

III-345 不攪乱砂礫試料の弾塑性挙動に関する研究

東京都南多摩新都市開発本部 正会員 小林正邦
 東京都南多摩新都市開発本部 正会員 安食芳夫
 清水建設機技術研究所 正会員○渡辺浩平
 清水建設機土木本部 正会員 川崎廣貴

1. はじめに

筆者ら¹⁾は、南大沢トンネルの上半部を構成する御殿峠礫層からブロックサンプリング法により採取した不攪乱砂礫試料の三軸圧縮試験を行い、強度特性および弾性変形特性について既に報告を行った。一方、西ら²⁾は、砂礫地盤に建設される大型マットコンクリート基礎の挙動を解析するため、原位置から攪乱状態で採取した砂礫試料の弾塑性構成式を使用している。なお、西らの研究の他には砂礫の弾塑性挙動を表現できる構成式の研究はほとんど行われていない。本研究においては、不攪乱状態で採取された砂礫試料の三軸圧縮試験結果に基づいて構成式の検討を行うとともに得られた構成式により試験結果のシミュレーションを行ったので、その結果について報告する。

2. 試験概要および試験結果

表-1には、今回使用した不攪乱砂礫試料の基本的な物理特性を示した。三軸圧縮試験は、排水条件下でひずみ速度一定($\dot{\epsilon}_1 = 0.01\%/min$)として行った。側圧は、1、2、5、10 kgf/cm²の4種類であり、バックプレッシャーは、2.0 kgf/cm²を作用させた。

供試体寸法は、直径10cm、高さ20cmとした。

図-1には、主応力差($\sigma_1 - \sigma_3$)～軸ひずみ(ϵ_1)～体積ひずみ(ϵ_v)関係の実測値を、側圧1 kgf/cm²(▽)、2 kgf/cm²(□)、5 kgf/cm²(△)、10 kgf/cm²(○)の場合について示した。なお、図-1に示した曲線は今回提案した構成式を用いて求めたシミュレーション曲線であるが、これについては後に述べる。

図-1で初期降伏に達するまでの弾性領域の応力ひずみ関係から接線ヤング係数Eおよび接線ポアソン比 ν を求めたところ、ヤング係数Eについては拘束圧依存性が見られ式(1)のように平均主応力 σ_m の1次式として表されることが、また、ポアソン比 ν については拘束圧依存性が見られず式(2)のように一定の値となった。

$E = 300 + 45 \cdot \sigma_m$ (1), $\nu = 0.19$ (2)
 以下、弾性ひずみの推定は、すべて式(1)、式(2)を用いて行った。

図-2には、最大強度(○)、初期降伏点(□)の実測値を示した。また、図中には応力経路(点線)および実験式として用いた最大強度線(実線)、初期降伏線(破

表-1 物理特性

湿潤単位体積重量 γ_t		2.14 tf/m ³
乾燥単位体積重量 γ_d		1.88 tf/m ³
粒度組成	礫分	66.0%
	砂分	26.0%
	シルト分, 粘土分	8.0%
均等係数 U_c		92.9

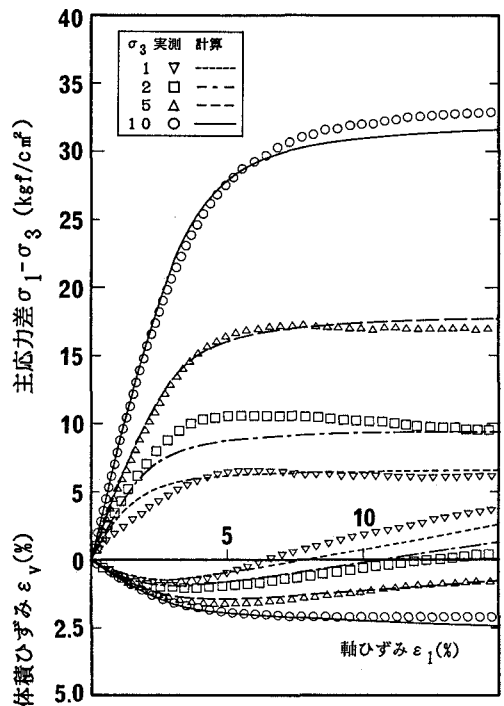


図-1 主応力差～軸ひずみ～体積ひずみ関係

線)をそれぞれ示した。最大強度線および初期降伏線は式(3)のように応力比一定の直線式で表される。

$$\eta = \tau_{oct} / (\sigma_m + A^*) = M_f, M_i \quad (3)$$

ここで、 M_f 、 M_i は、最大強度、初期降伏時における応力比で0.691、0.30の値が得られた。

τ_{oct} は正八面体せん断応力である。 A^* は、粘着力のある材料に対して設定されたパラメーターで1.371 kgf/cm² の値が得られた。

3. 弾塑性構成式とシミュレーション結果

本研究で用いた弾塑性構成式の降伏基準 f 、硬化則 h 、塑性ポテンシャル g は、それぞれ式(4)、式(5)、式(6)のようである。

$$f = \eta - \eta_y, \quad M_f \geq \eta_y \geq M_i \quad (4)$$

$$h = d\eta_y / d\tau_{oct}^p = G' \cdot (1 - \eta \cdot R_f / M_f)^2 \quad (5)$$

$$g = \eta - M_g / (1 - \alpha^*) \{1 - (\sigma_m + A^* / \sigma_{mi} + A^*)^\beta\} \quad (6)$$

