

関西大学環境都市工学部 学生員○ 西井 祐一 関西大学理工学研究科 学生員 竹口智也
 関西大学理工学研究科 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

現行の道路橋示方書では、腐食した橋桁に関して、腐食と耐力との関係が定かでない。それゆえ、腐食した部材の取替えや補修の判断は、技術者の能力と経験に頼っている。

周知のとおり、現在、わが国は極度の財政難と少子高齢化に伴う高度な判断が可能な技術者の不足などによって、行政機関などが管理する橋梁すべてを十分に維持管理することが難しくなりつつある。

ここでは、鋼鉄桁の端支点部近傍が腐食損傷した場合を対象に、その終局強度と変形のメカニズムを有限要素法による数値解析によって明らかにしたので報告する。

2. 数値解析の概要

2.1 対象とした橋梁

対象橋梁のモデル化を建設省（現・国土交通省）による「道路の標準幅員に関する基準（案）」の“⑩主要幹線道路”を参考にした。すなわち、支間長が 20m、4 主桁からなる単純非合成 I 桁橋である。ただし、鋼桁部分は上下対称とした。

2.2 解析モデル

単純支持された橋梁の内桁を対象とした。上部構造は RC 床版、上下フランジ、腹板、鉛直補剛材からなり、支点上にソールプレートをついた。その断面図を図 1 に示す。

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。

フランジや腹板、鉛直補剛材に生じた腐食は、極めてランダムで、局所的分布となると考えられる。これらの部材には中立軸の移動に対処できるソリッド要素を適用した。なお、初期不整（初期たわみ、残留応力）は無視した。

2.3 境界条件と載荷条件

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に対する面外を変位拘束した。

桁に作用する荷重として、①死荷重と②平成 14 年度版道路橋示方書で規定される L 荷重（B 活荷重）を考えた。後者の荷重は図 2 に示すようで、これを RC 床版の上面に増分量で漸増載荷した。これは、腐食した桁が初期の設計

荷重に対し、何倍の荷重係数にあるかを知るためである。

2.4 数値解析のケース

本研究で想定した腐食のパターンと量は、表 2、図 3 のとおりである。図に示す板厚の減少で腐食を再現した。表中、1 パネルは桁端の鉛直補剛材から隣接するそれまでに囲まれる腹板パネルを意味する。これによって端支点近傍の腐食による断面欠損と桁の耐力との関係を明らかにする。

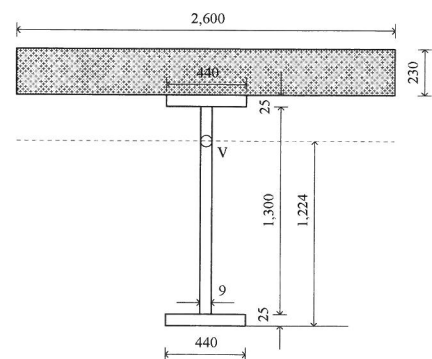


図1 解析モデルの断面図

表1 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		
鉛直補剛材	SM41	235		

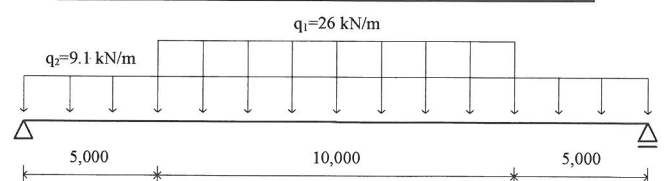


図2 単純桁に載荷された荷重モデル (L 荷重)

表2 数値解析する腐食形態

ケース	腐食部材	板厚減少率 α	腐食範囲
1	下フランジ		1 パネル
2	支点上補剛材	$\alpha=0.00$ $\alpha=0.70$	支点部直上
3	腹板	$\alpha=0.25$ $\alpha=0.80$ $\alpha=0.50$ $\alpha=0.85$ $\alpha=0.60$ $\alpha=0.90$	橋軸方向：0.2パネル 桁高方向：直上
4	上記3つの複合		上記3つの複合

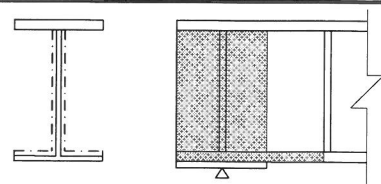


図3 腐食表現

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 t' との比 α 、これを板厚減少率と称するが、を導入する。表 2 に示すように、 $\alpha=0.0$ から 0.9 の範囲を考えた。ここに、 $\alpha=0.0$ は腐食していない健全なモデルで、これを基本モデルとする。

