

旧タイプアンカー部材（PC鋼棒）の破断について

井尻 和秀¹ 安藤 一行²

¹近畿地方整備局 福知山河川国道事務所 工務第一課（〒620-0875 京都府福知山市字堀小字今岡2459-14）

²近畿地方整備局 福知山河川国道事務所 道路管理課（〒620-0875 京都府福知山市字堀小字今岡2459-14）

福知山河川国道事務所管内国道9号福知山市岩井地区の上り車線側法面において、30年以上前に建設されたアンカー付き法枠工のアンカー頭部保護コンクリートがアンカーの破断に伴い車道に飛散し、国道通行車両に衝突したことを受け、緊急点検、調査、対策委員会を通じ旧タイプアンカーに対し取った措置について報告する。

キーワード 法面对策，ゲビンデスターブ，リフトオフ試験，自動観測，MMS

1. はじめに

国道9号の福知山市岩井地区において、昭和62年に切土による現道拡幅工事が実施され、法面对策工としてゲビンデスターブ工法を用いた法枠付きグラウンドアンカーを施工し、アンカー頭部をコンクリートで保護していた。このグラウンドアンカーは、1998年に制定された土質工学会基準「グラウンドアンカー設計・施工基準」以前の基準に基づいて施工された旧タイプアンカーであり、アンカー体の二重防食が義務づけられておらず、アンカーの破断などの問題を起こしやすい構造となっている。今回、アンカー頭部を保護しているコンクリートが、アンカー部材（PC鋼棒）の破断により落下し、通行していた車両に損傷を与える重大な事故を起こしたことを踏まえ、今後同様の事故が発生しないように、原因究明と今後の対応について、2回の委員会を得てとりまとめた提言について述べる。

2. 事故後の対応

(1) 初期対応

事故は、2017年5月1日16時ごろに発生し（写真-1）、20時30分より車線規制を開始した。同日21時から道路防災ドクターによる現地診断を実施した。その結果、次の提言を受けた。



写真-1 アンカー飛び出し状況及びコンクリート片

(原因)

- ・地山の変動により緊張力がかかったか、水が浸透して劣化によりPC鋼棒が破断した可能性がある。

(応急対策)

- ・法面の変状が疑われる範囲へ第三者被害を防ぐためのネットを設置すること。

(今後の挙動観測)

- ・ボーリングを実施し、孔内変位計による地山の変動状況の確認
- ・法枠に発生しているクラックの変状調査
- ・アンカー頭部保護コンクリートをはつりアンカー頭部の状況確認。（1箇所程度）

翌5月2日に国土技術政策総合研究所、土木研究所による合同現地調査を行い、現地状況及び破断したアンカーを取り出した破断面確認（図-1）の結果、以下の提言を受けた。

(原因)

- ・過緊張により定着部が破断したと考えられる。

(今後の観測)

- ・オールコアボーリングを実施し、土砂化の確認及びすべり面の確認。
- ・法面の健全性確認のため既存アンカーの緊張力調査。

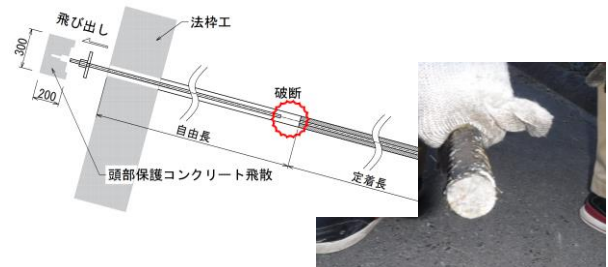


図-1 コンクリート片飛散原因及びアンカー破断断面

5月1日及び2日の現地調査における提言を基に、5月2日より法面の変状が疑われる範囲に第三者被害防止のネットを設置するとともに、破断したアンカー近傍で発達

した法枠クラックの開き等の変位計測を行うため、自動計測機器が設置できるまでの応急対策として、光波測量によるクラック間計測を開始し、変状があった場合は直ちに通行規制できる体制をとり、車線規制を解除した。(図-2)

