

III-97

鉄筋で補強した斜面の安定計算と施工管理について

（株）大林組技術研究所

鳥井原 誠

○山本 彰

平間 邦興

1. はじめに

鉄筋挿入工法の施工上の特徴は段階的な施工が可能であり、そのため各掘削段階での地山の緩みを抑制しながら施工が行なえること、および地山の地質状態や掘削時の変形に応じて柔軟に対応できるところにある。そのため、当工法の施工に当たっては各種計測管理が非常に重要である。そこで、この報告では既報¹⁾の現位置載荷実験で各種計測結果から求められた降伏荷重（降伏点）に着目し、降伏荷重と安全率の関係について述べるとともに各種計測結果から得られる降伏点の施工管理上の重要性和有効性について検討している。

2. 安定計算方法

鉄筋挿入工法の設計を行なう場合、一般にすべり面を円弧すべりや2直線からなる複合すべり面によって仮定することが多い。そこで現位置載荷実験で求めた実測すべり面を図-1に示している円弧すべり面と複合すべり面で近似し、最大荷重、降伏荷重時の安全率を求めた。ただし、複合すべり面としては鉄筋の先端を連ねた面上で折れ曲がるすべり面を仮定している。安全率の計算式は円弧すべり面、複合すべり面とも次式で示される。

$$F_s = \frac{\sum \{ (W_i + P_i) \cos \theta_i \tan \phi_i + c_i \ell_i \} + \sum T_j \cos \beta_j}{\sum (W_i + P_i) \sin \theta_i}$$

ここに、 W_i は土塊重量、 θ_i はすべり面と水平面のなす角度、 β_j は鉄筋とすべり面のなす角度、 ℓ_i はすべり面底面の長さ、 T_j は鉄筋の引き抜き抵抗を示している。

3. 実験結果の概要

図-2は現位置載荷実験の各実験ケース毎の断面図を示しており、実験は長さ2.0mの鉄筋を1.5, 1.0, 0.7mピッチで補強した斜面及び無補強斜面について実施した。実験方法、計測方法および実験結果の詳細については既報¹⁾を参考にされたい。

表-1は載荷実験で得られた各実験ケース毎の最大荷重、降伏荷重を示している。降伏荷重とは、たとえば、図-3の鉄筋軸力の計測結果から明らかのように計測値の傾向がそれ以前とは明らかに変化してくる荷重として定義することができる。また、図-4は各種計測結果から求めた実測すべり面を示している。

4. 土質定数

解析に用いる土質定数は現地で採取した乱さない試料の三軸圧縮試験から $C = 0.4 \text{ tf/m}^2$ 、 $\phi = 32.5^\circ$ と決定し

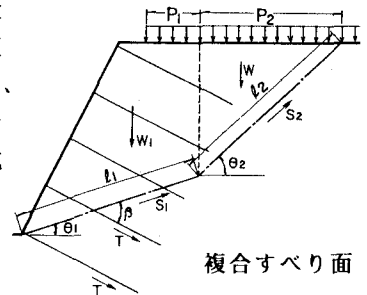
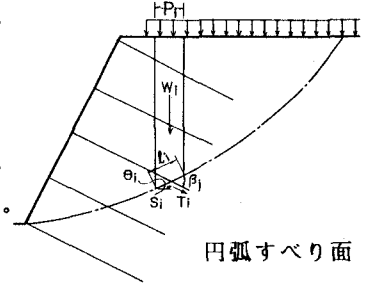


図-1 安定計算に用いるすべり面形状

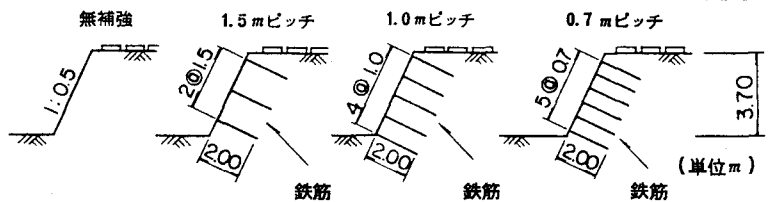


図-2 各実験ケースの断面図

表-1 最大荷重、降伏荷重

	計測項目	無補強	鉄筋の挿入ピッチ (m)		
			1.50	1.00	0.70
降 伏 荷 重 (tf/m ²)	載荷板沈下	1.50	4.89	6.50	8.10
	法肩水平変位	1.50	3.56	5.00	8.10
	沈肩沈下	1.50	3.11	6.50	8.10
	クリープ変位	—	3.11	8.00	10.50
	鉄筋の軸力	—	4.00	6.50	8.10
	平均	1.50	3.73	6.50	8.58
最大荷重 (tf/m ²)		1.70	5.78	11.00	13.80

た。また、土の単位体積重量 γ_t は 1.41 tf/m^3 である。鉄筋の引き抜き抵抗力 T は現位置の斜面に打設した鉄筋の引き抜き試験結果から 1.6 tf/m とした。

