

本州・九州連携小委員会 ヒアリング資料

令和8年5月13日

本州四国連絡高速道路株式会社



Bridge : Communication & Technology

-
- 1. 本州四国連絡高速道路の概要**
 - 2. 長大橋の建設・維持管理
(200年橋梁への挑戦)**
 - 3. 長大橋の活用**

1. 本州四国連絡高速道路の概要

1. 本州四国連絡高速道路の概要 3ルートへの建設・維持管理



※1 E76西瀬戸自動車道の生口島、大島の島内区間12.8kmは、国土交通省が建設(平成18年度完成)・管理

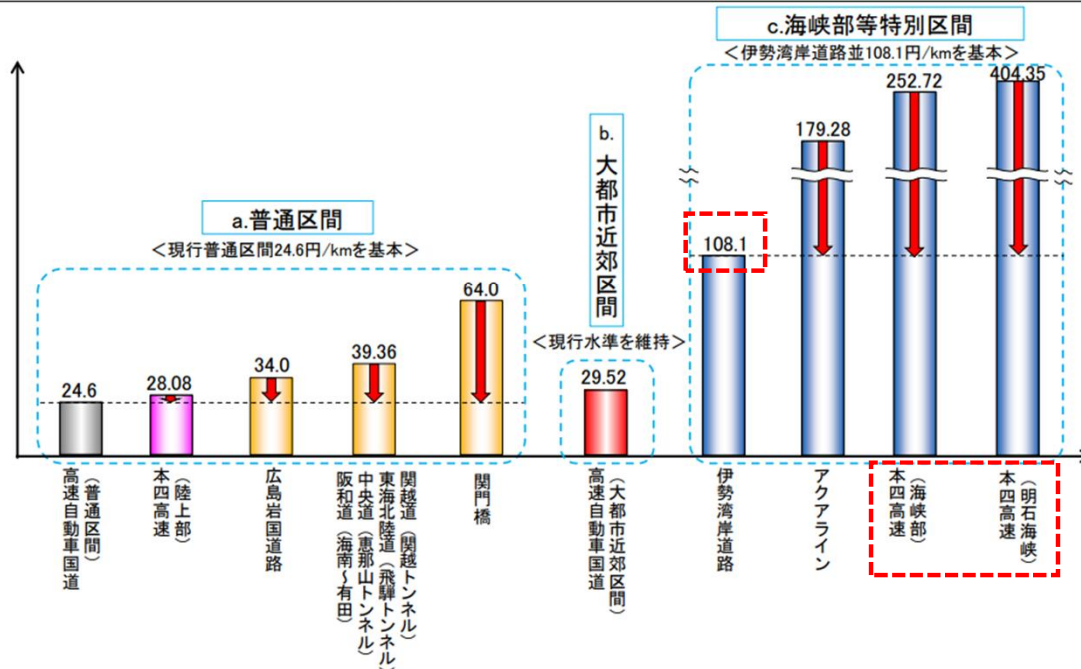
路線名	E28神戸淡路鳴門自動車道	E30瀬戸中央自動車道	E76西瀬戸自動車道	合計
延長	89.0km	37.3km	46.6km※1	172.9km
長大橋数	2橋	6橋	9橋	17橋
開通年度	平成10年4月	昭和63年4月	平成11年5月	
事業費※2	約14,700億円	約6,700億円	約7,300億円	約28,700億円

※2 有利子負債+出資金(国:約11,600億円、関係地方公共団体:約5,800億円)、関係地方公共団体:大阪府、大阪市、兵庫県、神戸市、岡山県、広島県、徳島県、香川県、愛媛県、高知県

- 平成26年度よりETC車を対象として、3つの料金水準を導入
- 海峡部等特別区間は、伊勢湾岸道路並108.1円/kmを基本として、料率を引き下げ
- 利用台数(出口交通量)の実績は、コロナ禍を除き、着実に増加
- 令和7年度の利用台数は4,716万台と3ルート供用後、過去最高を更新

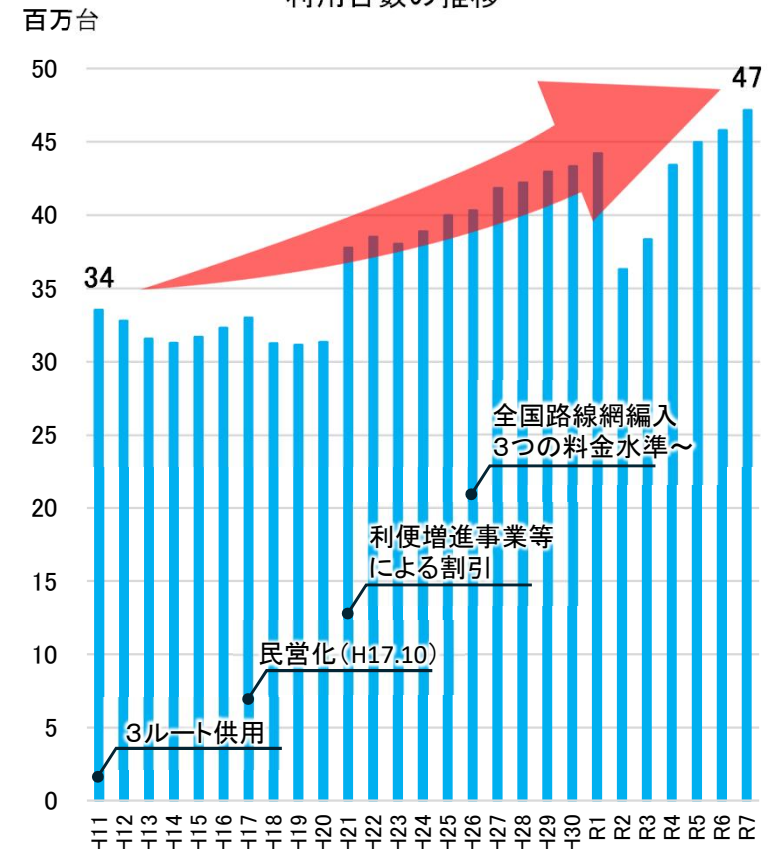
3つの料金水準について

○ 平成26年4月に導入し、令和5年度末までとなっている「3つの料金水準」について、債務の返済状況も踏まえつつ、10年間(令和16年3月31日まで)継続する



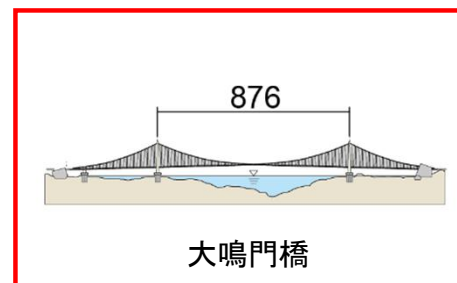
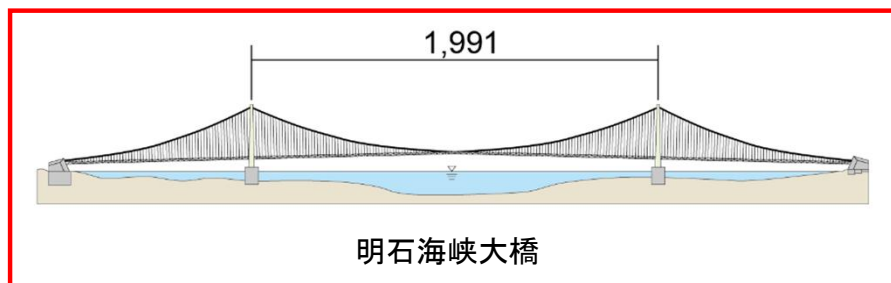
※料金水準引き下げの対象はETC利用車に限定
注: ターミナルチャージの有無にかかわらず、「(普通車の全線料金-150円)/全線延長」で料率を算出

利用台数の推移



- 3ルートで17の長大橋を建設・維持管理(吊橋10橋、斜張橋5橋、アーチ橋・トラス橋各1橋)
- 建設から40年以上の維持管理経験の中で、設計基準の改訂、技術開発、設計・施工にかかるPDCAサイクルの高度化・効率化等、様々な技術的課題を解決し、知見を蓄積

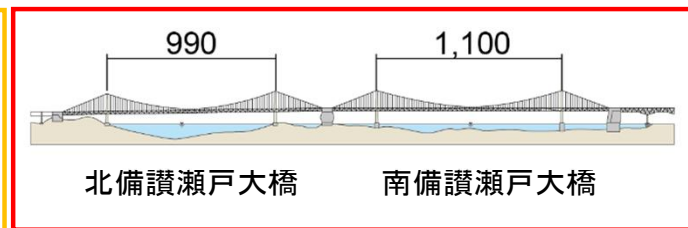
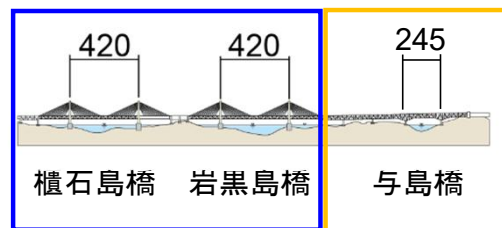
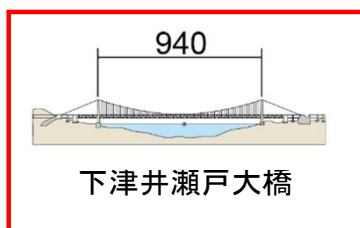
E28 神戸淡路鳴門自動車道



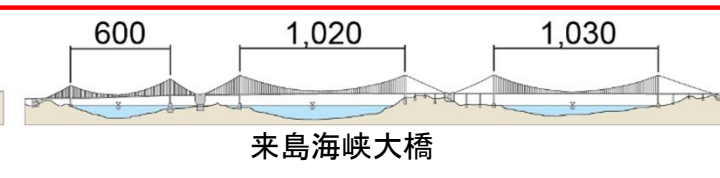
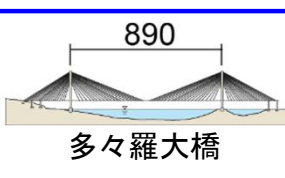
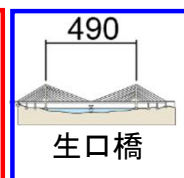
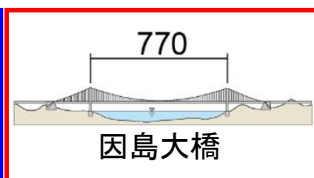
<凡例>

