

不攪乱まさ土試料成形時における凍結の影響について

京都大学工学部 正 員 嘉門 雅史

京都大学大学院 学生員 大矢 通弘

京都大学大学院 学生員 ○北本 幸義

1. はじめに

まさ土は風化残積土で、風化の程度によって岩石に近いものからシルト、粘土のような細粒土までの広い範囲のものが存在するが、まさ土の乱さない試料の採取、成形は比較的難しい。そのため、試料成形段階において、試料を凍結させてから成形するという方法が用いられることが多い。自然状態のまさ土では土砂化したあとでももとの岩石としての構造が残っており、粒子のかみ合わせにより見掛け上粘着力成分を有している。しかし、これを凍結すると、水が 0°C で結氷する際約9%膨張するため強度低下等の乱れを招くことが予想される。そこで、本報告では凍結しなくても成形可能な西田らによる試料成形方法を用い、凍結しない試料、凍結を1回行う試料、凍結の影響を過大評価するという意味で凍結を10回行う試料とによってこれらの力学特性に及ぼす影響を検討する。

2. 試料および試験方法

試料は滋賀県大津市比叡平町の強風化白亜紀粗粒花こう岩である。くぎ打込み法によりくぎで拘束したブロックを取出し、カッターを取付けた真ちゅう管をカッター周囲を削り取りながら貫入させていき、管内に挿入し両端を整形した後パラフィンシールをして室内へ持ち帰った。室内では、真ちゅう管ごと24時間サクシオンをかけ飽和させた。これは豪雨時の崩壊特性を前提としているためである。その後液体窒素で凍結させ、自然融解させるものとした。このようにして“非凍結”“凍結1”“凍結10”について、側圧 $0.5, 1.0, 2.0\text{kg/cm}^2$ の3通りで圧密非排水三軸圧縮試験を行った。なお、せん断はひずみ制御とし、せん断速度は $1\%/min$ とした。

3. 試験結果および考察

図1に非凍結、図2に凍結1、図3に凍結10の主応力差と軸ひずみ、および間げき水圧と軸ひずみの関係を示す。ひずみ硬化-軟化型とひずみ硬化型の2通りの応力-ひずみ関係となっているが、ひずみの増大に伴い上に凸から下に凸に変わる特異な曲線がいくつか見られる。これらの変曲点で間げき水圧が最大となっていることがわかり、間げき水圧の最大値を境に正のダイレイタンスが生じ、平均有効応力の増大とともにせん断応力の増加が著しいことは図5~7からもわかる。

また、初期接線弾性係数を求め側圧との関係を示したのが図4である。低側圧(0.5kg/cm^2)での凍結の影響はそれほど明確ではないが、側圧が大きくなれば凍結の影響が見られる。なお、凍結・融解が繰返される場合には、最初の凍結・融解による影響が最も大きいので凍結1と凍結10の差

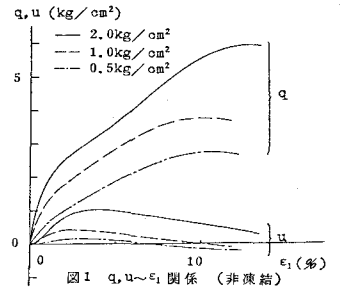


図1 q, u ~ ϵ_1 関係 (非凍結)

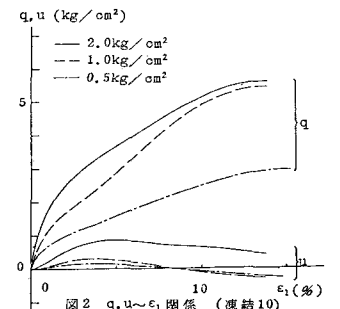


図2 q, u ~ ϵ_1 関係 (凍結10)

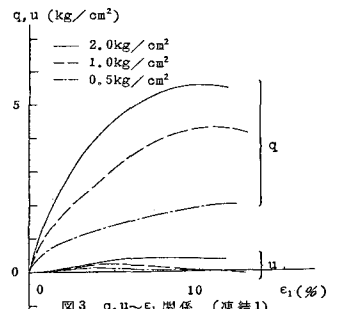


図3 q, u ~ ϵ_1 関係 (凍結1)

