

5-2. 土 工 【変状分析と要件整理の流れ】

着目点に関する情報整理

- ①使用環境の影響/変化
 - ・異常降雨
 - 盛土浸透水対策
 - 排水機能強化
 - 溪流対策
- ②明確なかたちでは考慮できなかった変状リスク
 - ・盛土の長期強度低下
 - 脆弱盛土対策
 - ・厳しい腐食環境
 - グラウンドアンカー対策
- ④設計/施工基準類の変遷
 - ・排水構造物設計基準
 - ・溪流対策
 - ・脆弱岩盛土の設計・施工
 - ・アンカー設計基準

分析

各種データ

- ①排水能力
- ②被災盛土の分析(材料、地形、高さ)
- ③脆弱岩強度調査
- ④アンカー健全度調査結果

事例の収集

- ①盛土降雨災害
- ②排水の不具合
- ③溪流災害
- ④脆弱岩盛土変状
- ⑤アンカーの劣化

大規模更新・修繕の必要要件及び
対策シナリオを整理

5-2. 土 工 【盛土浸透水対策①】

〔災害事例〕

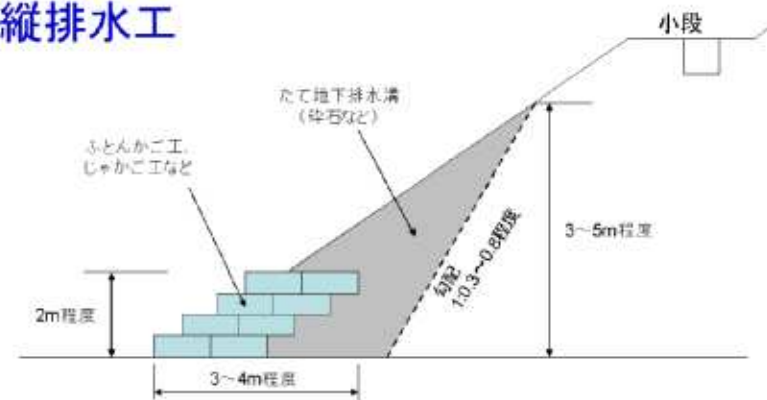


災害状況



対策状況

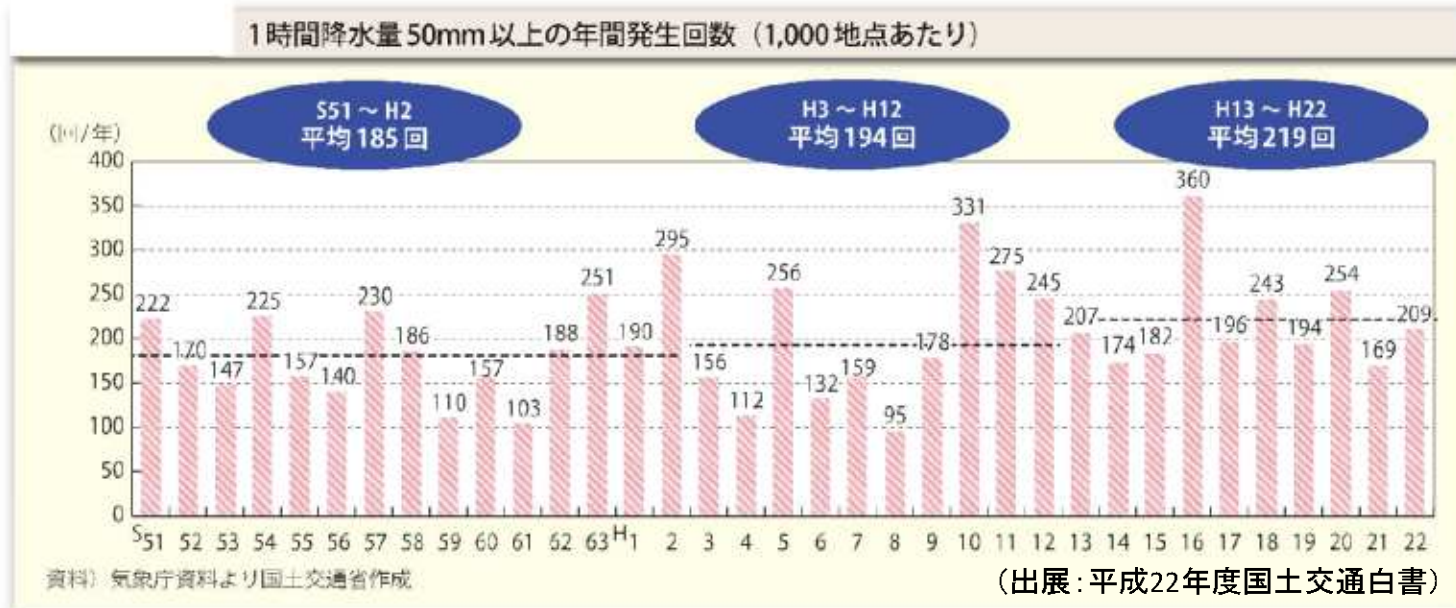
砕石縦排水工



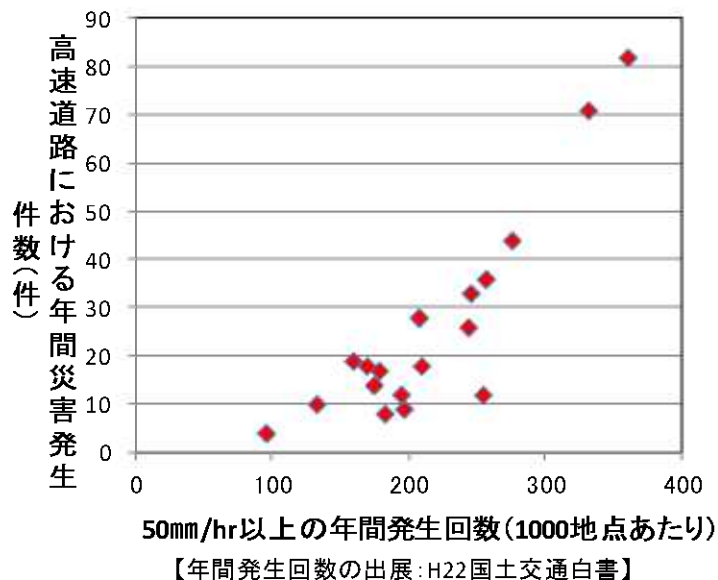
5-2. 土 工 【盛土浸透水対策②】

〔降雨と被害の傾向〕

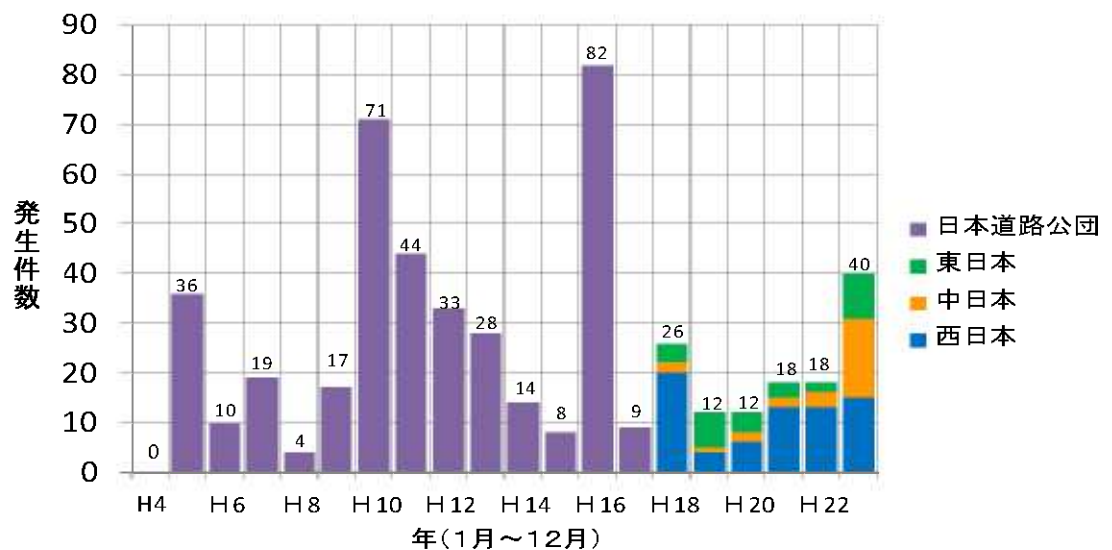
短期間の豪雨の発生頻度が高い傾向⇒降雨災害も増加傾向



50mm/hr以上の降雨の発生回数と災害件数の関係



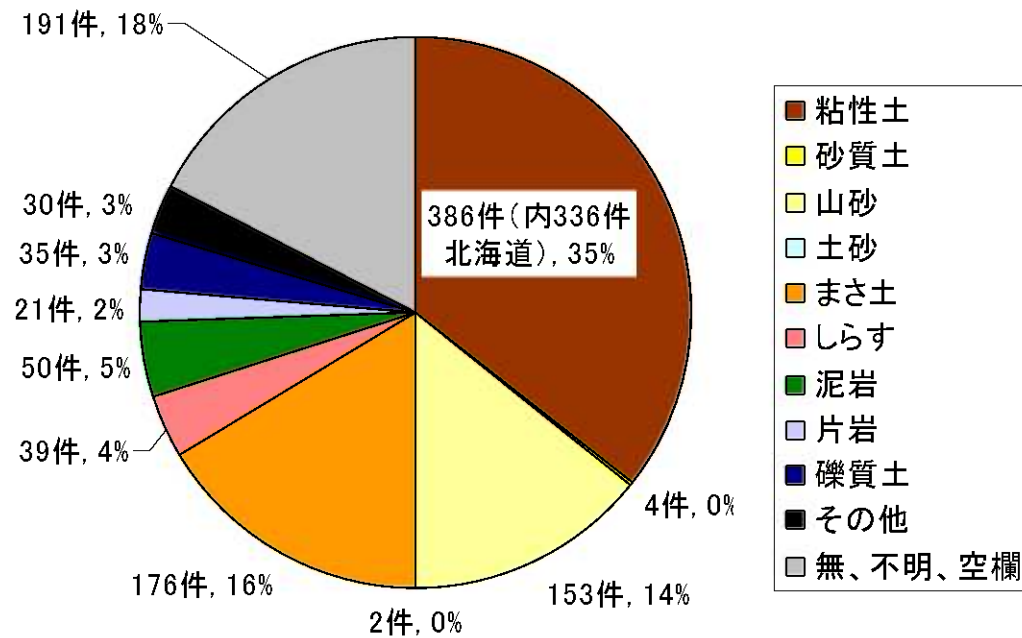
