

橋梁詳細設計業務等における CIMモデルの活用に関する考察

伊原 岳宏¹

¹近畿地方整備局 福知山河川国道事務所 調査課 (〒620-0875 福知山市字堀小字今岡2459-14)

CIM (Construction Information Modeling/Management) は、計画・調査・設計段階から構造物の属性情報を付与した3次元モデルを導入することにより、一連の建設生産システムの効率化・高度化を図ることを目的としている。紀南河川国道事務所では、一般国道42号すさみ串本道路の橋梁詳細設計において、数量・工事費・工期の算出、施工ステップの可視化や鉄筋干渉の照査等にCIMモデルを活用している。しかし、国土交通省 CIM 導入推進委員会 が公表している CIM 導入ガイドライン (案) における詳細な仕様の規定は検討段階にあり、現時点では、発注者や業務・工事受注者がCIMモデルを十分に活用できない場合がある。本稿では、橋梁詳細設計業務におけるCIMモデルの活用状況を整理し、日常業務や施工中・供用後の安全管理でより一層活用されるために必要な制度や活用方法を考察する。

キーワード CIM, i-Construction, 安全管理, GIS

1. はじめに

国土交通省では、建設生産システムの効率化・高度化を目的として、CIM (Construction Information Modeling/Management) の導入を推進している。令和2年4月現在、紀南河川国道事務所では、一般国道42号すさみ串本道路の建設が進められており、設計段階において CIM 導入ガイドライン (案) (以下、「ガイドライン」とする。) に基づき21橋にCIMが導入されている (図1)。ガイドラインでは、CIMモデルの活用例は紹介しているものの、事務所作業における動作環境や使用方法まで言及していない。また、設計業務の次の段階である工事発注において、ソフトウェアの互換性の問題等により、発注者および工事受発注者がCIMモデルを十分に活用できない場合がある。そこで本稿では、橋梁詳細設計業務におけるCIMモデルの活用状況を整理し、日常業務や施工中・供用後の安全管理でより一層活用されるために必要な制度や活用方法を考察する。

一般国道42号すさみ串本道路 (図2) は、近畿自動車道紀勢線の一部として、和歌山県西牟婁郡すさみ町と東牟婁郡串本町との間を結ぶ延長19.2kmの自動車専用道路であり、2014年度に事業化された。現在紀伊半島南部にある幹線道路は現道の国道42号のみであり、線形が厳しいことに加えて台風や豪雨などの異常気象発生時には度々通行止めとなっている。そのため、すさみ串本道路は、本地域における災害時の信頼性・安全性の確保、救急医療活動の支援、観光活性化等を目的に整備が行われ

ている。また、近い将来高確率で発生が懸念されている南海トラフの巨大地震に伴う大津波により、現道の大部



図1 すさみ串本道路における橋梁一覧
(橋梁名は令和2年6月時点の仮称である。)



図2 すさみ串本道路の概要

分は浸水区間内に入ると想定されており、浸水区間を回避する高さに計画されているすさみ申本道路は、「命の道」として早期供用が期待されている。すさみ申本道路は、供用済みとなっている近畿自動車道紀勢線の区間に加えて事業中の申本太地道路（2018年度事業化）・新宮道路（2019年度事業化）・新宮紀宝道路（2015年度事業化）と合わせて紀伊半島を1周する高規格幹線道路となる予定である。このように、急峻な地形に計画され、供用が急がれるすさみ申本道路事業は、CIM導入による施工の効率化等のメリットは大きいと考えられる。

2. CIMの利活用の制度と成果品の現状

平成29年3月に国土交通省 CIM 導入推進委員会が「CIM 導入ガイドライン（案）」を策定しており、CIMモデルの活用方針等が示されている。CIMの活用の方針として、設計照査の効率化や安全管理等がテーマとして挙げられている。設計照査の効率化に関して、橋脚基礎等の配筋が密となる箇所における鉄筋の干渉照査にCIMモデルが活用される事例があり、すさみ申本道路の橋梁においてもCIMによる鉄筋の干渉照査が実施されている。安全管理に関して、工事現場では様々な建設機械や作業員の動線が交錯しており、事故が生じやすく、事故が発生した場合の死亡率も高い。事故予防の先進的な取り組みとして、屋内でも危険予知活動を可能とするシステム等が検討されている。

