

中間とりまとめ報告書（参考資料）

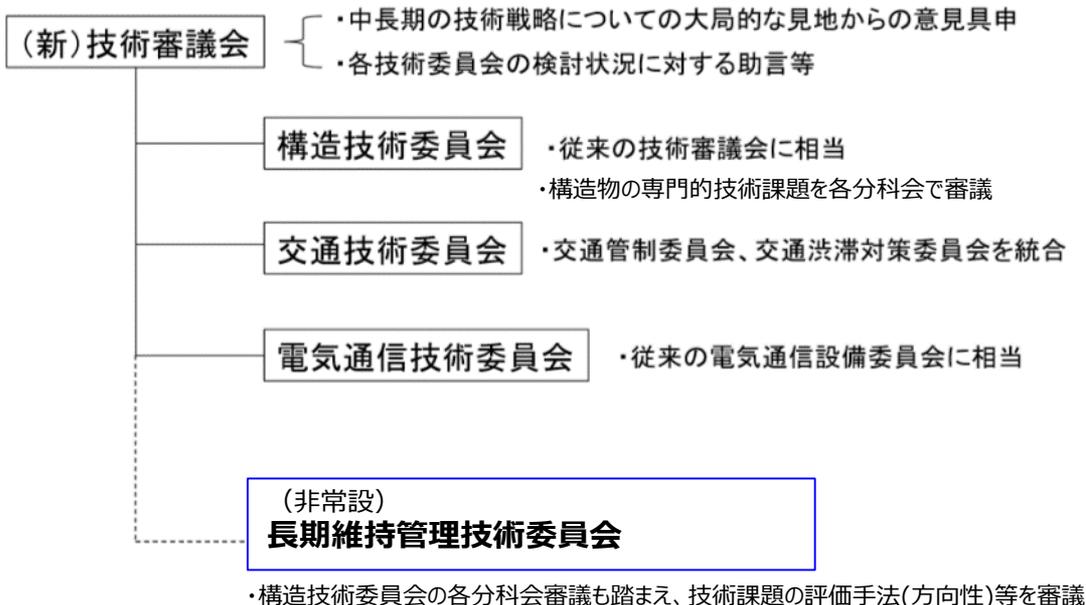
阪神高速道路株式会社

2023年 1月 27日

1. 長期維持管理技術委員会の概要

長期維持管理技術委員会の概要

- 「長期維持管理技術委員会」は技術的重要事項を調査審議する阪神高速道路(株)技術審議会の委員会の1つ。
- 前身は、「阪神高速道路の長期維持管理及び更新に関する技術検討委員会」(2012年11月～2013年4月)。同委員会の成果として大規模更新・大規模修繕に関する提言を取りまとめ。その後、2014年度に事業化。
- 技術審議会が2013年（会社創立50周年）に改組した結果、非常設の技術委員会として「長期維持管理技術委員会」を2014年より毎年開催。
- 同委員会は、先述の提言の課題のうち、構造物の健全性評価手法（対象構造の選定手法・考え方）、維持管理システムの高度化に関する事項等を審議。



2021・2022年度の委員長・委員・顧問

【委員長】

京都大学 小林 潔司 特任教授

【委員】

京都大学 清野 純史 教授

神戸大学 森川 英典 教授

京都大学 杉浦 邦征 教授

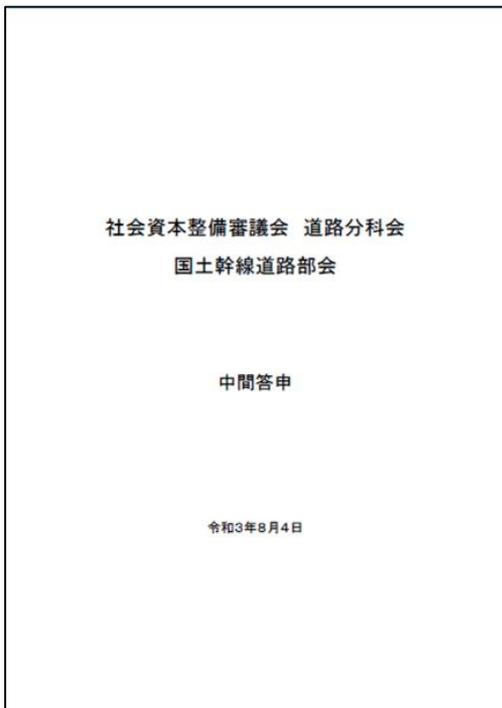
【顧問】

京都大学 宮川 豊章 特任教授

〔引用〕 阪神高速道路株式会社 平成25年度 技術審議会

【資料No.2】 技術委員会の再編と技術審議会における今後の審議方針（一部修正）

- 国土交通省 社会資本整備審議会 道路分科会 国土幹線道路部会の中間答申（2021年8月4日）では、「①維持管理・修繕・更新への取組」「②高速道路の将来像」「③高速道路を持続的に利用する枠組み」等が提言。
- 同答申では、見通しが明らかになった更新・進化の需要について、一定期間毎に更新・進化に関する事業計画を策定し、計画的に事業を進めること等が記載。
- 大規模更新・大規模修繕の事業化以降（2015年度～）の発生事象も踏まえ、**当社が考える最新の知見を踏まえた更新事業のメニュー等に関して今般とりまとめ。**



【出典】社会資本整備審議会 道路分科会 国土幹線道路部会 中間答申の公表について

<https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001417808.pdf>

- 更新事業のメニュー等に関する長期維持管理技術委員会の開催実績、主な議事は下表のとおり。

開催日	主な議事
2021年 3月30日 (火)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 大規模更新事業の進捗状況 ・ 大規模修繕事業の進捗状況 ・ 阪神高速の橋梁マネジメントシステム(H-BMS)の検討
2022年 2月 2日 (水)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 最新の知見を踏まえた更新事業等の必要性
2022年 3月29日 (火)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 今後のH-BMSについて
2022年 12月20日 (火)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 大規模更新事業・大規模修繕事業の進捗状況 ・ 点検結果・分析等による報告等
2023年 1月26日 (木)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 中間とりまとめ報告書 (案)

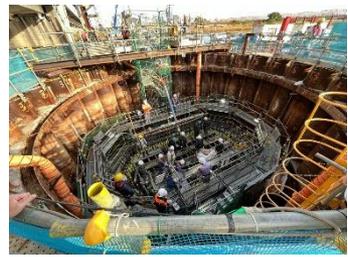
2. 阪神高速道路の状況

- 阪神高速道路では、最も古い1964年の1号環状線(土佐堀～湊町2.3km)で、開通後約60年近くが経過。
- 大阪万博(1970年)、神戸ポートアイランド博覧会(1981年)、関西空港開港(1994年)を目標にネットワークを拡充し、現在は総延長 約258kmのネットワークで1日当り 約70万台の交通を担い、阪神圏のくらしや社会経済活動に貢献。
- 近年は、淀川左岸線(2期・延伸部)、大阪湾岸道路西伸部等の建設等、阪神圏のミッシングリンクの解消に注力。



1号環状線 四ツ橋付近

1964年6月28日、土佐堀～湊町間が開通



豊崎区間 河川内橋脚の柱コンクリート打設
(淀川左岸線延伸部：建設中)



駒栄地区 連続地中壁による土留工
(大阪湾岸道路西伸部：建設中)

1970年のネットワーク



供用延長：74km

1981年のネットワーク



供用延長：118km

1994年のネットワーク



供用延長：200km

2023年のネットワーク



供用延長：258.1km

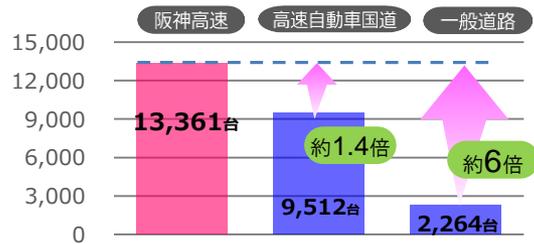
50年以上	大阪池田線、守口線、森小路線、堺線、西大阪線、神戸西宮線等
40～49年	大阪池田線、松原線、大阪西宮線、湾岸線等
30～39年	東大阪線、湾岸線等
20～29年	湾岸線、大阪池田線延伸部、北神戸線等
10～19年	北神戸線、神戸山手線
9年以下	淀川左岸線、大和川線

- 現在の供用総延長 約258kmのうち、橋梁の比率は約8割。トンネルおよび土工部は各1割。
- 1日当りの交通量は約70万台、大型車の利用は一般道路の約6倍であり、構造物にとっては過酷な状況。
- 経過年数が50年を超える橋梁は約3割（2023年1月1日時点）。
10年後の2033年初には約5割、さらにその10年後の2043年初には6割超になる見込み。

■ 構造物比率 (2023年1月1日時点)

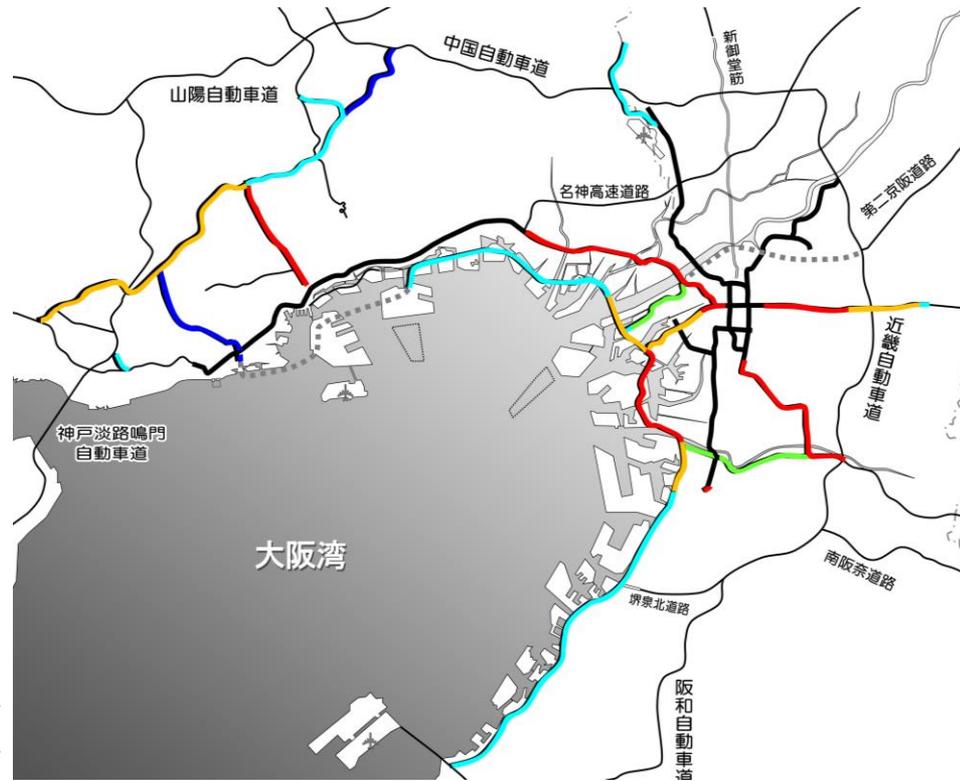
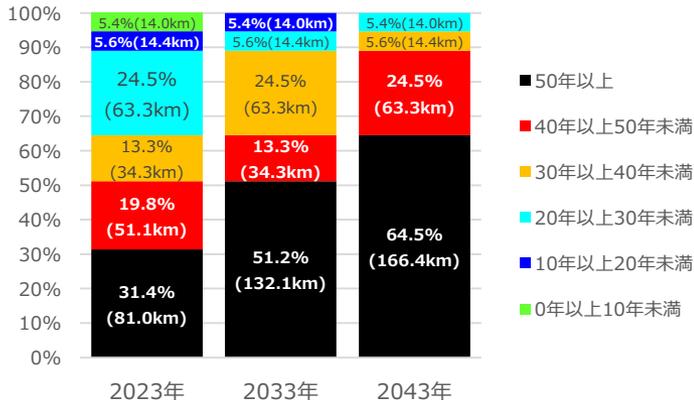


■ 大型車平均交通量の比較 (平成27年度道路交通センサスを基に算出)

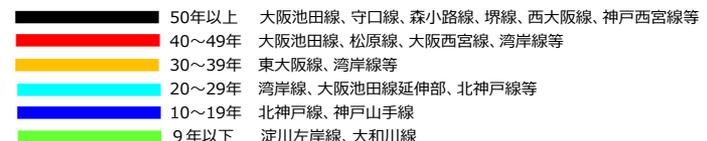


出典：平成27年度道路交通センサス
平均交通量は、各交通量調査基本区間の断面交通量を区間延長で加重平均して算出。
調査区間は、阪神高速が全線、高速自動車国道が日本全国、一般道路が大府内の主要地方道等。

■ 開通からの経過年数比率 (現在、10年後、20年後)



(2023年1月1日時点)



点検・維持管理の取り組み

- 国交省の省令等を受けて、5年に1度の接近目視による定期点検を実施。
- 日常点検の確実な実施により、安全・円滑な交通を確保、第三者被害を未然に防止。
- より確実で効率的な定期点検等の実施のため、技術開発や最新機材の導入を推進。
- 緊急対策の必要がある損傷が発見された場合は、速やかに補修を実施し、当面の安全性を確保。

