

**後半：既設法面工の維持管理に係る
調査設計施工の実例**



発表内容

1. はじめに
2. 業務箇所の概要
3. アンカー工調査
4. 地質調査
5. 更新・補修設計
6. まとめ



1. はじめに

高知県内における既設アンカー工の現状

主要道路の法面及び路側に打設された
アンカー工を点検



- ・「旧タイプアンカー」が多数存在する
- ・二重防錆が規定されて約30年経過した現在において劣化損傷が顕在化し始めている



維持管理を目指した取り組みが喫緊の課題

県下で初の「健全性調査と機能診断結果に基づく調査
・設計及び施工事例」を報告

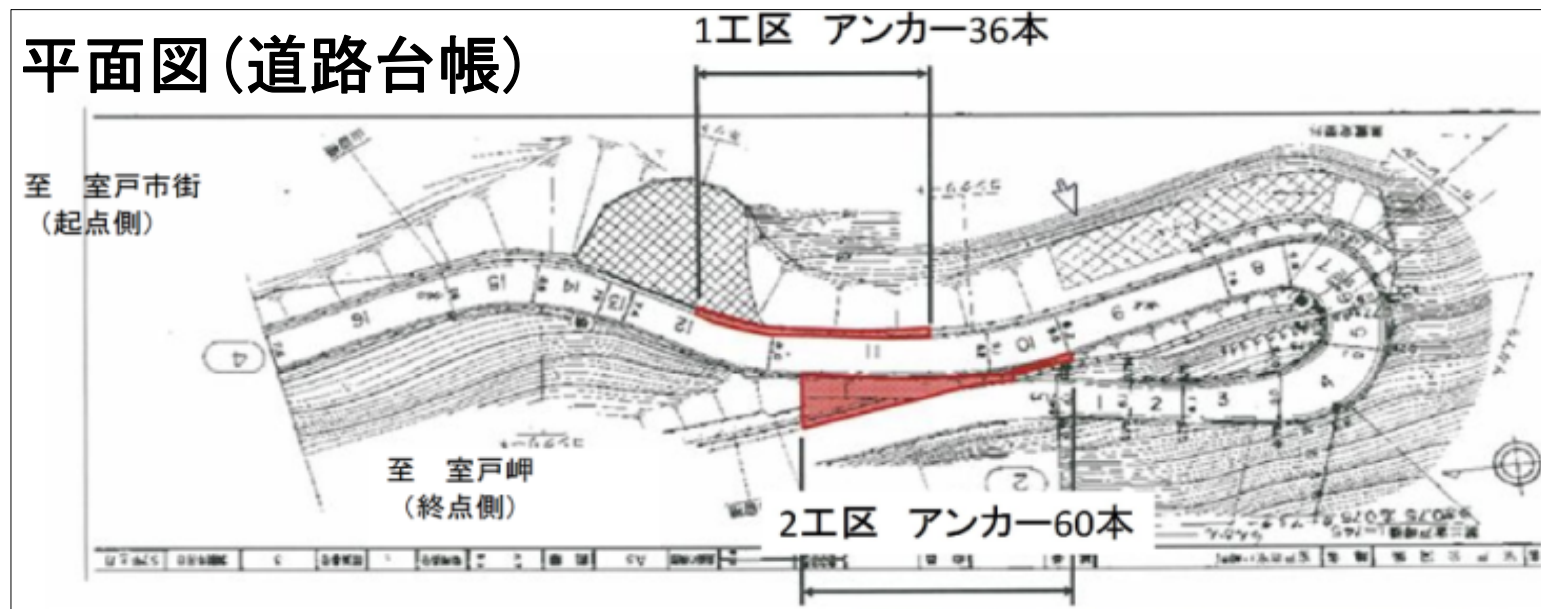


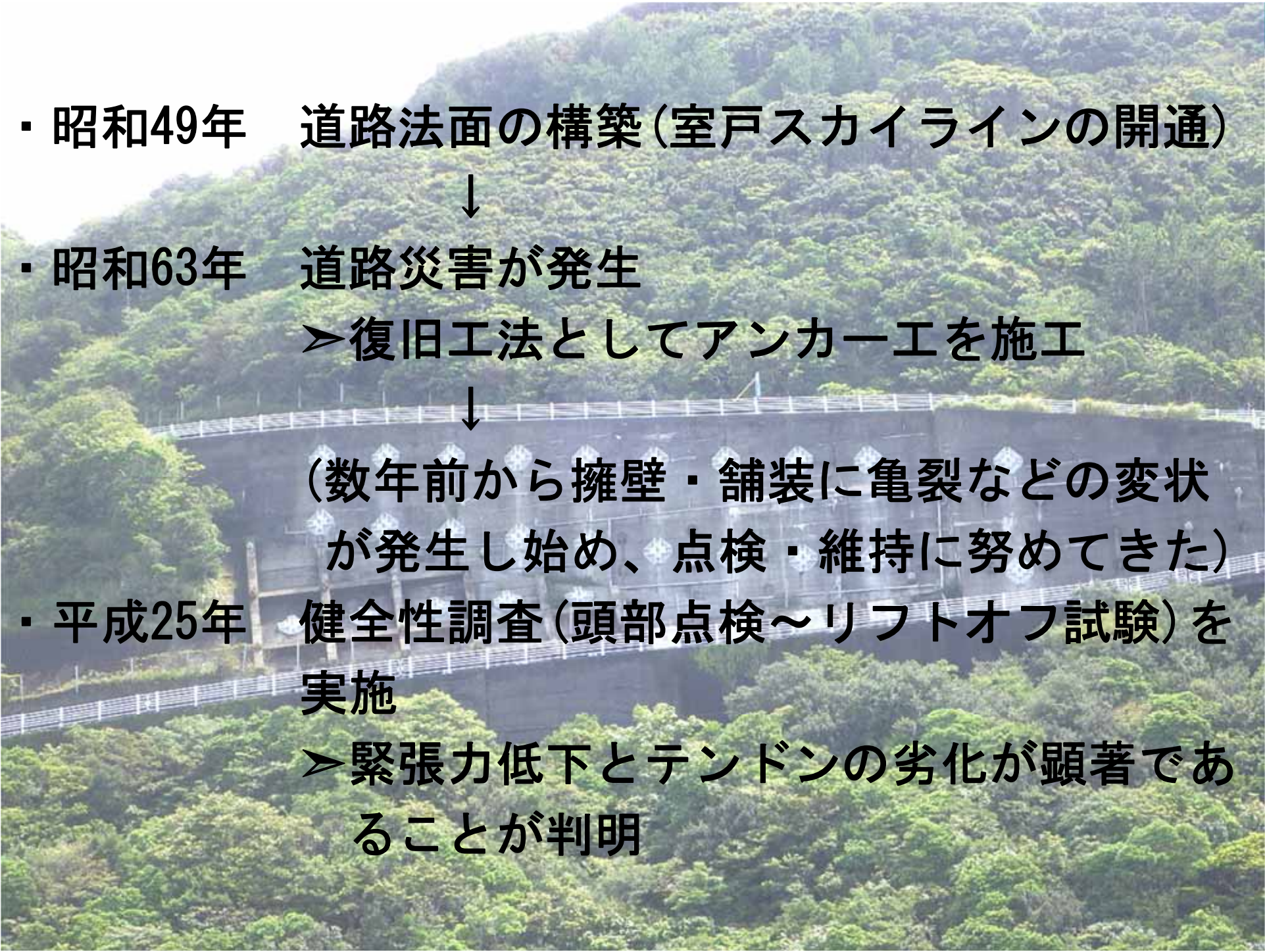
2. 業務箇所の概要

全景写真(施工前)



平面図(道路台帳)



- 
- ・ 昭和49年 道路法面の構築（室戸スカイラインの開通）
↓
 - ・ 昭和63年 道路災害が発生
➤ 復旧工法としてアンカー工を施工
↓
（数年前から擁壁・舗装に亀裂などの変状が発生し始め、点検・維持に努めてきた）
 - ・ 平成25年 健全性調査（頭部点検～リフトオフ試験）を実施
➤ 緊張力低下とテンダンの劣化が顕著であることが判明



3 アンカー工調査

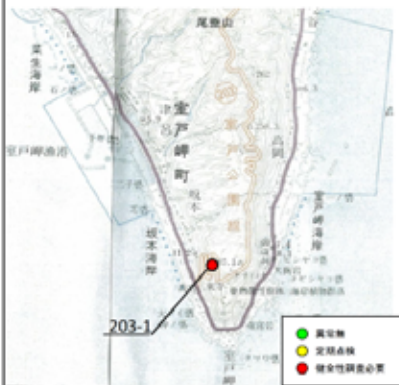
詳細調査手法の概要

業務で用いた手法

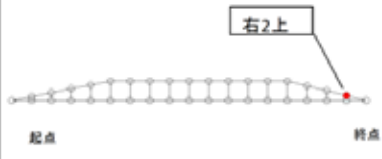
調査手法	概 要
近接点検	・ アンカーに近接して、目視や触診及び打音による点検と簡易寸法計測を行う頭部外観点検 ・ 各詳細調査に先立って実施する、最も基本的かつ必須の調査。
頭部露出調査	・ アンカー頭部の異常の有無を確認し、その他の詳細調査の必要性や実施の可能性を確認するために行う外観露出点検 ・ テンドンの破損や破断などの変状、定着具の腐食状態、緊張力解除の可否判定のためのテンドン余長、引張り材や定着具の腐食状態、背面からの湧水状態、防錆油の漏れ、変質状態などの確認を行う
リフトオフ試験	・ 残存引張り力を測定するために行う試験 ・ 荷重－変位量特性から見掛けの自由長や異常の有無も確認する ・ 試験結果に基づいて健全性を評価し、頭部背面調査・維持性能確認試験や再緊張の実施の適否を判定する
頭部背面調査	・ 緊張力を解除して定着具を取り外すことが可能なアンカーについて、テンドンの腐食状態、背面の防錆材の充填状況及び変質の有無、防食構造の止水性や地下水の侵入状況などを調査して、健全性評価の資料とする
維持性能確認試験	・ 頭部背面調査を実施したアンカーに対して、残存引張り力を解除して行う多段階・多サイクルの引張り試験 ・ 地すべりなどの外的要因で残存引張り力が減少した場合には、アンカー材の健全性を検証しておく必要があり、テンドンが設計アンカー力に対して今後も適用可能か否かを、荷重－変位量関係の推移から判定する

