

# Y形ブレースダンパー付き鉄骨架構の性能確認実大実験

時野谷 浩 良      鈴 井 康 正  
高 橋 泰 彦

## Full -scale Tests on Steel-frame Structure with Y-shaped Brace Damper under Transverse Load

Hiroyoshi Tokinoya    Yasumasa Suzui  
Yasuhiko Takahashi

### Abstract

The structural performance of the Y-shaped Brace Dampers applied to a twenty-one-story steel-frame building has been verified by a full-scale test. The test results have shown that the Y-shaped Brace Dampers have ductility and energy absorption capacity that achieve the design requirement. The constraint that connecting elements caused to the shear-panels had little influence on their strength and energy absorption capacity. We also surveyed the enhancement of shear-panel strength from the literatures, and thus confirmed that the strength could be estimated by width-thickness ratio and yield-point strength of the web portion, even though shear-panels were rectangular. Flanges with large section areas enhanced shear-panel strength.

### 概 要

21階建て鉄骨造建物に適用するY形ブレースダンパーを、1層1スパン分の実大平面骨組み架構に組み込み、その性能を実験的に検討した。この結果、Y形ブレースダンパーは設計要求以上の変形・エネルギー吸収性能を有することや、周辺部材からの拘束によるせん断パネル耐力およびエネルギー吸収性能への影響はないことを確認した。また、既往のせん断パネル単体の実験結果を交えて、せん断パネルの耐力上昇について検討した。この結果、最大耐力は、パネル形状が長方形の場合も含めてウェブの幅厚比と降伏点強度から推定できることや、ウェブに比して過大なフランジは耐力上昇の一因となるので、周辺部材の設計には注意を要することが分かった。

### 1. はじめに

ノースリッジ地震(1994年)や兵庫県南部地震(1995年)以降、建物架構内に地震エネルギーの大部分を吸収する制震デバイスを組み込むことにより、主要な架構の損傷を回避するという設計法が実物件に数多く適用されるようになってきた。

当社では、薄鋼板のせん断応力下における優れた履歴性状に着目したY形ブレースダンパー (Fig. 1参照) を早くから考案し<sup>1)</sup>、使用実績を重ねてきた<sup>2)</sup>。

Y形ブレースダンパーは、ダンパー機能だけでなくブレース架構としても機能し、建物の剛性と耐力を効率よく向上させることができる。しかも、ダンパーとフレームの剛性比やダンパーの降伏荷重レベルの調節は、せん断パネル部の特性(形状・寸法や鋼種)により比較的自由にでき、損傷制御設計への適用性も高い耐震要素であ

る。

せん断パネルの履歴特性に関する研究動向を見ると、降伏点が235N/mm<sup>2</sup>級の低降伏点鋼や100N/mm<sup>2</sup>級の極低降伏点鋼の出現以後に、履歴ダンパーへの応用を目指した研究事例が増加している。これらの研究の主対象は、Y形ブレースダンパーと同様にH形断面部材のウェブ部分をせん断降伏させる形態のものであり、ウェブの見付け形状が正方形の場合の履歴性状は、ウェブの幅厚比と密接に関連していることが鋼種に関わらず明らかにされて

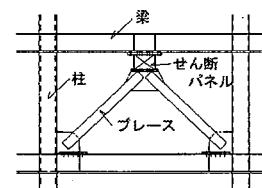


Fig.1 Y形ブレースダンパー  
Y-shaped Brace Damper

いる。一方、建物特性や要求性能によっては、せん断パネルウェブの見付け形状は横長もしくは縦長の長方形となる場合が多く、さらに座屈防止用のスチフナを多段・多列に配置し、しかもスチフナで囲われた部分（ユニット）も長方形となる場合もある。

既往の研究は、せん断パネル単体に対する載荷実験に基づくものが主であり、架構に組み込まれ部材軸方向の拘束を受けた状態での挙動を確認した事例は少ない。また、長方形せん断パネルに関する実験データの蓄積は十分とは言えない。

このような観点から、本研究では21階建鉄骨造建築物（Nビル）に適用される長方形せん断パネルを有するY形ブレースダンパーの設計性能について、1層1スパン分の周辺部材も含めた実大の試験体を用いて静的加力実験により確認した。

