

プロジェクト・研究成果の概要(1/2)

プロジェクト:「PC 橋の維持管理におけるデジタルツインを用いた構造性能の評価に関する研究」
プロジェクトリーダー ・氏名(ふりがな): 三木 朋広(みき ともひろ) ・所属, 役職: 神戸大学 大学院工学研究科市民工学専攻, 教授
研究期間: 令和 5 年6月～令和 8 年3月
プロジェクト参加メンバー 神戸大学, 京都大学, 大阪工業大学, 関西大学, 大阪大学, 北海道大学, 建設コンサルタンツ協会近畿支部, プレストレストコンクリート建設業協会関西支部, 近畿地方整備局, 近畿道路メンテナンスセンター, 近畿技術事務所
プロジェクトの背景・目的(研究開始当初の背景、目標等) PC 橋は予防保全的な措置を行うことが肝要であるが, 損傷要因の不確かさや供用環境が様々なことから, 対応が非効率となっている現状がある。その解決のため, 本プロジェクトでは, デジタルツインのコンセプトを用いて, 変状を再現した PC 橋モデルによるひび割れ, 鋼材腐食など各種要因が PC 部材の構造性能に与える影響に関する分析を行う。また, これまで蓄積されてきた点検調書の分析から, PC 構造の安全性, 耐久性の評価に必要な情報を整理するとともに, 鋼材腐食など損傷によって変化する可能性があるプレストレス力の把握に向けた非破壊検査手法について, 測定の原理等を整理するとともに, 測定を行う際の留意点や現場適用の際の注意点を整理し, 詳細調査の要否や調査項目の選定の参考資料を提示することを目的とする。
プロジェクトの研究内容(研究の方法・項目等) 本プロジェクトでは, 以下の 3 項目に関する調査研究を実施してきた。それぞれの研究内容の概要を示す。 (1)点検調書に基づく PC 構造特有の損傷に関する情報, ならびに詳細調査による PC 桁の安全性, 耐久性の評価に資する情報に関する調査研究 近畿地方整備局管内の橋梁の点検調書のうち, PC 橋に関する調書进行分析し, PC 橋における構造部材特有の損傷に関する情報を整理した。また, 比較的古い国内における PC 鋼材の性状を理解するため, 規格の変遷, 化学成分, 製造工程, PC 鋼材の諸特性に関する文献調査を行い, 「PC 鋼材の規格変遷」にまとめた。道路橋維持管理手引き(案), PC 橋の橋梁撤去技術報告書(https://www.kkr.mlit.go.jp/road/shintoshikenkyukai/project/80.html)とあわせて使用されたい。 (2)鋼材破断, 残存プレストレス等を対象とした非破壊検査手法に関する調査研究 デジタルツインに必要な情報を得るために使用すべき非破壊検査方法, 特に「鋼材破断の検出」「グラウト充填状況の確認」「残存プレストレスの推定」を目的とした非破壊検査手法の原理, 計測の特徴を整理した。損傷再現実験の実施, 各検査手法を整理して, 詳細調査の要否や調査項目の選定を目的とした各手法の位置付けを明確にするとともに, 非破壊検査を現地で実施する際の適用性, 適用範囲, 測定精度, 留意点を「非破壊試験の現場適用における留意点」としてまとめた。 (3)PC 橋を対象としたデジタルツインモデル構築に向けた情報に関する調査研究 PC 橋を対象として, ひび割れや鋼材腐食等の損傷を再現した PC 橋全体系モデルデジタルツインモデルを構築するために必要な情報を整理した。解析計画の作成, PC 橋の形状と材料のモデル化, ならびに材料の変状のモデル化の方法, 非線形解析の実施方法, および解析結果の出力とその妥当性の確認の方法を「PC 橋デジタルツインのモデル化と解析の手順」としてまとめた。 以上の成果を 1 つにまとめて, 「プレストレストコンクリート(PC)橋のデジタルツイン 統合モデルによる構造性能評価・維持管理手引き(案)」(図 1)として提案した。手引きの構成は以下の通り。 第 1 編 「PC 橋デジタルツインのモデル化と解析の手順」 第 2 編 「PC 橋デジタルツインと構造設計の連携に関する Q&A」 第 3 編 「PC 鋼材の規格変遷」 第 4 編 「非破壊試験の現場適用における留意点」

プレストレストコンクリート (PC) 橋のデジタルツイン
統合モデルによる構造性能評価・維持管理手引き (案)

A Draft Manual on
Prestressed Concrete Bridges Digital Twin
for Integrity Management (PCB-DTiM)



読み方 ヒーシービー・ディーティム

2026 年 3 月 31 日版

図 1 プレストレストコンクリート(PC)橋の
デジタルツイン 統合モデルによる
構造性能評価・維持管理手引き(案)

プロジェクト・研究成果の概要(2/2)

