

下関北九州道路の整備・管理について

下関北九州道路の海峡部の構造について

- 下関北九州道路の海峡部の計画は、航路幅約1.2kmを含む、約2kmの海峡部を横断する長大橋梁となる見込みであり、国内では明石海峡大橋に次ぐ支間長を有する規模。
- 支間長が1kmを越える吊橋は、1999年に完成した来島海峡第三大橋以来、直近で建設事例がないほか、腐食環境が厳しく、点検や補修のための接近手段に限られる等、高度かつ効率的な維持管理が必要。

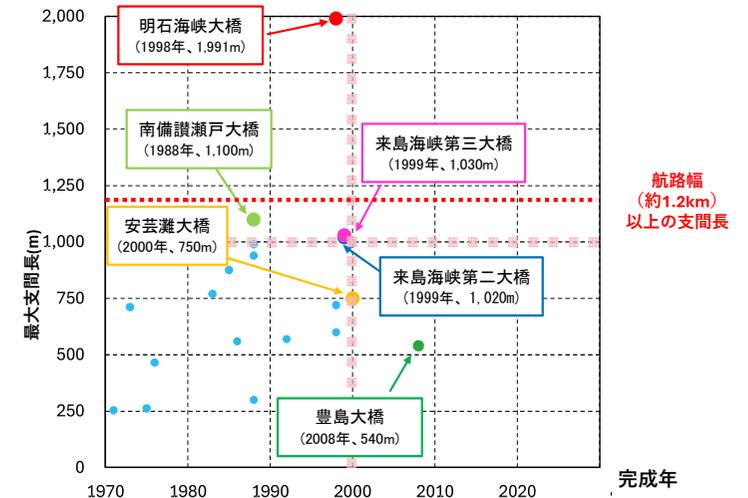
国内の吊橋の事例(支間長が長い順)

・下関北九州道路の吊橋は2位の橋梁規模となる見込み。

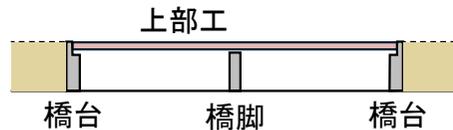
順位	橋名	支間長(m)	架橋位置	都道府県
1	明石海峡大橋	1,991	海峡	兵庫
2	南備讃瀬戸大橋	1,100	海峡	香川
3	来島海峡第三大橋	1,030	海峡	愛媛
4	来島海峡第二大橋	1,020	海峡	愛媛
5	北備讃瀬戸大橋	990	海峡	香川
6	下津井瀬戸大橋	940	海峡	岡山・香川
7	大鳴門橋	876	海峡	徳島・兵庫
8	因島大橋	770	海峡	広島
9	安芸灘大橋	750	海峡	広島
10	白鳥大橋	720	湾口	北海道

国内の施工実績(道路橋)

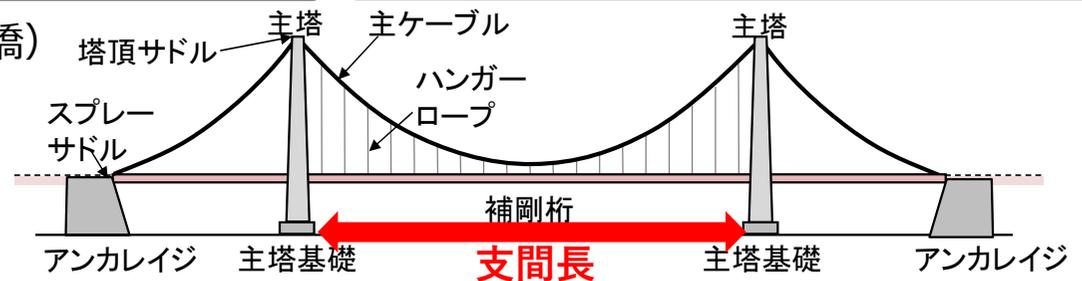
- ・支間長1,000mを超える吊橋は4橋のみ。
- ・2000年以降では安芸灘大橋と豊島大橋の2橋。



(一般的な橋梁)



(吊橋)



吊橋の特殊性

- ・橋梁設計の基準である道路橋示方書の適用外であり、設計手法からの検討が必要。
- ・通常の橋梁では使用しない、ケーブル架設等の特殊な工事が多く、施工難易度が高い。
- ・海峡部を横断する特殊性から、多くの海事関係者との調整をしながらの施工となり、工程管理に特別な配慮が求められる。
- ・厳しい環境条件下にあるため、維持管理面でも、早期の変状発見、劣化の初期段階での維持補修が必要。

