

支承条件およびウェブギャップの高さが端対傾構を有する桁端部の耐荷性能に及ぼす影響

大阪市立大学大学院 学生会員 ○有山 大地  
 京都大学大学院 正会員 松村 政秀

大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司

1. はじめに

鋼 I 桁橋の桁端部には、橋軸直角方向の地震力による主桁の面外変形を防止するため端対傾構または端横桁が設置されている。道路橋示方書<sup>1)</sup>では、横桁等の下端と主桁下フランジ間（以下、ウェブギャップ）の高さが大きいと橋軸直角方向の慣性力を隣接する桁に伝達できず、桁端に面外変形が生じることがあるため、ウェブギャップの高さを極力小さくし、十分な強度を確保することが要求されている。しかし、その具体的な設計法や補強法は述べられていない。また、現行の端対傾構の設計<sup>2)</sup>では、図-1 に示すように、ウェブギャップよりも上方の構造を対象に、接合部をすべてピン結合としたトラス構造が設計用モデルとして用いられているため、支承条件やウェブギャップの高さの影響は考慮されていない。さらに、設計地震荷重はレベル 1 地震動相当の地震力であり、レベル 2 地震動に対する桁端部の安全性については明確にされていない。

そこで、本研究では、端対傾構を有する桁端部構造を対象に pushover 解析および地震応答解析を行い、支承条件およびウェブギャップの高さが桁端部の耐荷性能に及ぼす影響を検討している。

2. 解析モデル

解析モデルは文献 2) の設計例に示されている支間長 33 m の 4 本主桁を有する単純合成 I 桁橋の桁端部付近を三角形板要素でモデル化する（図-2）。床版は剛なはり要素でモデル化している。着目パラメータは支承条件とウェブギャップの高さ  $h_w$  であり、支承条件は固定および回転の 2 種類、 $h_w$  は文献 2) で採用されている  $h_w=250$  mm およびその 1.5 倍の  $h_w=375$  mm の 2 種類、の計 4 ケースの解析モデルを設定した。主桁腹板およびフランジの降伏応力度を  $355$  N/mm<sup>2</sup>、その他の部材は  $235$  N/mm<sup>2</sup> とし、構成則は完全弾塑性とする。死荷重として各主桁に床版重量の半分を載荷した状態で、主桁天端位置に強制水平変位  $\delta_h$  を与えた。また、地震応答解析で入力した地震波は振幅調整された I 種地盤に対

するレベル 2 タイプ II の地震加速度 II-I-1 であり、橋軸直角方向に入力する。減衰にはレイリー減衰を考慮する。

3. 解析結果

3.1 pushover 解析

図-3 には斜材軸力  $N_d$  と水平荷重  $P_h$  の関係を、表-1 には斜材の設計軸力および座屈耐力を設計値とともに示す。図-3 より支承部の回転変形を考慮すると、考慮しない場合に比べて斜材への作用軸力が増加し、斜材の降伏および座屈が早期に発生することがわかる。表-1

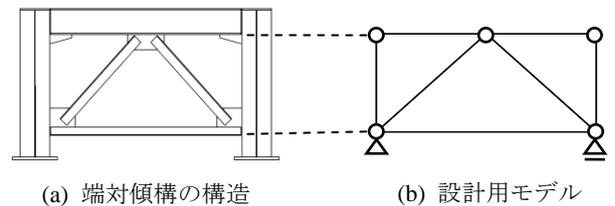


図-1 桁端部のモデル化

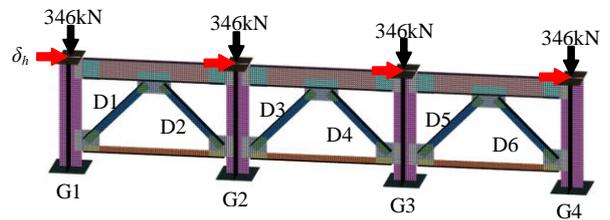


図-2 解析モデル

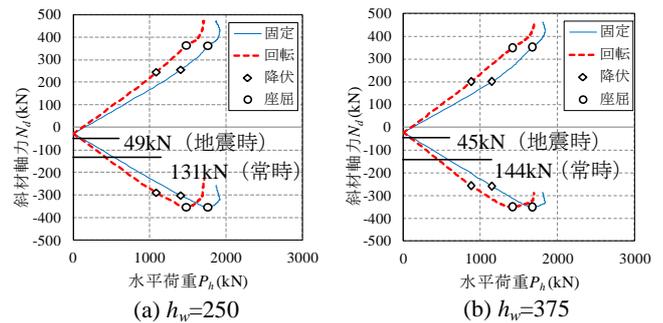


図-3 斜材軸力-水平荷重関係

表-1 斜材の設計軸力と座屈耐力

ケース名	設計軸力 (kN)		座屈耐力 (kN)	
	常時	地震時	設計	解析
固定-250mm	131	49	225	355
回転-250mm				354
固定-375mm	144	45	229	352
回転-375mm				351

