

レンズ型せん断パネルダンパーの開発

Development of Lens Shear Panel Damper

	名 取 祥 一 ^{*1}	久保田 雅 春 ^{*1}	阿 部 隆 英 ^{*1}
	Syouichi Natori	Masaharu Kubota	Takahide Abe
石 山 昌 幸 ^{*2}	山 崎 信 宏 ^{*2}	三 塩 洋 一 ^{*3}	尻無濱 昭 三 ^{*3}
Masayuki Ishiyama	Nobuhiro Yamazaki	Youichi Misio	Shozou Shinashihama

【要旨】

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に対する、建物の耐震安全性が社会的に大きな課題となっている。新築建物は、新耐震設計法により設計されているため、建物の耐力は充分確保されているが、変形については十分に担保されていないのが現状である。また、新耐震設計法以前に設計された建物は、耐力・変形共に現在想定されている地震動には対応できない。これらの建物に耐力と変形性能を付与し、想定する地震動に対し建物の実力を向上させる工法として制震工法が挙げられる。そこで筆者らは、低降伏点鋼を用いた繰り返しに強い「レンズ型せん断パネルダンパー」の開発を目指した。本ダンパーは、パネル中央を凹レンズ形状に削り込む加工を施すことにより、繰り返し変形性能を高め、ダンパーの損傷による交換時期を延ばすことに成功した。本報では、まず本ダンパーの概要を述べ、構造性能確認実験と寸法効果確認実験を行い、その結果に基づき構築した①ダンパーの設計モデル、②ダンパー寸法の違いによる相似則の適用、③劣化損傷度評価を確認した。また、①～③を含む技術性能評価を、(財)日本建築センター 鋼構造評定委員会により取得した。

【キーワード】 制震 低降伏点鋼 せん断パネル 凹レンズ 相似則

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に対する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の一つとなっている。

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材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。

本報告では、まずLSPDの概要を示し、構造性能確認実験、寸法効果確認実験の結果と、その結果から構築したダンパーの設計モデル、ダンパー寸法の相似則の適用、劣化損傷度評価について報告する。

2. LSPDの概要

2.1 LSPDの特徴

LSPD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から構成される。

LSPDに用いるレンズ型せん断パネルは、図-1、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、切削により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、せん断パネルに生じるせん断応力の均衡が図られ、変形性能が高く繰り返しに強い鋼材履層型ダンパーを構築することができる。

2.2 LSPDの使用材料

LSPDの使用材料は、レンズ型せん断パネルに延び性能を有する低降伏点鋼のLY100、LY225である。低降伏点鋼は、一般の鋼材と比較して2倍近い延び性能を有している。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ひずみによって、地震エネルギー吸収性能を実現させている。

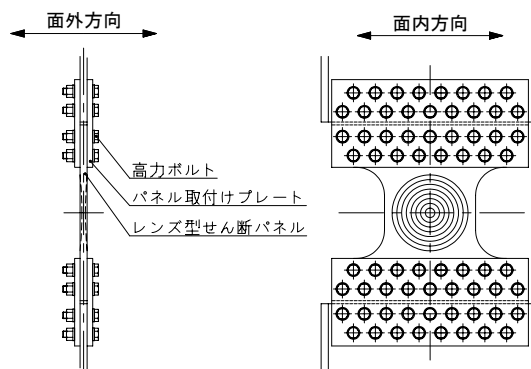


図-1 LSPDの構成



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

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ことができる。 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。なお L , H は、周辺部材への取付けのためのパネル取付けプレート、高力ボルトを考慮したレンズ型せん断パネルの全幅、全高を示す。

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 」

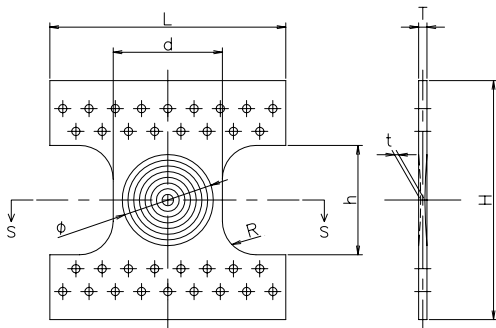


図-2 レンズ型せん断パネルの基本形状

3.2 LSPDの力学特性

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の断面形状により決定されている。レンズ型せん断パネルの形状は、板厚「 T 」を基準として相似則が成立している。力学特性についても、実験において、相似比率が適用されることを確認している。

4. FEM 解析

4.1 解析の概要

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を確認するために、FEM解析を行った。せん断パネルをシェル要素でモデル化し、せん断パネルの下端

