

基礎形状の不整形性や基礎形式の混用が基礎入力動に与える影響
(その 2) 径や長さの異なる杭を併用した場合の影響について

正会員 ○岩城 梨佳*1 同 彦坂 智基*1
同 福和 伸夫*2 同 護 雅史*3

動的相互作用 免震建物 偏心
ねじれ入力動 杭基礎 薄層要素法

1 はじめに

その 2 では、その 1 に引き続き、病院建築などのように、低層部が高層部に比べて張り出している建物を想定し、径や長さの異なる杭で支持された正方形地表面杭基礎を対象に、ねじれ入力動を中心に、解析的な検討を行う。

2 径の異なる杭を併用した場合の検討

2.1 解析概要

図 1 に各解析ケースの解析モデルを、表 1 に地盤の解析諸元、表 2 に杭の解析諸元を示す（この解析諸元は 3 節でも用いる）。case2 では、Y 方向にセットバックした上部建物を想定し、高層部の基礎に対しては（A）杭径を太くする、（B）杭本数を増やすことで対応し、それぞれ case2A、case2B とする。case2A では、径の異なる 2 種類の杭 P1（ $d=2.0\text{m}$ ）、P2（ $d=1.0\text{m}$ ）を併用する。case2B では、P1 杭と鉛直支持力を等価にするため P2 杭を 4 本配置し、その杭間隔は 4m とした。また比較のために、全て P1 杭（case1）、P2 杭（case3A）、P2 杭 4 本配置（case3B）としたケースも検討する。杭長は 22m とし、地盤物性値は表 1 の地盤ケース 1 を用いる。

基礎入力動は、鉛直下方から X 方向に SH 波を入射させた時の自由地表面の応答

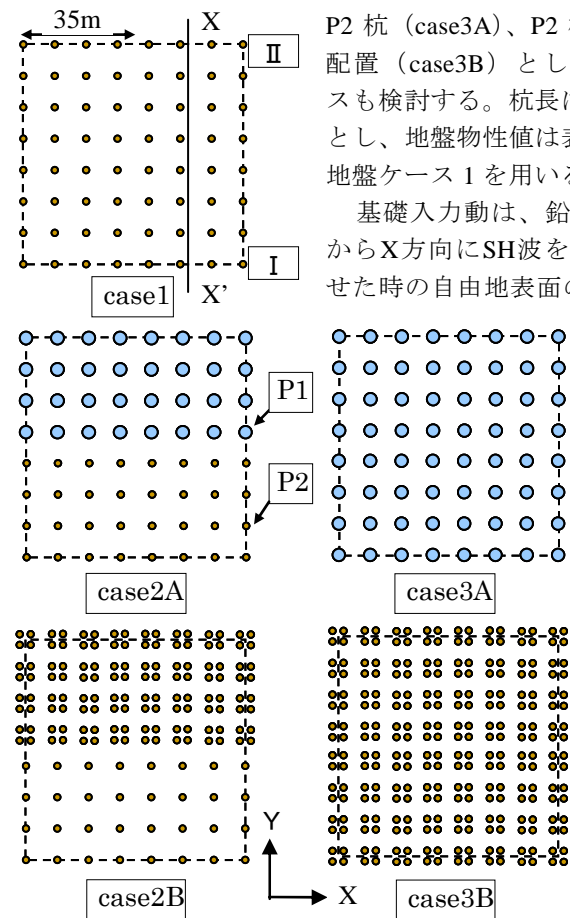


図1 モデル概要（2節）

（ U_g ）に対する基礎底面位置での X 方向水平変位（ U_1 ）、ロッキング回転角（ U_5 ）、ねじれ回転角（ ϕ_6 ）の応答比として評価する。ただし、回転角は基礎端部での変位量に換算して示している。なお、評価点は特に記述がない場合、基礎の中心位置としている。

2.2 解析結果

図 3 に、杭径を混用した場合の検討結果（case1、2A、3A を比較）を示す。また、図 4 に、P1 杭の代わりに P2 杭を 4 本配置した場合の検討結果（case1、2B、3B の比較）を示す。なお、各図中の case2 については基礎の両端（図 1 case1 に示す I 端、II 端）での水平入力動を合わせて示す。

まず、ねじれ動に注目すると、図 3(c)・図 4(c)より、case2 ではねじれ入力動が励起されており、径の異なる杭を併用した case2A のねじれ入力動は、同一杭を配した case2B の 3 倍以上の振幅となっている。

