

アンカー工設置のり面の 健全性評価に関する研究

プロジェクトリーダー
神戸大学名誉教授
沖村 孝

研究体制

- ・研究代表者 : 神戸大学都市安全センター特別研究員
沖村孝(神戸大学名誉教授)
- ・参加大学 : 神戸大学(沖村孝、芥川真一)
- ・近畿地整 : 道路部
姫路河川国道事務所
近畿技術事務所
- ・参加企業 : 西日本高速道路株式会社
日特建設株式会社
ライト工業株式会社
応用地質株式会社
株式会社ダイヤコンサルタント

研究目的

切土のり面の安定化工法としてアンカー工が多くこのり面で採用されてきたが、アンカー工が導入されて以来、現在で50年近くが経過しアンカー工の腐食や、のり面の劣化等の問題が発生しており、アンカー工設置のり面の健全性を評価することが重要な課題となってきた。

本研究では、近畿圏におけるアンカー工設置のり面の実態把握や現地調査を実施し、この結果から課題を明らかにするとともに、のり面の変状やアンカー緊張力の簡易なモニタリング手法の開発を進めるとともに実際のモニタリングなどを通じて、アンカー工が設置されているのり面の健全性評価手法確立のための課題を明らかにすることを目的とする。

研究の背景

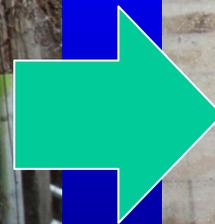
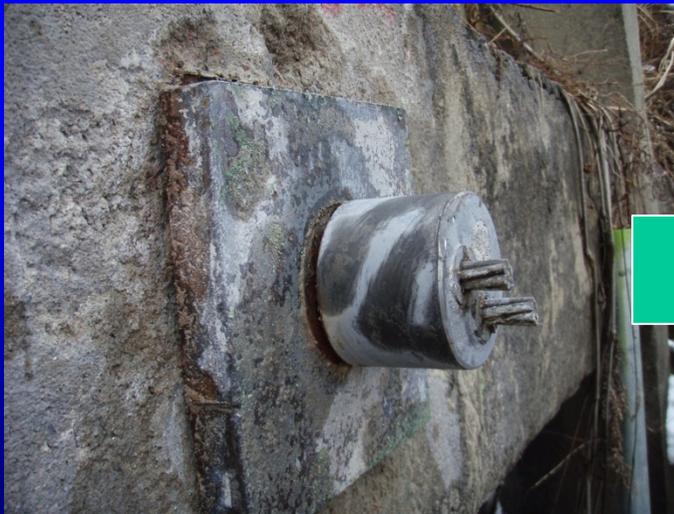
「グラウンドアンカー設計・施工基準，同解説；地盤工学会」が出版された平成2年以前に施工されたアンカー体（以後「旧タイプアンカー」と呼ぶ）は、防食を重要視していなかったため、アンカーの腐食・劣化等によりアンカーが破損し、飛び出し現象などが見られ、ひいては交通障害を招くおそれがある。



