

粘性系シリンダーダンパーの耐久性確認試験

日本鋳造(株) 正会員 ○松本 征也 日本鋳造(株) 正会員 原田 孝志
 日本鋳造(株) 正会員 石山 昌幸 日本鋳造(株) 正会員 山崎 信宏
 (株)高環境エンジニアリング 馮 徳民 (株)高環境エンジニアリング 加奈森 聡

1. はじめに

筆者らは、地震時の水平力を担うデバイスとして、海外製粘性系シリンダーダンパー（以下、NES-D）に着目し、基本性能（速度依存性）を確認した¹⁾。NES-Dは、粘性体の減衰に伴うエネルギー吸収を期待するデバイスである。

NES-Dは、既報¹⁾のとおり、速度依存性を示すデバイスであり、その関係は、設計式(1)で与えられる。

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

ここで、Fは抵抗力、Vは速度、Cは粘性係数であり、 α は指数である（NES-Dの場合、 $F=100\text{kN}\sim 2000\text{kN}$ 、 $\alpha=0.1\sim 0.3$ 、定格速度は 0.5m/sec ）。定格速度で発揮される抵抗力が定格抵抗力（呼称反力、型式）である。

NES-Dは、地震の影響を支配的に受けるため、必然的に、ランダム波形に対する性能評価を求められる。また、有事の際、的確なエネルギー吸収性能を発揮するためには、常時の温度伸縮に対する耐久性評価が必須と考える。加えて、設計式(1)より、常時の温度伸縮時（緩速時）の抵抗力は、おおよそ小さいものの、橋脚や周辺部材に対し、その力学的特性を把握することも重要と考える。

本報では、NES-Dの耐久性を評価するために実施したランダム波試験および緩速耐久性試験、緩速依存性試験について述べる。

2. 試験体形状

試験体は、図1に示す500kNタイプのNES-Dとした。NES-Dは、一般的な油圧装置同様、シリンダーとロッドとの相対運動に伴う粘性体の流動抵抗によってエネルギー吸収を図っており、外観上3段構造となる。

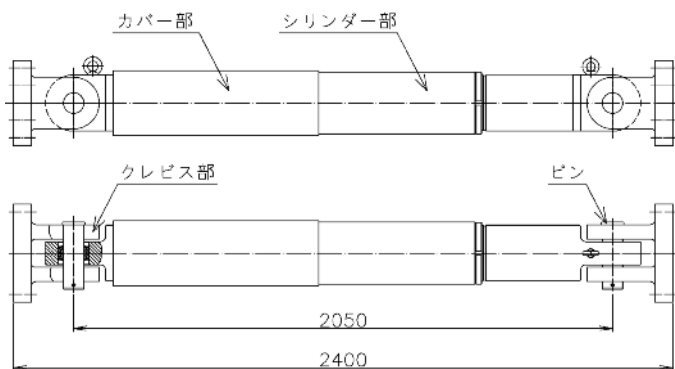


図1 500kN タイプ NES-D

3. 試験方法

試験は、日本鋳造（株）所有の高速二軸試験機（水平荷重 1MN 、水平変位 $\pm 250\text{mm}$ ）にて行った。NES-Dを加振側ブラケットと固定側ブラケットにピンを介して取付けた¹⁾状況下で、鉛直変位を固定とした水平変位制御による正負交番加振を行った。

試験条件を表1に示す。なお、本試験では、既報¹⁾と同じ試験体を用いた。

ランダム波試験に用いた地震波は、2011年の東北地方太平洋沖地震による仙台波²⁾などの著名波を利用した。また、試験機への入力波形は、一般的な規模、形式の橋梁を想定し、一質点系モデルの解析より、NES-Dに生じる変位とした。

緩速耐久性試験における加振変位は、支間長 300m の鋼橋を想定し、1日の温度変化量を ± 10 度とした場合に算出される移動量 $\pm 18\text{mm}$ より、試験機の制御誤差等を勘案し $\pm 20\text{mm}$ と設定した。また、繰返し回数は、その対応年数を100年間として36500回とした。なお、最大速度は、試験機都合により、 6.3mm/sec とした。

