

大阪市立大学工学部 学生会員 ○有山 大地
 大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司

大阪市立大学大学院 正会員 松村 政秀

1. はじめに

東北地方太平洋沖地震では、橋軸直角方向の地震時慣性力により、常時やレベル 1 地震動に相当する横荷重により設計される対傾構形式の端横桁（以下、対傾構形式という）で、斜材の座屈損傷が報告された。また、平成 24 年に改定された道路橋示方書 V. 耐震設計編¹⁾には、充腹横桁の構造（以下、充腹形式という）が桁端部の構造例として示されている。しかし、その具体的な設計法は明示されておらず、桁端部の橋軸直角方向の耐荷力特性に着目した研究はほとんどないのが現状である。

そこで、本研究では、両形式の端横桁の橋軸直角方向の挙動に着目した Pushover 解析を実施し、損傷過程や変形形態、保有耐力を明らかにする。また、時刻歴応答解析を実施し、レベル 2 地震時の荷重作用に対してどの程度、耐力に余裕を有しているのかを検討する。

2. 対傾構形式の端横桁の設計

文献 2) に基づく対傾構形式の設計では、図-1 に示すように接合部をすべてピン結合としたトラス構造にモデル化、地震慣性力を静的な設計地震荷重 $H_e (=k_h \times W_d : k_h$ は設計水平震度で 0.25, W_d は上部工死荷重) に置き換え、上弦材と下弦材に均等に載荷させて、各部材を許容応力度設計法により照査している。

3. 解析モデルおよび解析条件

両形式の解析モデルを図-2 に示す。対傾構形式は文献 2)、充腹形式は文献 3) にそれぞれ記載されているスパン長 33m、主桁間隔 2.55m、主桁高さ 1.7m の単純合成 I 桁橋を対象とし、その桁端部付近を板要素で、床版は剛なはり要素でモデル化する。下フランジと下弦材間（以下、支点部という）の高さは 0.25m である。主桁腹板および上下フランジの降伏応力度を 355N/mm^2 、その他の部材は 235N/mm^2 とし、構成則は完全弾塑性とする。支承条件は完全固定とばね要素により回転変形を考慮したモデルの 2 種類とした。各主桁には床版重量の半スパン分 ($1,382\text{kN}$) を均等に作用させる (1 主桁あたり 346kN)。解析には、弾塑性有限変位解析プログラム EPASS/USSP

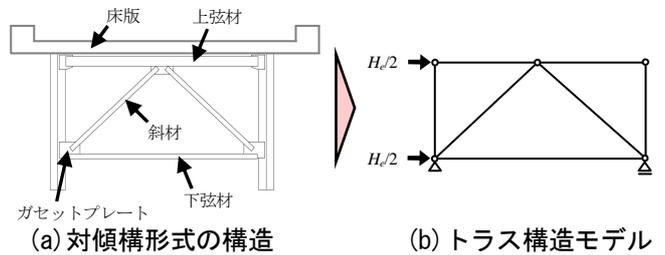


図-1 対傾構形式の端横桁の設計モデル

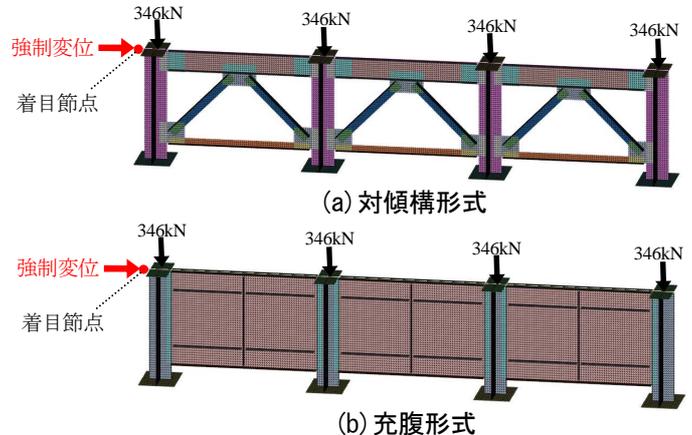


図-2 解析モデル

を用い、Pushover 解析では、図-2 に示す着目節点に強制変位を与える。時刻歴応答解析において入力する地震波は神戸海洋気象台 NS 成分 (II-I-1) である。

4. 解析結果

4.1 Pushover 解析

着目節点における水平荷重-水平変位関係を図-3 に示す。対傾構形式では、支点部の補剛材あるいは斜材が降伏し、圧縮側の斜材が座屈すると荷重が低下する（図-4 (a)）。充腹形式では、支点部補剛材が降伏に至るがその後も水平荷重は緩やかに増加した（図-4 (b)）。

支承部の回転変形を考慮するといずれの形式においても初期剛性が低下するが、最大荷重は、充腹形式ではほとんど変わらないが、対傾構形式では低下した。これは、支承部の回転変形を考慮すると、支点部で分担する応力が低減し、斜材が分担する応力が増加したためである。

対傾構形式の最大荷重時（着目節点の水平変位が 11mm の時）の外桁の変形図を図-5 に示す。対傾構形式では、

支点部の他に斜材やガセットプレートにも大きな応力が作用し (図-4(a)), 主桁全体にせん断変形が生じている。一方, 充腹形式では, 横桁部と支点部との剛性差が大きいので支点部のせん断変形が顕著であり, 対傾構形式と比較して支点部補剛材の広い範囲に高い応力 (赤色の部分) が作用することが確認できる (図-4(b)).