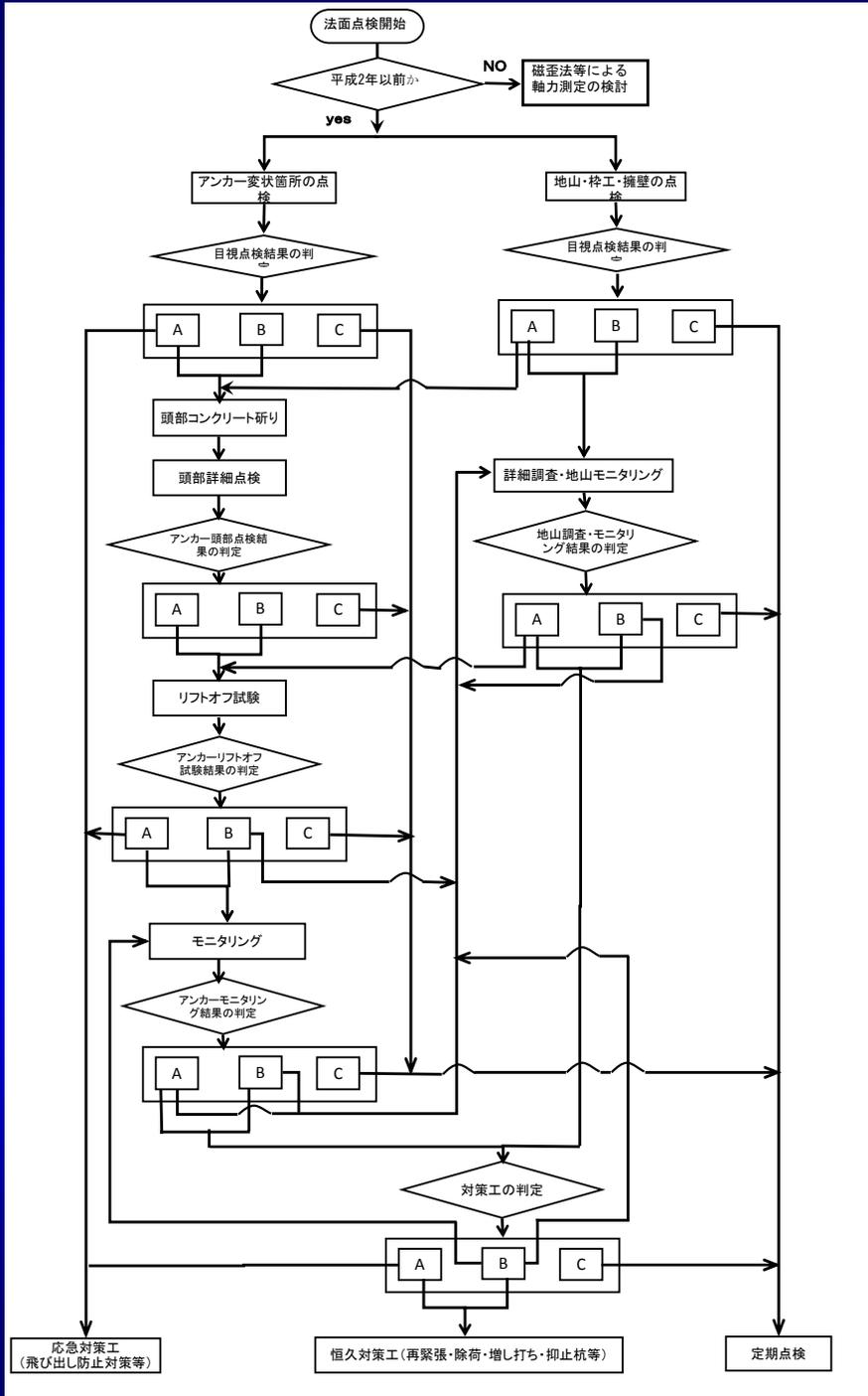
アンカー施工の問題点

旧タイプアンカーの問題点

- ④コンクリートキャップによる頭部処理を行っているクサビ式アンカーは、鋼線とクサビの間にセメント分が浸透して、所定の能力を発揮できない場合がある。

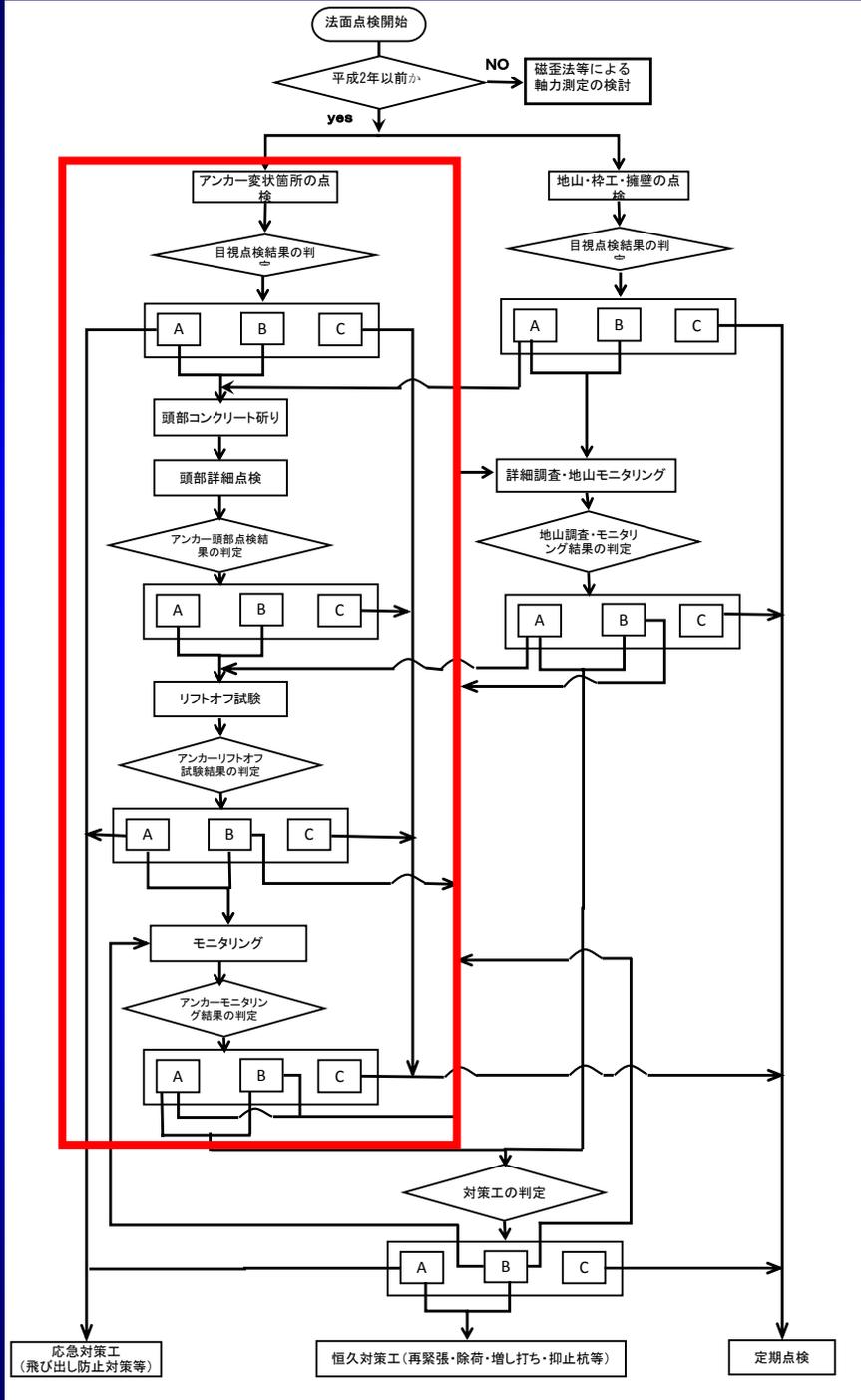


アンカー工設置法面の点検フローチャート



アンカーの点検

アンカー工設置法面の点検フローチャート



アンカー工目視点検項目

対象	点検項目	点検手法	点検のポイント	日常	定期 (A)	定期 (B)	
アンカー頭部	防護コンクリート	浮き上がり、剥離	状況目視 打撃音診断	キャップコンクリートと受圧板との間の空隙の有無、キャップの脱落の恐れなどの確認。		○	◎
		破損、落下	状況目視	ひび割れ・欠損等の有無の確認。	○	○	○
		劣化	状況目視	遊離石灰や風化の度合いの確認。		○	○
	保護キャップ	材料の劣化	状況目視	保護キャップ材質の劣化具合の確認。			◎
		シール部の劣化	状況目視	シール部(パッキンゴム)の劣化具合を確認する。			○
		破損・変形・落下の有無	状況目視	保護キャップの破損・変形・落下の有無を確認する。	○	○	○
	防錆油	油漏れ	状況目視	保護キャップからの防錆油漏れを確認する。		○	◎
		劣化、変質	状況目視 室内試験	防錆油の劣化や変質を目視や室内試験による成分の分析で調査する。			◎
のり面構造物	受圧板	変形、沈下	状況目視 測量	受圧板の変形、沈下量を継続して確認する。		○	◎
		コンクリート劣化	状況目視	遊離石灰や風化の度合を確認する。		○	○
		亀裂	状況目視 測量	既存亀裂の幅や新たな亀裂の発生を確認し、継続して測量する。		○	◎
		破損	状況目視	受圧板の破損を確認する。	○	○	○
その他	地下水	漏水の有無	状況目視	遊離石灰の有無や水量を確認する。		○	◎
	周辺地盤	沈下、変位	状況目視 測量	周辺地盤の変状を継続して確認する。		○	◎
