

EPSアッシュを用いた軟弱地盤浅層置換による支持力増の評価

長崎大学 学 ○中村充利 長崎大学 正 棚橋由彦
 同上 正 後藤恵之輔 同上 学 伊藤寛之
 同上 正 持下輝雄

1. はじめに

産業廃棄物の1つである石炭灰(フライアッシュ)は年間600万トン以上発生しているが、その有効利用量は50%程度であり、残りは埋立処分されているのが現状である¹⁾。この石炭灰の軽量性・自硬性は軟弱粘土地盤対策の浅層置換材として有効であると考えられる。そこで、同じく軽量性を持つ生活廃棄物の1つである発泡スチロール(EPS)に注目し、有効利用を試みるために、石炭灰、EPS破砕片、セメント、水を混合した改良材(以後、EPSアッシュと呼称)を開発し、軽量浅層置換材としてのEPSアッシュの最適配合条件を求めた。本研究では、最適配合したEPSアッシュによる浅層置換地盤のフーチング模型実験を行い、テルツァーの支持力式による支持力評価を試みる。併せて弾粘塑性FEMによる解析モデルの作成を行う。

2. フーチング模型実験

2-1 実験槽並びに実験試料

実験槽は長さ240cm、奥行35cm、深さ100cmの鋼製で底板可動により層厚は可変である。前面は土の挙動を観測するためアクリル板としている。試料は長崎県諫早市本明川河口付近で採取した有明粘土を液性限界以上に練返し、製作した3mmのふるいで裏ごしして用いた。

2-2 実験方法並びに実験条件

①予圧密: 下方から砂層厚5cm、粘土層厚50cm、砂利層5cmとし $p = 0.1 \text{ kgf/cm}^2$ の予圧密圧を24時間かける。②予圧密終了後、上部の砂利を取除き、ベーンせん断試験により粘着力 C_u の深度分布 $C_u(z)$ を求める。③载荷中央部の表層置換材を改良材(幅 B 、深度 D_r)に置換する(図-1参照)。④フーチング载荷試験: 先に求めた $C_u(z)$ より算出した極限支持力 q_a の $1/n$ を一段階の荷重増分 $\Delta q (= q_a/n)$ とし、一荷重増分当り30分载荷する。フーチング载荷幅 $b = 10 \text{ cm}$ 、改良深度 $D_r = 5 \text{ cm}$ ($D_r/D = 0.11$)で3ケースの試験を行った(表-1参照)。なお、EPSアッシュの配合条件は C/F (セメントと石炭灰の質量比)=20%、 EPS/F (EPS破砕片と石炭灰の質量比)=0.5%である。

表-1 実験条件

$D_r/D=0.11$	表層改良地盤		無処理地盤
	$b/B=1$	$b/B=0.5$	
荷重増分 $\Delta p (\text{kgf/cm}^2)$	0.00572	0.0114	0.00572
荷重段階 n (回)	8	9	8

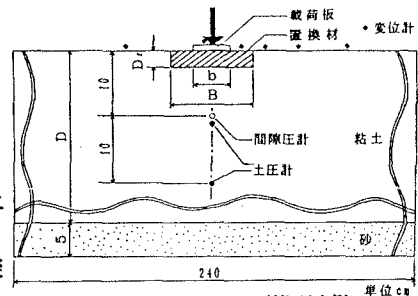


図-1 フーチング模型実験

3. FEM解析

3-1 解析方法

地盤モデルとして関口・太田モデル²⁾を用い、インタラクションとしてJoint要素を用いた。解析方法は、Biotの三次元圧密理論を基に、上述のモデルの構成式を導入した形の有限要素連成解析を用いた。

3-2 解析条件

解析モデルは、実験槽の右半分を図-2に示すように要素分割し、表-2に示すような土質パラメータを

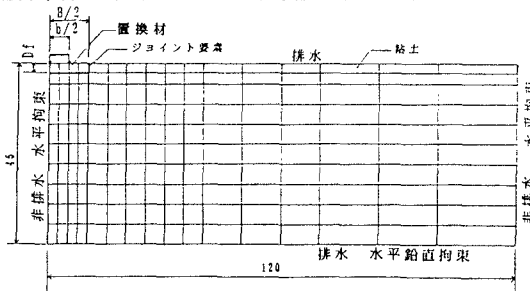


図-2 解析モデル

表-2 入力パラメータ

D	0.027
Λ	0.196
M	0.650
ν'	0.418
k_{xo}/γ_w	9.6×10^{-5}
k_{yo}/γ_w	9.6×10^{-5}
σ_{vo}'	0.0053~0.124
K_o	0.668
σ_{v1}'	0.0053~0.115
K_1	0.668~0.713
α	5.41×10^{-3}
V_o	2.95×10^{-7}
λ	0.477
e_o	3.406

