

ウェブバイパス工法を適用した鋼 I 桁下フランジ連結板取替え実験

エム・エムブリッジ(株) 正会員 ○戸田 健介
 阪神高速道路(株) 正会員 ハツ元 仁

大阪市立大学大学院
 阪神高速道路(株)

正会員 山口 隆司
 正会員 柿木 啓

1. 研究背景および研究目的

図-1 に示すような、腐食した鋼 I 桁下フランジ連結板を取替える場合、連結板に作用している応力を他の部材に分担させる必要がある。部材取替工法の例として、腐食損傷部を跨ぐ形でバイパス部材を下フランジ下面または側面に設置し、その後、腐食損傷部を新部材に取替えた施工事例があるが、工事規模が大掛かりとなるうえ、桁下空間の制約を受ける。著者らは、鋼 I 桁継手部の下フランジ連結板取替えを想定し、桁下空間の制約を受けないウェブに設置するバイパス部材(ウェブバイパス部材)を提案し、施工手順を考慮した FEM 解析を実施し、その実現可能性について検討している。¹⁾

本研究では、鋼 I 桁試験体を用いて、施工手順を再現した試験ステップで、ウェブに設置するバイパス部材を用いた下フランジ連結板取替え試験を行い、下フランジからバイパス部材への応力伝達の傾向を検討した。

2. 試験体概要

材質は SS400 とした試験体の断面図を図-2 に、部材の呼称を図-3 に示す。載荷荷重は、死荷重と活荷重の

割合を 1 対 1 と想定し、許容応力度 $\sigma_a (=140\text{MPa})$ の 75% が下フランジに作用する荷重を死+活荷重、その半分の荷重 $(0.5 \times 0.75 \times \sigma_a)$ を死荷重と仮定した。試験体設計時の応力照査は、下フランジ連結板撤去時に最も厳しい状態になると考えられる遊間断面で行った。設計した試験体に対して、引張側のモーメントプレート撤去時の照査を行った。その後、理論計算と FEM 解析によりバイパス部材の設計と下フランジ連結板撤去時の応力照査を行った。その結果、全ステップを通して σ_a を満足することが確認された。

3. 計測項目

変位計測位置を図-4 に、ウェブのひずみ計測位置を図-5 に示す。ひずみについては、主桁一般部から、継手部の応力分布と応力伝達の傾向の変化を確認するために、可動支承側の遊間部、ウェブボルト内側から 1 行目の純断面(連結部)、載荷点と支間中央の中間付近の断面(一般部)、引張側モーメントプレート、バイパス部材と下フランジの間のクリアランス(ウェブクリアランス)を計測した。変位については、主桁の鉛直変位、上下フランジの遊間離間量を計測した。



図-1 連結板の腐食例

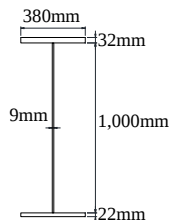


図-2 試験体の断面図

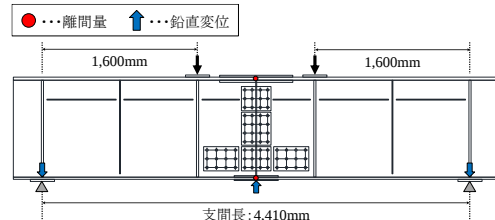


図-4 変位計測位置

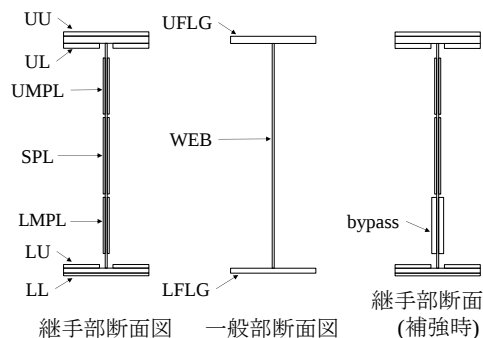


図-3 各部材の呼称

種類	部材	呼称
主桁	上フランジ	UFLG
	ウェブ	WEB
	下フランジ	LFLG
連結板	上フランジ連結板(1枚)	UU
	上フランジ連結板(2枚組)	UL
	モーメントプレート(圧縮側)	UMPL
	モーメントプレート(引張側)	SPL
	下フランジ連結板(2枚組)	LU
	下フランジ連結板(1枚)	LL
バイパス部材	バイパス部材	bypass

