

制振構造物の地震時における減衰特性に関する研究

ダンパー効果 RD 法 伝達関数法

1. はじめに

制振構造物とは、建物に減衰装置を付加することにより、地震や風によって建物に入力されるエネルギーを吸収し、減衰効果を高めようとする構造物である。特徴を生かして超高層ビルや耐震補強にも活躍されているが、どのくらい減衰効果を発揮しているのかといった具体的な面ではあまり知られていない。また効果的な減衰効果を得るためには、建物本来が持っている減衰能力を正確に把握し、制振装置に対する要求性能を決定する上で重要といえるのだが、設計で用いられている減衰定数は S 造で 2%程度、RC 及び SRC 造で 3%程度と明快ではない。

2. 研究の目的

実在の建物を対象として、強制加振実験と地震観測により得られた応答波形を使用し、減衰定数を評価することにより、ダンパー効果の確認と、減衰評価を検証することを目的とする。

3. 研究の流れ

- ・ 振動が弱いレベルでの建物の応答を検証するために、強制加振実験の応答波形を使用して減衰定数を評価する。ダンパー効果や評価手法の検証を行う。
- ・ 振動が強いレベルでの建物の応答を検証するために、地震観測波形を使用して減衰定数を評価する。ダンパー効果や評価手法の検証を行う。
- ・ 強制加振実験と地震応答波形でのダンパー効果・評価方法を比較・検証して総合的に建物の応答による減衰特性を確認する。

4. 減衰定数の分析・評価方法

4.1 RD 法の原理

RD 波形 $a(\tau)$ は、次式のように表される

$$a(\tau) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N w(t_i) x(t_i + \tau) | C$$

N : サンプル数

$w(t)$: 重み係数

C : 部分サンプルを特定するための条件

RD 法とは、ランダムな時系列波形の極大値を初期値とした小サンプルを数多く作成し、それらを多数重ね合わせることで、時系列波形のランダム成分が 0 に近づき、自由減衰振動成分の和のみを得るものである。

4.2 伝達関数法の原理

地震応答波形から減衰定数を求める際に、建物の基礎部の応答に対する建物上部の応答伝達関数を求める。地

盤からの振動が、建物の基礎部から入力され上部へ伝播するものと考えて、建物基礎部と上部の周波数応答の比から建物のみの特徴を捉えようとするものであり、固有振動数や減衰定数を評価することができる。

$$H1(\omega) = Sio(\omega) / Sii(\omega)$$

$Sio(\omega)$: 建物基礎部と上部の応答のクロススペクトル密度

$Sii(\omega)$: 建物基礎部の応答のパワースペクトル密度

4.3 使用する分析方法

表 1 使用分析方法

加振実験	人力加振	・RD法を用いて自由振動波形に変換後、対数減衰率を用いて減衰定数を評価
	起振機加振	・固有振動数に合わせてフィルタをかけた波形を、対数減衰率を用いて減衰定数を評価
地震観測		伝達関数を用いて自由振動波形に変換後、対数減衰率を用いて減衰定数を評価

4.4 対数減衰率の原理

対数減衰率とは、自由振動波形で減衰していく振幅のピークを抽出して、その差を平均化した値である

5. 加振実験

5.1 加振実験計画

建物概要：地震防災・環境研究センター新棟 鉄骨造
建築面積 543 m²、地上 5 階、塔屋 1 階

表 2 加振実験の加振方法

	図5の加振位置	加振方法
実験 1		3階西側で北方向に柱を振動数2.34Hzで人力加振
実験 2		3階南側で南方向に壁を振動数1.90Hzで人力加振
実験 3		3階東側で東方向に壁を振動数1.90Hzで人力加振
実験 4		起振機により5階廊下でNS方向に1.90Hzで加振
実験 5		起振機により5階廊下でNS方向に2.34Hzで加振
実験 6		起振機により5階廊下でEW方向に1.90Hzで加振

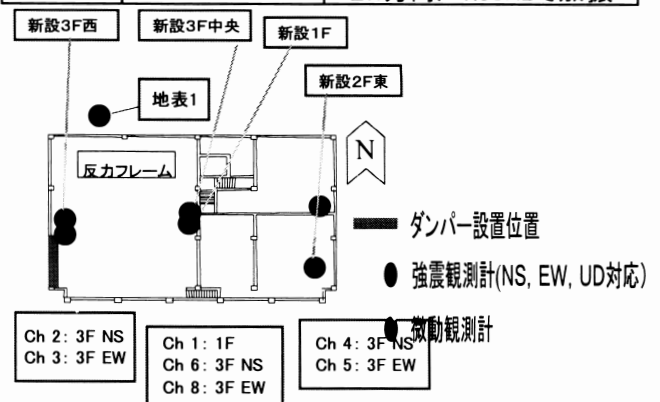


図 1 ダンパー位置と観測計位置

5.2 実験の減衰評価結果

次ページで左側に RD 法を用いて評価、右側にフィルタ処理で分析した結果をグラフで比較する。

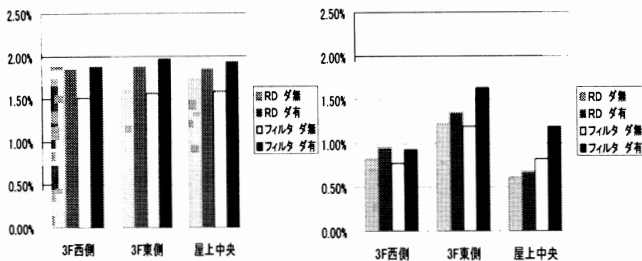


図 2 NS2.3Hz (左、人力・右、起振機)

