

国立交通大学(台湾)正 許 海龍
 東京大学工学部 正 石原研而
 “ “ 正 吉田喜忠

◆ ま え が き ◆

台湾北部にある石門ダムのトンネル式余水吐けの増設工事に際し、トンネル入口上方の山腹に地すべりが生じた。以下この原因につき調査した結果を述べてみることにする。

◆ 地すべりの概要 ◆

地すべり地質を正面及び側面から眺めたのが図1、図2である。地質は砂岩及び頁岩から成っているが、すべりを生じたのはトンネル上部で砂岩が風化した部分である。高さ10m、巾7mの余水吐けトンネルの掘削は上半断面方式で1980年9月に開始された。すべりが最初に発生したのは1981年12月10日の大雨の直後で、巾40m、長さ100mの区間がすべり落ち、トンネル入口とその上の道路を埋めてしまった。その後、降雨のたびに周辺部にすべりが拡大し、現在では図1に示すごとく巾60m程度までに広がっている。

◆ 地すべりの原因 ◆

今まで降雨によって崩壊したことがない場所に初めて地すべりが生じたので、降雨が直接のきっかけになったとはええ、他に原因があったと考えられる。その一つは、トンネル掘削時における発破による砂岩風化部の緩みである。このことは以前から懸念され、そのため本掘削に先だて、調査孔内で発破を起こし、山腹の地表面で震動を測定する試みがなされた。その結果、水平方向加速度、 a_h 、薬量、 $W(kg)$ 、距離、 $d(m)$ の間に

$$\frac{a_h}{g} = 1.36 \left(\frac{W}{d^{0.8}} \right)^{1.78} \quad \text{----- (1)}$$

なる関係があることが見出された。地すべりが生じたのは、上半断面を2本のトンネルが平行して110mだけ掘り進んだときで、1回の発破で1.2m前進したことを考えると、約200回の震動が地盤に加わっていたことになる。薬量は $W=10kg$ 、平均距離を $d=50m$ と仮定すると(1)式より、1回の発破による地表面震動は30~40galに達していたと推定される。この震動による地盤の緩みには、震動による砂岩風化土の密度の減少と堆積構造の変化の2つがあると考えられる。砂の変形特性は、堆積構造の影響を強く受けることが知られているが、密度が不変でも震動によってどの程度強度が低下してくるのか、今の所

