

Ⅲ－3 和泉層群における豪雨による斜面崩壊機構の検討

愛媛大学大学院 学 ○松岡 晋是

愛媛大学工学部 正 矢田部龍一

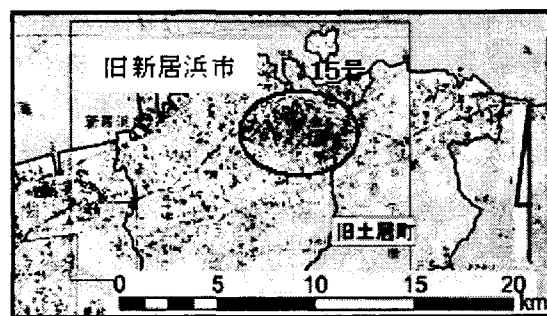
愛媛大学工学部 正 柊ラバンダリ

1. はじめに

日本は地形・地質・気象条件において極めて厳しい条件下に置かれている為に、毎年のように全国各地で土砂災害が発生している。そんな中、平成16年には1951年以来最多の10個の台風が上陸した。特に15号、16号、21号、23号とたび重なる台風の襲来により、愛媛県でも東部を中心として、多くの人命や財産が奪われるとともに社会経済活動にも多大な損害を与えた。今回の台風15号の影響で愛媛県東部地方の新居浜市の和泉層群において、斜面崩壊が多発し、人命、財産、社会経済活動に甚大な被害があった。現状では和泉層群における、表層崩壊の研究は不十分である。そこで、和泉層群における豪雨による斜面崩壊に関して、現地調査を踏まえ、降雨パターンと地質的特徴から崩壊特性を把握する。そして浸透流解析から斜面の浸透特性を把握することで、和泉層群の斜面崩壊機構の考察し、崩壊予測を行なう。

2. 地質構造と現地調査

崩壊地判読結果を図1に示す。被災地はすぐ南に中央構造線が位置し、非常に複雑で脆弱な地質構造になっている。また和泉層群は、砂岩と頁岩の互層から形成され、層理面が発達しており、流れ盤斜面において層理面に沿った崩壊や地すべりが発生しやすい。しかし崩壊現場は降雨による表層崩壊がほとんどで、円弧すべりの斜面崩壊や流れ盤斜面崩壊はあまり確認されなかった。現地調査では崩壊斜面は111箇所確認され、形状は斜面長さ5~20m、幅5~10m、深さ0.5~1m、斜面勾配30~45°が多く、透水性の良い表層土のすぐ下に、透水性の悪い基岩や粘性土が見られた。



(愛媛県土木部・農林水産部より)

図1. 航空写真の崩壊地判読結果

3. 解析方法

降雨による表層崩壊の発生要因は、自重の増加、間隙圧の増加、強度定数の低下などがあるが、特に間隙水圧の上昇が主な誘因と考えられている。そこで、間隙水圧に主眼をおいて崩壊斜面の浸透流解析を実施した。今回の浸透流解析には有限要素法による既存の飽和・不飽和浸透流プログラムである、AC-UNSAF3Dを用いた。

しかし解析には透水係数や比貯留係数など多数のパラメータが必要である。そのために、現地調査時に崩壊斜面すぐ横の不攪乱試料を採取し、地盤工学会基準の「土質試験—基本と手引き—」に準拠して室内実験を行い、代表値を選抜した。透水係数の値は透水試験によって算出した。透水係数の水平・鉛直分布については、表層では根基類が卓越しているため同じ値を用いた。その他のパラメータをして、不飽和浸透特性は地下ハンドブックの値を用いた。主なパラメータを表1に示す。

モデル斜面は現地調査での111箇所の崩壊斜面の結果をもとに斜面長さ16m、斜面厚さ1mとし、解析では、崩壊斜面角度を30°、37°、45°、時間雨量を10mm、30mm、50mm、100mmと変化させ一般的な傾向をつかんだ。そして、斜面角度30°、斜面厚さ1mで、実際の気象庁の測定値として各台風(15号、16号、21号、23号)の実測値、今までの降雨分布をモデル化した降雨パターンを8通り作成した。

物理境界は、既往の研究のモデル形状を参考に斜面先長さ2m、斜面先前面を浸潤面(排水状態)とした。モデル図を図2に示す。また水理境界は、表層は透水性がよく、基層は透水性が非常に悪いので、地下水位を基層の上端部とし、基層

表1. 主なパラメータ

パラメータ	表層土	基岩(低透水層)
透水係数 k_s (cm/s)	0.0238	1.7×10^{-7}
比貯留係数 S_s	2.0×10^{-6}	1.0×10^{-5}
最小含水量	0.016	0.021

は飽和状態、表層は不飽和状態と考えた。そこで初期条件とし、確率的に過去年間で、10mm/h以上の降水を基準に平均化して200時間後の各接点の圧力水頭を非定常解析の初期値とした。

