

鉛柱ダンパーを用いた橋梁の耐震設計

九州共立大学 学生員 小倉 基典
九州共立大学 正会員 烏野 清

九州共立大学 正会員 荒巻 真二
東邦亜鉛(株) 野寄 剋彦

1. はじめに

本研究は、橋梁に設置する実物大のダンパーに対して水平載荷実験を行い、履歴特性の検討を行ったものである。次に、昭和50年代に建設された橋梁の橋脚上に、提案したダンパーを取付けた場合の制震効果について、非線形動的解析を行って検討した。

2. 試験概要

図-1 に試験装置を示す。水平載荷装置により水平方向に載荷すると共に、鉛直方向には鉛直載荷装置で載荷し、供試体が中立位置に戻った時にダンパーが常に浮き上がらないようにして実験を行った。図-2 に示すように供試体は直径120mm 高さ340mm、擦り付け半径 $R=50\text{mm}$ 、重量2.57kNの鉛柱ダンパーである。

3. 試験結果

図-3 静的形状となっている。動的載荷試験では、水平油圧ジャッキの性能により最大変位は $\pm 50\text{mm}$ 程度であったが、この範囲内の履歴載荷試験と動的載荷試験の履歴曲線を示す。水平荷重の載荷速度は静的載荷試験で0.01Hz、動的載荷試験で1.0Hzである。静的載荷試験では、水平変位が大きくなるにつれ多少荷重が大きくなるが、大変形しても両者の荷重-変位履歴曲線はほぼ同じ矩形曲線は静的試験結果と同じ形状になっている。

4. 鉛柱ダンパーの特性

実橋に鉛柱ダンパーを設置することにより、既設橋梁の地震時の落橋防止および橋脚に対して無補強ですむようにするのが本研究の目的である。この場合、設置する鉛柱ダンパーの本数は、既設橋梁の地震時応答解析より得られる橋桁の応答変位および橋脚基部の応力の検討から決定されることになる。

この地震時応答解析を行う場合には、鉛柱ダンパーの水平せん断ばね定数と等価減衰定数(h_e)が必要となる。図-4 にせん断応力を図-5 に等価減衰定数 h_e を示す。 h_e の値はせん断ひずみが大きくなるにつれて、小さくなる傾向が見られるものの、ほぼ0.5~0.6値となっている。

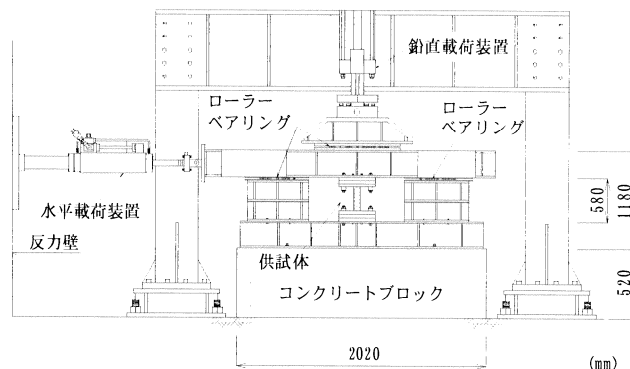


図-1 試験装置

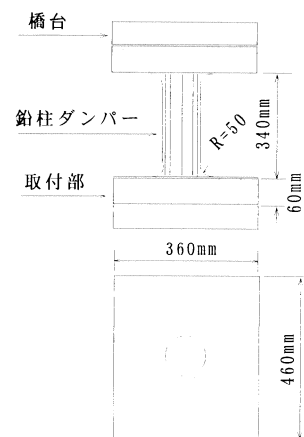


図-2 供試体

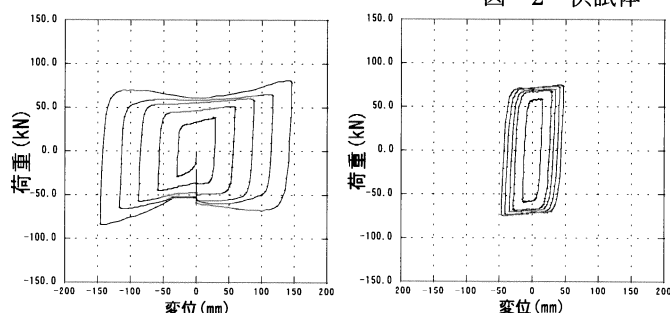


図-3 履歴曲線

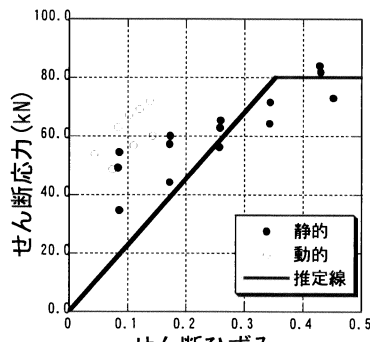


図-4 せん断応力

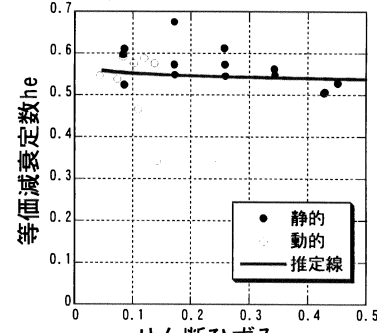


図-5 等価減衰定数

キーワード：鉛, ダンパー, 等価減衰定数, 非線形動的解析

連絡先：北九州市八幡西区自由ヶ丘1-8, 093-693-3226, 093-693-3225

5. 橋梁概要と解析モデル

図 - 6 に解析対象とした橋梁の概要図と解析モデル図を示す。解析モデルの上部構造は線形はり要素でモデル化し、橋脚柱基部は曲げモーメント-曲率の関係を非線形とした武田モデルを用いることとした。また、地盤バネは等価線形バネを用いた。減衰定数としては、上部、下部構造ともに 2%、基礎～地盤系は 10%とした。なお、橋台の影響は考慮しないこととした。

