

保線におけるモニタリング技術の実用化と維持管理への応用

線路設備モニタリング装置を活用したメンテナンス手法の確立

応募者名：東日本旅客鉄道株式会社／株式会社日本線路技術
 技術開発者：〔東日本旅客鉄道株式会社〕 嘉嶋 崇志・元好 茂／〔株式会社日本線路技術〕 小松 伸也
 共同開発者：公益財団法人鉄道総合技術研究所／川崎重工業株式会社
 株式会社日立ハイテクファインシステムズ／株式会社 JR 東日本情報システム

技術の概要

- ・軌道状態をモニタリングできる本邦初の技術
- ・軌道のゆがみ（軌道変位）と軌道材料状態を遠隔監視することで、状態基準保全の導入や効率的な目視点検、補修工事の品質向上などを実現

技術の特徴

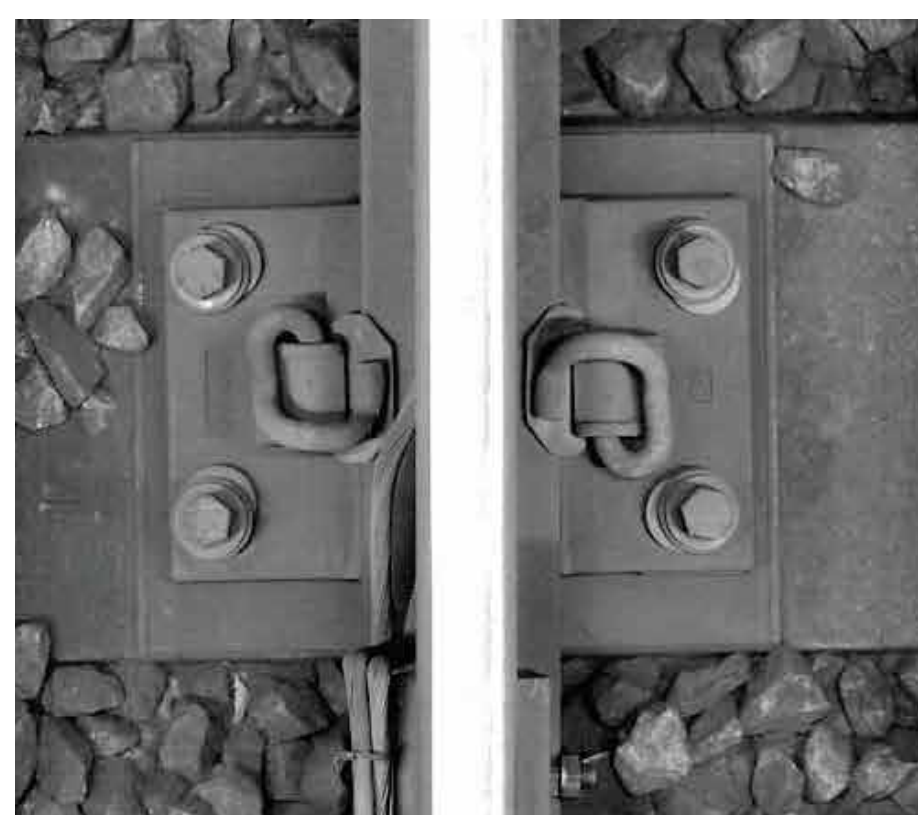
- 営業列車による無人測定
- ・車体装架型の測定装置であるため、営業列車測定の導入が容易
- ・折り返し運転、後続列車の通過待ち、空転や滑走、後進にも対応した無人測定



