

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	粘弾性物質でシールした乱流ダンパーを用いた実大3層制振建屋の振動 応答：(その1)加振試験および地震応答観測(構造I)
Title	
著者(和文)	船木 尚己, 佐藤 大樹, 康 在完, 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/110006883661

粘弾性物質でシールした乱流ダンパーを用いた実大3層制振建屋の振動応答

(その1) 加振試験および地震応答観測

正会員○船木 尚己*1

同 佐藤 大樹*2

同 康 在完*2

同 川股 重也*3

会員外 吉村 歩*2

1. はじめに

前報¹⁾で、パッシブな制振装置として開発した、粘弾性物質でシールした乱流ダンパーを実大規模の3層制振試験建屋に組み込み、建屋3階に設置したアクティブマスドライバーによる加振試験および地震応答観測を行い、提案した制振システムの実験的に明らかにした。

ダンパーを組み込んだ制振構造を設計する際、地震入力に対する制振効果を応答解析によって証明することが要求され、その前提として、対象とするダンパーの抵抗力特性に関して、実際の履歴性状を忠実に再現できる理論モデルを構築することが必要である。そこで本報においては、建屋に組み込んだダンパー単体の正弦波加振試験を行い、得られた結果よりモデル化のためのデータを作成する。さらに、建屋における制振方式の新たな試みとして実施しているアクティブ制振の有効性について、地震応答観測記録をもとに検討する。

2. 試験体概要

2.1 粘弾性物質でシールした乱流ダンパー

試験建屋（以下、建屋とする。）に組み込んだダンパーは、従来のオイルダンパーの欠陥を改良するために開発したものである。オイルダンパーに代表される従来の液流ダンパーは、高い内圧下において、ピストンをシリンダー内で滑動させるために複雑な機構を持ち、高価な精密機械となるのに対し、本報におけるダンパーは、液圧のシールの役割をピストンとピストン外枠の隙間に充填した軟い粘弾性体に担わせるもので、結果として極めて単純な構造の液圧ダンパーとなり、製作も構造物への組み込みも容易に行うことが可能となる。

図1にダンパーの詳細を示す。ダンパーは、鋼製のシリンダーとピストン部によって構成される。ピストン外周面とピストン外枠内周面の隙間に、固体のアクリル系高分子材料の粘弾性体（住友スリーエム、VEM）を充填している。ダンパーは上下のピストンを鋼製枠（ピストン結合枠）で互いに連結して

等間隔を保持し、上下方向に強制変位を与えることにより、シール材として用いた粘弾性体のせん断変形による粘弾性抵抗と、シリンダー内に封入した液体がオリフィス管内を高速で通過する際の乱流による内圧抵抗が発生する機構となっている。

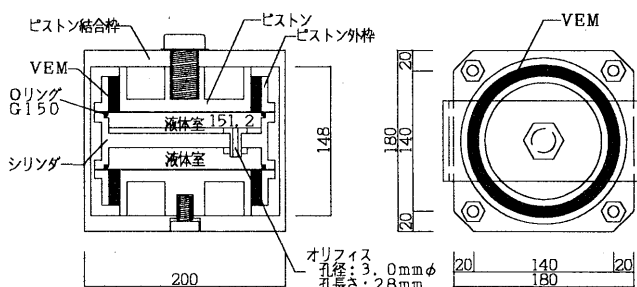


図1 粘弾性物質でシールした乱流ダンパー（単位：mm）

ダンパーのシール材として用いた粘弾性体の抵抗特性を把握するために、オリフィスと液体を除いた状態でダンパー単体の正弦波加振試験を行った。その結果得られたダンパー変位－荷重履歴ループの代表的な例を図2に示す。また、シリンダー内にダンパーオイルを封入し、孔径3.0mmφ、長さ28.0mmのオリフィスを設置した状態で加振試験を行って得られたダンパー変位－内圧差履歴ループの代表的な例を図3に示す。ここで、内圧差とは、上部と下部液体室の内圧の差を表わしている。

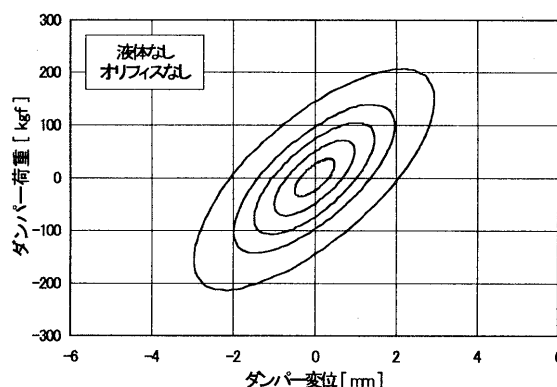


図2 シール材のダンパー変位－荷重履歴ループ(2.0Hz加振)

