

(III-46) SCPで改良された粘土地盤中の杭基礎の水平抵抗解析

群馬大学 学 ○久野慶太
群馬大学 正 若井明彦
国土交通省 港湾技術研究所 正 北詰昌樹
群馬大学 学 古山貴久

1. はじめに

本研究の目的は SCP で改良された粘土地盤中の杭基礎の水平抵抗特性を明らかにすることである。国土交通省港湾技術研究所において実施された遠心模型実験結果と弾塑性 FEM による解析結果とを比較し、解析手法の有効性を検証するとともに SCP の改良率を操作した一連の解析を行った。

2. 解析方法及び解析ケース

弾塑性 FEM を用いて遠心模型実験(50G)結果の再現を試みた。杭頭を強制変位させ水平荷重及び曲げモーメントの深さ方向分布を算出する。粘土地盤と SCP は弾完全塑性体(降伏規準に Mohr-Coulomb 式、塑性ポテンシャルに Drucker-Prager 式)と仮定した。模型杭(アルミ製パイプ)は線形弾性体として外径 500mm、肉厚 25mm とし、SCP は直径 1m、打設間隔 1.75m とした。解析領域の境界条件は対称面では滑らか、側面と下端面で固定とした。材料定数を表 1 に示す。遠心実験において粘土地盤(カオリン)は正規圧密状態のため、深さ方向に直線的な強度増加^{*1}および剛性増加^{*2}を仮定した。SCP(材料:FNS)のヤング率は深さの平方根に比例し増加すること^{*3}を仮定した。 ϕ は三軸圧縮試験結果に基づいた。地盤上に 3.85m 突出した杭頭部を変位制御で水平方向に載荷した。解析ケースは実験と同様に、SCP100%改良(図1)、SCP52%改良(図2)、SCP26%改良(図3)、無改良(図4)の4ケースとした。三次元メッシュを図5に示す。使用した要素は 20 節点アイソパラメトリック要素である。

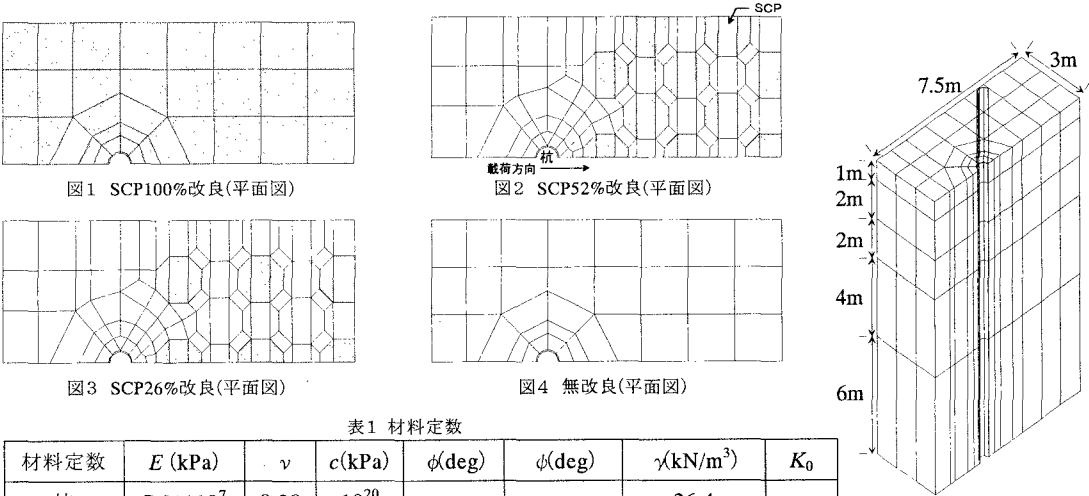


図5 三次元メッシュ図

表1 材料定数							
材料定数	E (kPa)	ν	c (kPa)	ϕ (deg)	ϕ (deg)	γ (kN/m ³)	K_0
杭	7.3×10^7	0.28	10^{20}	-	-	26.4	-
粘土地盤	*1	0.45	*2	0	0	16.0	0.7
SCP	*3	0.30	0	35.3	5.3	16.0	0.7

^{*1} $E = 180 \cdot c$ ¹⁾ ^{*3} $E = \tilde{E} \sqrt{\frac{p'}{\tilde{p}}}$ ここに、 $\tilde{E} = 2240 \text{ kPa}$, $\tilde{p} = 1 \text{ kPa}$
^{*2} $c = 0.314 \cdot \sigma'_z$ ²⁾ ただし、 $p' = \frac{\sigma'_x + \sigma'_y + \sigma'_z}{3}$ $\sigma'_z = \gamma' \cdot z$, $\sigma'_x = K_0 \cdot \sigma'_z$, $\sigma'_y = K_0 \cdot \sigma'_z$ z : 地表面からの距離

キーワード : SCP, 杭基礎, 水平抵抗, 有限要素法, 遠心模型実験
連絡先 : 〒376-8515 群馬県桐生市天神町 1-5-1 群馬大学工学部建設工学科 TEL (0277) 30-1624

