

# III Infrastructure Technical Report





# III Infrastructure Technical Report Vol.10 CONTENTS

巻 頭 言	1		社会のニーズを捉え、技術者が夢や希望を抱ける技	報に	森内	] 昭
記念記事	3		IHIインフラ技報の技術論文について 過去の研究論文の振り返りと今後の掲載方針		IHIインフ <sup>:</sup> 編集委員会	ラ技報 : 編集部
竣工工事紹介	9		橋梁・水門・その他工事			
特集記事	57	特集記事1	大正時代に建造された淀川大橋の大規模更新プロジェクト Large-scale renewal project of Yodogawa Bridge over 90 years after opening	牟田口 木津	拓泉 / 伊藤 良太 / 佐治	<ul> <li>安男</li> <li>孝記</li> </ul>
	67	特集記事2	小田原厚木道路 川端高架橋床版取替工事 大規模リニューアルプロジェクト報告(その1)	高井 関 鈴木	祐輔 / 湯浅 政利 / 郷保 辰幸	; 実 · 英之
	80	特集記事3	多機能床版取替機(Sphinx)による床版取替の施工	武川 石川	哲 / 中村 孝	善彦
	85	特集記事4	(修)上部工補強工事1-201 工事報告 首都高速道路の大規模修繕工事 (IHIインフラシステム製恒久足場の設置)	原村 福井 大口 山内	高志 / 浅野 敦史 / 細谷 真司 / 生江 昭弘	; 純 英司 ; 淳一
研究論文	103	研究論文1	大正時代に建造されたRC床版の劣化性状と 残存構造性能の検証 既設RC床版を用いた残存性能の把握	竹嶋 木作	夏海 / 吉田 友亮 / 岡田	 ] 有希 ] 誠司
	111	研究論文2	鋼材の機械的性質に着目した コンクリート充填鋼製橋脚の耐震性向上技術	藤田 岡田	匠 / 吉川 誠司	真路
	119	研究論文3	チャンネルビーム合成床版の頭付きスタッドに 作用する水平せん断力の推定法に関する解析検討	木作 吉田 中村 聶	友亮 / 河野 有希 / 鈴木 善彦 / 末次 菁	; 豊 : 統 : 剛
	127	研究論文4	鋼橋における溶接技術の動向 鋼橋の製作架設におけるこれまでの溶接技術と今後の展望		猪濑	į 幸太郎
	134	研究論文5	海外長大橋梁における オペレーショナル・リスク・マネジメント BOT・Design & Buildプロジェクトにおける設計・施工・運用事例	井上	学 / 柳原	〔 正浩
	141	研究論文6	エポキシ樹脂を用いた炭素繊維シート埋込み 定着部のクリープ挙動に関する研究	山下 高木	亮 / 小林 祐介 / 中村	、 崇   定明
工事報告	149	工事報告1	亀山西ジャンクションランプ橋工事報告 交通供用下で既設PC橋に拡幅接続する鋼桁の設計と施工	西廣 井爪 山本 森山	浩二 / 木元 規夫 / 清岡 誠司 / 村野 佳樹	; 宏之 ] 直樹 ; 文哉

工事報告	153	工事報告2	気仙沼湾横断橋工事報告 東北最大の斜張橋の製作·架設	近藤 山本 藤田	俊行 / 広一 / 匠 /	潤 箱田 永山	昌明 俊幸 隼
	157	工事報告3	常磐道3工事(いわき中央橋・浅見川橋・吉田橋) 工事報告 4車線化工事の設計・架設概要	鈴木 金羽7	健太郎 / 木 悠一郎	山本	修嗣
	161	工事報告4	布土川樋門工事報告	岡松 大森	広忠 / 久美子 /	山口 鈴木	達也 海允
	165	工事報告5	天ヶ瀬ダム再開発修理用ゲート設備工事 国内最大級の高圧スライドゲートの施工	髙橋 大森	剛 / 久美子 /	達岡 沼澤	正規 祐武
	169	工事報告6	2軸リニアモータ駆動型フルアクティブ式制振装置 工事報告	長井 風間 鈴木	悠 / 睦広 / 達也	今関 広川	正典 清司
	174	工事報告7	国道45号大峠山橋の施工報告 PC箱桁橋梁の施工における高耐久化とICTを活用した省力化の取組み	田中 小池 一色	慎也 / 理日 / 航	石田 新井	康久 堅斗
	178	工事報告8	BIM/CIMを活用したPC中空床版橋における 品質管理の高度化 野洲栗東バイパス大中小路地区オンランプ上部工PRISM試行工事	小林 若林	崇 / 良幸 /	赤松 國光	輝雄 正治
	182	工事報告9	名古屋高速1号楠線 新川中橋工区の床版補修工事 ISパネルを用いたRC床版の補修・補強	高橋 渡口	正雄 / 雅人	木内	—郎
	187	工事報告10	令和2年度管内ダム放流設備等補修工事報告	高橋 越間	直樹 / 聡	羽田	広胤
	191	工事報告11	平成30年度東雲水門(2号)上段扉製作据付工事	石塚 高嶋	真寛 / 惇 /	竹丸 林	剛司 裕二
	195	工事報告12	天ヶ瀬ダムゲート設備運転支援システム改修工事 工事報告			磯山	渥史
製品紹介	199	製品紹介1	スーパーHSLスラブを用いた 半断面床版架設に関する施工試験 既設RC床版更新における床版接続部の構造及び施工法に関する開発	高木 若林 中村	祐介 / 良幸 / 定明	小林 赤松	崇輝雄
	203		製品広告 BMSS/PANOCA/Sphinx/スーパーHSLスラブ/ Dエッジ鉄筋継手/ボルトアイキャップ/水切りアイドリップ				
竣工工事一覧	209		2009-2020				

## 社会のニーズを捉え、 技術者が夢や希望を抱ける技報に



(株) IHI インフラ建設 代表取締役社長(株) IHI インフラシステム 取締役

森内昭

IHIインフラ技報「第10巻」の発刊に当たりご挨拶させていただきます。

一昨年のIHIインフラシステム(IIS)に続き、IHIイン フラ建設(IIK)も今年10月で発足10周年の節目を迎え ました。これもひとえに、発注者であるお客さまを始めと する関係者の皆さまのご指導、ご協力の賜物であり、ま ずは、厚くお礼申し上げます。

そして、IHIインフラ技報も、2012年から毎年1巻ず つの発刊を重ね、第10巻と一つの節目を迎えました。

IHIインフラ技報では、その時々の特徴ある工事や研 究開発について掲載しています。その掲載内容の傾向を 知る一つとして、掲載された施工工事紹介と工事報告に ついて、IIS・IIKの主要事業である橋梁と水門における 新設と保全工事の掲載比率を前半と後半のそれぞれ5巻 ずつで比較してみると、下表のようになります。

	施工工	事紹介	工事報告		
	Vol 1 ~ 5	Vol 5 ~ 10	Vol 1 ~ 5	Vol 5 ~ 10	
橋梁	9:1	7:3	8:2	7:3	
水門	7:3	2:8	8:2	5:5	

掲載比率(新設:保全)

明らかに、掲載内容が新設から保全への移行している ことが見て取れます。これは、新設から保全への時代の 変化、そして社会のニーズによるものと考えられます。

そのニーズの一つが橋梁・水門設備の老朽化対策で す。2012年12月に発生した笹子トンネルの天井板落 下事故に端を発し、橋梁などにも5年に一度の点検が義 務化され、損傷対応が必要となりました。道路会社各社 では大規模修繕・更新工事も進んでいます。また今後の 財政負担を考えると早期に事後保全から予防保全への 変換が求められると考えられます。そのようなニーズの中 で、橋梁では道路会社の大規模修繕工事や吊橋の修繕 工事などの施工事例、水門では設備の修繕や更新事例 を紹介してきました。

もう一つのニーズが、自然災害の激甚化への対応です。 この10年間でも、2016年に発生した熊本地震により崩 落した阿蘇大橋や、2018年の台風21号で大きな被害 を受けた関空連絡橋などは皆さまの記憶に残っていると 思います。IIS・IIKは、これらの復旧工事に携わり、関 空連絡橋は被災後7カ月で開通、阿蘇大橋も1年4カ月 の大幅な工期短縮を実現し、橋梁を利用する方々のお 役に立てたものと考えています。また、今後30年間での 発生確率が70~80%とされる東南海地震への対策も進 んでおり、いくつかの工事事例を報告しています。

一方で昨今、技術者不足も大きな問題となっています。 最近、土木、特に構造系を志す学生が減少していると耳 にします。この原因の一つに、若い方々の土木や構造 に対する夢や希望が薄れてきたことが挙げられると思っ ています。私自身も入社して30年が経過しましたが、私 が学生の頃には本四架橋などの大型プロジェクトがあり、 「大きな橋を作りたい」、「新たな構造に挑戦したい」と いった夢がありました。そしてその実現のために苦しみ ながらも楽しく研究や開発に勤しみました。そういった若 い方々の夢や希望に繋がる話題を、これまであまり提供 できていなかったのではないかと反省しています。

IIS・IIKは、現在も長大橋の建設に携わっています。 そして世界の大型橋梁を中心とするビッグプロジェクトに 参画すべく、様々な研究や開発を行っています。これら の話題を提供することにより、少しでも多くの若い方が土 木に興味を持ち、そして、将来の社会インフラ事業を担っ て頂く方が増えることに貢献できればと考えています。

IHIインフラ技報は、今後も社会のニーズに合った情報と若い技術者が夢や希望を抱ける情報を提供出来る場でありたいと考えています。引き続き、皆さまのご指導、ご協力を賜りますようよろしくお願いします。また、技報に関するご意見やご要望なども頂ければ幸いです。





#### IHIインフラ技報の技術論文について 過去の研究論文の振り返りと今後の掲載方針

IHIインフラ技報 編集委員会 編集部

#### 1. はじめに

IHIインフラ技報が創刊されてから、本号で定期号としては 10号(Vol.10)を迎えることとなる。2009年にIHIインフラシス テムが、2011年にIHIインフラ建設が発足し、2012年にIHIイ ンフラ技報の創刊号(Vol.1)を発刊することができた。また、 2016年に水門特集号、2017年にトルコ特集号も発刊している。

IHIインフラシステム、IHIインフラ建設が発足する前後よ り、橋梁、水門事業をはじめとする社会インフラを取り巻く環 境では様々なことが起こっている。まず、日本全体が抱える問 題として、人口の減少と高齢化、財政の制約等の社会構造の 変化する中、インフラを持続して維持しなければならない。ま た、世界的な気候変動・地球環境問題へ国際規模で対応する 中でエネルギーの今後のあり方をどうするかがある。直接、橋 梁、水門事業に関わるものとしては、自然災害の多発がある。 激甚災害では2011年に東日本大震災、2016年には熊本地震、 2018年には北海道胆振東部地震等の地震が発生するととも に、全国各所に台風や豪雨による大規模な水害が発生してお り、そうした激甚災害に対する復興、備えをしていかねばなら ない。加えて、老朽化したインフラの中には、2012年に発生し た笹子トンネルの天井板落下事故のように第三者に被害を及 ぼしたものもある。高度成長期に日本は多くのインフラを整備 しており、今後は老朽化したインフラを維持管理する、補修す るといったことをせねばならない。特に橋梁では老朽化した 床版をどのように更新していくかが課題となっている。

本稿では、微力ながら上述の課題他に取り組んできた研究 開発について、定期号で掲載した研究論文・製品紹介より読 み取れる傾向を振り返るとともに、今後の技報の研究論文他 の掲載方針について示していきたい。

#### 2. 過去の研究論文、製品紹介について

付表-1、2にVol.1からVol.10に掲載した研究論文を、付表-3 に製品紹介のリストを示す。ここでは、その掲載内容につい て傾向を整理したい。

#### 2-1. 研究論文・製品紹介の掲載数

研究論文・製品紹介の掲載数について図-1に示す。研究 論文はこれまで45編、製品紹介は16篇掲載している。当初は IHIインフラシステム、IHIインフラ建設発足前より着手してい た研究で成果を上げたものが多く、数多く報告している。発 足後も新規に研究開発を数多く始めており、徐々に報告数も 多くなっている。これからも、実施している製品開発だけでは なく、事業を支える基盤技術についても高度なものはできる だけ多くまとめ、掲載できるように努めていきたい。

#### 2-2. 機種別の掲載数

機種別の掲載数について図-2に示す。機種別の掲載数は、 橋梁事業関係が48件、水門事業関係は6件、その他(制振装 置、防災関係)が7件となっている。





#### 2-3. 分野別の掲載数

分野別の掲載数について図-3に示す。分野別の掲載数は、 構造(設計、強度評価、新構造など)が32件、溶接技術、架設 技術が7件、材料関係、防食技術が9件、検査技術、システム 開発が11件となっている。構造に関しては、近年、特に多い のが老朽化したコンクリート床版の点検、更新に関する論文 で、補強法、接合構造、取替する軽量化した床版構造、全体 的な更新工法、取替機材の開発など掲載数が多い。これ以外 にも、老朽化した橋梁、水門を維持管理するシステム、検査法、 ツールの開発等が多くなっている。今後もこれらの分野のニー ズに合った開発を進め継続して掲載していく予定である。ま たこれ以外にも、ファブリケーターの基盤になる溶接技術を はじめとする生産技術、インフラの長寿命化、脱炭素等で注 力せねばならない材料分野については研究開発を進めてお り、今後も有意義なものを掲載したいと考える。

#### 2-4. トレンド別の掲載数

日本の大きな施策である、「防災・減災、国土強靭化」、「老 朽化対策」に対するものとして、防災、維持管理、保全技術に 関する掲載数を図-4に示す。防災が12件、維持管理が9件、 保全が6件となっており、全体の45%を占めているが、近年掲 載数が減少していることが確認できる。これらの研究開発は 現在も取り組んでおり、有益な技術を開発した際には掲載し たいと考える。

#### 2-5. 工事関連掲載数

研究論文の中で研究成果を工事適用したことを記載した、 もしくは工事関連で実施した掲載数を図-5に示す。掲載後に 工事適用した技術や、基盤技術研究に関するものもあるた め、その多寡だけで一概には評価できないが、Vol.1より実際 に工事に適用した掲載数が少なくなっていることが確認でき る。工事に関連した高度な技術もあるため、今後はそれらに 関して積極的に掲載したいと考える。

#### 3. 今後の研究論文、製品紹介掲載方針について

IHIインフラ技報では、Vol.9よりその時々のニーズに合った 技術をまとめ特集として掲載するとともに、工事報告も技術的 な特色のある工事はページ数を増やして掲載している。

今回のVol.10からは、技術論文、製品紹介の掲載についい て、以下のように編成方針の変更することとした。

技術論文は、IHIグループ内で実施している研究をまとめる とともに、技術動向のトピック等の寄稿も含め、社内外の読者 のニーズに合った研究論文をできるだけ多く掲載する。製品 紹介では、製品の試行も含めた技術検討内容を含めてページ 数を増やして掲載する。広告記事では、IHIインフラシステム、 IHIインフラ建設が取り扱っている製品の広告を掲載する。

#### 4. まとめ

本稿では、これまで技報に掲載してきた技術論文、製品紹 介からその傾向を振り返るとともに、Vol.10よりの研究論文の 編成方針を示した。掲載記事としては、前段に示した日本の インフラを今後も継続して維持するための課題を解決する技 術開発を中心に積極的に掲載していきたいと考える。例えば、 施工時の省力化技術、耐震性向上技術、水門のモニタリング 技術、床版の取替関連技術、インフラの点検技術、補修技術 等である。Vol.9まではどちらかというと工事報告に主眼を置 いて論文のテーマ選定、ページ編成を行ってきたが、今後は 読者のニーズに合った研究論文を多く掲載し、社会に貢献し たいと考えている。また、それを執筆することにより、IHIイン フラシステム、IHIインフラ建設の新たな技術開発、技術力の 向上と技術の伝承を期待するものである。

最後に、本技報を読んでいただける皆様と、これまで研究 論文、製品紹介の執筆者、関係者に謝意を表して結びとする。







掲載技報	番号	論 文 名	機種	分野	トレンド	備考
Vol.1	1	鋼橋における箱桁内面塗装の簡素化 - 箱桁内面防錆システム適用後の追跡調査 -	橋梁	防食	維持管理	工事適用・ 関連報告有
Vol.1	2	分光分析法を用いたコンクリート劣化診断システムの開発	橋梁	検査	維持管理	工事適用・ 関連報告有
Vol.1	3	レーザ溶接の実橋梁への適用 - 第504工区(橋本)高架橋上部工(鋼桁)新設工事(その9) -	橋梁	溶接		工事適用・ 関連報告有
Vol.1	4	海生生物付着防止技術の開発	水門他	システム	維持管理	工事適用・ 関連報告有
Vol.1	5	高層ビル用レール型フル・アクティブ制振装置の開発	その他	構造	防災	工事適用・ 関連報告有
Vol.1	6	合成床版を用いた合成桁の静的負曲げ実験	橋梁	構造		
Vol.1	7	高炉スラグの使用によるコンクリートの高耐久化 - 高炉スラグ微粉末を使用したコンクリートの収縮特性の改善 -	橋梁	材料		
Vol.2	1	鋼床版Uリブ溶接部の溶込み深さ計測技術開発	橋梁	検査		
Vol.2	2	SECコンクリートの橋梁床版適用技術の開発	橋梁	材料		工事適用・ 関連報告有
Vol.2	3	新型雨水ブロックの研究開発 - GEOCUBE(ジオキューブ)工法 -	その他	構造	防災	
Vol.3	1	低摩擦ゴムの高圧ゲートへの適用に関する研究	水門	材料		
Vol.3	2	フル・アクティブ式制振装置のエネルギー回生と停電対策	その他	構造	防災	
Vol.3	3	溶射ボルトの開発 - 高力ボルト摩擦接合継手としての性能確認 -	橋梁	構造		
Vol.3	4	分光分析による飛来塩分および融雪剤の影響を受けた 橋梁の塩分分布に関する研究	その他	検査	維持管理	
Vol.3	5	繊維製落橋防止装置の開発 - 落橋防止構造に適用可能な引張性能の実現 -	橋梁	構造	防災	
Vol.3	6	コンクリート床版の若材齢時の挙動について	橋梁	施工		
Vol.3	7	接着剤および炭素繊維を適用した外ケーブル補強工法に用いる 定着ブラケット構造に関する研究開発	橋梁	構造	防災	
Vol.4	1	遮光性養生マットを使用したコンクリート表層の温度・湿度および 品質に及ぼす影響	橋梁	施工		
Vol.4	2	フル・アクティブ型制振装置の高次振動モードへの適用 - 地震及び並進2次モードへの対応 -	その他	構造	防災	工事適用・ 関連報告有
Vol.4	3	せん断降伏履歴型制震ダンパーの開発 - 性能確認試験 -	橋梁	構造	防災	
Vol.4	4	2段締め摩擦接合継手の開発 - 特殊ナットを用いた2段締め高力ボルト摩擦接合継手の性能確認 -	橋梁	構造	保全	
Vol.5	1	プレキャスト合成床版向け新型継手構造の開発 - 締付金具を用いた新型継手構造の性能確認試験 -	橋梁	構造		
Vol.5	2	ステンレスの不動態皮膜強化手法の開発	水門	防食		
Vol.5	3	ステンレス鋼継手の検査技術の高精度化 - 津軽ダム・鶴田ダム現地水門扉継手部への超音波探傷技術の適用開発 -	水門	検査		工事適用・ 関連報告有

付表-1 IHIインフラ技報(Vol.1~Vol.5)の研究論文について

掲載技報	番号	論 文 名	機種	分野	トレンド	備考
Vol.5	4	斜張橋ケーブルの空力振動対策の開発と検証 - 大型風洞実験設備を用いた耐風性評価 -	橋梁	構造	防災	
Vol.5	5	HSLスラブの橋軸直角方向鉄筋継手の研究 - 床版取替工事の幅員分割施工用鉄筋継手 -	橋梁	構造	保全	
Vol.6	1	既設RC床版の急速施工更新技術の開発 - 下から鋼床版化工法の施工確認試験 -	橋梁	施工	保全	
Vol.6	2	超速硬コンクリートの伸縮装置後打ち部への適用に関する開発	橋梁	材料	保全	
Vol.6	3	「スーパー HSLスラブ」の開発 - 軽量コンクリート2種を使用した高強度軽量プレキャストPC床版 -	橋梁	構造		
Vol.6	4	省合金二相ステンレス鋼の溶接と水門への適用 - 溶接技術の確立を目指した溶接試験および溶接部の耐食性試験 -	水門	溶接		
Vol.7	1	長周期地震対策向け制振装置の開発	その他	構造	防災	
Vol.7	2	SM570を使用したコンクリート充填鋼製橋脚の正負工番載荷実験	橋梁	構造	防災	工事適用・ 関連報告有
Vol.7	3	スマートブラケット工法の開発 - 接着剤と炭素繊維ストランドシートを用いたブラケット構造 -	橋梁	構造	防災	
Vol.7	4	透明型防錆キャップの開発 - 維持管理向上に寄与するつばのみ接着法に適した透明型ボルト部防錆キャップ -	橋梁	構造	維持管理	
Vol.8	1	水門用開閉装置に対するリスク評価手法の開発・検証	水門	システム	維持管理	
Vol.8	2	レーザークリーニング技術の橋梁への適用	橋梁	施工	保全	
Vol.8	3	BIM/CIMを活用した橋梁工事の生産性向上、品質管理の高度化への取組み - 湖陵多伎道路多伎PC上部工事 -	橋梁	システム		工事適用・ 関連報告有
Vol.9	1	既設RC床版の更新技術の開発(半断面施工) - DRナットを用いた鋼床版化工法の実物大載荷試験 -	橋梁	構造	補修更新	
Vol.9	2	亀山西JCTランプ橋の接合横桁の設計 - 鋼・PC接合面のせん断耐力評価と既設PC桁ウェブの面外曲げに対する補強設計 -	橋梁	構造		工事適用・ 関連報告有
Vol.10	1	大正時代に建造されたRC床版の劣化性状と残存構造性能の検証 - Large-scale renewal project of Yodogawa Bridge over 90 years after opening -	橋梁	構造		工事適用・ 関連報告有
Vol.10	2	鋼材の機械的性質に着目したコンクリート充填鋼製橋脚の 耐震性向上技術	橋梁	材料	防災	
Vol.10	3	チャンネルビーム合成床版の頭付きスタッドに作用する水平せん断力の 推定法に関する解析検討	橋梁	構造		
Vol.10	4	鋼橋における溶接技術の動向 - 鋼橋の製作架設におけるこれまでの溶接技術と今後の展望 -	橋梁他	溶接		
Vol.10	5	海外長大橋梁におけるオペレーショナル・リスク・マネジメント - BOT・Design & Buildプロジェクトにおける設計・施工・運用事例 -	橋梁	構造	防災	工事適用・ 関連報告有
Vol.10	6	エポキシ樹脂を用いた炭素繊維シート埋込み定着部の クリープ挙動に関する研究	橋梁	構造	保全	工事適用・ 関連報告有

付表-2 IHIインフラ技報(Vol.5~Vol.10)の研究論文について

掲載技報	番号	論 文 名	機種	分野	トレンド	備考
Vol.1	1	壁高欄用残存型枠 - DEWパネル -	橋梁	構造		工事適用・ 関連報告有
Vol.1	2	汎用トルシア形高力ボルトでワンサイド施工を可能とする樹脂製ナット - IWナット -	橋梁	構造		工事適用・ 関連報告有
Vol.2	1	ブライトライン(裏面吸音板ルーバータイプ)の製品紹介	橋梁	構造		
Vol.3	1	トライアス(簡易組立橋梁)の製品紹介	橋梁	構造	防災	工事適用・ 関連報告有
Vol.4	1	ボルトアイキャップ(塩ビ製防錆キャップ)の製品紹介	橋梁他	防食	防災	
Vol.4	2	防食シート(防食部材)の製品紹介	橋梁	防食		
Vol.5	1	ブライトライン(裏面吸音板)の製品紹介	橋梁	構造		工事適用・ 関連報告有
Vol.6	1	DEWパネル(橋梁用残存型枠)の製品紹介	橋梁	構造		工事適用・ 関連報告有
Vol.6	2	移動載荷疲労試験機の紹介	橋梁	システム		
Vol.7	1	長周期地震動対策向け制振装置 - 「風」から「地震」の制振に向けた挑戦 -	その他	構造	防災	
Vol.7	2	透明型防錆キャップの製品紹介 - 透明素材により内部を見える化したボルト部防錆用キャップ -	橋梁	防食		
Vol.8	1	スカセンサー(Smart Color Analyze Sensor) - デジタルRGB判定器と光ファイバーより構成されたコンクリート充填検知センサー -	橋梁	検査		
Vol.9	1	橋梁マネジメントサポートシステム(BMSS)の開発	橋梁	システム	維持管理	
Vol.9	2	フラットビュー - 赤外線スキャナを用いたコンクリート表面の平坦度計測装置 -	橋梁	検査		
Vol.9	3	多機能床版取替機(Sphinx)の開発	橋梁	構造	保全	
Vol.10	1	スーパー HSLスラブを用いた半断面床版架設に関する施工試験 - 既設RC床版更新における床版接続部の構造及び施工法に関する開発 -	橋梁	構造	保全	

付表-3 IHIインフラ技報(Vol.1~Vol.10)の製品紹介について

## IHI Infrastructure Technical Report vol.10 2021

## 竣工工事紹介(橋梁・水門・その他工事)











#### **淀川大橋床版取替他工事** IIS

I	事	名:国道2号淀川大橋床版取替他工事	Т			種:床版取替他
所	在	地:(自)大阪府大阪市福島区海老江地先	鋼			<b>重</b> :2,853t
		(至)大阪府大阪市西淀川区野里地先	竣	Т	年	<b>月</b> :2020年8月
発	注	者:国土交通省近畿地方整備局				

※本技報 P57の特集記事1、P103の研究論文1もご参照ください。











#### 上部工補強工事1-201 IIIS

I	事	<b>名</b> :(修)上部工補強工事1-201	I	種:恒久足場設置工他
所	在	地:東京都港区六本木三丁目~東京都千代田区霞が関三丁目	鎁	<b>重</b> :794t
発	注	者:首都高速道路株式会社	竣工年	<b>月</b> :2020年12月

※本技報 P85の特集記事4もご参照ください。











#### 川端高架橋床版取替工事 💷

Т	事	名:小田原厚木道路(特定更新等)川端高架橋床版取替工事	<b>長</b> :345.5m	
所	在	<b>地</b> :神奈川県小田原市板橋~平塚市岡崎他	<b>員</b> :8.78m	
発	注	者:中日本高速道路株式会社	重:316t	
Т		種:①床版取替 ②鋼桁補強 ③支承取替 ④桁連結工 他	竣工	年月:2021年7月

※本技報 P67の特集記事2もご参照ください。



## **観音寺高架橋他1橋床版取替工事** IIK IIS

形橋幅

Т	事	名: 観音寺高架橋他1橋床版取替工事		
所	在	<b>地</b> :神奈川県小田原市板橋		
発	注	者:中日本高速道路株式会社		
橋	梁	<b>名</b> :①観音寺高架橋 ②風祭高架橋		
Т		種:床版取替工事		

	<b>式</b> :プレキャストPC床版
	長:①108.1m ②141.6m
	員: ①8.78m ②6.5~7.0m
方	法:クレーン架設

**架 設 方 法**: クレーン架話 竣 工 年 月: 2021年2月

※本技報 P67の特集記事2もご参照ください。







### <mark>亀山西JCTランプ橋</mark> IIS

Т	事	名:新名神高速道路 亀山西ジャンクションランプ橋	橋 長:①204.623m ②120.5m ③449.5m ④204.333m
		(鋼上部工)工事	<b>支間長(支間割)</b> :①53.623+60+50+39m ②59.25+58.85m
所	在	地:自)三重県亀山市安坂山町	334.2+50+70+2×66+2×58+44.95m
		至)三重県亀山市安坂山町	@48.333+45+2×40+29m
発	注	者:中日本高速道路株式会社	幅 員:①4.566~15.436m ②7.75m ③7.7~10.477m ④6.82~13.28n
橋	梁	名:①1号橋 ②2号橋 ③3号橋 ④4号橋	<b>床版形式</b> :①PC床版 ②合成床版 ③合成床版 ④PC床版
型		式:①鋼4径間連続非合成鈑桁橋 ②鋼2径間連続非合成箱桁橋	鋼 重:①622.824t ②315.121t ③1742.875t ④482.463t
		③鋼8径間連続非合成箱桁橋 ④鋼5径間連続非合成鈑桁橋	竣工年月:2020年12月









### **気仙沼湾横断橋** IIS

Т	事	名:国道45号 気仙沼湾横断橋朝日地区上部工工事	<b>支間長(支間割)</b> :157.8+360+157.8m
听	在	地:宮城県気仙沼市朝日町地内	幅 員:15.2~17.7m
発	注	者:国土交通省 東北地方整備局	<b>床版形式</b> :鋼床版
型		<b>式</b> :3径間連続鋼斜張橋	<b>鋼 重</b> :1,311t
倚		長:680m	竣工年月:2021年1月

※本技報 P153の工事報告2もご参照ください。







## いわき中央橋 三

Т	事	名:常磐自動車道 いわき中央橋(鋼上部工)工事	支間長(支間割):①59.639+2×59.5+82+90.3m ②52.5+54.5+54r
所	在	地:福島県いわき市好間町北好間~いわき市上平窪	③37.5+48+43m ④3×55+2×49m
発	注	者:東日本高速道路株式会社	幅 員:①10.7~11.89m ②11.2m ③11.65m
橋	梁	名:①いわき中央橋 ②常住川橋 ③下小川橋 ④真似井川橋	④10.7~11.65m
型		式:①鋼5径間連続合成細幅箱桁橋 ②鋼3径間連続合成少数鈑桁橋	床版形式:PC床版
		③鋼3径間連続合成少数鈑桁橋 ④鋼5径間連続合成少数鈑桁橋	鋼 重:①1,465t ②475t ③331t ④700t
橋		長:①353.039m ②163m ③130.5m ④267m	竣工年月:2020年9月





#### 浅見川橋 💵

Т	事	名:常磐自動車道 浅見川橋(鋼上部工)工事	<b>支間長(支間割)</b> :39.2+3×49.5+79+5×47+47.5+55.7m
所	在	地:福島県双葉郡広野町大字上浅見川	幅 <b>員</b> :10.65m
発	注	者:東日本高速道路株式会社	<b>床版形式</b> :合成床版、PC床版
型		式:鋼3径間連続鈑桁+鋼3径間連続細幅箱桁+鋼6径間連続少数鈑桁(混合桁橋)	<b>鋼 重</b> :1,726t
橋		<b>長</b> ∶607.5m	竣工年月:2021年3月



#### 吉田橋 IIS

I	事	名:常磐自動車道 吉田橋(鋼上部工)工事	<b>支間長(支間割)</b> :64.8+80+64+54+63.8m
所	在	地:宮城県亘理郡亘理町吉田~宮城県亘理郡亘理町長瀞	幅 <b>員</b> :10.65m
発	注	者:東日本高速道路株式会社	<b>床版形式</b> :PC床版
型		<b>式</b> :鋼5径間連続非合成細幅箱桁橋	<b>鋼 重</b> :1,260t
橋		長:329m	竣工年月:2020年8月

※いわき中央橋、浅見川橋、吉田橋については本技報 P157の工事報告3もご参照ください。







## 名古屋西JCT IIS

Т	事	<b>名</b> :名古屋第二環状自動車道 名古屋西ジャンクション
		Cランプ橋他4橋(鋼上部工)工事
所	在	地:愛知県名古屋市中川区
発	注	者:中日本高速道路株式会社
橋	梁	名:①島井-2外 ②島井-2内 ③島井-4外 ④島井-5外 ⑤Bランプ-1橋
		⑥Bランプ-2橋 ⑦P8橋脚 ⑧P15橋脚 ⑨RB3橋脚
型		式:①鋼3径間連続非合成箱桁橋 ②鋼3径間連続非合成箱桁橋
		③鋼3径間連続鋼床版箱桁橋 ④鋼2径間連続非合成少数鈑桁橋
		⑤鋼3径間連続非合成箱桁橋 ⑥鋼3径間連続非合成少数鈑桁橋
		⑦鋼製ラーメン橋脚 ⑧鋼製ラーメン橋脚 ⑨鋼製ラーメン橋脚
橋		長:①127m ②127m ③108m ④95m ⑤138.152m
		⑥152.289m
支間	間長(支間	<b>3割)</b> :①36.3+37+50.95m ②36.3+37+50.95m
		333.95+36+35.3m 444.3+49.3m 545.346+46.1+45.3m
		6)55.397+45.521+49.771m
幅		員:①9.835m ②9.545m ③9.835m ④9.835~11.544m
		⑤7.307~7.707m ⑥6.65~19.99m
床	版形	式:①PC床版 ②PC床版 ③鋼床版 ④PC床版 ⑤合成床版
		⑥合成床版
鋼		重:①379t ②378t ③424t ④218t ⑤323t ⑥760t ⑦210t
		⑧489t ⑨158t
竣	工年	<b>月</b> :2021年2月



#### R463号跨道橋 IIS

Т	事	名:総A除)社会資本整備総合交付金(改築)工事(国道463号跨道橋上部工)	<b>支間長(支間割)</b> :51.05+44+54+37+30.05m
所	在	地:埼玉県富士見市下南畑地内	幅 <b>員</b> :17m
発	注	者:埼玉県	<b>床版形式</b> :合成床版
型		<b>式</b> :鋼5径間連続非合成少数鈑桁橋	<b>鋼 重</b> :790t
橋		<b>長</b> :218m	竣工年月:2020年10月



#### アイランドシティ3工区 IIIS

Т	事	名:平成30年度博多港(アイランドシティ地区)道路(Ⅲ工区)橋梁上部工事	支闘	3長(	支間	割)	: 91.9+67.1+49.3m
所	在	地:福岡県福岡市東区香椎浜ふ頭地先	幅			員	: 20.49~22.074m
発	注	者:国土交通省九州地方整備局	床	版	形	式	:鋼床版
型		<b>式</b> :鋼3径間連続鋼床版箱桁橋	鋼			重	: 1,129t
橋		長: 210.5m	竣	Т	年	月	:2020年7月



#### 安威川ダム4号橋 IIS

工所発型橋	事 在 注	名:安威川夕公 左岸道路橋梁上部工事(4号橋) 地:大阪府茨木市大字生保地内 者:大阪府 式:鋼5径間連続非合成箱桁橋 長:205m	支幅床鋼竣
橋		長:205m	竣

橋)	支間	眼(	支間	割)	: 35.5+3×44+35.5m
	幅			員	: 8.2m
	床	版	形	式	:RC床版
	鋼			重	: 358t
	竣	Ι	年	月	:2020年6月



#### 安威川ダム5号橋 💵

I	事	名:安威川ダム 左岸道路橋梁上部工事(5号橋)	<b>支間長(支間割)</b> :30+37+30m
所	在	地:大阪府茨木市大字生保地内	幅 員:8.876~10m
発	注	者:大阪府	<b>床版形式</b> :RC床版
型		<b>式</b> :鋼3径間連続非合成箱桁橋	<b>鋼 重</b> :243t
橋		<b>長</b> :98.5m	竣工年月:2021年3月



## 沖洲高架橋(P10-P14) IIS

Т	事	名:平成30-32年度沖洲高架橋上部(P10-P14)工事	<b>支間長(支間割)</b> :49.1+2×50+49.1n	n
所	在	<b>地</b> :徳島県徳島市東沖洲地先	幅 員:23.2~36.013m	
発	注	者:国土交通省四国地方整備局	<b>床版形式</b> :合成床版	
型		<b>式</b> :鋼4径間連続非合成少数鈑桁橋	<b>鋼 重</b> :1,295t	
橋		長:200m	竣工年月:2020年10月	



吉川橋 IIS

I	事	名:8001総A除)交付金(地域住宅)整備工事(吉川橋上部工)	<b>支間長(支間割)</b> :38.9+2×57.25+47.4m
所	在	地:埼玉県吉川市平沼地内ほか	幅 <b>員</b> :23.8~25.8m
発	注	者:埼玉県	床版形式:RC床版
型		<b>式</b> :鋼4径間連続非合成箱桁橋	<b>鋼 重</b> :1,394t
橋		長:202m	竣工年月:2020年7月



#### 香椎浜高架橋(その2) 💵

C	事	名:第601工区(香椎浜)高架橋上下部工(鋼橋)新設工事(その2)

- **所 在 地**:福岡県福岡市東区香椎浜3丁目~4丁目地内
- **発 注 者**: 福岡北九州高速道路公社
- 型 式:鋼4径間連続立体ラーメン鋼床版箱桁橋
- 橋 **長**:379m

支間	支間長(支間割): 68.7+87+96+124.9m					
幅			<b>員</b> :9.175~11.839m			
床	版	形	<b>式</b> :鋼床版			
鋼			重:1,426t			
竣	Т	年	<b>月</b> :2020年10月			



局								
Т	事	名:高浜橋鋼けた製作・架設工事	支間長(支間	<b>割)</b> :38.1m				
所	在	地:東京都港区芝浦四丁目地内から同区港南一丁目地内まで	幅	<b>員</b> :27.8m				
発	注	者:東京都	床版形	<b>式</b> :鋼床版				
型		<b>式</b> :単純鋼床版鈑桁橋	鋼	重:419t				
橋		長:39m	竣工年	<b>月</b> :2020年6月				



所



#### 新駒門東第二高架橋 💵

- **工 事 名**:新東名高速道路 新駒門東第二高架橋他1橋(鋼上部工)工事
  - **在** 地:静岡県御殿場市駒門~静岡県御殿場市神山
- 発注
   者:中日本高速道路株式会社

   型
   式:鋼5径間連続合成細幅箱桁橋

   橋
   長:470m

   支間長(支間割):91+2×116+85+60m

   幅
   員:10.65m(暫定時)

   床版形式:合理化合成床版

   鋼
   重:2,468t

   竣工年月:2021年2月



#### 新福永橋 💵

Т	事	名:(一)黒沢安城浜田線 長見工区	支間:	長(3	支間	<b>割)</b> :2×35.25m
		防災安全交付金(改築)その7工事(新福永橋上部工)	幅			<b>員</b> :7.7m
所	在	地:島根県浜田市長見町~三階町	床」	版	形	<b>式</b> :RC床版
発	注	<b>者</b> :島根県	鎁			<b>重</b> :128t
型		<b>式</b> :鋼2径間連続非合成箱桁橋	竣	I	年	月:2020年10月
橋		<b>長</b> :72.5m				



## 大久保沢橋 💵

Т	事	名:中部横断大久保沢橋上部工事	<b>支間長(支間割)</b> :84.5m
所	在	地:山梨県南巨摩郡身延町帯金地先	幅 員:11.16m
発	注	者:国土交通省 関東地方整備局	<b>床版形式</b> :合成床版
型		式:鋼単純上路トラス	<b>鋼 重</b> :392t
橋		<b>長</b> :87m	竣工年月:2020年9月



#### 中山高架橋その3工事 三

I	事	名:温品二葉の里線中山高架橋(仮称)上部工事(その1)及び下部工事(その2)	橋
所	在	地:広島県広島市東区の中山西二丁目、中山南一丁目及び中山南二丁目	支間
発	注	者:広島市	幅
橋	梁	名:①上部工(P4-J26) ②P5 ③P6 ④P7	床
型		式:①鋼7径間連続非合成箱桁橋 ②鋼製ラーメン橋脚 ③鋼製ラーメン橋脚	鋼
		④鋼製ラーメン橋脚	竣

橋 支間長(3	支間調	長:440m 割):70.2+72.5+2×63+2×58.75+52.1m
幅	<b>T</b> 2	員:11m
床 版 鋼	ガジ	式 · KC床版 重:①994t ②170t ③206t ④142t
竣工	年	<b>月</b> :2020年11月



#### 保安橋 IIS

Т	事	名:岩木川保安橋上部工工事	<b>支間長(支間割)</b> :44.2+5×56+44.2m
所	在	地:青森県北津軽郡鶴田町大字野木~大字菖蒲川地内	幅 <b>員</b> :9.5m
発	注	者:国土交通省 東北地方整備局	<b>床版形式</b> :RC床版
型		<b>式</b> :鋼7径間連続合成鈑桁橋	<b>鋼 重</b> :816t
橋		長:370m	竣工年月:2020年4月



#### **楠線床版等修繕工事** IIK

I	事	<b>名</b> : 楠線床版等修繕工事	I	種:工場製作工(アンダーデッキパネル):249t、工場製作工(検査路工):10t
所	在	地:名古屋市北区成願寺町内~名古屋市北区西味鋺1丁目		床版補修·補強工〔部分断面修復工(上面):23㎡鋼部材補強工(下面):249t)
発	注	者:名古屋高速道路公社		連続繊維シート補強工(下面):2223㎡、舗装工:451㎡、その他
形		式:3径間連続RC床版箱桁 2連	幅	<b>員</b> :19.0~22.0m
橋		<b>長</b> :150+160.3m	竣工年	月:2021年3月





#### **観音寺橋補修工事** IIS

Т	事	名:橋梁補修工事(その1)
所	在	地:愛知県海部郡蟹江町蟹江新田地内
発	注	者:愛知県

種:①支承取換工 ②伸縮装置取替工 ③鋼桁補強工 **重**:Ot 竣工年月:2021年2月



Т

鋼

#### 上部工補強1-205(西局) IIS

Т	事	<b>名</b> :上部工補強1-205(西局)	Т	種:①き裂補強工 ②支承取替工
所	在	地:東京都港区東新橋一丁目~海岸一丁目及び芝浦一丁目	罁	重:405t
発	注	者:首都高速道路株式会社	竣工年	<b>月</b> :2020年11月





#### 大川橋耐震補強 [[5]

I	事	名:令和元年度国道32号大川橋耐震補強工事
所	在	<b>地</b> :徳島県三好市山城町大川持地先
発	注	者:国土交通省四国地方整備局

I			種:①変位制限設置工	②落橋防止装置設置工	③橋梁補修工
鋼			重:40t		
竣	Т	年	<b>月</b> :2020年12月		







#### 名港中央大橋き裂補修 三

工 事	名:伊勢湾岸自動車道 名港中央大橋鋼床版応急補修工事		
所在	地:自)愛知県名古屋市港区潮見町(名港潮見IC)		
	至)愛知県名古屋市港区金城ふ頭(名港中央IC)		
発 注	者:中日本高速道路株式会社		
I	種:①鋼構造物の製作 ②当て板補強		
鋼	重:2t		
竣工的	<b>F月</b> :2020年9月		



#### H30越谷高架橋(下り)耐震補強その1工事 ШК

Т	事	名:H30越谷高架橋(下り)耐震補強その1工事	形		
所	在	地:埼玉県越谷市下間久里地内	橋		
発	注	者:国土交通省 関東地方整備局	幅		
Т		種:水平力分担構造工:72基、フーチング増厚工:4橋脚、	竣	Т	年
		現場塗装工(F-11):18㎡、仮設工(足場·土留):1式			





**式**:単純合成鈑桁橋 **長**:521m **員**:9.1m **月**:2021年2月

## 道路改築事業(国道·大規模修繕)16号橋 桁補強工事 IIK

Т	事	名:道路改築事業(国道·大規模修繕)16号橋 桁補強工事
所	在	地:群馬県甘楽郡下仁田町大字南野牧地内
発	注	者:群馬県
Т		種:主桁補強工:101.3t(主桁補強、対傾構改良、新設横桁、新設縦桁)
		現場塗装工:(F-11 298.3㎡、RC-II 63.3㎡、塗膜剥離工 185.0㎡)

形			式:ゲルバー鋼多種I桁橋+ゲルバー鋼方杖ラーメン橋
橋			<b>長</b> :107m
幅			<b>員</b> :9.3m
竣	Ι	年	月:2021年2月



形橋幅

#### 令和元~2年度 五郎内第二橋補強補修工事 Ш

Т	事	名:	令和元~2年度 五郎内第二橋補強補修丁事			
 所	在	_ 地:	福島県いわき市平上荒川字熊下~いわき市平上荒川字笑堂地内			
発	注	者:	国土交通省 東北地方整備局			
Т		種:	鋼桁工(当て板補強):1箇所			
			橋梁付属物工:(制震ダンパー6組、水平力分担構造20組、横変位拘束構造2基)			
			橋梁補修工:(ひび割れ補修17.4m、断面修復工0.006㎡)			
			橋梁支承工:(支承防錆Rc-I塗装4基) 伸縮継手工:(伸縮装置排水補修2箇所)			
			現場塗装工:(F-11 54m, 塗膜剥離38.8m) 検査路工:(検査路撤去·復旧3箇所)			
			仮設工:(足場工4箇所) 排水施設工:(排水管撤去·復旧4箇所)			

形			式: 単純非合成鈑桁橋、3径間連続非合成鈑桁橋
橋			長:139m
幅			<b>員</b> :11.4m
竣	Т	年	月:2021年1月





#### R1国道6号新葛飾橋耐震補強その2工事 IIK

Т	事	名:R1国道6号新葛飾橋耐震補強その2工事
所	在	地:東京都葛飾区金町三丁目地先~千葉県松戸市上矢切地先
発	注	者:国土交通省 関東地方整備局
Т		種:支承取替工:24基、伸縮接手工(乾式止水材設置):14m
		現場塗装工:(F-11:10㎡、F-12:152㎡、F-13:63㎡、F-14:48㎡)

形	式:4径間連続鋼箱桁橋×2連(3主桁RC床版)
橋	<b>長</b> :442m
幅	<b>員</b> :17.7m
竣工年	<b>月</b> :2021年3月





#### 県道如来原御机線(南大山大橋)橋梁補強工事(2工区)(補助橋梁補修) 🕮

E	事	名: 県道如来原御机線(南大山大橋)橋梁補強工事(2工区)(補助橋梁補修)

- **所 在 地**:鳥取県日野郡江府町宮市〜美用
- **発 注 者**:鳥取県

Т

種:支承交換工:4基,補剛桁当板補強工:636㎡、床桁当板補強工:42㎡ 床版補強増設縦桁工:19.6t、床版補強増設横桁工:17.8t、下横構取替工:15.2t

形			式:1径間 アーチ橋(ランガー桁)
橋			<b>長</b> :125m
幅			<b>員</b> :6m
竣	Т	年	月:2021年1月







#### 令和元年度 国道32号長瀞橋耐震補強工事 🕮

I	事	名:令和元年度国道32号長瀞橋耐震補強工事	形	<b>式</b> :単純非合成鈑桁橋、
所	在	地:高知県長岡郡大豊町大字川戸		単純鋼ランガーアーチ橋
発	注	者:国土交通省四国地方整備局		単純合成鈑桁橋
I		種:支承取替:4基,橋脚補強工:(炭素繊維補強工 222ml)	橋	<b>長</b> :97m
		落橋防止システム工:(PCケーブル連結16組、水平力分担構造8基、ダンパー設置6組)	幅	<b>員</b> :6m
		本体補強工:(上弦材・吊材・橋門構9.51t、下横構4.65t、当て板補強0.37t)	竣工年	• <b>月</b> :2020年9月
		現場塗装工:(F-11 148㎡、RC-I 0.1㎡、塗膜剥離工102㎡)		





#### 平成31年度防国橋補第141-16-2-1号 国道218号 槙峰大橋 耐震補強工事 IIK

- **工 事 名**: 平成31年度防国橋補第141-16-2-1号 国道218号 槙峰大橋 耐震補強工事
- **所 在 地**:宮崎県延岡市北方日平
- **発注者**: 宮崎県

Т

種:水平力分担構造設置工:4基、粘性ダンパー設置工:4基 排水設備撤去移設工:1式、検査路設備撤去移設工:1式

- 式:4径間 鋼上路式スパンドレルブレースドアーチ橋
- 長:330m

形

橋

- 幅 **員**:10.75m
- 竣工年月:2021年3月



#### 大峙山橋上部工工事 💷

I	事	<b>名</b> :大峠山橋上部工工事	橋			<b>長</b> :276m
所	在	地:宮城県気仙沼市東八幡前地内	幅			<b>員</b> :12.67m
発	注	者:国土交通省 東北地方整備局	架	設	方	<b>法</b> :張出架設
形		式: PC5径間連続ラーメン箱桁橋	竣	Т	年	<b>月</b> :2021年2月

※本技報 P174の工事報告7もご参照ください。







#### 内倉1号橋上部工工事(PC新設) IIK

工所発工形	事 在 注	名: 内倉1号橋上部工工事(PC新設) 地:福島県しわき市小川町上小川字内倉地内 者:福島県 種: 主桁架設工、橋梁上部工1式 式: ポストテンション方式PC4径間連結コンポ橋	橋幅架竣
-------	-------------	--	------

ĸ	裔			長	1	51.1m
φ	畐			員	:	8.2m
Ż	R	設	方	法	:	架設桁架設
萸	夋	Т	年	月	:	2020年8月



#### 国道51号潮来BP跨道橋上部工事(PC新設) IIK

I	事	名:国道51号潮来BP跨道橋上部工事(PC新設)	橋			長	92m
所	在	<b>地</b> :茨城県潮来市小泉南地先	幅			員:	10.9m
発	注	者:国土交通省 関東地方整備局	架	設	方	法:	固定支保工架設
形		式:ポストテンション方式PC3径間連続中空床版橋	竣	Т	年	月:	2021年2月




# 平成30年度 第E806-2号 五番領安井川線補助道路整備工事 IIK

Т 事 名: 平成30年度 第E806-2号 五番領安井川線補助道路整備工事 所 在 **地**:滋賀県高島市安曇川町常磐木 他 発 注 **者**:滋賀県

I 種 6径間連結コンポ 竣工年月:2021年3月



### 野洲栗東バイパス大中小路地区オンランプ上部工事 ШК

I	事	名:野洲栗東バイパス大中小路地区オンランプ上部工事
所	在	<b>地</b> :滋賀県野洲市三上地先

- 在 地:滋賀県野洲市三上地先 者:国土交通省 近畿地方整備局 発 注
- 形 式:3径間連続中空床板橋

橋 **長**:84.5m **員**:5.28m 幅 架設方法:固定支保工架設 **竣工年月**:2021年3月

32



令和	元-2年度 外環空港線余戸	南第2	高架橋上部工事	IIK
工 事 所 在 注 形	名:令和元-2年度外環空港線余戸南第2高架橋上部工事 地:愛媛県松山市余戸南地先 者:国土交通省四国地方整備局 式:6径間連続中空床版橋	橋 幅 架 設 方 竣 工 年	<b>長</b> :188.5m 員:9m 法:固定支保工架設 月:2021年1月	





## 津波対策海岸特別緊急工事(交付金)(3号工) IIS

- **工 事 名**:津波対策海岸特別緊急工事(交付金)(3号工)
- **所在地**:愛知県知多郡美浜町大字布土地先
- **発 注 者**:愛知県
- 型 式:ローラゲート

 エ 事 内 容: フラップゲート付きステンレス鋼製ローラゲート1門分 純径間12.000m×有効高4.730m
 竣 エ 年 月: 2020年12月

※本技報 P161の工事報告4もご参照ください。





# 天ヶ瀬ダム再開発修理用ゲート設備据付工事 💷

Т	事	名:天ヶ瀬ダム再開発修理用ゲート設備据付工事	形
所	在	地:京都府宇治市槇島町六石山地先	工事
発	注	者:国土交通書近畿地方整備局	竣工

式:高圧スライドゲート 内容:修理用ゲート1門分有効幅10.540m×有効高12.300m 年月:2022年3月(予定)





# 令和元年度管内ダム放流設備等補修工事 ШК

Т	事	名: 令和元年度 管内ダム放流設備等補修工事
所	在	地:沖縄県国頭郡東村字高江原地先
発	注	者:沖縄総合事務局 北部ダム統合管理事務所
型		式:電動ホロージェットバルブ·電動ジェットフローゲート他
Т	事 内	容:新川ダム利水放流設備機側操作盤取替、利水放流設備電磁流量計取替
数		量:機側操作盤1面、電磁流量計1台
竣	工年	月:2020年2月









# 令和2年度 管内ダム放流設備等補修工事 🛛 🕮

工所発形	事 在 注	<ul> <li>名:令和2年度 管内ダム放流設備等補修工事</li> <li>地:沖縄県国頭郡東村字川田上原地先</li> <li>者:沖縄総合事務局 北部ダム統合管理事務所</li> <li>式:①両テーパースルースバルブ ②ジェットフローゲート</li> <li>③片テーパースルースバルブ ④両テーパースルースバルブ</li> </ul>	工 事 内 数	容量	:福地ダム利水放流設備油圧ユニット取替、 福地ダム、新川ダム機側操作盤PLC取替他 ①発電用補修ゲート:1門 ②久志向主ゲート:1門 ③久志向副バルブ1門 ④久志向補修用ゲート:1 ⑤非常用副ゲート:1門
		③片テーパースルースバルブ ④両テーパースルースバルブ ⑤高圧スライドゲート	竣工年	月	⑤非常用副ゲート:1門 : 2021年3月

日



# 天ヶ瀬ダムゲート設備運転支援システム 改修工事 IIK

Т	事	名:天ヶ瀬ダムゲート設備運転支援システム改修工事
所	在	地:京都府宇治市宇治金井戸地先(天ヶ瀬ダム)他
発	注	者:国土交通省近畿地方整備局
形		<b>式</b> :ゲート運転支援システム
Т	事 内	容:ゲート運転支援システム改修
		(天ヶ瀬ダム管理所1箇所、中継所3箇所、コンジットゲート2箇所、
		淀川ダム統合管理事務所1箇所、再開発ゲート室6箇所)
数		量:一式
竣	工 年	<b>月</b> :2021年3月

※本技報 P187の工事報告10もご参照ください。







# 天ヶ瀬ダムゲート設備修繕工事 💷

I	事	名:天ヶ瀬ダムゲート設備修繕工事	エ 事内容:主ゲート機側操作盤更新、
所	在	地:京都府宇治市宇治金井戸地先(天ケ瀬ダム)	充水装置更新及び扉体リップ部補修
発	注	者:国土交通省近畿地方整備局	予備ゲート 機側操作盤更新
形		式: 主ゲート 油圧シリンダ式 鋼製ローラゲート	<b>数 量</b> :1門(全2門)
		予備ゲート 電動ワイヤロープ式 鋼製キャタピラローラゲート	竣工年月:2020年3月





# 平成30年度東雲水門(2号) 上段扉製作据付工事 IIK

Т	틕	1	名:平成30年度東雲水門(2号)上段扉製作据付工事
所	在	E	地:東京都江東区豊洲5丁目6番5号地先
発	泛	È	者:東京都
型			<b>式</b> :鋼製複葉ローラゲート
Т	事	内	容:上段扉、戸当り、集中給油装置、扉体保護装置、防潮対策用角落し架台
数			量:1門
竣	Ι	年	月:2020年6月

※本技報 P182の工事報告9もご参照ください。







## 百間川河口水門開閉装置整備工事 💷

Ι	事	名:百間川河口水門開閉装置整備工事
所	在	<b>地</b> :岡山県岡山市中区沖元地先外
発	注	者:国土交通省中国地方整備局
型		<b>式</b> :シェル構造ローラゲート
Т	事 内	容:開閉装置駆動部·機側操作盤更新(自重降下機能追加)ワイヤロープ取替他
数		量:2門(全6門)
竣	工 年	月:2020年3月
		ツルに仕却したし、ひれたくの工事却生もつとうなのとだうい







# 寒河江ダム取水設備修繕工事(令和元年度) ШК

Т	事	名:寒河江ダム取水設備修繕工事
所	在	地:山形県西村山郡西川町大字月岡地内
発	注	者:国土交通省 東北地方整備局
型		式:鋼製直線多段式ローラゲート
Ι	事 内	容: 取水ゲート1号 上段扉·整流板ワイヤロープ取替
数		量:1門
竣	工 年	月:2020年1月

\*IIS技報Vol.9 P160の工事報告14もご参照ください。







### 寒河江ダム取水設備修繕工事(令和2年度) Ш

Т	事	名:寒河江ダム取水設備修繕工事
所	在	地:山形県西村山郡西川町大字月岡地内
発	注	者:国土交通省 東北地方整備局
型		<b>式</b> :直線多段式ローラゲート
Ι	事 内	容: 取水ゲート2号 上段扉·整流板ワイヤロープ取替他
数		量:1門
竣	工年	月:2021年1月







# 大雪ダム取水設備外修繕工事

т	事	名:大雪ダム取水設備外修繕工事
所	在	<b>地</b> :北海道上川郡層雲峡字大学平
発	注	者:国土交通省北海道開発局
型		式:円形多段式ゲート
Т	事 内	容: 取水ゲート・インクライン ワイヤロープ取替
数		量:取水ゲート1門、インクライン1基
竣	工 年	月:2021年2月







## 令和元年度 大淀川右岸国営施設機能保全事業 天神ダム取水設備他整備工事 Ⅲ<

I	事	Į.	名: 令和元年度 大淀川右岸国営施設機能保全事業 天神ダム取水設備他整備工事
所	白	E	<b>地</b> :宮崎県宮崎市田野町地先
発	泊	È	者:農林水産省九州農政局
型			式:①多項式スライドゲート ②ジェットフローゲート、高圧スライドゲート
Т	事	内	容:①開閉装置工場分解整備、機側操作盤更新
			②開閉装置現地整備、機側操作盤更新
数			量:①5門 ②2門
竣	Т	年	月:2020年12月







## 令和2年度 厚狭川潮止堰緊急修繕工事 ШК

Ι	<b>事 名</b> ∶令和2年度 厚狭川潮止堰緊急修繕	L事
所	<b>在 地</b> :山口県山陽小野田市大字郡地区	
発	<b>注 者</b> :山口県	
型	式:魚腹型転倒ゲート	
Ι	内容:油圧シリンダ取替他	
数	量:1門	
竣	<b>年月</b> :2021年3月	
竣	<b>年月</b> :2021年3月	







# 玉川ダム利水放流設備修繕工事 💷

т	事	名:玉川ダム利水放流設備修繕工事
所	在	地:秋田県仙北市田沢湖玉川字下水無92
発	注	者:国土交通省 東北地方整備局
型		式:リングホロワゲート
Т	事 内	容:利水放流設備 副ゲート 油圧シリンダ分解整備
数		量:1門
竣	工 年	月:2021年3月





門

水



## **令和元年度 仙台管内水門設備等修繕工事** IIK

I	事		名:令和元年度 仙台管内水門設備等修繕工事
所	在		<b>地</b> :宮城県亘理郡亘理町逢隈 地内外
発	注		者:国土交通省 東北地方整備局
型			<b>式</b> :非越流型シェル構造鋼製ローラゲート
Ι	事	内	容:扉体塗替塗装、水密ゴム交換、サイドローラ分解整備、電気防食陽極交換他
数			量:1門
竣	Ιź	年	月:2020年3月
型工数竣	事   工 :	内	式:非越流型シェル構造鋼製ローラゲート 容:扉体塗替塗装、水密ゴム交換、サイドローラ分解整備、電気防食陽極交換 量:1門 月:2020年3月







## 令和2年度 仙台管内水門設備等修繕工事 💷

Т	事	名:令和2年度 仙台管内水門設備等修繕工事
所	在	<b>地</b> :宮城県亘理郡亘理町逢隈 地内外
発	注	者:国土交通省 東北地方整備局
型		<b>式</b> :非越流型シェル構造鋼製ローラゲート
Ι	事 内	容:扉体塗替塗装、水密ゴム交換、サイドローラ分解整備、電気防食陽極交換他
数		量:1門
竣	工 年	月:2021年3月









# 緊急防災対策河川工事の内広口池分流堰整備工事 Ш

- **工 事 名**:緊急防災対策河川工事の内広口池分流堰整備工事
- **所 在 地**:愛知県稲沢市祖父江町祖父江広口
- 発注者:愛知県

   型式:ライジン
  - 式:ライジングセクターゲート

 工事内容:水密ゴム、油圧モーター更新数量:2門

 竣工年月:2021年3月





## 令和元年度 防災·安全交付金 堰堤改良工事 IIK

Г	事	名:令和元年度防災·安全交付金 堰堤改良工事	J
听	在	地:(一)裾花川 長野市 裾花ダム 1工区	娄
発	注	者:長野県	萸
τIJ		式:コンジットゲート1門鋼製圧着ゲート	

С	事	内	容:油圧ユニット更新
汷			量:1門
夋	Т	年	<b>月</b> :2020年7月







## 加里屋川防潮水門開閉装置更新工事 💷

I	事	名:加里屋川防潮水門開閉装置更新工事
所	在	<b>地</b> :兵庫県赤穂市
発	注	者:兵庫県
型		<b>式</b> :鋼製ローラゲート

Т	事	内	容:開閉装置及び機側操作盤更新
数			量:1門

竣工年月:2021年3月









数



### 東横堀川水門閘施設油圧ユニット更新等工事 Ⅲ≤

- Т 名: 東横堀川水門閘施設油圧ユニット更新等工事 事
- 地:大阪府大阪市中央区高麗1 所 在
- **者**:大阪市 発 注
- **式**:鋼製プレートガータ構造マイタゲート 型
- 工事内容:下流側閘門油圧シリンダ取替、油圧ユニット部品交換他 量:1門
- **竣工年月**:2021年3月



# R1岩淵水門ゲート設備他修繕工事 IIK

Т	事	名:R1岩淵水門ゲート設備他修繕工事
所	在	<b>地</b> :東京都北区志茂地先
発	注	者:国土交通省 関東地方整備局
型		式:鋼製プレートガータ構造ローラゲート
Т	事 内	容:扉体塗装塗替、ロッカービーム分解整備、螺旋階段更新他
数		量:1門
竣	工 年	月:2021年3月







## R2薗原ダム放流設備修繕工事 IIK

Т	事	名	:R2薗原ダム放流設備修繕工事
所	在	地	:群馬県沼田市利根町園原地先
発	注	者	:国土交通省 関東地方整備局
型		式	:鋼製ラジアルゲート
Т	事「	内 容	:扉体塗替塗装、水密ゴム交換
数		量	:2門
竣	Тí	年月	:2021年2月









# R1二瀬ダム主放流設備修繕工事 IIK

Т	事	名:R1二瀬ダム主放流設備修繕工事
所	在	<b>地</b> :埼玉県秩父市大滝
発	注	者:国土交通省 関東地方整備局
型		<b>式</b> :高圧ラジアルゲート
Т	事 内	容:開閉用・圧着用油圧シリンダ工場整備
数		量:1門
竣	工年	月:2020年3月







## R2二瀬ダム主放流設備修繕工事 IIK

Т	事	名:R2二瀬ダム主放流設備修繕工事
所	在	<b>地</b> :埼玉県秩父市大滝
発	注	者:国土交通省 関東地方整備局
型		<b>式</b> : 圧着式高圧ラジアルゲート
Т	事 内	容:開閉用・圧着用油圧シリンダ工場整備

- ▲ 爭 內 答: 開閉用・上 着用油上シリンタ工場
   数 量:1門
- **竣工年月**:2021年3月





and the second second	A Star Law Allow the	
I HINCH	INCLUSION OF ADDRESS	
	a gananari a	
		THEFT

## 令和元年度 大町ダム常用洪水吐設備修繕工事 IIK

Ι	事	名:令和元年度大町ダム常用洪水吐設備修繕工事
所	在	<b>地</b> :長野県大町市平地先
発	注	者:国土交通省北陸地方整備局
型		式:①高圧ラジアルゲート ②高圧ローラゲート
Т	事 内	容:①扉体塗替塗装 ②開閉装置機器取替、主ローラ・シーブ分解整備他
数		量:①2門 ②1門
竣	工 年	月:2020年12月









# 滝発電所1~4号洪水吐ゲート 上下段扉連結部補修 📧

I	事	名:滝発電所1~4号洪水吐ゲート上下段扉連結部補修
所	在	<b>地</b> :福島県大沼郡金山町田沢
発	注	<b>者</b> :株式会社J-POWERハイテック
型		式:ローラゲート
Т	事 内	<b>容</b> :扉体連結部鋼板取替
数		量:4門
竣	工年	<b>月</b> :2021年1月









# 仙台東地区水管理システム設備(その4)工事 💷

所 発 型	在 注	地:宮城県仙台市若林区荒井地内外 者:宮城県 式:水管理システム工事	数 竣
I	事	名:仙台東地区水管理システム設備(その4)工事	内

		容:水位計11箇所、流量計3箇所、ドーム型カメラ5箇所、 ゲート子局12箇所設置
		量:一式
Т	年	月:2020年12月



## 温井ダム常用洪水吐き 予備ゲート整備工事 IIK

Т	事		名:温井ダム常用洪水吐き放流設備予備ゲート整備工事
所	在		<b>地</b> :広島県山県郡安芸太田町大字加計地先
発	¥ 注		者:国土交通省中国地方整備局
型			式:高圧ローラゲート
Т	事	内	容:開閉装置ワイヤロープ更新
数			量:2門
竣	I:	年	月:2020年3月









Т	事	名:比奈知ダム・初瀬水路利水放流設備その他整備工事		
所	在	地:比奈知ダム 初瀬水路		
発	注	者:独立行政法人水資源機構		
型		式:比奈知ダム 利水放流設備 主幹主ゲート 油圧シリンダ式ジェットフローゲート		
		主幹副ゲート 油圧シリンダ式高圧スライドゲート 他		
Т	事 内	容:比奈知ダム 利水放流設備		
		主幹主ゲート・主幹副ゲート 油圧シリンダ分解整備 計2門 他		
数		量:比奈知ダム利水放流設備 4門 初瀬水路設備 機側操作盤 2面		
竣	工 年	月:2020年3月		







### (二)汐入川水系 汐入川 汐入川水門整備

I	事	名:汐入川水門整備工事	Т	事	内	容	:扉体塗装塗替、水密ゴム取替、
所	在	地:兵庫県姫路市大津区勘兵衛町					:主ローラ分解整備、犠牲陽極取替
発	注	者:兵庫県	数			量	:1門(上下段扉)塗装面積792m
型		式:電動ワイヤロープ式 鋼製ローラゲート	竣	Ι	年	月	:2020年3月





門

水





### 札幌開発建設部管内 ダム機械設備修繕外工事 💷

- **工 事 名**: 札幌開発建設部管内 ダム機械設備修繕外工事
- 所 在 地:①滝里ダム:北海道芦別市滝里町 ②漁川ダム:北海道恵庭市源平
- **発 注 者**:国土交通省北海道開発局
- 型 式:①オリフィスラジアルゲート ②円形多段式(フロート式)
- 工事内容:①油圧シリンダ工場整備 ②ガイドローラ取替
- **数** 量:各1門 **竣工年月**:2020年3月



### 草木ダム主放水設備外整備工事 IIK

Т	事	名:草木ダム主放水設備外整備工事
所	在	地:群馬県みどり市東町座間564-6
発	注	者:独立行政法人水資源機構
型		式:オリフィスラジアルゲート
Ι	事 内	容:噴射防止板取替え、側部噴流防止装置取替え、給油装置取替え他
数		量:2門
竣	工 年	月:2020年3月











# 奈良俣ダム底部取水ゲート整備工事 💷

Ι	事	名:奈良俣ダム底部取水ゲート整備工事
所	在	地:群馬県利根郡みなかみ町藤原字洗ノ沢地先
発	注	者:独立行政法人水資源機構
型		式:ローラゲート(保安ゲート付き)
Т	事 内	容:ワイヤローブ取替え、主ローラ・シーブ・補助ローラ分解整備、
		扉体補修塗装、水位計センサ取替え、犠牲陽極取替え
数		量:1門
竣	工 年	月:2020年3月



# 小場江頭首工管理設備製作据付工事 💷

Т	틔	₽.	名:那珂川沿岸農業水利事業(一期)小場江頭首工管理設備製作据付工事
所	Ť	E	<b>地</b> :茨城県常陸大宮市三美地内
発	ž	È	者:農林水産省関東農政局
型			<b>式</b> :遠隔監視・操作システム工事
Ι	事	内	容:遠隔監視操作システムおよび受電·電源設備製作·据付、水位計更新他
数			量:一式
竣	Т	年	月:2020年3月







### 国道49号 大善寺橋応急復旧工事 💷

Т	事	名:国道49号 大善寺橋応急復旧工事	形		
所	在	地:福島県郡山市田村町大善寺町地内	橋		
発	注	者:国土交通省 東北地方整備局	幅		
Т		種:仮橋	竣	Ι	年



## 湯浜2号スノーシェッド上部工事(PCシェッド新設)Ⅲ

Т	事	名:湯浜2号スノーシェッド上部工事(PCシェッド新設)	橋			<b>長</b> :36m	
所	在	地:宮城県栗原市花山字本沢岳山地内	幅			<b>員</b> :5.5(7.0)m	
発	注	者:宮城県	架	設	方	<b>法</b> : クレーン架設	5
Т		種:PRCロックシェッド上部工	竣	Т	年	<b>月</b> :2020年12月	
形		式:PRCロックシェッド					





### 飛島大橋左岸西床版工事(PC上部工) IIK

橋

幅

Г	事	名:	飛島ナ	て橋左	岸西	末版	Τ	事(	(PC上部工)	

- **所 在 地**:愛知県名古屋市港区小川3丁目 **発 注 者**:国土交通省中部地方整備局
- 発
   注
   者:国土交通省中部地方整備局

   工
   種:プレキャストPC床版架設

形

**式**:プレキャストPC床版

- **長**:330.17m
- 員:8.875m(標準部)、10.625m(非常駐車帯部)
- 架設方法:クローラークレーン架設
- 竣工年月:2020年7月





# 小山川橋床版工事(プレキャストPC床版新設) IIK

Т	事	名:小山川橋床版工事(プレキャストPC床版新設)	形	<b>式</b> :プレキャストPC床版
所	在	<b>地</b> :岩手県九戸郡洋野町種市第11地割	橋	<b>長</b> :75m
		~九戸郡洋野町種市第10地割	幅	<b>員</b> :14.14m
発	注	者:国土交通省 東北地方整備局	架設方	7 法:クレーン架設
Т		種:プレキャストPC床版工事	竣工年	<b>月</b> :2021年3月





### 令和元年度 名二環春田3高架橋西床版工事 💷

I	事	名:令和元年度名二環春田3高架橋西床版工事
所	在	地:愛知県名古屋市中川区春田3丁目
発	注	者:国土交通省中部地方整備局
Т		種:プレキャストPC床版架設
形		式:プレキャストPC床版

橋	<b>長</b> :191m
幅	員:8.875~10.624m

- 幅 員:8.875~10.62 架設方法:クレーン架設
- **架 設 方 法**:クレーン架設 竣 工 年 月:2020年10月





**長**:210m

**架 設 方 法**:クレーン架設 竣 工 年 月:2020年6月

**員**:8.875~10.625m

平成31年度名二環服部5高架橋東床版工事 💷

橋

幅

Т	事	名:平成31年度名二環服部5高架橋東床版工事
所	在	地:愛知県名古屋市中川区服部2丁目~春田1丁目
発	注	者:国土交通省中部地方整備局
Т		種:プレキャストPC床版架設
形		式・プレキャストPC 床版





### 神戸阪急ビル増築工事

I	事	名:神戸阪急ビル増築工事
所	在	地:兵庫県神戸市中央区加納町4丁目2番1号
施		<b>主</b> :阪急電鉄株式会社
設		<b>計</b> :株式会社久米設計·株式会社大林組
監		理:株式会社久米設計
施		<b>工</b> :株式会社大林組

- 形 式:レール式1軸アクティブ方式(リニアモータ駆動型)
   可動マス質量:13t
   有効ストローク:±1.0m
- **設置台数**:2台
- 竣工年月:2021年3月



### 住友不動産 汐留ウイング 新築工事 三

エ 태	事	名:住友不動産 汐留ウイング 新築工事 ・ 市 市 邦 英 ( 市 新 橋 一 下 日 2-4 2-5 他 ( 地 番 )	} ī
斾	11	<ul> <li>Ⅰ</li> <li>Ⅰ</li> <li>Ⅰ</li> <li>Ⅰ</li> <li>Ⅰ</li> <li>Ⅰ</li> <li>Ⅰ</li> <li>□</li> <li>□</li></ul>	;
設		Ⅰ 株式会社日建設計	
監		理:株式会社日建設計	i
施		<b>工</b> :鹿島建設株式会社 東京建築支店	

 形
 式:レール式1軸アクティブ方式(リニアモータ駆動型)

 可動マス質量:X方向:3.0t、Y方向:5.7t

 有効ストローク:±1.0m(X方向·Y方向共)

 設置台数:X方向:1台、Y方向:1台

 竣工年月:2020年11月





### 大正時代に建造された淀川大橋の大規模更新プロジェクト

- Large-scale renewal project of Yodogawa Bridge over 90 years after opening -

MUTAGUCHI	<sup>Takusen</sup>	<sup>ITO</sup>	<sup>Yasuo</sup>	<sup>KIDU</sup>	<sup>Ryouta</sup>
牟田口	拓泉*	伊藤	安男**	木津	良太***
		SAJI 佐治	<sup>Takanori</sup> 孝記***		

### 1. はじめに

国道2号淀川大橋は、大阪平野を流れる淀川を渡河する道 路橋であり、1926年(大正15年)の完成より、今年で95年を迎え る橋梁である。本橋は橋長724.5mで、上部工形式は中央径間 が鋼6径間単純上路式ワーレントラス橋、両側径間が鋼12径間 単純鈑桁橋からなる全30径間の橋梁であり、床版形式はRC床 版であった。建設当時は路面電車と自動車の併用橋として建設 され(写真-1)、第2次世界大戦時の大阪大空襲(1945年)や兵 庫県南部地震(1995年)の被災を乗り越え、1975年には軌道を 撤去して車道の4車線化が図られるなど、時代とともに利用形 態は変化したが、橋桁は建設当時のまま多くの歴史を刻んでい る。交通量は約35,000台/日となっており、大阪~神戸間の大 動脈として、大きな役割を果たしている橋梁である(写真-2)。



写真-1 淀川大橋(1929年)1)



写真-2 現在の淀川大橋

これまでの主な維持管理・補修として、大阪平野の地盤沈 下による橋脚沈下に対応する橋脚沓座のかさ上げや、第2次 世界大戦などで損傷した部材の修繕等が行われ、現在まで 供用されてきている。その一方で、老朽化に伴う床版コンクリー トの剥離、鉄筋露出、漏水および鋼部材の腐食といった損傷 が著しく、橋梁の耐荷性能が低下していた。そこで、床版取 替えを主とした大規模更新工事を実施し、長寿命化を図った。 本稿はこの大規模更新工事を報告するものである。