高速道路における降雨災害発生件数



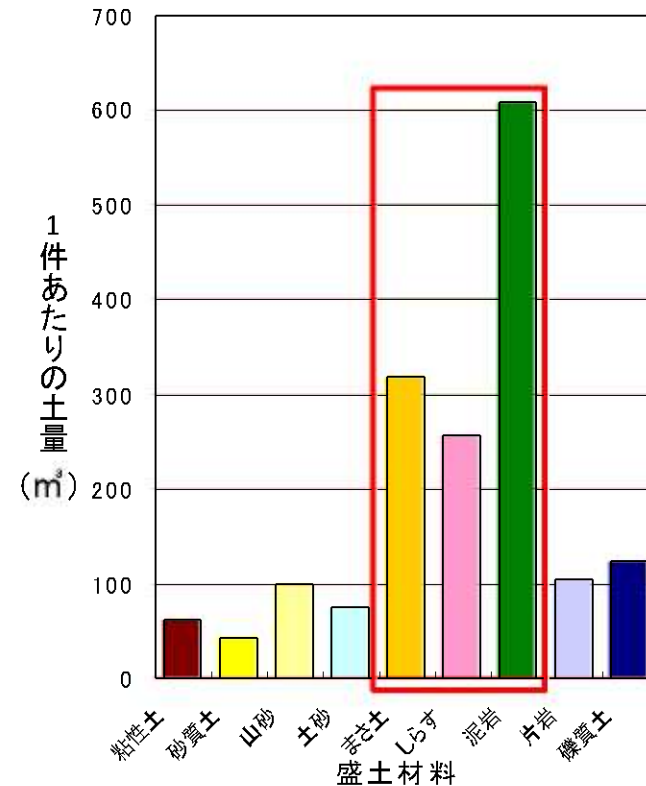
5-2. 土 工 【盛土浸透水対策③】

〔盛土災害の分析結果〕

盛土材料ごとの崩壊規模の傾向



材料ごとの被災件数



1件あたり被災土量(材料別)

- ・被災件数は、粘性土が最も多いが、そのほとんどが北海道での災害である。
- ・粘性土を除外すると、まさ土、しらす、山砂など砂質系の材料の被災事例が多い。
- ・1件あたりの被災土量は、泥岩が最も多く、次いでまさ土、しらすとなっている。

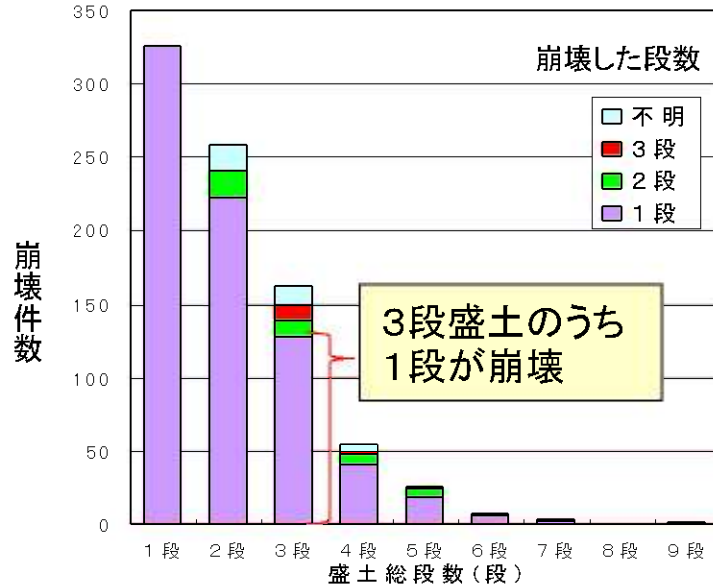


泥岩、まさ土、しらすを用いた盛土の排水対策が必要。

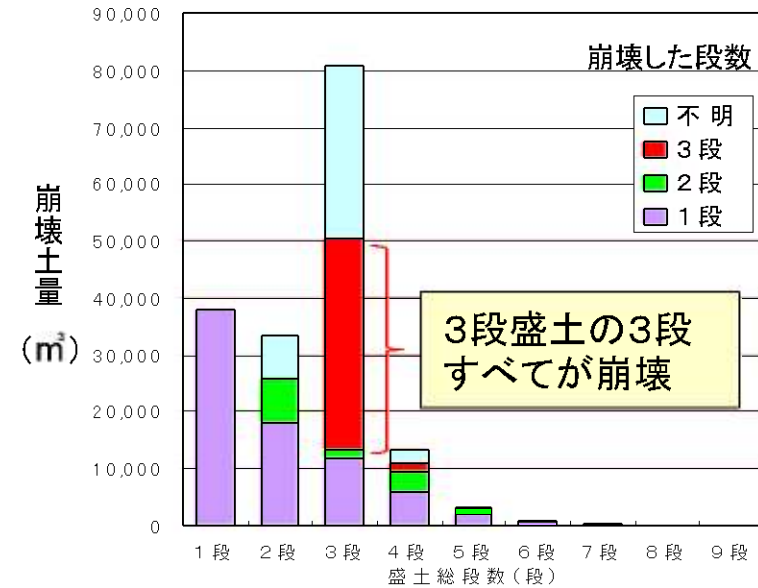
5-2. 土 工 【盛土浸透水対策④】

〔盛土災害の分析結果〕

盛土高さによる崩壊土量の傾向

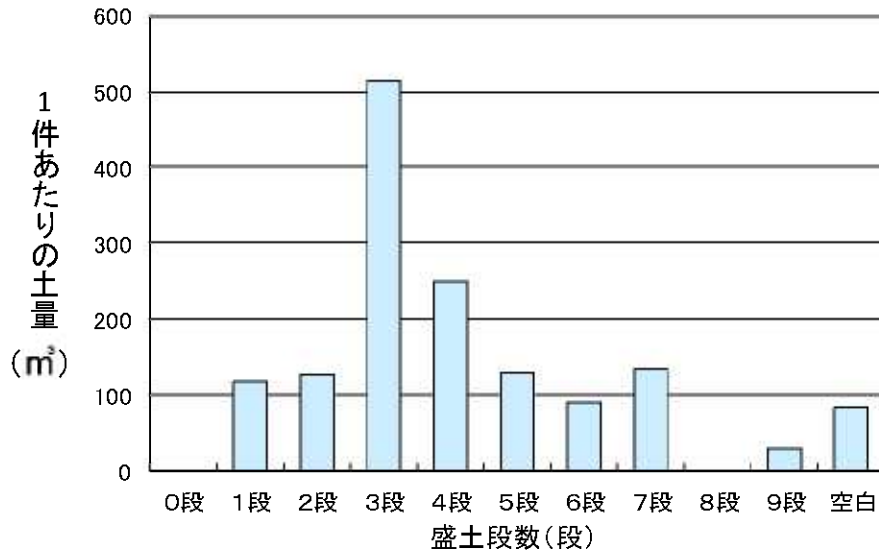


盛土段数ごとの被災件数



盛土段数ごとの被災土量

※凡例中の段数は、盛土の総段数のうち崩壊した段数を示す



盛土段数ごとの1件あたりの被災土量

3段以上ののり面において崩壊規模が大きい。

5-2. 土 工 【排水機能強化①】

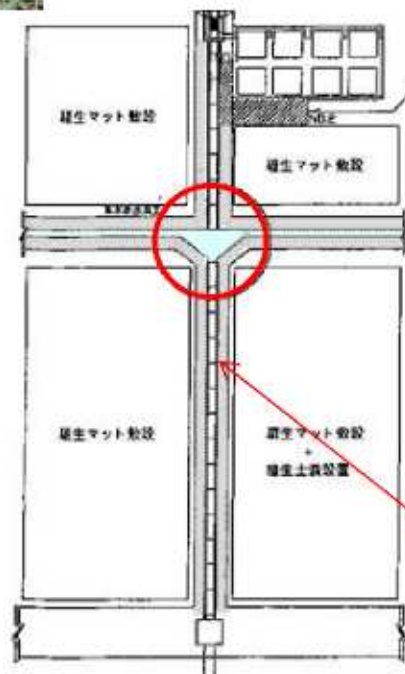
〔災害事例〕



災害状況



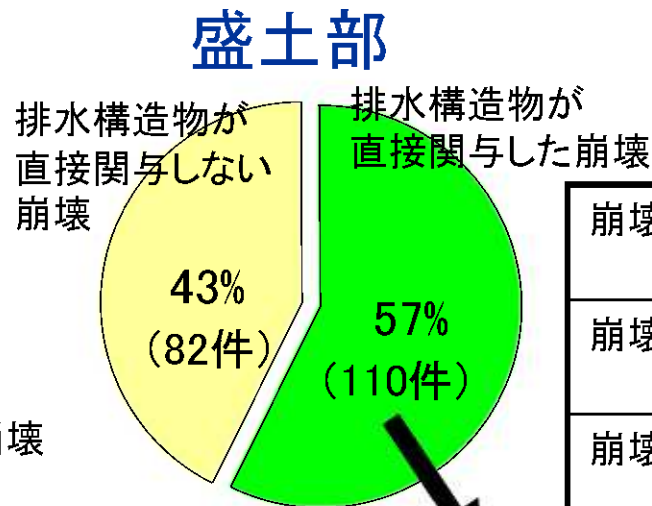
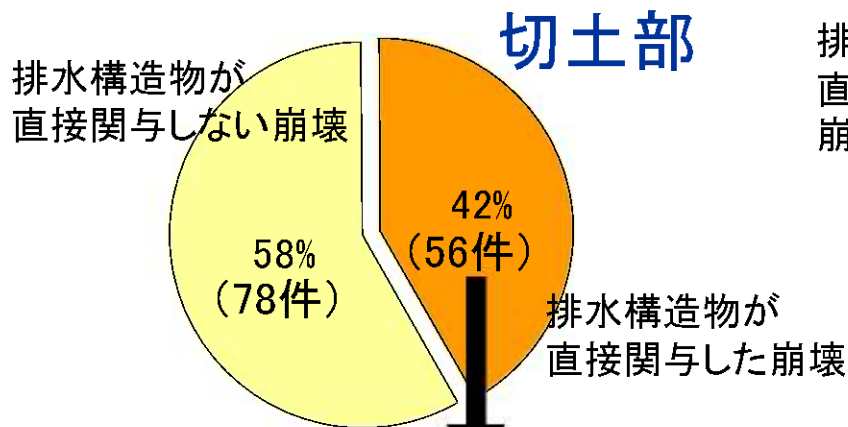
対策状況



