## 固化改良と鋼矢板の併用による複合型基礎の構造物基礎への適用拡大に関する研究

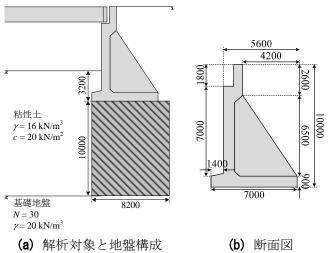
(株)不動テトラ 正会員 ○深田 久長岡技術科学大学 正会員 磯部公一京都大学 正会員 木村 亮

## 1. はじめに

著者らは、既設杭基礎、基礎フーチングを矢板と固化改良体で囲み、水平抵抗力を増大させることによって既設基礎を耐震補強する工法(In-Cap 工法)を開発してきた<sup>1)</sup>. 当工法は、既設の補強のみならず、新設基礎などへの適用拡大が可能と考えられ、固化改良体と矢板の併用による複合型直接基礎としての応用が見込まれる<sup>2)</sup>. 例えば、改良地盤を直接基礎として用いる作用水平荷重の小さな構造物に対し、矢板と固化改良の併用により曲げ耐力を向上させることで作用水平荷重の大きな構造物の直接基礎としての適用拡大が考えられる. その際、In-Cap 工法では考慮しなかった、矢板と固化改良体の鉛直支持力を考慮できる場合も考えられ、適切に評価することで合理的な設計が可能となる. 以上を踏まえ、固化改良体を直接基礎として用いる橋台の設計事例に対し、矢板を併用した場合の水平耐力増加メカニズムを三次元弾塑性有限要素解析により検証する.

### 2. 解析対象

解析対象は、文献 3)に記載されている控え壁式橋台である。断面図および諸元、ならびに地盤構成を**図-1**に、解析モデルを**図-2**に示す。本解析では簡単のために**図-2**に示すようにフーチング部のみをモデル化し、橋台の死荷重をフーチング天端に載荷させた後に水平荷重を静的に増加させ、橋台の滑動に対する安定性(載荷点の荷重~変位関係ならびに改良体の応力状態)を検討した。解析ケースは、矢板のない Case-1 と、矢板を併用した Case-2 とし、矢板の有無による改良体および周辺地盤の応力の低減効果、鉛直、および水平抵抗特性を検討する。



計する.

図-1 解析対象

# 3. 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、基礎地盤および粘性土は  $t_{ij}$  model<sup>4)</sup>により、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(継手の鉛直方向のずれを考慮)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

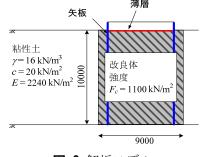


図-2 解析モデル

をモデル化する.解析パラメータを**表-1** に示す.載荷方法はフーチング天端の上部構造重心位置(中心より 7 cm 偏芯)に鉛直および水平荷重を分布荷重として与える.使用する解析コードは  $DGPILE-3D^{5)}$ である.

#### 4. 解析結果と考察

図-3 に示す載荷点における荷重~変位関係から、矢板を設けた Case-2 の方が高い鉛直および水平抵抗力を示すことがわかる. また、図-4 に示す最大水平変位時におけるせん断応力、せん断ひずみの分布から、 Case-1

キーワード 固化改良, 矢板, 直接基礎, 三次元弾塑性 FEM

連絡先 〒103-0016 東京都中央区日本橋小網町 7-2 (株)不動テトラ TEL03-5644-8500

ではフーチング右端から斜左下方向の範囲に大きなせん断応力を発生しているのに対し、矢板のある Case-2ではフーチング左端にはそれほど大きなせん断応力が発生していない.また、せん断ひずみ分布から、Case-1ではフーチング直下に滑動の様子が伺えるが、Case-2では Case-1と比較してせん断ひずみが小さく、滑動に対し矢板が有効に働いている様子がわかる.

