

超高层免震建築物の模型化および風による振動性状に関する基礎的研究

建築防災分野 A03TD005 岡山喜雄

1. はじめに

超高层建築物の構造設計においては、建物の軽量化に伴い風荷重に対する検討が重要となってくる。さらに、免震構造は地震力に対しては有効であることは周知であるが、風外力に対する応答については不明な点が多い。

過去の調査研究では、既存の中高层免震構造物の強風時の実測調査、また、超高层免震建築物に関する風洞実験および解析による検討結果等が挙げられる。

本研究では、超高层免震構造物の振動を上部構造の1次のロッキング振動と免震層のスウェイ振動の複合振動であると仮定し、超高层免震構造物を対象には行われていない免震層の塑性変形をモデル化した振動模型を作成するとともに風洞実験による調査を行った。

2. 対象構造物の概要

本研究で対象とした構造物は、1辺 25.6m、軒高 122.8m、アスペクト比約 5.0 の正方形角柱をした、地上 35 階、PH2 階の超高层免震建物であり、構造は RC 造である。上部構造（地上 1 階以上の部分）の総重量は 302003kN、免震層部（1 階床より下部の部分）の総重量は 28582kN となっている。

3. 実験模型の設計と製作

免震超高层建築物の振動模型は、対象構造物の固有値解析結果から、振動モードは上部構造が直線モードとなっており、図 1 に示すようにスウェイ振動とロッキング振動による、2 質点のモデル化が可能であると判断した。

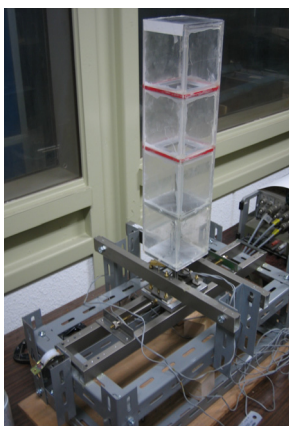


写真 1 実験模型

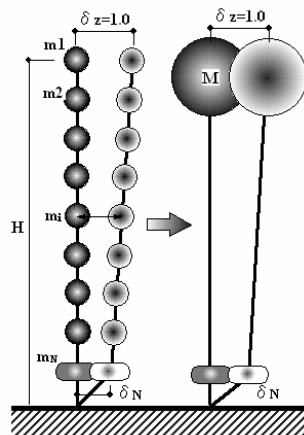


図 1 2 質点のモデル化

図 2 は実験模型の詳細図であり、上部構造のロッキング振動はステンレス製鋼棒を用いて再現し、免震層の振動は塑性化後の剛性を弾性バネで、免震層の降伏荷重を摩擦力で再現することとした。

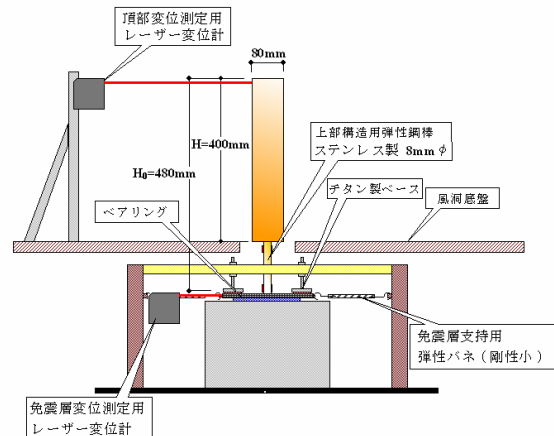


図 2 実験模型詳細図

4. 実験概要

本実験は、大阪市立大学のエッフェル型風洞を用い、気流は一樣流と勾配流に対して、風速は約 2m/sec から約 14m/sec まで増加させて行った。測定項目は、頂部と免震層の変位および、上部構造基部のせん断力を、ひずみゲージによって測定した。サンプリング周波数は 500Hz、サンプリング時間は約 120 秒、データ個数は 60160 個（実時間で約 1 時間）とした。また、風洞実験での模型の支持条件は、免震層を固定した状態での実験と、免震層を可動状態での実験を行った。実験模型免震層の降伏荷重は、1N および 2N の状態での実験を行うこととした。

5. 結果

図 1 (a), (b) は免震層固定状況での、無次元変動変位および無次元最大応答変位の変化を示している。また、図 1 (c), (d) は、乱流中において免震層の降伏荷重を 1N および 2N とした場合の、無次元変動変位と無次元最大応答変位の変化を示している。ストローハル数を 0.1 とした場合、弾性支持状態では、無次元風速 10 前後で共振するはずであるが、免震層を稼働させた場合、無次元風速 7~8 前後で、振幅の増加が見られる。これは、免震層を稼働させ

たことにより、振動系全体の固有周期が長周期化したことにより、弾性状態の固有振動数によって算定した無次元風速では、低い領域で共振するためであると考えられる。図3は比較的免震層の変動変位の大きい、乱流中、免震層の降伏荷重2N、無次元風速7の時刻歴波形を示す。さらに、図4はこの時刻歴データの一部(10~12sec)を取り出したものである。免震層では各時間帯で大きくシフトする箇所と、ほぼ同じ位置で細かく振動する箇所が

あり、上部構造に大きな風力が働いた場合には、免震層は大きく移動し、風力が小さい場合には、細かい振動を繰り返すと考えられる。一方、免震層が大きく移動している29sec付近では、免震層のせん断力は比較的小さく、免震層が動くことによりそれ以降の振動を抑制しているものと考えられる。

