

制振構造物の振動実験及び地震応答解析

D3-00048 片野 正文

1. 研究の背景・目的

鉄骨造は、比較的減衰が低くそれを付加する制振構造が近年注目されるようになった。しかし、実測例が少ないのが現状である。

そこで本研究では、地震防災・環境研究センター新棟(鉄骨造)に実際にダンパーを導入し、ダンパーの効果を検証する。ダンパーの効果を調べるために、制振ダンパー導入前における建物のねじれ・固有周期などを常時微動観測実験を行い建物の揺れを把握する。ダンパーの効果を検証するのに重要な減衰を調べるために、人力加振実験をダンパー導入前後に行い、減衰定数を比較する。微動観測計を用いて調査を行った。

2. 常時微動観測実験及び人力加振実験

2.1. 概要

昨年度と今年度7月に行った常時微動観測実験によりねじれを生じていることなどがわかった。それらをもとに人力加振実験を行った。

2.2. 実験日時・場所

実験日時：2003年11月2日

実験場所：地震防災・環境研究センター

(工学院大学八王子キャンパス 11 号館)

構造：新棟(S 造)、旧棟(RC 造)

2.3. 建物概要

建築面積：543 m²(新棟)

階数：地上5階 搭屋1階

高さ：21.6 m²

2.4. 実験方法

常時微動観測実験は、微動観測計6台(ch1~ch6)を用いて行った。

人力加振実験は、微動観測により得られた周期特性に合わせて壁や柱などを加振し、その応答を計測した。今回用いた粘弾性ダンパーは、粘弾性体の厚さ d=5[mm]、形状係数 S/d は 20000[mm]のアクリル系粘弾性ダンパーである。ダンパーの特性を図2に示す。

ダンパーの設置位置と微動観測計の配置を図1に示す。

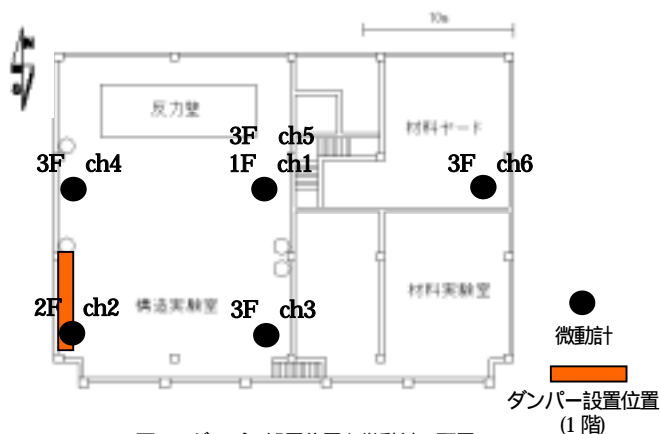


図1 ダンパー設置位置と微動計の配置



写真1 ダンパー写真

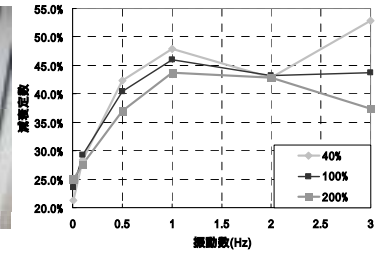


図2 ダンパーの特性

表1 実験基本項目

観測内容	項目	内容
常時微動観測	実験回数	配置1パターンに対してNS方向3回、EW方向3回(計6回)
	観測時間	120秒間
	サンプリング間隔	100Hz
人力加振	観測機器	微動観測計: 6台(1成分)
	実験回数	加振方法1パターンに対して3回
	サンプリング間隔	100Hz
	観測機器	微動観測計: 6台(1成分)

表2 加振方法

実験1	2階キャットウォークの上で西側の柱を固有周期にあわせて加振
実験2	3階キャットウォークの上で南側の壁を固有周期にあわせて加振
実験3	3階キャットウォークの上で南側の壁を固有周期にあわせて加振
実験4	2階北西側の梁にロープをくりつけて一度だけ強く引っ張る
実験5	3階北東側の梁にロープをくりつけて一度だけ強く引っ張る

