

## 鋼構造骨組の柱梁耐力比が損傷集中に及ぼす影響 (その3 履歴型ダンパー付骨組)

正会員○友澤悟史\* 同 小川厚治\*\*

### 2. 構造-10. 鉄骨構造

柱梁耐力比, 履歴型ダンパー, 梁崩壊型, 損傷集中, 最大層間変位角

1.序 履歴型ダンパーのような耐震要素は各層独立にせん断耐力を付与するので,履歴型ダンパー付骨組は通常のラーメン骨組より特定層に変形が集中し層崩壊を起こしやすい可能性がある.本報では,履歴型ダンパー付骨組について,柱梁耐力比の影響を検討しておく.

2.解析骨組 解析骨組は,層数 $N$ が,4,8,12の3種類とし,すべての層にダンパーを取り付けた.本報その3では前報その1の結果と対比させながら検討を進めるが,その1で示した解析骨組と区別するため,以後,その1で示した骨組を基本骨組,ここで示す骨組をダンパー付骨組とする.階高 $h$ ,重量は基本骨組と同じとし,柱脚は固定とする.部材の剛性,耐力は以下のように設定する.

- ・振動特性係数 $R_t$  算定用の固有周期は,建物の高さに0.03を乗じた値とする.
- ・層せん断力係数は,前報その1(3)式の $A_i$ 分布に従う.
- ・主体骨組の弾性限での層間変位角を基本骨組と同じ3/400とする.柱と梁の剛比は1であり,それぞれの弾性限での材端弾性回転角を3/800とした.主体骨組,ダンパーの復元力特性はいずれもbilinear形とした.
- ・ダンパーと主体骨組の弾性剛性比を2とする.
- ・標準せん断力係数 $C_0$ が0.2のとき全ての層のダンパーが降伏する.
- ・柱梁耐力比が1の基準骨組では,標準せん断力係数 $C_0$ が0.4のとき全ての柱,梁端が全塑性モーメントに至る.
- ・柱梁耐力比が $\gamma$ の骨組では,柱と最上層の梁の全塑性モーメントは,柱梁耐力比が1の基準骨組の $\gamma$ 倍とし,他の梁は基準骨組と同じとする.図1は各層の荷重変形関係を示したものである.縦軸は層せん

断力のベースシヤ係数相当値を振動特性係数 $R_t$ で除した値で,横軸は層間変位角である.

・主体骨組,ダンパーの歪硬化係数は0.02とした.

P $\Delta$ 効果を考慮し,粘性減衰は剛性比例型を仮定し,

1 次の減衰定数を0.02とした.入力地震波は,前報その1と同じである.

3.解析結果 その1と同様に,ダンパー付骨組の各層の最大層間変位角の最大値 $R_{max}$ を検討する.図

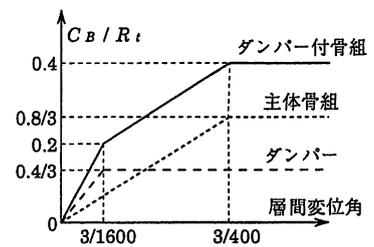


図1 ダンパー付骨組  
荷重-変形関係

2は,ダンパー付骨組の各層の最大層間変位角の最大値 $R_{max}$ と柱梁耐力比 $\gamma$ の関係を示したものである.図中の◇で示した点は,1a01から1a40の各地震波を用いたときの, $\gamma$ に対するダンパー付骨組の $R_{max}$ の応答値である.また実線は,各骨組の応答値が対数正規分布すると仮定したときの中央値である.さらに基本骨組とダンパー付骨組では, $R_{max}$ にどの程度違いがでてくるのかを比較するため,前報その1で示した基本骨組の $R_{max}$ の対数正規分布の中央値を図中の破線で示している.