橋梁の整備・管理の流れ

本日ご紹介させていただく関連事例

概略検討

- 橋梁位置の概略検討
- 橋梁形式の概略検討
- 橋梁諸元の概略検討(橋長・支間割等)
- 概算工事費の算出 等

調査

- 現地調査
(測量、地質調査、風況観測 等)

設計

- 道路橋示方書に加えて適用する基準類【例:本州四国連絡橋における設計基準】
- 設計条件(風の条件など)の設定
- 景観検討
- 材料の選定【例:橋梁における技術開発の取り組み】
- 橋梁位置・橋梁形式・材料・諸元の選定
- 構造計算
- コスト縮減
- 架設計画 等

工事

- 発注(契約方式)
- 架設設計・施工計画
- 工程・品質管理
- コスト縮減
- 新技術／新工法の活用【例:BIM／CIMの活用による円滑な工事の実施】

維持管理

- メンテナンス(予防保全・新技術活用)【例:本四高速における橋梁メンテナンス】
- 交通運用(災害・通行止時の対応含む)【例:並行高速道路等における管理・運用】 等

横断的取り組み

- 地域における関連事業との連携【例:地域活性化の取組との連携】 等

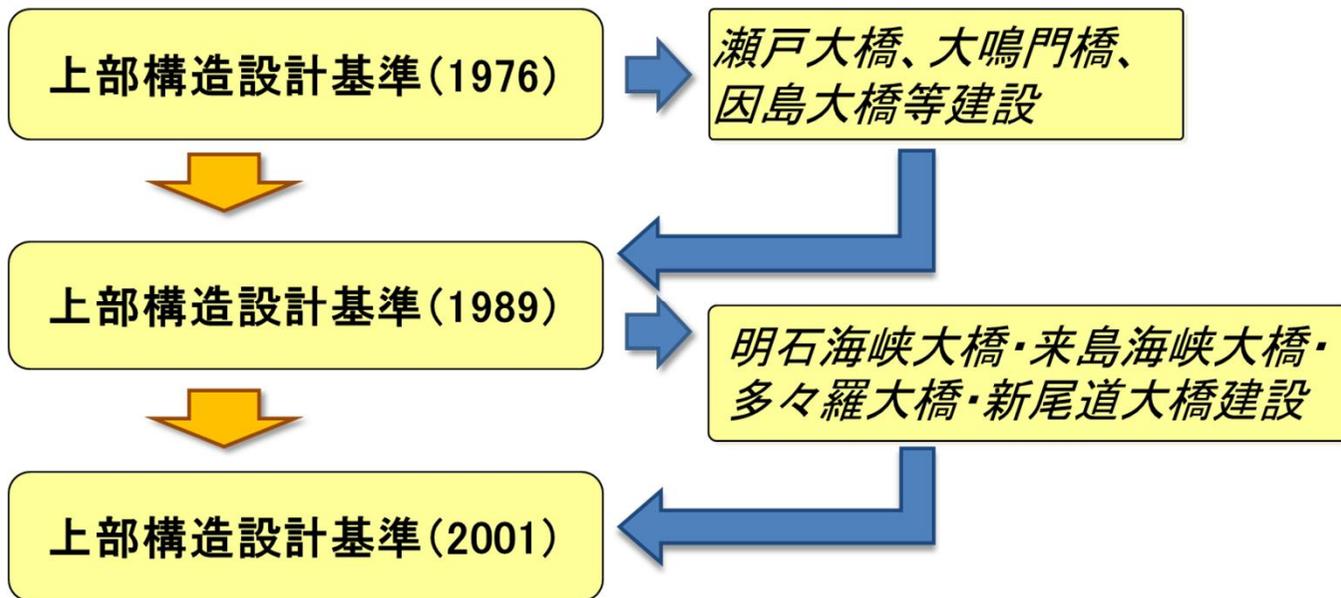
本州四国連絡橋における橋梁設計基準について

- 本州四国連絡橋の設計にあたり、当時、道路橋示方書を基本としつつも、これまでにない規模の橋梁であったこと等もあり、橋梁毎に高強度材料や風洞試験等の調査研究に取組み、学識経験者による審議を重ねながら設計基準を策定するとともに、その時々最新の知見、設計・施工実績等を踏まえて都度改訂してきた。
- 架橋完成後、これまでの設計・施工実績を集約し、2005年に本四高速として体系的にとりまとめられ、以降、最新の技術動向を踏まえた検討が行われてきている。

