

ダンパーの力学的特性が橋梁の地震応答に及ぼす影響

東北大学 学生会員 ○齋藤 隆矢

東北大学

正会員 松崎 裕

東北大学 フェロー会員 鈴木 基行

1. はじめに

ダンパーは橋梁に設置することで、応答低減や水平力分散等の効果があり、主に耐震補強の際に用いられている。現在の設計法ではダンパーの終局限界状態はストロークと性能試験の結果によって定められているが、設計地震動を超過する地震動の作用下では、ダンパーが終局限界状態に達し、ダンパーの機能が低下することによって設計で想定していない橋梁の応答を引き起こす恐れがある。そのため、ダンパーが終局限界状態に達した場合に、橋梁の地震応答に及ぼす影響について検討する必要がある。本研究はその基礎的研究として、非線形応答解析により、ダンパーの降伏荷重やストローク等の力学的特性が橋梁の地震応答に及ぼす影響を検討する。具体的には、対象橋梁に設計地震動の振幅を調整した地震動を入力した際におけるダンパーの降伏荷重と RC 橋脚の応答塑性率、ダンパーの最大応答変位、上部構造の最大応答変位の関係について検討を行う。また、これらを踏まえて、橋梁の地震応答を有効に制御するためのダンパーの力学的特性の設定法に関する基礎的検討を行う。

2. 解析対象橋梁と解析条件

本解析では、震度法により設計された橋梁に耐震補強としてダンパーを設置した場合を想定した解析を行った。解析対象として、文献¹⁾に記載されている、地震時保有水平耐力法による設計の前段階として震度法により設計を行った橋脚を用いた。解析対象とする RC 橋脚およびダンパーの諸元を表-1に示す。上部構造の質量は633ton、橋脚の質量は346.3ton、桁端部の遊間は0.25mである。

対象橋梁は2質点2自由度系でモデル化した。RC橋脚の履歴復元力特性はTakeda型モデル、ダンパーの履歴復元力特性はバイリニアモデルを用い、完全弾塑性モデルとした。図-1に示すように、ダンパーの降伏変位は0.0025m、降伏荷重は最小値を0.05MNとし、0.25MN以降は0.25MN刻みで2.5MNまで変化した。支承は線形の荷重-変位関係を示すゴム支承とした。入力地震動には道路橋示方書²⁾の設計地震動のうち、I種地盤のレベル2地震動6波を用い、振幅倍率を1.0倍から1.5倍まで変化させて入力した。時刻歴応答解析における数値積分法にはNewmark β 法を用い、減衰定数はダンパーを0%、RC橋脚を2%、支承を3%として、Rayleigh減衰を仮定した。本解析においては、RC橋脚の応答塑性率の限界値は靱性率、上部構造の最大応答変位の限界値は桁端部の遊間とする。

表-1 解析対象橋梁の諸元

	RC 橋脚	ダンパー
降伏荷重[MN]	2.805	0.05~2.5
降伏変位[m]	0.0276	0.0025
降伏剛性[MN/m]	102	20~1000
終局変位[m]	0.1846	
靱性率	6.69	

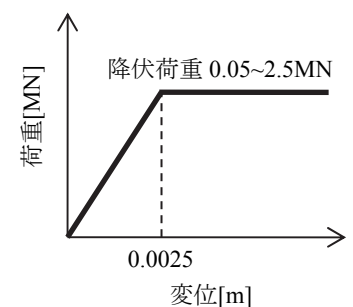


図-1 ダンパーの
荷重-変位関係

3. 解析結果

(1) ダンパーの降伏荷重が橋梁の地震応答に及ぼす影響

ダンパーの降伏荷重の変化が橋梁の地震応答に及ぼす影響を検討する。設計地震動6波を入力した際のRC橋脚の応答塑性率、ダンパーの最大応答変位、上部構造の最大応答変位とダンパーの降伏荷重の関係を図-2に示す。図-2より、適切なダンパーを用いることでRC橋脚の地震応答を制御できることが確認される。一方で、ダンパーの降伏荷重が小さい場合、振幅倍率1.0倍の段階で上部構造の最大応答変位が桁端部遊間に達する場合がある。また、降伏荷重が一定以上に大きくなると上部構造の最大応答変位は抑えられるが、ダンパーの降伏荷重が増加する影響によってRC橋脚の塑性化が進展し、RC橋脚の応答が終局変位に達する点にも注意が必要である。

キーワード 橋梁, ダンパー, 動的解析, 限界状態

連絡先 〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 TEL:022-795-7449 FAX:022-795-7448