定期点検



高所作業車



特殊高所技術



橋梁点検台車(港大橋)

日常点検



路上点検



路下点検



土工部点検

技術開発・技術導入



ドクターパート2.0



山間部・海上部における



UAV点検の試行

緊急補修等（舗装等）



舗装の穴ぼこ
(ポットホール)



交通管理隊による
応急補修



舗装の
全面(部分)打換

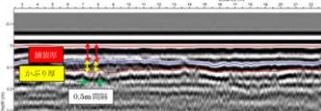
(夜間のカラー画像撮影可能な路上点検車)



舗装の上から鋼床版き裂位置を
特定できる鋼床版検査装置



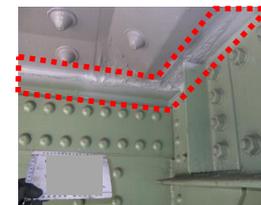
床版かぶり厚の推定が可能なレーザー探査車



車両の軸重計測



点検時の応急処置
(コンクリートの表面防護)

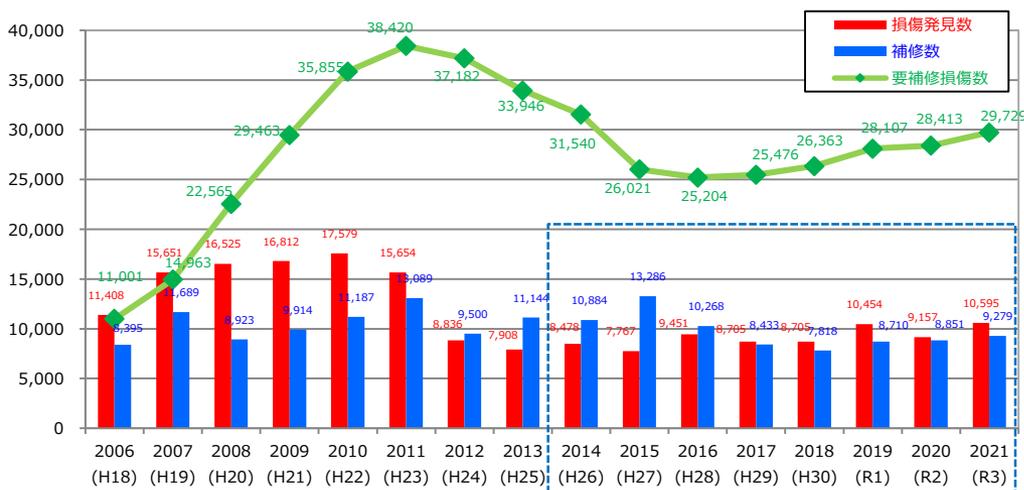


点検時の応急処置
(鋼構造物の簡易塗装)

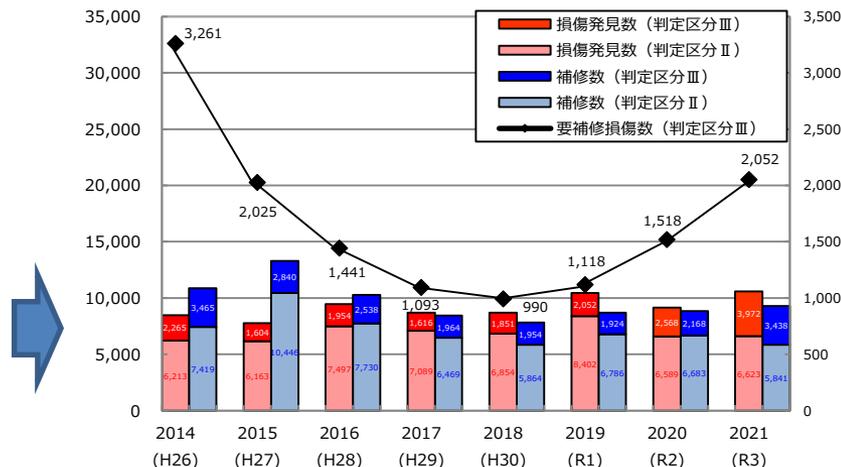
損傷発見数・補修数の推移と課題

- 民営化以降、橋梁の日常・定期点検の**損傷発見数**、**補修数**、**要補修損傷数**の推移は左図のとおり。
- 国の判定区分Ⅳ(緊急措置段階)に該当する損傷は、発見時に速やかに補修を実施。
- 2012年度以降、国の判定区分Ⅲ(早期措置段階)の未補修損傷の補修計画を立案し、補修を促進。
- 右図のとおり、2014年の1巡目点検以降、前年度損傷発見数を上回る数の判定区分Ⅲの損傷補修を各年度実施。
- 要補修損傷数(判定区分Ⅲ)の減少は近年停滞しているため、計画的・合理的に対応する考え。

橋梁の日常・定期点検の**損傷発見数**、**補修数**、**要補修損傷数**の推移



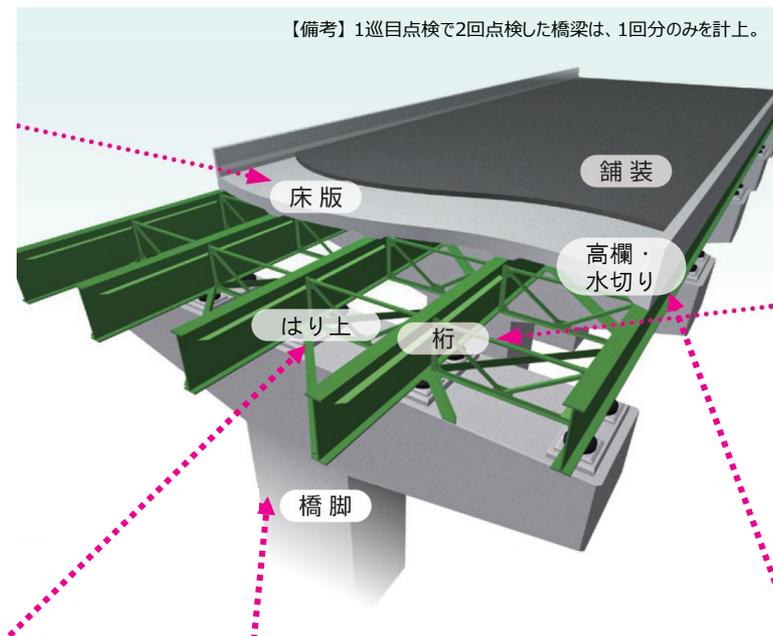
1巡目点検開始以降の**損傷発見数**、**補修数**等の推移
(判定区分Ⅱ・Ⅲ)



【備考】

- 損傷発見数、補修数は、日常点検(路上・路下等)、定期点検(床版、桁、はり上、橋脚、高欄・水切り)を集計。当社の点検要領における機能低下があり対策の必要がある損傷 (Aランク) が対象。
- 要補修損傷数は、損傷発見数と補修数との差の累積。
- 2012年度以降は2次判定区分の損傷を集計。

● 橋梁の定期点検(床版、桁、はり上、橋脚、高欄・水切り)の結果では、さび・腐食、ひび割れの損傷が多い傾向。



① 床版 51件

51件

- 床版本体 (50)
- 床版端部 (1)

(1) ひび割れ：21件 (2) はく離：13件

② 桁 244件

244件

- 鋼桁端部 (4)
- 鋼桁本体 (138)
- 鋼床版 (46)
- PC桁主桁 (4)
- PC桁端部主桁 (1)
- RC桁主桁 (1)
- RC桁床版部 (1)

(1) さび・腐食：155件 (2) き裂：62件

③ はり上 62件

62件

- 伸縮継手 (59)
- 支承 (2)
- 落橋防止装置 (1)

(1) 止水工の損傷：25件 (2) 排水樋の損傷：18件

④ 橋脚 140件

140件

- PC橋脚 (67)
- RC橋脚 (33)
- 鋼製橋脚 (32)
- 橋脚支承・ダンパー (8)

(1) ひび割れ：83件 (2) 鉄筋腐食・露出：13件

⑤ 高欄・水切り 3件

3件

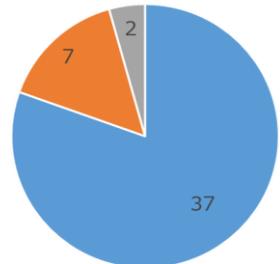
- 高欄部 (2)
- 水切部 (1)

(1) さび・腐食：2件 (2) 鉄筋露出：1件

- 橋梁の2巡目点検(3年分、点検実施率 65%)では、**水に起因する損傷(さび・腐食、漏水、遊離石灰)の増加が顕著。**
- **桁のさび・腐食は、1巡目点検を上回る件数。** 加えて、1巡目点検(5年分)と比べて、**はり上、橋脚の損傷数が増加。**

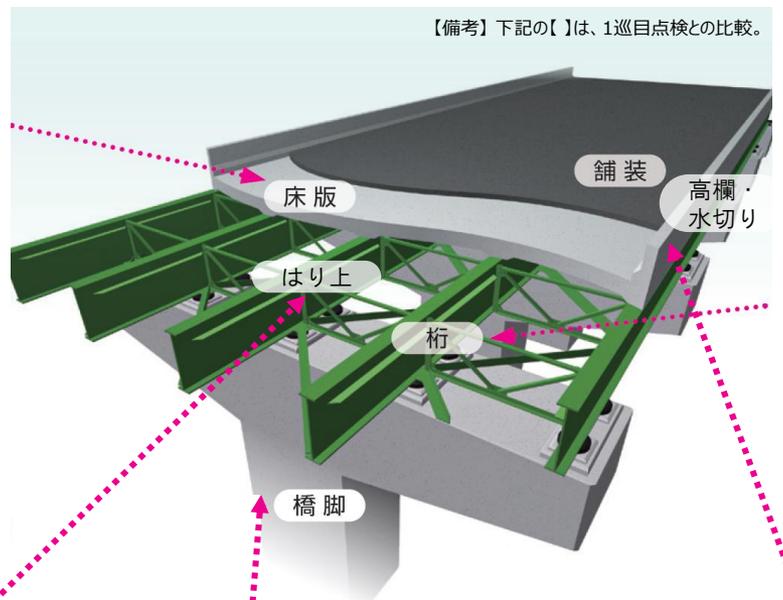
① 床版

46件
【-5件】



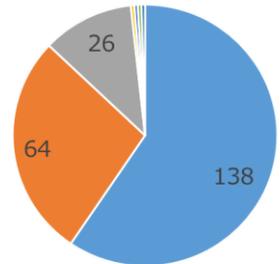
- 床版本体
- 補修済床版
- 床版端部

(1) 漏水、遊離石灰：15件 (2) 鉄筋露出：11件

② 桁

232件
【-12件】



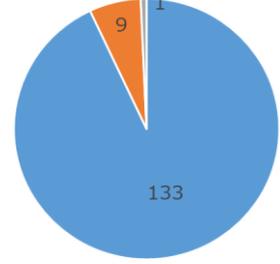
- 鋼桁端部
- 鋼桁本体
- 鋼床版
- PC桁主桁
- RC桁横桁
- RC桁主桁
- RC桁端部主桁

(1) さび、腐食：172件 (2) 鋼床版き裂：26件



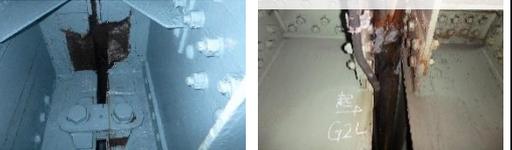
③ はり上

143件
【+81件】



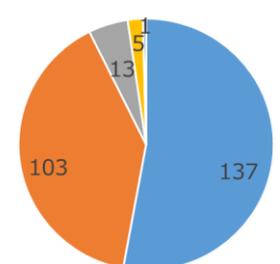
- 伸縮継手
- 支承
- 落橋防止装置

(1) 漏水：91件 (2) 止水工の損傷：21件



④ 橋脚

259件
【+119件】



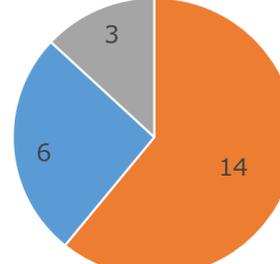
- 鋼製橋脚
- RC橋脚
- PC橋脚
- 橋脚支承・ダンパー
- SRC橋脚

(1) さび、腐食：61件 (2) はく離、欠落：51件



⑤ 高欄・水切り

23件
【+20件】



- 水切部
- 高欄部
- 水切端部

(1) さび、腐食：9件 (2) 鉄筋露出：7件



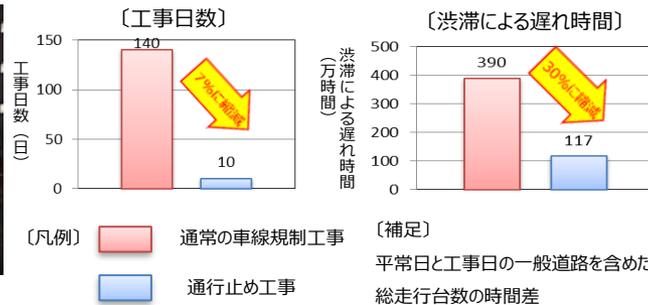
- 平日昼間の車線規制は、交通影響が大きくなる懸念があり、容易に理解が得られない。
- 休日終日の車線規制工事では、実施できる工種は最低限になってしまう課題がある。
(* 開放車線を走行する車両の安全確保が必要となる上、必要最小限の範囲の規制となる。)
- 夜間工事は、都市高速の地理的条件から、地元の方に配慮した騒音低減の対応が必要となる。



