

中空ねじり試験機を用いた粘土の排水せん断試験

名古屋工業大学大学院 学生会員 ○多和田雅之
名古屋工業大学 正会員 中井照夫
名古屋工業大学 学生会員 山田正太郎

現在までに3次元任意応力経路下の応力・ひずみ挙動を統一的に表現できる移動硬化型の粘土の弾塑性構成式(kinematic t_{ij} -clay model)を提案するとともに、その適用性を種々の応力経路を与えた3軸試験・3主応力試験により検証している。ここでは、中空ねじりせん断試験機を用いて主応力方向が変化する経路での粘土の排水せん断試験を行い、その実験結果と提案モデルによる解析結果を比較しモデルの適用性について検証する。

実験の概要

表1 藤の森粘土の土質パラメーター

実験には、繰り返し再圧密した藤の森粘土 (WL=41%, Wp=23%, Gs=2.67) を用いている。図-1に実験の応力経路図を示す。

(a)図が $\tau_{\theta\theta}/p \sim ((\sigma_a - \sigma_\theta)/2)/P$ 関係、(b)図が $p \sim q$ 関係を表す。(a)図の原点からの距離が応力比を表し、水平軸からの傾きの1/2が主応力方向が鉛直軸からなす角になる。

TEST1,2は $p = 2(\times 98kPa)$ の等方応力状態からねじりせん断応力 $\tau_{\theta\theta} = 0.5(\times 98kPa)$ まで載荷し、 p 一定で圧縮・伸張し破壊させている。

TEST3,4は $p = 1(\times 98kPa)$ の等方応力状態からねじりせん断応力 $\tau_{\theta\theta} = 0.5(\times 98kPa)$ まで載荷し、側圧一定で圧縮、軸圧一定で伸張し破壊させている。

なお、図中の実線は設定した経路を、プロットは実験での応力経路を示す。実線上にプロットがのっているので実験の制御は適切であると言える。

表1に解析で用いた粘土の土質パラメーターを示す。これらの値はこれまで三軸試験および三主応力試験の解析で用いてきたパラメーターと同じであり、三軸試験と圧密試験のみで求まるものである。

$\lambda/(1+e_0)$	5.08×10^{-2}
$\kappa/(1+e_0)$	1.12×10^{-2}
$\phi \text{ (comp)}$	33.7°
α	0.7
ν_e	0.0
ξ	0.2

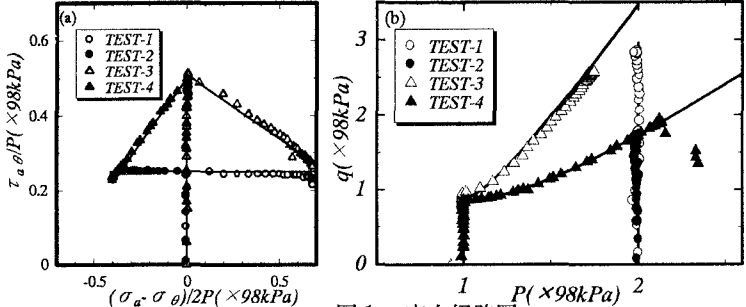


図1 応力経路図

2 中空ねじり試験機の精度について

図2は b 値 $((\sigma_1 - \sigma_2)/(\sigma_1 - \sigma_3)) = 0.5$ で主応力の方向が変化しない経路、つまり $p = 2(\times 98kPa)$ の等方応力状態からねじりせん断応力 $\tau_{\theta\theta}$ をかけた場合の実験結果と同じ b 値 = 0.5 での3主応力制御試験結果を比較したものである。ねじり試験においては、実験の途中で供試体とポーラーストンの間にすべりが生じ破壊まで追う事はできなかった。しかし、応力比 $\sim$ 主ひずみ関係はほぼ一致しており、用いた中空ねじり試験機の精度は高いと言える。

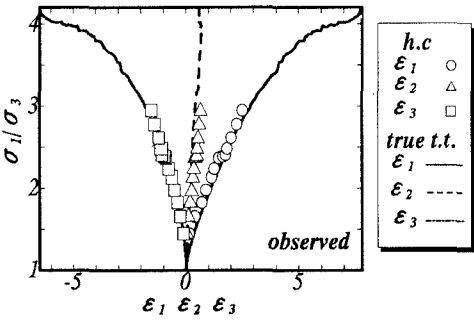


図2 主応力比 $\sim$ 主ひずみ関係

3. 実験結果と解析結果の比較

図3は実験結果と解析結果を重ねたものであり、実線が解析結果でプロットが実験結果を表す。なお実験結果の整理では $\varepsilon_r = \varepsilon_\theta$ している。また図中の破線は、主応力の方向が変化し始めた時の応力比を示している。

TEST1,2はせん断中平均応力 p 一定である。ねじりせん断を加えた後、圧縮・伸張した場合ともにせん断ひずみはさらに正の方向に生じている。

解析値はねじりせん断過程に於いてわずかにひずみを過大に評価するが、その後の圧縮・伸張過程においてはうまく表現できている。

TEST2において実測値はかなり低い強度で破壊している。その際すべり面はほぼ水平に入っている(図-4)

ねじりを加えてから伸張した場合よりも、圧縮の場合は端部の拘束を受けやすくなる。このことが実測値の強度の差に影響があると思われる。

TEST3,4はねじりせん断応力をかけた後平均応力を増加させながら圧縮・伸張を行っている。ここでもねじりせん断過程においてひずみを過大評価しているが、特に体積ひずみにおいてその傾向が顕著である。また、圧縮・伸張する経路において、実験では単調にせん断ひずみが増加しているのに対して、解析結果では途中で反転している。

ねじりせん断を加えた後伸張した場合において、 P 一定の試験同様、実験値は強度が低くなっている。破壊時の形状もほぼ同じであった。

TEST2と逆の経路、 p 一定で伸張した後せん断をかけた場合極端な強度の低下は見られなかった。この事により、ねじりせん断の後伸張により破壊させる場合にのみ強度の低下がみられる。

4. 結論

以上、ここではねじりせん断後に、圧縮伸張試験を行い粘土の変形挙動を調べ、モデルの適用性について検討した。提案したモデルは変形挙動の傾向をうまく表現できたが平均応力と主応力方向が同時に変化する場合、せん断ひずみに実測と異が見られ、このような経路での flow rule について今後検討を加えたい。

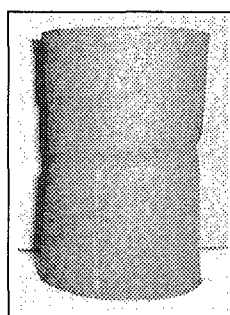


図-4

参考文献

Nakai・Hoshikawa (1991): kinematic hardring model for clay in Three-

dimensional stress, Proc.7th IACMAG, vol.655-660 図-3 主応力比~各ひずみ関係

