

(III-20) 粘性土の非排水強度に関する異方性の測定とその評価

防衛大学校 茂籠 勇人・正垣 孝晴・○矢野 慎也

1 はじめに

地盤の安定および変形問題に関する設計を精度良く行うために自然地盤の異方性を取り入れた解析が必要である。粘土の非排水強度に関する異方性は、土粒子の堆積時の粒子配列に起因する初期異方性と異方的な応力履歴によって発生する誘導異方性に区別される。正垣ら¹⁾は、非排水強度の初期及び誘導異方性を考慮した斜面安定解析法を提案している。この方法は、供試体の切り出し角度 β を変化させた一軸圧縮強度から非排水強度に関する初期異方性を実測し、誘導異方性は、Duncan and Seed²⁾の提案した式から求めている。

本研究では、圧密応力の増加によって誘導異方性が発現する地盤をシミュレートした試料を用い、 β を変化させた一軸圧縮試験と単純せん断試験から初期異方性を測定した。さらに K_0 圧密三軸圧縮・伸張試験からDuncan and Seed²⁾の提案した式の妥当性を実験的に検討した。

2 供試土と試験方法

供試土は、大阪湾から採取した粘性土と同じ海域の海水を加えて大型ソリミキサーで24時間以上攪拌し、106 μ mのフルイで粗粒分と貝殻片を取り除いた後に再圧密して得た再構成土である。再構成土は、豊浦標準砂を混入して塑性指数 I_p を約15%, 30%に調整したもの(M15, M30)と、 I_p を調整しないもの(M40)を準備し、直径165mm、高さ500mmの圧縮土槽で圧密圧力 $p=100, 300, 500$ kPa (p_1, p_3, p_5)で一次元圧密をした。供試土の指数的性質を表-1に示す。M40では、 p_5 の試料を得ることができなかった。本研究ではM15, M30, M40を用い、 β を変化させた一軸圧縮試験、単純せん断試験、 K_0 圧密三軸圧縮・伸張試験³⁾をそれぞれの圧密圧力の供試土に対して行った。

表-1 再構成土の指数的性質

Soils	M15	M30	M40
Sand (%)	50	23	2
Silt (%)	22	37	50
Clay (%)	28	40	48
w_o (%)	p_1	25.8	41.4
	p_3	22.7	34.0
	p_5	20.3	30.6
w_L (%)	31.5	52.8	68.4
I_p (%)	15.6	30.5	40.7
q_u (kPa)	p_1	54	59.6
	p_3	134	199.2
	p_5	150.7	380.7

3 試料の塑性や状態が非排水強度の初期異方性に及ぼす影響

図-1に、各試料の $\beta=0^\circ$ の $\bar{q}_u$ に対する各 β の $\bar{q}_u$ の比と β の関係を示す。図中のシャド-は自然堆積土¹⁾に対する結果を示す。ここで $\bar{q}_u$ は4~6個の q_u の平均値である。再構成土の $\bar{q}_u(\beta)/\bar{q}_u(0^\circ)$ 値は、M30の p_5 を除き、 $\beta=90^\circ$ において最少となる。M15, M30, M40の $\bar{q}_u(90^\circ)/\bar{q}_u(0^\circ)$ 値は、それぞれ(0.71~0.81), (0.81~0.82), (0.70~0.79)であり、自然堆積土のそれ¹⁾とほぼ同じである。図-2は、単純せん断試験から得たせん断強度 τ_f に対する一軸圧縮強度から求めた各 β の $\bar{q}_u/2$ の比 $\bar{c}_u(\beta)/\tau_f$ と β の関係である。M15の p_5 の供試体を作成することができなかったため、M15 p_5 の7°プロットはない。 $\bar{c}_u(\beta)/\tau_f$ 値は β の増大にともなって小さくなる。 $\beta=0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ における $\bar{c}_u(\beta)/\tau_f$ 値の平均は、それぞれ1.35, 1.28, 1.08, 1.11である。図-3は、 $\bar{c}_u(60^\circ)/\tau_f$ 値と I_p の関係である。再構成土の $\bar{c}_u(60^\circ)/\tau_f$ 値は $I_p=(18.8\sim71)\%$ の範囲でほぼ1である。また、 $\beta=0^\circ$ の $\bar{q}_u$ に

