

## 82 砂防山腹工の土砂生産抑制効果に関する考察

国土交通省琵琶湖工事事務所

植田剛史、谷口 享

(財) 砂防・地すべり技術センター 松村和樹、安田勇次、○山中久幸

### 1. はじめに

瀬田川流域においては、下流域の河床上昇による洪水氾濫を防止することを主目的とし、土砂生産源たる山腹斜面からの土砂生産・流出を抑制するために植生工を併用した砂防山腹工が、田上山地を中心として精力的に実施されている。近年、未立木地がほとんど見られないほど、田上山地周辺の山腹は植生が回復し、土砂生産が抑制され、砂防山腹工として大きな成果を挙げていると考えられる。

これらの施工および調査結果を踏まえ、一般に植生工を併用した砂防山腹工は、

- ①恒常的（長期）な土砂生産・流出抑制（表面侵食防止）
- ②短期（豪雨時）の表層崩壊等による土砂生産抑制

などの効果があるとされている。

しかしながら、これまでに植生と土砂生産・流出の関係について、多角的な調査研究が行われてはいるものの、考慮すべき条件がさまざまであることなどから、現在、定量的な研究成果を得るには至っていない状況にある。

本報は、砂防山腹工施工地での表層崩壊について考察を行うものである。ここでは、表層崩壊は土層厚と土壌水分による粘着力の変化に支配されると仮定し、同一の降雨条件下における複数の土層厚に対する安定性を評価することによって、その仮定を検証し、砂防山腹工施工地の表層崩壊に対する安定性の評価を行ったものである。

### 2. モデルの概要

松村ら<sup>6)</sup>によれば、飽和度の上昇に伴いせん断抵抗力が低下し、滑動しようとする力とのバランスが崩れたときに崩壊するとしている。

検討モデルは、降雨条件に応じてメッシュごとの飽和度の変化を算出できる断面2次元飽和-不飽和浸透流解析モデルを用い、降下浸透に伴い飽和度が上昇し、その飽和度と見かけの粘着力の関係から斜面の各土層深ごとの安全率を求めた。なお、安全率は式-1~3より算出した。

$$\tau_1 = C' + \sigma \cdot \tan \phi \quad \dots \dots \dots \text{(式-1)}$$

$$\tau = Z \cdot \gamma_1 \cdot \sin \alpha \quad \dots \dots \dots \text{(式-2)}$$

$$Fs = \tau_1 / \tau \quad \dots \dots \dots \text{(式-3)}$$

ここで、 $\tau_1$ :せん断抵抗力,  $C'$ :見かけの粘着力(図-1),  $\sigma$ :全応力,  $\phi$ :内部摩擦角,  $\tau$ :せん断応力,  $Z$ :深度,  $\gamma_1$ :飽和単位体積重量,  $\alpha$ :斜面角,  $Fs$ :安全率(深度方向に4cm、水平方向に20cmに分割したメッシュごとに算出)

#### 2.1 検討断面

山腹工施工後、30年が経過した断面を用いた(平均傾斜角約30°、平均土層厚約40cm)。

#### 2.2 対象降雨

瀬田川流域に災害をもたらした昭和57年台風10号による降雨(図-2、黒津観測所)を用いた。

#### 2.3 パラメータ

既往文献および現地調査結果等から検討対象断面における土層部のパラメータは表-1のとおり設定した。

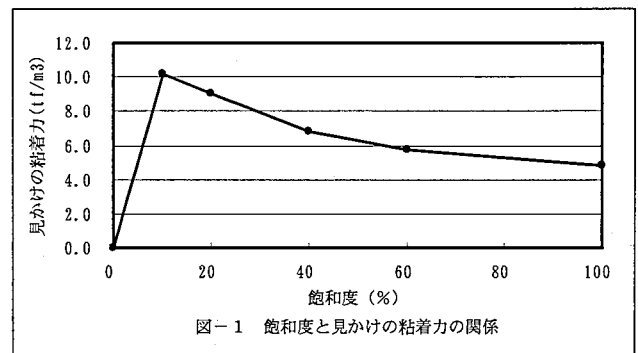


図-1 飽和度と見かけの粘着力の関係

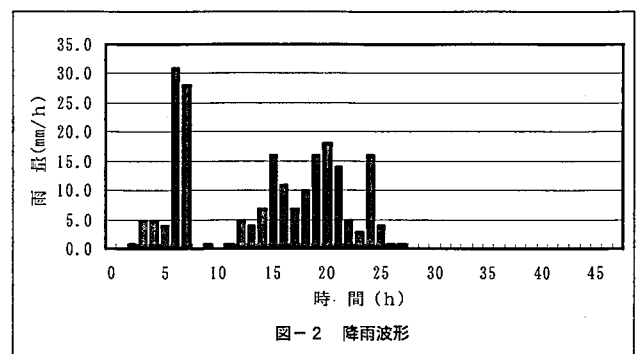


図-2 降雨波形

表-1 パラメータ

項目	値
有効降雨	実降雨の83%
透水係数(cm/sec)	5.0E-02
間隙率	0.45
貯留係数(1/cm)	2.0E-07
粘着力(tf/m³)	4.8
内部摩擦角(°)	21.61
単位体積重量(tf/m³)	1.9

