

防災施設の維持管理と長寿命化のめざすもの

—鉄道施設の維持管理と措置を中心として—

京都大学大学院 工学研究科

社会基盤工学専攻 杉山 友康

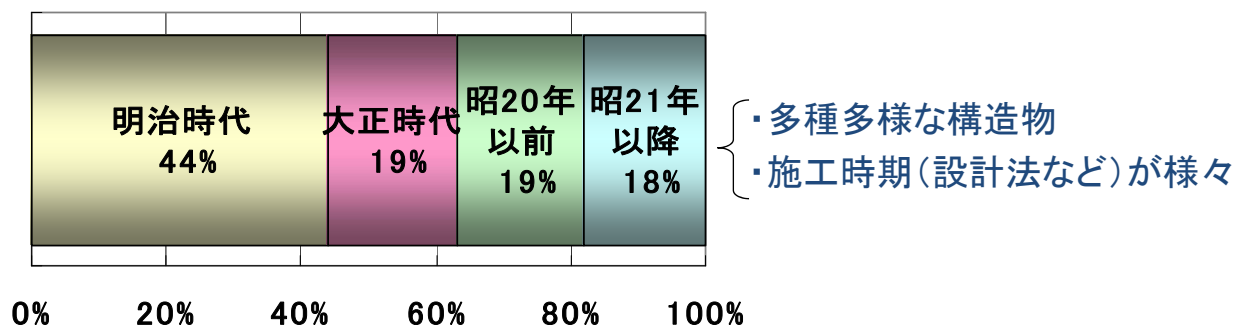
本日の予定

☆ 鉄道の斜面防災施設と維持管理を中心として

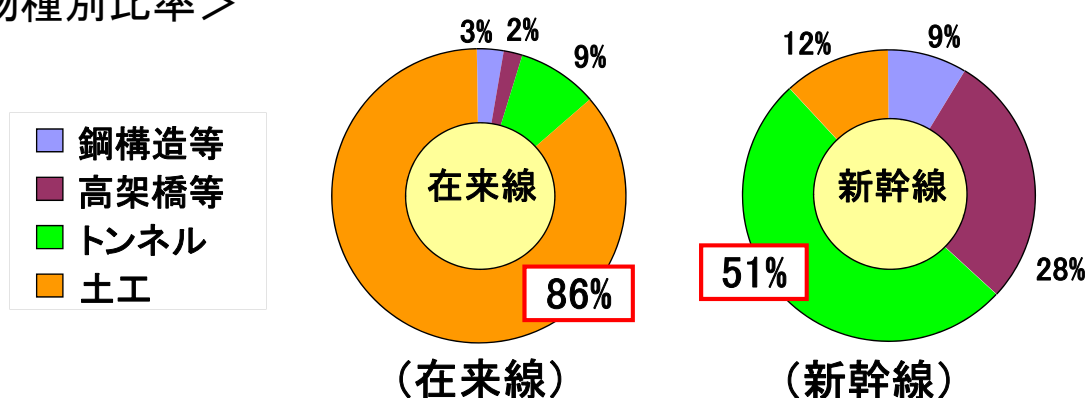
1. 鉄道の土木構造物と斜面防災施設
2. 災害の実態
3. 維持管理と長寿命化
斜面防災施設の維持管理と検査方法
4. 事例紹介

鉄道土木構造物の概要

<年代別の土木構造物設備延長と特徴>



<構造物種別比率>



鉄道土木構造物の概要

土木構造物

橋梁

橋梁 上部構造 下部構造
コンクリート構造 鋼構造・合成構造

トンネル

山岳トンネル シールドトンネル

土構造 等

盛土 切土 土留め 排水設備
防護設備

その他

斜面防災施設のほとんどがこれに属す

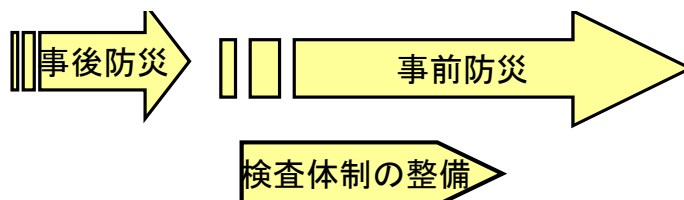
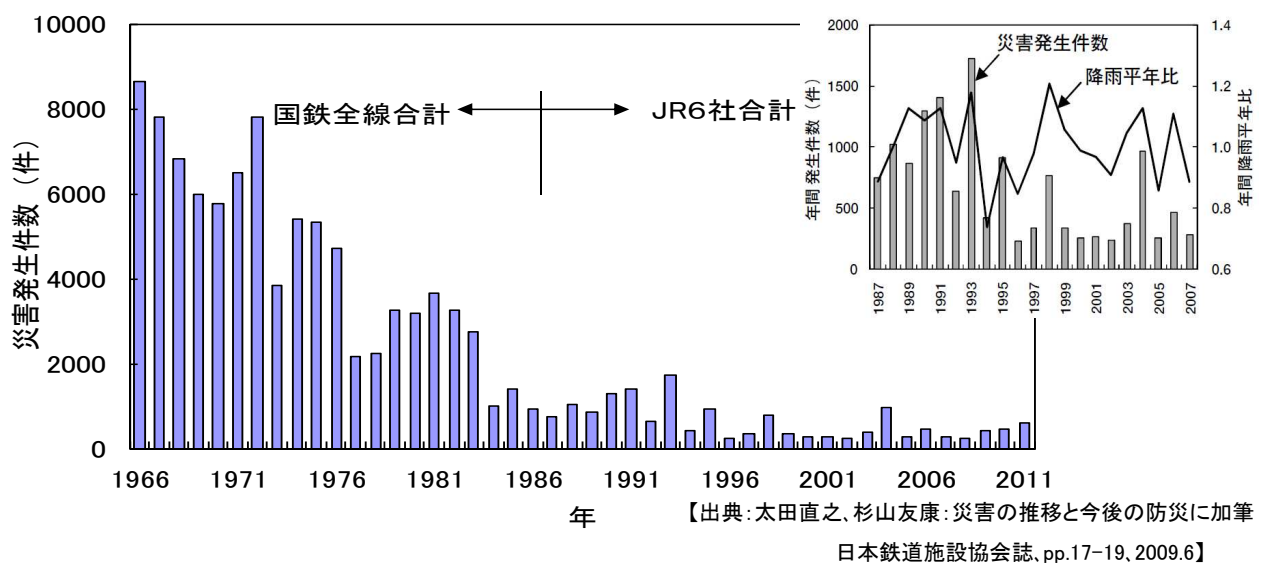
土構造物とは言わず **土工設備** と称している

土工施設(斜面防災施設)の種類

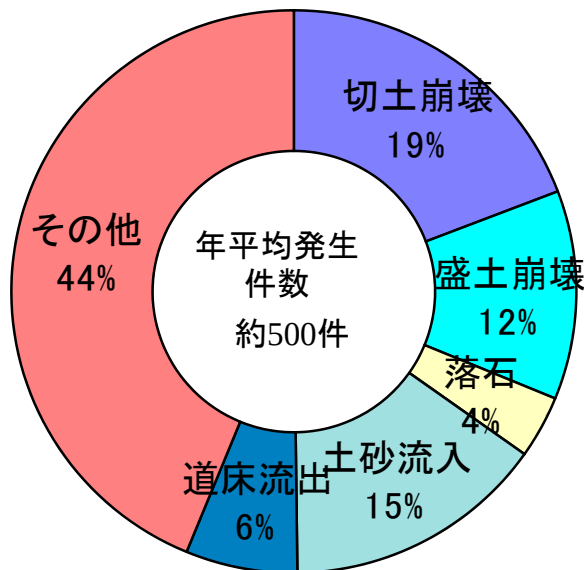


鉄道における自然災害発生件数の推移

鉄道の自然災害発生件数の推移

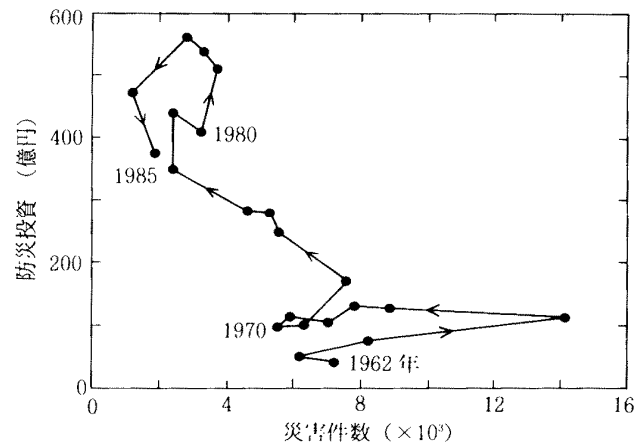


災害別の発生件数と防災投資



【出典：太田直之、杉山友康：災害の推移と今後の防災、
日本鉄道施設協会誌、pp.17-19、2009.6】

斜面にかかわる災害が
全体の約半数



【出典：岡田勝也：自然災害に対する鉄道防災の研究開発の回顧と
展望、鉄道総研報告、Vol.9、No.3、1995.3】

検査によって健全度が低い箇所に投資
すれば災害発生数は減少する

精度高い検査結果と効果的な対策が必要

斜面防災施設はどうあればよいか

1. それぞれの設備が初期に目的とした
機能を発揮していること



個々の設備の状態を確認することが第一に必要
⇒ 主として変状

2. 盛土・切土崩壊をはじめ施設周辺斜面の
崩壊など**災害に対する危険性**が極小



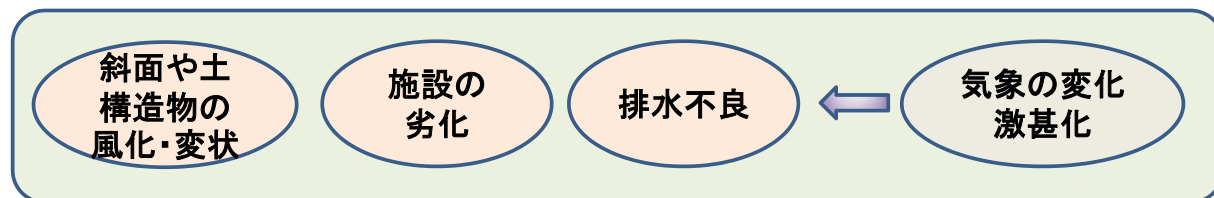
全体を見回して防災上の観点から、今の状態が
斜面などの崩壊に対して危険性はないかの確認

斜面防災施設の維持管理と長寿命化

それぞれの設備が初期に目的とした機能を常に発揮していることで・・・



列車が安全に走行できる空間が確保できる



多くの防災施設が将来にわたって目的とする機能を発揮できる状態にするとともに安全な走行空間を確保する

個々の施設の管理と長寿命化

斜面全体系の長寿命化

斜面防災施設の維持管理

斜面・のり面および それに付帯する施設の維持管理の基本

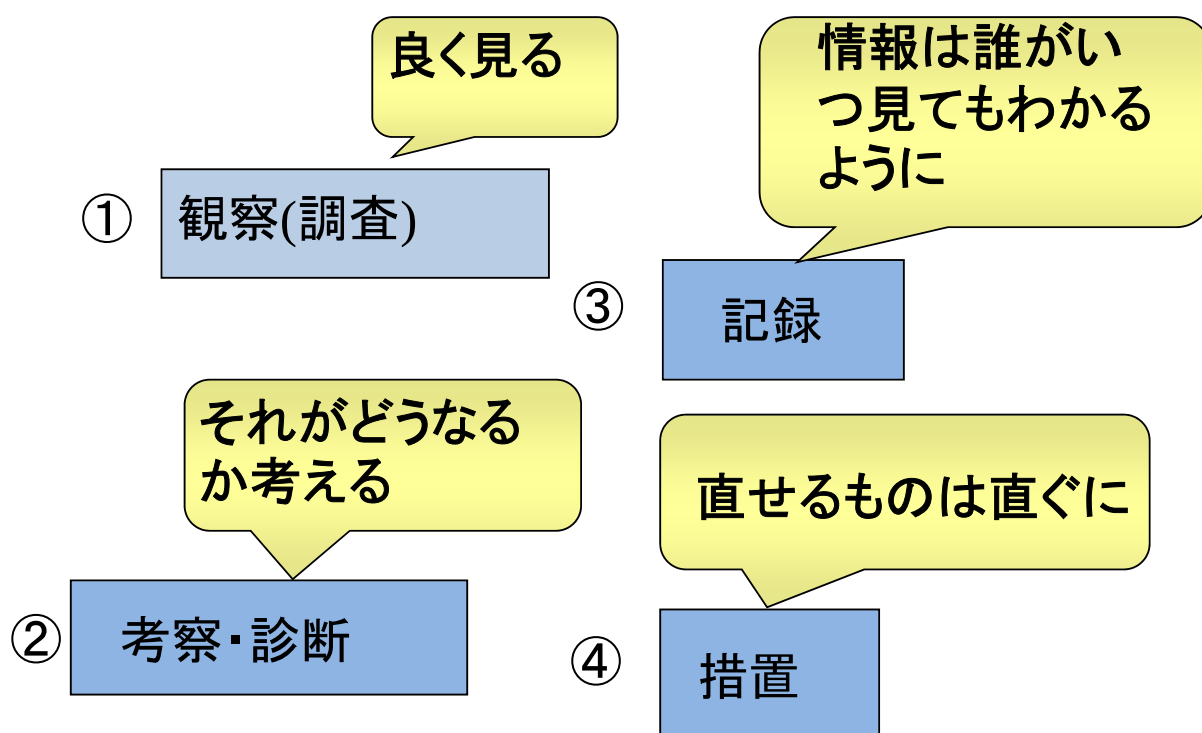
目的

- ・常時は変形・崩壊させてはいけない
- ・豪雨時、地震時でも可能な限り変形・崩壊させない
- ・変形・崩壊に対して被害を最小限にする

どうするか

- ・斜面の状態を常にできるだけ正確に把握し、危険性を評価する
- ・日常の検査・点検で早期に災害要因を発見すること
- ・必要であれば早急に措置する

斜面防災施設の維持管理の基本事項



斜面防災施設の維持管理のための検査

検査の種類

○巡回検査(パトロール)

- ・斜面の変状や部分的な崩壊などの早期発見を目的とする
- ・子細な部分までの調査は期待していない
- ・線路巡回時に行う

○定期検査(全般検査)

- ・定期的(2年に1回を基本)に法面や付帯する防災施設の状態を**目視**で調査し変状や崩壊の兆候を発見する
- ・前回の検査結果との比較 災害歴などを参考にする
- ・場合によっては計測や詳細調査の必要性の可否を判断する
→個別検査
- ・斜面マップ、カルテの作成が効果的

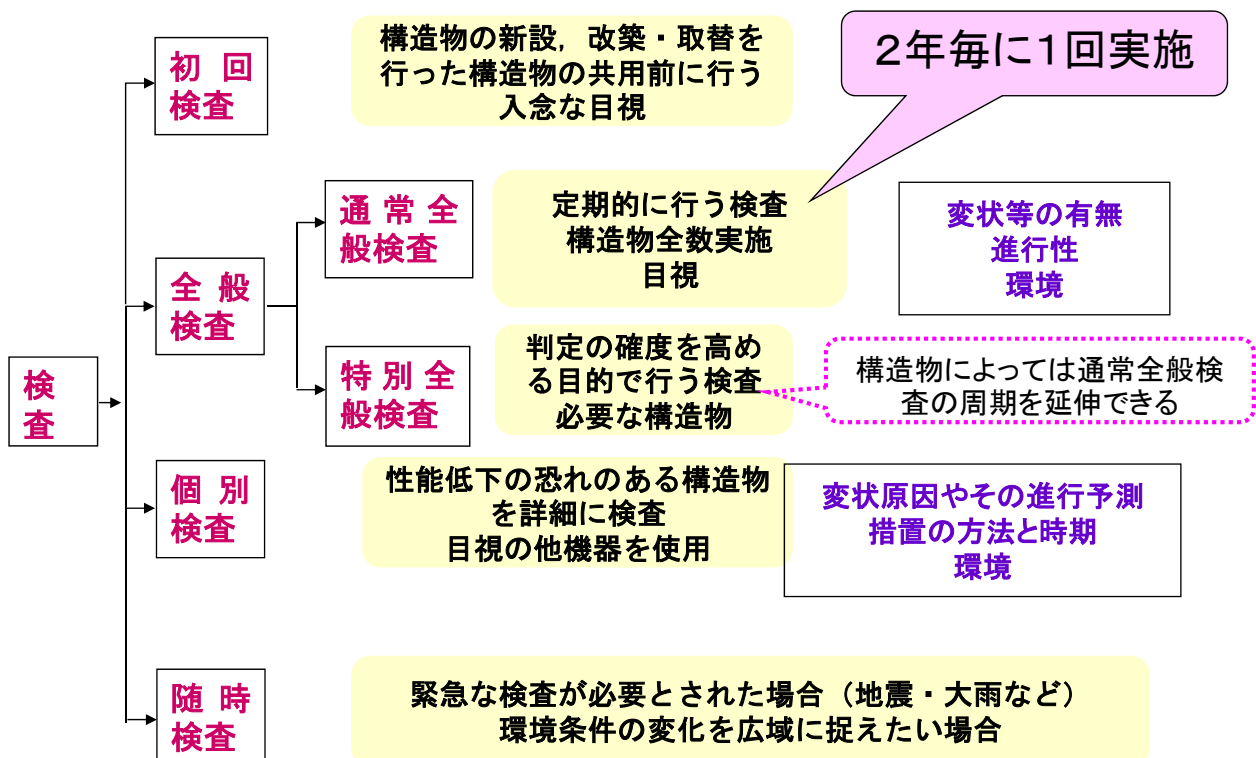
○詳細検査(個別点検)

