

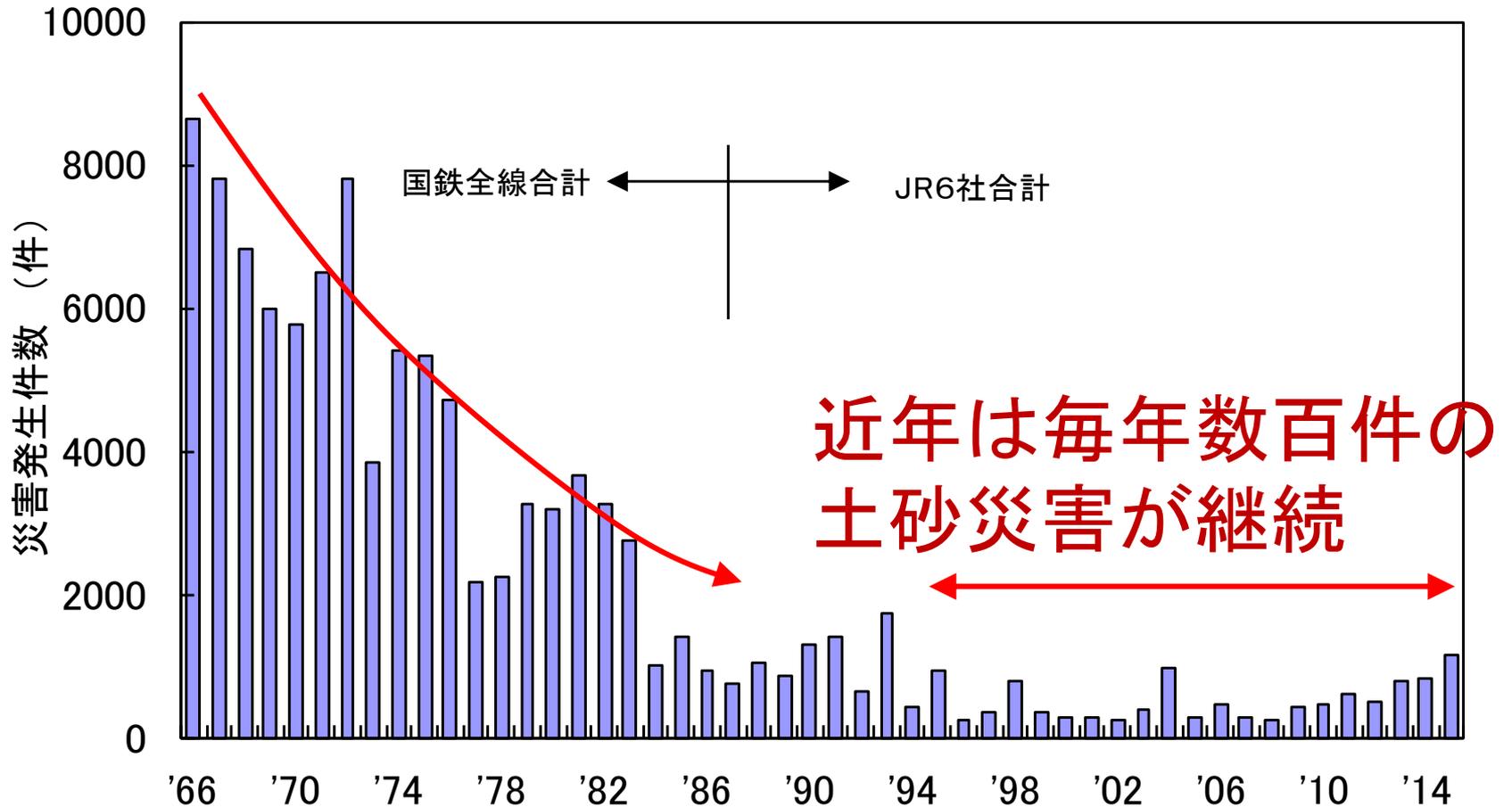
# 鉄道における岩盤斜面の維持管理

## — 落石を例として —

(公財)鉄道総合技術研究所 防災技術研究部  
(地質)