4.2 時刻歴応答解析

主な動的解析結果を表-1 に, 床版位置の慣性力と応答変位の関係を図-6 に示す。慣性力は着目節点の応答加速度に床版重量を乗じて算出している。

支承部の回転変形を考慮すると応答変位が増加し, 対傾構形式の最大水平力は 1,434kN (設計地震荷重 (=0.25×1,672kN (床版と鋼桁の重量) =418kN) の約 3.4 倍), 最大応答変位は 5.81mm で, 充腹形式では 1,213kN(設計地震荷重の約 2.9 倍), 1.69mm であった。斜材および中桁の一部が降伏するケースも確認されたが, 全体的にはほぼ線形的な挙動を示した。

5. まとめ

本研究では, 2 形式の桁端部構造を対象に橋軸直角方向の耐荷力挙動を弾塑性有限変位解析により検討した。得られた主な結論は以下のとおりである。

- 1) 対傾構形式では, 支点部近傍, 斜材, ガセットプレートに大きな応力が作用し桁全体のせん断変形が進行すると, 斜材の座屈により最大耐力が決定される。
- 2) 腹板を有する充腹形式では, 横桁と支点部近傍の剛性差が大きいので支点部のみにせん断変形が生じる。
- 3) レベル 2 地震動 (II-I-1) を入力する地震応答解析の結果, 最大水平荷重は, 対傾構形式で設計荷重の約 3.4 倍, 充腹形式で約 2.9 倍であり, いずれの形式もほぼ線形的な挙動を示した。

今後, モデル化の妥当性の検証を含め引き続き検討を進める予定である。

謝辞 本研究は(社)日本橋梁建設協会からの研究助成を受けて行いました。ここに記して, 謝意を表します。

<参考文献>

- 1) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説, V. 耐震設計編, 2013.3
- 2) (社)日本橋梁建設協会：合成桁の設計例と解説, 1995.4
- 3) (社)日本橋梁建設協会：合成桁の設計例と解説, 2005.1

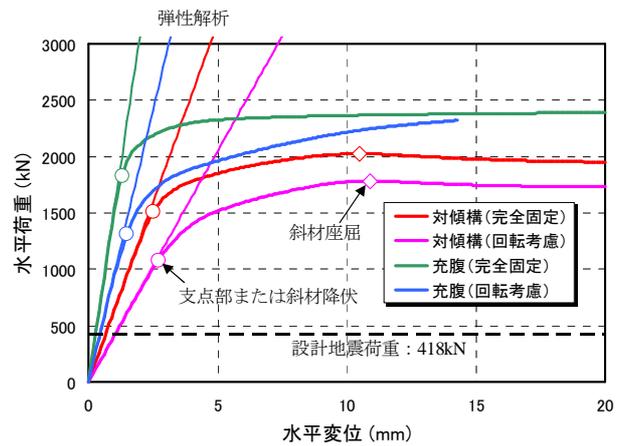


図-3 着目節点の水平荷重-水平変位関係

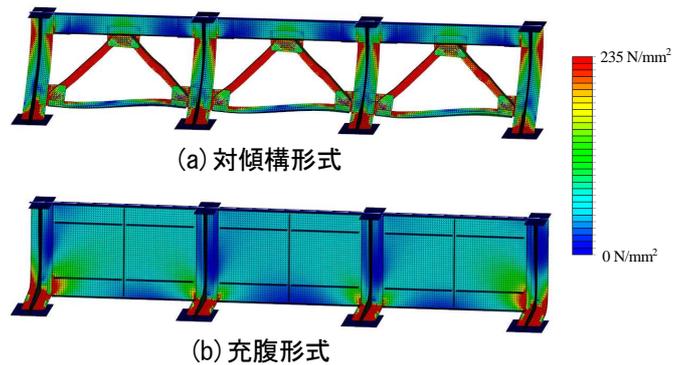


図-4 ミーゼス応力コンター図 (水平変位 11mm 時, 変形 15 倍)

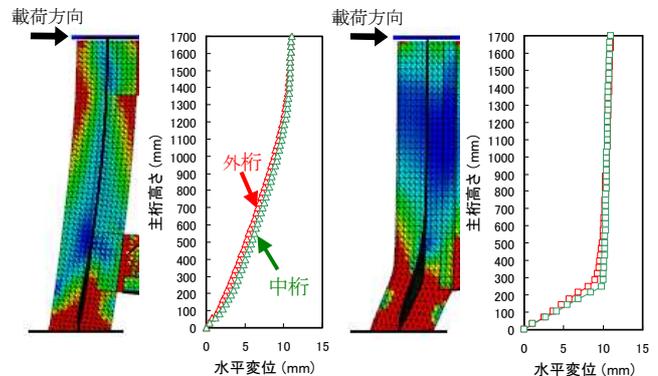


図-5 外桁の変形 (完全固定, 変形 15 倍)

表-1 主な動的解析結果

	固有周期 (sec)	最大応答変位 (mm)	最大応答加速度 (gal)	最大水平力 (kN)
対傾構(完全固定)	0.10	2.87	1,008	1,421
対傾構(回転考慮)	0.13	5.81	1,017	1,434
充腹(完全固定)	0.06	0.90	855	1,206
充腹(回転考慮)	0.08	1.69	860	1,213

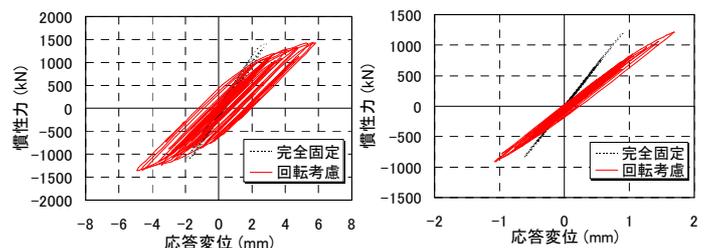


図-6 慣性力-応答変位関係