- 吊橋
- 斜張橋
- トラス橋
- アーチ橋

E30 瀬戸中央自動車道

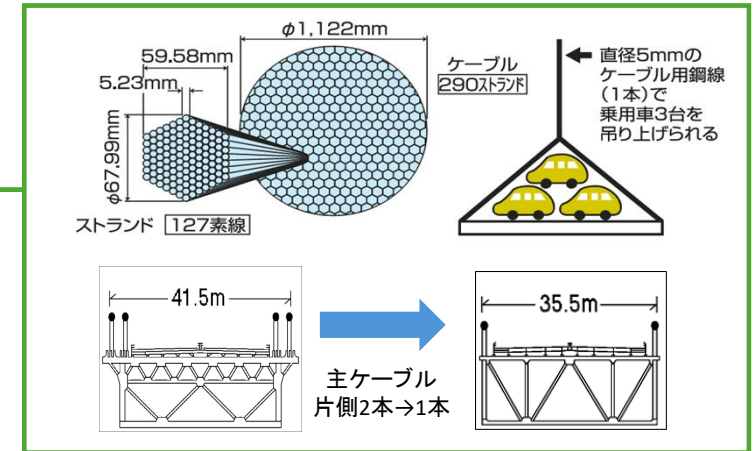


E76 西瀬戸自動車道



1. 本州四国連絡高速道路の概要 建設時の開発技術

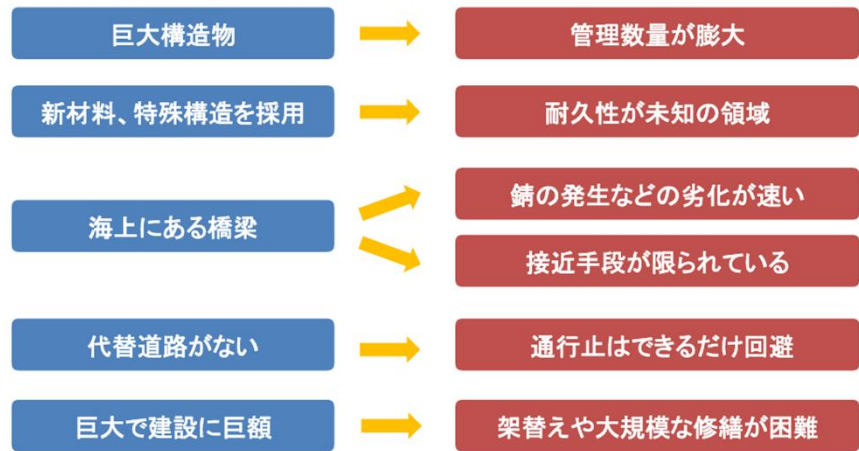
明石海峡大橋の建設で開発した主な技術



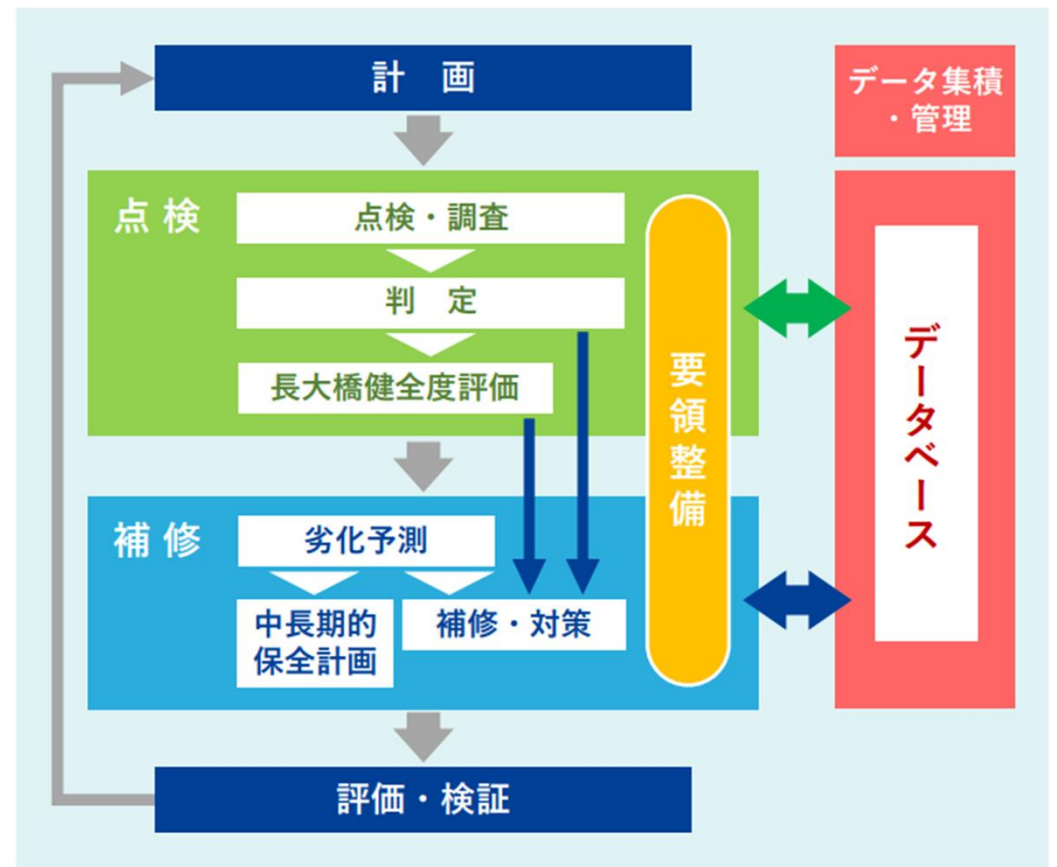
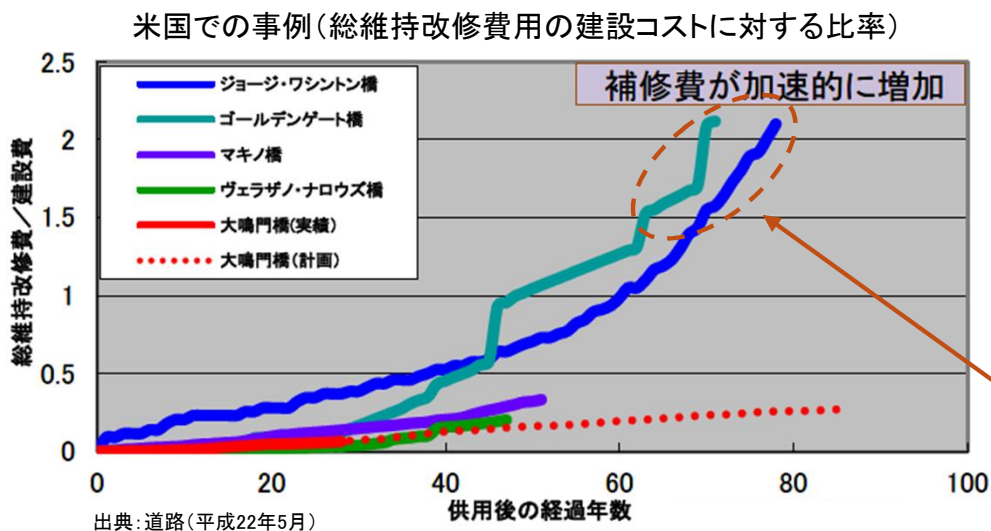
架橋条件を的確に把握する 自然条件調査	調査	潮流調査
		地盤調査
より軽く、より強く、より経済的に 材料開発	材料	高強度ワイヤー ●
		高張力鋼
		超低発熱型セメント
類を見ない超長大橋梁設計手法の確立 設計	上部構造	構造設計
		耐風設計 ●
		疲労設計
		鋼・PC桁複合構造の開発
		鋼床版開発
	下部構造	岩盤評価
厳しい自然条件克服のための技術開発 施工	上部工	ケーブル
		桁架設
		制振システム
	下部工	洗掘防止 ●
		基礎
		コンクリート

2. 長大橋の建設・維持管理 (200年橋梁への挑戦)

- 長大橋の維持管理で考慮すべき特徴、米国での事例等を踏まえ、供用当初から「予防保全」を基本
- PDCAサイクルに基づくアセットマネジメントにより体系的かつ確実な維持管理を実施
- 点検、補修結果を一元的に管理・データベース化し、最適な補修計画立案に活用
- 2100年までの長期保全計画を策定のうえ、LCC低減と効率的な管理を実現



長大橋の維持管理で考慮すべき特徴



PDCAサイクルに基づくアセットマネジメント

米国の長大吊橋では、供用後70年経過後頃からハンガーロープ及びケーブルの大規模補修等が必要となり、当初の建設費用を補修費が超えたとの報告がある

- 本四連絡橋の設計にあたり、道路橋の技術基準である道路橋示方書(道示)を基本としたうえで、荷重、材料、構造の詳細について、産学官による各種委員会・分科会等で検討
- 検討結果は、長大橋用の設計基準としてとりまとめ、道示に準じたものとして、これまでも多くの長大橋の設計においても参酌
- 世界に先駆けた性能規定化がされ、ISO同様に部分係数・限界状態設計法に移行している道示にも適合するように、長大橋の設計に用いる部分係数、大地震や維持管理性も考慮した部材設計法の高度化等について、国の研究機関とも連携して検討を実施中
 - 本四連絡橋の設計や実験結果の検証、維持管理実態の分析、実橋モニタリングデータの蓄積や数値シミュレーションによる分析
 - 国際吊構造橋梁管理者会議(ICSBQC)を通じた世界の動向の継続的な追跡