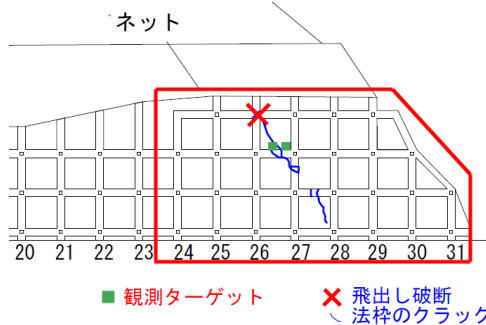


図-2 ネット設置範囲及びターゲット設置位置

(2) 長期法面計測のための機器設置

応急的な手動観測から、24時間計測可能な自動観測に移行するため、5月9日からボーリングを開始し、5月23日から孔内傾斜計を用いた自動観測を開始した。また、既存法枠の変状及びクラックの広がりをつめるため、法面変位計及び法面傾斜計を設置し5月13日に自動観測を開始した(写真-3)。

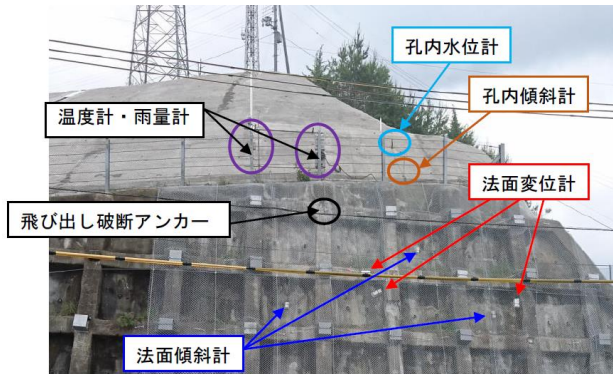


写真-3 自動計測機器と設置位置

(3) 残存緊張力の調査

法面の健全性を確認するため、既存アンカーの緊張力調査として、残存しているアンカー94本のうち、破断箇所に重点を置き約30%に当たる34本について緊張力調査を実施した。当該箇所は現道交通を確保する必要があり、足場の設置が困難であるため、梯子やロープだけで調査が可能なリフトオフ試験を採用した^{1) 2)}(写真-4)。リフトオフ試験とはアンカー頭部に突出しているPC鋼材をジャッキで引張り、定着部が浮き上がったときの引張力を計測する事で現有緊張力を確認する試験である。



写真-4 リフトオフ試験実施状況

(4) 2次災害の防止対策

リフトオフ試験を実施した箇所は頭部保護コンクリートを撤去しているため、アンカー体の飛び出し防止のため帯鋼板の設置、及び帯鋼板の上から飛び出し防止ワイヤーの設置を行った³⁾。



写真-5 リフトオフ試験後のアンカー頭部対策

3. 調査結果

(1) 法枠クラック幅の変動観測

法枠クラック測定のため設置した法面変位計及び法面傾斜計については、現在(平成30年6月時点)も変動は見られない。

(2) ボーリング調査

地質調査の結果、基盤岩の変斑れい岩が分布し、亀裂が多方向に発達し、風化、および、変質が著しく蛇紋岩化しているとともに、部分的に葉片状に剥離しやすい状態を呈していた。概ね深度7~10mまではD~CM級、深度11~15mまではCL~CH級の地山であった。またボアホールカメラによる孔壁撮影を行い、シュミットネット解析を行った結果、全体としてはやや南側にすべり方向が多いが、すべり方向が多方向であることが判明した。

