

柱頭制震ダンパーを設置した高架橋の地震応答評価

清水建設 技術研究所 正会員 中村 豊
 清水建設 技術研究所 正会員 塩屋 俊幸
 清水建設 土木本部設計部 正会員 出羽 克之
 清水建設 技術研究所 半澤 徹也

1. はじめに

前報¹⁾では、高架橋の柱頭部分に柱に沿うように設置する柱頭設置型の高減衰ゴムダンパー(図-1)の機構と応答低減効果について報告した。本報では、柱頭制震ダンパーを設置した高架橋の地震時挙動をより正確に評価するため、柱端部の鉄筋の抜出し、および高減衰ゴムダンパーの回転成分と非線形特性を考慮した地震応答解析結果について報告する。

2. 地震応答解析モデル

(1)高架橋の解析モデル：高架橋の線路直角方向の解析モデルを図-2に示す。横梁および地中梁は非線形梁要素(要素長30cm、トリリニア型M- ϕ 関係)としてモデル化する。柱は材端部を鉄筋の抜出しを考慮した非線形回転バネ要素(M- θ 関係、図-3)で、柱中間部はダンパー取付部が塑性化する可能性があるため、非線形梁要素(要素長30cm、M- ϕ 関係)でモデル化した。杭基礎は鉛直・水平・回転の線形バネとダッシュポットでモデル化する。

(2)高減衰ゴムダンパーの解析モデル：前報¹⁾では、高減衰ゴムダンパーは水平方向のみの線形Voigtモデルに単純化していた(図-4(a))。柱頭設置型ダンパーでは、鋼板間に充填された高減衰ゴムに並進方向のせん断ひずみと同時に回転方向のひずみ加わる。そこで、高減衰ゴムシート(60cm×60cm)を5×5の要素に分割し、各要素に上下および水平方向の非線形力学モデルを設置することにより、ダンパーの回転成分と非線形性を考慮する(図-4(b))。高減衰ゴムの非線形力学モデルは、振動数依存性、振幅依存性を表現するように定めた非線形4要素モデル²⁾(図-5)を用いる。