川越 健

# 土砂災害発生件数の推移



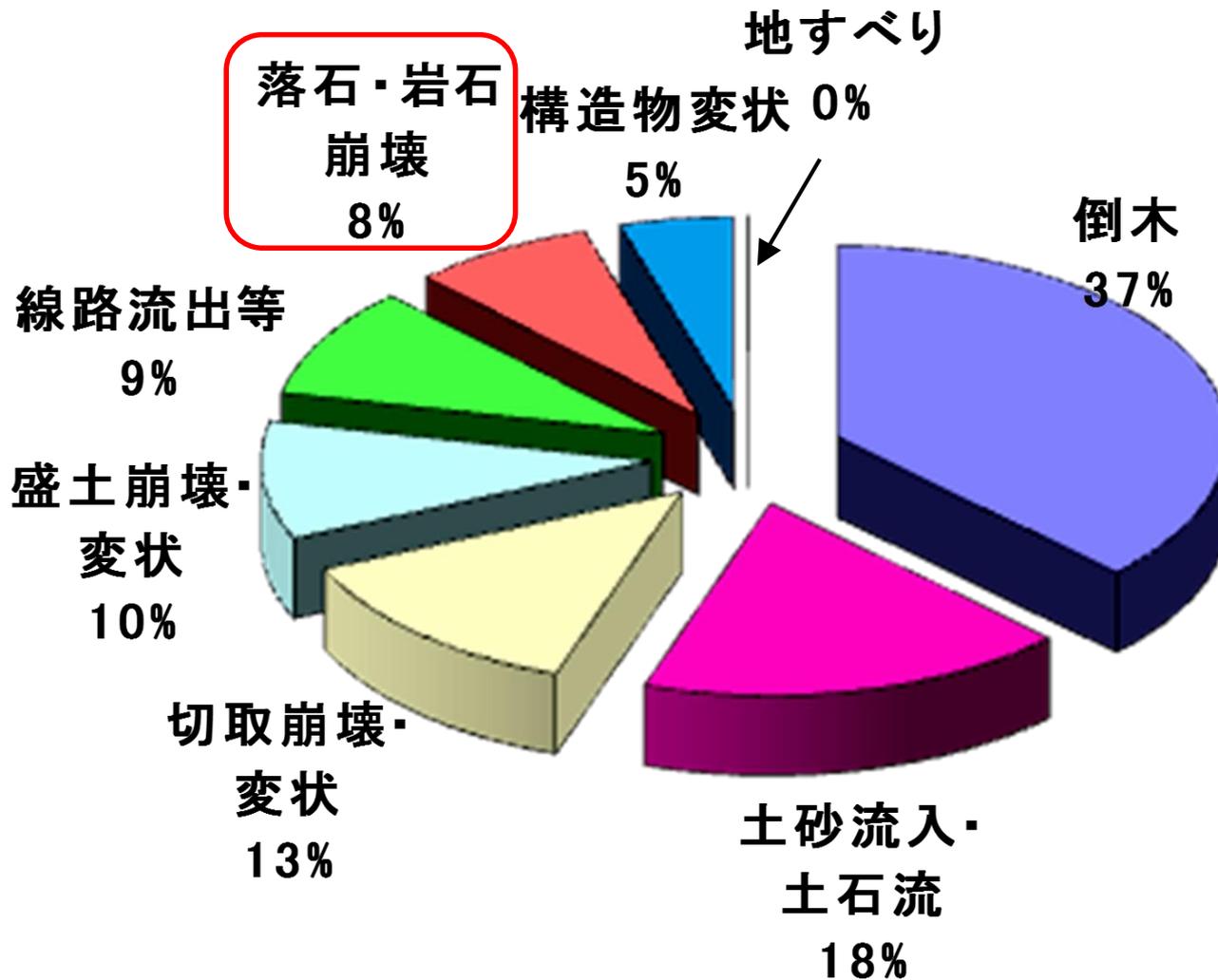
検査体制の確立

雨の降り方の変化

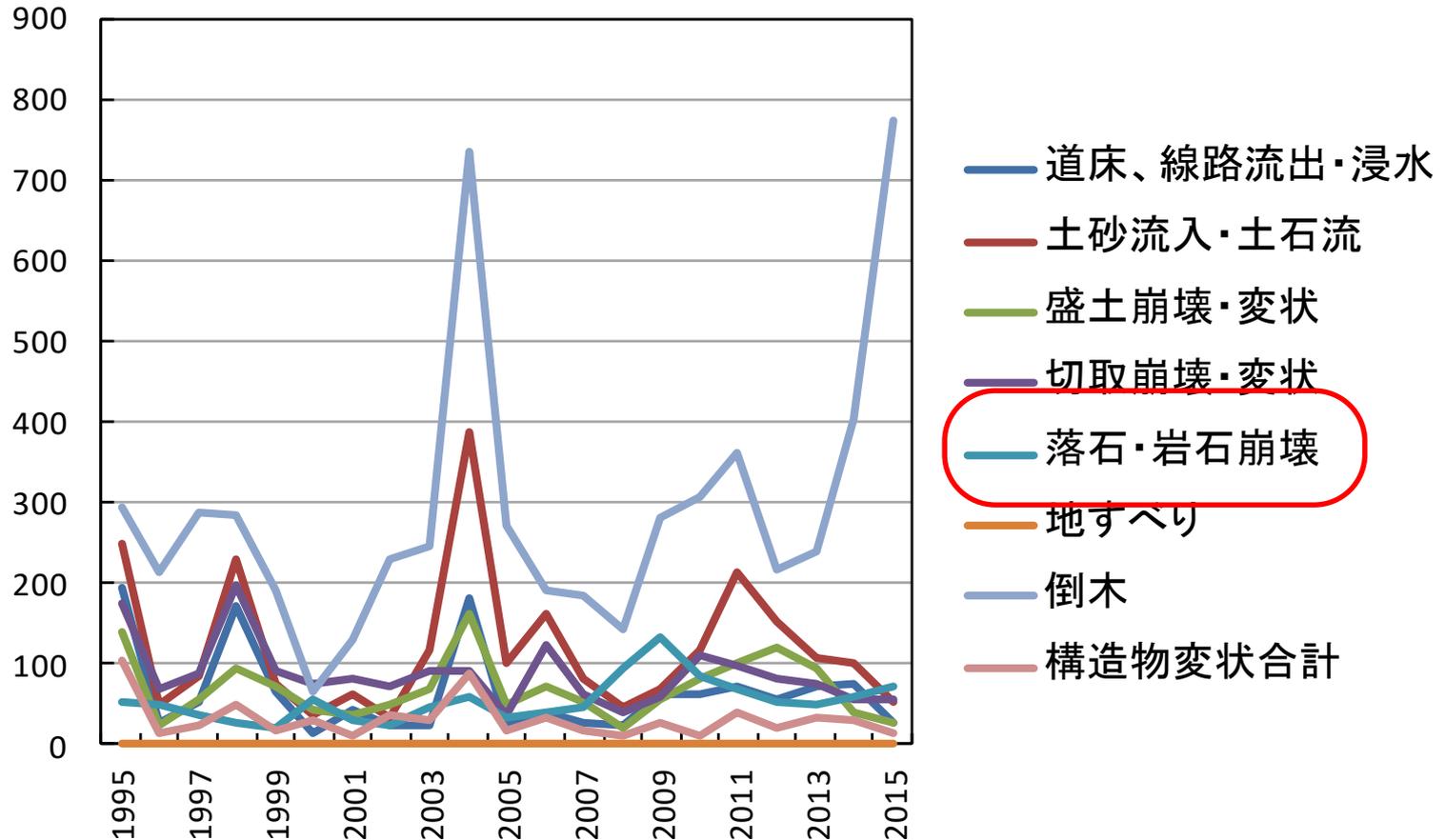


# 被災形態の割合

1995年～2015年 合計12,000件弱

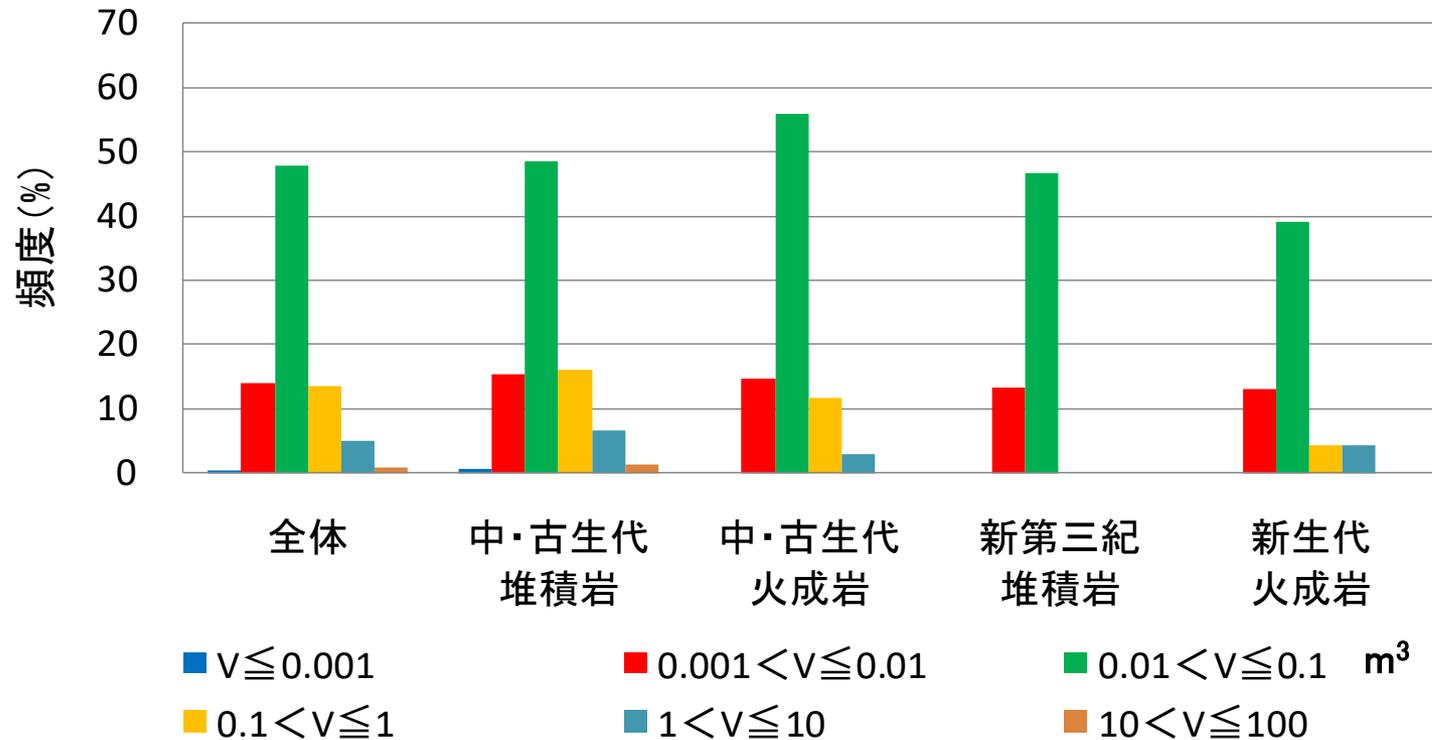


# 被災形態の割合



倒木、土砂流入・土石流の割合が多い  
落石・岩石崩壊は一定数が発生→減らせない？

# 落石の大きさ -落石災害事例から見た落石規模-



およそ20cm角～50cm角の落石が多い

# 落石の危険度判定方法【技術基準】

## 第I期(～1983)

道路防災点検(建設省, 1968)