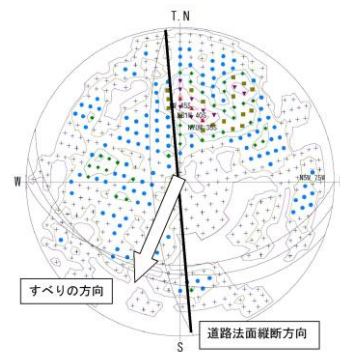


図-3 シュミットネット解析結果

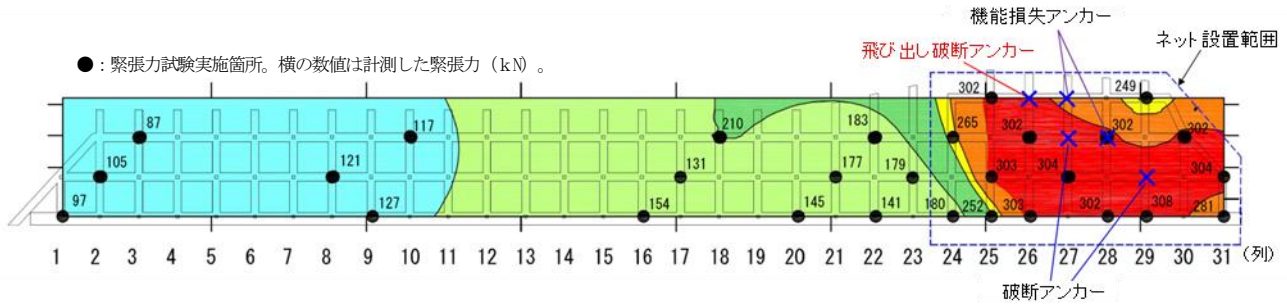


図-4 残存緊張力調査結果

(3) 残存緊張力調査

残存緊張力調査の結果、法枠24列～31列のアンカーは、想定する設計アンカー力(表-1)以上の緊張を示しており、これら周辺のアンカーが過緊張状態になっていることを確認した。また、調査時にアンカー頭部においてPC鋼棒が破断しているものが2本、アンカーの機能を損失しているもの(残存緊張力の無いもの)が2本確認された。

法枠11列～23列は比較的健全な状態であった。

法枠1列～10列は、残存緊張力が低かったが、施工当初にアンカーの緊張力を低く設定していた可能性もあることから、アンカーの破断の恐れは無いものと想定した。

(4) 熱赤外線調査

ボーリング調査の結果、地下水位がG.Lより5.5m付近と高く位置している事が判明し、また当該法枠水抜き穴の一部分のみしか排水されていない状況であったことから、法枠背面に滞水している可能性があったため、遠方熱赤外線調査を実施した。その結果、写真-6に示す青色部が湿潤箇所になっている可能性が高いと言えるが、明確な滞水は確認されなかった。



写真-6 熱赤外線調査結果

試験荷重	残存緊張力の範囲	健全度	状態	対応例
348.3kN	0.9 Tys	E+	破断の恐れあり	緊急対策を実施
295.7kN	載荷確認上限 1.1 Ta	D+	危険な状態になる恐れあり	対策を実施
268.8kN	許容アンカー力 (Ta)	C+	許容値を超えている	経過観察により対策の必要性を検討
255.4kN	設計アンカー力 (Td)	B+		
204.3kN	定着時緊張力 (Pt)	A+	健全	
127.7kN	0.8 Pt	A	健全	
25.0kN	0.5 Pt	B-	機能が大きく低下している	経過観察により対策の必要性を検討
0.0kN	0.1 Pt	C-	機能していない	対策を実施
		D-	機能していない	

表-1 アンカー評価表

5. コンクリート片落下調査検討委員会

(1) 委員会の設置

法枠のアンカー頭部コンクリート落下事象を受け、その発生に至った原因究明及び、国道9号 福知山市岩井地区法面点検について、技術的な検討を行うことを目的とし、「国道9号福知山市岩井地区コンクリート片落下調査検討委員会」を設置した。

国道9号福知山市岩井地区コンクリート片
落下調査検討委員会名簿 (敬称略)

- 座長 関西大学客員教授・
京都大学名誉教授 大西 有三
- 委員 京都大学教授 岸田 潔
- 委員 国立研究開発法人 土木研究所 地質・
地盤グループ 上席研究員 浅井 健一
- 委員 近畿地方整備局 福知山河川国道事務所
事務所長 久内 伸夫
- 委員 近畿地方整備局 道路部
道路保全企画官 河合 良治

委員会は、2017年6月7日及び2017年7月5日の2回開催し、コンクリート片落下の原因については、明確なせん断面でのすべりではなく、クリープ現象により地山が少しずつ変形して動いた結果、アンカーが破断したものと考えられる。クリープが原因の場合、挙動を把握するのに時間を要するため、当該法面のクリープ現象について追跡調査が必要との結論が出された。

