

# I-154 多柱基礎の地震時応答について

九州大学 正員 小坪 清真  
 佐賀大学 正員 ○ 荒牧 軍治  
 福岡県 正員 吉浦 正文

## 1. まえがき

現在杭基礎の設計に用いられている方法としては震度法すなわち上部構造物の地震時慣性力を杭頭に静的に水平に作用させる方法が用いられている。この考え方では地震時においては深さ方向に全く同一の振動、すなわち同一位相同一振中をするとみなしている。しかし地盤は必ずしも一様の振中、位相を示す深さ方向に相当異った変形をすることは過去の地震記録からもうかがい知ることが出来る。このように構造物が構築された表層地盤が変形すると表層地盤は基礎を支持するよりもむしろ基礎を変形させる方向に作用することが考えられる。以上の考え方にもとづき地盤の変形が基礎の応答に大きな影響のあることを前に示した。当研究室に振動台が導入されたのを機会に上記の理論を検証する目的で模型実験を行なった。

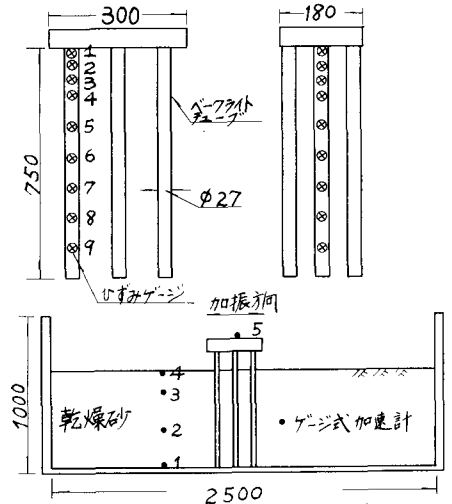


図-1 多柱基礎モデル及び砂箱

## 2. 多柱基礎の応答理論

ここに用いた基本的方法はModal Analysisである。まず地盤は変形せず多柱基礎はバネだけで地盤に支えられているものとする。考えている系の固有振動数を $\omega_r$ 、および振動型を $Y_r$ とし一般座標を $A_r$ とすると地盤が変形しない場合の杭の応答変位 $y$ は次式で表わされる。

$$y = \sum_{r=1}^R A_r Y_r \quad \text{--- ①}$$

次に地盤はせん断振動を行なっているものとして $p$ 次の地盤の振動型を $U_p$ 、一般座標を $b_p$ とすると応答変位は次式で表わされる。

$$u = \sum_{p=1}^N b_p U_p \quad \text{--- ②}$$

地盤変形が基礎構造物に与える影響は次のように考える。地盤が振動型 $U_p$ のように静変位した時の基礎構造物の変位を $\bar{Y}_p$ とすると②式で表わされる一般座標 $b_p$ を用いて地盤が②式で示されるような変形をした時の基礎構造物の変位は次式で表わされる。

$$\bar{y} = \sum_{p=1}^N b_p \bar{Y}_p \quad \text{--- ③}$$

ゆえに基礎から入力波が与えられた場合の応答変位は  $y = y + \bar{y} = \sum_{r=1}^R A_r Y_r + \sum_{p=1}^N b_p \bar{Y}_p$  --- ④  
 で示される。内かも同様である。但し理論計算ではせん断弾性定数、地盤及力係数は深さ方向に一定とし付着質量は考えていない。

## 3. 実験の概説

理論的考察では種々の未知の係数を用いているがその中で最も重要なものは地盤のせん断弾性定数 $G$ と地盤及力係数 $k$ である。地盤のせん断弾性定数 $G$ は地盤中に埋設した加速度計より得られる地盤の加速度応答曲線の共振点より推定した。又同時に共振時の振中より地盤の減衰定数を求めた。 $k$ 値は多柱基礎の衝撃試験より得られた固有周期にあうように $k$ 値を計算により推

定した。実験と理論の最終的検証は多柱基礎頭部の加速度応答、ひずみ応答、共振時のひずみ分布を用いて行なうこととした。なお静的載荷試験は慣性力を頭部に水平に載荷させる震度法との比較のため行なったものである。

