

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

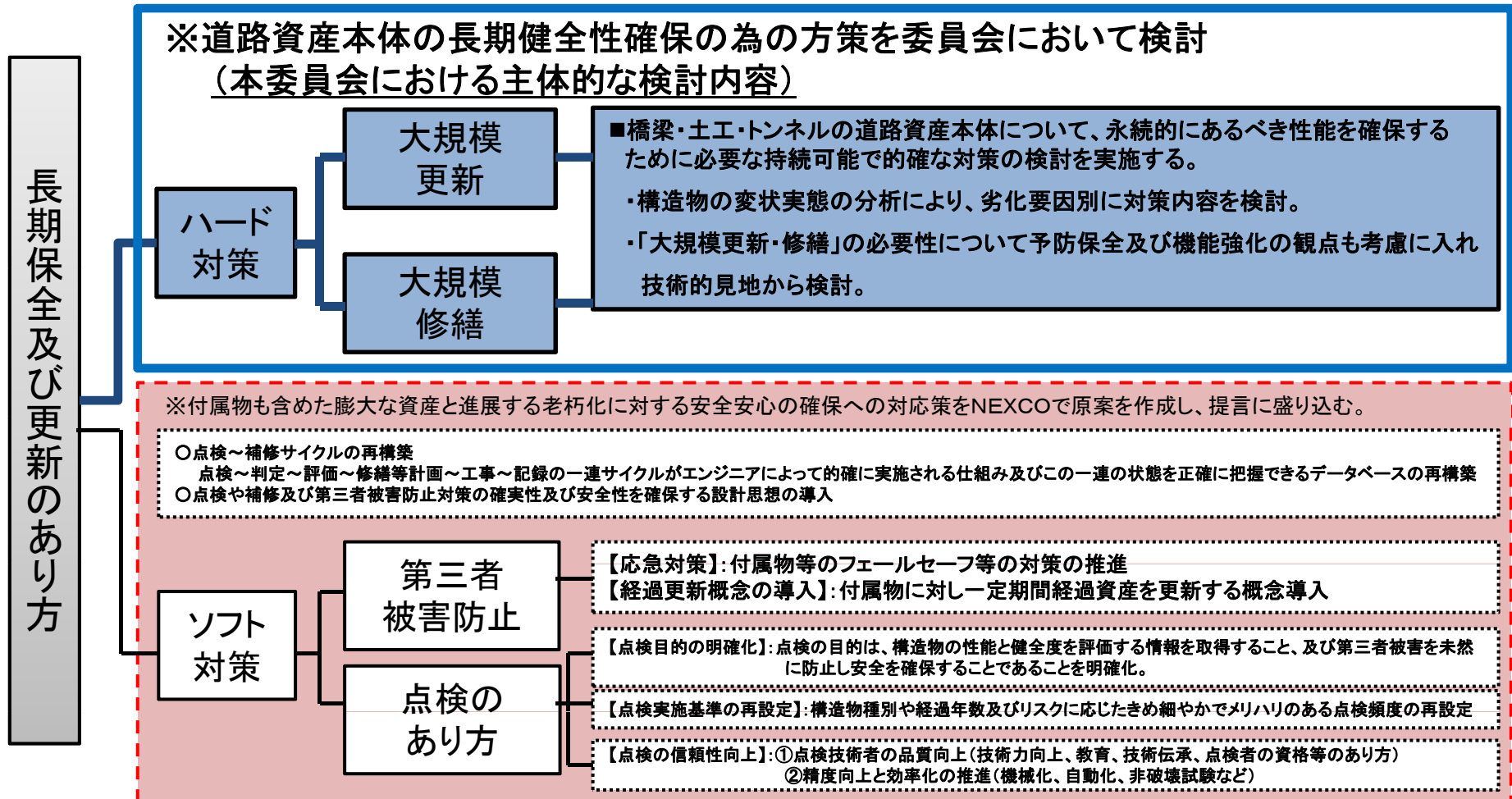
第3回委員会資料

委員会での検討の方向性

1. 委員会の検討範囲及び検討の視点

(1) 道路資産本体の長期健全性確保におけるソフト対策の位置付け

付属物を含めた膨大な資産と進展する老朽化に対する安全・安心の確保への対応をNEXCOで別途検討し、提言に盛り込む。

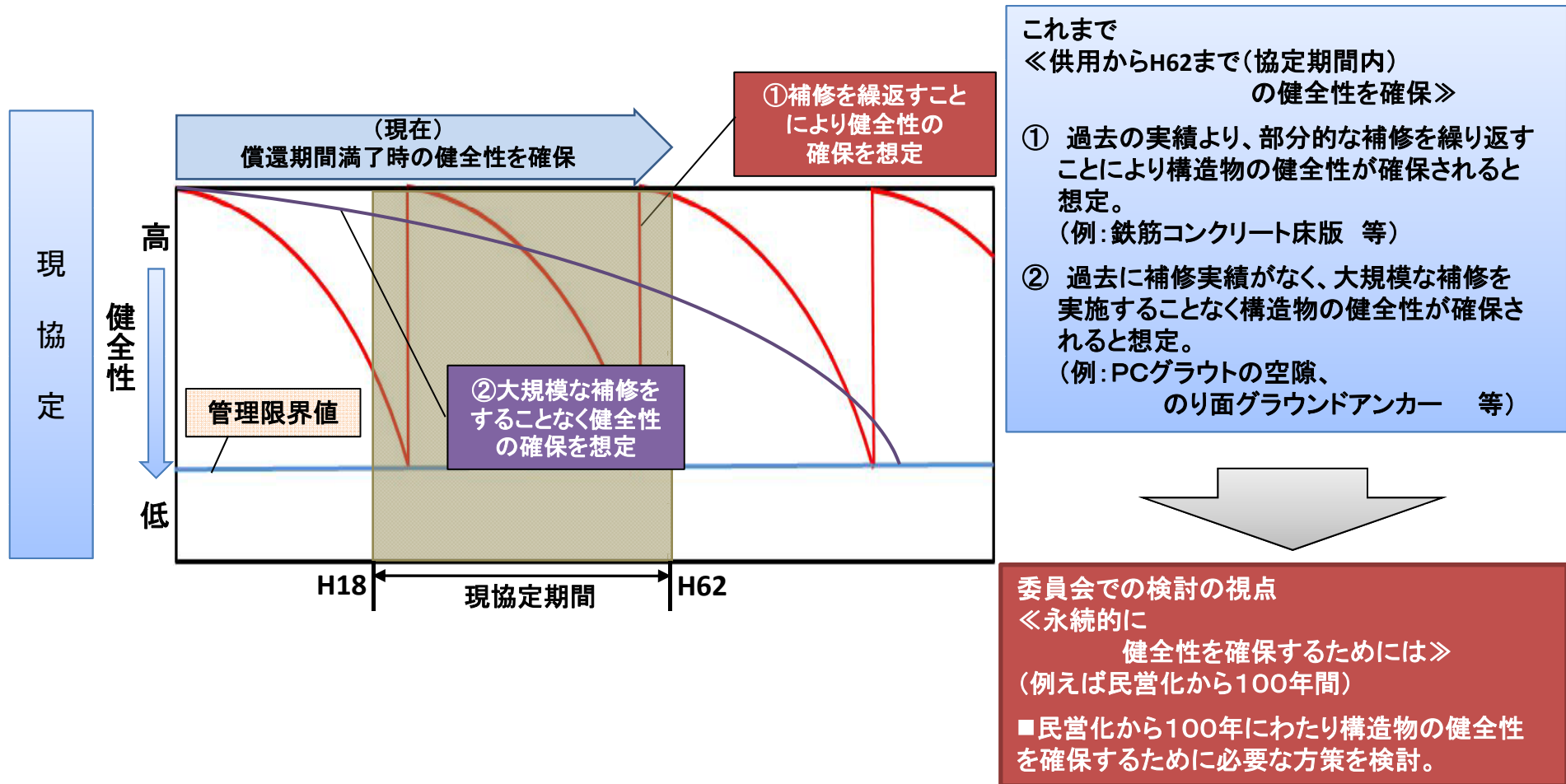


*【健全度】: 構造物の性能に対する現状での性能の度合

*【性能】: 目的に応じて構造物(部材)が発揮する能力

1. 委員会の検討範囲及び検討の視点

(2) 委員会検討の視点

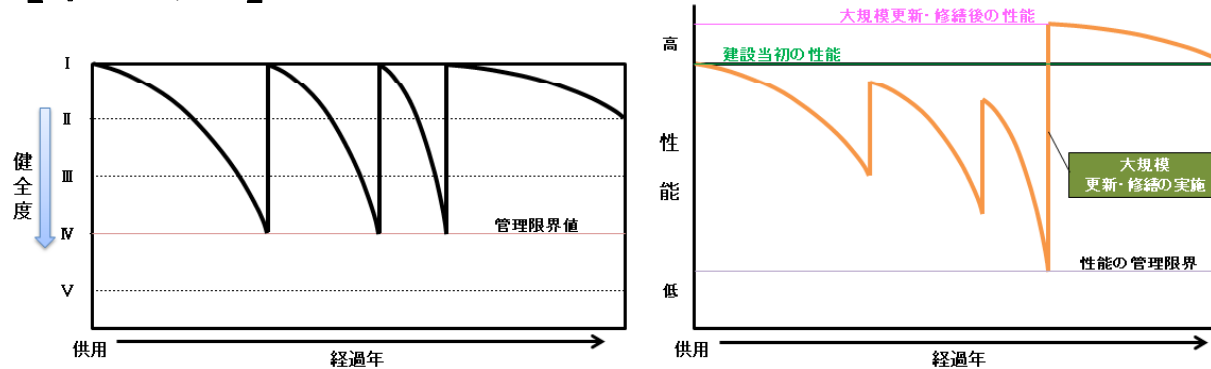


1. 委員会の検討範囲及び検討の視点

(2) 委員会検討の視点

委員会での検討の視点

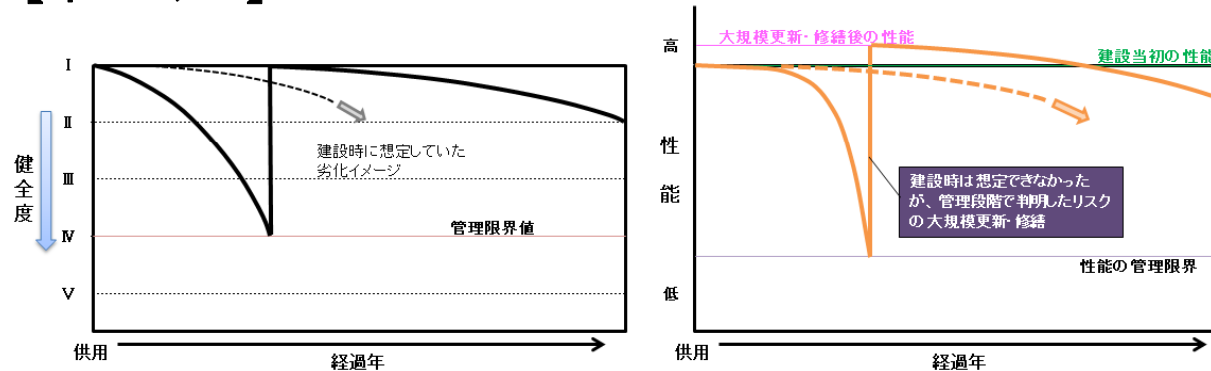
【イメージ1】



構造物の変状状況から補修を繰り返すことで健全度は回復するが、性能は回復しないことが想定される。

<例>
鉄筋コンクリート床版 等

【イメージ2】



建設時には、明確なカタチでは考慮しなかった変状リスクの顕在化。

<例>
PCグラウトの空隙
のり面グラウンドアンカー 等

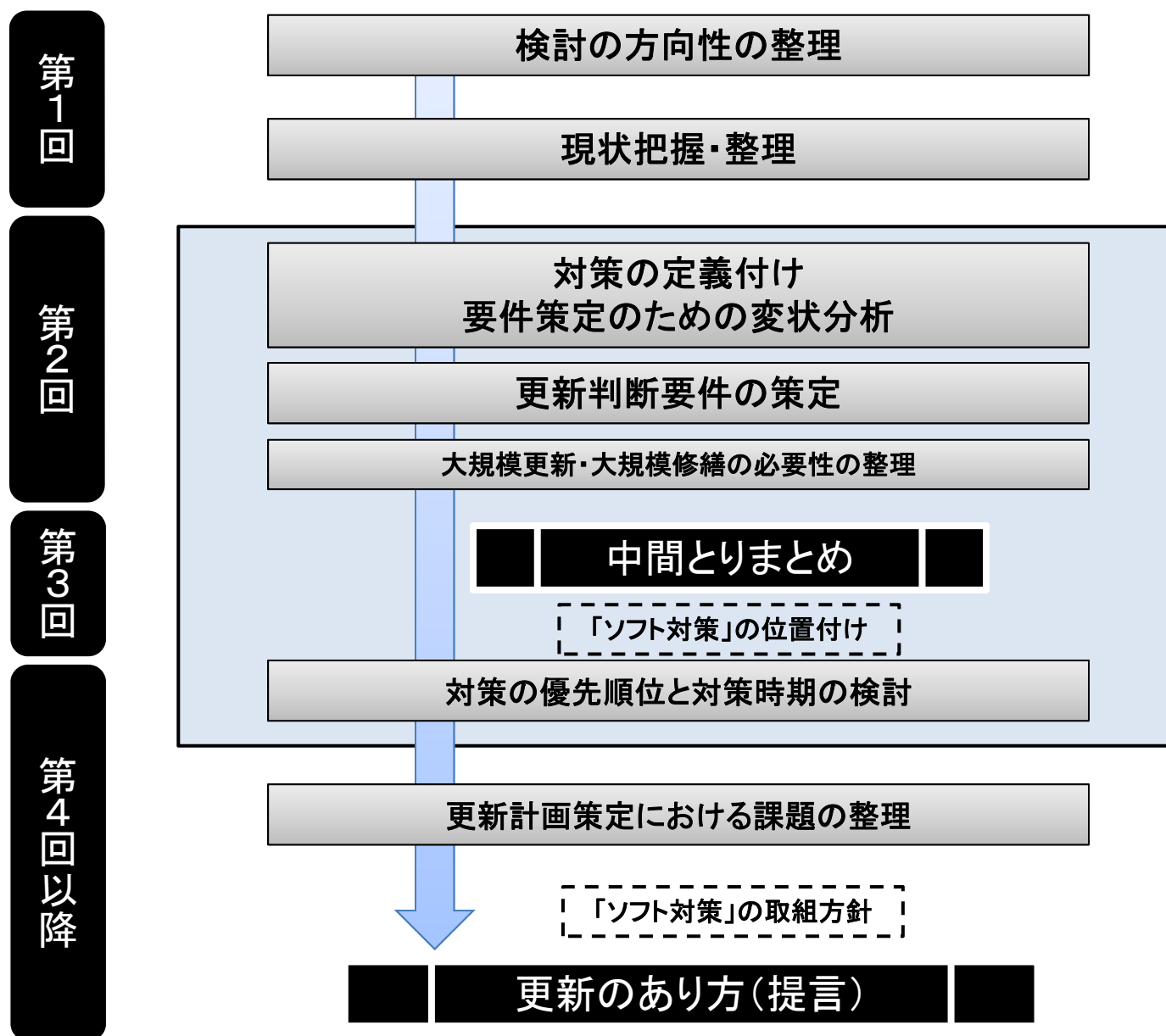
健全度 : 構造物の性能に対する現状での性能の割合

性能 : 目的に応じて構造物(部材)が発揮する能力

大規模更新、大規模修繕
の必要性を検討。

長期保全及び更新の必要性検討の流れ



2. 長期保全及び更新の必要性検討の流れ



NEXCOにおける対策の定義付け

3. 大規模更新と大規模修繕の目的と定義

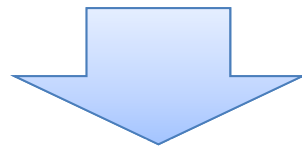
持続可能で的確な維持管理・更新を行うため、橋梁、土工及びトンネルの構造物本体の長期保全及び更新のあり方について予防保全及び機能強化の観点も考慮に入れ技術的見地より基本的な方策を検討する。

	定義	目標性能	補修事例	事例写真
大規模更新	<p>■補修を実施しても長期的には機能が保てない構造物を再施工することにより、構造物の機能維持と性能強化を図るもの。</p>	<p>最新の技術で現在の最新構造物の性能の水準と同等またはそれ以上。</p>	<p>【橋梁】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・上部工架替え ・床版取替え (RC床版⇒プレキャストPC床版) <p>【土工】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・グラウンドアンカー対策 <p>【トンネル】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・盤ぶくれ対策 	   
大規模修繕	<p>■損傷した構造物の一部を補修・補強することにより、性能・機能を回復すると共に、新たな損傷の発生を抑制し構造物の長寿命化を図るもの。</p>	<p>最新の技術で建設当初の水準を超える性能を確保。</p>	<p>【橋梁】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・SFRC(鋼床版補強) ・外ケーブル補強 ・高性能床版防水 ・脱塩、電気防食 ・表面被覆 ・増桁、床版増厚 <p>【土工】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・脆弱盛土対策 ・土石流対策 ・用排水工改良 <p>【トンネル】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・覆工変状対策 	   
通常修繕	<p>■損傷した構造物の性能・機能を保持、回復を図るもの。</p>	<p>健全性を建設当初の水準まで回復させる。</p>	<p>【橋梁】断面修復</p> <ul style="list-style-type: none"> 床版部分打換え、塗替塗装、はく落防止対策(繊維シート) 付属物補修・取替え <p>【土工】のり面防護工</p> <p>【トンネル】背面空洞注入</p> <ul style="list-style-type: none"> 付属物補修・取替 漏水防止対策 はく落防止対策(繊維シート) 	  

検討の着目点の整理

4. 検討の着目点の整理

- ① 経過年数の増大
償還期間満了時の平成62年には、供用延長の約8割が50年以上を経過し、また経過年数が長い構造物ほど変状比率が増大傾向にある。
- ② 使用環境の影響／変化
高速道路ネットワークの拡充により大型車交通量が増大すると共に、車両制限令の規制緩和により交通荷重も増大している。
- ③ 維持管理上の問題
毎年の凍結防止剤(塩化ナトリウム)の散布により構造物の変状リスクが高まっている。
- ④ 外的環境の変化
近年の異常降雨の多発や地震の活動期であることにより災害の発生リスクが高まっている。
- ⑤ 地盤材料の風化・劣化に伴う変状リスク
多様な地質が存在することから明確に強度低下のメカニズムが解明できないものの、変状リスクとして経年的に風化・劣化する地質が潜在的に影響している。
- ⑥ 設計／施工基準類の変遷
設計、施工基準の変遷に追随できない既存不適格の構造物が存在し、変状リスクが高まっている。
- ⑦ 明確なかたちでは考慮しなかった変状リスク
建設時には明確なかたちで考慮しなかった変状リスクが顕在化している。

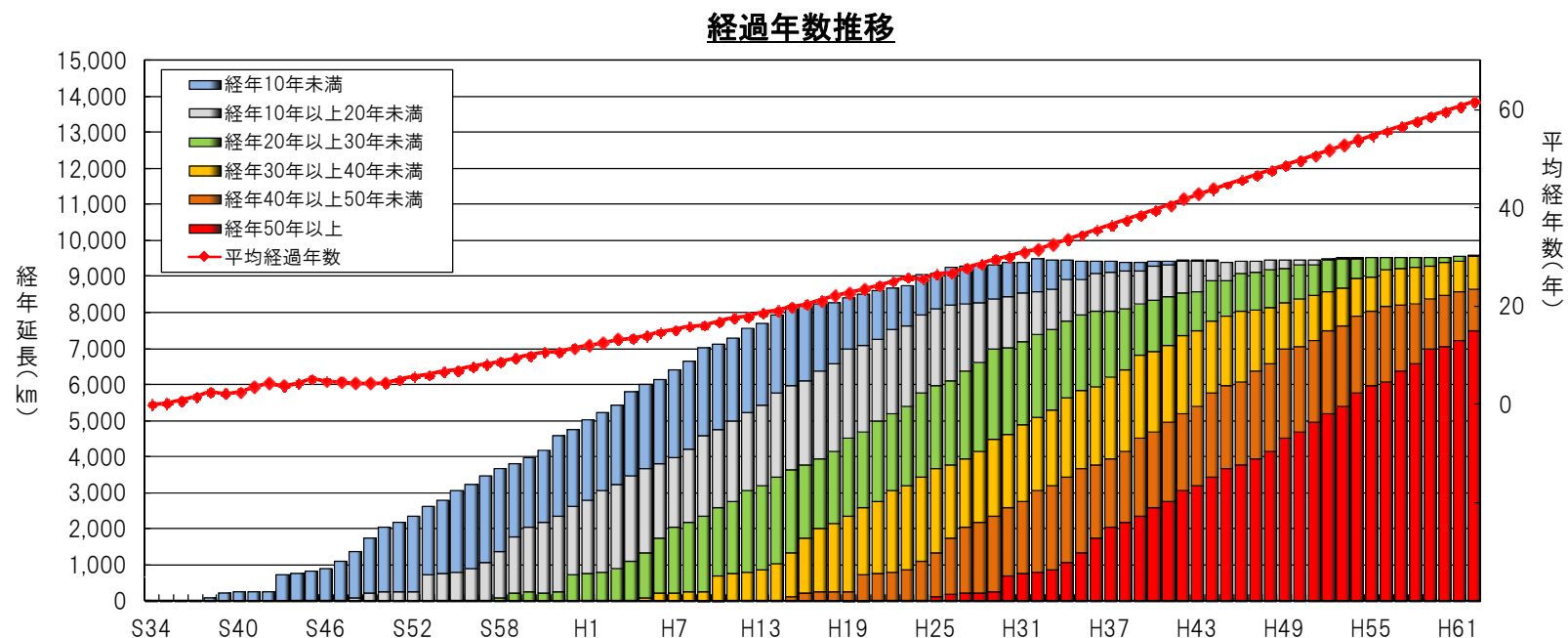


変状分析により大規模更新・大規模修繕の必要性と要件の整理

4. 検討の着目点の整理

(1) 経過年数の増加

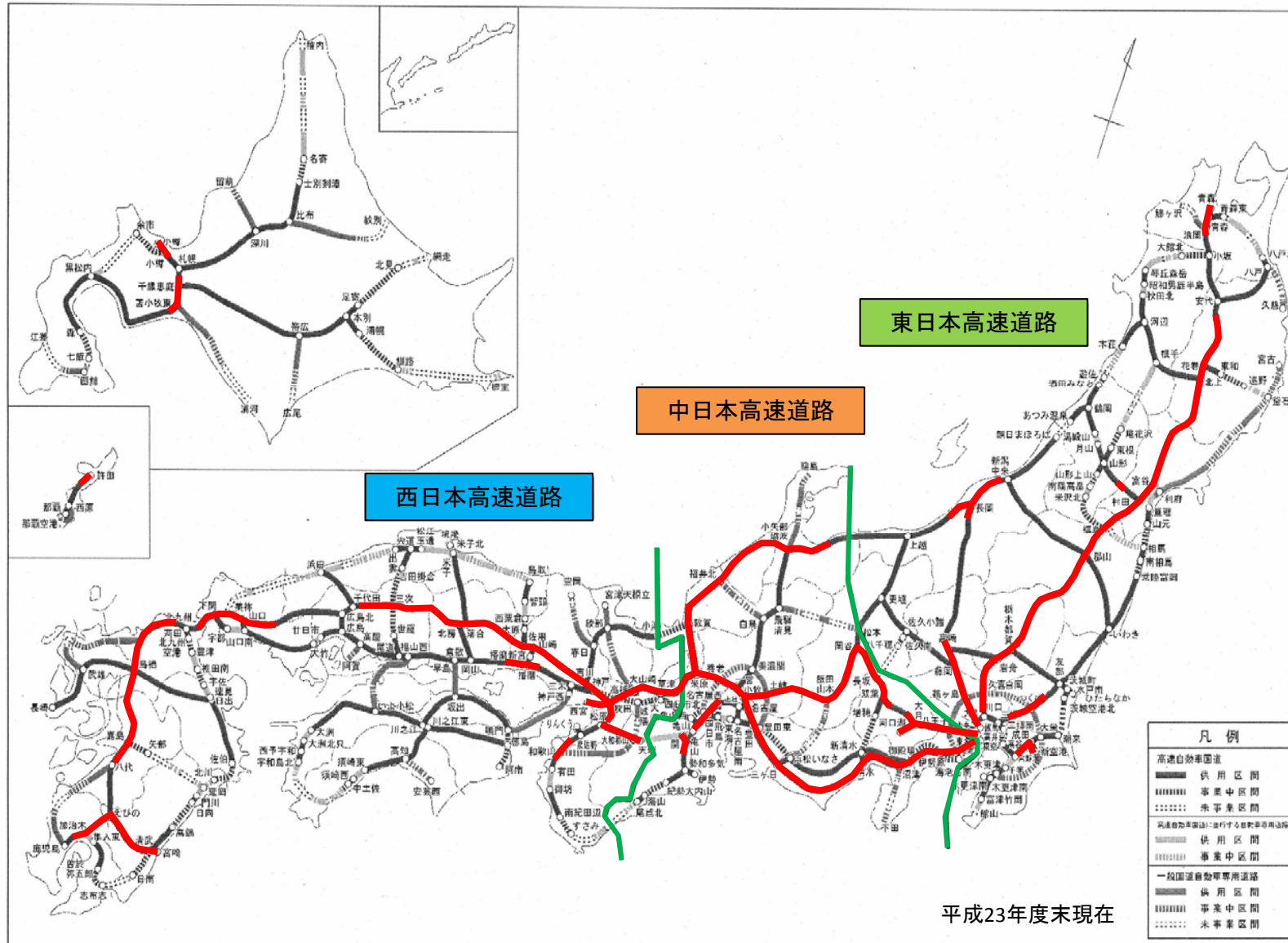
平成23年度末には、供用後30年以上の供用延長が、**約4割**となっており、償還期間が満了する平成62年には、供用後50年以上の供用延長が、**約8割**となり、経年劣化のリスクが増大する。



- H23年度末の平均経過年数は、26年。(供用延長の37%が30年以上を経過)
- H31年には、供用延長の50%以上が30年以上経過。(H31年の平均経過年数31年)
- 協定期間のH62年には、供用延長の78%が50年以上を経過した路線となる。
(H62年の平均経過年数 62年)

