T2R2 東京工業大学リサーチリポジトリ Tokyo Tech Research Repository

論文 / 著書情報 Article / Book Information

論題(和文)	長周期地震動を受ける制振補強高層建物のE-ディフェンス実験 : その3 オイルダンパーによる制振効果の検討(構造)
Title	
著者(和文)	
Authors	daiki sato, Haruyuki Kitamura, Masayoshi NAKASHIMA
出典 / Citation	日本建築学会関東支部研究報告集, Vol. 80, , pp. 357-360
Citation(English)	, Vol. 80, ,pp. 357-360
発行日 / Pub. date	2010, 2
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/110008729973

2051

構造一振動

長周期地震動を受ける制振補強高層建物の E-ディフェンス実験 その3 オイルダンパーによる制振効果の検討

-

	*1		*1		*1
正会員	〇 大内隼人	//	島田侑	11	佐藤大樹
	* 2		*1		* 2
"	長江拓也	//	北村春幸	//	中島正愛

高層建物 長周期地震動 震動台実験

制振構造 エネルギー

1. はじめに

本報その3では、オイルダンパーを用いて部分的(下層1/5)に制 振補強を行った制振補強高層建物試験体(V-1/5)での実験結果につ いて述べる。また、鋼製ダンパーによる下層1/5 制振補強試験体 (H-1/5)との応答性状の違いについても述べる。本報で用いる床応 答は、A-3 通り側の計測値を用いることとし、検討方向はY方向(そ の1,図2)とする。

2. 制振超高層建物実験概要

2.1 オイルダンパーの概要

基準階のY通りに設置したオイルダンパーの取付詳細を図1に示 す。本実験では、ブレース型のオイルダンパーを採用している。



ダンパーの取付部材は、本報その2の鋼製ダンパー、オイルダン パーで共通して使用するため、オイルダンパーのリリーフ荷重は、 鋼製ダンパーの降伏荷重と同程度のものとする。以下に、オイルダンパーの諸元を示す。

1 次粘性係数 C_1 125 kN·sec/cm 2 次粘性係数 C_2 8.5 kN·sec/cm リリーフ速度 $_d\dot{U}_v$ 3.2 cm/sec.

2.2 計測概要

各層加速度,層間変位の計測方法ついては、本報その1に示す通 りである。本節では主に、オイルダンパーのデータ計測概要につい て述べる。図2に計測機器設置概要を示す。ダンパーの軸部に歪ゲ ージを4枚貼付けて歪みを計測する (図2 (c))。図2 (c) 中のA-A' 断面の4箇所の歪みゲージで計測された歪みをそれぞれ $\varepsilon_1 \sim \varepsilon_4$ として、その平均 ε_{AVE} をとる。

$$\varepsilon_{AVE} = \frac{1}{4} (\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 + \varepsilon_4) \qquad \cdots (1)$$

求めた平均値*ε_{AVE}*に,今回の実験に先立って行われた,オイルダン パーの単体試験結果より得られた校正値α(=0.65)を乗じて,ダン パーの減衰力*_d F* を求める。

 ${}_{d}F = \boldsymbol{\alpha} \cdot \boldsymbol{\varepsilon}_{AVE} \qquad \cdots (2)$

ダンパーの軸方向変位はダンパー端部の変位計にて計測する(図 2 (b))。また、長周期地震動の長時間、繰り返し振動によって内部 のオイル温度が上昇することが予想されるため、ダンパーの表面温 度を熱電対センサで計測している(図2 (d))。



3. 応答値比較

3.1 最大応答値比較

2007 年度の E-ディフェンス高層建物実験の無補強試験体(F-07) と、 V-1/5 の計測記録から、絶対加速度、絶対速度、層間変形角の 最大応答値比較を行う。また、部分的に制振ダンパーを配置した際 の効果と影響について考察する。最大応答値比較には、EL2, HOG, SAN の3つの地震動を用いる。図3に、Y方向の最大応答値の比較 を示す。なお、最大応答値を示す際には、縮約層の床応答は21層建 物をに置換したときの等価な層にプロットしている¹⁾。

