

第 I 部門

ウェブバイパス工法を用いた鋼 I 桁下フランジ連結板取替え時の主桁の応力性状の変化と残留変形

大阪市立大学工学部

学生員 ○松井 駿

大阪市立大学大学院

正会員 山口 隆司

エム・エム ブリッジ (株)

非会員 戸田 健介

エム・エム ブリッジ (株)

正会員 荒木 健二

エム・エム ブリッジ (株)

正会員 山内 誉史

1. はじめに

鋼橋のボルト継手部は形状が複雑であり、エッジ部における塗膜厚の確保が難しいことから、腐食が起こりやすい。下フランジ連結板を取替える場合、連結板の作用応力を他の部材に分担させる必要がある。連結板取替え工法には、腐食損傷部を跨ぐ形で補助部材(以下、バイパス部材)を下フランジ下面または側面に設置し、主桁の腐食損傷部を新部材に取替えるバイパス工法があり、施工実績も存在する¹⁾²⁾。しかし、本工法では桁下空間が狭隘な場合や交通供用下といった施工が困難な場合がある。

一方、ウェブにバイパス部材をボルト接合するバイパス工法(以下、ウェブバイパス工法)は施工性に優れている。ウェブバイパス工法に関する研究には、戸田³⁾らによる研究が挙げられるが、施工ステップ毎に発生する応力値や主桁の残留変形に対する検討は十分になされていない。本研究では、弾塑性 FEM 解析によりウェブバイパス工法を用いた鋼 I 桁継手部の下フランジ連結板取替え時のステップ毎の主桁の応力性状および取替え前後の主桁の残留変形について、従来型のバイパス工法と比較し検討している。

2. 解析モデル

対象継手部は合成多主桁橋の外桁とした。図-1 に解析モデル、図-2 に継手部の名称を示す。表-1 に解析に用いた材料定数、表-2 に荷重条件、表-3 に解析ステップ、表-4 に解析ケースを示す。応力-ひずみ関係は表-1 を基にバイリニア則とした。理論応力度(以下、理論値)は、文献 2)に示されている図-3 に示す考え方で連結板が受け持つ応力度が高力ボルトで接合されている他の連結板に再分配されると仮定して算出した。バイパス部材の断面形状および寸法は、表-4 に示すように、文献 3)より応力変動が最も大きいとされている Step5 の遊間断面の断面二次モーメントをおよそ一定とし、Step5 まで理論値が許容曲げ引張応力度 σ_a を満足するように調整した。境界条件は下フランジの支承線上の全節点に対して線支持

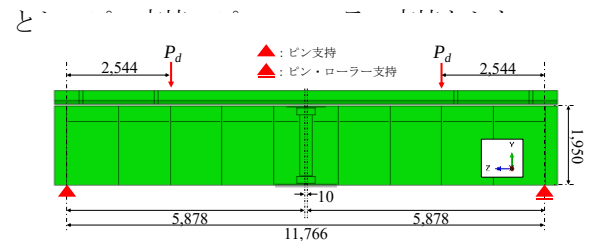


表-1 材料定数

材料	鋼(SM520)	コンクリート
ヤング率E (N/mm ²)	200,000	
ポアソン比 ν	0.3	0.167
降伏点 σ_y (N/mm ²)	355	
許容曲げ引張応力度 σ_a (N/mm ²)	210	
設計基準強度 F_c (N/mm ²)		30

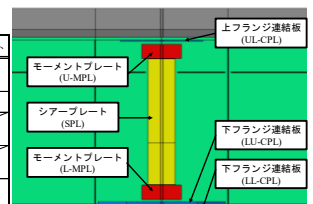


図-2 継手部の名称

表-2 荷重条件

荷重	前死荷重	後死荷重	活荷重
設計曲げモーメント M_d (kN・m)	4557	1813	2940
設計載荷重 P_d (kN)	1790	713 (I)	1160 (II)