\*㈱IHIインフラシステム 総合企画部 企画管理G \*\*㈱IHIインフラシステム 橋梁技術室 設計部 設計第1G

2	構造的特徴および損傷状況
孝	記***
Take	inori

#### (1) RC床版

既設床版は厚さ約150mm RC床版(図-1の青色部分)と、 その上に厚さ約200mmの高さ調整コンクリートで構成されて いた。傷んだ舗装や高さ調整コンクリートは、これまで部分的 な上面からの切削、鋼繊維補強コンクリート舗装等による補 修が繰り返されてきた。

床版下面は、建設当時のかぶり量が薄く、菱形金網や丸鋼 鉄筋が露出し(図-2)、過去にコンクリート剥離部分のポリマー セメントモルタル等による断面修復が施されてきた。

本橋は海岸線から約5kmの淡水と海水が混在する汽水域 に位置しており、飛来塩分の影響の受けやすい下流側の床版 表面の塩化物イオン濃度は鉄筋位置(20~40mm)において 1.0kg/mと鉄筋の腐食発生限界濃度(1.2kg/m)に近い状態 にあった。橋梁全体にわたり、全径間の60%以上の床版で剥 離・鉄筋露出等の再劣化が見られた(写真-3)。また、ひび割 れの多くは道路横断方向に生じていた。



図-2 既設RC床版の断面構成



写真-3 RC床版の剥離・鉄筋露出

\*\*\*(株)HIインフラシステム 橋梁技術室 設計部 設計第2G

### (2)鋼桁

### 1)腐食

飯桁橋は、橋軸方向に約1mピッチで設けた対傾構により RC床版を支持する構造をしており、その結果、主桁上フラン ジがRC床版内に埋設されていることが特徴であり(図-3)、床 版に埋設されていた主桁部分(特に上フランジ下面)に大小 様々な腐食が発生していた(写真-4)。





写真-4 主桁上フランジ下面の腐食状況

また、鈑桁橋とトラス橋のどちらにおいても床版コンクリートの著しい劣化により床版の防水性が失われ、そこからの漏水によって橋梁全体にわたり鋼部材の腐食(写真-5)が進行している状況であった。



写真-5 トラス主構の腐食

### 2)き裂

本橋は鋼板および形鋼をリベット接合で構成したリベット 橋梁であるが、建設当時、大量の鋼材を国内で製造すること が困難であったため、八幡製鉄所、神戸製鉄所のほか、米国 および英国の輸入材が使用された。

トラス橋の床組は、横桁の主構トラス取付け部の横桁ウェ ブ切欠き部の47%の箇所に、き裂が発生しており、過去に補 修が施された<sup>203</sup>(写真-6)。



写真-6 横桁のき裂、および過去の横桁補修

本橋の鋼材はシャルピー衝撃試験による吸収エネルギーが 0℃で3~7Jと小さく、低靱性の鋼材および耐疲労的に好まし くない構造詳細が影響し、き裂が脆性的に進展した。 中央径間のトラス橋の主構は第2次世界大戦時中に激しい 空襲を受け、トラス橋の一部は崩落し(写真-7)、戦後に復旧 された。また、崩落を逃れたトラス主構や側径間の鈑桁主桁 等には、機銃掃射による多くの弾痕が補強されて、そのまま 残っている(写真-8)。



写真-7 空襲により破壊されたトラス橋



写真-8 弾痕(過去に補強済み)

1959年に損傷が著しい斜材に、現場溶接による当て板およびバイパス材が設置されたが、その溶接部にき裂損傷が多く 生じていた(写真-9)。本橋の鋼材には、現在のJIS規格の鋼 材と比較してリン(P)や硫黄(S)といった靭性を低下させる不 純物が多く含まれており、溶接接合に適さないことが原因で 現場溶接部からき裂が発生したものと推測された<sup>213)</sup>。



写真-9過去の現場溶接による当て板補強(バイパス材)

#### (3)本橋の健全度

本橋の定期点検(2013年度)では、主な損傷は床版の浮き・ 剥離・鉄筋露出・貫通ひび割れ・漏水、主桁やトラス主構と床 組のき裂・腐食・対傾構の腐食と主要部材の多くで「C2(橋梁 構造の安全性の観点から、速やかに補修等を行う必要があ る)」判定であった。橋梁全体の健全度は「町(早期措置段階)」 であり、「床版は劣化して防水性が失われており、それからの 漏水により橋全体にわたり鋼部材の腐食が進行しているた め、抜本的な大規模更新が必要」と判定されていた。また、 建設当時のまま使用されている橋脚および基礎は、耐震性能 が不十分であった。

#### 3. 工事の目的および概要

本工事の目的は、上部工の劣化した部材の更新および下部 工の耐震性能の向上である。 部材の更新として、鈑桁橋及びトラス橋のRC床版はすべて 鋼床版に取替えた。また、鈑桁橋は1m間隔で配置されてい る対傾構(下弦材除く)を撤去もしくは取替え(図-4)、トラス 橋では床組および対傾構(下弦材除く)をすべて取替えた(図 -5)。また、併せて腐食やき裂損傷のある鋼部材は部材取替 えや当て板補強等の修繕を実施した。

建設当時のまま使用されている橋脚および基礎の耐震性能 を向上させるため、今回の工事ではコンクリート系床版と比べ 軽量な鋼床版を採用した(図-4、図-5)。RC床版(12,000t)か ら鋼床版(4,700t)に取替えることにより、上部工死荷重を約 65%に大幅削減できるため、橋脚や基礎の補強をすることな く下部工の耐震性能を向上させることができた。さらに鋼床 版を採用することにより、コンクリート系床版に比べて現場施 工期間の短縮が可能になり、非出水期施工となる本工事にお いて、この工期短縮は非常に大きなメリットであった。



なお、写真-6のき裂部分を含む床組は床版取替に伴い本 工事ですべて鋼床版に取替え、写真-9の当て板を含む斜材 は新設部材に取替え(7章(1)参照)を行った。写真-8の弾痕は 補強済みのため、この写真のまま残置した。

### 4. 発注及び契約方式

本工事は、建設当時の詳細な記録が残っていない、現在の各 部材の応力状態や施工時の応力状態が不明である、過去の度 重なる補修・補強の影響などにより交通供用下における施工段 階や完成時の構造物の挙動が確定できない、さらに工事工程、 施工条件等に制約がある等、非常に厳しい条件であった。この ことから、道路橋としての安全性の確保や交通規制期間の短縮 等を同時に満足させる最適な施工仕様および高度で専門的な施 工方法の検討において、施工者の技術力を活用し、価格や工法 等を交渉して契約する「技術提案・交渉方式」が適用された。

また、施工のリスクを低減し、効率的な検討を行うため、施 工者独自の最新の高度な専門的技術や知見等を反映した施 工者による実施設計が必要となる。そこで、競争参加者から 提出された技術提案に基づいて選定された優先交渉権者と 設計業務の契約を締結し、設計の過程で価格等の交渉を行 い、交渉が成立した場合、工事の契約をする「設計交渉・施工 タイプ」(通称、ECI契約方式)が国土交通省ではじめて適用 された工事であった。

#### 5. 設計·調査概要

### (1)鋼床版

既設主桁・主構に新たに横リブを取付けることは困難であ り構造が複雑化することから、既設横桁・対傾構の仕口を再 利用して鋼床版の横リブを設置することとした。これにより、 鈑桁橋・トラス橋それぞれの横リブ間隔に応じた、以下の鋼床 版構造および舗装構成を採用した。

#### 1) 鈑桁橋

1m間隔で配置されている既設対傾構に対して、新設鋼床版(写真-10)の横リブはその倍の2m間隔とし、縦リブは疲労耐久性に配慮してバルブリブを使用した。舗装の基層にはグースアスファルト、表層にはたわみ追従性に富んだポリマー改質アスファルトⅢ型-WFを採用した。

施工前後の路面高を合わせるために、鋼床版に嵩上げ縦桁 (図-6)を設け、縦桁下フランジと主桁上フランジを接合した。 嵩上げ縦桁の高さの決定方法については後述する。



#### 2)トラス橋

3.2m間隔で配置されている既設横桁(=対傾構上弦材)に 合わせて新設鋼床版(写真-11)の横リブを配置した結果、縦 リブ支間が2.5m以上になることから、大断面Uリブを使用し た合理化鋼床版<sup>4)</sup>を採用し、デッキプレートの板厚を18mm とした。トラス橋にこの合理化鋼床版を採用した事例がほ とんどないこと、本橋が国道2号の重交通路線であることか ら、鋼床版の疲労損傷に対してデッキプレートの局部変形を 抑制する予防保全対策として、基層に鋼繊維補強コンクリー ト(SFRC)舗装を採用した。また、表層は鈑桁橋と同様、ポリ マー改質アスファルトⅢ型-WFとした。



トラス橋の嵩上げ縦桁(図-7)は箱断面として剛性を持た せ、トラス格点位置のみにフィラープレートを介して嵩上げ縦 桁と既設上弦材を連結することで、上弦材に曲げモーメント を作用させない構造とした。

#### (2) 製作キャンバー

RC床版から鋼床版に取替えることで大幅な死荷重低減が 図られるため、既設の主桁はたわみが減少する方向(鉛直上 方向)に変形する。本橋ではこのたわみ差を、既設桁と取り合 う鋼床版の嵩上げ縦桁高を変化させることで吸収した。嵩上 げ縦桁の製作高さは、計画路面高から求まる「鋼床版上面高」 と既設桁の高さ計測(後述する3Dスキャナ測量値を使用)に より求まる「既設桁主桁天端高」の差として算出し、これに床 版取替えによるたわみ差を製作キャンバーとして加えることで 決定し、工場製作に反映した(図-8)。ただし、床版取替施工 前の主桁上フランジ側はRC床版に埋設された不可視部であり (図-3)主桁高は実測できないため、建設時の図面値を使用し て想定した。さらに、構造解析と実挙動の差など諸々の誤差 要因に対しては、RC床版撤去後に既設主桁天端高を計測し、 高さ調整用フィラープレートにて高さの最終調整を行った。



図-8 嵩上げ縦桁高さの調整イメージ

既設桁の変形量は、架設ステップを再現した格子解析によ り算出した。ここで、本工事ではより実挙動を正確に再現する ため、以下の解析条件を採用した。

- •設計上は非合成桁であるが、RC床版、鋼床版ともに合成断 面の剛度を使用する。
- •対傾構に換算曲げ剛度を使用して、荷重分配を行う。

この格子解析結果と、1径間全体をモデル化したFEM解析 による変形量との比較を実施した結果、十分な整合性が確認 できたため、格子解析結果が妥当と判断し、嵩上げ縦桁高さ の決定および施工段階の高さ管理値の根拠として使用した。

### (3) 床版に埋設された主桁上フランジの事前調査

床版取替え工事の最大のリスクであったRC床版内に埋設 された鈑桁上フランジの不可視部については、工事初期段階 の道路規制切替え中に事前調査を行った。過去の点検調書 から、損傷が激しいG4主桁の3径間を抽出し、主桁上フラン ジ直上の床版コンクリートを先行撤去して、腐食状況の確認と リベットの配置状況を確認した(写真-12)。



写真-12 主桁上の床版撤去後のG4主桁上フランジ上面

事前調査の結果、上フランジ上面にはほとんど腐食が見ら れず、健全な鋼材面・リベットが確認できた。リベット配置は 建設当時の設計図面と一致しなかったが、上フランジと下フラ ンジでリベット配置は同一であることが確認できたため、試 掘調査していない径間のリベット配置は下フランジのリベット 配置と同じであると想定した。

そのほか、主桁の補修を想定した部材や高さ調整用フィラー プレートの予備を事前に製作するなどの二重三重の対策を実施 して床版取替えを施工した結果、想定したリベット配置に対して 鋼床版は所定の精度内で収めることができた。床版に覆われて いた主桁上フランジ下面およびウェブには腐食が発生していた (写真-4)が、部分補修で収まるレベルの損傷具合であったこと も幸いし、床版取替えの工程に影響を与えることはなかった。

#### (4)事前計測·調査

前述したように、建設時の詳細な記録が残っておらず、供 用後の地盤沈下、空襲、地震や路面電車の軌道撤去などの影 響を考慮すると、事前に既設桁の出来形を詳細に計測する必 要があった。そこで、工事受注後ただちに、固定式レーザース キャナを用いた3次元出来高計測(3D計測)を実施し、得られ た点群データ(図-9)から幅員、主桁・横桁の通り、路面高や 主桁下端高などの詳細情報を収集し、工場製作に反映した。



図-93Dスキャナによる点群データ(鈑桁橋)

### 1)3D計測を採用した理由

本工事において、固定式3Dレーザースキャナを用いた3D 計測を採用するに至った詳細理由を以下に示す。

①建設時の詳細な記録が残っていなかった

- ・竣工図がほとんど残っていなかった(鈑桁全24径間で図面 2、3枚程度)
- 手書きで一部不鮮明(拡大しても読めない箇所がある)
- 使用単位がインチ(mmに変換必要であり、変換時に微妙 な誤差が発生する)

- ②供用後の地盤沈下、空襲、地震や路面電車の軌道撤去の 影響があった
- 周辺地盤の沈下が確認されており、橋脚の移動・沈下が懸 念された
- ・第二次大戦中の大阪大空襲や兵庫県南部沖地震などの被 災による弾痕・変形が確認されていた

③橋全体を橋軸方向に3分割して施工

 後述する施工ステップのとおり橋全体を橋軸方向に3分割 して施工することから、各期の施工完了時には舗装を復旧 し、車線開放するため、施工期ごとに床版取替部の路面高 と既設路面高とを合せる必要があった

④事前調査用足場なし(出水期の足場設置不可)

- ・橋自体が堤防よりも低い位置にあり、出水期中は事前計測 用足場の設置ができなかった
- 部材に近接できないため手計測はできず、ターゲットも貼れないため、ノンターゲットで形状計測が可能な計測技術が必要
- ⑤鋼床版製作形状を決める既設桁の出来形情報がない
- ・鋼床版嵩上げ縦桁高さを決めるための既設桁の出来高や 主桁上FLG天端のエレベーションがなかった (前述の(2)製作キャンバー参照)

#### 2)計測項目·計測方法

鋼床版製作前の事前計測として、3D計測に加え手計測な どの従来計測を併用することにより、それぞれの計測の得手 不得手を補い情報の不足を解消した上で工場製作に結果を 反映した。

近接して確認・計測が可能な鈑桁部端径間の主桁リベット 配置の確認や上部工検査路が設置されているトラス部の支 点部(橋脚上)および格点部の干渉物の確認等は、フィルム型 を当てるなど従来の近接手計測により詳細寸法を計測した。 (写真-13)



写真-13 フィルム型によるリベット配置確認

鋼床版の高さや既設桁と取り合う縦桁横桁配置を決定する ための橋梁骨組形状の計測には、非接触で全体の3次元形 状を捉えることが得意な固定式3Dレーザースキャナと測量精 度・信頼度の高いトータルステーションによるトラバース測量を 組合せることにより測点座標を確認しながら30径間分の橋梁 全体モデルの作成を進めた。

計測対象の淀川大橋は橋長が約725mと固定式レーザース キャナの計測可能半径330mを超えていたため、両側の河川 敷からの計測だけでは中央径間のトラス部の計測が不可能で あった。また、橋脚の影になる範囲がスキャニングできない等 の問題があったため、両河川敷からの全体スキャニングの他 に台船で橋脚へアプローチし橋脚側面に仮受けブラケットを アンカーで設置して1径間毎に路下からスキャンを実施する計 画とした(図-10、写真-14)。計測箇所数は、1橋脚につき8~ 10箇所。29橋脚全てで実施し、路下の計測だけで合計246箇 所の計測を実施した。

また、既設とすり合わせる路面高の情報を得るために路面 の歩道上にも等間隔に固定式レーザースキャナを据え、上流 側・下流側合わせて120箇所で同じ作業を繰り返した。



図-10 仮受けブラケット設置要領



写真-14 仮受けブラケット設置状況

#### 3)計測結果

路面・路下・河川敷からスキャニングした全ての点群データ を合成し、橋梁全体の3Dモデルを作成した(図-11)。



図-11 橋梁丸ごと3Dモデル

最終的に淀川大橋全体モデルを作成するために路面・路 下・河川敷でスキャンした回数は400回を超え、得られた点群 データの総点数は約12億点となった。現地計測から3Dモデ ル作成・測点座標の抽出までに掛かった期間は約3ヶ月であ る。一方、総点数約12億点に対して点群データから工場製作 へ反映するために必要としたデータ数は僅か2,040点(使用 率:0.0002%)と150断面および60平面の切り出しであった。

### 6. 床版取替の施工

### (1)**施工ステップ**

本橋は重要な幹線道路であることから、橋全体を3分割(図 -12)して施工することにより、片側2車線の車道を交通規制し て、常に片側1車線を確保するように施工を進めた。

また、1950年~1970年の高度経済成長期の大量の地下水 利用により、大阪平野では急激な地盤沈下が進行したことも あり、淀川大橋は堤防よりも低い位置にあることから、施工 用の足場は非出水期にしか設置できない。通年の施工ができ ないことから、工程短縮を図るため、全30径間を8工区に分け (図-13)、8工区同時施工を実施した。

一般交通を供用させながらの施工であることから施工帯幅 が約6mと非常に狭いので、1径間ごとにRC床版撤去、鋼床 版架設を行い、架設完了後の鋼床版上から隣接する径間の 床版取替えを実施する施工手順を採用した。1径間ごとの床 版取替えの主な施工手順を図-14に示す。



図-12 施エステップ





図-14 床版取替えの施工手順

#### (2) 既設床版の撤去

最初に舗装版を撤去した(写真-15)ところ、既設床版上面 には過去に補修が繰り返された部分的な鋼繊維補強コンク リート舗装やクラック抑制シート等がみられた。

次に吊り用孔や主桁位置確認用孔のコア削孔(写真-16)を 行い、既設コンクリート床版を現場から搬出可能なサイズにな るように、カッター切断機とワイヤーソーマシンにより矩形状 に床版切断(写真-17)を行った。

油圧ジャッキを用いた床版剥離機を使用して、切断した床 版を主桁から引き剥がし(写真-18)、床版ブロックをラフテ レーンクレーンにて撤去した(写真-19、20)。



写真-15 舗装版撤去



写真-17 カッター切断

写真-16 コア削孔



写真-18 床版剥離





写真-19 床版ブロック撤去 写真-20 床版撤去後(鈑桁橋)

既設床版内には路面電車の枕木が残置されていたことが 確認できる箇所もあった(写真-21)。



写真-21 既設床版内に残置されていた路面電車の枕木

本橋は非合成桁であるが、第2次世界大戦時中に空襲を受 けて崩落し、戦後に復旧されたトラス橋1径間を除いてスラブ アンカーやジベルはなかった。

主桁上フランジが埋設されていたフランジ直近の床版は、 板ジャッキによる破砕やエアーブレーカーを用いた手斫りによ り撤去した。

床版を撤去した後、ただちに露出した既設主桁の損傷状況 を確認し、損傷を想定して予め製作していた補強材を用いて 損傷箇所の当て板補強や部材取替等を行った。

#### (3)鋼床版の架設

鈑桁橋は横構がない構造であり、既設対傾構の上弦材撤 去後から鋼床版横リブを既設部と接合するまでの間、圧縮材 となる主桁上フランジの固定間距離が大きくなり、横倒れ座 屈耐荷力が低下する。これを防止するため、床版撤去後に仮 設上横構を設置した(写真-22)。

トラス橋は床組の既設縦桁撤去後の対傾構上弦材が面外 方向に固定されない構造となることから、横荷重に対する耐 荷力の低下を防ぐため、対傾構上弦材中央部の縦桁2列を鋼 床版架設直前まで残置させた。また、対傾構上弦材の撤去に 際し、圧縮部材のトラス主構上弦材の固定間距離が大きくな ることによる軸方向座屈耐荷力の低下を防ぐため、仮設横つ なぎ材を事前に設置した(写真-23)。





写真-23 仮設横つなぎ材の設置

RC床版撤去後は、既設主桁上フランジの素地調整を行い、 鈑桁橋には既設リベットをかわした高さ調整用プレート(写真 -24)を、トラス橋には高さ調整用嵩上げ縦桁を設置した。

鈑桁橋では既設対傾構の上弦材と斜材を撤去した後に工場 で製作した鋼床版を架設し、逐次、高力ボルトで既設主桁と 連結した。トラス橋では床組である既設縦桁・横桁および上横 構を撤去し、併せて、既設対傾構の上弦材および斜材を撤去 したうえで、鋼床版を架設し(写真-25)、逐次、高力ボルトでト ラス主構と連結した。その後、対傾構の新斜材を設置した。

床版取替え完了後には、地覆、鋼製排水溝、防護柵、鋼製 伸縮装置、電気通信設備および道路照明を設置した。





写真-24 高さ調整用プレート設置

写真-25 鋼床版架設

### (4)施工中のモニタリング

本橋は、一般交通を供用させながらの施工であるため、床 版取替え施工中のクレーン施工時荷重に加えて活荷重による 変動応力に対する橋梁の安全性確保が重要な課題であった。 事前に構造解析等により安全性は確認したが、建設当時の 詳細な記録が残っていない不確実性を考慮して、最初に着手 する鈑桁橋1径間とトラス橋1径間において、I期施工期間中 の主部材の応力状態、変位、および振動の常時計測を行った。 施工前に床版取替え施工段階毎のFEM解析を実施し、応力 閾値を設定し、施工中の応力管理指標とした。施工中にリア ルタイムで解析値と比較しながら応力閾値を超えた場合、施 工現場に安全ランクと連動した3段階の警報ランプが回転す るとともに、作業中断を知らせるメールを工事関係者に発信さ せることにより、施工を中断できるような構造物安全性管理シ ステムを構築した。これにより、交通供用させながらの床版取 り替え工事を橋梁の安全性を確保しながら施工することがで きた。また、振動計測によって橋梁の固有振動数に変化が確 認されたが、その詳細は参考文献5)を参照されたい。

#### 1) 鈑桁橋の応力状態

施工中は、各主桁に設置したひずみゲージにより活荷重お よび施工時荷重による変動応力をモニタリングした(図-15)。

支間中央の主桁下フランジについては、床版取替えを行う 範囲(G1桁~G3桁)の応力変動が大きかった(図-16)。

RC床版撤去中はクレーンと撤去床版の荷重によって、施工 前より引張応力が大きくなるが、RC床版撤去後に応力が最も 小さくなり、鋼床版架設後は応力が増加するが施工前より小 さい応力状況となった。ウェブについては、元々、発生するせ ん断応力が小さいこともあり、施工状態の違いによる応力変 動は小さかった。また、床版取替えを行っていないG4主桁~ G7主桁は、施工の影響による応力変動は僅かなものであっ た。また、たわみにおいても、床版撤去後の主桁が上方に上 がり、鋼床版架設により下がるという傾向を示した。

いずれも、解析値と同様の傾向を示しており、施工を中断 することなく床版取替えを安全に完了した。



図-16 鈑桁橋G2主桁下フランジ(図-15の青丸部分)の 施工中の応力

#### 2)トラス橋の応力状態

トラス橋も鈑桁橋と同様なモニタリングを行った(図-17)。 鈑桁橋と同様の傾向を示し、床版取替えを行う範囲(G1~ G2主構)は応力変動が大きいが、施工中の応力状況は事前の 解析値と同様の傾向を示し、想定どおりであった(図-18)。

また、たわみにおいても、鈑桁橋と同様に床版撤去後の桁 が上方に上がり、鋼床版架設により下がるという傾向を示して おり、施工中の挙動も想定どおりであったため、こちらも安全 性を確保しながら床版取替えを完了した。





A:施工前 B:床版撤去中 C:床版撤去後 D:鋼床版設置後
 図-18 トラス橋G1主構下弦材(図-17の青丸部分)の
 施工中の応力

### 7. 鋼部材の修繕

#### (1)トラス主構の取替

中央径間P15-P16下流側のトラス主構の斜材および垂直材 は、第2次世界大戦中に激しく銃弾を受け損傷個所が多い、 1箇所の部材欠損範囲も広い、過去の補強材の溶接部からの き裂が多く発生していること等から、斜材および垂直材をす べて取替えた。

死活荷重作用下におけるトラス橋の主構取替えであり、構 造安定性を確保するため、既設斜材と交わる方向に上下弦材 を仮設バイパス材で連結し、引張力または圧縮力に抵抗させ てトラス主構の安定化を図ったうえで、斜材および垂直材を1 本ずつ取替えた(写真-26、27)。



写真-26 主構斜材の取替え



写真-27 トラス主構の取替え後

#### (2) 主桁の部分取替え

鈑桁橋の支点上の主桁が伸縮装置からの漏水による腐食 によって大きく断面欠損したものが7箇所発見され、緊急的に 油圧ジャッキで仮受けしたうえで、主桁ウェブと下フランジを 部分的に取替えた(写真-28)。



写真-28 鈑桁橋支点部の主桁の部分取り替え

### (3)腐食・変形部の補修補強

その他、大規模更新の一環として、鋼桁の腐食や変形が 生じている箇所については、補修・補強を実施した。全面足 場設置後に淀川大橋の鋼桁30径間すべての腐食調査を実施 (写真-29)し、その調査結果をもとに診断を行い、その結果 をもとに発注者と協議の上で補修の必要可否を判断した。道 路橋定期点検要領<sup>6)</sup>では、着目部位の減肉量が大きければ、 損傷の大小に関わらず補修の対象となるが、この手法では本 橋のように全面的に塗膜劣化が進行している橋梁では、その 大部分が補修対象となってしまう。また、減肉量に関する定 量的な指標が示されていない(定性的に「大・小」で表現されて いる)ため、補修の必要可否が調査員の技術力や主観に左右 される不明確なものであった。

このような状況下でも、限られた予算の中で最適な補修を するため、補修の必要可否について明確な判定基準を策定す ることが課題であった。





図-19 主桁ウェブ上端部の腐食

そこで、補修要否の判定基準を事前に定量的に計画するこ とで、調査員による判断のムラを無くすことを考えた。具体的 には、実応力から不足断面を算出することで補修の必要な断 面を明確にした。例えば、図-19、写真-30に示す主桁ウェブ 上下端部の腐食の場合、健全断面での水平せん断応力の算 定を行い、限界必要ウェブ厚を求める。すなわち、健全板厚-限界必要板厚=許容減肉量となる。ここで、合成応力度を考 慮して、水平せん断応力度は許容値の60%程度となるように 設定した。これを全ての腐食部位に対して明確にしたことで、 減肉量を計測するだけで補修可否の「1次判定」が可能となっ た。減肉量を計測し、所定のシートに入力するだけの作業と なるため、調査員の技術力や主観には左右されない。

まず、この手法で1次判定を行うことで補修候補箇所を絞り 込み、その候補箇所を設計者および発注者が直接確認・計 測・評価する「2次判定」にて補修要否を決定した。



写真-30 主桁ウェブ上端部の補修前後

本工事の足場設置後に、腐食・堆積した錆を取り除いた状態で近接詳細点検を実施した結果、これまでの定期点検で発見されなかった数多くの損傷が発見された。これらは損傷毎に判定および診断を実施し、最終的に本橋で実施した修繕箇所は約1,100箇所となり、これは定期点検結果に基づく修繕計画箇所の166箇所の約7倍であった。

また、今後の維持管理の効率化のため、本橋全体の3次元 CIMモデルを作成し、施工完了後の各部材の材料特性、補修・ 補強履歴を網羅したCIMデータを構築した。これにより、現 地においてタブレットで閲覧、新たな損傷、補修・補強の登録 が可能であり、維持管理に活用可能な橋梁カルテとして引き 継げるようにした。

### 8. 舗装

鋼床版表面の素地調整を実施し、舗装復旧のアスファルト 混合物として、鈑桁橋の基層にはたわみ追従性、防水性を有 するグースアスファルトを施工した(写真-31)。

トラス橋の基層には、超速硬コンクリートにスチールファイ バーを混入して引張強度や曲げ強度、せん断強度、および靱 性を高めた鋼繊維補強コンクリート(SFRC)舗装を施工した (写真-32)。



写真-31 グースアスファルト舗装



写真-32 SFRC舗装

次に、アスファルト加熱型塗膜防水層を塗布し、舗装の表 層には、たわみ追従性に富んだ密粒度アスファルト混合物とし てポリマー改質アスファルトⅢ型-WFを施工した。

舗装完了後に区画線を設置し、路面表示については、本橋 が多車線の交通量の多い長径間の橋梁であり、追突事故が 発生しやすいため、路面表示はアロー型減速マーキングを全 橋にわたって設置して工事を完了した(写真-33)。



写真-33 工事完成

#### 9. 既設RC床版の各種試験

淀川大橋に関する既往の研究によれば、鋼材に関する材料 試験・鋼材表面に付着した塩分測定等は行われているが、RC 床版に着目した検討は行われていなかった。RC床版に関する 既往研究を調査すると、大正時代に建設された床版の研究は 少なく、建設後90年を超えるRC床版の劣化事例を調査し、 劣化状況・残存耐力の予測を行う事は、今後、本橋と同様の 歴史ある橋梁を保全する上で必要となる。

そこで、歴史ある橋梁の既設RC床版の破壊試験等の調査 事例が少ないことに鑑み、今回の大規模更新で撤去したRC 床版の各種材料試験、静的4点曲げ載荷試験(写真-34)およ び輪荷重走行試験(写真-35)を実施した。

試験の詳細および試験結果については、本誌で後述する別 論文、参考文献7)、8)、9)を参照されたい。



写真-34 静的4点曲げ載荷試験



写真-35 輪荷重走行試験

### 10. まとめ

今回の大規模更新プロジェクトは大正時代に構築された淀 川大橋の長寿命化として実施した。供用から95年経過した淀 川大橋は、次の100年の使用を見据えて、今後も引き続き適切 な維持管理が実施されていく。

現場施工は約35,000台/日の一般交通車両と約7,000人/ 日の歩行者・自転車を供用させながら、日々、公衆災害と隣り 合わせの施工であったが、本工事が無事に完遂できたのも沿 道住民および国道2号の道路利用者の方々のご理解とご協力 の賜物であった。

最後に、本工事の実施にあたり、多大なるご指導、ご協力 をいただいた関係者の方々に紙面を借りて深く感謝の意を表 すと共に、この事例が良い先例として今後の大規模更新プロ ジェクトに貢献できれば幸いである。

### 【参考文献】

1)大阪市産業大観、1973

- 2)国土交通省近畿地方整備局大阪国道事務所:国道2号淀川 大橋他調査補修設計業務報告書、2016.2
- 3)新都市社会技術融合創造研究会:高齢化を迎えた長大橋 梁の診断と長寿命化に関する研究成果報告書、2013.2
- 4)東日本・中日本・西日本高速道路株式会社:設計要領 第二 集 橋梁建設編、2016.8
- 5)玉田和也、伊藤安男:床版取替工事を実施する橋梁(淀川 大橋)の振動計測、土木学会年次学術講演会、2019.9
- 6)国土交通省道路局:道路橋定期点検要領、2019.2
- 7)吉田有希、木作友亮、大前利夫、竹嶋夏海、岡田誠司、 年田口拓泉、伊藤安男:大正時代に建造された道路橋RC 床版の材料試験、土木学会年次学術講演会、2020.9
- 8)木作友亮、吉田有希、大前利夫、竹嶋夏海、岡田誠司、 牟田口拓泉、仲村篤:大正時代に建造された道路橋RC床 版の静的4点曲げ載荷試験による耐荷力の検証、土木学会 年次学術講演会、2020.9
- 9)竹嶋夏海、岡田誠司、牟田口拓泉、仲村篤、大前利夫、 木作友亮、吉田有希:大正時代に建造された道路橋RC床 版の疲労耐久性の評価、土木学会年次学術講演会、2020.9

### 小田原厚木道路 川端高架橋床版取替工事

一大規模リニューアルプロジェクト報告(その1)—

TAKAI	<sup>Yusuke</sup>	YUASA	Minoru	SEKI	Masa	utoshi
高井	祐輔*	湯 浅	実**	関	政	利**
	SATOHO Hideyuki 郷保 英之***		SUZUKI 鈴木	Tatsuyuki 辰幸****		

### 1. はじめに

川端高架橋床版取替工事は神奈川県小田原市を中心とす る小田原厚木道路と西湘バイパス上の複数橋を対象とした 工事である。小田原厚木道路は1969年3月に、西湘バイパス は1971年4月に開通しており、ともに開通後約50年経過してい る。これまでも縦桁増設や床版増厚などの床版補強が実施さ れてきたが、交通量の増加や車両大型化により床版下面のひ び割れや遊離石灰をともなう漏水、かぶりコンクリートの浮き や剥離が生じてきており(写真-1)、現行基準に適合させるべ く床版取替を含む大規模なリニューアル工事を実施すること となった。

本工事は後述する基本契約方式により発注されており、図 -1に示すように複数個所の橋梁群を対象とし、設計完了した 橋梁から順次発注、契約、施工という手続きを踏んでいるた め、現在も工事を進めている状況である。本稿は工事がしゅ ん工している川端高架橋、観音寺高架橋および風祭高架橋を 対象とした工事報告(その1)として取り扱い、早川Bランプ橋 と萬丈橋については工事完了後に(その2)として別途工事報 告をまとめることとした。



写真-1 床版劣化状況



図-1 橋梁位置図

#### 2. 工事概要

前述のとおり本工事は設計完了後に複数工事に分けて発 注されるため、各工事に分けて概要を示す。

いずれの工事も交通渋滞に配慮して大型連休を避けた期 間に集中工事を行う条件となっており、如何にして集中工事中 の作業量を減らし、早期に交通解放できるかが重要な課題で あった。そのため、取替床版については高耐久性床版の適用 と合わせて、床版取替による交通規制期間の短縮を目的とし てプレキャストPC床版(以降PCaPC床版)の採用を基本とし ている。

#### 2-1. 川端高架橋床版取替工事概要

本工事が基本契約対象のうち初回の個別契約となる工事 であり以下に概要を示す。

- 工 事 名:小田原厚木道路(特定更新等)川端高架橋床版 取替工事(平成28年度)
- 発 注 者:中日本高速道路株式会社 東京支社
- 施 工 者:IIK·IHI小田原厚木道路(特定更新等)川端高架橋 床版取替工事(平成28年度)特定建設工事共同企業体
- 路線名:一般国道271号(小田原厚木道路)
- 施工箇所:神奈川県小田原市
- 工 期:平成29年8月25日~令和3年7月4日 内、床版取替期間平成30年5月14日~同7月9日 (対面交通規制工や舗装工を除く床版取替工事実施期間)
- 施工範囲:川端高架橋を含む全6橋の詳細設計および 川端高架橋上下線の全工種の施工
- 主要工種:床版取替1,035m、鋼桁補強127ton、 支承取替78基、桁連結工1式、塗替塗装7,692m

ここで、基本契約方式とはあらかじめ入札公告などに提示 した複数の同種工事を継続的に行うため、基本的かつ共通 的な事項に関する基本契約を締結し、その基本契約に基づき 個別契約を締結して計画的に工事を進める方式である。初回 の個別契約である本工事では、川端高架橋床版取替工事とし て全橋梁の設計業務を含んでいるが、施工については川端高 架橋のみを対象としている。表-1に基本契約に含まれる全体 工種を示す。設計、施工範囲および工種は契約後の協議によ り一部変更となっており、ここでは最終項目のみを示している。 なお川端高架橋は上下線が対象となっているが、床版取替や 支承取替といった主要工種が上り線のみのため、ここでは上 り線のみを取り上げる。

<sup>\*㈱</sup>IHIインフラシステム 橋梁技術室 設計部 設計第3G \*\*㈱IHIインフラシステム 建設部 工事東第2G
路線	橋梁名	径間	床版取替 (PC床版)	床版 増厚	桁補強	桁連結	支承 取替	落橋 防止	付属物	塗替 塗装	はく落 防止	ひび割れ 補修等	ボルト 取替	詳細 設計
		$A1 \sim P1$	—		—	—	0	0	—	0	0	0	—	
	川端高架橋	$P1 \sim P9$		—	—		0		0	0	0	0	—	0
	(上り線)	$P9 \sim P13$	0	—	0		0	0	0	0	0	0	—	0
		$\mathrm{P13} \sim \mathrm{P33}$	—	_	—		—	—	—		0	0	—	
	川端高架橋	A1~P14	—	—	—	_	—	—	_	0	0	0	0	0
田	(下り線)	$\mathrm{P14} \sim \mathrm{P34}$	—	—	—	_	—	—	_		0	0	—	0
原厚木	観音寺高架橋 (下り線)	$A1 \sim A2$	0	_	0	0	0	_	0	0	0	0	_	0
1 道路	風祭高架橋 (Aランプ)	$P4 \sim P4-6$	0	—	0	_	0	0	0	0	0	0	_	0
	<b>革</b> 丁橋(トh線)	$\begin{array}{c} P19 \sim P20 \\ P21 \sim P23 \\ P24 \sim P26 \end{array}$	0	_	0		0	0	0	0	0	0	_	
		$\begin{array}{c} P20 \sim P21 \\ P23 \sim P24 \end{array}$	_	0	0	_	0	0	0	0	0	0	_	
		$P17 \sim P20$	0	—	0	—	0	0	0	0	0	0	—	
西		$\mathrm{P20}\sim\mathrm{P21}$	0	_	0		0	0	0	0	0	0		0
湘  バ  イ	萬丈橋(上下線)	$\begin{array}{l} P21 \sim P22 \\ P23 \sim P24 \end{array}$		0	0		0	0	0	0	0	0	—	
パス		$\begin{array}{c} P22 \sim P23 \\ P24 \sim P31 \end{array}$	0	_	0	_	0	0	0	0	0	0	_	
	萬丈橋(上下線)	$\mathrm{P35} \sim \mathrm{P36}$	0	—	0	—	0	0	0	0	0	0		
	早川Bランプ橋	$\mathrm{P31}\sim\mathrm{PB4}$	0	—	0	_	0	_	0	0	0	0	—	0

## 表-1 全体工種(着色部が初回個別契約範囲)

主要工種の対象である川端高架橋上り線A1-P13の橋梁諸 元を以下に、一般図および標準断面図を図-2および図-3にそ れぞれ示す。

# 【川端高架橋上り線】

橋梁形式:

- (施工前)13×鋼単純RC床版合成3主鈑桁橋(A1-P13)
- (施工後)1×鋼単純RC床版合成3主鈑桁橋(A1-P1)
  - +2×鋼4径間連結RC床版合成3主鈑桁 (P1-P5、P5-P9)+4×鋼単純PC床版合成3 主鈑桁橋(P9-P13)
  - (床版取替の実施はP9-P13のみ)
- 橋 長:31.2m+98.0m+98.0m+24.5m+36.4m +28.4m+28.3m=全長345.5m
- 支間長:30.5m+3@23.7m+23.8m+3@23.7m +23.8m+23.6m+35.7m+27.7m+27.6m

# 幅 員:8.78m

床版厚:既設170mm+増厚40mm=210mm P9-P13のみ床版取替施工後220mm



#### 図-3川端高架橋上り線標準断面図

## 2-2. 観音寺高架橋他1橋床版取替工事概要

川端高架橋床版取替工事にて設計完了した観音寺高架橋 および風祭高架橋に対する2回目の個別契約工事であり、以 下に概要を示す。(以下発注者、施工者は同様のため省略する)

工 事 名:小田原厚木道路(特定更新等)観音寺高架橋他 1橋床版取替工事(平成30年度)

路線名:一般国道271号(小田原厚木道路) 施工箇所:神奈川県小田原市、平塚市



- 工期:平成30年12月7日~令和3年2月18日
  内、床版取替期間令和元年5月7日~同7月5日(交通規制工や舗装工を除く床版取替工事実施期間)
  施工範囲:観音寺高架橋下り線および風祭高架橋Aランプ
- の床版取替工、支承取替工などの施工
- 主要工種:床版取替1,870m、鋼桁補強116ton、 支承取替40基、桁連結工1式、塗替塗装4,600m

観音寺高架橋下り線および風祭高架橋Aランプの橋梁諸 元および一般図(図-4および図-5)をそれぞれ示す。

# 【観音寺高架橋下り線】

橋梁形式:

(施工前)4×鋼単純RC床版合成3主鈑桁橋

- (施工後)鋼4径間連結PC床版合成3主鈑桁橋
- 橋 長:108.1m
- 支 間 長:4@26.1m
- 幅 員:8.78m
- 床版厚:(施工前)170mm、(施工後)220mm



【風祭高架橋Aランプ】

橋梁形式:

- (施工前)鋼3径間連続RC床版非合成1主箱桁橋 +鋼3径間連続RC床版非合成2主鈑桁橋 (施工後)鋼3径間連続PC床版合成1主箱桁橋 +鋼3径間連続PC床版合成2主鈑桁橋
- 橋 長:72.2m+64.3m
- 支間長:23.0m+24.0m+24.4m+19.7m+23.9m+19.8m
- 幅 員:7.0m~6.5m
- 床版厚:(施工前)185mm、170mm、 (施工後)220mm~240mm



# 3. 川端高架橋床版取替工事

川端高架橋床版取替工事は、P9-P13の床版取替とP1-P9 間の桁連結を含む全線の耐震補強に分けて設計施工を行っ た。以下それぞれについて述べる。

# 3-1. 単純桁橋4連の床版取替

# 3-1-1. 施工計画

床版取替の対象は上り線のみであることから、施工時は図 -6に示すように対象橋梁前後で路線を切り替えることにより、 下り線での対面通行規制にて交通を確保しながら上り線のみ を完全通行止めとした。



図-6 対面通行規制

本橋は合成桁橋のため鋼桁のみの耐荷力が著しく小さく、 B活荷重対応とするためには既設床版荷重を除荷した状態で 桁補強をしなければ、既設部材の応力超過を十分に改善でき ない状態であることが分かった。そのため、床版取替は全床 版を撤去した後に桁補強を実施、その後に床版架設を順次行 う計画とした。また床版と主桁のずれ止めには馬蹄形ジベル が使用されており、非合成桁橋のように床版剥離機を用いて 床版を主桁から剥離させることは困難と判断し、桁間および 張出床版撤去後に桁上コンクリートを取り壊す手順とした。

床版取替は上記の基本方針を踏まえて以下の現地条件により施工する必要があった。

- ▶集中工事にて4橋連続橋梁の床版取替を実施
- ▶ 対面通行規制により下り線上は使用不可
- ▶橋梁外へのクレーン配置は不可
- ▶写真-2に示すように民地と近接していて橋梁外への旋回 不可など空間的な制約



写真-2 川端高架橋周辺状況

これらの条件から床版取替を行う橋梁上に重機を配置す る計画が必要となった。床版撤去については既設床版を分割 しながら部分撤去するため、道路幅員内で旋回可能なクレー ンによる撤去工法を採用した。一方で、床版架設は床版を撤 去した鋼桁上での作業となるため、クレーンは採用できず、主 桁上にレールを敷くことで走行可能な床版架設機を採用した。 ここで採用した床版架設機は、新設橋梁の床版架設では一 般的に用いられているが、床版取替工事での適用は国内初で あった。

## 3-1-2. 詳細設計

# (1)主桁補強の考え方

本橋の非合成桁化の可否について完成系の照査を行った ところ、設計荷重作用時の応力度の超過量が大きく、現実的 な補強量にはならないと判明し、合成桁のまま取り替えること とした。また合成桁に対して補強効率を上げるためには床版 等による死荷重を除荷した後に補強を設置する必要があり、 現況までの復元および前述の施工計画を反映したステップ解 析により各ステップの状態を考慮した設計を行った。

床版取替時には橋梁上に重機を搭載する必要があるが、 本橋は合成桁であるため、上フランジが小さく、許容応力度 の大きな低減が問題となった。床版設置時には既設桁の応力 を取り除いた状態で補強部材を有効にすることで、容易に補 強できるが、床版撤去時にはそれが出来ず、既設鋼桁断面の みで抵抗することは不可能であった。

そこで、今回の床版撤去手順を利用し、主桁ハンチ部のコ ンクリートに対しては橋直方向の先行切断をせず、1橋梁分の 撤去が完了するまで残置することで、見かけ上の上フランジ断 面を大きくし、許容応力度を低減させることなく、施工できる 方法を採用した。また、鋼部材による補強は集中工事中の作 業を増やすこととなり、規制期間に影響を与えるため、補強量 を極力小さくすることができ、かつ集中工事前に設置可能な 外ケーブル補強を併用した。

これらの補強断面の考え方を図-7に、全体の補強構造の 一例としてP11-P12の補強構造一般図を図-8に示す。





#### (2) 鋼部材による補強構造

補強断面形状は各桁の構造に合わせてT字型またはL字型 の補強リブとした。補強リブのベースPLは垂直補剛材等によ る不連続性を考慮して、補強部材取付のための部材として断 面には考慮せず、連続させているリブ部分のみを有効断面と した。取付位置は対傾構部分での連続性や既設上フランジと の塗装スペースを考慮して上フランジから200mm程度とした。

垂直補剛材を跨ぐ部分については従来、綴じ合わせ継手を 採用していたが、既設垂直補剛材取付位置の出来形により場 所ごとの調整が必要となり、製作性および施工性ともに悪い ため、垂直補剛材を跨ぐ添接継手を採用することで、既設構 造の誤差吸収をできるようにした。対傾構部分については取 付位置の都合から添接継手とすることが困難と判断し、従来 型である綴じ合わせ継手としたが、設置時にはこの対傾構跨 ぎの部材から取り付けることで隣接する補強リブの添接位置 にて調整できるため、施工しやすい構造とすることができた。 これらの構造を写真-3に示す。



写真-3 補強構造継手

# (3)外ケーブル補強

主桁支間部の鋼部材による補強量を低減でき、さらに集 中工事前に取り付けても床版撤去中の既設桁の応力改善が 可能であるため、本橋では外ケーブル補強も採用した。ただ し、桁下空間の適用条件については橋梁ごとに制約が異な ることから、それぞれ構造検討を行った。外ケーブル補強は 軸力と偏心曲げにより主桁の応力改善を行う工法のため、主 桁支間部においては下方に配置した方が有利となる。そのた め、桁下空間の制約のないP11-P12、P12-P13は、下フラン ジ下側へ突出させたケーブル配置とし、補強量最小となる設 計を行った。一方、P9-P10、P10-P11は桁下に交差道路が あり、P9-P10は完成系のみ、P10-P11は架設中および完成 系ともに桁下への部材設置が不可となるため、この2径間は 外ケーブルを下フランジ上側に配置した。ただし、P9-P10の 交差道路は架設中の交通規制が可能ということで、架設中の み一時的に下フランジ下側に外ケーブルを配置する補強案を 検討し、最も応力状態が厳しい床版撤去中に十分な応力改 善ができることが分かった。この場合、施工途中での盛替が 必要となるが、施工ステップ上、工程に影響なく盛替可能と の判断から架設中と完成系で配置を変える施工方法を採用 した。各径間で設計施工方法が異なるため煩雑となったが、 施工ステップを橋梁ごとに整理したうえで解析に反映し、施 工条件に合わせた最適設計を実施した。これらを踏まえた外



ケーブル配置を図-9に、一例として下フランジ下側に配置した P11-P12の外ケーブル補強を写真-4に示す。なお、外ケーブ ルにより主桁に大きな圧縮力が導入されるため、各施工ステッ プにおけるウェブ座屈照査を行い、必要に応じて追加水平補 剛材を設置した。



写真-4 P11-P12の外ケーブル補強

## (4) 外ケーブルに対するPCaPC床版の対処

主桁補強に外ケーブル補強を適用したため、外ケーブル緊 張による主桁キャンバーを考慮し、床版下のモルタル厚を確 保できるように床版のハンチ高さを設定する必要があった。し かし、主桁補強設計と床版設計は集中工事に間に合わせるた め、同時に進行させる必要があったことから、キャンバー量確 定後、図-10の通りハンチ部分を最大25mm程度切り欠くよう に図面変更して対処した。ハンチを切り欠くことで主桁上の床 版上縁応力が厳しくなるため、PC鋼材本数の見直しも合わせ て実施した。



#### 3-1-3. PCaPC床版の製作

PCaPC床版は、IIK滋賀工場で製作した。一般的に PCaPC床版は運搬時の制限等を考慮して2m程度の間隔で 割り付けるが、川端高架橋では、床版架設機に積み込む120t クレーンの能力では2m間隔のPCaPC床版を積み込むことが できないことが判明したため、床版間隔を1.8m間隔に狭めて PCaPC床版の重量を軽減した。図-11にPCaPC床版断面図を 示す。



また、PCaPC床版の品質向上を目的に、コンクリート保水養 生テープを使用して28日間の長期封緘養生を行った。写真-5 に養生状況を示す。



写真-5 PCaPC床版養生状況

## 3-1-4. 施工概要

## (1) 床版取替工程

川端高架橋の床版取替工程と平面図を図-12に示す。既設 床版撤去はP10-P11の中央付近から両端に向けて開始する こととした。これは、支間長最大であるP10-P11において架 設重機荷重による曲げモーメントを最小とすること、および P9側の既設床版撤去を先行して完了させ、床版架設機の組 立やレール敷設を開始するためである。





図-12 床版取替工平面図および工程表

#### (2) 既設床版撤去

既設床版撤去は、張出床版部や主桁間の既設床版を吊り 切りにより撤去し、その後主桁上の既設床版を撤去する手順 にて、80tクレーンを使用して施工した。写真-6に主桁間の吊 り切り状況を示す。施工箇所周辺は住宅が近接しており、主 桁上の既設床版をブレーカー破砕することによる騒音の発生 が懸念されたため、図-13に示すように主桁上の既設床版を水 平方向にワイヤーソーでブロック撤去することで、ブレーカー 破砕範囲を主桁上に残った部分のみとすることができ、ブレー カーの使用時間を大幅に削減した。ワイヤーソーによる水平切 断状況を写真-7に示す。なお、ブレーカー破砕時は写真-8に 示すように防音シートで囲い施工した。 また、下り線の橋梁が近接しており撤去床版を衝突させず、 一般車両の通行帯側に吊り荷を侵入させないようにするた





写真-6 既設床版主桁間吊り切り状況



写真-7 既設床版主桁上ワイヤーソー切断状況

め、地覆壁高欄を含む張出床版の吊り切り撤去時には、鉛直 に吊り上げて横移動する張出床版撤去機を使用した。写真-9 に張出床版撤去機使用状況を示す。

主桁上フランジ天端面は、2種ケレンにて仕上げ、有機ジン クリッチペイントを塗装した。塗装の際、上フランジ角部にも 塗装が付着しやすいように、通常のグラインダーでの面取りで は角部が残ってしまうため、面取り専用機械を使用して2R面 取り加工を行った。



写真-8 既設床版主桁上ブレーカー破砕状況



写真-9 張出床版撤去機使用状況

#### (3)PCaPC床版架設

PCaPC床版の架設は既設床版を全て撤去した後の施工と なり橋梁側方にヤードがないことから、クレーンではなく床版 架設機を使用した。床版架設機にPCaPC床版を積み込む際、 吊り荷が住宅の上空を通過することを避けるため、側道があ るP9側に120tクレーンを配置して床版架設機にPCaPC床版 を積み込むこととした。床版架設機は、主桁上に設置したレー ル上を走行してP13側からPCaPC床版を架設していった。写 真-10にPCaPC床版架設状況を示す。



写真-10 PCaPC床版架設状況

#### (4)外ケーブルの緊張管理

外ケーブルは床版取替中の架設重機荷重に対しても必要 であったことから、集中工事前に配線、緊張作業を行った。 緊張作業は片引き緊張で径間ごとに3主桁を同時に緊張し た。緊張管理は、通常の伸びと圧力の管理に加え、主桁のキャ ンバー計測とひずみゲージによる主桁応力管理を実施した。 設計緊張力を導入した結果、キャンバー値および応力値とも に設計値の80%以上であり、ほぼ計算通りの応力が導入され たと判断し、緊張完了とした。

# 3-2. 桁連結および支承取替

### 3-2-1. 施工計画

## (1) 床版打替施工時の規制方法や施工手順

桁連結のための床版打替は規制をともなう施工であり、発 注時は1週間単位の昼夜連続車線規制で施工するように考え



図-14 連続車線規制による床版打替および桁連結施工工程

ていた。しかし、既設伸縮装置や既設床版の撤去、主桁上フ ランジの連結、高力ボルト本締工、超速硬コンクリートの打 設と多工種を連続的に施工しなければならないことや、床版 打替前に支承取替を完了させるための時間が必要であったこ と、さらに規制時期の集約ということで観音寺高架橋工事の 床版取替時期に合わせて規制を行うことになったことから、 舗装を含めた3週間の昼夜連続の車線規制による幅員方向分 割施工に変更した。図-14に床版打替および桁連結の規制期 間中の施工工程を示す。

連続車線規制では、走行車線と工事箇所の間にガードレー ル等の仮設防護柵を設置しないでラバーコーンのみを設置す ることから、既設床版等撤去時の殻等の飛散や作業員の走 行車線への飛び出しを防止するため、写真-11のような簡易仮 囲いを設置した中で施工した。写真-12に走行車線側の施工 完了状況を示す。



写真-11 簡易仮囲い設置状況



写真-12 走行車線側施工完了状況

#### (2) 桁連結および支承取替条件

本橋における桁連結は、現場状況や落橋防止システムの省 略条件等を考慮して、4径間連続を最大として既設主桁高や 支間長により連結箇所を選定、また、平面曲線区間での連結 を避けてP1-P5(4径間)、P5-P8(4径間)にて採用した。 支承取替では、既設支承の多くが線支承であったことか ら、積層ゴム支承を採用するための十分な桁下高が確保でき ないこと、また、すべり機構からなるコンパクト可動支承では すべり面に異物が付着した場合の機能不全が懸念されるとの ことから、以下の方針にて構造を決定した。

- ▶連結桁:水平力分散構造として、積層ゴム支承が入る高さ まで既設桁を切り欠く
- ▶単純桁:固定可動構造として、パッド型ゴム支承と水平力 分担構造を併用する

▶ 橋直方向:下り線との衝突を避けるため、全て固定とする

桁連結部においては、水平力分散構造とした結果によるP1 およびP5橋脚の耐力不足を考慮して、対象脚の1端支点につ いては可動支承を採用し単純桁と同様の構造とした。

桁連結の対象範囲は床版取替を行わないことから、P9-P13の床版取替の集中工事完了後に交通規制をせずに支承 取替を先行完了させ、幅員方向分割施工による床版連結およ び桁連結を施工した。

## 3-2-2. 詳細設計

一般的な桁連結構造では上下ともにモーメントPLを配置し て連結を行うが、本橋においては支承を取り替えるために桁 切り欠き構造とすることから、施工手順も考慮した組み合わ せ構造を設計することが課題であった。施工手順としては、 桁切り欠きによる支承取替を先行するため、ジャッキアップや 支点上の補強リブを追加した状態で、下側にモーメントPLを 追加することは困難との結論から、綴じ合わせによる連結構 造を採用した。上側については支承取替による補強部材と分 離したモーメントPLによる連結とした。この構造により支承取 替作業と桁連結作業を分離することができ、規制期間を短縮 した施工方法とすることができた。写真-13に桁連結後の状 況を示す。



写真-13 川端高架橋における桁連結構造

単純桁では水平力分担構造を採用しているため、支承取替時のジャッキアップは水平力分担構造位置と合わせることで、 補強リブや鋼製ブラケットを兼用した。図-15に単純桁の支点 上構造図を示す。



## 3-2-3.施工概要

## (1)支承取替時の工夫

## 1)写真計測による設計図面への反映

本橋は支承取替を行うため、主桁ジャッキアップ用のブラ ケットを既設橋脚正面に取り付ける必要があった。

アンカー孔は既設配筋図を基に設計位置を決定し、実施工 において実際の鉄筋配置を確認しながら削孔位置を決定した。 既設橋脚の鉄筋配置を把握するための鉄筋探査を行った後、 正規のアンカーボルト位置の罫書を行い、アンカーボルトと鉄 筋が干渉する箇所については、縦、横方向ともにアンカーボル トの中心間隔を3D以上確保するように削孔位置を変更した。

アンカーボルトの削孔にはコアボーリングマシンを使用した。設計径のコア削孔前に小径の先行孔をあけることで、鉄筋探査では調査できない内部の鉄筋の有無を確認した。また、削孔中に鉄筋に触れると電流が止まる電工ドラムを使用することで、鉄筋の損傷を防止した。

主桁ジャッキアップ用ブラケットは、アンカーボルトの削孔 および定着後に、その位置を計測することで、設計および製 作に反映するが、計測作業の効率化や計測ミスによる再製作 の撲滅を目的に写真撮影による3次元計測を採用した。本計 測は撮影したカメラの位置情報を専用のコードターゲットを使 用して解析を行い、各測定点の三次元座標を算出するもので ある。川端高架橋では、アンカーボルト中心位置を正確に捉 えるために、アンカーボルトに取付可能な専用の治具を3Dプ リンターで作成し計測を行った(写真-14)。計測には高性能一 眼レフカメラを使用したが、足場内の狭い箇所での撮影とい



写真-14 写真計測状況

う事を考慮し、1か所あたり約30枚の写真を撮影した。また、 既設ボルト孔を利用した既設対傾構の補強材に対しても、同 様の写真計測を用いた。その結果、計測ミスによるブラケット および補強材の再製作を防止することができた。

#### 2) 支承取替手順および取付時の工夫

本橋は市街地に位置し、道路を供用しながら支承取替を 行うため、日常の通行や近隣住民への第三者被害に留意する 必要があった。

ジャッキアップ支点部で走行面に段差が生じないように、 隣り合う支承線を同時にジャッキアップするため、橋脚単位で の施工とした。一方、単純桁で構成された本橋(支承取替は 桁連続化前に実施)では、径間毎にジャッキアップすると、橋 体がジャッキのみで支持され、不安定な状態となるため、同 一橋梁の両端をジャッキアップしないように隣り合った橋脚を 同時に施工しない計画とした。ジャッキアップ量は3mm以下 とし、ジャッキアップ前後において、ブラケット天端から主桁 下フランジまでの距離を計測し、日々確認を行うことで、異常 がないかを管理した。

支承の取替順序は、全主桁のジャッキアップ後、取替中の 水平力分担を考慮し、G1およびG3桁の既設支承の撤去、新 設支承の設置を行った後にG2桁の支承取替を行った。地震 時水平力に対する対策として仮設の横移動防止装置を設置し た。横移動防止装置における設計水平震度Khは、道路橋示 方書のI種地盤のピーク値であるKh0≧0.16、地域別補正係 数はA1地域よりCz=1.2を用い、鋼構造架設設計指針(土木 学会)により震度法の1/2として、Kh=0.1としている。また横 移動防止装置に加え、写真-15に示すように橋脚天端と縦桁を レバーブロックにて固定し、2重の対策を行った。支承撤去時 の既設橋脚のはつり出しにおいては、躯体のひび割れ発生を 抑制するため、ウォータージェット工法を用いた。



写真-15 横移動防止対策

#### (2)塗替塗装時の工夫

## 1) 試験施工の実施

旧塗膜を湿式剥離するにあたり、民家が多数隣接している ことを考慮し、剥離剤による悪臭等の第三者への影響を低減 するために、油性ではなく水性剥離剤を使用することとした。 施工に先立ち表-2に示す3種類の材料について塗膜剥離試 験施工を実施した。 施工試験は各塗装系に対しウェブ面、下フランジ面、添接 部の3か所を実施した。施工面積は30×30cm程度とし、剥 離剤の塗布回数は2回とした。施工時温度は5℃以上とし、養 生中もヒーターによる温度養生を行い、温度計測も行った。 試験施工の結果は、ウェブ面は2回目塗布後、各材料につい てほぼ全面で鋼材素地が露出した。下フランジ面は2回目塗 布後も若干塗膜が残存し残存面積は泥パック工法が最も少 なかったが、EPP工法の残存塗料は下塗り1層目がほとんど であった。添接部も2回目塗布後、若干塗料が残存したが、 EPP工法が最も少なく、下塗り1層のみ残存するものであった。

この試験結果に加えて、標準施工量が少なく材料費を抑え られること、また上り線P9-P13の桁補強を始めとする冬季 施工時の耐低温性が高いことを重視し、本橋ではEPP工法 を採用した。

		塗膜剥離	法比較検討表				
比較項目 EPP工法			ネオリバー泥パック工法 橋梁用Typell			バイオハクリ工法 X-WB	
主成分	水系			水系		水系	
塗膜除去 性能	施工時の気温 10 ~ 35℃ 最低温度は0℃			施工時の気温 5℃以上	施工時の気温 5℃以上		
標準養生 時間		24時間	24時間		24時間		
	夏 季 特になし		夏季	夏 季 特になし		特になし	
定场内 環境条件	冬季	低温(0℃未満) になると除去 能力が低下する	冬季	低温(5℃未満) になると除去 能力が低下する	冬季	低温(5℃未満) になると除去 能力が低下する	
環境 対応性		ほぼ無臭		ほぼ無臭	ほぼ無臭		
住宅街での 施工実績		あり		あり		なし	
標準 施工量		0.5kg /m²		1.0kg /m²	1.0kg /m²		

表-2 塗膜剥離工法比較検討表

#### 2) 塗膜剥離および塗装作業における工夫

塗替塗装における旧塗膜の剥離は湿式を採用した。また 施工に先立ち、旧塗膜内に人体に有害となる鉛、クロム、 PCB、コールタール等の含有量を把握するため、旧塗膜成分 の調査を行った。その結果、鉛およびPCB成分が検出された ため、鉛中毒および特定化学物質障害予防規則に則り作業 を行った。

剥離作業の際は、剥離剤や剥離した塗膜が橋梁下に落下 しないように、足場内のシート養生の上に、塗膜回収シートを 2重に敷設した。シートの継ぎ目はテープで密着させ、剥離剤 が浸透しないようにした。

また発注者からの令和2年1月21日付け事務連絡を受け、 水性の塗膜剥離剤でも、主成分であるアルコール系の気化物 質や剥離した塗膜自体が可燃物となり得るとのことから、以 下の火災防止対策を実施した。

#### a. 点火源および可燃物の対策について

塗膜剥離作業は、スクレーパー等の手工具を使用し他作業 も含め作業場から1径間の離隔を設けた範囲内に火花が出る 工具の持ち込みを禁止とした。塗膜剥離作業エリア内で使用 する電気機器(照明器具や換気設備等)は防爆性能を有する ものとした。作業場内はプッシュプル換気し、換気した作業エリア内の可燃ガス濃度を管理するため、塗装工の主任技術者 と元請塗装工担当者に可燃ガス検知器を携帯させた。

高速道路上や足場外からの点火源の侵入を防止するため、 塗膜剥離作業範囲において、路肩側は朝顔と高欄の間に、中 央分離帯下は上下線の地覆の隙間に防炎シートを設置した。 足場内で使用する床面養生シートや塗膜回収用シートは、防 炎性能を有するものを使用し、旧塗膜は除去後直ちに回収 し、小分けにして防炎シートで包みケミカルペール缶に封入す ることとした。また塗膜の回収および搬出についても午前・午 後の1日2回を基本とし、塗膜くずを現場に残したまま退場し ないこととした。

#### b. 火災発生時の対策について

火災発生を速やかに感知できるように剥離作業エリア内に は煙感知器を設置した。使用した感知器は、煙を感知した際 に、足場内の全員に同報できるように連動式の感知器を使用 した。さらに電子ホイッスルを足場内に常備し、異常を感知し た者が鳴らすことで、感知器と合わせて足場内全体に警報す る措置を行った。

避難経路は、どの作業箇所においても、2方向以上の避難 口を設けるとともに、非常用脱出口を1か所設置した。非常用 脱出口は、下り線の下部工検査路を利用し、地上に降りるた めの梯子を設置した。経路誘導は、煙が充満した状況におい ても避難経路を分かりやすくするため、避難路床上にLEDラ イトを設置し、桁下から見える箇所と避難口および脱出口に は蓄光式の避難用標識を使用した。また初期消火を迅速に 行うため、作業通路20m以内ごとおよび作業班ごとに消火器 を設置した。消火器は作業通路に粉末系消火器と強化液消 火器を交互に設置し、作業場所には粉末系消火器を設置し た。これらの対策図を図-16に示す。



# 4. 観音寺高架橋他1橋床版取替工事

#### 4-1. 施工計画

## (1)3D計測等の現地計測による現況構造の復元

観音寺高架橋は上り線が二期施工として下り線の後に建設 されているが、上り線建設時の線形計算書に下り線の平面線 形は計画線形から移動されていたとの記述があった。そのた め、下り線の線形計算復元において確からしさを担保するも のがなく、現地計測結果と比較して調整せざるを得ない状況 であった。また、上下線の床版同士の離隔は35mmと小さく、 干渉が生じないように張出床版長を設定する必要があった。 現地計測は支承座標(主桁中心ラインと端対傾構中心ライン の交点)、各対傾構位置での張出床版長、主桁間隔、路面標 高、主桁標高が最低限必要と考えた。計測点が多いことに加 え、線形計算復元の過程で追加情報が必要になることも想定 し、図-17のように3Dスキャナーにて点群データを取得した。 基準点はGPSとトータルステーションを用いて各径間に複数点 設置し精度を確保した。線形計算復元は、計測した支承座標 から主桁中心ラインを復元し、上り線側の壁高欄外側ライン は計測結果を参考に蛇行しないよう離隔35mm以上を確保し たラインとして設定した後、全幅員が設計値を満足するように 平面線形を再設定した。



図-17 点群データの解析

## (2)単純鈑桁橋4連から4径間連結鈑桁橋への変更

観音寺高架橋は川端高架橋と同様に対面通行規制による 床版取替施工とした。桁連結および支承取替も川端高架橋 の方針を踏襲し、単純鈑桁橋4連に桁連結を施すことで完成 時の構造形式を4径間連結鈑桁橋に変更した。また、地震時 に桁がパラペットに衝突することから、両橋台に粘性ダンパー を配置し、新設支承に積層ゴム支承を採用することで、落橋 防止構造の省略条件を満たした。

施工面では、床版取替範囲での施工となるため、交通解放 前に桁連結まで施工完了するように配慮する必要があった。 そのため、支承取替は床版取替前に実施し、上フランジの連 結は床版取替時に、ウェブの桁連結は床版取替直後から交 通解放前に行った。図-18に施工フローを示す。



川端高架橋同様に桁下スペースが狭いことから、支承取替時に主桁改造(切り欠き)を行う必要があった。そこで、支承 補強部材と桁連結部材の一部を兼用構造として事前に設置 し、集中工事後の作業を減らす工夫をすることで交通解放前 に桁連結を完成させる計画とした。

#### (3)IIK開発の床版取替機を採用した床版取替計画

風祭高架橋はランプ橋であるため完全通行止めを実施す ることになったが、床版取替計画にあたっては、箱桁部と鈑 桁部にて周辺条件が異なることから、各々に適した架設方法 を選定した。箱桁部では高架下のヤードが使用できるため、 ヤード内にクレーンを据え付けた場合の作業半径を検討して 250tクレーンを選定した。写真-16にクレーンを使用した箱桁 部の床版架設状況を示す。一方、鈑桁部では民地および西湘 バイパス本線に近接しているうえ、生活道路が交差している ため、橋梁外に重機を据え付けることができず、また、民地 や公道上は吊荷を通過させられない状況であった。クレーン を使用した場合、いずれのサイズにおいてもクレーン後部お よびPCaPC床版が壁高欄外側に突出する。また、川端高架 橋で使用した床版架設機を使用した場合、本橋の施工条件 では既設床版の撤去にも使用して撤去と架設を繰り返すこと になり、1施工サイクルの作業可能範囲に入る床版は2枚程度 で、サイクル毎に主桁上面塗装の1日が必要なことから工程の 長期化が懸念された。

そこで、幅員の狭いランプ橋においても床版の旋回を機械 内で実施可能なIIK開発の床版取替機を採用した。民地や公 道上に吊荷が突出することはなく、図-19のように主梁レール が約12m張り出した電動トロリーにより床版縦移動ができる 構造のため、1サイクルで4枚程度の施工が可能となり床版架 設機より工程短縮が可能であった。



写真-16 クレーンによる床版架設状況

## (4)壁高欄の事前施工

集中工事における施工の省力化のため、PCaPC床版上の 壁高欄について現場近くの仮置きヤードにて事前施工を行っ た。事前施工範囲は図-20に示すように、川端高架橋では地 覆天端までとしたが、本工事では集中工事中のさらなる省力 化を目指し、仮置き時に2段積みが可能であること、架設機材 への搭載や架設時の重量増加が問題ないことを確認したうえ



図-19 床版取替機の概要図



で壁高欄天端までに変更した。集中工事で施工する壁高欄の 鉄筋や型枠数量が半減するとともに、間詰め部のみの施工と なり型枠組立が単純化したため、壁高欄の施工に要する時間 が約半減した。

横方向鉄筋は間詰め部で重ね継手する構造とし、架設時に 横方向鉄筋同士の干渉がないよう片側は事前施工部から鉄筋 を突出させずに機械継手を設けた。また、重ね継手長の延伸 が不要な高付着型エポキシ樹脂塗装鉄筋を使用して間詰め幅 を600mmに抑えた。管路は事前施工部ではVE管を埋め込ん だ上で100mm突出させておき、間詰め部では施工誤差への 対応のため、可とう性を有するCD管を適用し専用継手でVE 管と接続することとした。上記の施工状況を写真-17に示す。



写真-17 壁高欄の施工状況

## 4-2. 詳細設計

#### (1)PCaPC床版

合成桁として必要なスタッド配置を計画するにあたり、川端 高架橋では道路橋示方書に規定される最大間隔600mmを 超えないように配置し、ジベル用孔を床版端部近傍まで設置 した。一方、観音寺高架橋ではスタッドのグループ配置を採 用して最大間隔は990mmとなっており、グループ配置による せん断耐力の低減<sup>1)、2)</sup>を考慮し必要本数を算出した。風祭高 架橋については張出床版長が1.9mと比較的大きく、PC鋼材 の必要本数が多くなることから、配置スペースを確保するよう に間詰め部にもスタッドを配置したため、結果的に最大間隔 は600mm以下となっている。各橋の標準版断面図を図-21に 示す。



#### (2)主桁補強

観音寺高架橋は川端高架橋での補強方針に倣った設計を 行い、T字型の鋼部材による補強と外ケーブルの併用とした。 本橋では、桁下空間の制約がないため、下フランジ下側に外 ケーブルを配置することで、補強量の低減を図ることができ た。一方で、桁連続化においては床版取替をともなう連結構 造となるため、施工手順を踏まえた解析および構造検討を 行った。床版取替を行うため、床版荷重も含めた連結設計を 考えたが、死荷重による負曲げが大きく、連結部材が過大に なり過ぎて施工が困難となるため、床版設置後に連結する施 工手順とした。

風祭高架橋は非合成桁橋のため、架設重機荷重を考慮し ても床版取替中の応力超過は発生しなかった。一方で、非合 成桁橋のままでは完成系での応力超過がほぼ全橋に発生す るため、合成桁橋として取り替えることとした。これにより応 力超過は中間支点上付近のみとなり、一部当て板補強等をす ることで応力超過を解消した。

## 4-3. 施工概要

## (1)床版取替機を使用した床版取替

風祭高架橋の鈑桁部は、IIKが保有する床版取替機を使用 して施工した。この床版取替機は門型形状であり、断面方向 の門構脚間隔は3.3mで主桁間隔2.9mより広く、既設張出床 版で反力に対する照査を行ったところ700×700mm以上で反 力を分散させる必要があった。そこで、床版取替機が走行す る部分に幅1mの覆工板をレールのように設置して反力を分散 させた。写真-18に施工状況を示す。

風祭高架橋は鋼非合成桁橋であったことから、既設床版の 撤去には写真-19に示すように剥離機を使用した。施工サイク ルは、PCaPC床版4枚分の床版取替に対して、撤去に1日、設 置に1日の計2日間で1サイクルとし、全26枚の床版取替を14日 間で施工した。



写真-18 床版取替機による床版取替施工状況



写真-19 剥離機を用いた既設床版の剥離状況

# 5. まとめ

川端高架橋床版取替工事の一連の設計と施工の一部につ いて報告した。各種制約条件下での種々の床版取替および 耐震補強を設計施工しなければならないという課題があった が、各橋梁の特性を把握した適切な計画と設計により施工す ることができた。本報告が、今後同様の橋梁の設計、施工の 参考となれば幸いである。

なお、現在早川Bランプ橋および萬丈橋については3回目以降の個別契約にて床版取替および支承取替を施工中であり、 引き続き安全第一に工程順守できるように努めていきたい。

最後に、本工事の設計、施工にあたり、多くのご指導とご 協力を頂いた中日本高速道路会社の方々および関係各所の 皆様に深く感謝の意を表します。

#### 【参考文献】

- 1)大久保宣人、栗田章光、小松恵一、中島星佳:スタッドをグ ループ配置した合成桁の力学性状に関する解析的研究、 鋼構造論文集、第9巻第34号、pp.67-75、2002.6
- 2)岡田淳、依田照彦:密にグループ配列した頭付きスタッドの寸法および強度のせん断耐荷性能に及ぼす影響と床版断面のせん断耐荷力評価、土木学会論文集A、Vol.62 No.3、pp.556-569、2006.7

# 多機能床版取替機(Sphinx)による床版取替の施工

MUKAWA Satoshi NAKAMURA Yoshihiko ISHIKAWA Takashi 武川哲\*中村善彦\*石川 孝\*\*

## 1. はじめに

橋梁など道路構造物の劣化が社会問題となっている。中で も床版の取替工事が進められているが、非合成桁や上空制限 がないなど、施工条件の良い橋梁が先行して進められている。

昨年度の本誌<sup>1)</sup>でも報告した通り、IISでは、従来クレーン工 法(以下、クレーン工法)で施工困難な立体交差部など上空制限 箇所でも施工を可能とした多機能床版取替機「Sphinx」(以下、 Sphinx)を開発しており、本機をジャンクション部の上空制限下 の床版取替工事に初めて適用した。本稿では、旧床版の撤去 作業および新設床版の架設作業における施工実績を、隣接工 区で適用されたクレーン工法との施工実績も踏まえ報告する。

