

地山補強土工法を自然(変状)斜面に適用することについて考える 2023.9

1. 地山補強土工の抑止機能

「切土補強土工法設計・施工要領：(株) 高速道路株式会社」では、“解明されていない点がある”
とした上で、グラウンドアンカーと同様“締付と引止”効果による設計がなされている。

※実際には、補強材によるせん断や曲げ抵抗等が複合的に働くものと考えられる。

2. 工法の特徴

①初期荷重を与えないため、地山が変位した段階で抑止力が発揮される。

②補強材は、概略法面等に直交する方向に設置（全体の73.5%：施工実態より）・・・施工性優先？

3. 適用条件（切土補強土工法 設計要領より）

①崩壊深さ3m程度以下，崩壊長さ30m以下

②すべり形状を規定するような不連続がないこと

・・・基本的に岩盤を対象とし，崩積土等の未固結地盤は別途検討が必要

※適応できない条件

- ・地下水圧が作用する斜面
- ・補強材による引張抵抗力が期待できない地盤
- ・旧地すべり地，旧崩壊跡地

4. 地すべり対策に適用した場合の問題点等

4.1 補強材とすべり面とのなす角

現場事例より，すべり面に対して直交する方向では抑止力が働かないが（写真②），低角度で設置すれば抑止効果が期待できる（写真①）。



① 補強材の引き込み＝締付力発揮

② 補強材の立ち上がり

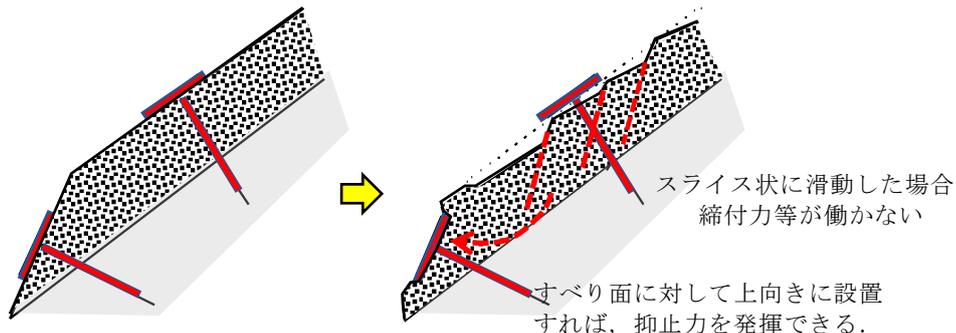


図1 地山補強土工を地すべり斜面に適用した場合の被災例

上記は、模型実験でも同様の現象が確認できる。



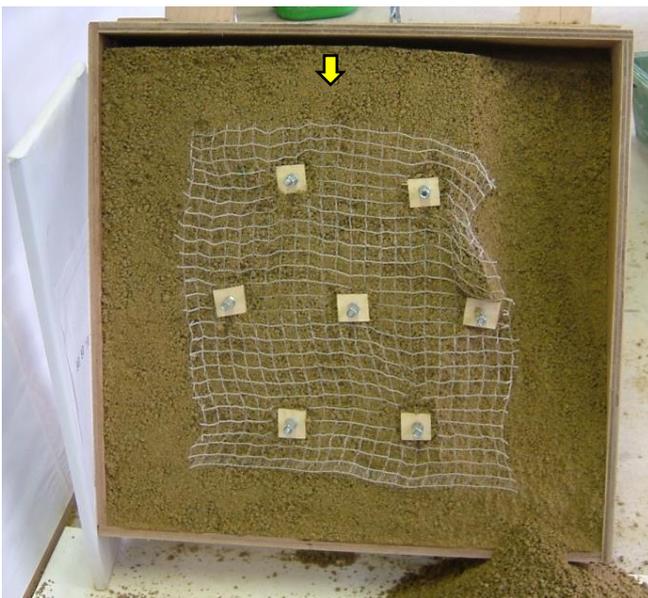
補強材をすべり面に対して低角度で設置：傾斜 80°



すべり面に垂直の場合：傾斜 65° で中抜け

4.2 補強材の頭部連結効果

模型実験において、法面工で補強材頭部を一体化せしめた方が移動層全体の抑止効果が高い。



頭部連結効果（法面工で一体化下方が、抑止力が高い）

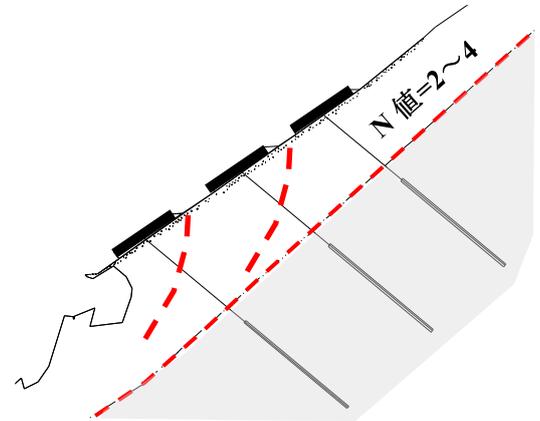


独立受圧版では局部的変位を生じやすく、かつ周辺部に拡大しやすいように思われる。

4.3 法面工による地盤破壊

グラウンドアンカーにおいて、受圧版を斜面に沿って設置したところ、施工直後にアンカー群の脚部が抜け出した。原因として、断面形態などからアンカーの初期緊張荷重による地盤破壊の可能性が高い。

