

粘性土の三軸引張り強度について

京都大学防災研究所 正員 清水 正喜
京都大学大学院 学生員 ○大山 和弘

1. まえがき

種々提案されている土の引張り強度測定法のうち、Bishop & Garga¹⁾の方法が有効応力を明らかにできるという点が最も良いと思われる。この方法は骨型の供試体を用いて三軸伸長試験を行うもので、くびれた部分の軸方向垂直応力(σ_a)が負(引張)になり得るという原理に基づいている。ところが、供試体内部の歪の分布が一様でないという限界を有しており、そういう歪の非一様性を補正して負応力-歪の関係を求める方法を既に発表²⁾が、得られる引張り強度は、歪の分布に比較的無関係であることも明らかにされた。本報告は、Bishop らの方法を適用して繰り返し再圧密粘性土(通称藤の森粘土)と乱さない洪積粘土(大阪大正区(OT), 大阪南港(ON))を用いて、引張り強度特性ならびに負応力下のクリープ特性を調べたものである。

2. 実験方法 セン断に先立って繰り返し再圧密試料では、所定の最大等方圧密圧力(σ'_{cmax})まで圧密後、セン断時の側圧($\sigma'_r = \sigma'_{cmax}/OCR$)まで膨潤させた。乱さない洪積粘土は種々の σ'_r (過圧密領域)で圧密した。クリープ試験は繰り返し試料を用いておべこの供試体で同一圧密履歴($\sigma'_{cmax} = 78.5 \text{ kPa}$, $\sigma'_r = 25 \text{ kPa}$)を与えた後、種々の $\sigma_a (< 0)$ のもとで構木クリープを行った。

3. 引張り強度特性 OCRと引張り強度の関係 藤森粘土について σ'_r を一定にして($\sigma'_r = 25 \text{ kPa}$), σ'_{cmax} したがり、OCRを変化させて引張り強度試験を行った。破壊モードはすべて引張破壊を示していたので破壊時の σ_a を引張り強度($\sigma_t = |\sigma_a|$)としてFig.1にOCRと σ_t の関係を示した。データ数が少なく、ばらつきはあるが、 σ_t はOCRに依らずほぼ一定値を示すといえよう。

乱さない洪積粘土の引張り強度特性 破壊モードはすべて引張破壊を示していたので破壊時の σ_a を引張り強度としてFig.2に σ'_r と σ_t の関係を示す。また同図には比較のためLondon Blue Clay (Bishop & Garga, 1969)の結果もプロットしている。Fig.2より乱さない粘土は、 σ_t が固有の物理特性としての引張り強度をもち、 σ_t は拘束圧には依らないといえる。

4. クリープ破壊特性 Fig.3に、クリープ応力(σ_a)をパラメーターとして、時間(t), セン断ひずみ速度の絶対値($|\dot{\epsilon}|$)の関係を両対数紙上に示した。 $\sigma_a \leq -19.6 \text{ kPa}$ については遷移クリープ過程、定常クリープ過程および加速クリープ過程の三者が現われ、いついまでも破壊に至った。 $\sigma_a \geq -19.6 \text{ kPa}$

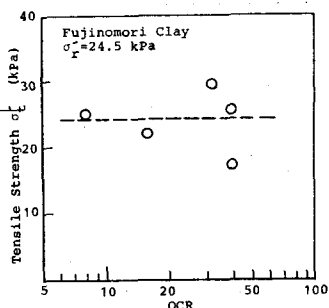


Fig. 1 OCRと引張り強度の関係

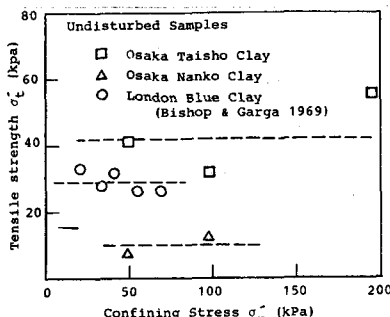


Fig. 2 乱さない洪積粘土の引張り強度

Masayoshi SIMIZU, Kazuhiro OYAMA

については遷移クリープのみで破壊には至らなかった。遷移クリープ初期に ($t \leq 100$ min), 比較的ひずみ速度の変化が小さい『疑似定常クリープ過程』とも呼ぶべき過程が認められる。こゝは軸応力を加えた瞬間に負の過剰間隙水圧が発生し、それが消散していく過程と思われる。平均有効応力 (P) が減少し、

