

Ⅲ - A205

地盤内の応力状態を考慮した三軸試験結果

(株)テクノソール 正会員 ○鈴木 博
(株)テクノソール 正会員 辰井俊美
東洋大学工学部 正会員 石田哲朗

1. まえがき

山留め・掘削工事に伴う周辺地盤の変状は、FEM解析等の数値解析により予測されるのが一般的である。しかし、解析より求められる周辺地盤の変位量は、対象となる地盤の入力物性値、土のモデルあるいは、地盤のモデルの設定次第により大きく影響される。図1は、山留め・掘削工事における、一般的な周辺地盤の変状と地盤内の応力変化状況を示したものである。解析に用いられる地盤の入力物性値は、必ずしも掘削地盤周辺の応力条件に沿うものではなく、一般的な試験方法により得られた試験結果等を用いることが多い。そこで、筆者らは、想定される山留め掘削時の地盤状態を考慮した三軸試験の結果から、解析に用いる入力物性値と解析手法に関する土のモデル化を行ったときの仮定に対する適用性についての検討を行ってきた^{1),2)}。ここでは、三軸試験より得られた結果から、砂質土に対する密度状態の違いによる物性値への影響や、掘削・切梁等を考慮した除荷・再載荷の連続的な土のモデル化に関する知見を述べる。

2. 試験方法および試験条件

本研究で使用した三軸試験装置は、軸応力、拘束圧、背圧の三系統を制御することができるサーボシステムを有しており、任意の応力経路あるいはひずみ経路に沿って、連続的に制御できる機構となっている。試験に用いた試料は、珪砂6号である。供試体(φ50mm×h100mm)は、空中落下法により相対密度がそれぞれ60%,80%になるよう密度調整した後、三軸セル内でCO₂ガスと脱気水により完全飽和(B値≧0.95)させた。試験条件を表1に示す。試験は、一般に行われる等方圧密状態での圧縮試験のほか、掘削時の応力・変形挙動を考慮した三軸圧縮、伸張試験を実施した。K₀圧密過程は、K₀試験結果³⁾に基づき、主応力一定(σ₃/σ₁=K₀値)の条件下で所定の圧密状態まで載荷した。

3. 試験結果および考察

各試験条件より得られた応力～ひずみの関係(圧密圧力2kgf/cm²)を図2,図3に示す。土の応力～ひずみ関係は、掘削による周辺地盤の変形を予測するためのFEM解析等に適用されるが、応力～ひずみ関係のモデル化の適合性が予測される変形挙動に大きく左右される。図中の曲線は、Duncan-Chang⁴⁾モデルに代表される双曲線により、最大軸差応力が現れる軸ひずみ約4%までの応力～ひずみ関係を近似した結果である。K₀および等方圧密条件下での土の応力～ひずみ関係は、地盤の初期応力状態およびせん断状態にかかわらず、双曲線近似により極めて高い相関で近似されることを示している。また、密度状態が異なる場合でも、同様の傾向を示している。図4は、双曲線近似より得られた定数(1/a)と密度の関係を整理した結果である。双曲線近似より得ら

Key Words: 三軸圧縮試験、応力・ひずみ曲線、掘削

〒300-32 茨城県つくば市花畑2-15-2 (株)テクノソールつくば試験室 Tel 0298-64-8499 Fax 0298-64-8498

〒350 埼玉県川越市鯉井2100 東洋大学工学部環境建設学科 Tel /Fax 0492-39-1409

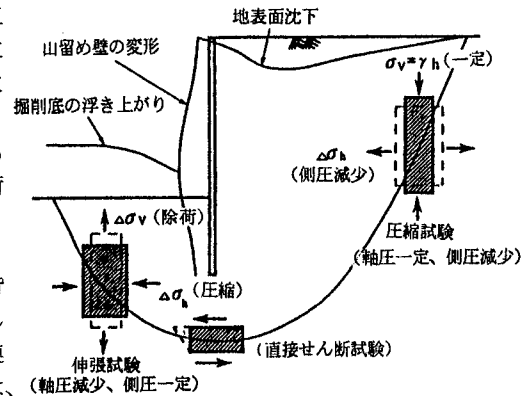


図1 周辺地盤の変状と地盤内の応力変化

表1 試験条件

圧密条件	試験の種類	せん断過程	相対密度Dr(%)
等方圧密	三軸圧縮試験	平均主応力一定	60,80
	三軸圧縮試験	軸圧一定、側圧減少	60,80
	三軸伸張試験	軸圧減少、側圧一定	60,80
K ₀ 圧密	三軸圧縮試験	平均主応力一定	60,80
	三軸圧縮試験	軸圧一定、側圧減少	60,80
	三軸伸張試験	軸圧減少、側圧一定	60,80

