

実用鉛ダンパーの耐震性能

九州共立大学 学生員 ○小倉 基典 東邦亜鉛（株） 野寄 剋彦
九州共立大学 正会員 荒巻 真二 九州共立大学 正会員 烏野 清

1. はじめに

本研究は、橋梁に設置する実物大の鉛ダンパーの履歴特性を水平載荷試験により求め、次に、昭和50年代に建設され耐震補強を必要としている実際の橋梁の橋脚上に、提案したダンパーを取り付けた場合の制震効果の確認を非線形動的解析により行ったものである。

2. 試験概要

図-1に試験装置を示す。油圧ジャッキにより変位振幅 $\pm 150\text{mm}$ 、最大荷重 101.5kN で水平方向に載荷すると共に、鉛直方向には最大荷重 294kN を載荷し、供試体が中立位置に戻ったとき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は試験に用いた供試体で、直径 120mm 高さ 340mm 、擦り付け半径 $R=50\text{mm}$ となっている。

加振は正弦波とし、1サイクルごとに供試体の荷重と変位を測定した。水平荷重の載荷速度と最大水平変位は静的載荷試験 0.01Hz 、 $\pm 150\text{mm}$ 、片押し試験 $0.01 \sim 0.02\text{Hz}$ 、 $+300\text{mm}$ 、疲労試験 0.1Hz 、 $\pm 150\text{mm}$ である。

3. 試験結果

静的載荷試験の結果は、水平変位が大きくなるにつれて多少最大荷重が異なるが、大変形しても荷重-変位曲線は矩形形状となっていた。

片押し試験の結果は、最大水平変位は $290(\text{mm})$ で、最大荷重が $120(\text{kN})$ となり、亀裂は全く見られなかった。以上の結果から、本試験に用いた供試体は地震時における水平変位 $\pm 300(\text{mm})$ までの耐震性が十分あることが確認された。

図-3は最大変位 $\pm 150(\text{mm})$ 、載荷速度 0.1Hz で50回交番載荷した時の載荷時の荷重-変位曲線を10回毎に示したものである。最大水平変位一定で交番載荷した場合、交番回数が増すごとに荷重が低下することが判る。

図-4は交番荷重時刻歴から求めたせん断応力比と交番回数の関係(×印)と文献による応力と温度の関係を重ねたものである。疲労試験中に実測した交番回数20回目の76、35回目の150によく対応しており、応力低下は温度上昇によることが明らかである。

中規模地震時において、橋梁の最大水平変位が $\pm 150\text{mm}$ 程度発生し、その後、余震が起きた場合の鉛柱ダンパーの減衰機能を検討するために、鉛ダンパーに対して、交番回数20回載荷した後、鉛ダンパー本体の温度が常温になるまで待ち、再度交番回数20回を載荷し、常温にするという状態を計3回実施した。図

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：〒807-8585 北九州市八幡西区自由ヶ丘1-8 九州共立大学 TEL093-693-3226, FAX093-693-3225