実験では主に以下の項目について調査する。

- 1) 設計で定めた範囲内での履歴性状の安定性
- 2) せん断パネルの耐力上昇
- 2) については、既往のせん断パネル単体の実験結果も交えて考察する。

## 2. Nビルにおけるせん断パネルの要求性能

Y形ブレースダンパーの配置例をFig. 2に示す。せん断パネルは柱に取り付いており、通常の梁に取り付く場合と比べて周辺部材からの拘束が強い。鉛直方向の寸法Hは負担せん断力に応じて大きくなり、下層・中層階では縦長の長方形、上層階では横長の長方形となっている。せん断パネルウェブには低降伏点鋼（KLY235：神戸製鋼所製）を使用している。スチフナはユニットの長辺に関する幅厚比が50以下となるように配置されている。耐震設計におけるせん断パネルの設計クライテリアは、せん断パネル単体実験<sup>3)</sup>に基づき、最大応答せん断変形角を5/100以下、せん断変形角に関する片側の累積塑性変形倍率を400以下としている。これに対して応答解析結果をもとに、せん断パネルの要求性能は、

- 1) 累積塑性変形倍率  $\eta$  が正・負荷重側それぞれに400以上の変形・エネルギー吸収性能を有すること

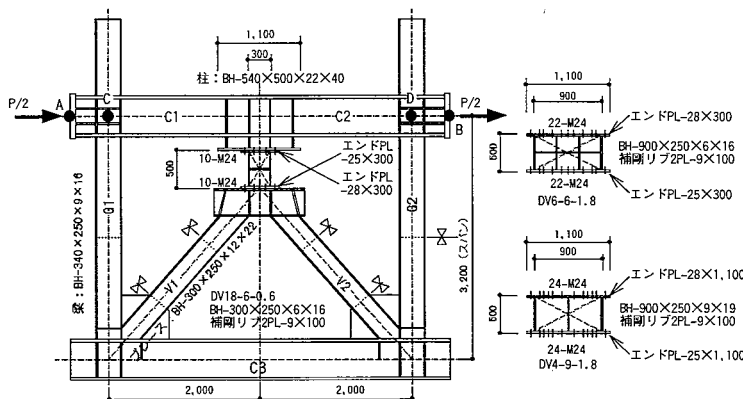


Fig. 3 試験体形状・寸法と加力方法の概要  
Detail of Specimens and Loading Direction

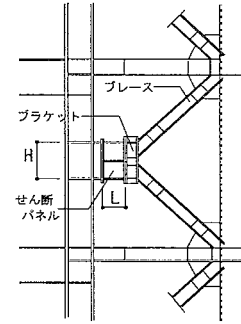


Fig.2 Nビルのダンパー配置例  
Dumper Elements Set-up in N-Building

- 2)  $\eta$  が400に達するまで履歴ループは安定であることとしている。

## 3. 実験概要

### 3.1 試験体

試験体の形状・寸法および加力の概念図をFig. 3に、使用鋼材の機械的性質をTable. 1に示す。試験体は建物の1層1スパン分をモデル化したもので、寸法・サイズは実大である。

実験のパラメータはせん断パネルの形状・寸法であり、Table. 2に示すように、建物の4階～5階用（DV4-9-1.8）、6階～8階用（DV6-6-1.8）および18階～20階用（DV18-6-0.6）のもの3体である。せん断パネル以外の部材（周辺部材）は、これら3つのせん断パネルの加力で共用し、サイズは4階～5階用に合わせている。したがって、18階～20階用および6階～8階のせん断パネルは、実状よりも周辺部材からの拘束が強い状態にある。各せん断パネルについて所要の加力を終了後にせん断パネルのみを入れ換えるので、周辺部材は後述するような想定大地震時の変位振幅履歴を3回以上経験することになる。

### 3.2 加力方法

加力中の状況をPhoto 1に示す。Fig. 3に示したように、実建物を時計回りに90度回転させた状態で試験体を反力床上に設置し、部材C 3を反力床に固定する。部材G1, G2の脚部の境界条件は固定である。地震力に相当する水平力Pを图中的A点とB点へP/2ずつアクチュエータで均等に載荷させる。

荷重はせん断パネルのせん断変形角  $\gamma$  を制御目標とし、Fig. 4に示すパターンで載荷する。載荷パターンAは最大で  $\gamma = 6\%$  まで載荷するもので、設計クライテリアを満足する変位振幅を含むものである。このパターンは1体目と2体目のせん断パネル（DV18-6-0.6とDV6-6-1.8）に適用する。3体目のせん断パネル（DV4-9-1.8）では、大変形時の性状把握のためパターンAの後さらに  $\gamma = 7\%$  のサイクルを経て、 $\gamma = 15\%$  まで正方向に漸増載荷する。