モニタリング状況



軌道変位データ



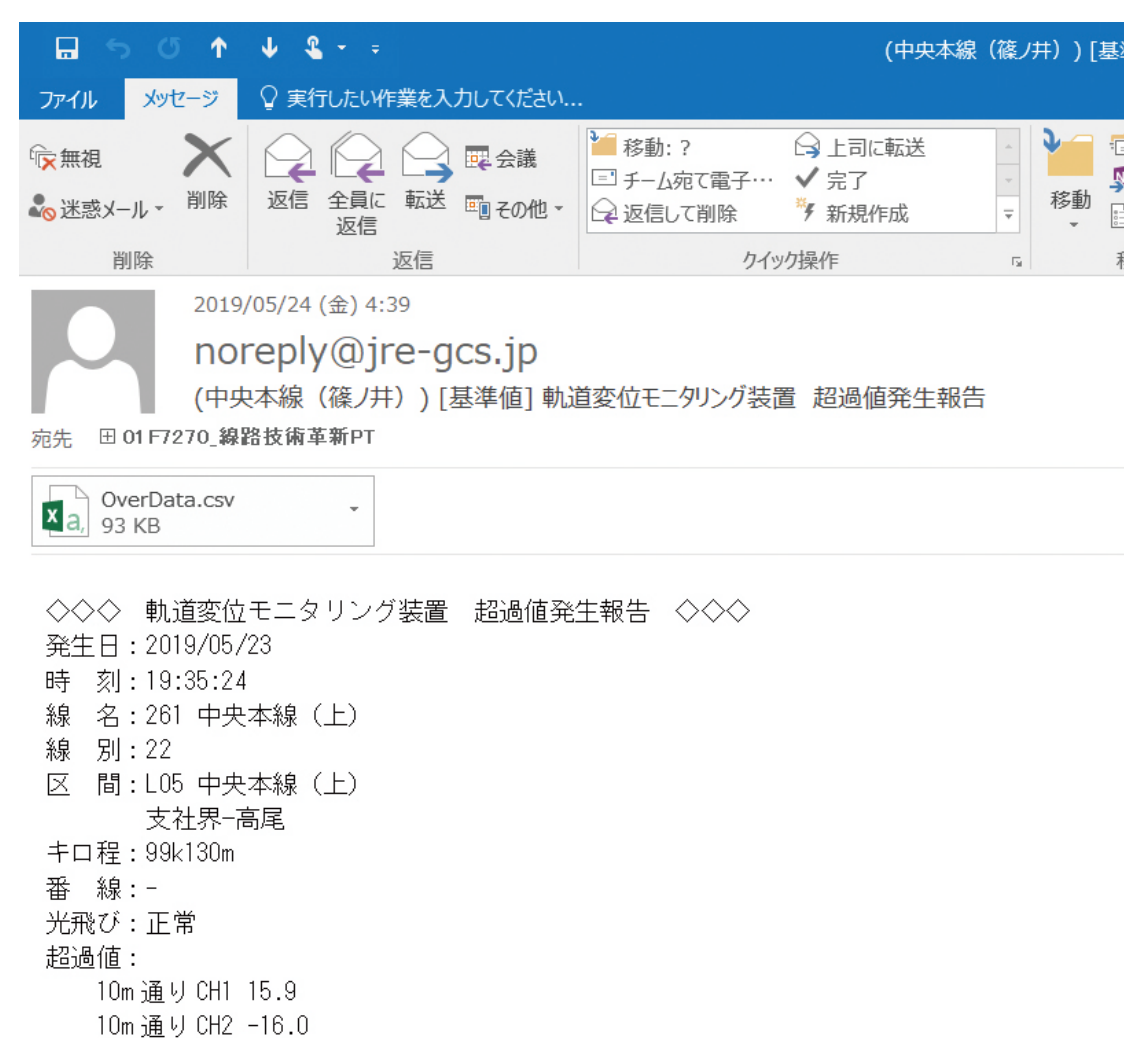
軌道材料データ



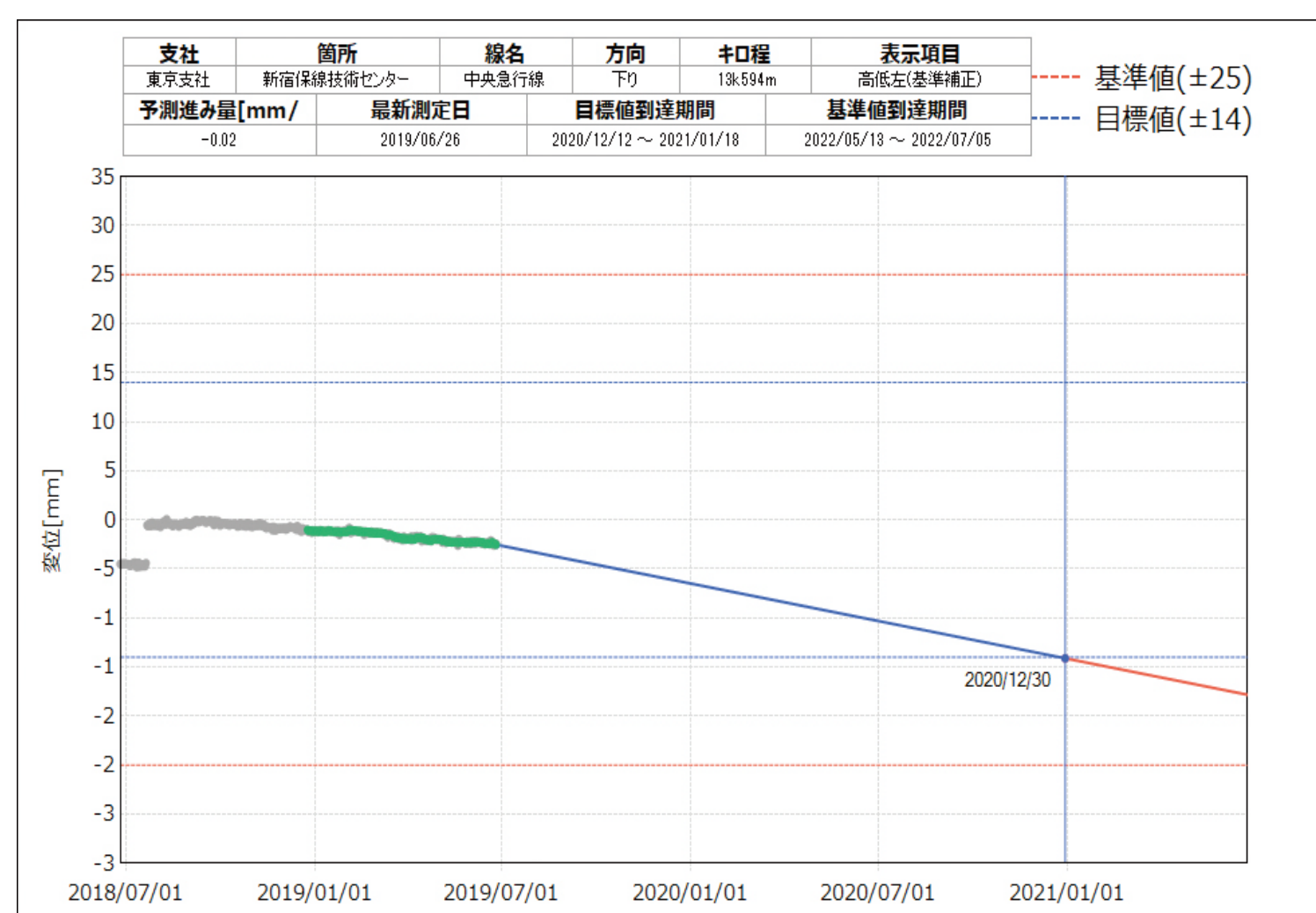
軌道材料データ

- ビッグデータの効率的処理
- ・エッジコンピューティング処理技術を活用したアラートメールにより、適時補修を実現
- ・空間的な位置合わせ技術の確立により、軌道変位の劣化予測が可能
- ・画像処理による自動判定技術により、大量画像データから不具合箇所を効率的に特定

- 補修工事の計画支援と施工確認
- ・大型補修機械の運用計画策定を支援するアプリを実装
- ・載荷状態による補修工事の仕上がり確認が可能
- ・補修工事の前後比較による施工評価が可能



アラートメール



劣化予測システム



大型補修機械計画支援アプリ

技術の効果

- 目視点検の生産性、品質、安全性の向上 —最大 12 倍の効率化—
- 劣化予測を活用した予防保全の高度化 —安定輸送に大きく貢献—
- 補修工事の仕上がり確認の遠隔化

合成桁橋の RC 床版取替における急速撤去技術 Hydro-Jet RD 工法

応募者名：阪神高速道路株式会社／飛島建設株式会社

技術開発者：〔阪神高速道路株式会社〕 橋爪 大輔／〔飛島建設株式会社〕 佐竹 康伸・中山 佳久

共同開発者：〔第一カッター興業株式会社〕

技術の概要

合成桁橋の床版取替えでは、鋼桁上のずれ止め（スタッド）が密に配置されているため、鋼桁とコンクリート床版の接合部（以下、接合部）の除去に手間取ることが工程上の課題であった。そこで接合部のコンクリート除去にウォータージェット（以下、WJ）を活用し、交通供用下の床版下面より接合部をWJにて研り（写真-1）、スタッドを全線に亘って50mm程度露出させる（写真-2）。露出させたスタッドに鋼製補強材（図-1）と特殊モルタルから成る仮補強材を設置し、合成桁橋として構造性能を確保した上で交通供用を継続させる。交通規制後、仮補強材を取り外してスタッドを切断（写真-3）し、速やかにコンクリート床版と鋼桁を分離して撤去する。