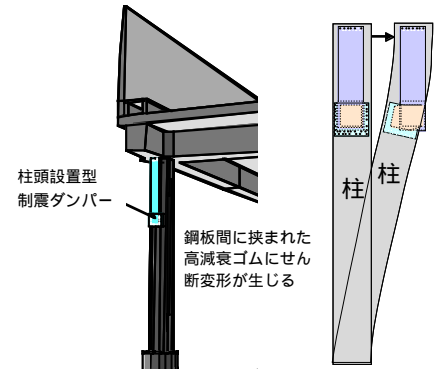


図-1 柱頭設置型制震ダンパー

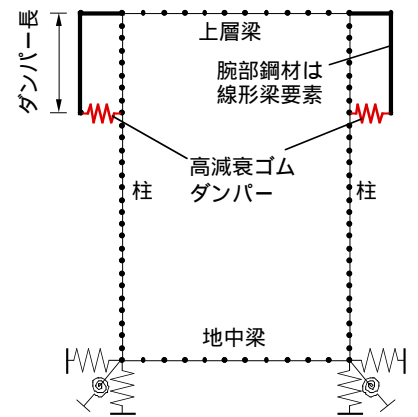


図-2 地震応答解析モデル

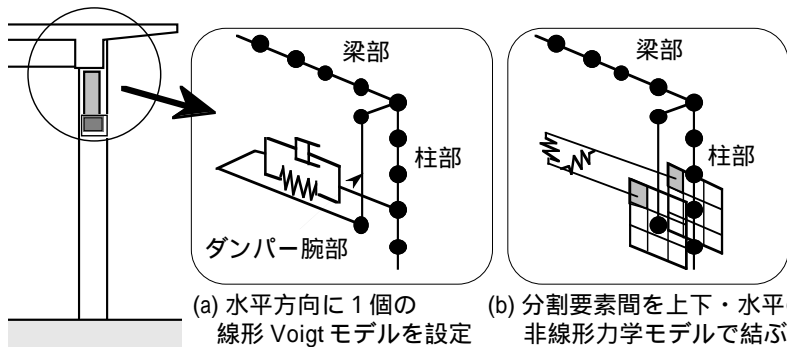


図-4 柱頭設置型の高減衰ゴムダンパーの解析モデル

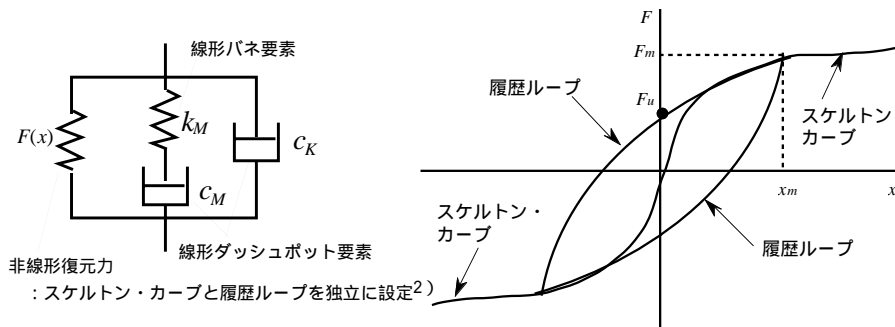


図-5 高減衰ゴムの非線形4要素モデル

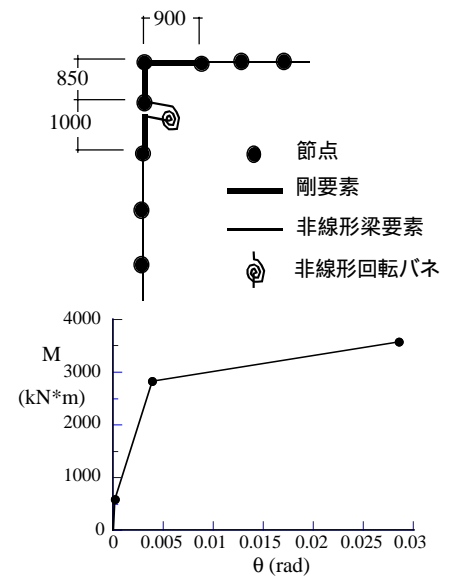


図-3 柱材端部のモデル化

キーワード：高架橋、制震ダンパー、高減衰ゴム、非線形、地震時応答

連絡先：〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17 Tel:03-3820-5515 Fax:03-3820-5955

3. 地震応答解析結果

入力地震動は、L2地震動地表面設計地震動（スペクトル、G4地盤用）³⁾ [最大加速度 458gal、継続時間 80秒] を線路直角方向に入力する。高減衰ゴムダンパー部分は厚さ 3mm、大きさ 60cm × 60cm の高減衰ゴムを鋼板の間に充填し、10層に重ねたものとし、ダンパー腕部鋼材の断面 2 次モーメントは $I=566 \times 10^3 \text{ cm}^4$ とする。ダンパー長をパラメータとし、地中梁の有無、高減衰ゴムダンパーの解析モデル（図 - 4）別の地震応答解析による高架橋の層間変位、柱頭・柱中間・柱脚部の塑性率を図 - 6 に示す。塑性率は第 2 折れ点を基準としている。高減衰ゴムダンパーの解析モデルは、線形 Voigt モデルを基本とし、ダンパー長 240cm について 5 × 5 分割の非線形 4 要素モデルを用いた解析を行っている。ダンパーの解析モデルの違いによる差はほとんどない。地中梁有り・ダンパー無し、地中梁無し・ダンパー有り（ダンパー長 240cm）の場合の柱および梁端部の塑性率を図 - 7 に示す。柱頭にダンパーを設置してダンパー長を調整することにより最大層間変形を抑え、柱頭の塑性率を大きく低減できる一方、ダンパーが取付られる柱中間部の塑性率が大きくなる。ダンパー長 240cm、非線形 4 要素モデルを用いた応答解析による高減衰ゴム要素の履歴曲線（最上端、中央、最下端）を図 - 8 に示す。ダンパー部分の回転（最大 0.016rad）により、ゴムシートの下端になるほど、水平方向のせん断変形が大きくなる。

4. 結語

柱頭制震ダンパーの応答低減効果を、高架橋の柱端部の鉄筋の抜出し、および高減衰ゴムダンパーの回転成分と非線形性を考慮した地震応答解析により評価した。柱頭制震ダンパーは最大層間変形を抑え、柱頭の塑性率を大きく低減できるが、ダンパーが取付られる柱中間部の塑性率が大きくなる。高減衰ゴムダンパーを小要素に分割して上下・水平に非線形 4 要素モデルを用いた解析と、水平方向に単体の線形 Voigt モデルを用いて単純化した解析はほぼ等しい最大応答値を与える。

【参考文献】

- 1) 中村豊、塩屋俊幸、出羽克之、渡辺宏一：高架橋の柱頭に設置した制震ダンパーの地震応答低減効果、土木学会第56回年次学術講演会講演梗概集、I-A301、2001年10月
- 2) 来田義弘、中村豊、竹脇出、上谷宏二：高減衰ゴムダンパーの力学モデルの構築とその適正配置に関する検討、構造工学論文集、Vol.46B、2000年3月
- 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、1999年10月

