

SAAM ジャッキを用いた効果的なアンカーのり面の保全手法の開発

研究代表者：酒井 俊典¹

¹三重大学大学院生物資源学研究科 (〒514-8507津市栗真町屋町1577)

グラウンドアンカー（以下、アンカー）は、のり面や各種構造物の安定性の確保にとって有効な工法として広く利用されてきている。現在、アンカーの維持管理を行う上で必要な残存引張り力を調査するリフトオフ試験は、のり面に施工されたアンカー全数に対し5%～10%程度を目安に実施されており、アンカーのり面全体の健全性を評価する上で十分ではない。この問題に対し、本研究開発では、小型・軽量のSAAMジャッキを用いた残存引張り力の面的調査を基にした健全性評価手法を新たに提案し、従来の点での調査から面による調査手法の導入によって、今後のアンカーのり面の有効かつ確実な維持管理を進め、国民の安心・安全な社会・経済活動維持に寄与することを目指すものである。

キーワード グラウンドアンカー、残存引張り力、面的調査、のり面

1. はじめに

我が国では、道路、鉄道、ダム等の社会資本の整備に伴い、切土のり面あるいは地すべり等に対する対策のためアンカーが数多く施工されてきている。アンカーの施工実績は、日本アンカー協会によると¹⁾、平成8～16年の間で2万件以上、施工延長は13,000km以上となっている。また、最近5年間の平均でも、年間約3100件の施工が行われ、施工延長は約2100kmとなっている²⁾。アンカーは、当初防食技術が不十分であったため、昭和63年から二重防食が義務付けられたものの、施工後長期間経過したものの中には機能低下を起しているものも見られる。

人口減少が見られ今後投資余力が減少することが予想される我が国において、国民の安全・安心で快適な生活・経済活動を維持する上で、その基盤となっている既存社会資本を有効かつ長期にわたって利用するための適切な維持管理手法が求められている。現在、アンカーの維持管理を行う場合、現状点検等とあわせてリフトオフ試験により求めるアンカー残存引張り力の評価が行われている。残存引張り力は、アンカーの緊張状況あるいはアンカー背面の地盤状況を反映するものであり、アンカーおよびのり面を管理する上で重要な評価値である。ところで、アンカーの残存引張り力を求めるためのリフトオフ試験は、従来センターホール型ジャッキを用いて行われてきている。センターホール型ジャッキは、機器が大きく重いため、リフトオフ試験を実施するにあたり、

足場の仮設、クレーン等による搬入・撤去、場合によっては道路の通行規制が必要となり、作業も大掛かりとなるため、リフトオフ試験はのり面全体の5～10%程度のアンカーを対象として実施されてきている³⁾。しかし、このような従来の方法による調査では、調査カ所が限定されるとともに、明確に調査が必要なアンカーの特定が行えず、適切な維持管理を行う上で十分とは言えない。そこで、これらの問題に対し、従来のセンターホール型ジャッキに比べ大幅に小型・軽量化を図り、迅速に数多くのアンカーに対してリフトオフ試験が実施できるSAAMジャッキの開発を行い^{4,5)}、アンカーのり面における残存引張り力の面的分布の調査を可能とした。

本研究では、まずSAAMジャッキを用いたアンカー残存引張り力の面的調査手法の提案を行い、この面的調査手法に基づき、全国15箇所アンカーのり面を対象としたアンカー残存引張り力の面的調査を実施し、アンカーのり面におけるアンカー緊張力の分布特性の評価を行う。その上で、従来ののり面全体の5～10%程度のアンカーを対象とした個別アンカーに対する機能評価ではなく、のり面に施工されたアンカーの残存引張り力の面的分布結果を基にした、新たなアンカーのり面の健全性評価手法の提案、並びにそれに基づいた評価を行う。本研究で提案する健全性評価手法により、重要な既存社会資本の1つであるアンカーを有効かつ適切に維持管理を行い、長期にわたって利用し、国民の安全・安心で快適な生活・経済活動の維持につなげたいと考えている。