図2によると,ダンパー付骨組では基本骨組と同様に, $R_{max}$ は $\gamma$ の増大に伴い減少していき, $\gamma$ がある値を超えるとほぼ一定になる.しかし,実線で示した中央値について,柱梁耐力比が $\gamma$ のときの値 $R_{max\gamma}$ と柱梁耐力比が2のときの値 $R_{max2}$ の比は,本解析中最も大きい4層骨組の $V_{dm} = 3.0 \text{ m/s}$ でも1.3程度である. $\gamma$ による $R_{max}$ の変化は,基本骨組に比べるとダンパー付骨組は小さく,ダンパー付骨組の $R_{max}$ では,基本骨組ほど柱梁耐力比の影響は認められない.また実線と破線を比べると,ダンパー付骨組

Effect of Column-to-beam Strength Ratio on Damage Concentration of Steel Frames

(Part 3 : Frames with Hysteretic Dampers)

TOMOZAWA Satoshi and OGAWA Koji

は基本骨組に比べて  $R_{max}$  が全体的にかなり小さいことが認められる。  $V_{dm} = 1.5 \text{ m/s}$  の場合、ダンパー付骨組は基本骨組のおよそ 40% から 50%,  $V_{dm} = 2.25 \text{ m/s}$  の場合はおよそ 30% から 40%,  $V_{dm} = 3.0 \text{ m/s}$  の場合はおよそ 20% から 30%,  $R_{max}$  が小さくなっている。

このように、ダンパー付骨組は、ダンパーによる履歴減衰効果によって、基本骨組に比べて、最大層間変位角はかなり小さくなり、柱や梁に生じる塑性変形も小さくなる。そのため、柱梁耐力比の影響もあまり顕著に現れていない。

上記のように、ダンパー付骨組は基本骨組と比較して応答は減少し、柱や梁に生じる塑性変形が小さくなることから、ダンパー付骨組で柱梁耐力比の影響が現れにくい主な原因である。それでは、ダンパー付骨組の柱や梁が基本骨組と同程度の塑性変形を受けたとき、柱梁耐力比の影響はどのようなようになるかを考える。

図 2 によると、  $V_{dm} = 1.5 \text{ m/s}$  のときの基本骨組と、  $V_{dm} = 2.25 \text{ m/s}$  のときのダンパー付骨組は、  $R_{max}$  の中央値がいずれも 0.02 程度で近い値となっている。また、  $V_{dm} = 2.25 \text{ m/s}$  の基本骨組と  $V_{dm} = 3.0 \text{ m/s}$  のダンパー付骨組は、  $R_{max}$  の中央値がいずれも 0.03 程度で近い値となっている。ここでは、この  $R_{max}$  の中央値に近い値を取る骨組の応答を比べることにした。なお、主体骨組の弾性限変形角は基本骨組もダンパー付骨組も同じであるので、最大層間変位角が等しいことは主体骨組の塑性率が等しいことを意味している。

図 3 の (a) の縦軸は、  $V_{dm} = 2.25 \text{ m/s}$  のときのダンパー付骨組の中央値を  $V_{dm} = 1.5 \text{ m/s}$  のときの基

本骨組の中央値で除した値である。また (b) の縦軸は  $V_{dm} = 3.0 \text{ m/s}$  のときのダンパー付骨組の中央値を  $V_{dm} = 2.25 \text{ m/s}$  のときの基本骨組の中央値で除した値である。(a) (b) 共に、縦軸の値はおよそ 1.0 程度になっている。柱梁耐力比を小さくして 1 に近づけると、特定層への変形集中が起こり、  $R_{max}$  も増大することは既に述べた通りであるが、図 3 によると、  $\gamma$  を小さくして 1 に近づけると、6 例中 (a) 図の 4 層骨組を除く 5 例は縦軸の値が小さくなっている。これは、図 3