長大橋の建設と設計法の高度化

土木学会本四連絡橋技術調査委員会での検討
上部構造、下部構造、耐風、耐震設計指針(1961~1967)

活荷重、高機能材、耐風・耐震設計等の更新

瀬戸大橋等の建設(1970~1981)

ケーブル設計、高機能材、耐風・耐震設計等の更新

明石海峡大橋等の建設(1982~2001)

【道示の改定】

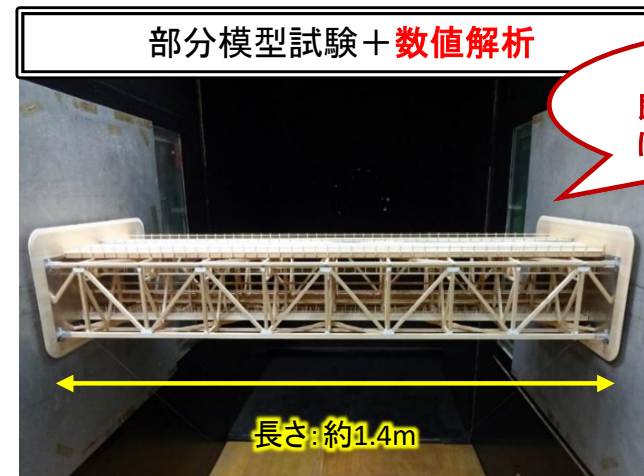
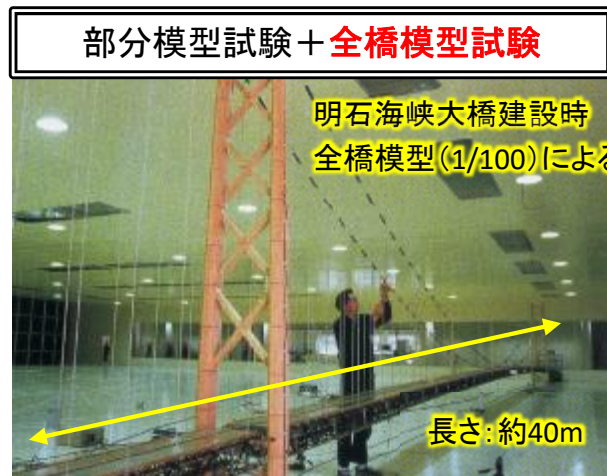
1996(H8)年:レベル2地震動
2002(H14)年:性能規定化、耐久性の検討(疲労、塩害)
2017(H29)年:部分係数法・限界状態設計法導入

本四連絡橋の設計・実験結果の検証、
維持管理実態、実橋モニタリングデータの蓄積、
数値シミュレーションによる分析等

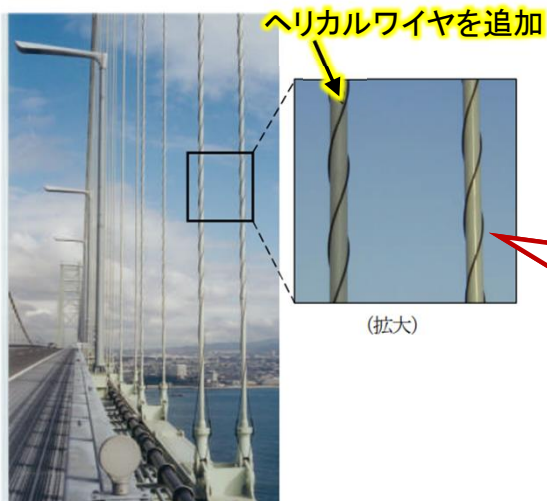
本四連絡橋の維持管理(診断・補修・補強)

性能規定型基準である道示のメリット、本四連絡橋の実測データの蓄積、耐震補強、
維持管理経験を活かし、国内外の架橋プロジェクトにも貢献していく

- 建設時の全橋風洞試験結果等により、耐風安定性を評価する数値解析手法を開発
- 部分模型と数値解析による耐風安定性評価を実用化
- 建設中に当初想定していないハンガーロープの振動を確認し、風洞試験を行い制振対策を追加
- 供用後も、維持管理効率化のための構造改良、自転車道追加検討のため風洞試験、解析を実施

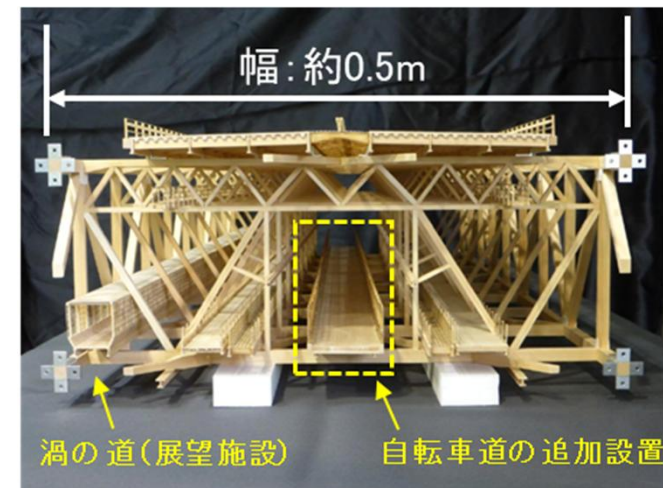


数値解析の開発により、
既往の規模の吊橋であれば
全橋模型試験が不要に



並列するケーブルに関する
当時の知見では、所定の間
隔を確保すれば有害な振動
が発生しないとされていた

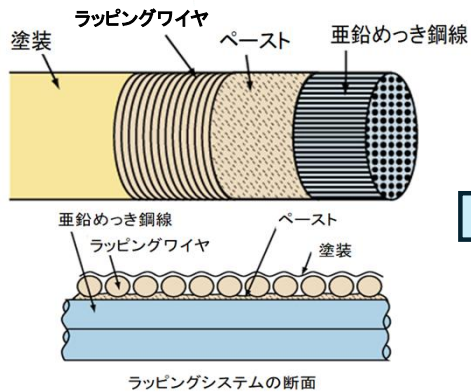
明石海峡大橋のハンガーロープ制振対策の状況



大鳴門橋自転車道の追加設置検討

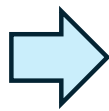
本四高速が開発した解析手法を用いることにより耐風設計が効率化

- 明石海峡大橋の主ケーブルの防食検討にあたり、既存の吊橋で主ケーブルの健全性調査を実施
- 主ケーブルに腐食を確認し、従来の塗装のみの防食方法では十分ではないことが判明
- 送気乾燥システムを開発し、全ての吊橋(全10橋)に導入
- 温湿度データを元に除湿器の経済運転、プレクーラーによる送気改良等、更なる改善を継続実施中

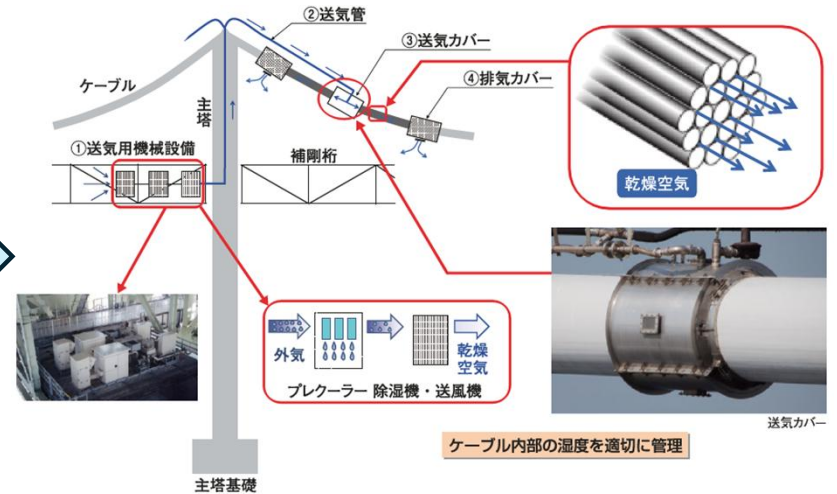
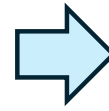


ラッピングシステムの断面

塗装による防食



亜鉛めっき鋼線に腐食※を確認
[北備讃瀬戸大橋、1993年(供用5年目)調査]
※写真の茶色はペーストの色



ケーブル送気乾燥システムによる防食

主ケーブル防食方法の変遷

世界初！各国で採用

	1980	1990	2000	2010	2020
明石海峡大橋			1998供用▼ 送気乾燥システム		プレクーラー追加
大鳴門橋	1985供用▼ 塗装				
瀬戸大橋(下津井、北備讃、南備讃)		1988供用▼			
因島大橋	1983供用▼				
大島大橋		1988供用▼			
来島海峡大橋(第一～第三)			1999供用▼		

ケーブル送気乾燥システムによる防食は、建設時からの導入が望ましい

2. 長大橋の建設・維持管理 吊橋主塔の点検・補修の工夫

- 中央支間の長大化により主塔高さも増加。景観、経済性を考慮して設計、建設
- 主塔の維持管理には近接手段が重要であり、建設時から近接手段の検討が必要
- 大鳴門橋の主塔塗替のため、磁石車輪式ゴンドラを開発し、安全な塗装塗替を実現

