

## LENS 型せん断パネルダンパーの地震波による性能確認試験

日本鑄造(株) 正会員 ○山崎 信宏  
 日本鑄造(株) 正会員 原田 孝志  
 日本鑄造(株) 正会員 石山 昌幸

(株)東光コンサルタンツ フェロー 高久 達将  
 (株)東光コンサルタンツ 正会員 今井 康二  
 愛知工業大学 正会員 青木 徹彦

## 1. はじめに

筆者らは、弾塑性ダンパーに着目し、低降伏点鋼を用いた LENS 型せん断パネルダンパー (以下、LSD) の性能を確認している。この LSD は、伸び性能および歪効果の大きい低降伏点鋼材 (LY100) の材料効果と、レンズの形状効果を利用した高機能型鋼製ダンパーであり、無補剛材パネルのシンプルな構造である (図 1 参照)。

これまで、静的漸増繰返し試験 ( $\delta y \sim 9 \delta y$ ,  $\delta y=5\text{mm}$ ), 静的・動的正弦波試験 (周期: slow, 0.5, 1.0, 2.0 秒, 片振幅: 5, 10, 15, 20, 30, 40mm) を行い、ダンパーとしての基本性能を確認してきた<sup>1), 2)</sup>。本試験では、それらの性能諸元を照査、確認するため、地震波 (レベル 2) による性能確認を行ったので報告する。

## 2. LENS型せん断パネルダンパー (LSD)

LSD の形状は、引張圧縮の交番応力を受けることから、ある程度のフレーム剛性が必要となる。そのため、幅厚比  $D/t$  を 13 として、試験可能な大きさに設定した。図 2 に示す試験体の寸法は、板厚  $t$  が 12mm で、幅  $D$  および高さ  $H$  が 156mm となる正方形である。平板中央部の両面には、弾塑性領域を拡げるため、中央部の板厚が  $1/2t$  である 6mm となるように、球状の凹み加工を施し、LSD の四隅には、変形時の応力集中を緩和させるため、 $R=4t=48\text{mm}$  のフィレットを設けた。また、LSD の上下辺は、アングルで挟み込み、HTB で固定した。

## 3. 試験方法

試験は、日本鑄造(株)所有の高速二軸試験機にて行った。LSDをHTBでアングルへ固定し (写真 1 参照), その状態で、鉛直荷重を作用させず、変位制御方式による水平荷重を行った。試験機に入力する変位は、橋梁の動的解析結果<sup>3)</sup>から、解析上、LSDに生じる変位としており (表 1 参照), 最大変位は、 $7 \delta y$ 以下としている。地震波の種類は、道路橋示方書記載の加速度波形 (II-II-1, II-II-2, II-II-3) とした。なお、この試験では、地震波作用時における、LSDの劣化損傷度を確認するため、LSDに亀裂が生じるまで、同一波形を用いて繰返し荷重を行った。

## 4. 試験結果

各試験により得たせん断ひずみと時刻歴の関係を図 3 ~ 図 5 に示す。ここで、せん断ひずみは、変位を LSD の高さ  $H$  で除した値である。図中には、動的解析の結果も示しており、いずれの試験ケースとも、両者は良く一致しており、最大変位は  $7 \delta y$  以下である。このことから、試験機が忠実に応答を再現していると判断できる。

表 2 に、同一地震波の繰返し荷重により、LSDが亀裂に

表 1 地震波の種類と試験条件

case	地震波	最大ひずみと変位 (%)	( $\delta / \delta y$ )	最小ひずみと変位 (%)	( $\delta / \delta y$ )	最大速度 (mm/sec)
E1	II-II-1	21.5	6.7	-16.8	-5.2	166.7
E2	II-II-2	14.7	4.6	-18.8	-5.9	178.7
E3	II-II-3	9.5	3.0	-21.0	-6.6	171.7

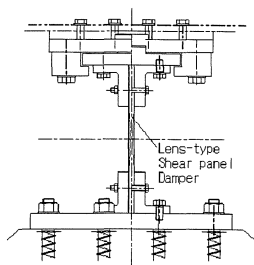


図 1 LENS 型せん断パネルダンパーの構造

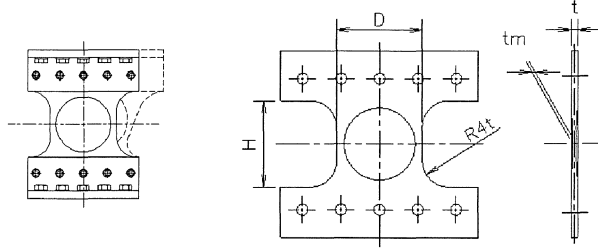


図 2 試験体 (12-6 モデル)

