

塩分溶脱作用が繰返し載荷を受けた有明粘土の強度特性に及ぼす影響

九州工業大学大学院
九州工業大学工学部
基礎地盤コンサルタンツ(株)
九州工業大学工学部

学生会員 ○柴田雄史
正会員 永瀬英生 廣岡明彦 清水恵助
正会員 田上裕
学生会員 高田泰行

1.はじめに :筆者らは、有明粘土の不攪乱試料を用いてその力学的特性に与える塩分溶脱の影響について検討してきた。その結果、圧密特性、動的強度変形特性および繰返し載荷後での非排水せん断特性において塩分溶脱の影響が認められることが明らかになってきた。本研究では、有明粘土地盤上にある堤防等の土構造物の地震時安定性を評価することを目的として、繰返し載荷後における非排水せん断試験を行い、地震荷重を受けた有明粘土地盤の強度定数、剛性低下率に与える塩分溶脱の影響について検討した。

2.試料および実験方法 :有明粘土は、長崎県諫早市本名川河口付近でシンウォールサンプラーを用いてボーリング孔より採取されたものである。表1に実験に用いた試料の物理的性質を示す。

表1. 有明粘土の物理的性質

試料番号	A	B	C
深度(m)	3.0~3.8	7.0~7.8	3.1~3.9
自然含水比 $w(\%)$	143.6	132.5	134.1
土粒子密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	2.628	2.699	2.632
湿潤密度 $\rho_t(\text{g/cm}^3)$	1.414	1.391	1.346
乾燥密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	0.580	0.598	0.565
間隙比 e	3.527	3.403	3.461
液性限界 $w_L(\%)$	128.6	137.0	127.2
塑性限界 $w_P(\%)$	50.4	48.6	45.7
塑性指数 $I_P(\%)$	78.2	88.4	81.5
塩分濃度 (g/l)	11.7	10.1	9.5

塩分溶脱方法は試料を試験装置にセットした後、蒸留水を長時間通水することによって行った。通水時の動水勾配は25程度とした。なお、通水後の塩分濃度は約1g/l以下になるものとした。

本実験では繰返し中空ねじり試験装置を用いた。供試体は外径7cm、内径3cm、高さ7cmの中空円筒形である。

圧密は $K_c=0.5$ の異方圧密とし、圧密時間は3t法により48時間とした。動的強度試験では載荷速度0.5Hzの正弦波荷重を用いて、試料A,Bについては、有効拘束圧一定の下、せん断ひずみが数%生じる20サイクルの繰返し載荷を行い、試料Cについては、平均有効拘束圧を30,60,90(kPa)とし、それぞれせん断ひずみが10%に達するまで繰返し載荷を行った。また、これらの試料すべてにおいて、繰返し載荷後に非排水状態を維持したまません断ひずみ速度1%/minの非排水せん断試験を行った。これらの試験により、地震後において地盤に発生する残留変形を推定するための土の剛性低下について検討するとともに、地震時における地盤の安定解析に必要な非排水せん断強度の拘束圧依存性についても検討する。さらに、比較のためそれぞれの試料について繰返し載荷を行わない場合の非排水せん断試験も行った。

3.実験結果および考察 :図1は、繰返し載荷を受けない場合のせん断応力 τ とせん断ひずみ γ の関係、図2には繰返し載荷後の τ と γ の関係を示す。なお図2には比較のため、未溶脱試料の繰返し載荷を受けない場合の結果も併記した。

図1より繰返し載荷を受けない、静的試験のみの場合、塩分溶脱前後において発生するせん断応力にほとんど差が見られないことが分かる。このことより繰返し載荷を受けない場合、塩分溶脱作用が非排水せん断特性に与える影響はほとんどないものと思われる。

次に繰返し載荷を受けた場合について塩分溶脱前後で比較してみると、図2より繰返し載荷を受けない場合に比べて未溶脱試料の場合、せん断強度は減少しているが溶脱を行った場合にはそれ以上に減少していることが分かる。また、図3に $\tau \sim \gamma$ 関係より割線せん断弾性係数 G_1 を求めて、繰返し載荷後の剛性低下率 $G_1/G_{0,1}$ について検討した。ここで、 $G_{0,1}$

