

# 高速道路 大規模更新時代の PC技術

次世代へつなぐ  
高速道路ネットワークのために

我が国の高速道路は、多くの区間で老朽化への対応が必要な時期を迎えていますが、平成26(2014)年には総額約4兆円の更新事業が開始され、令和5(2023)年には、定期点検の結果新規に追加される更新事業を賄うため、最長で令和97(2115)年まで償還期間を延長する法改正が行われ、約1.5兆円の更新事業が追加されています。更新事業の推進にあたっては、NEXCOの更新事業の約半分にプレキャストPC床版への取り換えが含まれるなど、PC技術が大きな役割を果たしています。本特集では、高速道路更新事業が開始から10年を経過したことを踏まえ、その背景とPC技術が適用されている更新事業の事例を紹介するとともに、今後果たすべき役割を展望します。

## 高速道路更新事業の 推進に向けて

国土交通省 道路局長

沓掛 敏夫

政府は、切迫する大規模地震災害、相次ぐ気象災害、火山災害、インフラの老朽化等の国家の危機に打ち勝つため、国土強靱化の取組みを進めております。令和7(2025)年1月には、埼玉県八潮市で下水道管の破損に起因すると考えられる道路陥没事故が発生し、大きな社会的影響が生じたことから老朽化対策の重要性を改めて認識したところです。

道路においては、平成24(2012)年12月に笹子トンネル天井板崩落事故が発生し、老朽化対策が一層必要であるという認識が高まりました。これを受け、平成25(2013)年に道路法が改正され、道路構造物の定期的な点検が義務化されました。道路管理者は全ての橋梁、トンネル、道路附属物等の道路構造物について、5年に1回の頻度で近接目視を基本とする点検を実施し、健全性の診断結果を4段階に区分することとされ、平成30(2018)年度に1巡目点検、令和5(2023)年度に2巡目点検





沓掛 敏夫 (くつかけ・としお) 氏

国土交通省道路局長。平成3(1991)年京都大学工学部卒。同年建設省入省。国土交通省道路局高速道路課長、道路局企画課長、大臣官房技術審議官を経て令和7(2025)年7月から現職。58歳。石川県出身。

が完了し、令和6(2024)年度から3巡目の点検が実施されています。それに加えて、高速道路においても、更新が必要な箇所が顕在化してきたことをうけ、更新事業に必要な財源を確保するため、平成26(2014)年に料金徴収期間を最長で令和32(2050)年から令和47(2065)

年とする法改正を行い、首都高速1号羽田線(東品川・品川・品川埋立部)など、高速道路会社各社において、更新事業を事業化しております。平成25(2013)年以降の法定点検を進める中で、高速道路においては、新たに重大な損傷が相次いで判明し、早期の対策およびそのための

財源の確保が必要であることが明らかになりました。また、高速道路の「更新」のみならず、交通事故が集中する区間や災害時の通行止めリスクが高い区間における4車線化、耐震補強が至らない箇所の対策、あるいは将来予想される自動運転車両が走行する際の対応など、高速道路の「進化」も必要であることから、更新・進化事業の実施のために必要な財源を確保するため令和5(2023)年に料金徴収期間を最長で令和97(2115)年9月30日までとする法改正をし、更新事業として、新たにNEXCO3社で約500km、首都高速・阪神高速で約44kmの事業に着手しております。

政府全体としては、国土強靱化に向け、これまで「防災・減災、国土強靱化のための3か年緊急対策(平成30(2018)年12月)」や「防災・減災、国土強靱化のための5か年加速化対策(令和2(2020)年12月)」に取り組んできました。これらの国土強靱化施策は着実に効果を発揮しており、令和6年能登半島地震では、緊急輸送道路や港湾・空港が大きな被害を受けたものの、耐震化や老朽化対策を講じた箇所は軽微な損傷にとどまり、陸海空の連携により輸送ルートを保つことができました。令和7(2025)年6月には「第1次国土強靱

化実施中期計画」が閣議決定され、令和8年度から令和12年度までを計画期間とし、推進が特に必要となる施策の事業規模が今後5年間で概ね20兆円強程度と定められました。道路分野においても、道路ネットワークの機能強化や老朽化対策、耐震機能強化などの施策が位置づけられており、国民の生命・財産を守るとともに、社会経済を支えるインフラとしての役割を果たすべく、国土強靱化にしっかりと取り組んでおります。

コンクリート構造物は、安全性や耐久性に優れ、信頼性の高い社会インフラとして広く活用されています。特に、PC構造は、我が国では1950年代から採用され、さまざまな設計・施工技術が開発、実用化され、今日では、その技術は、橋梁をはじめとした社会インフラの建設において無くてはならないものです。また、建設のみならず、老朽化対策の推進にあっても、活用が進んでおり、高速道路の更新工事にあたっては新技術の導入はもちろん、プレキャスト化などの工法が大いに取り入れられているところとです。貴協会の皆様は、これまでも業界としてさまざまな先進的、意欲的な取り組みを進めてこられたと思います。今後とも建設産業界をリードする取り組みを進めていただきたいと思っております。

# 国土交通省

## 高速道路

### 更新事業の概要

#### 1.はじめに

高速道路は、人流・物流を支える役割を果たしており、適正な管理と機能の強化を通じ、安全かつ円滑な交通及び利用者の利便を確保することが必要です。

平成26(2014)年7月から開始した法定点検については、5年に1度の頻度で近接目視を基本とした点検が義務化されるとともに、新技術も活用しつつ、より詳細な点検を実施したことにより、新たに重大な損傷が相次いで判明したところであり、早期の対策及びそのための財源の確保が必要となったほか、交通事故が集中する区間や災害時の通行止めリスクが高い区間における4車線化など、社会的要請を踏まえた優先度の高い進化事業にも取り組む必要があることから、更新・進化事業の実施のために必要な財源を確保するため令和5(2023)年に料金徴収期間を最長で令和97(2115)年9月30日までとする法改正を実施し更新事



国土交通省  
道路局高速道路課 課長  
わたなべ りょういち  
渡邊 良一

業に着手しております。

本稿では高速道路のこれまでの経緯や改正法の概要について紹介します。

#### 2. 高速道路のこれまでの経緯と改正の概要

##### 2-1

##### 道路関係四公団民営化について

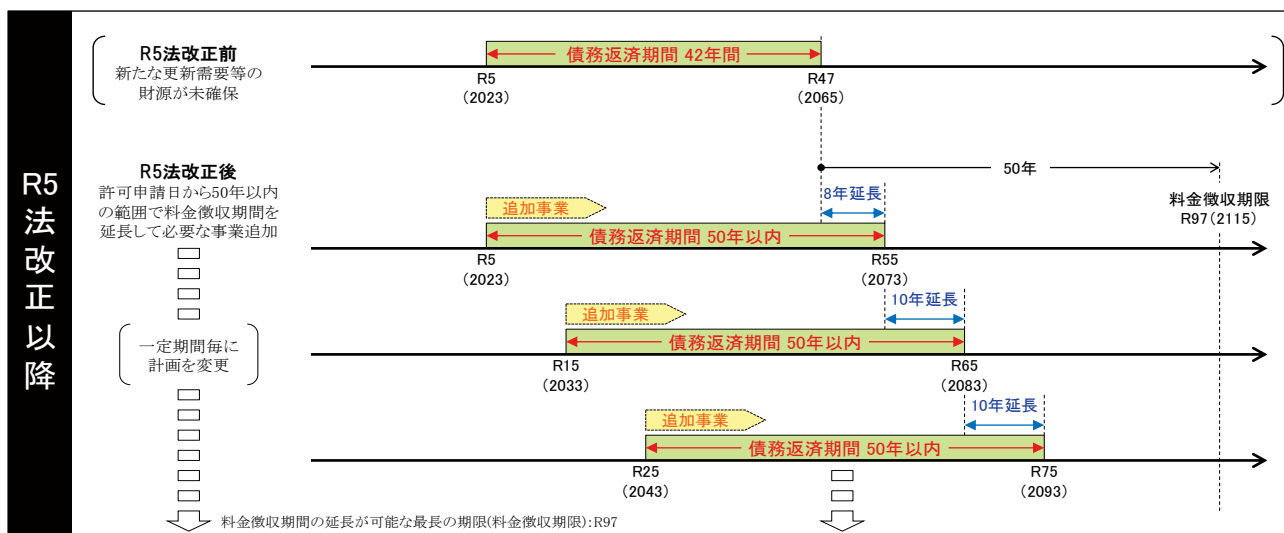
平成17(2005)年の道路関係四公団が民営化され、独立行政法人日本高速道路保有・債務返済機構と、6社の高速道路会社設立されました。その際、一定期間内の債務の確実な返済等を目的として、債務の償還期限が見直され、公団合計で約40兆円に上る有利子債務を一定期間内に確実に返済することを目的として、民営化から45年以内に債務を完済することが法定され、料金徴収期間を令和32(2050)年とすることとなりました。

