

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

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 渡辺 宏一

1. はじめに

高架橋における地中梁施工の全体工事費に占める割合は、一般高架橋の場合は20%弱、都市鉄道の高架橋の場合は50%近くになる^{1),2)}。本報告では、耐震性能を確保しつつ高架橋脚の地中梁を無くし、コストダウンと工期短縮を目的とする柱頭設置型の制震ダンパーの応答低減効果を地震応答解析により検討した。

2. 柱頭設置型制震ダンパー

ここでは制震ダンパーとして、高減衰ゴムダンパーを採用する。高減衰ゴムダンパーは、高減衰ゴムを鋼板の間に充填し、隣り合う鋼板が互いに逆方向に移動するときに生じるせん断力を減衰力として利用するものである。高減衰ゴムダンパーは、小さな振幅から制震効果を発揮し、他の粘弾性系材料に比べて温度依存性が小さく、耐久性があり、屋外の設置にも適している。採用する高減衰ゴムダンパーの復元力特性は、4要素モデルによって良くモデル化されている³⁾。

制震ダンパーの設置方法としては、高架橋下の空間を塞がないことを要件とし、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制震ダンパー（図-1、図-2）を新たに考案した。

3. 地震応答解析モデルと入力地震動

柱頭設置型制震ダンパーの制震効果を検討するために図-3に示す鉄道高架橋について、その一径間（線路方向スパン:10m）をモデル化した。柱、上層梁および地中梁は非線形梁要素に分割してモデル化し、復元力特性は武田モデルを用いた。上層梁要素の各節点に、固定死荷重+付加死荷重（高欄、ケーブル、軌道）+列車荷重を付加し、柱脚部の左右2節点にはフーチング重量を付加している。基礎は線形バネによりモデル化を行っている（図-4）。

高減衰ゴムダンパーは厚さ2mm、大きさ60cm×60cmの高減衰ゴムを2組の鋼板(A),(B)の間に充填し、6層に重ねた構造としている（図-5）。ダンパーの腕部は組立鋼材等で構成されるが、その断面性能とダンパー長は解析パラメータとしている。ダンパーは柱頭の片側面に1台または両側面に2台設置する。ダンパーの腕部鋼材は線形梁要素とし、高減衰ゴム層はここでは単純化して線形バネと線形ダッシュポットからなるVoigtモデルによりモデル化している（図-4）。

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）⁴⁾ [最大加速度 458gal、継続時間 80 秒] を係数倍して線路直角方向に入力する。加速度波形と加速度応答スペクトルを図-6に示す。