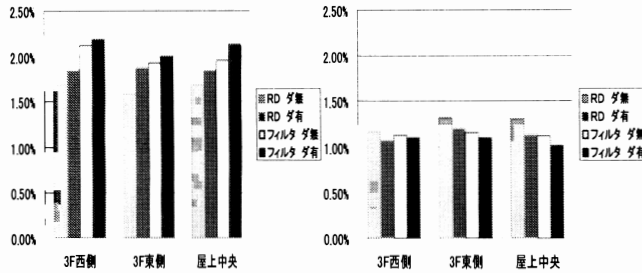


図 3 NS1.9Hz (左、人力・右、起振機)

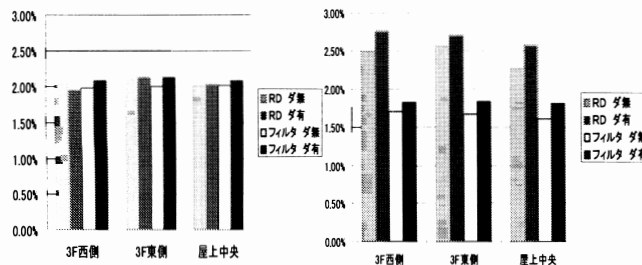


図 4 EW1.9Hz (左、人力・右、起振機)

1 次固有周期の 1.9Hz に対して加振した結果、NS 方向は人力加振ではダンパー効果が見られたが、起振機加振では見られなかった。起振機の加振力不足による十分な振幅が与えられなかったことが原因と思われる。EW 方向は人力加振でダンパー効果が見られなかったが、起振機加振ではダンパー効果が多少ではあるが見られた。本来ダンパーの入っていない EW 方向にダンパー効果が見られることは、ねじれが原因と思われる。

また分析方法の比較の面では EW1.9 起振機加振で RD 法の評価した結果がフィルタより 1% 程度高い値を示した。NS 方向の結果や起振機の加振力が人力より弱いことを考慮すると、RD 法で評価した結果が過大評価であったと思われる。

6. 地震観測波形による減衰評価

6.1 使用地震観測波形

本研究では地震観測波形の使用にあたり、振幅の大きい波形を選択して使用した。気象庁の八王子市石川町の震度計で記録された震度 1 以上の地震で、使用に適すると思われる波形を使用した。

6.2 減衰評価結果

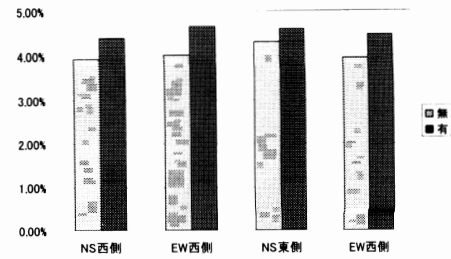


図 5 地震観測波形による減衰結果

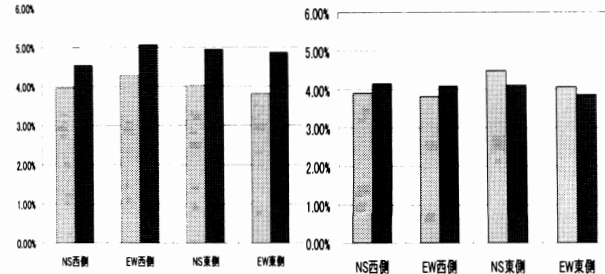


図 6 震度 2 以上結果(左)、震度 1 結果(右)

震度 1 では NS、EW 方向ともダンパー効果は少ないが、震度 2 以上でダンパー効果ははっきりと現れている。また減衰定数自体も震度 2 以上のほうが平均的に高く振幅依存性と思われる。

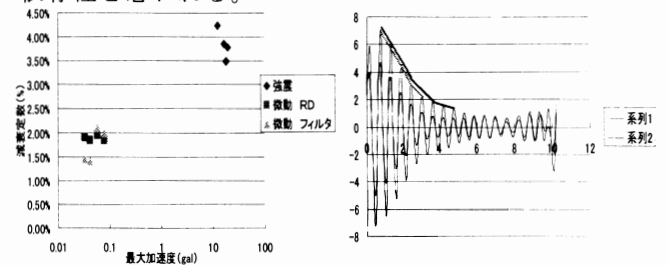


図 7 振幅依存性(左)、自由振動波形(右)

8. まとめ

- ・ 加振実験での評価の結果 NS、EW 方向共に 0.2% 程度のダンパー効果が見られた。
- ・ 地震観測波形での評価の結果、震度 2 以上でダンパー効果ははっきりと確認できた。NS 方向 0.5~1%、EW 方向 0.8~1.0% のダンパー効果。
- ・ 減衰定数には振幅依存性が見られた。
- ・ EW 方向のダンパー効果はねじれと思われる。

9. 今後の課題

- ・ RD 法と伝達関数法の減衰評価の向上(自由振動波形で振幅の最大値をどこまで評価するか)図 7 右参照。
- ・ EW 方向におけるダンパー効果の原因解明。

【謝辞】

本研究を進めるにあたり、久田嘉章教授をはじめ、RD 法プログラムを提供していただいた早稲田大学曾田研究室大学院生の壁谷澤寿成氏、そして久田研究室の皆様にはご指導・ご鞭撻を頂きました。ここに記し、お礼を申し上げます。

【参考文献】

- 1) 日本建築学会：建築物の減衰
- 2) 崎田健史：制振構造物の振動実験及び地震応答解析、工学院大学建築学科 2004 年度卒業論文