

最新の知見を踏まえた 更新事業等の必要性

阪神高速道路株式会社

2022年 2月 2日

1. 阪神高速道路の状況

- 1.1 阪神高速道路のネットワーク整備
- 1.2 阪神高速道路の供用後の経過年数
- 1.3 阪神高速道路における点検・維持管理の取り組み
- 1.4 橋梁の損傷発見数・補修数の推移
- 1.5 交通規制を伴う工事における制約・取組

2. 最新の知見を踏まえた更新事業等の必要性

- 2.1 最新の知見と必要な追加対策(案)の一覧
- 2.2 コンクリート系床版等における損傷と追加対策の必要性
- 2.3 プレテンションPC桁間詰部における損傷と追加対策の必要性
- 2.4 鋼製高欄における損傷と追加対策の必要性
- 2.5 トンネル内のPC舗装における損傷と追加対策の必要性
- 2.6 長大橋・一般橋における損傷と追加対策の必要性

1. 阪神高速道路の状況

1.1 阪神高速道路のネットワーク整備

- 阪神高速では、最も古い1964年の1号環状線(湊町～土佐堀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。
- 近年は、大和川線の供用、大阪湾岸道路西伸部等の建設等により、阪神圏のミッシングリンクの解消にも注力。



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



大和川第三トンネル

(6号大和川線：供用中)



駒栄地区の開削トンネル工事

(大阪湾岸道路西伸部：建設中)

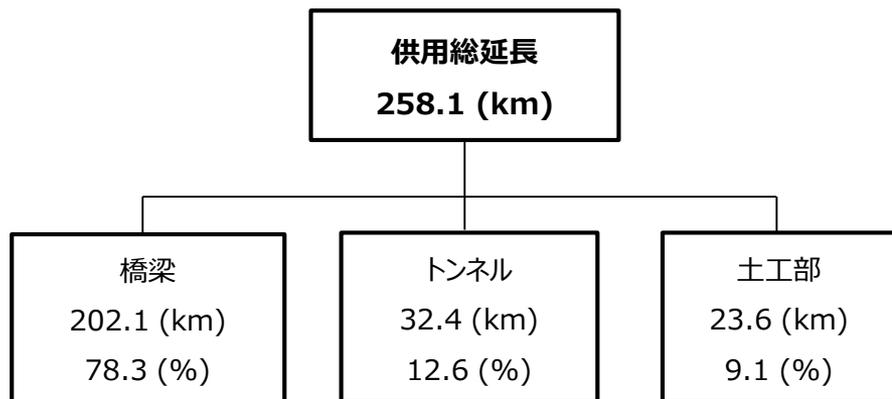


- 40年以上 大阪池田線、守口線、森小路線、堺線、松原線、神戸西宮線 等
- 30～39年 東大阪線、大阪西宮線、湾岸線 等
- 20～29年 湾岸線、大阪池田線延伸部、北神戸線 等
- 10～19年 北神戸線、神戸山手線 等
- 9年以下 淀川左岸線、大和川線 等

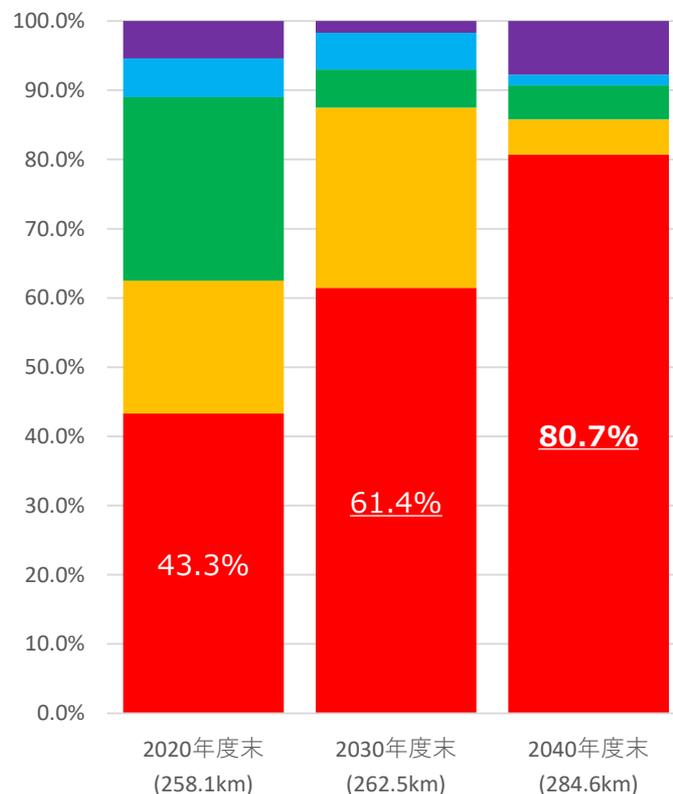
1.2 阪神高速道路の供用後の経過年数

- 現在の供用総延長 258.1km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40年を超える路線は4割超（2021年3月末時点）。
10年後の2030年度末には6割超、さらにその10年後の2040年度末には8割超になる見込み。

■ 構造物比率（2021年3月末時点）



■ 開通からの経過年数比率



■ 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、一般道路が大阪府内の主要地方道等。

1.3 阪神高速道路における点検・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。
- 安全・円滑な交通の確保、第三者災害を未然に防止するため、日常点検を実施。
- より確実に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。

定期点検



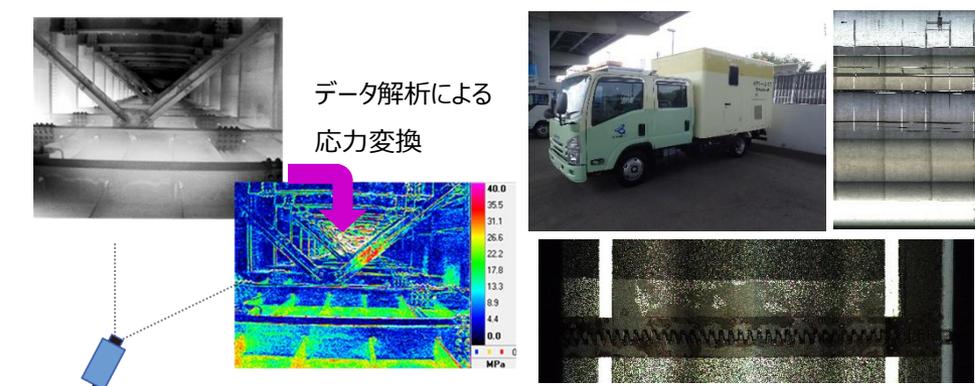
高所作業車 特殊高所技術 UAV(ドローン)

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



データ解析による
応力変換

赤外線カメラによる鋼橋の応力計測
(交通規制無しで計測可能)