土木建造物取替の考え方(国鉄, 1974)

落石対策の手引(国鉄, 1978)

落石対策便覧(道路協会, 1983)

1968 国道43号飛騨川  
バス転落事故  
1977 上越線脱線事故

## 第II期(～2000)

数量化理論を用いた採点表

発生メカニズムに着目した基礎的な検討(村上, 箭内)

落石対策技術マニュアル(鉄道総研, 1999)

落石対策便覧(改訂版)(道路協会, 2000)

1996 豊浜トンネル  
岩石崩壊  
1996 高山線脱線事故

## 第III期(～2007)

落石危険度振動調査法(旧道路公団試験所, 2003)

不安定岩盤ブロック抽出・振動計測法(土木研究所, 2007)

鉄道構造物等維持管理標準(国土交通省鉄道局, 2007)

2006 津山線脱線事故

○土木建造物取替の考え方(日本鉄道施設協会)

1974 国鉄施設局土木課

#### IV 斜面およびのり面

##### 検査の方法、判定、措置の考え方

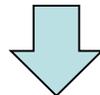
○落石対策の手引き(日本鉄道施設協会)1978 国鉄施設局土木課

○鉄道構造物等維持管理標準・同解説(構造物編)

土構造物(盛土・切土) 1997, 2007 国交省監修

○落石対策技術マニュアル 1999 鉄道総研

\* 改訂作業中(2018年予定)



鉄道事業者毎の検査マニュアル

# 土木建造物取替の考え方(日本鉄道施設協会)

1974 国鉄施設局土木課

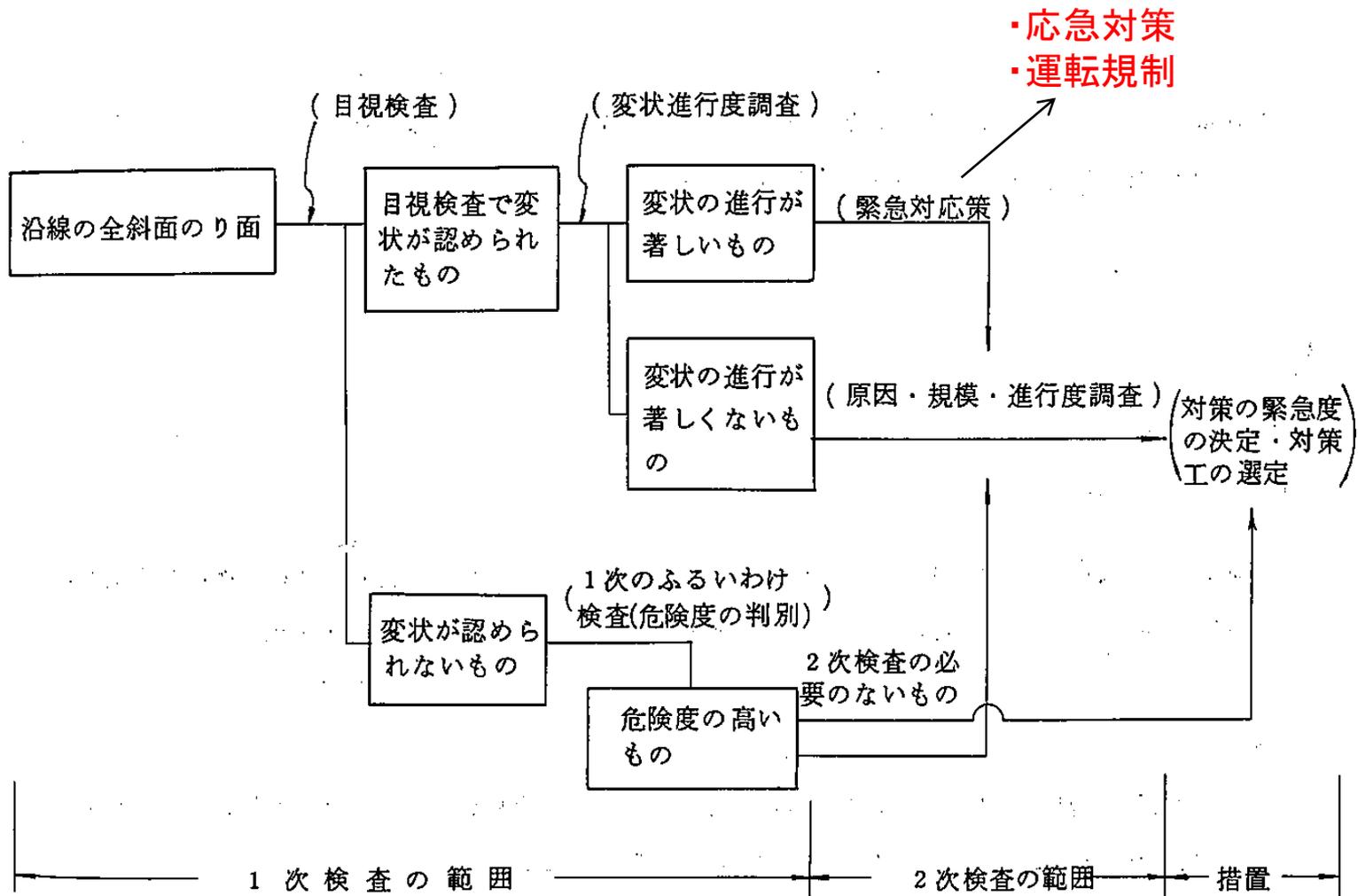
## IV 斜面およびのり面 検査の方法、判定、措置の考え方

表 - VI - 1 土砂害の分類

斜面およびのり面の分類		災害種別
盛土のり面	_____	盛土のり面の崩壊
切取のり面	_____	切取のり面・ <u>小規模な自然斜面の崩壊</u>
自然斜面	段丘岩など小規模な斜面	<u>落石</u>
	山腹斜面など大規模な斜面	
溪流	_____	土石流等溪流災害