#### 2. Sphinx概要

#### 2-1. 諸元

Sphinxの諸元を以下に示す。本機は、軌条走行型であり、 図-1に示すような前後方向に突き出す主構、支柱、脚部で構成され、鋼桁寸法に応じて構造幅を変更可能である。支柱から前後に突き出す脚部にはヒンジ部とジャッキで構成する関節を持ち、ジャッキ伸縮により関節が屈折し、機体全体の水 平保持が可能である。

①全長:20.5m ②高さ:4.3m

- ③適用レール幅:6.5 m(4.6~7.5mに変更可能)
- ④装置重量:47t

⑤最大吊り重量:20t(吊り天秤を含む)

⑥ 軌条形式:22kgレール

⑦走行速度:最高9.0m/min(中速、低速に調整可能)



図-1 Sphinx外観

#### 2-2. 適用条件

Sphinxで床版取替可能な適用条件を以下に示す。

- (1) 取替床版
  - •最大寸法:2×14 m
  - •床版最大重量:17.5 t
- (2)現場条件
  - •縦断勾配:-5%~+5%
  - •横断勾配:-5%~+5%
  - •曲率:R=200m以上

#### 2-3. Sphinxの特徴

#### (1)多機能装置

既設床版の引き剥がしから、撤去、運搬、積込み、新床版 の荷取り、運搬、床版の水平旋回、架設におよぶ一連の作業 を全て1台でこなすことが可能である。

#### (2)走行と施工姿勢

条件によっては、最高速度9m/minの高速走行を可能とし、 縦横断勾配が-5%~+5%と変化する条件下でも、図-2に示 す各脚部内蔵のジャッキを自動制御により伸縮させ、図-3に 示す装置走行時とクレーン作業時の各モードで、装置姿勢を 水平に保持し安全に施工することが可能である。

## (3)低い装置高さ

ー般の立体交差部の桁下制限高5.3m以下である4.3mに 設定することで、立体交差部の上空制限下でも一連の作業が 可能な装置である。

#### (4)装置重量の軽減

機体重量は、吊り装置込みで約47tであり、トラッククレーンや他社保有機と比較すると、床版取替の際に鋼桁への負担を軽減し、鋼桁の補強量を減らすことが可能となり、合成桁にも有利である。

#### (5)操作の無線化

走行、クレーン作業について、無線、有線の何れの操作も可 能であり、安全に作業を行うことができる。また、吊り天秤には、 重心調整用の水平ジャッキを内蔵しており、リモート操作によっ て吊り荷の重心位置を調整し、傾きを調整することができる。



図-2 脚部ジャッキ伸縮動作

走行モード:装置走行時、横断方向は水平に保ち、縦断方向は桁なり



クレーンモード:床版撤去、旋回、架設時、縦横断方向を水平に保つ



図-3 各モードにおける装置姿勢

# 3. 実橋での施工

Sphinxは、旧床版の引き剥がしから新設床版の架設までの 工程を1台で施工する。各工程の詳細な作業内容を以下に示す。

# 3-1. 取替床版諸元

①床版寸法:2.1×14m
 ②重量:14.1t
 ③勾配
 ・縦断勾配:2.5%~3.2%
 ・横断勾配:2.0%~2.9%
 ④曲率:R=173m(施工区域)

⑤上空高さ:5.3m

# 3-2. 旧床版の撤去

旧床版の撤去は、以下作業ステップで行った。

(1)装置走行移動(荷降ろし場所→床版撤去場所)

Sphinxはまず、床版を引き剥がす位置へ移動する。床版の 引き剥がしは、Sphinx主構の前方部に吊り装置を置いた状態 で行うので、主構先端の位置を考慮し移動する。移動は、走行 モードで行い、吊り装置は、安定走行するために主構中央部に 置き、吊り天秤を固縛し振れを抑えるようにする。また、走行完 了後は、縦横断勾配を水平に保つクレーンモードに切り替える。



写真-1 装置走行移動(荷降ろし場所→床版撤去場所)

# (2)吊り天秤先端移動、旋回

吊り天秤を主構前方部に移動させ、旧床版に向きを合わせ るために、床版を吊り天秤に付けた介錯ロープを用いて90°旋 回させる。



写真-2 吊り天秤前方移動、旋回

## (3)吊り天秤セット

Sphinxで使用する吊り天秤は、引き剥がし用のジャッキを 内蔵しており、引き剥がし架台と吊り天秤の両方の機能を備 えている。まず吊り天秤を旧床版上にセットし、吊り天秤と、 予め床版に削孔した孔にPC鋼棒(ゲビンデスターブ)を通し、 PC鋼棒の上下端をナットで締め込むことで、吊り天秤と旧床 版を連結する。



写真-3 吊り天秤セット

## (4) 旧床版の引き剥がし

吊り天秤と旧床版を連結した状態で、内蔵の8本のジャッキ をセットする。8本のジャッキは床版撤去後の鋼桁上4箇所、 隣接する旧床版上4箇所に配置されており、ジャッキが伸び、 踏ん張ることで吊り天秤を持ち上げ、PC鋼棒で連結した旧床 版を桁から引き剥がすことができる。操作は、吊り天秤上に 搭載したポンプの操作することにより行う。



写真-4 旧床版の引き剥がし

## (5)吊り上げ、旋回、中央移動、固縛

引き剥がした床版は、そのまま天秤で吊り上げ、90°旋回 し、装置中央まで移動させ、走行移動時に荷振れしないよう、 四隅を隣接する脚部にそれぞれ固縛する。



写真-5吊り上げ、旋回、中央移動、固縛

## (6)装置走行移動(床版撤去場所→荷降ろし場所)

走行モードに切り替え、台車の待機する荷降ろし場まで装 置全体を移動させる。



写真-6 装置走行移動(床版撤去場所→荷降ろし場所)

#### (7) 床版荷降ろし

台車の待機する荷降ろし位置に到着後、クレーンモード に切り替え、台車に旧床版を積み込む。荷降ろし完了後、 Sphinxは再び走行モードに切り替えて、次の旧床版の引き剥 がし位置に向けて走行する。



写真-7 装置から台車に荷降ろし

# 3-2. 新設床版の架設

新設床版の架設工程は、以下作業ステップで行った。

(1)新設床版架設前の処理

架設前の処理として、シール材の設置、親綱の盛り替えなど を行う。



写真-8 新設床版架設前の処理

#### (2) 天秤のセット

事前に新設床版に壁高欄を施工しているため、荷取りのた めの吊り天秤移動時に壁高欄と吊り天秤が干渉する。このた め、吊り天秤を、主巻から揚程に余裕を持たせることができ る補巻に吊り替えて床版に取り付け、吊り天秤を補巻から主 巻へ再度吊り替える。



写真-9 補巻吊り具で新床版に吊り天秤セット

## (3)床版吊り上げ

主巻にて床版を吊り上げ、主構中央部に移動し、床版の四 隅を隣接する脚部にそれぞれ固縛する。



写真-10 主巻で床版吊り上げ

#### (4)装置走行移動(荷取り場所→架設場所)

撤去と同様に、架設位置と吊り装置位置を考慮し、走行モード で桁の勾配なりに姿勢を保ちながら架設位置まで移動させる。



写真-11 装置走行移動(荷取り場所→架設場所)

# (5)床版旋回、架設

クレーンモードにて、床版を主構前方に移動させた後に、床版を 90°旋回させる。天秤に内蔵する重心調整ジャッキにより床版の傾 きを調整し、架設位置に床版を降ろす。降ろす際には、吊り装置上 部に内蔵された横断方向調整装置で、床版位置の微調整を行う。



写真-12 床版旋回、降ろし

## (6)装置走行移動(架設場所→荷取り場所)

床版架設完了後、天秤を装置中央に移動させて、クレーン モードから走行モードに切り替え、次の架設床版の荷取り位 置となる台車まで走行する。



写真-13 装置走行移動(架設場所→荷取り場所)

#### 3-3. Sphinxの組立・解体

Sphinxの組立・解体について、写真-14に示す。

組立・解体は、80tトラッククレーンを用い、Sphinx後方か ら行った。トラッククレーンの設置位置は、Sphinx側方の方 が作業半径的に有利であるが、狭い道路上で行ったため後 方とした。支保工、足場の組立、解体、各種配線を含め、 Sphinxの組立に要した日数は3日、解体は2日であり、試運転 時の組立・解体に要した日数と差はなかった。



写真-14 Sphinxの組立作業

## 4. 従来クレーン工法との比較

Sphinxを採用した本現場では、旧床版の撤去が5日、新設 床版の架設が4日の計画に対し、遅延なく計画通りの日数で 施工を行った。Sphinx施工区域の隣接区域では、上空制限 が無く従来クレーン工法にて床版取替作業が施工されてお り、上空制限以外の条件は同じであったため、Sphinxと従来 クレーン工法との施工歩掛を比較した。

## (1) 旧床版の撤去工程

Sphinxは60分/枚、従来クレーン工法は45分/枚の施工効 率であった。この際、従来クレーン工法では、床版引き剥が しと床版吊り上げを別パーティで同時に行ったが、Sphinxで は、これらの作業を1パーティで行った。従来クレーン工法の 1パーティの人数は、Sphinx工法より4、5人多く、日当たりの人 工差を考慮すれば、Sphinxの施工効率は、従来クレーン工法 に比べ見劣りしないものと言える。

#### (2)新設床版の架設工程

Sphinxは40分/枚、従来クレーン工法は30分/枚の施工効率であり、Sphinxの施工効率は、従来クレーン工法に比べ僅かに劣る程度で、計画時想定した施工効率は達成した。

新設床版の架設は、何れの工法も床版を幅員分割せずに1 枚で架設しており、何れも1パーティの構成であったが、従来 クレーン工法の1パーティの人数は、Sphinx工法より4、5人多 かった。旧床版の撤去同様、床版取替機は特有の作業工程 があり、従来クレーン工法とは異なる作業ステップであるが、 架設1サイクルに要した時間に大きな差はなく、日当たりの人 工差を考慮すれと、Sphinxの施工効率は、従来クレーン工法 に比べ見劣りしないものと言える。

## 5.まとめ

以上で述べたように、Sphinxによる床版取替工事は、高さ 制限下や縦横断勾配変化のある条件の悪い現場でも施工性 が高いことを確認した。また、リモート操作や自動調整など の機能を発揮することで、施工効率の面から見ても、従来ク レーン工法に見劣りしない結果となった。今後は、お客様か らの要求の高い幅員分割施工への対応についても、装置構造 および付帯すべき機能を再考し実現していく。

最後に、本稿執筆にあたり、ご指導およびご協力頂いた 中日本高速道路(㈱に深く感謝の意を表します。

## 【参考文献】

1)武川哲、中村善彦、石川孝:多機能床版取替機(Sphinx)の 開発、IHIインフラ技報Vol.9、pp.201-203、2020.11

# (修)上部工補強工事1-201 工事報告 — 首都高速道路の大規模修繕工事(IHIインフラシステム製恒久足場の設置)—

HARAMURA	Takashi	ASANO	Jun	FUKUI	Atsushi	HOSOYA	<sub>Eiji</sub>
原村	高志*	浅 野	純**	福井	敦史***	細谷	英
	oguchi 大口	Shinji 真司*****	<sup>NAMAE</sup> 生江	Junichi 淳一*****	<sup>YAMANOUCHI</sup> 山内	Akihiro 昭弘****	**

# 1. はじめに

首都高速道路㈱は、道路構造物を長期にわたって健全に保 っため、構造上、維持管理上の課題や損傷状況等を精査しな がら、構造物の更新・修繕事業を進めているところである。こ の首都高速道路の維持管理の取り組みの中で、橋梁単位で全 体的に補修を行うことで、新たな損傷の発生や進行を抑え、長 期の耐久性や維持管理性を向上させる大規模修繕事業を実施 しており、床版の補強、鋼桁や橋脚の補強、その他の損傷や 腐食等の劣化に対して補修を行っている。このうち、都心環状 線と3号渋谷線を接続する谷町ジャンクション(図-1、写真-1)は 供用開始から約50年が経過しており、橋梁の損傷も数多く報 告されていることから、首都高速道路㈱東京西局において発 注され、IHIインフラシステム(以下、IIS)とIHIインフラ建設(以 下、IIK)の共同企業体で施工したので、ここに報告する。

工事件名:(修)上部工補強工事1-201 発注者名:首都高速道路株式会社 施工者名:IHII·IIK(修)上部工補強 1-201特定建設工事共同企業体 工事期間:2016年2月16日~2020年12月20日(1,770日間)

# 2. 工事概要

本工事では高速3号渋谷線(橋脚番号:渋1~渋3、渋6~渋 22)、高速都心環状線(橋脚番号:環355~環423)の鋼桁橋 等において、維持管理用常設足場(以下、常設足場)の設置 工、RC床版補強工、コンクリート片剥落防止工、き裂・腐食 の補修・補強工、支承取替工、塗替塗装工を施工した。

対象橋梁は全長約1.3km、74径間(図-2)であり、施工範囲 の橋梁下の多くが首都高速道路、六本木通りなどの重交通の 環境であった。多くの工種については仮設足場を設置しての 施工であったが、仮設足場の設置・撤去や仮設足場外につい ては、高速および街路規制を実施して施工を行った。

常設足場はIIS製が採用された。設置後は橋梁本体や付属 施設物の維持管理のために使用される。常設足場の設置によ り近接目視点検がいつでも可能となり、維持管理性が向上す るとともに、設置後は、補修が必要となった際に仮設足場等 の設置が不要となるため、ライフサイクルコストの低減も期待 することができる。

仮設足場を設置した後は、橋梁の損傷状況を詳細に把握 すべく管理者により橋梁の点検がなされたが、当初想定して いた損傷件数より多数の損傷が発見され、当初契約数量に対 して損傷補修対応数量は増加した(表-1)。



**百**\*\*\*\*

図-1 施工位置図



写真-1 谷町ジャンクション(施工前)

本工事は、東京2020オリンピック・パラリンピック競技大会 が開催される会場に近接しており、同大会を考慮すると大会 前には工事を完遂する必要があり、工期の遵守が求められ た。そのため、前述の通り補修数量が当初想定していた数量 より増加傾向にあることに加えて、近接する他工事も多数あ り、街路上や高速上の規制日数を確保することが困難であっ たり、近隣住民への配慮から工程管理・施工管理とも非常に 困難な条件下で工事を実施する必要があった。

<sup>\*(</sup>株)IHIインフラシステム 建設部 工事西第1G \*\*(株)IHIインフラシステム 建設部 計画第2G \*\*\*(株)IHIインフラシステム 設計部 設計第2G \*\*\*\*(株)IHIインフラ建設 技術部 保全技術G



表-1 施工数量

	当初数量	最終数量
き裂補修・補強工	1,367箇所	776箇所
腐食補強工	55箇所	24箇所
既設美装化部撤去工	15,282m <sup>2</sup>	15,282m²
恒久足場設置工	21,294 m <sup>2</sup>	24,655m²
点検梯子設置工	13箇所	18箇所
支承取替工	18基	18基
支承補修工	6箇所	6箇所
床版補強工	9,497m²	9,156m²
剃落防止工(床版)	3,818m²	7,573m²
剃落防止工(染部)	1,704 m²	1,434 m²
断面修復工	340 m²	856m²
ひび割れ補修工	0m	27,095m
塗替塗装工	0 m²	7,607m²
現場塗装工(支承取替・予防保全など)	1,555m²	656m²
現場塗装工(恒久足場・き裂補修など)	0箇所	14,386箇所
Bランク補修工	0箇所	2,625箇所
吊足場工	21,371 m²	22,602m²
実施設計	一式	一式

#### 3. 常設足場

## 3-1. 常設足場の概要

当該工区は幹線道路が交差しており、点検の実施、補修・ 補強工事の実施に困難を伴うため、維持管理性向上を目的と して、本工事には24,655㎡の常設足場の設置が含まれてい る(図-2および表-1)。常設足場の発注仕様は、劣化因子遮断 機能を有さない「足場型」であり、全体形状、詳細形状は、景 観有識者の意見をふまえて決定した。

IISは、過去に首都高速道路の工事において、写真-2に示 す裏面吸音板(ブライトライン:意匠登録第1438866号)を開 発、施工した実績がある。常設足場パネルは、裏面吸音板と 同様に橋梁下面に取り付けるパネル構造物であり、構造的な 類似点が多く、裏面吸音板の製作技術の転用が可能である。 今後の常設足場設置工事にも対応できるようにするため、自 社製品を新規開発することとした。以降に製品開発にあたっ て、実施した内容について詳述する。



写真-2 ブライトライン(意匠登録第1438866号)

#### 3-2. パネル形状の検討

常設足場を構成する裏面パネルおよび側面パネルは、板曲 げ加工部材を組み合わせて溶接を用いないこと、主要部材に 耐久性の高い亜鉛-アルミニウム-マグネシウムめっき鋼板(以 下、高耐久鋼板)やカラーアルミを使用することにより加工後 の防錆処理工程を省略することを前提として形状を決定した。

#### (1)裏面パネル

図-3に裏面パネルの形状を示す。標準パネルサイズは幅 499 mm、長さ1940mmで、パネル1枚の重量は25.4kgである。 歩行面と主要構造部材を兼用する波型に曲げ加工した部材 の上面に、パネル幅方向に横つなぎ材を配置した構造とした。 当初はブライトラインと同様のアルミ製ルーバーをパネル下面 に取り付ける構造としていたが、首都高速道路との協議の結 果、ルーバーを用いず、高耐久鋼板製の波型部材が外面に露 出する構造とした。

#### (2)側面パネル

図-4に側面パネルの形状を示す。外装板にカラーアルミ材 を採用し、ルーバーを模した凹凸形状を設ける構造とした。 また、足場内の換気および採光を目的として、外装板の平面 部にパンチ孔を配置した。



図-4 側面パネル形状

#### (3)全体構成

常設足場は、主桁に取り付けた吊材で橋軸方向の縦梁を 支持し、縦梁に2m間隔で橋軸直角方向に横梁を設置する。 裏面パネルは横梁を支持点として橋軸方向に設置する構造と した。側面パネルは外桁から張り出した腕材に取り付けた支 柱に設置する。図-5に常設足場の標準断面図、写真-3に現 地設置状況を示す。

## 3-3. 使用材料の耐久性検証

上述の通り、裏面パネルは高耐久鋼板を外面露出部に配置 する構造を採用しているため、高耐久鋼板の耐久性を複合サ イクル試験により検証した。

## (1)試験条件

複合サイクル試験は、表-2に示す公益社団法人日本自動 車技術会の自動車規格(JASO M 609、M610<sup>1)</sup>)に基づく試 験条件にて行い、高耐久鋼板の耐食性を評価した。実施時 間は最大300サイクル2400時間とした。使用する試験機は、日 新製鋼(㈱が所有する大型複合サイクル試験機区が試験機(㈱ CYP-200」(写真-4)とした。

供試体は150mm×70mmの鋼板を用いた。部材切断面は めっきが付着しておらず、供試体下端は試験時に水分が残り やすく平坦部と条件が異なるため、端部9~10mmは、評価 対象外として、保護シールを貼り付けた(図-6)。供試体の詳 細な仕様を表-3に示す。



図-5 標準断面図



写真-3 常設足場設置状況

表-2 複合サイクル試験条件

		塩水噴霧 (5%塩化ナトリウム)	乾燥	湿潤	
時	間	2時間	4時間	2時間	
温	度	35±1℃	60±1℃	50±1℃	
相対湿度		5±0.5%RH	20~30%RH	95%RH以上	



写真-4 複合サイクル試験機(CYP-200)



図-6 複合サイクル試験供試体

# 表-3 供試体仕様

試験体名	鋼板種類	仕様
供試体①	高耐久鋼板	めっき付着量:275g/m
供試体②	高耐久鋼板 +化成処理	めっき付着量:275g/㎡ 高耐食クロメート処理
供試体③	亜鉛めっき鋼板	HDZ55

## 表-4 各供試体の対象サイクルと実施項目

対象	供試体①		供試	体②	供試体③		
サイクル	項目	実施数	項目	実施数	項目	実施数	
開始前	A, B	全量	A, B	全量	A, B	全量	
ЗОсус					A, B	3	
60сус	A, B	4			A, B	3	
90cy					A, B	3	
120cyc	A, B	4	A, B	5	В	3	
180cyc	A, B	4	A, B	5			
240cyc	A, B	4	A, B	5	$\square$	$\square$	
300cyc			A, B	5			

※項目A:腐食減量測定(重量法)、項目B:写真撮影



写真-5 供試体の設置イメージ2)

## (2)試験方法

表-4の通り、試験体①~③の対象サイクル、または赤錆発 生直前のサイクル終了後、腐食減量(g/m)の計測(各N数)を 行なった。腐食減量は試験体表面に錆が発生すると、質量に よる腐食減量が正しく計測できないため、保護シールは写真 撮影後に貼りかえることとした。

供試体は写真-5<sup>2)</sup>に示すように、試験面が垂直に対し、20° (15~30°の範囲)になるように配置した。

#### (3)試験結果

写真-6に各サイクルの供試体外観を示す。供試体③が最も さびの進行が早く、30サイクル経過時に全面に白さびが発生 し、赤さびも点在していた。その後、サイクルの経過に伴い、 赤さびの発生範囲が拡大した。供試体①、②はいずれも試験 終了まで白さびが発生するのみで赤さびは発生しなかった。 なお、白さびの発生範囲は供試体②の方が狭く、供試体②が 高耐食クロメート処理により高い耐久性を有することが確認 できた。



(1)供試体①



(2)供試体②



(3)供試体③ 写真-6 各サイクルの供試体外観

図-7に各供試体の腐食減量とサイクル数の関係を示す。

供試体①、②は供試体③と比較して腐食減量が十分小さ く、高耐久鋼板が、溶融亜鉛めっき鋼板と比較して高い耐食 性を有していることが確認できた。また、供試体①と供試体 ②では、グラフの傾き、すなわち腐食速度に大きな差は見ら れなかったが、さびが発生するまでに約120サイクルの差があ り、高耐食クロメート処理による腐食の発生を遅らせる効果 が確認できた。

## (4)耐用年数の推定

溶融亜鉛めっきの耐用年数に関する既往の研究<sup>3</sup>を参考 に、高耐久鋼板の耐用年数を推定した。この研究結果では、 溶融亜鉛めっき(付着量45g/m)に同様の複合サイクル試験 (JASO)を実施し、48時間までの腐食減量から複合サイクル 試験の促進倍率を大気暴露試験の96倍としている(表-5)。 複合サイクル促進試験の結果(図-7)から、高耐久鋼板(高耐 食クロメート処理)の腐食速度は以下の式であらわされる。

Y=0.3044 X-40.027

(X:サイクル数、Y:腐食減量(g/m))



図-7 腐食減量とサイクル数の関係

表-5	複合サイ	クル試験の	促進倍率
-----	------	-------	------

促進倍率	塩水噴霧/	複合サイクル/	複合サイクル/
	大気暴露	大気暴露	塩水噴霧
溶融亜鉛めっき	247	96	0.39

めっきの腐食減量が初期付着量と等しくなるときを耐用年 数と定義し、腐食速度の式に高耐久鋼板の片面めっき付着量 137.5g/mを当てはめると、X=582.3サイクルとなる。既往の 研究における屋外暴露試験に対する促進倍率を適用すると、 耐用年数は約51年に相当であり、高い耐久性を有することが 確認できた。

#### 3-4. 衝撃載荷試験

裏面パネルは、設計技術資料に示す通り、作業者が1.0m の高さからパネル上に飛び降りた場合を想定した衝撃落下試 験を実施した。

#### (1)試験方法

衝撃載荷試験は、標準形状の裏面パネルを、想定している 支持条件で支持し、支間長の1/4点に重さ90kgの砂袋を高 さ400mmから40回自由落下させる。図-8に試験概要図、写 真-7に試験実施状況を示す。設計技術資料では、実施した3 回の試験でいずれも部材の脱落が無いことを合格基準として いる。パネルの変形については規定されていないが、歩行に 支障をきたさないことを念頭に、試験終了時の変位が20mm 以下となることを目標とした。

また、裏面パネルの横つなぎ材直上に荷重が作用した時 に、荷重が横つなぎ材から波板部材に集中して作用し、パネ ルの変形が大きくなることが懸念されたため、図-9に示す条 件の試験も実施した。



図-8 試験概要図



写真-7 試験実施状況



図-9 横つなぎ材直上載荷





写真-8 試験終了時の状態(L/4点載荷 N=3)



写真-9 試験終了時の状態(横つなぎ材載荷 N=3)

#### (2)試験結果

図-10にL/4点載荷時、図-11に横つなぎ材直上載荷時の各 3体の落下回数と変位の関係を示す。変位はL/4点の計測値 を示す。L/4点載荷では、3体とも落下回数20回付近まで増加 し、以降は変位が増加せず、ほぼ一定の値を示した。3体の 試験終了時の残留変位の最大値は6.8mm、3体の平均値は 5.8mmであった。横つなぎ材直上載荷時の変位は、想定され た通りL/4点載荷時より大きく、落下回数30回付近まで増加 した。試験終了時の残留変位の最大値は13.8mm、3体平均 値は11.5mmであった。



図-12 載荷試験概要図



写真-10 載荷試験実施状況(4点曲げ載荷)

写真-8にL/4点載荷時、写真-9に横つなぎ材直上載荷時 の残留変位が最大値となった裏面パネルの変形状態を示す。 どちらも両端の取付金具に大きな変形はなく、パネルは脱落 しなかった。また、試験終了時の残留変位も目標値以下で あった。

以上の結果から、衝撃載荷試験において設計技術資料の 求める性能を十分に満足することが確認できた。

## 3-5. 曲げ載荷試験

ここでは、裏面パネルおよび側面パネルが設計荷重作用時 に弾性域にあることと、パネルの限界強度および破壊状態を 確認するため、各パネルの曲げ載荷試験を実施した。

#### (1)試験方法

裏面パネル、側面パネルには、正負の設計荷重が作用する。 裏面パネル、側面パネルともに4点曲げ載荷試験を実施し、裏 面パネルのみ、より局部変形が発生しやすい条件となる3点曲 げ試験も実施した。図-12に試験概要図、写真-10に試験実 施状況(4点曲げ)を示す。

#### (2)試験結果

表-6に試験ケースおよび結果、図-13に荷重と変位の関係を 示す。すべてのケースで弾性限界時の荷重が設計荷重以上で あることを確認した。裏面パネルの4点負曲げ、側面パネルの 4点正曲げの弾性限界荷重が設計荷重に対して余裕が小さい

		設計	弾性	限界	最大荷重		
供試体	載荷条件	荷重 kN	荷重 kN	変位 mm	荷重 kN	変位 mm	
	4点正曲げ	2.3	14.1	21.6	26.0	73.5	
裏面パネル	4点負曲げ	4.1	7.2	13.3	9.6	28.6	
	3点正曲げ	2.3	8.0	18.8	12.3	41.3	
側面パラル	4点正曲げ	2.6	2.8	5.0	4.8	14.4	
「則面ハイル	4点負曲げ	2.4	4.5	6.6	12.1	16.2	

#### 表-6 試験ケースおよび結果





(1)裏面パネル4点負曲げ(2)側面パネル4点正曲げ図-13 端部支持金具の変形

が、図-13に示すように端部支持金具の変形によるものであ り、パネル本体に変形が生じておらず、弾性域内にあること を確認した。

以上の各種試験結果をもって開発した常設足場が設計技 術資料の規定を十分に満足する性能を有することが確認で きた。

#### 3-6. 常設足場の現地施工

常設足場の全体形状・細部形状は、景観有識者の意見を ふまえて決定した。常設足場を設置する既設桁は箱桁と鈑桁 があったが、首都高要領に則り、箱桁部は既設桁下面と常設 足場床面との間隔は800mm、鈑桁部は間隔を600mmとなっ ている。既設桁の種別で常設足場設置高さを変更すると段差 が発生することになるが、常設足場の外観は景観に大きく影 響を与えるため、段差による景観への影響を検討する必要が あった。そこで、パース図(図-14)を用いて段差による見え方 を視覚化することで、完成時の景観をより現実的に評価し、 細部形状を決定した。設置完了後の常設足場外観、および 内観を写真-11~13に示す。



図-14 パース図



写真-11 常設足場外観



写真-12 常設足場外観



写真-13 常設足場内観

本工区内では上下線の離隔が1m程度でかつ高低差が逆 転する区間があり、常設足場を設置することにより、高欄側 面の点検が困難となることが想定された。常設足場設置の目 的は維持管理性の向上であり、5年に一度の近接目視点検、 補修作業が可能な構造であるべきで、本意に反することにな る。そこで、以下の構造を採用した(図-15)。

- ・壁高欄が隣接する範囲は側面パネルを設置せず、ネット構造とする、かつ、対象箇所における常設足場については拡幅量を大きくし、隣接する常設足場と平面的につなげることで、常設足場内から点検可能となり維持管理性向上
- 高所作業車で近接できない範囲については常設足場内からの点検が可能とするため、側面パネルの設置は行わず、 床面を拡幅して隣接する常設足場と近接させ、段差が生じるような箇所には手摺を設置し、墜落防止としてひし形金網を設置して、安全性向上



常設足場設置箇所のほとんどが、高速道路上または街路 上という条件下であった。交通規制を行うことは社会的影響 があることと、工程遅延のリスクが大きいことから常設足場の 設置を可能な限り仮設足場の中で行うように計画し、施工を 行った。作業フローを(図-16)に示す。

ただし、以下のa)、b)に示す一部径間では足場解体後に 常設足場パネル設置を行った。

#### a) 建築限界の制約のある径間の施工

本工事の中には高速道路が2層構造となっている箇所において、建築限界の関係により仮設足場内に常設足場を設置するために十分な作業空間が確保できない径間が6径間あった(図-17)。仮設足場解体後に常設足場の設置を行った場合、全作業に高速規制が必要になる。他工事や本工事の他工種においても高速規制が必要な状況であり、高速規制回数を数多く確保することは難しいことから、図-18の架設ステップにて行うこととした。施工時に配慮した点を①~④に示す。

#### ①縦梁、横梁の降下架設

 縦梁と横梁を仮設足場内で正規の設置高さより高い位置で仮設置を行い、仮設足場撤去後に所定のブロック毎に チェーンブロックを用いて降下させることとした。仮設足場 内で縦梁と横梁の組立を行うことができるため、縦梁と横 梁の出来形管理を仮設足場内で実施することとした。



 高速規制下で作業を行った場合、設置と出来形管理で1径 間あたり6回の高速規制が必要となるが、降下架設では2回 に抑えることが可能となった。

#### ②仮吊材の形状

縦梁、横梁を降下させる際、降下単位毎にチェーンブロック にて高さの確認・調整を行うと時間を要してしまう問題が考え られた。そのため、仮吊材は上から丸孔・長孔・丸孔の構造と し、長孔の長さが降下する量と同じになるように設定した。降 下時は下の丸孔のボルトを外し、長孔のボルトを緩めて降下 し、所定の高さで止まった後、上の丸孔のボルトを締める構造 とした(図-19、写真-14)。



図-18 架設ステップ図



図-17 建築限界により作業上の制約が生じる径間

これにより設置高さを都度確認する必要がなくなり、スムー ズな架設を行うことができた。また、長孔にボルトを入れた状 態で降下させることで、部材が大きく荷振れせず安全に降下 できた。仮吊材は後日正規部材に取替を行ったが、今後は形 状を改善して、正規部材とできることが望ましい。



図-19 仮吊り材を使用した梁材降下要領図

#### ③常設足場の分割位置の調整

仮設足場内で設置する常設足場の分割位置は吊材数量が 最小となるように決められていたが、降下架設の作業は2車 線の高速道路を片側1車線規制しての作業となるため、規制 形態に合わせた分割とすることとした(写真-15)。また、車線 境界線付近の作業の安全性を確保するために腕材長さを長く し、仮吊り材を走行車両から離すことにより、作業時の安全 性を確保した。

#### ④施工性試験

降下架設は2車線の高速道路を片側1車線規制しての作業 であり、降下架設のブロック同士は10mmの隙間しかないこ とから、作業手順・安全性を確認するために施工試験を実施 した。試験体は実物大で行うこととし、2ブロック分を製作し、 降下する量も実作業と同等とすることで、実際の施工状況を できる限り再現した形で行った(写真-16)。

施工試験の結果から降下時に4点の降下量が大きくずれてし まうと隣接するブロックに干渉する事象が発生するが、目視と 声掛けを適宜行うことで十分対応可能であることを確認した。

また、手動チェーンブロックの操作による荷振れはほとん どないことから安全性の確認がとれ、長孔による設置高さの 決定も許容値を十分に満足することが確認できた。



写真-15 降下架設 前後



正規吊材



降下用仮吊材 写真-14 仮吊材設置状況



写真-16 施工性試験

b)施工条件・物量増に伴い施工順序を変更した径間の施工 既設塗膜成分調査の結果、有害物質(鉛)が含有されてい ることが判明したため、塗膜剥離作業は鉛中毒予防対策を 実施した(写真-17)。このため、塗膜剥離作業の工程は大幅 に長期化することになり、工程が逼迫する要因となった。

また、床版補強工・剥落防止工を完了させてから、常設足 場設置を行うという計画工程にしていたが、重交通を負担し てきたRC床版・張出床版の損傷が大きく、コンクリート補修 の物量が当初より大幅に増大したこと、また、鉛中毒予防対 策により、常設足場設置工自体も長期化することとなった。

そこで、全体工程短縮を目的として、一部径間については、 仮設足場解体後に常設足場内で床版補強や剥落防止工を実施することとし、足場解体工、床版補強工、剥落防止工、常 設足場設置工を全体の工区で同時並行に進めるよう工程調 整した。常設足場内で床版補強工等を実施するため、前養生 と後清掃の工程が必要となり、オリンピック開催までに工事 を完了させるために、多工種が同時並行で進行する工程に監 督員を6名増員して対応した。



写真-17 鉛中毒予防対策実施状況

# ひび割れ注入工・断面修復工における 新技術導入による調査スピード・精度の向上

床版補強工・剥落防止施工前には既存コンクリート躯体に ついての調査を本工事にて行い、断面修復工やひび割れ注入 工のコンクリート補修も実施した。

床版補強工は59径間におよび、主桁と横桁とで区切られた 格間毎に調査が必要であったため、補修数量の算出・図面化 に多くの時間を費やすことが想定された。しかし、後工程に は、工程上クリティカルとなる床版補強工・剥落防止工・常設 足場設置工が控えているため、コンクリート補修物量を速や かに把握することは、工程管理する上で特に重要であった。

そこで、3Dレーザースキャナー(写真-18)を使用して、専用 ソフトでひび割れ延長計算およびCAD化(写真-19)を行うこ とで、調査精度とスピードを向上させた。同時に、コンクリー ト剥離や空洞音など断面修復必要箇所も調査し、図面化は 同時に行った。

ひび割れ注入状況(写真-20)、断面修復状況(写真-21)を 示す。想定されていたよりも多くのコンクリート補修が発生し、 工程が逼迫する要因となった。また、仮設足場外作業は、交 通規制を行い、高所作業車を使用して施工した。都心環状線 (外回り)の高速規制は1~2回/月しか実施できないことが多 かったこと、また、供用下で作業を行うため、厳重な養生が 必要となり、このため実作業時間が少なくなってしまうことか ら、数径間の橋脚横梁や壁高欄の断面修復だけで数カ月要 することもあった。



写真-18 3Dレーザースキャナー 使用状況



写真-19 コンクリート補修箇所CAD化状況



写真-20 ひび割れ注入 施工状況



写真-21 断面修復 施工状況

## 5. 床版補強工における品質管理上の工夫

本工事範囲のコンクリート床版は増設縦桁による補強は行われていたが、供用開始から50年以上経過しており、損傷が 多く確認されたため、床版補強工を実施することとなった。床 版補強方法は、維持管理性向上のため格子接着工法とし、疲 労耐久性向上効果が高く、床版下面からの施工が可能な炭 素繊維格子接着工法を行った(写真-22)。本工法は炭素繊維 シートをエポキシ含浸接着樹脂を用いてコンクリート床版に接 着し、床版の耐荷力及び耐久性を向上させるものである。

本工法では含浸接着樹脂の施工に不具合が生じた場合、 補修を行うか、場合によっては貼り替えを行うことになり、ど ちらも品質・工程に影響を及ぼすこととなる。そのため、含浸 作業は重要であり、本工事では次に示す対策を行うことで、 品質確保と工程遅れのリスク低減を行った。



写真-22 床版補強工 完了状況



写真-23 不陸修正完了

#### ①不陸修正

炭素繊維シートを折って貼り付けると、応力集中が生じる 可能性があることから、ハンチ上端角折れ部は不陸修正材を 半径100mm程度に滑らかに仕上げた。(写真-23)

#### ②含浸接着樹脂

材料の攪拌は一般的に時間を指定されるが、撹拌機の動 かし方などにより十分に攪拌されないこともありうる。そのた め、本工事では主剤と硬化剤の色が異なり、攪拌後に目視で 色のムラを確認できる材料を使用した(写真-24)。これにより 施工時には完全に攪拌された含浸接着樹脂材を使用でき、 攪拌不足による接着不良や硬化不良はなく施工を終えること ができた。

#### ③炭素繊維シート

含浸接着樹脂の浸透が不十分であると空隙や浮きの原因と なり、手直しによる工程の遅延や品質低下のリスクが考えられ る。本工事では浸透状況が目視で確認できる炭素繊維シート を採用した。炭素繊維シートに織り込まれた白色のガラスロー ビング糸が樹脂の含浸により透明化するもので、含浸状況を施 工中から確認することにより含浸不良を防止した(写真-25)。



写真-24 含浸接着樹脂



写真-25 炭素繊維シート含浸状況

#### 6. 維持管理性を考慮した支承取替工の検討

支承ベアリングプレートの飛び出し損傷(写真-26、27)に 対し、支承機能を回復させることを目的として支承取替を行っ た。対象となる支承は1橋脚上の2支承線で、起点側(鈑桁)8 基と終点側(箱桁)10基の合計18基である。(図-20)



写真-26 支承取替前



写真-27 ベアリングPL飛び出し

施工箇所は建築限界も厳しく非常に狭隘な状況であり、 ジャッキアップ方法と施工性が問題であった。結果的には本 工事の詳細設計にてジャッキアップ補強材と支承タイプの変 更を行うことになった。

#### ①建築限界を考慮したジャッキアップ方法の見直し

発注時の設計図書について確認した結果、橋脚付きの ジャッキアップ部材が建築限界を侵していることが判明した。 対応策を検討したが、同様の構造では主桁付きジャッキアッ プ補強材と既設変位制限装置・落橋防止装置と多数干渉し、 これらの改造が併せて必要になることで、大がかりな変更が 生じることが判明した。

そこで、詳細設計でジャッキアップ方法の全面的な見直し を行った。受圧面積の大きいジャッキを使用し、ジャッキアッ プ位置に既設橋脚の横梁WEBやダイヤフラムを最大限利用 できる箇所を選定することで、ジャッキアップ補強材を小型化 し、建築限界・既設構造物との干渉を回避する構造へと変更 した(図-21)。狭隘な箇所にジャッキを設置する必要があった ため、ジャッキ高が低く、打上高さの微調整が可能なIIK製の トライアップジャッキ(写真-28)を使用した。



図-21 ジャッキアップ位置



## ②維持管理性を考慮した支承タイプの選定

当初設計では、鈑桁側はUCB支承(タイプB)、箱桁側は BP-B支承(タイプA)への取替であった。したがって、箱桁側 がタイプA支承であるため、既設変位制限装置は残置するこ ととなっていた。しかし、現地調査の結果、施工スペースが非 常に狭隘であることから、当初設計として想定していた支承 高さでは施工が困難であることが判明した。そのため、支承 高さが現場条件を満足する高面圧ゴム支承(タイプB)を採用 することで、現場条件を克服した。また、タイプB支承を採用 することにより、既設の変位制限装置も機能として不要となっ たため、撤去しスペースを確保することで、維持管理性の向上 も実現した(写真-29)。



写真-28 トライアップジャッキ(IIK製)



写真-29 支承取替後

## 7. 支承補修工

固定支承サイドブロックの破損(取付ボルト破断)が発見さ れたため(写真-30)、サイドブロックの復旧を実施した。足場 設置後、事前調査を行った結果、以下のとおりであった。



写真-30 サイドブロックの破損(施工前)

- 一支承線全ての支承において、両側のサイドブロック取付 ボルトが破断し、サイドブロックが外れている。
- ②路面(ゴム伸縮継手)に異常はみられないが、サイドブロック破損側の桁が橋軸直角方向15mm程度ずれている。
- ③隣接する桁の支承および落橋防止システムには、破損などの異常はみられない。

橋軸方向地震により、サイドブロックが破損したことで、橋 軸直角方向の拘束が無くなり、上部工が15mm程度橋軸直角 方向にずれたと考えられた。上部工のずれについては、伸縮 継手の異常がみられず、有効幅員確保や走行性への影響が ないこと、既設落橋防止システムの破損がみられないことか ら、以下に示す手順により、支承サイドブロックのみの復旧と した。機材配置等、図-22に示す。また、補修完了後の写真を 写真-31に示す。



図-22 サイドブロック取替要領



写真-31 サイドブロックの破損(施工後)

- ①上部工が15mm橋軸直角方向にずれたことにより既設サイ ドブロックのボルト撤去が不可能であるため、既設ジャッ キアップ補強を利用して、桁をジャッキアップ・仮受けし、支 承反力を解放。
- ②下沓-ベースプレート現場溶接部をガウジングにより、はつり、下沓を上沓中心に合わせて移動。
- ③既設サイドブロック撤去、新設サイドブロック取付ボルト タップ孔の施工、サイドブロック取付。

④ジャッキダウン、下沓の再現場溶接。

## 8. 施工性を考慮した剥落防止工法の選定

本工事では壁高欄(高欄側面外側、張出床版床面)とRC橋 脚について、剥落未施工部における剥落防止の新規施工と既 設剥落防止の補修を実施した。施工する剥落防止の仕様は必 要とされる剥落片の保持能力により、首都高速道路の要領に おいては、A種及びB種に区分されており、耐荷性や付着性は A種の方が高く、高欄および張出床版に適用される<sup>4)</sup>。A種と B種で材料を分けて施工することも可能だが、本工事では施 工性を優先し、両方を満足するレジガード工法を採用し、A種 とB種の範囲を同時に施工した。

既存剥落防止については健全性の確認のため、付着強度 試験を実施した。必要強度を満足していない場合は、対象 範囲の既存剥落防止は全て撤去を行った。付着強度は満足 している範囲でも部分的に損傷している箇所は補修を実施 した。また、床版張り出し部で、水切りが設置されていない 範囲には、水切り効果の大きい水切りアイドリップ(IIK製)を 設置して、上部構造への伝い水を削減させた。(図-23、写真 -32)剥落防止工の施工前、施工後の写真を示す(写真-33、 写真-34)。





写真-32 水切りアイドリップ施工状況



写真-33 剥落防止工 施工前



写真-34 剥落防止工施工後

## 9. 塗替塗装工における省工程塗装の採用

本工事では、現場の損傷状況を考慮し、鋼製橋脚の塗替 塗装を追加契約で行うこととなった。施工前、施工後の写真 を示す(写真-35、写真-36)。

鋼製橋脚は街路の中央分離帯にあり、柱部周囲に足場を 設置することはできず、塗替塗装作業は街路または高速規制 を伴うこととなる。しかし、隣接工事との競合が多く、規制実 施が困難となる状況も予想され、工期に間に合わなくなるリス クが高いことから、必要規制回数を減らすために省工程塗装 を採用することとなった。省工程塗装は通常の塗装系よりも 施工費(材料含む)が高いことから、交通規制範囲のみ省工 程塗装を採用する案もあったが、橋脚全体としての維持管理 性を配慮し、足場内も同様に省工程塗装を採用した。また、 工事範囲の既設塗料は鉛丹さび止め塗料が使用されており、



写真-35 塗替塗装 施工前

既設塗膜には人体に有害な鉛および鉛化合物が含有されて いる。したがって、既設塗膜剥離作業時に作業員や周辺環境 への被害がないように注意が必要であった。そのため、規制 作業時にも高所作業車上で密閉空間を作り、粉塵が飛散しな いようにするなど十分な鉛対策を行って作業を実施した。



写真-36 塗替塗装 施工後

## 10. き裂補修工・き裂補強工

本工事ではき裂の補修と予防保全を含む補強を実施した。 き裂の補修はき裂の切削除去や止端仕上げ、き裂先端へのス トップホール施工(写真-37、38)、またはき裂発生個所の部材 補強・取替を行った。



写真-37 き裂発生箇所



部材取替は、き裂発生個所の部材を撤去し、新規部材を 溶接により復旧する。対象部の鋼材は古い時代に製造された 鋼材となるため、その溶接性に問題がないか材料を確認した 上で、溶接施工計画に反映した。また、供用下で溶接を行う

ため、交通振動が溶接に悪影響を与えることはないか、また、 その作業性に問題はないか、事前に現地溶接施工試験を実 施して、溶接後の品質に問題がないことを確認してから本施 工を行った(写真-39~写真-41)。垂直補剛材上縁の疲労き 裂対策として、新規部材には回し溶接部の応力緩和のため円 弧切り欠きを設けた。き裂の補修完了後は、必要に応じて補 強部材を高力ボルトにて取り付け、塗装を行った。

き裂の予防保全は、鋼桁において構造物の安全性、使用 性、耐久性に影響を及ぼす重大な損傷が発生する主桁・横桁 交差部において、現時点でき裂損傷が発生していない場合で も予防的に処置を行うもので、該当箇所に補強部材の取り付 けを行った(写真-42)。

既設構造物の寸法によっては、補強のための高力ボルトが 配置できない場合があり、ガセットプレートごと取り替えを実 施することで、構造の改善を実施した(写真-43)。



写真-39 溶接補修(施工前)



写真-40 垂直補剛材全周き裂破断



写真-41 溶接補修(施工後)



写真-42 補強部材の設置による鋼桁の補強



写真-43 補強部材設置によるガセット補強

# 11. Bランク補修工

平成25年の道路法改正に基づき、道路管理者による橋梁・ トンネル等の道路施設の構造物を5年に一度、近接目視点検す ることが定められた。首都高速においては損傷の程度からA、 B、Cの分類がされているが、本工事においては2,650件の損 傷補修を行った。緊急性のあるAランク、次の点検時までに対 応を行うBランク、経過観察となるCランクがあり、本工事にお いてはAランク:1件、Bランク:2,650件に対して補修を行った。





写真-44 腐食ボルトの補修工(不要ボルトの撤去等)





写真-45 鋼桁の変形 (原因)支承サイドブロック破損





写真-46 床版の断面欠損 (原因)端部補強版施工不良に伴う水浸入





写真-47 鋼製橋脚の腐食 (原因)既設橋梁天端マンホールからの水浸入

内容は桁や排水管の損傷、床版や橋脚のコンクリートの浮 き・剥離・断面欠損、鋼桁や鋼製橋脚の腐食、鳩害、残材、ボ ルト欠損など多種多様となっていた。全ての損傷について現 地調査を実施し、補修方針の決定、補修を行った(写真-44 ~47)。損傷は工区の全域に点在している状況であったため、 ある一定区間の損傷をまとめて施工した。損傷位置図(平面 図)に日々消し込みを行い、さらに写真による完了確認を行う ことで、施工忘れがないように工夫を行った。

## 12. まとめ

首都高速道路の補修工事である(修)上部工補強工事 1-201について報告した。本工事は、IIS製常設足場のパイロッ ト工事となったが、複雑な交通規制が必要である都市部の高 速道路においても設置可能であることが確認できた。また、 建築限界の制約がある条件下では、交通規制を最小限に抑 えることができる工法を開発し、工程短縮を実現した。

その他、本工事は東京オリンピック外観対象工事であり、 かつ、工種や物量も多く、厳しい工程管理が要求されたが、 3Dレーザースキャナーを用いた新技術の導入や品質管理面に おける工夫を積極的に採用し、無事工事を終えることができ た。本報告が、今後、都市部における大規模修繕工事を実施 する際に、参考になれば幸いである。最後に、本工事の施工 にあたり、ご指導、ご協力を多大に頂いた首都高速道路 東 京西局 第一保全工事事務所、および土木保全設計課の皆様 に深く感謝の意を表します。

## 【参考文献】

- 1)JASO M 609、M 610「自動車用材料腐食試験方法」「自動 車部品外観腐食試験方法」
- 2)(財日本ウエザリングテストセンター、「促進暴露試験ハンド ブック [II]促進腐食試験」、腐-18、2009.4
- 3)林直宏ほか、「複合サイクル試験による表面処理材の腐食促 進試験に関する研究」、あいち産業科学技術総合センター 研究報告、2014
- 4)首都高速道路(株)、橋梁構造物設計要領コンクリート片剥落 防止編、平成18年8月





# 大正時代に建造されたRC床版の劣化性状と残存構造性能の検証

- 既設RC床版を用いた残存性能の把握 --

TAKESHIMA Natsumi	YOSHIDA	<sup>Yuki</sup>	<sup>KISAKU</sup>	<sup>Tomoaki</sup>
竹嶋 夏海*	吉田	有 希**	木作	友 亮**
	OKADA 岡田	Seiji 誠司***		

# 1. はじめに

国内において供用後50年を経過した橋梁の割合は現在 27%であり、供用後90年を超えて現存する事例はさらに少な い。<sup>1)</sup>また、2019年段階において、健全度判断区分における事 後保全型(判定区分Ⅲ、Ⅳ)の修繕は約35%進行・完了してい るものの、予防保全型(判定区分Ⅱ)の修繕は5%程度に留まっ ている。

床版は、車両・人の荷重を直接受け持ち、橋梁の主構造へ 伝える重要な役割を担っている。経時的な変化や凍結防止剤 の散布等により、コンクリートの材料劣化や鉄筋の腐食が進 み、床版機能が低下しているものもある。損傷メカニズムを解 明するため、RC床版の損傷を模擬した試験は数多く行われて いる一方、実際に使用されていた床版を用いた試験は少ない。 その中で、弊社にて実施した床版取替工事において、撤去床 版を使用できる機会を得られた。

供用後90年以上経過したRC床版の各種残存性能を把握す ることは、予防保全を適切な時期に行うための情報として非 常に有用である。本検討では、淀川大橋で使用されていた既 設床版を用いて、材料試験・静的載荷試験・輪荷重走行試験 を行うことで、既設床版の残存性能を評価した。

# 2. 橋梁概要

## 2-1. 淀川大橋の概要

淀川大橋の外観を写真-1に示す。淀川大橋は、1926年に 供用を開始し、国道2号の交通ネットワークを支えた。部分的 な補修・補強はあるものの、上部・下部工共に大部分は架橋 当時の材料と構造が適用されている。他方で、床版の漏水や コンクリートのはく離といった損傷が著しく、2013年度の定期 点検では床版はC2(橋梁構造の安全性の観点から、速やか に補修等を行う必要がある)判定、橋梁全体の健全度はⅢ(早 期措置段階)という評価であった。そこで老朽化対策として、



写真-2 床版構造

RC床版を撤去し、より軽量な鋼床版に取り換える工事を2017 ~2020年に行った。工事の詳細は、本誌で掲載している工事 報告を参照されたい。

床版構造を写真-2に示す。床版断面を確認したところ、鉄 筋コンクリート範囲(以降、RCと示す)と、調整コンクリート範 囲(以降、P-Cと示す)で分かれていた。これは、架設当時に 利用されていた路面電車と道路の高低差を揃えるため、調整 コンクリートが全体に打設されていたと考えられる。床版の主 鉄筋には折り曲げ鉄筋が使用されている。また、床版下面は 架橋当時に設置された菱形金網(以降、エキスパンドメタルと 示す)が敷設されている。これは、鉄筋を配筋する際の固定、 およびスペーサー等の役割を担っていたと考えられる。



写真-1 淀川大橋外観

\*㈱IHIインフラシステム 開発部 研究開発第1G \*\*㈱IHI 技術開発本部 技術基盤センター 材料・構造G \*\*\*(株)IHIインフラシステム 開発部
当時(大正時代)のコンクリート構造物の特徴として、大正2 年に高炉セメントの工業生産が開始され、大正時代末には今 日まで採用されているセメント製造工程が確立されたこと<sup>2)</sup>、 粗骨材に川砂利等の材料が使用されたことなどが挙げられ る。また、密実性の高いコンクリートが打設された場合、今日 でも所定の強度や品質を保持している事例もある。<sup>314)</sup>

一方で、当時のコンクリートスランプが小さく、施工におい て均しコンクリートを用いなかったため、コンクリート下端まで 十分な締固めができないことによる空隙が発生する可能性も 指摘されている。<sup>5)</sup>

# 2-2. 選定箇所と試験項目

供試体は定期点検結果と床版下面の外観目視検査に基づき、比較的損傷の多い箇所(A、D、E)と損傷の少ない箇所(B、C)から選定した。図-1の通り、鈑桁部から3か所、トラス部から2か所採取した。床版は運搬の制約により、5.5t以下とし、最大で幅1.6m×長さ3.2mのサイズを切り出した。

既往の研究を踏まえ、コンクリートや鉄筋の材料性能把握 のため、A~Eを対象に、3章に示す各種材料試験を行った。 また、RC床版自体の構造性能を把握するため、C、Dを対象 に「耐荷性能」として4章に示す4点曲げ載荷試験、Dを対象に 「疲労耐久性能」として5章に示す輪荷重走行試験を行った。 2種類の載荷試験は床版支間と主鉄筋の方向が一致している トラス橋を対象とした。



#### 3. 材料試験

コンクリートの強度物性を把握するため、圧縮強度試験、静 弾性係数試験、割裂引張強度試験を実施した。また、既設床 版の塩害・中性化の程度を把握するため、塩化物イオン濃度・ 中性化深さを測定した。試験項目とその採取位置の関係を、表 -1に示す。採取位置A、Bでは、RC部にジャンカが散見された。 こうした不良部をD-RCと呼ぶこととし、材料特性を把握した。

採			コンク	鉄筋						
取 位	圧新	音・静引	単性	割裂引張		中性	減少率		引張	
置	RC	D-RC	P-C	RC	P-C	塩害	主	配力	主	配力
А	3	3	3	3	3	1	-	-	-	-
В	3	3	3	3	3	1	-	-	-	-
С	3	-	3	3	3	1	9	9	5	5
D	3	-	3	3	3	1	9	9	5	5
Е	3	-	3	3	3	1	-	-	-	-

表-1 各種材料試験の供試体数量

コアはJIS A 1107<sup>6</sup>に準じて、既設床版から採取した。現 場から採取した鉛直方向コアによる予備圧縮試験を実施した ところ、概ねP-C部から破壊した。これより、RC・P-C部は強度 も異なると考えられたため、強度試験用のコアは両者が混在 しないように、水平方向に採取した。塩化物イオン濃度・中性 化深さの測定用のコアは飛来塩分の影響を確認するため、鉛 直方向に採取した。ひずみゲージ(ゲージ長60mm)を対角に 2枚取り付けた供試体を試験機に設置し、衝撃を与えないよう に一定の速度(毎秒0.6±0.4N/mm)で載荷した(写真-3)。載 荷中に試験機が示した最大荷重を圧縮強度として記録した。静 弾性係数は、測定した荷重とひずみの関係より算定した。



写真-3 試験状況

#### 3-1. 強度物性結果

各採取位置における圧縮強度(f'c)、静弾性係数(Ec)、引 張強度(ft)の3体平均値を表-2に示す。RCの平均圧縮強度 は、最大59.9 N/m m<sup>\*</sup>、最小34.7 N/m m<sup>\*</sup>であった。D-RCの 圧縮強度は、29.1~34.9 N/m m<sup>\*</sup>の範囲であった。一方、P-C の強度は、最大41.4 N/m m<sup>\*</sup>、最小15.5 N/m m<sup>\*</sup>であり、RCよ り強度が低く、ばらつきが大きかった。当時の設計基準より、 架設時の設計基準強度は120~150kgf/c m<sup>\*</sup>(11.8~14.7 N/ mm<sup>\*</sup>)程度と想定される<sup>7)</sup>。コンクリートが健全であれば、建設 から95年が経過した今でもコンクリートは設計基準以上の強 度を保持していると判断された。

#### 表-2 コンクリート強度試験の結果(平均値)

採取位置	種類	f'c (N/mm²)	Ec (kN/mm²)	ft (N/mm²)
	RC	59.9	34.1	3.80
А	D-RC	34.9	34.0	-
	P-C	41.4	30.6	3.38
	RC	34.7	32.0	3.36
В	D-RC	29.1	27.7	-
	P-C	33.7	33.5	2.57
C	RC	46.0	32.3	2.43
C	P-C	29.7	23.8	1.82
D	RC	46.2	34.5	2.97
D	P-C	15.5	19.5	1.34
F	RC	38.6	31.9	3.04
Ľ	P-C	27.5	25.7	2.32

#### 3-2. 塩害および中性化深さ調査

塩化物イオン濃度の測定は、JIS A 1154<sup>80</sup>に準拠した。主 鉄筋高さ(床版下面から40mm)のコンクリートをジョークラッ シャーおよび振動ミルで0.15mm未満に微粉砕し、10g程度の 試料を採取した。試料は、吸湿しない環境下で保存した。試 料を硝酸で加熱煮沸して塩化物イオンを抽出し、不溶分をろ過 洗浄してろ液を作製した。電位差滴定装置にろ液の一部をセッ トし、硝酸銀溶液による滴定で塩化物イオン濃度を測定した。

中性化深さの測定は、JIS A 1152<sup>9</sup>に準拠した。割裂面に フェノールフタレイン溶液を噴霧し、無色の領域の深さを5箇 所以上測定した。粗骨材の影響がある場合は、粗骨材両端の 中性化位置を結んだ直線状で測定した。

各採取位置における塩化物イオン濃度と中性化深さを表 -3、中性化深さの測定状況を写真-4に示す。塩化物イオン濃 度は、全ての採取位置で腐食発生限界濃度である1.2kg/m<sup>10</sup> 以下であった。中性化深さは、採取位置A、B、Cでは鉄筋か ぶりの40mmよりも深く、DおよびEでは約30mmであった。よっ て、中性化が鉄筋腐食に影響を与えていることは明らかである。

鉄筋位置の塩化物イオン濃度が低い理由として、中性化に よる塩化物イオンの濃縮が考えられる<sup>11</sup>。本橋梁は海岸線か ら約5kmの距離に位置し、床版下面にジャンカによる不良部

表-3 各採取位置での塩化物イオン濃度と中性化深さ

採取位置	А	В	С	D	Е
Cl-濃度(kg/m³)	0.575	0.253	0.276	0.161	0.276
中性化深さ(mm)	111.9	31.6	27.0	61.2	43.2



写真-4 採取位置C 中性化深さ



写真-5 引張供試体

が散見されることから、一時は塩化物イオン濃度が腐食発生 限界を超えていたと考えられる。その後の中性化の進行に伴 い、塩化物イオン濃度のピークがコンクリート内部へ移動し、 結果的に鉄筋位置の塩化物イオン濃度が低下したと推測され る。以上のことから、本コンクリート床版の鉄筋腐食は、塩害 および中性化の複合劣化によるものだと判断される。

採取位置Aは、他の場所に比べて塩化物イオン濃度が高 く、中性化も進行している。この理由として、本橋梁は橋台 に向かって路面高が低くなっており雨水が橋台側に流れるこ と、橋台付近で桁下から水面までの距離が短くなっており飛 沫が床版下面に付着する可能性があること、採取位置Aでは 他箇所に比べ床版の下部にコンクリートの充填不良が散見さ れたことが影響していると考えられる。

#### 3-3. 鉄筋の分析

既設床版中の鉄筋の腐食程度を把握するため、鉄筋の質 量減少率および断面減少率を計測した。計測方法は、土木 研究所資料<sup>12)</sup>を参考とし、式(1)、(2)で算出した。ここで、鉄 筋は丸鋼であり、基準断面積は橋梁架設時の図面に記載さ れた鉄筋径0.5inch(12.7mm)から126.7mmとした。基準質 量は、鉄筋の密度を7.85g/cmと仮定して328.2gとした。

質量減少率=1-除錆後重量÷基準重量	式(1)
断面減少率=1-除錆後断面÷基準断面	式(2)

各採取位置において、腐食程度が様々な長さ1mの鉄筋を 3本採取した.鉄筋を330mmの長さに切断し、JCI-SC1<sup>13</sup>に準 拠して除錆した。鉄筋供試体の質量を計測し、基準質量で除 すことで質量減少率を算出した。また、鉄筋供試体の最小径 とこれに直交する直径をノギスを用いて50mm間隔で計測し た。2種類の直径から算出した各断面の面積の平均値を基準 断面積で除し、断面減少率を求めた。

鉄筋の引張強度試験は、JIS Z 2241<sup>14</sup>に準じた。各採取位 置につき、腐食減少率が比較的低い5本の主鉄筋および5本 の配力鉄筋を試験した。試験は室温環境下で実施し、降伏 点または0.2%耐力、引張強さ、伸び、絞りを測定した。引張 試験前後の供試体を写真-5、写真-6に示す。ひずみの計測の ため、1軸ひずみゲージを貼り付けた。



写真-6 引張試験後

鉄筋名	主-1	主-2	主-3	主-4	主-5	主-6	主-7	主-8	主-9	配-1	配-2	配-3	配-4	配-5	配-6	配-7	配-8	配-9
質量減少率(%)	2.94	3.09	2.81	4.47	6.43	15.6	13.7	22.8	62.9	3.68	3.69	1.94	1.97	1.61	5.48	17.5	23.8	30.3
断面減少率(%)	2.45	2.55	2.58	3.51	4.25	14.9	10.6	22.2	60.9	3.72	3.61	1.41	2.15	2.71	4.95	12.1	17.9	31.9

表-5 鉄筋の質量減少率および断面減少率(採取位置D)

鉄筋名	主-1	主-2	主-3	主-4	主-5	主-6	主-7	主-8	主-9	配-1	配-2	配-3	配-4	配-5	配-6	配-7	配-8	配-9
質量減少率(%)	1.76	2.81	3.12	3.32	3.38	8.48	10.7	12.7	15.6	8.80	6.55	0.00	0.00	2.25	7.56	7.88	0.00	3.10
断面減少率(%)	1.02	1.37	2.55	2.81	3.35	7.81	10.4	9.14	9.18	8.90	7.75	0.36	0.47	3.04	7.37	8.09	0.83	2.08

質量減少率 3.12%		質量減少率 62.89%	
	-		and the second s
ALC: NO.	 200	Constant of the local of the	C. C

#### 写真-7 除錆後の主鉄筋の外観(左:採取位置Dの主-3、右:採取位置Cの主-9)

主鉄筋および配力鉄筋の質量減少率および断面減少率の 一覧を表-4~5に示す。全鉄筋供試体の質量減少率の平均値 は6.88%であった。一方、採取位置Cの質量減少率の平均値 は12.5%、採取位置Dの質量減少率の平均値は4.97%であっ た。代表して採取位置Dの主-3と採取位置Cの主-9の外観を 写真-7に示す。

主-9では著しい減肉が認められ、質量減少率は62.89%で あった。採取位置Cは、採取位置Dと比較して、外観調査時 に損傷箇所が見られなかった。しかし、本試験の結果から、 鉄筋の腐食率はCの方が高いことが明らかとなった。この結 果から、床版下面が補修されている場合、表面状態から鉄筋 の腐食程度を予測することは困難であることが分かる。

図-2に引張強さ・降伏点の関係を示す。図中には合わせて、 引張強さはJIS G 3112<sup>15</sup>に規定されるSR 235の引張強さの下 限値(380N/mm)を記載した。降伏点や引張強さは、試験時 に計測された荷重値を前述の手法で算定した断面積で除して 求めた。ここで、配力筋は鉄筋径が細いため、前述の断面積 の算定方法では誤差が生じやすく、バラつきも大きい。また 一部には引張強さが規格値より低い値となったものもある。



#### 4.4点曲げ載荷試験

橋梁の維持管理において、供用中の構造物の保有性能は 劣化予測や今後の維持管理対策を検討する上で重要な情報 となる。95年供用されたRC床版を対象とし、梁の静的4点曲 げ載荷試験によって耐荷性能を把握する。本試験では、2体 の静的4点曲げ載荷試験を実施した。

#### 4-1. 試験方法

輪荷重走行試験では、床版支間と主鉄筋の方向が一致して いるトラス橋を試験の対象としている。輪荷重走行試験と整合 を図るため、本試験においてもトラス橋を対象とした(図-1参 照)。RC梁の破壊形態は、支点から載荷点までの距離と有効 高さd(床版下面側の鉄筋中心から床版上面までの距離)の比で あるせん断スパン比(a/d)によって変化する<sup>16)</sup>。本試験では、確 実に曲げ破壊を発生させるため、せん断スパン比a/d は7.0以 上を確保した。設定した供試体の構造諸元を表-6に示す。試験 体の幅は、載荷治具の寸法を考慮して1200mmに設定した。

表-6 試験体の構造諸元

	P16T	P18T
供試体幅(mm)	1200	1200
最大有効高さ d (mm)	265	276
せん断スパン a (mm)	2000	2000
せん断スパン比 a/d	7.55	7.25
載荷点スパン(mm)	400	400
支点間スパン(mm)	4400	4400
端部長さ(mm)	500	500
供試体長さ(mm)	5400	5400



容量200tの門型フレームを用いて、梁の静的4点曲げ載荷 試験を実施した。試験状況を写真-8に示す。支点および載荷 点は、片方はピン支持、もう一方はピン+ローラー支持とした。 支点と供試体下面の間に石膏を敷設し、試験体表面の不陸を 調整した。単調載荷を行い、たわみが50mm程度となるまで 載荷した。計測項目は、支間中央と支点位置の鉛直変位・鉄 筋のひずみとした。また、試験体のひび割れを試験前後及び 載荷試験中(20kNの荷重増分ごと)に記録した。 既設RC床版の鉄筋量が少なく、本試験の支点間スパンが 大きいため、破壊荷重(終局曲げモーメント)に占める自重の影 響が大きいと予測された。よって本試験では、油圧ジャッキに よる載荷を行う前に、自重の解放量とたわみの関係を計測す る予備試験を実施した。予備試験の概要は、載荷点の真下に 受け桁を設置し、自重相当の荷重(22~23kN)になるまで受 け桁下のジャッキで押し上げた。その後、受け桁下のジャッ キを下げながら鉛直変位0.1mm毎に荷重・変位・ひずみを計 測した。予備試験の詳細は、既往論文を参照されたい。<sup>17)</sup>



写真-8 試験状況(載荷前)

#### 4-2. 試験結果

いずれの試験体でも、破壊形状は曲げ破壊であった。P18T 供試体におけるひび割れの発生過程と、P18T供試体の破壊 過程を写真-9に示す。荷重が115kNまでは、目視で観察できる ひび割れは生じなかった。荷重が115kNに達した際にRCに曲 げひび割れが発生した(写真-9(a))。その後、最大荷重に達し た時点で新たな曲げひび割れが発生し、RCとP-Cの界面が剥 離した(写真-9(b))。荷重がピークを超えた後は、写真-9(c)に 示すように、曲げひび割れおよび剥離によるひび割れの幅が大 きくなった。P18T試験体の推定した主鉄筋位置を写真-9(d)に 示す。本図は、試験体の配力鉄筋の位置と建設時の図面を照 らし合わせ、主鉄筋の位置を推定している。ひび割れ発生位置 と鉄筋位置を比較した結果、曲げひび割れの進展経路は、主 鉄筋に沿っていることが分かる。試験の終盤には、支間中央 部のコンクリートの圧壊、エキスパンドメタルの破断が発生し た。P16T試験体も、P18T試験体と同様の破壊形態を呈した。

終局曲げモーメントに至る載荷荷重の推定値(支間中央部 および実際の破壊位置)と実験値の比較を表-7に示す。推定 値は、平面保持の仮定に基づき、コンクリートの引張抵抗を 無視して求めた。鉄筋の降伏値は、各採取位置の鉄筋引張 試験結果の平均値とした。表-7より、支間中央部と比較して 実際の破壊位置の推定耐力は低く、支間中央から離れた位 置で破壊したのは妥当だと言える。推定耐力の算出には各採 取位置の鉄筋引張試験結果の平均値とし、P16Tは290N/m m、P18Tは300N/mmとした。物性が不明なエキスパンドメ タルは鉄筋と同じ物性を与えた。実験値と比較して破壊位置 の耐力が大きくなっている。これは、エキスパンドメタルの降 伏値が鉄筋よりも小さいこと、またエキスパンドメタルの腐食 が激しく、一部破断していたことなどが挙げられる。



(a) RCの曲げひび割れ発生(荷重:115kN)



(b)RCと-P-C界面の剥離(荷重:129.5kN)



(c)ピーク後のひび割れ状況(支間中央たわみ:25mm)



(d) 推定鉄筋位置とひび割れ位置の比較 写真-9 P18T-D2供試体の破壊過程

#### 表-7 終局曲げモーメントに至る載荷荷重の比較

	P1	6T	P18T			
	支間中央	破壊位置	支間中央	破壊位置		
推定	153.2kN	139.0kN	163.0kN	148.9kN		
実験値	121.	6kN	129.5kN			

また、床版支間と曲げ破壊に至る載荷荷重との関係を、図-3 に示す。4点曲げ載荷試験のピーク荷重から、試験時の曲げ モーメントを推定し、その曲げモーメントに至る荷重を床版支 間毎に算定した。1方向の単純支持版であり、支間中央に1点 の集中荷重を与えるという仮定に基づき計算を行った。参考 に、道路橋示方書に規定される床版の設計荷重(200kN)も 示す。P16T、P18Tいずれも、T荷重を中央に載荷した場合 は2.5mまで曲げ破壊しないことがわかる。なお、T荷重は実 際の車両の軸重を示したものではなく、大型車両の隣り合う 車軸を1組の集中荷重に置き換え、かつ床版及び床組の耐久 性を考慮した値であることに留意されたい。



#### 5. 輪荷重走行疲労試験

輪荷重走行試験は、実物大に近いスケールの床版試験体 の上を、載荷荷重を制御しながら車輪を移動させる載荷試験 機による疲労試験方法である。輪荷重走行試験機を写真-10 に示す。一般に、定点載荷に比べ疲労損傷過程を再現し、床 版の耐久性能を把握できる。本試験では、1体の輪荷重走行 試験を実施した。



写真-10 輪荷重走行試験機



道路橋床版の疲労耐久性に関する試験<sup>18)</sup>で示された階段 載荷を採用し、輪荷重走行試験を実施した。試験体は試験 機上で4辺支持とした。4辺のうち長辺2辺は支間長2800mm の単純支持、短辺2辺は支間長4500mmの弾性支持とした。 試験体の詳細は図-4に示す。なお、4点曲げ載荷試験と同じ く、試験体を所定の長さにするため、既設RC床版の両端を新 設コンクリートで延長した。

図-5に試験体中央の変位と走行回数の関係、図-6に階段 載荷における載荷荷重と破壊時走行回数の関係を示す。本稿 の実験結果は、RC床版(約150mm)に加えてその上面に打設 した調整コンクリート(約170mm)を含めた耐久性能であるこ とを留意されたい。図-5は比較のため、平成8年の道路橋示 方書で設計された床版の試験結果をRC8n-1~3として記載 した。図-5によれば、本試験体は荷重が増加する28万回以降 で変位が急激に増加している。参考文献<sup>18</sup>より、供試体中央 の変位が10mmを超えた段階で試験を終了した。





写真-11 試験終了後・試験体下面のひび割れ発生状況



写真-12 試験終了後・試験体下面のひび割れ発生状況



写真-13 床版中央を切断した時のひび割れ発生状況

写真-11~12に試験終了時のひび割れ発生状況を示す。下 面・上面とも同位置にひび割れが発生している箇所があり、試 験終了時点では変状は主にそこから発生したと推定した。し かし、写真-13の通り床版中央部の切断面を確認した結果、 RCとP-Cの界面にひび割れが発生しているものの、床版上下 面を貫通するようなひび割れは見られなかった。また、床版下 面にあるエキスパンドメタルの破断・損傷が激しく、当該箇所 はモルタルで補修されていた。これらより、下面のひび割れは エキスパンドメタルの破断に伴うひび割れが主であり、必ずし も上面のひび割れと一致しないと推察した。



図-6より、RC8と比較して耐久性が低いが、昭和47年の道路橋示方書で設計された床版(以降、RC47とする)と比べると耐久性が高いことが分かる。これは選定した床版のコンクリート・鉄筋が比較的健全であったこと、床版厚がRC47と比べて約1.8倍と厚いこと、主鉄筋が密に入っており、応力変動が起こりづらい構造だったことが主な要因であると考えられる。

#### 6. まとめ

既設RC床版の残存性能を評価するため、実際に使用されて いたRC床版を用いた材料試験・静的載荷試験・輪荷重走行試 験を行った。各種実験の結果、以下の事項が明らかとなった。

- (1)コンクリートの各種実験の結果、コンクリートの強度は設計強度以上を維持していることが分かった。一方で、鉄筋は塩害および中性化による複合劣化が腐食に影響を与えていることが分かった。鉄筋の引張強さが規格値より低いものもあったが、これは算定した断面積のバラつきが影響したと考えた。
- (2)4点曲げ載荷試験の結果、既設床版は鉄筋腐食の影響を 無視した理論値より小さい値を示した。これは、エキスパン ドメタルの強度や劣化による損傷の状態を理論値に反映で きていないためと考えられる。
- (3)輪荷重走行疲労試験の結果、昭和47年の道路橋示方書で 設計された床版以上の耐力を保持していることが分かった。 本稿で記述した既設床版の材料データのみでは、様々な架 橋位置・供用時期の異なる既設RC床版の残存性能を評価す るには不足があると考える。効果的な維持管理手法を提案す るためには残存性能の評価は必要と考えており、今後もこのよ うな取り組みを継続する所存である。

