

LENS 型せん断パネルダンパーの面外特性に関する検討

日本 Casting (株)	正会員	○松本 征也	日本 Casting (株)	正会員	原田 孝志
日本 Casting (株)	正会員	石山 昌幸	日本 Casting (株)	正会員	山崎 信宏
	フェロー	高久 達将	愛知工業大学	正会員	青木 徹彦

1. はじめに

筆者らは、地震時に水平力を担うデバイスとして、低降伏点鋼材を用いた LENS 型せん断パネルダンパー（以下、LSD）を開発した¹⁾など。この LSD は、縦リブを有しないシンプルな形状であり、低降伏点鋼材による材料効果と凹レンズ加工による形状効果を利用した鋼材履歴型ダンパーである（図 1 参照）。

LSD は、基本的に、面内一方向へ作用させるデバイスである。そのため、これまで、面内方向に対する性能検証や損傷度評価を実施しているが、地震時の影響を支配的に受けるデバイスとして、面外方向の力学的特性と破壊形態を把握することは重要である。同時に、LSD の面外特性を明らかにすることで、デバイスとしての可能性も広がると考えられる。

本報では、LSD の面外特性について確認するため、面内方向に対して 45 度と 90 度方向に設置した LSD の性能確認試験について報告する。

2. LENS 型せん断パネルダンパー

LSD は、既報のとおり、地震時の外力によってせん断変形を生じると、斜方向に引張ないし圧縮の交番応力を受ける。そのため、ある程度のフレーム剛性が必要であり、幅厚比 D/t を 13 としている。また、図 2 に示す試験体の形状は、板厚 t が 12mm、幅 D および有効高さ H が板厚 t の 13 倍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 $1/2t$ となるよう球状の凹み加工を施し、四隅には、変形時の応力集中を緩和させるため、板厚 4 倍相当のフィレットを設けた ($R=4t$)。また、LSD の上下辺は、アングルで挟み込み、HTB で固定した。

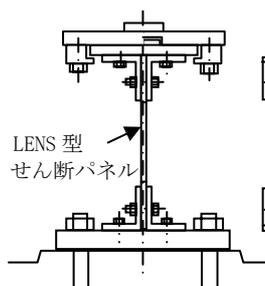


図 1 LSD の構造

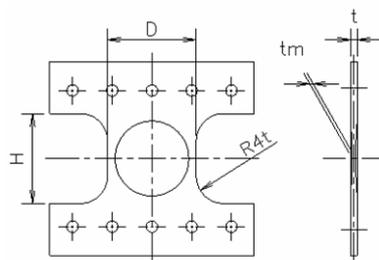


図 2 試験体の形状

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。試験体は、LY100-12（板厚 12mm タイプ）であり、LSD を HTB でアングルへ固定した状態で（写真 1、写真 2 参照）、鉛直変位を固定とし、変位制御方式による水平载荷を行った。

試験ケースは、正負交番変位一定繰返し载荷試験とし、面外方向のパラメータとなる面内方向に対する角度は、45 度、

90 度の 2 パターンとした。また、加振変位は、面内方向に対し 45 度に設置した試験の場合（以下、45 度面外試験）に $\pm 28.3\text{mm}$ 、90 度に設置した試験の場合（以下、90 度面外試験）には $\pm 20\text{mm}$ とした。ここで、45 度面外試験の場合に、加振変位を $\pm 28.3\text{mm}$ としたのは、面内方向 $\pm 20\text{mm}$ の試験と比較するためである（図 3 参照）。なお、いずれの試験とも、損傷度評価を行なうため、試験体にき裂の生じるまで、静的载荷を行った。

