

首都圏に建つ超高層キャンパスと地域連携による地震防災に関する研究（その3） 超高層ビルの常時微動・人力加振観測

超高層建築 常時微動 人力加振
高次モード 固有周期 減衰定数

正会員 ○星 幸男* 同 鱒沢 曜**
同 山下 哲郎*** 同 久田 嘉章***
同 小菅 芙沙子* 同 島村 賢太*

1. はじめに

著者らは既報¹⁾において、本研究で対象とする超高層ビルの常時微動・人力加振観測結果の並進1次モードにおける固有周期及び変位モードより建物の曲げ変形性状を確認し質点系振動解析モデルとの比較検討を行った。

本報では、これとは異なる測定パターンで実施した常時微動・人力加振観測により、高次モードやねじれを含む建物の振動特性を評価した結果について示す。

2. 対象建物概要

対象建物は、超高層建築物である工学院大学高層棟（以下大学棟と呼ぶ）である。図1、2に基準階平面図及び南側立面図、表1に建物概要を示す。

3. 観測概要

表2に観測概要を示す。複数階における常時微動観測による高次モードやねじれを含む建物全体の水平挙動及び固有周期の把握、さらに並進1次及び2次モードの固有周期に合わせた人力加振観測による曲げ変形を含むモード形と減衰の評価を行うために、図3に示すような観測点位置及び方向とした。観測点数が多いため2台のデータ収録機を用い、高層階（15,21,28階）と低層階（1,8,15階）に分けて同時観測を行ったが、15階に設置した同一観測点（15E）で観測記録にスパイクを入れることで、高層階と低層階の観測記録の同期を図った。

微動観測におけるねじれ振動及び人力加振観測における上下振動は、1,15,28階のセンサーで観測した。また、人力加振観測における加振周期は、前回実施した微動観測記録における並進1次及び2次の固有周期とし、建物高さのほぼ中央となる14階で加振を行った。

表1 対象建物概要

建物名称	大学棟(工学院大学高層棟)
建築場所	東京都新宿区西新宿
竣工年	1989年
基準階面積	1170㎡
階数	地上29階、地下6階、塔屋1階
軒高/最高高さ	123.45m/143.00m
アスペクト比	NS:5.59, EW:3.72
構造種別	地上:鉄骨造(ブレース付ラーメン架構) 地下1~2階:鉄骨鉄筋コンクリート造 地下3~6階:鉄筋コンクリート造

表2 観測概要

観測日時	2007年11月5日 11:30~16:00
センサー	サーボ型速度計(14台)
サンプリング周波数	100Hz
センサー設置階	1F、8F、15F、21F、28F
観測時間	200秒(1観測当たり)を加振周期毎に2回
加振場所	14階演習室(62人による体重移動)
加振周期	NS1次2.74秒、2次0.84秒 EW1次2.57秒、2次0.86秒