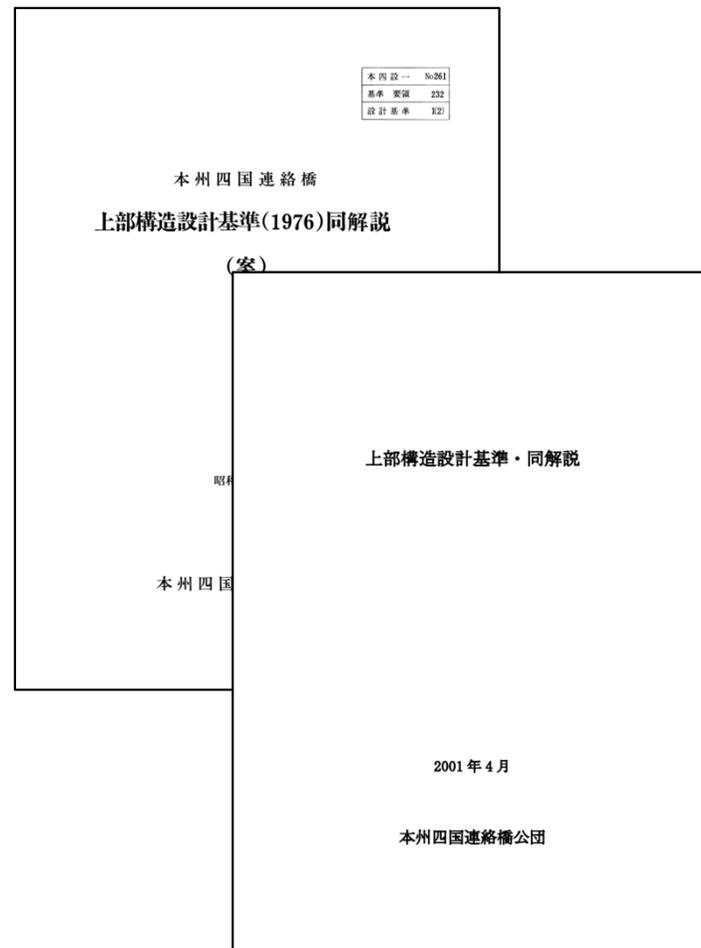
上部構造設計基準類、下部構造設計基準類、耐風設計基準類、耐震設計基準類、材料規格など