4. 検討の着目点の整理

(2) 経過年数30年以上の路線



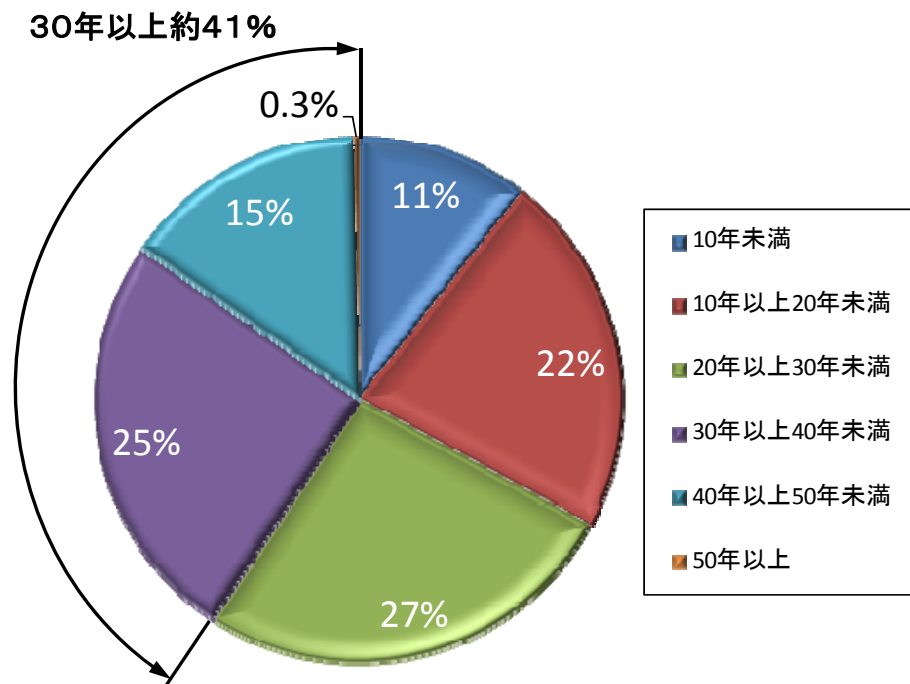
4. 検討の着目点の整理

(3) 経過年別構造物数

○平成23年度末には、経過年数30年以上の橋梁は4割。トンネルは2割である。

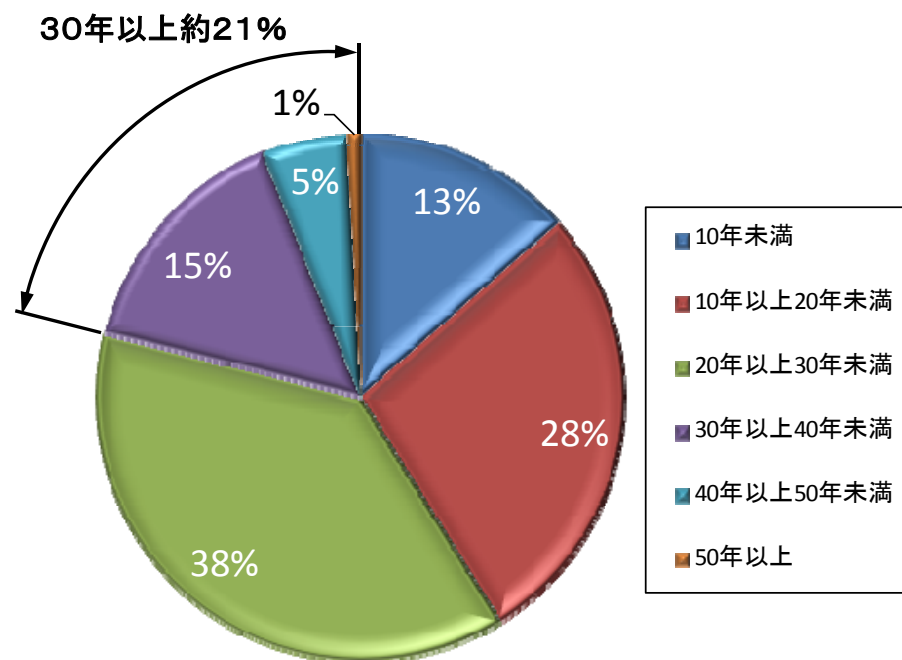
<橋梁数(年代別)>

全15,710橋(上下線別)H23末まで



<トンネル本数(年代別)>

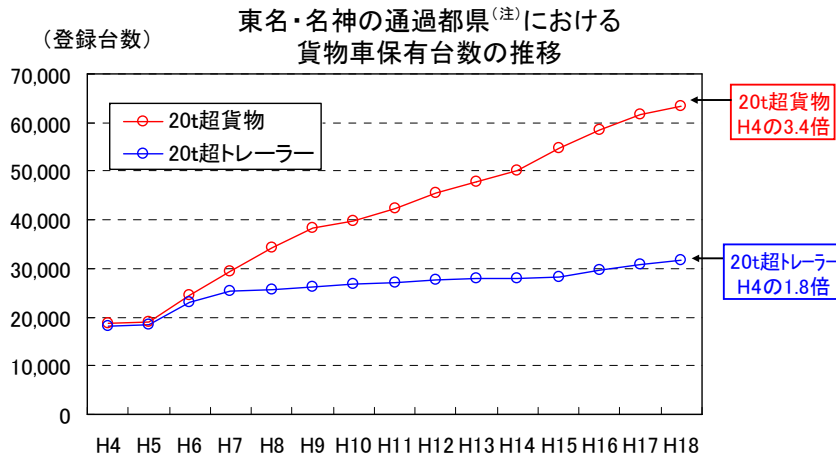
全1,675チューブH23末まで



4. 検討の着目点の整理

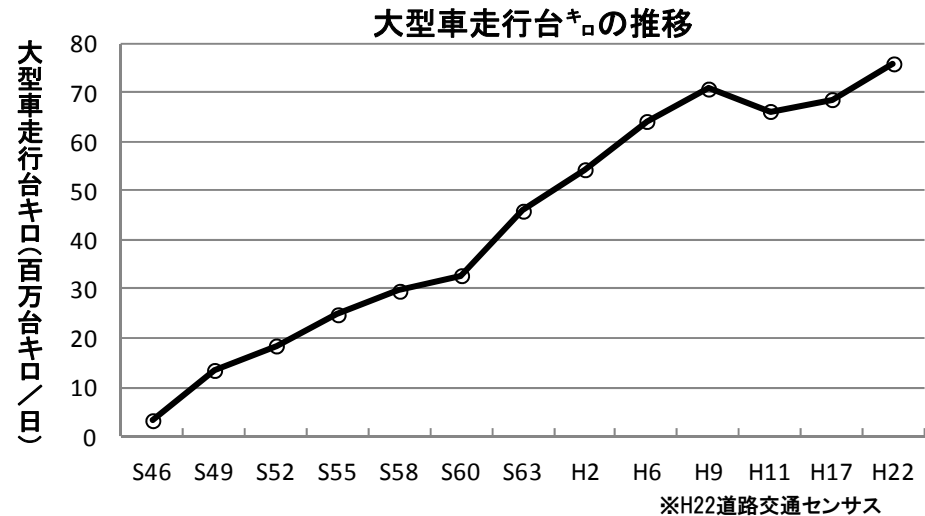
(4) 使用環境の変化

- 高速道路ネットワークの拡充に伴い**大型車交通が増加**。
- 車両総重量の規制緩和や物流の効率化の進展に伴い、道路を走行する**車両の総重量が増加する傾向**。
【車両制限令の規制緩和(H5)】■一般車20⇒最大25t ■セミトレ・フルトレ(特例)最大34⇒36t
- 車両制限令等違反取締隊による取締り対象車両のうち**約1割が総重量違反車両**。



(注) 東京都、神奈川県、静岡県、愛知県、岐阜県

出典: (財)自動車検査登録協会「諸分類別自動車保有車両数」



■規制緩和後、大型車が急増。

H23年度 車限隊取締データ

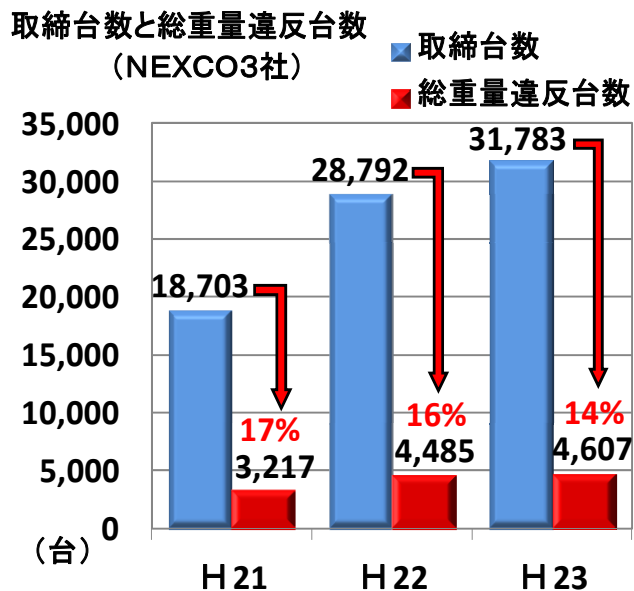
取締台数	総重量違反台数	総重量違反割合
31,783台	4,607台	14.5%

4. 検討の着目点の整理

(5) 重量超過車両の実態

- 入口料金所取締対象車両のうち、3ヶ年平均で約**15%**が**総重量違反車両**。
(車限隊による取締り)
- 本線軸重計の計測のうち、平均で約**24%**が**軸重を超過**。
- トレーラーなど、**特大車の軸重超過車両も29%**と高い割合。
⇒ 総重量違反車両の走行により、橋梁構造物や舗装路面の疲労、損傷への影響が大きい。
※ 軸重荷重の「3乗」に比例して影響

<入口料金所での取締り>

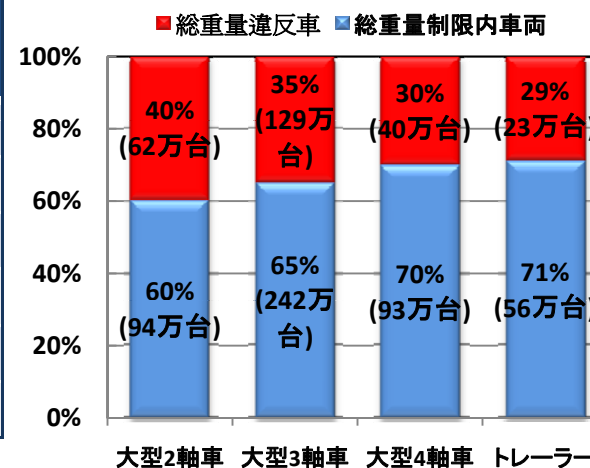


<本線軸重計>

軸重計超過の割合 (H17データより)

道路名	地名	軸重計超過の割合 (%)
東名	日本平	34.3
名神	向日町	29.3
京葉	園生	20.2
京葉	海神	29.8
山陽	東広島	6.0
平均		23.9

車種別軸重計超過車両の割合 (東名,日本平,H17データ)



軸重計超過車両の中には、約80t(制限25t)の車両通行データも確認されている。

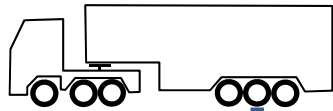
大型2軸車 総重量制限内<10t≤総重量違反車
 大型3軸車以上 総重量制限内<20t≤総重量違反車
 トレーラー 総重量制限内<27t≤総重量違反車

※東名H17: 超過割合34.3%のうち80tを超える車両は、100台程度走行している。

4. 検討の着目点の整理

(6) 違反車両による交通荷重への影響

◆軸重上位100台目データで疲労寿命を予測



[右下<参考文献>を参照]

$$\begin{aligned} \text{疲労寿命} &= 1 / (\text{作用応力範囲})^3 \\ &= 1 / (1.51)^3 \\ &= 0.29 \end{aligned}$$

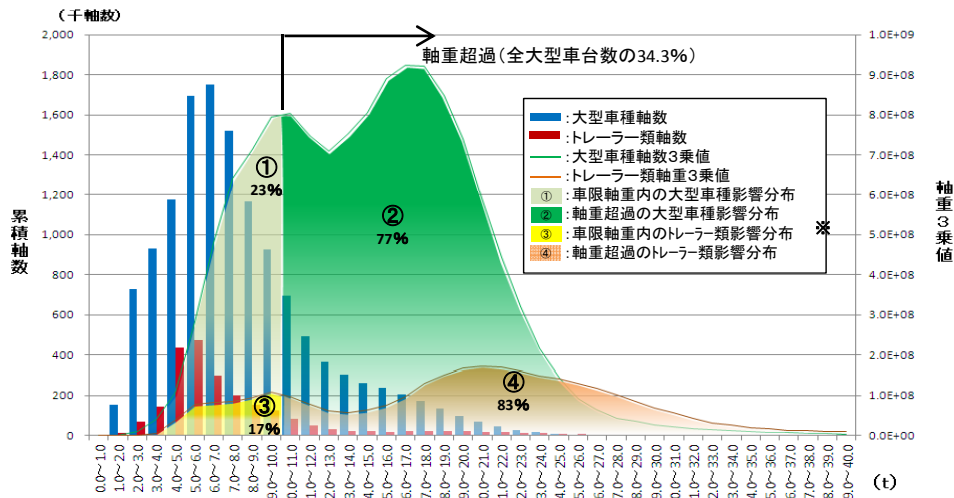
- 51%増 ↑
- ① 実際の軸重 15.1ト
 - ② 仮想の軸重* 10.0ト

作用応力範囲は約50%大きくなると、疲労寿命は1/3以下に縮まる。

※ 本線軸重計(東名上下線・日本平)の平成17年のデータより。

※ 仮想の荷重とは、軸重10トを超える違反車両が、車両制限内の限度内(軸重10ト)で走行したと仮定した値。

◆軸重超過車両の実態と部材への影響

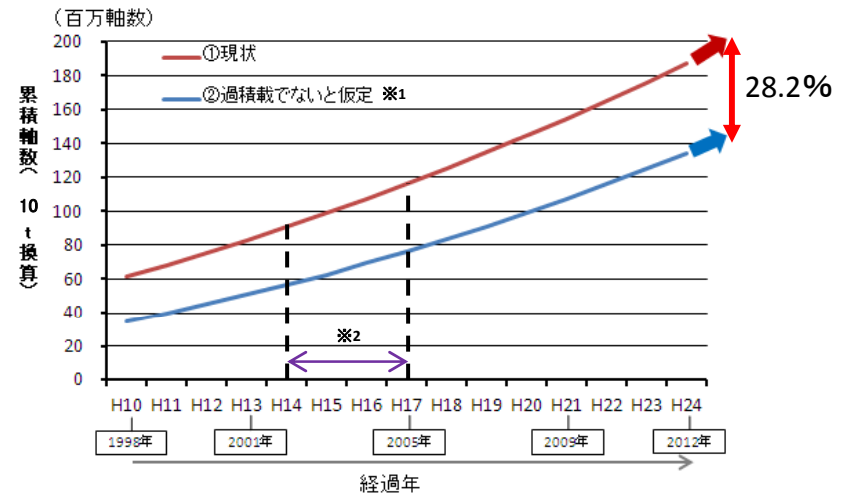


- ・ 累積軸重のピークは、大型車では6~7t、トレーラーでは5~7tである。
- ・ 一方、軸重荷重の3乗では、大型車10t以下の割合23%、トレーラー類10t以下の割合17%に対し、軸重超過割合は大型車で77%、トレーラー類で83%となり、違反車両が疲労寿命に大きく影響する。

※ 本線軸重計(東名上下線・日本平)の平成17年のデータより。

※ 影響度分布とは、軸重の3乗に累積軸重数を乗じて算出した値を分布させたもの。

◆累積軸数(10t換算)の推計

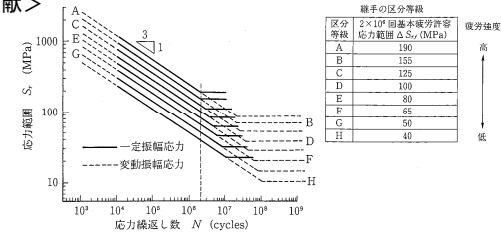


現状における大型車通行車両が、過積載でない仮定した場合には、累積軸数(10t換算)で3割程度小さくなる。

※1 本線軸重計(東名下り線・日本平)の平成14年から平成17年のデータより推計。

※2 「②過積載でない仮定」とは、実際の軸重データのうち、軸重10トを超える違反車両が車両制限内の限度内の軸重10トで走行したと仮定した値。

<参考文献>



継手の区分等級に対する疲労設計曲線

「自動車荷重によるダメージは、鋼部材の場合、応力範囲の3乗および繰返し数の1乗で効いてくる。たとえば、作用応力範囲が25%大きくなると疲労寿命は約1/2(=1/1.25³)に縮まることが予想される。」

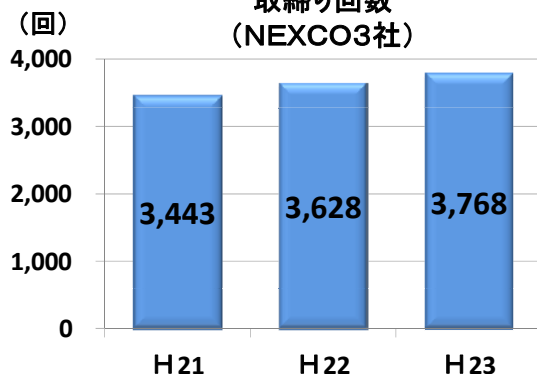
出典: 鋼橋の疲労(平成9年5月) 社団法人 日本道路協会

4. 検討の着目点の整理

(7) 総重量違反車両の取締りの現況

- 入口料金所付近などで車限隊による取締りや警察と連携した合同取締りを実施。
⇒ETCレーン通過車両の取締りが一般レーンに比べ困難。
- 入口レーンの軸重計による軸重超過車両への警告。
⇒全ての入口レーンに軸重計が整備されていない。(整備率 45%)
⇒違反台数と走行実態の把握が出来ない。
⇒ETCレーンでの軸重の動的計測の精度が低い。

＜車限隊による取締り＞
取締り回数
(NEXCO3社)



取締り状況

＜入口レーンでの軸重計による警告＞



軸重計

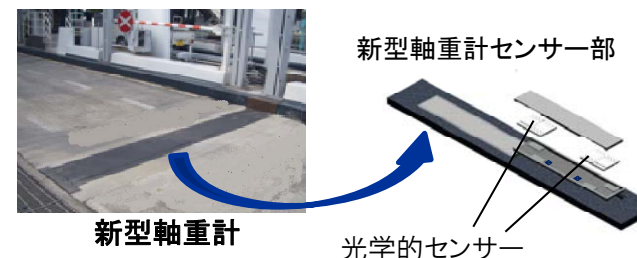
警告表示

＜軸重計設置状況＞ (平成24年4月時点)

	西日本	中日本	東日本	計
入口レーン数	1,169	506	1,009	2,684
軸重計設置数	412	340	467	1,219
軸重計整備率	35%	67%	46%	45%

(8) 新型軸重計の検討

- ETCレーンでの走行車両に対して精度±5%で瞬時に重量計測が可能な新型軸重計の整備を検討。
⇒取締り用撮像システムとの連動も可能。
⇒軸重、車重+ETCの軸数計測が可能。
(設備数、コストが削減)
- 軸重計の整備率を上げ、取締りを強化し、**総重量違反車両を通行させない取組みが必要と考えている。**



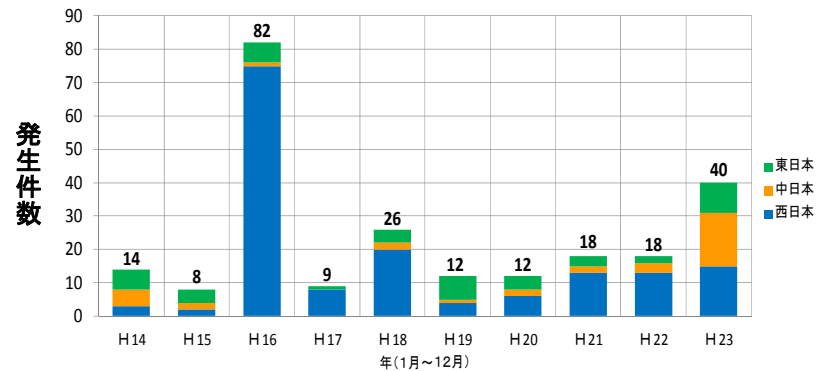
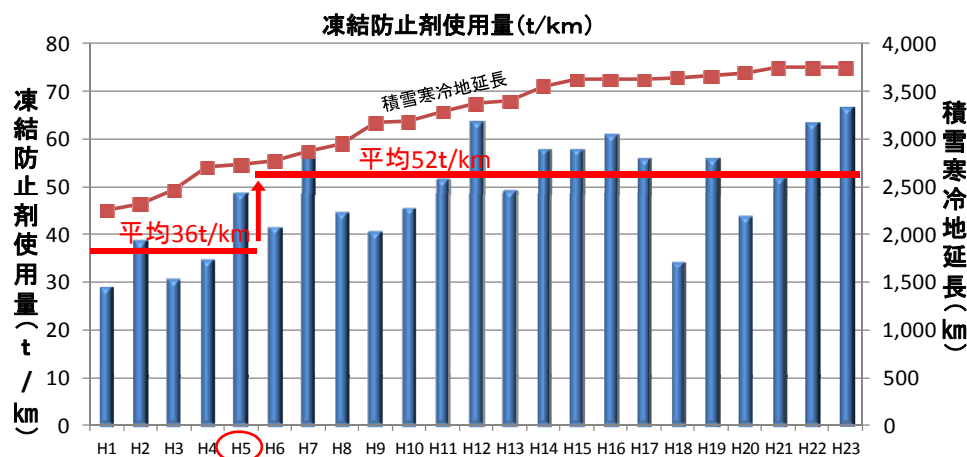
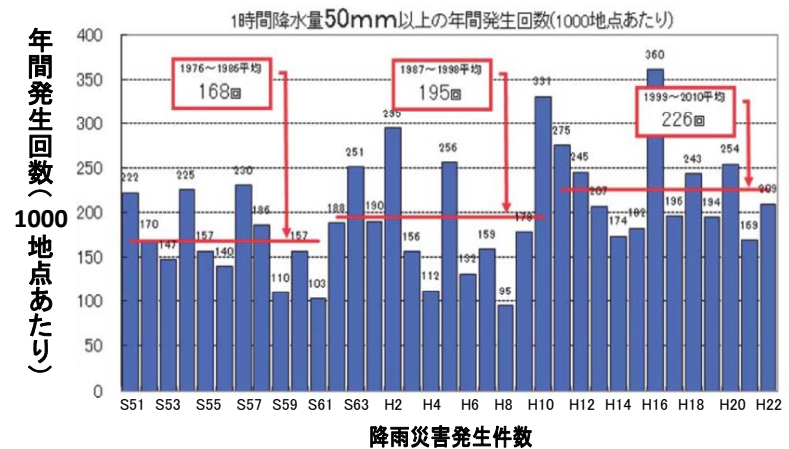
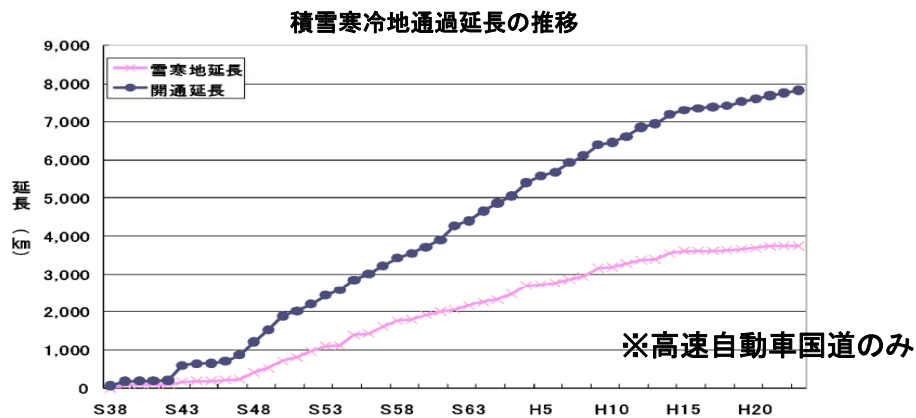
新型軸重計

光学的センサー

4. 検討の着目点の整理

(9) 維持管理上の問題

- 供用路線延伸に伴う凍結防止剤使用量の増加。
- 異常降雨等による災害発生リスクの増加。



■ 近年、異常降雨が増加傾向にあり、災害発生リスクの増加が懸念される。

平成5年頃スパイクタイヤが廃止された。

要件策定のための変状分析と
対策要件の策定

5-1. 橋 梁 【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
- ② 供用環境の変化・影響
 - ・ 累積10t換算軸数の増大
 - ・ 飛来塩分の影響
 - ・ 内在塩分の影響
 - ・ 凍結防止剤の散布
 - ・ 反応性骨材(アルカリシリカ反応)の使用
- ③ 設計/施工基準類の変遷
 - ・ 荷重、床版厚、疲労設計
 - ・ 塩化物量規制、グラウト...
- ④ 明確な方たちでは考慮しなかった変状リスク
 - ・ PCグラウト、中性化



