

大型シリンダー系粘性ダンパーに関する動的載荷実験

(株) 川金コアテック 正会員 ○高井智康, 姫野岳彦, 吉田雅彦
愛知工業大学 正会員 青木徹彦

1. はじめに

1995 年に発生した兵庫県南部地震以降、橋梁などの構造物に対する耐震性能への関心が高まり、新しい耐震補強工法や制震デバイスの採用事例が増加してきている。なかでも既設橋梁の耐震補強に関しては、地震時の振動エネルギーを効果的に吸収できるシリンダー系粘性ダンパーが注目されており、今後は、吊橋や斜張橋などの長大橋への適用なども考慮すると、より大きな減衰力を有する大型ダンパーの必要性が高まってきている。

一方で、このような大型デバイスの性能検証試験にあたっては、試験装置の載荷能力の制約などから、スケール効果などを確認するための実大供試体を用いた動的載荷実験は難しいという問題点もある。しかしながら、橋梁全体系の振動特性を制御するダンパーデバイスの動的性能を実機にて確認することは非常に重要であることも事実である。

そこで本研究では、小型～中型（100kN～1000kN）の減衰力を有する粘性ダンパー（以下、KVD と称する）の断面設計手法を、そのまま踏襲して構造決定を行った大型粘性ダンパー（1500kN, 2000kN）に対して、国内でも最大クラスの載荷能力を持つ、愛知工業大学所有の大型動アクチュエータ 2 基を駆使した動的性能検証実験を行った。本稿では、この試験結果について報告する。

2. 粘性ダンパーの概要

KVD は一般的な油圧装置と同様にシリンダー内のピストンの動きによって、内部に充填された粘性体がシリンダーとピストンとのすき間（オリフィス）を通り、その際、油圧室内に圧力差が生じ、それを受ける受圧面積によって減衰抵抗力が発揮される機構をもつ。その減衰抵抗力は速度依存性を有し、式（1）にて表される。

$$F = CV^\alpha$$
 式（1）

F ：減衰抵抗力， C ：粘性係数， V ：速度， α ：指数（KVD の場合 0.22）

KVD は定格速度を 0.5m/sec とし、この際に発揮される減衰力 F を呼称反力＝型式名称としている。

まず、本試験に先立ち、予備試験として実施したダンパーの速度依存性の検証結果を図-1 に示す。この結果、0.2m/sec 程度以下の比較的低速度域までのデータではあるが、式（1）により表現される評価式と良い整合性を示していることが確認できる。

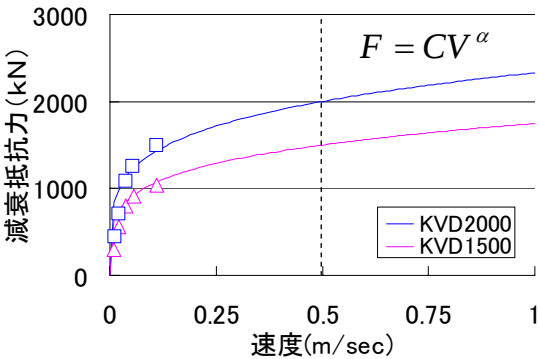


図-1 予備試験結果

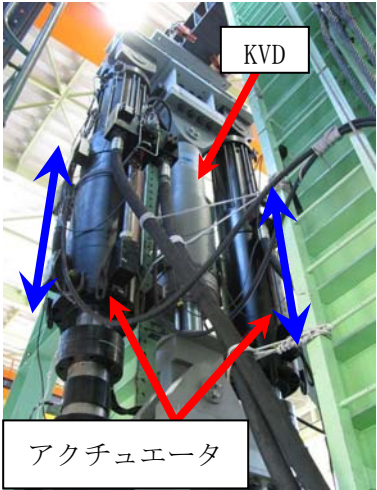


写真-1 試験装置概要

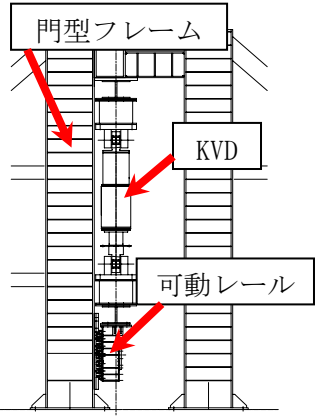


図-2 外観図

表-1 アクチュエータ仕様

最大速度	0.5(m/sec)
加振周波数	0.2～4.0(Hz)
最大変位	±0.4(m)
最大加振力	1000(kN)

キーワード 耐震補強，シリンダー系粘性ダンパー，減衰，スケール効果

連絡先 〒332-8502 埼玉県川口市宮町 18-19 (株)川金コアテック 技術本部 TEL：048-259-1118

3. 供試体および試験概要

本試験に用いた試験装置を写真-1, 外観図を図-2 にそれぞれ示す。ロードセルを内蔵した動的アクチュエータを2本用いて、ダンパーを挟み、それらを並列に並べ、上下を治具にて定着させた。上側を門型に固定されたフレームにダンパー供試体を固定し、下側はフレームに取り付けられたレールと治具とで可動となる構造としている。なお、実験に用いたアクチュエータの仕様を表-1 に示す。1基あたり最大加振力1000kNのアクチュエータを2本同時に制御することで最大載荷荷重を2000kNに設定した。

