

固化改良と鋼矢板を併用した複合型直接基礎の水平抵抗向上効果に関する数値解析

長岡科学技術大学 正会員 磯部公一, 渡邊健太, 大塚 悟
 (株)不動テトラ 正会員 深田 久
 京都大学 正会員 木村 亮

1. はじめに

軟弱地盤上に擁壁等の構造物を構築する場合、支持力・沈下対策として固化改良体を基礎地盤とする実績が多い。しかし、鉛直荷重に対して水平荷重の比率の大きい構造物では、結果として基礎底面の地盤反力が大きくなるため、改良体の強度を大きくすることや基礎幅を大きくするなどの対応が必要となる。深田ら¹⁾が開発している矢板と固化改良を併用した複合型基礎工法では、基礎の剛性および周面摩擦の増大が期待されることから、固化改良と矢板の併用工法を直接基礎に適用した場合も、元の直接基礎よりも大きな水平力を有する可能性がある。そのため、補強構造物は単独で中小規模の基礎として、直接基礎形式よりも大きな水平力に対応できる可能性があり、適用範囲を拡大することができる。

以上の背景のもと、当該構造物の水平抵抗特性を把握するために遠心載荷模型実験が行われている。本研究では、この遠心載荷模型実験の結果²⁾を、三次元有限要素解析によりシミュレーションする。しかしながら、当該構造の変形挙動を終局状態まで把握するには、改良体の変形挙動を終局状態まで適切に表現された弾塑性構成式を用いることが望ましい。すなわち、外力により改良体内に発生するせん断と引張の両破壊挙動を表現できる構成式が要求される。そこで、損傷モデルの導入によりせん断・引張軟化を考慮した弾塑性構成式³⁾を適用し、当該構造物の終局状態までの変形挙動を適切に表現し、矢板併用による変形抑制効果を定量的に評価する。

2. 解析対象

解析対象である模型実験では、遠心載荷装置により100 Gの遠心加速度を作用させた状態でフーチング模型に水平荷重を作用させている。

基礎は50 mm×50 mmの鋼製フーチングであり、重量は875.01 gである。矢板は厚さ0.5 mmのりん青銅板を用い、正方形フーチングの四辺にネジで固定されている。直接基礎中央の上端に250 N, 500 N, 750 Nの鉛直荷重

を加えながら、地表面より42 mmの高さで1.0 mm/minの速度で強制変位を与え、ロードセルにより水平荷重が計測されている。

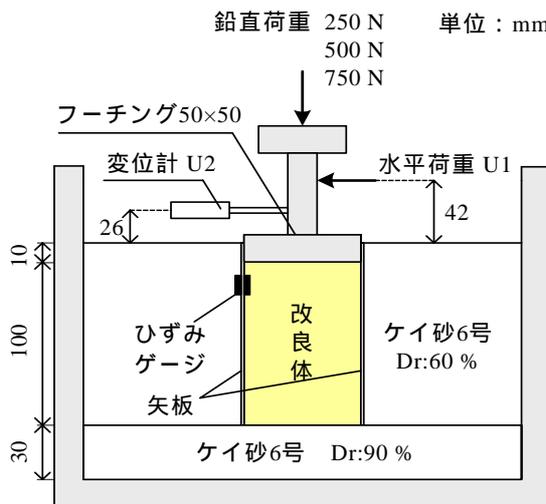


図-1 遠心模型実験の概略図

表-1 解析ケース

Case No.	上載荷重	地盤	矢板の厚さ	固化改良	コンクリート
S-1A	250N				
S-1B	500N				
S-1C	750N				
S-2A	250N				
S-2B	500N				
S-2C	750N				
S-3A	250N	珪砂	0.5 mm		
S-3B	500N				
S-3C	750N				
S-4A	250N				
S-4B	500N		0.5 mm		
S-4C	750N				
S-5A	250N				
S-5B	500N		0.5 mm		
S-5C	750N				

3. 解析条件とモデル化

本解析では、フーチングを弾性ソリッド要素により、基礎地盤(珪砂6号, 相対密度90%)および砂質土(珪砂6号, 相対密度60%)を *t_{ij} sand model* により、矢板を弾塑性梁要素により、改良体及びコンクリートは損傷モデルの導入によりせん断・引張軟化を考慮した弾塑性構成式³⁾を用いてモデル化する。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。また、フーチングと直下地盤との

キーワード 固化改良 直接基礎 鋼矢板

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

接触面にはジョイント要素を設けている．解析パラメータを表-2に示す．載荷方法は，フーチング重量と鉛直荷重を10ステップで載荷後，各ケース所定の水平荷重まで200ステップで与えている．

