

名古屋大学 学生員 上野 誠

名古屋大学 学生員 難波 喬司

### 1. はじめに

宅地造成地の斜面保護工としては、擁壁・クイ等の主として工圧に対処するものと、表面排水工・地下水位低下工等の水の除去に関するものがある。前者についてはある程度工圧計算が可能のため、保護工施工による斜面の安定性の向上を定量的に把握できるが、後者についてはその力学的効果を評価する方法がないため、施工法の選択にあたり、技術者の判断に任されているのが現状である。本研究は、降雨による土中水分状態の応答解析法を宅地造成地の斜面に適用し、表面排水工・地下水位低下工という斜面保護工の力学的効果を破壊確率の変化により表わすものである。これにより、保護工を施工した場合の将来の豪雨に対する斜面の安定性も検討できる。なお、本研究ではより一般的に、表面排水工により浸透水が何割か除去される場合、あるいは地下水位低下工により地下水位が何mも低下せられる場合に、どのように斜面の安定性が変化するかを検討している。

### 2. 斜面の安定解析法および安定性の評価

斜面の安定性を検討する際にまず問題となるのは土中水分状態の推定である。排水工が斜面の安定性に及ぼす効果を定量的に表わせない理由は、土中水分状態の推定が困難な点にある。そこで、自然斜面を対象とした降雨による土中水分状態の応答解析法<sup>1)</sup>を宅地造成地の斜面に適用し、土中水分状態を推定する。この解析法は一次元モデルを対象としているため、異なる深さの数点に対して解析を行ない、それより二次元的な飽和度 $\theta$ と地下水面の状態を推定している。その際、排水工法の効果についても考慮されている。安定解析では円弧すべり法が用いられており、ある時点で異なる斜面の状態に対し、破壊確率 $P_f$ が計算されている。すなわち、浸透解析により推定された土中水分状態に対し、力学試験から得られた $c, \phi$ の分布を用いて安全率 $F$ の分布を求め、 $F$ が1以下になる確率を破壊確率として定義し、 $P_f$ と計算したわけである。

安定性の評価は、松尾・上野による自然斜面における評価法<sup>1)</sup>を参考にして、破壊確率および破壊確率の変化速度 $\dot{P}_f$ を用いて行なうことにする。松尾・上野は、 $\dot{P}_f = 86\%/hr$ を安定・不安定の境界としているが、自然斜面と宅地造成地の斜面との重要性を比較して、本研究ではそれよりかなり小さい値で判定を行なうことにする。

### 3. 適用例

ある宅地造成地において、将来の豪雨に対する斜面の安定性の検討例として、(a)地下水位が低い場合、(b)地下水位が高い場合の2例について示す。斜面を構成する土質の土質諸係数を表-1に、 $c, \phi - \rho_r$ 関係を図-1に、さらに斜面の断面図を図-2

表-1 土質諸係数

|                                    |                      |
|------------------------------------|----------------------|
| 比重                                 | 2.65                 |
| 間隙率 $e$                            | 0.80                 |
| 乾燥密度 $\rho_d$ (g/cm <sup>3</sup> ) | 1.48                 |
| 自然含水比 $w$ (%)                      | 8.6                  |
| 飽和度 $S_r$ (%)                      | 28.7                 |
| 透水性係数 $k_v$ (cm/sec)               | $1.5 \times 10^{-3}$ |

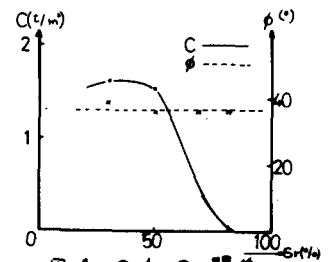
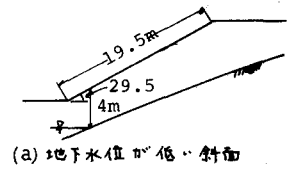


図-1  $C, \phi - S_r$  関係

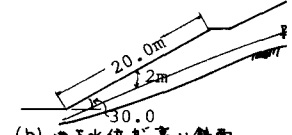
に示す。斜面安定の検討に供する将来の豪雨としては、その地点の50年再現期待降雨を用いており、そのハイドログラフは、図-3(a)のように推定された。