- ・健全性が低いと判断された箇所
- ・定期検査では健全性が不明とされた箇所
- ・目視だけでなく、計測機器などを使用
- ・措置の必要性、またその時期を判断

○随時(臨時)検査

- ・異常時点検
 - 豪雨や地震後の検査
パトロール車 徒歩
- ・その他不定期検査
 - 空中査察 広域調査 雪崩パトロールなど

斜面の検査体系(各構造物共通)



斜面防災施設の調査と健全度判定の観点

斜面（盛土、切土）が崩壊するかどうか？
崩壊することによって鉄道や道路などの
基盤施設に被害が生じるか？

すなわち

☆対象とする斜面でどのような被害が発生するか？

- ・斜面崩壊，地すべり
- ・盛土・切土などの人工法面崩壊
- ・落石
- ・土石流 など

☆その時、現在の**防災施設**で被害を最小化できるか？

↳ 設置時の機能（目的）果たしているか？
不足していないか？

斜面の主な特性

- ・斜面の変状や崩壊には、それら自体の状態のみならず、周辺の環境条件が影響する
- ・植生が繁茂している場合には変状を発見しにくい
- ・亀裂等の変状を発見した時には安定性が著しく低下している場合があり、その場合には緊急の措置が必要となる
- ・変状等が現れることなく突発的に崩壊に至る場合がある
- ・大雨時など斜面の強度が最も低下する時点での安定性を推定する必要がある など



変状に対する診断と不安定性に対する診断

☆不安定性・・・対象斜面で崩壊が発生しやすいのか？
（立地条件、地質条件、周辺環境変化など）

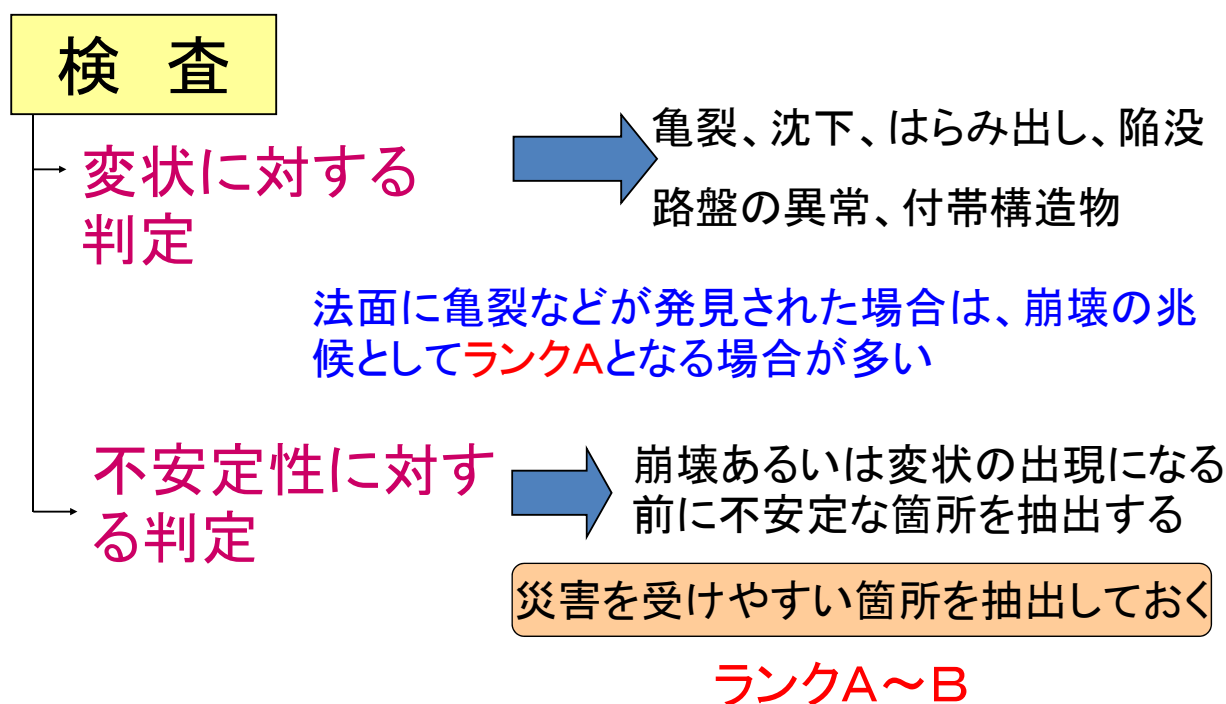
斜面防災施設の健全度と措置

斜面の健全度と措置の考え方

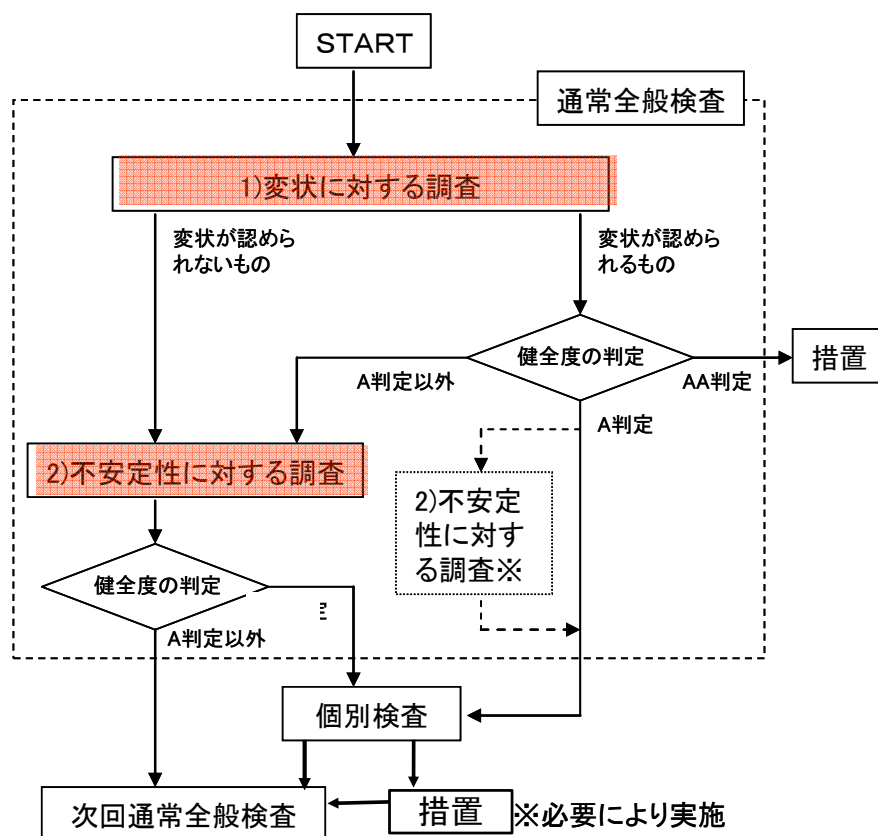
健全度	旅客などへの影響	変状などの程度	措置など
AA	脅かす	重大	緊急に措置
A	将来脅かす	構造物としての機能が低下	必要な時期に措置
B	進行すれば健全度Aに		必要に応じて監視
C	現状では影響なし	軽微	次回検査時に重点的に調査

Aランクであれば、基本的に近い将来までに何らかの措置が必要

斜面防災施設の検査と健全度判定



斜面防災施設の検査フロー



維持管理では記録が大切

鉄道検査で行われている記録の例

この他に、地形図、地質図、調査写真、過去の災害事例等を同時に残す

斜面管理マップ No.130線名		駅間	～	キロ程	～	延長	m	調査日	年	月	日															
〈スケッチ平面〉 						〈スケッチ断面〉 																				
点検概要 〈区間概要〉 ・区間中央付近に沢があり、流水を横断水路ボックス涵管で導いている。 ・○○○……△△△……			検査時の着眼点 ①斜面上方の沼地と線路までの清水、沼地状態の確認 ②土側溝の湛水、堆泥状態の確認 ③のり面の転石の安定性の確認 ④のり肩の沈下、やせ状況の確認			変状に対する判定 健全度判定AAI (A) B 変状 のり肩の沈下・やせ 線路方向0mにわたって沈下・やせが生じている。			不安定性に対する判定 不安定性 総合判定 (A) B C S																	
想定される被災形態 <table border="1"> <tr> <th>形態</th> <th>発生部位</th> <th>コメント</th> </tr> <tr> <td>土砂流入</td> <td>○○○000m付近右斜面</td> <td></td> </tr> <tr> <td>落石</td> <td>○○○000m付近右斜面</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			形態	発生部位	コメント	土砂流入	○○○000m付近右斜面		落石	○○○000m付近右斜面											特記事項 雨天時には、沼地周辺の状況について特に注意が必要である。					
形態	発生部位	コメント																								
土砂流入	○○○000m付近右斜面																									
落石	○○○000m付近右斜面																									

健全度に基づく措置

措置の種類

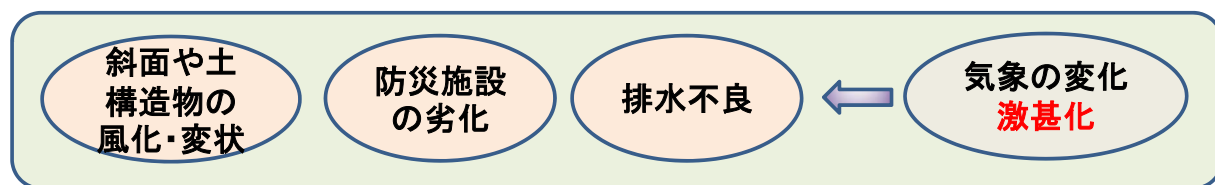
監視	計測機器などで継続して把握する 他の箇所より注意深く調査する → 多頻度調査
補修・補強	法面防護 線路際対策
使用制限	運転規制(停止・徐行など) 近接する通路などへの通行(立ち入り)禁止
改築・取替	他構造への変更など

健全度Aと判定された箇所から順次、補修補強
することが必要であるが、その間監視モードで
措置するということもある

多種・多様な斜面防災施設の措置



斜面防災施設の維持管理と措置・長寿命化



各種施設が目的とする機能を発揮

列車の安全走行空間(安全な社会生活空間)の確保

個々の施設の管理と長寿命化

斜面全体系の長寿命化

線区
の特性
列車本数、速度
被災時の影響など

定量的リスク評価の
導入が求められる

高速道路の防災施設の老朽化対策

株式会社高速道路総合技術研究所 道路研究部土工研究室

主任研究員 藤原優

1. はじめに

グラウンドアンカー（以下、アンカー）は、材料手配が容易で施工が早いことや、急峻斜面で資機材搬入状況が困難な現場においても比較的小型の機械で施工できることから、のり面崩壊対策や地すべり対策のための抑止工として多く用いられている。 （社）日本アンカー協会の調べでは、平成 17 年の 1 年間の施工実績は、工事件数 2,287 件、総延長 1,670km 余りとなっており、NEXCO3 会社が管理する高速道路（以下、高速道路）に存在するアンカーは 12 万本以上にものなる（図-1）^{2,3)}。

アンカーは長尺なものが多く、大部分が不均質な自然地盤に存在する。また、アンカー頭部は厳しい自然環境にさらされており、鋼材の腐食や劣化が進行しアンカーの機能低下につながるものが懸念される。アンカーの維持管理については、「グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説（社団法人地盤工学会）」⁴⁾や「グラウンドアンカー維持管理マニュアル（独立行政法人土木研究所、社団法人日本アンカー協会共編）」⁵⁾等の技術基準に、供用後においてもアンカーが適切に機能するように鋼材の状態や引張り材の残存引張り力を確認するよう示されている。

グラウンドアンカーは、昭和 63 年に旧土質工学会（現在の社団法人地盤工学会）の基準⁶⁾が改定されており、図-2 に示すように、防食の仕様が改善されている⁷⁾。この防食基準に対応していないアンカーを「旧タイプアンカー」、対応したものを「新タイプアンカー」と呼んで区分している。旧タイプアンカーの中には、図-3 に示すように鋼材の腐食進行により所定の機能を維持できていないものが数多く確認されている。こうした背景から、2015 年 3 月に高速道路のリニューアルプロジェクトが事業認可されており、機能低下の著しい旧タイプアンカーが施工されたのり面の対策へ向けた検討が全国的に展開されている⁸⁾。

本論は、高速道路のリニューアルプロジェクトで行うアンカーの老朽化対策への取り組みについて、最近の施工事例などを踏まえて述べる。

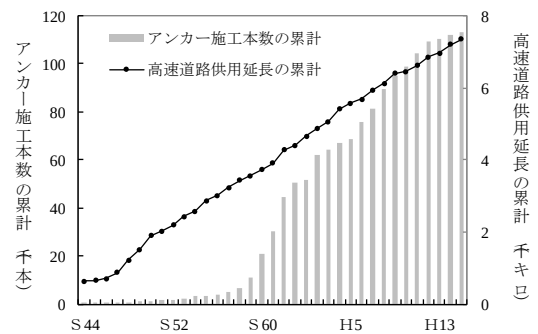


図-1 高速道路におけるアンカーの施工状況²⁾

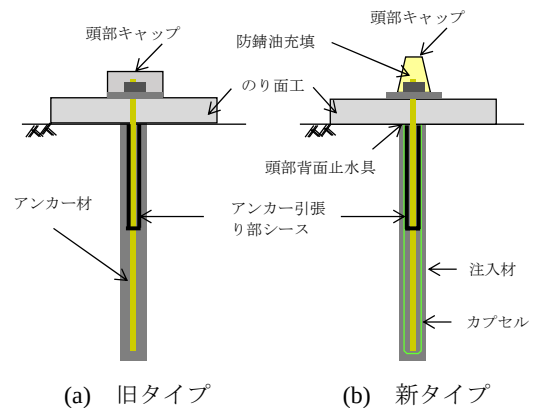
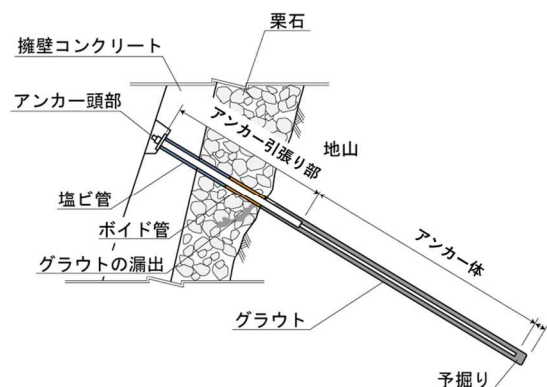


