

III-141

表層崩壊を模した傾斜によるせん断試験

関西大学工学部 正会員 青山千彰

関西大学大学院 石川泰朋

関西大学工学部 正会員 西田一彦

1. はじめに

災害実態調査によると、斜面崩壊の半分以上が表層土で発生すると言われている。表層土の主な特徴は根塊を持ち、密度が小さく、斜面での層厚が薄いこと、また、強度面での特徴は、特に崩壊発生頻度の高いまさ土地帯の場合、応力・ひずみ曲線が土構造破壊あるいは土粒子破砕に伴うスティック・スリップを示し、全体として体積収縮の著しいひずみ硬化型の曲線を描くことなどが挙げられる。したがって、この種の表層土の強度定数 c 、 ϕ はピークがでない場合、一応 15% ひずみでの強度より得たものが多い。しかし、安定解析する場合、15% ひずみより得た強度を適用することの妥当性については不明瞭であり、どの程度のひずみ量を強度とするかは解析者の考え方に依存している。このような問題が生じる背景は当然、実際に発生する斜面崩壊時の破壊ひずみを具体的に把握できない理由によるものである。

本報告は無限長斜面崩壊のすべり面におけるせん断箱式に最も近いと考えられる単純せん断試験機を用い、1 つは要素試験として極く一般的な単純せん断、1 つは試験機を傾斜させることで破壊させるモデル試験、と相対した立場での試験を実施し、斜面崩壊を考慮にいたした試験法について検討したものである。

2. 試料及び試験法

実験に用いた試料は標準砂ならびに表層崩壊斜面で採取した崩積土である。主に、飽和度 20% に調整した標準砂を使用し、ゆる詰めにするためフルイにて落下させた結果、間隙比 1.5 の供試体を得た。単純せん断試験機は多段式のせん断箱 (20×30×12.6cm) と載荷部

(上部載荷は窒素ガス、水平載荷は油圧ジャッキ) から構成されている。材質は現場での運搬性を高めるためアルミ製とし、総重量約 60kg である。せん断箱の底板を外すと崩壊斜面で原位試験ができるようになっている。

試験方法は図-1 の模式図に示すとおり、二通りの方法で実施した。水平載荷試験 (水平試験と略称) は一般的な単純せん断試験で、定圧状態で排水し、ひずみ制御 (1mm/min) とした。一方、傾斜載荷試験 (傾斜試験と略称) は前者が面力による載荷であるのに対し、体積力である重力を利用し、極力、崩壊時の斜面の応力状態に類似させた試験法である。試験法は、まず土被りを想定し、一定のガス圧で垂直載荷する。次に、傾斜角を 1 分 0.5 度の割合で増加させる。この際、傾斜させた場合に土被りから生じるせん断力を算出し、この圧力を水平載荷させる。このような手順で、水平・垂直変位を測定しながら、順次、傾斜角を増加させていくと急激な変形による破壊が生じる。なお、水平載荷圧の算出にはせん断箱の死荷重による補正を行なっている。