##### 2-2

##### 平成26(2014)年法改正について

更新事業の必要性について、平成

17(2005)年の公団民営化当時は見込まれていなかったところ、平成24(2012)年に笹子トンネル天井板崩落事故が発生し、老朽化対策が一層必要であるという認識が高まりました。これを受け、高速道路の建設から約50年が経過し、更新が必要な箇所が顕在化してきたこと、また、対処方法について検討が進んできたことから、平成26(2014)年の法改正において、高速道路ネットワークの機能を長期にわたって健全に保つための更新事業に必要な財源を確保するため、民営化してから45年とされていた料金徴収期間を15年延長し、料金徴収期間を最長で令和47(2065)年9月30日までとし、首都高速1号羽田線(東品川栈橋・鮫洲埋立部など、高速道路会社各社において、更新事業を事業化しております。それに加えて、平成25(2013)年に道路法が改正され、道路構造物の定期的な点検が義務化されました。道路管理者は全ての橋梁、トン



▲図1 料金徴収期間の延長と償還計画見直しのイメージ



ネル、道路附属物等の道路構造物について、5年に1回の頻度で近接目視を基本とする点検を実施し、健全性の診断結果を4段階に区分することとされ、平成30(2018)年度に1巡目点検、令和5(2023)年度に2巡目点検が完了し、令和6(2024)年度から3巡目の点検が実施されています。

## 2-3

### 令和5(2023)年法改正について

平成25(2013)年以降、法定点検を進める中で、新技術も活用しつつ、より詳細な点検を実施したことにより、新たに重大な損傷が相次いで判明し、早期の対策およびそのための財源の確保が必要になりました。また、更新事業だけではなく、交通事故が集中する区間や災害時の通行止めリスクが高い区間における4車線化、耐震補強が至らない箇所対策、あるいは将来予想される自動運転車両が走行する際の対応も必要になったことから、更新・進化事業の実施のために必要な財源を確保するため令和5(2023)年に料金徴収期間を最長で令和97(2115)年9月30日までとする法改正をしました。なお、料金徴収期間の延長については債務返済の確実性の観点から、債務返済期間は許可申請日から50年以内

とする規定を設け、現在、全国路線網は令和54(2072)年3月末まで、首都高速は令和56(2074)年3月末まで、阪神高速は令和53(2071)年3月末まで料金徴収期間を延長し、必要な更新・進化工事を事業化しております(図1)

### 3. 令和5年法改正で

#### 事業化された事業について

料金徴収期間を延長して確保した財源により、事業化した事業を紹介します。

## 3-1

### 嘉瀬川橋(NEXCO西日本)

NEXCO西日本の長崎自動車道の嘉瀬川橋は全長455mの鋼橋(鉄筋コンクリート床板)です。レーダー探査、小径削孔調査などの点検の結果、床板上面の劣化や床板内部にひび割れなどの変状が確認されていることから、更新工事を事業化し、現在の鉄筋コンクリート床板を耐久性の高いPC床板に取替予定で

## 3-2

### 羽田トンネル(首都)

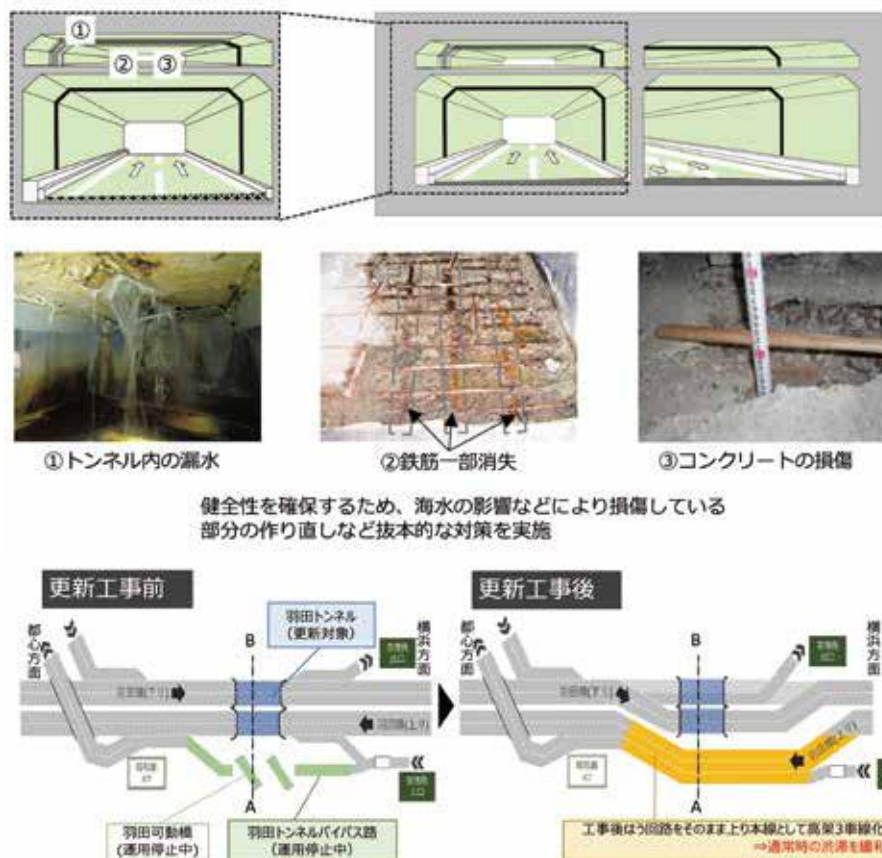
首都高速道路の首都高速1号羽田線(羽田トンネル付近)においては、更新工事中は迂回路を設けて交通影響を軽減するとともに、更新工事後

は迂回路を本線として活用することで通常時の渋滞を緩和するなど、更新事業に合わせて高速道路の機能強化を図っています(図2)。

### おわりに

高速道路は、人流・物流を支える役割を果たしており、供用を継続し

ながらの更新を理想としております。したがって、更新工事の実施にあたっては、先に紹介したように迂回路を設置したりするなど、社会的影響を最小化しつつ事業を進めているところです。今後も人流・物流を支える高速道路を維持できるよう必要な更新・進化事業に取り組んでまいります。



▲図2 更新事業に合わせた高速道路の機能強化の事例  
(首都高速1号羽田線 羽田トンネル付近)

