

鉄道一般
車両
施設
電気
運転・輸送
防災
環境
人間科学
浮上式鉄道

鉄道橋りょうの設計・施工・維持管理の情報を一元管理する

鉄道構造物の設計や施工の段階において、使用材料や配筋などの多くの情報が蓄積されています。これらの情報を適切に記録し活用することで、より高精度かつ効率的な維持管理が可能となると考えられます。ここでは、3次元図面情報や施工・検査の情報から、構造物の変状予測や3次元FEM解析による性能評価などを実施し、これらをデータベース上で一元管理するとともに、その結果を視覚的に確認できるシステムを提案しましたので、これらの取り組みを紹介します。

はじめに

鉄道構造物の設計・施工・維持管理業務において、BIM/CIM (Building/Construction Information Modeling, Management) に関する取り組みにより3次元情報を設計段階から施工段階、維持管理へと引き継ぐ事例が増えてきています。また、国土交通省より、i-Constructionの全面的な活用の一環としてBIM/CIMの本格的な運用拡大が推進され、2023年度からの業務においては、原則、すべての詳細設計・工事でBIM/CIMが適用される予定となっています¹⁾。しかし、現時点の設計段階でのBIM/CIMの活用は、3次元配筋図を用いた鉄筋の干渉チェックなどの施工での活用にとどまり、BIM/CIMモデル(参照)を有効に活用するまでには至っていません。

ここでは、BIM/CIMモデルを有効

活用するためのツールのひとつとして、設計・施工・維持管理に係る情報を一元管理することが可能なシステムを提案しましたので紹介します。

提案したシステムの概要

図1に提案したシステムの構成を示します。本システムは、設計・施工・維持管理の情報を入力するための「入力インターフェース」、これらの情報を一元管理するための「データベース」(以下、DB)、一元管理した情報を可視化し表示するための「可視化システム」により構成されています。それぞれのシステムの内容を以下に示します。

入力インターフェースにより、構造物の位置、構造物の形状、施工記録、検査記録といった、設計・施工・維持管理に係る情報を入力し、これらを後述するDB上で一元管理することが可能です。位置情報の入力インターフェースでは、線路や構造物などの位置情報として緯度経度やキロ程などの情報を入力します。構造物の形状の入力インターフェースでは、構造一般図や配筋図、BIM/CIMモデルなどの情報を扱うことができます。また、既設

参照 BIM/CIM モデル

3次元の形状情報に加え、名称や物性および物性値(強度など)、数量、そのほか付与が可能な情報(属性情報)とそれらを補足する資料(参照資料)をあわせて構造物に関連する情報モデルのことをいいます。