を固定とし 上端を水平に一方変位漸増増分させた。材料特性は弾性とした。

4.2 解析結果

凹レンズ形状の有無による応力状態の違いについて、図-3に示す。図-3は、左から右に変位させた場合を示し、色の濃いほど発生する応力度が大きいことを示す。

「レンズ形状なし」の場合は、応力がフィレット部に集中している。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部分も含めたパネル中央部にせん断方向の応力が発生し、周辺部材との接合部を除くレンズ型せん断パネル全体で応力を負担していることが分かる。

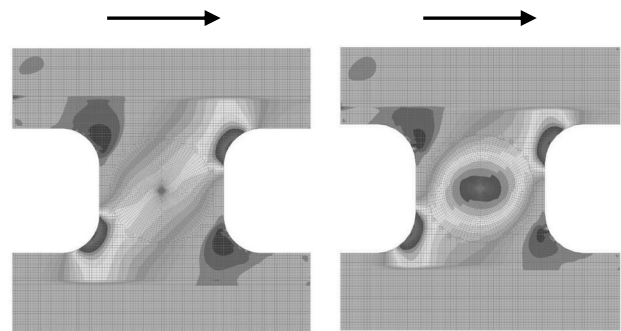


図-3 水平変位8.75mm時の応力状態の比較

5. 構造性能確認実験

5.1 実験の概要

LSPDの繰り返しによる荷重履歴特性を把握するために、二軸試験機（鉛直2MN、水平1MN）を用いて、変位漸増繰り返し加力実験と変位一定繰り返し加力実験を行った。いずれの実験も加力は面内方向とした。実験に用いたレンズ型せん断パネルの形状は、板厚 T が12mmであるLY100材（LY100 type 12-6）とLY225材（LY225 type 12-6）とした。写真-2に実験状況を示す。

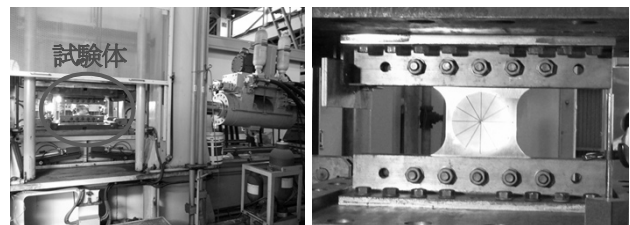


写真-2 試験機へのレンズ型せん断パネル取付け

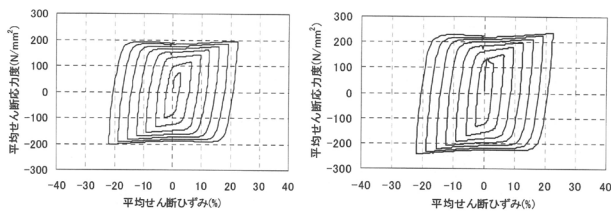
変位漸増繰り返し加力実験は、加振波形に正弦波を用い、レンズ型せん断パネルの平均せん断ひずみが3.2%を1サイクルとして変位を増幅させて行った。平均せん断ひずみは、レンズ型せん断パネルの水平変位を図-2に示す有効高さ h で除した値とした。

変位一定繰り返し加力実験は、変位漸増繰り返し加力実験同様、加振波形に正弦波を用い、平均せん断ひずみ (γ) を3.2%、6.4%、12.8%、19.2%、25.6%とした5ケースを実施した。

なお、いずれの実験とも、最大荷重経過後、レンズ型せん断パネルのフィレット部にき裂が生じ、荷重が低下するまで継続した。

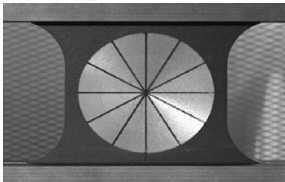
5.2 実験結果

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 type 12-6の場合は200N/mm²程度、LY225 type 12-6の場合は240N/mm²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-3に示す。

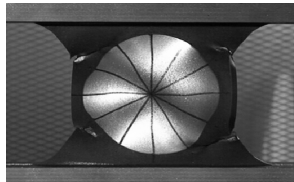


LY100 type 12-6 LY225 type 12-6

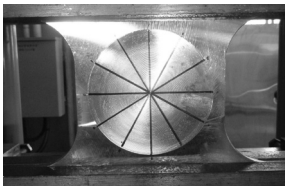
図-4 変位漸増繰り返し加力実験時の力学特性



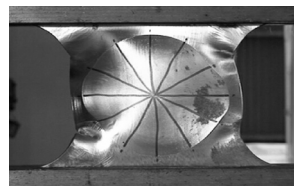
LY100 type 12-6 (試験前)



