既設鋼 I 桁下フランジ継手部のバイパス部材を用いた現場取替え工法に関する解析的検討

大阪市立大学大学院　学生会員　○戸田　健介
大阪市立大学大学院　学生会員　森山　仁志
阪神高速道路（株）　正会員　原田　潤
大阪市立大学大学院　正会員　山口　隆司
阪神高速道路（株）　正会員　田畑　晶子
阪神高速技術（株）　正会員　仲田　晴彦

1．研究背景および研究目的

腐食した鋼 I 桁下フランジ連結板を取替える場合，下フランジ下面にバイパス部材を設置し，主桁に作用していた応力を一時的に迂回させ，連結板を取替えるバイパス工法が提案されている [1]．しかし，この工法でのバイパス部材は，桁下空間が狭隘な場合の施工に不向きであり，これに代わるコンパクトなバイパス部材を用いた部材取替え工法が求められている．

著者らは文献 2)において，**図-1** に示す下フランジ連結板の全面を取替える場合，バイパス部材の形状を上端と下端の板厚の差が大きい台形形状にすることが有効であることを示した．しかしながら，この場合，ウェブおよび下フランジに降伏点を超える応力が一部発生し，連結板の半面取替えや，交通規制等による荷重条件の制限・緩和を検討する必要があることがわかった．本研究では，これを踏まえ，連結板の半面取替えなどの連結板取替えの施工条件に着目した現場取替え工法について，解析的に検討した．

2．解析モデル

解析ソルバーは Abaqus/Standard6.13.2 を用いた．対象は，合成多主桁橋の外桁とした．**表-1** に解析に用いた材料定数および有限要素を，**図-3** に対象主桁の解析モデルをそれぞれ示す．

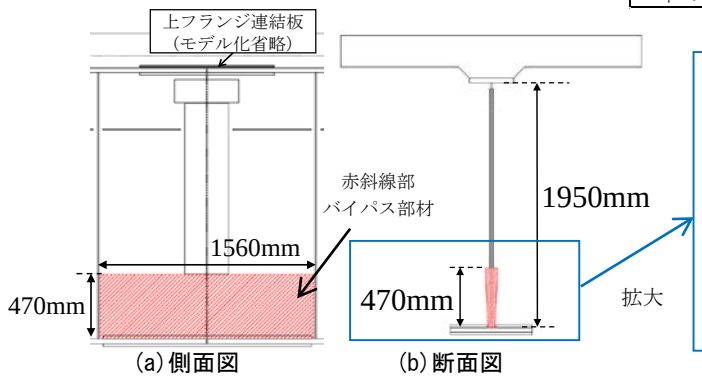
対象主桁の全長は，遊間 10mm を含めて 16,010mm，主桁高さは 2,022mm である．コンクリート床版の寸法は，全長 16,010mm，厚さ 250mm，幅は有効幅を考慮して 2400mm，ハンチの高さは 90mm である．また，**図-1 (b)** に示すようにモデルの簡易化のため，床版ハンチ部に含まれている上フランジ連結板のモデル化を省略した．境界条件は，橋梁の両桁端の中立軸位置の節点に可動(ローラー)支持，固定(ピン)支持とし，全要素の全節点に対し面外方向の変位を拘束した．

表-2 に解析ケースを示す．解析パラメータは，連結板の取替え範囲（全面/半面）とした．また比較対象としてバイパス部材を取付けず，既設の状態から連結板を取替えるケースも設定した．施工ステップに応じて変化するバイパス部材の荷重分担の変化を再現するために，**表-3** に示す解析ステップで解析を行った．**図-4** には各ケースの下フランジ連結板の取替え方法，バイパス部材の取付け位置を整理した．

載荷は，継手部に設計曲げモーメントのみが作用するように，垂直補剛材の直上の床版位置に**図-3** に示す集中荷重を与える 4 点曲げとした．

表-1　解析に用いた材料定数および有限要素（弾性解析）

対象	ヤング率 E(N/mm^2)	ポアソン比 ν	要素タイプ	構成要素
床版	28,000	0.167	ソリッド	20節点二次要素
鋼桁(SM520)	200,000	0.3	シェル	4節点低減積分要素
バイパス部材(SM520)			ソリッド	8節点非適合要素



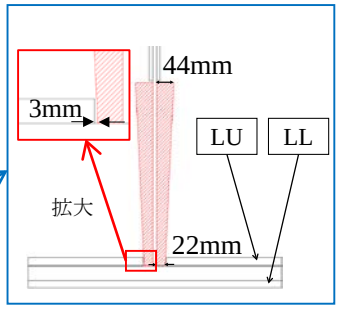


図-1　有効なバイパス部材

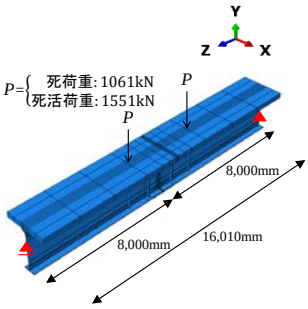


図-2　解析モデル

キーワード：　合成多主桁，継手，バイパス工法，曲げモーメント，分担率
連絡先：〒558-8585　大阪市住吉区杉本 3-3-138　大阪市立大学大学院　工学研究科　都市系専攻　TEL&FAX 06-6605-2765

表-2 解析ケース

解析ケース（図-4参照）	パラメータ		
	取替え範囲	取付け数	備考
all-2	全面	2	
half-0	半面	0	無補強で半面取替え
half-2		2	STEP5においてLLの半分を無効とする

