

斜面変状対策における抑止工と抑制工の評価方法の検討

京都大学

正会員 嘉門雅史

大阪府立産業技術総合研究所

正会員 赤井智幸、松本哲

地域地盤環境研究所

正会員 諏訪靖二 福田光治

大林組

正会員 楠部義夫

東洋建設

正会員 岩田潔

1. はじめに

地下水変化による斜面変状対策として一般にアンカーや水抜き等による抑止工と抑制工が個別に比較されて選択される場合が多い。しかし相乗効果を狙って両工法を併用するケースもある。粘性土急傾斜盛土を対象にした排水性と補強を兼ね備えたGHD材の研究はこの方向での研究¹⁾である。斜面安定で両工法の併用を考える場合、安全率に対する役割分担を明確にしておく必要がある。本論文は一般化のため斜面の平均的な規模を抽出し、その斜面を対象に水抜き工とアンカー工を組み合わせた時の安全率への影響を分析した結果を示したものである。

2. 地すべり斜面の平均的規模と地すべり土塊厚さ

地すべり斜面安定解析では円弧すべりの有用性が一般に認められている。そこで図-1の円弧すべりを仮定すると地すべり土塊の規模を表す式として式(1)、(2)の関係が得られる。

$$s = \pi \theta L / (360 \sin(\theta/2)) \quad (1) \quad \sin(\theta/2) = 4(d/L) / \{1 + 4(d/L)^2\} \quad (2)$$

ここに θ : すべり円弧の中心角($^{\circ}$), L : 斜面長さ, s : すべり円長さ, d : 土塊最大厚さである。一般に θ の値は $10^{\circ} \sim 150^{\circ}$ の範囲にあるから $360 \sin(\theta/2) / (\pi \theta)$ (=係数 A) は $0.74 \sim 1.00$ になる。文献^{2)~6)}で示された解析例から θ を整理したのが図-2である。図から θ のピークは $\theta = 45^{\circ} \sim 55^{\circ}$ にあり係数 A は $0.96 \sim 0.98$ という狭い範囲にばらついている。また図-3よりすべり土塊の厚さと長さの比 d/L は約 0.1 になる。高橋⁷⁾は1975年度の地すべり防止対策の規模をまとめた結果として長さ $100 \sim 149\text{m}$, 厚さ $10 \sim 14.9\text{m}$ にピークがあることを示しており、この場合も d/L は約 0.1 になる。従って地すべりの平均的な縦断形状としては細長いすべり土塊になることがわかる。

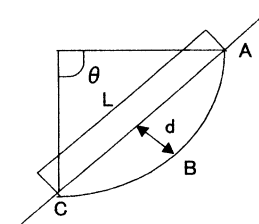


図-1 円弧すべり

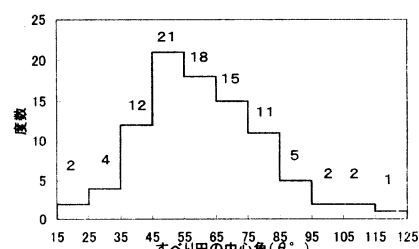


図-2 円弧すべり解析における中心角

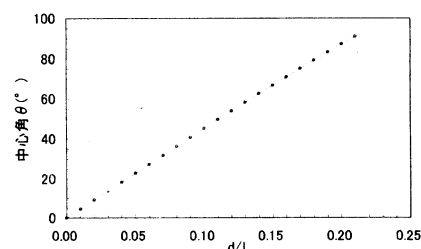


図-3 円弧すべり解析における中心角とすべり形状比の関係

3. 無限斜面における安全率の変化特性

地すべり規模の分析結果から図-4に示す無限斜面を対象に抑止工と抑制工の安全率への影響を概略的に検討する。式(3)は水抜き工とアンカーによる抑止工を考慮した式になる。

$$F_s = \frac{c'L + (W \cos \alpha - us) \tan \phi' + nT_i \cos \alpha}{W \sin \alpha} \quad (3)$$

ここに F_s : 安全率, c, ϕ' : 強度, W : すべり土塊の重量, L : すべり面長さ, α : すべり面勾配, u : すべり面に作用する間隙水圧で, $\rho_w = 1\text{Mg/m}^3$ として水深 h で表現する。 nT_i : アンカー引張力である。なおアンカーについては引張力だけがすべり抵抗に貢献するとした。式(3)の両辺を水位と引張力で偏微分すると式(4)~(6)が得られる。