健全度データ

- ① 床版の健全度
形式別:RC・PC・M
- ② 橋桁の健全度
形式別:RC・PC・M

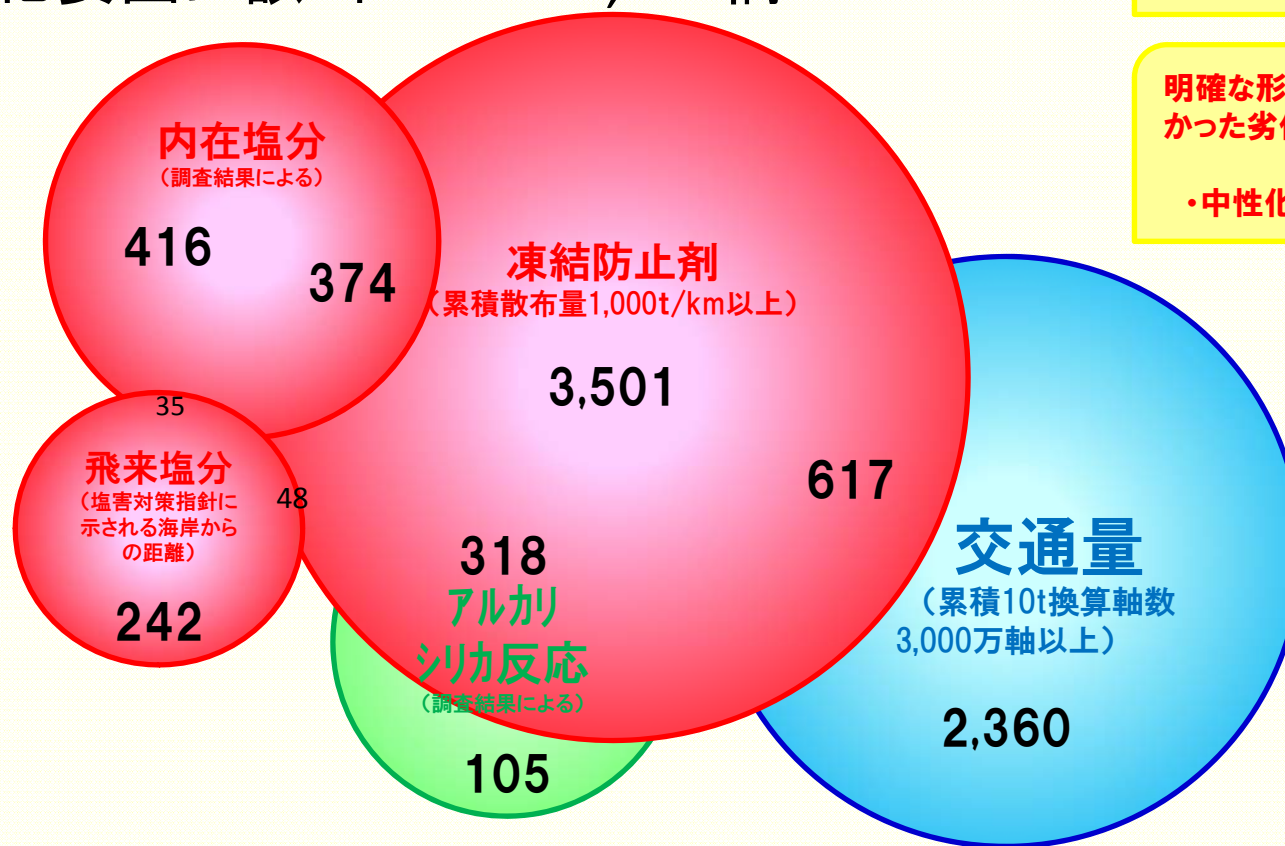
対策事例の収集

- ① 塩害
- ② 疲労
- ③ アルカリシリカ反応
- ④ その他

大規模更新・修繕の必要要件
及び、対策シナリオを整理

5-1. 橋 梁 【橋梁の主な劣化要因】

全橋梁数 : 18,306橋
 下記の劣化要因に該当せず : 10,230橋
 下記の劣化要因に該当 : 8,076橋



初期欠陥

- ・PCグラウト空隙有
- ・かぶり不足
- ・豆板等

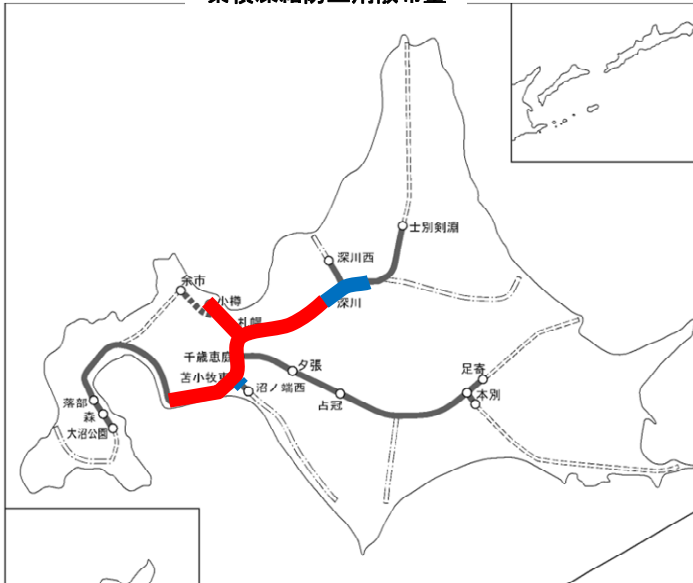
明確な形では考慮しなかった劣化

- ・中性化

※劣化要因の組合せ数が少ないものは除いているため、イメージ図の橋梁数の合計は劣化要因に該当する橋梁数と一致しない。

5-1. 橋 梁【凍結防止剤の累積散布状況】

累積凍結防止剤散布量



<対象路線>

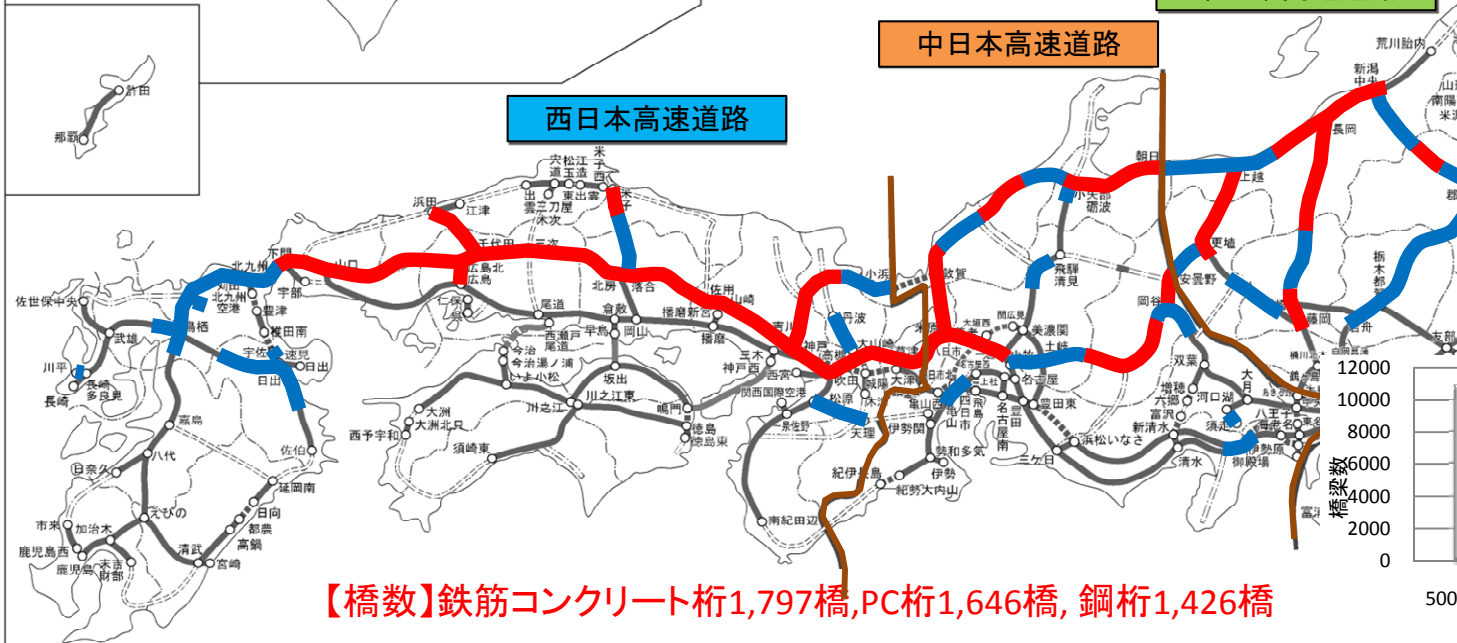
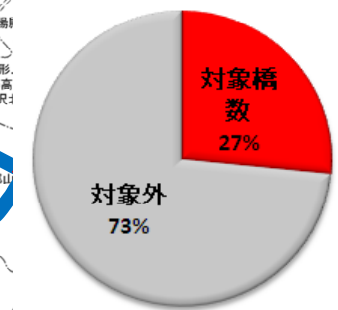
赤線: 凍結防止剤累積散布量1000t/km以上
 (道央道, 東北道, 秋田道, 山形道, 北陸道, 関越道, 上信越道, 長野道, 中央道, 名神, 中国道, 舞若道, 浜田道等)

青線: 凍結防止剤累積散布量500~1000t/km
 (道央道, 東北道, 常磐道, 北陸道, 関越道, 上信越道, 東名, 長野道, 中央道, 東海北陸道, 中国道, 米子道, 九州道等)

※累積凍結防止剤散布量の算出法
 $H1 \sim H22$ 平均(t/km) × 供用年数

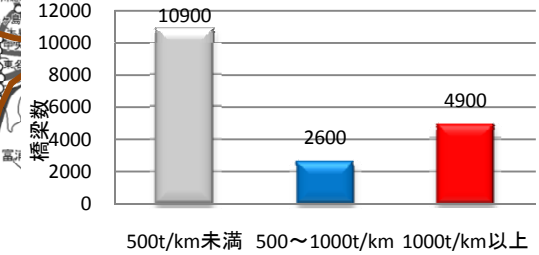


凍結防止剤の累積散布量1000t/km以上対象橋梁数の割合

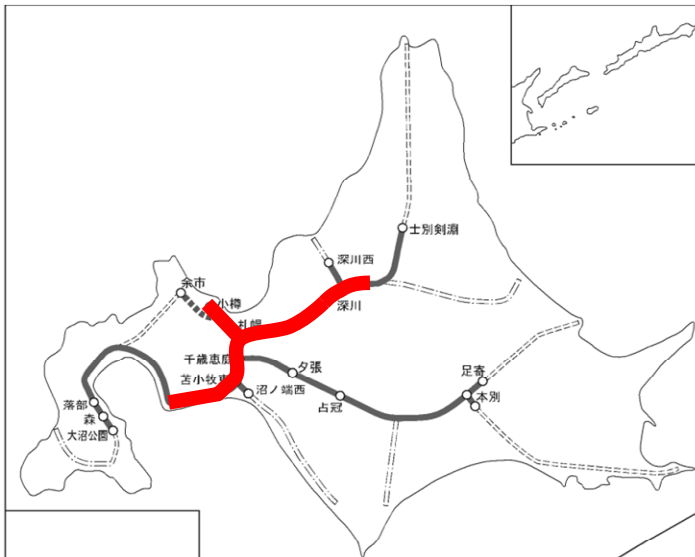


【橋数】鉄筋コンクリート桁1,797橋, PC桁1,646橋, 鋼桁1,426橋

平成23年度末現在



5-1. 橋 梁 【凍結防止剤の累積散布状況】(10年後)



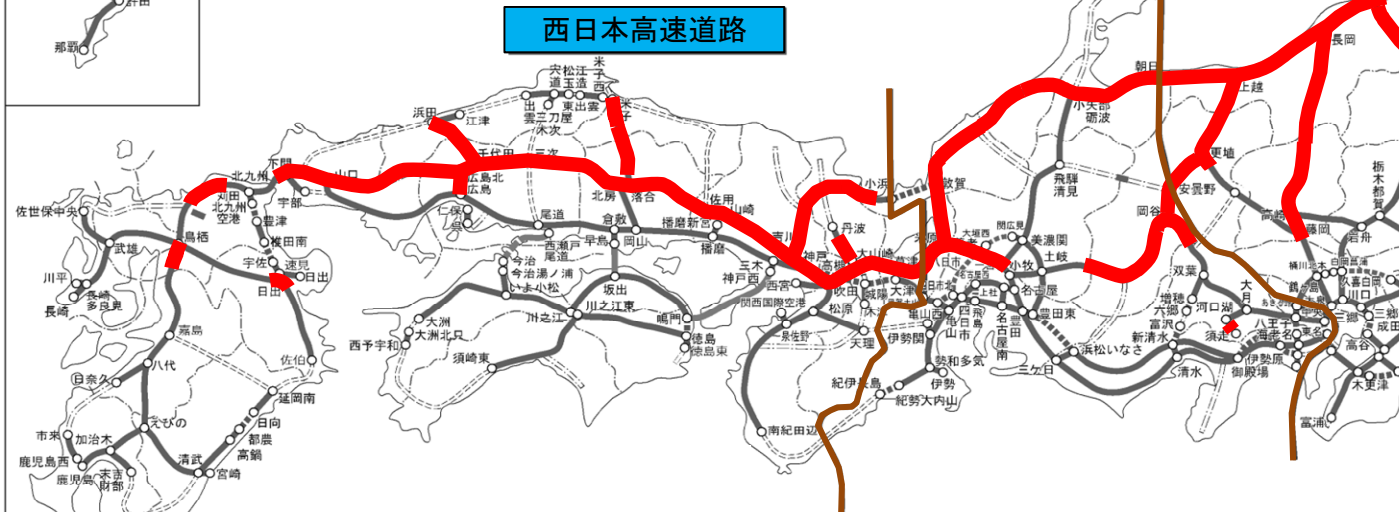
<対象路線>【10年後】

赤線:凍結防止剤累積散布量1000t/km以上

(道央道, 東北道, 秋田道, 山形道, 磐越道, 関越道, 上信越道, 北陸道, 中央道, 名神, 中国道, 舞若道, 浜田道等
+長野道, 京都縦貫道, 米子道, 九州道, 大分道等)

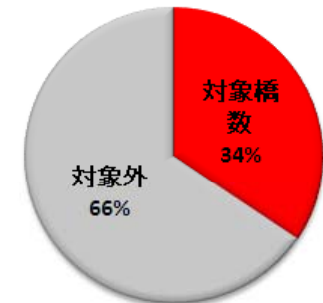
※累積凍結防止剤散布量の算出法

$$H1 \sim H22 \text{ 平均 (t/km)} \times \text{供用年数}$$

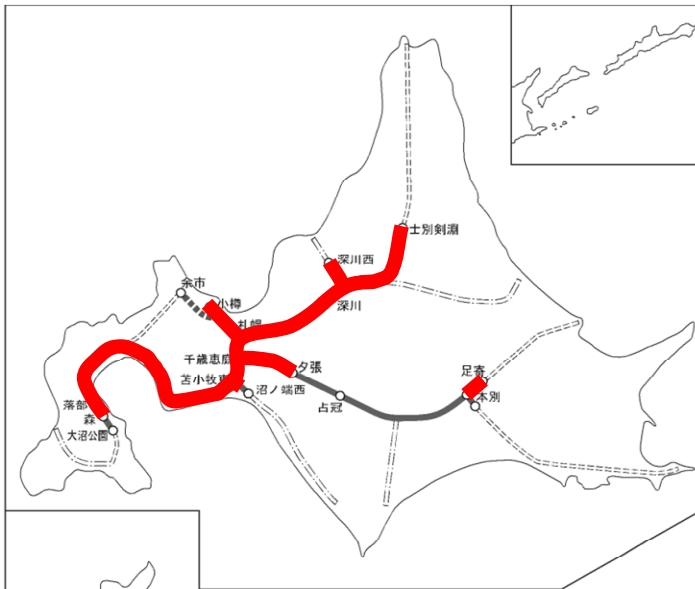


【橋数】鉄筋コンクリート桁2,234橋,PC桁2,248橋, 鋼桁1,823橋

凍結防止剤の累積散布量1000 t/km以上
対象橋梁数の割合



5-1. 橋 梁 【凍結防止剤の累積散布状況】(2050年頃)



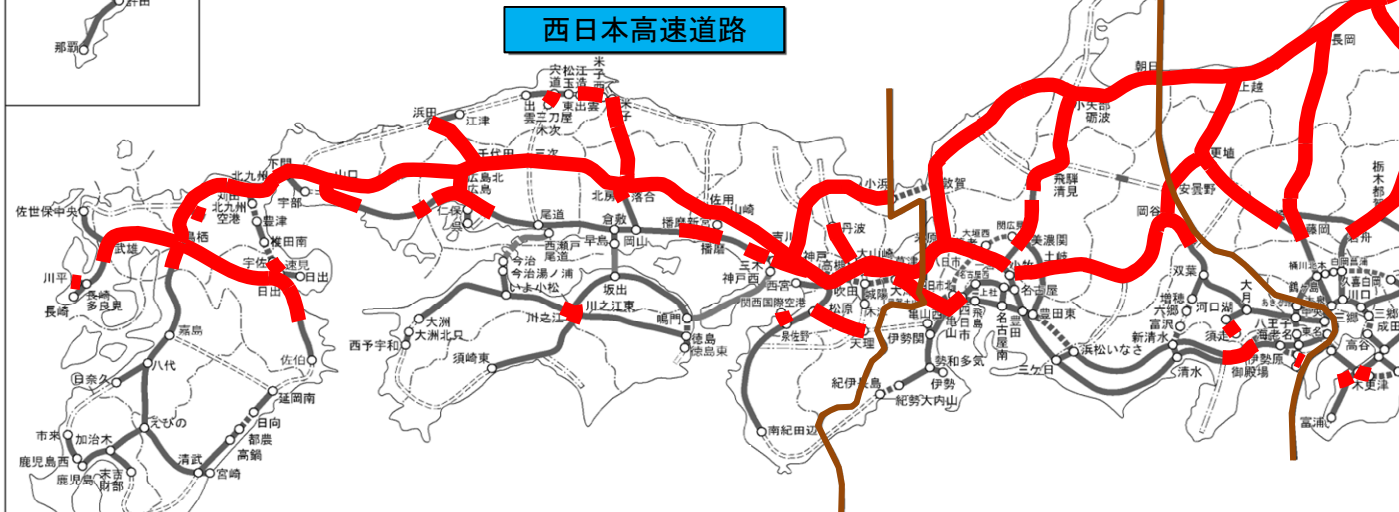
<対象路線>【2050年頃】

赤線: 凍結防止剤累積散布量1000t/km以上

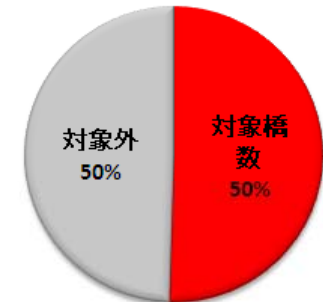
(道央道, 東北道, 秋田道, 山形道, 磐越道, 関越道, 上信越道, 北陸道, 中央道, 名神, 中国道, 舞若道, 浜田道, 長野道, 京都縦貫道, 米子道, 九州道, 大分道等)

十東名, 東海北陸道, 東名阪, 伊勢湾岸道, 新名神, 西名阪, 山陽道, 高松道, 長崎道等)

※累積凍結防止剤散布量の算出法
 $H1 \sim H22$ 平均 (t/km) × 供用年数

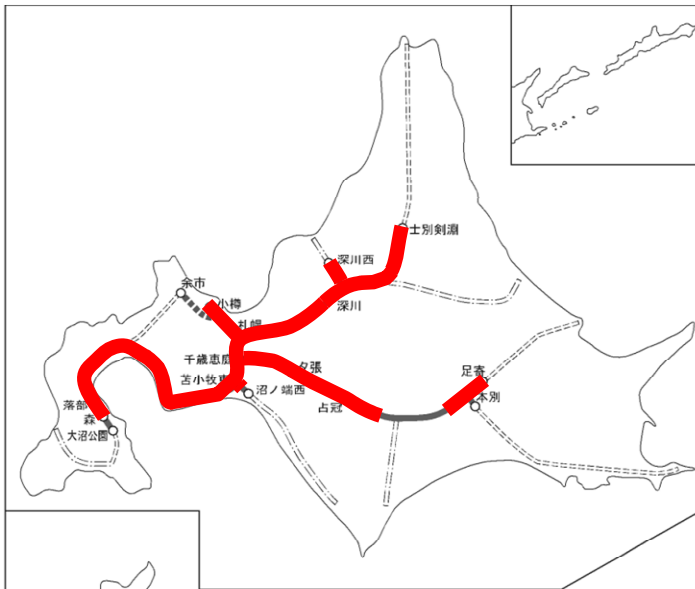


凍結防止剤の累積散布量1000 t/km以上
対象橋梁数の割合



【橋数】鉄筋コンクリート桁2,989橋, PC桁3,608橋, 鋼桁2,644橋

5-1. 橋 梁【凍結防止剤の累積散布状況】(100年後)



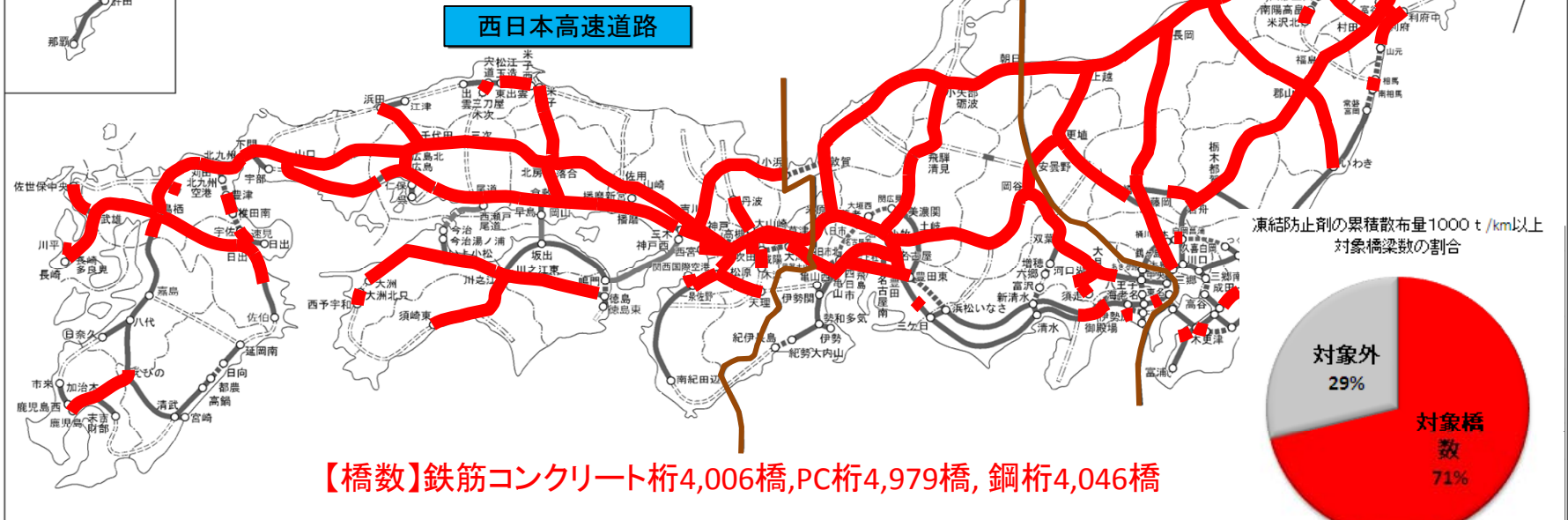
<対象路線>【100年後】

赤線:凍結防止剤累積散布量1000t/km以上

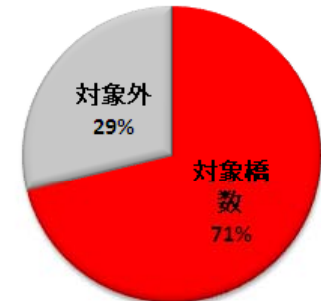
(道央道, 東北道, 秋田道, 山形道, 磐越道, 関越道, 上信越道, 北陸道, 中央道, 名神, 中国道, 舞若道, 浜田道, 長野道, 京都縦貫道, 米子道, 九州道, 大分道, 東名, 東海北陸道, 東名阪, 伊勢湾岸道, 新名神, 西名阪, 山陽道, 高松道, 長崎道等)

十東関東道, 近畿道, 阪和道, 松山道, 徳島道等)

※累積凍結防止剤散布量の算出法
 $H1 \sim H22$ 平均 (t/km) × 供用年数



凍結防止剤の累積散布量1000 t/km以上
対象橋梁数の割合



【橋数】鉄筋コンクリート桁4,006橋, PC桁4,979橋, 鋼桁4,046橋

5-1. 橋 梁 【飛来塩分の多い路線(海岸からの距離)】

■飛来塩分の影響を受ける橋梁

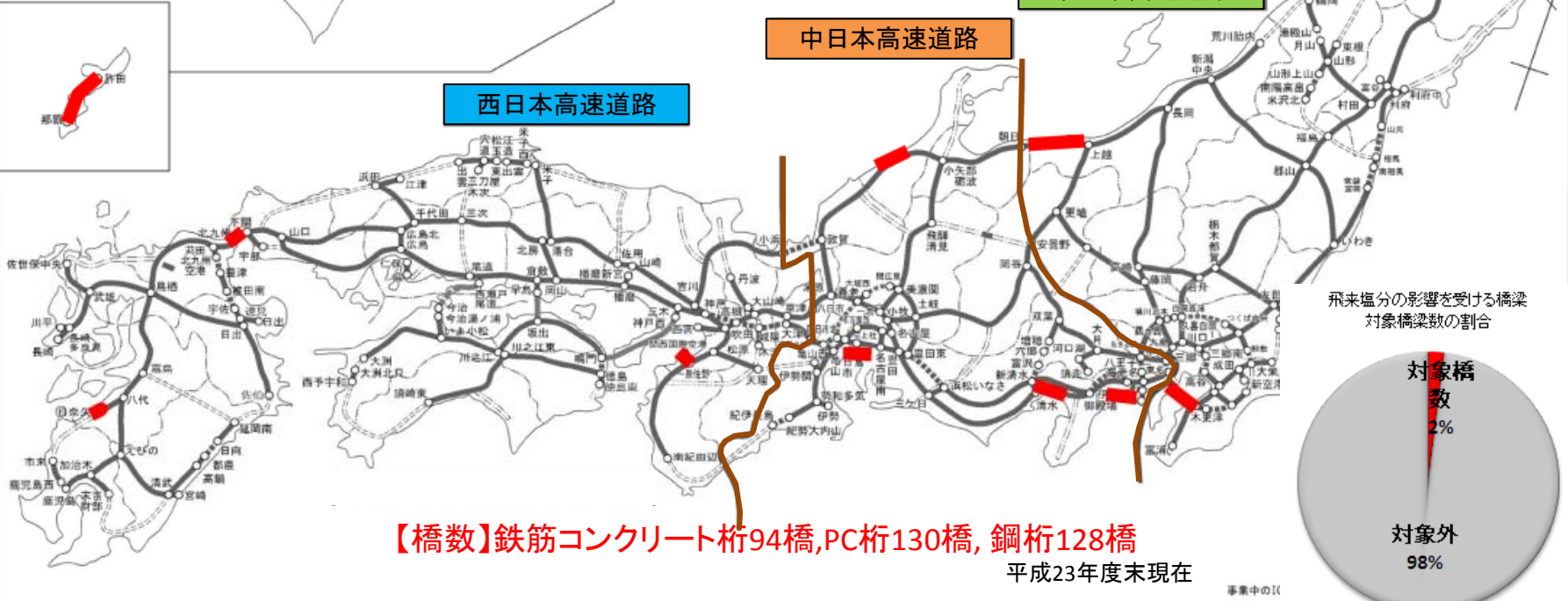


<対象橋梁位置図>

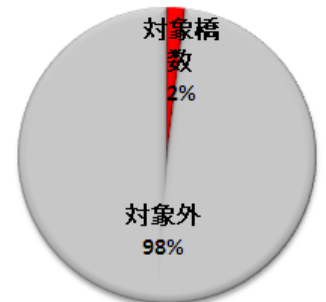
札樽道,道央道,北陸道,東京湾アクアライン,
東名,西湘バイパス,伊勢湾岸自動車道,
伊勢湾岸道路,関西国際空港連絡橋,
関門橋,南九州西回り自動車道,沖縄道

道示における塩害対策区分

地域区分	地域	対策区分	海岸線からの距離	橋梁数
A	沖縄県	S	~100m	2
		I	100~300m	0
		II	上記以外	101
B	北海道、東北、北陸沿岸部	S	~100m	14
		I	100~300m	43
		II	300~500m	38
C	上記以外	III	500~700m	25
		S	~20m	24
		I	20~50m	95
		II	50~100m	0
		III	100~200m	10
合 計				352



飛来塩分の影響を受ける橋梁対象橋梁数の割合



【橋数】鉄筋コンクリート桁94橋,PC桁130橋,鋼桁128橋

平成23年度末現在

事業中の【

5-1. 橋 梁 【コンクリート中の内在塩分量の多い路線】

■内在塩分の影響を受ける橋梁

<対象橋梁位置図>

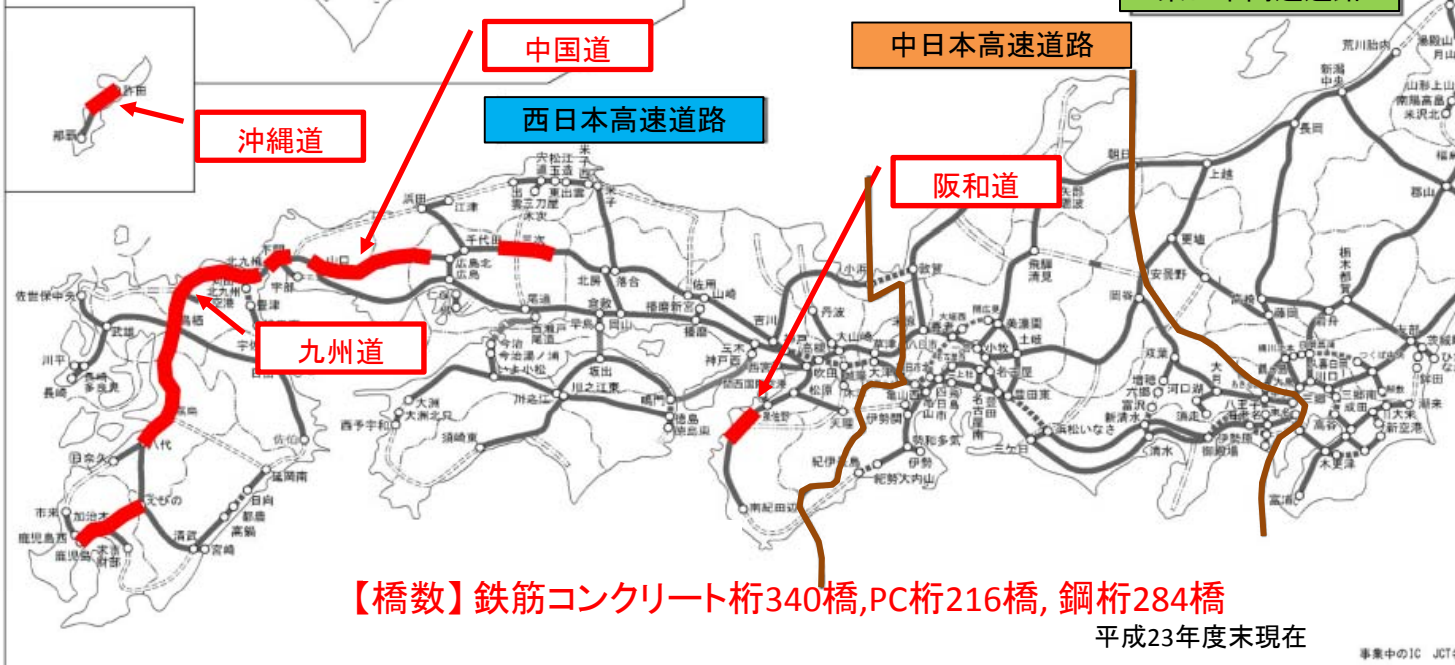
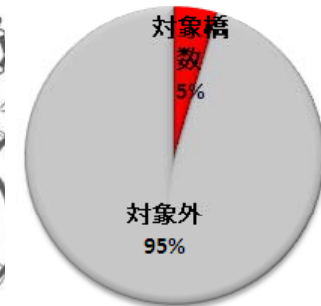
下記2項目に該当する橋梁

- ・塩化物量規制(1986)以前の橋梁
- ・海砂を使用した橋梁(西日本調査データによる)

