

## 腐食損傷を受けた鋼 I 桁橋端横桁の耐荷性能に関する基礎的検討

九州工業大学大学院 正会員 ○山口栄輝

九州工業大学大学院 学生員 田頭剛史, 辻 浩幸

### 1. はじめに

日本の橋梁は高度成長期に多く建設されたため、近い将来、維持管理経費が急激に増加することが懸念されている。すでにその兆候は現れており、近年、多くの橋梁で損傷が報告されている。

橋梁の経年劣化が進行する一方で、維持管理予算の増加は見込めない状況を考えれば、腐食損傷の多い桁端部の安全性を把握することは、合理的な維持管理を行う上で重要な課題のひとつである。ここでは、鋼 I 桁橋端横桁の耐荷性能を解析的に検討する。検討は、ABAQUS<sup>1)</sup>による 3次元解析で行う。

### 2. 解析モデル

本研究では、文献 2) の橋梁を解析対象とする。この橋梁は単純活荷重合成 I 桁橋で、橋長 34 m、有効幅員 8.5 m である。4 主桁を有し、図-1 の端横桁が設置されている。文献 2) には、当該橋梁の設計法が示されているが、設計荷重下で端横桁に作用する応力は、許容値をかなり下回っている。これは、文献 3) で、端横桁の下端は極力下フランジに近い位置まで下げるよう記述されていることに起因すると推察される。

端横桁は橋梁の一部であり、単独で変形するわけではない。しかしながら、全橋をモデル化して非線形有限要素解析を行うのは、多大なデータ量、多大な解析時間を必要とすることから、本研究では端横桁を取り出してモデル化する。この端横桁モデルは、端横桁、支点上垂直補剛材、主桁の一部で構成する。端横桁モデルに取り込む主桁長は、文献 4) の荷重集中点の補剛材の項にならう。端横桁上端はコンクリート床板と接合され、変形が拘束される。端横桁上フランジと主桁上フランジの上に剛な仮想板を設置することで、この拘束効果を考慮する。鋼材のヤング係数  $E$ 、ポアソン比、降伏応力はそれぞれ  $2.06 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ 、0.3、235  $\text{N/mm}^2$  とする。材料非線形は、二次勾配が  $E/100$  のバイリニア型骨格曲線、移動硬化則に従うミーゼス型弾塑性構成則で考慮する。

このモデルの妥当性を検討するために、全橋モデルも作成した。死荷重と地震荷重を用いて線形解析を行い、端横桁の応力状態を求めた。地震荷重下においては、端横桁モデルと全橋モデルでほぼ同じ応力状態が得られたが、死荷重下では、端横桁モデルの応力が全橋モデルの応力を大きく下回った。端横桁モデルの死荷重は、文献 2) で端横桁が負担するとされている分である。過小評価はそのことによると考え、主桁負担分の死荷重も主桁と垂直補剛材の連結部に作用させたところ、端横桁モデルの応力状態は大きく改善した。そこで、本研究の解析では、主桁負担分の死荷重も、端横桁モデルに作用させることとする。

### 3. 板厚減少の影響

腐食損傷の多くは桁端部で生じており、端横桁が腐食し、板厚が減少した事例も多く報告されている。そのことに鑑み、図-2 に示す a~h の箇所では板厚減少が生じたと仮定し、その影響を検討する。板厚減少領域は、いずれも長さ 400 mm、幅 80 mm とし、板厚が 9 mm から半分以下の 4 mm に減少したと仮定する。

まず死荷重と活荷重が作用する常時、死荷重と風荷重が作用する風時、死荷重と地震荷重が作用する地震時の線形解析を行い、応力状態を比較した。板厚減少領域近傍で多少の変動が見られるものの、いずれの荷重下でも、応力状態に大きな違いは認められなかった。

次いで、地震荷重を漸次増加させ、複合非線形解析を行った。解析結果として、端横桁中央点上フランジでの水平荷重-水平変位関係を図-3 に示している。板厚減少により耐荷力の減少が見られるが、最大でも 1.5%程度に過ぎず、限定的な影響にとどまっている。

キーワード 端横桁, 耐荷性能, 腐食, 板厚減少, 孔

連絡先 〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町 1-1 九州工業大学 TEL093-884-3110 FAX093-884-3100

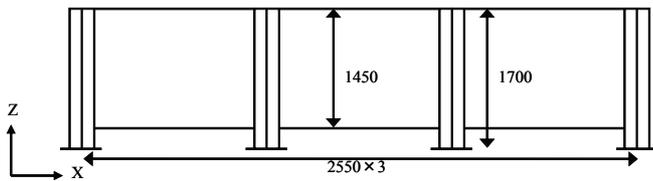


図-1 端横桁側面図 (単位: mm)

