

乱さないまさ土の浸透場におけるせん断特性（そのⅡ）

京都大学 工学部 嘉門雅史、佐野郁雄

京都大学 大学院 望月直也

日本鉄道建設公団 ○坂本成弘

1. 本研究の目的

豪雨による崖崩れ等の斜面崩壊は、土木技術が非常に発達した今日なお後を絶たず、西日本に広く分布するまさ土地帯においてもその例外ではない。まさ土斜面が豪雨時に崩壊する原因としては、飽和度の上昇に伴う強度定数の低下（おもに、みかけの粘着力の低下）、自重の増加、間隙水圧の上昇に伴う有効応力の低下などが考えられる。そこで、このような破壊の現象を浸透力の影響によって説明しうるかどうかにについて検討するため、乱さないまさ土の透水三軸試験及び排水せん断試験を行うことにより、供試体に浸透力を作用させた場合のせん断強度及びせん断中の透水特性の変化について実験的研究を行った。

2. 実験概要

この研究に用いた試料は白亜紀の黒雲母花崗岩を母岩とするまさ土である¹⁾。釘打ち込み法によってブロック採取し、カッターを取り付けた真ちゅう管を貫入させて管内に挿入した試料を、両端を成形した後にパラフィンシールをして室内に持ち帰った。供試体の物理定数（実験前測定）を表-1に示す。なおGsを2.615としてe、Srを求めた。先のような過程を経た後、拘束圧0.15, 0.2, 0.3, 0.5 kgf/cm²の4通りで圧密し、透水せん断試験及び排水せん断試験を行った。せん断はひずみ制御でせん断速度は軸ひずみ速度で0.30%/minとした。また、圧密時間及び透水時間は各々20分、60分とし、透水の際の水頭は、上流端に100cm下流端に0cm、上流端に200cm下流端に60cmの2種類とした。

3. 実験結果

(1) 排水せん断試験の結果

まず、最大強度時のモールの応力円を作製し、それについて回帰直線を引き粘着力c及び内部摩擦角φを求めた。なお、初期間隙比e₀が極端に異なる試料があるので、e₀を0.700~0.800のものだけに絞ってモールの応力円を描いたものが図-1である。この図から本研究で用いたまさ土の強度定数はc' = 0.059 kgf/cm²、φ' = 37.0°で与えられる。なお過去の拘束圧1.5 kgf/cm²までの実験結果よりc' = 0.061 kgf/cm²、φ' = 38.2°と求まっており、拘束圧0.5 kgf/cm²以下では過圧密状態であることがわかる。また、各供試体における強度定数として、仮に粘着力cがはたらかないものとして内部摩擦角の値を求めてみた。これをφ_Fと定義し、圧密終了後せん断過程開始直前の間隙比（e_{ss}とする）との関係を図-2に示した。この図から拘束圧が小さくなるにつれ粘着力の強度に対する比率が大きくなるためφ_Fは増加側にずれていくものの、e_{ss}の減少に従ってφ_Fが大きくなる傾向があり、強度の間隙比依存性が認められる。

表-1 供試体の物理定数

	含水比 (%)	湿潤密度	間隙比	飽和度
(平均)	12.3~16.8 (14.6)	1.65~1.75 (1.70)	0.71~0.81 (0.77)	43.3~57.7 (49.9)

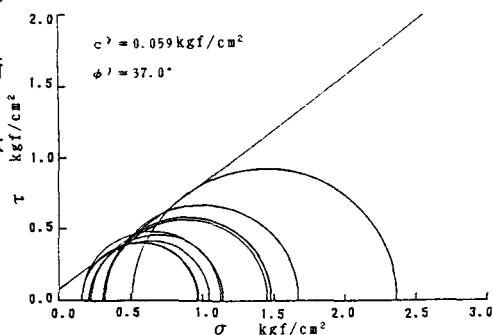
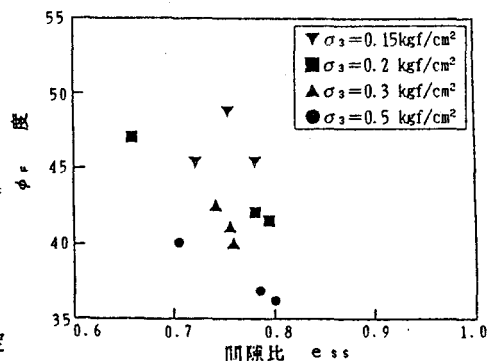