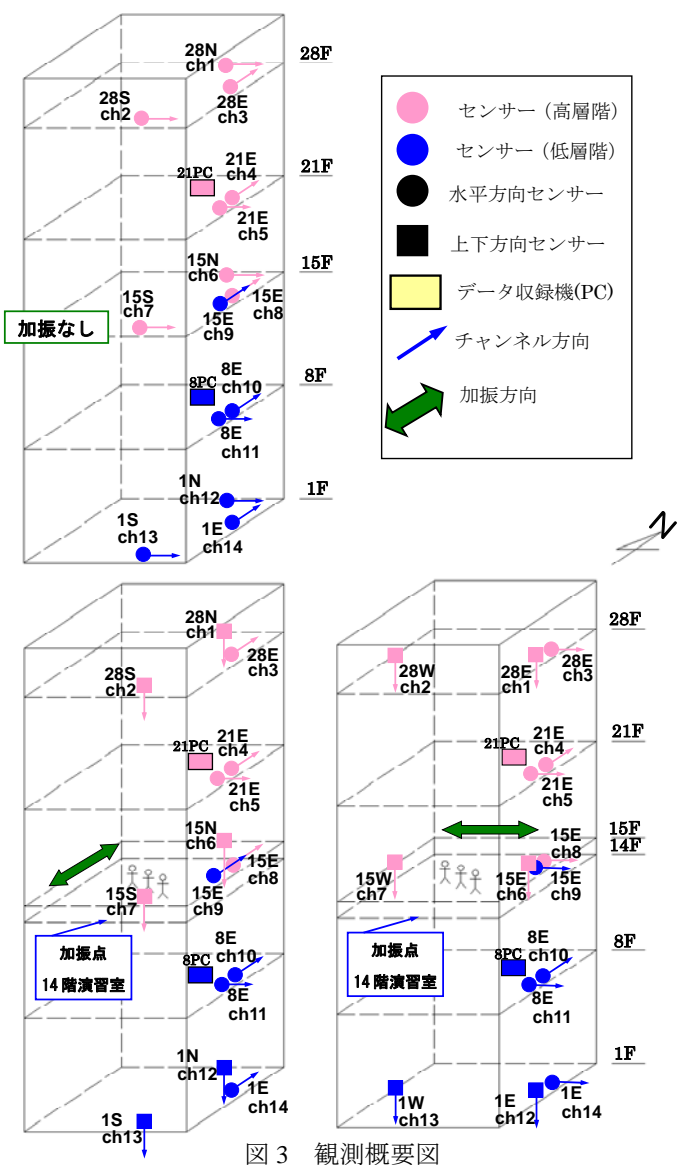
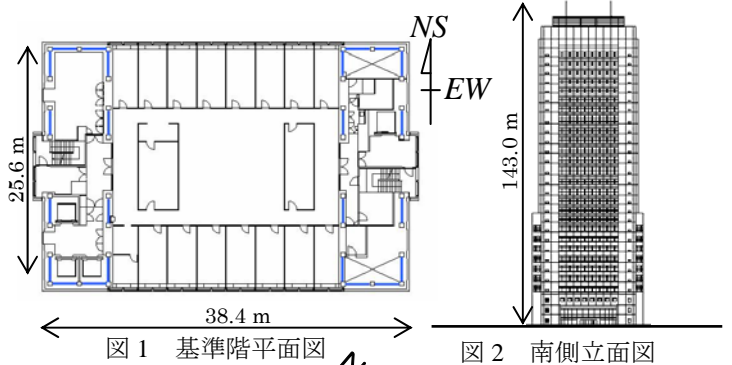


図3 観測概要図 (上:常時微動,下左:人力加振 NS,下右:人力加振 EW)

4. 常時微動観測結果

図4に常時微動観測より得られた、28階のNS(ch3),EW(ch1)方向の速度波形及びフーリエスペクトルを示す。図中には、それぞれのピーク値より読み取った固有周期(上段)と、その4で示す立体モデルの固有周期(下段)を示している。これより、観測値と解析結果はほぼ同値になっている事が分かる。さらに、スペクトルの卓越している周期に対して狭帯域のバンドパスフィルターをかけ各観測点の変位振幅の分布を描いてみると、1次はNS方向並進1次モード、2次はEW方向並進1次モード、3次はねじれ1次モード、4次はEW方向2次並進モード、5次はNS方向並進2次モードであることが分かった。

5. 人力加振観測結果

図5に人力加振観測結果より得られた自由振動波形を示す。NS,EW方向共に、並進1次及び2次固有周期における共振現象の発生が確認され、最大振幅は常時微動時の約5倍となった。図6は28階の水平変位が最大値をとる同時刻における各観測点の変位振幅の分布を描いたものであり、並進1次及び2次モード形を各方向について示している。また、立体モデルによる固有値解析結果を重ねて示す。NS,EW方向共に、観測値と解析結果がほぼ一致している事が確認できる。

並進1次モード加振結果より、対数減衰率を用いて減衰定数の算出を試みた。観測回毎に自由振動波形の比較的安定した点のピーク値を X_1 とし、 n 周期後の振幅として $n=2\sim 10$ に変化させたときの減衰定数を振幅の正負毎に算出し、平均を求めた。図7にNS方向(2回目)の結果を示す。NS方向は $0.87\sim 1.17\%$ で平均 1.02% 、EW方向は $1.01\sim 1.25\%$ で平均 1.13% となり、観測回によりばらつきがあるが、長辺方向の方がやや大きな値となった。

6. まとめ

常時微動観測結果より、高次モードやねじれを含む建物のモード形及び固有周期を確認し、さらに各モードの固有周期が解析結果とほぼ同値であることを確認した。人力加振観測結果より、並進1次及び2次固有周期における共振現象の発生を確認し、さらに変位振幅の分布形が解析結果の各モード形と近似出来ることを確認した。また、並進1次モード加振結果より、対数減衰率を用いて減衰定数を算出した。結果は観測回によりばらつきがあるが、長辺方向の方がやや大きな値となった。