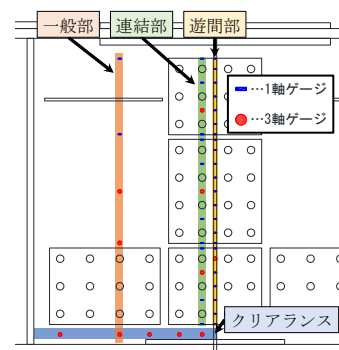


図-5 ウェブのひずみ計測位置

キーワード：鋼 I 桁、下フランジ継手、バイパス工法

連絡先：〒733-0036 広島市西区観音新町 1-20-24 エム・エムブリッジ(株) TEL 082-292-1111

4. 試験ステップと載荷方法

連結板取替え施工を模擬した試験ステップと載荷方法の関係を表-1 に示す。載荷方法は、ステップ 1, 2, 6 は荷重制御で、部材の撤去、設置を行うステップ 3~5 は変位制御で純曲げ載荷を行った。

5. 試験結果

(1) 鉛直変位と上下フランジの遊間離間量

ステップと鉛直変位、上下フランジの遊間離間量の関係を図-6 にそれぞれ示す。作業を行うステップ 3~6 について、鉛直変位、離間量ともにステップ 3 では、大きな増加はなかったが、ステップ 4 で増加した。ステップ 5 では大きな増減なく、ステップ 6 で増加した。このことから、ウェブ連結板の撤去が主桁の変位の増加に及ぼす影響は小さく、下フランジ連結板の撤去の影響が大きいことがわかる。

(2) ウェブの応力性状

一般部、連結部、遊間部のなかで、ステップ 4 で最もクリティカルになると考えられるウェブ遊間部の橋軸方向応力分布を図-7 に示す。全ステップで、既設連結板に σ_a を超える応力は一部確認されたが、連結板端部の応力集中による局所的なものであると考えられる。

ウェブクリアランスのミーゼス応力分布を図-8 に、c-2 の位置の最大主応力方向を図-9 に示す。図-8 よりステップ 4 で、唯一 c-2 の位置で、ミーゼス応力が σ_a を超えたが、 σ_a に施工時荷重に対する割増係数 1.25²⁾

を考慮した 1.25 σ_a (=175MPa)は超えなかった。なお、ステップ 1,6 の c-3 の位置で 1.25 σ_a を超えたが局所的なものと考えられる。また図-9 よりステップ 4 でバイパス部材側(- θ の方向)へ主応力の方向は変化し、取替え前後で概ね同じ方向になった。

6. まとめ

得られた結果を以下に示す。

1)理論計算と FEM 解析により、遊間断面に対してステップごとに簡易な照査を行い、全ステップを通して σ_a を満足することを確認した。

2)下フランジ連結板撤去するステップ 4 において、支間中央鉛直変位と下フランジの遊間離間量のステップ 3 からステップ 4 の増加量はそれぞれ約 0.3mm, 0.7mm と小さく、主桁、既設連結板で σ_a を超える応力は確認されなかった。よって、ウェブバイパス部材は有効であると考えられる。

3)ステップ 4 で、ウェブクリアランスの主応力方向がバイパス部材側に向かう方向に変化していることが確認された。よって、バイパス部材設計時、橋軸方向応力だけでなく、合成応力を考慮する必要があると考えられる。

謝辞 本研究は、阪神高速技術(株)の塚本成昭氏および仲田晴彦氏に、多大なるご協力をいただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1)戸田ら:既設鋼 I 桁下フランジ継手部のバイパス部材を用いた取替え工法に関する検討, 土木学会第 72 回年次学術講演会, pp.1251-1252, 2017.9.
- 2)社団法人日本道路協会: 道路橋示方書・同解説書 II 鋼橋編, 2012.3

