

森組 正 ○ 牟田俊文
京大工 正 太田秀樹

1. 実験の概要

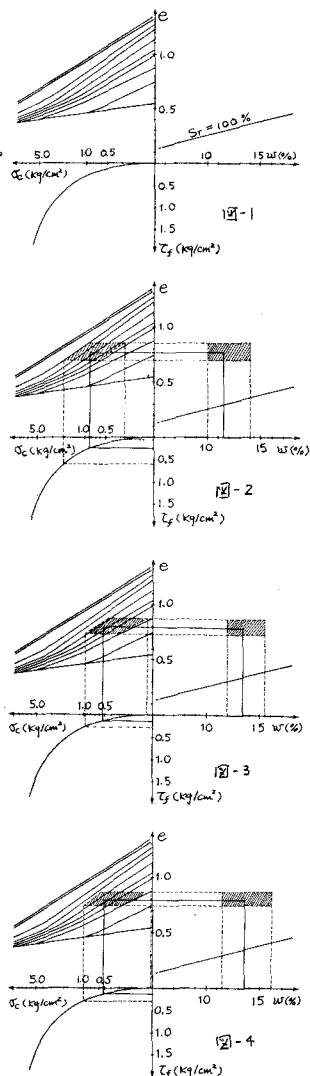
盛土やアースダムなどのような締固め土を用いた斜面の安定性を検討するため、次のような実験を行なった。
(1) シルト質土を用いて、それが締固められた後にどのような強度を発揮するかを推定するための室内実験。
(2) 斜面角度 $30^\circ, 45^\circ, 90^\circ$ の模型斜面と締固め土で作製し、法面付近に載荷して破壊させる実験。
これら一連の実験の目的は、(a) 締固め土の強度推定法の精度と同時に検証する、(b) 斜面の安定を円弧ベリ法で解析する場合にどのような種類の強度（たとえば垂直応力一定条件下での排水・排気強度とか、等体積せん断強度とか）を使えばよいかを検討する、ことである。以下順を追って実験結果を示す。

2. 強度推定のための実験

締固め土の強度は、その土の含水比と間げき比とで同じであるが、どのような方法で締固められたかにかかわらず同じである、というのが筆者らの考えである。ただし、これは圧縮後荷重を減じて生じる膨張量がそれほど大きくない土に於いていえることである。もちろん締固めの方法の相違に基づく工粒子骨格の構造のちがいによって、土の強度は変化するのであるが、その差は最も支配的な要因ではなく、もし2, 3割の誤差を許容するならば上記の仮説が成立すると考えられる。この仮説にもとづいて、いろいろな締固め方法による土の強度を推定し、実測値と比較した結果はすでに報告している（第11回 土工工学研究発表会）。

図1はシルト質土を静的圧力 σ_c で圧密し、そのとき等体積せん断強度を求めた結果である。左上図が圧密終了時の間げき比 e と圧密圧力 σ_c (log) との関係である。 $e \sim \log \sigma_c$ 関係は一本の線にならず、図に示されているようにほぼ平行な線群になる。これらの線は含水比別にわけてあり、上から7.5, 7.7, 10.0, 11.0, 12.5, 13.7, 14.3, 15.9, 18.3%となり、最下段の傾きの小さい直線は含水比21.7%および24.0%のもものが共にその上にある。この直線はほぼ飽和に近い状態に対応するものと考えてよい。この $e \sim \log \sigma_c$ 直線には過圧密された土のデータも含まれているが、膨張量が小さいため正規圧密線上から大きくはならない。ただし、過圧密土の場合 σ_c は先行圧密圧力ととっている。このように正規圧密または過圧密された土とそのとき等体積せん断した場合の強度 τ_f と、その土の先行圧密圧力 σ_c との関係が図1の右下図に示されている。すなわち、等体積せん断強度 τ_f は、含水比や間げき比とは直接関係せず、もっぱら先行圧密荷重 σ_c だけによって決まる。図中の強度線は $\tau_f = 0.3 \sigma_c$ の関係を示したものであり、多くのデータはこの線上にのっている。