社団法人 日本鉄道施設協会

⑫



検査を踏まえた判定は、「判定表」(点数表に類するもの)を用いて算出した評価点により、判定区分を決定した。

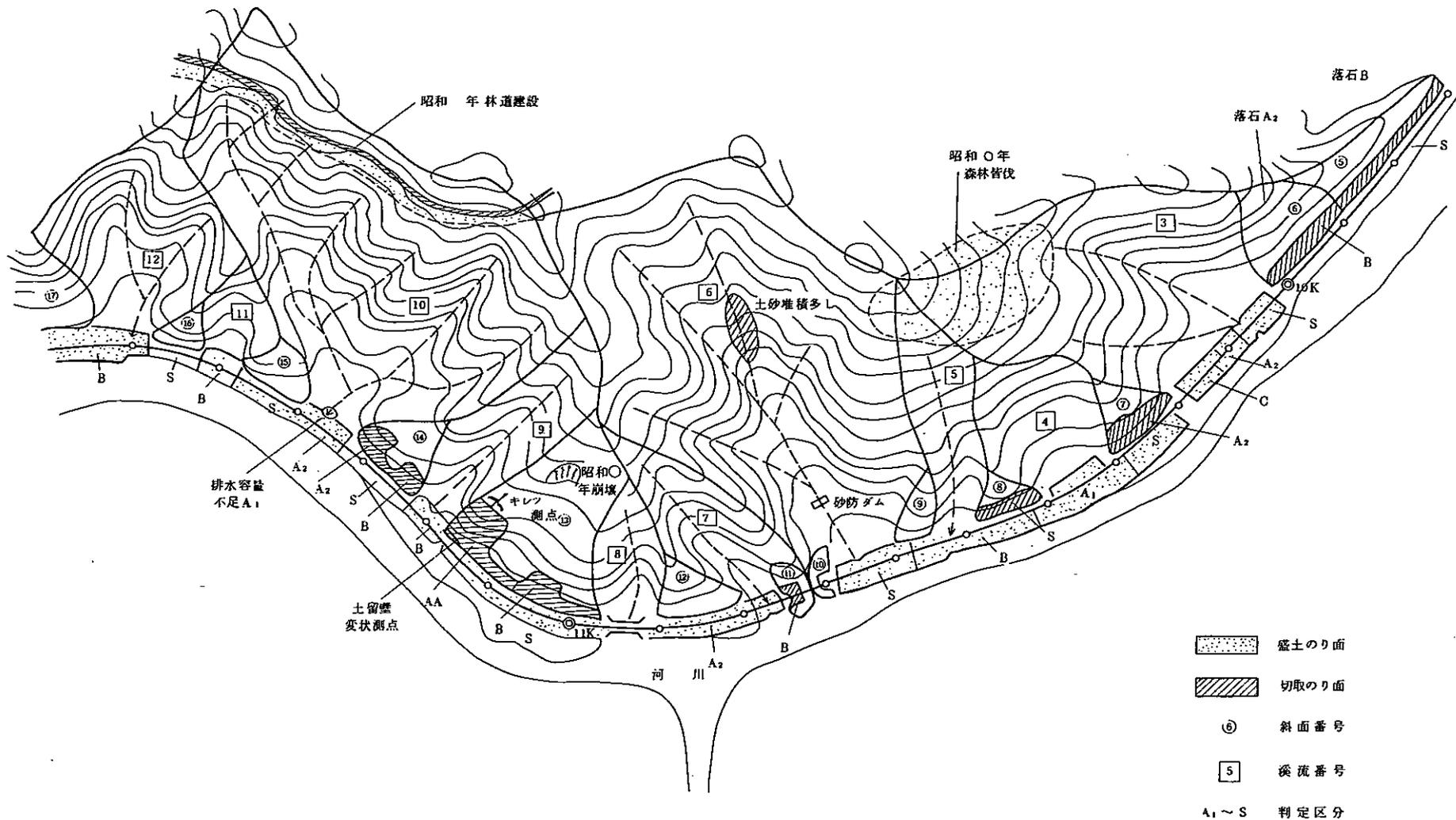
- ・土砂斜面の不安定性
- ・岩石斜面の不安定性
- ・切取のり面などの変状
- ・落石(転石型、浮石型)

\*用語は原文

### 3.1 判定区分

判定は次の区分により行う。

- A A : 運転保安上および旅客公衆の安全上直ちに運転停止もしくは応急措置を実施しなくてはならないもの。
- A 1 : 次にくるであろう台風、集中豪雨、豪雪などにより、あるいは現在進行中の環境変化により崩壊が発生するおそれがあるため早急に措置を実施しなければならないもの。
- A 2 : 緊急に応急措置を要しないがかなりの不安定性がありなんらかの対策工を必要とするもの。
- B : 当面崩壊しないと判断されるが状況変化によりAランクになるおそれのあるもの。

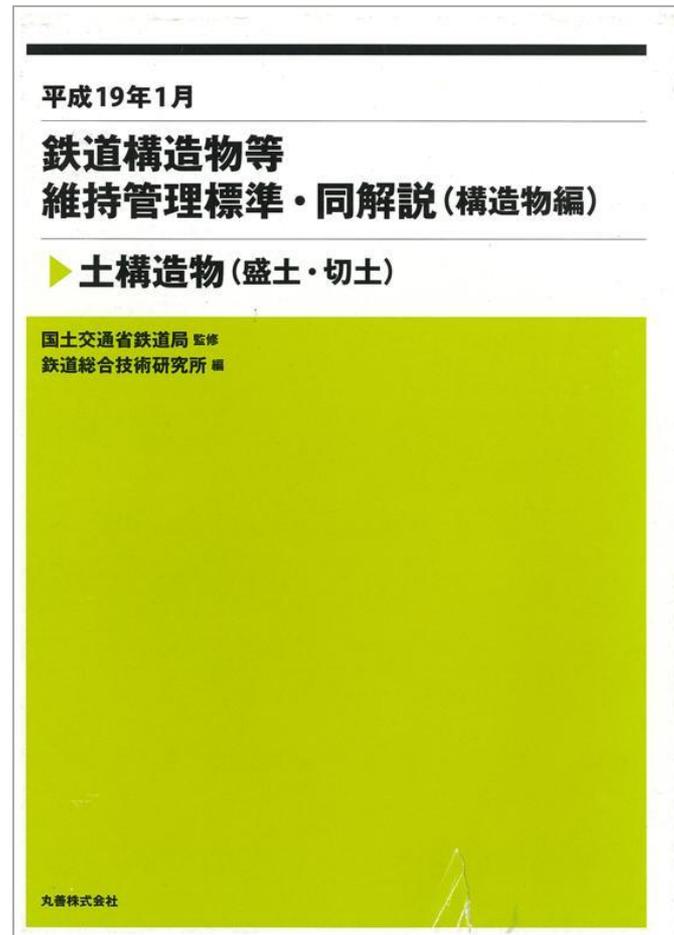


図一Ⅳ-4 斜面管理マップの例

# 鉄道構造物の維持管理の準拠基準

## 「平成19年1月 鉄道構造物等 維持管理標準・同解説(構造物編) ▶土構造物(盛土・切土)」

- 1章 総則
- 2章 維持管理の基本
- 3章 初回検査
- 4章 全般検査
- 5章 個別検査
- 6章 随時検査
- 7章 措置
- 8章 記録
- 付属資料



