

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	変位リミッター機構を持つ粘弾性ダンパーを用いた制振フレームモデルの応答特性(構造I)
Title	
著者(和文)	佐藤 大樹, 船木 尚己, 川股重也, 吉村 歩
Authors	daiki sato, Shigeya Kamata
出典 / Citation	日本建築学会東北支部研究報告集. 構造系, , No. 64,
Citation(English)	, , No. 64,
発行日 / Pub. date	2001, 5
rights	日本建築学会
rights	本文データは学協会の許諾に基づきCiNiiから複製したものである
relation	isVersionOf: http://ci.nii.ac.jp/naid/110006883663

変位リミッター機構を持つ粘弾性ダンパーを用いた制振フレーム模型の応答特性

正会員○佐藤 大樹*¹同 船木 尚己*²同 川股 重也*³会員外 吉村 歩*¹

1. はじめに

構造物に制振装置を組む込み、地震発生時に構造物の損傷を防ぐばかりでなく、建物内部の機能を保全することを目的とした制振構造の研究は、近年目覚ましい発展を遂げている。

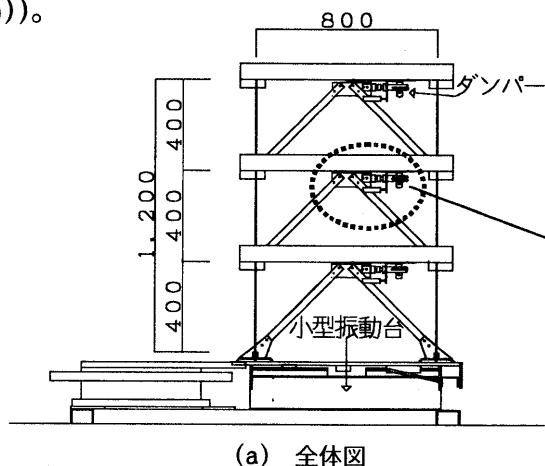
本報では、スパンが800mm、階高400mmの3層の小型フレームに粘弾性ダンパーを組み込んだ制振フレームの加振試験を行い、振動特性を調べる。ダンパーには、過大な変位を防ぐリミッターがあり、ダンパーを保護し、大振幅時にフレームの剛性を高め、過大变位を防ぐ役割をする。

2. 試験体

2.1 制振フレーム模型

制振フレーム模型は、スパンが800mm、階高400mm、総重量163kgの3層フレームである。制振フレーム模型の形状、寸法を図1(a)に示す。

柱は、厚さ3mmのアルミ板バネ、主方向梁は鋼製アングル(L-75×75×6)とした。直交方向梁は2本の鋼製角棒(38×65、38×40)で、アルミ板バネを挟む形に取り付けてあり、錘の役割(1層あたり38kg)を果たす。柱をアルミ板バネ、梁を鋼製アングルとすることで、せん断型のフレームとなった。また、各階にはV字型のブレースが取り付けられており、その先端にダンパーを組み込むことができる(図1(b))。



(a) 全体図

2.2 小型振動台

今回の試験には、永久磁石振動加振器(サンエス SSV-725/TBH-1K) (以下、小型振動台とする)を使用した。最大搭載重量は300kg、最大加速度を1.6Gで、デジタル正弦波振動制御装置によって任意の正弦波で加振することができる。また、実振動波形再現制御ソフトを使用して、任意の地震波加振も行うことができる。

2.3 粘弾性体ダンパー

ダンパーは、粘弾性体のせん断変形によって生じる粘弾性抵抗をダンパーの減衰力とするものである。形状寸法を図2に示す。粘弾性体はアクリル系粘弾性体(住友スリーエム、VEM)を使用し、外枠のアクリル板と、鋼材の2枚のアングルで製作した中板の間に、幅(W)20mm、高さ(H)10mm、厚さ(T)5mmで充填した。

