

桁連結工を有する鋼鉄道橋の地震時応答特性評価

鉄道総合技術研究所	正会員	○齊藤	雅充
鉄道総合技術研究所	正会員	池田	学
関西設計	正会員	今田	大元

1. はじめに

兵庫県南部地震などの過去の地震時に桁連結工が破壊して当初想定 of 落橋防止機能を発揮しない事例がみられる¹⁾。桁連結工は、桁が静的に懸架状態となった場合を想定して設計されているが、地震時に働く水平力については考慮されていない²⁾。一方で、桁連結工の応答値は隣接する桁どうしの相互作用により発生するものであり、桁連結工の非線形性を含めた応答特性を把握することが必要である。本研究では、鉄道橋に多く採用されているボルト方式の桁連結工³⁾を有する鋼鉄道橋を対象に、桁連結工の有限要素解析（以下、FEM 解析）により速度の効果を含めた非線形特性を把握し、これをもとに履歴モデルを作成し、橋梁全体系の地震応答解析により桁連結工の応答値算定精度の向上を試みた。

2. 桁連結工の FEM 解析による非線形応答特性の把握

2.1 モデル化

桁連結工の非線形応答特性を把握するため、桁連結工および周辺部を対象とした FEM 解析を行った。解析モデルを図 2 に示す。対象は桁連結工、取付けボルト、および桁連結工の取付く桁ウェブとし、それぞれソリッド要素でモデル化した。桁連結工および桁ウェブの鋼材には、文献 4) と同等の応力ひずみ関係を適用することとした。解析の収束性確保のため、鋼と鋼の接する箇所には摩擦係数 0.05 の接触要素を定義した。桁ウェブの端部には、桁の質量を配置し、各節点と剛体により接続した。桁連結工作動時の桁どうしの相対速度を想定し、静的解析および動的解析とした。解析コードは、静的解析は ABAQUS、動的解析は LS-DYNA を用いた。

2.2 解析結果

図 3 に、解析結果として、桁連結工の荷重-変位関係を示す。弾性域内における桁連結工の実剛性は、板の軸方向剛性から算定した仮定剛性より低いものとなった。これは仮定剛性に含まれない桁ウェブやボルトの変形等によるものである。また、桁連結工の降伏耐力は、はしあき部の降伏によって定まることがわかった。

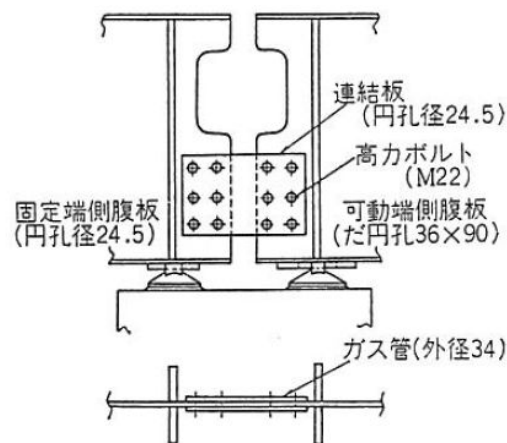


図1 ボルト方式の桁連結工³⁾

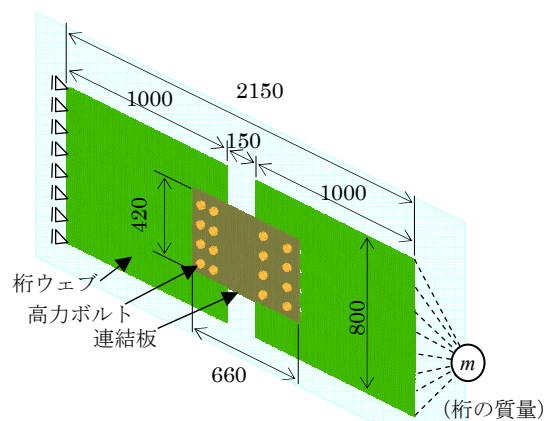


図2 桁連結工の有限要素モデル

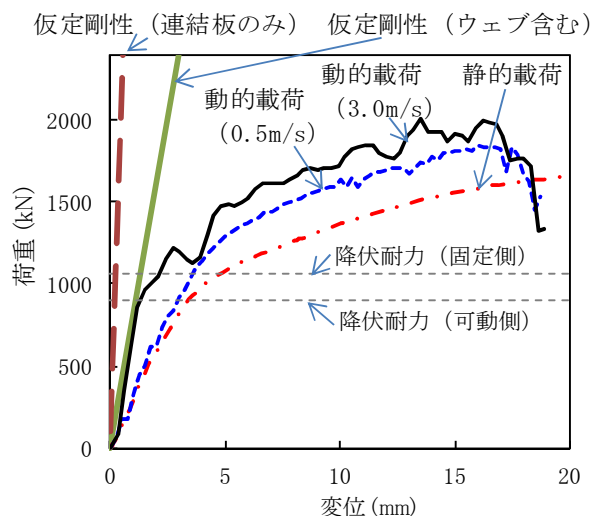


図3 桁連結工の荷重-変位関係

キーワード 桁連結工, 有限要素解析, 非線形応答特性, 地震応答解析

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 TEL 042-573-7280

3. 桁連結工を有する橋梁の地震応答解析

3.1 モデル化

上記の桁連結工の非線形特性を適用し、橋梁全体系の地震応答解析を行った。解析モデルを図4に示す。対象橋梁は、中間橋脚にRC橋脚を有し、支間35mの合成桁が5連隣接する橋梁とし、桁全体を1本の梁要素としてモデル化した。中間橋脚はRC橋脚とし、左側2基と右側2基の剛性比が2:1となるよう非線形ばねとして定めた。地震動はL2地震動スペクトルII(G3地盤上)とした。