れる定数 a の逆数は初期変形係数、 b の逆数は主応力差のピーク強度の大きさを示す。変形係数は、FEM 解析等による掘削時の変形量を予測するための主要な入力パラメータであり、入力値の決定によって予測変形量に大きく影響を与える物性値である。図4によれば、変形係数は掘削時の初期の圧密条件により異なった値を示しており、 K_0 圧密条件下での変形係数は、一般に行われる等方圧密条件下での三軸圧縮試験より大きな値を示すことがわかる。また、図5は、掘削・切梁設置等による施工状況を考慮した、除荷・再載荷の連続的な応力～ひずみの関係（圧密圧力 2kgf/cm^2 ）を示したものである。また、図6は繰返し除荷・再載荷時の変形係数を整理したものである。これらの結果より、軸ひずみ1%程度以内での再載荷時における変形係数は、各載荷時の軸ひずみの大きさに関係なくほぼ同じ値を与えることがわかる。このことは、再載荷時に対する土のモデル化が複雑化されないことを示していると言える。

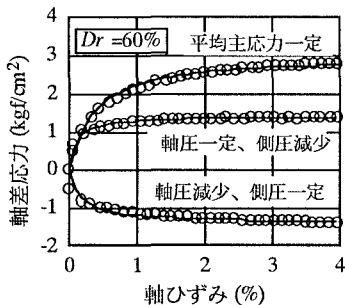


図2(a) 応力～ひずみの関係（等方圧密）

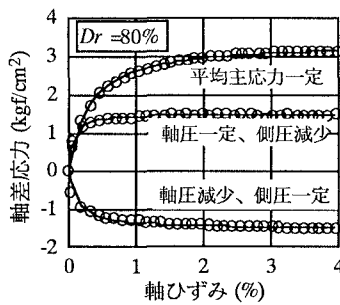


図2(b) 応力～ひずみの関係（等方圧密）

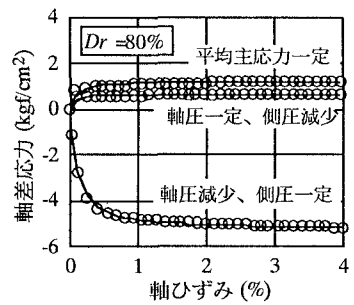
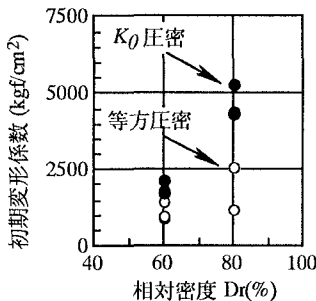

図3 応力～ひずみの関係（ K_0 圧密）


図4 初期変形係数と相対密度の関係

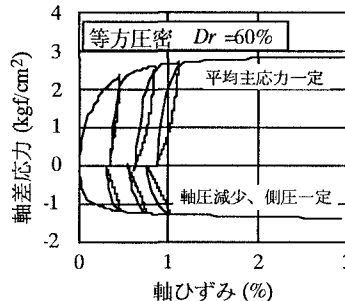


図5 除荷・再載荷時の応力～ひずみ関係

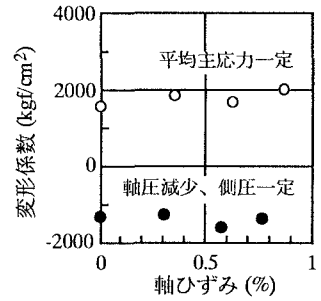


図6 変形係数とひずみの関係

これらのことから、土のモデル化は、土の応力～ひずみ関係に関する地盤の初期応力、密度、せん断状態に関係なく、一般に用いられる Duncan-Chang モデル等の解析手法が適用されることを示唆している。ただし、入力する物性値については、掘削時の応力状態を加味した補正が必要となる。

4. あとがき

本報は、砂質土を対象とした限られた条件下での結果であり、今後は、種々の土質を対象として山留め掘削時の応力状態を考慮した入力物性値の決定と、土のモデル化に対する解析手法への適用性に関する確認を考えている。さらに、これらの適用性に影響を与えると思われる拘束圧、過圧密比、飽和度、異方向性などについて検討していきたい。最後に、本報は東洋大学の石塚太、寺島健悟両君らの卒業研究と共同で進めてきた実験の一部分を基にまとめたものである。彼等の実験に対する熱意に対して、心から感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 鈴木・辰井・石田：掘削時の応力・変形挙動を考慮した土の強度特性，土木学会第22回関東支部技術研究発表会講演集，Ⅲ-32，pp.274-275，1995。
- 2) 鈴木・辰井・石田：掘削時の応力・変形挙動を考慮した土の強度特性（その2），土木学会第23回関東支部技術研究発表会講演集，Ⅲ-3，pp.342-343，1996。
- 3) 辰井・佐藤・鈴木： K_0 状態における土の応力・変形特性について，第28回土質工学会研究発表会講演集，土質工学会，pp.439-440，1993。
- 4) Duncan J.M. and Chang C.Y.: Nonlinear Analysis of Stress and Strain in Soils, jour.of S.M.F.Div., ASCE, Vol.96, No.SM5, pp.1629-1653, 1970。