

支持力試験における砂の変形特性の時間依存性

CRC ソリューションズ 正会員○野口 利雄

東京理科大学 正会員 平川 大貴

Bangladesh University of Engineering and Technology 正会員 M.S.A.Siddiquee

東京理科大学 フェロー会員 龍岡 文夫

1. はじめに

地盤材料の粘性による「時間依存性を持つ地盤の変形」を予測するには、任意のひずみ履歴に適用可能な構成モデルとそれを取り入れた数値解析手法が必要となる。本研究では、クリープ・レラクセーション载荷とともに基礎鉛直変位速度を何回も急変させた乾燥豊浦砂上の帯基礎の支持力実験（図-1）の結果を、一般非線形三要素モデルの一つである TESRA モデル¹⁾を用いて数値シミュレーションを行い、実験結果と比較した。

2. 実験方法と試料

幅 180cm、奥行き 40cm、高さ 80cm の平面ひずみ条件の土槽内に豊浦砂を空中落下法により撒き出し、深さ 65cm の模型地盤 (D_r = 約 90%、間隙比 e = 約 0.65、乾燥密度 γ_d = 約 1.60g/cm³) を作成した。幅 10cm で底面が粗で剛な帯基礎を用いて中央鉛直载荷を行った。一定の基礎沈下速度 ds/dt での単調载荷の途中で ds/dt を基本的に 4.72E-3mm/min と 4.72E-1mm/min の間で何度も急変した²⁾。TEST4 では持続载荷と荷重緩和試験を行った。TEST6 では、行わなかった。

3. 解析手法と解析モデル

解析モデルは、半断面とした（図-2）。解析では、帯基礎底面の位置にある節点に実測の基礎沈下速度を入力した。三要素モデルでは、ひずみ ε は弾性成分 ε^e と非可逆（粘塑性）成分 ε^r に、応力 σ は非粘性応力成分 σ' と粘性応力成分 σ'' に分解される。弾性ひずみに関する部分として亜弾性モデルを、 σ' のひずみ硬化則として一般双曲線式（GHE）モデルを用いた。 σ'' として、 ε^r の増加に伴って減衰する TESRA 粘性を取り入れた³⁾。TESRA モデルのパラメーターは、 $\alpha=0.25$ 、 $m=0.05$ 、 $\varepsilon_0=10^{-8}$ である。

4. 実験結果と FEM 解析結果

図-3(a)に TEST6 での基礎鉛直変位 s と基礎底面平均鉛直圧 q の時間歴を、図-3(b)に $q-s$ 関係を示す。実験結果は、変位速度が 1/100 に急減すると（あるいは 100 倍急増すると）応力値が一度減少（増加）して、次に増加（減少）する。この砂の TESRA 粘性を反映した挙動は、FEM 解析でも良く再現されている。また、 $q-s$ 関係のピーク荷重前の剛性・ q のピーク値・その時の基礎沈下量の実測値・ピーク荷重後の挙動を、FEM 解析で良く再現している。このような安定的な破壊解析が出来たことは、粘性を導入したことによる副次的であるが重要な結果である。

図-4 に、TEST4 の結果を示す。変位速度は b-c, d-e, h-i, n-o 各区間が 4.72E-3mm/min、a-b, e-f, g-h, j-k, l-m, o-p, q-r 各区間が 4.72E-2mm/min、c-d, i-j, m-n 各区間が 4.72E-1mm/min である。k-l 区間で 2 時間の荷重緩和、f-g, p-q 区間で 4 時間の持続試験を行っている。FEM 解析結果は、基礎沈下速度の急変時の

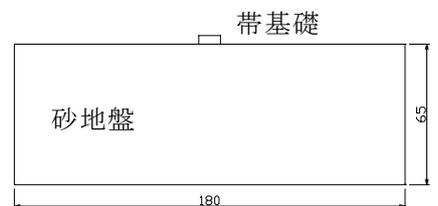


図-1 実験装置 単位(cm)