- 下関北九州道路の設計にあたり、これまでの知見を踏まえた上で、近年の技術開発や知見を取り入れ、吊橋の設計技術について、最先端を構築する必要がある。

【本四高速 上部構造設計基準の変遷】



・本四高速の上部構造設計基準は、道路橋示方書の改訂や過去の瀬戸大橋、明石海峡大橋等の設計・施工実績等を踏まえ適宜見直しが行われてきた

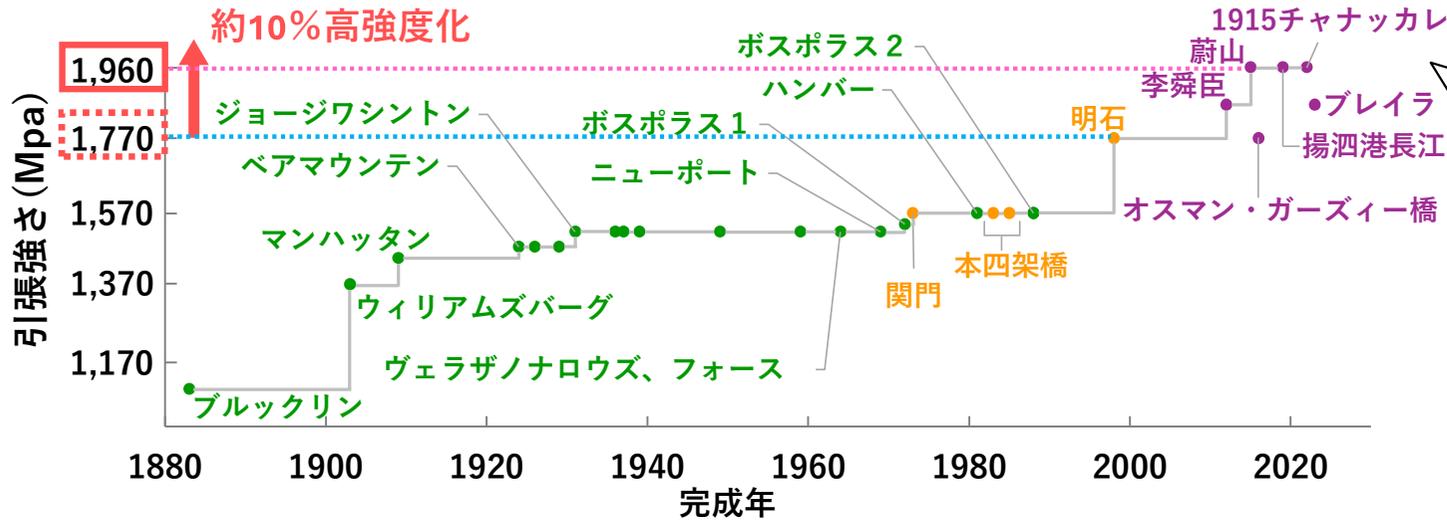


橋梁における技術開発の取り組み

○橋梁の材料に関して、より高強度な材料を用いることで橋梁の軽量化が図られる等、技術開発が進んでいる。

■高強度ワイヤの使用による施工の効率化、橋梁の軽量化

・鋼線の製造過程の技術革新により、明石海峡大橋で採用された1,770Mpa級のケーブル材料よりも更に高強度の1,860Mpa～1,960MPa級の線材が利用可能であり、ケーブル断面を縮小でき、施工性の向上や橋梁全体の軽量化が図られる。



■高強度材料が採用された海外事例

<1960MPa級>

- ・1915チャナッカレ橋(トルコ)
- ・揚泗港長江大橋(中国)
- ・蔚山大橋(韓国)

<1860MPa級>

- ・ブレイラ橋(ルーマニア)
- ・李舜臣大橋(韓国)

■高強度鋼材の使用による橋梁重量の削減

・高強度の鋼材が2008年にJIS化され、橋の構造部材への活用に関する研究が進んだことで、たとえば、力が集中し、厚板になる主塔の隅角部では、板厚を縮小でき、施工性の向上や橋梁の軽量化が図られる。

	SM490Y	SM570	SBHS500※1	SBHS700※2
降伏強度 (単位: MPa)	355	450	500	700
引張強度 (単位: MPa)	490	570	570	780
降伏比	0.72	0.79	0.88	0.90

H29年道路橋示方書の改定時に使用に係わる規定が追加



吊橋における隅角部の例

※1鋼材製造時に熱加工制御技術を適用することにより、強度とじん性、溶接性を向上

※2引張強さ780MPa級(注: 700MPaは降伏強度)の超高強度でありながら、合金元素の添加量を抑制し、強度とじん性を向上

橋梁事業におけるBIM/CIMの活用による円滑な工事の実施について【国道4号仙台拡幅】

- 一般交通への影響(約8万台/日)を最小化するため、1夜間で100mを超える「急速送出し架設」を実施。
- 架設シミュレーションの施工モデルを作成、施工管理データ(変位・反力等)を自動計測し、モデルに再現することで、従来、手動で行っていた計測時間の短縮、作業員の削減、ヒューマンエラーの防止が図られた。

■架設シミュレーションによる施工モデルの作成

送り出し架設の進捗に応じた反力や、たわみの変化などを考慮した理想の施工モデルを4次元(3次元+時間)で作成



■施工管理データの計測とモデルへの再現

ICTによる施工管理データ(位置、反力、変位)を基に、施工状況をリアルタイムで3次元モデルに再現(デジタルツインシステムの構築)



▲4次元架設シミュレーション

▲デジタルツインシステム

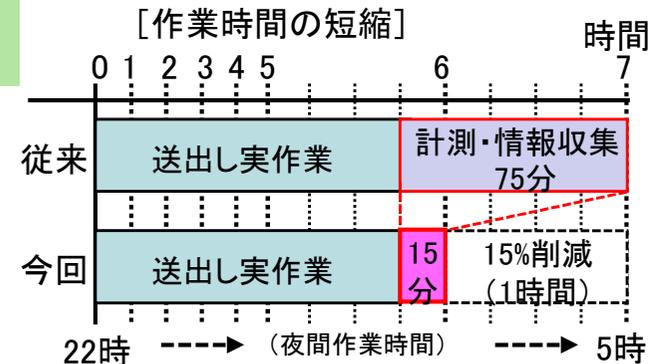
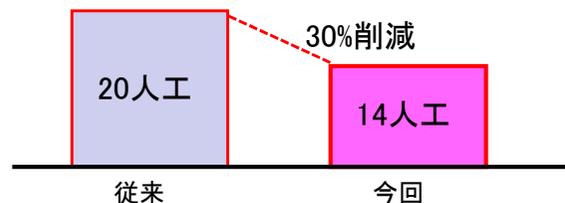
4次元の架設シミュレーションとデジタルツインシステムを比較しながら施工管理を実施

