

(15) CIMモデルを活用した維持管理の高度化に向けて

笹倉 伸晃¹・中山 健²・工藤 敏邦³

¹正会員 前田建設工業株式会社 土木技術部 (〒101-0064 東京都千代田区猿樂町2-8-8)

E-mail: sasakura.n@jcity.maeda.co.jp

²非会員 中央復建コンサルタンツ株式会社 橋梁グループ (〒102-0083 東京都千代田区麹町2-10-13)

E-mail:nakayama_t@cfk.co.jp

³正会員 前田建設工業株式会社 土木設計部 (〒101-0064 東京都千代田区猿樂町2-8-8)

E-mail: kudou.t@jcity.maeda.co.jp

本研究では、開削トンネル構築工事において、実際の設計、施工の情報、ならびに仮定した維持管理の情報と付与した一連のプロセスにわたるCIMモデルを構築し、その効果と課題を検証した。CIMモデルを導入することで、施工段階での可視化による効果だけでなく、情報一元化が実現することにより維持管理業務の効率化にも有効であることを確認した。また、CIMモデルのデータを活用した劣化予測シミュレーションを実施し、CIMが維持管理業務の高度化に寄与することを確認した。今後は維持管理業務の更なる高度化を図るため、LCC評価とCIMモデルとの連携が課題である。インフラのライフサイクルの全ての段階でCIMモデルを活用していくために、誰にでも使い易く、業務の効率化実感できるCIMを開発していくことが重要である。

Key Words : CIM, 維持管理, 可視化, 劣化解析, LCC

1. はじめに

近年、建設業では実業務でCAD、CG等の3次元関連技術の活用が不可欠なものとなってきている。このような中、国土交通省によりCIM(Construction Information Modeling)と呼ばれる新しい概念が提唱された。CIMは計画、設計、施工から維持管理に至るまでのインフラのライフサイクル全般の効率化を目標としているが、これまでのCIMの導入事例は、設計・施工フェーズを中心としたものがほとんどである。

本稿では、東京外かく環状道路建設事業の「矢切

函渠その9工事」において、設計・施工から維持管理までのインフラ一連のプロセスにわたる情報を付与したCIMモデルを構築し、躯体の維持管理に活用するシミュレーションを行い、現状でのCIM導入効果を確認した事例について報告する。

2. 工事概要

「矢切函渠その9工事」は、東京外かく環状道路の松戸市小山～市川市高谷の延長約12km区間のうち、上矢切から中矢切に至る延長約240m区間に、掘割スリット構造ボックスカルバートを築造する工事で



写真-1 躯体構築状況



写真-2 3Dプリンタにより作成した模型

ある(写真-1)。国道を支える仮設構台直下で躯体を構築するため、仮設構台の部材と新設躯体との干渉が課題となっており、3D-CADや3Dプリンタ(写真-2)を活用して施工を進めている。

なお、当工事は国土交通省より平成25年度希望型CIM試行工事に指定された。

3. 構築したCIMモデルの概要

(1) CIMモデルの構成

構築したCIMモデルは図-1に示すように、周辺地形、上部に国道が通る既設仮橋や山留め等の仮設構造物、新設構造物などを詳細に3次元化した「全体モデル」、属性(コンクリート強度、鉄筋種別、打設日などのデータ)が付与された施工ブロック毎の「属性モデル」、構造物に関する情報が保存された「共有データサーバ」で構成されており、それぞれのモデルはリンクで接続されている。

(2) 属性モデルの構成

属性モデルは、3Dモデルの必要な箇所をクリックすると、設計・施工から維持管理までの構造物に関わる情報を参照することができる。いわば、属性モデルは様々な工事情報の「インデックス」のような役割を果たしている。

4. 維持管理シミュレーション

(1) 属性情報の設定

構造物のライフサイクルにおいては、施工写真や協議記録、施工記録といった多種多様かつ大量の情

報が存在する。本試行では、これらの情報の中から、躯体の維持管理のあり方を考察するために必要と思われる項目を選定し、「属性モデル」に付与した(表-1)。当現場は施工中であるため、維持管理段階の情報は存在しないが、定期点検等の情報を仮想的に導入し属性として付与することで、維持管理業務に対するCIMモデルの検証を行った。

