

大ストローク化した大型粘性ダンパーの動的性能試験

(株)川金コアテック 正会員○高井 博之, 新名 裕

1. はじめに

近年、既設橋梁の耐震性を向上させる方法として制震デバイスを用いる手法が一般化してきている。これまで中小規模橋梁の耐震補強対策で蓄積されてきた知見をもとに、現在、各所で既設特殊橋梁・長大橋梁を対象とした耐震補強対策の研究・開発が進められており、耐震補強の対象となる構造物の大型化に伴って、制震デバイスには、より大きな応答に追従できる性能が求められている。そこで、筆者らはシリンダー型の粘性ダンパー（以下、KVD）に着目し¹⁾、減衰力の大型化を進めてきた^{2)~3)}。本稿では、既設鋼斜張橋への設置を目的として大ストローク化した大型粘性ダンパーの動的性能試験について報告する。

2. KVD の概要

粘性ダンパーは、温度変化に伴う緩速移動時には上部工の移動を拘束せずに追従し、地震に伴う高速移動時には減衰力を発生して上部工の運動エネルギーを吸収する速度依存性を有する。このため、KVDは定格速度（0.5m/sec）時に発生する減衰力（定格減衰力）を形式呼称として使用している。KVDの減衰力は、速度累乗モデル（1）により表現される。

$$F = CV^{0.22} \quad (1)$$

ここで、 F ：減衰力、 C ：減衰係数、 V ：速度である。KVDの性能評価に当たっては動的载荷が必要となるが、定格減衰力が大きくなるほど、試験機能力の制約が支配的になる。試験機の仕様を表-1に、セットアップ状況を写真-1に示す。

表-1 試験機仕様

項目	仕様
最大加振力（静的）	3000 kN
最大振幅	±500 mm
設置可能最大長さ	4000 mm

試験体



写真-1 セットアップ状況（水平一軸試験機）

3. 試験体

試験体の形状を図-1に、試験体の仕様を表-2に示す。試験体は実大試験体A、実大試験体B、部分実大試験体の計3体を使用した。実大試験体Aは既設桁橋での採用実績が多いストローク±250mmの実機である。実大試験体BはKVDの設置を検討していた既設鋼斜張橋を対象とした動的解析の結果を反映してス

トロークを±650mmに拡大した実機である。ただし、全長が試験機への設置可能長さを超えるため、水平ジャッキを使用して低速時の力学的特性を確認することとした。部分実大試験体は力学的特性の油室長依存の有無を確認するため、油室長を実大試験体Bと同じ長さに保ちつつ、全長を試験機に設置可能となる長さまで縮めた試験体である。

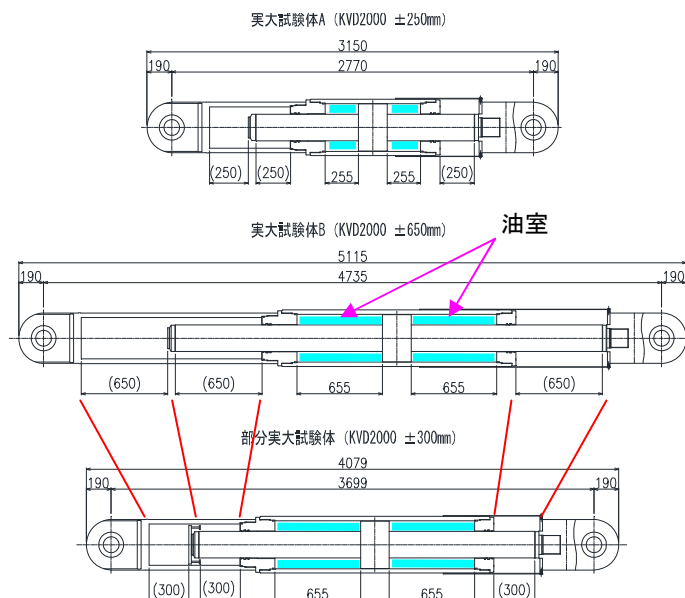


図-1 試験体形状

表-2 試験体仕様

No.	名称	定格減衰力	油室長	ストローク
1	実大 A	2000kN	±255mm	±250mm
2	実大 B	2000kN	±655mm	±650mm
3	部分実大	2000kN	±655mm	±300mm

4. 試験方法

試験条件を表-3に示す。試験条件は構造物施工管理要領⁴⁾に準拠して、加力装置能力の制約の範囲内で実施可能な最大速度、最大振幅での加振を実施した。速度依存性試験および変位依存性試験では水平一軸試験機を使用して変位制御による加振を実施した。入力波形は正弦波とし、定常3波の前後に2波ずつの漸増波・漸減波を付加した。速度依存性試験で

キーワード 既設特殊橋梁・長大橋梁、耐震補強、制震デバイス、粘性ダンパー

連絡先 〒307-0017 茨城県結城市若宮 8-43 (株)川金コアテック 技術研究所 TEL：0296-21-2202

は、振動数を一定とし、振幅を変化させて速度の異なる加振を実施した。変位依存性試験では、振動数を変化させて振幅の異なる定格速度加振を実施した。低速試験では、ストローク 1000mm の水平ジャッキを使用して一方向単調載荷を 4 回繰り返すことにより 1 波の最大振幅加振を実施した。低速試験のセットアップ状況を写真-2 に示す。

