

Ⅲ-786

棒状補強材を用いた盛土のり面補強工の三次元安定解析

中央開発(株)

○佐藤祐子 堀井克己

(財)鉄道総合技術研究所

館山 勝 小島謙一

東海旅客鉄道(株)

中島正宏

1. はじめに

降雨や地震に対する盛土の強化補強法として、盛土内に引張(棒状)補強材を配置し、補強土の原理で強化する新のり面防護工の開発を現在行っている。一般的にこのような地山補強土工法の安定計算は、補強材が三次元配置となるにもかかわらず、二次元解析しか行われていない。しかし、棒状補強材はのり面に格子あるいは千鳥状に配置されるので、棒状補強材の抵抗効果、支圧板の設計、棒状補強材間の土のすり抜け等の検討のためには、三次元安定解析が必要である。そこで、ここでは、その検討を三次元安定解析手法で行ったので、この結果を報告する。

2. 解析方法

三次元安定解析では、すべり面の形状を球面と仮定した。図-1にすべり土塊の形状の模式図を示す。土塊の形状がのり面方向に対称であるため半断面モデルで示している。三次元安全率の算定にあたっては簡便法を適用した。安全率の定義式を次に示す。

$$F_s = \frac{\sum M_r + \sum M_{gt}}{\sum M_d}$$

$$M_r = \{(W \cos \alpha - uA) \tan \phi + cA\}r$$

$$r = \sqrt{(x_g - x_c)^2 + (z_g - z_c)^2}$$

$$M_d = W(x_g - x_c)$$

$$M_{gt} = T_{gt} \{(z_c - z_{gt}) \cos \beta - (x_{gt} - x_c) \sin \beta\}$$

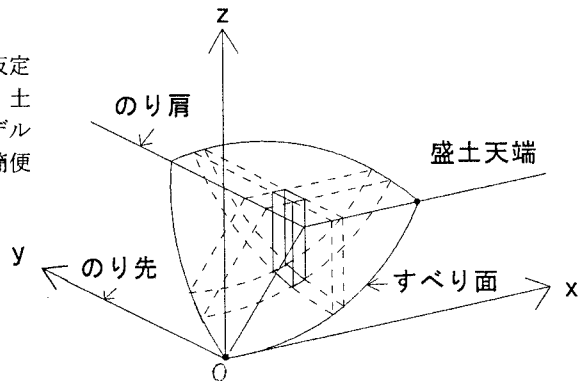


図-1 すべり土塊の形状

ここに、 M_r ：すべり面でのせん断抵抗モーメント、 M_{gt} ：補強材力による抵抗モーメント、 M_d ：土の重量による滑動モーメント、 W ：要素柱の重量、 A ：すべり面の底面積、 x_{gt} 、 z_{gt} ：補強材とすべり面の交点座標、 x_g 、 z_g ：要素柱の底面の重心座標、 β ：補強材の設置角度である。棒状補強材の引き抜き抵抗力は、土被り圧に基づく盛土と棒状補強体との周面の摩擦力とした。棒状補強材の引き抜き抵抗力の算定式を次に示す。

$$T_{gt} = \min\{T_f, T_s\}$$

$$T_f = \sum \pi d \Delta l (c + \sigma' K \tan \phi)$$

$$K = \frac{(1 + K_0)}{2} \{K_0 + (1 - K_0) \cos^2 \beta\}$$

ここに、 T_{gt} ：補強材の抵抗力、 β ：補強材の設置角度、 K_0 ：静止土圧係数、 d ：補強材の直径、 Δl ：補強材の定着部の微小長、 T_f ：補強材の引抜き抵抗力、 T_s ：補強材の破断強度、 c ：粘着力、 σ' ：補強材位置における有効土被り圧、 K は土被り圧に対する補強材の円周面に作用する平均垂直応力の比である。ちなみに、 K の値は $K_0=0.5$ 、 $\beta=20^\circ$ で $K=0.75 \times 0.942=0.707$ である。

安定計算の手順は以下のようにした。

- ① すべり面がのり面を切る2点を与える（すべり土塊の中央断面をすべり面が切る2点）
- ② すべり面の中心角を与える。
- ③ すべり面（球面）の形状を求め、すべり土塊を三角柱に分割し、要素毎に安定計算上の諸量を計算する。
- ④ 中心角に対応する安全率を計算する。
- ⑤ すべり面の中心角を変えて③から④を繰返し、最小安全率を求める。
- ⑥ すべり面がのり面を切る2点の位置を変えて②から⑤までの計算を繰返し、全体の最小安全率を求める。