- 1973年以降、高速道路を大規模に通行止して舗装打替や伸縮継手補修等の工事^{*}を実施。交通影響の期間を集約し、近くにお住まいの方や関係機関等に工事実施にご理解・ご協力をいただいている。 ^{*} フレッシュアップ工事、リニューアル工事 等
- さらに、走行車両が無く、複数工種を同時に行えることから、構造物の老朽化対策を着実に推進できる。
- 騒音軽減のため、舗装・伸縮継手の低騒音撤去工法を積極活用してきている。



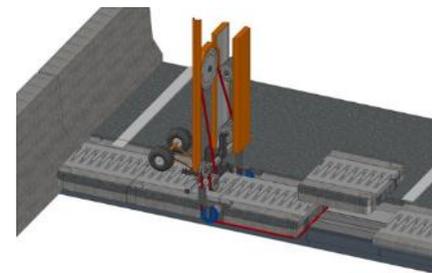
夜間の車線規制工事
(騒音が少ない工種・工法に限定)



車線規制工事(予測)と通行止め工事(実績)の比較
(2019年 3号神戸線(湊川~京橋)リニューアル工事)



IHヒーターを使用した
舗装撤去工法



乾式ワイヤーソー(水平切断機械)を用いた伸縮継手撤去工法

【出典】 高速道路における安全・安心実施計画 (参考資料)
https://www.hanshin-exp.co.jp/company/files/anzen_anshinjisshikeikaku_sankou.pdf

- 社会影響・交通影響を軽減するため、日頃の事業広報と広範囲に及ぶ直前・期中の工事広報が必須。
- 日頃の事業広報として、新聞記事やテレビCM等により、事業の背景及び必要性を関西地域に発信。
- 通行止前・期間中の工事広報として、仮設表示板やWEB情報等により、広域う回を促進。



NEXCO西日本との合同シンポジウムの採録記事（2017年9月）



対談記事広告（2021年1月）



高速道路リニューアルプロジェクト
大規模更新・修繕事業

事業ロゴマーク



テレビ・Web CM（2022年）



仮設表示板の設置（2018年）：
通行止区間の代替ルートの所要時間を案内

所要時間比較情報：所要時間実績

2号神戸線 西行：摩耶～生田川 付近

↑ 神戸山手線 通行止工事 東横ルート 100分

↑ 新神戸トンネルルート 100分

所要時間提供箇所：生田川出口

日付	ルート	時間帯														
		7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
5/23(木)	A	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010
5/23(木)	B	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010
5/24(金)	A	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010
5/24(金)	B	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010
5/25(土)	A	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010
5/25(土)	B	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010
5/26(日)	A	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010
5/26(日)	B	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010
5/27(月)	A	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010
5/27(月)	B	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010
5/28(火)	A	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010
5/28(火)	B	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010
5/29(水)	A	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010
5/29(水)	B	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010
5/30(木)	A	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010
5/30(木)	B	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010
5/31(金)	A	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010
5/31(金)	B	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010
6/1(土)	A	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010
6/1(土)	B	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010
6/2(日)	A	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010
6/2(日)	B	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010	3010

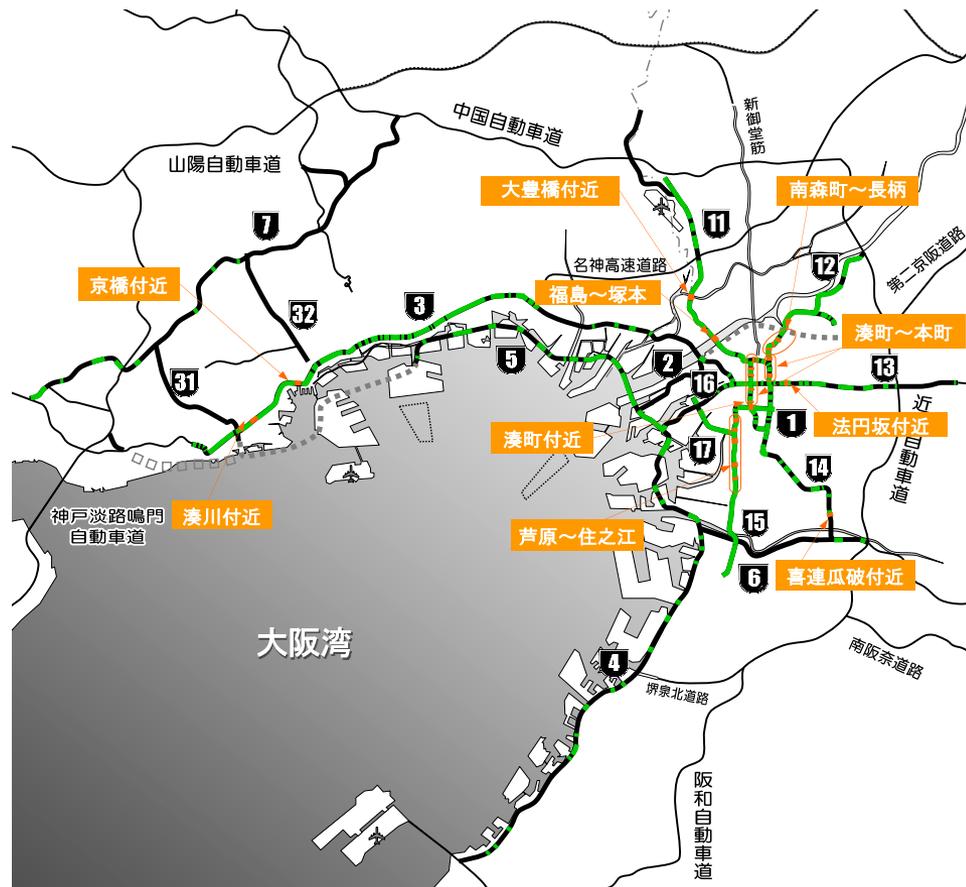
所要時間実績のWEB情報発信（2019年）：
通行止工事期間の所要時間実績(1時間単位)を提供



う回路検索システム（2020年）：
工事中の一般街路を含む所要時間が検索可能

- 現行の大規模更新・大規模修繕事業の実施箇所は、下記のとおり。

区分	路線	対象箇所	延長	事業年度	
大規模更新	橋梁全体の造替	3号神戸線	京橋付近	0.3 km	2021～2028
		14号松原線	喜連瓜破付近	0.2 km	2020～2026
	橋梁の基礎造替	15号堺線	湊町付近	(9基)	2015～2029
	橋梁の桁・床版取替	3号神戸線	湊川付近	0.4 km	
		11号池田線	大豊橋付近	0.3 km	
		13号東大阪線	法円坂付近	0.2 km	
	橋梁の床版取替	1号環状線	湊町～本町	0.6 km	
		11号池田線	福島～塚本	0.3 km	
		12号守口線	南森町～長柄	0.5 km	
		15号堺線	芦原～住之江	1.7 km	
大規模修繕	4号湾岸線、11号池田線ほか		86 Km		
合計			91 km	-	



— : 大規模更新箇所 (約 5km)
— : 大規模修繕箇所 (約86km)

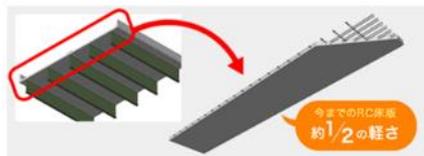
阪神高速道路における大規模更新

- 橋梁全体の架け替えや構造物を新たに造り替える大規模更新は**全6箇所**。うち**4箇所**で事業を実施中。
- 水平方向のひび割れ等の深刻な損傷が生じた橋梁の床版は、径間単位で軽量で高強度・高耐久な新しい床版（超高強度繊維補強コンクリート床版）に取り替え。

■ 橋梁全体の架け替えや構造物を新たに造り替える大規模更新 全6箇所（4箇所は実施中）



■ 高強度かつ高耐久な新しい床版に取り替え 約3km



軽量で高強度・高耐久な床版の例



15号堺線 玉出ランプ 既設床版の撤去

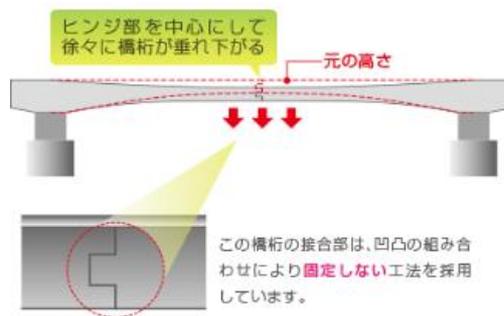


11号守口線 床版の取替

- 橋桁の中央付近にあるヒンジ形式の継ぎ目が、設計当初の想定を超えて垂れ下がり、路面が大きく沈下。
- ケーブルで左右から引き上げる応急対策を実施したが、橋桁の変形による路面の沈下が再び進行するおそれ。
- 学識経験者・関係自治体等を交えた施工方法や交通マネジメントの検討結果を踏まえ、2020年供用の大和川線をう回ルートとして活用し、2022年6月から約3年間の通行止により架替え工事を実施中。



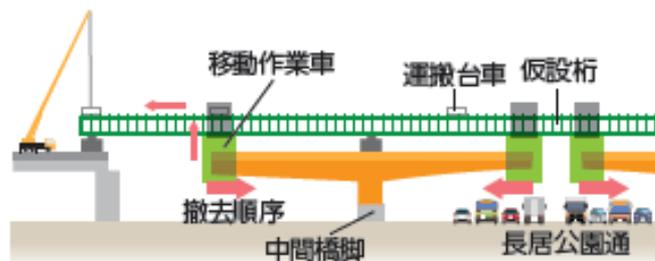
路面（ヒンジ部）の沈下



応急対策
(ケーブルで左右から引き上げ)



橋梁架替え範囲



既設桁の撤去作業
(イメージ)

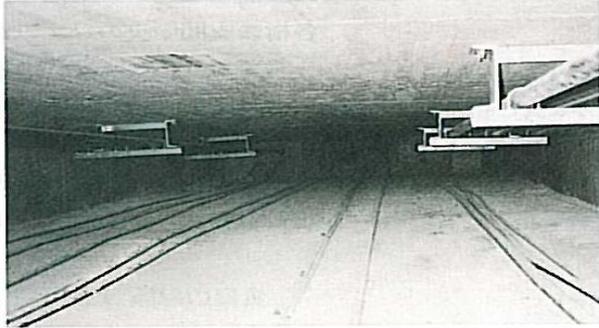
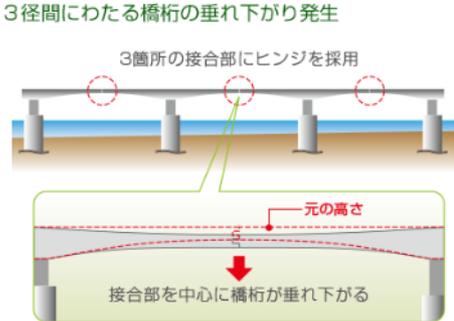


既設桁の撤去に利用する仮設桁の設置
(2022年11月撮影)

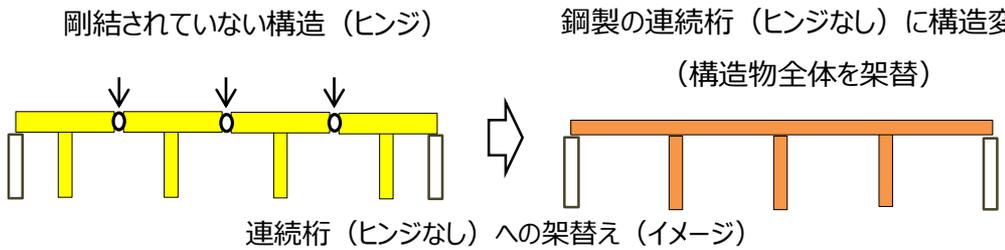
- 橋桁の中央付近にあるヒンジ形式の継ぎ目が、設計当初の想定を超えて垂れ下がりが発生。
- 主桁内の外ケーブル補強による応急対策を実施したが、橋桁の変形による路面の沈下が再び進行するおそれ。
- ヒンジのない連続桁に架替えを予定。工事期間中の交通影響を軽減するため、う回路の設置等を関係機関と協議中。



