

鋼棒入り鉛柱ダンパーの履歴特性

九州共立大学工学部 正員 鳥野 清
九州共立大学工学部 正員 荒巻 真二
東 邦 亜 鉛 (株) 野寄 剋彦

1. はじめに

兵庫県南部地震において、昭和 46 年以前に造られた多数の橋梁に橋脚の被害や橋桁落下等の大きな被害が生じた¹⁾。このため、現在では新しく改訂された道路橋示方書²⁾で、既設橋梁の耐震補強が各公共機関によって行われているが、安価で信頼性の高い減衰ダンパーが開発されれば、その補修費を軽減することができると考える。本研究は落橋防止となる水平拘束力を有すると共に、付加減衰の大きい鉛と鋼棒を用いた簡単な構造のダンパーの開発を試みたもので、実験により提案した鉛柱ダンパーの履歴特性の検討を行い、その有効性の確認を行ったものである。

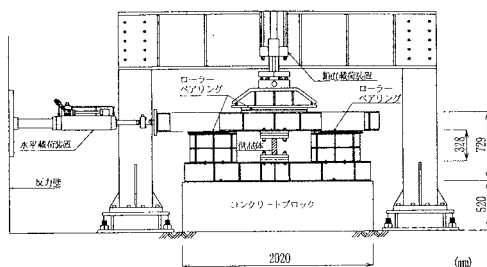


図-1 実験装置

2. 試験概要

図-1 に実験装置を示す。油圧ジャッキ（変位振幅± 200mm、最大荷重 7.5tf）により、ローラーベアリング上で鉛柱ダンパーを水平方向に載荷し、この時の荷重と変位をロードセルおよび変位計（変位振幅± 200mm）で測定した。載荷速度は静的試験で 0.01Hz、動的試験で 1.0Hz で行った。ただし、せん断変形後のダンパーの伸びが、元の中立の位置に戻ったときにゼロとなるように鉛直方向に載荷し、ダンパーが常に浮き上がらない状態で実験を行った。この鉛直載荷荷重は 30tf 載荷試験装置を用いている。試験は図-2 に示すように、3種類の供試体（case1：φ 19mm、高さ 280mm のステンレス鋼棒、case2：φ 70mm、高さ 200mm の鉛柱ダンパー、case3：φ 19mm のステンレス鋼棒を挿入したφ 70mm、高さ 200mm の鉛柱ダンパー）で行った。

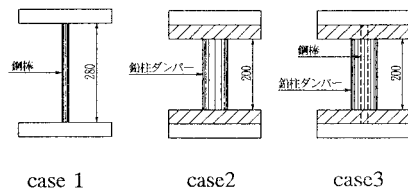


図-2 供試体

3. 試験結果

図-3 に case1 の静的載荷試験結果を示す。水平変位が大きくなるにしたがって荷重が急激に増加している。破断変位は静的試験で約 80mm、動的試験で約 50mm であった。

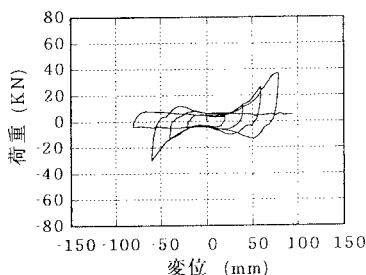


図-3 case1

図-4 は case2 の静的載荷試験結果である。水平変位が大きくなっても荷重は徐々にしか増加しておらず、荷重-変位履歴曲線はほぼ矩形状になっている。破断変位は静的試験で約 140mm、動的試験で約 90mm であった。

