

形鋼桁の桁端部腐食損傷に対する耐荷性能に関する基礎的実験と解析

(株) 構研エンジニアリング 正会員 ○岩渕 直 北見工業大学 正会員 宮森 保紀
北見工業大学 名誉会員 大島 俊之 北見工業大学 正会員 三上 修一

1. はじめに

道路橋の損傷事例としては伸縮装置の漏水が比較的確著であることから、結果として鋼橋桁端部では腐食が促進されやすい¹⁾。一方、全国の橋梁のうち7割強を管理する地方自治体の多くでは、財政状態が厳しく手厚い維持管理は困難な状況にある。これら地方自治体では、生活道路における中小橋梁を管理しており、中には形鋼(H形鋼やI形鋼など、以下形鋼桁)で構成された橋梁も多くある。本研究では設計時の腹板厚が大きく中間補剛材が設置されていない形鋼桁に着目し、桁端部の腐食減厚時における耐荷力を明らかにすることを目的として行った基礎的な実験と解析結果について報告する。

2. 载荷実験

2.1 実験供試体

図-1、表-1 に供試体の形状と、導入した模擬損傷パターンを示す。模擬損傷の導入箇所は既往の研究²⁾を参考に支点近傍とし、各種損傷時の耐荷力を確認するため4ケースを設定した。損傷パターンは、腐食により腹板と支点上補剛材下端の断面が欠損することを想定している。腹板損傷モデル(Case2,4)は、応力集中による局所的な損傷を防ぐため模擬損傷箇所R加工を施した。なお、Case2 および Case4 は腹板に孔食が生じた場合の影響を確認するためのモデルであり、腹板全体の腐食減厚は考慮していない。

2.2 载荷方法および計測項目

桁端部に発生する断面力は、桁のせん断力と支点直上の圧縮力が支配的とされている³⁾。このため、両方の作用で応力が生じるモデルを構築する必要があるが、今回は実験設備の制約上、梁としての実験が困難であったため、簡易的に両方の作用で応力を発生させることを目的として、弾性床(ゴム板)に上下反転させた供試体を設置し、ソールプレート側から载荷することで、弾性床側から分布反力を生じさせるモデルとし、桁のせん断力と圧縮力の再現を図った(図-2、写真-1)。载荷荷重は $P=10\text{kN}$ 毎の

漸増载荷とし、油圧式静的 600kN 载荷試験機を用いて荷重制御方式で $P=300\text{kN}$ (一部 550kN) まで载荷した。計測項目は腹板のひずみとし、図-2 に示す桁のせん断力と支点直上の圧縮力が作用すると考えられるソールプレート端直上の腹板両面の計 10 箇所に 3 軸ゲージを設置した。

2.3 材料物性

供試体の鋼材は 2006 年に廃線となったふるさと銀河線(旧国鉄池北線)で実際に供用されていた鉄道橋の主桁から採取したものである。架設年次が 1909 年と古く強度等の材料物性は不明であったことから、鋼材の一部を用いて材料試験を実施し、降伏点($\sigma_y=229\text{N/mm}^2$)等を確認した。

2.4 実験結果および考察

実験結果の一例として、図-3 に No.5 ゲージの最大・最小主ひずみを示す。また、図-4 に腹板両面の

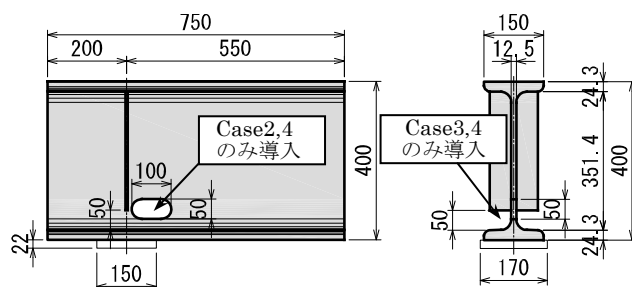


図-1 実験(解析)モデル概要

表-1 実験(解析)モデル一覧

	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
腹板損傷	-	穴あき	-	穴あき
補剛材損傷	-	-	下端欠損	下端欠損

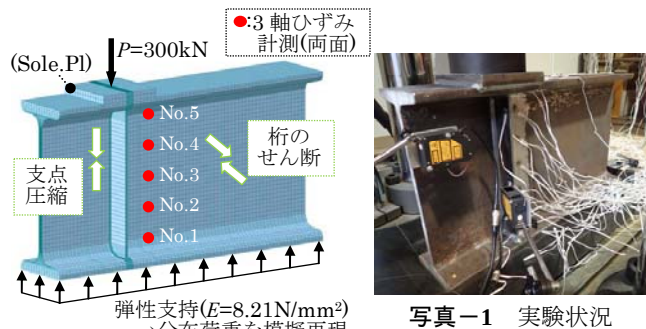


図-2 境界条件および载荷方法

写真-1 実験状況

キーワード 形鋼桁, 腐食損傷, 耐荷力

連絡先 〒065-8510 札幌市東区北 18 条東 17 丁目 1 番 1 号 (株) 構研エンジニアリング TEL011-780-2816

最小主ひずみ（圧縮ひずみ）の差について百分率で整理した結果を示す。

図-3 より $P=300\text{kN}$ で比較すると、無損傷の Case1 より補剛材が欠損した Case3 の主ひずみが小さい。一方、腹板と補剛材が損傷した Case4 は、腹板のみ損傷した Case2 より主ひずみが多い。つまり、補剛材下端が欠損のみの場合（Case3）は、腹板下側（No.5 ゲージ）のひずみ増加に繋がらない結果となった。ただし、腹板に損傷がある場合（Case4）は、補剛材下端の欠損で応力が増加することが分かった。