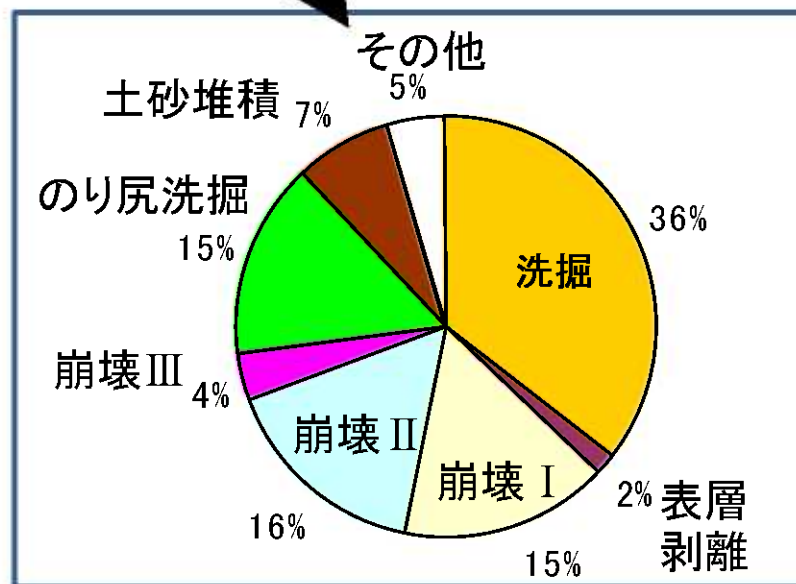
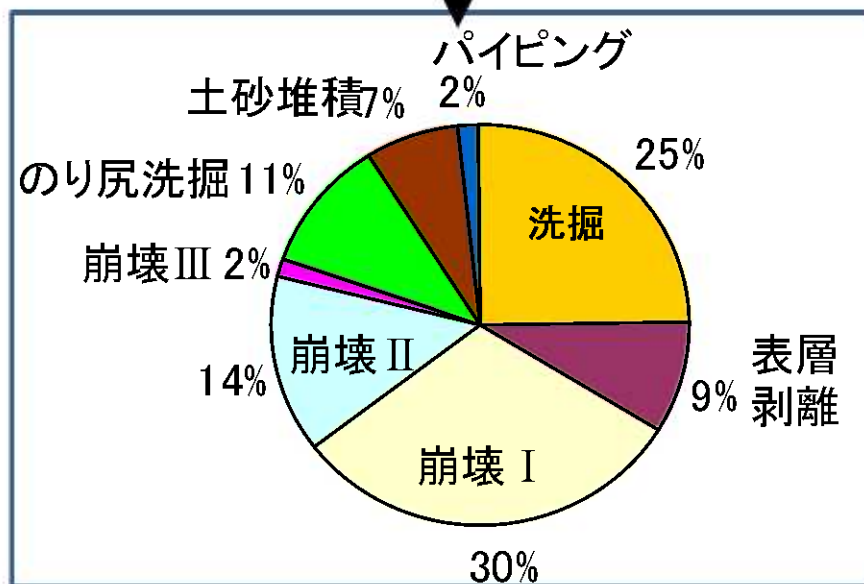
半割リコルゲート

5-2. 土 工 【排水機能強化②】

【排水構造物による崩壊】



崩壊 I	深さ1m未満の浅いすべり面をもつ変状・崩壊
崩壊 II	深さ1m以上の深いすべり面をもつ変状・崩壊
崩壊 III	のり面背後を含むような大規模な変状・崩壊



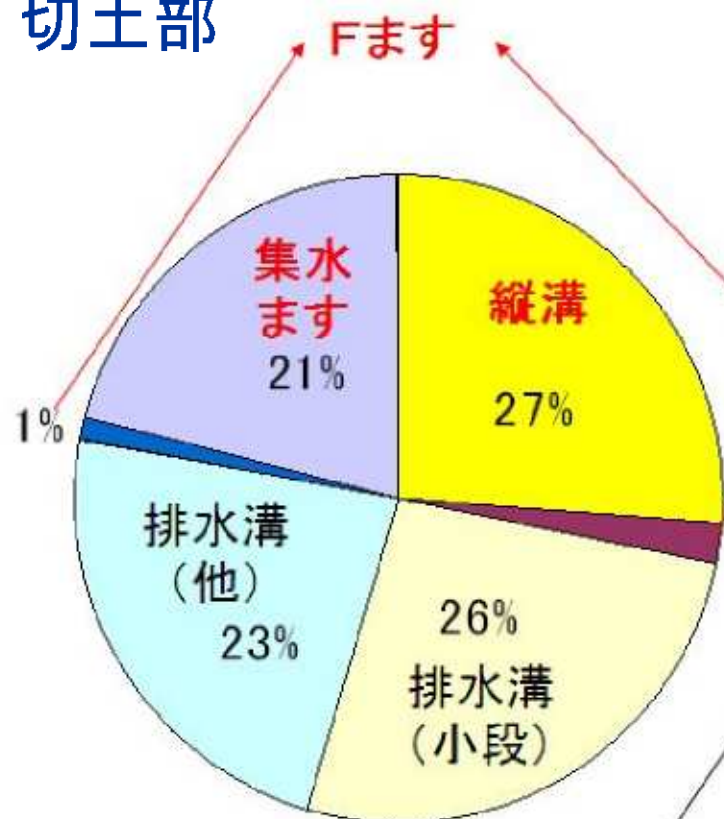
のり面崩壊の要因となった排水構造物の内訳

洗掘、表層崩壊など小規模な変状がほとんどであるが、大規模な変状・崩壊に至る場合もある。

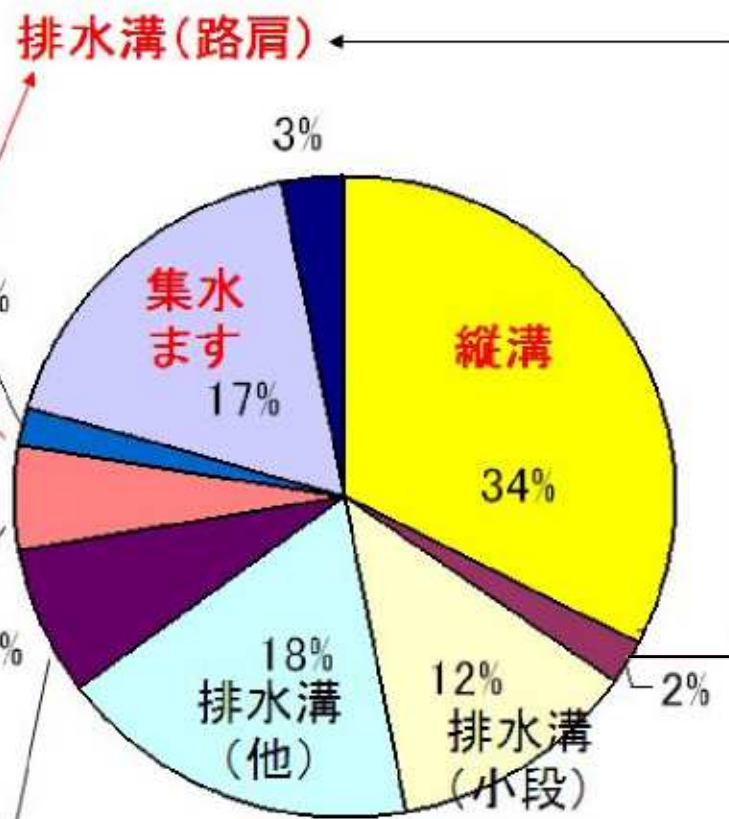
5-2. 土 工 【排水機能強化③】

〔排水構造物の改良〕

切土部



盛土部



縦溝のみ口 アスカーブ

のり面崩壊の要因となった排水構造物の内訳

排水が原因による崩壊の半数が縦溝および、集水ますでありこれらを改良することが効果的

5-2. 土 工 【排水機能強化④】

〔排水構造物の設計基準の変遷〕

昭和45年から58年の間に建設された高速道路を優先的に対応

昭和58年改訂
供用路線の崩壊の多くが排水によるため排水対策を充実させた

平成21年制定
排水対策を徹底
①基盤排水層
②水平、垂直排水層
③雨水排水工
④のり尻工

年次	1961～1964 (S36～S39)	1970 (S45)	1983 (S58)	1988 (S63)	1990 (H2)	1998 (H10)	2004 (H16)	2009 (H21)
	東名神時代	新規5道時代	横断道時代			新東名神時代		
設計要領	高速自動車 国道設計要領	設計要領制定	設計要 領改正	一部 改正		土工編 改正	H17土工編 改正	高盛土編 追加
					排水編改正		排水編改正	
排水溝断面		0.18・0.18から 記載	0.30・0.30から記載 小段シールコンを規定				最小寸法を規定 (小段排水0.30・0.30)	
標準図集	設計要領に記載 ※小段排水にU型排水 溝を設ける場合、セメン トモルタルを打設する等 の処置をとることが望ま しい。 U字溝は全段に設ける 必要はなく、特に湧水 のあるノリ面の下の小段、 その他水量の多いと思 われる小段に設置。		1975(S50) 制定 シールなし	1983(S58)改正 シールあり		1990(H2)改正 ロングPUの採用		
事務連絡						1999(H11).10.4事務連絡 排水施設に関する留意事項 ①レベルバンク ②傾斜地盤上の盛土 段切、地下排水等の徹底		

