

(Ⅲ－３) 掘削時の応力・変形挙動を考慮した土の強度特性（その2）

㈱テクノソール 正会員 ○鈴木 博
 ㈱テクノソール 正会員 辰井俊美
 東 洋 大 学 正会員 石田哲朗

1.はじめに

近年の社会的背景に伴って、大深度掘削に対するより安全な設計法と施工法の開発が要求され、特に最近では、動態観測による情報化施工管理システムを適用した施工例が多く見受けられる。しかしながら、FEM解析などの数値解析より予測される周辺地盤の変位量は、対象となる地盤の不確定な物性値、土のモデル、あるいは地盤モデルの設定次第によって、大きく影響されることが予想される。従って、解析においては、予測結果に大きく影響する不確定な地盤定数をいかに決定するかが重要な課題と考えられる。

前報¹⁾では、砂質土を対象に山留め掘削時の応力状態を三軸試験装置で再現し、土のモデル化に関する知見を述べた。本報では、粘性土に対する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の概要を図2-1に示す。本装置は、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、連続的に制御可能な完全自動型の多機能三軸試験装置である。試験に用いた試料は、茨城県つくば市内で採取した火山灰質粘性土である。試料の物理特性を表2-1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、図2-2に示すような応力経路（模式図）に沿ってせん断過程を設定した。試験条件を表2-2に示す。

3.試験結果および考察

土の応力～ひずみの関係は、掘削に伴う周辺地盤の変形挙動を予測するためのFEM解析等に適用され、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。ここでは、粘性土を対象とした三軸試験結果から、土の応力～ひずみ関係に関するモデル化についての検討を行った。

図3-1は、各せん断条件における応力経路を示す。図3-2は、三軸試験結果を基に応力～ひずみ関係を放物線回帰した結果であり、せん断条件にかかわらず、極めて高い相関で近似されることを表している。一方、双曲線回帰した結果を図3-3に示す。掘削時の応力状態を模擬した

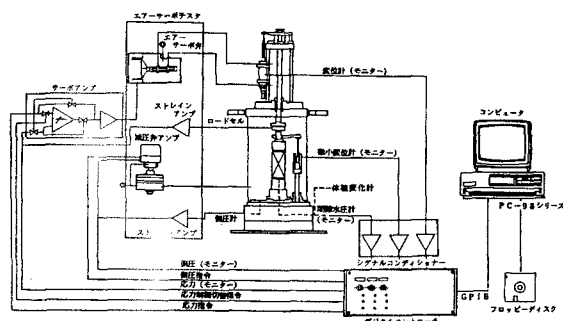


図2-1 三軸試験装置概要図

表2-1 試料物理特性

試料名	土粒子の比重 ρ_s	自然	液性	塑性	粒度組成 (%)		
		含水比 Wn (%)	限界 WL (%)	限界 Wp (%)	粘 土	シルト	砂
ローム	2.67	115	152	102	62	30	8