2.5. 常時微動観測実験結果

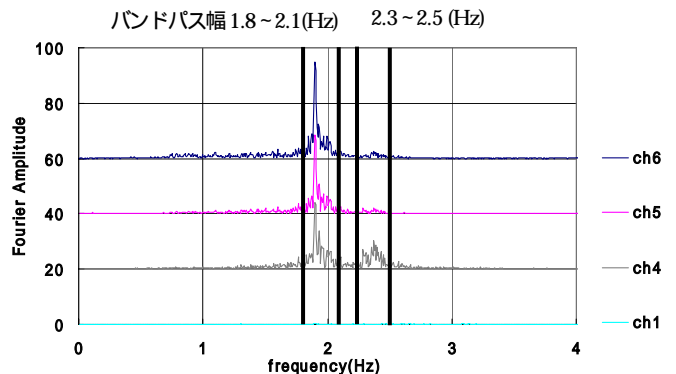


図3 フーリエスペクトル(NS成分)

配置した微動観測計、NS成分のフーリエスペクトルを図3に示した。図中にバンドパスフィルタの範囲を示す。

固有振動が1.9Hzにみられ、西側では2.4Hzにピークがみられる。

建物3階の西に配置したch4と中心に配置したch5と東に配置したch6の1.9Hz付近におけるNS成分の変位波形を図4に示し、2.4Hz付近におけるNS成分の変位波形を図5に示した。図4では同位相で揺れているが、図5では建物中心より西側(ch4、ch5)と東側(ch6)が逆位相で揺れており、ねじれを起こしている。

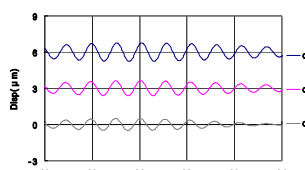


図4 1.9Hz 付近の変位波形

(NS成分) バンドパス幅 1.8<2.1

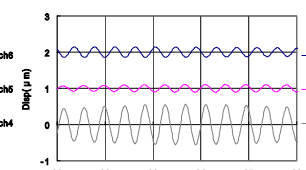


図5 2.4Hz 付近の変位波形

(NS成分) バンドパス幅 2.3<2.5

2.6 人力加振実験結果

2.6.1 振幅比による減衰定数算定

人力加振時の測定波形には加振周期以外の周期成分も若干含まれているためにバンドパスフィルタによって抽出する。1.5~2.3Hzの範囲でバンドパスフィルタを用いて抽出したNS成分の変位波形を最小二乗近似が $e^{-\lambda t}$ になることから減衰定数を求めた。例を図6に示す。

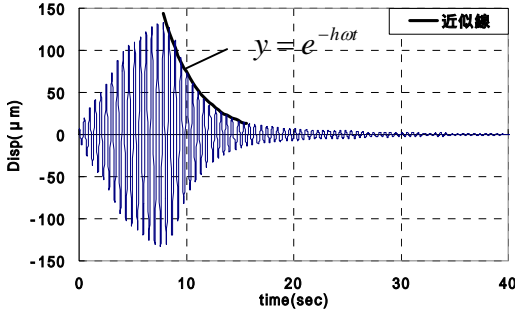


図6 実験 3ch4 の変位波形を近似した例 (1.5~2.3Hz のバンドパスフィルタを用いた)

このようにして求めた減衰定数と、ダンパー設置前と設置後の減衰定数の比を表3に示した。

表3から、実験ごとのばらつきはあるが、実験5を除くダンパー設置前と設置後の減衰定数を比較すると設置後の方が大きくなっていることがわかりダンパーの効果が出たことがわかる。建物西側(ch2, ch4)と建物中心より東側(ch5, ch6)を比較すると建物西側の減衰定数が大きいことがわかった。

上記のことより、建物西側は建物中心より東側に比べて柔らかく、その建物西側にダンパーを設置したので減衰定数が建物中心から東側より大きくなったことがわかる。

2.6.2 RD法による減衰定数算定

RD法は、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の和がゼロに近づき、自由減衰振動を得るものである。バンドパス幅1.7~2.1Hzとして一次モードのRD減衰波形を図7に例として示す。求められたRD減衰波形に、1自由度系の自由振動波形で最小二乗近似を行い、その振幅比から減衰定数を求めた。ダンパー設置前後の減衰定数と、ダンパー設置前と設置後の減衰定数の比を表4に示した。

