

本文では斜面安定化のために斜面に鉄筋が挿入された場合、あるすべり面に沿ってその上部の斜面が滑動したとき、鉄筋にどのような応力が発生し、どの程度の補強力を発揮するかを理論的に求め、斜面安定解析式に導入する方法を提案することを目的とする。⁴⁾ 斜面の変位

鉄筋の發揮する補強力には、①、鉄筋の曲げ剛性に起因する補強力、②、鉄筋と地盤との付着力に起因する補強力の二つに分解できる。前者は、地すべり地に杭を挿入した場合と同様の機能を發揮するものであり、鉄筋と地盤との相対的強度によって決定される。後者はアンカー工の定着体と同様の機能を發揮するもので、鉄筋と地盤との境界面に作用する付着力により決定されるものである。したがって鉄筋補強力とは①と②の補強力の和である。

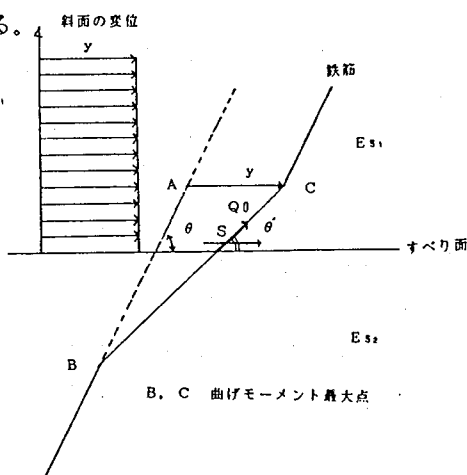


図-1 鉄筋の変形と作用力

2. 1 鉄筋の曲げ剛性に起因する補強力の算定

図-1に示すようにすべり面より角度 θ で挿入された鉄筋

図-1 鉄筋の変形と作用力

がすべり面に沿って土塊と共に y だけ変位したとき、すべり面でせん断力 S が作用したとすると、 $S \sin \theta$ のせん断力と $S \cos \theta$ の軸力及びモーメントが鉄筋に生じる。鉄筋に作用するせん断力 $S \sin \theta$ により、すべり面より任意の深さ z における地盤の変形係数、鉄筋の剛性をそれぞれ $E_s(z, y)$ 、 $E I(z)$ とすると次の関係式が得られる。

$$EI(z) \cdot \frac{d^4 y}{dz^4} + Es(z, y) \{y(z) - g(z)\} = 0$$

ここで $g(z)$ はすべり面からの距離 z における地盤の変位であり、上記の微分方程式を解くことによって鉄筋に生じるたわみ、曲げモーメント、せん断力等が求まる。

2. 2 鉄筋と地盤との付着力に起因する補強力の算定

図-1において鉄筋がすべり面に沿って土塊と共に y だけ変位したとき $(BC-AB)=\Delta l$ だけ引き延ばされ、この Δl の伸びに対し、鉄筋にはすべり面で軸力 Q_0 が発生する。

$$Q_0 = \frac{1}{2} \sqrt{\pi^2 d^3 E \cdot f \cdot \Delta l}$$

d: 鉄筋直径, E: 鉄筋の弾性係数
f: 鉄筋と地盤間の付着力

したがって付着力に起因してすべり面において鉄筋に作用する軸力 P_0 は

$$P_0 = Q_0 - S \cos \theta \quad \text{となる。}$$

またすべり面からの鉄筋の長さ a まで軸力が作用すると、

$$a = \frac{Q_0}{\pi f d} \quad \text{となる。}$$

2. 3鉄筋の補強力と斜面安定

一本の鉄筋の補強力 R は次式となる (図-1 参照)。

$$R = S + P_0 \cos \theta + P_0 \sin \theta \tan \phi \quad \phi: \text{すべり面での内部摩擦角}$$

