

グラウンドアンカー補強法面の劣化状況を考慮した健全度評価

九州大学大学院 学生会員 ○古賀 泰輔 九州大学大学院 正会員 笠間 清伸
九州大学大学院 正会員 陳 光斉

1. はじめに

法面の安定を維持する抑止工の一つに、グラウンドアンカー工法があり、高度経済成長期に数多く施工された。グラウンドアンカーは、地震や台風などの自然災害に起因して経年劣化を生じることが予想されることから、定期的に頭部調査、頭部撤去およびリフトオフ試験を実施し、アンカー法面の健全度を評価することが望ましい。しかし、最終的な健全度評価にいたるまでの調査や試験の多さと、それら費用および評価結果の信頼性に課題がある。他にも、グラウンドアンカー単体の健全度評価と補強法面全体の安全性評価がうまくマッチングしないことも課題として挙げられる。

本文では、これまでに行われた既存の健全度調査結果を確率・統計的に分析し、材料劣化を考慮したグラウンドアンカー補強法面の健全度を、平均安全率と崩壊確率を用いて定量的に評価する手法を提案した。

2. 既存の健全度調査結果の確率・統計的分析

本文では、平成 21 年度までに西日本高速道路株式会社関西支社が行った頭部調査とリフトオフ試験の調査資料を基に分析を行った。

表-1 に、アンカー頭部調査における評価区分を示す。I がもっとも厳しい評価であり、大きくなるほど頭部調査の結果は良好となる。リフトオフ試験では、アンカーに残存する引張力を直接計測し、設計時の引張力と比較することで、引張力残存率 R_t が得られる。本分析では、表-1 に示す評価区分と引張力残存率の関係調べ、評価区分ごとの引張力残存率の平均値、標準偏差および確率密度関数を決定した。図-1 に評価区分ごとの平均値と平均値±標準偏差を示す。頭部調査の評価区分が I の場合、アンカーは引張力を発揮していないため、 R_t は 0% となる。その他の評価区分での R_t の平均値と標準偏差は、それぞれ約 40% と約 20% となった。

3. 解析概要

図-2 に、本評価対象とした法面の断面を示す。法面全体で 48 本のアンカーが設置されている。

実務において、一般的にアンカー補強法面を設計するのに必要な地盤の強度定数を決定する場合、地盤の粘着力は、想定されるすべり層の厚さから推定することが行われる。続いて、推定された粘着力を入力定数としたすべり解析の逆解析を実施し、内部摩擦角を推定する¹⁾。このような実務的な地盤の強度定数の推定方法は、強度試験や原位置試験などを実施しているわけではないため、精度が悪く信頼性が低いと考えられる。さらに、これら推定値は、実際の強度定数よりも安全側の値であるといえる。そこで本文では、想定されるすべり層厚から推定される粘着力と内部摩擦角の不確実性を正規分布で仮定し、得られる推定値を真の強度定数の下限値として考えることとした。例えば、すべり層厚から推定される粘着力が、真の粘着力よりも 95% の確率で小さくなる時に、その推定値は信頼度=95% の値に相当することを

表-1 アンカーの頭部調査評価区分

区分	状況
I	現状で全く機能していない
II	機能が大幅に低下しており、今後区分 I になる可能性がある
III	機能が低下しており、今後区分 II になる可能性がある
IV	機能は多少低下しているが、対策によって機能を維持できる
V	機能は良好で、対策により保持できる
VI	現状のままで、良好な状態を維持できる

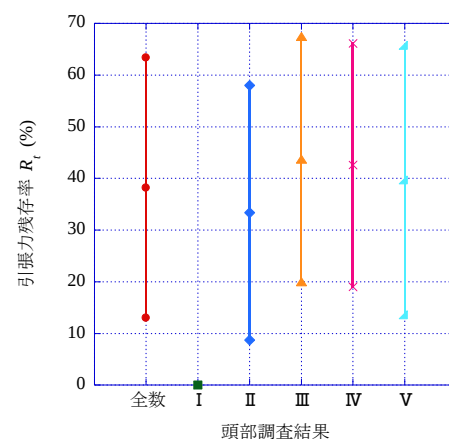


図-1 既存の調査結果

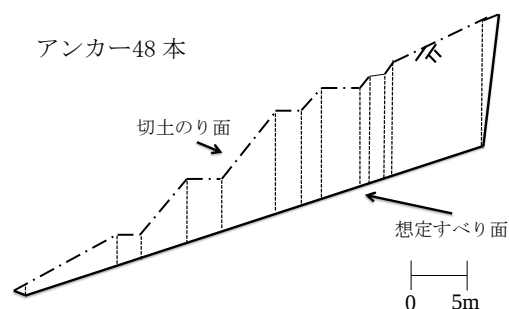


図-2 解析対象法面

意味する。本解析では、この信頼度が補強法面の安全率に与える影響を調べ、さらに、それら推定値の不確実性および空間的不均質性を表現するために、粘着力、内部摩擦角および単位体積重量の変動係数を表-2のように入力した。また、同表中に、アンカーの設計定数を示す。経年劣化を考慮するため、2.の分析結果を利用して現状のアンカー引張力残存率を推定した。ここで、アンカーの使用限界状態（極限引張力×0.75、降伏引張力×0.6、許容付着応力度÷3.0を初期値とした場合）を想定して解析した。本文では、アンカーの不具合率（頭部調査の評価区分Ⅰが全体の評価結果に占める割合）が10%ずつ増加した場合の健全度を、平均安全率と崩壊確率を用いて定量的に評価した。詳しい解析法は、参考文献²⁾を参照いただきたい。