近接点検の結果、詳細調査が必要と判定

アンカーカルテ

都道府県名		高知	
管理機関名		室戸事務所	
管理番号	203-1	保安対象	道路
路線名・施設名	国道203号室戸公園橋		
工事名		所在地	室戸市 室戸岬町 坂本
受注業者		設計業者	専業者
位置図[縮尺1/50,000]			
			
			
アンカー諸元		旧タイプアンカーの判定	
工法名	不明	施工本数(本)	36本
使用目的	構造物補強	標準基準	
テンドンの種類		防錆方法	
受圧構造物	現場打込枠	標準的な配置間隔	縦 3.0 m × 横 3.0 m
施工記録			
設計計算書	☐ 有 ☐ 無	アンカー構造図	☐ 有 ☐ 無
引抜き試験記録	☐ 有 ☐ 無	長期試験記録	☐ 有 ☐ 無
荷重計記録	☐ 有 ☐ 無	荷重計数(力所)	荷重計の現状
履歴			
被災履歴	☐ 有 ☐ 無	被災詳細	
補修・補強	☐ 有 ☐ 無	補修・補強手法	
特記事項			
アンカーおよびのり面の変状履歴あり ・頭部コンクリートの劣化(剥落およびクラック) ・支圧板の錆の進行 ・法枠のクラック ・道路のオーバーレイ後のクラック			
			
カルテ作成日	2012/10/3	カルテ作成者	常川 善弘

アンカーカルテ(個別)

【アンカー諸元】		評価	健全性調査が必要
アンカーNo.	右2上	施工年(西暦)	
アンカータイプ		設計荷重(kN)	定着時緊張力(kN)
アンカー自由長(m)		アンカー体長(m)	全長(m)
剛孔径φ(mm)		アンカー傾角(°)	アンカー水平角(°)
定着方法		鋼材断面積(mm ²)	降伏荷重 F_{ys} (kN)
頭部処理	コンクリートキャッピング	受圧構造物	現場打込枠
【初期点検結果】			
調査年月日	2012/10/3	調査者氏名	常川 善弘
アンカー工法	旧タイプの有無	旧タイプ(Ⅱ)	
調査・設計資料	☐ 地盤が腐食環境(Ⅲ) ☐ 地下水が豊富(Ⅲ) ☐ 劣化・風化しやすい地質(Ⅲ)		
アンカーの状態	アンカーの飛び出し	飛び出し長(mm)	
	荷重計の有無	残存引張り力	不明
頭部コンクリート	浮き上がり	浮き上がり量(mm)	
	剥落・部分的な欠損	1mm幅を超える程度のクラック	有り(Ⅱ)
頭部キャップ	浮き上がり	浮き上がり量(mm)	
支圧板	材質劣化・腐食	固定ボルトの脱落・腐食	無し
	防錆油の塗布(トレス)		
受圧構造物	数mm幅以上の連続したクラック	クラック幅(mm)	約2mm
	受圧構造物の大きな変状	沈下量(mm)	
周辺状況	崩落石灰	湧水	
※判定基準: Ⅰが1つ以上、またはⅡが2つ以上、またはⅢ以上が3以上の場合、健全性調査が必要。 ただし、各項目において評価が重複する場合は、最も悪いものを1つだけ計上する。			
特記事項			
頭部コンクリートの剥落およびクラック。アンカープレートが露出し、錆による劣化の進行が見られる。			
位置図[対象アンカーの位置がわかるもの]		頭部状況[頭部の状況がわかる写真]	
			
