

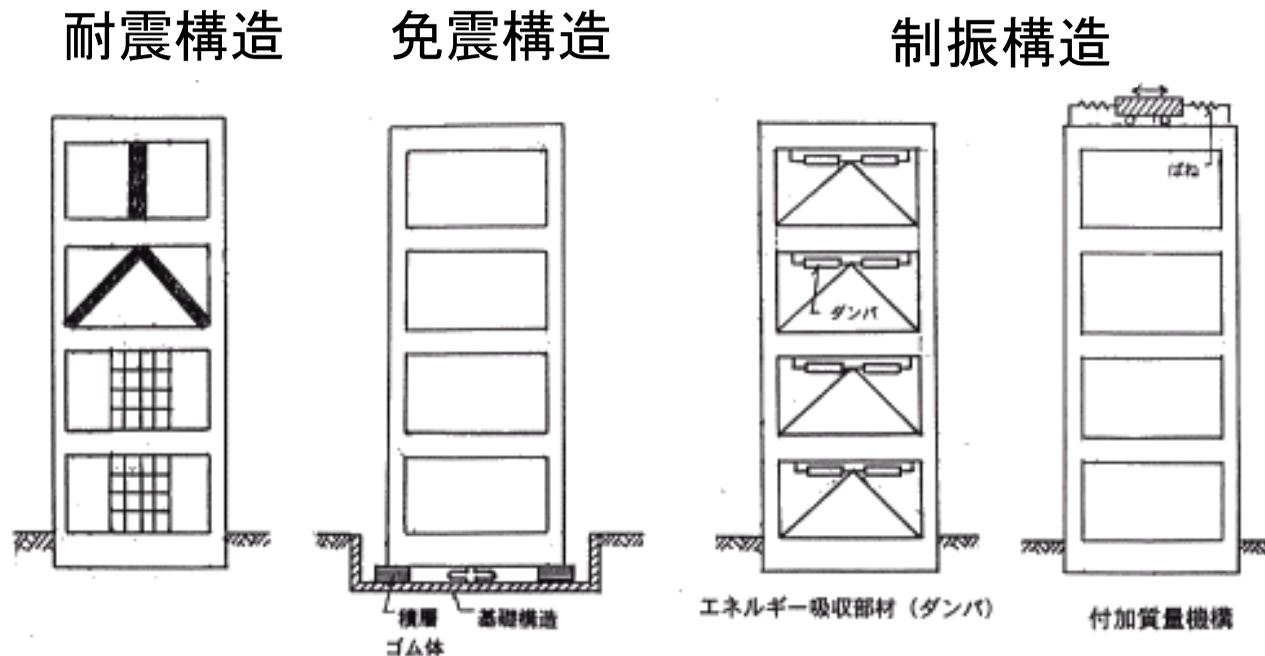
JST新技術説明会  
2021年11月2日(オンライン)

# 制振性能・生産性を同時に高めた 戸建住宅用ダンパーの開発と商品化

東京工業大学 未来産業技術研究所・特任教授  
笠井 和彦

名城大学 理工学部建築学科・准教授  
松田 和浩

# 耐震、制振、免震について

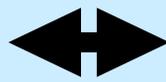


**免震構造** 地振動が建物に伝達されないよう**基礎から分離、絶縁する。**

**制振構造** 建物に注入される地震エネルギーが**建物の運動エネルギー**となることを防ぐ。つまり、建物の階または頂部に**ダンパー**を設置し、地震エネルギーを**消散**させ、建物の**振動と被害を消去低減**させる。

**耐震構造** **柱、梁、壁**などの構造部材が**損傷**しながら地震エネルギーを**消散**する。

地震



国民の  
戸建建

**木造住宅**

- ・耐震診断士の
- ・補助 ≤ 540万
- ・融資 ≤ 400万

**低い改修**

- ・不適格15万戸

**兵庫県南部地**

- ・神戸市灘区全

**横浜市内の**

- ・総数 44万戸

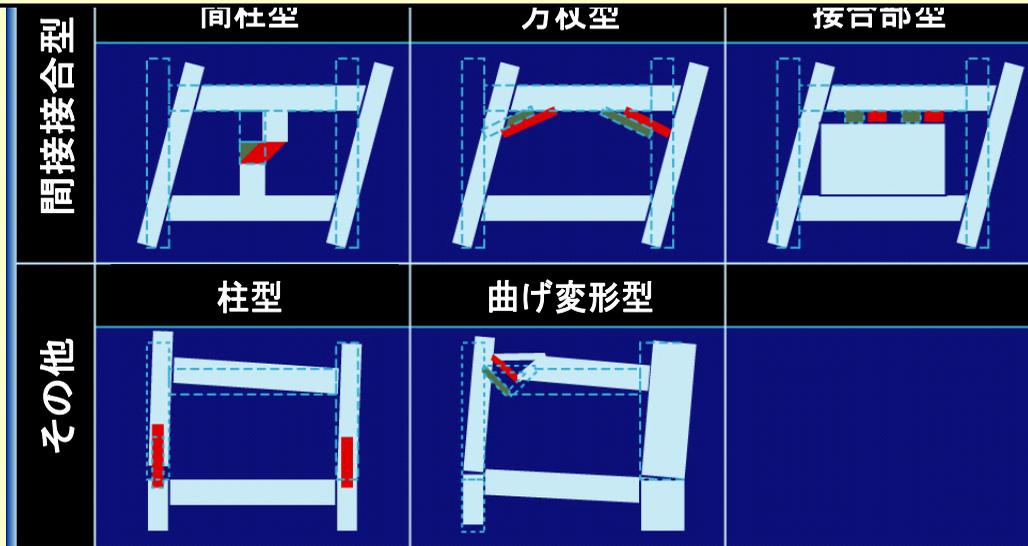
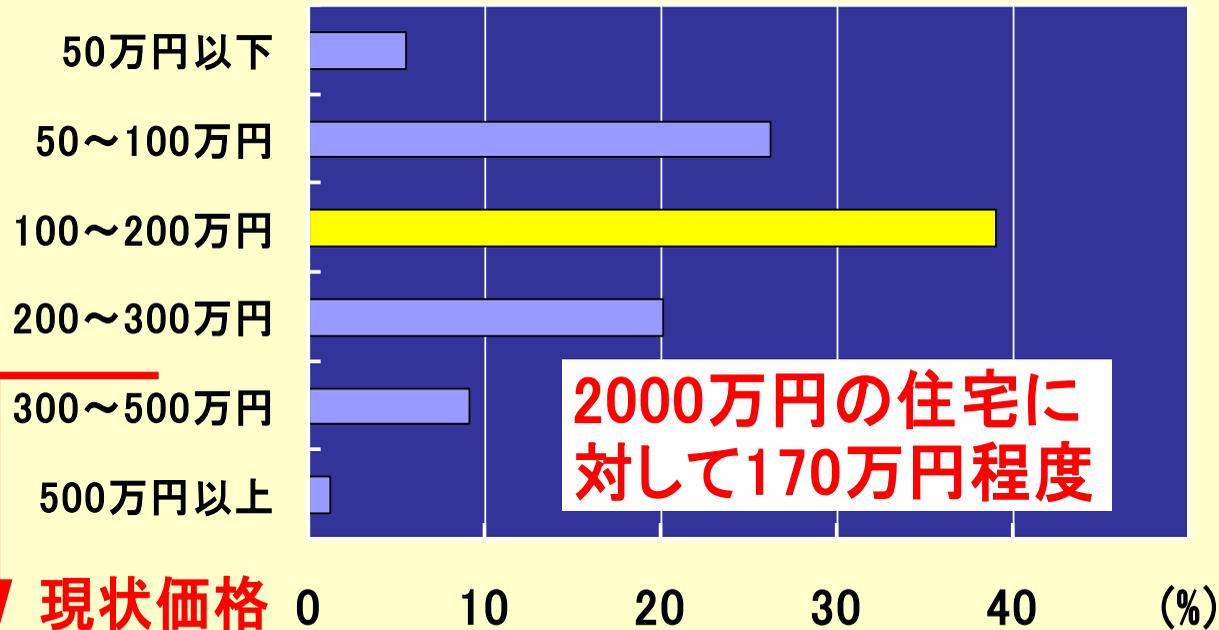
S56以前 24万戸

- ・「大地震の際に」と診断 36%

安全性への意識の低さと  
耐震補強メニューの少なさ

施工性がよく、安価で、  
高性能な補強工法の提案

**住宅オーナーの希望価格(免震に対して)**  
建築研究所による調査, 平成8年



## 従来技術の問題点

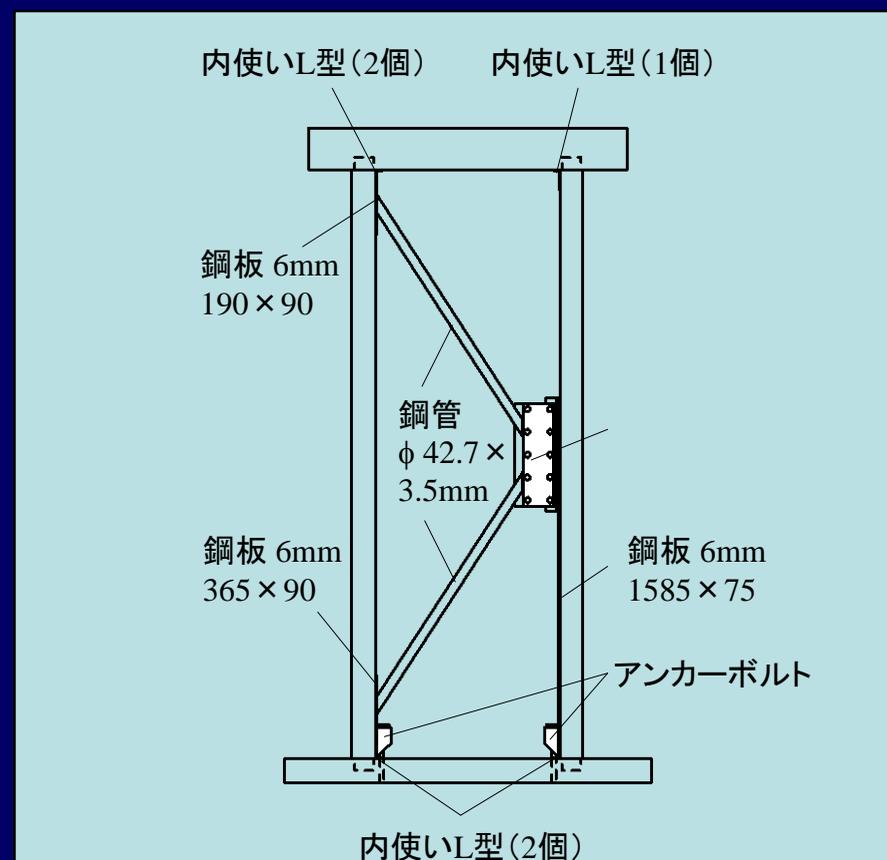
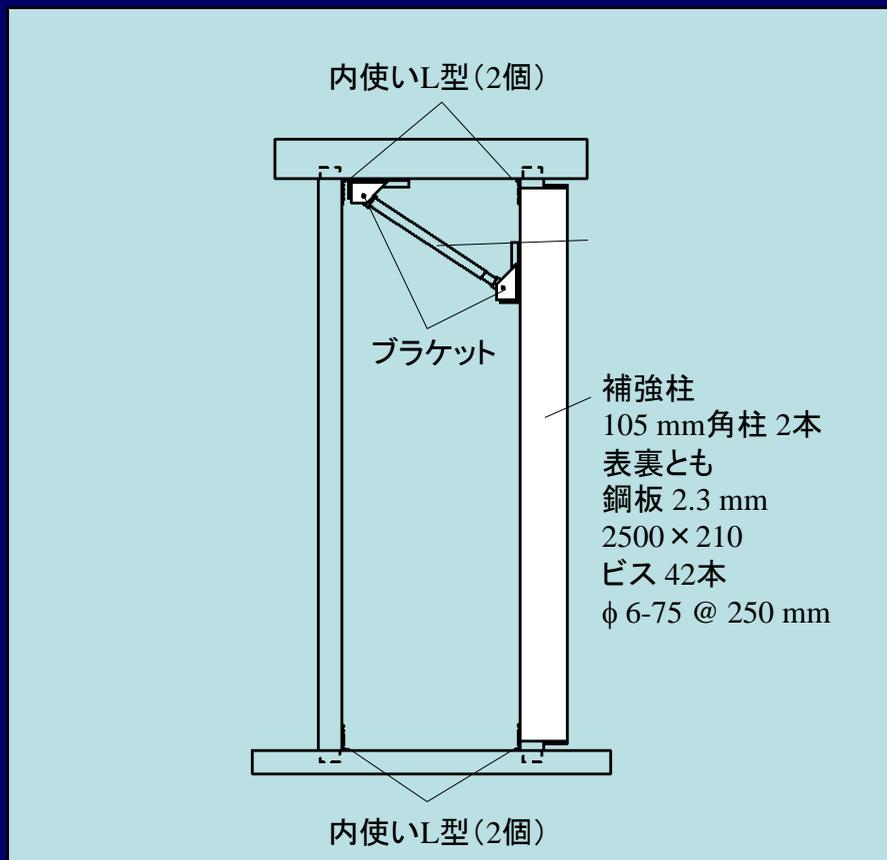
新築・既築の戸建住宅を地震から守るため、制振技術が最近盛んに導入されている。ただし、**制振部材(ダンパー)**に不備があったり、**ダンパー・取付部材・接合部・柱・梁のバランスが悪い**ことによる「**効かない制振**」も存在する。

**標準的な試験方法が未だ無い**ため**制振技術の評価法が極めて曖昧な状況**であること、**制振という学問自体がまだ発展途上にある**ため**一般技術者に適切な知識が備わっていない**ことなどが原因である。

## これまでの実績

### 方杖型：特許4139900

### K-ブレース型：特許4139901



- ・木造建物・軽量鉄骨建物の**新設**及び**既存**に適用できる。
- ・**簡便**で**比較的安価**な金具で**大きな制振効果**が得られる。
- ・**2種の壁構造からの選択**で開口部にも使用できる。