4. 解析結果

間隙水圧は圧力水頭と水の単位体積重量の積であるが、今回の結果は統一して圧力水頭から斜面飽和を考察している。また、圧力水頭の出力位置図を図2に示した。

図3に解析結果の一例を示した。これは時間雨量が30mmの一定で斜面角度を30°、37°、45°と変化させたもので、図から、圧力水頭は斜面角度にはほぼ影響されないことが言える。ここで積算雨量の推定方法を簡単に説明する。その方法として、各条件に圧力水頭ピーク時までにかかる時間を求めるが、この圧力水頭ピーク時は斜面の飽和までの時間を知る目的のため、0.5時間の圧力水頭変化が、0.02m以内になった時点とした。そのピーク時までにかかった時間と時間雨量の積を積算雨量と定義する。この方法を用い圧力水頭に対し時間雨量、積算雨量をまとめた図を図4に示す。これらの図を比較すると豪雨時には時間雨量に対する圧力水頭の変化は少なく、圧力水頭は積算雨量に依存していることがわかる。

斜面長16m、斜面厚さ1mにおいて斜面角度変化、それに伴う時間雨量変化と降雨パターン8通りと実際の測定雨量（台風15、16、21、23号時）を積算雨量に関してまとめた。図5に示す。図から、圧力水頭は積算雨量200mm以下のときは降雨パターンによって影響を受けやすい。そして、圧力水頭が0.9mに達した時を斜面の飽和と考えると、積算雨量が約

230mmに至ると斜面は飽和して危険な状態にあると言える。

5. まとめ

浸透流解析によって、間隙水圧が斜面に沿ってほぼ平行に分布し、斜面先では間隙水圧が大きくなることを確認した。そして、表層厚さが増えるほど、斜面は飽和しにくく安全側になることがわかった。結論としては、浸透流解析によって浸透特性を解明した結果、和泉層群において斜面角度にはほぼ関係なく、表層厚さ1mのとき、先行降雨を考慮し、4日間の積算雨量が約220mmを超えると、斜面が飽和し危険な状態になることが判明した。今後の課題として、斜面安定解析を行い斜面の飽和で崩壊に至るか検討する必要がある。

参考文献

- ・ 矢田部龍一：まさ土地帯における降雨時の斜面崩壊の機構と予測に関する研究、昭和61年
- ・ Mary p.Anderson:地下水モデル（実践的シミュレーションの基礎）1994年共立出版株式会社

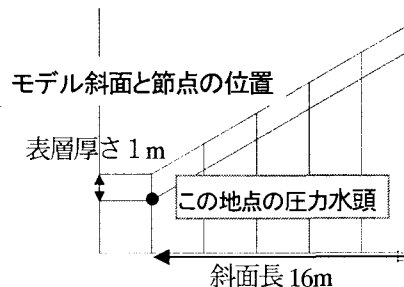


図2. 節点位置図

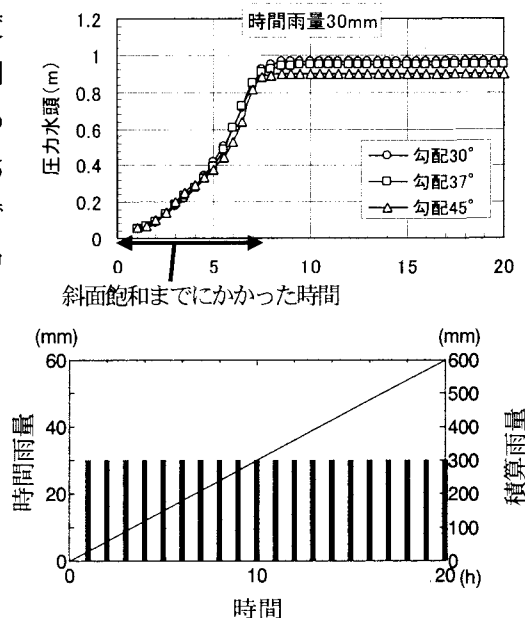


図3. 斜面角度と時間雨量変化

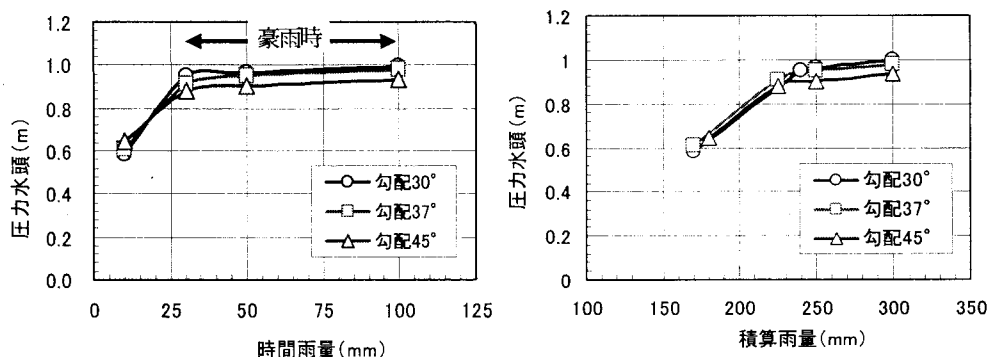


図4. 時間雨量と積算雨量の比較

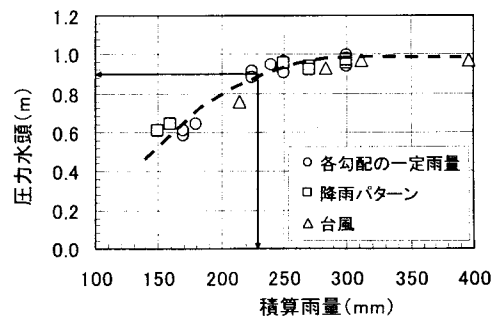


図5. 圧力水頭と積算雨量