	周辺構造物	沈下、変位	状況目視 測量	周辺構造物の変状を継続して確認する。		○	◎

アンカーの目視点検（頭部詳細調査）

旧タイプアンカー（平成2年以前）の頭部



- ・ アンカー頭部ハツリ状況



- ・ 頭部ハツリ後の状況観察



アンカーの判定基準

アンカーのタイプ	評価	現況	健全度の評価	判定区分	判定基準		
二重防錆前 (旧タイプアンカー)	I	コンクリートキャップが崩落している。	現状で全く機能していない。	A	損傷が著しく、交通安全確保、または第三者に対し、支障となっているか、もしくはその恐れがあるため、緊急工事施工する必要がある場合。		
		コンクリートキャップが手で動く。 引き抜けたり、定着具がずれたりしてる。					
	II	コンクリートキャップが浮いている。 著しい錆、腐食がある。	機能が大幅に低下しており、今後Iになる可能性がある。				
		錆がひどい、オイルが無い。 著しく異物が混入しているもの、もしくはクサビのぼらつき等がある。 適切な角度で設置されていない。十分にかみ合っていない。					
		水漏れ、遊離石灰、錆がある。					
	III	コンクリートキャップにクラックが入っている。水が漏れている。 引張材のすべりが認められるもの。 設置角度などの門炊きから、今後はおかみ合わなくなる可能性がある。	機能低下し、今後IIになる可能性がある。			B	損傷が有り、補修するかどうかの検討が必要な場合。
		鋼製キャップの錆び、オイル漏れが著しい					
	IV	コンクリートキャップの表面の風化、劣化。	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。				
		鋼製キャップの軽微な錆び、腐食がある。 遊離石灰またはオイルが僅かに漏れている。 多少異物が混入している。					
	V	特に大きな変状は無し。	機能は良好で、対策により保持できる。				
VI	異常なし	現状のままで、良好な状態を維持できる。					