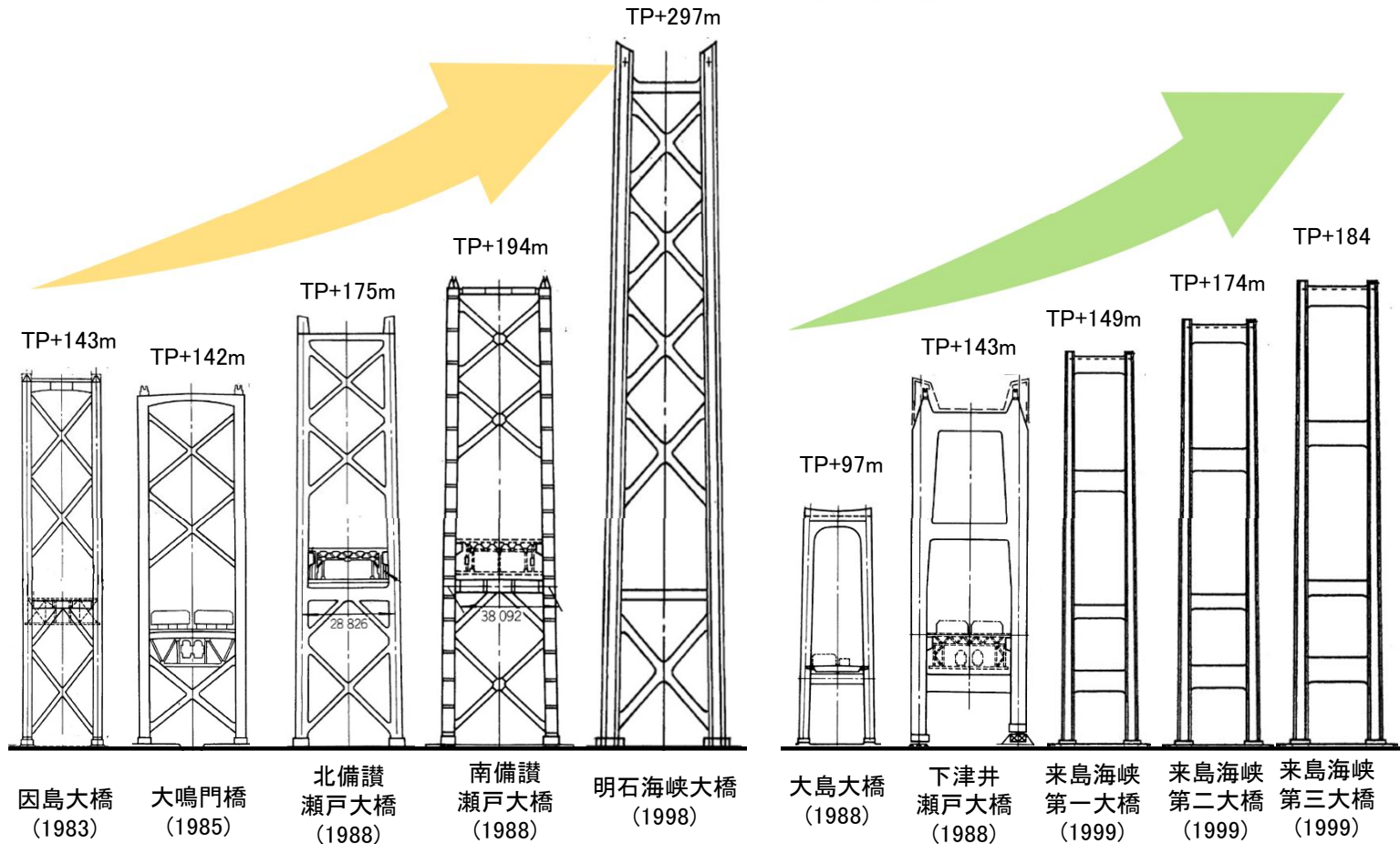
本四連絡橋の吊橋主塔 高さの変遷

※橋の画像は同じ縮尺で表示

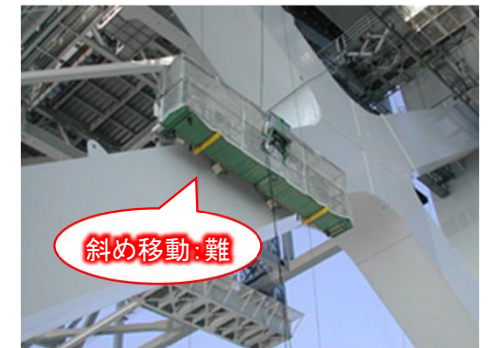
トラス形式の主塔塗替状況
(大鳴門橋、磁石車輪式ゴンドラ使用)

トラス形式

ラーメン形式



主塔斜材下面

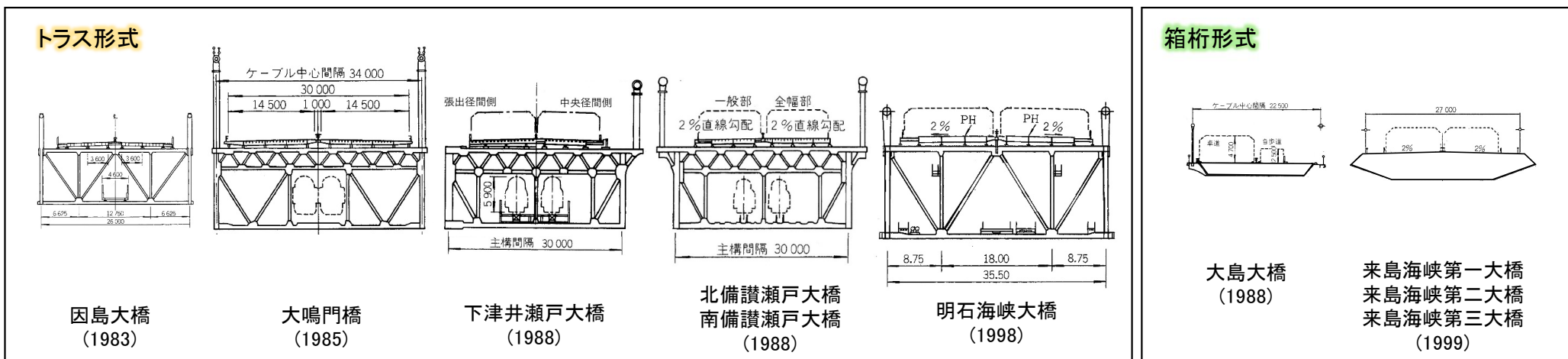


主塔斜材側面

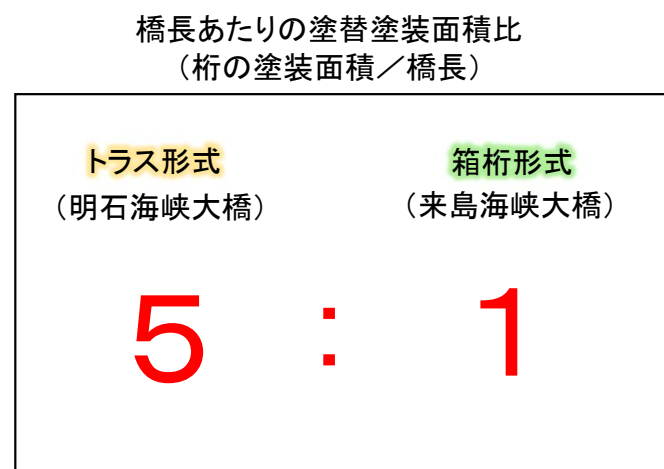
維持管理を考慮すると、ラーメン形式(斜材無し)の方が優位

- トラス形式、箱桁形式の補剛桁を耐風安定性、添架施設等を考慮して設計、建設
- 様々な形式の補剛桁の維持管理を通じ、ノウハウを蓄積
- 点検、維持管理の近接手段を確保するため、点検補修用作業車の改良を継続的に実施

本四連絡橋の吊橋補剛桁の変遷



塗替塗装面積:大



維持管理を考慮すると、箱桁形式の方が優位

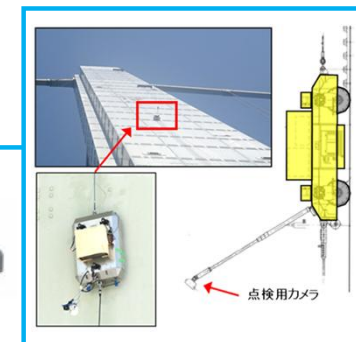
※新尾道大橋(斜張橋)では、箱桁内面の防食を従来の塗装ではなく、送気乾燥システムにより健全性を維持している例もある(桁内送気乾燥システム)

- 長大橋には建設当初からそれぞれ専用の点検補修用作業車を設置
- 省令点検が求める近接目視を効率的に実施するため、作業車の改良を継続的に実施
- 全面塗替間隔の長期化により、局部的な腐食に対する部分補修の重要性が増し、使用頻度が増大