しかし、ガイドラインは、CIMモデルの活用例やデータベースの構築例は紹介しているものの、事務所作業における動作環境や使用方法まで言及していない。そのため、すさみ申本道路の橋梁CIMの業務成果毎に詳細度や使用ソフトウェアが異なり、路線統一的なCIMモデルの構築が困難である（表1）。また、近畿地方整備局で導入しているソフトウェアと異なるもので作成されたCIMモデルは直接読み込むことはできず、共通仕様のIFCファイルに変換して取り込むか3DPDFに変換して閲覧する必要がある。このIFCファイルや3DPDFでは、テキストチャタけ等が生じる場合があり、互換性に課題がある。

この現状を踏まえ、特記仕様書等で主桁等を再現する上部工は詳細度300とする等、詳細度を成果品の目的・構造別に指定し、なおかつCADソフトに左右されない3DPDFの納品を指定することで実業務において活用し易いデータを整備する必要があると考えられる（表2）。

表1 すさみ申本道路のCIM成果品の使用ソフトウェア

Autodesk		川田テクノシステム(株)	Allplan
江住川橋	有田川橋	小河谷川橋	安指川橋
星野西池川橋	大山口川橋		江田川橋
小河瀬谷川橋	東雨川第一橋		貝岡川橋
熊谷川第一橋	東雨川第二橋		二色川橋
熊谷川第二橋	釜郷原川橋		
和深川橋	高富川橋		
田子川橋	關野川橋		
田並川橋	サンゴ台高架橋		
16橋		1橋	4橋

※名称は全て仮称

表2 CIMモデルの詳細度の定義²⁾

詳細度	共通定義	【参考】工種別の定義例	
		構造物（山岳トンネル）のモデル化	サンプル
100	対象を記号や線、単純な形状でその位置を示したモデル。	対象構造物の位置を示すモデル（トンネル）トンネルの配置が分かる程度の矩形形状もしくは線状のモデル	
200	対象の構造形式が分かる程度のモデル。標準横断で切土・盛土を表現、または各構造物一様に示される標準横断面を対象範囲でスワイプさせて作成する程度の表現。	構造形式が確認できる程度の形状を有したモデル（トンネル）計画道路の中心線形とトンネル標準横断でモデル化。坑口はモデル化せず位置を示す。	
300	附帯工等の細部構造、接続部構造を除き、対象の外形状を正確に表現したモデル。	主構造の形状が正確なモデル（トンネル）避難通路などの拡張部の形状をモデル化する。検討結果を基に適用支保パターンを範囲を記号等で、補助工法は対象工法をパターン化し、記号等で必要範囲をモデル化する。坑口部は外形寸法を正確にモデル化する。舗装構成や排水工等の内空設備をモデル化する。橋抜き位置は形状をパターン化し、記号等で設置範囲を示す。	
400	詳細度 300 に加えて、附帯工、接続構造などの細部構造および配筋も含めて、正確にモデル化する。	詳細度 300 に加えてロックボルトや配筋を含む全てをモデル化（トンネル）トンネル本体や坑口部、箱抜き部の配筋、内装版、支保パターン、補助工法の形状の正確なモデル化。	
500	対象の現実の形状を正確に表現したモデル	-	-

3. 橋梁詳細設計業務におけるCIMの活用状況

新たなCIMの活用方法を検討する前段として、すさみ申本道路事業における橋梁詳細設計業務での活用状況を整理した結果のうち、多くの橋梁で見られた鉄筋干渉照査および施工ステップの可視化への活用方法を述べる。

1) 鉄筋干渉照査

橋台や橋脚は鉄筋が複雑に交錯しており、要所毎に配筋を記した二次元図面では、鉄筋同士の干渉の発見が困難な場合がある。干渉が生じた場合、工事発注後に手戻りが生じるため、未然に防ぐことが重要である。課題としては、CIMを用いた干渉照査には、詳細度400以上のCIMモデルが必要であり、CIMモデルの作成に多大な労力を要することが挙げられる。ここで、桁端部におけるPCケーブルと支承アンカー等の配筋干渉確認のイメージを図3、橋脚基部の柱主鉄筋と大口径深礎杭の配筋干渉確認のイメージを図4に示す。