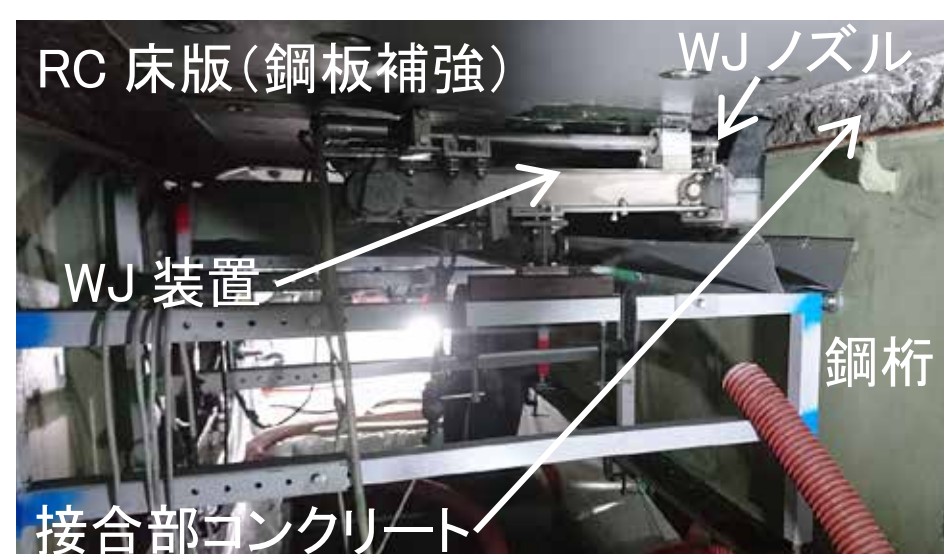


写真-1 WJ施工状況



写真-2 接合部の除去状況

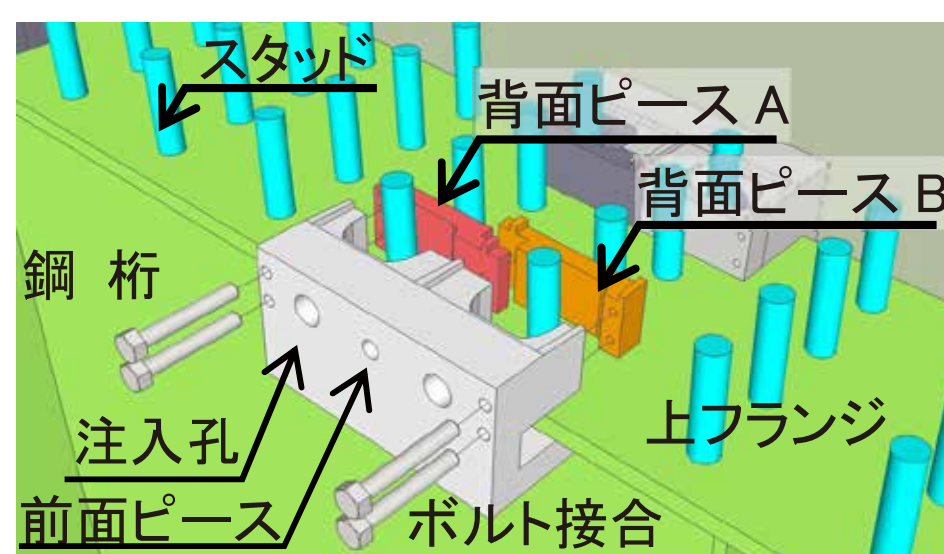


図-1 鋼製補強材の構成



写真-3 ずれ止め（スタッド）の切断

技術の特徴

1. 接合部のコンクリートをWJにより除去し、スタッドを50mm程度露出させる。
2. 露出したスタッドと鋼桁の上フランジを仮補強し、合成桁の機能低下を防止する。
3. 鋼桁に熱を与えずにスタッドを切断し、床版を素早く撤去する。
4. 仮補強した合成桁の健全性、通行車両の安全性を監視する。
5. 吊り足場上でWJ施工を可能とする防水防音技術。漏水を監視するモニタリングシステムを備える。

技術の効果

鋼桁上のスタッドを全延長に渡って露出させるため、通行止め後はスタッドを切断するだけで速やかに床版を撤去できる（写真-3・4）。また鋼桁位置に関係なく床版を切断（写真-5）できるため、撤去するブロック数が少なくなる。以上によって、合成桁橋の床版撤去に伴う通行止め期間を従来の1/2以下、床版のブロック撤去に掛かる工程に限っては1/3に短縮できる。



写真-4 床版撤去の状況



写真-5 コンクリートカッターでの切断

表-1 積算上の工程短縮の想定

通常のRC床版撤去工程		通行止め前 ↓ 通行止め後	WJ事前処理による床版撤去工程	
工種	日数		工種	日数
通行止め前作業	なし		WJはつり・仮補強	17日程度
床版切断	6日程度		仮補強材撤去・床版切断	6日程度
床版ブロック撤去	6日程度		床版ブロック撤去	3日程度
桁上破砕	4日程度		桁上破砕	なし
スタッド撤去	2日程度		スタッド撤去	前作業に含む
通行止め計	18日		通行止め計	9日

従来技術との比較

径間長20m、2主桁、1径間の床版撤去における積算検討では、桁上コンクリートを後から手研りする従来工法での通行止めは18日間だが、本工法では9日間に短縮できる（表-1）。実施工では、径間長22m、2主桁、3径間の床版撤去を20日間で完了している（昼間施工のみ、1径間当り7日間）。床版のブロック撤去は1径間を1日で撤去できている（標準積算では3日）。

①WJ施工技術

接合部のコンクリートをWJにより除去し、スタッドを露出させる技術

②仮補強材

露出したスタッドとフランジを補強し、合成桁の機能低下を防ぐ技術

⑤床版の撤去技術

鋼桁に熱を与えずにスタッドを切断し、床版を素早く撤去する技術

④安全性のモニタリング

仮補強した桁の健全性、通行車両の安全性をモニタリングする技術

③防水防音型吊り足場構造

吊り足場上でウォータージェット施工を可能とする防水防音技術

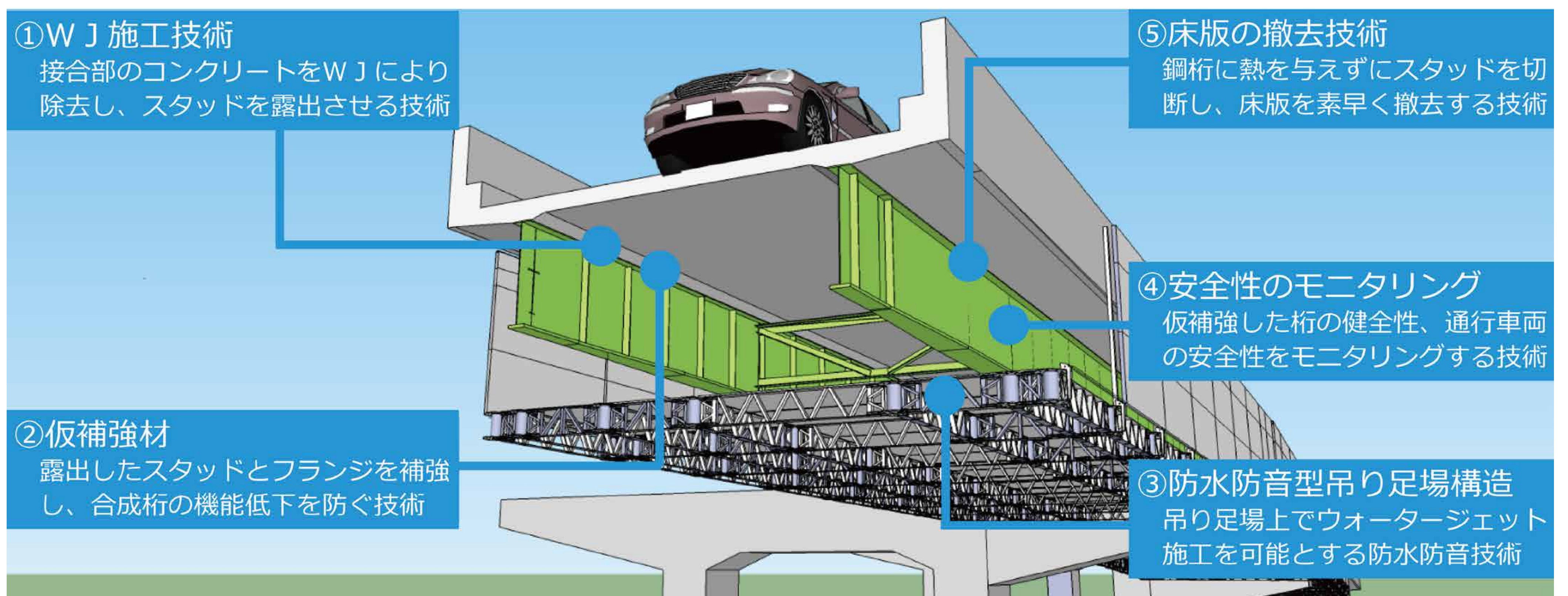


図-2 技術の特徴

ダムコンクリート自動打設システム

ダムコンクリートの製造・運搬・打設を完全自動化

応募者名：清水建設株式会社

技術開発者：〔清水建設株式会社〕 山下 哲一

技術の概要

本技術は、骨材貯蔵ビンやセメントサイロ等の材料貯蔵設備からの材料供給、コンクリート製造設備での材料の計量およびコンクリートの製造、そして、コンクリート運搬台車（トランスファーク）、軌索式ケーブルクレーンによるコンクリート運搬・打設の一連作業を自動化するものです。