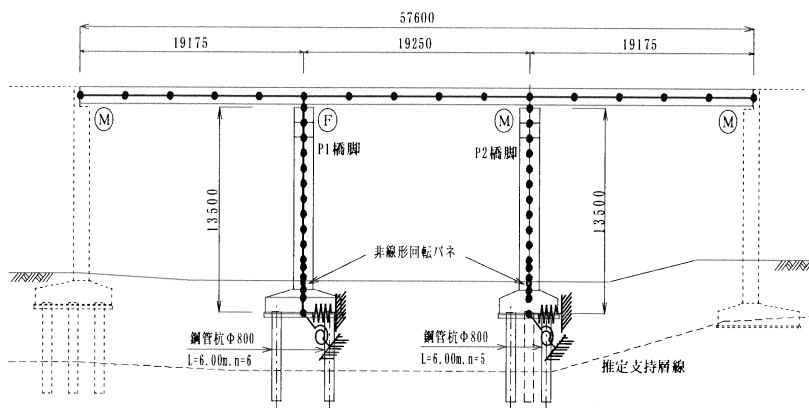


図 - 6 橋梁概要図および解析モデル図

表 - 1 解析諸元

弾性係数 (kN/m ²)	橋脚	3.038×10^8
	桁	2.303×10^8
水平地盤バネ定数 (kN/m)	P1	1.477×10^5
	P2	1.231×10^5
回転バネ (kN・m/rad)	P1	3.41×10^4
	P2	2.84×10^4

入力地震波は道路示方書V編に規定されているタイプIIの標準加速度応答スペクルに近い特性を有する3種類の加速度波形を用いた。

6. 地震応答特性

鉛柱ダンパー設置位置は橋台上とし、それぞれ3個、4個ずつ設置した場合の応答解析を行った。解析に用いた橋梁の諸元を示す。図 - 7 は P1 橋脚柱基部の曲げモーメントと曲率をダンパーの有無で比較したものである。ダンパーを設置することによって橋脚に作用する慣性力が低減されるため、設置前には許容範囲の約2倍程度あった回転角が許容値の約半分となっている。

表一2はP1, P2橋脚の最大応答値を示すと共に安全性の評価を行ったもので、表中の値は3種類の地震波を入力した時の最大応答値を平均したものである。鉛柱ダンパーを設置する事により、P1橋脚では固有振動数が大きくなるため、最大変位は小さくなるが、最大加速度は大きくなっている。

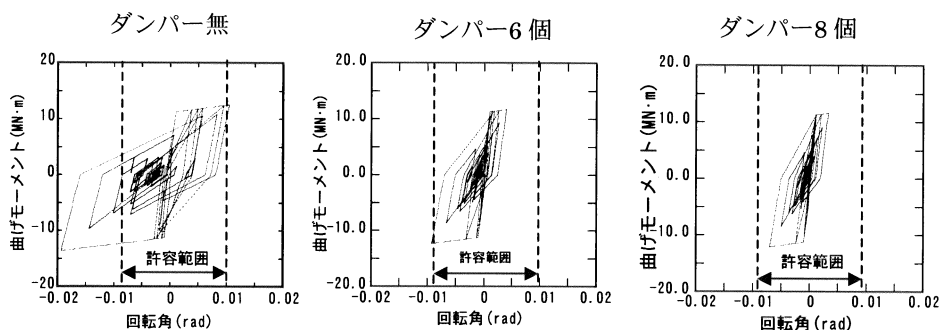


図 - 7 P1 橋脚柱部の曲げモーメント

表 - 2 応答値と安全性の照査

応答値	P1 橋脚			許容値	P2 橋脚		
	ダンパー				許容値	ダンパー 無	許容値
	無	8 個	6 個				
最大変位 (cm)	27.639	10.918	13.361	-----	4.803	-----	
加速度 (gal)	311.5	404.5	394.4	-----	755.5	-----	
回転角 (rad)	0.0196	0.0067	0.0087	0.0097	0.0014	0.0146	
せん断力 (kN)	2500	1598	1696	2371	1066	2067	
残留変位 (cm)	3.566	0.298	0.590	12.000	0.927	12.000	

橋脚の安全性の照査項目である橋脚基部の回転角、せん断力、上部工慣性力作用位置の残量変位は P1 橋脚でかなり低減できている。また、桁の最大変位は固定脚である P1 橋脚の最大変位と同じであると考え、桁の移動量は 13cm 程度である。桁端部と橋台との遊間が 15cm 程度であることから、橋台上での落橋および橋桁と橋台の衝突による損傷は発生しないものと考えられる。

7. まとめ

実用鉛柱ダンパーを用いることにより橋脚の耐震補強が不要となり、設置も簡単で安価なことから、耐震上有効な方法と考える。