従来: 手動計測⇒統括管理者へ無線連絡⇒情報を整理分析⇒意思決定

今回: 自動収集⇒データを一元管理(無線連絡による最低限の確認のみ)⇒ビジュアル的かつ俯瞰的に情報を整理分析⇒意思決定

- ・従来手動で行っていた架設時のタイムキーパー・計測要員が削減
- ・情報の共有漏れや行き違いによるヒューマンエラーの防止

[要所に配置される送出し作業管理者の削減]



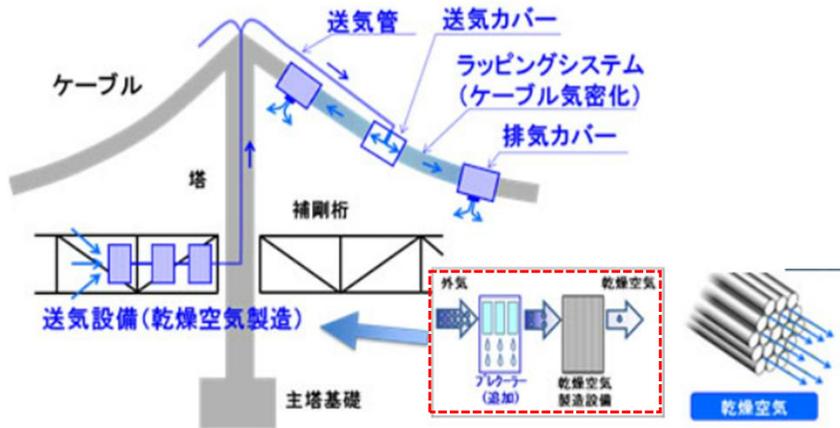
▲橋梁架設時の施工管理状況

本州四国連絡高速道路の橋梁メンテナンス ～長大橋の長寿命化「200年橋梁」への挑戦～

- 吊橋の重要部材である主ケーブルの防食対策として、ケーブル送気乾燥システムを世界で初めて開発・導入。
- 予防保全を基本とした塗替塗装を行うため、下塗が露出する前に中塗と上塗を塗り替えることで、現場での塗替が困難かつ高価な犠牲防食層を健全な状態に維持。
- また、定期点検や定点で塗膜消耗量等を調査・評価のうえ、最適な塗替塗装時期を判断。
- 更に、より耐候性に優れた高耐久塗料や省工程型塗料の技術開発を実施。



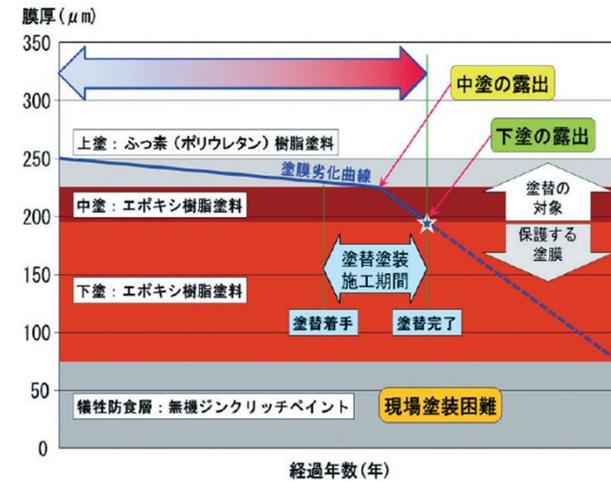
送気カバー



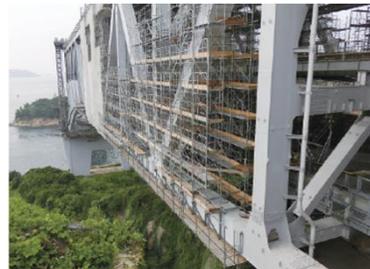
吊橋ケーブル送気乾燥システムの概要

上塗：ふっ素(ポリウレタン)樹脂塗料 (25 μm)	優れた耐候性 (劣化しにくい)	塗替
中塗：エポキシ樹脂塗料 (30 μm)	上塗りと下塗りの接着剤の役割	
下塗：エポキシ樹脂塗料 (120 μm)	耐水性等により犠牲防食層を保護	
犠牲防食層：無機ジンクリッチペイント (75 μm)	電気的な防食作用による優れた防食性	
鋼材		