表2-2 試験条件

圧密過程	せん断過程	応力経路
等方圧密	軸圧増加側圧一定試験	P → A
	軸圧一定側圧減少試験	P → B
	軸圧減少側圧一定試験	P → C

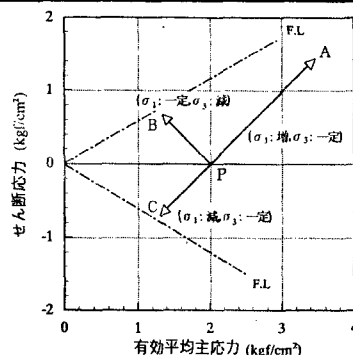


図2-2 応力経路図（模式図）

側圧減少試験、軸圧減少試験のせん断条件については、高い相関で近似されることを表しているが、通常行われる圧縮試験 (σ_1 増加; σ_3 一定) のせん断条件における相関性は、前者に比べ比較的小さく表われている。応力～ひずみ関係は、放物線回帰を適用することで高い相関性で大ひずみレベルまでモデル化できるが、放物線回帰では、回帰式の性質から初期変形係数や主応力差のピーク強度の大きさなど、一義的には決められないという欠点を有している。一方、双曲線回帰では、 σ_1 増加; σ_3 一定条件下での応力～ひずみ関係に差異が見られる。しかし、掘削時の地盤の応力状態を考慮した掘削周辺部の土のせん断条件は σ_1 一定; σ_3 減少および、 σ_1 減少; σ_3 一定条件下での応力経路に限られる。また、解析上対象となるひずみレベルの範囲は数%に限られることから、このひずみレベルでの範囲では比較的高い相関で近似されそうである。図3-4は、砂質土を対象に実施した試験結果¹⁾であり、三軸試験結果から主応力差のピーク強度までを極めて高い相関で近似されることを表している。これらのことを考慮すると、今回粘性土を対象として実施した試験は、砂質土の場合と同様、一般に用いられている Duncan - Chang²⁾ モデル等に代表される解析方法が、適用できることを示唆している。しかしながら、地盤の初期応力状態 (K_0) および掘削時の応力状態等を加味したモデル式の補正が必要である。特に、山留め掘削工事においては、その施工形態から地盤が受ける応力状態は複雑なものであり、切梁軸力を考慮した繰返し載荷時における変形係数の取扱い等についてさらに詳細な検討が必要と考えられる。

4.おわりに

今後は、自然地盤に対する地盤の状態（密度、飽和度、異方性等）、応力履歴（過圧密比、せん断履歴等）あるいは掘削に伴う地盤の応力状態などの影響に対する物性値の決定と土のモデル化に対する検討を考えている。

[謝辞]

本研究にあたっては、ヒロセ株式会社および川商リースシステム株式会社の御理解、御協力を得た。ここに記して御礼申し上げる。

[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；第22回関東支部技術研究発表会講演集，土木学会，pp274-275，1995.3
- 2) 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, pp1629-1653, 1970

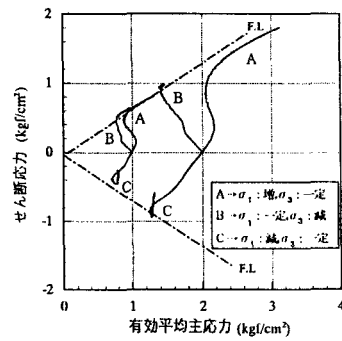


図3-1 応力経路図

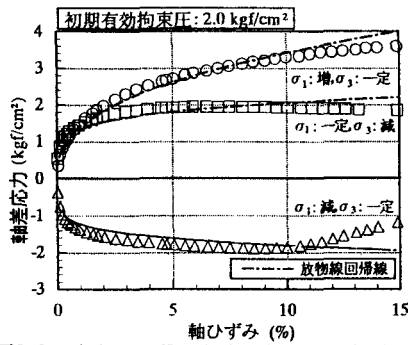


図3-2 応力～ひずみ関係（放物線回帰：粘性土）

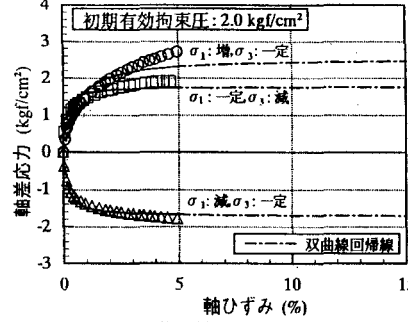


図3-3 応力～ひずみ関係（双曲線回帰：粘性土）

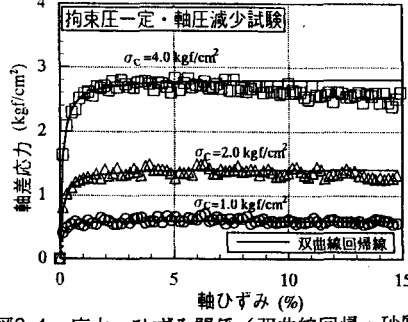


図3-4 応力～ひずみ関係（双曲線回帰：砂質土）