

浸透水による土の強度低下について

九州大学農学部 梅田 修史

1. はじめに

マサ土自然斜面の崩壊には、斜面の一部から土中水が噴出することによって支えを失ない、そのために上部斜面が崩落しているタイプの崩壊がある。これは、斜面内部の土構造の一部が浸透水により破壊し、漸次破壊が進行する進行性破壊と考えられ、このような現象を一般に、パイピングによる崩壊とよんでいる。

パイピングは、広義には浸透水により土構造が変化し、あるいは破壊して、パイプ状の水みちが生じる現象と言われている。この様なパイピングに到る過程においては、浸透水による土構造の変化、強度の低下が考えられるが、従来のパイピングに関する研究は、浸透水の局所的な集中その他の原因によって現象が複雑化しているためか、強度面からのものが少ない。

そこで、本報告では、圧密時とセン断時の両過程において測定した流出水量の変化から、試料内部構造の変化の推測を試みた。また、強度に関しては、浸透水がある場合も、浸透水圧 $\gamma_w \cdot h$ (kg/cm²) の小さな範囲では、有効応力の考えが適用できることが判明したので報告する。

2. 試料および実験方法

試料は、福岡県三郡山系若水林道付近から採取した不攪乱マサ土で、その基本的性質を表-1に示す。試料は、径5cm、高さ15cmのシンウォール

表-1 試料の基本的性質

G _s	γ_d g/cm ³	W %	e
2.60	1.35	13.51	0.71
	1.52	18.71	0.93

G_s—土粒子の比重、W—含水比
 γ_d —乾燥重量、e—間隙比
 の採取土は厳密な意味での不攪乱試料とは言い難いが、母岩の組織を完全には崩していないので不攪乱とみなした。

実験装置は、図-1のとおりで、一般に使用されている三軸圧縮試験機の一部を改良したものである。この装置では、三軸室への給水タンクは浸透水のタンクを兼ねているので、拘束圧以上の $\gamma_w \cdot h$ を加えることは不可能である。実験はまず、供試体を三軸室試料台にセットし、三軸室を組立てた後、試料に徐々に水を浸透させ、飽和状態にする。飽和に達すると、三軸

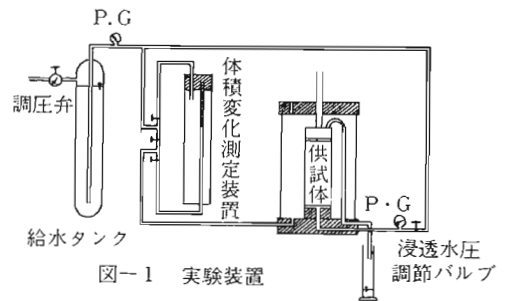


図-1 実験装置

室へ給水し、それによって給水タンクの水がほとんどなくなるので水を補給し、浸透水とする。次に、調圧弁をセットし、所定の拘束圧 σ_3 (kg/cm²) を加える。 $\sigma_3=0.5, 1.0, 1.5$ の3段階であり、 $\gamma_w \cdot h=0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$ の5段階である。また、 $\sigma_3=1.0, 2.0, 3.0$ のときは、 $\gamma_w \cdot h=0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0$ である。圧密は、上述の $\gamma_w \cdot h$ を加えた状態で約30分行った。圧密後、0.37%/min のヒズミ速度で圧縮を行ない、この間、流出水量 Q (cc)、体積変化、および強度を計測した。なお、圧密、圧縮両過程を通じて、 $\gamma_w \cdot h$ は一定とした。

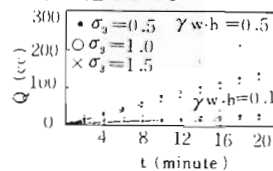


図-2 圧密時の t-Q の関係

3. 結果および考察

図-2に圧密時の時間 t (分) と Q との関係を示す。セン断時のヒズミ ϵ (%) と Q との関係を示す。セン断は、ヒズミ制御で行なっているので、 ϵ は時間と考えてさしつかえない。この図は $\gamma_w \cdot h=0.1$ と 0.5 の場合であるが、いずれの場合にも圧密時には直線関係となり、ダルシー則が成立している。しかし、セン断時にお

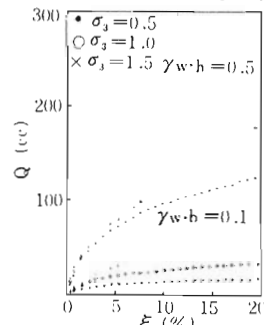


図-3 セン断時の ϵ -Q の関係

いては、 $\xi = 5$ 程度までは曲線を描き、浸透水は非定常流となっている。そして、 $\xi > 5$ になると再び直線関係となり定常流になる。このパターンは、総ての試料について認められた。そこで、圧密時とセン断時 ($\xi > 5$) の透水係数 k (cm/sec) を求め、とりまとめたのが図-4である。

