

粘土の時間効果特性に関する実験とその解析

名古屋工業大学 正員 中井 照夫 学生員 〇都築 顕司
学生員 石川 和彦 学生員 三宅 正人

現在までに、中間主応力の影響や、ひずみ増分方向の応力経路依存性を考慮した粘土の弾塑性構成式（弾塑性¹⁾ t_{ij} -clay model）に、関口による非定常流動曲面型の粘塑性理論²⁾を導入した粘土の弾・粘塑性構成モデル（VP t_{ij} -clay model³⁾）を提案している。本報告では、非排水条件下で、ひずみ速度を変化させた定ひずみ速度せん断試験と応力緩和試験の実験結果と解析結果を示し、本モデルの妥当性と適用性を検証する。

I 定ひずみ速度非排水せん断試験

表-1に本解析に用いた藤の森粘土の土質パラメータを示す。なお、これらの土質パラメータは標準圧密試験と非排水せん断強度よりすべて決定できる。図-1は $\dot{\epsilon}_d = 5.5 \times 10^{-2}$ (x/min.) (急速試験)および $\dot{\epsilon}_d = 5.5 \times 10^{-4}$ (x/min.) (緩速試験)の速度で行った、非排水せん断試験の有効応力経路の実測値と、本モデルによる解析値を $(p (=(\sigma_a + 2\sigma_r)/3), q (= \sigma_a - \sigma_r))$ 空間に表したものである（プロット：実測値、曲線：VP t_{ij} -clay modelによる解析値）。また、図-2, 3はその時のせん断応力～軸ひずみ関係（図-2：三軸圧縮試験、図-3：三軸伸張試験）を示している。本モデルの解析値は、有効応力経路でひずみ速度が速いほど p の減少が少ないなどの、よく知られている粘土のひずみ速度効果特性をよく表現しているばかりでなく、三軸圧縮・伸張という応力条件の差異も妥当に評価している。図-4, 5はSMP*の概念を基本とした本モデルの応力パラメータ (t_N, t_S) 空間に有効応力経路を整理したものである（図-4：急速試験、図-5：緩速試験）。図-1のように応力パラメータ (p, q) では、三軸圧縮試験と、三軸伸張試験を統一的に説明できないが (t_N, t_S) 空間で整理すると両試験は、応力条件によらずユニークな関係に整理できるのがわかる。

II 非排水応力緩和試験

図-6は、非排水条件下において $q/p_0 = 0.4$ (p_0 ：初期の圧密応力)までせん断し、約2日間応力緩和試験を行った後、再び同じ速度でせん断を行った時の実測値（プロット）と解析曲線を、図-7, 8は同じ試験のせん断応力～軸ひずみ関係を示している（図-7：三軸圧縮試験、図-8：三軸伸張試験、初めのせん断時および、再せん断時のひずみ速度 $\dot{\epsilon}_d = 5.5 \times 10^{-2}$ (x/min.)）。図-6の

表-1 土質パラメータ

$\lambda/(1+e_0)$	5.08×10^{-2}
$\kappa/(1+e_0)$	1.12×10^{-2}
$\phi^*(\text{comp.})$	33.7°
α	0.74
V_e	0.0
C_E	0.0015
$\dot{\epsilon}_v$ (%/min)	1.0×10^{-4}

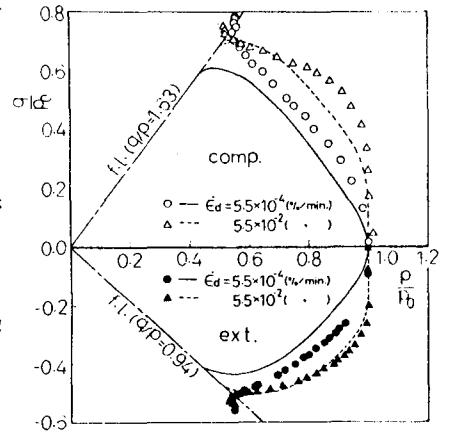


図-1 非排水せん断試験の有効応力経路 (三軸圧縮・伸張)

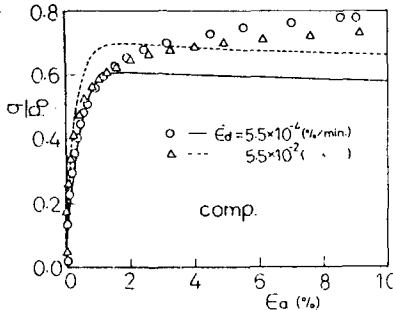


図-2 せん断応力～軸ひずみ関係 (三軸圧縮)

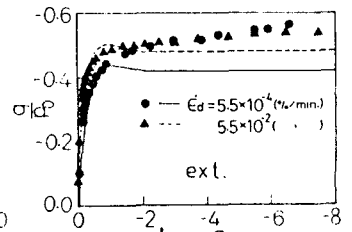


図-3 せん断応力～軸ひずみ関係 (三軸伸張)