本州四国連絡橋の塗装系



塗装の劣化予測図



仮設足場設置(トラス桁)



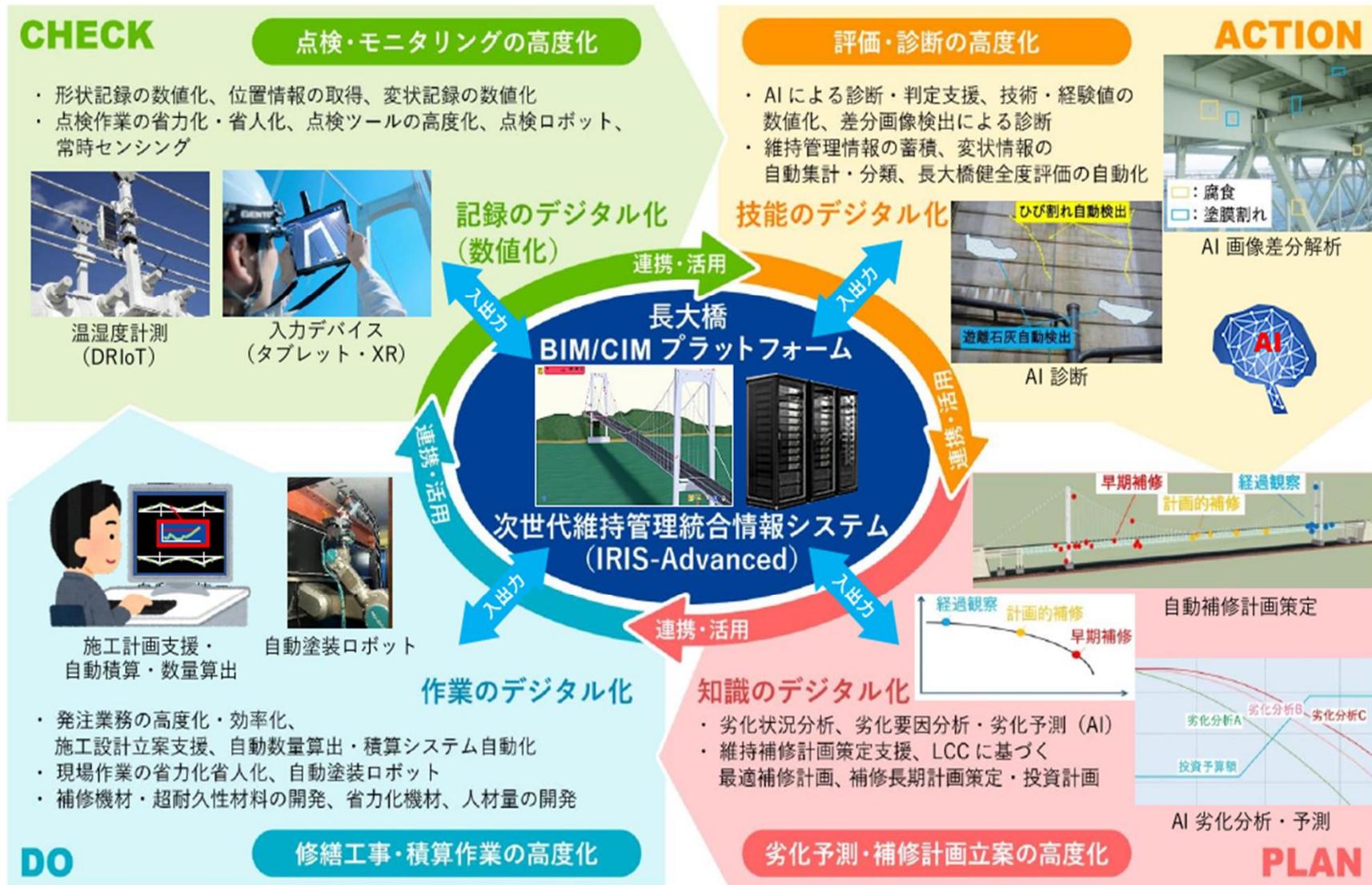
塗替塗装状況



技術開発
塗料の暴露試験状況(宮古島)

本州四国連絡高速道路の橋梁メンテナンス ～長大橋の長寿命化「200年橋梁」への挑戦～

○長大橋の維持管理情報を連携・活用するためのプラットフォームを構築し、PDCAサイクルのデジタル化、高度化・効率化を推進。



並行する高速道路等の交通運用(工事による通行止め)