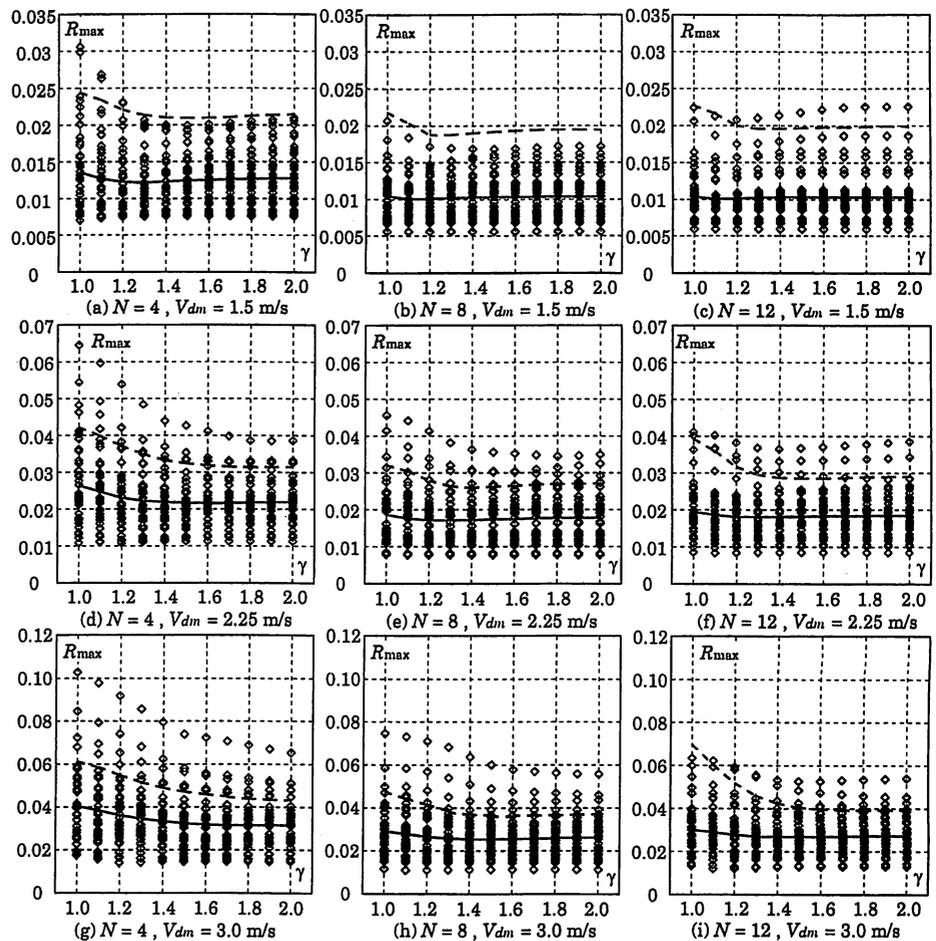


図 2 ダンパー付骨組の各層の最大層間変位角の最大値  $R_{max}$

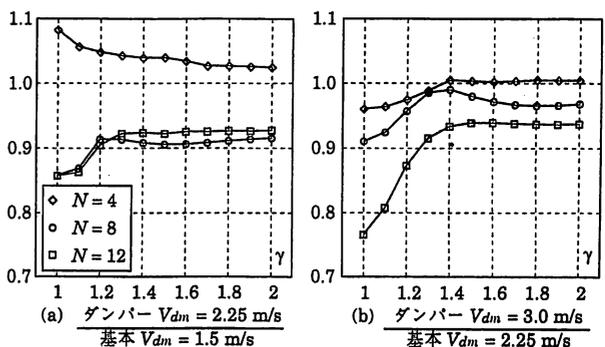


図 3  $R_{max}$  における

ダンパー付骨組と基本骨組との比較

の縦軸に表した値の分子であるダンパー付骨組の方が柱梁耐力比を小さくても変形集中が起こり難いことを表している。図3から判断すると、最大層間変位角が同程度で、柱や梁に同程度の塑性変形が生じる場合でも、ダンパー付骨組のほうが純ラーメン骨組より大きな柱梁耐力比を必要とする理由は認められない。

次にダンパー付骨組の  $R_{mean}$  について検討する。ただし、ダンパー付骨組の各層の最大層間変位角の平均値  $R_{mean}$  は前報その1で定義した値である。図4は  $R_{mean}$  と柱梁耐力比  $\gamma$  との関係を示したものである。図中の  $\diamond$  は  $\gamma$  に対するダンパー付骨組の  $R_{mean}$  の応答値である。また実線は各骨組の応答値が対数正規分布すると仮定したときの中央値である。さらに、前報その1で示した基本骨組の  $R_{mean}$  の対数正規分布の中央値を図中の破線で示している。