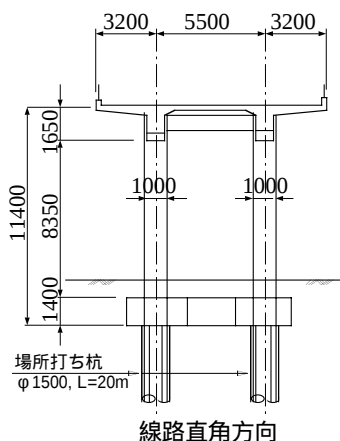


図-3 鉄道高架橋構造一般図

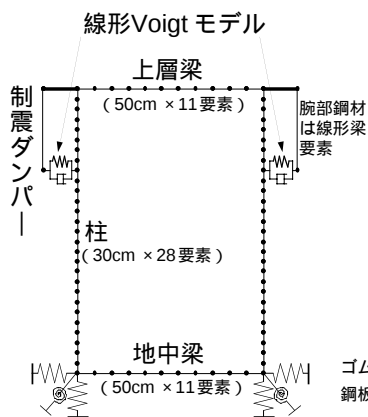


図-4 解析モデル

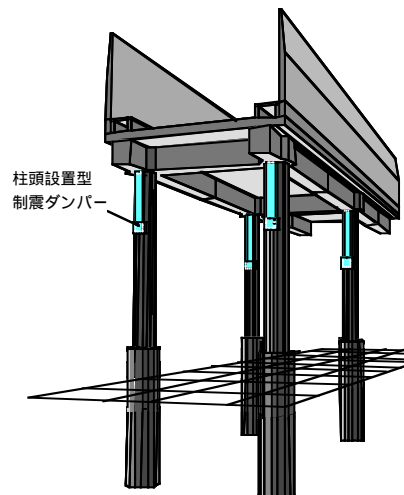


図-1 柱頭設置型制震ダンパー

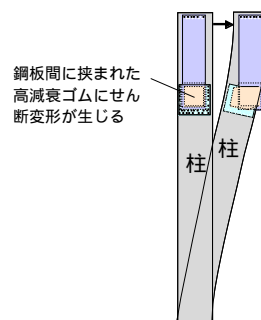


図-2 柱頭設置型制震ダンパーの機構

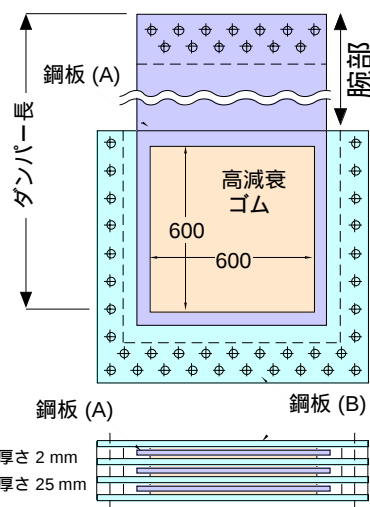


図-5 制震ダンパーの仕様

キーワード：高架橋、地中梁、制震ダンパー、高減衰ゴム、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

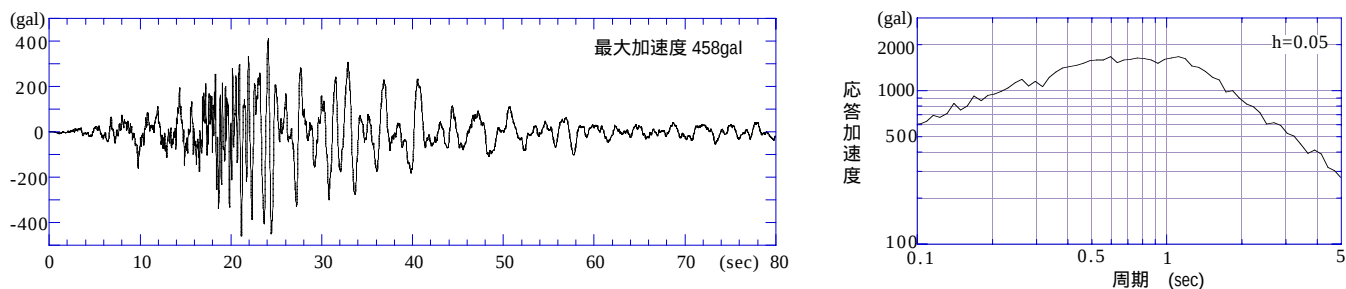


図 - 6 L2地震動地表面設計地震動（スペクトル、G4地盤）の加速度波形と加速度応答スペクトル

4. 地震応答解析結果

地中梁の有無、制震ダンパーの有無別の架構の固有周期を表 - 1 に示す。地中梁を無くすと固有周期は僅かに長くなるが、ダンパーを設置しても固有周期はほとんど変化しない。

地中梁を無くし、ダンパー長をパラメータとした地震応答解析（L2地震動入力時）による結果を図 - 7 に示す。地中梁を無くすと最大層間変形は従来架構（地中梁有り、ダンパー無し）よりも大きくなるが、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大きく低減できる。以下、ダンパー長を240cmとした場合の結果について示す。図 - 8 に地震動の入力レベルを変えた場合の結果を示す。L2 × 0.25 倍および0.50 倍までは、地中梁無し・ダンパー有りの最大層間変形は従来架構とほぼ同じであるが、入力レベルがそれ以上になると制震効果が大きく現れる。図 - 9 にダンパー腕部鋼材の断面2次モーメント(I)をパラメータとした場合の結果（L2入力時）を示す。ダンパー腕部鋼材の断面性能をある程度確保すれば十分な制震効果を得ることができる。図 - 10 に架構モデルの最大変形図を示す。

表 - 1 架構の固有周期

地中梁 有無	制震ダンパー 有無	1次固有周期 (sec)	2次固有周期 (sec)
有り	無し	1.09	0.23
無し	無し	1.12	0.26
無し	1台/柱	1.12	0.26
無し	2台/柱	1.11	0.25