H10・H11集中豪雨
による被害多発

5-2. 土 工 【溪流対策①】

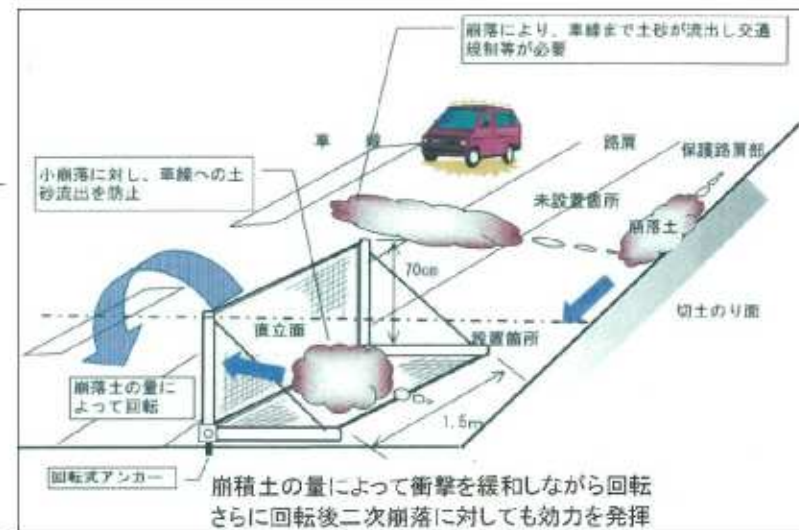
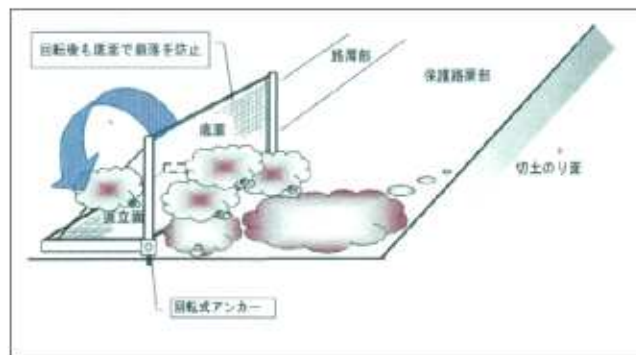
〔災害事例〕



対策状況

ワイヤーネットを設置した事例

災害状況



L型フェンスを設置した事例(概念図)

5-2. 土 工 【溪流対策②】

〔溪流対策基準類の変遷〕

1897(M30)	砂防法
1968(S43).8	飛騨川土石流災害(バス転落)
1976(S51)～1978(S52) 1980(S55)～1981(S56) 1985(S60)～1987(S62) 1988(S63)	道路建設における土石流対策に関する研究委員会 荒廃溪流地帯を通過する道路設計に関する研究委員会 自動車道に係る土石流災害の予知及びその対応に関する研究委員会 溪流に係わる高速道路の防災に関する研究委員会
1989(H1).10	国:土石流対策技術指針(案)、 土石流危険溪流及び土石流危険区域調査要領(案)
1995(H7)～1996(H8)	「土石流対策施設調査・計画・設計マニュアル(案)」作成検討委員会
1996(H8).8	舞鶴若狭道丹南第一TN土石流災害
1997(H9).9	土石流対策の手引き(案)
1998(H10)～2000(H12)	土石流対策施設に関する検討委員会
2001(H13).4	土砂災害防止法(土砂災害警戒区域の指定)
2002(H14)	高速道路における土石流対策検討委員会
2003(H15).11	土石流対策の手引き

平成9年以前の
危険溪流を
優先的に対応

自衛手段として溪
流対策を実施

5-2. 土 工 【脆弱岩盛土対策①】

〔災害事例〕



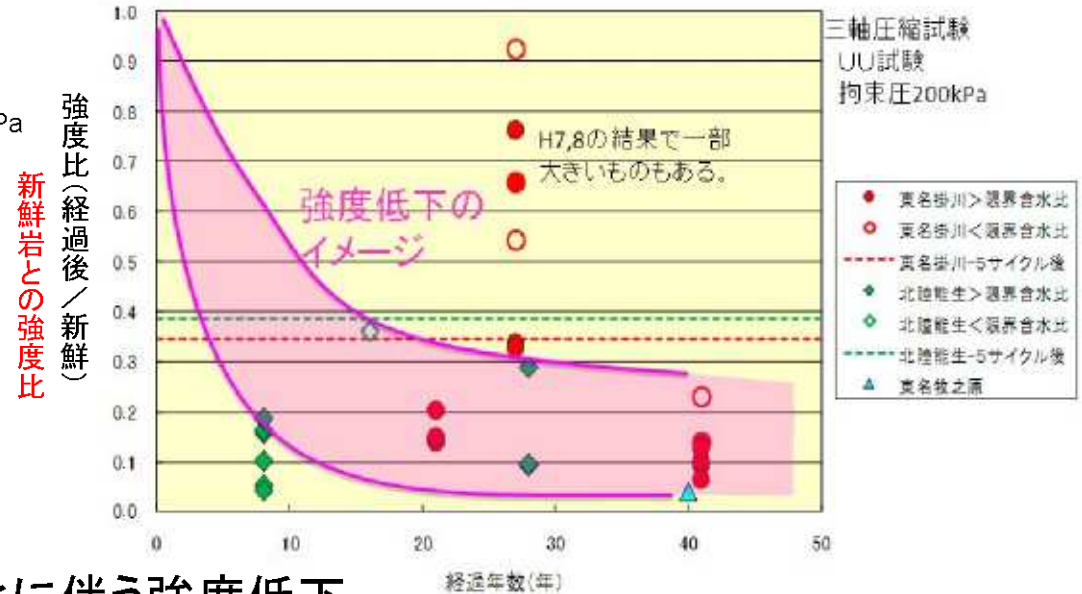
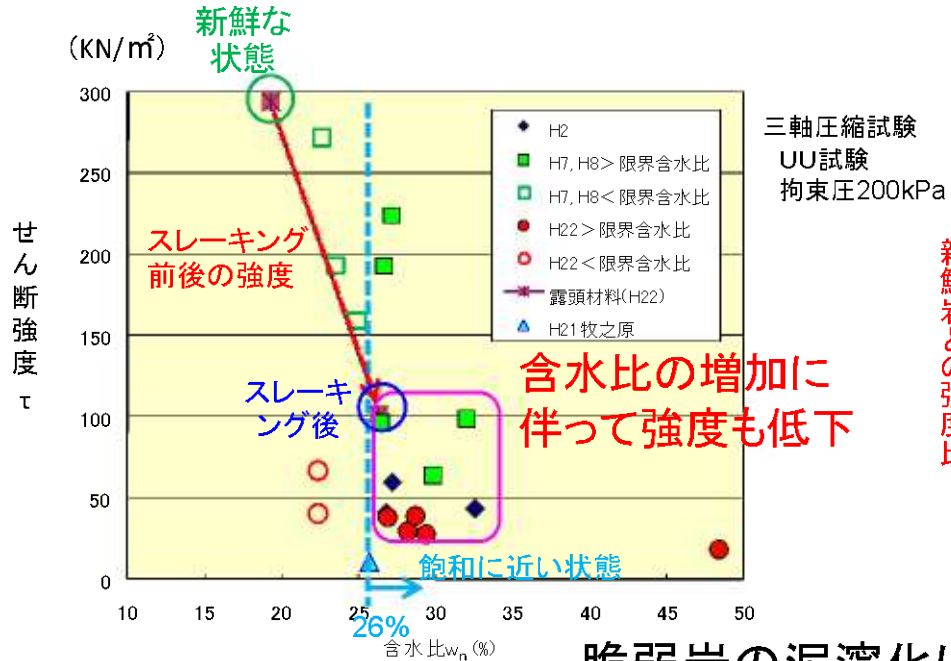
災害状況