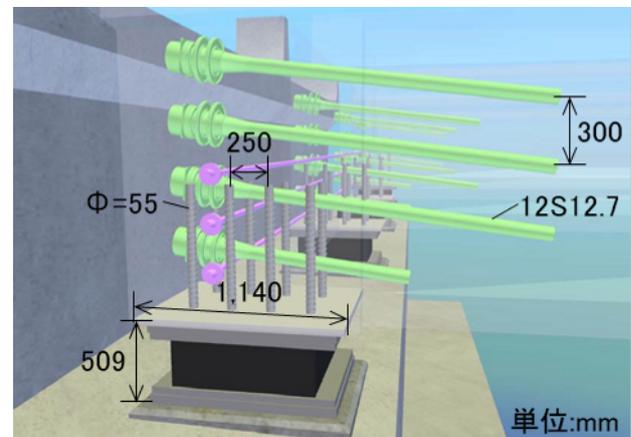


図3 PCケーブルと支承アンカーの配筋干渉確認例（熊谷川第一橋（仮称））

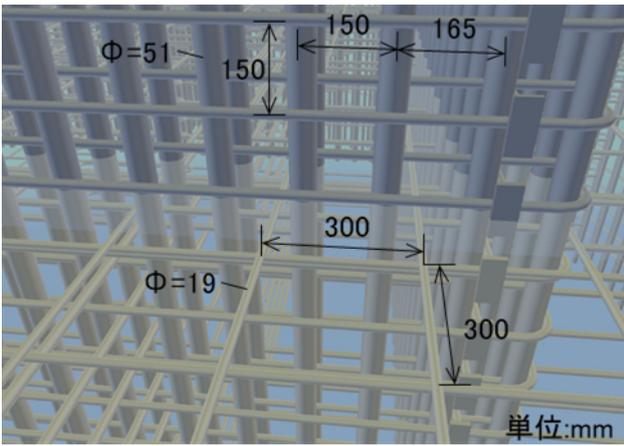


図4 柱主鉄筋と深礎杭の配筋干渉確認例
(熊谷川第一橋(仮称))

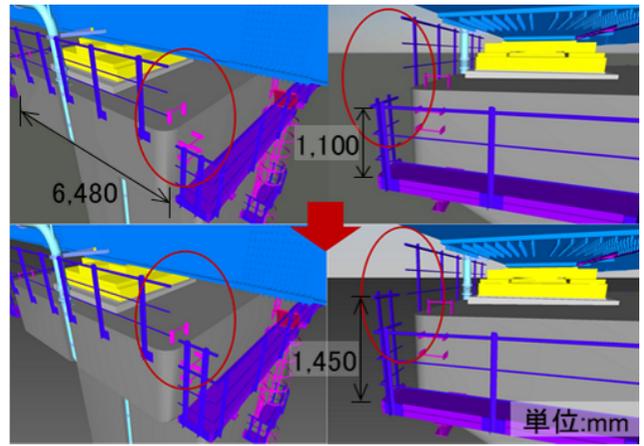


図6 検査用通路の改良例(田並川橋(仮称))

2) 施工ステップの可視化

橋梁の詳細設計では、構造物そのものの設計のみならず、施工に要する日数、難易度や費用等を総合的に考慮し、施工計画を立案する必要がある。その際、施工手順が複数になるにつれ、二次元図面では表現が困難となり、施工計画の妥当性の評価に苦慮することとなる。ここで、CIMモデルを活用する顕著なメリットは2つあると考えられる。1つは、三次元空間上で施工計画を立案することにより、構造物や建機との干渉を容易に発見できる点である。これにより、工事着手後の計画変更や事故を未然に防ぐための一助となると考えられる。もう1つは、CIMモデルに時間要素を付与し、アニメーションによる施工フローの把握が可能となる点である。これにより、効率的な建設機械の動線や施工手順を設定できると考えられる(図5)。

3) その他の活用方法

その他の活用方法として、安全性の検証にCIMモデルを活用した例を挙げる。田並川橋では、下部工検査路が橋脚側面及び上面に計画されており、双方を行き来可能な梯子も設置される予定である(図6)。ここで、側面図の手摺りの高さに着目すると、梯子の昇降時に掴むには不十分と判明した。併せてCIMモデルでの再現すにより、様々な角度から手摺りの高さの妥当性を検証することが可能であり、点検時の動線や視界をシミュレーションすることで、安全管理にも活用できると考えられる。