## K-ブレース型を2社が商品化

### ライセンス条件

**形態:** 非独占的通常実施権許諾

**実施料:** 契約時一時金および

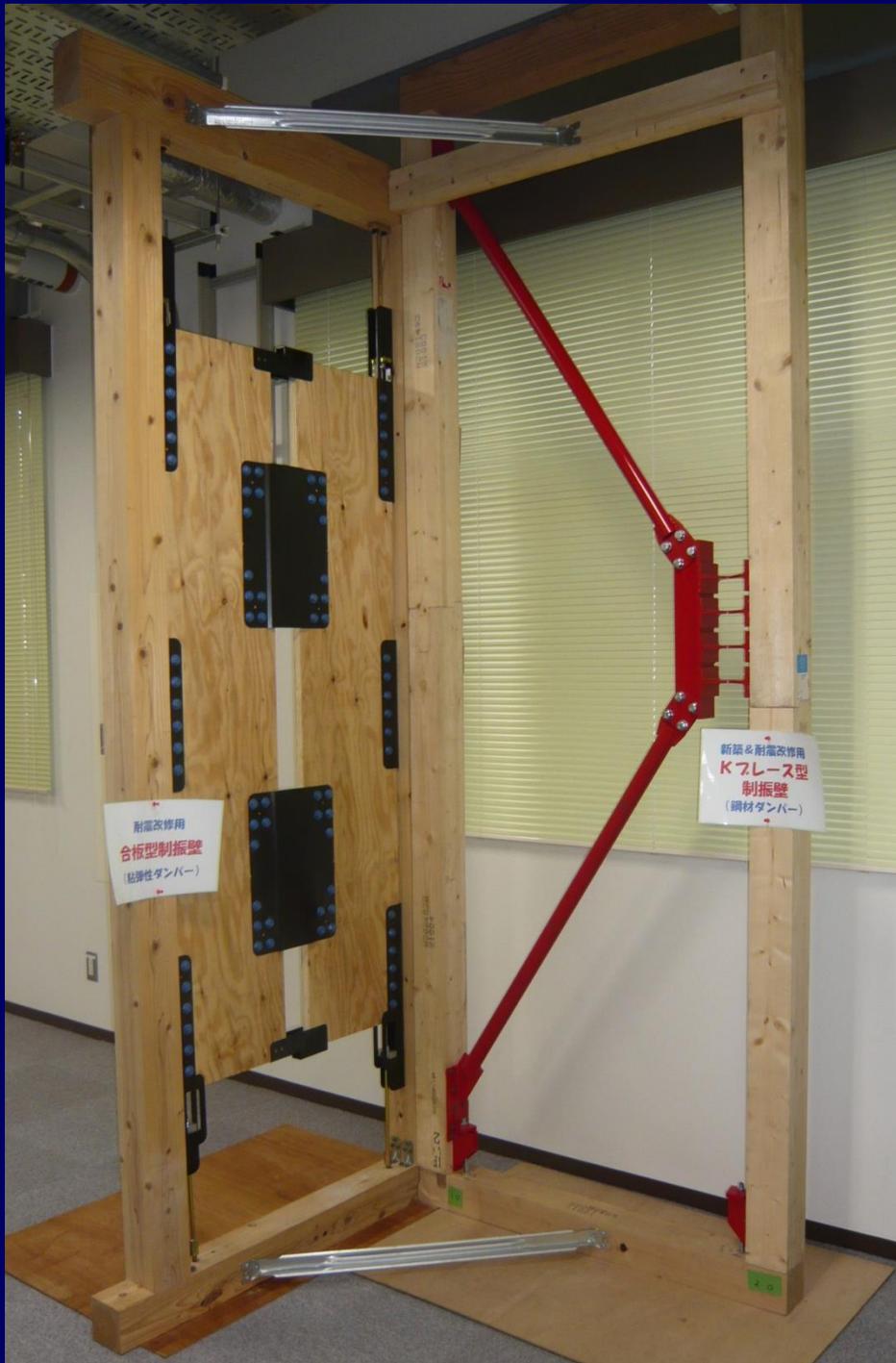
ランニング ロイヤリティ(要相談)

**契約期間:** 契約日から5年間  
(延長協議)

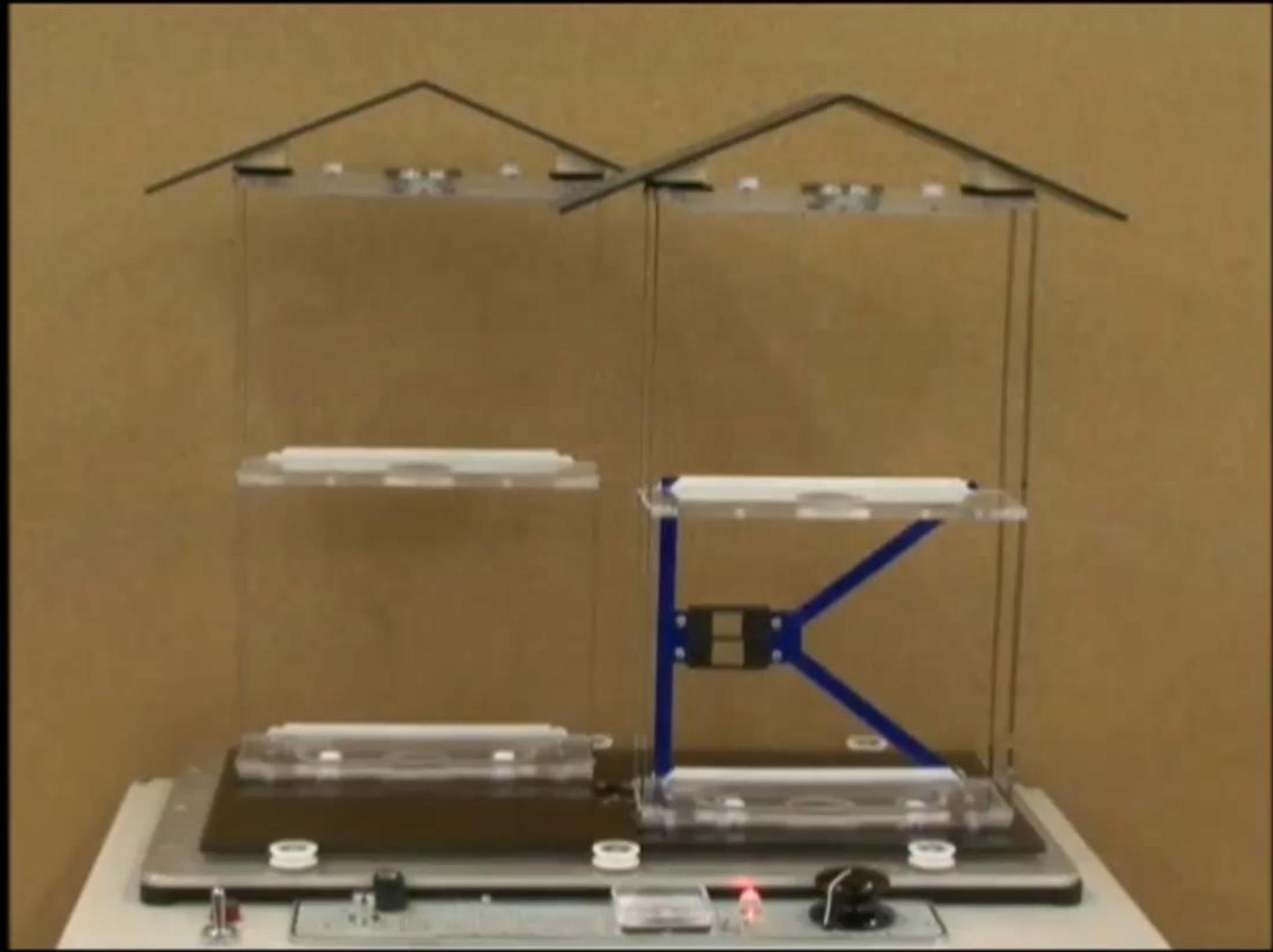
**テリトリー:** 日本国

**サンプル提供:** 無

**技術指導・ノウハウ提供:** 可



# 模型による制振効果の理解



# 実験の蓄積(過去7年)

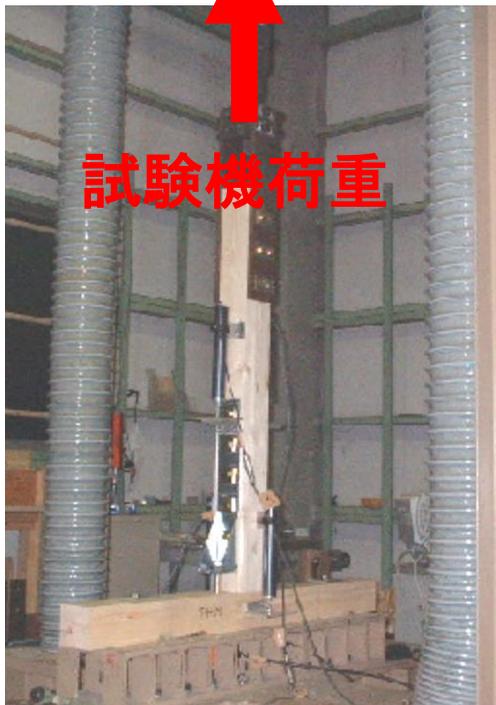
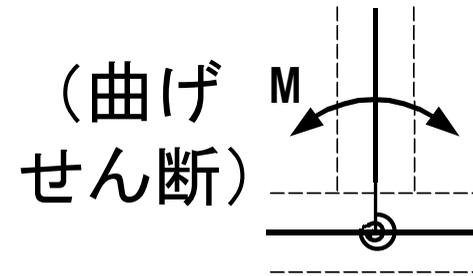
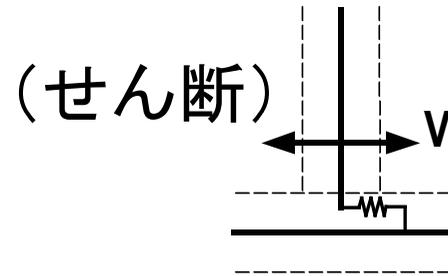
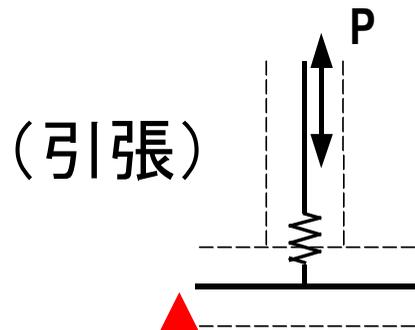
## 木構造

(1) 接合部実験	168体
(2) ダンパー実験	33体
(3) 強制加振実験(平面架構1Pと3P)	32体
(4) 振動台実験(1層、重さ2層分、並進や捩れ)	19体
(5) 振動台実験(2層、並進、内外装材有り・無し)	13体

