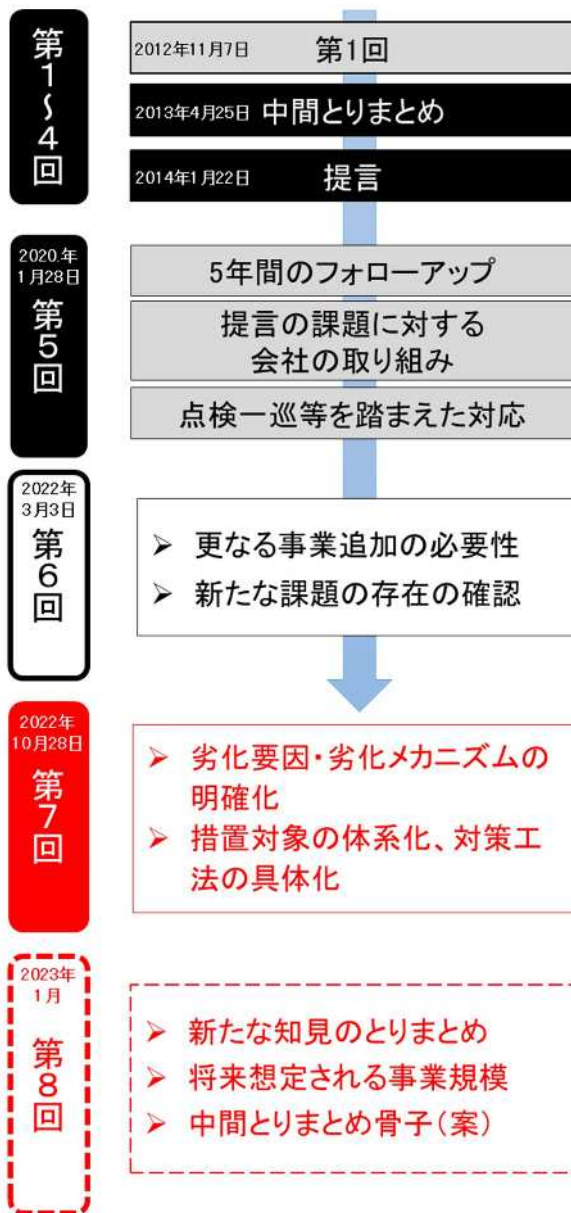


委員会での審議事項及びスケジュール

# 委員会での審議事項及びスケジュール

## 第6回議事要旨及び第7回・第8回審議事項



### ■第6回委員会での議事要旨

- 更新事業の進捗が図られ、工事契約が2年前と比べ大きく増加し更新事業が着実に進捗。
- 更新事業は新規建設よりも危険を伴い時間を要すること、その中で現場作業の安全確保や社会的ニーズに応えながら事業を進めていることを確認。
- 暫定2車線区間の4車線化と絡めたトンネルインバート施工は合理的。社会的影響を考慮した現場での取組で得られた知見が体系化されていくと理解。
- 2014(H26)年提言以降に行われた調査結果から、中空床版橋等・PC鋼材・舗装路盤・変状が収まらない切土・火山堆積物地質での盛土において新たな課題が存在することについて確認。
- 新たな課題について、今後も深掘りを行い、対策対象範囲の必要要件の設定や最適な施工計画の検討を行うべき。

### ■第7回委員会の審議事項

- 現地調査・検証実験・要因進行分析を踏まえた、劣化要因・劣化メカニズム
- 劣化要因・変状状況に応じた措置対象の体系化及び対策工法の具体化
- 今後検討が必要なメニュー(特殊橋梁の部材取替、耐候性鋼材の腐食)

### ■第8回委員会での審議予定事項

- 新たな知見のとりまとめ  
劣化要因・劣化メカニズム・措置対象の体系化・対策工法の具体化
- 将来想定される事業規模  
新たな知見を踏まえた措置対象の優先順位、将来措置すべき事業費
- 中間とりまとめ作成に向けた骨子(案)

# 委員会での審議事項及びスケジュール

## ○ 長期保全メニュー総括表

第7回審議範囲

長期保全メニュー	新たな課題		劣化要因・メカニズム	主な対策工法
路面陥没等への対応 (RC床版)	○累計剤散布量・内在塩分及び累計軸重の値が低い橋梁でも床版下面まで変状している橋梁が存在。	⇒調査の結果、橋面舗装切削時に床版表面に微細ひび割れが発生、床版厚さの減少等を確認。	橋面舗装切削の影響による床版厚減少、微細ひび割れ、かぶり不足により床版上面が脆弱化。 ↓ 床版疲労により貫通ひび割れが進展。 (現地削孔調査により水平ひび割れを確認) ↓ 水平ひび割れの発生等により床版劣化が進行、床版下面の剥離・剥落に至る事象も存在。	床版厚・かぶり不足の場合 ⇒ 床版増厚・部分補修、床版防水システム  床版下面にまで劣化が進行している場合 ⇒ 床版取替 貫通ひび割れの生じた床版では床版上面増厚の効果が低く、水平ひび割れの補修は非常に困難であり再劣化が懸念。
路面陥没等への対応 (RC中空床版)		⇒調査の結果、中空型枠の変形、橋面舗装切削時に床版表面に微細ひび割れが発生、床版厚さの減少等を確認。	中空型枠の変形による版厚不足、橋面舗装切削の影響による床版厚減少、微細ひび割れにより、床版上面が脆弱化、局部的に陥没が発生。 ↓ 水(凍結防止剤)が中空内部に浸入・滞水し、下床版の劣化が進行、床版下面の剥離・剥落に至る事象も存在。	床版厚・かぶり不足の場合 ⇒ 床版増厚・部分補修+床版防水システム  床版下面にまで劣化が進行している場合 ⇒ 床版取替 床版上面補修+下面補修はかえてコスト増であり、施工も長期間に。
PC鋼材の腐食及びグラウト充填不足への対応	○床版PC鋼棒の破断による突出事象が発生していたが、PC鋼材の変状を調査する手法が未確立。	⇒最新の調査技術により、グラウト充填不足箇所を検出、シーブ・PC鋼材の腐食、PC鋼材の破断を確認(材料・施工方法が改善された1999年以前のPC橋で一定の割合で充填不足が判明)。	技術基準改定前のPC構造物には一定の割合でグラウト充填不足が存在。 ↓ グラウト充填不足箇所では凍結防止剤を含む雨水等がシーブ内に浸入し外観変状が認められない状態でPC鋼材の腐食が進行。	PC鋼材の破断や著しい腐食・グラウト充填不足 ⇒ 桁の架替・外ケーブル補強 グラウト充填不足 ⇒ グラウト再注入・外ケーブル設置 (二重の安全対策)
舗装路盤部の疲労破壊への対応	○舗装補修延長は増加傾向にあり、アスコン層厚30cm以下の路線は、路盤までの変状リスクが増加傾向。	⇒全国開削調査の結果、上層路盤下面からのひび割れを確認。(下層路盤の湿潤化により永久変形が生じ、表層・基層を補修しても短期間で変状が発生)	交通荷重、アスコン層厚、路床及び路盤の耐力不足・水の浸入などが要因で疲労破壊が発生。 ↓ 疲労度(軸数)や疲労抵抗性(アスコン層厚)と劣化進行に相関関係有。	変状した路盤を新たに高耐久路盤に更新・高耐久舗装技術(HiMA混合物)
地すべり対策をしても変状が収まらない切土のり面への対応	対策をしても変状が収まらずグラウンドアンカー等の抑止工では限界。		地質的不連続面を有する地山の亀裂に雨水が浸透することにより、すべり面の風化が進行し、収束しない地すべりが進行。 スレーキング性の高い泥岩・頁岩や凝灰岩が分布(流れ盤構造+断層が横断)。	高速道路本線上にカルバートボックスを構築し、押え盛土を構築。 (のり面全体に対して面的に変形を抑制)
火山堆積物地質における路面陥没への対応	空隙を有する火山堆積地層である原地盤へ盛土内の細粒分が流出し、路面陥没や沈下が繰り返し発生。		盛土に浸透した雨水等により水みちが形成され、盛土内の細粒分が、間隙の多く透水性の高い火山堆積物原地盤に流出して発生。	細粒分流出防止対策を実施したうえで、盛土材料を良質材への置き換え、コンポジット舗装を施工。

※ 今後、検討が必要なメニュー：特殊橋梁の部材取替、耐候性鋼材の腐食

更新事業の進捗状況と理解醸成等に向けた取り組み

# 更新事業の進捗状況と理解醸成等に向けた取り組み

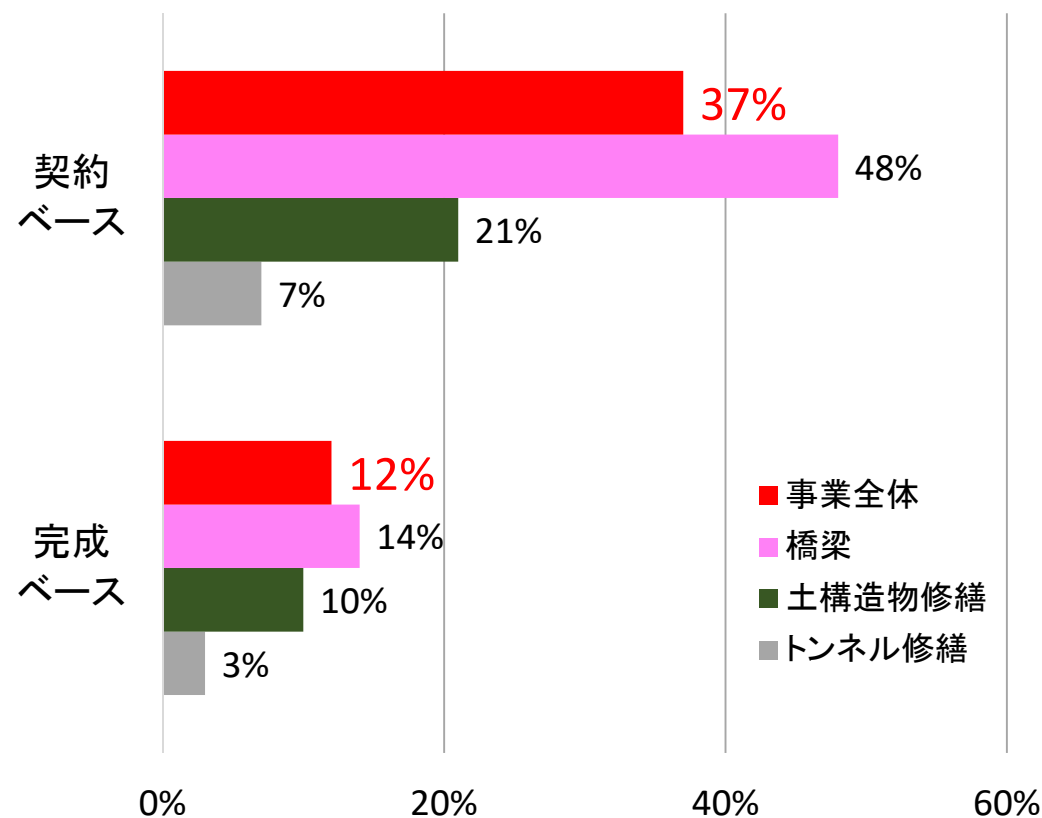
## ○ 更新事業の進捗状況

○ 最新(2022年9月末)の進捗状況は、契約ベースで37%、完成ベースは12%。(NEXCO3社合計)

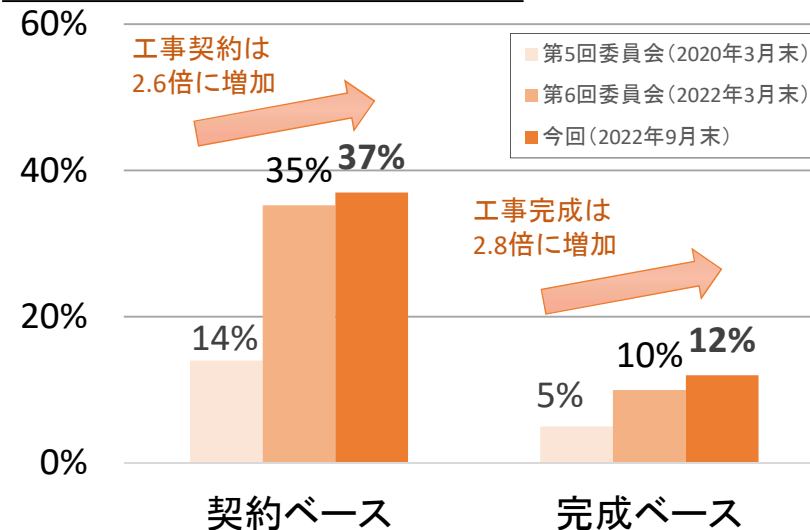
### ○ 2022年3月以降のトピックス

東日本:道央道 夕張川橋(上り線)他28橋の床版取替工事などを実施中。首都圏初となる横横道 釜利谷第二高架橋床版取替工事に着手し、渋滞情報をアプリにて提供中。  
 中日本:東名、名神、中央道などの計7路線で床版取替工事を展開しており、うち、一部の路線では車線をシフトするなどにより、現況車線数を確保しながら工事を実施中。  
 西日本:中国道リニューアル工事(終日通行止め)は6期計画しているうちの4期終了し現在5期目を実施中。

### ■ 更新事業の進捗状況(2022年9月末見込み)



### ■ 第5回委員会からの進捗状況



### ■ 更新事業の事業許可状況(2022年3月末時点)

区分	総資産延長 (上下別)	事業許可数量 (上下別)	工事予算※
橋梁	3,277km	848km	28,170億円
土構造物修繕	-	26,556箇所	5,018億円
トンネル修繕	1,855km	141km	7,148億円
合計	-	-	40,336億円

※税込 一般管理費・金利を除く

# 第6回委員会後のフォローアップ

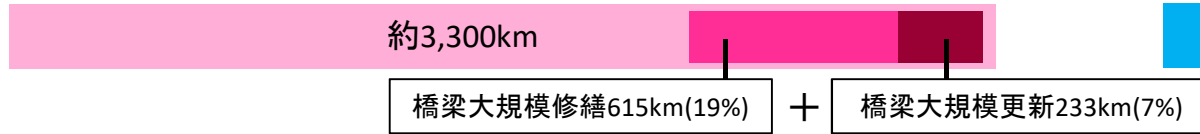
## ○ 道路資産に対する更新事業の比率

○NEXCO3社が管理する資産のうち、特定更新の対象は次のとおり。

➢橋梁(大規模更新及び大規模修繕):約26%、トンネル:約8%、土構造物:約23%。(橋梁・トンネル:構造物延長比、土構造物:箇所数比)

○橋梁・トンネルにおいて、供用後約30年以上経過したものは特定更新の対象比率が高い。

橋梁延長(上下別)



トンネル延長(上下別)



全体道路資産に対する特定更新事業化比率

橋梁	全体資産 km	うち特定更新			特定更新 対象比率
		大規模更新 km	大規模修繕 km	特定更新計 km	
橋梁	3,277	233	615	848	26%

トンネル	全体資産 km	うち特定更新			特定更新 対象比率
		大規模更新 km	大規模修繕 km	特定更新計 km	
トンネル	1,855	-	141	141	8%

土構造物	全体資産 箇所	うち特定更新			特定更新 対象比率
		大規模更新 箇所	大規模修繕 箇所	特定更新計 箇所	
土構造物	117,606	-	26,556	26,556	23%

構造物の供用経過年数別の特定更新事業化比率

供用後経過年数	橋梁				トンネル			
	全体延長 km		うち特定更新 (大規模修繕含む)		全体延長 km		うち特定更新	
	km (A)	% (構成比)	km (B)	% (B/A)	km (C)	% (構成比)	km (D)	% (D/C)
0 ~ 10年	391	12%	0	0%	248	13%	0	0%
11 ~ 20年	601	18%	0	0%	410	22%	3	1%
21 ~ 30年	793	24%	17	2%	509	27%	36	7%
31 ~ 40年	747	23%	304	41%	539	29%	62	12%
41 ~ 50年	459	14%	328	71%	108	6%	25	23%
51年 ~	288	9%	201	70%	40	2%	14	35%
計	3,277		848		1,855		141	

注) 端数処理の都合上合計値が合わない可能性がある

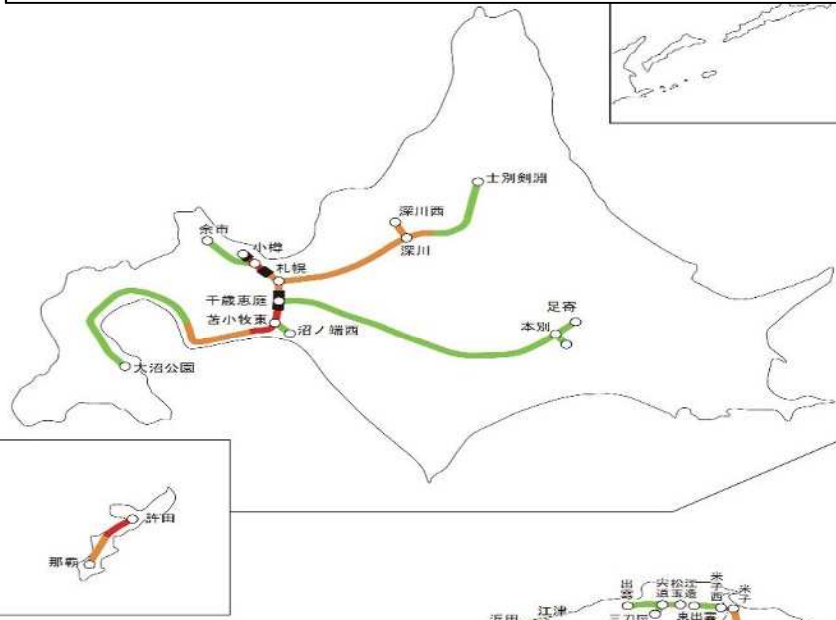
注) 端数処理の都合上合計値が合わない可能性がある



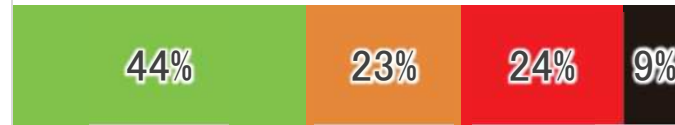
# 第6回委員会後のフォローアップ

## ○老朽化の進展

- 1963(S38)年のE1名神高速道路(栗東～尼崎)の開通から50年以上が経過し、経年劣化が顕著となっている。供用から50年以上経過した路線延長の割合は、現在の約9%から、10年後には約33%となる見込み。
- 高速道路の機能を将来にわたり維持・継続していくためには、老朽化や劣化の状況に応じた適切な修繕・更新や、健全な状態を長く保つための維持管理といった長期保全が重要。



