

### 鋼桁橋端支点部の柱としての耐力評価に関する一考察

首都大学東京 学生会員 ○中田祐利花 首都大学東京 フェロー会員 野上邦栄  
 首都大学東京 正会員 村越潤 首都大学東京 正会員 岸祐介

#### 1. 目的

鋼桁橋の耐荷力低下を招く代表的要因には、桁端部の腐食がある。現在、鋼桁橋の桁端部は圧縮力を受ける柱として設計されるが、腐食損傷した桁端部の有効座屈長や有効断面積の評価については未だ手法が確立されているわけではない。本研究では桁端部の力学特性および耐荷力評価におけるモデル化手法を検討することを目的に、設計時の健全な鋼桁を対象にして載荷条件をパラメータとした桁全体系の耐荷力および桁端部の柱としての有効断面積について検討する。

#### 2. 対象橋梁と解析条件

図-1 に示すように供用年数約 90 年の上路式リベット 2 主桁橋を対象とする。本橋の桁端部に関しては、圧縮柱としての残存耐荷力を検討する観点から、過年度に載荷試験を実施している<sup>1)</sup>。境界条件は、ピン・ローラー支持である。ソールプレート下には実橋のべた支持条件に合わせ、剛板を設けて、変形しないものとする。材質は SM400 相当である。解析では、対傾構位置の橋軸直角方向変位を拘束した 1 主桁のみをモデル化している。なお、設計時の桁端部の耐荷力に着目しているため、腐食損傷や変形などの初期不整は考慮していない。材料構成則は、引張試験の結果をもとにバイリニアでモデル化する。

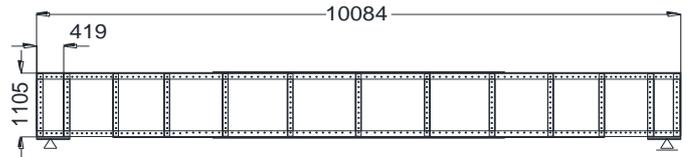


図-1 対象橋梁 (mm)

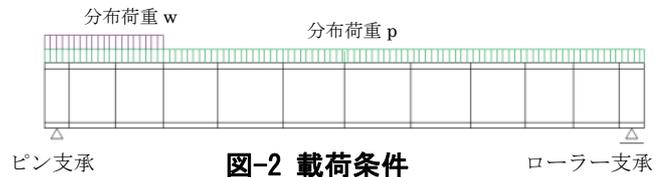


図-2 載荷条件

#### 3. 桁端部の耐荷力特性と有効断面積

桁端部の耐荷力に着目した鋼桁全体系の弾塑性有限変位解析を実施した。載荷条件を図-2 に示す。桁端部に等分布の集中荷重が載荷する状態を想定した。偏載荷重に関しては、 $p:w=3.4 [N/mm^2] : 1 [N/mm^2]$  の割合で増分載荷する。分布荷重  $p$  は支間全体に載荷し、分布荷重  $w$  は、桁端から 1192mm の範囲に載荷した。非線形解析は、弧長増分法である。リベットによる部材の集成部は板厚として考慮している。

