

盛土荷重を受けた軟弱地盤の変形解析における弾塑性モデルの適用性

佐賀大学理工学部 学○福岡秀春 正 坂井 晃
同 正 三浦哲彦

1. まえがき

盛土荷重を受ける地盤の変形解析は、一般に有限要素法解析が用いられている。特に、軟弱地盤を対象にした変形解析は、その沈下を予測する上で有効な手法であるが、解析に用いる土の構成式とそのパラメータの値の選定によって変形量に大きな差異がみられる。本研究は、土の構成式として著者の一人によって提案された弾塑性モデル¹⁾を使用し、盛土荷重を受けるモデル地盤を解析して、弾性解析結果と比較した。さらに、動態観測が行われた盛土荷重を受ける有明粘土地盤を対象に弾塑性解析を行い、実測値と比較することによってその適用性を調べた。また、弾性解析による逆解析を行いその解析パラメータの適合性についても検討した。

2. 土の弾塑性構成式

本解析に用いた弾塑性モデルは、粒子破碎領域の砂に対して一層適合するものとして提案されたもので、Cam-Clay式を修正する形で次の新たな仕事式を提案した。

$$\delta W = P \sqrt{(\delta v^p)^2 + (M \delta e^p)^2} - (M^2 \delta v^p \delta e^p) \quad (1)$$

このときの降伏曲線式は次式で与えられる。この式は、応力

$$p/q = \exp \left[- \int_0^q \frac{(2 + M^2 \eta) \eta}{M^2 p^2 + \eta^2 + M^2} d\eta \right] \quad (2)$$

面(p-q)上において、Cam-Clay式とModified Cam-clay式の間位置し、幾分Modified式に近い形状をしたものである。

3. 盛土荷重を受ける軟弱地盤の変形解析

3.1 モデル地盤の変形解析

解析対象地盤は、図-1に示すようなモデル地盤(盛土:高さ1m, 幅10m; 軟弱地盤:厚さ12.8m, 幅25m)を想定した。弾塑性モデルは軟弱地盤($e_0=3.4$, $\lambda=0.512$, $\kappa=0.068$, $M=1.382$)に適用し、盛土は弾性体($E_0=1000 \text{ tf/m}^2$, $\nu=0.45$)とした。また比較のため軟弱地盤の弾性解析も行った。軟弱地盤のヤング率Eは拘束圧依存性を考慮して $E_0 (\text{tf/m}^2) = 383 \cdot \text{Pa} \cdot (\sigma_m / \text{Pa})^{0.6}$ を用いた。

(1) 沈下と側方変位: 弾塑性モデルを用いたときの盛土直下における沈下は、図-2に示すように盛土荷重 (5.85 tf/cm^2) においては弾性解析よりも、幾分大きな値を示しているが側方への盛り上がりは逆に弾性解析よりも小さくなる傾向にある。また、盛土法尻における深さ方向の側方変位は、弾性解析よりも小さくそのピーク値の位置が下方にあるのが分かる。

(2) 構成式に用いたパラメータの影響: 構成式に用いたパラメータは (λ , κ , M) の3つである。有明粘土における λ の値は、 $\lambda=0.11 \sim 1.10$ の範囲²⁾にあること

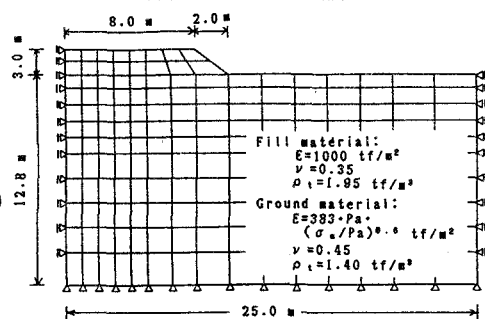


図-1 モデル地盤

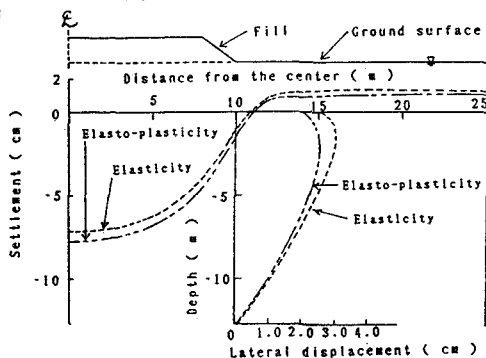


図-2 地表面の鉛直変位と側方変位

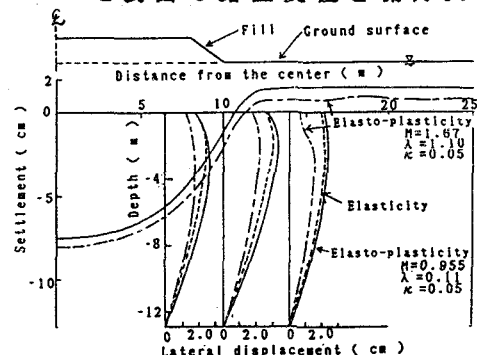


図-3 鉛直変位と側方変位に及ぼすパラメータの影響

から、 λ の上・下限値 $\lambda=0.11$ と 1.10 を利用して解析結果に及ぼすパラメータの影響について調べた。但し、 $\kappa/\lambda=一定$ 、 $M=1.75 \cdot (1-\kappa/\lambda)^3$ を用いた。図-3は、沈下と側方変位に及ぼすパラメータの影響を示したものである。パラメータの値によって顕著な差異はみられないが、 λ が大きくなるほど