4. 試験結果

各試験により得た抵抗力とせん断ひずみとの関係を図 4、図 5 に示す。なお、せん断ひずみとは、LSD に生じた水平変位を有効高さ H で除した値である。

図 4 は、45 度面外試験により得た履歴曲線である。载荷中の LSD は、繰返し回数の増加によって、面外座屈を伴い易くなる。そのため、Y 切片付近の荷重には多少の低下傾向が見られるものの、試験により得た抵抗力の最大値は 184.0kN であった。ここで、面内方向 $\pm 20\text{mm}$ の試験²⁾より得た抵抗力の最大値 (262.5kN) を 45 度方向へ分解すると 185.6kN となることから、45 度面外試験により得た抵抗力は、面内試験の分力にほぼ等しい。また、き裂発生時の繰返し回数は 12 回であり、取付け基部付近に圧痕が見られたものの、フィレット

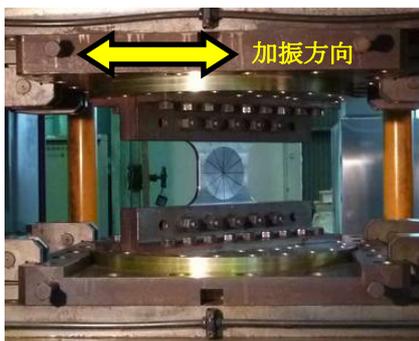


写真 1 45 度面外試験の状況

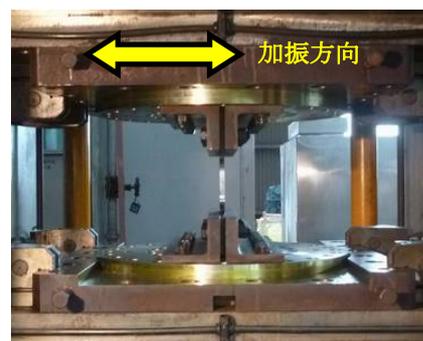


写真 2 90 度面外試験の状況

キーワード：せん断パネルダンパー，LENS 型，低降伏点鋼，面外特性，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