本論文は構造工学論文集<sup>20)</sup>に投稿した内容を再編集した ものである。

最後に、本研究の実施にあたり、多大なご指導やご協力を 頂いた国土交通省 近畿地方整備局 大阪国道事務所の皆さ ま、ならびに関係各位の皆さまに深く感謝します。

# 【参考文献】

1)国土交通省 道路局:道路メンテナンス年報、2019.8

- 2)台信 富寿:明治・大正時代におけるセメント製造方式の変 遷、日本建築学会計画系論文集、第610号、251-258、2006
- 3) 沢木 大介: 竣工から約70年を経た構造物から採取したコ ンクリートの諸性状、コンクリート工学論文集、Vol. 30、 No.1、2008
- 4)森川 卓子:100年を経た鋼橋(明治橋)床版コンクリートの 分析、第五回道路橋床版シンポジウム講演論文集、2006
- 5)岩波 基:90年供用された地下コンクリートにおける地盤と の接触面付近での分析と評価、コンクリート工学年次論文 集、Vol. 35、No.2、2013
- 6)日本産業規格: JIS A 1107 コンクリートからのコアの採取 方法及び圧縮強度試験方法、2016.
- 7)藤原 稔:道路橋技術基準の変遷-既設橋保全のための歴 代技術基準ガイド-、技報堂出版、2009.
- 8)日本産業規格:JIS A 1154 硬化コンクリート中に含まれる 塩化物イオンの試験方法、2012.
- 9)日本産業規格:JIS A 1152 コンクリートの中性化深さの方法 2018.
- 10) 土木学会コンクリート委員会:2017年制定コンクリート標準 示方書-設計編-、土木学会、2018.
- 小林 一輔:コンクリートの炭酸化に関する研究、土木学会 論文集、Vol. 15、No. 433、pp. 1-14、1991.
- 12) 土木研究所:劣化したRC橋の耐荷力評価に関する研究 -塩害を受けたRC床版橋の載荷試験-、土木研究所資料 第4234号、2012.
- 13)日本コンクリート工学会:JCI-SC1 コンクリート中の鋼材の 腐食評価方法、1987.
- 14)日本産業規格: JIS Z 2241金属材料引張試験方法、2015.
- 15)日本産業規格: JIS G 3112 鉄筋コンクリート用棒鋼、2014.
- 16)日本大学コンクリート工学研究室:せん断力を受ける鉄筋 コンクリート部材、コンクリート構造学及び演習講義資料、 2019
- 17)木作 友亮:大正時代に建造された道路橋RC床版の静的4 点曲げ載荷試験による耐荷力の検証、土木学会年次学術 講演会、2019
- 18)国土交通省国土技術政策総合研究所:道路橋床版の疲労耐久性に関する試験、国土技術政策総合研究所資料 第28号、2002.3
- 19)日本道路協会:道路橋示方書·同解説 II鋼橋·鋼部材編、 pp.286、2018.
- 20) 吉田 有希:90年以上供用された特殊な構造を有する
   RC床版の劣化性状の把握と構造性能の評価、構造工学 論文集、Vol. 67A, pp. 673-686、2021

# 鋼材の機械的性質に着目したコンクリート充填鋼製橋脚の耐震性向上技術

 FUJITA
 Takumi
 YOSHIKAWA Shinji
 OKADA
 Seiji

 藤田
 匠\*
 吉川
 真路\*\*
 岡田
 誠司\*\*\*

### 1. はじめに

日本は、近年だけでも東日本大震災や熊本地震といった大 規模な地震があり、甚大な被害を受けた。さらに近い将来に おいて、首都直下地震<sup>11</sup>や南海トラフ巨大地震<sup>20</sup>の発生の可能 性が指摘されている。そのため、土木構造物の耐震性能向上 に対する社会的な要求は大きい。特に都市高速道路における 高架橋については人口密集地に建設されるため、巨大地震時 においても倒壊による人的および物的被害を防止する事が求 められる。また、震災後の復旧復興においても重要な役割が 期待される。このように都市内の橋脚には高い耐震性能が求 められるが、地方と比べると立地上の条件が厳しく建築限界 に縛られ橋脚断面が小さく制限されることから、鋼製橋脚が 多く採用されている。

鋼製橋脚の耐震設計基準については、兵庫県南部地震の 経験を機に多くの研究が進み、H14改訂の道路橋示方書V 耐震設計編(以下、道示Vと示す。)<sup>3)</sup>において、レベル2地震 動に対する非線形履歴モデルの設定により求められる耐震 性能と、その許容値が明確に設定された。またその後の改訂 (H24<sup>4)</sup>、H29<sup>5)</sup>)で評価法が見直され、適用範囲の拡大が図 られている。こうした耐震設計基準が整備される一方、新設 する鋼製橋脚自体の耐震性能を向上させる技術については、 例えばコンクリートを鋼製橋脚内部に部分的に充填する手法が 確立<sup>5)</sup>されている。その他には過去の研究にて、コンクリート 無充填の鋼製橋脚断面の一部に高張力鋼を用いた構造に着 目し、その耐震性能について解析的に検討した<sup>6)</sup>ものがある。 そこで本研究論文では、コンクリート充填鋼製橋脚の耐震 性能向上を目的に、鋼材の機械的性質に着目し実施した実験 的検討について報告する。SM490Y材の規格範囲内で降伏 比を下げ低降伏比化(以下、低YR化)させた鋼材をフランジお よびウェブ(以下、外板)に適用し、縦方向補剛材(以下、縦リ ブ)には降伏強度を上げた高降伏点化(以下、高YP化)させた 鋼材を適用することで橋脚としての耐震性能向上を図り、こ の効果を実験により検証した。本検討は、低YR化した鋼板 を外板に使用することによる材料の塑性化領域拡大<sup>71</sup>の期待 と、縦リブの高YP化による補剛板全体の変形抑制効果<sup>61</sup>の 期待により、橋脚全体としての変形性能向上を試みたもので ある。さらに、このような材料特性の変化をSM490Yの鋼材 規格範囲内で制御することで、一般のSM490Y材と同様の取 り扱い(設計および製作)が可能であることを特徴としている。

# 2. 耐震性能向上効果の検証

耐震性能向上効果の検証は、コンクリート充填鋼製橋脚への地震作用を模擬する正負交番載荷試験により実施した。

#### 2-1. 実験供試体の力学パラメータ

供試体の細長比パラメータ( $\overline{\lambda}$ )は、従来の鋼製橋脚の平均 的な高さと高架橋を想定した高さの鋼製橋脚を対象<sup>8)</sup>とする ため、式(1)に示す定義<sup>9)</sup>にて、SM490Yの公称降伏強度( $\sigma_y$ =355N/mm)に対して0.3と0.5の2種類で設定した。



 $\overline{\lambda} = \frac{1}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}} \cdot \frac{l}{\gamma} \quad \cdots \qquad \overrightarrow{\mathfrak{R}}(1)$ 

図-1 供試体形状図

<sup>\*㈱</sup>IHIインフラシステム 開発部 研究開発第1G

<sup>\*\*㈱</sup>IHIインフラシステム 橋梁技術室設計部 設計第2G

<sup>\*\*\*(㈱</sup>IHIインフラシステム 開発部

ここで、*l*は有効座屈長(*l*=2*h*)、*h*は供試体の柱断面基部 から水平載荷点までの高さを示す。*y*は断面二次半径、そし て*E*は鋼材の弾性係数(*E*=200,000N/m m<sup>2</sup>)である。また、 供試体断面は、SM490Yの公称降伏強度に対して、式(2)、式 (3)、式(4)で定義される幅厚比パラメータ $R_R$ 、 $R_F^{9}$ および縦方 向補剛材剛比 $y_I^{9}$ が、道示V<sup>5)</sup>に示される矩形断面コンクリー ト充填柱のM- $\phi$ モデルの適用範囲を満足するよう設定した。 幅厚比パラメータの値は $R_R$ =0.5、 $R_F$ =0.5とした。

$$R_R = \frac{b}{t} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E} \cdot \frac{12(1-\mu^2)}{\pi^2 k_R}} \dots \overrightarrow{\mathfrak{R}}(2)$$

$$R_F = \frac{b}{t} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E} \cdot \frac{12(1-\mu^2)}{\pi^2 k_R}} \quad \dots \\ \vec{\mathcal{R}}(3)$$

$$k_F = \frac{(1+\alpha^2)^2 + n\gamma_l}{\alpha^2(1+n\delta_l)} \qquad (\alpha \le \alpha_0)$$

$$= \frac{2(1+\sqrt{1+n\gamma_l})}{1+n\delta_l} \qquad (\alpha > \alpha_0)$$

ここで、 $b \geq t$ はそれぞれ補剛板の幅と板厚を示す。 $\mu$ は鋼材のポアソン比で0.3の値とした。座屈係数<sup>90</sup> $k_R \geq k_F$ はそれぞ れ $k_R = 4n^2$ 、 $k_F =$ 式(5)であり、nは補剛板のサブパネル数、aは補剛板の縦横寸法比、 $a_0$ は限界縦横寸法比、 $\delta_l$ は縦方向 補剛材1 個の断面積比である。また、 $I_l$ は縦方向補剛材1個の 断面二次モーメントである。断面寸法は、これらパラメータ設 定値を満足しつつ、製作性を考慮して載荷装置の能力が許す 限り、できるだけ大きくなるよう計画した。

供試体形状図を図-1に、供試体諸元を表-1に示す。細長 比パラメータに関わらず供試体断面はすべて同一断面とし、 縦リブ本数は1パネルに3本配置とした。使用する板厚はt= 6mmとした。参考のため表-1には、各供試体について、道示 V<sup>5)</sup>に示される矩形断面のコンクリートを充填する場合の*M*-φ

表-1 供試体諸元

		計角併計は			$\overline{\lambda} = 0.3$	$\overline{\lambda} = 0.5$			
		<b>刈</b> 家供武体			A-1, A-2	B-1, B-2			
		幅	b <sub>F</sub>	mm	57	70			
	フランジ	厚	t <sub>F</sub>	mm		<u>,</u>			
		サブパネル数	n <sub>F</sub>	-	4				
		幅	b <sub>W</sub>	mm	570				
+#:	ウェブ	厚	t w	mm	(	5			
(件) 浩		サブパネル数	n <sub>W</sub>	-	4				
諸	約4 11 一	幅	b <sub>r</sub>	mm	5	6			
元	州た ワーク	厚	t <sub>r</sub>	mm	(	Ó			
	載荷点语	が	h	mm	2,679	4,465			
	ダイアフラ	ム間隔	а	mm	69.	3.5			
	巡子亡去回去	4 paul 1. (, 5) 9)	γ <i>ι/</i> γι*	-	1.00				
	縱力凹裡剛や	γ1/γ1 •req	-	1.0	00				
	鋼材の降住	犬強度	$\sigma_{ySN}$	N/mm <sup>2</sup>	35	55			
	鋼材の弾性	生係数	$E_{SN}$	N/mm <sup>2</sup>	200,	000			
	コンクリートの	D圧縮強度	$\sigma_{ckN}$	N/mm <sup>2</sup>	18				
	鋼断面のみの降	伏水平荷重	$P_y$	kN	358	215			
	鋼断面のみの降	伏水平変位	$\delta_y$	mm	12.4	34.5			
材	軸力上	Ł	$N/N_y$	-	0.	15			
か	鋼断面のみの全圏	所面降伏軸力	$N_y$	kN	6,3	40			
規	鉛直荷	重	N	kN	95	51			
格	降伏水平荷重(圧縮	側コンクリート考慮)	$P_{yN}$	kN	494	296			
値	降伏水平変位(圧縮	側コンクリート考慮)	$\delta_{yTN}$	mm	14	39			
	水平荷重[ $\epsilon_a=7\epsilon_y$ ] (圧約	諸側コンクリート考慮)	$P_{S}$	kN	638	383			
	水平変位[ $\epsilon_a=7\epsilon_y$ ] (圧約	諸側コンクリート考慮)	$\delta_S$	mm	55	152			
	細長比パラン	メータ <sup>9)</sup>	λ	-	0.32	0.53			
	幅厚比パラ	メータ <sup>9)</sup>	$R_R$	-	0.:	53			
	幅厚比パラ	メータ <sup>9)</sup>	$R_F$	-	0.:	53			

供試体名		鋼材の	降伏点 YP(N/mm <sup>2</sup> )		引張強度 TS	降伏 YR(	比 %)	鋼材の 弾性係数	コンクリートの 圧縮強度	コンクリートの 弾性係数
		適用区分	上降伏点	下降伏点	(N/mm <sup>2</sup> )	上降伏点	下降伏点	$E_{SM}$	$\sigma_{ckM}$	E <sub>CM</sub>
								$(N/mm^2)$	$(N/mm^2)$	$(N/mm^2)$
1 0 2	A 1	外板	451	432	532	85	81	204,167	20.5	25,300
	A-1	縦リブ	451	432	532	85	81	204,167	20.5	
λ-0.5	A-2	外板	421	384	565	75 低YR化	68	196,641	18.2	25 700
		縦リブ	533 <mark>♥</mark> 高YP化	492	609	88	81	207,988	10.2	25,700
	D 1	外板	517	501	591	87	85	211,473		24.700
7-0.5	D-1	縦リブ	377	342	522	72	66	207,188	10.8	
λ=0.5	РΊ	外板	377	342	522	72 低YR化	66	207,188	17.0	24,700
	D-2	縦リブ	515 高YP化	509	593	87	86	214,241		

表-2 供試体に使用した材料の材料試験結果



図-2 実験載荷装置図(<del>λ</del>=0.3供試体の例)

モデルを適用し、圧縮縁の鋼材板厚中心位置における圧縮 ひずみ $\varepsilon$ が許容ひずみに一致( $\varepsilon = \varepsilon_a = 7\varepsilon_y$ )する際の水平荷重 および変位を示している(本論文ではそれぞれ記号 $P_s$ 、 $\delta_s$ と 表記)。また、表中で示す $P_{yN}$ は、鋼断面およびコンクリート(た だし引張側は無視)断面を考慮して鋼材のフランジ板厚中心 の引張応力が公称降伏強度に達する時の水平荷重を示し、  $\delta_{yTN}$ は $P_{yN}$ に対応した降伏変位でベルヌイ・オイラーの梁理論 に基づく理論算出値である。

# 2-2. 鋼材の機械的性質

供試体に使用した鋼材およびコンクリートの材料試験結果 を表-2に示す。

各供試体名について、頭文字Aが細長比パラメータ0.3、頭 文字Bが細長比パラメータ0.5の供試体を示している。そして、 頭文字後の数字が1のもの(A-1、B-1)は、比較基準とする供 試体を示し、頭文字後の数字が2(A-2、B-2)のものは、鋼材 の機体的性質に着目し外板を低YR化、かつ縦リブを高YP化 させた鋼材を使用した供試体である。

#### 2-3. 実験方法

#### 2-3-1. 載荷装置

細長比パラメータ0.3の供試体実験時の載荷装置と供試体 配置図を図-2に示す。供試体の基部と反力床との結合はプレ



ストレスを導入したアンカーボルトで剛に固定した。載荷装置 は、鉛直ジャッキと水平ジャッキを供試体頭部に設置した載 荷治具を介して取付けた。載荷治具と鉛直および水平ジャッ キとの接続部は、ピン構造とした。載荷フレームと鉛直ジャッ キとの取り合いにはスライド機構を設け、水平方向の変位に 対してスライドし追従する構造とした。水平ジャッキは、本実 験用に製作した反力フレームにピン構造にて接続した。

#### 2-3-2. 載荷方法

載荷方法は、供試体頭部に設置した鉛直ジャッキにて、所 定の鉛直軸力Nを一定軸力として保持しながら、水平ジャッ キにて正負の水平荷重Pを静的に載荷した。上部構造重量に 相当する鉛直軸力は、都市内の鋼製橋脚を想定し、式(6)にて 定義する載荷軸力と鋼材の公称降伏強度より算出する全断 面降伏軸力との軸力比(N/N<sub>y</sub>)が0.15となるように設定した。 水平荷重は、既往の研究<sup>10)</sup>と同様に、図-3に示す載荷パター ン概念図のように、式(7)(8)より求まる鋼断面の公称降伏強度 より算出する降伏水平変位*δ*,を基本として、この値の整数倍 の変位を漸増載荷させた。各供試体の鉛直軸力および降伏 水平変位の算出値は表-1に示している。

Ν	Ν	D <sub>i</sub> (a)
$\overline{N_{v}}$ =	$= \frac{1}{A \cdot \sigma_{vSN}}$	

ここで、σ<sub>ySN</sub>は鋼材の公称降伏強度、Aは鋼断面の断面積 を示す。P<sub>y</sub>は軸力を考慮した鋼断面の降伏水平荷重、E<sub>SN</sub>は 鋼材の弾性係数の材料規格値、I、Wはそれぞれ鋼断面の断 面二次モーメントと断面係数である。

#### 2-3-3.実験時の計測項目

実験結果を評価するために計測する代表的な項目は、供 試体に作用する鉛直軸力Nと水平荷重P、載荷点位置の水平 変位δ、供試体基部パネルの面外変形とした。供試体基部 パネルの面外変形の計測は、2台のカメラを使ったステレオ3 次元計測法を用いた。本手法は、離れて固定した2台のカメ ラで計測する座標位置に専用のターゲットを貼り付けた供試 体を撮影し、カメラの視差からターゲット位置の3次元座標を 計算するものである。計測精度はカメラから見て縦横方向は 0.2mm、奥行き方向は0.8mmである。供試体外面にはひず みゲージを貼り付け、載荷時の管理および実験結果の補助



データ用としてひずみデータを取得した。

#### 2-4. 実験結果

#### 2-4-1. 供試体の損傷状況

各供試体の水平荷重-水平変位履歴曲線を図-4に示す。また各供試体について、正側載荷ループの各折り返し点における、圧縮側基部フランジパネルの面外変形の推移状況を図-5に示す。

供試体の損傷状況については、最大水平荷重の発現まで はどの供試体についても供試体基部の横方向溶接部止端き 裂は確認されず、最大水平荷重発現後の載荷ループから、目 視確認できる小さなき裂が発生した。しかしながら、どの供 試体についても最大水平荷重後の水平荷重の低下は、基部フ ランジパネルの面外変形とともに進んでいることから、基部パ ネルの座屈による荷重低下と考えられる。

正側載荷時の基部フランジパネル面外変形について、"最 大水平荷重が発現した載荷時"、およびその後に"面外変形 が進行した載荷時"の様子を図-6に示す。圧縮側基部フラン ジパネルの面外変形の進行は、まず最大水平荷重発現時に 基部パネル下端でのリブ間座屈変形が発生し、その後、載 荷ループの進行とともにリブ間座屈変形直上とダイアフラムま

![](_page_118_Figure_12.jpeg)

図-4 水平荷重-水平変位履歴曲線

![](_page_119_Figure_0.jpeg)

図-5 基部フランジパネル(正側圧縮)の面外変形の推移

での間でパネル座屈変形が進んだ。これはすべての供試体 に共通する点であった。ただし、細長比パラメータの異なる 供試体A-1、A-2とB-1、B-2の結果を比較すると、細長比パ ラメータの大きいB-1、B-2では最大水平荷重発現時の載荷 ループ(+6*δ<sub>y</sub>*)からすぐ次の載荷ループ(+7*δ<sub>y</sub>*)でパネル中央 部付近の座屈変形が大きくなるパネル座屈変形が進行してい るが、細長比パラメータの小さいA-1とA-2ではパネル座屈の 変形が顕著に現れるのは載荷ループが2~3δ,進んだ段階と なっており、座屈変形モードの変化のタイミングに差がみられ る。これは、軸力が一定の載荷状態で背の高さ(=細長比パ ラメータ)が大きい場合と小さい場合では、圧縮側基部フラン ジパネルに発生する断面力の軸力成分と曲げ成分の分布が異 なることが影響していると考えられる<sup>11)</sup>。細長比パラメータが 大きく背の高い供試体の方が、基部フランジパネルのダイアフ

![](_page_120_Picture_0.jpeg)

![](_page_120_Picture_1.jpeg)

![](_page_120_Picture_2.jpeg)

最大水平荷重時 $(+6\delta_{\nu})$ 

面外変形増大時 $(+8\delta_{\nu})$ 

![](_page_120_Picture_5.jpeg)

![](_page_120_Picture_6.jpeg)

リブ間座屈変用

![](_page_120_Picture_7.jpeg)

面外変形増大時 $(+7\delta_{\nu})$ 

![](_page_120_Picture_9.jpeg)

![](_page_120_Picture_10.jpeg)

最大水平荷重時 $[+7\delta_v]$ 

(b) A-2の面外変形の様子

DIA

変形量

(a) A-1の面外変形の様子

![](_page_120_Picture_13.jpeg)

最大水平荷重時【+6δ,】

![](_page_120_Picture_15.jpeg)

最大水平荷重時【+6δ,】

![](_page_120_Picture_18.jpeg)

面外変形増大時 $(+7\delta_{\nu})$ 

(d) B-2の面外変形の様子

図-6 基部フランジパネル(正側圧縮)の面外変形の状況

ラム間に作用する曲げ成分の勾配が緩くなり、圧縮補剛板の 上下端での圧縮力の差の影響は小さく、パネル中央付近での パネル座屈が細長比パラメータの小さい場合より発生しやす かったためと考える。

# 2-4-2. 包絡線の比較

各供試体の水平荷重と水平変位の関係を考察するため、正 側の包絡線の比較を図-7に示す。この包絡線は、各供試体の 実験結果である最大水平荷重Pmaxと、Pmaxに直接対応する最 大水平荷重時変位 $\delta_{max}$ とした元々の包絡線から、 $P_{max}$ 時の水

![](_page_121_Figure_0.jpeg)

図-7 包絡線の比較

表-3 評価指標P<sub>νM</sub>、δ<sub>νTM</sub>、δ<sub>νEM</sub>の値

供試体名		$P_{yM}$ (kN)	$\delta_{yTM} \ ( m mm)$	$\delta_{y\!E\!M} \ ({ m mm})$
1-0.3	A-1	588	16	18
λ-0.5	A-2	533	15	18
1-0.5	B-1	390	51	51
λ=0.5	B-2	289	36	37

表-4 実験結果のP、δ一覧

供試	体名	P <sub>max</sub> (kN)	$\delta_{max}$ (mm)	$\delta_a \ (\mathrm{mm})$	P <sub>95</sub> (kN)	$\delta_{g_5}$ (mm)	$\frac{P_{95} - P_{max}}{\delta_{95} - \delta_a}$ (N/mm)	材料特性変更による <i>δ<sub>95</sub>変位量の変化</i>
<i>λ</i> =0.3	A-1	923	72	69	876	97	-1648	1.00
	A-2	845	87	82	803	110	-1510	1.13
$\overline{\lambda}$ =0.5	B-1	517	190	190	491	216	-1010	1.00
	B-2	469	196	194	445	244	-469	1.13

平変位が許容変位 $\delta_a$ となるようデータ処理し描いたものであ る。この包絡線の処理は既往の研究<sup>12)</sup>に示されるもので、初 期剛性の理論値と実験値との違いを修正することで耐震性能 を安全側に評価できるようにしたものである。具体的には、 式(9)で示す $\delta_a$ の算出式のとおり、 $\delta_{max}$ の値を実験初期剛性 から得られる降伏変位 $\delta_{yEM}$ が、理論初期剛性から得られる 降伏変位 $\delta_{yTM}$ に等しくなるように、 $\delta_{max}$ までの包絡線を水平 軸方向に平行移動処理している。

$$\delta_a = \delta_{max} - \frac{P_{max}}{P_{yM}} (\delta_{yEM} - \delta_{yTM}) \quad \dots \quad \overrightarrow{\mathcal{R}}(9)$$

ここで、 $P_{yM}$ は、鋼断面およびコンクリート(ただし引張側は 無視)断面を考慮して鋼材のフランジ板厚中心の引張応力が 表-2に示す材料試験値の下降伏点に達する時の水平荷重を 示し、 $\delta_{yEM}$ は実験初期剛性から求まる $P_{yM}$ に対応した降伏変 位である。一方で $\delta_{yTM}$ は $P_{yM}$ に対応したベルヌイ・オイラーの 梁理論に基づく降伏変位である(つまり理論初期剛性= $P_{yM}$ / $\delta_{yTM}$ )。各供試体の実験結果から得られる $P_{yM}$ 、 $\delta_{yEM}$ 、 $\delta_{yTM}$ を表-3に示す。このデータ処理により、実験で得られた包絡 線と現行道示の設計値<sup>5)</sup>(公称値による値)との比較も可能と なるため、参考のため図-7には表-1に示す $P_{yN}$ 、 $\delta_{yTN} と P_S$ 、  $\delta_S$ を結んだ骨格曲線を示している。また、各包絡線には最大 荷重 $P_{max}$ に対して95%まで低下した水平荷重 $P_{95}$ とその時の水平変位 $\delta_{95}$ の位置も示している。

包絡線の形状に着目すると、供試体A、Bどちらの比較に おいても外板を低YR化かつ縦リブを高YP化した供試体の方 が、最大水平荷重発現後の荷重低下が緩やかとなっている ことが確認できる。特に細長比パラメータが大きいことで通 常の傾向であれば最大水平荷重後の荷重低下も大きく<sup>11)</sup>なる B-1とB-2の比較においても、外板を低YR化かつ縦リブを高 YP化した供試体B-2の方が、最大水平荷重後の急激な荷重 低下を抑制できており、細長比パラメータの違いによっても着 目した鋼材特性変化による効果が見られる。

包絡線のグラフ内で示した $P_{max}$ 、 $\delta_a$ 等の数値を表-4に示す。 表中には各供試体の包絡線の最大水平荷重発現後の劣化勾 配を示すものとして、 $P_{max}$ から $P_{95}$ までの荷重勾配を示してい る(符号のマイナスは劣化勾配であることを示す)。この結果 から、供試体A、Bどちらにおいても外板を低YR化かつ縦リ ブを高YP化した供試体の方が、勾配の絶対値が小さくなって おり、包絡線形状に着目した比較結果の裏付けとして、最大 水平荷重発現後の荷重低下が緩やかとなったことが確認でき る。また表中には、材料特性を変化させたことによる水平変 位 $\delta_{95}$ の変化を比率で示している。この結果から、平均的な鋼 製橋脚の高さであるA-1、A-2を比較した場合、A-2はA-1に 対して $\delta_{95}$ が約13%向上していることがわかる。また同様に、 高架橋を想定した鋼製橋脚の高さであるB-1、B-2を比較した 場合においても、B-2はB-1に対して $\delta_{95}$ が約13%向上したこと がわかる。

### 3. まとめ

コンクリート充填鋼製橋脚の耐震性能向上の試みとして、 SM490Yの鋼材規格内で材料特性を変化させ、低YR鋼を鋼 製橋脚の外板に適用かつ、縦リブに高YP鋼を適用すること を検討し、その耐震性能向上効果の検証を正負交番載荷試 験にて実施した。対象とする供試体は、平均的な鋼製橋脚高 さおよび、高架橋を想定した橋脚高さを対象とした。実験の 結果、以下の事項が明らかとなった。

 ・今回検討対象とした高さの鋼製橋脚について、外板を低 YR化、縦リブを高YP化とすることにより、最大水平荷重時 より95%に荷重低下した時点での水平変位δ<sub>95</sub>は、10%程 度大きくなる。これを実際の鋼製橋脚に適用した場合、変 形性能の向上に期待ができ、大規模地震被災時において 最大耐力に達した後に、橋脚の崩壊を遅らせられる可能性 がある。

本研究論文は、2021年度鋼構造年次論文報告集<sup>13)</sup>に投稿 した報告内容の一部を抽出編集したものである。

最後に、本研究の内容は、株式会社神戸製鋼所との共同 研究成果であることを付記する。

#### 【参考文献】

- 1)内閣府 中央防災会議 防災対策推進検討会議 首都直下 地震対策検討ワーキンググループ:首都直下地震の被害想 定と対策について(最終報告)、2013.12
- 2)内閣府中央防災会議防災対策推進検討会議南海トラフ 巨大地震対策検討ワーキンググループ:南海トラフ巨大地 震対策について(最終報告)、2013.5
- 3) (社日本道路協会:道路橋示方書・同解説V耐震設計編、 2002.
- 4) (社)日本道路協会:道路橋示方書・同解説V耐震設計編、 2012.
- 5) (社日本道路協会:道路橋示方書・同解説V耐震設計編、 2017.
- 6)岡田潤、北田俊之、越智内士:高張力鋼を含むハイブリッ ド鋼製橋脚の耐震性について、第4回鋼構造物の非線形 数値解析と耐震設計への応用に関する論文集、pp.25-30、2001.12
- 7) (社日本鉄鋼連盟 橋梁用鋼材研究会:高性能鋼の概要(橋 梁向け)、2019.10
- 8)田嶋仁志:既設鋼製橋脚の耐震性向上策に関する研究、 東京大学学位論文、報告番号214284(乙14284)、1999.4
- 9) (社日本道路協会:道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋・鋼部材 編、2017.
- 10)建設省土木研究所、首都高速道路公団、阪神高速道路公 団、名古屋高速道路公社、\\\\ 鋼材俱楽部、\\\\\ 日本橋梁建

設協会:道路橋橋脚の地震時限界状態設計法に関する共同研究報告書(I)~(<sup>1</sup>)、(総括編)、1997~1999.

- 11)岡田誠司、小野潔、谷上裕明、徳永宗正、西村宣男:高圧 縮軸力が作用する矩形断面鋼部材の耐震性能評価に関す る研究、土木学会論文集A Vol.66、pp.576-595、2010.9
- 12)小野潔、西村宣男、高橋実、野中哲也、坂本佳子:コンク リートを充填した鋼製橋脚のM-Φ関係を利用した耐震性 能評価手法に関する検討、第4回鋼構造物の非線形数値 解析と耐震設計への応用に関する論文集、pp.193-202、 2002.1
- 13)藤田匠、山本伸一、松下政弘、岡田誠司:コンクリート充 填鋼製橋脚の耐震性能に関する鋼材特性の検討、鋼構造 年次論文報告集第29巻、2021.11(投稿中)

チャンネルビーム合成床版の頭付きスタッドに作用する水平せん断力の推定法に関する解析検討

<sup>KISAKU</sup>	<sup>Tomoaki</sup>	KAWANO	Yutaka	YOSHIDA	<sup>Yuki</sup>	SUZUKI	Osamu
木作	友 亮*	河野	豊*	吉田	有希*	鈴木	統**
	<sup>NAKAMURA</sup> 中村	Yoshihiko 善彦**	suetsugu 末次	Tsuyoshi 岡J**	JING 聶	Nie 菁*	

# 1. はじめに

IHIグループ製品のチャンネルビーム合成床版(図-1)には、 鋼とコンクリートの相対ずれを防止するずれ止めとして、頭付 きスタッド(以下、スタッドと称す)が配置されている。スタッド の設計に際しては、構造物設計指針PART B<sup>1)</sup>に掲載されて いる以下のせん断力式が用いられてきた。

 $V_d = k(0.011L + 0.747) \times P$  .....式(1) ここに、 $V_d$ はずれ止めの設計に用いる版のせん断力(tf)、kは 荷重作用の分担率(スタッドの場合0.50、十分剛なずれ止め の場合1.00)、Lは床版支間 (m)、PはT荷重の1輪分の荷重 (=10tf)である。

上記の式は、一様な版剛性を仮定した無限単純支持版を 想定し、薄板理論に基づく線形FEMによって求められたもの である。しかし、前輪荷重と後輪荷重の両者を載荷する総重 量25tfのT荷重が用いられており、現行の道路橋示方書・同 解説I<sup>2)</sup>とは異なっている。また、主桁の上フランジ幅が、近年 の少数主桁橋に合致していない。

これを受けて大久保ら<sup>3)</sup>および東山ら<sup>4)</sup>は、現行の道路橋 示方書・同解説に基づいたFEM解析を実施し、ずれ止めの設 計に用いる版のせん断力式およびスタッドの水平せん断力式を 導いている。大久保らおよび東山らが提案した水平せん断力 式は、スタッドの径がゆ19mmおよびゆ16mm、配置間隔(以下、 ピッチと略記)が200mmまたは250mm、底鋼板厚が8mmの ロビンソン型合成床版という条件下で導出されたものである。

図-2に示すように、ロビンソン型合成床版とチャンネルビーム 合成床版は、補剛材の有無という点で異なっており、これが スタッドの水平せん断力に影響を与える可能性がある。また、 既往の検討とは異なる底鋼板厚やスタッドピッチの採用も想定 される。そこで本検討では、大久保ら<sup>3)</sup>および東山ら<sup>4)</sup>の評価 手法を踏襲しつつ、チャンネルビーム合成床版に配置されてい る溝形鋼の剛性を解析に考慮して、床版やスタッドに生じるせ ん断力を評価する。また、床版支間やスタッドピッチをパラメー タとして解析することにより、任意の床版支間やスタッドピッチ に適用可能なスタッドの水平せん断力評価式を提案する。

#### 2. 検討概要

本検討の概要を以下に示す。検討条件の詳細は、各章を参 照されたい。3章では、チャンネルビーム合成床版に道路橋示 方書<sup>2)</sup>に規定されているT荷重を載荷し、FEM解析で版に作 用するせん断力を求める。本解析には、換算合成版として鋼 材とコンクリートを一体化した単層のシェル要素を用いる。こ うした鋼材とコンクリートの相対ずれを考慮しない状態を本

![](_page_123_Figure_11.jpeg)

![](_page_123_Figure_12.jpeg)

検討では完全合成と呼ぶ。チャンネルビーム合成床版の底鋼 板厚は6mmおよび8mmの2種類とし、2.0mから8.0mの範 囲で床版支間を変化させる。底鋼板厚ごとに版の最大せん断 力と床版支間の関係を定式化し、式(1)に示したPART B<sup>1)</sup>の 式と比較する。

4章では、スタッドに作用する水平せん断力を解析で求め る。完全合成された版のせん断力から、ずれ止めの水平せん 断力を求めることはできるが、ずれ剛性が小さいスタッドの 変形を考慮しない場合、スタッドの水平せん断力を過大に評 価してしまう。そこでPART Bでは、式(1)に分担率を導入し、 ずれ剛性に起因する水平せん断力の緩和を考慮している。 PART Bの分担率は、床版支間によらず、孔あき鋼板ジベル などの十分剛なずれ止めの場合1.00、スタッドの場合は0.50 とされている。本検討では、スタッドの変形を許容し、鋼材と コンクリートの相対ずれを考慮した状態(以下、不完全合成と 呼ぶ)で解析するため、鋼材、コンクリート、スタッドを別々に モデル化する。また、底鋼板厚、床版支間、橋軸直角方向の スタッドピッチを変化させ、スタッドに作用する最大水平せん 断力を求める。 最後に、3章で算出した版の最大せん断力から換算したス タッドの最大せん断応力度と4章の不完全合成の解析から求 めたスタッドの最大せん断応力度を比較し、スタッドの分担率 を求める。しかし、個々の最大せん断応力度を比較しただけ では、特定の床版支間やスタッドピッチの分担率しか評価で きない。そこで5章において、任意の床版支間または任意のス タッドピッチでスタッドの分担率が求められるように回帰分析 を行う。1つの目的変数である分担率を2つの説明変数(床版 支間、スタッドピッチ)で予測するため多変量解析を用いる。

### 3. 床版に作用するせん断力

# **3-1. 解析条件** (1)解析ケース

解析ケースを表-1に示す。床版支間Lは、合成床版の実状 に鑑みて2.0~8.0mの範囲とし、底鋼板厚は6mmおよび 8mmとした。主桁の上フランジ幅bfは、大久保ら<sup>30</sup>の研究を 踏襲した。各床版支間に対する床版厚は、道路橋示方書・同 解説II<sup>50</sup>に準拠して次式より算出した。

**D** = 25L + 110 ······式(2) ここに、Dは底鋼板を含む床版の最小全厚(mm)、Lは床版 支間(m)である。

### (2)材料物性

本解析では、表-2に示す材料物性<sup>2)、6)</sup>を用いた。鋼構造物 設計指針PART B<sup>1)</sup>に準拠してヤング係数比を10とし、鋼のヤ ング係数から逆算してコンクリートのヤング係数を求めた。

#### (3)解析モデル(完全合成)

本検討に用いる解析モデルを図-3に示す。床版の長辺の 長さは、床版支間(床版の短辺)の3倍とした。底鋼板とコンク リートを一体で表現し、一様な剛性を有する単層のシェル要 素でモデル化した。溝形鋼は、等価な断面剛性を与えた梁要 素でモデル化し、図心位置を合わせたうえでシェル要素に剛 体の梁要素でつないだ。溝形鋼は、載荷中心より300mm離 れた位置から600mm間隔で配置した。底鋼板とコンクリート の合成断面は、ヤング係数比を10としたコンクリート断面に換 算し、単層のシェル要素でモデル化した。なお、このシェル要 素は、合成断面の中立軸位置に配置し、板厚は換算曲げ剛 性が同一となるように設定した。本解析では、鋼材とコンクリー トの相対ずれを考慮しないため、スタッドの存在は無視した。 解析には、汎用構造解析ソルバーであるAbaqus Ver. 2016を 使用した。要素数は5200~83200、節点数は4961~77441の 範囲である。

# (4)拘束条件

単純支持版としてモデル化するため、床版の両端に位置す る節点(図-4の赤線部の節点)の片側は並進方向3成分を拘束 し、もう片側は鉛直方向(Z方向)のみを拘束した。

### (5)T荷重の載荷方法

道路橋示方書・同解説I<sup>2)</sup>に準じ、幅員方向に一輪あたり 100kNのT荷重を満載した。T荷重の載荷要領を図-5に、支

表-1 完全合成の解析ケース

Case*	$L(\mathbf{m})$	D(mm)	<i>bf</i> (mm)	溝形鋼寸法(mm)	
6-2,8-2	2.0	160	270		
6-3,8-3	3.0	190	400	$100 \times 50 \times 5 \times 7.5$	
6-4.8-4	4.0	210	530		
6-5,8-5	5.0	240	670	125×65×6×9	
6-6.8-6	6.0	260	800	125×05×0×8	
6-7, 8-7	7.0	290	875	150×75×6.5×10	
6-8.8-8	8.0	310	950	$150 \times 75 \times 9 \times 12.5$	

\*先頭の数値は底鋼板厚(mm)

表-2 材料物性

	コンクリート	鋼材
単位体積重量(kN/m)	24.5	77.0
ヤング係数(kN/mm)	20.0	200
ポアソン比	1/6	0.3

![](_page_124_Figure_18.jpeg)

持辺から載荷点までの距離Xの定義を図-6に示す。T荷重 は、ハンチ幅を考慮して主桁中心から0.4m離れた位置より載 荷を開始し、0.1m間隔で移動させた。各輪荷重は、シェル要 素の高さ(中立軸)まで車輪幅を45度の角度で拡張して分布載 荷した。ハンチの勾配および高さは、大久保ら<sup>3)</sup>の研究を踏襲 してそれぞれ1:3、100mmとした。なお、図-6における距離X に関して、本検討や大久保ら<sup>3)</sup>は支持辺からT荷重中心までの 距離、東山ら<sup>4)</sup>は支持辺からT荷重端部までの距離を採用し ている。しかし、上記Xの考え方によって、後述する着目位置 も変化するため、どの方法を採用しても評価結果に差異は生 じない。

![](_page_125_Figure_0.jpeg)

#### 3-2. 解析結果

#### (1)解析モデルに関する妥当性の検証

単層のシェル要素と梁要素で表現した本解析モデルの妥 当性を検証するため、ソリッド要素で底鋼板、溝形鋼および コンクリートをモデル化した場合と解析結果を比較した(床版 支間4.0m、底鋼板厚6m、溝形鋼100×50×5×7.5mmを対 象)。完全合成を想定しているため、ソリッド要素のモデルは、 鋼材部の要素とコンクリート部の要素の節点を共有し、一体 で挙動するようにした。支間中央に10kNの線荷重を与えた際 の両者のたわみ分布を図-7に示す。支間中央たわみは、シェ ルモデルが-0.441mm、ソリッドモデルが-0.435mmであ り、その差は1.4%であった。この結果から、本解析モデルの 採用に問題はないと判断した。

## (2)床版に作用するせん断力

支持辺から載荷点までの距離Xと版に生じる鉛直方向の最 大せん断力との関係を図-8に整理する。最大せん断力は、最 外に位置するT荷重の支持辺に近い左右端の値を抽出し、橋 軸方向の単位幅あたりの値として示した。単位幅あたりのせ ん断力は、輪荷重が中立軸の高さまで45度の角度で分布する と仮定し、その範囲のせん断力を集計して求めた。理解を容 易にするため、輪右側のグラフは左右を反転した。

断面性能が増加するハンチ部は、照査対象から除外するのが 一般的である。そこで大久保ら<sup>3)</sup>の方法を踏襲し、最外のT荷重 端部がハンチ先端に位置した時(図-6に示す載荷位置)の最大 せん断力を以降の評価に用いた。本検討では、T荷重端部がハ ンチ先端に位置した際の距離Xのことを着目位置と呼ぶ。各解 析ケースにおける着目位置の最大せん断力Q<sub>5</sub>を表-3に示す。着 目位置の最大せん断力は、輪左側と輪右側のうち、大きい方の 値を採用した。

![](_page_125_Figure_7.jpeg)

図-8 支持辺から載荷点までの距離と最大せん断力の関係

表-3 着目位置の最大せん断力

Casa	<b>庄晤士問</b> ℓ(ma)	最大せん断力 $Q_s(kN/m)$		
Case	休版又间L(III)	底鋼板厚6mm	底鋼板厚8mm	
6-2,8-2	2.0	55.8	53.0	
6-3,8-3	3.0	57.5	57.6	
6-4,8-4	4.0	59.3	58.6	
6-5,8-5	5.0	67.3	67.2	
6-6.8-6	6.0	60.8	60.7	
6-7, 8-7	7.0	67.7	68.4	
6-8,8-8	8.0	66.9	67.8	

#### (3)床版のせん断力式

道路橋示方書・同解説I<sup>20</sup>に準じれば、次式より衝撃係数を 求めることができる。

 $i = 20/(50 + L) \cdots$ ;  $\vec{x}(3)$ 

ここに、iは衝撃係数、Lは支間長 (m)である。

本解析で得た最大せん断力(Q<sub>s</sub>)をT荷重(P=100kN)で 除して無次化した値(Q<sub>s</sub>/P)と床版支間Lとの関係を図-9に示 す。参考のため、鋼構造物設計指針PART B<sup>1</sup>に準じて求め た値もプロットした。大久保ら<sup>3</sup>は、衝撃係数を含む解析値に 安全率を乗じて余裕量を見込んでいる。大久保らは、合成床 版のコンクリート厚の誤差を踏まえて安全率を設定しており、 床版支間2.0mで1.1、床版支間8.0mで1.04とし、線形補間 で各床版支間の安全率を求めている。この安全率を乗じた結 果を線形回帰した次式によって、衝撃係数と安全余裕量を考 慮した版に作用するせん断力を求めることができる。

![](_page_126_Figure_0.jpeg)

# 4. スタッドのせん断応力度と分担率

#### 4-1. 解析条件

# (1)解析モデル(不完全合成)

本検討の解析モデルを図-10に示す。床版の長辺の長さは、 床版支間(床版の短辺)の3倍とした。底鋼板とコンクリート は、それぞれの部材厚中心でシェル要素としてモデル化した。 2章と同様に、溝形鋼は梁要素でモデル化し、剛体要素で底 鋼板側のシェル要素に接合した。また、図-10(C)に示すとおり、 剛体要素のスタッドで、シェル要素でモデル化した底鋼板と コンクリートを連結した。剛体要素1の底鋼板側の節点は2重 節点とし、X方向およびY方向の節点バネを設けた。シェル要 素と剛体要素1の交点は並進・回転の6成分を拘束し、剛体要 素1と剛体要素2の交点はZ方向並進のみを拘束した。不完全 合成の解析モデルでは、鋼材(底鋼板および溝形鋼)とコンク リートの境界面で接触を考慮しておらず、スタッドだけでつな がっている。よって、異種材料のずれによって生じる水平せん 断力は、全てスタッドが負担することになる。T荷重は、2章の 解析と同様の方法で載荷した。解析には、汎用構造解析ソル バーであるAbaqus Ver. 2016を使用した。要素数は10560~

![](_page_126_Figure_6.jpeg)

(c) スタッド部の拡大図 図-10 解析モデル(不完全合成) 表-4 不完全合成の解析ケース(全70ケース)

底鋼板厚(mm)	2種類(6、8)
床版支間(m)	7種類(2.0、3.0、4.0、5.0、6.0、7.0、8.0)
スタッドピッチ* (mm)	5種類(100、150、200、250、300)
* 橋軸直角方向のピッチ	

表-5 スタッドの諸元およびバネ定数k。

	底鋼板	厚6mm	底鋼板厚8mm	
$L(\mathbf{m})$	径×高さ (mm)	(N/mm)	径×高さ (mm)	(N/mm)
2.0	φ16×100	$2.99 \times 10^{5}$	$\phi$ 16×100	$2.99 \times 10^{5}$
3.0	$\phi$ 16×120	$3.07 \times 10^{5}$	$\phi$ 16×110	$3.02 \times 10^{5}$
4.0	φ16×140	$3.15 \times 10^{5}$	$\phi$ 16×120	$3.07 \times 10^{5}$
5.0	$\phi 16 \times 160$	$3.23 \times 10^{5}$	$\phi 16 \times 150$	$3.19 \times 10^{5}$
6.0	$\phi$ 16×170	$3.27 \times 10^{5}$	$\phi$ 16×160	$3.23 \times 10^{5}$
7.0	$\phi 16 \times 180$	$3.31 \times 10^{5}$	$\phi 16  imes 180$	$3.31 \times 10^{5}$
8.0	$\phi$ 16×210	$3.41 \times 10^{5}$	$\phi 16 \times 180$	$3.31 \times 10^{5}$

185920、節点数は10062~161362の範囲である。

#### (2) 拘束条件

底鋼板のシェル要素は、3-1(4)と同様に、床版の両端に位置する片側の節点について並進方向3成分を拘束し、反対側はZ方向のみを拘束した。コンクリートのシェル要素は、床版の曲げ変形を阻害しないように、両側ともZ方向のみを拘束した。

![](_page_127_Figure_0.jpeg)

#### (3)解析ケース

表-4に示すように、底鋼板厚、床版支間、スタッドピッチを パラメータとし、それらを組み合わせた全70種類の解析ケー スを設定した。各解析ケースにおけるスタッドの諸元およびバ ネ定数を表-5に示す。土木学会の複合構造標準示方書<sup>77</sup>に準 じた水平せん断力-相対ずれ変位関係を用い、原点と終局せ ん断耐力の1/3点を結んだ割線勾配をスタッドのバネ定数とし た。橋軸方向のスタッドピッチは300mmで一定とした。

### 4-2. 解析結果

#### (1)スタッドのせん断応力度

スタッドに作用する最大の水平せん断力は、左右のハンチ 先端で抽出することにした。上記の位置に問題がないか、ス タッドの水平せん断力分布で確認した。床版支間6.0m、底 鋼板厚8mmの検証例を図-11に示す。同図より、ハンチ先端 より水平せん断力が高い箇所は見られず、最大水平せん断力 の抽出位置に問題がないことを確認した。

各スタッドピッチにおけるスタッドの最大せん断応力度と 床版支間の関係について、一例を図-12に示す。ハンチ先端 に合わせたスタッド配置としていないため、前後のスタッド の水平せん断力を線形補間してハンチ先端の水平せん断力 を推定した。この最大水平せん断力をスタッドの軸断面積で 除して、最大せん断応力度を求めた。完全合成時は、次式に 表-3のQ。を代入して、スタッドに作用する最大水平せん断力 を算出した。

 $Q_{\rm d} = \frac{Q_{\rm s} \times G}{I} \times \frac{p}{n} \cdots$ ; $\vec{\mathfrak{T}}(6)$ 

ここに、Q<sub>d</sub>はスタッドに作用する最大水平せん断力(kN/本)、 Q<sub>s</sub>は版に作用する最大せん断力(kN/m)、Gは合成床版の中 立軸(全断面有効)に関する底鋼板の断面一次モーメント(㎡ /m)、*I*は合成床版の中立軸(全断面有効)に関する断面二次 モーメント(m<sup>4</sup>/m)、*p*は水平せん断力作用方向のスタッド間 隔(m)、*n*は水平せん断力作用方向に直交方向の単位幅あた りのスタッド本数(本/m)である。

![](_page_127_Figure_9.jpeg)

![](_page_127_Figure_10.jpeg)

(b) Case 8-250 底鋼板厚8mm、スタッドピッチ250mm
 図-12 スタッドのせん断応力度と床版支間の関係

![](_page_127_Figure_12.jpeg)

(a) Case 6-250 底鋼板厚6mm、スタッドピッチ250mm

![](_page_127_Figure_14.jpeg)

(b) Case 8-250 底鋼板厚8mm、スタッドピッチ250mm図-13 分担率と床版支間の関係

#### (2)分担率の算定

図-12に例示した関係を用い、不完全合成時と完全合成時 のせん断応力度の比(分担率)を求めた。分担率と床版支間の 関係の一例を図-13に示す。分担率と床版支間の間には、線 形の関係が成立することが理解される。

# 5. スタッドに作用する水平せん断力の推定法

# 5-1. 平面近似

図-13に示したように、底鋼板厚とスタッドピッチごとに分 担率と床版支間の関係を得た。しかしこれでは、5種類のスタッ ド間隔に限定した分担率しか求めることができない。そこで、 分担率、スタッドピッチ、床版支間の関係を平面回帰した。そ の結果を図-14に示す。分担率に関する回帰平面は、式(7)で表 現される。回帰分析によって求めたパラメータを表-6に示す。

k = ap + bL + c .....式(7) ここに、kは分担率、Lは床版支間(m)、pはスタッドピッチ (mm)である。

# 5-2. 評価式の整理

式(7)で求めた分担率を式(4)または式(5)の右辺に乗じること により、衝撃係数、安全余裕量、分担率を考慮した版のせん 断力を算定できる。その後に、式(6)を用いることにより、版の せん断力からスタッドの設計水平せん断力が求まる。本設計 式の適用範囲は、底鋼板厚が6mmおよび8mm、床版支間が 2.0~8.0m、スタッドピッチが100~300mmの範囲である。

#### 5-3. 評価式の比較

PART B<sup>1)</sup>、東山ら<sup>4)</sup>、本検討について、版のせん断力に分 担率を乗じた値を図-15で比較する。底鋼板厚8mm、スタッ ドピッチ250mmとし、本検討の分担率は式(7)で求めた。溝 形鋼を考慮した本検討の推定値は、東山らの検討結果に比し て、同等の勾配であるが35~43%小さい値を示す。

以上の検討により、底鋼板厚が6mmおよび8mmのチャン ネルビーム合成床版について、任意の床版支間または任意の スタッドピッチにおけるスタッドの設計水平せん断力を求める ことが可能となった。

#### 6. 考察

# 6-1. 合成床版形式が分担率に与える影響

図-14を見ると、床版支間が増加するにつれて、分担率が大 きくなる傾向を示す。この傾向は、PART B<sup>1)</sup>、大久保ら<sup>3)</sup>、東 山ら<sup>4)</sup>でも同様である。ここでは、この理由について検討する。 図-12に示したスタッドのせん断応力度と床版支間の関係で は、不完全合成の解析で求めたスタッドのせん断応力度は支 間によってあまり変化しない。一方で、完全合成の解析から 求めたスタッドのせん断応力度は、支間によって値が大きく変 化する。完全合成におけるスタッドのせん断応力度は、異種 材料のずれを無視した完全合成理論に基づく式(6)で計算し たものである。スタッドの水平せん断力を厳密に求めるのであ れば、今回のように不完全合成の解析を行うか、荷重形式ご とに微分方程式を解いて求める必要があり煩雑である。その ためPART Bでは、不完全合成時におけるスタッドの水平せ

![](_page_128_Figure_14.jpeg)

図-14 分担率に関する回帰平面の例(底鋼板6mm)

表-6評価式のパラメータ

<i>t</i> (mm)	a	Ь	С
6	$-7.40 \times 10^{-4}$	$5.33 \times 10^{-2}$	$3.19 \times 10^{-1}$
8	$-7.39 \times 10^{-4}$	$4.76 \times 10^{-2}$	$3.34 \times 10^{-1}$

![](_page_128_Figure_18.jpeg)

ん断力を容易に求められるように分担率の考え方が導入された。しかし、式(6)は支間、たわみ、ずれ止めの剛性などが考慮されておらず、実際に床版支間が小さい時はスタッドの水平せん断応力度を過大に評価する傾向が見られる。

ここでは、式(6)に含まれている版に作用する最大せん断力 *Q*<sub>s</sub>、合成床版の中立軸に関する底鋼板の断面一次モーメント *G*、合成床版の中立軸に関する断面二次モーメント*I*の関係を 分析する。図-12(a)に示した底鋼板厚6mm、スタッドピッチ 250mmのケースを対象とし、*Q*<sub>s</sub>および*G*/*I*と床版支間の関係 を図-16で比較する。縦軸の*Q*<sub>s</sub>および*G*/*I*は、床版支間2.0m を基準とした無次元量で表現した。*Q*<sub>s</sub>の値は支間によってほ とんど変化しないが、*G*/*I*の値は支間の増加に伴って減少す る傾向を示す。チャンネルビーム合成床版では、支間が大きく なるほど溝形鋼のサイズが大きくなり、これによって*G*/*I*が減 少する。このことが、床版支間が増加するにつれて、分担率 が大きくなる理由だと考えられる。

#### 6-2. 鋼材の曲げ剛性が水平せん断力に与える影響

版のせん断力に分担率を乗じた値を図-15で比較したが、 ロビンソン型合成床版を対象とした東山ら<sup>4)</sup>の結果に対して、 チャンネルビーム合成床版を対象とした本検討は小さい値を 示す。ここでは、この理由について検討する。

スタッドに生じる水平せん断力は、鋼材とコンクリートの相 対的なずれをスタッドが拘束するために生じるものであり、相 対ずれが小さくなればスタッドの水平せん断力も小さくなる。 例えば、図-17に示すような集中荷重を中央に載荷した単純梁 を考えた場合、鋼材とコンクリートが剛体であれば、異種材料 の境界面に位置するスタッドに水平せん断力は生じない。一 方で、鋼材とコンクリートの曲げ剛性が有限であれば、集中荷 重によって梁が曲げ変形し、鋼材とコンクリートに相対的なず れが生じて、スタッドに水平せん断力が作用する。以上を踏ま えれば、補剛材を有するチャンネルビーム合成床版の分担率 は、ロビンソン型合成床版よりも小さくなることが想定される。

そこで、鋼材の曲げ剛性がスタッドの水平せん断力に与える 影響を評価するため、理論式を用いた検討を行う。ここでは、 スタッドの水平せん断力をより正確に評価するため、ずれ止め の変形を考慮した不完全合成理論<sup>例えば8)</sup>を用いる。境界面に おける単位長さあたりの水平せん断力は、ずれ止めのずれ剛 性を用いて次式で表現される。

図-18に示すようなスパン21の単純支持梁にp<sub>0</sub>の等分布荷 重を載荷した場合、境界面における単位長さあたりの水平せ ん断力qは、式(8)に基づく不完全合成理論を用いて次式で表 現できる<sup>9)</sup>。

$q = \frac{\alpha p_0}{\beta^3} \left[ \sinh \beta x - \tanh \beta l \cdot \cosh \beta x - \beta (x - l) \right] \cdot \vec{\mathfrak{A}}(9)$
$\beta^{2} = k \left[ \frac{E_{c}A_{c} + E_{s}A_{s}}{E_{c}A_{c}E_{s}A_{s}} + \frac{y_{0}^{2}}{\overline{EI}} \right] \cdots \overrightarrow{\mathfrak{R}} (10)$
$\alpha = \frac{ky_0}{\overline{EI}} \cdots \overline{\sharp}(11)$
$\overline{EI} = E_c I_c + E_s I_s \cdots \overrightarrow{t} (12)$

ここに、qは境界面の単位長さあたりの水平せん断力 (N/mm)、 $p_0$ は等分布荷重の荷重値 (N/mm)、xは支点からの 距離 (mm)、lは支点から支間中央までの距離 (mm)、 $E_c$ は コンクリートのヤング係数 (N/mm)、 $E_s$ は鋼材のヤング係数 (N/mm)、 $A_c$ はコンクリートの断面積 (mm)、 $A_s$ は鋼材の断 面積 (mm)、 $I_c$ はコンクリートの断面二次モーメント (mm<sup>4</sup>)、  $I_s$ は鋼材の断面二次モーメント (mm<sup>4</sup>)、 $y_0$ はコンクリートと鋼 材の図心間距離 (mm)である。

鋼材の曲げ剛性E<sub>s</sub>I<sub>s</sub>が水平せん断力qに与える影響を検討 するため、底鋼板と平鋼のリブを有する単純な合成床版につ いて、平鋼の形状を変化させて各水平せん断力qを評価する。 平鋼の高さは230mmに固定し、板厚とピッチを変化させて E<sub>s</sub>I<sub>s</sub>を調整した。底鋼板厚は6mm、床版支間は6.0m、梁幅 は1.0mとし、材料物性、床版厚、スタッドのバネ定数などは

![](_page_129_Figure_9.jpeg)

図-19 水平せん断力qの分布(E<sub>s</sub>I<sub>s</sub>=1.0×1013Nmm)

![](_page_130_Figure_0.jpeg)

図-20 鋼材の曲げ剛性が水平せん断力gに及ぼす影響

3章および4章の解析条件を踏襲した。スタッドピッチは、橋 軸方向が300mm、橋軸直角方向が200mmとし、等分布荷重 の荷重値p<sub>0</sub>は60N/mmとした。

*E*<sub>s</sub>*I*<sub>s</sub>が1.0×10<sup>13</sup>Nmmのケースを例にとり、不完全合成理論 で求めた水平せん断力qの分布を図-19に示す。水平せん断力 qは、支間中央で0となり、支点側に近付くにつれて大きくなる。 以降では、最大の水平せん断力である支点上のq<sub>max</sub>に着目す る。検討で得たq<sub>max</sub>と*E*<sub>s</sub>*I*<sub>s</sub>の関係を図-20に示す。*E*<sub>s</sub>*I*<sub>s</sub>が小さ い範囲でq<sub>max</sub>は概ね一定であるが、1.0×10<sup>12</sup>Nmm付近を閾 にq<sub>max</sub>が急減する。ロビンソン型合成床版とチャンネルビーム 合成床版の*E*<sub>s</sub>*I*<sub>s</sub>は図-20に示す位置にあり、鋼材の曲げ剛性 が高いチャンネルビーム合成床版の水平せん断力が小さくな る理由が理解される。

スタッドの水平せん断力には、鋼材の曲げ剛性だけではな く、コンクリートと鋼材の図心間距離y<sub>0</sub>も影響する。この影 響を可視化するため、底鋼板厚6mm、床版支間6.0m、梁幅 1.0mのチャンネルビーム合成床版を対象に検討する。床版厚 などの諸条件は、3章および4章の検討に準じた。スタッドピッ チは、橋軸方向300mm、橋軸直角方向200mmとし、荷重値 p<sub>0</sub>は60N/mmとした。断面諸元は変えずに、図心間距離y<sub>0</sub> のみを変化させて水平せん断力qを算出した結果を図-21に示 す。コンクリートと鋼材の図心間距離y<sub>0</sub>が小さくなるほど、明 確に最大水平せん断力q<sub>max</sub>が低下する傾向を示す。

以上の結果より、チャンネルビーム合成床版のスタッドに 作用する水平せん断力がロビンソン型合成床版より小さいの は、ロビンソン型合成床版に比べて鋼材の曲げ剛性が高く、 コンクリートと鋼材の図心間距離が短いためであると考えら れる。

![](_page_130_Figure_6.jpeg)

図-21 図心間距離yoが水平せん断力qに及ぼす影響

### 7. まとめ

本検討では、チャンネルビーム合成床版に適用可能なスタッ ドの水平せん断力式を構築することを目的に、既往研究の解 析手法を踏襲し、溝形鋼の剛性を考慮した解析検討を行っ た。本検討の成果を以下に示す。

- (1)床版支間2.0~8.0mの範囲で、衝撃係数と安全余裕量を 含む版に作用するせん断力の評価式を導出した。
- (2)任意の床版支間と任意のスタッドピッチに対して、完全合 成時と不完全合成時のせん断応力度の比(分担率)を求め る評価式を提示した。
- (3)上記成果により、底鋼板厚が6mmおよび8mm、床版支間 が2.0~8.0m、スタッドピッチが100~300mmの範囲にお いて、現行の道路橋示方書・同解説に基づいた任意の条件 でスタッドの設計が可能となった。

# 【参考文献】

- 1)土木学会、鋼構造物設計指針PARTB 合成構造物、1997
- 2)日本道路協会、道路橋示方書·同解説 I共通編、2017
- 3)大久保宣人、前川勉、春日井俊博、久保圭吾、東山浩士、 鋼コンクリート合成床版の設計に関する一提案 -最小床版厚の考え方およびずれ止めに作用する水平せん 断力式-、橋梁と基礎、Vol.52、No.12、pp.15-20、2018
- 4)東山浩士、大久保宣人、春日井俊博、久保圭吾、道路橋 鋼コンクリート合成床版のずれ止めに作用する水平せん断 力に関する解析的検討、鋼構造論文集日本鋼構造協会、 Vol.27、No.105、pp.99-104、2020
- 5)日本道路協会、道路橋示方書·同解説 II鋼橋·鋼部材編、 2017
- 6)日本道路協会、道路橋示方書・同解説 IIIコンクリート橋・ コンクリート部材編、2017
- 7)木学会複合構造委員会、2014年制定 複合構造標準示方書[原則編・設計編]、土木学会、2015
- 8)園田里見、不完全合成梁の解法(第1報)2層不完全合成 梁の曲げ剛性の理論的検討と解法の比較、木材学会誌、 Vol.59、No.4、pp.211-218、2013
- 9)鬼頭宏明、園田恵一郎、鋼・コンクリート複合構造、森北出版、2008

# 鋼橋における溶接技術の動向

一 鋼橋の製作架設におけるこれまでの溶接技術と今後の展望 ―

INOSE Koutarou 猪瀬 幸太郎

# 1. はじめに

橋梁、船舶、水門、貯槽などは総称して構造物と呼ばれ、 それぞれに明確な使用目的がある。これら構造物を生み出 し、性能を高めるのは技術者の着想や発想と言った想像力で ある。そして想像を実用に繋げるのは優れた材料とその特性 を失うことなく活用する設計・生産技術と言える。たとえば文 明の黎明期、橋梁が小川に丸太を渡しただけだった頃にも、 アーチやトラスの着想はあったと筆者は思っている。しかし 本格的なアーチ橋やトラス橋を実現したのは適した材料を準 備し、材片として加工し、それらを接合して構造化する技術 であると推察する。橋梁の主たる材料は木材や石材から鋼や コンクリートに変化した。さらに今後は非鉄材料も多く利用す る可能性すらある。そうなったとしても材料技術や設計・生産 技術が非凡な橋梁技術者の想像力を支え、新たな構造や工 法を生み出していくことは変わらない。こうしたことを思いつ つ鋼橋の溶接技術に関する考察を始める。

# 2. 鋼橋の長大化への対応

橋梁は道路建設や鉄道敷設のための構造物であり、路面 や軌道のための空間確保を目的とする。そのため支間長(橋 軸方向の支点間の距離)が橋梁の性能を示す一つの指標とな る。世界初の金属製橋梁であるアイアンブリッジ(写真-1)の 支間長は30m程度であるが、その後200年以上経て建設され た明石海峡大橋(写真-2)の支間長は1991mに達している。 こうした橋梁の長大化には高い強度の鋼材は欠かせない。

図-1に橋梁支間長と用いられた鋼種の強度クラスを例示す る。現在ではSM570クラスまでの鋼種は普通に用いられてい るが、相模大橋(1953年)当時は500MPa級鋼材も高強度鋼 (HT490)として扱われている<sup>1)</sup>。本橋の接合はリベットと溶接 の併用であり、飯塚橋(1954年)が本格的な溶接橋梁とも言わ れている<sup>1)</sup>。これらの橋梁形式は最も一般的な桁橋であり、橋 梁規模の拡大とともに使用する鋼材の強度も上がる。第二東 名名古屋南ランプ橋(2000年)、町屋川橋梁(2000年)も桁橋 ではあるが少数主桁橋梁に分類される。それ以前の桁橋と比 較すると主桁数が少ないため高強度(SM570)の厚板鋼板が 用いられている<sup>1)</sup>。

トラス橋では港大橋(1974年)にHT 780が大量に使用された<sup>1)</sup>。一方、形式は同じトラス橋であっても支間長が短くなると 用いる鋼材強度は低くなる。

吊橋は長大径間に適した橋梁形式である。よって道路橋 では、第2ボスボラス橋(1988年、支間長1090m)、イルティッ シュ河橋梁(2000年、支間長750m)のような長大橋梁でも、 用いる鋼材強度は同規模支間のトラス橋と比較して高くは ない。一方、道路鉄道併用橋である瀬戸大橋(1988年、支間 長1100m)や、道路橋ではあるが極めて支間が長い明石海峡 大橋(1998年、支間長1991m)ではHT 780が大量に用いられ ている<sup>11</sup>。

![](_page_131_Figure_12.jpeg)

こうした橋梁長大化のための鋼材高強度化とともに接合技 術も進歩した。特にリベットからアーク溶接への転換は歴史 的だと言える。溶接はリベットと比較して複雑な構造への対 応、軽量化、高い気密水密など利点が多い。

図-2にアーク現象の概念を示す。適当な値の直列抵抗をも つ直流電源に2本の電極を接続し、この電極同士をいったん 短絡させた後に適当な間隔に引離すと、電極間にアーク(Arc) 放電が生じる。これで得た10,000℃以上とも言われる高温を アーク溶接では熱源として用い、溶接線を溶融凝固して材片 を接合する。このとき継手は局部的に急熱急冷となるため材 質の変化やひずみが生じ、場合によっては欠陥の発生や継手 性能の劣化が起こる。材質変化やひずみを扱うため溶接技術 は施工技術だけでなく溶接冶金や溶接力学を内包する。

溶接欠陥としては、たとえば低温割れがある。その支配因 子は温度履歴(急熱急冷)、金属組織(硬化)、拘束ひずみ(高 い拘束)である。上田らは溶接で生じる拘束ひずみと拘束度 の関係を明らかにした<sup>2)</sup>。こうした溶接力学の裏付けによっ て、割れ試験片(JIS Z 3158)は施工の妥当性確認や低温割 れ感受性の低い鋼材開発などに欠かせない評価手法となっ ている。

低温割れ防止技術の例として明石海峡大橋で採用された 予熱低減HT 780がある<sup>3)</sup>。高い温度の予熱が不要となったこ とから溶接施工の効率は大幅に改善された。

溶接継手じん性を高める検討例としてはイルティッシュ河 橋梁がある<sup>4)</sup>。この地域は冬季に-50℃まで気温が低下し鋼 橋が脆性破壊したこともある。要求仕様に-50℃で29J以上と いうシャルピー吸収エネルギーが付加された。Ni等の添加元 素を極力抑えた低コストの低温用鋼材が開発されたが、熱影 響部(HAZ)のじん性確保のため溶接による入熱を制限した。 こうした検討は溶接冶金や溶接力学を基盤としている。

いわゆる欠陥は内在しないが、形状寸法の精度が要求値 を満たさない部材は不適合品である。溶接による局部的な急 熱急冷は変形や残留応力を生じる。部材精度確保のため溶 接変形の予測や制御技術が開発されている<sup>5)</sup>。また溶接構造 物の圧縮部材設計では溶接変形や残留応力の影響を考慮し た最高耐荷力を用いている<sup>6)</sup>。これら溶接変形、残留応力、 最高耐荷力も工学分野としては溶接力学であり、橋梁の長大 化において重要な役割を担う。

以上のように、溶接冶金や溶接力学も含めた検討を行う目 的は部材性能や継手品質の確保である。次に述べる溶接施 工の効率化のための施工技術開発も継手品質の確保が前提 となる。

現在、鋼橋製作で主流となっているアーク溶接はガスシールド 消耗電極式アーク溶接法(GMAW:Gas Metal Arc Welding)、 サブマージアーク溶接法(SAW:Submerged Arc Welding)で ある。GMAWはアルゴンや炭酸ガスなどのシールドガス中で 生じるアークを熱源とする。SAWは母材上にあらかじめ散布 した粉粒状フラックスのなかに電極ワイヤを送り込み、アーク を発生させる。この他に心線に被覆材を塗布した溶接棒を用 いる被覆アーク溶接法(SMAW:Shield Metal Arc Welding) もある。時代遅れのように扱われることもあるが、溶接機材 が軽量、シールドガスが不要、風の影響を受けにくいなどの 利点も多く、屋外での補修溶接には便利である。

鋼橋におけるアーク溶接の利用は、まずはSMAWが用いら れたが、今では効率の良いGMAWが主流である。さらに写 真-3に示す多電極補剛パネル溶接機も用いられている。橋梁 の長大化に伴い、部材サイズは大きくなるためGMAWの多電 極化は当然の帰結である。

少数主桁橋梁のなかにはフランジ板厚が100mmにもなり 現場継手は高力ボルトではなく現場溶接となるものが多い。 厚板溶接の効率化には入熱量の大きい溶接や狭い開先が有 利である。ただし入熱は熱影響部(HAZ)の軟化が起きない 範囲に制限される。また開先も融合不良など欠陥が生じない 程度には広げている。

![](_page_132_Figure_11.jpeg)

図-2 アーク現象概念図

![](_page_132_Picture_13.jpeg)

写真-3多電極補剛パネル溶接機施工全景

図-3にそうした溶接施工の例としてGMAWの一種であり シールドガスとして80% Ar-20% CO<sub>2</sub>を用いる狭開先MAG 溶接を示す。本図では現場継手はすべて溶接であるがウェブ の接合を高力ボルトとした構造もある<sup>77</sup>。これは新設の主桁を 12時間の交通規制中に大ブロック架設し、さらに仮受ベント も撤去する必要があったため採用された構造である。まずウェ ブの高力ボルトとエレクションピースで主桁を自立させ、桁下の 交通を開放し、その後フランジを現場溶接する。この施工で は溶接収縮によるウェブの高力ボルトの滑りや、ルートギャッ プ変動による高温割れが危惧された。そこで実物大供試体を 用いた溶接施工試験が実施された。実機の応力性状やルート ギャップ変動を再現し継手品質が劣化しないことが確認され ている。こうした急速施工のための設計技術や溶接技術は後 述する既設橋梁の機能向上工事(改造)にも活用できる。

![](_page_133_Figure_1.jpeg)

図-3 少数主桁橋梁の現場溶接

# 3. 既設橋梁の有効活用

これからの社会資本整備は新規建設から機能向上や補修 延命が重要となることが以前から指摘されている。溶接技術 もこうした時代の要請に対応している。機能向上のための既 設鋼橋の改造に必要な溶接技術として変動荷重下溶接があ る。外力によるルートギャップ変動量が大きくなると施工直 後の溶着金属に高温割れが生じる。許容できるルートギャッ プ変動量は用いる溶接材料の化学成分によっても変化する。 そのため正確な値は写真-4のような施工実験によって求める が、こうした実験的手法が確立されてから後に溶接現象の撮 影技術や数値解析技術が大きく進歩している<sup>8)</sup>。最新のツー ルを駆使した、より一層の現象解明や溶接材料成分の最適 化、ルートギャップの変動許容値を簡便に得る式の定式化な ど、さらなる研究を期待したい。

既設構造物の改造工事では狭あい部での施工となることも 多い。写真-5では溶接トーチに小型カメラを搭載し、ヘッドマ ウントディスプレイ(HMD)を装着した溶接士が狭あい部を溶 接している。溶接トーチと溶接士の腕だけがかろうじて入るよ うな狭あい部であっても健全なすみ肉溶接が施工できること を確認した。この技術は新設工事での活用も期待されている。

既設橋梁の補修延命も重要である。特に供用開始から長い 間重交通下におかれた橋梁では疲労き裂が発生することがあ る。写真-6は主桁ウェブを進展した疲労き裂をレーザによっ て溶融凝固し消去した模擬施工である<sup>9)</sup>。施工方法や鋼材へ の影響、施工部位を溶接継手と見做しての性能確証など基礎 的な研究も実施されている<sup>10,11)</sup>。この技術は鋼床版橋梁の補 修にも適用できる<sup>12)</sup>。鋼床版に生じるき裂位置とレーザ補修 部(模擬施工)のマクロ写真を図-4に示す。鋼床版の疲労き裂 にはリブ溶接ビードを進展するき裂と、デッキを上面方向に進 展するき裂がある。後者の補修には熱伝導型のアーク熱源で は対応できず溶込みが深いレーザ熱源が必須となる。このよ うな補修を鋼床版裏面から施工できれば、交通規制は極めて 限定的となる。写真-7にレーザ・アークハイブリッドを熱源とし た試作機による裏面からの補修溶接(模擬施工)を示す。 これらのような既存社会資本の有効活用においても重要視 されているのが少子高齢化への対応である。既設橋梁の延 命施工には卓越した溶接技能が必要となる。熟練した溶接 士の多くが引退するまでに優れた技能を速やかに若い溶接士 に伝承することが喫緊の課題である。図-5は溶接士の動作 や溶接現象を数値化し溶接士の練度や継手品質を評価し技 能伝承に活用するシステムである<sup>13</sup>。溶接技能と溶融池挙動 は密接な関係があり、それらが継手品質に及ぼす影響も大き いと考えている。溶融池の挙動解析のための特徴量抽出には AI技術を用いている。

![](_page_133_Picture_8.jpeg)

写真-4 変動荷重下の溶接を模擬した施工試験

![](_page_133_Picture_10.jpeg)

![](_page_133_Picture_11.jpeg)

 (b)施工後の供試体(じゃま板を解体)
 (a)模擬施工状況

 写真-5 ヘッドマウントディスプレイを用いた狭あい部溶接

![](_page_133_Picture_13.jpeg)

写真-6 主桁腹板へのレーザき裂補修模擬施工

![](_page_134_Figure_0.jpeg)

図-4 き裂位置とレーザ補修模擬施工部マクロ写真

![](_page_134_Picture_2.jpeg)

写真-7 レーザき裂補修模擬施工例

![](_page_134_Figure_4.jpeg)