5. 安定計算結果

図-5は各実験ケース毎の実測すべり面及び安全率の計算に用いた円弧すべり面、複合すべり面を示している。

表-2は円弧すべり面、複合すべり面を仮定した場合の最大荷重、降伏荷重時の安全率を示している。なお、計算に用いた降伏荷重は表-2に示している降伏荷重の平均値である。この表から、円弧すべり面を仮定した場合と複合すべり面を仮定した場合の安全率はほぼ一致しており、計算法が同じであれば両者の安全率はほぼ一致するものと考えられる。

また、この表から、最大荷重時の安全率は各実験ケースとも $0.97 \sim 1.05$ の間にあり、補強した斜面はいずれも最大荷重時においてほぼ限界状態にあったことが明らかである。一方、降伏荷重時の安全率は $1.06 \sim 1.19$ となっており、最大荷重時の安全率よりも $0.10 \sim 0.14$ 程度大きくになっている。このことは、補強斜面の限界状態における安全率を 1.00 とすると、降伏荷重時（降伏点）の安全率は $1.09 \sim 1.13$ 程度であることを示しており、降伏点は補強斜面が限界状態に非常に近い状態にあることを示す有力な指標となっていることがわかる。このことから、鉄筋挿入工法において種々の計測管理を行ない、降伏点を求めることは施工管理上極めて有効な手段であり、施工管理基準として十分適用できるものと判断される。

6. おわりに

降伏点を施工管理基準として用いる場合、管理基準値は予めある値を設定するのではなく、施工に伴う測定データの変化の特異点として得られることになる。したがって、この場合には計測値およびその変化が問題となるため、計測の頻度や精度が要求される。また、実施工においては降伏点の判定が難しい場合もあると予想されることから、現地の観察やいくつかの計測値から総合的に判定する必要がある。

参考文献

1) 八戸、大石、鳥井原、山本、"鉄筋で補強した斜面（アースネイリング工法）の現位置載荷実験（その1）、（その2）"、第24回土質工学研究発表会、1989。

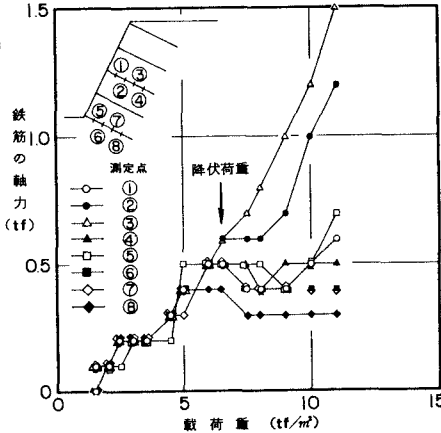


図-3 鉄筋の軸力と載荷重の関係

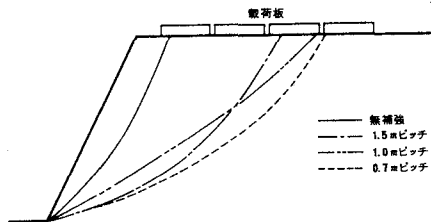


図-4 実測すべり面

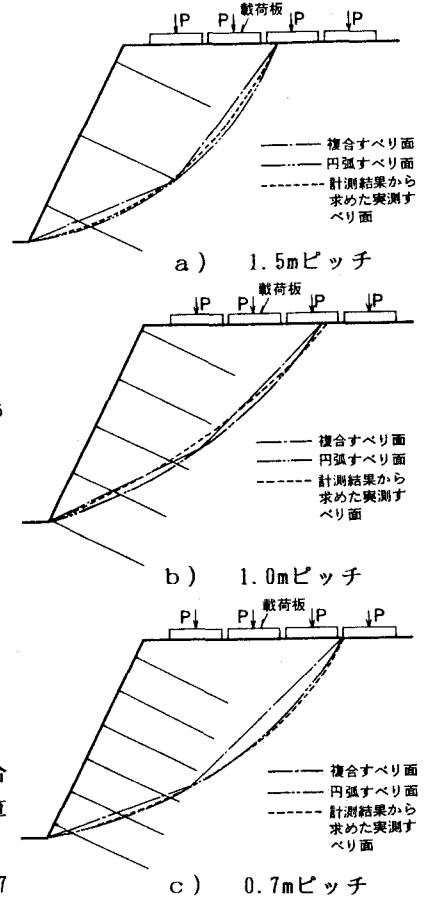


図-5 実測すべり面と想定すべり面

表-2 安全率の一覧表

ピッチ (m)	荷重レベル	安全率	
		円弧すべり法	複合すべり法
1.50	最大荷重	0.97	0.97
	降伏荷重	1.06	1.07
1.00	最大荷重	1.02	1.05
	降伏荷重	1.15	1.19
0.70	最大荷重	1.05	1.05
	降伏荷重	1.18	1.18