

## レンズ形状を有するせん断パネルダンパーの開発 その1 レンズ型せん断パネルダンパーの概要

制震 低降伏点鋼 レンズ型ダンパー  
履歴型 せん断パネル 凹レンズ

正会員 ○名取 祥一\* 正会員 久保田雅春\*  
同 三塩 洋一\*\* 同 尻無濱昭三\*\*  
同 石山 昌幸\*\*\* 同 山崎 信宏\*\*\*

### 1. はじめに

2011年東北地方太平洋沖地震以来、長周期地震動や継続時間の長い地震動、頻発する余震などに対して建物の耐震安全性に関心が高まっており、事業継続性(BCP)においても社会的問題となっている。

そこで、建築物の耐震性能の向上を目的とし、建築物の応答を低減させる低降伏点鋼を使用したレンズ型せん断パネルダンパー(以下LSPD)を開発した。LSPDは1枚の鋼材パネルの中央に凹レンズ形状を施し繰り返し変形性能を高め、ダンパー損傷による交換時期を延ばす工夫した鋼材履歴型ダンパーである。

### 2. LSPDの概要

#### 2.1 LSPDの構成部材

LSPDの構成部材は、図1に示すようにダンパー本体のレンズ型せん断パネル、ダンパー本体と周辺部材との接合部のパネル取付けプレート、ダンパー本体と周辺部材を接合する高力ボルトで構成されている。

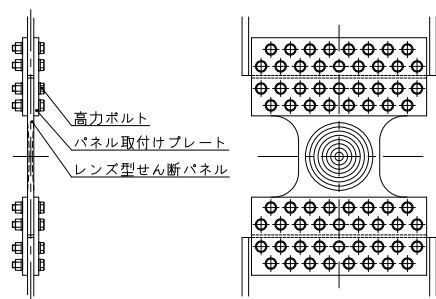


図1 LSPDの構成部材

#### 2.2 LSPDの使用材料

LSPDは、レンズ型せん断パネルに伸び性能を有する低降伏点鋼のLY100、LY225を使用している。低降伏点鋼は、一般の鋼材と比較して延び性能は2倍近い性能を有している。この延び性能の特性を活かし、繰り返し変形に伴う材料の塑性ひずみによって、エネルギー吸収性能を実現させる。

#### 2.3 凹レンズ形状加工

LSPDは、写真1に示すように1枚の鋼材から切り出したせん断パネル中央部の両面に、凹レンズ形状の加工

を施したものである。せん断パネル中央部を塑性化し易くさせることで、パネル全体にひずみを分散させることができ、より大きなせん断変形性能を実現することができる。またせん断パネルに生じるせん断応力の均衡が図られ、繰り返しに強い鋼材履歴型ダンパーを構築することができる。



写真1 レンズ型せん断パネルの外観

### 3. レンズ型せん断パネルの基本形状と力学特性

#### 3.1 基本形状

LSPDの種別表記は、レンズ型せん断パネルに用いる材料と図2に示したレンズ型せん断パネルの基本となる板厚「T」、凹レンズ中央部の厚さ「t」により示す。

LY100 type 12-6

材料種別 「T」「t」

レンズ型せん断パネルの板厚「T」は12mmから24mmとし、レンズ型せん断パネルの基本形状は、板厚「T」を基準として、図2の各寸法は、相似比率により定める。なおh、d、φ、Rは、それぞれレンズ型せん断パネルの有効高さ、幅、凹レンズ加工部の外径、有効高さ部の四隅のフィレットを示す。

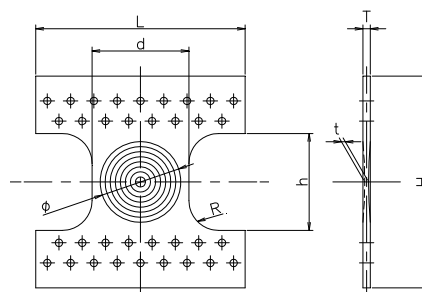


図2 レンズ型せん断パネルの基本形状

### 3.2 力学特性

レンズ型せん断パネルの力学特性は、せん断パネルの凹型面を有する断面形状に依存している。したがって、レンズ型せん断パネルの基本形状は板厚「T」を基準として相似比率により定めていることから、力学特性が相似比率であることを一連の研究<sup>1)</sup>で確認した。

## 4. FEM 解析

### 4.1 FEM 解析の概要

FEM 解析ソフト<sup>2)</sup>を使用し、せん断パネルへの凹レンズ形状の加工の有無による応力度分布の確認を行った。解析モデルはシェル要素を用い、せん断パネル下端を固定とし上端を水平に変位漸増増分させ、材料特性は弾性とし解析を行った。

### 4.2 解析結果

凹レンズ形状の加工の有無の違いについて図 3 に示す。「レンズ形状なし」の場合は、変形、応力共にフィレット部に局部的に集中している。一方「レンズ形状あり」の場合は、フィレット部のみならず凹レンズ形状加工を施した中央部分も含め、パネル全体に効率よく変形応力が分散していることが確認できた。