2. 面的調査方法

図-1は、SAAMジャッキによるリフトオフ試験状況である。SAAMジャッキは、小型・軽量であるため、人力での持ち運びが可能で、設置にあたりクレーンでの搬入・撤去、足場の仮設等が基本的に不要で、現場作業の迅速性の向上、および調査時の通行規制を極力抑えることによる管理者、利用者への負担軽減を計ることができる。また、小型・軽量であるSAAMジャッキは、数多くのアンカーに対しリフトオフ試験を迅速に実施できるため、従来の大型で重量のあるセンターホール型ジャッキでは困難であった、のり面の施工されたアンカーの残存引張り力の面的調査を比較的容易に行うことが可能である⁶⁾。



図-1 SAAM ジャッキによる面的調査状況

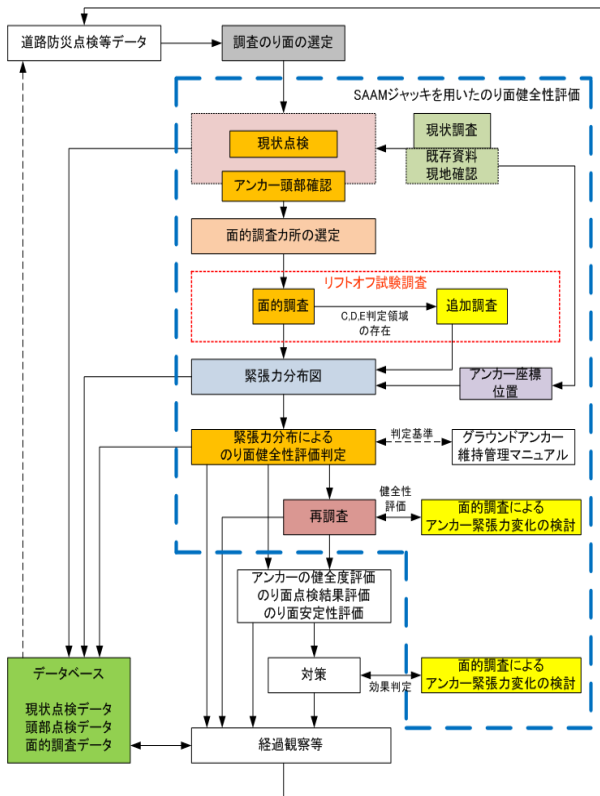
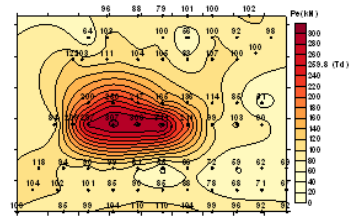
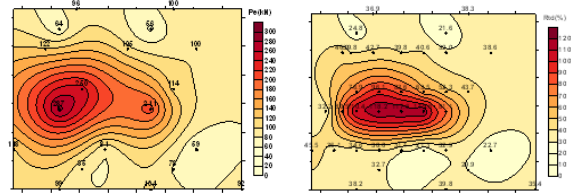


図-2 SAAM ジャッキを用いた面的調査フロー

SAAMジャッキを用いたアンカーのり面の面的調査は、図-2のフローに従って実施する⁷⁾。面的調査を実施するにあたり、のり面のアンカー施工本数が多く全数のアンカーに対する調査が難しい場合、図-3に示すように、1/2～1/4程度のアンカーを対象に段・列に抜けない間引き調査を実施し、まずのり面全体の残存引張り力分布をとらえる。その上でのり面の残存引張り力が一様でなく一部に過緊張あるいは緩みの領域等が確認される場合には、必要に応じてその領域の特定のための追加調査を実施する。これにより全数調査とほぼ等しい分布状況を得ることが可能となる⁸⁾。また、残存引張り力の面的分布図の作成にあたり、必要となるアンカー座標位置の取得は、報告書あるいは道路台帳等の既存資料の利用を基本に考えるものの、既存資料の入手が困難な場合には、図-4に示すような現地での測量あるいは写真撮影等を基にしたアンカー座標の取得について検討を行う。



a) 全数調査 (73本)



b) 1/4 間引調査 (19本) c) 追加調査 18本 (37本)