## 供用後30年以上経過した 道路は全体の約5割

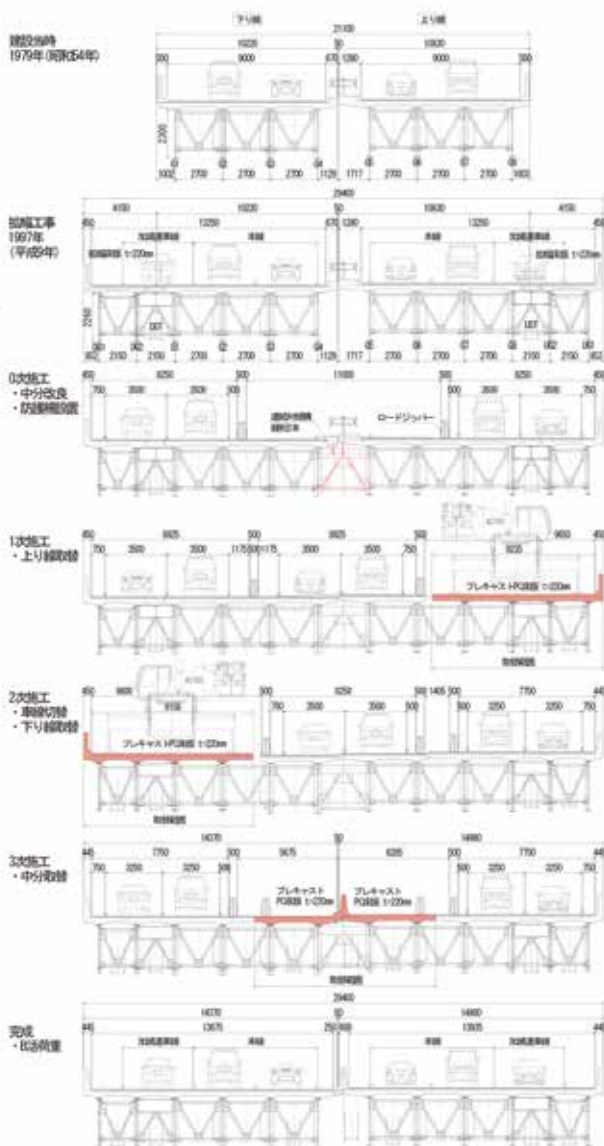
金利谷第二高架橋（以下、本橋）は、神奈川県横浜市内に位置する横浜横須賀道路の橋梁であり、昭和54（1979）年に供用している。本橋は、平成16（2004）年に車両大型化対策として施工した鋼繊維補強コンクリートによる床版上面増厚部と床版コンクリートとの界面の付着切れに起因する滯水擦り磨き作用により既設鉄筋コンクリート床版（以下、RC床版）の急速な劣化進行が13年後の平成29（2017）年に確認されたことから、令和4（2022）年1月から同年12月にかけて高速道路リニューアルプロジェクトの一環として、東日本高速道路管内では初となる首都圏内の床版取替工事を実施した。

本橋の位置する金利谷JCTから朝比奈IC間では、断面交通量約6万台／日であることに加え、朝夕の通勤時間帯の利用が多い交通特性を有している。そのため、本工事の実施にあたり、既存車線数を減少させた終日車線



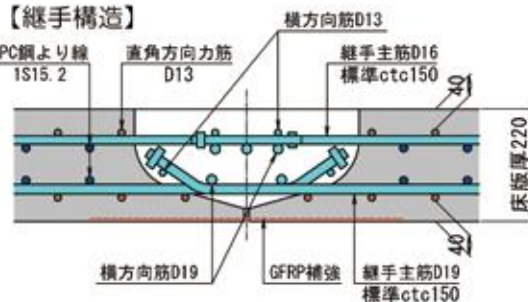
東日本高速道路株式会社  
技術本部 技術・環境部  
構造技術課 課長代理  
ひらの かつひこ  
平野 勝彦

規制にて工事を実施した場合、大規模な渋滞の発生が懸念されたことから、施工条件は、床版取替時も既存の上下線各2車線の交通運用を確保することとした。具体的な施工方法は、現況の上下線分離構造を二時的に双方の主桁を対傾構で連結し、連結部に仮設の縦桁を追加して既設床版を支持し一体化した上で、既設張出床版上の中央分



▲図1 床版取替ステップ

### 【継手構造】



▲図2 橋軸方向の接合構造

## プレキャストPC床版相互の 接合構造

取替床版の形式は、RC床版より耐久性の高い床版の選択肢の一つとして、プレキャストPC床版を選定している。

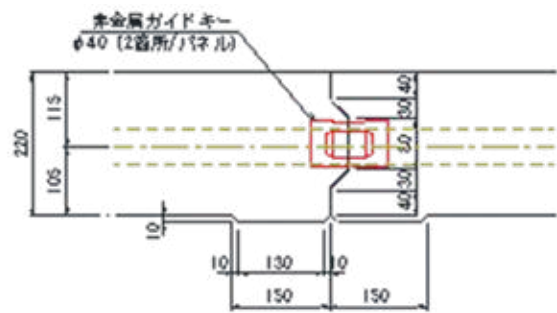
橋軸方向の接合構造は、舗装厚80

離帯を改良して必要な幅員を確保した幅員方向分割施工工法により上下線共に半断面ずつ床版を取替えるステップで工事を実施した。現況の車線運用は、橋梁上加減速車線が設置されているが、工事実施時は加減速車線の延長を縮小し、橋梁上加減速車線を設置しない方針とした。

mmを確保しつつ、路面高さの変更が生じないように床版厚を220mmに抑えつつ、図2に示すアゴ付き床版の採用が可能となる接合構造を採用した。その結果、接合部の橋軸直角方向の配筋が容易となるとともに取替床版の形式は、RC床版より耐久性の高い床版の選択肢の一つとして、プレキャストPC床版を選定。さらに、死荷重増加の抑制に加え、接合構造がアゴ付き床版であるために接合部の現場打ち用の型枠の設置が不要となり、現場施工の省力化にも寄与できるものとなった。

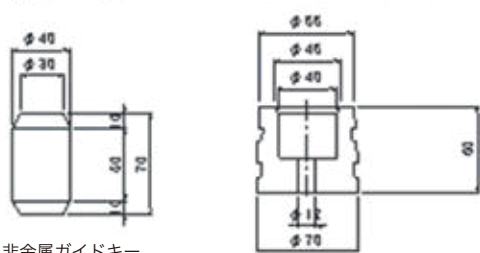
橋軸直角方向の接合構造には、コンクリート接合キーを用いた図3に示す構造としている。



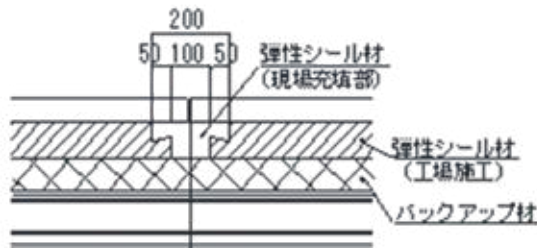


▲図3 橋軸直角方向の接合構造

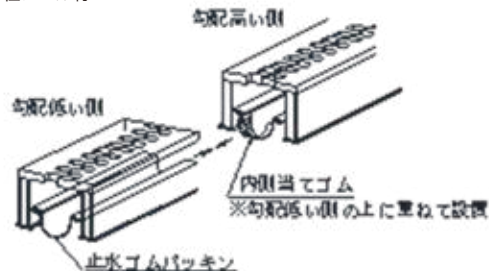
- ① オスキー 材質：GFRP製  
② メスキー 材質：ポリオキシメチレン製



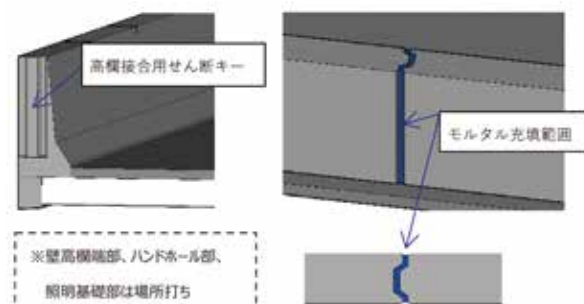
▲図4 非金属ガイドキー



▲図5 弾性シール材



▲図6 二次止水材の現場施工



▲図7 プレキャスト壁高欄の現場接合構造



▲写真1 防護柵切替用車両による固定規制帯の拡張

## 伸縮装置の分割施工に伴う 施工上の配慮

伸縮装置は、重交通な路線であることに配慮し、比較的耐久性の高い鋼製フィンガージョイントを選定した。施工方法は、幅員方向分割施工となること

橋軸直角方向の接合部は、耐久性の観点からプレストレスを導入する構造とし、ポストテンション鋼材は、シース外径が最小となる被覆PC鋼材を用いた。また、接合部には図4に示す非金属ガイドキーを配置することで、床版の正確な架設と架設時の床版相互の接触による角欠けリスクを低減し、施工品質を確保した。