※今後の調査により変更の可能性がある



内在塩分の影響を受ける橋梁
対象橋梁数の割合



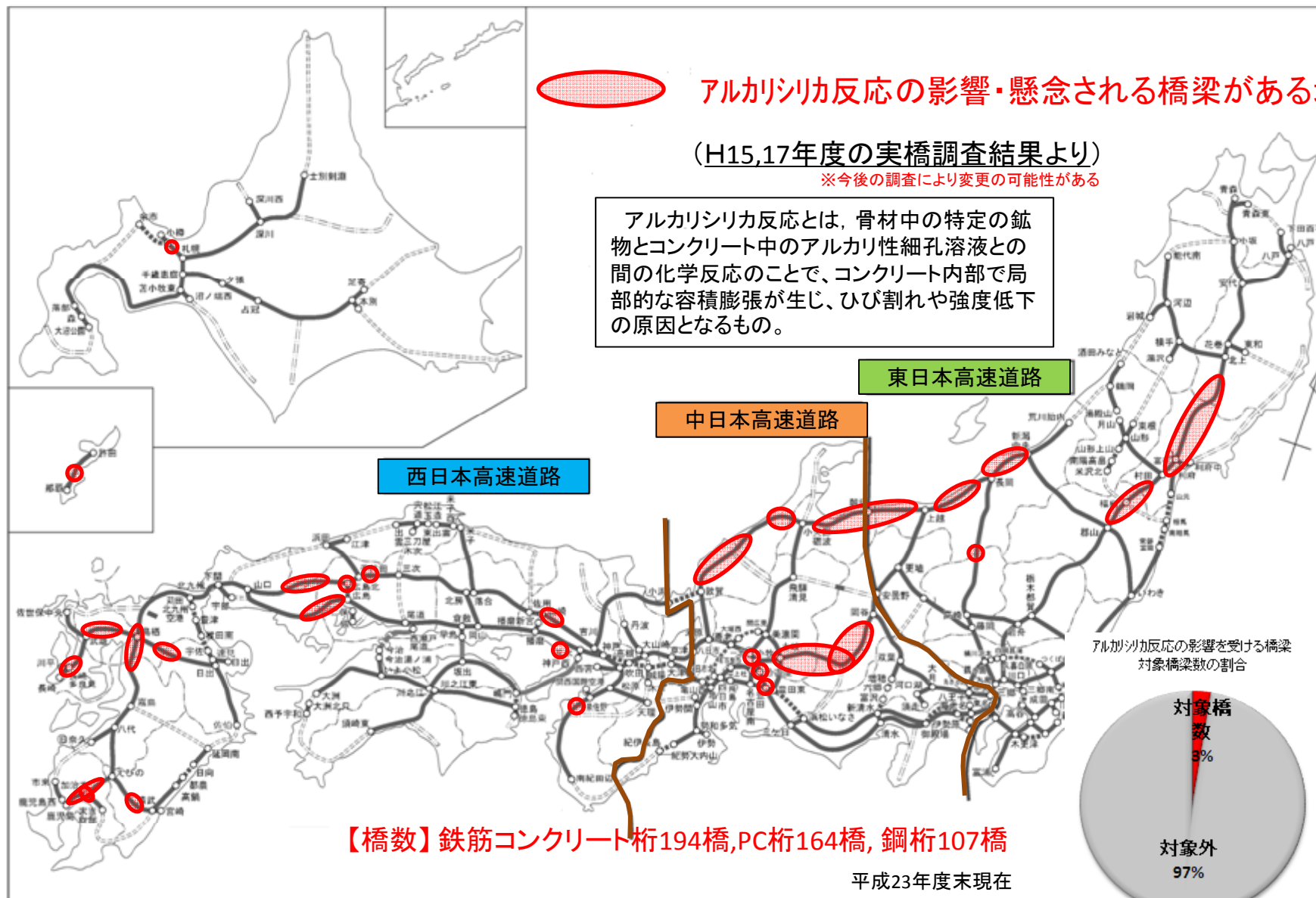
【橋数】鉄筋コンクリート桁340橋, PC桁216橋, 鋼桁284橋

平成23年度末現在

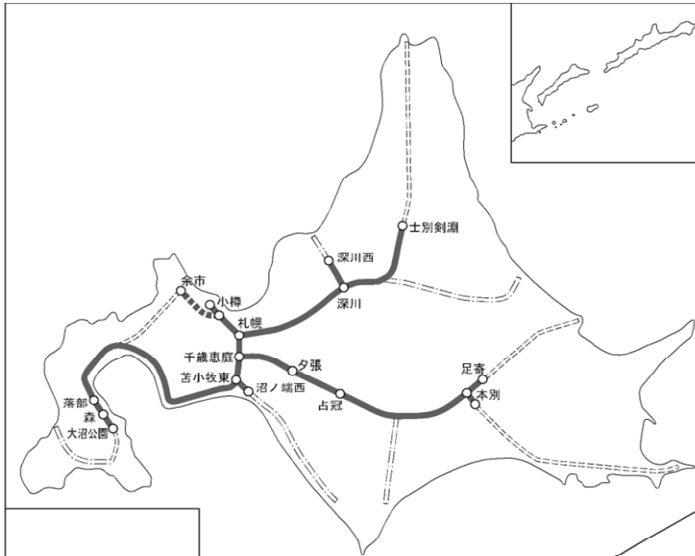
事業中のIC JCT名

道路名	橋梁数
沖縄道	35
九州道	442
中国道	311
阪和道	52
合計	840

5-1. 橋 梁 【アルカリシリカ反応が影響・懸念される路線】



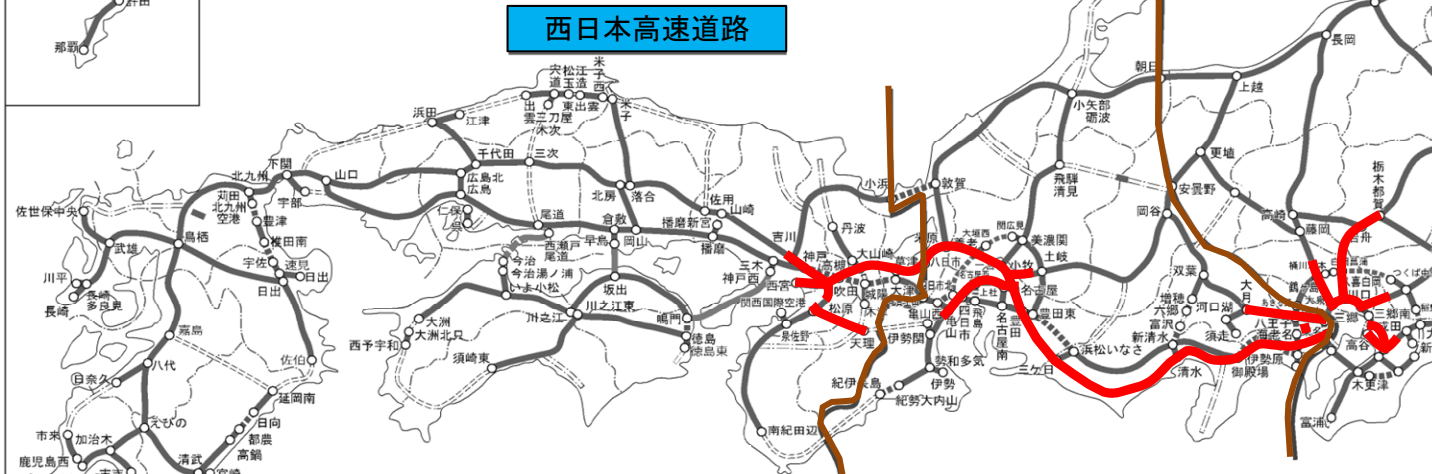
5-1. 橋 梁 【累積10t換算軸数3,000万軸以上の路線】



<対象路線>

赤線: 累積10t換算軸数3,000万軸以上

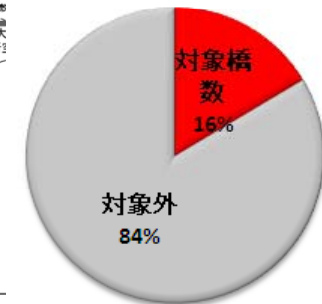
(東北道, 東京外環, 東関東, 常磐道, 関越道, 東名, 中央道, 東名阪, 名神, 中国道, 近畿道, 西名阪等)



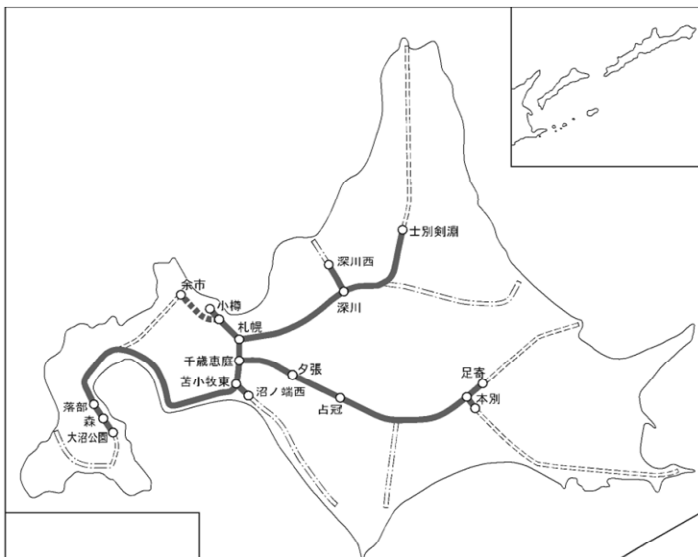
【橋数】鉄筋コンクリート桁1,101橋, PC桁894橋, 鋼桁1,018橋

平成23年度末現在

累積10t換算軸数3,000万軸数以上
対象橋梁数の割合



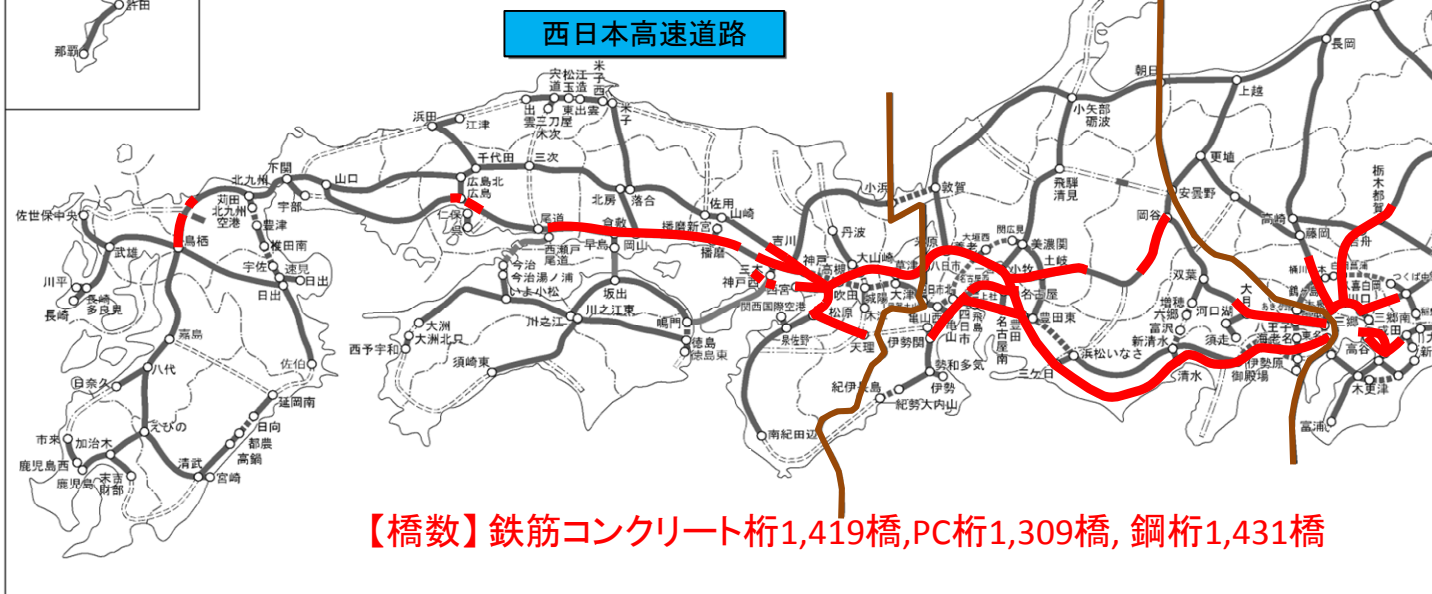
5-1. 橋 梁 【累積10t換算軸数3,000万軸以上の路線】(10年後)



<対象路線>【10年後】

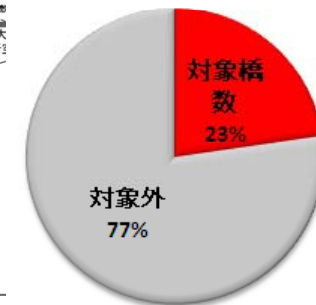
赤線: 累積軸数3000万軸以上

(東北道, 東京外環, 東関東道, 常磐道, 関越道, 京葉道路, 東名, 中央道, 東名阪, 名神, 中国道, 近畿道, 西名阪等 + 伊勢湾岸道, 第二神明, 山陽道, 九州道等)

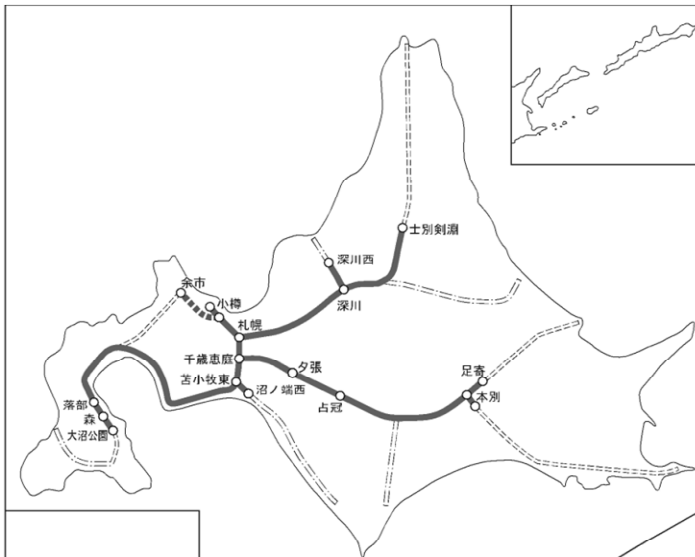


【橋数】鉄筋コンクリート桁1,419橋, PC桁1,309橋, 鋼桁1,431橋

累積10t換算軸数3,000万軸数以上
対象橋梁数の割合



5-1. 橋 梁 【累積10t換算軸数3,000万軸以上の路線】(2050年頃)

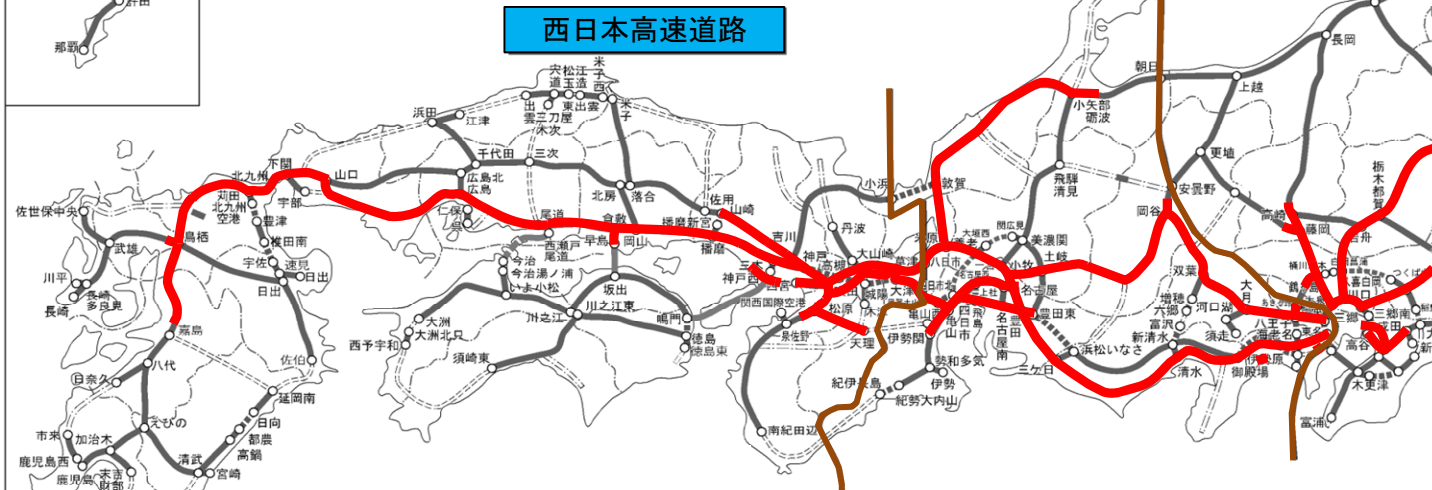


<対象路線>【2050年頃】

赤線: 累積軸数3000万軸以上

(東北道, 東京外環, 東関東道, 常磐道, 関越道, 京葉道路, 東名, 中央道, 東名阪, 名神, 中国道, 近畿道, 西名阪等, 伊勢湾岸道, 第二神明, 山陽道, 九州道等)

+ 横浜新道, 長野道, 北陸道, 新名神, 京滋バイパス, 阪和道, 長崎道等)

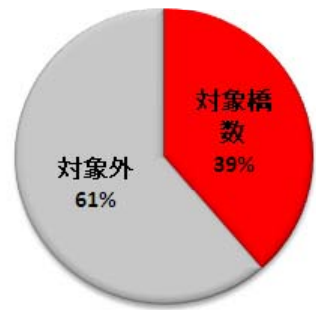


西日本高速道路

中日本高速道路

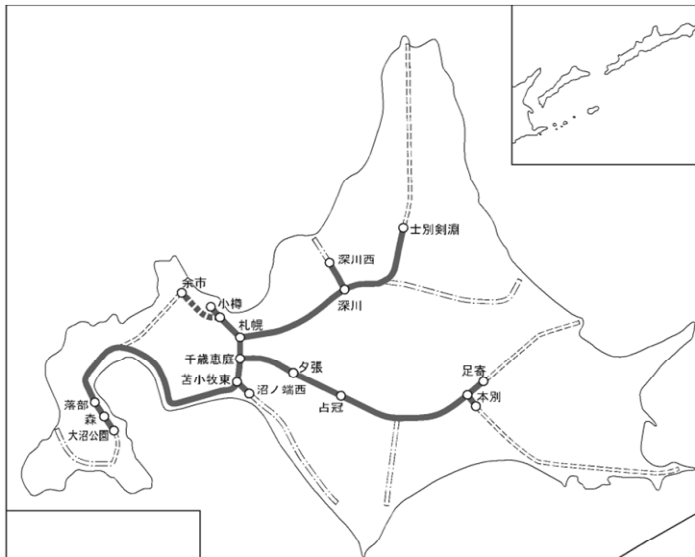
東日本高速道路

累積10t換算軸数3,000万軸数以上
対象橋梁数の割合



【橋数】鉄筋コンクリート桁2,397橋, PC桁2,440橋, 鋼桁2,233橋

5-1. 橋 梁 【累積10t換算軸数3,000万軸以上の路線】(100年後)

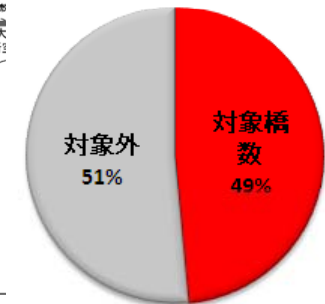


<対象路線>【100年後】

赤線: 累積軸数3000万軸以上

(東北道, 東京外環, 東関東道, 常磐道, 関越道, 京葉道路, 東名, 中央道, 東名阪, 名神, 中国道, 近畿道, 西名阪等, 伊勢湾岸道, 第二神明, 山陽道, 九州道, 横浜新道, 長野道, 北陸道, 新名神, 京滋バイパス, 阪和道, 長崎道等 + 第三京浜, 西湘バイパス, 東海環状, 舞若道, 松山道, 高松道等)

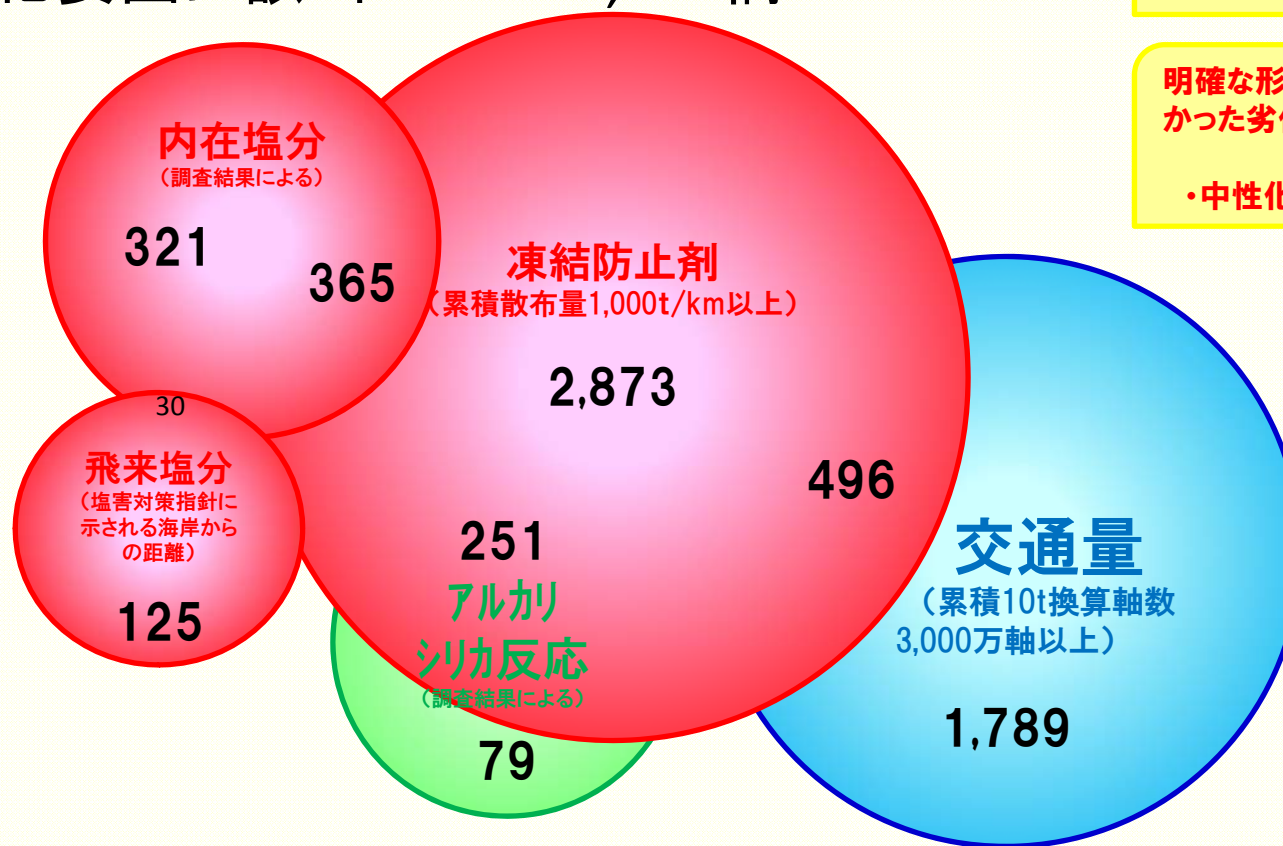
累積10t換算軸数3,000万軸数以上
対象橋梁数の割合



【橋数】鉄筋コンクリート桁3,050橋, PC桁3,109橋, 鋼桁2,727橋

5-1. 橋 梁 【鉄筋コンクリート床版の主な劣化要因】

全橋梁数 : 13,154橋
下記の劣化要因に該当せず : 6,753橋
下記の劣化要因に該当 : 6,401橋



初期欠陥

- ・かぶり不足
- ・豆板等

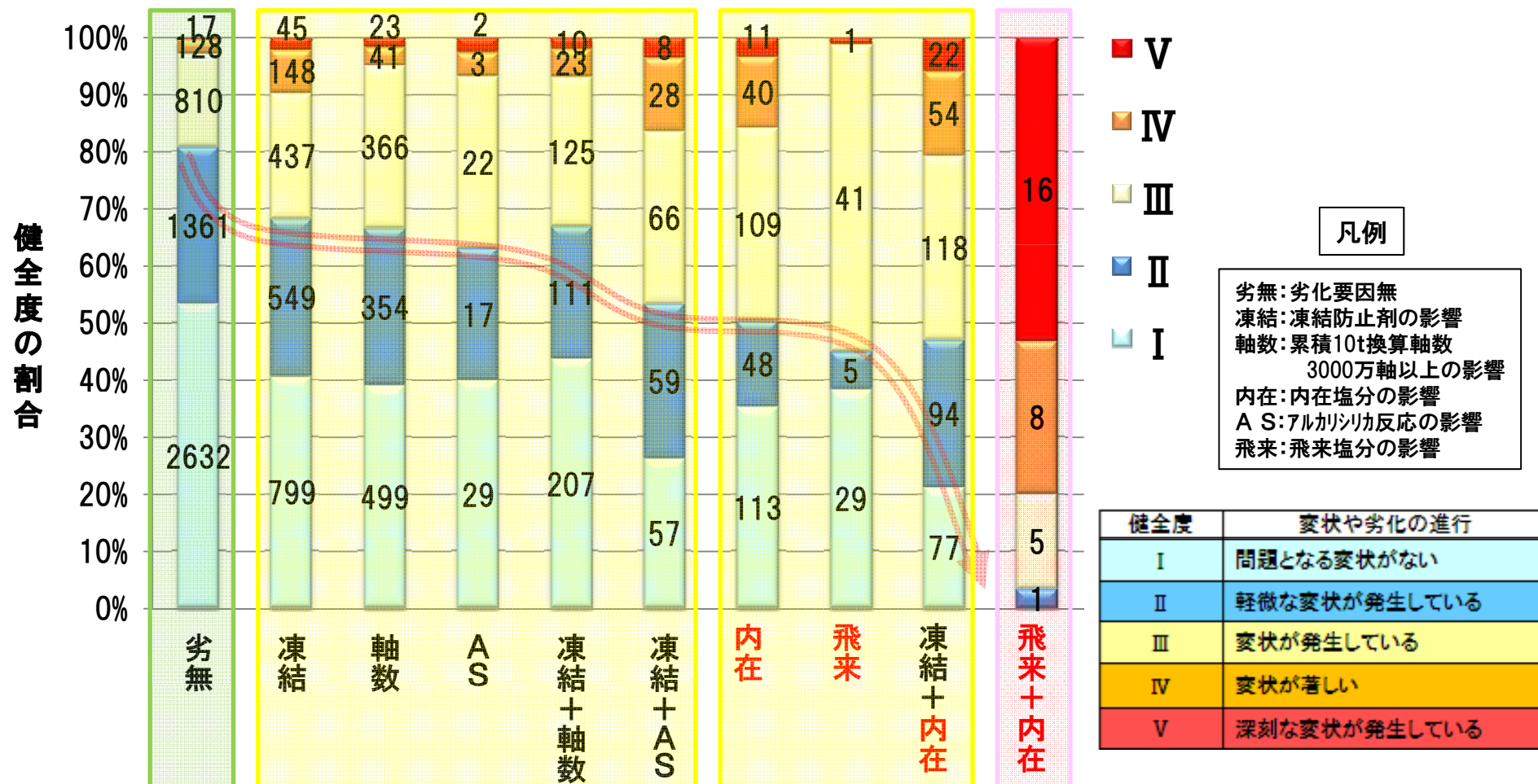
明確な形では考慮しなかった劣化

- ・中性化

※劣化要因の組合せ数が少ないものは除いているため、イメージ図の橋梁数の合計は劣化要因に該当する橋梁数と一致しない。

5-1. 橋 梁 【鉄筋コンクリート床版の劣化要因と健全度】

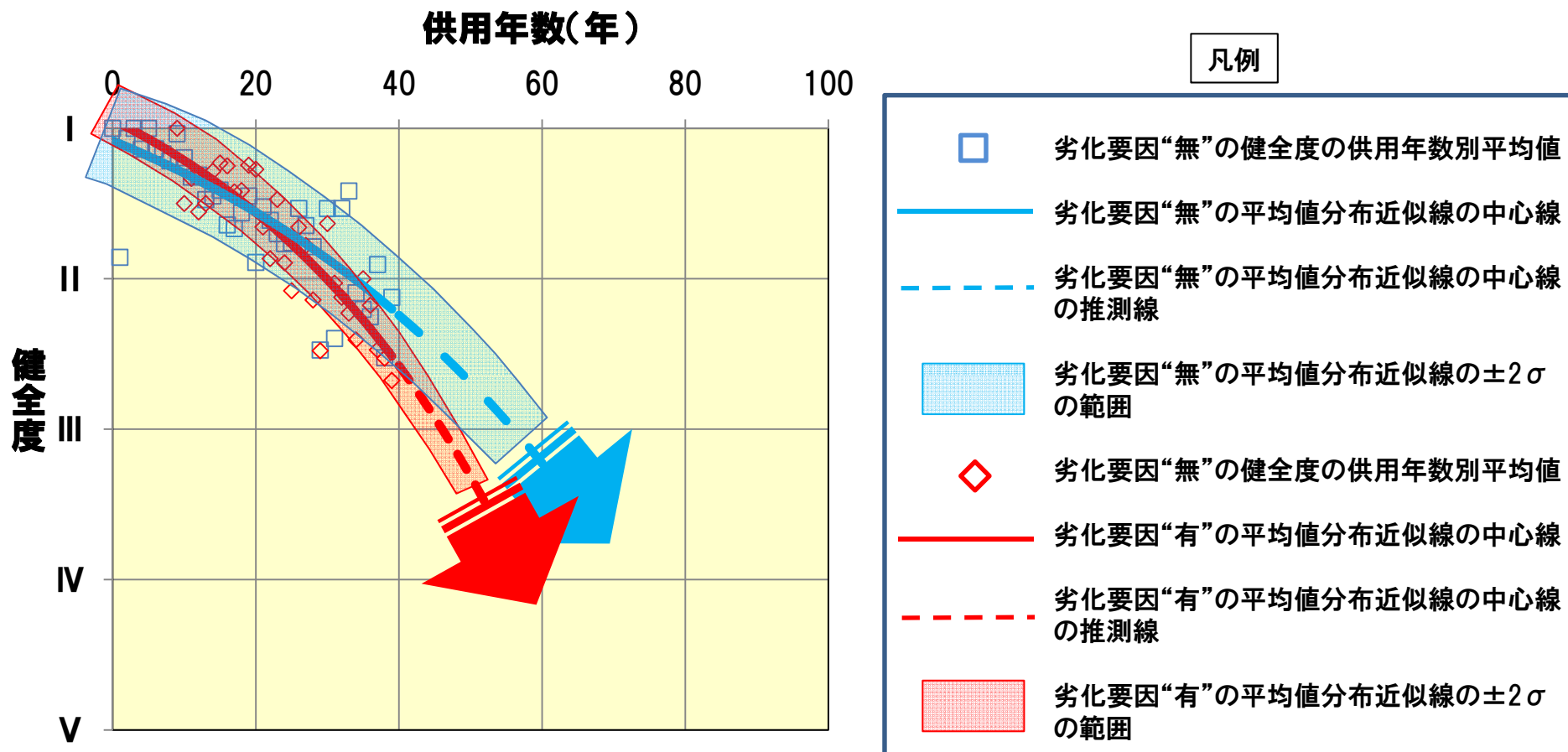
■鉄筋コンクリート床版における劣化要因に対する健全度分布



劣化要因“無”と比較し、劣化要因“有”の場合、健全度が悪化。
 内在塩分又は飛来塩分の影響がある場合は、5割強で健全度Ⅲ・Ⅳ・Ⅴ。
 特に、飛来塩分+内在塩分の影響がある場合は、95%以上の床版で健全度Ⅲ・Ⅳ・Ⅴ。

