

中層梁のせん断破壊が先行する RC2 層ラーメン高架橋の耐震性能に関する一考察

JR 東日本コンサルタンツ (株) 正会員 ○井比 亨
 JR 東日本コンサルタンツ (株) 正会員 高橋 寛成
 JR 東日本コンサルタンツ (株) フェロー会員 小林 薫

1. はじめに

鉄道構造物に多く見られる RC2 層ラーメン高架橋では、過去の地震被害により中層梁にせん断ひび割れが生じる事例が確認されている。そのため、中層梁の力学的特性の変化がラーメン高架橋の耐荷力および変形性能に与える影響に着目した研究が行われている^{1),2)}。しかし、せん断破壊が生じる中層梁の耐力の違いが構造全体系の耐震性能に及ぼす影響については詳細に把握されていない。

本研究では、せん断破壊が先行する中層梁を有する RC2 層ラーメン高架橋を対象に、地震時の耐荷力および変形特性の傾向を明らかにすることを目的とする。

2. 対象構造と解析モデル

対象構造は、東北新幹線標準設計の 4 径間 RC2 層ラーメン高架橋の橋軸直角方向 (1 フレーム分) とする。図 1 は、対象とする高架橋の骨組解析モデルを示す。同図より、各部材のモデル化は、柱および中層梁は RC 部材の復元力モデル³⁾を考慮した非線形を基本とし、それ以外の部材は線形とする。また、荷重は死荷重のみを考慮し、柱下端部は固定支持とする。なお、対象高架橋の設計水平震度は 0.25 として耐震設計が行われており、図 2 に柱および中層梁の断面諸元を示す。

図 3 は、本研究で設定した中層梁の骨格曲線を示す。同図より、中層梁の非線形特性の構成は、曲げ破壊の骨格曲線、せん断破壊先行を考慮した 3 ケースの骨格曲線とした。また、3 ケースの中層梁のせん断耐力は、対象モデルのせん断耐力 V_{ud} (Mys モデル)、降伏曲げモーメント M_y (My モデル)時のせん断力、 M_y の 1/2 倍(0.5My モデル)時のせん断力に到達した時とする。なお、せん断破壊後の下り勾配は初期剛性の 7%とし、下り勾配後の一定区間の曲げモーメントは、各ケースのせん断耐力時の曲げモーメントの 1%とした。

入力地震動は鉄道標準³⁾の L2 地震動スペクトル II (G1 地盤用) を使用する。また、動的解析はニューマーク β 法を用い、積分時間間隔は 0.002 秒とした。なお、これらの数値計算は、汎用三次元非線形骨組み構造解析ソフトウェア isas⁴⁾を用いて実施した。

キーワード RC2 層ラーメン高架橋, 中層梁, せん断破壊, 耐震性能

連絡先 〒141-0033 東京都品川区西品川 1-1-1 JR 東日本コンサルタンツ (株) TEL 03-5435-7625

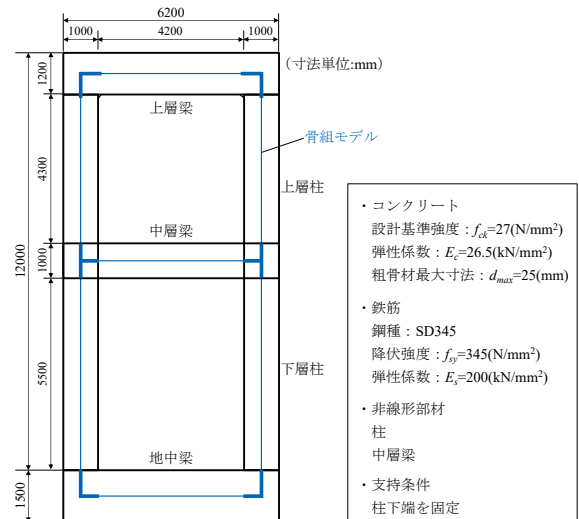
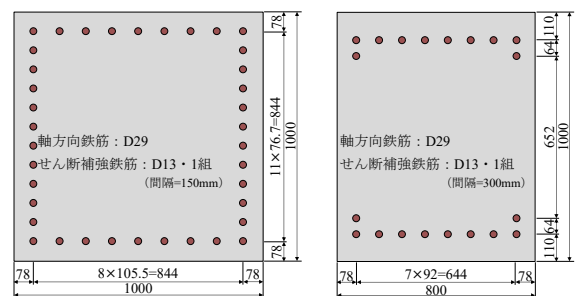


図 1 骨組解析モデル



(a) 柱 (b) 中層梁
 図 2 各部材の断面諸元 (単位:mm)

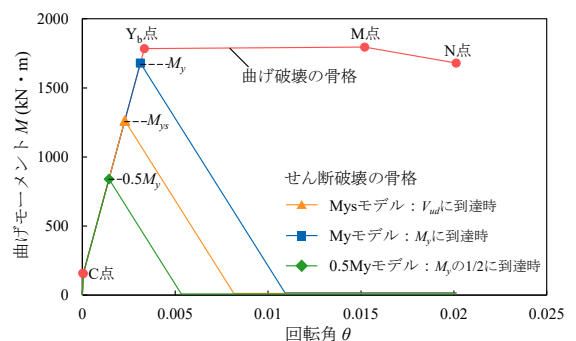


図 3 中層梁の骨格曲線

3. 数値計算結果

図4は、PushOver解析における各モデルの水平震度と天端変位の関係を表す。なお、比較用に中層梁を除いた1層ラーメン高架橋の結果も記載する。同図より、中層梁のせん断破壊を考慮したモデルの場合、せん断破壊の発生により構造全体系の剛性と耐荷性能が低下し、その後の挙動は中層梁を無くした1層ラーメン高架橋と同様になることが分かる。これは、せん断破壊により、中層梁が負担する曲げ耐力が低下し、最終的に耐力の負担が無くなり、構造系が2層から1層に変化するためである。

