# リブ配置およびエンドプレート形状に着目した緊急仮設橋主桁連結部の構造最適化に関する研究

大阪市立大学大学院　学生員　○杉本　悠真
株式会社駒井ハルテック　正会員　江頭　慶三
国土交通省近畿地方整備局　非会員　今井　祐三
大阪市立大学大学院　正会員　山口　隆司

## 1.　研究背景及び研究目的

緊急仮設橋の主桁連結部には**図-1 (b)** に示す高力ボルト引張接合を使用した連結構造が提案されている [1]. これは, 引張接合では高力ボルト摩擦接合と比較して, ボルト一本あたりの伝達作用力が大きく, 必要ボルト本数の低減が可能であり, 施工時間を大幅に短縮できるためである. 緊急仮設橋では高力ボルトに荷重を等分に分配するために, **図-1 (b)** に示すように主桁フランジ部から連結部が突出した構造をとっている. この突出部は架設や仮置き時の制約になる場合があるので, 改良することが望まれている. 本研究では突出構造を改良する目的で主桁連結部のリブ配置等に着目した構造最適化について検討する.

(a) 緊急仮設橋全景

(b) 緊急仮設橋連結部

**図-1　緊急仮設橋全景及びその連結部**

## 2.　解析モデルおよび解析ケース

本研究では, 主桁実大実験結果 [1]を参考に, **図-2** に示す 1/2 主桁実物大モデルに, 実験と同様の 4 点曲げ載荷を想定した弾塑性解析を行っている. 解析には汎用有限解析コード ABAQUS を用い, すべての部材をソリッド要素でモデル化し, エンドプレートの分割は, 板幅方向に 31 分割, 板厚方向に 4 分割とした. 解析に用いた材料定数を**表-1** に示す.

ここでは, ①設計荷重時にすべての引張側高力ボルトが許容ボルト軸力以内であること, ②すべてのボルト軸力増分がなるべく均等になること, ③エンドプレートがフランジから突出していないことを制約条件に連結構造の最適化を試みた. 設計荷重は設計断面力が発生する $P1$=1735kN, $P2$=1098kN である. **表-2** に解析ケースの連結部の形状と接合面の形状を示す. 接合面にて青部分は主桁のフランジ・ウェブ部分であり, 赤部分は追加するテーパー鋼もしくは補強リブを表している. case1 は基準ケースであり, 緊急仮設橋の連結構造から引張接合としての分担が小さい位置に配置された高力ボルト 2 本を除いたモデルとし, 比較する他の解析ケースとボルト本数を同一とした. case2 は水平リブとテーパー鋼を設置, case3 は垂直リブとテーパー鋼を設置, case4 は引張荷重が集中する部分のエンドプレートに開口部を設け, エンドプレート板に水平リブ・テーパー鋼を設置したモデルである. なお, 補強リブは 28mm 以下で, case1～3 の鋼重は一定である.

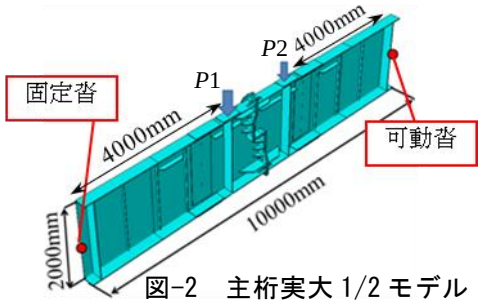
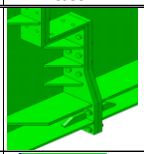
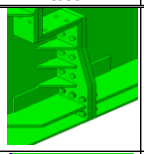
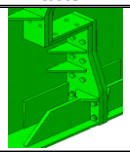
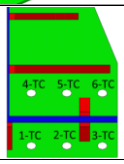
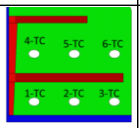
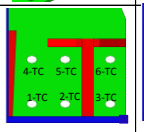
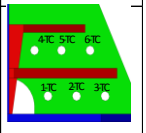



**図-2　主桁実大 1/2 モデル**

**表-1　材料定数**

| | 鋼材 | 降伏応力 $\sigma_y$ (MPa) | 終局状態 $\sigma_u$ (MPa) | ヤング率 $E$ (GPa) | ポアソン比 $\mu$ | 構成則 | 要素 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ウェブ | SM570 | 460 | - | 200 | 0.3 | 降伏棚を有するひずみ硬化型[2] | 8節点アイソパラメトリック要素 |
| フランジ エンドプレート 補強リブ | SM570 | 451 | - | 200 | 0.3 | | |
| 補剛材 (補強リブを除く) | SM490 | 366 | - | 200 | 0.3 | | |
| ボルト | S14T | 1,268 | 1,335 | 200 | 0.3 | バイリニア型 $E/100$ | |
| 座金 | (Rigid) | - | - | 2000 | 0.3 | - | |

**表-2　解析ケース**

| | case1 | case2 | case3 | case4 |
|---|---|---|---|---|
| 連結部形状 |  |  |  | |
| 接合面形状 |   |   |   |   |

キーワード：高力ボルト，引張接合，エンドプレート接合，仮設橋,
〒558-8585　大阪府大阪市住吉区杉本 3-3-138　TEL・FAX：06-6605-2188

## 3. 解析結果

各解析ケースの $P1$ 荷重-支間中央たわみ関係を**図-3** に，許容ボルト軸力到達時の $P1$ 荷重と設計荷重時の引張ボルト 6 本のボルト軸力増分の合計値を**表-3** に，設計荷重時の case2,3 のエンドプレート間のウェブ側の離間量の比較を**図-4** にそれぞれ示す．さらに，すべての解析ケースのボルト軸力-荷重関係を**図-5** に示す．

