

CIM試行工事報告 ～能越道中波市道跨道橋～

オリエンタル白石(株) 正会員 ○落合 勝
 国土交通省北陸地方整備局 本保 薫
 大日本コンサルタント(株) 櫻井 和弘
 オリエンタル白石(株) 嶋田 貢一

1. はじめに

平成27年2月28日、七尾IC～七尾城山IC間と七尾大泊IC～灘浦IC間が開通して七尾水見道路は全線開通となった。中波市道跨道橋は富山県水見市に位置し、新たに開通した七尾水見道を跨ぐ橋長73.0m、有効幅員5.0mのPC方杖ラーメン橋である。本工事は国土交通省が推進する「CIMの導入」におけるモデル事業であり、設計段階からICT(情報通信技術)をフルに活用する「先導モデル」事業である。本試行業務の目的は、設計業務で作成したCIMモデルを引き継いで施工に活用し、維持管理に利用できるようなCIMモデルに施工時データを連携させることである。本稿では、施工におけるCIM試行の実施内容とその効果検証について報告するものである。

2. 工事概要

本工事は橋梁の本体工、橋面工、擁壁工ならびに取付道路工である。工事概要を表-1、主桁断面図および一般図を図-1～2にそれぞれ示す。

表-1 工事概要

工事名	能越道 中波市道跨道橋工事
工事場所	富山県水見市中波地内
工期	平成25年12月15日～平成27年2月23日
工事概要	橋梁上部工：PC3径間連続方杖ラーメン中空床版橋 橋長：73.0m、有効幅員：5.0m、桁高1.0m～1.5m 支間長：20.9m+30.0m+20.9m 架設工法：固定支保工架設工法 橋梁下部工：A1・A2橋台(逆T式橋台、直接基礎) P1・P2橋脚(段差フーチング) 付帯工：L型擁壁工、橋面工、取付道路工

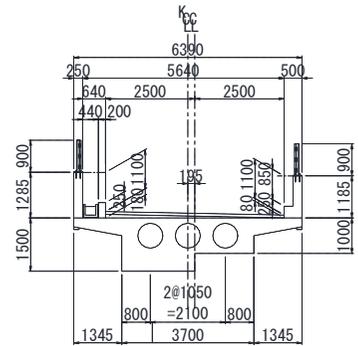


図-1 主桁断面図

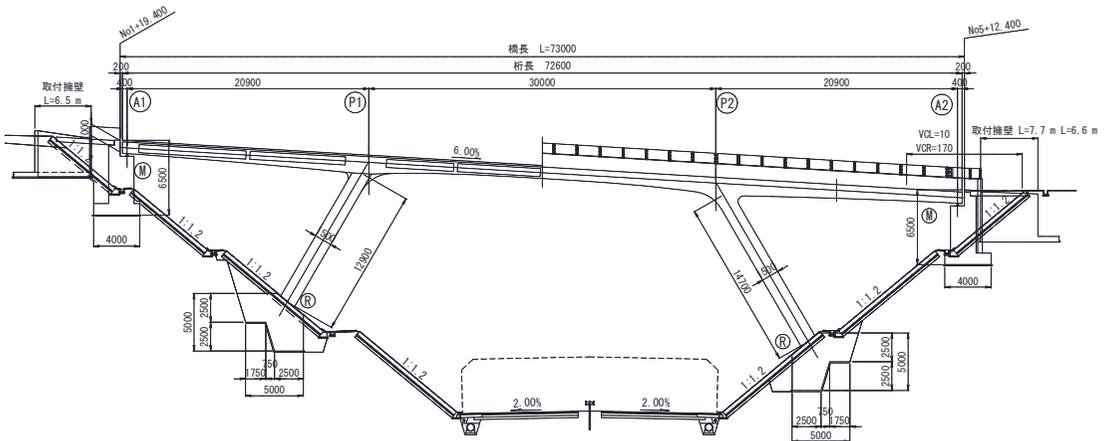


図-2 一般図

3. CIM試行の実施概要

3. 1 CIMの活用場面

本工事は橋梁の上下部工事であることから、施工段階におけるCIM活用の効果が期待できる項目を事前に想定した。表-2に活用場面と試行項目ならびに期待する効果の一覧を示す。