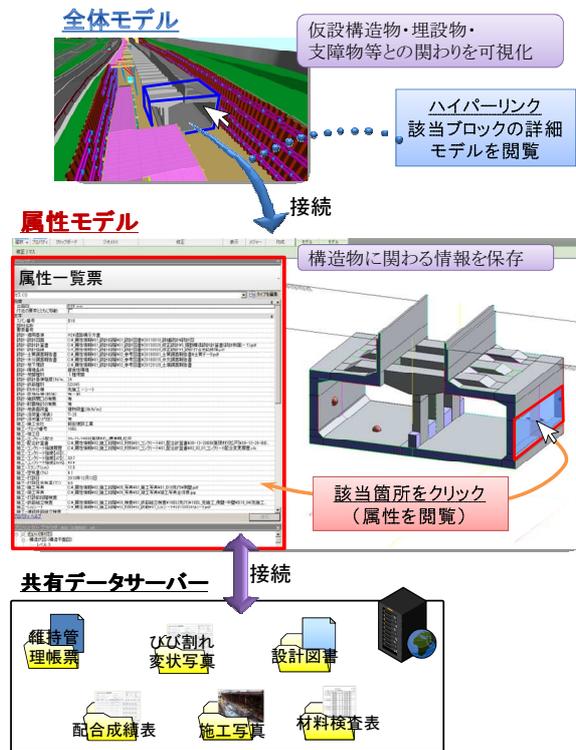
属性は、一覧表の中に直接入力されている情報と、ファイルデータとしてサーバーに保存され、ハイパーリンクによって接続する情報がある。施工管理の帳票等は、属性を付与したCIMモデル作成に必要な以上の負荷をかけないために、特別な変換等は実施せず、そのままPDF化してハイパーリンクにより付与することとした。

(2) 属性モデルによる情報の一元化

通常のプロジェクトでは、設計、施工、維持管理

表-1 付与した属性の一覧

◆ 設計段階		◆ 施工段階		◆ 維持管理段階(仮想のデータ)	
設計-適用基準	直接入力	施工-施工会社	直接入力	維持-点検年月日	直接入力
設計-設計図面	リンク	施工-ブロック番号	直接入力	維持-点検結果(判定)	直接入力
設計-設計図書	リンク	施工-竣工日	直接入力	維持-ひび割れの有無	直接入力
設計-設計協議	リンク	施工-コンクリート配合	直接入力	維持-ひび割れ-はく離の有無	直接入力
設計-土質調査報告書	リンク	施工-配合計算書	リンク	維持-漏水の有無	直接入力
設計-水文調査報告書	リンク	施工-コンクリート協議履歴	リンク	維持-対策の有無	直接入力
設計-地下埋設	リンク	施工-コンクリート強度(d3)	直接入力	維持-定期点検表	リンク
設計-埋設条件	直接入力	施工-コンクリート強度(d7)	直接入力	維持-点検報告書	リンク
設計-地盤種別	直接入力	施工-コンクリート強度(d28)	直接入力	維持-調査報告書	リンク
設計-設計基準強度(N/mm2)	直接入力	施工-スラブ	直接入力	維持-対策報告書	リンク
設計-鉄筋種別	直接入力	施工-空気量	直接入力	維持-アルカリ骨材調査年月日	直接入力
設計-助水仕様	直接入力	施工-打設日	直接入力	維持-アルカリ骨材反応の可能性	直接入力
設計-目地仕様(前後)	直接入力	施工-打設日外気温	直接入力	維持-アルカリ骨材反応調査報告書	リンク
設計-施設開口の有無	直接入力	施工-施工写真	リンク	維持-調査調査年月日	直接入力
設計-耐震設計の有無	直接入力	施工-竣工写真	リンク	維持-調査調査の可能性	直接入力
設計-地表面荷重	直接入力	施工-打設前段階検査	直接入力	維持-調査調査報告書	リンク
設計-活荷重(地表)	直接入力	施工-鉄筋組立検査	リンク	維持-中性化調査年月日	直接入力
設計-活荷重(内空)	直接入力	施工-ミルシート	リンク	維持-中性化調査の可能性	直接入力
		施工-型枠組立検査	直接入力	維持-中性化調査の報告書	リンク
		施工-コンクリート強度	直接入力	維持-任務強度調査年月日	直接入力
		施工-骨材試験成績表	リンク	維持-任務強度(N/mm2)	直接入力
		施工-塩化物質	直接入力	維持-鋼材強度調査年月日	直接入力
		施工-鉄筋図	リンク	維持-引張強度(N/mm2)	直接入力
		施工-地下水位	直接入力		