ドクターパート2.0
(夜間のカラー画像撮影可能な路上点検車)

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



* 軸重計測を実施し、道路構造物や舗装に悪影響を及ぼす軸重違反車両を取り締まることで、損傷の発生を抑制

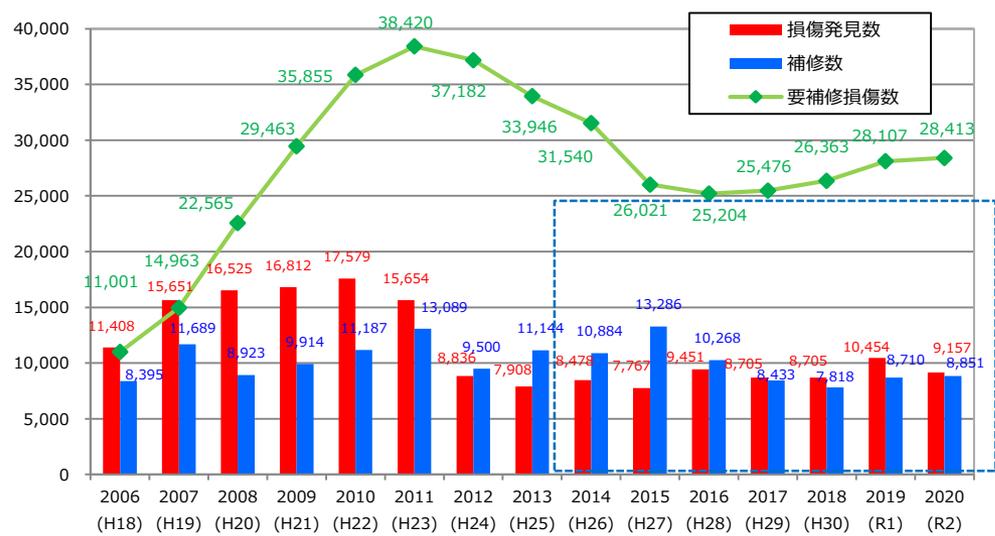


* 点検時の応急処置としてコンクリートの表面強度向上、鉄筋防錆を目的に表面防護用をスプレーを塗布

1.4 橋梁の損傷発見数・補修数の推移

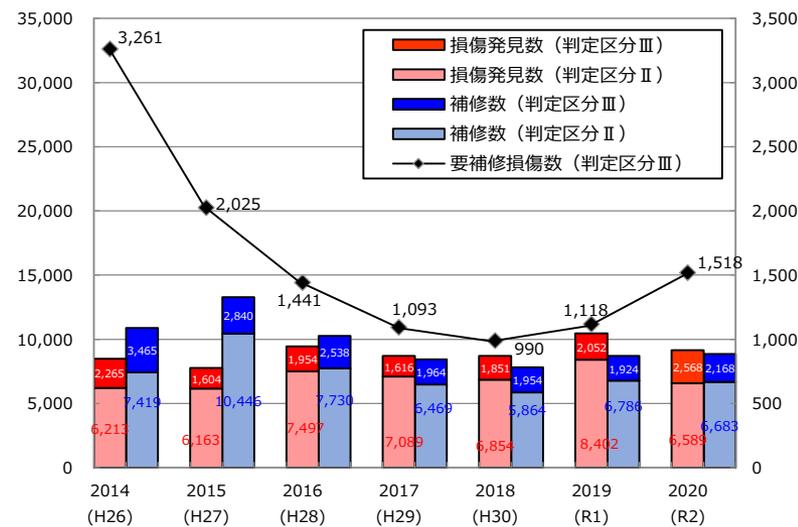
- 民営化以降、橋梁の日常・定期点検の**損傷発見数**、**補修数**、**要補修損傷数**の推移は左図のとおり。
- 国の判定区分Ⅳ(緊急措置段階)に該当する損傷は、発見時に速やかに補修を実施。
- 2012年度以降、国の判定区分Ⅲ(早期措置段階)の未補修損傷の補修計画を立案し、補修を促進。
- 右図のとおり、2014年の1巡目点検以降、前年度損傷発見数を上回る数の判定区分Ⅲの損傷補修を各年度実施。
- ただし、要補修損傷数(判定区分Ⅲ)は近年減少が停滞していることから、判定区分Ⅱ(予防保全段階)の損傷と共に、大規模更新・大規模修繕工事等の実施に合わせて計画的・継続的に補修する予定。

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】

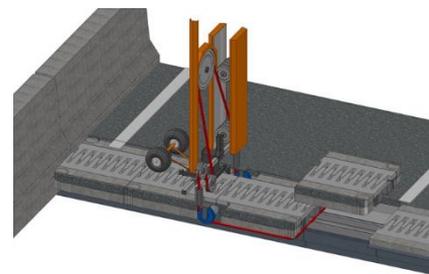
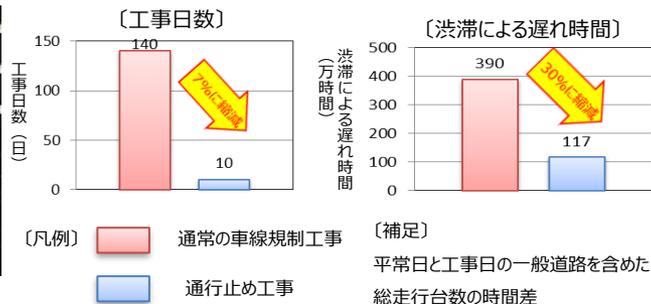
- 損傷発見数、補修数は、日常点検(路上・路下等)、定期点検(桁、橋脚、はり上、床版、高欄・水切)を集計。当社の点検要領における機能低下があり対策の必要がある損傷が対象。
- 要補修損傷数は、損傷発見数と補修数との差の累積。
- 2012年度以降は2次判定区分の損傷を集計。

1.5 交通規制を伴う工事における制約・取組

- 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~京橋間リニューアル工事)

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

2. 最新の知見を踏まえた更新事業等の必要性

【コンクリート系床版等、プレテンションPC桁間詰部、鋼製高欄、トンネル内のPC舗装 等】

2.1 最新の知見と必要な追加対策(案)の一覧

- 阪神高速では、2015年度以降、大規模更新・大規模修繕事業を推進してきているところ。
- 一方、事業の対象外箇所・部位において、2016年度以降、事業化時には無かった新たな知見や追加対策の必要性等をこれまでに把握。
- 予防保全の推進や将来の第三者災害の防止の観点も鑑み、**更新事業等の追加対策(案)の必要性等を今回整理**。
- なお、腐食等の著しい損傷が近年顕在化している長大橋や維持管理困難箇所である鉄道上・大規模交差点上の道路構造物も、更新事業等の追加を検討していきたい。

