

火山灰質粘性土を含んだ粉砕泥岩材料の力学特性

泥岩 スレーキング 粉砕径

環境防災研究室 万所 求
指導教員 大塚 悟, 磯部 公一

1. はじめに

掘削された泥岩はスレーキングの影響を受けやすいため、圧縮特性、水浸沈下特性のみではなく、水浸作用に伴う強度特性の変化に関する詳細な要因解明と対策法の検討は重要な課題である。本研究では、新潟県内の新設国道工事中に採取したスレーキング性の高い粉砕泥岩材料に対し、掘削時の粉砕径の違いに着目し、初期の粉砕径が 19 mm (9.5~19 mm) 及び、2 mm (2~0.85 mm) のものを用いて、締固め特性、締固め直後の強度特性及び水浸作用に伴う強度特性の変化について締固め試験及び三軸圧縮試験を用いて調査した。結果について報告する。

2. 試料特性

2.1 物理特性

母材の物理特性及び粒径加積曲線を図-1 に示す。保水性が高く、シルト分がやや多く存在している。工学的分類によると火山灰質粘性土 (I 型) に分類される。また、日本道路公団で規定されている岩のスレーキング率試験¹⁾を行った結果、スレーキング率は 1 サイクルでほぼ 100 % となり、基岩の一軸強さは 125.2 kPa となった。なお、自然含水比状態 ($w_n = 51.5\%$) にある 19 mm 径の粉砕泥岩に対して、200 kPa の水圧を載荷して 24 時間水浸させたところ岩塊の崩壊は見られなかった。

2.2 締固め特性

本母材は、乾燥及び加水による強度変化が大きい材料であるため、A-c 法 (湿潤非繰返し法) により試験を行った。図-2 に結果を示す。同図より 2 mm 径の方が、最適含水比 w_{opt} が低く、最大乾燥密度 ρ_{dmax} が高いことが分かる。一方、高含水比域では 19 mm 径の方が高い乾燥密度を示す。含水比の変化に対する締固め特性の変化は、19 mm 径の方が少ないことが分かる。

3. せん断特性

3.1 三軸試験の概要

初期含水比 $w = 51.5\%$ (自然含水比) の試料を用いて直径 5 cm、高さ 10 cm、乾燥密度 $\rho_d = 1.10 \text{ g/cm}^3$ の供試体を作製した。供試体の飽和度は 90 % 以上、空気間隙率は 5 % 以下となり、指書では火山灰質粘性土の設計基準²⁾ に該当する。全ての試験において、所定の等方荷重で圧密した後、0.1 mm/min の軸圧縮速度のもと、軸ひずみ $\varepsilon_a = 15\%$ までせん断した。

3.2 非水浸型 CU 強度特性

図-3 に、軸差応力 q - 軸ひずみ ε_a 関係を示す。どちらの粉砕径においてもせん断とともに緩やかに q が増加していく傾向を確認できる。この傾向は、拘束圧が大きいほど、粉砕径が小さいほど顕著に表れており、再構成供試体 (図は省略) には見られない。これは粉砕供試体が内部に粉砕泥岩塊としての構造を有しているためであり、せん断とともにこれらの構造が噛み合うことに起因していると思われる。せん断初期の傾きは 2 mm 径の方が緩く q_{max} も小さい。

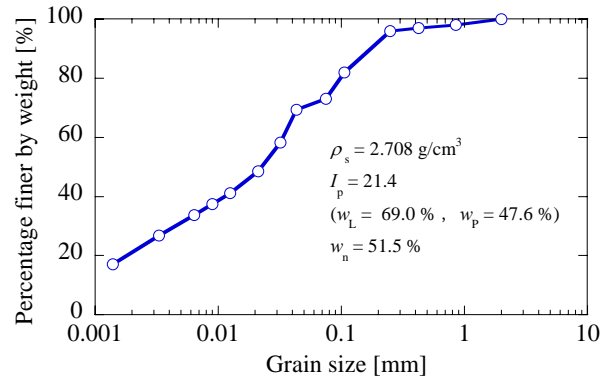


図-1 粒径加積曲線

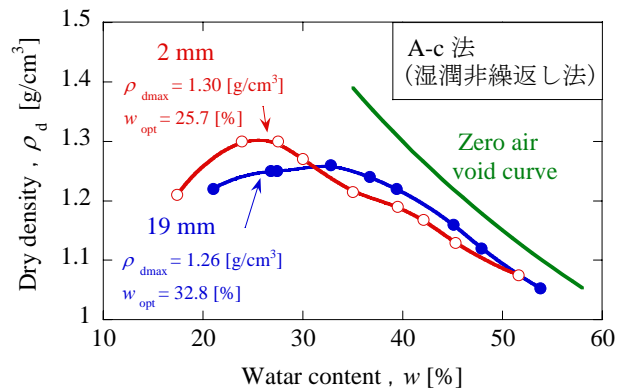


図-2 締固め曲線 (湿潤非繰返し法: A-c 法)