図-2 旧タイプアンカーと新タイプアンカー⁷⁾



図-3 グラウンドアンカーの腐食



(a) 調査対象アンカー



(b) 調査状況

図-4 旧タイプアンカーの掘り起こし調査^{7),9)}

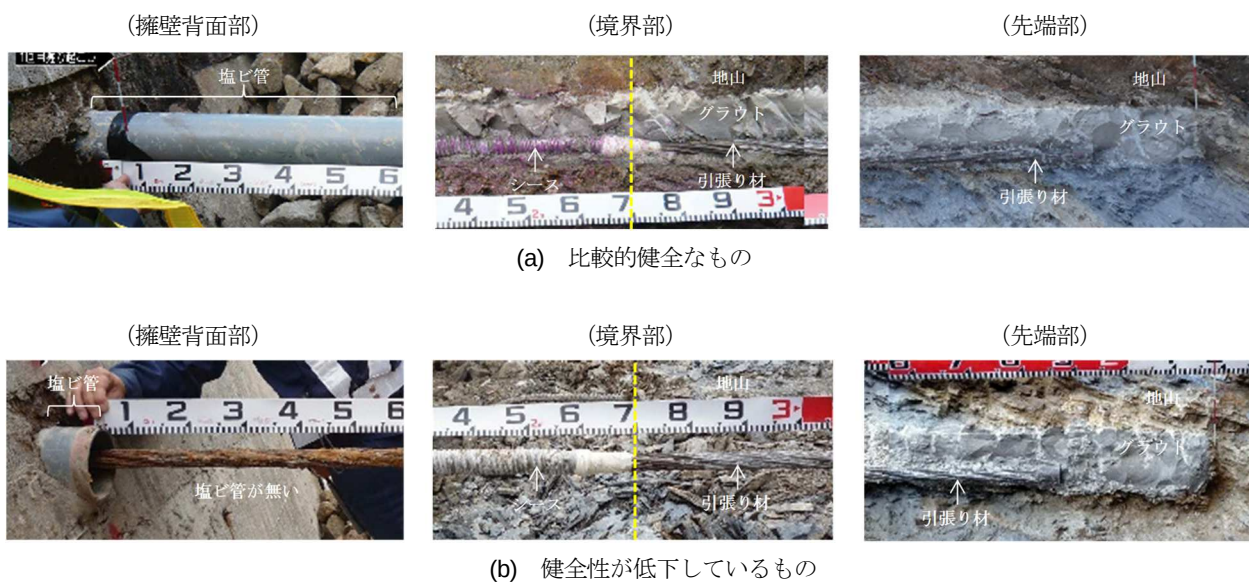


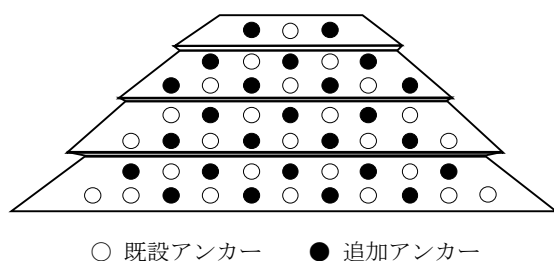
図-5 旧タイプアンカーの状況^{7),9)}

2. アンカーの老朽化の実態^{7),9)}

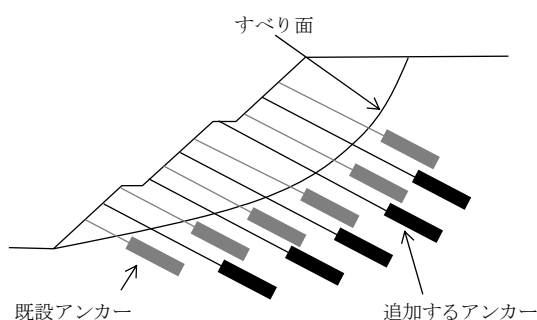
旧タイプアンカーの主な機能低下の要因は、アンカー頭部とアンカー引張り部の境界付近で発生する鋼材の腐食進行による。また、アンカー引張り部とアンカー体の境界付近でも鋼材の腐食が進行しやすく、機能低下の要因となる場合がある。これに対して、アンカーは大部分が地中にあるため、鋼材の腐食状況を直接確認することが困難な状態にある。

高速道路では、地中に存在するアンカーの腐食進行の実態を明らかにするために、図-4に示す高速道路のり面の擁壁に施工されたアンカーの掘り起こし調査を行っている。調査対象アンカーは、昭和49年

頃に施工されており、調査時点において施工後約35年が経過している。図-5(a)は、比較的鋼材が健全であったアンカーの擁壁背面部、アンカー引張り部とアンカー体の境界付近、アンカー体の先端部の状況を示している。擁壁背面部では、引張り材は塩ビ管とボイド管で保護されており、引張り材に腐食があるものの断面欠損までには至っていなかった。また、アンカー引張り部やアンカー体においてもシースによる防錆とグラウトの充填が確実にに行われており、鋼材は健全な状態を維持できていた。一方、図-5(b)は、腐食の発生により鋼材の健全性が低下したアンカーの擁壁背面部、アンカー引張り部とアンカー体の境界付近、アンカー体の先端部の状況を示してい



(a) 平面図



(b) 断面図

図-6 追加アンカーの配置例⁸⁾

る。擁壁背面部では、ボイド管が無く引張り材が露出した状態であった。アンカー引張り部のシースは、腐食進行などにより部分的に亡失している状況が確認された。アンカー引張り部とアンカー体の境界付近は、境界付近からシース内にグラウトが逸流した形跡がみられた。アンカー体の部分については、グラウトが確実に充填されており、顕著な鋼材の腐食は認められなかった。

旧タイプアンカーの掘り起し調査の結果から、施工時の防食処理が確実に実施されているかどうかによって、アンカー毎で腐食進行が異なっている状況が確認された。

3. 高速道路のリニューアルプロジェクト

高速道路の供用年数は、最も長いもので40年以上を経過している。このため、従来の維持管理・修繕では高速道路の健全性を長期にわたり維持することが困難となることが危惧される。こうした背景から、NEXCO3 会社は「高速道路資産の長期保全及び更新のあり方に関する技術検討委員会」による提言¹⁰⁾を受けて、今後の大規模な修繕補修等の事業を国に申請し、2015年3月に3兆64億円で15年間の工事実



図-7 増し打ちする新タイプアンカー



図-8 供用中区間での工事状況

施認可を受けた¹¹⁾。この「高速道路のリニューアルプロジェクト」は、高速道路の本体構造物のライフサイクルコストの最小化、予防保全および性能向上の観点から、必要かつ効果的な対策を講じることにより、高速道路ネットワーク機能を長期にわたり健全に保つために行うものである。またこの事業は、高速道路の本体構造物を最新の技術で再施工することにより、現在の新設構造物と同等またはそれ以上の性能を確保し、機能維持と性能強化を図る「大規模更新」と、高速道路の本体構造物を最新の技術で補修・補強することにより、建設当初と同等またはそれ以上の性能・機能を確保するとともに長寿命化を図る「大規模修繕」に分類される。

旧タイプアンカーの老朽化対策は、図-6 に示すように、既設の旧タイプアンカーの近傍に新タイプアンカー（図-7）を追加する対策が主な工事内容となり大規模修繕に該当する。対策工事は供用中の高速道路のり面で行うため、本線に近接する箇所で工事を行う場合は、図-8 に示すように高速道路を一部規制して作業を行うなど、時間的・空間的な制約を伴うことになる。

4. アンカーの老朽化対策への取り組み

高速道路のリニューアルプロジェクトで行うアンカーの老朽化対策は、対策箇所の優先度などを考慮して計画的に事業が行われている。特に、NEXCO 西日本管内は旧タイプアンカーの数量が NEXCO 全体の中でも多く、NEXCO 東日本・中日本よりも先行して工事が進められている。アンカーの大規模修繕事業は、沖縄自動車道のり面で最初に行われ、現在は長崎自動車道、米子自動車道などのり面でも工事に着手している⁸⁾。平成 30 年 3 月時点において、工事を完了している沖縄自動車道、長崎自動車道、米子自動車道のり面の状況について紹介する。

(1) 沖縄自動車道の事業⁸⁾

図-9 は沖縄自動車道で事業が行われたのり面の一つである。この路線では、1 本より線のくさび定着方式のアンカーが施工されたのり面が複数存在している。旧タイプアンカーの多くは、アンカー体からの引張り材の引き抜けや、引張り材を固定するくさびの劣化などにより、アンカーの緊張力が全体的に低い範囲でばらついた状態にあり、ゼロ荷重状態にまで低下しているものも存在する。図-9 は施工が完了したのり面の状況を示しており、法枠内に受圧構造物を設け、ナット定着方式の新タイプアンカーを施工している。

(2) 長崎自動車道の事業⁸⁾

図-10 は長崎自動車道で事業が行われたのり面の一つである。アンカーの施工範囲はのり面下段であり、沖縄自動車道のり面と同様に、法枠工の交点に 1 本より線のくさび定着方式の旧タイプアンカーが設置されている。こののり面の旧タイプアンカーは、アンカー体からの引張り材の引き抜けや、引張り材を固定するくさびの劣化などによりアンカーの緊張力が全体的にばらついた状態にある。

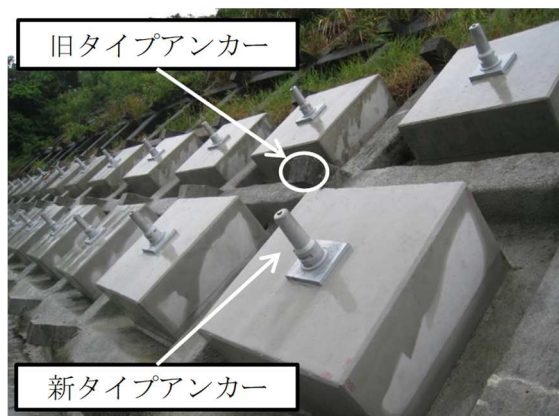
のり面の最下段は高速道路本線に近接するため、高速道路を規制して工事ヤードを確保し、法枠内に



(a) 施工状況



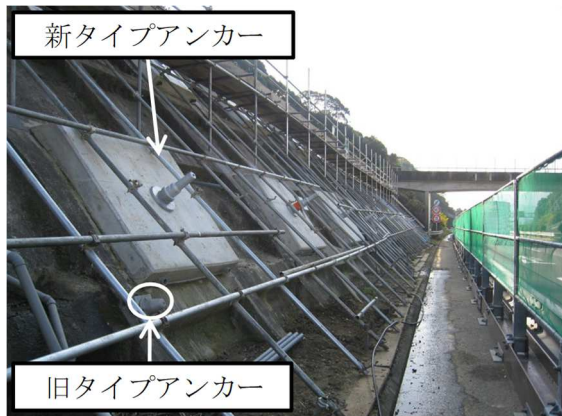
(b) 1 本より線のくさび定着方式のアンカー



(c) 施工完了後の状況

図-9 沖縄自動車道のり面⁸⁾

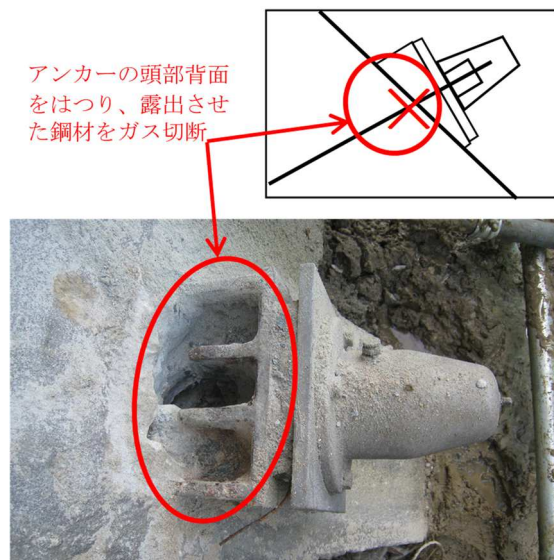
受圧構造物を設けナット定着方式の新タイプアンカーを増し打ちする工事が行われた。またこの現場では、のり面が高速道路本線に近接していることや将来の維持管理の負担などを考慮して、既設の旧タイプアンカーの緊張力を除荷する検討が行われた。この結果、図-10(b)、図-10(c)に示すように、アンカー



(a) 施工状況



(b) 旧タイプアンカーの緊張力の除荷作業



(c) アンカーの頭部背面のハツリ状況

図-10 長崎自動車道ののり面⁸⁾

の頭部背面のコンクリートをブレイカではつって鋼材を露出させ、ガスで切断する方法が採用された。



(a) 施工状況



(b) 鋼棒タイプの旧タイプアンカー

図-11 米子自動車道ののり面⁸⁾

緊張力除荷の作業時には、アンカーの飛び出しに対する防護対策を実施し、安全面にも十分に配慮すると同時に、新タイプアンカーの一部に荷重計を設置し、緊張力の変化を確認しながら施工が行われた。また、旧タイプアンカーを切断してアンカー頭部を撤去した後は、アンカー孔にポリマーセメント系のモルタルを充填した修復が行われた。なお、当該のり面では、工事完了後も新タイプアンカーの緊張力を定期的に計測しているが、緊張力が極端に変化するような現象は発生しておらず、のり面は現在においても安定した状態にある。

(3) 米子自動車道の事業⁸⁾

図-11 は米子自動車道で事業を実施中ののり面の一つを示している。こののり面には鋼棒タイプの旧タイプアンカーが設置され、モルタル吹付工による被覆が全面的に行われている。こののり面では、モルタル吹付上に受圧構造物を設け、ナット定着方式の新タイプアンカーが施工された。旧タイプアンカ

一は、破断による飛び出しが懸念される鋼棒タイプであり、将来の維持管理の負担などを考慮して、緊張力の除荷を視野に入れた検討が行われた。緊張力の除荷にあたっては、旧タイプアンカーが比較的高い緊張状態にあったことや、のり面が7段以上と長大かつ急峻であることから、緊張力管理は、新タイプアンカーだけでなく、旧タイプアンカーについても実施した。図-12は、新タイプアンカーを施工して旧タイプアンカーの緊張力を除荷するまでの順序を示しており、以下にこの内容を述べる。

STEP 1

- 既存の旧タイプアンカーの調査結果から施工開始前の緊張力の分布状況を確認。
- 一部の旧タイプアンカーについて緊張力のモニタリングを開始。

STEP 2

- 新タイプアンカーを上段から施工。
- 一部の新タイプアンカーについて緊張力のモニタリングを開始。

STEP 3

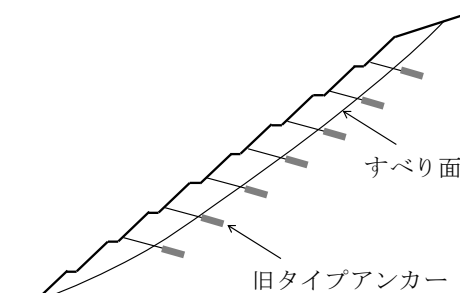
- 新・旧タイプアンカーの緊張力変化の状況を分析し、旧タイプアンカーに緊張力増加などの異常が発生していないことを確認して除荷を開始。
- 旧タイプアンカーの緊張力の除荷は、ガスでナットを切断する方法により行う。

米子自動車道ののり面は、この手順に従い施工を行うことで、図-13に示すように変状を発生させることなく全ての旧タイプアンカーの緊張力の除荷を完了した。

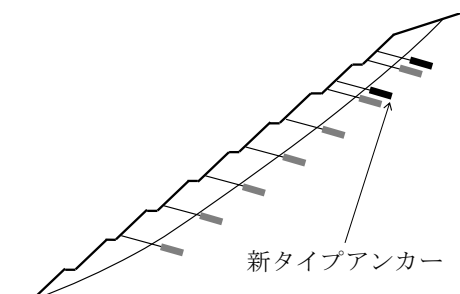
5. おわりに

アンカーは材料手配が比較的容易であり、短期間で施工できる利点から広く用いられてきた。しかし、高速道路リニューアルプロジェクトの対象とする切土のり面の多くは安定した状態にあり、工法選定の計画段階において将来の維持管理にも留意し、アンカー以外の工法についても比較・検討することが望ましい¹²⁾。しかし、供用中の急峻なり面で大規模な抑止杭などを施工する場合は施工が大掛かりとなるため、対策の多くが追加アンカーを採用している。

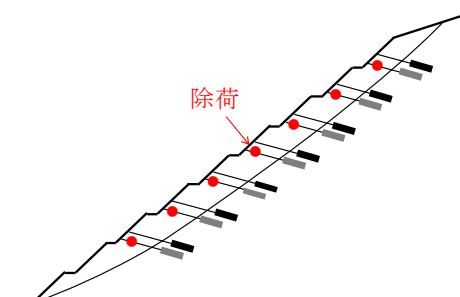
高速道路のリニューアルプロジェクトが全国的に展開される中で、アンカーの老朽化対策の課題解決



STEP 1 旧タイプアンカーの緊張力を確認



STEP 2 新タイプアンカーを上段から施工



STEP 3 旧タイプアンカーの除荷を開始

図-12 旧タイプアンカーの緊張力除荷の順序⁸⁾



図-13 施工完了後の状況

へ向けた検討を行うとともに、アンカー以外の工法の適用の可能性を考えていく必要がある。

今後も、事業の進捗と併せて、設計・施工に関す

る事例を収集・分析し、既設アンカーの緊張力の除荷の具体的な手順などについて具体化していく予定である。

参考文献

- 1) 藤原優, 竹本将, 横田聖哉: 高速道路におけるグラウンドアンカーの健全度評価, 地盤工学会誌, Vol.57, No.6, 2009.
- 2) 藤原優, 酒井俊典: グラウンドアンカーのリフトオフ試験方法に関する研究, 土木学会論文集 C (地圏工学), Vol. 67, No. 4, 2011.
- 3) 大窪克己, 竹本将, 天野淨行: 高速道路のグラウンドアンカーについて, 日本道路会議論文集, Vol.27, 2007.
- 4) 地盤工学会: グラウンドアンカー設計・施工基準, 同解説, 2012.
- 5) 独立行政法人 土木研究所, 社団法人 日本アンカー協会: グラウンドアンカーの維持管理マニュアル, 2008.
- 6) 土質工学会: グラウンドアンカー設計・施工基準, 同解説, 1988.
- 7) 殿垣内正人, 竹本将, 藤原優, 野崎晃, 矢野法孝: グラウンドアンカーの維持管理における課題解決に向けた取り組みについて, 基礎工 41(10), 2013.
- 8) 藤原優, 和地敬, 村上豊和, 福田滉人, 麻生太一, 佐藤誠: 特定更新等事業におけるグラウンドアンカーの老朽化対策への取り組み, 基礎工 45(10), 2017.
- 9) 藤原優: グラウンドアンカーの健全性評価方法に関する検討, 地盤工学ジャーナル 7(3), 2012.
- 10) NEXCO 東日本, 中日本, 西日本: 高速道路資産の長期保全及び更新のあり方に関する技術検討委員会(報告書), 2014.
- 11) 横田聖哉: 高速道路における土工構造物の補修・補強技術 (大規模特定修繕事業), 基礎工 45(10), 2017.
- 12) 藤原優, 和地敬: グラウンドアンカーの老朽化対策における課題と対応, 第 58 回地盤工学会北海道支部技術報告会, pp.333-336, 2017.