見出し番号	対象	部位	発生事象	新たな知見	必要な追加対策(案)
2.2	橋梁	コンクリート系床版等	上面の過切削損傷、 下面の漏水損傷 (2018年～)	・ 舗装切削を繰返した影響で徐々にかぶりが減少 ・ 防水層設置が必須前の技術基準で建設された床版等で漏水損傷等が顕在化	・ 高性能床版防水 ・ 鋼板補強、上面増厚、表面保護 等
2.3		プレテンションPC桁間詰部	コンクリート片の落下 (2018年)	・ 平成2年より前の技術基準で建設されたプレテンションPC桁では、間詰部にテーパー・差し筋が無い構造 ・ 床版防水未設置等による雨水の浸透により、PC鋼材が腐食	・ 高性能床版防水 ・ 鋼板補強 等
2.4		鋼製高欄	高欄上の照明柱の転倒 (2019年)	・ 密閉構造では水が内部に滞留し、電気化学防食等の対策を実施しても腐食が発生	・ 非密閉構造の新たな構造の鋼製高欄 等
2.5	トンネル	PC舗装	PCケーブルの破断 発見 (2016年)	・ 塩分の浸透や過酷な使用環境等によって舗装版底面の空洞やひび割れ等が発生	・ 新たなコンクリート舗装 等

2.2 コンクリート系床版等における損傷と追加対策の必要性(1)

- **古い技術基準**で建設されたコンクリート床版等(RC：1973年より前、PC：1985年より前)に関して、事業化時には損傷が確認されていなかったが、その後の**舗装切削時の調査等で損傷を確認**。【新たな知見①】
- **上記より新しいが、防水層設置の必須化(2001年度)より前の技術基準**で建設のコンクリート床版等も、床版裏面や桁の漏水や鉄筋腐食等を確認。【新たな知見②】
- これらの床版等は、将来、床版陥没などの重大な損傷の発生リスクが払拭できないことから**高性能床版防水等による大規模修繕対策の実施が必要**。

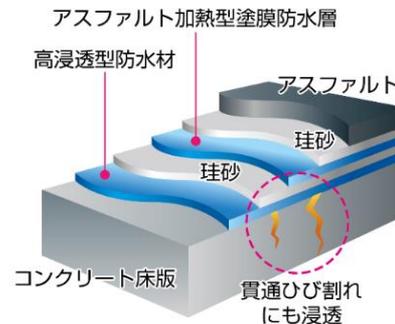
【位置図】



RC床版の鉄筋露出(堺線)



PC桁の損傷(北神戸線)



高性能床版防水のイメージ



高性能床版防水の施工

■ : 古い技術基準(RC：1973年より前、PC：1985年より前)で建設された路線【新たな知見①】

■ : 防水層設置の必須化以前(2001年度)の技術基準で建設された路線【新たな知見②】

- 古い技術基準適用の損傷無のRC床版やポストテンションPC桁等でも、2018年度以降の舗装切削時の調査等で定期点検では確認困難な床版上面でのコンクリートの浮きや不陸等の損傷(一部では鉄筋露出) 等を確認。
- 上面切削が2～3回目の環状線でも不陸・微細なひび割れ等が発生しており、これらを踏まえ**古い技術基準で建設された床版等は、耐久性確保や予防保全の観点から定期点検による損傷の有無に拘らず、高性能床版防水の対策が必要。**
- 高性能床版防水ではコンクリートの上縁被りが回復しないため、追加対策(上面増厚、鋼板補強等)も必要に応じ実施。

適用基準 \ 損傷	損傷あり	損傷無
1973年より前の基準	大規模修繕	補修・修繕
1973年以降の基準	補修・修繕	補修・修繕

現行のRC床版の事業区分
(1973年より前：床版厚・鉄筋量等が小)

適用基準 \ 損傷	損傷あり	損傷無
1985年より前の基準	大規模修繕	補修・修繕
1985年以降の基準	補修・修繕	補修・修繕

現行のポストテンション P C 桁の事業区分
(1985年より前：上面定着構造)

大規模修繕に今回追加を想定



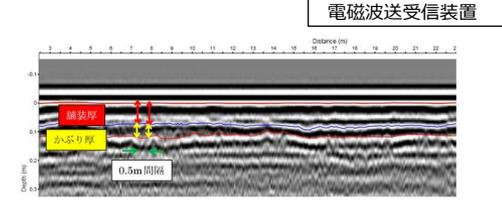
RC床版上面の鉄筋露出
(堺線)



ポストテンション P C 桁上面の浮き損傷
(湾岸線)



切削後の床版上面の不陸等
(環状線)



舗装厚、鉄筋かぶり厚が推定可能なレーダー探査車

【新たな知見】

古い技術基準で建設し、事業化前の定期点検(床版裏面等)で損傷無の床版等でも、2018年以降実施している舗装切削時の調査等の結果、舗装切削を繰り返した影響で徐々に上縁かぶりが減少し、将来の損傷発生(路面陥没)のリスクが危惧。11

2.2 コンクリート系床版等における損傷と追加対策の必要性(3) ~新たな知見②~

- **1994年**に全線供用開始した湾岸線のコンクリート床版・桁等では、床版防水が未実施の箇所が存在し、塩分の作用等もあって、鉄筋腐食の発生や疲労ひび割れ等が近年顕在化。
- **2001年度より前の技術基準**で建設の北神戸線等も、床版防水が未実施の箇所が存在し、山間部に位置することから長年の凍結防止剤散布等の影響もあって、コンクリート床版裏面や桁等の漏水損傷・遊離石灰・さび等が深刻化。
- 上記箇所では、上面切削時に不陸・微細なひび割れ等が発生することから、**高性能床版防水の適用が必須**。
- 高性能床版防水ではコンクリートの剛性等が改善しないため、追加対策(鋼板補強、表面保護等)も必要に応じ実施。

適用基準 \ 損傷	損傷あり	損傷無
1973年より前の基準	大規模修繕	補修・修繕
1973年以降の基準	補修・修繕	補修・修繕

現行のRC床版の事業区分

(1973年以降：床版厚・鉄筋量等が大)

適用基準 \ 損傷	損傷あり	損傷無
1985年より前の基準	大規模修繕	補修・修繕
1985年以降の基準	補修・修繕	補修・修繕

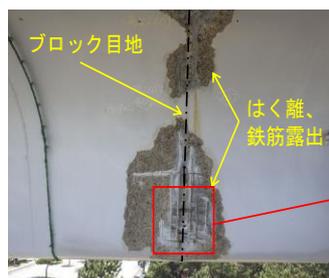
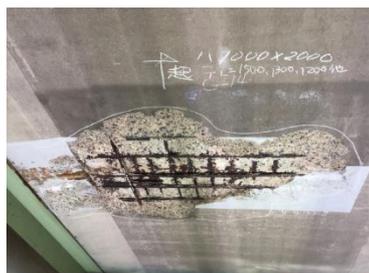
現行のポストテンション P C 桁の事業区分

