

岡山大学工学部 正会員 河野 伊一郎  
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 敏章

### 1. まえがき

斜面の安定問題に対しては従来より簡易な理論に基づく極限平衡法、なかでも円弧すべり面法による解析が行われてきており、現在ではさまざまな規準や示方書が設けられている。一方電算機の発達により有限要素法による応力-変形解析が行なわれるようになって以来、斜面内の力学的特性をより忠実に解析することが可能となった。しかし有限要素法によって斜面の安定解析を行う場合扱うモデルが複雑なほど解析結果は入力データに左右されやすく、しかも解析結果から応力-変形状態が把握できたとしても実際の設計、あるいは構築中の地盤においてどの程度危険性があるのかといったことに関しては解明されていない。そこで本研究では対象モデルを基礎地盤上に構築された盛土斜面とし、有限要素法を用いた弾塑性解析<sup>2)</sup>を行ない、弾性域・塑性域の分布割合および節点変位量と円弧すべり面解析による安全率との間にどのような関係があるのかについて調べた。

### 2. 解析手法

本研究に用いた有限要素解析のプログラムでは土の力学特性と非硬化性弾塑性モデルとして扱い、Mohr-Coulombの破壊基準を用い弾塑性の判断を行っている。そして塑性域の要素に対しては図-1に示すように割線係数法を用い変形係数の修正を行いポアソン比を大きくとり、反復法により解を収束させている。また円弧すべり面解析には分割片法を用い、仮定すべり面は比較と容易にするためすべてのり先部分を通過ものとして安全率を計算した。

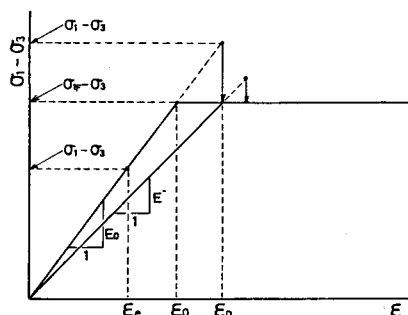


図-1 修正弾性係数

### 3. 解析モデルおよび解析結果

解析に使用したモデルは図-2に示すように強固な基礎上に構築された盛土斜面である。斜面勾配45°、高さ25mの台形盛土の半断面で、盛土材の材料定数は内部摩擦角と30°・35°の2ケース、粘着力は0.5~2.5 t/m<sup>2</sup>の間で変化させた。他の定数は単位体積重量2.0 t/m<sup>3</sup>、初期弾性係数1.0×10<sup>3</sup> t/m<sup>2</sup>、弾性域でのポアソン比0.3、塑性域では0.35とそれぞれ用いた。基礎地盤部分の材料定数は盛土部分よりかなり大きな強度を与えた。内部摩擦角35°で粘着力を変化させていたときの塑性領域の分布状態を図-2に示す。

盛土斜面のある領域を対象としてその領域内で塑性領域の占める割合と安全率の関係を図-3、図-4に示した。塑性領域の割合と安全率は非常に高い相関関係にあり、対象領域を図-3のようにとった場合線形回帰を行うと相関係数は0.94、図-4の場合だと0.96となり直線分布となることがわかる。他の解析モデルを用いた場合もほぼ同様の結果が得られた。しかし砂質土のように内部摩擦

CASE I-A

φ = 35°

- C = 1.5 tf/m<sup>2</sup>
- C = 1.25 tf/m<sup>2</sup>
- C = 1.0 tf/m<sup>2</sup>
- C = 0.75 tf/m<sup>2</sup>
- C = 0.5 tf/m<sup>2</sup>