表-2 CIM活用場面と期待する効果

活用場面	試行項目	期待する効果
設計照査	鉄筋の干渉チェック	施工精度向上、手戻り防止
属性項目の登録	品質管理属性付与	施工履歴情報の充実化
施工計画 (施工手順、関係者協議)	施工ステップアニメーション	施工手順の確認、工程管理
	動画シミュレーション	住民説明による工事への理解度向上
安全管理（安全教育）	橋梁の3次元可視化	工事内容理解度の向上

3. 2 CIM試行の活用結果

(1) CIMモデルの照査

CIMモデルの鉄筋干渉チェックを実施する前に受領したCIMモデルにおいて、各部位の配筋状況、シーズ配置、定着具などについて設計成果品である図面との整合確認を行った。その結果、CIMモデルと成果品図面とで整合の取れていない箇所が幾つかあった。その一例として図-3にA2橋台壁高欄部におけるCIMモデルの透視図を示す。本橋のA2橋台部の壁高欄は橋梁終点部からL字型の形状となっており、その部位における壁高欄部分に鉄筋が配置されていないかった。ただし、設計図面においてはこの部分の鉄筋は配置されており、CIMモデルの修正のみ実施した。

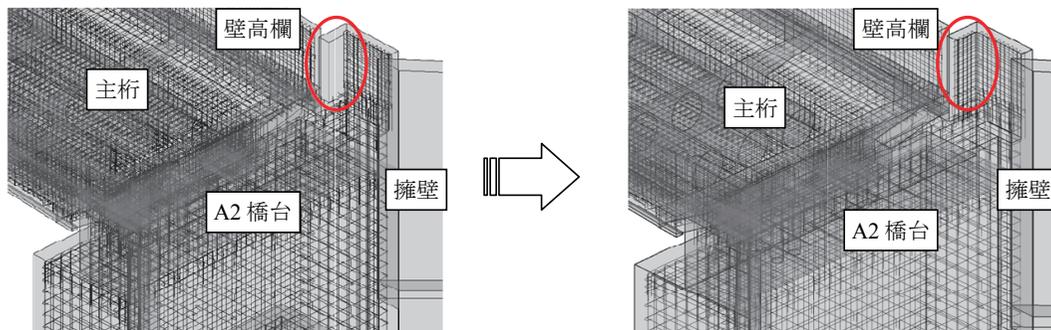


図-3 CIMモデル修正の例（A2橋台壁高欄部）

また、A2橋台部においては集水桝が設置され、L字型形状の地覆と相まってその取合いは非常に複雑となる。これに関して設計図面では表現しにくいこともあり、地覆部における橋軸方向鉄筋がL字型形状になっておらず、地覆の延長上に直線で配置されていた（図-4）。この要因として、A2橋台部の集水桝はCIMモデル作成後に追加で設置されたものであるため、設計図面とCIMモデルの双方において修正ができなかったものと思われる。

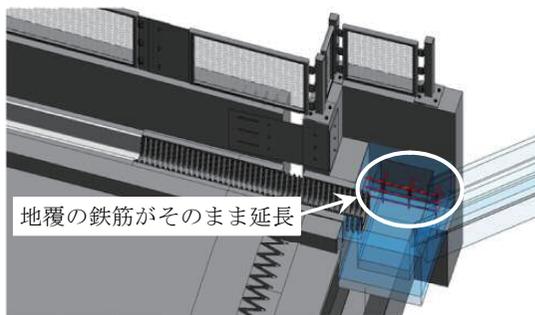


図-4 図面とCIMモデル修正（A2橋台地覆部）

(2) 鉄筋干渉チェック

鉄筋干渉チェックは基本的にCIMソフトのビューソフトの自動干渉チェック機能によって干渉箇所を抽出した。自動干渉チェック機能による結果の一例（橋台）を表-3に示す。干渉箇所のほとんどが鉛直・水平配置鉄筋同士のラップ部分で生じており、施工時の配慮で対応可能な軽微なものであつ