2022



■ 30年未満  
■ 30年以上40年未満  
■ 40年以上50年未満  
■ 50年以上

2022年3月時点

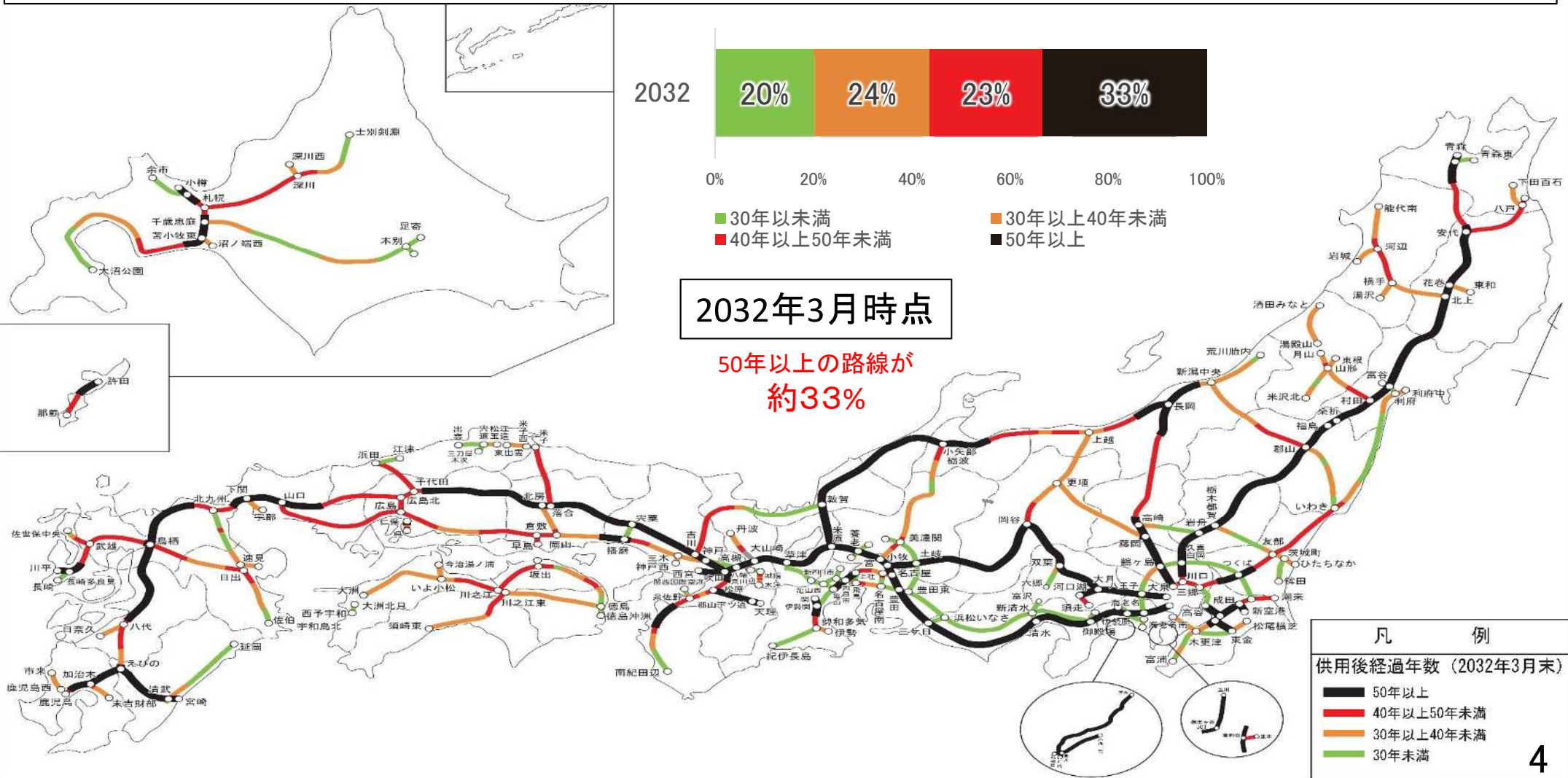
50年以上の路線が  
約9%



# 第6回委員会後のフォローアップ

## ○老朽化の進展

- 1963(S38)年のE1名神高速道路(栗東～尼崎)の開通から50年以上が経過し、経年劣化が顕著となっている。供用から50年以上経過した路線延長の割合は、現在の約9%から、10年後には約33%となる見込み。
- 高速道路の機能を将来にわたり維持・継続していくためには、老朽化や劣化の状況に応じた適切な修繕・更新や、健全な状態を長く保つための維持管理といった長期保全が重要。





# 第6回委員会後のフォローアップ

## ○ 今後の更新事業に関する地域の理解醸成の取り組み

○新たな知見を踏まえた更新事業の推進について、お客さまや自治体等の地域社会に対し、事業の必要性について理解醸成を図る。また、現在取り組んでいる各種広報展開に加え、現場公開などでPR活動を進める。

### 【各社の取組状況】

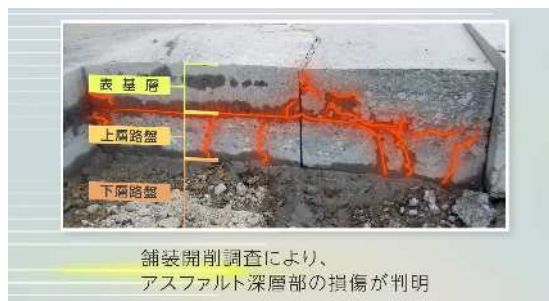
#### (1) 事業理解広報ツール作成

- 新たな知見を踏まえた更新事業のパンフレット
- 短編動画作成(3会社共同)
- 会社新TVCM

#### (2) 広報展開活動

- 各地域で開催される会議を活用
- 現場公開(マスコミ、自治体等)
  - ⇒ 西日本プレスツアー実施。(2022年10月)
    - ・ 中国道リニューアル工事現場案内。
    - ・ 研修センターにて老朽化の現状、新たな劣化事象を説明。
- イベント出展
  - ・ 東北ハイウェイフェスタ(2022年9月)
  - ・ メッセ名古屋(2022年11月)
- 会社新TVCMの刷新・放映
- SNSでの展開、休憩施設のモニター掲示

### 【事業広報ツール】



(短編動画)



(リーフレット)

### 【広報展開活動】



(現場公開: 西日本プレスツアー(2022年10月17日))



(イベント出展(イメージ))



(SA等モニター)

**(3) 定期点検や更新事業の実施等により得られた新たな知見(橋梁)**

- ・RC床版、RC中空床版等の路面陥没等への対応
- ・PC鋼材の腐食及びPCグラウト充填不足への対応
- ・その他の橋梁における変状

**RC床版、RC中空床版等の路面陥没等への対応**

# RC床版、RC中空床版等の路面陥没等への対応

## ○RC床版・RC中空床版の変遷

年月	長期保全 関連	技術基準、点検/調査技術 関連	
		RC床版	RC中空床版
1960(S35)年		～1972(S47)年 床版厚19cm(TL-20) <sup>※2</sup>	1960(S35)年～ 円筒型枠上の床版厚100mm <sup>※4</sup>
		1973(S48)年～ 床版厚22cm(TT-43) <sup>※2</sup>	1964(S39)年～ 円筒型枠上の床版厚150mm以上
		1994(H6)年～ 床版厚25cm(B活荷重) <sup>※2</sup>	1976(S51)年 円筒型枠固定バンド間隔
		1995(H7)年～ 車両大型化対応(床版上面増厚)	2.0m ⇒ 1.5m変更
2000(H12)年		1998(H10)年～ 設計要領 床版防水層の設置	○RC中空床版の床版陥没事象の発生
		2002(H14)年～ 道示 床版防水層の設置	2000(H12)年 設計要領 中空床版形式の廃止
		2009(H21)年～ 設計要領 高性能な床版防水層の制定	
2012(H24)年	長期保全委 員会設立 <sup>※1</sup>	<u>○2011(H23)年 設計要領改訂(舗装切削時に床版を傷めない工法を導入)</u>	<u>○2011(H23)年 設計要領改訂(舗装切削時に床版を傷めない工法を導入)</u>
2015(H27)年	特定更新等 工事事業化	○2015(H27)年～ 調査技術の進展 ・電磁波レーダー等による床版上面調査の実施(一部) ・微破壊調査の実施 ⇒ 床版上面の変状、床版内部の水平ひび割れの確認	○2015(H27)年～ 調査技術の進展 ・電磁波レーダー等による床版上面調査の実施(一部) ⇒ 路面の陥没が顕在化する前に床版上面の変状を確認(版厚減少等)。
2021(R3)年 ～		<u>○床版内部の水平ひび割れの実態調査を実施</u> ⇒ 微破壊調査(Single i工法 <sup>※3</sup> )による水平クラック・床版厚調査を実施中。	<u>○円筒型枠の抜け落ちメカニズムの検証(NEXCO)を実施</u> ⇒ 輪荷重走行試験機等を用いた室内実験によるメカニズムの検証中。

※1 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

※2 床版支間3mの場合

※3 コンクリート内部に発生したひび割れを特殊カラー樹脂により着色し、高性能な内視鏡により検知・記録する工法(新技術情報提供システム(NETIS)参照)

※4 RC中空床版の床版厚とは、円筒型枠天端部の厚さをいう。

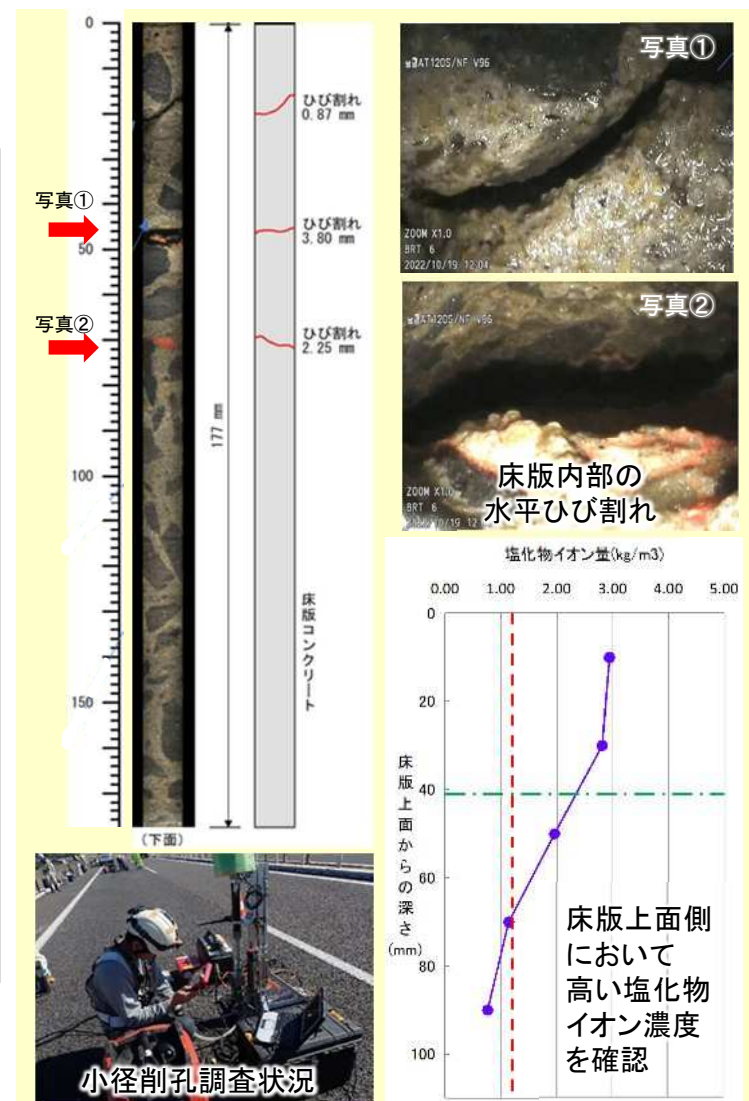
# RC床版、RC中空床版等の路面陥没等への対応

## ○ RC床版等の新たな劣化メカニズム解明に向けた調査の実施

- これまでは、塩害、疲労、アルカリシリカ反応に関わる劣化要因の有無と健全度を踏まえ、大規模更新、大規模修繕を事業化。
- 近年、高度な調査(電磁波レーダー探査、小径削孔調査)により、劣化要因の大小に関わらず、床版上面や内部にひび割れ等の変状を確認。

(劣化メカニズム解明に向けた調査内容)

調査目的	調査方法
床版内部の水平ひび割れの状況を確認	小径削孔による調査 (微破壊調査)
床版の物性値を確認 (塩化物イオン濃度分布、圧縮強度、弾性係数)	コア採取による調査
床版上面劣化(土砂化や浮き等)の確認	電磁波レーダー探査
RC中空床版の円筒型枠上の版厚の確認	電磁波レーダー探査
過去の舗装補修時の床版の削り込みの状況を確認	削孔による調査



(小径削孔による調査結果)

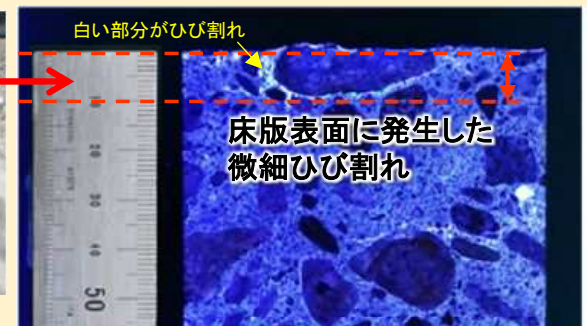
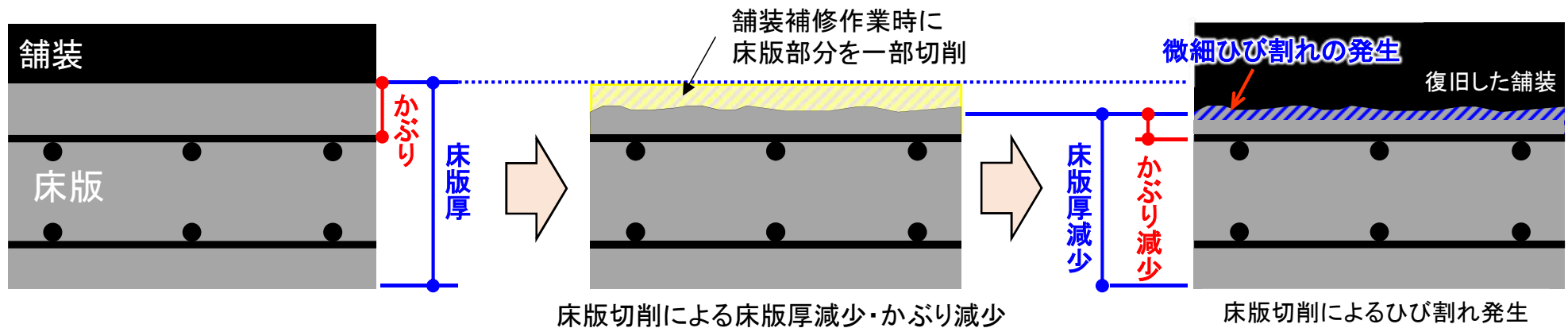


# RC床版、RC中空床版等の路面陥没等への対応

## ○ RC床版等の劣化メカニズム解明に向けた調査の実施

### 《調査等により確認された事実》

- 舗装補修(橋面舗装の切削作業)により、床版厚の減少を確認。(RC中空床版では、円筒型枠上の版厚の減少を確認。)  
また、床版切削に付随して床版表面に微細ひび割れが発生することを確認。



床版表面の微細ひび割れの発生

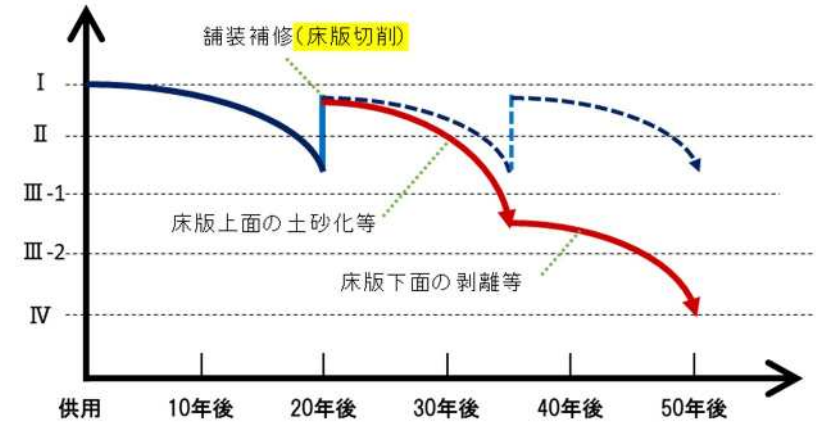
# RC床版、RC中空床版等の路面陥没等への対応

## ○ RC床版の劣化メカニズム

### 《新たに想定したRC床版の劣化メカニズム》

#### ○ 床版厚の減少等による劣化進行

- ・ 舗装補修により、床版厚の減少、床版上面に微細なひび割れが発生
- ・ 凍結防止剤の影響により鉄筋腐食が促進し、床版コンクリートが脆弱化。さらに、交通の繰り返し荷重や水の影響を受け、床版の土砂化※1、舗装劣化が発生(塩害と疲労の複合劣化の加速)。
- ・ 繰り返し荷重によりひび割れが貫通し、床版下面までも鉄筋の腐食膨張によるひび割れ、剥離、剥落が発生。