路面（ヒンジ部）の沈下



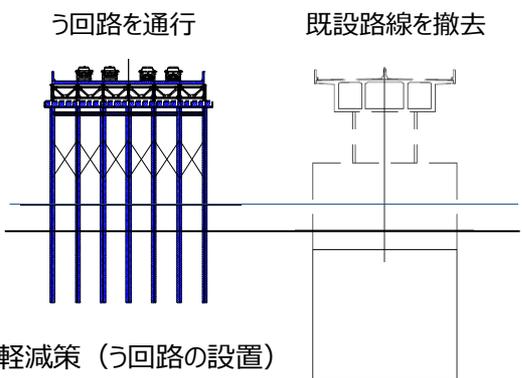
応急対策（主桁内の外ケーブル補強）



連続桁（ヒンジなし）への架替え（イメージ）



RCLレーダ探査
(箱桁内、2021年9月撮影)



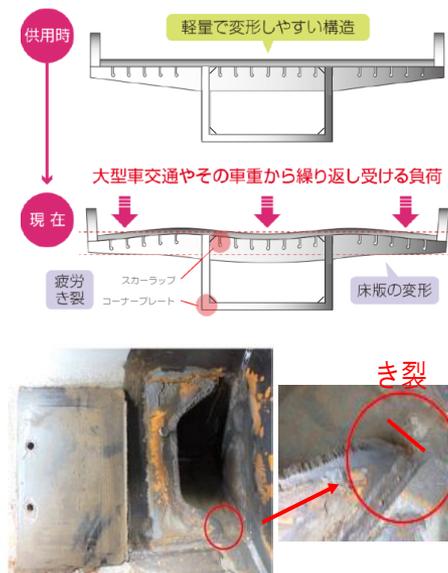
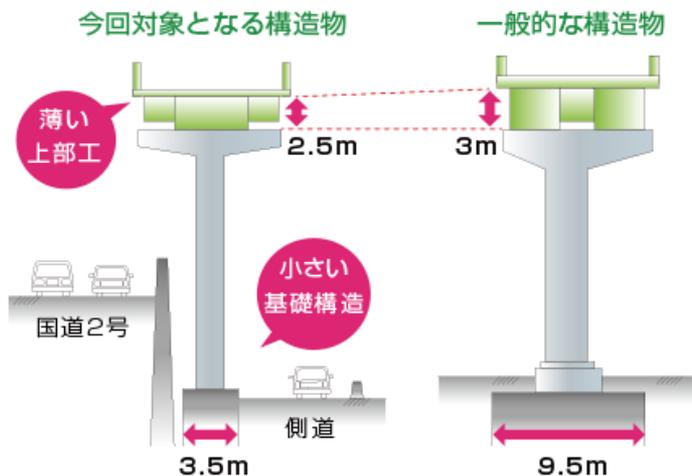
○ : 撤去箇所
■ : う回路

工事期間中の交通影響の軽減策（う回路の設置）



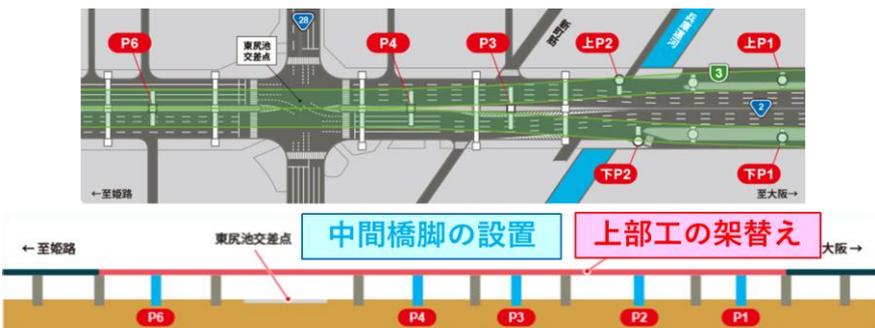
コンクリート水分量の計測
(箱桁内、2021年9月撮影)

- 狭い敷地に建設するために採用した構造が、大型車による繰返し負荷を受け続けた結果、疲労き裂が多数発生。
- 橋梁全体の更新を行うべく、先行して既設の橋脚の間に新設の中間橋脚を設置中。
- 中間橋脚の設置後は、効果検証のモニタリングを行いつつ、交通影響等を考慮した施工方法の検討を実施する予定。

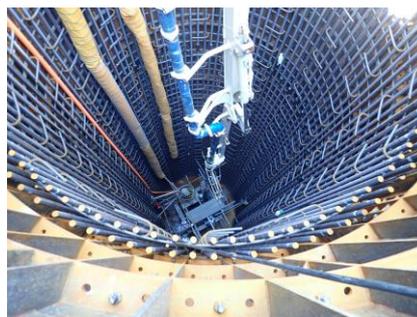


狭い敷地に建設する目的で採用した橋梁構造（薄く軽量な上部工、小さい基礎構造）

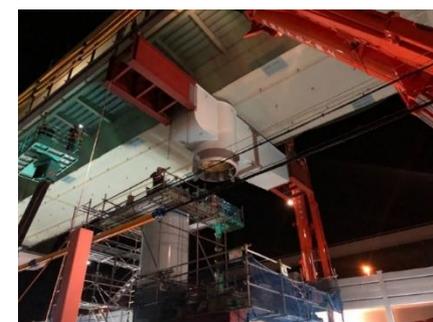
溶接部を起点とした主桁（下フランジ）の疲労き裂



橋梁全体の更新内容
(イメージ)



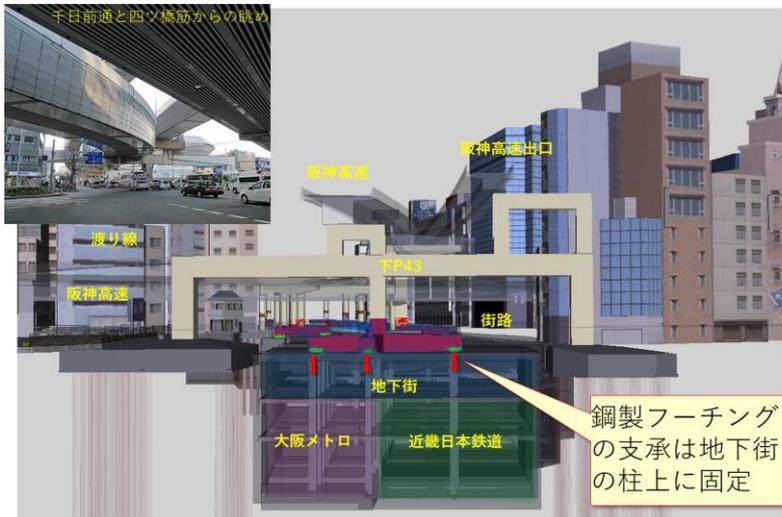
橋脚基礎の施工
(2022年8月撮影)



橋脚梁部の施工
(2022年8月撮影)

大規模更新 (15号堺線 湊町付近)

- 直下に地下街・鉄道が重なる立地を考慮して採用した軽量の基礎構造(鋼製フーチング)が、地下水上昇で損傷発生。
- 非破壊技術を用いた調査を踏まえ、健全な既存構造物を活用しながら維持管理が可能な基礎構造に造り替える予定。
- 現在、2025年開催の大阪・関西万博迄に完了予定の3基を施工中。



鋼製フーチングの設置箇所 (断面図)



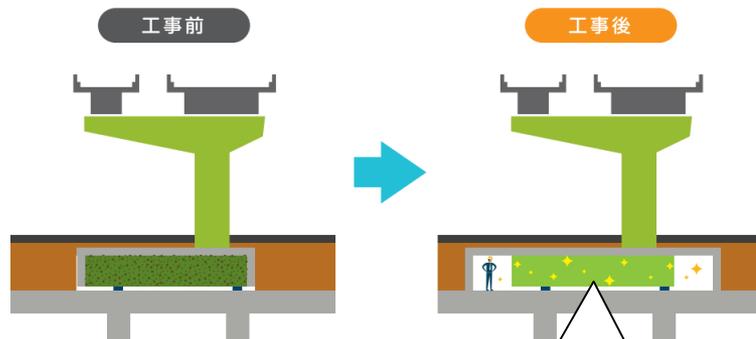
鋼製フーチングの内面の腐食



フェイズドアレイ法による詳細調査

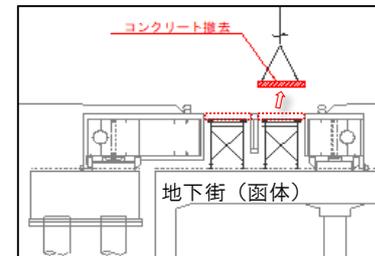


狭隘で点検困難な鋼製フーチング内の空間



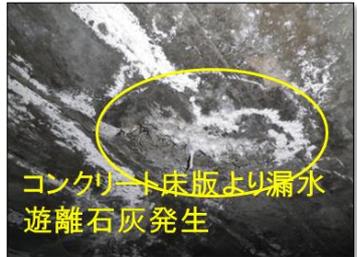
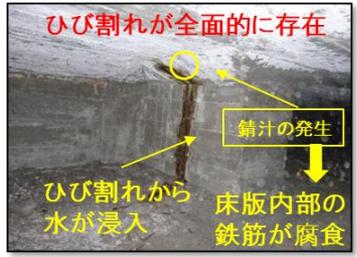
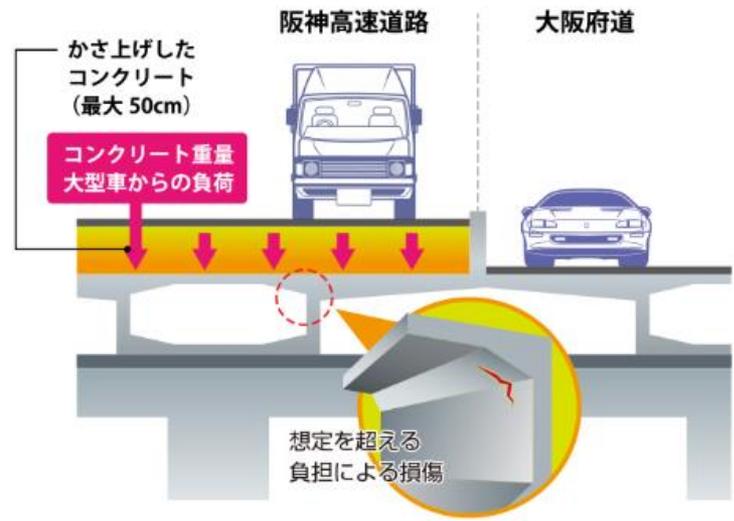
基礎構造の造り替え (イメージ)

基礎の外周全面に新たなコンクリートボックスを設置し、維持管理空間を確保



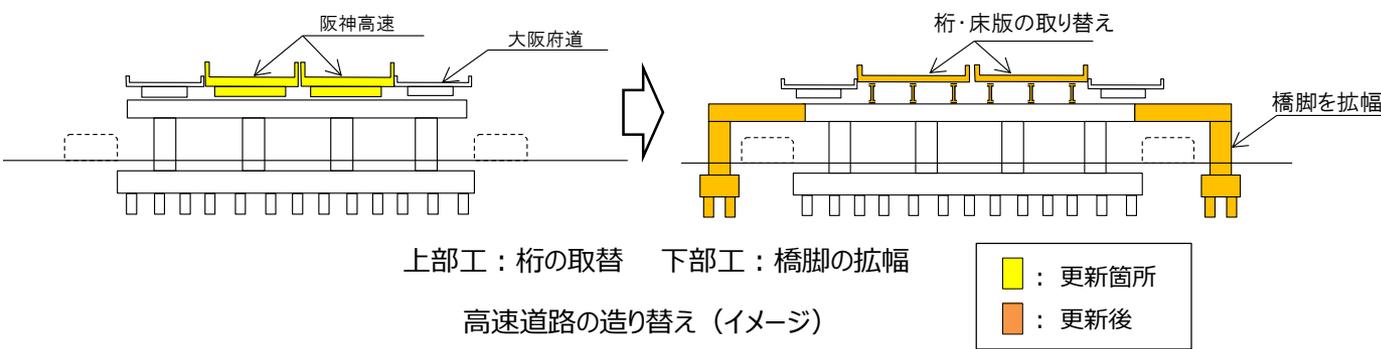
既存基礎の上面のコンクリートの撤去 (2022年9月撮影)

- 建設時に既設橋梁を有効利用したことにより、嵩上げコンクリートの死荷重等が床版や桁への負担となり、損傷が発生。
- 上部工の架け替えを行い、必要に応じて下部工を補強する予定。
- 現在、更新工事の実施に向け、詳細調査を実施中。