キーワード：桁端部，端対傾構，橋軸直角方向，地震応答解析

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 TEL& FAX 06-6605-2765

に示す通り、斜材の座屈耐力はウェブギャップの高さとの関連は認められず設計値の約 1.5 倍であった。文献 3) において、両端がガセットプレートにより拘束された山形鋼の最大強度は拘束のない場合よりも 1.4~2.0 倍程度高いことが実験結果に基づいて示されていることから、骨組長を有効座屈長とする斜材の設計法は安全側の設計であることがわかる。また、常時（死荷重+活荷重）および地震時（死荷重+地震荷重）に斜材に作用する軸力は、それぞれ解析により得られた座屈耐力の 40%, 13% 程度であり、設計地震荷重が極めて小さいことがわかる。

3.2 地震応答解析

表-2 に斜材の最大圧縮軸力を示す。同表より、支承条件が固定の場合、斜材に座屈は生じていないが、回転の場合、上述したように斜材に作用する軸力が増加するため斜材の最大圧縮軸力は座屈耐力とほぼ等しいことが確認できる。図-4 に示す最大変位時のミーゼスコンター図においても、支承条件が回転の場合、固定の場合よりもより広い範囲で斜材が降伏に至ることが確認できる。

図-5 には斜材の最大圧縮軸力を地震時の設計軸力で除して無次元化して示す。同図より、 $h_w=250\text{ mm}$  では最大圧縮軸力は設計軸力の 5~7 倍程度、 $h_w=375\text{ mm}$  では 6~8 倍程度であり、地震時においてもウェブギャップの高さが高いほど、また支承部に回転変形が生じる場合に斜材にはより大きな軸力が作用することがわかる。

4. まとめ

本研究では、支承条件およびウェブギャップの高さが桁端部の耐荷性能に及ぼす影響を解析により検討した。以下に主な結論を示す。

- 1) 支承条件、ウェブギャップの高さによらず斜材の最大耐力は設計値の 1.5 倍程度であり、部材長を有効座屈長とする設計法は安全側の設計である。
- 2) 設計地震荷重による斜材の作用軸力は斜材の座屈耐力の 13% 程度であり、設計地震荷重が極めて小さいことがわかる。
- 3) 地震応答解析の結果によると、ウェブギャップの高さが高いほど、また支承に回転変形が生じる場合に斜材には設計軸力の 6~8 倍程度のより大きな軸力が作用する。

表-2 斜材の最大圧縮軸力

	最大圧縮軸力 (kN)					
	D1	D2	D3	D4	D5	D6
固定-250mm	258	321	246	321	247	339
回転-250mm	356	355	352	355	353	354
固定-375mm	309	302	277	303	276	329
回転-375mm	345	350	344	351	341	352

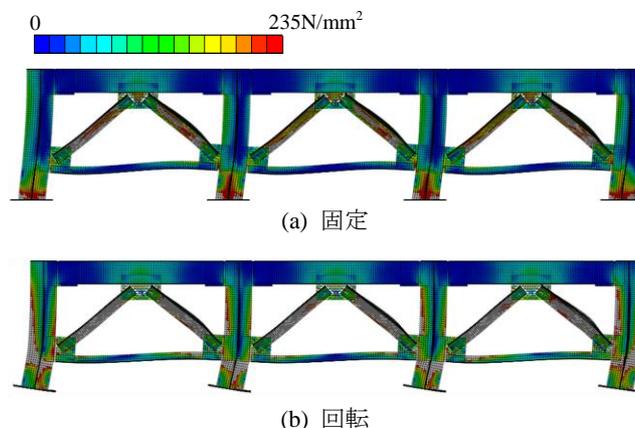


図-4 最大変位時のミーゼスコンター ( $h_w=375\text{ mm}$ )

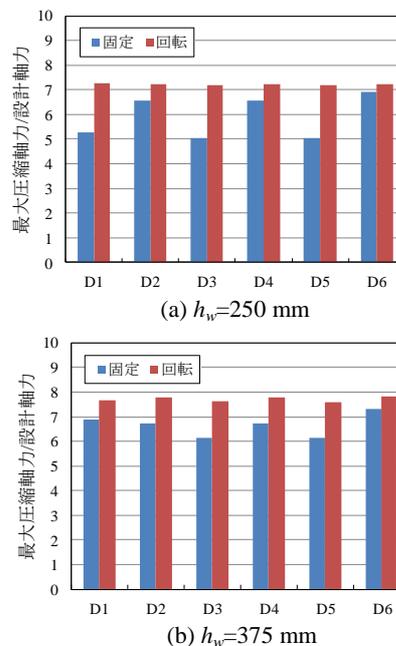


図-5 設計軸力に対する最大圧縮軸力の比

謝辞

本研究の一部は、日本橋梁建設協会による研究助成を受けて実施したものである。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 社団法人日本道路協会：道路橋示方書・同解説，V.耐震設計編，2012.3
- 2) 一般社団法人日本橋梁建設協会：合成桁の設計例と解説，1995.4
- 3) 宇佐美勉，T.V.ガランボス：2 軸曲げを受ける単一山形鋼柱の強度，土木学会論文報告集，第 191 号，pp.31-44，2001.7