

粘弾性ダンパー型木造軸組工法建物の耐風性能に関する動的加力実験  
その1 ダンパー剛性比の変化による制振架構試験体の挙動変化

粘弾性ダンパー 動的加力 風応答 ダンパー剛性比

正会員 ○ 中村 淳子\*  
同 下村 祥一\*\*  
同 大熊 武司\*\*

1 はじめに

木造戸建て住宅への制振構法の普及が望まれる。特に粘弾性体を利用する場合、力学特性が周波数や温度に依存するため、地震力と異なる性質を持つ風力に対しても十分な配慮が必要である。筆者等は、粘弾性ダンパー型木造制振壁単体での長時間ランダム波動的加力実験を行った<sup>1)</sup>。本研究では、風方向風力を対象に、粘弾性ダンパー型制振壁と軸組工法耐力壁から構成される木造制振架構試験体の動的加力実験を行う。その1では、ダンパー剛性比の変化による試験体の挙動変化を検討する。

2 実験方法

2.1 試験体概要 図1に試験体概要を示す。試験体は制振壁とその両側に配置した耐力壁で構成し、それぞれの柱脚をホールダウン金物で加力フレームに緊結する。耐力壁は筋かい耐力壁(筋かい:30×90mm)<sup>2,3)</sup>とし、制振壁は粘弾性ダンパーによるシアリンク型制振壁<sup>1)</sup>とする。床構面は、根太(45×105mm@260mm)、水平筋かい(30×90mm)の上から構造用合板(12mm)を釘(N50@100mm)で止め付けることで剛床を確保する。