ダンパー長240cm、腕部鋼材の断面2次モーメント $566 \times 10^3 \text{ cm}^4$

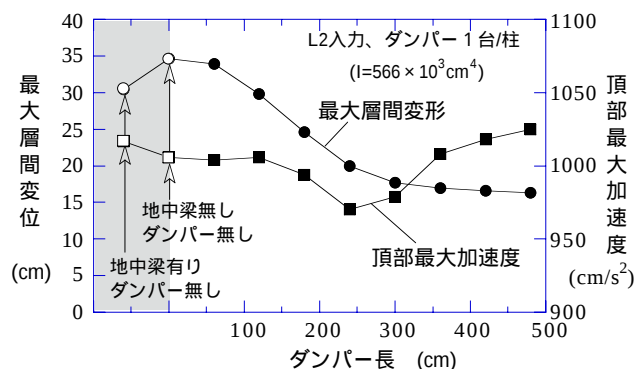


図 - 7 ダンパー長による最大応答の変化

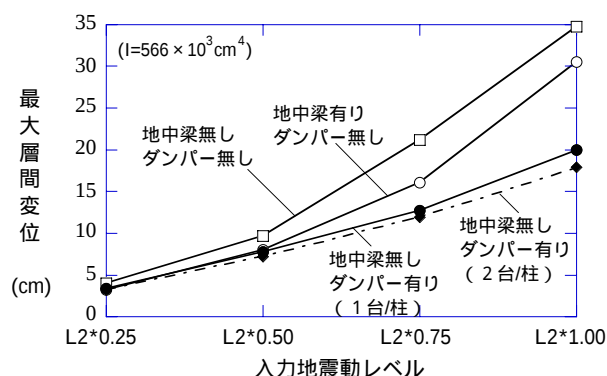


図 - 8 地震動入力レベルによる最大応答の変化

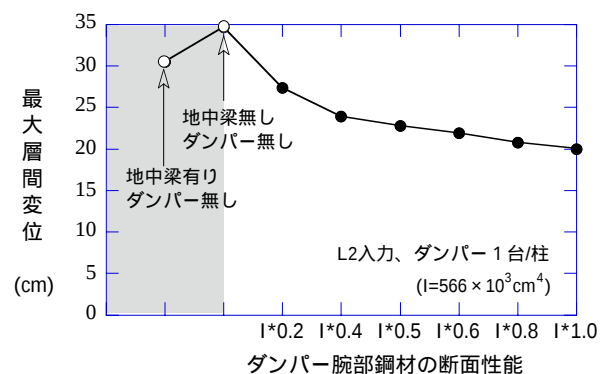


図 - 9 ダンパー腕部鋼材断面性能による最大応答の変化

5. 結語

高架橋の地中梁を無くしても、柱頭部分に柱に沿うように制震ダンパーを設置し、ダンパーの腕部の長さを調整し、ダンパー腕部鋼材の断面性能をある程度確保することにより、高架橋下の空間を塞ぐことなく従来架構よりも地震時最大層間変形を大きく低減できる。

参考文献

- 1) 大場功雄、小原和宏：線路方向地中梁を無くした高架橋の設計と施工、日本鉄道施設協会誌、1996年10月
- 2) 石橋忠良：土木構造設計計画、コンクリート工学、Vol.36, No.11, 1998年11月
- 3) 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
- 4) 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

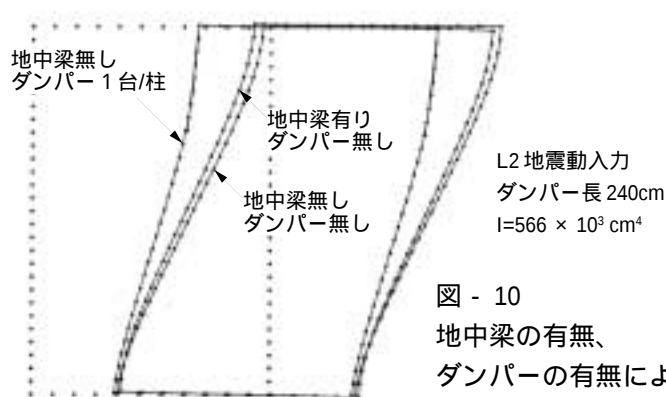


図 - 10
地中梁の有無、
ダンパーの有無による
架構モデルの最大変形図