**表-3** より，基準ケースである case1 と case4 のみが設計荷重作用時にすべてのボルトが許容ボルト軸力以下となった．**図-3** より，すべての解析ケースでほぼ線形な挙動を示すが, case3 では設計荷重時にたわみが増加する結果となった．これは，設計荷重時に case3 ではフランジに近い 1～3TC ボルトが降伏し，引張荷重に抵抗できる連結部の断面積が減少したためと考えられる．

**表-3** に示すとおり case2,3 の設計荷重時での引張ボルトの軸力増分の合計は case3 が大きな値を示す．これは**図-4** より，ウェブ近傍にて，case3 の離間量が大きくなっていることと符合し，エンドプレートの曲げ変形は $x$ 方向の曲げが支配的であり，垂直リブではその変形を抑えることができないためと考えられる．さらに，**図-5** より，case2，case3 では設計荷重時に 1-TC ボルトが許容ボルト軸力を超過する．これは，ウェブとフランジからの引張力の大部分を 1-TC ボルトで負担するためである．また，引張荷重が集中する部分を開口した case4 では，外側に配置されたボルトにも引張力が分担され，すべてのボルトが許容ボルト軸力以下になった．しかしながら，このケースにおいても 5,6-TC ボルトの軸力が増加せず，更なる構造の検討の余地がある．

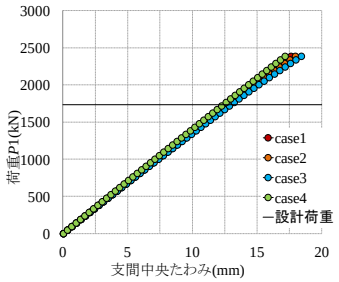



**図-3 各解析ケースのボルト軸力増分の比較**

**表-3 各ケースの耐力及びボルト軸力増分**

| | case1 | case2 | case3 | case4 |
|---|---|---|---|---|
| 最も早く降伏するボルト | 4-TC | 1-TC | 1-TC | 1-TC |
| 許容ボルト軸力到達時の$P1$荷重 (kN) | 2336.7 | 1573.8 | 1573.8 | 1907.5 |
| 設計荷重時($P1$=1735kN)の引張ボルト軸力増分合計 (kN) | 76.0 | 194.7 | 264.5 | 153.3 |

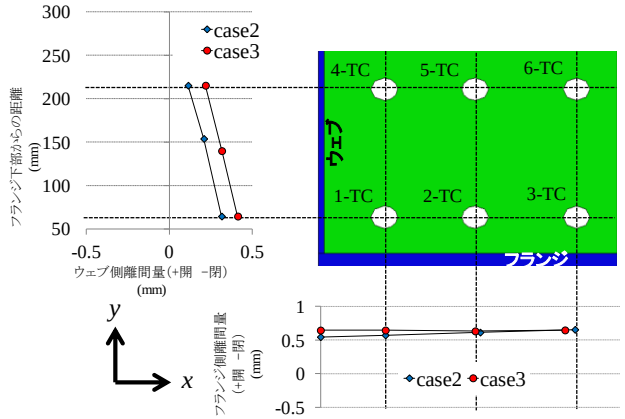



**図-4 case2, 3 のエンドプレート間の離間量の比較**

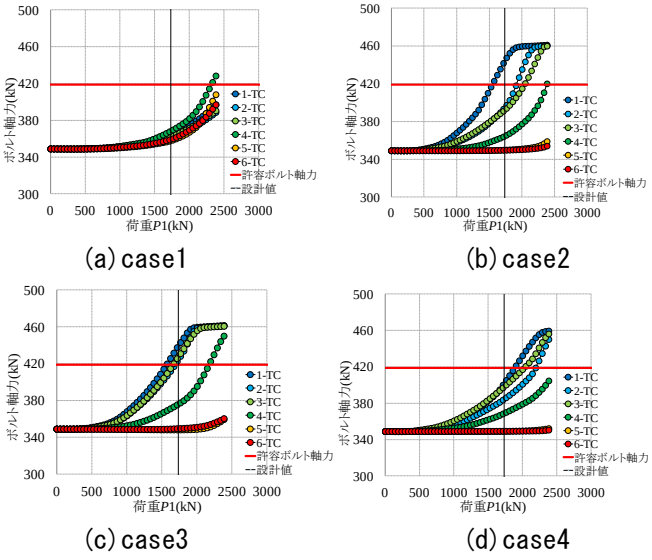



**図-5 各解析ケースのボルト軸力-荷重関係**

## 4. まとめ

1) 本緊急仮設橋主桁引張連結部にてエンドプレートの曲げ変形は $x$ 方向（ウェブ，フランジ交差部の高い剛性をもつ箇所からの距離に応じたエンドプレートの曲げ変形）が支配的であり，垂直リブと水平リブを比較すると，水平リブがエンドプレートの曲げ変形を抑えるのに有効である．

2) ウェブ・フランジの双方から引張荷重を受ける部分を開孔することで，荷重が分担される．

3) 現状の突出部を除去した連結部構造ではウェブ･フランジから離れた 5,6-TC ボルトで引張荷重を分担させることが難しい．

## 参考文献

1) 鈴木勝，玉越隆史，沢田道彦：緊急仮設橋の開発について，橋梁と基礎，pp.46-51,2015.11.

2) 土木学会：鋼・合成構造標準示方書，pp.57-60, 2008.2.