は、凍結を行わなかったものを行ったものとの差ほど顕著ではない。

次に、せん断に伴う有効応力の経路を図5～7に示す。図5 は非凍結、図6 は凍結1、 図7 は凍結10のものであるが、これらの有効応力からいくつかの強度特性値が求まる。すなわち、

- 1) ピーク応力 (F)
- 2) 開げき水圧が最大となるときに応力 (U)
- 3) 主応力差 q と軸ひずみの両対数グラフの折点から求まる降伏応力 (クリーブ降伏応力に対応する) (Y)

を定義することができ、図5～7に示した。これらの直線の勾配 ψ'_m と縦軸の切片 c'_m および Mohr—Coulomb型の有効応力に基づく強度定数 c' 、 ϕ' を比較すると表1 のようになる。

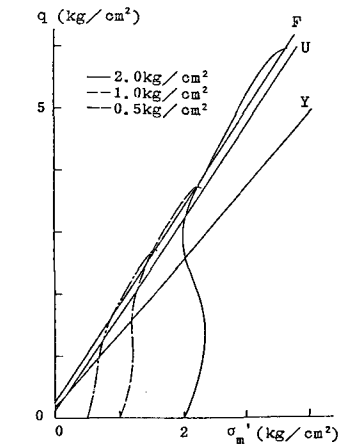


図5 応力経路 (非凍結)

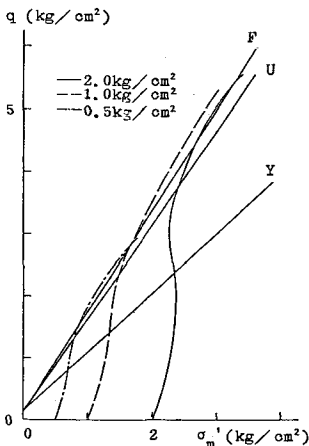


図6 応力経路 (凍結1)

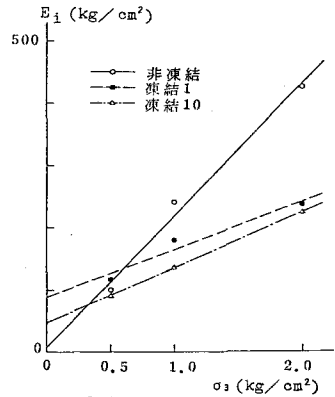


図4 初期接線弾性係数

表より、Y 以外は凍結による影響の顕著な差は見られない。なお、一般に $F>U>Y$ が成り立つが、図7 では後半部で $F<U$ となる部分がある。これは図3 からもわかるが、凍結・融解の繰返しによって飽和度が落ち開げき水圧の発生が少なかったことによると考えられる。

4. おわりに

以上の結果では、ひずみが比較的初期の部分において初期接線弾性係数および降伏応力には凍結の影響が見られたものの、破壊強度等に顕著な差は見られなかった。凍結時には明らかに膨張による乱れが観察されたが、サクションをかけて飽和させる過程で既に乱れが生じているという恐れもある。いずれにせよ供試体数が少ないため断定的なことは言えないが、試料成形時の凍結の影響はせん断初期に著しく現れるということから、凍結を用いる成形法では応力～ひずみの初期の段階において慎重な取扱いをする必要があると考えられる。最後に、本研究に際し懇切な御指導、御援助を賜りました 京都大学教授 赤井浩一先生、同 柴田徹先生に深謝の意を表します。

表1 強度特性値

		非凍結	凍結1	凍結10
F	c'_m	0.27	0.15	0.28
	ψ'_m	57.4	58.3	57.3
U	c'_m	0.12	0.13	0.18
	ψ'_m	56.8	56.5	58.1
Y	c'_m	0.18	0.16	0.22
	ψ'_m	49.7	43.5	37.6
M	c'	0.10	0.13	0.19
C	ϕ'	39.1	38.8	37.6

c'_m, c' (kg/cm²) ψ'_m, ϕ' (°)