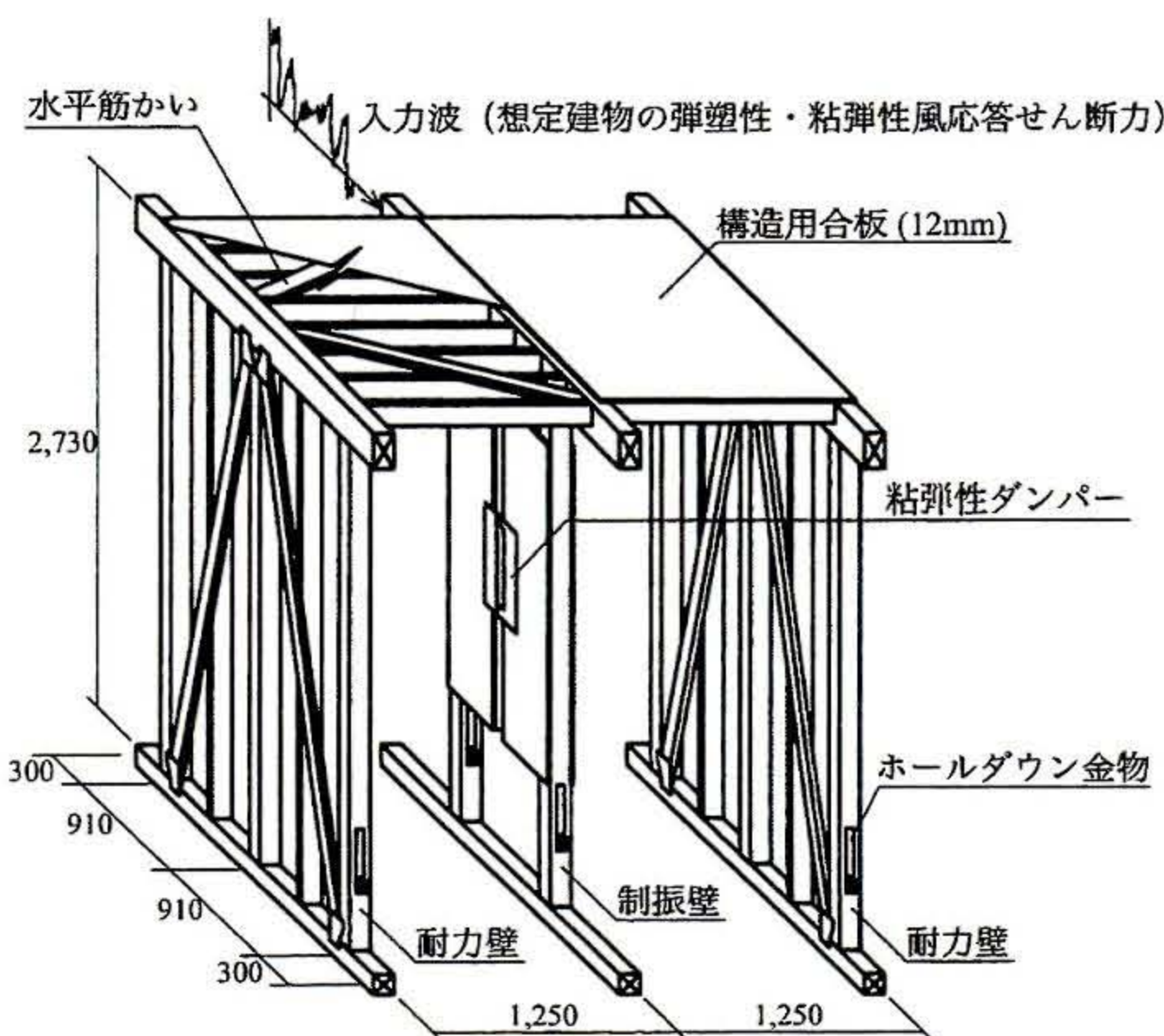


図1 試験体概要

2.2 耐力壁の力学特性 木造制振架構試験体を構成する耐力壁の力学特性を把握するため、3体の耐力壁単体試験体を対象として指定性能評価機関の業務方法書<sup>4)</sup>に準拠した試験を行った。試験は無載荷柱脚固定式で行い、試験結果は真のせん断変形角で評価する。図2に試験結果の復元力特性を、表1に試験結果の3体平均値を示す。