5-1. 橋 梁 【鉄筋コンクリート床版の健全度の推移と予測】

■鉄筋コンクリート床版の供用年数別の健全度の推移と予測



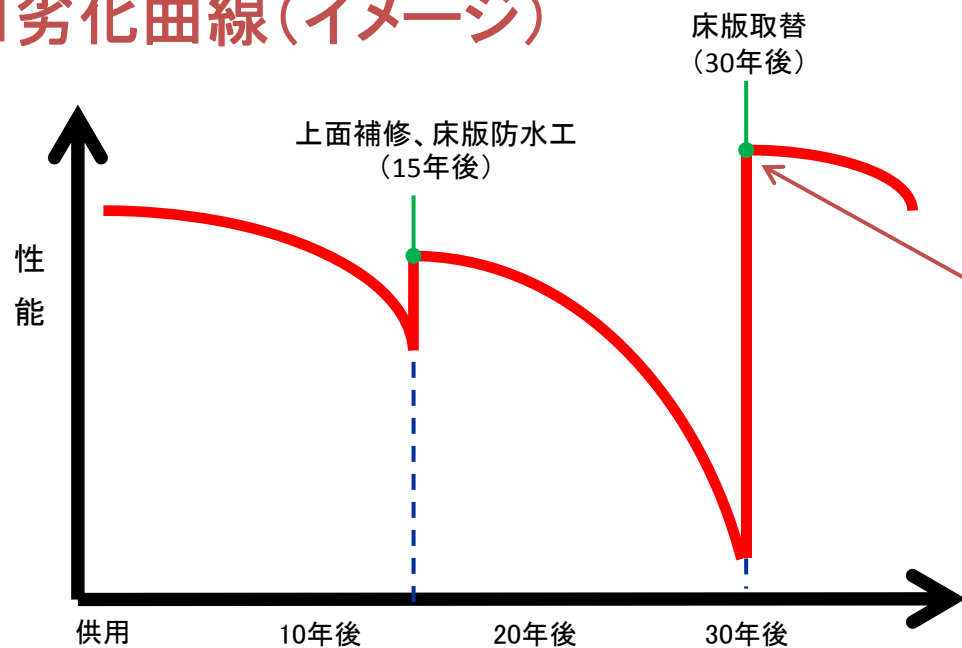
劣化要因が無い場合でも今後100年にわたる健全度の維持は難しい。
劣化要因が有る場合は、更に厳しい。

※ 塩害は、中性化の影響との複合により促進される可能性がある。

5-1. 橋 梁 【鉄筋コンクリート床版 塩害劣化(内在+凍結防止剤)】

〔床版取替え事例〕

■劣化曲線(イメージ)



30年後 : PC床版へ取替



供用後の経過年数

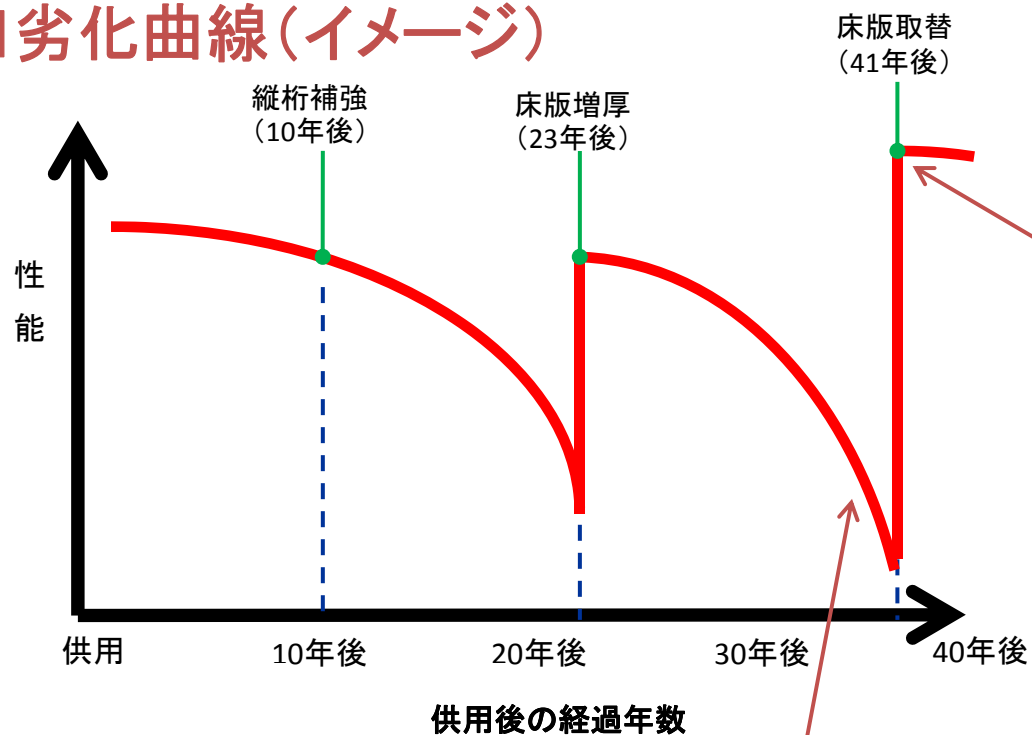


貫通ひび割れを介した橋面水の漏水、遊離石灰、鉄筋腐食、浮き剥離

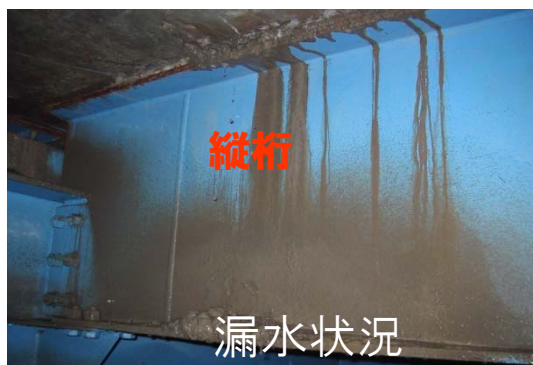
5-1. 橋 梁 【鉄筋コンクリート床版 疲労劣化】

〔床版取替え事例〕

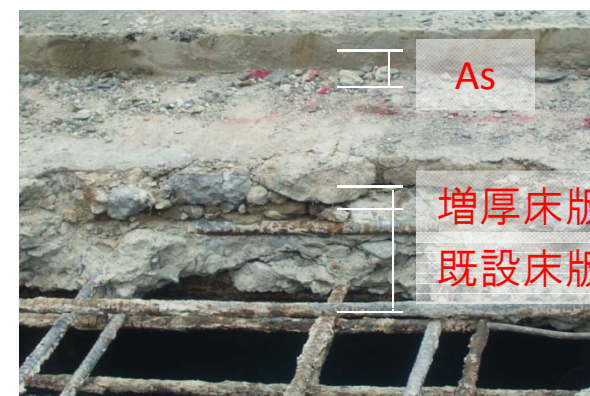
■劣化曲線(イメージ)



41年後 : PC床版へ取替



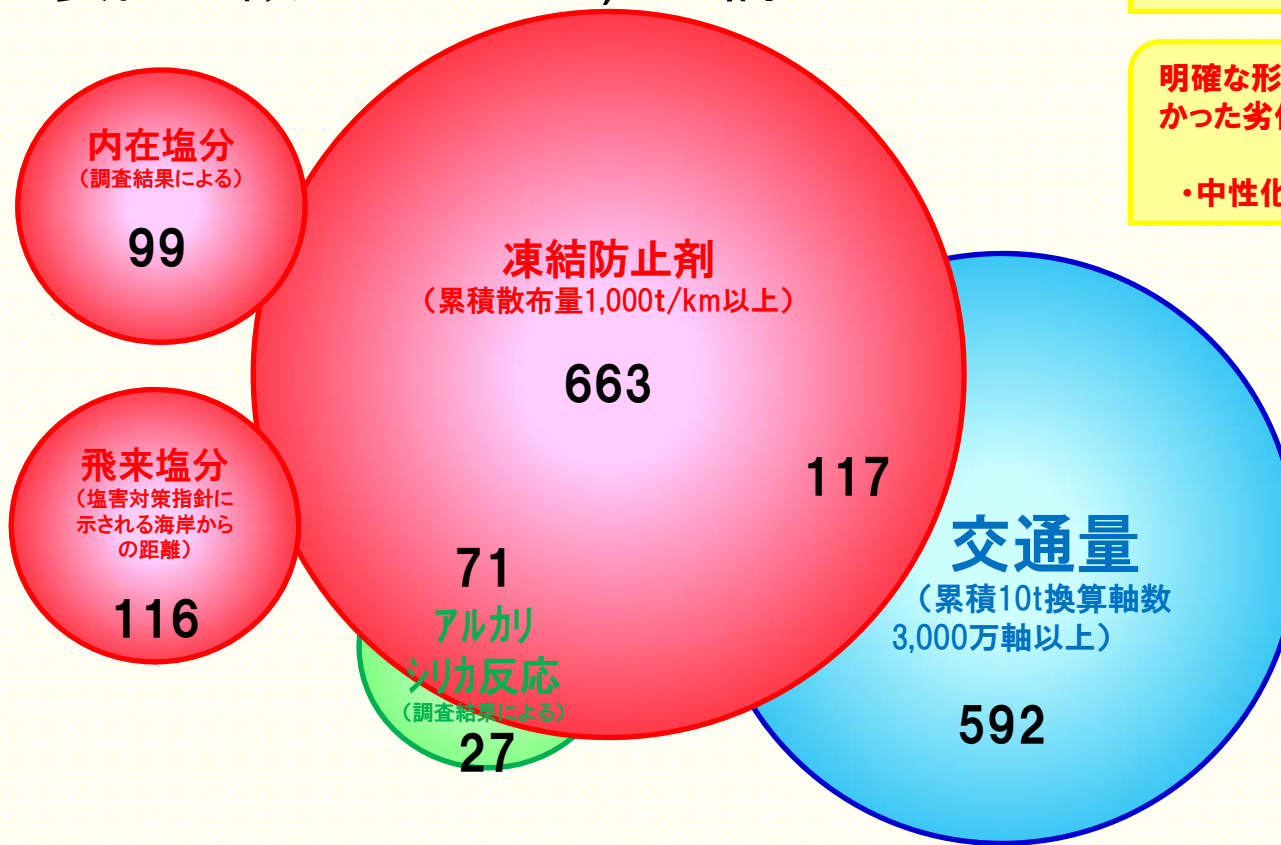
37年後 : 床版貫通ひびわれ噴出状況



37年後 : 部分打替えによる層状剥離確認

5-1. 橋 梁 【PC床版の主な劣化要因】

全橋梁数 : 5,310橋
 下記の劣化要因に該当せず : 3,573橋
 下記の劣化要因に該当 : 1,737橋



初期欠陥

- ・かぶり不足
- ・豆板等

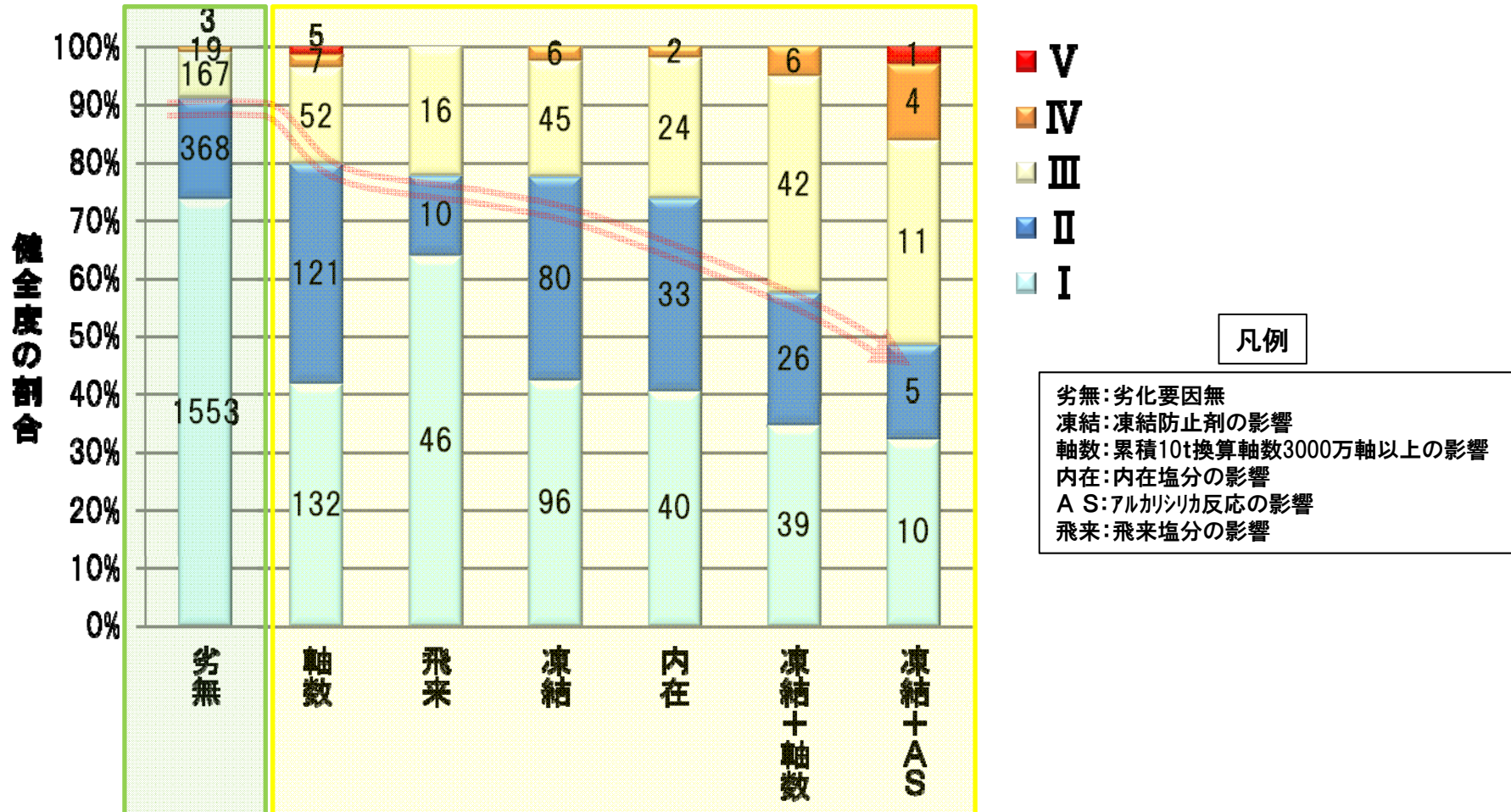
明確な形では考慮しなかった劣化

- ・中性化

※劣化要因の組合せ数が少ないものは除いているため、イメージ図の橋梁数の合計は劣化要因に該当する橋梁数と一致しない。

5-1. 橋 梁 【PC床版の劣化要因と健全度】

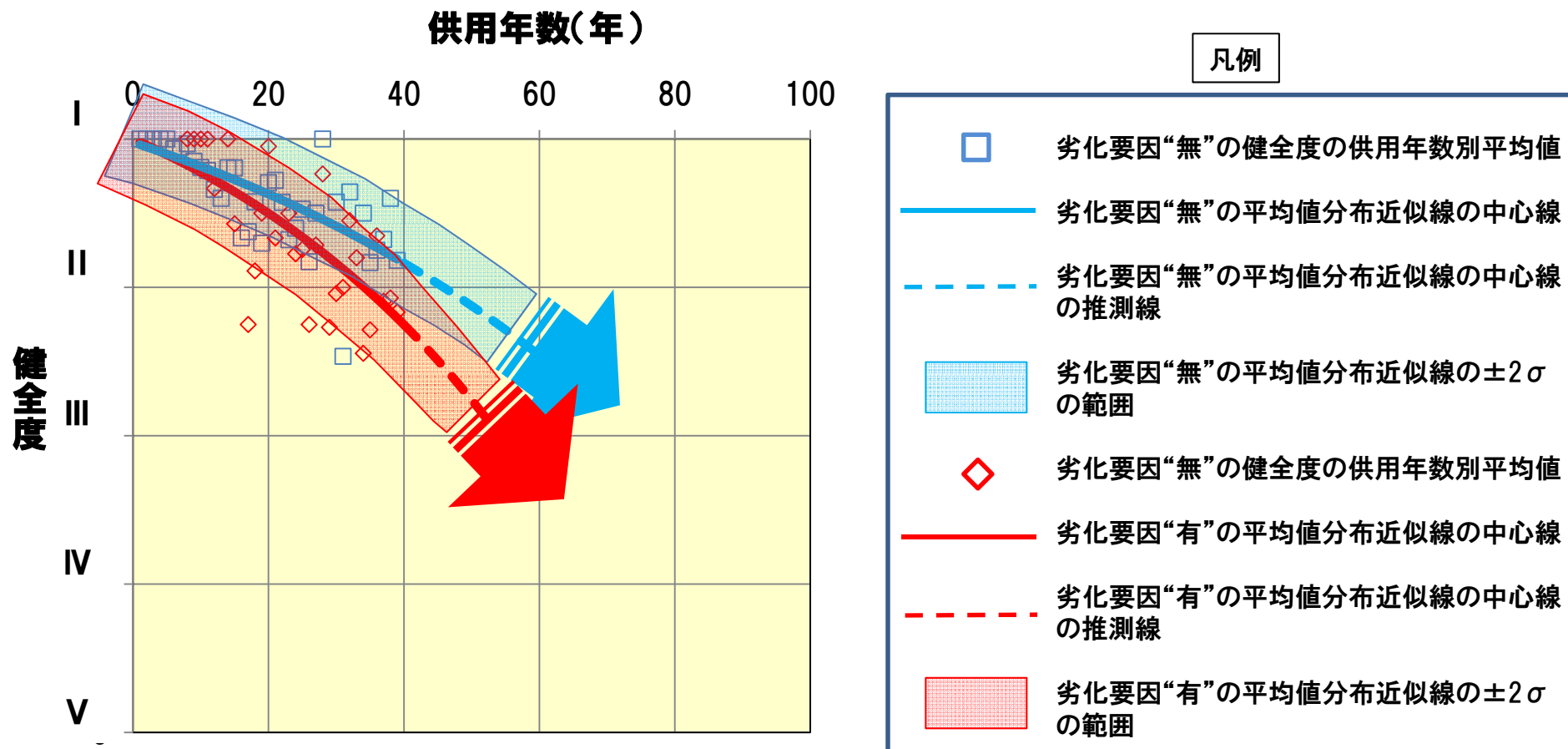
■PC床版における劣化要因に対する健全度分布



劣化要因“無”と比較し、劣化要因“有”の場合は健全度が悪化傾向。
その傾向は、鉄筋コンクリート床版ほど顕著ではない。

5-1. 橋 梁 【PC床版の健全度の推移と予測】

■PC床版の供用年数別の健全度の推移と予測

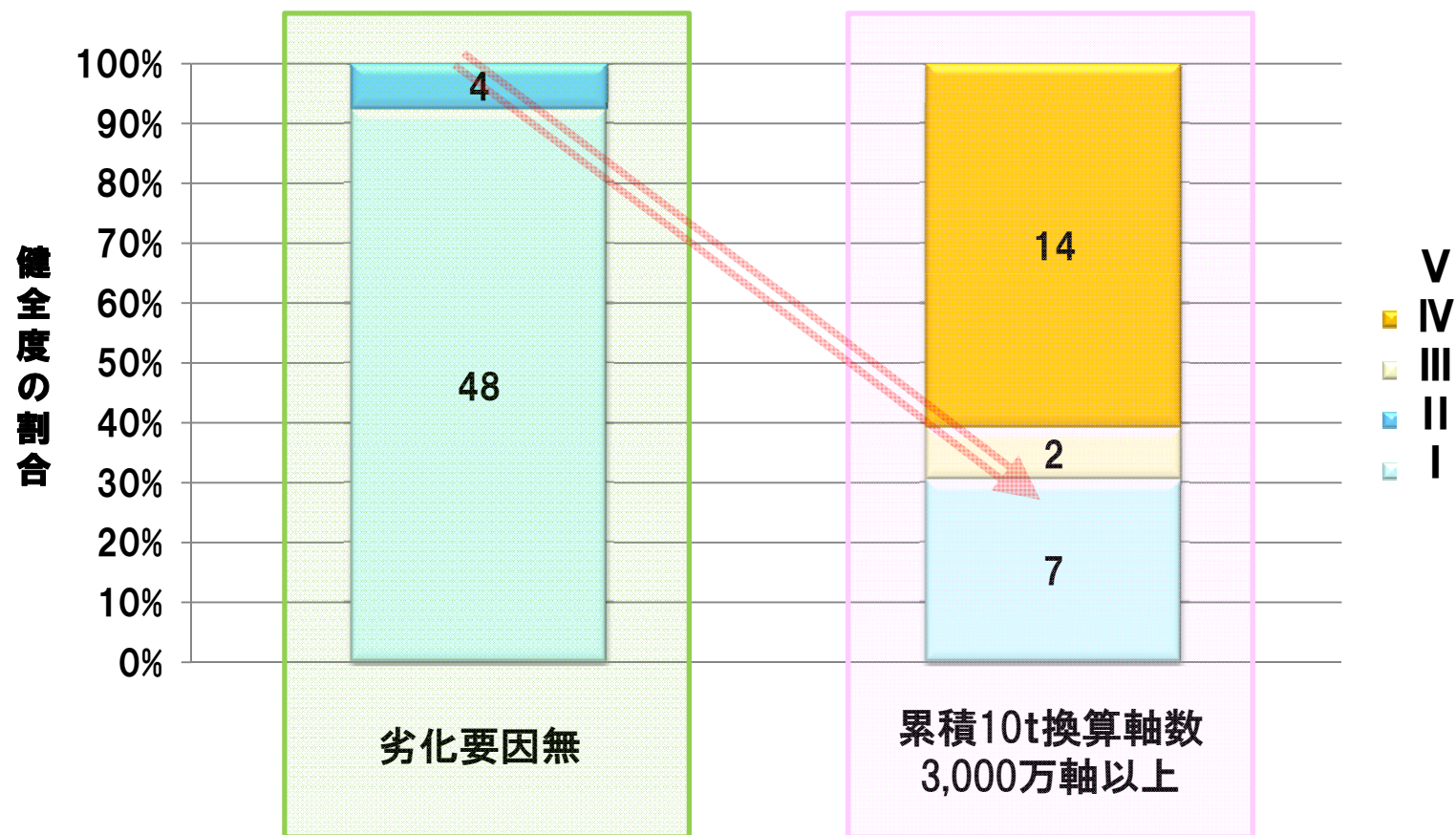


鉄筋コンクリート床版に比べ劣化進行が緩やかではあるが、劣化が一度進行すると断面修復が困難であり、健全なうちに予防保全を施すことが重要。

※ 塩害は、中性化の影響との複合により促進される可能性がある。

5-1. 橋 梁 【鋼床版の劣化要因と健全度】

■鋼床版における劣化要因に対する健全度分布

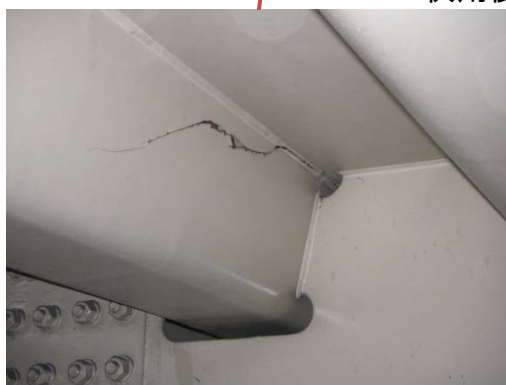
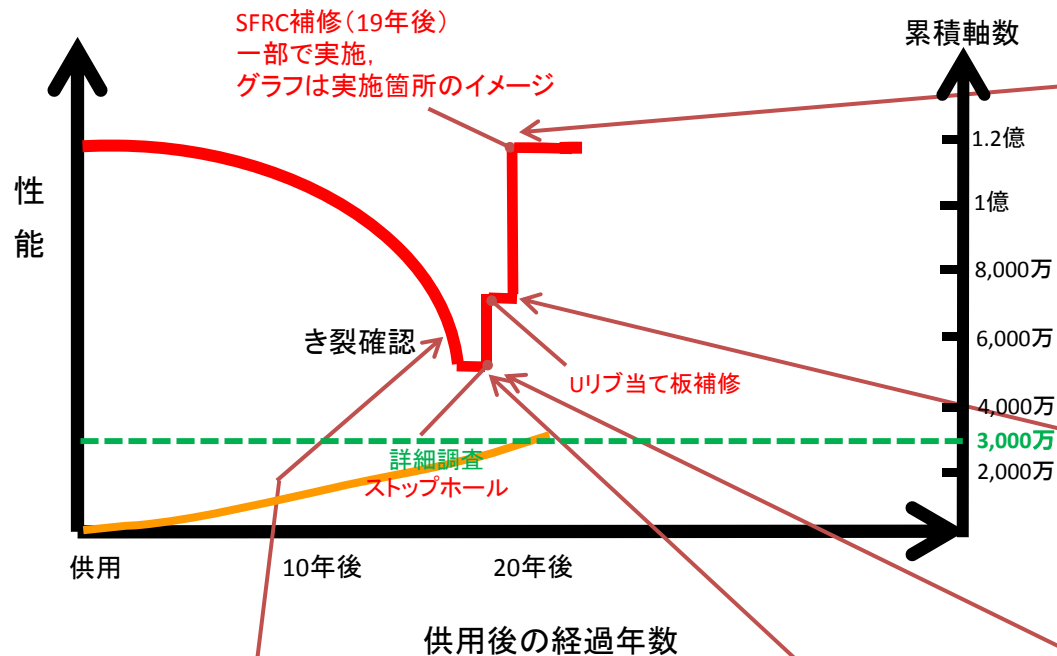


