

III-181

鋭敏粘土の中空ねじりせん断試験

岐阜大学	正会員	岡 二三生
(財)大阪土質試験所	正会員	長屋 淳一
岐阜大学大学院	○学生員	杉山 英夫
岐阜大学大学院	学生員	加藤 直樹

1. はじめに

土の強度及び変形特性は、過去の応力履歴や現在の応力状態に大きく依存している。よって、破壊時における応力状態（つまり主応力の方向）は、粘土の応力-ひずみ関係、非排水せん断強度に大きな影響を及ぼしていると言える。本研究では、等方圧密された自然粘土に対して主応力方向がどのような影響を与えているかを調べるため非排水状態で三軸圧縮試験及び中空ねじり試験を行い、得られた実験結果より応力-ひずみ関係、非排水せん断強度について比較検討を行ってみた。

2. 試料及び試験方法

実験に用いた試料は、東大阪市の深さ8.3mより採取した不攪乱粘土で、微細な貝殻や砂が混ざっていた。表1に平均的な物理特性を示した。自然含水比が液性限界に近いことからこの粘土は鋭敏粘土であると言える。三軸圧縮試験では試料を直径5cm、高さ10cmの円柱供試体に、中空ねじり試験では外径7cm、内径3cm、高さ10cmの中空円筒供試体に成形し、圧密圧力0.8kgf/cm²で等方圧密を行った後、表2に示す一定のせん断ひずみ速度で非排水せん断試験を行った。中空ねじり試験ではステッピングモーターによりパルス数を入力することによって回転速度を制御できるひずみ制御型の試験装置を用い、データの処理においてメンブレンに対する補正は龍岡ら¹⁾による補正式を用いた。ここで、せん断応力 q は $q = \sqrt{s_{ij} \cdot s_{ij}}$ (s_{ij} :偏差応力テンソル), $\gamma^* = \gamma^* = \sqrt{e_{ij} \cdot e_{ij}/2}$ (e_{ij} :偏差ひずみテンソル)と定義した。

3. 試験結果及び考察

等方圧密した後、ねじりせん断を行うとせん断中の主応力 σ_1' , σ_3' の方向は回転せず、三軸圧縮試験とは鉛直方向と σ_1' 方向のなす角度 β と b 値の2点（ねじりせん断試験： $\beta = 45^\circ$, $b = 0.5$, 三軸圧縮試験： $\beta = 0$, $b = 0$ ）で異なるだけとなる。図1は応力-ひずみ曲線を示している。図1よりピークせん断強度の発生は、ねじりせん断試験結果より三軸圧縮試験結果の方が小さなひずみで発生している。三軸圧縮試験TS5-2がピーク強度に $\gamma^* = 2\%$ で達しているのに対しねじりせん断試験NT2-3が $\gamma^* = 3.2\%$, NT2-4が $\gamma^* = 4.5\%$ でピーク強度に達している。またねじりせん断試験においてひずみ速度の速いNT2-3の方がひずみ速度の遅いNT2-4よりもせん断応力が大きく、ひずみ速度効果が見られる。図2は応力経路図を示している。三軸圧縮試験TS5-2とねじりせん断試験NT2-3の γ^* は、それぞれ $5.369 \times 10^{-3}\%/min$, $5.25 \times 10^{-3}\%/min$ でほぼ同じひずみ速度で荷重を載荷したのであるが、図2よりTS5-2の応力経路の方がNT2-3のより急に立ち上がってピーク強度に達し、ピーク後は鋭敏な粘土でよくみられるように、軟化とともに平均有効応力の減少が起り残留応力状態に達している。ねじりせん断試験NT2-3, NT2-4もピークに達した後、軟化現象がみられるが、三軸圧縮試験TS5-2に比べると軟化の程度は小さい。三軸圧縮試験TS5-2の q_{max} は0.626kgf/cm², ねじりせん断試験NT2-3の q_{max} は0.514kgf/cm², NT2-4の q_{max} は0.50kgf/cm²となり三軸試験のピークせん断強度が大きく発揮している。東大阪粘土の一軸圧縮試験結果²⁾より、鉛直方向載荷ではひずみが約2%で強度はピークに達しピークの現れ方が明瞭であるが、水平方向載荷では強度の発生のしかたが小さくピークの現れ方が不明瞭である。この結果は堆積時の異方性の現れであると考えられる。三軸圧縮試験とねじりせん断試験のせん断強度の発生のしかたの違いなどはこの二つの試験の主応力方向の違いによる強度異方性の現れかたの差といえる。図3は正八面体上における破壊応力の状態を示している。●印はピーク時のせん断強度を、○印は大ひずみでの強度を示している。TS5-1とTS5-2, NT2-3とNT2-4の大ひずみでの強度を比較してみると時間効果は