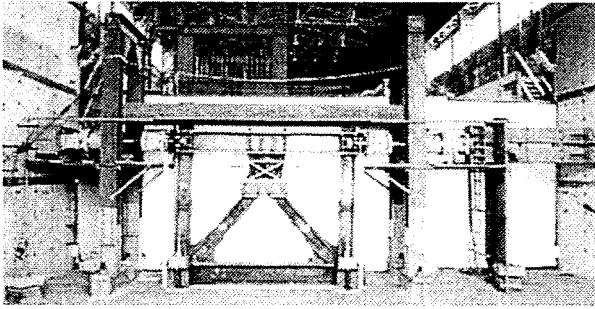


Photo 1 実験状況  
Loading State

Table 2 せん断パネル一覧  
List of Shear Panel

名称	形状 (mm)			鋼種	ウェーブ		載荷パターン
	H	L	H/L		幅厚比-1*	幅厚比-2*	
DV18-6-0.6	300		0.6	KLY235	37	45	A
DV6-6-1.8	900	500	1.8		37	47	A
DV4-9-1.8	900		1.8		48	50	B

\*: 幅厚比-1は短辺に対する値を、幅厚比-2は長辺に対する値を示す。

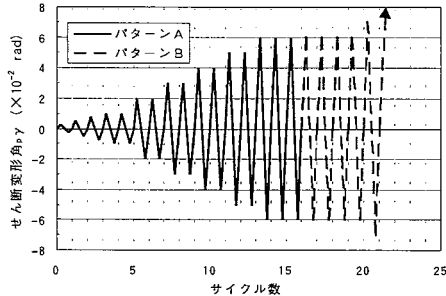
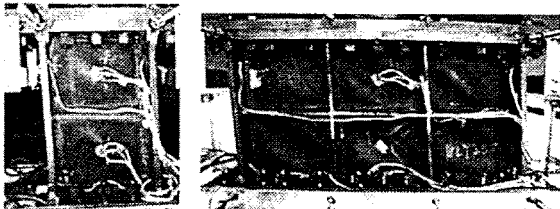
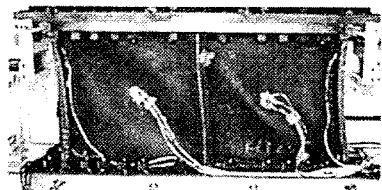


Fig. 4 載荷パターン  
Loading Rule



(a) DV18-6-0.6 (b) DV6-6-1.8



(c) DV4-9-1.8

Photo 2 せん断パネルの最終損傷状況  
(載荷パターンA終了時)

Ultimate State of Shear Panels

#### 4. 実験結果と考察

##### 4.1 破壊状況と履歴性状

主要な実験結果をTable. 3とTable. 4に示す。せん断パネルのせん断応力度 $\sigma_\tau$ —せん断変形角 $\rho_\gamma$ 関係、および架構全体の荷重P—水平変形角R関係をFig. 5に示す。

Table 1 鋼材の機械的性質  
Mechanical Properties of Steel Material

鋼種	主な使用部位	公称厚 (mm)	試験結果				
			降伏点 又は耐力 (N/mm <sup>2</sup> )	降伏 ひずみ (%)	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	降伏比 (%)	伸び (%)
KLY235	せん断パネルのウェーブ	6	223	1084	339	66	43.8
		9	243*	1181	325*	75	48.6
		9	381*	1851	557	68	22.8
SN490B	梁ウェーブ	12	357	1735	534	67	26.8
	ブレースウェーブ	16	349*	1696	551	63	27.7
	せん断パネルのフランジ	19	339*	1647	535	63	29.6
	せん断パネルのフランジ	22	326*	1584	529	62	27.7
	せん断パネルの エンドPL	25	337*	1638	529	64	30.4
SN400B	せん断パネルのウェーブ スチフナ	28	327*	1589	526	62	31.0
		9	324	1574	472	69	26.2