絶対加速度では、HOG 入力時に、ダンパー非設置の統約層におい ても応答が低減していることが確認できる。SAN、EL2 入力時にお いて、顕著な応答低減は見られなかった。本報その2のH-1/5 で見 られた、下層に部分的にダンパーを設置することにより上層部にお いて加速度応答が増大する傾向は見られなかった。絶対速度では、 EL2、HOG 入力時には、部分的にダンパーを設置することで、ダン パー非設置の統約層においても、応答が低減されている。ここで、 SAN 入力時に、統約層2層目の応答が大きくなっているが、これは 実験中に、統約層2層目の塑性化装置が破損した影響であると考え られる。

層間変形角については、ダンパーを付与した実架構部分において、 応答が大きく低減されている。特に、SAN 入力時には、F-07 で 2 層、3層において層間変形角が 1/75 を超えているが、ダンパーを設 置することにより、層間変形角は 1/100 以下に抑えられている。実



験時に、塑性化装置の取付部が破損した影響から、層間変形角についても、縮約層2層目の変形が大きく、直下階の縮約層1層目も大きく振られて変形が大きくなって。H-1/5 では HOG や EL2 入力時にダンパー非設置との変わり目の層である縮約層1層目において層間変形角の急激な増大が見られたが、V-1/5 ではその傾向は見られなかった。

3.2 固有周期の比較

固有周期は、地震動入力時の IFL と RFL の加速度の伝達関数よ り算出している。表1に、F-07、V-1/5 の固有周期を示す。比較のた めに H-1/5 も合わせて示す。V-1/5 でも F-07 に比べ、短周期化して いることが分かるが、H-1/5 に比べると、周期変動は小さいことが 確認できる。

謝(sec)		
V-1/5	H-1/5	_ 10 -
2.28	2.02	
2.28	2.14	
2.56	2.30	
		0.1 1 1(図 <i>L</i> 伝達即数 ^{f (Hz)}
	引期(sec) V-1/5 2.28 2.28 2.256	引期(sec) V-1/5 H-1/5 2.28 2.02 2.28 2.14 2.56 2.30

4. 吸収エネルギー比較

4.1層ごとの吸収エネルギー

図5に、V-1/5にEL2およびSANを入力した際の、3層と6層の 層せん断力と層間変形の履歴曲線を示す。3層では、オイルダンパ ーを設置したことにより、傾きをもった楕円形の履歴曲線を示して いることが分かる。特にSAN については、履歴形状からオイルダ ンパーがリリーフしていることが分かる。6層の履歴曲線は、EL2 入力時にはほぼ線形となっているが、SAN入力時には、塑性化装置 の破損により、剛性が低下していることが分かる。



各層吸収エネルギー量は、層せん断力と層間変位の履歴面積より 算出する。求めた各層の吸収エネルギー量の時刻歴とともに、入力 エネルギー量の時刻歴を図6に示す(その1,(2)式)。図6より、 入力エネルギーE(t)と吸収エネルギーW(t)が良い対応を示しており、 精度良く変位、加速度が計測されていたことが分かる。表1から、 オイルダンパーによる制振補強では、SAN入力時には周期はあまり 変化しない。そのためV-1/5においては、本報その2で示したH-2/3 や、H-1/5のようなSAN入力時における、周期変動による入力エネ ルギーの増減はあまり見られない。図7に、求めた各層の吸収エネ ルギー量の高さ方向分布をF-07、V-1/5 でそれぞれ地震波ごとに示 す。図7より、V-1/5ではダンパーを配置した実架構部分で大きくエ ネルギーを吸収し、ダンパー非設置層への入力エネルギーを低減し ていることが分かる。

全体の吸収エネルギー量と実架構部分の吸収エネルギー量の比較 を図8に示す。図中, W₁₋₇は1層から7層までの吸収エネルギーの 和, W₁₄は実架構部1層から4層までの吸収エネルギーの和である。 実架構部分の吸収エネルギーの占める割合は、F-07では約3割に対