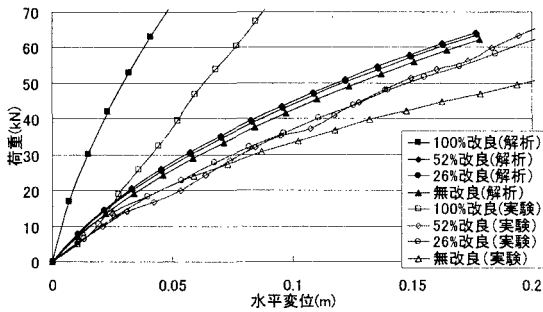


図6 地表面位置における荷重変位関係

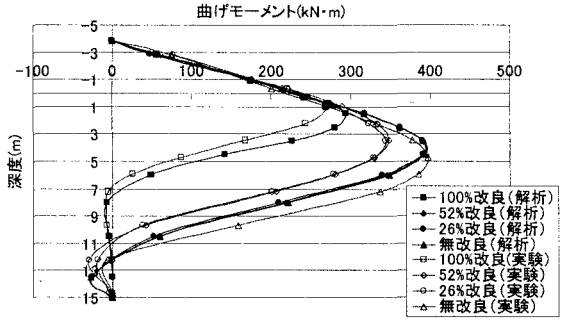


図7 60kN時の曲げモーメント分布

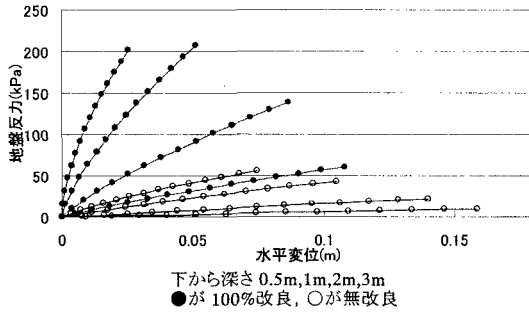


図8 地盤反力-水平変位関係(解析)

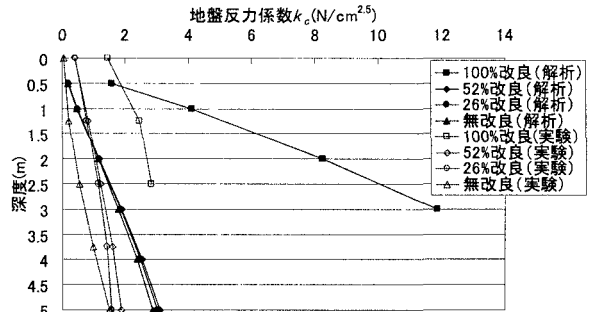


図9 地盤反力係数 k_c の深度分布

3. 解析結果

地表面での荷重-変位関係を図6に示す。解析値が実験値よりやや大きい、広い範囲を改良するに依り抵抗力の大きくなる傾向は両者で一致している。なお、100%改良ケースの実験において、荷重変位曲線の初期部分の勾配が他のケースに比べて小さいのは、杭周囲の地盤の乱れなどが原因の可能性がある。杭頭荷重がいずれも60kNの時点での、各ケースの曲げモーメントの分布を図7に示す。広い範囲を改良するに依り曲げモーメントの最大値は小さくなり、最大値の発生する深さが浅くなっている。これらの傾向は実験と解析で一致している。地盤反力-水平変位関係の解析結果を図8に示す。改良すると地盤反力が大きくなる。両ケースにおいて、深い位置ほど地盤反力の発揮される大きさは大きくなる。地盤反力係数 k_c の深度分布を図9に示す。地盤反力係数は港研方式¹⁾(下式)に基づき求めた。SCP改良の効果をこのように k_c 値の増大として表現することができれば設計上極めて有用である。

$$p = k_c \cdot y^{0.5}$$

ここに、 p : 地盤反力 (N/cm^2)
 k_c : 地盤反力係数 ($\text{N}/\text{cm}^{2.5}$)
 y : 各深度におけるたわみ (cm)

4. 考察とまとめ

解析は実験の傾向をよく再現しうることがわかった。これより本解析手法が SCP の設計において有効であると考えられる。解析値、実験値ともに、無改良のケースに対して、SCP52%改良と26%改良のケースの水平抵抗の増大はそれほど大きくない。実際に杭頭荷重を割割か上昇させるには、杭周辺の地盤の集中的な改良が必要と考えられる。今後はそのようなケースに対する実験及び解析を進めていく予定である。

謝辞

実験にあたり日本冶金工業(株)の安田智弘氏にお世話になりました。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) (社)日本港湾協会(1999): 港湾の施設の技術上の基準・同解説。
- 2) 寺師・北詰(1990): 低置換率 SCP 工法により改良された粘性土地盤の支持力, 港湾技術研究所報告, 第29巻第2号, pp.119-148。