

高層RC造集合住宅の振動測定

Vibration Characteristics of Two High-Rise Reinforced Concrete Buildings

飛田 喜則*

井上 重信*

要 旨

本報告は、高層集合住宅を対象に振動測定をおこなった結果についてまとめたものである。対象とした建物は、鉄筋コンクリート造の24階建て、22階建ての2棟である。これらについて、常時微動測定および人力加振実験をおこない、建物の躯体がほぼ完成したときの固有周期および減衰定数等を測定した。測定の結果、①固有周期は、設計値の9割程度であること、②固有周期および減衰定数は建物の高さまたはアスペクト比に比例すること、③微小変形時に基礎の回転による変形および曲げ変形の割合が建物の形状によって異なる傾向があることがわかった。

キーワード：振動実験／高層住宅／固有周期／減衰定数

1. はじめに

今後、高層RC造集合住宅の建設が増加することが考えられ、当社ではより合理的な設計が可能となるように、これまでに建設した建物の振動特性を調査している。この度、アスペクト比と地下の平面形状が異なっている24階建てと22階建ての鉄筋コンクリート造の2棟の建物を対象として振動測定をおこない、それらの固有周期、減衰定数および振動モードを算定し、建物のアスペクト比と振動特性の関係、および地下部分の形状と振動モードとの関係について検討した。その結果について報告する。

2. 測定した建物の概要

測定の対象とした建物の概要を表－1に、それぞれの建物の基準階平面図および断面図を図－1(a)、図－1(b)に示す。本報告では、24階建ての建物を24階建物、22階建ての建物を22階建物と称する。

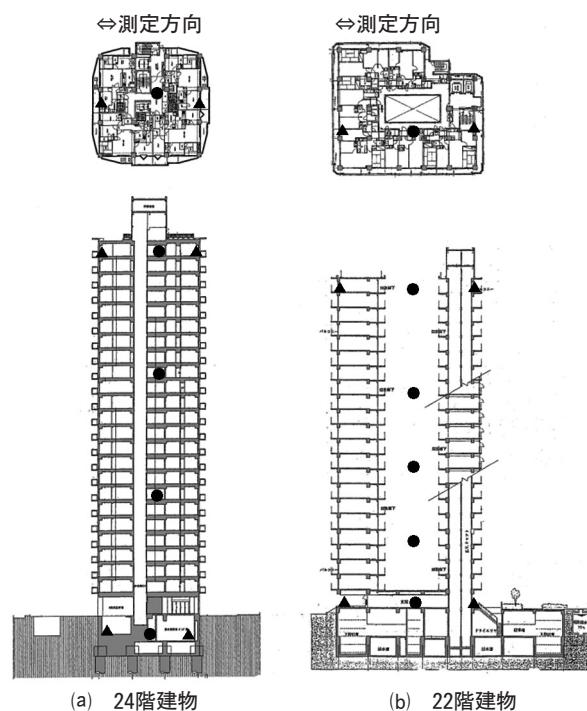
両建物は、鉄筋コンクリート造で、長辺方向と短辺方向共に架構形式が純ラーメンである。基礎形式はそれぞれ場所打ちコンクリート拡底杭である。

表－1 測定対象建物の概要

	24階建物	22階建物	備 考
階数	24	22	
塔屋	1	1	
地下	1	1	
軒 高 さ (m)	75.20	65.35	
最高高さ (m)	84.05	71.30	
根入れ深さ (m)	8.15	9.65	
短辺長さ (m)	20.00	23.60	
長辺長さ (m)	20.00	26.80	
構 造 種 別	RC造純ラーメン構造		
基 礎 種 別	場所打ちコンクリート拡底杭		
アスペクト比	1 : 3.76	1 : 2.44	長辺長さ

24階建物は、短辺方向および長辺方向の長さが約20mと正方形の平面形状であり、アスペクト比が1 : 3.76である。地下部分は、根入れ深さが約8.15mであり、その平面形状が上部構造とほぼ同形である。地盤は、GL-8mまではN値が3～6程度であるが、GL-8m以深ではN値が20以上の沖積層地盤である。

22階建物は、平面形状が長方形で中央部分が吹き抜けとなっており、長辺方向のアスペクト比が1 : 2.44である。この建物の地下部分は、根入れ深さがGL-9.45mであり24階建物と同程度であるが、平面形状が上部構造の