## 壁高欄一体型 プレキャストPC床版の採用

壁高欄については、現場での施工省力化と工期短縮を目的に工場2次打設型の壁高欄一体型プレキャストPC床版を採用した。プレキャスト

から伸縮装置にも継手が生じることとなるため、継手部が維持管理上の弱点とならない配慮として工場製作の際に弾性シール材端部を図5に示すカギ型に製作し、継手部は現場で弾性シール材を充填した。また、二次止水材は、止水ゴムをラップさせるようにし、勾配の低い側の止水ゴムパッキンの上に重なるように施工している(図6)。

## 移動式防護柵及び 防護柵切替用車両の採用

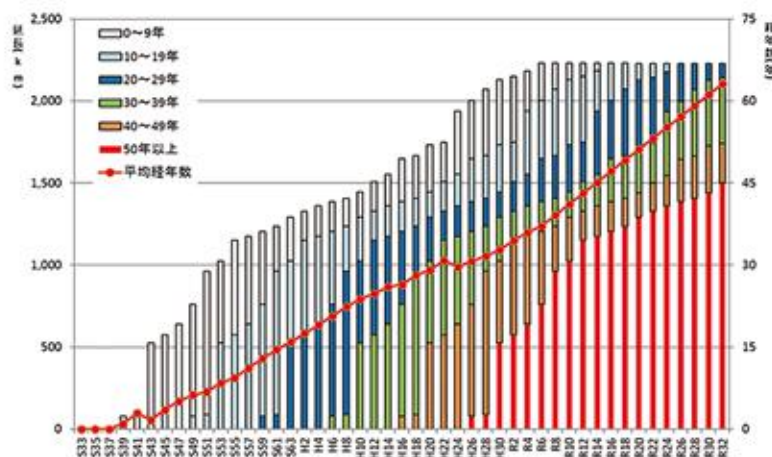
撤去床版の搬出、新設床版の搬入作業は、固定規制帯を夜間の時間帯に限り拡張して実施した。固定規制の防護柵には、コンクリート製の移動式防護柵を採用し、拡張作業は、写真1に示す防護柵切替用車両を用いた。結果として、固定規制帯の拡張作業に要する時間を短縮でき、コンクリート製の移動式防護柵による規制帯内での

壁高欄相互の接合は、図7に示すように接合部にコンクリートせん断キーを用いることで、現場接合の工期短縮を図った。

## おわりに

作業であるため、規制帯内における作業従事者への安全確保にも寄与できるものであった。

高速道路リニューアル工事は、比較的社会的影響の少ない路線から開始し、設計及び施工のノウハウを蓄積しながら技術的な諸課題に対応してきている。今後は、首都圏などの工事規制に伴う社会的影响が大きく施工難易度の高い工事が増えていくことが考えられる。今後も設計・施工のノウハウを蓄積し、社会的影响の大きい難易度の高い工事の技術的課題に対応していく予定である。



NEXCO 中日本では、2201 km (令和7(2025)年4月6日時点) の高速道路を管理している。NEXCO

供用後30年以上経過した道路は全体の6割超

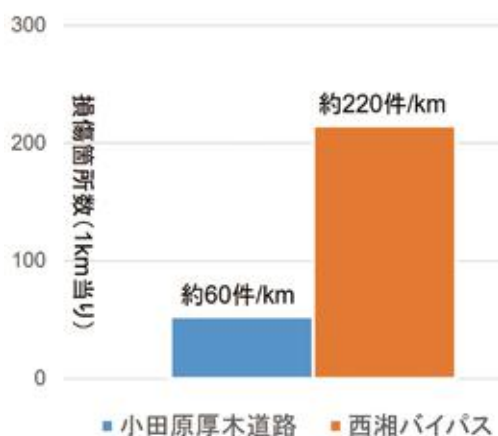


中日本高速道路株式会社  
東京支社 保全・サービス事業部  
構造技術課長  
はぎ わら なお き  
萩原 直樹

〇東・西と比較して営業延長は短いという特徴がある。開通後の経過年数は、令和7（2025）年時点で50年以上の路線延長が約35%、30年以上の路線延長は約65%にも及ぶ。令和14（2032）年には50年以上が半分以上を占めることとなる（グラフ1）。これら経過年数の増加に加え、車両の大型化、大型車交通量の増加、凍結防止剤の使用量の増加などを原因とした構造物の老朽化が顕著となり、平成27（2015）年度より「高速道路リニューアルプロジェクト」に取り組んでいる。

西湘バイパスそうろう滄浪橋の概要

西湘バイパスは、昭和47（1972）年に全線開通し、大磯東IC～箱根口ICのうち西湘二宮IC～箱根口IC間（14・5km）を有料区間として当社が管理を行っている（図一）。当該区間は小田原海岸、二宮海岸沿線を通過し、飛来塩分の影響による劣化が顕著である。グラフ2は、西湘



バイパスと小田原厚木道路の損傷箇所数の比較であり、小田原厚木道路の約4倍の損傷数がある。



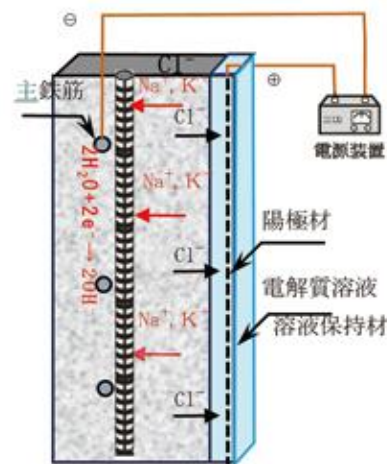
滄浪橋(写真1)は、橘IC(国府津IC間に位置し、橋長約2・8km)の高架橋であり、そのうち約2・5kmがPC単純T桁で構成されている。特に台風などによる高波発生時の写真2に示すような越波の影響は、コンクリート構造物にとつて非常に過酷な環境である。滄浪橋では、開通後20年程経過した平成3(1991)年頃から塩害に伴う変状が顕在化し、断面修復と表面被覆を主体とする対策を実施してきた。しかし、対策後も再劣化が進行する箇所が増加したことから断面修復と表面被覆のみでは構造物全体の健全性を確保することが困難となった。

このため平成15（2003）年頃から、外部電源方式の電気防食工法を適用することとし、劣化の進行度を考慮して対策の優先度が高い経間から順次適用することで、健全性の確保に

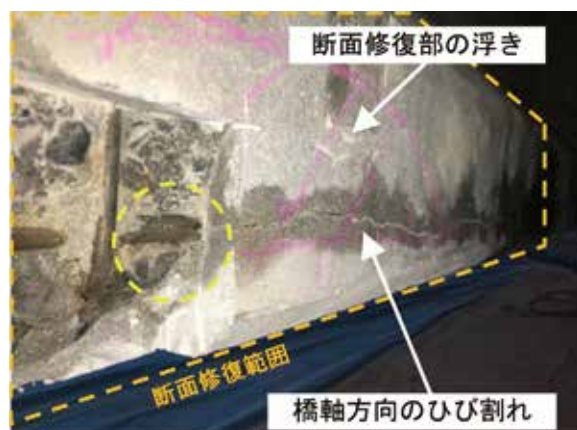


### 滄浪橋における脱塩工法

一定の効果を得た。しかしながら、新たな変状の顕在化や再劣化の進行はとどまるところがなく、越波による電気防食システムの度重なる損傷により電気防食を継続的に保守していくことが困難となったため、令和元（2019）年からは脱塩工法による対策を実施することとした（図2）。