2.3 制振壁の力学特性 制振壁は、既往の実験<sup>1)</sup>で使用した制振壁と原則的に同じ仕様のもの(1P)と、柱3本

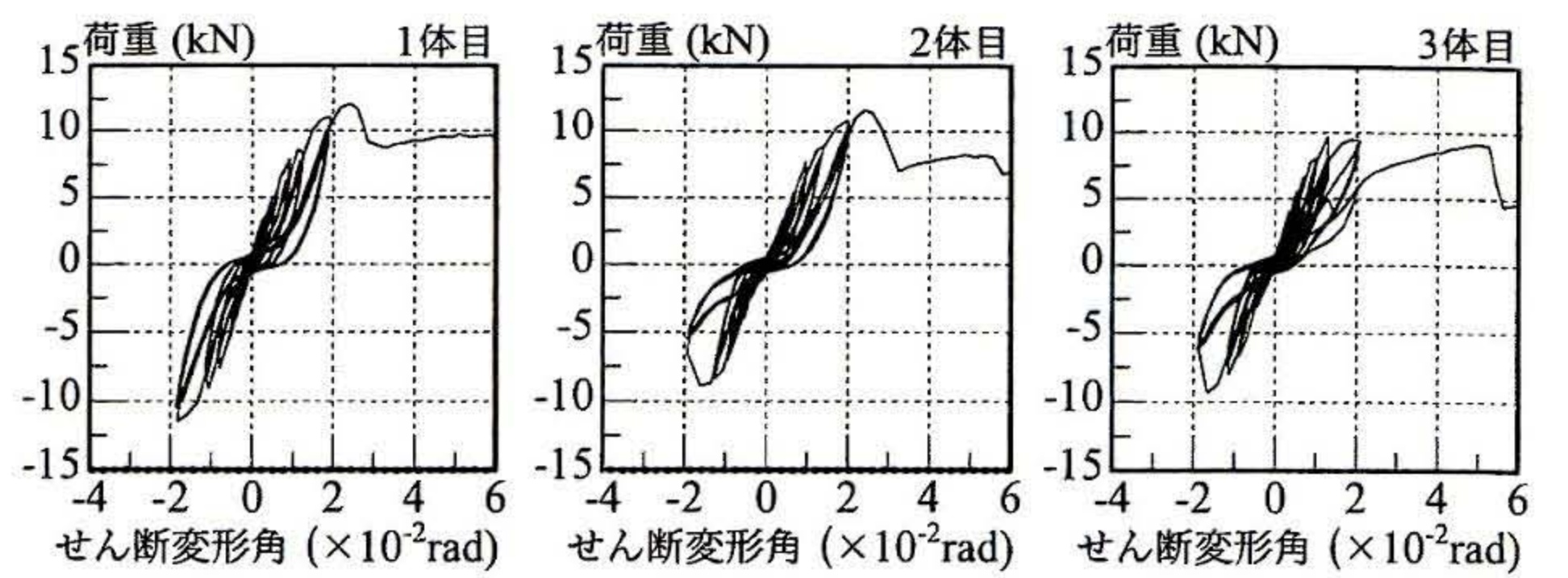


図2 耐力壁の性能試験結果

表1 耐力壁の基本性能 (3体平均値)

| $P_y$<br>(kN) | $\gamma_{0y}$<br>(rad) | $K$<br>(kN/rad) | $\gamma_{0u}$<br>(rad) | $P_u$<br>(kN) | $\mu$ | $D_s$ |
|---------------|------------------------|-----------------|------------------------|---------------|-------|-------|
| 6.78          | 1/128                  | 869             | 1/37.7                 | 10.3          | 2.3   | 0.53  |

$P_y$ : 降伏耐力,  $\gamma_{0y}$ : 降伏変形角,  $K$ : 初期剛性,  $\gamma_{0u}$ : 終局変形角,  $P_u$ : 終局耐力,  $\mu$ : 塑性率,  $D_s$ : 構造特性係数

でシアリンク部を2倍にしたもの(2P)の2種類とした(表2に図を示す)。制振壁全体の水平剛性はダンパー複素剛性 $K_d^*$ 、柱・横架材接合部回転の寄与 $K_f$ 、ダンパー接合部の局所変形の寄与 $K_c$ で表し<sup>1)</sup>、1P試験体の場合、 $K_f = 157$ ,  $K_c = 1,033$ , 2P試験体の場合、 $K_f = 206$ ,  $K_c = 1,088$ (単位はいずれも kN/rad)である。

2.4 加力装置 試験体のねじれや面外変形を防ぐためにパンタグラフと面外変形拘束ローラーを梁上部に設置する。加力は油圧サーボアクチュエータを用いて荷重制御で行う。ダンパー周辺を恒温室内で囲み、恒温室内の気温を20°Cに保つ。試験体変位は、柱頭水平変位、柱脚水平・鉛直変位から真のせん断変形角に換算して評価する。

2.5 実験パラメータの設定 表2に実験パラメータ一覧を示す。パラメータは、制振壁、想定建物の固有振動数 $n_0$ 、風速倍率である。風速倍率は、弾性限界風速に対する風速比を表す。なお、力の大きさは風速倍率の2乗に比例する。また、ダンパー剛性比 $\beta$ は $n_0$ におけるダンパー貯蔵剛性 $K_d'(n_0)$ と耐力壁弾性剛性の比である。

2.6 入力波の作成 入力波は、想定建物の弾塑性・粘弾性風応答解析で得られる600秒間のモーダル1次復元力 $\tilde{Q}(t)$ を試験体の降伏耐力にあわせて調整したもので、これを10回(各600秒をパートと記す)連続させた6,000秒と、加力開始時の入力波漸増時間200秒を合わせた6,200秒間である。風応答解析については、その2に示す。

