

風化花崗岩森林斜面における豪雨時の浸透流力の分布と 斜面の変形についての数値計算

○園田美恵子（京都文教大学）・

小杉賢一朗・水山高久（京都大学農学研究科）

1. 目的 風化花崗岩森林斜面における豪雨時の斜面変形の発生，更には表層崩壊発生の条件およびメカニズムを解明するため，実際の試験斜面について詳しい浸透流計算を行い，それをもとに斜面表層の各部分において浸透流が土層に及ぼす力を見積もり，斜面変形の応力解析をした．関係する要素は斜面形状，物性およびその分布，土層に加わる浸透流の力である．実際の試験斜面を対象とすることで前2者を固定し，水流力のみを変化させた．浸透流計算はKosugi(2000)の有限要素法飽和・不飽和浸透流解析プログラム，応力計算は井上・王(1984)の弾塑性有限要素法応力解析プログラムを用いた．試験斜面は形状や物性分布が調べられており（地形測量，簡易貫入試験，土壌断面の観察，土壌サンプルの粒径分布・間隙比分析および保水性・透水性試験），対照できる表層クリープおよび土壌水分の観測データがある．

2. 方法 崩壊が起こった1982年8月1~3日（3日間の雨量が415 mm. 2度の降雨ピークに大きな流出量ピークが出現）の降雨について調べた．計算対象は試験斜面の尾根から上部斜面・中腹部斜面にかけての斜面に沿った長さ約30m，鉛直深さ160 cmまでの範囲である．応力計算では，20 cm間隔の各要素の節点にかかる荷重を見積もった．奥西(1996)により，砂層通水中に単位体積の空間内の砂粒が受ける力は，砂粒に働く重力・水圧・間隙を動く水によって生じる力の合計である．結果的に土層側が受ける力としては，浸透力と浮力を受けた砂粒の重さを考慮すればよい（園田，2000）．間隙比から土の自重を，圧力水頭から水柱の高さと水分量を，動水勾配から水の流動方向を知る．荷重は水平成分と鉛直成分に分けて求め，それらを2方向に負荷して応力解析をした．

3. 結果 浸透流計算結果（図1）では，1ヶ月前からの先行雨量が約260 mmで，豪雨開始当時土層はやや湿潤であった（①）．そこに最大1時間雨量29 mmの強雨があり，斜面内の透水性分布を反映して，非常に不均質な飽和帯分布が出現した（②）．その不均質はならされて，飽和帯の重心がしだいに斜面下方に移動したが，再び強雨で降雨開始からの雨量が200 mmを超えた頃，大きな流出量ピークが現れ，崩壊が起こり得る状態になった（③）．この時点で，地下水面は深さ20 cmから60 cmの間にあるところが多く，表層土上部の多くは不飽和である．しかし，大きな水分フラックスが生じている．これは，その部分の透水係数が非常に大きいことによる．森林斜面では豪雨時にも表面流が生じていない場合が多いという一般的な観察結果と一致する．一方，上部斜面から中腹部斜面に移る遷急線の下流側と中腹部斜面の末端近くに，地下水面が地表面を切って現れる所がある．このような所で土壌浸食が進行すれば，表層崩壊発生のきっかけになる可能性がある．水分フラックスの方向（図略）は全般的には斜面の傾斜方向に沿うが，土層内部で複雑に変化し，局所的に，斜面傾斜より上向きフラックスが生じている部分がある．

応力解析の結果については，試験斜面の上半分を少し拡大して図2，3に示す．流出量ピーク時（図1の③の時）の斜面の変位分布（図2）では，斜面の深さ60 cm付近より下位には横向きの変位，上位には斜め上向きの変位が現れる傾向がある．これは60cm付近から上の表層土の部分が下位部分から分離して浮き上がる動きをすることを意味する．土壌クリープの観測結果において，この付近で土層のせん断の集中が検出されることと調和的である．同じく流出量ピーク時のせん断歪の分布（図3）では，方向

が異なるせん断歪の集中域（+と-，どちらもこの図では高い値が濃い影で示される）が斜面に沿って交互に現れ，土層底部の歪集中域と相まって，いくつかのせん断変形単位を形成していることが読み取れる（図3の①，②，③部分）。