(a) 地下水位が低い斜面の場合(図-2(a))

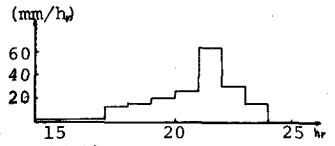
このような地下水位が低い斜面では、通常浅いすべりが卓越する。この斜面ではすべり深さ60cmのすべりが最も危険となる。た。解析結果と図-3に示す。図中の0.0~0.3は、表面排水工による浸透水の除去率を表わしている。図からわかるように、50年再現期待降雨がきた場合には、裸地斜面(すなわち除去率0.0)の場合はもちろん、たとえなんらかの方法によつて、表面からの浸透水が25%除去されても、なお $P_F=70\%$ 、 $\dot{P}_F=6.5\%/hr$ と有しており、あまり効果は期待できない。この場合では、少なくとも浸透水を30%除去する必要がある。このとき、 $P_F$ 、 $\dot{P}_F$ ともに図に表わせないくらい小さくなる。



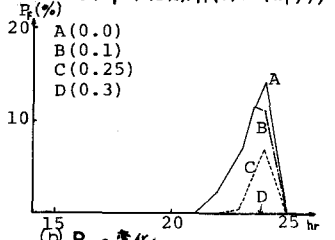
(a) 地下水位が低い斜面



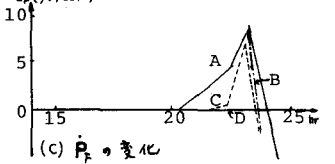
(b) 地下水位が高い斜面  
図-2 斜面の断面図



(a) 50年再現期待降雨のハイドログラフ



(b)  $P_F$  の変化



(c)  $\dot{P}_F$  の変化

図-3 地下水位が低い斜面の検討

(b) 地下水位が高い斜面の場合(図-2(b))

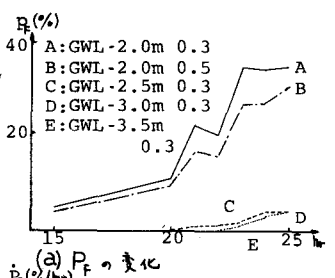
このように地下水位が高い斜面では、安定計算上はかなり深いすべりが起こる危険性がある。解析結果と図-4に示すが、図中の G.W.L.-xm というのは、なんらかの工法により地下水位を地表面下xmまで下げたことを表わしている。地下水位が高い斜面では、地盤の初期飽和度が高くなることと相ま、て、図-4中のBのように、たとえ浸透水を50%除去できたとしても、 $P_F=65\%$ 、 $\dot{P}_F=11\%/hr$ と非常に危険であり、表面排水工のみでは十分な安全性を期待できない。このような場合には、C、D、Eのように地下水位低下工法が著しい効果を挙げるのがわかり、浸透水を30%除去し、地下水位を1.5m下げるならば、 $P_F$ 、 $\dot{P}_F$ ともに図に表わせない程度まで小さくなるのがわかる。なお、ここで除去率0~25%の場合について検討していないのは、この程度の浸透水の除去で、地下水位低下工法により深いすべりを抑止できたとしても、浅いすべりが卓越してしまうからである。このことは、図-3からわかる。

4. まとめ

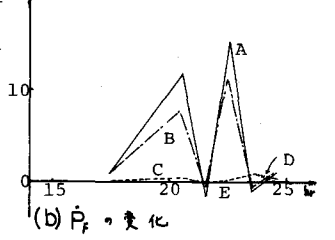
以上のように、表面排水工による浸透水の除去、および地下水位低下工による地下水位の低下が斜面安定に及ぼす効果を力学的に検討し、破壊確率の変化として示すことができた。これまで斜面保護工は、その適用において現場技術者の判断によって決定されてきたが、この方法は、決定の際の指針になることが期待される。

<参考文献>

- 1) 松尾・上野: 破壊確率を用いた自然斜面の崩壊予知に関する研究, 土木学会論文報告集, 第281号, 1979



(a)  $P_F$  の変化



(b)  $\dot{P}_F$  の変化

図-4 地下水位が高い斜面の検討