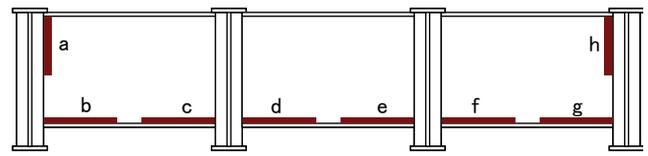


図-2 板厚減少領域

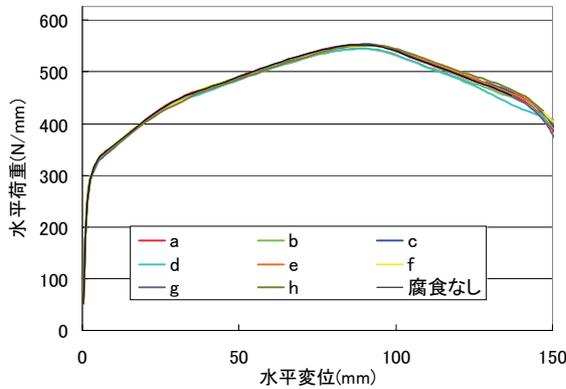


図-3 水平荷重-水平変位関係 (板厚減少の影響)

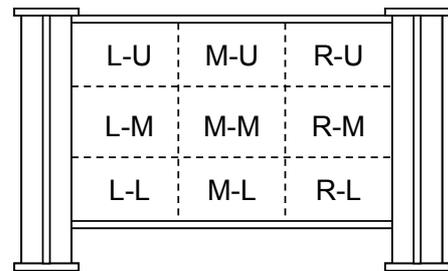


図-4 孔の位置

#### 4. 孔の影響

腐食がさらに進行して端横桁に孔が開いた場合を想定し、その影響を検討する。孔の大きさは横 707 mm, 縦 403 mm, 位置は図-4 の9箇所とする。

まず常時, 風時, 地震時での線形解析を行った。孔が載荷位置近いと, 孔周辺で大きな応力が発生する傾向が見られる。

次いで地震荷重を漸次増加させ, 複合非線形解析を行った。解析結果として, 端横桁中央点上フランジでの水平荷重-水平変位関係を図-5 に示している。孔による耐荷力低下が明確に認められ, 特に, 孔が L-L と R-U に位置している際の低下度合いが顕著である。この解析は x 方向の単調載荷による結果であり, 地震荷重が逆方向にも作用することを思えば, 孔が R-L, L-U に位置する場合においても, 耐荷力は顕著に低下すると理解する必要がある。

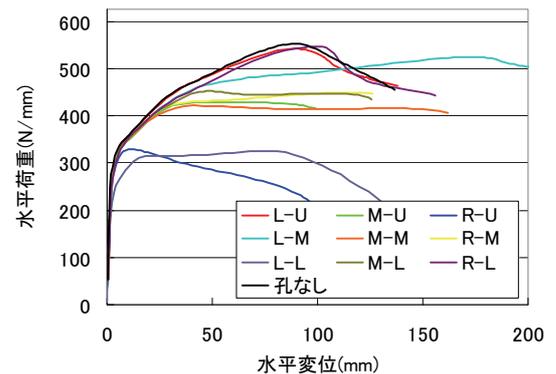


図-5 水平荷重-水平変位関係 (孔の影響)

#### 5. まとめ

端横桁はかなりの安全余裕をもって設計されている。そのため, 腐食により, 長さ 400 mm, 幅 80 mm 程度の領域の板厚が半分以下に減少しても, 安全性に大きな影響はない。しかしながら, 横 700 mm, 縦 400 mm 程度の孔があくと, 端横桁の耐荷性能に影響が出る。影響の度合いは, 孔の位置に大きく依存する。

#### 謝辞

本研究の一部は, H22 年度 (社)日本橋梁建設協会の研究助成により遂行した。ここに記して深謝致します。

#### 参考文献

- 1) ABAQUS : Analysis User's Manual, ABAQUS Ver. 6.6, Dassault Systemes Simulia Corp., 2006.
- 2) 日本橋梁建設協会 : 合成桁の設計例と解説, 2000.
- 3) 日本道路協会 : 道路橋示方書 V 耐震設計編, 2002.
- 4) 日本道路協会 : 道路橋示方書・同解説 I 共通編, II 鋼橋編, 2002.