

支間部に腐食劣化の生じた鋼 I 桁橋の耐荷性能評価に関する一検討

(株)オリエンタルコンサルタンツ 正会員 ○有村 健太郎

大阪市立大学大学院 学生会員 舟山 耕平

(株)オリエンタルコンサルタンツ 正会員 船越 博行

大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司

1. はじめに

鋼 I 桁橋の腐食は、主桁の桁端部で多く確認されていることは周知の事実であるが、床版からの漏水や、下フランジ上面の堆積物が原因となる支間部での腐食も見られる。それらは、桁橋の主たる抵抗機構である曲げ強度に大きな影響を及ぼすことから、桁端部の腐食に比べて発生する割合は少ないものの、腐食が生じた場合、橋全体の耐荷力に与える影響は大きいことが想定され、決して無視できない損傷のひとつである。

また、鋼 I 桁橋は複数の主桁が床版や対傾構、横構を介して連結されシステムとして挙動することから、複数ある主桁のうち一部の主桁に腐食が生じて、他の健全な主桁が腐食した主桁を補うように挙動することも考えられ、桁端部に腐食が生じた場合については著者らのこれまでの研究¹⁾によって、そのシステムとしての耐荷性能を明らかにしている。そこで、文献 1)と同様に最も標準的な形式である鋼 I 桁橋を対象に、主桁の支間部の腐食が橋梁システムとしての耐荷性能に及ぼす影響を、全橋 FEM モデルを用いて解析的に検討した。

2. 対象橋梁及び解析モデル

対象橋梁は文献 2)に記載されている支間長 30m、幅員 9.5m の単純非合成 4 主 I 桁橋（図-1）であり、B 活荷重により設計されている。解析モデルは、床版および主桁、横桁、補剛材、端対傾構上弦材はシェル要素で、対傾構（端対傾構上弦材は除く）および横構は梁要素で、ソールプレートはソリッド要素でそれぞれモデル化している（図-2）。床版は床版断面の図心位置にシェル要素でモデル化している。また、床版と上フランジとの結合は完全結合とした完全合成モデルを基本とし、スラブアンカーをバネとして評価³⁾した不完全合成モデルおよび非合成モデルとした。腐食の形状は一般的に腐食が生じやすいとされる外桁となる G1 桁下フランジとして、図-2(b)～(d)に示すような腐食を支間中央部にモデル化し検討した。解析ケースを表-1 に、解析で用いた材料特性を表-2 にそれぞれ示す。