ここで、 $\beta = (1 - \alpha^*) / \alpha^*$ である。

なお、式(6)の塑性ポテンシャルは式(7)の応力比～塑性ひずみ増分比関係から求められるが、この関係は各側圧について、おおむね図-3のように表される。

$$\eta = M_g + \alpha^* \cdot (-2 d\varepsilon_v^p / 3 d\tau_{oct}^p) \quad (7)$$

図-3より M_g は M_i に等しく0.3の値が得られた。

α^* には拘束圧依存性が見られ、図-4に α^* の逆数と初期降伏時の平均主応力 σ_{mi} との関係を示した。これより、 $1/\alpha^*$ は、式(8)のように σ_{mi} の1次式として表すことができる。この関係を図-4に実線で示した。

$$1/\alpha^* = a_1 + a_2 \cdot \sigma_{mi} \quad (8)$$

なお、式(5)～式(8)に用いられている定数の値としては、それぞれ $G' = 250$ 、 $R_f = 1.0$ 、 $a_1 = 0.26$ 、 $a_2 = -0.0234$ が得られた。

以上の関係を用いたシミュレーション結果を、図-1にそれぞれ1 kgf/cm² (点線)、2 kgf/cm² (一点鎖線)、5 kgf/cm² (破線)、10 kgf/cm² (実線)の場合について示したが、実測値との対応は良いことがわかる。

4. あとがき

不攪乱砂礫試料の弾塑性挙動を表現できる構成式について検討を行った。その結果、平均主応力依存型の構成式により不攪乱砂礫試料のせん断変形特性およびダイレイタンス特性がよく表現できることがわかった。

参考文献

- (1) 小林正邦他：不攪乱砂礫試料の力学特性について、第25回土質工学研究発表会、1990。
- (2) 西好一、江刺靖行、吉田保夫：大型マットコンクリート基礎・砂レキ地盤の相互作用(その2)、基礎施工時の沈下・土圧計測および弾・塑性有限要素解析手法の実証、電力中央研究所報告 379033、1980。

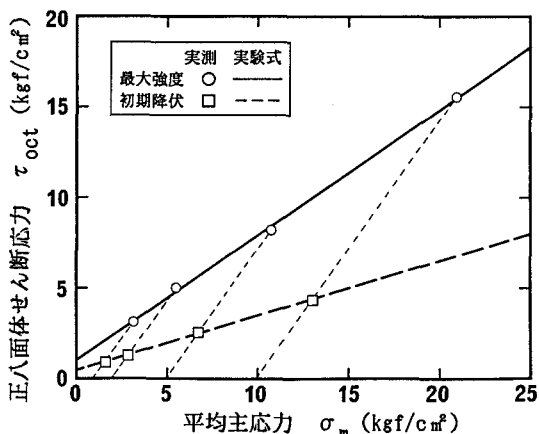


図-2 最大強度および初期降伏応力

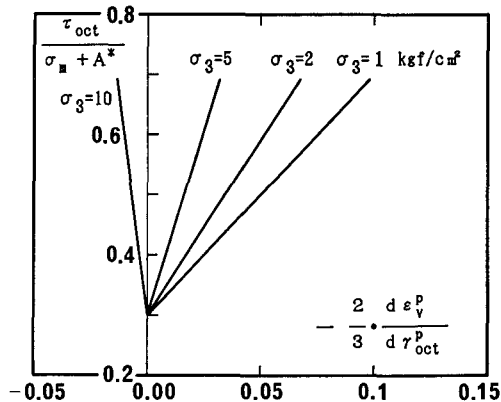


図-3 応力比～塑性ひずみ増分比関係

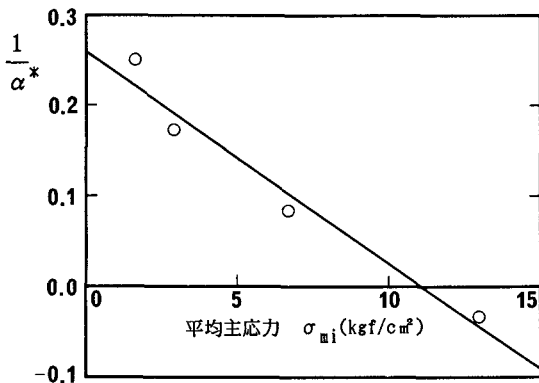


図-4 α^* の逆数と初期降伏時の平均主応力関係