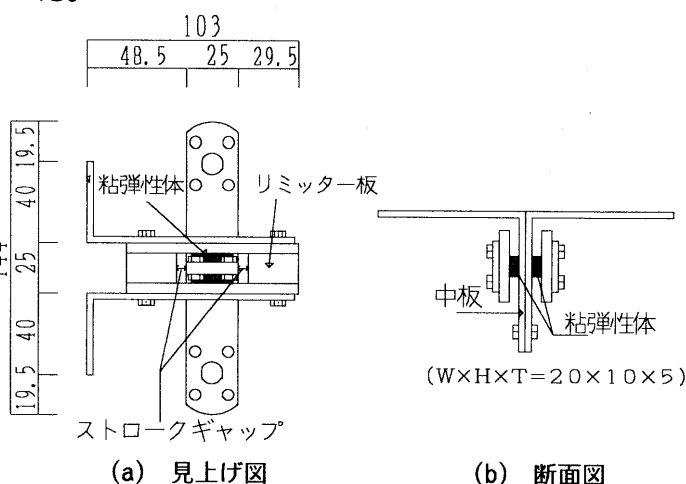
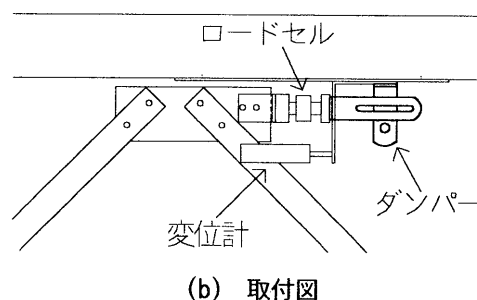


図2 小型ダンパー (単位 mm)



(b) 取付図

図1 制振フレーム模型 (単位 mm)

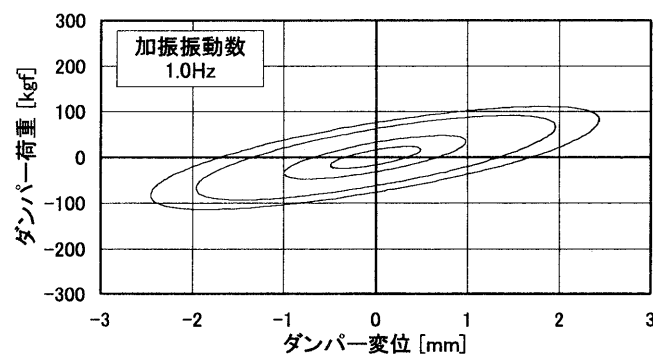
Vibration Response Characteristic of a Test Frame
Controlled by Means of Viscoelastic Dampers Having Displacement Limiter

SATO Daiki et al.

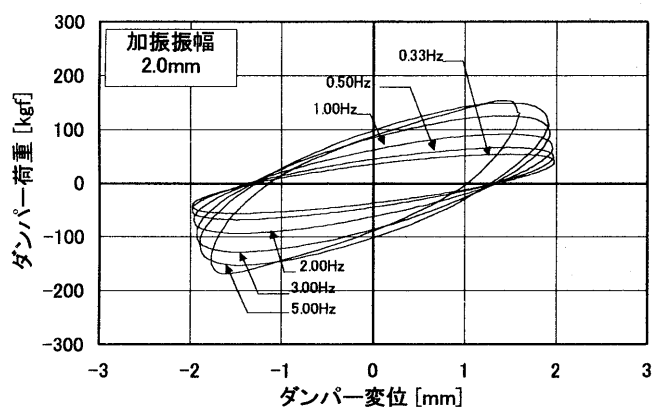
ダンパーには、リミッター機構が設けられており、リミッターが作動するダンパーのストロークギャップはリミッター板の厚さを変えることによって、自由に設定できる。ダンパーが変位し、中板がリミッター板に当たると、ダンパーはそれ以上変位せず、ブレースと一体化することによって、フレームの剛性を高めて大変形を防ぎ、特定階への損傷集中を防ぐ事ができる。