斉藤 雅充
Masamichi Saito
構造物技術研究部
鋼・複合構造研究室
副主任研究員



土橋 亮太
Ryota Dobashi
前 構造物技術研究部
鋼・複合構造研究室
研究員



仁平 達也
Tatsuya Nihei
前 構造物技術研究部
鋼・複合構造研究室
主任研究員



金島 篤希
Atsuki Kaneshima
前 構造物技術研究部
鋼・複合構造研究室
研究員



岡本 大
Masaru Okamoto
前 構造物技術研究部
鋼・複合構造研究室長

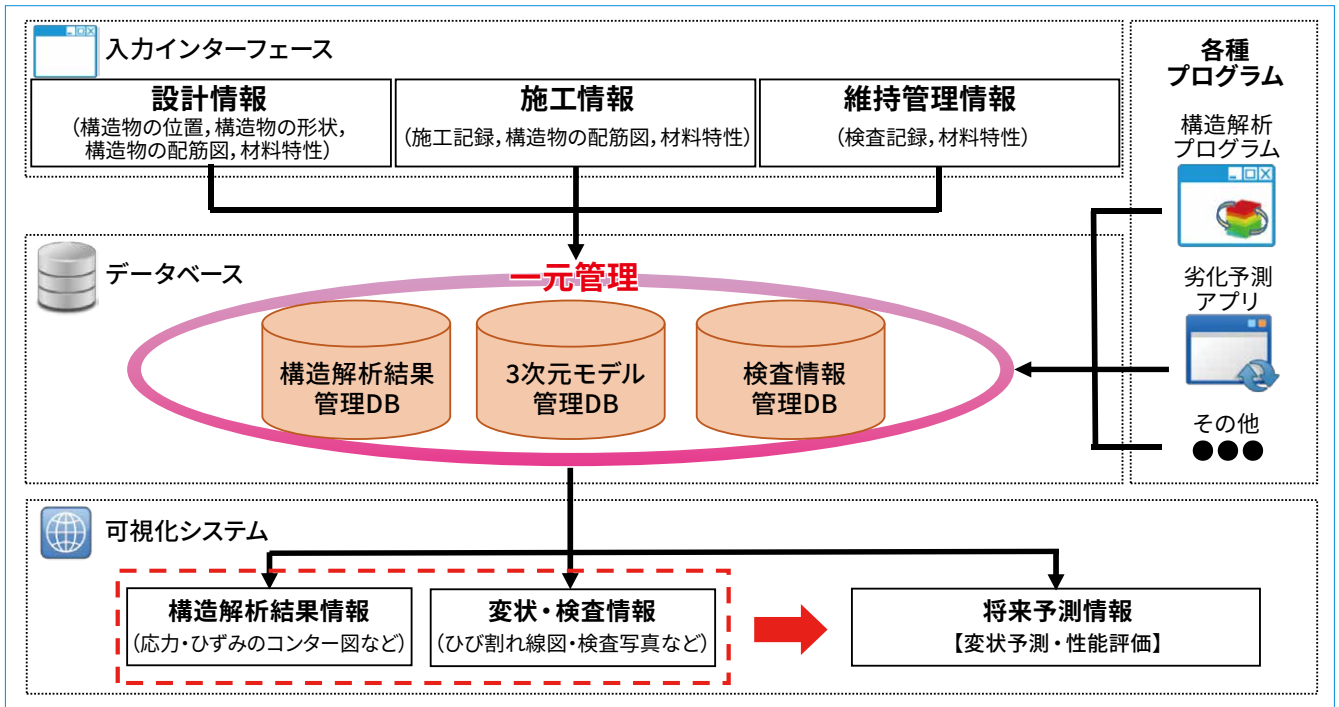


図1 提案したシステムの構成

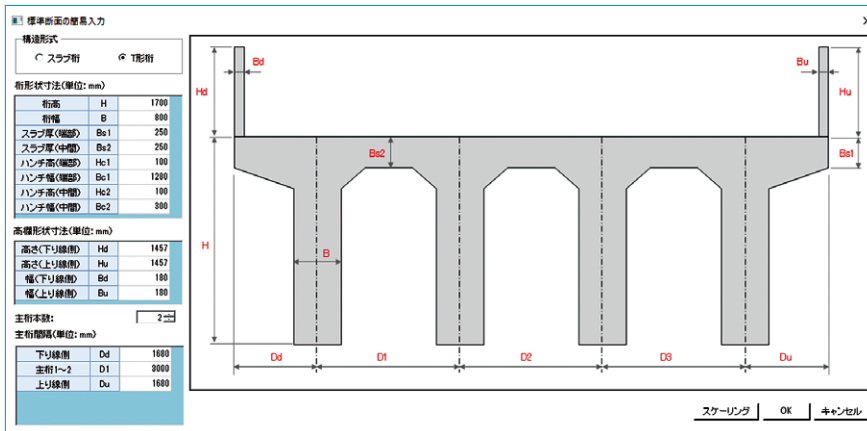


図2 RCT桁の3次元モデル作成画面

構造物などで3次元図面がない場合には、図2に示すようにインターフェース上で簡易的な3次元モデルを作成できるようにしました(現在は、桁構造にのみ対応しています)。施工記録の入力インターフェースでは実構造物のかぶりの情報を、変状情報入力インターフェースでは、ひび割れ展開図や維持管理時に撮影した変状写真を保存することが可能です。写真は、図3のように3次元でモデル化した構造物の表面(例えば、図中の青色部分)に貼付することができます。

DBは、3次元モデル管理DBと検査情報管理DB、構造解析結果管理DBの3つから構成されています。3次元モデル管理DBは、BIM/CIMモデルをはじめとした構造物の形状を保存することができます。検査情報管理DBは、施工や維持管理のデータを蓄積して保存することができます。構造解析結果管理DBは、設計図書などを電子管理します。なお、DBに保存されたBIM/CIMモデルは、構造解析プログラムや劣化予測アプリと連携することができます。構造解析プログラムとの