(公社)日本地すべり学会関西支部シンポジウム

橋梁分野における長寿命化計画と維持管理について

平成30年4月17日

復建調査設計(株) 鈴木智郎

話の内容

- 橋梁の定義と種類
- 国土交通省 道路橋の老朽化対策
- 対策が遅れてしまった結果
- ご臨終を迎えた橋梁
- 長寿命の構造物を見してみる
- 橋梁長寿命化のための着目点
- 橋の耐用年数？

橋梁の定義と種類

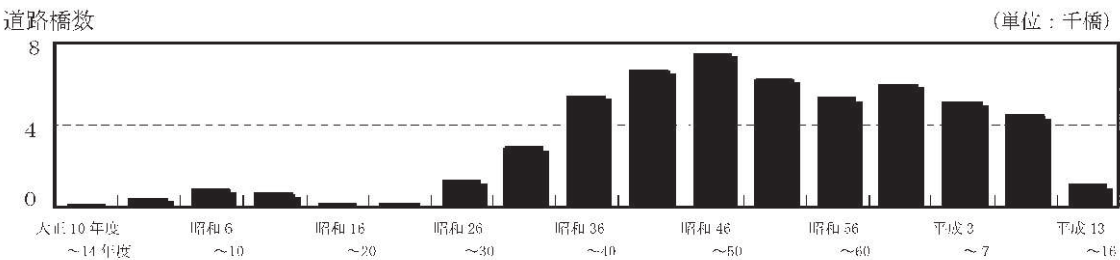
- 橋とは輸送の障害となる河川、道路、鉄道等の上方にこれらを横断するために作られた構造
 - 長さ2m以上、土被り1m以下のコンクリート、鉄、石、木製の構造
 - 橋の維持管理は、国、地方自治体、鉄道会社など管理者、管轄で異なる。
国土交通省管轄：道路橋 鉄道橋 港湾橋 歩道橋
農水省管轄：農道橋 林道橋 漁港橋
厚生労働省管轄：水路橋
民間橋梁
- このうち、最も平均年齢の高いのは鉄道橋で推定60才、道路橋は40才
- ここでは 道路橋を主眼として話を進める

国土交通省 道路橋の老朽化対策

国土交通省道路の老朽化対策 の資料より引用



③ 道路橋の建設年度別設置状況



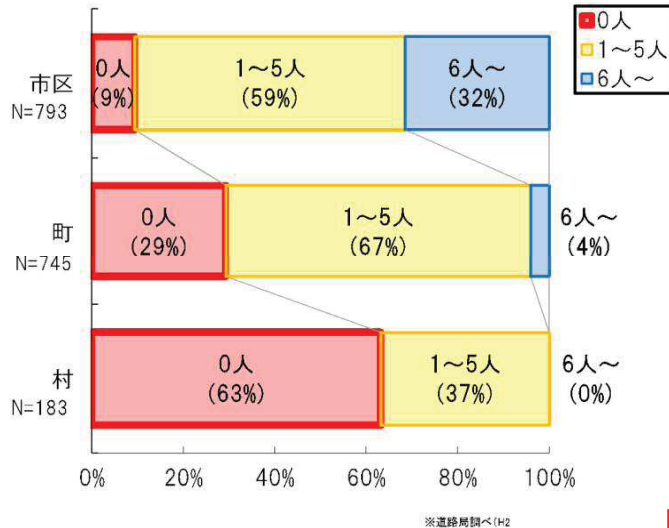
(注) 1 国土交通省の資料に基づき当省が作成した。
2 国道・都道府県道の道路橋を対象とした。

国土交通省道路の老朽化対策 の資料より引用

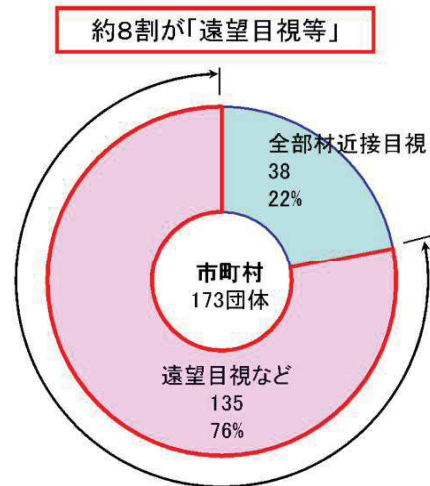
地方公共団体の現状(技術者、点検方法)

町の約3割、村の約6割で橋梁保全業務に携わっている土木技術者が存在しない
地方公共団体の橋梁点検要領では、遠望目視による点検も多く(約8割)、点検の質に課題あり

■市区町村における橋梁保全業務に携わる土木技術者数



■地方公共団体が用いている橋梁点検要領の点検方法



国土交通省道路の老朽化対策 の資料より引用

H19年4月 長寿命化修繕計画策定事業費補助制度要綱（国土交通省道路局長通知）に基づき、補助を受けて策定した道路橋の長寿命化修繕計画については、遅滞なく公表し、各地方整備局長に提出することを義務付け

H24年12月 笹子トンネル天井板落下事故

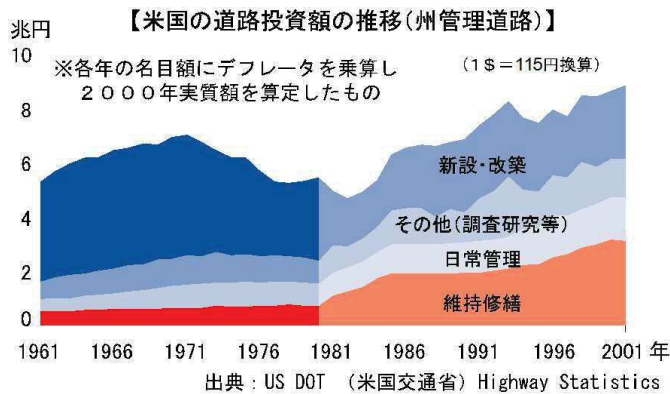
H26年4月 最後の警告ー今すぐ本格的なメンテナンスに舵を切れ
社会資本整備審議会 道路分科会 →国土交通省へ提言

道路法施行規則(平成26年3月31日公布、7月1日施行) (抄)
(道路の維持又は修繕に関する技術的基準等)
点検は、**近接目視**により、**五年に一回の頻度**で行うことを基本とすること。

「道路メンテナンス会議」による地方公共団体の取組に対する体制支援

対策が遅れてしまった結果→ 荒廃するアメリカ

1930年代のニューディール政策により大量に建設された道路構造物に、その50年後、1980年代になると、老朽化による崩落、損傷、通行止めが相次ぎ、「荒廃するアメリカ」と呼ばれる状況に。



【マイアナス橋の崩壊(1983年)】



【損傷が進んだ舗装】



【有料橋の床版補修】

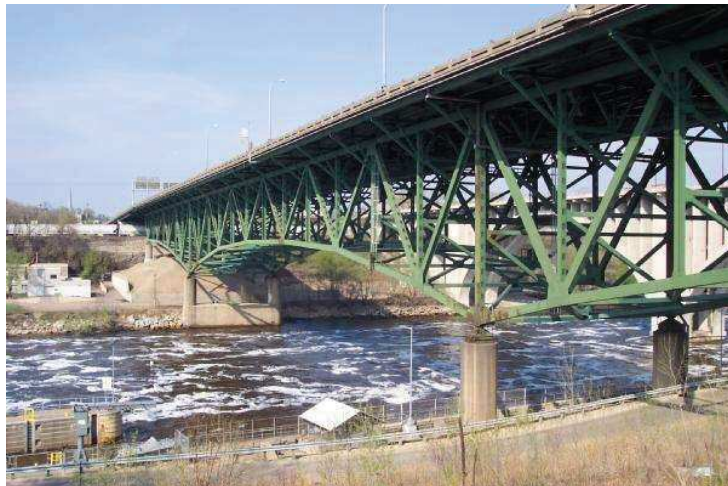


出典:「欧米主要国道路の光と影」(1984年 日本道路協会)



マイアナス橋がある
コネチカット州

国土交通省道路の老朽化対策 の資料より引用



依然として荒廃するアメリカ
2007年
ミネソタの高速道路落橋事故
9人が死亡、100人以上が負傷



ご臨終を迎えた橋梁
コンクリート橋の塩害 → 撤去更新







長寿命の構造物を見てみる

なぜ 長寿命を保っているのか？

一概には言えないが、いくつか要素はあるようである

① 構造形式 :アーチ構造

古代ローマ・水道橋

長崎・眼鏡橋、京都・七条大橋

② 材料品質管理 :小樽港北防波堤

③ 適切な管理の持続 :橋守 餘部鉄橋



建設年	経過 年	名称	都市	構造形式	長さ (高さ)	備考
378	1640	ヴァレンス水道橋	イスタンブル	アーチ橋	約800m	東ローマ帝国時代の遺跡 世界文化遺産



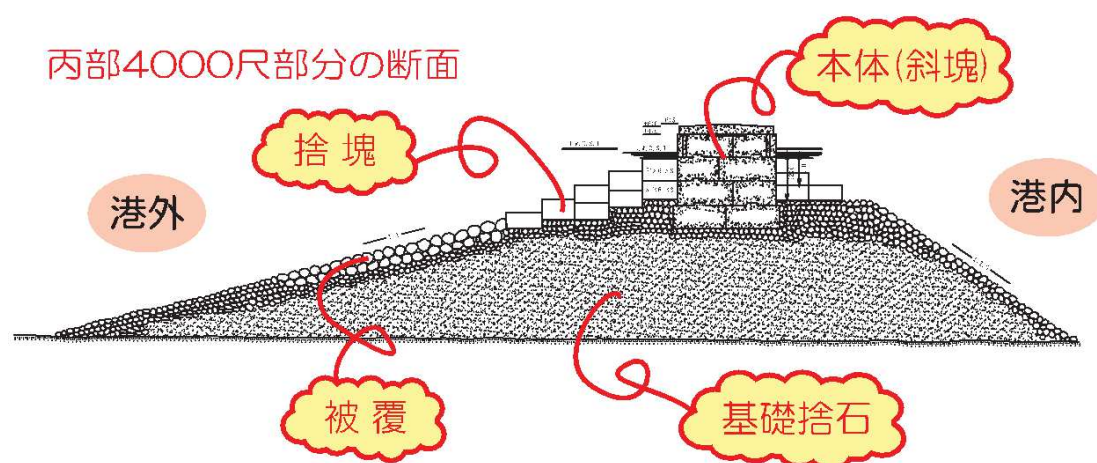
長崎 出島橋

本州で最古の橋 1634年 384歳



京都 七条大橋

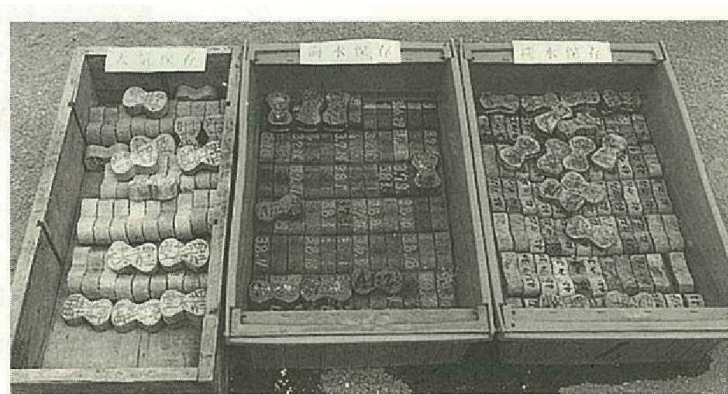
道路橋として供用RC橋で最古の橋 (大正元年 106歳)



明治35年(116才) 小樽港北防波堤建設



[現在も活躍する北防波堤の斜塊部]



大気中、海水中、淡水中保存の3種類



写真-4 ひょうたん型ブリケット

6万個製作され、未だ数千個も残るテストピース

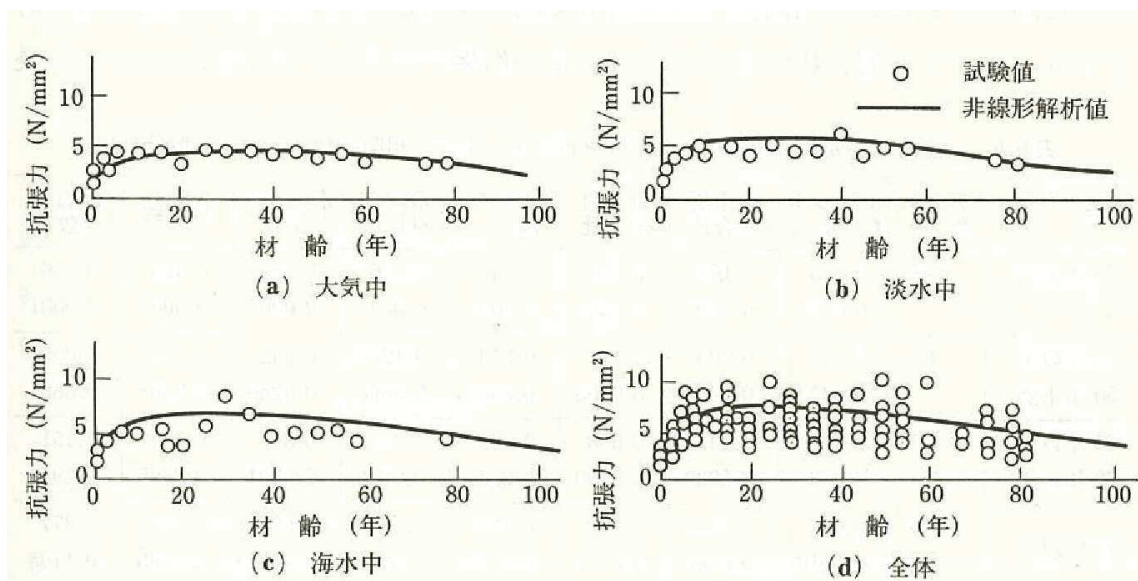


図 5.16 非線形解析結果 ($B \approx 0$, 火山灰：小樽火山灰)

コンクリートの長期耐久性

「小樽港百年耐久性試験に学ぶ」 技報堂出版より





橋守







明治23年(128才) 現役最古の鋼橋

橋梁長寿命化のための着目点

昭和62年から平成18年までに架け替え工事に着手した一般国道、主要地方道、一般都道府県道の橋長15m以上の橋梁**3265橋**の架替理由を分析したデータ

国総研資料第444号「橋梁の架替に関する調査結果(Ⅳ)」

平成20年4月

国土交通省国土技術政策総合研究所

主桁、床版の点検が大事

(腐食による損傷が深刻化している)