表-1 試験ステップと載荷方法の関係

試験ステップ	作業内容		荷重 (kN)	載荷状況	制御方法	荷重条件
1	①	0kN→500kNに載荷(試験開始)	500	載荷	荷重制御	死+活荷重相当
	②	500kN→1000kNに載荷	1000			
	③	1000kN→1368kNに載荷[計測]	1368			
2	④	1368kN→684kNに除荷[計測]	684	除荷	変位制御	死荷重相当
3	⑤	引張側のモーメントプレート撤去[計測]		ホルド		
4	⑥	バイパス部材設置				
	⑦	下フランジ連結板撤去[計測]				
5	⑧	下フランジ連結板復帰				
	⑨	バイパス部材撤去[計測]				
6	⑩	引張側のモーメントプレート復帰	1368	載荷	荷重制御	死+活荷重相当
	⑪	684kN→1368kNに載荷[計測]				
試験終了	⑫	1368→0kNに除荷[計測]	0	除荷		載荷終了

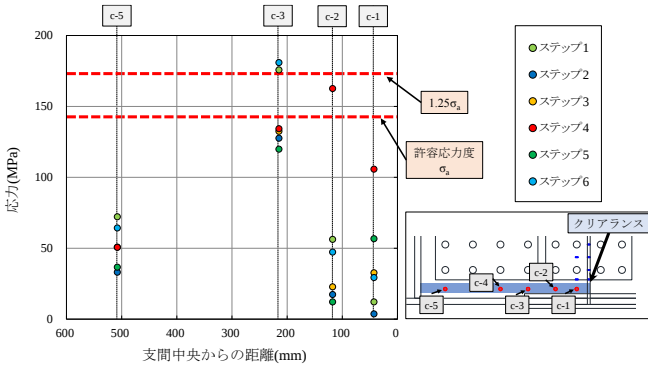


図-8 ウェブクリアランスのミーゼス応力分布

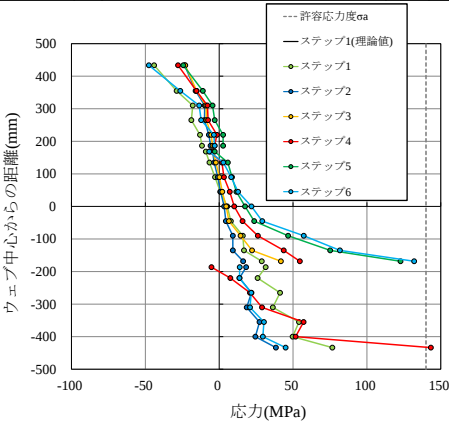


図-7 ウェブ遊間部の橋軸方向応力分布

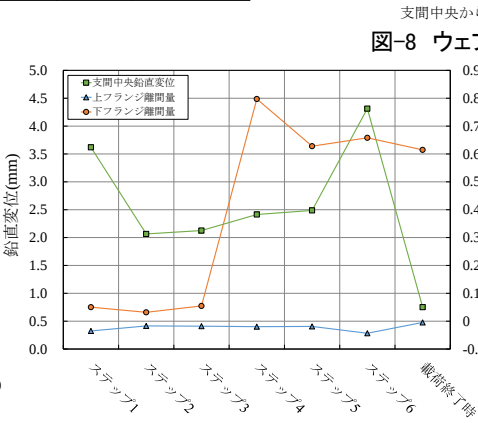


図-6 支間中央鉛直変位と上下フランジの遊間離間量

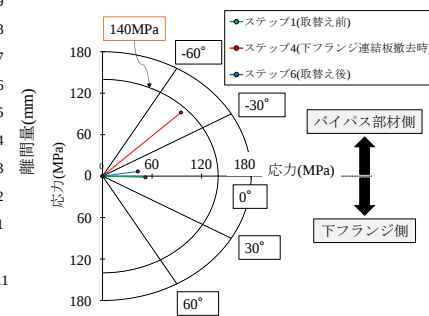


図-9 最大主応力方向(c-2)