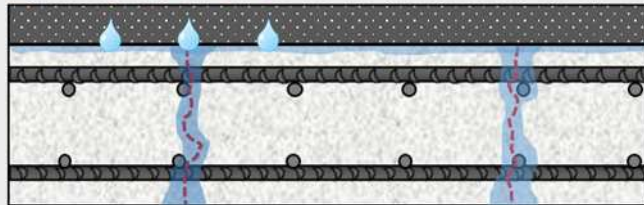


- 舗装補修時にダメージを与えた床版は、部分補修では十分な健全性を回復できない場合がある。

#### ■ 今までの劣化メカニズム

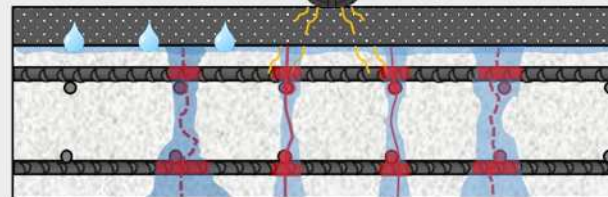
水(凍結防止剤)の浸透

建設時の床版厚  
当初かぶり



水(凍結防止剤)の浸透

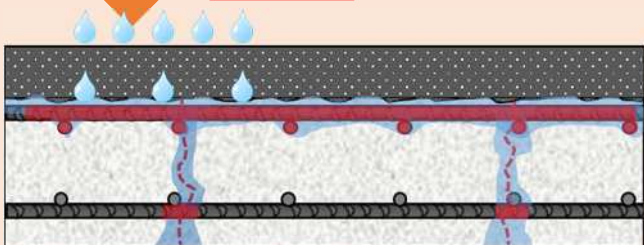
輪荷重の影響による  
床版疲労の促進



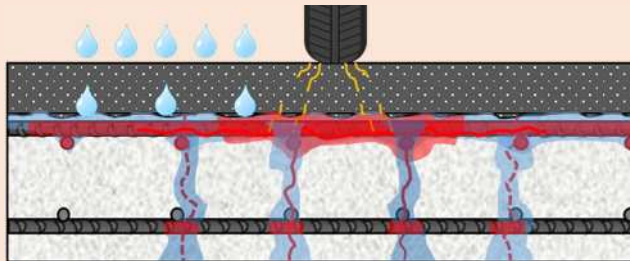
#### ■ 新たに想定した劣化メカニズム

・ 床版厚、およびかぶりの減少  
微細ひび割れの影響による劣化の  
大幅な進行

建設時の床版厚  
床版厚減少  
かぶり減少



・ 床版上面の土砂化、舗装劣化が大幅に進行  
・ 床版下面の剥離、剥落の発生



※1 床版の土砂化・・・アスファルト舗装(As舗装)の下で、コンクリートの骨材と硬化セメントペーストが分離して堆積している状態をいう。



# RC床版、RC中空床版等の路面陥没等への対応

## ○ RC床版の措置

### 【床版厚・かぶりの減少が確認された床版】

- ひび割れが進展する前に床版上面増厚等を実施。
- 床版内部へ塩化物イオンが浸透する前に床版防水システムを実施。
  - ・ 床版上面増厚および防水の実施に先立ち、脆弱部、および浸透した塩化物イオンを適切に除去するよう工事計画する。また、施工の品質確保に必要な工事規制期間を確保する。

### 【床版厚・かぶりの減少が確認され、床版下面の劣化も進行している床版】

- 貫通ひび割れや水平ひび割れの確認された床版は、劣化程度等を勘案し、RC床版取替の検討を実施。
  - ・ 貫通ひび割れの生じた床版では、床版上面増厚を施工しても再劣化の事例が多い。<sup>※1</sup>
  - ・ 水平ひび割れの補修(ひび割れ注入工)は、十分な充填確認が困難であり、未充填部分からの再劣化の恐れがある。
- 床版補修が広範囲となる場合は、交通規制による社会的影響や全体工事費用に十分に注意し、RC床版取替の検討を実施。

## 床版補修、床版上面増厚作業の事例



ウォータージェット工法  
によるはつり作業



広範囲の脆弱部



床版上面の  
増厚コンクリートの打設



工事規制による渋滞  
(社会的影響)

※1 小川篤生ら：鋼橋RC床版の劣化要因と上面増厚効果の分析，構造工学論文集，Vol.60A，2014年3月

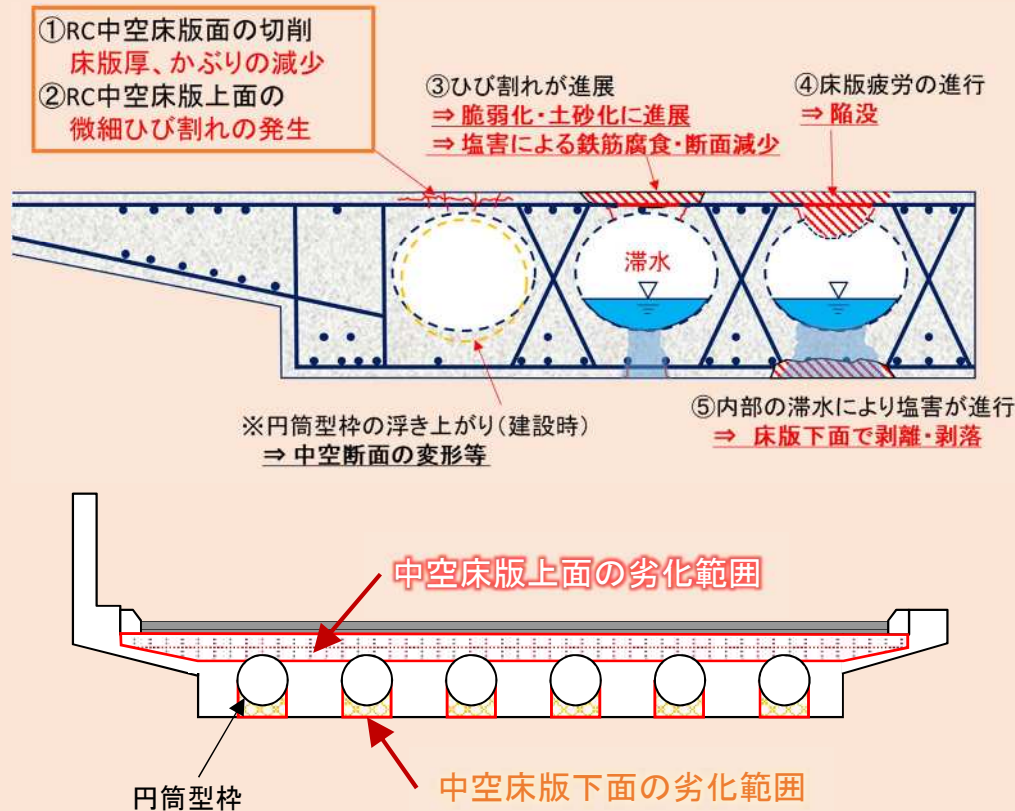
# RC床版、RC中空床版等の路面陥没等への対応

## ○RC中空床版の劣化メカニズム

### 《調査等により確認された事実》

- RC中空床版の建設時の円筒型枠の変形等により、版厚の薄い箇所があることを確認。
- 舗装補修(橋面舗装の切削作業)により、円筒型枠上の版厚の減少を確認。  
また、床版切削により床版表面に微細ひび割れが発生することを確認。
- 中空床版下面の剥離等は、円筒型枠内に雨水・凍結防止剤が滞水することで進展することを点検結果より確認。

### 《新たに想定した中空床版の劣化メカニズム》





# RC床版、RC中空床版等の路面陥没等への対応

## ○ RC中空床版の措置

### 【床版厚・かぶりの減少が確認されたRC中空床版】

- 円筒型枠上の版厚が薄い場合は、床版上面増厚、または部分補修を実施。
  - ・ 床版上面増厚および防水の実施に先立ち、脆弱部、および浸透した塩化物イオンを適切に除去するよう工事計画する。
  - また、施工の品質確保に必要な工事規制期間を確保する。

### 【床版上面の劣化に加え、床版下面の劣化も進行している床版】

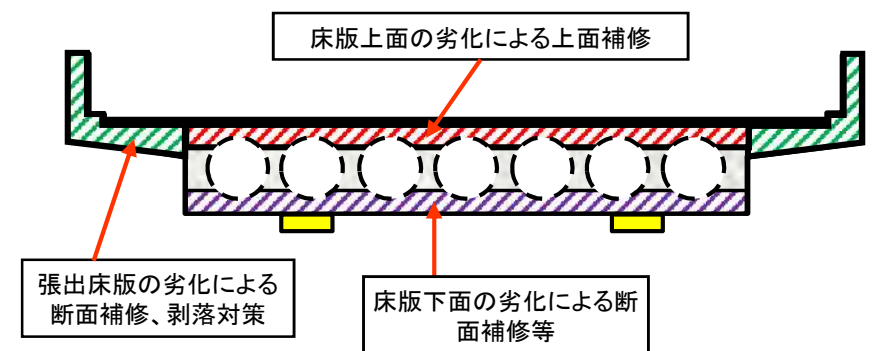
- 上面補修が広範囲な場合や上面補修と下面補修を合わせて計画する場合は、長期にわたる交通規制による社会的影響や全体工事費用に十分に注意し、RC中空床版取替の検討を実施。
  - ・ 上面補修と下面補修を合わせて計画する場合は、上面側・下面側の同時施工が実施できないため交通規制や支保工設置期間の増加などにより全体工事費用や社会的影響が増加する可能性がある。



全面的な上面補修



全面的な下面補修



上面側・下面側の全面的な補修はコスト増、施工期間も長い



# RC床版、RC中空床版等の路面陥没等への対応

## ○床版防水の重要性について

- 道路橋の床版は、水、凍結防止剤により変状が促進される。
- 床版の補修工事は、変状の進展に伴い、複雑で困難になると共に補修コストも上昇する。また、PC構造などは補修が不可能となり、補強が必要となる場合もある。
- 床版の長寿命化が求められるなか、床版防水による早期の予防保全が最も重要。
- 床版防水グレードⅠ※<sup>1</sup>では、十分な耐久性が担保されない。いずれグレードⅡ※<sup>2</sup>を施工する必要がある。



床版防水グレードⅠ  
施工中の負荷により性能低下

### 床版劣化による補修頻度の増大(例)



2010(H22)年にグレードⅠ防水を施工

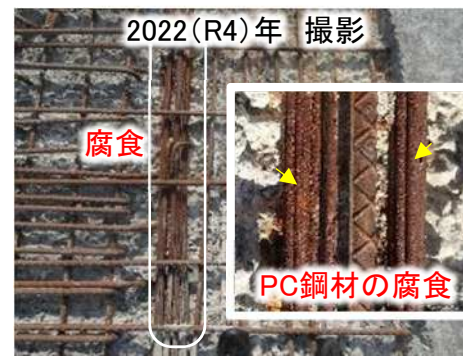


2021(R3)年撮影

- ・ 供用から35年後(2010年)に床版防水グレードⅠを設置
- ・ 防水工施工後、10年程度(2021年)で床版の再劣化が発生
- ・ 防水施工時には、凍結防止剤が内部に浸透していた可能性あり(推測)

⇒ 床版防水の実施時期の遅れ

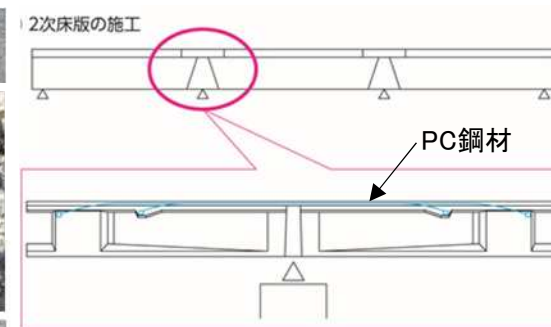
### プレストレスが導入された床版の補修が困難(例)



2022(R4)年撮影

腐食

PC鋼材の腐食



PC連続合成桁 床版のPC鋼材の配置

- ・ 供用から31年後(2014年)に床版防水グレードⅠを設置
- ・ 防水工施工後、8年程度(2022年)で床版の再劣化が発生(床版の軸方向PC鋼材の一部破断を確認)
- ・ 防水施工時には、凍結防止剤が内部に浸透していた可能性あり(推測)

⇒ 床版防水の実施時期の遅れ

※<sup>1</sup> 床版防水グレードⅠ …… 性能照査時に耐久性を考慮していない材料  
※<sup>2</sup> 床版防水グレードⅡ …… 性能照査時に30年相当の耐久性を考慮した材料

**PC鋼材の腐食及びPCグラウト充填不足への対応**

# PC鋼材の腐食及びPCグラウト充填不足への対応

## ○ PC橋の変状

- PC橋では、PC鋼材に起因する変状が桁表面に表れにくく、目視点検を主体とする方法では、コンクリート内部にあるPC鋼材※<sup>1</sup>の変状(腐食・破断)を把握することは困難。
- PCグラウト※<sup>2</sup>充填調査は一部に留まり、全容の把握が不十分であることから、PC鋼材の変状対策については、詳細な調査の継続と優先度の検討が必要。

### ■PC橋の変状事例

#### E19 長野自動車道 岡谷高架橋(1986(S61)年供用)

- 桁表面にひび割れ発生。
- はつり後、鉄筋は腐食せず、PC鋼材のみが腐食・破断していることを発見。



※<sup>1</sup> プレストレストコンクリートにプレストレスを与えるために用いる高強度の鋼材。PC鋼線、PC鋼より線、PC鋼棒の総称

※<sup>2</sup> プレストレストコンクリートにおいて、PC鋼材の腐食防止やコンクリートとの一体化をはかるために、シーラントとPC鋼材の間に注入する充填材のこと

# PC鋼材の腐食及びPCグラウト充填不足への対応

## ○ PC鋼材の技術基準・調査技術等に関する変遷

年月	長期保全 関連	技術基準、点検/調査技術 関連	
1994(H6)		○PC鋼棒の突出事象の発生	
1999(H11)		○ブリーディング※3がない材料の標準化 ○高粘性型グラウトの使用	①PC鋼棒の破断・突出防止による第三者被害防止を目的に床版横締め鋼材を対象とした調査
2012(H24)		○NEXCO主導でプレレストコンクリート工学会に委員会設置 『既設ポストテンション橋のPCグラウト問題対応委員会』 ・実態把握や技術基準や仕様の変遷整理からリスクマップの作成 ・調査方法の適用性検討	②主鋼材の充填調査 2012(H24)～
2012(H24).11	○長期保全委員会設立		
2015(H27).3	○特定更新等工事事業化 ・詳細な調査の継続と対策工法・優先度の検討が必要にとどまる。		※ただし、ごく一部の数量に留まる (全国で4000本程度 うち主鋼材900本程度)
2016(H28)		○調査技術の進展 ・広帯域超音波法※4の調査方法のシステム化(NEXCO調査要領制定)	
		○『既設ポストテンション橋のPC鋼材調査および補修補強指針 (プレレストコンクリート工学会)』を制定 ←	
2018(H30)		○『コンクリート標準示方書[維持管理編](土木学会)』改定	調査の適用拡大

※3 コンクリート等において、固体材料の沈降または分離によって、練混ぜ水の一部が遊離して上昇する現象

※4 PCグラウト充填調査方法の一つであり、各周波数帯域の超音波を使用する方法

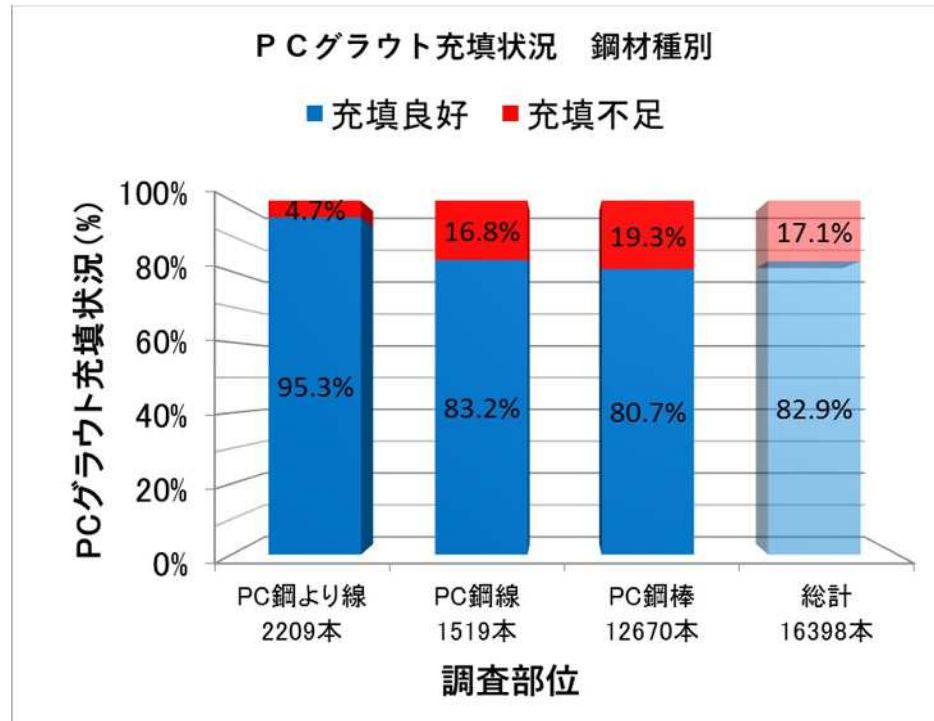


# PC鋼材の腐食及びPCグラウト充填不足への対応

## ○ PCグラウト充填調査の結果

- 非破壊調査技術の進展によりPCグラウト充填不足箇所の検出が可能となった。
- 最新の調査結果では、一定の割合でPCグラウト充填不足が発生することを確認。
- PCグラウト充填不足箇所ではPCグラウトによる防食効果が低下するため、環境条件によってはシース※5・PC鋼材ともに著しく腐食し、PC鋼材が破断している場合もある。

