

中層梁のせん断特性と地震動の違いが RC2 層ラーメン高架橋の動的挙動に及ぼす影響

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) 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⁾。しかし、せん断破壊が生じる中層梁の耐力や入力地震動の違いが構造全体系の動的挙動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、中層梁を有する RC2 層ラーメン高架橋を対象に、中層梁のせん断耐力および入力地震動の違いによる動的挙動の傾向を把握することを目的とする。

2. 対象構造と解析モデル

対象とする構造は、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（中間部の 1 フレーム分）とする。図 1 に、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²⁾を考慮した $M-\theta$ 関係の非線形を基本とし、それ以外は線形部材とする。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いる。図 2 に柱および中層梁の断面諸元を示す。

図 3 に、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、せん断破壊先行を考慮した 3 ケースの骨格曲線と、比較用の曲げ破壊の骨格曲線とする。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²⁾の L2 地震動スペクトル II の G1, G3, G5 地盤用の 3 種類を使用する。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 isas³⁾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, 動的挙動

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

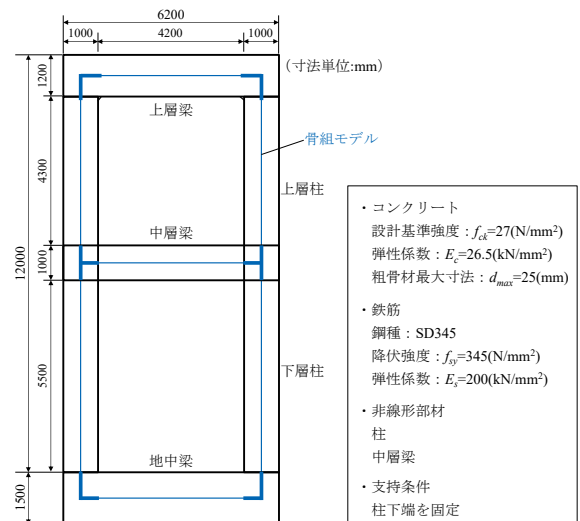
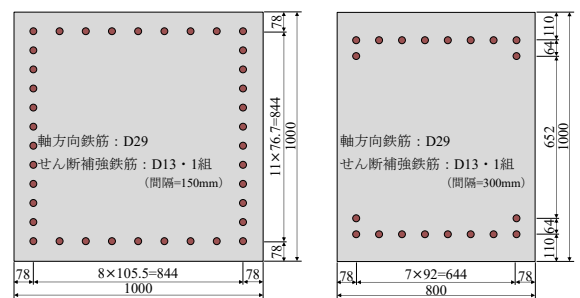


図 1 骨組解析モデル



(a) 柱 (b) 中層梁
図 2 各部材の断面諸元 (単位:mm)

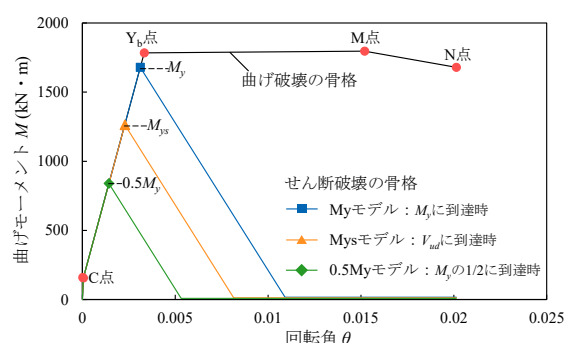


図 3 中層梁の骨格曲線

3. 数値計算結果

図4は、地震波ごとの各モデルの上層柱上端のN点における部材角 θ_n に対する最大応答部材角 θ_{max} の比（以下、最大応答部材角比）を示す。同図より、G1およびG3地盤用の場合、各せん断破壊モデルの最大応答部材角比は、中層梁の耐力によらずほぼ同程度になる。これは、中層梁の耐力が無くなる時刻が同程度のため、耐力の違いが θ_{max} に及ぼす影響は小さくなる。一方、G5地盤用の場合、各せん断破壊モデルの θ_{max} は θ_n に比べて約0.59倍から約0.75倍となる。これは、図5に示す天端の応答変位図より、各モデルにおいて、中層梁の耐力が無くなる時刻に差が生じ、構造系が2層から1層に変化するタイミングが異なる。よって、中層梁のせん断耐力が小さい方が早期に構造系が1層に変化することで応答値が大きくなると考えられる。