床版の劣化: 29%

疲労
塩害
中性化
アル骨
凍害

その他の劣化: 22%

支承の腐食
ほか

鋼材の劣化: 49%

腐食・発錆
疲労中性化
ゆるみ
脱落
破断
変形

鋼橋の架替 59橋

主桁、床版の点検が大事

床版の劣化: 27%

疲労
塩害
中性化
アル骨
凍害

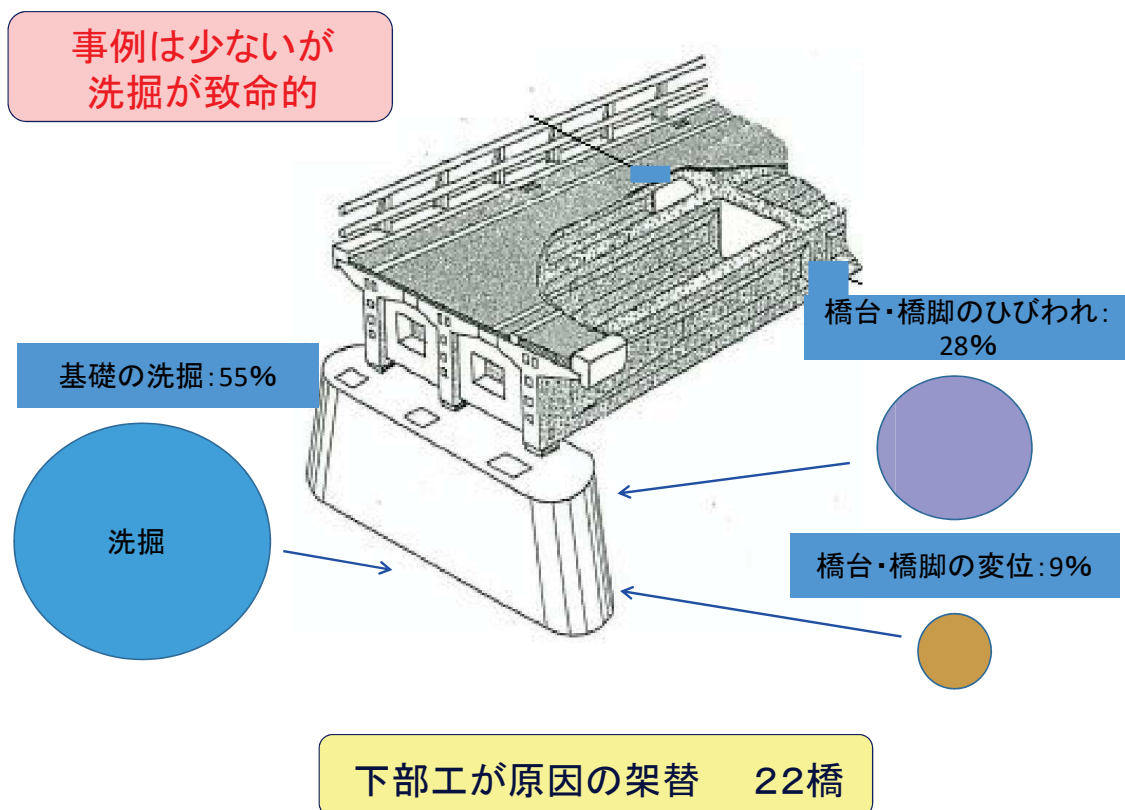
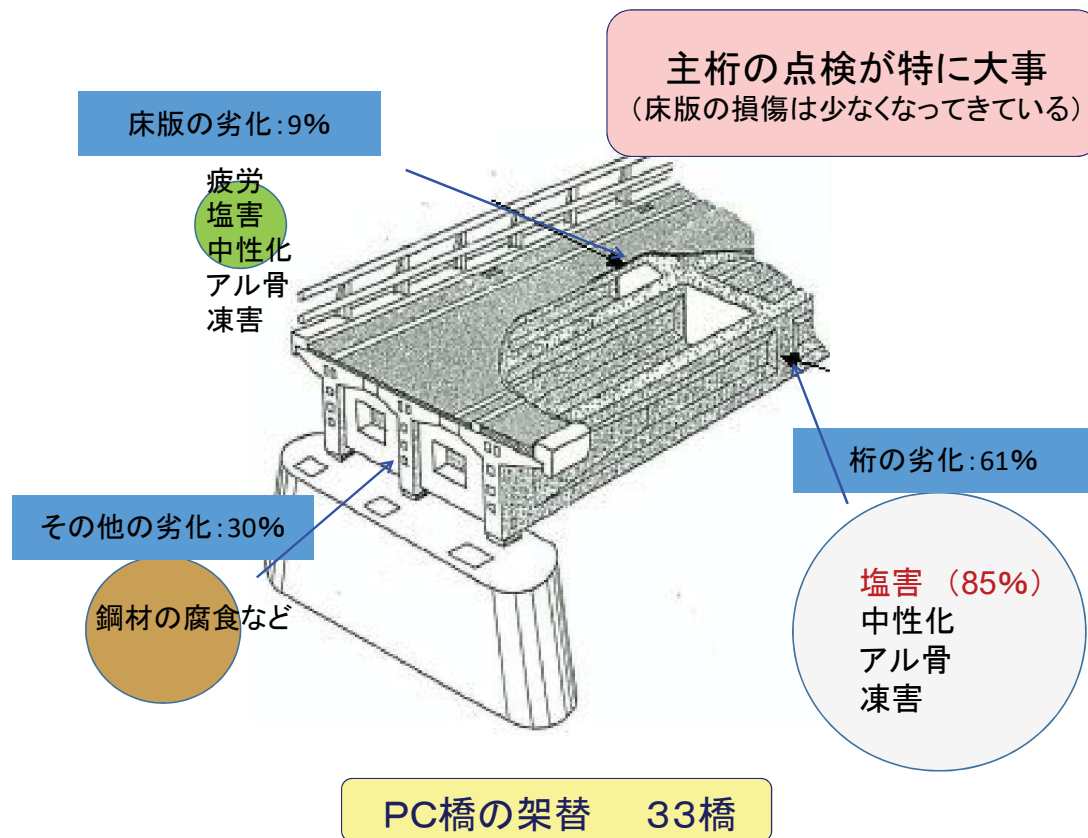
その他の劣化: 26%

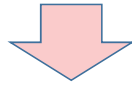
支承の腐食
ほか

桁の劣化: 47%

塩害 (特に多い)
中性化
アル骨
凍害

RC橋の架替 75橋





更新理由の多くが、主要耐力部材（桁、床版）の損傷が原因となっている。

橋梁長寿命化のためには、桁、床版の点検・維持管理に注力することが重要と言える。

主要部材 : 上部構造(桁、床版など)、下部構造(橋台、橋脚)、支承
→ 予防保全
その他部材 : 舗装、伸縮装置、高欄など
→ 事後保全

橋の耐用年数？

以前の設計では50年

根拠は減価償却資産の耐用年数に関する大蔵省令(昭和40年)で、鉄骨鉄筋コンクリート造又は鉄筋コンクリート造のものは60年、金属造のものは45年、木造のものは15年となっている。

日本道路協会「道路橋示方書」

→平成14年 100年耐用への切り替え

広島市 天満川 観音橋 平成18年撤去



最初の橋は大正2年(1913)に架設
昭和20年原爆で痛められ、続く台風で流出
昭和26年(1951)に架け替え
昭和37年歩道専用橋となる
平成14年通行止め
平成18年撤去完了→享年55歳









二つの視点

よくまあ、こんな危険な橋を供用していた。
利用者の安全を軽んじていないか

だましましにせよ、よくここまで供用した。
受身となって危ないというのは容易であり、安全を
見据えながら計算だけでは割り切れないギリギリを
判断して行く姿勢こそ技術者のあり方

高齢化社会の到来

老朽更新時代の到来

本音のところ、50歳で寿命を迎える橋梁は稀で、むしろ元気でピンピンしている方が多い。橋梁も人間も結構しぶとい。

しかし、確率的に必ず老朽化・劣化して危険な状態となる橋梁が増加してくることも事実。



早め早めの健康診断で延命化を図るべき

以上



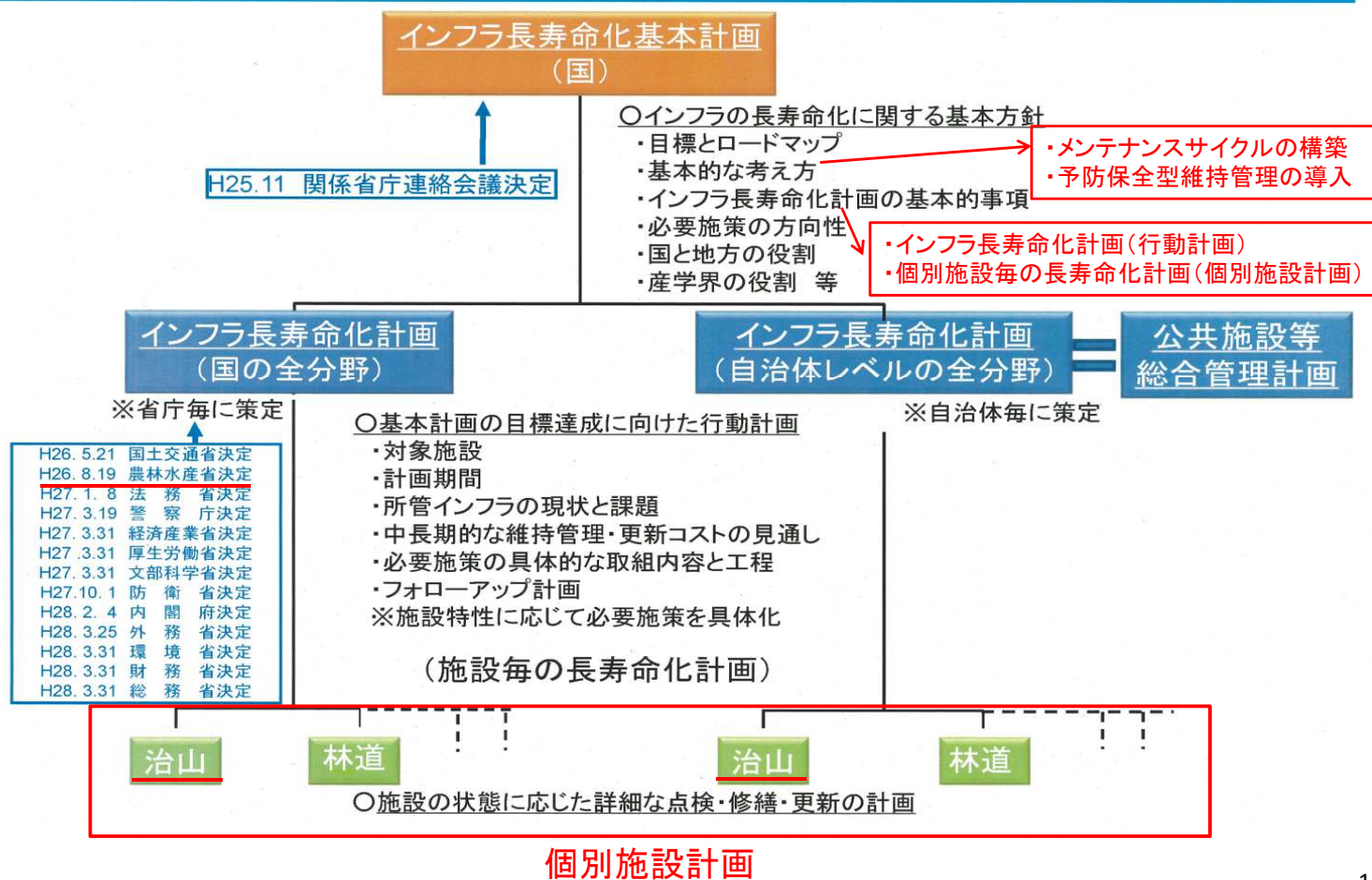
地すべり防止施設の長寿命化について

- インフラ長寿命化に向けた計画の体系
- 個別施設計画の策定（施設の点検、診断、対策の検討）
- 長寿命化対策の事例

平成30年4月

林野庁計画課施工企画調整室

インフラ長寿命化に向けた計画の体系（イメージ）



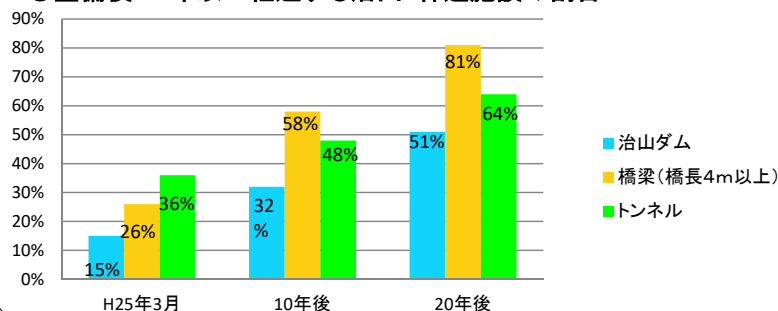
林野庁インフラ長寿命化計画（行動計画）（H26年8月19日）

- 治山対象施設: 治山台帳に記載された治山施設（但し、対象から除くことができる施設あり）
- 林道対象施設: 林道台帳に記載された橋梁、トンネル、その他重要な施設（ロックシェッドなど）
- 行動計画の内容
 - ・個別施設計画の策定
 - ・ロードマップ…平成32年を目処に策定（国直轄は30年度まで）
 - ・長寿命化対策に向けたガイドライン・マニュアルの作成

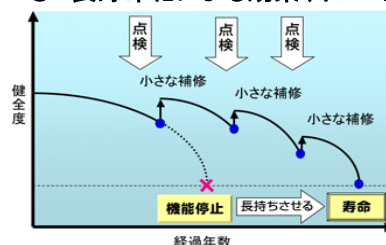
○対象施設数

施設	管理者	施設数
治山ダム	国	55,600 基
	都道府県	380,000 基
	合計	435,600 基
橋梁 (橋長4m以上)	国	11,880 橋
	都道府県	2,102 橋
	市町村	20,818 橋
	森林組合等	1,531 橋
	合計	36,331 橋
トンネル	国	146 本
	都道府県	182 本
	市町村	300 本
	森林組合等	5 本
	合計	633 本

○整備後50年以上経過する治山・林道施設の割合



○長寿命化による効果(イメージ)



予防保全型維持管理

老朽化の状況に応じて、予防的調査と機能保全工事を実施することにより、長期間にわたり使用可能となり、ライフサイクルコスト縮減が図られる。

2

個別施設計画に係る「ガイドライン」と「マニュアル」

治山施設に係る個別施設計画策定のためのガイドライン(H28年3月策定):
林野庁インフラ長寿命化計画(行動計画)に基づき、施設管理者が策定する個別施設計画について、考慮すべき基本的な考え方や手順を示したもの。

治山施設個別施設計画策定マニュアル(案)(H29年3月改訂版):

治山施設の点検、診断及び評価の方法等について整理

◆計画策定の範囲(治山施設)

対象施設: 溪間工、山腹工、地すべり防止工
海岸防災林造成、なだれ防止林造成

◆計画対象から除くことのできる施設に関する指針

- ・維持管理・更新等の必要が認められない施設
- ・第三者への影響が限定的な施設
- ・事後的措置により対応する施設等

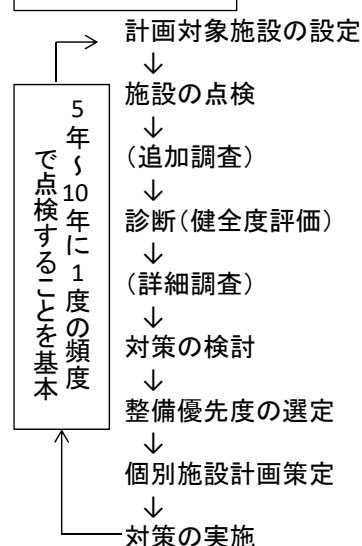
◆点検の種類、頻度等

- ・工種別、構造別の点検項目
- ・山地災害危険地区内等(5年に1回。それ以外は10年に1度)

◆健全度評価基準

◆過去の対策事例など

計画策定の流れ



3

治山施設個別施設計画（対象工種と点検の頻度）

◆主な対象工種

種 別	工 種
溪間工	谷止工、床固工、護岸工、流路工、水制工
山腹工	土留工、水路工、法枠工、グラウンドアンカー工、補強土工、吹付工、落石予防工、落石防護工
<u>地すべり防止工</u>	<u>水路工、ボーリング暗渠工、集水井工、杭工、アンカー工</u>
海岸防災林造成（防潮工）	防潮堤、防潮護岸、消波工、消波堤、突堤
なだれ防止林造成	発生予防工、誘導工、減勢工、防護工