図－1 対象とした建物の基準階平面図・断面図

*構造研究グループ

基準階より広がっている。地盤は、GL-10mまではN値が3～15程度であるが、GL-10m以深ではN値が30以上の地盤である。

3. 測定概要

各建物に対して、常時微動測定および人力加振時の建物の振動測定をおこなった。測定した時期は、いずれの建物も構造体がほぼ完了し、仕上げ工事がおこなわれている時である。測定位置を図－1(a)、図－1(b)に示す。以下にそれぞれの建物についての測定概要を示す。

(a) 24階建物に関する測定概要

測定の対象とした方向は、建物の長辺方向の一方向である。測定には、サーボ型速度計を使用し、測定記録はアンプを介して収録測定機器内で積分され変位のデジタルデータとして収録した。測定をおこなった階は、地下1階、8階、16階および24階であり、各階の重心位置の水平成分(図中の●印)、さらに地下1階および24階では測定方向の建物の端部の上下成分(図中の▲印)について測定をおこなった。サンプリング周波数は100Hzとした。

人力加振は、24階の廊下において、1次の固有周期に合わせて測定方向へ10周期分の体重移動(15名)によっておこなった。

(b) 22階建物に関する測定概要

測定方向は、建物の長辺方向の一方向である。測定には、サーボ型速度計を使用し、測定記録はアンプを介して収録測定機器内にデジタルデータとして収録した。本報告では、24階建物と合わせるため、収録後に積分をおこない変位成分に変換している。測定した階は、1階、

5階、10階、15階および22階である。各階の中央が吹き抜けとなっており重心位置での測定が不可能であるため、重心に最も近い柱付近において水平成分(図中の●印)を、さらに地下階および22階では測定方向の建物の端部の上下成分(図中の▲印)について測定をおこなった。サンプリング周波数は100Hzとした。

人力加振は、22階の廊下において、1次の固有周期に合わせて測定方向へ10周期分の体重移動(10名)によっておこなった。

4. 計測結果

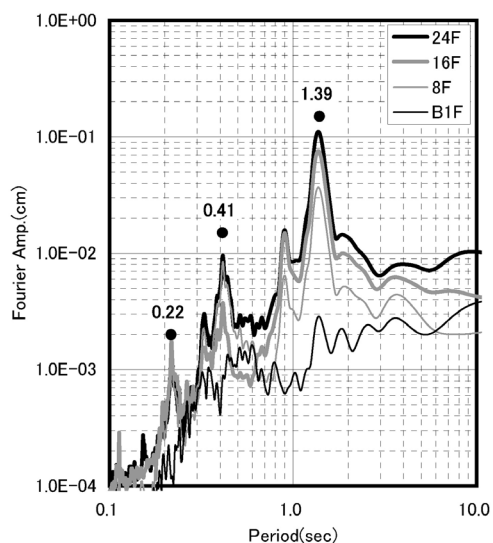
4.1 固有周期

常時微動測定における、各建物の水平方向のフーリエスペクトルを図－2(a)、図－2(b)に示す。これらから得られた各建物の固有周期と設計値を表－2に示す。設計値の固有周期は、各階の剛性を曲げせん断ばねに置換した質点系モデルの固有値解析の結果を示している。

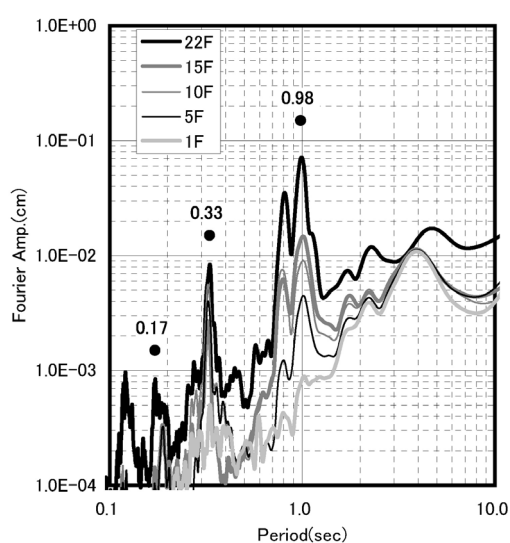
これらより、1次、2次および3次の固有周期は、24階建物では1.39秒、0.41秒および0.22秒であり、22階建物では1.04秒、0.32秒および0.17秒に明確な卓越周期を