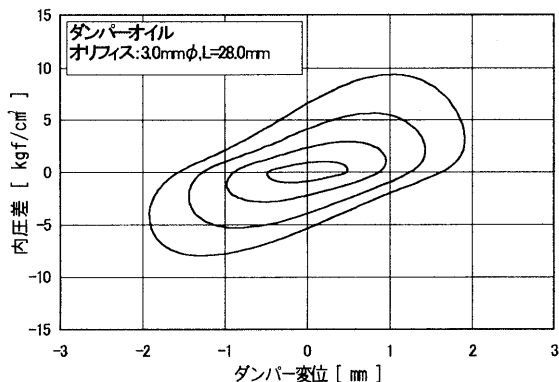


図3 ダンパー変位-内圧差履歴ループ(2.0Hz 加振)

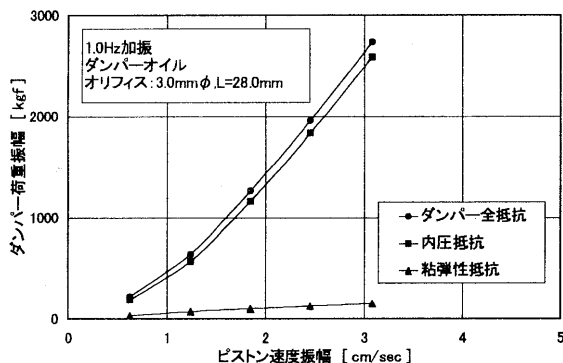


図4 ピストン速度振幅とダンパー抵抗力の関係

図4にダンパーの加振試験より得られた、ピストン速度振幅と内圧抵抗および粘弾性抵抗による荷重振幅の関係の代表的な例を示す。この結果より、ピストン速度振幅に対してシール材として用いた粘弾性体の抵抗は線形的に増加するのに対し、内圧抵抗は非線形的に増大し、ダンパー抵抗の大部分が液体の乱流による内圧抵抗で形成されていることが確認された。

2.2 振動制御試験建屋

写真1に建屋全景、図5および図6に建屋3階平面図、パッシブ制振方向断面図を示す。建屋は、平面寸法が5m×5m、1スパン、階高3.5m、3階建てで、柱がプレストレストコンクリート、はり鉄骨よりなる複合構造となっている。外壁は厚さ10cmのALCパネルが、剛性付与効果の少ない免震方式で取付けられている。床は、プレキャストコンクリート版を鉄骨ばりに架け渡し、厚さ10cmの現場打ちコンクリートにより一体化した。建屋3階床中央部には、写真2に示すアクティブマスドライバー（以下、AMDとする）が設置されている。AMDは、1.5tonの可動質量を、ボールネジを介してコンピュータ制御のサーボモーターで水平に駆動する装置で、アクティブ制振の実験に用いる他、建屋の加振試験のための起振機として用いる。また、ダンパーは建屋各階に取付けられたK字型のブレースの端部に上下方

向に駆動するように設置されている。

建屋の南北方向は、ダンパーが組み込まれたパッシブな制振構造となっているのに対し、東西方向の構面は、ダンパーの無い通常の架構となっている。本報においては、AMDによるアクティブ制振の実地震に対する有効性について検証するために、建屋東西方向の振動に対してAMDが制御力を加えるように設置し、地震応答観測を行っている。

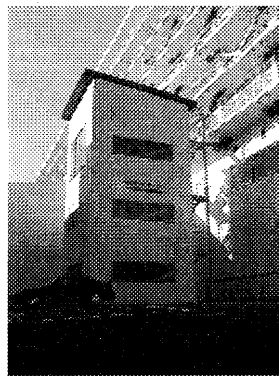


写真1 試験建屋全景

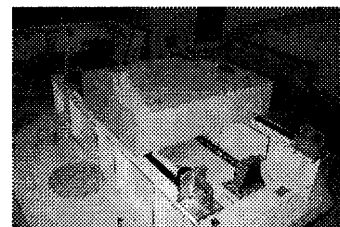


写真2 アクティブマスドライバー

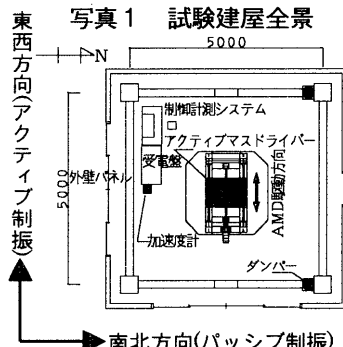


図5 建屋3階平面図 (単位: mm)