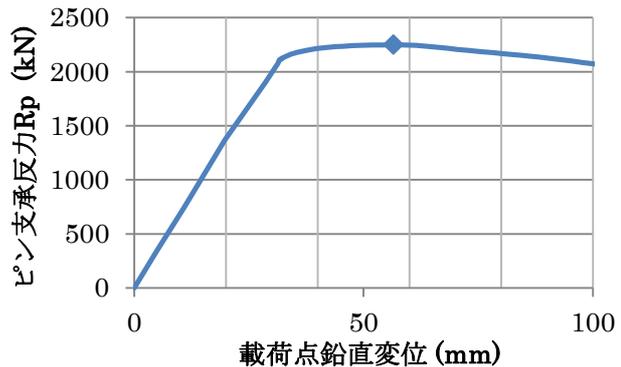


図-3 支点反力～鉛直変位関係

##### (1) 桁端部の耐荷力特性

ピン支点反力  $R_p$  ～スパン中央鉛直変位曲線を図-3 示す。スパン中央部に鉛直変位が生じ、当該部のウェブの塑性化が進行することにより最大耐力を迎えている。なお、最大耐力時では、桁端部の端補剛材及びウェブに生じる応力は降伏応力  $\sigma_y=245 (MPa)$  を下回っている。その最大荷重時の端補剛材 1 (図-5 参照) の軸圧縮応力分布を図-4 に示す。軸応力分布は、これまででも言われているように、下フランジ近傍ほど応力が大きくなる三角形分布を示している。なお、ここでは偏載荷の場合の結果を示すが、分布形状は荷重の載荷条件によらず概ね三角形の分布をとる。

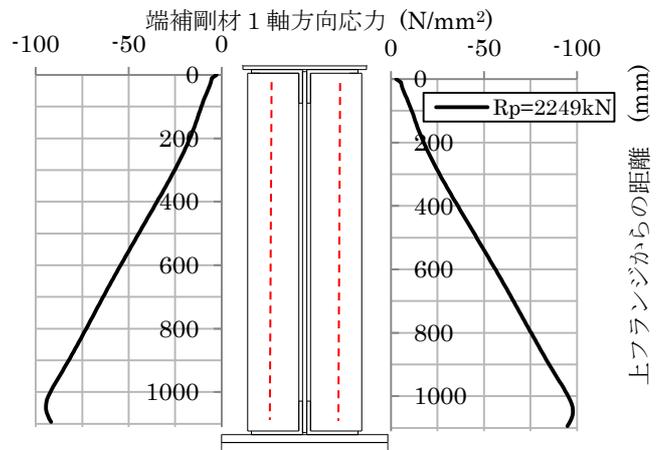


図-4 端補剛材 1 の軸応力分布

キーワード 腐食, 桁端部, 残存耐力

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 TEL. 042-677-2782 内線(4564) Email:nakata-yurika@ed.tmu.ac.jp

図-5 は、端補剛材 1 からの距離に対する、ウェブ（下フランジ上面から、112mm の位置）の軸応力分布を示す。図中の 2 曲線は、ピン支承の反力  $R_p=750\text{kN}$  と、最大荷重時のウェブの軸応力分布を示す。端補剛材 1 はピン支承側の端補剛材である。端補剛材 1・2 の設置位置において最大応力が生じている。また、端補剛材のアンクル材とウェブとのリベット接合区間は断面積がウェブ単体よりも増加するため、補剛材 2 側では左右で減少傾向が異なることが確認できる。端補剛材 2 のアンクル材よりもスパン中央側では、応力値が徐々に低下するものの、端補剛材 1 から約 800mm の範囲まで、ウェブは軸圧縮応力を受け持つ構造となっている。

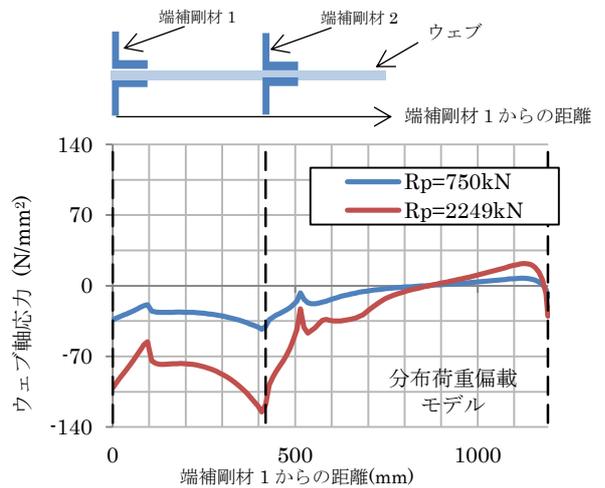


図-5 ウェブ応力分布

(2) 有効断面積の評価

桁端部の軸圧縮力において、荷重ステップに対する、2 補剛材とウェブの分担力の割合をまとめたのが表-1 である。ここに、補剛材の分担力  $S$  は、幅方向の中央部の応力に補剛材断面積を乗じて算出し、ウェブの分担力  $W$  はピン支点部反力  $R_p$  から 2 補剛材分担力  $S$  を差し引いた値である。補剛材分担力  $S$  は得られた軸圧縮応力を積分して算出した。2 補剛材分担力は、桁端に生じる支承部反力の約 30~40% であ、残りの大半をウェブが分担している。

