

静的締固め工法の締固め効果に関する模型実験

強化土エンジニアリング(株) 正 ○佐々木隆光 フェロー 島田俊介 正 小山忠雄
 東京都市大学 学 土屋政人 正 末政直晃

1.はじめに

地盤を改良する工法として、締固め工法が多く用いられている。しかし、締固め工法は大型の機械を用いることが多いため、振動・騒音等の影響により既設構造物直下やその周辺で用いることは困難とされている。本研究では、静的締固め工法の一つとして提案されている可塑状ゲル圧入工法¹⁾に着目した。これは、可塑状のゲルを静的に圧入することでゲル周辺の地盤を締固め、密度を増大させる工法である。また、従来使用されている薬液注入工法の設備を用いて施工できるため騒音や振動がなく、既設構造物直下においても施工可能である。しかし、可塑状ゲル圧入によるゲル周辺の締固め範囲や締固め強度が明確になっていないなど、未解明な点も多い。本報告は、遠心模型実験で行った通常圧入と繰返し圧入²⁾による地盤内部の土圧分布状態について検証するため FEM 解析を実施し、その検証を行った。

2.解析の概要

本研究では、3次元構造解析システム midas GTS を用いた。図-1に、解析モデルを示す。解析モデルは軸対象条件とし、遠心模型実験で用いた模型地盤²⁾を実スケールに換算したものを使用した。また、図に示すように可塑状ゲルがある程度地盤内に入っている状態から圧入を開始した。境界条件は、左右をローラー、下端を固定としている。解析は各要素に初期応力として自重に相当する応力を与え、可塑状ゲルを遠心模型実験²⁾で行った Case1 の圧入圧を用いて 180.1kPa(100cc 時の圧入圧)まで放射状に圧入した。その後、圧入圧を 20kPa ずつ除荷し、最終的に 40kPa まで戻した。

表-1 に各材料の物性値を示す。地盤は降伏規準として Mohr-Coulomb の規準を用い、三軸圧縮試験の結果に基づいて粘着力 c と内部摩擦角 ϕ の値を設定した。また、可塑状ゲルは金子ら³⁾が行った低流動性材料の力学試験の結果を用いた。

3.実験結果

図-2 に、遠心模型実験²⁾で行った Case1 と载荷時の解析値における水平距離-土圧の関係を示す。なお、0kPa と 111.9kPa, 180.1kPa 時の圧入圧の結果を用いた。図より、実験値と解析値はほぼ一致していることから、载荷時における地盤内の水平方向の応力状態は FEM 解析によって再現できたと言える。

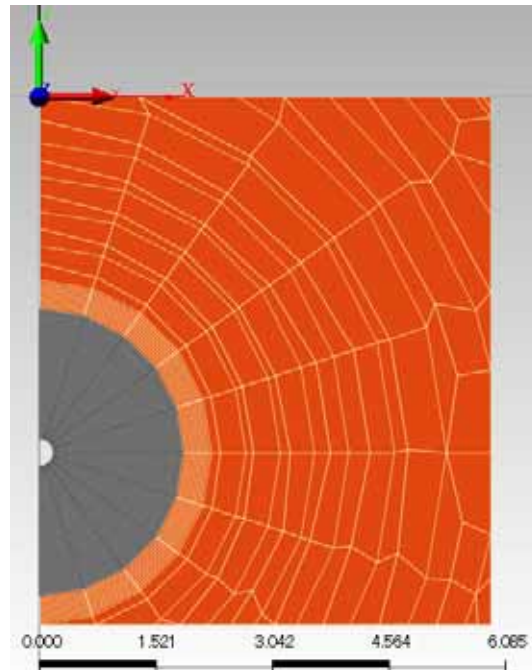


図-1 解析モデル

表-1 各材料の物性値

	降伏規準	単位体積重量 γ (kN/m^3)	弾性係数 E (kN/m^2)
地盤	Mohr-Coulomb	13142.05	5600
可塑状ゲル	Mohr-Coulomb	19	4000
	ポアソン比 ν	粘着力 c (kN/m^2)	内部摩擦角 ϕ ($^\circ$)
地盤	0.3	0	34
可塑状ゲル	0.3	9	2

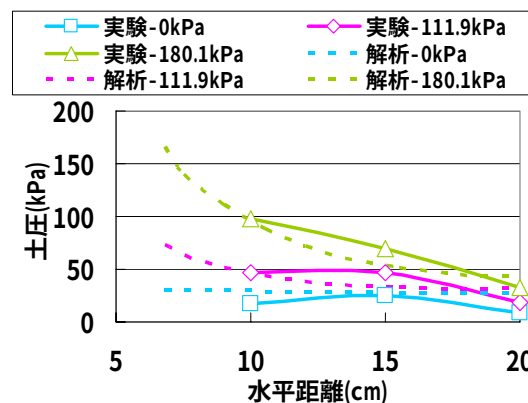


図-2 水平距離-土圧

キーワード：地盤改良, 静的締固め, 模型実験

連絡先：東京都市大学 地盤環境工学研究室 TEL03-5707-2202

図-3に、鉛直方向を軸にした円筒座標系を用い、(a)水平応力 σ_r と(b)側圧 σ_θ 、(c)鉛直応力 σ_z の荷重時と除荷時における水平距離—土圧の関係を示す。なお、0kPaと111.9kPa、180.1kPa、160kPa、140kPa、40kPa時の圧入圧の結果を用いた。図より、 σ_r は作用土圧に応じて荷重時には上昇し、除荷時には減少することが示されている。一方、 σ_θ と σ_z は荷重時に若干減少し、除荷時に上昇する。これは、周辺地盤が荷重時には球状に拡大するため周方向ひずみが引張側になり、除荷時には逆に収縮するため圧縮側になるためである。