明石海峡大橋の点検補修用作業車



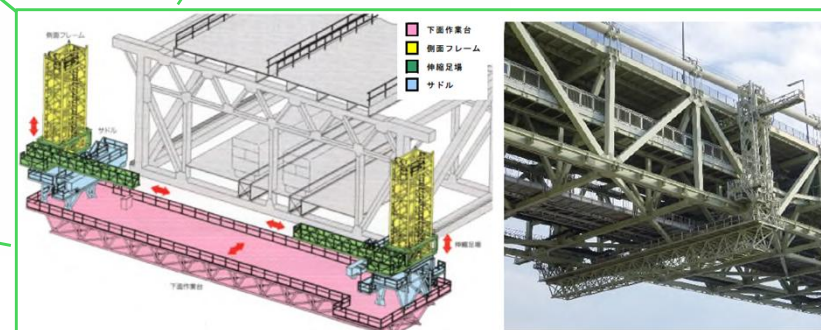
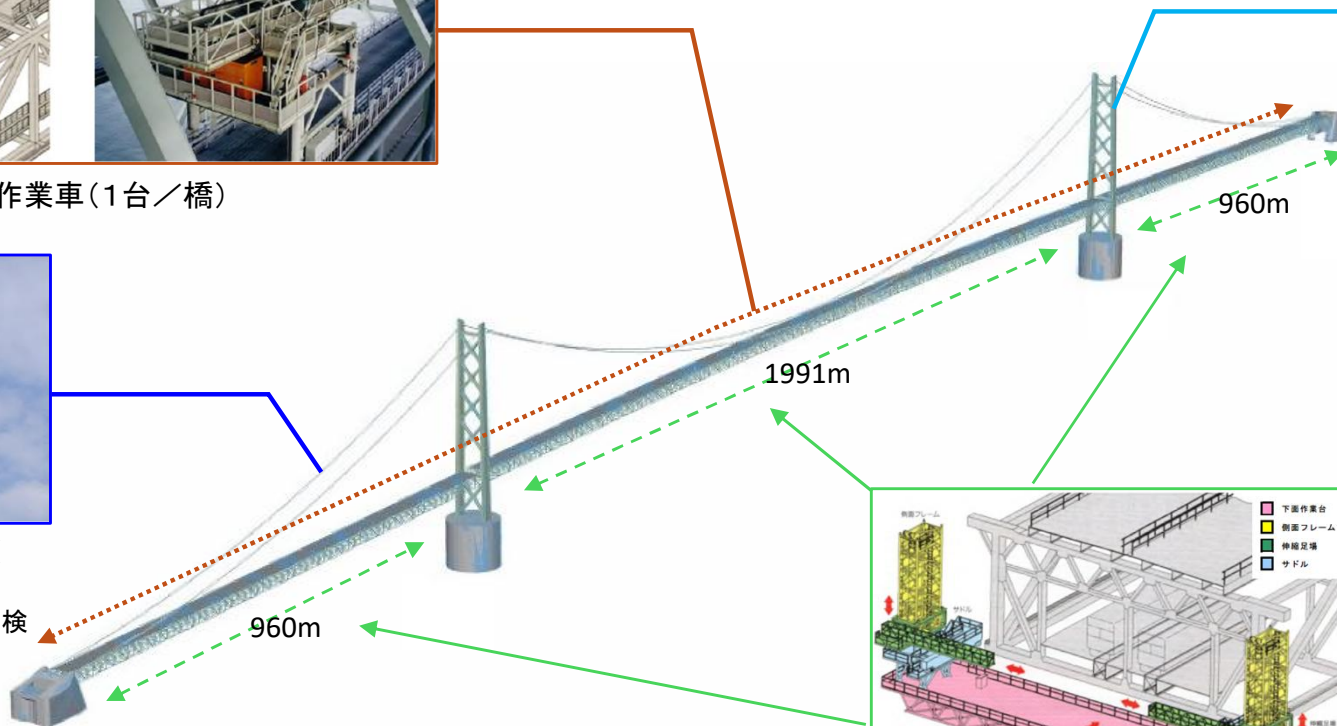
桁内面作業車(1台/橋)



主塔点検ロボット ※
(1台/橋)



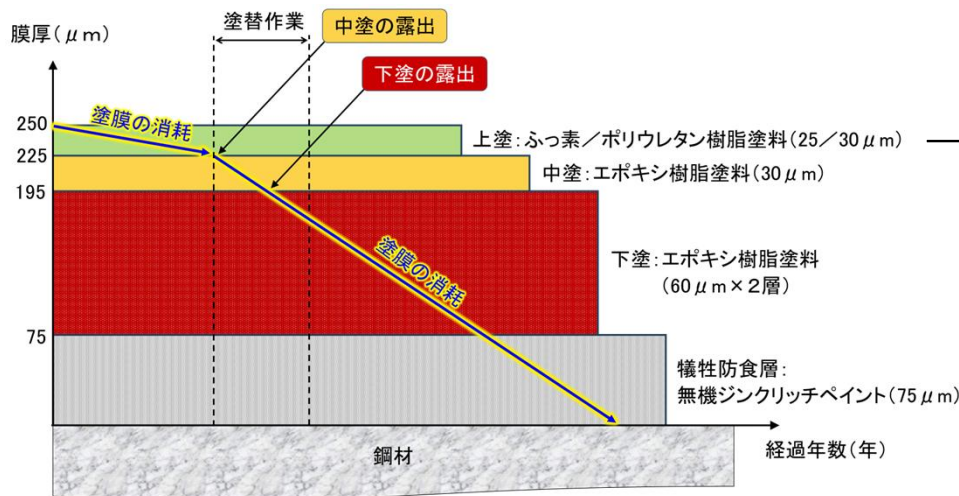
ケーブル作業車 ※
(2台/橋)
ケーブル下面も効率的に点検



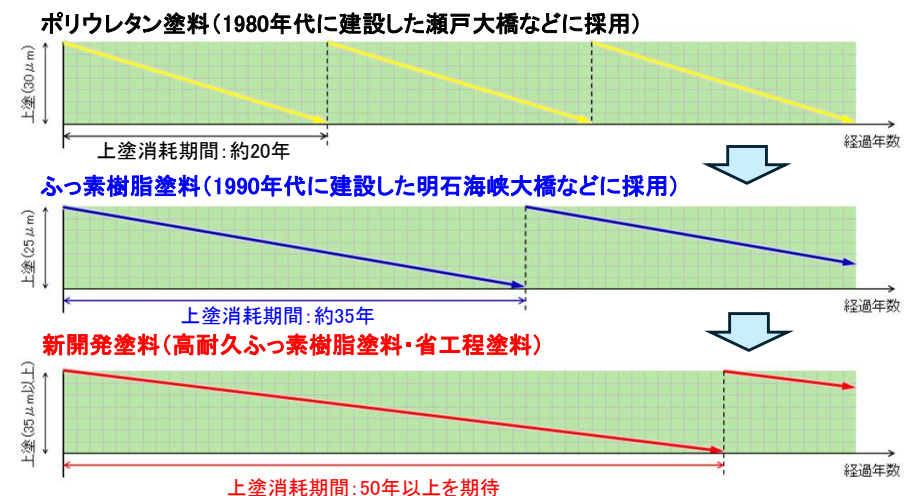
桁外面作業車(3台/橋)

※作業時のみ設置

- 本四連絡橋の塗装面積は約400万m²と膨大であり、LCC低減のため、耐候性の高い塗料を開発
- 現場での塗替が困難かつ高価な犠牲防食層を保護するため下塗が露出する前に中塗・上塗を塗替
- ふっ素樹脂塗料を採用した明石海峡大橋では、供用から約30年が経過したが、局所的な塗膜変状はあるものの、全体系としては健全性を維持しており、当初想定以上にLCC低減に寄与
- 一巡目の塗替塗装を実施している瀬戸大橋は、中・上塗に新開発した省工程型塗料を採用



本四連絡橋の塗装系(重防食塗装)と塗替塗装サイクル



上塗塗膜の消耗と塗替間隔イメージ

上塗塗料の変遷

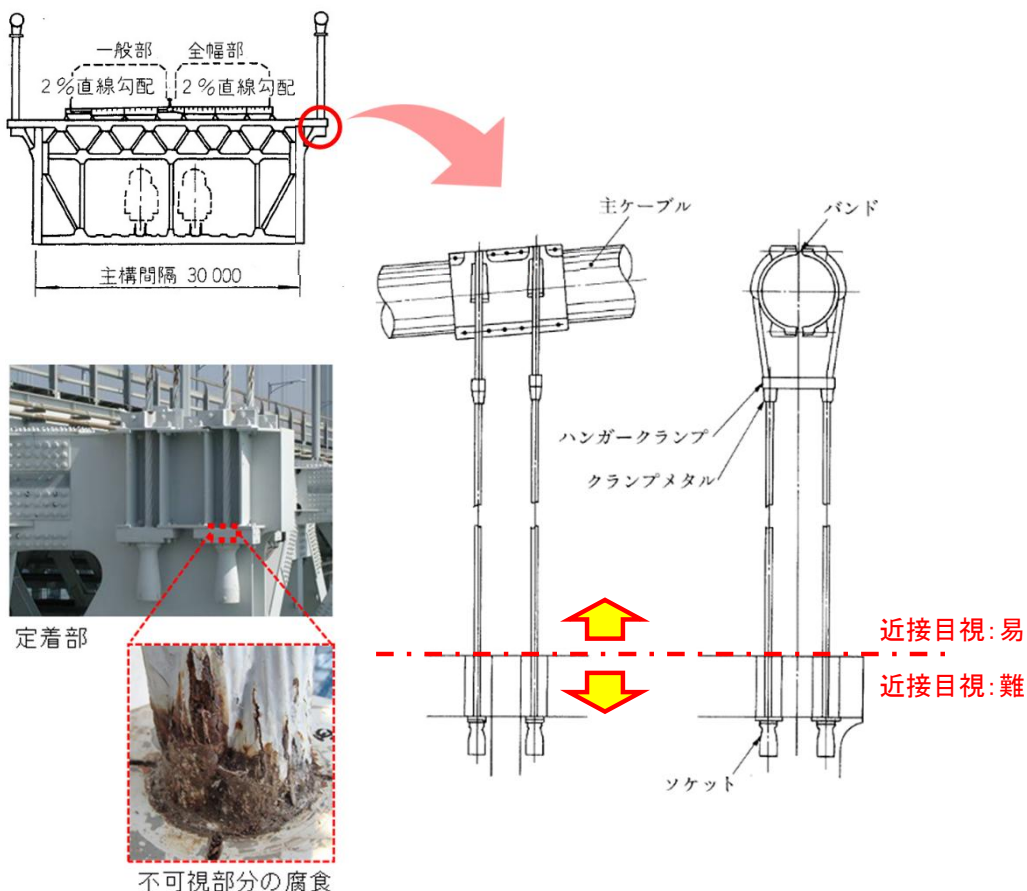
	1990	2000	2010	2020
明石海峡大橋		▼1998		
大鳴門橋	▼1985			
瀬戸大橋(下津井、北備讃、南備讃)				
因島大橋	▼1983			
大島大橋	▼1988			
来島海峡大橋(第一～第三)		▼1999		
	ポリウレタン塗料	ふっ素樹脂塗料	高耐久ふっ素樹脂塗料	省工程型塗料

