

熊野地区における深層崩壊と地質・水文特性との関係（その4）

中央復建コンサルティング株式会社

○金村和生・岡島信也

1. はじめに

和歌山県田辺市熊野(いや)地区では、平成 23 年 9 月に発生した台風 12 号の大雨により、深層崩壊が発生し、甚大な被害をもたらした(図-1 参照)。6 日間で 1500mm を超える記録的な大雨が観測され、5 日目で崩壊した。

本研究では、今後の危機管理対策上、崩壊地と隣接する未崩壊斜面がどのような降雨条件で崩壊する危険性があるのかを評価するために、2 次元浸透流解析を実施し、降雨強度の違いによる感度分析を行った。ここでは、その研究結果の一例を報告するものである。

2. 崩壊の目安

筆者ら¹⁾は、深層崩壊のプロセスとして、背面沢など流域を越えた範囲から崩壊地内の緩み領域に、過剰に浸透・流入する深層地下水が、影響していると推察した。最近の研究²⁾³⁾では、斜面のり尻に発生するパイピング破壊をトリガー（引き金）に、土塊、地下水と共に一斉に流れ出したものと考えている。崩壊時の 5 日目は、崩壊地全域が飽和状態となり(図-2 参照)、安定解析上、崩壊現象(安全率 $F_s < 1$)と整合した。また、斜面のり尻の水平方向の局所動水勾配は、パイピング破壊の目安とされる 0.5 よりも、さらに大きい 0.6 を示した(図-3 参照)。

これより、本研究では、斜面のり尻の水平方向の局所動水勾配が 0.6 以上を示すと、深層崩壊を誘発する可能性があると考えた。

3. 解析内容

解析断面を図-4 に示し、解析ケース、解析条件を表-1、表-2 に示す。case1 として、未崩壊斜面のⅢ測線を対象に 2 次元浸透流解析を実施し、崩壊斜面の主測線の水平方向の局所動水勾配(図-3)との違いを比較した。

case2 として、降雨強度量を 10mm/h、20mm/h、30mm/h と 3 パターン変化させた感度分析を実施し、崩壊が発生する危険性のある降雨条件を評価した。