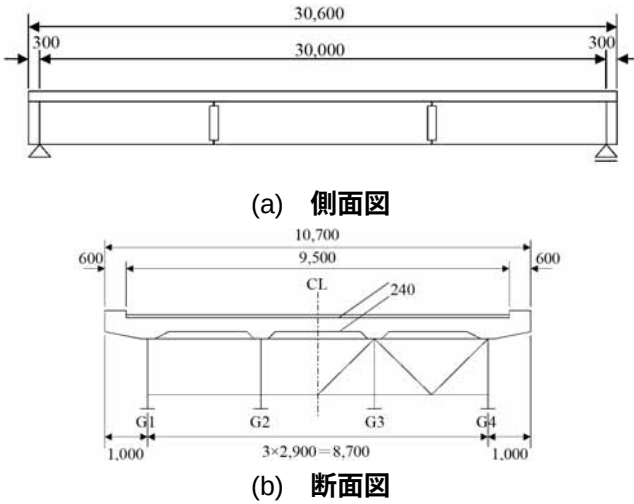


図-1 対象橋梁の一般図

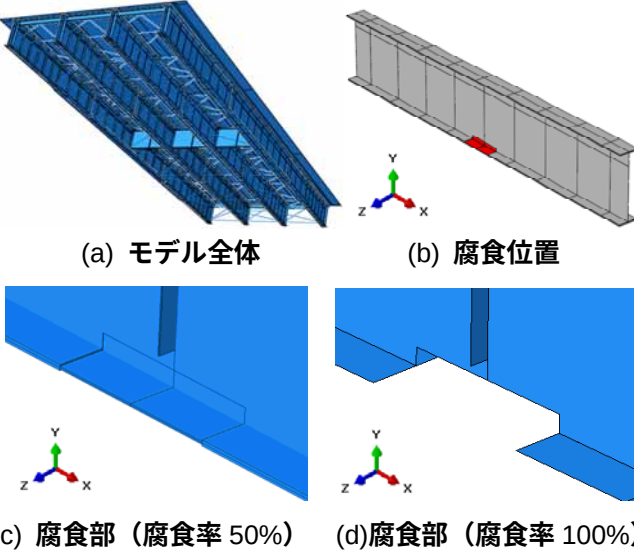


図-2 解析モデル

表-1 解析ケース

Case	腐食状況	モデル化	ばね定数 (X, Y, Z) (N/mm)	支承 条件
CR I	腐食なし	完全合成	-	可動・ 固定
CR D-G1 50(100)	50(100)%減厚			
C I	腐食なし	不完全合成	(K,∞, K)	
C D-G1 50(100)	50(100)%減厚			
NC I	腐食なし	非合成	(1,∞,∞)	
NC D-G1 50(100)	50(100)%減厚			

表-2 材料特性

部材名	材質	ヤング係数 E (Gpa)	降伏点 σ_y (MPa)	ひずみ 硬化係数 E' (MPa)
主桁フランジ・ウェブ	SM490Y	200	355	E/100
ソールプレート	SS400	200	弾性体	
その他の鋼部材	SS400	200	235	E/100
RC床板	コンクリート	25	弾性体	

キーワード：鋼 I 桁橋、橋梁システム、耐荷性能、支間部、腐食

連絡先：〒151-0077 東京都渋谷区本町 3-12-1 (株)オリエンタルコンサルタンツ関東支店構造部 TEL 03-6311-7860

3. 鉛直方向の耐荷性能

図-3 に健全時および腐食時における最大荷重倍率を示す。荷重倍率 α は、全ての支点反力の合計値を設計荷重で除した値である。なお、本検討では、最大荷重倍率が得られる前に床版が設計基準強度 ($\sigma_c=24\text{N/mm}^2$) に達した場合、床版が圧壊に至る状態と考え、その時点の荷重倍率を最大荷重倍率と定義した。完全合成、不完全合成および非合成のそれぞれにおける最大荷重倍率は、50%腐食の場合、それぞれ 2.50, 2.40, 2.32 である。また、100%負傷の場合は、それぞれ 1.82, 1.72, 1.66 であり、その差は少ないが、NC_Iを除く全てのケースについては、いずれも床版の圧壊が終局状態となるためである。

図-4 には完全合成及び非合成における終局状態の鋼桁のミーゼス応力コンターを示す。非合成桁の場合、下フランジおよびウェブに加えて上フランジも塑性化する一方で、完全合成の場合は、下フランジおよびウェブのみが塑性化しており、床版の結合条件の違いによって塑性化の進展状況が異なる。このことから、当然ではあるが橋梁システムとして床版が有効に機能していることが確認できる。

図-5 には健全時および 50%腐食時における各桁の断面力の分担率の推移を示す。断面力の分担率とは、支間中央における全桁の断面力の合計値に対する各桁の断面力の比率である。完全合成においては、腐食した G1 桁の分担率の減少に伴い、G2～G4 桁の分担率が増加し、特に G4 桁の分担率の増加が著しい。一方、非合成においては、G1 桁の分担率の減少に伴い、隣接する G2 桁の増加が著しく、G4 桁の増加は僅かである。このことから、いずれのケースにおいても腐食した桁を健全な桁が補うような挙動が確認され、また、床版の有無が橋梁システムとしての耐荷性能に与える影響が大きいことがわかる。

4. まとめ

本検討の結果から、4 本ある主桁のうち一部の主桁の支間部に腐食劣化が生じた場合、床版が有効に機能することで、健全な主桁が鉛直荷重を分担し橋梁システムとしての耐荷力を保持することが確認できた。