3 実験結果

3.1 入力波の検証 図3にいずれも $n_0 = 2\text{Hz}$ 、風速倍率

表2 実験パラメーター一覧

| 実験 Case          | Case 1 | Case 2 | Case 3 | Case 4 |
|------------------|--------|--------|--------|--------|
| 制振壁              |        |        |        |        |
|                  | なし     | なし     | 1P     | 1P     |
| 固有振動数 $n_0$ (Hz) | 2      | 2      | 2      | 2      |
| 風速倍率             | 1      | 1.1    | 1      | 1.1    |
| ダンパー剛性比 $\beta$  | 0      | 0      | 0.61   | 0.61   |

| 実験 Case          | Case 5 | Case 6 | Case 7 | Case 8 |
|------------------|--------|--------|--------|--------|
| 制振壁              |        |        |        |        |
|                  | 1P     | 1P     | 2P     | 2P     |
| 固有振動数 $n_0$ (Hz) | 2      | 0.5    | 2      | 2      |
| 風速倍率             | 1.2    | 1      | 1      | 1.1    |
| ダンパー剛性比 $\beta$  | 0.61   | 0.32   | 1.22   | 1.22   |

1で、 $\beta$ を変化させた Case1, Case3, Case7 の場合の入力波の実験結果（試験体反力）と目標値（風応答解析結果）のパワースペクトル密度  $S_Q(n)$  ( $n$ :周波数)を示す。実験結果は、固有振動数成分では目標値と概ね一致しているが、低周波数成分では目標値に比べ Case3 の場合 2.7 倍と高く、Case1, Case7 の場合 0.4 倍と低くなってしまった。塑性化のより進む風速倍率 1.1, 1.2 でも同様に実験結果が低くなってしまった。