## 軽量鉄骨構造

(2) ダンパー実験	5体
(3) 強制加振実験(平面架構1P)	7体
(4) 振動台実験(1層のみ、重さ2層分、並進)	5体

# (1) 接合部実験—168体



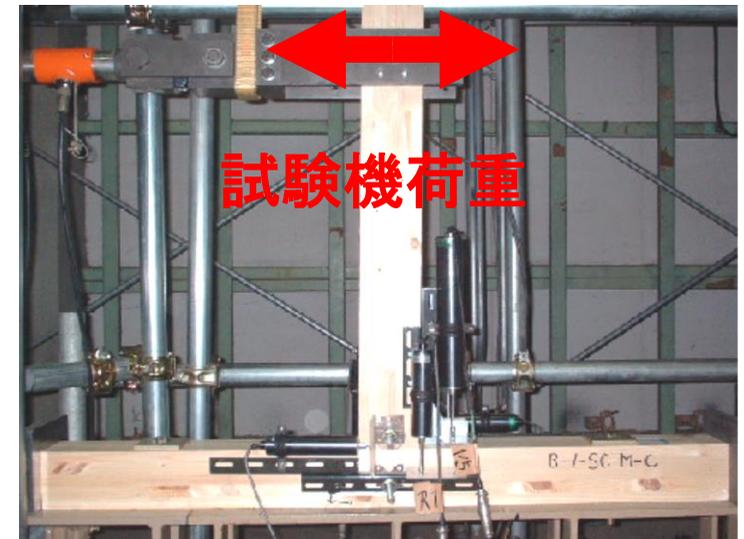
試験機荷重

引張実験



試験機荷重

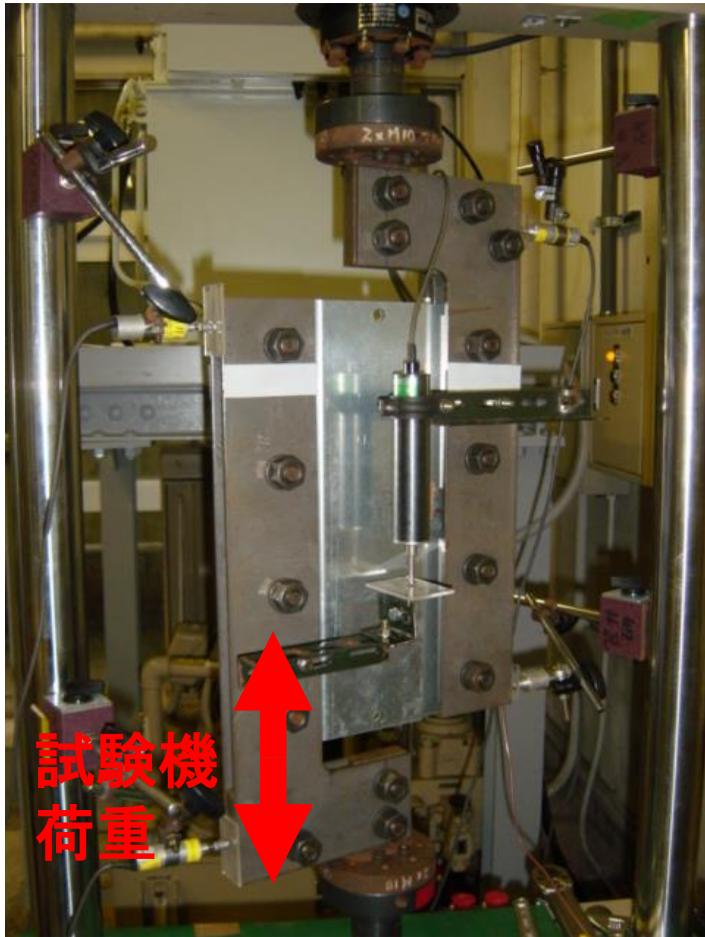
せん断実験



試験機荷重

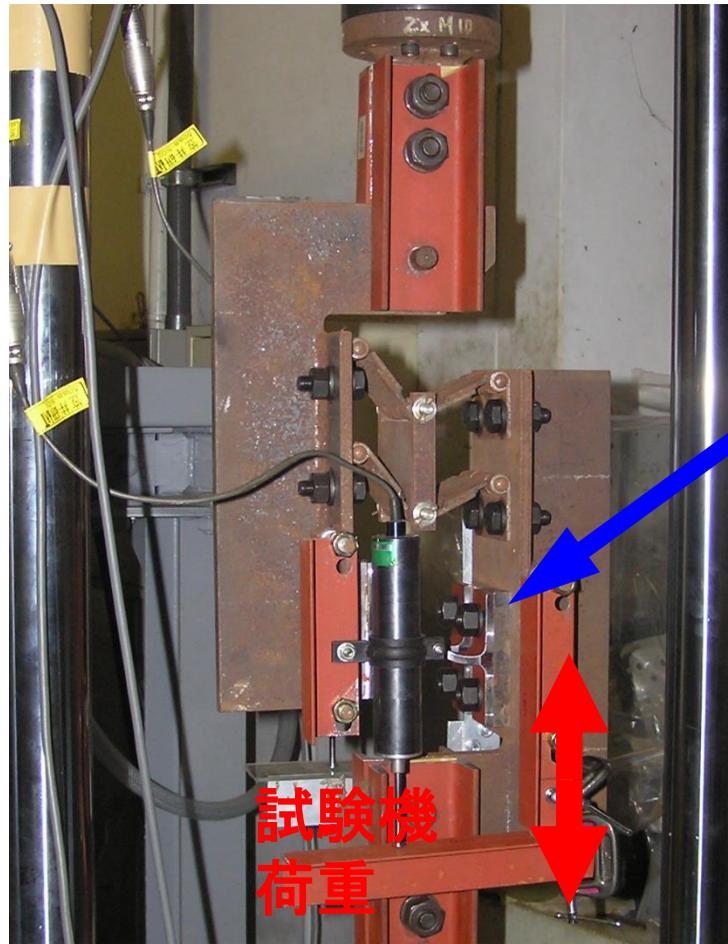
曲げせん断実験

# (2) ダンパー実験—38体



試験機  
荷重

粘弾性  
ダンパー実験



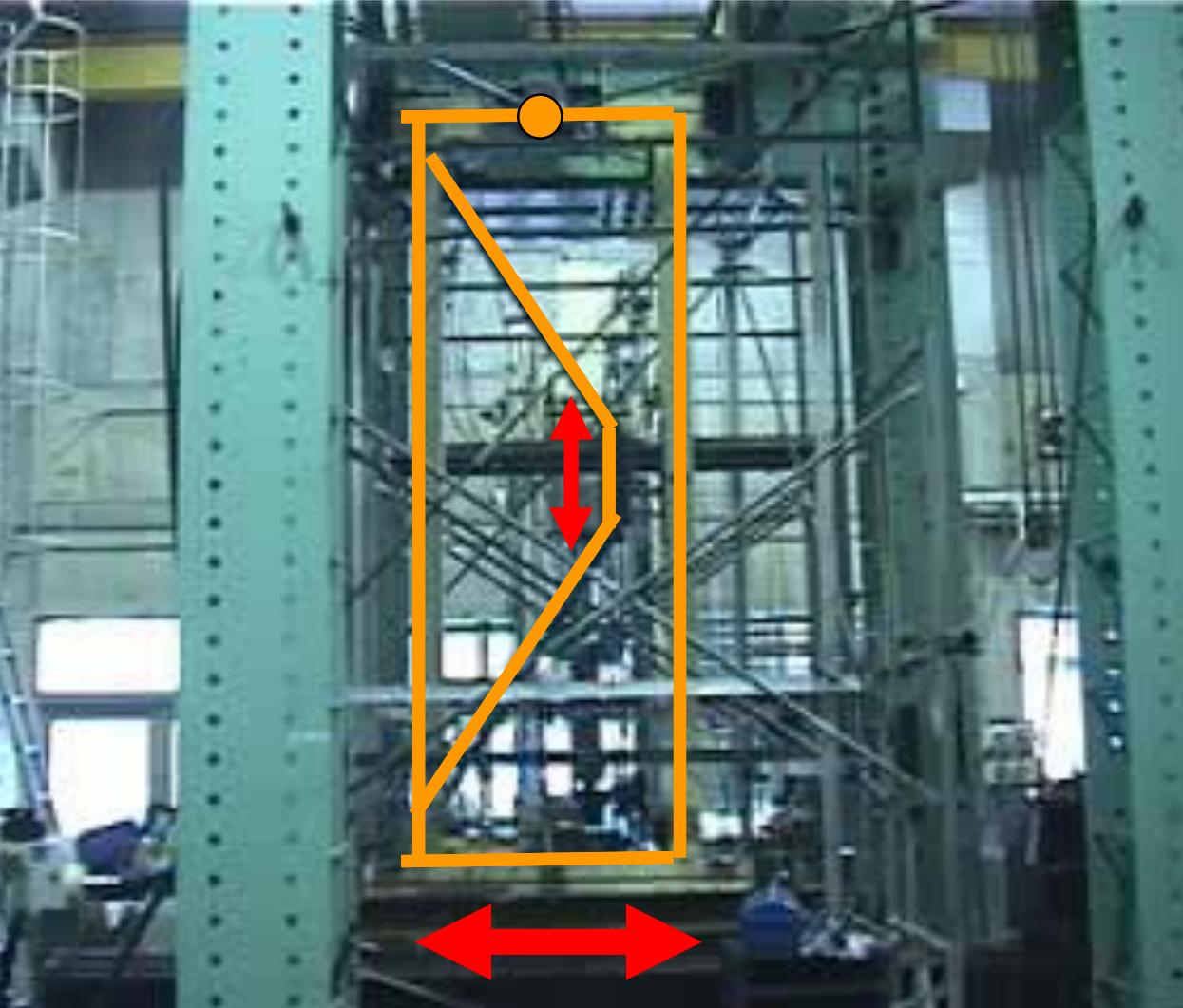
試験機  
荷重

鋼材  
ダンパー実験



鋼材ダンパー  
(H形鋼から製作)

# (3) 強制加振実験—39体

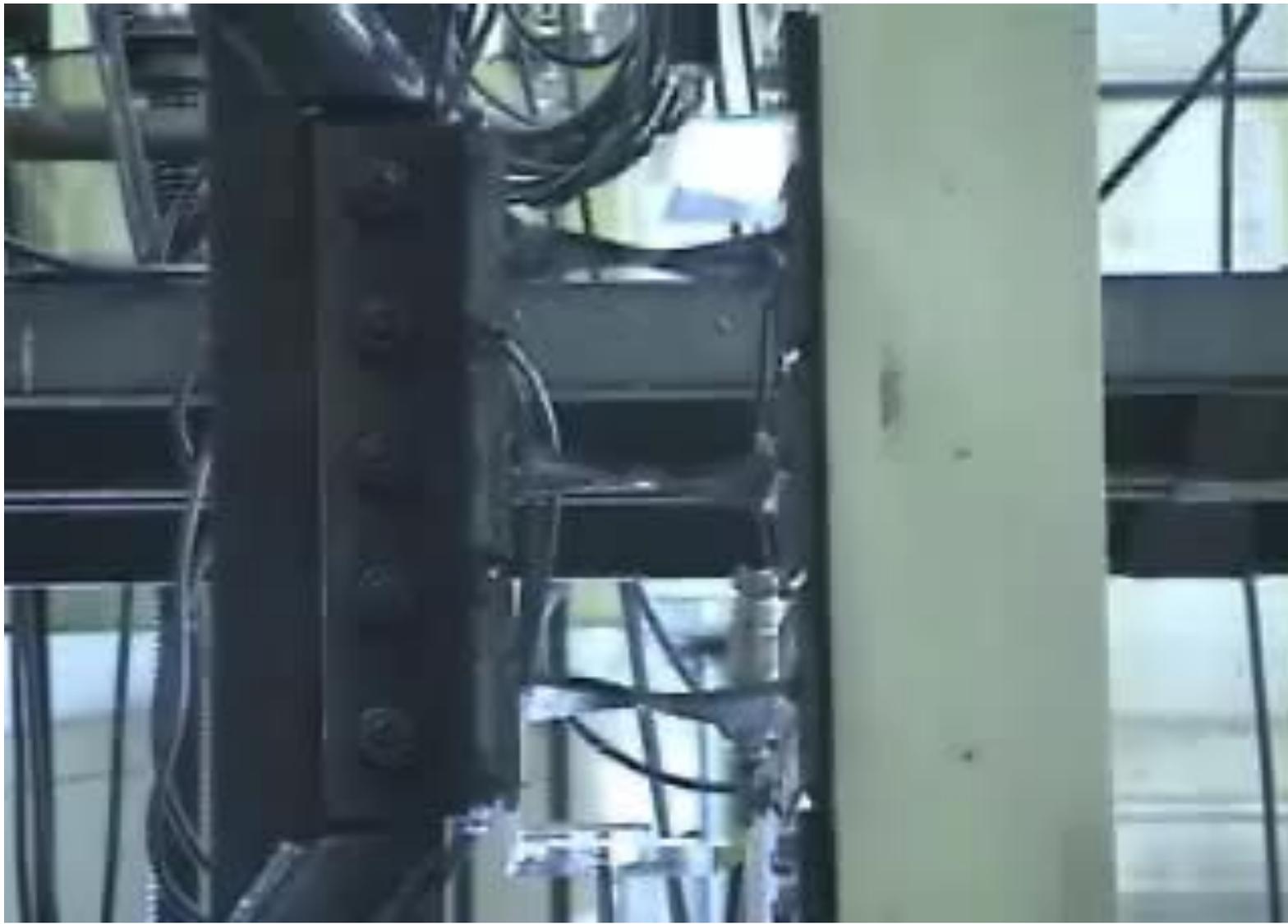


K-ブレース型 ( $\pm 1/120 \sim \pm 1/30$  rad.)



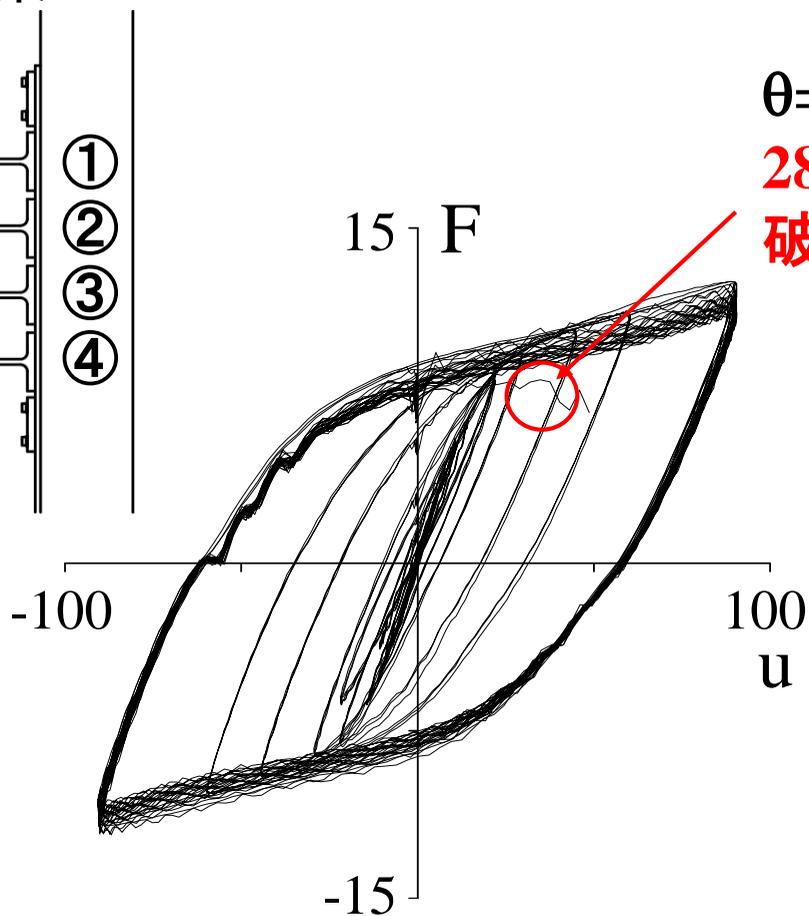
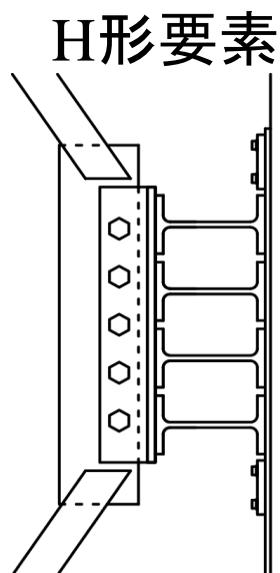
ダンパー部

