

定圧一面せん断試験における超過圧密粘土の破壊規準

信州大学工学部 正 河村 隆, 正 梅崎健夫  
 (有)アルプス調査所 正 本郷五十鈴  
 信州大学工学部 学 西澤久典 (現 ㈱北陽建設)

1. はじめに 過圧密比  $OCR > 10$  の超過圧密粘土に関して, 高圧圧密試験機と一面せん断試験機を用いた試験法を提案し, 超過圧密粘土の強度・変形特性を明らかにしてきた<sup>1)</sup>. 本文では, 垂直応力の異なる定圧一面せん断試験を実施し, 超過圧密粘土の破壊規準について考察した.

2. 試験方法 NSF 粘土 ( $G_s=2.756$ ,  $w_L=61.1\%$ ,  $I_p=27.4$ ) に純水を加えて練り返し, 一次元的に予圧密して直径 6cm, 高さ 2cm に成形した供試体を作成した. 高圧圧密試験機を用いて所定の圧密圧力  $p_{max}=\sigma_c$  までそれぞれ段階的に圧密し, その後引き続き段階的に  $p=19.6\text{kPa}$  まで膨潤を行った. 圧密・膨潤過程の各段階はそれぞれ 24 時間とした. 供試体を圧密リングからせん断箱へ直接移設し, 垂直応力  $\sigma_N=156.8$  および  $627.2\text{kPa}$  で再圧密することにより, 異なる過圧密比  $OCR=\sigma_c/\sigma_N$  の粘土の定圧一面せん断試験を実施した. 試験方法の詳細については文献 1) を参照されたい.

3. 実験結果および考察 図-1 に広範囲な応力域における圧密・膨潤曲線を示す. 図中の OCR に対応するプロットは一面せん断試験機において所定の  $\sigma_N$  で再圧密したときの空隙比を示したものである. それらの値はすべて膨潤線の上方にある. これは再圧密線が膨潤線の上方に位置するヒステリシスのためである<sup>1)</sup>. 図中には供試体の飽和度  $S_r=100\%$  として算出した含水比も示したが,  $\sigma_N=156.8\text{kPa}$  では  $OCR=32, 64$ ,  $\sigma_N=627.2\text{kPa}$  では  $OCR=4, 8, 16$  の供試体のせん断前の含水比  $w_0$  は塑性限界  $w_p$  以下である.

図-2(a), (b) にせん断応力  $\tau$  を  $\sigma_N$  で正規化した応力比  $\tau/\sigma_N$  および垂直変位量  $\Delta H$  と水平変位  $\delta$  の関係を示す. いずれの  $\sigma_N$  においても同様の傾向が見られる.  $\tau/\sigma_N$  の最大値  $\tau_{max}/\sigma_N$  を破壊点とし, 破壊変位  $\delta_f$  を矢印で示す. 破壊は OCR が大きいほどせん断変位の早い段階で生じる.

