

4.3 塔状構造物による地盤・構造物の相互作用観測

Observation of Soil-Structure Interaction of Towered Structure

半谷 裕彦*・龍岡 文夫*・佐藤 暢彦*

Yasuhiko HANGAI, Fumio TATSUOKA and Nobuhiko SATO

1. 目的

地震時における地盤と構造物の相互作用を観測することを目的として、鉄筋コンクリート造の塔状構造物（モデル応答観測塔と呼ぶ）を設置した。地盤と構造物との相互作用を理論的に扱うための準備としては、(1) 構造物内の応力・変形、(2) 地盤内の応力・ひずみ、(3) 構造物と地盤の接触面における応力・変形、について、¹⁾データの蓄積が必要である。本研究は、(1)と(3)の項目についての地震時観測を行う。そのため、塔状構造物の地中部分に、25個の土圧計を、また、各階に、総計13個(39成分)の加速度計を設置している。

実際の構造物が地震時にどのように破壊していくかを映像で記録することは、今後の耐震研究に貴重な資料を提供することになる。塔状構造物の2階と4階に、ビデオカメラとモータードライブ付きのカメラを設置し、弱小構造物の破壊過程を追跡する。また、3階には、次節で述べる免震床が設置されている。

2. 塔状構造物と測定計画

塔状構造物は直径5m、高さ12.5m（地下2.5m、地上10m）の鉄筋コンクリート造である。規模の概略と外

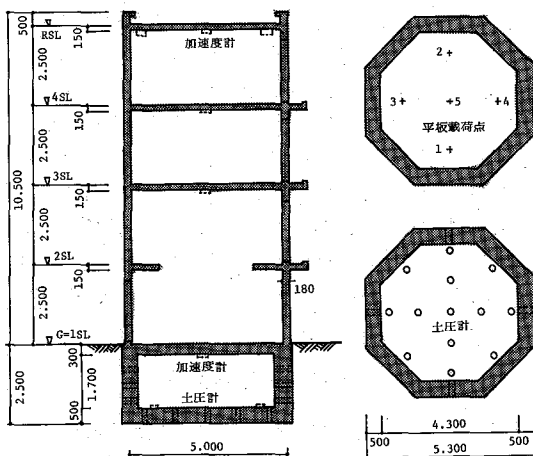


図1 塔状構造物と測定位置

観を図1および写真1に示す。

敷地内の地盤性状については、3章で述べているが、地質構成をまとめると表1となる。建設にさきだち、平板載荷試験を実施した。²⁾試験位置は、地表面下-2.5mまで根切りされた基礎底面であり、試験対象地盤は表1からわかるように関東ローム層である。試験は図1に示す5個所について実施し、得られている結果のうち、変形係数、弾性係数を表2に示す。

塔状構造物の重量は上部構造98t、地下構造86t、総重量184tであり、地盤の上載応力は約9.4t/m²である。上部構造を剪断変形を考慮した梁としてモデル化したときの固有周期は、上部構造のみ（地表面位置で固定）の



写真1 外観

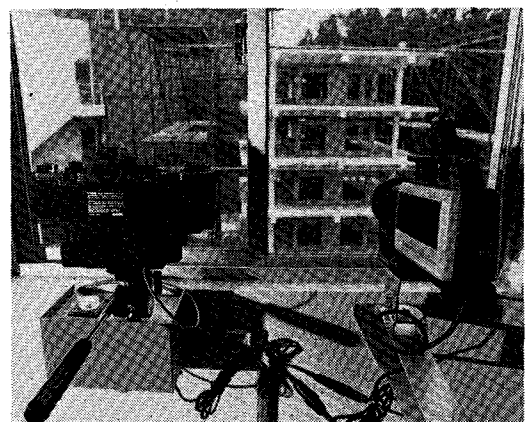


写真2 ビデオとカメラの設置状況

* 東京大学生産技術研究所 第5部

表1 地 質 構 成

地質年代	地 層 名	土 質 名	深 度	層 厚	特 徴
沖積世	表 土	(ローム)	0.0~0.5m	0.5m	腐植物を多量に含むローム質土, 黒ボク
洪積世	立川ローム 武蔵野ローム	ロ ー ム	0.5~3.6	3.1	腐植物を所々に混入。暗褐色を呈する。 N=3~6回 コンシステンシー, 軟~中位
	下末吉ローム	凝灰質粘土	3.6~6.5	2.9	含水多く, 粘性強い。下部は砂分多く含む。黄褐色を呈する。 N=1~4回 コンシステンシー, 軟
	成 田 層	粘土質細砂 細砂互層	6.5~4.0以深	3.4以上	含水比高く, 全体に粒子均一な砂。 所々小礫, 粘土を含む。黄灰~暗褐色を呈する。 N=15~50以上 相対密度, 中~密~極密