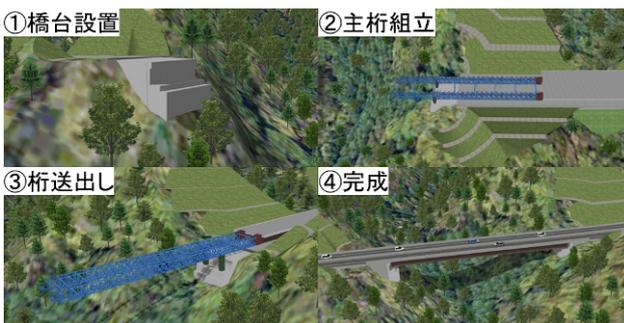


図5 貝岡川橋(仮称)の施工ステップ図

上記3例の特徴を踏まえると、CIMモデルには作成手間は掛かるものの、工費縮減や工期短縮に効果的である。一方で、単純な三次元モデルでも同様の検証は可能であり、CIMモデルの特徴である付与された属性データに関して更なる活用の余地があると考えられる。

4. 橋梁CIMの新たな活用方法と制度の検討

2章で述べたとおり、すさみ串本道路は防災面での整備効果が期待されていることから、設計段階において二色川橋(仮称)および江田川橋(仮称)では津波避難路としての活用を検討した。特に二色川橋では、橋梁の構造図と防災マップの組み合わせにより避難経路を検討した(図7)。ここでは、付近に津波浸水高より高所に避難所があるため避難スペースの詳細な検討は実施しなかったが、バリアフリーの検討等に、CIMモデルの活用が期待される。3.3)の例では、検査用通路の梯子から橋台上面の検査用通路に登る箇所において、安全面から手すりを追加した。この事例を応用して、避難時の想定ルートをVR等の3次元で検証することにより、図8のような二次元図面のみでは把握しづらい改善が必要な箇所を発見できると考えられる。特に、避難経路の起伏を加味した危険性の評価や高齢者の避難の際に支障となる箇所の把握が容易になることが考えられる。

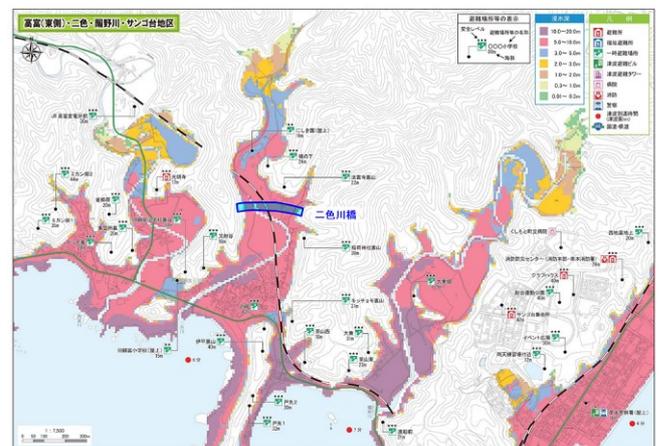


図7 二色川橋(仮称)の津波時の浸水想定³⁾

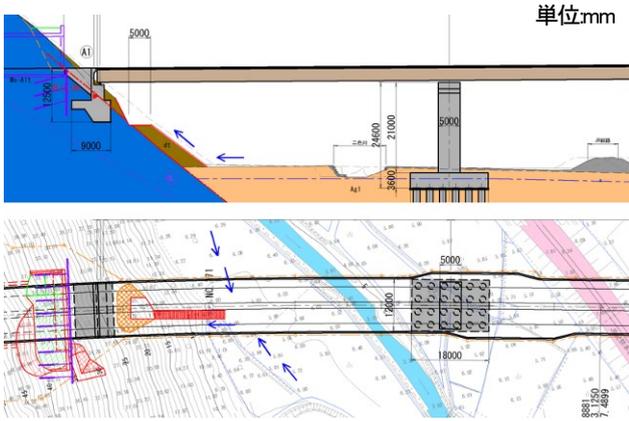


図8 二色川橋(仮称)の津波時の避難経路の検証

属性情報を活用する方法としては、部材情報や品質管理基準情報を用いて、打合せ時の検討内容をリアルタイムに反映するシステムの導入が挙げられる。従来の打合せでは、設計コンサルタントが提示した案に対して修正を指示し、その修正案を次回の打合せにて協議する場合が多く、意思決定に約1ヶ月を要する場合もあった。そこで、地形データに詳細度200程度のCIMモデルを構築し、打合せ時にリアルタイムで編集可能な環境を整備することにより、構造物同士の干渉照査、切盛土量の算出や概算工事費の算出が可能となり、意思決定に要する時間を短縮できる可能性があると考えられる(図9)。