\*: 0.2% off-set耐力を示す

Table 3 主要現象発生時変位  
Deformation at Typical Phenomena Occurring

せん断 パネル 名称	変形状況		主な現象	
	せん断変形角 $\rho_\gamma$	水平変形角 R	せん断パネル	周辺部材
DV18-6-0.6	1/909	1/4545	ウェーブせん断降伏	-----
	1/31	1/211	ウェーブせん断座屈	鉛直部材曲げ降伏
	1/17	1/115	最大耐力	-----
DV6-6-1.8	1/990	1/2632	ウェーブせん断降伏	-----
	1/25	1/157	ウェーブせん断座屈	-----
	1/17	1/114	-----	鉛直部材曲げ降伏
	1/16	1/109	最大耐力	-----
DV4-9-1.8	1/515	1/1333	ウェーブせん断降伏	-----
	1/31	1/183	ウェーブせん断座屈	-----
	1/20	1/125	-----	鉛直部材曲げ降伏
	1/17	1/106	最大耐力	-----
	1/22	1/139	ウェーブ亀裂	-----

Table 4 主要現象発生時荷重  
Load at Typical Phenomena Occurring

せん断 パネル 名称	せん断パネル						周辺部材		せん断パネル	
	実験値		計算値		計算値		梁		累積塑性 変形倍率	
	降伏	座屈	最大	降伏	座屈	最大	降伏	曲げ降伏	$\rho\eta^+$	$\rho\eta^-$
DV18-6-0.6	0.86	18.6	3.53	116	4.38	151	1.31	116	398	430
DV6-6-1.8	0.89	57.8	2.46	200	2.70	224	1.31	205	453	487
DV4-9-1.8	0.99	97.3	1.92	214	2.05	240	1.43	232	421	453

$\rho_\tau$ : せん断パネルウェーブの平均せん断応力度 P: 載荷荷重  
 $\rho\eta^{+(-)} = \sum \rho_\gamma^{+(-)} / \rho_\gamma$  — Aパターン載荷終了時の累積塑性変形倍率  
 $c_\gamma$ : ウェーブのせん断降伏時変形角計算値  $\rho_\gamma^{+(-)}$ : (正) 荷重時の塑性変形角

また、せん断パネルの最終損傷状況をPhoto 2に示す。

せん断パネルの負担せん断力は、Fig. 3に示すC1とC2部材の軸力の軸力差から算出した。これらの軸力は、軸方向に貼り付けた1軸ひずみゲージの測定値から算出した。せん断パネルのせん断応力度 $\rho_\tau$ は、せん断パネルの負担せん断力をウェーブの断面積で除した値であり、フランジの負担せん断力も含むものである。架構全体の水平変形角Rは、Fig. 3中のC、D点における水平変位の平均値を架構のスパン (=3,200 mm) で除した値である。せん断パネルウェーブの降伏は、リブで囲われたユニットの中央部に貼り付けた3軸ひずみゲージにて判定した。

せん断パネルの破壊状況の進行は次の通りであった。初期にウェーブのせん断降伏を経て、 $\rho_\gamma$ が3~4%程度でウェーブにせん断座屈が発生し、その後履歴ループに緩やかなスリップ性状が見られた。しかし、パターンAの載荷中に亀裂は発生せず、履歴性状は紡錘型で非常に安定したものであった。パターンBで載荷したDV4-9-1.8では、 $\rho_\gamma=6\%$ の第4サイクル中にウェーブに亀裂が発生し、第6サイクル中にこの亀裂は貫通した。亀裂貫通後は、履歴ループのスリップ性状がより顕著となるが、除荷点における荷重の低下は緩やかであった。

