

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	変位制御機構を有する制振フレーム試験体の振動特性：(その1) 試験体の概要とダンパーの加振試験およびフレームの静的加力試験
Title	
著者(和文)	船木 尚己, 佐藤 大樹, 井上 範夫, 川股重也
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. 65,
Citation(English)	, , No. 65,
発行日 / Pub. date	2002, 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/110003883670

変位制御機構を有する制振フレーム試験体の振動特性

(その1) 試験体の概要とダンパーの加振試験およびフレームの静的加力試験

正会員○ 船木 尚己*¹ 同 佐藤 大樹*²
同 井上 範夫*³ 同 川股 重也*⁴

2. 構造-2. 振動

粘弾性ダンパー 制振フレーム 変位リミッター
ハードニング 静加力試験

1. はじめに

従来の耐震構造は、その存在期間内に作用すると思われる最大級の地震力に対して構造躯体を塑性化させ、フレーム本体のエネルギー吸収能力を高めることにより崩壊を防ぎ人命を保護する。この場合、部材の降伏により建物の周期が伸びるため、時間と共に長周期化するような地震波が繰返し入力されるようなことがあれば、建物は大きな損傷を受けることになる。その対策として、建物にエネルギー吸収機構を組み込むことにより、建物の安全性を高め、機能の維持を可能にする制振構造が注目され始め、その研究開発は急速な発展を遂げており、実建物への適用も進んでいる。

筆者らは、エネルギー吸収装置として粘弾性ダンパーを設置した制振架構を対象とし、さらに、この装置に変形を制御する変位リミッター機構を併設して、ハードニングタイプの荷重-変形関係をもつ制振システムを提案する。このシステムは、中、小レベルの地震に対しては、フレームに組み込んだダンパーによるエネルギー吸収能力を利用した制振構造として機能する。また、大地震により大変形が生じた場合、ある変形量を超えるとリミッターが作動し、ダンパーに過大変形が生じるのを防ぐと共に、ダンパーとダンパー取り付け用のブレースがフレームと一体化し、その層の剛性が高まり、特定層への集中が回避されて損傷を防ぐことができる。

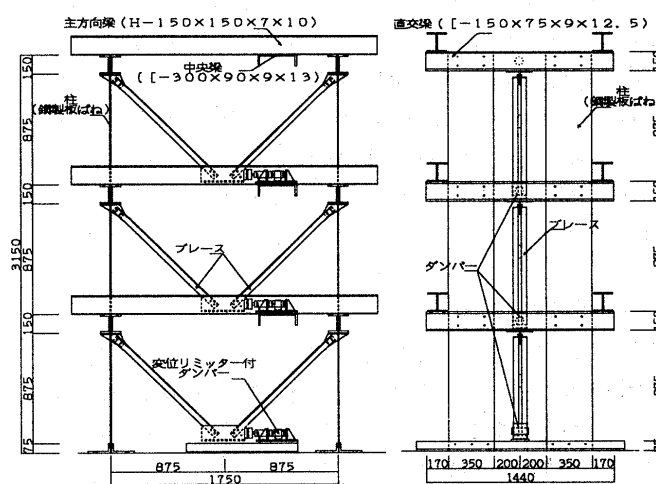
本報は、3層フレーム試験体による静的加力試験および振動台加振試験の結果を報告し、提案したシステムの有効性と、変位リミッター機構が建物の応答に及ぼす影響について実験的に明らかにすることを目的とする。

2. 試験体概要

2.1 3層フレーム試験体

本報で対象とした試験体は、スパン 1750mm、1階階高 1100mm、2,3階階高 1025mm、総質量

1364kg、3層の鉄骨フレームで、実大の 1/3 程度の鉄骨造建物を想定している。形状・寸法を図1に、フレーム全景とフレームに組み込まれたダンパーの取り付け状況を写真1および写真2に示す。



立面図 側面図
図1 フレーム試験体 (単位: mm)

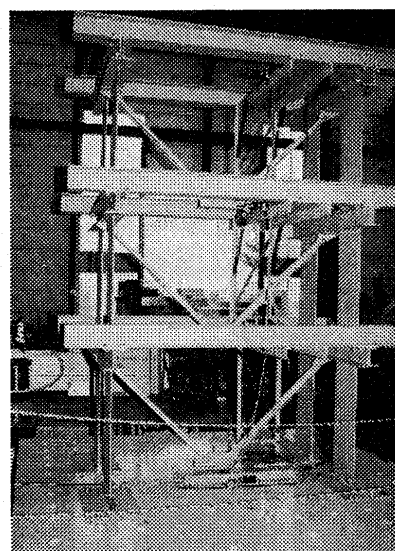


写真1 フレーム試験体全景

Vibration Response of a Passively Controlled Test Frame Having Displacement Limiter

