

RC 床版を加味した腐食損傷鋼 I 桁の性能評価

関西大学環境都市工学部 学生員○西井祐一
関西大学環境都市工学部 学生員 中島達也

関西大学大学院理工学研究科 学生員 木野村宏昭
関西大学環境都市工学部 正会員 堂垣 正博

1. まえがき

鋼橋は適切に防錆・防食を行わないと、腐食し損傷するようになる。地方公共団体の中には財政難や技術者不足などで、橋梁の維持管理が十分にできない状況にある。たとえば、鋼桁の端部が腐食すると、橋台と桁端や、桁と桁との間に段差が生じ、車輛の走行に影響しかねない。また、大型車輛の通過で床版の伸縮装置の損傷や振動・騒音の発生なども起こる。それゆえ、鋼橋を適切に維持管理する上で、腐食損傷した鋼桁の的確な性能評価が極めて重要である。

ここでは、鋼桁の端支点部近傍が腐食損傷した場合を対象に、その耐力や変形を有限要素法による数値解析によって明らかにする。

2. 解析モデルとその条件

2.1 対象とする橋梁とそのモデル化

鋼橋の腐食は、供用年数が 30～40 年の橋梁で多く確認されている¹⁾。そこで、許容応力度法で設計された橋梁を文献 2) を参考に決定した。すなわち、支間長 20m、4 主桁からなる単純非合成 I 桁橋である。内桁の腐食に着目し、解析モデルを図 1 のように決定した。鋼ならびにコンクリートの材料特性を表 1 に示す。ここに、鋼板、RC 床版はともに完全弾塑性体とした。

数値解析には汎用有限要素解析プログラム“MARC2010.2”を用い、非線形代数方程式の解法に弧長増分法を適用した。鋼桁に生じる腐食は、極めてランダムで、局所的な分布となる場合が多いため、各部材要素の腐食損傷に対処できるソリッド要素を適用し、その総要素数と総節点数はそれぞれ約 61,344 要素、約 72,822 節点である。

2.2 境界条件と载荷条件

桁の両端を単純支持し、横桁と対傾構の取り付け位置で腹板の面外変位を拘束した。

桁に作用する荷重として、死荷重と、図 2 に示す平成 14 年度版道路橋示方書³⁾で規定される L 荷重、

T 荷重を考えた。ただし、活荷重は RC 床版の上面に漸増载荷した。これは、腐食した鋼桁が初期の設計荷重に対し、何倍の荷重に耐え得るかを求めるためである。

2.3 数値解析ケース

本研究で想定した腐食範囲とその量は、表 2 と図 3 のとおりである。腐食量を表す基本パラメータとして、健全な板厚 t に対する腐食した板厚量 t' との比 β (以下、板厚減少率と称する) を導入する。表 2 に示すように、 $\beta=0.0\sim0.9$ の範囲を考えた。ここでは Case 4 に示す各部材要素が同時に腐食している場合を取り上げる。表中の 1 パネルは、支点上の鉛直補剛材と隣接の鉛直補剛材で囲まれる腹板パネルを示す。

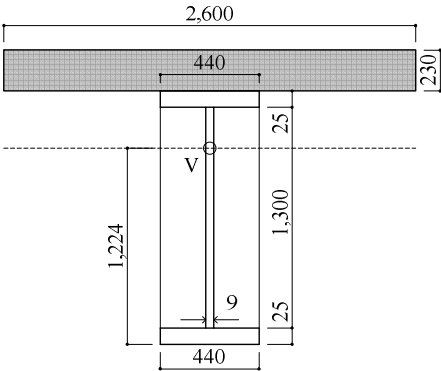


図 1 解析モデルの断面図

表 1 部材要素の材料特性

	鋼種	降伏応力 (MPa)	ヤング率 (GPa)	ポアソン比
RC床版	—	15.96	26.46	0.2
上下フランジ	SM50Y	353	206	0.3
腹板		363		
垂直補剛材	SS41	235		

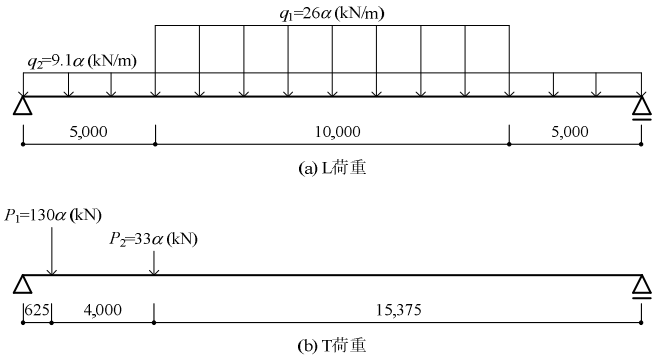


図 2 単純桁に载荷された荷重モデル

キーワード：腐食損傷，鋼 I 桁橋，余剰耐力評価，変形評価，弾塑性有限変位解析，MARC
連絡先：〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35 TEL.06-6368-0882／FAX.06-6368-0882

3. 数値解析結果とその考察

作用 L 荷重と端支点上での桁の鉛直変位量との関係を図示すれば、図 4 を得る。ここに、縦軸は桁に作用する荷重 q と道路橋示方書の規定 L 荷重強度 q_0 との比で、いわゆる荷重係数である。図から明らかなように、端支点部近傍の下フランジ、腹板、鉛直補剛材がいずれも 70%以上欠損すれば、桁の耐力は低下し始める。さらに、90%欠損すると、桁の耐力は設計活荷重時の強度を下回り、極度に安全性を損なう。