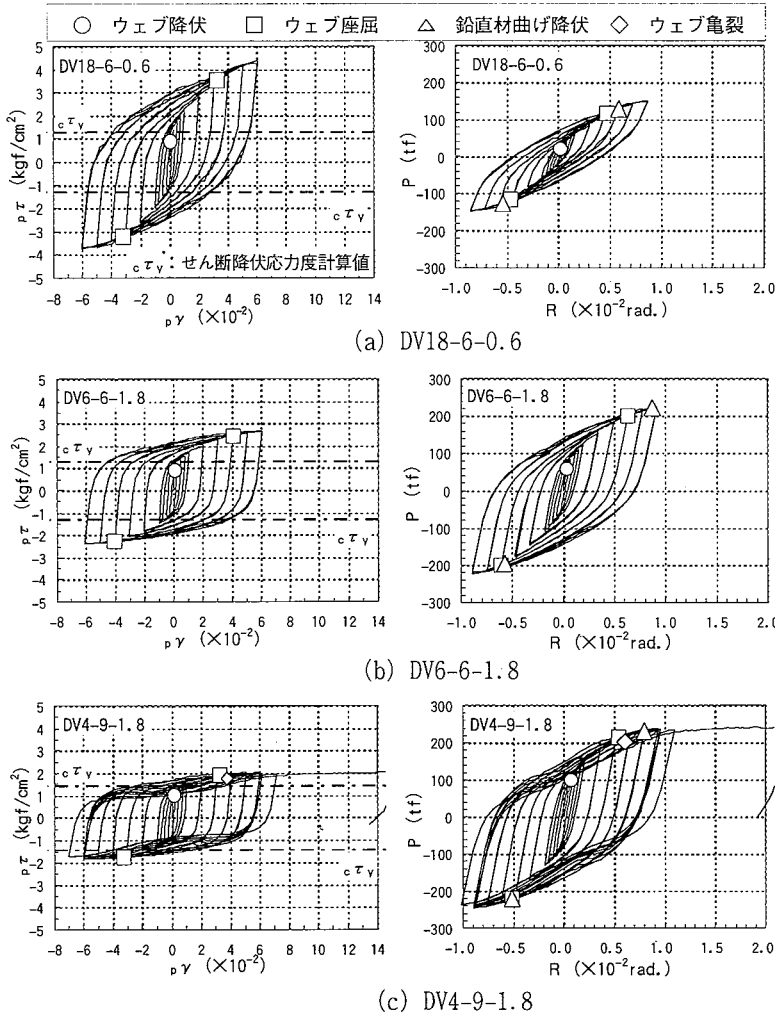


Fig.5 荷重-変位関係  
Load vs. Deformation Relationships

周辺部材は想定大地震3回分以上の入力を経験したが、梁 (Fig.3中のG1, G2部材) の材端での曲げ降伏以外に顕著な損傷は認められなかった。

4.2 セン断パネルの変形性能とエネルギー吸収性能

(1)式、(2)式で示すように、せん断パネルのせん断応力度-せん断変形角関係曲線から算出される、2種類の累積塑性変形倍率 $\eta$ と $\epsilon\eta$ で考察する。

$$\begin{aligned} \eta^+ &= \sum p\gamma^+ / c\tau_y \\ \eta^- &= \sum p\gamma^- / c\tau_y \end{aligned} \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$\begin{aligned} \epsilon\eta^+ &= \sum E_p^+ / (c\tau_y \cdot c\gamma_y) \\ \epsilon\eta^- &= \sum E_p^- / (c\tau_y \cdot c\gamma_y) \end{aligned} \quad \dots\dots\dots(2)$$

$p\gamma^{+(-)}$ : 正(負)荷重時の塑性変形角  
 $c\tau_y$ : パネルウェブのせん断降伏時せん断変形角計算値  
 $E_p^{+(-)}$ : 正(負)荷重時の履歴ループ面積  
 これらの内、 $\epsilon\eta$ は履歴ループ面積の累積値 $\sum E_p$ をせん断パネルの弾性ひずみエネルギーで規準化したもので、塑性変形による吸収エネルギーが等価となる完全弾塑性復元力モデルにおける $\eta$ に等値となる<sup>4)</sup>。

Fig. 6に、 $\eta$ と $\epsilon\eta$ の関係を示す。いずれのせん断パネルも $\eta$ と $\epsilon\eta$ の両方が400を上回っており、設計上の要求性能を満たしていることが確認できる。また、大変形まで荷重したDV4-9-1.8では、せん断パネルウェブに亀裂が発生した時の累積塑性変形倍率は、 $\eta^+=541$ 、 $\epsilon\eta^+=571$ であり、設計クライテリアに対して十分に余裕がある。

ここで、 $\eta - \epsilon\eta$ 関係曲線の勾配に着目する。この勾配は塑性変形の増分に対する吸収エネルギーの増加割合であり、エネルギーの吸収効率に相当する。 $\eta$ が200程度までの比較的初期の領域では、せん断パネルの塑性化の進行にしたがいエネルギーの吸収効率は上昇する。上昇傾向はウェブの座屈で頭打ちとなるが、その後はほぼ一定となる。大変形まで荷重したDV4-9-1.8では亀裂の発生によりエネルギー吸収効率は徐々に低下していく。しかしこれらの変化は緩やかで、エネルギー吸収効率の面から見ても履歴性状は安定である。

