

東富士五湖道路の 空洞化対策事業概要と維持管理

中日本高速道路(株) ○中島康介 藤岡一頼 早野智彦 柄澤隆大 杉澤大達
中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京(株) 田坂真智



1. 事象概要
2. 調査結果から推定されるメカニズム
3. 現行の維持管理手法
4. 空洞化対策事業概要

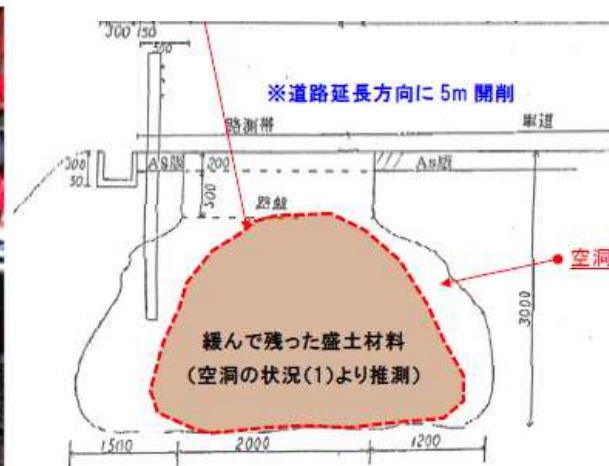
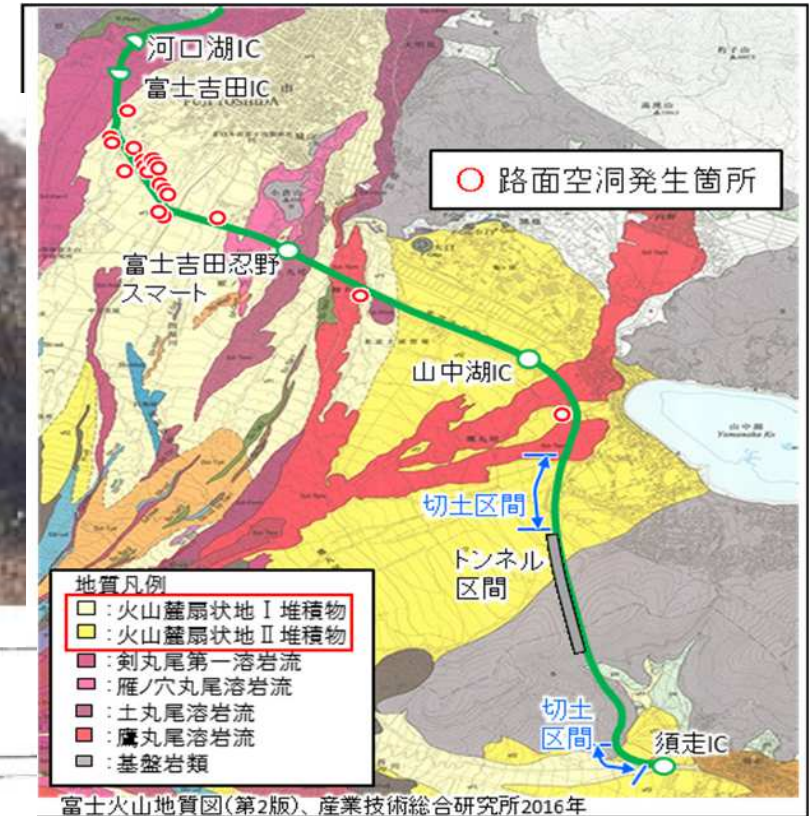
1. 事象概要（空洞発生状況）

○E68東富士五湖道路(富士吉田IC^{ふじよしだ}～須走IC^{すばしり})では、供用後約40年を経過し、近年、舗装路面に陥没や空洞が繰り返し発生している。

○2016年(H28)より有識者委員会で検討を進めた結果、火山堆積物地質の原地盤に火山堆積物地質の盛土の細粒分が流出し、空洞が発生したというメカニズムが想定された。

E68東富士五湖道路 富士吉田IC～須走IC(山梨県 富士東部地区)

【上下線、対策区間4.4km、1986年(S61)開通、35年経過】



約40mm



多孔質な火山堆積物(スコリア):

火山噴出物の一種で、溶岩中の揮発成分が噴出時に揮発し、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。