図-3 に破壊時の応力比  $\tau_{max}/\sigma_N$  と OCR の関係を両対

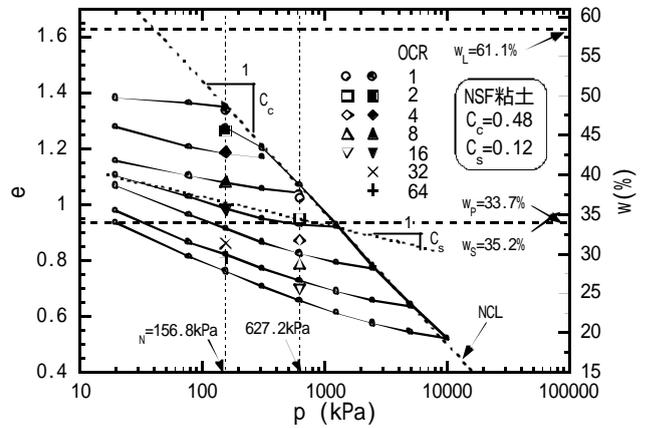


図-1 広範囲な応力域における圧密・膨潤曲線

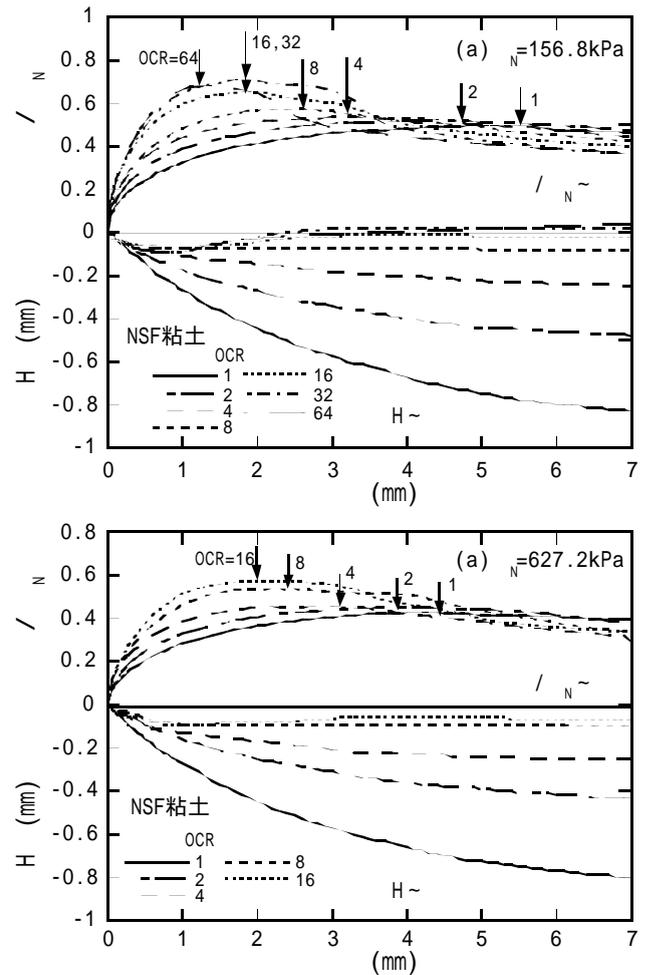


図-2 ( $\tau/\sigma_N$ ) および  $\Delta H \sim \delta$  関係

キーワード: 粘土, 一面せん断, 排水せん断, 過圧密, 破壊規準  
 連絡先: 長野市若里 4-17-1, TEL: 026-269-5289, FAX: 026-223-4480

数表示する．本試験は定圧せん断試験であり，定圧せん断強度 $\tau_{max}$ は排水せん断強度に相当する．OCR=1における $\tau_{max}/\sigma_N$ から $c_d=0$ として $\phi_d$ を求めると， $\sigma_N=156.8$ および627.2kPaにおいてそれぞれ $\phi_d=26.1^\circ$ および $\phi_d=23.2^\circ$ である． $\phi_d$ は垂直応力の影響を受けて異なっている． $\tau_{max}/\sigma_N$ とOCRの関係はOCR=8程度まで次式の直線関係が認められる．

$$\tau_{max}/\sigma_N = a \times (OCR)^b \quad (1)$$

$\tau_{max}/\sigma_N$ の実測値はOCR>8では式(1)よりも大きい，OCR=64の値は式(1)に近づく．OCR>8の場合の結果の一因として $w_0$ が $w_p$ 以下であることの影響も考えられる．このことは今後の検討課題である．

式(1)において $\sigma_N=156.8, 627.2kPa$ の場合， $a$ はそれぞれ $a=0.491, 0.425$ であり， $b$ はいずれも $b=0.057$ である．一方，OCR<10の過圧密粘土の圧密・膨潤非排水三軸圧縮試験においても三田地ら<sup>2)</sup>は $c_u/p$ ( $c_u$ :非排水せん断強度， $p$ :膨潤後せん断前の有効応力)とOCRの関係が両対数上で直線であることを示している．

過圧密土の破壊規準を考察するために，図-4(a),(b)に破壊時における正規化したせん断応力 $\tau_{max}/\sigma_c$ と正規化した垂直応力 $\sigma_N/\sigma_c$ の関係を拡大して示す．式(1)を図-4に合わせて座標変換したものが次式である．

$$\tau_{max}/\sigma_c = a \times (\sigma_N/\sigma_c)^{1-b} \quad (1)'$$

式(1)'はOCRが大きくなるとともにゼロに収束する曲線である(図中の実線)．図-3でも考察したように，実測値はOCR=8~32において式(1)'よりも大きい，さらにOCRが大きくなると式(1)'に漸近し，ゼロに収束する傾向を示している．一方，OCR<8の実測値から得られる破壊規準線をそのまま外挿したものが図中の破線であり，次式で表される．