図5は、各モデルの上層柱の履歴曲線および曲げ破壊モデルの最大回転角に対するせん断破壊モデルの最大回転角の比を表す。同図より、各せん断破壊モデルの柱の最大回転角は、曲げ破壊モデルに比べて約1.29倍から約1.36倍になることが分かる。また、各モデルの最大回転角は、柱の損傷レベル3の回転角 θ_n に到達しないことが分かる。これより、対象とした2層ラーメン高架橋において、中層梁のせん断破壊が生じた場合でも、構造全体系としては崩壊しない状態に留まることが考えられる。

図6は、各モデルの天端の時刻歴応答変位を表す。なお、同図中に曲げ破壊モデルに対するせん断破壊モデルの最大変位および残留変位の比を示す。同図より、各せん断破壊モデルの最大変位は、曲げ破壊モデルに比べて約1.26倍から約1.31倍となることが分かる。また、各せん断破壊モデルの最大変位の差は約5%となり、せん断耐力が相違しているにも関わらずほぼ同程度になる。一方、残留変位に関しては、曲げ破壊モデルに比べて約1.31倍から約1.83倍となり、各せん断破壊モデルにおける差が最大変位に比べて大きくなった。

4. おわりに

本研究で得られた結果は、次の通りである。(1)2層ラーメン高架橋の中層梁がせん断破壊した後の挙動は、中層梁が機能しない1層ラーメン高架橋と同様の傾向となる。(2)対象とした2層ラーメン高架橋において、中層梁がせん断破壊した場合、曲げ破壊するものに比べて柱の損傷は進展するが、構造全体系として崩壊しない状態に留まる。(3)対象とした2層ラーメン高架橋において、中層梁がせん断破壊した場合、曲げ破壊するものに比べて、最大変位は約1.26倍から約1.31倍、残留変位は約1.31倍から約1.83倍となる。

参考文献 1) 小林薫：中層はりの質量がRC2層ラーメン高架橋の地震応答に与える影響，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.20，No.3，pp.1009-1014，1998. 2) 田中慎介，武田篤史，井林康，鈴木基行：RC2層ラーメン構造の耐震性能に及ぼす中層はりの力学的特性の影響，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.19，No.2，pp.435-440，1997. 3) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計，丸善，2012. 4) 汎用三次元非線形骨組み構造解析ソフトウェア isas，<https://www.jrc.jregroup.ne.jp/isas/>

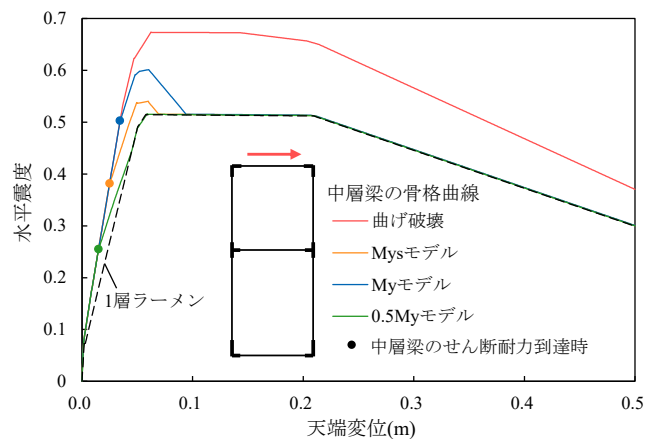


図4 水平震度と天端変位の関係

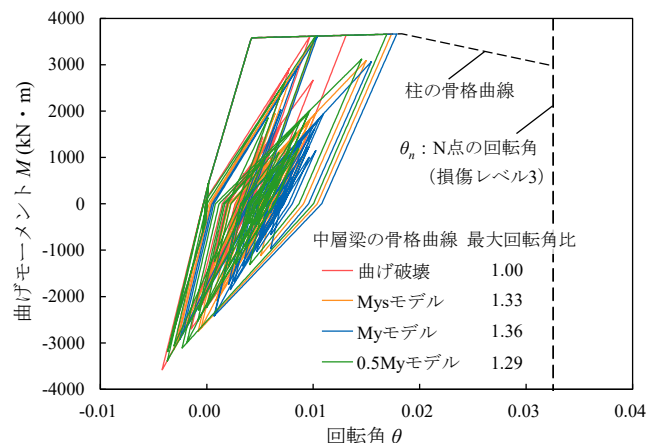


図5 上層柱の履歴曲線および最大回転角比

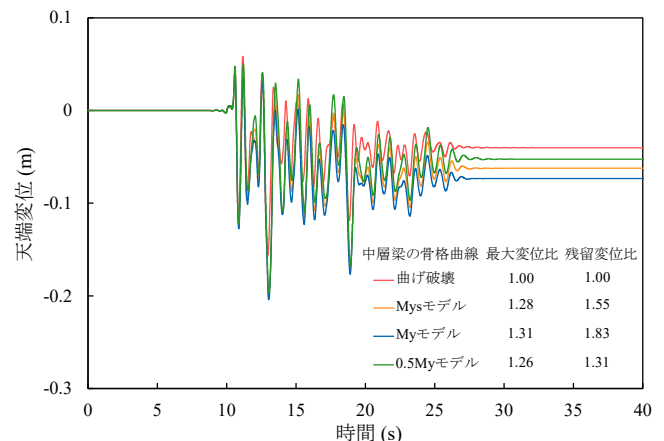


図6 天端の時刻歴応答変位および残留変位比