実線と破線を比べるとダンパー付骨組は基本骨組に比べて  $R_{mean}$  が全体的に小さいことが認められる。  $V_{dm} = 1.5 \text{ m/s}$  の場合、ダンパー付骨組は基本骨組のおよそ40%から50%、  $V_{dm} = 2.25 \text{ m/s}$  の場合では30%から40%、  $V_{dm} = 3.0 \text{ m/s}$  の場合は40%程度  $R_{mean}$  は小さくなっている。前述のように、ダンパー付骨組は、基本骨組と比べて最大層間変位角が小さくなり、  $R_{mean}$  は基本骨組より小さい。また、図4の実線はほぼ横軸に平行で、ダンパー付骨組の  $R_{mean}$  は柱梁耐力比の影響をあまり受けない。

図5は図3と同様に、  $R_{mean}$  の中央値が近い値を取る基本骨組とダンパー付骨組の応答を比べたもので、図5の(a)の縦軸は、  $V_{dm} = 2.25 \text{ m/s}$  のときのダンパー付骨組の中央値を  $V_{dm} = 1.5 \text{ m/s}$  のときの

基本骨組の中央値で除した値である。また(b)の縦軸は  $V_{dm} = 3.0 \text{ m/s}$  のときのダンパー付骨組の中央値を  $V_{dm} = 2.25 \text{ m/s}$  のときの基本骨組の中央値で除した値である。(a)(b)共に、縦軸の値はおよそ1.0程度になっている。柱梁耐力比を小さくして1に近づけると、特定層への変形集中が起こるばかりでなく、  $R_{mean}$  も大きくなるということは、前報その1で既に述べているが、図5によると、  $\gamma$  を1に近づけると、6例全て縦軸の値が減少している。柱や梁に同程度の