$$(\tau_{max}/\sigma_c) = c + d \times (\sigma_N/\sigma_c) \quad (2)'$$

ここで， $\sigma_N=156.8, 627.2kPa$ の場合，それぞれ $(c, d)=(0.0110, 0.480), (0.0146, 0.410)$ である．式(2)'を超過圧密領域の破壊規準としてそのまま外挿すると，超過圧密領域における排水せん断強度を過大評価する．式(2)'を図-3に合わせて座標変換したものが次式である．

$$(\tau_{max}/\sigma_N) = d + c \times OCR \quad (2)$$

式(2)(図中の破線)はOCRが大きくなると発散する曲線となり，図-4でも考察したようにOCR>10の超過圧密領域の排水せん断強度を著しく過大評価する．

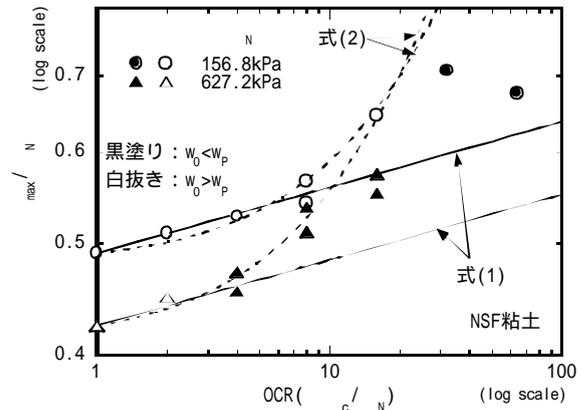


図-3 破壊時の応力比と過圧密比の関係

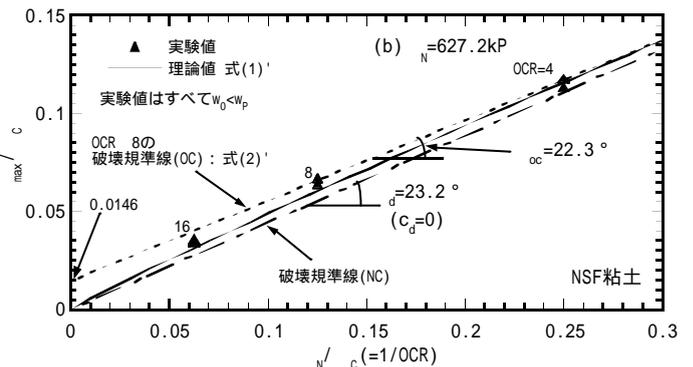
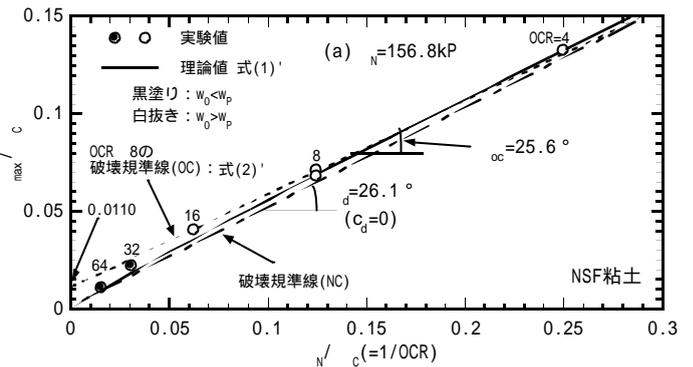


図-4 超過圧密粘土の破壊規準

4.まとめ 得られた主な知見は以下の通りである．

(1)  $\tau_{max}/\sigma_c$ の実測値はOCR=8~32において式(1)'よりも大きい，さらにOCRが大きくなるとゼロに収束する傾向を示している．超過圧密粘土においても飽和している場合には，粘着力はほぼゼロであると考えられる．式(1)'はこのような超過圧密粘土の破壊規準を概略表している．(2) 一方，過圧密粘土の破壊規準として式(2)'を用いると，OCRが大きくなると $\tau_{max}/\sigma_N$ の値は発散し，OCR>10の排水せん断強度を著しく過大評価する．

【参考文献】1)梅崎ら：定圧一面せん断における超過圧密粘土の強度・変形特性，過圧密土および過圧密地盤の力学に関するシンポジウム発表論文集，pp.73-78，2000．2) Mitachi, et al: Change in undrained shear strength characteristics of saturated remolded clay due to swelling, Soils and Foundations, Vol. 16, No.1, pp.45-58, 1976.