また、図-4 より、応力が集中するソールプレート直上（No.5 ゲージ）では、補剛材下端が欠損した場合（Case3,4）では腹板両面のひずみ差が小さいが、補剛材が健全な場合はひずみ差が大きくなる傾向となった。これは、初期不整の影響も否定できないが、補剛材が健全な場合は補剛材で荷重を分担するため、腹板両面の応力に差が生じることを示唆している。実橋梁では、ひずみゲージを貼り付けて両面のひずみ差を確認することが出来るが、煩雑かつ相応の費用を必要とするため、確率的な手法など別途手法を組み合わせる安全性を検討する余地があると考えられる。

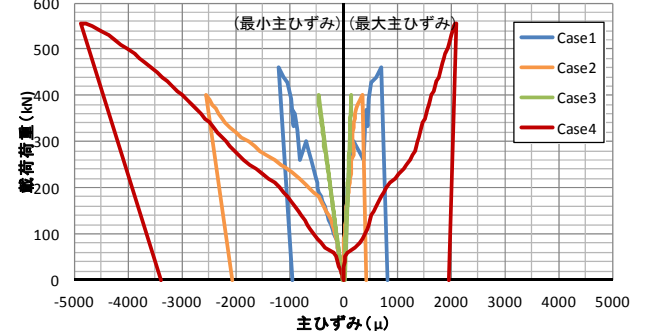


図-3 No.5 ゲージの最大・最小主ひずみ（腹板両面の平均値）

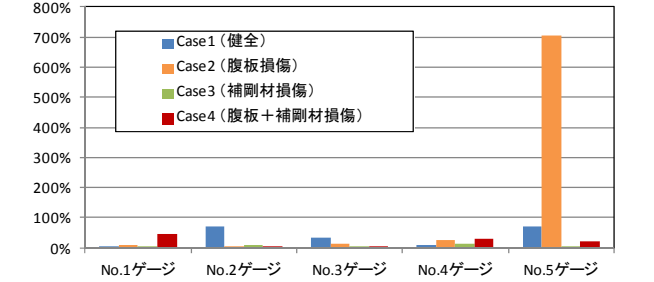


図-4 腹板両面の最小主ひずみ（圧縮）差

3. 有限要素法による解析

3.1 解析概要

実験結果の妥当性を確認するため、表-1 に示す 4 種類の有限要素モデルを作成し、汎用構造解析ソフトである Midas/NFX を用いて非線形静的解析を行った。実験において座屈変形は生じなかったことから、供試体全体をソリッド要素でモデル化した。ま

た、2.3 に示す材料試験結果より降伏点を設定し完全弾塑性モデルとして解析を実施した。

3.2 解析結果および考察

解析結果の一例として表-2 に Case1 と Case4 の鉛直方向ひずみと実験値の比較を示す。応力集中点である No.5 ゲージでは、解析値と実験値で 100%以上の差を示した。一方、その他のひずみゲージでは解析値と実験値が概ね整合することから、一部を除いて解析による検討が有効であることが分かった。

表-2 鉛直方向ひずみの比較 ($P=300\text{kN}$, 単位: μ)

(ひずみゲージ)		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5
Case 1	L 面	-162	-60	-153	-218	-311
	R 面	-167	-201	-224	-236	-1040
	両面平均	①	-165	-131	-189	-227
	解析値	②	-183	-208	-240	-277
	①/②-100 (%)		-10	-37	-21	-18
Case 4	L 面	-73	-188	-270	-39	-1298
	R 面	-172	-200	-210	-47	-1477
	両面平均	①	-123	-194	-240	-43
	解析値	②	-176	-189	-187	-91
	①/②-100 (%)		-30	3	28	-53

4. まとめ

本研究では模擬損傷を導入した形鋼桁の載荷実験および有限要素法解析を行った。実験結果より、損傷が支点上補剛材下端のみの場合、腹板のひずみは増加しない場合があることが分かった。また、支点上補剛材が健全な場合は、腹板両面のひずみに差が生じるということが分かった。併せて、有限要素法による解析は一部を除いて概ね実験と整合する結果を得た。

有限要素法解析の有効性が明らかとなったため、今後は解析を用いて様々な損傷形態での耐荷力を解明することが課題である。また、腹板両面のひずみ差について、評価手法を検討する必要がある。

謝辞：材料試験を実施頂いた株式会社日本製鋼所、及びゴム板を提供頂いた東京ファブリック工業株式会社に感謝申し上げます。

参考文献

1)木村,曾根,並河,桑原,角湯：凍結防止剤散布と沿道環境, 国土技術政策総合研究所資料 No.412, pp.10, 2007.
2)玉越,中州,石尾,武田,水津：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.14-32, 2006.
3)佐竹,藤井堅,藤井晴香,植村,中山：局部腐食を有する鋼桁のせん断応力分布と残存せん断耐荷力の評価, 鋼構造論文集, 第 22 巻第 85 号, pp.121-132, 2015.