<凡例> ▼: 供用、—: 塗替塗装

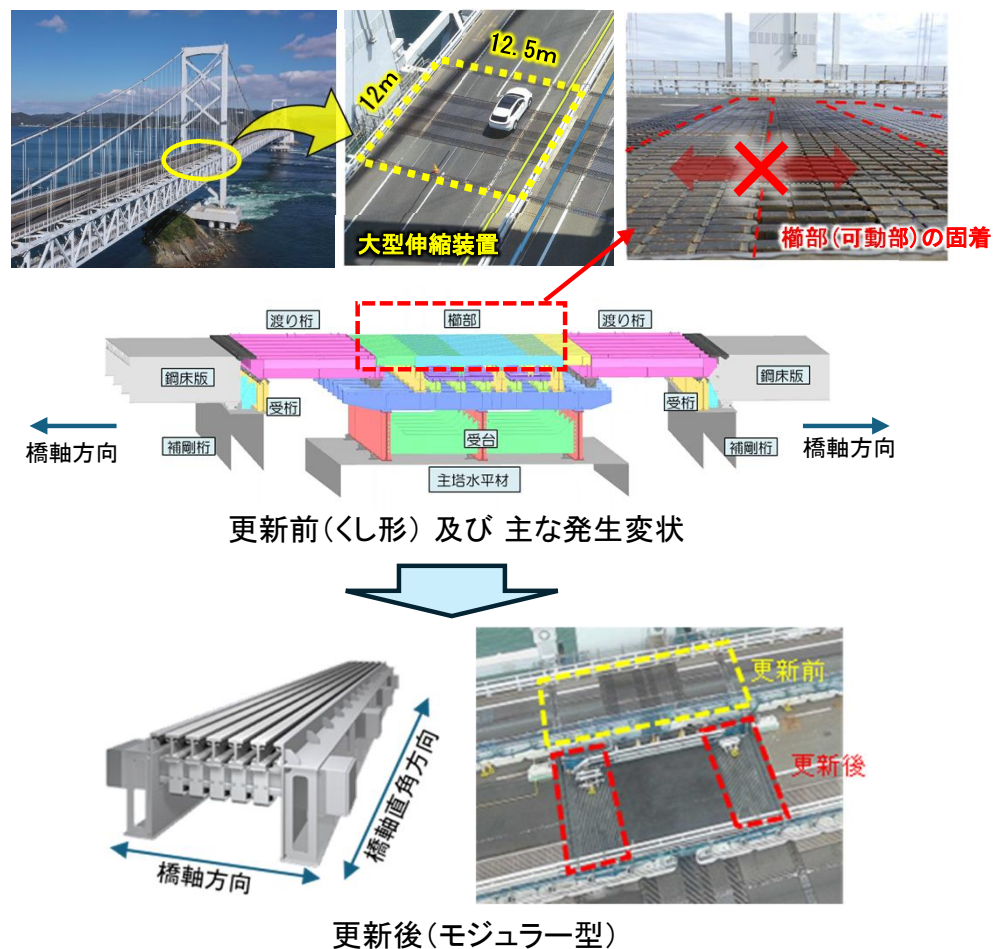
建設時から耐久性に優れた塗装系とすることが、LCCの低減に大きく寄与

- 主塔、主ケーブル、補剛桁等の主要な構造部材は、大きな損傷がなく健全性を維持
- ハンガーロープ定着部や大型伸縮装置の狭隘部、近接目視困難箇所、付属物等に腐食が発生
- 経年劣化の傾向、要因分析等の検討結果をもとに、有識者意見を踏まえ維持管理方針を策定中
- 大鳴門橋の大型伸縮装置では、抜本的な構造変更等を行い更新工事(取替)を実施中

ハンガーロープ定着部の変状



大鳴門橋 大型伸縮装置の変状 及び 更新



狭隘部への近接手段・補修・更新方法など維持管理を考慮した設計・建設が重要

※異種金属接触腐食にも注意

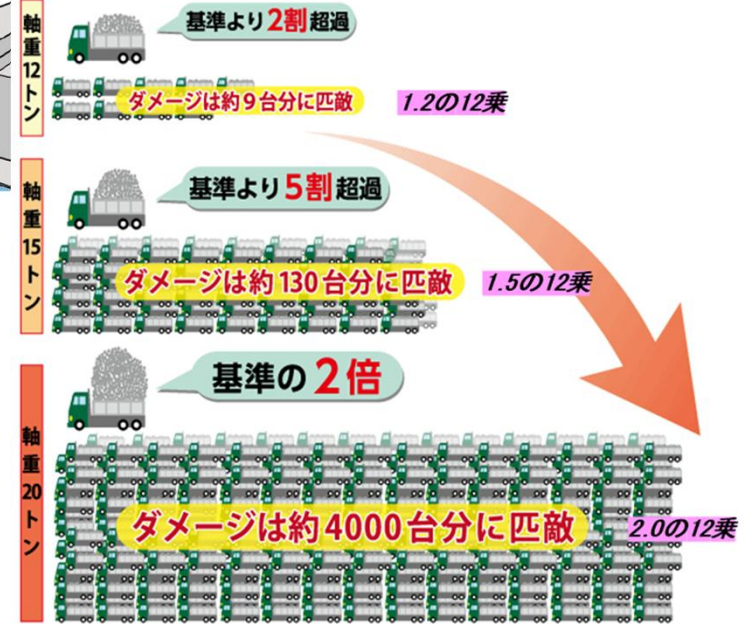
- 重量超過車両の通行は、重量の超過以上に大きな疲労ダメージを構造物に与える
- 警察と連携し、道路法(車両制限令)違反への取組を実施
- 本四管内では、一般的制限値(軸重10t)を超過する車両を年間約10万台計測
- 海峡部長大橋の取付高架橋等で疲労損傷を確認



出典: 特殊車両通行ハンドブック(国交省)

床版に与える疲労イメージ※

※コンクリート床版の場合



現地での取締り



インターチェンジや本線料金所等で車両を計測し、違反を確認しています。警察と合同で取締りを行うこともあります。



安全な場所へ移動し、積荷を減載する命令を行うことで、道路構造への負担軽減をはかっています。

自動軸重計による取締り

高速道路では、走行する車両の軸重を自動で計測しています(自動軸重計)。自動軸重計により「軸重超過」を繰り返し確認した場合は、高速道路機構と高速道路会社が連携して、その車両を使用する者に対し、後日、警告を行います。

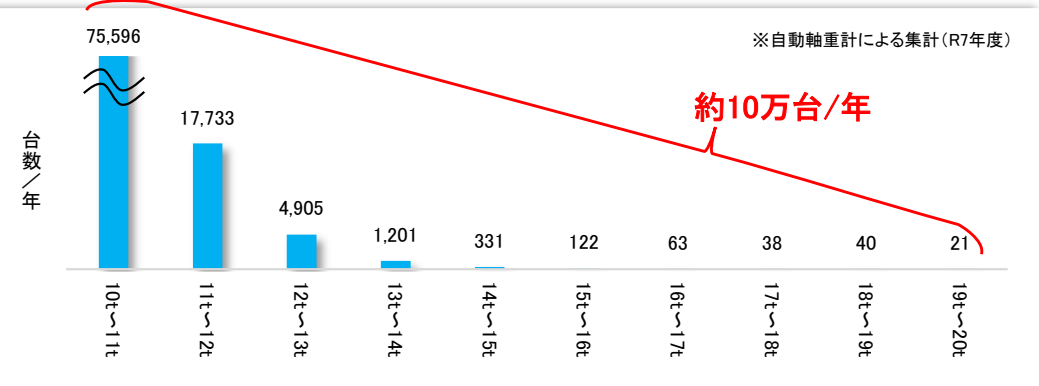
料金所での軸重超過表示



高速道路本線での軸重超過表示



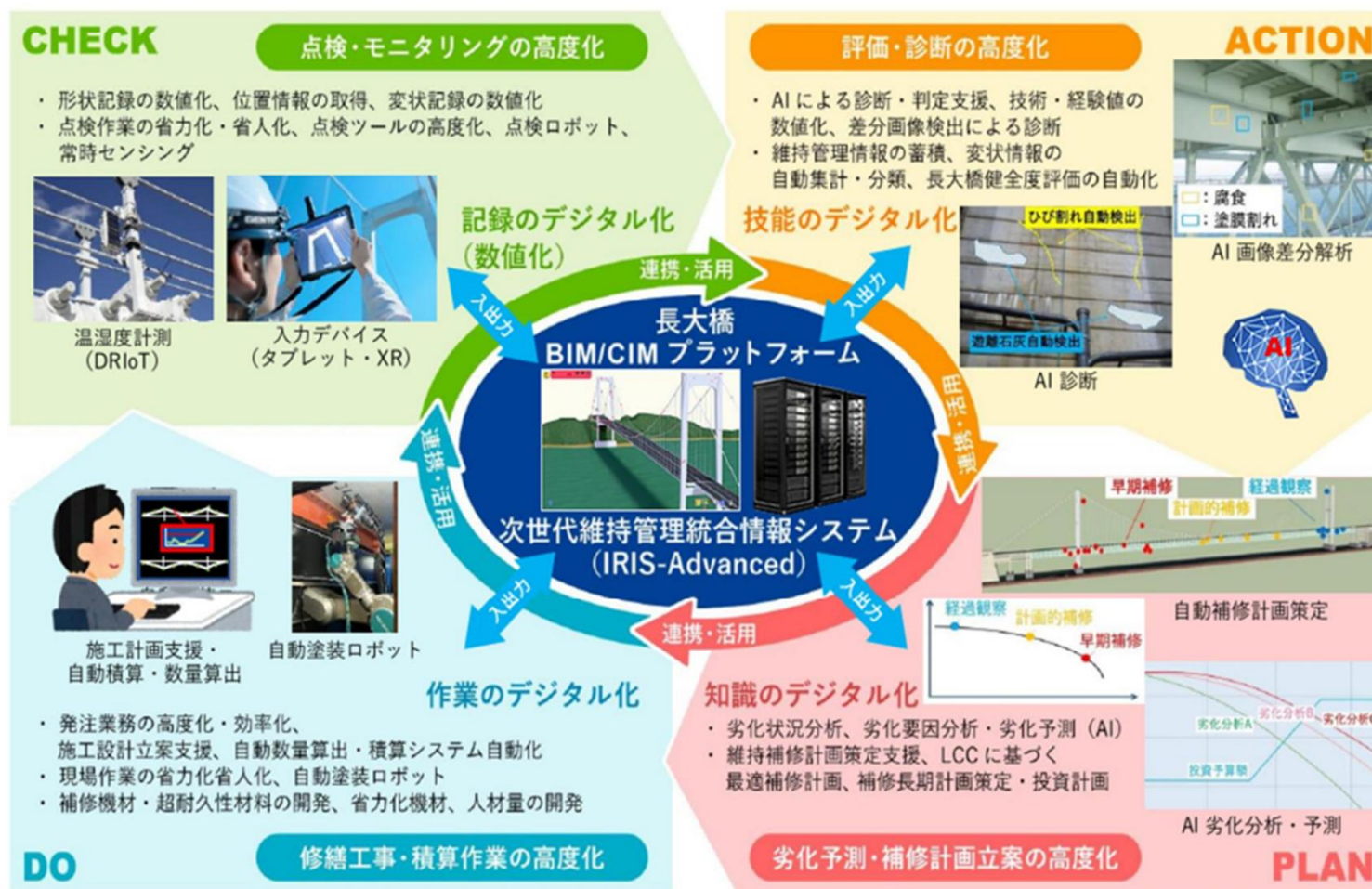
出典: 高速道路における道路法(車両制限令)違反への取組について(高速道路機構)



