

Load Rating を用いた桁端部に腐食を有する鋼 I 桁橋の安全性評価に関する研究

(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 ○有山 大地
 (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

一般的な鋼 I 桁橋では、複数の主桁が床版や対傾構、横構を介して連結されており、橋梁システムとして挙動する。そのため、複数ある主桁のうち一部の主桁の桁端部が激しく腐食していたとしても、橋梁としての耐荷性能は明らかではなく、安全性の評価は難しい。そこで、本研究では、鋼 I 桁橋を対象に、全橋 FEM 解析を実施して橋梁としての耐力を算出し、AASHTO で示されている Load Rating と呼ばれる既設橋梁の安全性評価手法¹⁾を用いて安全性の評価を試みた。

2. 対象橋梁および解析モデル

図-1 に対象橋梁の一般図を示す。対象橋梁は支間長 30m、幅員 9.5m の単純非合成 4 主 I 桁橋である。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。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、床版と上フランジおよび端対傾構上弦材との結合は過去の研究²⁾を参考に完全結合としている。腐食の形状は実橋梁の腐食状況を調査した文献³⁾を参考に、図-2 に示すような腐食形状を対象とし、G1 桁端、G2 桁端、G1 および G2 桁端、全ての桁端が腐食している場合の 4 ケース(表-1) について検討する。表-2 には解析で用いた材料特性を示している。

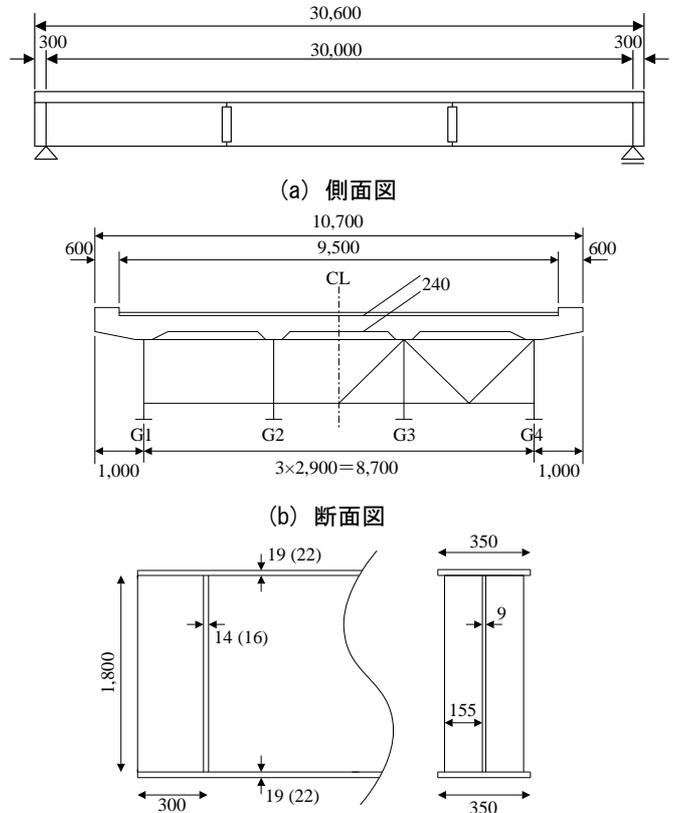
3. 評価方法

Load Rating では、設計活荷重に対して何倍の耐力を有しているかを表す RF で安全性を評価する。RF は式(1)により算出される。

$$RF = \frac{C - \gamma_D D}{\gamma_L L} \quad (1)$$

ここで、RF : Rating Factor, C : 耐力, D : 死荷重, L : 活荷重, γ_D : 死荷重係数, γ_L : 活荷重係数である。

本検討では、使用限界状態と終局限界状態の二つの限界状態を考える。使用限界状態では、複数ある主桁



(c) 外桁端部（カッコ内の数字は中桁の寸法）

図-1 対象橋梁の一般図（単位：mm）

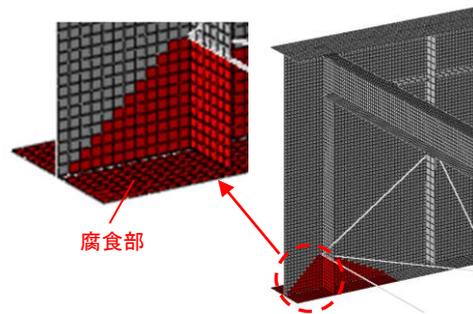


図-2 腐食形状

表-1 解析ケース

ケース名	腐食状況	腐食位置	支承条件
D-G1	50% 減厚	G1 桁端	両端拘束
D-G1		G2 桁端	
D-G1G2		G1G2 桁端	
D-All		全桁端	

表-2 材料特性

部材名	材質	ヤング係数 E (GPa)	降伏点 σ_v (MPa)	ひずみ硬化係数 E' (MPa)
主桁ウェブ、上下フランジ	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床版	コンクリート	25		弾性体

キーワード：Load Rating, 鋼 I 桁橋, 桁端部, 腐食

連絡先：〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院 工学研究科 都市系専攻 TEL& FAX 06-6605-2765

の桁端部のうち支点反力が最初に設計耐力となるときを限界状態とした。終局限界状態では、図-3 に示すように複数ある主桁の桁端部のうち、最初に桁端の最大耐力に至るときおよび橋梁としての終局耐力（最大耐力）を迎える前に桁端の鉛直変位が 20mm となるとき、3つのレベルで限界状態を考える。

