

セメント改良土の強度変形予測におけるコンクリート弾塑性構成式の適用

福岡大学工学部 学生員○福原 慎吾
福岡大学工学部 正 員 黒木 健実
福岡大学工学部 正 員 佐藤 研一
福岡大学工学部 正 員 吉田 信夫

1. はじめに

セメント系改良地盤の改良形式には、ブロック式をはじめ杭式、壁式、格子式等が提案されている¹⁾。それらの形式の改良効果を予測するためには、セメント改良土の終局的な力学挙動を把握し、実験と数値解析の両面からの検討が必要である。土質材料を弾塑性体とした構成モデルが種々提案されているが、まだ、セメント系改良土の力学挙動を表す代表的なモデルは提案されていない。そのための基礎的な研究として、コンクリート弾塑性構成式を用いた有限要素解析プログラムが模型地盤の強度変形挙動の予測に適用できるかを調べた。

2. 弾塑性構成式

有限要素法により離散化された礫畑の弾塑性構成マトリックス式²⁾を修正した ($\eta_x \leq 0$ の場合) 次式を用いる。

$$[D_{ep}] = \frac{E}{1-\nu^2} \begin{bmatrix} -\eta_x & -\nu\sqrt{\eta_x}\sqrt{\eta_y} & 0 \\ -\nu\sqrt{\eta_x}\sqrt{\eta_y} & \eta_y & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-\nu}{2}\sqrt{\eta_x}\sqrt{\eta_y} \cdot \sqrt{\eta_x}\sqrt{\eta_y} \end{bmatrix} \quad (1)$$

ここで、 E ：初期弾性係数、 ν ：ポアソン比、 η_x 、 η_y ：塑性化を表す変換パラメータであり次式で表される。なお、変換パラメータは実験から直線近似した応力 - ひずみ関係より求める。

$$E_{new} = \eta E_{old} \quad (2)$$

3. 材料定数

解析対象と同じセメント改良土を用いて直径10(cm)×高さ20(cm)の円柱供試体を製作し、圧縮試験、引張割裂試験を行い以下の材料係数を表1のように決定した。なお図1、表2は求めた応力 - ひずみ関係を直線近似したものである。

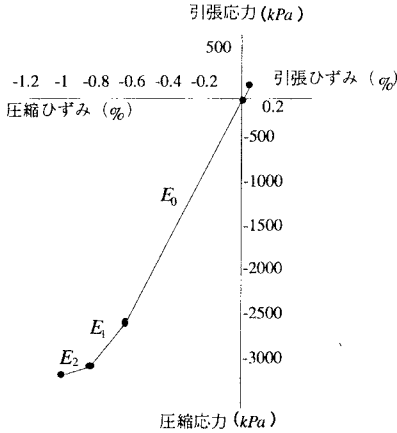


図1 セメント改良土の応力 - ひずみ関係

表1 材料定数

初期弾性係数	$E_0 = 38.52 \text{ (GPa)}$
ポアソン比	$\nu = 0.33$
最大弾性引張応力	$\sigma = 159.3 \text{ (kPa)}$
最大弾性引張ひずみ	$\epsilon = 0.04136 \text{ (\%)}$

表2 セメント改良土の応力 - ひずみ関係

	$E_1 = \eta_1 E_0$	$E_2 = \eta_2 E_0$
圧縮域での塑性化を表す変換パラメータ η	0.643	0.165
圧縮ひずみ ϵ (%)	0.6564 ~ 0.8581	0.8581 ~ 1.0094
圧縮応力 σ (kPa)	2529 ~ 3028	3028 ~ 3124

4. 応力降下曲線

荷重が増加するにつれて、ある要素についてはひびわれが発生して破壊されているが、構造物全体では破壊に至っていない。これを考慮するために引張域の塑性に関して応力降下曲線を開発したプログラムに導入した。なお本研究では、1990年に Hu & Schnobrich が提案した応力降下曲線³⁾を用いた。

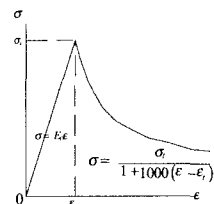


図2 Hu & Schnobrich の応力降下曲線

5. 解析概要と解析結果

深層混合処理工法の中から本解析では、壁式を取り上げ改良率を55(%)、70(%)、85(%)とした時の改良土の強度を予測する。供試体の寸法は高さ15(cm)×横30(cm)×厚さ20(cm)である。この模型地盤において凸部の壁を改良地盤とし、この幅を変えることにより改良率を設定する。また、各改良率ごとに壁の数を変化させ、その影響についても考慮した(図3参照) FEM解析においては模型地の対称性を利用して右半分について解析を行った。解析例として図4は改良率を55(%)、壁の数が2本、図5は改良率を85(%)、壁の数が4本での解析モデルと実験との比較結果を示す。

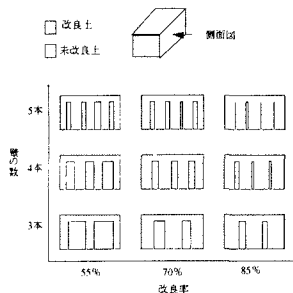


図3 壁の数と改良率の定義

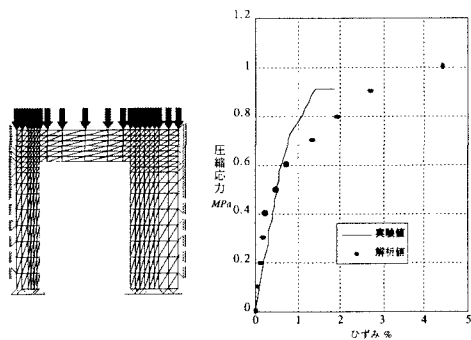


図4 解析モデルと実験との比較結果.1

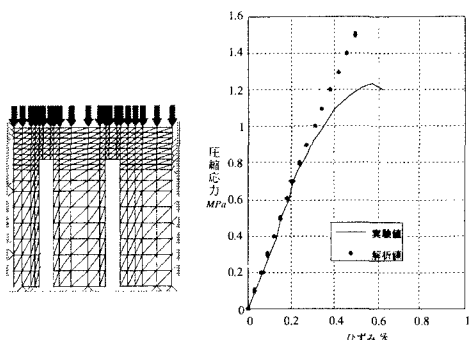


図5 解析モデルと実験との比較結果.2

全解析結果から、どの改良率、壁の数の比較においても、弾性域では実験結果とほぼ一致するが、圧縮応力が増大するにつれて実験と一致する解析結果を得ることができなかった。今後、精度の高い解析結果を得るためには、セメント改良土用の応力降下曲線の設定や満足な材料定数を得るために精度の高い材料試験を行うことが必要である。

6. まとめ

土よりモルタルに近いセメント改良土をRC構造物を対象として開発した解析プログラムで解析した結果、セメント改良土用の応力降下曲線の設定と実験から高い精度のデータが得られれば、同等の精度で解析できると予測できる。現在、応力降下曲線の設定と材料試験について検討中である。

【参考文献】

- 1) 福岡正巳：土木・建築技術者のための最新軟弱地盤ハンドブック,建設産業調査会,pp358-365,1981年
- 2) 小堀為雄・吉田博：有限要素法による構造解析プログラム,丸善,1980年
- 3) Hsuan-Teh Hu & William C. Schnobrich : Nonlinear Analysis of Cracked Reinforced Concrete .ACI structural journal,Vol.87,No2,pp199-207,1990.3.