応力比 (q/P) は増大し、クリープ本来のひずみ速度の減少傾向を防げることになり、結局ひずみ速度は間隙水圧が完全に消散したときに比べて大きく現れると考えられる。 $t \geq 100$ min に見られる遷移

クリープ時の歪速度と時間の関係は、詳細は割愛するが Mitchell³⁾ の提案している状態方程式 $|\dot{\epsilon}| = A \cdot \exp(\alpha D) \cdot t^m$ — (1) でよく説明できる。山口は Saito & Uezawa⁵⁾ によるクリープ破壊予測式を発展させ、 $\dot{\epsilon}_s \cdot t^* = \text{const}$ — (2) が正規圧密粘土の非排水クリープに対して成立することを示している。(ここでは t_s (定常クリープ開始時刻), t_a (加速クリープ開始時刻), t_f (クリープ破壊時刻) であり、 $\dot{\epsilon}_s$ は定常クリープ速度である) こゝらの研究の、本研究の引張クリープ結果への適用性について検討する。Fig. 4 に $|\dot{\epsilon}_s|$ と t_s , t_a , t_f の関係を示す。同図には Saito らの実験結果の範囲も示している。同図より、引張クリープに対しても (2) 式の関係が成り立つことがわかった。

5. 考察 乱さない粘土の引張強度が、拘束圧や過圧密比に依存しないその土固有の大きさを有することが明らかになった。練り返し土において、 σ_{cmax} が異なることは、乱さない土では過去の圧密履歴の相違に対応していると思像すると、練り返し土の σ_c が OCR に依存してないことを考え併せて、引張強度の相違は、単に圧密履歴により説明できないことを表わしている。土の物性等、他の要因があると思われる。データの収集が必要だ。クリープ特性を表わす (1), (2) 式が圧縮、引張りに拘らず適用できることがわかったが、このことは (1), (2) 式が本来現象論的関係式であり、メカニズムを説明するものではないことに因るものであろう。引張りヒ裂の発生が予想される土構造物の安定性という実際問題への適用が今後の課題である。

謝辞 御指導を賜う、という京大防災研究所柴田徹教授、同足立紀尚助教授に心より謝意を表します。また実験でお世話になった同清水博樹技官に感謝致します。

参考文献 1) Bishop & Garga (1969) Geotechnique, Vol. 19 pp. 309-313 2) 清水・井上 (1978) 土木学会年講義集 III-33 3) Mitchell (1971) "Fundamentals of Soil Behavior" 4) 山口 (1969) 京大工. 卒業論文 5) Saito & Uezawa (1961) Proc. 5th ISMFE, pp. 315-318

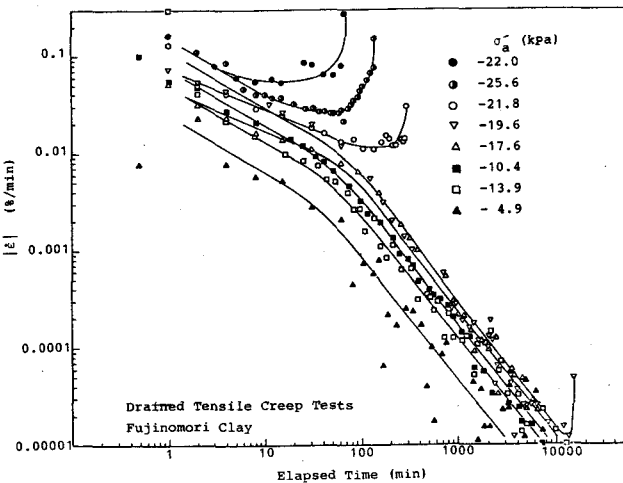


Fig. 3 時間とせん断ひずみ速度の絶対値の関係

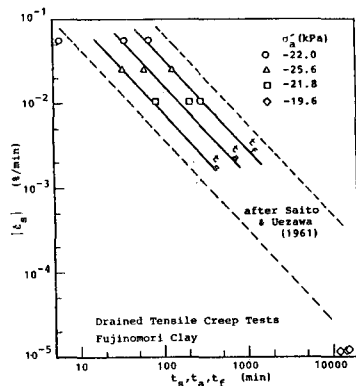


Fig. 4 t_s, t_a, t_f と $|\dot{\epsilon}_s|$ の関係