沈下は大きく、側方への盛り上がりは小さい。一方、側方変位は λ が大きくなるほど増加していく傾向にある。

3.2 有明粘土地盤の変形解析

解析の対象とした地盤は、九州横断自動車道の武雄インターチェンジに位置し有明粘土からなる超軟弱地盤である⁴⁾。図-4には、その解析モデルを示す(盛土8.5m、地盤高7.1m、地盤幅88m)。解析地盤は、それぞれ盛土部($\gamma=2.0 \text{ tf/m}^3$, $E=1000 \text{ tf/m}^2$, $\nu=0.45$)と有明粘土地盤($\gamma=0.40 \text{ tf/m}^3$, $e_0=3.85$, $C_c=1.85$, $\lambda=0.803$, $\kappa=0.0803$, $M=1.57$, $\nu=0.45$)からなる。解析に用いたヤング率は、図-5に示すように三軸圧縮試験から得られた拘束圧依存性($E=64 \cdot P_a \cdot (\sigma_m/P_a)^{0.9}$)を考慮した。図-6は、有明粘土地盤表面の沈下量分布を示す。弾塑性モデルによる盛土中央部の沈下量は、弾性解析の約5割増であるが、実測値(212cm)よりも小さな値を示している。したがって、この弾塑性モデルでは有明粘土地盤の沈下量を幾分過小評価する可能性があるが、有明粘土地盤の不均一性、鋭敏比等の影響を十分に考慮していないことも一因していると思われる。図-7は、盛土中心から39.7mの位置で測定された深さ方向の側方変位と解析値を比較したものである。弾塑性モデルによる側方変位は実測値よりもかなり小さく実地盤の傾向を十分に表現し得ていないようである。一方、弾性解析による逆解析を試みた結果ヤング率は53%減の $E_0 (\text{tf/m}^2)=30 \text{ Pa} \cdot (\sigma_m/\text{pa})^{0.9}$ 、ポアソン比は $\nu=0.42$ であった。このときの解析結果は図-6、7に示す通りであり沈下量は実測値とよく一致しているが、側方変位は実測値のように粘土層の深い所にそのピーク値がみられず、逆解析においてもその傾向をよく表すことはできなかった。

4. まとめ

以上、盛土荷重を受けた軟弱地盤の解析結果から、本解析に用いた弾塑性構成式ではモデルパラメータの値によって顕著な異差は認められないが、地盤沈下量に比べて側方変位を幾分過小評価する可能性がある。

参考文献 1) N. Miura, H. Murata and N. Yasufuku: stress-strain characteristics of Sand in a Particle-cruShing Region, Soils and Foundations, Vol. 24, No. 1, pp. 77-89, 1984. 2) 九州・沖縄の特殊土, 土質工学会九州支部, pp29~31, 1983. 3) 第20回土質工学会シンポジウム発表論文集, 土質工学会, 軽部大蔵, 1975. 4) 九州横断自動車道武雄インター軟弱地盤土質調査資料集, 1977.

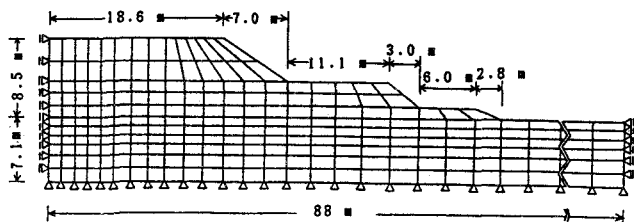


図-4 実地盤の解析モデル

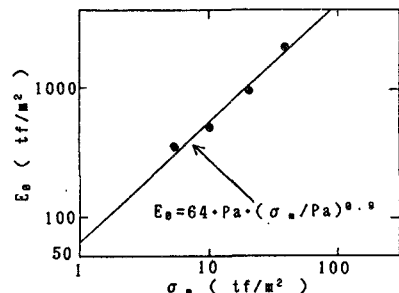


図-5 ヤング率の拘束圧依存性

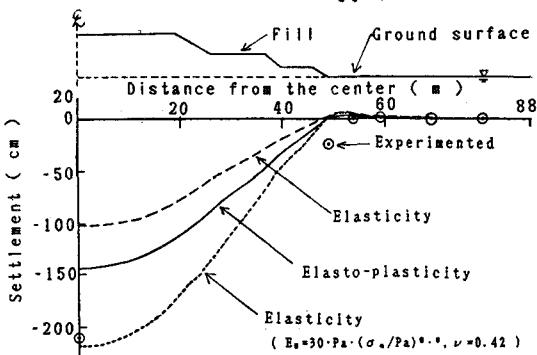


図-6 軟弱地盤表面の沈下曲線

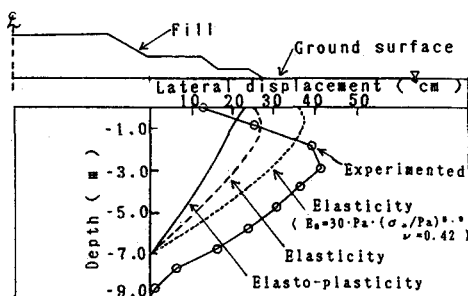


図-7 側方変位