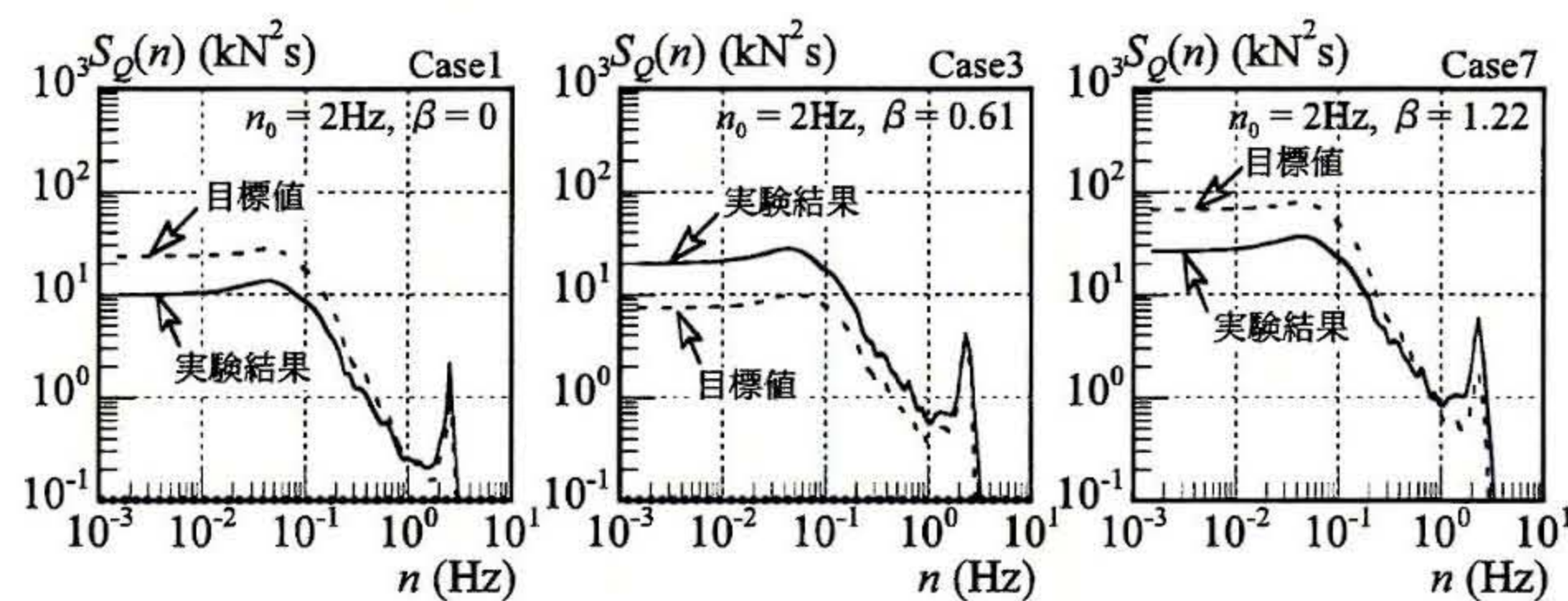


図3 入力波の規準化パワースペクトル密度(第1パート)

3.2 ダンパー剛性比の変化による挙動の変化 図4にいずれも  $n_0 = 2\text{Hz}$ , 風速倍率 1 で、 $\beta$ を変化させた Case1, Case3, Case7 の復元力特性(第1パート)を示す。復元力は、耐力壁降伏変形角  $\gamma_{0y}$  時の制振壁耐力と耐力壁降伏耐力  $\sigma_{0y}$  の和  $\sigma_{0y}$  で除して、風速倍率 1 の場合、目標最大値は 1 である。 $\beta$  の増加に対し、履歴吸収エネルギーは大きくなるが、変形角の振幅は変化せず、変形角全体が風方向へシフトしている。なお、目標とした最大耐力に達していないのは、実験装置の都合である。

図5にせん断変形角の平均値と標準偏差(第1パート)、実験結果の復元力履歴から最小二乗法で求めた等価剛性の試験体弾性剛性に対する比を示す。風速倍率 1 の場合、 $\beta$  の増加に対して平均値は増大し、標準偏差は概ね変化