3. 標準砂による試験法の比較

水平試験ならびに傾斜試験を実施した結果、図-2 に

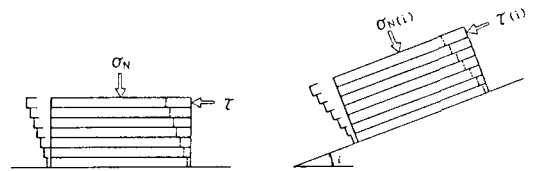


図-1 水平載荷試験と傾斜載荷試験

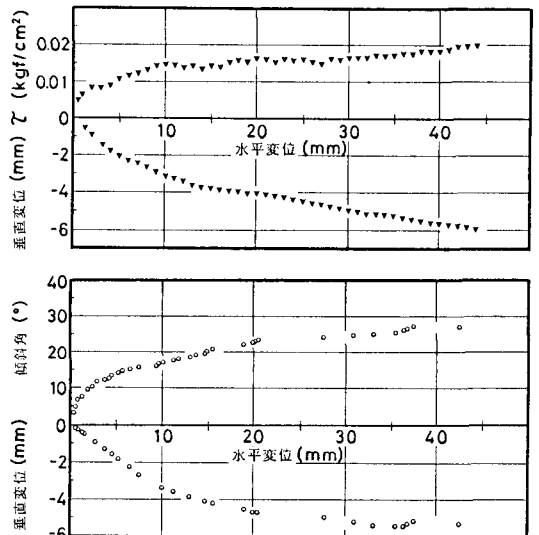


図-2 水平、傾斜試験結果の比較

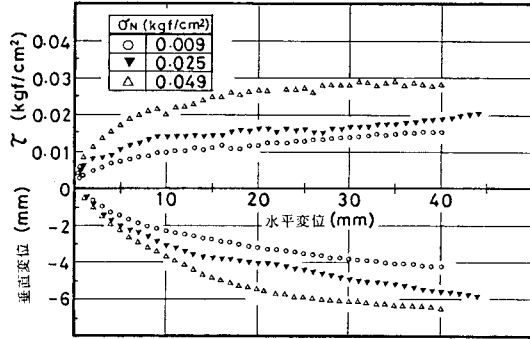


図-3 各種拘束圧下の水平試験

示す応力・ひずみ関係を得た。傾斜試験ではせん断応力に対し傾斜角で表現した。水平試験はゆる詰めのため体積は収縮し続けひずみ硬化型の曲線を示す。他方、傾斜試験の場合、全般的な曲線形状は水平試験に類似しているが、変位の発生の仕方は前者が一様な曲線を描くのに対しかなり突発的に変形が進む曲線となり、最終的には一気に変形が生じて破壊に至る。拘束圧を変化させた場合の体積変化

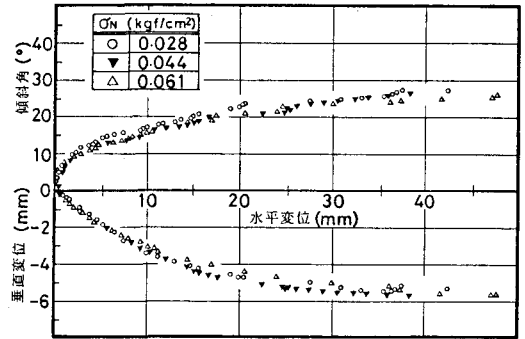


図-4 各種拘束圧下の傾斜試験

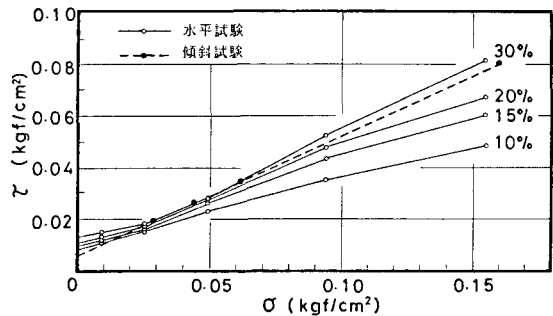


図-5 水平、傾斜試験から得た強度特性

は、傾斜試験側の収縮が20mm程度の水平ひずみで一定化するのに対し、水平試験はいつまでも収縮を続ける。図-4に拘束圧を変えた場合の傾斜試験結果を示す。図より明らかなように、拘束圧の変化にも拘らずすべての曲線が近接している。また、体積変化曲線も同様の傾向を示す。ただし、拘束圧が大きくなるにつれ明確な大変形による破壊は見られず、クリープの変形が進行する。一方、拘束圧を変えた水平試験では図-3に示すとおり、拘束圧の増加に伴いせん断力、体積変化ともに大きくなる一般的な傾向が見られる。図-5に両試験結果をまとめる。なお、図中、傾斜試験のプロットは破壊時の角度と供試体中央での垂直応力より求めた値である。水平試験はひずみ硬化型の曲線を描くためせん断ひずみが10, 15, 20, 30%時のせん断応力を結んだ。水平試験結果がサクシオンによりみかけの粘着力を発揮するのに対し、傾斜試験結果は傾斜角がほぼ27度で、僅かに粘着力を持つ直線となる。今、傾斜試験結果がより現実斜面での崩壊現象に近似するとすれば、破壊ひずみを単純に特定（例えば15%に）することは難しいと考えられる。

4. 表層崩壊時の状況再現

実験は平均傾斜角45度平均層厚50cmで幅15m 長さ30m にわたって表層崩壊した地点を再現した。三軸試験結果では粘着力 0.08 (kg/cm) 内部摩擦角36度となり安定解析では安全率が1以上となる。試料は同一現場密度試料で、飽和度70% とし、図-6に示す傾斜試験を実施した。その結果、図に示すとおり、傾斜角を45度まで増加させたが、安定解析同様崩壊するまでには至らなかった。

表層崩壊の崩壊機構については、せん断破壊によるものか浸透破壊あるいはその他の原因によるものか詳細は不明であるが、今後この種の実験により、せん断破壊説の適用の妥当性について知見を得ることができると考えられる。

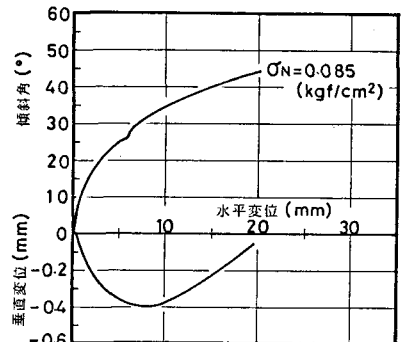


図-6 表層崩壊状況の再現化