対策状況

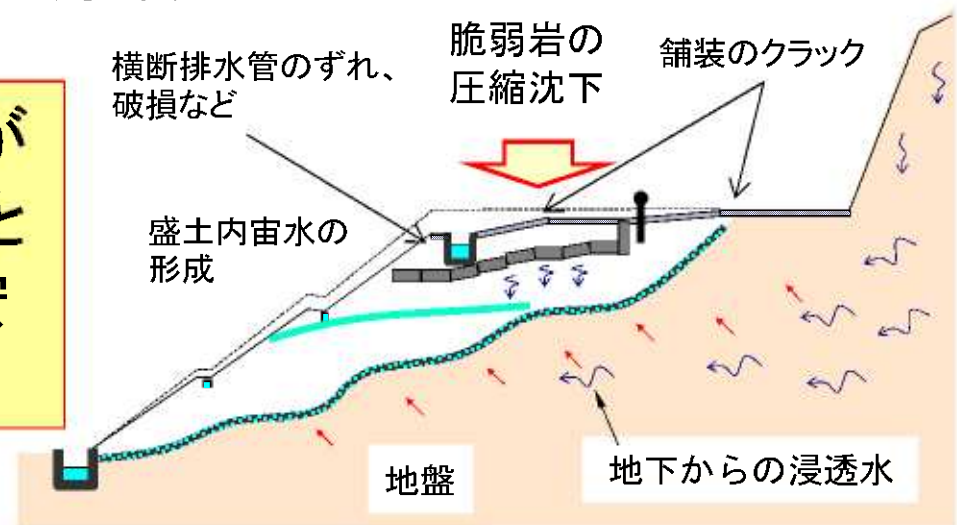
5-2. 土 工 【脆弱岩盛土対策②】

【脆弱岩盛土材料の強度低下】



脆弱岩の泥濁化に伴う強度低下

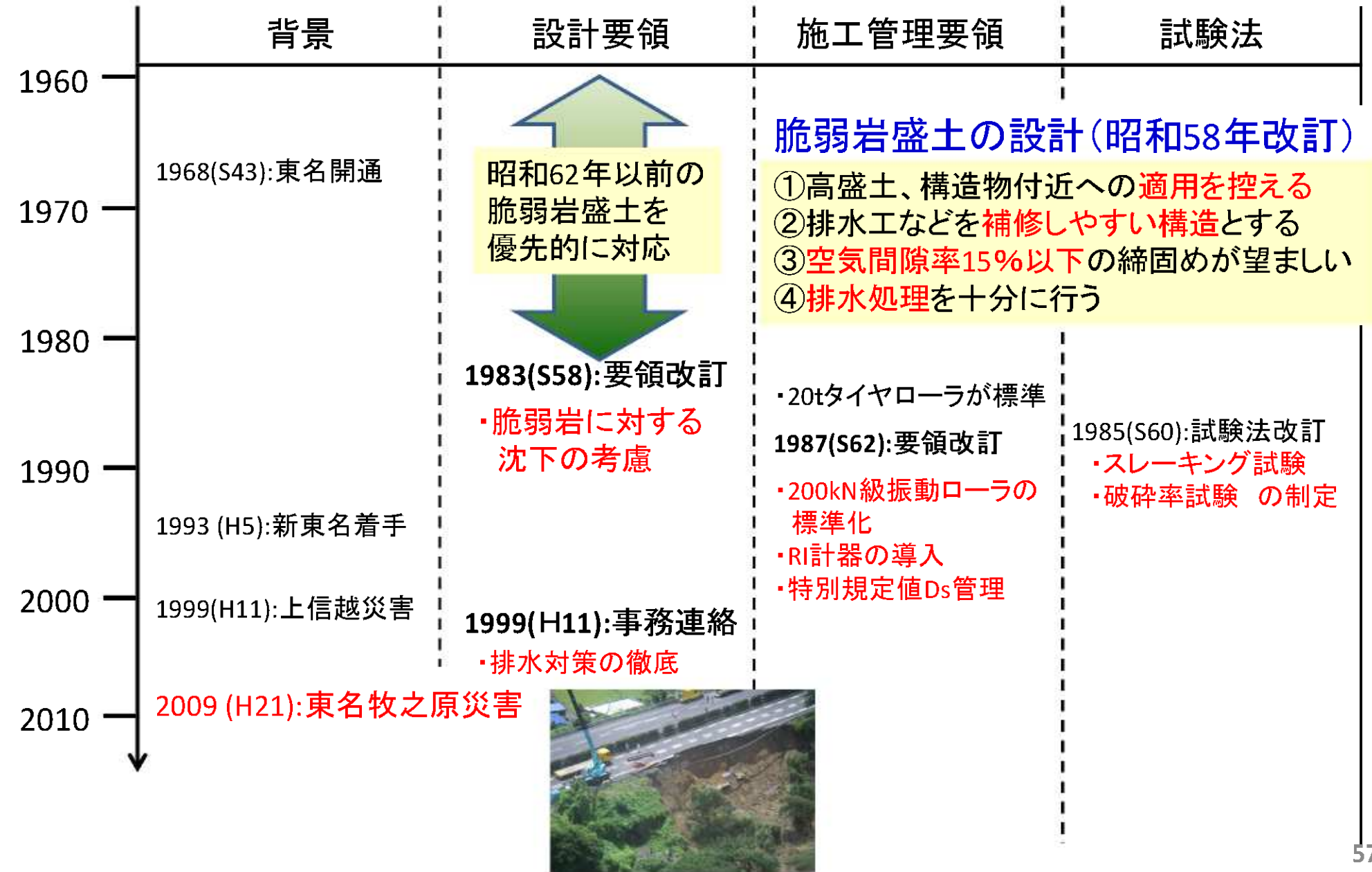
雨水の浸入により盛土の含水比が上昇し、スレーキングが進行するとともに盛土および附帯構造物の安定性が低下。



脆弱岩盛土の変形模式図

5-2. 土 工 【脆弱岩盛土対策③】

〔脆弱岩盛土に関する基準類の変遷〕



5-2. 土 工 【グラウンドアンカー対策①】

【グラウンドアンカーの腐食】



アンカー頭部の腐食・破損



アンカー増打ちなど補強アンカー

【グラウンドアンカーの設計】

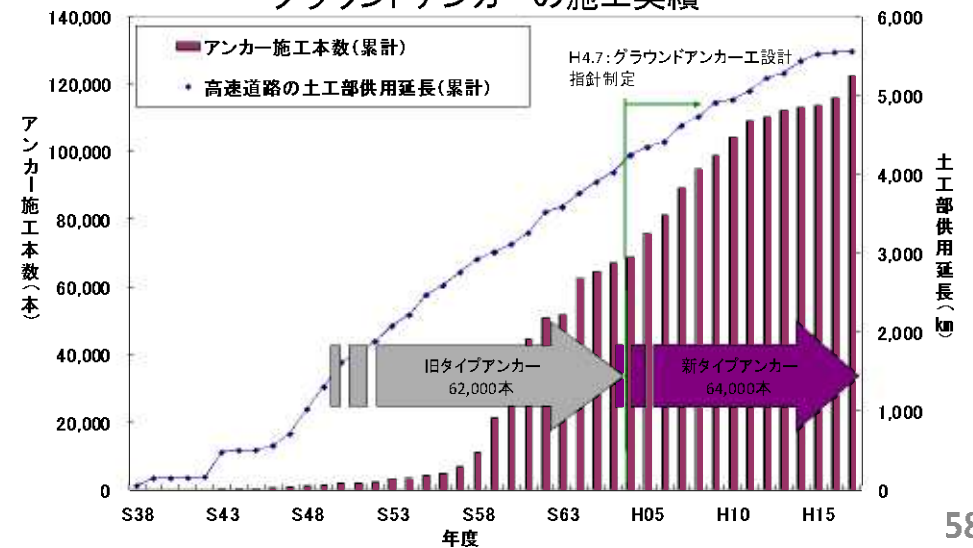
1992年(H4):グラウンドアンカー設計指針

グラウンドアンカーの防食性向上



旧タイプアンカー ⇒ 新タイプアンカー

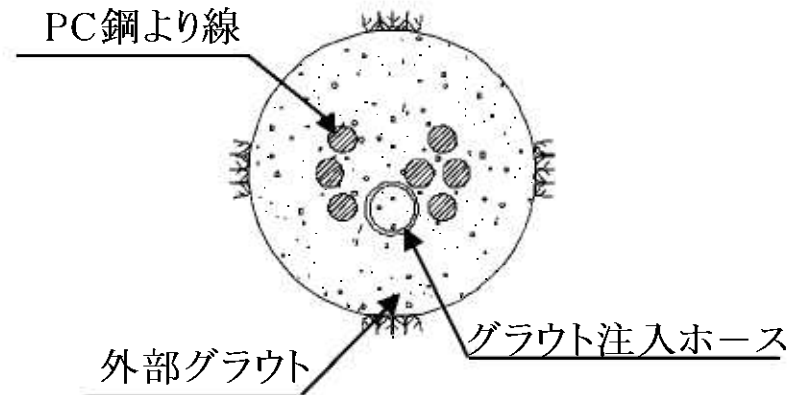
グラウンドアンカーの施工実績



5-2. 土 工 【グラウンドアンカー対策②】

〔新旧グラウンドアンカーの違い〕

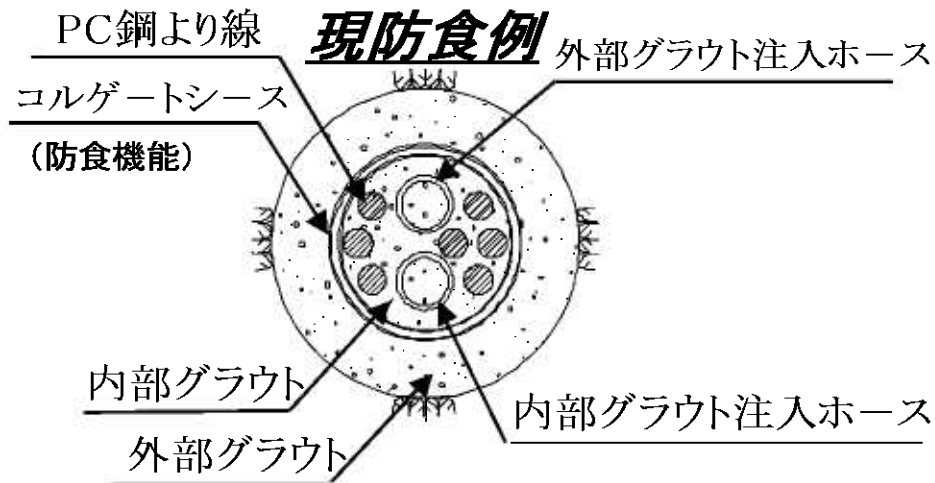
旧タイプアンカー



腐食状況



新タイプアンカー

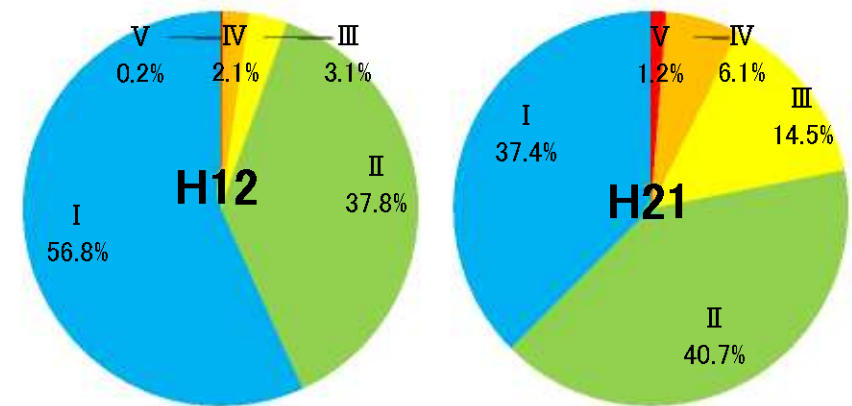


5-2. 土 工 【グラウンドアンカー対策③】

【グラウンドアンカーの劣化】

関西支社内の旧タイプアンカー5,063本(41のり面)について、2000(H12)、2009(H21)年度の頭部調査結果を以下の評価区分で整理

評価	状況
I	現状のままで、良好な状態を維持できる
II	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
III	機能が低下し今後IVになる可能性がある
IV	機能が大幅に低下しており、今後Vになる可能性がある
V	現状でまったく機能していない



【増し打ち施工事例】

【PC鋼棒】

路線	KP	施工年	全本数	V本数	比率(%)
東北	640.4	S55	76	2	2.6
東北	593.7	S59	89	4	4.5
舞鶴	45.6	S60	84	15	17.9
舞鶴	48.1	S60	67	4	6.0
中国	201.1	S53	232	12	5.2
九州	227.5	S60	337	6	1.8

【PC鋼より線】

路線	KP	施工年	全本数	V本数	比率(%)
東北	60.0	S45	110	不明	—
中国	500.1	S48	76	4	5.3
中国	500.5	S48	144	5	3.5
中国	500.7	S48	166	9	5.4

