新都市社会技術融合創造研究会
第22回新都市社会技術セミナー

令和7年10月14日(火)
近畿地方整備局
1F共用会議室

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

神戸大学
大学院工学研究科市民工学専攻
教授　三木朋広

KOBE UNIVERSITY

研究背景（PC部材の設計と維持管理）

- PC部材の設計：一般に，部材にプレストレスを導入してひび割れ発生を許容しないことで，部材を全断面有効と見なす．
- しかし，既設PC橋をみると，過去に主桁に沿ったひび割れや鋼材腐食などの変状が生じた事例がある．

ＰＣ鋼材の腐食が進行すると，

↓

鋼材の断面減少
さらに鋼材破断

→

影響が大きい
プレストレス消失
部材耐荷力の低下

PC橋においては変状の早期発見と劣化初期の対策が極めて重要

研究の目的

耐久性の評価に資する情報として

モチベーション： **時間軸に配慮した構造性能評価**

- 本研究では，橋梁構造の安全性とその短期的な将来予測の評価精度の向上を目的とした現場検証を行う．

〇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）**を構築して，損傷が進行した場合の影響を分析し，**PC構造の安全性，耐久性の評価に必要な情報を整理**する．

〇**プレストレスの把握に向けた非破壊検査手法**の適用性と留意点を整理し，PC構造の性能評価に必要な調査項目と精度等を提案する．

→ 定期点検で損傷を把握した後に，**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．

活動メンバー　構成（学8名，産11名，官7名）合計26名

国交省近畿地方整備局 道路部
近畿道路メンテナンスセンター
近畿技術事務所

プロジェクトリーダー

- 三木朋広（神戸大）
  研究総括，デジタルツインの構築，実験実施

顧問

- 宮川豊章（京都大）
  研究助言，PC橋維持管理に関する指導，助言

活動メンバー

- 大学6名（京都大，大阪工業大，大阪大，関西大，北海道大）
- 建設コンサルタンツ協会 近畿支部5名：復元設計，非破壊検査手法の調査と現場適用性の検証，デジタルツインの実装
- PC建設業協会 関西支部6名：点検調書の分析，PC橋の維持管理に資する手引き案の作成

活動計画

令和5年度

- 点検調書に基づくPC構造特有の損傷に関する情報の整理
- 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の整理
- 非破壊検査手法（鋼材破断，グラウト充填，残存プレ）の原理，特徴の整理
- 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整理

令和6年度（本年度）

- 安全性，耐久性の評価に資するPC構造特有の損傷に関する情報の体系化
  （2年以内にとりまとめ提案する）
- 損傷再現実験，現場試験の実施，非破壊検査手法による計測試行
- PC橋のデジタルツインモデル構築，現場展開における作業フローの素案作成

令和7年度

- 非破壊検査の現場適用性，適用範囲，測定精度，留意点の提案
  （3年以内に調査研究を実施して提案する）
- デジタルツインを用いた分析，PC部材安全性，耐久性評価に資する情報提案
- PC橋のデジタルツインモデル構築，現場展開における作業フローと課題提示

成果① PC橋デジタルツインと構造設計の連携に関するQ&A（案）

目 次

1. 解析計画 2
2. 構造物のモデル化 2
2.1 形状のモデル化 2
Q2.1-1 構造物のモデル化において参考とする図面はなにか？必要な情報がない場合や不足する場合にどのような情報に基づいて構造物をモデル化するか？ 2
Q2.1-2 構造設計で必要な形状寸法等の精度，構造物の形状のモデル化に必要な精度は？ 2
Q2.1-3 PC 鋼材、鉄筋など、構造設計で必要な条件は？ 2
2.2 材料のモデル化 2
Q2.2-1 デジタルツインの入力値としてどのようなデータを使用するか？ 2
2.3 劣化損傷を考慮した材料のモデル化について 2
Q2.3-1 コンクリートや PC 鋼材、鉄筋の劣化・損傷が見られる場合はどのように考慮するか？また、それらを考慮する場合、構造物全体を等しい強度とするのか、部位ごとに強度を変えるか？ 2
2.4 局所的な損傷を考慮した部材性能の評価のためのモデル化について 2
Q2.4-1 鋼材腐食による破断、プレストレスの低下が生じた場合のプレストレスの評価方法は？ 2
Q2.4-2 材料劣化によって構造細目を守れなくなる状況はあるか？その場合に構造物のモデル化においてどのように考慮するか？ 2
Q2.4-3 施工の影響を考慮したモデル化は必要か？ 2
3. 設計照査と解析応答値の関係 2
3.1 2 次元設計の照査値と FEM による応答値の関係 2
Q3.1-1 2 次元設計の照査値と FEM による応答値を比較できる項目はあるか？ 2
4. その他の留意事項 2
5. モデル化の事例 2

