

鉄塔部を有する建屋の小形模型振動実験

徳島大学工学部 正員○沢田 勉
 ショーボンド建設 田野 清文
 西松建設技術研究部 神谷 宏

1. まえがき

最近、都市の市街地に通信鉄塔を有する建物がいくつか建設されている。このような構造物は、比較的剛な建屋の屋上に柔構造の鉄塔が付加されているため、地震時には鉄塔と建屋が連成して複雑な応答特性を示す。また、建屋基礎と地盤の動的相互作用においては、地震時に地盤が強い非線形性を示すため、これら連成系の動特性はさらに複雑なものとなり、連成系の地震時挙動を解析的に求めることは困難となる。本研究では、通信鉄塔を有する建屋の小形模型振動実験を行い、基礎と地盤の動的相互作用が通信鉄塔の動特性にどのような影響を及ぼすかを検討した。

2. 実験概要

図-1に示すような通信鉄塔を有する地上10階、地下2階の建屋、杭基礎、および地盤から成る連成系を対象にして、小形模型を製作し、振動台による振動実験を行った。模型の縮尺(1/λ)は、長さの縮尺 $\lambda_l=80$ 、時間の縮尺 $\lambda_t=6$ 、質量の縮尺 $\lambda_m=4 \times 10^6$ とした。模型の設計・製作にあたっては次の点に留意した。(1)地盤模型は、50cm×150cm×40cmの木製の箱の中にポリエチレン粉末とサラダ油を混合したものを入れて製作し、原地盤と模型地盤の1次卓越振動数の相似則が満足されることを目標にした。(2)杭材料はナイロン製とし、杭の曲げ振動方程式における相似則を考慮して杭径を決めた。(3)建屋の地下2階部分は木製とし、上部構造重量による沈下量の相似則を満足するように底面寸法を決めた。(4)建屋の地上10階部分は、集中質量(鉄製)をもつ3層ラーメンの模型(アクリル製)とし、原型と模型の1次、2次、および3次の固有振動数が相似則を満足するように決めた。(5)塔はアクリル製とし、3種類の塔A、塔B、塔Cを製作した。このうち、塔Aは原型との相似則を満足するもの、塔Bは建屋模型の1次固有振動数とほぼ一致する固有振動数をもつもの、塔Cは固有振動数が建屋の1次固有振動数より大きいものである。図-2には、以上のようにして設計・製作された模型の全体図を、また、表-1には、建屋模型、および塔模型それぞれの固有振動数を示した。振動実験では、次のような部分系および全体系について実験を行った。(1) 塔-建屋連成系、(2) 建屋-基礎-地盤連成系、(3) 全体系。加振方式は、加速度一定の周波数上昇スイープ加振方式を採用し、上・下限振動数は、それぞれ2Hz、および42Hzとした。また、サンプリング時間間隔は $\Delta t=0.005\text{sec}$ 、データ集録長は120 secとした。スイープ加振における入力加速度振幅は、(1)の実験では約60gal、それ以外の実験では地盤の非線形性を考慮して、約20gal、約60gal、約100galの3通りについて実験を行った。

3. 実験結果および考察

前述のような3種類の実験を行い、図-3に示す加速度計設置位置で応答を計測し、フーリエ解析より各観測点の応答倍率を求めた。

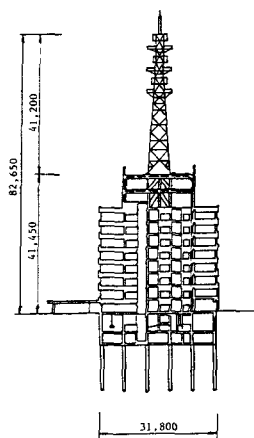


図-1 原型

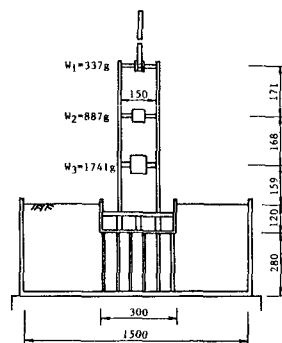


図-2 模型

表-1 建屋および塔模型の固有振動数(Hz)

