

気泡混合土のせん断抵抗角に及ぼす影響因子の検討

熊本大学工学部 学生員○福田 健史

熊本大学工学部 正会員 鈴木 敦己 熊本大学工学部 正会員 丸山 繁
熊本大学工学部 正会員 林 泰弘 熊本大学工学部 学生員 松尾 昭彦

1.はじめに

気泡混合土の破壊規準は、矢島ら¹⁾によって気泡混合土の破壊線の勾配 β は空隙が大きくなるにしたがって減少するとされ、また、山内ら²⁾や渡邊ら³⁾によると負の傾きをもつ場合もあるといわれている。大嶺ら⁴⁾はこれらを整理して図-1のように破壊規準を示している。破壊規準は有効応力で表示すると、下記の式で表すことができる。

$$q_f = \alpha + \beta p_f'$$
 (1)

ここで q_f は破壊時の軸差応力、 p_f' は破壊時の平均有効主応力で α, β は定数である。

このように空隙量の変化による β に対する影響因子を検討するために三軸圧縮試験と数値解析を行い、数値解析によって三軸圧縮時の内部応力状態を試験結果と比較した。

2.三軸圧縮試験

今回の試験で使用した気泡混合土は、熊本港浚渫土(湿潤密度 $\rho_t=1.60\text{g/cm}^3$)に気泡セメントミルクを混入したものである。気泡混合土の目標湿潤密度は、 $\rho_t=1.10, 1.30, 1.50\text{g/cm}^3$ (空隙率 $n_a=26.7, 13.3, 0\%$)に設定した。また、セメント添加率 C/S(対象試料の乾燥重量 S に対するセメントの重量 C の比)を6.0%とした。試験は養生日数84日で、圧密排水(CD)試験、圧密非排水(CU)試験をそれぞれ圧密圧力50~200kPaの範囲で行った。

図-2に $\rho_t=1.10\text{g/cm}^3$ の試験結果を示す。圧密圧力が100kPa以下の場合に排水条件によらない1つの破壊規準が得られたが、圧密圧力が150kPa以上ではこれに一致しなかった。これは100~150kPaの間で圧密降伏しているためだと考えられる。この範囲は標準圧密試験より求めた圧密降伏応力の範囲と一致している。同様の理由で、 $\rho_t=1.30\text{g/cm}^3$ の場合では圧密応力が150kPa以下の範囲で、 $\rho_t=1.50\text{g/cm}^3$ の場合では全ての範囲において排水条件によらない破壊規準

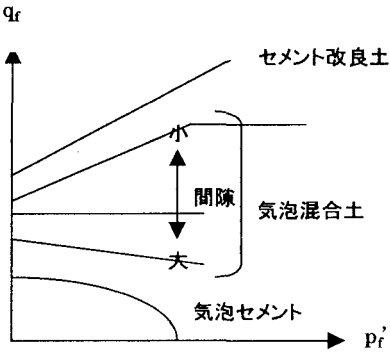


図-1 軽量混合材料の破壊基準(大嶺ら)

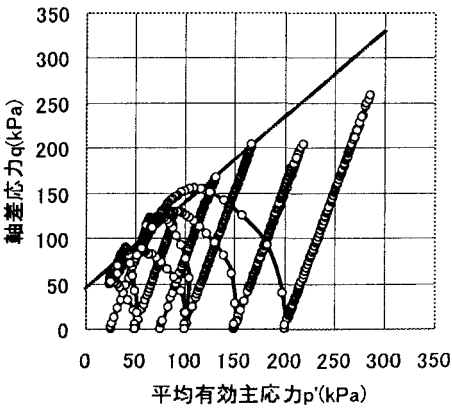


図-2 有効応力経路と破壊規準

表-1 三軸試験結果

$\rho_t(\text{g/cm}^3)$	1.1	1.3	1.5
$n_a(\%)$	26.7	13.3	0
α	45.3	70.5	139.3
β	0.95	1.24	1.36

が得られた。それらの圧密降伏応力以下で求めた破壊規準の定数である α, β を表-1に示す。結果より、空隙

率が増加すると α 、 β ともに低下していることがわかった。

3. 数値解析

気泡混合土を空隙とマトリックス(セメント安定処理土)からなる単純なモデルに置き換え、FEM 解析を行うこととした。気泡混合土は同一寸法の空隙がマトリックス中に均等に配置された構造を仮定した。空隙量は三軸圧縮試験で用いた試験体の条件と同じとし、解析モデルは、図-3 に示すような縦横比 4:1 の断面で切断し、2 次元軸対称のものとした。