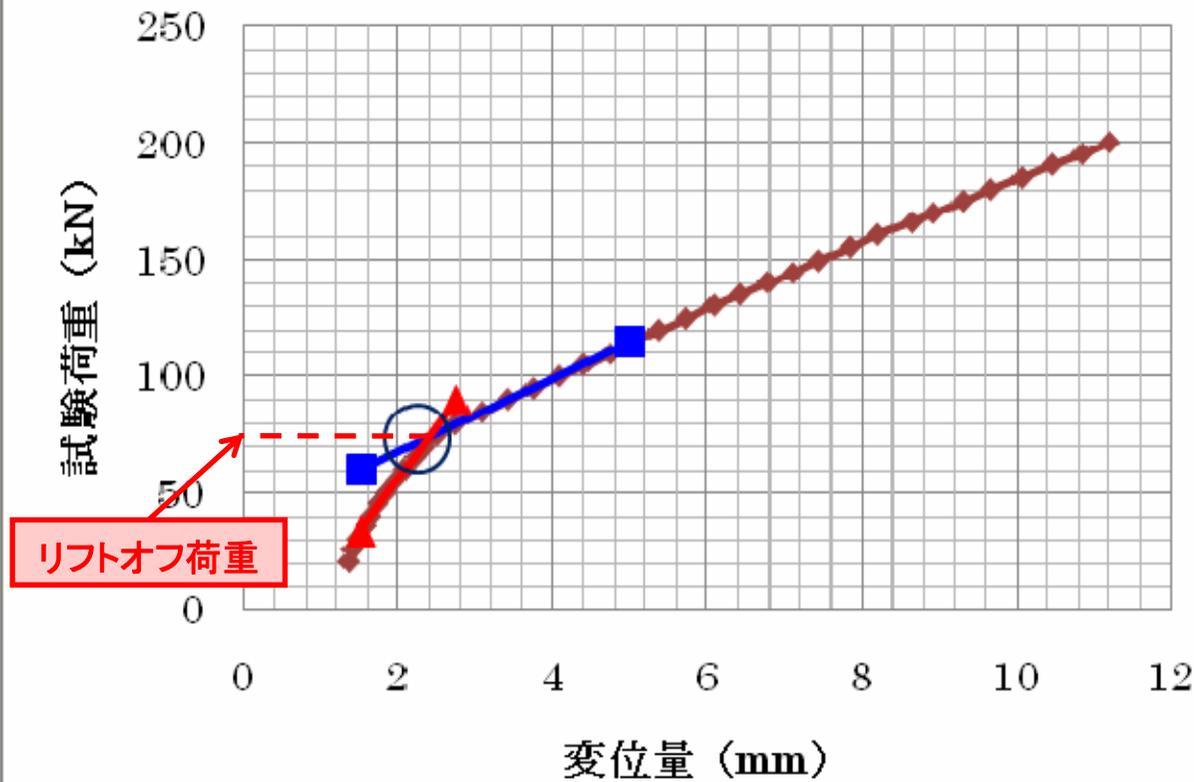
アンカー頭部詳細調査評価基準

対象	項目	記号	評価区分	
定着具 および テンドン	錆、腐食	Ⅲ	腐食が認められる。	錆の発生が著しく、断面欠損が認められる。
		Ⅴ	錆が発生している。	定着具及びテンドンに錆が発生している。
		Ⅵ	ほとんど錆が認められない。	
	破断、破損	Ⅱ	破断、破損が認められる。	定着具のズレが明瞭に認められる。 より線のくさび抜けが認められる。
		Ⅲ	多少の破損が認められる。	定着具のズレが認められる。
		Ⅵ	異常なし。	
	異物の混入	Ⅲ	異物が混入し、くさびのばらつき等が著しい。	コンクリートキャップのため、クサビの効果が失われている。 かつ、クサビのばらつきが著しい。
		Ⅳ	異物が混入し、くさびのばらつき等がある。	
		Ⅵ	異常なし。	
	余長	Ⅳ	2.5cm以下	
		Ⅴ	2.5～5.0cm	
		Ⅵ	5.0cm以上	
防錆油	油漏れ	Ⅴ	油漏れが発生。	
		Ⅵ	異常なし。	
	劣化、変状	Ⅳ	劣化、変状が著しい。	
		Ⅴ	劣化、変状が認められる。	
		Ⅵ	異常なし。	

アンカーのリフトオフ試験



荷重-変位量曲線 (I-8)