### 3. 結果および考察

検討対象断面中腹部の深度別（土層厚40cm、4cmごと）最小安全率算出結果を図-3に示す。

土層深度方向の安全率の分布は、最小(最深部の40cm地点、飽和時)でも10以上であり安全であるが、土層深が深くなるほど安全率が低下する傾向がある。つまり、表層崩壊は土層厚に支配され、土層厚が厚くなるほど崩壊のポテンシャルが増加する傾向にあることが確認された。

以上の検討結果から、土層層が薄い禿しゃ地は崩壊に対する安全率は高いと考えられる。しかしながら、砂防山腹工を施工し森林へと誘導された施工地は土層層を有するようになり、検討対象降雨とした昭和57年台風10号によって、瀬田川流域信楽地区では砂防山腹工施工地において深さ1m程度の崩壊が発生しているように、ある程度の土層が発達した場合、崩壊が発生しないとは言いきれないこととなる。なお、砂防山腹工を施工することによって崩壊のポテンシャルは増加するが、土層厚の増加は現地調査を基に推定した結果10年間に数cm程度であり、山腹工施工後一定期間は崩壊を起こすような土層厚が発達しないため、崩壊の危険性は少ないと想定できる。

本報では、砂防山腹工を施工することによって土層厚が厚くなるほど表層崩壊のポテンシャルが増加することを確認した。崩壊だけでなく表面侵食も含めた山腹斜面からの土砂生産・流出量考えた場合、既往研究<sup>1)</sup>によると、砂防山腹工実施前の禿しゃ地では5,000~10,000m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/年の表面侵食量があったものが、砂防山腹工を施工し森林となった流域では3m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/年程度に減少している。一方、瀬田川流域で起きた昭和57年台風10号災害による崩壊土砂量は既往調査結果によると700m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>であり、禿しゃ地からの表面侵食量と比較して少ない。

以上のことから、砂防山腹工は土層を生成させることによって表層崩壊のポテンシャルを増加させるが、表面侵食を抑制することによって全体の土砂生産流出量は減少させており、瀬田川流域の山腹工の目的である山腹斜面からの土砂生産・流出を抑制する効果を発揮しているといえる。

### 4. おわりに

本報で用いたモデルであるが、モデルと同じC、φを用いた土層厚2mの飽和状態の無限長斜面における有限要素法による解析結果を図-4に示すが、設定した粘着力が大きい傾向にあり、今後室内試験等実施し、C、φを設定する必要がある。また、本報で用いたモデルにおける有効降雨の考え方は、降雨強度にかかわらず一定としているが、これは実際の現象とは異なっており、降雨強度別の有効降雨の考え方を検討する必要がある。

### 参考文献

- 1) 鈴木雅一、福富義宏:風化花崗岩山地における裸地と森林の土砂生産量—滋賀県南部、田上山地の調査資料から—、水利科学、190、89-100、1989年
- 2) 近畿地方建設局琵琶湖工事事務所:瀬田川砂防のあゆみ
- 3) 近畿地方建設局琵琶湖工事事務所、アジア航測株式会社:瀬田川砂防管内昭和57年台風10号災害調査作業報告書、昭和57年12月
- 4) 近畿地方建設局琵琶湖工事事務所、アジア航測株式会社:瀬田川砂防管内昭和57年台風10号災害調査(その2)作業報告書、昭和58年12月
- 5) 近畿地方整備局琵琶湖工事事務所m(財)砂防・地すべり技術センター:山腹工効果評価検討業務委託、平成13年3月
- 6) 松村和樹、高浜淳一郎:風倒木地における表層崩壊機構に関する考察、砂防学会誌、Vol.52、11-17、1999年

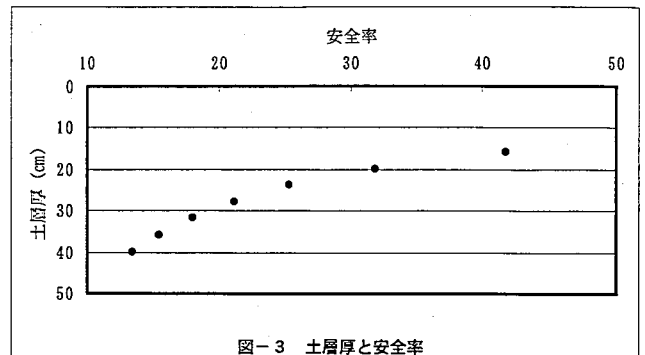


図-3 土層厚と安全率

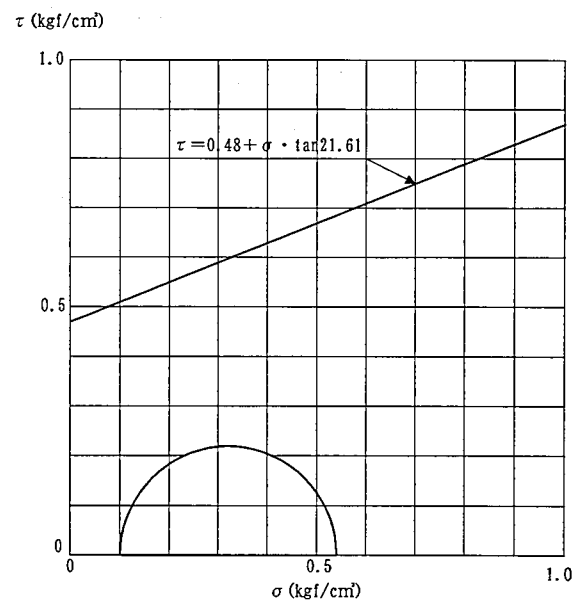


図-4 応力解析結果