補強力 R は鉄筋に生じる引張り応力、せん断応力が許容値に達した場合、あるいは a が鉄筋の長さを超えた場合のすべり面上部の地盤の変位量によって決定される。

また斜面の安全率を簡便式で求めたとき鉄筋挿入工により安定度は向上する。

$$F_s = \frac{\{\sum (W \cos \alpha - u) \tan \phi + \sum c l + \sum R\}}{\sum W \sin \alpha}$$

なお補強力 R は θ が 90° を超えると $\angle l = 0$ となる角度が存在し、この角度を超えると付着による補強力は作用しないと考えられ、曲げ剛性に起因する補強力のみが鉄筋に作用することになるが、実際の斜面では θ が 90° 以上で鉄筋が打設されることはないと思われる。

3. 鉄筋に作用する応力と鉄筋の補強力の計算例

図-2 はすべり面と鉄筋がなす角 θ が $10^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ の場合の鉄筋 ($d = 2.54 \text{ cm}$) に発生する曲げ応力、軸応力、および引張り応力 (曲げ応力 + 軸応力)、せん断力、たわみを示したものである。計算は鉄筋の長さをすべり面より上 3.0 m 、地盤の変形係数 E_s はすべり面上下でそれぞれ 10 kgf/cm^2 、 15 kgf/cm^2 、鉄筋と地盤との付着力 $f = 5 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $\phi = 30^\circ$ 、 $\tau_0 = 800 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $\sigma_0 = 1800 \text{ kgf/cm}^2$ とした。計算結果によると鉄筋に発生する曲げ応力は $\theta = 90^\circ$ 付近では大きく、鉄筋の補強力はこれによって大きく支配されるが、 θ が小さくなるにしたがって付着力に起因する軸応力が急激に大きくなり、補強力はこれに依存するようになる。また θ が小さいほど地盤の変位 y が小さい段階で補強力を発揮するようになる。図-3 は θ と補強力の関係を示したが、 θ が小さくなるにつれて補強力は増大することが伺える。

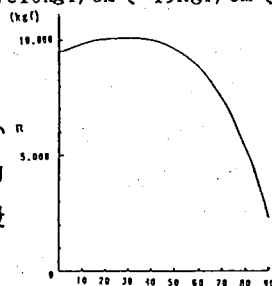


図-3 $\theta - R$ 関係図

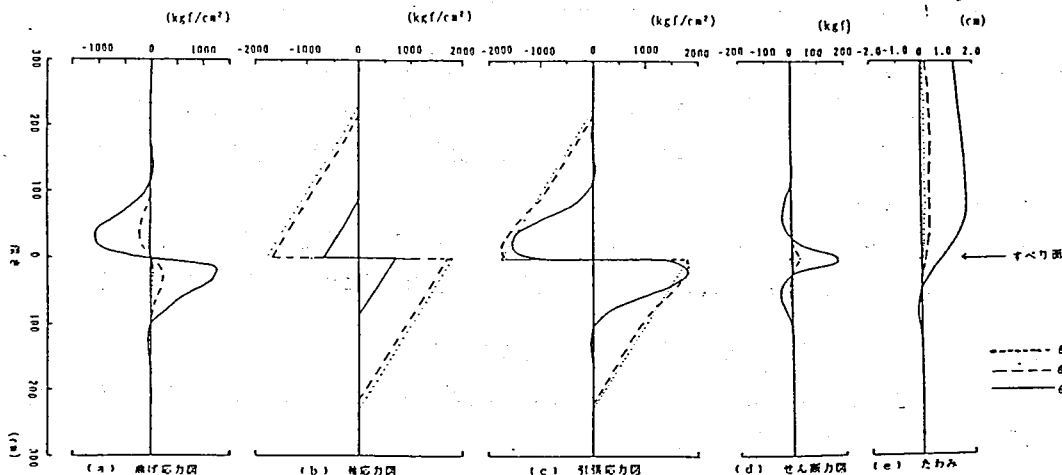


図-2 鉄筋に作用する応力分布図