#### 4. 新たな溶接技術導入への期待

橋梁ではあまり使われてこなかった溶接技術の導入や全く 新しい溶接方法を開発する試みも積極的に行われている。

実用化を直近に控えた溶接技術としては厚板の狭開先溶 接がある。本溶接方法は液化天然ガス(LNG)貯槽用のクリー ンMIG(Metal Inert Gas)溶接技術を援用している。LNG貯 槽に用いる9%Ni低温用鋼の融点は溶接材料のそれより高 く、施工においては融合不良の防止に特に留意する<sup>14,15)</sup>。その ノウハウを橋梁用の厚板狭開先溶接に活かしている。前述の 少数主桁橋梁用の狭開先溶接より圧倒的に長い溶接線を連 続施工できる。鋼製橋脚の角継手溶接への適用が決定してお り、間もなく施工を開始する。この溶接方法はシールドガスに 純Arを用いればスラグレス溶接となる。多層盛溶接のスラグ 除去作業が不要となるので、より一層の効率化が期待できる。

一方、かつて橋梁に使われたこともあるが、あまり普及しな かった溶接方法にエレクトロガス溶接(EGW:Electro-gas arc Welding)がある<sup>16)</sup>。これは厚板の立向姿勢専用の溶接 方法であり国内では大型コンテナ船のハッチサイドコーミング (HSC)によく用いられる<sup>17)</sup>。HSCは船体縦強度の重要部材で あり、鋼材強度はSM570と概ね同じである。EGWの適用板 厚は10~35mmであるが、電極を揺動したり電極の数を増や したりすることで60~80mm程度の厚板を1パスで溶接する。 立向き溶接と言えば橋梁では少数主桁橋梁の腹板がある。 板厚は20mm程度であり、EGWを用いる積極的な理由はな い。しかしここ数年、鋼製橋脚の現場溶接の中には板厚が 70mmを超えるものもあるためEGWの適用効果を改めて検討 しても良いと考えている。

現在開発中の溶接方法の一つに図-6に示すプラズマ・アー クハイブリッド溶接がある。プラズマ溶接(PAW:Plasma Arc Welding)とGMAWとのハイブリッド溶接であり、レーザ溶 接ほどではないが深い溶込みを得ることができる。用いる機 器や消耗部品の多くは既製品であるため入手性や導入コスト の点でもレーザ溶接より有利である。さらにシールドガスは 純Arであるため高い継手じん性を得やすく、スラグレス施工 も可能である。ステンレス構造への展開も有効と考えている。 極性の異なる溶接トーチが近接するため溶接現象も特異であ り、その詳細な解明は大いに興味がある<sup>18)</sup>。国際的な産学連 携による基礎研究が始まっており、IHIグループはこれに参画 している<sup>19)</sup>。筆者としてはこの溶接方法は橋梁、水門だけでな くカーボンニュートラルのための低温貯槽にも展開したいと考 えている。

![](_page_134_Figure_11.jpeg)

図-6 プラズマ・アークハイブリッド溶接概念図

比較的新しい橋梁用鋼材にSBHS(Steels for Bridge High Performance Structure)があり、JIS鋼材規格(JIS G 3140) にもなっている。こうした高性能鋼を有効活用するためのレー ザ・アークハイブリッド溶接を検討している<sup>20)</sup>。写真-8にSBHS 鋼へのレーザ・アークハイブリッド溶接試験状況を示す。レー ザ溶接技術は必要最小限の熱量を必要な領域のみに投入す る。入熱による影響を極力低減して鋼材の優れた特性を活か すことができる。大型鋼構造物では施工性の確保のためアー クなど別の熱源も併用する。試験的な施工であり、またSBHS 鋼ではないがレーザ・アークハイブリッド溶接は実橋に適用さ れている<sup>21)</sup>。

施工技術だけでなく継手の評価技術も開発されている。た とえば、レーザ溶接継手では、じん性評価のための衝撃試験 において、き裂が溶接金属から母材にそれ、正当な評価がで きないことがある。これをFracture pass deviation (FPD)と 呼ぶ。傾向として溶接金属の強度が母材よりも高く、かつその 幅が狭いと頻発する。FPDが発生しない低い温度で衝撃試 験を行い、設計温度における吸収エネルギーを推定する手法 が開発されている22)。図-7に一例を示す。-60℃および-40℃ の試験結果で推定した吸収エネルギー曲線は0℃での実測値 を精度よく近似している。この手法の他にも、き裂が直進する よう衝撃試験片のノッチの側面に溝加工したサイドグルーブ 付シャルピー試験も開発されている23)。評価技術としては低温 割れ感受性評価もある<sup>24)</sup>。アーク溶接で言えば斜めy形溶接 割れ試験(JIS Z 3158)が相当する。その試験状況と拘束ひず みを算出するFEMモデルを図-8に示す。アーク溶接と同様、 レーザ・アークハイブリッド溶接においても、拘束ひずみは低 温割れ感受性を評価する力学的指標である。その算出方法 の詳細は文献25)で報告されている。

レーザ・アークハイブリッド溶接がレーザとアークそれぞれ の優れた特性を併せ持つにはアークとレーザの入熱量比率が 重要となる。図-9にレーザ・アークハイブリッド溶接条件の拘 束ひずみへの影響を示す。アークによる入熱比率が高くなる と拘束ひずみが小さくなり低温割れが生じにくくなる。図-10に レーザ・アークハイブリッド溶接による荷重非伝達型T継手の 疲労強度を示す。溶接条件の違いによって疲労強度には優 劣が生じている。アーク電流をそのままにレーザ出力を上げる と、溶接材料の送給量は変わらずに入熱量が増加する。結果 として溶材単位体積あたりの入熱量が大きくなる。形成される すみ肉の止端半径は大きく、フランク角はなだらかになり止端 からの疲労き裂発生は抑止される。不等脚長となるためのど 厚が小さくなるが、レーザ・アークハイブリッド溶接のT継手は 完全溶込み相当の深溶け込みであるため、静的強度が低下 することもない<sup>26</sup>。

![](_page_135_Picture_2.jpeg)

写真-8 SBHS鋼へのレーザ・アークハイブリッド 溶接試験状況

![](_page_135_Figure_4.jpeg)

エネルギー曲線の推定

![](_page_135_Figure_6.jpeg)

![](_page_135_Picture_7.jpeg)

図-8 レーザ・アークハイブリッド溶接の低温割れ 試験状況

![](_page_135_Figure_9.jpeg)

![](_page_136_Figure_0.jpeg)

![](_page_136_Figure_1.jpeg)

鋼以外の橋梁の金属材料としては、あまり使われていない がアルミがある。アルミ道路橋は金慶橋があるだけであり、 その後高速道路の跨道橋として期待された時期もあったが、 橋梁材料としてのアルミの実績は少ない<sup>1)</sup>。しかしアルミ橋は 金慶橋がそうであるように、無塗装かつ湿潤環境下にあって も長期間供用できる。メンテフリー橋として有利と言える。 また軽量であることは緊急仮設橋などの用途に適している。 アルミの接合技術としては摩擦攪拌接合(FSW:Friction stir welding)、パルス制御GMAWなどがある<sup>27, 28)</sup>。さらに構造化 技術の蓄積もある<sup>29)</sup>。こうした基盤技術のなかには金慶橋以 降に開発され他の構造物で実用化されているものが多い。 そうした技術を駆使した新たな時代に適したアルミ橋梁も検 討してみたい。

最近では重工業においても金属材料だけでなく繊維強化 プラスチック(FRP)が利用されるようになっている。鋼FRP複 合部材は鋼とFRPの特性を活かし適材適所に配材すること で構造部材を軽量化する。こうした構造では接着が多用され る。文献30)は重工業における接着技術を設計施工の観点か ら概説している。そこでは最高耐荷力が鋼構造部材と同等以 上でありながら、重量は3/4まで軽減した鋼FRP複合構造の 圧縮部材が報告されている。図-11に示す構造ではFRPスキ ンプレートの局部座屈を矩形断面の4隅に配材した鋼材片が 抑止し、鋼材片の長柱座屈をFRPスキンプレートが防止して いる。こうした軽量部材は特に架設時の仮設構造物などに有 利と考えている。本格的に用いられることになれば接着技術 も橋梁建設事業における主たる接合技術の一つとなる。鋼と FRPの接合技術としては接着の他にもレーザ溶接技術を応用 したレーザ溶着なども研究されている<sup>31</sup>。

![](_page_136_Picture_4.jpeg)

図-11 鋼CFRP複合柱構造部材 (実験供試体と座屈解析モデル)

### 4. まとめ

橋梁の新たな構造や工法の可能性を広げるのは技術者の 想像力であり、それを具現化するのは設計・生産技術である。 こうした考えを踏まえたうえで、本編ではまず鋼橋の長大化に 貢献した溶接技術を振り返った。これらは言わば成し遂げた 技術である。続く既設橋梁の有効活用で例示したのは、今ま さに向き合っている技術課題である。そして新たな溶接技術 への期待で述べた溶接技術は、直近の問題解決から次世代 ものづくりの準備まで含むこれからの接合技術である。こう した研究開発の継続が溶接技術の進歩を支えていると思っ ている。筆者としてはその進歩が社会資本整備に貢献するよ う願い、自身も微力を尽くしたいと考えている。

## 【参考文献】

- 中西保正:溶接技術者から見た日本の大型構造物の歴 史、溶接学会誌、第74巻第6号、pp5-30(2005)
- 2)上田幸雄、福田敬二、金裕哲:任意板厚の斜めY形溶接 割れ試験片の力学的特性、溶接学会誌、第51巻第8号、 pp 644-649(1982)
- 3)中西保正、井元泉、焼野保雄:HT 780高張力鋼の溶接、 石川島播磨技報橋梁特集号、pp 51-57、1995
- 4)宮田明、船木正志、山本裕一、工藤光弘、加藤千明: カザフスタン共和国「イルティッシュ河橋梁」建設工事、 石川島播磨技報2001橋梁特集号、pp148-157(2001)
- 5)猪瀬幸太郎:溶接変形とその防止、ボイラー・クレーン協 会・jitsu・ten 39(1)、(2009)
- 6)土木学会鋼構造委員会:座屈設計ガイドライン、丸善、 2005、10
- 7)西浩嗣、川上剛司、社浦潤一、木治昇、東谷修、井元泉: 少数2主桁の併用継手検証試験(第二東名名古屋Nランプ 橋)、土木学会第56回年次学術講演会、(2001)
- 8) 例えば、篠崎賢二、山本元道、温、田村知子: 溶接凝固割 れ発生予測、溶接学会誌、第77巻第4号、pp 20-25(2008)
- 9)松本直幸、岡田誠司、猪瀬幸太郎:レーザ溶接技術の社 会インフラへの適用、IHI技報、Vol.59、No.2、pp 48-52 (2019)

- 10) 猪瀬幸太郎、松本直幸、阿部大輔、神林順子、大畑和夫: 鋼構造物に生じたき裂のレーザ補修技術開発、土木学会 年次学術講演会概要、第68集、p699-700(2013)
- 11) 猪瀬幸太郎、松本直幸、神林順子、阿部大輔、大畑和夫: 鋼構造物に生じたき裂のレーザ補修技術開発、溶接学会 全国大会講演概要、第94集、pp 82-83 (2014)
- 12) 松本直幸、中村善彦、置田大記、兵間賢吾、猪瀬幸太郎: レーザを用いた疲労き裂補修溶接技術の開発、溶接構造 シンポジウム2019講演論文集、(2019)
- 13) 野々村将一、井上洋輝:溶接技能伝承プロセスのデジタル 化、溶接学会春季全国大会講演概要、pp136-137(2021)
- 14) 猪瀬幸太郎:LNGタンクの構造と溶接、WE-COMマガジ ン第16号、(2015) http://www-it.jwes.or.jp/we-com/bn/vol\_16/sec\_1/1-1.pdf
- 15)田辺祥大、兵間賢吾、小玉豊、猪瀬幸太:100% ArシールドによるNi基合金ソリッドワイヤのMIG溶接、溶接学会全国大会講演概要、第102集、pp180-181(2018)
- 16) 中西保正、猪瀬幸太郎:やさしい橋の溶接技術、第2回各 種溶接方法と特徴、橋梁と基礎、pp 37-41(2009-12)
- 17) 猪瀬幸太郎、豊田昌信、木治昇、半田恒久: 大型コンテナ 船開発における船体安全性確保のための溶接設計と施 工技術、溶接学会誌、第85巻第2号、pp 33-40、(2016)
- 18) Nguyen Van Anh, Shinichi Tashiro, Bui Van Hanh and Manabu Tanaka: Development of Plasma-MIG Hybrid Welding Process, QUARTERLY JOURNAL OF THE JAPAN WELDING SOCIETY, Vol. 35, Issue 2, pp132s-136s(2017)
- 19)日本溶接協会:ベトナムで国際産学連携共同研究の調印 式典開くIHIとIIA、ハノイ工科大学、阪大接合研の4者、 溶接技術、第69巻7号、p10(2021)
- 20) 堺なつ美、廣畑幹人、松本直幸、兵間賢吾、猪瀬幸太郎: SBHSのレーザ・アークハイブリッド溶接継手の基本特性、 鋼構造年次論文報告書、第28巻、pp121-128(2020)
- 21) 猪瀬幸太郎: 橋梁へのレーザ・アークハイブリッド溶接およびレーザホットワイヤ溶接技術の適用、WE-COMマガジン第7号、(2013)
   http://www-it.jwes.or.jp/we-com/bn/vol\_7/sec\_2/2-
- 1.pdf 22)猪瀬幸太郎、半田恒久、中西保正、萩原行人:炭素鋼レー ザ溶接継手のシャルピ衝撃特性に関する検討、溶接学会 論文集第24巻第3号、p.240-246(2006)
- 23) 萩原行人、高井健一、塚本進、荒金吾郎、南二三吉、大 畑充、猪瀬幸太郎、半田恒久:サイドグルーブ付シャルピー 試験によるレーザ溶接部の靱性判定法、溶接学会論文集 第25巻第1号(2007)
- 24) 猪瀬幸太郎、松本直幸、阿部大輔、廣畑幹人、須崎雅人: レーザ・アークハイブリッド溶接の低温割れ性状解明に関 する実験的研究、全国大会講演概要、第100集、pp 62-63 (2017)

- 25) 廣畑幹人、竹田文哉、猪瀬幸太郎、松本直幸、阿部大輔: 拘束ひずみによるレーザ・アークハイブリッド溶接の低温 割れ発生に対する力学的評価:溶接学会論文集、第37巻 第1号、pp 68-80(2019)
- 26) 猪瀬幸太郎、神林順子、阿部大輔、松本直幸、野々村将 ー:レーザ・アークハイブリッド溶接を用いた荷重非伝達 HT 780 T継手疲労強度の支配因子と施工管理、溶接学 会論文集、第34巻第2号、pp 143-149、(2016)
- 27)中西保正、猪瀬幸太郎:やさしい橋の溶接技術、第10回、 橋梁と基礎、pp40-45(2010-12)
- 28) 野々村将一、兵間賢吾、小林和行、山岡弘人、宮坂史 和:パルス電流波形による溶込み形状の制御、IHI技報、 Vol.55 No.3、pp 58-65(2015)
- 29) 豊田昌信、楠本裕己、渡辺一夫: IHI-SPB LNG 運搬・貯 蔵・燃料タンクの安全性、IHI 技報 Vol.52 No.3、pp 48-55(2012)
- 30) 猪瀬幸太郎、坂元理絵、村田祥、糸日谷剛:設計施工の 観点からの 接着技術、IHI技報、Vol.59 No.1、pp21-24 (2019)
- 31) 兵間賢吾、猪瀬幸太郎、置田大記、神林順子、山岡弘人: 鋼CFRP複合構造部材の設計と性能、溶接構造シンポジ ウム2019講演論文集、(2019)

# 海外長大橋梁におけるオペレーショナル・リスク・マネジメント

— BOT・Design & Buildプロジェクトにおける設計・施工・運用事例 —

INOUE Manabu YANAGIHARA Masahiro 学\* 井 Ŀ

柳原 正浩

#### 1. はじめに

交通インフラにとっての一番の使命は、安全・快適な交通 手段を連続的に提供していくことである。これらを提供する ことによって、日常生活の基盤となるだけでなく、関連地域 の生活・商業活動を活性化し、豊かな暮らしの実現に貢献し ている。

では、"安全・快適な"、"連続的に"とは、具体的にはどのよう な状態をいうのであろうか?誰もが「災害やリスクをゼロにす ることはできない」ことは分かっていると言うが、どのレベルま では許容するといった定量的な検討・議論は、日本の交通イ ンフラではあまり一般的ではないように思う。本稿では、欧米 におけるリスク・マネジメントの概要、およびBOTプロジェクト におけるリスク・マネジメントに基づいた構造物の設計・施工・ 運用事例を紹介することで、日本の交通インフラの新しいあ り方を考えるきっかけとしたい。

### 2. 交通インフラのBOT

交通インフラをBOT方式(Build Operate Transfer)で 建設・運営していくという試みは、英国やオーストラリアなど のBOT先進国のみならず、多くの国・地域で行われるように なってきた。BOT方式では、資金の調達、設計、資材調達、 建設、運営、維持管理、および資金回収・利益享受が必要と なる。契約で決められた運営期間完了後、交通インフラは、 健全な状態で地方自治体などの所有者に引き渡される。特 徴としては、契約期間が長いこと、調達する資金の額が大き いことが挙げられる。近年、プロジェクトをパッケージ化する ことでさらに効率化を図ろうという動きも活発であり、それ に伴って、1つのプロジェクト当たりの規模(金額)もますます 大きくなってきている。

交通インフラは、安全・快適な交通を提供する対価とし て収入を得るのが一般的であり、一定水準以上の安全・快 適さの維持は必須条件である。それらに加えて、BOTプロ ジェクトの場合、その性質上、より短い限られた期間で確 実に資金回収しなければならず、資金回収への影響という 観点でも、リスクと上手に向き合っていくことが求められる ことになる。

# リスク・マネジメントの基本的な考え

繰り返しになるが、交通インフラの事業主にとって、一番の 使命は、安全・快適な交通インフラを連続的に提供すること である。一方、特にBOTプロジェクトの場合は、投資回収と 利益確保に対するリスク管理もより重要となってくる。これら

\*㈱IHIインフラシステム 海外プロジェクト室 プロジェクト部 Braila PJ G \*\*(株)|H|インフラシステム 取締役

を鑑みるに、取り扱うリスクの種類としては、

- ① ユーザーの安全に関するもの
- ② ユーザーの利便性に関するもの

の2つに大別できる。いろいろな分類方法が可能であるが、こ こでは、エンドユーザーに主眼を置いたまとめとしている。前 者は、対象交通インフラを使用するユーザーの死亡・怪我に 対するリスクであり、交通事故などが該当する。一方、後者は、 より広範囲・長期に影響が出る事象に対するリスクである。例 えば、交通インフラ上で大規模な事故が発生し、構造物に甚 大な損傷が生じた場合、

- 安全性が確保できるまでの通行止め、または、車線規 制に伴う事業主、ユーザー双方への経済損失。
- 構造物修復のためのコスト→通行料の値上げ。
- BOT事業が成り立たなくなることによるサービスの低下・ 休止。

などにより、ユーザーの利便性に大きな影響を及ぼす可能性 がある。

交通インフラの設計・施工・運営においては、「重大な災害は 決して起こしてはならない」が基本方針である。その上で、受 容レベルに達していないリスクは、優先度に沿って対策を実 施することになる。この定性的な基本方針を、定量的に取り 扱っていくことがリスク・マネジメントであり、実施するにあたっ ては、スタート地点は"リスクゼロはあり得ない"かつ"すべて のリスクに備えることはできない"である必要がある。

例えば、道路橋示方書に沿って設計・施工された場合、日 本の多くの人は、その橋梁は"安全"が保障されていると言う であろう。しかし、実際には大規模損傷や崩落などの不測の 事故が発生する確率が一定以下となるように設計・施工して いるにすぎず、リスクがゼロではないことは明らかである。

交通インフラのリスク・マネジメントとして、設計・施工時に 現実的に出来得ることは、

- ✓ 特定のリスクに対して、広く世間一般に受け入れられるレ ベル以下の発生確率となるように設計・施工する。
- ✓ リスク低減のために無制限に費用をかけることは現実的・ 合理的ではないため、リスクは実行可能な範囲でできる 限り低くする。
- ✓ ある範囲のリスクにおいては、利便を確保するために、リ スクが適切にコントロールされているという条件下で、そ のリスクを伴う状態での使用を受け入れる。

ということである。設計・施工においては、無意識・意識的に 関わらず、大なり小なりリスク・マネジメントは実施されている。 例えば、道路橋示方書に沿って設計・施工することも、リスク・ マネジメントの1つである。ユーロコードでは、終局限界状態 (ULS、Ultimate Limit State)の荷重係数は、橋の崩落確率 が年間1/100万~1,000万以下となるように設定しているが、 言い方を変えれば、「設計で考慮したリスク(終局状態)が、あ る一定レベル以下となるように設計・施工している」ということ である。

日本と欧米の違いをあえて挙げるとすれば、

- これらをより意識し、かつ、定量的に実施しているか 否か
- ② 世間一般に広く知られている適用可能な基準や事例 がない特定のリスクも扱うか否か

であると思う。

#### 4. オスマン・ガーズィー橋

#### 4-1. 概要

2016年7月1日に開通したオスマン・ガーズィー橋(写真-1) は、人口がトルコ第1位の都市イスタンブル市と第3位の都市イ ズミル市を結ぶ約420kmのゲブゼーイズミル高速道路のBOT プロジェクトの一部である(図-1)。本BOTプロジェクトは、ト ルコとイタリアの建設業6社からなるJV(以下NOMAYG-JV) が受注し、そのうちのイズミット湾を南北に横断する吊橋EPC 工事(Engineering, Procurement, Construction = 吊橋一式 の設計から建設までを請け負う)が、NOMAYG-JVとIHIイン フラシステム(以下、IIS)・伊藤忠商事のコンソーシアム間で 2011年9月に契約調印された。その後、設計に着手し、2013 年1月1日に現地工事を正式着工、42か月で完成させた。工事 中はイズミット湾横断橋の名称を用いていたが、完成後は、 オスマン帝国の祖にちなみ正式名称をオスマン・ガーズィー橋 (Osman Gazi bridge)と名付けられた。

![](_page_139_Figure_8.jpeg)

図-1 ゲブゼ~イズミール高速道路

この高速道路プロジェクトは、トルコの道路事業としては BOT運営の先駆けである。BOTのコンセッション期間は22 年4か月、うち、道路全体の建設期間が7年、管理運営期間 が15年4か月となっている。2019年に全線が開通し、トルコ北 西部と西部地域の経済・産業の発展と雇用促進に貢献してい る。マルマラ海周辺を結ぶ道路のインフラ整備がより進むこ とにより、より一層のビジネスの機会が生まれており、今後、 さらに重要なインフラ網として機能することが期待されてい る。IISのスコープは、吊橋一式の設計から建設までを一括で 請け負うデザインビルド(Design & Build)であった。

オスマン・ガーズィー橋は、中央径間長1,550mの3径間連続 吊橋であり、総延長は2,682mである。補剛桁は高さ4.75m、 幅30.1mの流線形箱形断面に、両側各2.92mの維持管理 通路を加えた断面構成となっている。路面は1車線3.65m幅 の片側3車線、中央分離帯0.5mと路肩1.0mにて構成されて いる。車道部は厚さ60mmのアスファルト舗装、維持管理道 路は6~8mmの樹脂舗装を採用している。主塔は渦励振対 策の隅切り断面を持つ鋼製で、高さ約170mの位置に、IIS製 の制振装置AMD(Active Mass Damper)を有する。メイン ケーブル架設にはPPWS工法(Prefabricated Parallel Wire Strand)を採用した。直径5.91mm、素線強度1,760MPaの ワイヤを127本束ねたストランド・110本でメインケーブルを構成 しており、直径は約780mmである。

![](_page_139_Picture_13.jpeg)

写真-1 オスマン・ガーズィー橋

#### 4-2. リスク・アナリシス

リスク・アナリシスの詳細については、2017年9月発行のIHI インフラ技報・トルコ特集号<sup>1)</sup>を参照していただくこととし、こ こでは、概要を述べるにとどめる。

設計で考慮すべき偶発事象としては、2種類の事象があり、 それぞれ設計アプローチが異なる。1つ目は、設計上の取り扱いについて、適用可能な規定や、広く一般に知られている事例 がある偶発事例であり、2つ目は、適用可能な規定や事例が ない偶発事例である。前者は自動車荷重、風、温度、地震荷 重などが対応し、一般の設計でカバーされるリスクである。後 者は火災、爆発、津波などが相当するが、以下、このリスクに 対する設計方法論について概説する。

ー般の設計ではカバーされないリスクに対する設計は、4つのステップで行われる。すなわち、

- Step1: 必要なデータの収集
- Step2:危険有害物・事象・危険の特定
- Step3:特定した個々の危険に対するリスク・アナリシス、 および関連するリスク軽減策の検討

Step4:結果集約、および全体的なリスク・アナリシス である。評価に際しては、可能な限り該当国であるトルコの現 状を反映するが、関連データがない場合には、ヨーロッパ諸国 のデータを使用している。 リスクの大小の評価、および具体的な対応策の検討は、 ALARPの原則(the risk shall be As Low As Reasonably Practicable、図-2)、すなわち、リスクがハイリスク領域に入 らないように設計を実施し、ALARP領域のリスクに対して は、必要な追加リスク軽減対策を施す。

![](_page_140_Figure_1.jpeg)

図-2 ALARPの原則

### 4-3. 許容リスクの決定

適用可能な規定や事例がない特定のリスクに対して、 ユーザーの安全に関するリスク(ユーザー・リスク)と利便性 に関するリスク(通行止めリスク)のそれぞれに、許容値を 設定した。許容値は、AASHTO、"Guide Specifications and Commentary for Design of Highway Bridges"のMethod II、 および過去の類似大型橋梁案件などを参考にしながら決め ている。

① ユーザー・リスク

橋のユーザーへのリスクが、高速道路の同等の長さ、お よび陸上の高度交通に対するものよりも、著しく大きくなら ないようにした。ただし、橋の特殊性と高速移動を可能に する利便性を鑑みて、いくつかの追加リスクは許容すること としている。

具体的には、橋の通行時のドライバー、もしくは同乗者 の死亡リスクを評価パラメーターとして使用した。具体的 には、"ドライバー×km"あたりの死亡率で表現される数字 を使用し、許容上限値をトルコの高速道路におけるドライ バー死亡率の50%増しに設定した。ALARP範囲の下限 値は、許容上限値の1/1,000とした。

② 通行止めリスク

ある期間を超える橋の通行止めに繋がる事故の可能性 が、類似の橋梁に対するものよりも、著しく大きくならない ように設定した。

橋のユーザー、および橋による流通が滞ることによる 経済損失、吊橋の構造特性上、特定の部材に大きな損 傷を受けることが受け入れられないことなどを鑑みて、 30日を超える全線通行止めが発生するか否かに関してリ スクを評価した。許容上限値はリスクの年間発生確率が 1/10,000、ALARP範囲の下限値は上限値の1/100に設 定した。

### 4-4. リスク・アナリシス結果

オスマン・ガーズィー橋では、以下に示すリスクに関して、リ スク・アナリシスを実施した。

- 火災
- 爆発
- 危険物の放出
- 船舶衝突
- 航空機衝突
- 自動車の主塔・ハンガーへの衝突
- 津波
- 海底洗掘
- ユーザーの死亡に関係する自然災害
- ユーザーの死亡に関連する交通事故

ユーザー・リスク、および通行止めリスクに対する評価結果を、 表-1、2にまとめる。表中、"-"と記しているリスクは、発生頻度 が非常に低いとの評価結果が出たため、リスクが発生した際 の影響度を評価するまでもなく影響度を無視できると結論付 けたものである。評価は、供用開始予定時、および供用開始 から20年後の2ケースで行っている。20年後のケースでは、生 活・技術レベルの向上、交通マナー順守度合いの向上、交通 量の増加などを見込んだ上で解析を行っているが、多くリス クでリスクレベルは低下する。

表-2から明らかなように、火災・爆発による30日以上の通行 止めリスクが非常に高く、未対策の場合には、許容上限値で ある1×10<sup>-4</sup>(/年)を超える。より具体的には、道路上での危険 物車両火災・爆発によるメインケーブル損傷および主塔損傷 に起因するリスクが許容できないという結果であり、適切な対 策を施すことが必須との結果となった。表-3に、対策を講じ た状態でのリスク・アナリシス結果を、通行止めリスクのシナリ オ、および火災・爆発原因毎にまとめたものを示す。多くのシ ナリオでリスクレベルが十分に小さくなっているが、危険物車 両火災・爆発によるメインケーブル損傷と主塔損傷に起因す る通行止めリスクはまだALARP範囲にあるという結果となっ た。これ以上リスクを小さくするためには、危険物車両そのも のの通行をさらに制限するなど、構造物への対策以外の対処 が必要となる。しかし、オスマン・ガーズィー橋を含む高速道 路の目的、および利便性を考慮した結果、危険物車両に対す るさらなる通行制限は実施せず、構造物への適切な対応策を もって、このリスクを受け入れることとした。次章では、メイン ケーブルに施したリスク対策について説明する。

表-1 ユーザー	・リスク評価まとめ(死亡率/user-km)
----------	------------------------

	2015	2035		
交通事故	$6.1 \times 10^{-9}$	1.0×10 <sup>-9</sup>		
船舶衝突	$2.6 \times 10^{-14}$	$6.6 \times 10^{-14}$		
航空機衝突				
有害物放出	$7.6 \times 10^{-11}$	4.8×10 <sup>-11</sup>		
火災·爆発	7.5×10 <sup>-11</sup>	2.0×10 <sup>-11</sup>		
自然災害	$1.0 \times 10^{-10}$	$1.0 \times 10^{-10}$		
合計	6.3×10 <sup>-9</sup>	$1.3 \times 10^{-9}$		

		2015	2035	
航空機衝突		_	_	
船舶衝突		$2.2 \times 10^{-6}$	$5.7 \times 10^{-6}$	
船舶火災・爆発		$6.5 \times 10^{-7}$	$1.2 \times 10^{-6}$	
道路火災・爆発		$3.7 \times 10^{-3}$	$1.0 \times 10^{-2}$	
パイプライン事故		$4.5 \times 10^{-7}$	$8.1 \times 10^{-7}$	
自然災害	地滑り	Negligible	Negligible	
	津波	$< 1.0 \times 10^{-4}$	$< 1.0 \times 10^{-4}$	
	海底洗掘	$< 1.0 \times 10^{-4}$	$< 1.0 \times 10^{-4}$	
	豪雨	$< 1.0 \times 10^{-4}$ $< 1.0 \times 10^{-4}$		
	その他	Negligible	Negligible	
合計		$< 3.3  imes 10^{-4}$	$< 3.8  imes 10^{-4}$	

#### 表-2 30日以上の通行止めリスクまとめ(/year)

表-3 火災・爆発による30日以上の通行止めリスク

	危険物車 両火災・ 爆発	重量積載 物車両火 災	船舶	パイプ ライン
2015	0	_	$2.0 \times 10^{-7}$	-
2035	0	_	$3.7 \times 10^{-7}$	_
2015	$1.8 \times 10^{-5}$	$9.6 \times 10^{-7}$	_	-
2035	$4.9 \times 10^{-5}$	$3.5 \times 10^{-6}$	_	_
2015	$8.0 \times 10^{-6}$	$2.9 \times 10^{-7}$	$1.0 \times 10^{-7}$	
2035	$2.2 \times 10^{-5}$	$1.0 \times 10^{-6}$	$1.7 \times 10^{-7}$	
2015	-	_	3.3×10 <sup>-7</sup>	_
2035	-	_	$6.0 \times 10^{-7}$	-
2015	0	_	_	_
2035	0	_	_	-
2015	0	_	_	_
2035	0	_	_	-
2015	0	_	0	0
2035	0	-	0	0
2015	_	_	$1.1 \times 10^{-8}$	$4.5 \times 10^{-7}$
2035	_	_	$2.1 \times 10^{-8}$	8.1×10 <sup>-7</sup>
	2015 2035 2015 2035 2015 2035 2015 2035 2015 2035 2015 2035 2015 2035	危険物車 両火災・ 爆発           2015         0           2035         0           2015         1.8×10 <sup>-5</sup> 2035         4.9×10 <sup>-5</sup> 2035         2.2×10 <sup>-5</sup> 2015         2.2×10 <sup>-5</sup> 2015         -           2015         -           2015         0           2035         0           2015         0           2035         0           2015         0           2035         0           2015         0           2035         0           2035         0           2035         0		危険物車 両火災・ 爆発         重量積載 物車両火 災         船舶           2015         0         -         2.0×10 <sup>-7</sup> 2035         0         -         3.7×10 <sup>-7</sup> 2015         1.8×10 <sup>-5</sup> 9.6×10 <sup>-7</sup> -           2035         4.9×10 <sup>-5</sup> 3.5×10 <sup>-6</sup> -           2035         4.9×10 <sup>-5</sup> 3.5×10 <sup>-6</sup> -           2035         2.2×10 <sup>-5</sup> 1.0×10 <sup>-7</sup> 1.0×10 <sup>-7</sup> 2035         2.2×10 <sup>-5</sup> 1.0×10 <sup>-6</sup> 1.7×10 <sup>-7</sup> 2035         2.2×10 <sup>-5</sup> 1.0×10 <sup>-6</sup> 1.7×10 <sup>-7</sup> 2015         -         -         3.3×10 <sup>-7</sup> 2015         0         -         -           2015         0         -         -           2015         0         -         -           2015         0         -         -           2015         0         -         -           2015         0         -         0           2015         0         -         0           2015         -         -         0           2015         -         -         0           <

# 5. リスク対策例:ケーブル耐火システム<sup>2)</sup>

# 5-1. 設計要求

道路上での危険物車両火災(プール火災)によるメインケー ブル損傷シナリオのイメージを図-3に示す。耐火対策がされ ていない状態で、メインケーブルが30分間のプール火災(直径 5m以上)相当の熱量に曝された場合、メインケーブル内の温 度は、図-4に示すようになる。ここで、グラフの各線は、ケー ブル表面から円の中心方向に半径のX%の位置での温度変化 を表しており、表面から中心まで10%毎の位置での結果を示 している。火災に曝されている側のメインケーブル表面温度 は、プール火災から5分後には700℃、10分後には900℃、30 分後には1000℃に達する。内部も断面内位置に応じて高温分 布している。メインケーブル素線は、常温での耐力と比べる と、600℃では50%、800℃では10%しか残らない。また、損 傷度合いは、高温に曝される時間に大きな影響を受ける。メ インケーブルが一定時間高温に曝されることによる耐力の低 下率を図-5に示すが、今回の検討で仮定した条件では、概ね 100秒毎に1%ずつ耐力が失われていく。ケーブル張力は、塔 頂部が最も大きく、今回、耐火対策が必要となる比較的低い 位置にあるメインケーブルは、設計耐力の80~90%程度の張 力が設計断面力となっている。この観点からは、火災による 耐力損失が10~20%までであれば良いということになる。こ こで、メインケーブルの10%の耐力低下までの許容を仮定す ると、耐火対策を施していない場合は、直径5mのプール火災 における暴露は、図-5の耐力低下線(青色)と縦軸90%耐力 の交点が限界値となるので、約7分以下としなければならない ということになる。

一方、メインケーブルそのものの補修や取替えは、橋の供 用期間中、現実的には非常に困難である。そのため、火災に よるメインケーブルへの永久損傷をゼロとすることを、耐火要 求性能とすることとした。メインケーブル素線は、冷間引抜き によってその高強度性能を得るが、加熱されると、焼き鈍しと 応力解放の効果があるために、耐力が低下する。焼き鈍しは 通常500℃程度で行われることを鑑み、メインケーブル表面 温度の上限を400℃に設定した。

これらのことから、道路面から25m高さまでのメインケーブ ルに対して、「最高温度1000~1200℃のプール火災に30分間 曝されても、素線温度が400℃を超えないこと」を設計要求 とした。プール火災の規模としては200MW程度であり、耐火 対策としては、発熱速度減少率0.4程度の達成が必要となる。 これは、少なくとも毎分20~25リットル/mの給水に相当する。

![](_page_141_Figure_10.jpeg)

# 図-3 道路上でのプール火災とメインケーブル

#### 5-2. 機械設備

オスマン・ガーズィー橋の道路面には、NFPA 502(National Fire Protection Association: Standard for Road Tunnels, Bridges and Other limited Access Highways) に沿った消火設備を2ライン供給している(写真-2)。各ライン共に毎分1,000リットルの供給能力があり、両アンカレッジにポンプ室を設置し、故障や停電に対する冗長性も十分に持たせた設備である。排水ラインがメインケーブルのほぼ真下にあり、また、メインケーブル用の冷却システムを追加しても、同時の消火活

動に対して水量・水圧共に十分であることから、この消火シス テムを拡張することとした。

メインケーブル用冷却システムは、ノズル付きのステンレス 管、分岐クランプ、圧力計、ボールバルブ、バタフライバルブ、 圧力調整器で構成される。メインケーブルの高さに応じて、 2種類のステンレス管を準備した。Type-1は路面からの高さ 10mまでに対応し、長さ24m、直径65mm、Type-2は11~ 25mまでの高さに対応し、長さ12m、直径80mmである。パ イプに取り付けるノズル内径と間隔は、複数回にわたるトライ アルによって決定し、Type-1は7mm径ノズルを1m間隔で、 Type-2は13mm径を3m間隔とした(写真-3)。

![](_page_142_Figure_2.jpeg)

図-4 30分間プール火災に曝されたメインケーブルの温度

![](_page_142_Figure_4.jpeg)

図-5 プール火災に曝されたメインケーブルの耐力低下

# 5-3. 電気設備・制御システム

メインケーブル用冷却システムは、全体を80個のゾーンに分けて監視・制御できるように設計した。制御対象となるメインケーブルの長さは約1400mである。これらは、橋の中に設置した4つのメインパネルでコントロールされるが、橋の集中管理室へのメインネットワークにもつながれており、全ての監視・制御が集中管理室から行えるようになっている。

システムは、自動・手動、両方での運用が可能である。手 動モードの場合、システムはメインケーブル周辺の温度をオペ レーターに伝え、高温を検知した際には警告を出す。オペレー ターは、警告を受けて画面越しに橋の状況を確認し、モーター バルブを開放して該当箇所の水冷を開始する。自動モードは、 閾値を超える高温検知から、必要箇所のモーターバルブ解 放による水冷開始までを自動的に行う。ただし、水冷終了に ついては、オペレーターによって実施されるようにしている。 これは、該当火災が消火活動の制御下にあり、構造物への 危険が十分低くなったことを目視確認する必要があるため である。

![](_page_142_Picture_10.jpeg)

写真-2 消火設備

![](_page_142_Picture_12.jpeg)

写真-3 トライアルによるシステム詳細検討・確認

![](_page_142_Figure_14.jpeg)

図-6 冷却システムType-2のダイアグラム

ケーブル周辺の温度レベルとして、150℃と250℃の2つの温 度を設定した。150℃を検知すると、システムはオペレーター に警告を出し、火災を知らせる。250℃を検知した場合は、自 動モードの場合は該当箇所の水冷開始のコマンドが送信さ れ、手動モードの場合は水冷開始を促すボタンが画面上に出 る。温度計測には、強化型ファイバー・オプティック・センサー を採用した(写真-6)。センサーは直径2.9mmのケーブルで、 1m間隔で温度を計測する。1セット400mで構成され、橋梁全 体で4セット導入した。センサー・ケーブルはメインケーブル下 面に沿って設置し、対象箇所のケーブル周辺温度を連続的に モニターしている。

![](_page_143_Picture_1.jpeg)

写真-4 モーターバルブ・手動バルブ

![](_page_143_Picture_3.jpeg)

写真-5 冷却システムType-1

![](_page_143_Picture_5.jpeg)

写真-6 温度センサー

# 5-4. 設置とコミッショニング

システムは設計通りに製作され、大きな問題もなく現地に 導入された。ノズルが取りついているステンレスパイプは、ノ ズル設置角度の調整が可能なように、継手部分にメカニカル 式管継手を採用した。強風下でもシステムが有効に機能する ように、ノズルはメインケーブルの方向ではなく、道路中央側 に向けているが、コミッショニング時に、設置角度の妥当性に ついても確認した。コミッショニングは、外側1車線を一時的 に通行制限した上で、Type-1、Type-2それぞれで実施し、所 定の性能を十分に発揮することを確認した(写真-7)。

![](_page_143_Picture_9.jpeg)

写真-7 Type-1コミッショニング

![](_page_143_Picture_11.jpeg)

写真-8 コントロール画面(全体)


写真-9 コントロール画面(温度センサー)

## 6. まとめ

本稿では、海外長大橋におけるオペレーショナル・リスク・ア ナリシスとして、欧米における一般的な考え方・アプローチ、 およびトルコのBOTプロジェクトでの事例について概説した。 リスク・マネジメントに対する考え方は、国や地域によって多少 なりとも異なり、また、その国民性・世論の影響が一定レベル ある。日本では、建前としては欧米と同じ考えであるが、実態 は"安全か安全ではないか"の2択にどうしても議論が向いて しまう傾向があると感じている。日本を含めた先進国では、 既設交通インフラの安全・快適レベルを維持し続けるだけで も莫大なお金が必要となり、新設や拡張に使えるお金・労力 への制限がますます大きくなっていく。このような中、紹介し たようなBOT方式は1つの解決案ではあるが、それとは別に、 定量的なアプローチでリスクを議論し、リスクと上手に共存し ていくリスク・マネジメントも、限りあるお金・労力を有効に利 用していく有効な手段の1つであると考えられる。ここでは紹 介しなかったが、特に大規模構造物は、その社会的影響力の 大きさからテロの脅威にさらされやすい。テロに対するリスク・ アナリシス、および対策が実施されている交通インフラも増え てきており(例えば、参考文献3)やKosciuszok bridge<sup>4)</sup>)、リ スク・マネジメントの重要性はますます上がっている。

日本の交通インフラにおいても、リスク・マネジメントを取 り入れた新しいあり方の議論を進める時期に来ていると思う が、本稿での紹介がそのきっかけの1つになれば幸いである。

## 【参考文献】

- 1) 井上学、社浦潤一、川上剛司、柳原正浩、イズミット湾横断 橋の工事報告-Operational Risk Analysis-、IHIインフ ラ技報、2019年7月
- 2)M. INOUE Y. TAKAI, M. YANAGIHARA et al, Active protection system for Main cable of suspension bridge against HGV or Hazardous material fires (IABSE Symposium 2019 in Guimaraes, Portugal), 03.2019, published by CRC press, ISBN : 978-3-85748-163-5
- 3)U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Bridge Security Design Manual, 2017.06, No. FHWA-HIF-17-032
- 4)https://nypost.com/2020/11/30/anti-terror-attackarmor-on-nyc-bridge-hanging-by-straps/

## エポキシ樹脂を用いた炭素繊維シート埋込み定着部のクリープ挙動に関する研究

YAMASHITA Ryo 亮 山 下

KOBAYASHI 小 林 NAKAMURA Sadaaki TAKAGI Yusuke 祐 介\*\* 高 木

中村 定明

Shu

祟\*\*

#### 1. はじめに

既設コンクリート橋の補強において、外ケーブル補強工法、 落橋防止装置設置工法、縁端拡幅工法等、外力を支持する 部材を新たに設ける場合、コンクリートブラケット構造が採用 されることが多い<sup>1)</sup>。このブラケットから既設橋への外力の伝 達に、現行の設計手法では、鉄筋、PC鋼材等の引張補強鋼 材の配置が必要である。この鋼材の配置には既設橋の削孔 が必要だが、削孔位置は既設橋の鉄筋、PC鋼材と干渉しな いよう決定する必要があり、設計、施工の自由度が限定され ているのが現状である。特に、外ケーブル補強工法では、支 点付近の主桁ウェブに径70mm程度の貫通孔を設けた上で、 ブラケットをPC鋼棒にて緊結する摩擦接合が一般的である。 しかし、貫通孔を設けることによる既設桁への影響を定量的 に評価するには至っていない。

これらの背景を踏まえ、既設構造への削孔を必要としない、 または影響を最小とする構造の開発を目指し、引張補強鋼材 を配置しないブラケット構造<sup>2)</sup>および引張補強材としてシート 状の炭素繊維(以下、CFRP)を使用したブラケット構造<sup>3)</sup>の静 的載荷試験を実施した。ここでCFRPによる補強は、既設桁 を想定したコンクリートに鉄筋かぶりに相当する深さの溝を設 け、その溝にCFRPをエポキシ樹脂にて埋込み定着した(図 -1)。これらの載荷試験の結果、CFRPを埋込み定着した場合、 CFRPは引張補強材として機能し、その破壊はCFRP埋込み 定着部の既設コンクリートがはく離する破壊であることが明ら かとなった。また、要素実験により、CFRP埋込み定着部の静 的はく離破壊は、接着系あと施工アンカーのコーン破壊と類似 な破壊性状を示し、一定の精度でその強度が推定できること、 および付着破壊に起因する静的引抜き破壊荷重は、はく離破 壊荷重の3倍程度であることを明らかとした4, 加えて、CFRP 埋込み定着部のクリープ試験を実施し、そのクリープ挙動は

エポキシ樹脂の引張弾性率の影響を受けること、およびその 引張弾性率はエポキシ樹脂のガラス転移温度(以下、Tg)なら びに周辺温度の影響を大きく受けることがわかり、実構造物 への適用の際は留意する必要があることを明らかとした5%。本 論文は、養生温度の違いがエポキシ樹脂のTgに与える影響 や、Tgと周辺温度がエポキシ樹脂の引張強度および引張弾 性率に与える影響に関する検討を実施した上で、CFRP埋込 み定着部のクリープ挙動を詳細に評価するものである。

## 2. クリープ試験の概要

## 2-1. クリープ試験方法

先に実施したクリープ試験<sup>50</sup>の試験装置を図-2に示す。試 験体の寸法は、コンクリートの幅125mm、高さ200mm、長さ 400mmとした。CFRPには実構造への適用の基本としている 高弾性タイプのストランドシート(1層当たりの厚さ1mm程度) を使用し、その幅は25mmとした。CFRP幅25mm当たりの クリープ特性を確認するため、コンクリート長手方向全長に渡 り、幅約3mmの切込みをコンクリートカッターにて設け、その 深さはCFRPの埋込み長とした。埋込み部のコンクリート長手 方向の幅は、本ブラケット構造を実構造物に適用する際のエ ポキシ樹脂充填性を考慮して20mmとし、その深さはかぶりコ ンクリートを想定して50mmとした。

CFRPは埋込み部を上面として施工した。埋込み部へのエ ポキシ樹脂の充填は、幅3mmの切込みにテフロン板を設置し た後に、圧入等は行わず、上方から流し込んで充填した。そ の直後にエポキシ樹脂を含浸させたCFRPを埋込み部中央に 設置し、CFRPの載荷部を別途準備した養生用アングルに固 定し、温度20℃、湿度60%の恒温恒湿室で7日間養生した。 なお、切込み部に設置したテフロン板は、エポキシ樹脂の硬 化後に撤去した。



\*㈱IHIインフラ建設 橋梁事業部 技術部 \*\*(株)|H|インフラ建設 開発部

クリープ試験は、接着系あと施工アンカーのクリープ試験 法を定めているACI規準<sup>6)</sup>を参考に、温度20℃および40℃の 環境下で実施した。ここで、ACI規準では、接着系あと施工 アンカーの各種性能確認試験方法および評価方法を定めて いる。クリープ試験に関して、標準温度および高温時の2つの 性能確認が要求されており、低温時の性能確認は定められて いない。これは、接着系あと施工アンカーのクリープ抵抗性 の観点からは、高温時の影響が大きいためと考えられ、本試 験でもこの考えを準用した。

試験体の養生完了後、20℃試験では温度20℃、湿度60% の恒温恒湿室で直ちに載荷を行い、40℃試験では温度 40℃、湿度40%の恒温恒湿室に試験体を設置し、その約1日 後に載荷を行い、ACI規準に規定される最小試験時間である 42日間(1000時間)載荷を継続した。また、長期変位は、ACI 規準に示されるFindleyのべき乗則(式(1))に基づき、100年 後まで外挿して推定した。ここで、時間軸は対数目盛とし、外 挿曲線は載荷22日以降の試験データを20点以上用いて推定 する。なお、Findleyのべき乗則と42日間の試験結果に基づき 長期変位を推定すると、実際に長期載荷を実施した試験値と 比較して推定変位が大きくなり安全側の結果を与えることが 報告されている<sup>77</sup>。

 $\Delta(t) = at^{h} \cdots \vec{\mathfrak{X}}(1)$ 

ただし、Δ(t):t日後の変位(mm)、a, b: 試験結果の回帰 分析により定まる定数、t:経過日数(日)

CFRPの養生完了後、図-2に示したとおり、試験体をクリー プ載荷試験装置に支持間隔が30mmとなるよう設置した。 荷重の保持には鋼製バネを適用し、載荷時のバネの変位が 30mm程度生じ、1mm以下と推測された微小なクリープ変 形に対して荷重の変動がないようバネ値を90N/mmと設定し た。クリープ変位(以下、変位)は、ACI規準に示される試験

表-1 コンクリートの強度試験結果

方法例を参考に、埋込み部から25mm離れた位置に変位計 測用アングルを取り付け、変位計により載荷装置との相対変 位を2点計測した。載荷開始日のコンクリートの強度試験結果を 表-1に、使用したCFRPの特性値を表-2に、エポキシ樹脂の特 性値を表-3に示す。ここで、エポキシ樹脂のTgは温度履歴によ り変化するため、後述するTg測定で得られた最大値を示し、 その他の特性は23℃で7日間養生した試験結果である。

#### 2-2. クリープ試験結果

試験ケース、式(1)の定数a、b、およびクリープ試験結果の 一覧を表-4に、変位計測結果および外挿曲線(Findleyとして 図示)の比較を図-3に、外挿により推定した長期変位の比較



図-2 クリープ試験装置(単位:mm)

#### 表-2 CFRPの特性値

Test	Compressive	Split tensile	Elastic	CFRP	Unit area mass	Tensile strength	Elastic modulus
case	strength (MPa)	strength (MPa)	modulus (GPa)	type	(g/m²)	(MPa)	(GPa)
E1-E4	25.7	1.90	25.8	Strand sheet	619	3090	731

Components	Glass transition temperature, Tg $(^{\circ}C)$	Density	Pot life (min.)	Compressive strength (MPa)	Compressive elastic modulus (GPa)	Tensile shear strength (MPa)
Bisphenol A epoxy resin and silica with amin curing agent	57	1.45	129	81	4.46	23

表-3 エポキシ樹脂の特性値

#### 表-4 クリープ試験結果

Test	Test	Load	Number of	Coefficient		Creep	displacement	(mm)	
case	temperature (°C)	(kN)	(kN) CFRP of Eq. (		1 day	3 day	42 day	1 year*1	100 years <sup>*1</sup>
E1	20	3.0	1	a=0.0227 b=0.1291	0.014	0.021	0.036	0.049	0.088
E2	20	4.5	3	a=0.0329 b=0.1129	0.010	0.018	0.051	0.064	0.108
E3	40	3.0	1	a=0.6436 b=0.0171	0.639 (46) *2	0.656 (31)	0.687 (19)	0.712 (15)	0.771 (8.8)
E4	40	4.5	3	a=0.7821 b=0.0219	0.718 (72) *3	0.782 (43)	0.849 (17)	0.890 (14)	0.985 (9.1)

\*1 Estimated by extrapolation, \*2 Ratio to E1, \*3 Ratio to E2



表-5 Tg測定前の養生条件および測定結果

Case	Curing conditions (temperature and time)	Tg (℃)	Note
1	23°C 7days	41	Correspond to the beginning of $20^\circ C$ creep test
2	23°C 7days+40°C 1day (total 8 days)	45	Correspond to the beginning of $40^\circ C$ creep test
3	23°C 7days+40°C 3day (total 10 days)	52	Correspond to 2-day loading of 40°C creep test (when increment rate of creep displacement started to decrease)
4	23°C 7days+40°C 7day (total 14 days)	57	Correspond to 6-day loading of $40^\circ C$ creep test
5	40°C 7days	57	For comparison with Cases 1 and 4
6	23°C 10days	41	For comparison with Case 3

を図-4に示す。ここで、載荷荷重は3.0kNまたは4.5kNとした。3.0kNは静的はく離破壊が6.0kN<sup>4)</sup>で生じたことを踏まえ、実構造物へ適用する際の設計上の安全率を2と設定した場合の設計荷重であり、4.5kNはその1.5倍と設定したクリープ試験の最大荷重である。ここで、クリープ試験体の寸法は静的はく離試験体の寸法と同じとし、各ケースの試験体数は3体とした。クリープ試験の結果、試験終了まで破壊は生じなかった。また、推定した100年後のクリープ変位は最大でも1mm以下(E4)であり、長期においてもクリープ破壊が生じる可能性は低いと考えられる。

試験終了時(42日後)の変位を比較すると、試験温度40℃ のケースE3、E4では、20℃のケースE1、E2と比較して17~ 19倍の大きな変位が生じた。一方、1年後から100年後までの 変位変化量を1年当たりに換算すると、E1からE4まで順に、  $3.9 \times 10^{-4}$ 、 $4.4 \times 10^{-4}$ 、 $6.0 \times 10^{-4}$ 、 $9.6 \times 10^{-4}$  mm/年であり、温 度が高いほど、また、荷重が大きいほどクリープが進行するこ とが示されるが、その値は試験終了時の変位と比較していず れも小さい。特に40℃試験では載荷後数日で、大きな変位が 生じているが、この長期クリープ進行速度は、20℃試験と比 較して1.5倍(E3)~2.2倍(E4)程度であり、試験終了時の比 率(17~19倍)と比較して小さい。

埋込み定着部の変位が40℃試験の初期に大きく、その後 の増加割合は小さくなった理由として、エポキシ樹脂のTgが 指標となること、また、そのTgはエポキシ樹脂の置かれる温 度により異なることが考えられる。よって、エポキシ樹脂のTg 測定および引張試験を実施して、CFRP埋込み定着部のク リープ挙動を詳細に評価することとした。



## 3. エポキシ樹脂のTg測定および引張試験

#### 3-1. Tg测定

養生温度および時間を試験要因としたエポキシ樹脂のTg 測定を実施した。ここで、エポキシ樹脂は、表-3に示すクリー プ試験に使用したものと同じとし、TgはJIS K 7121に準じた DSC法により測定することとした。Tg測定前の養生条件およ び測定結果を表-5に示す。なお、ここでの養生条件は、Tg測 定の試験片の条件であり、前述のクリープ試験の養生とは異 なることを注記する。養生条件は6ケース設定し、各ケースの 試験数は1とした。23℃7日のCase1は、前述の20℃クリープ 試験の養生を想定しており、これを比較の基本ケースとした。 Case2は40℃クリープ試験の載荷開始時に該当する。Case3 は40℃クリープ試験で変位が収束し始めた載荷2日後に該当 し、Case4は載荷6日後に該当する。Case5はCase1、Case4との比較、Case6はCase3との比較のために設けたケースである。

測定結果より、23℃の養生日数7日(Case1)、10日(Case6) ともTgは41℃であり明確な差異が見られないこと、40℃の養 生日数が、1日(Case2)、3日(Case3)、7日(Case4、5)と多く なるに連れTgが増加傾向にあること、および40℃養生の前の 23℃養生(Case4、5)はTgにほとんど影響を与えないことが わかる。これらの点を踏まえて、40℃の養生日数に着目して整 理した結果を図-5に示す。

図-5より、Tgの上昇は、40℃養生3日までは、1日当たり4℃ 程度、その後は1日当たり平均1℃と小さくなった。ただし、7 日時点でTgの上昇が完全に収束したとは断定できず、今回使 用したエポキシ樹脂の最大値に達していない可能性が示唆さ れる。ここで、Tgはエポキシ樹脂の硬化反応度と関連がある とされており<sup>8</sup>、また、硬化反応は温度が高いほど早く不可逆 反応である。これらを踏まえると、23℃環境下では、養生7日 以降、Tgは41℃であり、エポキシ樹脂の硬化反応の進行が遅 い状態であったと考えられる。その後、40℃環境下にエポキ シ樹脂がおかれることにより、硬化反応が促進され、Tgが上 昇したものと考えられる。なお、Tgは同一なエポキシ樹脂で も試験方法により結果が異なることが知られており<sup>9</sup>、絶対的 な値でないことに留意する必要がある。

#### 3-2. エポキシ樹脂の引張試験

前述の測定されたTgとエポキシ樹脂の機械的性質の関係 を検討するため引張試験を実施した。引張試験の養生条件



はTg測定と同様とし、JIS K 7161に準じて全長170mm、狭 い部分の幅10mm、端部の幅20mmのダンベル形の試験片 (1B形)による引張試験を実施した。試験速度は5mm/min、 各ケースの試験温度は23℃および40℃、試験片数は5とした。 引張強度、引張弾性率に関する試験温度の影響について整 理した結果をそれぞれ図-6、図-7に、試験結果の一覧を表-6 に示す。ここで、図表の括弧内の数値は40℃試験結果の23℃ 試験結果に対する比率を示している。

Tgが41℃のCase1、Case6では40℃試験において、引張強 度、引張弾性率とも低下率が高く、引張強度の低下率は80% 程度、引張弾性率の低下率は90%以上であった。これは、Tg と試験温度がほぼ同じであるため、エポキシ樹脂が転移領域 にあったためと考えられる。Case1とCase6の違いは23℃の 養生日数(Case1-7日、Case6-10日)のみである。養生日数が 3日多くなることにより、引張強度、引張弾性率に若干の増加 が確認できるものの、エポキシ樹脂の硬化は、40℃環境下の 特性に影響を与えるほどは進行していないと判断できる。

一方、Tgが高くなると、(Case1→Case4)、引張強度および 引張弾性率が増加する。特に40℃試験結果の増加率が大き く、引張強度は4.3倍(Case19.78→Case441.7MPa)、引 張弾性率は19倍(Case1271→Case45150MPa)となった。 また、Tgが57℃に達したCase4、Case5においても、40℃試 験結果は23℃試験結果と比較して、引張強度が約30%、引 張弾性率は約20%低下した。よって、今回使用したエポキシ 樹脂は40℃7日間の養生により、Tgは57℃まで上がり、その 樹脂単体の引張強度、引張弾性率も増加するものの、試験時



Casa	$T_{\alpha}(\mathcal{C})$	Tensile stre	ngth (MPa)	Tensile modulus of elasticity (MPa)			
Case	1g (C)	(a)23℃ test	(b)40°C test	(a)23℃ test	(b)40°C test		
1	2	51.6	9.78 (0.19)*1	5780	271 (0.047)		
2	3	53.3	21.2 (0.40)	5980	2410 (0.40)		
3	4	61.1	37.8 (0.62)	6250	4770 (0.76)		
4	5	63.0	41.7 (0.66)	6380	5150 (0.81)		
5	6	64.9	43.3 (0.67)	6490	5170 (0.80)		
6		56.1	13.2 (0.24)	6420	485 (0.076)		

\*1 ratio to 23°C test result



の温度の影響を受けることが確認された。

以上の結果より、Tgと引張強度、引張弾性率には相関があ ると考えられる。そこで、Tgと引張強度の関係およびTgと引 張弾性率の関係を整理し、線形補間した図をそれぞれ図-8、 図-9に示す。図-8より、今回試験したエポキシ樹脂のTgが 41℃~57℃の範囲において、試験温度に関わらず、Tgと引張 強度には相関が認められる。図-9に示した引張弾性率におい ても、23℃試験では決定係数のR<sup>2</sup>値が低い地のの相関が認 められる。23℃試験のR<sup>2</sup>値が低い理由は、23℃10日間養生 のCase6の値が比較的高い結果であったためであり、Case6 を除いた場合のR<sup>2</sup>値は0.978となる。また、引張強度、引張 弾性率とも、Tgが高くなるに連れ、40℃試験結果が23℃試 験結果に漸近していく傾向が確認できる。今回使用したエ ポキシ樹脂のTgは最大でも60℃程度(完全硬化時)と推察さ れ、40℃環境下では、樹脂単体の引張強度、引張弾性率へ の影響が少なからずあるものと考えられる。

### 4. クリープ試験結果の評価

エポキシ樹脂のTg測定および引張試験により、Tgと引張 強度、引張弾性率には相関があることが確認された。これら の得られた関係を踏まえ、先に実施した40℃クリープ試験の 変位について詳細に評価する。

図-3に示したクリープ試験結果の載荷7日目までに着目し、 かつ、該当するTg測定結果を示した図を図-10に示す。クリー プ載荷開始時のTgは40℃試験で45℃(Tg測定Case2)、20℃ 試験で41℃(同Case1)程度と考えられる。この時のエポキ シ樹脂の引張弾性率は、各々2410MPa(引張試験Case2)、 5780MPa(同Case1)程度と考えられる。40℃試験では、Tg が試験温度に近く、エポキシ樹脂が転移領域にあり、粘性体 の性質が顕著となった結果、20℃試験と比較して、引張弾性 率の比率(5780/2410=2.40)を大幅に超えるクリープ変位が 載荷初期に生じたと推察される。一方、20℃試験では、Tgが 試験温度より十分に高くエポキシ樹脂が安定したガラス領域 であったため、目立った初期の変位は生じなかった。

その後、40℃試験ではTgが上昇すること(Tg測定Case3、Case4)、および20℃試験ではTgがほぼ変化していないこと(Tg測定Case6)が確認された。Tgが52℃程度に達した40℃



試験の載荷2日以降は、明らかにそれ以前のクリープ挙動と異 なっており、変位の増加が緩和されている。載荷2日以降のエ ポキシ樹脂の引張弾性率は、40℃試験で4770~5150MPa程 度に増加し(引張試験Case3、Case4)、20℃試験の引張弾性 率に漸近していき、試験温度の違いによる顕著な変位の差は なくなったと考えられる。

我が国の環境を踏まえて実構造物への適用を考えると、 夏季の気温が40℃に達することは十分に起こり得る。今回、 40℃の環境下において、設定した設計荷重およびその1.5倍 の荷重を42日間載荷した結果、クリープ破壊は生じず、また、 推定したその後の長期クリープ変位も小さかった。よって、 CFRP埋込み定着部へ今回使用したエポキシ樹脂を適用した 場合、クリープ破壊が生じる可能性は低いと言える。ここで、 夏季の施工において、エポキシ樹脂が養生時に気温20℃以上 の環境におかれた場合は、20℃で試験体を養生した40℃試 験よりもTgおよび引張弾性率が増加するため、変位が小さく なると考えられる。また、夏季以外の施工において、エポキシ 樹脂の養生時の気温は20℃未満であることが想定される。し かし、我が国の季節変化の中で、気温40℃に達する前に、エ ポキシ樹脂が気温20℃以上の環境に7日間以上おかれた場合 は、本研究の実験範囲に近い条件であると想定されるため、 40℃試験結果より変位が大きくなる要因は少ないと考えられ る。高温時のクリープ変位を小さくする方法としては、例えば Tgの高いエポキシ樹脂を使用することや、載荷前の養生時に 周辺温度を高くする方法が考えられる。なお、長期クリープ変位 について、外ケーブルを用いて載荷した実物大ブラケット構造 の暴露試験<sup>2)</sup>を実施し、載荷8年経過した後も目立ったクリー プ変位の増加は生じていない。また、本ブラケット構造は2018 年に実橋の外ケーブル補強に適用している(写真-1)。今後、本 橋の継続的なモニタリングを実施していく計画である。

## 5.まとめ

CFRPをブラケット構造の引張補強材として適用する時の、 エポキシ樹脂を用いたCFRP埋込み定着部のクリープ挙動に 関する研究を実施した。本研究の範囲内で得られた主な知見 は以下のとおりである。

- (1)本研究で使用したエポキシ樹脂に関して、DSC法によるガ ラス転移温度Tgの測定を実施した結果、23℃養生7日およ び10日では、Tgの変化はなかった。一方、23℃で7日養生 した後に40℃で養生した場合、Tgは増加した。また、事前 の23℃養生の有無にかかわらず、40℃で7日間養生した時 のTgは同じであった。
- (2)試験温度を23℃および40℃としたエポキシ樹脂の引張試験を実施した結果、本研究の範囲内において、Tgと引張強度、引張弾性率に相関があることが認められた。また、23℃で7日~10日間養生した直後に40℃環境下で引張試験をおこなった場合、23℃環境下の結果と比較して、引張強度が80%程度、引張弾性率が90%以上低下した。
- (3)載荷荷重を3.0kN(静的破壊荷重の1/2)およびその1.5倍 の4.5kN、試験温度を20℃および40℃としたCFRP埋込み 定着部のクリープ試験を実施した結果、クリープ破壊は生 じなかった。40℃試験では特に載荷初期のクリープ変位が 大きく、その後の増加割合は小さくなった。要因として、載 荷初期にはエポキシ樹脂のTgが試験温度と近いため引張 弾性率が小さく、その後数日でTgおよび引張弾性率が増加 したことが挙げられる。
- (4)我が国の環境を踏まえて実構造物への適用を考えると、 CFRP埋込み定着部へ今回使用したエポキシ樹脂を適用 した場合、設定した設計荷重レベル(3.0kN)において、ク リープ破壊が生じる可能性は低い。夏季の施工において、 エポキシ樹脂が養生時に気温20℃以上の環境におかれた 場合、また、夏季以外の施工において、我が国の季節変化 の中で、気温40℃に達する前に、エポキシ樹脂が気温20℃ 以上の環境に7日間以上おかれた場合は、本研究の実験範 囲に近い条件であると想定され、今回の40℃クリープ試験 結果よりクリープ変位が増加する要因は少ないと考えられる。

本研究の実施にあたり、京都大学宮川豊章教授、山本貴 士教授に多大なるご指導をいただきました。また、共同研究 者として(㈱エスイー、日鉄ケミカル&マテリアル(㈱の方々にご 協力をいただきました。ここに深く感謝の意を表します。



写真-1 実橋の外ケーブル補強に適用した事例

#### 【参考文献】

- 1) 例えば、プレストレスト・コンクリート建設業協会:外ケーブ ル方式によるコンクリート橋の補強実例図集、2007
- 2)R. Yamashita, M. Okano, Y. Hiroi, T. Yamamoto and T. Miyagawa, "Experimental and analytical studies on behavior of bracket structures without primary steel reinforcement under static loading", fib Symposium TEL-AVIV 2013 Proceedings, CD-ROM, 2013
- 3)R. Yamashita, Y. Hiroi, M. Arazoe, T. Yamamoto and T. Miyagawa, "Experimental and analytical studies on behavior of bracket structures reinforced with concrete adhesive and CFRP sheet", fib Symposium Copenhagen 2015 Proceedings, CD-ROM, 2015
- 4)山下亮、廣井幸夫、荒添正棋、山本貴士、宮川豊章:炭 素繊維シート埋込み定着部の破壊強度に関する基礎的研 究、コンクリート構造物の補修、補強、アップグレード論文 報告集、第13巻、pp.569-576、2013
- 5)山下亮、廣井幸夫、荒添正棋、山本貴士、宮川豊章:炭素 繊維シート埋込み定着部のクリープ挙動に関する基礎的研 究、コンクリート構造物の補修、補強、アップグレード論文 報告集、第14巻、pp.417-424、2014
- 6)American Concrete Institute (ACI), "Qualification of post-installed adhesive anchors in concrete (ACI 355.4M-11) and Commentary, 2011
- 7)R. Eligehausen, R. Blochwitz and W. Fuchs, "Behavior and design of adhesive anchors under sustained load, ACI SP-283 Understanding Adhesive Anchors: Behavior, Materials, Installation, Design, pp.9.1-9.14, 2012
- 8)X. Peng and J. K. Gillham, "Time-temperaturetransformation (TTT) cure diagrams: relationship between Tg and the temperature and time of cure for epoxy systems", Journal of Applied Polymer Science, Vol. 30, pp.4685-4696, 1985
- 9)新保正樹編:エポキシ樹脂ハンドブック、日刊工業新聞社、 1987





## 亀山西ジャンクションランプ橋工事報告

## 一 交通供用下で既設PC橋に拡幅接続する鋼桁の設計と施工 —

<sup>NISHIHIRO</sup>	Koji	<i>кімото</i>	Hiroyuki	<sup>INOTSUME</sup>	<sup>Norio</sup>	KIYOOKA	<sup>Naoki</sup>
西廣	浩二*	木元	宏之*	井爪	規 夫**	清 岡	直樹***
	<sup>ҮАМАМОТО</sup> 山本	Seiji 誠司****	<sup>MURANO</sup> 村野	Fumiya 文 哉*****	<sup>MORIYAMA</sup> 森山	Yoshiki 佳樹*****	*

## 1. はじめに

亀山西ジャンクションランプ橋は、新名神高速道路(名古屋 方面)と東名阪自動車道(大阪・伊勢方面)をUターン路でつな ぐことによりフルジャンクションとし、交通ネットワークを確保 するための事業である。

本工事は、供用中である新名神高速道路のPC橋に、鋼桁 ランプ橋を隣接平行して新設し、接続する工事である。全体 平面図を図-1に示す。

橋梁は大きく第一橋と第二橋から構成される。第一橋は、既 設PC橋の下り線と連結する1号橋と、1号橋に接続する2号橋に 分割され、第二橋は、Uターン路となる3号橋と、3号橋に接続し、 既設PC橋の上り線と連結する4号橋に分割される。

本工事では、既設PC橋の床版と拡幅部の床版は、走行時 の安全性・静寂性に配慮して連続させる構造としたが、PC桁 に対する鋼桁のたわみが大きいことによる床版の健全性に対 して種々の検討を実施し、施工を実施した。この検討の詳細 は、IHIインフラ技報<sup>1)</sup>で報告済みであるため、本稿では工事 全般の概要について報告する。



図-1 全体平面図

## 2. 工事概要

- 工 事 名:新名神高速道路 亀山西ジャンクション ランプ橋(鋼上部工)工事
- 発 注 者:中日本高速道路株式会社 名古屋支社 四日市工事事務所
- 路 線 名:高速自動車国道 近畿自動車道名古屋神戸線
- 工 期:2016年6月11日~2020年12月16日
- 施工内容:
- 鋼上部工
  - 第一橋(1号橋):鋼4径間連続非合成多主鈑桁橋 第一橋(2号橋):鋼2径間連続非合成箱桁橋 第二橋(3号橋):鋼8径間連続非合成箱桁橋 第二橋(4号橋):鋼5径間連続非合成多主鈑桁橋

\*\*\*(株)IHIインフラシステム 建設部 プロジェクト管理第1G

・既設PC桁工
・既設PC桁と新設鋼桁の連結横桁:41箇所
・既設床版と新設床版の連続化:311.3m
既設PC桁と新設橋脚の剛結:7橋脚
既設橋脚の梁拡幅:4橋脚
・鋼重:3,060t

・床版形式
 場所打ちPC床版:1号橋、4号橋
 鋼・コンクリート合成床版:2号橋、3号橋

- ・架設工法
   第一橋(1号橋):送り出し架設工法、
   トラッククレーンベント工法
  - 第一橋(2号橋):トラッククレーンベント工法 第二橋(3号橋):送り出し架設工法、

う個人とり山し未成上仏、

トラッククレーンベント工法

第二橋(4号橋):横取り架設工法、 トラッククレーンベント工法

## 3. 詳細設計

## 3-1.1号橋、4号橋

1号橋および4号橋は、既設PC橋と橋軸直角方向に連結す る拡幅橋である。

床版の連結部には、PC桁と鋼桁のたわみ差に伴う折れ角 が生じる(図-2)。連結床版に配置するPC鋼線は、既設PC橋 において、将来的な6車線化対応の目的として設置されていた シースを利用するので、配置に制約があった。このため、連結 床版の健全性を確保するうえで連結横桁の配置が重要となっ た。そこで、常時においては、発生断面力が床版上面におけ るひび割れ発生限界を超過しないこと、床版下面において許 容ひび割れ幅(0.005c:cは鉄筋のかぶりを示す)を超過しな いこと、レベル2地震時においては鉄筋が降伏しないことを条 件として、図-3に示す骨組みモデルにより、最適な連結横桁 配置を検討した(図-4)。



\*\*\*\*(㈱IHIインフラシステム 海外プロジェクト室 エンジニアリング部 アジアエンジニアリングセンター \*\*\*\*(㈱IHIインフラシステム 海外プロジェクト室 プロジェクト部 ブレイラPJ G \*\*\*\*\*(㈱IHIインフラシステム 橋梁技術室 設計部 設計第1G

<sup>\*㈱</sup>IHIインフラシステム 建設部 工事西第2G \*\*㈱IHIインフラシステム 建設部 工事西第1G



## 3-2.2号橋

基本設計では支間長および経済性から鋼2主合成鈑桁形 式が採用されていたが、平面曲線R=300mの線形条件により 橋梁全体に生じるねじりの影響で発生曲げモーメントにアン バランスが生じ、G1桁とG2桁のフランジ厚に最大20mm程 度の差があったこと、曲線橋としての交角が大きく、NEXCO 設計要領で示される合成鈑桁の適用範囲から外れていること から、詳細設計では非合成箱桁形式に変更した(図-5)。

また、工程短縮を図るために合成床版を採用した。



(下段左:基本設計、下段右:詳細設計)

## 3-3.3号橋

3号橋の平面図と標準断面図を図-6に示す。3号橋の平面 曲線はR=90m(最小値)であるため、曲線橋としての腹板厚、 ダイアフラム間隔を適用した。また、1箱桁であり、横断勾配 による腹板高の差が大きいことから、経済性を考慮し、GLと GRそれぞれに適切な腹板厚を設定した。

また、2号橋と同様、工程短縮を図るために合成床版を採



## 4. 現場施工

#### 4-1.1号橋、4号橋

#### (1)既設PC橋との誤差吸収

拡幅橋で問題となったのが、既設橋が持つ座標誤差(設計 図面とのずれ)の吸収である。本工事では以下の対策により誤 差吸収を行った。

#### 1)鋼桁の据え付け高さ調整

鋼桁架設に先立ち、新設する拡幅鋼桁が接続する既設PC 橋の高さ計測を行い、鋼桁の据え付け高さを調整した。 供用中である既設橋の床版端部の高さを直接計測することが できないため、高架下からノンプリズムトータルステーションを 用いて壁高欄下端部の測量を実施した(図-7)。



図-7 既設PC橋 高さ計測位置

#### 2)縦断勾配のすり付け区間の追加

拡幅橋については、1)による誤差吸収対策を実施して調整 したが、接続する2号橋、および4号橋との高低差が生じるた め、縦断勾配を修正し、掛け違い部における高さのすり付け を行った(図-8)。