図-3 面的調査の試験本数の割合と分布図

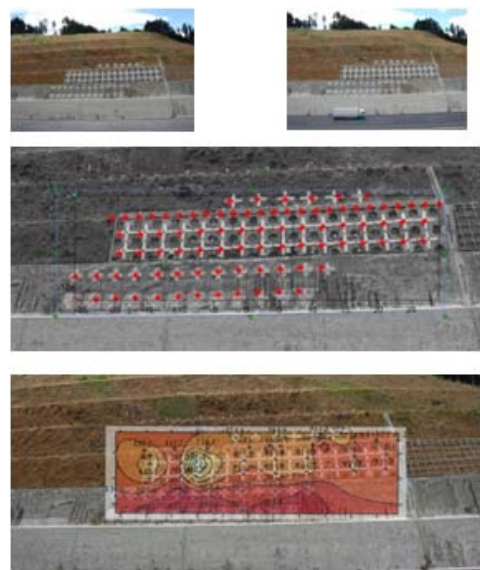


図-4 2枚の写真を基にアンカー座標位置を取得する例 (Kuraves-G², KURABO)

3. 面的調査結果

本研究では、全国15箇所の高速道路、国道等の道路土のり面を対象に面的調査を実施した。表-1に面的調査を実施した地点、図-5に各調査のり面の緊張力の分布状況を示す。今回調査を行った面的調査による緊張力の分布パターンは、大きくアンカーの緊張力がのり面全体で低下しているもの（低下：7ヶ所）、部分的に緊張力が増減しのり面の緊張力が一様でないもの（混合：8ヶ所）に分けることができる。また、今回の調査ではいずれのり面においても施工時の緊張力を維持していないことが明らかになった。

4. アンカーのり面の健全性評価

SAAMジャッキを用いたアンカーのり面の残存引張り力の面的調査により求めた緊張力分布の結果を基に、アンカーのり面の健全性評価を行う。のり面の健全性評価にあたっては、「グラウンドアンカー維持管理マニュアル」²⁾に準じ、調査により求めた残存引張り力の値を基に、表-2に示す過緊張および緩み側それぞれにおいてAからEの健全度の判定を行い、この結果を利用して図-6のフローに示す手順でのり面の健全性の評価を行う。

以下に、今回調査を行った2地点を対象に、のり面の健全性評価を実際に行った例を示す。

表-1 面的調査実施箇所および実施状況

No.	調査地点県名	路線	試験本数/施工本数(割合)	No.	調査地点県名	路線	試験本数/施工本数(割合)
A	三重県	国道	12本/33本(36%)	I	北海道	高速道路	53本/53本(100%)
B	島根県	高速道路	45本/243本(19%)	J	愛媛県	広域農道	47本/47本(100%)
C	三重県	国道	73本/75本(97%)	K	長野県	高速道路	55本/158本(35%)
D	三重県	高速道路	26本/48本(54%)	L	高知県	高速道路	80本/242本(33%)
E	北海道	国道	37本/145本(26%)	M	静岡県	高速道路	49本/408本(10%)
F	大分県	高速道路	30本/30本(100%)	N	福岡県	高速道路	23本/61本(38%)
G	愛媛県	広域農道	29本/47本(62%)	O	岡山県	高速道路	71本/171本(42%)
H	和歌山県	国道	42本/185本(23%)				