3. 数値解析結果とその考察

3.1 腐食損傷の影響

作用活荷重と支間中央のたわみとの関係を図示すれば、図 4 を得る。ここに、縦軸は桁の耐力と道路橋示方書で規定された L 荷重強度との比で、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 60%以上欠損すれば、桁の曲げ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、作用荷重と端支点上の桁の鉛直方向収縮量との関係を図示すれば、図 5 を得る。設計基準によれば、隣接桁間で 15mm 以上の段差が生じると、走行性に影響を及ぼし、その衝撃から伸縮装置が損傷するとされる。腐食の増大とともに支点上の桁変位は増大する。曲げ耐力と同様に、90%欠損した場合、支点上の桁変位は 15mm を大幅に超える。これらのことから、支点部近傍の下フランジ、腹板、鉛直補剛材がいずれも 90%欠損した状態に至れば、極度に安全性が損なわれる。

腐食桁の支点上の鉛直方向桁変位と耐力の関係を図示すれば、図 6 を得る。図中には解析から得られた強度の回帰曲線を示す。この式に板厚の減少量を代入すれば、腐食桁の耐力低下率がある程度予測できる。この種の図をさまざまな腐食パターンに対して作成しておけば、腐食桁の補修対策あるいはサービスの検討に利用できる。

3.2 腐食損傷の評価

許容応力度設計法によって設計された鋼桁に腐食損傷を考え、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。その結果、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。補修や補強が必要か否かの判断には、ここで求めた荷重係数を初期降伏時の荷重との対比で補正し、新たな指標を考える必要がある。

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を対

象に、その弾塑性有限変位解析を行い、耐力と変形を明らかにした。得られた成果をまとめれば、つぎのようである。

- (1) 桁端の腐食損傷量と桁の残存強度の関係を明らかにし、簡易な強度評価式を作成した。ただし、広範に適用できる腐食桁の残存強度の近似算定式を提案するには、より現実的な腐食形態や再現性のある作用荷重パターンを種々検討し、橋梁系全体の数値解析によって強度と変形を明らかにする必要がある。
- (2) 鋼桁の使用限界を‘腐食損傷によって支点上に生ずる段差’と定義し、腐食形態ごとに腐食によって支点上に生じる桁変位量の簡易推定式を誘導した。

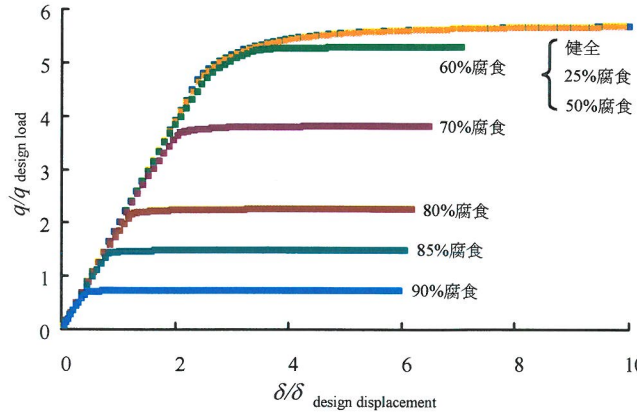


図 4 作用荷重と支間中央のたわみとの関係

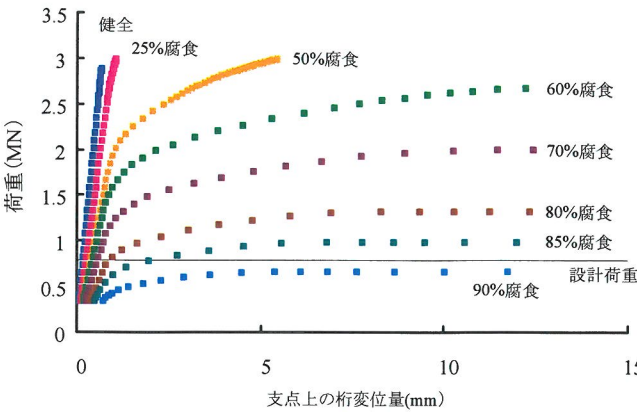


図 5 作用荷重と支点上の桁変位との関係

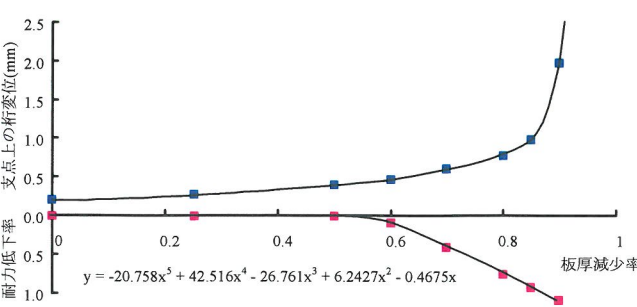


図 6 腐食桁の支点上の桁変位と耐力の関係