4.3 セン断パネルの軸方向挙動

せん断パネルの作用軸力 $pN$ -せん断変形角 $p\gamma$ 関係をFig. 7に示す。3体とも $pN$ は引張荷重で、変位振幅が大きくなるに従い $pN$ の値は大きくなる。パターンA 荷重中での最大引張軸力は、DV4-9-1.8の場合が最も大きく $pN=52tf$ である。この引張軸力のP- $\Delta$ 効果による付加せん断力 $\Delta Q$ は、最大引張軸力発生時の変形を $p\gamma=0.06$ とすると、 $\Delta Q=0.06 \times pN=3.1tf$ となる。この値は最大負担せん断力 $Q_{max}=159tf$ の2%である。他の2体でもこの比率は0.85%である。3体の比率の大小関係は、周辺架構からの拘束度合いから定性的に予想されるものと逆であるが、比率は小さく、P- $\Delta$ 効果の影響は小さいと言える。

4.4 単体実験との比較

$p\tau - p\gamma$ 関係およびウェブ破断時の累積塑性変形倍率 $\epsilon\eta$ について、鋼種や幅厚比が本実験と同等のせん断パネルの単体実験<sup>5)</sup>と比較することで、周辺部材からの拘束の影響を検討する。

Fig. 8に $p\tau - p\gamma$ 関係を骨格曲線で比較して示す。これらの曲線は弾性限応力と弾性限変形で規準化している。DV18-6-0.6は単体実験と比べて耐力の上昇率が高い。

Table 5に、耐力上昇率 $\phi$  ( $= p\tau_{max} / c\tau_y$ ,  $p\tau_{max}$ : 最大耐力実験値,  $c\tau_y$ : 降伏耐力計算値), 両側フランジ断面積 $A_f$ , ウェブ断面積 $A_w$ の関係を示す。DV18-6-0.6は、ウェブに対するフランジ面積の比率 $A_f/A_w$ が他と比べて高く、4.3節と考え合わせると、フランジがせん断耐力に寄与する比率が高いため、DV18-6-0.6の耐力上昇が大きくなったと考察できる。

Fig.9にDV4-9-1.8のウェブ破断時の累積塑性変形倍率  $\epsilon_p$  を示す。DV4-9-1.8とLY235・50-Cの  $\epsilon_p$  は同等であり、エネルギー吸収性能に関しても、周辺部材からの拘束の影響は見られない。

4.5 せん断パネルの最大耐力

せん断パネルの最大耐力の大きさは応答に影響する。また、周辺部材の設計上も重要な情報である。ここでは、既往の文献<sup>6)</sup>から実験結果を広く収集・整理し(試験体数=80)、耐力上昇率  $\phi$  について検討する。収集した80体の試験体の内訳は、リブもしくはフランジで囲われたウェブ部(最小ユニット)の形状で見ると、正方形が62体、長方形(辺長比が1.25を越えるもの)が18体である。辺長比は最大で2.2である。ウェブの鋼種で見ると、LYP100級が41体、LYP235級が28体、SS400が8体、SM490が3体である。試験体の過半はせん断パネル単体の実験で、モーメント分布が上下逆対称で部材軸方向の伸縮は無拘束となる状態で加力したものである。架構に

Table 5 耐力上昇率とフランジ面積

せん断パネル	耐力上昇率 $\phi$	面積比 $A_f/A_w$	$\alpha'$	備考
DV18-6-0.6	3.33	0.83	1.34	本実験
DV6-6-1.8	2.06	0.61	1.38	
DV4-9-1.8	1.43	0.55	1.67	
LY235・50-C	1.61	0.57	1.62	単体 <sup>5)</sup>

【記号】  $\phi$   $p_{max}/c\tau_y$ ,  $A_f$  両側フランジの面積,  $A_w$  ウェブの面積  
 $\alpha'$  最小ユニットの一般化幅厚比で(3)式を参照

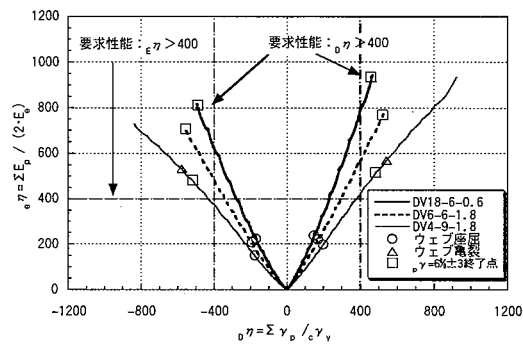


Fig.6  $\delta_p$  -  $\epsilon_p$  関係  
 $\delta_p$  vs.  $\epsilon_p$  Relationships