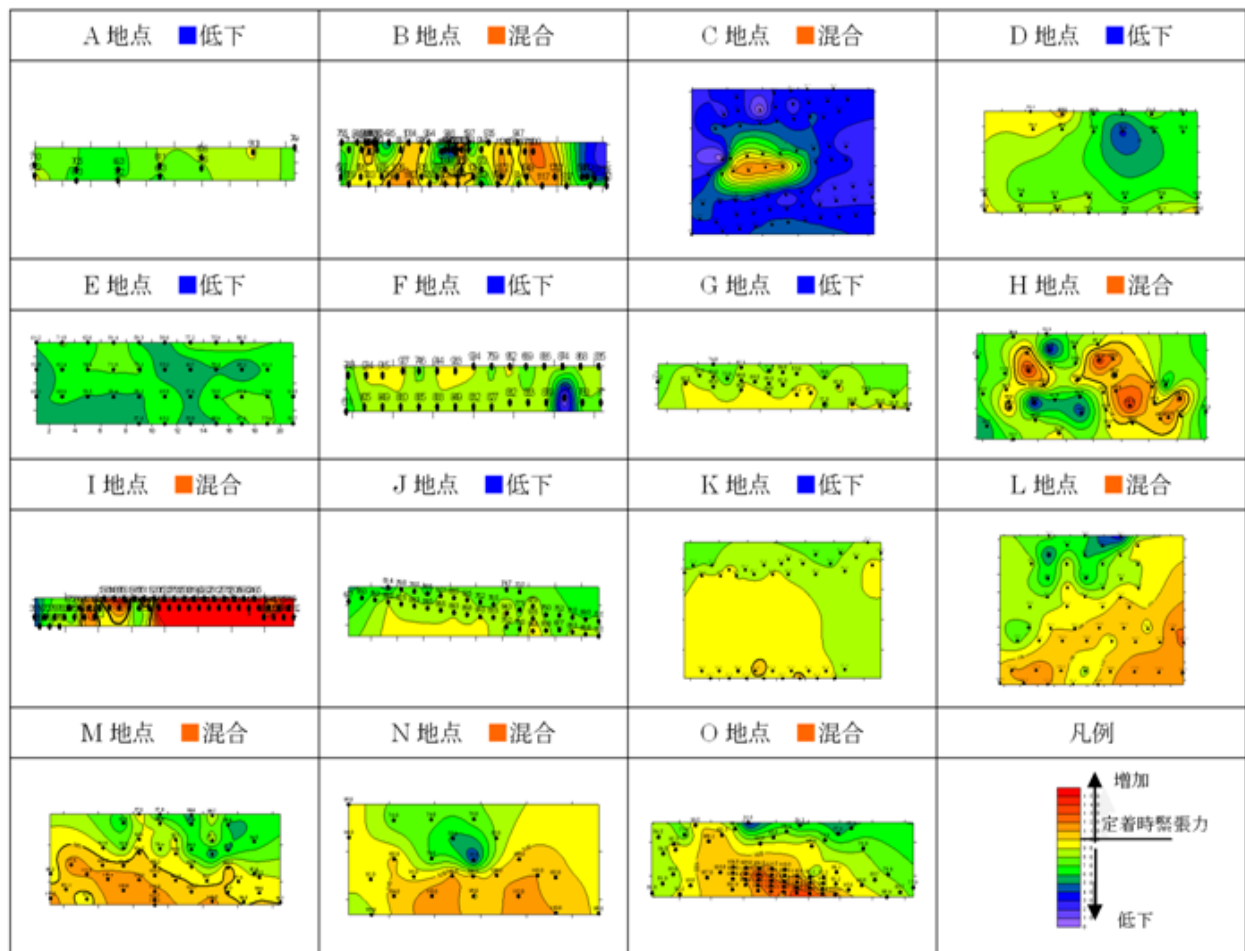
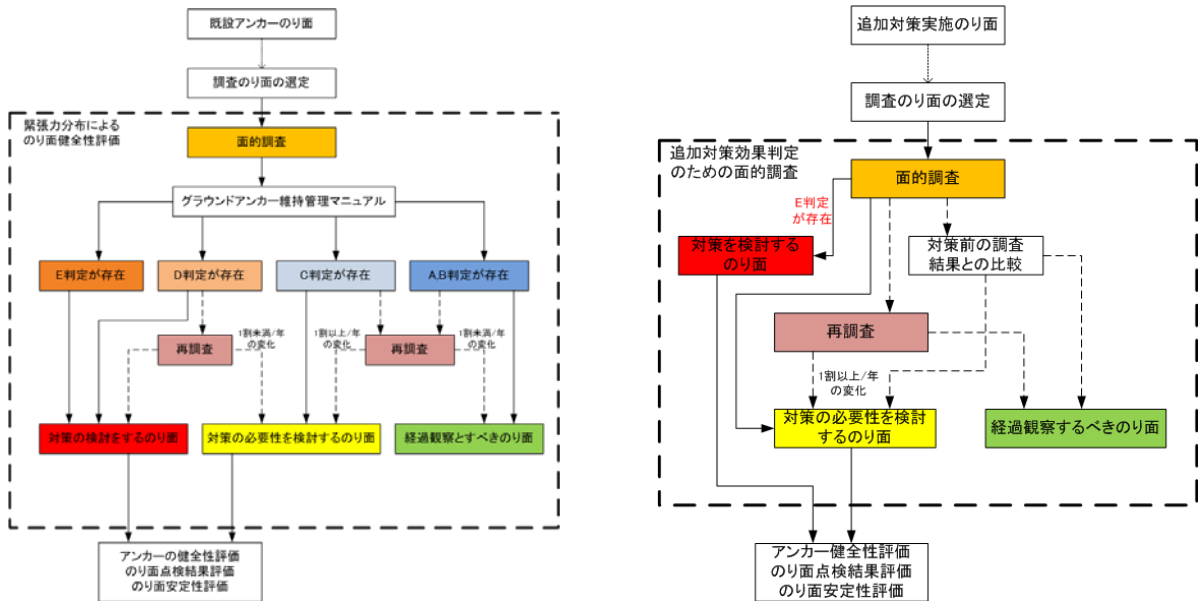