カルテ作成日	2012/10/3	カルテ作成者	常川 善弘

頭部露出調査

コンクリートキャップをはつり



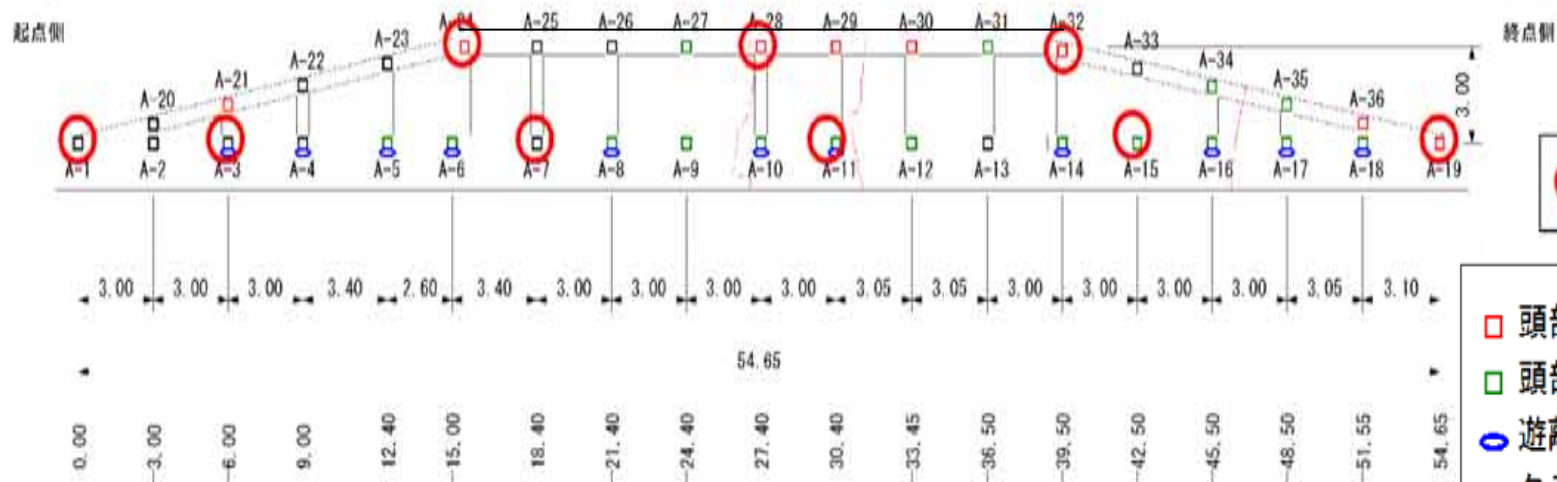
引張り材・定着具・支圧板の状態
を確認、測定、記録



劣化診断（後続調査の必要性を判定）



1工区



展開図

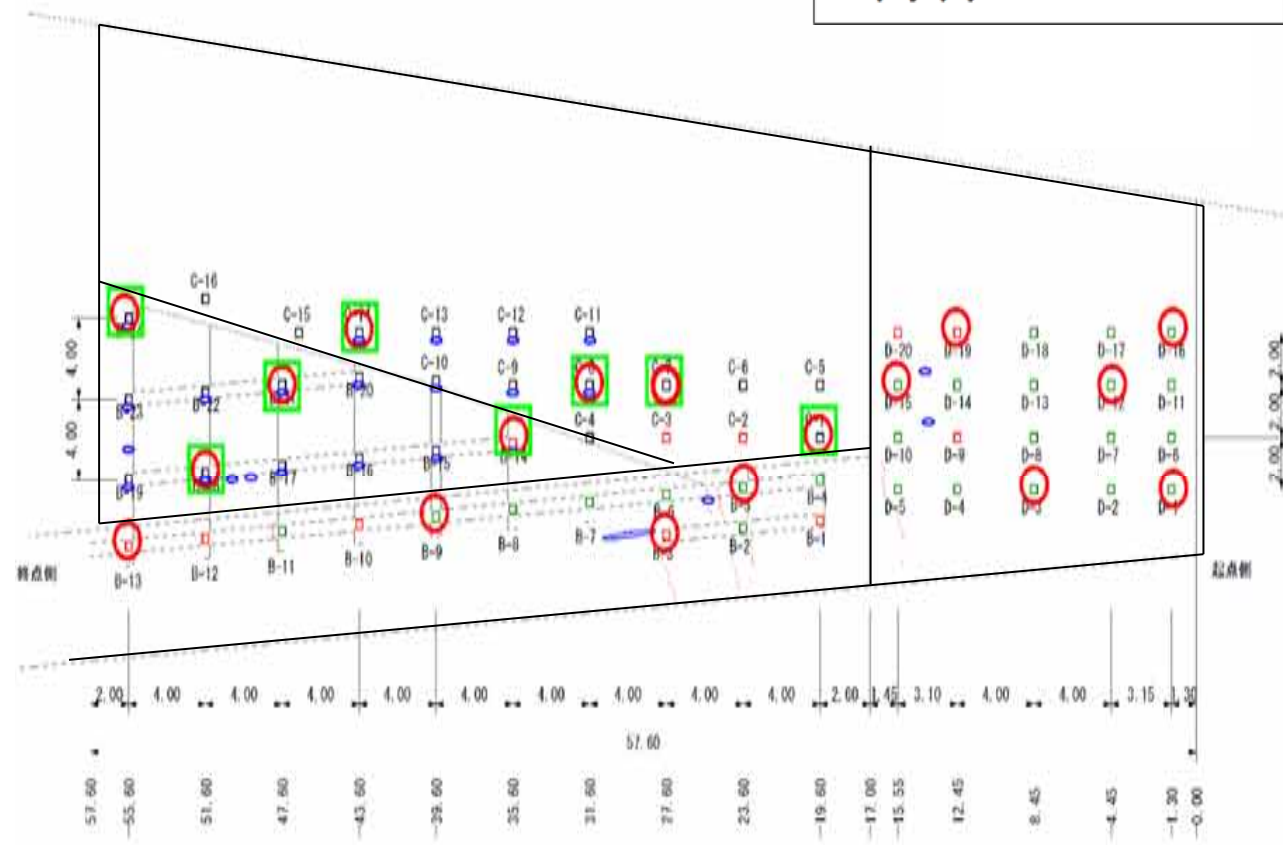
○ 露出調査: 9本

- 頭部コンクリートの剥離
- 頭部コンクリートのクラック
- 遊離石灰
- 〰 クラック



2工区

- 頭部コンクリートの剥離
- 頭部コンクリートのクラック
- 遊離石灰
- 〰 クラック



凡 例



露出調査:18本

展開図

アンカー諸元



設計アンカー力と
定着時緊張力が不明



許容アンカー力

$$T_a = 0.6 \times T_{us}$$

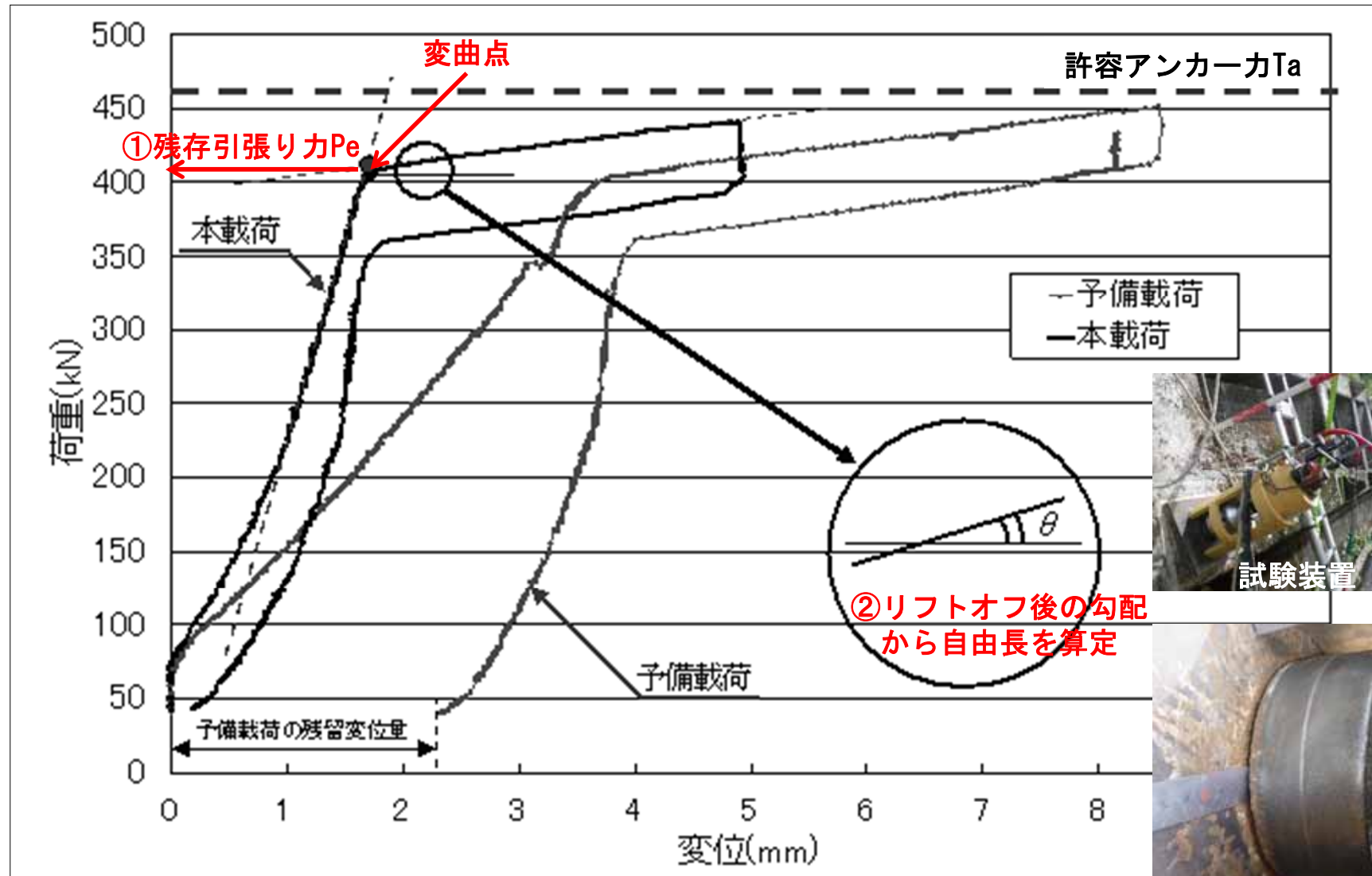
$$= 0.6 \times 732 = 439.2 \text{ kN}$$

を目安とする

引張り材	PC鋼より線
アンカー工法名・規格	ストロングホールド工法 S5-4
定着方式	クサビ定着
設計アンカー力 (Td)	不明
定着時緊張力 (Pt)	不明
アンカー長 (l_A)	不明
定着長 (l_a)	不明
極限引張り力 (T_{us})	732kN*1
降伏引張り力 (T_{ys})	624kN*1
許容引張り力 (常時: $0.6T_{us}$)	439.2kN*1
// (地震時: $0.9T_{ys}$)	561.6kN*1
PC鋼材断面積 (A_s)	394.8 mm ² *1
弾性係数 (E_s)	195×10^3 N/mm ²
施工年 (定着完了年)	平成元年頃

リフトオフ試験結果からの判定

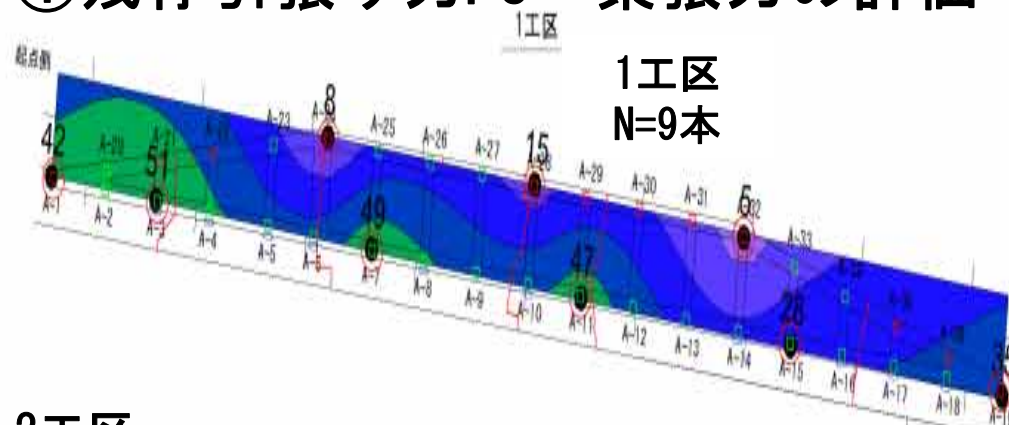
- ①残存引張り力 P_e ≧ 緊張力の評価 ②逆算自由長 l_f ≧ 材料の評価



変位－荷重曲線(例)



①残存引張り力 P_e ＞緊張力の評価



1工区

- ・ $P_e=22\sim 223\text{kN}$ ($R_{ta}=5\sim 51\%$) と低荷重
- ・ 全体的に荷重低下が顕著
「機能が大きく低下～機能していない」