杭を均等配置した結果である図 3(a)、図 4(a)を見ると、異なる径で同一本数の case1 と case3A の水平入力動の差は大きく、同一径で本数の異なる case1 と case3B の差は小さいことがわかる。

これは、（その 1）でも述べたように杭基礎の基礎入力動の変動は、杭体の存在による地盤変形の拘束によって生じるため、杭径の差異の影響の方が杭本数の差の影響よりも大きいと考えられる。すなわち、杭 1 本・単位長さ当たりの杭剛性と地盤剛性の比が重要となる。

表1 地盤物性値

	地盤ケース1	地盤ケース2
1層	$V_s=150\text{m/s}$ $\rho=1.5\text{t/m}^3$ $H_1=20\text{m}$	$V_s=100\text{m/s}$ $\rho=1.4\text{t/m}^3$ $H_1=10\text{m}$
2層	$V_s=300\text{m/s}$ $\rho=1.8\text{t/m}^3$	$V_s=200\text{m/s}$ $\rho=1.6\text{t/m}^3$ $H_2=10\text{m}$
3層		$V_s=300$ $\rho=1.8\text{t/m}^3$

※ $h=0.03$, $\nu=0.45$: 共通

表2 杭物性値

$E=2.0\times 10^7\text{kN/m}^2$
$\rho=2.4\text{t/m}^3$
$\nu=1/6$
$h=0.03$

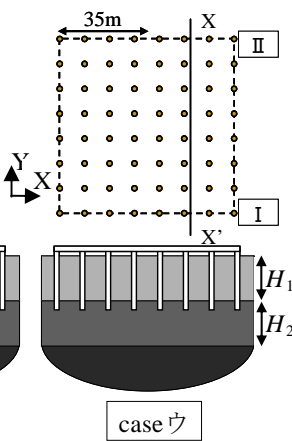


図2 モデル概要（3節）

また、図 3(a)、図 4(a)を見ると、case2 I 端と case1、case2 II 端と case3 は同様の傾向を示している。すなわち、杭の存在による地盤変形の拘束効果の違いによってねじれ動が誘発されていることが明快に確認できる。

すなわち、鉛直支持力が平面内で異なる基礎の場合には、できるだけ同径の杭を用い、杭本数により支持力の差を調整することが、ねじれ動抑制に効果的である。

なお、ロッキング入力については、ねじれ動に比べて振幅は小さいが、図 3(b)と図 4(b)を比較すると、case1 と case3A の差が大きいことがわかる。

以上から、杭径が異なる杭を混用することは、平面内での水平動に偏りが生じさせ、ねじれ入力動が励起させやすいことが指摘できる。

3 杭長の混用についての検討

3.1 解析概要

図 2 に各解析ケースの解析モデルを示す。図 2 中の断面図は平面図中の X-X' での断面である。地盤物性値

は表 2 の地盤ケース 2 を用いる。杭物性値は表 3 の値を用い、杭径は 1.5m とする。図 2 case イは、2 章と同様の Y 方向にセットバックした上部建物を想定しており、高層部の基礎は杭長を長くし、より堅い地盤で支持している。長い杭の杭長を 22m、短い杭の杭長を 12m とする。なお、参考のために、全て長い杭の場合 (case ア)、全て短い杭の場合 (case ウ) を合わせて検討する。

3.2 解析結果

図 5 に、水平、ロッキング、ねじれ入力動を示す。なお、case イについては、図 2 に示す I 端、II 端での水平入力動を合わせて示している。

図 5(c)より、case イではねじれ入力動が励起されているが、その程度は 2 節における case2A および 2B のねじれ入力動と比べ非常に小さい (case2A の 1 割程度)。図 5(a)の水平入力動に顕著な差がないことから、結果としてねじれ動が励起されていないことになる。

以上より、長さの異なる杭を併用しても、ねじれ入力動はあまり励起されることがわかる。

4 まとめ

本研究では、地盤—基礎構造に剛性の偏りがある免震建物のねじれ入力動に着目し、平面形状が不整形な基礎、根入れ深さが混在する基礎、杭径の混用がある基礎、単杭・群杭の混用がある基礎、杭長の混用がある基礎について検討した。