参考文献: 1)有村健太郎, 有山大地, 船越博行, 山口隆司: 桁端部に腐食劣化の生じた鋼1桁橋の耐荷性能評価に関する解析的検討, 土木学会論文集(掲載予定) 2)建設省制定, 土木構造物標準設計, 全日本建設技術協会, 1994. 3) 榊田智子, 平城弘一, 渡辺滉, 高田嘉秀, 宮地真一, 牛島祥貴: スラブアンカーの静的ずれ耐荷力特性に関する実験的研究, 構造工学論文集, Vol.47A, pp.1373-1380, 2001.3

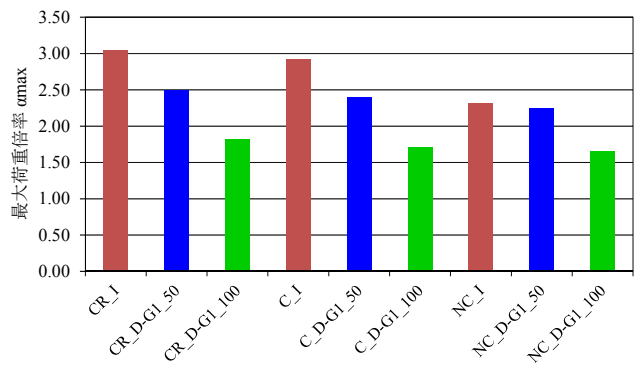
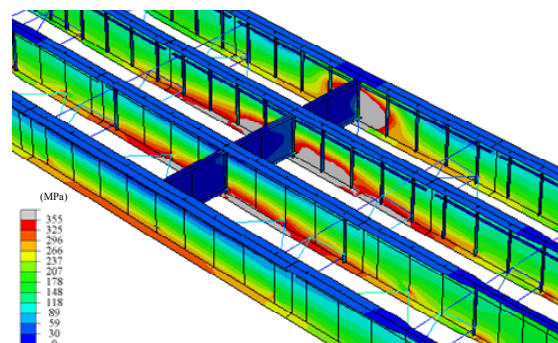
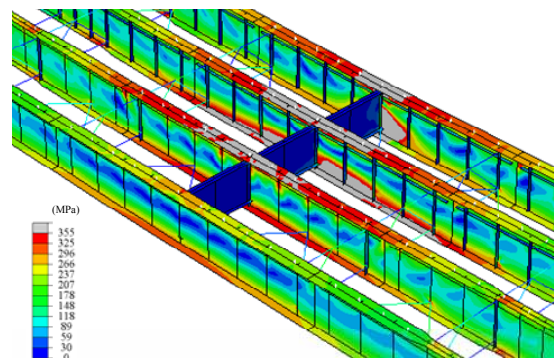


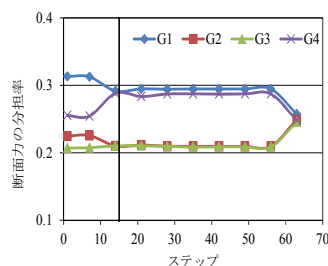
図-3 最大荷重倍率



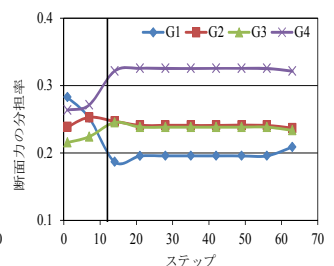
(a) 完全合成 (CR_D-G1_50)



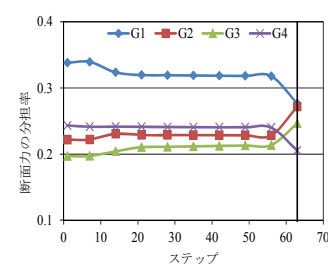
(b) 非合成 (NC_D-G1_50)
図-4 ミーゼス応力コンター



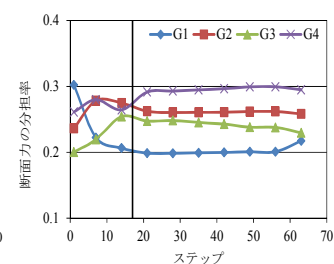
(a)完全合成_健全時



(b)完全合成_G1 腐食時



(c)非合成_健全時



(d)非合成_G1 腐食時

図-5 各桁の断面力分担率