Part 1: Outline of Test Specimen, Excitation Test of the Damper and Static Test of the Frame

FUNAKI Naoki, SATO Daiki, INOUE Norio and KAWAMATA Shigeoya

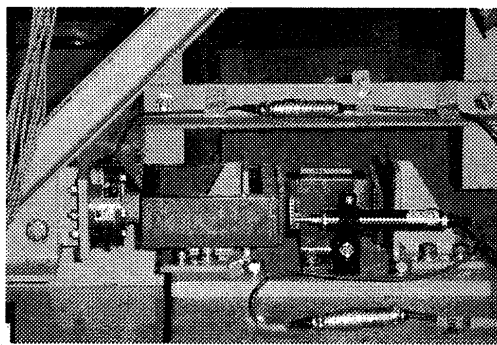


写真2 フレームに組み込まれたダンパー

柱は幅 350mm、厚さ 9mm の鋼板による板ばねとし、加力方向梁として H 形鋼を用いた。直交方向の梁は、みぞ形鋼を用い、板ばねを両面から挟む形で各階に取り付けた。フレーム各層には V 字型ブレースが取り付けられ、その端部と下階の H 形鋼に架け渡されている中央梁の間にダンパーが組み込まれる。ダンパーは、フレームに水平変位が生じる際の、ブレース端部と中央梁の相対変位によって水平方向に駆動される。

2.2 粘弾性ダンパー

フレームに組み込まれたダンパーは、粘弾性体のせん断変形によって生じる粘弾性抵抗を減衰力とするものである。ダンパーの形状・寸法を図 2 に示す。ダンパーの粘弾性体として、固体のアクリル系高分子材料の粘弾性体を使用し、ダンパーの中板と外板の間に充填した。ダンパーとブレースは、ロードセルを介して結合枠により結合される。また、ダンパーには、中板の可動変位量を限定する変位制御機構（以降、変位リミッターと呼ぶ）が設けられている。ダンパーの中板が強制変位を受けてリミッター板に接触し、変位リミッターが作動すると、ダンパーはそれ以上変位せずブレースと一体化し、ラーメン構造がトラス構造に変化する。それにより層の剛性が高まり、フレーム変位の増加が抑えられると共に、変形が特定層へ集中するのを防ぎ、各層に生じる変形がより均一化される。

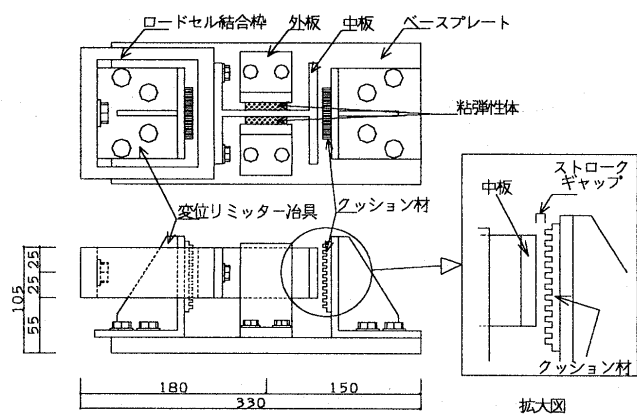


図2 ダンパー詳細図 (単位: mm)

ダンパー中板の可動変位量（以降、ストロークギャップと呼ぶ）は、リミッター板の固定位置を変えることで調整できる。また、中板とリミッター板が接触する際に生じる衝撃を緩和するために、リミッター板にはゴム製のクッション材を貼り付けている。

2.3 変位リミッター機構の作用

図 3 は、フレーム試験体に組み込まれた変位リミッターが作動した時の、フレームの剛性におよぼす影響を説明した概念図である。

フレーム各層の層間変位がストロークギャップの範囲内に留まっている場合、変位リミッターは作動せず、フレームはダンパーがもつエネルギー吸収能力を利用する制振構造として機能する。図 3 (b) は、1 層に変形が集中し、1 層のみ変位リミッターが作動した状況を表わしている。この時、1 層の剛性が高まるため、この層の変形の増大が抑制される。図 3 (c) は、1, 2 層の変位リミッターが作動した場合を示している。下層の変位リミッターが作動することにより最上層に強制される変形が増大し、ダンパーをより効果的に機能させることができると共に、各層の層間変位を均一化することが可能となる。