表－2 固有周期

24階建物		1次	2次	3次
	実測周期(秒)	1.39	0.41	0.22
	設計周期(秒)	1.50	0.51	0.29
	実測値/設計値	93%	81%	77%
22階建物		1次	2次	3次
	実測周期(秒)	0.98	0.33	0.17
	設計周期(秒)	1.04	0.32	0.17
	実測値/設計値	94%	104%	100%



図－2(a) フーリエスペクトル (24階建物)



図－2(b) フーリエスペクトル (22階建物)

確認することができた。いずれの建物でも1次の固有周期が設計値の約92～93%程度と、設計値よりやや短い周期であったが、竣工後に建物重量が増加して周期が長くなることを考慮するとよく一致していると言える。また、24階建物の固有周期は、22階建物に比べて約1.4倍となっており、建物のアスペクト比に比例して固有周期が長くなることが確認できた。

4.2 減衰定数

人力加振実験によって得られた、最上階での水平方向の変位波形を図-3(a)、図-3(b)に示す。図中の●印は加振している時点を示しており、加振によって建物の振幅が大きくなっていることが確認できる。

これらより、加振終了後に建物が自由振動している時の20波によって、対数減衰率によって減衰定数の算定をおこなった。その結果、24階建物の減衰定数が約1.1%、22階建物の減衰定数が1.36%であった。よって、建物のアスペクト比が大きい22階建物の減衰定数が大きな値になることがわかった。

4.3 変位成分割合

人力加振時に各建物で観測した変位の高さ方向の分布を図-4(a)、図-4(b)に示す。図では各建物ごとに変位の最大値で基準化している。また、1階または地下階の建物の端部で観測された上下方向の変位によって基礎の回転による変位量を、最上階での建物の端部の上下方向の変位から建物を片持ち梁と仮定した場合の曲げ変形による変位量を算定した。さらに、全体の変形からそれらを除いた変位量をせん断による変位量として示している。これらの全体変位に対する割合を表-3(a)、表-3(b)に示す。

建物の全体の変位モードは、ほぼ直線的な形状を示している。全体の変位に対する基礎の回転による変位の割合は、24階建物では15%程度であるのに比べて、22階建物では11%程度と小さくなっている。これは、22階建物の基礎形状が上部構造の平面形状より広がっているために、基礎の回転成分が少ないことが考えられる。また、曲げに

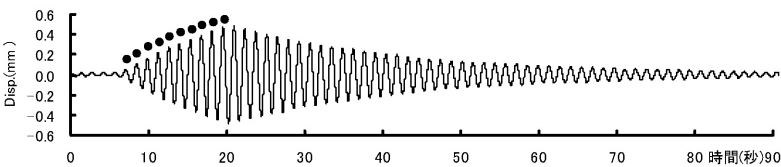


図-3(a) 人力加振時の変位波形 (24階建物)

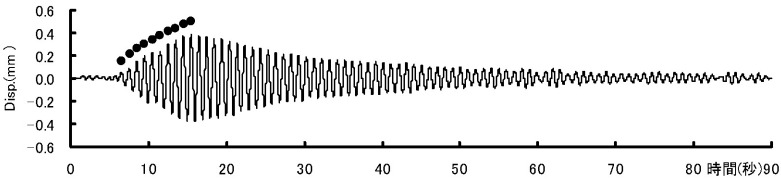


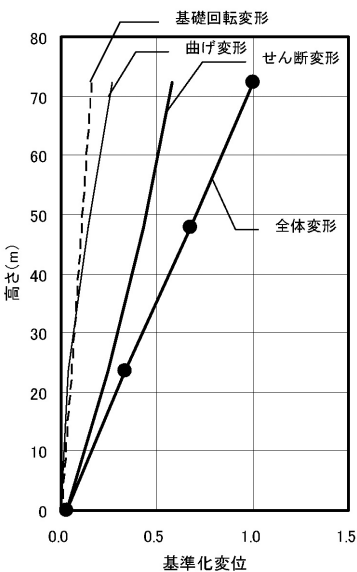
図-3(b) 人力加振時の変位波形 (22階建物)

表-3(a) 変位成分の割合 (24階建物)