表3 振幅比より算定したダンパー設置前後の減衰定数と設置前後の減衰定数の比

	ch2(2階南西)			ch4(3階西)			ch5(3階中心)			ch6(3階東)		
	設置前	設置後	比	設置前	設置後	比	設置前	設置後	比	設置前	設置後	比
実験1	2.21%	2.52%	1.14	1.82%	2.49%	1.36	1.72%	1.96%	1.14	1.75%	1.92%	1.10
実験2	2.45%	2.52%	1.03	2.40%	2.51%	1.05	2.13%	2.31%	1.08	2.01%	2.14%	1.06
実験3	2.36%	2.80%	1.19	2.31%	2.77%	1.20	2.20%	2.50%	1.14	2.06%	2.29%	1.11
実験4	2.10%	2.61%	1.24	1.75%	2.03%	1.16	1.70%	1.94%	1.14	1.69%	1.84%	1.09
実験5	2.28%	2.10%	0.92	2.27%	2.10%	0.93	1.89%	1.96%	1.04	1.78%	1.75%	0.98

表4 RD法により算定したダンパー設置前後の減衰定数と設置前後の減衰定数の比

	ch2(2階南西)			ch4(3階西)			ch5(3階中心)			ch6(3階東)		
	設置前	設置後	比	設置前	設置後	比	設置前	設置後	比	設置前	設置後	比
実験1	1.57%	2.41%	1.54	1.51%	2.35%	1.56	1.21%	1.63%	1.34	1.22%	1.57%	1.29
実験2	1.92%	2.10%	1.09	1.89%	2.10%	1.11	1.62%	1.88%	1.16	1.56%	1.75%	1.12
実験3	1.89%	2.29%	1.21	1.85%	2.27%	1.23	1.54%	2.05%	1.33	1.48%	1.96%	1.33
実験4	2.04%	6.65%	3.26	2.00%	5.28%	2.65	1.05%	1.53%	1.45	1.16%	1.52%	1.31
実験5	1.80%	1.60%	0.89	1.76%	1.61%	0.91	1.37%	1.63%	1.19	1.39%	1.62%	1.17

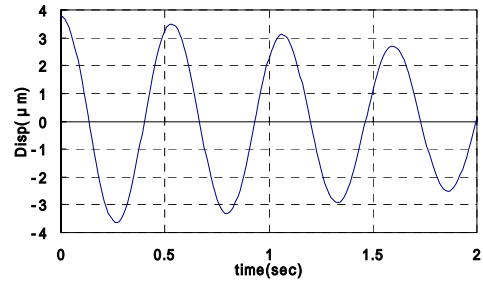


図7 実験 3ch4 減衰波形

表4から、ダンパー設置前と設置後の減衰定数を比較すると、振幅比で求めた場合と同じように、設置後の方が大きくなっていることがわかりダンパーの効果が出たことがわかる。さらに実験4を除けば振幅比よりもばらつきが小さく、推定誤差も小さい。

建物西側(ch2, ch4)と建物中心より東側(ch5, ch6)を比較すると建物西側の減衰定数が大きいことがわかった。上記のことより、建物西側は建物中心より東側に比べて柔らかいのと建物西側に設置したので減衰定数が建物中心から東側より大きくなったことがわかる。

3.まとめ

常時微動観測の解析結果、1.9Hzにおいて固有振動がみられ、2.4Hzにおいては、建物西と東が逆位相に変位していることから、ねじれを生じていることを確認した。

振幅比による算定での減衰定数の平均(実験5は除く)は、設置前2.04%、設置後2.32%であった。

RD法による算定での減衰定数の平均は、設置前1.59%、設置後2.33%であった。

人力加振の解析結果、振幅比による算定結果もRD法による算定結果両方ともばらつきのある範囲でダンパー設置まえより設置後の方が大きくなったことがわかった。

【謝辞】

常時微動観測実験において、宮澤研究室には実験機材を使用させて頂きました。また同研究室大学院生の野中氏にご協力頂きました。早稲田大学曾田五月也教授に多大な協力をして頂きました。また人力加振実験では早稲田大学曾田研究室の大脇氏が設計したダンパーを使用させて頂きました。ここに記して感謝の意を表します

【参考文献】

- 1) 柴田明徳：最新建築学シリーズ 最新耐震構造解析
- 2) 日本建築学会：建築物の減衰，2000年10月，pp78-89，pp110-125
- 3) 前田将：制振構造物を対象とした微動・地震動観測と振動解析，工学院大学2002年度卒業論文
- 4) 壁谷澤寿成：実建物の振動観測による減衰評価，早稲田大学建築学科平成15年度卒業論文