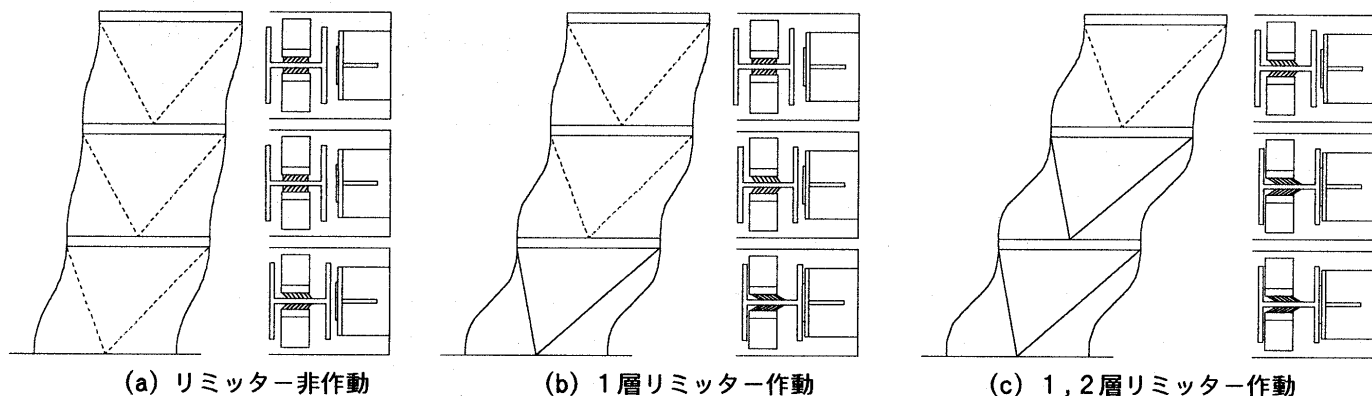
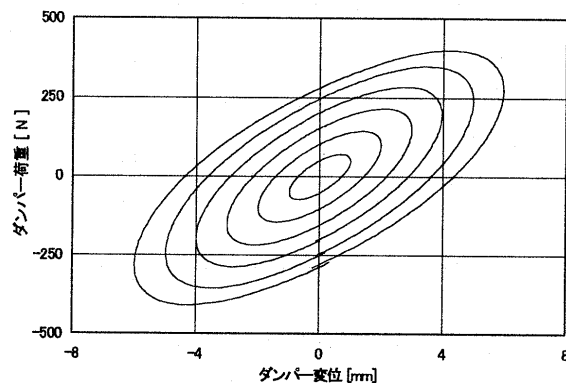


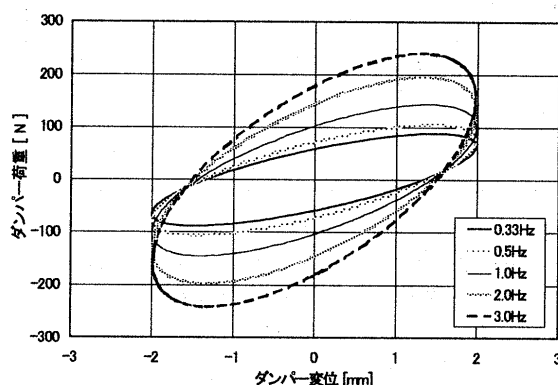
図3 リミッター作動によるフレーム剛性の変化

3. ダンパーの加振試験

フレーム試験体に組み込まれた粘弾性ダンパーの抵抗力特性を把握するために、ダンパー単体による正弦波加振試験を行った。その結果得られたダンパーの変位-荷重履歴ループの代表的な例を図4(a),(b)に示す。



(a) 1.0Hz 加振



(b) 2.0mm 加振

図4 ダンパーの変位-荷重履歴ループ

図4(a)は、加振振動数を1.0Hzに固定し、加振振幅を1.0mm~5.0mmの範囲で変化させた正弦波で加振して得られたもの、図4(b)は、加振振幅を2.0mmに固定し、加振振動数を0.33Hz~3.0Hzの範囲で変化させて得られた履歴ループを重ね合わせたものである。