原地盤及び盛土材が
多孔質な火山堆積物

1. 緊急対策工事

2016年5月19日開削

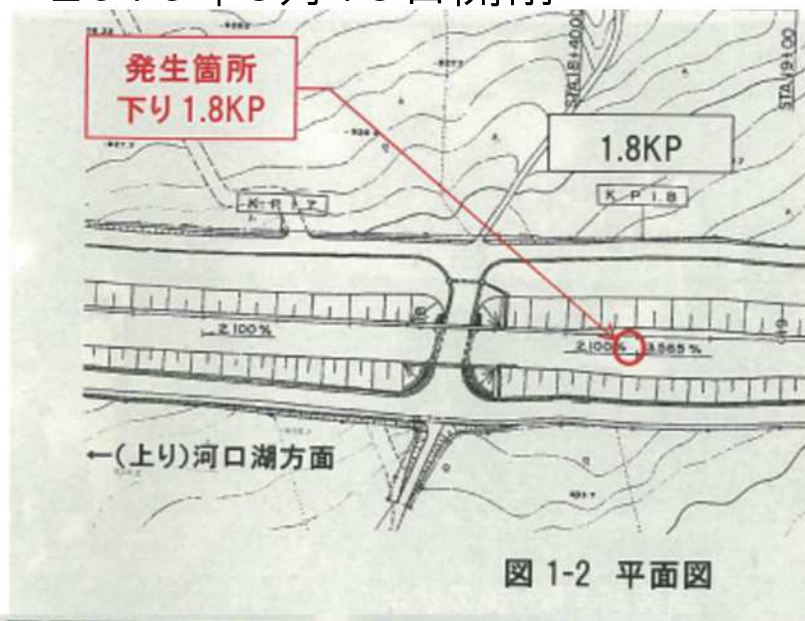
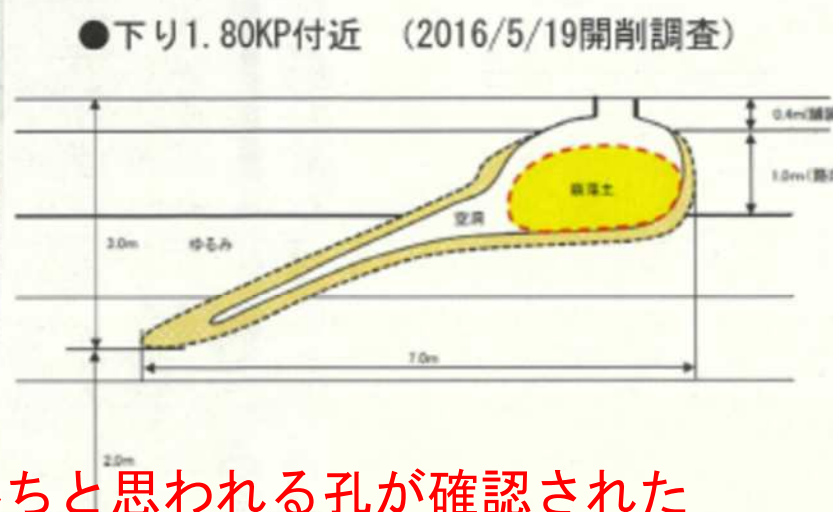


写真 1-1 発見時の状況



- ・ 緩み域は湿っていた。
- ・ 空洞やゆるみ部の先に水みちと思われる孔が確認された

流出した土砂は見つからない ⇒どこに流れているのか？

2. 変状メカニズムの推定

開削時の状況

- ・緩み域は湿っていた
- ・空洞や緩み部の先に水みちと思われる孔が確認された
しかし流出した土砂は見つからない

①盛土材料の細粒分が流出したのか？

⇒盛土材料をサンプリングし土質試験を実施

②原地盤が緩んでいるのか？

⇒表面波探査によりゆるみの有無を確認

2-①. 材料試験結果 (スコリア)

■ 盛土材料の細粒分が流出しているのか？

⇒ 盛土材として使用された赤スコリア・黒スコリアについて、材料試験を行った。

- 赤スコリアは黒スコリアに比べて、礫分が多く含まれるが、細粒分（シルト+粘土分）も多く含まれる。
- 赤スコリアは自然含水比が最適含水比より大きくオーバークompactionの傾向を示す。
- 赤スコリア、黒スコリアともに破碎及び乾湿繰返しによって、粒径が細くなる傾向が認められた。