応力経路は、急激な q の立ち上がりの後、同じひずみ速度の応力緩和をしない非排水せん断試験(図-1参照)の経路に沿って破壊に至っている。また、実線および破線は解析値を示しているが、まず破線はせん断前の等方圧密時の応力を常に初期値とし計算したものであり、この場合再せん断時の q の立ち上がりを過小評価するようである。しかし、たとえば応力緩和から再せん断試験に移るときのように、ひずみ速度が急に大きくなる場合には、その時の応力点を初期値とする新たな粘塑性ポテンシャルが形成されると仮定すると、解析値は実線のようになり、有効応力経路、応力～ひずみ関係共に、実測値をよく説明する。図-9, 10は、応力緩和試験中のせん断応力 $q/p_0 \sim \log t$ (t : 緩和時間)関係を示しており(図-9: 三軸圧縮試験、図-10: 三軸伸張試験)、解析値は実測値のせん断応力の緩和特性をよく説明している。以上、本モデルは、三軸圧縮・伸張の応力条件の差異も含めて実測される粘土の種々の粘塑性挙動を妥当に説明できることがわかる。

謝辞

日頃御援助頂いている本学山内 利彦教授、御指導、御助言を頂いている松岡 元助教に感謝致します。

参考文献

- 1) 中井・松岡(1986): S & F Vol. 1, No. 3, pp81-98
- 2) 関口(1977): Proc. 9th ICSMFE, Vol. 1, pp289-292
- 3) 中井・都築(1986): 第21回土質工学研究発表会
Vol. 1, pp467-470
- 4) 中井・松岡(1980): 土木学会論文報告集 No. 303, pp65-77

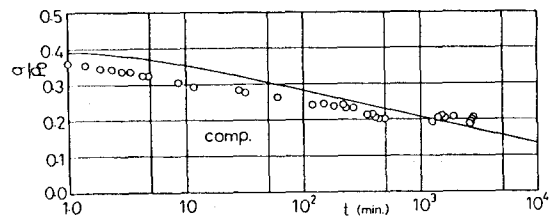


図-9 せん断応力～緩和時間関係(三軸圧縮)

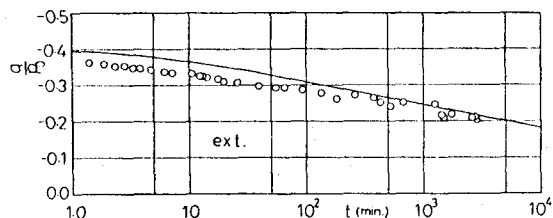


図-10 せん断応力～緩和時間関係(三軸伸張)

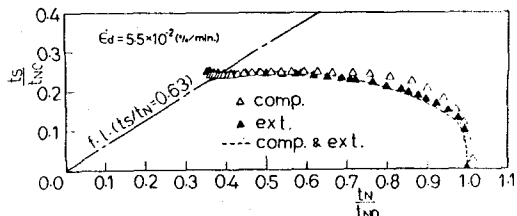


図-4 有効応力経路((t_N, t_S) 空間, 急速試験)

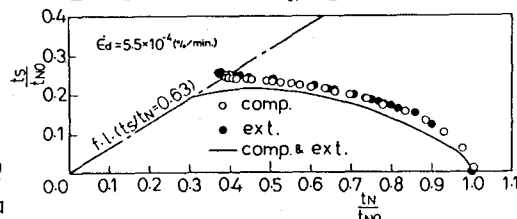


図-5 有効応力経路((t_N, t_S) 空間, 緩速試験)

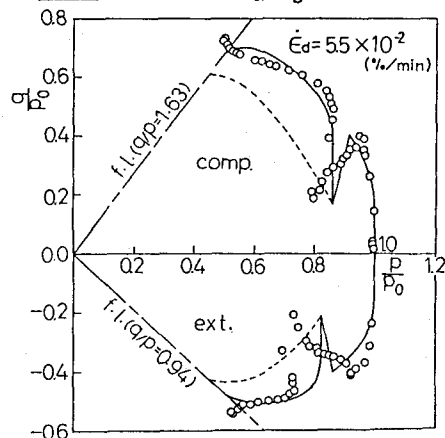


図-6 非排水応力緩和試験の有効応力経路(三軸圧縮・伸張)

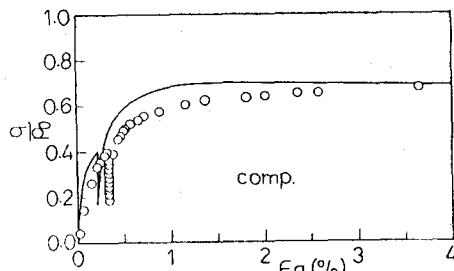


図-7 せん断応力～軸ひずみ関係(三軸圧縮)

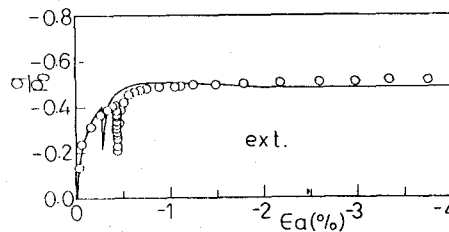


図-8 せん断応力～軸ひずみ関係(三軸伸張)