LY100 type 12-6 (き裂発生)



LY225 type 12-6 (試験前)



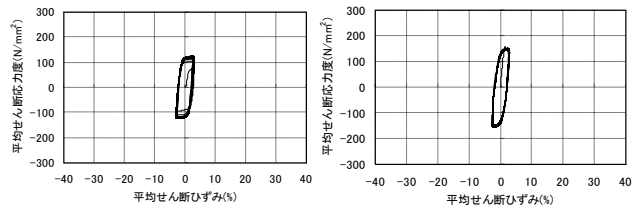
LY225 type 12-6 (き裂発生)

写真-3 変位漸増繰り返し加力実験の状況

変位一定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-5～図-9に示す。低降伏点鋼のもつ特徴である初期載荷時には荷重が上がらない傾向が見られるが、最大荷重到達後は、いずれの実験結果とも安定した履歴曲線が見られた。また、平均せん断応力度の最大値は、平均せん断ひずみの増加に伴い大きくなる傾向を示し、LY100 type 12-6の場合に120～

210 N/mm²程度、LY225 type 12-6の場合に150～240 N/mm²程度であった。

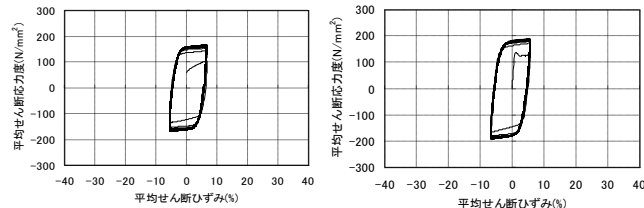
各実験におけるき裂発生回数を表-1に示す。き裂が生じ始めた回数は、平均せん断ひずみ3.2%の時にLY100、LY225で若干の違いがあるものの、平均せん断ひずみ6.4%～25.6%のそれぞれの平均せん断ひずみにおいて、き裂発生回数に対するLY100材とLY225材の差は、ほとんど見られなかった。



LY100 type 12-6

LY225 type 12-6

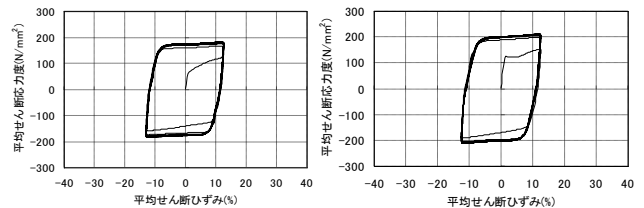
図-5 変位一定繰り返し加力実験結果 ($\gamma=3.2\%$)



LY100 type 12-6

LY225 type 12-6

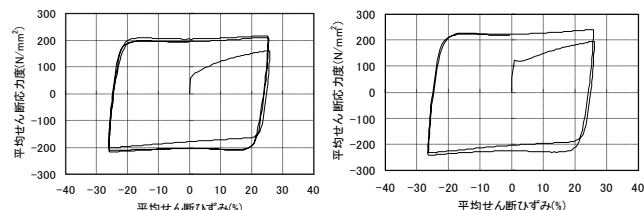
図-6 変位一定繰り返し加力実験結果 ($\gamma=6.4\%$)



LY100 type 12-6

LY225 type 12-6

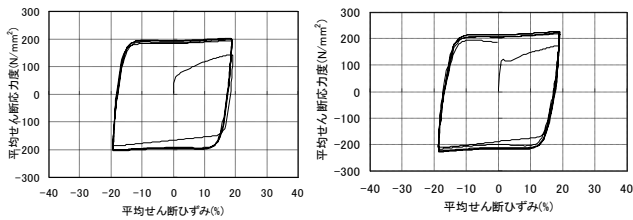
図-7 変位一定繰り返し加力実験結果 ($\gamma=12.8\%$)



LY100 type 12-6

LY225 type 12-6

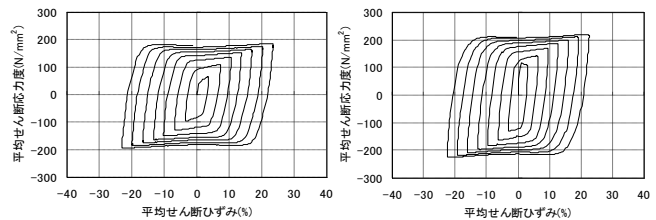
図-8 変位一定繰り返し加力実験結果 ($\gamma=19.2\%$)



