

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1) 三角形状の基礎と一部に根入れのある直接基礎について

正会員 〇彦坂 智基*1 同 岩城 梨佳*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 三角形状基礎 根入れ基礎

1. はじめに

近年、平面的・立面的に不整形な形状をした大規模免震建物が数多く建設されている。免震建物は、上部構造の重心と免震層の剛心とを一致させることによって、上部構造の偏心を抑えることできるため、形状的に不整形な建物が作られやすい。この場合、基礎の形状や配置に偏りが生じ、基礎―地盤系に偏心が生じる可能性がある。ねじれ方向の入力が大きく励起されれば、免震層端部で、擁壁とのクリアランスの余裕度が減少するおそれもある。

また、下屋を有する病院建築や、低層部に店舗を有する高層住宅やオフィスビルなどでは、低層部が高層部から張り出した形状の建物が多く見られる。この場合、鉛直荷重の異なる低層部と高層部とで異なる基礎形式が採用され、結果として、基礎―地盤系で剛性偏心が生じる可能性がある。

そこで本研究では、三角形状基礎や、一部に根入れのある直接基礎、平面的に径や長さの異なる杭を併用した基礎を取り上げ、特にねじれ方向の基礎入力動に及ぼす影響について解析的に検討する。解析には、薄層要素法と有限要素法を、容積法を用いた動的サブストラクチャー法によって結合した手法¹⁾を用いる。

(その1)では、三角形状基礎と、一部に根入れのある直接基礎に対する検討結果について、(その2)では、上部建物がセットバックした鉛直荷重に偏りのある建物を想定して、径や長さの異なる杭を併用した基礎の検討結果について述べる。

2. 三角形状基礎の基礎入力動

三角形、及び正方形に配置された杭基礎、根入れ基礎に対して、鉛直下方から X 方向に SH 波が入射する問題を考え、各種要因が基礎入力動に及ぼす影響について検討する。

本章で検討する解析ケース(a)～(e)を表 1 に一覧する。また、図1に解析モデルの概要を示す。正形状基礎は、その

杭本数や表面積が、三角形状基礎とほぼ等価となるようにし、根入れ基礎の根入れ深さは 4m としている。

基礎入力動は、自由地表面の応答(U_g)に対する基礎底面でのX方向水平変位(U_1)、Y軸回りロッキング回転角(ϕ_s)、Z軸回りねじれ回転角(ϕ_θ)、の応答比として評価し、回転角は基礎半幅 B を乗じて、基礎端部での変位量としている。また、三角形基礎では、その図心位置を評価点とする。

2.1 三角形と正方形の杭基礎と根入れ基礎

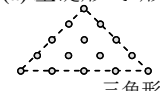
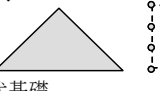
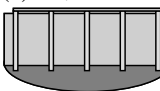
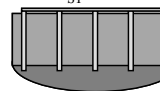
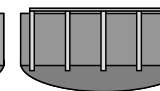
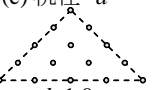


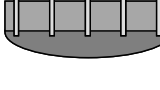
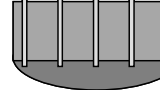

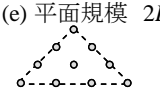
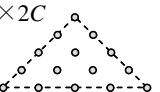
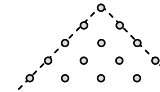
図 2 (a)に、杭基礎と根入れ基礎を対象に、基礎形状が三角形の場合と正方形の場合を比較して基礎入力動を示す。

図より、水平入力動とロッキング動については、基礎形状の違いによる差は小さいが、三角形の場合には、ねじれ入力動が励起されている。ロッキング動やねじれ入力動は、杭基礎に比べ根入れ基礎の方が励起されやすく、根入れ側面部からの入力の影響が大きいことが分かる。なお、三角形の根入れ基礎の場合、高振動数域では、基礎端部でのロッキング動は、水平入力動の 20% 程度の上下動を、ねじれ入力動は、水平入力動の 15% 程度の水平動を生み出している。