(1985年以降：桁端定着構造)

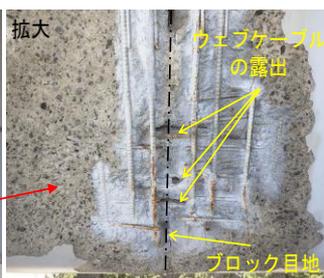
大規模修繕に今回追加を想定
(~2001年度より前)



RC床版裏面の損傷(湾岸線)



PC桁側面の損傷(湾岸線)



PC桁側面の損傷(北神戸線)

【新たな知見】

防水層設置の必須化より前の技術基準で建設された床版等でも、定期点検の結果、路面の雨水や環境要因等の影響で漏水損傷・遊離石灰・さび等の損傷が近年顕在化し、将来の第三者災害(コンクリートのはく落)のリスクが懸念。

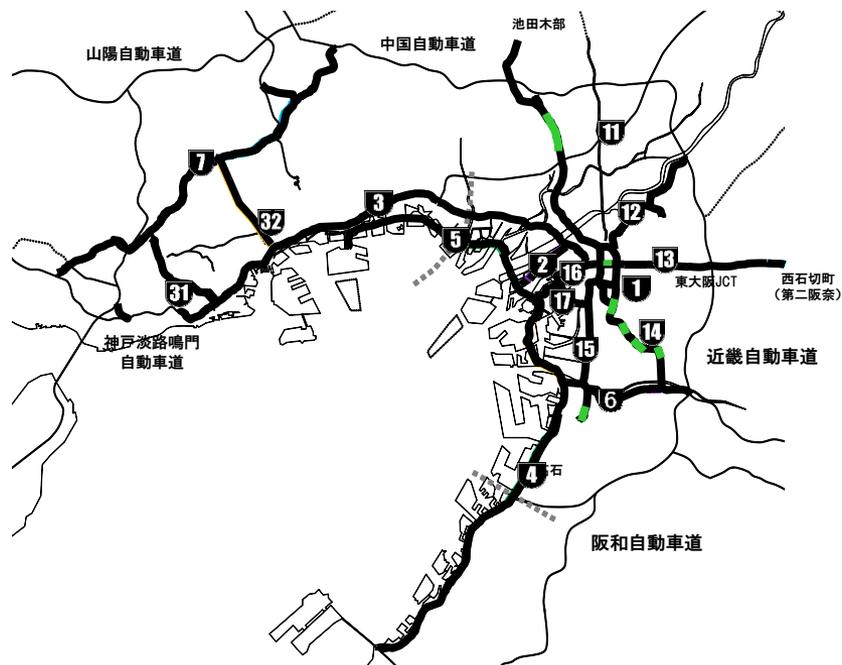
- 橋梁の床版防水に係る技術基準の変遷等は、下表の通り。
- 舗装技術基準の制定及び道示の改訂が行われた**2001年度以降、防水層等の設置が必須**。
- 不陸・微細なひび割れ等における防水が目的の高性能床版防水は、大規模修繕事業の適用を想定し、2016年度開発。

年度	技術基準の概要 (* 特定更新工事の事業化を含む)
1972年度 (S47年度)	<p>「アスファルトコンクリート舗装には必要に応じて防水層を設けるものとする。」 【道路橋示方書同解説 I 共通編 昭和48年2月 (日本道路協会)】</p> <p>「車道部分の床版の厚さは、いかなる部分も16cmを下まわってはならない。」 「前示方書では19条の解説中に「少なくとも主鉄筋の25%以上入れなければならない」と規定しているだけであつたが・・・配力鉄筋は配力鉄筋方向のモーメントに対して設計するものとして配力鉄筋方向の設計活荷重モーメント式を示してある」 「床版のコンクリートの圧縮強度 σ_{28} は210 kg/cm²以上とする」 【道路橋示方書同解説 II 鋼橋編 昭和48年2月 (日本道路協会)】</p>
1985年度 (S60年度)	<p>「けた部材にプレストレスを導入する場合、定着部を設ける位置はできるだけウェブに設けるのがよい。」 【コンクリート道路橋設計便覧 昭和60年10月 (日本道路協会)】</p>
2001年度 (H13年度)	<p><舗装構造の性能規定化を図るため、舗装構造に関する技術基準が制定> 【舗装の構造に関する技術基準・同解説 平成13年7月 (日本道路協会)】</p> <p>「アスファルト舗装とする場合は、橋面より浸入した雨水等が床版内部に浸透しないように防水層等を設けるものとする。」 【道路橋示方書同解説 I 共通編 平成14年3月 (日本道路協会)】</p>
2014年度 (H26年度)	<p>特定更新工事の事業化 (事業化前の定期点検(床版下面等)で異常が無く、特定更新事業の対象外として想定)。</p>
2016年度 (H28年度)	<p>高性能床版防水(複合床版防水工法)の開発。</p>

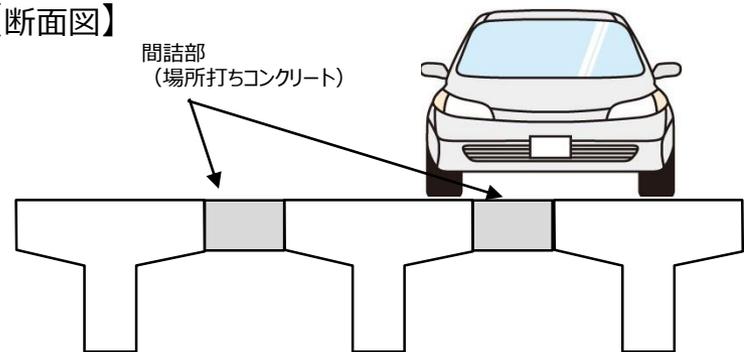
2.3 プレテンションPC桁間詰部における損傷と追加対策の必要性(1)

- **古い技術基準**(道路橋示方書(「道示」) 平成2年2月より前の技術基準)で設計・建設されたプレテンションPC桁間詰部のうち、テーパ加工無又は差し筋無等の箇所で、**場所打ちコンクリートの抜け落ちやPCケーブルが発錆・破断が発生。**
- **テーパ・差し筋は、道示 平成2年2月で初めて規定。**なお、最新の道示(平成29年)でも、当該規定に変更無。
- 将来の繰り返し損傷の発生や第三者災害の大きな事象のリスクを鑑み、**大規模修繕対策の実施が必要。**

