

鋼桁腹板に設置された水平補剛リブの荷重分担に関する解析的研究

大阪市立大学大学院 学生会員 ○杉本 悠真
(株) 駒井ハルテック 正会員 岑山 友紀

大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司

1. 研究背景および目的

著者らは、工事用の仮橋の施工時間短縮を目的に、これらの主桁接合構造を高力ボルトエンドプレート接合（以下、エンドプレート接合）とすることで、接合部に必要なボルト本数を削減することを検討している¹⁾。特に、エンドプレート接合において、図1の水平補剛リブは主桁下フランジに作用する断面力を一部分担することで、エンドプレート接合面間の離間やボルト軸力の増加を抑える効果があると報告されている²⁾。

しかし、水平補剛リブは主桁軸方向に一様に設置されておらず、水平補剛リブに分担する断面力を梁理論計算で求めることは難しい。このため、梁理論計算に代わる水平補剛リブの断面力推定法が求められている。

そこで本研究では、水平補剛リブの断面力の推定式提案に先立ち、水平補剛リブ諸元が水平補剛リブの荷重分担と梁理論誤差に与える影響について、接合部の無い鋼I桁を対象としたFEM解析により明らかにする。

2. 解析モデルおよび解析ケース

汎用解析コード Abaq を用い、弾性有限変位解析を行った。解析モデルを図2に示す。解析モデルは支間長 10,000mm で、I桁の対称性を考慮した 1/2 モデルとした。主桁断面は H2000-400-24-11 である。荷重は桁端部の中立軸位置に配置した参照点に、主桁全強の 75% となるモーメント荷重を作用させ、純曲げを再現している。上フランジと腹板は 4 節点低減積分要素、下フランジ、水平補剛リブは 8 節点低減積分要素で分割した。要素サイズは 1 辺 15mm とし、水平補剛リブと下フランジの板厚方向は 3 分割している。

解析で変化させる構造パラメータを表1に示す。水平補剛リブ数、水平補剛リブの鉛直方向の設置位置 b_w 、水平補剛リブ板厚 t_h 、板幅 b_h 、水平補剛リブ長さ l_h と断面変化部長 l_{hv} をパラメータに 648 ケースの解析を実施した。ここで、水平補剛リブの構造諸元に関する変数とその位置を図3に示している。変化させるパラメータについて、水平補剛リブ数は、引張側にのみ水

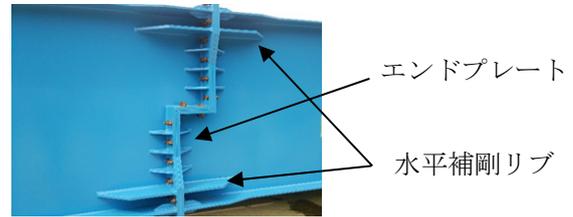


図1 近畿地方整備局開発の緊急仮設橋主桁間エンドプレート接合部²⁾

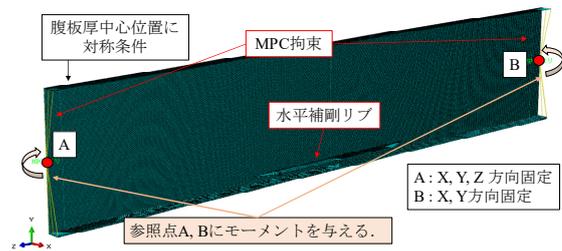


図2 解析モデルとメッシュ分割状況

表1 変化させるパラメータ

パラメータ名	パラメータ範囲
水平補剛リブ設置位置 d (mm)	$0.05h, 0.1h, 0.2h$
水平補剛リブの数	1, 2
水平補剛リブ板厚 t_h (mm)	$0.8t_f, 1.4t_f, 2.0t_f$
水平補剛リブ長さ l_h (mm)	$b_f, 2b_f, 3b_f, 4b_f, 5b_f, 6b_f$
断面変化部長 l_{hv} (mm)	$0, b_f, 2b_f$
水平補剛リブ幅 b_h (mm)	$0.8b_f, 1.0b_f$

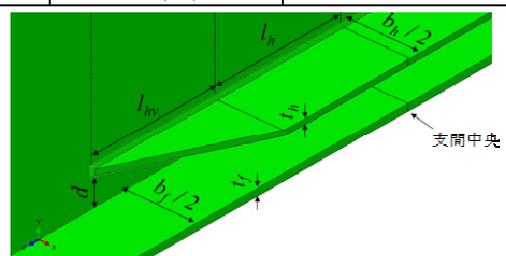


図3 水平補剛リブ近傍の構造寸法

平補剛リブを設置したケースと、図1のように圧縮側にも水平補剛リブを設置したケースの2パターンを用意し、圧縮側に水平補剛リブが設置される影響についても検討する。補剛リブ長さは最大 $6b_f$ とし、水平補剛リブ幅をフランジ幅よりも大きくすると施工や運搬時に支障をきたすため、最大値はフランジ幅と同じ大きさとした。

キーワード 鋼桁, 水平補剛リブ, FEM 解析, 荷重分担, 高力ボルトエンドプレート接合

連絡先 〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 工学部 C309 TEL 06-6605-2765