重力式コンクリートダムの建設において、コンクリート打設工事は本体工事費の約 6 割、工期の約 5 割を占めるとともに、コンクリート製造・運搬・打設の繰返し作業を数万から数十万回実施するものであることから、コンクリート打設の一連作業を自動化することは当該工種の大幅な生産性向上が見込まれます。

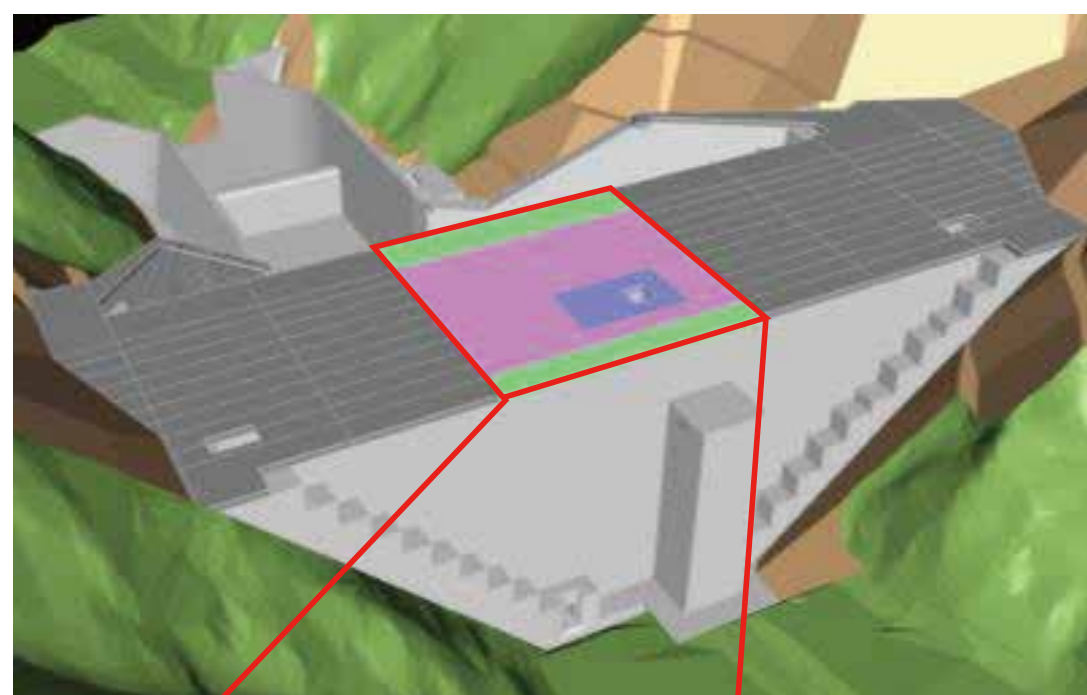
また、コンクリート打設には多くの人員が必要となります。さらに、軌索式ケーブルクレーンの操作は熟練の技術が必要ですが、熟練技能者の高齢化により人材確保が課題となっています。当該工種の自動化は、今後懸念される建設技能労働者の大量離職の対策として大きく寄与することが期待できます。



技術の特徴

自動打設システムに、コンクリート打設の 3 次元座標、配合、数量を記入した打設計画データを入力するだけで、コンクリートの製造から運搬・打設に係わる各設備が一連の作業を自動で繰返します。

今まで困難とされていた軌索式ケーブルクレーンの自動化は、クレーンの操作制御情報と運搬するバケットの 3 次元位置座標を連動させる仕組みを構築することで、位置座標の制御を可能とし、全自動化を実現しました。



No.	配合	打設量	打設位置			打設面標高
1	M	1.25	X=	36843.2	Y= -36187.9	Z= 260.7
2	A	4.50	X=	36845.0	Y= -36190.3	Z= 260.7
3	A	4.50	X=	36846.8	Y= -36192.7	Z= 260.7
4	A	4.50	X=	36848.6	Y= -36195.1	Z= 260.7
5	A	4.50	X=	36850.4	Y= -36197.5	Z= 260.7
6	A	4.50	X=	36844.6	Y= -36186.5	Z= 260.7
7	A	4.50	X=	36846.1	Y= -36188.5	Z= 260.7
8	A	4.50	X=	36847.6	Y= -36190.5	Z= 260.7
9	A	4.50	X=	36849.1	Y= -36192.5	Z= 260.7
10	A	4.50	X=	36850.6	Y= -36194.5	Z= 260.7

各設備自動運転



コンクリート運搬の自動化

打設計画
ファイル作成



骨材供給の自動化



軌索式ケーブルクレーンの自動化

技術の効果

● サイクルタイムの向上

・熟練オペレータでも難しいとされている 3 次元的な軌索式ケーブルクレーンの操作を自動化により最適化することにより、サイクルタイムが約 10% 向上します。

● 作業人員の削減

・コンクリート製造から運搬・打設に係わる各設備の自動化に伴い、作業人員が約 2/3 に削減できます。

● 熟練技能者不足の解消

・軌索式ケーブルクレーンは様々な形式のケーブルクレーンの中でも操作が難しく、熟練の技能者に成長するまでに数年を要しますが、自動化に伴い、経験の少ないオペレータでも効率的な施工を行うことができます。

浮標画像追跡システム i-ByTs (アイ・バイツ)