#### 3)連結横桁(調整部)の追加

連結横桁は、既設PC桁に先行して取付ける部材と、鋼桁側の 仕口部材、双方を連結する部材(調整部)の3部材に分割した。

調整部は、鋼桁側を高力ボルトによる接合としたが、PC桁 側は誤差吸収のため、図-9に示すとおり現場溶接による接合 とした。施工順序は、ボルト部仮固定→現場溶接→高力ボル ト本締めとした。



## (2) 連結横桁の施工

連結横桁取り付け部は、既設PC桁ウェブの穿孔が必要と なるため、鉄筋探査を行いアンカーボルト・PC鋼材配置を検討 し、現地孔明けに反映した。更に孔明け位置をフィルム型に 写し取り、連結横桁ベースプレートの製作に反映した。写真-1 にアンカー穿孔状況、写真-2に連結横桁設置状況を示す。



写真-1 連結横桁アンカー穿孔状況



写真-2 連結横桁設置状況

#### 4-2.3号橋

架橋位置が既設PC橋の下となり、クレーンのブーム等が既 設PC橋と干渉するため、クレーンで架設することができない P6~P8間は、送り出し架設工法で施工を行った(写真-3)。

本線下り線橋梁の下を通過するP6-P7間で縦断線形が下 り勾配1.9%から上り勾配3.0%に変化し、かつ平面曲線R= 90mの曲線区間であることから、骨組み解析により送り出し 装置1mピッチの支点反力を算出し、ライナー調整量を算出し た。送り出し架設時には、設計値の±20%を管理上限値とし て設定し、送り装置ジャッキ反力を確認のうえ、ライナー量の 調整による反力調整を行い、施工の安全性と出来形精度の向 上に配慮した。



写真-33号橋送り出し架設状況

### 4-3. 下部工

下部工は、新設鋼桁の支点のための橋脚拡幅(図-10)と、 PC桁と鋼桁のたわみ差の低減、および拡幅による荷重載荷 面積増加に伴う既設PC桁の分担断面力の増加を低減するた めの新設橋脚(図-11)を追加設置した。

新設橋脚は既設PC桁との一体化を図るため剛結構造と し、鉄筋探査のうえ下床版を穿孔し、橋脚鉄筋を貫通させ(写 真-4)、樹脂モルタルを貫通孔に充填した。また、PC桁内に は柱頭部コンクリートを打設した。剛結鉄筋の定着は、交通 供用下であることから、振動によるたわみを計測(写真-5)し、 仮固定支柱を設置して振動を抑止させてから剛結部および柱 頭部コンクリートを施工した。

最後に、工事完了後の亀山西ジャンクションランプ橋の全 景を写真-6に示す。



図-10 既設橋脚拡幅構造図(1号橋P10橋脚)





写真-4 新設橋脚とPC桁の剛結鉄筋の設置状況



写真-5 交通振動計測状況



写真-6 亀山西ジャンクションランプ橋全景

## 5.まとめ

亀山西ジャンクションランプ橋の概要、設計および現場施 工について報告した。

本工事は既設橋を供用しながら、PC桁と鋼桁の異種構造 を橋軸直角方向に連結するという画期的な構造を実現させ、 かつ工期の短縮化を図るという課題があったが、発注者、下 部工受注者、上部工受注者が一体となり目的意識をもって施 工に取り組み、課題を解決することができた。

本工事での経験が、今後の橋梁拡幅工事の参考となれば 幸いである。

最後に、亀山西ジャンクションランプ橋の詳細設計から施 工にあたり、ご指導、ご協力いただいた中日本高速道路株式 会社の方々をはじめ、関係各位の皆様に感謝の意を表します。

## 【参考文献】

1)清岡直樹、山本誠司、内田裕也、森山佳樹、西廣浩二、 木元宏之、井爪規夫:亀山西JCTランプ橋の接合横桁の設 計、IHIインフラ技報2020 vol.9 気仙沼湾横断橋工事報告

- 東北最大の斜張橋の製作・架設 -

KONDO	<sup>Toshiyuki</sup>	URUU	<sup>Masaaki</sup>	ҮАМА	мото н	Koichi
近藤	俊 行*	潤	昌 明*	Щ ⊅	本	広一**
HAKODA	Toshiyuki	FUJITA	Takumi	NAGA	а <i>үама</i>	Shun
箱田	俊幸***	藤日	臣****	永	Ц	隼*****

600

600

F

8 68

150

600

F

1750

24

6497.4

4422.4

3000

15200

3500

2500

3850

16844.7

主桁 一般部断面図

幅員 18000

3500

3500

2.005

2750

3500

1750 600

600

Ð

:地組継手位置

150

600

7

4422.4

3000

6497.4

3500

2750

3500

1-2.005

## 1. はじめに

気仙沼湾横断橋は、図-1に示す東日本大震災からの早期 復興に向けた復興道路プロジェクトの一部であり、気仙沼湾 上に架かる東北地方最大の斜張橋である。

本稿では、気仙沼湾横断橋の主塔と主桁の製作および架設について報告する。

## 2. 工事概要

本橋は、図-2に示すように、3径間連続斜張橋を朝日地区 と小々汐地区の2工事に分割して施工する工事である。本稿 では、主塔が陸上に位置する起点側の朝日地区工事について 報告する。

本橋の工事概要を下記に示す。



\*(㈱IHIインフラシステム 建設部 工事東第2G \*\*(㈱IHIインフラシステム 生産管理部 生産計画G \*\*\*(㈱IHIインフラシステム 品質管理部 橋梁品質管理G \*\*\*(株IHIインフラシステム 開発部 研究開発第1G \*\*\*\*\*(株IHIインフラシステム プロポーザル部 技術G

#### 3. 製作

本工事の主塔および主桁の製作について報告する。

## 3-1. 主塔の製作

IHIの製作範囲はP11主塔の主塔基部~J2までの範囲であ り、構造別ではアンカーフレーム、主塔底板、底板面~J1まで の基部ブロックとJ1~J2の主塔柱ブロックである。特記仕様書 に記載された主塔完成時鉛直度の要求精度を満足するために 行った主塔ブロックの製作と仮組立の工夫を以下に記述する。 (1)主塔ブロックの出来形向上策

主塔の要求精度の鉛直度1/4,000を満足させるためには、 製作ブロックの単品出来形精度を向上させる必要があった。 そのため、主塔ブロック両端部には10mmの余長を設けて製 作し、組立後に出来形調整を行った。出来形調整は、計測結 果から各ブロック両端の切削量を決定し、横中繰り盤にて端 面切削を行った。主塔の鉛直精度の他に基部の下面の格子 リブと底板がメタルタッチすることが要求されていたため、端 面切削は下面の格子リブの板厚方向と直角に切削面を形成す ることを重点的に管理した(写真-1)。

#### (2)主塔の仮組立と出来形管理

仮組立は、日射による変形を排除するため工場建屋内で正 立組にて実施し(写真-2)、計測は温度影響の小さい早朝に 実施した。現場での底板据付精度は、底板上面の高低差± 0.3mm以下と厳しい精度を要求されており、工場でもその精 度内で仮組立を行うため、三次元計測機による底板の形状 計測とレベリングブロックによる高さ調整を行った。

これらの出来形向上策と出来形管理により、J2における鉛 直誤差は1.0mmとなり、許容誤差±2.3mm内での主塔ブ ロックの製作ができた。加えて、底板と基部ブロックの接触精 度は、全線においてメタルタッチを実現した。



写真-1 基部の切削状況



写真-2 主塔仮組立状況

### 3-2. 主桁の製作

IHIが製作を担当する主桁は、JV施工範囲で最も中央径間 中央部に位置する7ブロックであり、セグメントの寸法は幅員 方向約16m、橋軸方向約15mである。製作時には、工場建屋 内で断面方向に3分割された製作単位のブロックを組立・溶接 し、屋外岸壁ヤードにて橋軸方向の溶接継手を地組立溶接 してセグメントとして一体化した(写真-3)。

J23は閉合ブロックとの継手であるため、製作工程の遅延 は本工事のみならず隣接工事にも影響を及ぼしてしまうた め、工程遅延防止策が必要であった。特に工夫した点を以下 に記述する。

#### (1)工場製作工程短縮

閉合ブロックとの継手を含むブロックは、製作架設誤差吸 収のために桁架設後の現場測量結果を製作ブロック長に反 映する必要があった。しかし、現地計測時期は架設後期であ りかつ、仮組立時にはブロック長の調整を完了しておく必要 があるため、通常の製作期間では桁の出荷に間に合わない可 能性があった。そのため、製作工程短縮策として工場製作フ ローを図-3のように変更した。結果、仮組立後の組みばらし が不要となり工程を短縮することができた。

#### (2) 主桁ブロックの出来形精度向上

(1)の対策により仮組立時の大きな出来形調整は塗装を傷 める可能性があり、塗装の手直しによる工程遅延が懸念され た。出来形調整を最小限とするため、通常よりも単品ブロック の出来形精度を向上させる必要があった。そのため、パネル 溶接後、組立溶接後、溶接完了後の加熱矯正など通常よりも 細かいステップで管理を行い、都度調整を行った。これによ り、塗装後の仮組立時に大きな出来形調整は発生せず、工程 順守することができた。



写真-3工場内での主桁仮組立状況



### 4. 架設

本工事の主塔および主桁架設について報告する。

## 4-1. 主塔の架設

### (1)部材の輸送

アンカーフレーム(以下、AF)及び主塔のセグメントは、輸送 中の塩分付着防止のため鋼船による海上輸送とし、各工場か ら気仙沼港朝日埠頭岸壁に運搬され、岸壁に配置したクロー ラークレーンで水切り、自走多軸式特殊台車で架設地点まで 運搬した。

#### (2) アンカーフレームの架設

AFは下部工内に配置する構造であるため、下部工業者と ヤードのやり取りを行い、下部工の施工期間中に据付を行った (写真 - 4)。AF据付後は出来形調整ができないため、下部工 に設置した据付架台を無収縮モルタルで下部工に固定、据付 架台とAFを溶接で固定することにより下部工コンクリート打 設の影響によるAFのずれを防止した。

#### (3)主塔の架設

主塔は陸上部に位置するため、単ブロックを750t吊りのク ローラークレーンにて架設した。

主塔の要求精度である鉛直度1/4000(塔頂変位±25mm) を満足するために、主塔基部の底板据付管理値を以下のよう に設定した。

①底板上面の高低差±0.3mm以内

②底板全体の平均高さ±1.0mm以内

上記を満足するために、底板をレベリングブロック(写真-6) で支持し、0.1mm単位で計測可能なデジタルレベルで計測 することにより管理値内での据付を行った。主塔架設中は、 温度影響の排除ができるように24時間自動変位計測(写真 -7)により鉛直度管理を行った。主塔側のケーブル定着点を 設計想定位置に据えるため、ケーブル定着部直下となる主塔 交差部ブロック架設時に下部工中心を基準とした平面位置の 誤差を算出し、上部ブロックの架設位置管理に利用し架設を 行った。これらの工夫の結果、塔頂の鉛直度の誤差は橋軸方 向16mm、橋軸直角方向5mmとなり、厳しい要求精度を満足 することができた。

主塔架設では鉛直度管理の他に、斜柱部の架設時に柱間 隔保持及び調整のために、ジャッキで間隔が調整可能な形状 保持材を設置し架設精度を確保した(写真-5)。

### 4-2. 主桁の架設

#### (1)主桁の輸送

主桁のセグメントは、塩分付着対策としてフルオーニング (写真-8)を施した状態で3,000tクラス台船による海上輸送を 行った。各工場から輸送されたセグメントは、朝日埠頭岸壁 内のヤードに仮置し、架設時には陸上部セグメントは自走多 軸式特殊台車により、海上部は155t吊り起重機船により架設 位置まで運搬した。

#### (2)主桁の架設

主桁の架設は、主に主桁上に設置した160tの吊能力を持つ エレクションガーダー(以下、EG)2基によるバランシング架設 を行った(写真-9)、EGによる架設ができない主塔直近の3ブ ロックと桁端ブロックは、断面方向に3分割されたブロックを



写真-4 アンカーフレーム架設

写真-5 主塔架設状況



写真-6 レベリングブロック



写真-7 24時間鉛直度計測



写真-8 主桁搬入(フルオーニング)

地上に配置したクレーンにより単材架設した。

海上部の架設は、気仙沼港航路に近接するため、中央径間 中央付近の架設4回分は航路閉鎖(夜間架設)、その他は航路 縮小(昼間架設)として施工した(図-4)。

EGによる吊上げ時には、架設桁の重心のずれによる既設 桁との干渉が懸念されたため、計画時には桁間隔が200mm あいた状態で吊上げることとした。加えて、セグメントごとに吊 り位置を変更できる移動用設備を設け、吊上げ位置の微調整 を行った。結果、架設時に桁の干渉は発生せずスムーズな吊 上げ架設ができた。架設用の工夫として、EGの前方にユニッ ククレーン設備を設置した。前方への資材移動やケーブル架 設等に使用することで作業効率が向上した。

#### 4-3. ケーブルの架設

#### (1)ケーブル架設

ケーブルの架設は、下段5段分のケーブルは地上にアンリー ラーを配置してクライミングクレーンで巻き出し、残りの上段 ケーブルは桁上主塔付近にアンリーラーを配置して桁上に設 置した小型ウィンチで巻き出しし、主塔側の定着点へ先に架 設した。主桁側の定着点までのケーブルの展開は、定着点付 近に配置した小型ウィンチを使用したが、上段ケーブルは最 大20t、約180mであり、小型ウィンチのみでの引込が困難で あった。そのため、定着点間の1/2点と1/4点の桁上にケーブ ル介錯(サグ取り)用クレーンを配置(写真-10)し、ケーブル押 込み装置までの引込補助とした。主桁側定着点へのケーブル 架設は、景観や維持管理の観点から主桁下フランジに開口を 必要としない、ケーブル押込み架設工法とした。ケーブル押 込み装置(写真-11)は、押込み梁、6,000kN300stのセンター ホールジャッキ2台、テンションロッド、角度調整架台で構成さ れており、押込み梁によりケーブルのソケットを押すことで張 力を導入する仕組みである。

#### (2)形状管理

ケーブル張力の要求精度は±5%以内と厳しい値が規定されており、ケーブル架設時の計画張力の算出と正確な導入張力の把握が重要であった。

架設時計画張力の算出は、張力計測を行う時点での桁上の 資機材配置を把握し、解析に反映することで精度を向上させ た。導入張力の確認計測は、温度の影響を最大限に排除でき る夜間に加速度計を使用した振動法にて行った。振動法は、 ケーブルの固定条件、ケーブルの換算剛度等の直接確認でき ない要素により算出張力が変化する。その影響を排除するた め、振動法による算定張力をジャッキの圧力から計算される張 力と同期させることで、導入張力計測の精度を向上させた。

最終ケーブル架設完了後に張力の確認計測を行い、許容値 から外れているケーブルについては、張力の再調整を行った。 再調整は押込み装置を改造し組立解体を容易にした(写真-12)。

## 5.まとめ

気仙沼湾横断橋の製作、架設について報告した。IISでの 斜張橋の製作、架設工事は8年ぶりであり、IISとして支間長 300mを超える橋梁は初めてとなる工事であった。

気仙沼湾横断橋の製作、架設では、厳しい許容値に対す る精度確保が必要であり、斜張橋の設計、製作、架設を経験 された方々に何度もヒアリングにご協力いただくことで工事を 進めることができた。

本報告が、今後同様の橋梁の製作、架設を実施する際に、 参考となれば幸いである。

最後に、気仙沼湾横断橋の製作、架設にあたり、ご指導、 ご協力を頂いた関係者の方々に深く感謝の意を表します。



図-4 主桁の架設方法



写真-9海上部(中央径間)主桁架設



写真-10 ケーブル介錯クレーン



写真-11 押し込み装置による張力導入



写真-12 再調整用押し込み装置

# 常磐道3工事(いわき中央橋・浅見川橋・吉田橋)工事報告

- 4車線化工事の設計・架設概要 -

SUZUKI	Kentaro	YAMAMOTO	Shuji	KANEHAGI	Yuichiro
鈴木	健太郎*	山本	修 嗣**	金羽木	悠一郎*

## 1. はじめに

常磐自動車道は、東京都を起点に、仙台市に至る全線 352kmの高速道路である。そのうち、いわき中央IC(いわき 市)から岩沼IC(岩沼市)の128kmの区間は暫定2車線で開通 している。暫定2車線区間のうち、いわき中央IC~広野ICの 27km、山元IC~岩沼ICの14km区間を4車線化することによ り、渋滞や交通事故の発生の減少が期待されている。常磐道 3工事は上記の一部となるII期線橋梁鋼上部工の詳細設計お よび建設工事である。図-1に4車線化区間の概要図を示し、3 工事それぞれにおける特筆すべき事項について報告する。



図-1 工事区間(東日本高速道路(株) H.P.より)

### 2. 橋梁概要

各工事の工事概要は以下のとおりである。

- (1)いわき中央橋
  - 工 事 名:常磐自動車道 いわき中央橋(鋼上部工)工事
  - 発 注 者:東日本高速道路株式会社 東北支社 いわき工事事務所
  - 施工箇所:(自)福島県いわき市好間町北好間 (至)福島県いわき市上平窪
  - 工 期:平成30年5月29日~令和2年9月30日
  - 橋梁概要:①いわき中央橋
    - 形 式 鋼5径間連続合成細幅箱桁橋
    - 橋 長 353.1m
    - 支間長 59.6m+2×59.5m+82.0m+90.3m
    - 鋼 重 1342.5t

- ②常住川橋
  - 形 式 鋼3径間連続合成少数鈑桁橋
  - 橋 長 163.0m
  - 支間長 52.5m+54.5m+54.0m
  - 鋼 重 415.7t
- ③下小川橋
  - 形 式 鋼3径間連続合成少数鈑桁橋
  - 橋 長 130.5m
  - 支間長 37.5m+48.0m+43.0m
  - 鋼 重 279.2t
- ④真似井川橋
  - 形 式 鋼5径間連続合成少数鈑桁橋
  - 橋 長 267.0m
  - 支間長 55.0m+2×55.5m+2×49.0m
  - 鋼 重 608.7t

#### (2) 浅見川橋

- 工 事 名:常磐自動車道 浅見川橋(鋼上部工)工事
- 発 注 者:東日本高速道路株式会社東北支社 いわき工事事務所
- 施工箇所:福島県双葉郡洋野町大字上浅見川
- 工 期:平成30年5月19日~令和3年3月3日
- 橋梁概要:形式 鋼3径間連続合成鈑橋+鋼3径間連 続合成細幅箱桁橋+鋼6径間連続合 成少数鈑桁橋(混合桁橋)
  - 橋 長 607.5m
  - 支間長 39.2m+3×49.5m+79.0m+5×47.0m +47.5m+55.7m
  - 鋼 重 1657.1t

## (3) 吉田橋

- 工 事 名:常磐自動車道 吉田橋(鋼上部工)工事
- 発 注 者:東日本高速道路株式会社 東北支社 仙台工事事務所
- 施工箇所:(自)宮城県亘理郡亘理町吉田 (至)宮城県亘理郡亘理町長瀞
- 工 期:平成30年5月15日~令和2年8月26日
- 橋梁概要:形 式 鋼5径間連続非合成細幅箱桁橋
  - 橋 長 329.0m
  - 支間長 64.8m+80.0m+64.0m+54.0m+63.8m
  - 鋼 重 1126.7t

<sup>\*㈱</sup>IHIインフラシステム 橋梁技術室 設計部 設計第3G \*\*㈱IHIインフラシステム 橋梁技術室 設計部 設計第2G

#### 3. いわき中央橋 施工の検討事項

いわき中央橋では、国道49号線上の施工(P9~P10橋脚間) があったことから、以下の項目について詳細な検討を行った。

### 3-1. 国道49号線上の主桁架設概要

いわき中央橋の主桁架設において、J18~J24は国道49号 線上に架設される。そのため、国道49号線を夜間通行止めに した上で、昼間に施工ヤードにて3ブロックずつ地組立したブ ロックを、クレーン2台を用いて国道49号路面上で6ブロックに 添接し、相吊りによる一括架設を行った。該当箇所の架設計 画図を図-2、架設ステップ図を図-3に示す。



図-2 相吊り一括架設部 架設計画図



#### 3-2. 主桁架設時における施工上の制約および対策

施工ヤードに制約があったことから、一体化させた6ブロック相吊り架設は、既設のI期線と橋脚の間から鋼桁を吊り上 げる必要があった。そのため、架設時にはI期線との干渉に 配慮する必要があるうえに、夜間架設となるため、昼間架設 に比べ、視認性が低下することが懸念された。そこで、架設 する鋼桁にレーザーバリアセンサーを設置し、0.5mより狭く なると、地上のパトライトが作動するよう、安全対策を実施し た。設置概要図を図-4に示す。



図-4 レーザーバリアシステム 設置概要図

この対策により、夜間架設時のI期線との離隔を明確にし、 狭あい部での施工に対する安全性を向上させた。架設状況を 写真-1に示す。



写真-1 鋼桁架設状況

## 4. 浅見川橋 設計・施工の検討事項

本橋は、浅見川橋 I 期線に併設され、浅見川、県道(上戸渡 広野線)、町道を横断する。橋梁形式は、鋼12径間連続混合 桁橋であり、鈑桁部は合成床版、箱桁部は場所打ちPC床版を 採用した。架設工法は、鈑桁部A1-P2間および箱桁部P4-P6 間を送り出し架設とし、それ以外はクレーンベント架設とした。

以上の構造条件および架設条件から以下の項目について詳 細な検討を行った。

## 4-1. 鈑桁と箱桁の境界部の構造検討

## (1)概要

当初設計では、中間支点部付近にて鈑桁から箱桁に直接 変化させた構造となっていたため、箱桁部で生じたねじりモー メントが鈑桁部に伝達される構造となっていた。また、支点部 に狭あい部が多く、製作性に課題があった。

## (2)検討結果

詳細設計では、鈑桁と箱桁の境界部に横梁構造を採用し、 箱桁部で生じたねじりモーメントを横梁で伝達する構造とし た。また、横梁を曲げモーメントの交番部に配置することで支 点部の狭あい部を解消し、かつ、発生応力を低減することで 横梁の小型化および製作性の向上を図った。図-5に当初設 計および詳細設計後の構造詳細を示す。



## 4-2. P4-P6間送り出し架設の検討

#### (1)概要

当初計画では、全長においてクレーンベント架設工法が採 用されていたが、県道の通行止め期間を短縮するために、箱 桁部P4-P6間を送り出し架設とし、施工方法の検討を行った。 特にP4-P6間の送り出し架設については県道を通行止めする 必要があったため、規制期間内に作業を完遂し第三者への影 響を最小限にする必要があった。

## (2)検討結果

架設順序は、P6-P8間で桁を地組立し、昼夜間でA1側 に送り出すステップを2回行って、浅見川および県道上となる P4-P6間の桁を171m送り出した。また、エンドレス送り装置 を使用した高速送り出しを行うことによって、送り出し速度を 0.5m/minまで改善し、送り出し桁のラッシング作業までを計 画時間内に完遂することができた。(図-6、写真-2)

#### (3)送り出し架設の照査

エンドレス送り装置による高速送り出しに対応した照査と して、一直線上の送り出しラインと各ステップでの製作キャン バーおよび縦断勾配との支点位置でのサグ量などの桁の高低 差による強制変位を考慮した解析を行い、詳細設計断面や補 強材を照査した。

また、1回目の送り出し架設では、送出し桁長が短く2支点 での支持状態となり転倒安全率を確保できないステップが あった。そのため、後方ブロックにカウンターウエイト(25ton/ 桁)を設置した。さらに、所定のステップにおいて先端側の3 支点目で支持ができる状態とするため、各支点部のジャッキ ストローク量を調整した。以上により転倒安全率を確保し、 安全な送り出し架設を行った。



図-6送り出し架設計画図



写真-2送り出し架設状況

## 5. 吉田橋 設計・施工の検討事項

吉田橋において、P4AからA2Aの1径間がJR常磐線上の 施工であったことにより、以下の項目について詳細な検討を 行った。

## 5-1. JR常磐線上の主桁架設検討 (1) JR常磐線上の主桁架設概要

吉田橋の主桁架設において、J30~GE2はJR委託工事に て施工される。その架設範囲の内、JR常磐線上となるJ30~ J34のブロックは施工ヤードにて地組みし、落とし込み架設を 行った。図-7に該当架設箇所の側面図および平面図を示す。



## (2) JR常磐線上主桁ブロックの設計手法

J30およびJ34において、4ブロック地組架設となるため、モー メント連結可能か以下の検討を行った。

J30でモーメント連結とした場合に想定されるJ34のジャッ キダウン量が現場架設時に調整可能な量であるかを検討し た。設計モデルは、J30を固定端とし片持ち梁と仮定した場 合、想定されるJ34のジャッキダウン量は50mm程度であった ため、現場架設時に調整可能な量と判断し、モーメント連結 として格子解析を行った。

また、J30~J34の4ブロック落とし込み架設時の施工誤 差等を吸収できるよう、J30およびJ34のボルト孔は拡大孔 (φ26.5)で、添接計算を実施し、またジョイント隙を10mm 設けた。図-8に落し込み架設概要図を示す。



図-8 落し込み架設概要図

## 5-2. プレキャストPC床版境界部の出来形向上対策

吉田橋の床版形式について、JR常磐線上を包括した範囲 でD24~GE2間はプレキャストPC床版を採用、その他は場 所打ちPC床版を採用した。工程上、プレキャストPC床版を 先に施工する必要があったため、プレキャストPC床版境界部 の床版出来形管理が課題となった。図-9に床版打設計画図 を示す。

場所打ちPC床版の床版厚規格値が0mm~20mmに対し、プレキャストPC床版の床版厚規格値は0mm~10mm であり、場所打ちPC床版の方が規格値の範囲が広いため、 プレキャストPC床版境界部では床版平坦性を確保するための 出来形管理が必要であった。そこで、3Dスキャンシステム『3D サーフェス』(NETIS: KT-180118)を用いた、コンクリートの 仕上がり高さ管理システムを活用した。写真-3に現場計測状 況を示す。





図-9 床版打設計画図



写真-33Dスキャンシステム 現場計測状況

約10m毎に荒仕上げの完了した範囲を計測し、計測結果より、最終仕上げ時に平坦度の修正指示を行った。本システム を活用した結果、床版平坦度の施工誤差を10mm以内に収め ることができ、プレキャストPC床版境界部でも床版平坦性を 確保することが出来た。

## 6. まとめ

常磐自動車道3工事の設計・施工について報告した。本工 事は供用中の高速道路に隣接した狭あい部での施工に加え、 復興・創生期間内の2020年度の完成を目標としており、工程 的にも非常に厳しい工事であった。

本報告が、今後同様の橋梁を設計・施工する際に、参考となれば幸いである。

最後に常磐自動車道3工事の施工にあたり、ご指導、ご協力をいただいた関係者のみなさまに深く感謝の意を表します。

# 布土川樋門工事報告

 OKAMATSU Hirotada
 YAMAGUCHI Tatsuya
 OMORI Kumiko

 岡松 広忠\*
 山口 達也\*\*
 大森 久美子\*\*\*

 SUZUKI Kai
 鈴木 海 允\*\*\*\*

## 1. はじめに

本工事は、愛知県知多郡美浜町を流れる布土川(ふっとが わ)の河口に昭和38年に設置された布土川樋門の改築工事で ある(図-1)。

布土川流域では、昭和34年9月の伊勢湾台風による高潮被 害が甚大であったため、この伊勢湾台風を契機として布土川 樋門が設置された。しかし、設置後60年近く経過し、老朽化 による機能低下が著しくなっていた。加えて、近年発生が危惧 されている南海トラフ地震への対策が喫緊の課題となってお り、過年度に耐震性能照査を実施した。この結果から、既設 の布土川樋門に改築が必要と判断され、本工事が実施される こととなった。

本工事は、2019年2月に受注し、2020年12月に完成した。工 事の正式名称は、「津波対策海岸特別緊急工事(交付金)(3号 工)」である。以下に、工事概要と設備概要を報告する。

布土川樋門の外観を写真-1、一般図を図-2、3に示す。

## 2. 工事概要

発注主:愛知県 工事名:津波対策海岸特別緊急工事(交付金)(3号工) 設備概要:ステンレス鋼製ローラゲート1門 施工範囲:扉体、戸当り、開閉装置、操作制御設備 設置場所:愛知県知多郡美浜町大字布土地先 工期:2019年2月~2020年12月 総重量:71ton 設置目的:津波・高潮対策



図-1 位置図 (引用元:国土地理院(電子国土WEB)より)

\*㈱IHIインフラシステム 鉄構技術室 水門設計部 設計G \*\*㈱IHIインフラ建設 鉄構事業部 制御設計部G



写真-1 完成した(新)布土川樋門







\*\*\*(㈱IHIインフラシステム 堺工場 生産管理部 水門生産管理G \*\*\*\*(㈱IHIインフラシステム 鉄構技術室 水門建設部

## 3. 設備概要

## 3-1. 設計条件

型式	ステンレス鋼製ローラゲート				
純径間×有効高	12.000m×4.730m				
設置数	1門				
=∿=⊥-↓/↔	(外水位) TP +3.340 (5.070m)				
<b> </b>	(内水位) TP +0.061 (1.791m)				
操作水位	(外水位) TP +2.340 (4.070m)				
(開時)	(内水位) TP +3.340 (5.070m)				
操作水位	(外水位) TP +3.340 (5.070m)				
(閉時)	(内水位) TP +2.340 (4.070m)				
ゲート敷高	(将来時) TP -1.730 (暫定時) TP -0.230				
水密方式	後面4方ゴム水密				
設計震度	(L1) 0.24 (L2) 1.75				
開閉方式	電動チェーン式				
揚程	(将来時) 4.800m (暫定時) 3.300m				
開閉速度	<ul><li>(通常時) 0.3m/min程度以上</li><li>(自動降下時) 1.0m/min程度</li><li>(予備エンジン時) 0.1m/min程度以上</li></ul>				
駆動方式	電動および手動				
操作方式	機側および遠方操作				
電源	(動力用)三相交流 200V 60Hz (制御用)単相交流 100V 60Hz				

型式	ステンレス鋼製フラップゲート (ローラゲートに内蔵される)				
純径間×有効高	1.000m×1.000m				
設置数	3門				
影子之位	(外水位) TP +3.340 (4.570m)				
設訂水位	(内水位) TP +0.061 (1.291m)				
ゲート敷高	(将来時) TP -1.230 (暫定時) TP +0.270				
水密方式	後面4方ゴム水密				
設計震度	(L1) 0.24 (L2) 1.75				
操作方式	内外水位差による自然開閉				

## 3-2. 本設備の特徴

- (1)扉体(ローラゲート、フラップゲート)
- 主横桁と縦桁を組み合わせその片側にスキンプレートを 張った一体構造である。
- ②スキンプレート・主桁・補助桁は二相ステンレス鋼 (SUS 821L1)を使用した。
- ③ ローラゲートの扉体には、横揺れを防止するためにサイド ローラを設置した。

## (2)戸当り

①戸当りは、側部戸当り・暫定上部戸当り・将来上部戸当り・ 暫定底部戸当り・将来底部戸当りで構成される。暫定と 将来の2段の上部と底部の戸当りがあるのは、河川整備 計画(暫定時)と河川整備基本方針(将来時)の河床高が 異なるためである。現時点での整備は、河川整備計画に



図-4 暫定・将来戸当り配置側面図

おける河床高となるため、将来底部戸当りは暫定底部戸 当りの下のコンクリートに埋設した(図-4)。

 ②ローラ 踏面 は、二相 ステンレス 鋼(SUS 821L1と NSSTS 2351)を使用する。NSSTS 2351は、二相ステン レス鋼の新材料であり、その性能は耐食性・強度の双方で SUS 821L1を上回るSUS 329J1相当以上の材料である。

## (3)水密構造

- 水密方式は後面4方ゴム水密としているが、底部水密は スキン側(前面)に設置されている。
- ②水密ゴムはL型ゴムを使用し、開閉による捲れ防止のためにせらし板を設置した。

## (4)開閉装置

①チェーン式開閉装置を使用した(写真-2)。

②電源を喪失した場合でも、UPS からの給電により、ボタン操作で自動降下できるものとした。



写真-2 チェーン式開閉装置

- ③UPSも機能しない状態においても、機側人力による手動 操作にて降下できる構造とした。
- ④自動降下時には、遠心ブレーキによって所定の速度にて 扉体を降下させる機能を有する。

## (5)操作制御設備

## 1)システム系統

本樋門設備は、津波・高潮対策として運用される設備であ り、その発生原因となる地震や台風時に確実に操作できるこ とが要求される。

そのため、本設備では、商用電源消失時を想定した電源の 多重化や操作遅れ防止のための地震検知による樋門の自動 閉鎖化を行っている。全体の操作制御設備のシステム系統を 図-5、各種盤を写真-3に示す。



図-5 システム系統図

## 2) 機側操作盤

機側操作盤で操作を行う場合、「通常操作」、「点検操作」から操作の選択を行う。「通常操作」は全閉から全開までの操作を、「点検操作」は全閉から点検上限までの操作を行う(図-6)。また、通常は三相交流電源で電動機に電源供給してゲート開閉操作を行うが、緊急閉鎖用に使用する自重降下には単相交流電源を直流電源に変換し自重降下用クラッチの電源供給を行っている。



#### 3) 電源切替盤·非常用発電機

電源切替盤は商用電源から動力電源(AC200V 三相3線)と 電灯電源(AC100/200V 単相3線)を受電し、各盤に電源を供 給している。また、本盤には非常用発電機(写真-4)が接続され ており、電灯電源が停電した場合には、非常用発電機が自動で 起動し、停電後40秒以内に電源供給を行うことができる。なお、 瞬停に対しては、計装データの欠測を防ぐため、無停電電源装 置(UPS)とも接続を行い電源のバックアップを行っている。

#### 4)水位計盤

水位計盤はゲートの上・下流に設置した水位計と接続され ており、水位の確認を行うことができる。また、水位計は電波 式水位計のため、水面と非接触で水位の測定を行うことがで きる。

#### 5) 地震計盤

地震計盤は操作室内に設置した3台の地震計と接続されている。3台の地震計のうち、2台以上で閾値以上の加速度を計 測した場合、地震計盤から機側操作盤へ緊急閉鎖の制御指 令を出力し、ゲート自重降下による自動閉鎖を行う。

#### 6)警報装置制御盤

警報装置制御盤は屋外に設置した拡声器と回転灯に接続 されている。地震発生によるゲート緊急閉鎖時には拡声器か ら定型文を発信し、回転灯を点灯させる制御を行う。



写真-3 各種盤

写真-4 非常用発電機

## 4. 工場製作

#### 4-1. 扉体

本製品はローラゲートであり、扉体主ローラ踏面の偏差の 管理基準値は1mmと高い精度管理が必要であった。通常の 主ローラの外径製作精度(JIS0405B中級の場合±1.2mm) では偏差の基準値を超過する恐れがあるため、主ローラ外径 の寸法を±0.1mmで収まるように厳しい社内管理値で製作 し、精度管理を行った。

上記の管理により、仮組立時の主ローラ踏面の偏差は 0mmと高精度で製作することができた(写真-5)。



写真-5 扉体仮組全景

### 4-2. 戸当り

本製品は4方ゴム水密であるが、L型ゴムを使用しているた め水密面の機械加工を行わない構造とした。また、同一面に あるローラ踏面は機械加工が必要であったが、機械加工後 に水密面の真直度と平面度を調整するのは困難であるため、 ローラ踏面の機械加工前に、水密面の真直度・平面度が許容 値に入っていることを確認した。

上記の管理により、水密面の真直度・平面度は許容値 (真直度±3mm、平面度2mm/m)内で製作することができた (写真-6)。



写真-6 戸当り仮組立全景

## 4-3. 開閉装置

本製品はIHIインフラシステムとして実績の少ない電動 チェーン式開閉器機であったため、製作メーカと十分に技術 的な調整協議を行うことにより所定の機能を確保することが できた。

#### 5. 現場据付

## 5-1. 据付工程

据付工程を表-1に示す。2020年6月より戸当り、扉体、開閉 装置の順に据付けを行い、別途発注の建築工事(開閉装置操 作室)の施工後、電気工事、試運転調整を実施し、完了した。

		18	18		181		1.03		181		181			20204					
工種	補設	∦	4月	10, 20, 31	10 20 30	10, 20, 31	10:20:31	501 100	110 20 30	128									
	港道工									1									
	PBO	*				- 5	. 7												
8	CROV	æ		-															
甘工	8 (I					-													
1	interaction of	Т				-	-												
	-	12					+		•										
	試羅結									-									

#### 表-1 据付工程

## 5-2. 戸当り据付

戸当りの据付は、操作室のスラブが完成していたため直接 の吊り込みが困難であった。そこで、吊り込み用にスラブの底 面に吊環を設置した。吊環からチェーンブロックを掛け、スラ ブまで吊り込んだ戸当りをチェーンブロックと相吊りさせ、立 て起こしながら、戸溝まで引き込み据付した(写真-7)。吊環 は将来メンテンナンス時に使用出来るように残置し、許容荷 重の札を吊り下げた。



写真-7 戸当りの据付状況

#### 5-3. 扉体据付

扉体も戸当りと同様に操作室のスラブが完成していたた め、直接の吊り込みが困難であった。そこで、下流側に仮設 構台と扉体の受台を組み立て、輸送制限から4ブロックに分割 した扉体の一体組み立てを行った。

取り外し戸当り部の扉体引き込み高さに合わせて仮設構台 を設置し、その上にレール・扉体受台を組み立て、チルタンク とチルホールを用いて慎重に引き込みを行った(写真-8)。

その後、チェーン式開閉装置と連結して扉体を引き上げ、仮 設構台の撤去を行った。



写真-8扉体の引き込み状況

#### 6. まとめ

布土川樋門の設計・製作・据付について報告した。本工事 では、土木業者やお客様との事前協議・検討を十分に行うこ とで無事故無災害にて工事を完遂することができた。本工事 は、地震・台風による津波・高潮対策工事であり、また既設水 門の老朽化による改築であることから、今後類似の条件での 工事は増加すると想定される。本報告が今後同種設備の施 工の参考になれば幸いである。

最後に、本工事の施工にあたり、多くのご指導とご協力を いただいた愛知県知多建設事務所殿および工事関係者各位 に深く感謝の意を表します。

## 天ヶ瀬ダム再開発修理用ゲート設備工事

- 国内最大級の高圧スライドゲートの施工 -

TAKA	AHASHI	Tsuyoshi	TATSUOKA	<sup>Masaki</sup>	OMORI	<sup>Kumiko</sup>
高	橋	剛*	達岡	正規**	大森	久美子***
			NUMAZAWA 沼澤	Yuubu 祐武*		

## 1. はじめに

天ヶ瀬ダムは淀川水系の治水、天ヶ瀬発電所による水力 発電および宇治市への上水道供給を目的として1964年に建設 されたアーチ式コンクリートの多目的ダムである。

天ヶ瀬ダム再開発事業は、近年の台風や梅雨前線の大雨 による影響で洪水被害が度々生じたことなどから、既設ダム 放流設備900㎡/sに加えて、トンネル式放流設備600㎡/sを 増設し、放流能力を1,500㎡/sに増強させるものである。

洪水時の貯水容量をより効果的に活用することで、宇治川 や淀川水系の治水能力を強化するとともに、新規水道用水の 供給、揚水発電の増強を図ることを目的としている。

なお、当該工事は、アーチ式コンクリートの既設ダムを運用 しながらの施工を可能とするため、地山に放流トンネルを増 設する方式が採用されている。



写真-1 天ケ瀬ダム再開発事業全体構成1)

トンネル式放流設備の全長は617mであり、①流入部、② 導流部、③ゲート室部、④減勢池部、⑤吐口部から構成され ている。当社は流入部に設置される修理用ゲート設備工事の 施工を担当し、2022年3月に竣工予定である。以下に工事 概要、施工状況等を報告する。

写真-1に天ヶ瀬ダム再開発事業全体構成、写真-2に全景写真、 図-1に設備全体図、図-2にトンネル式放流設備全体図を示す。









\*㈱IHIインフラシステム 鉄構技術室 水門建設部 \*\*㈱IHIインフラ建設 制御設計部

\*\*\*(株)IHIインフラシステム 生産管理部 水門生産管理G

### 2. 工事概要

発 注 主:近畿地方整備局 琵琶湖河川事務所 設備概要:修理用ゲート 1門

総 重 量:476ton

設置目的:トンネルの点検整備時に、下流側をドライにする ため。

施工範囲:修理用ゲート、放流管、操作制御設備、付属設 備の設計、製作、輸送、据付、現地試運転調整 設置場所:京都府宇治市槇島町六石山地先

## 3. 設備概要

#### 3-1. 設備仕様

表-1に修理用ゲートの設備仕様を示す。

我们修理用7 1					
形式	高圧スライドゲート				
有効幅×有効高	10.540m×12.300m				
揚  程	休 止 時:39.000m 非常上限:39.250m				
敷 高	OP+41.200m				
設計水位	平 時: OP+79.500m (常時満水位+風波浪高) 地震時: OP+80.500m (常時満水位+地震時波浪高)				
水密方式	後面四方ゴム水密				
操作水位	常 時:水位バランス操作 非常時:常時満水位における主ゲート (別途施工)の漏水を遮断				
計画放流量	600m³ /s				
開閉方式	電動ワイヤロープウインチ式(1M2D)				
開閉速度	0.5m/min				
操作方式	機側操作及び遠方操作				
動力電源	3¢3W AC220V 60Hz				
制御電源	1¢2W AC110V 60Hz				

表-1 修理用ゲート

## 3-2. 扉体の概要・特徴

扉体構造はスキンプレートを下流側に配置した構造とし、 水平分割された5ブロックを現地にて組立・溶接接合する構造 とした。また、扉体継手部には上下の扉体間の桁のウェブを2 枚重ねにして、ボルトで接合するダブルウェブ構造を採用し、 ブロック剛性を上げることによる組立精度・施工性の向上、溶 接量削減による工程短縮を図った。 扉体には、充水装置を設置するものとし、リフティングビームと充水ロッドにより充水装置を連結させ、リフティングビームの上昇・下降により、開閉操作を行う構造とした。仕様を以下に示す。

•充 水 時 間:110分以内

•充 水 体 積:34,000m3

•充水時想定水位:OP58.0m~78.5m

• 充水検知方式: 貯水池水位と管内水位の水位差検出方式 図-3に扉体組立図を示す。





図-3 扉体組立図

## 3-3. 放流管の概要・特徴

放流管は内圧をコンクリートで負担する内張管で据付後、 コンクリートで埋設した(別途工事)。

放流管の下部は十分なコンクリート充填が困難なため、管 胴内にグラウトホールを設けて、空気だまりが生じない構造と した。(グラウト施工は別途工事)

また、管胴の材質にはステンレスクラッド鋼を採用している。 (管胴内面はSUS 304、外面はSM 490)

図-4に放流管組立図を示す。



図-4 放流管組立図

## 3-4. 操作制御設備の概要・特徴

図-5に修理用ゲートの操作方式を示す。

#### (1) 機側操作盤

修理用ゲートは、通常の状態において常時操作を選択し、 PLC(プログラマブルロジックコントローラ)により制御され るが、PLCが故障した場合には、有接点リレーにより最小限 のインターロックでゲート操作が行える非常時操作の機能も 有する。

図-5 修理用ゲートの操作方式

メンテナンス時等にゲート開閉操作および休止装置の脱着 操作を個別におこなえる単独操作のほか、全閉位置~休止 位置までの一連の動作を連続的におこなえる連動操作を機 側・遠方どちらでも選択できるようになっている。非常時操作 は、機側操作盤中扉内操作釦でのみ実施することができる。

#### (2)液晶パネル

ゲート設備における操作性並びに維持管理における利便性の向上を目的として、機側操作盤に液晶パネルを設置した。

液晶パネルには、状態表示画面・故障一覧画面・故障履歴 画面・運転履歴画面・メンテナンス画面・FL-NET状態監視画 面があり、タッチパネルにより画面の切替えを行うことができ る。また、故障発生時には、故障一覧画面の該当する項目が 点灯し容易に故障内容の確認が可能となっている。

さらには、ダム貯水位・放流管内水位やトンネル吐口部にあ たる主ゲートの開閉状態信号を遠方より受信し画面表示させ ることで、ゲート周辺の状況も容易に確認できるものとなっている。写真-3に液晶パネル(状態表示画面)を示す。



写真-3液晶パネル(状態表示画面)

#### 4. 工場製作

#### 4-1. 工場仮組立姿勢を現場据付姿勢にて実施

水門設備は通常平面(寝かせて)で仮組立調整を行うが、 現地と同じ姿勢(起立させて)にて仮組立を行うことにより現 地設置精度の事前把握、安全かつ効率的な作業手順の確 認を行った。この結果、平面度においても標準管理基準値 5mmに対し1.5mm以内の高い精度を確保することができた。 写真-4に扉体仮組立状況写真を示す。



写真-4 扉体仮組立状況写真

## 5. 現場据付

本設備の据付は、鋼管矢板による仮締切(別途工事施工) 内にて、ドライ状態で実施した。写真-5に立坑内部底盤部着 工前状況を示す。



写真-5 立坑内底盤部着工前状況

各設備は、製作工場または製品保管ヤードから陸送にて輸送し、仮設構台上に設置した各種クレーン(最大機種:200t吊クローラクレーン)を使用して所定の位置へ揚重し、据付を行った。

放流管は、底盤部のコンクリート打設後に組立・溶接を行っ た。放流管形状は、矩形から円形へと断面が変化するトラン ジション管で、ブロック毎に形状が異なることに加え、板厚が 薄く剛性の低い構造であったため、吊荷のバランスを確保す るために吊天秤を用いて揚重を行った。写真-6に放流管吊込 状況、写真-7に放流管全景を示す。



写真-6 放流管吊込状況



### 写真-7 放流管全景

扉体は、陸上輸送が可能で最少分割数となる上下5段分割 とし、現地にて組立・溶接を行った。吊込作業に先立ち、最大 重量約29tonとなる大ブロックの立起し作業を行う必要があっ たが、狭隘なヤードの制約により、一般的に用いられる複数ク レーンによる相吊工法や単機クレーンの親子フックを用いた工 法は選択することができなかった。そこで、専用の立起し治具 を製作し、安全性・施工性の向上を図るとともに、製品変形を 抑制することにより品質を確保した。図-6に扉体立起こし要領 図、写真-8に扉体立起こし状況、写真-9に扉体組立状況を示す。



図-6 扉体立起こし要領図

開閉装置は、躯体天端上に機械台およびドラム台を、鋼製 門構上に転向シーブ、休止装置、ロープ弛み検出装置等を 据付け、機側操作盤2次側の電気工事完了後、発動発電機に よる仮設電源を供給し、ワイヤリングを行った。写真-10にワ イヤリング状況を示す。



写真-8 扉体立起し状況



写真-9 扉体組立状況



写真-10 ワイヤリング状況

#### 6. まとめ

天ヶ瀬ダム修理用ゲート設備の設計、製作、据付について 報告した。

新設された扉体は、国内最大級のスライドゲートであり、狭 隘でかつ高低差のある施工場所において他工事と交錯する 作業であったが、施工治具の工夫、細かな工程調整、現場作 業を減らすための工場作業の変更などにより完工することが できた。

本報告が今後の同種工事の施工の参考となれば、幸いである。 最後に、本工事の施工にあたり、多くのご指導とご協力を いただいた近畿地方整備局琵琶湖河川事務所をはじめ、工事 関係各位に深く感謝の意を表します。

## 【参考文献】

 出典:国土交通省 近畿地方整備局 琵琶湖河川事務所 ホームページより

## 2軸リニアモータ駆動型フルアクティブ式制振装置 工事報告

NAGA	w	Hisashi	IMASEKI
長	井	悠*	今関
		hirokawa 広川	<sup>Seiji</sup> 清司*

## 1. はじめに

当社では、高層建築物の風揺れおよび地震の後揺れ対策 として、リニアモータを用いたフルアクティブ式制振装置を製 作している。同形式の製品を市場投入した2012年<sup>11</sup>以降、一 貫して1方向に制振を行う1軸タイプの制振装置を扱ってきた。 本形式の特徴は以下の通りである。

- (1)他の形式の制振装置と比較し、可動マスのストロークを 伸ばすことが容易
- (2) 制振装置の能力は「可動マスの質量×ストローク」で表せ るため、ストロークを伸ばすことで可動マスの軽量化が 可能
- (3) 可動マス軽量化の結果、装置全体の軽量化のみならず、 装置の高さ、幅を抑えることができるため、設置スペー スを確保しやすい

以上の利点から、建物の短辺方向、長辺方向の2方向の制振 が必要な場合にも、それぞれの方向に個別の1軸制振装置を 配置することで、本形式の利点を活かした提案をしてきた。

- 一方でこの形式の弱点として、以下の2点が挙げられる。
- 長尺の設置スペースが確保できない場合には、利点を活 かしにくい
- ② 地震の主要動を低減する目的で大型の制振装置を設置 する場合には、建物の頂部に百トンを超える可動マスを 複数置くことになる。このため、建物に加わる積載荷重 が大きくなるだけでなく、地震時の応答荷重や層間変位 の面からも不利である

このうちの上記②について、昨今の長周期地震動対策への需要を見込み、大型の2軸制振装置を製作するための技術開発はすでに完了している<sup>2)</sup>。

このたび、神奈川県横浜市の某案件において、①の理由に より、リニアモータ駆動型2軸制振装置が風揺れ対策として初 めて採用され、引き渡しを完了した。本稿において、本案件 における制振装置の設計および工事の概要を報告する。

#### 2. 制振装置仕様

制振装置の基本的な仕様を表-1に示す。また、引き渡し時の 装置本体の外観を写真-1、制振装置の設置位置を図-1に示す。

本制振装置は、本体上部の可動マスを、2段に重ねたフレーム上を水平方向に動作させる構成となっている。可動マスおよび上段フレームの保持にはリニアガイドを、動力にはリニア モータを用いており、2つのフレームを90°回転させて配置することでX、Yの2方向に可動マスを動作させることが可能である。 表-1に記載しているX方向の可動マス質量は、可動マス自



<sup>Masanori</sup>	KAZAMA	Mutsuhiro
正典*	風間	睦広*
<sup>SUZUKI</sup> 鈴木	Tatsuya 達也*	

体の質量に加え、可動マスと一体に動作するY方向のフレー ム重量を足し合わせた値である。

表-1 2軸制振装置仕様

項目	諸元
制振方式	2軸リニアモータ駆動型 フルアクティブ式制振装置
可動マス質量	X方向:12t、Y方向:11t
最大ストローク	±50cm(X方向·Y方向共)
装置寸法	2870mm×2870mm×1200mm
装置総質量	約14.7t
設置台数	1台







図-1 装置設置位置(PH階概略)

制振装置はPH(ペントハウス) 階重心付近の制振装置専用 の室内に設置し、X、Yの各方向の風揺れを低減させる。同室 内には、制振装置本体の他、動力盤、操作盤、加速度センサ ボックスを図-2のように配置した。 動力盤および操作盤の仕様を表-2に、外観を写真-2に示 す。当初、制御盤は両面開きの一基で計画していたが、室内 に設置スペースを確保できなくなったため、動力盤と操作盤 に分割した。各盤の扉を壁側に開く配置としたのは、運転時 に操作者と装置本体が接触することが無いよう配慮したため である。



図-2 制振装置室内の配置

表-:	2 î	制征	₽盤'	仕様

項目	諸元		
構造	鋼板製自立型(屋内用)		
使用電源	AC 400V 50Hz 3¢3W 150kVA		
寸法	動力盤:1650mm×500mm×2040mm 操作盤:800mm×500mm×2040mm		
台数	動力盤、操作盤 各1基		



写真-2動力盤(左)および操作盤(右)の工場組立時外観

#### 3. 設計

#### 3-1. 基本設計

要求性能は居住性評価指針<sup>3)</sup>H-70程度の揺れをH-50まで 低減することである。

当初は他社の2軸ハイブリッド式制振装置(HMD)で計画さ れており、設置寸法に制約があった。1軸制振装置2台分の長 尺スペースが確保できなかったため、小型の2軸制振装置を 提案した。 制振装置の仕様検討には、通常通り、客先より提供された 建物の振動特性の設計値と風洞試験結果の外力データを用 いた時刻歴応答解析を実施し、H-50を満たすことのできる可 動マス質量およびストロークを決定した。同時にモータおよび 制御機器の選定も行い、電源仕様を決定した。

当社では各案件に対して最適な可動マス質量およびスト ロークを備えた装置を提案しており、結果として、事前に計画 されていたよりも軽量かつコストを抑えることができた。この 点が評価されて今回採用されたものと考えている。

### 3-2. 詳細設計

1軸制振装置と異なる点として、以下の2点がある。

- 装置の動作時および、ストロークエンドに到達後のバッファ衝突時に、各フレームが動作軸直角方向の荷重を 受ける
- ② フレームが2段重ねになる分、重心が高くなる

このため、アンカー周辺とフレームの強度および剛性の検討 を重点的に実施した。

#### (1) ロッキング振動の検討

制振装置の基礎と接する面には、建物に振動を伝えないよ う、防振ゴムを設置して剛性を下げている。加えて2軸化によ り重心が上がるため、装置全体が前後または左右に揺動する ロッキング振動の固有振動数が低くなると考えられる。万が 一、制振装置の動作振動数と固有振動数が近接した場合に は、装置の作動時に共振が発生し騒音が発生する他、アン カーボルトや基礎に想定以上の荷重が加わる可能性が考えら れる。そこで事前にロッキング振動の検討を行い、前述のよう な問題が無いことを確認した(図-3)。

検討の結果、ロッキング振動の固有振動数は最低の場合 で9.21Hzであった。これは、建物の設計値から想定する最 大の動作振動数0.640Hzと比較して10倍以上大きいことか ら、問題ないと判断した。



図-3 ロッキング振動の検討

#### (2) フレーム剛性の検討

制振装置のフレームを形鋼部分のみのフレームモデルでモ デル化し、応力解析を実施した。

動作状態による複数の姿勢検討をなるべく少ない手数で 実施するため、上段と下段のフレームを分割して解析し、上段 フレームの支持点にかかる荷重を下段フレームに入力する手 法をとった。使用したフレームモデルを図-4、5に示す。 荷重の伝達経路は以下のように考えている。各部の名称は 写真-1に記載の通りである。

- ① 上段動作方向の荷重 可動マス(慣性力) → 上段リニアモータまたは上段バッ ファ → 上段フレーム → 下段リニアガイド → 下段フ レーム → アンカー → 基礎
- ② 下段動作方向の荷重
   可動マス(慣性力) → 上段リニアガイド → 上段フレーム
   ム → 下段リニアモータまたは下段バッファ → 下段フレーム → アンカー → 基礎

また、検討した姿勢条件を表-3に、検討した荷重条件を 表-4に示す。発生する可能性のある組み合わせについて検討 を行った。



## 図-4 上段フレームのフレームモデル



図-5 下段フレームのフレームモデル

No.	下段変位	上段変位	黒:可動マス 青:上段 黄:下段
1	0	0	-
2	最大	0	-
3	0	最大	-
4	最大	最大	

表-3 検討した姿勢条件

## 表-4 荷重条件の組み合わせ

条件	可動マス 重量	フレーム 自重	モータ 推力	バッファ 衝突荷重	地震荷重
停止時	0	0			
運転時	0	0	○(X、Y 両方)		
バッファ 衝突時 <sup>*2</sup>	0	0	〇(X、Y 両方)	0*1	
地震時 <sup>**2</sup> (X方向)	0	0			〇 (X方向)
地震時 <sup>**2</sup> (Y方向)	0	0			〇 (Y方向)

※1 姿勢により、最大ストローク側のバッファ荷重が発生 ※2 短期荷重とする

本検討において許容される条件は以下の2点である。この 条件自体は1軸制振装置の場合と同じものである。

- ① 各部材の応力が許容応力度を満足すること
- ② 長期の荷重に対し、フレームの長手方向梁のたわみが 1/800以下

このうち、②の条件は、鋼構造許容応力度設計基準<sup>4</sup>に記載 のクレーン走行梁の条件を参考にしたものである。

解析結果のうち代表的な結果として、運転時(姿勢No.1)下 段フレームのモーメント図と節点の変位図を図-6に示す。上段 フレームからの荷重によりモーメントや変位が発生している様 子がわかる。これらの結果から最大応力と最大たわみを抜き 出し、許容条件を満たしていることを確認した。





(b) 変位 図-6 下段フレーム解析結果(運転時、姿勢No.1)

#### 4. 製作

協力会社で製作したフレーム、可動マス、制御盤等を、千葉 事業所の制振・免震技術センター内で組み立てた(写真-3)。 その後、設計時の条件に合わせて調整、試運転を行い、基本 設計時の時刻歴応答解析結果と同等の性能が得られること を確認した。

また、試運転検査はお客様の立会検査にて再度実施し、 寸法外観のみならず、動作時の様子においても問題ないこと を確認いただいた。



写真-3工場組み立ての様子

#### 5. 輸送·据付

現地へ輸送するにあたり、ケーブルの離線および装置本体の解体を行った。可動マスを取り回しやすい重量に分割した他、15tトラック(幅2500mm以下)に載せられるよう、上段と下段のフレームを分割した。

制振装置の現地据付は、2020年1月6日に実施した。据付 部材の一覧を表-5に、据付工事に関するお客様との所掌区分 を表-6に示す。

据付に先立ち、アンカーボルトの台直しおよび、ライナー プレートによる基礎レベルの調整、防振ゴムの設置を行った (写真-4)。

本体の据付は、下の部材から順番に揚重し、基礎の上で重 ねて組み立てるよう計画している。下段フレームをアンカーに セットした後は、各部材についた位置決め用のピンに合わせ て順番に部材をセットし、ボルトで締結していく(写真-5)。部 材間のせん断力を受け持つピンの先にテーパーをつけている ため、それに合わせて各部材をスムーズにセットすることがで きる。もともと1軸制振装置で可動マスの組み立て用に採用し た構造であるが、今回、上下段フレーム間の位置決めにも採 用したところ、滞りなく作業を進めることができた。

据付時の管理項目は、アンカーボルトおよび部材間締結ボ ルトの締め付けトルクと、据付完了後の本体四隅のレベルで ある。トルクレンチおよびレーザー墨出器を用意しておき、組 み立て作業の合間にチェックを済ませた(写真-6)。

据付工事の後は、建物の完成間近に装置が受電するまで 期間が空くことになるため、装置本体および制御盤の養生を 行った。通常は装置本体に雨除けなどの目的でカバーを設置 するが、本案件は室内設置のためカバーが無い。そこで、リニ アモータやレールといった損傷しやすい個所にウレタンベニヤ を当てて保護したうえで、防炎シートで覆い、固縛した。

以上の作業を、制振装置の揚重を始めてから3時間程度で 完了させることができた。

表-5 据付部材一覧

	ブロック名称	数量	単重	重量
1	下段フレーム	1	3.8t	3.8t
2	上段フレーム	1	3.1t	3.1t
3	可動マス	3	3.3t	9.9t
4	動力盤	1	0.6t	0.6t
5	操作盤	1	0.25t	0.25t
	合計			17.7t

表-6 制振装置据付工事 工事区分表

項目	客先	当 社
制振装置設置用のコンクリート基礎	0	
アンカーボルト打設	0	
揚重クレーンおよびオペレータ	0	
玉掛け・玉外し・合図		0
基礎レベルの最終調整、防振ゴム設置		0
制振装置の設置・組立		0



写真-4 防振ゴムおよびライナープレートの設置状況



写真-5本体据付の様子



写真-6 締結ボルトのトルク締め

#### 6. 現地調整

建物の振動特性に合わせて装置を調整するため、建物が 完成に近づいた2020年5月後半に、加振試験および現地調整 を実施した。これらの内容については通常の1軸制振装置と 同様の内容のため割愛する。過去の工事報告<sup>50</sup>を参照されたい。

現地調整後、性能確認試験を実施し、目標の付加減衰比 を満足することを確認した。その後、立会検査でも同じ内容 の試験を実施して同様の結果が得られることを確認いただ き、引き渡しとした。

性能確認試験のうち、付加する減衰比の大きいX方向の 結果について、表-7および図-7に示す。ここで、X方向は制 振装置下段部分の動作方向であり、建物との関係は図-1、2 の通りである。

振動方向 制振有無	試験回数	等価減衰比	付加減衰比
	1	0.975 %	
V士向北制托	2	1.20%	
A 刀 円 矛 前 振	3	1.02%	
	平均	1.07%	
	1	8.17%	7.10%
V士向制把哇	2	7.76%	6.69%
X 力 问 制 振 時	3	8.35%	7.28%
	平均	8.09%	7.02%
	6.58%以上		

表-7 建物自由振動計測試験結果

## 7. まとめ

風揺れ対策用の2軸リニアモータ駆動型フルアクティブ式制 振装置が採用された工事について、設計から製作、据付まで の概要をまとめた。リニアモータ駆動型の制振装置では初の 2軸の案件であったが、これまでに実施した地震対策用制振 装置や試験機製作で得た知見から、懸念される箇所に設計 段階で対策をとったことで、スムーズに工事を終え、お客様に 引き渡すことができた。今後、同様に設置スペースの限られた 案件において、お客様から選択肢の一つとして選んでいただ ける機種として確立できれば幸いである。





図-7 自由振動試験結果の時刻歴データ(X方向)

最後に、本工事の遂行にあたりご指導、ご協力いただい たお客様ならびに関係者の皆様に深く感謝の意を表します。

## 【参考文献】

- 1)大泉智史、小池裕二、今関正典、風間睦広、長井悠:フル-アクティブ型制振装置の高次振動モードへの適用、IHIイ ンフラ技報 vol.4、pp.115-120、2015.11
- 2)長井悠、今関正典、小池裕二、早野哲央、風間睦広:長周 期地震対策向け制振装置の開発、IHIインフラ技報 vol.7、 pp.93-99、2018.11
- 3)日本建築学会:建築物の振動に関する居住性能評価指針 同解説、2004.5
- 4)日本建築学会:鋼構造許容応力度設計基準、2019.10
- 5)長井悠、今関正典、風間睦広、小池裕二、井澤竜生、大泉 智史:(仮称)紀尾井町計画 オフィス・ホテル棟新築工事向 け制振装置 工事報告、IHIインフラ技報 vol.5、pp.109-113、2016.12

# 国道45号大峠山橋の施工報告

## 一 PC箱桁橋梁の施工における高耐久化とICTを活用した省力化の取組み 一

TANAKA	Shinya	ISHIDA	Yasuhisa	<sup>KOIKE</sup>	<sup>Michika</sup>
田中	慎也*	石田	康久**	小池	理日*
	ARAI 新井	Kento 堅斗**	ISSHIKI 一 色	Wataru 航**	

## 1. はじめに

大峠山橋は、宮城県気仙沼市を通る三陸自動車道の気仙 沼道路(気仙沼~唐桑南)に架けられる橋梁の一つである。 三陸自動車道は、東日本大震災により被災した東北地方太平 洋側沿岸地域(仙台~八戸)を縦貫する延長359kmの道路で あり、復興道路(三陸沿岸復興道路)とも呼ばれている。気仙 沼道路は、三陸自動車道の一部区間にある延長9kmの道路 である。

本橋は寒冷地に位置するため、凍結抑制剤の散布による 塩害に対して高い耐久性を確保する必要があった。そのた め、プレストレストコンクリート構造物(以下、PC構造物)にお ける材料の高耐久化や品質管理の工夫を行った。また、本橋 は、気仙沼道路の開通に向けて路線最後に施工された橋であ り、工程遵守を目的として、ICTや3Dモデルを活用して作業 効率化や手戻り防止を図った。

本稿では、材料の高耐久化、施工時における品質管理の工 夫およびICTや3Dモデルの取組みについて報告する。

工事名	国道45号 大峠山橋上部工工事		
工事個所	宫城県気仙沼市東八幡前地内		
発 注 者	国土交通省 東北地方整備局 非常上限: 39.300m		
工期	平成31年3月15日~令和3年1月29日		
構造形式	PC5径間連続ラーメン箱桁橋		
橋長	276.0m		
支間	39.5m+3@65.0m+39.5m		
架設工法			

表-1 橋梁諸元

## 2. 橋梁概要

大峠山橋の橋梁諸元を表-1、橋梁一般図の側面図ならび に断面図を図-1に示す。大峠山橋はPC5径間連続ラーメン箱 桁橋である。図-1に示すように、P1橋脚で支承構造、P2~ -P4橋脚でラーメン構造となる。

## 3. 高耐久化の取組み

本橋は、凍結抑制剤の散布による塩害対策が必要となる 地域であったため、「設計施工マニュアル(案)東北地方整備 局<sup>1)</sup>」に準じ、PC構造物の材料(コンクリート、鉄筋、PC鋼材) の高耐久化を行った。その高耐久化への取組みを以下に示す。

## 3-1. コンクリート、鉄筋

橋梁桁端部において、伸縮装置からの漏水によりコンクリートが凍結融解作用を受けて耐久性に影響を与える恐れがある





\*㈱IHIインフラ建設 橋梁事業部 技術部 \*\*㈱IHIインフラ建設 橋梁事業部 工事部 \*\*\*(株)IHIインフラシステム 生産管理部 水門生産管理G

ため、コンクリートの表面塗装を桁端部(写真-1)と橋台に実施した。また、桁端部のコンクリート塗装範囲内における最も 外縁に配置される鉄筋は、エポキシ樹脂塗装鉄筋を使用した (写真-2)。

## 3-2. PC鋼材

外ケーブルの耐久性向上を目的に、外ケーブルに二重防錆 ケーブル(鋼材種別19S15.2)を使用した。二重防錆ケーブル は、エポキシ樹脂被覆ストランドに、その外周を高密度のポリ エチレン被覆したケーブルである(写真-3)。

また、内ケーブルの耐久性向上を目的に、ポリエチレン製のシースを使用し、定着具には樹脂製グラウトキャップを使用した。

## 4. 品質管理、出来形管理の取組み

本橋はPC箱桁橋であるため、シースや鉄筋が過密に配置 された定着部やウェブ部、厚さ4mを超える横桁部などの特 徴を有する。このため、品質を確実に確保するために実施し た取組みを以下に示す。

## 4-1. 実物大供試体によるコンクリート打込み試験

シースが多段配置されたウェブ部や補強筋の配置でさらに 過密になる定着突起・偏向部においては、コンクリートの充填 不良が懸念された。そこで、ウェブ部や定着突起・偏向部に おいて、実際の配筋、使用材料を用いた実物大供試体による コンクリートの打込み試験を行った(写真-4)。挿入間隔は使 用するバイブレータの直径の10倍とし、挿入時間は10秒とし た。型枠脱型後、表面状態を確認し、未充填箇所の有無によ り充填性を評価した。試験の結果、未充填箇所はなく、同条 件で施工することとした。実際の施工においても未充填箇所 はなく、コンクリートの充填性を確保することができた。

#### 4-2. 柱頭部の施工

本橋の柱頭部横桁は、桁高4.0m、横桁厚4.5mの部材寸 法があるため、マスコンクリート構造となる。このため、セメ ントの水和熱に起因した温度ひび割れの発生を防止するため に、パイプクーリングを実施した。また、冬季は強冷風が吹き 抜ける環境であり、その影響を低減するために養生方法の工 夫・対策を実施した。これらの対策により、柱頭部におけるひ び割れの発生を抑制し、耐久性の向上と品質を確保した。以 下に詳細を示す。

#### (1)パイプクーリング

柱頭部のコンクリート打込み日やロット割りなど、施工条件 を反映した3次元温度応力解析を実施し、コンクリートの最高 温度とひび割れ指数を確認した。解析結果により、ひび割れ 発生確率15%以上となるひび割れ指数1.4を下回る箇所が確 認されたため、パイプクーリングを実施することでコンクリート の温度上昇を抑制し、ひび割れ発生確率を15%以下に低減さ せることとした。

パイプクーリング計画では、クーリング水を循環させるため に水温調整ユニット(写真-5)を構築して通水を行った。パイ プクーリングの実施期間は、コンクリート打込み直後から3日



写真-1 桁端部のコンクリート塗装



写真-2 エポキシ樹脂塗装鉄筋



写真-3 二重防錆ケーブル



写真-4 実物大供試体によるコンクリート打込み試験(定着突起部)


写真-5水温調整ユニット

間、平均通水温度を35℃以下(入口25℃、出口45℃)とし、躯体内部の最高温度位置に熱電対を設置することで最高温度 を管理した。パイプクーリングを実施したコンクリート内部温 度(解析値、実測値)を図-3に示す。パイプクーリングを実施 することにより、約69℃から約56℃に温度を抑制でき、19% 程度の低減効果があった。柱頭部コンクリートにおいても、ひ び割れが確認されておらず、パイプクーリングの効果があった と判断できる。



写真-6 ポリカーボネート製採光パネル



写真-7 自動給熱装置



図-3 コンクリート内部温度履歴

#### (2)養生方法の工夫

冬季施工における強冷風の対策として、ポリカーボネート 製の採光パネルで柱頭部外周を覆い(写真-6)、パネル内部 では自動給熱装置(写真-7)により養生温度を管理した。自動 給熱装置の使用により、パネル内部の養生温度が6℃を下回 らないように給熱機のON/OFFの自動化(7℃以下で給熱開 始、10℃に達したら給熱終了)が可能となり、作業の効率化と 給熱機燃料の削減を図れた。養生期間中、外気温が0℃を下 回る時があったが、パネル内部では6℃以上に保温することが できた。

#### 5. ICT、3Dモデルの活用

本橋は、気仙沼道路の開通に向けて路線最後に施工された橋であり、工程遵守を目的として、ICTや3Dモデルを活用して作業効率化や手戻り防止を図った。

#### 5-1.3Dモデルによる干渉チェック

柱頭部横桁では、横桁横締めケーブル、外ケーブルのディ ビエーター、支承のアンカーおよび鉄筋などが過密配置とな る。このため、設計照査段階で3Dモデルを作成し、干渉チェッ クを行った。



図-43Dモデルによる干渉チェック

さらに、施工段階では、これらとパイプクーリング用配管 との干渉が生じる可能性があったため、図-4のように、干渉 チェックを追加で実施した。この干渉チェックにより、外ケー ブルのディビエーターとパイプクーリング用配管が干渉してい ることが事前確認でき、パイプクーリング用配管の配置計画 を見直すことができた。これにより、作業の手戻りによる工程 遅延を防止できた。

#### 5-2. ICTを活用したリモート検査

発注者との段階確認や出来形検査の省力化を目的に、ウェ アラブルカメラを活用したリモート検査を実施した(写真-8)。 本橋は、PC構造物の工事であったため、発注者の立合い検 査(段階確認)の頻度が高く、発注者は立合い検査を行うたび に、移動時間が片道30分も要する発注者事務所から現場まで の移動が必要であった。リモート検査を実施することにより、



写真-8 リモート検査状況

その移動時間を解消することができ、立会検査をタイムリーに 実施することが可能となった。また、コロナ禍において接触を 回避して立会い業務が可能という面でも成果があった。出来 形検査で撮影した映像はクラウド内に保存されるため、写真 データの整理や工事書類の効率化に有効であった。

#### 6. まとめ

大峠山橋の施工において、高耐久化やICTを活用した省力 化の取組みについて報告した。建設業界では、構造物の長寿 命化や現場作業の省力化が課題となっており、本工事では、 材料の高耐久化や品質管理の工夫、ICTの活用による現場作 業の省力化の取組みを行ったことにより、品質確保と工程遵 守につなげることができた。

本報告が今後同様の橋梁の施工において、PC構造物の高 耐久化や施工の省力化を図る際の参考になれば幸いである。

最後に、本工事は令和3年1月に無事故無災害で竣工を迎 え、気仙沼道路も同年3月6日に開通した(写真-9)。復興道路 は、令和3年度中に完成予定であり、東北地方沿岸部におけ る物流の効率化、地域の活性化だけでなく、災害時には緊急 道路としての役割を果たすことが期待されている。

本工事の施工に多大なご指導、ご協力をいただきました国 土交通省東北地方整備局の方々に、深く感謝の意を表します。

#### 【参考文献】

1)東北地方整備局:設計施工マニュアル(案)[道路橋編]、 平成28年3月



写真-9 大峠山橋完成写真全景

## BIM/CIMを活用したPC中空床版橋における品質管理の高度化

- 野洲栗東バイパス大中小路地区オンランプ上部工PRISM試行工事 -

KOBAYASHI	Shu	AKAMATSU	<sup>Teruo</sup>	WAKABAYASHI	Yoshiyuki
小林	崇*	赤松	輝雄**	若林	良幸*
		<sup>KUNIMITSU</sup> 國光	<sup>Masaharu</sup> 正治***		

#### 1. はじめに

近年、我が国の建設現場では熟練技術者の高齢化や若手 労働者の減少など、将来の担い手不足による現場力低下が問 題となっている。これに対してBIM/CIMの活用は、生産性の 向上や管理の効率化・高度化などに有効であり、これらを目 的として建設現場での導入が進められている。また、IoTなど の活用によりフィジカル空間の情報をほぼリアルタイムでサイ バー空間に送り、サイバー空間内にフィジカル空間の環境を 再現するデジタルツインが注目されている。

ここでは、PC3径間連続中空床版橋のPCケーブルの配置 計測においてBIM/CIMとICT技術を連携、画像解析技術と トータルステーション(以下、TS)を組み合わせた測量および MR技術を用いた遠隔臨場検査を試行、リアルタイムに取得し たデータをパソコン上に再現、分析・解析などを行うデジタル ツインを活用した品質管理の高度化・省人化を目的として実施 した取り組みについて報告する(図-1)。

#### 2. 適用工事概要

適用した工事は、国土交通省近畿地方整備局発注の「野洲 栗東バイパス大中小路地区オンランプ上部工事」であり、橋長 84.5m、総幅員6.15mのPC3径間連続中空床版橋を新設す るものである。高さ1.3mの主桁断面には直径1mの円筒型枠 が配置され、プレストレスを導入するPCケーブル(SWPR7BL 12S12.7)を通すシースが外ウェブに各4本、中ウェブに各3 本、3径間に渡り連続して配置されている(図-2、図-3)。 以下に橋梁諸元を記す。

