

既設アンカー切土のり面の確率的安全性評価

岐阜大学
富山大学

学生会員 ○富岡 明
正会員 原 隆史

フェロー会員 八嶋 厚
非会員 曾我 宣之

1.背景・目的

現在のアンカーのり面の維持管理は、図1のように、アンカーのり面管理技術者がのり面の評価・対策を実行している。しかし判断が難しいのり面の場合は、検討委員会などを設置し、専門家の助言を得ることで評価・対策を行うこともある。しかし、専門家による助言は維持管理のサイクルの中で多大な時間や労力、予算を要する。また管理技術者が直接評価できないことで迅速な対応ができない。さらに一部のアンカー張力の情報から局所的な処置を施すことが多く、定量的にのり面全体の安定性に基づいた維持管理が実施されていないことが問題点として挙げられる。

このような問題に対し、本研究では、選択されたアンカー張力の計測結果を用いることによって、アンカーのり面全体の安定性とアンカーの引き抜きの危険性を算定する確率モデルを提案した。さらに、この結果を用いて、これまでの対応実績から安全性や維持管理対応を決定する閾値を設定した維持管理モデルの提案も提案した。維持管理技術者自らが定量的に効率のよい維持管理体制を実現することで委員会に集中された維持管理のフローを効率化することができると考えた。

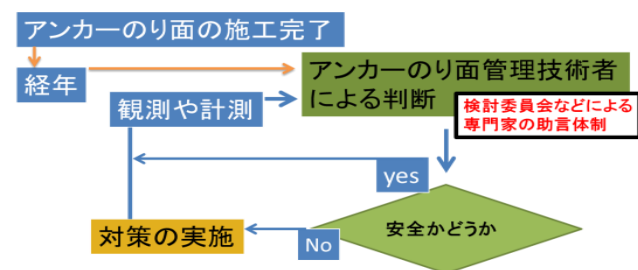


図1. アンカーのり面の維持管理フロー

2.過緊張アンカーのり面の安全性と照査方法

過緊張アンカーが存在する場合とは、のり面が動こうとする際にアンカーが張力を増加することで抵

抗し、つりあっている状態であると考ええる。またそのような状態を本研究では安全率(以下 F_s とする) $F_s=1.0$ と定義した。のり面の安全性の評価については、以下のSTEPで行う。

STEP1: 計測されたアンカー張力の平均値を入力し、地盤定数(c , ϕ)を円弧すべり解析ソフトによって $F_s=1.0$ となるように推定した。調整の手順は、はじめに c が 5kN/m^2 となるまで下げ、その後 ϕ を下げるように統一した。

STEP2: STEP1での円弧すべり結果(W , α , θ)、計測されたアンカー張力結果から式(1)により破壊確率と真の安全率を算出する。ここでは安全率 1.0 を下回るものを破壊のケースとした。ここでは張力計測と円弧すべり解析から得られたばらつきを採用しており、モンテカルロシミュレーション(以下MCS)によって選択されたアンカー張力がストランドの降伏強度や、アンカー体の引き抜き強度を超える場合はアンカー張力を 0 とすることにしている。

$$F_s = F_{s0} + \frac{\sum T_D \cdot \delta_T \cdot (\cos(\alpha + \theta) + \sin(\alpha + \theta) \cdot \tan \phi)}{\sum W \sin \alpha} \geq 1.0 \quad (1)$$

ただし $T_D \cdot \delta_T \leq T_L \cdot \delta_{T_L}$, $T_D \cdot \delta_T \leq T_F \cdot \delta_{T_F}$ とする。ここで F_s = 合計安全率、 F_{s0} = アンカー無対策時の安全率、 T_D = 設計アンカー張力(kN)、 δ_T = 計測されたアンカー張力のばらつき、 α = 各ブロックのすべり面と水平面とのなす角度、 θ = アンカーの傾斜と水平面とのなす角度、 W = 各ブロックの重量(kN)、 T_L と、 δ_{T_L} = ストランドの降伏強度、ばらつき、 $T_F = U \cdot l_F \cdot L$ (kN) で求められるアンカー体の引き抜き強度、 U = アンカー体の周長(m)、 l_F = 周面摩擦力度(kPa)、 L = アンカーの長さ(m) δ_{T_F} = 杭の引き抜き強度の不確実性から $m=1.07$, $cov=0.49$ の対数正規分布を仮定している。なお緊張力が低減しているアンカーのり面についてはアンカー張力が回復(再緊張)した時点での張力を過緊張張力として評価している。