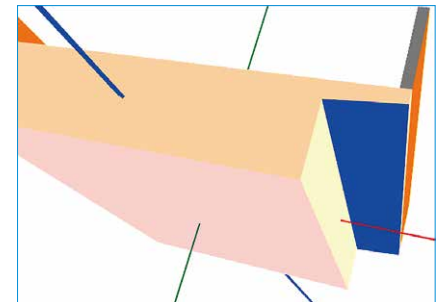


図3 検査記録の入力インターフェース

連携として、BIM/CIMモデルにおいてメッシュ分割などを行い、提案したシステムによりFEM解析モデルに変換するなどの機能を有しています。このように、提案したシステムを用いてBIM/CIMモデルとFEM解析を連携させることは、解析モデル作成における労力軽減や時間短縮、モデル作成時の入力ミス軽減などの効果が考えられます。劣化予測アプリとの連携は、鉄道総研が開発しているコンクリート構造物のはく落予測ツール²⁾と連携することで、維持管理時に撮影した写真と同様に劣化予測の結果を保存することができます。

可視化システムは、登録された情報

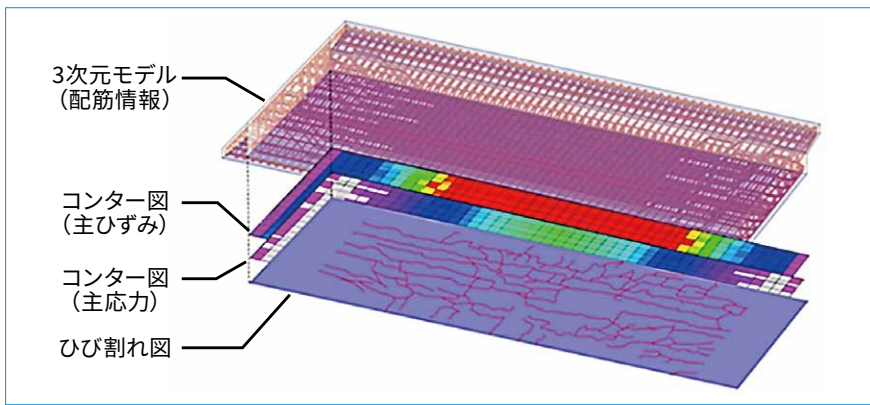


図4 各種情報の表示例

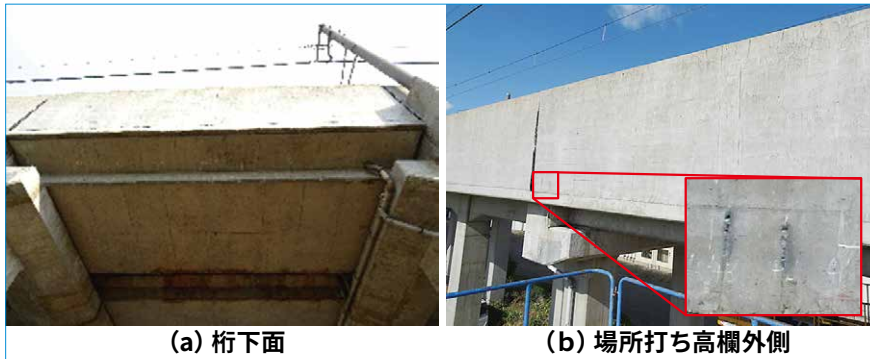


図5 対象構造物の外観

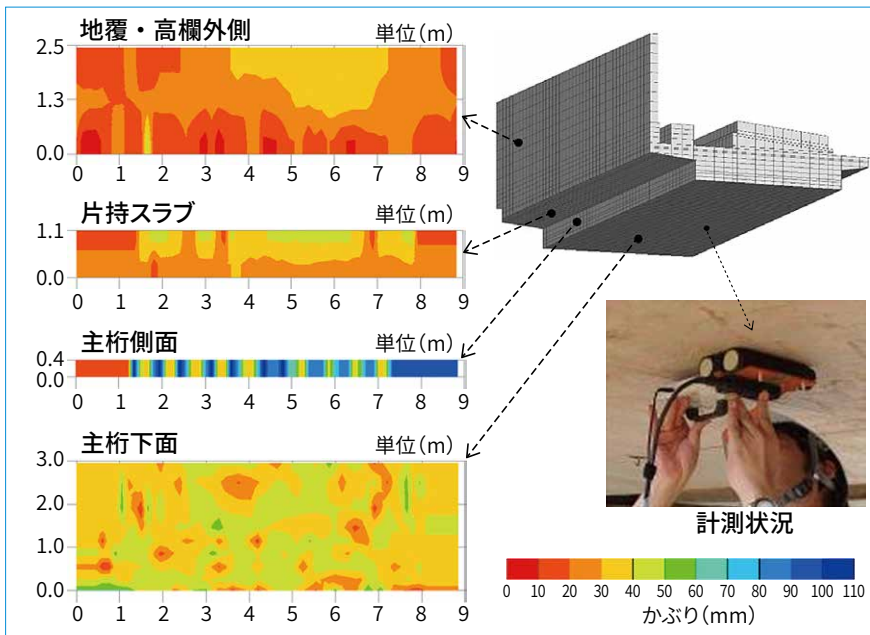


図6 かぶり測定結果

を図4に示すように、3次元モデルとコンター図などを重ねて表示することができます。

提案したシステムの試行

RCスラブ桁を対象に、提案したシステムを用い、入力インターフェース

