

点検結果を用いたグラウンドアンカーの劣化予測

(株)高速道路総合技術研究所 正会員 ○田久 勉 正会員 田山 聡
 西日本高速道路(株) 正会員 藤原 優
 京都大学大学院 正会員 小山 倫史

1 はじめに

斜面安定工法に用いられるグラウンドアンカー（以下「アンカー」という）は、これまでに広く普及している一方で、課題の一つとして維持管理手法の確立が挙げられる。特に、防食性能の乏しい旧タイプアンカーの維持管理は、アンカーが設置されたのり面の長期保全計画を策定するうえで喫緊の課題となっている。本報では、劣化傾向を把握することを目的として実施した、関西地区の高速道路における新旧タイプアンカーの点検結果を用いたアンカーの劣化予測について述べる。

2 点検結果を用いたアンカーの劣化予測

表1 点検結果の評価区分

| 評価 | 状況 |
|-----|-----------------------------|
| i | 現状でまったく機能していない |
| ii | 機能が大幅に低下しており、今後 i になる可能性がある |
| iii | 機能低下し、今後 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保持できる |
| v | 現状のまま良好な状態を維持できる |

2.1 新旧タイプアンカーの点検結果

関西地区の高速道路において新タイプ、旧タイプアンカーが設置されたのり面それぞれ 26 箇所、41 箇所の点検結果を分析した。点検は、外観について目視および打音により行い、結果は表 1 のとおり 5 段階区分で評価した。

新旧タイプそれぞれの各評価区分の本数を、表 2 に示す。新旧タイプともに評価 v 以外の比率が増加しており、劣化進行が見られる。特に、旧タイプは評価 i, ii, iii の比率がそれぞれ 1.0%, 4.0%, 11.4% も増加しており、劣化進行が顕著に表れている。旧タイプの評価 i が腐食による破断などであるのに対し、新タイプの評価 i は全て緊張力損失により頭部に浮きが確認されたものである。また、新タイプの多数を占める評価 iv は、防錆油の漏れなど通常維持作業により機能を保持できるものを含んでいる。

表2 各評価の本数

| 評価 | 旧タイプアンカー | | 新タイプアンカー | |
|-----|----------|--------|----------|--------|
| | 2000年 | 2009年 | 2000年 | 2010年 |
| i | 9本 | 60本 | 0本 | 13本 |
| ii | 108本 | 307本 | 15本 | 22本 |
| iii | 164本 | 737本 | 93本 | 128本 |
| iv | 1,928本 | 2,058本 | 2,279本 | 2,622本 |
| v | 2,854本 | 1,901本 | 1,379本 | 981本 |
| 計 | 5,063本 | 5,063本 | 3,766本 | 3,766本 |

2.2 マルコフ過程によるアンカーの劣化予測

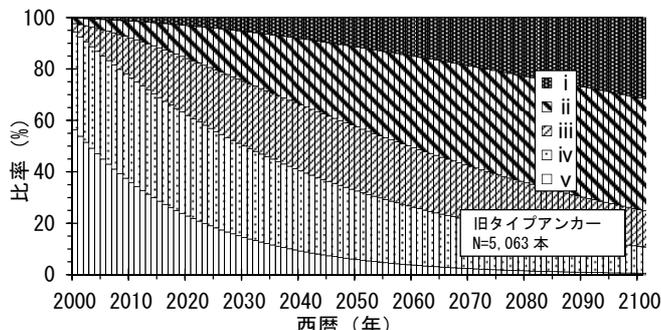
新旧タイプアンカーそれぞれ 2 回の点検結果を用いて、マルコフ過程¹⁾により次式のとおりアンカーの劣化過程をモデル化した。

$$S(t+\tau) = S(t)[D]^\tau \tag{1}$$

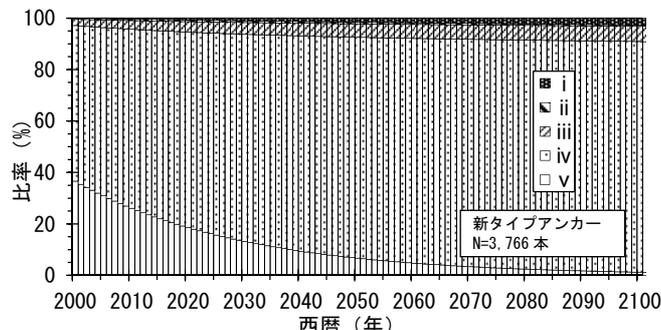
$$S(t) = (s_v^t, s_{iv}^t, s_{iii}^t, s_{ii}^t, s_i^t) \tag{2}$$

$$[D] = \begin{bmatrix} d_{v-v} & d_{v-iv} & \dots & d_{v-i} \\ 0 & d_{iv-iv} & \dots & d_{iv-i} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & d_{i-i} \end{bmatrix} \tag{3}$$

ここに、 $S(t)$ は t 年における新旧タイプアンカーそれぞれ全体の状態ベクトル、その成分 s_x^t は t 年における各評価 x に相当するアンカー本数、 $[D]$ は状態遷移行列を表す。新旧タイプアンカーはそれぞれ同様の劣化過程をたどり、1年間を対象遷移



(a) 旧タイプアンカー



(b) 新タイプアンカー

図1 アンカーの点検評価比率の推移

期間とする遷移行列は唯一かつ一定であることを仮定条件としている。なお、ここではのり面ごとに異なる供用年数は考慮せず、2回の点検のうち最初の点検年を初期値とした。

これにより得られた各点検評価の本数比率の推移を図1に示す。評価 i, ii, iiiの合計は、新タイプが約100年経過後でも10%未満であるのに対し、旧タイプは現在から約20年後に50%を超える。