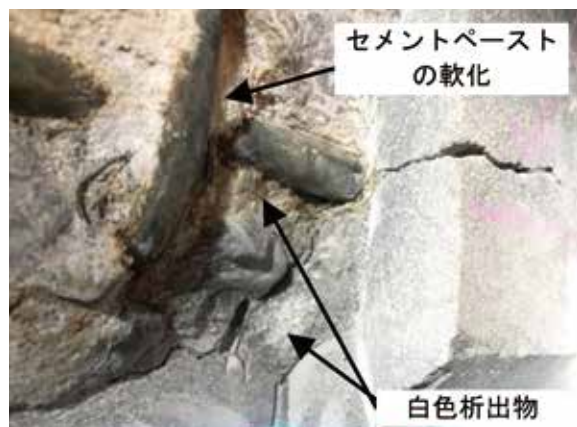


▲図2 脱塩工法の概念図



▲写真3 下フランジ部のひび割れ状況

真3に示すように下フランジ部の脱塩工法実施前に施工した断面修復箇所へのひび割れや浮きが確認された。また浮きの発生した箇所をはつり、内部鉄筋および鉄筋周りのコンクリートの状態を確認したところ、写真4に示すように鉄筋周囲5mm程度のセメントペースト部は湿潤状態にあり軟化していた。さらには、鉄筋周辺のコンクリートの空隙において、白色の析出物が確認された。現地から採取した試料の顕微鏡観察やSEM・EDS分析（走査電子顕微鏡・エネルギー分散型X線分析装置による分析）、化学分析の結果より、電解質溶液に炭酸カリウム（ $K_2CO_3$ ）を使用したことによるコンクリートか



▲写真4 セメントペースト軟化と白色析出物の状況

ぶり部への多量のアルカリ集積によるASRが確認された。ファイバー方式の採用により陽極の湿潤状態が不均一となることによる電流分布が不均一となり一部の鉄筋に過剰な電流が流入しアルカリ集積が生じ、膨張ひび割れが生じた可能性が高いことが示された。

### おわりに

る傾向であった（表1）。以上のことから、電解質溶液に炭酸リチウムを使用し、回路分割を行い、積算電流密度を適切に管理することが重要であることを確認した。

NEXCO中日本では宮川豊章京都大学名誉教授を委員長とした委員会を立ち上げ「ASRによる劣化が懸念されるPC構造物における電気化学的脱塩工法マニュアル（案）」を取りまとめる予定である。

陽極方式	ファイバー方式	マット方式
陽極材	チタンメッシュ	
回路	1回路/断面	2回路/断面
通電電流量	1.0 A/m <sup>2</sup> 【コンクリート表面積当り】	
通電期間	8週間【(5日通電+2日休止)/週】	
電解質溶液	$K_2CO_3$ 4% + $H_3BO_3$ 1.2%水溶液	$Li_2CO_3$ 1.8%水溶液
溶液保持材	セルロースファイバー	保水マット
供給方法	1回/(1日~2日)	ポンプによる自動供給 (5分/時間)

▲表1 対策前後の脱塩方法の違い(一例)





## 高速道路 リニューアルプロジェクト

弊社が管理する橋梁は30年以上経過している割合が6割を超え、経年劣化のリスクの高まりが懸念されている。このような状況のなか、平成27（2015）年度より高速道路路リニューアルプロジェクトとして床版取替や桁架替などの更新事業に着手している。

現在は中国道（宝塚IC・神戸JCT）や阪和道、九州道の交通量の多い都市部を含め、西日本各地域で全面展開中であり、社会的影響を最小化するための交通規制方法の工夫や新技術の積極的な活用を図りながら、健全度評価結果や健全度の低下が著しい橋梁や区間から優先的に事業を進めている。

## 横坂高架橋の概要

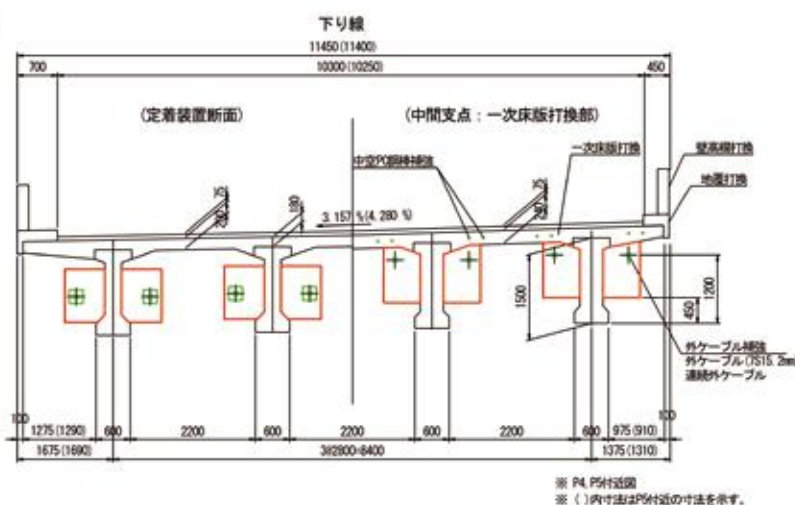
本橋は山口県美祢市の中国自動車道(美祢く美祢西IC)に位置している  
供用後約50年が経過した3径間連続



▲写真1 補強完了

合成桁である。本形式は、プレキャストのPC単純桁を橋脚上の仮支点上に架設し、これらの単純桁を連結した後中間支点部において1次床版部にプレストレスを導入して一体化した連続化構造であり、連続化後は2点支承から1点支承に置き換えられている。主に昭和50（1975）年代から平成初期まで採用されていた構造である。

本工事は、P3～P6間で1次床版内のPC鋼材が凍結防止剤の影響やグラウト充填不良の影響により破



▲図1 外ケーブル補強(定着突起)

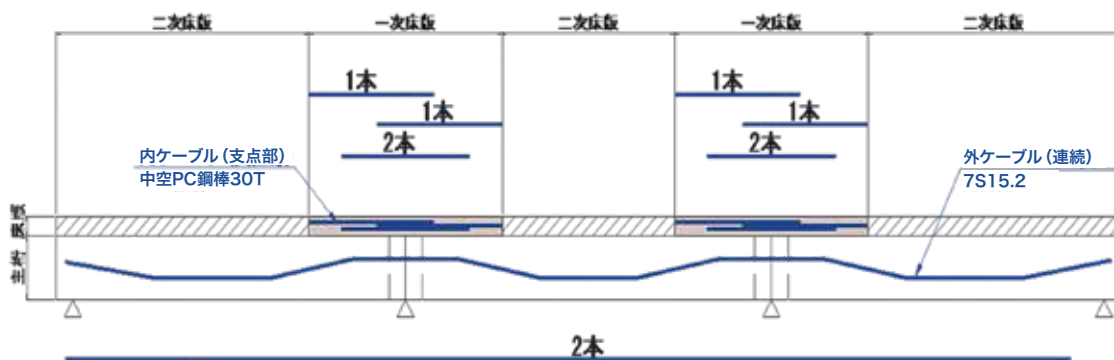
断していたことから、対面通行規制により外ケーブル・内ケーブル併用による床版打替えを実施したものである(写真1)。

補修設計において、1次床版(約15m)の範囲を打替え、新たな床版にPC鋼材を配置せず外ケーブル構造を基本として検討を実施した。中間支点部のみに外ケーブルを配置した場合、主桁下縁の引張応力度が許容値を満足しない結果となったため、追加で桁全長に外ケーブルを配置したが

## 施工

主桁上縁の圧縮応力度が超過した。このため桁全長の外ケール（7S15・2）と1次床版内にPCC鋼材（中空PCC鋼棒）を配置することで構造が成立した（図1・2）。なお、補修設計にあたって外ケールの緊張順序の影響を考慮するため立体格子解析（部材評価法）による検討も実施している。