3. ダンパー加振試験

粘弾性体ダンパーの特性を調べるため、動的アクチュエーターでダンパー単体の正弦波加振試験を行った。加振方法は加振振動数と、加振振幅を指定して行う。図3にダンパーの変位-荷重履歴ループを示す。(a)は加振振動数を1 Hzに固定し、加振振幅を変化させたもの、(b)は、加振振幅を2 mmに固定し、加振振動数を変化させたものである。



(a) 振動数一定



(b) 振幅一定

図3 ダンパーの変位-荷重履歴ループ

試験結果より、ループの形状は粘弾性抵抗特有の楕円形を描いていることが確認できる。加振振動数を一定にした(a)より、ループの傾きは加振振幅を変化させても一定であることが分かる。加振振動数を一定にした(b)より、加振振動数が高くなるにつれて、長軸の傾きが大きくなることが分かる。

4. 静的加力試験

静的加力試験は、小型振動台を固定し、そのわきに固定した冶具から滑車を介して錘を吊るし、各層それぞれを引張加力する方法で行い、載荷時と除荷時の水平変位を記録した。代表例として3層加力時の変位-荷重曲線を図4示す。(a)はダンパーを組み込まない状態、(b)はダンパーを組み込んだ状態での試験結果である。尚、ダンパーのストロークギャップを5 mmに設定している。

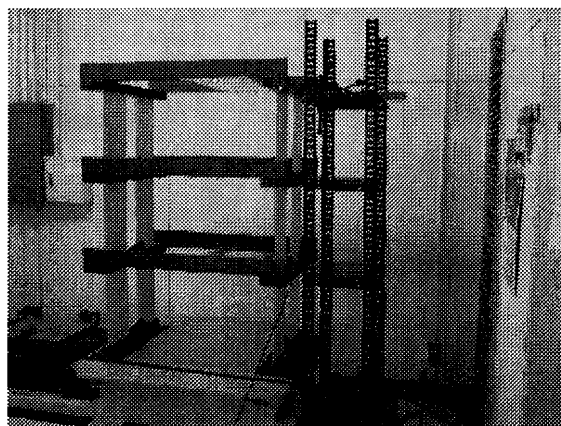
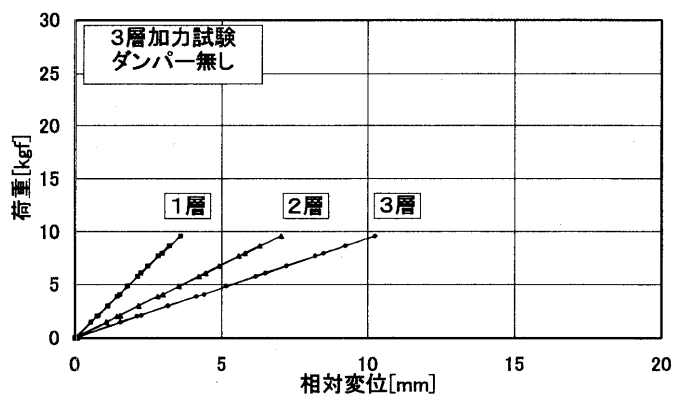
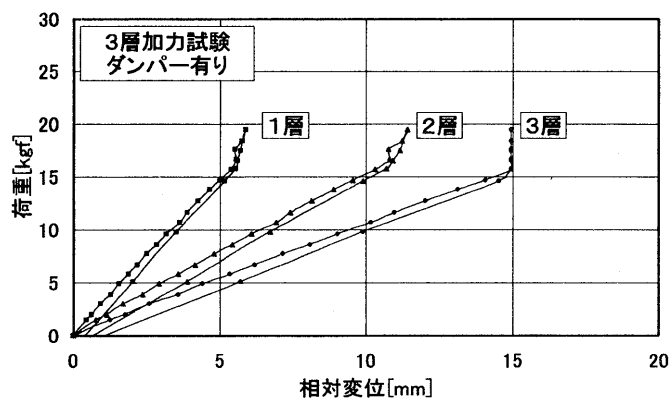