荷重-変位量曲線

アンカーのモニタリング

センサーと設置状況



アンカーのモニタリング

データ収録器



磁歪法による軸力モニタリング

磁歪センサ

- 非破壊で鉄表面の応力を計測できる。



アンカーの軸力推定

- アンカー固定部の応力を計測。
- その応力から間接的に軸力を推定。

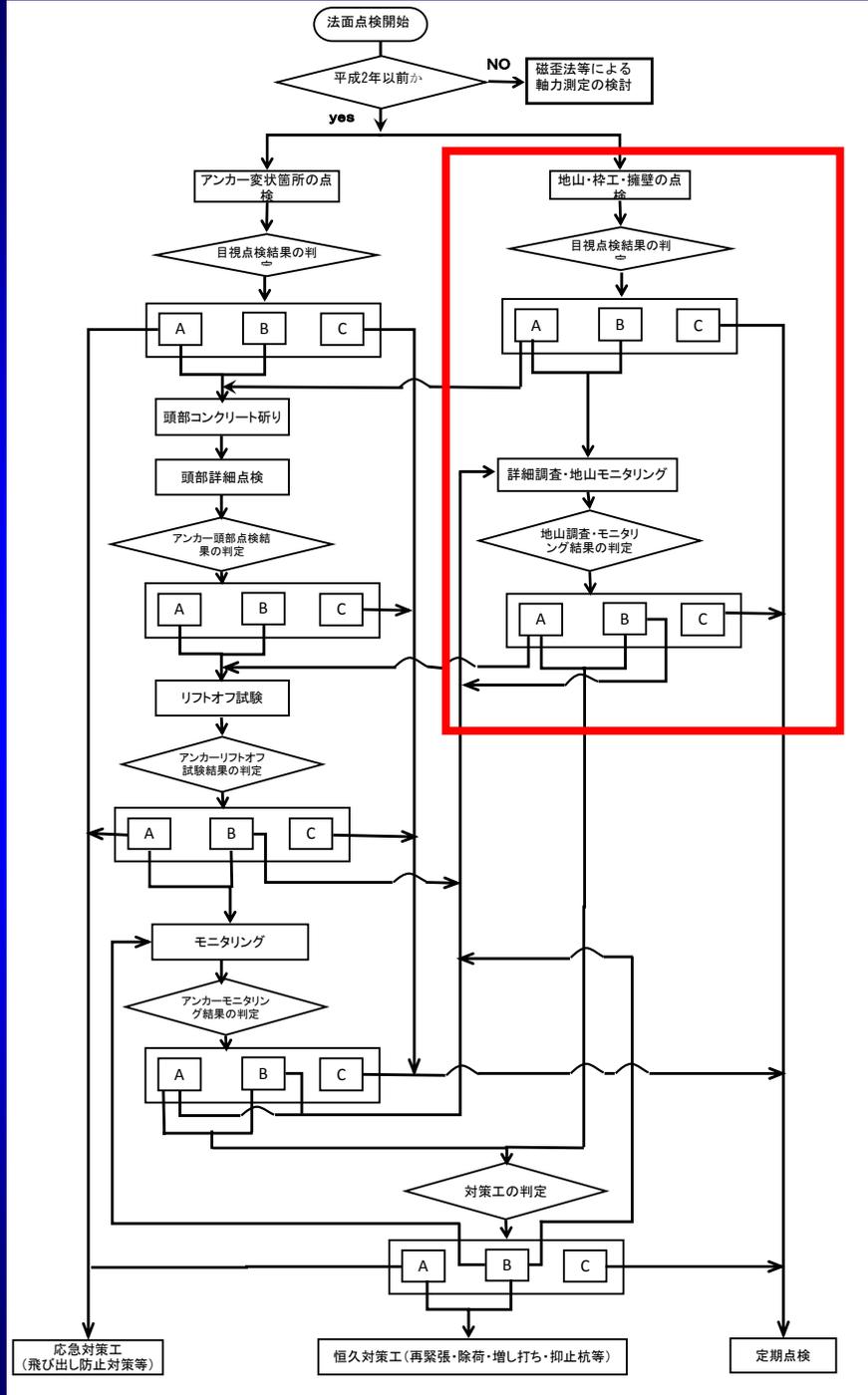
アンカーのリフトオフ試験・モニタリング後の判定基準

	残存荷重				評価・原因	調査の必要性	対策工	判定区分
	状況	設計	許容	降伏				
case-1	荷重が0	0%	0%	0%	クリープ、リラクゼーション、地山との摩擦の低下 地すべりの可能性有り	要詳細調査	再緊張 別途工法の検討 地山調査・地山モニタリング	A
case-2	荷重が小さい	30%	20%		クリープ、リラクゼーション、地山とアンカー体の摩擦の低下	要注意のり面に指定 要詳細調査	再緊張	B
case-3	良好	30%	20%		健全	定期的な観察、点検	荷重計等を設置 モニタリング	C
case-4	荷重が大きい	80%	60%		アンカーは健全 のり面の変状次第で更に荷重が増大する	過緊張の原因究明	荷重計等を設置 モニタリング	B
case-5	荷重が限界	100%	90%		地すべりの可能性 破断の可能性小	過緊張の原因究明 リフトオフ試験追加 要詳細調査	除荷あるいは 増打ち等の対策 地山調査・地山モニタリング	
case-6	危険			90%	地すべり等が発生。アンカーが破断しのり面が崩壊する可能性がある。	道路を通行止 押さえ盛土等の応急処置 要詳細調査	増し打ち 抑止杭等 別途対策工の検討 地山調査・地山モニタリング	A
case-7	鋼材が破断	破断			地すべり発生 荷重増大、アンカー破断 のり面が崩壊	道路を通行止 押さえ盛土等の応急処置 要詳細調査	増し打ち 抑止杭等 別途対策工の検討 地山調査・地山モニタリング	
					鋼材が腐食	要詳細調査	アンカー頭部の 飛び出し防止対策	

地山の点検

アンカー工設置法面の点検フローチャート

地山点検



地山のり枠工の目視点検時着目点

構造物の損傷・点検	概 要
①地山全体	<p>のり面の変状や破壊による性能低下は、のり肩上部地山の変状やのり面保護工自体の劣化、あるいは予想を上回る外力によって発生する。地山の変状の具体的な現象は、植物の衰退等によるのり面周辺の地山の洗掘や沈下、割れ目、空洞の発生等によるもので、のり面保護工の種類にかかわらず次の①～⑦に示す。これらに変化が認められた場合は 処置を講じる。</p> <p>①のり肩上部地山の割れ目、沈下、浮石の有無 ②のり肩上部地山の植生衰退等の変化 ③のり肩への流下水の集中状況 ④のり面と構造物の境界部の洗掘、割れ目、空洞等の有無 ⑤構造物周辺の地盤の洗掘、沈下等の有無 ⑥のり面排水工の確保、機能不能の発見 ⑦のり面側方部、下方部からの湧水状況</p>

構造物の損傷・点検	概 要
②のり枠工	<p>主な変状の様子を下記に示す。(フリーフレーム協会資料より)</p> <div style="display: flex; flex-wrap: wrap; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>法枠交差部の破損</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>法枠横梁部のひび割れ</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>アンカー頭部コンクリートの破損</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>枠交点部の剥離</p> </div> </div>

地山目視調査



尾根の亀裂や鞍部等の
存在確認

枠工の目視調査



アンカー頭部のゆるみ

法枠と地山の隙間



地山と附帯構造物の目視点検による判定評価

評価区分	項目	損傷・変状状況の目安	判定区分	判定基準判定区分
I	地山	<ul style="list-style-type: none"> ・地山に亀裂が連続して認められる。 ・亀裂が拡大している聴講が見受けられる。 	A	<p>亀裂やクラックが連続的に発生しており、のり面崩壊等により交通安全の確保が困難であるか、第三者に対し、支障となっているか、もしくはその恐れがあるため、緊急工事を施工する必要がある場合。</p>
	砕工	<ul style="list-style-type: none"> ・砕工がはらみだしている。 ・砕工に道路縦断方向のクラックがある 		
	アンカー体	<ul style="list-style-type: none"> ・リフトオフ試験結果に異常値が確認された ・アンカー頭部詳細調査で異常が見られる。 		
II	擁壁	<ul style="list-style-type: none"> ・擁壁に連続した水平クラックがある 	B	<p>構造物にクラックや損傷は見られるが、アンカーそのものが健全かどうかの判断が困難で、補修するか否かの検討が必要な場合。</p>
	地山	<ul style="list-style-type: none"> ・湧水が常時認められる。 ・のり面に洗掘された跡が確認できる 		
	砕工 擁壁	<ul style="list-style-type: none"> ・砕工にクラックがある ・擁壁にクラックがある 		
III		<ul style="list-style-type: none"> ・地山や砕工・擁壁・アンカー体に変状はない 	C	<p>損傷が無いか有っても軽微で補修の必要が無い場合</p>

詳細調査機器 (ボーリング)