過去の対策事例から評価Vが約2%~18%の段階で対策を実施している

5-3. トンネル 【変状分析と要件整理の流れ】

着目点に関する情報整理

- ① 経過年数の増大
 - ・ 経過年数と覆工の損傷
- ② トンネル構造、施工工法
 - ・ 矢板工法の施工に起因する背面空洞
 - ・ 覆工打ち継目の浮き・剥離
- ③ 周辺地山の影響
 - ・ 膨張性地山、強度低下を示す地山等
- ④ 設計/施工基準類の変遷
 - ・ インバートの設置基準
 - ・ 覆工の施工法、点検手法

分析

健全度データ

- ① 覆工の健全度
- ② 覆工の点検結果
- ③ 覆工健全度解析結果

変状事例の収集

- ① 覆工背面空洞
- ② 覆工変状
- ③ 盤ぶくれ
- ④ 覆工はく落

大規模更新・修繕の必要要件及び
対策シナリオを整理

5-3. トンネル 【覆工背面空洞対策①】

〔変状事例〕



変状状況

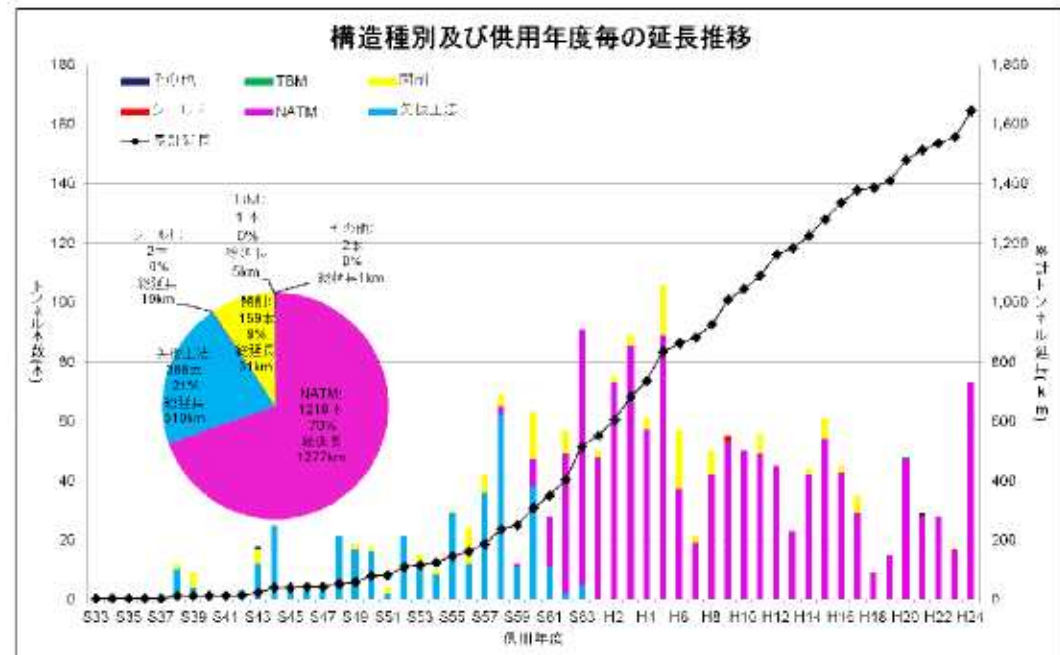


覆工背面空洞注入対策状況

〔トンネル設計〕

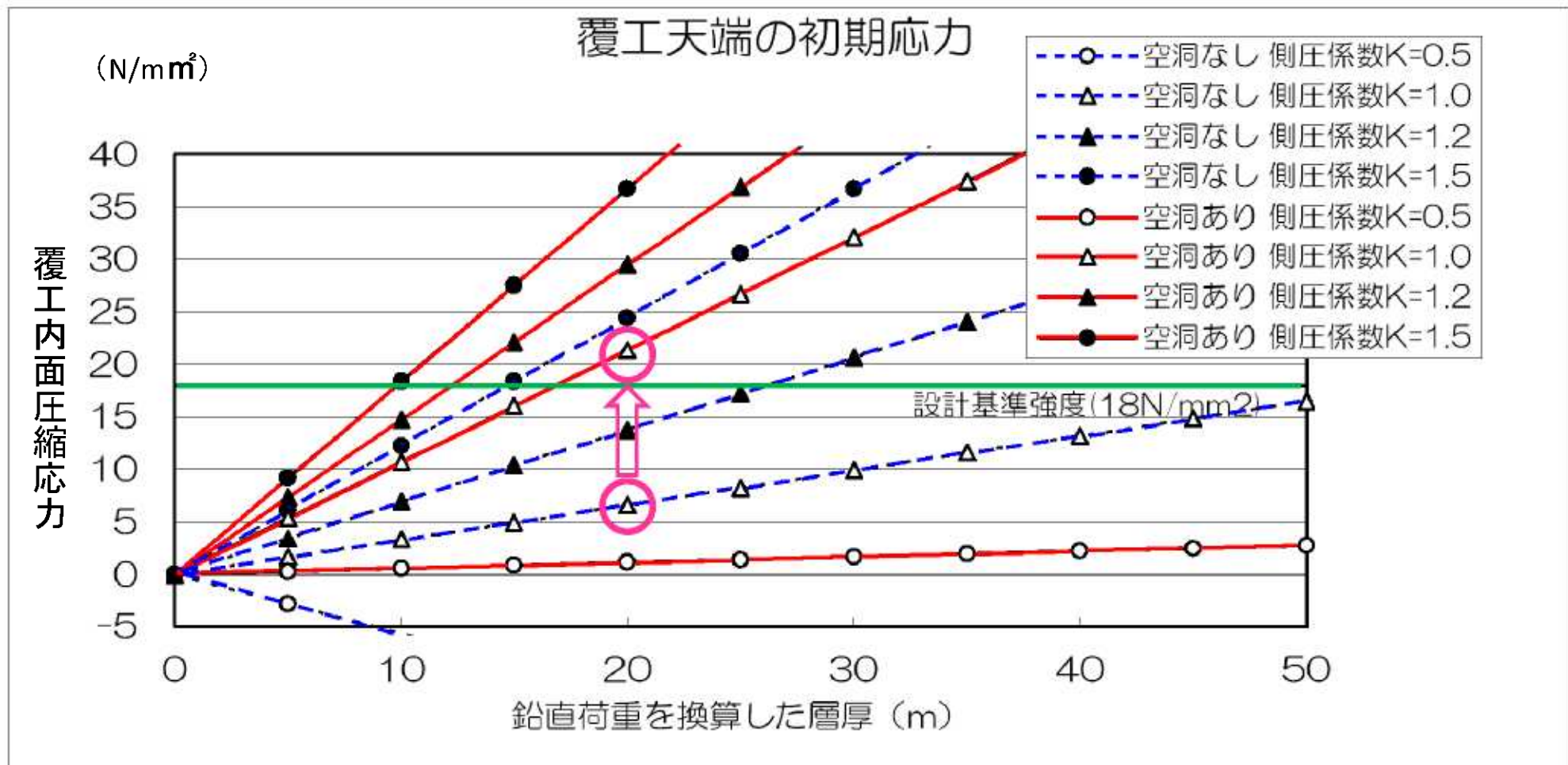
S58:NATM設計積算暫定指針

矢板工法 ⇒ NATM



5-3. トンネル 【覆工背面空洞対策②】

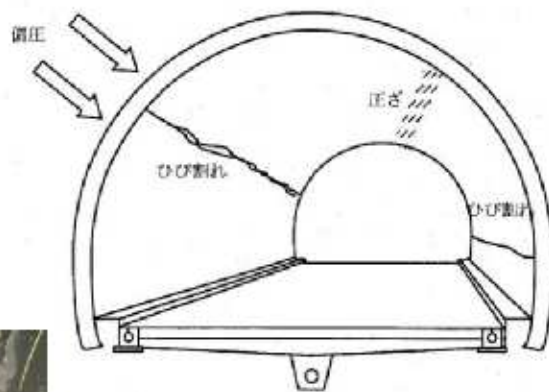
〔空洞有無による覆工天端応力の解析例〕



背面空洞があると覆工に作用する応力が大きくなる。

5-3. トンネル 【覆工変状対策①】

〔変状事例〕



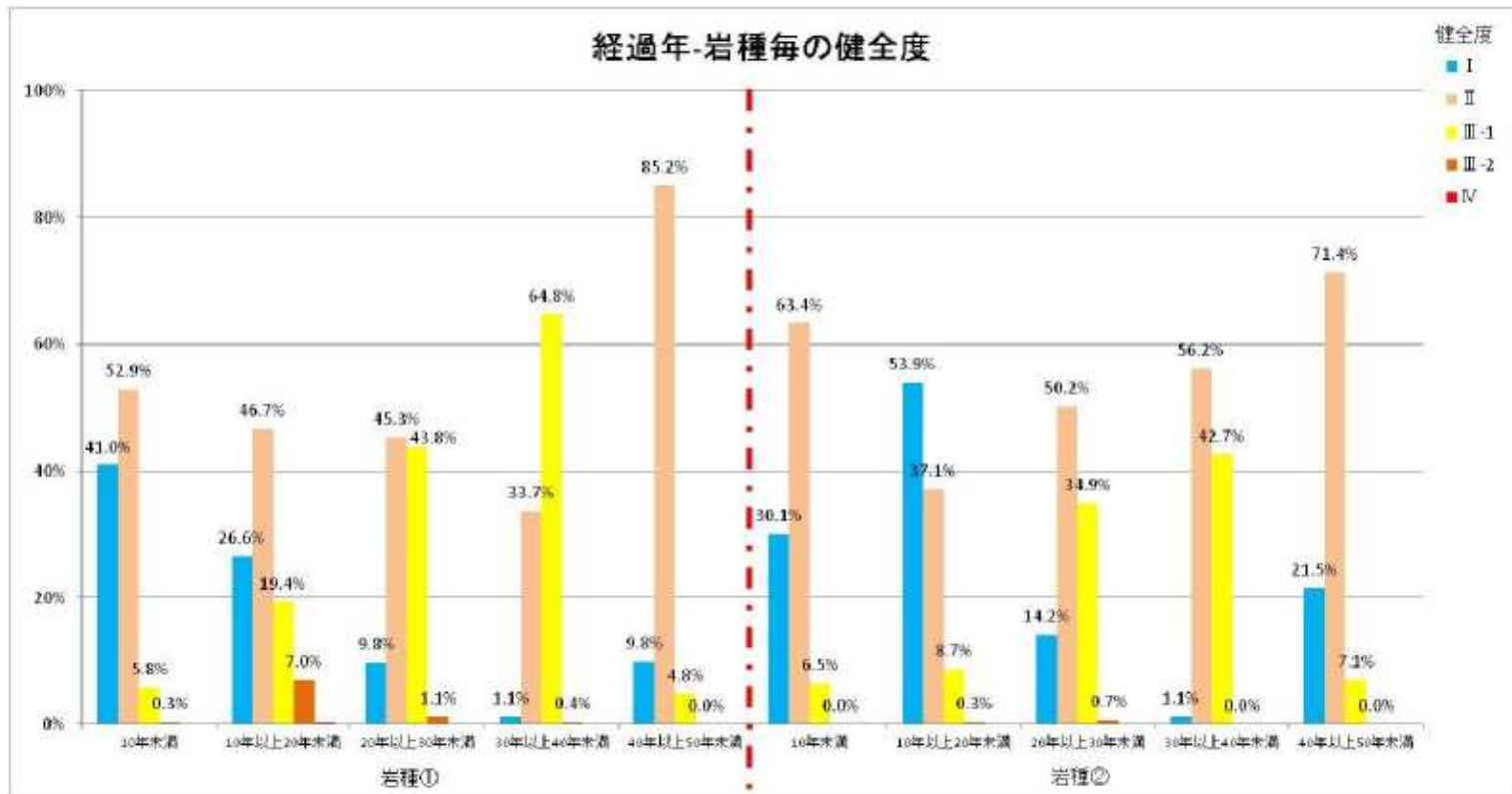
変状状況



内面補強対策工による対策状況

5-3. トンネル 【覆工変状対策②】

〔覆工健全度分析〕



- 岩種①
 - 蛇紋岩
 - 凝灰岩
 - 凝灰角礫岩
 - 千枚岩
 - 黒色片岩
 - 緑色片岩
 - 頁岩
 - 泥岩
 - 流紋岩
 - 粘板岩
 - グリーンタフ
 - マサ土
 - シラス
 - ローム
 - シルト
 - 崖錘
 - 砂礫
- 岩種②
 - 安山岩
 - 玄武岩
 - 石英安山岩
 - ひん岩
 - 斑れい岩
 - 花崗岩
 - 花崗閃緑岩
 - 石英斑岩
 - 花崗斑岩
 - ホルンフェルス
 - 角閃石岩
 - 砂岩
 - 礫岩
 - 石灰岩
 - チャート
 - 片麻岩

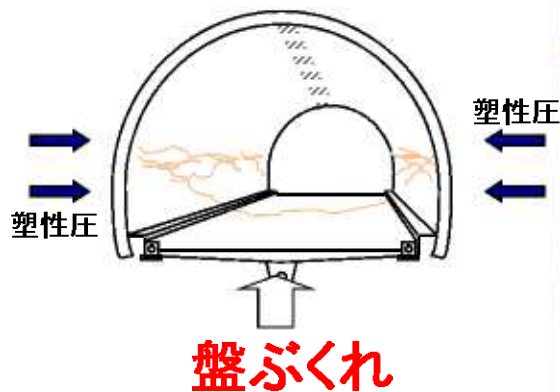
岩種区分	経過年	I	II	III-1	III-2	IV	総計	I	II	III-1	III-2	IV	総計
①	10年未満	148	191	21	1		361	41.0%	52.9%	5.8%	0.3%	0.0%	7%