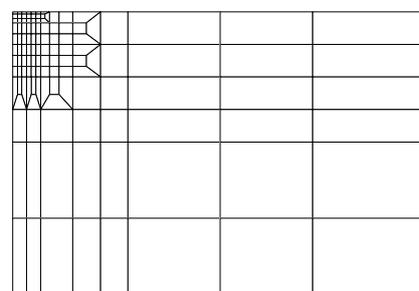


図-2 解析モデル

キーワード：変形特性、時間依存性、支持力、クリープ、変位速度

連絡先：〒136-8581 東京都江東区南砂 2-7-5 CRC ソリューションズ社会基盤ソリューション部

TEL 03-5634-5791 FAX 03-5634-7337

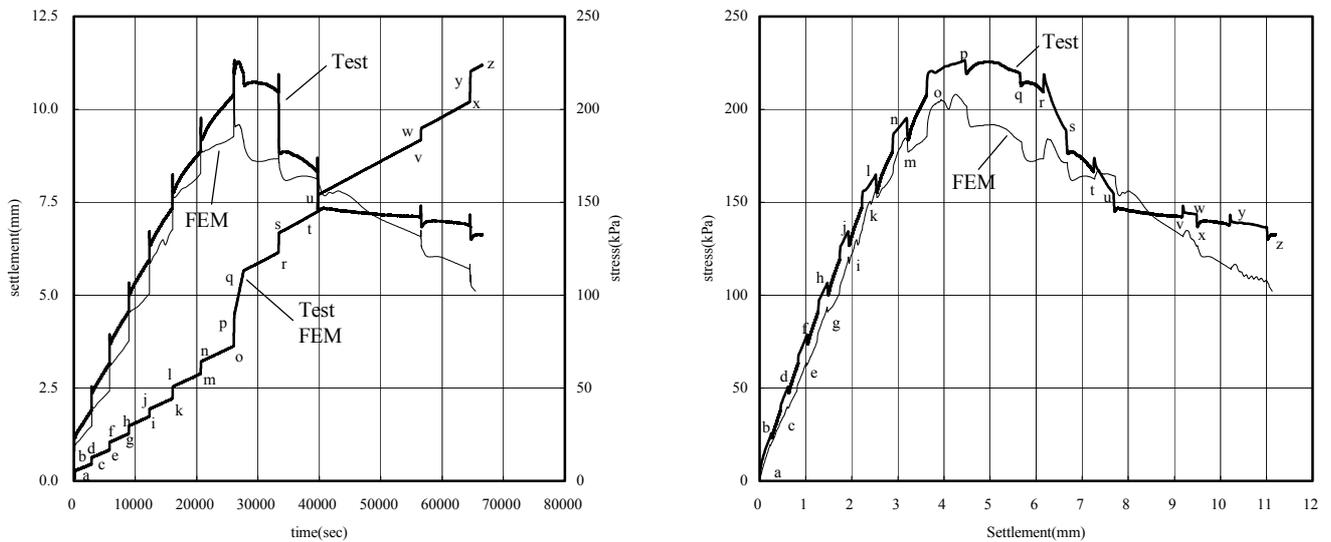


図-3 TEST6 の実験結果と FEM 解析結果 左(a)右(b)

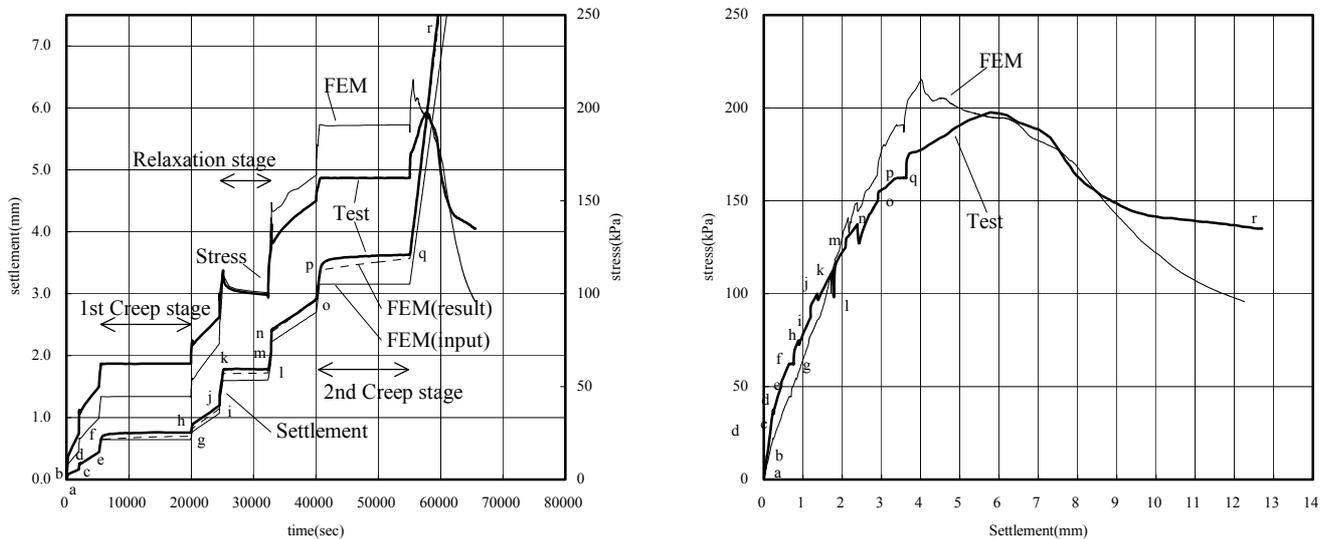


図-4 TEST4 の実験結果と FEM 解析結果 左(a)右(b)

挙動のみならず、持続載荷・荷重緩和試験での実測を良く再現している。

5. まとめ

今回の検討で得られた所見を、以下にまとめる。

- 1)砂の弾性ととも粘塑性を TESRA モデルで表現した非線形三要素法に基づいた FEM 解析により、乾燥豊浦砂の基礎の模型支持力実験で観察された「クリープ沈下等の時間依存性を持つ基礎の沈下特性」を、かなりの精度で再現できた。
- 2)上記のような砂の粘性を考慮した FEM 解析により、支持力問題における基礎荷重～沈下曲線、ピーク荷重とその時の基礎沈下量、ピーク荷重後の挙動をかなり精度良く再現できた。

[参考文献] : 1)例えば、M.S.A.Siddiquee, F.Tatsuoka, Modeling time-dependent stress-strain behavior of stiff geo-materials and its applications, Proc. Of the 8th International Conference on Computer Methods and Advance in Geomechanics, (Desai et al., eds.), pp.401-406, 2001; 2) 平川大貴: ジオシンセティック補強土構造物の残留変形特性に関する研究, 東京大学博士論文, pp5-81-5-88, 2003; 3) Di Benedetto, H., Tatsuoka, F. and Ishihara, M, Time-dependant shear deformation characteristics of sand and their constitutive modeling, *Soils and Foundations*, 42(2): 1-22, 2002