図-5 に Case-2 の最大水平変位発生 時の矢板に発生する断面力を矢板配 置で比較する. これより, 載荷方向に 対し前方に位置する矢板には約60 kN の圧縮力が作用しているのに対し、後 方の矢板にはほとんど軸力が発生し ていない. これは偏芯載荷しているこ とが一因に挙げられる.一方,モーメ ントの分布では前方矢板の方が後方 矢板よりも地中深くに最大値が現れ るが, その値はほぼ等しい. また, せ ん断力分布もモーメント分布の特徴 と似ている. 以上から, 矢板を併用す ることで水平荷重に対し, 矢板の曲げ 抵抗ならびに前方矢板の押込みおよ び後方矢板の引張抵抗の作用により, 水平耐力が増加することがわかる.

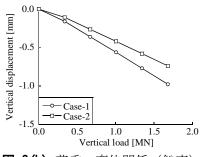
## 5. まとめ

固化改良体と矢板の併用による複合直接基礎の適用拡大を視野に入れ, 矢板の併用による鉛直・水平耐力の増加メカニズムを数値解析により検証した.その結果,矢板の曲げ抵抗,前方矢板の押込み・後方矢板の引張抵抗の作用が水平耐力の増加をもたらしていることを明らかにした.今後,固化改良と矢板の複合基礎構造を構造物基礎の液状化対策工へと応用すべ

表-1 解析パラメータ

	層厚 <i>H</i>	密度 <i>ρ</i>	粘着力 <i>c</i>	内部摩擦角 $\phi$	弾性係数 <i>E</i>	ポアソン比 <i>ν</i>	初期間隙比 e <sub>0</sub>
	[m]	[m]	$[kN/m^2]$	[deg]	[kN/m <sup>2</sup> ]	_	_
粘性土	10.0	1.6	20.0	0.0	2.2×10 <sup>3</sup>	0.30	0.618
基礎地盤	5.0	2.0	0.0	36.8	8.4×10 <sup>4</sup>	0.30	0.80
改良体	10.0	1.6	0.0	30.0	2.0×10 <sup>5</sup>	0.3	_
薄層	0.2	1.6	0.0	17.0	2.0×10 <sup>5</sup>	0.3	_
	破壊時主応	圧縮係数	膨潤係数	t <sub>ij</sub> -sand modelの土質パラメータ			
	力比 $R_f$	$C_t(\lambda)$	$C_e(\kappa)$	α	$D_f$	m	
	_	_	_	_	_	_	
粘性土	1.2	0.0066	0.0041	0.85	-0.6	0.3	=
基礎地盤	3.9	0.0027	0.0012	0.95	-0.3	0.3	
改良体	_	_	_	_	_	_	•

粘性土では圧密指数A,膨潤指数K



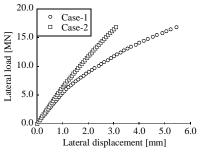
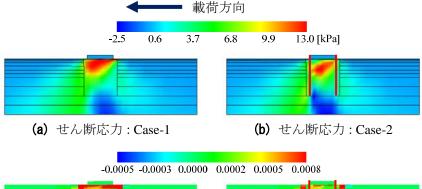


図-3(b) 荷重~変位関係(鉛直)

図-3(b) 荷重~変位関係(水平)





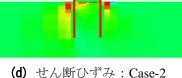


図-4 せん断応力・せん断ひずみ分布(最大変位時)

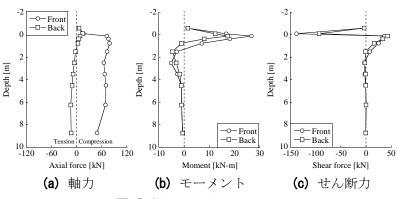


図-5 矢板に発生する断面力

く、模型実験ならびに数値解析によりその適用性を検証する予定である.

参考文献 1) 例えば, 深田ら:第50回地盤工学シンポジウム, pp.319-326, 2005. 2) 例えば, 神田ら: 土と基礎, Vol.51, No.11, pp.8-10, 2003. 3) 平原ら:直接基礎および橋台・橋脚躯体の設計計算例, 山海堂. 4) 例えば, Nakai, T. and Mihara, Y.: Soils and Foundations, Vol. 24, No.2, pp.82-94, 1984. 5) 例えば, Zhang, F. et al.: Soils and Foundations, Vol.40, No.5, pp.1-17, 2000.