

桁端部が腐食した鋼 I 桁橋の耐荷力に関する解析

首都高速道路技術センター 正会員○上條崇 同左 小林明史
首都高速道路 正会員 平野秀一 同左 中溝翔

1. はじめに

鋼橋の桁端部は、伸縮継手部からの漏水などによって非常に厳しい腐食環境にある。首都高速道路でも桁端部に多数の腐食損傷が報告されている（写真-1、写真-2）。本研究では、鋼桁端部の腐食と安全性との関係を明らかにすることを目的に、まず、腐食実態を反映した解析モデルにより、桁端部の腐食が橋の耐荷力に与える影響を解析検討した。腐食部位は主桁下端とした。次に、解析結果に基づき補修塗装と当て板補強の判定基準について検討した。なお、本研究では橋軸直角方向の耐荷力について検討した。

2. 桁端部が腐食した鋼 I 桁橋の解析方法

腐食率（＝腐食減厚量/当初板厚）を変化させることで、桁端腐食が橋の耐荷力に与える影響を検討した。解析モデルは桁端構造が異なる3橋（図-1）とした。

橋の主構造および着目する桁端に位置する端対傾構または端横桁はシェル要素でモデル化し、2次部材の横構と中間対傾構はトラス要素でモデル化した。本解析では地震荷重を水平方向の加速度でモデルに作用させた。このため、橋の質量分布が正確になるように、床版と壁高欄はソリッド要素でモデル化した。

鋼材の応力-ひずみ関係はバイリニア型とし、降伏後の二次勾配は $E_s/100$ (E_s : ヤング係数) とした。床版および壁高欄のコンクリート、舗装のアスファルトは弾性要素とした。

構造と荷重の対称性を利用して、解析モデルは橋軸方向 1/2 モデルとした。支承およびソールプレートは

モデル化せず、主桁下フランジのソールプレート取り付け範囲に剛体要素を設け、ソールプレート中心の節点に境界条件を与えた。支承は可動支承とし橋軸方向変位の拘束は対称境界面に与えた。

材料非線形性と幾何学的非線形性を考慮して解析した。モデルに初期不整は与えなかった。

主桁の腐食は、支点上補剛材、ウェブおよび支承リブ（B 橋のみ）の桁端下部付近の 450mm（橋軸方向）×150mm（高さ方向）について考慮し、腐食範囲内で腐食率は一定とした。腐食率は 0%（腐食なし）、20%、40%、60%に変化させた（図-2）。

また、主桁が著しく腐食している状態を想定し、C 橋を対象に主桁に孔食が生じているケース（図-3）と支点上補剛材の下端が破断しているケース（図-4）についても解析した。これらのケースでは全ての主桁に孔食または補剛材の破断を考慮した。

3. 解析結果

A, B および C 橋について、腐食率を変化させた場合の荷重-変位関係を図-5 に示す。同図において、横軸



写真-1 桁端上部の腐食事例



写真-2 桁端下部の腐食事例

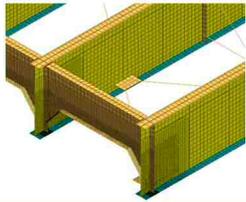
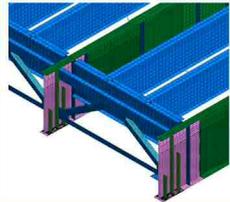
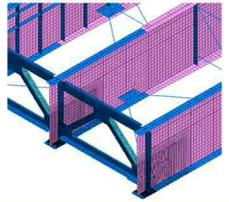
A橋 (端横桁)	B橋 (端対傾構+補強横桁)	C橋 (端対傾構)
		
27m、6主桁	32m、5主桁	38.7m、5主桁

図-1 解析モデル概要

キーワード 桁端、腐食、耐荷力

連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門 1-10-11 (一財)首都高速道路技術センター 技術研究所 TEL 03-3578-5772

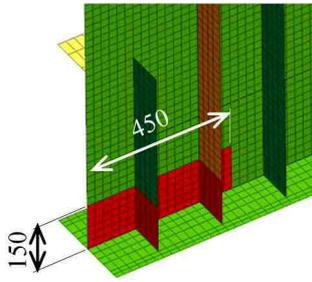


図-2 主桁の腐食範囲 (B橋)

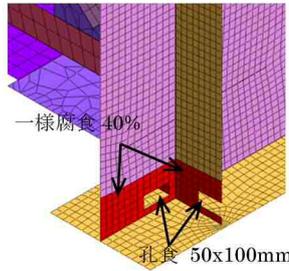


図-3 主桁腐食 40%+孔食(C橋)

