

I—23 非対称構造物模型の室内振動実験

北海道大学	正員	渡辺	昇
北海道大学	正員	金子	孝吉
北海道大学	学生員	舩田	直之
北海道大学	学生員	富永	博夫
函館高専	正員	三浦	登

1. まえがき

山岳地や海底などにも構造物が建てられる時代になり、当然ながら非対称支持の構造物に対する検討が必要になってくる。そうなれば構造物の耐震設計には一方向の地震力に対する検討だけでは不十分で、どうしても立体的な多入力の地震波に対する多自由度の応答の問題を取り扱わなければならない。

ここではその問題を進めるべく空間にバネであえて非対称に支えられた箱型模型の振動実験を行なった。バネの引張度をいろいろと変えたり、ゴム製ダンパーの取り付け位置の具合により、振動台の入力に対して種々の振動型を有する応答が記録されたのでここに報告する。

2. 非対称支持構造物の模型製作

図-1に示すような直方体箱型模型本体(総重量 14.5 kg) およびそれをバネで支持するための剛なフレームを作製した。模型本体は木製の中空直方体とバネ取り付け用のフックが付いている鉄製骨組からなっている。バネは径と長さで強さを6種類に分けて適宜使用し、ダンパーとしては2 cm 幅のゴムチューブを用い、模型箱と固定フレームに取り付けた。また箱の中心部には加速度計(ピックアップ)の取り付け部がある。

この模型箱の中に砂や水を入れることによって貯蔵用タンクなどにも適用する

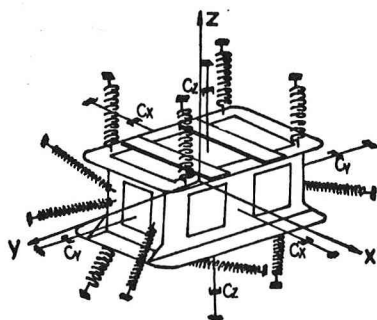


図-1 模型のモデル図

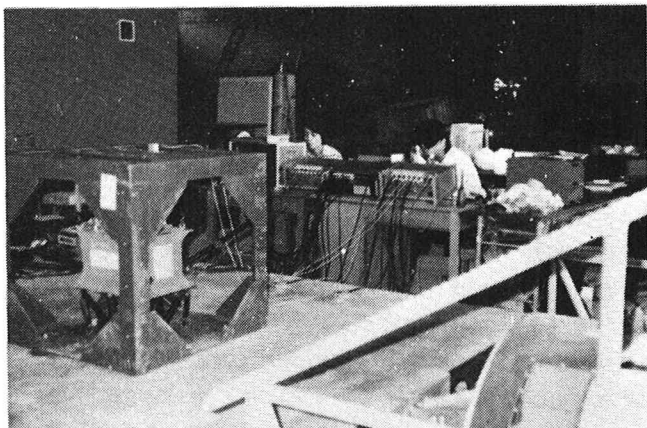


写真-1 振動台上の固定フレーム内にバネ支持された模型および測定器類

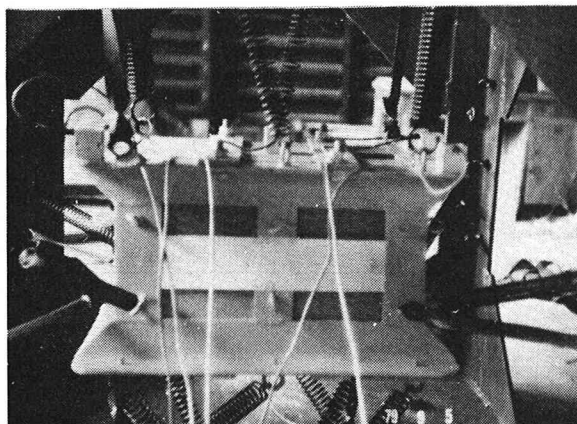


写真-2 Y 方向からみた供試体

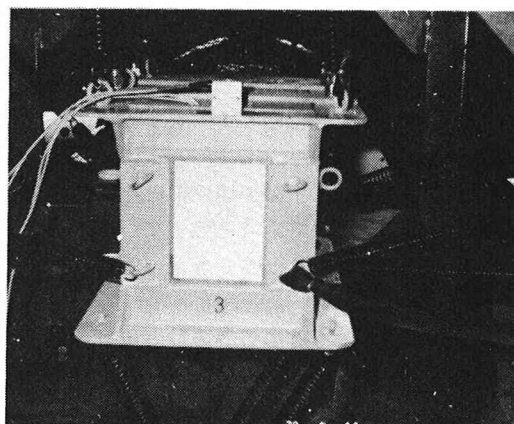


写真-3 X 方向からみた供試体

付けは完全にした。
。模型の寸法は図
- 2 に示す通りで
ある。

実験は次のような手順で行なった。

- 1) 供試体の取付
- 2) 供試体の構造 図-3 加速度計の位置
特性の測定および推定
- 3) 加速度計の設置および計測機器の配置
- 4) 自由振動測定
- 5) 振動台による予備実験
- 6) 振動台による本実験
- 7) 記録の整理