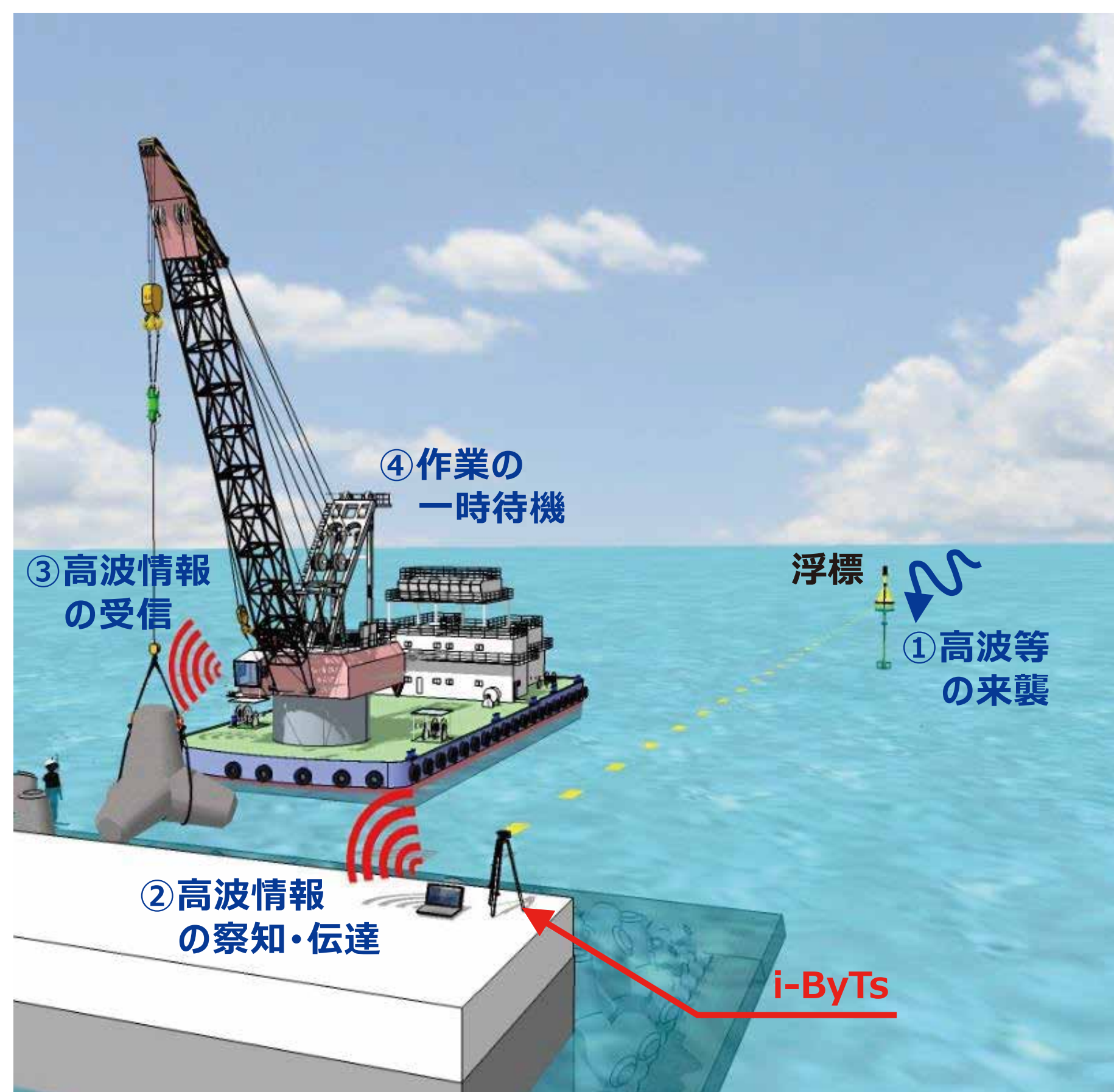
応募者名：東洋建設株式会社

技術開発者：〔東洋建設株式会社〕 山野 貴司・小竹 康夫

共同開発者：東京大学大学院 准教授 下園 武範

技術の概要

i-ByTs(Image-based Buoy Tracking System) は、沖合の浮標をカメラで撮影し、画像解析によってリアルタイムに波高と周期を計測するシステムです。また、設定した基準を超える計測値が観測されると警報を発報する機能を有し、海上作業の安全性を確保します。

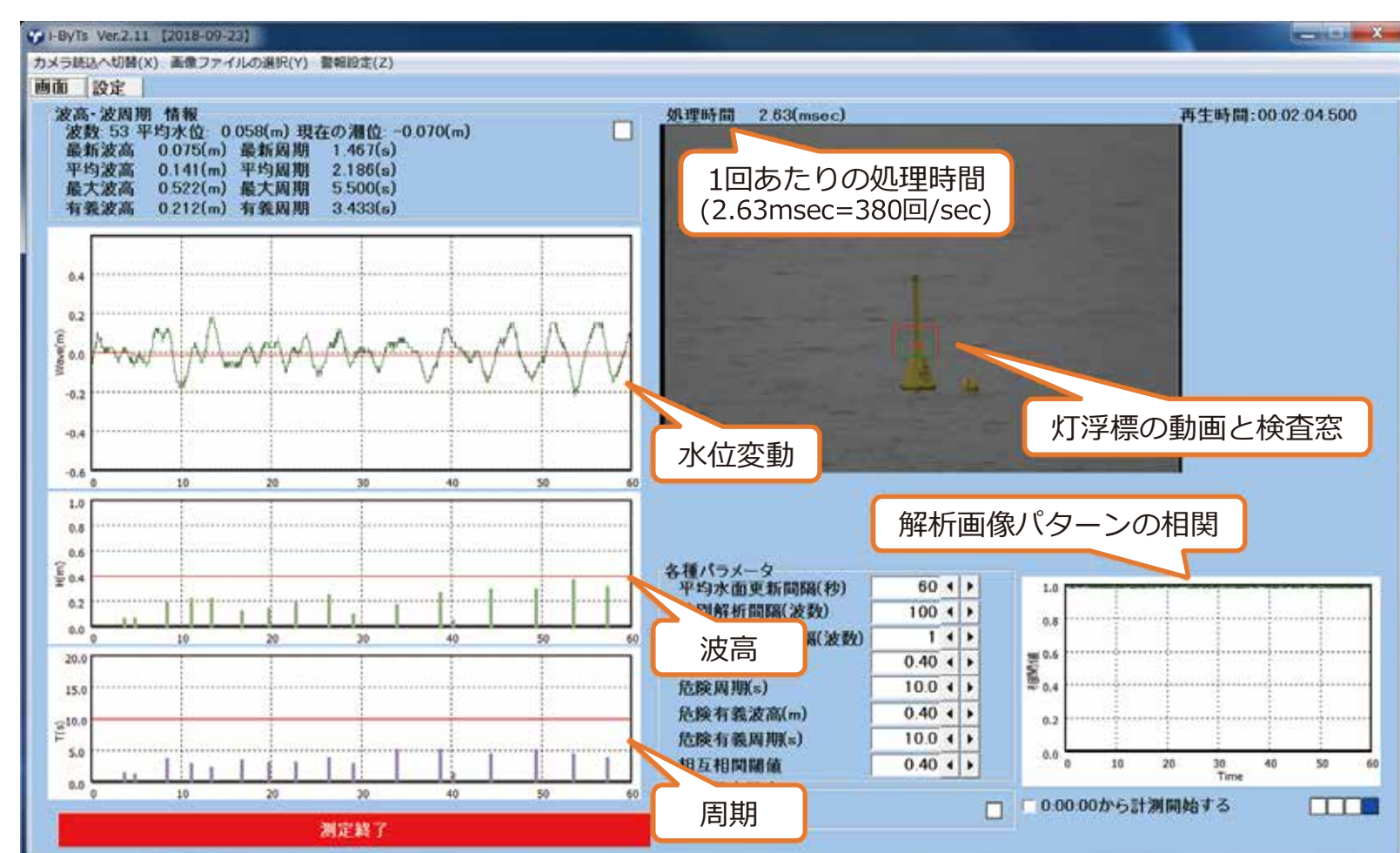


浮標画像追跡システムの利用イメージ

技術の特徴

カメラで取り込んだ映像を画像解析し、リアルタイムに水位変動を取得し、即時に波高、周期を計測します。

i-ByTs は市販カメラと PC で構成され、従来の波浪計測装置に比べ極めて安価です。撮影対象の浮標は、工事区域表示用の灯浮標や航路ブイなどを利用します。



計測中のPC画面の様子



浮標の画像解析イメージ



警報システムイメージ

設定した基準を超える波浪を観測すると、PC 画面上で危険表示を行い、携帯端末に危険情報を伝達し、瞬時に端末から警告音を発報します。

技術の効果

【生産性】

- ・自動計測による省力化や効率化
- ・監視員などの熟練作業員を補完

【安全性】

- ・危険な作業を伴うことなく容易に設置が可能
- ・警報システムによる確実な作業の安全性を確保

【発展性】

- ・安価で簡易なシステムによる汎用性
- ・将来の自動化施工の関連技術としての高度利用

繊維補強モルタルによる栈橋鋼管杭の杭頭部補修技術 タフリードPJ工法

応募者名：東亜建設工業株式会社

技術開発者：〔東亜建設工業株式会社〕 田中 亮一・網野 貴彦／岐阜大学工学部 教授 國枝 稔

共同開発者：岐阜大学工学部 教授 國枝 稔

国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所

東京工業大学環境・社会理工学院 教授 岩波 光保

技術の概要

本技術は、杭頭部付近の上部工の一部をはつり取り、杭頭プレートを避けた位置に上部工との定着のためのアンカーを、また杭表面の杭軸方向に定着鉄筋を設置し、繊維補強モルタルを杭表面からはつり取った箇所まで一体的に巻き立てるものです（図-1、図-2）。既設鋼管杭の残存耐力に加え、定着鉄筋と繊維補強モルタルの巻立て断面によって、杭頭部に作用する曲げや軸力に対する耐力の回復を図ります。