6.まとめ

- (i) 超高層免震建築物の固有値解析結果より得られた固有周期は、免震層の塑性化後の等価剛性、上部構造の1次剛性および振動モードより、2質点にモデル化して算定することが可能であり、免震層の弾塑性の性状を、静止摩擦係数を利用することにより、超高層免震建築物を対象とした振動装置を開発した。
- (ii) 免震層の変位が増大するときには、模型には大きな風力が加わっていると考えられるが、免震層のせん断力は免震層が移動することによって抑えられる傾向にある。
- (iii) 免震層が稼動状態となると建物の固有周期は長周期化し、弾性支持状態の実験結果よりも低風速で、変動変位が増加する傾向も確認された。

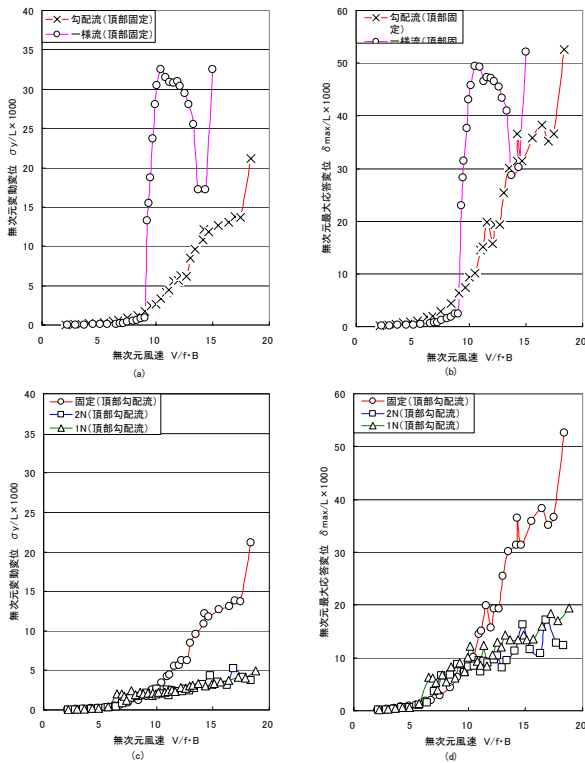


図2 無次元変動変位と無変位次元最大応答変位

参考文献

- 1) 神田 他:「免震装置を有する超高層建物の風応答に関する研究 その1~その6」日本建築学会大会学術講演梗概集 No. 21247~21248 2003. 9、No. 21157 2004. 8、No. 20109~20110 2005. 9
- 2) 長松昭雄:モード解析、培風館、1985
- 3) 荒木啓太:「角柱模型に作用する風力に関する実験的研究」大阪市立大学工学部建築学科学士論文、2000

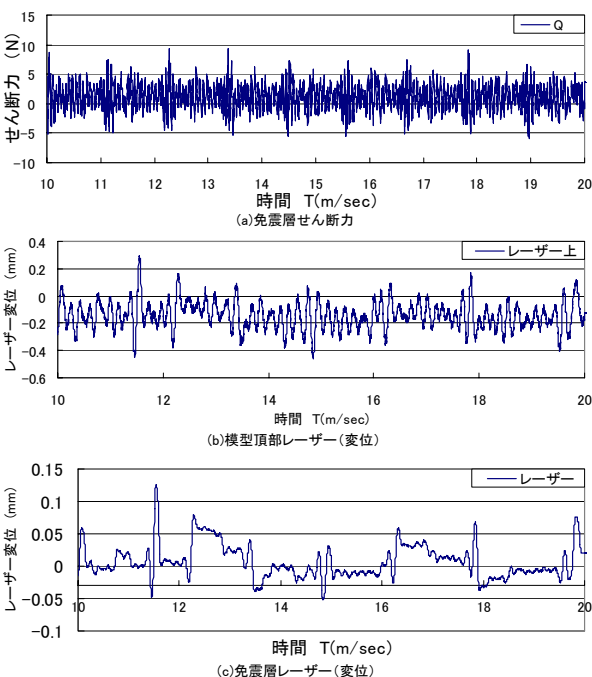


図3 時刻歴(乱流2N、無次元風速7、10~20sec)

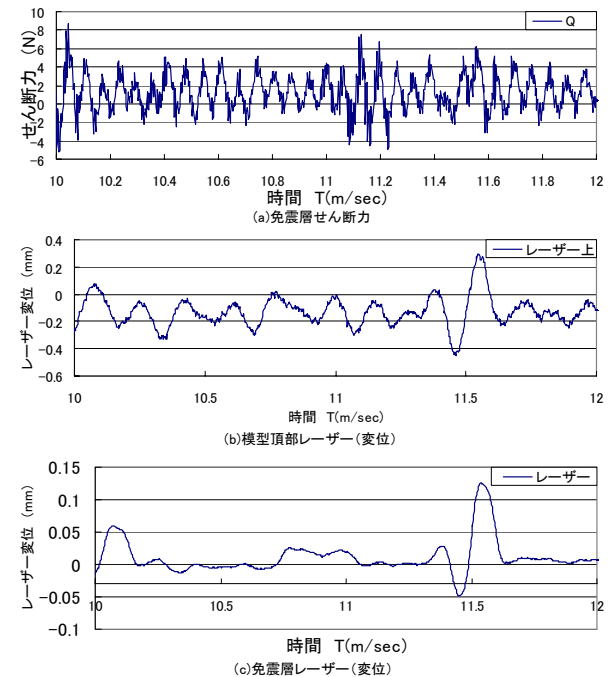


図4 時刻歴(乱流2N、無次元風速7、10~12sec)