※ 計画対象から除外できる施設あり。

なお、地すべり防止施設は、全ての施設で個別施設計画を策定することを基本とする。

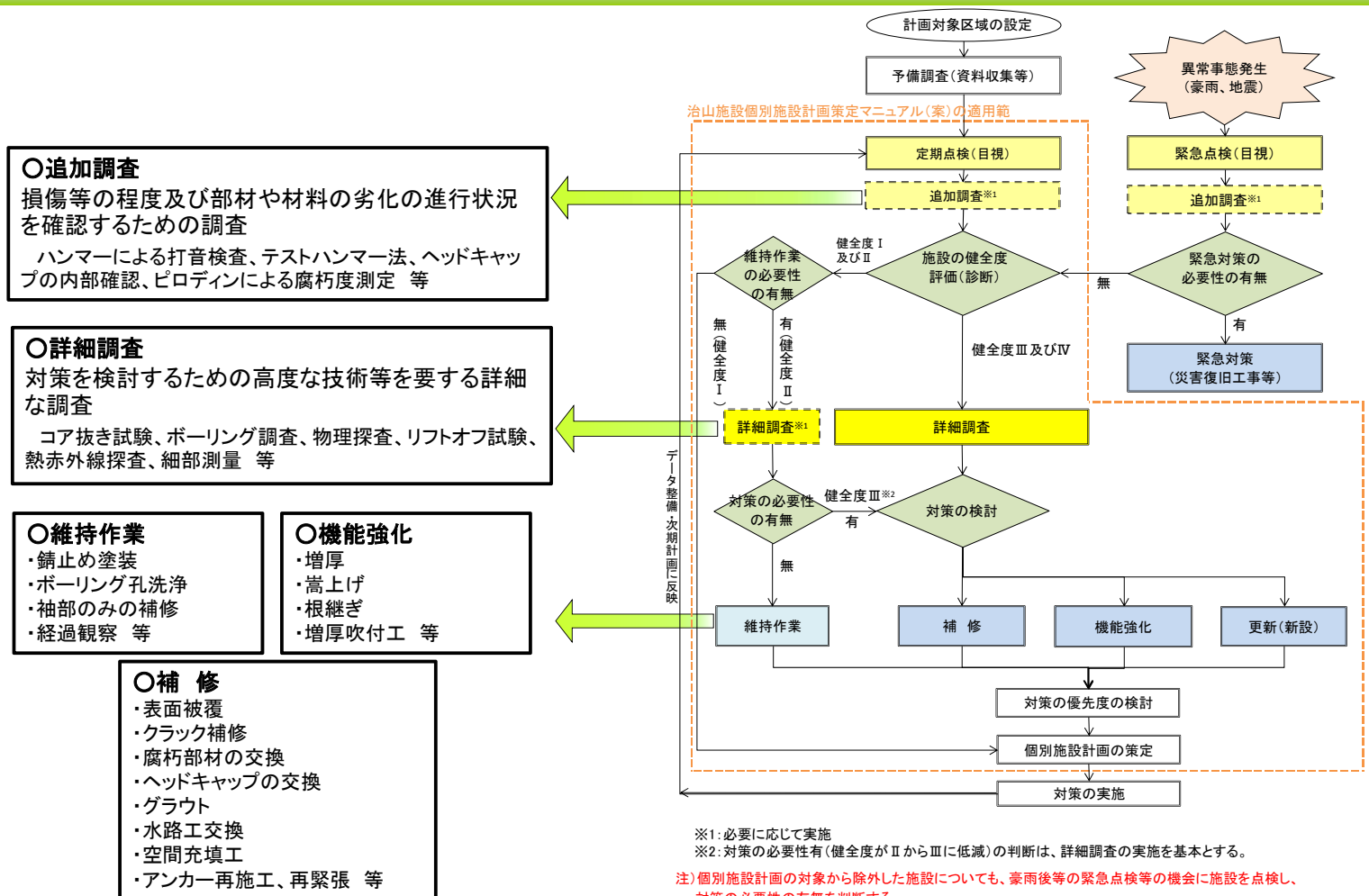
◆定期点検の頻度

○山地災害危険地区内及び人家、公共施設等に被害が発生した地区については、5年に1回の頻度で実施。

○その他の地区については、10年に1回の頻度で実施。

4

治山施設個別施設計画策定までの主な流れ①



5

治山施設個別施設計画策定までの主な流れ②

施設の健全度評価(診断)

○部位別健全度評価

部位別健全度評価基準により実施

部位別健全度	施設や周辺の状態	健全度の程度
健全度1	異常なし又は軽微な損傷等	高 ↑ ↓ 低
健全度2	損傷等が認められるが、性能は維持されている。	
健全度3	損傷等が認められ、性能の低下が生じる可能性がある。	
健全度4	著しい損傷等により、安定性や強度が低下している。	

○施設全体の健全度評価

部位別健全度評価及び施設周辺の森林状況等を踏まえ総合的に評価

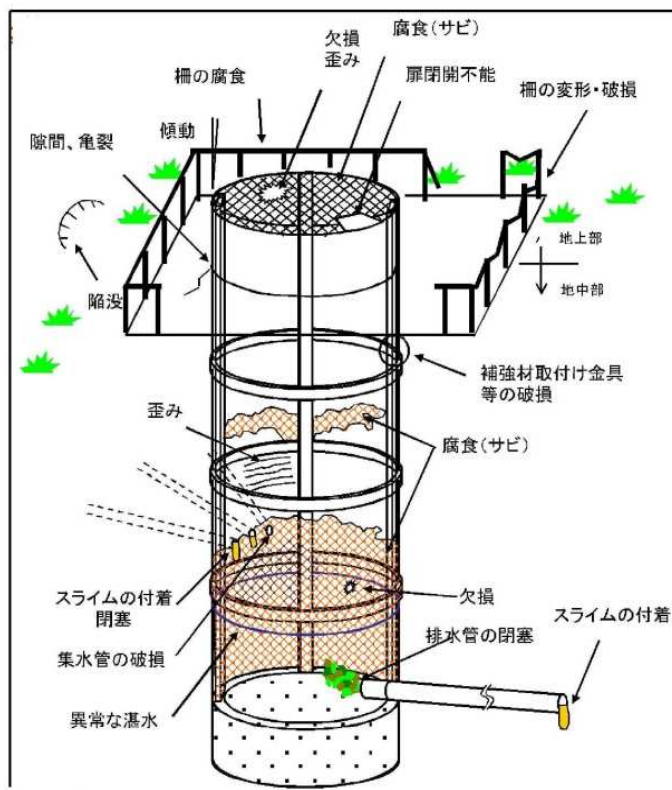
施設全体の健全度	説明	
	施設や周辺の状態	求められる対応
健全度Ⅰ	異常なし又は軽微な損傷等	対策の必要性なし
健全度Ⅱ	損傷等が認められるが、施設全体の機能は維持されている。	経過観察が必要
健全度Ⅲ	損傷等が認められ、施設全体の機能の低下が生じる可能性がある。	早期に対策が必要
健全度Ⅳ	著しい損傷等により、施設全体の安定性や強度が低下している。	緊急に対策が必要

○施設周辺の森林状況等

施設の機能に影響を与えると予想される事象(崩壊や地すべりの発生等)を把握
(地すべり防止工の場合)

- ・地盤変状(クラックや小崩壊、段差、陥没の発生等)の有無
- ・地すべり変動に伴う立木の変状(傾倒や根返り等)の有無
- ・対象施設以外の構造物(道路、擁壁、排水施設等)の変状の有無

治山施設点検項目のポイント(集水井工)



○施設本体・付帯施設の状況

①破損・変形

- ・地すべり等の外力に伴うライナープレートや集水管の破損・変形の有無
- ・落石等の外力による天蓋、侵入防止柵の破損・変形の有無

②ひび割れ(クラック)

- 地すべり等の外力や経年変化に伴う底巻・底張コンクリートや地表コンクリート、RCセグメントブロック等のクラックの有無

③腐食

- 経年変化によるライナープレート、天蓋、侵入防止柵の腐食の有無

④閉塞・目詰まり

- ・地すべり等の外力やスケール・スライムの付着による閉塞・目詰まり発生の有無
- ・地すべり等の外力や落葉等による排水ボーリング孔の閉塞・目詰まり発生の有無

○施設周辺の状況

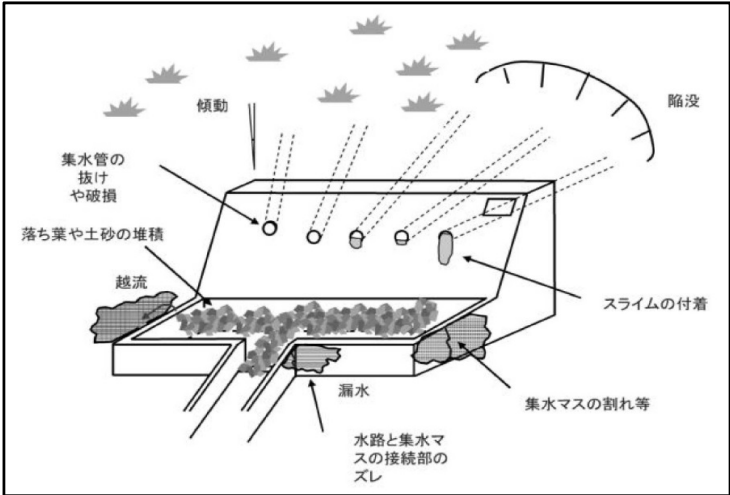
①地山の沈下

- 地すべりの外力に伴う周辺地山の沈下

②森林状況

- ・地盤変状(クラックや小崩壊、段差、陥没の発生等)の有無
- ・地すべり変動に伴う立木の変状(傾倒や根返り等)の有無
- ・対象施設以外の構造物(道路、擁壁、排水施設等)の変状の有無

治山施設点検項目のポイント（ボーリング暗渠工等）



○ボーリング暗渠工

- ①破損・変形
地すべり等の外力に伴う集水管の破損・変形の有無
- ②閉塞・目詰まり
地すべり等の外力やスケール・スライムの付着による閉塞・目詰まり発生の有無

○杭工

- ①頭部突出
地すべり等の外力に伴う杭工頭部突出の有無
- ②地山の亀裂
地すべり等の外力に伴う杭工周辺の亀裂の有無

○アンカー工

- (頭部)
 - ①飛び出し
地すべり等の外力やテンドン破壊に伴うアンカー頭部飛び出しの有無
 - ②頭部保護部の損傷
落石や積雪等の外力やテンドン破壊に伴う頭部保護部の損傷の有無
 - ③防錆油漏れ
保護キャップの緩みやコンクリートのクラックに伴う防錆油漏れの有無
- (受圧版)
 - ①変位・変形
支持力不足や土砂吸出しによる受圧板の変位・変形の有無
 - ②劣化・腐食(アルミ製等)
経年変化による劣化・腐食の有無
 - ③ひび割れ(クラック)
過度な緊張や乾燥・収縮等によるクラックの有無

部位別健全度評価の基準（ボーリング暗渠工、集水井）

健全度	健全度評価基準 (閾値は目安)	参考事例
1	異常なし、または軽微な損傷等がある。	
2	・集水管孔口の25%以下に閉塞物が付着している*。 *。	
3	・集水管孔口の25～50%程度に土砂や鉄バクテリアなどの閉塞物が付着している*。 ・集水管、集水料の破損や、折への木の葉や土砂の堆積があり、排水された地下水が地すべり斜面に再浸透している。	
4	・集水管孔口の50%以上に土砂や鉄バクテリアなどの閉塞物が付着している*。 あるいは破損により排水効率が低下している。	

※土木研究所資料「地すべり防止施設の維持管理に関する実態と施設点検方法の検討」
平成23年6月 独立行政法人土木研究所 土砂管理研究グループ

健全度	健全度評価基準 (閾値は目安)	参考事例
1	異常なし、または軽微な損傷等	
2	・集水管孔口の25%以下に閉塞物が付着している*。 ・ライナープレートに腐食や亀裂が認められる。	
3	・集水井としての機能低下しつつある。 ・集水管孔口の25～50%程度に土砂や鉄バクテリアなどの閉塞物が付着している*。	
4	・集水井としての機能が低下している。 ・集水管孔口の50%以上に土砂や鉄バクテリアなどの閉塞物が付着している*。 ・地すべり活動による集水井の傾きが生じている。 ・排水管の破損や閉塞による地下水位の上昇が認められる。	

※土木研究所資料「地すべり防止施設の維持管理に関する実態と施設点検方法の検討」
平成23年6月 独立行政法人土木研究所 土砂管理研究グループ

部位別健全度評価の基準〈杭工、アンカー工〉

健全度	健全度評価基準 (閾値は目安)	参考事例
1	異常なし、または軽微な損傷等がある。	
2	・杭頭部に腐食等が認められるが、機能上問題ないと判断されるもの。	
3	・地すべりによる変動が認められる(歪計や伸縮計等の地すべり観測機器により)。 ・杭頭部に傾きが認められる。	
4	・地すべりによる変動が顕著に認められる。 ・杭頭部が突出している。 ・周囲の地山に亀裂が入る。	

健全度	健全度評価基準 (閾値は目安)	参考事例
1	異常なし、または軽微な損傷等がある。	
2	・アンカーヘッド周辺に遊離石灰や雑草の繁殖が認められるが、施設の機能上支障がないもの。	
3	・今後変状が進行すれば、機能上問題が生じると考えられる。 ・アンカーヘッドや受圧板に腐食やひび割れ、角かけが認められる。 ・アンカープレートにずれが認められる。 ・防錆油の流出跡が認められる。	
4	・アンカーがその機能を発揮していないことが認められる。 ・アンカーヘッドのキャップの浮きや抜け落ちが認められる。 ・周辺斜面に浮落崖や押し出しが新たに認められる。	

10

治山施設現地点検チェックシート

地すべり防止工(ボーリング暗渠工、集水井工、杭工、アンカー工)				点検年月日			
調査者所属				点検者氏名			
治山台帳番号				工事番号			
施工年度				事業名			
施工箇所				過去の補修履歴			
緯度		度		分		秒	
経度		度		分		秒	
種別				諸元			
工種・部位	点検項目	異常あり	異常なし	異常の概略	部位別健全度(1~4)	工種・部位	点検項目
ボーリング暗渠工	本体					杭工	頭部
	閉塞・目詰まり						施設周辺
集水井工	井筒本体等					アンカー工	頭部
	ライナープレートの破損・変形						頭部
	ライナープレートの腐食						頭部
	ひび割れ(クラック)(コンクリート)						受圧版
集水管	破損・変形					受圧版	受圧版の変位・変形
	閉塞・目詰まり						受圧版のひび割れ
排水管	管口の閉塞(異常漏水)					周辺森林状況等	地盤変状(クラックや小崩壊、段差、陥没の発生等)
	吐口の排水不良						地すべり変動に伴う立木の変状(傾斜や根返り等)
付帯施設	蓋の変状・腐食					周辺森林状況等	対象施設以外の構造物(道路、擁壁、排水施設等)の変状
	昇降階段の破損・変形・腐食						
	防護柵の破損・変形						
保全対象の状況							
○健全度Ⅰ 異常なし又は軽微な損傷・劣化				(異常の原因)			
○健全度Ⅱ 施設の機能は維持されているため経過観察とする				(修繕予定時期、修繕方法、概算工事費、判定の理由など)			
○健全度Ⅲ 機能低下が生じる可能性があり、早期に対策が必要				摘要			
○健全度Ⅳ 安定性や強度が低下しており、緊急に対策が必要							
現地点検者							
施設全体の健全度判定							

○部位別健全度(集水井の場合)
・本体(ライナープレートの破損・変形等)、集水管(破損・変形等)、排水管(管口の閉塞等)、付帯施設(蓋の変状・腐食等)について部位別健全度を1~4に区分

○周辺の森林の状況
・地盤変状(クラックや小崩壊、段差、陥没の発生等)
・地すべり変動に伴う立木の変状(傾斜や根返り等)
・対象構造物以外の構造物の変状(道路、擁壁、排水施設等)

○施設全体の健全度判定
・部位別健全度と施設周辺の森林状況等を踏まえ、施設全体について総合的に健全度を判定

11

個別施設計画

個別施設計画

個別施設計画整理表 (記載例)

別表1

〇〇県〇〇流域 治山事業個別施設計画(計画期間:平成27~31年度)

個別施設計画(様式)

〇〇(都道府)県〇〇流域治山施設個別施設計画

〇〇市林道施設長寿命化計画(個別施設計画)

- 基本的事項
- 対象施設
- 計画期間
- 対策の優先度
- 施設の状態等
- 対策内容と実施時期
- 対策費用

記載注意

・「治山施設に係る個別施設計画策定のためのガイドライン」及び「林道施設に係る個別施設計画策定のためのガイドライン」に留意の上、記載する。

例1

例2

個別施設整理番号	治山台帳索引番号	流域名	小流域及び地区名	市町村	大字	字	GPS座標	事業名	施設諸元		
									工種名1	工種名2	構造
10002								平成5年度〇〇地区地すべり防止事業	地すべり防止工	集水井工	鋼製
10002-2								平成5年度〇〇地区地すべり防止事業	地すべり防止工	ボーリング排水工	鋼製

治山ダム					施工年度	保全対象	履歴		施設の現況		
高(m)	長(m)	天端厚(m)	単位				被災履歴(被災年月)	維持管理履歴(実施年月 概要(数量))	点検実施年月日	健全度評価	備考
			深さ(m)	40.5	H5	人家20戸・公共施設(小学校)			H26.6.5	健全度3	天蓋が腐食、破損
			本数(本)	5	H5	人家20戸・公共施設(小学校)			H26.6.5	健全度3	目詰まり

計画内容					実績(※欄外整理)				
内容	実施予定時期	優先度	対策費用(概算工事費:百万円)		内容	実施年月日(完了日)	対策費用(工事費:百万円)	適用した事業(予算)	
分類	概要(数量)				分類	概要(数量)			
補修	部材交換(天蓋)	H27	高	2.0	補修	部材交換(天蓋)	H27.10.5	2.2	農山漁村地域整備交付金(予防治山)
補修	洗浄(4本)	H27	高	2.0	補修	洗浄(4本)	H27.10.5	2.8	農山漁村地域整備交付金(予防治山)

治山施設の個別施設計画策定状況(H29年4月):策定対象1,820地区のうち674地区で策定(37%)

12

地すべり防止施設の長寿命化対策(予算措置)

〇地すべり防止施設の維持管理・更新等の推進により、効率的・効果的に施設に求められる機能を確保

これまで

インフラ長寿命化計画(平成25年11月)

国民の安全・安心を確保し、中長期的な維持管理・更新等に係るトータルコストの縮減や予算の平準化を図るため、必要な対策を適切な時期に、着実かつ効率的・効果的に実施

〇治山施設の長寿命化対策

治山施設機能強化(農山漁村地域整備交付金:H20~)



既存治山ダムの高上・増厚等を実施

老朽化対策(農山漁村地域整備交付金:H24補正~)