【謝辞】本研究は、文部科学省の学術フロンティア事業「工学院大学地震防災・環境研究センター」および国土交通省の建設技術研究開発助成「首都圏震災時における帰宅困難者・ボランティアと地域住民・自治体との協働による減災研究」による研究助成により行われました。また常時微動・人力加振観測は明星大学年縄研究室、工学院大学宮澤研究室にご協力頂きました。

【参考文献】1)小菅英紗子他 首都圏にある超高層キャンパスの地震防災対策に関する研究(その3)、日本建築学会大会学術講演概論集 B-2,p.617-618,2007

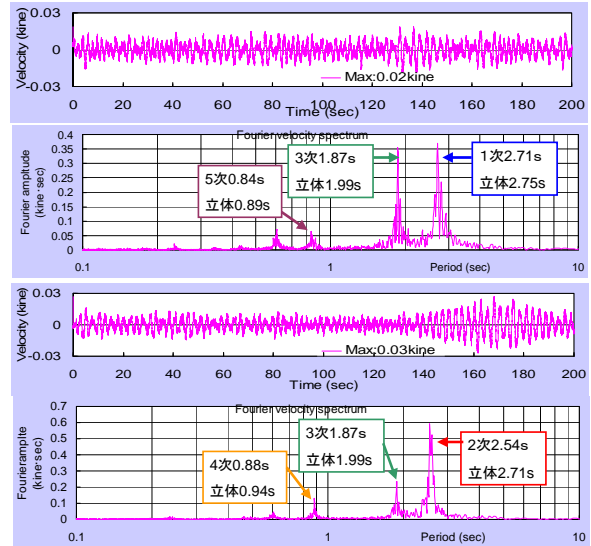


図4 常時微動観測結果速度波形とフーリエスペクトル(上:28階NS方向(ch3)、下:28階EW方向(ch1))

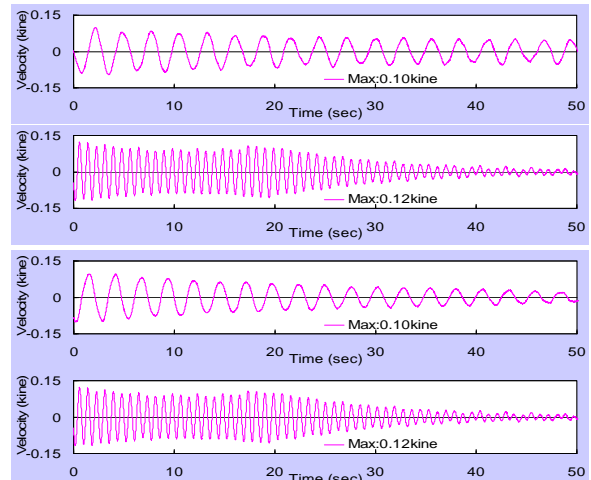


図5 人力加振観測速度波形(上より、NS方向28階(ch3)並進1次共振,NS方向15階(ch9)並進2次共振,EW方向28階(ch3)並進1次共振,EW方向15階(ch9)並進2次共振)

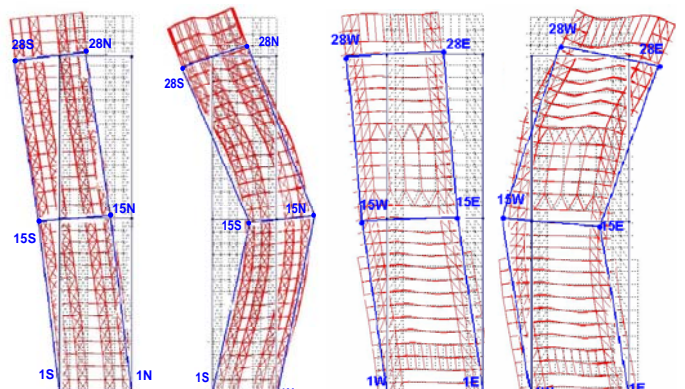


図6 立体モデルとのモード形比較(左から並進NS1次,NS2次,EW1次,EW2次を示す。青線:観測,赤線:モデル)

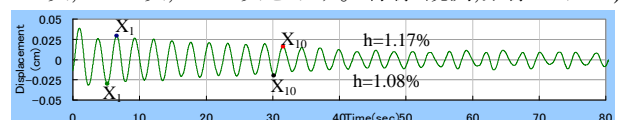


図7 対数減衰率を用いた減衰の評価 NS方向28階(ch3)並進1次共振(2回目加振)

* 工学院大学大学院工学研究科

** イー・アール・エス

*** 工学院大学建築学科

* Graduate School of Engineering, Kogakuin University

** Engineering & Risk Services Corporation

*** Department of Architecture, Kogakuin University