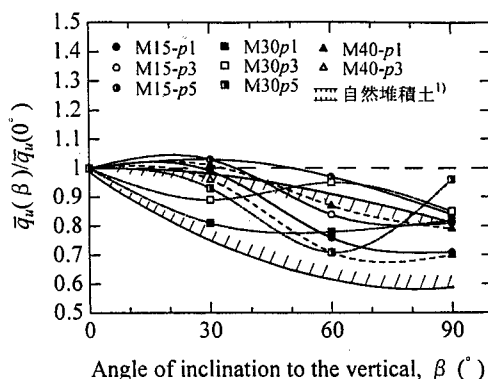


図-1 $\bar{q}_u(\beta)/\bar{q}_u(0^\circ)$ と β の関係

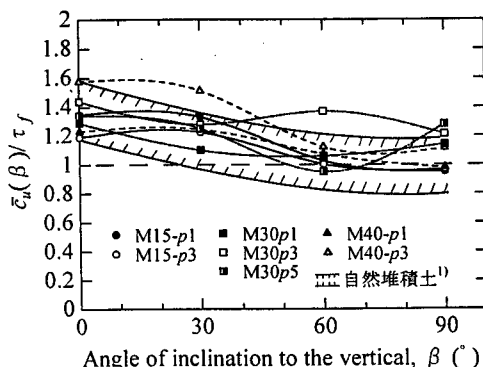


図-2 $\bar{c}_u(\beta)/\tau_f$ と β の関係

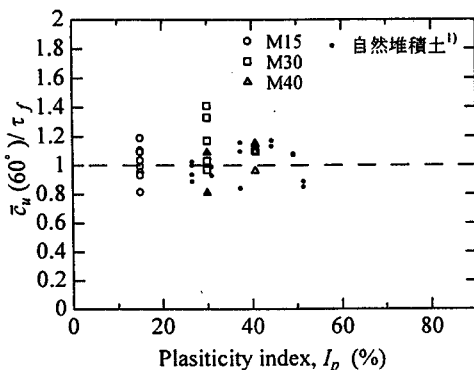


図-3 $\bar{\tau}_u(60^\circ)/\tau_f$ と I_p の関係

対しても同様の傾向であった。このことは、単純せん断強度 τ_f は I_p, q_u に関係なく $\beta=60^\circ$ の $\bar{q}_u/2$ に対応することを示す。

4 非排水強度の誘導異方性の測定とその評価

図-4 は、M30 に対する K_0 圧密三軸圧縮・伸張試験から得た有効応力経路である。圧縮・伸張において p_1, p_3, p_5 の破壊点は1本の破壊包絡線上にあり、有効内部摩擦角 ϕ' はそれぞれ $35^\circ, 27^\circ$ であった。これらの結果から、S 供試体を用いた K_0 圧密三軸圧縮・伸張試験が精度良く行えていることが分かる。図-5 に K_0 圧密三軸圧縮・伸張試験から求めた c_u/p と β の関係を示す。図中の曲線は、それぞれ Duncan and Seed²⁾ の提案式から得た M15, M30, M40 の理論曲線である。三軸圧縮・伸張試験から求めた c_u/p 値は、それぞれ $\beta=0^\circ, 90^\circ$ の c_u/p 値としてプロットしている。三軸圧縮試験から得た $\beta=0^\circ$ の c_u/p 値は Duncan and Seed²⁾ の提案式から得たそれとほぼ一致しているが、 $\beta=90^\circ$ では若干大きな値を示している。三軸圧縮・伸張試験では、せん断中に平面ひずみ状態が満足されていない。浅岡ら⁴⁾ は、平面ひずみ条件を考慮することにより強度が 15% 増加することを解析的に示している。図-5 に平面ひずみ条件を考慮すると Duncan and Seed²⁾ の理論曲線は、全体的に三軸試験結果より若干低い値を示す。これは、Duncan and Seed²⁾ の提案式を用いて設計に非排水強度の誘導異方性を考慮すると安全側の設計になることを示している。したがって Duncan and Seed²⁾ が提案した式を用いて設計に応力誘導異方性を考慮することは妥当であると判断される。

5 おわりに

一軸圧縮試験と単純せん断試験から初期異方性を測定し、円弧すべり面上の平均的な強度を $\beta=60^\circ$ の $\bar{q}_u/2$ から推定できることが分かった。 K_0 圧密三軸圧縮・伸張試験結果から Duncan and Seed²⁾ の提案式を用いて設計に応力誘導異方性を考慮することは妥当であると判断される。

参考文献

1) 正垣ら, 第 41 回地盤工学シンポジウム発表論文集, pp.17-22, 1997. 2) Duncan and Seed, ASCE, No.SM5, Vol.92, pp.81-104, 1966. 3) 正垣ら, 第 24 回関東支部技術研究発表会概要集(投稿中), 1997. 4) 浅岡ら, Proc. of 12 th ICSMFE, Vol.3, pp. 1709-1712, 1989.

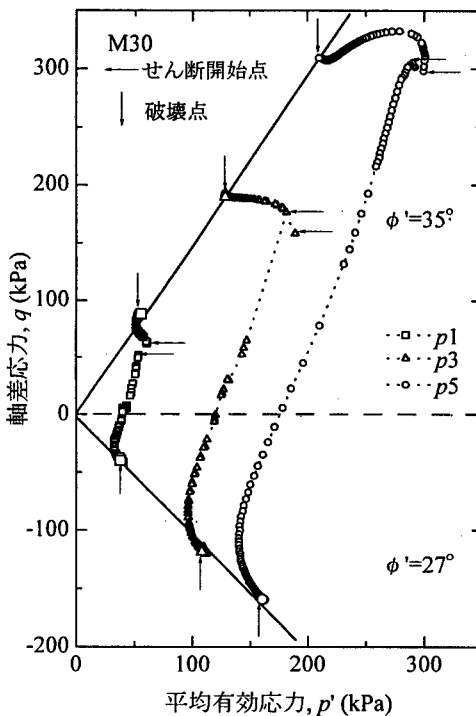


図-4 有効応力経路(M30)

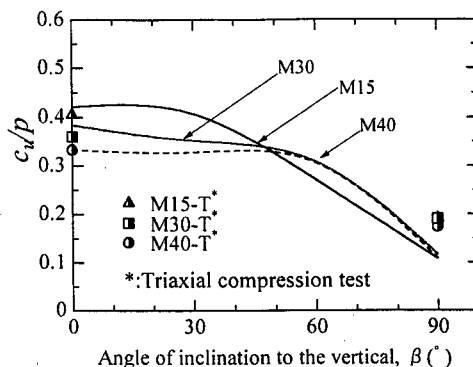


図-5 c_u/p と β の関係