

圧延形鋼を用いた既設鋼桁橋の静的挙動特性

首都大学東京 学生会員 ○中島 寛文
首都大学東京 正会員 野上 邦栄
新日鉄エンジニアリング (株) 正会員 櫻井 信彰
新日鉄エンジニアリング (株) 正会員 松原 朋裕

1. 背景・目的

わが国の道路橋ストックは、高度経済成長期に大量に整備され、当時に建設された道路橋の高齢化・老朽化が現在急速に進んでいることから、今後維持管理費用の急激な増加が見込まれる。また、現在約 15 万橋ある道路橋ストックは、その過半数が地方自治体によって管理されているが、市区町村の約 8 割の自治体では予算及び専門知識を有する人材の不足等により定期点検等が実施されておらず、中小橋梁は放置されている実情がある。しかし、橋梁の状態を見極め、適切な維持管理を行うことは橋梁の寿命を延ばすのみならず、重大な損傷事故を未然に防ぐ上で重要かつ喫緊の課題であるといえる。これらのことから中小橋梁を対象とし、簡易に健全度評価が可能なモニタリングシステムの開発研究を進める必要がある。

本研究では、農道橋や林道橋をはじめとする地方の中小橋梁として多く採用されてきた実績のある、主桁に大型の圧延形鋼を用いた橋梁(以下、圧延形鋼橋梁)を対象とし、将来的なモニタリングシステム構築に向けて、今回は沿岸部の厳しい腐食環境下で供用 30 年程度経過した圧延形鋼橋梁の弾性 FEM 解析を行い、実橋載荷試験の測定結果と整合のとれる FEM モデルの構築、及び静的挙動特性について検討する。

2. 研究手法

2.1 対象橋梁

本研究で対象とする圧延形鋼橋梁は、主桁には H 形鋼(600×300)、床版は RC 床板、横つなぎ材には溝形鋼(250×90)を採用している。対象とする圧延形鋼橋梁の寸法及び材料諸元を図 1、及び表 1 に示す。

2.2 FEM モデル化

圧延形鋼橋梁の FEM モデルは、主桁及び補剛材は 4 節点シェル要素、RC 床版は 8 節点ソリッド要素、横つなぎ材は 2 節点はり要素で作成した(表 2)。対象橋梁の主桁と RC 床版の結合部にはスラブアンカーが用いられている非合成構造であるが、近年の研究¹⁾によりある程度の合成効果があるとの報告があるため、今回は主桁と RC 床版の結合には、せん断方向に 2.43×10^8 [N/mm²] のばね定数をもち鉛直方向には剛となるようなばね要素(図 2、表 3)を使用した。

2.3 腐食形状の主桁への取り込み

腐食桁の板厚測定は、アンカーボルトライン(北)、桁 1/4、桁中央、桁 3/4、アンカーボルトライン(南)の 5 断面に対して超音波板厚計を用いて行った。測定では 30 φ 内の任意の 3 点の板厚の最小値を板厚とした。測定値の FEM モデルへの導入は各主桁を橋軸方向に 5 つの区間に分割し、各区間で上フランジ、ウェブ、下フランジにシェル要素の平均板厚として取り込んだ。

表 4 に腐食桁の板厚欠損率 $[(1 - t_{min}/t_0) \times 100(\%)$, t_0 : 健全板厚, t_{min} : 腐食板厚]を示す。

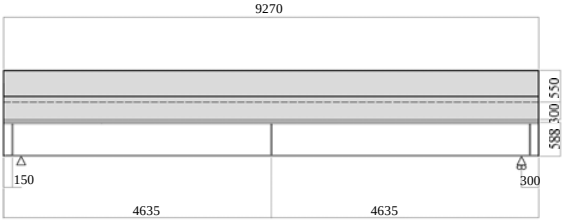


図 1. 圧延形鋼橋梁諸元

表 1. 材料諸元

	RC	SS400
ヤング率 [N/mm ²]	2.45×10^4	2.05×10^5
ポアソン比	0.167	0.3
単位体積重量 [N/mm ³]	2.34×10^{-5}	7.7×10^{-5}