# K-ブレース型：H形鋼要素の繰返し変形寿命



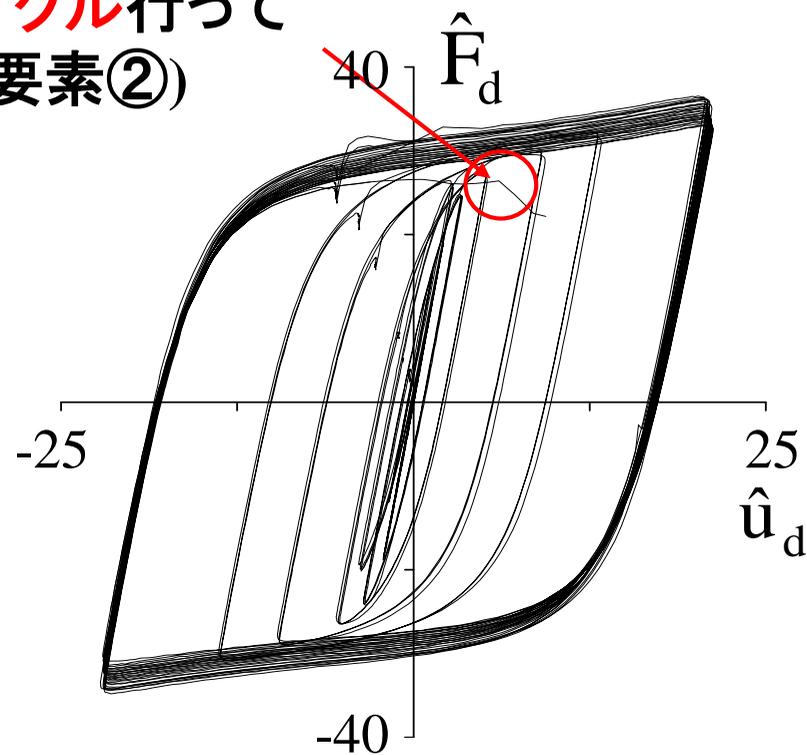
層間変形角  $\pm 1/30$  rad. の繰返し载荷

# H形要素破断までの K-ブレース架構とダンパーの挙動



架構

$\theta = \pm 1/30$  rad. を  
28サイクル行って  
破断(要素②)

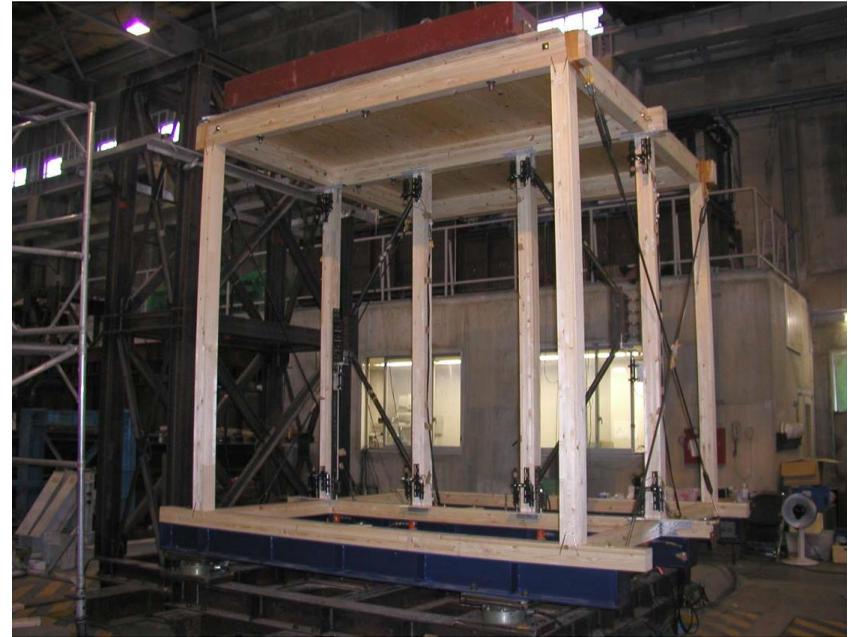


ダンパー

(4) 振動台実験: 1層、重さ2層分 - 24体



木質  
架構  
(既存)



木質  
架構  
(制振)

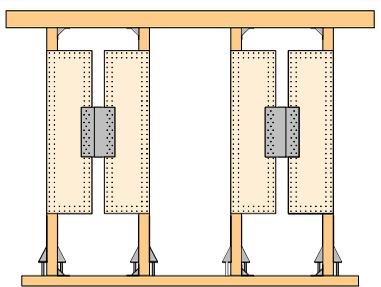
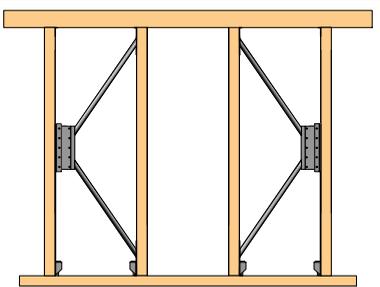


軽量  
鉄骨  
架構  
(既存)

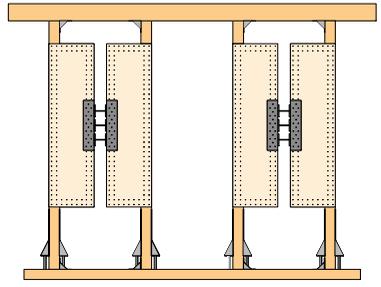
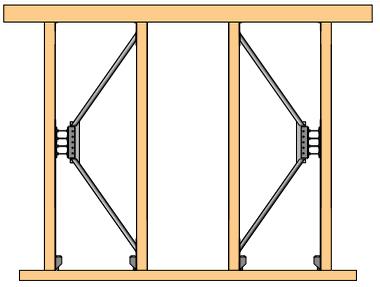
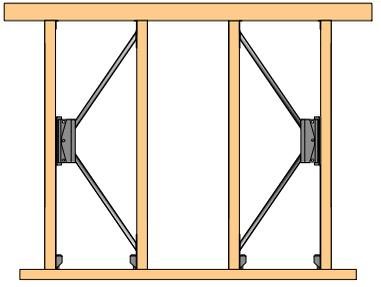


軽量  
鉄骨  
架構  
(制振)

## 木質試験体の一部 ~制振+制振~

No.	5	6
試験体		
Name	VP-VP	VK-VK
架構	粘弾性ダンパー合板型 粘弾性ダンパー合板型	粘弾性ダンパーK型 粘弾性ダンパーK型
周期	0.32	0.32
壁量	5.0 × 1P+5.0 × 1P	5.0 × 1P+5.0 × 1P

その他  
既存+既存や  
既存+制振も  
比較実験した。

No.	7	8	9
試験体			
Name	SP-SP	SK-SK	FK-FK
架構	鋼材ダンパー合板型 鋼材ダンパー合板型	鋼材ダンパーK型 鋼材ダンパーK型	摩擦ダンパーK型 摩擦ダンパーK型
周期	0.30	0.32	0.22
壁量	5.0 × 1P+5.0 × 1P	5.0 × 1P+5.0 × 1P	4.0 × 1P+4.0 × 1P

## 非制振と制振の比較（0.6g 神戸波）



従来の筋違い架構



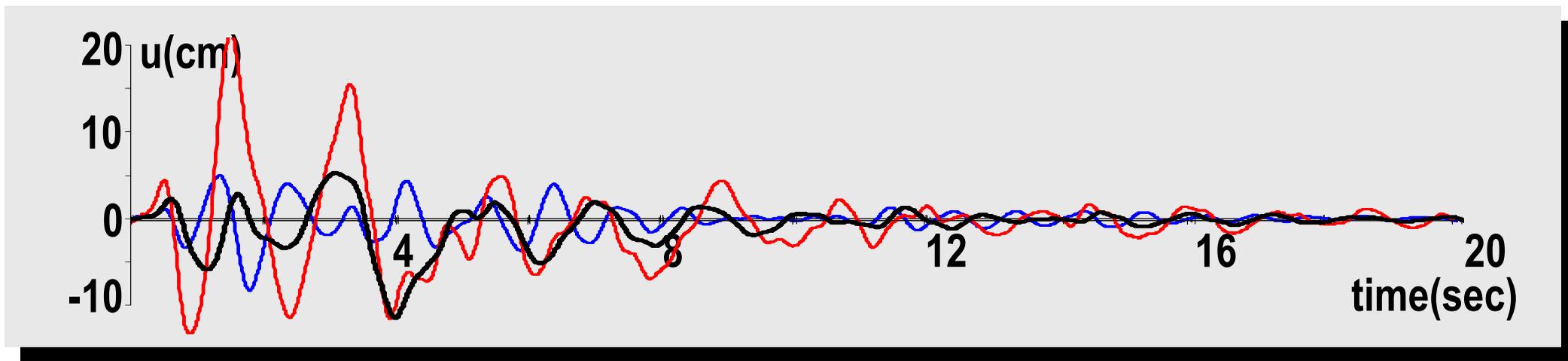
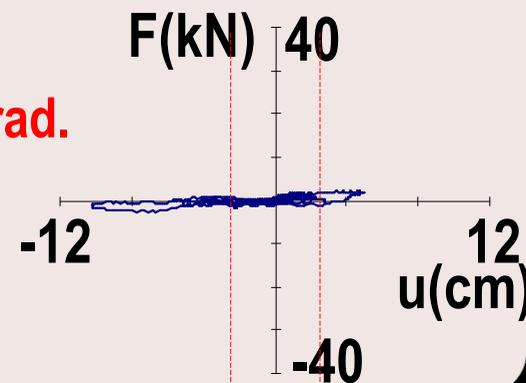
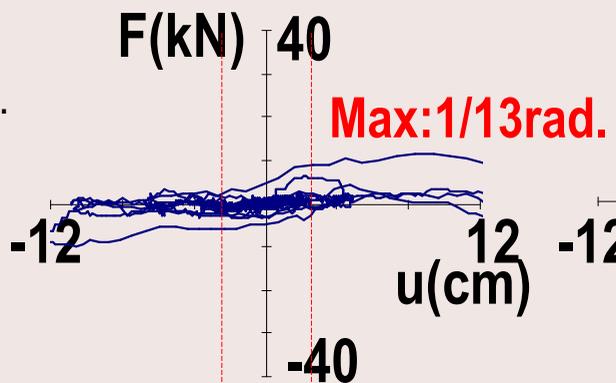
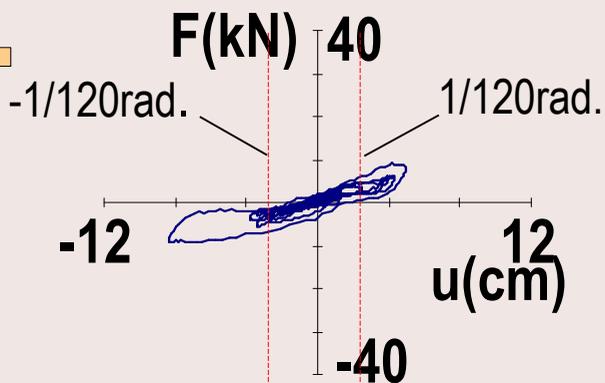
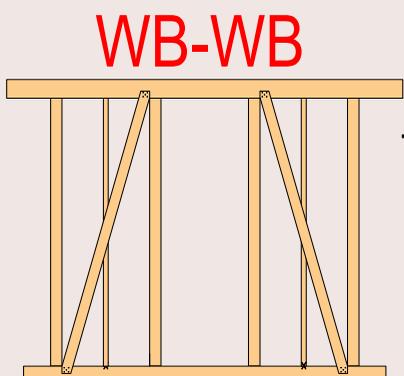
粘弾性ダンパー制振架構

# 層せん断力一層間変形関係 ～既存+既存～

神戸0.2g(1回目)

神戸0.6g

神戸0.2g(2回目)

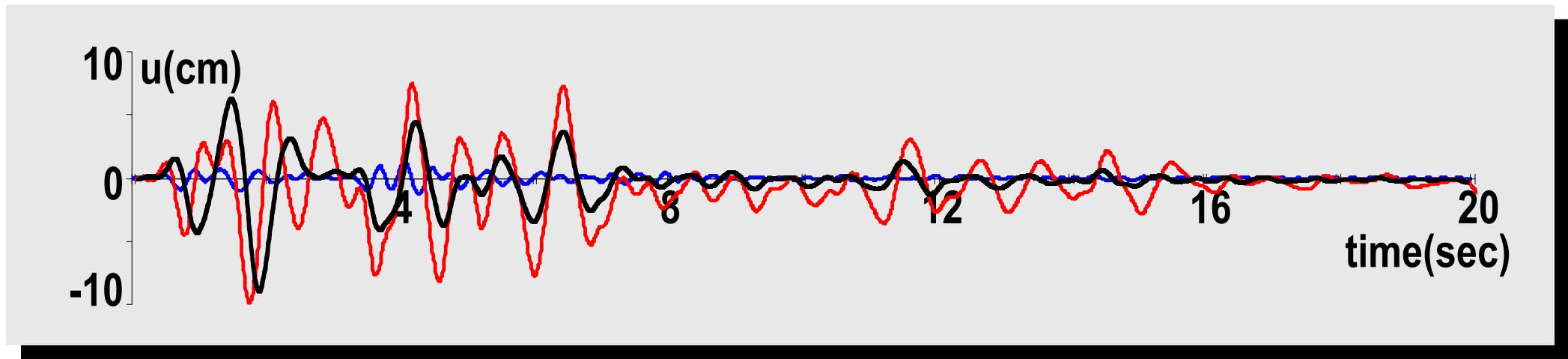
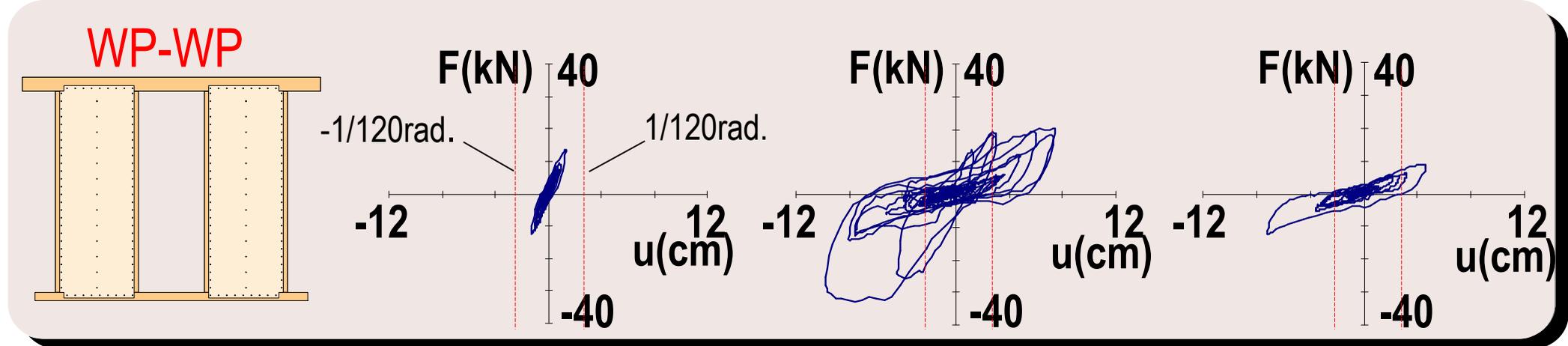