\* 神奈川大学 大学院生  
\*\* 神奈川大学 助手, 教授

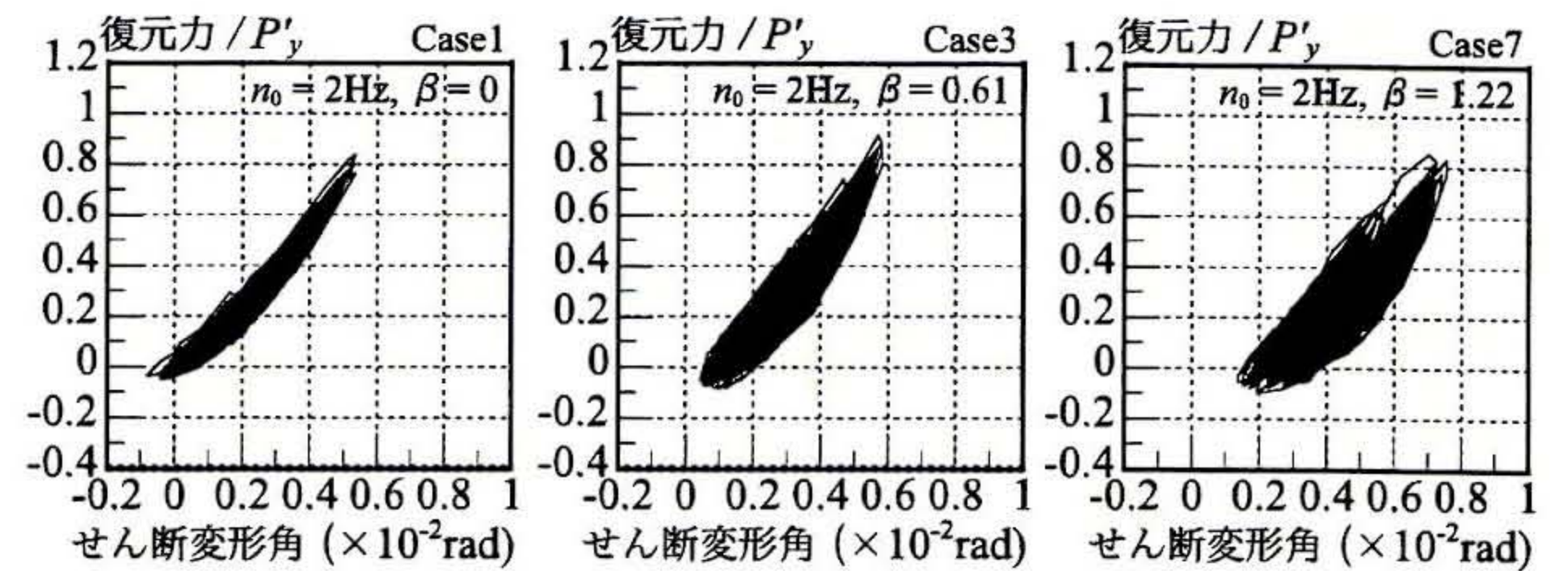


図4 風速倍率 1, 固有振動数 2Hz の場合の復元力特性(第1パート)

しない。風速倍率 1.1 の場合、 $\beta = 0.61$  (Case4) で平均値が他に比べ大きいのは、加力中に耐力壁の筋かいが損傷したためであり、全体の傾向としては  $\beta$  の増加に対して平均値は増大し、標準偏差は減少する。等価剛性と試験体弾性剛性の比は、風速倍率 1 の場合、全体的に 1 以上で、 $\beta$  の増加に対して低下する傾向にあり、風速倍率 1.1 の場合、耐力壁の塑性化の影響で全体的に 1 以下で、 $\beta$  の増加に対して上昇する傾向にある。これらは、耐力壁が弾性域にある場合は粘弾性体の周波数依存性によるもので、耐力壁が弾塑性域にある場合は周波数依存性の他、耐力壁の複雑な弾塑性挙動によるものと思われる。