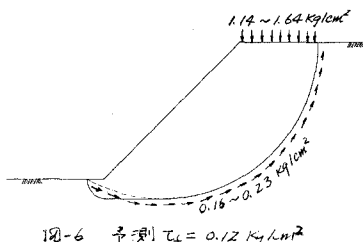
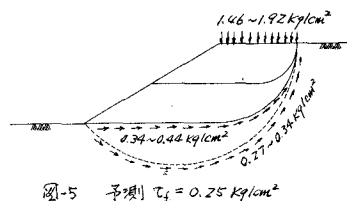
さて、図1のデータを利用して、後述の模型斜面に用いる土の強度を示したのが図2~4である。模型斜面は傾斜角 $30^\circ, 45^\circ, 90^\circ$ の3種類を作ったが、図2, 3, 4がそれぞれ対応する。模型斜面の載荷装置の容量から、締固め土の強度は0.3



kg/cm²前後を予測した。おおよその含水比は12%前後の範囲で求めたので、含水比と強度から逆算して同じき比が0.8程度になるように締固めることにした。しかし、実際には同じき比、含水比共にばらつき、図2、3、4の右上図で斜線に示される範囲に入った。実線が上下限を示し、最もひん度の値が実線に示されている。このバラツキの結果、予測される等体積せん断強度も大きくバラツキ、図2~4に示されるように、斜面角30°のものに対して $\tau_f = 0.05 \sim 0.6 \text{ kg/cm}^2$, 45°のものに対して $\tau_f = 0 \sim 0.3 \text{ kg/cm}^2$, 90°のものに対して $\tau_f = 0 \sim 0.33 \text{ kg/cm}^2$ となった。また平均的な値としては、30°に対して $\tau_f = 0.25 \text{ kg/cm}^2$, 45°に対して $\tau_f = 0.12 \text{ kg/cm}^2$, 90°に対して $\tau_f = 0.12 \text{ kg/cm}^2$ と予測された。

3. 模型斜面の破壊試験

長さ160cm、巾70cm、深さ90cmの鉄製工槽の中に、下から45cmの深さまでシルト質土を入れ締固めた。またおし厚は出来上りで5cm±3mm、締固めは60kgの人間の足踏みで行なった。締固め後一部を掘削し斜面を切ったが、傾斜角30°の場合は高さ10cm、45°の場合は高さ17.5cm、90°の場合は高さ25cmにし、長さ160cmの細長い斜面を作ることにし、側壁の摩擦の影響を軽減した。斜面上面に巾10cmの鉄板をひき、その上からジャッキで載荷した。破壊荷重は同一の斜面に対してそれぞれ3回測定したが、そのバラツキはかなり大きかった。図5~7にその結果を示す。図中実線のおべり線は実測から推定したものであり、破線のおべり線は実測おべり線とある程度対応する円弧おべり線である。また図中の上載荷重は、鉄板にかかった破壊荷重を等分布とみなして計算したものである。実線または破線のおべり線に沿って矢印と共に示してあるのが、仮りに $\phi = 0$ の材料として破壊上載荷重に対応する土の強度と計算したものである。これらの値は図の下に書いてある。予測等体積せん断強度 τ_f の平均的な値と比較オーダーとしている。



4. 考察

締固めの土で作られた斜面の安定解析、持上載荷重とかけ破壊させたような斜面の解析に $\phi = 0$ の材料と仮定をもちこんでよいという理由はない。厳密に言えば、土がせん断されるプロセス中に、おべり線に垂直に働く力が、等体積せん断を保つように変化しなければ、 $\phi = 0$ とはみなすことはできない。従って、2でのべた室内実験の際得られた等体積せん断時のストレスパスを参考にして、弾性論その他必要の仮定をおべり線上の垂直応力をもとに破壊強度をおべり線に沿って求めれば、より厳密に破壊時の上載荷重が求められるかもしれない。しかしこの方法にしても、不飽和土の有効応力の定義に關してある程度無神経になる必要がある。その上、おべり線と円弧と仮定して解析することによる誤差もわけて小さいとは断言できず、またモーメントのつりあいだけで安定解析をしようとする試みは自体が大胆なものである。以上のべたことを考え合せて、どうせのことなら善悪はあきらかという感じで、 $\phi = 0$ の仮定を使い、等体積せん断強度と比較してみたのであるが、結果としてはほぼ満足すべきものであると考えている。傾斜角の小さな斜面では当然おべり線上での垂直応力が大きくなり、察知されているせん断強度も予測値を上廻っており鉛直壁に比して予測値の方が大きいことも当然な結果であると思われる。