### ■ 広帯域超音波法の調査状況 ■ PCグラウト充填調査結果



- PCグラウト充填不足は、PC鋼より線に比べ、PC鋼線やPC鋼棒で発生しやすい。
- 全体では、調査したPC鋼材の17%程度で充填不足が発生。

※5 プレストレストコンクリートにおいて、PC鋼材を配置するためにあらかじめコンクリート中にあけておく穴を形成するための筒



# PC鋼材の腐食及びPCグラウト充填不足への対応

## ○ グラウト充填不足の発生要因

○ PCグラウト充填不足が顕在化したことにより、PCグラウト施工管理方法などの強化が逐次図られ、1999年以降、ノンブリーディングタイプの材料を標準使用とすることや、中間排気口の設置による先流れ※6に対する改善など、基準が整備されグラウト充填不足が生じるリスクは低くなった。

○ PCグラウト充填調査の結果、基準改定前のPC構造物にはPCグラウト充填不足が見られる。

### ■ グラウトに関する技術基準の変遷及び変状の発生リスク

リスク要因	PCグラウト充填不足およびPC鋼材腐食の発生リスク								背景	
	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010		
充填不足	施工管理に起因する空隙	■	■	■	■	■	■	■	■	1997年 流量計による注入量管理
	ブリーディングに起因する空隙	■	■	■	■	■	■	■	■	1997年 ノンブリーディング標準 2004年 鉛直管試験導入
	先流れに起因する空隙	■	■	■	■	■	■	■	■	1997年 グラウト設計の実施 1999年 粘性タイプに応じた施工方法
	シース径による空隙 [PC鋼棒]	■	■	■	■	■	■	■	■	PC鋼棒φ32mmのシース径 1994年 φ38mm→φ39.3mm 1998年 φ39.3→φ45.0mm
鋼材腐食	カップラー部閉塞による空隙	■	■	■	■	■	■	■	■	1993年 カップラーシースの長さ明示 2000年 下り勾配カップラーシース排気口設置
	上縁定着に起因する腐食 (T桁)	■	■	■	■	■	■	■	■	1980年 支間長28m未満のT桁は端部定着 1994年 T桁全て端部定着
	グラウトホースのあと処理に起因する腐食	■	■	■	■	■	■	■	■	1986年 3cm凹ませて無収縮モルタル 1996年 あと処理の強化
	床版防水層の設置に起因する腐食	■	■	■	■	■	■	■	■	1998年 防水層を設置 (JH) 2010年 グレードII防水 (NEXCO)
シース材質に起因する腐食	■	■	■	■	■	■	■	■	1999年 PEシース	

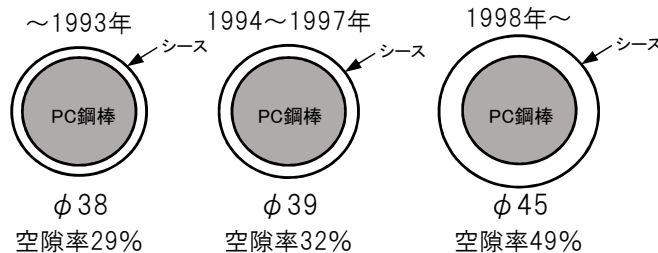
凡例 ■ : 要因対策に不備 □ : 要因対策を実施しているが途中経過的な対策 □ : 要因対策完了

※既設ポストテンション橋のPC鋼材調査および補修・補強指針および2018年版コンクリート標準示方書[維持管理編]を参考に作成

### ■ シースの空隙量

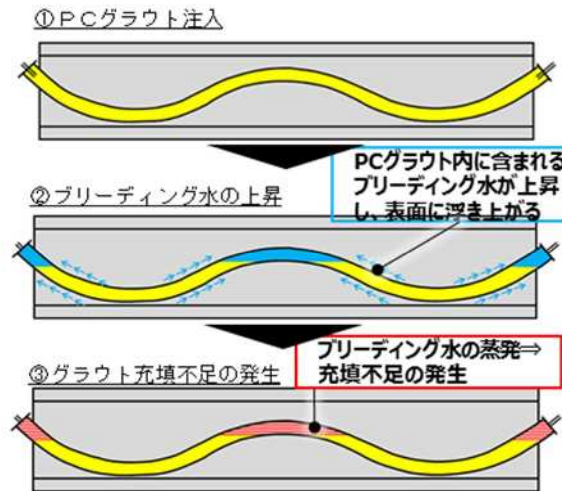
[PC鋼棒 φ 32 の例]

シースとPC鋼棒の隙間 (空隙率) が小さくグラウトが入りづらい。

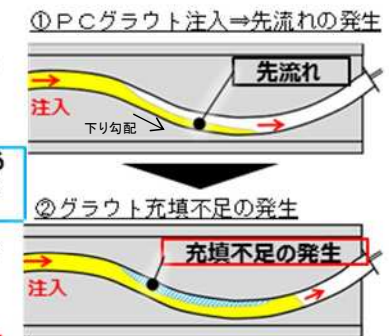


### ■ グラウト充填不足の発生メカニズム

[ブリーディングによる充填不足]

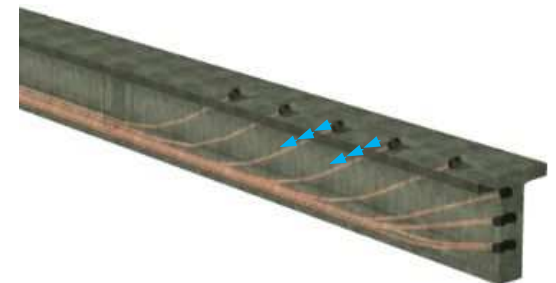


[先流れによる充填不足]



### ■ 上縁定着

上縁定着部から凍結防止剤を含む雨水等が侵入し、グラウトが不完全である場合、シース内に侵入する。



※6 PCグラウト注入時のPCグラウト先端部がシース内を移動する際に、シースの下側またはPC鋼材に沿って部分的に先行して流れる現象

出典: 2018年版コンクリート標準示方書[維持管理編] 土木学会

# PC鋼材の腐食及びPCグラウト充填不足への対応

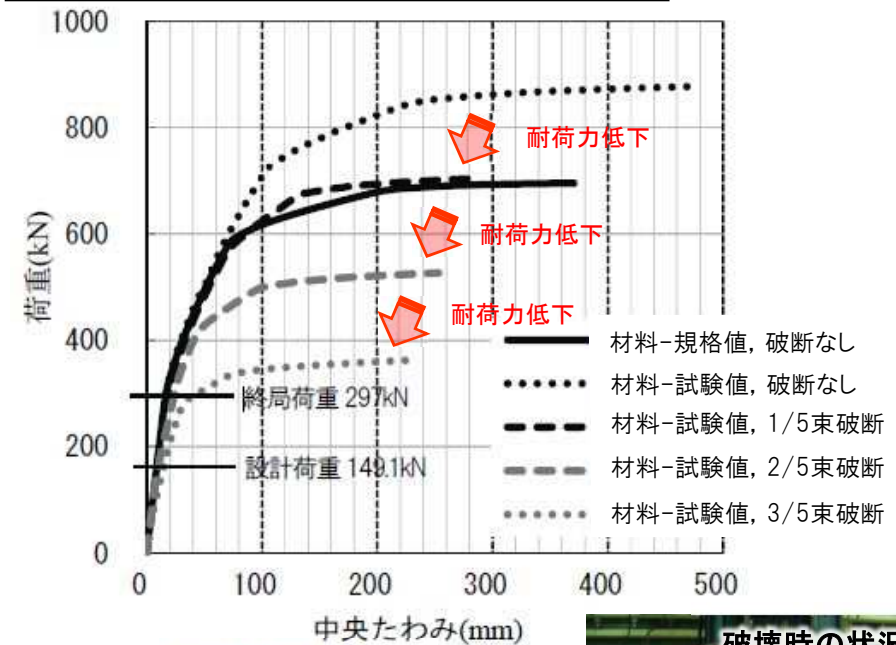
## ○ PC構造物特有の課題

- PCグラウト充填不足箇所では、外観変状が認められない状態でPC鋼材の腐食が進行する可能性がある。
- PC橋は、PC鋼材の破断本数に応じて耐荷性能は低下する。
- PC橋においては、PCグラウトが充填されていることが重要であり、PCグラウト充填不足が確認された場合は、PCグラウト再注入が必要となる。

### ■ シース内でのPC鋼材の著しい腐食



### ■ PC鋼材の破断による耐荷力の低下※6



※6 青木圭一ら：供用後40年経過したPC桁の性状から推定されるPC橋の性能評価,土木学会論文集E2, Vol.71, No.3, 283-302, 2015



# PC鋼材の腐食及びPCグラウト充填不足への対応

## ○ PCグラウト充填不足への対応

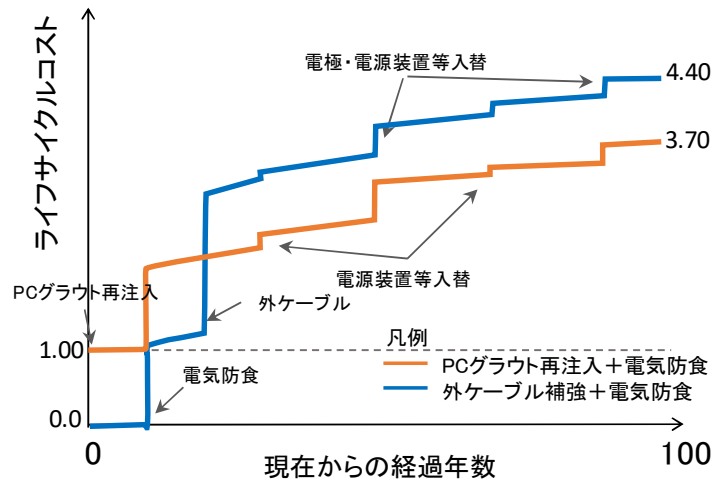
### 【PCグラウト充填不足が確認された構造物】

- 上縁定着やPC鋼棒の使用など腐食リスクが高い構造物や構造物の腐食環境を踏まえて優先順位を設定し、鋼材の腐食が深刻化する前にPCグラウト再注入を実施することが重要。
- ライフサイクルコストを比較した結果、PC鋼材破断後に対策を行う場合と比較して、早期にPCグラウト再注入を実施した方が有利。

### 【PCグラウト充填不足が確認され、特に変状が著しい構造物】

- シース内に侵入した塩化物イオンの除去は不可能である。将来PC鋼材が破断する危険性が否定できない。

### ■ ライフサイクルコストの比較



飛来塩分の影響を受けるPCグラウト充填不足が確認された構造物に対して、速やかにPCグラウト再注入を実施した場合とPC鋼材の破断発生後(20年後を想定)に外ケーブル補強を実施した場合を想定。

なお、電気防食は鉄筋の腐食ひび割れ防止を目的に実施。

- ・初年度: PCグラウト再注入(予防保全)
- ・10年目: 電気防食
- ・20年目: 外ケーブル補強(事後保全)

### ■ PCグラウト充填不足が確認された構造物



### ■ PCグラウト充填不足が確認され、特に変状が著しい構造物



## その他の橋梁における変状

# 定期点検や更新事業の実施等により得られた新たな課題

## ○ 鋼部材の変状（特殊橋梁の部材取替・補強）

- 近接目視点検の義務化を受け、これまで高所や危険箇所など点検困難であった構造物に対して、ドローン点検やロープアクセス点検などの新技術を積極導入。
- 過去の点検では発見できなかった鋼部材の腐食や断面欠損等が顕在化。（鋼トラス桁格点部、桁端部など）。
- トラス桁の大規模な部材取替えや補強、桁端部の補強等が必要。
- また、重交通路線の鋼橋では二次部材の疲労き裂も一部で発生。

### ■ 劣化状況

- ・ドローン点検により鋼トラス部材などにおいて腐食を確認し、ロープアクセス点検により近接目視を実施。

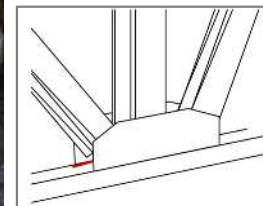
⇒ 近接目視の際に鉄さびを除去した結果、目視のみでは発見できない部材の著しい断面欠損を確認。



ロープアクセスによる近接点検



下弦材格点部のガセットの腐食（滞水の影響）



### ■ 劣化シナリオ

《鋼トラス桁格点部のガセットプレートの腐食例》

- ① ガセットプレートの断面減少・欠損
- ② 終局状態に達した部材の連鎖的な破壊が発生
- ③ 桁が崩壊

⇒ 既往の研究（解析）によると、ガセットプレート部の腐食により、面外変形が進行する。さらに、腐食率が高くなるとガセット部に応力や変位が集中し、トラス橋全体の安全性が大きく失われることが判明した

### ■ 措置

- ・部材補強等を検討



取替前



取替後

《鋼トラス桁格点部の補強（取替え）》



# 定期点検や更新事業の実施等により得られた新たな課題

## ○ 鋼部材の変状（耐候性鋼材の腐食）

- 特殊な環境下において、**耐候性鋼材の安定した錆が形成されない**場合がある。
- 孔食の内部に二次孔食が生じ、ブラスト+水洗い程度では除去できない塩分が残存することを確認。

### ■劣化状況

- ・湿潤環境、凍結防止剤の散布、飛沫塩の影響を大きく受ける耐候性鋼材橋梁では、安定した錆が形成されない事例がある。
- ・錆の深部まで塩化物イオンが浸入し、錆内部で腐食が進行する。
- ・耐候性鋼材の錆は非常に硬質なため、目視点検（軽微な打音）では腐食による**母材の断面欠損の程度が確認できない**。

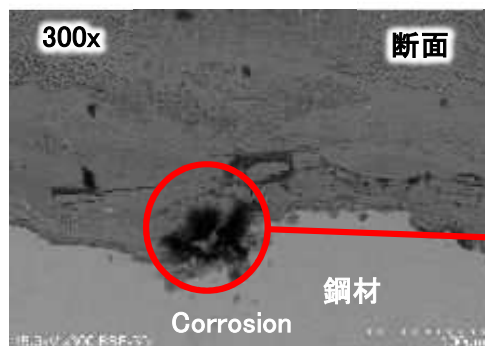


### ■劣化シナリオ

- ① 耐候性鋼材の腐食進行
- ② 母材の断面欠損
- ③ 耐荷性能の低下

### ■措置

- ・特異環境の調査実施、硬質な錆、塩化物イオンの適切な除去方法※、塗装仕様への変更等を検討



※塗装橋の塗替え塗装時においても塩化物イオンの適切な除去方法について検討が必要

**(3) 定期点検や更新事業の実施等により得られた新たな知見(舗装)**

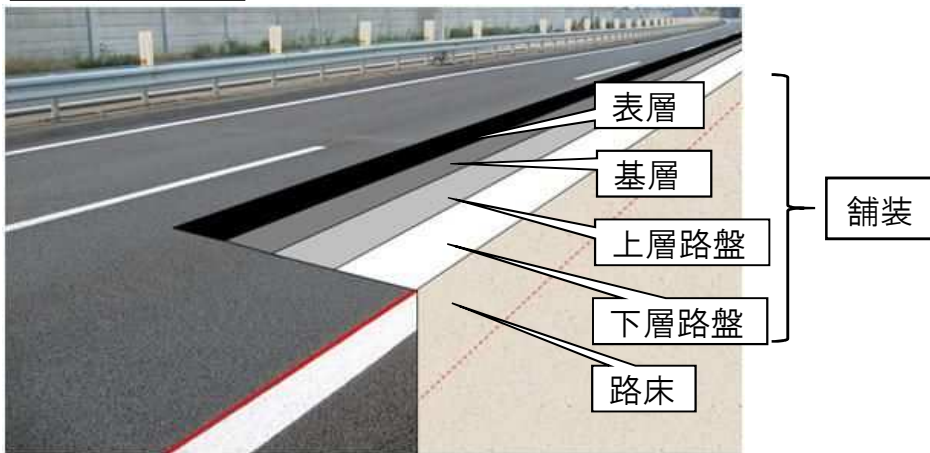
- ・舗装路盤部の疲労破壊への対応

# 舗装路盤部の疲労破壊への対応

## ○これまでの舗装補修の対応

- 従前の舗装設計・施工の思想では、舗装表面の変状が発生した場合、舗装路盤部の変状は想定せずに表層・基層の補修を繰り返すことで舗装全体の健全性を維持できると想定。
- 舗装補修のPDCAサイクルを回す中で、舗装補修の判断にあたっては、路面性状調査を実施し、ひび割れ、わだち掘れ、平坦性を確認しており、各々に指標(補修目標値)を設定している。
- 路盤部の変状によるポンピング・ひび割れ等が発生した場合、変状状況より舗装体としての構造的な強度低下に起因する変状が疑われる場合は、FWD調査、施工前のコア採取により変状深さ等確認のうえ、局部的な変状ケースとして、表層・基層・路盤を部分的な範囲を同等性能な材料で補修する対症療法的な補修を繰り返し実施。舗装補修延長は、特に2000年代以降、増加傾向にある。