入力し解析した。変位境界条件は、両端ともに水平変位を拘束し、下端は水平・鉛直ともに拘束している。また水理境界条件は、両端は非排水、鉛直方向は両面排水である。

4. 結果と考察

荷重沈下量曲線（図-3）

無処理地盤と比較して、改良材を用いた場合では支持力が $b/B=1$ で1.4倍に、 $b/B=0.5$ で2.4倍に増加している。これは、改良材による版効果、応力分散効果、軽量化効果によるものであろう。また、実測の極限支持力とベーンせん断試験から得た C_u 値を用いたテルツァギーの極限支持力の比較を表-3に示す。テルツァギーの支持力式において極限支持力は無処理地盤、 $b/B=1$ ではやや過大に、 $b/B=0.5$ ではやや過小に実測値を評価する。解析値は無処理地盤において実測値と同様の挙動を示し、改良地盤では多少異なっている。

間隙水圧-荷重強度の関係（図-4）

フーチング直下深さ10cmにおける過剰間隙水圧 u の実測値は3ケースともにほぼ p に比例して増加しており、かつ無処理地盤が約2倍の値を示している。このことは改良材による応力分散効果を示唆している。改良地盤での比較では、2ケースとも載荷応力に対する u/p_{max} の増加率は同じで最終載荷では $b/B=0.5$ が $b/B=1$ の1.5倍の値を示している。解析値は3ケースともに実測値の約2～3倍の値を示しており、間隙水圧値の評価に関してのパラメータの同定を行っていないことを示している。

水平変位沈下量比 δ/S -沈下量層厚比 S/D の関係（図-5）

実測値は3ケースともに載荷初期において δ/S が大きく変動し、沈下量が進むにつれ収束しているのが読み取れる。また、最終載荷時において3ケースともに $1/F=1$ の破壊基準線付近に点があることによって、この動態観測図は今回の実験において有効であるといえる。解析値は、3ケースともに実測値とほぼ同様の挙動を示している。

5. まとめ

今回の実験により、EPSアッシュ軽量浅層置換地盤($b/B=0.5, b/B=1$)が無処理地盤の1.5～2.5倍の支持力を発揮することが明らかになった。そして、テルツァギーの支持力式は $b < B$ の場合の支持力は過小に予測し、無処理地盤または $b=B$ の場合の支持力は過大に予測する傾向がみられた。また、実大シミュレーション計算によるEPSアッシュ浅層置換地盤の設計に結びつけるために、より実測値との対応のよい解析モデルを構築する必要がある。

末筆ながら、試料をご提供頂いた九州電力(株)大村発電所町田孝之輔氏に深謝の意を表する。また本研究は、平成6年度文部省科研試験研究(B)(研究代表者：棚橋由彦)の補助を受けたことを付記する。

【参考文献】

- 1) 棚橋・後藤・宮川(1992.6):第27回土質学会研究発表会講演概要集, pp.2495-2496.
- 2) Sekiguchi.H and Ohta.H (1987): Proc.9th Int.Conf.on SMFE, Specialty Session No.9, pp.229-238.

表-3 極限支持力

$D_r/D=0.11$	表層改良地盤		無処理地盤
	$b/B=1$	$b/B=0.5$	
C_u の平均値(kgf/cm ²)	0.00949	0.0103	0.0144
極限支持力 q_a (kgf/cm ²)	実測値 0.0437	0.0763	0.0313
	計算値 0.0530	0.0566	0.0460

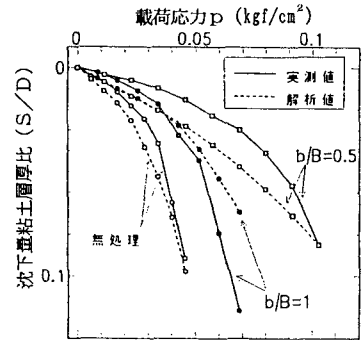


図-3 荷重沈下量曲線

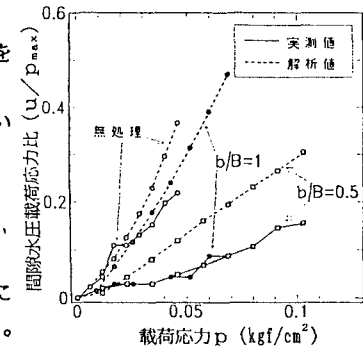


図-4 u/p_{max} と p の関係

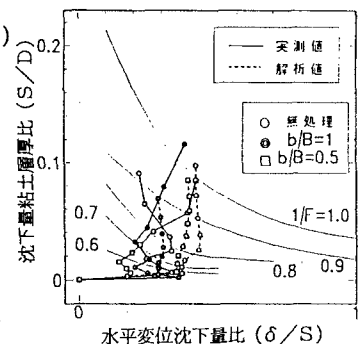


図-5 δ/S と S/D の関係