本工事は対面通行規制により実施した。規制期間が65日と短く、厳しい制約条件下で床版撤去、1次床版打替、PC鋼材設置・緊張を行う必要がある。確実な工程進捗が求められた。対面通行規制前の先行作業として外ケーブル補強のコンクリート定着突起と偏向突起の施工および撤去床版の受け支保工の設置等を実施した。規制設置後、1次床版の撤去は自走式ウォータージェット機(WJ)を4台使用して床版はつりを実施し、1日あたり使用水量が約100m<sup>3</sup>となるため給水・濁水処理対策として現場周辺の5箇所の給水設備を確保した。うえで4t給水車6台を用いて給水するとともに、バキューム車8台ではつりガラ、汚濁水の吸引・回収、運搬を行うことで確実な工程進捗を図った(写真2・3)。外ケーブル用定着突起のアンカー削孔はX線撮影



▲図2 PCケーブル配置

によるPC鋼材と鉄筋位置の探索後のコア削孔を基本とし、ウェブ厚が500mmを超える箇所はWJを用いて削孔を行った。外ケーブルは1主



▲写真2 既設床版はつり

床版撤去においてカッター切断を行うためには主桁フランジや横桁の位置を正確に橋面に投影する必要がある。本橋は中間支点上で主桁が桁折れしていること、主桁の横そりや横桁の出来形など正確に位置寸法の把握が必要であったため、3次元測量機（イメーシングスキャナ）を使用して点群データを抽出し、座標化し

## DX・モニタリング

桁分の緊張を4基のジャッキを同時に操作するため、事前にジャッキセット作業用のステージを設置し、リフト台車を使用することで作業時間の短縮を図った（写真4）。



▲写真3 コンクリート打設

たデータを用いて橋面測量を行い、迅速かつ正確にカッター切断ラインの位置出しを実施した。  
外ケーブルの製作長は縦断変化と横断変化を3次元計測する必要がある。工程上の課題として1次床版部の偏向突起が未施工の状態を外ケーブル製作長を確定させる必要があった。前述の3次元測量の点群データから3DCADで偏向突起や外ケーブル配置を作画し、ケーブル長を算出したうえで製作を実施した。

**最後に**  
本形式の橋梁は弊社管内だけでも相当数あり、供用年数もかなり経過していることから同様の損傷が複数発生している。今後は更なる設計・施工の合理化を目指していきたい。

下面でひずみの計測、②各施工ステッ  
プでの主桁の経時的変化を把握するため、たわみセンサー（レーザー距離計）を用いたたわみ挙動の計測、③床版上縁の引張応力度や主桁上縁部の圧縮応力度の確認を行うため、1次床版に鉄筋計を埋め込み、ひずみ計測を実施した。計測の結果、解析値と同様な傾向であることを確認できた。



▲写真4 外ケーブル緊張

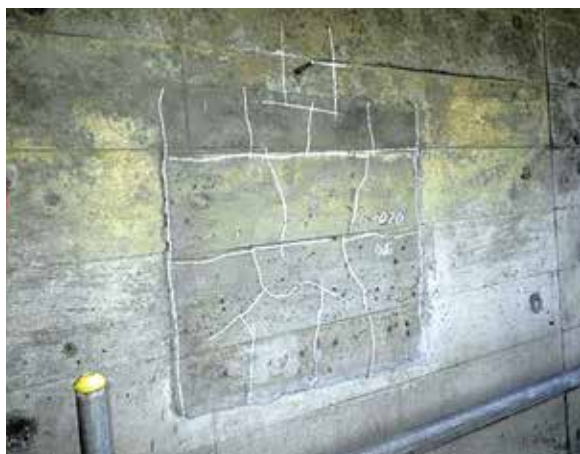




## 首都高速道路

### はじめに

首都高速道路は1日約100万台のお客様に利用していただいております。首都圏の自動車交通の大動脈として、社会経済活動を支える基幹的な役割を担っている。令和7（2025）年時点の管理延長約327kmのうち、50年以上を経過した延長が約30%以上に達し、構造物の高齢化が進行し



▲写真1 定着部後埋めコンクリートのひび割れ



▲写真2 シース管の露出



首都高速道路株式会社  
保全・交通部 点検・補修推進室  
保全技術課  
井田 達郎

ている。また、都市内高速道路という立地上、構造物の75%に当たる膨大な量の高架橋（約1万2500径間）を維持管理している。高架橋のうちPC橋は約2000径間であり、建設後50年以上を経過した径間が64%と古い基準で建設されたPC橋が多い。近年、首都高速道路が管理するPC橋においても、PC構造物特有の不具合や変状が確認されている。具

体的には、グラウトの充填不足、定着部後埋めコンクリートやゲルバーヒンジ部受け桁部のひび割れ・剥離、PC鋼材の破断、シース管の露出・発錆、床版間詰打継部の剥落等である（写真1、2）。

本稿では、大規模更新時代において既設PC橋を適切に維持管理するため、首都高速道路が実施している調査・補修・補強の事例を概説する。

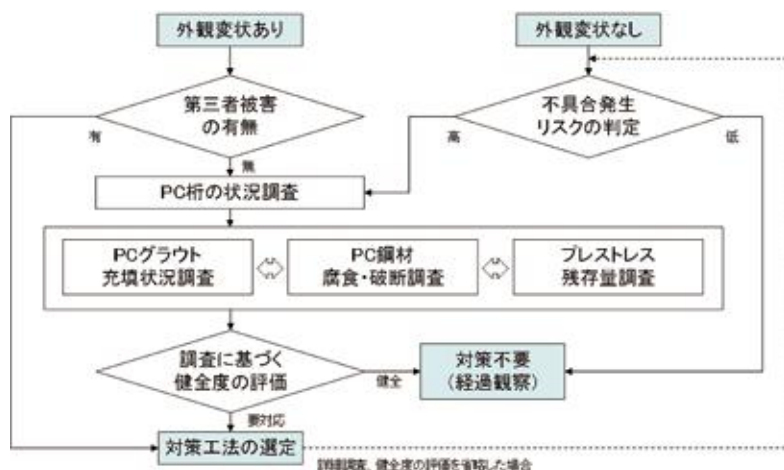
### 調査・診断に係る要領の整備

既設PC橋を適切に維持管理し、長寿命化を図るためには、PC構造物特有の不具合や変状に対して詳細調査を行い、高架橋の健全度を総合的に評価することにより、適切な補修・補強工法を選定することが必要不可欠である。そのため、首都高速道路では、既設PC橋に対するこれまでの調査・診断の実績などを踏まえて、維持管理の基本方針を整理し、「コンクリート構造物補修・補強設計要領（PCポストテンション橋の調査・補修・補強編）」を令和7（2025）年6月に発刊した。

この要領では、既設PCポストテンション橋の維持管理の基本方針をフロー形式で示している（図1参照）。このフローでは、外観変状の有無や

不具合発生リスクに応じて詳細調査を行うことを明記しており、詳細調査の項目は「PCグラウト充填状況」「PC鋼材の腐食・破断」「プレストレスの残存量」の3項目を基本としている。詳細調査結果に基づき既設PC橋の健全度を評価し、対策の要否を検討する。

本要領を活用することで、既設PC橋の内部状況を適切に把握し、対策の要否を検討するための基礎資料としたいと考えている。



▲図1 維持管理フロー

## 維持管理性に優れる 補修材料の使用

既設PC橋の健全度を適切に評価するために、コンクリート表面の変状を観察できるようにする必要がある。しかし、首都高速道路では剥落防止材料として、ひび割れ追従性の高い材料を採用してきたことから、コンクリート表面の変状が隠れてしまう懸念があった。そのため、令和7(2025)年5月に「コンクリート構造物補修・補強設計要領(コンクリート片剥落防止編)」を改訂し、PC構造物に対しては、可視性を有する(透明な)剥落防止材料を採用することとした。

本要領を活用することで、既設PC橋に対して剥落防止の対策後も変状を目視観察することが可能となる。

## 新たな突出防止対策の開発

首都高速道路では、平成19(2007)年に横締めPC鋼棒の破断、突出を確認したことを契機に、二方向繊維シートと帯鋼板の併用による突出防止対策(以下、従来工法という)を予防的に進めている。一方で、箱桁のウェブなどに多用される鉛直PC鋼棒は、使用本数が約2万本と横締めPC鋼棒よりも多いものの、対応には至っていないのが現状である。鉛