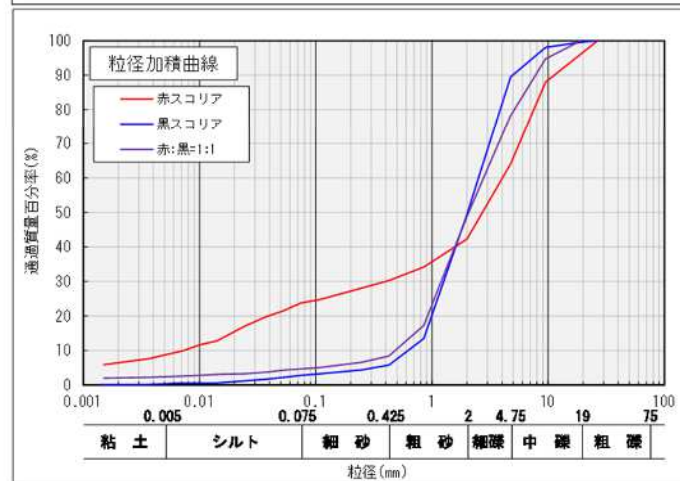
【試料写真】



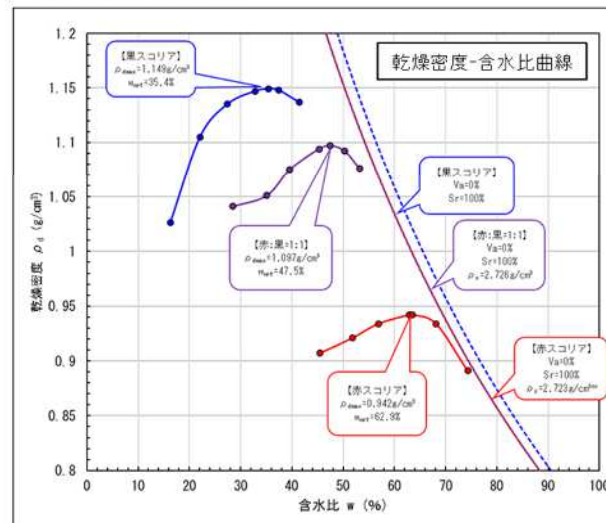
試料名	土粒子の密度	自然含水比	破碎率	スレーキング率
	ρ_s (Mg/m ³)	Wn(%)	(%)	(%)
赤スコリア	2.723	69.2	37.5	15.9
黒スコリア	2.901	29.5	37.7	33.0