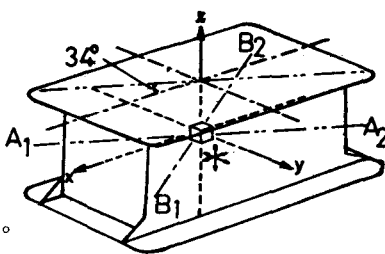


図-3 加速度計の位置

供試体の取付前に重量と寸法を測っておく。1) では供試体を固定フレームへバネで張り、ダンパーゴムを取り付ける。2) ではバネばかりを利用して単位の変位量および回転量からバネ係数を求める。4) では減衰性のチェックを行なう。5) では振動台の試運転および供試体とバネの張り具合をチェックする。6) では振動台の正弦波入力あるいはランダム地震波入力に対する応答加速度波の測定を行なう。

おおむね以上のような方法で振動測定を行なったが、パネおよびダンパーゴムの張り具合をいろいろと変えながら適当な非対称支持構造物に保ちつつ実験をくり返した。ピックアップの位置と方向もすべてのケースに渡って配置した。

なお固定フレーム上の加速度計と振動台上の加速度計による波形はきわめてよく一致しているため、完全に剛なフレームと見なすことができた（写真-1）。

まず供試体の中心部の重心の位置にピックアップが、①X 方向（振動台の振動方向）、②Y 方向、③Z 方向（上下方向）に配置された場合の結果の一部を示すことにする（図-3）。図-4 は X 方向に適当な衝撃力を加えた