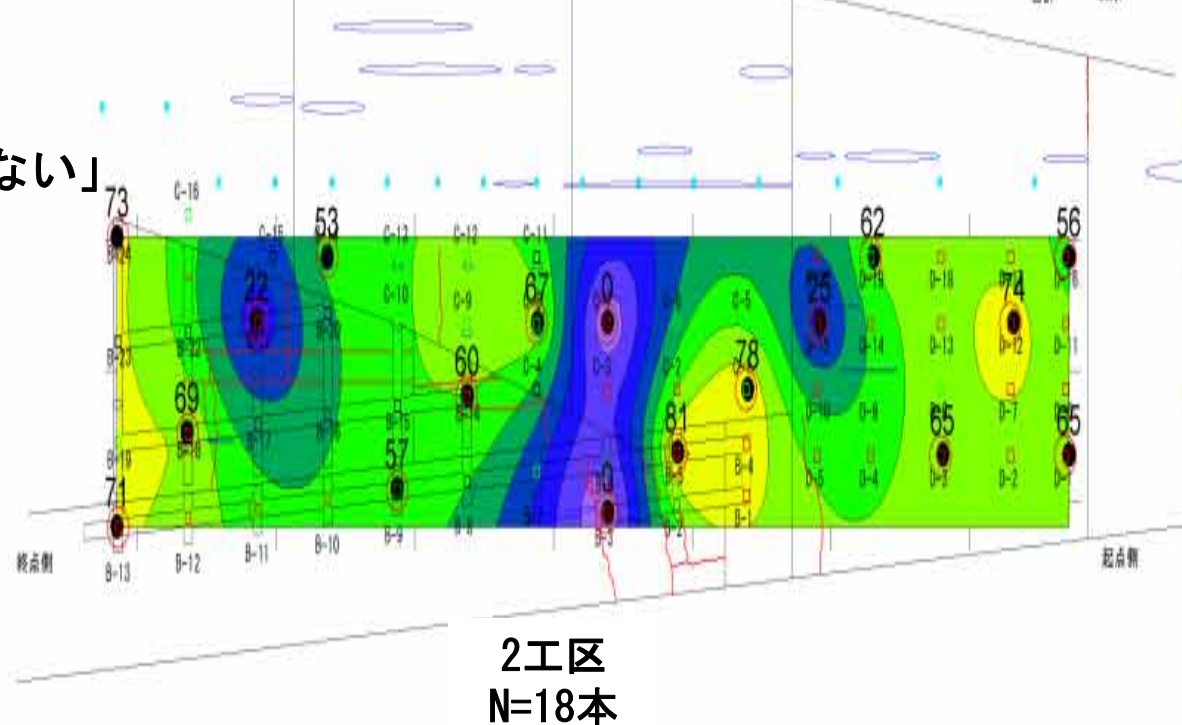
➤ 対策を実施

1工区	合計36本	2工区	合計60本
Aアンカー	36本	Bアンカー	24本
		Cアンカー	16本
		Dアンカー	20本
		合計	60本

2工区

- ・ $R_{ta}=0\sim 81\%$ と幅が大きく緊張力低下領域が存在
- ・ のり面内で偏荷重分布
「機能が低下～機能していない」

➤ 経過観察～対策を実施



残存引張り力分布図 (P_e : 残存引張り力 / T_a : 許容アンカー力)

残存引張り力とアンカー健全度の目安

残存引張り力の範囲	健全度	状 態	対処例
$0.9 T_{ys}$	E+	破断の恐れあり	緊急対策を実施
$1.1 T_a$	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 (T_a)	C+	許容値を超えている	
設計アンカー力 (T_d)	B+		経過観察により対策の必要性を検討
定着時緊張力 (P_t)	A+	健全	
$0.8 P_t$	A-	健全	
$0.5 P_t$	B-		経過観察により対策の必要性を検討
$0.1 P_t$	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	

引用：(独)土木研究所(社) 日本アンカー協会共編 「グラウンドアンカー維持管理マニュアル」 p 74. 2008. 7
(加筆修正)

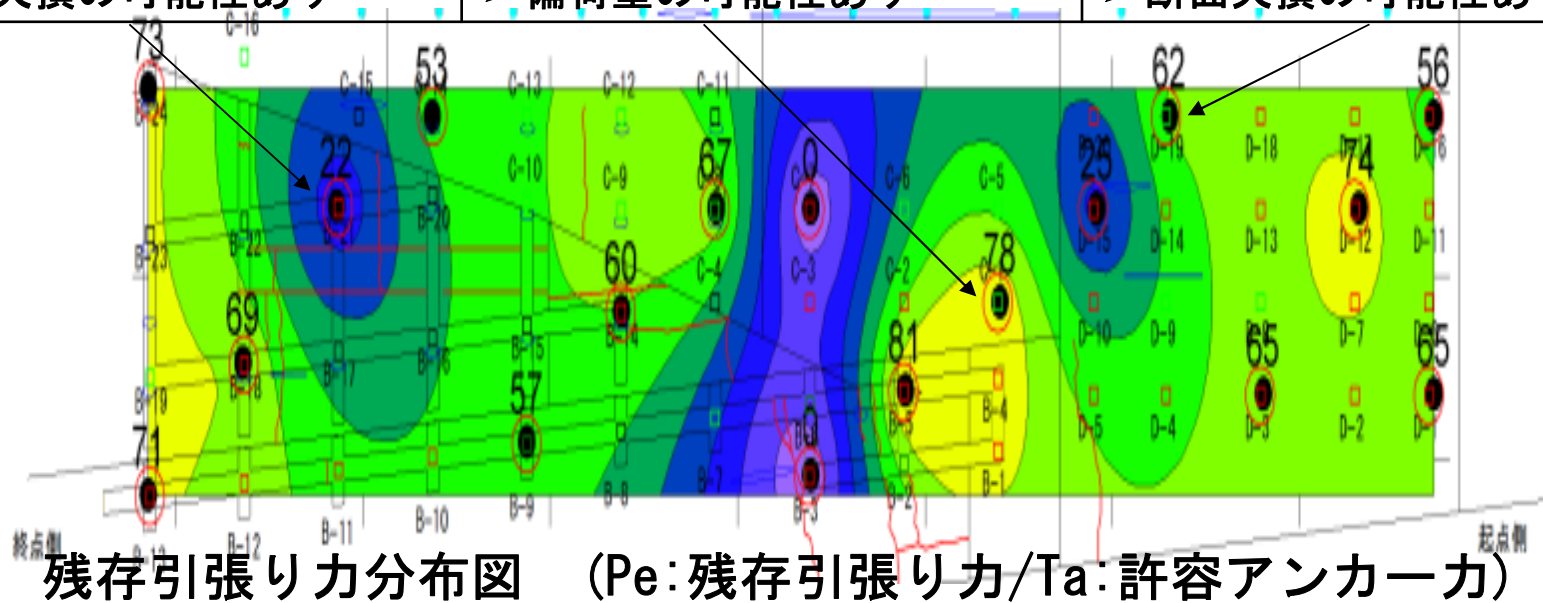
※許容アンカー力： T_a (kN) = $0.6 \times$ テンドン極限引張り力： T_{us} (kN)

※ T_{ys} (kN)：テンダンの降伏引張り力

②逆算自由長 l_f ➤材料の評価

荷重－変位曲線(劣化損傷アンカー)

B-21	C-1	D-15
後勾配 θ が小さい $\rightarrow$ 鋼材断面性能が同一とすると逆算自由長が長くなる $\triangleright$ 断面欠損の可能性あり	後勾配 θ が大きい $\rightarrow$ 逆算自由長が短い 除荷曲線が階段状 $\triangleright$ 偏荷重の可能性あり	後勾配 θ が小さい $\rightarrow$ 鋼材断面性能が同一とすると逆算自由長が長くなる $\triangleright$ 断面欠損の可能性あり