▲写真3 突出防止対策の試験施工状況

直PC鋼棒が配置される桁上面側は車道部であり、桁下面側はさまざまな形態で利用されていることから、破断に伴う第三者被害が懸念される。首都高速道路では、国立大学法人横浜国立大学との共同研究契約を締結し、鉛直PC鋼棒の突出リスクの把握、検証等を行っている。

また、従来工法の維持管理面、施工面での課題点を解決するため、桁下面側の新たな突出防止工法を開発している。本工法は、突出防止にポリカーボネート樹脂製の透明板を用い、飛散防止に透明な剥落防止を用いることにより、定着部の変状を目視観察でき、施工工程を大幅に短縮することを可能としている。各種室内試



▲写真4 ゲルバー部連続化後の施工状況

験及び実物大試験により、性能を確認することができたため、首都高速道路の実橋で試験施工を行った(写真3)。現在、ポリカーボネート樹脂製の透明板の経年変化を観察しているところである。

## 大規模な改良工事の実施

ゲルバーヒンジを有するPC橋は、静定構造で、低コストで長い支間長を確保できることから昭和40(1965)年頃まで多く採用されている。4号新宿線千駄ヶ谷地区に位置する50年以上を経過したゲルバーヒンジを有するPC橋において、経年劣化による支承部の腐食損傷や応力集

中によるゲルバーヒンジ受け桁部のひび割れが確認されている。これらの損傷は、狭隘で維持管理が困難なゲルバーヒンジ部に生じたものであった。そこで、維持管理が困難なゲルバー部の構造改良を含めた橋梁全体の耐久性の向上を目的として大規模修繕事業としてゲルバー部の連続化を実施している(写真4)。

## おわりに

首都高速道路では、近年の新設路においてPC橋の建設は少なく、PC橋の設計・施工のノウハウを有する技術社員は少なくなってきた。その中で、都市内高速道路特有の剥落防止や突出防止対策等を様々な技術開発をしながら着実に進めている。また、管理延長のうち、PC橋の割合が少ないとはいえ、一部区間ではゲルバー部の連続化等の大規模な改良工事も実施している。大規模更新時代には、既設PC橋の健全度を適切に評価し、限られた予算で適切な補修・補強、更新等を行なう必要がある。

維持管理のノウハウの構築と新たな調査、補修・補強技術の開発に向けて不断の努力を重ねるとともに、得られた知見を後進に向けて継承する仕組みを構築していきたい。



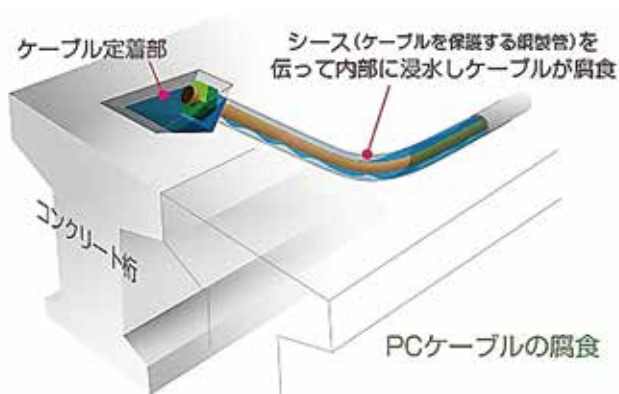


阪神高速

## 阪神高速道路

はじめに

阪神高速道路(以下阪神高速)は昭和39(1964)年に1号環状線の一部が供用されて以降、60年以上が経過しており、令和6(2024)年末時点において総延長258・1kmのうち約5割が開通から40年を超えている。また大型車の利用割合が一般



▲図1 PC桁内ケーブルの腐食イメージ



阪神高速道路株式会社  
管理本部 大阪保全部  
保全事業第一課  
くまがい たいち  
熊谷 泰知

道路に比べて大きいこともあり、阪神高速は日々過酷な使用状況下であり、床版や桁にひび割れや疲労亀裂などの損傷が顕在化している。

これらの損傷に対して、阪神高速では100年先もお客さまに安全・安心・快適にご利用いただくため、阪神高速リニューアルプロジェクトを立ち上げ、大規模更新・修繕事業に取り組んでいる。

阪神高速リニューアルプロジェクトとは阪神高速道路内における更新・修繕計画の総称であり、長期耐久性・維持管理性の確保と道路機能の強化を目的として進めている事業である。

### PC構造物の損傷事例

阪神高速においてPCを使用した橋梁は約10%を占めている。中でも、昭和60(1985)年に阪神高速設計基準が適用される以前に製作されたポストテンション方式PC桁は、内部に配置されたPCケーブルの一部が上面側に定着され、ケーブル緊張後に定

着部へ後理めの処理が施されている。上縁定着部は舗装直下であり、建設時には床版防水工が未整備であったことや、グラウトが十分に充填されていないなどことから、シース内に雨水が浸透することでPCケーブルが腐食し、PC桁の耐力低下に至る事例が確認されている(図1)。

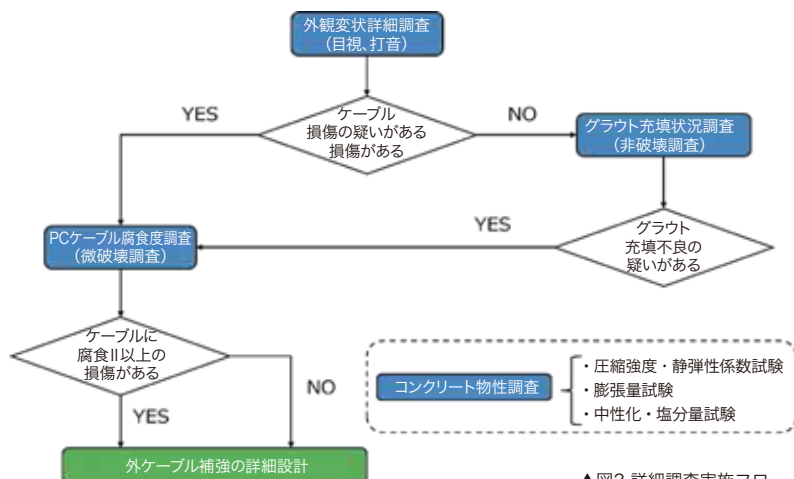
### 損傷に対するPC構造物の修繕事業

前述した損傷に対しては阪神高速における大規模修繕事業として補修を実施しており、具体的には、ケーブル損傷の疑いがあるPC桁の耐荷性能を現行基準レベルまで引き上げることが目的とした補修を実施している。

現在、阪神高速におけるPC構造物の大規模修繕工事は、しゅん工済みの工事も併せ、18件(うち9件竣工)の工事を実施している。各工事では詳細調査、詳細設計、施工までを一貫して実施している。詳細調査及び詳細設計に関しては先行工事で得た知見も元に方針を確立させ、随時事業を進めているところである。

### PC構造物損傷に対する詳細調査

詳細調査の実施フローを図2に示



▲図2 詳細調査実施フロー

す。具体的な調査としては外観変状調査(目視・打音)、グラウト充填状況調査(非破壊調査)、PCケーブル腐食度調査(微破壊調査)、コンクリート物性調査等を実施している。実施フローに記載の通り、外観変状調査にてケーブル損傷の疑いがある損傷(PCケーブルに沿ったひび割れ、遊離石灰、錆汁などが確認されなかった場合でも、グラウト充填状況調査にて充填不良の疑いがあれば、PCケーブル腐食度調査を実施することとしている。



▲写真1 PCグラウト再注入工



▲写真2 鋼板接着工



▲写真3 クイーンポスト配置での外ケーブル工



▲写真4 直線配置での外ケーブル工

PCケーブル腐食度調査では設計考慮断面積、質量減少量を鑑みた上で、健全を含めた5段階評価により腐食度を決定している（プレストレストコンクリート構造物の手引き【PCグラウト再注入工】（二社）プレストレスト・コンクリート建設業協会を参照）。