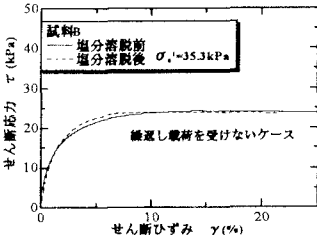


図1. $\tau \sim \gamma$ 関係

は未溶脱試料の繰返し载荷を受けない場合における $\gamma=0.1\%$ での割線係数である。この図より、ひずみレベルが増加するとともに割線係数が減少していることが分かる。また、繰返し载荷を受けることで同じひずみレベルでの割線係数は減少しており、塩分が溶脱されるとさらに低下していることが分かる。有明粘土は塩分が溶脱されると鋭敏比が急増することが知られており、繰返し荷重のような外乱の影響を受けやすくなると考えられる。このため、繰返し载荷後のせん断強度が著しく低下したのではないかと考えられる。

図5、7は、図4、6の $\tau\sim\gamma$ 関係に示す、塩分溶脱前後での繰返し载荷後における非排水せん断試験の結果を用いて、全応力に関するモールの応力円を求め、それに対し包絡線を描いたものである。ただし、静的試験のみの場合の結果に対しては、包絡線は繰返し载荷を受けたときの包絡線に平行であると仮定した。これは、一般に動的強度

は内部摩擦角ではなく粘着力と密接な関係があると考えられるからである。図5より塩分溶脱前での粘着力 c は、静的試験のみの方が繰返し载荷を受けた場合に比べて大きい値を示していることが分かる。これは、繰返し载荷により供試体が攪乱され、粒子間に形成している粘着部分が壊されたためではないかと考えられる。また、図5、図7より塩分溶脱前後で強度定数を比較してみると、粘着力 c に大きな変化は見られなかった。これは、塩分溶脱前後の試料においてともに繰返し载荷中に粒子間の粘着部分が壊されたためであると考えられる。また、内部摩擦角 ϕ_{cu} については、塩分溶脱によって多少低下していることが確認される。これは、塩分溶脱作用により粒子どうしの引きつけ合う力が弱くなり、粘土を攪乱することで初期の骨組構造が乱され、粒子間の摩擦抵抗が小さくなったためではないかと考えられる。

4.まとめ：塩分溶脱作用を受けた有明粘土の繰返し载荷後における強度定数を調べた結果、塩分溶脱作用により粘着力 c はほとんど変化せず、内部摩擦角 ϕ_{cu} は多少低下することが認められた。

なお、本研究は文部省科学研究費（基盤研究(C)(2)-10650488）の補助を受けて行ったものである。
 <参考文献> 1) 宮下義幸、他：塩分溶脱作用を受けた有明粘土の繰返し载荷後の強度・変形特性：第35回地盤工学研究発表会発表講演集 pp539-540。

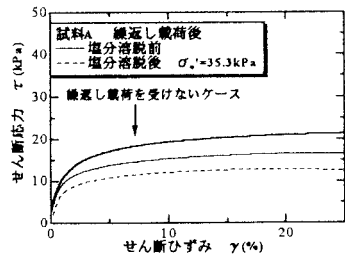


図2. $\tau\sim\gamma$ 関係

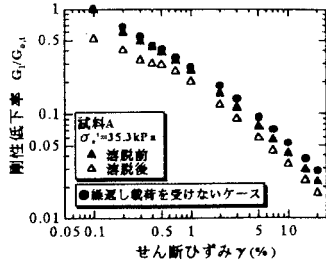


図3. $G/G_{0,0}\sim\gamma$ 関係

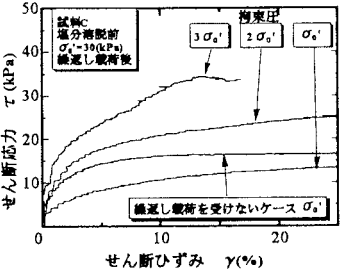


図4. $\tau\sim\gamma$ 関係

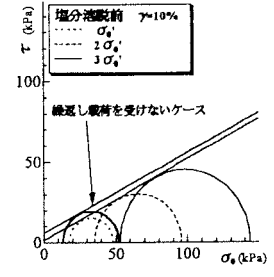


図5. モールの応力円

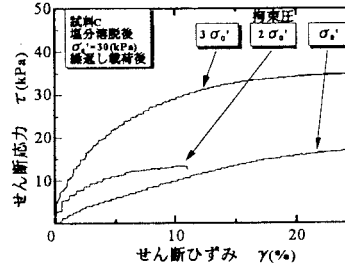


図6. $\tau\sim\gamma$ 関係

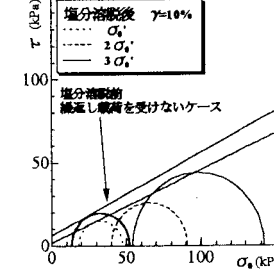


図7. モールの応力円