# 層せん断力一層間変形関係 ～既存+既存～

神戸0.2g(1回目)

神戸0.6g

神戸0.2g(2回目)

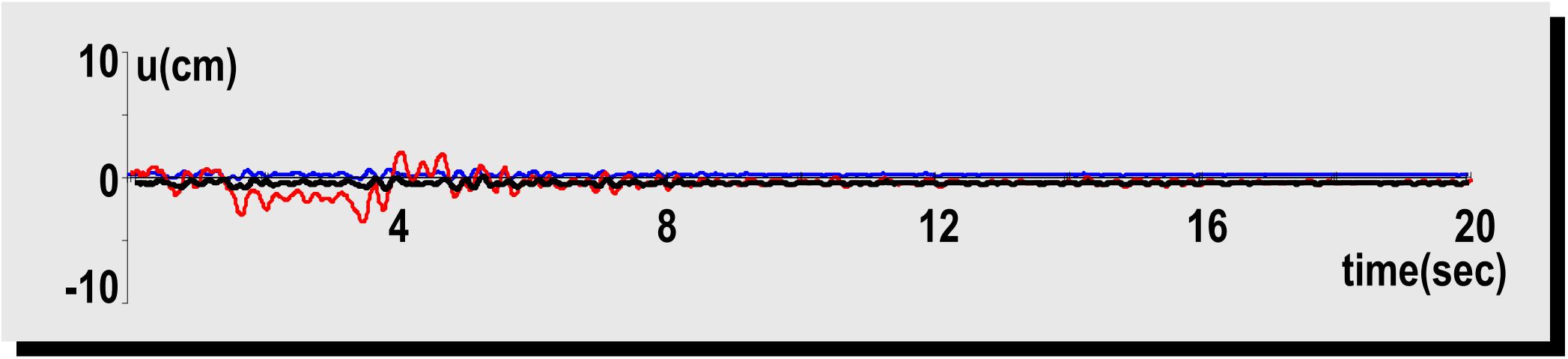
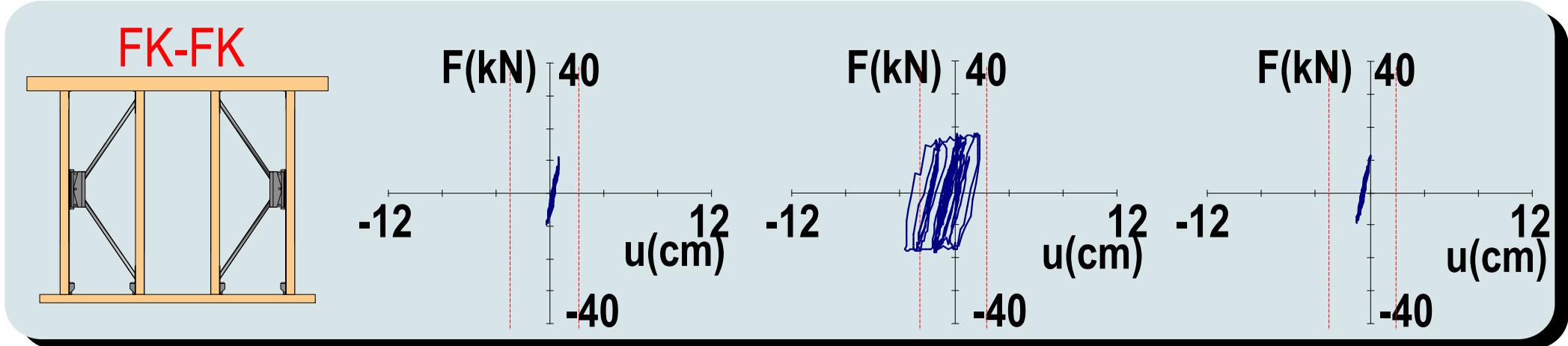


# 層せん断力一層間変形関係 ～制振+制振～

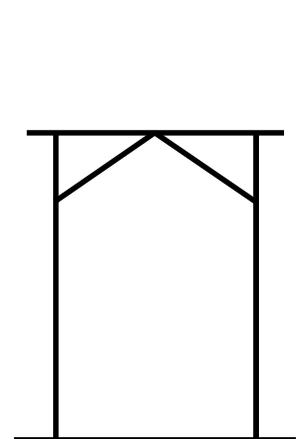
神戸0.2g(1回目)

神戸0.6g

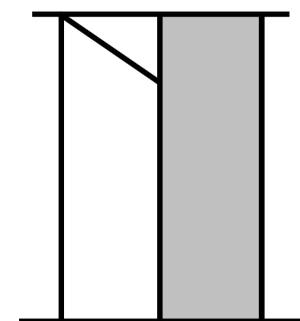
神戸0.2g(2回目)



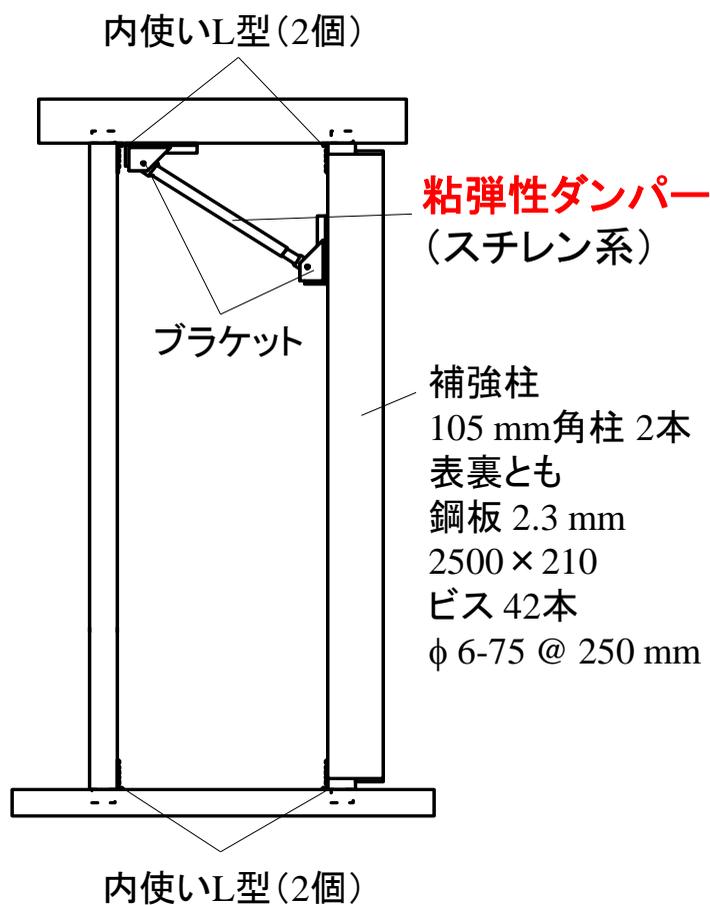
# 開口部を強くする方杖型ダンパー



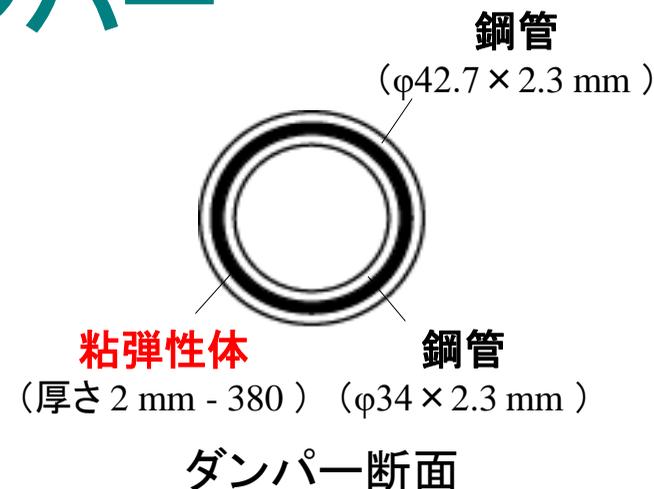
2Pの場合



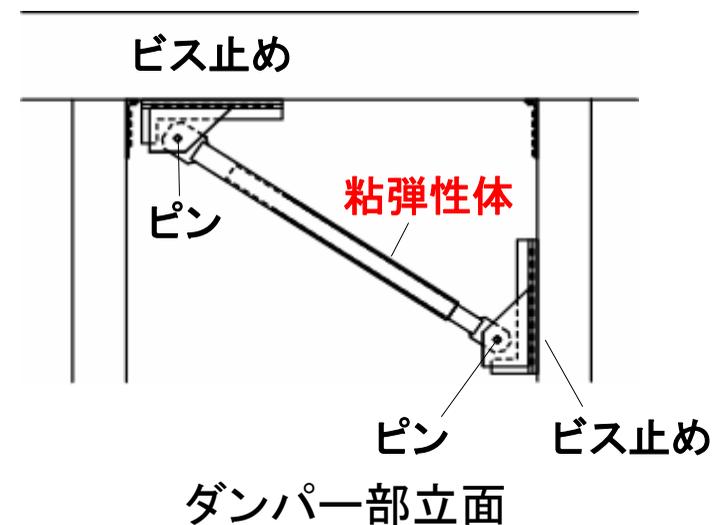
1P+既存壁

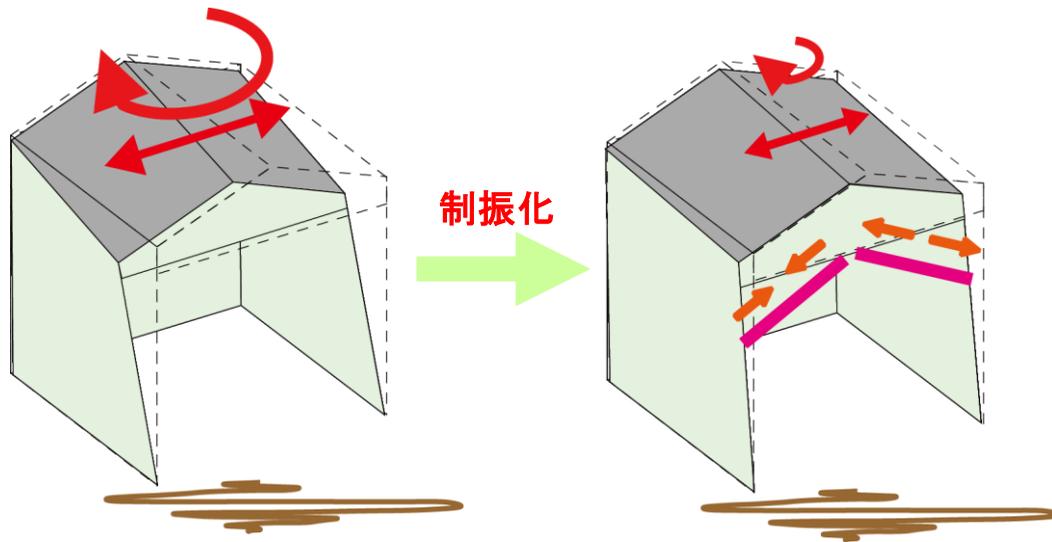


1Pの場合  
(VB 試験体)

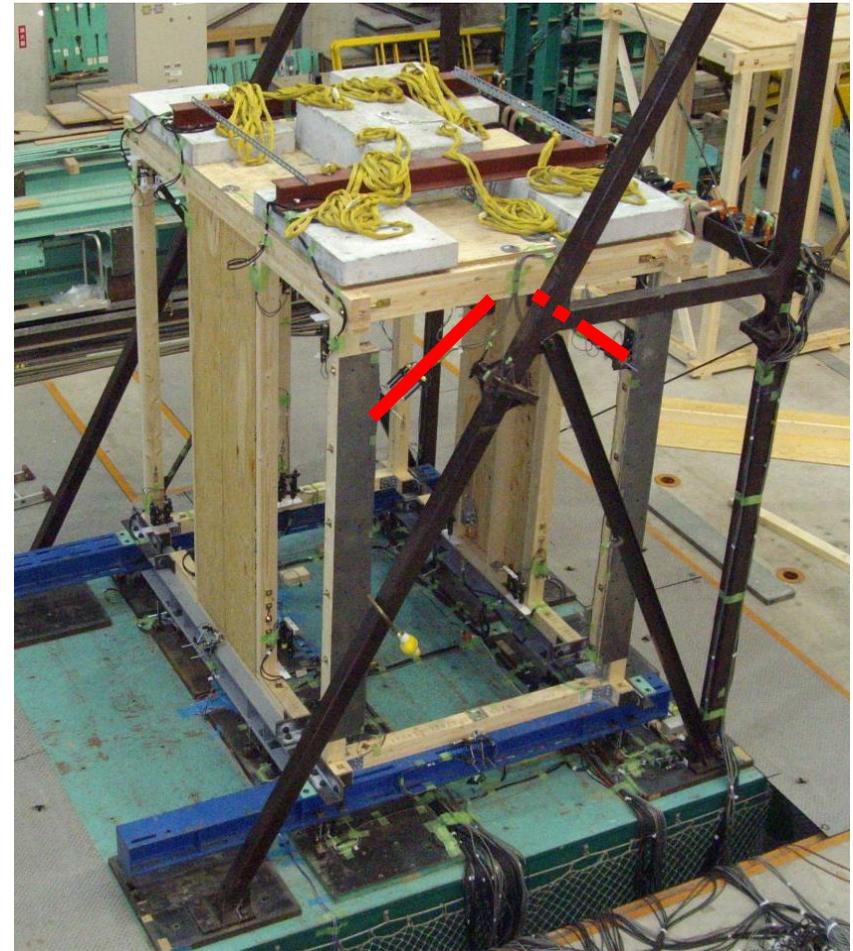


ダンパー断面





神戸地震で多発した木質住宅の  
揺れ崩壊を防止する制振技術：  
ガレージなど開口部をもつ住宅・  
実大部分架構への制振ダンパー  
装着による揺れ防止の実験