マトリックスの力学モデルは、モール・クーロンの破壊規準を用いた弾完全塑性体とし、 $n_a=0\%$ の試験結果から得られた、弾性係数 $E=8.8\text{Mpa}$ 、ポアソン比 $\nu=0.32$ 及び、表-1 に示す $\alpha=139.3$ 、 $\beta=1.36$ を用いた。圧密圧力 $\sigma_3=50,100,200\text{kPa}$ とし、軸応力 σ_1 が $\sigma_1=\sigma_3$ のとき、等方圧密状態とみなし、その状態から徐々に σ_1 を増やしていき、それを圧縮過程とみなした。それぞれのステップにおいて各要素における破壊の進行について、次式で要素安全率 F_{se} を求めた。この場合、 $F_{se}>1$ のとき安全で、 $F_{se}<1$ のときその要素は破壊しているとみなせる。

$$F_{se} = \frac{\alpha + \beta p_f'}{\sigma_1 - \sigma_3} \quad (2)$$

図-4 は $n_a=26.7\%$ 、 $\sigma_3=100\text{kPa}$ における要素安全率のコンター図を示している。 $\sigma_1=300\text{kPa}$ のとき $F_{se}<1$ の分布域が初めて確認でき、マトリックスの局所的な破壊が生じたことを表している。さらに $\sigma_1=400\text{kPa}$ ではその領域が空隙に沿って拡大している。試験結果(図-2)では、軸差応力 200kPa ($\sigma_1=300\text{kPa}$) のときに破壊規準線に達しており、図-4 の破壊域の発生と一致している。局所的な破壊域の発生で試験供試体の破壊を議論することはできないが、 σ_3 を変化させた場合についても同様に試験結果と比較して、 F_{se} との関連性を検討する。

4. まとめ

ここでは、1 つの条件下についてのみ検討しているが、 n_a 、空隙配置、マトリックス部分の E, ν, α, β の異なるものに対しても同様の検討を行い、実験結果と比較する予定である。

【参考文献】

- 1) 矢島・丸尾・小川：飽和軽量土のせん断特性への気泡混入率の影響，土木学会論文集，No.511/III-30，pp.173-180，1995. 3
- 2) 山内・浜田：軽量盛土材としての気泡セメントの力学特性と降伏規準に関する一考察，土木学会論文集，pp.283-290，1989. 6
- 3) 渡辺・海野：気泡を多く含む気泡混合軽量土の破壊特性，第 35 回地盤工学研究発表会，pp.2165-2166，2000. 6
- 4) 大嶺・落合：混合体モデルに基づく軽量地盤材料の強度・変形特性の評価，軽量地盤材料の開発と適用に関するシンポジウム発表論文集，pp.187-192，2000. 5

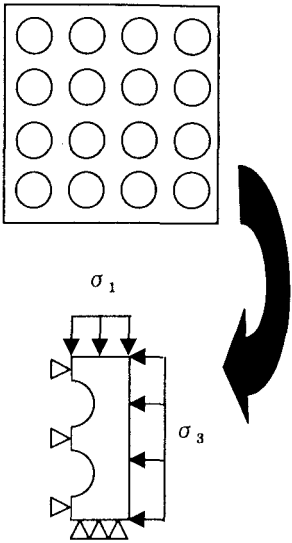


図-3 解析モデル

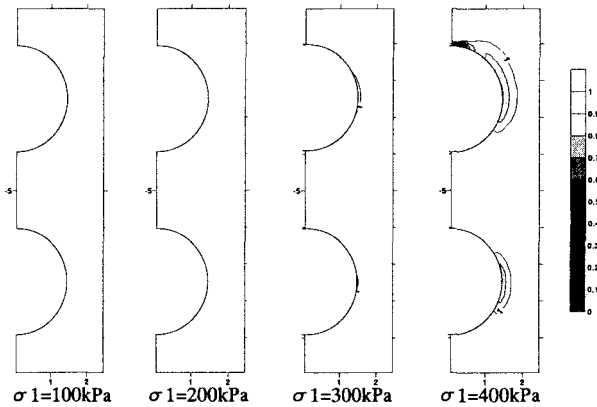


図-4 $\sigma_3=100\text{kPa}$ の要素安全率のコンター図