3. 解析結果

各パラメータが水平補剛リブ，下フランジの断面力ならびに解析値と梁理論値の精度にどれほど寄与するかを明らかにするために，分散分析(ANOVA)を実施した．分散分析の詳細については紙面の都合上，文献 4)を参考にされたい．分散分析の応答値は，水平補剛リブと下フランジの支間中央部に作用する断面力に加え，それぞれの断面力精度の 4 種類とした．ここで，断面力精度とは支間中央の下フランジおよび水平補剛リブに作用する断面力について，解析値を水平補剛リブ断面を考慮した梁理論値で除した値と定義し，式(1)，(2)であらわされる．

$$r_h = SF_{ha} / SF_{hb} \quad (1)$$

$$r_f = SF_{fa} / SF_{fb} \quad (2)$$

ここで

r_h : 支間中央の水平補剛リブ断面力精度

r_f : 支間中央の下フランジの断面力精度

SF_{ha} : 実際の水平補剛リブの断面力 (kN)

SF_{hb} : 梁理論計算による水平補剛リブの断面力 (kN)

SF_{fa} : 実際の下フランジの断面力 (kN)

SF_{fb} : 梁理論計算による下フランジの断面力 (kN)

図 4 に分散分析の結果を示す．水平補剛リブ，下フランジともに水平補剛リブ本数 (Stif_Num) の R^2 値が相対的に小さいことから，圧縮側の水平補剛リブの有無が引張側の水平補剛リブ，下フランジの断面力精度に与える影響は小さい．また，水平補剛リブ長さは水平補剛リブ設置位置や水平補剛リブ幅，板厚に比べて断面力の大きさに与える影響(斜，横線)は小さいが，断面力精度に与える影響(黒，灰塗潰し)については他の構造パラメータに比べて大きい．これは，水平補剛リブ長さが断面力の変化に与える影響を梁理論計算で考慮できないことが原因である．水平補剛リブ長さに比べて影響は小さいが，水平補剛リブ断面変化部長が断面力精度に与える影響も同様の理由と考えられる．水平補剛リブ設置位置，水平補剛リブ板厚，高さは断面力の大きさに大きく影響するが，断面力精度に与える影響は小さいことから，水平補剛リブに作用する断面力の推定には，水平補剛リブ長さや水平補剛リブ変化長を考慮することが重要と考えられる．

断面力精度に特に影響を与える補剛リブ長さに着目する．図 5 に水平補剛リブ，下フランジの断面力精度と補剛リブ長さの関係を示す． r_h ， r_f は 1 に近いほど梁

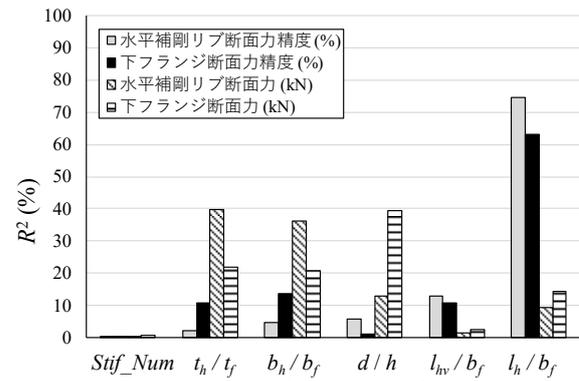


図 4 感度分析の結果

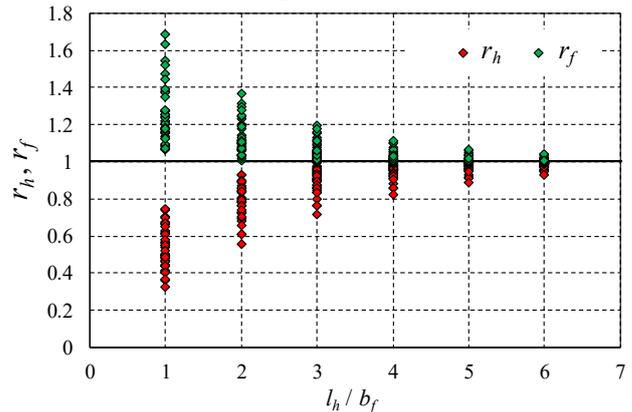


図 5 γ_h, γ_f と l_h / b_f の関係

理論値と整合している．図 5 より， r_h ， r_f はそれぞれ，1 以下，1 以上であり，補剛リブ長さが小さいほど断面力精度がばらつき，補剛リブ長さを長くすることで，断面力精度は非線形的に 1 へ収束する．

4. まとめ

本研究で得られた主な結論を以下にまとめる．

- 1) 分散分析の結果，梁理論値との誤差に最も影響を与える構造パラメータは補剛リブ長さであることがわかった．
- 2) 補剛リブ長さが長くなると，断面力精度は非線形的に 1 に近づき，解析値と梁理論値が一致する．

本研究で得られた結果をもとに，水平補剛リブと下フランジに作用する断面力の推定式を今後提案する．

参考文献

- 1) 杉本悠真，岑山友紀，江頭慶三，山口隆司：施工性に着目した緊急仮設橋の FEM 解析による主桁連結部の引張接合構造の構造合理化に関する研究，構造工学論文集，Vol.63A, pp.739-748, 2017.
- 2) 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，Vol.49, pp.46-51, 2015.
- 3) 石島萌衣，鈴木康夫，山口隆司，岩崎伸一，郡久人：リブプレート配置方向とエンドプレート厚が引張ボルトの力学的挙動に与える影響に関する解析的研究，第 39 回土木学会関東支部技術研究発表論文集，I-23, 2012.
- 4) 黒田璃沙，西尾真由子：既存鋼板桁橋のモデルパラメータを事後分布を用いた信頼性評価，土木学会論文集 A1, Vol.72, No.3, pp.380-392, 2016.