表 2. 部材と使用要素について

部材	使用要素	健全板厚	材料
床版	8 節点ソリッド要素		RC
上フランジ	4 節点シェル要素	20 [mm]	SS400
ウェブ	4 節点シェル要素	12 [mm]	
下フランジ	4 節点シェル要素	20 [mm]	
垂直補剛材	4 節点シェル要素	16 [mm]	
横つなぎ材	2 節点はり要素		

表 3. ばね定数

	K_x [N/mm ²]	K_y [N/mm ²]	K_z [N/mm ²]
ばね定数	2.43×10^8	2.43×10^8	1.00×10^{13}

図 2. 結合部のばね要素

表 4. 主桁の板厚欠損率

区間	4 桁			3 桁			2 桁			1 桁		
	上フランジ	ウェブ	下フランジ	上フランジ	ウェブ	下フランジ	上フランジ	ウェブ	下フランジ	上フランジ	ウェブ	下フランジ
①区間	4.5%	25.0%	23.0%	5.0%	12.5%	45.0%	5.0%	9.2%	33.5%	6.0%	29.2%	35.5%
②区間	8.2%	21.7%	25.5%	4.8%	18.3%	26.8%	3.8%	6.7%	24.0%	3.8%	33.3%	40.0%
③区間	8.0%	31.7%	33.8%	5.3%	21.7%	21.8%	4.8%	12.5%	15.0%	3.8%	31.7%	21.0%
④区間	6.0%	25.8%	41.8%	6.5%	12.5%	23.8%	3.8%	9.2%	19.0%	3.5%	15.8%	27.8%
⑤区間	5.0%	26.7%	27.8%	10.8%	9.2%	35.3%	3.2%	15.0%	13.0%	3.5%	10.0%	20.0%

キーワード 圧延型鋼橋梁, H 型鋼, 腐食, ひずみ

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 首都大学東京

2.4 支持条件

対象橋梁は供用 30 年程度経過しているため、支承が正常に機能していない可能性が考えられる。そのため最も実測値と整合するものを採用する為、主桁端部の拘束条件は(a)固定-固定, (b)固定-固定ローラー, (c)固定-ピンローラーに加え, (a), (b)の拘束範囲を橋軸方向に拡張した(d)固定 2-固定 2, (e)固定 2-固定ローラー 2 の 5 ケースでの解析を実施する。

2.5 荷重条件

実橋載荷試験における載荷荷重の, クレーン(図5, 表5)の重量を4分割し, 車輪位置に載荷する。載荷位置について, クレーンの中心位置が, 橋軸方向に 5 つのラインの桁 1/4, 桁中央, 桁 3/4 の計 15 ヶ所(図 3)で停止させた際の主桁に生じるひずみを抽出する。ひずみ計測位置を図4に示す。