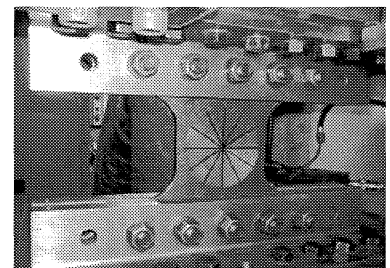


写真 1 試験機への設置

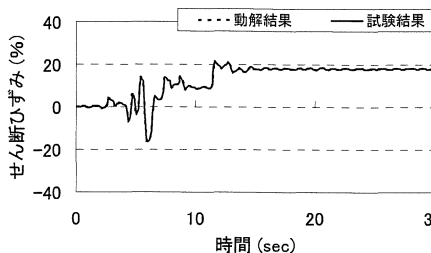


図 3 caseE1 のせん断ひずみ

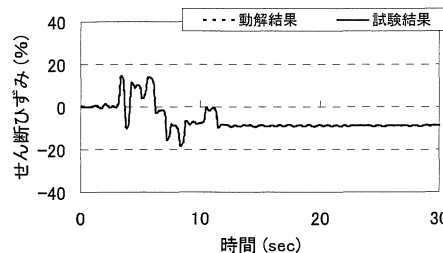


図 4 caseE2 のせん断ひずみ

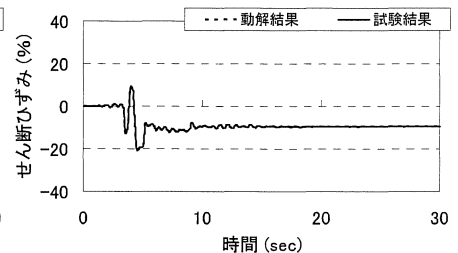


図 5 caseE3 のせん断ひずみ

キーワード：せん断パネルダンパー、低降伏点鋼、動的試験、地震応答、制震装置、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 日本鑄造(株) TEL: 044-355-5033 FAX: 044-333-4575

至った履歴回数(cf)と亀裂予測値(Nf), 試験中のLSD最高温度を示す. 各試験にて, 亀裂に至った履歴回数(cf)は, caseE1 試験では5回, caseE2 試験およびcaseE3 試験では6回であり, 劣化損傷度から求めた亀裂予測値(Nf)にほぼ一致する結果<sup>4)</sup>となった. また, 終局状態は, いずれの試験もフレットからの亀裂であった(写真2参照). 一方, LSDの最高温度は, 50~70℃程度であり, 動的正弦波試験で観測した300~450℃を遥かに下回った.

図6~図11に, せん断耐力比(せん断耐力/降伏せん断耐力)とせん断ひずみとの関係を示す. 各試験ケースの初回(1<sup>st</sup>)を図6~図8に, 亀裂発生回(final)を図9~図11に示しており, これらの図の縦軸は, 降伏応力より算出した降伏せん断力( $\sigma_y=80.1\text{N/mm}^2$ ,  $\tau_y=46.2\text{N/mm}^2$ )で無次元化している. なお, 図中には, 動的解析により得た履歴図も示している.

その結果, 初回(1<sup>st</sup>)の試験開始直後の低ひずみ領域において, 若干せん断耐力の低い傾向が見られたものの, 以降は, 動的解析で考慮したせん断耐力を發揮しており, 動的正弦波試験で見られた, せん断耐力の徐々に低下する傾向は認められない. また, せん断耐力比は, 最大で3.27Qy(ここに,  $Q_y=86.5\text{kN}$ )程度を示し, これまでの静的漸増繰返し試験, 静的・動的正弦波試験と同等程度であることを確認した. さらに, 各試験ケースでの亀裂発生回(final)の履歴図を見てみると, 载荷の途中でLSDは亀裂を生じているにもかかわらず, 急激なせん断耐力の低下は認められない.

試験終了後の試験体写真を写真2に示す. 地震波試験では, いずれの試験ケースにおいても, 動的正弦波試験時に見られたLENS部分の変色は認められず, 静的正弦波試験における試験終了時の状態に近い結果であった.

5. まとめ

本試験により得た結果を以下に示す.

- ・ LSD の地震波試験を行い, 静的漸増繰返し試験, 静

動的・動的正弦波試験で得た基本性能の妥当性を検証した. このことから, 地震力を担うデバイスとして, 十分な効果を發揮することができると思われる.