一般制限値(軸重10t)を超過する軸重計測値分布

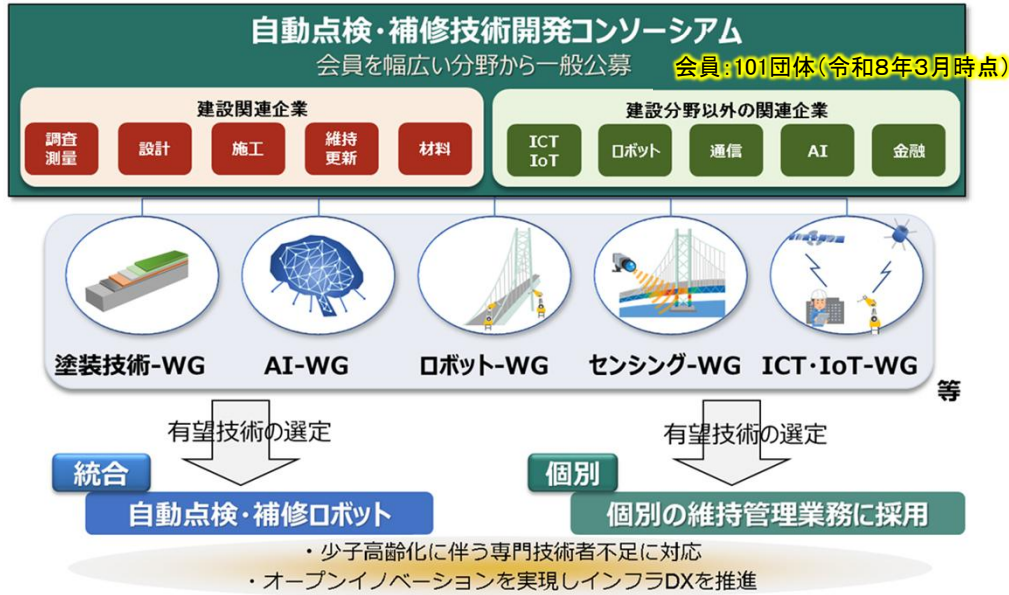
本州四国連絡高速道路の橋梁メンテナンス ～長大橋の長寿命化「200年橋梁」への挑戦～

○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。



長大橋維持管理PDCAのデジタル化、高度化・効率化

- 産学官との連携による長大橋維持管理技術の開発促進を図るためコンソーシアムを設置、運営
- 開発した技術について多数の特許を保有(保有特許数:国内特許20・国際特許1、令和8年3月時点)



技術開発例(1)点検支援タブレット(BIX-eye)

本四高速グループ、コンソーシアム会員団体と共同開発(特許7762394号)

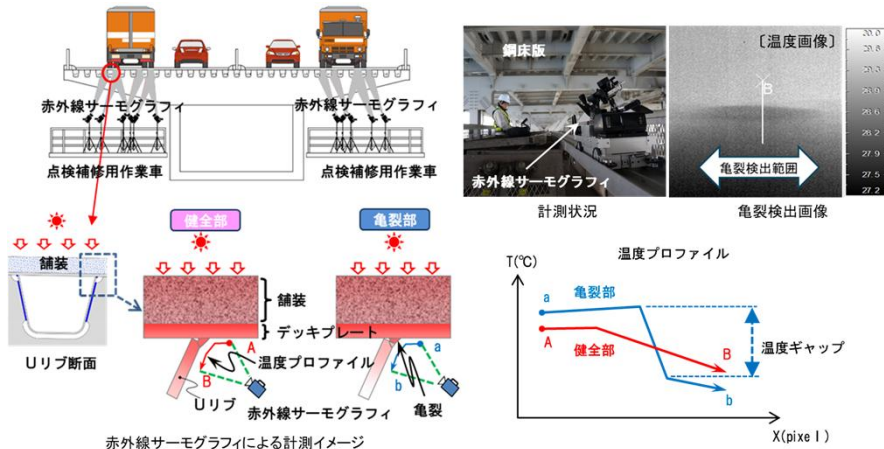
- ・MR技術により、タブレット端末のカメラ画像(現実世界)と3次元モデル(デジタル世界)とを重ね合わせ、長大橋の点検作業を効率化するツールを開発中
- ・点検作業への導入に向け、ユーザーインターフェースを開発、実装(大島大橋)



技術開発例(2) 赤外線サーモグラフィによる鋼床版の亀裂の検出

本四高速グループ、滋賀県立大学、神戸大学と共同開発(特許6052737号)

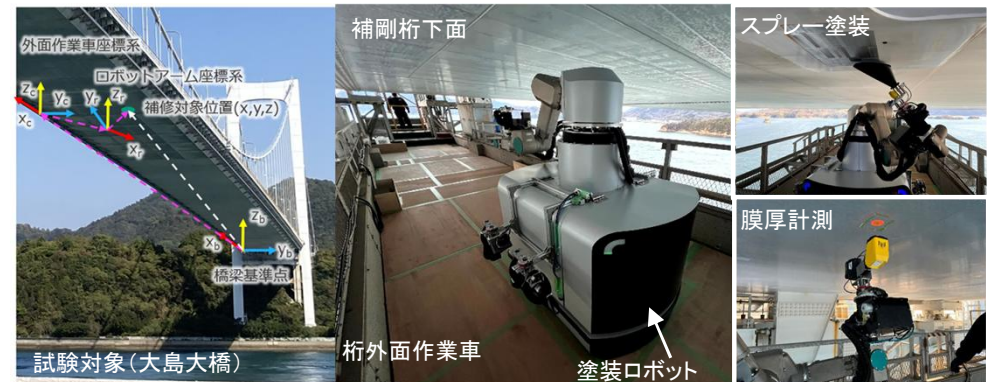
- ・検出装置(赤外線カメラ)と自動亀裂検出アルゴリズムによる検出システム
- ・塗膜を剥がずに遠隔から亀裂の検出が可能



技術開発例(3) 箱桁自動塗装ロボット

本四高速グループ、コンソーシアム会員企業と共同開発(特許出願中)

- ・点検記録(変状座標)をもとに、桁外面作業車と塗装ロボットの制御を一元管理することで、変状個所への移動から塗装、膜厚管理までの補修塗装の一連の作業を自動化(試験中)



- 本四連絡橋の維持管理及び国内外への技術支援を通じて、技術継承及び高度な人材育成に努力
- 国内外の長大橋プロジェクトに技術者を派遣し、建設・維持管理に貢献(直近10年:国内16件、海外17件)
- 吊構造に関する国際会議の開催や国内の長大橋管理者との会議を主催し、国内外の技術者との交流、情報収集・発信を推進



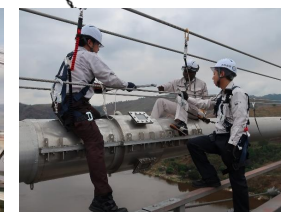
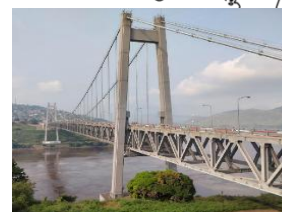
上吉野川橋 技術的助言(高知県)



オスマン・ガズィー橋 施工管理技術者の派遣(トルコ共和国)



岩城橋 工事監督支援(愛媛県)



マタディ橋 道路整備計画準備調査(コンゴ民主共和国)

※ケーブル送気乾燥システムの点検状況

3. 長大橋の活用

3. 長大橋の活用 地域の重要な観光資源として国内外から注目

- インフラツアーや地域連携イベント等を通じ、技術広報とともに、長大橋を観光資源としても活用
- 多様なパートナーと連携し、塔頂体験のみならず、様々な形で橋を活用したツアー・イベントを実施
- 明石海峡大橋(本州側)、大鳴門橋(四国側)には、県の公園施設(遊歩道・展望台)を併設

<凡例> ○:インフラツアー、●:地域連携イベント、▽:展望施設

- 明石海峡大橋塔頂体験ブリッジワールド
- 明石海峡大橋海上ウォークと鳴門周遊観光ツアー [兵庫県、徳島県等]
- ▽舞子海上プロムナード[兵庫県]
- ▽渦の道[徳島県]



明石海峡大橋塔頂体験ブリッジワールド



来島海峡遊覧船&塔頂体験(くるくるクライム)

- ふるさと納税: 多々羅大橋塔頂体験[尾道市]

- 来島海峡遊覧船 & 塔頂体験(くるくるクライム) [(株)しまなみ]