劣化要因“無”と比較し、累積10t換算軸数3,000万軸以上の場合、健全度が悪化。

5-1. 橋 梁 【鋼床版 疲労劣化】

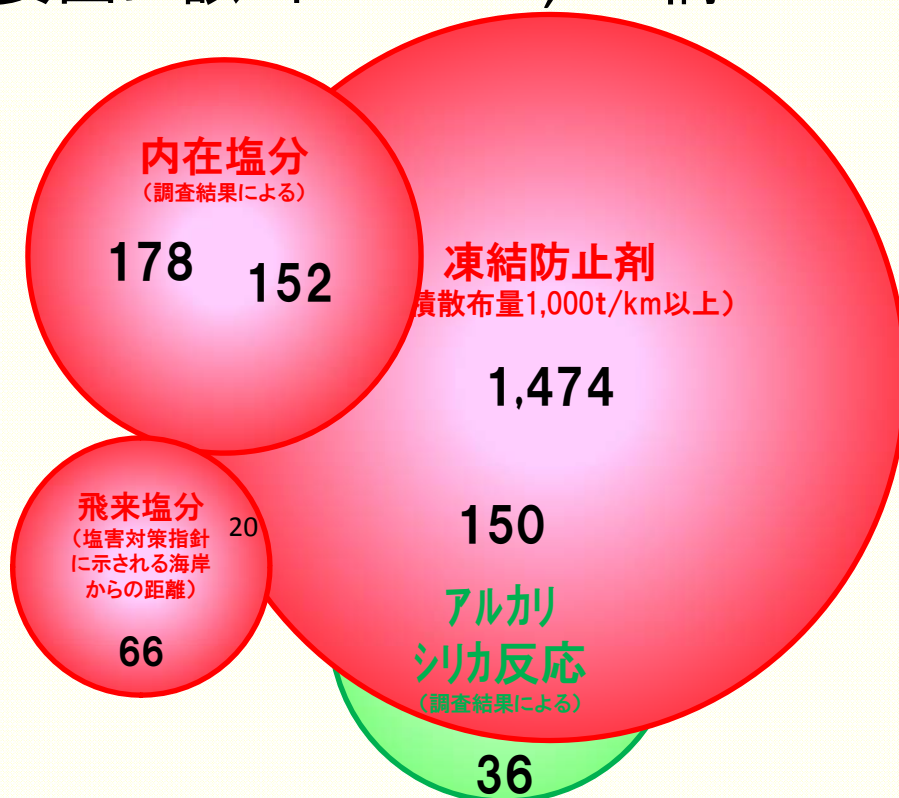
〔SFRC床版上面補修の事例〕

■劣化曲線(イメージ)



5-1. 橋 梁 【鉄筋コンクリート桁の主な劣化要因】

全橋梁数 : 5,334橋
下記の劣化要因に該当せず : 3,245橋
下記の劣化要因に該当 : 2,089橋



初期欠陥

- ・かぶり不足
- ・豆板等

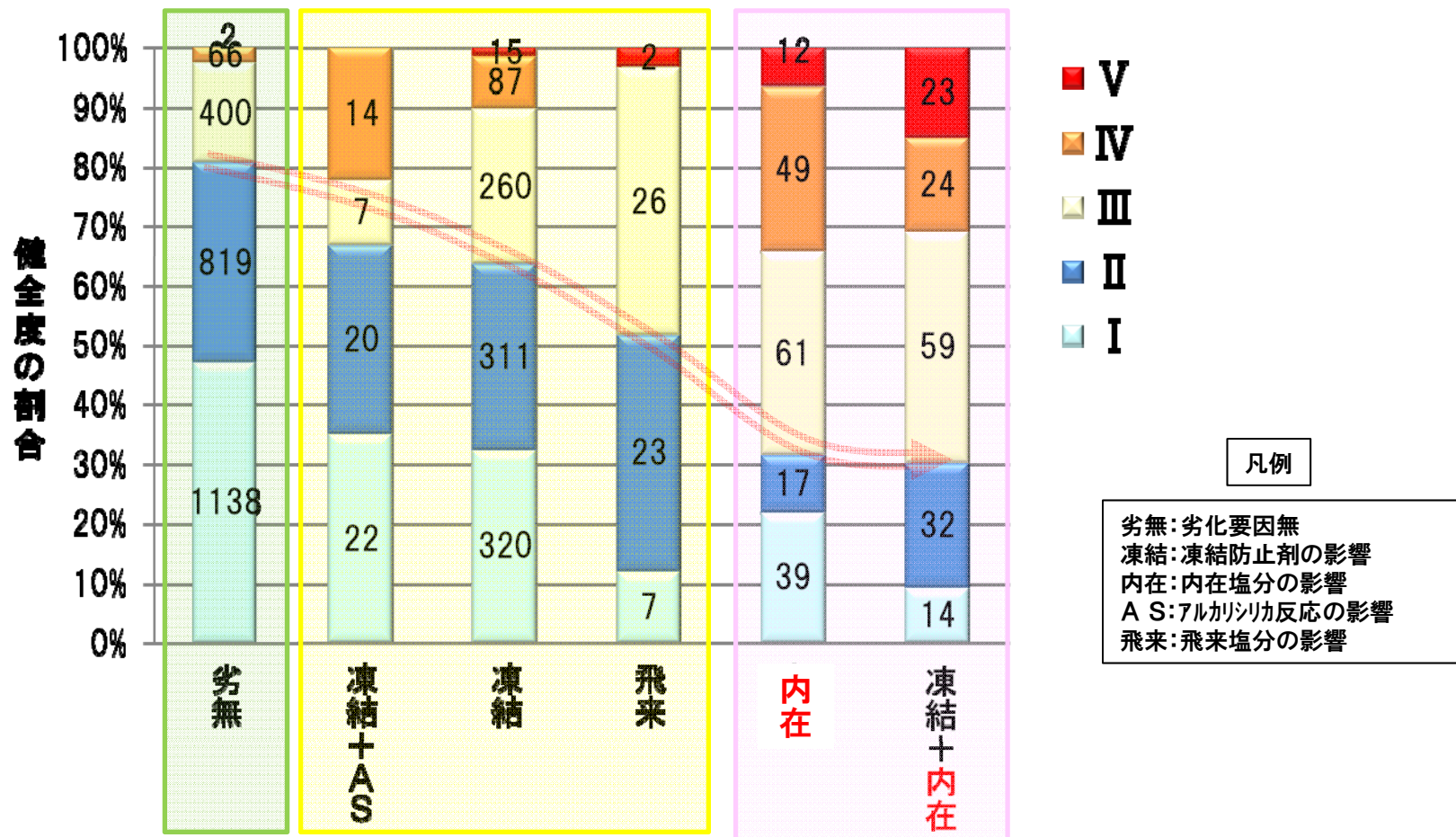
明確な形では考慮しな
かった劣化

- ・中性化

※劣化要因の組合せ数が少ないものは除いているため、イメージ図の橋梁数の合計は劣化要因に該当する橋梁数と一致しない。

5-1. 橋 梁 【鉄筋コンクリート桁の劣化要因と健全度】

■鉄筋コンクリート桁における劣化要因に対する健全度分布

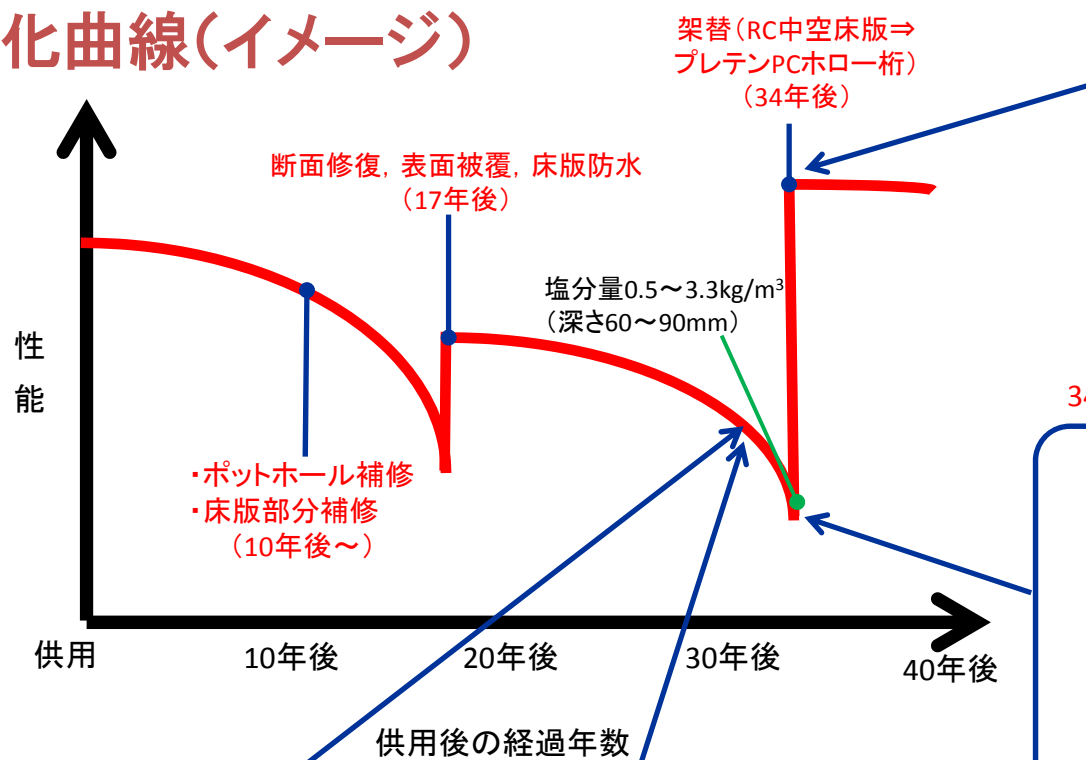


劣化要因“無”と比較し、劣化要因“有”の場合は健全度が悪化。特に、**内在塩分**がある場合、その傾向は顕著で7割がⅢ・Ⅳ・Ⅴ。

5-1. 橋 梁 【鉄筋コンクリート桁 塩害劣化(内在塩分)】

〔桁の架替え事例〕

■劣化曲線(イメージ)



34年後 : 架替後のプレテンPCホロー桁



34年後 : 浮き・はく離・鉄筋腐食



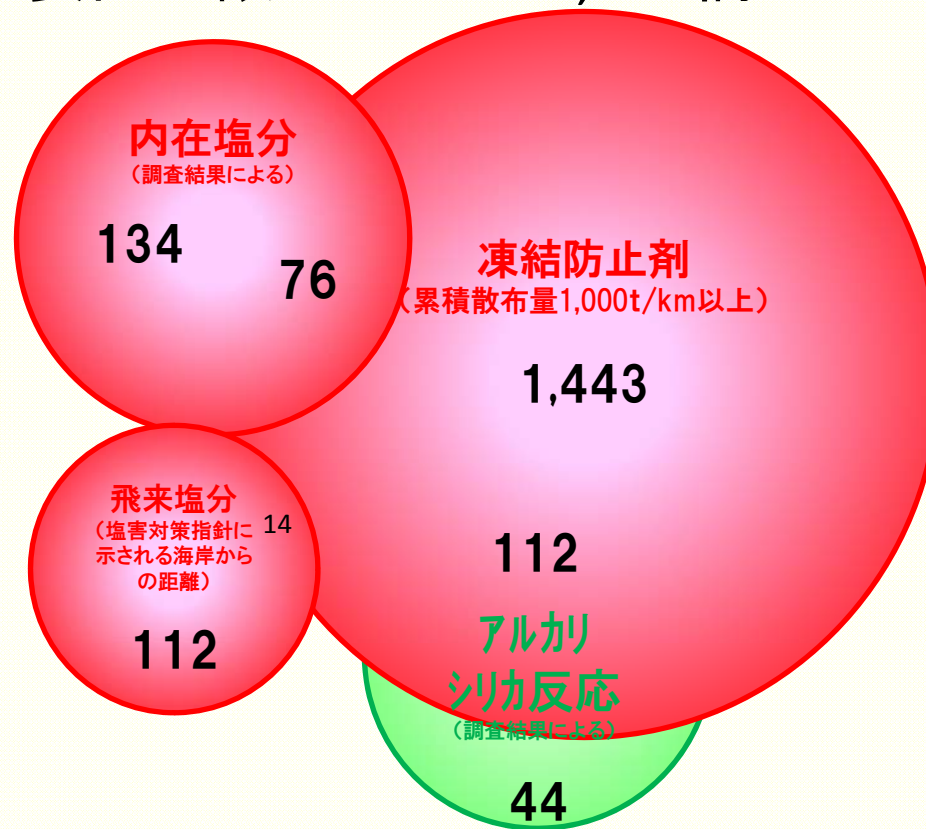
30年後 : 桁のひび割れ



30年後 : 桁の鉄筋腐食

5-1. 橋 梁 【PC桁の主な劣化要因】

全橋梁数 : 7,133橋
 下記の劣化要因に該当せず : 5,189橋
 下記の劣化要因に該当 : 1,944橋



初期欠陥

- ・PCグラウト空隙有
- ・かぶり不足
- ・豆板等

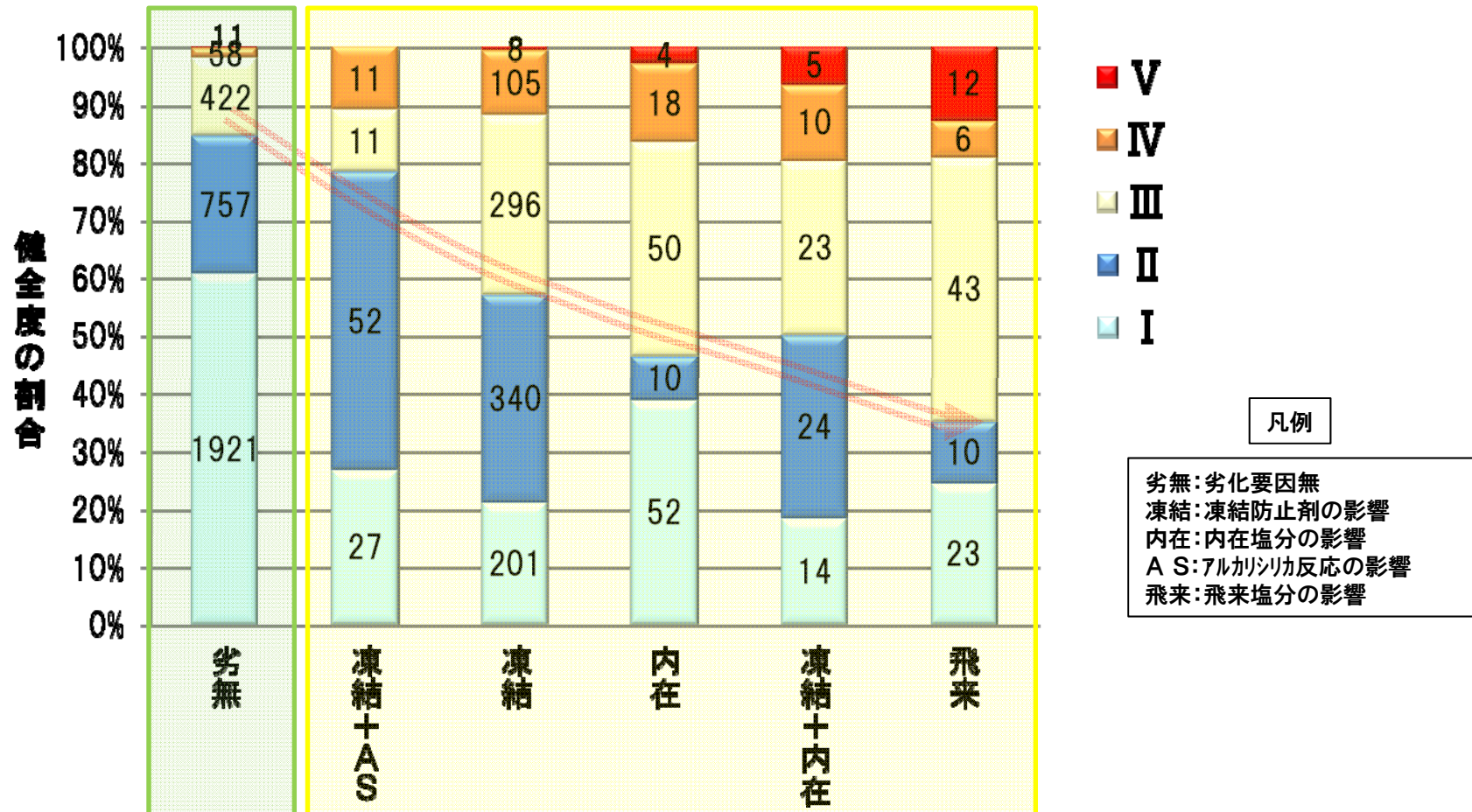
明確な形では考慮しなかった劣化

- ・中性化

※劣化要因の組合せ数が少ないものは除いているため、イメージ図の橋梁数の合計は劣化要因に該当する橋梁数と一致しない。

5-1. 橋 梁 【PC桁の劣化要因と健全度】

■PC桁における劣化要因に対する健全度分布



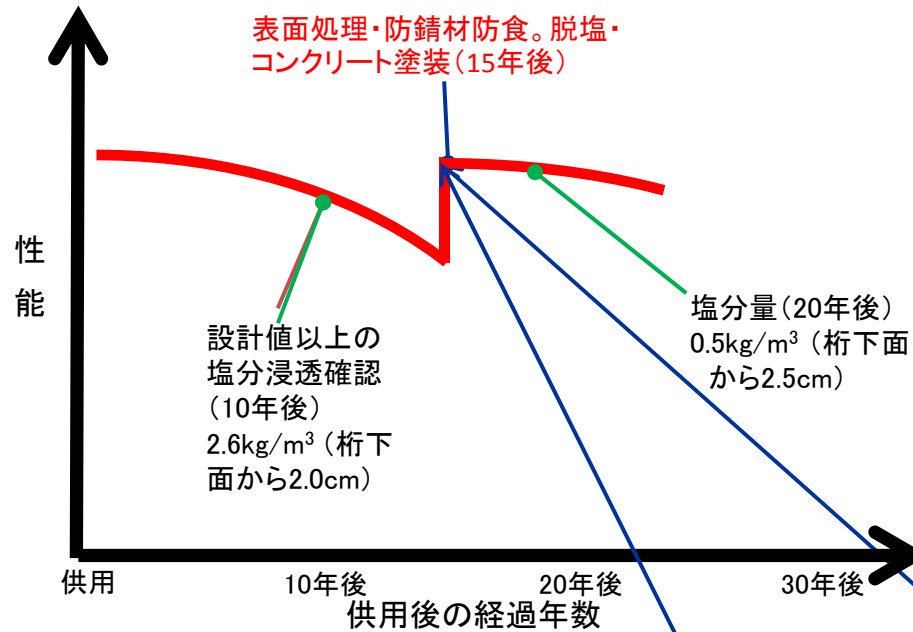
劣化要因“無”と比較し、劣化要因“有”の場合、健全度が悪化。
断面修復が困難であり、健全なうちに予防保全を施すことが重要。

5-1. 橋 梁【PC桁 塩害劣化(飛来塩分)】

〔脱塩＋表面被覆＋断面修復(防錆材)事例〕

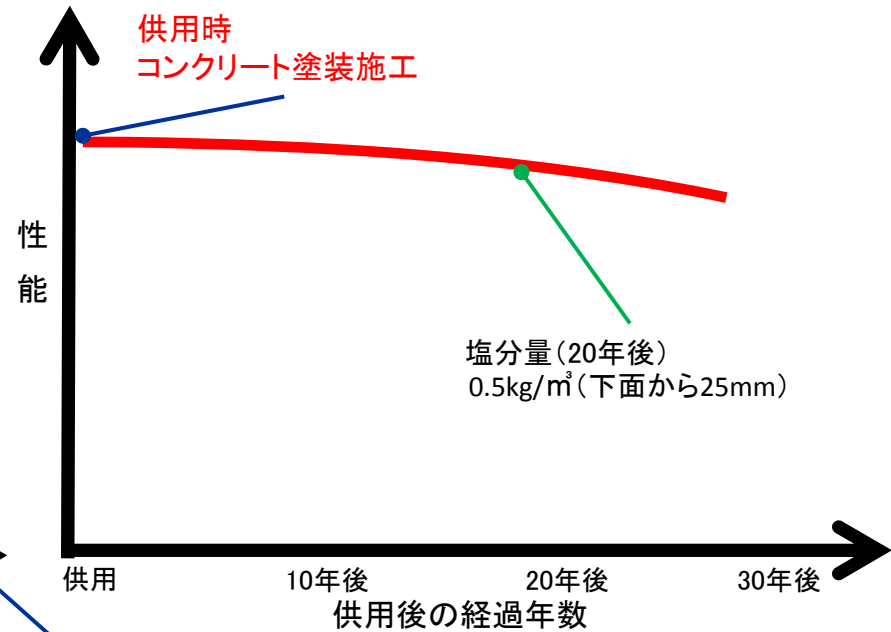
■劣化曲線(イメージ)

〔脱塩＋表面被覆＋断面修復(防錆材)事例〕



15年後 : 脱塩工

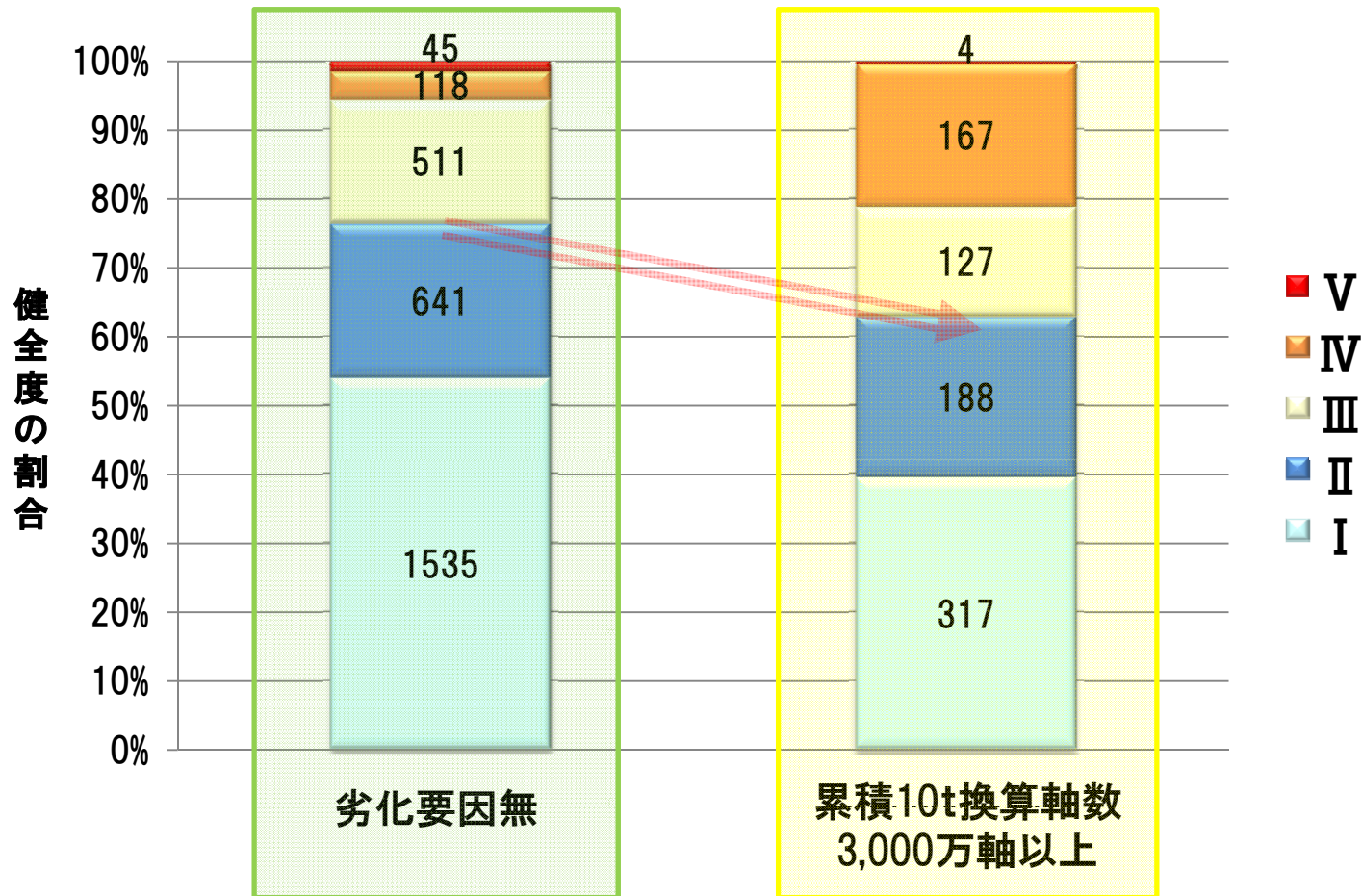
〔防食パネル＋表面被覆(建設時)事例〕



15年後 : コンクリート塗装

5-1. 橋 梁 【鋼桁の劣化要因と健全度】

■鋼桁における劣化要因に対する健全度分布

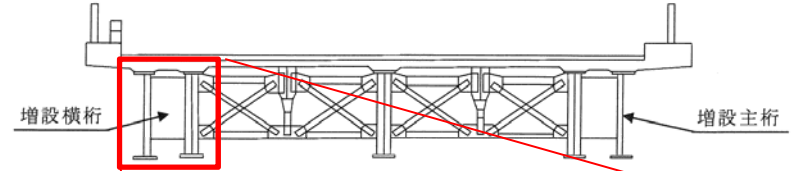
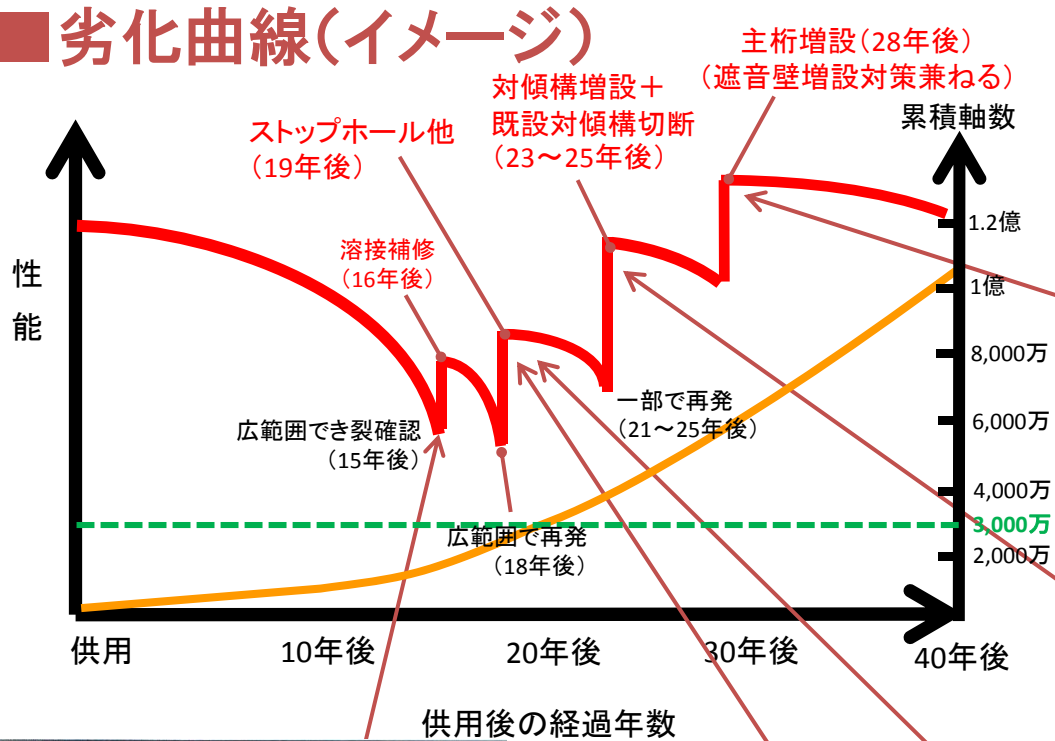