### ■舗装の構造



#### <舗装の主な機能>

- ①平坦性、②すべり抵抗性、③排水性、
- ④耐久性(荷重分散性、ひび割れ抵抗性、永久変形抵抗性など)、
- ⑤明色性、⑥低騒音性、⑦路面温度低減性、⑧美観性

### ■舗装補修のPDCAサイクル



出典：舗装の予防保全に向けたNEXCO-PMSIによる実態分析。  
第5回JAAM研究・実践発表会、2020年11月(中日本高速道路株式会社、高速道路総合技術研究所)

### ■路面性状調査の補修目標値

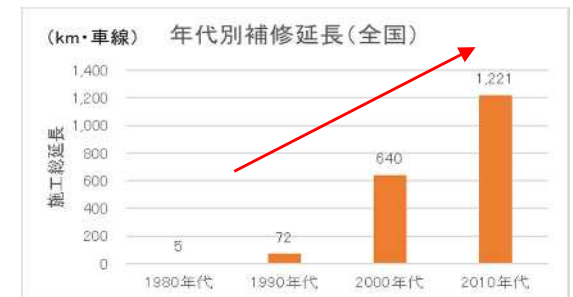
項目	補修目標値
わだち掘れ	25mm
すべり摩擦係数	$\mu(80)0.25$
平坦性	IRI3.5mm/m
段差	20mm(橋梁取付部) 30mm(横断構造物取付部)
ひび割れ	20%※

※ひび割れ率(%)=  
(面状ひび割れの入ったメッシュ面積(m<sup>2</sup>)+線状ひび割れの入ったメッシュ面積(m<sup>2</sup>)×0.3+パッチング面積(m<sup>2</sup>))×1調査対象区間面積(m<sup>2</sup>)

### ■舗装補修の年代別推移



基層(第2層)の補修延長と年代別推移



上層路盤(第3層)の補修延長と年代別推移



# 舗装路盤部の疲労破壊への対応

## ○ FWD調査による舗装変状の傾向

- FWD調査とは、舗装の健全度調査のために広く活用されている非破壊調査であり、舗装路盤部の健全度評価をするためには最適な調査手法である。
- 衝撃荷重による舗装路面の複数点のたわみ量を同時に測定することで、路面のたわみ形状(たわみ曲線)を計測する機器であり、日本では1983(S58)年に導入された調査法である。
- FWDにより年度別の変状区分割合を算出したところ、近年は舗装構成の表層・基層・上層路盤が変状した状態であるA判定(3層変状)の増加傾向が見られた。

### ■ FWD調査の概要



車両内に格納されているFWD測定装置を、外部に引き出して測定を行う

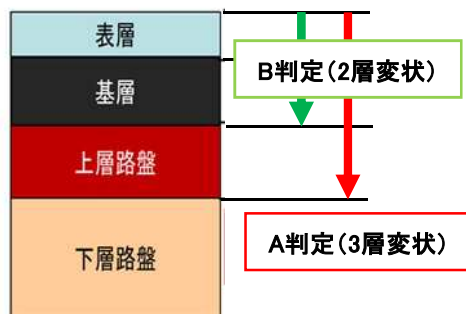
- 【測定手順】
- ①規制内で一旦停車
  - ②たわみセンサーを設置
  - ③重錘落下、たわみを測定
  - ④たわみセンサー格納
  - ⑤次の測定地点に移動

- 【参考】
- ・50m間隔で1箇所測定
  - ・車両軌道部(わだち箇所)を測定
  - ・1箇所あたり数分で測定可能

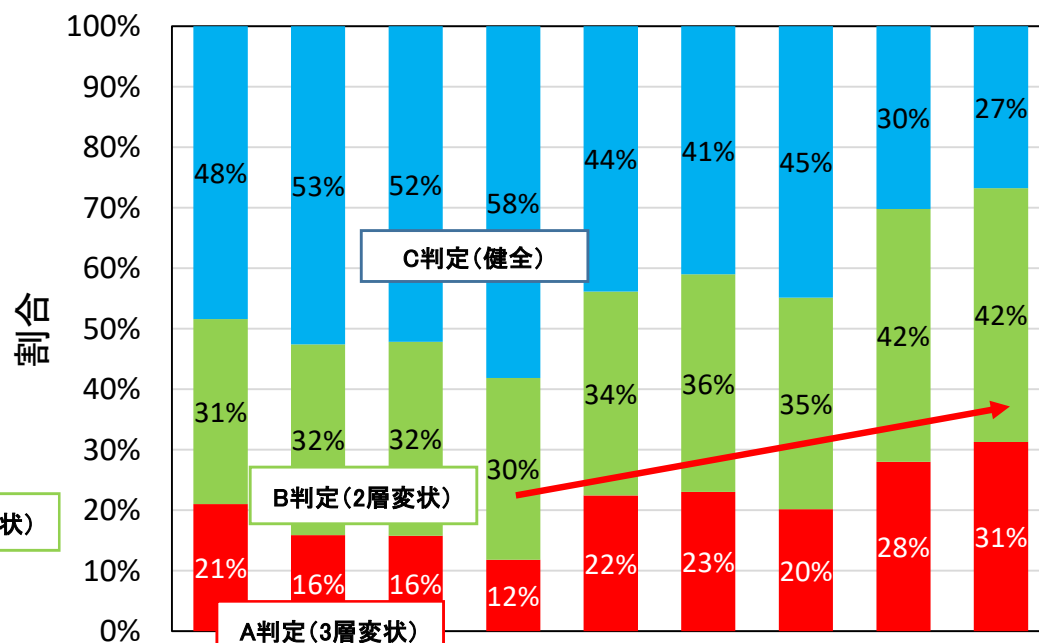


車線規制内で路面に重錘を落下させる

たわみセンサーで、重錘の落下点からの距離ごとにたわみを測定する



### ■ FWDを用いた路盤部の変状の年度別評価



2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019

※2011～2019年度:路線数59 箇所数24,848 データ数 58,808

(NEXCO管理の舗装延長(土工部)のうち、調査を実施したIC間延長は約3割)

# 舗装路盤部の疲労破壊への対応

## ○ 開削調査による路盤部変状状況

- 舗装補修延長の増加やFWD調査A判定の増加傾向を受け、2012(H24)年から全国開削調査を実施。20箇所中18箇所に上層路盤下面からのひび割れを確認。
- 変状箇所においては、交通荷重の繰返しにより、上層路盤下面からひび割れが発生し表層まで貫通。
- 舗装表面からの水が下層路盤まで浸透した結果、下層路盤の強度が低下し、舗装構成全体にたわみを伴う変形が発生。路盤の変形が戻らないため、表層・基層を補修しても短期間で新たなひび割れが発生。

### ■ 全国開削調査結果

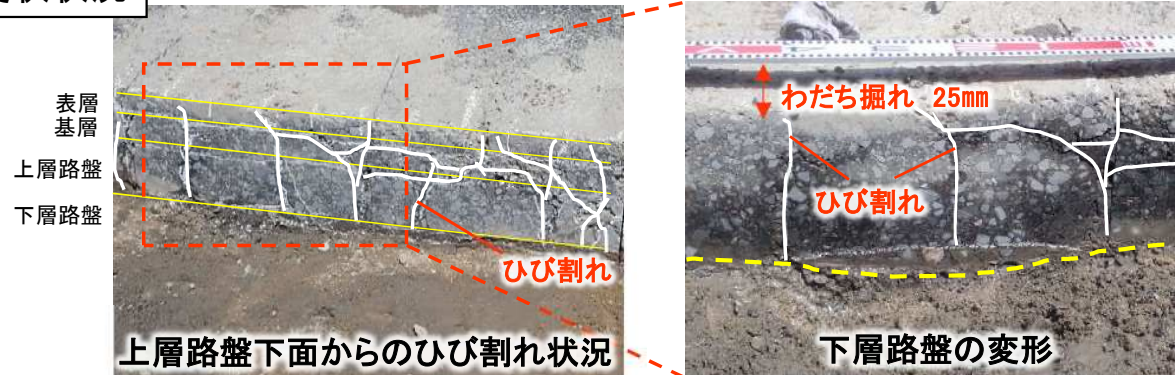
路線	上下	自	～	至	アスコン厚	開削年度	上層路盤下面ひび割れ	下層路盤永久変形
上信越道	下	長野	～	須坂長野東	27	2012	無	無
上信越道	上	須坂長野東	～	長野	16	2012	有	無
長野道	下	安曇野	～	麻績	22	2012	有	有
長野道	下	麻績	～	更埴	21	2012	有	有
中央道	下	岡谷JCT	～	伊北	25	2016	有	無
中央道	下	諏訪湖SA	～	岡谷JCT	25	2017	有	有
九州道	上	薩摩吉田	～	始良	27	2017	有	無
九州道	下	栗野	～	横川	23	2017	有	無
北陸道	下	魚津	～	黒部	20	2017	有	無
上信越道	下	藤岡	～	吉井	18	2017	有	有
東北道	下	築館	～	若柳金成	28	2017	無	無
阪和道	上	泉南	～	泉佐野JCT	18	2017	有	有
上信越道	上	須坂長野東	～	長野	20	2019	有	有
中央道	上	中津川	～	神坂PA	25	2020	有	無
東北道	上	浪岡	～	黒石	20	2021	有	無
北陸道	下	小松	～	美川	24	2021	有	有
北関東道	下(東)	宇都宮上三川	～	真岡	18	2021	有	有
関越道	下	土樽PA	～	湯沢	20	2021	有	有
八戸道	上下	一戸	～	九戸	21	2021	有	無
山形道	下	村田JCT	～	宮城川崎	18	2021	有	有

・全箇所走行車線で実施

### E17関越自動車道 <sup>つちたる</sup>土樽地区(新潟県)

みなかみ ゆざわ  
【水上IC～湯沢IC間下り線、1985(S60)年開通、36年経過】

#### 変状状況



#### これまでの点検・補修状況

表層・基層の補修を繰返し実施

- 2011(H23)年 表層・基層を全面補修。
- 以後、1年毎に繰返しの部分補修を実施。
- 2021(R3)年 詳細調査にて初めて路盤の状態を開削して確認したところ、上層路盤のひび割れ及び下層路盤が変形していることが判明。



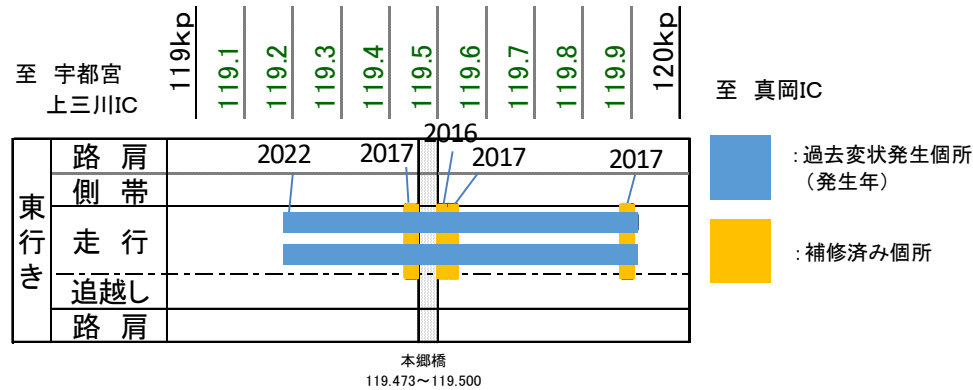


# 舗装路盤部の疲労破壊への対応

## ○ 開削調査による路盤部変状状況

○ E50北関東自動車道 宇都宮上三川IC～真岡IC間において、ポンピングや亀甲状のひび割れの変状が散見された。部分打換工にて基層までの補修をおこなっているものの、わだち掘れが繰り返し発生している。

### E50北関東自動車道 東行き



【路面変状の内訳】

上下	点検年月日	構造区分	構造種別	変状判定	変状項目	KP	補修日	補修内容
東行	2022/5/30	舗装	高機能(I型)舗装	A1	わだち掘れ	119.20		
東行	2017/9/1	舗装	高機能(I型)舗装	A1	わだち掘れ	119.46	2018/1/12	部分打換工(t=10cm)
東行	2016/3/14	舗装	高機能(I型)舗装	A1	ひび割れ	119.50	2016/5/13	部分打換工(t=10cm)
東行	2017/9/1	舗装	高機能(I型)舗装	A1	わだち掘れ	119.51	2018/10/15	部分打換工(t=10cm)
東行	2017/9/1	舗装	高機能(I型)舗装	A1	わだち掘れ	119.90	2018/1/12	部分打換工(t=10cm)



ポンピングや亀甲状のひび割れ発生  
部分打換工実施



再度、変状が顕在化



補修箇所も含め、わだち掘れが進行

### ■ 舗装構成

表層 (高機能I型)	40mm
基層 (改質II型)	60mm
アスファルト安定処理 (ストアス)	80mm



開削調査にて上層路盤までのクラック確認

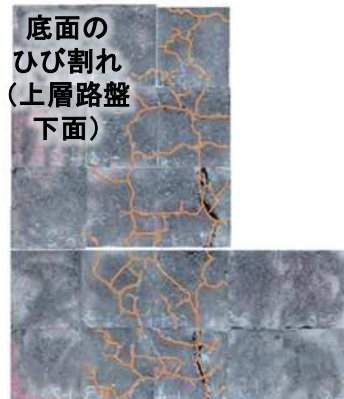
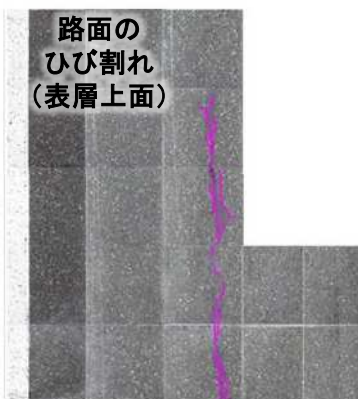
# 舗装路盤部の疲労破壊への対応

## ○ 舗装路盤部の変状メカニズム

- これまでは、舗装の変状進行状況に応じて表層・基層の補修を実施。
- 近年、舗装路盤部の変状の顕在化を踏まえ舗装の開削調査に着手。調査の結果、交通荷重・アスコン層※厚・路床及び路盤の耐力不足・水の侵入など、複合した要因により路盤部の変状が進行し、上層路盤下面からの疲労ひび割れが発生し、下層路盤の湿潤化により、永久変形が発生するといったメカニズムが分かってきており、これまで構築した既設舗装が構造的な寿命を迎え始めている事が新たに判明。  
(※表層、基層及びアスファルト安定処理路盤による上層路盤の3層をいう。コンクリート舗装及び、路盤にコンクリートを用いたコンポジット舗装については含まず。)

### ■ 開削調査により判明した路盤部の変状

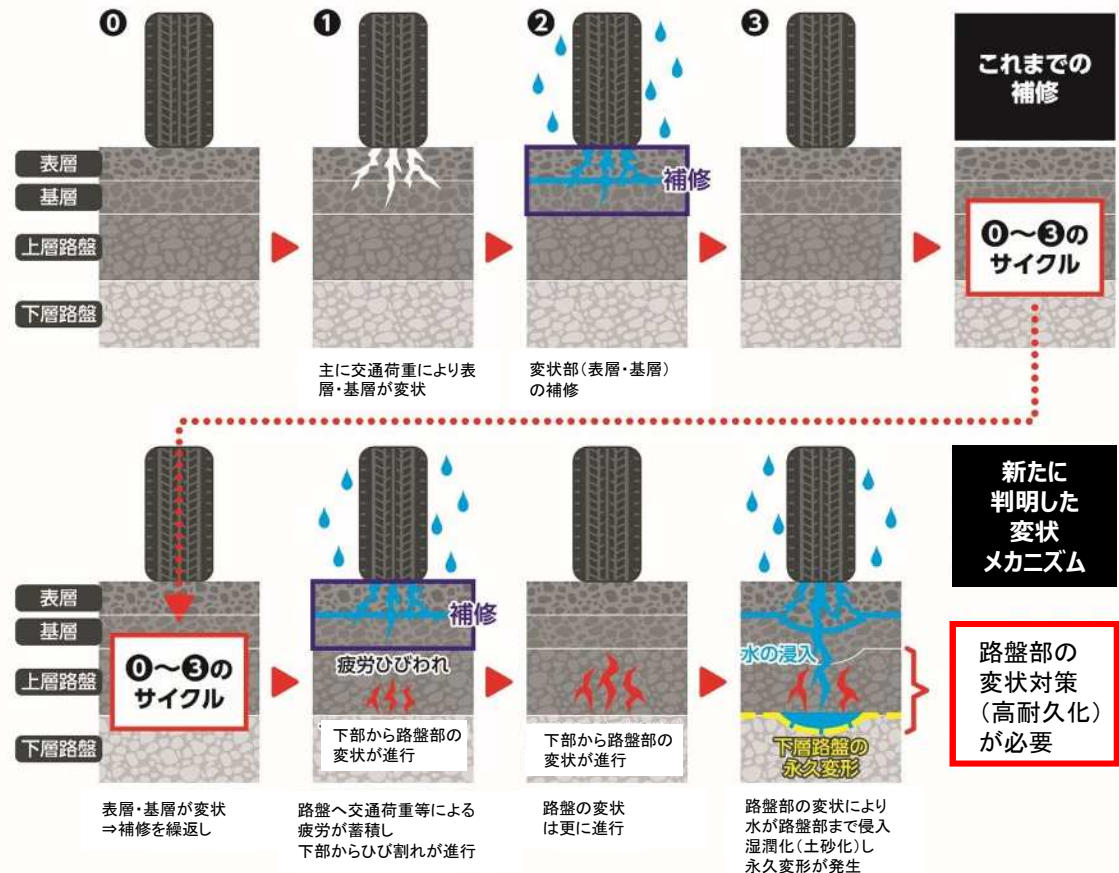
- 上層路盤や下層路盤の変状を確認(顕在化)