【位置図】



【断面図】



プレテンションPC桁のイメージ

(白色：工場製作、灰色：現地製作(場所打ちコンクリート))



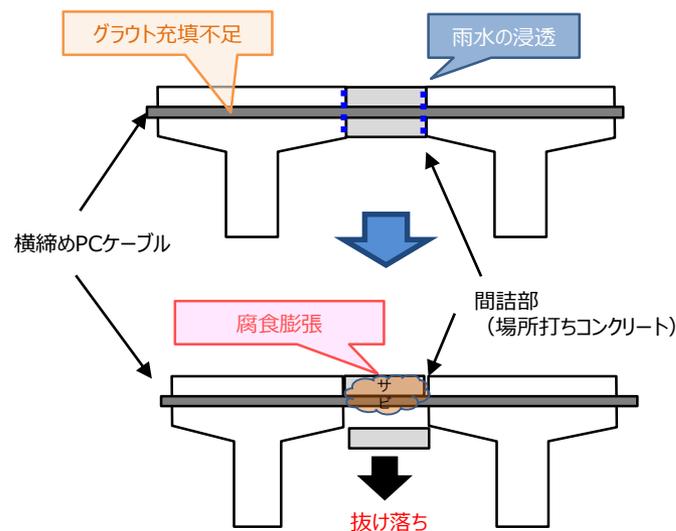
間詰部の抜け落ち、PCケーブルの破断

(11号池田線、2018年8月撮影)

- 原因究明の結果、グラウト充填不足が生じやすい横締めPCケーブルに雨水が浸透し、PCケーブルが発錆→ 腐食膨張 → 破断等した結果、間詰部(場所打ちコンクリート)が抜け落ちたと推察。
- また、これまでの上面切削によって上縁被りが薄くなったこともあり、雨水がPCケーブルに浸透しやすくなった影響も想定。



間詰部の抜け落ち、PCケーブルの発錆
(11号池田線、2018年8月撮影)



プレテンションPC桁間詰部の抜け落ちの原因推定

【新たな知見】 プレテンションPC桁間詰部は、既往の技術的知見では抜け落ちリスクが低いと考えられていたが、テーパー・差し筋の必要性が記述される1990(平成2)年より前の技術基準で建設されたものは、第三者災害が今後も発生する恐れが存在することから、大規模修繕対策が必要。

- プレテンションPC桁間詰部の技術基準の変遷等は、下表の通り。
- 特定更新工事の事業化前は、抜け落ち事案の発生した橋梁で間詰部の損傷が無かった。

年度	技術基準の概要 (* 特定更新工事の事業化を含む)	抜け落ち事案が発生した橋梁の経緯
1967年度 (S42年度)	<間詰部の差し筋及びテーパーは、言及無し> 【プレレストコンクリート道路橋示方書 解説 昭和43年3月(日本道路協会)】	プレテンション式PC桁の建設
1989年度 (H1年度)	「プレキャストげたのフランジから重ね継手長さ以上突出した鉄筋により、十分に結合するのがよい。ただし、横締めPC鋼材が配置された床版で場所打ちコンクリートの幅が30cm以下の場合には、この鉄筋は出さなくてもよい。」 <図-解 7.4.2 床版における場所打ち部の構造細目でテーパーが図化> 【道路橋示方書同解説 Ⅲ コンクリート橋編 平成2年2月 (日本道路協会)】	
2001年度 (H13年度)	<舗装構造の性能規定化を図るため、舗装構造に関する技術基準が制定> 【舗装の構造に関する技術基準・同解説 平成13年7月 (日本道路協会)】 「アスファルト舗装とする場合は、橋面より浸入した雨水等が床版内部に浸透しないように防水層等を設けるものとする。」 【道路橋示方書同解説 I 共通編 平成14年3月 (日本道路協会)】	
2004年度 (H16年度)		3回目の舗装補修工事 (防水層設置)
2009年度 (H21年度)		定期点検実施 (損傷無し)
2014年度 (H26年度)	特定更新工事の事業化 (プレテンションPC桁は、事業化前(2009年度)の定期点検の結果に異常が確認されなかったことから特定更新事業の対象外として想定)。	1巡目点検実施(はく離、応急対応実施)
2016年度 (H28年度)	高性能床版防水(複合床版防水工法)の開発	
2017年度 (H29年度)	<道路橋示方書同解説 Ⅲ コンクリート橋編 平成2年2月と同様の記載内容> 【道路橋示方書同解説 Ⅲ コンクリート橋編 平成29年11月 (日本道路協会)】	
2018年度 (H30年度)		落下事故発生 、緊急点検等を実施
2019年度~ (R1年度~)		学識経験者参加の原因究明・対策検討を実施

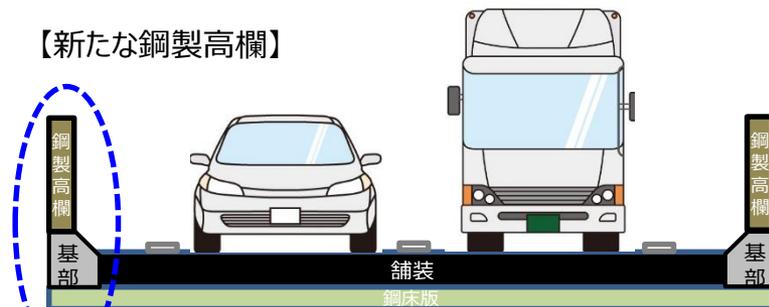
2.4 鋼製高欄における損傷と追加対策の必要性(1)

- さび・腐食の進行抑制を目的に、再塗装、防食工法等による補修を実施するも、**水の侵入を完全には遮断できず、腐食が再発生**。顕著なさび・腐食損傷のあった鋼製高欄の補強工事時に、**高欄上の照明柱が転倒し、第三者災害が発生**。
- 将来の繰り返し損傷の発生や第三者災害のリスクを鑑み、**水の侵入を許容しない密閉構造を改め、水抜き孔を設けた新たな構造の鋼製高欄**(メッキ加工、基部はコンクリート) **による大規模修繕対策の実施が必要**。

【位置図】



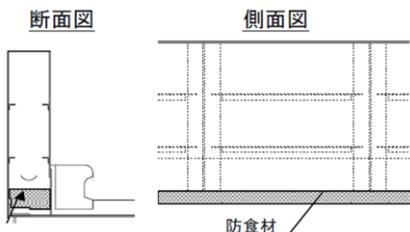
【新たな鋼製高欄】



2.4 鋼製高欄における損傷と追加対策の必要性(2) ~新たな知見~

- 健全性の確認のため、全ての鋼製高欄内部の臨時点検を開始(2020年度～)。
- 点検結果では、導入時に半永久的に効果が持続すると考えられた電気化学防食工法でも、約10年で腐食が再発生。
- 今後の第三者災害を防ぐため、**水の侵入を許容しない密閉構造とする構造を改め、水抜き孔を設けた新たな構造の鋼製高欄**(メッキ加工、基部はコンクリート等)を標準とする社内マニュアルを制定。