老朽化した部材の交換及び老朽化に係る調査・点検等を実施

課題

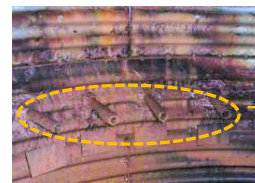
補修などの老朽化対策、機能強化、調査点検などを予防治山等の各事業の中で個別に対応しており、長寿命化対策が効率的に進まないおそれ



鋼材の腐食による集排水不良等、施設機能の低下

今後(H29~)

「治山施設機能強化」に「予防治山」等の個別事業の中で行っていた老朽化対策等を統合し、流域等を単位として治山施設の長寿命化対策を効率的に推進



点検・診断

メンテナンスサイクルの構築

機能強化・老朽化対策



集水井の部材交換 集水ボーリング管の追加設置
既存の施設の活用により、施設の新設に比べコストを縮減

13

地下水排除工の補修事例（集水井天蓋の交換）

損傷状況: ライナープレート製集水井の天蓋が腐食し、穴が開いた状態となっている。
 補修内容: 腐食し穴の開いた天蓋を新しい物と交換した。
 原因: 経年劣化(雨水や天蓋上に堆積した枝葉に含まれる水分など)
 当初施工年度: 昭和46年
 劣化確認年度: 平成24年
 施工後経過年: 41年
 補修年度: 平成26年

○天蓋が腐食し、穴が開いた状態



○新しいエキスパンドメタル蓋に交換



治山施設長寿命化対策事例集: http://www.rinya.maff.go.jp/j/tisan/tisan/con_3.html

14

地下水排除工の補修事例（集水ボーリングの孔内洗浄）

損傷状況: ボーリング暗渠工(集水ボーリング)が目詰まり等により集水効果の低下が生じた。
 補修内容: 集水ボーリング孔の孔内洗浄を実施した。
 原因: 目詰まり物質の付着
 当初施工年度: 平成13年
 劣化確認年度: 平成17年
 施工後経過年: 4年
 補修年度: 平成19年

○集水ボーリング目詰まりにより集水機能の低下



施工前: 2.2L/分



○集水ボーリングの孔内洗浄



施工後: 3.3L/分



15

地下水排除工の機能強化事例（集水井立入防護柵の交換）

損傷状況: 集水井天蓋の腐食及び立入防護柵の破損。
 補修内容: 天蓋の交換及び耐雪型防護柵への交換。
 原因: 積雪等による経年劣化
 当初施工年度: 昭和47年、昭和49年
 劣化確認年度: ー
 施工後経過年: ー
 補修年度: 平成24年

○積雪による立入防護柵の破損



○耐雪型防護柵に交換

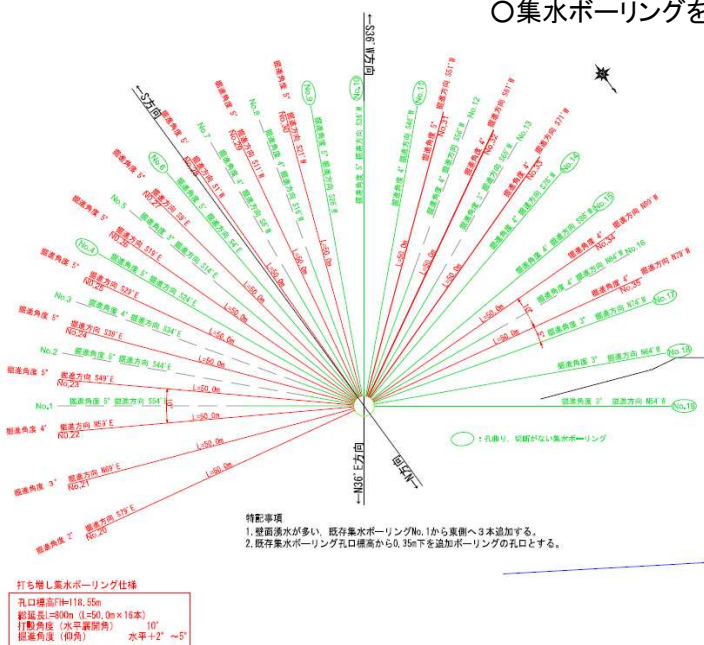


16

地下水排除工の機能強化事例（集水ボーリングの打ち増し）

損傷状況: 集水ボーリング孔にスライムが付着し、目詰まりを起こして集水能力が低下していた。平成20年に洗浄を行なったが、集水機能の回復が見られなかった。
 補修内容: 既設集水ボーリング間に集水ボーリングの増し打ちを実施した（計32本、L=1,440m）。
 原因: 経年劣化
 当初施工年度: 平成6年
 劣化確認年度: 平成18年
 施工後経過年: 12年
 補修年度: 平成22年

○集水ボーリングを打ち増し



17

地下水排除工の機能強化事例（集水井の詰石による強化）

損傷状況: 集水井が中段(地上部より15.5m位置)にて屈曲を生じ、切断破壊の危険が確認された。また、排水ボーリング機能も停止状況となった。

補修内容: 集水井破壊防止(詰石による井内強化)、排水ボーリングの再設置を実施。

原因: 地すべり活動

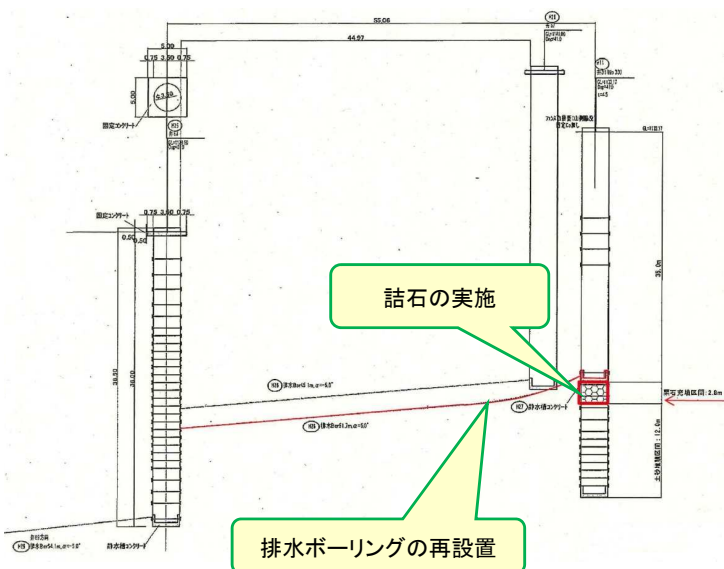
当初施工年度: 平成9年

劣化確認年度: 平成22年

施工後経過年: 13年

補修年度: 平成27年

○集水井の屈曲、排水ボーリングの機能停止



○詰石、静水層再設置、排水ボーリングの再設置



18

地下水排除工の機能強化事例（集水井の改修、排水管新設）

損傷状況: 集水井及び排水管がせん断され、集水井内に湛水した。

補修内容: 集水井の改修及び排水管の新設(大口径排水ボーリング工1孔、集水井内改修1式、集水ボーリング工15孔)。

原因: 地震により排水管がせん断、集水井内に地下水が湛水した。

当初施工年度: 平成14年

劣化確認年度: ー

施工後経過年: ー

補修年度: 平成23年

○集水井内の湛水、排水ボーリングの機能停止



○集水井の改修、大口径排水ボーリングの設置



19

杭工の更新事例（杭工からアンカー工へ更新）

損傷状況：活発化した梅雨前線の影響で、新たな地すべりが発生し、集水井の変位、杭工の一部が露見・変位するなど損傷した。
 補修内容：H12、13年度既設の杭工が変位していることから、鋼管杭頭部の処理を行うとともに、原形復旧が困難なため、地すべり対策としてアンカー工を設置。
 原因：地すべり活動（梅雨前線による豪雨）
 当初施工年度：平成12,13年
 劣化確認年度：平成23年
 施工後経過年：10,11年
 補修年度：平成24年

○杭工の一部露出、変位

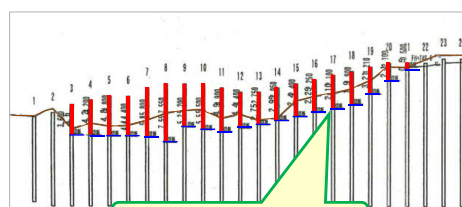


既設杭頭の露出

○アンカー工へ更新、杭工の頭部処理



アンカー工へ更新



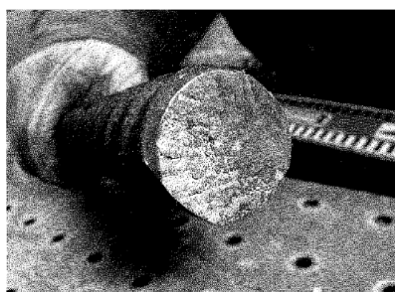
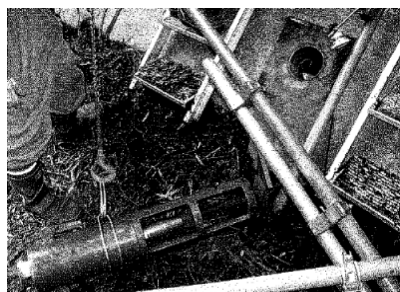
杭頭処理

20

アンカー工の補修事例（破断したアンカー工の原形復旧）

損傷状況：アンカー工に再緊張をかけた際、2本が破断した。
 補修内容：破断、もしくは破断の恐れのある4本を再設置した。
 原因：経年劣化
 当初施工年度：—
 劣化確認年度：平成18年
 施工後経過年：—
 補修年度：平成19年

○再緊張で破断したアンカー



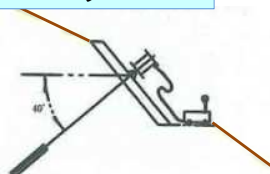
○アンカー工の再設置

既設アンカー

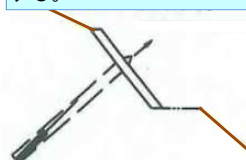


再設置アンカー

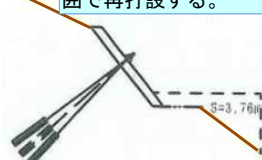
50t荷重で試験・緊張を行う



50t未満でアンカーが破断した場合は極力旧アンカーを除去する。



除去困難な場合は±5°の範囲で再打設する。



21

アンカー工の機能強化事例（アンカー工の増設による機能強化）

損傷状況: 既設のアンカー工で当初設置時よりさらに深い深度で発生した地すべり活動に起因して部分的にアンカーの浮き上がりが発生した。

補修内容: 既設アンカーが対象とした滑りよりさらに深い深度での地すべりであったため、既設アンカーを残したまま、さらに深い深度までアンカーを増設した。

原因: 降雨による地すべり活動

当初施工年度: 平成11年

劣化確認年度: 平成25年

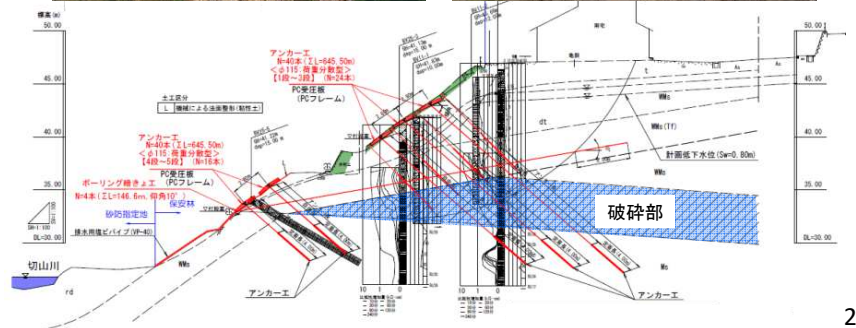
施工後経過年: 14年

補修年度: 平成26年

○アンカーの浮き上がりが発生



○既設を残したまま、深い震度までアンカーを増設



地すべり防止工（抑制工）の 機能回復に関する調査事例

応用地質株式会社
砂防・防災事業部
北原 哲郎

本日は話す内容

- 地すべり防止工の施設点検について
- 施設点検における課題
- 機能回復工事について
- 機能回復工事における課題

地すべり防止工の施設点検について

3

平成30 年度 公益社団法人日本地すべり学会 関西支部シンポジウム

地すべり防止施設長寿命化の流れ

- 地すべり防止施設点検の実施
- ↓
- 部材毎、施設毎、地すべりブロック毎のランク評価
- ↓
- 優先順位の検討（重要度、保全対象との関係等）
- ↓
- 長寿命化計画の策定
- ↓
- 機能回復工事、追加工事の実施

4

施設機能低下の種類

- 部材の劣化
⇒ 鋼製品の錆、コンクリートの中性化・摩耗等
- 集・排水機能低下
⇒ 鉄バクテリアによる目詰まり、土砂堆積等
- 外力（地すべり滑動等）による変形、破損
- その他
⇒ 洗掘、施設不足 等

地すべり防止工(抑制工)の機能低下事例

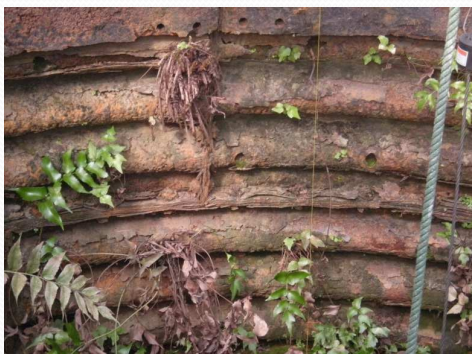
- 材料劣化



U字フリーム腐食



バーティカルスティフナー腐食



ライナープレート腐食

地すべり防止工(抑制工)の機能低下事例

- 目詰まり



枯葉・土砂堆積（水路工）



集水管目詰まり（鉄バクテリア）



土砂堆積（集水枿）

地すべり防止工(抑制工)の機能低下事例

- 外力（地すべり滑動）による変形・破損



水抜きボーリング



水路工



集水井



排水トンネル

地すべり防止工(抑制工)の機能低下事例

- その他



湛水



井筒の傾倒（沈下）



洗掘



流末処理未施工

施設点検における課題

施設点検の課題

- 地中に埋まった部分についての点検ができない
 - ⇒ 目視できる部分での評価しかできない
 - ・ライナープレート、集・排水管の裏側
 - ・集排水ボーリング孔内部（カメラまで使用するかどうか）
- 点検者による評価のばらつき
 - ⇒ 変状原因が何であることをイメージできるか？
（有資格者による点検、ないし点検技術者の資質向上が必要）
- 図面通りに施設があるとは限らない？
 - ⇒ 計画段階の施設配置が図面に残っていたりすることが多い

地下水排除工の評価方法について

- 地下水排除工は地すべり対策工事の中心的工法
 - ⇒ 水抜きボーリング、集水井、排水トンネル
 - ⇒ まず水を抜き、不足分は力で抑える
- ところが、地中構造物であるため、その評価は難しい
 - ⇒ 外観の見た目勝負。管内や構造物背面の状態は？
- 排水量はあてにならない
 - ⇒ 連続計測を行わないケースがほとんどであり、単発の計測は
どういう状態をはかっているのかわからない。

水抜きボーリングの評価方法について

● 農林水産省の評価基準 (地すべり防止施設の機能保全の手引き～統合版～：平成29年3月)

閉塞状況	付着度A・B・Cの孔数/全孔数	3 本 / 4 本	75 %	判定	d
孔口の付着度の決定方法 下記の考え方に沿って目分量で閉塞割合(付着度)を判断する $\text{孔口の閉塞割合} = \frac{\text{孔口断面に占める閉塞物の断面積}}{\text{孔口断面積}} \times 100(\%)$ 付着度A: 孔口の閉塞割合 70%以上 付着度C: 孔口の閉塞割合 30～50% 付着度E: 孔口の閉塞割合 10%未満 付着度B: 孔口の閉塞割合 50～70% 付着度D: 孔口の閉塞割合 10～30% 付着度F: 孔口の閉塞物なし  孔口断面 閉塞物					
変状レベル: 孔口閉塞の判定基準: a = 付着度A・B・Cの孔数の合計が全孔数の0%(D,E,Fのみ) b = 付着度A・B・Cの孔数の合計が全孔数の25%未満 c = 付着度A・B・Cの孔数の合計が全孔数の25%以上50%未満 d = 付着度A・B・Cの孔数の合計が全孔数の50%以上、または、崩土や湛水等で埋没・水没している					
目詰まり状況	「詰まっている」「やや詰まっている」の孔数/全孔数	本 / 本	%	判定	
孔内部の目詰まり状況の判定の目安 「詰まっている」…検尺棒等を挿入できなくなる場合、または、孔口から目視できる範囲で明らかに詰まっている場合 「やや詰まっている」…検尺棒等を最後まで挿入できるものの抵抗が大きい場合 変状レベル: 孔内部目詰まりの判定基準: a = 「詰まっている」「やや詰まっている」の孔数の合計が全孔数の0%(目詰まりなし) b = 「詰まっている」「やや詰まっている」の孔数の合計が全孔数の25%未満 c = 「詰まっている」「やや詰まっている」の孔数の合計が全孔数の25%以上50%未満 d = 「詰まっている」「やや詰まっている」の孔数の合計が全孔数の50%以上					