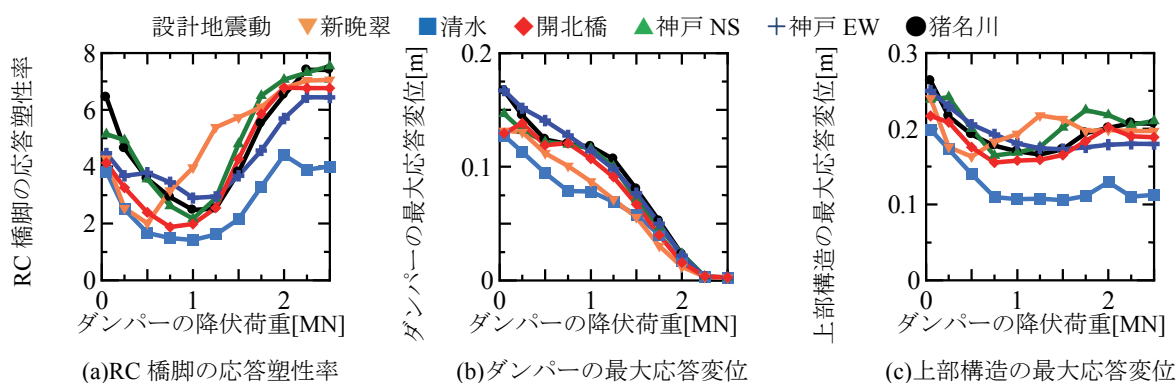


図-2 地震動の違いが各種応答に及ぼす影響

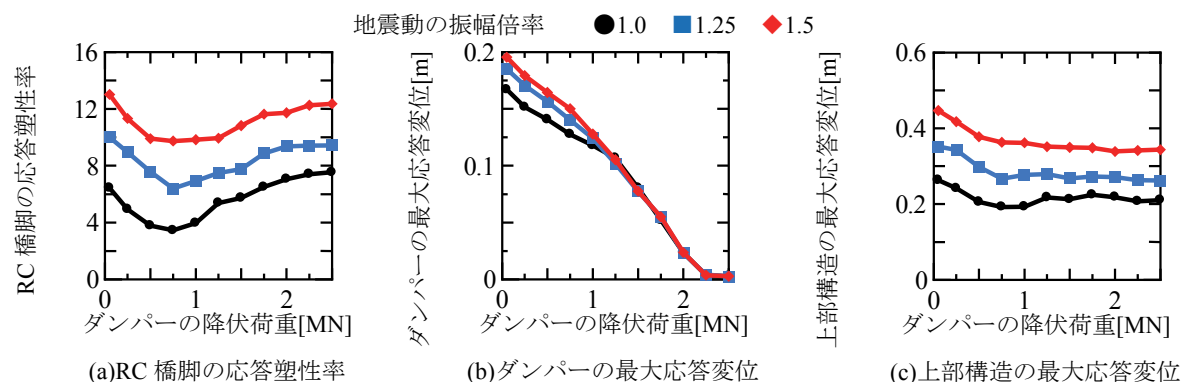


図-3 各地震動強度におけるダンパーの降伏荷重と全地震動に対する最大応答値との関係

(2) ダンパーの力学的特性の選定

図-2 のダンパーの各降伏荷重に対する橋梁の各種応答において、全地震動の中で応答が最大のものを選び、これらを結ぶことで1つの曲線が得られる。図-3 には振幅倍率を1.0倍、1.25倍、1.5倍とした場合のその曲線の変化を示す。図-3(a), (c)に着目すると、橋脚の応答塑性率はダンパーの降伏荷重が0.75MNの場合に最小値をとる。ダンパーの降伏荷重が0.75MN以上では、上部構造の最大応答変位が一定値となる傾向はどの地震動強度でも認められるため、ダンパーの降伏荷重を0.75MN以上とすれば応答を小さくできる。橋脚の応答が小さくなること、上部構造の最大応答変位が小さくなることを考慮すると、ダンパーの降伏荷重が0.75MNの場合に最も有効に橋梁の地震応答を制御できる。ここで、図-3(b)より、ダンパーの降伏荷重が0.75MNかつ地震動の振幅倍率1.0倍の場合、ダンパーの最大応答変位の6波における最大値は0.128mである。ダンパーのストロークの設計においては、最大応答変位を0.8以下の安全率で除す³⁾ため、0.160m以上のストロークで設計される。この場合、振幅倍率1.5倍の地震動作用下であっても、ダンパーの最大応答変位は0.150mであり、終局限界状態に達しないことが確認される。

4. まとめ

ダンパーの降伏荷重の変化が橋梁の地震応答に及ぼす影響に着目して検討を行った。その結果、適切にダンパーの降伏荷重を設定することで、橋脚の応答塑性率および上部構造の最大応答変位を制御できることが確認された。また、地震動強度の増加に対して、RC橋脚の最大応答変位は大きく変化するが、ダンパーの最大応答変位は相対的に変化量が小さいことが示された。これらのことを踏まえ、複数の地震動による各種応答における最大値の曲線を得ることで、対象橋梁の地震応答を最も有効に制御できるダンパーの降伏荷重を決定した。ただし、今回の解析条件は限定的であり、地震動により各種応答の最大値は変化するため、ダンパー、支承、RC橋脚の諸元や入力地震動などが橋梁の地震応答に及ぼす影響について更なる検討を行う必要がある。

参考文献

- 1) 社団法人日本道路協会：道路橋の耐震設計に関する資料，1998.
- 2) 社団法人日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，2012.
- 3) 財団法人土木研究センター：道路橋の免震・制震設計法マニュアル(案)，2011.