## 固化改良と鋼矢板併用による複合型直接基礎の水平・鉛直抵抗特性

1. はじめに 著者らは,矢板と固化改良を併用した 既設杭基礎の補強工法を開発<sup>1)</sup>しているが,当工法は既 設基礎の補強のみならず,新設基礎への適用拡大が可能 である.例えば,軟弱地盤を固化改良した地盤上の直接 基礎に,矢板を併用することで水平支持力・曲げ耐力を 向上させ、より合理的な基礎の設計が可能となる.しか し,軟弱地盤上の基礎においては,擁壁などの支持力・ 安定対策として固化改良体を直接基礎として用いる実 績は多いものの,水平力の向上を目的として矢板を固化 改良体に埋込み,フーチングと矢板を剛結する形式の検 討事例はほとんどない.このことから,実スケールモデ ルの矢板と固化改良体を併用した直接基礎の水平抵抗 特性の把握を目的として,遠心模型実験<sup>2)</sup>と三次元弾 塑性有限要素解析を実施した.本稿では,三次元弾塑性 有限要素解析から得られた知見について報告する.

2. 解析対象と解析ケース 解析対象である遠心模型 実験の概要図を図-1 に示す. 地盤材料は硅砂 6 号を用 い,基礎地盤を Dr = 90%で,砂地盤を Dr = 60%で作製 した. 直接基礎は 70 mm × 70 mm × 10 mm の鋼製で, 矢 板は100mm×70mm厚さ0.5mmのアルミ板で作製し, 基礎の四辺にネジ固定した.改良体は普通ポルトラルド セメントと硅砂 6 号を混合して作製し,一軸強度 quが 300 kN/m<sup>2</sup>となるようにセメント添加率を10%と設定し た.実験模型の諸元を表-1 に示す.直接基礎の根入れ 深さは 10 mm とした. 解析する実験ケースは 5 ケース で, Case-1, 2 は直接基礎のみのケースで, フーチングの 質量を変化させた .Case-3 はフーチング下部に固化改良 を設置したケース, Case-4 はフーチングを矢板で囲んだ ケース, Case-5 はフーチングを矢板で囲み, 内部を固化 改良したケースである(図-2参照).載荷はフーチング 中央, 地表面より 25 mm の高さに 1.2 mm/min の速度で 強制変位を与えた.計測項目は,水平荷重,水平変位, 回転角, 矢板のひずみ (G.L. 25 mm) で, 遠心加速度は 100 G である.実験の詳細は文献 2)に譲る.

8. 解析条件とモデル化 フーチングは弾性ソリッド
 要素により,基礎地盤および砂質土は t<sub>ij</sub> model<sup>4</sup>により,

長岡技術科学大学	正会員	磯部公一	
(株)不動テトラ	正会員	深田	久
京都大学	正会員	木村	亮



図-1 遠心模型実験の概略図<sup>3)</sup>

表-1 実験模型の諸元<sup>3)</sup>

	実物	模型
フーチング寸法	$7 \text{ m} \times 7 \text{ m}$	$7 \text{ cm} \times 7 \text{ cm}$
地盤の層厚	10 [m]	10 [cm]
生物の評テ	缩生振Ⅲ刑	アルミ板
入版》而几	<b>晒</b> 入做 <b>田</b> 空	(0.5mm厚)
改良体強度 $q_u$	300 [kN/m <sup>2</sup> ]	300 [kN/m <sup>2</sup> ]
矢板のみの曲げ剛性 EI <sub>sp</sub>	7.34×10 <sup>8</sup> [kN-m <sup>2</sup> ]	6.43 [kN-m <sup>2</sup> ]
改良体のみの曲げ剛性 EI <sub>gi</sub>	1.27×10 <sup>7</sup> [kN-m <sup>2</sup> ]	0.12 [kN-m <sup>2</sup> ]
矢板と改良体の曲げ剛性 El <sub>sp</sub> +El <sub>gi</sub>	7.46×10 <sup>8</sup> [kN-m <sup>2</sup> ]	6.55[kN-m <sup>2</sup> ]