発 注 者:国土交通省 近畿地方整備局 滋賀国道事務所 路線名:一般国道8号野洲栗東バイパス

- 施工筒所:滋賀県野洲市三上地先
- 期:令和2年5月11日~令和3年3月30日 I
- 橋 長:84.500m
- 支間長:26.850m+28.100m+27.200m
- 員:総幅員6.150m(有効幅員5.500m) 幅

#### 3. 画像解析技術とTS測量を組み合わせた PCケーブル配置計測

画像解析技術とTS測量を組み合わせて行ったPCケーブ ルの配置計測について概説する。ここで、本橋ではPCケーブ ルが所定の高さに配置されるよう、孔を開けた2枚のフラット バーに棚筋を通した金具を1m間隔で配置してシースを支持し ている(図-4)。今回の計測では、シースを支持する棚筋の天 端の高さを計測することにより、PCケーブルの配置高さを確 認した。



図-1 デジタルツインの活用





<sup>\*㈱</sup>IHIインフラ建設 開発部 開発G \*\*(株)|H|インフラ建設 開発部

#### \*\*\*(株)IHIインフラ建設 橋梁事業部 橋梁工事2部 PC工事G

#### 3-1. PCケーブル3DCIMモデルの作成

画像解析技術とTS測量を組み合わせたPCケーブル配置 計測の実施にあたり、線形座標と設計情報のパラメータを専 用のGUI画面に入力することで複雑な形状のPCケーブルの3 次元モデルを自動で作成するAutoCAD向けの橋梁CIMシス テムを開発、PCケーブル3DCIMモデルを作成した(図-5)。本 システムは、モデルの作成に3次元CADの操作が必要なく、2 次元CADオペレータや経験の浅い技術者でも短時間で高品 質な3次元モデルの作成が可能である<sup>1)</sup>。また、本モデルの座 標を測量の際にTSと連動させ、得られた属性情報をモデル に付与することで将来の維持管理、防災・減災用の初期デー タとして活用することが出来る。

#### 3-2. PCケーブル支持金具孔位置計測

前述したように支持金具に用いるフラットバーには、設置場 所に合わせて設計図面より抽出した棚筋の高さに孔が設けら れている。

今回、従来納品時に手計測により行う支持金具孔位置の確認 に画像解析技術を活用、以下の手順により孔位置を確認した。 **〈画像解析手順〉** 

①設計図面のPCケーブル配置をもとに棚筋位置(支持金具 孔位置)を抽出

②支持金具を撮影(画像取得)

③パソコン上でPCケーブル支持金具の孔の3次元位置を計 算、検査帳票に連動

④配置後のPCケーブル支持金具を撮影、配置を確認 画像撮影では、上端に文字認識タグを貼り付けたフラット バーを複数本並べ、各孔に計測マーカーを配置、フレーム内



(a) PCケーブル支持金具



(b) PCケーブル支持金具設置図-4 PCケーブル支持状況

に校正プレートを入れてデジタルカメラにより2方向から画像 を取得する(写真-1(a))。取得した画像をパソコンに取り込み、 3次元写真計測システム「PhotoCalc TwoView」により2枚の 画像から得られる3次元座標から支持金具の孔位置を計測、 計測値は手計測による値と概ね一致することを確認した (写真-1(b))。



図-5 PCケーブル3DCIMモデルの作成



(a)画像取得状況



(b)画像解析状況 写真-1 支持金具孔位置計測



写真-2 文字認識による配置確認

また、撮影時に画角内にAIマーカーを入れておき、配置後 の支持金具の認識タグをAIマーカーと併せて撮影、文字認識 ツールでタグを読み取りながら配置順序に間違いがないこと を確認した(写真-2)。

#### 3-3. トータルステーションによる測量

PCケーブル配置高さの計測は、PCケーブル3DCIMモデル の座標を連動させたTSに、上端に360°用プリズム、下部に 棚筋計測用治具・石突を取り付けた測高スライドポールを自動 追尾させながら人員1名で以下の手順により行った(写真-3)。 **〈TS測量手順〉** 

①PCケーブル3DCIMモデルのxyz座標とTSを連動
 ②TSを自動追尾させながらPCケーブルの配置高さを計測
 ③設計値と計測データをリアルタイムで比較、帳票作成

計測データは、TSと連携させたAndroid端末内測量アプリ ケーションによりCSV形式でクラウド上にアップし、リアルタイ ムで設計値と計測値を比較、計測値が規格値内(±5mm)に 収まらない場合には修正が指示される。これにより配置に間 違いがある場合には即座に対応が可能であり、また、計測ミ スを抑制できる。今回の試行では、修正の指示に対して再度 計測を行い、PCケーブルが所定の高さに配置されていること が確認された(図-6)。

#### 4. MR技術を用いた遠隔検査

BIM/CIMを活用した検査として、3DCIMモデルとの重畳 による配筋検査やMR技術を型枠や出来形の遠隔検査に適 用した事例が報告されている<sup>2)</sup>。今回の遠隔検査の試行で は、PCケーブル3DCIMモデルを取り込んだMRデバイスで実 際に配置されたPCケーブルと3DCIMモデルを現場で重畳、 その状況やデジタルメジャーの計測値を事務所のパソコンで 確認した。遠隔検査の手順を以下に示す。

#### 〈現場側〉

- ①TSを計測範囲・機器安定性を考慮して設置、器械位置を算出
  ②WiFi環境下でMRデバイスを起動、TSを連携させてPC ケーブル3DCIMモデルの位置を合わせ、MRデバイスで 作業場所周辺の空間を認識
- ③MRデバイス上で遠隔検査アプリケーションを起動、リ モート・帳票スプレッド・遠隔検査アプリケーションサー バと接続(事務所側②と連携)
- ④MRデバイス上で実際に配置されたPCケーブルとPCケーブル3DCIMモデルを重畳(事務所側③へ)、MRデバイスを介して無線デジタルメジャーの計測値を帳票スプレッドサーバに送信(事務所側④へ)

#### 〈事務所側〉

- ①インターネット環境下で遠隔検査用パソコンを、続けて 遠隔検査アプリケーションを起動
- ②リモート・帳票スプレッド・遠隔検査アプリケーションサーバと接続(現場側③と連携)、帳票スプレッドサーバに設計情報を入力
- ③実際に配置されたPCケーブルと3DCIMモデルを重畳さ せたMR画像(現場側④より)により遠隔用パソコン上で PCケーブルの配置を確認



写真-3 PCケーブル配置高さ計測状況





(a)現地でのPCケーブル重畳



(b)遠隔地でのPCケーブル配置確認 写真-4 PCケーブル配置重畳検査

④無線デジタルメジャーの計測値(現場側④より)を帳票ス プレッドシート上で確認、設計値と比較

今回の試行では、MRデバイスは「Microsoft HoloLens2」 を使用、これとパソコンブラウザの遠隔コミュニケーション機 能を有する遠隔臨場・変状調査MRアプリケーション「XRoss 野帳」によりお互いを連携した。 PCケーブルと3DCIMモデルの重畳は、先にPCケーブル 3DCIMモデルを取り込んだMRデバイスと頂部にミニプリズ ムを取り付けたヘルメットを装着した現場職員1名が現地で行 い、検査員はMRデバイスの画面を現場事務所のパソコンで 見ながらPCケーブルが設計通りに配置されていることを確認 した(写真-4)。

デジタルメジャーによる計測は、Bluetoothを搭載した 「DDM-102」により行い、支間中央部、中間支点部および端部 (定着部)でPCケーブルの配置高さを確認した。計測値はMR デバイスを介して帳票スプレッドサーバに転送され、現場事 務所のパソコンの画面上でPCケーブルが規格値内に配置さ れていることを確認した(写真-5)。

#### 5.効果の検証

#### 5-1. TS測量によるPCケーブル配置の計測

本試行でPCケーブルの配置高さの計測は、1つのウェブの 計測を人員1名で行い、3径間292点の計測に約80分を要した。 従来の手計測によるPCケーブル配置計測は人員2名で行わ れ、15秒/測点とすると292点の計測に73分を要し、帳票の作 成に1名で10分要するとすると作業時間で83分、人数×作業 時間は156分となる。TS測量では、TSの設置や器械位置の 算出に10分、撤去に5分ほど要するが、計測と帳票作成は自 動連携しており、作業時間、人数×作業時間とも95分となる。 これよりTS測量は、作業時間の縮減効果はないものの人数× 作業時間で約39%の生産性向上、省人化が図られた。

今回の試行で、PCケーブル支持金具の孔位置の計測に用 いた画像の取得は、支持金具納品時に現地で行っている。本 作業を支持金具製作時に工場で行うことで、天候の影響を受 けない屋内で安定して画像を取得でき、削孔位置の間違いを その時点で発見できる。また、今回の対象橋梁はランプ橋で あり、縦断勾配で8%、両端部の計画高には約4mの差があり、 測高スライドポールを継ぎ足すことで対応した。このような条 件下では、事前にTSの設置位置の検討や継ぎ足し用のポー ルなどの準備が必要である。

#### 5-2. MR技術を用いた遠隔検査

MR技術を用いた遠隔検査のうち、デジタルメジャーの計 測について生産性向上・省人化への効果を検証する。

本試行でデジタルメジャーによる計測は、中ウェブ片側に配置された3本のPCケーブルについて支間中央部3断面、中間支点部2断面および端部(定着部)2断面の計7断面について行った。1断面2~3箇所の計測に5分程度の時間を要したが、計測方法は従来の方法と同様であることから要する時間、計測精度は同等である。MR技術を用いる場合には、MRデバイスのキャリブレーションなど準備が必要となるが、従来の計測が人員2名で行われるのに対して本技術は人員1名で計測が可能である。また、計測と帳票化が連動しており帳票の作成時間を省略できることから生産性向上・省人化が期待できる。加えて、従来の検査では検査官が現地に赴きPCケーブルの配置状況や配置高さの確認が行われる。検査に要する時間は同様であるが、遠隔地での検査により検査官の移動する必要がなく、移動時間の削減や自動車での移動に伴うCO<sub>2</sub>の発生も抑制できる。



写真-5 デジタルメジャーによる配置検査

#### 6. まとめ

建設現場へのBIM/CIMの導入、デジタルツインの活用に よる品質管理の高度化を目的として、PCケーブルの配置計測 にBIM/CIMとICT技術を連携、画像解析技術とTSを組み 合わせた測量やMR遠隔臨場による高度化・省人化を試みた。 画像解析技術とTSを組み合わせた測量では、作業の効率化 および作業人員の削減により従来の測量と同程度の精度で人 数×作業時間の削減が可能であることを確認した。また、MR 技術を用いた遠隔検査についてPCケーブル配置確認への適 用性が示された。これらのデータをPCケーブル3DCIMモデ ルに属性情報として付与することで将来の維持管理での活用 が期待される。

最後に、本試行はPRISM予算を活用し、国土交通省「建設 現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・ 活用に関するプロジェクト」で、IHIインフラ建設・オフィスケイ ワン・千代田測器・インフォマティクスで構成するコンソーシア ムで実証を行った試行業務である。本試行の実施にあたり、 ご指導、ご協力を頂いた近畿地方整備局の関係者の方々なら びにコンソーシアムメンバーに深く感謝の意を表します。

#### 【参考文献】

- 1)保田敬一、亀井透匡、久才星哉:ICT技術による現場の生 産性向上を目指した橋梁BIM/CIMシステムの開発、土木 学会建設マネジメント委員会、第3回i-Constructionの推進 に関するシンポジウム、2021.7
- 2)若林良幸、三谷健太朗、赤松輝雄、保田敬一: CIMを活用 したPC箱桁橋梁における労働生産性の向上について、プ レストレストコンクリート工学会、第29回シンポジウム論文 集、pp.481-484、2020.10

## 名古屋高速1号楠線 新川中橋工区の床版補修工事

ー ISパネルを用いたRC床版の補修・補強 ー TAKAHASHI Masao KIUCHI Ichiro WATARIGUCHI Masato 高橋 正雄\* 木内 一郎\* 渡口 雅人\*\*

#### 1. はじめに

既設の鉄筋コンクリート床版(以下、RC床版)は、交通量の 増大が要因とされる疲労、凍結防止剤による塩害など様々な 要因により損傷が生じる等多くの事例が報告されている。その 要因や損傷状況により、床版取替え、断面修復、繊維シート補 強など、それらに見合った補修・補強方法が採用されている。

RC床版の補強工法のひとつとして、ISパネルを用いたアン ダーデッキパネル工法がある。ISパネルが初めて採用された 1993年から約30年近く経過しており、国や地方自治体が管理 する橋梁では多くの実績があるが、都市高速道路においては 平成30年度 高速1号楠線 床版等修繕工事(新川中橋工区) (以下、本工事)に初めて広範囲に本格採用された(図-1)。こ こでは、本工事での床版補強工法の選定方法や施工上の制 約への対応などについて報告する。

#### 2. 工事概要

名古屋高速1号楠線新川中橋工区は、一級河川の矢田川と 庄内川の渡河部に位置した橋長310m、幅員20mの鋼3径間 連続非合成箱桁橋(2連)である(図-2、3)。本橋は、1988年 の供用開始より26年が経過した2014年ごろから舗装上面に ポットホールが多発した。さらに2017年のリフレッシュ工事時 に、コンクリートの変状が想定よりも進んでいることが判明し た。本工事は、名古屋高速道路の大規模修繕計画に基づき、 構造物の長寿命化を図る目的で発注された工事である。

#### 【工事概要】

- 工 事 名:平成30年度高速1号楠線床版等修繕工事 (新川中橋工区)
- 工事場所:名古屋市北区成願寺町内~名古屋市北区西味鋺 1丁目
- 工 期:平成30年5月26日~令和3年3月15日
- 橋梁形式:3径間連続非合成鋼箱桁 2連
- 橋 長:310.3m



支間長: [楠97~100] 49.6m+50.0m+49.6m [楠100~103] 50.3m+59.6m+49.6m

- 床版支間:2.786m~3.431m
- 床版厚:〔楠97~102〕t=200mm
  - 〔楠102~103〕t=220mm

コンクリート設計基準強度:300kg/cm

建設時適用示方書:道路橋示方書·同解説(S48.2)<sup>1)</sup>





\*㈱IHIインフラ建設 橋梁事業部 橋梁工事1部 鋼橋工事G \*\*㈱IHIインフラ建設 橋梁事業部 技術部 保全技術G 工事内容:床版補修・補強工(部分断面補修、アンダーデッ キパネル、アラミド繊維シート)、舗装工、高欄補 修工、コンクリート橋脚補修工、伸縮装置補修 工、排水管取替工、下部工検査路工、鋼桁橋脚 塗装工、支承防錆工

#### 3. ISパネル工法の概要

ISパネル工法とは、床版を下面から補強する工法の一つで、 一般名をアンダーデッキパネル工法と呼んでいる。鋼床版と同 様に縦リブで補剛されたデッキプレートと、それを支持する横 リブで構成されている。ISパネルの設置状況を写真-1に示す。 ISパネル工法は以下の特徴を有する。

①長期にわたる交通規制なしで施工ができる。

②床版のせん断耐力を向上させる。

③抜け落ち寸前の床版にも適用できる。

④部分補強が可能である。

図-4にISパネル工法施工フローを、図-5に標準的なISパネル構造詳細を示す。





写真-1 ISパネル設置状況

図-4 ISパネル工法施工フロー



図-5 ISパネル構造図(正面図)

ISパネル工法の設計思想については、床版とISパネルは重 ね梁として曲げモーメントに抵抗すると考える。そのため、床 版下面とデッキプレートの隙間には、荷重伝達のための間詰 め材として、エポキシ樹脂の充填を行う。またISパネルは主桁 に取付けたブラケットに高力ボルトを用いた摩擦接合にて取 付けることで、床版からの自動車荷重がISパネルを介して確 実に主桁へ伝達される。

- 以下にISパネル工法の構造的機能および効果について示す。 ①床版とISパネルは合成断面とは考えていないため、エポ キシ樹脂の付着を期待していない。。
- ②ISパネルの剛性により、RC床版の変形を押さえること で、曲げ耐力だけでなく、せん断耐力も向上し、耐荷性・ 耐久性を改善させる。
- ③床版からの自動車荷重をブラケットを介して確実に主桁 に伝達させることで、RC床版の抜け落ちを防ぎ、第三者 被害を避ける。

#### 4. 床版補強工法の選定

1号楠線は、日平均約4万台以上の交通量を有することから、 長期間の交通規制を要する床版取替え工法の採用が困難で あった。高速道路の交通規制日数の低減など、社会的影響を 最大限に考慮しながら、床版の補修・補強工事を行う必要が あった。工法選定のための詳細調査では、建設当時(S48道示) の床版厚設計値200~220mmに対し、実測値が170~180mm と床版厚が不足する区間および、繰返しのポットホール補修に より、将来的に床版厚不足の懸念される区間が確認された。

大規模修繕計画に基づく床版補強の設計方針は、「S48道 示」にて設計された床版を、「H8道示<sup>2)</sup>」で設計された床版と 同等の耐久性能に引き上げることとしている。その対策のひ とつとして、従来から名古屋高速道路で採用しているアラミド 繊維シートによる床版下面補強が挙げられる<sup>3)</sup>。アラミド繊 維シートによる補強は、床版の曲げモーメントに対して引張材 として機能し、ひび割れの拘束効果、たわみの抑制効果があ り、RC床版の疲労耐久性を向上させることが可能である。し かし、繊維シートはせん断剛性が小さいため、床版のせん断 耐力を向上させる効果が少ない。そのため、ひび割れ損傷が 顕在化している床版や、本橋のように床版厚が不足している 床版には、アラミド繊維シートでの補強だけでは対応できな い。そこで床版厚が不足している区間や床版厚不足が懸念さ



(ISパネル工法)

れる区間に、せん断耐力の向上効果があり、床版下面からの 施工で交通規制が不要なISパネル工法を採用し、アラミド繊 維シート補強区間と使い分けを行った。図-6に床版補強工法 別の区分図を、図-7に床版補強工の選定フローを示す。床版 調査結果の状況が、径間毎ではなく、打設区分毎に異なる傾 向が見受けられたため、床版打継ぎラインを目安に補強工法 の区分けを行った。

図-7 本工事における床版補強工法選定フロー

#### 5. ISパネルの施工

(連続繊維シート工法)

#### 5-1. 狭小な吊り足場内での運搬計画

本橋は、矢田川・庄内川の一級河川および河川敷ゴルフ場 などを跨ぐため、全面吊り足場での施工となっていた。ISパネ ルの吊り足場内への取込口は路下の状況から各橋梁1か所、 合計2か所に限られた(図-8)。また、楠101~102間では県道 と交差しており、建築限界の制限から、その位置では足場床 面と桁とのクリアランスが小さく、足場内でのISパネルの運搬 が不可能であった。そのため、楠98~99間より取り込んだIS パネルは、狭い吊り足場内で3径間の約150mを運搬する必要 があった。

吊り足場は引き継いだものであり、その足場内には吊り チェーンが密に配置されているため、運搬できる部材の寸法 が限定される構造であった。そこで、吊りチェーンなどの配置 から運搬可能条件を検討し、基本的なISパネルの形状を横 桁間で4分割となる幅2.5m×長さ1.2m、重量約500kgの小割





ISパネルの形状決定にあたっては、吊りチェーンとの干渉 を図面で確認した(図-11)うえで、木材で加工した再現パネル (写真-3)を試作し、丸鋼管レール軌条を用いた台車による運 搬の可否を検証した(写真-4)。



図-8 ISパネル足場内運搬経路図



図-11 CAD上での干渉確認



写真-3 原寸大模型によるパネル運搬施工試験



写真-4 足場内パネル運搬

#### 5-2. 既設床版形状の計測と図面反映

ISパネルの製作図面を作図するにあたって、横桁間を1区画 として計測を行った。計測項目はパネルの細部形状を決定す るため、横桁間隔、補剛材位置、吊ピース位置等とし、主桁 一縦桁間隔、ハンチ位形状等についてはISパネルの横リブ位 置で計測し、製作図面に反映した(図-12)(図-13)。

計測方法としてはレーザー墨出し器を用い、直線状のレー ザー光にて基準軸を可視化させ、その基準軸をもとにパネル 固定用のボルト孔の位置を確認し、ISパネルの設置精度向上 を図った(写真-5)。





写真-5 レーザー墨出し器による計測

#### 5-3. エポキシ樹脂量の管理と充填向上対策

ISパネル上面と床版下面との間には、エポキシ樹脂を注入 する。その隙間は設計値で5mmと設定しているが、例えばそ の隙間が1mm変わるだけで、使用量は1.2倍と大きく変わっ てくる。隙間が大きくなると樹脂が不足し、隙間が小さいと樹 脂が回らない恐れもある。これらを防ぐために、床版下面と パネルの隙間を精度よく管理する必要があった。そのため、 隙間厚を調整できるようにパネルとブラケットの取合う孔は現 地削孔とした(写真-6)。また、床版下面の不陸による凸部と ISパネルが接触し、樹脂が回らないことを防ぐために、ディ スクサンダーによる研磨により床版下面の不陸整正を行った。 さらに、ISパネル設置時にはパネル上面に5mm厚の¢10mm 磁石をスペーサーとして2箇所/m配置し(写真-7)、樹脂注入 の必要空隙を確保した上で、打音確認を行いながらエポキシ 樹脂を注入した。



写真-6 ISパネル取付状況(現場孔)



写真-7 スペーサー用磁石

#### 5-4. ケレン作業時の鉛対策

ISパネル設置にあたり、主桁や縦桁にブラケットを接合する が、高力ボルトにより摩擦接合を行うため、既設の旧塗膜を除 去する必要があった。本橋は、旧塗膜の下塗り材に鉛系さび止 めペイントが使用されていたため、ケレン作業時の鉛対策を行 う必要があった。そのためには完全防護した足場による、作 業者の防護服を着用して安全に作業を行う必要があった。た だし、ケレン作業の施工条件とし、旧塗膜の撤去範囲がブラ ケット1箇所当たり270 mm×240 mmと限定的(小面積)であっ たため、作業性・安全性の改善、およびケレン作業箇所の周辺 で別作業を並行して実施することを踏まえて検討を行った。そ こで、塗膜撤去範囲のみを覆える小型軽量な真空集塵機と連 結可能なケレン用透明ボックス(写真-8)を新規製作した。



写真-8 ケレン用透明ボックス

その性能を確認するために、施工箇所と同じ高さ、および 塗膜撤去範囲に、塗膜の代わりとして木材を設置し、その木 材をケレンする模擬実験を実施した。実験結果は、粉じんの 集じん度合い、ケレン作業のしやすさおよびケレン作業状況 が直接目視確認できるなどの各要求事項を満足することを確 認した。主要な要求事項はほとんど満足したが、ケレン作業 終了後、透明ボックス内の隅に粉じんが堆積する問題が生じ たため、透明ボックスを施工箇所から外す前に、ボックス内を 掃除機にて清掃できるように改良した。また、本作業時にケレ ン用透明ボックスを用いたケレン作業時の鉛・六価クロム・コー ルタールの各濃度の環境測定を行い、管理濃度以下であるこ とを確認した(写真-9)。



写真-9 ケレン作業時環境測定

#### 6. まとめ

高速1号楠線 床版等修繕工事(新川中橋工区)におけるIS パネルの施工に関する管理や工夫などについて報告した。IS パネル運搬計画によるパネル割り検討、ISパネル製作・据付 に向けた計測精度向上や精度管理対策を行うことで、ISパネ ル据付における出来形・品質を確保することができた。またケ レン作業時の鉛対策を本工事独自の方法を提案し実施したこ とで、作業性を改善し、安全に作業を行うことができた。

今回採用されたISパネルは、今後このISパネルに改良を加 え、これからも増えるであろう、床版補修・補強工事における 効率的なインフラ整備に貢献していきたい。

最後に、本工事を進めるにあたり、ご指導いただいた名古 屋高速道路公社の担当のみなさまに深く感謝の意を表します。

#### 【参考文献】

- 日本道路協会:道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編、 昭和48年2月
- 2)日本道路協会:道路橋示方書·同解説Ⅱ鋼橋編、 平成8年12月
- 3)名古屋高速道路公社:コンクリート床版等の補修・ 補強要領(案)平成28年12月

## 令和2年度管内ダム放流設備等補修工事報告

TAKAHASHI	Naoki	HADA	Hirotsugu	KOSH	IMA	Satoshi
高 橋	直 樹*	羽田	広 胤**	越	間	聡***

#### 1. はじめに

福地(ふくじ)ダムは、沖縄北部河川総合開発事業の一環と して、洪水調整・流水の正常な機能の維持・水道用水及び工 業用水の供給を目的に、米国陸軍工兵隊により昭和44年7月 に着手され、昭和47年5月の本土復帰に伴い日本政府に承継 され昭和47年12月に堤体盛立を完了した。その後基礎岩盤 の改良、洪水吐きの増設等の追加工事、沖縄の水需要の増 加を予想した上下流洪水吐きや取水設備の改良工事、石油 代替エネルギー確保に伴う水力発電としてダム管理用発電設 備の増設工事等再開発事業を行い現在に至る。

新川(あらかわ)ダムは、同様の目的として昭和45年度から 琉球政府により着手され、本土復帰以降は沖縄総合事務局 が事業を承継し昭和52年3月に完成、同4月より管理を開始し た<sup>1)</sup>。福地ダム及び新川ダムは、沖縄県北部(図-1)に位置する。 福地ダム及び新川ダムでは、令和元年よりダムコンの更新工事 が行われており、通信方式がFL-netに更新することによる機 側操作盤改修を行っている。また、老朽化に伴う福地ダム放 流設備油圧ユニットの更新、同油圧配管フラッシング作業を 行っている。ここに令和2年度管内ダム放流設備等補修工事 (FL-net化、放流設備油圧ユニット二重化および現場施工)に ついて報告する。



図-1 各ダム位置図

\*㈱IHIインフラ建設 鉄構事業部 鉄構工事2部 中四国工事G \*\*㈱IHIインフラ建設 鉄構事業部 機械設計部 大阪設計G

#### 2. 工事概要

- 工事名:令和2年度管内ダム放流設備等補修工事
- 所 在 地:沖縄県国頭郡東村字川田1105-108 福地ダム他
- 発 注 者:沖縄総合事務局 北部ダム統合管理事務所
- 工 期:令和2年8月12日~令和3年3月26日
- 施工範囲:本工事の施工範囲は、表-1および表-2に示す設備の製作、輸送、据付、試運転とする。

表-1 福地ダム改修内容一覧表

対象設備名	数量	施工内容			
下流洪水吐設備 機側操作盤	2面	<ul> <li>動力電源ブレーカを 電動ブレーカへ取替</li> <li>FL-net通信プログラム 作成・挿入</li> </ul>			
G1ゲート 機側操作盤	1面	• PLC一式取替 • 液晶タッチパネル取替			
G2~G5ゲート 機側操作盤	1面	・PLC一式取替 ・液晶タッチパネル取替			
V1~V4バルブ 機側操作盤	1面	・PLC一式取替 ・液晶タッチパネル取替			
V5、V6バルブ 機側操作盤	1面	<ul><li>PLC一式取替</li><li>液晶タッチパネル取替</li></ul>			
放流設備 機側操作盤	1面	<ul> <li>動力電源ブレーカを 電動ブレーカへ取替</li> <li>遠方設備向端子台撤去、入出力 ユニット追加にてPLC2へ信号取込</li> <li>排水ポンプ故障信号取込</li> </ul>			
石川向放流設備 機側操作盤	1面	<ul> <li>動力電源ブレーカを 電動ブレーカへ取替</li> <li>FL-net通信プログラム 作成・挿入</li> </ul>			
久志向           バイパスゲート           機側操作盤	1面	<ul> <li>動力電源ブレーカを 電動ブレーカへ取替</li> <li>液晶タッチパネル取替</li> <li>送水中インターロック解除 スイッチ取付</li> </ul>			
	1面	<ul> <li>動力電源ブレーカを 電動ブレーカへ取替</li> <li>液晶タッチパネル取替</li> <li>遠方設備向端子台撤去</li> </ul>			

\*\*\*(株IHIインフラ建設 鉄構事業部 制御設計部 大阪設計G

対象設備名	数量	施工内容
大保向注水設備 機側操作盤	1面	<ul> <li>動力電源ブレーカを 電動ブレーカへ取替</li> <li>PLC一式取替</li> </ul>
放流設備 油圧ユニット	1台	<ul> <li>搬入、取替、試運転調整、搬出、 油圧配管フラッシング、 追加信号取込</li> </ul>

#### 表-2 新川ダム改修内容一覧表

対象設備名	数量	施工内容
利水放流設備 機側操作盤	1面	<ul> <li>FL-netユニット取付</li> <li>減勢池水位計移設及び信号取込</li> <li>遠方設備向端子台撤去</li> </ul>
非常放流設備 機側操作盤	1面	<ul> <li>FL-netユニット取付</li> <li>遠方設備向端子台撤去</li> </ul>

#### 3. 設備の設計・製作

#### 3-1. ダムコン更新に伴う機側操作盤のFL-net化

ダムコン更新に伴い、機側操作盤とダムコン間の通信を光 ケーブルによるFL-net方式に改造し、PLCの構成(図-2)は自 動系・手動系の二重化方式を採用した。従来メタル回線で行っ ていた通信が光ケーブルを用いた回線となることで、大容量の データを遅滞なく伝送でき、雷による影響をうけにくく、端子 台がないため接触不良による信号不良を生じる可能性を低減 できる。さらに、放流機能を有するゲートの非常停止復旧操 作がダムコンから行えるよう、動力電源ブレーカを電動ブレー カに更新した(写真-1)。非常停止復旧のプロセスは(ブレーカ OFF→故障リセット→ブレーカON)であり、それぞれの信号 はFL-net経由で行っている。また、各操作盤には液晶タッチ パネル(GOT)による運転支援システムを設置しており、ゲート の状態監視や故障時の復旧支援、故障回路をバイパスしての 応急運転を行う機能を有している(写真-2)。今回工事では放 流設備油圧ユニット更新に合わせ、圧力信号を追加で取り込 むことでアナログの圧力メータに加えGOTにデジタル表示さ せることが可能となり、故障発生時の状態把握等に役立つこ とが期待される。



写真-1 電動ブレーカ



写真-2 運転支援システム

#### 3-2. 油圧ユニットの二重化

福地ダム放流設備は、取水設備(図-3)より取水した水を管 理用発電設備・河川維持設備・浄水場へ供給する重要な役割 を担っている。本工事にて更新した放流設備の油圧ユニット は、1台で5門のゲート開閉操作を行う(図-4)。5門のゲートは 油圧シリンダの大きさが異なるため、個別の減圧弁および流 量調整弁で各油圧シリンダに応じた操作圧力・流量(ゲートの 開閉速度)を調整している。また、油圧回路は二重化方式とし て「電動機2組+ポンプ2組+リリーフ弁1組」を採用し、さらに 予備動力としてハンドポンプを設置した。電動機およびポン プを二重化することで、一方が故障した場合にはもう一方で ゲート操作が可能となる。また、ハンドポンプを採用したこと で電源喪失時においても確実なゲート操作が可能な構造とし た(図-5)。中でも久志主ゲートについては浄水場へ上水道供 給している最も重要なゲートであるため、開閉の電磁切換弁及 び減圧弁も二重化している。(図-6)

油圧作動油は鉱物油が含まれていない生分解性作動油を 採用し、万一漏油した場合でも環境負荷を低減する対策を施 している。

また、油圧ユニット内の各設備銘版及び油圧回路図には 各ゲートの名称と管理者の呼称(例:久志浄水場導水管部主 ゲート[呼称]久志主ゲート)を併記することで操作対象がど の設備であるか明確に分かるように工夫した(図-7)。



図-3 福地ダム取水設備模式図<sup>3)</sup>



図-4 福地ダム放流設備模式図





図-6油圧回路(二重化方式2)



#### 4. 現場据付

#### 4-1. 関係機関との工程調整による施工期間の短縮

福地ダムおよび新川ダムは運用中の設備であり、河川維持 および水道設備への代替放流ルート確保および代替放流期 間短縮・発電設備停止期間短縮など、実運用に戻すため施工 期間の短縮を求められた。そのため関係機関との調整が求 められ、お客様である沖縄総合事務局殿・水道設備の管理を 行っている沖縄県企業局殿・ダムコン更新工事メーカー殿・ダ ム設備点検業者殿と作業内容の確認・代替放流ルートおよび 期間の調整・発電停止期間の調整を行い、クリティカルパスを 作成した。

#### 4-2. 工場製作時における遠方対向試験

本工事において、現地調整作業時のダムコンとの通信試験 の際、プログラムミスによる誤放流が懸念された。そこで、ソ フト製作完了後現地据付開始前にダムコンメーカ工場にて現 場を再現した総合通信試験を行い、プログラムのデバッグを 行った。問題点や改善点を事前に抽出・修正できたことで現 地調整時に大きな不具合もなく、また計画工程より3日短縮し て現場調整作業を終えることができた。

#### 4-3. ウェアラブルカメラによる遠隔臨場(デモ)

昨今ICTの技術活用や新型コロナウィルスによる移動の制 限、3密回避の観点から対面に代わりwebによる打合せが取 り入れ始めている。また、2020年度から建設現場の遠隔臨場 の試行が始まり、ウェアラブルカメラ等を用いた段階確認も行 われ始めている。

本工事においてもお客様との打合せをweb会議で行うなど 技術活用を行った。また、デモの位置づけで油圧ユニット製 作完了時の工場検査にウェアラブルカメラを用いて遠隔臨場 で行った(写真-3、4)。寸法の確認や圧力の確認などはウェア ラブルカメラによる映像で十分確認することができた。また、 360°カメラを用いたことで検査全体の状況が確認でき、現場 側からも操作することができたためより臨場感が増し好評で あった。実施中、契約データ量オーバーによる通信速度低下 が発生、映像が途切れるトラブルが起き課題は残ったが、沖 縄総合事務局でも今後積極的に取り入れていく方針であると のことで、高評価であった。



写真-3 ウェアラブルカメラ用いた工場検査(工場側)



写真-4 ウェアラブルカメラ用いた工場検査(現場側)

#### 4-4. 油圧ユニット現場据付

放流設備油圧ユニットは、10tラフタークレーンを機械室内 に設置し、既設撤去・新規据付を行った(写真-5)。室内での 重機の使用にあたり既設構造物との干渉が懸念されたが、天 井の高さは十分あり周囲にネックとなる構造物や機器類が無 いことが確認されたため採用に至った。重機を使用すること で仮設設備の設置・撤去時時間が短縮され、求められていた 発電停止期間の短縮にもつながり有効であった。



写真-5 重機による油圧ユニット据付

#### 5.まとめ

管内ダム放流設備等補修工事について報告した。昨今の豪 雨や地震・津波等の多発により災害対策への関心は高まって おり、設備の二重化や通信方式のFL-net化は信頼性の向上か ら今後も積極的に改修が行われていくものと思われる。ウェア ラブルカメラを用いた遠隔臨場は、カーボンニュートラルの観 点から移動に伴うCO<sub>2</sub>の削減に有効であり、コロナ対策にも 効果を発揮することから今後も積極的な運用が期待される。

今後の補修工事・修繕工事においても本工事の経験を活か し安全施工を心掛けていきたい。

最後に、本工事を施工するにあたり、ご指導、ご協力を頂 きました沖縄総合事務局北部ダム統合管理事務所殿、協力会 社殿及び工事関係各位に深く感謝申し上げます。

#### 【参考文献·引用】

 内閣府沖縄総合事務局北部ダム統合管理事務所 ホームページ やんばるのダム(福地ダム)
 社団法人ダム・堰技術協会 取水と制水 1994 No.25

## 平成30年度東雲水門(2号)上段扉製作据付工事



TAKEMARU Tsuyoshi 竹丸 剛司\* TAKASHIMA Atsushi 高嶋 惇\*\*

HAYASHI Yuji

林 裕 二\*\*\*

#### 1. はじめに

東雲水門は、図-1に示す地点に位置し、高潮遡上の防止を 目的として昭和40(1965)年に完成した。設備上部には「止め るぞ高潮 守るぞ都民」のスローガンが書かれている住民の生 命と財産を守る重要な防災設備である。

本工事は、竣工後54年が経過し、老朽化が進んでいた下 段扉に続き、上段扉を更新することによって設備の機能維持 及び信頼性の確保を図るものである。

写真-1に内水側、外水側から見た全景を、図-2に正面図と 側面図を示す。

本稿では、全3門のうち2号水門上段扉の工事について報告 する。なお、下段扉は平成8年から11年に更新され、3号水門 は平成21年度、1号水門は令和元年度に上段扉更新工事を実 施している。

#### 2. 工事概要

発 注 者:東京都

工 事 名:平成30年度東雲水門(2号)上段扉製作据付工事 施工範囲:上段扉、戸当り、集中給油装置、

扉体保護装置、防潮対策用角落し架台 工期:平成31年2月27日~令和2年6月30日 施工場所:東京都江東区豊洲5丁目6番5号地先

#### 3. 設備概要

設備の概要を、一覧として表-1に示す。

形式	鋼製複葉ローラゲート				
数量	3門				
純 径 間	12.0	12.000m			
扉 高	<b>扉 高</b> 9.800m (上·下段扉合計)				
扉体敷高	Ā体敷高 A. P3.000m				
水密方式	前面三方ゴム水密				
扉体材質	材質 SS400、SM400、SUS304				
開閉方式         1モータ2ドラムワイヤロープウインチ式 (自重降下装置付き)					
操作方式	機側及び遠方操作				
揚程	10.600m				
問問声座	電動時	1.0m/min			
開闭迷侵	自重降下時	2.0m/min			

表-1 設備概要一覧





図-1 位置図

出典:国土地理院地図



東雲水門(外水側)

東雲水門(内水側)





\*\*\*(株)IHIインフラ建設 鉄構事業部 鉄構管理部

#### 4. 各部の概要・特徴

#### 4-1. 扉体

#### (1)構造

扉体は上下2段の扉体により構成され、開閉装置は下段扉 のみに設置されている。

上段扉は逆L字型のフック形状になっており、下段扉を巻き上 げることにより、上段扉は下段扉にフックで掛かり巻き上がる。

下段扉は通常のローラゲートと同様にメインローラを有し、 上段扉はその上方に下段扉の戸当りを共有するメインローラ と、下方に下段扉に設けたローラシート上を可動するフロント ローラが取付けてある。

本工事では、複葉ローラゲート上段扉(図-3赤着色部)の製 作および据付を行った。



図-3上·下段扉側面図

#### (2)材質

本工事の扉体の材質に主として溶接構造用圧延鋼材 (SM400)を採用し、スキンプレート及び端縦桁、下部横桁に はステンレス鋼(SUS 304) (図-4赤着色部)を使用した。

下段扉が重なるスキンプレート面や戸溝内に入る扉体両端 部、常時水面付近に位置する下部横桁は、比較的接近し辛く、 腐食しやすい環境といえる。その為、設置後接近が困難であ る部分は、ステンレス鋼を採用した。



#### (3)外観

スキンプレート等ステンレス鋼の使用部分については、本来 塗装は不要となるが、高潮対策時扉体全閉状態ではスキンプ レートが露出するため、日差しの照り返しが予想される。近隣 の地域住民への日差し照り返しの影響を考慮しステンレス鋼 への塗装を施した。写真-2に塗装後のスキンプレート面を示す。



写真-2扉体スキンプレート面

#### 4-2. 戸当り

戸当りは、下部戸当り、側部重構造戸当り、側部軽構造戸 当りで構成される。

本工事では、著しい腐食の進行が見られる側部戸当りの更 新を行った。

材質については、常時水中部となる重構造部のローラ踏面 に、強度と耐食性に優れた二相系ステンレス鋼SUS 329J4L を使用した。軽構造部は水没しないことから、SUS 304を使 用している。



#### 5. 工場製作

#### 5-1. 扉体製作手順

扉体は現地で一体架設が可能となる様に海上輸送とした。 製作手順としてスキンプレートを定盤で板継し、各桁の小組立 ブロックを組み込んだ。その後ブロック反転し先行塗装を行い メインローラ取付架台・メインローラブラケットを組み込み仮組 検査後、扉体塗装を行った。製作状況を写真-3~7に示す。





メインローラブラケット メインローラ取付架台 写真-3 組立および溶接

#### 5-2. 製作

扉体の材質は、ステンレス鋼と溶接構造用圧延鋼材で構成 されているため、溶接の熱影響による縮み量に違いが出る。 そのため材質ごとに異なる縮み量を設定し溶接後の寸法が計 画と大きな差異が出ないように脚長管理を徹底した。

#### 5-3. 塗装

メインローラブラケット及びメインローラ取付架台と扉体取 付面のブロック組込みには、リーマボルト(S45C-H)を使用し た。仮組時(塗装前)にリーマ孔明けを施工すると、塗装後の 膜厚によりリーマ孔位置にずれが生じるためブロック組込み 部を先行塗装する工夫をした。

①ブロック組込み部の先行溶接・外観検査

- ②ブロック組込み部の先行塗装検査
- ③仮組及びリーマ孔明け施工

仮組検査後、扉体と同じ径間のメインローラ取付架台を解 体することなく扉体の塗装を行った。





メインローラブラケット

メインローラブラケット 扉体上部横主桁 写真-4 先行溶接・外観検査



メインローラ取付架台 メインロ 写真-5 先行塗装検査



写真-6 扉体スキンプレート 先行塗装完了



写真-7 扉体にメインローラ取付架台を仮組立中

#### 6. 現場据付

6-1. 施工手順

本工事は、3門のうち、1門を操作可能としながら、角落しを 2号内水側(5段)、外水側(4段)にそれぞれ設置しドライ状態 で施工した。

内水側の角落しの5段目は、防潮対策用角落し架台(写真-8 赤枠)を設置後、防潮対策用角落しを設置した。

施工期間中は、3号ゲートのみ航行可能(片側交互通航)と するため、信号操作員を配置して航路監視及び信号操作を行 うと共に船舶監視用カメラを内水側、外水側に設置し航行す る船舶の監視(写真-9)を行い安全を確保した。





写真-8角落し設置完了

写真-9 船舶通過の監視

上段扉の施工(撤去・据付)は、角落し上に設置した仮設構 台上で上段扉を横引き移動し、クレーン台船により吊り上げて 行った。上段扉は堺工場から若洲埠頭まで海上輸送し、その 後、台船に積み替えてから現場まで海上輸送した。

#### 6-2. 既設ゲート撤去

#### (1)扉体撤去

上段扉は、戸溝に入っている扉体端部の左右メインローラ ブラケット、サイドローラブラケットを撤去して横引き可能な 状態にした後、仮設構台上に設置したゲート引込み台車を仮 設治具(チルホール・チェーンブロック・レバーブロック等)によ り外水側に移動し、150t吊クレーン台船で撤去・搬出した(写 真-10、11)。





写真-10 扉体横引き



#### (2) 戸当り撤去

堰柱に埋設された戸当りと周囲の二次コンクリート(無筋) は、ダイヤモンドコア及びワイヤーソーとコンクリートブレーカ を用いたハツリ作業により撤去した(写真-12、13)。





写真-12 ワイヤーソー

写真-13 コア穿孔

#### 6-3. 新設ゲート据付

(1) 戸当り据付(写真-14、15)

戸当り金物は、あと施工アンカで挿筋を打込み、据付材と 溶接固定し、二次コンクリートを打設した。



写真-14 戸当り金物据付



写真-15 戸当り金物連結

#### (2)扉体据付

150t吊クレーン台船により仮設構台上(写真-17青枠)に設 置したゲート引込み台車(写真-17黄色枠)に扉体を吊込み(写 真-16・17)、仮設治具を用いて戸溝まで引込んだ。引込み完了 後、メインローラブラケット、メインローラ、サイドローラブラ ケットを順次吊込み取付けた(写真-18)。組立完了後、扉体を 15t吊手動チェーンブロック2台で吊上げ仮固定し、扉体と同 様の手順で吊込んだ扉体保護装置を横引きし、上段扉と連結 した(写真-19)。





写真-17 扉体吊込み完了

写真-16 扉体吊込み状況





6-4. 試運転調整

扉体据付後、ゲート操作を行い、上下段扉を連結した。電 動及び自重降下による機側・遠方操作確認を行い、試運転調 整を完了した。

扉体および扉体保護装置据付後の全景を写真-20に示す。



写真-20 上段扉·扉体保護装置全景

#### 7. まとめ

平成30年度東雲水門(2号)上段扉製作据付工事の設計、製 作、据付について報告した。本工事では寸法・重量の制限が ない海上輸送を採用し、扉体を一体で製作した。

扉体を一体で製作し、現地溶接作業をなくしたことで、溶 接後の現場塗装やそれに伴う検査を省略でき、また、現地溶 接用足場の仮設作業が不要になることで工程を短縮できると 共に災害発生リスクを減らすことができた。

施設を運用しながらの現場施工であったため、地域住民へ の対応や業者間の連携等様々な調整業務を行い、無事故無 災害で工事を完遂することができた。

本報告が、今後同様の水門の設計、製作、据付を実施する 際に、参考になれば幸いである。

最後に、本工事の施工にあたり、多くのご指導、ご協力を いただいた、東京都港湾局東京港建設事務所高潮対策セン ター殿及び工事関係者の皆様に深く感謝の意を表します。

### 天ヶ瀬ダムゲート設備運転支援システム改修工事 工事報告

ISOYAMA Atsushi 磯山 渥史\*

#### 1. はじめに

天ヶ瀬ダムは、琵琶湖から流れ出る一級河川の宇治川流域 の洪水調節・発電・上水道を目的として、昭和39年に淀川水系 ダム群の第1号として建設されたコンクリートアーチ形式の多目 的ダムである。現在工事中である再開発事業は、宇治川・淀 川の洪水調節のために発電最低水位時に最大1,500 m /sの 放流能力を確保するとともに、京都府の水道用水の確保、発 電能力の増強を目的とし、ダムサイト左岸側にトンネル式放流 設備を整備している。

本工事の目的は、天ヶ瀬ダム再開発設備の運用を目前に控 え、放流設備(ゲート)をより安全・確実に運用するため、既設 運転支援システムを更新し、増設されるトンネル式放流設備 まで支援対象を拡張するものである。

写真-1にダム全景、写真-2にコンジット主ゲート放流状況を 示す。

#### 2. 工事概要

工	事	名:天ヶ瀬ダムゲート設備
		運転支援システム改修工事
所	在	地:京都府宇治市宇治金井戸地先
発	注	者:近畿地方整備局 淀川ダム統合管理事務所
I.		期:2020年5月29日~2021年3月31日

工 事 範 囲:ゲート設備運転支援システム一式の更新 運転支援対象:表-1のとおり

ゲート名称	ゲート形式	開閉装置形式	門数
クレストゲート ※1	ラジアルゲート	油圧シリンダ ワイヤロープ式	4門
コンジット主ゲート ※1	圧着式高圧 ローラゲート	油圧シリンダ式	3門
コンジット予備ゲート ※1	高圧キャタピラ ゲート	ワイヤロープ ウインチ式	3門
トンネル主ゲート ※2	高圧ラジアル ゲート	摺動式直結 油圧シリンダ式	2門
トンネル副ゲート ※2	高圧スライド ゲート	ワイヤロープ ウインチ式	2門
小容量放流設備 主バルブ ※2	ジェットフロー ゲート	電動スピンドル式	1門
小容量放流設備 副バルブ ※2	高圧スライド ゲート	電動スピンドル式	1門
呑口ゲート (修理用ゲート)※2	高圧スライド ゲート	ワイヤロープ ウインチ式	1門

#### 表-1 運転支援対象ゲート一覧表

※1既存の放流設備、※2再開発設備

\*㈱IHIインフラ建設 鉄構事業部 制御設計部 エンジニアリングG



写真-1 桜咲く春の天ヶ瀬ダム



写真-2 コンジット主ゲート放流状況

#### 3. システムの特徴と機能

運転支援システムは、管理用サーバに実装したゲート運転 支援機能、運転記録システムおよび保守点検支援システムと 外部記憶媒体で納品した操作・学習支援機能に大別される (図-1)。

ゲート運転支援機能は、ダム管理支所および淀川ダム統合 管理事務所の専用監視操作端末の他、事務所の職員用PCか らも閲覧を行うことができる。また、各ゲート設備の傍らに設 置した無線LANアクセスポイントに接続することにより、現 場でも専用のタブレット端末から閲覧することが可能である。 操作・学習支援機能は、USBメモリ等の保存ファイルを読み 込むことで閲覧し、新任の職員等が天ヶ瀬ダムの概要・機能 等を学習するためのシステムである。

システム構成図を図-2に示す。



図-1 運転支援システム概念図



図-2 システム構成図

#### 3-1. 運転支援システムの機能

運転支援システムは以下に示す機能を有している。

#### 3-1-1. 運転監視機能

ゲート設備の状態情報(電源、電流、ゲート開度、センサー、 電源監視リレー等の情報)をオンラインで収集し、監視情報 を画面に表示して操作員による的確な操作を支援する機能で ある。ダム管理所の操作設備ではわからなかった機側の詳細 な状態まで一目瞭然で確認することが可能である。

図-3、図-4にイメージ図を示す。

#### 3-1-2. 故障診断支援機能

設備に異常が発生した場合に、故障の発生箇所・原因を診断して操作員に通知する機能である。ゲートに故障が発生した場合は、ゲートメーカ等の保守の専門家に依頼して故障箇所を 復旧している時間的余裕はない。このような場合に、速やかに 故障の原因を診断して操作員に通知することが可能である。 図-5にイメージ図を示す。

#### 3-1-3. 復旧支援機能

故障したゲート設備の復旧にあたる操作員に復旧方法を提示し、復旧作業が迅速に行えるよう支援する機能である。 洪水時のように緊急を要する際にゲート設備が故障した 場合は、操作員ができる範囲内において応急的な対応を行う 必要がある。このような状況において、故障原因に対応した 復旧方法や復旧の手順を提示し、その中からその時々の状 況に応じた最適な復旧作業ができることが可能である。 図-6にイメージ図を示す。



図-3 コンジット主ゲート個別監視画面



図-4 クレストゲート油圧監視画面



図-5 故障内容表示画面

	200 AV 40	white	-
		age, make age in-rande	-
E DOOD	100	unargunate.	12
0000		and, datting they tax	
The second second second	EEEE **	REPUTORS.	
	10	accepta.	
		Constants and the same	14.0
	the and the second	Rend Services NET DORFTON	

図-6 復旧方法表示画面

#### 3-1-4. 運転記録機能

ゲート運転時の設備状態(ゲート開度や圧力値、電流値、 電圧値等)をデータベースに詳細に記録する機能である。運 転記録機能は、記録したデータをグラフ表示、表計算用ソフ トに帳票出力する機能を有している。

#### 3-1-5. 保守点検支援機能

ゲート設備は、常に使用可能状態にありながら動かされる 機会がほとんどなく、洪水時には確実に開閉できることが求 められる。このような設備の確実な開閉を確保するために、 ゲート設備の運転、点検、整備に関する記録を所定の様式に 整理し、予防保全に役立てる機能である。

点検記録は、タブレット端末で点検結果を入力することで、 管理用サーバに入力データを保存することができる。また、 監視用PCからは点検結果の入力の他、点検フォーマットの修 正も可能である。傾向管理では、計測項目ごとに注意値、予 防保全値を設定することが可能であり、電流値や振動値等の 変化を年単位で帳票化、トレンドグラフ表示することできる。

図-7にイメージ図を示す。



図-7 保守点検支援機能 トレンドグラフ表示画面

#### 3-1-6. 学習支援機能

ダムに勤務している職員が、いつでもゲート設備の操作に 従事できるように、天ヶ瀬ダムおよびゲート設備に関する概要 や基礎知識について説明する機能である。設備の役割から配 置および操作説明までを写真や図解入りで作成した。

図-8、図-9、図-10にイメージ図を示す。



図-8 学習支援システム 再開発事業説明画面



図-9 学習支援システム ゲート設備選択画面



図-10 学習支援システム ゲート保護装置説明画面

#### 3-1-7. 操作支援機能

ゲート設備の操作に従事する操作員がゲートの操作方法を 学習する機能である。ゲート設備の操作方法を電源の投入か ら開閉操作に至るまで不慣れな操作員が容易に理解できるよ う作成した。非常停止操作の復旧方法など、一部の説明には 動画を取り入れた。

本機能は運転支援システムのタブレット端末にも保存され ており、タブレット端末を使用することで機側操作盤の前で 操作方法を確認しながらゲート操作に臨むことができる。

図-11にイメージ図を示す。



図-11 学習支援システム 操作支援画面

#### 4. まとめ

天ヶ瀬ダム再開発設備を取り入れた、天ヶ瀬ダムゲート設 備運転支援システム改修工事について報告した。近年は線状 降水帯による予期せぬ大雨などにより、ダムから緊急放流が 行われる事例が増えている。このような状況下において、本 工事の納入した運転支援システムが有効に活用され、故障発 生時の復旧支援等に役立てることができれば幸いである。

工事期間中はコロナ禍における影響を受け、購入品の納期 遅延や設計、製作管理面など多くの問題に直面したが、無事 竣工を迎えることができた。

最後に本工事の施工にあたり、発注者である淀川ダム統合 管理事務所の関係者各位をはじめ、多くのご指導とご協力を 頂いた工事関係者に深く御礼申し上げます。





## スーパー HSLスラブを用いた半断面床版架設に関する施工試験

#### 一 既設RC床版更新における床版接続部の構造及び施工法に関する開発 —

TAKAGI	<sup>Yusuke</sup>	<sup>KOBAYASHI</sup>	Shu	WAKABAYASHI Yoshiyuki
高木	祐介*	小林	崇*	若林良幸*
	AKAMATSU	<sup>Teruo</sup>	NAKAMURA	Sadaaki
	赤 松	輝雄**	中村	定明***

#### 1. はじめに

本施工試験は、大規模更新事業に関し「既設RC床版更新 における床版接続部の構造及び施工法に関する研究」という テーマで2017年8月から2019年7月まで首都高速道路(株)、(株) IHIインフラシステム、㈱駒井ハルテック、㈱IHIインフラ建設 の4社の共同研究内で実施したものである。交通量の多い首 都高速道路は、長期の通行止めが困難であることから、床版 取替工事では社会的影響を考慮した最小限の交通規制に留 める必要がある。そのため、夜間のみ1車線規制の半断面施 工により床版取替を行い、昼間は2車線の全面交通開放する 計画が検討されている。また、橋脚や基礎の補強を最小限に 抑えるため、床版取替による死荷重増を抑制する必要がある。 共同研究では、既設RC床版よりも軽量となる更新用床版とし て鋼床版とPC床版の両方を検討したが、本稿ではPC床版に ついて報告する。

更新用PC床版には、軽量プレキャストPC床版「スーパー HSLスラブ<sup>1)</sup>」(図-1)を用いる床版取替工法の検討を実施し た。スーパーHSLスラブは、粗骨材および細骨材に軽量骨材 を用いる軽量コンクリート2種を使用しており、RC床版と比較 し約34%軽量で、橋軸方向および橋軸直角方向の2方向を PC構造とすることで耐久性を確保している。図-2に床版取替 前後の断面図を示す。半断面施工において必要となる縦目地 は、1車線規制時に限られた幅員で車両通行幅を確保しなが ら施工する必要があるため、ある程度の目地幅が必要な鉄筋 継手によるRC接合でなく、目地幅が狭いPC接合とした。縦 目地は幅30mm、無収縮モルタルを充填し、床版下側に定着 突起を設けたキャップケーブル(ナット式定着のPC鋼より線) によってプレストレスを導入する計画とした。なお、新設縦桁 ST1およびST2は、一期施工側の床版を支持するために新た に設置する縦桁である。また、昼間全面交通開放に対し、軽 量プレキャストPC床版の橋軸方向にはPC鋼棒を設置し、床 版毎にPC鋼棒をカップラーにて接続しながらプレストレスを 導入することとした(図-3)。本稿では、スーパーHSLスラブを 用いた半断面施工による床版取替において、既設RC床版撤 去後の床版架設に関し実施した施工試験について報告する。

#### 2. 施工試験の概要

#### 2-1. 目的

施工試験は、床版架設における各工種の施工性および施 工時間を確認するため実施した。また縦目地は、図-2に示す ようにST2およびG2桁間に位置しており、鋼桁による橋軸直 角方向の拘束により縦目地にキャップケーブルによるプレスト

\*㈱IHIインフラ建設 開発部 開発G \*\*(株)|H|インフラ建設 開発部







図-2 床版取替前後の断面図

\*\*\*㈱IHIインフラ建設 橋梁事業部 技術部

レスが導入されにくいことが懸念された。そこで施工試験で は、縦目地付近のプレストレス導入前後のコンクリートひずみ を測定し、プレストレスの検証も実施した。

#### 2-2. 試験体概要および施工フロー

試験体概要図を図-4に示す。試験体は、対象橋梁を部分 的に模擬し、主桁は2箇所の横桁を含む橋軸方向6m、床版 は一期および二期施工で各2枚ずつの橋軸方向4mの範囲と した。床版の横目地の切欠きは、橋軸方向のPC鋼棒をカップ ラーにて接続するためのものである。別途検討することとし た壁高欄については模擬しなかった。施工試験の施工フロー を図-5に示す。②~⑤の施工は一期および二期施工で同様 に実施し、⑥~⑧の縦目地に関する施工は二期施工のみ実 施した。また、横目地や縦目地、ジベル孔などには、超速硬性 高強度無収縮モルタルを充填する計画とした。なお、PC鋼棒 やキャップケーブルのグラウト充填については、日々施工を予 定していないため、今回の試験では実施しなかった。



図-5 施工フロー 平面図 -期施工側 二期施工側 9200 縦目地 4520 30 4650 1442 横桁 0 0 CI 橋軸方向 PC鋼棒 026 Φ φ 0000 C2 2 3 C3 (4) ф 0009 C4 4000 橫目地 C5 切欠き φ ф C6 C7 (1)2000 Ż 3 Ċ ジベル孔 **C**8 0 558 (STI) (ST2) コンクリート ひずみゲージ 、横桁 (63) (62) 床版設置順序 (1)→(2)→(3)→(4) 断面図 8



図-4 試験体概要図

#### 3. 施工試験の結果

#### 3-1. 各工種の施工

#### (1)①準備工~②床版架設

写真-1~写真-3に①準備工(鋼桁組立)、一期施工および 二期施工での②床版架設の施工状況を示す。床版は、施工 車線側に設置した70tラフテレーンクレーンにて架設した。図 -6に縦目地のキャップケーブルシース接続部の断面図を示す。 PC鋼材のシース接続部には、一般的にスポンジゴム(図-6(a)) が用いられるが、今回は高耐久化を図るため接続シース (図-6(b))を用いた。写真-4は、一期施工側の床版に接続シー

スを設置した写真であるが、接続シースを設置する床版端部 をテーパー形状とし、接続シースがガイドとなることで二期施 工側の床版はスムーズに架設することが可能であった。

#### (2)③PC鋼棒組立~⑤PC鋼棒緊張

写真-5~写真-7に③PC鋼棒組立~⑤PC鋼棒緊張の施工 状況を示す。床版架設後のPC鋼棒組立時間の短縮のため、 PC鋼棒は床版架設前に床版内に挿入し架設した。③PC鋼棒 組立や④横目地モルタル充填は、想定よりも若干の時間を要し たため、施工計画のタイムスケジュールに反映することとした。



写真-1 ①準備工 (鋼桁組立)

写真-2 ②床版架設 (一期施工)

二期施工側





(a)スポンジゴム



一期施工側



(b) 接続シース 図-6 縦目地のキャップケーブル接続部



写真-4 キャップケーブル接続シース



写真-5③PC鋼棒組立

写真-6④横目地モルタル充填

写真-7 ⑤PC鋼棒緊張



写真-8 ⑦縦目地モルタル充填



写真-9⑧キャップケーブル緊張

#### (3)⑥キャップケーブル挿入・組立~⑧キャップケーブル緊張

キャップケーブルのシースは、曲線形状で縦目地にて接続 しているが、キャップケーブルの長さは比較的短く、床版下か らのキャップケーブルの挿入は容易であった。写真-8、9に⑦ 縦目地モルタル充填、⑧キャップケーブル緊張の施工状況を 示す。これらの工種は、概ね想定された施工時間以内で施工 可能であった。

#### 3-2. 縦目地のプレストレスの検証

キャップケーブルによる縦目地のプレストレスの検証のた め、縦目地付近のコンクリートひずみ(図-4、写真-8)を測定し た。図-7に、プレストレス導入時の一期施工側および二期施 工側のコンクリート表面ひずみの平均値(マイナスが圧縮)を 示す。横軸はキャップケーブル緊張順序における計測ステッ プであり、縦軸は斜線部のコンクリート表面ひずみの平均値 である。プレストレス導入直後のひずみの設計値-148µに対 し、緊張完了1時間後のひずみの測定値は一期施工側床版で -153µ、二期施工側床版で-167µであり、ともに設計値と同 程度であることが確認された。



#### 4. まとめ

スーパーHSLスラブを用いた半断面施工の床版架設に関す る施工性および縦目地付近のプレストレスを検証するため施 工試験を実施した結果、以下の事項が明らかとなった。

- (1)PC鋼棒組立や横目地モルタル充填については、想定よりも 時間を要したが、施工計画のタイムスケジュールに反映し、 夜間の限られた時間内での施工が可能であることが確認 できた。
- (2)半断面施工に必要な縦目地について、キャップケーブルの シースの接続や緊張などの施工性だけでなく、プレストレス 導入を検証することにより、本工法の妥当性が確認できた。

本開発は、首都高速道路㈱、㈱IHIインフラシステム、㈱ 駒井ハルテック、㈱IHIインフラ建設の共同研究の一環として 実施したものであり、関係各位に深く感謝の意を表します。

#### 【参考文献】

 小林崇、中村定明、廣井幸夫、郷保英之:「スーパーHSL スラブ」の開発、IHIインフラ技報 Vol.6、pp.155-162、 2017.12



橋梁維持管理支援システム



Bridge Management Support System





〒108-0023 東京都港区芝浦三丁目17番12号 吾妻ビル TEL.03-3769-8695 FAX.03-3769-8608

## パノラマカメラビュアーシステム panoca **P 口 口 こ る**を 活用した 橋梁の 維持管理



## 空間的に損傷を把握できる! ストラクチャーカメラで360度全方位をとらえ、

損傷位置の把握を1回の調査で完結できます!

損傷情報を画像リンクできる! 損傷情報をビュアーで入力して蓄積できます。 過年度比較や健全度判断にも最適です!





狭いところも暗いところもカバーできる! スマホサイズのカメラで狭隘部を撮影でき、 高照度のLEDで暗闇でも鮮明に撮影できます!





株式会社**||||**インフラシステム





A

株式会社アプリコアMSIS

**本社** 〒503-0006 岐阜県大垣市加賀野4丁目1-7

http://www.applicoremsis.co.jp

**Realize your dreams APPLICORE** MSIS



# 床版取替機 Sphinx「スフィンクス」





## Sphinx 5つの特徴

- ●床版撤去から架設までの一連の作業を装置1台で実現する多機能装置
- ●最大-5~+5%の縦横断勾配下での床版撤去、架設が施工可能

●クレーン、走行作業、吊荷の傾き調整など、リモコンによりリモート操作可能

- ●高速走行やスムーズな動作で、高速施工を実現
- 上空制限下の床版撤去、架設作業を実現する低い装置高さ



※本技報 P80の特集記事3もご参照ください。

### Realize your dreams

**東京事業所** 〒108-0023 東京都港区芝浦三丁目17番地12号 吾妻ビル TEL.03-3769-8692 FAX.03-3769-8608



株式会社|||インフラシステム

# (特許第6956585号) スーパーHSLスラブ

~軽量コンクリート2種を使用した道路橋RC床版取替用高強度軽量プレキャストPC床版~



強く・軽く

高強度軽量コンクリート コンクリート強度 50N/mm<sup>3</sup> コンクリート単位重量 16.5kN/m<sup>3</sup>

## 速く・高品質

プレキャスト部材 ●省力化 ●施工性向上

高耐久性

2方向PC構造 橋軸直角方向プレテンション 橋軸方向ポストテンション

# ●新第5700608号 Dエッジ鉄筋継手

~先端をD形状に拡径加工した鉄筋を用いたプレキャストPC床版の継手工法~

## Dエッジ鉄筋継手の概要

「**Dエッジ鉄筋継手**」は、熱間鍛造により先端をD形 状に拡径加工した鉄筋(Dエッジ鉄筋)を用いたプレ キャストPC床版の継手工法です。 継手部に作用する引張力を鉄筋の付着力と拡径加工

鉄筋先端の寸法(鉄筋D19)





#### プレキャストPC床版

#### 橋軸方向の接合 <sup>床版厚を確保</sup>

RCループ継手では、鉄筋の加工形状に より床版厚が制約を受ける場合があります が、「**Dエッジ鉄筋継手**」は、制約を受けるこ となく最小版厚を確保することが可能です。



#### 橋軸直角方向鉄筋の配置を効率化

「**Dエッジ鉄筋継手」**は、橋軸直角方向 鉄筋をDエッジ鉄筋の付け根部に預けて 床版を架設することが可能です。



100年相当以上の疲労耐久性を保有 「Dエッジ鉄筋継手」は、輪荷重走行疲

「**リエッジ」が前継手**」は、軸何里定行波 労試験により100年相当の疲労耐久性を 有することを確認しています。



## **IHI** Realize your dreams

株式会社IHIインフラ建設

お問合せ **営業本部** TEL.03-3699-2743 mail:iik-info\_iik@ihi-g.com



# ボルトアイキャップ

~接着によるボルト防錆用キャップ~



性能を確保!