緩速依存性試験は、桁の温度伸縮のように“ゆっくり”とした挙動に対して、NES-Dの抵抗力がどの程度を有するかを検証した試験である。先に実施した緩速耐久性試験では、試験機の都合により、ある程度の最大速度により試験を行ったことから、当該最大速度を含め、5ケースの試験を実施し、その依存性を確認した。

表1 試験条件

試験項目	加振 波形	加振 周波数 (Hz)	加振 変位 (mm)	最大 速度 (mm/sec)
ランダム波	ランダム 1	－	40.9	147.7
	ランダム 2		39.2	131.7
	ランダム 3		240.0	908.5
緩速耐久性	正弦波	0.05	20.0	6.3
緩速依存性		0.00004		0.005
		0.0008		0.1
		0.01		1.3
		0.05		6.3
		0.1		12.6

キーワード：既設橋梁，耐震補強，粘性系シリンダーダンパー，耐久性，機能分離型支承

連絡先：〒210-9567 神奈川県川崎市川崎区白石町2-1 日本鋳造(株) TEL: 044-355-5033 FAX: 044-333-4575

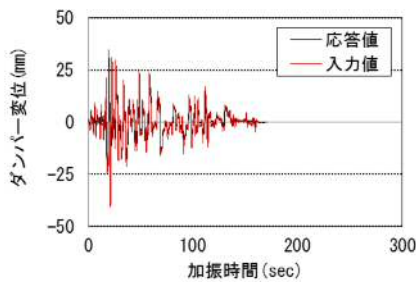


図2 ランダム波試験1の波形

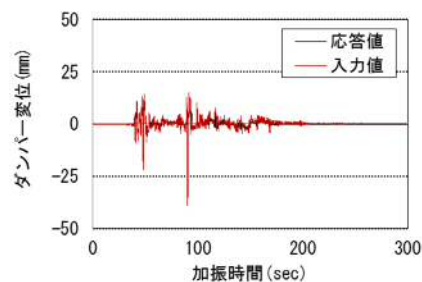


図3 ランダム波試験2の波形

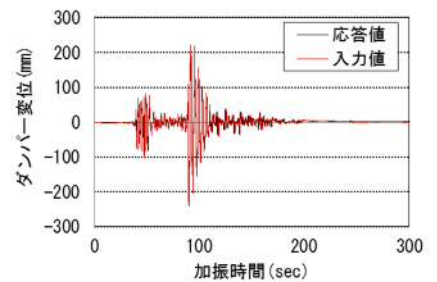


図4 ランダム波試験3の波形

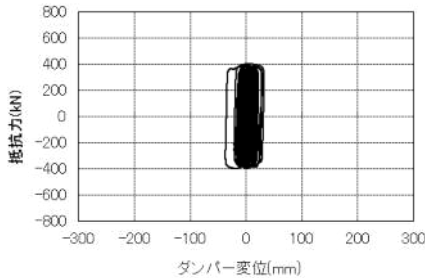


図5 ランダム波試験1の履歴

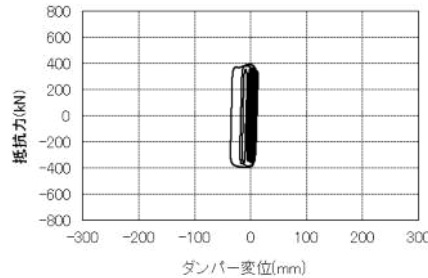


図6 ランダム波試験2の履歴

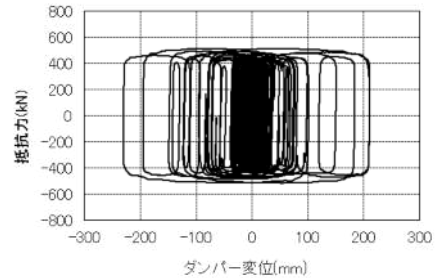


図7 ランダム波試験3の履歴

4. 試験結果

ランダム波試験により得られたダンパー変位の時刻歴を図2～図4に示す。図中には、動的解析の結果も示している。両者は良く一致していることから、試験機および試験体は忠実に応答していると判断できる。また、図5～図7には、試験により得られた抵抗力とダンパー変位の関係を示している。その結果、2011年の東北地方太平洋沖地震による仙台波などに対しても、安定した矩形状の履歴曲線を得られた。

