

鋼 I 桁橋桁端部における水平荷重作用時の挙動に関する解析的検討

首都大学東京 学生会員 ○石川 貫人 首都大学東京 正会員 村越 潤

首都大学東京 フェロー会員 野上 邦栄 首都大学東京 正会員 岸 祐介

1. はじめに

これまでの地震による鋼橋の被害として、I 桁橋では、力の集中する支点部である桁端部において、支点上垂直補剛材の変形や、主桁下フランジ・ウェブの変形が確認されている。本検討では、既設鋼 I 桁橋の桁端部を対象として、腐食損傷時の耐荷性能を明らかにすることを目的に、その基礎検討として橋軸・橋軸直角方向の地震荷重（水平荷重）に対して弾塑性有限変位解析を行い、桁端部の塑性化、変形挙動について分析を行った。

2. 対象橋梁

対象橋梁としては、年代毎の適用基準による橋全体系の構造条件の違いに着目し、昭和 39 年及び平成 14 年改定の道路橋示方書（以下、それぞれ S39 道示, H14 道示）に基づく、支間長 30m の単純合成鋼 I 桁を選定した。断面設計では、当時の標準設計や設計の考え方、方法を踏まえて再現設計を行い、主桁等の寸法諸元を決定している¹⁾。図-1 に対象橋梁の幅員構成と桁配置、主な構造諸元を示す。主桁の使用鋼材は、S39 道示では SM50A(降伏点 323MPa)、H14 道示では SM490Y(降伏点 355MPa)である。表-1 に適用道示の構造条件の主な相違点を示す。

3. 解析方法

解析には汎用有限要素解析ソフトウェア MSC.Marc.2018 を使用した。図-2 に解析モデルの概要を示す。本検討ではピン支持側を対象としている。RC 床版を 8 節点ソリッド要素で、主桁、横桁、対傾構等の鋼部材を 4 節点シェル要素でモデル化した。要素サイズはピン支持側の支点部から 2 つ目の垂直補剛材の位置(支点部より 2000mm、端対傾構、ガセットを含む)までの部分では 25×25mm、その他の部分では 100×100mm を基本とした。鋼材及びコンクリートの材料特性に関して、それぞれ弾性係数を $2.0 \times 10^5 \text{N/mm}^2$, $2.65 \times 10^4 \text{N/mm}^2$, ポアソン比を 0.3, 0.2 とした。材料の構成則については、鋼材ではバイリニア型の応力-ひずみ関係（二次勾配は弾性係数の 1/100）とし、コンクリートでは弾性と仮定した。主桁と床版の間はスタッド位置で剛結としている。残留応力や初期たわみ等の初期不整は考慮していない。

支点部の境界条件は、片方をピン支持、他方をローラー支持とし線支承を想定した。ソールプレートは標準図

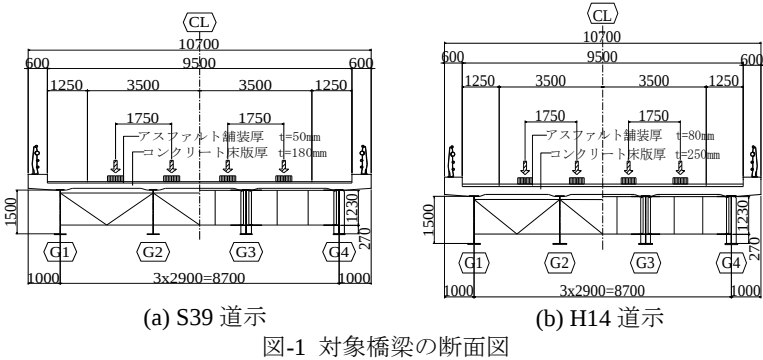


表-1 各基準の主な相違点（支間長 30m の単純合成桁の場合）

設計条件		設計基準	
		S39道示	H14道示
床版	活荷重	L-20	B活荷重
	設計床版厚(主桁間隔2.9m)	180mm	250mm
	床版重量	4.5kN/m ²	6.1kN/m ²
たわみの許容値(L:支間長(m))		L/500m(=6cm)	L ² /20,000m(=4.5cm)
主な鋼種(降伏応力度)		SM50A (323N/mm ²)	SM490Y (355N/mm ²)
桁高/支間長		1/20	1/18