# 土工設備の検査

目的 土工設備の状況を確認し措置を決定する

対象

- 土構造物とそれに付帯する設備
- 土石流、地すべり、落石など、用地外が発生源となる現象も対象とすべき

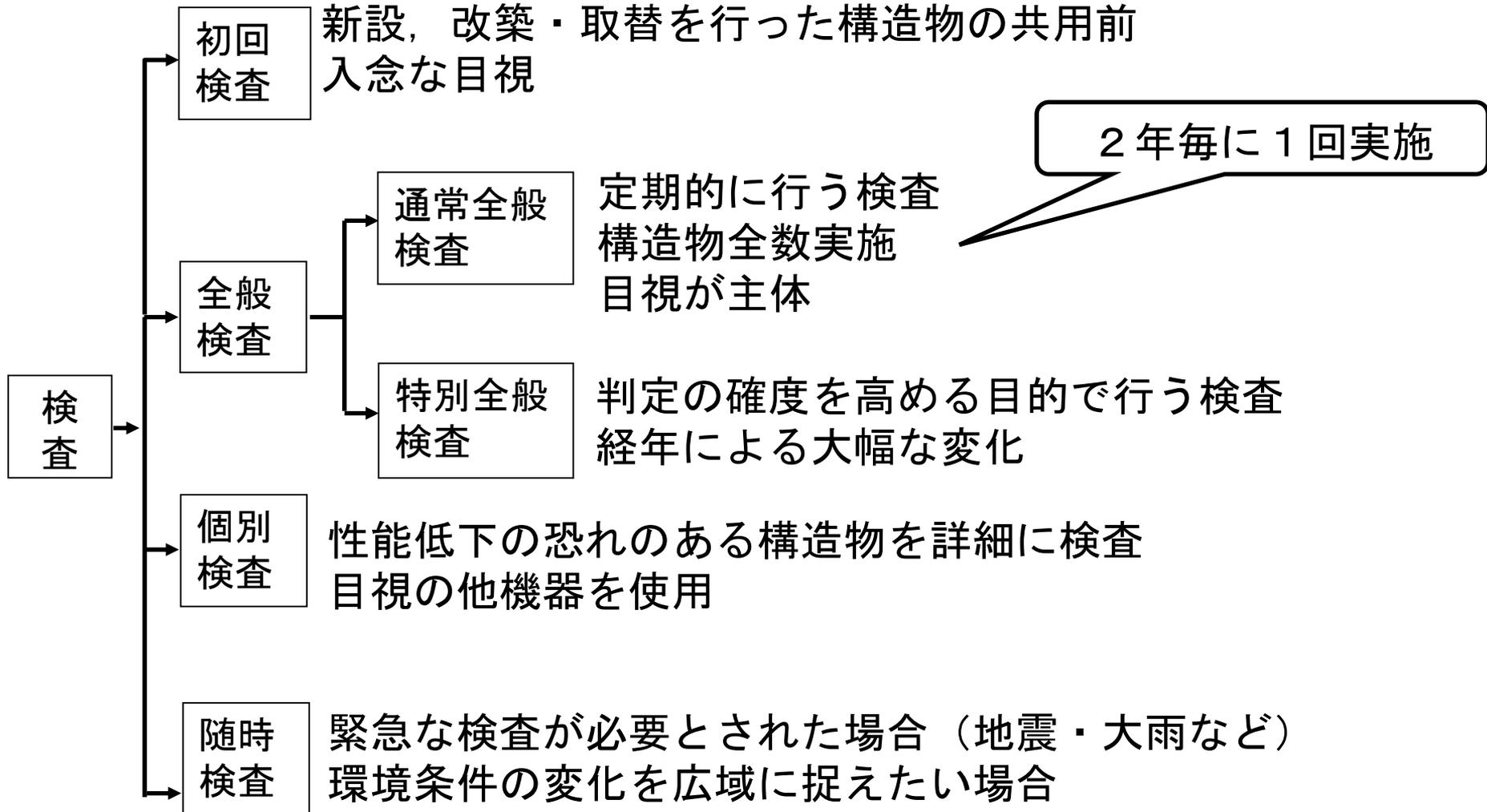
内容

- 変状(兆候)と不安定要素の把握
- 付帯構造物を含めた健全度の判定

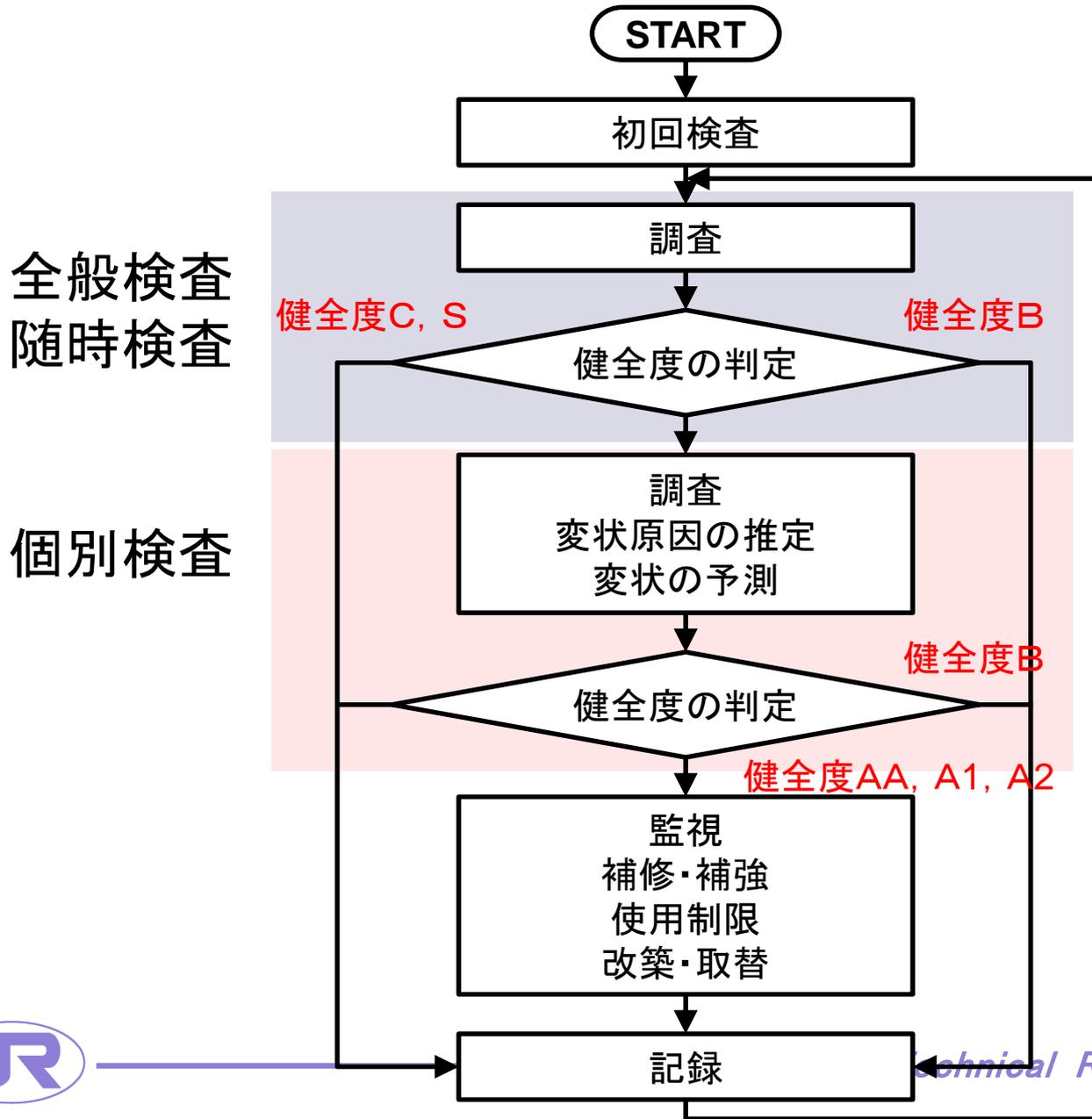
課題

- 検査対象数が膨大で範囲も広い
- 検査に適さない時期がある

# 検査の区分と内容



# 検査のながれ



# 検査の判定

健全度

構造物の状態

		運転保安，旅客および公衆などの安全ならびに列車の <b>正常運行の確保を脅かす，またはそのおそれのある変状等があるもの</b>
A	AA	運転保安，旅客および公衆などの安全ならびに列車の正常運行の確保を脅かす変状等があり， <b>緊急に措置を必要とするもの</b>
	A1	進行している変状等があり，構造物の <b>性能が低下しつつあるもの</b> ，または，大雨，出水，地震等により，構造物の <b>性能を失うおそれのあるもの</b>
	A2	変状等があり，将来それが構造物の <b>性能を低下させるおそれのあるもの</b>
B		将来，健全度Aになるおそれのある変状等があるもの
C		軽微な変状等があるもの
S		健全なもの

**基本的にはAをA1，A2に細分化しない  
実施者の判断で細分化してよい**

# 検査・管理上での斜面の特徴

## 【斜面・のり面】

## 【トンネル・橋りょう】

対象

限定しにくい

限定できる

異常発生

目視確認しにくい

クラック等確認できる

破壊現象

突発的

徐々に進行

発生原因

複雑で多くの要因が関連

変状のパターンから推定可能



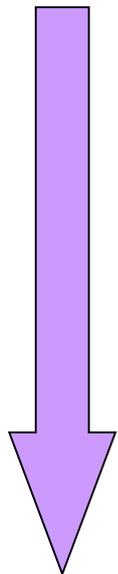
変状と不安定要因の両方を念頭に検査を行う

# 土砂災害への対策

防護対策→崩壊危険箇所では災害を生じさせない

優先順位

高

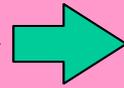


低

1. 斜面を崩壊させない  
→ 発生源対策 (崩壊要因の除去) ・のり面工など
2. 崩壊しても線路に到達させない  
→ 線路際対策 ・落石止柵など
3. 崩壊して線路に到達しても、列車との衝突をさける  
→ 運転規制、崩壊検知

