

III-430

確率論手法に基づく斜面安定対策工の最適設計

清水建設(株) 土木本部開発部 ○ 正員 鈴木 誠

清水建設(株) 大崎研究室 正員 石井 清

1. はじめに

本研究は、斜面安定の危険度を確率論に基づいて定量的に評価し、初期建設費とその危険度さらに破壊時損失費を考慮して安定対策工の最適設計を試みたものである。ここで対象構造物は、自然地盤を切り取るにより作られるドライドックを仮定し、内部の水位を低下させるとき、斜面内に地下水流が発生して一時的に不安定となることから、対策工として水平排水管の設置を想定した。

2. 解析手法の概要と解析結果

確率有限要素法解析¹⁾で土質定数の不確定性を考慮して、地下水が作用するときの円弧すべりにおける破壊確率を算定した²⁾。浸透流解析により地下水のポテンシャル勾配を算定し、これに水の単位体積重量を乗じた物体力を確率有限要素法解析の各要素に作用させることにより地下水流の影響を考慮した。また、地下水位の変化に伴い水中重量から空中重量になる部分は、その差を物体力として作用させた。水平排水管の設置間隔をパラメータとしたいくつかの代替案を設定し、各代替案について初期建設費と斜面が破壊したときの損失費(今回は再建設のみ)を算定し、この破壊時損失費に破壊確率を乗じ、さらに初期建設費を加えることにより、期待総費用を求めた。最後に期待総費用と中央安全率(破壊確率)を用いて、最適代替案を決定した。解析モデルである断面形状および土質定数をそれぞれ図-1および表-1に示す。ここでは、地盤は均質な三層地盤とし、ドック内の水位は72時間で降下させるものとする。浸透流解析で、水平排水管設置の解析を行なう場合、2次元解析では排水管による効果を評価することはできない。そこで、今回は排水管と流出量が等価となるスリットによりこの効果を考慮するものとした。浸透流解析の一例として、水平排水管の設置間隔が5mの場合の地下水位変動図を図-2に示す。ここで、図-2は透水係数の中央値を用いて計算したものである(解析では透水係数のばらつきを考慮していないが、これは感度解析の結果、その影響が小さいと判断したことによる)。また、排水開始後36時間経過した時点における流速分布図を図-3に示す。斜面の破壊モードであるすべり円弧は、地下水流を考慮し、土質定数の平均値あるいは中央値を用いて、その中で中央安全率が最小となるすべり円弧とした(図-4参照)。各代替案に対する破壊確率の経時変化を図-5に示し、そのうち最大となる破壊確率をもってその代替案の破壊確率とした。図-6は期待総費用と破壊確率との関係を示したものである。本検討は、当初中央安全率が1.0を下回るというので、その対策工を検討したのであるから、少なくとも中央安全率は1.0を上回る必要がある。この条件の下で斜面の破壊延長をパラメータとして期待総費用の最小値を結んだものが、図中の太い実線である。ここで、破壊延長をパラメータとしたのは次の理由による。すなわち、本検討で用いた解析手法は、2次元平面モデルであることから、斜面が破壊するということは、斜面がすべて破壊すると考えることになる。しかし、現実的には総延長1kmすべてにわたって斜面が破壊するとは考えられないため、破壊する延長をパラメータとして破壊時損失費を検討する。これより、大規模な斜面破壊は避けたいと考え、水平排水管を3m間隔で設置する案が最適案と考えられる。この場合、斜面の中央安全率は1.06(破壊確率は0.304)となり、通常の確定論的な設計による要求も当然満足する。

3. まとめ

本研究で検討したように、ごく短期間における斜面や仮設構造物などの設計示方書で規定されていない構造物は、設計技術者あるいは施工技術者の工学的判断にまかされることが多い。このような構造物に対して、安全性(破壊確率)と経済性(期待総費用)の面から最適な代替案を評価しようとする本方法は、より定量的な方法であると言える。

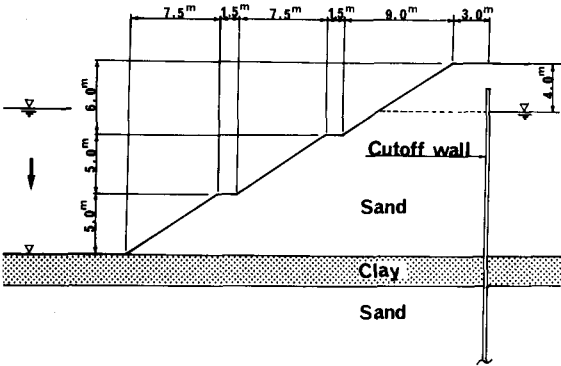
【参考文献】

- 1) 鈴木・石井; 確率有限要素法による斜面安定解析, 土木学会論文集 第364号, 1985.12.
- 2) 鈴木・石井; 確率有限要素法による堤体の斜面安定解析, 関東支部技術研究発表会, 1986.3.