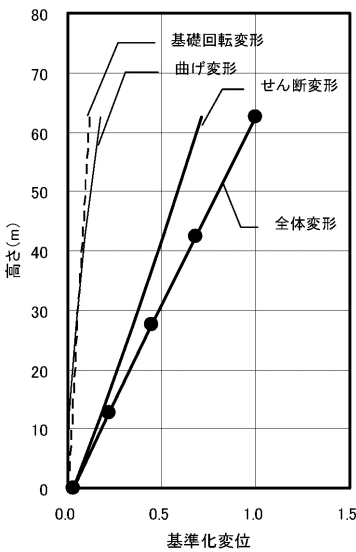
階	高さ H(m)	全変位量	せん断変位量		曲げ変位量		基礎回転変位量	
		δ_H	δ_s	δ_s / δ_H	δ_b	δ_b / δ_H	δ_r	δ_r / δ_H
24 F	72.29	1.000	0.575	57.5%	0.270	27.0%	0.154	15.4%
16 F	47.89	0.674	0.434	64.3%	0.138	20.5%	0.102	15.2%
8 F	23.46	0.333	0.245	73.5%	0.038	11.4%	0.050	15.1%
B 1 F	0	0.026	0.026	—	0.000	—	0.000	—

表-3(b) 変位成分の割合 (22階建物)

階	高さ H(m)	全変位量	せん断変位量		曲げ変位量		基礎回転変位量	
		δ_H	δ_s	δ_s / δ_H	δ_b	δ_b / δ_H	δ_r	δ_r / δ_H
22 F	62.4	1.000	0.711	71.1%	0.177	17.7%	0.111	11.1%
15 F	42.3	0.678	0.508	74.9%	0.095	14.0%	0.075	11.1%
10 F	27.6	0.445	0.352	79.0%	0.044	9.9%	0.049	11.0%
5 F	12.7	0.218	0.185	84.9%	0.010	4.7%	0.023	10.4%
1 F	0.0	0.028	0.028	—	0.000	—	0.000	—



(a) 24階建物



(b) 22階建物

図-4 変位成分の割合

よる変位の割合は、最上階で22階建物が18%程度であるのに比べて24階建物が27%と大きくなっており、これは上部構造のアスペクト比（曲げ剛性）に比例した結果であると考えられる。

しかし、これらは人力加振時での微小変形に対する割合であり、今後地震時での検討を進める必要がある。

4.4 他の建築物との比較

ここで、今回の測定で得られた固有周期と減衰定数について、日本建築学会「建物の減衰」¹⁾でのデータベースとの比較をおこなった。文献に示されている軒高さと固有周期の関係を図-5に、軒高さと減衰定数の関係を図-6に示し、それらに測定結果をプロットした。図中の■が24階建物の結果であり、▲が22階建物の結果である。

図に示されているように、一般に、建物の高さが高くなるに従って固有周期が長くなり、かつ減衰定数が小さくなる傾向がある。今回の測定の結果も同様の傾向であり、文献に示されている近似式とほぼ整合していることが確認できた。

5. まとめ

今回の測定により、建物の高さと、固有周期・減衰定数との関係が一般に示されているように比例的であることが確認できた。また、微小変形時ではあるが、建物の曲げ変形と基礎の回転による変形の割合が建物の形状によって異なる傾向があることが明らかとなった。22階建物では地震観測をおこなっているので、今後地震時の影響についても検討していく所存である。

〔参考文献〕

- 1) 日本建築学会「建築物の減衰」 2000.10
- 2) 飛田喜則、福本昇他：22階建て高層RC造建築物の振動実験 日本建築学会大会学術講演梗概集、1995.8

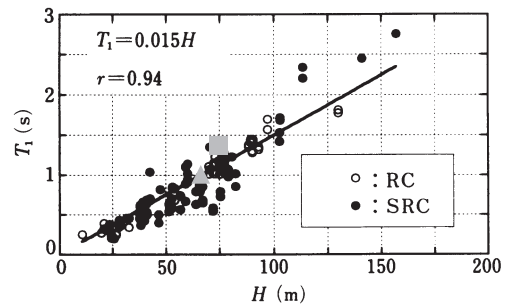


図-5 建物の軒高さと1次固有周期の関係
(文献1に加筆)

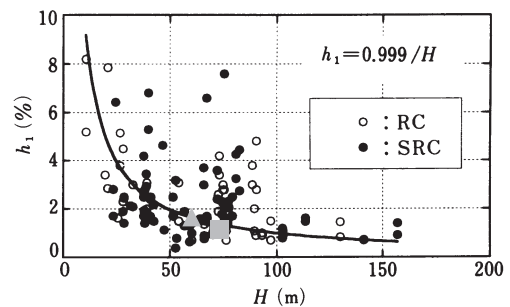


図-6 建物の軒高さと1次減衰定数の関係
(文献1に加筆)