斜面安定, 安全率, 水抜き工, アンカー工

松本哲 (大阪府和泉市あゆみ野 2-7-1, TEL:0725-51-2735, FAX : 0725-51-2529)

$$\frac{\partial F_s}{\partial h} = -\frac{L \tan \phi'}{W \sin \alpha} \quad (4)$$

$$\frac{\partial F_s}{\partial n T_i} = \frac{\cos \alpha}{W \sin \alpha} \quad (5)$$

$$-\partial F_s / \partial n T_i \bigg/ \partial F / \partial h = \frac{\cos \alpha}{L \cdot \tan \phi'} = B \quad (6)$$

表-2 の式を用いて、地すべり対策で一般に考慮される安全率 0.05 上昇させるために必要な、地下水位抑制量とアンカー引張力の寄与を示している。図より層厚 10m の時、安全

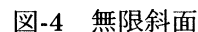


表-1 安全率の比較

ケース No.	$\alpha(^{\circ})$	$\phi(^{\circ})$	B
1	10	20	2.70/L
2	30	20	2.37/L

表-2 試算結果

試算 No.	$\alpha(^{\circ})$	H(m)	地下水位 (m)	$\phi(^{\circ})$	L (m)	$\rho_t(\text{Mg/m}^3)$	ΔF
1	10	10	5	20	125	1.8	$-0.1180 \Delta h + 0.00256 \Delta (nT_i)$
2	10	20	10	20	125	1.8	$-0.00590 \Delta h + 0.00127 \Delta (nT_i)$

率を 0.05 あげるためには縦断形状を対象にして、地下水位変化量を約 40cm 抑制するか、合計軸力を約 20tf/(奥行き 1m) 増加させなければならないことを示している。また層厚 20m の時は地下水位変化抑制量約 90cm に対し、合計軸力は 40tf/(奥行き 1m)になる。

本研究では水抜き工とアンカー工の併用工法を検討している。一般にアンカー工は対象斜面に数 m の間隔で打設される。このため GHD 補強材と同じようにアンカーに水抜きと補強を併用した機能を持たせると、排水条件は群井としての水抜き工になる。例えば表-2 の試算 1 の層厚 10m の場合、地下水位変化抑制量を必要量の半分の約 20cm にして、後の半分をアンカー工で分担することを考える。この時アンカーの打設間隔を約 4m と仮定すると、斜面長 125m では約 30 本必要になり、アンカー 1 本当たりの必要引張力は約 0.7tf/本になり、アンカーの負担を減少させることができる。

4.おわりに

一般に地すべり用アンカーは圧縮ゾーンで集中的に使用されるため必要抑止力は大きくなり、数 10tf~100tf/本が要求されている。しかしアンカー工と水抜き工を併用させ、また群井的に地下水位上昇を抑制することを図るならば、広域的にアンカーを設置することになる。このためアンカーの本数が増え、1 本当たりの必要抑止力は減少するので、アンカー材への負担が軽減できることを示した。しかし本研究は単

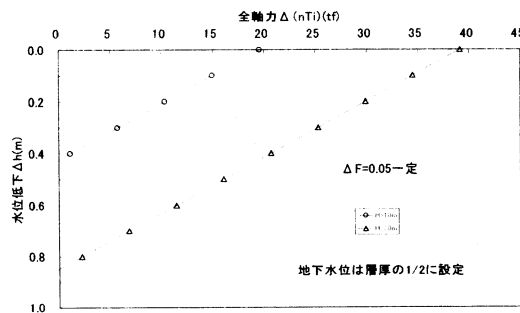


図-5 斜面安全率に及ぼす水抜き工とアンカー工の影響

純な無限斜面を対象にしているため、今後複雑な条件に対しても検討する必要がある。なお本研究はジオテクスタイル技術研究会と共同して実施したものであり、研究会の皆様へ感謝致します。

- 参考文献) 1) 赤井智幸他: GHD 補強粘性土急勾配高盛土の長期安定性、第 54 回土木学会研究発表会講演概要集、pp582-583, 1999,
2) 藤原明敏: 地すべりの解析と防止対策、理工図書、3) 武居有恒他: 地すべり・崩壊・土石流予測と対策、4) ザルバ・メンツル: 地すべりとその対策、鹿島出版会、5) 土質工学会編: 切土ノリ面、土質工学会、6) 山田剛二他: 地すべり・斜面崩壊の実態と対策、山海堂、
7) 高橋博他: 斜面災害の予知と防災、白亜書房、pp.64-66、1986