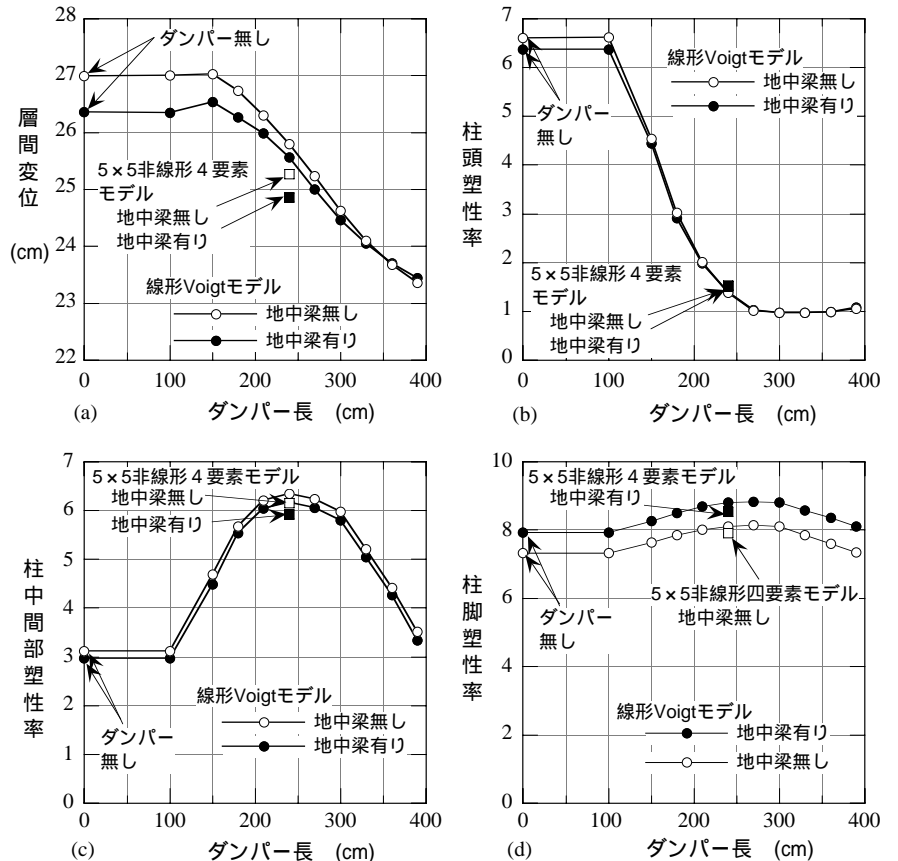


図 - 6 ダンパー長による最大応答値の変化

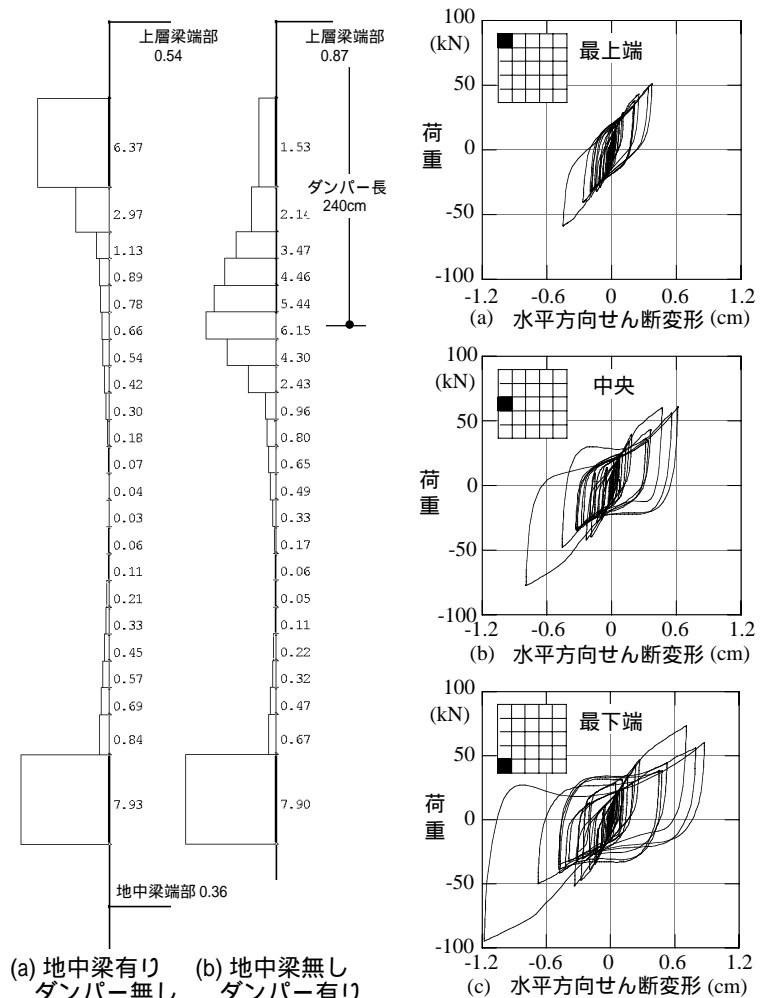


図 - 7 柱および梁端部の塑性率

図 - 8 高減衰ゴム要素の履歴曲線(地中梁無し)