劣化要因“無”と比較し、累積3,000万軸を超える場合、健全度が悪化。

5-1. 橋 梁 【鋼桁 疲労劣化】

〔主桁・対傾構の増設の事例 【I桁・対傾構取付け部】〕

■劣化曲線(イメージ)



28年後 : 主桁増設



15年後 : 対傾構取付け部のき裂



19年後 : ストップホール・折曲げ板取付け



21~25年後 : 対傾構増設と既設対傾構切断

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
 - 土石流対策
- ②明確なかたちでは考慮し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
- ③設計/施工基準類の変遷
 - ・排水構造物設計基準
 - ・土石流対策
 - ・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土石流災害
- 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〕

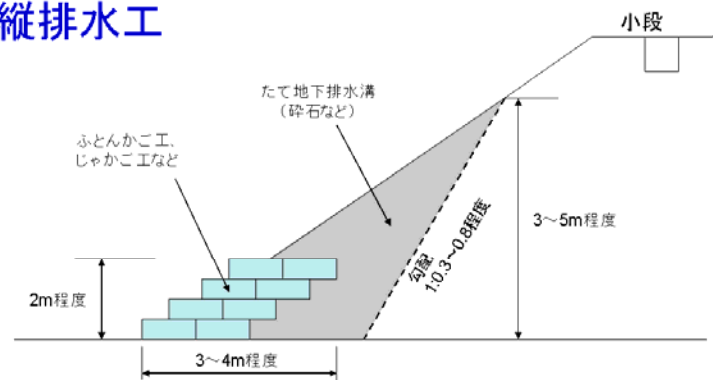


災害状況



対策状況

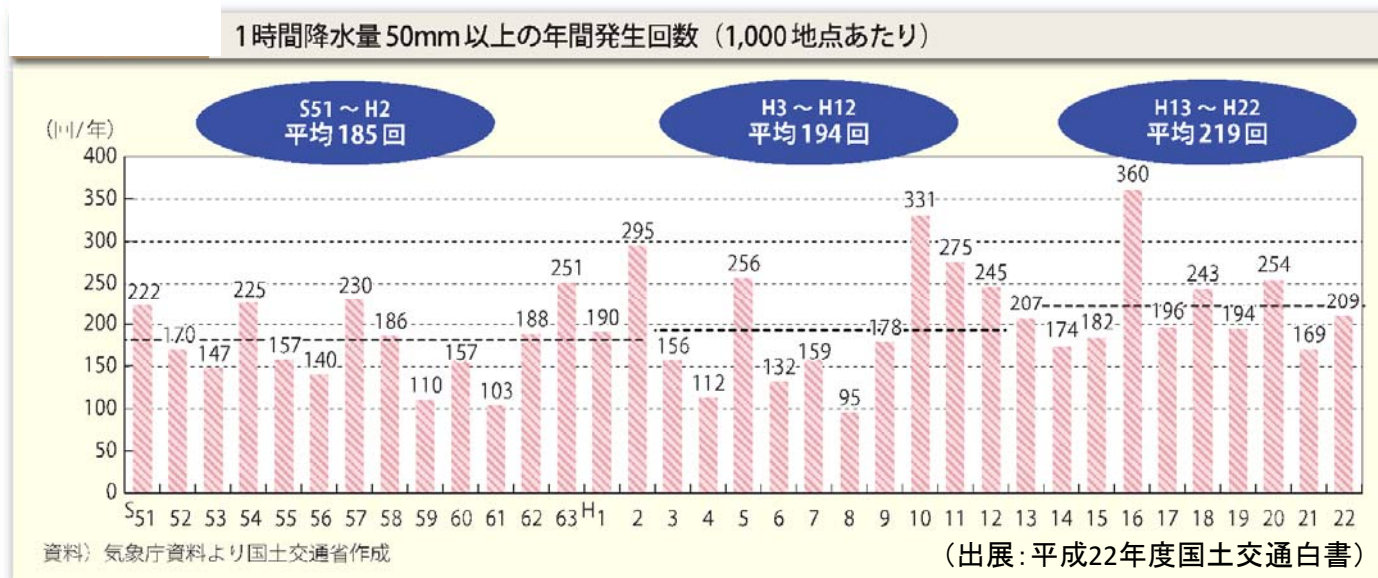
碎石縦排水工



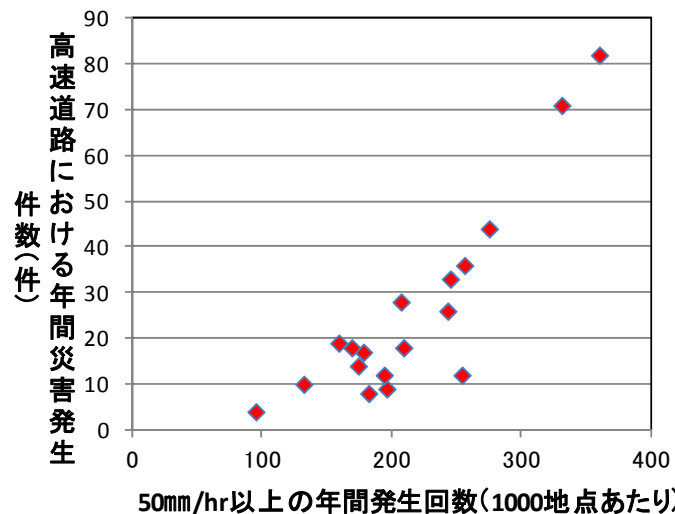
5-2. 土 工 【盛土浸透水対策②】

〔降雨と被害の傾向〕

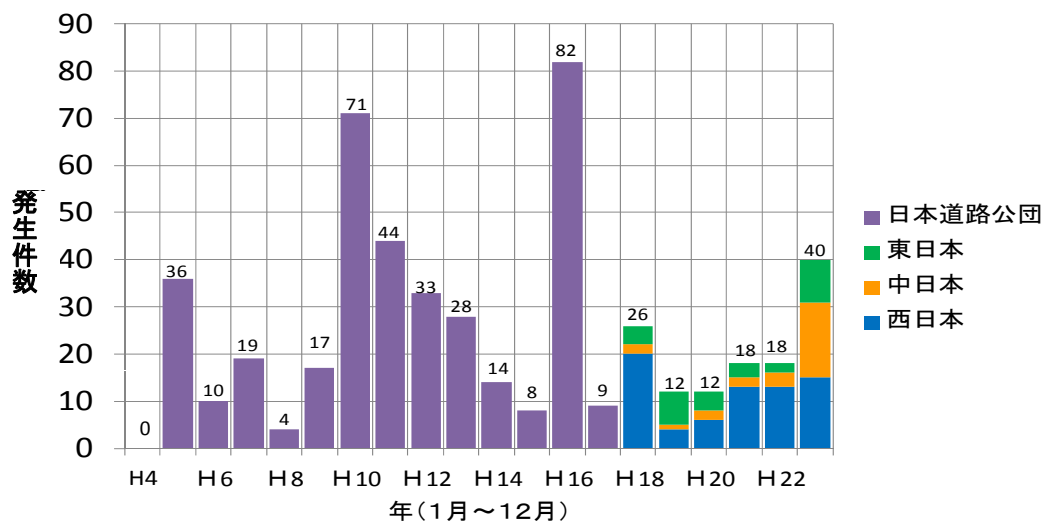
短期間の豪雨の発生頻度が高い傾向⇒降雨災害も増加傾向



50mm/hr以上の降雨の発生回数と災害件数の関係



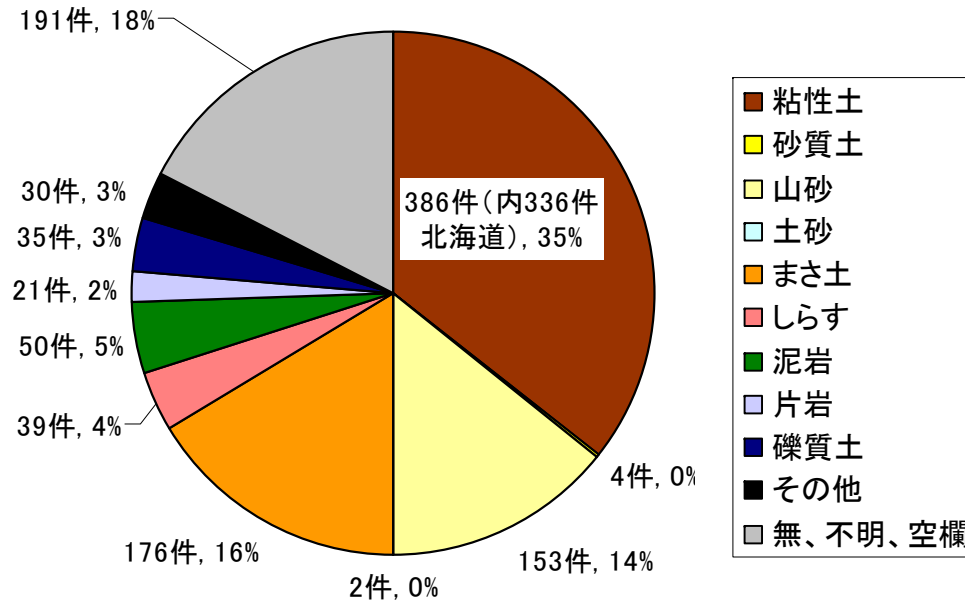
高速道路における降雨災害発生件数



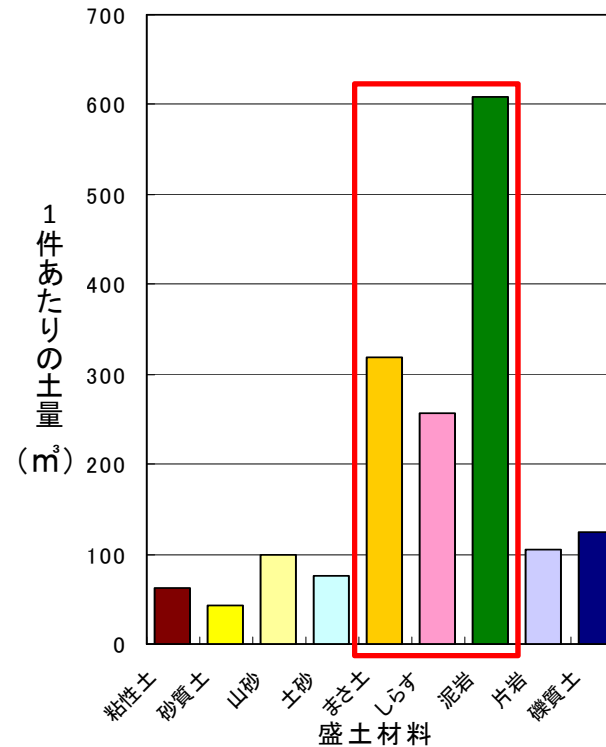
5-2. 土 工 【盛土浸透水対策③】

〔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、粘性土が最も多く、次いで山砂、まさ土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、泥岩が多く、次いでまさ土、しらすとなっている。



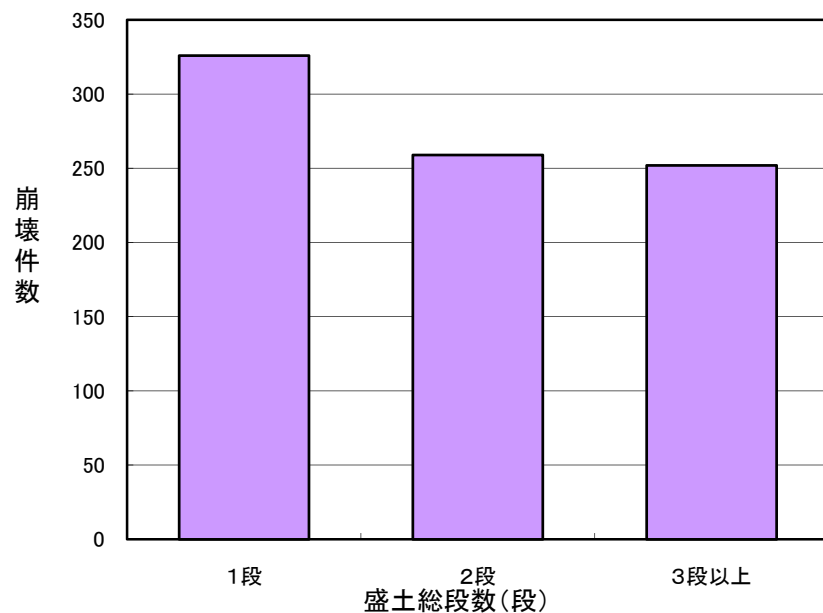
粘性土、山砂、まさ土、しらすを用いた盛土の排水対策が必要。

※泥岩は、脆弱岩盛土対策が必要

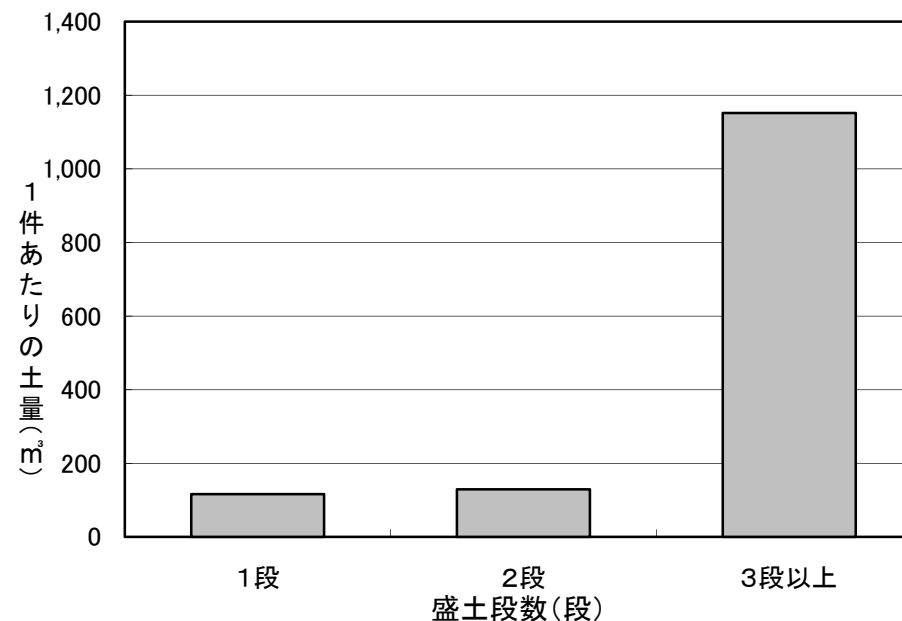
5-2. 土 工 【盛土浸透水対策④】

〔盛土災害の分析結果〕

盛土高さによる崩壊土量の傾向



被災件数



1件あたりの被災土量

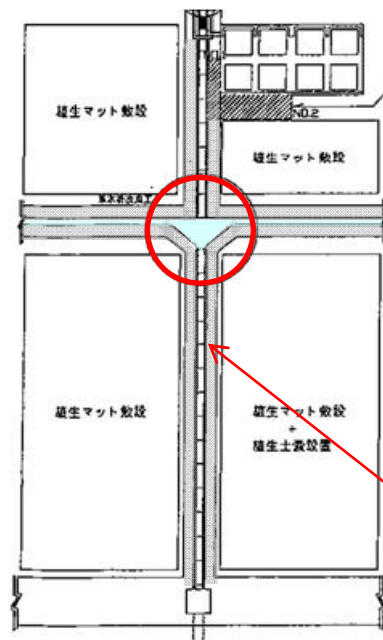
3段以上ののり面において1件あたりの被災土量が多い。

5-2. 土 工 【排水機能強化①】

〔災害事例〕



災害状況

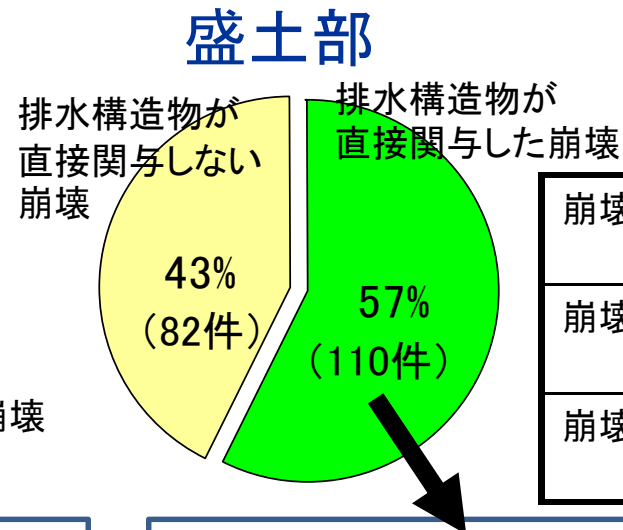
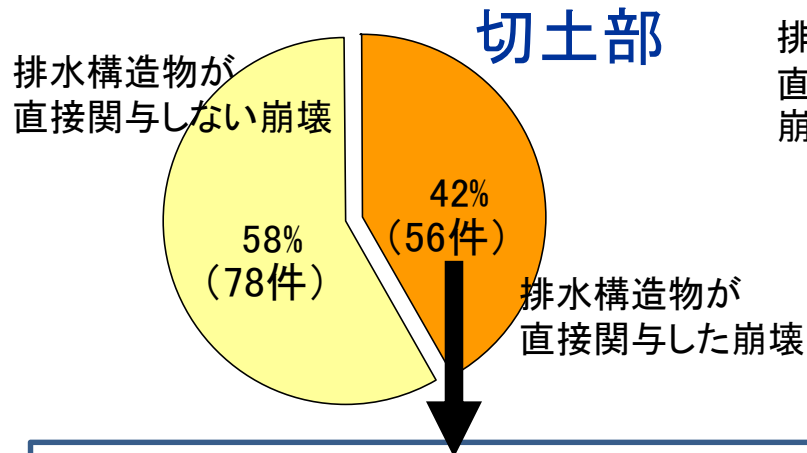


対策状況

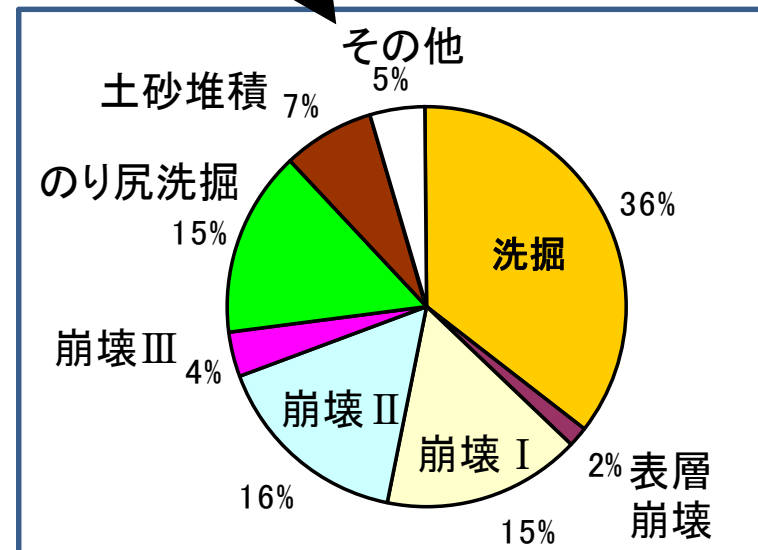
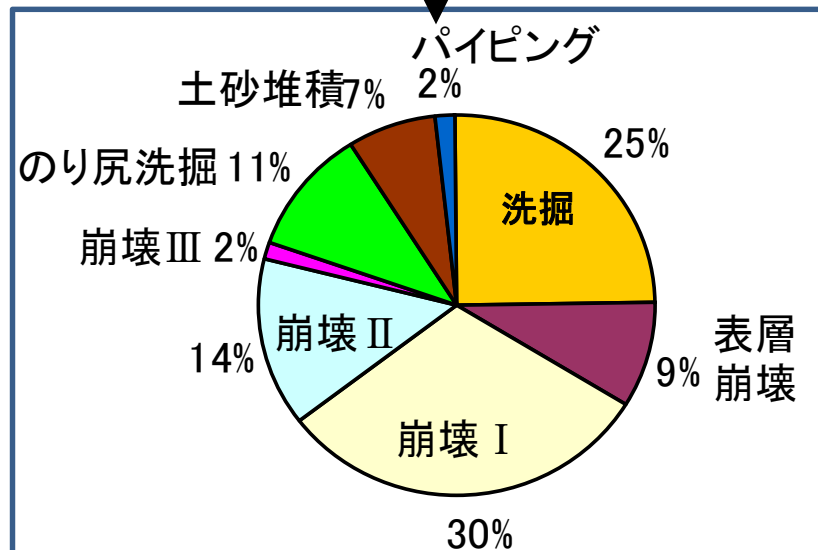
半割リコルゲート

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

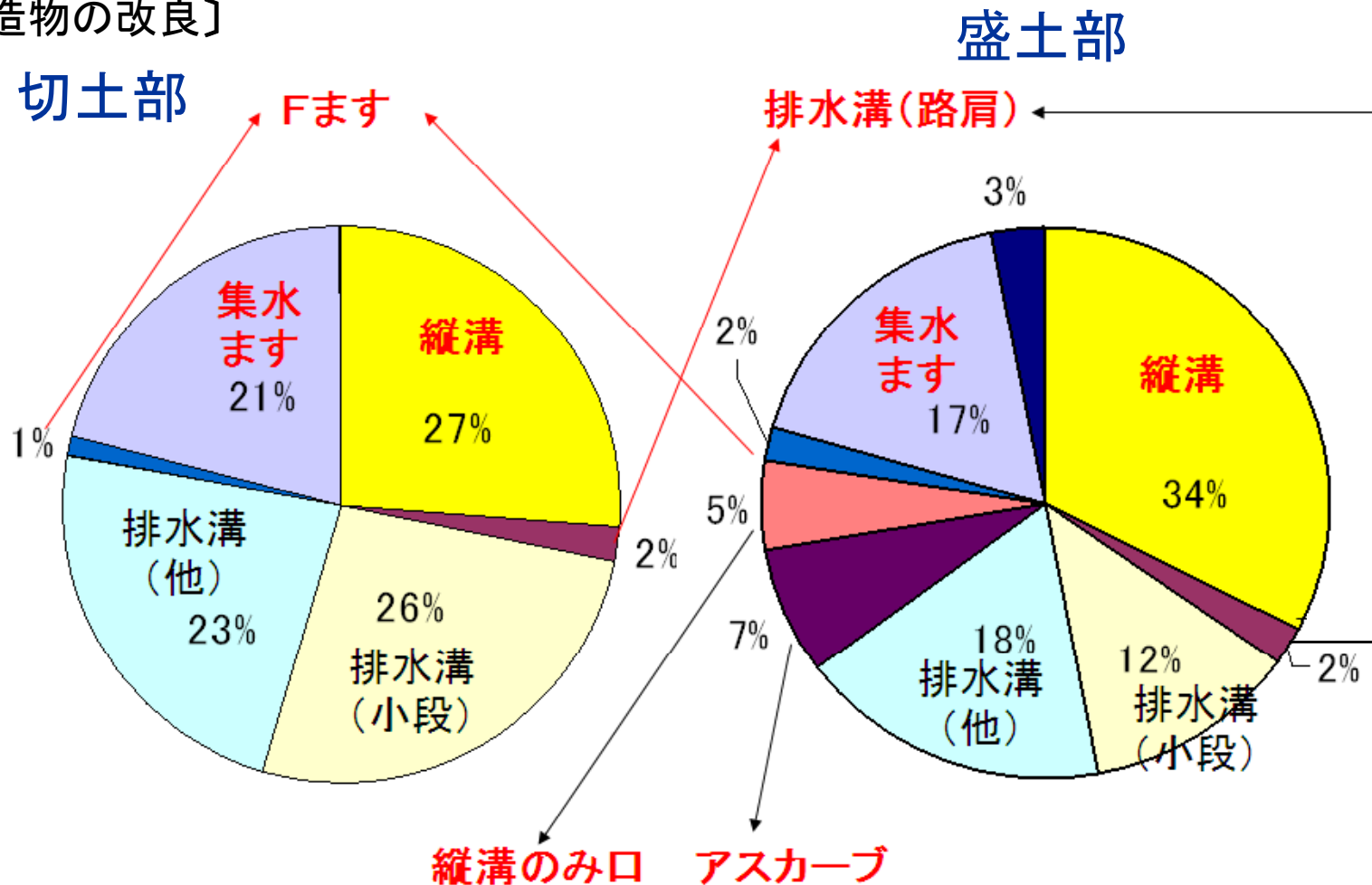


のり面崩壊の要因となった排水構造物の内訳

洗掘、表層崩壊、崩壊Ⅰなど小規模な崩壊が半数を超える。また、崩壊Ⅱ・Ⅲのような崩壊に至る場合もあるため、排水構造物が関与する崩壊に対する対策が必要。

5-2. 土工【排水機能強化③】

[排水構造物の改良]



のり面崩壊の要因となった排水構造物の内訳

排水構造物が関与した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。		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	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。					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 【土石流対策①】

〔災害事例〕

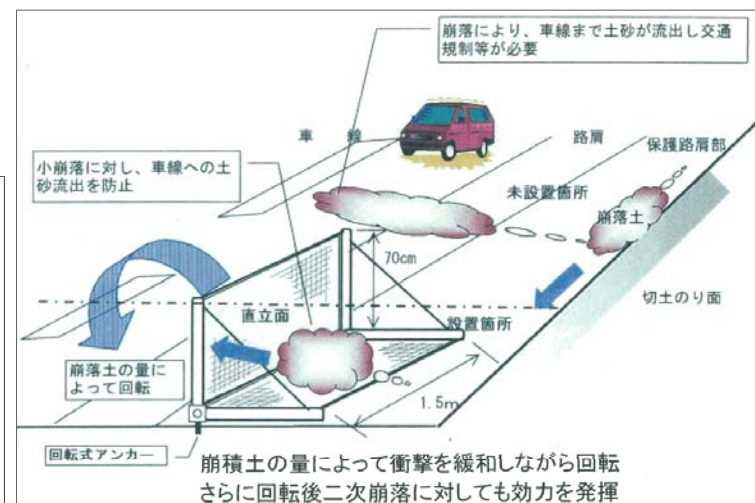
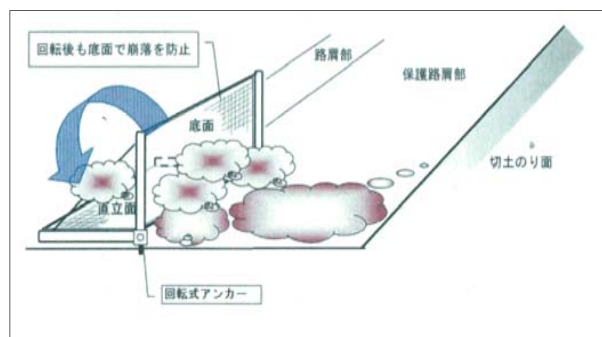