2.2 三角形状に配置された杭基礎

三角形状に配置された支持杭基礎に関して、基礎入力動に影響を及ぼす各種要因について検討する。

表1 解析ケース一覧

(a) 基礎形式・形状			
		三角形状基礎	正形状基礎
杭基礎	根入れ基礎	杭基礎	根入れ基礎
(b) 表層地盤S波速度 V_{S1}			
			
$V_{S1}=100\text{m/s}$	$V_{S1}=150\text{m/s}$	$V_{S1}=200\text{m/s}$	
(c) 杭径 d			
			
$d=1.0\text{m}$	$d=1.5\text{m}$	$d=2.0\text{m}$	
(d) 表層地盤厚さ H			
			
$H=10\text{m}$	$H=20\text{m}$	$H=30\text{m}$	
(e) 平面規模 $2B \times 2C$			
			
$36\text{m} \times 18\text{m}$	$48\text{m} \times 24\text{m}$	$60\text{m} \times 30\text{m}$	

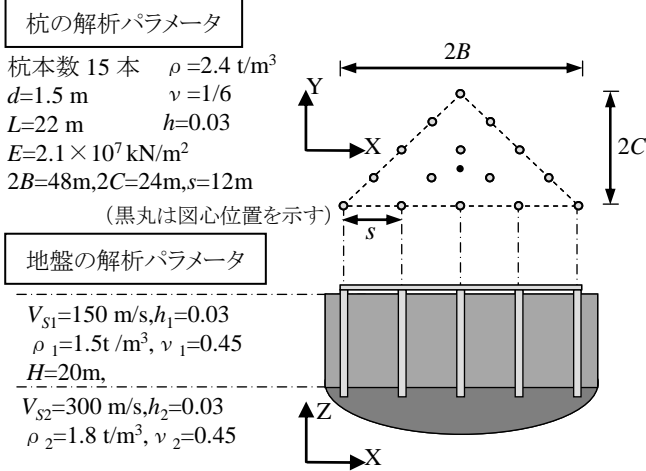


図1 解析モデルと、基礎・地盤の諸元

解析諸元は、図1のパラメータを基本とし、表層地盤のS波速度 V_{s1} 、表層地盤厚さ H 、杭径 d 、平面規模 B, C を個別に変更させ、その影響を比較検討する。 H の変更時には、杭長 L を $L=H+2$ (m)とし、 B, C 変更時は、杭間隔 s を一定にして、三角形形状を保持したまま杭本数を増減させた。

図 2(b)は、地盤剛性の影響を示している。図より、地盤が軟らかいほど水平入力動の入力損失が大きく、ロッキング動やねじれ入力動が励起されている。また、杭剛性の影響を示した図 2(c)では、杭の剛性が大きいほど水平入力動が低減され、ロッキング動やねじれ入力動が増加している。図 2(b),(c)共に、ロッキング動やねじれ入力動による振幅は、高

振動数域で水平入力動の 10%程度となっている。

これらの結果を分析すると、杭の剛性が地盤の剛性に比べて相対的に大きくなると、基礎入力動の変動が顕著になり、ねじれ入力動も励起されやすい。これは、杭の剛性が地盤の変形を拘束するために生じている。この結果、平面的に杭が多数ある場所と、杭が少数の場所とで、地盤の変形拘束度合いの違いが生じ、ねじれ入力動が誘発されている。

また、杭長と表層地盤厚さの影響を比較した図 2(d)を見ると、表層が厚くなり杭長が大きくなると、高振動数域で基礎入力動に差異が生じている。ただし、その差異は地盤の剛性や杭の剛性の影響に比べると、相対的に小さい。

一方、図 2(e)は、基礎の平面規模の影響を比較しているが、杭間隔が同一であれば、平面規模の影響は小さい。

3. 一部に根入れのある直接基礎の検討

ここでは、一部に根入れのある直接基礎について検討する。

解析モデルを図 3 に示す。基礎の片側に、支持地盤に直接接地する地下室が存在する建物を想定し、基礎の他方は地表面基礎とする。case-1 は、根入れ基礎部と地表面基礎部が一体である場合、case-2 は、根入れ基礎部と地表面基礎部が構造的に分離された場合、を想定している。表層地盤の厚さは 15m とし、他の解析諸元は図 1 に従っている。

図 4 より、case-1 ではねじれ入力動が大きく励起されており、5Hz 付近では、水平入力動を上回る振幅となっている。地下室の偏在がねじれ入力動を大きく誘発することがわかる。