【粒度試験結果】



【締めめ試験結果】



・スコリアは、明確にスレーキングしやすい材料ではないが、**水の影響により細粒化することがある。**

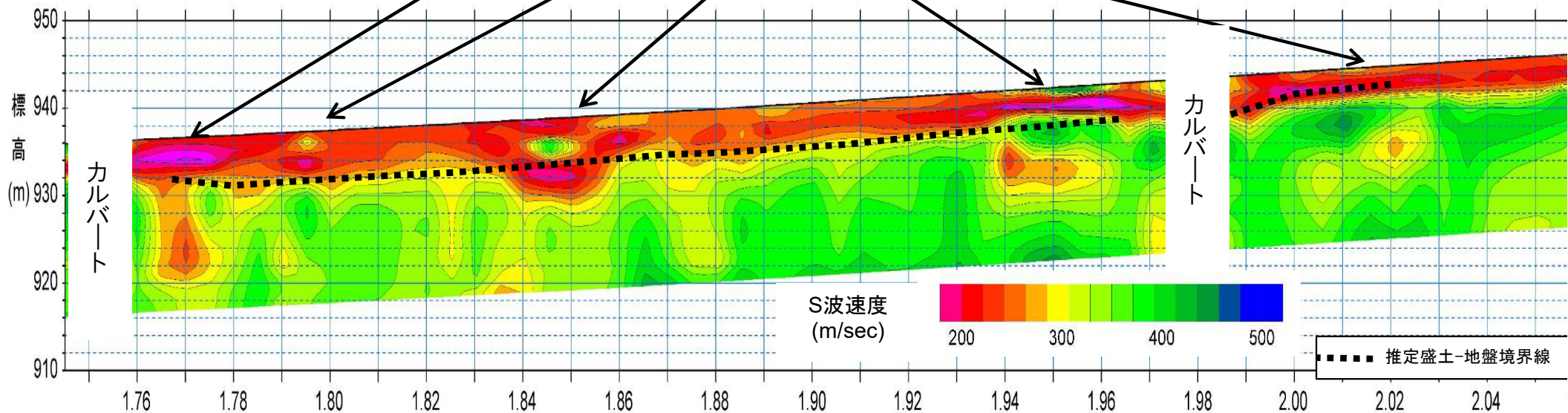
・細粒化して体積が小さくなると水みちになる可能性がある。

2-② . 表面波探査の結果

■ 空洞多発箇所での現地盤に見られる特徴（要因）は何か？

⇒水みちや、ゆるみを非破壊で探査できないか、道路面から表面波探査や電気探査を実施した。

KP	1.77	1.80	1.85	1.95	2.02	集計期間
空洞事象(回)	2	1	5	0	1	1999～2021(23年間)
舗装補修(回)	0	0	11	18	12	1995～2002(8年間)



- ・ S波速度が高い箇所は碎石による埋め戻しと考えられる
- ・ その周辺の低い箇所は「ゆるみ」と考えられる
- ・ 原地盤内に伝播速度が遅い箇所がみられた。
この箇所では空洞発生事象が複数回確認されている。

2. 推定メカニズム

【開削調査から説明できる事項】

- ・ 緩み域は湿っていた。
- ・ 空洞やゆるみ部の先に水みちと思われる孔が確認された。



- ・ この下方に続く孔を伝い、水を介して細粒分が移動すると想定。

【材料試験から説明できる事項】

- ・ スコリアは、明確にスレーキングしやすい材料ではないが、水の影響により細粒化することがある。
- ・ 細粒化して体積が小さくなると水みちになる可能性がある。

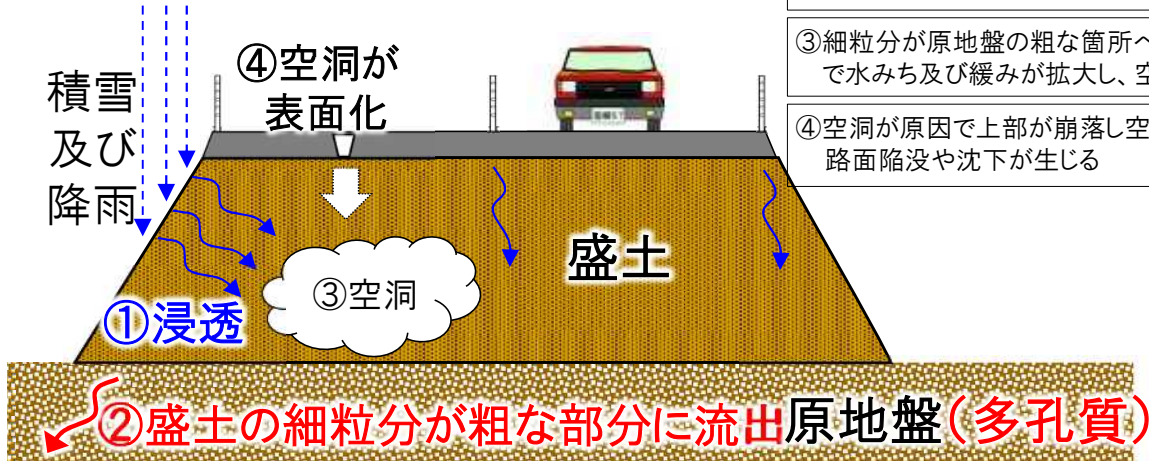
【原地盤から説明できる事項】

- ・ 原地盤内に表面波伝播速度が遅い箇所がみられ、この箇所では空洞発生事象が複数回確認されている。
- ・ 扇状地で基盤はしっかりしているものの、水が集まりやすい沢地形を含んでいる箇所がある。