計測に関しては、減衰抵抗力は、2本のアクチュエータに備え付けられているロードセルの合計値とし、ダンパー変位については供試体の本体部と可動部にレーザー変位計を設置し、ストロークの測定を行った。

載荷試験条件を表-2 に示す。加振周波数を1Hzで一定とし、加振変位を変化させることで、速度条件をパラメーターとした速度依存性を検証した。加振波形には、漸増・漸減のスイープ波を含む、正弦波を用い、定常6波形以上の変位制限入力とした。また、ダンパー性能値の評価にあたっては、定常波の平均値評価と比較した結果、ほとんど差はなかったことから、ここでは、定常加振時の2波目のデータで整理した。

4. 試験結果

加振時の時刻歴波形の例を変位について図-3 に示す。スイープ波の後、定常波形の履歴を描いており、所定の制御ができていることが分かる。最大速度については、KVD2000kNで0.44m/sec、KVD1500kNで0.50m/secとなり、前者のケースでは、アクチュエータの限界荷重(2000kN)で載荷したため、速度が目標速度を若干下回る結果となった。

ダンパーの荷重-変位関係を図-4, 5 に示す。速度が低速から高速に変化するにつれ減衰抵抗力も大きくなり、安定した矩形の履歴が得られた。また、減衰抵抗力の速度依存性の関係を図-6 に示す。この結果、大型ダンパーにおいても、これまでの評価式(1)と良好な一致がみられ、予期せぬスケール効果などの影響はないことが分かる。このことから、本試験は、0.5m/secまでの限られた速度条件までの検証ではあるが、粘性ダンパーの評価に用いている評価式およびダンパー断面の設定法は妥当なものであることが確認できた。

5. おわりに

本実験により、大型粘性ダンパー(1500kN, 2000kN)には、スケール効果などによる特異な問題はなく、既往の評価法によって、安定した性能を発揮させることができることが分かった。

表-2 試験条件

試験No	加振波形	入力加振周波数[Hz]	入力加振変位[mm]	加振最大速度[m/sec]
1	正弦波	1	1.6	0.01
2			8.0	0.05
3			16.0	0.10
4			48.0	0.30
5			80.0	0.50

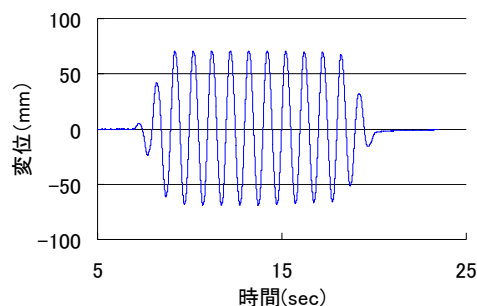


図-3 時刻歴応答(変位)一例

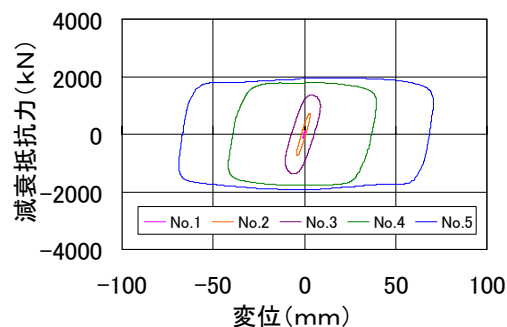


図-4 KVD2000 履歴図

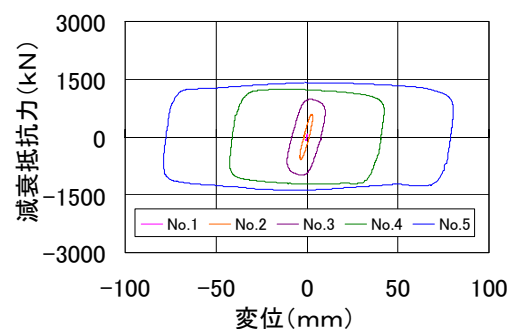


図-5 KVD1500 履歴図

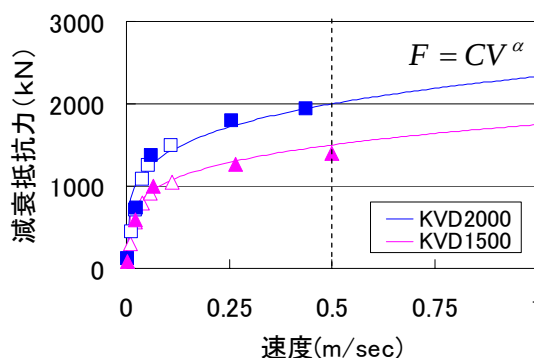


図-6 設計曲線との比較