に関わる情報がそれぞれの業務ごとに個別に保存されているため、必要があって情報を収集する際には非常に手間が掛かっている。しかし、本試行で作成した「属性モデル」では、見たい箇所をモデル上で選択することで様々な情報の入手が可能である。設計から施工、維持管理までの構造物に関わる様々な情報が、3次元のCIMモデルを中心として一元化することで、必要な時に迅速に抽出することが可能となる。これにより、膨大なビッグデータを扱う維持管理段階における業務の効率化が見込める。

(3) 維持管理におけるCIMモデルの検証

維持管理業務に対するCIMモデルの有効性を検証するため、将来、躯体コンクリートに発生したひび割れに対応する際のシミュレーションを実施した(図-2)。

躯体の定期点検において、コンクリートに発生したひび割れを確認したと仮定する。ひび割れの発生状況をCIMモデルで視覚的に表示することで、ひび割れ発生箇所を空間的に把握することができる。さらにCIMモデルから収集した設計、施工段階での情報、現地で実施した追加調査の結果を合わせて発生原因を推定することができる。次に推定された発生原因に基づいて補修工事を施工し、施工データをCIMモデルに追加更新する。

将来的に構造物に問題が発生した際に、CIMモデルによる発生状況の可視化、各種情報の一元化が維持管理業務における業務効率化をもたらすことを本検証により確認することができた。

(4) 点検結果の「見える化」への活用

a) 従来の2次元による点検業務の課題

従来の躯体コンクリートの点検では、点検作業者が現地にて躯体の2次元展開図に点検結果を記入し、その結果を事務所に持ち帰り、エクセル等の点検シートに整理するという手順が一般的である。躯体の

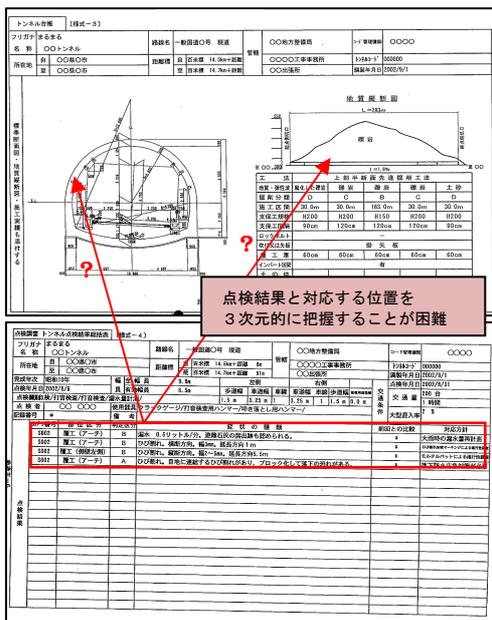


図-3 従来の2次元による点検結果の整理

点検結果は点検要領に基づき要素分割された部位ごとに記入されることになる。作成された点検結果シートは、部位の番号ごとに並べられることから、発生したひび割れの位置や、大きいひび割れ幅が集中している箇所等、点検結果の分析結果を空間的に表現することが困難であった(図-3)。

b) CIMによる点検結果の可視化

本検討では、これまでと同様に作成された点検結果シートの評価結果と、CIMモデルとを連動させることで、点検結果の可視化を試みた。要素番号(部位番号)ごとに整理した点検シートと、要素番号ごとに分割したCIMモデルを、要素番号をキーとして連動させた。これにより、点検結果をCIMモデルで3次元的に把握することが可能となり、構造物全体を俯瞰して、重点的に調査を実施すべき箇所の抽出等に役立つことから、維持管理において有用なツールになると思われる(図-4)。