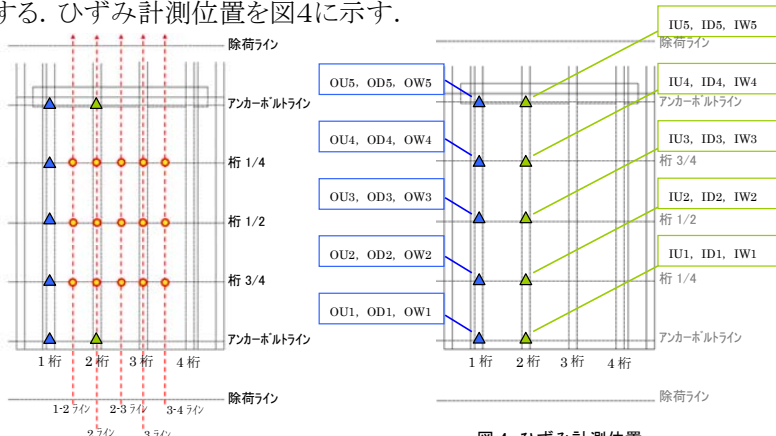


図 3. 載荷位置

図 4. ひずみ計測位置

3. 解析結果

図 7, 8 は, 各々 2-3 ライン桁 1/4, 桁 2/4, 桁 3/4 位置にクレーンを載荷した際の解析結果と実測値との比較結果をまとめたものである。図 7 より下フランジの桁中央部では(b), (c), (e)での解析値は実橋での計測値との誤差 10%前後の値を示している。また, 桁端部の実測値は(e)に近く, (a)と(b)及び(c)の解析値の中間的な値を示している。図 8 のウェブの最大せん断ひずみの桁中央部は, (a), (d)に近く, (b)と(c)の 2 つの境界条件パターンの中間的な解析値を示している。また桁端部では, (d)の解析値に近く, (b), (c)の境界条件パターンの解析値の中間的な値を示している。これらのことから, 橋軸方向ひずみは(e)固定 2-固定ローラー 2, 最大せん断ひずみは(d)固定 2-固定 2 の解析値が実測値との誤差が小さいといえるが, 今回解析を行った 5 つの境界条件での解析結果は載荷位置や計測位置により, いずれも実測値に近いケースが存在し, 実橋の支承部は固定-固定と固定-ローラーの中間的な挙動をしている可能性が考えられる。

4. 結論

実橋の静的挙動を精度良く解析できる FEM モデルを構築し, 実橋載荷試験結果を橋軸方向ひずみは固定-ローラーの境界条件において, 最大せん断ひずみは固定-固定の境界条件において 10%前後の誤差で再現できた。また, 腐食形状については橋長を 5 区間に分け, その区間の平均板厚でモデル化することで十分な精度の解を得られた。今後, 端支点部の解析条件等について検討し, より解析精度を上げ, 本モデルを圧延形鋼橋梁の健全度評価のためのモニタリングシステムの構築に組み込んでいきたい。

参考文献

- 1) 常磐自動車道 鯉川橋(鋼・PC 複合上部工)工事 スラブアンカーのパネ値検証

表 5. クレーン諸元

	前輪	後輪
輪数	2	2
センター～寸法 [mm]	2425	2425
輪距 [mm]	2380	2380
車両総重量 [kg]	37795	

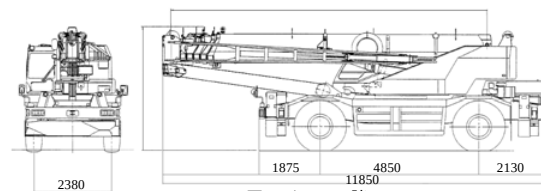
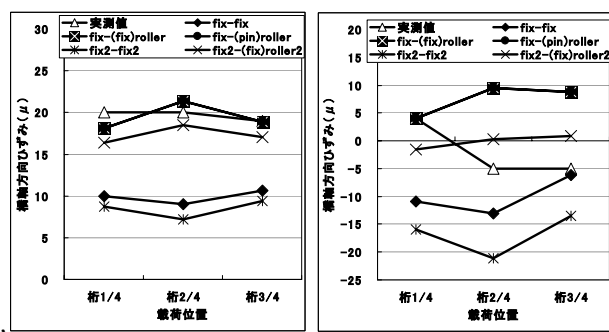


図 5. クレーン諸元

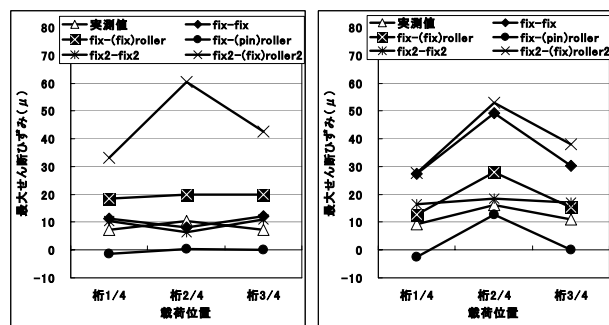


図 6. 実験でのクレーン載荷の様子



(i) 計測位置: 桁中央 (ii) 計測位置: 桁端部

図 7. 橋軸方向ひずみ-載荷位置 (1 桁, 下フランジ)



(i) 計測位置: 桁中央 (ii) 計測位置: 桁端部

図 8. 最大せん断ひずみ-載荷位置 (1 桁, ウェブ)