	建屋	塔		
		A	B	C
1次	7.9	5.1	8.6	10.3
2次	18.0	—	—	—
3次	26.0	—	—	—

図-4は、塔-建屋連成系の塔頂部の応答倍率を示したものである。この図より、建屋の1次固有振動数とほぼ等しい固有振動数をもつ塔Bでは、建屋と塔が連成して共振が起こり、応答倍率が極端に大きくなることがわかる。図-5は、入力加速度振幅が約20gal、約60gal、約100galの各場合について、建屋-基礎-地盤系の建屋頂部の応答倍率を示したものである。この図より、入力加速度振幅が増大すると、建屋頂部の応答倍率のピークが低振動数側に移行するとともに、その振幅がかなり低下することがわかる。これは、入力加速度振幅が増大すると、地盤の剛性が低下するとともに、履歴減衰が大きくなるためと思われる。図-6は、入力加速度が約20gal、約60gal、約100galの各場合における全体系の塔A、B、Cそれぞれの応答倍率を示したものである。図-6より、次のことがわかる。

- (1) 全体系における塔Aの応答倍率は入力振幅の増大とともに大きくなる。これは、入力加速度振幅が増大すると建屋-基礎-地盤系の応答倍率が低振動数側に移行することによって塔Aが共振したためである。
- (2) 建屋の1次固有振動数よりも高い固有振動数をもつ塔Cでは、入力加速度振幅が増大しても応答倍率は増加しない。

以上のように、地盤の非線形性を考慮した場合には、建屋の1次固有振動数より低い振動数をもつ塔は建屋-基礎-地盤の連成振動により共振する可能性があることがわかった。

4. おわりに

通信鉄塔をもつ建屋の模型振動実験を行い、塔の応答特性について検討し、若干の考察を加えた。その結果、地盤の非線形性を考慮した場合には、建屋の固有振動数に等しいかまたはそれより低い固有振動数をもつ塔の応答倍率は考慮しない場合に比べて極端に大きくなることがわかった。

謝辞 本研究を進めるにあたり、実験全般にわたり御指導いただいた徳島大学・平尾潔教授および阿南高専笹田修司助手に深謝致します。

参考文献 吉川・黒岩・山田：土木学会論文集、No. 334、1983、6。

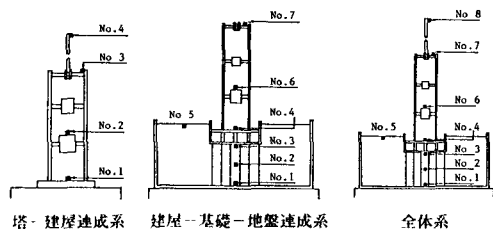


図-3 加速度計設置位置

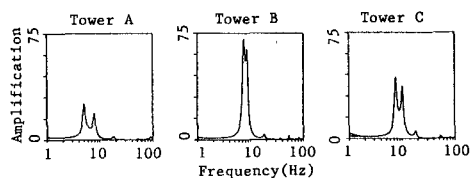


図-4 塔-建屋連成系の応答倍率 (No. 4/No. 1)

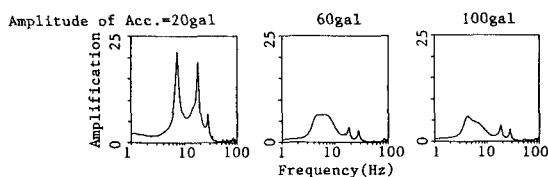


図-5 建屋-基礎-地盤連成系の応答倍率 (No. 7/No. 1)

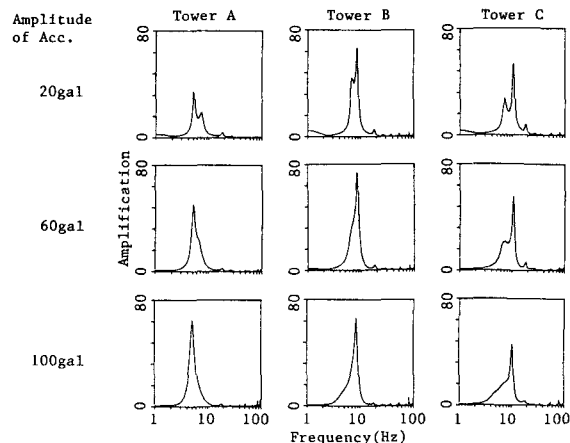


図-6 全体系の応答倍率 (No. 8/No. 1)