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

空洞発生イメージ

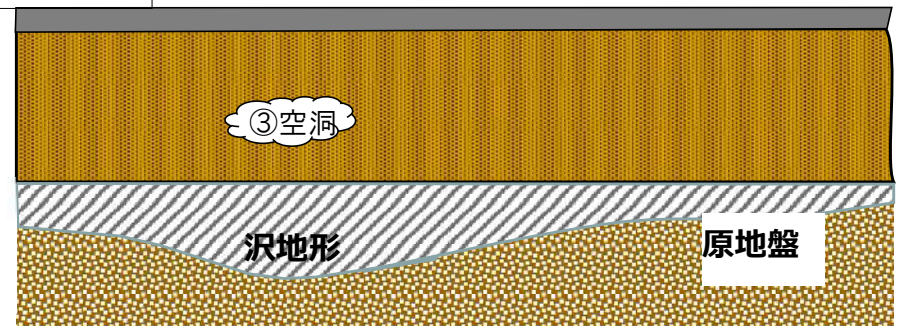
舗装や構造物の目地等からも浸透



- ① 盛土内に雨水等が浸透
- ② 盛土内に含まれるスコリアの多孔質部に雨水等が浸透し、盛土材が細粒化することで水みちと思われる孔が発生し、細粒分が移動
- ③ 細粒分が原地盤の粗な箇所へと流出することで水みち及び緩みが拡大し、空洞が発生
- ④ 空洞が原因で上部が崩落し空洞が表面化し、路面陥没や沈下が生じる

< 縦断面 >

空洞事象発生頻度の高い箇所は沢地形を形成している箇所を横断している。



3. 現行の維持管理手法

○お客様の安全を確保するために**陥没事象を未然に防止する**必要がある。

点検・調査	交通管理隊 巡回点検	日常点検	社員点検	地中レーダ探査	MMS測量
手法概要	車上目視 (落下物や事故 等の対応が主)	路面変状を 車上目視	過去の変状箇 所を車上目視	自走式電磁波レーダ調査車両	レーザスキャナ搭載車両
頻度	5回/日	6回/2週	2回/2週	4回/年	4回/年



