2003年水俣市宝川内集地区地すべりの数値解析的検討

長岡技術科学大学大学院	正会員	○保科	隆	
長岡技術科学大学	正会員	大塚	悟,	磯部公一
熊本高等専門学校八代キャンパス	正会員	岩部	司	

1. はじめに

2003 年 7 月 20 日未明に発生した熊本県水俣市宝川 内 集地区にて土石流災害が発生した.斜面崩壊の発生 機構に関しては,地形・地質・降水・水理条件の視点 から多くの調査・研究報告がある.著者らはこれらの調 査結果に基づいて斜面の地盤モデルを作成して,斜面 崩壊の発生を数値解析によるシミュレーションを実施 した.解析は不飽和・飽和浸透流解析(市販ソフトウェ ア:Soil Plus Flow)と剛塑性有限要素解析を連成させて 安定解析を行なうことで,地盤の飽和度を考慮した地 盤強度や地下水の浸透力などを合理的に評価できる. 本報告の目的は,限られた情報の中でどこまで事例を 表現できるか,自然斜面の数値解析の現状の視点から 報告するものである.

2. 事例解析

地すべりの発生原因に関しては、土石流災害検討委 員会(北園芳人委員長)にて詳細な検討が行なわれて おり、水俣市土石流災害検討委員会報告書¹⁾(以下,報 告書と記述)に報告されている.崩壊発生の原因に、土 石流発生前の6月に、先行降雨590mm/月の降水量(深 川観測局)が指摘されている.また、被災調査等にて、 すべり面を形成した凝灰角礫岩上に風化した粘土層が あったこと^{2),3)}が明らかにされており、これらの要因 が斜面崩壊に大きな影響を及ぼした.

2.1 地質のモデル化

崩壊地周辺の地層は,報告書等から崖錐性堆積物, 安山岩(上位層),凝灰角礫岩,安山岩(下位層)の4 層に区分される.また,それら各層は風化の程度や岩相 が異なることから,同一の地質にあっても状態に応じ て細分化し,図-1のようにモデル化を行なった.

- (1) 安山岩 (上位層): 地層①, ③, ④, ⑤
- (2) 崖錐帯堆積物:地層②
- (3) 凝灰角礫岩:地層⑥,⑦
- (4) 粘土層: 地層(9^{2),3)}

なお,斜面崩壊のすべり面が地層⑤,⑥の上部である こと,その下の地層⑦は新鮮な岩層であることから,斜 面崩壊に直接的な影響を与えていないことを考慮し, これより深部を考慮しないこととする.

2.2 地盤物性值

地盤の物性値は報告書のほか,各種の調査報告に基 づいて設定した,不明確な物性値に関しては,事例の試 行解析を実施して,適宜現実的に妥当な値を仮定する 方針とした.浸透特性については地盤の風化度(新鮮, 風化, 強風化)を考慮して設定した. また, この地域は風 化度合いの異なる柱状節理の発達した安山岩が地表を 覆っていることから,その風化特性に着目して,新鮮・ 強風化岩については等方的な透水係数を仮定し,柱状 節理のある風化岩に関しては透水係数に異方性を考慮 した.具体的には,鉛直方向には比較的大きな透水係数 を設定し,水平方向は新鮮岩に近い透水係数を仮定し ている.この理由は図-2の降雨履歴に示すように,崩 壊前の 6 月にまとまった降水量があり,この先行降雨 が7月の斜面崩壊に大きな影響を与えるためである. この際,風化度によらず等方性透水係数を仮定すると, 新鮮・風化・強風化の透水係数の組合せを試行しても 崩壊事例を説明することはできず,異方性の仮定が必 要であることが判明した. 地盤の強度特性については, 特にすべり面を形成した粘性土に関して,森山らによ る現地採取土の一面せん断試験結果^{3),4)}を適用した. しかし,粘着力が $c_d = 37.4 \text{kN/m}^2$ とすべり面にしては やや大きく,試行解析を実施しても斜面崩壊を説明で きないことから, 逆解析により粘着力を c_d = 6.48kN/m²と設定した.内部摩擦角については試験結果 を用いることとする.