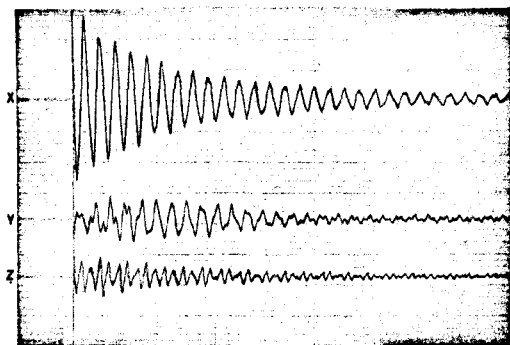


図-4 衝撃力による自由振動

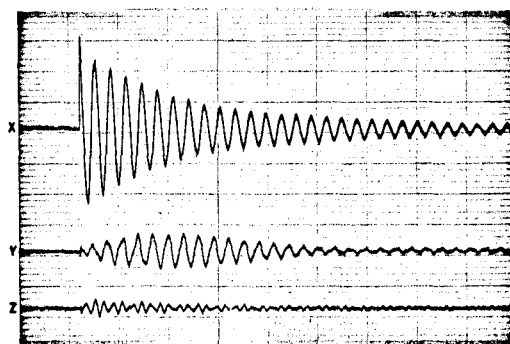


図-5 (a) 初期変位による自由振動

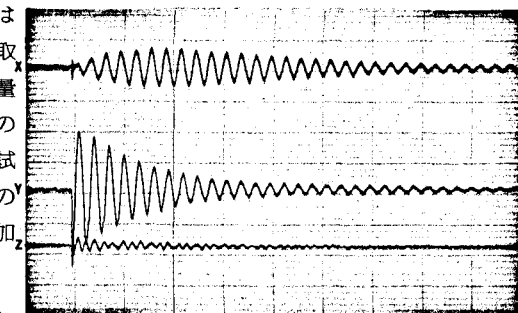


図-5 (b) 初期変位による自由振動

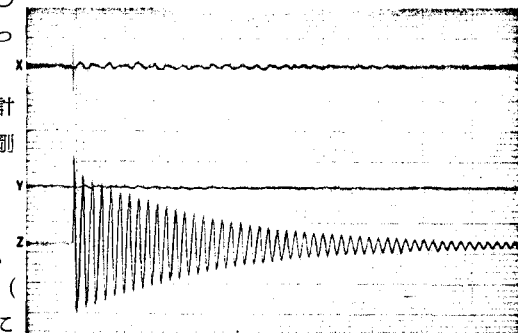


図-5 (c) 初期変位による自由振動

場合の自由振動の波形である。

図-5の(a)、(b)、(c)はそれぞれX、Y、Z方向に10kgの力で初期変位を与えた場合の自由振動である。それぞれの方向で周期性の異なることが容易に判る。

次に振動台より正弦波入力を与えた場合の加速度応答について、特に入力波の周波数の変化によって応答波がどのように変わるかを調べてみた。図-6(a)、

(b)は一つの共振点3.2 Hz付近の応答波である。

正弦波入力の周期が変わることによって振動の様子が変わってくるが、ここでは次の5通りの振動状態が顕著であった。それらを振動型①、②、③と

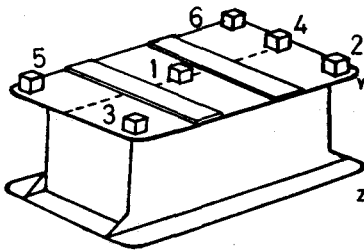


図-7 加速度計の配置

した。すなわち①加振X方向の優勢な振動(3.2 Hz)、②Z軸回りの水平回転振動(3.9 Hz)、③水平面内での回転を生じない円振動(5.1 Hz)、④XZ面がZ軸回りに 34° 回転した面上の軸 B_1 B_2 回りの回転振動(7.4 Hz)、⑤④において -34° 回転したときの軸 A_1A_2 回りの回転振動(7.8 Hz、図-3)である。ただしそれぞれの回転の中心は共試体の重心の位置とは一致しない。

これらの振動を調べるため、ピックアップの位置と測定方向をいろいろと変えたりして、回転量を推定することにした。たとえば図-7のように配置した場合の応答波を例にとって示すことにする。ピックアップの1、2はX方向、3、4はY方向、5、6はZ方向の振動を記録する。入力波は最大値30 galで一定な正弦波とした。

図-8は1と2のピックアップで記録された応答波で、上が7.8 Hz下が3.3 Hz付近の正弦入力波に対するものである。7.8 Hzでは2の振幅が1に比べて2倍にもなっており、回転にともない中心部と外側部では振動振幅の違いがあることを示している。