AASHTO を参考に使用限界状態では $\gamma_D=1.00$, $\gamma_L=1.00$ を、終局限界状態では $\gamma_D=1.25$, $\gamma_L=1.35$ とし、 C は FEM 解析により決定する。解析では、使用限界状態の場合、 D を载荷した後、 L を弧長法で漸増させた。終局限界状態の場合、 D の 1.25 倍を载荷した後、 L を弧長法で漸増させた。活荷重倍率を α とすると、各限界状態に至るときの C は式(2)、式(3)のように表せることから、 RF は式(4)、式(5)により算出できる。

$$C = D + \alpha L \quad (\text{使用限界}) \quad (2)$$

$$C = 1.25D + \alpha L \quad (\text{終局限界}) \quad (3)$$

$$RF = \alpha \quad (\text{使用限界}) \quad (4)$$

$$RF = \frac{\alpha}{1.35} \quad (\text{終局限界}) \quad (5)$$

4. 安全性評価

表-3、図-4 には RF の算出結果を示す。使用限界状態に着目すると、G2 桁端が腐食しているケースでは RF がそれぞれ 0.90 (D-G2), 0.84 (D-G1G2), 0.76 (D-All) といずれも 1 を下回っており、使用限界状態に対して安全性が不足するという結果であった。終局限界状態に着目すると、全ての桁端部が腐食している D-All_L-G2 では、桁端耐力の RF と橋梁耐力の RF の差は小さくどちらも 1 を下回っていた。一方、複数ある主桁のうち一部の主桁の桁端部に腐食を有する D-G1_L-G2, D-G2_L-G2, D-G1G2_L-G2 では、橋梁耐力の RF は桁端耐力の RF と比較して大きく、特に、D-G1_L-G2, D-G1G2_L-G2 では、桁端耐力の RF はそれぞれ 0.98, 0.54 と 1 を下回っていたが、橋梁耐力の RF はそれぞれ 2.06, 1.23 と 1 を上回っていた。すなわち、腐食した桁端の終局耐力は不十分でも橋梁としての終局耐力は安全性を満足しているということになる。また、外桁が腐食している D-G1, D-G1G2 では、桁端変位の RF が橋梁耐力の RF よりも小さくなるが、いずれも 1 を上回る結果となった。

5. まとめ

本研究では、鋼 I 桁橋を対象に、桁端部が腐食した場

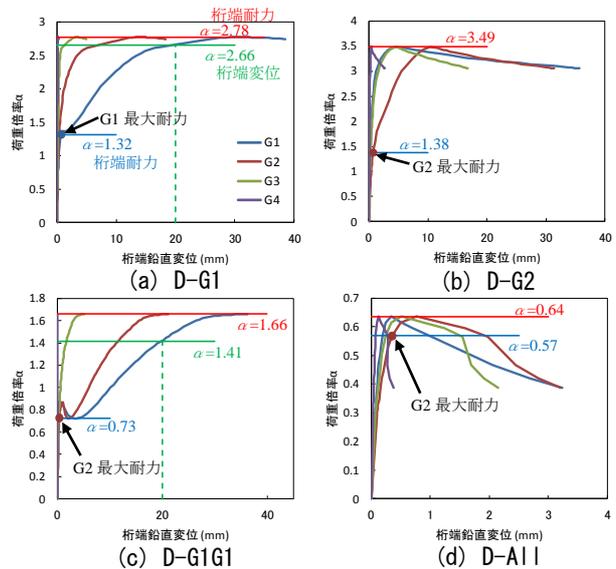


図-3 活荷重倍率 α の算出 (終局限界状態)

表-3 活荷重倍率および Rating Factor

ケース名	α				RF			
	使用限界	終局限界		使用限界	終局限界		使用限界	終局限界
		桁端耐力	橋梁耐力		桁端変位	桁端耐力		
D-G1	1.40	1.32	2.78	2.66	1.40	0.98	2.06	1.97
D-G2	0.90	1.38	3.49	-	0.90	1.02	2.58	-
D-G1G2	0.84	0.73	1.66	1.41	0.84	0.54	1.23	1.05
D-All	0.76	0.57	0.64	-	0.76	0.42	0.47	-

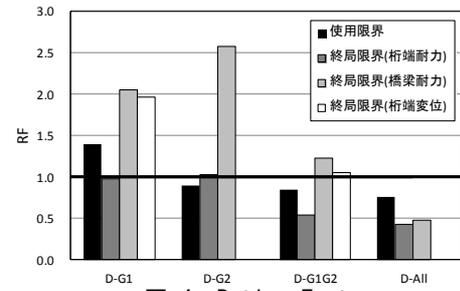


図-4 Rating Factor

合を想定した全橋 FEM 解析を実施し、Load Rating により安全性の評価を試みた。以下に結論を示す。

- 1) RF が 1 以上の場合を安全であると考え、複数ある主桁のうち一部の主桁の桁端に腐食を有するケースでは、腐食した桁端の終局耐力は不十分でも、橋梁としての終局耐力は安全性を満足する結果となった。しかし、使用限界状態で安全性を満足しないものが見られた。
- 2) 外桁の桁端部に腐食を有するケースでは、桁端変位に着目した RF が橋梁の耐力に着目した RF より小さくなった。

参考文献

- 1) AASHTO : Manual for Bridge Evaluation, Second Edition, American Association of State Highway and Transportation Officials, 2011.
- 2) 三木千尋, 山田真幸, 長江進, 西浩嗣 : 既設非合成連続桁橋の活荷重応答の実態とその評価, 土木学会論文集, No.647/I-51, pp.281-294, 2000.4.
- 3) 国土交通省国土技術政策総合研究所 : 道路橋の局部腐食に関する調査研究, 国土技術政策総合研究所資料, 第 294 号, 2006.1.