LY100 type 12-6

LY225 type 12-6

図-9 変位一定繰り返し加力実験結果 ($\gamma=25.6\%$)



LY100 type 24-12

LY225 type 21-10.5

図-10 変位漸増繰り返し加力実験時の力学特性

表-1 変位一定繰り返し加力実験でのき裂発生回数

材質	平均せん断ひずみ				
	3.2%	6.4%	12.8%	19.2%	25.6%
LY100	285	44	11	7	4
LY225	363	42	12	7	4

6. 相似則に基づく寸法効果確認実験

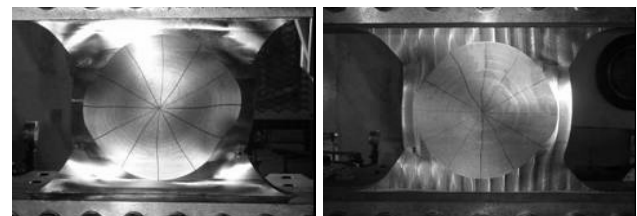
6.1 実験の概要

試験体は、パネルの板厚 T が18mm (type 18-9), 21mm (type 21-10.5), 24mm (type 24-12) で、材料はLY100とLY225を用いた。前章と同様に、変位漸増繰り返し加力実験と変位一定繰り返し加力実験の2ケースとした。変位漸増繰り返し加力実験は、加振波形に正弦波を用い、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た。変位一定繰り返し加力実験は、平均せん断ひずみを12.8%、25.6%の2ケースを実施した。なお、いずれの実験とも、各試験体のフィレット部にき裂が生じるまで加力を行った。

6.2 実験の結果

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との関係を図-10に、フィレット部のき裂発生時の状況を写真-4に示す。

いずれの試験体においても、平均せん断ひずみ25.6%加力時に荷重の低下傾向が認められ、その後フィレット部にき裂が生じ始めた。また、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 (18mm, 21mm, 24mm) の場合は200N/mm²程度、LY225材 (18mm, 21mm, 24mm) の場合は240N/mm²程度であった。この結果は、前章で示した板厚 T が12mm (LY100 type 12-6, LY225 type 12-6) の実験結果と比較し、荷重の低下やき裂の発生に至る過程、平均せん断応力度で同様の性状を示した。

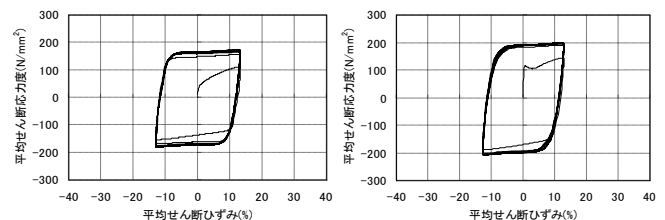


LY100 type 24-12

LY225 type 21-10.5

写真-4 き裂発生状況 (変位漸増)

次に、変位一定繰り返し加力実験による平均せん断応力度と平均せん断ひずみとの関係およびき裂発生時の状況を示す。図-11、写真-5は平均せん断ひずみ12.8%、図-12、写真-6は平均せん断ひずみ25.6%の時点である。各試験体とも、平均せん断応力の最大値に達した後、フィレット部にき裂が生じており、その繰り返し载荷回数は、平均せん断ひずみ12.8%で11~13回、平均せん断ひずみ25.6%で4回であった。よって、前章で示した板厚12mm (LY100 type 12-6, LY225 type 12-6) の実験結果と比較し、平均せん断応力度、き裂発生回数は、ほぼ同等であった。

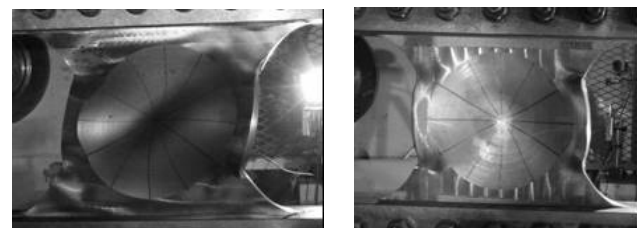


LY100 type 24-12

LY225 type 21-10.5

図-11 変位一定繰り返し加力実験時の力学特性

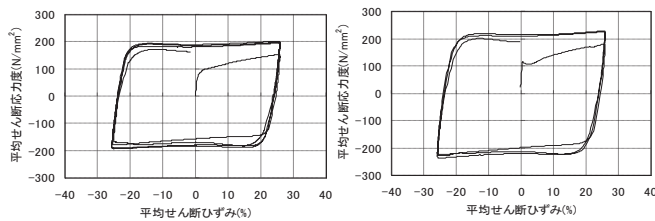
($\gamma=12.8\%$)



