

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

(株) 東光コンサルタント フェロー 高久 達将
 (株) 東光コンサルタント 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^{1), 2)}。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、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 casting (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載荷を行った。試験機に入力する変位は、橋梁の動的解析結果³⁾ 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載荷を行った。

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載荷により、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

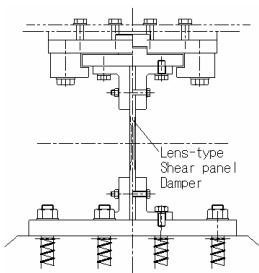


図 1 LENS 型せん断パネルダンパーの構造

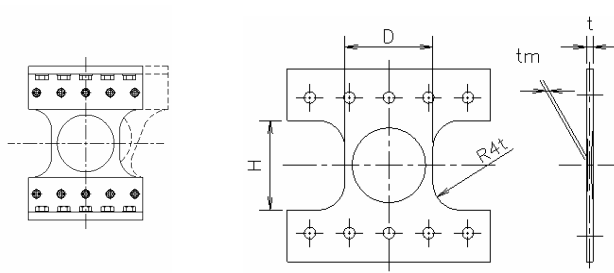


図 2 試験体 (12-6 モデル)



写真 1 試験機への設置

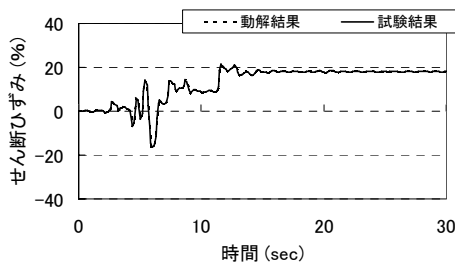


図 3 caseE1 のせん断ひずみ

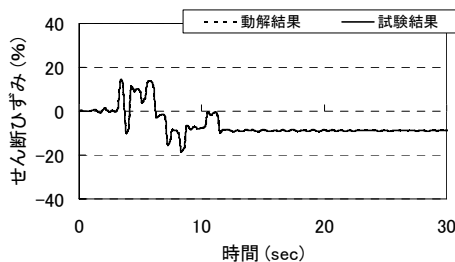


図 4 caseE2 のせん断ひずみ

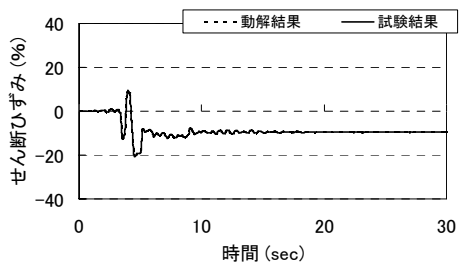


図 5 caseE3 のせん断ひずみ

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 casting (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⁴⁾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(1st)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(1st)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3.27Q_y(ここに, Q_y=86.5kN)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

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考える.

- ・ 1st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3.27Q_y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	亀裂履歴回数 (cf)	亀裂予測値 (Nf)	試験中最高温度 (℃)
E1	5	4.4	54.8
E2	6	5.0	67.7
E3	6	6.5	51.2

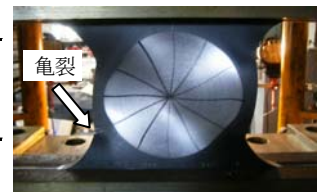


写真2 試験後写真 (caseE2)

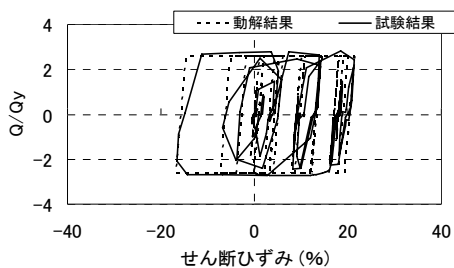


図6 caseE1 履歴図(1st)

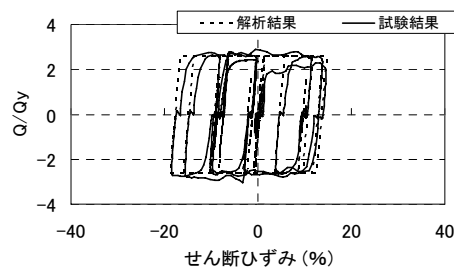


図7 caseE2 履歴図(1st)

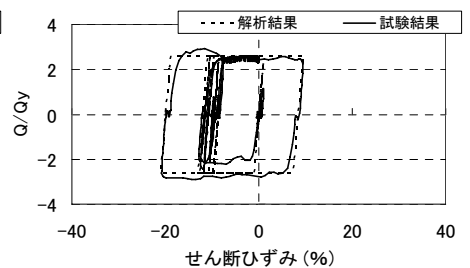


図8 caseE3 履歴図(1st)

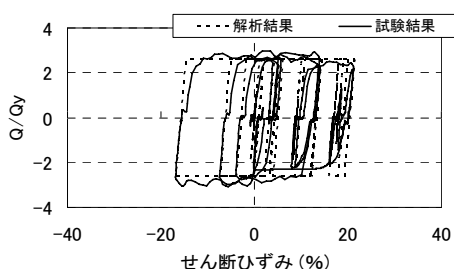


図9 caseE1 履歴図(final)

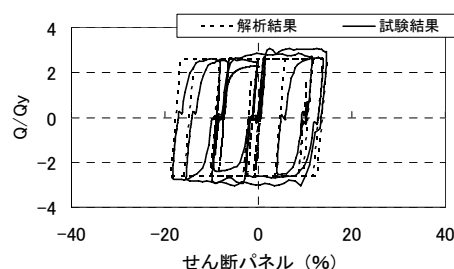


図10 caseE2 履歴図(final)

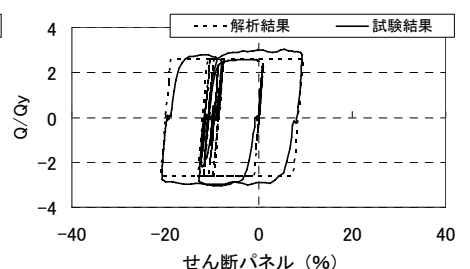


図11 caseE3 履歴図(final)