立会検尺

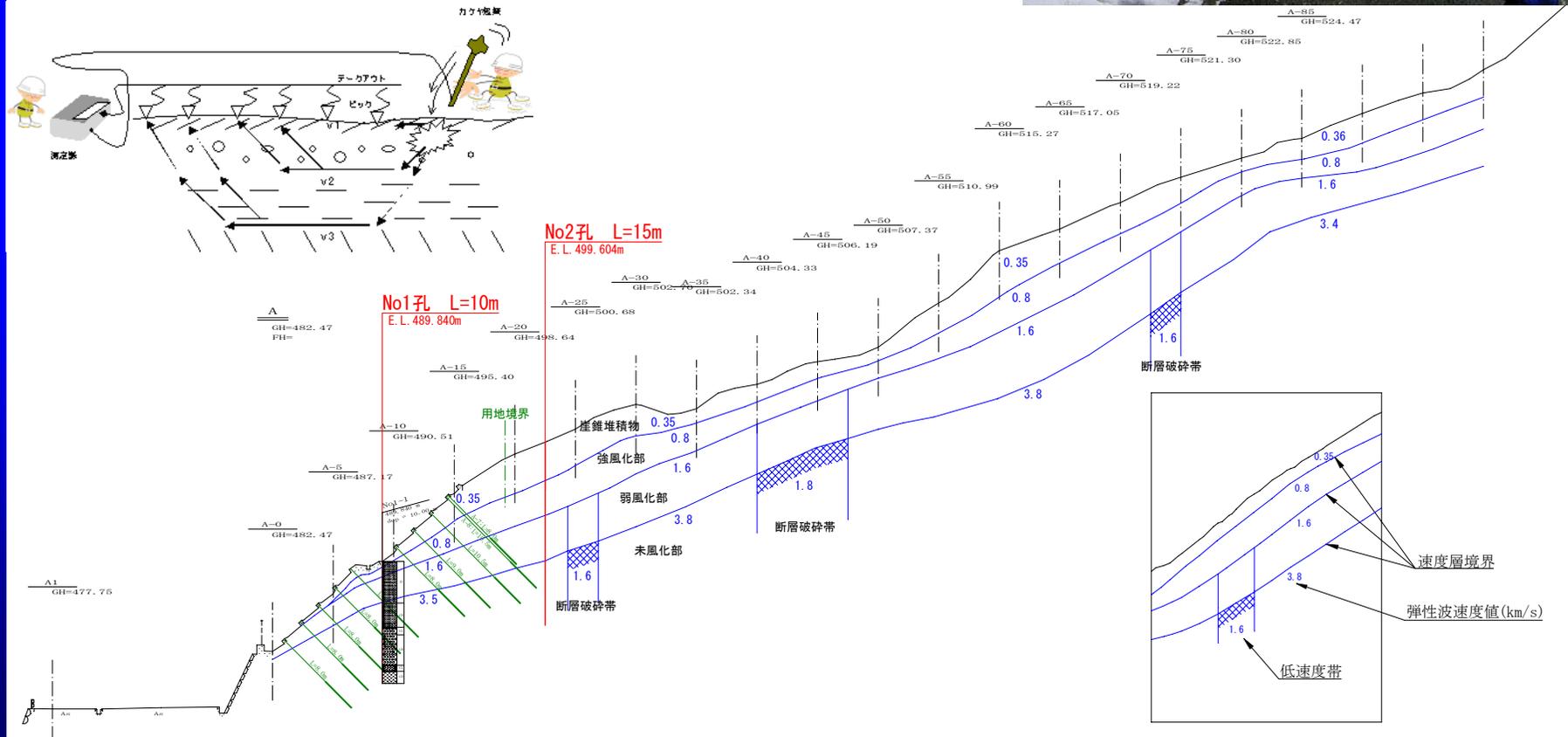


資材運搬モノレール

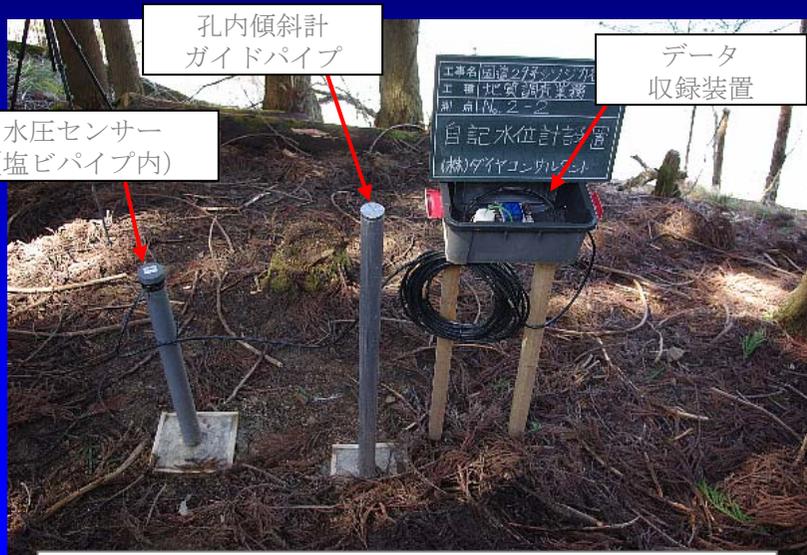
詳細調査機器 (弾性波探査)

速度帯	V _p 速度 (km/sec)	地質
第1速度層	0.35、0.36	崖錐堆積物及び強風化部
第2速度層	0.8	強風化部
第3速度層	1.6	弱風化部
第4速度層	3.4、3.5、3.8	硬質岩盤
低速度帯	1.6、1.8	断層破碎帯