表-2(a) 地盤材料に関する解析パラメータ

試料名	珪砂6号 60%	珪砂6号 90%
圧密指数	0.065	0.005
膨潤指数	0.019	0.002
破壊時の主応力比	4.3	3.9
ポアソン比	0.3	0.3
静止土圧係数	0.5	0.5
単位体積重量 [g/cm ³]	1.43	2.0
初期間隙比	0.862	0.8
α	0.65	0.95
D_f	-0.2	-0.3
m	0.3	0.3

表-2(b) 改良体・コンクリートに関する解析パラメータ

試料名	固化改良体	コンクリート
ヤング率 [kPa]	3.0×10^5	2.8×10^7
単位体積重量 [g/cm ³]	1.6	2.5
ポアソン比	0.33	0.167
粘着力 [kPa]	490	20
内部摩擦角 [deg]	30	30
引張強度 [kPa]	99	2.0×10^3
破壊エネルギー [N/m]	1.73	100
a	1.06	1.06
e_y	0.0002	0.00007
e_r	0.4	0.4
D_c	-0.4	-0.4
t_{s0} [mm]	0.6	0.6
l_c [mm]	5.0	5.0

4. 解析結果

図-2に各ケースの実験および数値解析で得られた荷重～変位関係を比較する．紙面の都合上，S-1，S-2，S-5のみを比較する．いずれのケースもおおむね実験結果を定性的に再現出来ている．しかしながら，変形量が増大し大変形領域に至ると実験結果との乖離が見られる．

次に，図-3で荷重～回転角関係について実験結果と比較する．S-1では解析結果が実験結果を概ね再現できている．その他のケースでは解析結果が実験結果よりも回転が生じにくい傾向にある．特にケース S-5において，その傾向が顕著である．これは，実験では回転が卓越する変形モードであるのに対し，解析では回転が矢板の存在により抑制され，滑動が卓越する変形モードであるためと考えられる．これは，解析では矢板とフーチングの節点を共有し剛結合状態でモデル化しているのに対し，実験では矢板とフーチングをネジで固定しているが剛結合ほどの強度は有していないことが一因として考えられる．そのため，解析ではフーチングと矢板の結合部分において強度を過大に評価しており，これにより回転が生じにくい傾向を示していると考えられる．これらの

点から，矢板や接合部のモデル化には課題が残る．

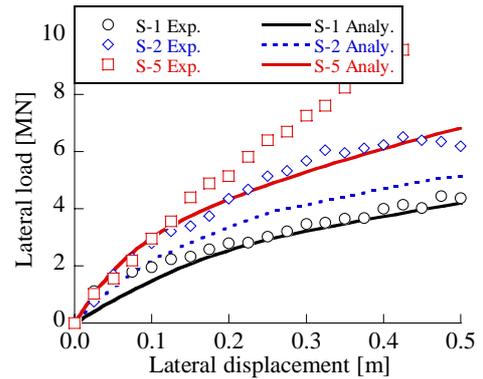


図-2 荷重～変位関係

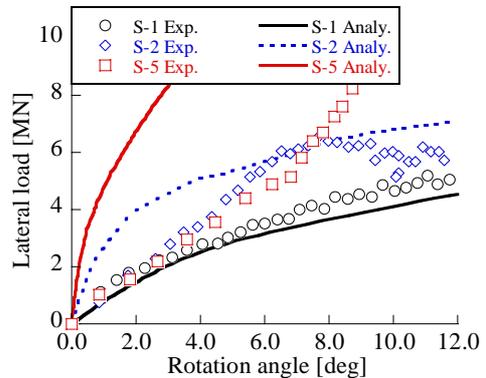


図-3 荷重～回転角関係

5. 結論

矢板の併用による複合直接基礎の回転・水平耐力の増加メカニズムを遠心模型実験，三次元弾塑性有限要素解析により検証した．以下に本研究で得られた知見を示す．

- (1) 矢板を用いることにより変形抵抗特性が増加する．矢板と固化改良を併用するとさらに効果が大きい．
- (2) 本手法により，当該構造物の変位抵抗度は概ね定量的に評価することが出来るものの，回転抵抗度に関しては，定量的な傾向を表現するまで至っていない．

<参考文献>

- 1) 深田ら：固化改良を併用した軟弱地盤上の既存基礎橋梁基礎の補強に関する研究，第50回地盤工学シンポジウム，pp.319-326，2005．
- 2) 深田ら：固化改良と矢板を用いた基礎形式の水平抵抗特性に対する遠心模型実験，第46回地盤工学会研究発表会発表講演集（CD-ROM），2011（投稿中）．
- 3) Namikawa, T. and Koseki, J.: Evaluation of Tensile Strength of Cement-Treated Sand Based on Several Types of Laboratory Tests, Soils and Foundations, Vol.47, No.4, 2007.