	10年以上20年未満	458	804	334	120	5	1721	26.6%	46.7%	19.4%	7.0%	0.3%	31%
	20年以上30年未満	249	1156	1118	28		2551	9.8%	45.3%	43.8%	1.1%	0.0%	46%
	30年以上40年未満	3	90	173	1		267	1.1%	33.7%	64.8%	0.4%	0.0%	5%
	40年以上50年未満	59	511	29		1	600	9.8%	85.2%	4.8%	0.0%	0.2%	11%
① 集計		917	2752	1675	150	6	5500	16.7%	50.0%	30.5%	2.7%	0.1%	
②	10年未満	28	59	6			93	30.1%	63.4%	6.5%	0.0%	0.0%	3%
	10年以上20年未満	533	367	86	3		989	53.9%	37.1%	8.7%	0.3%	0.0%	30%
	20年以上30年未満	179	632	440	9		1260	14.2%	50.2%	34.9%	0.7%	0.0%	38%
	30年以上40年未満	1	50	38			89	1.1%	56.2%	42.7%	0.0%	0.0%	3%
	40年以上50年未満	189	628	62			879	21.5%	71.4%	7.1%	0.0%	0.0%	27%
② 集計		930	1736	632	12	0	3310	28.1%	52.4%	19.1%	0.4%	0.0%	
総計		1847	4488	2307	162	6	8810	21.0%	50.9%	26.2%	1.8%	0.1%	

・岩種①(風化しやすい岩)の場合、経過年数と共に健全度が低下する傾向が大きい。

・岩種①では、健全度の低下が著しいものがある。

5-3. トンネル 【盤ぶくれ対策①】

〔変状事例〕

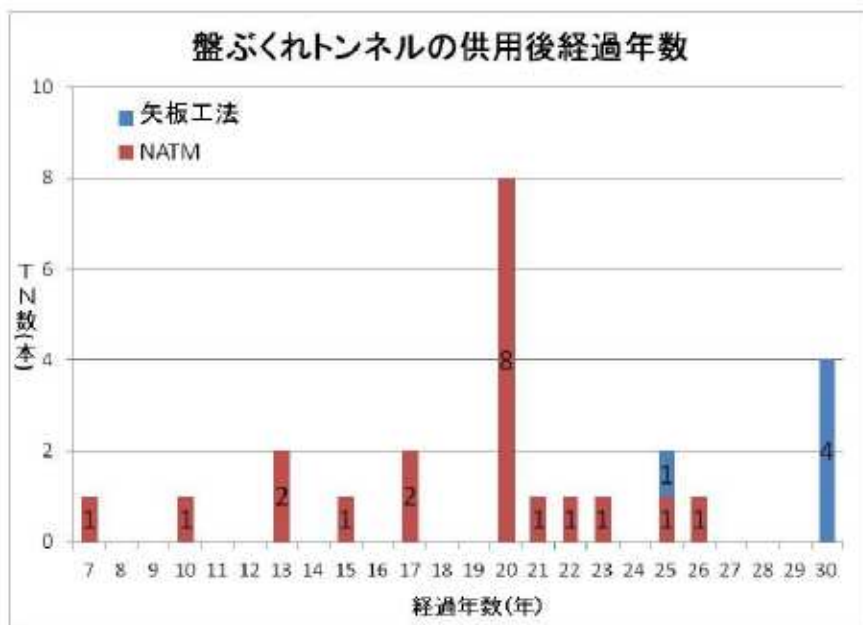


変状状況



インバート設置による対策状況

〔供用経過年数別盤ぶくれトンネル〕



盤ぶくれは、経過年数との相関は見られない。

5-3. トンネル 【盤ぶくれ対策②】

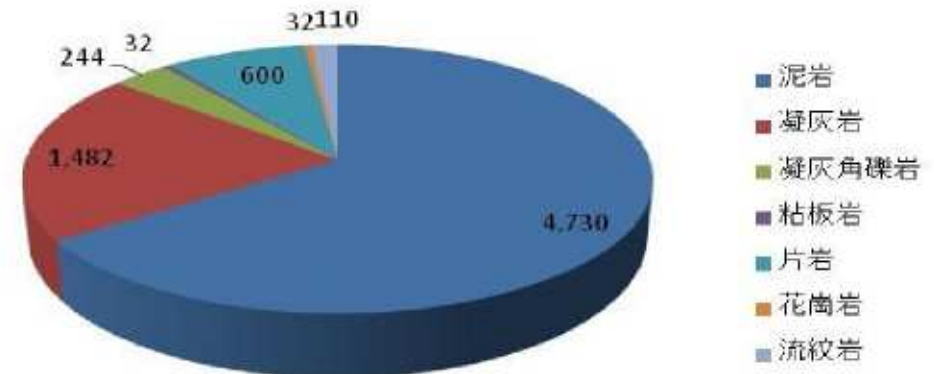
盤ぶくれ発生トンネルの地質整理

・盤ぶくれ発生区間の代表地質(岩種)別延長及びトンネル本数を整理すると下表のようになる。

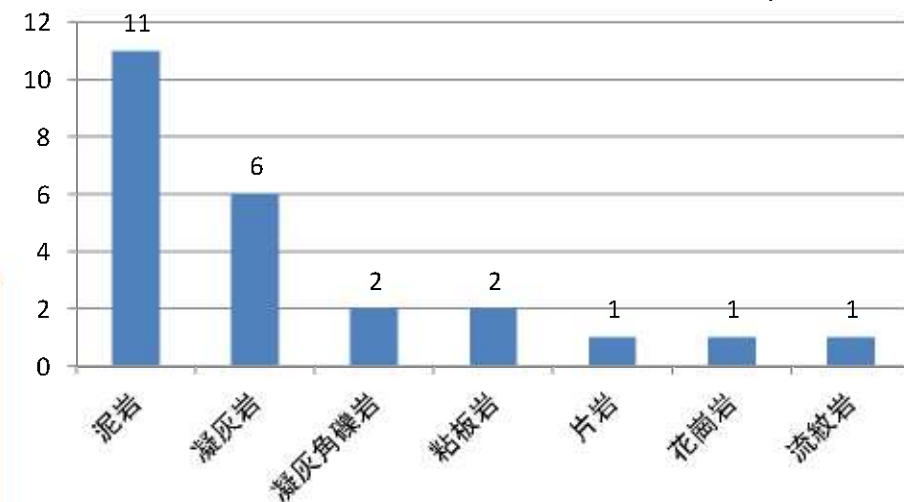
岩種	延長 (m)	T N数 (チューブ)
泥岩	4,730	11
凝灰岩	1,482	6
凝灰角礫岩	244	2
粘板岩	32	2
片岩	600	1
花崗岩	32	1
流紋岩	110	1
合計	7,230	24