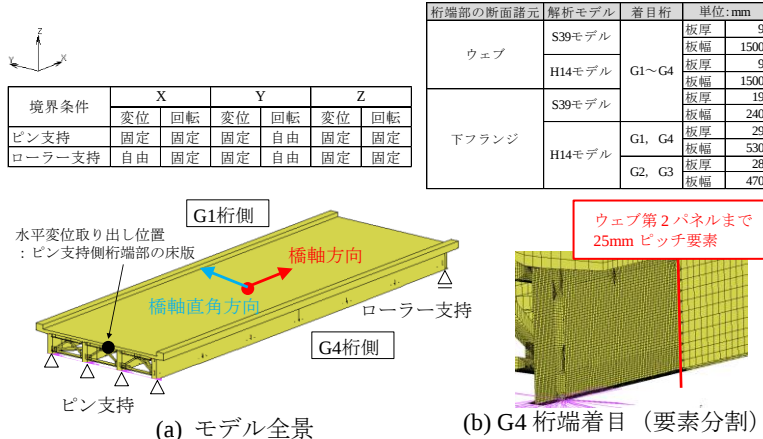


図-2 解析モデルの概要（S39 モデル）

キーワード 鋼 I 桁橋, 桁端部, 地震荷重, 水平荷重, 耐荷性能
連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 E-mail: ikkt0305@gmail.com

集より、両モデルともに板厚 22mm としている．なお、H2 道示以降、耐震上、支承端部の直上の上部構造ウェブに 1/2 ウェブ高の垂直補剛材を設置する規定が導入されているが、本検討では S39 道示と同様に設けていない．

S39 道示、H14 道示を基本とした 2 種類のモデルに対して、上部構造の質量分布に応じた慣性力を、橋軸方向にはピン支持側からローラー支持側にすべての要素に、橋軸直角方向には G4 桁側から G1 桁側に対して水平加速度を漸増させ、弧長増分法により解析を実施した．解析に際して、地覆を含む RC 床版、主桁及び 2 次部材の死荷重（単位体積重量：鋼部材 77kN/m³、RC 床版 24kN/m³）を考慮している．全死荷重は S39 モデルでは 2149kN、H14 モデルでは 2775kN である．

4. 解析結果

図-3 に、橋軸・橋軸直角方向載荷時の水平荷重－桁端水平変位関係を、図-4 に水平荷重を上部構造の自重に乗じる水平震度として表した場合の水平震度－桁端水平変位関係を示す．ここで、桁端水平変位とは、ピン支持側桁端部の床版（幅員中央部の床版下面）の変位である(図-2 の黒丸位置)．また、表-2 に桁端部に塑性化が発生した時（初期降伏時）の状況をまとめる．

橋軸方向載荷の場合、両モデルともに G1～G4 桁ソールプレート前面近傍の下フランジ・ウェブで初期降伏がみられ、降伏域が下フランジ、ウェブともに支間中央側に増加していきつつ、ウェブの端補剛材よりも桁端側のウェブの座屈に伴い水平変位が増加し、勾配はなだらかに変化した．これに対して、H14 モデルでは、初期降伏荷重は S39 モデルに対して約 2.6 倍となっている．これは、桁端下フランジの部材断面が、S39 モデル (4560mm²) では H14 モデル (G1, G4 桁：15370mm², G2, G3 桁：13160mm²) と比較して小さいことが主な理由と考えられる．橋軸直角方向載荷の場合、両モデルともに G1～G4 桁端補剛材下端で初期降伏し、その後、端対傾構斜材が降伏する時点以降、水平変位が増加し、勾配はなだらかに変化した．初期降伏荷重は、H14 モデルでは S39 モデルに対して約 1.3 倍となっている．両モデルともに端補剛材、端対傾構の断面は同様としており、橋軸方向と比較して降伏荷重の差が相対的に小さくなったと考えられる．桁端の塑性化の進行過程（初期降伏部位やその後の荷重－変位挙動等）は、S39、H14 両モデルともに概ね同じ傾向であった．また、水平震度（図-4）については、橋軸方向では H14 モデル(8.3)は S39 モデル(4.1)の約 2.0 倍で、橋軸直角方向では両モデルともに 1.3 であった．