- 瀬戸大橋塔頂体験スカイツアー
- 瀬戸大橋バックヤードツアー (与島橋探検)[岡山県、香川県等]
- 校外学習(アンカレイジ見学)



瀬戸大橋バックヤードツアー (与島橋探検)

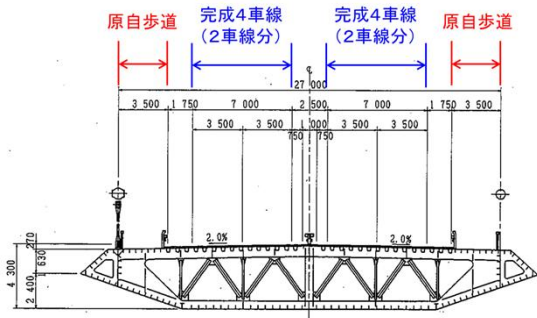


県の公園施設 (舞子海上プロムナード[兵庫県])

主なインフラツアー・イベント等

3. 長大橋の活用 世界が認めたサイクリストの聖地

- しまなみ海道の長大橋は、地元要望を踏まえ、建設時から原付自転車歩行者道を併設
- 関係機関や沿線地域住民と連携を図りながら、受入環境や走行環境、情報発信等の充実を推進
- 令和元年11月には、第1次ナショナルサイクルルートに指定
- 平成26年度より広島・愛媛県等と連携・協力し、自転車料金無料化や国際サイクリング大会を実施



自転車歩行者道の例 (来島海峡大橋)



出典: 国交省HP



しまなみ海道サイクリングロード

■概要
JR尾道駅(広島県)～サンライズ糸山(愛媛県)
延長: 約70km

■取組内容
【走行環境の整備】



車道の路側に推奨ルートを明示する
ブルーラインと路高標を示す

【サイクルツーリズム推進のための取組】



第1次ナショナルサイクルルート(R1.11指定)



自治体等連携した自転車無料化施策(企画割引)

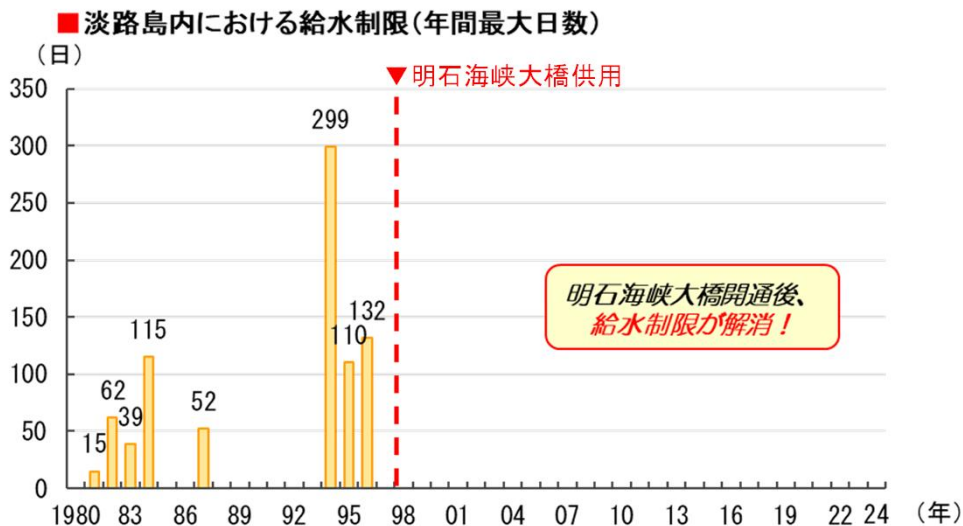
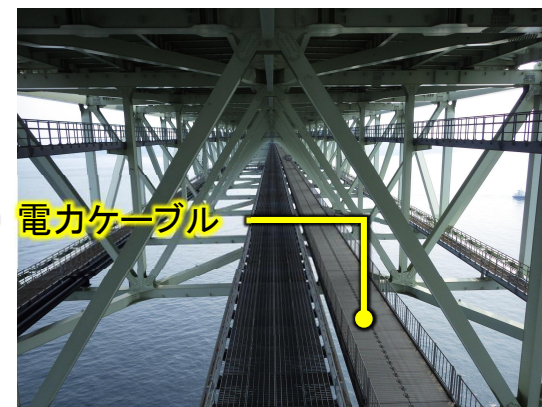
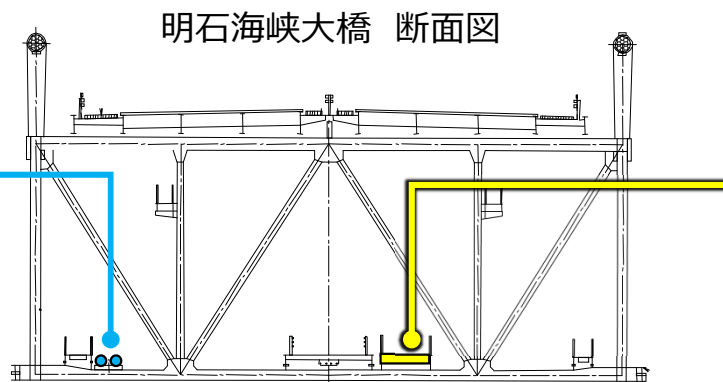


本線を一部通行止めにした国際サイクリング大会



3. 長大橋の活用 地域の生活を支えるインフラ設備を併設

- 本四連絡橋には、送水管や電力ケーブル、通信ケーブル等を設置
- 道路だけでなく、日常生活に欠かせない生活インフラとしての機能を発揮し、地域に安心を提供
- 淡路島はかつては渇水が頻繁に発生する地域だったが、明石海峡大橋供用後は給水制限が解消



出典：淡路広域水道企業団資料、兵庫県資料をもとに作成

住民の声

かつては給水制限が多く、水道が自由に使えず、あらかじめお風呂に水を貯めるなどしていました。明石海峡大橋が出来てからは、そういったこともなくなり、水不足で困ることはありません。

【2024年度実績】

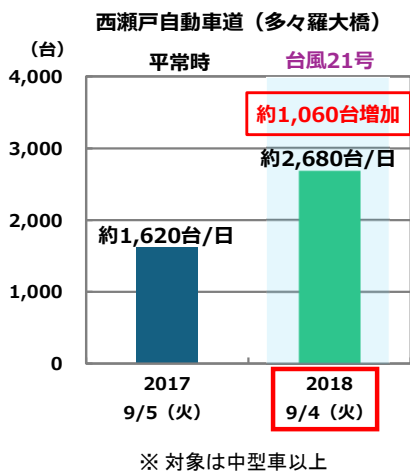
淡路島内の配水量のうち約25%が本州側から供給

淡路島内年間配水量(千 m^3)	
	うち本州からの配水量
17,818	{ 4,534 }

出典：兵庫県企業庁水道課提供資料、淡路広域水道企業団資料をもとに作成

3. 長大橋の活用 3ルートにより安全安心が向上

- 3ルートのうち、何れかのルートが災害等で通行止めとなった際は、残るルートが迂回路として機能
- 台風等で通行止めが予期できる場合は、HP等で3ルートの通行止め可能性を事前広報
- 四国広域道路啓開計画(令和8年3月)においても重要な役割を担っている



台風等で、通常利用するルートが通行止めの際は、通行可能な他のルートへ迂回しています。
本州・四国間は3本ルートがあるので、万が一通常利用するルートが通行止めとなっても、到着日時に関して荷主の要望に応じることが出来ます。

物流関係者の声



平成30年9月 台風21号

2023年8月13日 23時00分現在
 本州四国連絡高速道路株式会社

本四高速道路で通行止めの可能性がある区間があります

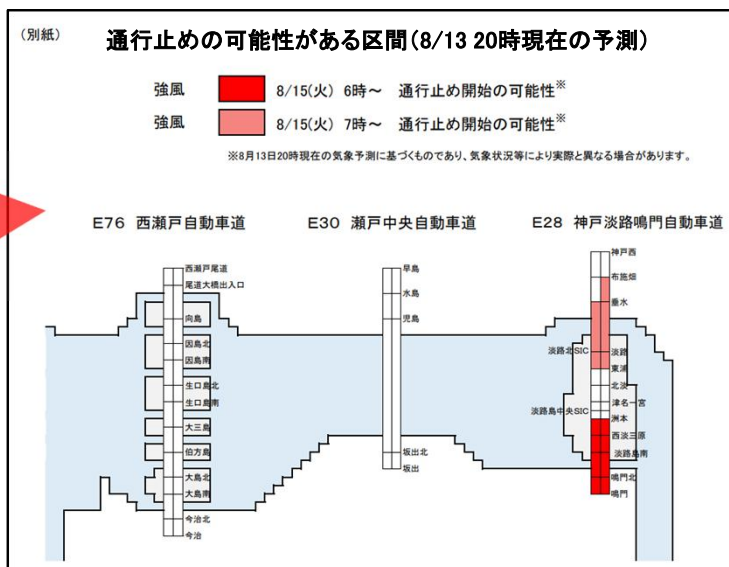
台風7号の影響による強風により、E28 神戸淡路鳴門自動車道で通行止めの可能性がある区間があります。通行止め解除までには時間を要する場合があります。必要に応じて迂回ルートを選択や運行計画等の変更をお願いいたします。

■通行止めの可能性がある路線

- E28 神戸淡路鳴門自動車道
 通行止めの区間、時間等は、(別紙)「通行止めの可能性がある区間」をご確認ください。
- 今後の気象情報と最新の交通情報をご確認いただけますようお願いいたします。
- 通行止めはお客様の安全確保のために必要な措置であり、ご理解いただけますようお願いいたします。
- 急な突風による横転事故にご注意ください。特に、空荷のトラックは注意が必要です。

強風時の走行注意のお知らせ
https://www.jb-honshi.co.jp/customer_index/safety/onegai/safety_onegai.html#16

■次回の更新予定
 (以下、略)



四国広域道路啓開計画【地震・津波編】

事前広報の例(令和5年8月 台風7号)