ハンマリングによる起震



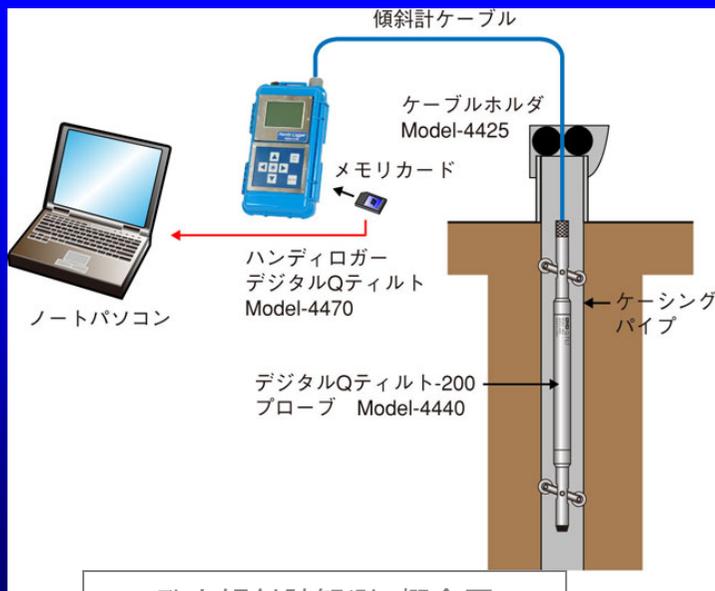
地山モニタリング機器（孔内傾斜計・地下水位観測）



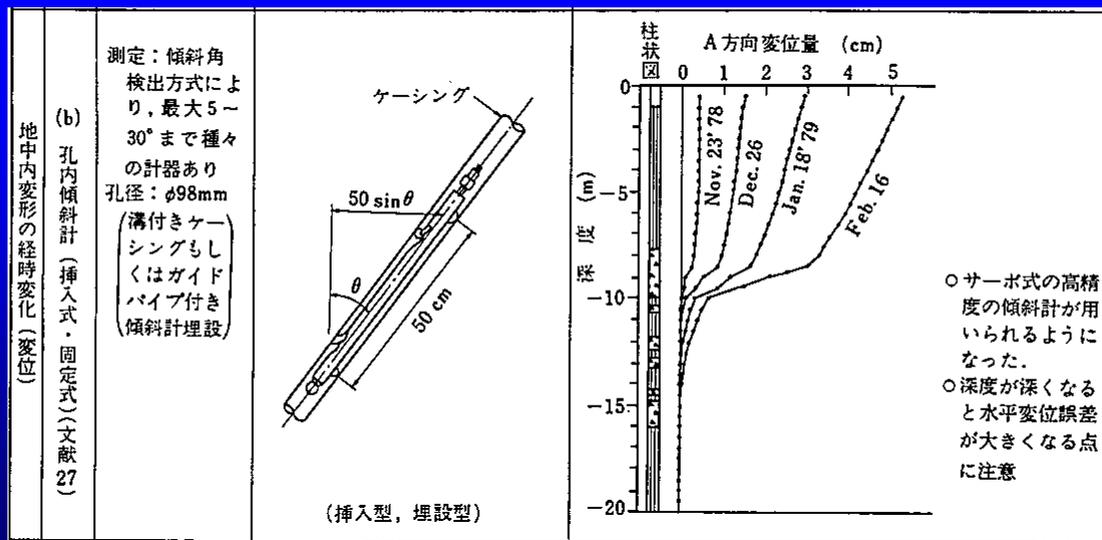
自記水位計 孔内傾斜計ガイドパイプ 設置状況



孔内傾斜計 プローブ



孔内傾斜計観測 概念図



枠工のモニタリング後の評価区分

対象	評価区分	現状	調査・対策の必要性
のり枠	I	1箇所でも破損が見られ鉄筋露出	対策の検討
		1箇所でも剥離が見られる	
		幅 3mm (A ランク) 以上のひび割れが見られる	
II	幅 0.3mm~3mm (B ランク) のひび割れが顕著に見られる (5箇所/100m ² 程度)。又は集中している。	モニタリングの継続, 変状が複数個所であれば調査 ・対策が必要	
III	上記以外の比較的健全なもの	定期点検	