G3地盤用の場合、各せん断破壊モデルの θ_{max} は θ_n に対して最大約1.39倍となっている。ここで、地震波ごとの構造系の割線剛性の推移を図6に示す。同図の縦軸は、簡易的に求めた時刻 t の割線剛性 $K(t)$ を意味し、式(1)から求める。

$$K(t) = \frac{m \cdot |\alpha(t)|}{|\delta(t)|} \quad (1)$$

ここで、 m は上層部の質量、 $\alpha(t)$ および $\delta(t)$ は時刻 t の天端の応答加速度および応答変位を意味する。同図より、G3地盤用の場合、最大応答変位の割線剛性が他の地震波に比べて小さくなる傾向が見られる。さらに、図7に示す各地震波の加速度応答スペクトルを見ると、最大応答付近のモデルの固有周期帯(約0.8~1.0秒)で値が大きくなっている。以上から、G3地盤用を考慮したモデルの方がG1およびG5地盤用に比べて応答値が大きくなるといえる。

4. おわりに

本研究で得られた結果は、次の通りである。(1)対象の2層ラーメン高架橋および入力地震動において、中層梁の耐力が無くなる時刻が同程度の場合、中層梁の耐力および地震動の違いが動的挙動に及ぼす影響は小さい。(2)中層梁の耐力が無くなる時刻に差がある場合、耐力の小さい方が柱の最大応答部材角および応答変位が大きくなる。

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) 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. 3) 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/>

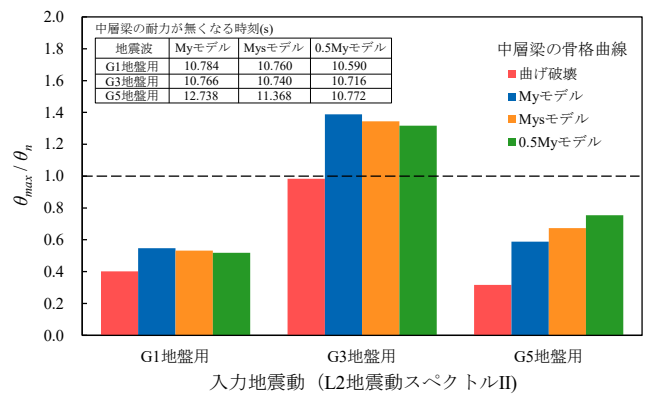


図4 上層柱の最大応答部材角比の比較

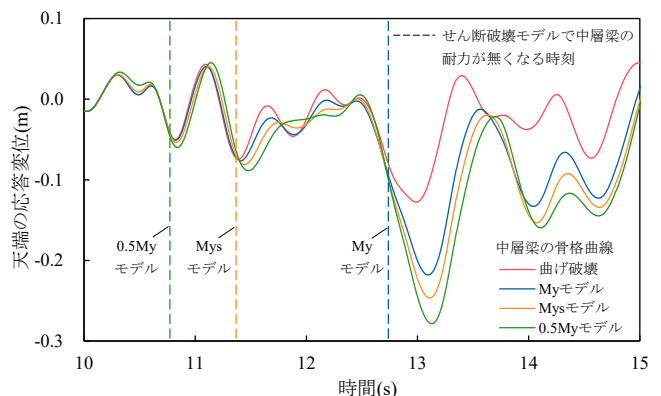


図5 天端の時刻歴応答変位図（G5地盤用）

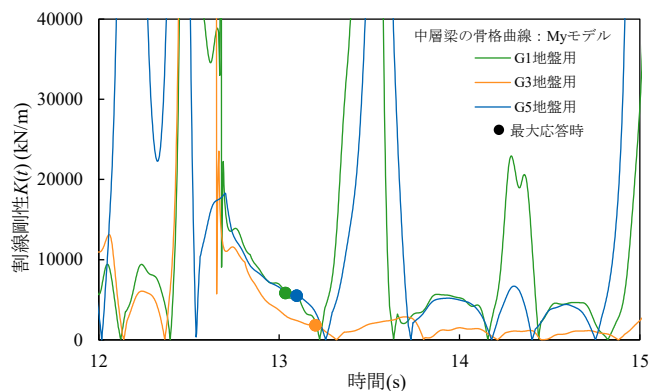


図6 構造系の割線剛性の推移

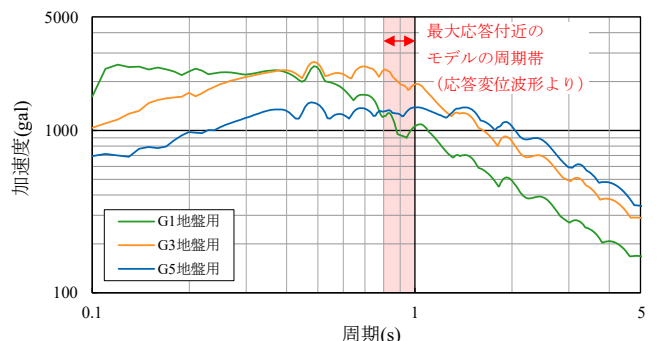


図7 各地震波の弾性加速度応答スペクトル