成果① PC橋デジタルツインと構造設計の連携に関するQ&A（案）

2. 構造物のモデル化
2.1 形状のモデル化

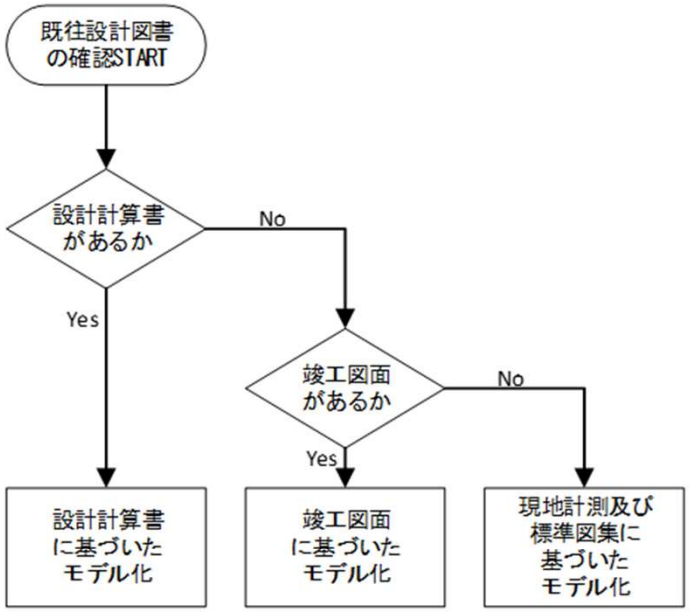


図2.1 情報の有無、不足によって使用できる情報が異なる場合の構造物のモデル化のフロー

表2.1 既往設計図書から得られる情報

取得可能な情報		設計計算書に基づいたモデル化	竣工図書に基づいたモデル化	現地計測及び標準図集にに基づいたモデル化	備考
1	適用基準類	○	○	※1	竣工図書、竣工年次等から確認
2	構造諸元	○	○	現地計測＋標準図集	計算書の入力、図面から確認
3	使用材料、材料強度	○	○	標準図集＋非破壊or微破壊試験	コンクリート設計基準強度、PC鋼材・鉄筋の種別等
4	PC鋼材配置、鉄筋配置	○	○	標準図集	PC鋼材：有効高さ、定着位置、鉄筋：鉄筋径と配置
5	プレストレス量	○	※2	※2	

※1：道路台帳や橋梁台帳、点検資料等から竣工年次が分かれば、適用基準類の想定は可能。
※2：当初設計基準と復元設計結果より入力の妥当性を検証。

成果② PCケーブル等の軸力の把握に向けた各種非破壊検査の整理，留意点等の提案

- 既往の非破壊検査手法の原理，特徴の整理：
  - ○ 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情報集約は実施済み．