表-3 解析ステップ

STEP		荷重条件	モデルの状態
1	死荷重の載荷	死荷重	既設の状態
2	シアープレートの一部とモーメントプレートの撤去		バイパス部材を取付ける前の状態
3	バイパス部材の設置		バイパス部材を取付けた状態
4	活荷重の載荷	死活荷重	
5	下フランジの連結板を撤去		下フランジ連結板の撤去後の状態

3．解析結果

連結部断面が最も厳しい状態である STEP5 の解析結果を述べる．連結部遊間中央の LL, LU，バイパス部材の曲げモーメントの分担率を**図-5** に，バイパス部材取付け範囲の主桁のミーゼス応力分布を**図-6** に，下フランジ下側連結板 LL，下フランジ上側連結板 LU のミーゼス応力の最大値を**図-7** にそれぞれ示す．

図-5 に示すように，半面取替えの half-2 は，全面取替えの all-2 に比べ，バイパス部材の分担率は低くなった．しかし，**図-6** に示すようにウェブのみで桁が接合される all-2 では，バイパス部材が主桁の変形を拘束して，下フランジとウェブの遊間近傍交差部で橋軸方向に広がるような降伏域が確認された．

また**図-5** に示すように，半面取替えを行った half-0, と half-2 の LL，LU の分担率を比較すると，無補強の half-0 はバイパス部材を取付けた half-2 に比べてそれぞれ約 3%，約 5%高くなった．

図-7 に示すように，half-0 の LL, LU では降伏点に近い応力が発生しているが, half-2 では道路橋示方書で規定される施工時荷重の割増し係数を考慮した $1.25\sigma_a$程度まで応力を抑制することができた．したがって，死活荷重時における半面取替えは，バイパス部材による補強が必要と考えられる．また，**図-5** と**図-6** を比較することで，バイパス部材を取付けた half-2 が無補強の half-0 よりも下フランジのミーゼス応力が許容応力度 σ_a以下まで低減し，バイパス部材で荷重分担していることがわかる．

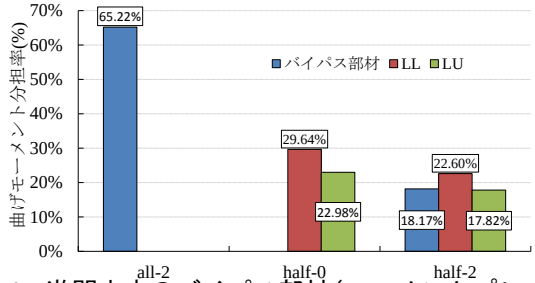


図-4 遊間中央のバイパス部材（モーメントプレート），LL，LU 曲げのモーメントの分担率

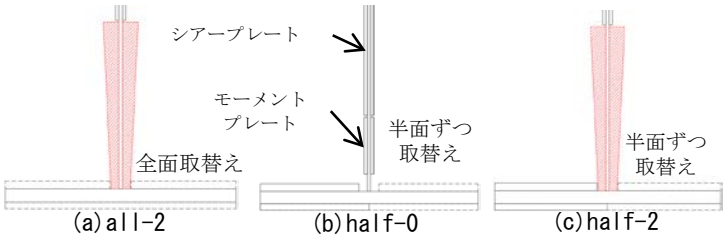


図-3 バイパス部材の取付け方法(STEP5)

4．まとめ

本研究では，台形形状のバイパス部材を用いた，連結板取替えの施工条件に着目した現場取替え工法について，FEM 解析により検討した．得られた結果を以下に示す．

1)全面取替えの場合，下フランジとウェブの遊間近傍交差部で橋軸方向に広がるような降伏域が確認された

2)バイパス部材を取付けて半面取替えを行うことで，死活荷重時においても主桁と下フランジ継手部の応力は $1.25\sigma_a$程度まで抑制することができた．また，ウェブと下フランジの応力を許容応力度 σ_a以下に抑えることができた．以上より，半面取替えの場合，死活荷重時においても施工は可能であると考えられる．

参考文献

1)阪神高速道路公団「補助部材を用いたバイパス工法による鋼桁補修工事」，1988 年 10 月

2)戸田健介，山口隆司，森山仁志，田畑晶子，原田潤，仲田晴彦，平成 28 年度土木学会関西支部「既設鋼 I 桁橋主桁フランジ継手部取替え時におけるバイパス部材に関する一考察」（投稿中）

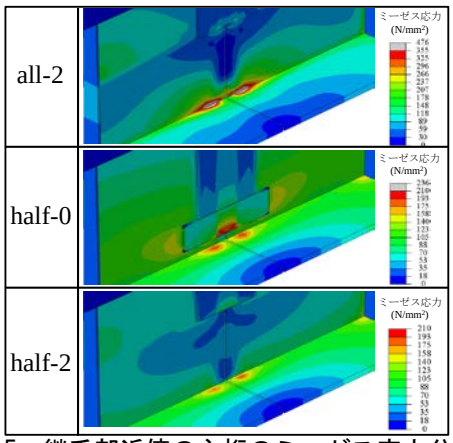


図-5 継手部近傍の主桁のミーゼス応力分布

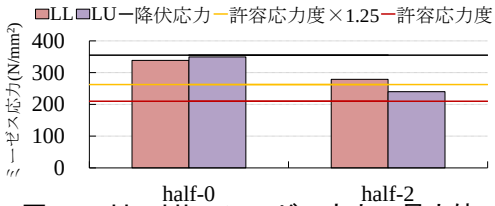


図-6 LL，LU のミーゼス応力の最大値