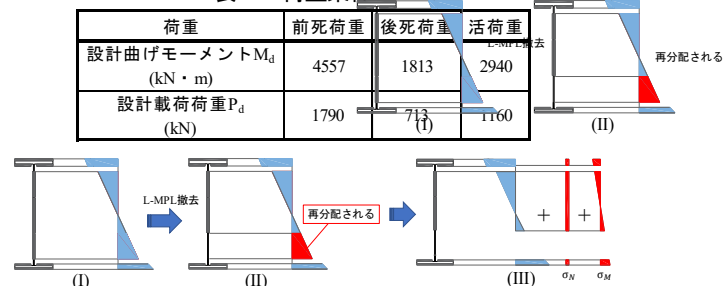


図-3 応力の再分配

表-3 解析ステップ

Step	状態
Step1	コンクリートの硬化前を想定した状態
Step2	(III) 交通供用下を想定した状態
Step3	取替えのために交通規制を想定した状態
Step4	ウェブ連結板の一部を撤去した状態
Step5	バイパス部材を設置した状態⇒腐食した下フランジ連結板を撤去した状態
Step6	新規の下フランジ連結板を設置した状態⇒バイパス部材を撤去した状態
Step7	新規のウェブ連結板を設置した状態⇒取替え後の交通供用下を想定した状態

表-4 解析ケース (単位: mm)

解析ケース	バイパス部材設置時の断面図 (単位: mm)	バイパス部材設置時の引張側断面図 (単位: mm)	step5の遊間部の断面二次モーメント (単位: mm ⁴)
Case-A			1.07×10^{11}
Case-B			1.06×10^{11}

3. 解析結果と考察

文献 3)より主桁での応力変動が大きいとされている
Step5 以降の結果を示す。

Step5 における各ケースの Mises 応力コンター及び最大主応力方向を図-4 に示す。Case-A ではバイパス部材側に応力が流れ、ウェブクリアランス部にて、局所的な塑性域が進展している。これは本解析において主桁とバイパス部材を結合拘束することにより発生した塑性域であると考えられる。また、Case-B ではバイパス部材側へ応力が完全に流れず、残置された L-MPL 側にも応力が流れ、塑性域が進展する。

Step5 における遊間断面の直応力分布図を図-5 に示す。
2 ケース共に理論値よりも高い応力がウェブ連結板下端で生じている。また、Case-A のバイパス部材下端で発生する直応力の理論値と解析値の乖離は3倍程度と高い。

Step6 における Mises 応力コンター及び最大主応力方向を図-6 に示す。Case-A では、新規の LU-CPL,LL-CPL 設置後、LU-CPL,LL-CPL 側に応力が流れ、Case-B では、バイパス部材撤去後、LU-CPL,LL-CPL 側に応力が流れておらず、L-MPL 側に応力が流れた。

Step7 における Case-A の Mises 応力コンター、最大主応力方向及び遊間断面の直応力分布図を図-7 に示す。バイパス部材撤去時にバイパス部材に作用していた応力は、LU-CPL,LL-CPL 側と SPL 側に流れるため、SPL 下端で局所的に高い応力が生じる。また、遊間断面における直

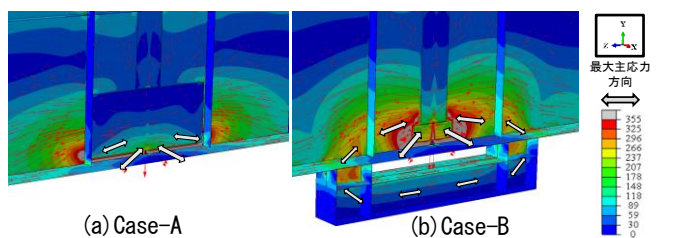


図-4 Step5 における Mises 応力コンター及び最大主応力方向 (MPa)

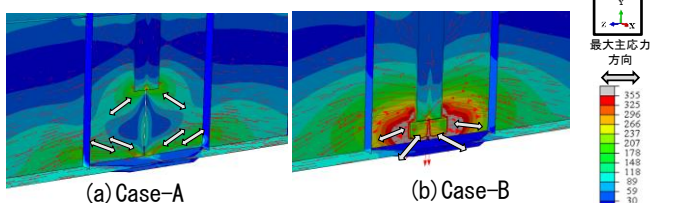


図-6 Step6 における Mises 応力コンター及び最大主応力方向 (MPa)