による実構造物情報の入力、DBと構造解析プログラムや劣化予測アプリとの連携、DB内の情報の可視化を確認しました。対象構造物は、図5に示す供用35年の単線並列RCスラブ桁です。

入力インターフェースを用い、対象構造物の位置、構造物の形状、構造物

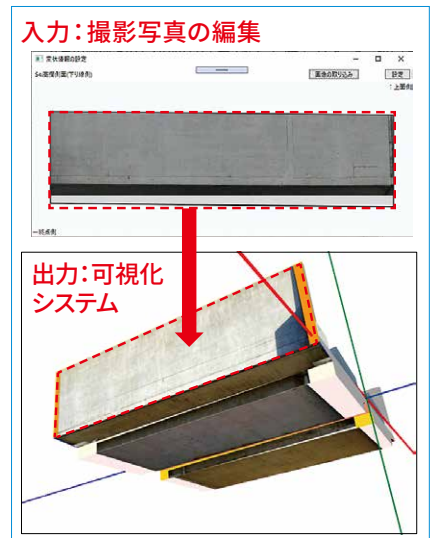


図7 検査記録の入出力例

の配筋図、材料特性、施工記録および検査記録をDBに保存しました。なお、構造解析に必要な構造物の形状および配筋図、材料情報などは、BIM/CIMモデルの属性情報としてDBに保存しました。

施工記録については、かぶりの情報を筆者らの既往の検討³⁾を踏まえた測定方法を用いて取得し、メッシュ状に整理したものをDBに保存しました(図6)。また、検査記録として撮影した写真を、入力インターフェースを用い保存しました(図7)。ほかにも、たわみの情報や、施工年度の情報などについても検査記録として入力することができます。可視化システムの試行として、図8に示すように重畳表示可能なことを確認しました。

次に、DBに保存した情報と解析モデルの連携について試行しました。先に述べたように、本システムを用いて、DBに保存されたBIM/CIMモデルをFEM解析モデルに変換することができます。作成したFEM解析モデルを用い、変状予測および性能評価予測を実施いたしました。DBに保存されたBIM/CIMモデルから作成したFEM解析モデルを図9に示します。