3.既設アンカー切土のり面への適用例

既設切土アンカーのり面のなかで代表的な2つの切土アンカーのり面については破壊範囲を仮定して確率モデルを適用した例を示す。過緊張のり面は、黄色や赤色で示された図2の左下段アンカー周辺に対して委員会では危険視している。これに対して、アンカー張力が低減しているり面は委員会では安定なり面と判断されている。図3、図4の緑線は、計測されたアンカー張力と推定された地盤定数(c 、 ϕ)による $F_s=1.0$ となる確率密度関数である。当然破壊確率(以下 P_f)は 50%となっている。これに対し、黒の線はアンカーストランドの破断やアンカー体の引き抜きを考慮した実際の安全率の確率密度関数であり、図3に示した過緊張のり面は破断と引き抜きの影響で $F_s=0.97$ に減少、 $P_f=66\%$ に上昇している。この結果より過緊張のり面の危険性を示すことができた。一方、張力が低減しているり面である図4では破断や引き抜きの影響がなく、 $F_s=0.99$ 、 $P_f=51\%$ と変化がほとんど見られず安全なり面だと判断できた。

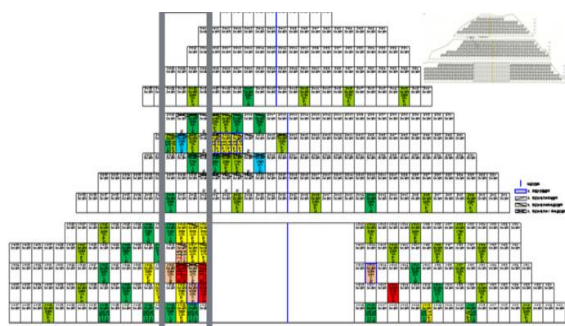


図2. 過緊張のり面の健全度評価表

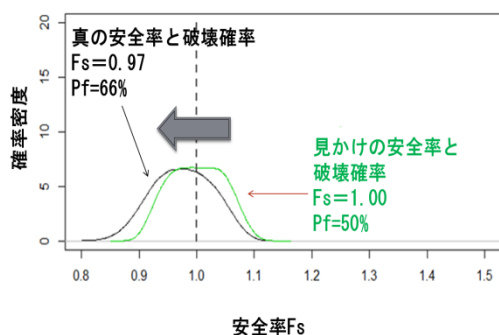


図3. 過緊張のり面の安全率の確率密度関数

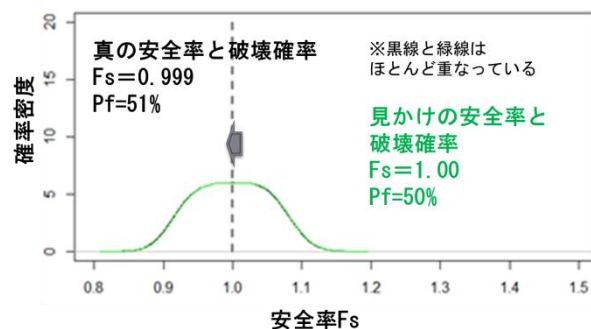


図4. アンカー張力が低減したのり面の安全率の確率密度関数

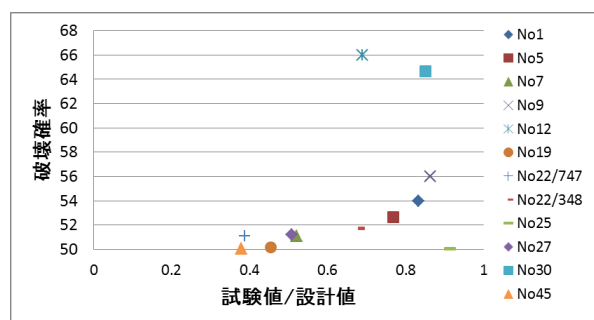


図5.対象のり面のアンカー張力と破壊確率

図5に、その他の10のり面を含めた12のり面について、アンカー張力と破壊確率の関係を示した。図から張力が大きくなっているり面ほど、破断・引き抜きの発生確率が大きくなり、危険な状態にあるという判断ができた。

4.まとめ

本研究では、管理技術者自らの手で、既設アンカーのり面の全体安定性を評価できる確率モデルを提案した。得られた危険性の情報は大きかではあるが委員会の判断と同様な結果を出すことができた。今後は委員会の過去のり面評価と図5を照らし合わせることで追加調査、対策実行の閾値を設定し、管理技術者の手で評価できるマニュアルの作成を目的としたい。

参考文献

- 1) Matsuo, M. and Asaoka, A., "A statistical study on conventional safety factor method", Soils and Foundation, Vol. 16, No.1, pp.75-90, 1976.
- 2) VSLA (VSL Association), "A brochure of VSL permanent anchor method (rank A), 2012
- 3) Okahara, M., Takagi, S., Nakatani, S. and Kimura, Y., 1991 "A study on bearing capacity of a single pile and design method of cylinder shaped foundations", Technical Memorandum of PWRI, 2919