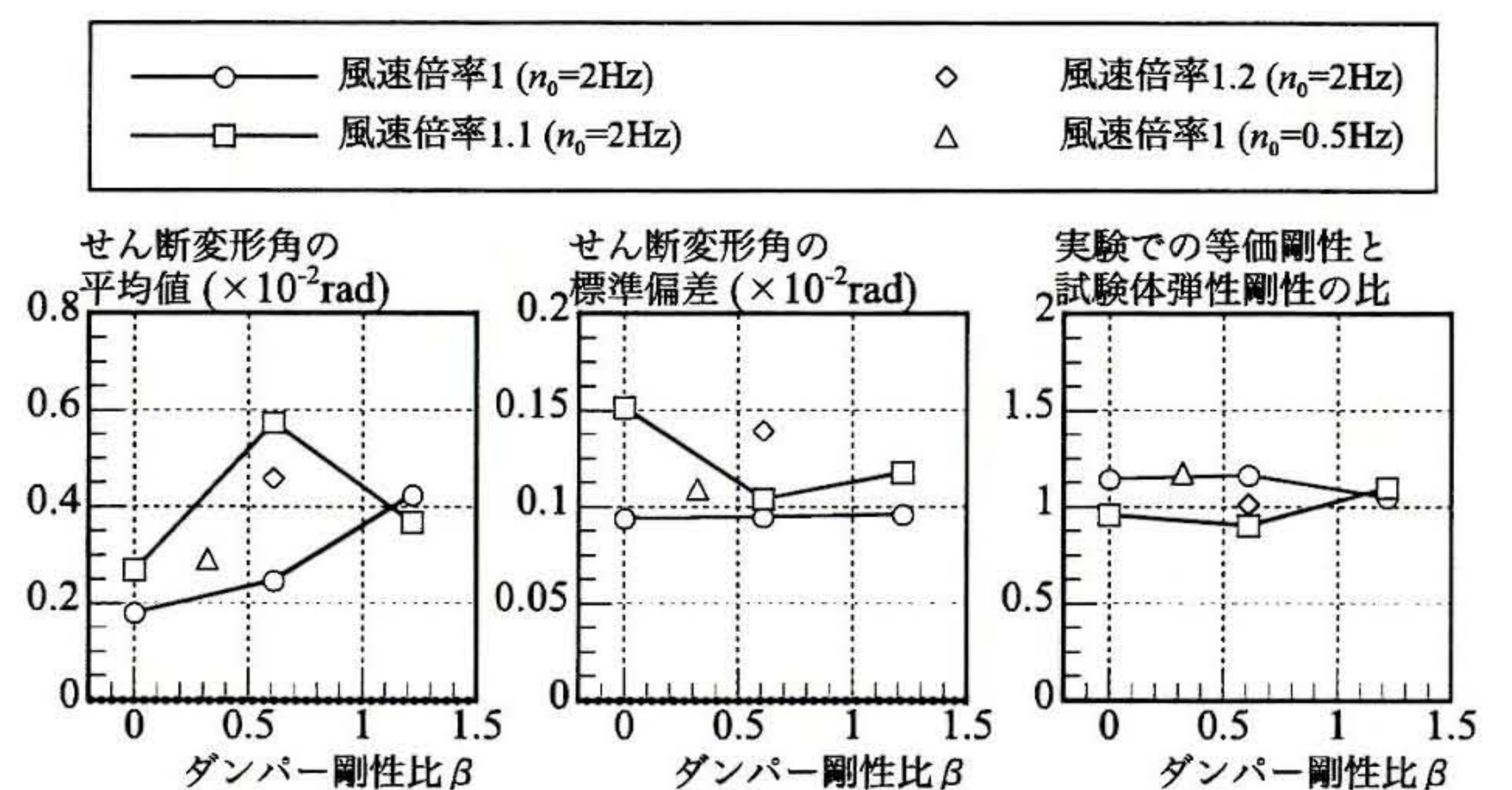


図5 ダンパー剛性比によるせん断変形角と剛性比の変化(第1パート)

#### 4 おわりに

本研究は、粘弾性ダンパー型制振壁と軸組工法耐力壁から構成される木造制振架構試験体を対象に、想定建物の風応答せん断力を入力とした動的加力実験を行った。試験体は、ダンパー剛性比の増加に対して、弾性域では粘弾性体の周波数依存性、弾塑性域では耐力壁の弾塑性挙動により、せん断変形角が増大する傾向を示す。

謝辞 本研究を行うに当たり、東京工芸大学・文部科学省学術フロンティア推進事業のご支援をいただきました。記して謝意を表します。  
参考文献 1)金子哲也, 下村祥一, 初岡徹朗, 大熊武司:長時間ランダム加力を受ける粘弾性ダンパー付き木造制振壁の動的挙動に関する研究その1, 日本建築学会大会学術講演梗概集 C-1, pp.275-276, 2007.8 2)下村祥一, 大熊武司:加力方法の違いが木造軸組工法耐力壁の復元力特性に及ぼす影響とそのモデル化手法, 木造軸組工法耐力壁の耐風性能評価用復元力特性に関する研究 その1, 日本建築学会構造系論文集, 第607号, pp.133-140, 2006.9 3)下村祥一, 大熊武司:木造軸組工法建物の弾塑性風応答性状とその応答解析手法に関する研究, 木造軸組工法耐力壁の耐風性能評価用復元力特性に関する研究 その2, 日本建築学会構造系論文集, 第621号, pp.119-126, 2007.11 4)例えば, (財)日本住宅・木材技術センター:木造の耐力壁およびその倍率性能評価業務方法書, 2000.6 制定, 2001.5 改訂

\* Graduate student, Kanagawa University

\*\* Research Assoc. and Prof., Kanagawa University