⇒ 上層路盤部の変状が表層の劣化進行に影響

※舗装の開削調査は2012(H24)～2021(R3)年に全国20IC区間で実施

### ■ 変状補修と新たに判明した変状メカニズム





# 舗装路盤部の疲労破壊への対応

## ○ 上層路盤の高耐久化によるライフサイクルコストの低減

- これまでの舗装補修サイクルの実績から、上層路盤の変状により経過年数が長くなるほど、補修までのスパンが短くなり舗装構造全体の性能が回復しないことが分かってきた。
- 上層路盤を高耐久化することにより、以後の舗装補修サイクルが長くなりライフサイクルコストの低減や工事規制による社会的影響の軽減が可能。(舗装補修の実績等から想定したライフサイクルコストにおいて従来の補修方法よりもライフサイクルコストの低減が図れるケースを試算)

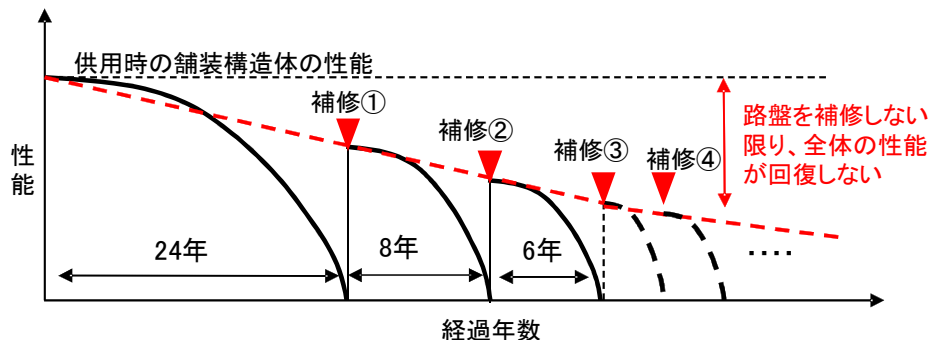
### ■ 基層部(表層及び基層)の補修サイクル

- 補修スパンは経過年数と補修回数を経るほどに短くなる。

区分	供用から初回	初回から2回	2回から3回
補修間隔	24年	8年	6年

※NEXCO3会社が管理する高速道路の  
1978～2019年までの補修履歴より算出(NEXCO総研調べ)  
データ数 供用から初回 58,881箇所  
初回から2回 11,033箇所  
2回から3回 1,161箇所

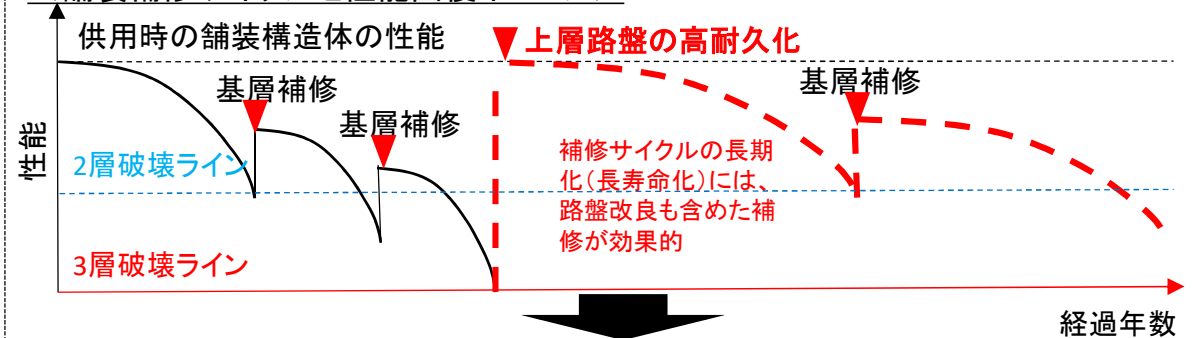
### ■ これまで(基層部までの補修)の舗装補修サイクルと性能回復イメージ



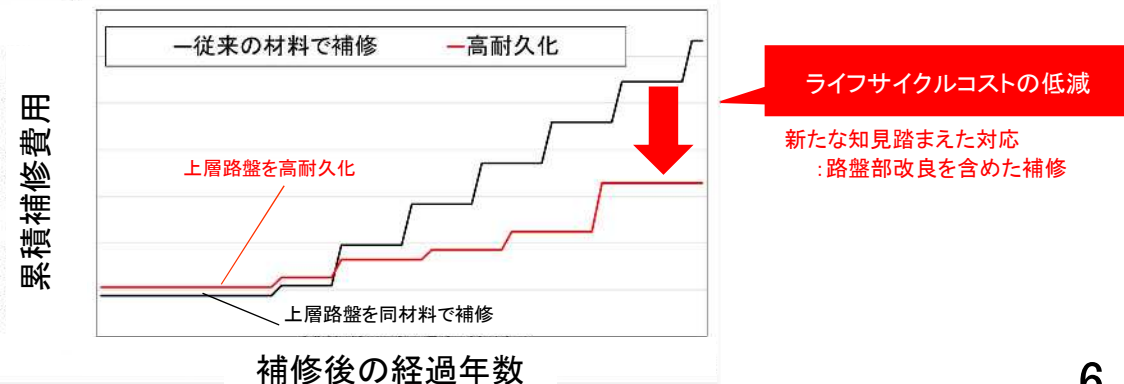
### ■ 上層路盤の高耐久化

- 上層路盤の高耐久化により舗装構成全体の性能が回復。
- 高耐久化した上層路盤は、50年間程度の性能保持想定期間と設定。
- 補修サイクルも健全化され、ライフサイクルコストも低減。

<舗装補修サイクルと性能回復イメージ> ※表層の補修頻度は変わらないことが前提



<上層路盤の高耐久化によるライフサイクルコストの低減>



# 舗装路盤部の疲労破壊への対応

## ○ 高耐久路盤への更新例

- 変状した路盤を新たな高耐久路盤に変更し、かつアスコン層厚を増加させることで、頻繁に変状を繰り返す舗装を抜本的に更新する。これらに対応で、補修スパンを大きく伸ばすことが可能となり、従来の舗装補修に比べ補修頻度とライフサイクルコストの大幅な低減に寄与する。
- 高耐久路盤への変更については、路盤の材料にHiMA(高弾性アスファルト混合物)を用い、路盤の性能保持想定期間は50年程度と想定。※長寿命化による交通作用の増加に対し、これらの構造強化は舗装設計法(T<sub>A</sub>法)の観点からも有効

### ■更新例(舗装厚=35cmの場合)

更新例①: 長時間の規制  
(昼夜連続)が可能

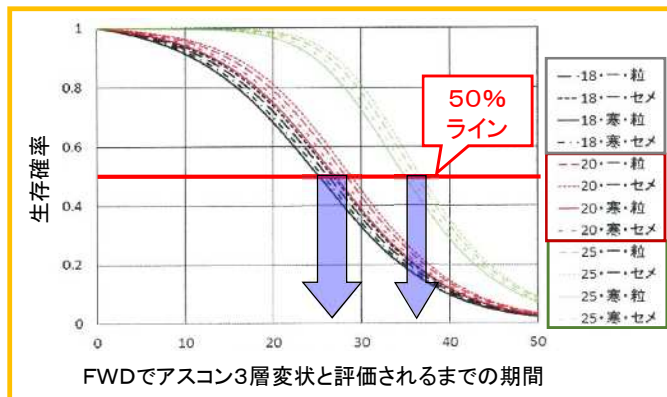
更新例②: 長時間の規制  
(昼夜連続)が困難



### ■アスコン層厚別の更新例

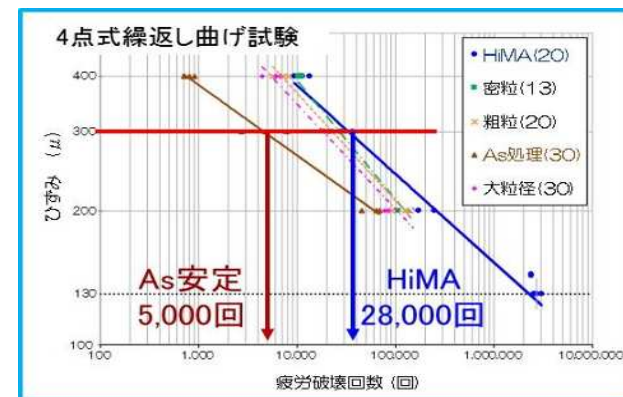
アスコン厚18~25cm以下		アスコン厚26cm以上	
現況	打換え後	現況	打換え後
表層 (t=4cm) 基層 (t=6cm) 上層路盤 (t=8cm) 下層路盤	表層 (t=4cm) 基層 (t=6cm) 高耐久路盤 (HiMA) (t=15cm) 下層路盤 (t=10cm)	表層 (t=4cm) 基層 (t=6cm) 上層路盤 (t=16cm) 下層路盤	表層 (t=4cm) 基層 (t=6cm) 高耐久路盤 (HiMA) (t=16cm) 下層路盤
・舗装全厚(4層)は変更なし ・下層路盤の永久変形も併せて除去可能		・舗装全厚(4層)は変更なし	

### ①アスコン層厚の確保



アスコンを5cm厚くすると、性能保持想定期間は10年近く伸びる

### ②適用材料の高耐久化



HiMAはAs安定の5倍以上のひび割れ抵抗性有



**(3) 定期点検や更新事業の実施等により得られた新たな知見(土工)**

- ・地すべり対策をしても変状が収まらない切土のり面への対応
- ・火山堆積物地質における路面陥没への対応

地すべり対策をしても変状が収まらない切土のり面への対応

# 地すべり対策をしても変状が収まらない切土のり面の対応

## ○ 事象発生箇所の概要

○ 大規模な断層や地山の亀裂に雨水が浸透することにより、切土のり面のすべり面の風化が進行し、地山の地すべりが長期的に進行。

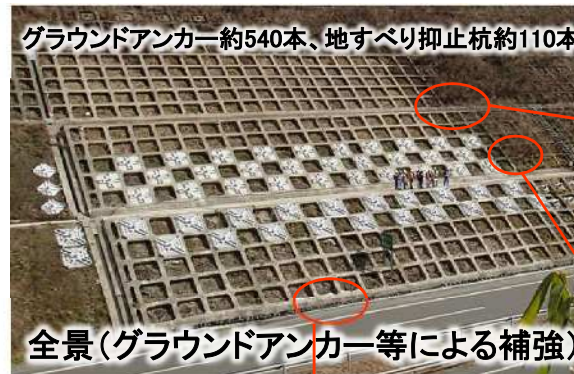
○ これまでグラウンドアンカー等による補強を繰り返しているが、のり面全体の変状が止まらない状況。

## E2 山陽自動車道 <sup>きづ</sup>木津地区(兵庫県)

<sup>みき</sup>【三木JCT～<sup>こうべにし</sup>神戸西IC間上下線、対策区間224m、1998(H10)年開通、23年経過】



### 変状状況



### これまでの点検・補修状況

グラウンドアンカーなどの補強対策を変状発生の都度実施

- 2001(H13)年 グラウンドアンカー工・受圧板工
- 2011(H23)年 切土補強土工、受圧板工
- 2014(H26)年 グラウンドアンカー工・受圧板工
- 2014年以降も継続して変状の状況を観測中

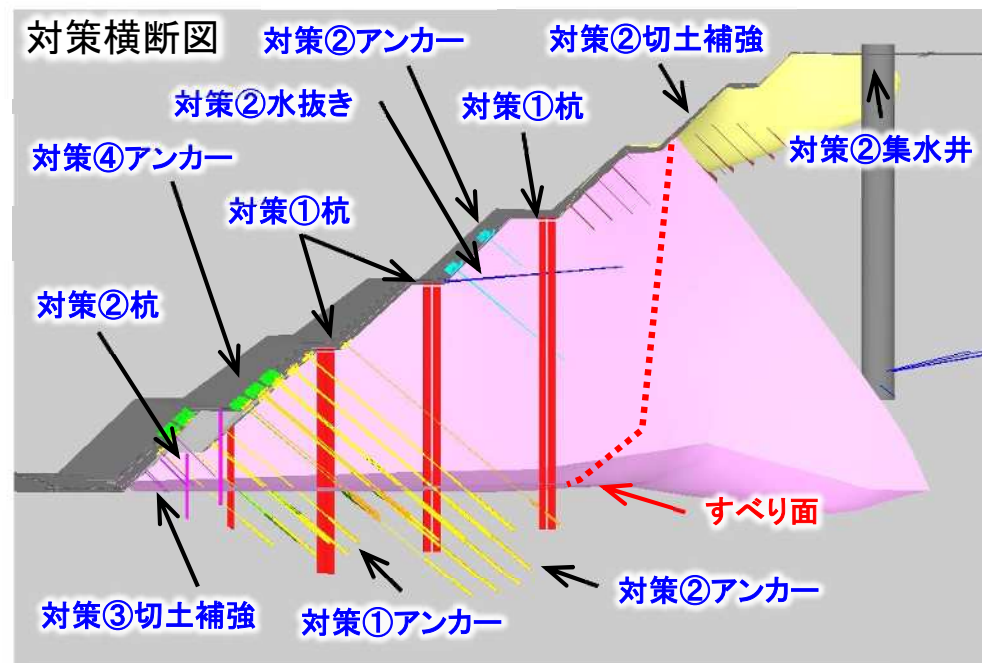
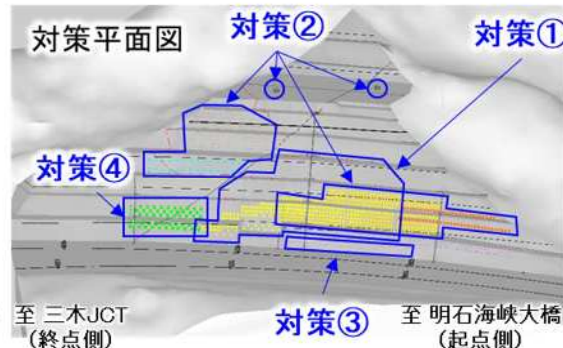
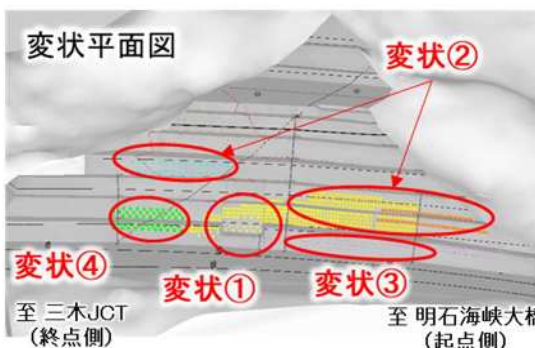
※ 建設当初から23年間経過しても、変状が収まらない状況  
2015(H27)年7月、2018(H30)年7月豪雨時に大きな変位を確認

# 地すべり対策をしても変状が収まらない切土のり面の対応

## ○ 過去の対策状況

年月	主な変状内容	対策内容
1996(H8)年 (建設中)	<b>変状①</b> のり面中央付近のすべり 工事段階で施工された鋼管杭の変形	<b>対策①</b> 抑止杭工・グラウンドアンカー工
2001(H13)年 (以下、供用中)	<b>変状②</b> のり枠の亀裂 小段コンクリートの亀裂	<b>対策②</b> 水抜ボーリング工・集水井工 グラウンドアンカー工・抑止杭工
2011(H23)年	<b>変状③</b> のり枠の亀裂や浮き上がり	<b>対策③</b> 切土補強土工
2014(H26)年 (台風18号)	<b>変状④</b> のり面のはらみ出し 小段コンクリートの亀裂	<b>対策④</b> グラウンドアンカー工

2016年時点の切土のり面状況(現況と同じ)