逆算テンドン長

$$\text{設計}\tan\theta = \frac{E \cdot A}{\ell f}$$

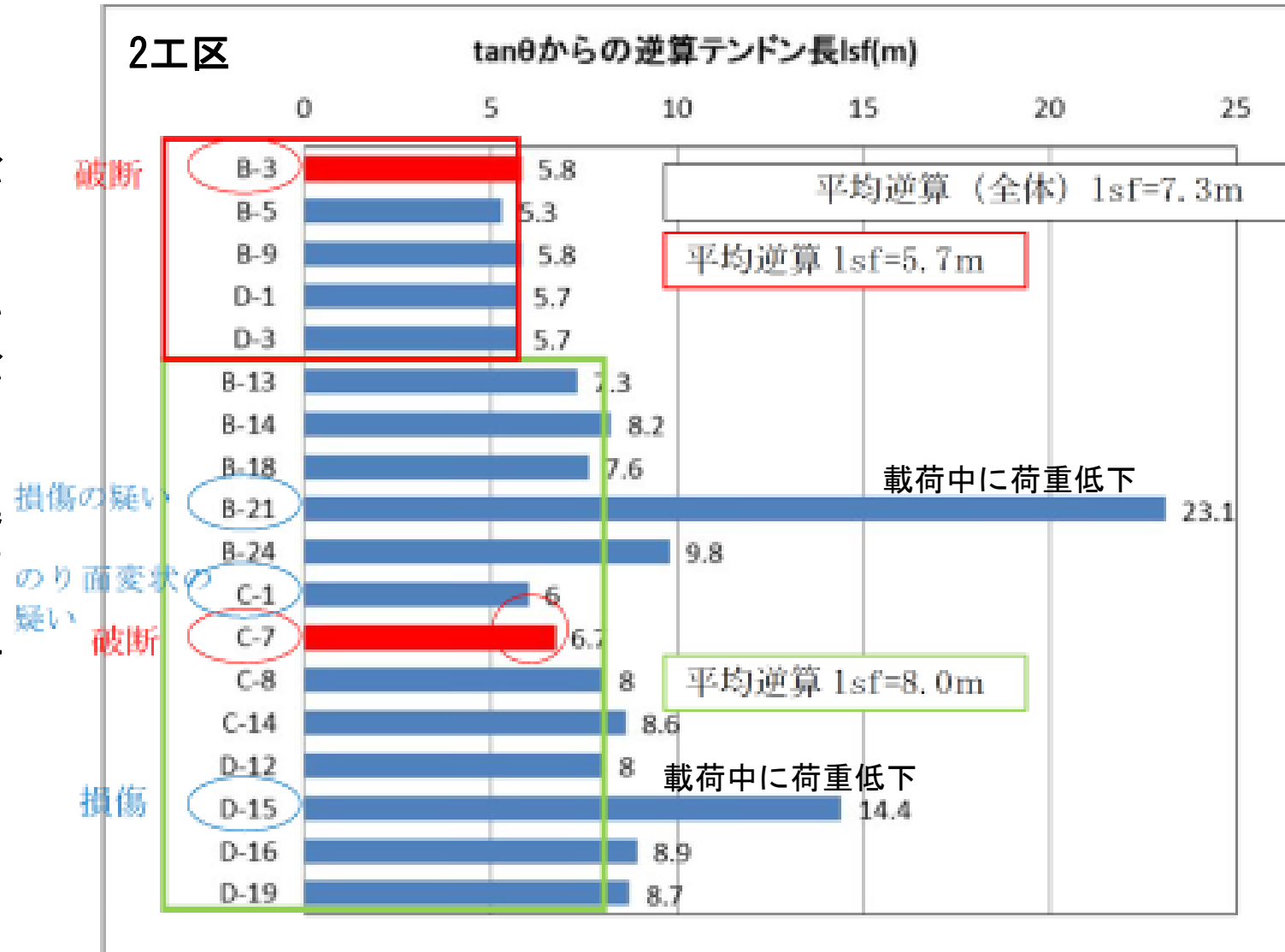
ℓf : テンドン引張り長

E : テンドンの弾性係数

A : テンドンの有効断面積

- ・ 施工ブロック (B, C, D) 毎に テンドン長が揃っている
- ・ 突出して長い テンドン長が 2箇所あり

➤ 材料劣化の進行に伴う断面欠損の可能性



簡易材料確認試験

➤ テンドン破断引抜け状況の確認

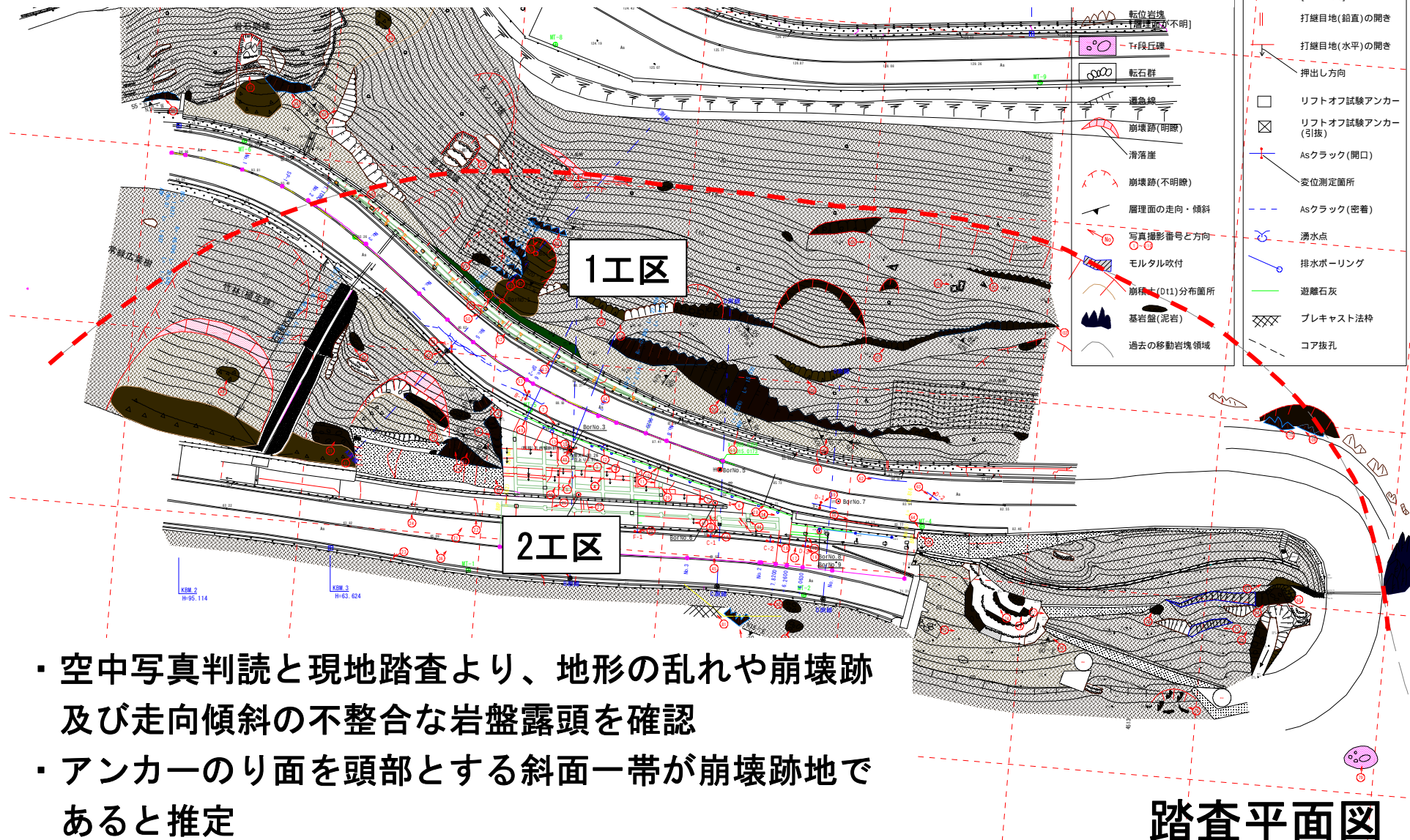




4. 地質調査

地表踏査と調査ボーリングを実施

➤地層構成と性状を把握、既設アンカー一定着地盤の妥当性と供用の可否について判定



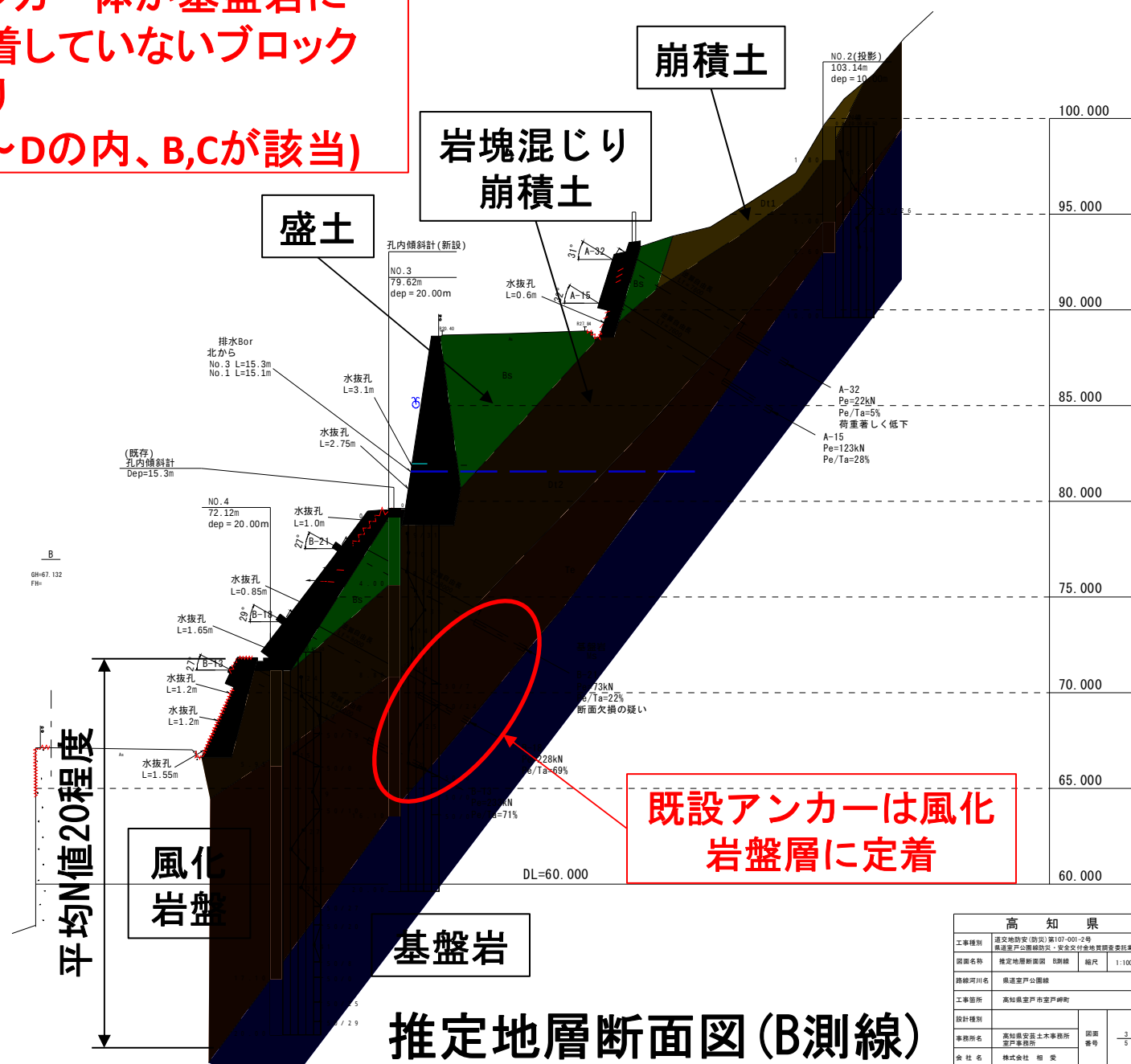
地層構成

- ・ 道路盛土
- ・ 崩積土
- ・ 岩塊混じり崩積土
- ・ 風化岩盤
- ・ 基盤岩

アンカー体が基盤岩に
定着していないブロック
あり
(A~Dの内、B,Cが該当)

地中変位量

- ・ 累積合成水平変位量: 2mmの観測孔あり
- 斜面はクリープ変形が生じている



ボーリングコア写真
No.3 L=20.00m

件名	国土交通省(防災)第107-001-2号 新潟県公団建設・安全交付金地質調査委託業務		
孔番	BorNo.3	深度	0.0m~20.0m
		社名	株式会社 相愛