図-5 面的調査結果

表-2 グランドアンカー維持管理マニュアルによるアンカーの健全度評価

残存引張り力の範囲	健全度	状態	対処例
0.9 Tys	E	破断の恐れあり	緊急対策を実施
1.1 Ta	D	危険な状態になる恐れあり	対策を実施
許容アンカー力 (Ta)	C	許容値を超えている	
設計アンカー力 (Td)	B		経過観察により対策の必要性を検討
定着時緊張力 (Pt)	A	健全	
0.8 Pt	A	健全	
0.5 Pt	B		経過観察により対策の必要性を検討
0.1 Pt	C	機能が大きく低下している	対策を実施
	D	機能していない	



a) のり面の健全性評価フロー

b) 追加対策のり面の健全性フロー

図-6 アンカーのり面の健全性評価フロー

(1) のり面の健全性評価⁹⁾

調査対象とした地点の地質は泥質変岩で、1:0.5のり面にアンカーが171本施工されている。施工年度は平成7年で、各アンカーの定着時緊張力は設計アンカー力と同じとなっている。面的調査は、図-7に示すようにまず全数の1/4程度にあたる44本について、列・段に抜けない斜め方向のアンカーに対してリフトオフ試験を実施し、その後、過緊張が認められた領域を特定する目的で、過緊張領域周辺のアンカー26本に対して追加のリフトオフ試験を実施した。図-7(b)に示す追加調査を含めた70本のアンカーにおける設計アンカー力比の分布図において、のり面下段中央付近において施工時の緊張力を越える領域が確認でき、本調査によりのり面における過緊張領域を明確に特定することが可能となる。図-8は、グラウンドアンカー維持管理マニュアルに示された、アンカーの残存引張り力と健全度の目安を基に、のり面の健

全性の評価を行った結果である。その結果、本のり面では、下段中央付近において、健全度C,Dの過緊張領域が存在し、今後これら過緊張領域付近を中心に何らかの対策の検討が必要であると考えられる。

(2) 追加対策のり面の健全性評価¹⁰⁾

調査対象とした地点の地質はシルト岩、のり面勾配は1:1.0で、斜面長100mの10段のり面の4段目～7段目にアンカーが施工されている。調査のり面では、当初84本のアンカーが施工されたが、供用後にのり面に変状が生じたため、追加対策として増し打ちアンカーが158本が施工されており、のり面全体では242本のアンカー施工されている。各アンカーの定着時緊張は設計アンカー力で、現在追加対策の施工後約11年が経過している。