写真1 静的加力試験状況



(a) ダンパー無し



(b) ダンパー有り

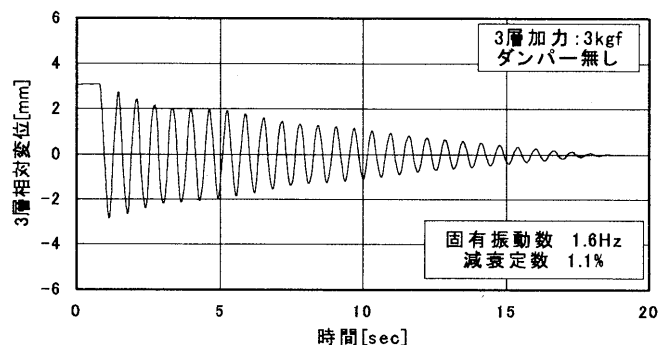
図4 静的加力試験 変位-荷重曲線

(a)、(b)を比べると、各層曲線の傾きには、大きな変化は見られず、ダンパーを組み込んだ事によるフレームの静的な剛性への影響はあまり無いことが確認された。

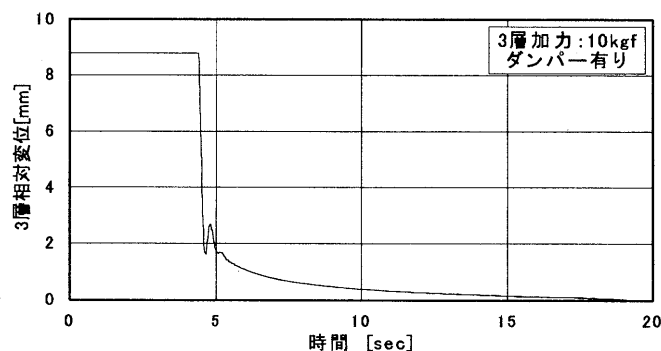
また、(b)において、変位の大きいところで変位-荷重曲線の傾きが大きくなっている。これは、各層に設置されたダンパーが層間変位5mmでリミッター作動するように設定されているため、大変位の領域でダンパーがブレースと一体化し、フレームの水平剛性が増加したためである。

5. 自由振動試験

自由振動試験は静的加力試験と同様の方法で引張加力し、錘を急激に切り離す事によって、自由振動を生じさせ、各層相対変位を計測した。代表例として3層加力の自由振動試験結果を示し、図5(a)にはダンパーを組み込んでいない時、(b)にはダンパーを組み込んだ時の時刻歴波形を示す。



(a) ダンパー無し



(b) ダンパー有り

図5 自由振動試験 時刻歴波形

(a)、(b)を比較すると、ダンパーが組み込まれている(b)の波形の収まりが顕著である事が分かる。ダンパーを組み込まない時の減衰定数は対数減衰率より算出した結果1.1%で、固有振動数は1.6Hzであった。ダンパーを組み込んだ場合、ダンパーの粘弾性抵抗が大きいため、片ぶれの現象が見られる。ダンパーを組み込んだ場合の減衰定数は、後述する正弦波加振試験での共振曲線より推定する。固有振動数についても、共振曲線より求める事とする。

6. 正弦波加振試験

正弦波加振試験は、デジタル正弦波振動制御装置により、小型振動台の加速度レベルを一定として、加振振動数を変化させて行った。ダンパーのストロークギャップは3mmに設定した。図6にダンパーを組み込み、30gal加振試験を行って得られた共振曲線を示す。