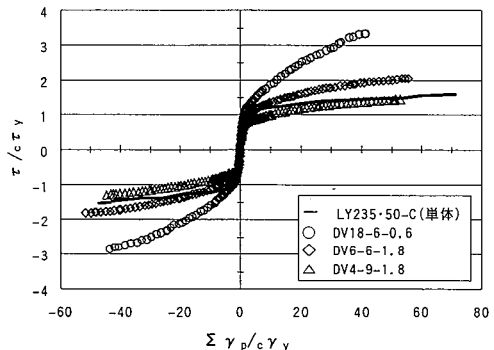


Fig.8 荷重-変位関係の比較  
 Comparison of Load - Deformation Curve

組み込んだ実験も4体<sup>7),8)</sup>含んでいる。また、正負交番漸増繰返し載荷された試験体のみを抽出した。

Fig.10に  $\phi$  - 平均一般化幅厚比  $\alpha'$  の関係を示す。ここで、 $\alpha'$  は(3)式で定義するもので、最小ユニットの一般化幅厚比を意味する。ユニットが長方形の場合にはその長辺と短辺の平均値に関する一般化幅厚比となる。

$$\alpha' = (D/t) \cdot \sqrt{\sigma_{wy} / E} \quad \dots\dots\dots(3)$$

ここで、 $D=(a+b)/2$ ,  $a$ : 最小ユニットの長辺長さ,  $b$ : 最小ユニットの短辺長さ,  $\sigma_{wy}$ : ウェブの降伏点強度,  $E$ : 鋼材のヤング係数で2100 tf/cm<sup>2</sup>

図中には、リブなしで正方形のウェブを有するせん断パネル単体の加力実験から導いた耐力上昇率評価式<sup>5)</sup>を併記する((4)式)。

$$\phi = \frac{1.02}{\alpha' - 0.26} + 0.6 \quad \dots\dots\dots(4)$$

Fig.10から、既往の評価式(4)式は実験値の下限に対応することが分かる。実験値のばらつきは正方形の場合でも大きく、長方形を含めてその上限を概略包絡する曲線は(5)式で表せる。本実験の内、DV18-6-0.6は上限に、DV4-9-1.8は下限に位置する。

$$\phi = \frac{3.00}{\alpha' - 0.18} + 0.6 \quad \dots\dots\dots(5)$$

ここで、4.4節で述べたフランジの影響を見るため

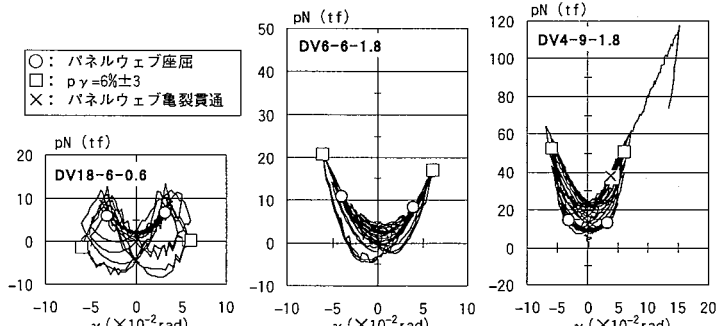


Fig.7 せん断パネル負担軸力  $p_N$  - せん断変形角  $\delta_p$  関係  
 Axial Force of Shear Panel vs. Shear Deformation Angle Relationships

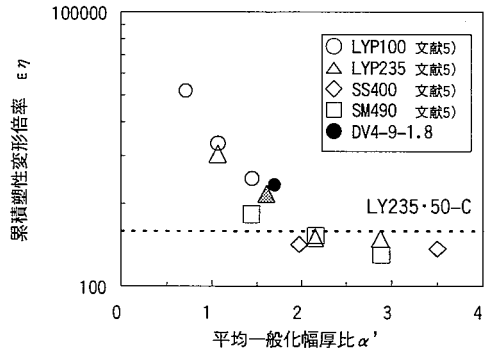


Fig.9 累積塑性変形倍率  $\epsilon_p$  の比較  
 Comparison of Accumulated Plastic Deformation