緩速耐久性試験の評価は、耐久性試験前後に実施した500mm/sec試験の結果により行った(図8参照)。定常加振3回目の抵抗力は、概ね一致しており、ダンパー性能に与える耐久性試験の影響はないと考える。

緩速依存性試験により得られた抵抗力とダンパー変位との関係(定常加振3回目)を図9に示す。最大速度1.3mm/sec以上の抵抗力は、設計式(1)で示される設計抵抗力に概ね等しい。一方、最大速度0.1mm/secでは100kN程度、0.005mm/secでは20kN程度を示し、定格抵抗力(500kN)に対し極めて小さい値を示した。

5. まとめ

本試験のまとめを以下に示す。

- NES-Dの耐久性を評価するため、ランダム波試験、緩速耐久性試験、緩速依存性試験を実施した。
- 2011年の東北地方太平洋沖地震による仙台波などに対しても、安定した矩形状の履歴曲線を得られた。
- 緩速耐久性試験を実施し、耐久性試験前後における性能に差異のないことを確認した。
- 緩速依存性試験を実施し、最大速度0.005mm/secにおける抵抗力は、定格抵抗力500kNに対し20kN程度であることを確認した。このことから、桁の温度伸縮時に生じる橋脚への作用力は極めて小さい。

- 本試験体により、既報¹⁾の性能確認試験と耐久性確認試験を含め、総移動距離3000m以上の試験を行い、その性能に支障のないことを確認した。

【参考文献】

- 1) 山崎, 原田, 石山, 松本, 馮, 加奈森: 粘性系シリンドーダンパーの性能確認試験, 土木学会第69回年次学術講演会, 2014.9
- 2) 防災科学研究所強震観測網(K-NET, KiK-net): <http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/>

【謝辞】

本試験では、防災科学研究所(K-NET, KiK-net)強震記録を使用しました。ここに記し、謝意を表します。

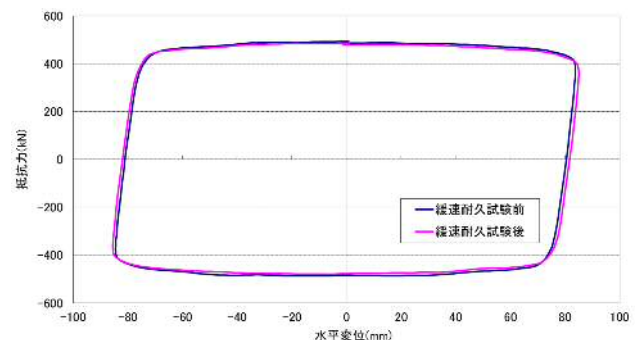


図8 緩速耐久性試験前後の履歴

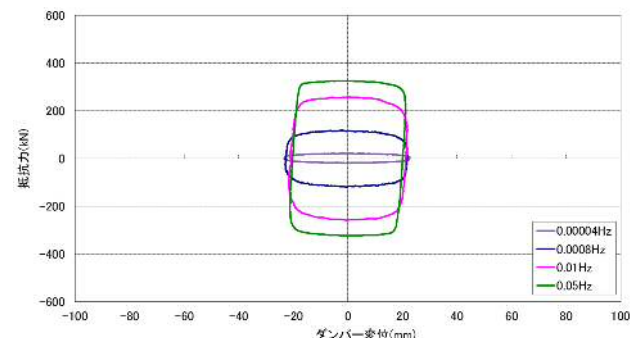


図9 緩速依存性試験結果