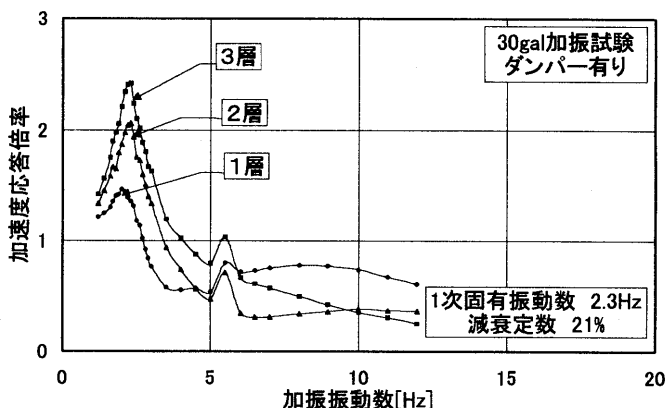


図6 正弦波加振試験 共振曲線

3層床位置の応答加速度を1質点系での応答加速度とみなし、減衰定数 h を、加速度応答倍率の最大値の $1/2h$ であるとして求めた結果、ダンパーを組み込んだフレームの減衰定数は21%となった。自由振動試験より求めたダンパーを組み込んでいない時の減衰定数1.1%と比較して大幅に増大したことが確認できた。また、1次固有振動数は2.3Hzとなり、ダンパーを組み込むことによって、1次固有振動数が高振動数側に推移した。

また、リミッターの作動を確認する加振試験を行った。リミッターが作動するに至らない30gal加振、リミッターが作動する90gal加振の2種類の加速度レベルで行った。それぞれの振動台変位に対する3層相対変位の応答倍率(変位応答倍率)を表1(a)に、振動台加速度に対する3層加速度の応答倍率(加速度応答倍率)を表1(b)に示す。

表1 正弦波加振試験結果

(a) 変位応答倍率

加速度レベル [gal]	リミッター	振動台変位 [mm]	3層相対変位 [mm]	変位 応答倍率
30	非作動	1.52	3.49	2.3
90	作動	8.72	8.56	1.0

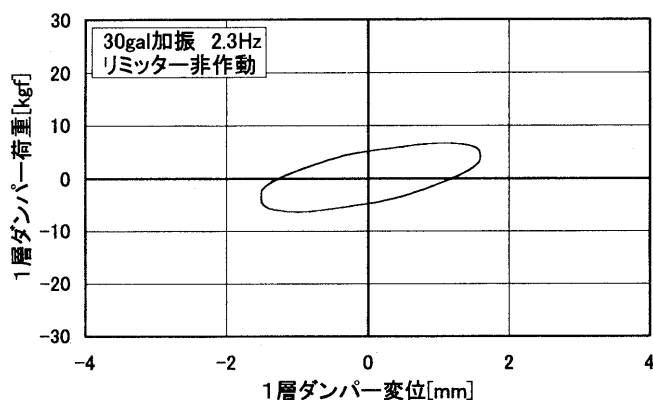
(b) 加速度応答倍率

加速度レベル [gal]	リミッター	振動台加速度 [gal]	3層加速度 [gal]	加速度 応答倍率
30	非作動	36.4	61.8	1.7
90	作動	206.9	421.1	2.0

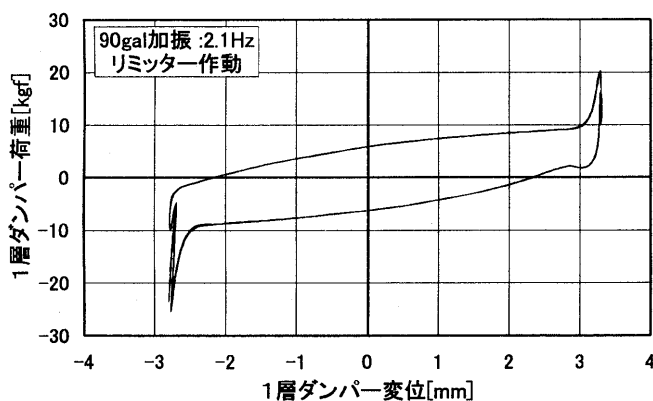
リミッターが作動した効果によって、変位応答倍率を 1/2 程度に低減できたが、加速度応答倍率は約 1.2 倍に増加した。加速度応答倍率の増加はリミッター作動時の高周波応答によるものと思われる。