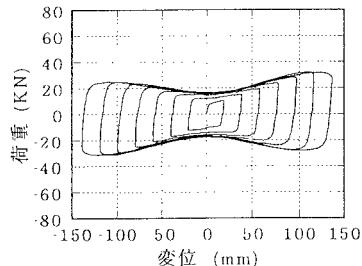


図-4 case2

図-5 に case3 の荷重試験結果を示す。水平変位が大きくなるにしたがって、水平荷重も急激に大きくなっている。これは鉛柱本体の変形に加えて鉛柱内鋼棒の変形によるものである。静的試験は約 80mm 変形したところで鉛柱と鋼棒がほぼ同時に破断した。動的試験は約 70mm 変形したところで鋼棒が破断し、その後、鉛柱ダンパーと同様な荷重－変位の関係を示し、約 90mm で鉛柱が破断した。case3 の破断変位が case2 に比べて小さくなっているのは、大変形時に鋼棒が鉛柱内部で移動し、鉛柱内部に空洞が生じたためと考えられる。

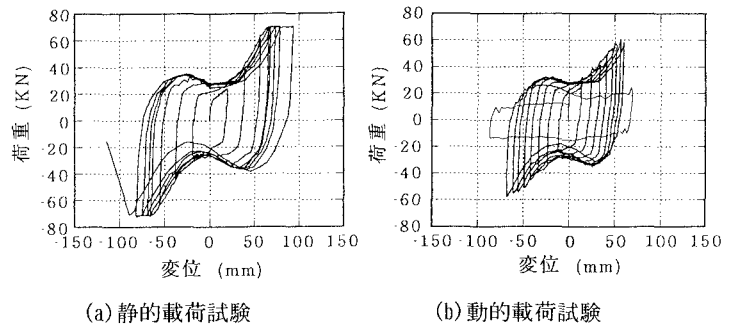


図-5 case3

また、図-4 に比べて履歴面積が大きくなっており、鋼棒を挿入することによるエネルギーの吸収性が大きくなっていることがわかる。

等価減衰定数は一般に式(1)を用いて算出される。

$$he = \frac{Wd}{4\pi \cdot Ws} \tag{1}$$

ここで、

- he : ダンパーの等価減衰定数
- Wd : ダンパーの吸収エネルギー（変位－荷重の履歴曲線の面積）
- Ws : ダンパーの弾性エネルギー（図-6 に示す三角形の面積）

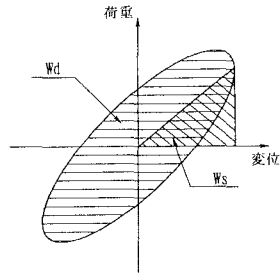


図-6 履歴特性

図-7 に式(1)より算出した鋼棒入り鉛柱ダンパーの等価減衰定数 he とせん断ひずみ γ の関係を示す。ここで、せん断ひずみ γ は水平変位をダンパーの高さで除したものである。せん断ひずみが 0.2 以下では等価減衰定数はほぼ一定値の 0.4 程度となる。その後ひずみの増加と共に減衰定数は小さくなり、鋼棒が破断する直前のひずみ $\gamma=0.4$ 付近で、減衰定数は最小値 ($he=0.28$) を示す。この原因としてはひずみが大きくなると鋼棒の水平荷重が急激に大きくなり、ダンパーの弾性エネルギーが吸収エネルギーの増加分より大きくなったためと考えられる。今回提案したダンパーは落橋防止機能を持つことと、等価減衰定数が 0.28 以上あることが判明した。

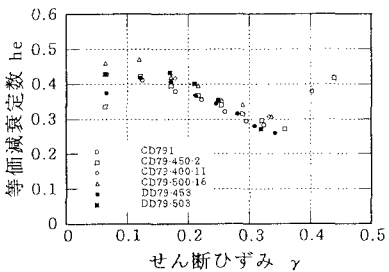


図-7 等価減衰定数

4. おわりに

鉛柱ダンパーに鋼棒を挿入することで、同寸法の鉛柱ダンパーに比べて履歴減衰が大きく、地震時における橋脚の振動エネルギーを大きく吸収できることが明らかとなった。今後、鋼棒挿入した鉛柱ダンパーの履歴特性の推定式を明らかにする予定である。

<参考文献>

- 1) 兵庫県南部地震道路橋震災対策委員会,「兵庫県南部地震における道路橋の被災に関する調査」,1995.3.30
- 2) 日本道路協会,「道路橋示方書・同解説V耐震設計編」,1996.12