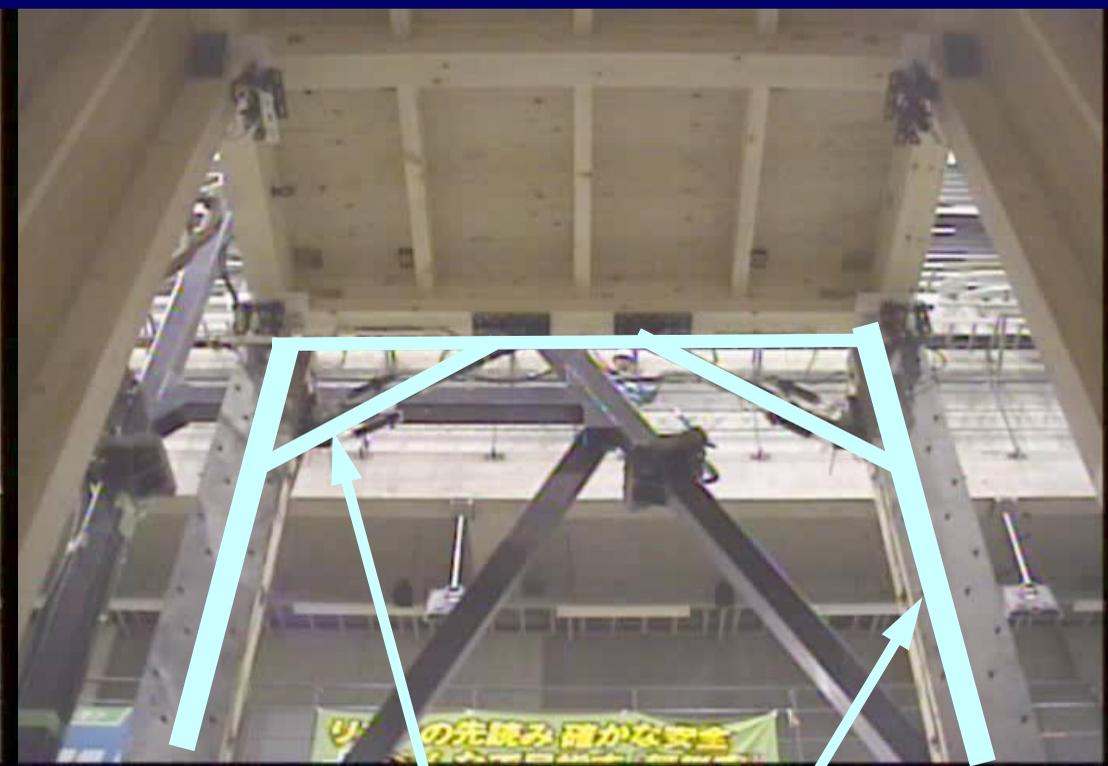
# 捩れ振動比較

非制振

方杖ダンパー有り



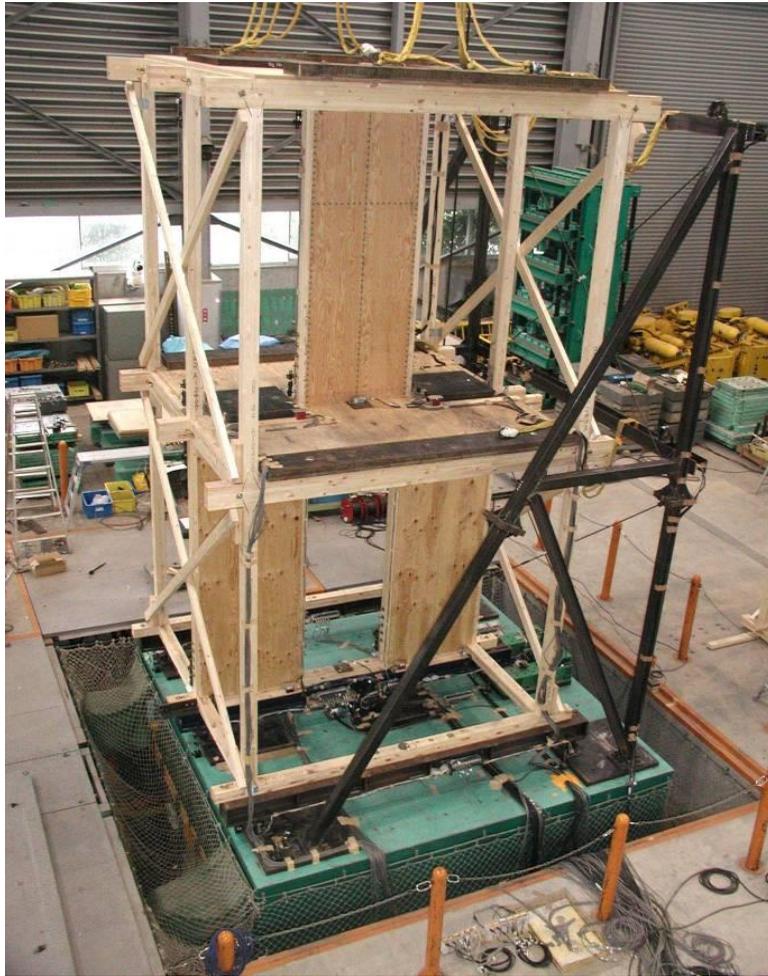
垂れ壁



方杖ダンパー

補強柱

## (5) 振動台実験: 2層 一13体



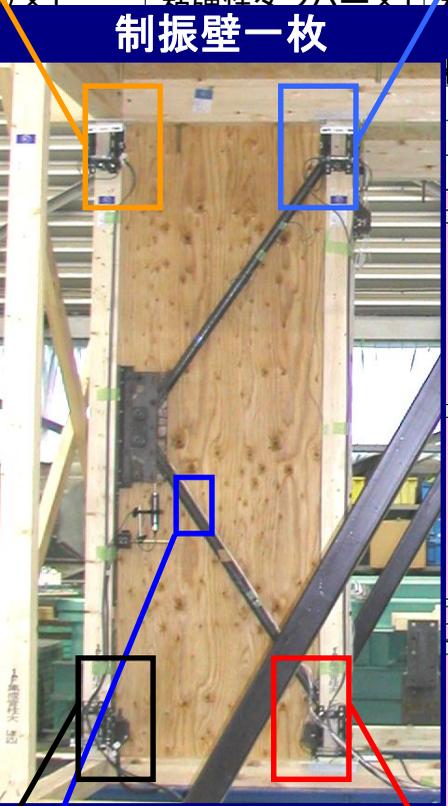
- ・3構面のうち中央構面に耐震壁または制振壁



- ・内外装材を追加(外側構面)

# 試験体一覧(7体、内外装材有り)

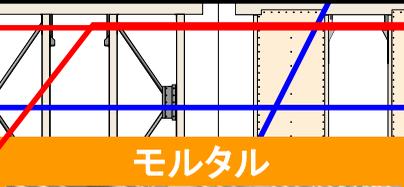
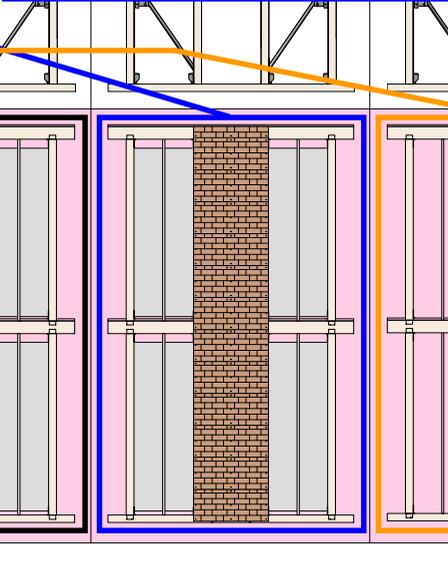
架構番号	3			5
試験体名	F(S+G)	-1.2W-/W-W(S+G)	-V-/V-V(S)	-/V-V(M)
中央構面	2層	パー×1	合板×1	粘弾性ダンパー×1
	1層	6×1	壁倍率	壁
外側構面	内側	パー×2	合板	粘弾性ダンパー×2
	外側	6×2	壁倍率	壁
		ボード	石膏	石
		イディング	窯業系セ	タル外壁

# 試験体一覧

加構番号	1	2	3	4	5
構造	(S+G)	-V-/V-V(S)	-V-/V-V(S)	-V-/V-V(M)	-V-/V-V(M)
摩擦	粘弾性ダンパー×1	粘弾性ダンパー×1	粘弾性ダンパー×1	粘弾性ダンパー×1	粘弾性ダンパー×1
摩擦	壁倍率5×1	壁倍率5×1	壁倍率5×1	壁倍率5×1	壁倍率5×1
摩擦	粘弾性ダンパー×2	粘弾性ダンパー×2	粘弾性ダンパー×2	粘弾性ダンパー×2	粘弾性ダンパー×2
摩擦	壁倍率5×2	壁倍率5×2	壁倍率5×2	壁倍率5×2	壁倍率5×2
加構	-	-	石膏ボード	-	-
加構	窯業系サイディング	窯業系サイディング	窯業系サイディング	石膏ボード+窯業系サイディング	モルタル外壁

試験体	1	2	3	4	5
外観					
特徴	石膏ボード	石膏ボード	石膏ボード	石膏ボード+窯業系サイディング	石膏ボード+窯業系サイディング
備考				外側構面なし	

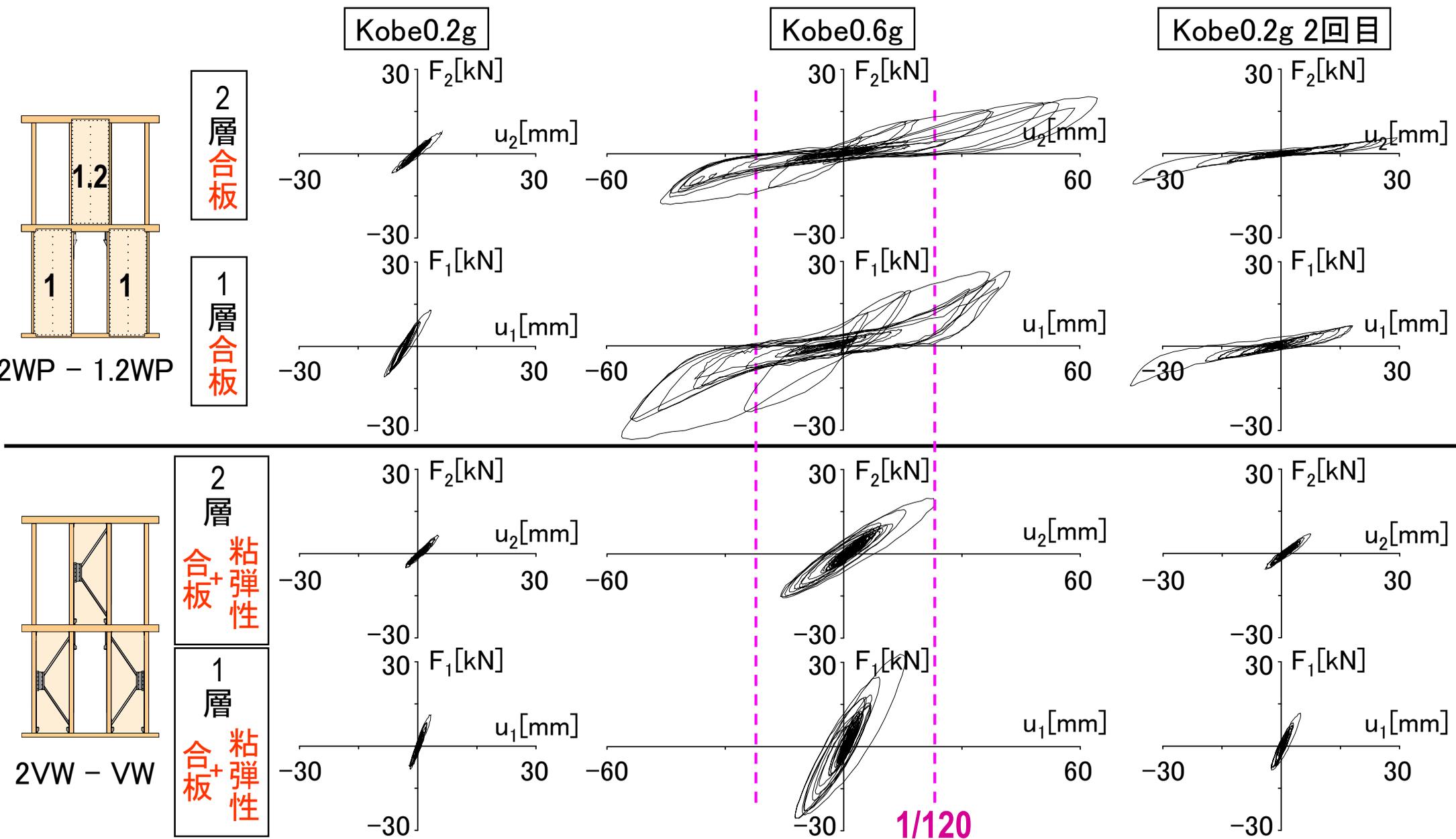
# 非制振と制振の比較 (0.83g 神戸波)