地質断面図(Ⅲ測線)、解析モデル図を図-4、図-5 示す。

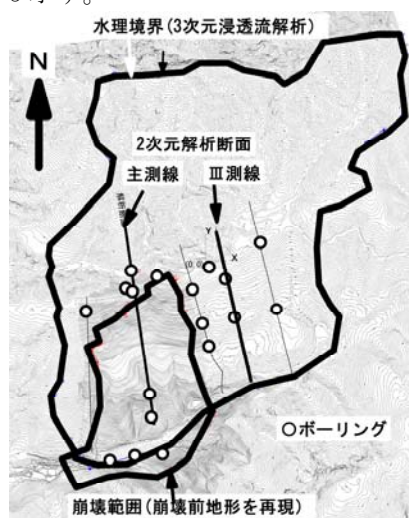


図-4 浸透流解析断面

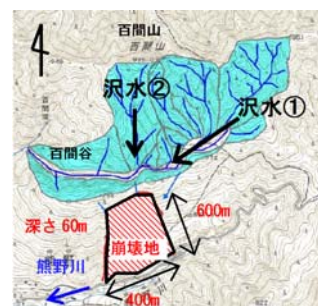


図-1 熊野地区地形図

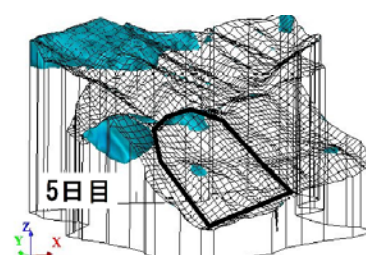
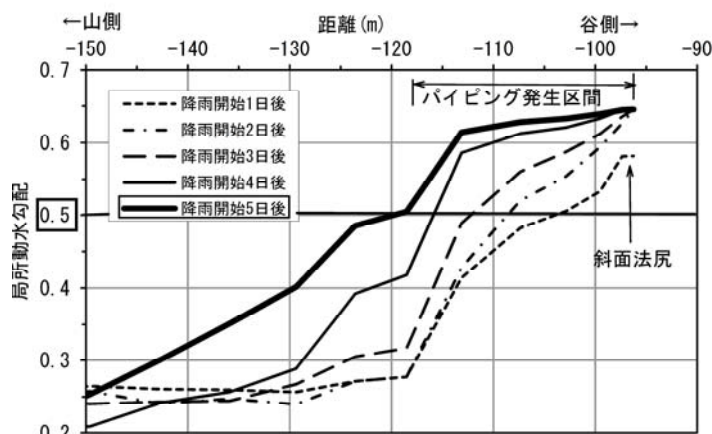
図-2 3次元浸透流解析結果²⁾
(着色部不飽和)図-3 水平方向の局所動水勾配分布図(崩壊斜面)¹⁾

表-1 解析ケース

解析ケース	解析条件	備考
Case1	台風12号雨量波形図	主測線との比較(同じ解析条件)
Case2-①	10mm/hの降雨を10日間継続	降雨量を変化させた感度分析
Case2-②	20mm/hの降雨を1週間継続	"
Case2-③	30mm/hの降雨を1週間継続	"

表-2 解析条件

地層名	土質	記号	飽和透水係数 Kr(cm/sec)	比貯留係数 Ss(1/m)	不飽和浸透特性のタイプ
古期崩積土	玉石・砂礫・砂	dt2	4.00E-03	1.00E-04	砂礫
牟婁層群	泥岩優勢互層	Msalt-U	1.00E-04	1.00E-04	泥岩
	泥岩優勢互層	Msalt-L	1.00E-05	1.00E-04	泥岩
	砂岩優勢互層	Ssalt-L	1.00E-05	1.00E-04	泥岩
	礫岩・砂岩	Cg, Ss	1.00E-05	1.00E-04	粘性土

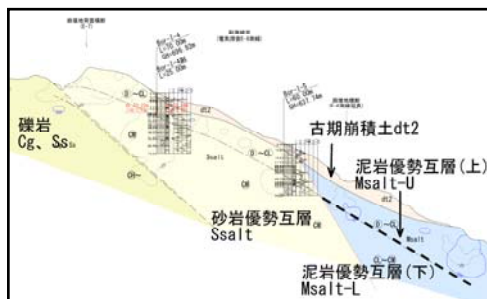


図-5 地質断面図（Ⅲ測線）

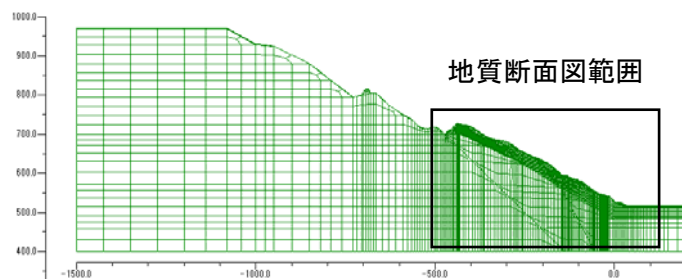


図-6 浸透流解析モデル図（Ⅲ測線）

4. 解析結果

斜面のり尻から山側に向かって 80m 間の水平方向の局所動水勾配分布図を図-7 に示す。水平方向の局所動水勾配は、時間の経過とともに大きくなるものの、0.6 には達していない。0.6 に達しなかった理由として、Ⅲ測線は主測線に比べて、斜面が緩く、dt2 層の層厚が薄いことが考えられる。よって、崩壊が発生しなかったことを裏付けるものと考えられる。

図-8 に累積降雨量と水平方向の局所動水勾配との関係図を示す。降雨強度 10mm/h、20mm/h の場合、累積降雨量が約 2,000mm で、水平方向の局所動水勾配が 0.6 以上を示す。降雨強度が 30mm/h とさらに大きい場合は、累積降雨量は 2,400mm で 0.6 を示す。これは、降雨強度が 30mm/h 以上と大きくなると、地中に浸透しない降雨や表流水が増加するものと考えられる。