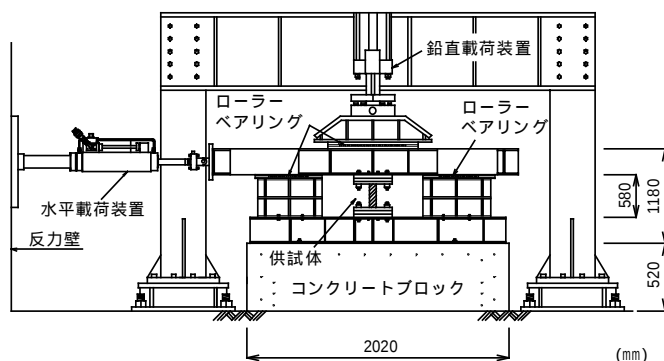


図-1 試験装置

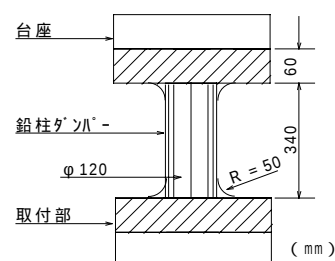


図-2 供試体寸法

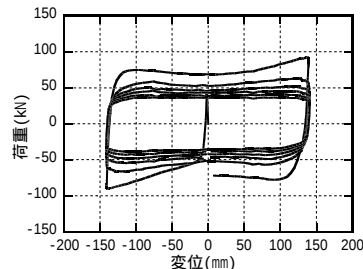


図-3 疲労試験

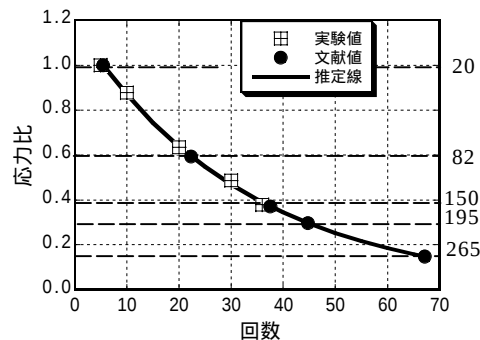


図-4 交番回数による鉛の応力変化

- 5 はこれらの結果を示したもので、交番回数 1～5 回目において、冷却後の 2,3 回目では 1 回目 비해、水平載荷荷重が多少大きくなっている。これは 1 回目の交番載荷により鉛ダンパー温度が 80 程度まで上昇後、常温までさめると鉛が初期状態より堅くなるためと思われる。しかし、荷重 - 変位曲線に大きな違いが見られないことから耐震ダンパーとしての機能を十分果たしているといえる。

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にするのが本研究の目的である。橋梁の地震時応答解析を行なう場合には、鉛柱ダンパーの水平せん断ばね定数と等価減衰定数(he)が必要となる。図 - 6 に静的載荷試験と片押し試験の等価減衰定数とせん断ひずみの関係を示す。せん断ひずみが大きくなるにつれて、多少小さくなる傾向が見られるものの、等価減衰定数は 0.4～0.6 の範囲内になっている。

5. 橋梁概要と解析モデル

図 - 7 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。

入力地震波は道路示方書 V 編に規定されているタイプ 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

図 - 7 に示す可動支承 M の位置に、径 120mm 鉛柱ダンパーを 1 カ所当たり 3 個、合計 12 個を設置することにした。

表 - 1 は P 1 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ことにより、固有振動数が大きくなるため、最大加速度は多少、大きくなっている。

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 P 1 橋脚でかなり低減できている。また、桁の移動量は固定脚である P 1 橋脚の最大変位と同じであると考え、10cm 程度となる。

8. まとめ

1～2 回の中規模地震では、鉛柱ダンパーを取変えることなく耐震機能を十分保持でき、本研究で示した実橋では鉛ダンパー 12 個で橋脚の耐震補強することなく安全であることが確認された。

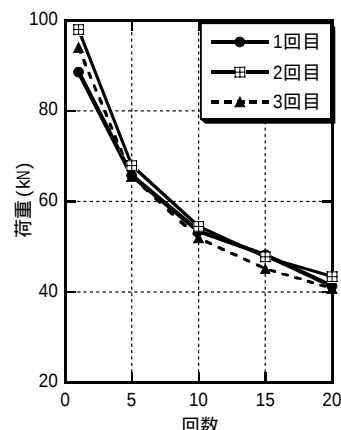


図 - 5 繰返し回数による荷重低下

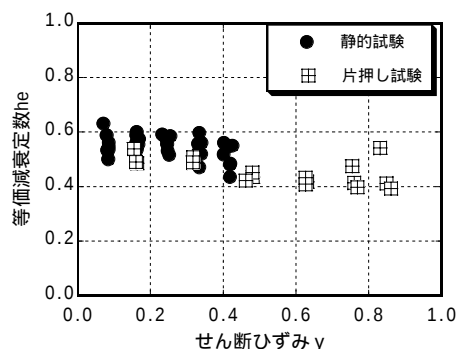


図 - 6 等価減衰定数とせん断ひずみ

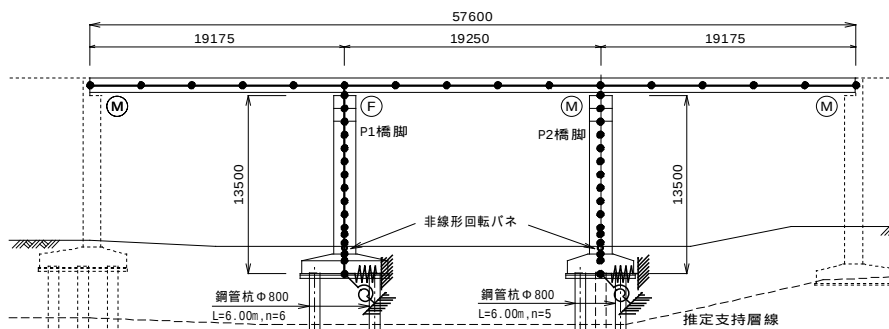


図 - 7 橋梁概要図および解析モデル図

表—1 応答値と安全性の照査

応答値	P1橋脚			P2橋脚		
	ダンパー		許容値	ダンパー		許容値
	無	有		無	有	
最大変位(cm)	27.64	9.79	—	4.80	7.45	—
加速度(gal)	311.5	433.5	—	755.5	560.2	—
回転角(rad)	0.0196	0.0057	0.0097	0.0014	0.0036	0.0146
せん断力(kN)	2500	1576	2371	1066	1010	2067
残留変位(cm)	3.57	0.27	12.00	0.93	0.37	12.00