

既存アンカーの効果を検討した地すべり安定解析手法

株式会社エイト日本技術開発 宮 翔太

1. はじめに

岡山県北部の道路法面において設置されたアンカーに破損が発見され、法面調査を実施した。調査の結果、アンカーや法枠等に破損が確認されるとともに、地すべり滑動が確認された。既存アンカーは緊張力が増加し部分的に破断しているものの、多くは過緊張の状態では地すべりに対して抵抗力を発揮していた。これらを踏まえ、既存アンカーの効果を検討した地すべり安定解析と対策設計を行ったので報告する。

2. 調査結果

(1) ボーリング調査結果

当地では4箇所においてボーリング調査を実施しており、代表箇所として最も地すべり深度の深い調査箇所のコア写真を写真-1に示す。当地では流紋岩～流紋岩質凝灰岩が確認され、岩質自体は硬質だが亀裂が発達しており、表層付近では風化により亀裂面を中心に褐色化の進行が見られた。

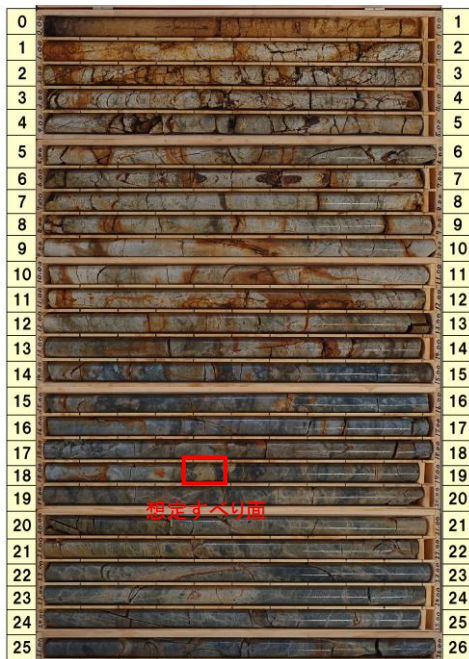


写真-1 代表箇所のコア写真

(2) リフトオフ試験結果

当地では5箇所においてリフトオフ試験を実施しており、現状の残存引張力の把握を行った。

リフトオフ試験結果から荷重-頭部変位量グラフを整理し、表-1に示す残存引張力とアンカー健全度の目安に従って評価を行った。結果として5箇所中3箇所はリフトオフせず「健全度 E」、1箇所は「健全度 C」で設計アンカ

一力を大きく超え過緊張状態であることが分かった。1箇所のみ「健全度 A」と評価したが、直上のアンカー頭部が脱落しており、1度過緊張状態になった後にすでに抜け落ちが生じ現在の値となっている可能性もある。

表-1 残存引張力とアンカー健全度の目安¹⁾

残存引張力の範囲	健全度	状態	対処例
0.9 T ₀ 1.1 T ₀	E	破断の恐れあり	緊急対策を実施
	D	危険な状態になる恐れあり	対策を実施
	C	許容値を超えている	
許容アンカー力 (T ₀)	B		経過観察により対策の必要性を検討
設計アンカー力 (T _d)	A	健全	
	A	健全	
定着時緊張力 (P _d)	0.8 P _d	B	経過観察により対策の必要性を検討
	0.5 P _d	C	対策を実施
	0.1 P _d	D	

3. 安定解析方法

通常、道路土工 切土工・斜面安定工指針に基づいて行われる地すべり安定解析には「修正フェレニウス法」が用いられるが、通常安定解析手法では既存アンカー工の残存緊張力があるにも関わらず、その効果値が算定できないという問題が生じる。

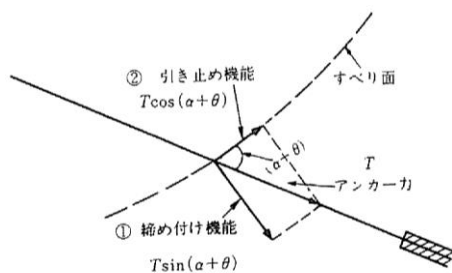
このためアンカー工の効果の評価する場合には、図-1に示すとおり、地すべり安定解析式の分子側（地すべり抵抗力）にアンカー工の効果を加算した解析式が用いられる。アンカー工の機能の中には「締め付け機能」、「引き止め機能」の2種類があり、図-2に示すようなメカニズムで両機能が同時に作用している。

以上を踏まえ、本検討では、調査結果等から解析に必要なパラメータを設定するとともに、既設アンカー工の効果を算定した。

$$F_s = \frac{\sum c \cdot l + \sum (W - u \cdot b) \cos \alpha \cdot \tan \phi + \sum T [\cos(\alpha + \theta) + \sin(\alpha + \theta) \tan \phi]}{\sum W \cdot \sin \alpha} \quad \text{アンカー工効果} \quad (\text{参 8-1})$$

