

国土交通省甲府工事事務所道路管理第二課長 正会員 千野 啓次

国土交通省甲府工事事務所長

正会員 和田 一範

1. はじめに

平成 13 年 9 月の台風 15 号による豪雨(連続雨量 211mm,最大時間雨量 33mm)により、国道 20 号鶴瀬地区で法面崩壊が発生した。この状況は道路監視用 ITV により記録されている。一方、降雨の状況も雨量計によって詳細に把握されている。本稿はこれらのデータをもとに法面崩壊のメカニズムを推定するとともに、有限要素法による浸透流解析を行い、水平浸透力が作用する長大斜面安定問題として解析し、推定の妥当性の検証を行ったものである。

2. 斜面崩壊メカニズムの推定

常時に安定を保っていた斜面が降雨により崩壊した原因は、降雨により地盤内に応力変化が生じたためである。すなわち崩壊土を囲む境界面に生じている応力の合ベクトル(=外力)が、境界面が保持している抵抗力を上回ったためである。

降雨時または降雨後の斜面崩壊の原因を模式的に図-1 のような崩壊形状について考えると以下の 4 つの事項が挙げられる。

- ①含水量の増加による土塊単位重量の増加
- ②崩壊面に作用する水圧の増加
- ③水圧上昇に伴う崩壊面上の有効重量の減少による摩擦抵抗力の減少
- ④不飽和状態から飽和状態となることによる(みかけの)粘着力の減少

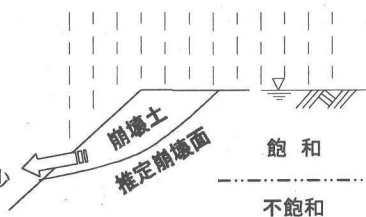


図-1 斜面崩壊模式図

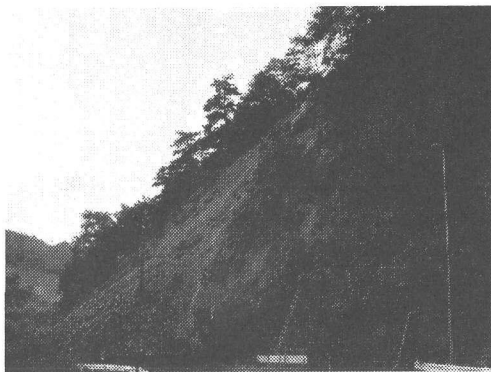


写真-1 崩壊の状況

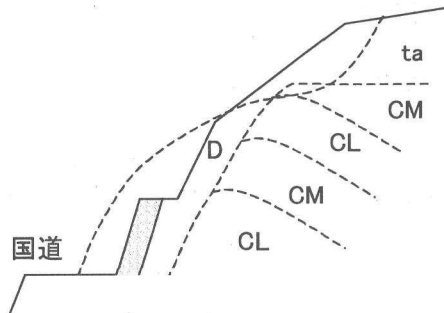


図-2 116k180m 付近の土層構成

今回の検討箇所である国道 20 号線 116k180m 付近の斜面崩壊部は図-2 の様な地層構成を呈しており、崩壊土は上部の ta 層と推定される。ta 層は粘性土であるため、通常モーメントに関する釣り合いからの検討方法に基づけば降雨による崩壊の可能性は低いこととなるが、現実には崩壊は発生している。従って、崩壊のメカニズムは主として④による強度定数の低下および②による水平方向の不均衡に起因すると推定される。すなわち当該地における斜面の崩壊は「降雨による ta 層内の水位の上昇→水圧による吹き付けコンクリートの崩壊→水平浸透力による斜面崩壊」と推定される。