非制振

制振

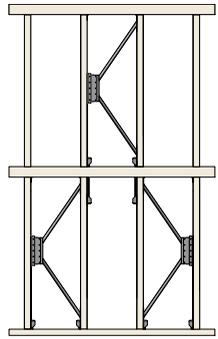


# 実験結果 (層せん断力-層間変形)



# 実験結果 (層せん断力-層間変形)

内外装無

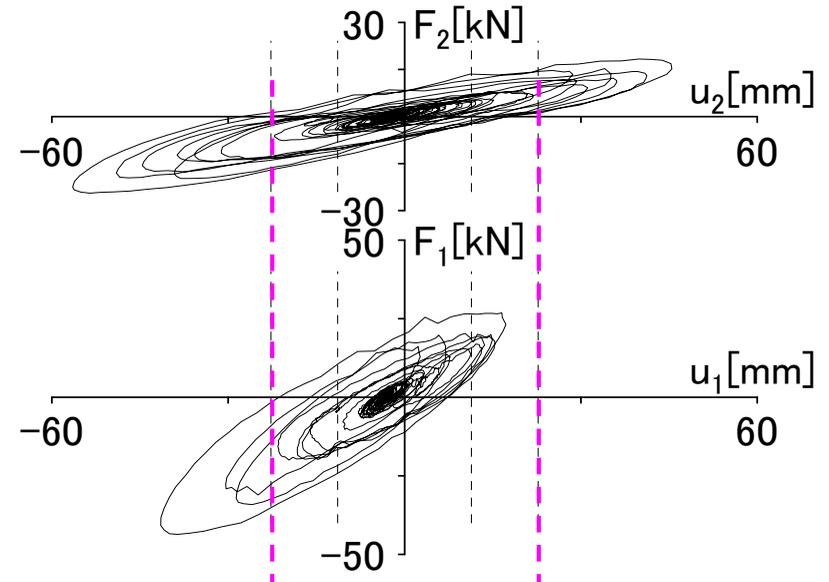


-V-/V-V

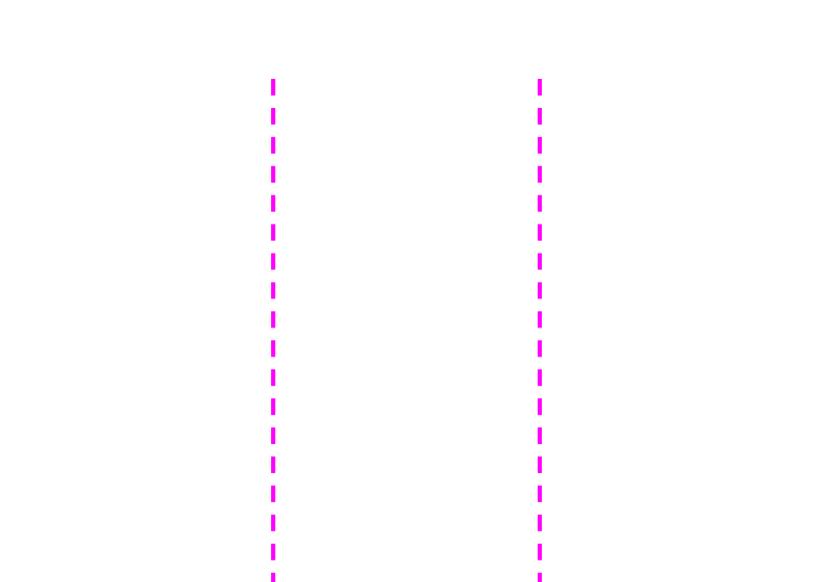
2層粘弾性

1層粘弾性

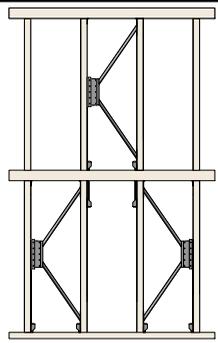
Kobe0.83g



Kobe1.08g



内外装有

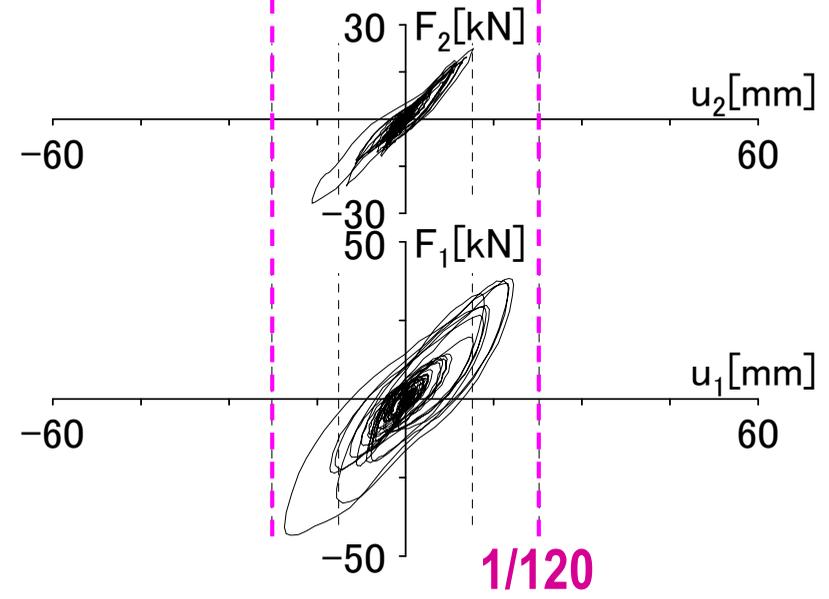


-V-/V-V  
(S+G)

2層粘弾性

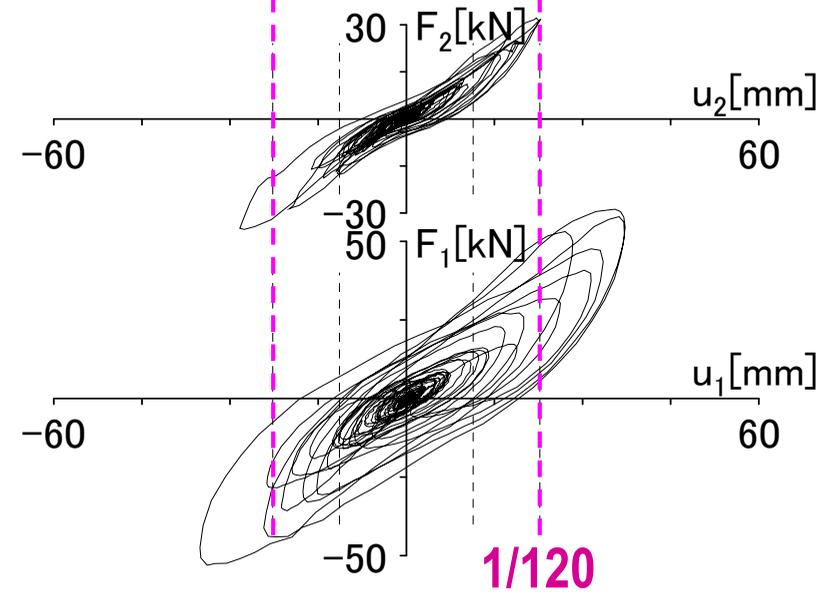
1層粘弾性

Kobe0.83g



1/120

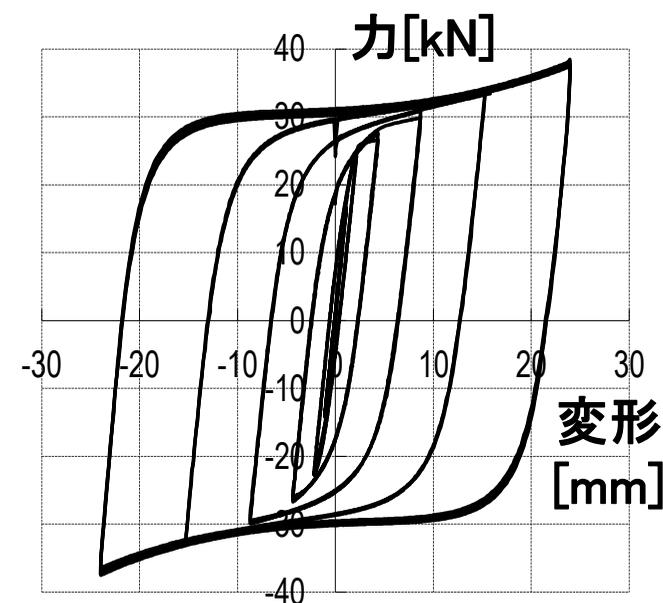
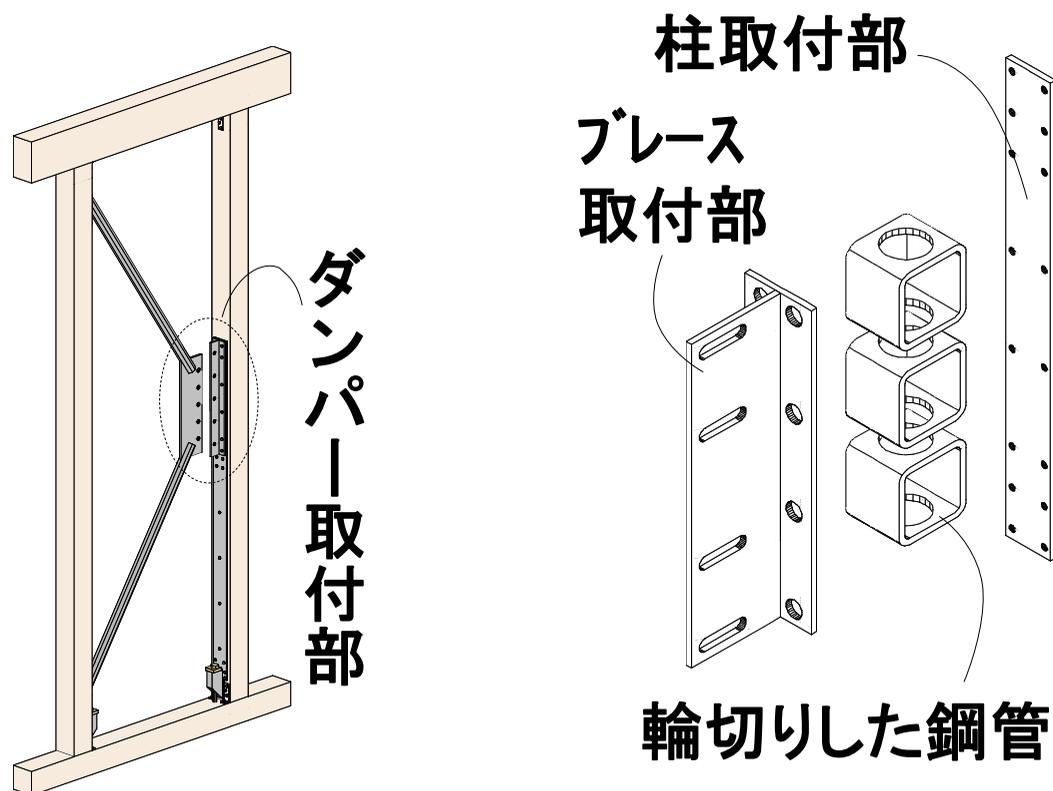
Kobe1.08g