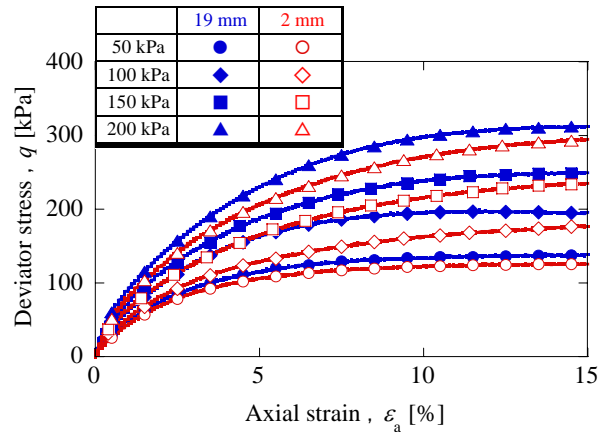


図-3 軸差応力 q - 軸ひずみ ε_a 関係 (非水浸粉砕供試体)

3.3 水浸型 CU 強度特性

通水に伴う水圧の載荷及び除荷による強度特性変化を把握するために、供試体セッティング後、所定の等方荷重で 18 時間圧密後、その等方荷重を維持した状態で、供試体下端部から背圧を与えながら供試体内部への通水を行い、24 時間通水後、背圧を 0 kPa まで除荷し、更に 18 時間等方圧密を行った後に、非排水せん断試験を実施した。せん断は 3.2 同様、0.1 mm/min の軸圧縮速度で $\varepsilon_a = 15\%$ まで行った。ここで、通水前の等方荷重を初期荷重 σ_{c1} 、

通水後の等方荷重を2次荷重 σ_{c2} と定義する。実験概要を表-1に示す。

図-4に初期荷重 σ_{c1} —強度低下率関係を示す。強度低下率は、(非水浸強度—水浸強度) / (非水浸強度—再構成強度) × 100 [%]より算出している。同図より、初期荷重の増加とともに強度低下率が減少することが分かる。また、19 mm径の場合、2次荷重200 kPaに比べ2次荷重100 kPaの方が強度低下率が小さいこと、2次荷重200 kPaの場合、19 mm径よりも2 mm径の方が強度低下率が小さいこと(初期荷重200 kPaのケースを除く)が分かる。

図-5に示す初期荷重—間隙比関係において、19 mm径に対して、2 mm径の方が間隙比が小さいことが分かる。図-4における2次荷重200 kPaの場合、2 mm径の方が強度低下率が小さい理由は、粉碎径の差異により締固め度(間隙比)が異なる現象が、水浸作用に対する抵抗力を増加させた原因であると考えられる。

図-6に粉碎径19 mm, 2次荷重 $\sigma_{c2} = 200$ kPaにおいて、初期荷重 σ_{c1} が異なるケースの $q-\varepsilon_a$ 関係を示す。同図より、全ケースせん断初期の挙動は非水浸型と類似しており、ある初期荷重を境にせん断強度の変化が収束している。紙面の都合上掲載しないが、この傾向は粉碎径及び2次荷重の大きさに拘らず確認できた。これは、非水浸供試体において存在していた粉碎泥岩塊(母材)の固結力が水圧の載荷・除荷作用において低下したために、所定の初期荷重において、せん断に伴う粉碎泥岩塊同士の噛み合わせに対する抵抗力が喪失し、起きる現象であると考えられる。

図-7に19 mmにおける2次荷重 $\sigma_{c2}-q_{max}$ 関係を示す。再構成供試体の結果を除けば、初期荷重 σ_{c1} が小さいほど、 ϕ_{cu} は低下しているが、 c_{cu} はほぼ変化していないことが分かる。これは粉碎岩塊が所定の強度を有するために、噛み合わせに起因する見かけ上の粘着力を示すと考えられ、実験で一定値となることから、岩塊の一軸強度によって決定されると考えられる。 ϕ_{cu} は初期荷重による噛み合わせの差異を反映すると考えられ、初期荷重の低い場合に小さい値となった。