図7 吸収エネルギー量高さ方向分布 (a) EL2, (b) SAN



図8 層間変形角と吸収エネルギー量

し、V-1/5 では約6割となっており、V-1/5 では、設置したダンパー がエネルギーを吸収することで、実架構部分での吸収エネルギー量 が大きくなっていることが分かる。

4.2 ダンパーの吸収エネルギー

EL2, SAN 入力時の, 2 階 B 通り, 3 階 B 通りのダンパーの吸収 エネルギー量の時刻歴を図9 に示す。ダンパーの吸収エネルギー量 は、ダンパー減衰力 dF とダンパー変位 dU の履歴面積から求める。 図9 より EL2 に比べ、長周期地震動の SAN では地震動の継続時間 も長く、ダンパーは約 10 倍ものエネルギーを吸収していることが分 かる。求めた Y 方向での全ダンパー8 基の吸収エネルギー量の和 dW と、実架構部分での吸収エネルギーW14 との比較を EL2, HOG, SAN で図 10 に示す。図 10 より、V-1/5 では実架構部分で負担するエネル ギーの約7 割がダンパーで吸収されており、ダンパーが効率よくエ ネルギーを吸収していることが分かる。



4.3 小振幅振動時のダンパーの吸収エネルギー

ダンパーが小振幅振動する際のダンパーのエネルギー吸収量について El Centro レベル1 (EL1) 地震動を入力した際の H-1/5 と V-1/5

で比較する。図 11, 12 に H-1/5, V-1/5 に EL1 を入力した際の層間 変形角の最大応答値と各層吸収エネルギーの高さ方向の分布を示す。 図 11 より, H-1/5 ではダンパーを設置した層の変位が大きく低減さ れるため、ダンパーはあまりエネルギーを吸収せず、ダンパー非設 置の縮約層においてエネルギーが吸収される傾向にある。対して、 図 12 の V-1/5 では変位の低減では H-1/5 に及ばないものの、ダンパ ーを設置したことにより、下層階で大きくエネルギーを吸収してい ることが分かる。

5. 粘性系ダンパーの安全性評価

前章に述べたように、長周期地震動では長時間にわたりダンパー は大振幅の揺れにさらされる。地震動の振動エネルギーを内封油の 熱に変換する粘性系のダンパー性能は、累積の吸収エネルギー量に よる変化が小さいため、長継続地震動に有効である。しかし、エネ ルギー吸収により、内部温度が上昇するため、温度上昇に伴う内封 油の体積膨張をダンパーが許容できることが重要である。図 13 に EL2、SAN 入力時の2階B通り、3階B通りのダンパーの表面温度 の時刻歴を示す。設計用地震動である EL2 入力の結果、ほとんど温 度上昇は見られなかった。SAN 入力時には、ダンパーに長時間の振 動が入力されたことにより、温度上昇が見られた。しかし、約10℃ の上昇にとどまることが確認された。

6. まとめ

オイルダンパーを用いて制振補強を行い、震動台実験によって制 振効果の検討をおこなった。実験より、以下の知見を得た。

- ・オイルダンパーは鋼製ダンパーと比べ、非設置階との変わり目の 層での、最大層間変形角の急激な増大は見られなかった。
- ・試験体全体でのエネルギー吸収量の割合から、鋼製ダンパーに比 ベ、オイルダンパーでは部分的に設置した下層階で大きくエネル ギーを吸収することを確認した。
- ・小振幅の地震動においても、オイルダンパーは効率よくエネルギ ーを吸収することを確認した。
- ・オイルダンパーは、長周期地震動の大振幅の繰り返しの振動により内封油の温度上昇が懸念されたが SAN 入力時においても、ダンパー表面温度で約10℃の上昇に留まることが確認された。

参考文献

- その1にまとめて示す
- *1 東京理科大学理工学部建築学科
- *2 独)防災科学技術研究所 兵庫耐震工学研究センター













0 100 200

80 100

time (s)

20 40 60

0



-360-

300 400

time (s)