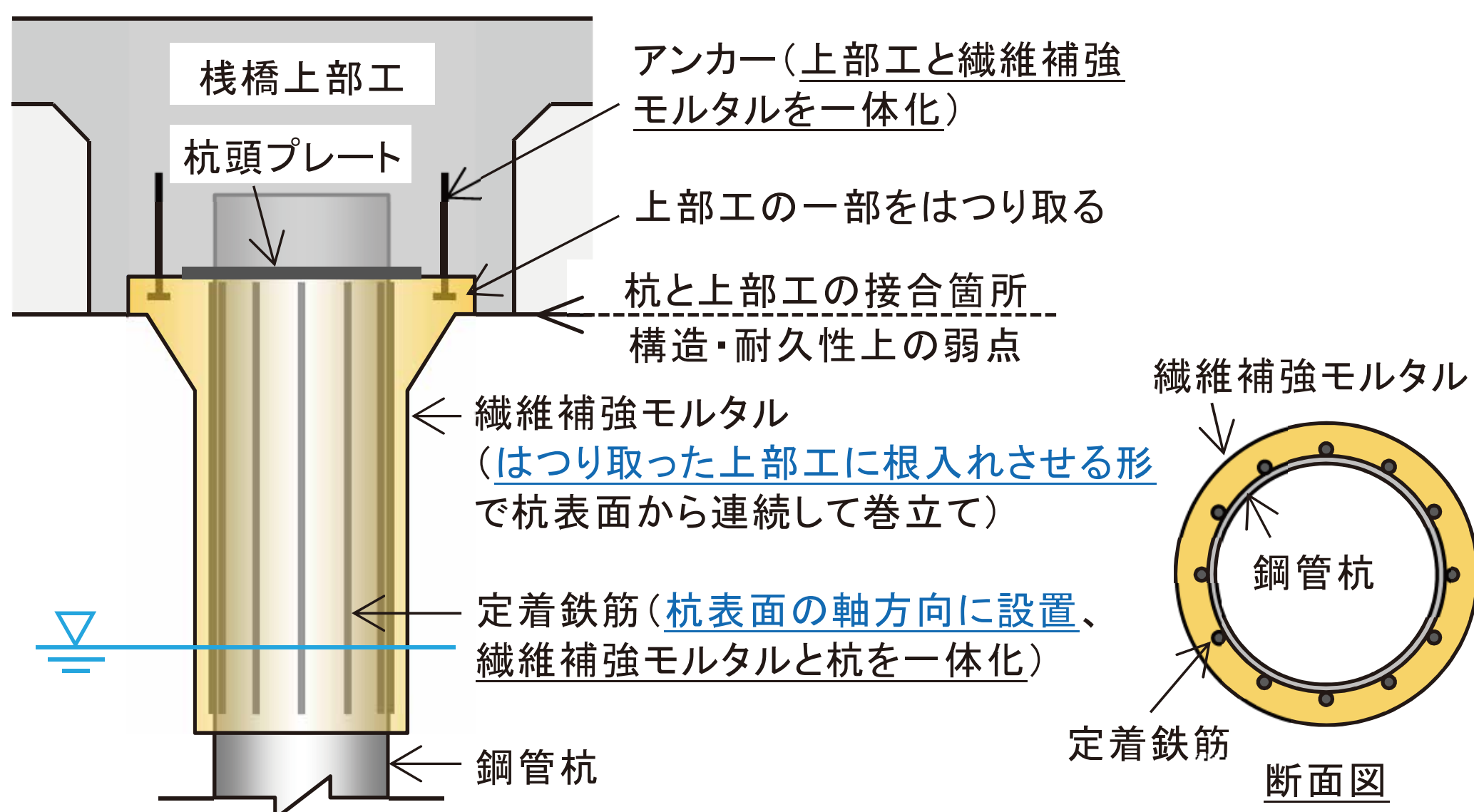


図-1 本技術の概要



図-2 本技術の施工フロー

技術の特徴

- ・従来の補修工法の課題（図-3、図-4）に対して、栈橋の構造の要である杭頭部付近の鋼管杭が劣化損傷した場合においても、杭頭部付近の鋼管杭の力学性能の回復と長期的な耐久性を確保することができます。
- ・栈橋の施設供用の停止や制限、さらには大規模な構造変更を伴うことなく、栈橋を延命化させることができます。