図-9 に水平方向の局所動水勾配時系列時を示す。降雨強度 20mm/h、30mm/h では、降雨後 4 日目付近で水平方向の局所動水勾配が 0.6 となり、それ以降は横ばいを示す。また、降雨強度 10mm/h では、降雨後 9 日目でようやく水平方向の局所動水勾配が 0.6 を示す。いずれも現実的な降雨条件ではないと考えられる。

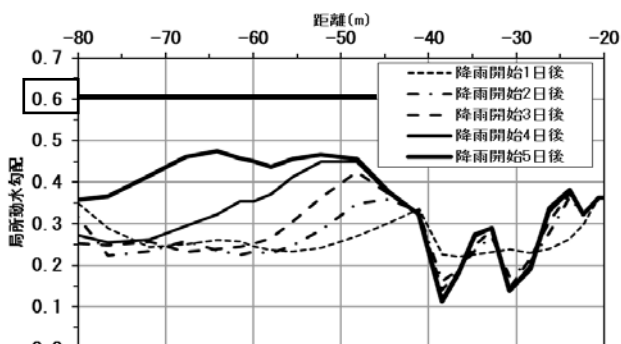


図-7 水平方向の局所動水勾配分布図（Ⅲ測線）

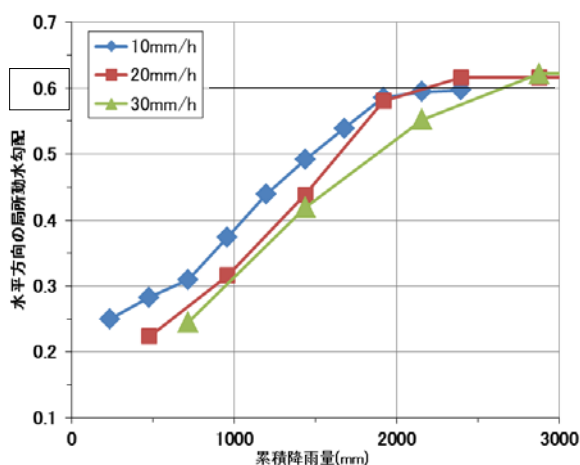


図-8 累積降雨量と水平方向の局所動水勾配との関係図

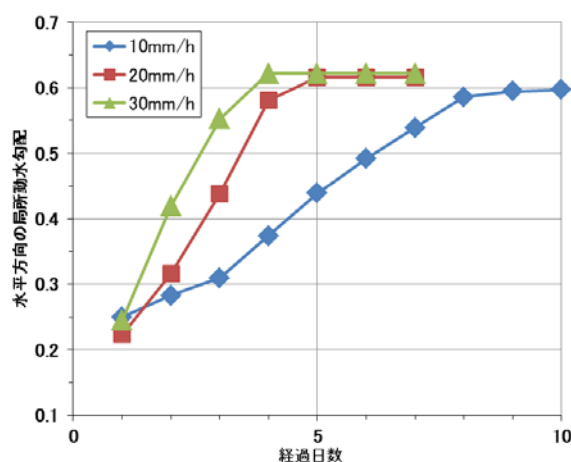


図-9 水平方向の局所動水勾配時系列図

5. おわりに

本研究では、崩壊地と隣接する未崩壊斜面に対して、降雨強度を変化させた感度分析を行った。その結果、台風 12 号時よりもさらに大雨の場合(累積降雨量 2,000mm 以上)、崩壊の危険性があると考えられた。今後、危機管理対策上の指標として活用できるように、さらなる研鑽に努めたいと考える。

【参考文献】

- 1) 桜井亘・北垣啓文・酒井良・平野剛・小杉賢一朗・金村和生・岡島信也・國眼定；和歌山県熊野地区における大規模崩壊(深層崩壊)と水ミチとの関係，平成 27 年度 地盤工学研究発表会
- 2) 金村和生・岡島信也・國眼定；和歌山県熊野(いや)地区における大規模斜面崩壊(深層崩壊)と水ミチとの関係(2)，平成 28 年度 地盤工学研究発表会
- 3) 金村和生・岡島信也；熊野地区における深層崩壊と地質・水文特性との関係(その 3)，平成 29 年度砂防学会研究発表会