大阪万博に間に合わせるため、一般道路として整備された橋梁に、嵩上げコンクリートで高さを調節して高速道路を整備

コンクリート橋梁の発生損傷

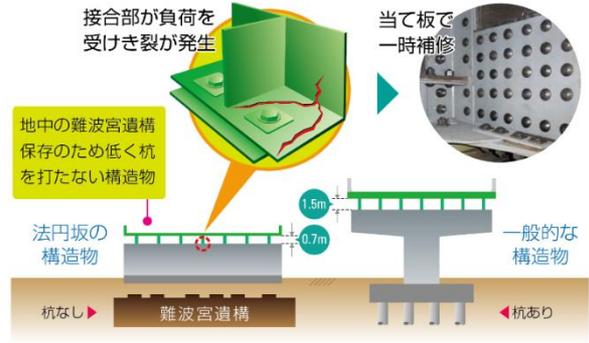
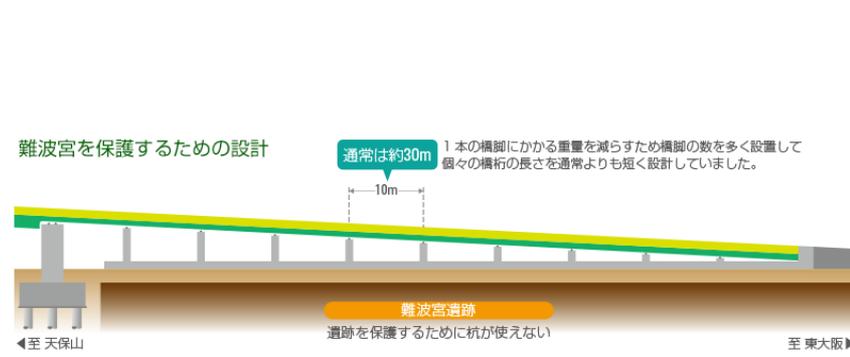


グラウト充填調査（2021年10月撮影）



コア削孔調査（2021年10月撮影）

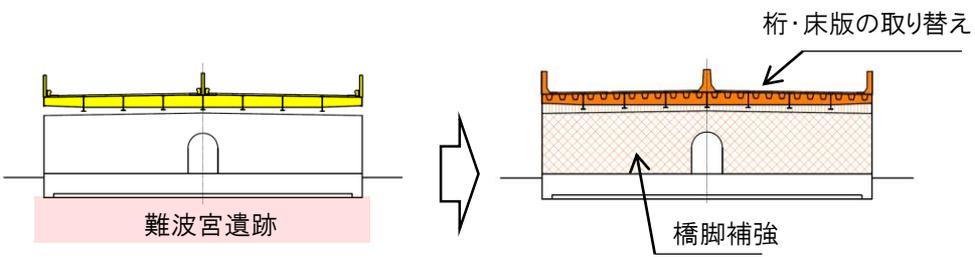
- 史跡保存を優先して杭基礎を設けない構造とし、軽量化のために鋼床版を採用した結果、床版・桁に疲労き裂が発生。
- 上部工の架け替えを行い、必要に応じて下部工を補強する予定。
- 現在、更新工事の実施に向け、詳細調査を実施中。



難波宮遺跡の保存を優先して建設された杭基礎を設けない短支間の鋼床版橋



鋼桁に発生した疲労き裂



高速道路の造り替え (イメージ)

■ : 更新箇所

■ : 更新後



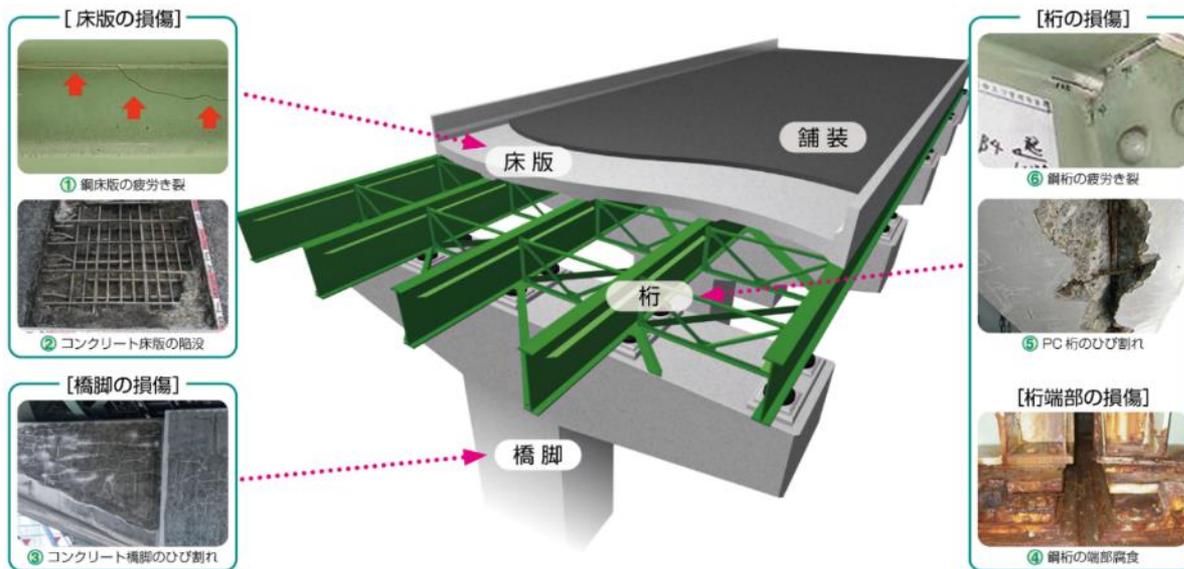
変位計測 (2022年3月撮影)



表面温度計測 (2022年7月撮影)

- 大規模修繕は、既設の床版の疲労耐久性の向上、重大な損傷が将来発生する懸念がある桁・橋脚等の抜本的対策を目的に約86km（2021年3月時点）の区間で実施中。
- 2017年以降、通行止や車線規制を活用し、大規模かつ集約的に大規模修繕を行うリニューアル工事を年1～2回実施。

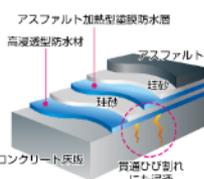
■主要構造の全体的な補修を行う大規模修繕 約86km



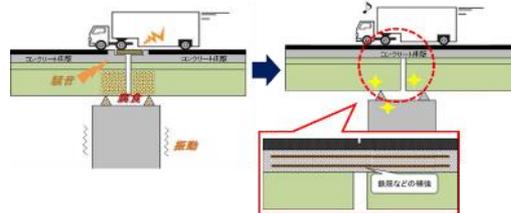
■リニューアル工事で行っている代表的な工種 (床版耐久性向上、高性能床版防水、ノージョイント化)



鋼床版上の鋼繊維補強コンクリート (SFRC) 舗装



コンクリート床版上の高性能床版防水



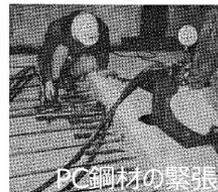
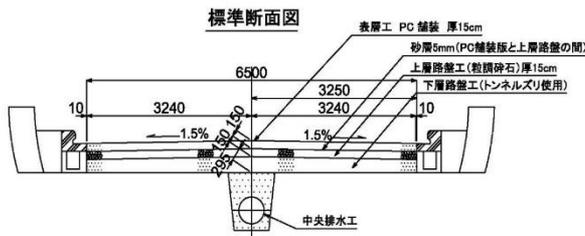
橋の継ぎ目による段差の解消 (漏水による腐食対策、重防食塗装も実施)



3. 新たな知見を踏まえた更新事業等の必要性

トンネル内のPC舗装における損傷

- 新神戸トンネル(北行 1976年、南行 1988年供用)では、振動・騒音の軽減等の観点から、PC舗装を採用。
- 2016年度の点検等で、空洞発生や ρ 値減少に起因するPC鋼材の破断や、付随する施設の劣化等を発見。



○ PC舗装の採用理由

- 当初、トンネル内に一般的に採用される白色のコンクリート舗装を検討。
- 南側（新神戸駅側）のトンネル坑口に密集する民家や近接する中央市民病院（建設時）への騒音防止が必要。
- 地元調整を図った結果、振動・騒音の軽減に効果的な目地が少ない長い径間の構造としてPC舗装を採用。

※ 新神戸トンネルのPC舗装の目地間隔は約100m（通常のコンクリート舗装は、約10m間隔）

○ 2016年12月の詳細調査



路面のひび割れ



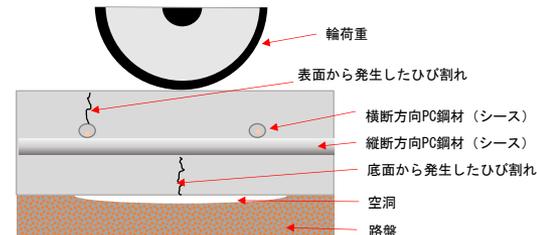
舗装面のはつり調査
(PC鋼材の目視確認)



PC鋼材の破断



レーザー探査（調査箇所8%で空洞確認）



- 2016年12月5日の日常点検(車上からの目視)で、ひび割れ(1箇所)を発見（これまで、ひび割れに対して樹脂注入等の補修にて対応しており、はつり調査は実施されていない）。
- ひび割れを発見したことを受けて、12月7日に詳細調査（通行規制し、路面を近接目視点検）を実施した結果、16箇所路面のひび割れを確認。
- ひび割れを確認した16箇所において、舗装をはつり調査した結果、内部損傷を12箇所確認。
12箇所のうち、シース腐食が12箇所、グラウト未充填が8箇所、PC鋼材の破断が3箇所。
- 長年の使用により、舗装・路盤間の空洞やPC舗装のたわみ・ひび割れ等が生じ、コンクリートの剛性低下、水等の浸透によるPC鋼材の腐食等が発生した結果、PC鋼材が破断したものと推察。

トンネル内のPC舗装における対策

- 路面陥没等のおそれがあり、高強度・高耐久なコンクリート系舗装等による更新を施し、トンネル全体の長期健全性を確保。

○ 高強度・高耐久なコンクリート系舗装等でトンネルを更新



【例】鋼繊維補強コンクリート舗装

- 引張・曲げ・せん断が通常コンクリートに比べて、約1.3～1.8倍とひび割れ難く靱性のある舗装。



【例】連続鉄筋コンクリート舗装

- 鉄筋を設置し、コンクリート版の横目地を省いたコンクリート版と路盤で構成された舗装。



【例】トンネル覆工面の表面保護



【例】軸重計測装置の新設



【例】劣化した消火本管の取替



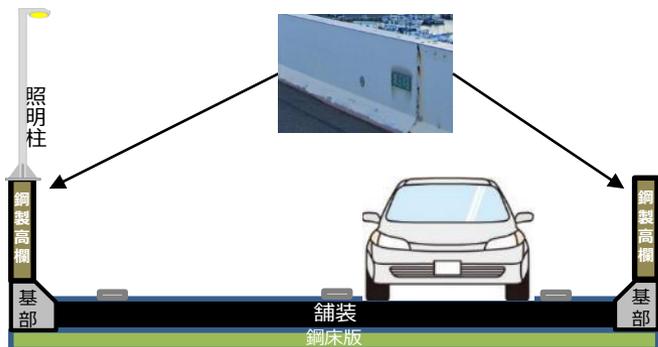
【例】トンネル内照明・換気設備の更新

鋼製高欄における損傷

- 大規模交差点等の長スパンとなる箇所の一部では、上部工の重量低減等を目的に鋼製高欄を採用。
- 2019年の補強工事中に高欄上の照明柱転倒事故が発生。
- 転倒事象を受けた緊急点検の結果、高欄内の水分の滞留による基部腐食が原因と確認。

○ 鋼製高欄の採用理由

- 長スパンとなる箇所で、上部工の重量低減等を目的に採用。



○ これまでの維持管理

- 目視による外面点検、錆汁等がある場合は内部点検し、補修・補強。



外面の腐食に対して、塗装塗替を実施



内面の腐食に対して、鋼板補強・部分取替を実施



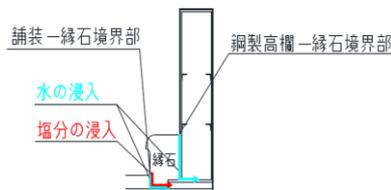
○ 3号神戸線阿波座JCT付近の鋼製高欄

- 2016年7月に外面・内面点検で腐食を確認。
- 2019年3月の対策工事時に、照明柱が転倒。

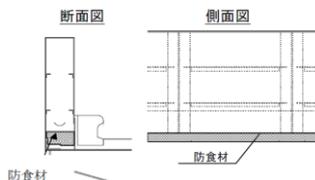


○ 転倒事象を受けた緊急点検 (2019年3月25日～4月13日)

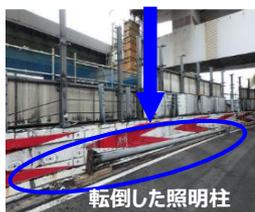
縁石との境界部等の隙間から水が浸入し、一度入った水が抜けないことで、劣化することが判明。