また、加速度レベル 90gal の加振試験における振動台加速度の最大値が 206.9gal となり、設定した加速度レベルを大きく上回った。これは、リミッターが作動した際の衝撃によって、振動台の制御が不完全になったため、検討を要する過大である。

次に、ダンパー抵抗の履歴ループを図 7 に示す。(a)はリミッターが作動しない 30gal 加振、(b)はリミッターが作動した 90gal 加振の 1 層ダンパーの変位-荷重履歴ループである。



(a) リミッター非作動



(b) リミッター作動

図 7 1 層ダンパーの変位-荷重履歴ループ

(a)のリミッターが作動しない 30gal 加振では、履歴ループは正常な楕円形を示している。(b)の 90gal 加振の履歴ループでは、リミッターが作動するダンパー変位 3mm になると、ダンパー荷重が急激に増加し、変位の向きが変わると、急激に減少する。

この現象は、リミッターが作動することによって、ダンパーとブレースが一体化し、トラス機構の弾性抵抗が発現したためと思われる。また、設定したダンパーストロークギャップ 3mm を越えて変位しないことがわかる。

7. 地震波加振試験

地震波加振試験は振動台を実地震波で加振して行った。表 2 に、代表例として、ELCENTRO NS 波と、兵庫県南部地震 TAKAMI NS 波に対する試験結果を示す。

表 2 正弦波加振試験結果

(a) ELCENTRO NS 波

加振レベル [gal]	ダンパー	振動台加速度 [gal]	3層加速度 [gal]	加速度 応答倍率
12	無し	11.9	105.4	8.88
100	有り	99.1	161.2	1.63

(b) 兵庫県南部地震 TAKAMI NS 波

加振レベル [gal]	ダンパー	振動台加速度 [gal]	3層加速度 [gal]	加速度 応答倍率
10	無し	9.77	69.1	7.07
70	有り	67.0	123.6	1.84

ダンパーを組み込んでいない時の ELCENTRO NS 波 12gal 加振の場合、加速度応答倍率は 8.88 倍であったのに対し、ダンパーを組み込んだ時の 100gal 加振では 1.63 倍と、ダンパーを組み込むことによって、加速度応答倍率を大幅に低減できた。兵庫県南部地震 TAKAMI NS 波でもダンパーを組み込むことによって、加速度応答倍率を同様に低減できた。よって、定常加振だけではなく、地震波のようなランダム加振に対してもダンパーによる制振効果が確認できた。

8. まとめ

本報では、リミッター機構を持つ粘弾性ダンパーを組み込んだ制振フレーム模型の特性を調べるために行った各種試験の結果を報告した。静的加力試験では、リミッターの作動による水平剛性の増加が確認できた。自由振動試験では、ダンパーの制振効果が確認できた。正弦波加振試験では、リミッターによる、応答変位の低減が確認された。地震波加振試験では、ダンパーを組み込むことによって加速度応答倍率が大幅に低減することが示された。

* 1 東北工業大学大学院建築学専攻 大学院生
 * 2 東北工業大学ハイク・リサーチ・センター 研究員・博士(工学)
 * 3 東北工業大学大学院建築学専攻 教授・工博

Graduate Student, Graduate School, Tohoku Institute of Technology
 Research Fellow, High-tech Research Center,
 Tohoku Institute of Technology, Ph.D.
 Prof. Graduate School, Tohoku Institute of Technology, Dr.Eng.