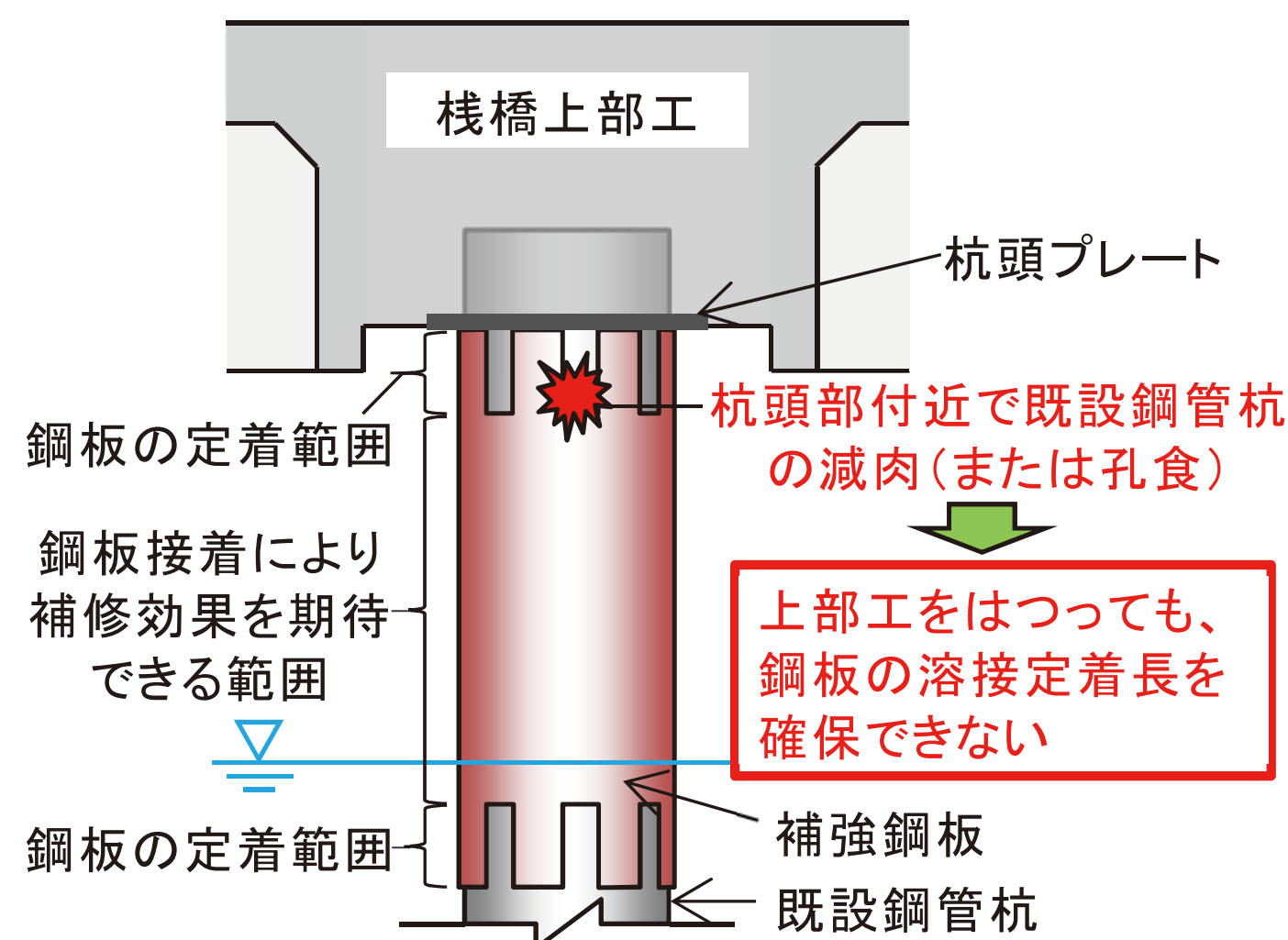


図-3 鋼板接着工法の課題

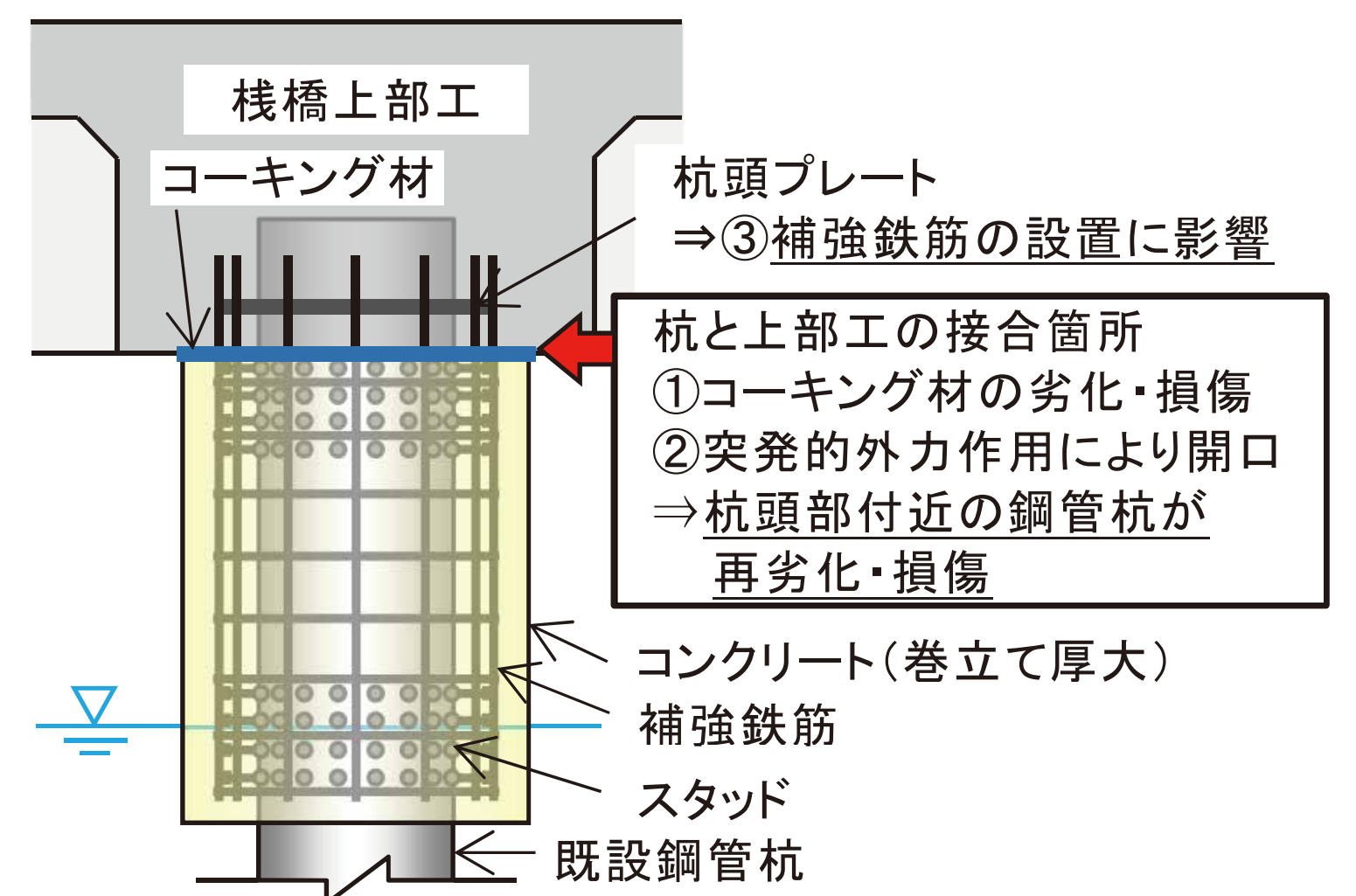


図-4 鉄筋コンクリート巻立て工法の課題

技術の効果

- ・施工実績において、本技術と従来技術（鉄筋コンクリート巻立て工法）の補修後 50 年間の LCC を比較した結果、約 50% の低減となりました（直接的効果）。
- ・また、栈橋供用の停止や制限を伴うことなく無事完了できました（間接的効果）。