劣化因子の鋼製高欄への侵入イメージ



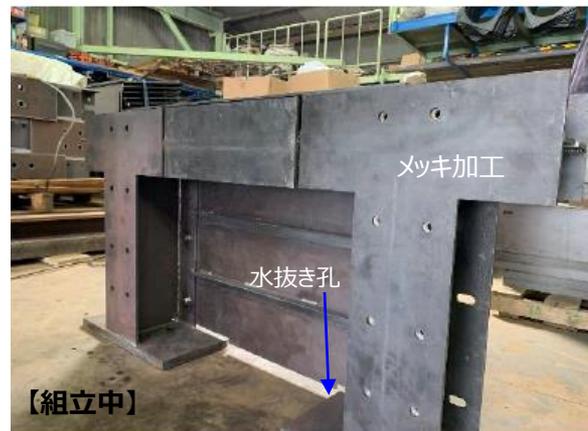
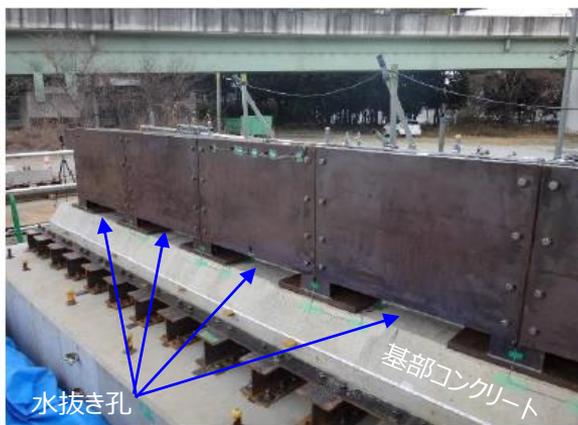
防食材の適用箇所(鋼製高欄の内部)における再腐食
(13号東大阪線 森之宮付近)



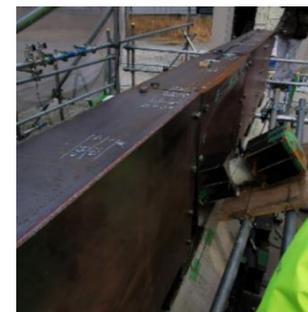
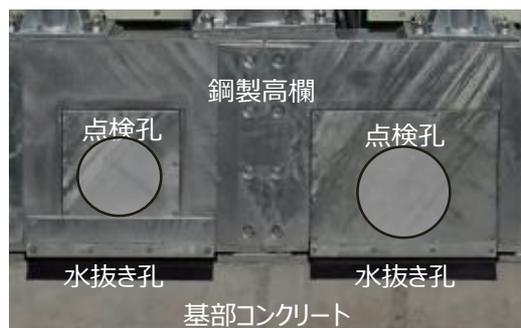
鋼製高欄における対策

- 水抜き孔、防錆処理等を施した新たな鋼製高欄への取替等を実施し、橋全体の長期健全性を確保。

○ 新たな鋼製高欄への取替



【例】軽量で耐食性を有する新たな鋼製高欄（試作品）



衝突実験による性能確認

- メリット：① 密閉構造ではなく、排水性が良い
 ② メッキ仕上げで耐久性向上
 ③ 点検孔から内部点検が可能

（鋼製高欄の破損・転倒が無く、車両用防護柵としての要求性能を満たすことを確認）

コンクリート床版における損傷

- 1973年より前の基準適用のコンクリート床版では、床版厚が薄く、鉄筋量も少ないため、床版下面から補強を実施。
- 床版下面の補強部材等の損傷が継続的に発生しており、剛性低下とたわみ増大のリスクが顕在化。

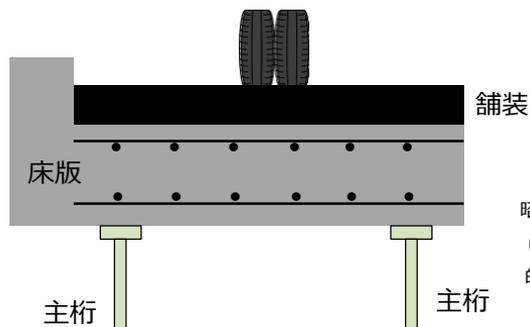
○ 1956(S31)年 鋼道路橋設計示方書適用の床版

T荷重 : 8,000kgf
 床版厚 : 14cm以上 (うち、かぶり厚 2.5cm)
 配力鉄筋量 : 主鉄筋の25%以上

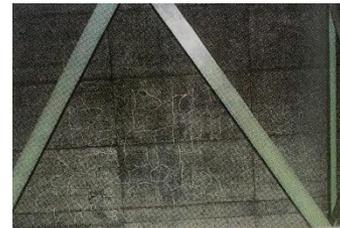
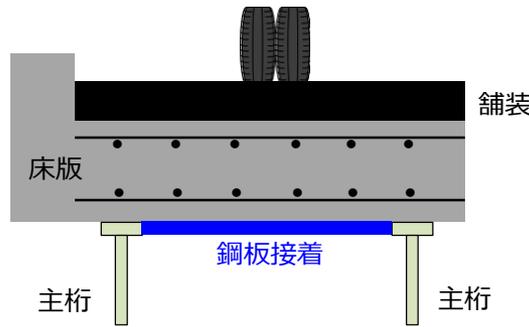
○ 1973(S48)年 道路橋示方書適用の床版

T荷重 : 9,600kgf (8,000kgfの20%増)
 床版厚 : 16cm以上 (うち、かぶり厚 3cm)
 配力鉄筋量 : 主鉄筋の $(0.10L + 0.04) / (0.12L + 0.07)$ 倍
 【L : 床版の支間長(m)、主鉄筋の約75~80%】

○ 鋼板接着による下面補強

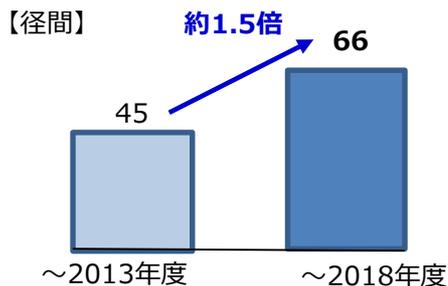


昭和40年代の交通量の増大等により、床版のひび割れが全国的な課題になって、基準が改訂

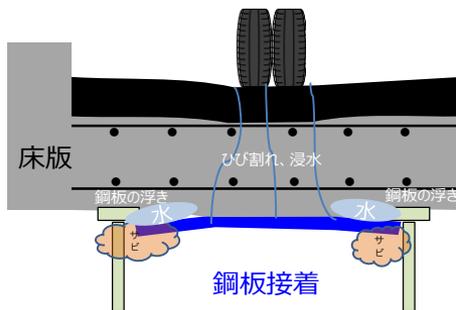


下面全体を鋼板接着で補強し、耐久性を向上

○ 鋼板補強済のRC床版の累積損傷径間数 (2009年度以降)



対象 : 鋼板補強済のRC床版 (現行事業対象外 : 1,357径間)
 主な損傷内容 : 浮き、腐食、遊離石灰 等



床版下面の損傷のメカニズム



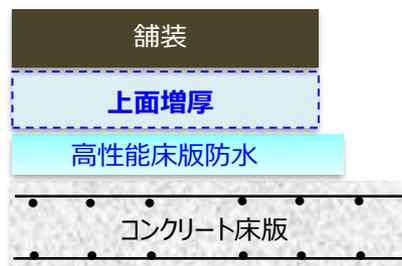
補強鋼板からの漏水、鋼桁の発錆 (12号守口線)



補強鋼板の腐食 (3号神戸線)

- 上面増厚によって剛性を向上させる等の抜本的な対策を実施し、床版全体の長期健全性を確保。

○ 上面増厚



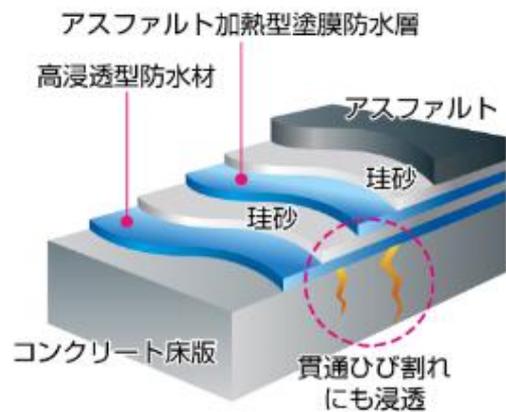
【例】床版上面の対策イメージ（断面図）



【例】上面増厚（剛性向上、被り厚確保）



○ 高性能床版防水



【例】高性能床版防水の構成イメージ



【例】高性能床版防水の施工



床版上面全体を防水

鋼床版における損傷

- 大規模更新・大規模修繕の事業区間外のUリブを有する鋼床版でデッキプレートに進展する疲労き裂を新たに発見。
- デッキプレート進展き裂は、デッキプレートを貫通するき裂に発展し、将来の路面陥没につながるリスクが存在。

○ 鋼床版の採用理由

- 上部や大規模交差点等の長スパンとなる箇所、重量低減を目的に採用
- (「2012年より前の基準」：デッキプレート最小板厚12mm、「2012年以降の基準」：最小板厚16mm)



海上部の鋼床版 (湾岸線)



Uリブ (1970年代後半～2007年)

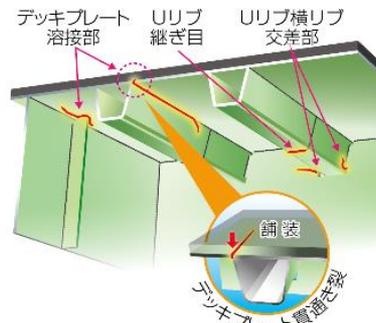
※ リブ高が低く、塗装面積が少ない上、閉断面のため剛性が高い等のメリット有り



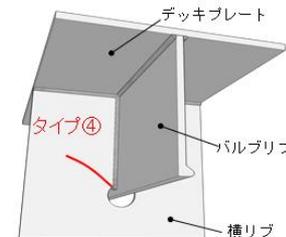
バルブリップ (～1970年代後半、2008年～)

○ 鋼床版疲労き裂の発生タイプ

【Uリブ】

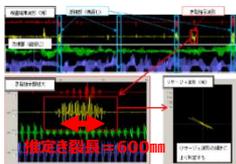


【バルブリップ】

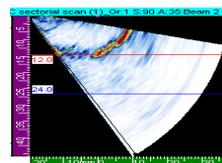


※ バルブリップのき裂は、発生しても横リブ交差部のように限定的

○ デッキプレート進展き裂の点検



- 2016年以降、舗装の上からデッキプレート進展き裂を非破壊で特定できる鋼床版検査装置（渦電流の変化からき裂を検知）を適用。



- リブ溶接部直上のデッキプレート進展き裂は目視確認できないため、リブ溶接部に変状がある場合は、非破壊検査（超音波探査）で確認。

○ 新たに発見したデッキプレート進展き裂



5号湾岸線 深江浜付近 (2020年5月撮影)

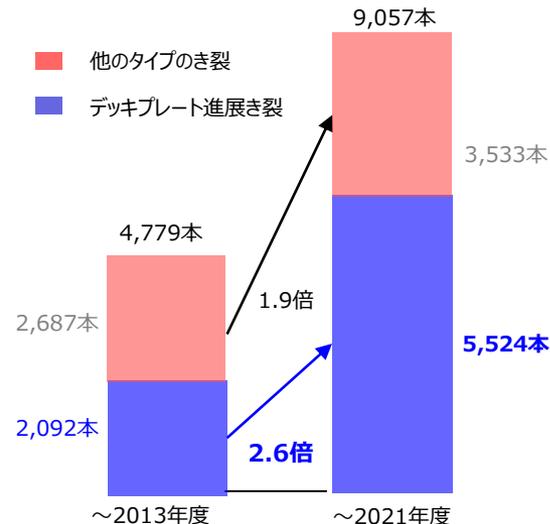


拡大



3号神戸線 西宮付近 (2020年6月撮影)

○ 鋼床版における累積き裂数の推移 (2003年以降)



- 2014年度以降、デッキプレート進展き裂が約2.6倍に増加。
- デッキプレート進展き裂5,524本のうち、99%以上がUリブ（バルブリップは、5本のみ）。

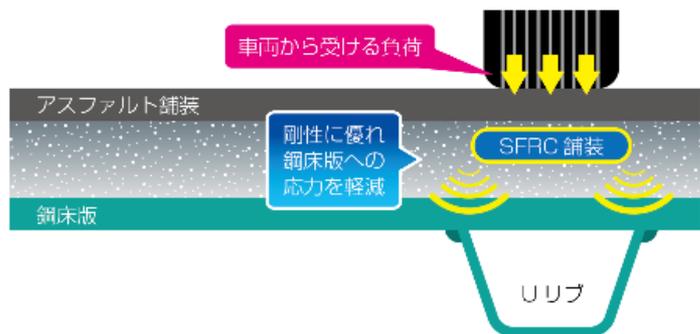
鋼床版における対策

- き裂が多発すると上部工架替が必要なことから、SFRC舗装で鋼床版の剛性向上等を図り、長期健全性を確保。

○ 剛性を向上させる等の抜本的な対策例

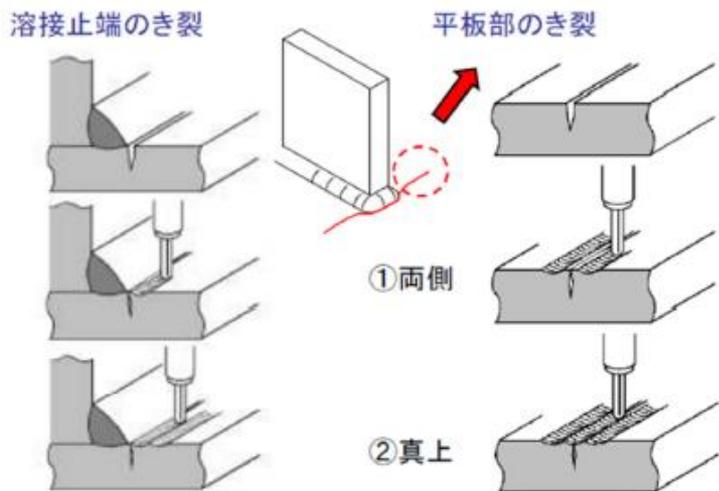
【例】 SFRC舗装による疲労き裂対策

(剛性向上により疲労原因となる応力を軽減)