ほとんど見られない。TS5-7とTS5-8では破壊時の応力状態の差が現れているが、これはTS5-7が軟化して破壊しているのに対してTS5-8は軟化せずに破壊したことによって起こっている。全体的な傾向としては、圧縮側の強度が一番強く、 $b=0.5$ 、伸張側($b=1$)の順で強度が弱くなっている。

4. 参考文献

- 1) F. Tatuoka, S. Sonoda, K. Hara, S. Fukusima, and T. J. B. S. Pradhan (1986d): "Failure and deformation of sand in torsional shear, :Soils and Foundations, Vol. 26, No. 4, pp. 79-97.
- 2) 長屋淳一(1989): "鋭敏性粘土の弾粘塑性構成式とその応用", 岐阜大学修士論文

表-1 東大阪粘土の物理特性

比重	2.67~2.70	塑性指数	41.9 (%)
先行圧密荷重	0.95 (kgf/cm ²)	液性指数	1.02
圧密指数	0.355	鋭敏比	15
膨潤指数	0.0477	活性度	0.54
自然含水比	65~72 (%)	粘土分	56 (%)
液性限界	69.2 (%)	シルト分	37 (%)
塑性限界	27.3 (%)	砂分	7 (%)

表2 試験条件

試料名	圧密圧力 (kgf/cm ²)	ひずみ速度 $\dot{\gamma}$ (%/min)
TS5-1	0.8	5.20×10^{-4}
TS5-2	0.8	5.37×10^{-3}
NO, 3	1.2	8.66×10^{-3}
NO, 7	1.2	1.58×10^{-4}
NT2-3	0.8	5.25×10^{-3}
NT2-4	0.8	2.07×10^{-3}
NC-N1	1.6	1.57×10^{-3}
NC-N2	1.6	7.85×10^{-3}
NC-N3	1.6	1.05×10^{-3}
OC-N4	0.8	1.57×10^{-3}
NC-N5	1.6	7.85×10^{-3}
TS5-7	0.8	5.20×10^{-3}
TS5-8	0.8	5.20×10^{-4}

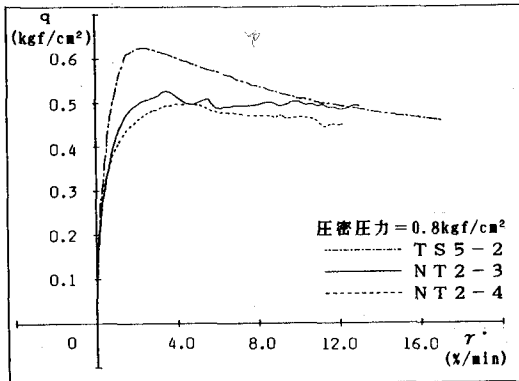


図1 TS5-2, NT2-3, NT2-4の応力-ひずみ曲線

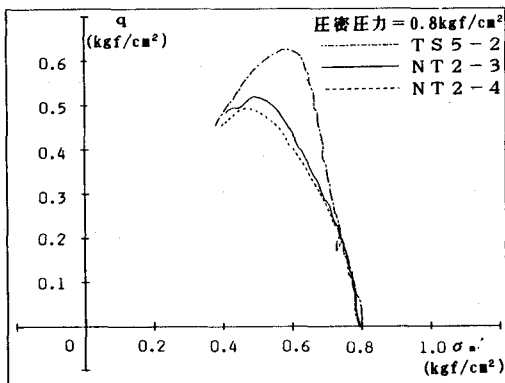


図2 TS5-2, NT2-3, NT2-4の応力経路図

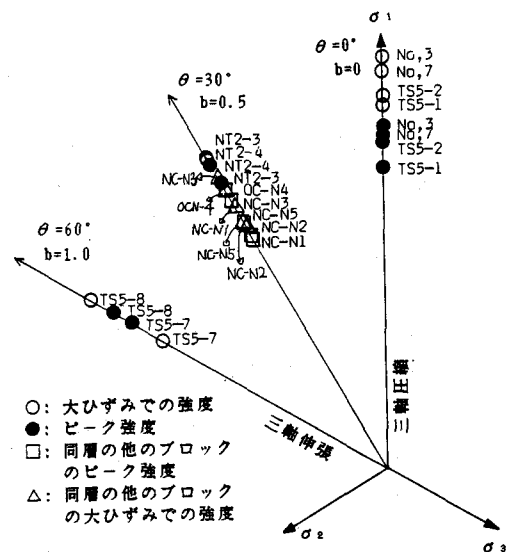


図3 正八面体上における破壊応力状態