- 阪神高速14号松原線 喜連瓜破付近橋梁において、令和4年6月から令和6年12月の約2年半通行止めを実施し、橋梁架替えによる更新工事を実施。
- 大和川線が令和2年3月に開通していたことから、近畿道、大和川線等を迂回ルートとして周知し、通行止め時の交通転換への協力を呼びかけ。

更新工事の概要



更新範囲と現場周辺の状況

通行止めによる工事実施、広域迂回、迂回ルートの周知



<迂回ルートの周知の例>

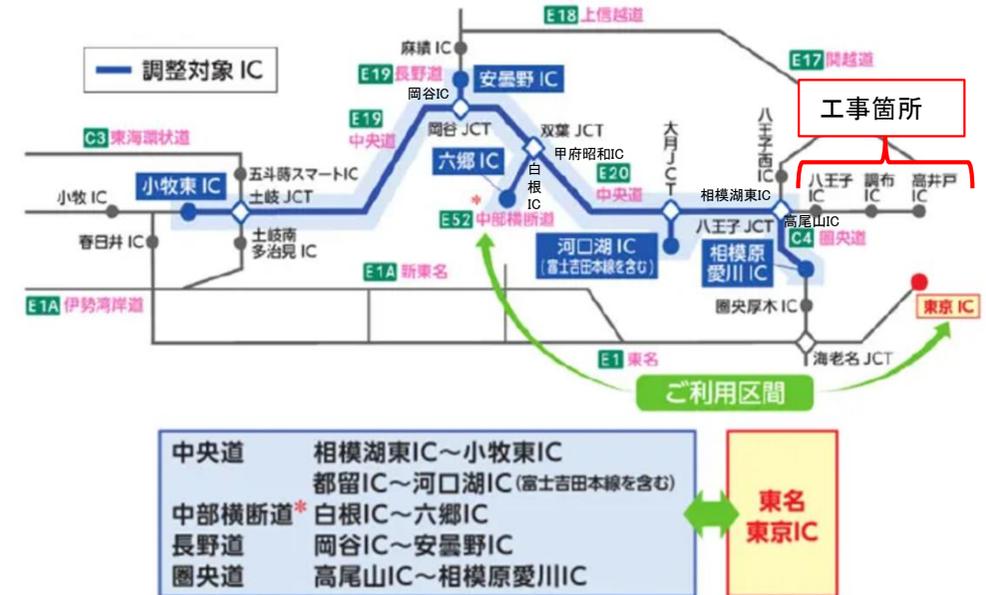


並行する高速道路等の交通運用(集中工事に伴う車線規制)

○中央道(高井戸IC~八王子IC)において、令和7年5月12日から令和7年5月30日の平日18時から翌6時までの間に、車線規制により床版防水工事や舗装補修工事等を実施。

○工事期間中に、料金調整対象区間と東名高速 東京ICの相互間を利用した利用者に対し、中央道高井戸ICを利用した場合の料金と同額になるように調整。

(料金調整対象区間：中央道(相模湖東IC~小牧東IC、都留IC~河口湖IC(富士吉田本線含む)、中部横断道(白根IC~六郷IC)、長野道(岡谷IC~安曇野IC)、圏央道(高尾山IC~相模原愛川IC)



(適用例：甲府昭和IC~東京ICを普通車(ETC車)で走行した場合)
ETC通常料金：4,190円 ⇒ 調整後：3,160円(ETC通常料金 ▲1,030円)

適切な交通分担のための情報提供を行っている事例

- ネクスコ中日本では、東名・新東名のダブルネットワークを活用し、情報板等にて道路交通情報を提供し、利用者の経路選択判断に活用いただいている。
- 首都高速においても情報板等にて道路交通情報を提供し、利用者の経路選択判断に活用いただいている。

ネクスコ中日本 東名・新東名の案内

■ 図形情報板における情報提供(東名・新東名の比較)



