

戸建木造住宅における摩擦ダンパーと粘弾性ダンパーの応答低減効果に関する基礎的研究

栗田研究室

4107055 常徳 真琴

1. 研究背景・目的

近年、戸建木造住宅の耐震性能の向上を目的とした制振構造の導入が検討されている。そのため、木造住宅に適合する制振装置の開発を目的とした研究が盛んに報告されている。こうした背景の中、制振装置単体での性能評価を行った研究は多く報告されている一方、建物全体における制振装置の応答低減効果を検証した研究は少ない。そこで、本研究では制振壁を有する木造住宅を対象に地震応答解析を行い、等価粘性減衰定数を評価指標にダンパー単体と建物全体の減衰効果について検証する。

2. ダンパーの分類

図 1 に木造住宅を対象としたダンパーの設置例を示す。既往の研究からダンパーは軸組内部に設置され、3 種類に分類される。各ダンパーの特徴を表 1 にまとめる。木造住宅向けに開発されている制振部材は鋼材ダンパー、摩擦ダンパー、粘弾性ダンパー、オイルダンパーの 4 種類に分類することができる。¹⁾

3. ダンパーのモデル化

ダンパーは実際に製品化されているものの中から摩擦ダンパー²⁾と、粘弾性ダンパー³⁾を対象とする。ダンパーの荷重変形関係についてはダンパーを設置した壁構面の振動台実験の結果^{2) 3)}からモデル化を行った。図 2 と表 2 に各ダンパーのモデルの概要を示す。

3.1 摩擦ダンパー

摩擦ダンパーは図 1 のタイプ 3 のように設置されたものを使用する。実験結果の荷重変形関係は設置部材の剛性を含んでおり、層間変形角 1/150rad. からエネルギー吸収性能を示す。今回は完全バイリニア型に置換した。

3.2 粘弾性ダンパー

粘弾性ダンパーは図 1 タイプ 2 のように軸組の仕口部に設置され、壁構面 1 枚につき 4 個設置される。実験結果から、設計用に構面にダンパー 4 個を設置した時の荷重変形関係は完全バイリニア型として与えられ、粘弾性ダンパーは層間変形角が 1/30rad. をこえるとエネルギー吸収性能を示す。

4. 解析概要

4.1 対象建物

図 3 で示されるような平面の 1 階建て木造軸組工法住宅を対象とする。木造住宅は間口 3.64m、奥行き 5.46m、高さ 2.70m とする。木造住宅を 1 質点系モデルに置き換え、質量は 4.4ton、減衰を 4% とする。また、耐力壁 x 方向に 8 枚、y 方向に 6 枚設置した。

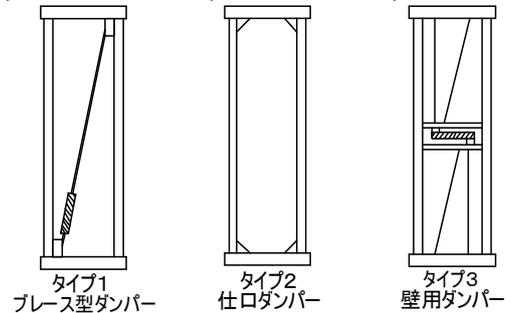


図 1 ダンパーの設置例

表 1 ダンパーの分類^{4) 5) 6) 7)}

種類	鋼材ダンパー	摩擦ダンパー	オイルダンパー	粘弾性ダンパー
使用部分	ブレース	ブレース 仕口・壁	仕口 壁	ブレース 仕口
特徴	変位依存		速度依存	
エネルギー吸収	鋼材の塑性	摩擦力	オイルの孔通過時の抵抗	鋼材と粘弾性体間の粘性抵抗
壁構面実験による等価粘性減衰	30% (1/150rad.)	15~30% (1/120rad.)	20% (1/120rad.)	10~30% (1/120rad.)

