

岡山大学工学部 正会員 河野伊一郎
 岡山大学工学部 正会員 西垣 誠
 岡山大学大学院 学生員 ○日野泰伸
 水資源開発公団 正会員 吉岡敏幸

1. まえがき

斜面の有限要素解析において、弾塑性モデルを用いて各要素が弾性域であるか塑性域に入っているか、あるいは各節点の水平・鉛直変位、ひずみなどは容易に求めることができる。しかしその斜面全体が崩壊するか否かの判定は、非常に困難でありこれを評価する方法は確立されていないと言えよう。そこで本研究では、有限要素解析における斜面の弾性域・塑性域の分布率、さらに各節点における変位の大きさ等を、円弧すべり面法による斜面崩壊の安全率と比較し、有限要素解析における斜面安定の評価について検討した。

2. 解析手法

有限要素解析における、インプット・データの応力-ひずみ関係は、図-1に示すような比較的簡単な線形非硬化性弾塑性モデルを用いた。破壊基準は図-2に示すように、モール・クーロンの破壊基準を適用した。すなわち主応力を σ_1 , σ_3 として図-2に示すようにモール・クーロンの破壊包絡線に接する時の最大主応力 σ_{1F} を求めることにより、(1)式の様に

$$\begin{aligned} \sigma_1 &< \sigma_{1F} && \text{弾性領域} \\ \sigma_1 &\geq \sigma_{1F} && \text{塑性領域} \end{aligned} \quad (1)$$

弾性領域・塑性領域の判別を行う。さらに塑性領域に入った場合は修正弾性係数の手法を適用し、またポアソン比に対しても、弾性領域と塑性領域において、それぞれ違った値を与えて解析を行なった。

円弧すべり面法による斜面の安定解析は、慣用法による分割片法を用いた。本論文で使用している安全率は斜面先よりすべり破壊が生じると仮定した場合の最小安全率である。

3. 解析例と結果

解析に使用したモデルは図-3に示すように、強固な基礎地盤上に構築された盛土斜面である。斜面勾配は 45° で高さは25mの台形盛土の半断面である。盛土材の材料定数は内部摩擦角 30° と 35° の2種類、粘着力は $0.2 \sim 3.0 \text{ t/m}^2$ までの5段階に値を変化させた。他の材料定数はす

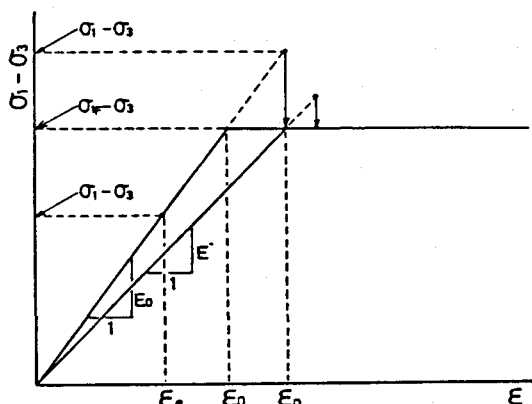


図-1 応力-ひずみ線

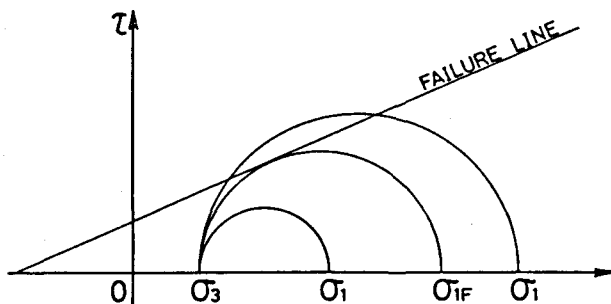


図-2 主応力状態と破壊基準線

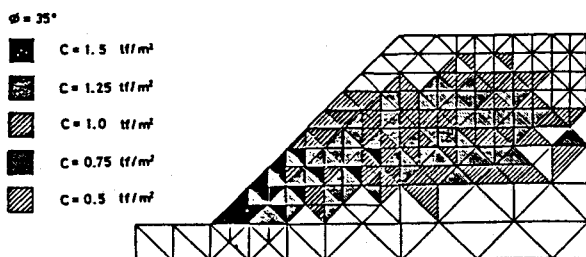


図-3 塑性領域分布図

べて一定値を与えたが、図-3の基礎地盤の要素の弾性係数は盛土部の要素より大きい値を与えた。一例として内部摩擦角 35° において粘着力の値を変化させた時、有限要素解析における各要素の塑性域の発生状況は、図-3に示したような結果となった。