これらの結果より、履歴ループの形状は粘弾性抵抗特有の楕円形を描き、加振振動数が一定の場合、振幅による履歴ループの傾きに変化は見られないことが確認された。また、振幅が一定の場合、加振振動数が高くなるにつれて履歴ループの傾きが大きくなり、使用した粘弾性体は振動数依存性を持つことを示している。

一般的に粘弾性体は温度に大きく依存するが、図4に示した加振試験結果は、続編で報告する、フレーム試験体の振動台加振試験時の粘弾性体温度に合わせて実施して得られたものである。

4. 静的加力試験

フレーム試験体の静的な剛性を把握すると共に、フレームに組み込まれたダンパーと変位リミッター機構が及ぼすフレームの静的な剛性への影響について確認するために静加力試験を行った。

試験状況を図5に示す。試験は、フレーム試験体と反力フレームを床に固定し、反力フレームに設置したオイルジャッキを用いてフレーム試験体の直交梁中央部を、目標とする変位まで引張加力し、その後、オイルジャッキの油圧弁を少しずつ開放してフレーム試験体の変位を元に戻す方法で行なった。加力は各層について行ない、行きと戻りの両方で荷重と各層層間変位を計測した。

静加力試験の試験条件の一覧を表1に示す。また、各フレーム試験体について、3層を加力して得られた荷重-変位関係を図6(a)~(c)に示す。

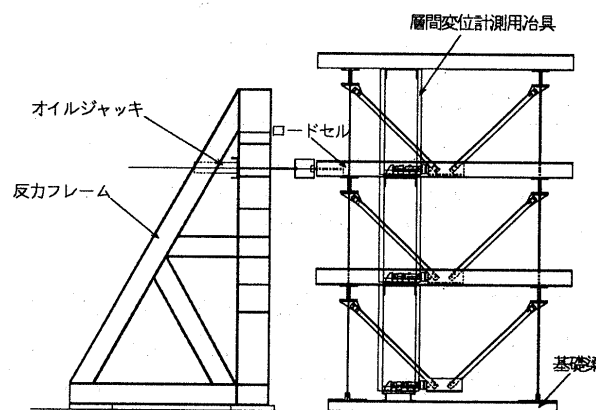
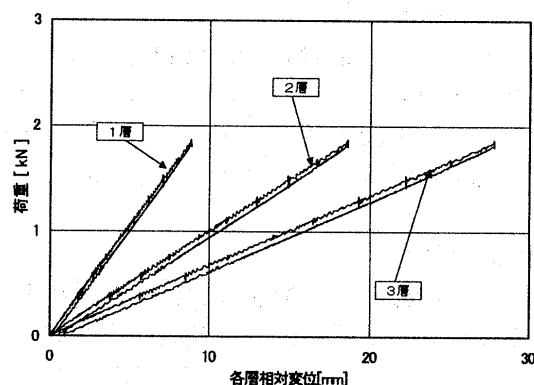


図5 静加力試験状況図

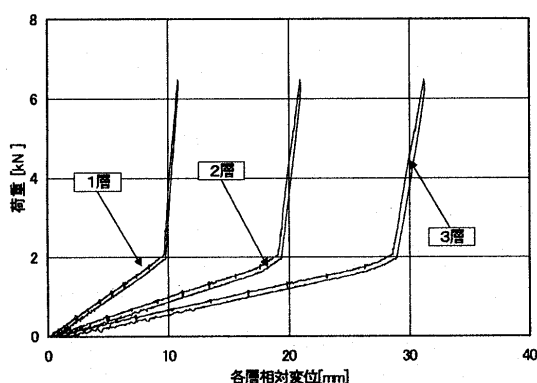
表1 フレームの試験条件

フレーム試験体 名称	フレーム条件		
	ダンパー	リミッター	クッション材
非制振フレーム	無	無	無
制振フレーム	有	有	無
	有	有	有

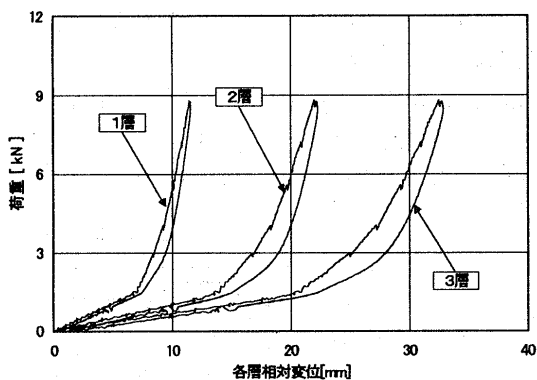


(a) 非制振フレーム

図6 静加力試験結果



(b) 制振フレーム (クッション材無)