2.3 降雨条件·水理境界条件

初期水位は,当該地区の過去5年4ヶ月の平均時間 降雨量(2.13E-4m/hr)を与え算出した.



キーワード 地すべり,斜面崩壊,事例解析,豪雨災害,斜面安定 連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 環境・建設系 環境防災研究室 降雨量データは崩壊地域に近い熊本県深川観測局 において観測されたデータを使用した.この際,斜面崩 壊前の6月には深川観測局で590 mm/月の降水量を記 録しており,先行雨量として地下水供給に影響を及ぼ したことも考えられることから,事前降雨として崩壊 日7月20日から約3ヶ月前の5月1日からの降雨デー タを設定した.水理境界条件は,左側面は尾根境界と なっており,地下水の供給がない.底面は地層⑦が難透 水性であること,右側面は河川が定常的に流れており, 河川水によって常に飽和化していると考えられること から,モデル左側面,底面,右側面は不透水境界とした. モデル上面は降雨浸透境界とした.

2.4 解析結果

図-2 に斜面崩壊を支配したと考えられる粘土層中 央における圧力水頭の経時変化を,等方性 及び 異方 性透水係数ごとに示す.等方性透水係数を仮定した Case 1~3 では 6 月の降水により圧力水頭が上昇する が,7 月中旬にかけて圧力水頭が減少する結果となっ た.等方性透水係数の大きさによっては,先行降雨後の 圧力水頭の増減に影響を与え,等方性透水係数の大き さに関わらず,7 月 20 日における斜面崩壊を説明する には,後期降雨までの圧力水頭の減少速度が大きくな り,先行降雨による影響が斜面崩壊へと反映しない.一 方,透水係数の異方性 (Case-4) を考慮すると,6 月の 先行降雨後の圧力水頭の減少速度が小さくなり,7 月 の斜面崩壊に及ぼす先行降雨の影響を反映することが 可能になる.

図-3 に Case-4 における斜面の安全率時間変化を示 す.6 月の先行降雨で安全率が低下するものの破壊に 至らず,7月の降雨にて破壊する結果が得られた.

図-4 に剛塑性有限要素解析から得られる破壊時の 相対塑性ひずみ速度分布を示す.これから,すべり面を 形成した粘土層を中心としたせん断破壊が発生してい ることがわかる.斜面発生後の調査では,図-4 に示す 斜面崩壊ののり面上部にわたる大きな崩壊が発生した ことが確認されているが,解析結果より,先ず斜面先部 分で解析より得られた破壊が先行して発生し,その後 に斜面上部方向に崩壊が進展したものと想定される.

3. 結論

豪雨時の斜面崩壊事例について綿密な調査が行な われている事例を取り上げたが,地質構成,地盤特性, 水理境界条件(ピンポイントの降雨データを含む)な ど定量的評価には多くの課題がある.今回の事例解析 では安山岩の風化特性を考慮した透水係数を適宜仮定 した解析を実施すると比較的現象を良好に説明できた. 斜面の数値解析では個々の要素研究以外に,マクロ的 な地盤評価手法の開発が必要に思われる. 参考文献

- 水俣市土石流災害検討委員会:水俣市土石流災害検討委員会報告 書, 2004.
- 2) 千木良雅弘:『崩壊の場所』,近末来社, 2007.
- 3) 森山崇, 善功企, 陳光斉, 平松浩三: DDAを用いた水俣市室川 内集地区における斜面崩壊メカニズムの検討, 自然災害研究協議 会西部地区部会報・論文集, 29号, 2005.
- 4) 国土技術研究センター:河川堤防構造検討の手引き, 2002.

表-1 各層に用いた地盤物性値(Case-4)



図-4 斜面の崩壊形態(相対塑性ひずみ速度)