表-3 試験条件

試験項目	試験体No.			振動数 [Hz]	振幅 ±[mm]	最大速度 [m/sec]
	1	2	3			
速度依存	○	—	○	1.00	10	0.06
	○	—	○	1.00	25	0.16
	○	—	○	1.00	50	0.31
	○	—	○	1.00	80	0.50
	○	—	—	1.00	160	1.00
変位依存 (定格速度)	○	—	—	0.50	160	0.50
	○	—	—	0.33	240	0.50
	—	—	○	0.27	290	0.50
低速	○	○	○	—	最大	0.004
	○	○	○	—	最大	0.008

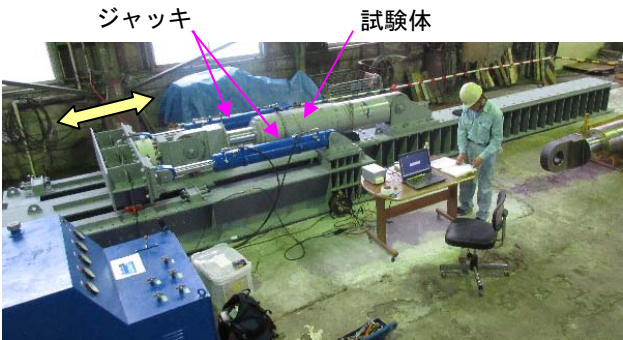


写真-2 セットアップ状況 (水平ジャッキ)

5. 試験結果

本試験より得られた荷重-変位関係を図-2～図-3 に、荷重-速度関係を図-4 に示す。図-4(a) の荷重は加振回数 2 回目の変位ゼロ切片における正負の荷重の平均値を記載している。いずれのケースも矩形の安定した履歴を描き、速度依存性を有していることが分かる。速度依存性試験では、部分実大試験体の荷重が実大試験体 A よりもやや大きい値で推移している。これは、両試験体の加振条件は同じであったが、油室長に対する振幅の比が異なるため、温度上昇に違いが生じ、やや異なる荷重を発生したものと考えられる。最大振幅の加振を実施した低速試験では、実大試験体 A、実大試験体 B および部分実大試験体の荷重は良好に一致しており、油室長の違いによる変化は認められなかった。また、低速試験では、荷重が設計値よりもやや小さい値で推移している。これは、アクチュエーター¹⁾の動作により、ピストン前後の圧力差が緩和されたためと考えられる。

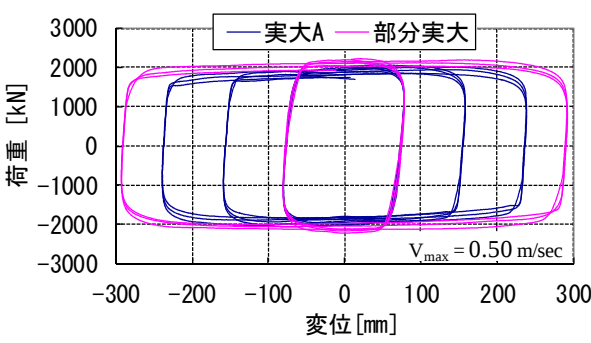


図-2 荷重-変位関係 (定格速度加振)

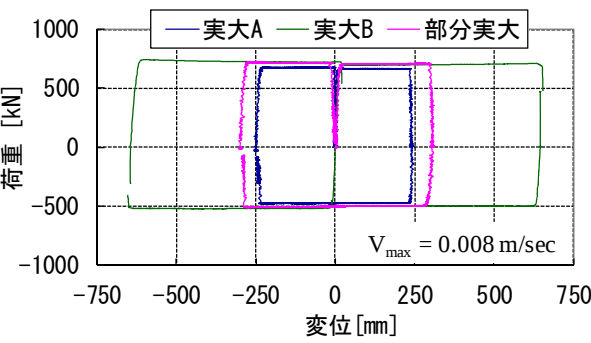
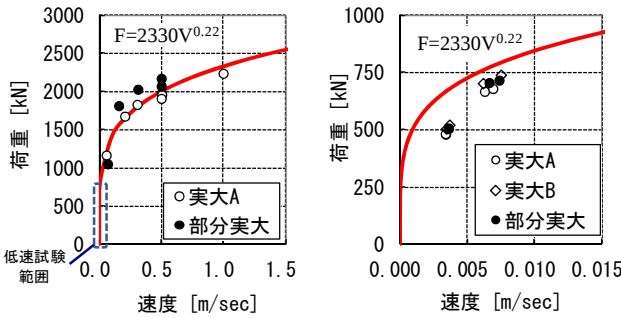


図-3 荷重-変位関係 (低速加振)



(a) 速度依存・変位依存 (b) 低速

図-4 荷重-速度関係

6. まとめ

実大試験体を用いた動的載荷により、KVD の油室を延長しても力学的特性に顕著な変化が生じないことを確認した。なお、紙面の都合上割愛したが、本研究では縮小試験体を用いて速度依存性 (高速試験)、温度依存性、耐久性等の評価を実施している。

謝辞

本研究の実施にあたり多大な助言を賜りました中日本高速道路(株) 若林サブリーダーをはじめとする関係各位に感謝の意を表します。

参考文献

1) 姫野岳彦ほか：内部調圧機構を有する粘性ダンパーの性能検証実験，第 29 回地震工学研究発表会報告集，p.1238-1243，2007 年 2) 高井智康ほか：大型シリンダー系粘性ダンパーに関する動的載荷実験，第 66 回土木学会年次学術講演会，2011 年 3) 高橋徹ほか：大型粘性ダンパーに対応した動的試験機の構築と性能検証試験，第 69 回土木学会年次学術講演会，2014 4) 東日本・中日本・西日本高速道路株式会社：構造物施工管理要領(2016.7)