本製品・工法では、琉球大学他で各種確認試験を実施し、性能・耐久性を確認しています。

ボルトの街を錆から守る。ツバ付帽子の 保安官。錆唐守(さびからまもる)です。



### Realize your dreams

## 株式会社IHIインフラ建設

覆により

お問合せ 関東支店 TEL.03-3699-2838 mail:iik-bic-mid@ihi-g.com





# 竣工工事一覧 2009-2020

## 竣工工事一覧(2009-2012)



上戸町高架橋 **工事名**:主要地方道長崎南環状線橋梁整備工事 (上戸町高架橋上部工) 所在地 :長崎県長崎市上戸町 **発注者**:長崎県



橋本高架橋 その9 工事名:第504工区(橋本)高架橋上部工(鋼桁) 新設工事(その9) 所在地:福岡市西区橋本1丁目地内 **発注者**:福岡北九州道路公社



西川内川橋 工事名: 東九州自動車道 西川内川橋 (鋼上部工)工事 所在地:宮崎県日向市大字富高~大字塩見 **発注者**: 两日本高速道路株式会社



次郎丸高架橋 その5

工事名:第504工区(次郎丸~橋本) 高架橋上下部工(鋼橋) 新設工事(その5) **所在地**:福岡県早良区次郎丸3丁目~ 西区橋本2丁目 **発注者**:福岡北九州道路公社



#### 簗川ダム10号橋

工事名: 簗川ダム付替国道106号10号橋 上部工製作·架設工事 所在地:岩手県盛岡市簗川地内 **発注者**:岩手県



#### 蓮峡線1号橋

工事名:平成20年度地方道路交付金第2-4分 0003号 一般地方道蓮峡線 (1号橋梁上部工)地方道路交付金工事 **所在地**:三重県松阪市飯高町森~宮本 **発注者**:三重県



#### 六重高架橋

**丁事名**: 尾道·松江白動車道六重高架橋綱 上部工事 **所在地**:島根県雲南市三刀屋町六重地内 **発注者**:国土交通省中国地方整備局



大野第 二高架橋架設

工事名:平成20年度 大野第二高架橋床版工事 **所在地**:和歌山県橋本市高野口町大野地先 **発注者**:国土交通省 近畿地方整備局



**工事名**: 平成19年度 国補橋梁・ 国 第2一分0002号 一般国道166号田引BP 国補橋梁整備(片平1号橋上部工その2)工事 所在地 三重県松阪市飯高町田引地内 三重県 発注者



福重高架橋 その11 工事名:第504工区(福重)高架橋上下部工(鋼橋) 新設工事(その11) 所在地:福岡県福岡市西区福重2丁目地内 **発注者**: 福岡北九州道路公社



**工事名**:1号工事用道路長野谷橋上部工工事 所在地 大分県大分市大字竹矢地先 **発注者**:国土交通省 九州地方整備局



昭和工区 **工事名**:県道高速名古屋新宝線 昭和工区上部工事 所在地:名古屋市港区昭和町~港区船見町 **発注者**:名古屋高速道路公社



湯西川ダム7号橋 **工事名**: 付替県道7号橋上部工事 所在地:栃木県日光市湯西川地先 **発注者**:国土交通省 関東地方整備局



山王ジャンクション 工事名:県道高速名古屋新宝線及び市道高速分岐 3号山王JCT工区上下部工事 所在地:名古屋市中川区西日置二丁目~ **発注者**:名古屋高速道路公社



久喜白岡Hランプ橋 **工事名**:首都圈中央連絡自動車道 久喜白岡ジャンクションHランプ橋 (綱上部工)工事 **所在地**:埼玉県久喜市下早見 **発注者**:東日本高速道路株式会社



油良高架橋 工事名:178号余部道路 油良高架橋上部工 (第2工区)工事 所在地:兵庫県美方郡香美町香住地区油良 **発注者**:兵庫県



清水高架橋 **工事名**:都市計画道路茨木箕面丘陵線外 清水高架橋梁鋼桁上部工事 (国道171号工区) 所在地:大阪府茨木市豊川3丁目~清水1丁目 **発注者**:大阪府



県道36号線ローゼ桁橋架設 **工事名**:県道36号線橋梁整備工事 (H21-6:ローゼ桁橋架設) 所在地:沖縄県うるま市塩屋地内 **発注者**:沖縄県



板ケ谷橋 工事名:第2東名高速道路 板ヶ谷橋(鋼上部工) トり線工事 **所在地**:静岡県掛川市寺島 **発注者**:中日本高速道路株式会社





東海ジャンクション 工事名:第二東名高速道路東海ジャンクション (綱上部工)工事 **所在地**:愛知県東海市新宝町~名和町 **発注者**:中日本高速道路株式会社

**工事名**:平成22-23年度衣笠高架橋上部工事 所在地:高知県南国市稲生 **発注者**:国土交通省四国地方整備局

神林高架橋

高嶺橋

発注者

衣笠高架橋

**工事名**: 日沿動 神林高架橋上部工事

**発注者**:国土交通省 北陸地方整備局

所在地:新潟県岩船郡神林村九日市~潟端地先

工事名:東名高速道路高嶺橋他1橋(鋼上部工)工事

愛知県西加茂郡三好町

中日本高速道路株式会社

**所在地**:愛知県豊田市本地町~



#### 新河原井橋

- **工事名**:国道122号新河原井橋上部工事 所在地:埼玉県南埼玉郡白岡町大字下大崎地先
- 発注者: 国土交通省 関東地方整備局



#### 安倍川橋

**工事名**:平成19年度 葵県道債第3号 (主)井川湖御幸線道路改良工事 (安部川橋併設橋上部工(その2)) 静岡県静岡市葵区中ノ郷、下地先 所在地





#### 銚子大橋その6

工事名:国道道路改築及び道路受託事業合併工事 (銚子大橋上部工その6) **所在地**:茨城県神栖市波崎地先 **発注者**:千葉県



#### 小出川ACランプ橋

- 工事名:さがみ縦貫小出川渡河部ACランプ橋 上部工事 **所在地**:神奈川県茅ケ崎市円蔵~
- 神奈川県茅ケ崎市萩園
- 発注者:国土交通省 関東地方整備局



#### きらく橋工区

- 工事名:県道高速名古屋新宝線きらく工区上部工事 所在地 :愛知県名古屋市港区千年3丁目~ 港区木場町
- **発注者**:名古屋高速道路公社



#### 港明丁区

- 工事名:県道高速名古屋新宝線港明工区上部工事 所在地:愛知県名古屋市港区港明2丁目~ 港区千年3丁目
- **発注者**:名古屋高速道路公社



加茂高架橋その2 **工事名**:第504工区(賀茂)高架橋新設その2 福岡県福岡市早良区賀茂2丁目~ 所在地 賀茂4丁目 **発注者**:福岡北九州高速道路公社



蒲郡西IC橋 工事名:平成20年度 23号蒲郡BP蒲郡西IC 橋綱上部丁事 **所在地**:愛知県蒲郡市柏原町 発注者:国土交通省中部地方整備局



菱田橋 **工事名**:地方道道路改築工事(菱田橋上部工) 所在地:千葉県山武郡芝山町菱田 **発注者**:千葉県



#### 金草川大橋

**工事名**:公建工第交建1-18-1号 公共 地方道路交付金事業(道路改築) (債務)工事 所在地:岐阜県養老郡養老町西岩道 **発注者**:岐阜県



#### 船見工区

**工事名**:県道高速名古屋新宝線船見工区上部工事 **所在地**:愛知県名古屋市港区船見町地内 **発注者**:名古屋高速道路公社



新荒川橋 **工事名**:新荒川橋上部工事 所在地:栃木県矢板市乙畑地先 **発注者**:国土交通省 関東地方整備局



一般府道緝延橋停車場線 橋りょう上部工事 所在地:大阪府池田市木部町 **発注者**:大阪府



#### 大任BP11号橋

工事名:国道322号香春大任バイパス11号橋 橋梁上部工工事(第1工区) 所在地:福岡県田川郡香春町大字中津原

**発注者**:福岡県



#### 家一郷川橋 **工事名**:東九州道(清武~北郷) 家一郷川橋上部丁丁事 所在地:宮崎県宮崎市大字鏡洲一 南那珂郡北郷町大字北河内

発注者: 国土交通省 九州地方整備局



新利根川橋 工事名:新4号新利根川橋上部工事 所在地:茨城県猿島郡五霞町大字大福田地先 発注者:国土交通省 関東地方整備局



麻生第一高架橋 **工事名**:能越道 麻牛第一高架橋上部工事 : 石川県七尾市麻生町地先 所在地 **発注者**:国土交通省 北陸地方整備局



南野P19-A2 工事名: 福岡208号 南野高架橋上部工(P19-A2) 丁事 **所在地**:福岡県柳川市大和町塩塚地内 **発注者**:国土交通省 九州地方整備局



岩田高架橋 工事名:平成21年度156号 岐阜東BP岩田高架橋上り鋼上部工事 所在地:岐阜県岐阜市岩田西 **発注者**:国土交通省中部地方整備局





南野P7-P13

**工事名**: 福岡208号 南野高架橋上部工 (P7~P13)工事 **所在地**:福岡県柳川市大和町栄地内 発注者:国土交通省 九州地方整備局



岐阜新川橋 **工事名**:公共広域河川改修事業(債務)工事、 公共交通連携推進事業(債務)工事 (仮称)新川橋上部工工事 **所在地**:岐阜県山県市高富地内



大沢寺高架橋 **工事名**:舞鶴若狭自動車道 大沢寺高架橋 (鋼上部工)工事

所在地:福井県小浜市大谷 **発注者**:中日本高速道路株式会社



壱番方第1高架橋 工事名: 圈央道壱番方地区第1高架橋上部工事 **所在地**: 埼玉県久喜市大字吉羽地先 **発注者**:国土交通省 関東地方整備局

絹延橋 工事名:

# 竣工工事一覧(2009-2012)



 第二音戸大橋
 2012 土木学会田中賞
 工事名:一般国道487号(警固屋音戸バイバス) 橋梁整備工事(第2音戸大橋上部工)
 所在地:広島県呉市普固屋8丁目~ 音頭町坪井1丁目
 発注者:広島県



**首都高速 隅角補強1-9** エ事名:(改)鋼製橋脚隅角部補強(その2) 工事1-9(東京) 所在地:東京都干代田区 発注者:首都高速道路株式会社



**鬼怒川新橋** 工事名: 鬼怒川新橋002号 所在地:茨城県筑西市関本下 発注者:茨城県



大和田高架橋 工事名:第二東名高速道路 大和田高架橋(鋼上部工)工事 所在地:静岡県掛川市大和田 発注者:中日本高速道路株式会社



 
 Huey P.Long橋拡幅

 工事名:Huey P.Long Widening (Huey P.Long橋拡幅工事)

 所在地:米国ルイジアナ州ニューオーリンズ

 発注者:ルイジアナ州交通開発局(LADOTD)



甘木橋頭首工 エ事名: 両筑二期 甘木橋頭首エゲート設備工事 所在地:福岡県朝倉市甘木地先 発注者:独立行政法人 水資源機構



#### **目屋渓大橋** 工事名:津軽ダム工事用道路目屋渓大橋

上部工工事 所在地:青森県中津軽郡西目屋村大字田代地内 発注者:国土交通省東北地方整備局



トルコ・イスタンブール地区 長大橋耐震補強工事 工事名:イスタンブール地区長大橋梁耐震補強工事 所在地:イスタンブール地区内 発注者:トルロ道路庁



長井ダム常用洪水吐
 工事名:長井ダム常用洪水吐ゲート新設工事
 所在地:左岸山形県長井市平野
 右岸山形県長井市寺泉
 発注者:国土交通省東北地方整備局



**工事名**:平成22年度東海環状大垣西IC-BCランブ橋鋼上部工事 所在地:岐阜県大垣市桧町 発注者:国土交通省中部地方整備局



東雲橋長寿命化工事 工事名:東雲橋長寿命化工事 所在地:東京都江東区東雲1丁目 発注者:東京都



儀間ダム取水放流設備 工事名:機間ダム取水放流設備工事 所在地:沖縄県島尻郡久米島町儀間地内 発注者:沖縄県



百間川河口水門 工事名:百間川河口水門増設ゲート工事 所在地:岡山県 発注者:国土交通省中国地方整備局



夕張シューパロダム 工事名:夕張シューパロダム放流設備工事 所在地:北海道夕張市南部東町 発注者:国土交通省北海道開発局



尾原ダム非常用放流設備 工事名:尾原ダム非常用放流設備工事 所在地:島根県雲南市木次町北原〜平田 発注者:国土交通省中国地方整備局



 ──ツ瀬発電所ダム非常用放流設備
 工事名: 一▽瀬発電所ダム非常用放流設備 改造工事
 改造工事
 所在地: 宮崎県西都市大字片内字片内 11768番地2
 発注者: 九州電力株式会社



**滝西橋** 工事名:第二東名高速道路 滝西橋(鋼上部工)工事 所在地:静岡県浜松市北区滝沢町 発注者:中日本高速道路株式会社



天白大橋 工事名:県道高速名古屋新宝線天白大橋上部工事 所在地:愛知県名古屋市港区船見町~ 東海市新宝町 発注者:名古屋高速道路公社



里川橋応急橋復旧仮橋(トライアス)
 エ事名:里川橋応急橋復日仮橋
 所在地:茨城県常陸太田市小沢町
 発注者:茨城県



東海IC西工区 工事名:県道高速名古屋新宝線東海IC(西)工区 上部工事 所在地:愛知県東海市新宝町地内 発注者:名古屋高速道路公社



**奈多・アイランドシティ添架管 工事名**:奈多・アイランドシティ汚水幹線(3) 築造工事 所在地:福岡市 発注者:福岡市



高洲明海4号橋 工事名:高洲·明海間4号橋梁工事(上部工) 所在地:千葉県浦安市高洲外 発注者:千葉県



北川第一橋 工事名:宮崎10号北川第一橋上部工(P3~P6) 所在地:宮崎県延岡市北川町長井地内 発注者:国土交通省九州地方整備局



**壮沢橋** 工事名:社沢橋上部工事 所在地:長野県北安曇郡小谷村北小谷地先 発注者:国土交通省北陸地方整備局


**引佐地区高架橋** 工事名:平成21年度三遠南信引佐地区 高架橋鎭上部工事 所在地:静岡県浜松市北区引佐町四方浄 発注者:国土交通省中部地方整備局



新湊川橋 工事名:平成22年度42号新湊川橋鋼上部工事 所在地:三重県熊野市新鹿町 発注者:国土交通省中部地方整備局



中曾根高架橋 工事名:平成22年度東海環状中曽根高架橋 鋼上部工事 所在地:岐阜県大垣市中曽根~桧町 発注者:国士交通省中部地方整備局



**鍋田3号橋** 工事名:鍋田ふ頭進入道路3号橋(仮称) 上部築道工事 所在地:愛知県弥富市鍋田町八穂 発注者:名古屋港管理組合



須鄉地区高架橋 工事名:圈央道須郷地区高架橋上部工事 所在地:埼玉県久喜市太田袋地先 発注者:国土交通省関東地方整備局



#### ク喜白岡JCT 工事名:首都圏中央連絡自動車道 久喜白岡ジヤンクション本線 第1高架橋(鋼上部工)工事 所在地:埼玉県久喜市下早見地内 発注者:東日本高速道路株式会社



橋脚隅角補強1-22 工事名:鋼製橋脚隅角部補強工事1-22 所在地:東京都港区海岸1丁目他 発注者:首都高速道路株式会社



水足南山第4高架橋 工事名:(主)加古川小野線東播磨南北道路 水足南山(第4)高架橋上部工事 所在地:兵庫県加古川市野口町水足 発注者:兵庫県



**桧南高架橋** 工事名:平成22年度東海環状桧南高架橋 御上部工事 所在地:岐阜県大垣市桧町 発注者:国土交通省中部地方整備局



若戸大橋ケーブル補修
 工事名:若戸大橋ケーブル関係補修工事(22-3)
 所在地:北九州市声畑区川代工丁目~
 若松区本町一丁目
 発注者:北九州市道路公社



加古川CDランプ 工事名:(主)加古川小野線 東播磨南北道路 CDランプ合流部橋上部工事 所在地:兵庫県加古川市野口町水足 発注者:兵庫県



**桧中央高架橋** 工事名:平成22年度東海環状桧中央高架橋 鋼上部工事 所在地:岐阜県大垣市桧町 発注者:国土交通省中部地方整備局



泊野道路22-2 工事名:道路改築工事(泊野道路22-2工区) 所在地:鹿児島県薩摩郡さつま町泊野地内 発注者:鹿児島県



東高架橋(その7) 工事名:圏央道東高架橋上部その7工事 所在地:茨城県稲敷郡河内町十三間戸地先 発注者:国土交通省関東地方整備局



**桧北高架橋** 工事名:平成22年度東海環状桧北高架橋 鋼上部工事 所在地:岐阜県大垣市桧町 発注者:国土交通省中部地方整備局



 飯積高架橋
 工事名:平成22年度東海環状飯積高架橋 鋼上部工事
 所在地:岐阜県養老郡養老町飯積
 発注者:国土交通省中部地方整備局



開成高架橋 工事名:一般県道小田原松田線開成高架橋 新設(上部工)工事 所在地:神奈川県足柄上郡開成町吉田島地内 発注者:神奈川県



 由利橋
 工事名:由利橋架替事業上部工工事
 所在地:秋田県由利本荘市石脇学下夕畑~ 巣組地内
 発注者:由利本荘市



NEXCO 養老JCT 工事名:名神高速道路 養老ジャンクション (領上部工)工事 所在地:岐阜県養老郡養老町飯積〜金屋 発注者:中日本高速道路株式会社



小手子橋

**工事名**:(主)香住村岡線 小手子橋上部工工事 所在地:兵庫県美方郡香美町村岡区境 発注者:兵庫県



工事名:首都圏中央連絡自動車道関口橋 (鋼上部工)工事 所在地:神奈川県厚木市関□ 発注者:中日本高速道路株式会社



平蔵川橋

 湾岸根岸高架橋架設
 工事名:湾岸道路根岸地区高架橋架設(その2) 工事
 所在地:横浜市中区千鳥町〜磯子区鳳町
 発注者:国土交通省関東地方整備局



上衣文高架橋 工事名:橋りよう整備事業一般国道473号 上衣文高架橋上部工事 所在地:愛知県岡崎市上衣文町地内 発注者:愛知県

# 竣工工事一覧(2010-2013)



高見工区 **T事名**:高見丁区綱桁丁事 :大阪府大阪市此花区高見 所在地 **発注者**:阪神高速道路株式会社



加草橋 **工事名**:国補地道 第23-03-809-Z-002号 橋梁上部工事(仮称)加草橋 所在地:茨城県筑西市小栗地内 **発注者**:茨城県



新昭和橋側道橋 工事名:さがみ縦貫相模原IC歩道橋設置(その2) 工事 所在地:神奈川県相模原市南区当麻地先

**発注者**:国土交诵省 関東地方整備局



宮中取水ダム 工事名:宮中取水ダム魚道ゲート取替 新潟県十日町市 所在地 **発注者**:東日本旅客鉄道株式会社



白銀橋 工事名:夕張シューパロダム 付替市道白銀橋 上部第1工区工事 **所在地**:北海道夕張市 **発注者**:国土交通省 北海道開発局



池ノ内高架橋 工事名:京都第二外環状池ノ内高架橋工事 **所在地**:京都市西京区大原野灰方町 **発注者**:国土交通省 近畿地方整備局



#### 衣笠高架橋

**丁事名**: 平成23~24年度 衣笠高架橋上部丁事 所在地:高知県南国市稲生 **発注者**:国土交通省四国地方整備局



野家高架橋 工事名: 福知山道路野家高架橋上部(下り)工事 **所在地**:京都府福知山市堀地先 **発注者**:国土交通省 近畿地方整備局



修理ドック **工事名**: 磯子工場 修理ドックゲート取替工事 所在地:神奈川県横浜市

ジャパンマリンユナイテッド磯子工場 発注者 (旧アイ・エイチ・アイ マリンユナイテッド 横浜工場)



胆沢ダム 工事名:胆沢ダム放流設備新設工事 岩手県奥州市胆沢区若柳地内 所在地 **発注者**:国土交通省 東北地方整備局





: 栃木県日光市西川地先 発注者:国土交通省 関東地方整備局



T事名: Binh橋補修丁事 **所在地**:ペトナム社会主義共和国ハイフォン市 発注者:ペトナム社会主義共和国 ハイフォン人民委員会



新田橋 **工事名**:新田橋工事(上部工) 所在地:宮城県栗原市若柳字川南北谷地地内 **発注者**:宮城県



勝間田川水門 **工事名**:平成23年度[第23-K2510-01号] 二級河川勝間田川 地震·高潮対策事業 (水の安全・安心)工事(水門ゲート工) **所在地**:静岡県島田市静波地先 **発注者**:静岡県



大河津可動堰 工事名:大河津可動堰改築ゲート設備工事 新潟県燕市五千石地先 所在地 **発注者**:国土交通省 北陸地方整備局



丹生川ダム

**工事名**:公共河川総合開発事業 丹生川 多目的ダム取水放流設備工事(4年債務) 所在地:岐阜県高山市丹生川町折敷地地内 **発注者**:岐阜県



原町火力発電所

工事名:原町火力(発)取水口除塵機復旧工事 (災害)(2号) **所在地**:福島県南相馬市原町区 **発注者**:東北電力株式会社



六ケ井堰 **工事名**:(一)加古川水系東条川

六ヶ井堰上部工工事 所在地:兵庫県小野市住吉町地内 発注者 : 兵庫県



釜石港湾口地区湾口防波堤 工事名:平成23年度 釜石港湾口地区湾口防波堤 (災害復旧)本体工事(その2) 所在地 岩手県釜石市 発注者:国土交通省 東北地方整備局



横山ダム選択取水設備 工事名:平成20年度横山ダム選択取水設備工事 所在地:岐阜県揖斐郡揖斐川町東横山、西横山 **発注者**:国土交通省中部地方整備局



GEOCUBE工法 工事名:マックスバリュエクスプレス市川新田店 新築丁事 **所在地**:千葉県市川市 **発注者**:物林株式会社



隅田水門 ゲート設備改修工事 工事名:H23 隅田水門ゲート設備改修工事 **所在地**:東京都墨田区墨田地先 **発注者**:国土交通省 関東地方整備局



リニアモータ駆動型制振装置 工事名:NTTドコモ東北ビル向け制振装置 所在地:宮城県仙台市 **発注者**:鹿島建設株式会社

湯西川ダム 2013 ダム工学会技術賞 **工事名**: 取水放流設備工事 所在地





海老川水管橋 工事名:海老川水管橋改修工事 所在地:千葉県船橋市 発注者:千葉県



海山IC Eランプ橋 工事名:平成21年度紀勢線海山IC Eランプ橋鋼上部工事 所在地:三軍県北学業部紀北町河山区船津 発注者:国土交通省中部地方整備局



同凍川間 工事名:常磐自動車道高瀬川橋(鋼上部工)工事 所在地:福島県双葉郡双葉町大字山田~ 福島県双葉郡浪江町大字小野田

**発注者**:東日本高速道路株式会社



**綾野南高架橋** 工事名:平成21年度東海環状綾野南高架橋 鋼上部工事 所在地:岐阜県大垣市綾野

発注者:国土交通省中部地方整備局



荒川湾岸橋耐震補強 工事名:(改費)荒川湾岸橋耐震補強工事 所在地:東京都江東区新木場4丁目 発注者:首都高速道路株式会社



福波第1高架橋 工事名:仁摩温泉津道路 福波第1高架橋 鋼上部工事 所在地:島根県太田市温泉津町福光地内 発注者:国土交通省 中国地方整備局



新坂越橋添架管 工事名:(仮称)新坂越橋添架管設置工事 所在地:兵庫県赤穂市坂越地内 発注者:赤穂市



内頭川橋梁 工事名:平成21年度紀勢線内頭川橋梁 鋼上部工事 所在地:三里県北牟婁郡紀北町海山区船津 発注者:国土交通省中部地方整備局



**養老JCT EHランプ** エ事名:平成22年度 東海環状養老JCT・ EHランプ橋鋼上部工事 所在地:岐阜県養老郡養老町直江 発注者:国土交通省 中部地方整備局

篠原橋



新川橋 工事名:新川橋架替工事(その3) 所在地:東京都江戸川区江戸川6丁目外 発注者:東京都



 大井環七立体山側
 工事名:大井環七立体(山側)上部(その2)工事
 所在地:東京都大田区東海一丁目へ 大田区東海三丁目
 発注者:国土交通省関東地方整備局



#### 高辻入口改築

工事名:平成21年度大高線高辻入口本線合流部 改築工事 所在地:愛知県名古屋市瑞穂区堀田通3丁目~

堀田通4丁目 発注者:名古屋高速道路公社



改)構造物改良1-1 工事名:(改)構造物改良工事1-1 所在地:東京都港区海岸一丁目 発注者:首都高速道路株式会社



大井環七立体海側
 工事名:大井環七立体(海側)上部(その2)工事
 所在地:東京都品川区八潮三丁目マー
 大田区東海三丁目地先
 発注者:国土交通省 関東地方整備局



三宅高架橋 工事名:都市計画道路大和川線三宅高架橋 上部工事 所在地:大阪府松原市三宅西7丁目~ 松原市三宅中7丁目 発注者:大阪府



**宮島江湖川橋** 工事名:道路改築工事(宮島江湖川橋) 所在地:徳島県徳島市川内町宮島本浦〜鶴島 発注者:徳島県



**支承連結2-44 工事名**:(改)支承·連結装置耐震性向上工事2-44 所在地:千葉県市川市本行德、上妙典他 発注者:首都高速道路株式会社



**花水川橋** 工事名:一般国道134号 花水川橋新設(上部工) 工事 所在地:神奈川県平塚市虹ケ浜〜唐ヶ原地内 発注者:神奈川県



#### **船津川橋** 工事名:平成23年度紀勢線船津川橋鋼上部工事 所在地:三重県北牟婁郡紀北町 発注者:国土交通省中部地方整備局

江波西工区 工事名:高速3号線 鋼上部工工事(江波西工区) 所在地:広島市中区江波西二丁目外 発注者:広島高速道路公社



青海・台場クロスウオーク 工事名:357号 お台場中央連絡橋工事 所在地:東京都江東区青梅一丁目地先 発注者:国土交通省関東地方整備局



八重洲線架替工事 2013 ±木学会田中賞 工事名:(負)高速八重洲線高速架替上部⋅ 橋脚工事 所在地:県京都中央区銀座8丁目 発注者:首都高速道路株式会社



日向大橋P5-A2 工事名:宮崎10号日向大橋上部工(P5~A2)工事 所在地:宮崎県宮崎市佐土原町下田島地内 発注者:国土交通省九州地方整備局

# 竣工工事一覧(2011-2014)



湾岸磯子高架橋(その2)工事 工事名:湾岸道路磯子高架橋(その2)工事 所在地:神奈川県横浜市磯子区磯子1丁目地先 発注者:国土交通省関東地方整備局



熊野宮川橋 工事名:平成23年度42号熊野宮川橋鋼上部工事 所在地:三重県熊野市大泊町 発注者:国土交通省中部地方整備局



新坂越橋 工事名:(国)250号 坂越道路(仮称)新坂越橋 上部工工事 所在地:兵庫県赤穂市高野 発注者:兵庫県



滝の谷川橋

工事名:紀北東道路滝の谷川橋鋼上部工工事 所在地:和歌山県伊都郡かつらぎ町笠田中地先 発注者:国土交通省近畿地方整備局



#### 国分寺陸橋

工事名:国分寺陸橋(仮称)鋼けた製作:架設工事 所在地:東京都国分寺市内藤一丁目地内から 同市日吉町一丁目地内 発注者:東京都



#### 鮫川大橋

工事名:国道6号 鮫川大橋上部工工事 所在地:福島県いわき市錦町川原地内 発注者:国土交通省 東北地方整備局



香宗川橋 工事名:平成24-25年度香宗川橋上部工事 所在地:高知県香南市野市町土居 発注者:国土交通省四国地方整備局



中波2号跨道橋 工事名:能越道中波2号跨道橋工事 所在地:富山県氷見市中波地先 発注者:国土交通省北陸地方整備局



德島東環状線末広住吉工区 工事名:H24 德環末広住吉PRC橋上部工事 所在地:德島県徳島市城東町2丁目 発注者:徳島県



小沢川橋補強工事 工事名:小沢川橋他3橋橋梁補修工事 所在地:長野県伊那市小沢地内 発注者:中日本高速道路株式会社



ユ州主他 工事名:五輪堂橋橋梁上部工事 所在地:茨城県かすみがうら市高倉地先 発注者:茨城県

京極発電所 ドラフトゲート工事



工事名:東九州道(鹿屋~曽於)篭谷橋上部工工事 所在地:鹿児島県曽於郡大崎町篭谷地内 発注者:国土交通省九州地方整備局



岩淵水門 ゲート設備改修工事 工事名:H23 岩淵水門ゲート設備改修工事 所在地:東京都北区志茂地先 発注者:国土交通省 関東地方整備局



新淀川大橋耐震対策工事 工事名:新淀川大橋耐震対策工事-2 所在地:大阪府大阪市北区~淀川区 発注者:大阪市



堀切菖蒲水門 ゲート設備改修工事 工事名: H23 堀切菖蒲水門ゲート設備改修工事 所在地:東京都葛飾区堀切地先 発注者:国土交通省 関東地方整備局



今上落排水樋管 工事名:H23今上落排水樋管グ一ト設備工事 所在地:千葉県流山市流山1丁目地先 発注者:国土交通省関東地方整備局



大ク瀬ダム ゲート設備改修工事 工事名:天ケ瀬ダムゲート設備改修工事 所在地:京都府宇治市槙島町六石 発注者:国土交通省近畿地方整備局



**坊川排水樋管 ゲート設備修繕工事** 工事名: H24 坊川排水樋管ゲート設備修繕工事 所在地: 埼玉県八潮市坊地先 発注者:国土交通省 関東地方整備局



小池川ゲート 津波対策改修工事 工事名:H24 小池川ゲート津波対策改修工事 所在地:静岡県静岡市清水区蒲原地先 発注者:国土交通省関東地方整備局



新湊川橋 合成床版 工事名:平成22年度 42号新湊川橋鋼上部工事 所在地:三重県熊野市新鹿町 発注者:国土交通省中部地方整備局



鳴鹿大堰 ゲート設備修繕工事 工事名:鳴鹿大堰ゲート設備修繕工事 所在地:福井県吉田郡永平寺町法寺岡地先 発注者:国土交通省 近畿地方整備局



Osman Gazi橋 主塔制振装置 エ事名: Izmit Bay crossing Suspension Bridge project イズミット湾横断橋プロジェクト 所在地: Izmit Korfez Gecis Koprusu Santiyesi, Diliskelesi.Dilovasi 41455-Kocaeli 発注者: NOMAYG





 緑川ダムクレストゲート2号開閉装置改修工事
 エ事名:緑川ダムクレストゲート2号開閉装置 改修工事
 内体地:熊本県下益地郡美里町畝野
 発注者:国土交通省九州地方整備局



 
 飲川大橋添架
 工事名: 鮫川大橋関連配水管新設工事(飯川大橋添架)
 所在地:福島県いわき市錦町川原地先 発注者:しわき市



新利根川橋その3 工事名:新4号新利根川橋上部(その3)工事 所在地:茨城県古河市水海字内城 発注者:国土交通省関東地方整備局



**守口」CT 工事名**: 近畿自動車道 守ロジャンクション(鋼上部) 工事 所在地: 大阪府守口市大日町 発注者: 西日本高速道路株式会社



伊達野高架橋 工事名:伊達野高架橋上部工事 所在地:高知県南国市伊達野 発注者:国土交通省四国地方整備局



袋河原橋送水管添架 工事名: 袋河原橋送水管添架工事 所在地:鳥取県鳥取市河原町袋河原地内ほか 発注者:鳥取市

工事名:環状第2号線 隅田河橋りょう(仮称)

鋼けた制作·架設工事(23五-環2) 所在地:東京都中央区勝どき五丁目から

同区築地五丁目地内

築地大橋

**発注者**:東京都

平高架橋



Nhat Tan橋(日越友好橋) 工事名: Nhat Tan Bridge Construction Project PACKAGE-1 所在地:ペトナム社会主義共和国 ノレイ市 発注者: ペトナム社会主義共和国 運輸交通省(MOT)



印旛捷水路橋 工事名:社会資本総合交付金工事 (仮称印旛捷水路上部工その6) 所在地:千葉県印西市吉高〜山田 発注者:千葉県



**K**江大信

工事名:高砂町中島柳井原線 渡河部橋梁上部工事 所在地:岡山県倉敷市船穂町水江 発注者:倉敷市



**矢作古川橋** 工事名:23号岡崎BP矢作古川橋東鎭上部工事 所在地:愛知県西尾市小島町 発注者:国土交通省中部地方整備局



#### 今切川橋

工事名:四国横断自動車道 今切橋(鋼上部工)工事 所在地:德島県板野郡北島町中村~徳島市川内町 発注者:西日本高速道路株式会社



新長岸橋 工事名:緊急地方道路整備工事 所在地:德島県板野郡松茂町長岸 発注者:徳島県



**札幌大橋** 工事名:一般国道337号 当別町 札幌大橋上部工事 所在地:北海道石狩郡当別町 発注者:国土交通省:北海道開発局



西之川高架橋南 工事名:東海環状西之川高架橋南鋼上部工事 所在地:岐阜県大垣市西之川町地内 発注者:国土交通省中部地方整備局



石山高架橋補修工事 工事名:国道1号石山高架橋橋梁補修工事 所在地:滋賀県大津市松原町地先 発注者:国土交通省近畿地方整備局



**工事名**:近畿自動車道紀勢線平高架橋上部工事 所在地:和歌山県西牟婁郡白浜町平地先~

十九渕地先

**発注者**:国土交诵省 近畿地方整備局

利和社人情 工事名:清音神在本線改良(上部工)工事 所在地:岡山県総社市富原地内 発注者:総社市



· **闪焉川临** 工事名:常盤自動車道羽黒川橋(上部工)工事 所在地:福島県双葉郡双葉町大字山田 発注者:東日本高速道路株式会社

2015 土木学会田中賞

YK13工区

**工事名**:YK13工区(1)上部工事

港北区新羽町まで **発注者**:首都高速道路株式会社

所在地:神奈川県横浜市都筑区川向町から



大平橋補強工事 工事名:大平橋補強工事 所在地:岩手県釜石市大平町3丁目地内 発注者:国土交通省東北地方整備局



**鹿野川ダム低水放流設備** エ事名:平成24-25年鹿野川ダム低水放流設備 工事 所在地:愛媛県大洲市肱川町山島坂地先 発注者:国土交通省四国地方整備局

216



由良川橋

**工事名**:丹波綾部道路由良川橋広野地区上部工事 所在地:京都府船井郡京丹波町広野地先 発注者:国土交通省近畿地方整備局

### 

工事名:東北自動車道 綱木川橋床版補強工事 所在地:宮城県仙台市太白区茂庭字人来田中~ 宮城県仙台市泉区七北田字大沢柏 発注者:東日本高速道路株式会社



天神川水門 (2016 土木学会テザイン賞最優秀賞)
 工事名:大橋川天神川水門ゲート新設工事
 所在地:島根県松江市袖師町地先
 発注者:国土交通省 中国地方整備局

## 竣工工事一覧(2014-2016)



III馬渓ダムオリフィスゲート機械設備改修工事 工事名: III馬渓ダムオリフィスゲート機械設備 改修工事 所在地:大分県中津市耶馬渓町柿坂地先 発注者: 国土交通省 九州地方整備局



菅沢ダムコンジットゲート エ事名:菅沢ダムコンジットゲート修繕工事 所在地:鳥取県日野郡日南町菅沢地内 発注者:国土交通省中国地方整備局



**猿羽根大橋耐震補強** 工事名: 猿羽根大橋耐震補強 所在地:山形県尾花沢市大字毒沢地内 発注者:山形県



本牧6号橋 工事名:湾岸道路本牧地区6号橋工事 所在地:神奈川県横浜市中区本牧び頭地先 発注者:国土交通省関東地方整備局



北丘高架橋(交差部)

工事名: 平成26年度北丘高架橋空港自動車道 交差部上部工工事 所在地: 沖縄県島尻郡南風原町与那覇地内 発注者: 沖縄県



猿橋



大鳴ダム取水設備改良工事 工事名:大鳴ダム取水設備改良工事 所在地:福岡県宮若市犬鳴 発注者:福岡県



12選浮消波堤 工事名:津島地区水産生産基盤整備工事 北灘漁場(養殖施設)分割の1 所在地:愛媛県宇和島市津島町大浜 発注者:宇和島市



 勝どき高架橋
 工事名:環2勝どき高架橋(仮称)鋼けた及び 鋼製橋脚製作架設工事(24--環2築地)
 所在地:東京都中央区勝どき六丁目地内から 同区勝どき五丁目地内
 発注者:東京都



**弥栄ダム取水放流設備外整備工事** 工事名:弥栄ダム取水放流設備外整備工事 所在地:山口県岩国市小瀬地先 発注者:国土交通省中国地方整備局



繁和橋(トライアス) 工事名:平成26年度 繁和橋橋梁架替工事 所在地:大阪府和泉市繁和町、肥子町二丁目地内 発注者:和泉市



川越北環状R側 工事名:社会資本整備総合交付金(街路)工事 (2工区上部工R側) 所在地:埼玉県川越市今成地内 発注者:埼玉県



 丁事名:三階橋改築工事(鋼桁製作架設工) 所在地:愛知県名古屋市北区辻町6丁目から 守山区瀬古1丁目 発注者:名古屋市

A突堤ランプ整備工事

二瀬ダム選択取水設備

**工事名**:二瀬ダム選択取水設備新設工事 所在地:埼玉県秩父市大滝地先

発注者:国土交通省関東地方整備局

**発注者**:横浜市

工事名:臨港道路本牧ふ頭A突堤ランブ

**所在地**:神奈川県中区本牧ふ頭A突堤内

整備工事(上部工その1)



八田原ダム取水・放流設備整備工事 工事名:八田原ダム取水・放流設備整備工事 所在地:広島県世羅郡世羅町小谷地先 発注者:国土交通省中国地方整備局



下宮高架橋北 工事名:東海環状下宮高架橋北PC上部工事 所在地:岐阜県安八郡神戸町下宮 発注者:国土交通省中部地方整備局



 妙典橋上部工その2
 工事名:社会資本整備総合交付金工事 ((仮称)妙典橋上部工その2)
 所在地:千葉県市川市高谷
 発注者:千葉県



 新矢作川橋
 工事名:平成26年度23号岡崎BP新矢作川橋 鋼上部工事
 所在地:愛知県西尾市志貴野町~安城市藤井町
 発注者:国土交通省中部地方整備局



花島高架橋 工事名:圖央道花島高架橋上部工事 所在地:茨城県常総市花島町地先 発注者:国土交通省関東地方整備局



鶴田ダム増設放流ゲート エ事名:鶴田ダム増設放流ゲート製作据付工事 所在地:鹿児島県薩摩郡さつま町神子地内 発注者:国土交通省九州地方整備局



鍋田3号橋2期線

**発注者**:名古屋港管理組合

工事名:鍋田/公頭進入道路3号橋(仮称)

上部築造工事(その2)

所在地:愛知県弥富市鍋田町八穂及び地先

 幌向川西5号橋
 丁事名:石狩川改修附带工事の内 候向川西5号橋上部工製作架設工事
 所在地:北海道江別市
 発注者:国土交通省北海道開発局



本牧5号橋 工事名:湾岸道路本牧地区5号橋工事 所在地:横浜市中区本牧ふ頭地先 発注者:国土交通省関東地方整備局



鶴田ダム増設放流管 エ事名:鶴田ダム増設放流管製作据付工事 所在地:鹿児島県薩摩郡さつま町神子地内 発注者:国土交通省九州地方整備局



四日市場調節水門 工事名:四日市場調節水門整備工事 所在地:宮城県柴田郡柴田町槻木四日市場地内 発注者:宮城県



**船堀橋(北側昇降設備連絡通路橋)** 工事名:船堀橋北側昇降設備連絡通路 橋製作架設工事 所在地:東京都江戸川区東小松川地内 発注者:東京都



**和歌山基地 No.3投入シュート 設備更新工事** 工事名:和歌山基地No.3投入シュート 設備更新工事 所在地:和歌山県和歌山市孝2675-26

所在地:和歌山県和歌山市湊2675-26 発注者:大阪湾広域臨海環境整備センター



 横浜港臨港道路南本牧公頭本牧線
 (Ⅲ-1工区)高架橋上部工事
 工事名:横浜港區港道路南本牧ふ頭本牧線 (Ⅲ-1工区)高架橋上部工事
 所在地:横浜市中区錦町地内
 角発者: 国土交通省 関東地方整備局



(高負)YK42工区(1-2)YK43工区(B(1)・ D(1)連結路)上部·橋脚工事

**工事名**:(高負)YK42工区(1-2)YK43工区(B(1)-D(1)連結路)上部-橋脚工事 所在地:横浜市鶴見区生麦1丁目から3丁目 発注者:首都高速道路株式会社



鶴田ダム取水用制水ゲート エ事名:鶴田ダム取水用制水ゲート製作据付工事 所在地:鹿児島県薩摩郡さつま町神子地内 発注者:国土交通省九州地方整備局



金出地ダム取水放流設備 エ事名:金出地ダム取水放流設備製作据付工事 所在地:兵庫県赤穂郡上郡町金出地地先 発注者:兵庫県



深日高架橋上部工事 工事名:第二阪和国道深日高架橋他PC上部工事 所在地:大阪府泉南郡岬町深日地先 発注者:国土交通省近畿地方整備局



織<br/>
笠高架橋補強工事<br/>
工事名:<br/>
織笠高架橋補強工事<br/>
所在地:<br/>
岩手県下閉伊郡山田町織笠第1地割~<br/>
第9地割地先<br/>
第2社者:<br/>
国土交通省東北地方整備局



渡良瀬調節池第1排水門ゲート 設備修繕工事 工事名:H26-27渡良瀬調節池第1排水門ゲート

設備修繕工事 所在地:埼玉県加須市柏戸地先 発注者:国土交通省関東地方整備局



YK43工区(A·C連結路)上部·橋脚工事 工事名: YK43工区(A·C連結路)上部·橋脚工事 所在地: 横浜市鶴貝区生麦2丁目 発注者: 首都高速道路株式会社

5

ハ幡ジャンクション(鋼上部工)工事 工事名:新名神高速道路八幡ジャンクション橋 (鋼上部工)工事 所在地:京都府京田辺市松井今池~ 八幡市美濃山家ノ前 発注者:西日本高速道路株式会社



津軽ダム常用洪水吐ゲート エ事名:津軽ダム常用洪水吐ゲート設備新設工事 所在地:青森県中津軽郡西目屋村大学居森平地内 発注者:国土交通省東北地方整備局



 葛木電法師線架設工事
 工事名:平成26年度第3-6号葛木電法師線 都市計画由路工事
 所在地:滋賀県甲賀市甲南町葛木他
 発注者:滋賀県



新田原井堰 5号ゲート設備整備工事 エ事名:国営施設機能保全事業 吉井川地区 新田原井堰5号ゲート設備整備工事 所在地:岡山県和気郡和気町田原上地先 発注者:農林水産省中国四国農政局



YK11(1)(3) 工事名:YK11工区(1)·(3)上部·橋脚工事 所在地:神奈川県横浜市都筑区川向町 発注者:首都高速道路株式会社



 朝明川橋他1橋(鋼・PC複合上部工)工事
 工事名:新名神高速道路朝明川橋他1橋 (鋼・PC複合上部工)工事
 所在地:三重県四日市市小牧町~ 三重県三重郡菰野町川比
 発注者:中日本高速道路株式会社



**城陽ジャンクションGランプ橋他2橋** (鋼・PC複合上部工)工事 工事名:新名神高速道路城陽ジャンクション Gランプ橋也2橋(鋼)PC複合上部工)工事 所在地:京都府城陽市寺田〜水主 発注者:西日本高速道路株式会社



高州高架橋(鋼上部工)北工事 工事名:東京外環自動車道高州高架橋(鋼上部工) 北工事 所在地:埼玉県三郷市鷹野3丁目から高州1丁目

所在地:埼玉県三郷市鷹野3丁目から高州1丁目 発注者:東日本高速道路株式会社



**金武BP1号橋上部工(P7~A2)工事 工事名**:平成25年度金武BP1号橋上部工 (P7~A2)工事 所在地:沖縄県国頭郡金武町字金武地内 発注者:内閣府沖縄総合事務局



大山高架橋PC上部工事

工事名:安芸バイパス大山高架橋PC上部工事

所在地:広島県広島市安芸区上瀬野町地内

**発注者**:国土交通省中国地方整備局

工事名:27道新·道改第1-1号橋梁上部架設工事 所在地:茨城県下妻市大宝地先 発注者:下妻市



上部工補強工事1-5 工事名:(改)上部工補強工事1-5 所在地:東京都世田谷区三軒茶屋二丁目他 発注者:首都高速道路株式会社

# 竣工工事一覧(2015-2017)



粟田橋上部工事 **工事名**:(主)三木宍粟線 粟田橋上部工事 所在地:兵庫県小野市住永町 **発注者**:兵庫県



常名高架橋上部(3)工事 工事名:国道6号土浦BP常名高架橋上部(3)工事 **所在地**:茨城県土浦市常名地先 **発注者**:国土交通省 関東地方整備局



東海環状スポーツプラザ高架橋 鋼上部工事

工事名:平成27年度 東海環状スポーツプラザ 高架橋鋼上部工事 所在地

岐阜県養老郡養老町高田地先 **発注者**:国土交通省 中部地方整備局



新斧研橋 拡幅工事

工事名: 平成27年度第A101-02号 大津信楽線補助道路整備工事 所在地:滋賀県大津市上田上牧町 **発注者**:滋賀県



釜石地区橋梁補強補修工事 **工事名**: 釜石地区橋梁補強補修工事 所在地:岩手県釜石市嬉石町3丁目地内 **発注者**:東北地方整備局 三陸国道事務所



内妻高架橋耐震補強工事 **工事名**:内妻高架橋耐震補強工事 **所在地**: 徳島県海部郡牟岐町内妻地先 発注者:国土交通省四国地方整備局



東海環状東員員弁南高架橋鋼上部工事 **T事名**: 平成26年度 東海環状東昌昌弁南高架橋 鋼上部工事 三重県員弁郡東昌町 所在地 **発注者**:国土交通省 中部地方整備局



·般国道480号 第3橋梁上部工事 **工事名**:一般国道480号 第3橋梁上部工事 **所在地**:大阪府和泉市父鬼町地内 **発注者**:大阪府



丁事名 紀北西道路 北別所高架橋上下部工事 **所在地**:和歌山県和歌山市上黒谷地先~ 北別所地先

登注者 国土交诵省 近畿地方整備局



道路改築工事(上分2号橋上部工) **工事名**:道路改築工事(上分2号橋上部工) 徳島県名西郡神山町上分 所在地 **発注者**:徳島県



稲荷大橋拡幅工事 工事名:平成27年度 第B212-2号 幸津川服部線 補助道路整備工事(稲荷大橋) **所在地**:滋賀県守山市幸津川町 : 滋賀県守山市幸津川町 発注者



大渡ダム大橋補修-2 工事名:平成28年度大渡ダム大橋橋梁補修工事 所在地:高知県吾川郡仁淀川町森山から高瀬 発注者:国土交通省四国地方整備局



出屋敷高架橋Cランプ鋼上部工事 **工事名**:大和御所道路出屋敷高架橋Cランブ 鋼上部工事 奈良県五條市出屋敷地先 所在地 **発注者**:国土交通省 近畿地方整備局



大原川橋鋼上部工事 **工事名**:朝山大田道路大原川橋鋼上部工事 **所在地**:島根県大田市久手町波根西地内 **発注者**:国土交通省中国地方整備局



大沢第3橋外上部工工事 **工事名**:大沢第3橋外上部工工事 所在地:岩手県下閉伊郡山田町船越地内 発注者 : 国土交通省 東北地方整備局



(費負)レインボーブリッジ主ケーブル 補修工事 工事名:(費負)レインボーブリッジ主ケーブル 補修工事 **所在地**:東京都港区台場一丁目地先 **発注者**:首都高速道路株式会社



稲城大橋耐震補強工事 (橋脚補強及び落橋防止)その5 **工事名**: 稲城大橋耐震補強工事 (橋脚補強及び落橋防止)その5 所在地:東京都稲城市押立地内から府中市押立 四丁目地内まで 発注者 :東京都



東北自動車道 綱木川橋落橋防止装置工事 工事名: 東北自動車道 綱木川橋落橋防止装置工事 **所在地**:宮城県仙台市青葉区郷六地先 **発注者**:東日本高速道路株式会社



丸古渕橋上部工工事 **丁事名**:吉田川上流丸古渕橋上部丁丁事 所在地:宮城県黒川郡大和町落合舞野地内 発注者: 国土交通省 東北地方整備局



国道181号(伯耆橋工区)橋梁上部工事 工事名:国道181号(伯耆橋工区)橋梁上部工事 (防災安全交付金) 所在地:鳥取県西伯郡伯耆町大殿 **発注者**:鳥取県



城陽IC関連寺田地区改良Kランプ橋 **PC** 上部工事 工事名:城陽IC関連寺田地区改良Kランプ橋 PC上部工事 所在地 : 京都府城陽市寺田地先 **発注者**:国土交通省 近畿地方整備局



(修)上部工補強工事1-113 **工事名**:(修)上部工補強工事1-113 東京都世田谷区三軒茶屋二丁目他 所在地 **発注者**:首都高速道路株式会社



鳴瀬奥松島耐震補強工事 **工事名**:鳴瀬奥松島耐震補強工事 **所在地**:宫城県東松島市川下地内 発注者:国土交通省 東北地方整備局







西郷発電所ダム洪水吐ゲート エ事名:西郷発電所ダム通砂対策工事のうち 新設ダム洪水吐ゲート他 所在地:(左岸)宮崎県東臼杵郡美郷河西郷区小原字赤木字戸下 (右岸)宮崎県東臼杵郡美郷河西郷区小原字川戸口

**発注者**:九州電力株式会社



阿木川ダム非常用洪水吐設備整備 工事

工事名:阿木川ダム非常用洪水吐設備整備工事 所在地:岐阜県恵那市東野宇花無山地内 発注者:独立行政法人水資源機構



安坂山高架橋(鋼上部工)工事 工事名:新名神高速道路 安坂山高架橋 (鋼上部工)工事 所在地:三重県亀山市安坂山町 発注者:中日本高速道路株式会社



三郷ジャンクションG'ランプ橋 (鋼上部工)工事

工事名:東京外環自動車道 三郷ジヤンクション G'ランブ橋(鋼上部工)工事 所在地:埼玉県三郷市天神〜埼玉県三郷市上口 発注者:東日本高速道路株式会社



一宮第4高架橋上部工事 工事名:平成28-29年度一宮第4高架橋上部工事 所在地:高知県高知市一宮地先 発注者:国土交通省四国地方整備局



H28松原和泉陸橋耐震補強工事 工事名:H28松原和泉陸橋耐震補強工事 所在地:東京都墨田区和泉町2丁目地先 発注者:国土交通省 関東地方整備局



五ケ山ダム取水放流設備 工事名:五ケ山ダム取水放流設備工事 所在地:福岡県筑紫郡那珂川町大字五ケ山 発注者:福岡県



加古川大堰主ゲート(3号)修繕 その他工事 工事名:加古川大堰主ゲート(3号)修繕その他工事 所在地:兵庫県加古川市八幡町中西条地先 発注者:国土交通省近畿地方整備局



養老鉄道跨線橋鋼上部工事 工事名:平成26年度東海環状養老跨線橋鋼 上部工事 所在地:岐阜県養老部養老町高田 発注者:国土交通省中部地方整備局



カモイワ高架橋上部工事 工事名:深川留萌自動車道 留萌市 カモイワ高架橋 上部工事 所在地:留萌市

**発注者**:国土交通省 北海道開発局



和知発電所 ダム洪水吐ゲート 工事名:和知発電所 ダム洪水吐ゲート取替工事 所在地:京都府船井郡京丹波町大字市場字朱柳 5番地の1地先 発注者:関西電力株式会社



#### Osman Gazi橋

**工事名**: Izmit Bay crossing Suspension Bridge project イズミット湾横断橋プロジェクト 所在地: Izmit Korfez Gecis Koprusu Santiyesi, Diliskelesi,Dilovasi 41455-Kocaeli

発注者:NOMAYG



若戸大橋補剛桁鋼床版連続化工事 工事名:若戸大橋補剛桁鋼床阪連続化工事 所在地:北九州市炉畑区川代二丁目~ 若松区本町一丁目 発注者:北九州市道路公社



大満高架橋第1鋼上部工事 工事名:鳥取西道路大満高架橋第1鋼上部工事 所在地:鳥取市 発注者:国土交通省中国地方整備局



百間川河口水門グート設備整備外工事 工事名: 日間川河口水門グート設備整備工事 所在地: 岡山県岡山市中区沖元地先外 発注者: 国土交通省 中国地方整備局



余野川橋他1橋(鋼上部工)工事 工事名:新名神高速道路余野川橋他 1橋(鋼上部工)工事 所在地:大阪府貧面市下止々呂美 発注者:西日本高速道路株式会社



 HM11工区~HM13工区上部・ 橋脚工事
 工事名:HM11工区~HM13工区上部・橋脚工事
 所在地:東京都中央区晴海二丁目~ 江東区有明二丁目
 発注者:首都高速道路株式会社



吾妻川大橋上部工製作架設工事 工事名:道路改築(仮称)吾妻川大橋上部工製作 架設工事 所在地:群馬県吾妻郡大字三島地内 発注者:群馬県



平成29年度新加賀須野橋耐震 補強工事 工事名:平成29年度新加賀須野橋耐震補強工事 所在地:德島県板野郡松茂町広島地先 発注者:国土交通省四国地方整備局



長根沢橋 工事名:長根沢橋上部工工事 所在地:岩手県遺野市上郷町来内地内 発注者:国土交通省東北地方整備局



平成28-29年度美川大橋外耐震 補強工事 工事名:平成28-29年度美川大橋外耐震補強工事 所在地:愛媛県上浮穴郡久万高原町柳井川外 発注者:国十交通省四国地方整備局

H28葛西高架橋(海側)耐震補強工事 工事名:H28葛西高架橋(海側)耐震補強工事 所在地:東京都江戸川区臨海町6丁目地先 発注者:国土交通省関東地方整備局



一般国道173号 天王坂三之橋耐震 補強工事 工事名:一般国道173号 天王坂三之橋 耐震補強工事 所在地:大阪府豊能郡能勢町天王地内 発注者:大阪府



吾妻橋長寿命化工事(その4) 工事名:吾妻橋長寿命化工事(その4) 所在地:東京都墨田区吾妻橋一丁目地内 発注者:東京都

## 竣工工事一覧(2017-2018)



小早川橋他1橋(下り線)床版取替工事(PC) **工事名**:中央自動車道(特定更新等)小早川橋他1橋 (下り線)床版取替工事(平成27年度) 所在地 自)山梨県北杜市小淵沢町 至)長野県上伊那郡辰野町大字伊那富 **発注者**:中日本高速道路株式会社



ナムニアップ1水力発電所 工事名: Nam Ngiep 1 Hydropower Project 所在地: Bolikhan District, Bolikhamxay, Lao PDR 発注者: Nam Ngiep 1 Power Company



上麻生(発)No.1洪水吐ゲートシーブ修繕 工事名:上麻生(発)No.1洪水吐ゲートシーブイ 所在地:岐阜県加茂郡白川町大字河岐字下山 ブ修繕 1279番5 **発注者**: 中部電力株式会社



蛇王川橋上部工工事 **丁事名**:蛇王川橋上部丁丁事 所在地:宮城県本吉郡南三陸町志津川字蛇王地内 発注者:国土交通省 東北地方整備局



木津川水門副水門改造工事 **工事名**:木津川水門副水門改造工事 **所在地**:大阪府大阪市大正区三軒家東三丁目地内 **発注者**:大阪府



朝倉第4高架橋外上部工事 **丁事名**: 平成28-29年度 朝倉第4高架橋外上部丁事 所在地:愛媛県今治市朝倉南 **発注者**:国土交通省四国地方整備局



紀の川大堰ゲート設備修繕工事 **工事名**:紀の川大堰ゲート設備修繕工事 所在地:和歌山県和歌山市有本地先 **発注者**:国土交通省 近畿地方整備局



H29障害香下ダハ取水施設補修工事 工事名:H29障害香下ダム取水施設補修工事 所在地:大分県宇佐市院内町大字香下 発注者 :大分県



東海環状大安IC・Eランプ橋PC上部工事 T事名: 平成28年度 東海環状大安IC-Fランプ橋 PC上部工事 所在地 : 三重県()なべ市大安町 **発注者**:国土交通省 中部地方整備局



丸島水門機械設備改築工事 **工事名**:丸島水門機械設備改築工事 所在地:兵庫県尼崎市平左衛門町 **発注者**:兵庫県



H29宮ケ瀬ダム 高位常用洪水吐設備 油圧ユニット更新工事 工事名:H29宮ケ瀬ダム高位常用洪水吐設備 油圧ユニット更新工事 所在地:神奈川県愛甲郡愛川町半原地先

**発注者**:国土交通省 関東地方整備局



気仙大橋 **工事名**:国道45号 気仙大橋上部工工事 所在地 岩手県陸前高田市気仙町字的場~ 気仙町字木場地内 発注者:国土交通省 東北地方整備局



平成28年度 佃水門(2号)上段扉改修工事

工事名:平成28年度 佃水門(2号)上段扉改修工事

所在地

**発注者**:東京都

東京都中央区晴海一丁目1番26号

北西線港北JCT **工事名**:高速横浜環状北西線港北ジャンクション 他上部·橋脚工事 所在地:神奈川県横浜市都筑区川向町

首都高速道路株式会社 発注者



中山上下部工事 工事名:温品二葉の里線鋼上下部工事(28-3) 所在地:広島県広島市東区中山西二丁目 **発注者**:広島市



蓮ダム主放流設備修繕工事

工事名:蓮ダム主放流設備修繕工事 **所在地**:三重県松坂市飯高町森

温井ダム選択取水設備整備工事 工事名:温井ダム選択取水設備整備工事 所在地 広島県山県郡安芸太田町大字加計地先 **発注者**:国土交通省 中国地方整備局



仙台東地区水管理システム工事 工事名:仙台東地区水管理システム設備工事 所在地 宫城県仙台市若林区新井地内外 **発注者**:宮城県



中川橋 **工事名**:中川橋改築工事(鋼桁製作架設工) 所在地:愛知県港区中川本町7丁目、築三町1丁目、 熱田前新田、西倉町 発注者 :名古屋市



南三間橋 工事名:新東名高速道路南三間橋他3橋 (綱上部工)工事 **所在地**:神奈川県伊勢原市粟窪~東富岡 **発注者**:中日本高速道路株式会社



北桧高架橋 工事名: 平成27年度 東海環状北桧高架橋外回り 鋼上部工事 **所在地**:岐阜県大垣市桧町~福田町 : 国土交通省 中部地方整備局 発注者



巻ノ川第1橋 工事名: 平成29年度 拳ノ川第1橋上部工事 所在地:高知県幡多郡黒潮町拳ノ川 発注者:国土交通省四国地方整備局



西座倉高架橋 **工事名**:平成28年度東海環状西座倉高架橋 鋼上部工事 **所在地**:岐阜県安八郡神戸町 **発注者**:国土交通省中部地方整備局



出合橋側道橋 **工事名**:国道9号出合橋側道橋上部工事 **所在地**:兵庫県美方郡新温泉町細田地先 発注者:国土交通省近畿地方整備局





#### 川向その2

**丁事名**:高速横浜環状北西線(川向地区) 街路整備工事(橋りょう上部工)(その2) 所在地 :神奈川県横浜市都筑区川向町334番の1 地先から458番地先まで

**発注者**:横浜市



#### 桑折高架橋

- 工事名:東北中央自動車道桑折高架橋赤坂地区 上部丁丁事 **所在地**:福島県伊達郡桑折町字鎌田~
- 桑折町成田字稲山地内 発注者:国土交通省 東北地方整備局



### 鍋川側道橋

- **工事名**:新名神高速道路鍋川側道橋(鋼上部工) 工事 所在地
- : 三重県鈴鹿市小社町から 二重具给鹿市小岐須町 **発注者**:中日本高速道路株式会社



中ノ川オンランプ 工事名: 平成29年度 23号中ノ川高架橋 オンランプ 鋼上部工事 所在地:三重県鈴鹿市御蘭町 発注者:国土交通省中部地方整備局



隅角28-2-1 工事名:(修)鋼製橋脚隅角部補強工事28-2-1 **所在地**:東京都葛飾区西新小岩二丁目他 **発注者**:首都高速道路株式会社



柿木原第1橋PC上部工事 **工事名**:長門俵山道路柿木原第1橋PC上部工事 所在地:山口県長門市深川湯本 発注者:国土交通省中国地方整備局



下原橋 **丁事名**: 東名高速道路 下原橋架替丁事 所在地:神奈川県綾瀬市小園 **発注者**:中日本高速道路株式会社



#### 鹿背山高架橋

工事名:東中央線((仮称)鹿背山高架橋)地方道路 交付金(街路)工事 所在地:木津川市木津地内~木津川市鹿背山地内 **発注者**:京都府



北桧第1高架橋 工事名:平成29年度東海環状北桧第1高架橋鋼 上部工事 所在地:岐阜県大垣市福田町

**発注者**:国土交通省中部地方整備局

高知南Dランフ

上部工工事 所在地:高知県高知市五台山

発注者:国土交通省四国地方整備局



#### 浦富高架橋

**工事名**:国道178号(岩美道路)橋梁上部工事 (浦富高架橋)(補助) **所在地**:鳥取県岩美郡岩美町浦富 **発注者**:鳥取県



福田第3高架橋 工事名:平成29年度 東海環状福田第3高架橋 外回り鋼上部工事 所在地:岐阜県大垣市福田町 **発注者**:国土交通省中部地方整備局



南大社高架橋 **工事名**:東海環状南大社4高架橋鋼上部工事 所在地:三重県員弁郡東員町 **発注者**:国土交通省中部地方整備局

工事名: 温品二葉の里線鋼上部工事(29-3)



松枝橋 **工事名**:松枝橋鋼けた製作·架設工事 所在地:八王子市四谷町地内から 同市楢原町地内まで **発注者**:東京都



福田第1高架橋 工事名:平成29年度 東海環状福田第1高架橋 内回り鋼上部工事 所在地:岐阜県大垣市福田町 **発注者**:国土交通省中部地方整備局



海田高架橋第5綱下部 工事名:東広島バイパス海田高架橋第5鋼下部工事 所在地:広島県安芸郡海田町西浜地内 発注者:国土交通省中国地方整備局



2-201 **工事名**:(修)上部工補強工事2-201 **所在地**:東京都墨田区堤通2丁目他 **発注者**:首都高速道路株式会社



外尾川橋 **工事名**:外尾川橋上部工工事 **所在地**:宮城県気仙沼市本吉町外尾地内 **発注者**:国土交通省東北地方整備局



多伎PC上部工事 **工事名**:湖陵多伎道路多伎PC上部工事 所在地:島根県出雲市多伎町久村地内 発注者:国土交通省中国地方整備局



木場1床版工事(PC上部工) **工事名**:平成29年度 名二環木場1高架橋床版工事 **所在地**:愛知県海部郡飛鳥村新政成 **発注者**:国土交通省 中部地方整備局



十津川道路今戸高架橋上下部工事 **工事名**:十津川道路今戸高架橋上下部工事 所在地:奈良県吉野郡十津川村大字樫原~折立 **発注者**:国土交通省 近畿地方整備局



1号寺ヶ谷高架橋(PC上部工) 工事名:平成29年度1号寺ヶ谷高架橋PC上部工事 所在地:静岡県掛川市本所~伊達方 **発注者**:国土交通省中部地方整備局



H28・29笹目橋(上り)耐震補強工事 工事名:H28·29笹目橋(上り)耐震補強工事 所在地:東京都板橋区三園地先~ 埼玉県戸田市早瀬地先 発注者:国土交通省 関東地方整備局



# 竣工工事一覧(2018-2019)



H29・30笹目橋(上り)耐震補強工事 工事名:H29・30笹目橋(上り)耐震補強工事 所在地:埼玉県戸田市早瀬2丁目地先 発注者:国土交通省関東地方整備局



**阪堺大橋改良工事-2** 工事名: 阪堺大橋改良工事-2 所在地:大阪府大阪市住之江区南加賀屋4丁目~ 堺市堺区松屋大和川通1丁目 発注者:大阪市



長安ロダム洪水吐ゲート設備 工事名:平成27-30年度長安ロダム洪水吐ゲート 設備工事 所在地:徳島県那賀郡那賀町長安地先 発注者:国十交涌省、四国地方整備局



木根川橋長寿命化工事(その5) 工事名:木根川橋長寿命化工事(その5) 所在地:東京都墨田区/広六丁目地内~ 高筋区東四つ木三丁目地内まで 発注者:東京都



国道26号紀の国大橋修繕工事 工事名:国道26号紀の国大橋修繕工事 所在地:和歌山市大谷〜和歌山市宇治薮下地先 発注者:国土交通省近畿地方整備局



H29水沢国道管内橋梁補修工事 工事名:H29水沢国道管内橋梁補修工事 所在地:岩手県西磐井郡平泉町平泉地内 発注者:国土交通省東北地方整備局



上平井水門(3号ゲート) 工事名:上平井水門耐震補強工事 所在地:東京都葛飾区西新小岩3丁目地内 発注者:東京都



仙台管内水門設備等修繕工事 工事名:仙台管内水門設備等修繕工事 所在地:宫城県亘理郡亘理町達隈田沢地先 発注者:国土交通省東北地方整備局



 平成29-30年鏡川大橋耐震補強
 (その3)工事
 工事名:平成29-30年度 鏡川大橋耐震補強 (その3)工事
 所在地:高知県高知市中の島~北新田町 発注者:国土交通省四国地方整備局



山須原発電所ダム洪水吐ゲート

**工事名**:山須原発電所 ダム通砂対策工事のうち 新設ダム洪水吐ゲート他 **所在地**:(左岸)宮崎県東臼杵郡諸塚村大字家代宇

アトローズ 日間 (市本市市) 日本市本市大学本市(大学本市) アトローズ 第20地先(古岸) 宮崎県 長日杵都 美郷町西郷区山三ケ宇島ノ巣1746番2地先 発注者:九州電力株式会社



尼崎第2閘門機械設備改築工事 工事名:尼崎第2閘門機械設備改築工事 所在地:兵庫県尼崎市西海岸町地先 発注者:兵庫県



大石ダム非常用放流設備他減速機 更新工事

工事名:平成29年度大石ダム非常用放流設備 他減速機更新工事 所在地:岩船郡関川村大字大石字イブリサシ地先 発注者:国土交通省北陸地方整備局



H30常陸川水門外ゲート設備修繕工事 工事名:H30常陸川水門外ゲート設備修繕工事 所在地:茨城県神栖市太田地先 発注者:国土交通省関東地方整備局



利根導水路大規模地震対策利根大堰 洪水吐2号ゲート設備外整備工事 工事名:利根導水路大規模地震対策利根大堰

工事名:利根導水路大規模地震対策利根大堰 洪水吐2号ゲート設備外整備工事 所在地:群馬県邑楽郡千代田町上中森地先 発注者:独立行政法人水資源機構



矢作ダム放流設備修繕工事

工事名:矢作ダム放流設備修繕工事

発注者:国土交通省中部地方整備局

**所在地**:愛知県豊田市閑羅瀬町

平成30年度大渡ダム主放流設備 修繕工事 工事名:平成30年度大渡ダム主放流設備修繕工事 所在地:高知県吾川郡仁淀川町高瀬地先

**発注者**:国土交通省四国地方整備局



下久保ダムオリフィスゲート 油圧シリンダ外整備工事 工事名:オリフィスゲート油圧シリンダ外整備工事 所在地:埼玉県児玉部神川町大学矢納1356-3 発注者:独立行政法人水資源機構



若潮橋添架管

**工事名**:品川区東品川五丁目6番地先から同区 八潮一丁目1番地先間 配水本管(400m)新設工事 **所在地**:品川区東品川五丁目6番地先から 同区八減一丁目1番地先 **発注者**:東京都



平成30年度 竜門ダムコンジット 2号ゲート開閉機修繕工事 工事名:平成30年度 竜門ダムコンジット 2号ゲート開閉機修繕工事 所在地:熊本県菊池市龍門地内 発注者:国土交通省力州地方整備局



H30二瀬ダム利水放流設備主ゲート 整備工事 工事名:H30二瀬ダム利水放流設備主ゲート

修繕工事 所在地:埼玉県秩父市大滝地先 発注者:国土交通省 関東地方整備局



(仮称)渋谷区宇田川町計画向け 制振装置 工事名:(仮称)渋谷区宇田川町計画 所在地:東京都渋谷区宇田川町47-7他

所在地:東京都渋谷区宇田川町47-74 発注者:住友不動産株式会社



**札幌開発建設部管内 ダム機械設備** 修繕外工事 工事名: 札幌開発建設部管内 ダム機械設備

上事名: 心院開発建設部管内 ジム機械設備 修繕外工事 所在地:北海道札幌市ほか 発注者:国土交通省北海道開発局



H30江戸川水門外ゲート設備修繕工事 工事名:H30江戸川水門外ゲート設備修繕工事 所在地:東京都江戸川区東篠崎町地先 発注者:国土交通省関東地方整備局



**関空連絡橋** 工事名:関西国際空港連絡橋応急復日工事 所在地:大阪府泉佐野市泉州空港北地先海面 発注者:西日本高速道路株式会社



#### Meghna橋

a and Gumti 2nd Bridges sting Bridges Rehabilitation Pr a and Gumti 2nd Bridges Cor 工事名 e Kanchnur 所在地

2020 土木学会技術賞

- nti 2nd Bridges Constructio on Project Munshiganj National Highway (NH-1) 発注者



神戸第3高架橋 工事名:平成29年度 東海環状神戸第3高架橋 綱上部丁事 **所在地**:岐阜県安八郡神戸町 **発注者**:国土交通省中部地方整備局



**工事名**:大津能登川長浜線補助道路整備工事 所在地:滋賀県草津市馬場町 **発注者**:滋賀県



第二丹那橋支承取替工事

令和元年度[第31-D7121-01号] (主)熱海 工事名: 函南線防災·安全交付金(橋梁補修) 工事(第二丹那橋支承取替工)(11-01) 所在地:静岡県田方郡函南超畑地内

**発注者**:静岡県



若潮橋鋼けた架設工事 **工事名**:若潮橋鋼けた架設工事 所在地

: 東京都品川区東品川五丁目地内から 同区八潮一丁目地内まで 発注者 :東京都



簗川新橋上部工工事 **工事名**:簗川新橋上部工工事 **所在地**:岩手県盛岡市簗川地内 発注者:国土交通省東北地方整備局



·宮第2高架橋 工事名:平成29-30年度一宮第2高架橋上部工事 所在地:高知県高知市一宮 発注者: 国土交通省 四国地方整備局



桜田大橋 **工事名**:北海道横断自動車道釧路市桜田大橋 上部丁事 **所在地**:北海道釧路市 **発注者**:国土交通省 北海道開発局



日向川橋 工事名:日本海沿岸東北自動車道日向川橋 上部工工事 **所在地**:山形県酒田市宮海~ 山形県飽海郡游佐町藤崎地内

: 国土交通省 東北地方整備局 発注者



#### 砂押川橋梁

**工事名**:平成29年度(都)清水沢多賀城線橋梁 上部工工事(砂押川部·仙石線部) 所在地:宮城県多賀城市東田中一丁目、東田中字 志引、八幡字庚田、字六貫田、字一本柳地内 **発注者**:多賀城市



海の森大橋 工事名:平成27年度中防内5号線橋りょうほか 整備工事 **所在地**:東京都江東区青海三丁目地先 発注者 :東京都



名二環飛鳥大橋左岸東床版工事 工事名: 平成30年度 名二環飛鳥大橋左岸東 床版丁事 所在地:愛知県名古屋市港区小川3丁目 発注者:国土交通省中部地方整備局



宮第2高架橋JR架設 **工事名**:四工30第204号 土讃線土佐一宮·薊野間 -宮第2こ線橋上部工新設工事 **所在地**:高知県高知市一宮 **発注者**:株式会社大林組



#### 平松城橋

工事名:道路改築工事(末吉道路29-16工区) 所在地:鹿児島県曽於市末吉町南之郷地内 **発注者**:鹿児島県



須走1号高架橋 工事名:平成30年度 138号BP須走1号高架橋 鋼上部工事 所在地:静岡県駿東郡小山町須走 **発注者**:国土交通省 中部地方整備局



**工事名**:福岡208号 筑後川橋上部工(P06-4)工事 : 福岡県大川市大字九網地内



港北その2 **工事名**:高速橫浜環状北西線港北地区他上部· 橋脚(その2)工事 **所在地**: 袖奈川県横浜市都筑区川向町 **発注者**:首都高速道路株式会社



工事名:補助公共道路改築事業(国道·連携) 箱島跨道橋上部丁製作架設丁事 所在地:群馬県吾妻郡東吾妻町大字箱島地内 **発注者**:群馬県



森村橋 2020 土木学会田中賞 **工事名**:平成29年度森村橋復原工事 所在地:静岡県駿東郡小山町小山地内 **発注者**:小山町



伊佐布高架橋 **工事名**:伊佐布高架橋製作工事 所在地:静岡県静岡市清水区伊佐布、原地内 **発注者**:静岡市



十王跨線橋 工事名: 30国補街整 第30-08-944-0-004号 橋梁上部工事((仮称)十王跨線橋)(その1) 所在地:茨城県日立市十王町伊師本郷地内 発注者 :茨城県



笹目橋(上り)耐震補強工事 工事名:H28·29笹目橋(上り)耐震補強工事 所在地:東京都板橋区三園地先~ 埼玉県戸田市早瀬地先 発注者:国土交通省 関東地方整備局



**工事名**:(改)小松川JCT河川部工事

所在地:東京都江戸川区西小松川町、 松島一丁目地先

: 首都高速道路株式会社

名二環木場2高架橋東床版工事

工事名: 平成30年度 名二環木場2高架橋

発注者:国土交通省中部地方整備局

**所在地**:愛知県海部郡飛鳥村新政成~木場1丁目

東床版丁事

小松川JCT

発注者

# 竣工工事一覧(2019-2020)



織笠高架橋外補強工事 **丁事名**:織笠高架橋外補強丁事 :岩手県釜石市両石町第4地割~ 所在地 下閉伊郡山田町織笠第11地割地内 **発注者**:国土交通省 東北地方整備局



余戸西第1高架橋上部工事 工事名:平成30-31年度余戸西第1高架橋 ▶部丁重 所在地:愛媛県松山市余戸西 発注者:国土交通省四国地方整備局



東海環状北方第2高架橋PC上部工事 工事名 平成29年度 東海環状北方第2高架橋 PC上部工事 **所在地**:岐阜県大垣市北方町 **発注者**:国土交诵省 中部地方整備局



泉南マリンブリッジ耐震補強工事(その3) 工事名:泉南マリンブリッジ耐震補強工事(その3) :大阪府泉南市岡田6丁目地内 所在地 **発注者**:大阪府



ハッ場ダム ダム工学会技術賞 **工事名**:八ッ場ダム本体建設工事【機械設備工事】 所在地:群馬県吾妻郡長野原町大字川原畑字 八ツ場地先 **発注者**:国土交通省関東地方整備局



平泉地区耐震補強工事 **工事名**:平泉地区耐震補強工事 岩手県西磐井郡平泉町平泉~ 所在地 平泉町古川地内 **発注者**:国土交通省 東北地方整備局



大野油坂道路九頭竜川橋上部工事 **工事名**:大野油坂道路九頭竜川橋上部工事 **所在地**:福井県大野市下山地先 **発注者**:国土交通省 近畿地方整備局



二環春田6高架橋東床版工事 名: 工事名:平成30年度 名二環春田6高架橋東床版工事 所在地:愛知県名古屋市中川区春田4丁目~ 供米田2丁目

登注者 国土交诵省 中部地方整備局



吾妻橋床版取替工事 **工事名**:東北自動車道 吾妻橋床版取替工事 福島県二本松市成田町(二本松IC)~ 所在地 福島市飯坂町(飯坂IC) 発注者 : 東日本高速道路株式会社



PC桁等大規模修繕工事(27-1-東) 工事名: PC桁等大規模修繕工事(27-1-東) 所在地:大阪府道高速大阪東大阪線 (13号東大阪線)(東大阪市高井田西 6丁目~長田西3丁目付近) **発注者**:阪神高速道路株式会社



仁淀川大橋耐震補強(その1)工事 工事名:H30仁淀川大橋耐震補強(その1)工事 所在地:高知県高知市春野町 一般国道56号他 発注者:国土交通省四国地方整備局



**工事名**: 平成30-31年度 高知南IC Aランプ第1橋 上部工事 所在地:高知県高知市五台山 **発注者**:国土交通省 四国地方整備局



東海環状神戸第2高架橋PC上部工事 工事名:平成29年度 東海環状神戸第2高架橋 **PC**上部丁事 **所在地**:岐阜県安八郡神戸町 **発注者**:国土交通省中部地方整備局



泉南マリンブリッジ耐震補強工事(その1) 工事名:泉南マリンブリッジ耐震補強工事(その1) 所在地:大阪府泉南市りんくう南浜地内 **発注者**:大阪府



#### 高浜橋添架管

**工事名**:高浜橋架替えに伴う添架管、光ファイバー ブル用さや管及び支持材設置工事 所在地:港区芝浦四丁目16番地先~同区 港南一丁目3番地先間(高浜橋) **発注者**:東京都



#### 横瀬川ダム

C事名:	平成28-30年度 横瀬川ダム取水放泳
	設備工事
所在地:	高知県宿毛市山奈町山田地先
at a second	

発注者:国土交通省四国地方整備局



新保安橋添架管 **工事名**:新保安橋送水添架工事 所在地:青森県北津軽郡鶴田町大字野木~ 大字菖蒲川地内 **発注者**:津軽広域水道企業団



気仙川水門 **工事名**:二級河川気仙川筋砂盛地区

- 河川災害復旧(23災589号)水門設備工事 所在地:岩手県陸前高田市気仙町字砂盛地内
- **発注者**:岩手県



シンボルプロムナード公園出会い橋 耐震補強工事 工事名:平成30年度シンボルプロムナード公園 出会い橋耐震補強工事 所在地:東京都江東区青海一丁目地内 **発注者**:東京都



#### 長安ロダム

工事名:平成28-31年度長安ロダム選択取水 設備工事 **所在地**:德島県那賀郡那賀町長安地先

発注者:国土交通省四国地方整備局

### 編集後記

本年度も技報第10号を発刊する運びとなりました。数多くの特色ある工事、研究を完成させることができ、皆様方に その報告をできることを心より嬉しく思います。また、発刊から10号という節目を迎えることができ、これまで技報編集に携わられた 皆様に感謝申し上げます。

今号では、発刊10号を記念し、IIS発足以降の技術開発の変遷の振り返り、過去の竣工工事一覧を掲載いたしました。

特集記事は、この10年の業界の大きな流れである、「新設から既設構造物の補修・補強への転換」を受けて、床版取替 工事をはじめとする補修・補強工事に着目して編集いたしました。

淀川大橋は、大正期に建設された橋梁であり、これまでにさまざまな変状を受けていること、既設構造の情報が十分に 残っていないことから、橋梁全体を3Dスキャンすることで製作部材の精度を高め、スムーズに施工することができました。 また、構造や材料が現行の基準・規格と異なる床版の残存構造性能に関する研究も併せて実施し、多くの知見を得ること ができました。

既存RC床版をPC床版に取り替える工事についても、今後重点的に取り組む方針としており、架設機材、施工方法の 開発を進め、工期短縮などで社会活動への影響低減に貢献することを目指します。

気仙沼湾横断橋は、支間長300mを超える長大斜張橋としてはIISで初めての工事でした。製作・架設における精度 管理については、これまで斜張橋の建設にかかわった技術者の経験を若手技術者が受け継いでクリアすることができました。 こうした長大橋梁の建設は今後少なくなることが予想されますが、確実に技術継承を進めていきます。

天ヶ瀬ダムではトンネル式放流設備増設に伴う修理用ゲートの施工とダム全体のゲート設備運転支援システムの改修を 行いました。修理用ゲートは国内最大級のスライドゲートで、狭隘かつ高低差の大きい施工条件であったが、治具の工夫、 製作工場との連携などによって完工できました。近年の局所的な豪雨の対策として、ハード面だけでなく、ソフト面からも 貢献することを目指します。

橋梁・水門以外では、制振装置は2軸リニアモータ駆動型フルアクティブ式制振装置が初めて採用されました。従来の1軸式 だけだった製品ラインアップを強化することで、より多くの施工条件にも対応可能となり、さらなる施工実績拡大を目指します。

上記以外の工事においても様々な課題がありましたが、お客様とともに考え、解決した成果を数多く掲載させていただき ました。この10年間、多くの変化に対応してきたように、これからのニーズの変化にも柔軟に対応し、社会に貢献していきます。

本技報の作成にあたり、執筆者のみならず、今回、掲載した工事、研究に携わった多くの皆様に、編集者一同、心より深く 感謝申し上げます。



### 発行株式会社1日1インフラシステム

〒590-0977 大阪府堺市堺区大浜西町3番地

**編集 富士フイルムシステムサービス株式会社** 〒135-0061 東京都江東区豊洲3-1-1 IHIピル 5階

技報編集委員会 ————————————————————————————————————												
〈委員長〉 柳原 正浩												
〈委	員〉	安田	佳哉	田嶋	仁志		林	俊克		作山	博康	
		長迫	大喜	首藤	前初		大淵	雄介		梶間	健史	
		風間	睦広	岡田	誠司		山根	三弘		北村	耕一	

(敬称略)

### 株式会社IHIインフラシステム www.ihi.co.jp/iis/

#### 本 社

〒590-0977 大阪府堺市堺区大浜西町3番地 TEL.072-223-0981 FAX.072-223-0967

#### 宿院事業所

T590-0954 大阪府堺市堺区大町東1丁1番2号 アトミックビル TEL.072-225-5860 FAX.072-225-5921



#### 東京事業所

〒108-0023 東京都港区芝浦3丁目17番12号 吾妻ビル TEL.03-3769-8600 FAX.03-3769-8607



## 株式会社IHIインフラ建設

www.ihi.co.jp/iik/

#### 本 社

〒135-0016 東京都江東区東陽七丁目1-1 イーストネットビルTEL.03-3699-2790 FAX.03-3699-2792



### 株式会社IHIインフラシステム IHI Infrastructure Systems Co., Ltd.

### 株式会社IHIインフラ建設

IHI Construction Service Co., Ltd.