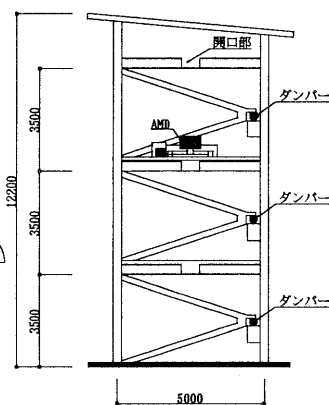


図6 パッシブ制振方向断面図 (単位: mm)

3. 加振試験

3.1 静加力試験

建屋に隣接する本学5号館を反力壁とし、建屋R階床との間に設置した瞬間開放付油圧ジャッキを用いて静加力試験を行った。その結果を図7に示す。

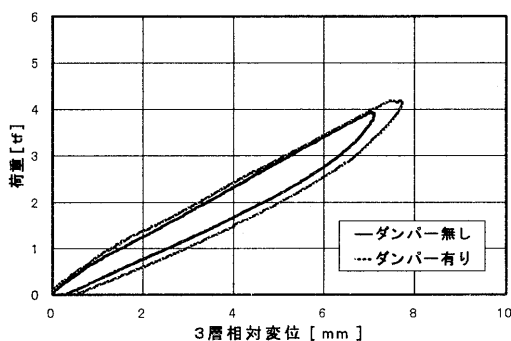


図7 静加力試験結果

この結果より、ダンパーが付かない場合と、ダンパーが組み込まれた場合の水平剛性はほぼ等しく、ダンパーによる建屋の静的剛性への影響はほとんど無いことが明らかとなった。また、図7の荷重-変

位曲線は、加力と除荷の過程で顕著な履歴ループを描くことが確認された。この原因として、建屋の外壁に用いた ALC パネルが層間変位に伴って回転し、その際パネル間の目地に充填している軟いシリコンコーキング材がせん断変形し、エネルギー吸収に寄与したものと思われる。これは、系の減衰力を高める働きをし、後述する自由振動試験や加振試験の結果にも反映されている。

3.2 自由振動試験

自由振動試験は、建屋3階に設置した AMD を1次固有振動数で加振し、応答が定常状態になった後 AMD を停止させる方法で行った。図8(a),(b)に、南北方向におけるダンパー有無のそれぞれの場合、およびアクティブ制御を行っていない東西方向の時刻歴波形を示す。