LY100 type 24-12

LY225 type 21-10.5

写真-5 き裂発生状況 (変位一定 $\gamma=12.8\%$)

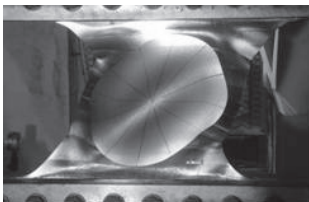


LY100 type 24-12

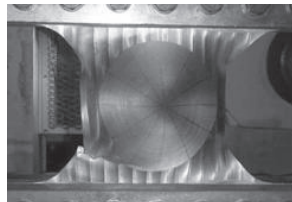
LY225 type 21-10.5

図-1 2 変位一定繰り返し加力実験時の力学特性

($\gamma=25.6\%$)



LY100 type 24-12



LY225 type 21-10.5

写真-6 き裂発生状況 (変位一定 $\gamma=25.6\%$)

上述の実験結果から、相似則について示す。図-1 3 は、平均せん断ひずみ12.8%と25.6%時のLY100 type 12-6の実験値を基準とし、LY100 type 18-9とLY100 type 24-12のそれぞれの平均せん断ひずみにおける実験値と計算値の比較を示す。また、表-2は実験値と計算値を数値化したものである。図-1 3に示す荷重曲線は、LY100 type 12-6の実験値を基準にして、対象とする板厚「T」における有効せん断断面積の比率から算出したものである。

図-1 3、表-2から、実験を行った板厚Tが12mm～24mmにおいて、荷重値のバラツキが5%以内に納まっており、相似則が成り立っているものと考えられる。

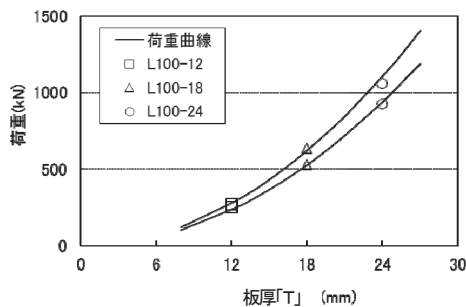


図-1 3 LY100 type 12-6の荷重値を基準とした場合の板厚の違いによる荷重

表-2 LY100 type 12-6の荷重値を基準とした場合の板厚18mm, 24mmの荷重値

LSPDタイプ	LY100 type 18-9		LY100 type 24-12	
平均せん断ひずみ	12.8%	25.6%	12.8%	25.6%
実験結果の荷重値	528.2kN	634.8kN	926.7kN	1060.1kN
荷重曲線から算出した荷重値	528.4kN	622.9kN	939.4kN	1107.4kN
差	-0.0%	+1.9%	-1.4%	-4.3%

7. LSPDの設計モデル

7.1 概要

LSPDの設計モデルは、低降伏点鋼材の材料特性と、前述の一連の実験の結果から、図-1 3に示すひずみ硬化型トリリニアモデルの非線形ばねを設定した。なお設計モデルの評価については、7.2で述べる。一次剛性 k_1 、設計降伏荷重 F_y および設計最大荷重 F_{max} を式(1)～式(3)に示す。なお、降伏決定関数 η は、実験結果から一次剛性の1/20とし、一次剛性に比例する関数とした。

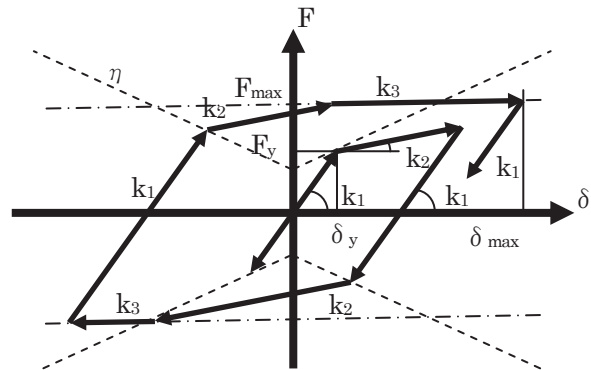


図-1 3 設計モデル (ひずみ硬化型トリリニアモデル)

$$k_1 = \frac{171}{12} T \quad (1)$$

$$F_y = \frac{\sigma_y}{\sqrt{3}} S_{min} \quad (2)$$

$$F_{max} = \frac{\sigma_t}{\sqrt{3}} S_{30} \quad (3)$$

T	板厚	(mm)
k_1	一次剛性	(kN/mm)
k_2	二次剛性	(kN/mm)
F_y	設計降伏荷重	(kN)
F_{max}	設計最大荷重	(kN)
σ_y	材料の降伏耐力	(N/mm ²)
σ_t	材料の引張強さ	(N/mm ²)
S_{min}	最小有効せん断断面積	(mm ²)
S_{30}	最大有効せん断断面積	(mm ²)

