結果を以下に示す。

表-2 施工ステップにおける応力とたわみ

		応力 [MPa]		たわみ [mm]	
		CP取替える主桁	健全な主桁	CP取替える主桁	健全な主桁
ステップ	Ⅰ	11	11	1.8	1.8
	Ⅱ	17	11	2.3	1.9
	Ⅱ-L	139	92	18.9	15.6
	Ⅲ	76	88	15.3	14.8



(a) 横桁の追加 (b) 下横構の追加

図-3 横桁または下横構を設けた解析モデル

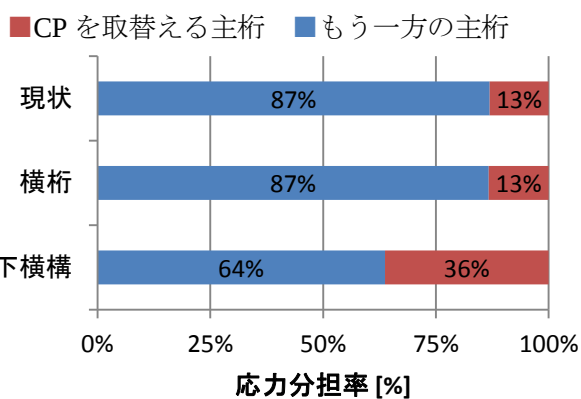


図-4 横桁または下横構による荷重分担

- (1) 死荷重状態において CP を取外すことで、取外した主桁に生じる応力は約66%増加し、もう一方の主桁では約8%低下した。主桁間のたわみ差は0.4mmであった。また、施工中に生じる応力やたわみは、CPを取り外した主桁の方が大きくなった。
- (2) 主桁間の荷重分担率を向上させるため、支間中央に横桁または下横構を設けた場合、横桁によって荷重分担率は向上せず、下横構によって荷重分担率は向上した。したがって、現状の構造においてせん断中心位置の変化と橋梁全体のねじり剛性の向上が有効であることがわかった。
- (3) CPを取外した下で列車が通過するためには現状の構造に対し、部材の補強や取付けなどの対策が必要であり、例えば、下横構を設けることで、列車の通過が可能となる。

参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説・鋼・合成構造物，丸善，2009