(c) 制振フレーム (クッション材有)

図6 静加力試験結果

図6(b)より、リミッター板にクッション材が無い場合、ストロークギャップとして設定した9.0mm付近でフレームの剛性が急激に変化し、勾配が急になることが確認された。図6(c)は、リミッター板にクッション材を貼り付けた場合の試験結果を示している。この時、リミッター板は、ダンパーの中板がクッション材に触れるまでの距離を6.0mmとなるように設置されている。この結果より、リミッターが作動した直後から勾配は急になるが、クッション材の効果により、その変化は緩やかになることが示された。また、リミッターが作動している範囲で荷重-変形曲線はループを描くことが確認された。これは、クッション材の圧縮変形にともなうエネルギー吸収によるものである。

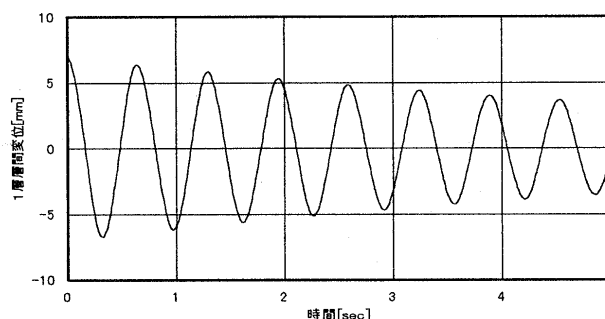
また、ダンパーが組み込まれていないフレームと、リミッターが作動する前のフレームの剛性はほぼ等しく、ダンパーを組み込むことは、フレームの静的な剛性にあまり影響しないことが明らかとなった。

5. 自由振動試験

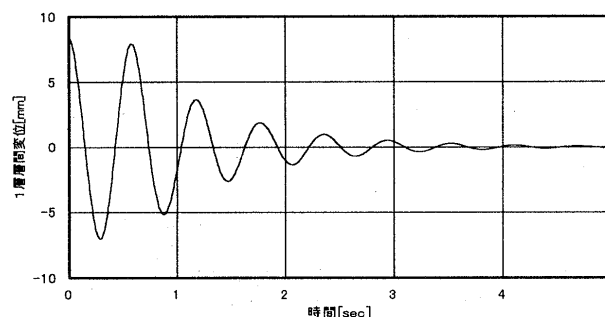
フレーム試験体の3層部を人力により目標とする変位まで加振し、応答変位の時刻歴応答波形が安定した

ところで手を離し、自由振動させる方法で試験を行った。

図7(a),(b)に、非制振フレームと変位リミッターを持たない制振フレームの自由振動試験を行なって得られた1層層間変位の時刻歴応答波形を示す。



(a) 非制振フレーム



(b) 制振フレーム (変位リミッター無)

図7 自由振動時刻歴波形

これらの結果より、ダンパーを組み込むことにより1次固有振動数が1.51Hzから1.61Hzに増加した。また、非制振フレームの減衰定数は、対数減衰率から算出した場合1.4%であったのに対し、ダンパーを組み込むことにより5.5%に増大し、ダンパーによる付加減衰が確認できた。

6. まとめ

本報(その1)においては、粘弾性ダンパーに変形を制御する変位リミッター機構を併設することにより、ハードニングタイプの荷重-変形関係をもつ制振システムを提案し、このシステムのねらいを述べた。

また、3層鉄骨の制振フレーム試験体の静加力試験を行ない、変位リミッターが及ぼすフレーム剛性への影響について明らかにした。さらに、自由振動試験を行なって得られた結果より、ダンパーによる制振効果を確認した。

*1 東北工業大学ハイテク・リサーチ・センター 研究員・博士(工学) Research Fellow, High-tech Research Center, Tohoku Institute of Technology, Ph.D.
 *2 東北工業大学大学院建築学専攻 大学院生 Graduate Student, Tohoku Institute of Technology
 *3 東北工業大学工学研究科 教授・工博 Professor, Tohoku University, Dr.Eng.
 *4 東北工業大学大学院建築学専攻 教授・工博 Professor, Tohoku Institute of Technology, Dr.Eng.