地山補強土工はこれと類似した施工形態であり、締付力が働いた場合、地盤破壊により締付効果が期待できない恐れがある。



(層厚 3.5~4.5m の地すべりの場合：緊張荷重により地盤破壊した可能性が高いと思われる例)

5. 地すべり対策に適応させる場合の課題

(1) 締付力を働かせるための要件

地すべり移動層は破壊（ルーズ化）されており、地山補強土工のような抑止機能は発揮できない。

そのため、法面工（ワイヤーネット等）により細ブロック化しやすい移動層を一体化せしめ、これに圧縮力が働くよう補強材を低角度で設置し、受圧版をこれに直交する形で取り付ける。これにより、受圧版沈下によるアンカー力低下時にも、移動層の不安定化に応じた締付効果を期待できるようになる。

以下はそれを検証するための模型実験である。

—模型実験による検証—

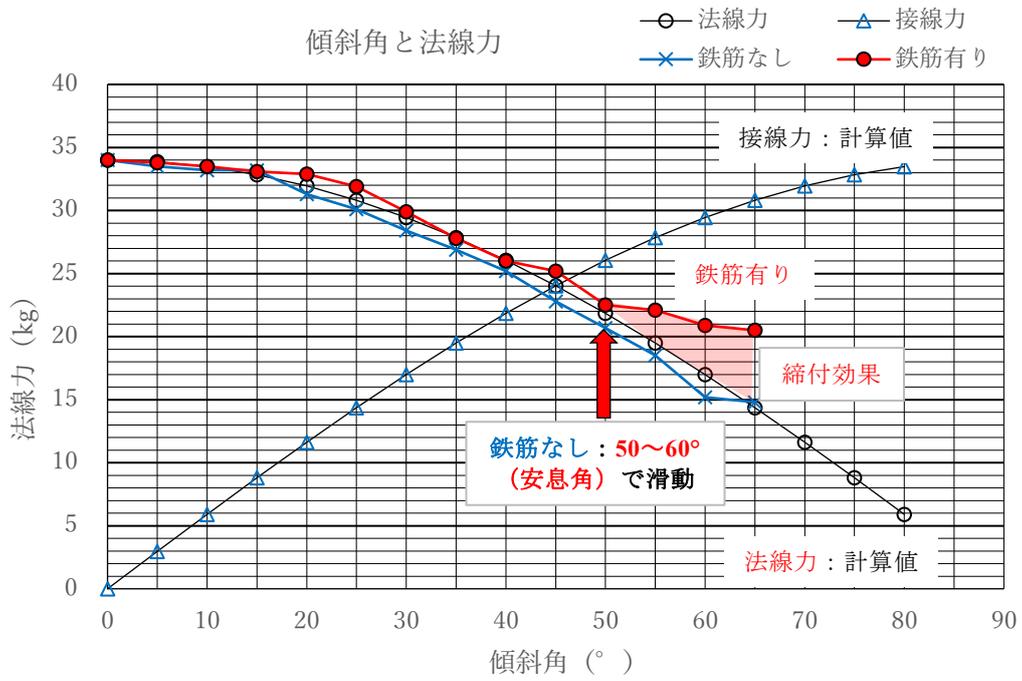
次ページの図より

①鉄筋なしの状態

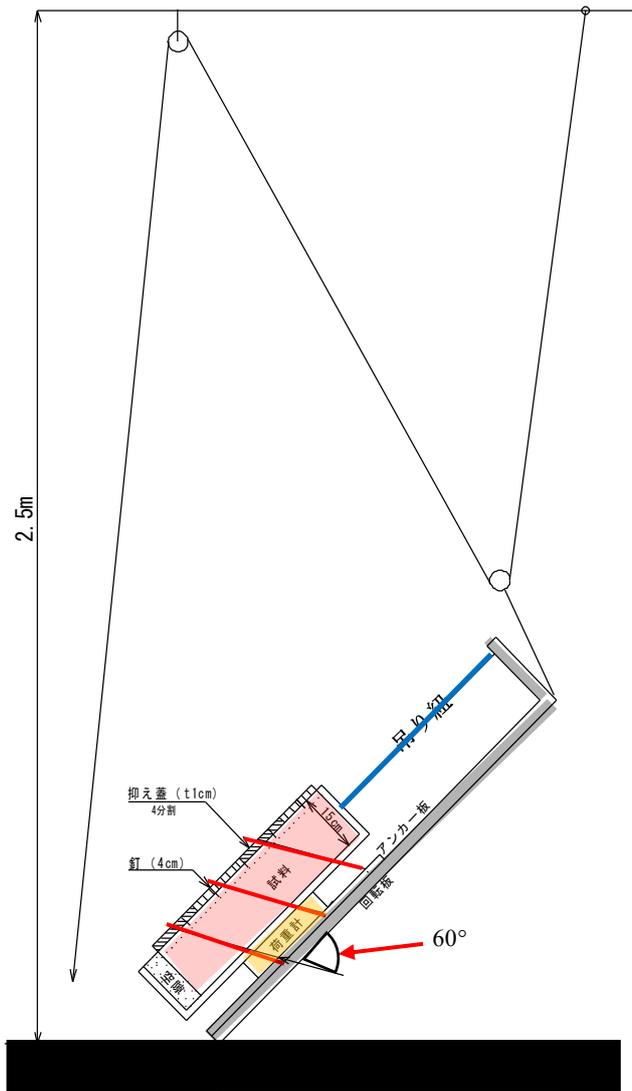
- ・概ね理論通りの法線力が働いている
- ・二つの試料のうち、それぞれ傾斜 50° および 60° 付近で滑落しており、これが当実験試料の安息角と考えられる。

②鉄筋を挿入した状態

- ・鉄筋（針金 $\phi 2\text{mm}$ ）とすべり面とのなす角 60° 、法面工は4分割した板（試料が剥離しないよう4~6cm長の釘で固定）とした。
- ・その結果、上記安息角を越える段階から法線力が増大しており、試料の不安定化に応じた締付力が発生することが確認できた。



試料の傾斜角 (不安定化) と法線力の関係



実験装置



板 (4分割：釘付) で固定

(2) 初期緊張荷重を与え、地すべり変位を生じさせない。

地山補強土工の抑止機能は移動層の変位を前提としているが、クラックの拡大等により地表水等による浸食を助長しやすいことから、基本的に避けるべきと考える。

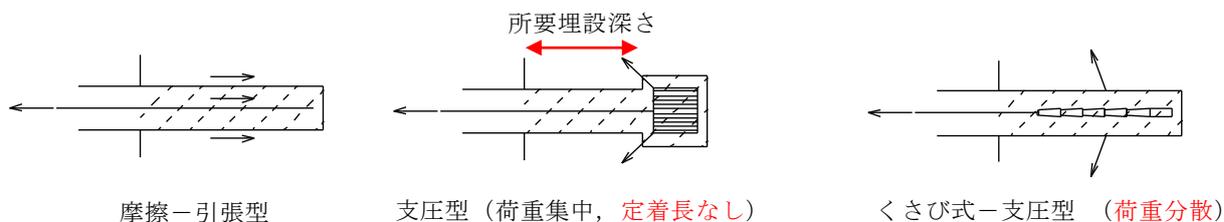