変状予測の試行では、DBに入力したかぶり計測結果と、はく離・はく落

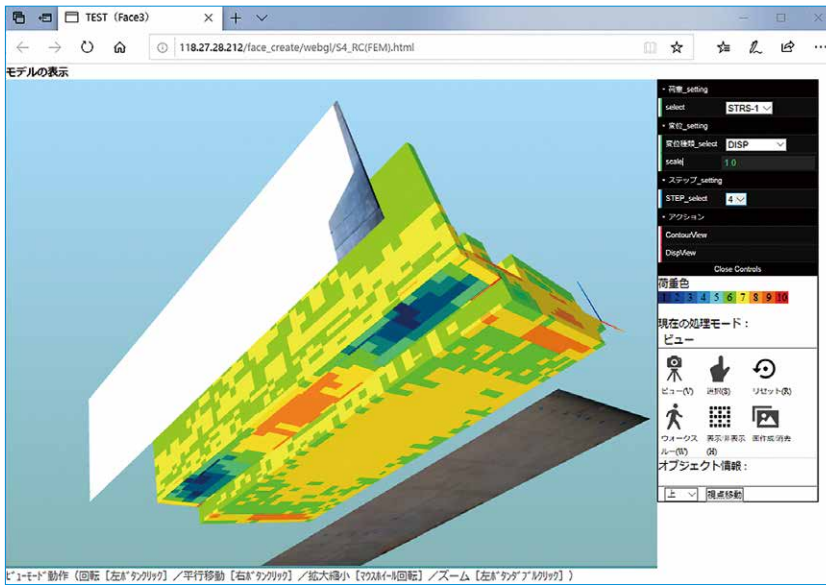


図8 可視化システムの試行

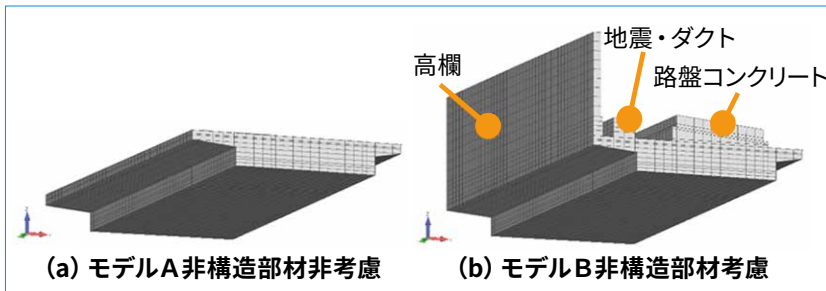


図9 FEM解析モデル

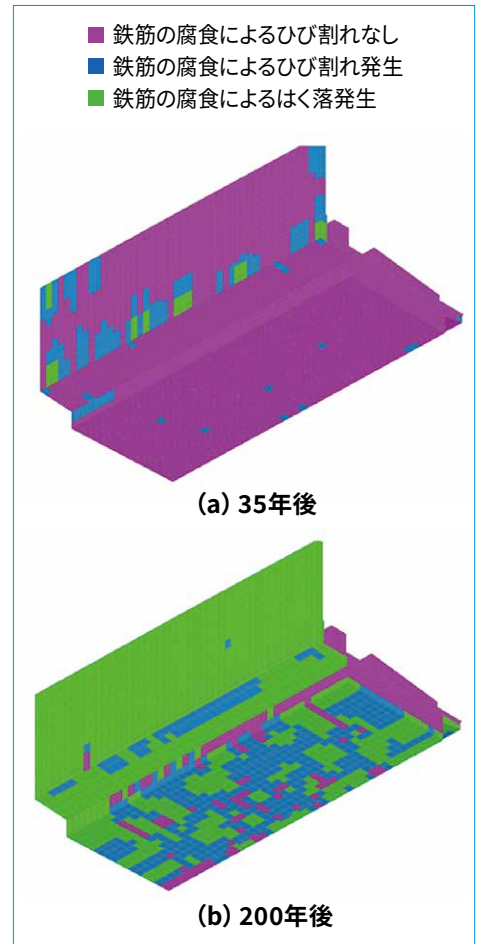


図10 各面の変状の推定結果

の情報をを用いて行いました。本システムでは、実構造物の検査で取得したはく離・はく落箇所とかぶりの関係から、鉄道構造物等維持管理標準・同解説(構造物編)コンクリート構造物⁴⁾に準じた変状予想モデルにより、はく落発生までの腐食速度を同定することができます(図10)。そして、同定した鉄筋の腐食速度から、鉄筋の質量減少量を予測し、鉄筋の断面積の減少を考慮した有限要素解析を行うことにより、性能評価予測を実施することもできます。

提案したシステムが維持管理業務に及ぼす効果

現状の維持管理においては、目視による点検を基本に構造物の健全度を評価しているため、基本的には目視で確認できる劣化が発生していなければ補修・補強は実施いたしません。しかし、

目視で確認できる劣化が発生した場合、大掛かりな補修・補強が必要となる可能性があります。そのため、目視で確認できる劣化が発生する前に、事前に補修・補強を行う予防保全を取り入れることで、大掛かりな補修・補強を行わず、構造物の安全を維持することや、計画的な維持管理を行うことが可能になると考えられます。

また、今回提案したシステムを用い、変状予測および性能予測をすることで、検査の着目点が明確になり、精度の高い維持管理計画を構築できる効果も期待できます。

おわりに

橋りょうの設計・施工・維持管理の情報を一元管理するシステムについて紹介しました。今後の労働人口減少への対応に際して、本システムが効率的

な維持管理の一助になれば幸いです。

なお、本システムは北部コンサルタント株式会社との共同研究の成果となっております。[RRR]

文献

- 1) 国土交通省：BIM/CIM活用ガイドライン(案) 共通編, <https://www.mlit.go.jp/tec/content/001334804.pdf> (入手日：2021/03/18)
- 2) 鉄道総合技術研究所：コンクリート構造物のはく落予測ツールの開発, 施設研究ニュース2019年6月号, https://www.rtri.or.jp/rd/news/structure/structure_201806.html (入手日：2021/03/18)
- 3) 土橋亮太, 小林史, 堂内悠吾, 仁平達也: 中間スラブの局所的なかぶり不足を検知可能な計測方法の検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.42, No.2, pp.1243-1248, 2020
- 4) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等維持管理標準・同解説(構造物編)コンクリート構造物, 丸善出版, 2007