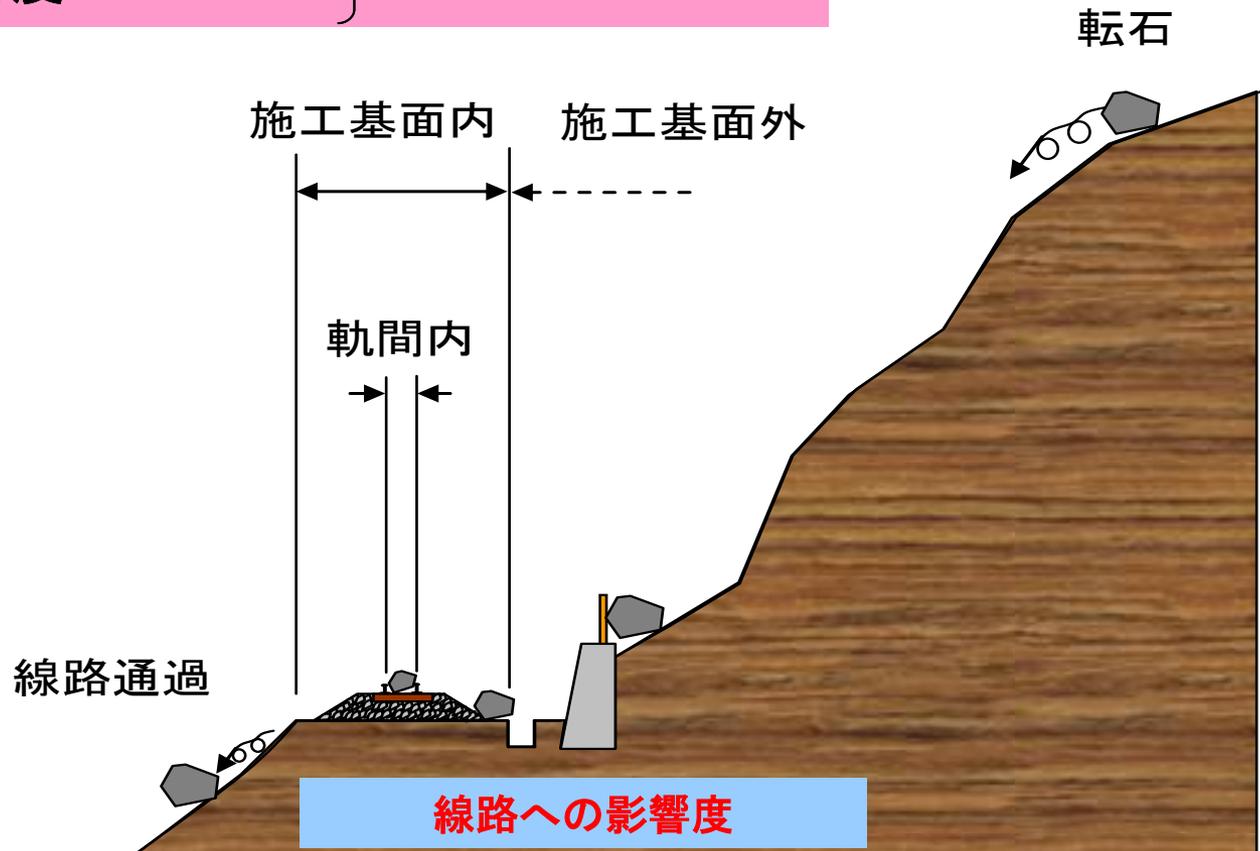
# 落石に対する斜面の危険度の判定

発生源における落石危険度  
線路への影響度



総合評価

発生源における  
落石危険度



# 落石検査の流れ

## 概略調査と一次評価

落石対策技術マニュアル

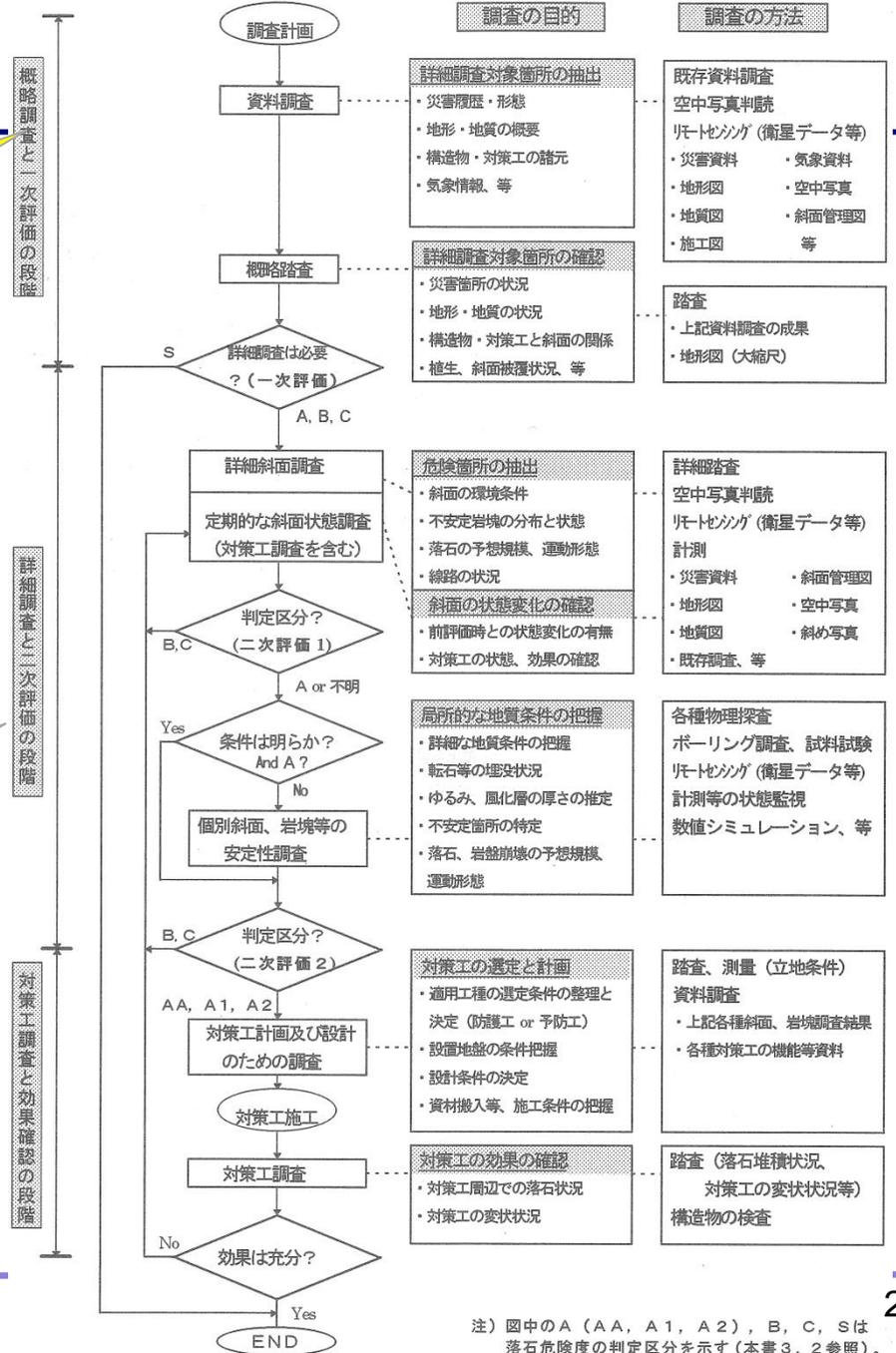
## 落石に対する一般的な調査・評価の流れ

## 詳細調査と二次評価

平成11年3月

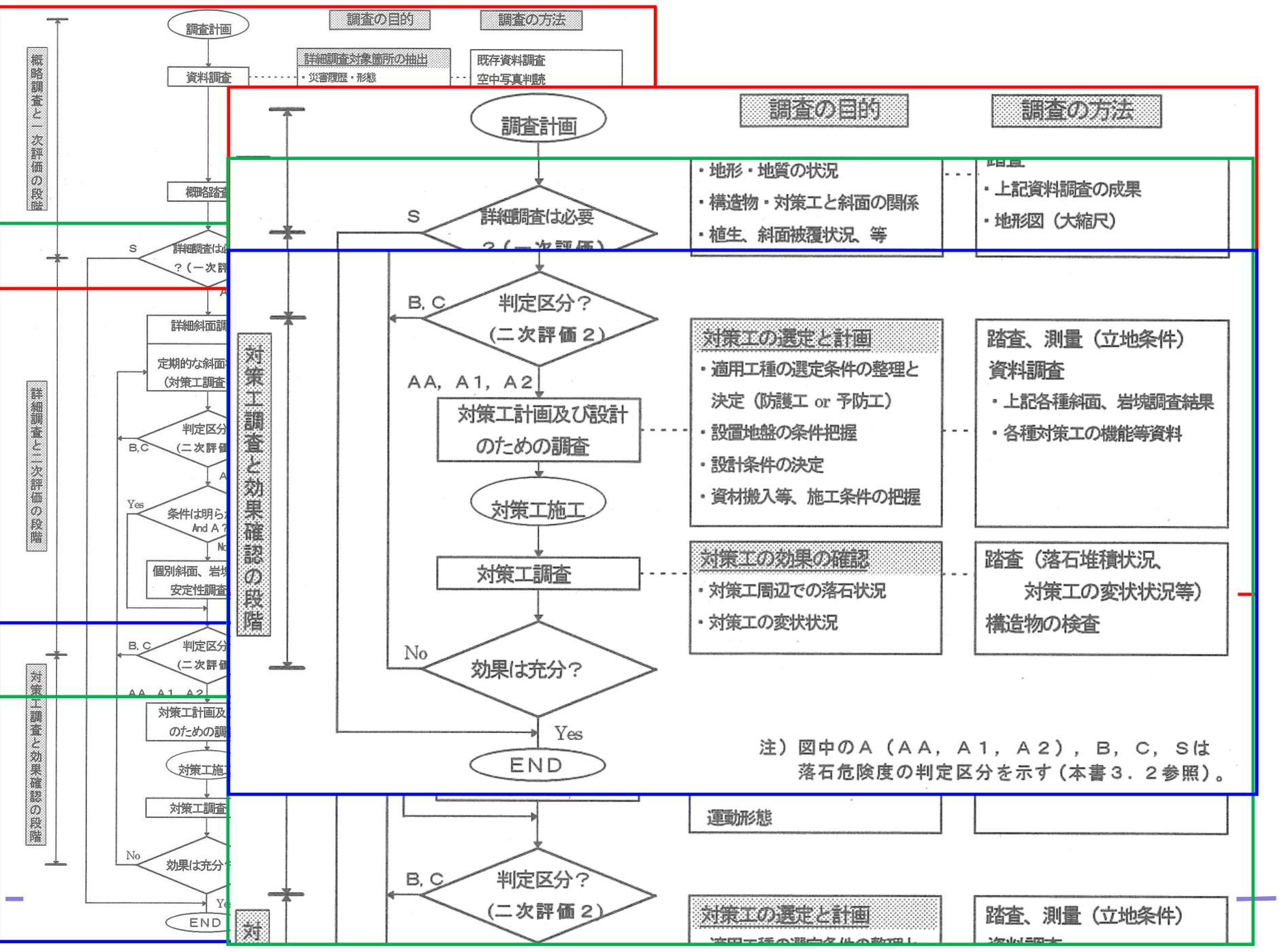
財団法人 鉄道総合技術研究所

## 対策工調査と効果確認



注) 図中のA (AA, A1, A2), B, C, Sは落石危険度の判定区分を示す(本書3.2参照)。





概要調査と一次評価の段階

詳細調査と二次評価の段階

対策工調査と効果確認の段階

**調査計画**

**調査の目的**

**調査の方法**

資料調査

詳細調査対象箇所抽出  
・災害履歴・形態

既存資料調査  
空中写真判読

**調査計画**

**調査の目的**

**調査の方法**

概要踏査

詳細調査は必要? (一次評価)

地形・地質の状況  
構造物・対策工と斜面の関係  
植生、斜面被覆状況、等

踏査  
・上記資料調査の成果  
・地形図 (大縮尺)

**対策工調査と効果確認の段階**

判定区分? (二次評価2)

対策工の選定と計画

踏査、測量 (立地条件) 資料調査

定期的な斜面 (対策工調査)

判定区分 (二次評価)

適用工種の選定条件の整理と決定 (防護工 or 予防工)

設置地盤の条件把握

設計条件の決定

資材搬入等、施工条件の把握

条件は明らか? And A?

踏査 (落石堆積状況、対策工の変状状況等) 構造物の検査

Yes

個別斜面、岩塊安定性調査

対策工計画及び設計のための調査

対策工施工

対策工調査

効果の確認

対策工周辺での落石状況

対策工の変状状況

No

効果は充分?

Yes

END

**対策工調査と効果確認の段階**

判定区分? (二次評価2)

効果は充分?

効果は充分?

Yes

END

運動形態

踏査、測量 (立地条件) 資料調査

注) 図中のA (AA, A1, A2), B, C, Sは落石危険度の判定区分を示す (本書3.2参照)。

**対策工調査と効果確認の段階**

判定区分? (二次評価2)

効果は充分?

Yes

END

運動形態

踏査、測量 (立地条件) 資料調査

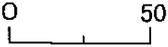
評価の流れと判定区分		判定基準	対処の基本的な考え方		
評価の手順	判定区分		対策及び計画		
二次評価2	AA	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 落石災害の発生する可能性がある状態</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 明らかな兆候あり</li> <li>・ 緊急性が極めて高い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 緊急な処置が必須</li> </ul>	