図-1 最大強度に関するモールの応力円

図-2 φ_Fとe_{ss}の関係

Masashi KAMON, Ikuo SANO, Naoya MOCHIZUKI, Naruhiro SAKAMOTO

(2) 透水せん断試験の結果

浸透力を与える本実験は本質的に要素試験となりえないが、供試体内の間隙水圧の線形分布、自重の影響及びメンブレンの張力等の補正により、要素試験と同様に応力やひずみの定義を用いて透水場におけるまさ土の力学的挙動を説明する。また、浸透力によって有効拘束圧が低下すると考えられるが、供試体の高さに応じて有効拘束圧が異なるためその低下量を決定することは困難である。そこで、透水場における供試体の破壊形態に着目し、図-3のように4タイプに分類した。最大強度時の有効応力状態を代表する点として、この破壊形態ごとに決定する。破壊面上の応力状態は高さにより異なるが、その平均値を代表値として表すことにする。これは下端からの高さで示すとタイプIは供試体の高さの1/2、IIは3/8、IIIは1/4、IVは0の面の応力状態となる。なお、ここでは破壊時にモール・クーロン則が成立するとし、破壊面に働く有効応力の平均値としてこの地点の応力状態を代表点と考えた。従って、破壊タイプにより浸透力による有効応力の低下量を求めることができる。例えば、タイプIでの有効応力の低下量は間隙水圧の大きさ、つまり供試体上下端の水頭差 Δu の1/2に等しい。これらを考慮にいれ、間隙比を(1)と同じ範囲の試料から得られたモールの応力円を図-4に示す。図-1と比較すると、透水による強度低下が認められ、特に粘着力 c は約1/4減少していることがわかる。次に、透水係数 k と間隙比 e の関数 $e^3/(1+e)$ の関係を図-5に示す。一般に両者は比例関係にあるが、ここではせん断にともない線形関係が崩れていくことがわかる。この原因を探るため試験前後の試料でふるい分け試験を行った。これによって得られた粒径加積曲線を図-6に示す。この図からせん断により粒子破碎が生じていることがわかる。従って、せん断中の粒子破碎によって比表面積が大きくなり、水流に対して抵抗が大きくなり透水係数が落ちたものと考えられる。

4. まとめ

斜面の安定を考える場合、透水による強度低下を考慮に入れるべきこと、強度の間隙比依存性及び、せん断によって透水係数が落ち、これは粒子破碎が生じるためであること等がわかった。また、間隙水圧の分布を静水圧分布として、各破壊形態における応力状態の代表点の有効応力に基づいて評価を行ったが、試料の不均一性などの問題が存在しており斜面崩壊機構と関連した評価の方法を確立することが今後の課題であると思われる。

参考文献 1) 嘉門ら; 風化残積土シンポジウム論文集, pp. 173~178, 1988

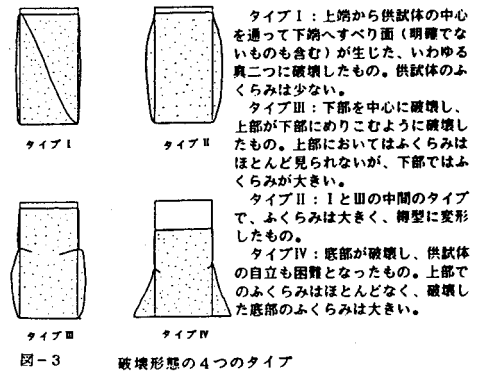


図-3 破壊形態の4つのタイプ

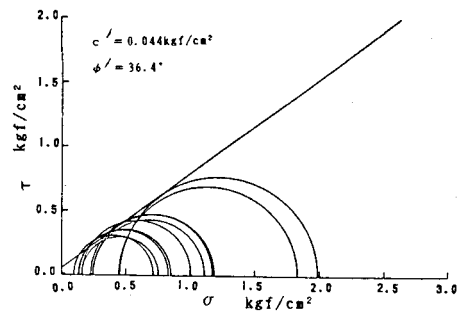


図-4 間隙水圧を考慮にいれた最大強度時のモールの応力円

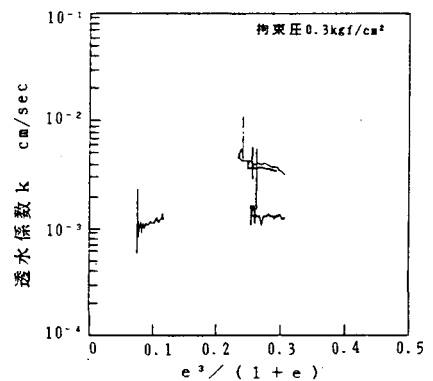


図-5 間隙比-透水係数関係

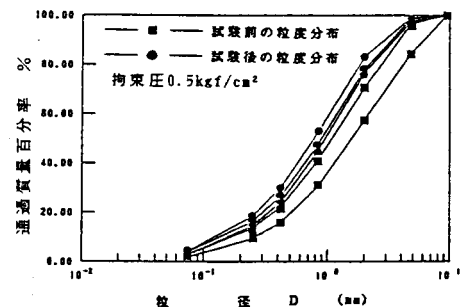


図-6 試験前後の粒度分布