式(1)に示す一次剛性は、せん断弾性係数、レンズ型せん断パネルの断面積および有効高さを考慮し、実験に基づき定数を決定した。レンズ型せん断パネルの力学的特性は相似則が成立していることから、板厚 T の関数として評価することができる。

写真-7に最小有効せん断断面積および最大有効せん断断面積の位置を示す。FEM解析と実験の結果から、水平変形時のレンズ型せん断パネルの主応力方向の最大

有効断面積を写真-7に示す30度方向に設定することにより、式(3)で示す設計最大荷重は、実験時の最大荷重と相関関係がある。よって、有効せん断断面積は、写真-7に示す最大30度方向の断面積とし、これを最大有効断面積 S_{30} と定義する。また、式(2)に示す設計降伏荷重 F_y は、最小有効せん断断面積 S_{min} と材料の降伏耐力 σ_y を用いて算出でき、式(3)に示す設計最大荷重 F_{max} は、最大有効せん断断面積 S_{30} と引張強さ σ_t を用いて算出できる。なお、設計降伏荷重 F_y と設計最大荷重 F_{max} の算出に用いる材料の降伏耐力 σ_y と引張強さ σ_t は、材料の許容範囲を考慮し、下限値を用いる。

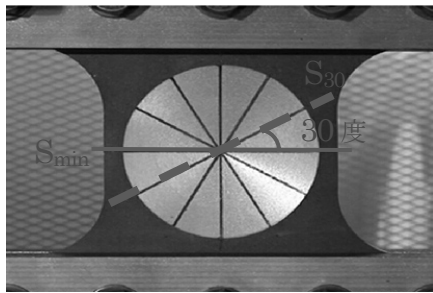


写真-7 有効せん断断面

7.2 実験と設計モデルの比較

図-14、図-15に5章で示したLY100 Type 12-6の変位漸増繰り返し実験と変位一定繰り返し実験における実験結果と設計モデルの比較を示す。

図-14に示す変位漸増繰り返し実験では、ひずみ硬化の影響と思われる水平変位の増加とともに荷重は増加し、その後収束する傾向が見られた。設計最大荷重240kNに対する実験時の最大荷重は271.8kNであり、約1.13倍であるものの、実験結果の荷重履歴曲線と7.1で示した設計モデルのひずみ硬化型トリリニアは、比較的良い対応を示し、設計モデルとしては安全側の設定となっている。

図-15に示す変位一定繰り返し実験においては、設計最大荷重240kNに対する実験時の最大荷重は277.5kNであり、約1.16倍であった。なお、初期载荷以降、設計最大荷重に達すると、実験結果の荷重履歴曲線は、上述同様7.1で示した設計モデルのひずみ硬化型トリリニアと比較的良好な対応を示している。以上より、LSPDの設計モデルは、ひずみ硬化型トリリニアとして評価できることがわかる。

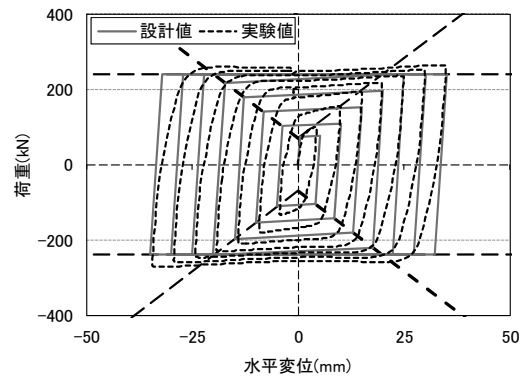


図-14 実験結果と設計モデルの比較
(LY100 type 12-6, 変位漸増繰り返し実験結果)