(5) 維持管理の高度化に向けて

a) 構造物の劣化予測への活用

CIMモデルに付与された設計、施工、維持管理時の情報を活用して、各種ツールにより分析を実施し、その結果をCIMモデルで可視化することで、維持管理業務の効率化を図ることが可能となると思われる。

ここではシミュレーション用に点検調査時の最大ひび割れ幅の分布を仮定し、施工時の材料情報や周辺環境等の情報を加えて、劣化解析を実施することで、将来における構造物の劣化状況の予測を行った。なお、今回の試行においては、構造物が厳しい塩害環境下にあると仮定して、対象年の鉄筋位置における塩化物イオン濃度を推定した。その解析結果を図-5に示す。

解析結果とCIMモデルと連動させることで、10、30、50年後における鉄筋の塩化物イオン濃度分布を可視化することができた。鉄筋の腐食発生限界濃度を 1.2kg/m^3 と考えると、10年後は鉄筋が腐食する可能性はほとんどないと推定されるが、30年後には腐

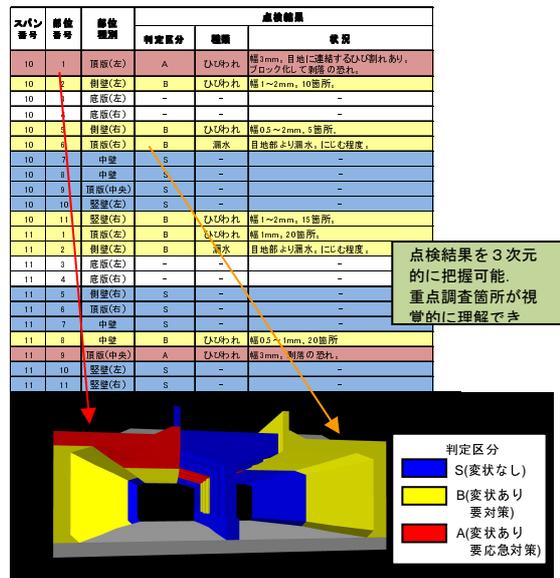


図-4 CIMモデルによる点検結果の可視化

食発生限界濃度に近くなる箇所があり、50年後では鋼材に腐食が発生する箇所が出てくること が明らかとなった。

供用中のインフラの維持管理においては、補修工 事の際に交通規制等の対策が必要となることも多い ため、補修工事实施の時期および範囲の設定が重要 になる。前述したCIMモデルにより将来の構造物の 劣化状況を可視化することで、「現状の状況では補 修工事を実施するのは困難だが、5年後であれば実 施可能であり、その時の構造物の劣化状況は問題な い」といった判断が可能になる。そのため、CIMモ デルと劣化予測の連携は、維持管理業務の効率化に つながると考えられる。

b) ライフサイクルコスト評価との連携に向けて

また、将来的な展開としては、ライフサイクルコ スト (LCC) 評価との連携が考えられる。CIM モデルには LCC 評価に必要な設計～施工～維持管理ま での情報が集約されているため、それらの情報を活 用することにより、適切な補修計画の策定が可能に なると思われる。

今後、日本のインフラ整備が維持管理に大きくシ フトしていく中で、構造物の長寿命化は建設業全体 の課題となっている。そのため、インフラのライフ サイクル全般にわたる情報を集約する CIM と LCC 評価の連携を図り、維持管理業務の高度化、省力化 を図ることに取組んでいくことが重要と思われる。