(1)点検

点検の際は、「**路面の段差**」、「**くぼみ**」に着目し、
点検結果の判定補助として、**地中レーダ探査**(手押しタイプ)も併用する。

(2)地中レーダ探査

- ・地中レーダ探査は、路面下空洞(1.5m以浅)の空洞を把握するために実施。
- ・路面から30cm以内の緊急性を有する異常箇所を1週間で抽出可能

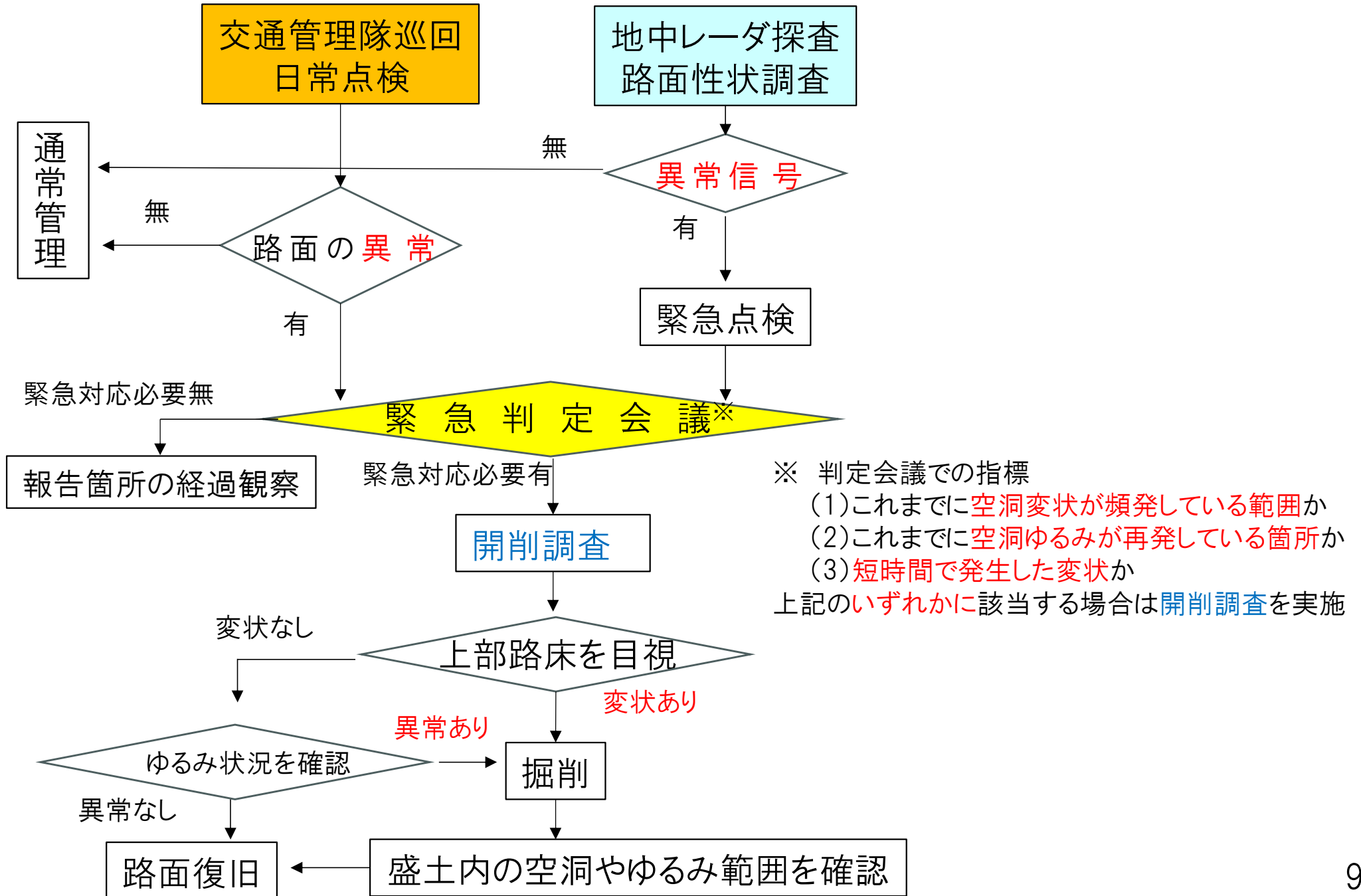


(3)路面性状調査

路面性状調査は、「路面の段差」「くぼみ」を抽出するため、路面性状測定車により路面の状態を測定(3次元点群測量)。



3. 現行の維持管理手法フロー

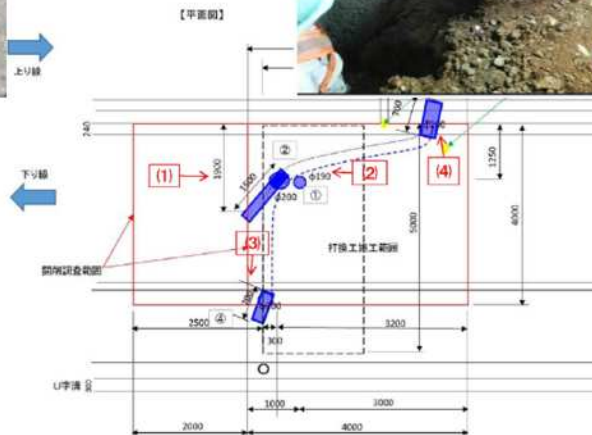
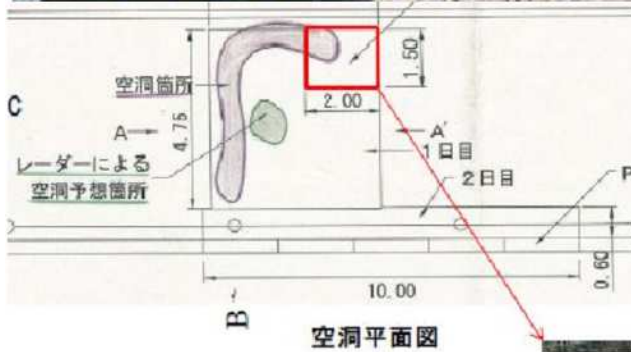


3. 現行の維持管理方法での課題

- 空洞発生箇所のうち一部の箇所においては、空洞充填後も**再度空洞が発生**している。
- 電磁波レーダーによる空洞調査を定期的の実施しているが、盛土に**緩みが発生した程度**では、これら**予兆を事前に発見することが困難**。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。
抜本的な対策を行うことにより、盛土の長期安定性の確保やリスクの排除が可能となる。