【例】 衝撃き裂閉口処理

(き裂の近傍を叩くことで鋼材表面を塑性変形し、き裂閉口と圧縮応力を導入)



鋼橋(旧基準の塗装)における損傷と対策

- 下塗を残して塗替えた塩化ゴム系の塗装において、付着力が失われた結果、腐食・断面欠損等の損傷が発生。
- 抜本的な対策として、既存塗膜を下地から全て除去した後、高耐久塗装・部材取替等で更新し、長期耐久性を確保。

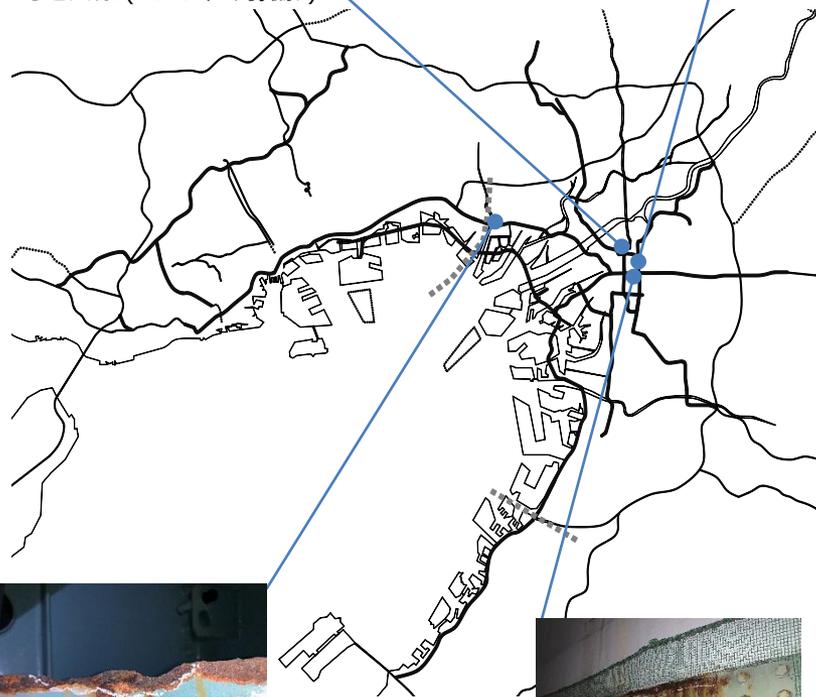
○ 塗装の損傷状況



11号池田線 (2019年7月撮影)



1号環状線 (2019年11月撮影)



3号神戸線 (2020年7月撮影)



13号東大阪線 (2021年6月撮影)

○ 高耐久塗装・部材取替等により更新



ブラスト処理等
(既存塗膜等の除去)



素地調整の完了
(鋼材表面に既存塗膜無し)



【例】耐候性に優れた重防食塗装仕様への更新



【例】鋼板取替・補強

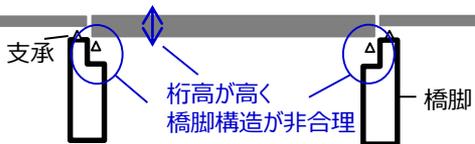


【例】防食性能が高い防錆処理
高力ボルト

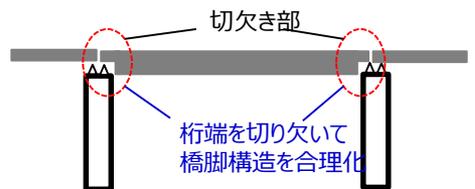
狭隘部における損傷と対策

- 橋脚構造合理化のため、阪神高速の鋼箱桁の一部では、桁端部を切り欠いた構造を採用。
- 同構造は点検が困難な狭隘部であり、ファイバースコープを用いた点検によって支承等の損傷を発見。
- 抜本的な対策として、劣化の顕著な狭隘部を対象に構造改良等を実施。

○ 桁端切欠き構造を採用しない場合の構造例



○ 桁端切欠き構造を採用する場合の構造例



都市内における切り欠き構造の設置例 (15号堺線)

○ 桁端切欠き構造と狭隘部の損傷例

(漏水・滞水が生じやすく、荷重が掛かる位置にある影響もあって、局所的に激しい損傷が発生)



支承部の滞水、箱桁表面の発錆 (13号東大阪線)

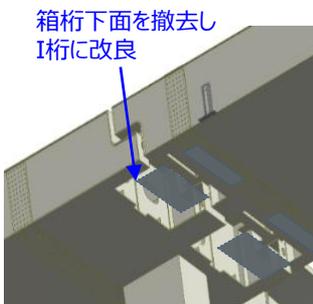
支承部の発錆・沓座コンクリートの破損 (15号堺線)

沓座コンクリートの破損・桁端部の発錆 (16号西大阪線)

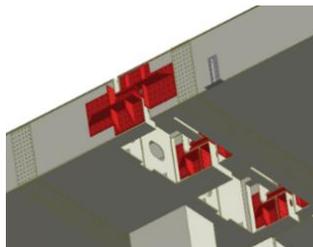
○ 抜本的な対策例

(箱桁下面を撤去し I 桁に改良し、支承を交換等)

【改良前】



【改良後】



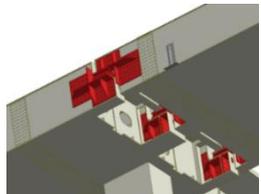
- 将来の損傷を減らすためにも、今後は大規模修繕事業の実施にあたり、構造物単位で必要な対策をパッケージ化した合理的な補修・修繕の実施や、予防保全の推進、維持管理性の向上を図ることが一層不可欠。



耐久性の高い塗装への更新
（既存塗膜等の除去）



腐食・断面欠損部への
鋼板補強・ボルト取替



狭隘部の構造改良



恒久足場等の設置



SFRC・上面増厚



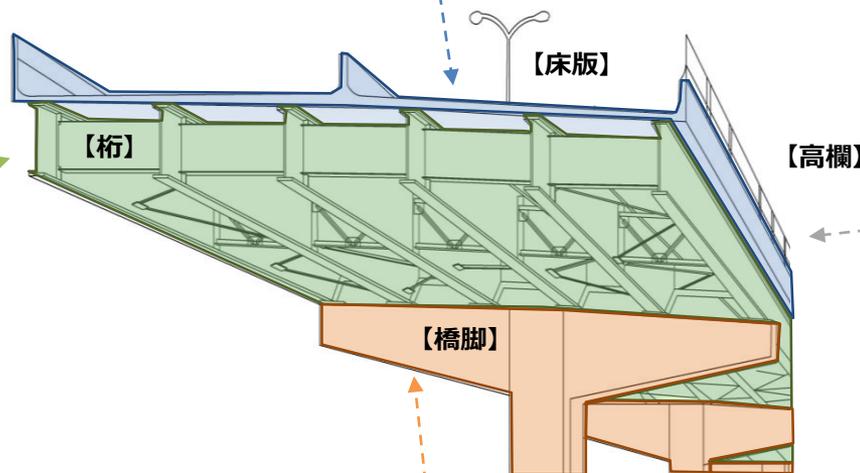
高性能床版防水等



伸縮継手の取替



門型標識の更新



支承の取替



ひび割れ注入(断面修復)



点検孔扉の取替



塗装・表面保護の更新



新たな鋼製高欄への取替



塗装・表面保護の更新

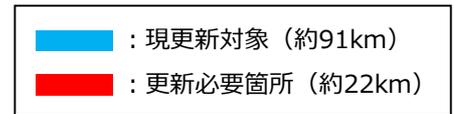


照明柱(標識柱)の取替



遮音壁・透光板の取替

- 阪神高速道路の供用総延長 約258kmのうち、約91kmで大規模更新・大規模修繕事業を現在実施中。
- 2014年度(平成26年度)以降、5年に1度の近接目視による法定点検を経て、特に開通後 約40年を経過した道路構造物では、従来の知見だけでは対応が困難な損傷メカニズム等の新たな知見や想定以上に損傷が顕著となっている事象が約22kmの区間において判明し、抜本的な対策として約2,000億円の新たな更新事業が必要。
 - ・トンネル内におけるPC舗装の著しいひび割れ、PC鋼材の破断
 - ・鋼製高欄の内部の滞水、著しい断面欠損・発錆 等
- 道路は時間の経過に合わせて劣化するため、上記を除く約145kmの区間では、新たに更新が必要となった箇所と同様の構造・基準の箇所等で損傷が顕在化する可能性があることから、今後の点検結果等を踏まえ、更新事業の追加を検討。



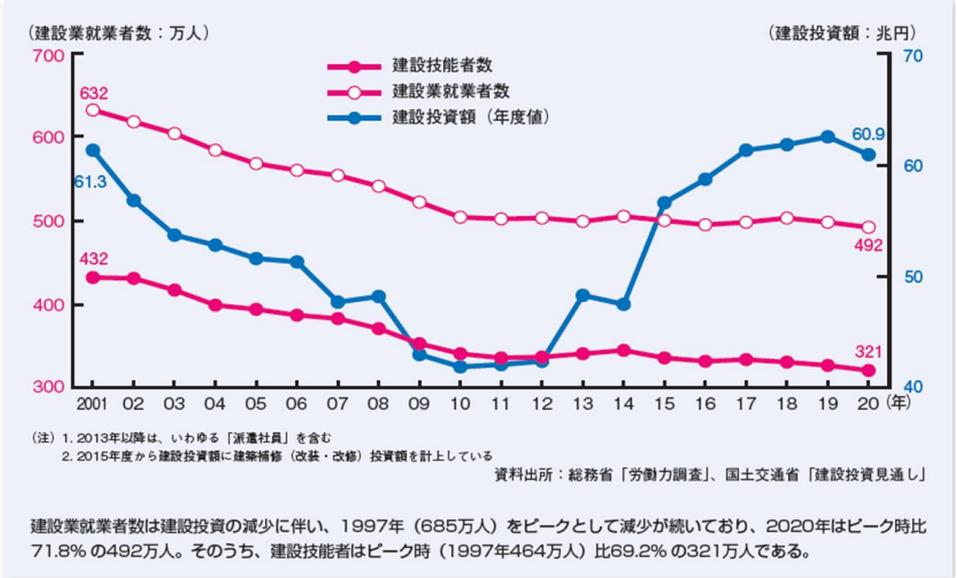
4. 維持管理の高度化・効率化

- 2002年度に資格制度を創設し、以来、道路構造物の知識とノウハウを持った点検の担い手の確保を推進。
- ただし、我が国の建設業技能者数、建設業就業者数は、ともに減少傾向（ピーク時の約7割）。
- 点検員が近接目視で把握している劣化・損傷は、定量的・効率的に把握できるように取組むことが不可欠。



点検診断講習会

((一財) 阪神高速先進技術研究所 主催)