4. 解析結果および考察

図-3 に、N=5000 における使用限界状態の平均安全率と不具合率の関係を示す。不具合率が増加すると平均安全率は小さくなるが、強度定数の信頼度が大きいほど、平均安全率も大きいことがわかった。平均安全率の減少割合は、どの信頼度においてもほぼ一定で、不具合率が90%まで増加すると平均安全率は約0.5減少した。本法面では、不具合率が90%に達しても、平均安全率が1.0を下回らなかった。

図-4 に、崩壊確率と不具合率の関係を示す。不具合率の増加に伴って崩壊確率も増加したが、増加割合は各強度定数の信頼度によって違った。不具合率10%の時と不具合率90%の時の崩壊確率を比べると、全体的に約2~5倍増加した。しかし、信頼度50%の時は約13%から32%と20%程増加したのに対し、信頼度90%の時は、約0.02%から0.04%と、わずかにしか増加していない。このことから、崩壊の危険性が高い、すなわち崩壊確率が大きい法面ほど、不具合率の増加が崩壊確率に大きく影響することがわかる。また、安全率よりも崩壊確率の方が、不具合率の増加に影響を受けやすいことがわかる。

4. まとめ

- 1) 既存のアンカーの頭部調査結果とリフトオフ試験結果を確率統計的に分析し、頭部調査の評価区分とアンカーの引張力残存率の関係を明らかにした。その結果、どの頭部調査の評価区分においても引張力残存率は約40%で、ばらつきは約20%であることがわかった。
- 2) グラウンドアンカー補強法面の平均安全率は、不具合率の増加とともに直線的に減少した。例えば、グラウンドアンカーの劣化が進行し、不具合率が10%増加する平均安全率は、0.06減少する。
- 3) 平均安全率よりも崩壊確率の方が不具合率の変化に敏感に影響するため、グラウンドアンカー補強法面の健全度は崩壊確率を用いて評価する方が良い。

<参考文献>

- 1) 渡正亮・小橋澄治：地すべりの安定計算，地すべり・斜面崩壊の予知と対策，pp.115-116，1987。
- 2) 武藤諒：グラウンドアンカー補強斜面の安全率および崩壊確率の計算手法，土木学会西部支部研究発表会講演概要集，pp.581-582，2012。

表-2 解析定数

	基準値	変動係数
単位体積重量	18kN/m ³	0.1
粘着力	9.81kN/m ²	0.4
内部摩擦角	13.24°	0.2
PC 鋼材の極限引張力	448kN	図-1 から 決定
PC 鋼材の降伏引張力	387kN	
周面摩擦抵抗力	0.6N/mm ²	
許容付着応力度	1.6N/mm ²	

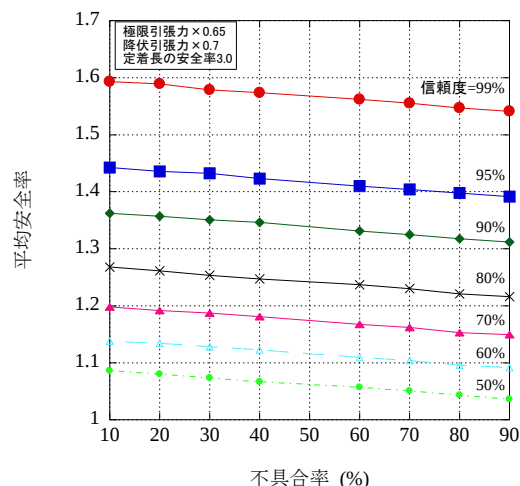


図-3 平均安全率と不具合率の関係

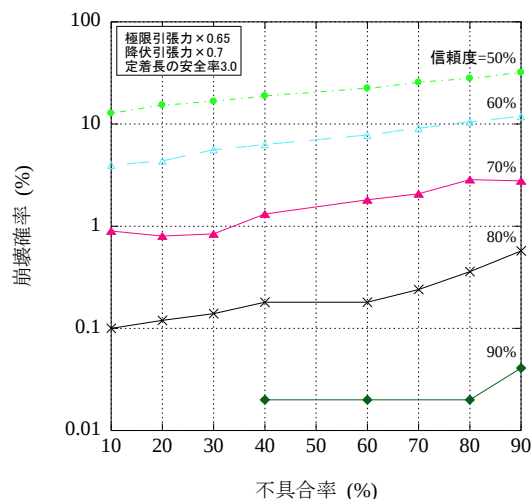


図-4 崩壊確率と不具合率の関係