施工
状況



防食材



損傷
状況



腐食発生



衝突実験による性能確認



水抜き孔

基部コンクリート



水抜き孔

メッキ加工

【組立中】

鋼製高欄内部の底面の水を媒体とする電気防食工法
(亜鉛粉末と保水性のある非結晶シリカを混合した防食材)

軽量で耐食性を有する新たな鋼製高欄の試作品
(水抜き孔、メッキ加工、基部コンクリート等)

【新たな知見】

繰返し補修を実施する中、最も効果が期待できると考えられた電気化学防食工法でも腐食が再発生したことから、密閉構造等を改める抜本的な対策として、水抜き孔を有する非密閉構造への更新が必要。

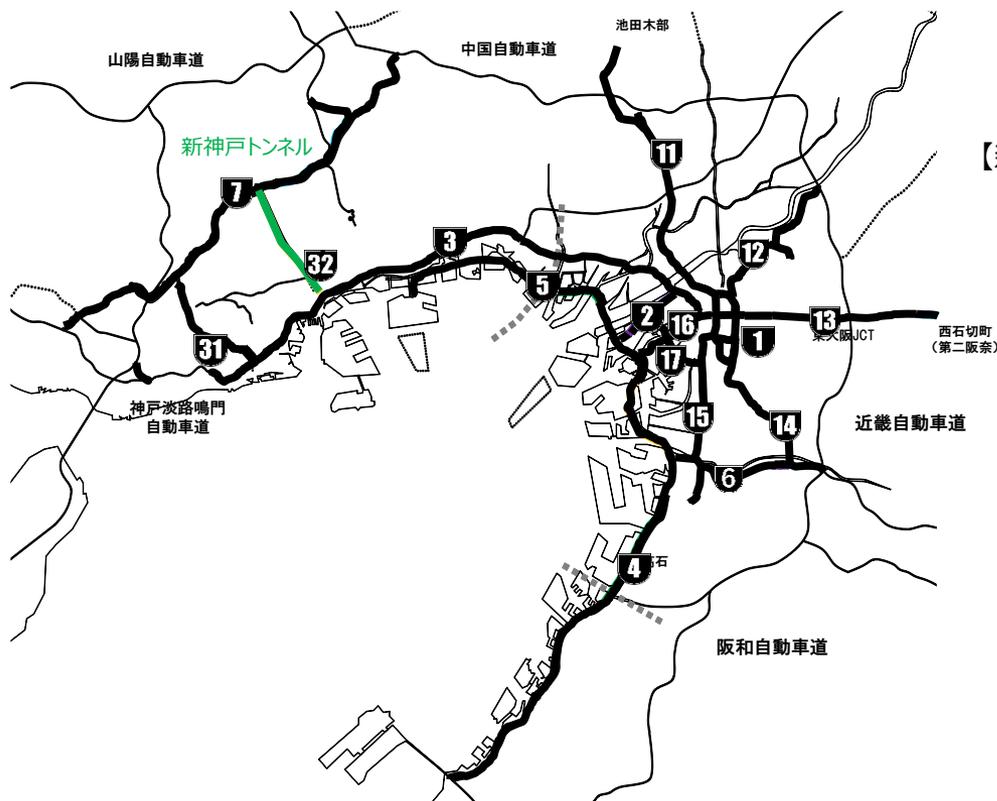
- 工期短縮・橋梁上部工の荷重低減等を目的に鋼製高欄を設置。
- 照明柱の転倒事案が発生した鋼製高欄は、事業化前の点検結果に異常が無く、特定更新事業の対象外として想定。

年度	技術基準の概要、照明柱の転倒事案が発生した鋼製高欄の経緯（* 特定更新工事の事業化を含む）
1964年度 (S39年度)	「橋には、走行車両と歩行者の安全のため、さらには市街地高架橋では橋梁下の人命保護のため、高欄あるいは防護柵を設けることとした。」 【鋼道路橋設計示方書 解説 I 共通編 昭和39年6月（日本道路協会）】
1974年度 (S49年度)	鋼製高欄を建設。
2005年度 (H17年度)	鋼製高欄を補修（建設後4回目、内面防食）。
2011年度 (H23年度)	定期点検実施（損傷無し）。
2014年度 (H26年度)	特定更新工事の事業化（事業化前の点検結果(2011年度)に異常が無く、特定更新事業の対象外として想定）。
2016年度 (H28年度)	1巡目点検実施（鋼製高欄の顕著なさび・腐食の発生を確認）。
2018年度 (H30年度)	1巡目点検結果を受け、鋼製高欄の補強実施。補強工事時に 高欄上の照明柱が転倒 。
2019年度 (R1年度)	照明柱が存在する鋼製高欄全数の緊急点検等を実施。
2020年度 (R2年度)	長期維持管理技術委員会で鋼製高欄等の更新の必要性を報告。 全ての鋼製高欄内部の臨時点検を開始。
2021年度 (R3年度)	鋼製高欄に関する 社内マニュアルを制定 （新型鋼製高欄は、柱・横梁で荷重を支持し、 排水機能を有する構造を標準 ）。

2.5 トンネル内のPC舗装における損傷と追加対策の必要性(1)

- 新神戸トンネルは、耐久性の観点でPC舗装を採用。同トンネルは2012年に神戸市道路公社から阪神高速に移管。
- 1997～98年度に舗装表面のひび割れが発生し、対策(オーバーレイ)が実施されたが、2016年に**PCケーブル破断を発見**。
- 供用限界（路面陥没等）に至る前に、高強度・高耐久なコンクリート系舗装等による**大規模修繕の実施が必要**。

【位置図】

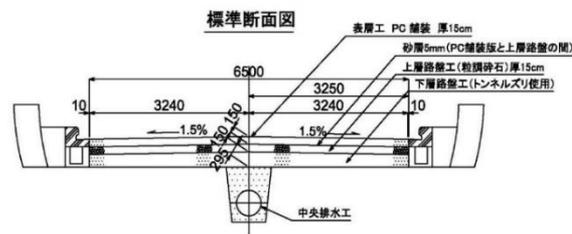


: 新神戸トンネルのPC舗装（総延長 9,660m）

【新神戸トンネルの概要】

トンネルの向き（総延長）	竣工年月	PC舗装の総延長
北行（下り、7,767m）	1976年5月	6,910m
南行（上り、8,060m）	1988年3月	2,750m