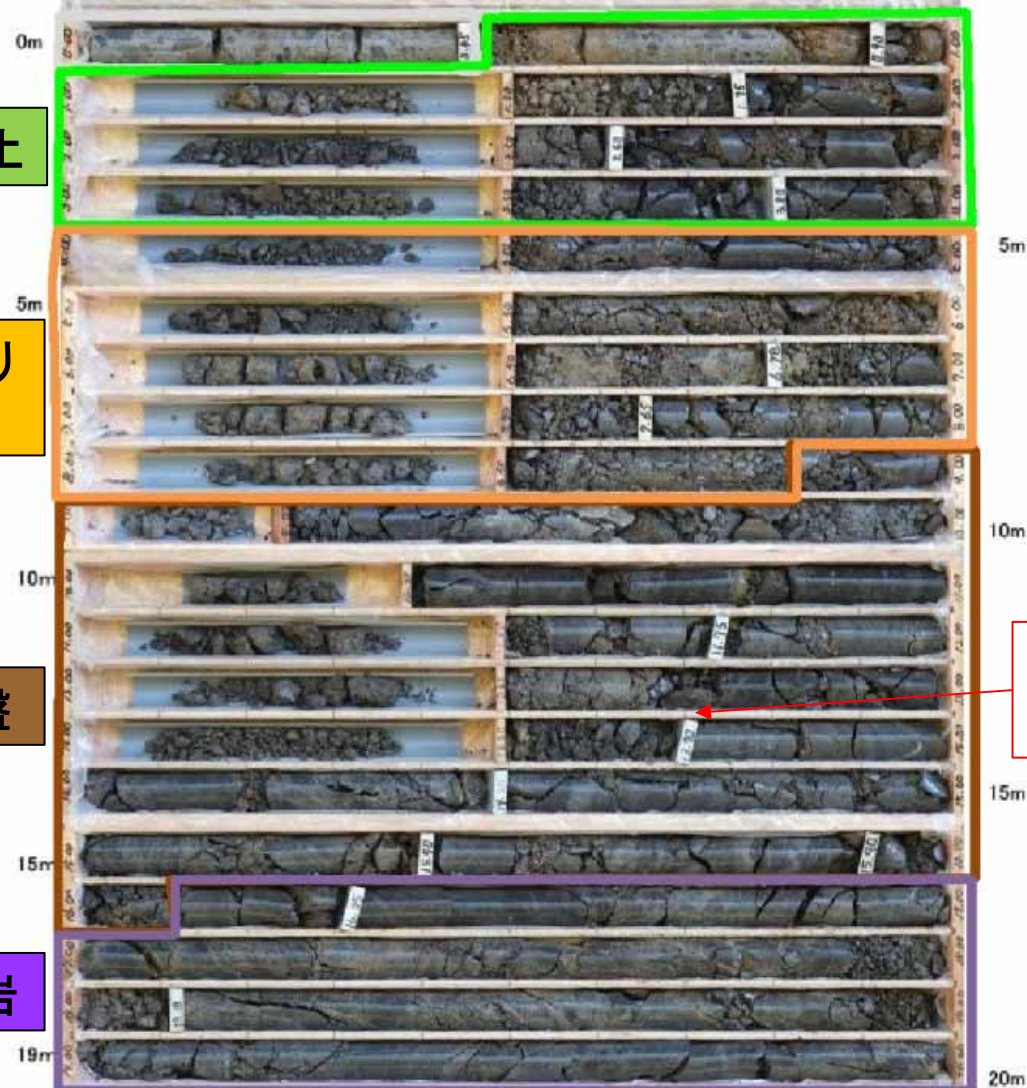
盛土

岩塊混じり
崩積土

風化岩盤

基盤岩

既設アンカーは
風化岩盤層に定着



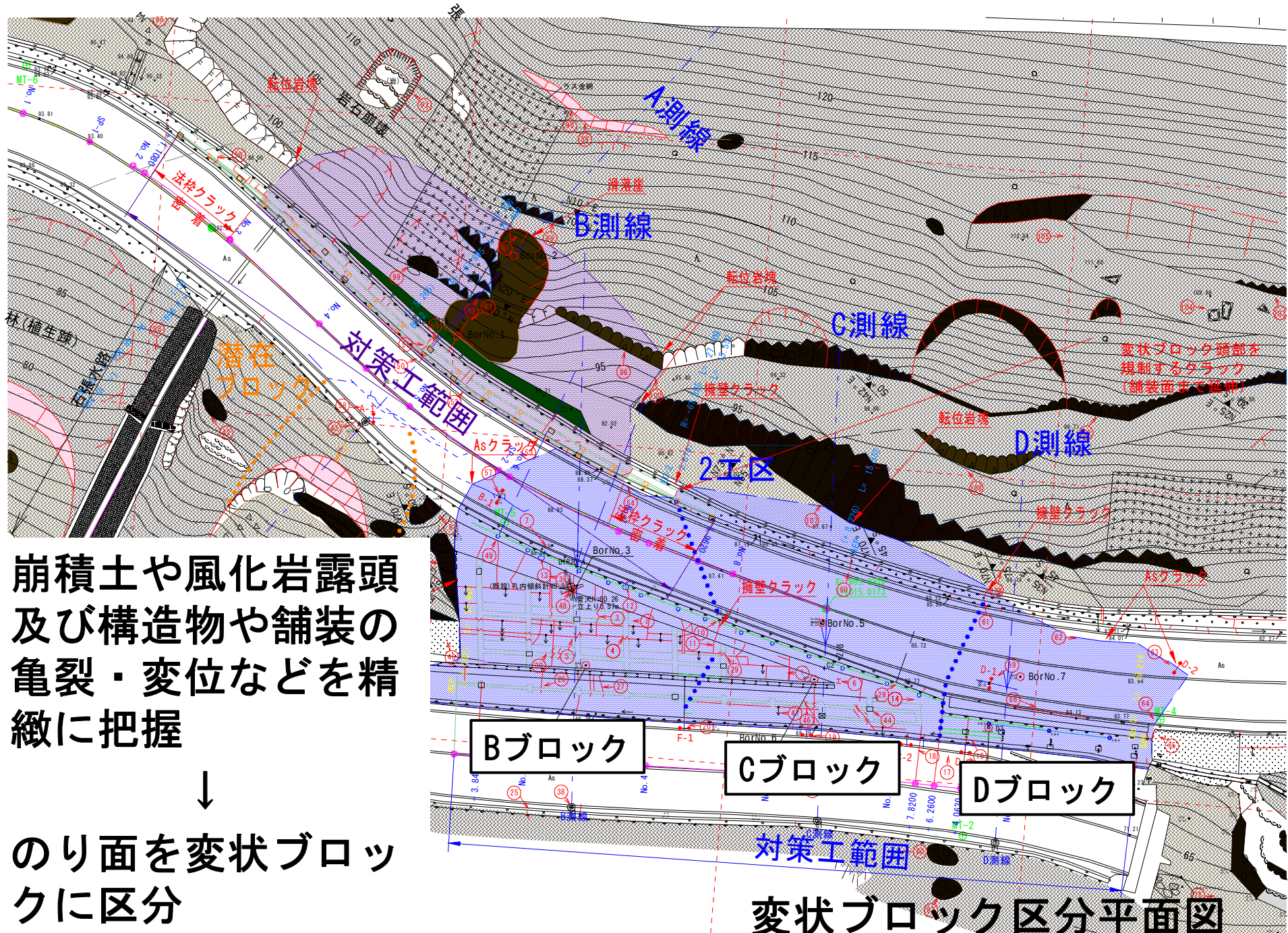
法枠に生じた貫通亀裂

アンカー打設後も斜面変動が継続していた痕跡



擁壁・法面の変状が顕著な点と旧タイプアンカーであることも勘案して、以下のアンカーについて更新を検討

- ①残存引張り力が50%以下に低下している
- ②破断や断面欠損が生じている
- ③アンカー体が基盤岩に定着していない





5. 更新・補修設計

5-1. 既設アンカーの判定

5-2. 斜面変動状況と安定解析



5-1. 既設アンカーの判定

リフトオフ試験結果の概要及び対策工としての判定

アンカー No	Pe (kN)	Pe/Ta (%)	損 傷	打設角度 (°)	状 態	定着地盤	判定
B-3	0	0	引抜け		機能していない	風化岩盤 ～基盤岩	×
B-5	260	31		33	健全		×
B-9	189	57		32		風化岩盤	×
B-13	233	71		27			×
B-14	199	60		47		基盤岩	○
B-18	228	69		29			×
B-21	73	22	断面欠損の疑い	27	機能が大きく低下	風化岩盤	×
B-24	242	74		31			×
C-1	257	78	せん断の疑い	27			×
C-7	0	0	引抜け		機能していない	基盤岩	×
C-8	222	67		30			○
C-14	174	53		29			○
D-1	214	65		30		風化岩盤	×
D-3	214	65		29			×
D-12	243	74					○
D-15	81	25	断面欠損の疑い		機能が大きく低下	基盤岩	×
D-16	184	56					○
D-19	204	62					○