二次評価1	A1			<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 発生の可能性高い</li> <li>・ 緊急性あり</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 早急に処置</li> </ul>
一次評価	A2			<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 発生の可能性あり</li> <li>・ 緊急性低い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 必要な時期に処置</li> </ul>
	B	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 岩盤、転石は現状で一応安定性を保持するが、経年劣化や異常外力により落石災害発生の可能性がある状態</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 主に、岩盤、転石等の発生源の状態変化の監視</li> <li>・ 必要に応じて処置</li> </ul>	
	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 岩盤、転石は存在するが、大きな状況変化が無ければ落石災害発生の可能性は低い状態</li> <li>・ 発生の可能性あるが、当面現有の防護設備で防護可能</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 主に、周辺環境の変化等の定期的な調査</li> <li>・ 定期的な対策工調査</li> </ul>	
	S	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 斜面状況や鉄道施設等から落石災害発生の可能性なし</li> <li>・ 想定し得る落石発生に対し十分な防護設備の設置（防護設備の老朽化等ない場合）</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 特に必要なし</li> <li>・ 必要に応じて状態確認、防護設備の検査</li> </ul>	

- ①一次評価　：概略調査の結果により、主に地形条件や対策設備の効果等から前述の「S」と判定すべき斜面区分あるいは区間を区分する。
- ②二次評価1　：詳細調査の結果により、主に浮き石の状態や対策工の効果等から「A」「B」「C」に判定区分する。
- ③二次評価2　：「A」と区分された何らかの対策工が必要な斜面あるいは岩塊について、必要に応じてさらに詳細調査を追加したうえでその緊急性という観点から、「AA」「A1」「A2」に判定区分する。

なお、この手順は判定区分に関するものであり、評価作業としてはほかに次の内容がある。

- ①対策工の効果判定　　：設置された対策工の効果に関する調査結果に基づき、各判定区分の際の重要な判断基準とする。
- ②総合評価（最終評価）　：上記の各評価結果について、必要に応じてさらに対象区間全体の判定区分結果を比較対照する等、総合的に再検討を行い、最終的な判定区分を行う。