・東名と新東名の比較の例



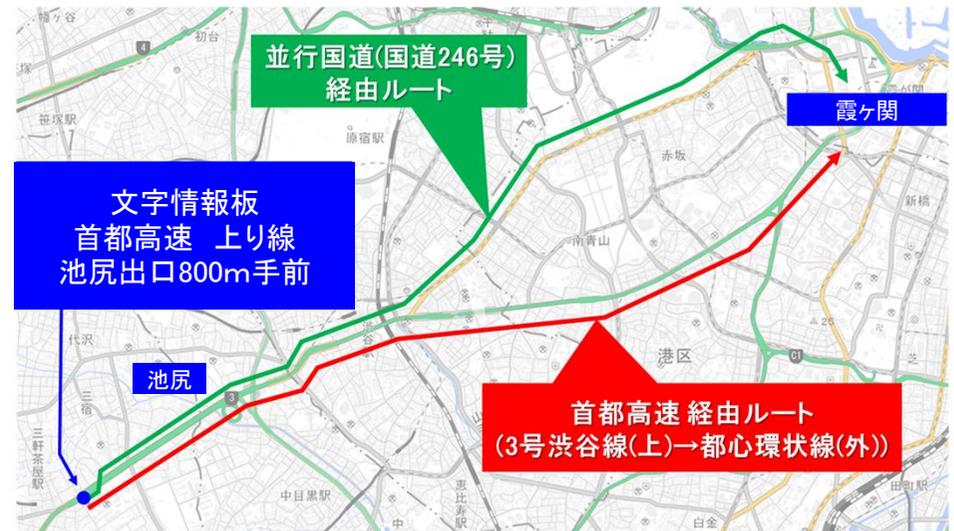
地理院地図(電子国土WEB)

首都高速 混雑対策の例

■ 文字情報板における情報提供(並行国道との比較)



・首都高3号渋谷線上りと並行国道(246号)の比較の例



地理院地図(電子国土WEB)

高速間・高速と一般道の一体管理の事例(降雪時など)

- 新東名の開通により、東名と新東名の並行する高速道路を一つの組織で一体管理している。
- 大雪の際、各道路管理者で連携し、同時通行止めや広域迂回などの措置を行っている。

ネクスコ中日本の管理体制(例)

旧管理体制

- 富士保全・サービスセンター
- ・ 東名(沼津～清水)



現管理体制(平成24年～)

- 富士保全・サービスセンター
- ・ 東名(沼津～清水)
 - ・ 新東名(長泉沼津～新静岡、新清水JCT～清水JCT)
 - ・ 中部横断道(新清水JCT～富沢)

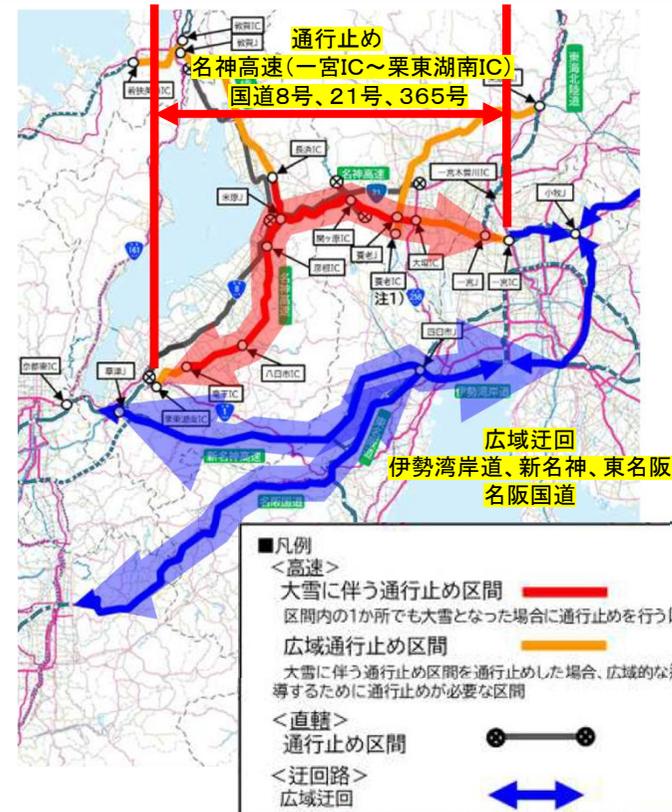


富士保全・サービスセンター管理区域

各道路管理者が連携した大雪に備えた対応

- ・ 高速道路は、ネットワーク(JCT間)を踏まえた通行止め区間と広域迂回路を設定
- ・ 積雪パターンに応じた迂回路設定の基本的な考え方は各道路管理者間で事前に取り決め
- ・ 並行国道は、高速道路の大雪に伴う通行止め区間と並行する区間を通行止めとすることを基本とし、並行国道で渋滞の恐れがある場合は区間を延伸

(例) 名神高速道路の大雪に伴う通行止め区間



通行止め
広域迂回

出典: R7.12.5 名神・新名神に関わる広域的な雪害対応について(近畿地整等記者発表)