×：抑止力として見込めない
○：抑止力として見込める

擁壁区間毎としての判定

■ 対策工アンカーとして見込める
■ 対策工アンカーとして見込めない

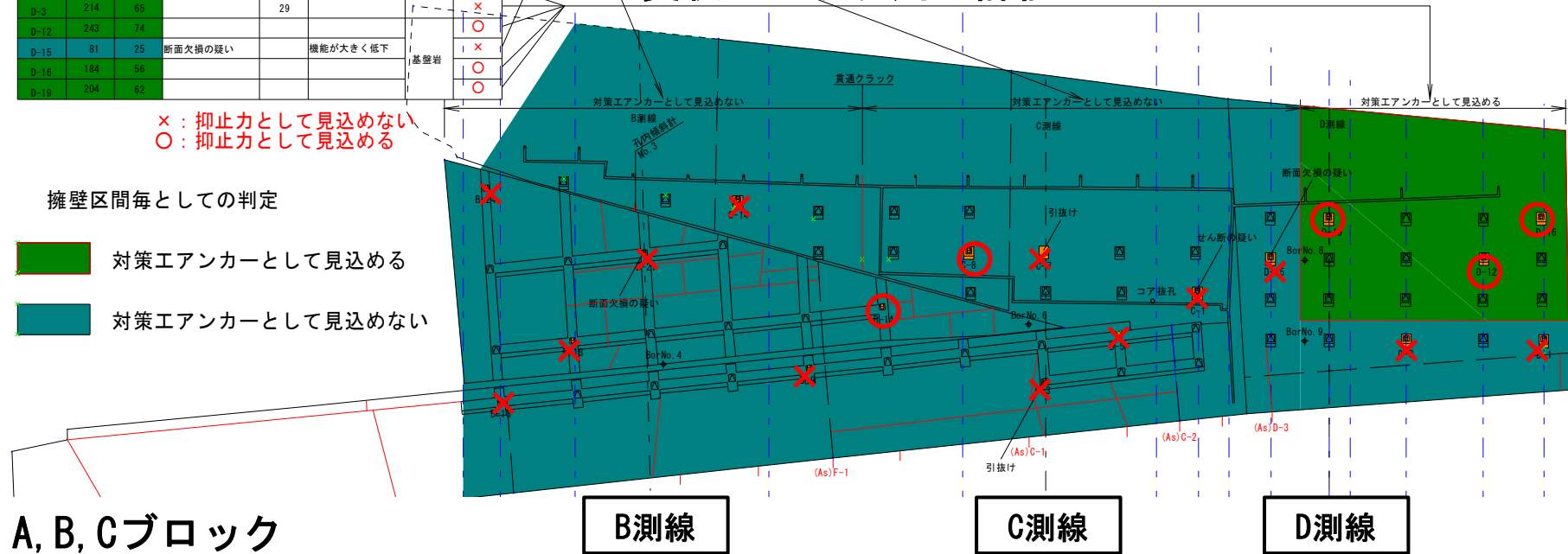
対策工アンカーとして見込めるか否かの判断要素

①残存引張り力と劣化損傷程度

②定着長区間の地層種別



リフトオフ試験アンカーに対して判定
変状ブロック別に評価



A, B, Cブロック

- ・荷重調整しても長期的に持続可能な緊張力が期待できない
➢更新アンカーを計画

Dブロック

- ・頭部補修や荷重調整による機能回復措置を講じれば持続可能
➢頭部補修計画



5-2. 斜面変動状況と安定解析

更新アンカー工の計画

各ブロック毎に変状範囲を特定



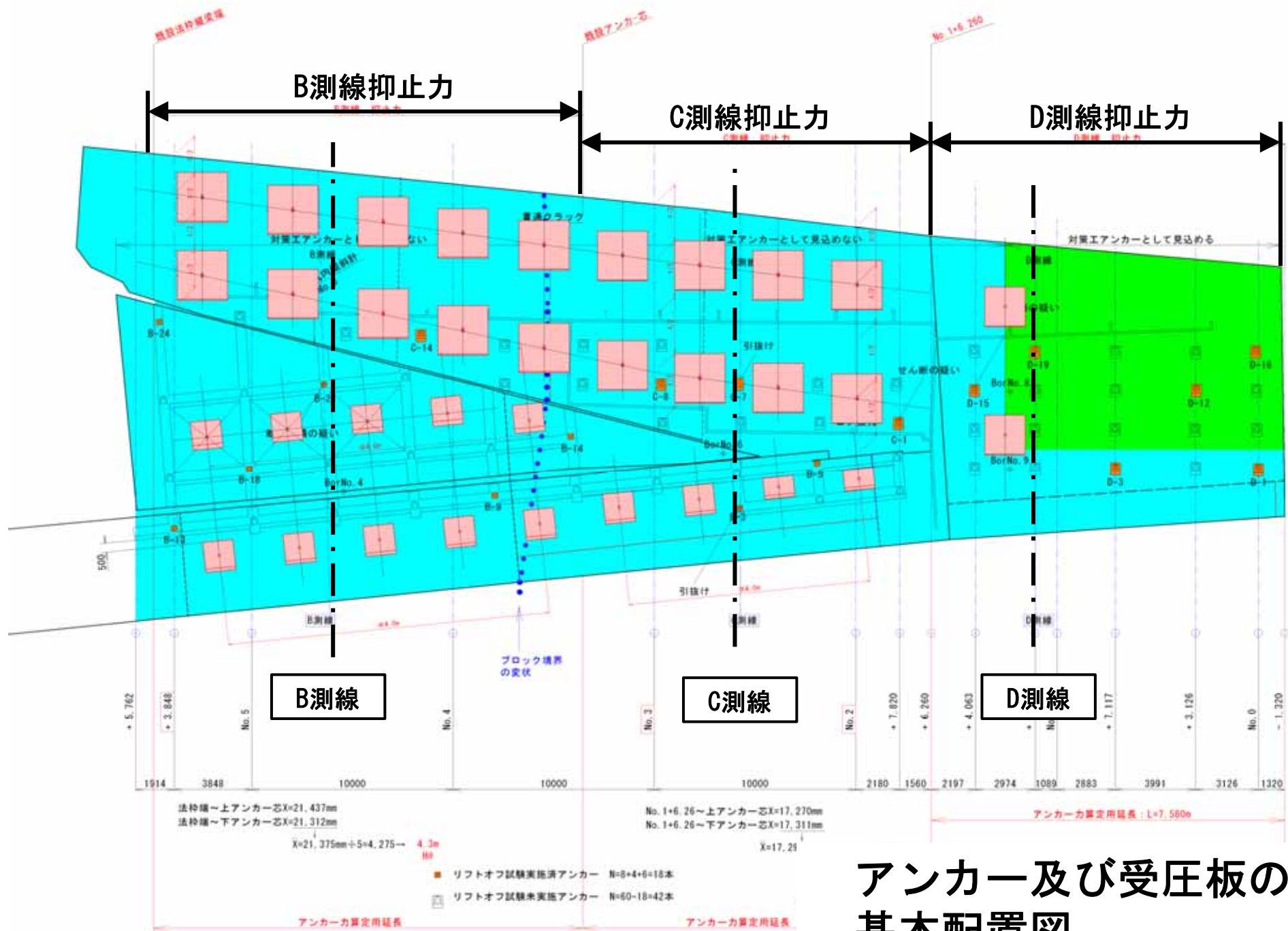
斜面安定解析で必要抑止力を算定



アンカー配置検討より設計アンカー力を設定



基盤岩へ定着するアンカー体長を決定

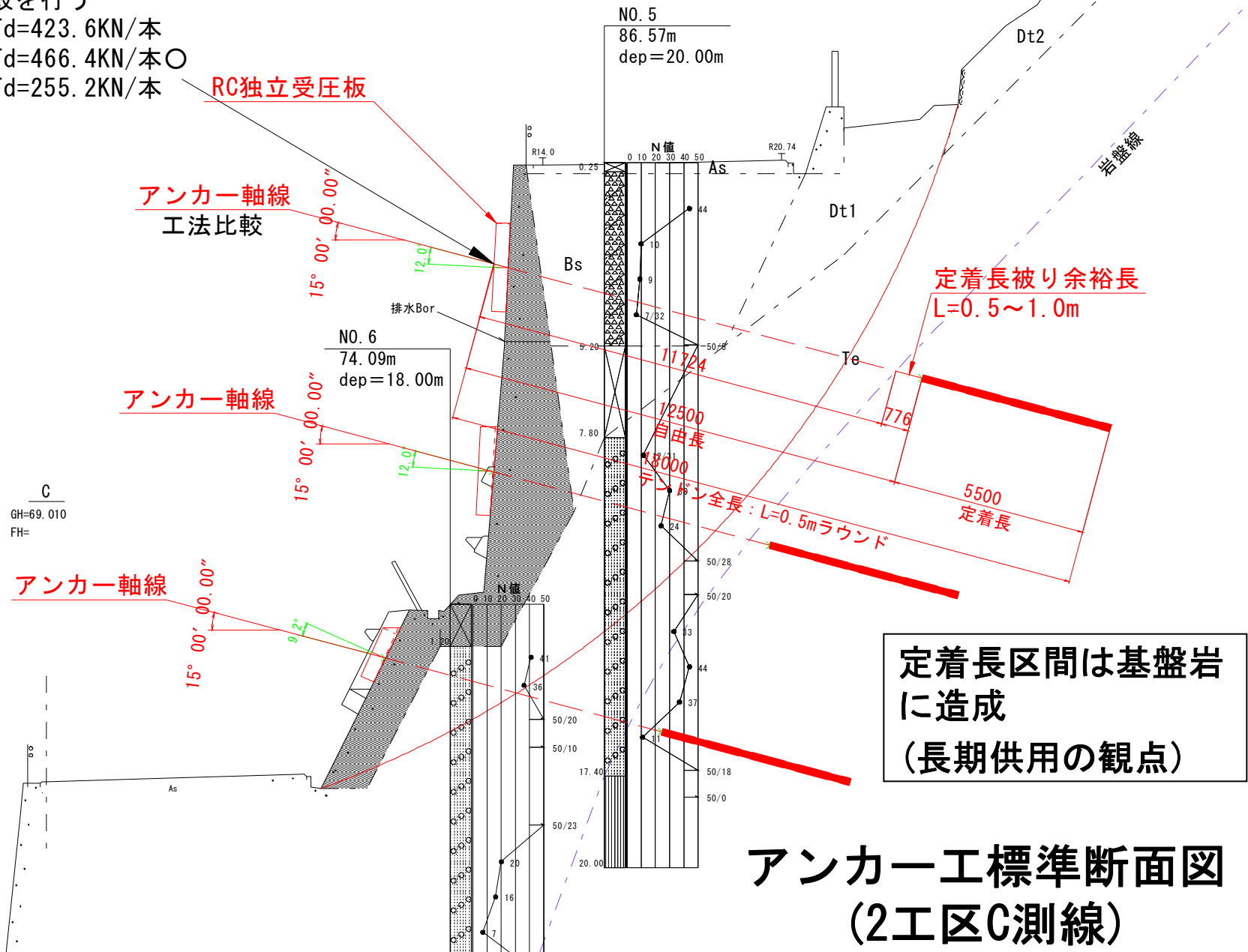


アンカー及び受圧板の
基本配置図



設計計算結果よりC測線が最も1本当たり
アンカー力が高いことから、アンカー
工法経済比較を行う

- ・ B測線---Td=423. 6KN/本
- ・ C測線---Td=466. 4KN/本○
- ・ D測線---Td=255. 2KN/本





6. まとめ

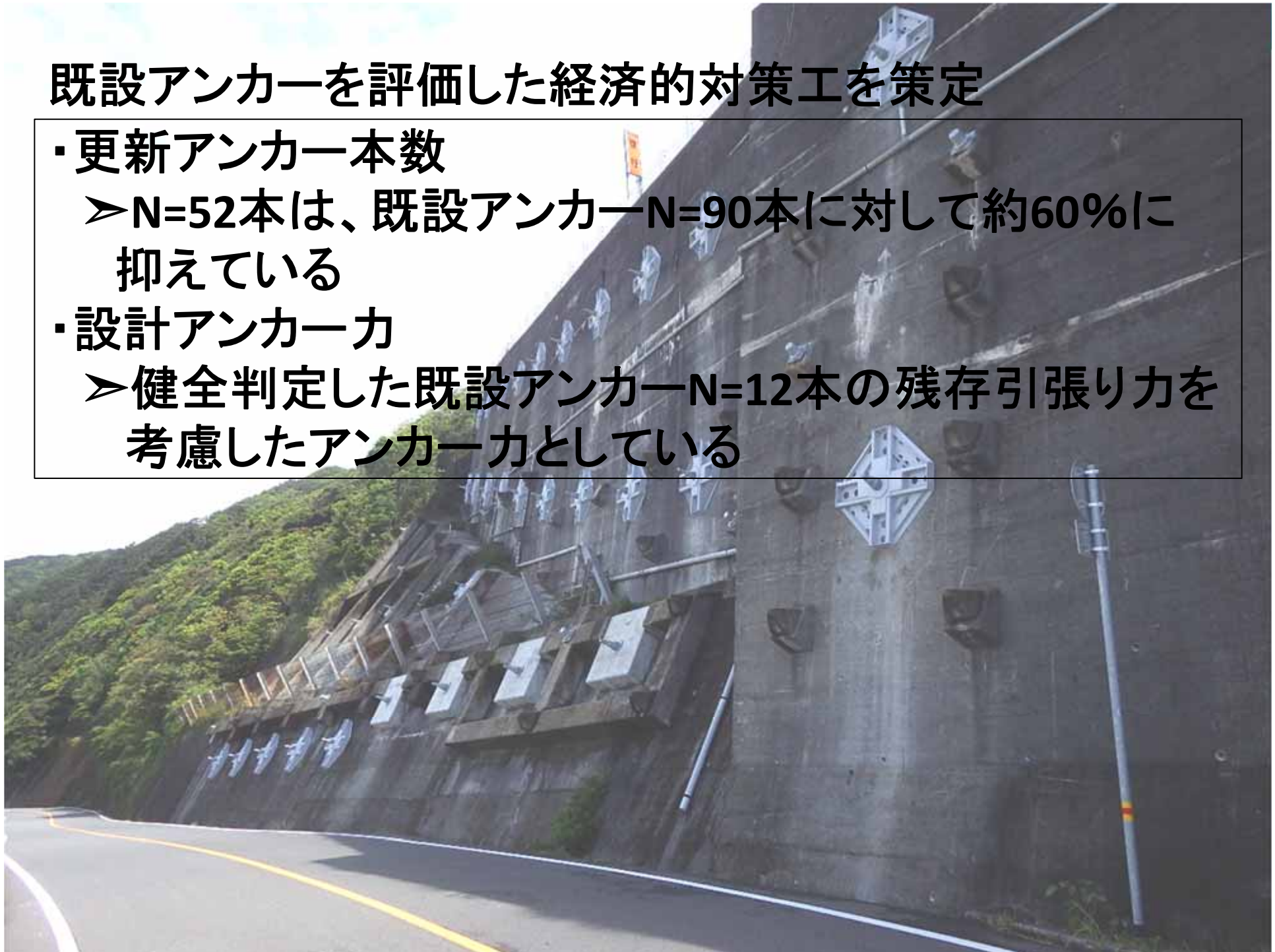
既設アンカーを評価した経済的対策工を策定

- ・更新アンカー本数

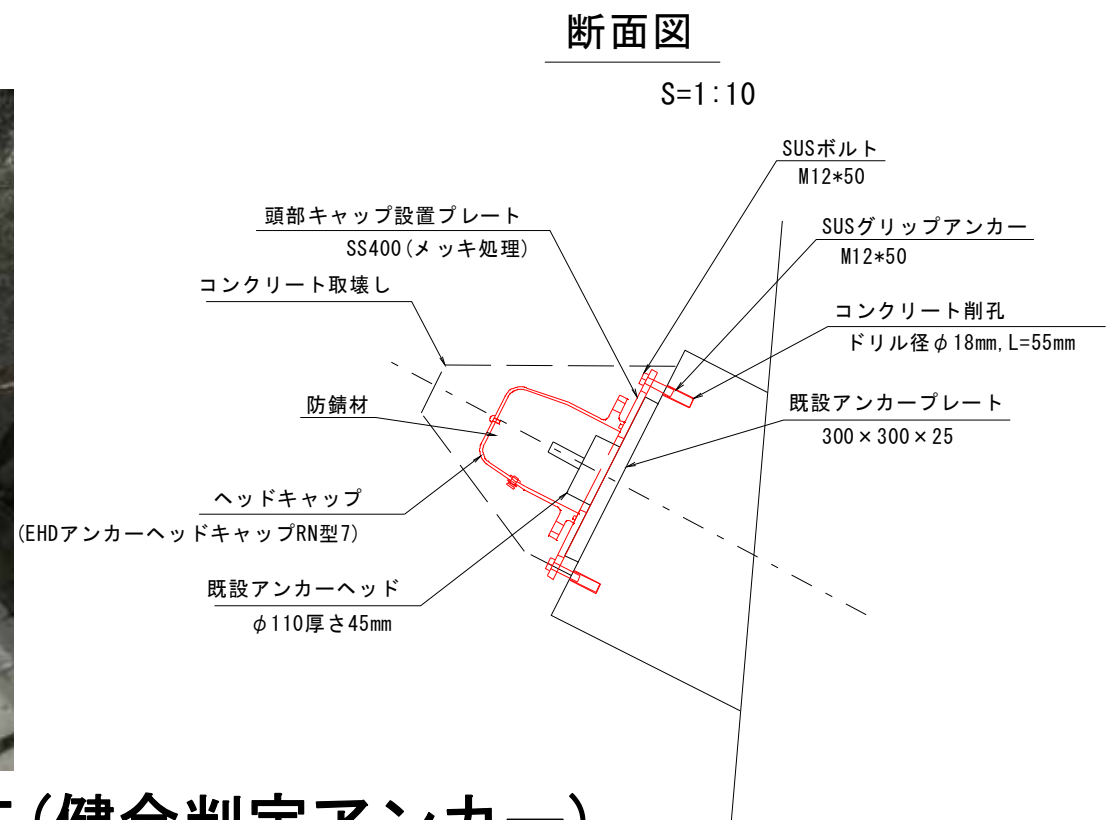