桁連結工は、連結板の剛性より算出した初期剛性を有する線形弾性モデルおよびFEM解析より図5のように定めた非線形モデルの2種類を用いた。各連結工は長孔状のボルト孔を有しており、孔の遊間を超えたときに連結工が作動するようモデル化した。除荷時の履歴特性としては、初期剛性を保って荷重が減少するモデルとした。

3.2 解析結果

解析結果として、図6に、各連結工における最大応答荷重を示す。桁連結工を線形とした場合には、大きな応答荷重となるのに対し、連結工を非線形としたモデルでは、比較的小さな応答荷重となった。

図7に代表的な連結工における荷重-変位関係を示す。桁連結工の剛性が小さくなったことにより、連結工の最大応答荷重が低減されたと考えられる。

4. おわりに

FEM解析により桁連結工の非線形応答特性を把握し、これを反映した橋梁全体系の地震応答解析により、桁連結工の地震時の応答値算定精度の向上を図った。本報告に示す条件下では、主に桁連結工の実剛性を評価することにより、簡易な方法での推定に比べて小さな応答荷重となることが明らかとなった。

今後は、桁連結工の実耐力や破壊形態を明らかにするための載荷実験や、下部工や支承の種別の応答特性への影響に関する検討を進めていくことを考えている。

参考文献

- 1) 阪神・淡路大震災調査報告編集委員会：阪神・淡路大震災調査報告，土木構造物の被害，橋梁，丸善，1996。
- 2) 長嶋：阪神・淡路大震災で見られた落橋防止装置の効果に関する一考察，土木学会第51回年次学術講演会，I-A282，1996
- 3) 宮崎ら：耐震・落橋防止装置の形式と設計法—国鉄の場合—，土木技術，Vol.35，No.12，pp.104-116，1980
- 4) 小畑ら：高速引張時の落橋防止装置連結板の強度特性，土木学会論文集，No.441/I-18，pp.97-105，1992

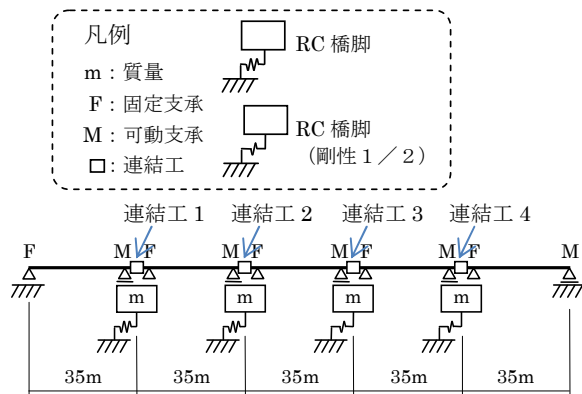


図4 桁連結工を有する橋梁の解析モデル

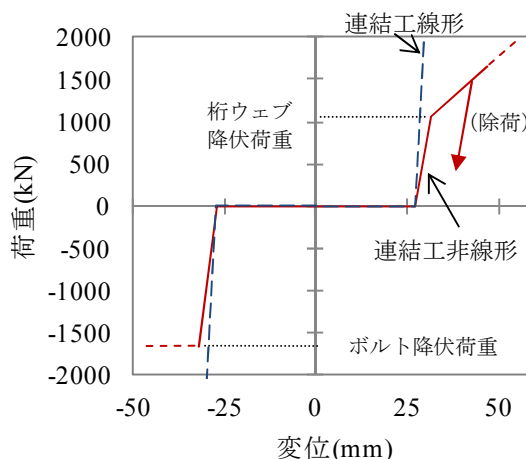


図5 桁連結工の履歴モデル

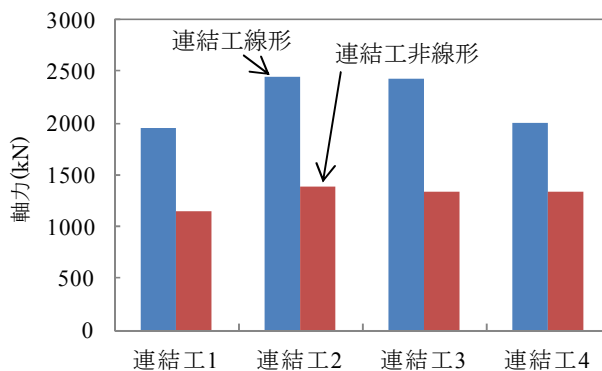


図6 桁連結工の最大応答軸力

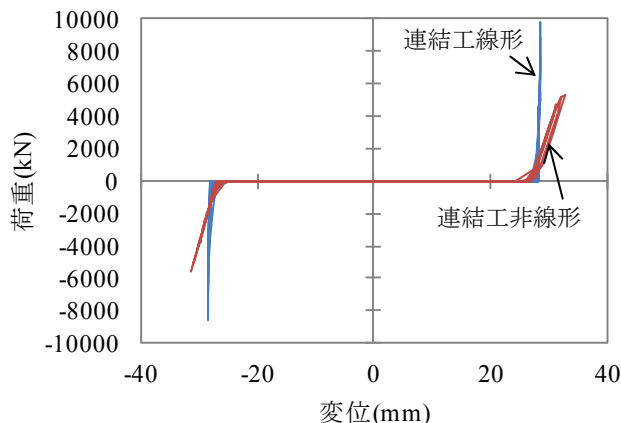


図7 桁連結工の荷重-変位関係(連結工2)