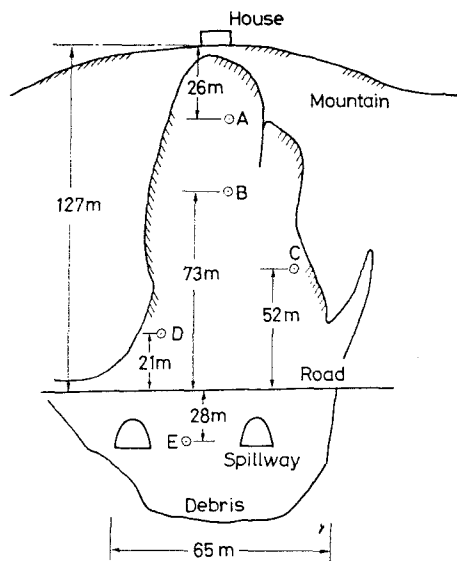


図1 地すべり地質正面図

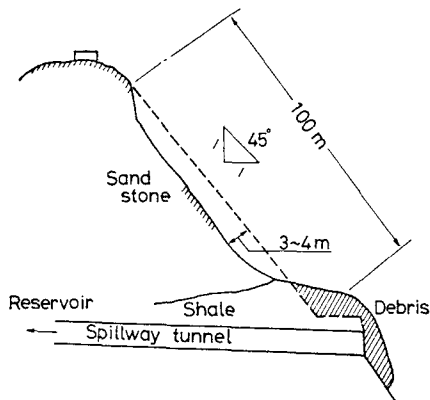


図2 地すべり地質側面図

不明である。そこで、図1に示す場所でサンプリングを行ない、原位置での密度測定と室内試験を実施し、主として密度の影響を考慮する形で簡単な解析を試みてみた。

◆ 実験結果とすべり安定解析 ◆

図1のA……Eの5ヶ所で採取したサンプルは、ほぼ同じ粒度分布特性を示したが、地質Aのものを示すと図3のごとく細粒分が約50%を占める砂質シルトと云える。しかし、砂岩が風化した土であるので細粒部分は極めて低塑性で、全体として砂と同じ挙動を示すと考えられる。原位置の密度測定結果によると、乾燥密度は $\gamma_d = 1.7 \sim 1.8 \text{ t/m}^3$ で、空隙比は $e = 0.47 \sim 0.60$ の範囲にあった。飽和度は $S_r = 83 \sim 97\%$ であった。室内の三軸圧縮せん断試験は、この土の飽和度を約90%とし、乾燥密度を3段階に変えて行なった。15%軸ひずみ発生を破壊とみなし、内部摩擦角と粘着力の値を乾燥密度に対してプロットしてみたのが図4である。

次に、すべり面を直線と仮定し、図5に示す式によって安全率を計算してみたのが図5である。図には原位置で求めた乾燥密度の値の範囲が示してあるが、この範囲で土の強度が著しく変化するため安全率も大きく変わっている様子がわかる。

◆ 結 論 ◆

発破による震動を受けないときの密度が今の所、正確につかめないのではっきりしたことはわかりかねるが、発破によって多少でも密度が下れば安全率も相当下ってくることから、石門タムの地すべりは発破によって地盤がゆるみ、そこへ降雨の水がしみこんで飽和度が上って土の強度が低下したためであると解釈してもよいと思われる。

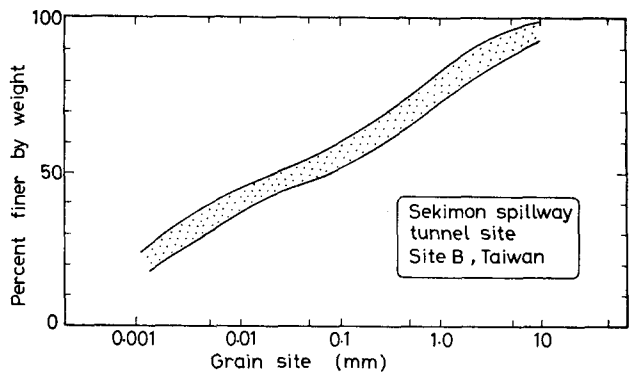


図3 粒径加積曲線

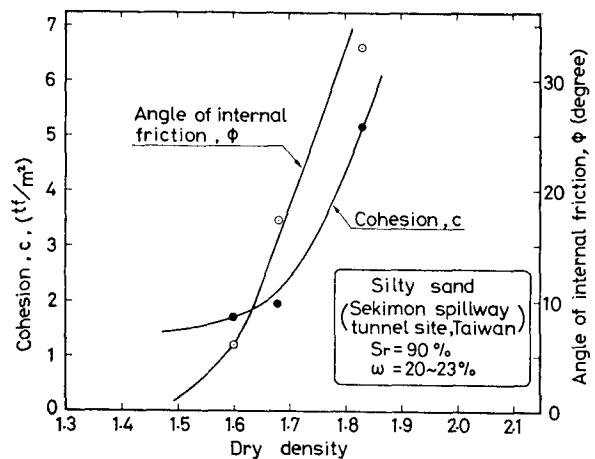


図4 内部摩擦角と粘着力

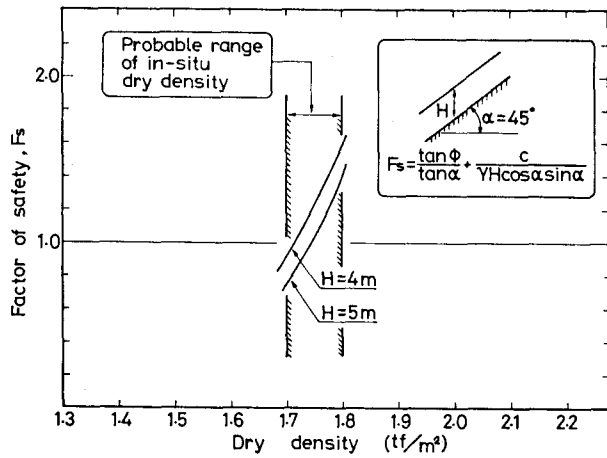


図5 安定解析の結果