**詳細調査結果に基づく  
補修・設計方針**

前述した詳細調査の結果、PCケーブルの腐食度が一定以上確認された場合は、腐食度に応じた補修・補強を実施している。現在修繕事業の中で施工を実施している工種として、ケーブル損傷が調査にて判明した径間については外ケーブル補強工、グラウトの充

填不足が確認された場合にはグラウト再注入工（写真1）など、それぞれの損傷に応じた補修を実施している。

またPC桁の間詰床版部においては落下対策として、床版に対する鋼板接着（写真2）も実施しているところである。これらの工種のうち、本稿では外ケーブル補強工に焦点を当てて記述する。

**詳細調査結果に基づく  
補修・設計方針**

外ケーブル補強工にあたっては、必要補強量を適切に決定するために詳細設計を実施している。具体的には腐食度状況に応じた耐荷性能照査・耐久性性能照査を実施し補強の要否や補強量を決定している。

また、コンクリートの設計荷重時の許容曲げ引張応力度は長期的な構造物の健全性を担保するためフルプレストレストとしている。その他設計に必要なパラメータについては道路橋示方書より参照している。

外ケーブル構造としては、主桁に定着突起を取り付けるクイーンポスト配置やブラケット型の定着装置を使用した直線配置があり現場状況などに応じて採用している。

### 外ケーブル補強工の施工

外ケーブル構造としては、主桁に外ケーブル施工後の現場状況を写真3、4に示す。

緊張については道路橋示方書Ⅲ

17・11（PC鋼材工及び緊張工）、コンクリート標準示方書「施工編・特殊コンクリート」10章10・5・4（緊張）及び土木学会「プレストレストコンクリート工法設計施工指針」の規定により計画し施工をしている。

### おわりに

本稿では阪神高速リニューアルプロジェクトにて実施しているPC構造物の補修例などについて記述してきた。引き続き、大規模修繕事業の一環としてPC構造物の補修を随時進めていく。しゅん工済みの工事や現在進行中の工事の知見を蓄積し、今後のPC構造物の維持管理に活かしていきたい。



# 高速道路更新事業を支えるPC技術

PC建協 保全補修部会

切迫する災害や老朽化に対して高速道路の更新事業が各地で進められています。PC建協は、PC構造物の整備を牽引する立場として、この事業への参画に資する技術開発を積極的に推進しています。ここからは現在PC建協会員企業が取り組んでいる技術を紹介します。

## 床版取替技術

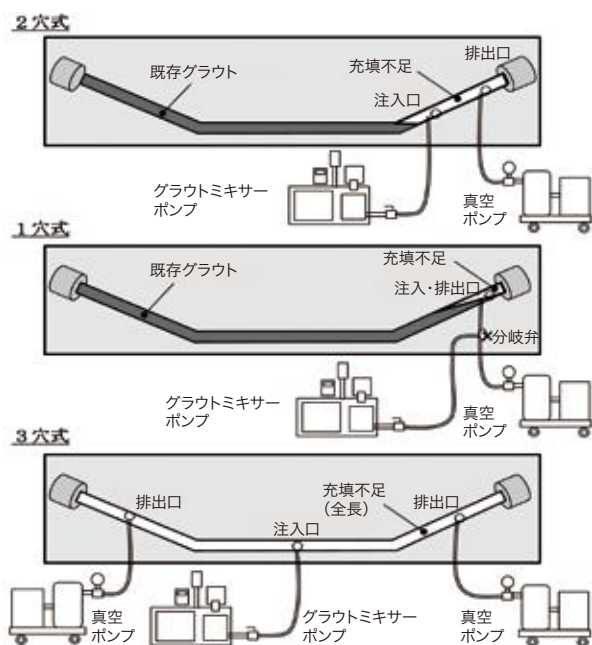
高度経済成長期に整備された高速



▲写真1 床版架設機(全断面)



▲写真2 床版架設機(半断面)



▲図1 PCグラウト再注入方式



▲写真3 外ケーブル補強事例 T桁

道路橋は、既設鉄筋コンクリート(RC)床版の劣化が著しく、これを高耐久なプレキャストPC床版に取り替えています。これを安全かつ迅速に遂行するため、さまざまな技術を開発し、工事に投入しています。

写真1は高圧線下やトンネル近傍などトラッククレーンが使用できない場合に、新しく開発した専用の床版取替機を用いたものです。

写真2は、交通規制を最小限にするため、車線毎に分割した床版取替

## PCグラウト再注入技術

です。車線幅に収まる専用の床版取替機および分割したプレキャストPC床版の接合構造を開発し適用しました。

PCグラウトはPC鋼材に導入した緊張力をコンクリートに伝達するとともに、PC鋼材を劣化因子から守る役割を担います。しかし初期のPCグラウトは、セメント分散剤と

アルミニウム粉末の併用によりブリーディング水の排出を期待していましたが、十分な充填性が得られるものではありませんでした。

不完全なPCグラウトの対策として、充填不良範囲を特定するための非破壊探査技術、既設PC鋼材を痛めない再充填口・排出口の設置技術、完全充填を実現する真空ポンプの併用、さらに劣化環境下における再劣化を防止する材料を開発するなどPCグラウト再注入技術を確立し、実

用化しています(図1)。

## 外ケーブル補強技術

外ケーブル補強は、既設構造物の外部に緊張材を配置し、定着部あるいは偏向部を介し部材にプレストレスを導入することにより、構造物の応力状態を改善し、耐荷力を向上させます(写真3、4)。

外ケーブルに適した緊張材や被覆構造の開発をはじめ、既設狭隘空間での施工方法、緊張材の定着部や偏向部の設置に関わる新技術を高速道路の更新事業に投入しています。



▲写真4 外ケーブル補強事例 箱桁

## PC技術の軌跡と未来

我が国におけるPCの実用化は、1950年代に始まりました。以来、研究開発や技術基準の整備、設計・施工技術の進展を経て、現在に至るまで着実に規模と実績を拡大してきました。

PC橋に関しては、昭和26(1951)年に建設された長生橋が、我が国初のプレテンション方式によるPC橋です。その後、昭和28(1953)年には初のポストテンション方式PC橋である十郷橋が建設され、さらに昭和29(1954)年には支間30mを超える第一大戸川橋梁が完成しました。

これまでに、全国で数十万のPC橋が建設されており、全国を網羅する基幹インフラとして現在も活躍を続けています。一方、高速道路の更新事業は、いまだ進捗の途中であり、施工の難度が高い構造物も多く残されています。

今後もPC技術は、社会のニーズや環境の変化に応じて進化を続けていく必要があります。築かれてきた技術と経験を礎に、次世代へとつなげる持続可能なインフラ整備が、今まさに求められています。

## PC建協の更新・修繕事業への取り組み

保全補修委員会 委員長 川田琢哉

PC建協は、高速道路をはじめとする社会インフラの更新・修繕事業を、我が国の持続可能な発展を支える最重要課題と位置付けています。

1960年代以降、急速に整備された高速道路などの構造物では、現在、大規模更新や修繕が進められています。

こうした既存構造物の更新・修繕においては、工期短縮効果の高いプレキャスト部材の活用が推進されており、優れた設計・工場生産・現場施工能力を有するPC建協会員企業が積極的に貢献しています。

鋼橋のRC床版からプレキャストPC床版への取替えに加え、PC合成桁橋の床版取替えや、老朽化したRC橋からプレキャストPC橋への更新にも取り組んでいます。会員企業は、長年培ってきたPC技術の強みを最大限に活かし、さまざまな技



術開発を推進しています。

さらに、デジタル技術の活用によりいち早く対応することで、生産性向上や働き方改革にも貢献しています。また、高速道路リニューアルプロジェクトで蓄積した維持管理技術をもとに、PC橋の長期保全や補修・補強に関する書籍を取りまとめ、信頼性の高い技術の普及にも努めています。

PC建協は、会員企業の総力を結集し、安全・安心で持続可能な社会インフラの実現に向け、更新・修繕事業の最前線で貢献してまいります。