図-4に、水平距離7cmの地点における、荷重—除荷1ステップの圧入圧と土圧三成分の関係を示す。図より、 σ_r は荷重時には圧入圧の増加に伴い100kPaあたりから顕著に増加する傾向を示し、除荷時には圧入圧が約120kPaとなるまで減少してそれ以降は一定値に収束する傾向を示した。一方、 σ_θ と σ_z は初期には初期応力異方性のために異なる土圧となっているが、荷重に伴って徐々に同じ値に近づいていき、除荷時には概ね等しい値になった。このことより、繰返し荷重によって荷重中心付近の地盤では、初期の応力状態が取り消され、球対称応力状態に移行することが分かる。また、約180kPaから150kPaまで除荷した際に、 σ_r が σ_θ や σ_z より下回り、この時点で主応力の逆転が生じたことが伺える。このことから、繰返し荷重においてはある程度の除荷量を与えることによって地盤内の要素に主応力の逆転が生じることが示されたと言える。

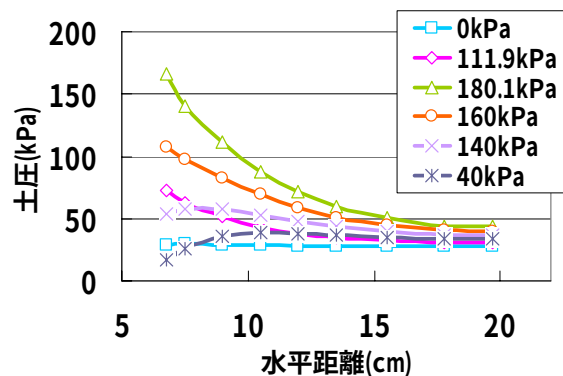
4.まとめ

本報告では、遠心模型実験で行った通常圧入と繰返し圧入²⁾による地盤内部の土圧分布状態について検証するためFEM解析を実施し、その検証を行った。その結果を、以下に示す。

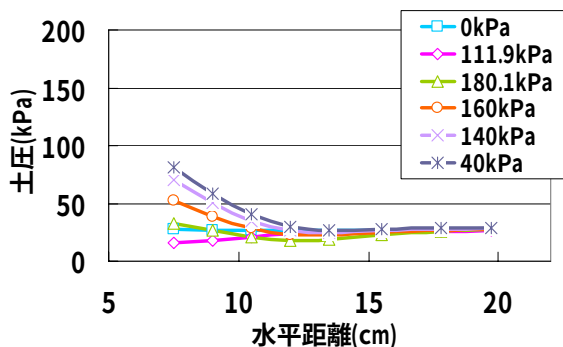
- (1) 遠心模型実験²⁾で行ったCase1と荷重時の解析値における水平距離—土圧の関係から、実験値と解析値はほぼ一致していることから、荷重時における地盤内の水平方向の応力状態はFEM解析によって再現できた。
- (2) σ_r と σ_θ 、 σ_z の荷重時と除荷時における水平距離—土圧の関係から、周辺地盤は荷重時には球状に拡大するため周方向ひずみが引張側になり、除荷時には逆に収縮するため圧縮側になることが確認できた。
- (3) 水平距離7cmの地点における、荷重—除荷1ステップの圧入圧と土圧三成分の関係から、繰返し荷重においてはある程度の除荷量を与えることによって、地盤内の要素に主応力の逆転が生じることが示された。

<参考文献>

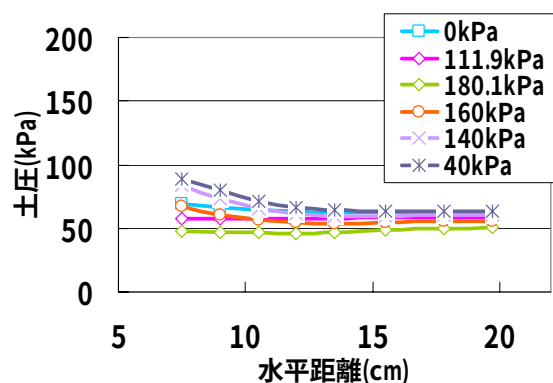
- 1) 島田ら：可塑状ゲル圧入工法の開発～塊状固結体の形成とその要因～，土木学会第60回年次学術講演会，p.p.551-552，2006.9
- 2) 土屋ら：静的締固め工法における締固め効果に関する研究，第45回地盤工学研究発表会(投稿中)2010.8
- 3) 金子ら：静的圧入締固め工法で改良された周辺地盤の応力状態に関する考察，第40回地盤工学研究発表会，pp.1085-1086，2005.7



(a) 水平応力 σ_r



(b) 側圧 σ_θ



(c) 鉛直応力 σ_z

図-3 水平距離—土圧

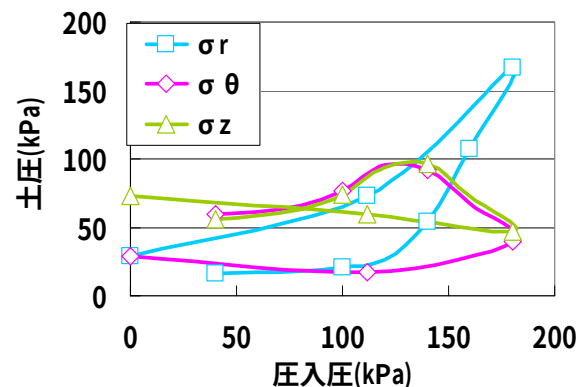


図-4 水平距離7cmの圧入圧—土圧