【新神戸トンネルのPC舗装】



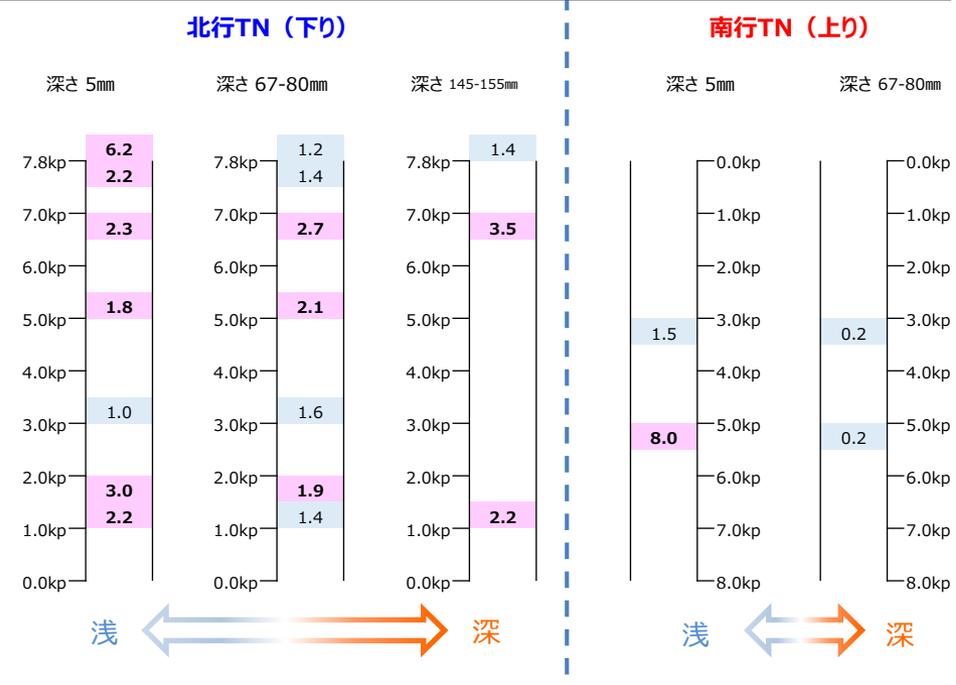
※ PC舗装の利点

- 耐久性が優れている
- 通常のコンクリート舗装と比べて版厚を薄くすることが可能



- コンクリート内でPCケーブルの腐食発生限界(1.7Cl-kg/m³)を超過する塩化物イオン濃度の存在が現地調査で確認。
- ひび割れ発生箇所では、シース管の腐食を確認。さらに、レーダー探査を実施した結果、49箇所(調査箇所全体の8%)で、舗装内部の空洞の疑いが確認。
- FEM解析の結果、長年の使用によりPC舗装版底面に空洞やひび割れが発生することで、コンクリートの剛性低下、鉛直方向の変位量の増大、ひび割れ範囲の拡大の恐れがあることを推察。

PC舗装の塩化物イオン濃度分布 (: 腐食発生限界1.7Cl-kg/m³以上)

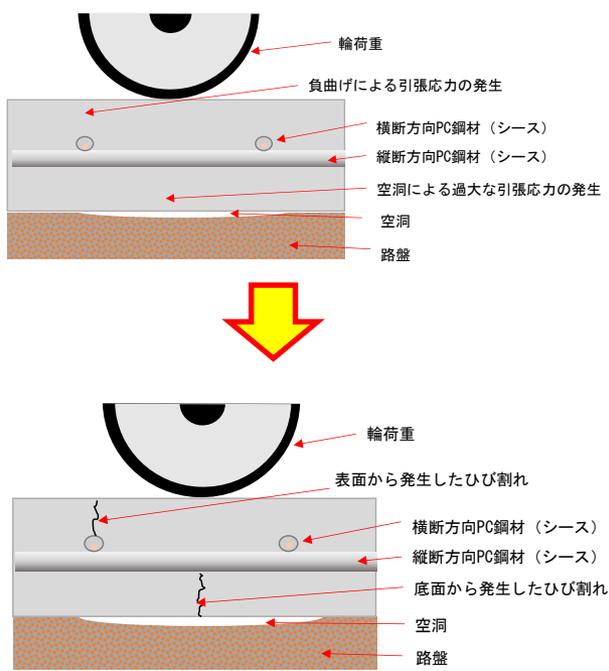


シース管の腐食箇所



※ PC鋼材の破断面の観察は今後実施予定

ひび割れの発生メカニズム(FEM解析結果)



【新たな知見】

建設当時は耐久性に優れると考えられたPC舗装も、当時の技術的知見の不足や長年の過酷な使用環境の影響で道路の供用に悪影響を及ぼしかねない致命的な損傷が発生するリスクが発覚。

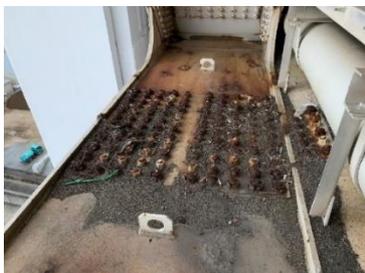
- PC舗装の技術基準の変遷、新神戸トンネルの点検・工事履歴は、下表の通り。
- PC舗装は、1960年代から道路協会の要綱で**特殊舗装の位置付け**。2001年度の国による舗装技術基準の制定後は、道路協会の便覧におけるポストテンション方式の記載が無くなっている。
- トンネル内のPC舗装は特殊舗装の位置付けの経緯もあり、**近年の施工実績は確認されていない**。全国の施工実績※は僅か7.8万m²程度で、その内、新神戸トンネルが約7割を占めている。 ※ データ引用：PC舗装専門研究会 実績集 トンネル内舗装