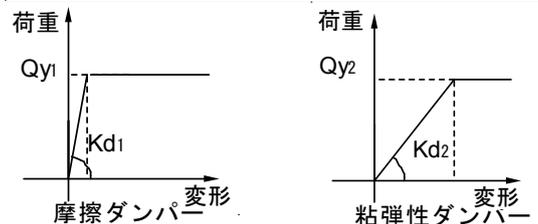


図 2 ダンパーの荷重変形関係

表 2 ダンパーの諸定数

	摩擦ダンパー	粘弾性ダンパー
降伏荷重 Q_y (kN)	9.0	1.15
初期剛性 K_d (kN/m)	490	12.8
設置壁枚数(枚)	1	8
$\sum Q_y$	9.0	9.2
$\sum K_d$	490	102

(ただし粘弾性ダンパーの Q_y, K_d は 4 個当りの値)

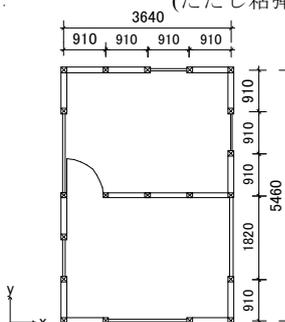


図 3 解析モデル平面図

表 3 解析ケース

ケース1	建物のみ
ケース2	摩擦ダンパー設置
ケース3	粘弾性ダンパー設置

表 4 解析条件

建物重量	減衰定数	固有周期	壁倍率
4.4(ton)	0.04	0.4(s)	1.6
		0.5(s)	1.0
		0.6(s)	0.75

4.2 対象ダンパー

ダンパーは3章でモデル化を行った摩擦ダンパーと粘弾性ダンパーを対象とする。摩擦ダンパーと粘弾性ダンパーの個数は降伏荷重が同程度となるように配置する。

4.3 解析条件

解析では建物のx方向を対象とする。図4に解析モデルを示し、解析ケースは表3に示す3種類である。解析条件は表4に示すように木造住宅の壁倍率や固有周期のばらつきを考慮して、今回は壁量計算の必要壁長を満たす範囲で固有周期を0.4秒、0.5秒、0.6秒と変化させる。

4.4 検討方法

4.1節で示した解析モデルを使用し、地震応答解析を行う。入力地震波はEl-CentroとJMA神戸を用いる。最大応答値からダンパー設置による応答低減効果の比較検討を行う。また、解析の応答値から最大層間変形角が1/120rad.のときにおける履歴ループを使用してダンパーを含む建物全体の等価粘性減衰定数を算出する。

5. 解析結果・考察

5.1 応答低減効果

建物の最大応答変位および最大応答加速度の各周期のケース1での応答値を基準として、応答低減率を表5にまとめた。ダンパーを設置することで最大応答が低減している。しかし、ケース3では応答値が増加した結果も得られた。これはダンパーを設置したことにより剛性が増加したことや、層間変形角が1/30rad.を越えるまでダンパーがエネルギーを吸収しないために生じたと考えられる。ケース2は建物の固有周期Tの変化によって応答低減率にばらつきがみられた。ケース2の応答低減率はケース3より高くなっている。

5.2 等価粘性減衰定数

図5のJMA神戸入力時の荷重変形角関係から、ケース1と比較すると、ケース2、3はダンパーによるエネルギー吸収が付加されていることが読み取れる。ケース3に比べ、ケース2の等価粘性減衰定数が大きくなっていることが読み取れる。ケース2はダンパーが1/150rad.の点で降伏するので荷重変形角関係の履歴ループは膨らみ、減衰が大きくなることが予想される。ケース3は層間変形角が1/30rad.をこえるまでダンパーが降伏しないため減衰効果の向上は確認できない。

層間変形角1/120rad.における各解析ケースの等価粘性減衰定数を表6に示す。ケース3・固有周期0.4秒の場合、層間変形角が1/120rad.を越えないので等価粘性減衰定数による評価は行わない。入力波・建物の固有周期の変化によって等価粘性減衰定数にばらつきが確認されている。またケース2において建物の固有周期が長くなると等価粘性減衰定数が小さくなる。ケース3では、ダンパーによる減衰効果が付加されていないため、固有周期が長くなるにことによる等価粘性減衰定数の減少は見られない。