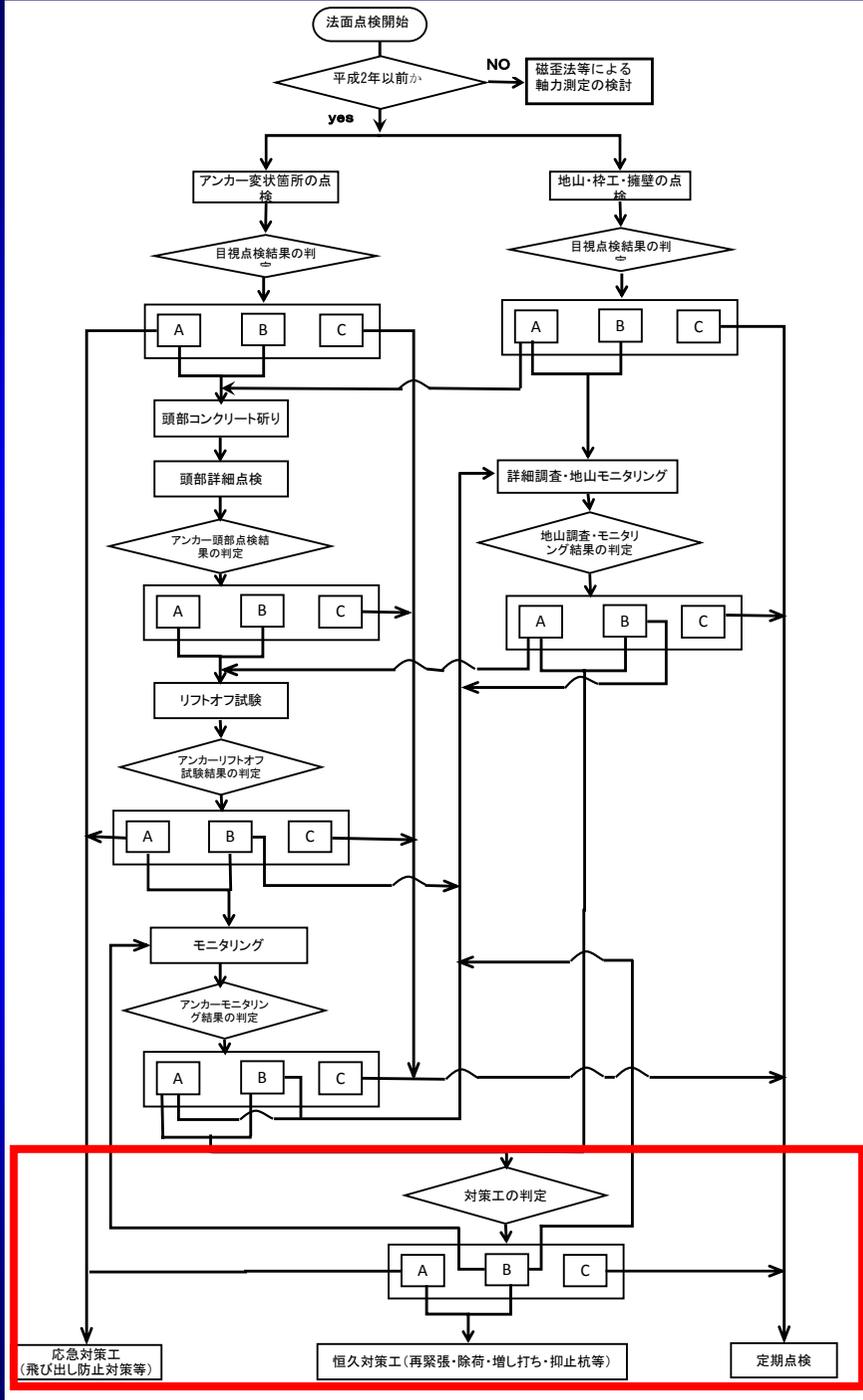
地山のモニタリング後の評価区分

対象	評価区分	計測結果	対策
地山全体	I	・ 1ヶ月間の計測値が 2mm/月以上	・ 緊急対応が必要
	II	・ 1ヶ月間の再計測値が 1~2mm/月	・ 変状の進展を確認するモニタリングの継続 ・ 変状が継続する場合、必要に応じて対策工の検討
		・ 1ヶ月間の計測値が 0~1mm/月	・ 変状の進展を確認するモニタリングの継続
	III	・ 1ヶ月間の計測で変位の累積がない場合	・ 日常点検へ移行

対策工の検討

アンカー工設置法面の点検フローチャート

対策工



対策工判定基準

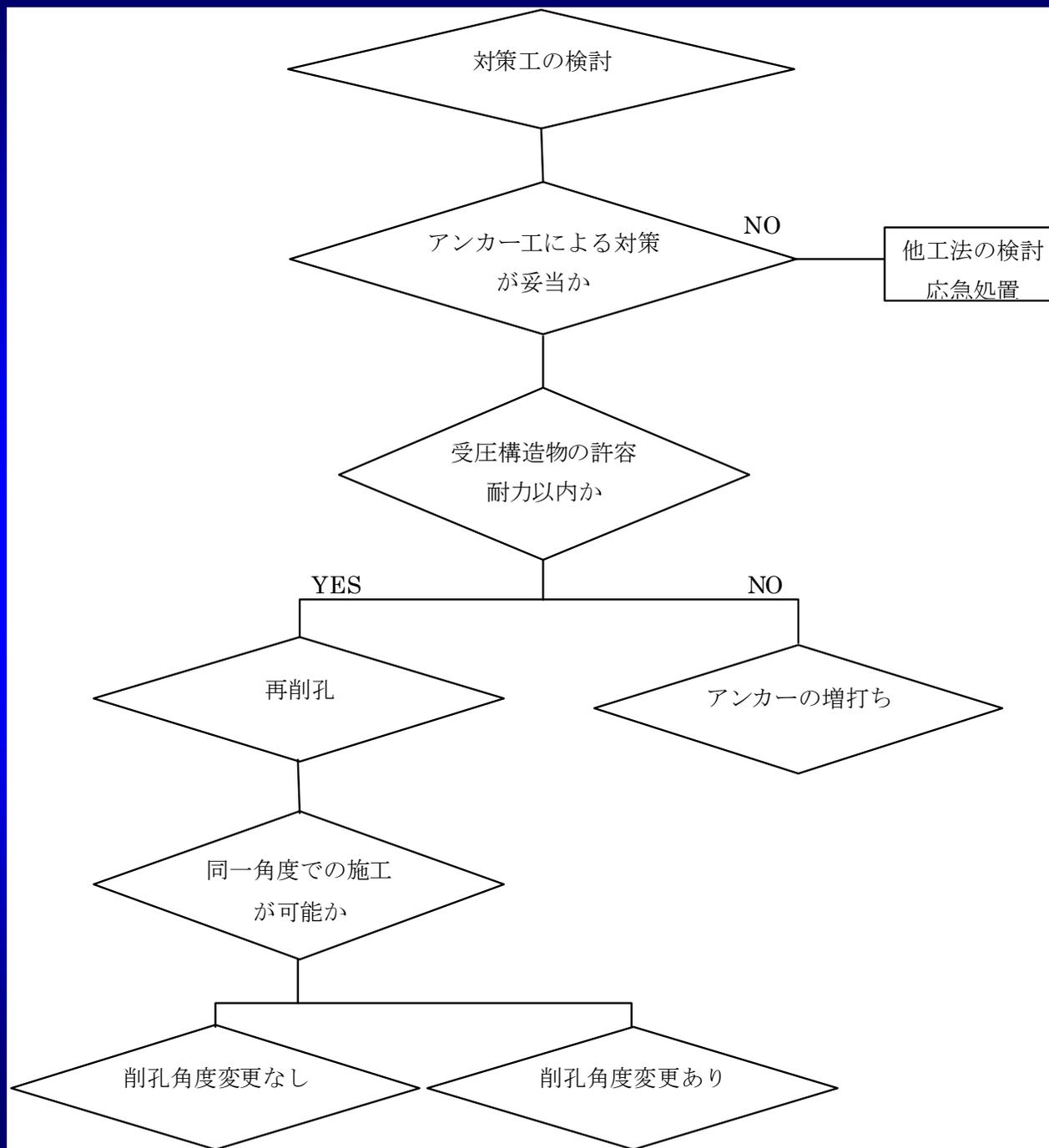
判定区分	アンカー工判定区分	地山判定区分	対応
A	A	A	応急処置を含む、何らかの対策工を施工する
	A	B	
	A	C	状況に応じて対策する(応急処置も含む)か、モニタリングを継続する
	B	A	
B	B	B	アンカー・地山のモニタリング継続・追加調査
	B	C	
C	C	A	地山対策工の検討・調査の追加
	C	B	地山モニタリングの継続・地山調査の追加
	C	C	定期点検

応急対策工
(飛び出し防止対策等)

恒久対策工(再緊張・除荷・増し打ち・抑止杭等)

定期点検

恒久対策工検討フロー



应急对策工



ご静聴、ありがとうございました。