また、「今後の法面点検及び施設管理にあたっての技術的留意事項」について以下のとおり提言を受けた。

(2) 提言の内容

提言1：法面点検方法についての留意事項

- ①点検（近接目視）時に発見した損傷について、局所的なものか、構造的なものであるか、調査記録表に損傷に対する所見を記載する必要がある。
- ②構造的な損傷と判断した場合は、損傷状況及び経年変化が確認できる形で、空間的に把握できるよう、展開図及び横断図に記載して整理する必要がある。そのため、点検に際して必ず作成されるよう点検者に周知徹底する事が重要である。
- ③点検要領に基づく点検では、アンカーが過緊張状態であるかの確認が難しいことから、アンカー変状の予兆確認として、周辺の附帯構造物や地山全体のひび割れ変状等の状況を展開図等に整理し、所見として残しておく必要がある。
- ④法面保護工等の構造物のひび割れから発生している湧水が止まった場合は、地山の水位上昇が懸念され、当初設計では見込んでいない外力が加わり法面保護工等の構造物に異常を引き起こす場合があるため、排水異常の有無についても記録として残しておく必要がある。
- ⑤点検した構造物については、結果が健全であっても、点検要領の参考資料「異常なしの取り扱い」に示されているとおり、将来的な変状の増大や発生を監視するため、実施した点検方法、点検結果及び健全と判断した着目点及び代表箇所の写真を点検記録に残す必要がある。
- ⑥鋼棒タイプの旧タイプアンカーは、破断した際に飛び出す恐れがあるため、点検時に設計図面等でアンカーの構造を明確にする必要がある。
- ⑦点検時に収集した資料は電子化を行い、今後の点検及びその後の対応に活用できるよう関連付ける事が重要である。
- ⑧グラウンドアンカーに異常が認められた場合は、速やかに第三者被害の防止を図るためネット掛け等の抜け出し防止策と専門家による現地診断等の対策を講じること。

提言2：評価プロセスについての留意事項

- ①法面の点検結果は、点検者と検討会等により損傷の評価を実施し、損傷状況に応じて専門家による評価を講じる必要がある。また評価する上で、緊急対応（応急措置、詳細調査、有識者技術相談、道路防災点検への切り替え等）の有無について、モニタリングの結果や、点検対象構造物の設置目的及び特性を踏まえ、地山全体を見た上で着目点を整理して判断する事が重要である。

提言3：モニタリングのあり方についての留意事項

- ①原因不明の異常や損傷があった場合、過年度点検時の変状や、地山全体を見た上で観測方法や観測期間を決定するなど、着目点を整理したモニタリングを行う事とする。

- ②発生した異常によっては、長期的な観察が必要な場合も想定されることから、3次元レーザ計測器等のICT技術の活用を積極的に図るなど、構造物の維持管理においてもi-constructionの考え方を推進されると良い。

6. 委員会後の対応

(1) 法面点検におけるICTの活用

委員会で提言されたICT活用については、新都市社会技術融合創造研究会で選定されたプロジェクトである「ICRT技術を活用した高精度かつ効率的な斜面・法面点検技術の開発」実証実験にて、MMSを利用した計測を行っている。



写真-7 MMS計測用のターゲット

(2) 過緊張域を解消するための対策アンカー工

当該法面のアンカーは過緊張状態であり、また破断等によりアンカーが不足している状態である。そのため、応急対策として、新タイプアンカー（PC鋼より線）を法枠内に設置後、旧タイプアンカーを除去する工事を、H31年2月完了に向けH30年6月現在施工中である。この応急対策実施後もクリープ現象について観測を継続し、地山の挙動を把握した上で恒久対策を実施する予定である。

以上

謝辞

防災ドクター大西有三教授、岸田潔教授、土木研究所浅井健一上席研究員には法面の維持管理に関する貴重なご助言をいただいたことに対し謝意を表する。

参考文献

- 1) 公益社団法人地盤工学会：平成24年5月「グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説 JGS4101-2012」
- 2) 土木研究所・日本アンカー協会：平成20年7月「アンカー維持管理マニュアル」
- 3) 日本道路公団：平成12年5月「旧タイプ鋼棒アンカーの応急対策の手引き」
- 4) 日本道路協会：平成21年6月「道路土工一切土工・斜面安定工指針」
- 5) 日本道路公団：平成9年3月「長大切土のり面の縮小化工法に関する手引き」