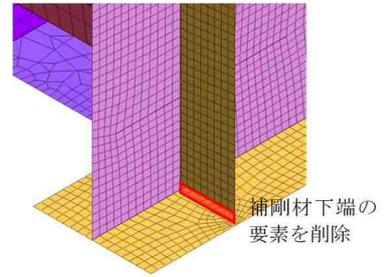
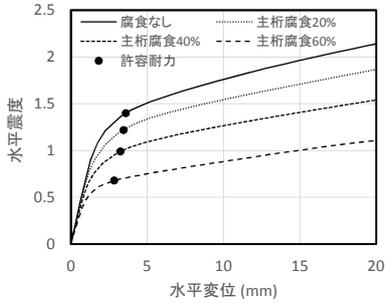
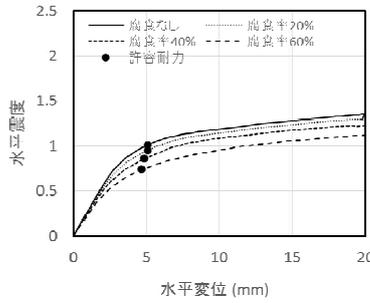


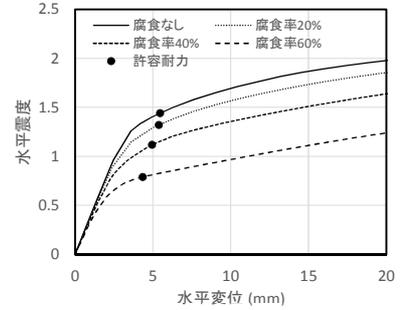
図-4 補剛材下端破断 (C橋)



(a) A橋



(b) B橋



(c) C橋

図-5 荷重-変位関係 (主桁腐食)

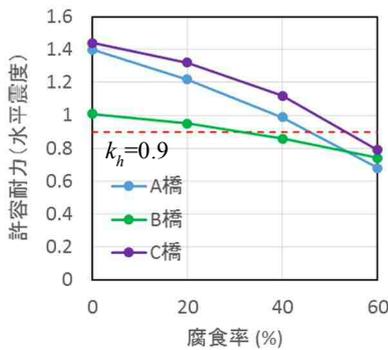


図-6 許容耐力と腐食率の関係(主桁腐食)

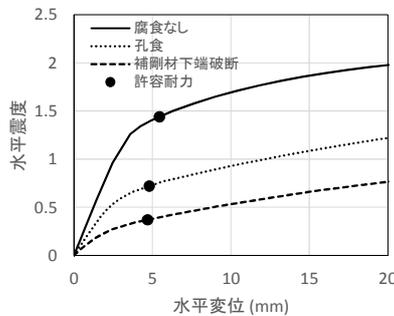


図-7 荷重-変位関係

表-1 桁端部の寸法

	A橋	B橋	C橋
支点上補剛材板厚(mm)	15	25	22
桁高 H (mm)	1700	1600	1900
ウェブギャップ W (mm)	150	300	275
W/H	0.088	0.188	0.145

の変位は中央主桁の支承直上の上フランジ節点の水平変位である(6本主桁のA橋ではG3とG4の平均値)。また、縦軸は慣性力の大きさを震度表示している。同図には、横荷重に対する橋の許容耐力を図示している。ここで、許容耐力は残留変位が $H/1000$ (H : 桁高) になる時点の荷重-変位関係上の点とした。設定する残留変位の大きさにより許容耐力は増減するが、本検討では $H/1000$ をしきい値に採用した。

同図から、いずれの橋梁についても腐食率の増加に伴い橋の許容耐力が低下する傾向を確認できる。

A, BおよびC橋について腐食率と許容耐力の関係を図-6に示す。同図には、許容耐力が満足すべき荷重レベルとして $k_h=0.9$ を示している。この荷重レベルは下部工の等価水平震度の調査結果をもとに設定した。

同図から、B橋は腐食率が低い領域において他の2橋よりも許容耐力が小さい。これは、B橋は他の2橋に比べて桁高に対するウェブギャップの比が大きいこと(表-1)が理由と考えられる。また、B橋は腐食率の

増大に対する降伏耐力の低下の度合いが緩やかであるが、これは、床版補強横桁や支承リブが桁端部に作用する横力に抵抗しているためと考えられる。

孔食ケースおよび補剛材下端破断ケースの結果を腐食なしの結果と比較して図-7に示す。これらの腐食形態は耐力低下が大きく、孔食は腐食なしの50%、補剛材下端破断は腐食なしの26%の耐荷力となった。

4. 補修塗装/当て板補強判定

図-6において、降伏耐力が満足すべき荷重レベルを下回る腐食率が補修と補強を分ける境界となる。当て板補強が必要となる腐食率として、3橋の最小値をとると、当て板補強の目安は腐食率30%程度となった。

5. まとめ

桁端部に生じている腐食の実態を反映した解析モデルを用いて腐食が橋の耐荷力に与える影響を検討した。検討結果にもとづき、耐荷力が大きく低下する腐食形態を把握し、補修塗装と当て板補強の判定の目安を提案した。