図-6 に、図-5 に対して、端補剛材 1 からスパン中央に向かって積分した、ウェブ軸力の累積値を示す。

累積値が最大となる位置は、図-5 でゼロとなる位置 (847mm) に対応するが、514mm の位置 (端補剛材 2 のアンクル材幅の位置) 付近において、最大値に近い値となっており、概ねこの範囲内で支点反力による桁端の軸方向力を分担しているものと考えられる。仮に、端補剛材 1, 2 の位置の平均値 ( $R_p=750\text{kN}$  時で  $-29\text{MPa}$ ) が一様に分布するとしてウェブが反力を分担する範囲を算出すると、端補剛材 1 から 597mm の位置になる。

ここで、鉄道橋の設計基準による、桁端部を圧縮力を受ける柱として設計する場合のウェブの有効範囲は、572mm となる ( $=420\text{mm} + 12t_w$  ( $t_w$ : ウェブ板厚 12.7mm))。対象橋梁では、端補剛材がアンクル材であり、2 補剛材の両側のウェブ板厚が見かけ上異なるため、設計で考慮される有効範囲  $12t_w$  と直接比較はできないが、範囲としては概ね  $16t_w (=597\text{mm}/12.7\text{mm}/3)$  となっている。

表-1 補剛材及びウェブの軸方向力分担割合

| 反力 $R_p$<br>(kN) | ES1 軸力<br>$S_{ES1}$ (kN) | ES2 軸力<br>$S_{ES2}$ (kN) | 補剛材分担力<br>$S=S_{ES1}+S_{ES2}$ (kN) | 補剛材分担割合<br>$s=S/R_p(\%)$ | Web 分担力<br>$W=R_p-S$ (kN) |
|------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| 750              | 134.9                    | 130.1                    | 265.0                              | 35.3                     | 485.2                     |
| 1897             | 347.8                    | 334.5                    | 682.3                              | 36.0                     | 1214.5                    |
| 2179             | 387.5                    | 370.7                    | 758.2                              | 34.8                     | 1420.9                    |
| 2249             | 402.4                    | 382.3                    | 784.7                              | 34.9                     | 1464.1                    |

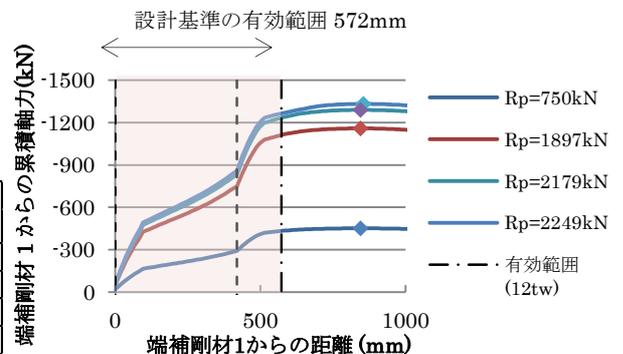


図-6 ウェブ軸力の桁端からの累積値

4. まとめ

- (1) 1 主桁のモデルに対し、桁端部に偏載荷重を載荷した場合、桁端の軸応力分布は、下フランジ側が最大となる三角形分布となった。
- (2) 今回対象とした桁端構造に関しては、桁端の支承反力のうち約 30~40% を端補剛材が負担し、その間のウェブと綴じ合わせ部が負担し、残りはウェブが受け持つ構造であった。

本研究の一部は、平成 28 年度に日本鉄鋼連盟からの助成を受けて行ったものである。ここに記して感謝致します。

参考文献

1) Y. Nakata et al. : Load carrying capacity test and finite element analysis for a steel riveted plate girder bridge's support area with corrosion damage, Pacific Structural Steel Conference, 2016