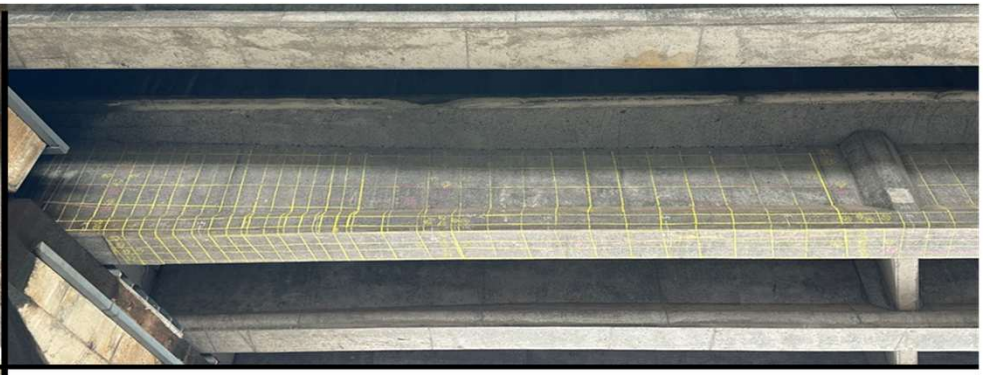
→ 現場適用における課題の整理，

→ デジタルツインに入力する項目と精度を整理する．

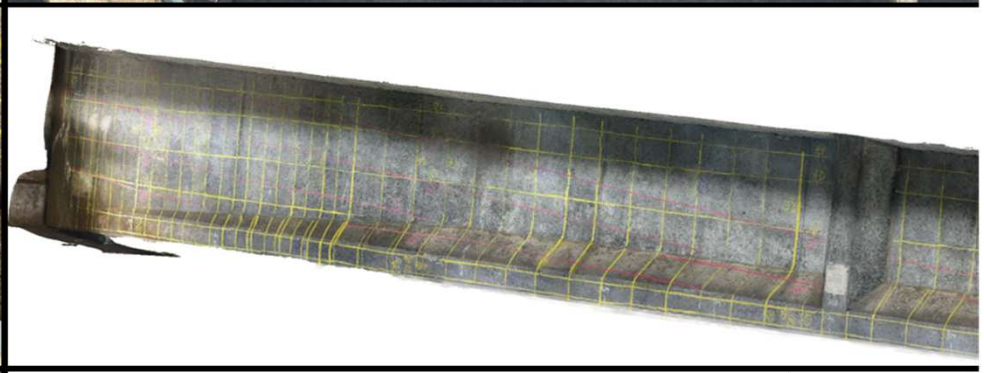
- 損傷再現実験の実施，各検査手法の結果の整理：
  詳細調査の要否や調査項目の選定を目的とした各手法の位置付けを明確にする．
- 現場試験：非破壊検査を現地で実施する際の適用性，適用範囲，測定精度，留意点の調査研究