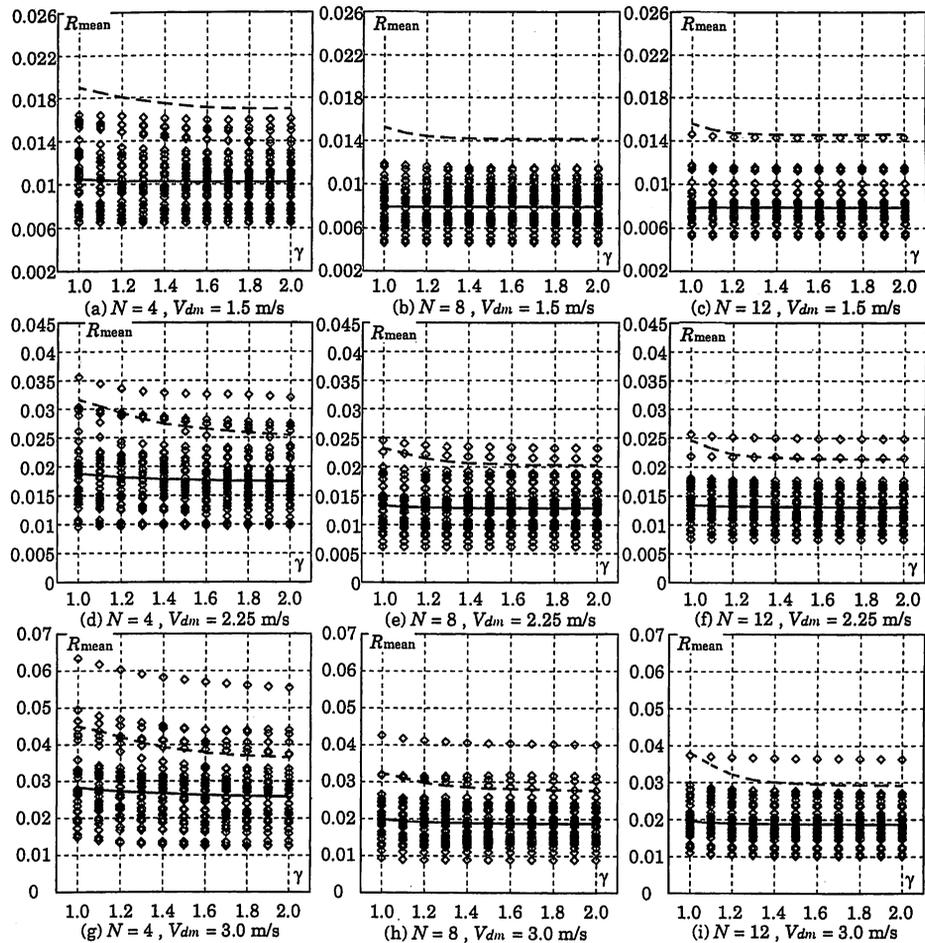


図4 ダンパー付骨組の各層の最大層間変位角の平均値  $R_{mean}$

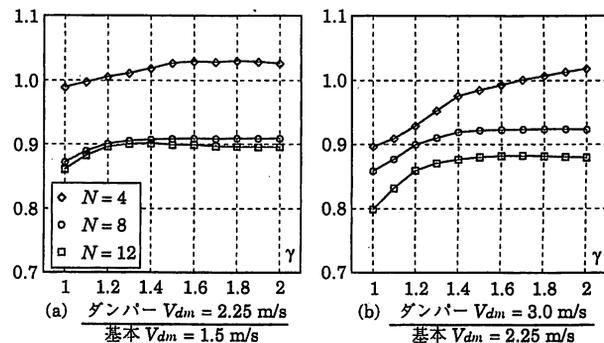


図5  $R_{mean}$  における  
ダンパー付骨組と基本骨組との比較

塑性変形が生じる場合であっても、ダンパー付骨組の  $R_{\text{mean}}$  は柱梁耐力比の影響を受けにくいことが分かる。

図6は、ダンパー付骨組の各層の最大層間変位角の最大値 / 平均値,  $R_{\text{max}} / R_{\text{mean}}$  と柱梁耐力比  $\gamma$  の関係を示したものである。図中の  $\diamond$  は  $\gamma$  に対するダンパー付骨組の  $R_{\text{max}} / R_{\text{mean}}$  の応答値である。また実線は各骨組の応答値が対数正規分布すると仮定したときの中央値である。さらに、前報その1で示した基本骨組の  $R_{\text{max}} / R_{\text{mean}}$  の対数正規分布の中央値を図中の破線で示している。

図6より、実線で示すダンパー付骨組の  $R_{\text{max}} / R_{\text{mean}}$  は、 $\gamma$  の増大に伴い減少していき  $\gamma$  がある値を超えるとほぼ一定になる。 $R_{\text{max}} / R_{\text{mean}}$  が一定となるのは、4層のダンパー付骨組では基本骨組とほぼ等しいが、8層、12層のダンパー付骨組では、 $V_{dm} = 1.5 \text{ m/s}$  のとき 1.1,  $V_{dm} = 2.25 \text{ m/s}$  のとき 1.2,  $V_{dm} = 3.0 \text{ m/s}$  のとき 1.4 程度であり、 $\gamma$  が基本骨組の場合より小さい値で一定となる。

図7は、 $R_{\text{max}} / R_{\text{mean}}$  において、 $R_{\text{max}}$  や  $R_{\text{mean}}$  が近い値を取る基本骨組とダンパー付骨組の応答を比べたもので、図7の(a)の縦軸は、 $V_{dm} = 2.25 \text{ m/s}$  のときのダンパー付骨組の中央値を  $V_{dm} = 1.5 \text{ m/s}$  のときの基本骨組の中央値で除した値である。また(b)の縦軸は  $V_{dm} = 3.0 \text{ m/s}$  のときのダンパー付骨組の中央値を  $V_{dm} = 2.25 \text{ m/s}$  のときの基本骨組の中央値で除した値である。(a)(b)共に、縦軸の値はおよそ 1.0 程度で、 $\gamma$  を小さくして 1 に近づけると、増大す