13

水抜きボーリングの評価方法について

表Ⅲ-2.2.5 変状レベル判定事例(水抜きボーリング工 その1)

変状レベル	評価基準	部位: 水抜きボーリング 項目(現象): 閉塞(孔口)	解説(具体的な目安)
a	項目に挙げた現象・状況が見られない、もしくは目視困難なほど軽微である		・付着度A・B・Cの孔数の合計が全孔数の0% (付着度D・E・F※のみ)
b	項目に挙げた現象・状況に対し軽微な変状がある	 (閉塞割合30～50%の孔がある)	・付着度A・B・Cの孔数の合計が全孔数の25%未満
c	項目に挙げた現象・状況に対し限定的(局所的)ではあるが明らかな変状がある		・付着度A・B・Cの孔数の合計が全孔数の25%以上50%未満
d	項目に挙げた現象・状況に対し著しい変状がある		・付着度A・B・Cの孔数の合計が全孔数の50%以上 または、 ・崩土や湛水等で埋没・水没している

※付着度A: 閉塞割合70%以上、付着度B: 閉塞割合50～70%、付着度C: 閉塞割合30～50%、詳しくは次頁の補足を参照

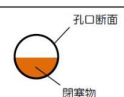
表Ⅲ-2.2.6 【参考】水抜きボーリング孔口の閉塞割合(付着度)の判定基準



・下記の考え方に沿って目分量で閉塞割合(付着度)を判断する

孔口の閉塞割合(目分量)

$$= \frac{\text{孔口断面に占める閉塞物の断面積}}{\text{孔口断面積}} \times 100(\%)$$



水抜きボーリングの評価方法について

● 国土交通省による部材の評価（変状レベル）

部位あるいは部位グループの変状レベル評価と表記

変状レベル	損傷等の程度	備考
a	当該部位に損傷等は発生していないもしくは軽微な損傷が発生しているものの、損傷等に伴う当該部位の性能の劣化が認められず、対策の必要がない状態	
b	当該部位に損傷等が発生しているが、問題となる性能の劣化が生じていない。現状では対策を講じる必要はないが、今後の損傷等の進行を確認するため、定期巡視点検や臨時点検等により、経過を観察する必要がある状態	
c	当該部位に損傷等が発生しており、損傷等に伴い、当該部位の性能上の安定性や強度の低下が懸念される状態	

出典：砂防関係施設点検要領（案）：平成26年9月（国土交通省砂防部保全課）

水抜きボーリングの評価方法について

● 国土交通省による施設の健全度評価

砂防関係施設の健全度評価と表記

健全度	損傷等の程度	表記
対策不要	当該施設に損傷等は発生していないか、軽微な損傷が発生しているものの、損傷等に伴う当該施設の機能の低下及び性能の劣化が認められず、対策の必要がない状態	A
経過観察	当該施設に損傷等が発生しているが、問題となる機能の低下及び性能の劣化が生じていない。現状では対策を講じる必要はないが、将来対策を必要とするおそれがあるので、定期点検や臨時点検等により、経過を観察する必要がある状態	B
要対策	当該施設に損傷等が発生しており、損傷等に伴い、当該施設の機能低下が生じている、あるいは当該施設の性能上の安定性や強度の低下が懸念される状態	C

出典：砂防関係施設点検要領（案）：平成26年9月（国土交通省砂防部保全課）

水抜きボーリングの評価方法について

● 国土交通省の横ボーリング工の評価基準

主な部位の変状レベルの評価基準（横ボーリング工）				
変状レベル	孔口保護工・集水網の劣化・腐食、損傷・変形	集水網の土砂等の堆積	集水管の劣化・腐食、損傷・変形	集水管の閉塞物の付着
a 軽微な損傷	○変状なし ○軽微な劣化・腐食、損傷・変形 	○土砂等の堆積なし ○軽微な土砂等の堆積 	○変状なし ○軽微な劣化・腐食、損傷・変形 	○閉塞物の付着なし ○孔口に閉塞物が少量付着 ○地下水の排出が確認されている
b 損傷があるが、機能・性能低下に至っていない	○一部が劣化・腐食、損傷・変形している（漏水はない状態） 	○一部に土砂等が堆積している（漏水はない状態） 	○一部の集水管が劣化・腐食、損傷・変形している 	○大半の集水管に閉塞物が付着（概ね孔口の25%以下）している ○地下水の排出が確認されている
c 機能・性能低下あり	○劣化・腐食、損傷・変形によって漏水している 	○土砂等の堆積によって漏水している 	○大半の集水管が劣化・腐食、損傷・変形している 	○大半の集水管に閉塞物が多量に付着（概ね孔口の25%以上）している ○閉塞により地下水の排出が止まっていると考えられる
評価の観点	・集水不能や集水した水の漏出・漏水は、地下水位の上昇を上昇させる要因となり、地すべりの安定性の低下につながる。 ・地下水観測や地下水排除工の排水量観測のデータは、地下水排除工の健全度評価において有益な情報となる。 ・孔口保護工等の劣化・腐食、損傷・変形の進行は、横ボーリングの集水不能や集水した水の漏出を生じる恐れがある。 ・集水網の土砂等の堆積が進行すると、集水した水の漏水を生じる恐れがある。 ・劣化・腐食、損傷・変形の進行は、横ボーリングの集水不能を生じる恐れがある。 ・閉塞物によって集水管が閉塞すると、集水不能を生じる。			
点検留意事項	・目視点検によって可視部分の変状の有無を確認する。 ・集水管からの排水状況（量）を記録することが望ましい。 ・経年変化による鋼製部材の腐食やコンクリート等部材の劣化の状況を確認する。 ・地すべり活動等による孔口保護工や集水網の損傷・変形の状況を確認する。 ・集水網への土砂や植物遺骸等の堆積の状況を確認する。 ・経年変化による集水管の腐食（鋼製）や劣化（樹脂製）の状況を確認する。 ・地すべり活動等による集水管の損傷・変形の状況を確認する。 ・集水管孔口への閉塞物（鉄屑、泥、藻類）の付着状況を確認する。			

出典：砂防関係施設点検要領（案）：平成26年9月（国土交通省砂防部保全課）

17

機能回復の検討について

評価レベルに応じて対応を検討

- 日常管理、維持工事に対応できるもの
⇒ 堆積土砂除去、軽度の目詰まり解消
- 計画的に実施するもの
⇒ 劣化部材修繕・交換、追加工事、施設更新
- 早急に対策を検討すべきもの
⇒ 外力による変形、破損
(地すべり対策計画の見直しが必要なもの)

水路工の評価事例

- どのような事業で対応するかを念頭に置いた区分の事例

評価 B および C の場合分け	対応	区分	
・ 土砂の堆積により機能低下が生じている場合	・ 土砂の除去	B 1	C1
・ 腐食による施設の損傷が激しい場合	・ 施設の更新	B 2	C2
・ 施設の損傷が地すべり変動に起因する場合	・ 地すべり調査 ・ 対策	—	C3

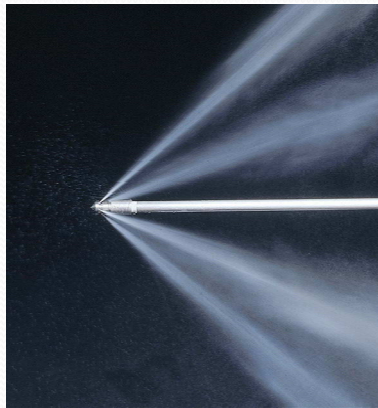
機能回復工事について

機能回復工事の種類(水抜き(集水)ボーリング)

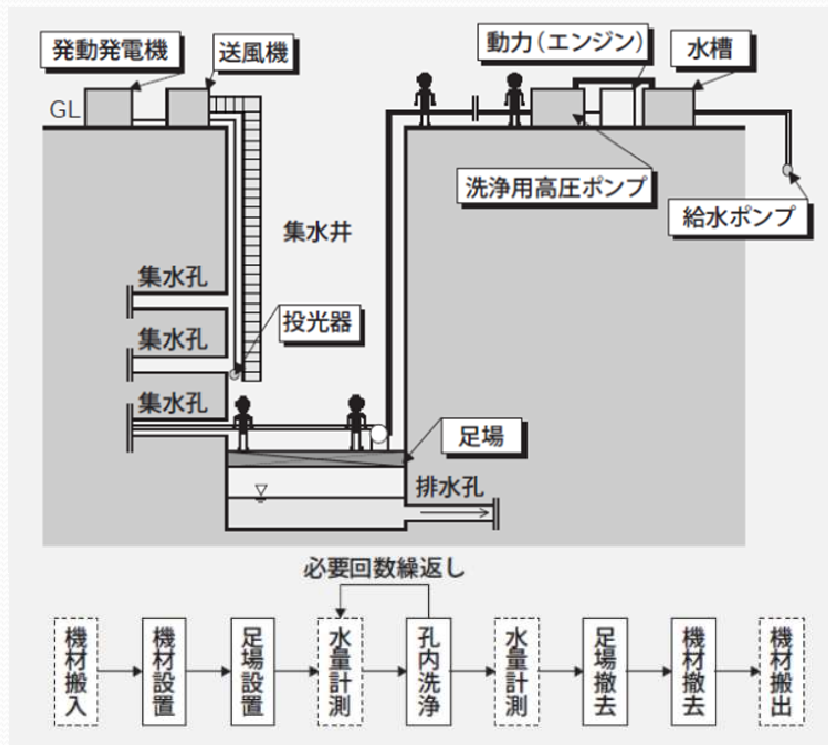
● 洗浄工の概要

高圧ポンプによる送水により孔内を洗浄する。

強い水流を洗管ノズルの斜め後方に発生させ、反力で管内を自進させる。



洗管ノズルの一事例



洗浄工の事例

● 洗浄工の一般的な作業の流れ



①施工前排水量測定



②孔内洗浄



③洗浄到達深度測定



④施工後排水量測定

洗浄工の効果

- 洗浄工の効果 (農林水産省農村環境課提供)



①洗浄前孔内状況



②洗浄後孔内状況

- 鉄バクテリアによる目詰まりの進行 (農林水産省農村環境課提供)



①洗浄前



②洗浄直後



③1ヶ月後



④10ヶ月後

23

機能回復工事の種類(集水井)

- 内巻施工
 - ⇒ $\phi 3.5\text{m}$ の集水井内に $\phi 3.0\text{m}$ のライナーを構築
 - ⇒ コンクリートによる巻き立て
- 埋戻し (栗石詰め等)
 - ⇒ 埋戻し後のメンテはほぼ不可能。最終手段。
- 掘り直し
 - ⇒ 用地の制約等でやむを得ない場合
- 新設
 - ⇒ 用地の制約がなければ一番手っ取り早く効果的

24

機能回復工事の事例(集水井)

- 内巻施工



底盤コンクリート打設



ライナープレート接続



碎石詰め、パイプ接続



施工完了

25

機能回復工事の事例(集水井)

- 管理用ライナー (φ1.0m) のみ残して埋め戻した集水井



26

機能回復工事の種類(集水井)

- 同一箇所での掘り直し



土砂による埋戻し



再掘削（旧ライナー取り外し）

出典：株式会社 都建設 ホームページ
<http://www.miyakokensetsu.jp/blog/?cat=4&paged=6>

27

機能回復工事における課題

機能回復工事に期待すること

- 地下水位低下
- 地下水が抜けやすくなる
- 水位上昇しにくくなる

いずれも対策工施工前後の地下水位観測データがないと、機能が戻ったかどうかの判断が難しい。

洗浄工の課題

- 細粒分の吸い出し現象
 - ⇒ 砂質土、シルト岩分布域に施工されている集水施設では、高圧洗浄を行うことにより地山が削れ、集水管周辺の地山の吸い出し現象が生じる事がある。
- 洗浄効果の効果判定方法
 - ⇒ 洗浄工事で実施するのは洗浄前後の湧水量計測程度。
- 工事単価が安い
 - ⇒ ある程度数がまとまらないと仮設費ばかりかかってしまう。



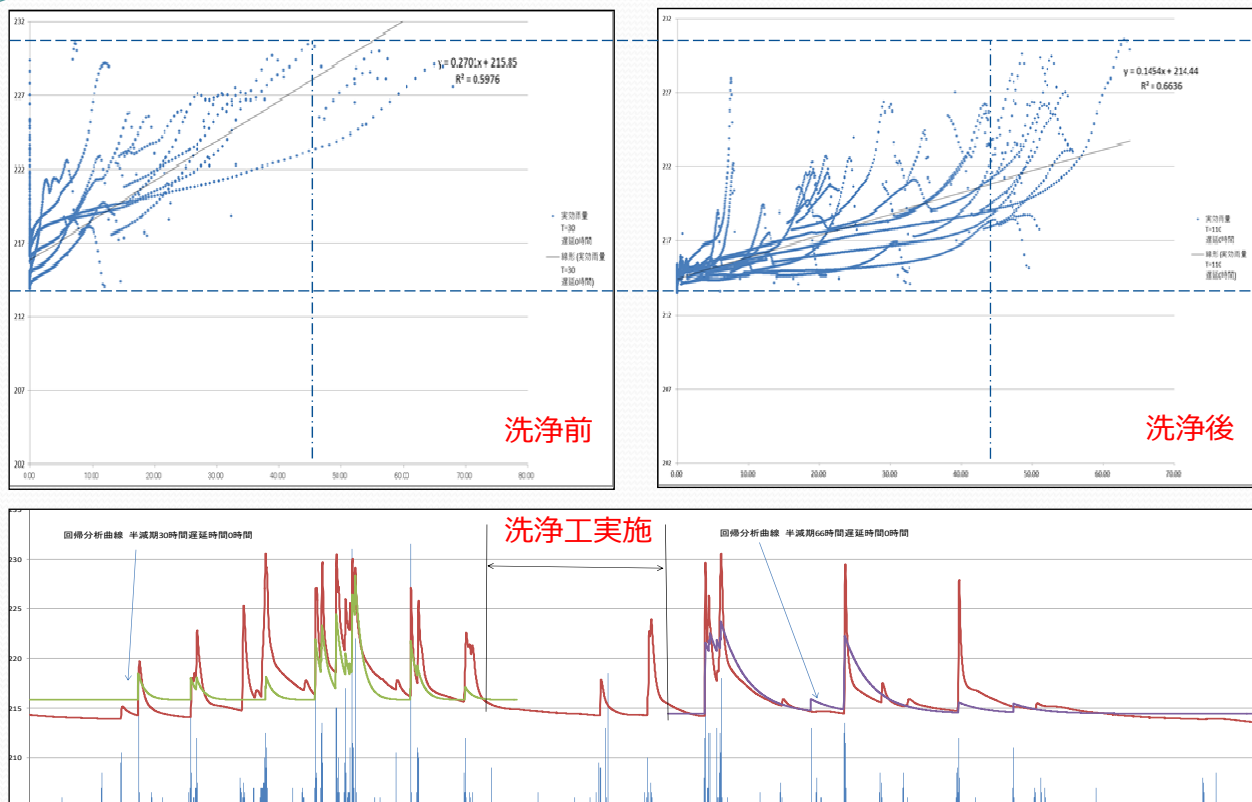
シルトの吸い出し現象

機能回復工事(洗浄工)に関する効果判定事例

- 洗浄工を行うことにより機能回復効果が表れるか？
- タンクモデル、実効雨量解析を用いた水位低下効果評価が考えられる。
- 実効雨量解析による効果判定例
 - ⇒ 施工前の水位観測データがあることが必要条件。
 - ⇒ 水位観測孔や雨量計との距離等、解析できる条件がそろっていることは稀。
 - ⇒ 最低水位、最高水位が下がったり、地下水の抜けやすさが向上する（半減期現象）ことが期待されるものの、なかなか思う通りにはいかないのが現実。

31

実効雨量解析による効果判定例(農林水産省農村環境課提供)



32

機能回復工事の限界について

- とられている手法
 - ⇒ 洗浄工、掘り直し、口元加工等
- 各工種の課題（施工業者へのヒアリング結果（今までの対応））
 - ◆ 洗浄工
 - ⇒ 洗浄工に伴う土砂吸い出し現象
 - ⇒ 洗浄工前後の排水量観測のみによる効果評価
 - ◆ 掘り直し（施設更新）
 - ⇒ 既往孔の間をうまく縫って掘れるか？（孔曲り必至）
 - ⇒ 結局、将来目詰まりを発生させるので、更新と洗浄をどのようなタイミングで行っていくか検討が必要
 - ◆ 口元加工等
 - ⇒ きちんと構造を考えないと後々のメンテが行いにくい

33

機能回復工事の限界について

- 今後の課題
 - ⇒ 現状、機能回復という意味では洗浄等を実施したほうが良い。
ただし、適用については注意が必要（吸い出し現象等）。
 - ⇒ 元々の施設効果として計画水位が確保できていたかどうか。
何を持って機能回復とするのか評価が難しい。

34