さらに、地質モデルと組み合わせることにより、地質条件も考慮した概算工費を算出できることが期待される。

今後の展望として、さらなる活用方法を検討するために、著者自身がCIMデータを活用できる環境を整備し、打合せ等に活用することを予定している。発注者と受注者の双方がCIMの活用環境を整備することにより、従来以上に業務を効率化することが期待される。

一方、CIMモデルのみの整備で業務の効率化が図られるわけではない。橋梁設計には、地質条件、気候、周辺環境への影響、用地範囲やスケジュール等を総合的に判断して設計する必要がある。したがって、これらを統合的に扱えるプラットフォームの整備が必要であるといえる。事務所・出張所等においては、ノートパソコンや

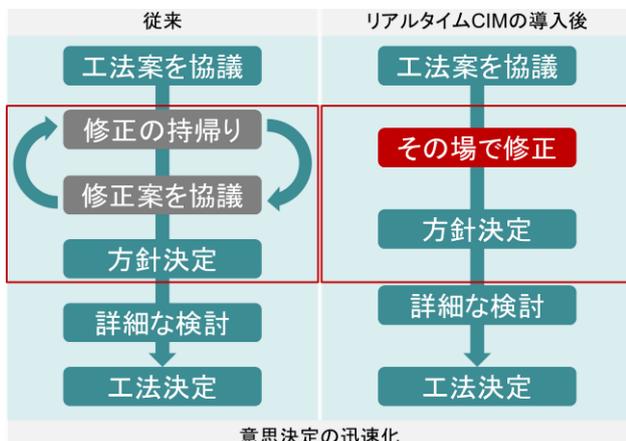


図9 リアルタイムCIM導入により想定される効果

表3 3DCADソフトウェアの動作要件と官用PCの比較

	V-nasClair	官用PC(ノート)
CPU	Intel Core i7相当	Intel Core i5 8265U
記憶装置	SSD 10GB以上	SSD 512GB
モニタ	1280×1024以上	1366×768
メモリ	16GB以上(64bitOS)	8GB
OS	Windows7以降	Windows10 64bit



図10 GISプラットフォームによる管理イメージ

タブレット端末を用いてこれら情報を一元的に管理し、打合せ等に臨める環境が理想である。しかし、3DCADソフトウェア(V-NasClair, Navisworks等)は動作要件が高く、打合せで活用できるような環境構築に適していない(表3)。そこで比較的動作要件の低いGISソフト(Q-GIS等)による管理が適していると考えられる。また、GISソフトは多数のレイヤーを構築することが容易であり、用地買収状況や地質状況を表したレイヤーを速やかに切り替えて検討できる利点がある(図10)。

5. まとめ

4章までの検討を総括すると、CIMを日常業務や施工中・供用後の安全管理で一層活用するためには、CIMを構築するプラットフォームの整備・統一化が必要であると考えられる。したがって、プラットフォームの整備に必要な仕様や要件を確定させるため、CIMモデルの活用事例を収集・分析することが必要であると考えられる。

※本稿は著者が紀南河川国道事務所工務第三課所属時の業務内容である。

謝辞：本稿の執筆にすさみ申本道路事業の橋梁詳細設計業務に携わった設計コンサルタントの方々には多大なるご協力をいただいた。深く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省, CIM導入ガイドライン(平成29年3月)
- 2) 国土交通省, CIM事業における成果品作成の手引き(平成29年3月)
- 3) 串本町, 津波ハザードマップ【高富(東側)・二色・鬮野川・サンゴ台地区】、<https://www.town.kushimoto.wakayama.jp/bousai/tsunami/files/tsunami-1718_201907.pdf>(2020.6.3閲覧)