

模型改良地盤の支持力特性 (FEM 解析)

九州共立大学 学 ○ 西園 崇志 九州共立大学 学 田中 伯和
大分県宇佐土木事務所 正 横田 康行 九州共立大学 正 前田 良刀

1. はじめに

本文は、改良地盤の支持力特性に関して、数値解析的に検討し、その成果を実務での支持力評価に利用するためのものである。今回は、昨年に引き続き二次元のプラスチック積層体を作成し、EPS(発泡スチロール)を改良体と見なした改良地質での FEM 解析を行い、室内における支持力試験の試験結果と比較し、試験値での解析値の相互関係から二次元状態での直接基礎の支持力特性の検討を行う。

2. 解析用地盤と試験地盤の概要

解析の対象とする解析モデルと、室内での試験地質は、横幅 $W=150\text{cm}$ 、高さ $H=50\text{cm}$ 、奥行き $L=23\text{cm}$ の二次元土槽内にプラスチック棒を積層し、EPS を改良体コラムと見なした試験地盤とする(図-1)。また改良体は幅 $D=1\text{cm}$ 、改良深さは $D_f=30\text{cm}$ であり、基礎フーチング幅 $B=10\text{cm}$ 、奥行き $L=20\text{cm}$ である。また今回解析に用いる物性値は、これまでの力学試験から得られた結果を用いる(表-1)

3. 解析方法と支持力試験の概要

支持力試験および、その解析ケースは表-2 に示す原地盤に対する改良密度 n_b 、フーチング端部からの側方改良幅比 α 、側方部上載荷重 σ_{v0} 、および荷重傾斜角 θ を種々組み合わせて行い、合計 166 ケースの支持力試験と解析を行った。なお、解析は非線形解析の一つである降伏条件がモール・クーロン材料を基準とするパイリニア型の弾塑性モデルによる支持力解析ソフト Mr.SOIL3D を使用する。図-2 に示すように、モールの応力円の中心からクーロンの降伏基準式への垂線 h と応力円の半径 r との比 h/r が ≤ 1.0 の場合、弾性係数は $E' = E/100$ とする。ただしポアソン比は、原地盤、改良体ともに $\nu=0.3$ と一定としている。ここでの支持力の評価方法は、試験値においては荷重-変位曲線でのピーク強度を支持力値とし、解析値では変位が基礎幅の 10%(10mm)に達した値を支持力値としてそれぞれ評価する。

4. 解析結果と支持力試験結果の相互比較

4.1 地盤の改良密度と上載荷重が支持力に与える影響

図-3(a)は、支持力試験において側方改良幅無し($\alpha=0$)の場合の改良密度 n_b 、上載荷重 σ_{v0} が荷重-変位関係に影

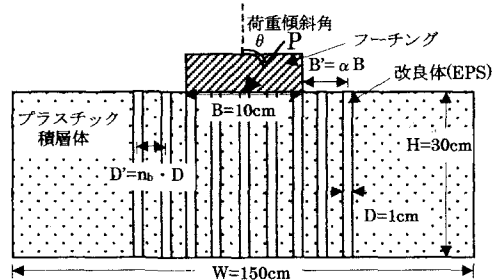


図-1 解析モデル図

表-1 物性値一覧

	プラスチック積層体	EPS
ヤング係数 E	1800kN/m^2	2400kN/m^2
ポアソン比 ν	0.3	0.3
単位単位重量 γ	11.5kN/m^3	0.1kN/m^3
粘着力 c	0	18kN/m^2
内部摩擦角 ϕ	21°	0°

表-2 解析ケース

改良密度 n_b (改良率)	側方改良幅比 α	荷重傾斜角 θ				
		0°	5°	10°	15°	20°
1 (100%)	0	○	○	○	○	○
	0.4	○	○	○	○	○
	1	○	○	○	○	○
	2	○	○	○	○	○
1.5 (70%)	0	○	○	○	○	○
	0.5	○	○	○	○	○
	1	○	○	○	○	○
	2	○	○	○	○	○
2 (60%)	0	○	○	○	○	○
	0.4	○	○	○	○	○
	1	○	○	○	○	○
	2	○	○	○	○	○
3 (40%)	0	○	○	○	○	○
	0.5	○	○	○	○	○
	1	○	○	○	○	○
	2	○	○	○	○	○
5 (30%)	0	○	○	○	○	○
	0.5	○	○	○	○	○
	1	○	○	○	○	○
	2	○	○	○	○	○

○ $\sigma_{v0}=0\text{kN/m}^2$ ◎ $\sigma_{v0}=0.45\text{kN/m}^2$ ● $\sigma_{v0}=0.9\text{kN/m}^2$

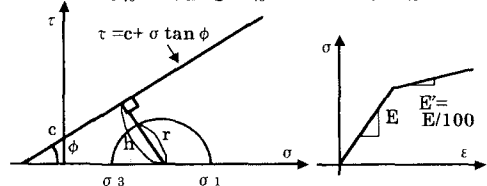


図-2 弾塑性モデル

響について示したものである。これから、 n_b が小さい(改良率が大きい)ほど大きい支持力が得られる。しかし、上載荷重 $\sigma_{v0}=0\text{kN/m}^2$ の場合、脆性破壊現象が顕著である。一方、上載荷重 $\sigma_{v0}=0.45\text{kN/m}^2$ ・ $\sigma_{v0}=0.9\text{kN/m}^2$ を載荷した場合、上載荷重の効果により、脆性破壊は多少改善されているものの支持力は大きく改善されていない。また、図-3(b)は同様の条件で解析を行ったものである。