つぎに、作用 T 荷重と端支点上での桁の鉛直変位量との関係を図示すれば、図 5 を得る。同様に、縦軸は T 荷重強度 P_0 に対する荷重係数である。健全な鋼桁は 40 倍もの荷重係数を有しているが、L 荷重とは異なり、腐食による耐力の低下は顕著である。

腐食桁の作用荷重と強度の低下率の関係を端支点上での桁の鉛直変位量 5mm, 10mm, 最高荷重時ごとに図示すれば、図 6 を得る。T 荷重はほぼ線形となり、L 荷重と比べて、板厚減少率 β の値が小さい領域でも強度の低下が顕著であることが分かる。

4. あとがき

本研究では、鋼桁の端支点部近傍が腐食した場合の耐力と変形を弾塑性有限変位解析により明らかにした。得られた成果は、つぎのようである。

- 1) 作用荷重に L 荷重と T 荷重を考え、その終局限界を解析によって明らかにし、設計荷重との関係から荷重係数を求めた。
- 2) 端支点部近傍が腐食した鋼桁は、設計荷重に対してかなりの安全性を示した。補修や補強の判断には、この荷重係数を初期降伏時の荷重との対比で補正した新たな指標が必要である。

参考文献

- 1) 玉越隆史・中州啓太・石尾真理・武田達也・水津紀陽：鋼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，No.294，pp. 1-56，2006-1。
- 2) 建設省：道路の標準幅員に関する基準（案），1975-7。
- 3) 日本道路協会編：道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編，丸善，2002-3。

表 2 各部材要素の腐食形態

Case	部材要素	板厚減少率 β	腐食範囲
1	下フランジ	$\beta=0.00, \beta=0.70$	橋軸方向：張出し部+0.3パネル
2	腹板		橋軸方向：張出し部+0.3パネル
3	鉛直補剛材	$\beta=0.25, \beta=0.80$	桁高方向：下から20%
4	複合腐食	$\beta=0.50, \beta=0.90$	橋軸直角方向：補剛材幅すべて
		$\beta=0.60$	桁高方向：下から20%
			上記3つの複合

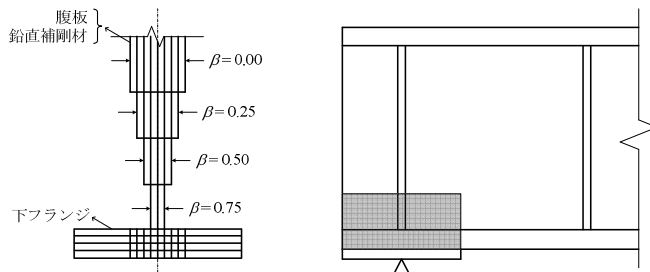


図 3 解析上の腐食表現

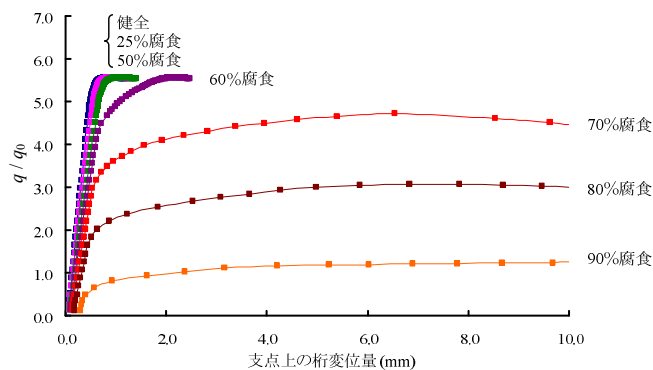


図 4 L 荷重と支点上の桁変位との関係

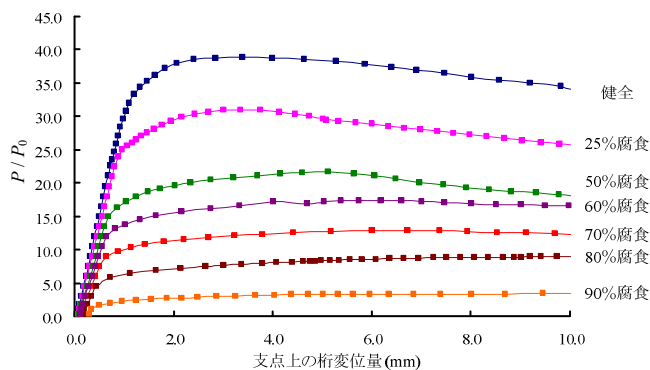


図 5 T 荷重と支点上の桁変位との関係

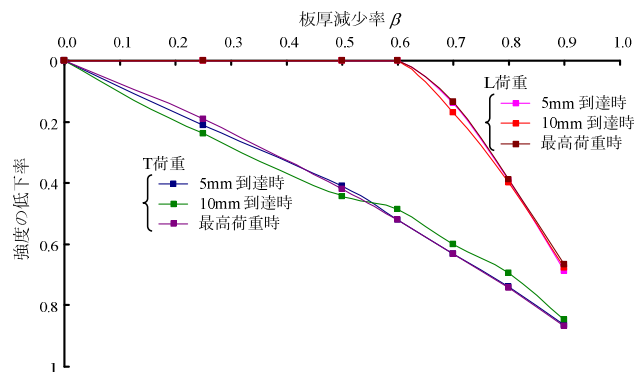


図 6 作用荷重による耐力低下率の比較