※凡例

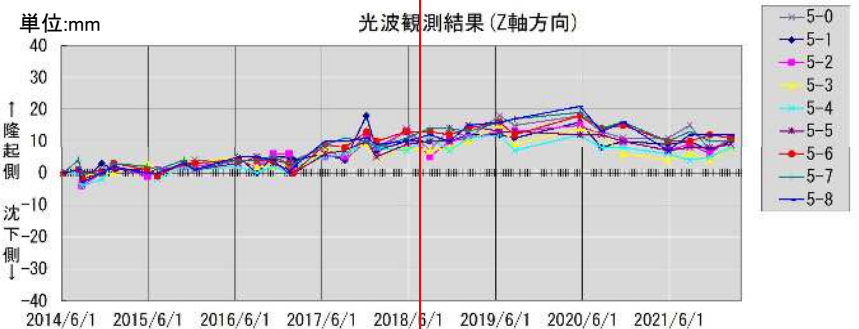
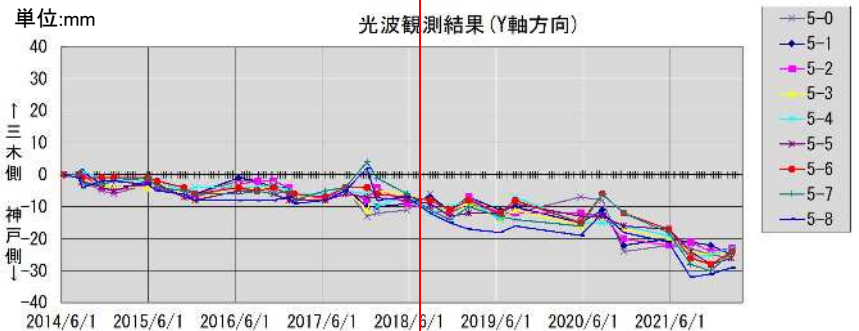
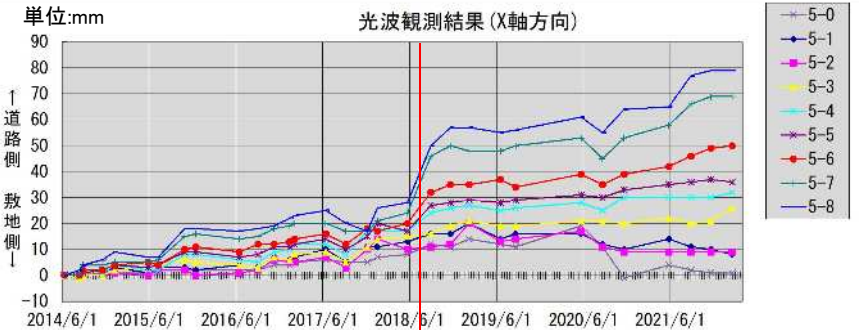
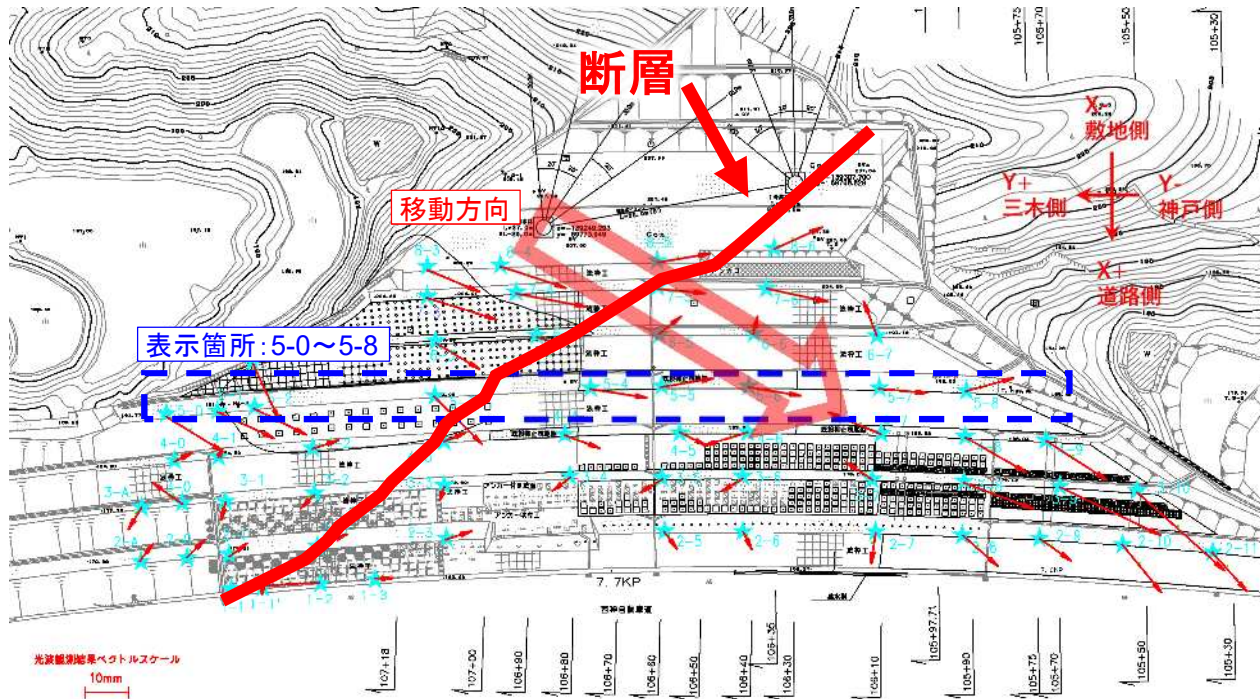
杭: 抑止杭工、アンカー: グラウンドアンカー工、水抜き: 水抜ボーリング工、切土補強: 切土補強土工



# 地すべり対策をしても変状が収まらない切土のり面の対応

## ○ 対策工実施後の変状状況

○ 2014(H26)年以降ものり面の変状は収まらず、アンカー荷重計においても緩やかに荷重が増加。



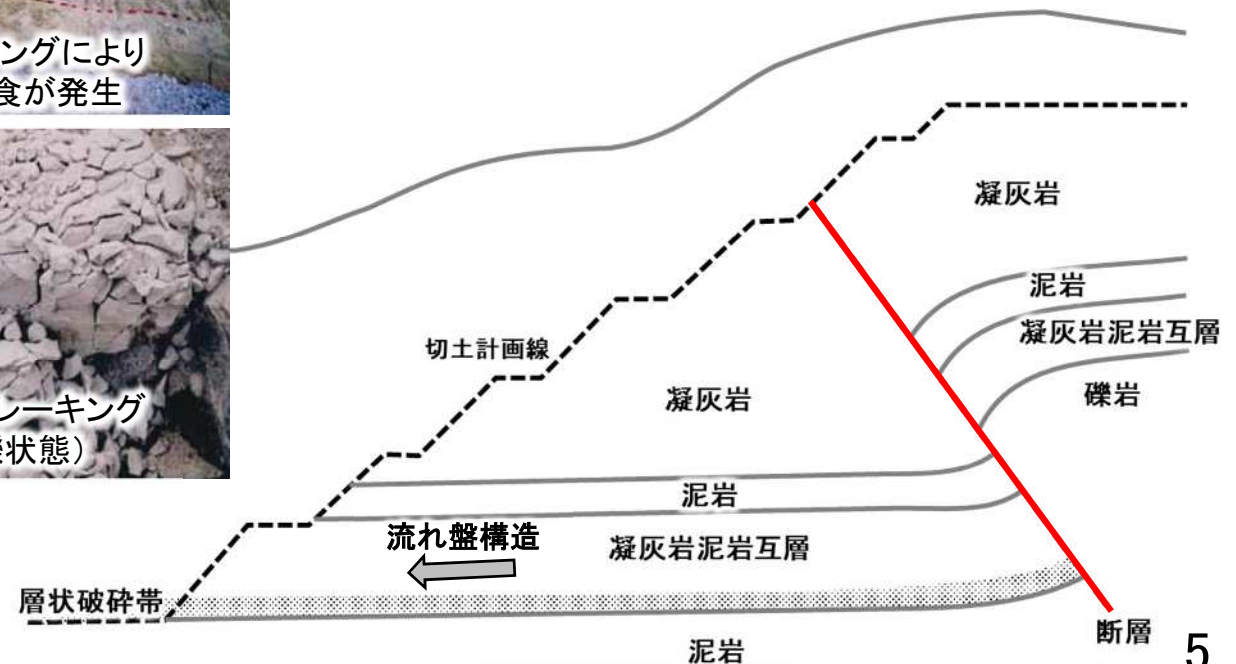
2018年7月西日本豪雨



# 地すべり対策をしても変状が収まらない切土のり面の対応

## ○ 変状発生 の 要因

- 当該地区には、神戸層群の礫岩・泥岩・砂岩・凝灰岩と、その上位に大阪層群の砂礫層が分布し、一部花崗岩も出現している。
- 神戸層群の泥岩や凝灰岩は、乾湿繰り返しにより細粒化しやすいスレーキング性の高い地質である。また、水浸すると含有している粘土鉱物との水和反応により吸水膨張する特性を有している。
- 当該地区ののり面には断層が介在し、断層活動に伴い地質が褶曲に変形し、層状破碎帯や流れ盤を形成している。



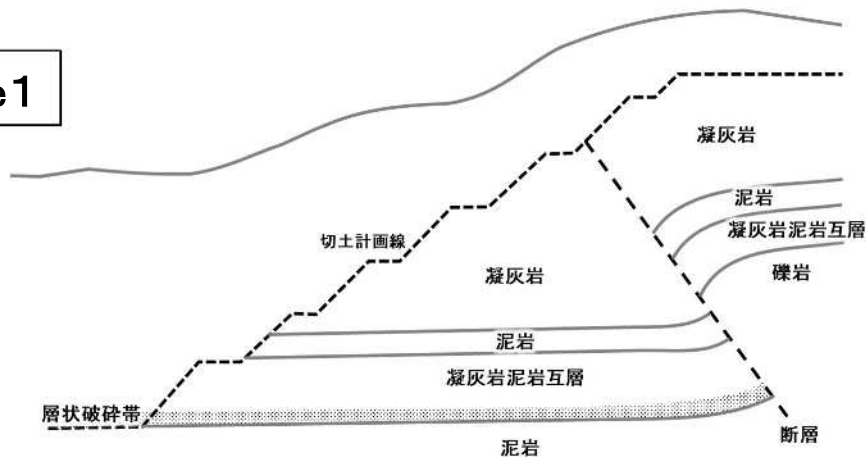
# 地すべり対策をしても変状が収まらない切土のり面の対応

## ○ 変状発生メカニズム

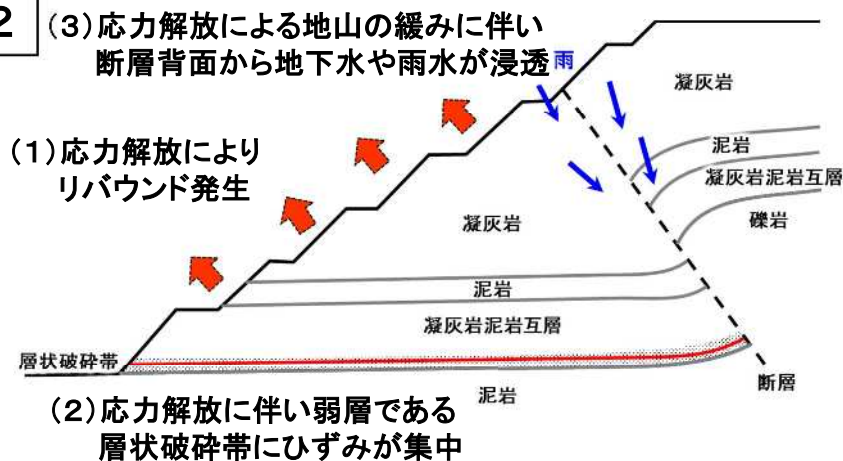
- 切土に伴う応力解放によりリバウンドが発生し、層状破碎帯にひずみが集中することにより変形が進行。
- 地山の緩みに伴う断層背面などの割れ目からの水の供給により縦亀裂が拡大するとともに、地下水位の変動により層状破碎帯付近の地質が吸水膨張し強度低下が進行。
- 強度低下の進行に伴い層理面に沿った変形が始まり、連続したすべり面を形成。
- 経時的なすべり面強度の低下により、すべり破壊が顕在化。(遅れ破壊)

※第3回 山陽自動車道西神線 木津地区  
地すべり対策検討会 資料を加筆修正

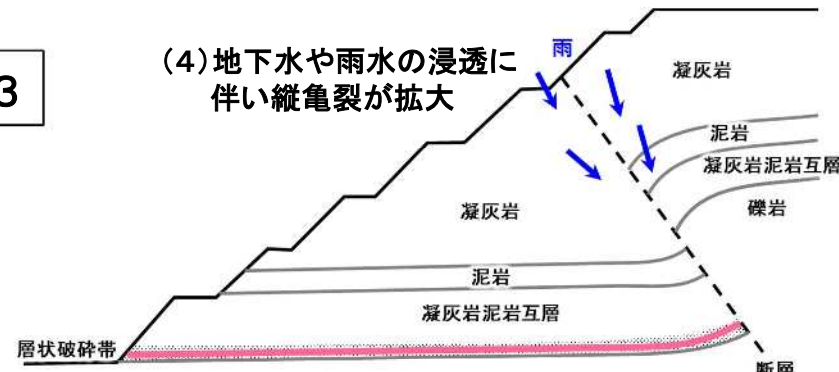
### Phase 1



### Phase 2

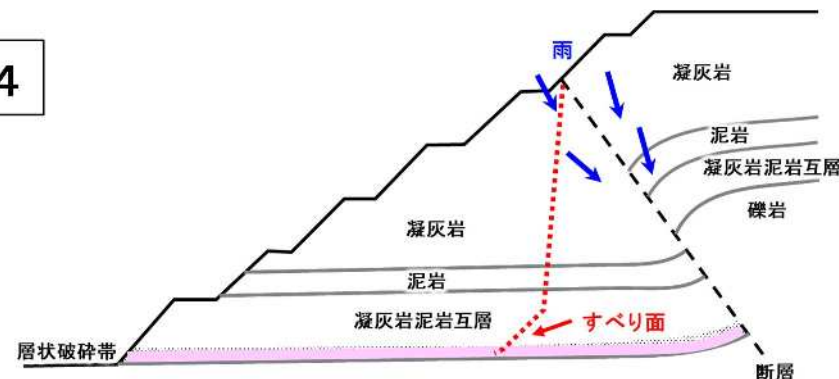


### Phase 3



(5) 地下水の供給に伴う泥岩等の吸水膨張により層状破碎帯の強度低下

### Phase 4



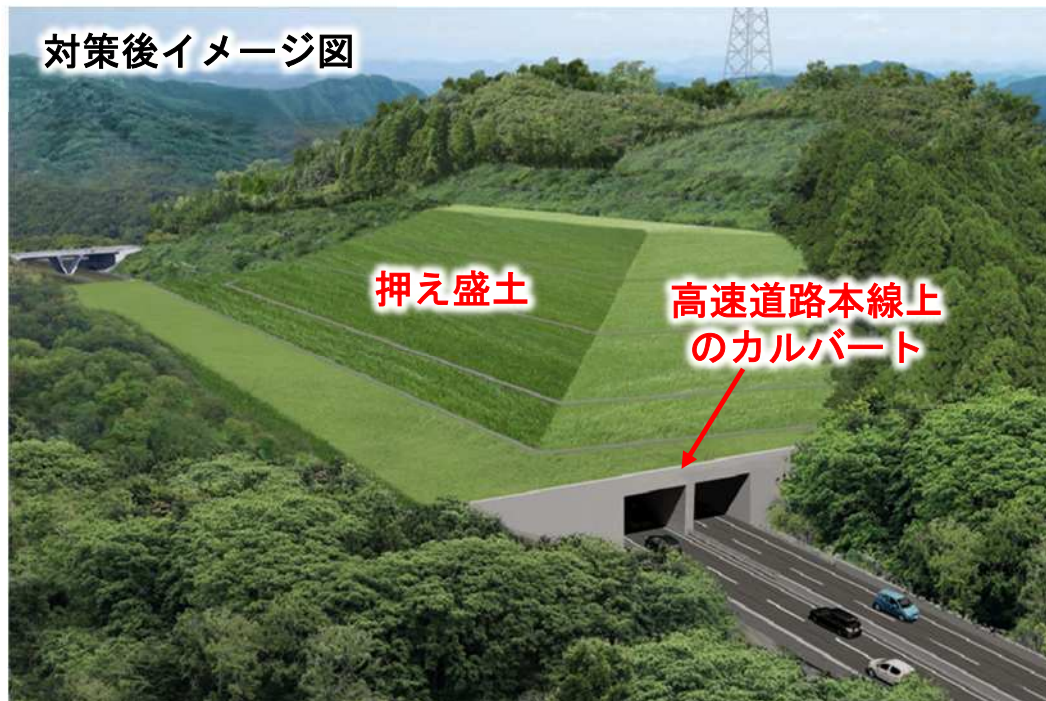


# 地すべり対策をしても変状が収まらない切土のり面の対応

## ○ 抜本的な対策工について

- 変状発生 の 都度、対策を実施してきたが、地下水や降雨の影響により地山の強度低下や変形が進行しており、今後も更に地すべりが進行することが想定。
- 2016年より外部有識者を含めた「木津地区地すべり対策検討会」を発足し、抜本的な対策について検討を実施。
  - ・2016(H28)年12月 第1回検討会: 変状及び対策の経緯、動態観測計測状況確認
  - ・2017(H29)年12月 第2回検討会: 三次元地質構造モデル解析、すべり面残留強度確認
  - ・2020(R2)年12月 第3回検討会: 抜本的な対策の策定
- 変状発生 のメカニズムや規模などから、グラウンドアンカー等による標準的な工法では地すべりを抑止することができないと考え、抜本的な対策としてカルバート+押え盛土工による大規模更新が必要と判断。

### ■カルバート化+押え盛土工



### <検討会での意見>

- ・ 変状の進行に伴いすべり面の強度低下が進んでおり、今後大きな変形が生じると不安定化が進み変状は加速していく可能性がある。
- ・ これまでの対策では変形を抑制することができないため、のり面全体に対して、カウンターで変形を止める面的な抜本的対策が必要である。

### <対策工(切土区間のカルバート化)>

- ・ 本線上にカルバートを設置し、その上に押え盛土を構築することで、従来の交通を確保したうえで、のり面全体に対して面的に変形を抑制する。
- ・ なお、前後に構造物等の制約がない場合、押さえ盛土による本線縦断のかさ上げを検討  
(当該箇所は対象区間の前後に橋梁等があり本線縦断の変更は不可)



## 火山堆積物地質における路面陥没への対応

# 火山堆積物地質における路面陥没への対応

## ○ 事象発生路線の概要

○ E68東富士五湖道路 富士吉田IC～須走IC間は富士山の北東山麓に位置する一般有料道路であり、主に「スコリア」に分類される多孔質な火山噴出物が堆積した扇状地に、盛土構造を主体として建設されている。当該路線の盛土には現地発生土が使用されており、盛土内にもスコリアが含まれている。