3. 解析条件と結果

解析対象は、盛土高が3m, 5m, 7mの盛土とし、のり面勾配は標準勾配1:1.5とした。棒状補強材は撈拌混合補強体を想定し、直径40cm×長さ3mとした。その配置は二次元計算の結果から盛土高毎に安全率が1.2が得られるように設計した（図-2参照）。解析に用いた盛土の物性値は、 $\gamma=1.6\text{tf/m}^3$ 、 $c=0.3\text{tf/m}^2$ 、 $\phi=31^\circ$ で、上載荷重は2.5tf/mとした。

なお、安定計算は、補強材の配置を考慮して、すべり土塊の中央断面がA軸とB軸（図-2）にくる2つのケースについて行った。計算結果の1例として、盛土高が5mの結果を図-3に示す。

図-4は、すべり面の切口座標（のり先からの水平距離 x_1 、 x_2 ）に対して求めた最小安全率の分布を等値線で示したものである。図中には全体の最小安全率を示した。限界すべり面は補強材の配置および長さにより変化することがわかる。これより、現行設計による棒状補強材の長さや配置に対して、最小安全率は1.2以上あり、安定性は十分確保できると考えられる。

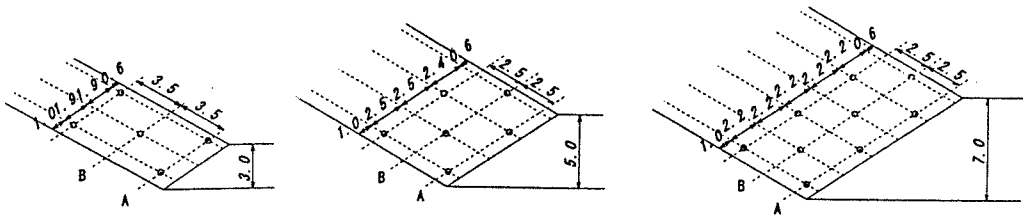


図-2 棒状補強材の配置図

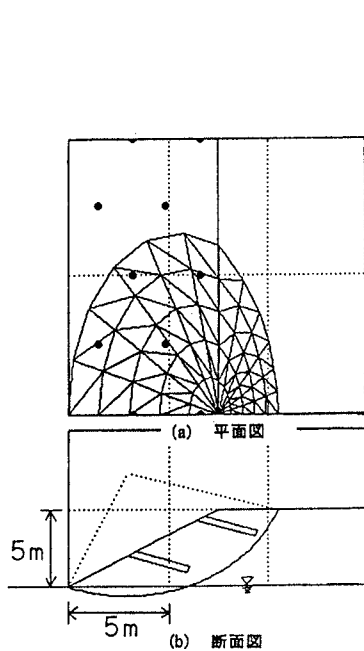


図-3 計算例

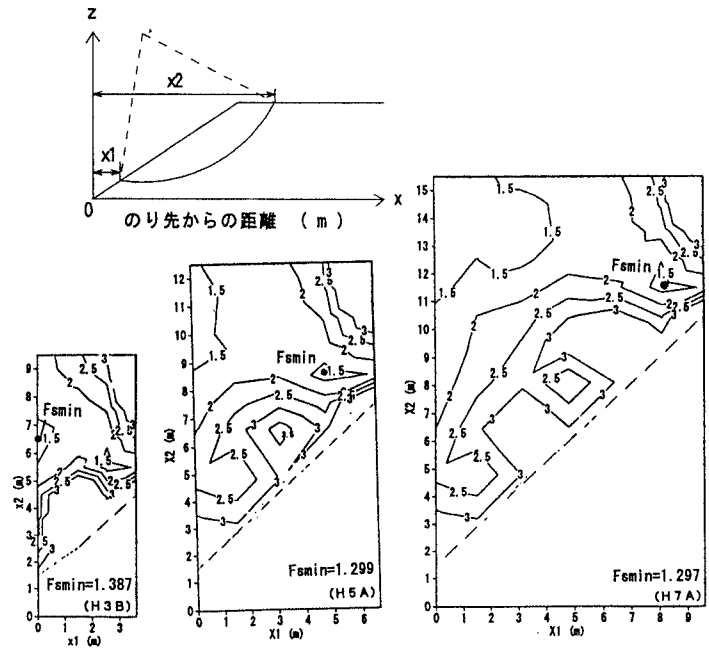


図-4 計算結果

4. おわりに

今後の課題としては、すべり面の形状や土柱間のスライス力を考慮した場合の検討により、補強材の施工ピッチをどこまで拡大できるかなどを検討し、より経済的で合理的な補強材の配置方法の決定を行うことが必要である。また、今回は降雨に対する効果確認の一環として行ったものであるが、今後は棒状補強材の耐震効果に着目して検討を進める予定である。