試験同様、 n_b が小さいほど大きい支持力が得られたが、上載荷重 σ_{v0} による支持力改善効果は顕著に見られなかった。支持力試験と FEM 解析では荷重-変位曲線のピーク値はほぼ一致しているが、解析値では試験値に見られる脆性破壊現象をうまく表現できていない。これは解析上、地盤のひずみ軟化特性をうまく表現できないことによる。図-4 は改良密度が支持力に与える影響について整理したものである。改良密度 $n_b=1$ (改良率 100%) の場合の試験および解析での支持力 q_0 をそれぞれ基準として、正規化して比較している。図より改良密度 $n_b \leq 2$ の範囲では全面改良($n_b=1$)の約 60% の支持力になり、それは側方改良幅の程度に関係なく、ほぼ一定の増加減少率である。また試験値、解析値ともにほぼ同様の結果が得られ、両者の対応は良い。

4.2 側方改良幅が支持力に与える影響

図-5 は支持力試験値および解析値の鉛直荷重 ($\theta=0^\circ$)、上載荷重無し ($\sigma_{v0}=0\text{ kN/m}^2$) の場合の側方改良幅比 α が支持力に与える影響を示したものであり、側方改良幅が無い場合 ($\alpha=0$) の支持力 q_0 を基準として正規化している。図より試験値、解析値とも同様の傾向を示し、 $\alpha=1$ 程度までは支持力増加の割合は大きく、それ以降は緩やかになっている。これから、側方改良幅の $\alpha \leq 1$ までが経済的に有効であるといえる。

4.3 傾斜荷重が支持力に与える影響

図-6 は改良密度 $n_b=1$ 、上載荷重無し ($\sigma_{v0}=0\text{ kN/m}^2$) の場合の試験値と解析値を比較したもので、傾斜荷重が支持力に与える影響を示したものである。荷重 ($\theta=0^\circ$) の場合の支持力 q_0 を基準として正規化している。図より荷重傾斜の増大により支持力は減少する。また減少傾向は試験値と解析値でほぼ同様である。

5. まとめ

本文で得られた成果をまとめると以下の通りである。支持力試験値と FEM 解析値は概ねよい対応を示す。

- ① 改良体密度により支持力は変化するが、 $n_b=2$ (改良率 60%) でも全面改良(改良率 100%)の 60% 程度の支持力が得られる。
- ② 側方改良幅の増加に伴い、支持力は増大し、その効果は $\alpha=1$ 付近で顕著に表れる。
- ③ 荷重傾斜角の増大に伴い、支持力は減少する。
- ④ 上載荷重 σ_{v0} により脆性破壊現象がやや改善される。

参考文献 1) 前田, 落合, 今泉, 横田: 改良地盤の強度変形特性と支持力, 土と基礎, 2002.5

2) 田中, 大和, 前田, 横田: 模型改良地盤の支持力特性, 土木学会全国研究発表会講演概要集, 2003.9

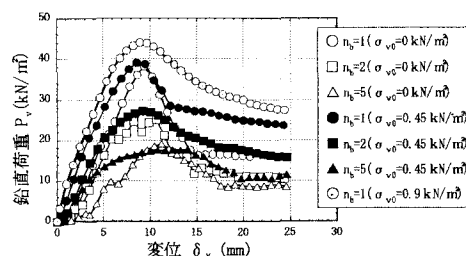


図-3(a) 改良密度が荷重変位曲線に与える影響
(試験による $\alpha=0, \theta=0^\circ$ の例)

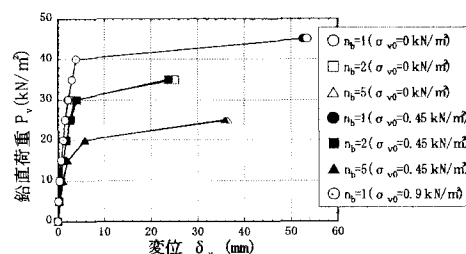


図-3(b) 改良密度が荷重変位曲線に与える影響
(解析による $\alpha=0, \theta=0^\circ$ の例)

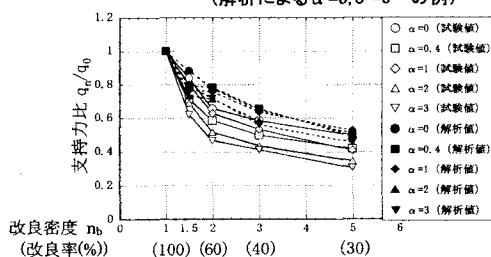


図-4 改良密度が支持力に与える影響
($\theta=0^\circ, \sigma_{v0}=0\text{ kN/m}^2$ の例)

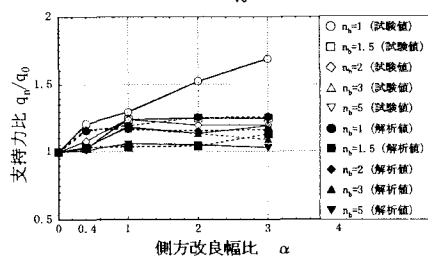


図-5 側方改良幅が支持力に与える影響
($\theta=0^\circ, \sigma_{v0}=0\text{ kN/m}^2$ の例)

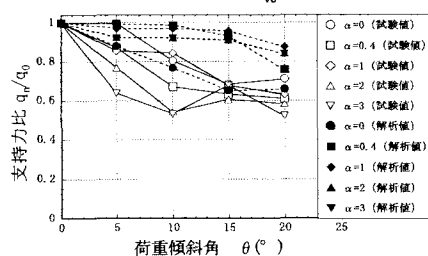


図-6 傾斜荷重が支持力に与える影響
($\sigma_{v0}=0\text{ kN/m}^2, n_b=1$ の例)