各周波数に対する応答波がそれぞれのピックアップで記録されたが、それらはキャリブレーションを行ない加速度計の補正を行なえば、応答波の振幅を比較することができる。

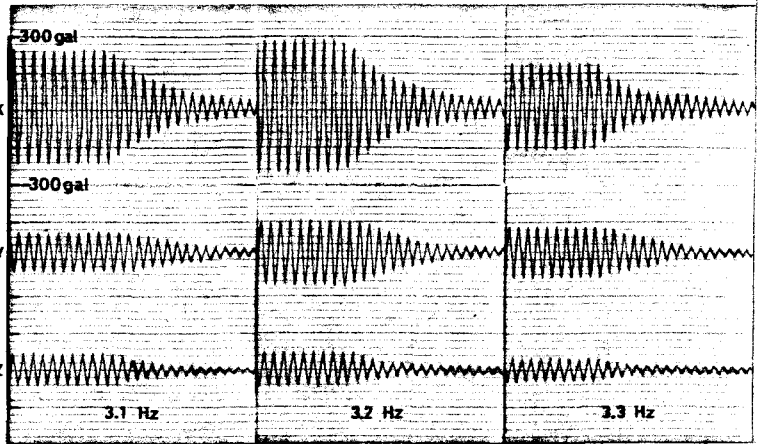


図-6(a) 共振点3.2 Hz 付近の応答波

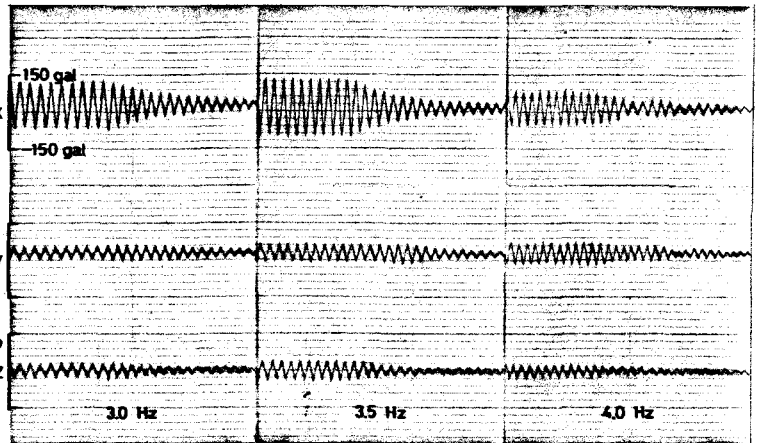


図-6(b) 共振点3.2 Hz 付近の応答波

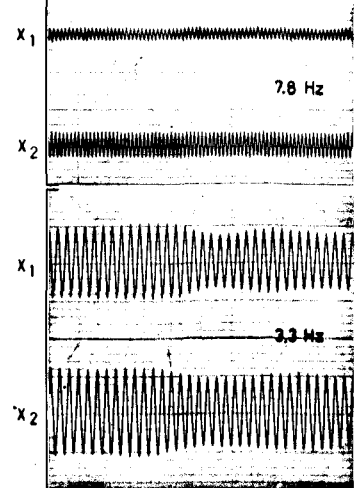


図-8 X方向内部と外部での応答波の比較

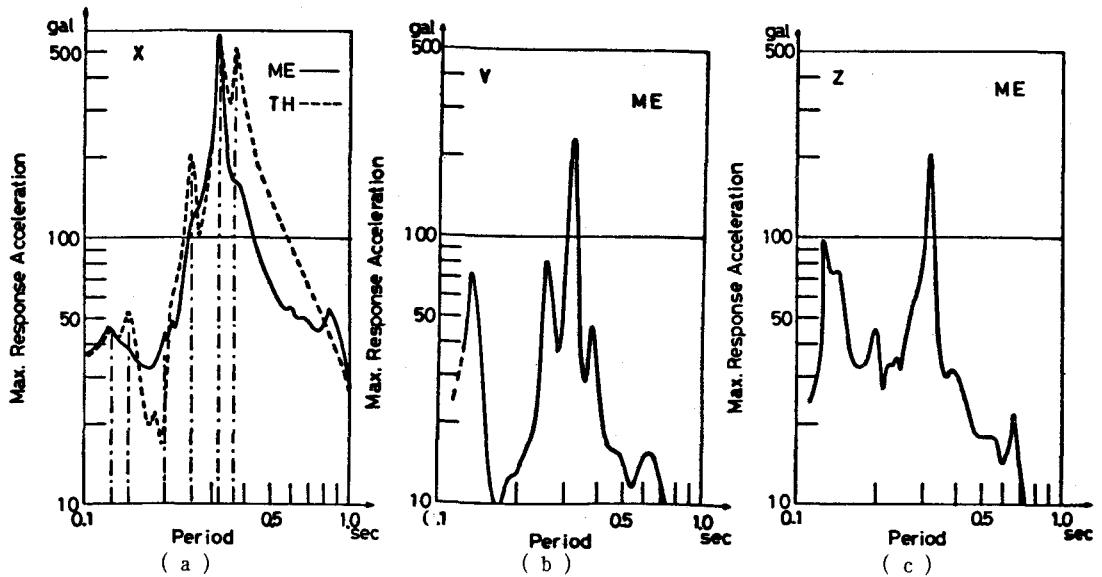


図-9 応答スペクトル図

定常状態での応答波からその最大値をとり、各周期ごとにプロットした最大応答スペクトル図を作製し、図-9 にその一例を示した。(a) が X 成分で (b)、(c) が Y、Z 成分である。これは供試体中心部のピックアップによる応答波から求めたものである。

(a) には理論解析で求めた応答スペクトルを破線で表わし比較した。¹⁾ 理論解では 6 個の固有周期が求まり一点鎖線で表わされたピークの周期にあたる。実験で得た応答スペクトルにも各固有周期と一致するものがあるが、X 方向でみる応答スペクトルでは 0.31 秒 (3.2 Hz) においてきわめて大きなピークを示しているのに比べ、0.34 秒 (2.9 Hz) と 0.26 秒 (3.9 Hz) にはピークが見あたらない。しかし (b) 図の Y 方向でみるといくぶん 0.26 秒のところにピークが存在している。つまり X 方向の正弦入力波に対して、その周期が 0.31 秒の場合は X 方向の振動が優勢であり、0.26 秒では Y 方向のピックアップにもキャッチされる回転振動であることを示している。

また 0.13 秒 (7.8 Hz) 付近において別の軸回りの回転によるピークが Y 方向と Z 方向の応答スペクトル図中に見られる。

以上述べたことは一部の例にすぎないが、ここで扱った非対称支持模型は前記したごとく各周期 (周波数) 成分に対する 5 通りの振動型が卓越するような構造モデルであることを示すものであった。

5. あとがき

非対称支持構造物に対して立体的に多入力で多自由度の応答の問題を実験的に明らかにしようというねらいを持って進めてきた。振動台の制限で一方向入力にとどまったが、実際の構造物における多自由度の立体振動の解析あるいは設計にとって充分に利用できる結果を与えてくれた。

ランダム地震波に対する振動や模型箱中に砂や水が入っている場合の振動については別途発表の予定である。

参考文献

- 1) 渡辺・金子・舩田：三成分地震波入力による非対称構造物の応答解析、土木学会北海道支部論文報告集、第36号、1980.2
- 2) 渡辺・金子・岩倉・舩田：三成分地震波入力による構造物の応答解析、第15回地震工学研究発表会講演概要集、1979.7
- 3) 田川・山田：球型ガスホルダの振動実験と地震応答解析、日本鋼管技報、No.69、1976
- 4) 日本鉄道車両工業会：防振ゴム