(3) 補強材の定着は“くさび式一支圧型アンカー”とする。

地山補強土工は設計荷重が小さいことおよび緊張力を与えないことから、最低1m（摩擦－引張型）としている。

グラウンドアンカー工の標準定着長は3～10m（摩擦型）とし、支圧型では試験により安全性を確認すれば良いとしている。緊張荷重の導入を前提とすればグラウンドアンカーの基準に従うのが適当であるが、“移動層厚1～3m”に対して3mの定着は不経済である。くさび式一支圧型であれば定着長0.2～0.6mと短く、小規模地すべりに対して適している。

6. グラウンドアンカーの定着長について

グラウンドアンカーの設計・施工基準（地盤工学会）は、定着長3m未満を禁じていない（P69）。例えば、拡孔支圧型アンカーの定着長は“0m”である。



※定着長3～10mについて

グラウンドアンカーの設計・施工基準（地盤工学会）に掲載されている資料は未固結地盤に基づくものであり、岩盤には当てはまらない。例えば

①硬い岩盤において、アンカー力が10m先まで伝わるわけがない。伝わるとすれば、引張側から順次剥離する場合である。

②アンカー設置地盤が漏斗状に引き抜ける（P155）としているが、岩盤における引抜試験等においてこのような経験や話題もない。模型実験等によれば

- ・摩擦引張型：引張側から順次剥離することで適度な荷重分散がなされる。その剥離形態は、定着地盤のキレツ等に影響すると考えられることから、およそ有効定着長の決定は不可能である。

※地すべりの多くは異常豪雨時等の限られた時間に滑動するため、定着長を長くしておけば半永久的に耐久性を確保できる。

- ・摩擦圧縮型：先端部マンションが、爆発音とともに引き抜ける。引き抜け後、さらに引っ張ると再び同様の支持力が得られることから、多くの場合マンション付近の局部破壊（すり抜け）によるものといえる。アンカーの支持力は定着地盤の強度等に支配され、定着長とはおよそ無関係である。

※泥岩等の軟質地盤で、定着長を長く（＝設計荷重大）すると失敗する確率が高い。

以上