

I-401 群杭基礎の有効入力動に関する模型振動実験

清水建設(株) (正)松崎 雅彦 (正)田蔵 隆 (正)若原 敏裕
中央大学 (正)岡内 功

1. ま え が き

基礎を有する構造物の耐震性を論ずる上で、有効入力動に関する研究が重要な研究課題の一つとして指摘されている。本研究は模型振動実験により、群杭基礎の有効入力動に関して考察したものである。

2. 模型振動実験の概要⁽¹⁾⁽²⁾

実験モデルおよび実験条件を図1および表1に示す。杭基礎の有効入力動に対する検討の条件として、杭頭が無質量のフーチングに剛結されている必要があることから、本実験では厚さ3mmの亚克力板によって各杭の杭頭部を剛結した。杭本数は4本として、杭間隔が3.85φ（【モデル1】）と1.54φ（【モデル2】）の2つの群杭モデルを作製した。また、地盤はゼラチンの重量濃度を30%（ $V_s=4.6\text{m/s}$ 、 $T_g=0.11\text{秒}$ 、【A地盤】）とした場合とゼラチンの重量濃度を40%（ $V_s=6.4\text{m/s}$ 、 $T_g=0.08\text{秒}$ 、【B地盤】）とした場合の2種類を作製した。

【モデル1】および【モデル2】の【A地盤】に対する地盤変形による静的な群杭効率 $e_{N=4}^s(\omega=0)$ は、それぞれ0.60および0.42であり、【B地盤】に対する群杭効率は0.63および0.45である⁽³⁾。

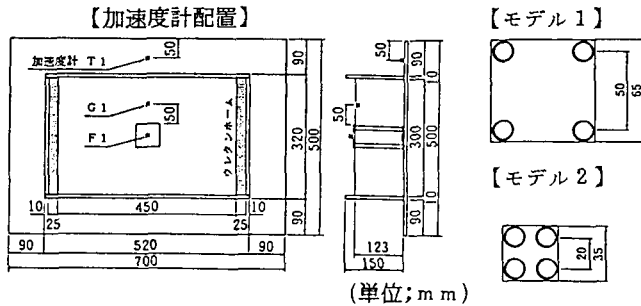


図1 実験モデル

表1 実験条件

杭の諸元 (亚克力 チューブ)	実験条件	
	$EI = 5.04 \times 10^3 \text{ kgf} \cdot \text{cm}^2$	
	$\phi = 13 \text{ mm}$	
	$t = 1 \text{ mm}$	
杭間隔	$l = 120 \text{ mm}$	
	50mm(モデル1), 20mm(モデル2)	
地盤定数	A地盤: $T_g=0.11 \text{ sec}$ (30%) B地盤: $T_g=0.08 \text{ sec}$ (40%) ※()内はゼラチン重量濃度	

3. 実験結果ならびに考察

図2は【モデル1】および【モデル2】の【A地盤】に対する実験結果であり、振動台からの入力加速度(T1)に対する自然地盤地表部(G1)および杭頭部(F1)の加速度応答の周波数伝達関数について示したものである。【モデル1】と【モデル2】の実験結果を比較すると、両者共に地盤の1次固有周期 $T_g=0.11\text{秒}$ において伝達関数のピークが生じていることが分かる。ピーク値は杭間隔の狭い【モデル2】の方が【モデル1】より小さくなっており、ピーク値の両者の比は地盤変形による群杭効率 $e_{N=4}^s$ の比に対応している。

群杭効率 $e_{N=4}^s$ は杭間隔が狭くなるに従って小さくなり、群杭効率 $e_{N=4}^s$ が小さくなると杭頭変位(有効入力動)は小さくなる。すなわち、杭間隔が狭いほど地盤変形による杭・地盤系の見掛け上の剛性は大きくなることを示している。この傾向は杭頭水平荷重による杭・地盤系の見掛け上の剛性を考えた場合とは逆の現象である。このことは前報⁽⁴⁾の(4)式から分かるように、地盤振動による杭頭水平変位の増幅係数 $G^*(H, \omega)$ は $e_{N=4}^s(\omega)$ を乗ずることによって求められるのに対し、杭頭水平荷重に対する杭・地盤系の複素剛性の逆数 $F^*(H, \omega)$ の計算は、杭頭水平加振による群杭効率 $e_{N=4}^s(\omega)$ で除することによって与えられることから理解できる。

図2には解析的に求めた入力加速度に対する自然地盤地表部の加速度応答と杭頭部の加速度応答の周波数伝達関数(【A地盤】の減衰定数 $h_g=0.09$)を同時に示しているが、解析結果と実験結果の対応はきわめて良いものになっている。図3は【B地盤】($h_g=0.07$)に対する【モデル1】および【モデル2】の実験結果を示したものであるが、図2の【A地盤】の場合と同様の考察が可能である。