図-4、図-5に示すような盛土斜面と平行に境界を取った平行四辺形の領域と、のり肩より下に境界を取った三角形領域を対称として、その領域内で塑性領域が占める面積の割合（以下塑性領域の割合）と安全率との関係を図-4、図-5に示す。塑性領域の割合と円弧すべり面法から求めた安全率との間に良い相関々係が見られ、図-4、図-5の塑性領域の割合と円弧すべり面法から求めた関係で線形回帰を行うと、相関係数がそれぞれ -0.96 と -0.94 となり直線分布をなすことがわかる。他の形状の違うモデルにおいてもほぼ同じ結果が得られた。

また有限要素解析において得られた斜面のり先・内部・のり肩の三つの節点における鉛直・水平変位と安全率との関係を図-6に示した。図からわかるように安全率1.2付近より急激に変位量が大きくなっている。安全率1.2では盛土全体の50~70%が塑性領域となっていることを考え合わせると、盛土斜面の安定の限界のようである。のり肩鉛直変位に注目してみると、他の節点の変位と比べて安全率1.2付近よりの増加の割合が顕著であることより、のり肩の鉛直変位は安定性を判断する指標として特に有効であることがわかる。このことは内部摩擦角を変化させた場合も同じ結果が得られた。

4. あとがき

円弧すべり面解析による安全率と有限要素解析による塑性域の割合、及び節点変位量の間に非常に良い相関々係がみられる。この結果は有限要素解析結果より、斜面の安定性を評価する指針となると考えられる。本研究で用いたモデルは強固な地盤上に盛土を構築した簡単なものであるが、我国では軟弱地盤が非常に多い。このような解析に対しては本手法を基本とし、塑性領域の分布範囲や変位量を求める点を検討することにより、実際の解析にも適用できるものと考えられる。

〈参考文献〉

- 1) 河野伊一郎, 西垣誠, 難波勲: 雨水浸透を考慮した盛土地盤の安定解析について, 土木学会第39回年次学術公演会概要集第Ⅲ部門, PP.145~146 1989. 10.

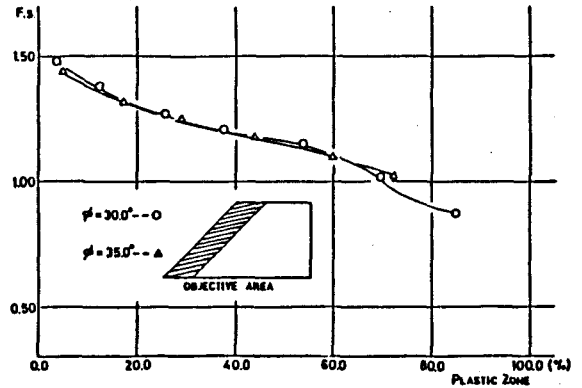


図-4 塑性領域の割合-安全率の関係

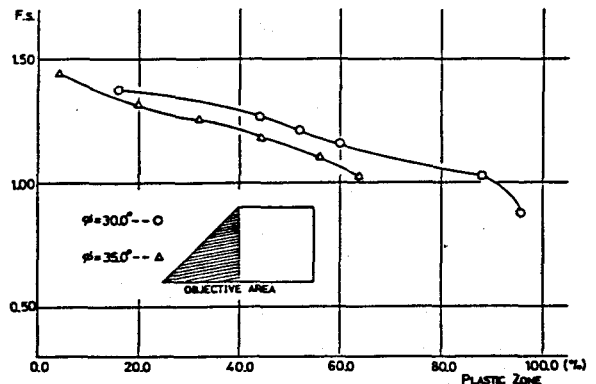


図-5 塑性領域の割合-安全率の関係

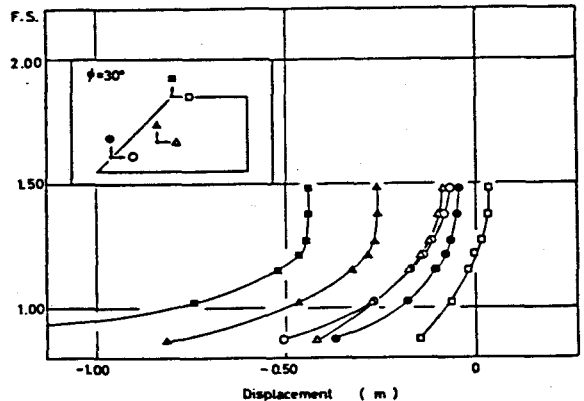


図-6 変位量-安全率の関係