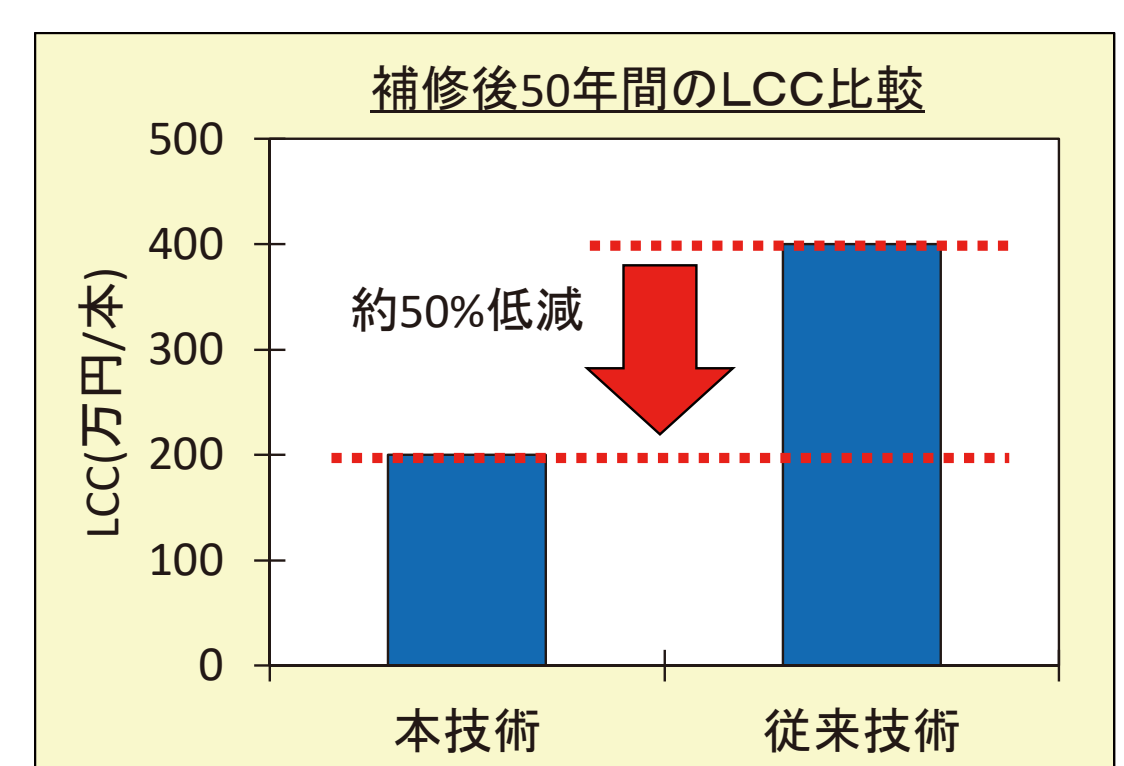
右図の算出根拠：

〔本技術〕 LCC＝初期補修コスト（耐用年数 50 年※1 と想定）

〔従来技術〕 LCC＝初期補修コスト＋コーキング材の補修費※2＋再補修コスト（耐用年数 30 年と想定）

※1 本技術の耐用年数 50 年は、繊維補強モルタルの塩化物イオン拡散係数等から計算される鋼材腐食開始時期 93 年に安全を考慮して設定したもの（今後長期耐久性データを蓄積し、耐用年数を検討していく予定）

※2 コーキング材の耐用年数 10 年と想定



プレキャスト床版（ジャケット式栈橋上部工）

ジャケット式栈橋上部床版の工場プレキャスト化

応募者名：株式会社ヤマウ

技術開発者：〔株式会社ヤマウ〕 生田 泰清／九州大学大学院 教授 濱田 秀則

共同開発者：九州大学大学院 教授 濱田 秀則

技術の概要

従来、現地製作（サイトプレキャスト）により対応していたジャケット式栈橋の上部工コンクリート床版を陸上輸送可能なサイズに分割することで工場製作（プレキャスト）を可能とした工法です。（図-1）

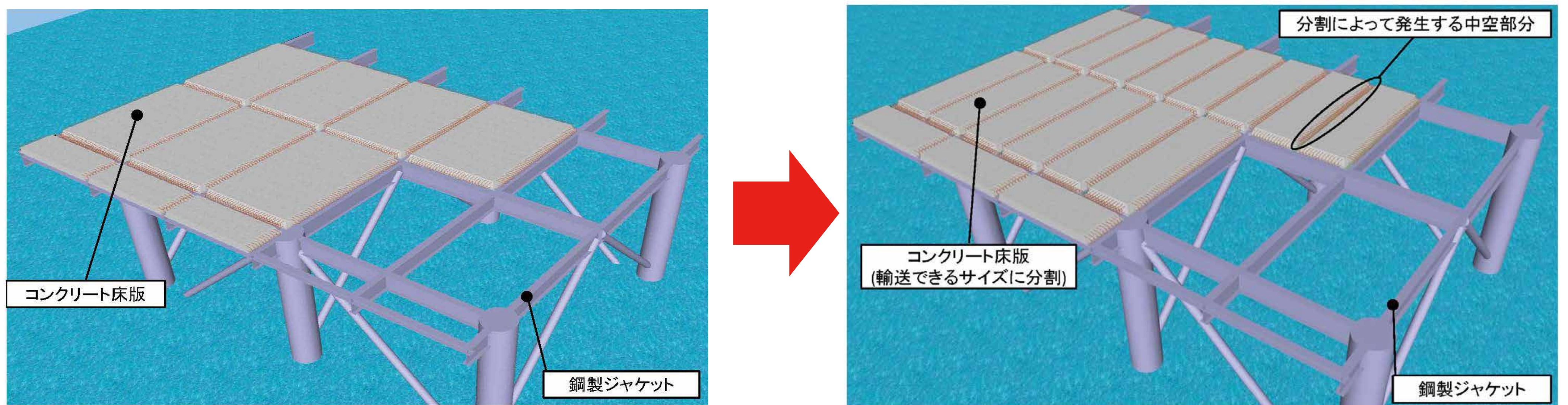


図-1 現地製作から工場製作へ

技術の特徴

本工法は床版ブロックを陸上輸送可能なサイズに分割することで、工場製作を可能としました。その際に鋼製ジャケット間の中空部分に接合箇所（図-2）が発生するので、実物大の載荷試験・施工試験（図-3、図-4）で安全性を確認した足場・支保が不要な残存型枠を用いて、現場状況に合わせて適切な継手構造とした床版ブロックを施工後（図-5）、接合箇所にコンクリートを充填し（図-6）、一体化させる構造となっています。（図-7）

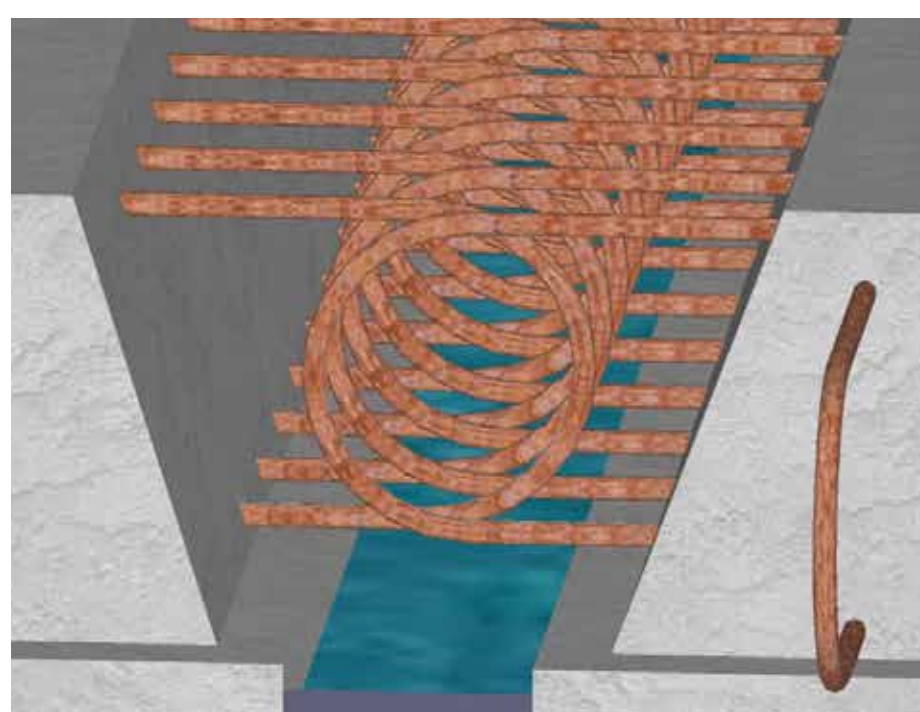


図-2 中空部分詳細図



図-3 施工試験



図-4 載荷試験



図-5 施工状況



図-6 コンクリート打設状況



図-7 施工完了

技術の効果

・工期短縮

工事作業の簡略化により、工期を 65% 短縮可能となります。

・工場製品としての高品質な製品提供

工場屋内製作で周辺環境や天候等の悪影響を受けないため、出来高誤差が少なく、常に安定して製品の提供が可能となります。

・建設副産物を削減し、環境負荷の低減

現地での製作ヤードの確保が不要で基礎コンクリートや型枠材等の建設副産物を削減可能となります。

・技術難易度の低減

供給された製品を設置するだけなので現地において、品質管理や製作するための熟練技能者が不要となります。