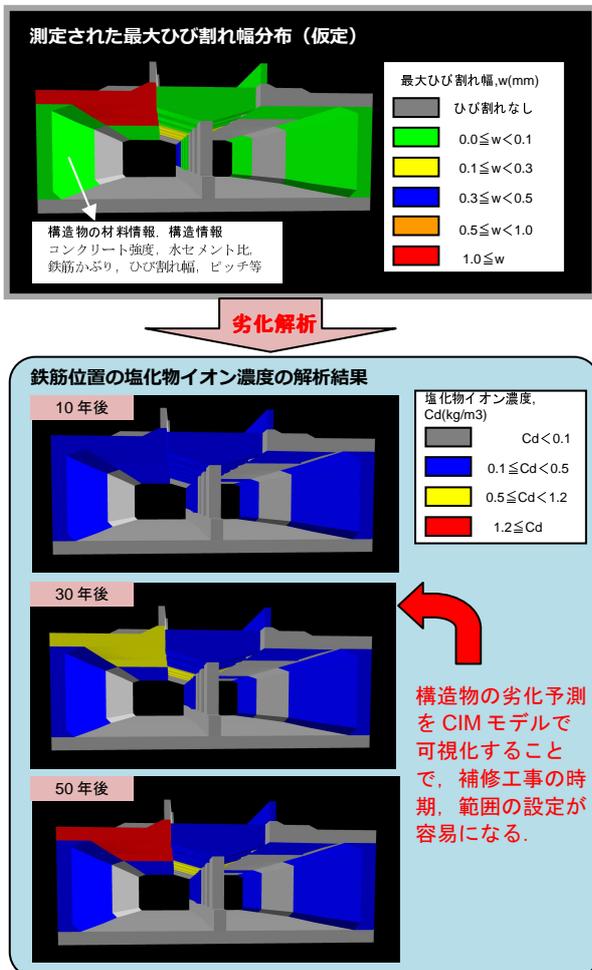


図-5 構造物の劣化解析への CIM モデルの活用

5. 今後のCIMの方向性

長期にわたり多数の関係者が存在するインフラの ライフサイクルにおいて、CIMモデルによる情報一 元化を継続するためには、全ての関係者が怠りなく 情報を更新していくことが重要である。そのため には、CIMモデルの作成、変更作業が、関係者にとっ て簡便かつ安価に行えるものでなくてはならない。

構造物のライフサイクルの中で最も多くの情報を 扱う維持管理段階では、情報の入手を短時間で行え ることがCIMを活用する大きなメリットである。筆 者らは、CIMモデルから情報を取得する1つの方法 として、供用後の構造物に設置したICタグやQRコ ードをリーダーで読み取ることにより、構造物の情報 を参照できるシステムの開発を進めている (図-6) ¹⁾。この技術が実用化すれば、現場にタブレットPC 等を持ち込むことで、実際に構造物の点検をしなが ら属性情報を容易に確認することが可能になる。

また、構造物の形状、変位等は維持管理において 非常に重要な情報であるが、それらを測定してCIM モデルに反映することも非常に手間が掛かる作業で ある。筆者らは実際に組立てた鉄筋の3次元モデル の作成において、写真計測を活用した取組みも実施 している²⁾。

このように、近年のタブレット端末、PC、通信 機器や計測機器、解析・分析ソフトの発展は目覚ま しいものがある。今後は、これらのツールとの連携 を強化し、インフラの全ての関係者にとって使い易 く業務の効率化に繋がるようなCIMを開発してい きたい。

謝辞：国土交通省関東地方整備局、首都国道事務所、 ならびに金町国道出張所の関係各位には、本研究の 実施にあたり多大なるご理解とご協力を頂きました。 ここに記して、感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 工藤敏邦ほか：開削トンネルにおけるライフサイク ルを考慮した CIM の試行，土木学会第 69 回年次学 術講演会発表予定，2014
- 2) 平澤江梨ほか：写真計測を用いた実施工における 3 次元配筋モデルの構築，土木学会第 69 回年次学術講 演会発表予定，2014



図-6 IC タグを活用した実構造物と CIM モデルの 連携イメージ