# 斜面管理図作成マニュアル

<p>斜面管理図 縮尺: 1/2, 500</p> 	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">線名</td> <td style="width: 25%;">保線区名</td> <td style="width: 25%;">駅間</td> <td style="width: 25%;">距離料程</td> </tr> </table> <p>① 空中写真判読図 1/2, 500 地形図または、同縮尺のデジタル・オルソフォトに空中写真の判読結果を指定された記号および色によって記入する。 また、縮尺・目盛尺・方位・図面番号も記入する。</p> <p>② 線名、保線区名、駅間、距離キロ程</p> <p>③ 斜面の種別</p> <p>④ 整理番号</p> <p>⑤ 地形・地質</p> <p>⑥ 面積</p> <p>⑦ 比高・平均傾斜</p> <p>⑧ 離麓距離・離崖距離</p> <p>⑨ 災害形態の予測</p> <p>⑩ 既往災害歴</p> <p>⑪ 要注意箇所</p> <p>⑫ 備考（その他特記事項）</p>	線名	保線区名	駅間	距離料程		
線名	保線区名	駅間	距離料程				
<p>斜面の種別</p>							
<p>整理番号</p>							
<p>地形・地質</p>							
<p>面積</p>							
<p>比高・平均傾斜</p>							
<p>離麓・離崖距離</p>							
<p>災害形態の予測</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">落石</td> <td style="width: 50%;"></td> </tr> <tr> <td>崩壊</td> <td></td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td></td> </tr> </table>	落石		崩壊		その他		
落石							
崩壊							
その他							
<p>既往災害歴</p>							
<p>特定区分</p>							
<p>備考</p>							

付図4.1 斜面管理図の様式

# 安定性評価手法

平成19年1月

## 鉄道構造物等 維持管理標準・同解説(構造物編)

### ▶ 土構造物(盛土・切土)

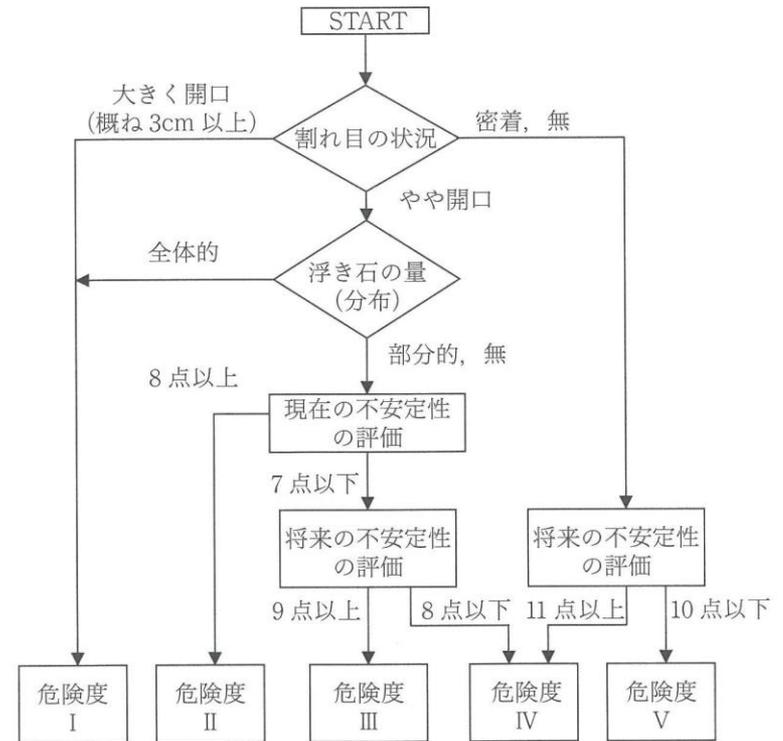
国土交通省鉄道局 監修  
鉄道総合技術研究所 編

## 発生源での斜面の安定性評価手法

「CPCによる評価等を含む現在の不安定性」と「将来の不安定性」を区分して評価。

丸善株式会社

\* CPC(決定的素因): 岩塊の落下・崩壊に直接寄与し、明らかに不安定であると判断できる素因



\* ◇ はCPCによる判定である。

[現在の不安定性]

評価項目	評価点		
	$G > 70^\circ$	$70^\circ \geq G > 45^\circ$	$45^\circ \geq G$
斜面勾配 $G$	2	1	0
風化度	II	I・III	IV
割れ目の性状	ブロック状	板状	サイコロ状
割れ目の方向性	流れ盤	受け盤	ほぼ水平
不安定地形等	有	無	
	2	0	
崩壊歴の有無	有	不明	無
	2	1	0

[将来の不安定性]

評価項目	評価点		
	尾根型	直線	谷型
斜面型	2	1	0
斜面の高さ $H$	$H > 20m$	$20m \geq H > 10m$	$10m \geq H$
風化度	II	I・III	IV
割れ目の多寡	多	中	少
	2	1	0
集水条件・湧水	湧水あり 集水地形	流入地形	非流入 地形
	2	1	0
立木・植生	裸地	草本	木本
	4	2	0
不安定地形等	有	無	
	2	0	
崩壊歴の有無	有	不明	無
	2	1	0
気象条件	寒冷地		温暖地
	2		0

# 斜面管理図(カルテ)に基づく管理の例

# 土構造物カルテ位置図

支社:

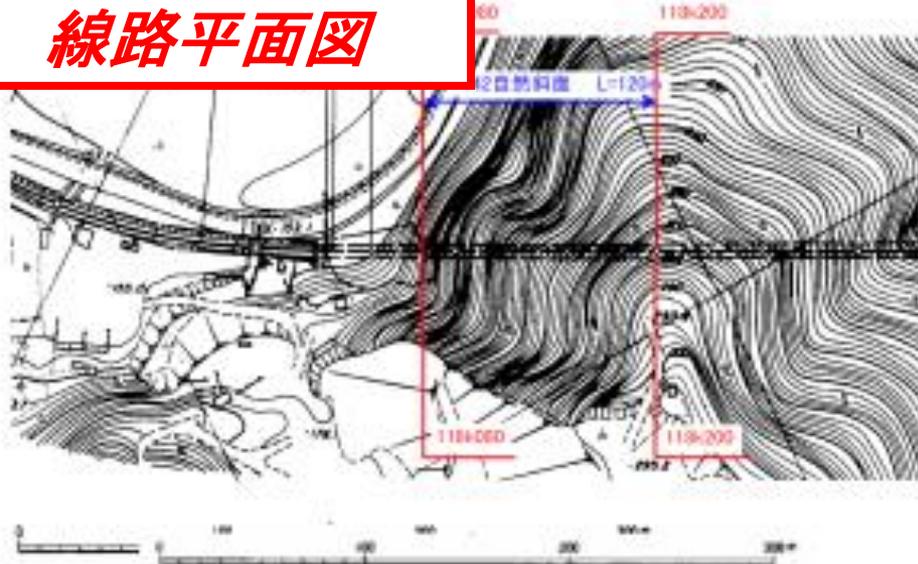
線区:

様式-1

カルテ作成区間の路線概要図 (S=1:2,500)

図所番号: No.142 | 線名: 柏備線 | 駅間: ~ | キロ程: ~ | 延長120m

## 線路平面図



カルテ作成位置概要図 (S=1:25,000)

## 地形図



空中写真によるカルテ作成区間の現地状況



## 空中写真

(路線概要及びカルテ分割作成記事)

- 本区間は延長120mのトンネル起点側坑口背後自然斜面からなる区間。
- 本区間を1区間(142左右)に区分してカルテ作成。

## 路線概要

# 現状の落石検査における問題点

- 線路から直接見えないところが発生源となる場合がある  
→発生源の位置を的確にとらえる方法が必要
- 経験や知識に依存する定性的な安定性評価が主体である  
→岩塊の安定性を定量的に評価する方法が必要
- 近寄れない斜面にある岩塊の安定性をどう評価すればよいか？  
→非接触で安定性を評価できる方法が必要

**ご静聴 ありがとうございます。**