参考文献 1) 村越ほか：既設鋼 I 桁道路橋における溶接接手部の疲労耐久性に関する考察，構造工学論文集，Vol.66A，2020.3.

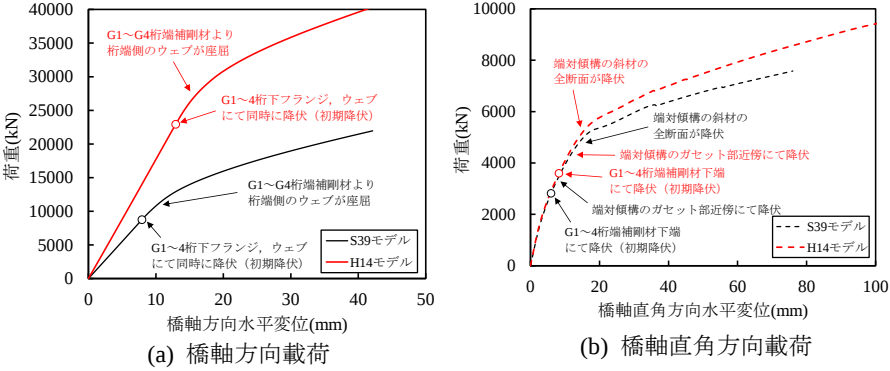


図-3 水平荷重と桁端水平変位の関係

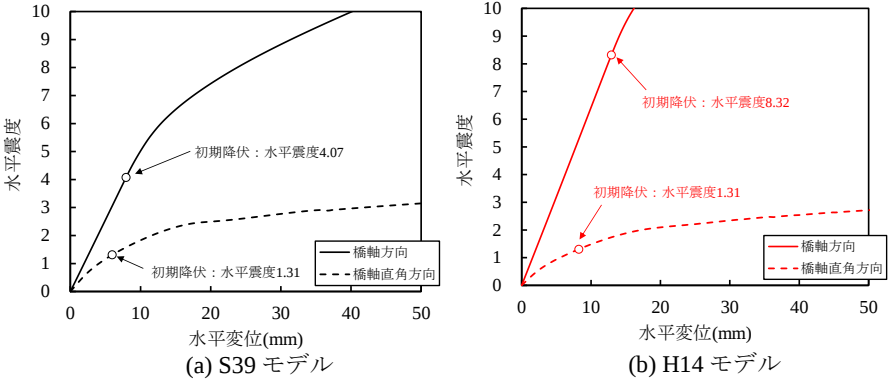


図-4 水平震度と桁端水平変位の関係

表-2 各モデルの桁端初期降伏時の状況

解析モデル	載荷方向	初期降伏荷重, 変位	降伏位置	ミーゼス応力コンター図
S39 モデル	橋軸方向	8752kN, 7.9mm (水平震度4.07)	G1～G4桁ピン支持側ウェブ・下フランジソールプレート境界部	
	橋軸直角方向	2816kN, 5.9mm (水平震度1.31)	G1～G4桁端補剛材下端	
H14 モデル	橋軸方向	22928kN, 12.9mm (水平震度8.32)	G1～G4桁ピン支持側ウェブ・下フランジソールプレート境界部	
	橋軸直角方向	3596kN, 8.3mm (水平震度1.31)	G1～G4桁端補剛材下端	