図4および図5は杭基礎の有効入力動係数 $\eta(\omega)$ について、それぞれ【A地盤】および【B地盤】に対する実験結果を示したものであり、また解析的⁽⁵⁾に求めた有効入力動係数 $\eta(\omega)$ が図中に実線で示してある。いずれの実験結果も $\eta(\omega)$ が短周期領域において1.0より大きくなっているが、これは杭部と地盤部の振動に位相のずれが生じるためであり、このような傾向は水野、飯場⁽⁶⁾の実験結果からも確認されている。また、図4および図5における実験結果は理論値と良く一致していることが分かる。

杭間隔が狭いほど地盤変形による群杭効率が悪くなり、杭・地盤系の見掛け上の剛性が大きくなるという現象は、杭の変形が地盤を変形させることになる杭頭水平荷重の場合とは逆に、地盤の変形が杭を変形させるという現象を考えるとによって理解することができる。このことは杭基礎の有効入力動について考えた場合、杭間隔を狭くすることによって有効入力動の低減が図れることを示すものである。また、係数 $\eta(\omega)$ が短周期領域において1.0より大きくなることに関しては、今後の杭基礎構造物の耐震設計において留意すべき事項の一つであると考えられる。

4. あとがき

杭間隔を狭くすることにより群杭基礎の有効入力動の低減が図れるが、上部工の慣性力による群杭基礎・地盤系の地震時応答特性を考えた場合、杭間隔を広くする方が有利となり、両者の特性を考慮することによって最適な杭配置を決定する必要がある。

5. 参考文献

- (1) 田蔵、若原、清水、松崎、岡内：群杭基礎構造物の有効入力動に関する研究、第22回土質工学研究発表会、1987年6月。
- (2) 田蔵、清水、若原：Seismic Observations and Analysis of Grouped Piles, Proceedings of the Symposium on Dynamic Response of Pile Foundations: Experiment, Observation and Analysis, ASCE, April, 1987.
- (3) 田蔵、若原、清水、松崎、岡内：杭基礎構造物の有効入力動に関する模型振動実験(その1、その2)、第14回土木学会関東支部技術研究発表会、1987年4月。
- (4) 田蔵、若原、清水、松崎：群杭基礎構造物の有効入力動に関する基礎的研究、第42回土木学会年次学術講演会、1987年9月。
- (5) 若原、大平、小坪、真西、鳥野：地盤変形による群杭効率の解析的研究、九州大学工学集報、1985年6月。
- (6) 水野、飯場：建物-杭-地盤系の動的相互作用に関する実験的研究、第7回日本地震工学シンポジウム、1986年12月。

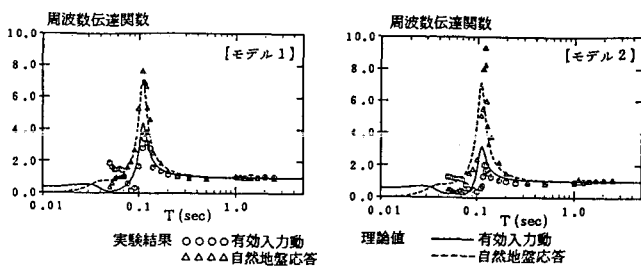


図2 【A地盤】に対する【モデル1】および【モデル2】の実験結果(周波数伝達関数)

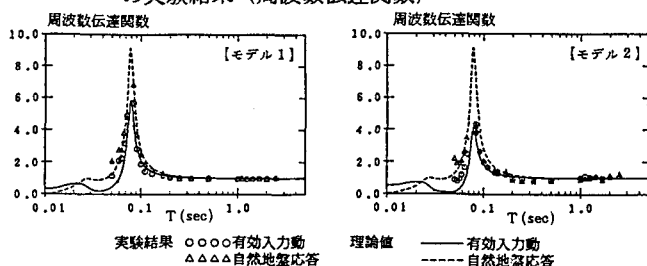


図3 【B地盤】に対する【モデル1】および【モデル2】の実験結果(周波数伝達関数)

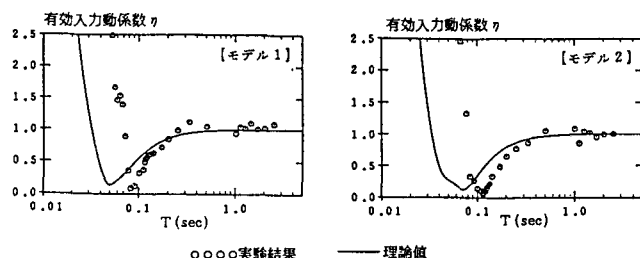


図4 【A地盤】に対する【モデル1】および【モデル2】の実験結果(有効入力動係数)

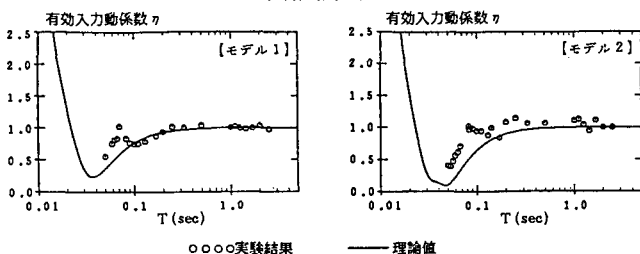


図5 【B地盤】に対する【モデル1】および【モデル2】の実験結果(有効入力動係数)