図-2 解析ケース<sup>3)</sup>

改良体は Mohr-Coulomb の破壊基準に接する場合に破壊 すると仮定し,到達後は完全弾塑性挙動を仮定し,降伏 面の形状は Drucker-Prager 型を用いてモデル化する.矢 板は弾性梁要素によりモデル化し,単位長さ当たりの曲 げ剛性が等価になるようにパラメータを設定した.フー チングと改良体 / 地盤の境界にはせん断抵抗力を低下 させた薄層を設け,疑似ジョイント要素とした.フーチ ングと矢板をモデル化したソリッド要素と梁要素は節 点を共有し,剛結合状態をモデル化する.解析パラメー タを表-2 に示す.載荷方法は,フーチング重量を10ス

キーワード 固化改良,矢板,直接基礎,三次元弾塑性 FEM,遠心模型実験

連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 環境・建設系 環境防災研究室 TEL0258-47-9607

_								
		層厚 <i>H</i>	密度 <i>ρ</i>	粘着力 <i>c</i>	内部摩擦角 ∳	弾性係数 <i>E</i>	ボアソン比 レ	初期間隙比 en
		[m]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[deg]	[kN/m <sup>2</sup> ]		-
	砂地盤	10.0	14.3	0.0	38.7	1.3×10 <sup>4</sup>	0.3	0.862
	基礎地盤	5.0	15.1	0.0	38.7	8.4×10 <sup>4</sup>	0.3	0.748
	改良体	10.0	16.0	0.0	30.0	6.0×10 <sup>4</sup>	0.3	-
	薄層	0.1	16.0	0.0	17.0	$6.0 \times 10^4$	0.3	-
-		破壞時	圧縮係数	膨潤係数	t <sub>ij</sub> -sand modelの土質パラメータ			
		主応力比 Rf	$C_t$	$C_e$	α	$D_f$	т	
		_	_	_	_	-	_	
	砂地盤	4.3	0.035	0.001	0.65	-0.2	0.3	面刀
	甘口林由山松	2.0	0.0027	0.0012	0.05	0.3	0.2	

表-2 地盤パラメータ

テップで載荷後, 各ケース所定の水平荷重まで200ステ ップで与えることとした.使用した解析コードは DGPILE-3D<sup>5)</sup>である.

4. 解析結果と考察 図-3 に載荷点における荷重~変 位,水平変位~沈下量,水平変位~回転角関係を示す. これより,フーチング重量の大小により水平抵抗力に差 異が生じる.矢板の併用により水平抵抗力が増す.矢板 併用の場合,固化改良による効果は小さい.固化改良お よび矢板により,沈下量が抑制されるが,矢板による効 果の方が大きい.矢板により回転角が抑制されるが,固 化改良のみでは回転角は抑制されない.その理由は,周 辺地盤と固化改良体の強度差がそれほど大きくないこ と,矢板の剛性が固化改良の剛性に比べ極端に大きいこ とが考えられる.以上より,Case-3 で水平抵抗力があま り増加しない点以外は概ね実験結果と整合する.上記要 因は,解析と実験の変形モードの差異(実験では回転し ないが,解析では回転挙動が卓越)によると考えられる.

図-4 に水平荷重 3.0 MN 載荷時におけるせん断応力, せん断ひずみの分布を示す.これより,固化改良ならび に矢板により,せん断応力が地中深くにまで伝達される こと,矢板により回転変形するモードから水平変位が卓



越するモードへと変化することがわかる.一方, 固化改良と矢板を併用した場合と,矢板のみの場 合で応力分布,ひずみ分布にあまり差異が見られ ない.その理由は,上述の周辺地盤と固化改良体 の強度差が小さく,矢板の剛性が固化改良の剛性 に比べ極端に大きいことが挙げられる.

図-5に Case-4, 5の 3.0 MN 載荷時の矢板に発生する断面力を示す.これより,固化改良と組合せるとモーメントがより抑制され,前方の矢板では大きな摩擦力が得られるなど,固化改良の存在により矢板の荷重分担率が低減することが分かる.

5. まとめ 改良体と矢板を併用した複合型直接基礎の水平・鉛直抵抗特性を数値解析により明らかにした。
参考文献 1)深田ら:第50回地盤工学シンポジウム pp.319-326 2005.
2)深田ら:第54回地盤工学会研究発表会,2009.(印刷中) 3)深田ら:
第63回土木学会年次学術講演会,pp.859-860,2008.4)Nakai,T. and Mihara, Y.: Soils and Foundations, Vol. 24, No.2, pp.82-94, 1984.5)Zhang, F. et al.: Soils and Foundations, Vol.40, No.5, pp.1-17,2000.







図-5 モーメント・軸力深度方向分布(3.0 MN 載荷時)