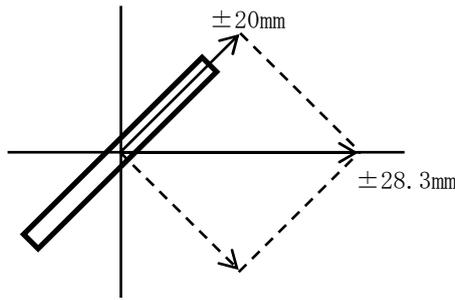


図3 加振変位の概念

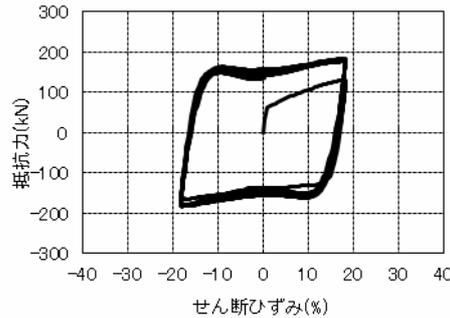


図4 45度面外試験の履歴曲線

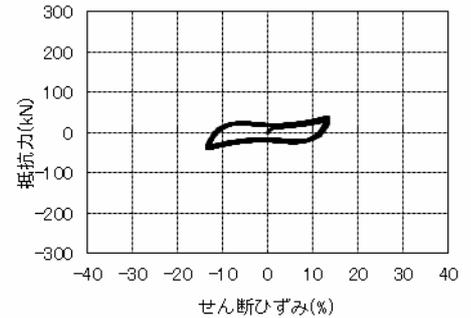


図5 90度面外試験の履歴曲線

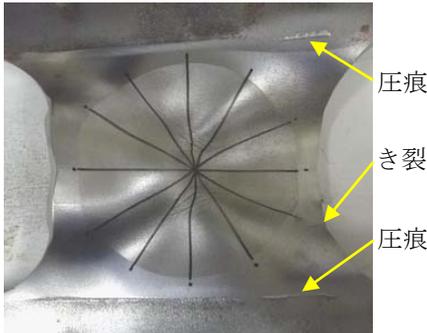


写真3 45度面外試験後の状況

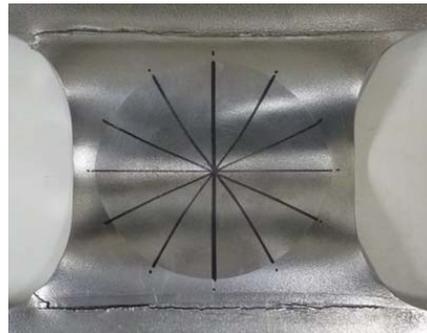


写真4 90度面外試験後の状況

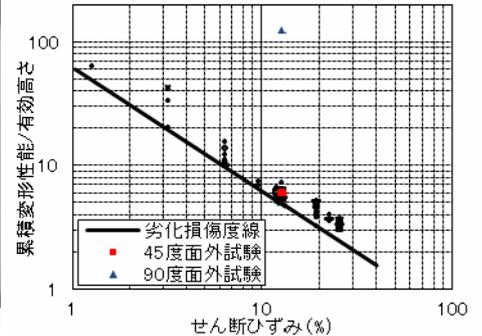


図6 劣化損傷度の評価

部にき裂を生じた (写真3 参照)。き裂発生時の繰返し回数は、面内方向±20mm の試験結果にほぼ等しい。なお、写真3は、加振回数16回後のものである。

次に、90度面外試験における抵抗力の最大値は40kN程度であり (図5 参照)、概ね安定した履歴曲線を得た。また、き裂発生時の繰返し回数は241回であり、取付け基部において発生した (写真4 参照)。なお、写真4は、加振回数300回後のものである。

5. LSDのき裂発生形態

従来、LSDを面内方向に変形させた場合、き裂の発生は、LY効果とレンズ効果から、フィレット部であったが、45度面外試験の場合には、LY効果とレンズ効果に加えて板曲げの影響から、取付け基部に圧痕を生じながらフィレット部にき裂を生じた。また、90度面外試験では、単純に板曲げの影響から、取付け基部に応力が集中し、き裂を生じさせる結果となった。

6. 劣化損傷度評価³⁾

LSDの面外方向に対する劣化損傷度を確認するため、面内方向の試験により定義した劣化損傷度線を図6に示す。図中の横軸は、LSDの面内方向に生じるせん断ひずみであり、縦軸は、試験により得た累積変形性能をLSDの有効高さHで無次元化した累積変形比である。なお、45度面外試験結果は、せん断ひずみを面内方向の試験と比較するために角度補正を行っており、また、図中には、これまでの試験結果も示している。

45度面外試験では、面内方向試験と同等の結果を得ており、累積変形性能に対する面外方向の影響はほと

んど認められない。また、90度面外試験の累積変形性能は、面内方向試験の20倍程度であった。

7. まとめ

本試験により得た結果を以下に示す。

- ・ 面内方向±20mm試験と45度面外試験を比較したところ、同程度の累積変形性能であることを確認した。また、45度面外試験により得た抵抗力は、面内試験の分力とほぼ等しい結果となった。
- ・ 90度面外試験の累積変形性能は、面内±20mm試験の20倍程度を保有する結果となった。
- ・ LSDのき裂発生形態は、面内方向から面外方向へ角度を大きくすることにより、フィレット部から取付け基部へ移行する傾向が見られた。
- ・ LSDの面外特性を把握することにより、適用拡大の可能性を確認した。

【参考文献】

- 1) 劉陽, 青木徹彦, 高久達将, 福本昉士: 低降伏点鋼せん断パネルダンパーの繰返し載荷実験, 土木学会構造工学論文集 Vol.53A, pp.560-567, 2007.3
- 2) 石山昌幸, 原田孝志, 山崎信宏, 高久達将, 今井康二, 青木徹彦: 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
- 3) 石山昌幸, 原田孝志, 山崎信宏, 高久達将, 陳鋒, 青木徹彦: 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