図-9は、当初施工されたアンカーを対象に、のり面に変状が見られたため平成9年にリフトオフ試験を実施した結果と、今回調査した結果におけるアンカー健全性区

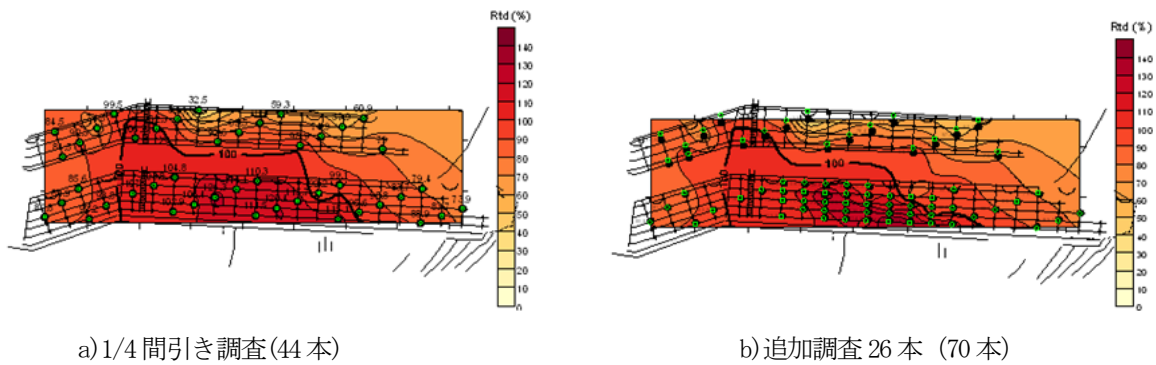


図-7 設計アンカー力に対する残存引張り力の比の分布

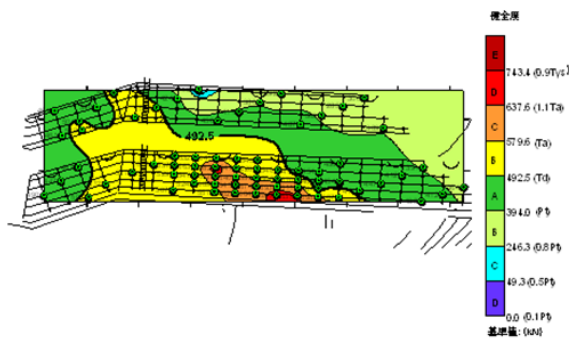
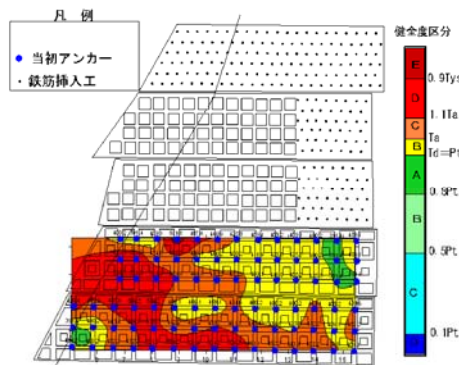
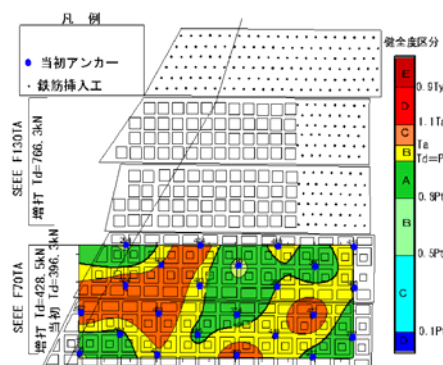


図-8 のり面の健全性区分

残存引張り力の範囲	健全度	状態	対処例
0.9 Tys	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 (Ta)	B		経過観察により対策の必要性を検討
	A	健全	
設計アンカー力 (Td)	A	健全	
	B		経過観察により対策の必要性を検討
定着時緊張力 (Pt)	A	健全	
	B		経過観察により対策の必要性を検討
	C	機能が大きく低下している	対策を実施
0.5 Pt			
0.1 Pt	D	機能していない	対策を実施



a)平成9年調査



b)追加対策実施後、平成21年調査

図-9 当初アンカーにおけるのり面健全性区分

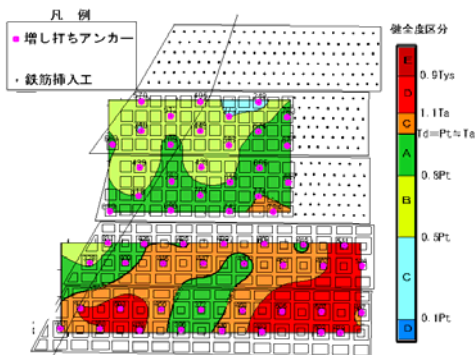


図-10 追加対策アンカーにおけるのり面健全性区分 (平成21年調査)