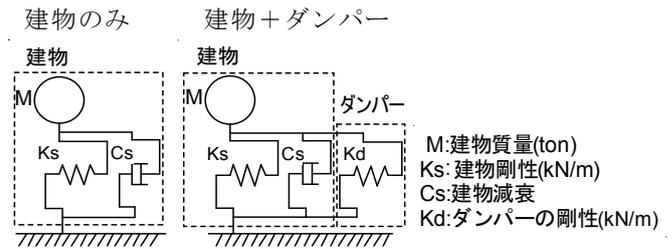


図4 解析モデル

表5 応答低減率

T=0.5	El-Centro			JMA神戸		
	ケース1	ケース2	ケース3	ケース1	ケース2	ケース3
変位	1	0.32	0.63	1	0.85	1.05
絶対加速度	1	0.67	0.97	1	0.75	1.16

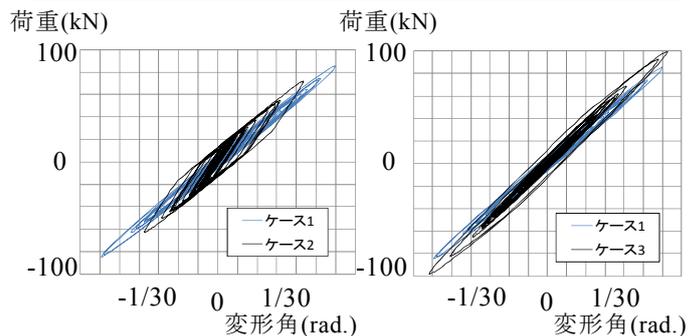


図5 荷重変形角関係(JMA神戸, T=0.5秒)

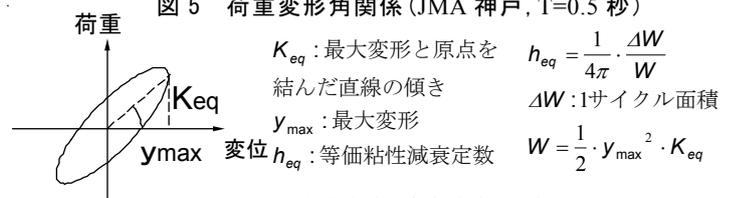


図6 等価粘性減衰定数の算出

表6 等価粘性減衰定数の比較(層間変形角1/120rad.)

固有周期	El-Centro			JMA神戸		
	ケース1	ケース2	ケース3	ケース1	ケース2	ケース3
0.4	0.04	値なし	0.04	0.04	0.13	0.03
0.5		0.13	0.05		0.16	0.08
0.6		0.03	0.05		0.11	0.09

6. 結論

ダンパー種別に分類した木造住宅の建物全体における制振性能を解析的に求めた。等価粘性減衰定数に注目し、制振壁単体と建物全体の算定結果は、ダンパー種別によらず建物全体の方が小さくなっていることが確認できた。

今後、検討対象とする制振装置を増やし、建物全体における減衰性能を詳細に分析する。また、建物全体の荷重変形関係における非線形性や水平構面剛性など考慮し、より精度の高い地震応答解析を行っていく。

【参考文献】

- 1) 日本振動技術協会：振動技術総覧 2005 2005.9
- 2) 深澤・立花：摩擦ダンパーを用いた在来軸組木造建物用制振工法の構造的評価 2007.12
- 3) 日本建築構造技術者協会：応答制御構造設計法 2000.12
- 4) 宮澤・津田ら：木質住宅のための制振構造の振動台実験 その2 日本建築学会大会学術講演梗概集 2008.9
- 5) 八木・深澤ら：摩擦ダンパーCFDを用いた戸建て住宅制震構法の開発 その3 日本建築学会大会学術講演梗概集 2007.8
- 6) 上山・五十田ら：既存木造住宅の耐震性向上に関する総合的研究 その33 日本建築学会大会学術講演梗概集 2004.8
- 7) 津田・宮澤：木質制振住宅に関する研究 工学院大学研究報告第105号 2008.10