成果②　非破壊検査手法試行
行松高架橋ポステン桁における計測および取得結果一例

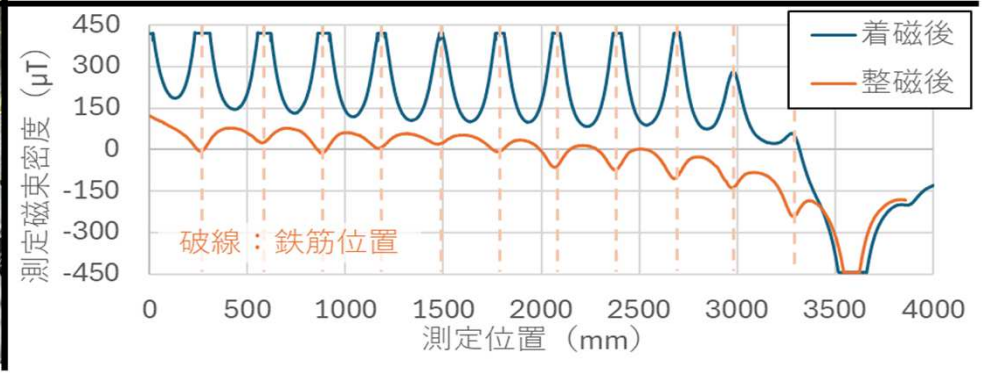
鋼材探査



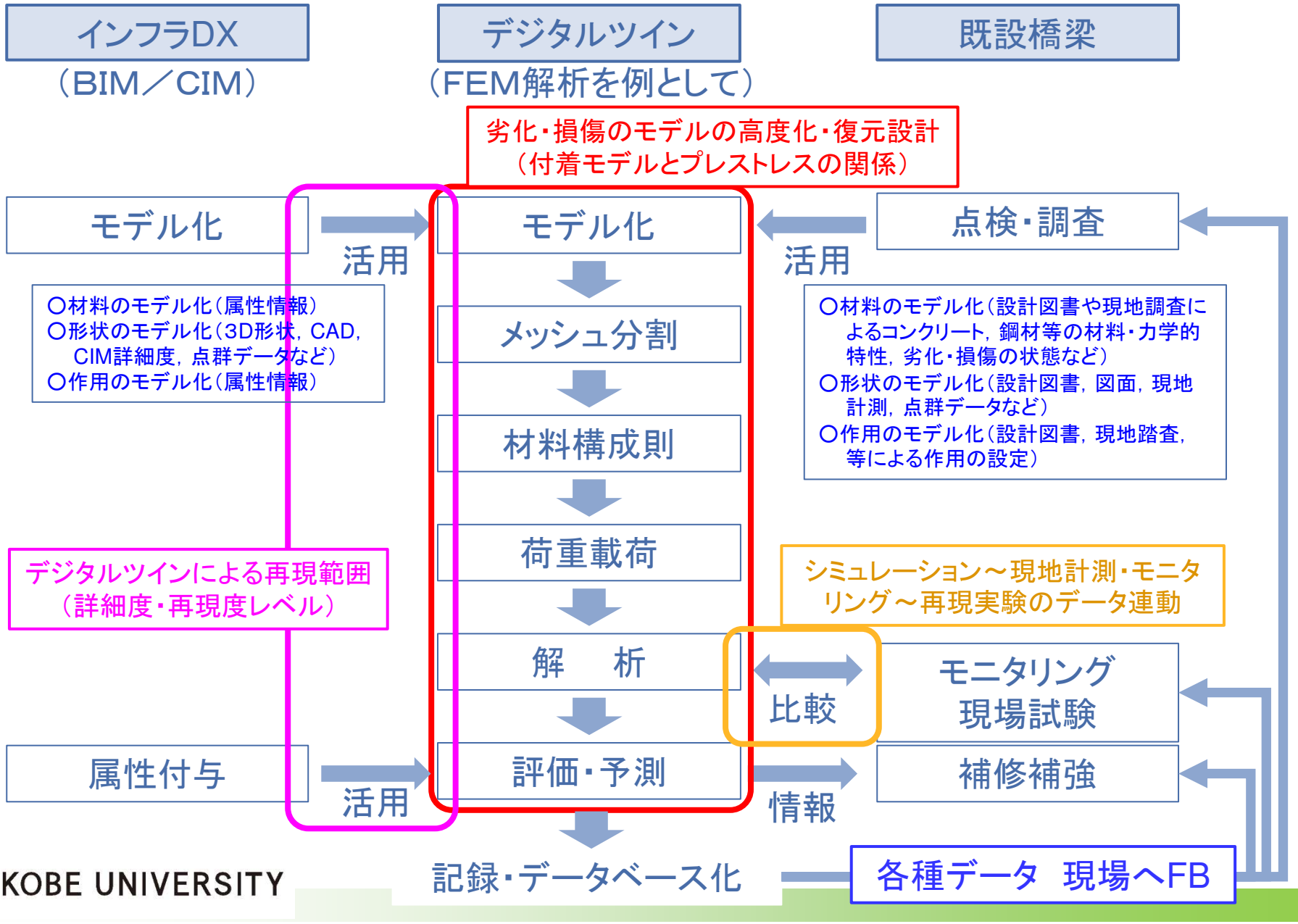
点群データ



PC鋼材損傷



成果③デジタルツイン実装の作業フロー提案



活動計画

令和5年度（本年度）

- 点検調書に基づくPC構造特有の損傷に関する情報の整理
- 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の整理
- 非破壊検査手法（鋼材破断，グラウト充填，残存プレ）の原理，特徴の整理
- 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整理

令和6年度

- 安全性，耐久性の評価に資するPC構造特有の損傷に関する情報の体系化
  （2年以内にとりまとめ提案する）
- 損傷再現実験，現場試験の実施，非破壊検査手法による計測試行
- PC橋のデジタルツインモデル構築，現場展開における作業フローの素案作成

令和7年度

- 非破壊検査の現場適用性，適用範囲，測定精度，留意点の提案
  （3年以内に調査研究を実施して提案する）
- デジタルツインを用いた分析，PC部材安全性，耐久性評価に資する情報提案
- PC橋のデジタルツインモデル構築，現場展開における作業フローと課題提示

ご清聴ありがとうございました

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

神戸大学　三木朋広