プロジェクトの研究成果の概要

PC 橋を対象として、維持管理におけるデジタルツインを用いた構造性能の評価ツールならびにその結果の現場適用の構築を最終目標として、プロジェクト初年度では以下 3 つの項目に関する調査研究を行った。それぞれの成果は以下の通りである。

(1)点検調査に基づく PC 構造特有の損傷に関する情報、ならびに詳細調査による PC 桁の安全性、耐久性の評価に資する情報に関する調査研究

- ① 点検調査に基づく PC 構造特有の損傷に関する情報、例えば損傷の種類、程度、損傷部位などを整理し、構造物の構造性能に与える影響を分析した。
- ② PC 構造の安全性に影響する PC 鋼材の特性を把握するため、国内の PC 鋼材の歴史、化学成分、製造工程、ならびに PC 鋼材の諸特性(要求される特性、物理的特性、機械的特性等)を整理した。

(2)鋼材破断、残存プレストレス等を対象とした非破壊検査手法に関する調査研究

- ① 昨年度に実施した現場試験における非破壊検査の適用性、適用範囲、測定精度、留意点の検討を踏まえ、実際に非破壊検査手法を適用する橋梁の選定および調査箇所の視察を実施した。
- ② 視察結果を踏まえ、行松高架橋(福井県越前市)のプレテン桁、ポステン桁、中空床版の 3 箇所を対象とし、高所作業車を併用した鋼材探査(電磁波レーダ法、電磁誘導法)、点群データ取得(LiDAR による計測)および PC 鋼材損傷評価(漏洩磁束法)を実施し、実橋梁での調査における非破壊検査手法への影響要因の把握および現地調査での留意点の抽出を行った(図 3)。

(3)PC 橋を対象としたデジタルツインモデル構築に向けた情報に関する調査研究

- ① デジタルツインを用いた分析結果による PC 部材の安全性、耐久性の評価に資する情報を整理した。
- ② ポステンション方式 T 桁、プレテンション方式 T 桁、PC 箱桁等を対象としたデジタルツインモデル構築の現場展開における作業フローを作成し、各作業段階における課題を抽出した。
- ③ PC 橋デジタルツインと構造設計の連携に関する Q&A (案)として、既設 PC 橋のデジタルツインを用いた構造性能評価を行うために必要な情報、特に PC 橋の形状のモデル化、材料のモデル化、ならびに材料劣化・損傷などの PC 橋における変状モデル化をどのような情報に基づき、どのような方法でデジタルツインに反映するのかを考える際に想定される課題について、Q&A 方式で整理した(図 5)。

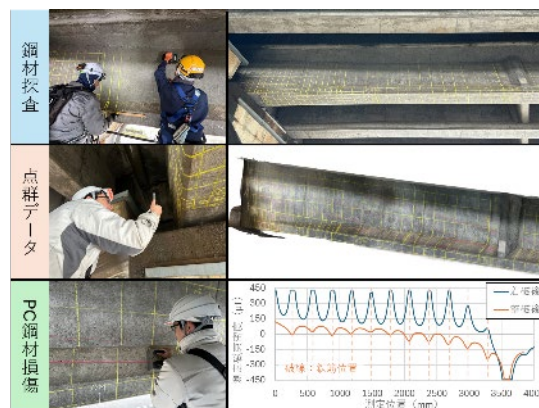


図 3 行松高架橋ポステン桁における各種非破壊検査実施の様子および取得結果一例

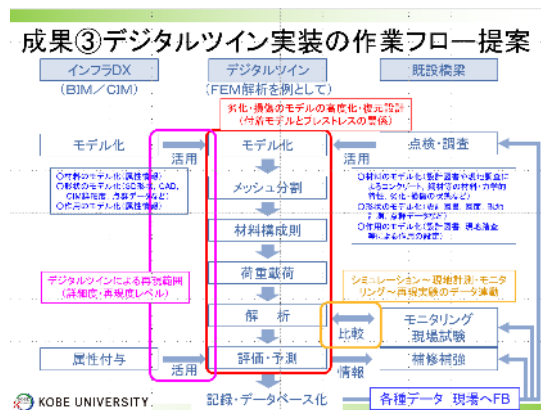


図 4 デジタルツイン作業フローの提案

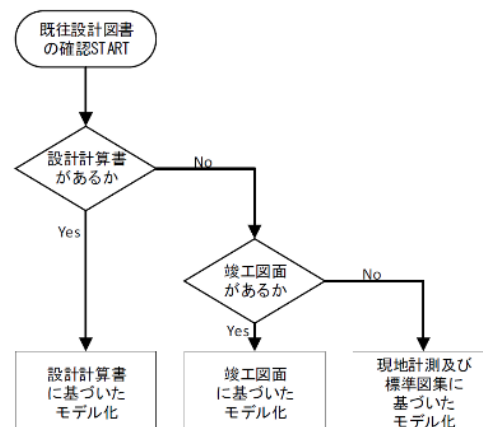


図 5 情報の有無や不足により使用できる情報が異なる場合の構造物のモデル化フロー案