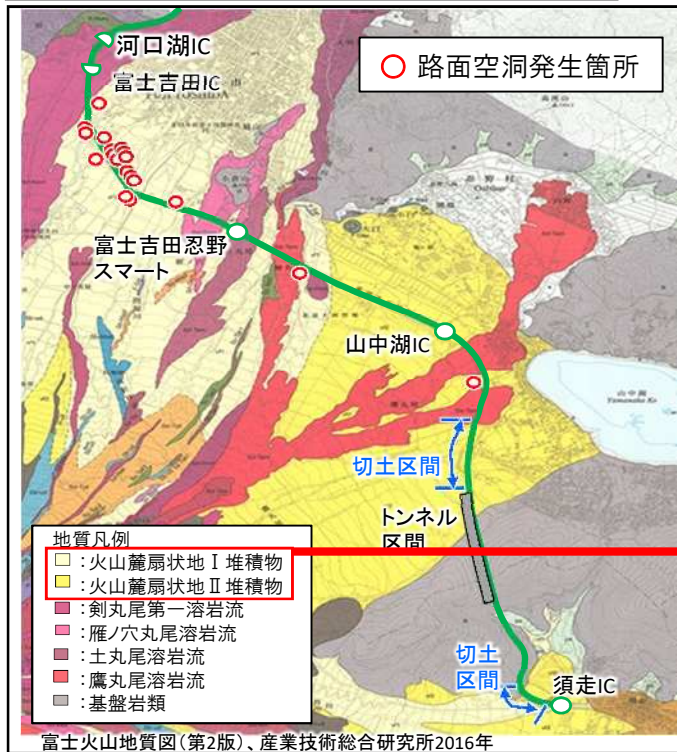
## E68東富士五湖道路 富士東部地区(山梨県)

【<sup>ふじよしだ</sup>富士吉田IC～<sup>すばしり</sup>須走IC間上下線、対策区間9.5km、1986(S61)年開通、35年経過】

### 位置図



### 事象発生路線における地質概要図



### スコリアとは

火山噴出物の一種で、溶岩中の揮発成分が噴出に揮発し、多数の気泡が生じた状態で急激に冷え固まることにより、多孔質な砂礫状となったもの。主に玄武岩質マグマの噴出に伴って形成され、暗色を呈する。

富士山北東山麓には、紀元前2800～300年に形成された火山麓扇状地Ⅱ堆積物と、紀元前300年以降に形成された火山麓扇状地Ⅰ堆積物が分布しており、いずれもスコリアを主な母材としている。



※安山岩～流紋岩質マグマを起源とし、淡色を呈するものは軽石として区別される。

参考文献  
国立研究開発法人 産業技術総合研究所  
地質調査総合センター

富士山火山地質図(第2版)説明書

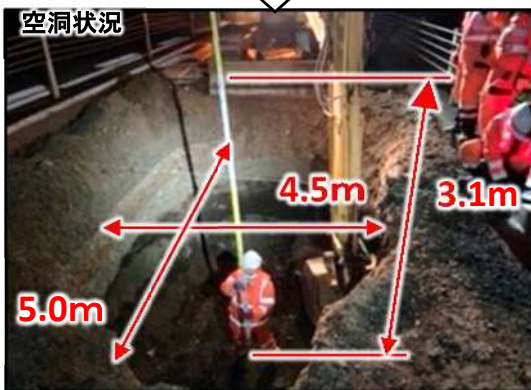
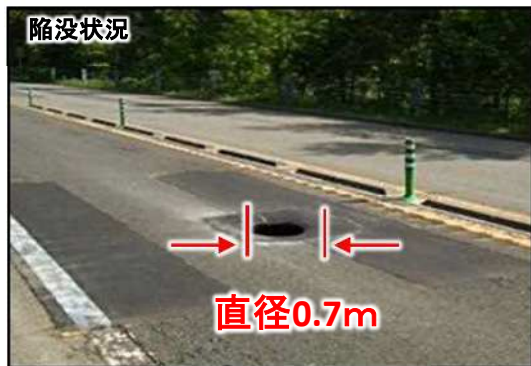
# 火山堆積物地質における路面陥没への対応

## ○ 路面陥没等の発生状況

- 路面陥没や路面下空洞・路面沈下が繰り返し発生する事象は、前頁に示す東富士五湖道路の特徴的な原地盤や盛土材との関連が想定された。
- 今まで、点検・調査頻度の向上と、路面下空洞等に起因すると推察される点検・調査結果が確認され次第、開削し、空洞等の充填をするなどの補修を実施してきた。
- なお、盛土内への雨水の浸透が一因と推定されたため、一部区間において、遮水シートの設置等の対策を実施したが、完全な浸透防止対策に至らず、その後も路面の陥没・空洞が発生している。

### E68東富士五湖道路 富士東部地区(山梨県)

#### 損傷状況

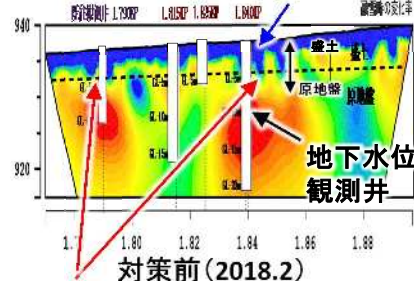


#### これまでの点検・補修状況

- 路面陥没等が確認され次第、空洞の充填等の部分的補修等を繰り返し実施
- 2016年に路面陥没を伴う大規模な路面下の空洞が発生(左記写真事例)以降、電磁波レーダー調査を定期的実施。空洞を確認するたびに充填を実施。(2021年までの6年間に19回の空洞充填 内17回は電磁波レーダーで異常検知)
- 2017年より盛土内の浸透水の調査を実施。降雨・降雪前後で盛土内・原地盤の飽和度変化を確認。
- 2019年に区間の一部で遮水シートの設置、排水溝の漏水防止を実施。
- 2019年に浸透水対策後の浸透水調査を実施。対策は一定程度の効果は確認できたが、盛土と原地盤との境界付近における地下水位が降雨・融雪後上昇していることが確認され、完全な遮水は困難と判明。

#### 飽和度変化率分布

盛土表層部で飽和度の変化の度合いが大きい⇒雨水が浸透



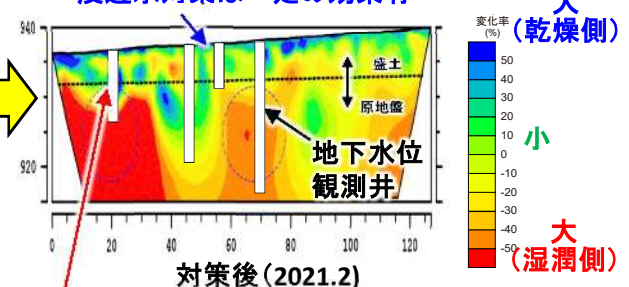
盛土底面と原地盤との境界部付近で飽和度の変化が大き⇒浸透水が原地盤基盤面に到達し流出

- 2021年に地中内の空洞の大きさが短期間に拡大していたことから、調査を年1回から年4回に増やし、空洞が確認されれば都度充填を実施して対応。



#### 飽和度変化率分布

飽和度の変化の度合いが小さい⇒浸透水対策は一定の効果有



盛土底面と原地盤との境界部付近の飽和度の変化の防止には至らず

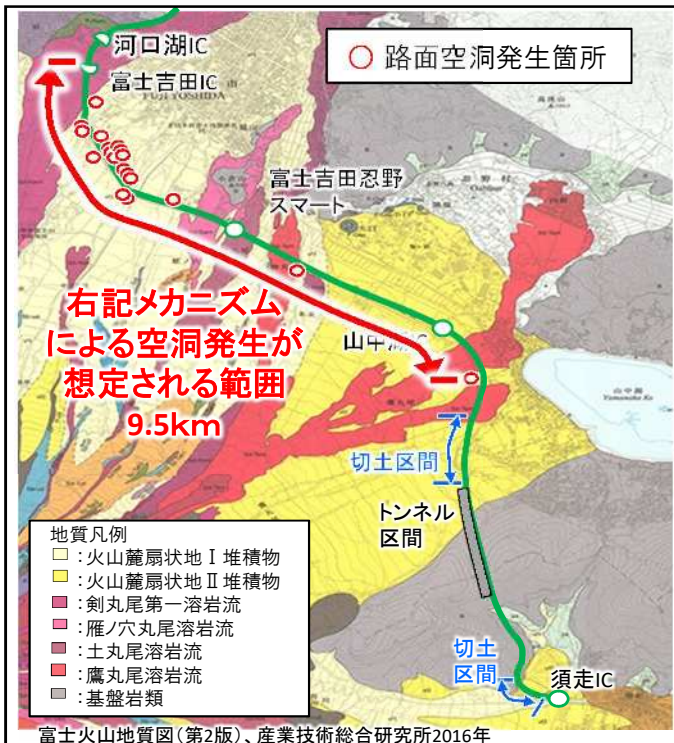


# 火山堆積物地質における路面陥没への対応

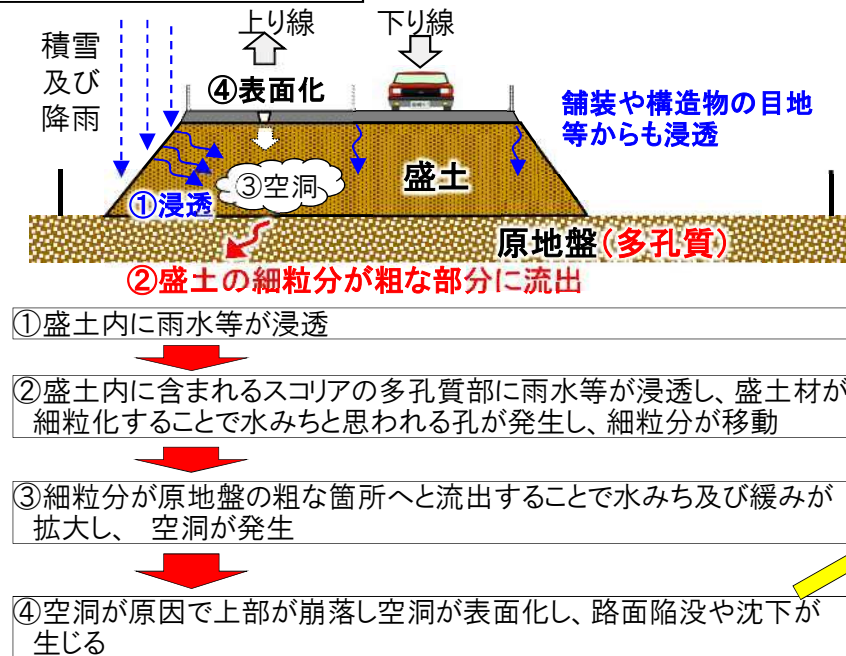
## ○ 変状発生の変態とメカニズム

- 繰り返し発生している路面陥没につながる路面下空洞や沈下の発生箇所の分布を地質図と重ね合わせた結果、そのほとんどは「スコリア」に分類される多孔質な火山噴出物が堆積した扇状地上の盛土区間となっていた。
- 上記盛土区間では、降雨等が浸透することにより盛土材が細粒化して移動し、原地盤の粗な部分に流出することが要因となり、路面陥没や沈下が繰り返し発生していると推定される。
- 現在実施している点検や電磁波レーダーによる空洞調査では、確実に空洞の発生前に予兆を発見することは困難であり、仮に発見できたとしても、そのたびに緊急通行止め工事を要する。
- 上記リスクを内在した状態で道路を継続して供用することは、管理者、利用者のいずれにも安全性の面で合理的ではないこともあわせ、抜本的な対策が必要である。

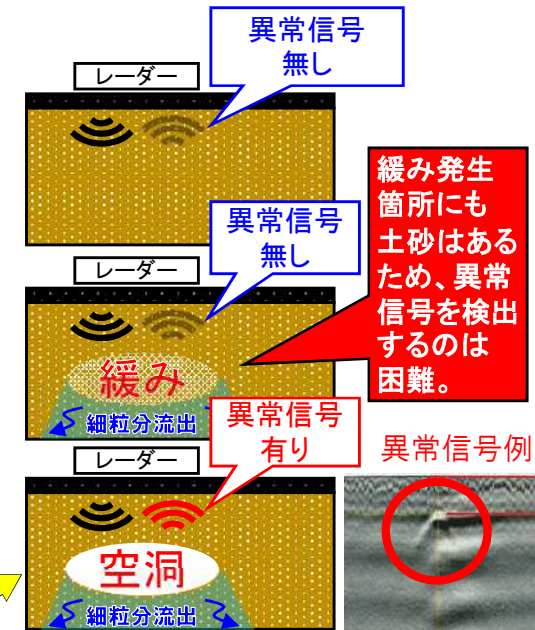
### 事象発生箇所と原地盤の位置関係



### 空洞発生要因(推定)



参考: 電磁波レーダー探査概略図



異常を検知した段階ではすでに空洞が生じている状態である。  
 ⇒路面陥没がいつ・どこで発生するか予測困難

出典: E68東富士五湖道路 道路空洞対策検討会(第9回)  
 2022年10月7日  
 資料より抜粋・加筆修正

# 火山堆積物地質における路面陥没への対応

## ○ 対策工の選定について

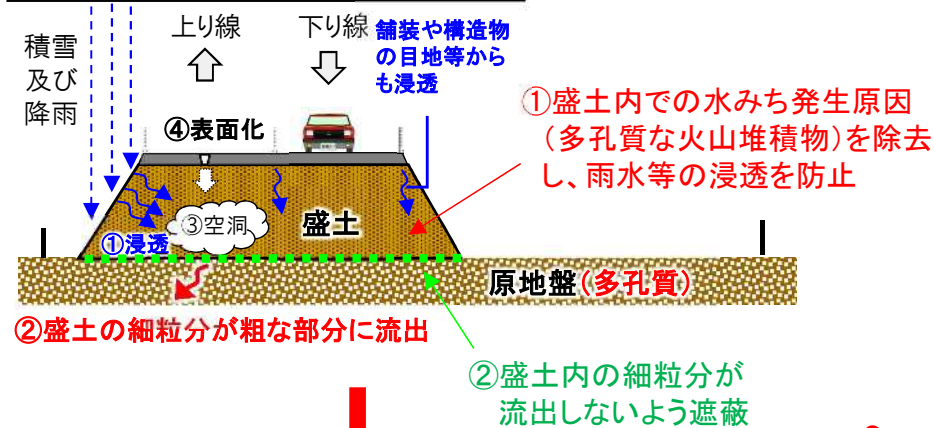
○ 2016年度より外部有識者を含めた「東富士五湖道路 道路空洞対策検討会」を実施し、以下のとおり取りまとめた。  
⇒ 路面下空洞箇所の開削調査や盛土材分析、原地盤調査などから、路面陥没・沈下事象の発生は以下に示す2点が要因と考えられる。

- ① 原地盤の粗な箇所に盛土材（細粒分）が流出する（素因）。
- ② 盛土内への浸透水の影響により盛土材（細粒分）が移動する（誘因）。

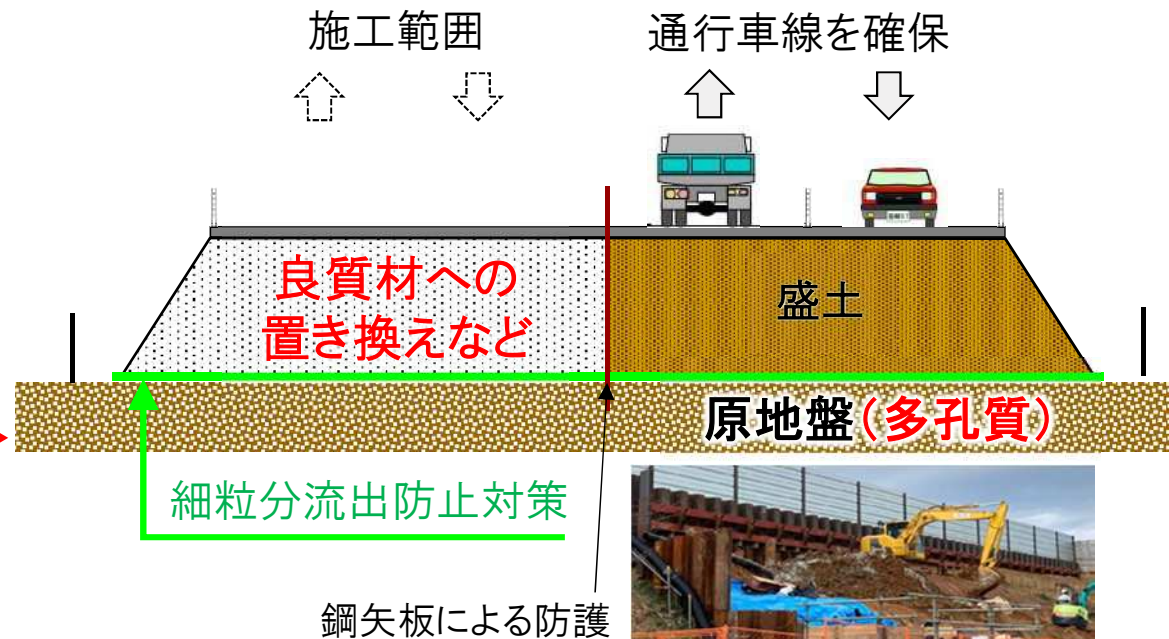
⇒ 上記を踏まえ、空洞に起因する路面陥没や沈下の発生を未然に防ぐためには、盛土区間全線にわたり、

- ① 盛土内部のスコリアを除去し、盛土内での水みちの発生を防止するため、盛土を良質材に置き換える。
- ② 盛土内の細粒分の原地盤への流出を防止するため、盛土と原地盤境界部に細粒分流出防止対策を実施する。

### ■ 事象発生路線の現状(推定)



### ■ 事象発生路線での対策工事施工概要



※対策工法は引き続き検討