3 のり面単位での機能損失アンカー比率の推移

3.1 機能損失アンカーの比率

アンカーの機能低下が確認された場合には、アンカーやその他の状況から、のり面全体の安定性を総合的に判断して補修、補強対策を計画しなければならない。

過去にアンカーの増し打ち対策が実施された全国へののり面のうち、対策実施までに機能損失したアンカーの本数が把握できたのり面7箇所における、機能損失アンカーの比率を図2に示す。既往の研究²⁾では、アンカーの健全性を考慮し耐力を用いてのり面安定性を評価した場合に、17%程度のアンカーが機能しなくなるまでに対策が必要という結果を得たが、実態は概ね5%前後で対策がなされていることが把握できた。

3.2 マルコフ過程による機能損失アンカー比率の推移予測

前述のとおり、機能損失アンカーがある場合には、のり面単位で対策が検討される。そこで、前章の関西地区における旧タイプアンカーについて、全く機能していない評価 i の本数比率 R によりのり面を a ($R > 5\%$)、b ($0\% < R \leq 5\%$)、c ($R = 0\%$) に区分し、前述のモデルを応用してそれら区分の推移予測を行った。 $S(t)$ を t 年におけるのり面の状態ベクトル、その成分 s'_x は t 年における評価 i の比率 R に準じた区分 a, b, c に相当する各のり面数、 $[D]$ はその状態遷移行列とした。

その推移予測結果を図3に示す。なお、2009年時点で区分 a は4箇所あり、そのうち2箇所はアンカーの増し打ちによる対策済み、1箇所はアンカーによる補強対策を計画中、1箇所はアンカーの残存緊張力を計測するなど重点監視中である。また、区分 a と区分 b の合計、つまり機能損失アンカーが1本以上あるのり面は、同時点で既に1/3程度も存在する。今後、特に区分 a は加速的に増加し、近い将来に約半数にもなることが予測されるため、それらの点検、調査および対策を着実に実施していかなければならない。

4 まとめと今後の課題

関西地区の高速道路におけるアンカーの点検結果を用いて、マルコフ過程によるアンカーの劣化予測を行った。その結果、新旧タイプそれぞれ劣化の進行が見られたが、旧タイプアンカーの今後の劣化進行はさらに顕著となることが予測された。また、機能しないアンカーの比率が5%を超えるのり面は、近い将来に約半数にもなる予測結果を得た。

本研究では、多数のアンカーを対象に約10年を経て同様の区分により評価した貴重なデータを用いている。ただしそのデータは、あくまで頭部外観で損傷や変状を確認し、それらから想定されるアンカーの機能低下を評価したものである。頭部外観とリフトオフ試験による健全性評価の相関が一部見られない³⁾などの問題があるため、リフトオフ試験データを蓄積し、それを用いた劣化予測を行う必要がある。

参考文献

- 1) 大津・THAMRONGSAK・幹・上出：点検結果に基づくグラウンドアンカー工の維持補修計画，土木学会論文集F，Vol.66，No.1，pp.158-169，2010。
- 2) 田久・田山・堅山・藤巴・小山：グラウンドアンカー健全度を考慮したのり面安定性の検討，土木学会第66回年次学術講演会講演概要集，2011。
- 3) 田久・田山・堅山・藤巴・小山：グラウンドアンカーの健全度調査及び劣化の実態，第46回地盤工学研究発表会講演集，2011。

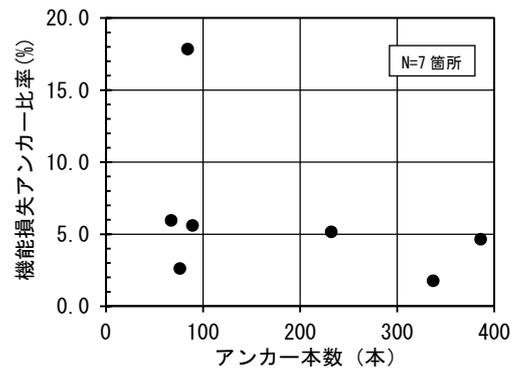


図2 対策前の機能損失アンカー比率(旧タイプ)

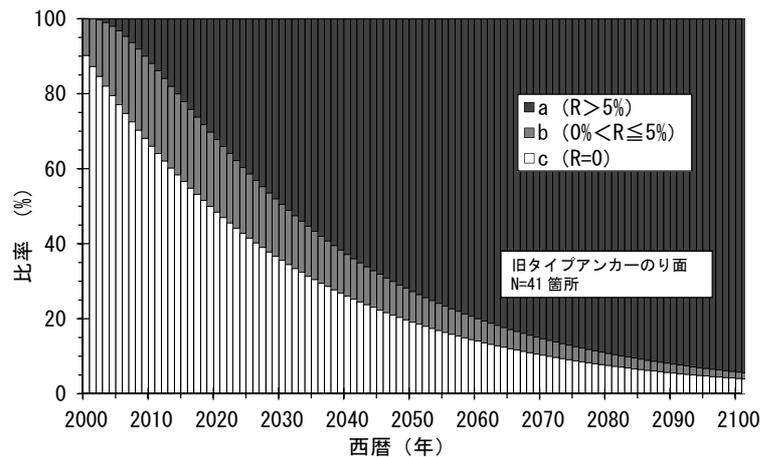


図3 のり面単位での機能損失アンカー比率の推移(旧タイプ)