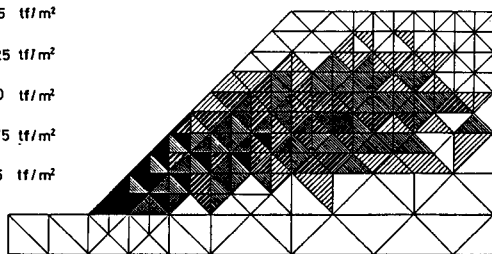


図-2 塑性領域分布図

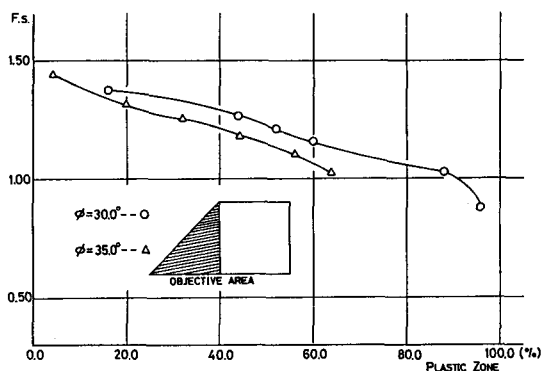


図-3 塑性領域割合-安全率の関係

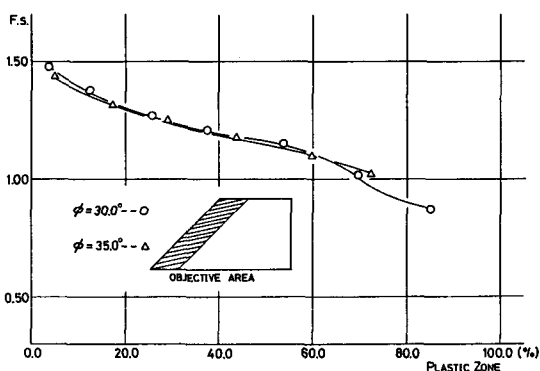


図-4 塑性領域割合-安全率の関係

角が比較的大きい場合では同じ塑性領域割合に対する安全率は小さくなる。内部摩擦角を $40^\circ$ として解析を行、た結果塑性領域の割合が約40%以上になると安全率が1.0より小さくなることがわかった。

次に有限要素解析から得られる節点変位量の変化と安全率との関係を図-5に示す。変位量はいのり先付近、斜面内部、いのり肩の3つの節点における鉛直、水平変位で、各々粘着力を変化させることによって得たものである。図-5は内部摩擦角を $30^\circ$ としたときのものであるが、安全率が1.2の付近から急激に変位量が大きくなっていくことがわかる。内部摩擦角を $35^\circ$ として同様の解析を行った結果もやはり安全率1.2以下になると変位量が急増することがわかった。この安全率1.2付近では斜面全体の50~70%が塑性領域となっており(図-3参照)盛土斜面が安定性を保つ限界のようである。

また各変位量についてみるといのり肩部分の鉛直変位が最も著しい増加を示していることがわかる。

#### 4. あとがき

本研究では有限要素法による応力、ひずみ解析の結果と円弧すべり面解析から得られる安全率をもとにして評価した。その結果として弾塑性解析による塑性領域の分布割合と安全率の間により相関関係がみられ、塑性領域が0%となるときの安全率の値は1.5~1.6とわかることが明らかになった。また節点変位量と安全率の関係では内部摩擦角の値に関係なく安全率が1.2以下になると節点変位量が急増し、特にいのり肩部分の鉛直変位量が顕著に増加することとが明らかになった。

本研究では強固な地盤上に構築された盛土斜面をモデル化して解析を行、たが、実際には地盤が軟弱であったり、浸透水の影響を大きく受ける場合がほとんどである。しかし今後これらの複雑な要因の影響を考慮した解析を進めていき、ある程度数値的な傾向が把握できれば有限要素解析結果から斜面の安定性を定量的に判断する指標になるものと考えられる。

#### <参考文献>

- 1) 山口 柏樹・松尾 徳・他:土木工学ハンドブック第5編・土質力学、土質工学会、PP.324~333、1982年
- 2) 河野 一郎・他: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回年次学術講演会概要集第Ⅱ部門 PP.145~146、1984年

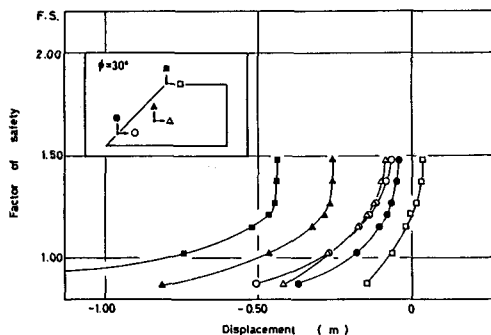


図-5 変位量-安全率の関係