検討結果から、水平入力動は、基礎の平面形状の不整形性、規模、杭長の影響を受けにくく、杭径の異なる杭基礎の混用や、根入れの偏在の影響が大きいことが分かった。

セットバックした高層棟を有する免震建物などでは、ねじれ動の存在は建物隅角部での免震層変形を増大させクリアランスの余裕を減じるので設計上注意が必要である。

なお、基礎形式を混用する場合でも、その境界部で基礎を分離することで、ねじれ入力動を低減することができることも分かった。

<参考文献>

1) 文学章：「地盤と建物との動的相互作用における基礎形式・基礎形状・隣接建物の影響に関する解析的研究」、名古屋大学学位論文、2006.3

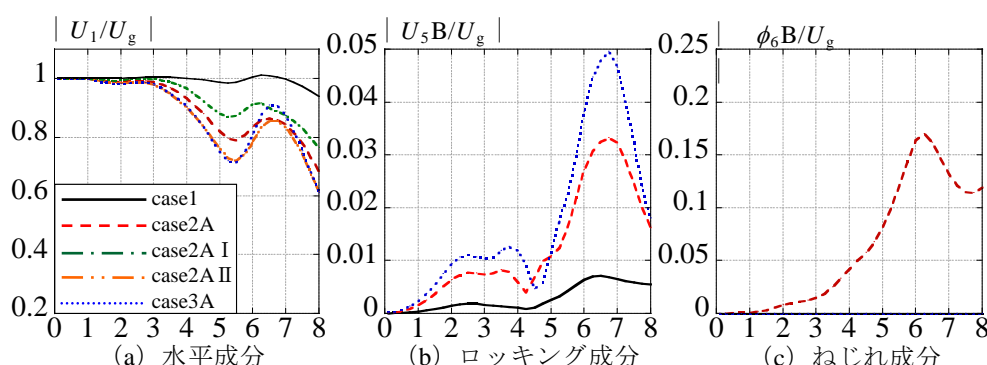


図3 杭径を混用した場合の基礎入力動の比較 (横軸：振動数 (Hz))

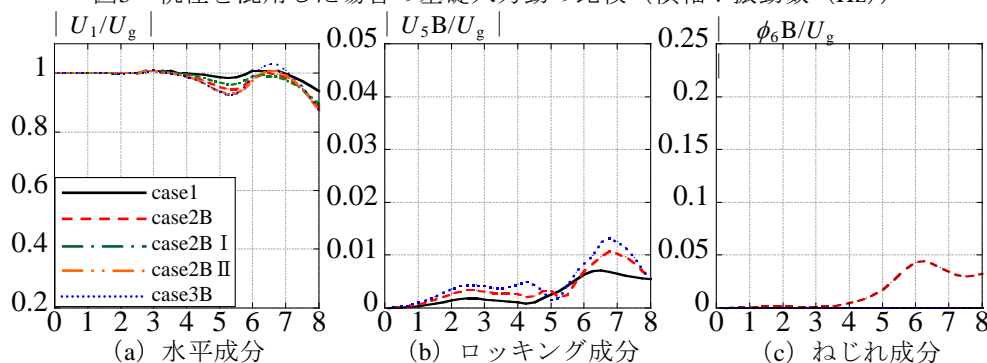


図4 単杭・群杭を混用した場合の基礎入力動の比較 (横軸：振動数 (Hz))

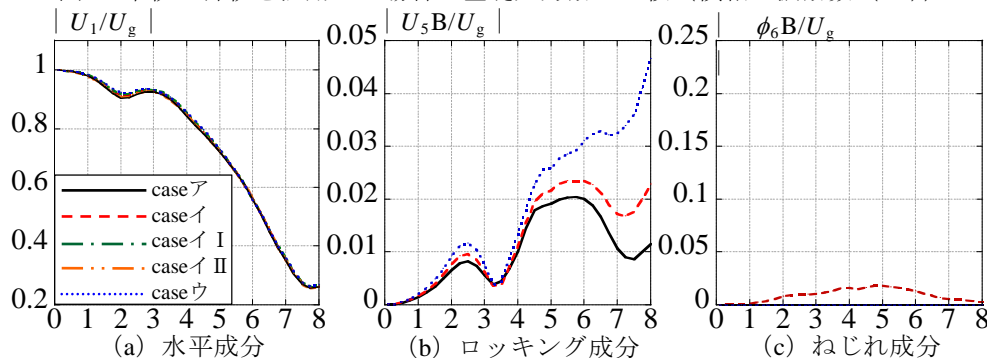


図5 杭長を混用した場合の基礎入力動の比較 (横軸：振動数 (Hz))

*1 名古屋大学大学院環境学研究科・大学院生

*2 名古屋大学大学院環境学研究科・教授・工博

*3 名古屋大学大学院環境学研究科・准教授・博士 (工学)

*1 Graduate Student, Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ.

*2 Prof., Graduate, School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr. Eng.

*3 Assoc. Prof., Graduate, School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr. Eng.