キーワード：集中豪雨、斜面崩壊、有限要素法、浸透流解析、崩壊メカニズム

連絡先：

3. 斜面崩壊のシミュレーション解析法

土塊の安定問題は力の釣合い問題であるから、原理的には土塊に作用する外力と抵抗力についてそれらが、水平方向、鉛直方向の力およびモーメントに関する釣合い条件

$\Sigma X=0, \Sigma Y=0, \Sigma M=0$

を満足し得るか否かの判定である。このうち鉛直方向の釣合いである $\Sigma Y=0$ については特別の場合以外は考慮する必要はない（支持力問題である）。従って考慮すべき安定条件は $\Sigma X=0$ と $\Sigma M=0$ を対象とすれば良いと考えられる。

今回の事例では土粒子には重力の他、降雨浸透による水圧とこれによる浸透力が物体力として作用する。従って、地盤内の応力状態を知るためには、これら（重力、水圧、浸透力）の力によって生じる応力を求める必要がある。本検討ではこの目的に対して二次元 FEM 弾性解析ならびに二次元浸透流解析を用いることとする。この場合、応力解析に対しては土の単位体積重量と変形係数（E、 ν ）、浸透流解析に対しては初期水位と水理定数（透水係数、不飽和特性）などが不可欠であるが、これらに対する試験値はないため推定値を用いることとする。

4. 解析モデルと解析結果

図-3 に解析モデル、表-1 に解析に用いたパラメータを示す。

図-4 に解析結果、表-2 に推定崩壊面に作用する力と抵抗力の関係を示す。

表-1 解析に用いたパラメータ

土質	単位体積重量 $\gamma t (tf/m^3)$	変形係数 E (tf/m^2)	ポアソン比 ν	粘着力 c (tf/m^2)	せん断抵抗角 $\phi (^{\circ})$
t a 層	1.8	4,200	0.33	2.7	0
t a 層以外	2.0	14,000	0.33	0	40
吹付コンクリート	2.0	2,100,000	0.33	0	40

表-2 推定崩壊面に作用する力と抵抗力の関係

	外力	抵抗
モーメント法の釣り合い	滑動モーメント 1613 $tf \cdot m$	抵抗モーメント 1636 $tf \cdot m$
水平力の釣り合い	水平方向浸透力 57.6 tf	水平方向抵抗力 51.8 tf

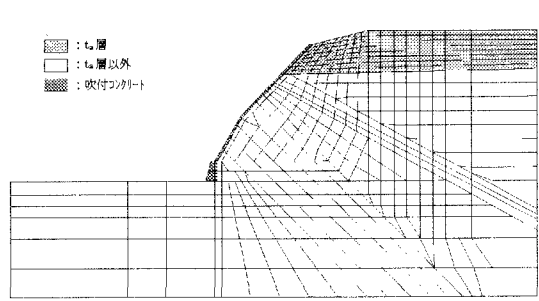


図-3 解析モデル

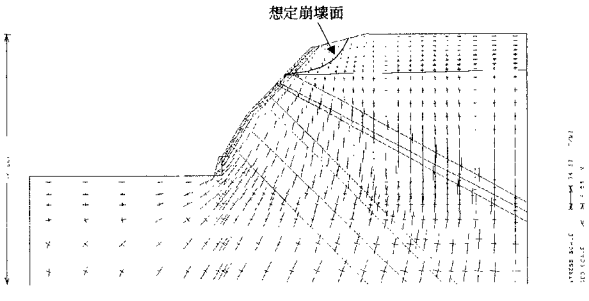


図-4 解析結果（浸透力を作用させた場合の主応力図）

5. 考察

図-4 の推定崩壊面に作用する力と抵抗力の関係を示した表-2 から、推定崩壊土塊はモーメントに対する安定は保持し得ても、水平方向の釣り合い条件は満足し得ないことが判る。多くの場合、斜面安定は専らフェレニウス法または修正フェレニウス法が用いられているが、これらはいずれもモーメントに関する安定のみを調べているだけのことであり、一般課題として水平浸透力が作用する長大斜面等においては必ずしも十分な安定検討とは言えない。本稿は特にこの視点に立つて当該地の崩壊現象を取り扱ったものである。そして結論として水平方向の安定問題を軸とした崩壊メカニズムの推定とその妥当性は検証されたと判断している。