しかし、この場合も、case-2 のように基礎を構造的に分離することで、ねじれ入力動が抑制できることが分かる。

4. まとめ

本編では、ねじれ方向の基礎入力動を励起する可能性のある、平面形状が不整形な基礎や、一部に根入れのある直接基礎について、動的相互作用の観点から検討を行った。

参考文献は(その2)にまとめて示す。

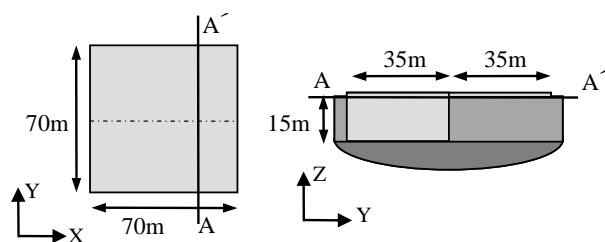
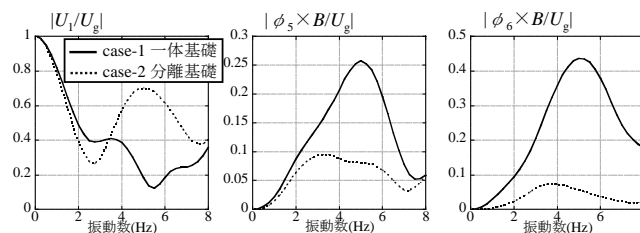
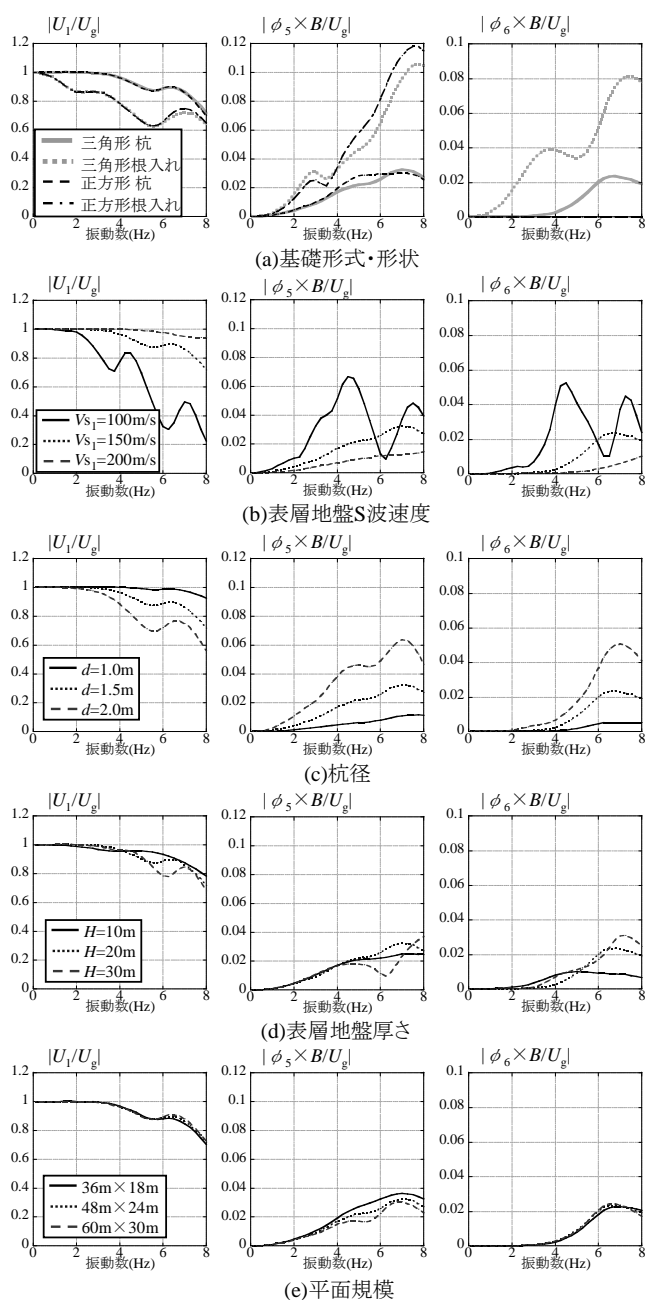


図3 解析モデル



(i) 水平入力動 (ii) ロッキング入力動 (iii) ねじれ入力動

図4 一部に根入れのある直接基礎の検討結果



(i) 水平入力動 (ii) ロッキング入力動 (iii) ねじれ入力動

図2 各種要因が三角形基礎の基礎入力動に及ぼす影響

*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.