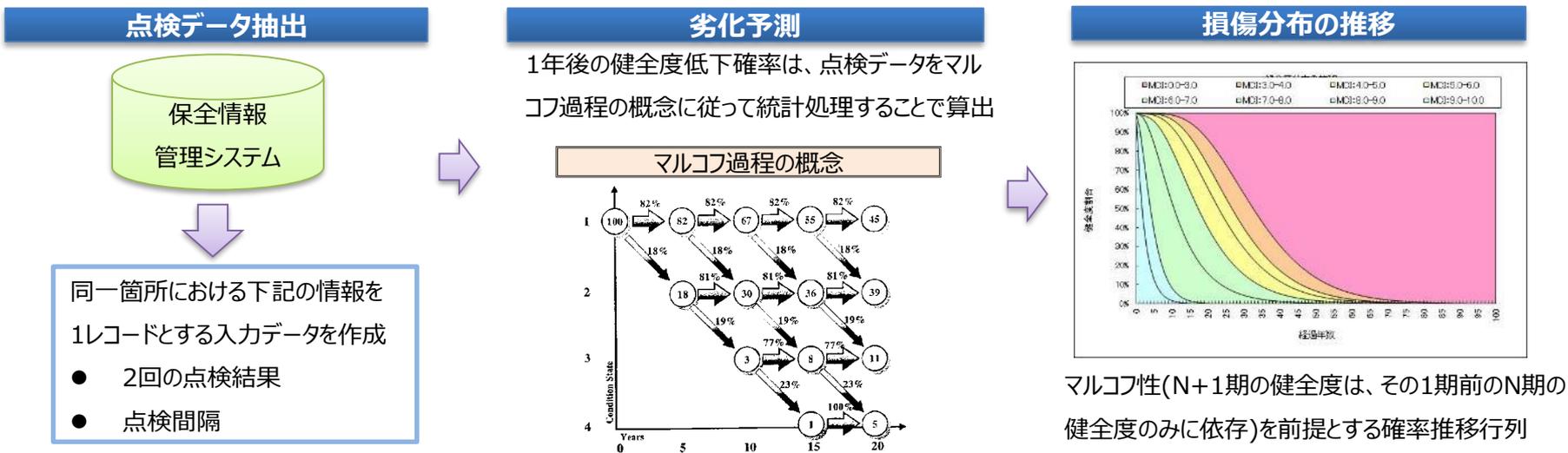


【出典】(一社)日本建設業連合会 建設業ハンドブック 2021

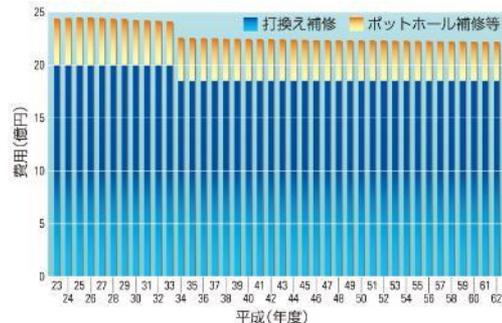
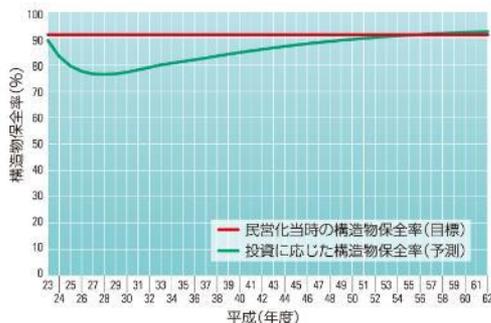
https://www.nikkenren.com/publication/pdf/handbook/2021/2021_04.pdf

- 『阪神高速の橋梁マネジメントシステム(H-BMS)』は、点検データを基に作成した劣化曲線などを用いて、橋梁の劣化のマクロな把握、ライフサイクルコストの最適化などを目的に構築した橋梁に特化したアセットマネジメントシステム。
- 劣化のばらつきを定量化するため、確率論モデル(マルコフモデル)を採用。計算方法は劣化と補修を半永久的に繰り返す。
- システムは2007年頃に概成。長期および短期シミュレーション解析により、戦略的維持管理の取り組みの実現を指向。

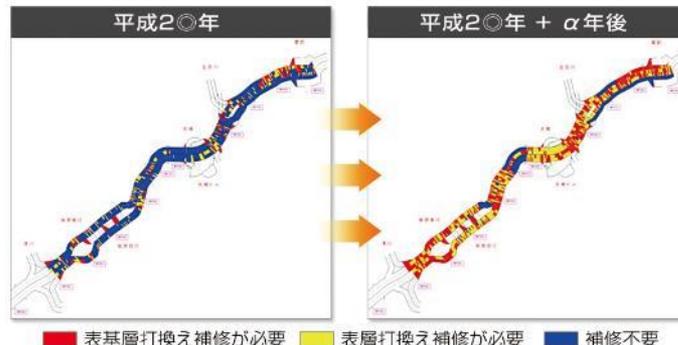
劣化予測の手順



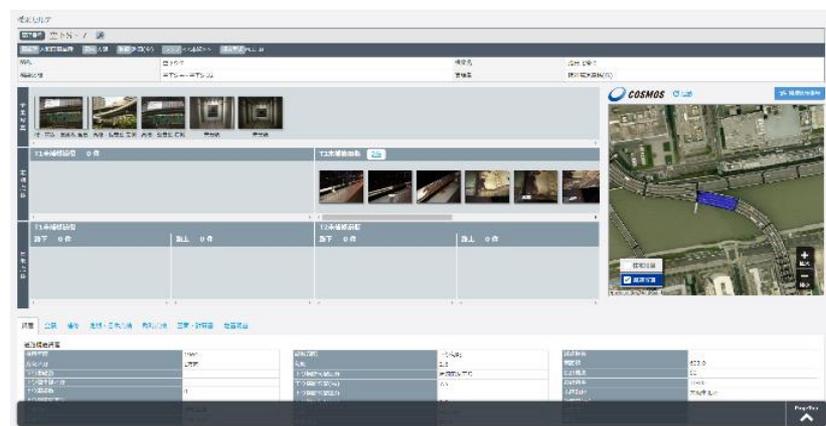
長期シミュレーション: 45年間で必要となる補修・修繕の費用と構造物の管理水準の推移



短期シミュレーション: 舗装補修箇所の範囲



- 阪神高速では1980年代より、保全事業の運営に必要な情報の一元管理に取り組み、1994年度に資産・点検・工事情報等を管理する『保全情報管理システム』の運用を開始。以降、『保全情報管理システム』は改良等を数度実施。
- 『点検・保守管理システム』は、2016～2017年に上記のシステムを基に構築した点検・補修情報を管理するための業務支援システム。同システムと連携するモバイル用の点検アプリも開発し、点検業務の効率化を推進。
- 定期点検、日常点検の全ての損傷は、IDが付与され、PC等で検索が可能。



点検・保守管理システム（橋梁カルテ）

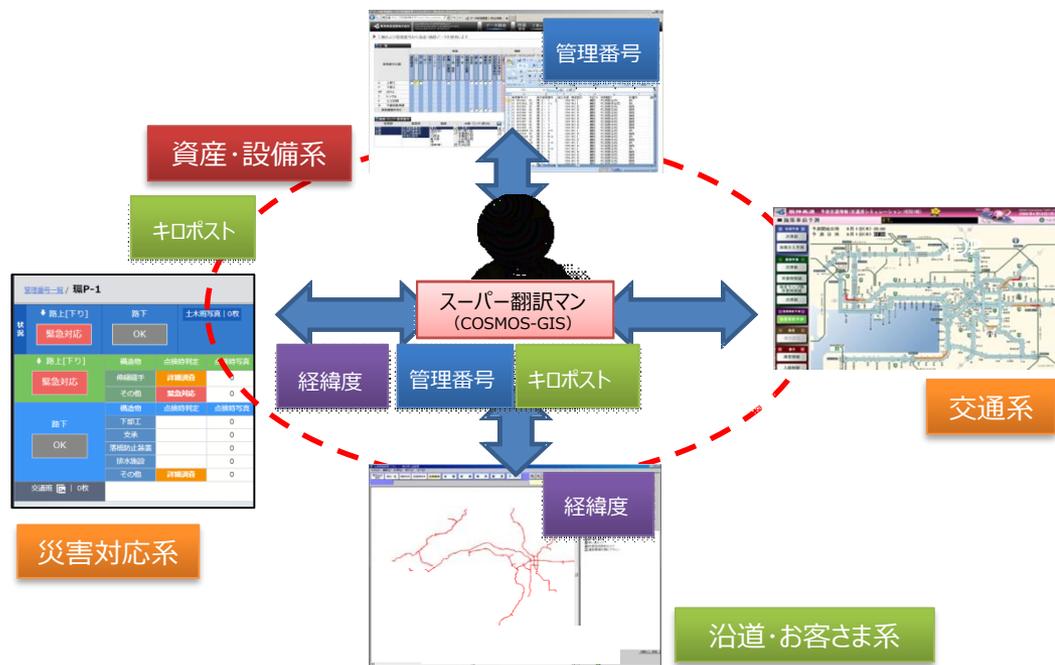


点検アプリはモバイル
端末にインストール可

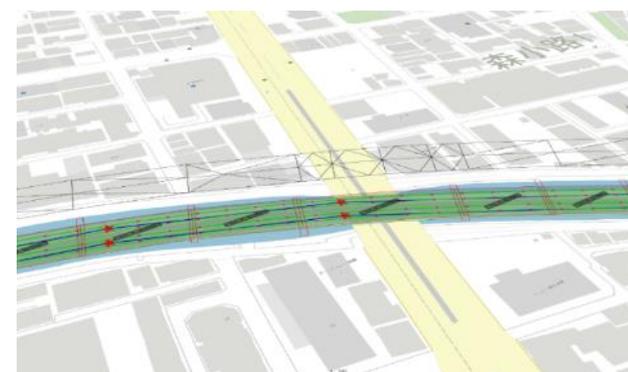


- 👁️ 過去の点検情報、写真が点検現場で閲覧可能
- 📄 結果は点検・保守管理システムへの登録が可能

- 『阪神高速COSMOS』(Communication Systems for Maintenance, Operation and Service)は、「業務効率化に資するICT技術の導入や既存システムの連携・活用発展」の社内方針を基に、2016年度に検討を開始、2019年度に概成した業務支援システム。
- 当社の各業務支援システムの保有情報を、GISを用いた1つのプラットフォーム (COSMOS-GIS) で可視化、重ね合わせ表示等ができる仕組み。



— : 鋼床版き裂発生箇所 ⊗ : 舗装損傷発生箇所
 鋼床版き裂と舗装損傷のCOSMOS-GISでの重ねせ



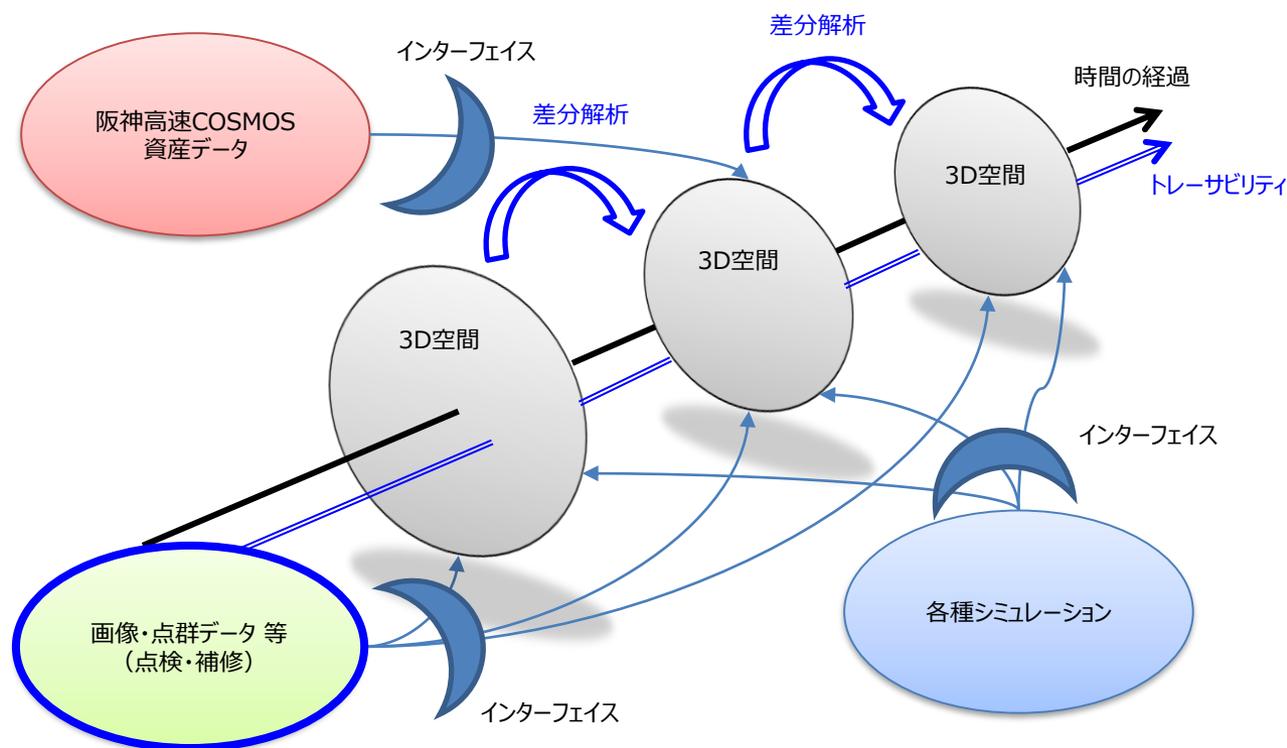
GIS上での高さ情報の表示イメージ



阪神高速COSMOSの

【位置情報を基に各システムの管理指標(インデックス)を翻訳、地図表示】

- 阪神高速が培ってきた技術やこれまでの委員会での審議内容等を基に、点検や維持管理の課題解決(高度化・効率化の実現)を図るため、試行・検証、精度向上を繰り返しながらCOSMOS – GIS等と連携したH-BMSの4 D化 (画像・点群等 + 時間軸)等に取り組む予定。



今後のH-BMS (3D情報を基にする点検および時系列差分解析) の実現イメージ

5. 先進の道路サービスへ

- 100年後も暮らしと経済を支えるインフラとして、阪神高速道路を将来にわたって安全に機能させていくため、必要となる中長期的な取り組みを今回取りまとめ。
- サステナブルな道路ネットワークを実現するため、現時点の知見や技術にとどまることなく、将来に向けた進化・改良を常に継続し、「先進の道路サービス」を追求していきたい。



阪神高速グループの事業とSDGsとの関係のイメージ

<https://www.hanshin-exp.co.jp/company/csr/management/>