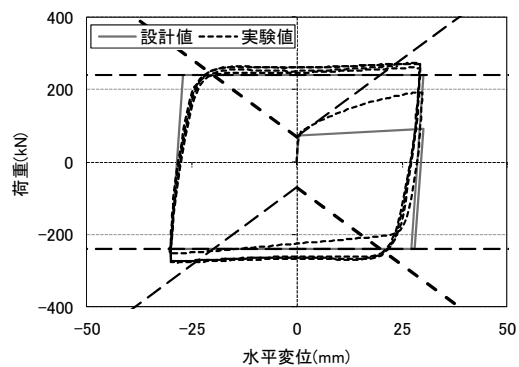


図-15 実験結果と設計モデルの比較
(LY100 type 12-6, 変位一定繰り返し実験結果)

8. LSPDの劣化損傷度評価

レンズ型せん断パネルは、繰り返し加力を受けると材料の塑性化により劣化損傷を受け、最後にはフィレット部にき裂が生じる。よって、大地震を受けた時のレンズせん断パネルの劣化損傷度を評価する必要がある。

レンズ型せん断パネルに生じる劣化損傷度は、変形の大きさと累積変形性能に依存するため、劣化損傷度評価は、マイナー則により評価する。具体的には、各変形に対して劣化損傷度を求め、それらの和が一定値以下であることを確認する。なお、変形頻度分布の算出は、「鋼構造物の疲労設計指針・同解説」に記載のピーク法を使用した。

表-2に示すこれまでの実験結果から算出した劣化損傷度線を図-16、図-17に示す。図-16の縦軸は繰り返し回数、図-17の縦軸は限界累積平均ひずみであり、両図とも横軸は平均せん断ひずみ ϵ_i である。ここで、劣化損傷度線は、各実験より得た累積変形性能 y_i の下限値となるよう決定した関数であり、式(4)で示される。また、劣化損傷度 D を式(5)に示す。レンズ型せん断パネルの弾性変形と塑性変形を合わせた繰り返しの挙動によって蓄積される劣化損傷度 D は、レンズ型せん断パネルのフィレット部にき裂が生じる繰り返し回数 N_f によ

り決定される。これより、式(5)より算出される劣化損傷度 D が1となる時が、劣化損傷の限界となる。

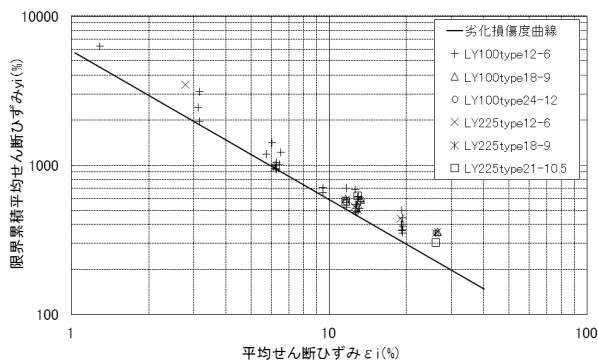
したがって、LSPDの設計は、剛性、降伏耐力等の履歴モデルだけでなく、鋼材履歴型ダンパーの特徴である材料の塑性化による損傷を考慮し、劣化損傷度 D が1以下であることを留意する必要がある。

$$\varepsilon_i \times y_i = 5917 \quad (4)$$

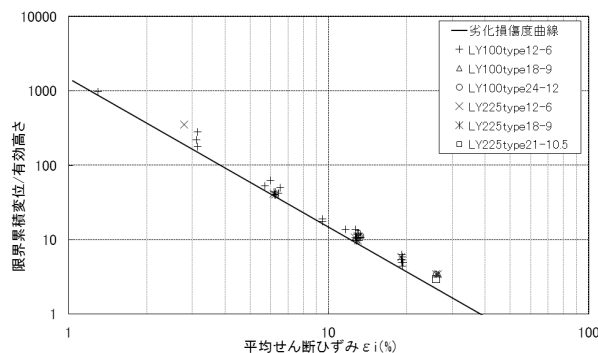
$$D = \sum \left(\frac{1}{N_f} \right) = \sum \left(\frac{4\varepsilon_i^2}{5917} \right) \quad (5)$$

表一 2 変位一定繰り返し加力実験でのき裂発生回数

鋼材	種別 (type)	平均せん断ひずみ (%)				
		3.2	6.4	12.8	19.2	25.6
LY100	12-6	285	44	11	7	4
	18-9	-	-	12	-	4
	24-12	-	-	12	-	4
LY225	12-6	363	42	12	7	4
	18-9	-	-	11	-	4
	21-10.5	-	-	13	-	4



図一 16 劣化損傷度線 (繰り返し回数と平均せん断ひずみ)