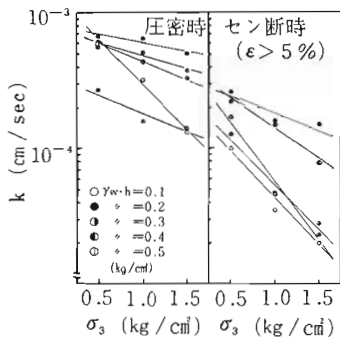


図-4 圧密時とセン断時 ($\xi > 5\%$) の σ_3 と k の関係

この図からは、セン断中 ($\xi > 5$) の k の減少は顕著であり、かつ、 k の σ_3 に対する変化は、圧密時よりもセン断時の方が著しいことが認められる。このようなセン断中の k の減少は、マサ土の透水試験で、動水勾配を一定

に保って、数時間透水を行なうと、時間とともに k が減少するという報告¹⁾と類似の現象である。この報告では、5時間程度の k の減少しか求めていないので、そのまま試験を続けると水量が一定になるかどうかは不明である。しかし、両試験において k の減少傾向が類似であることから、土の構造的な変化が同じなので

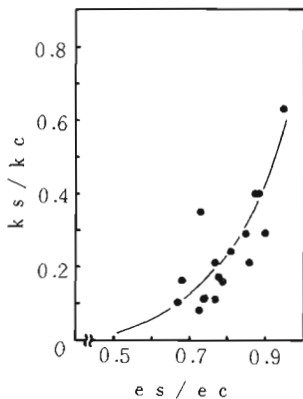


図-5

$es/ec - ks/kc$ の関係

はないかと考えられる。そこで、 $0 < \xi < 5$ での k の変化は、間隙比 e の減少に起因するものとして図-5で示す。ここで、 k_c , k_s はそれぞれ圧密時、およびセン断 ($\xi > 5$) の k , e_c , e_s はそれぞれ圧密時、セン断時 ($\xi > 5$) の e である。 $0.5 < (e_s/e_c) < 0.9$ では、 ks/kc は es/ec の 3~4 乗に比例しており、 k の減少は、

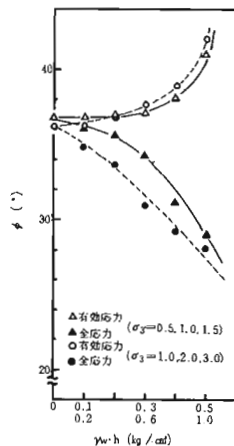


図-6 $\gamma_w \cdot h - \phi$ の関係

示す。全応力表示による $\gamma_w \cdot h - \phi$ の関係は、 $\gamma_w \cdot h$ の増大に伴って ϕ が減少している。有効応力による解析は、一般にセン断面での間隙水圧を測定するか、あるいは推定するかして行なわれるが、本実験の場合、圧密中、またはセン断中の供試体内部の水圧やその分布を知るためには、実験方法を改良する必要がある、まだ行っていない。したがって、ここでは、浸透水圧を間隙水圧とみなして有効応力による解析をした。図によれば、有効応力解析による ϕ' は、 $\gamma_w \cdot h = 0.3$ から徐々に大きくなり、本実験に用いた試料の乾燥重量 ($\gamma_d = 1.35 \sim 1.52$) からは、考えられない程大きな値となっている。しかし、 $\gamma_w \cdot h = 0.3$ 程度までは、 $\phi' = \phi_d$ (CD試験による ϕ) で、水が浸透していても有効応力の考えが適用できると考えられる。

4. おわりに

今回の実験では、データのばらつきが大きく、 $\gamma_w \cdot h$ の差が $Q-t$ 曲線等において明確に表われなかった。 $\gamma_w \cdot h > 0.3$ での ϕ' の増大傾向、また浸透流による土構造の変化については更に検討する予定である。

引用文献

- (1) 風化花崗岩とまさ土の工学的性質とその応用：P・P 217~227 土質工学会編

e の減少に起因すると考えてよい。なお、 $\xi < 5$ のとき、体積ヒズミ ($\Delta V/V$) $\times 100(\%)$ は、ほとんどの試料で減少傾向であった。しかし、 $\xi > 5$ になると k_s は一定となる。この原因は、今回の実験結果からは判然としない。

図-6に、 $\gamma_w \cdot h$ と土の内部摩擦角 ϕ (度) との関係を示す。