表2 変形係数と弾性係数

地 点	変 形 係 数 D (kgf/cm ²)	接線弾性係数 Et (kgf/cm ²)	割線弾性係数 Es (kgf/cm ²)
No. 1	261	300	303
No. 2	163	228	206
No. 3	171	244	214
No. 4	209	277	236
No. 5	266	288	249
平均値	214	267	242

表3 実験ケース

ケース番号	起振モーメント	加振方向	実 施 日
V05	25.2kg-cm	上下	1983年3月11日
H05	25.2kg-cm	水平	1983年3月11日
H13	64.9kg-cm	水平	1983年3月14日
V13	64.9kg-cm	上下	1983年3月15日
V32	153 kg-cm	上下	1983年3月15日
H32	153 kg-cm	水平	1983年3月15日
MH	153 kg-cm	水平	1983年3月17日
MV	153 kg-cm	上下	1983年3月17日

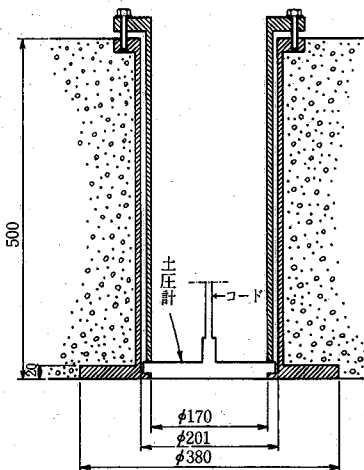


図2 土圧計用治具

場合0.05秒, 地盤との連成を考えた場合0.43秒となる。

土圧計を地盤との接触面に取り付けるため, 図2に示す治具を試作した。この治具は外側と内側に置かれた2

個の鋼製円筒から構成されており, 外側の円筒は基礎床板および側壁の鉄筋コンクリートと一体となるように固定している。土圧計は内側円筒の先端に取り付けられており, 初期土圧の調整出し入れおよび取り変えが自由となっている。現在は一方向型の土圧計を利用しているが, さらに水平2方向の剪断応力の測定も可能とする3方向型土圧計を試作中である(図3)。土圧計は図1に示すように, 基礎床板に13個, 側壁に12個(高さ方向に3個ずつ, 4方向), 計25個所に設置している。加速度計は, 基礎床板のレベルとRSLのレベルに各5個, 1SL, 3SL, 4SLのレベルに各1個の計13個(39成分)を設置している。

3. 剛体基礎の起振機実験

塔状建物の実地震観測により得られる記録を解釈するとき重要である地盤と基礎の相互作用の問題に関して, 基礎的な資料を得ることを目的として起振機による加振実験を実施した。実験を行ったときは塔状建物の地中部

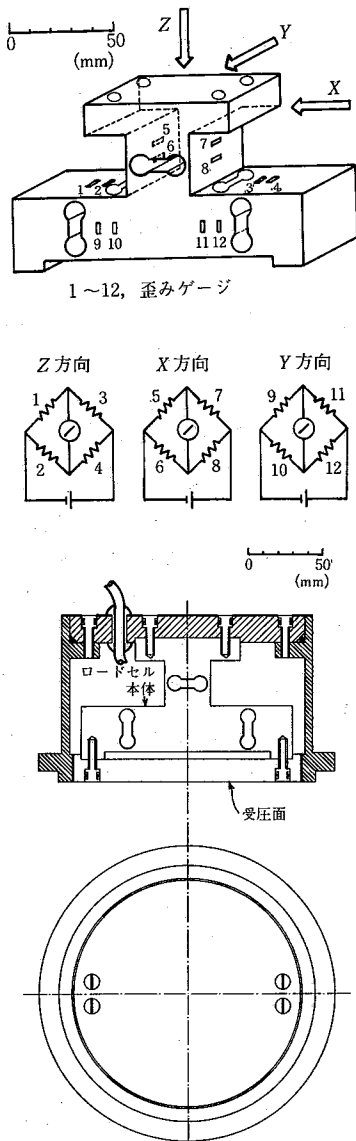


図 3 3 方向型土圧計

分と1階床板までが完成した時点である。

起振機は最大起振モーメント 250 kg・cm, 最大起振力 3t という性能をもっており, 1階床板の中央に据え付けられた。加振による応答は構造体に取り付けた加速度計(サーボ式と圧電式), その周辺地盤の地表に設置した圧電式と動コイル式の換振器, 構造体の底面と側面に取り付けた土圧計で計測した。これらを合わせると 63 成分の測定となり, 起振機の信号 1 成分を加えた 64 成分を 1 台の集録装置で記録した。同時にマイクロ・コンピュータを用いて 4 成分の振幅・位相をリアル・タイムに求め, その結果を検討しながら実験を進めた。