図一 17 劣化損傷度線 (限界累積平均せん断ひずみと平均せん断ひずみ)

9. まとめ

本報告では、LSPDの概要、構造性能試験、寸法効果試

験、そしてその2つの試験より得られた設計モデル、劣化損傷度の評価方法について示した。本報告で述べた主な内容について、以下に示す。

- ①低降伏点鋼を用いたLSPDは、せん断パネル中央に凹レンズ形状を施すことにより、パネルに生じるせん断応力の平均化が図られ、繰り返しに強い鋼材ダンパーである。
- ②変位漸増繰り返し実験結果では、いずれの寸法のレンズ型せん断パネルにおいても、その平均せん断応力度の最大値は、LY100 typeで200N/mm²程度、LY225 typeで240N/mm²程度であり、平均せん断ひずみ25.6%変形時に荷重の低下傾向が認められ、その後フィレット部にき裂が生じた。
- ③変位一定繰り返し実験結果における平均せん断応力度の最大値は、いずれの寸法のレンズ型せん断パネルにおいても概ね安定しており、フィレット部のき裂発生時の繰り返し回数は、平均せん断ひずみ12.8%の実験で11~13回、平均せん断ひずみ25.6%の実験では4回であった。
- ④板厚12mm~24mmまでのLSPDにおいて、LY100 type、LY225 typeともにtype 12-6を基準に、相似則の適用が可能であることを確認した。
- ⑤LSPDの設計モデルはひずみ硬化型トリリニアモデルを提案し、設計モデルと実験結果を比較し、その妥当性を確認した。
- ⑥実験結果に基づき、劣化損傷度線を構築し、劣化損傷度の設計式を構築した。

謝辞：LSPDの開発にあたって、LSPDの実験では日本造株式会社五十嵐氏、原田氏に大変お世話になりました。また、鉄建建設の沖石氏、林氏、坂井氏には設計モデルの検証等のご協力をいただきました。ここに深い謝意を表します。

【参考文献】

- 1) (社)日本免震構造協会：パッシブ制振構造設計・施工マニュアル 第2版, 2007.7.
- 2) 劉陽, 青木徹彦, 高久達将, 福本秀士：低降伏点鋼せん断パネルダンパーの繰り返し載荷実験, 土木学会構造工学論文集 Vol.53A, pp.560 - 567, 2007.3.
- 3) (社)日本鋼構造協会：鋼構造物の疲労設計指針・同解説, 技報堂出版, 1993.4.
- 4) 藤本, 稲井, 富田：極低降伏点鋼を用いたせん断パネルダンパーの履歴挙動に関する研究, 日本鋼構造協会鋼構造論文集第13巻第49号, pp.51 - 58, 2006.3.
- 5) 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, 土木学会構第64回年次学術講演会, 2009.9.

- 6) 山崎, 高久, 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, 土木学会構第 64 回年次学術講演会, 2009.9.
- 7) 山崎, 今井, 他: 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, 土木学会構第 65 回年次学術講演会, 2010.9.
- 8) 石山, 陳, 他: LENS 型せん断パネルダンパーの損傷度評価, 土木学会構第 65 回年次学術講演会, 2010.9.
- 9) 山崎, 高久, 他: LENS 型せん断パネルダンパーの寸法効果, 土木学会構第 66 回年次学術講演会, 2011.9.
- 10) 山崎, 笠井, 他: 繰返し応力を受ける鋼材の曲線履歴型モデル その 1, 日本建築学会大会学術梗概集, 2005.9.

Summary Seismic safety of buildings against long-period seismic ground motions and ground motions that last for a long time has been in great social demand since the occurrence of The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake. Newly built buildings have sufficient strength because they are designed using revised seismic design methods (1986). They are, however, not adequately guaranteed against deformation. No existing buildings can resist the seismic ground motions currently assumed in terms of strength or deformation capacity. A way of providing buildings with strength and deformation capacity to enhance their seismic performance is the seismic response control method. The authors tried to develop a lens-shaped shear panel damper that uses low yield strength steel and is resistant to repetitive loading. We successfully enhanced the performance against cyclic deformation and delayed the replacement of damaged dampers by processing the center of the panel in the shape of a concave lens. This paper outlines the damper, and verifies the (i) structural design model, (ii) application of similarity law according to the various size of damper and (iii) evaluation of the degree of deterioration and damage for the damper that was constructed based on the results of structural performance tests and tests for verifying the effects of damper size.

Key Words : *Seismic Response Control, Low Yield Strength Steel, Shear Panel, Concave Type Lens, Scaling Relations*