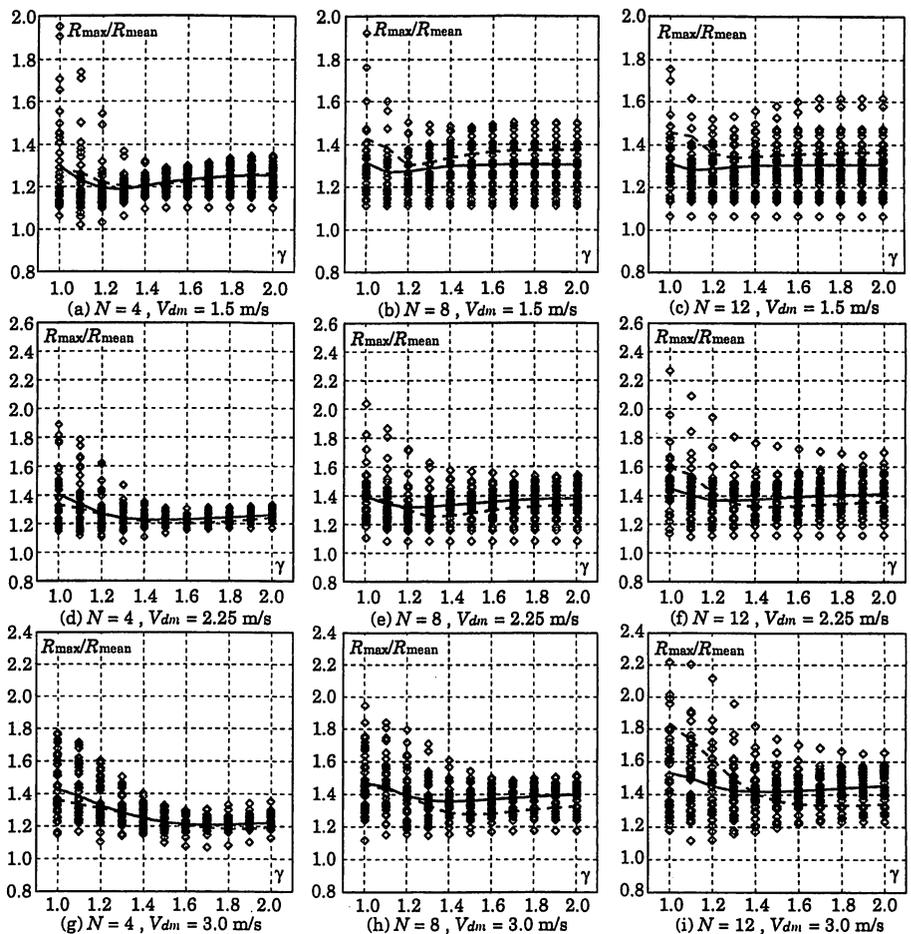


図6 ダンパー付骨組の各層の最大層間変位角の最大値 / 平均値

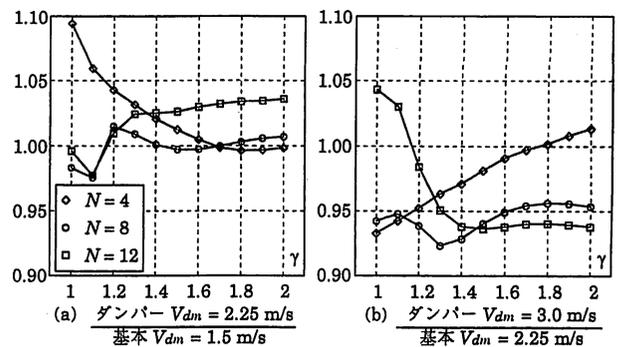


図7  $R_{\text{max}} / R_{\text{mean}}$  における  
ダンパー付骨組と基本骨組との比較

るものも減少するものもあり、一定の傾向は認めにくい。このことは、柱や梁に同程度の塑性変形が生じる場合であっても、ダンパー付骨組の最大層間変位角を一様化させるための柱梁耐力比は、基本骨組と同程度でよいことを示唆している。

\* 熊本大学大学院自然科学研究科 大学院生

\* Graduate School of Science and Technology, Kumamoto Univ.

\*\* 熊本大学工学部 教授 工博

\*\* Prof., Faculty of Eng., Kumamoto Univ., Dr.Eng.