・現設計要領におけるインバート設置基準に該当する地質が延長ベースで約90%を占める。

岩種別盤ぶくれ発生延長 (m)
※全7,230m



岩種別盤ぶくれ発生 T N数 (チューブ)
※全24チューブ



5-3. トンネル 【盤ぶくれ対策③】

〔インバートの設計基準の変遷〕

年度	適用地山	形状・厚さ(cm)・強度(N/mm ²)	概要
S45	E	2.5R(上半Rの2.5倍) 50 20(T1:40・8・20)	<u>Dも設置の検討</u>
S58	坑口,D,E	参考図を記載 50 18(C2-1:40・8・18)	<u>Dでも検討の上で省略することもできる</u>
S60	坑口,D,E	図集 40～50 18(C2-1:40・8・18)	<ul style="list-style-type: none"> ・Cで、地質が泥岩、凝灰岩、蛇紋岩等の粘性土岩でかつトンネルの長期耐久性を損なう場合などにはインバートを設置 ・Dで省略する場合の判断注意、長期耐久性の評価 ・厚さは、支保構造と等厚断面
H9	坑口,C,D,E	図集 (インバートすりつけRを変更1m⇒1.5m) 40～50 18(C2-1:40・8・18)	<ul style="list-style-type: none"> ・Cにおいても、地質が第三紀泥岩、凝灰岩、蛇紋岩等の粘性土岩や風化結晶片岩、温泉余土などでは、トンネルの長期耐久性を損なう恐れがあるので原則としてインバートを設置 ・長期耐久性の評価が工事中では困難としてCで上記地質は原則として設置

5-3. トンネル 【はく落防止対策①】

〔変状事例〕



変状状況(目地部はく離)



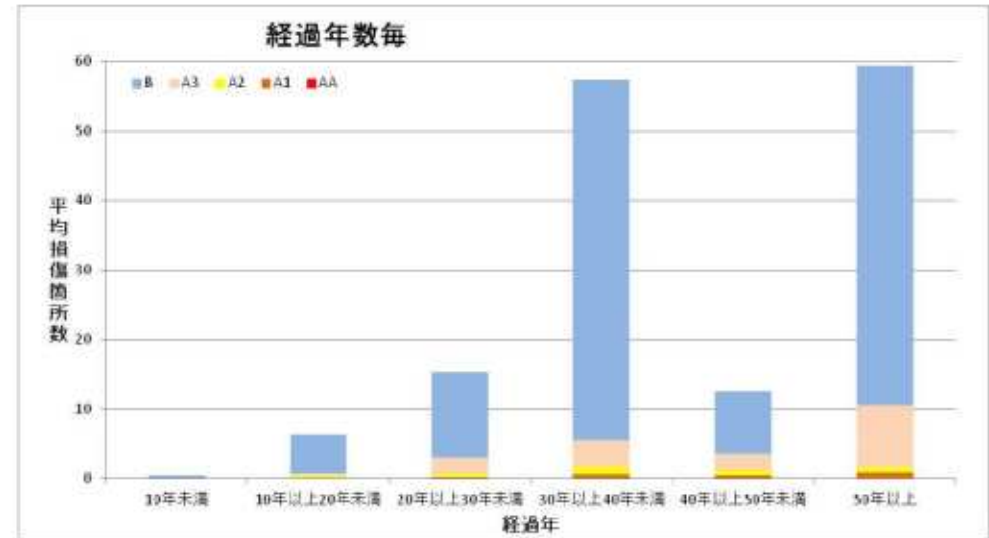
対策状況(目地部はく落対策)

5-3. トンネル 【はく落防止対策②】

浮き・はく離箇所数(1トンネル当り)



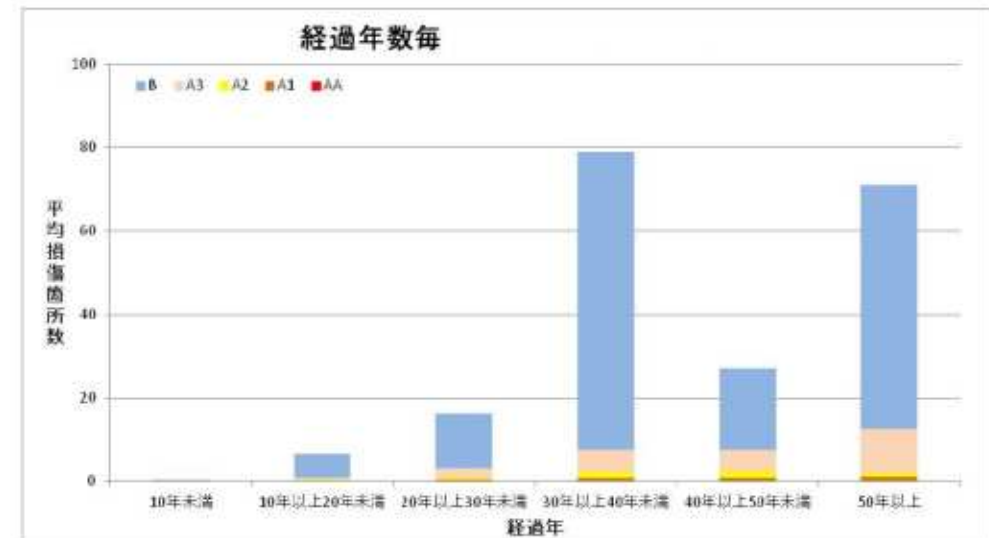
漏水箇所数(1トンネル当り)



浮き・はく離箇所数(1km当り)



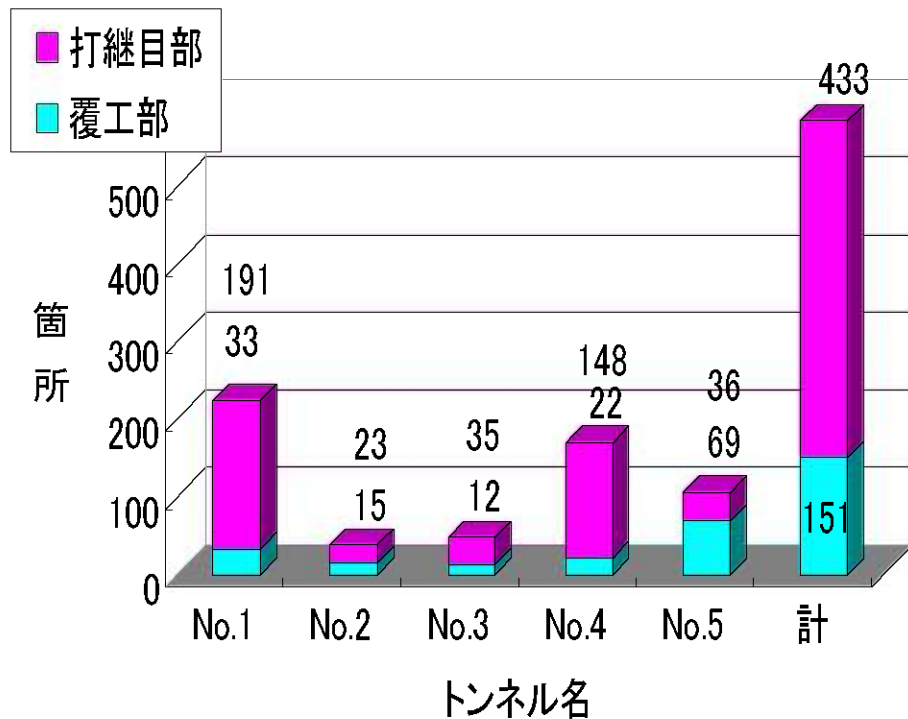
漏水箇所数(1km当り)



浮き・はく離は経過年数とともに増える傾向にある。

5-3. トンネル 【はく落防止対策③】

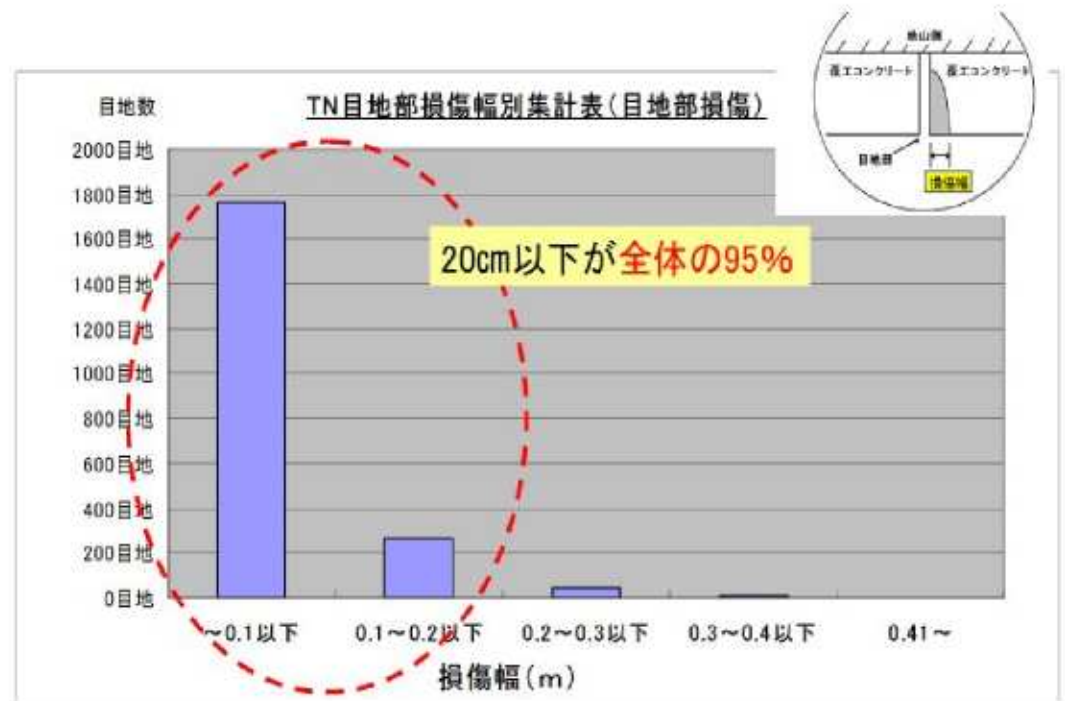
点検結果による部位別の
浮き・はく落箇所数集計表



任意のトンネルで点検を実施

打継目地部の損傷
約75%を占める。

打継目部損傷幅別集計表



打継目地部の損傷幅

損傷幅20cm以下の損傷
95%を占める。