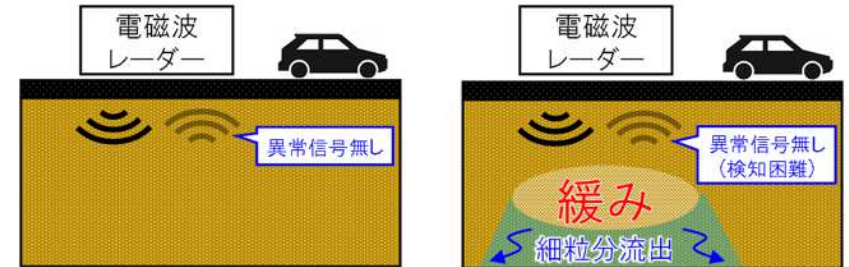


空洞充填後
空洞が再発

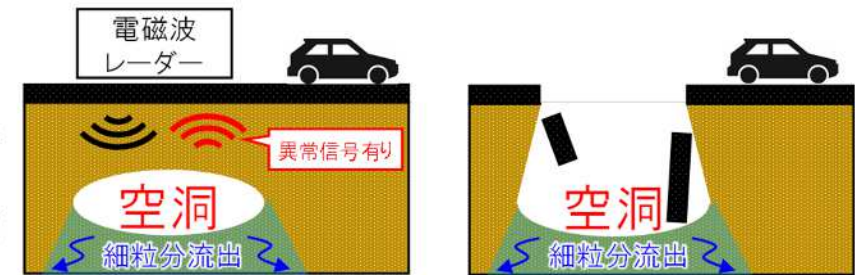


路面空洞充填回数

発生年度	2016	2017	2018	2020	2021	2022	2023	2024	合計
総数	2	2	10	1	4	1	2	2	24
地中レーダー探査で発見	2	1	10	0	4	1	1	0	19
巡回等で発生	0	1	0	1	0	0	1	2	5



ゆるみ発生箇所にも土砂はあるため、異常信号を検出するのは困難

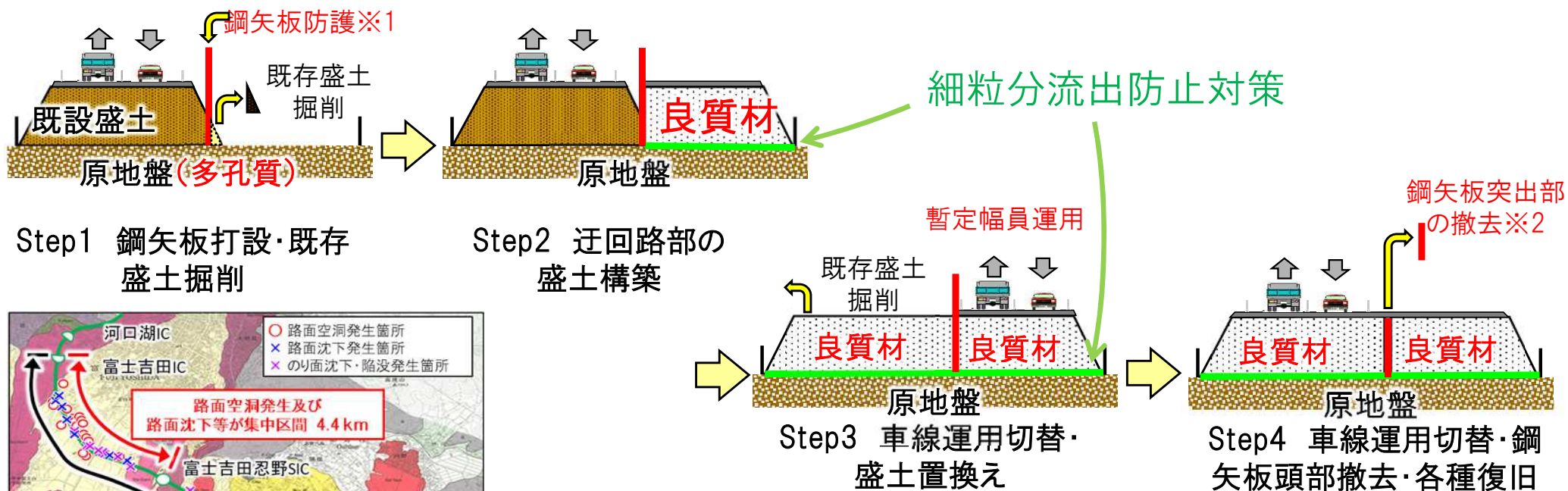


異常を検知した段階では
すでに空洞が生じている状態である
⇒路面陥没がいつ・どこで発生するか予測困難

4. 空洞化対策の工法(イメージ)

- 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。
- 交通への影響を最小限にするよう、施工は交通帯を切り替えながら進める。

◆ 施工ステップ(暫定2車線断面)



ご清聴

ありがとうございました。

対策事業についての詳細は下記もご参照ください

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9回委員会資料，pp.27－30，2024.

https://www.c-nexco.co.jp/koushin/committee/pdf/document_09.pdf