年度	技術基準の概要（* 特定更新工事の事業化を含む）	新神戸トンネルのPC舗装の経緯
1967年度 (S42年度)	<p>「7. 特殊舗装：市街地道路の修繕や急速施工などに使用されている特殊なコンクリート舗装や現在ではまだ試験段階にある数種類のコンクリート舗装がある」</p> <p>「プレストレストコンクリート舗装はコンクリート版にPC鋼材、フラットジャッキなどによって、プレストレスを与えておいて、コンクリート版に生じる引張応力の一部を打消すようにしたものである」</p> <p>【セメントコンクリート舗装要綱 昭和42年（日本道路協会）】</p>	
1976年度 (S51年度)		トンネル（北行き、下り）の開通
1986年度 (S61年度)	<p>「鉄筋コンクリート部材、ポストテンション方式のプレストレストコンクリート部材および要人鉄筋を有する無筋コンクリート部材における許容塩化物量は0.60kg/m³（Cl-質量）とする」</p> <p>【コンクリート中の塩化物総量規制について昭和61年6月（建設省）】</p>	
1987年度 (S62年度)		トンネル（南行き、上り）の開通
1997～1998年度 (H9～10年度)		舗装表面のひび割れに対し、アスファルト系舗装でオーバーレイ補修
2001年度 (H13年度)	<p>＜舗装構造の性能規定化を図るため、舗装構造に関する技術基準が制定＞</p> <p>【舗装の構造に関する技術基準・同解説 平成13年7月（日本道路協会）】</p> <p>「第8章 各種の舗装：プレキャストコンクリート版舗装には、プレストレストコンクリート（PC版）および鉄筋コンクリート（RC版）がある。」【舗装施工便覧 平成13年12月】（日本道路協会）</p>	
2012年度 (H24年度)		神戸市道路公社から新神戸トンネルを移管
2014年度 (H26年度)	特定更新工事の事業化（事業化前の点検結果に異常が無く、特定更新事業の対象外として想定）	
2016年度 (H28年度)		臨時点検で舗装のひび割れ、PC鋼材の破断を確認
2017～2019年度 (H29～R1年度)		詳細調査等の実施
2020年度～ (R2年度～)		学識経験者参加の原因究明・対策検討を実施

2.6 長大橋・一般橋における損傷と追加対策の必要性

【長大橋の損傷対応】

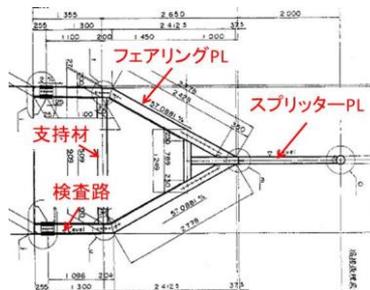
- 主構および鋼床版部等における損傷(高力ボルトの断面減少、フェアリングプレート等の腐食等)が急激に増加。
- 長大橋の吊り部材であるケーブルでも、被覆の損傷が確認。
- 今後、上記の主部材の損傷が進行すると、部材の落下・破断等による第三者災害に至る恐れがあることから、**大規模修繕対策の実施が必要。**



主構の高力ボルトの腐食・断面減少



フェアリングプレートとスプリッタープレートの腐食



ケーブル被覆の損傷

【一般橋の損傷対応】

- 古い塗装仕様の鋼橋では、顕著な塗膜剥離や腐食が進行。高耐久な塗装等による**大規模修繕対策の実施が必要。**
- 加えて、鉄道上や都市内の大規模交差点上を跨ぐ橋梁は、景観に配慮するとともに、第三者災害の防止や効率的な点検・補修の実施が必要な箇所であり、点検から補修までの維持管理を迅速かつ確実にを行うために足場等の整備が必要。



鋼橋における塗膜剥離・腐食の発生状況



鉄道上の道路構造物

参考資料

【点検関連】

- 2014年『道路法施行規則の一部を改正する省令』および『トンネル等の健全性の診断結果の分類に関する告示』が施行。
- この結果、橋・トンネル等の道路構造物では、1回/5年の近接目視による定期点検の実施が道路管理者に義務付け。
- 阪神高速グループでは、定期点検の法令化も踏まえ、以下の道路構造物に関する点検を実施。

点検種別	頻度	備考
定期点検	1回/5年	近接目視
日常点検 【路上点検（本線部）】	3回/週	車上からの目視
日常点検 【路上点検（ランプ部）】	1回/2週	車上からの目視
日常点検 【路下点検】	2回/年	徒歩・目視
日常点検 【土工部点検】	2回/年	徒歩・目視

* 上表の他に、構造物の供用開始前に近接目視で実施する初期点検、日常・定期点検を補完するために実施する臨時点検も実施。

橋梁の1巡目点検（法令の定期点検）の結果

- 法令点検1巡目の結果において、国の判定区分Ⅲ（早期措置段階）の橋梁損傷は橋単位では20%、径間単位では3%。

法令点検1巡目(2014 (H26) ~2018 (H30) 年度)の結果【阪神高速】

【参考】阪神高速道路株式会社 個別施設計画（道路施設）令和元年12月 阪神高速道路株式会社

構造物	単位	2014(H26)年度～2018(H30)年度の点検結果					管理数量※
		計	I	II	III	IV	
橋梁	橋	385橋	46橋 (12%)	262橋 (68%)	77橋 (20%)	0橋 (0%)	318橋
	径間	10,783径間	284径間 (3%)	10,211径間 (95%)	288径間 (3%)	0径間 (0%)	9,993径間

※ 上表の管理数量は、2019（平成31）年3月31日時点の数量（旧8号京都線含む）

※ 橋は、基本的には市区の境界単位で整理したもの。

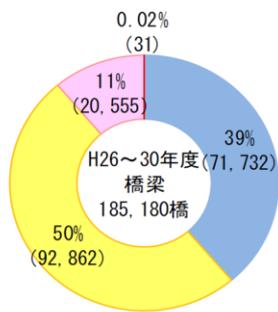
※ 舗装の点検結果は、上記の表に含まない。

※ 溝橋(土被り1m未満かつ外寸法2～7mのボックスカルバート)48橋は、橋単位に含まれる（但し、径間単位に含まれない）。

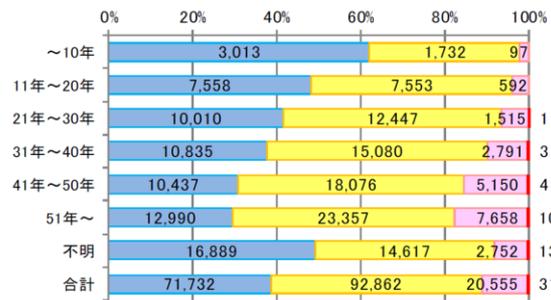
参考：1巡目(平成26～30年度)の点検結果【都道府県・政令市等】

【引用】道路メンテナンス年報 国土交通省 道路局 令和元年8月

○ 判定区分(橋梁)



○ 判定区分と建設経過年数(橋梁)



■ I : 健全 ■ II : 予防保全段階 ■ III : 早期措置段階 ■ IV : 緊急措置段階

※点検を実施した施設のうち、平成30年度末時点で診断中の施設を除く。

阪神高速道路における法令点検の対象構造物の設備数

対象構造物	単位	管理数量 (2021.3.31時点)
橋梁	橋	311 *
	径間	9,797
トンネル	チューブ	37
大型カルバート	箇所	9
道路付属物 (門型標識)	基	1,163

* 溝橋(土被り1m未満かつ外寸法2～7mのボックスカルバート) 48橋を含む