対策状況



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 【土石流対策②】

〔土石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8年以前の
土石流危険溪流を
優先的に対応

自衛手段として土
石流対策を実施

5-2. 土 工 【脆弱岩盛土対策①】

〔災害事例〕



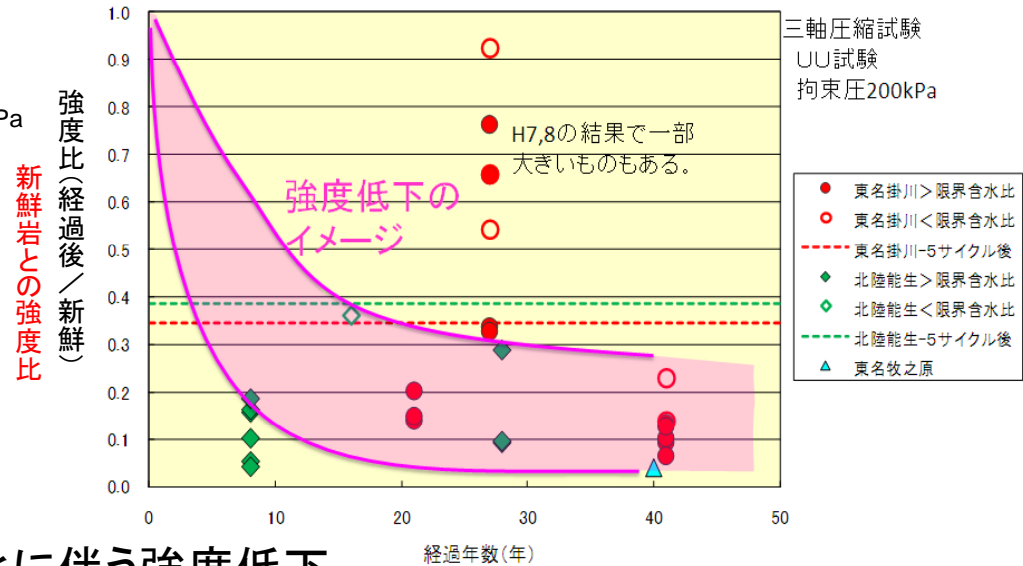
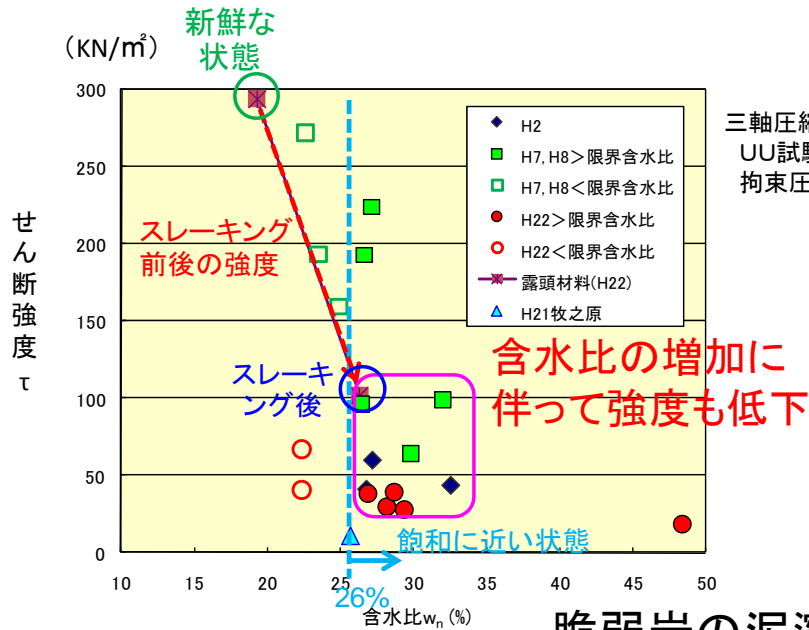
災害状況



対策状況

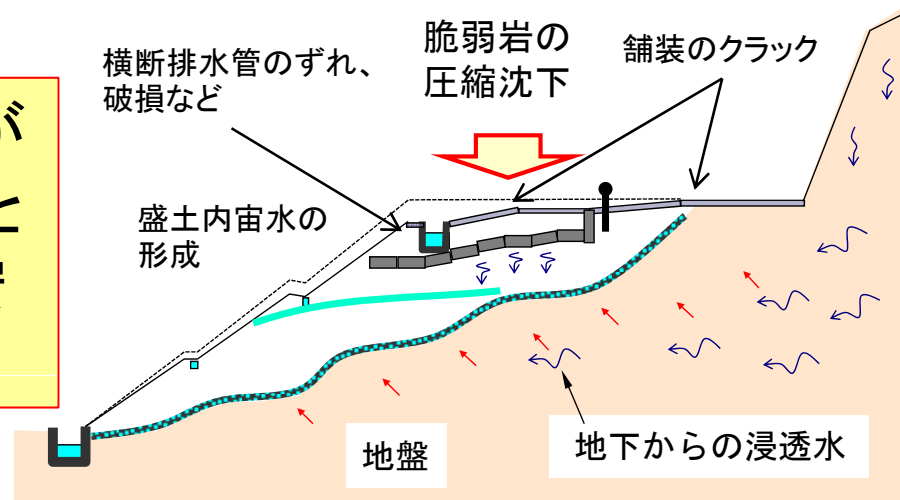
5-2. 土 工 【脆弱岩盛土対策②】

〔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

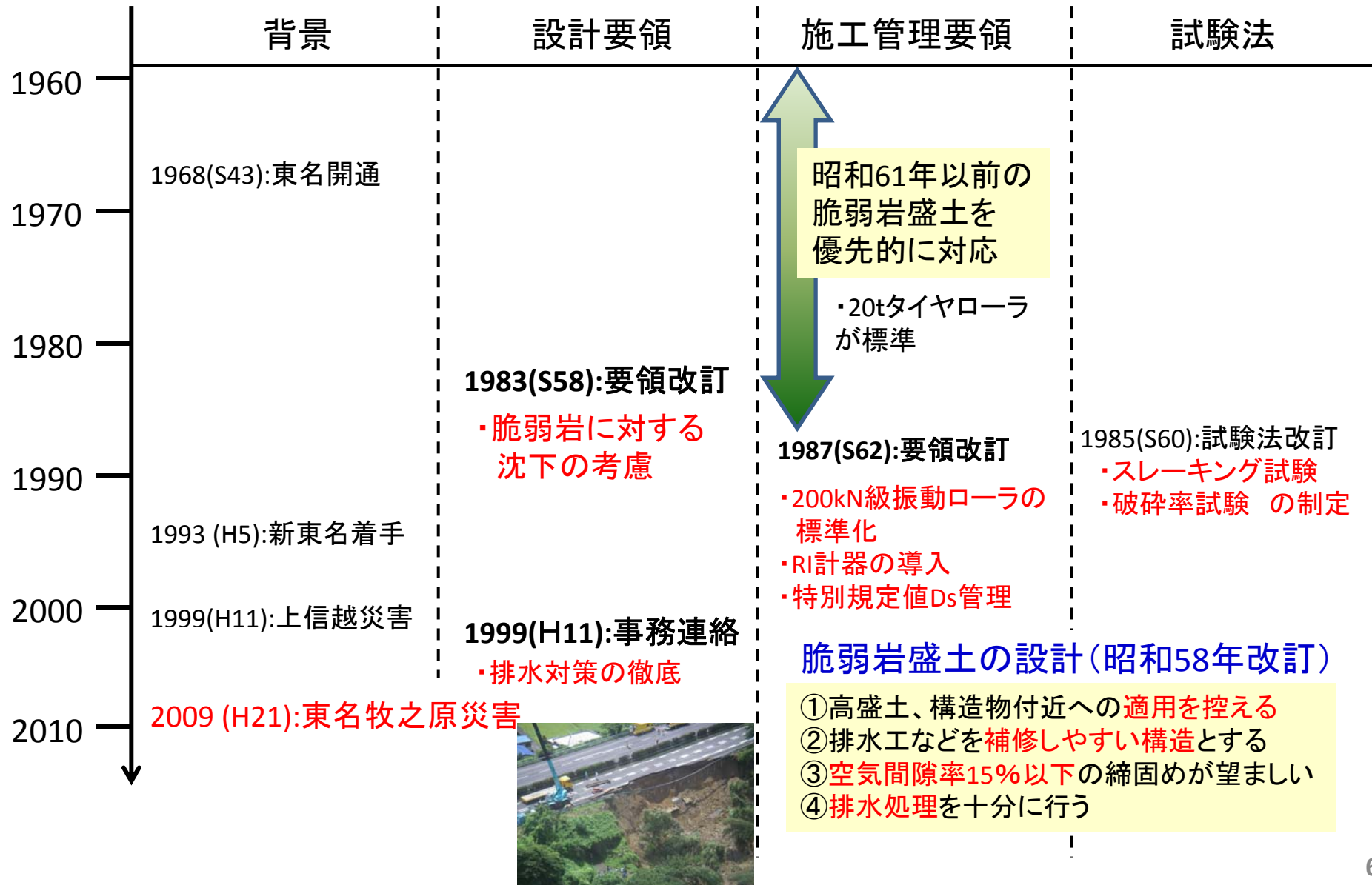
雨水の浸入により盛土の含水比が上昇し、スレーキングが進行するとともに盛土および附帯構造物の安定性が低下。



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

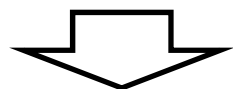


アンカー増打ちなど補強アンカー

〔グラウンドアンカーの設計〕

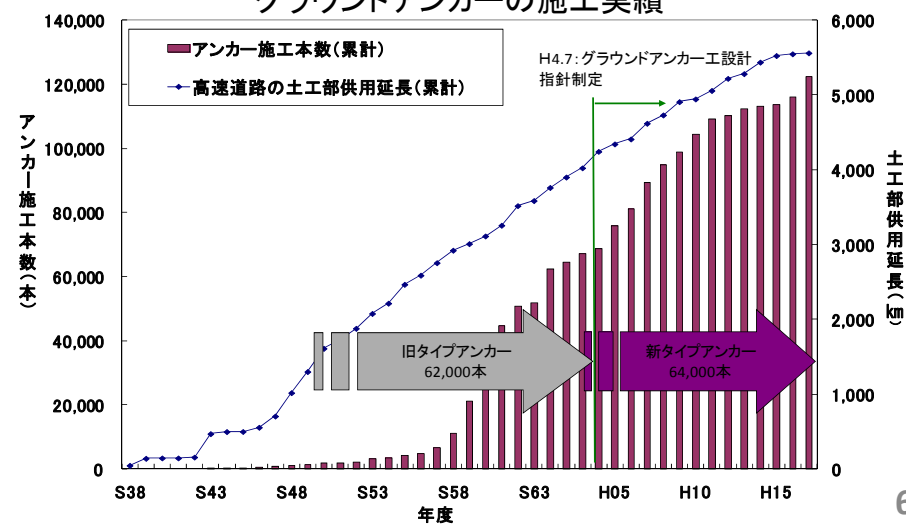
1992年(H4):グラウンドアンカー設計指針

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

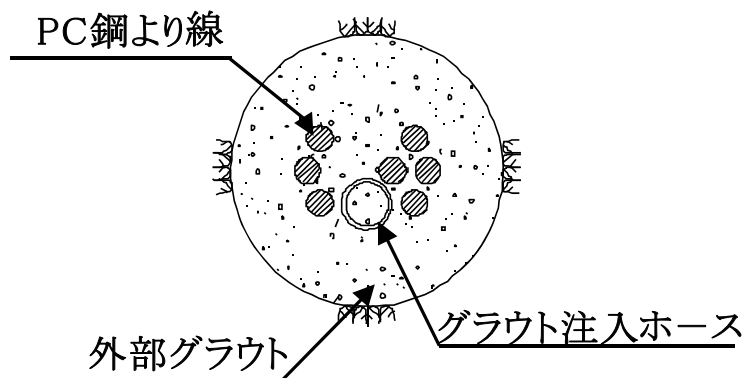
グラウンドアンカーの施工実績



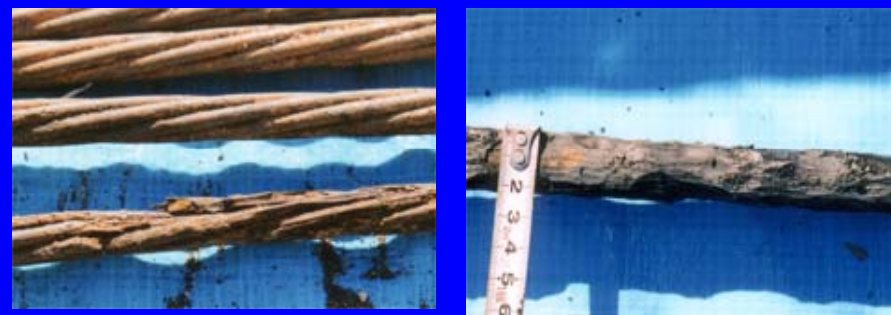
5-2. 土 工 【グラウンドアンカー対策②】

〔新旧グラウンドアンカーの違い〕

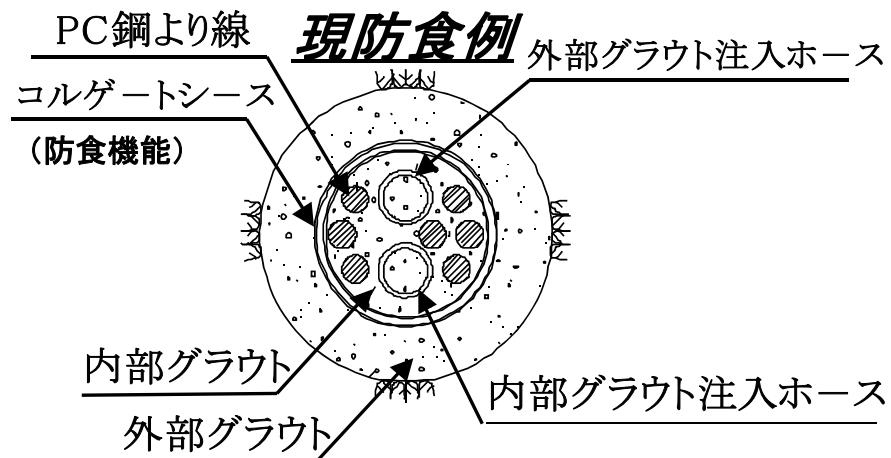
旧タイプアンカー



腐食状況



新タイプアンカー

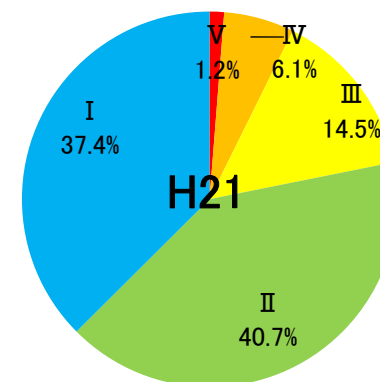
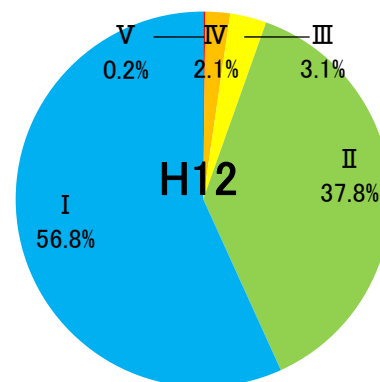


5-2. 土 工 【グラウンドアンカー対策③】

〔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

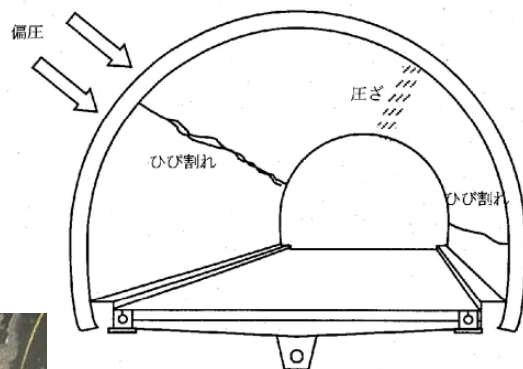
変状事例の収集

- 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

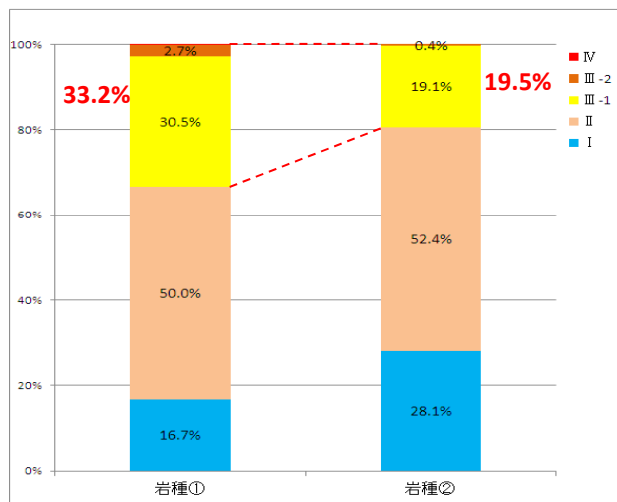
5-3. トンネル【覆工変状対策②】

覆工健全度の低下による問題点

覆工にひび割れが発生し、コンクリート片のはく落や、地山からの土圧や地震などの外力によりコンクリート塊の落下が生じる。また、断面変状により走行性に支障をきたす。

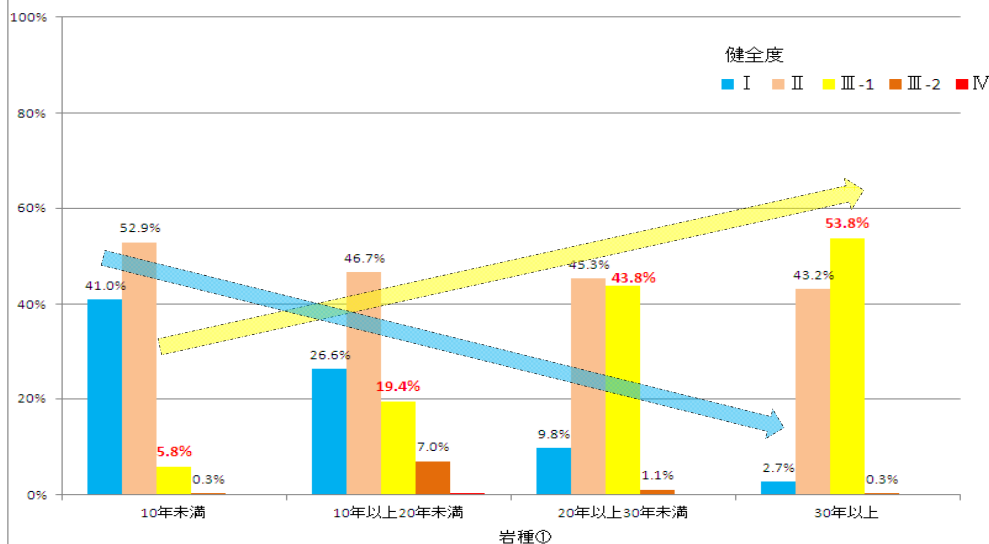
- 岩種①
- 蛇紋岩
- 凝灰岩
- 凝灰角礫岩
- 千枚岩
- 黒色片岩
- 緑色片岩
- 頁岩
- 泥岩
- 流紋岩
- 粘板岩
- グリーンタフ
- マサ土
- シラス
- ローム
- シルト
- 崖錘
- 砂礫
- 岩種②
- 安山岩
- 玄武岩
- 石英安山岩
- ひん岩
- 斑れい岩
- 花崗岩
- 花崗閃緑岩
- 石英斑岩
- 花崗斑岩
- ホルンフェルス
- 角閃石岩
- 砂岩
- 礫岩
- 石灰岩
- チャート
- 片麻岩

岩種①：風化しやすい岩
岩種②：風化しづらい岩



岩種①は岩種②に比べ、健全度Ⅲ-1以上の割合が高く、健全度が劣る。

経過年-岩種毎の健全度(各経過年度の実トンネル延長比率で算出)



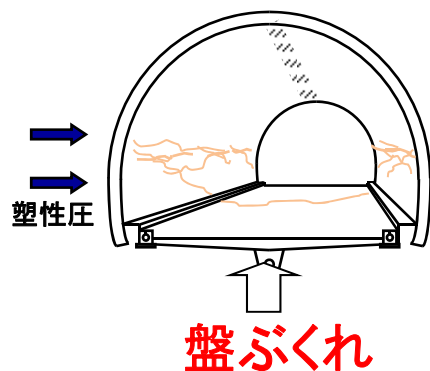
岩種①においては、健全度Ⅰ・Ⅱは経過年とともに低下し、健全度Ⅲ-1以上の割合が増加している。このことから、岩種①は時間の経過とともに健全度Ⅰ・Ⅱの割合が減少している傾向が見られる。



岩種①は進行性のある地質のため、健全度Ⅲ-1以上の区間において対策を行う。

5-3. トンネル 【盤ぶくれ対策①】

〔変状事例〕

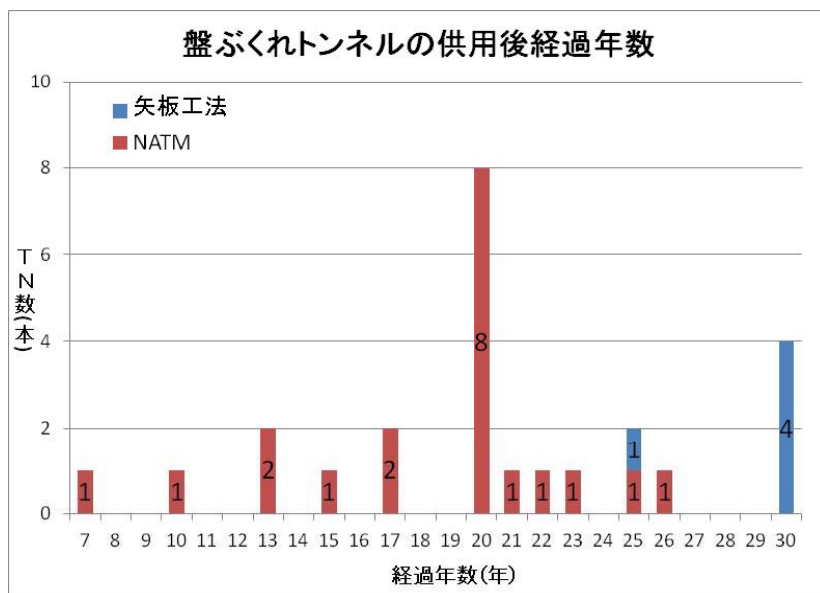


変状状況



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】

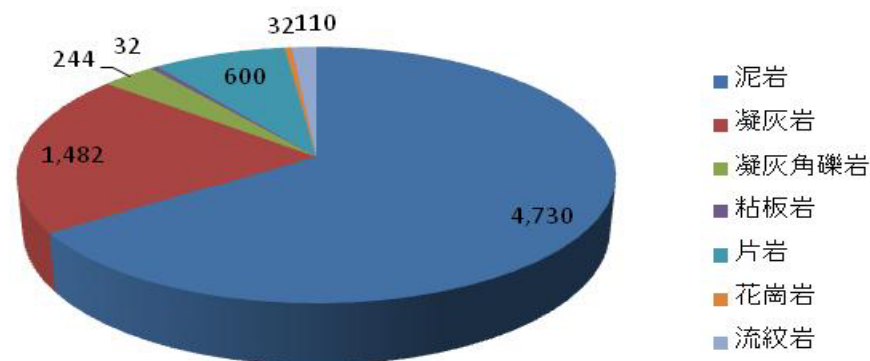
盤ぶくれ発生トンネルの地質整理

・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。

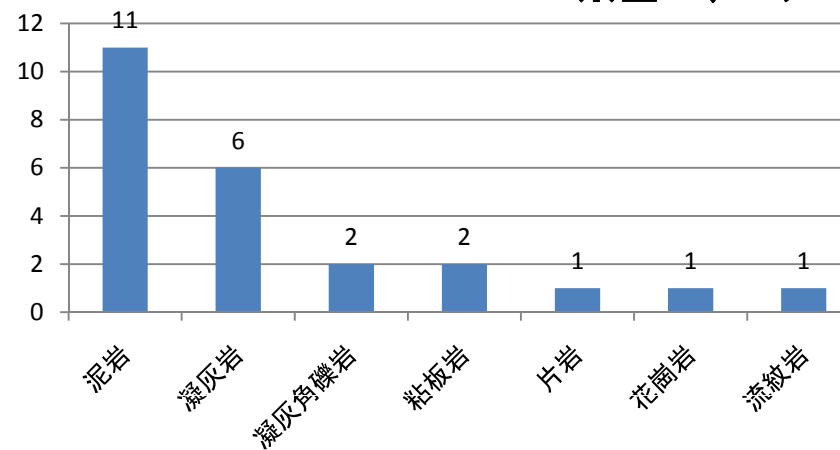
岩種	延長 (m)	T N数 (チューブ)
泥岩	4,730	11
凝灰岩	1,482	6
凝灰角礫岩	244	2
粘板岩	32	2
片岩	600	1
花崗岩	32	1
流紋岩	110	1
合計	7,230	24

・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<u>長期耐久性を損なう場合などにはインバートを設置</u> ・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<u>原則としてインバートを設置</u> ・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

今後の検討の進め方

6. 今後の検討の進め方

□ 第3回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

- 大規模更新・大規模修繕の必要要件の整理

※ 中間とりまとめ



□ 第4回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

- 対策の優先順位と対策時期の検討①



□ 第5回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

- 対策の優先順位と対策時期の検討②
- 更新実施における課題の整理



□ 第6回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

- 最終提言に向けた整理



□ 第7回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

- 提言

中間とりまとめに向けて

7. 中間とりまとめに向けて

高速道路の現状

1. 高速道路の概況

高速道路3会社が管理する高速道路は、昭和38年7月16日に我が国最初の高速道路として名神高速道路栗東～尼崎が開通して以降、順次整備を進め総延長8,716km(平成24年3月31日現在)が供用している。利用台数は約700万台／日に達し、大型車の通行台数も約200万台／日となるなど、国民生活に欠かせない道路となっている。

2. 高速道路の役割

高速道路は、全国の産業や生活を支える大動脈として、我が国経済の高度成長とその成果である豊かな暮らしを支えている。現在、ネットワークが順次整備され人々の日常生活の足としてまた、地域経済の発展や緊急医療・災害時の支援など社会基盤として様々な役割を担っている。

長期保全等検討の着目点

① 経過年数の増大

償還期間満了時の平成62年には、供用延長の約8割が50年以上を経過し、また経過年数が長い構造物ほど変状比率が増大傾向にある。

② 使用環境の影響／変化

高速道路ネットワークの拡充により大型車交通量が増大すると共に、車両制限令の規制緩和により交通荷重も増大している。

③ 維持管理上の問題

毎年の凍結防止剤(塩化ナトリウム)の散布により構造物の変状リスクが高まっている。

④ 外的環境の変化

近年の異常降雨の多発や地震の活動期であることにより災害の発生リスクが高まっている。

⑤ 地盤材料の風化・劣化に伴う変状リスク

多様な地質が存在することから明確に強度低下のメカニズムが解明できないものの、変状リスクとして経年的に風化・劣化する地質が潜在的に影響している。

⑥ 設計／施工基準類の変遷

設計、施工基準の変遷に追従できない既存不適格の構造物が存在し、変状リスクが高まっている。

⑦ 明確なかたちでは考慮しなかった変状リスク

建設時には明確なかたちで考慮しなかった変状リスクが顕在化している。

7. 中間とりまとめに向けて

大規模更新・修繕の必要性

過酷な使用環境にある高速道路を永続的に使用するため、大規模更新や大規模修繕を計画的に実施して行くことが必要。

- ◎ ある一定の要件を持つ構造物については、大規模更新が必要となる。
- ◎ 大規模更新の対象外となる構造物についても、大規模修繕による長寿命化が必要となる。

◆ 中間とりまとめに向けて

構造物毎に変状データの分析を行い、過去の対策事例や設計基準などを整理のうえ、大規模更新・大規模修繕の抽出要件のとりまとめを実施する。