4. まとめ

- 1) 水浸作用に伴う強度低下を防ぐには、できるだけ大きい初期荷重(水浸前の締固め管理)を載荷する必要がある。しかし、初期荷重の大きい高盛土での被害事例も多く、基本的には盛土内の排水管理が重要である。また、土被り圧の小さい盛土表面は常に水浸作用による強度低下が起ころうるので注意が必要である。
- 2) 粉碎径が小さい方が、非水浸型における強度は低いが、水浸作用に伴う強度低下率は小さくなる傾向にある。これは等方荷重載荷により、密詰めとなることで所定の水圧に対する抵抗力が増加することに起因すると考えられる。

参考文献

- 1) 日本道路公団：日本道路公団試験方法，pp281-282,2001.
- 2) 地盤工学会：土質試験-基本と手引き-，pp.71-78,2001.

表-1 水浸型三軸試験概要

Initial confining pressure	Back pressure		Secondary confining pressure
σ_c	σ_c	BP	σ_c
20	50	30	100,200
50			50,100,200
100	100	80	100,150,200
200			200

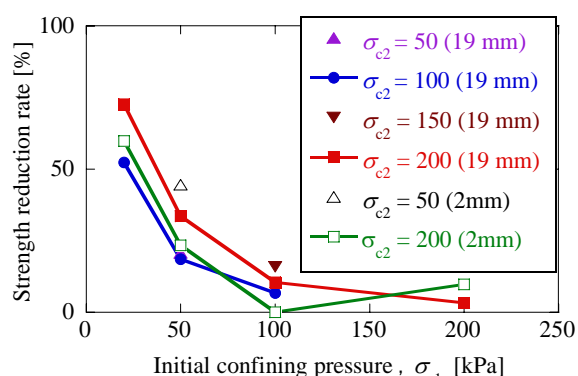


図-4 初期荷重—強度低下率関係

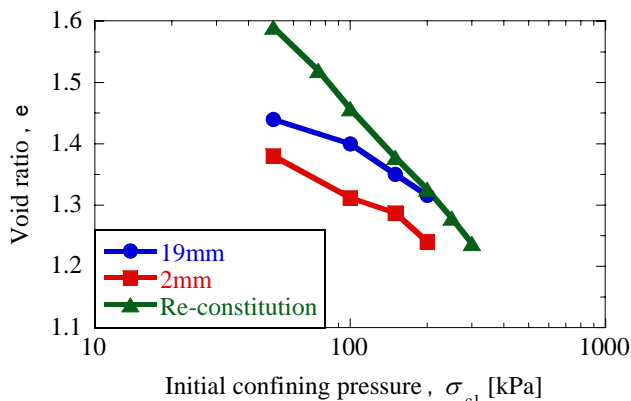


図-5 初期荷重—間隙比関係

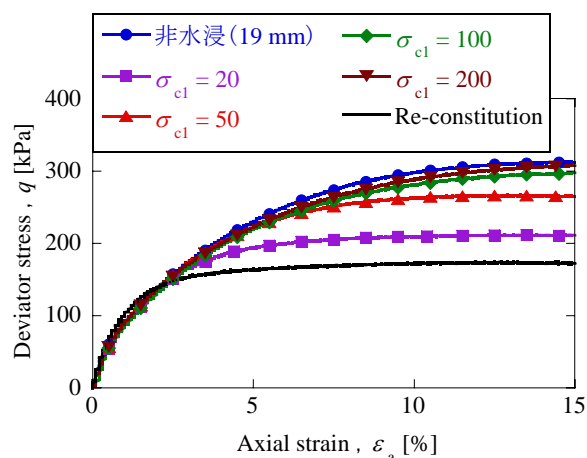


図-6 軸差応力 q —軸ひずみ ε_a 関係 (19 mm, $\sigma_{c2} = 200$ kPa)

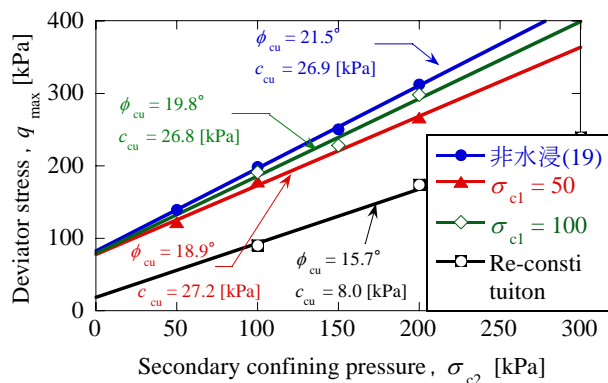


図-7 2次荷重— q_{max} 関係 (19 mm)