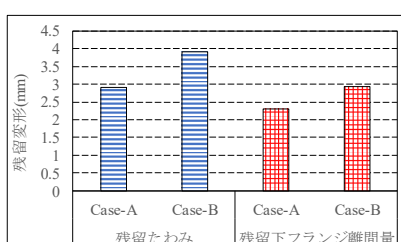


図-8 各ケースの取替え前後の残留変形 (mm)

応力分布図より、理論値と傾向は概ね一致しているが、SPL 下端において理論値との乖離が確認された。

取替え前後の主桁の残留変形を図-8 に示す。残留たわみ及び残置下フランジ離間量において腹板をつなぐ Case-A の方が Case-B よりも抑制することができた。

4. まとめ

本研究では、下フランジ連結板取替えの施工ステップを考慮した弾塑性 FEM 解析により、ステップ毎の応力性状および、下フランジ連結板取替え前後の主桁の残留変形について検討した。得られた結果を以下に示す。

- 1) Step5 では、ウェブバイパス工法を用いた場合、LU-CPL,LL-CPL 撤去時に、バイパス部材下端の遊間部近傍において理論値の3倍程度の直応力が発生する。
- 2) Step6 では、ウェブバイパス工法を用いた場合、新規の LU-CPL,LL-CPL 側に応力が流れる。一方、従来のバイパス工法では、新規の LU-CPL,LL-CPL 側に応力が流れず L-MPL 側に応力は流れた。
- 3) ウェブバイパス工法では取替え時に主桁で発生する塑性域が小さくなり、取替え前後の主桁の残留変形も小さく、効果的である。

「参考文献」

1. 河野紀利, 中村一平, 藤井康男: 補助材を用いたバイパス工法による鋼1桁主桁補修, 阪神高速道路公団技報第7号, 1987.3
2. 川村弘昌, 竹内正一, 鮫島力, 西谷朋晃: バイパス工法による連結板取替手法, 鋼構造年次論文報告集, Vol.24, pp.384-490, 2016.11
3. 戸田ら: 既設鋼1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.

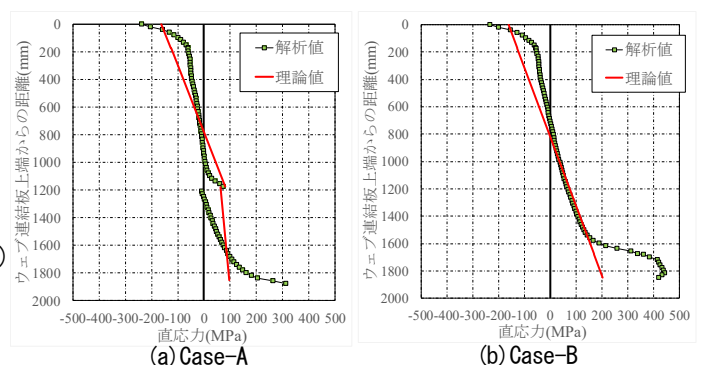


図-5 Step5 における各ケースの遊間断面における直応力分布図

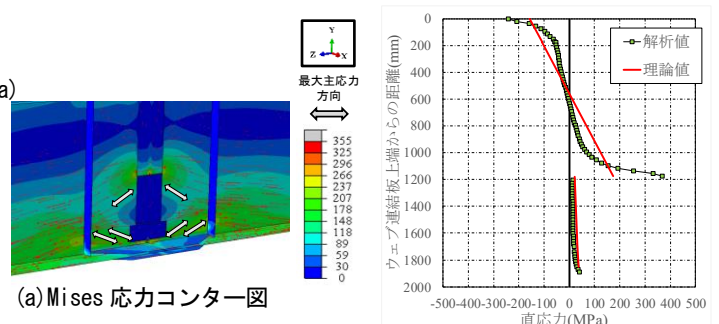


図-7 Step7 における Case-A の解析結果