- ・ 1<sup>st</sup>の開始直後, 低ひずみ域において, 若干せん断耐力の低い傾向であるが, 以降は, 動的解析で考慮したせん断耐力を發揮した. せん断耐力比は, 最大で3.27Qyを示し, これまでの試験と同程度であった.
- ・ 地震波試験における, 鋼材の表面温度は50~70℃程度であり, 動的正弦波試験時に観測した300~450℃を遥かに下回った. この挙動は, 静的試験に近いものと予想される.
- ・ 载荷の途中でLSDに亀裂が生じて, 急激なせん断耐力の低下は認められない.
- ・ 今回実施した同一地震波の繰返し試験では, LSDが亀裂に至る履歴回数(cf)は5~6回であり, 劣化損傷度から求めた亀裂予測値(Nf)にほぼ一致した.

参考文献

- 1) 石山, 原田, 他: 低降伏点鋼を用いたLENS型せん断パネルダンパーの静的性能確認試験, 土木学会第64回年次学術講演会, 2009.9
- 2) 山崎, 原田, 他: 低降伏点鋼を用いたLENS型せん断パネルダンパーの動的性能確認試験, 土木学会第64回年次学術講演会, 2009.9
- 3) 今井, 高久, 他: LENS型せん断パネルダンパーを用いた3径間連続桁の耐震挙動, 土木学会第64回年次学術講演会, 2009.9
- 4) 石山, 原田, 他: LENS型せん断パネルダンパーの損傷度評価, 土木学会第65回年次学術講演会, 2010.9
- 5) 陳, 高久, 他: LENS型せん断パネルダンパーを用いた橋梁の耐震設計法, 土木学会第65回年次学術講演会, 2010.9

表2 試験結果

地震波 case	履歴回数 (cf)	亀裂 予測値 (Nf)	試験中 最高温度 (°C)
E1	5	4.4	54.8
E2	6	5.0	67.7
E3	6	6.5	51.2

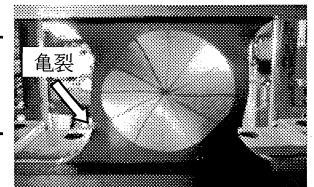


写真2 試験後写真 (caseE2)

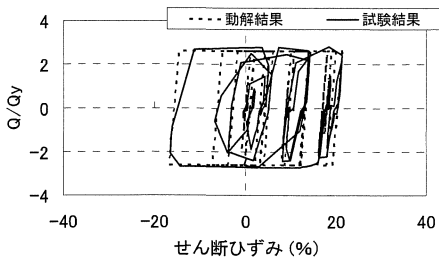


図6 caseE1 履歴図(1<sup>st</sup>)

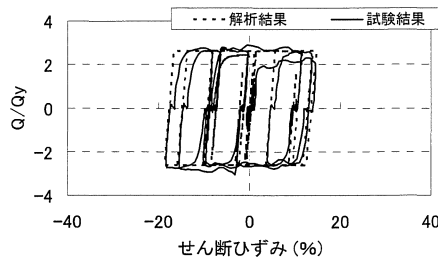


図7 caseE2 履歴図(1<sup>st</sup>)

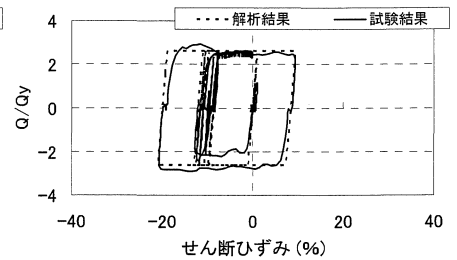


図8 caseE3 履歴図(1<sup>st</sup>)

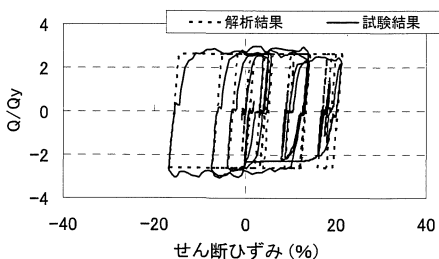


図9 caseE1 履歴図(final)

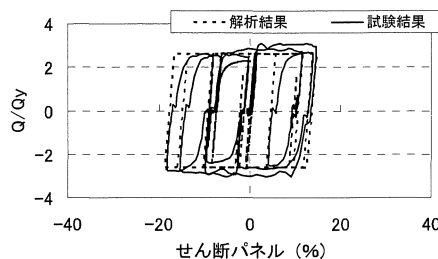


図10 caseE2 履歴図(final)

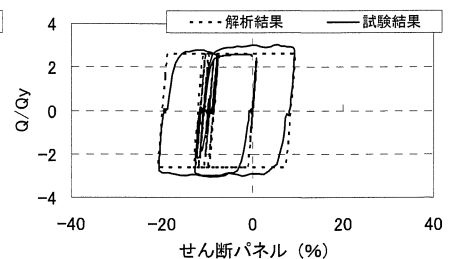


図11 caseE3 履歴図(final)