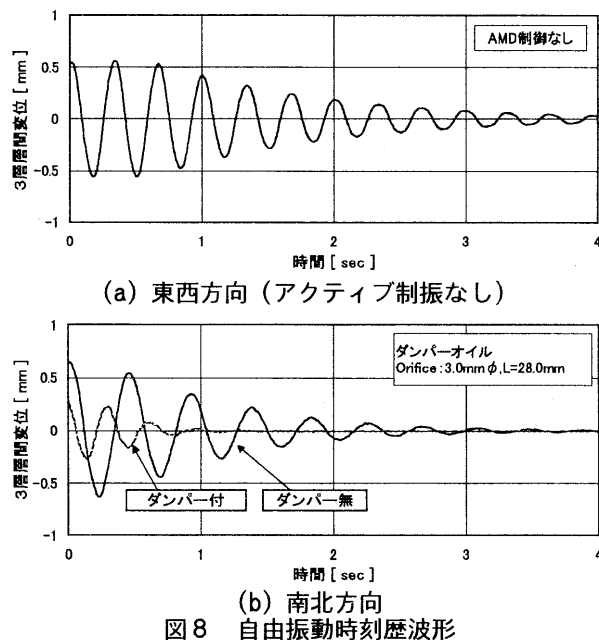


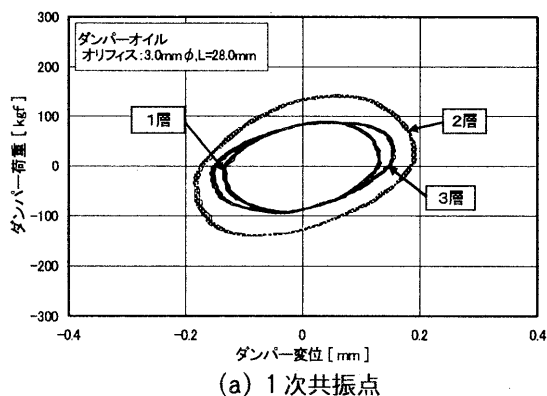
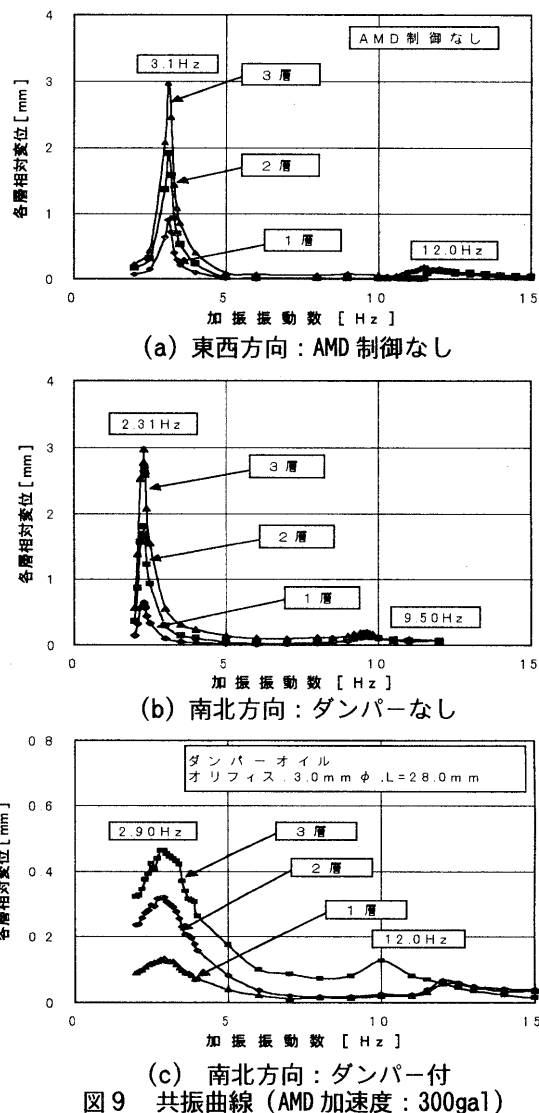
図8の結果より、ダンパーの付かない南北方向およびアクティブ制御を行っていない東西方向の減衰定数は、対数減衰率から算出した結果、それぞれ8.6%、4.2%となったのに対し、ダンパーを組み込んだパッシブ制御の場合20.3%に増大し、ダンパーによる大きな付加減衰が確認できた。

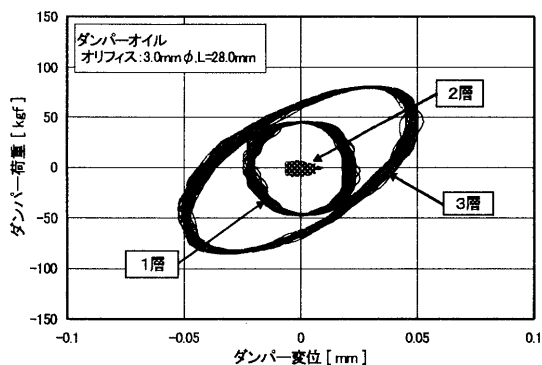
3.3 正弦波加振試験

AMD を正弦波で駆動する方法で、建屋の定常波加振試験を行った。

図9(a)~(c)に、AMD の起振力を一定とし、加振振動数に対する建屋各層の最大応答変位をプロットして得られた共振曲線を示す。図より、ダンパーの付かない場合に比べて、ダンパーを組み込んだ応答変位が大幅に低減することが確認された。

図10(a),(b)に、1次と2次共振点で加振して得られたダンパーの変位-荷重履歴ループを示す。この結果より、2次共振点での履歴ループはほぼ楕円形のループを示していることがわかる。これは、ダンパー変位が小さいため、シーリング材として用いた粘弾性体による抵抗がダンパーの主な抵抗要素として発生しているためと思われる。一方、1次共振点における履歴ループは、速度に対して非線形的に増大する内圧抵抗が主な抵抗要素として発生していることを示している。