Case	地盤厚	$\mu_p$	$\mu_r$	$k_p$	$k_r$	基底加速度
I	75cm	31%	70%	0.07	0.054	40gal
II	65cm	37%	39%	0.11	0.084	20
III	55cm	38%	29%	0.07	0.058	20

表-1

#### 4. 実験に用いたモデル及び方法

実験に用いたモデルは図-1に示すようにベークライトチューブ9本組の多柱基礎とした。基礎の頭部は鉄製の枠組の中に固定した。基礎の底は同様にチューブを用いて固定とした。地盤及び基礎の加速度応答を求める目的で50のゲージ式加速度計を埋設あるいは接着した。ひずみゲージはNo.1~No.4は5cm間隔、No.5~No.9を10cm間隔に設置した。表-1に示すような3つのCaseについて実験を行なった。

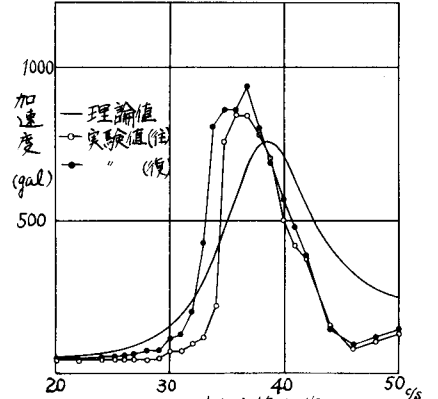


図-2 加速度応答曲線

#### 5. 実験結果及び考察

図-2~図-5は代表例としてCase 2の場合の実験値及び理論値を示したものである。

図-2は基礎頭部の加速度応答曲線を示したものである。実験値と理論値はほぼ一致するが最大値を示す周波数が2%程度実験値の方が低くなっている。これは衝撃試験のように低振中の加振を行なった場合より底から加振した場合の方がピーク値が小さくなったことによるのではないかと考えられる。

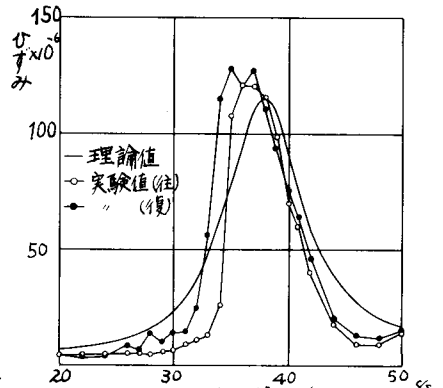


図-3 ひずみ応答曲線

図-3は頭部のひずみ応答曲線である。図-4は共振時の地盤の深さ方向の加速度分布である。理論計算ではせん断弾性定数は深さ方向に一定として計算を行っているが実験値は必ずしもその仮定が妥当であるとはいえないことを示している。このことは今後更に検討を加えていかねばならぬ問題である。図-5は共振時のひずみの深さ方向の分布と頭部の加速度あるいは地表の加速度と等価な水平力が静的に載荷された場合の比較である。頭部の加速度と等価な水平力が載荷された場合と共振時のひずみ分布が同じであることからCase IIのような場合にはほぼ基礎の固有のひずみモードに支配されること

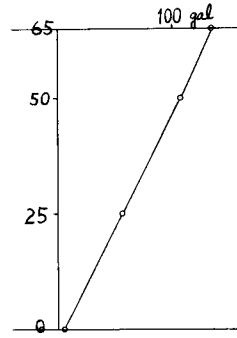


図-4 共振時の地盤変形

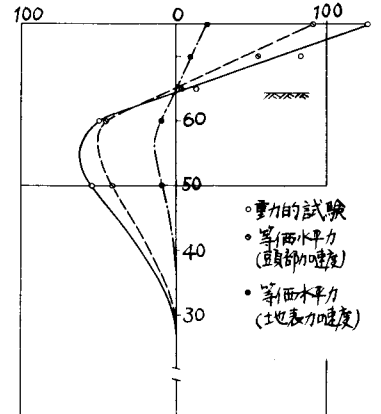


図-5 共振時ひずみ分布

が推定される。