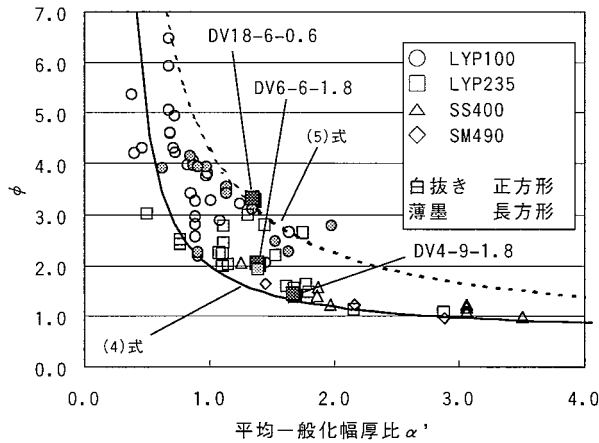


Fig.10  $\phi - \alpha'$  関係  
 $\phi$  vs.  $\alpha'$  Relationships

に、フランジとウェブの面積比( $A_f/A_w$ )をウェブ鋼材の降伏比( $\sigma_{wy}/\sigma_{wb}$ )で除した値と、 $\phi$ との関係をFig.11に示した。LYP235では右上がりの傾向があり、フランジ面積が大きいほど $\phi$ が大きくなっており、4.4節での考察の妥当性が確認できる。一方、LYP100ではこの傾向が見られない。

### 5. まとめ

N ビルに適用するY形ブレースダンパーを、1層1スパン分の実大平面骨組み架構に組み込み、その性能を実験的に検討した。併せて、既往のせん断パネル単体の実験結果を交えて、せん断パネルの耐力上昇について検討した。検討の結果、得られた主な結論を以下に示す。

(1) せん断パネルは設計時の要求値以上の変形・エネルギー吸収性能を有し、周辺部材にも顕著な損傷が見られなかったことから、N ビルに適用するY形ブレースダンパーの現設計は妥当である。

(2) NビルのY形ブレースでは、周辺部材からの拘束による、せん断パネル耐力およびエネルギー吸収性能への影響はない。

(3) せん断パネルの最大耐力は、パネル形状が長方形の場合も含めてウェブの幅厚比と降伏点強度から推定できる。

(4) せん断パネルのウェブに比して過大なフランジは耐力上昇の一因となるので、周辺部材の設計には注意を要する。

### 謝 辞

貴重な助言や資料の提供を頂いた(株)日建設計大阪本社多賀謙蔵室長、陶器浩一主管に感謝の意を表します。

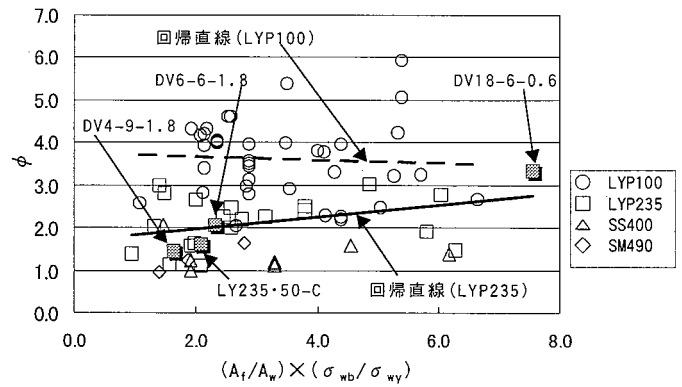


Fig.11 フランジの影響  
Flange Affection on  $\phi$

### 参考文献

- 1) 高橋, 竹本, 他: 鉄骨ブレース付きラーメンの実験的研究(その3)、日本建築学会大会梗概集、pp.1389-1390、(1972.10)
- 2) 高橋, 田中: 偏心ブレースを利用した履歴減衰型制震ダンパーの実用化、鋼構造論文集、第4巻第14号、pp.39-52、(1997.6)
- 3) 近藤, 他: 低降伏点鋼を用いた薄鋼板せん断パネルの復元力特性に関する実験的研究、日本建築学会学術講演梗概集C-I、pp.781-782、(1999.9)
- 4) 建築研究所, 鋼材倶楽部: 鋼構造物のための標準試験方法と評価基準の提案(標準化研究会研究報告書)、pp.83-87、(1994.12)
- 5) 高橋, 品部: せん断降伏型薄鋼板の復元力特性に関する実験的研究、日本建築学会構造系論文集、No.494、pp.107-114、(1997.4)
- 6) 例えば, 山岸, 他: せん断降伏型制震パネルの構造特性 その1~3、日本建築学会大会学術講演梗概集C-I、pp.779-784、(1998.9)
- 7) 鈴井, 高橋: せん断降伏型耐震要素が組み込まれた架構の構造性能に関する実験的研究、日本建築学会大会学術講演梗概集C-I、pp.823-824、(1998.9)
- 8) 時野谷, 鈴井, 他: せん断降伏型履歴ダンパーとオイルダンパーを並列配置した架構の動的実験 その1~2、日本建築学会大会学術講演梗概集C-I、pp.873-876、(1999.9)