1/120

# ダンパー部の更なる改良

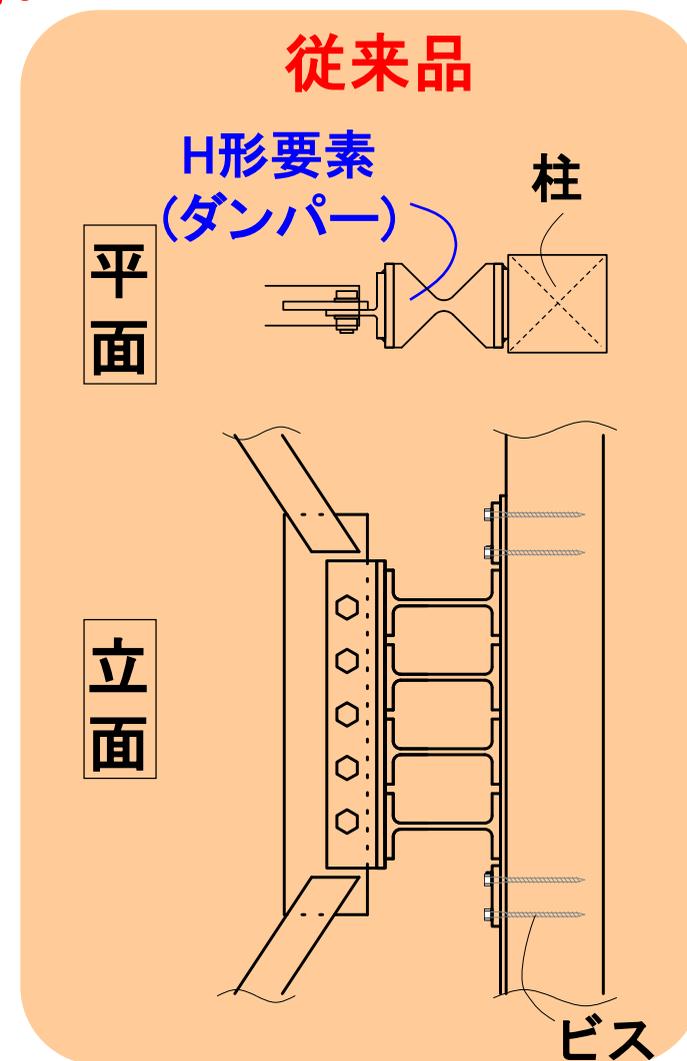
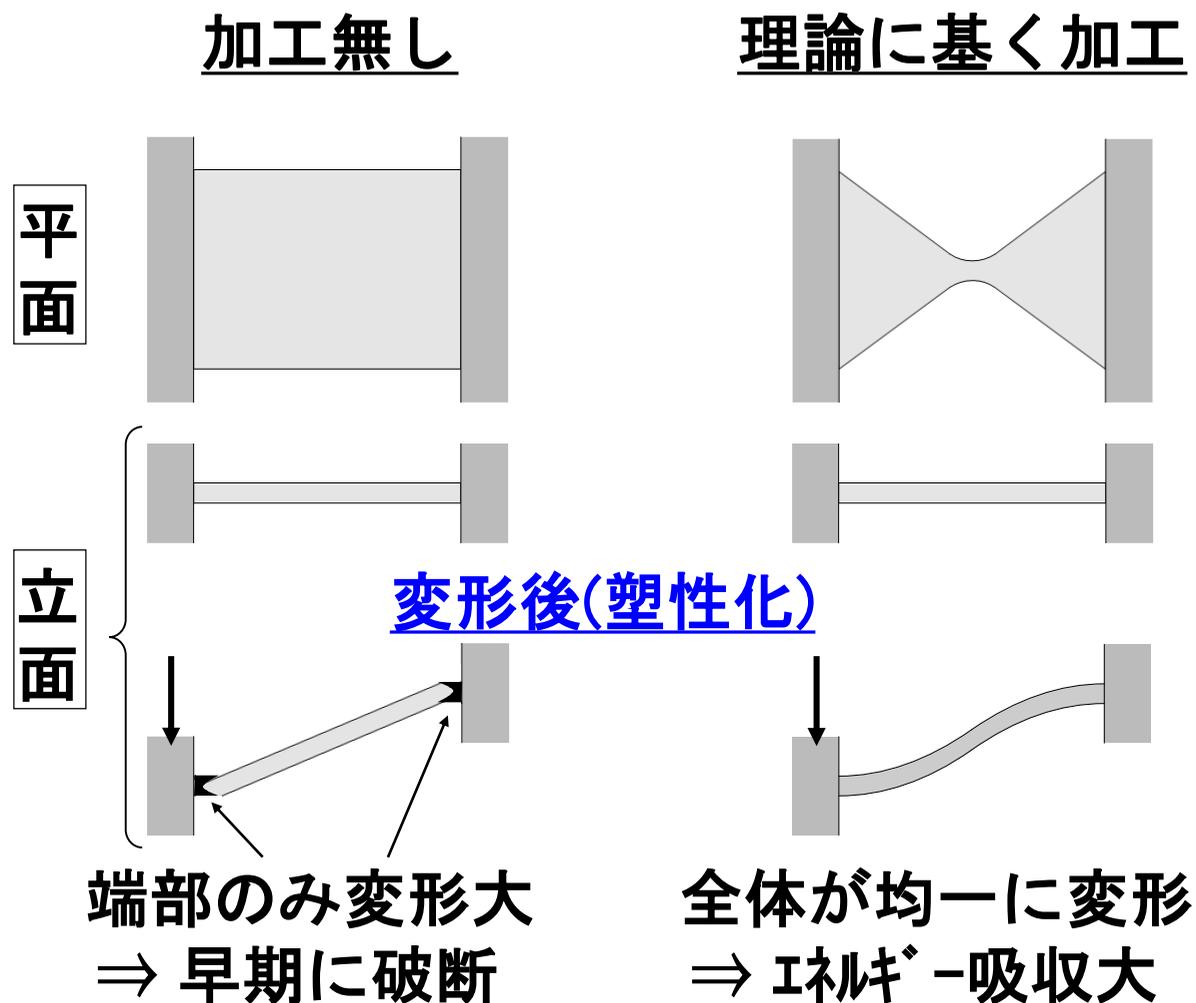
- ・市販の短い鋼管(3個程度)にドリル等で**円孔**をあけて並べる
- ・中小地震では**弾性で硬く抵抗**する。  
大地震では**塑性変形し、地震エネルギーを吸収**する。



ダンパーの荷重変形履歴

# エネルギー吸収性能を高める理論

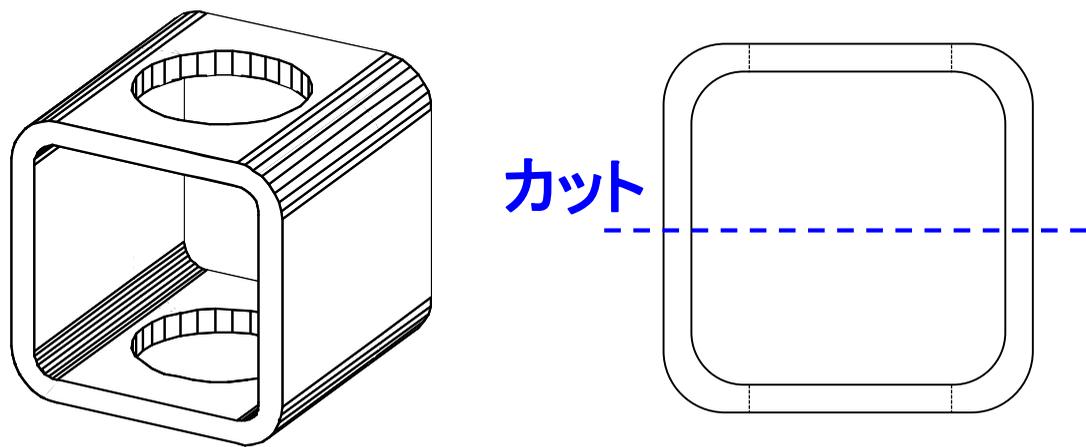
- ・理論的に**全断面を同時に降伏**させ、損傷集中を避ける
- ・加工無しに対し、エネルギー吸収量は**約20倍**、剛性・降伏力の低下は約10%
- ・従来品は理想形状再現の加工費大で**製造コストが高い**



# 新しいダンパー部の開発

- ・H形要素から**角形鋼管**に変更することで塑性断面積を倍増させる
- ・**ドリル等による簡易加工**が可能な形状に変更することで製造コストを下げる

ダンパー部を半分にカットして実験！

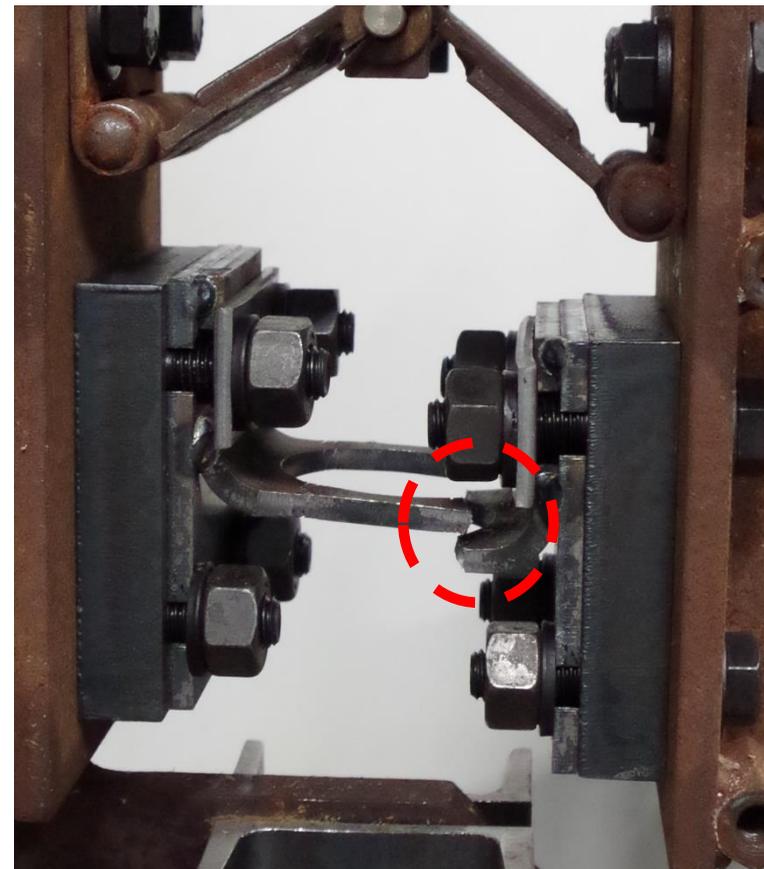


# 実験結果



孔が小さいと治具との  
接合部分で破断

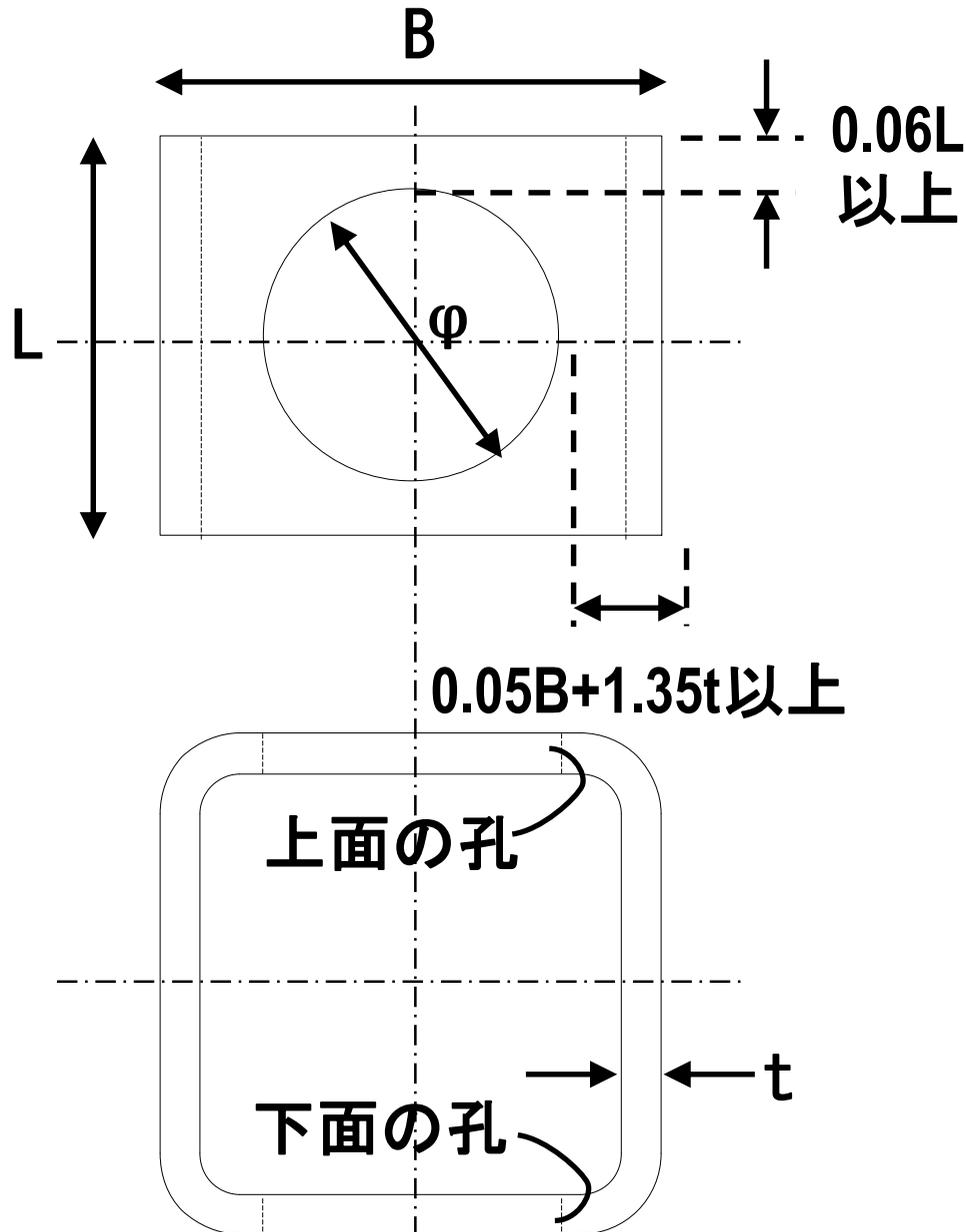
→ NG



孔が大きいと塑性断面がエネルギー  
を吸収後に破断する。 → OK!  
ただし孔が大きすぎると剛性・耐力  
も低下する

→ 最適な孔のサイズを提案

# 要求寸法を決定



$$\phi \geq L / \sqrt{1 + \left(\frac{L}{B - 3t}\right)^2}$$

要求寸法をまとめて  
特許化に成功！

# 今後の展望と企業への期待 →更なる実用化への展開！

- すでに本特許技術を用いた制振壁を開発し、10社程度が販売を進めている。ただし、非独占的通常実施権許諾の形態であり、高性能なダンパーをもっと市場に広めたい。
- 提案したダンパーを使用する制振壁の開発に期待する。開発に際しては、これまでの研究実績に基づき、かつ、今後の規準整備や市場の展望を見据えたアドバイスが可能。
- 安価で高性能なダンパーを世の中に広め、世の中の住宅の耐震性向上に役立てる！

# 産学連携・開発の経歴

- 2000年頃からの大学における基礎研究
- 2003年 国交省プロジェクト採択 (事後評価: オールA)



民間企業3社＋建築研究所との制振壁共同開発

- 2005年 J社の制振壁開発に協力
- 2008年 T社との東工大特許技術を用いた制振壁開発
- 2015年 F社との東工大特許技術を用いた制振壁開発
- 2016年 S社との制振壁開発 (特許取得)
- 2016年 C社への制振壁開発アドバイス

# 本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : ダンパー体および  
ダンパー体の製造方法
- 出願番号 : 特願2016-161350
- 出願人 : 東京工業大学
- 発明者 : 笠井和彦、松田和浩

# お問い合わせ先

東京工業大学  
研究・産学連携本部

TEL : 03-5734-2445

FAX : 03-5743-2482

e-mail : [sangaku@sangaku.titech.ac.jp](mailto:sangaku@sangaku.titech.ac.jp)