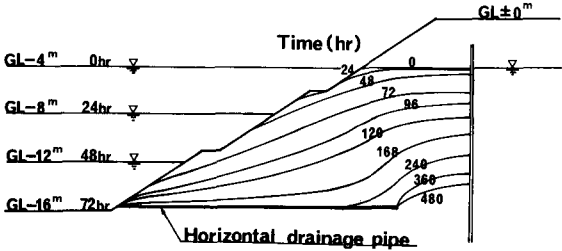
表ー1 解析に用いたパラメータ

材料特性		沖積砂質土層	沖積粘性土層	洪積砂質土層
弾性係数*	平均値	500.0	500.0	応力解析では モデル化して いない
E (tf/m ²)	変動係数	0.3	0.3	
ポアソン比*	平均値	0.3	0.35	
ν	変動係数	0.3	0.3	
単位体積重量*	平均値	1.8	1.7	
γ (tf/m ³)	変動係数	0.05	0.05	
粘着力*	平均値	0.0	6.0	
c (tf/m ²)	変動係数	—	0.3	
内部摩擦角*	平均値	35.0	0.0	
ϕ (°)	変動係数	0.2	—	
透水係数**	平均値	5.0×10^{-4}	2.0×10^{-5}	2.0×10^{-5}
k (cm/sec)	変動係数	1.5	1.5	1.5
間隙率	平均値	0.3	0.39	0.39
n	変動係数	—	—	—

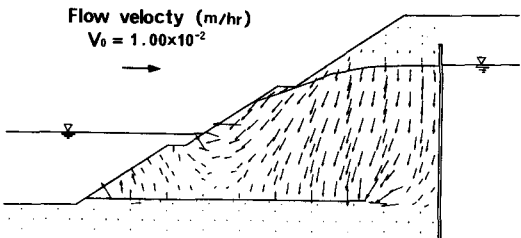
* 分布形は正規分布で、鉛直方向に距離が離れると相関性が小さくなることを考慮している。
** 分布形は対数正規分布であるが、検討の結果、確定値としている。



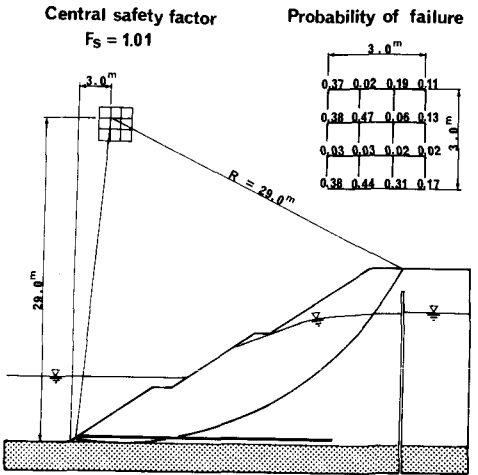
図ー1 断面形状



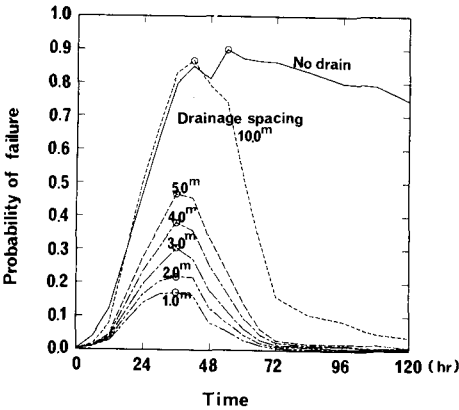
図ー2 水位変動図



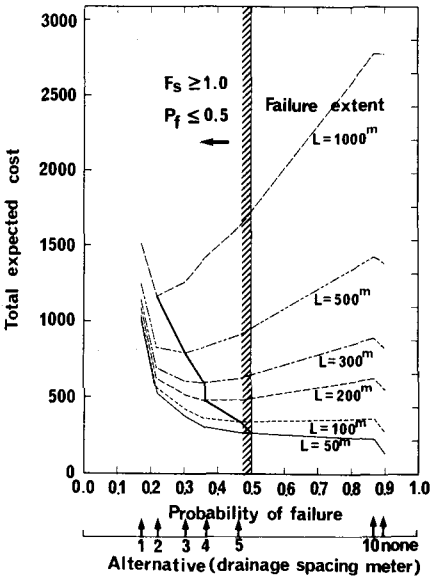
図ー3 流速分布図(36時間経過後)



図ー4 すべり円弧と破壊確率(54時間経過後)



図ー5 各代替案に対する破壊確率の経時変化



図ー6 破壊確率と期待総費用