数回の小さな起振力による予備実験を繰り返した後本

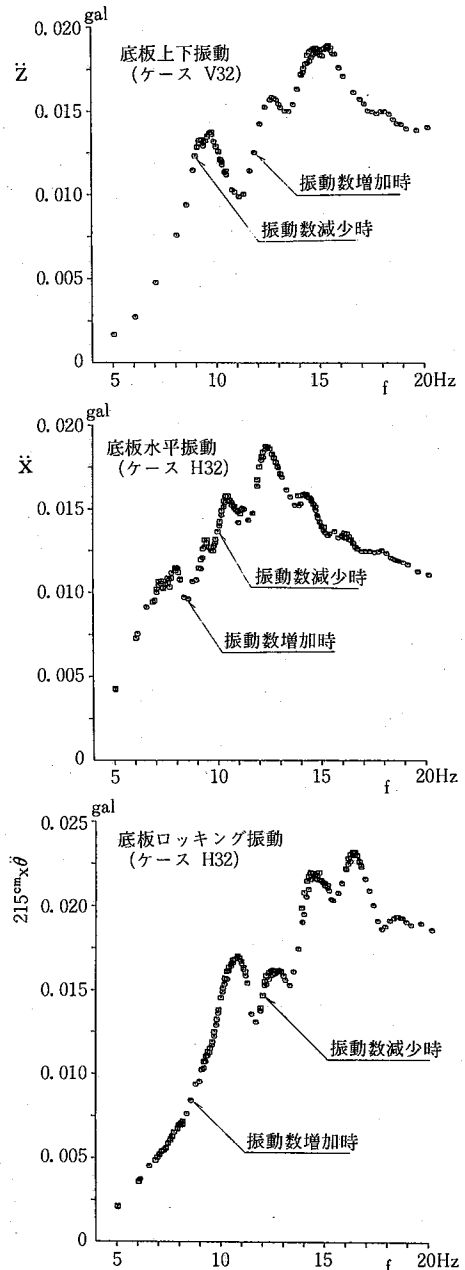


図 4 底板の共振曲線 (起振力 1 kg 換算)

実験に入った。起振力は 3 段階, 加振振動数の増加時と減少時, 起振方向の水平と上下の全ての組み合わせのケースについて実験を行った。

以下の結果は全て起振力 1 kg 当たりの応答値としてまとめたものである。構造体の応答は底板の 4 箇所に取り付けた加速度計 8 成分から求めた。図 4 は底板の上下, 水平, ロックンの各振動の共振曲線を 3 段階の起振力を区別することなく示している。実際, 起振力の差によ

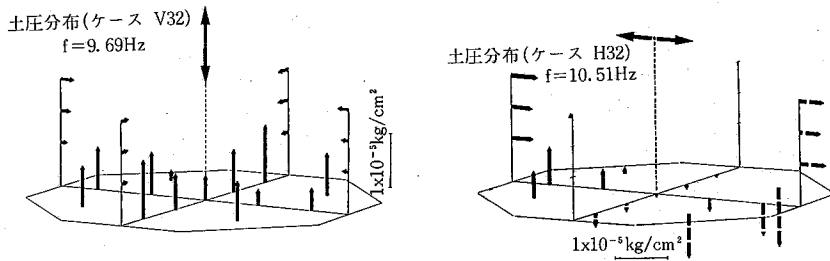


図5 土圧分布 (起振力 1 kg 換算)

る応答の差は小さく、大きくても 10% 程度であり、その変化と起振力の相関はみられなかった。また、加振振動数の増加時と減少時での応答の差も小さかった。共振振動数は多く現れ、それぞれの共振点を説明できるまでには至っていない。起振力と応答の位相差が 90 度になる振動数は上下・水平・ロッキングに対してそれぞれ約 9.6, 7.8, 10.2 Hz であった。

起振機による加振で構造体の底面と側面にある土圧計の指示値を図 5 に示す。上下振動における底面の受ける土圧分布は剛体底面の場合の理論解と同じ様子を示し、水平振動においては振動方向に垂直な 2 面が受ける土圧は圧縮と引張りというように大きさが等しく作用が逆であることを示している。ロッキングによる底面の受ける

土圧分布はロッキングによる上下変位に比例する分布を示している。

4. 謝 辞

起振機実験にあたり、実験全般にわたり、多くの助言をいただいた田村教授、および実験にご協力いただいた大保直人助手、米田護技官、佐藤剛司技官、他の方々に甚大な謝意を表す。
(1983 年 7 月 6 日受理)

参 考 文 献

- 1) 大崎順彦：地盤と構造物の相互作用，第 31 回応用力学連合会講演論文集，1981，pp.35-40.
- 2) 東京大学生産技術研究所，基礎地盤コンサルタンツ(株)：平板載荷試験報告書，1983. 2.