ここに、 F_s ：安全率
 c ：粘着力 (kN/m²)
 l ：分割片で切られたすべり面の弧長 (m)
 W ：分割片の重量 (kN/m)
 u ：間隙水圧 (kN/m²)
 b ：分割片の幅 (m)
 α ：分割片で切られたすべり面の中心とすべり円の中心を結ぶ直線と鉛直線のなす角 (度)
 ϕ ：せん断抵抗角 (度)
 T ：アンカー力 (単位断面あたり) (kN/m)
 θ ：アンカー tendon と水平面とのなす角 (度)

図-1 アンカー工の効果²⁾



参図 8-10 グラウンドアンカー工の2つの機能³⁾

図-2 アンカー工の機能³⁾

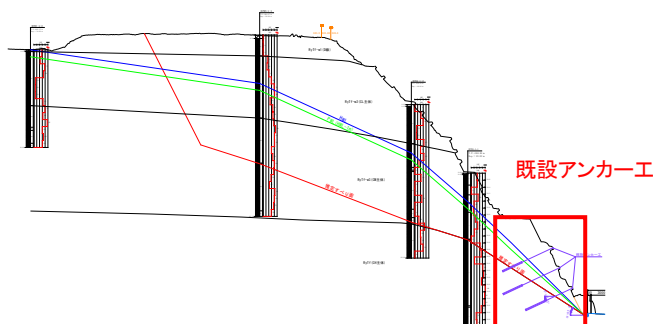


図-3 解析断面図

4. 既設アンカー工効果算定

当地では既設アンカー工が41本、2種類の規格が施工済みとなっている。表-2に当地の既設アンカーにおける計画内容を示す。

リフトオフ試験を行った際、ほとんどのアンカーが試験荷重の限界値 (0.9Tys) まで载荷してもリフトオフしない状態であったため、正確な残存引張力は不明となった。このため、本検討においては、確認できた0.9Tysを残存引張力に設定して解析を実施する方針とした。

表-2 既設アンカー計画内容一覧表

	法面左側	法面右側
設計アンカー力 Td(kN/本)	71.3	164.0
アンカー規格	φ12.5mm×1	φ12.5mm×2
降伏荷重 Tys(kN)	156.0	312.0
リフトオフ試験値 0.9Tys(kN)	140.4	280.8
配置間隔 a(m)	3.0	4.0
アンカー傾角 θ(度)	25.0	22.0
すべり面角度 α(度)	32.9	32.9
全アンカー本数 n(本)	30	11
抜けているアンカー本数 n'(本)	7	0
効力のあるアンカー本数 N(本)	23	11

表-2に示したリフトオフ試験値から推定されるアンカー工緊張力 T (kN/本)、すべり面とアンカー工がなす角度 α (度)、アンカー工と水平面がなす角度 θ (度) を用い、法面左側および右側における既設アンカー工の①締め付け効果、②引き止め効果を算定した。

ここで、上記のパラメータから算出される既設アンカー工の効果は、左側法面23本+右側法面11=計34本分の値

となる。すべり安定解析では奥行1m 単位で行われるため、地すべり幅で除することで既設アンカー効果 P (kN/m) とした。

5. 検討結果

現況安全率 Fso=0.98とし、対策検討に必要な抑止力については、既設アンカー工の健全性が失われていることから将来的に切断・撤去が必要と考え、既設アンカー工の効果を減じた上で計画安全率 PFs=1.20を満足する抑止力を算出した。

地すべり抵抗力 S'

$$=S (\text{地すべり抵抗力}) - P (\text{既設アンカー効果})$$

$$=7751.37-96.74$$

$$=7654.63$$

$$\text{安全率 } F_s' = S' / T = 7654.63 / 7909.54 = 0.967$$

$$\text{抑止力 } Pr = PF_s \times T - S'$$

$$= 1.20 \times 7909.54 - 7654.63 = 1836.9 \text{ (kN/m)}$$

設計検討については、この抑止力に対して抑制工、抑止工の検討を行う方針とした。

6. 考察

本検討では、調査結果等を踏まえ、既存アンカーの効果を見込んだことにより、実際に必要な抑止力に対して適切な対策工を検討することができた。

今後このような、既設構造物が存在する現場における解析検討についての事例が増えてくると考えられ、残存する効果をどのように評価し設定するかが課題となる。実状に合った適切な検討を実施するために、技術者がデータをどのように活用し評価すべきか更なる検討が必要である。

《引用・参考文献》

- 1) グラウンドアンカー設計・施工基準, 同解説 (2012) : 公益社団法人地盤工学会, pp. 206
- 2) 道路土工 切土工・斜面安定工指針 (2009) : 社団法人日本道路協会, pp. 290-291
- 3) 道路土工 切土工・斜面安定工指針 (2009) : 社団法人日本道路協会, pp. 292