(b) 2次共振点
図10 ダンパー変位-荷重履歴ループ

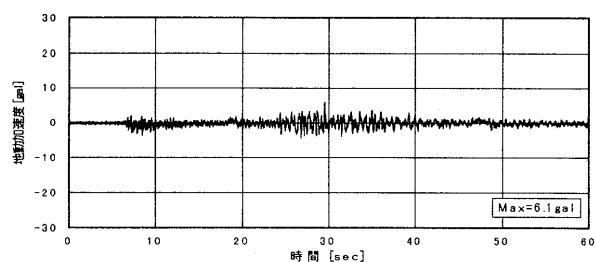
4. 地震応答観測結果および考察

建屋の竣工以来、多数の地震応答観測記録が得られ、そのすべてのケースにおいて、南北方向においてはダンパーを組み込むことにより加速度応答はダンパーのない東西方向に比べて1/2～1/3程度に低減することが確認され、開発したダンパーによる制振システムの、地震に対する有効性が実証されつつある。また、昨年8月より、建屋3階に設置したAMDによるアクティブ制振の実地震に対する有効性について検証するための地震応答観測を行っている。ここでは、例として表1に示す地震に対する加速度応答記録を図11(a)～(d)に示す。これまでの地震応答観測記録より、東西方向のAMDによる制御がない場合の加速度応答倍率は2.5～3.0倍となることが確認されている。図11に示す結果より、AMDによる制御力を与えることで、加速度応答倍率を2.0倍程度にまで低減でき、ダンパーを組み込んだパッシブ制振の南北方向と同程度の制振効果が確認された。

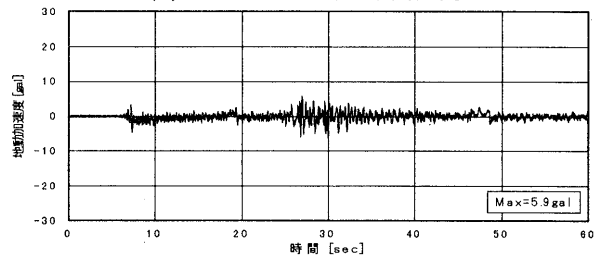
なお、使用しているAMDのアクティブ制振システムは、三菱製鋼株式会社の設計・製作によるもので、加速度フィードバック方式の最適制御を用いている。

表1 観測地震の諸元

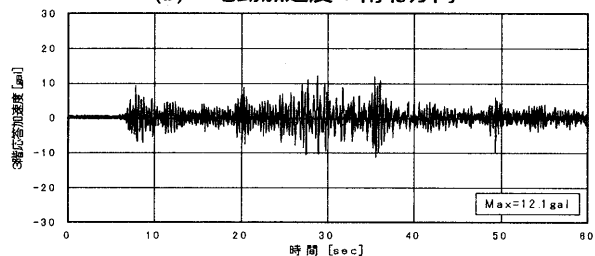
発震時刻	2001年2月25日 15時8分頃
震央	福島県沖 北緯: 37.1° 東経: 142.3° 深さ: 10.0km
規模	M5.6



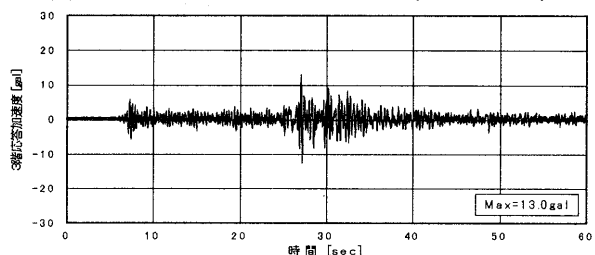
(a) 地動加速度: 東西方向



(b) 地動加速度: 南北方向



(c) 3階応答加速度: 東西方向 (AMD制御有)



(d) 3階応答加速度: 南北方向 (ダンパー付)

図11 地震応答観測記録 2001年2月25日

5. まとめ

パッシブな制振装置として開発した、粘弾性物質でシールした乱流ダンパーの正弦波加振試験を行った結果、シリンダー内に封入した液体により、速度に対して非線形的に増大する抵抗力が発生することが確認された。また、ダンパーを組み込んだ試験建屋の加振試験および地震観測を行った結果、提案した制振システムの効果と、実建物への適用の可能性が証明された。さらに、AMDによるアクティブ制振の、実地震に対する効果も確認することができた。

参考文献

- 1) 船木尚己, 康在完, 川股重也: 粘弾性物質でシールした乱流ダンパーを用いた実大3層制振建屋の振動応答特性, 日本建築学会東北支部研究報告集(山形), pp.157-160, 2000.6

*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)

*2 東北工業大学大学院建築学専攻 大学院生

*3 東北工業大学大学院建築学専攻 教授・工博

Research Fellow, High-tech Research Center,

Tohoku Institute of Technology, Ph.D.

Graduate Student, Graduate School, Tohoku Institute of Technology

Prof., Graduate School, Tohoku Institute of Technology, Dr.Eng.