- N=52本は、既設アンカーN=90本に対して約60%に抑えている

- ・設計アンカー力

- 健全判定した既設アンカーN=12本の残存引張り力を考慮したアンカー力としている



平成26,27年度に本工事を実施、所定のアンカー機能を
発現している



頭部補強工 (健全判定アンカー)
※狭義の長寿命化 (機能強化) 手法

高知県下における既設アンカー工の現状

- ①「旧タイプアンカー」が多数存在、劣化損傷が顕在化
- ②アセットマネジメントを目指した取り組みが喫緊の課題



施工後30年以上が経過した県道アンカー法面

- ①アンカー頭部コンクリートキャップの剥離や擁壁・舗装の変状が発生、道路維持に努めてきた
- ②頭部点検の結果、「健全性調査が必要」と判定



アンカー健全性調査(頭部露出調査・リフトオフ試験)

- ①緊張力低下とテンドンの劣化が顕著であると判明
- ②残存引張り力が偏荷重分布し、破断領域も存在



地質調査

- ①アンカー体が基盤岩に定着していないアンカーあり
- ②崩積土や緩み岩盤の分布とN値曲線及び反力体の亀裂などから、アンカー法面内に不安定領域が推定



更新・補修設計

- ①対策工アンカーとして見込めるか否かを判定
 - ・残存引張り力とテンドン評価：リフトオフ試験より
 - ・アンカー体の定着層：地質調査より
- ②斜面安定解析とアンカー配置検討に基づき設計アンカー力を設定、アンカー体は基盤岩に造成
- ③アンカー仕様
 - ・更新：N=52本/既設：N=90本=60%
 - ・補修アンカーの残存引張り力を考慮したアンカー力



県道室戸公園線における実施事例

～御静聴ありがとうございました～