分の状況をそれぞれ示したものである。平成9年調査時における当初施工アンカーの健全度は、過緊張側のC,D

判定がのり面の広い範囲に分布しているのに対し、追加対策後には、当初施工アンカーの健全度はD判定が無くなるとともにA,B判定の領域が広がり、アンカーの緊張力が改善されていることが判る。次に、追加対策により施工された増し打ちアンカーを対象に、アンカー健全性区分の状況を見てみると(図-10)、下段4,5段のり面において過緊張側のC,D判定が広い範囲に分布し、追加対策後には当初アンカーではなく増し打ちアンカーに緊張力が作用していることが考えられる。この結果、増し打ちアンカーによる追加対策後ののり面の緊張力は、当初アンカーを含めたのり面全体のアンカーで保持できない可能性があり、今後追加対策を実施する場合、当初アンカーの緊張力評価の可否を検討する必要性が指摘される。

5. おわりに

SAAMジャッキを用いたアンカーのり面における残存引張り力の面的調査, 並びに面的調査結果を基にした効果的なアンカーのり面の健全性評価手法の検討を行い, 以下のことを示した.

1) SAAMジャッキを用いたアンカー残存引張り力の面的調査を全国15箇所のり面について実施した結果, いずれのり面も施工時の緊張力を維持できていないことが明らかとなった.

2) アンカーのり面における残存引張り力の面的調査により, のり面における過緊張あるいは緊張力低下等の問題が考えられる領域の特定が可能となる.

3) グラウンドアンカー維持管理マニュアルに準じ, アンカー残存引張り力を基にした新たなアンカーのり面の健全性評価手法の提案を行い, これを用いることで効果的にのり面の維持管理の評価が行える可能性が示された.

以上, 本研究で提案したSAAMジャッキを用いたアンカーのり面における残存引張り力の面的調査を用いたアンカーのり面の健全性評価手法を用いることで, 従来の点での調査から面による調査によって, さらに効率的で有効なアンカーのり面の維持管理を行うことが可能になり, 国民の安全・安心で快適な生活・経済活動の維持につながるものと考えられる.

謝辞: 本研究を進めるにあたり「SAAMジャッキを用いた効果的なアンカーのり面の保全手法の開発」委員会の委員およびオブザーバーの皆様にご協力をいただきました

た. また, 各国道事務所, 各高速道路株式会社, 和歌山県, 愛媛県等には調査のための試験フィールドおよび資料のご提供をいただきました. 記して感謝申し上げます.

参考文献

- 1) 社団法人日本アンカー協会ホームページ: http://www.japan-anchor.or.jp/01syokai/page_index.htm
- 2) グラウンドアンカー維持管理マニュアル: 鹿島出版, 2008
- 3) グラウンドアンカー設計・施工基準, 同解説: 地盤工学会, 2000.
- 4) グラウンドアンカー工保全のための SAAM ジャッキを用いたリフトオフ試験マニュアル: 社団法人全国地質調査業協会連合会, 2008
- 5) 酒井俊典・福田雄治・中村和弘・竹家宏治: 小型・軽量新型アンカーメンテナンスジャッキの開発, 地盤工学会誌, 55(4), 39-41, 2007
- 6) 酒井俊典・常川善弘・小野誠・山崎尚明: SAAM ジャッキを用いたリフトオフ試験の有効性, 地盤工学会誌, 57(10), 46-47, 2009
- 7) SAAM ジャッキを用いた既設アンカーのり面の面的調査マニュアル: 「SAAM ジャッキを用いた効果的なアンカーのり面の保全手法の開発」委員会, 2010
- 8) 酒井俊典・常川善弘・後藤大輔・福田雄治: 既設グラウンドアンカーに対する面的調査方法の検討, 第 44 回地盤工学研究発表会講演集, 1101-1102, 2009
- 9) 酒井俊典・横田聖哉・竹本将・藤原優・常川善弘: 小型・軽量メンテナンスジャッキの開発とアンカー緊張力の面的調査, 基礎工, 38(9), 79-82, 2010
- 10) 常川善弘・酒井俊典・田口浩史・高梨俊行・横田聖哉・竹本将・藤原優: 追加対策実施アンカーのり面の緊張力調査について, 第 45 回地盤工学研究発表会講演集, 1883-1884, 2010