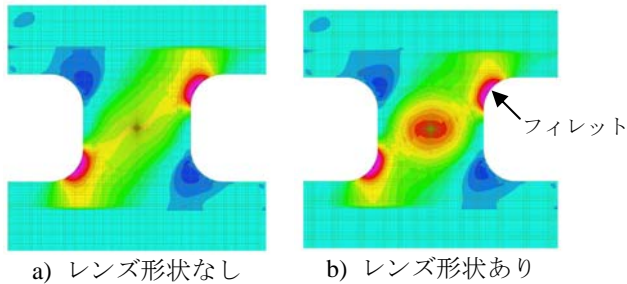


図 3 水平変位 4.375 mm 時の応力状況

## 5. 変位漸増繰り返し加力実験結果

### 5.1 実験の概要

実験は LY100 type 12-6 および LY225 type 12-6 の繰り返し特性を把握するために、変位漸増繰り返し加力実験を行った。加力は、二軸試験機（鉛直最大荷重 2MN、水平最大荷重 1MN）を用い、レンズ型せん断パネルの平均せん断ひずみが 3.2% を 1 サイクルとして変位を増幅させ、最大荷重経過後、荷重が低下するまで継続した。ここでレンズ型せん断パネルの平均せん断ひずみは、レンズ型せん断パネルの水平変位を図 2 に示す有効高さ h で除した値とした。

### 5.2 実験結果

変位漸増繰り返し加力実験より得た平均せん断応力度と平均せん断ひずみの関係を図 4 に示す。レンズ型

せん断パネルの平均せん断応力度の最大値は、LY100 材の場合は  $200\text{N/mm}^2$  程度、LY225 材の場合は  $240\text{N/mm}^2$  程度であった。LY100 材、LY225 材のいずれの試験体も、平均せん断ひずみ 25.6% 載荷時に荷重低下が認められ、その後フィレット部にき裂が生じ始めるものの、顕著な荷重低下は認められなかった。試験前とフィレット部のき裂発生時の写真を写真 2 に示す。

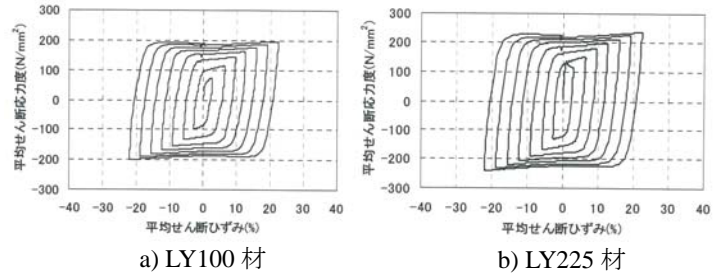


図 4 変位漸増繰り返し加力実験時の力学特性

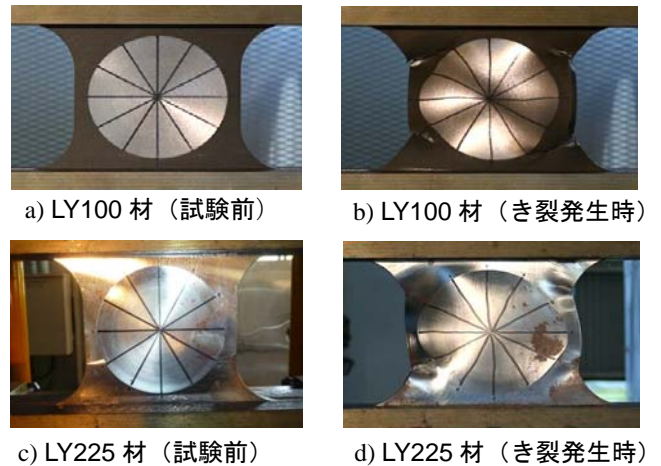


写真 2 変位漸増繰り返し加力実験状況

## 6. まとめ

本報告は LSPD の概要を示し、低降伏点鋼を使用し、凹レンズ形状を施したせん断パネルの基本形状と基本性能を示した。その 2 では LSPD の構造性能実験について、その 3 では LSPD の相似則による寸法効果確認実験について、その 4 では LSPD の設計モデルと損傷度評価について示す。

### 【参考文献】

- 1) 山崎, 石山他: レンズ形状を有するせん断パネルダンパーの開発, その 3, 2013 年度日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道), 2013.8 (投稿中)
- 2) midas Gen (Ver. 7.6.1) (楸構造計画研究所)
- 3) パッシブ制振構造設計・施工マニュアル 第 2 版, 社団法人日本免震構造協会, 平成 19 年 7 月

\* 飛島建設 (株) 建設事業本部  
 \*\* 鉄建建設 (株) 建築本部  
 \*\*\* 日本 Casting (株) エンジニアリング事業部

\* Construction Division, TOBISHIMA CORPORATION  
 \*\* Architectural Division, TEKKEN CORPORATION  
 \*\*\* Engineering Division, NIPPON CHUZO