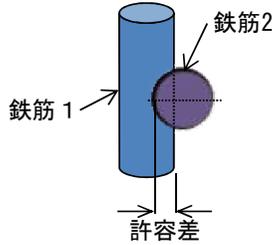


図-5 干渉許容差

ただし、自動干渉チェック機能において幾つかの課題があった。以下に自動干渉チェック機能による設計照査の効果と課題を示す。

【効果】

- 従来は図面では把握しきれなかった干渉について、漏れなくチェックをすることができる。

【課題】

- 干渉チェックでは許容差(干渉距離)を設定する。この許容差の設定は設計者ならびに施工者が独自に設定できるため、干渉チェックのレベルを設定することができるが、今後は現場の実態を反映させた許容差について取り決めが必要となる(図-5)。
- 干渉箇所が2か所以上となるような干渉については、先述の表-3に示すクラッシュレポートに記載される“距離”と実際の干渉距離が一致しないことが確認されており、ソフト面での改善も望まれる。

(3) 品質属性の付与

CIMモデルでは、対象とする構造物の各部材に施工段階において品質属性を付与し、将来の維持管理のための初期データとして活用することが可能である。本工事では主材料であるコンクリート、鉄筋、PC鋼材の品質属性をCIMモデルに付与した。属性付与はExcelシートにデータを入力し、CIMモデルに取込む方法で行った。属性項目の一例として、表-4にコンクリートの入力データ項目を示す。ファイルリンク先参照により、品質管理結果と強度試験結果、鉄筋ミルシートなども同時に登録できる。属性項目の入力欄は設計時/施工時/維持管理時に区分しており、将来の点検時において同一CIMモデルにデータ入力が可能となる。

表-3 自動干渉チェックの例 (A2橋台)

Autodesk Navisworks									
クラッシュレポート									
A2橋台2部		取得量	新規	アクティブ	レビュー済み	承認済み	削除済み	凍結	ステータス
		0/00256	103	0	0	0	0	103	ハード 実行済み
イメージ	クラッシュ名	距離	項目 1			項目 2			
			項目ID	項目名	タイプ名	項目ID	項目名	タイプ名	
	クラッシュ1	-0.003	要素ID: 4692432	鉄筋	A2 D13 A2橋台	要素ID: 4692587	鉄筋	RB D16 A2橋台	
	クラッシュ2	-0.003	要素ID: 4692432	鉄筋	A2 D13 A2橋台	要素ID: 4692588	鉄筋	RB D16 A2橋台	
	クラッシュ3	-0.003	要素ID: 4692439	鉄筋	A2 D13 A2橋台	要素ID: 4692580	鉄筋	RB D16 A2橋台	
	クラッシュ4	-0.003	要素ID: 4692693	鉄筋	A2 D13 A2橋台	要素ID: 4692773	鉄筋	RB D16 A2橋台	
	クラッシュ5	-0.003	要素ID: 4692581	鉄筋	RB D16 A2橋台	要素ID: 4692428	鉄筋	A2 D12 A2橋台	
	クラッシュ6	-0.003	要素ID: 4692431	鉄筋	A2 D13 A2橋台	要素ID: 4692589	鉄筋	RB D16 A2橋台	
	クラッシュ7	-0.003	要素ID: 4692433	鉄筋	A2 D13 A2橋台	要素ID: 4692586	鉄筋	RB D16 A2橋台	
	クラッシュ8	-0.003	要素ID: 4692437	鉄筋	A2 D13 A2橋台	要素ID: 4692582	鉄筋	RB D16 A2橋台	
	クラッシュ9	-0.003	要素ID: 4692429	鉄筋	A2 D13 A2橋台	要素ID: 4692590	鉄筋	RB D16 A2橋台	
	クラッシュ10	-0.003	要素ID: 4692436	鉄筋	A2 D13 A2橋台	要素ID: 4692592	鉄筋	RB D16 A2橋台	
	クラッシュ11	-0.003	要素ID: 4692583	鉄筋	RB D16 A2橋台	要素ID: 4692436	鉄筋	A2 D13 A2橋台	
	クラッシュ12	-0.003	要素ID: 4692592	鉄筋	RB D16 A2橋台	要素ID: 4692427	鉄筋	A2 D13 A2橋台	
	クラッシュ13	-0.003	要素ID: 4692430	鉄筋	A2 D13 A2橋台	要素ID: 4692589	鉄筋	RB D16 A2橋台	
	クラッシュ14	-0.003	要素ID: 4692434	鉄筋	A2 D13 A2橋台	要素ID: 4692586	鉄筋	RB D16 A2橋台	
	クラッシュ15	-0.003	要素ID: 4692438	鉄筋	A2 D13 A2橋台	要素ID: 4692581	鉄筋	RB D16 A2橋台	
	クラッシュ86	-0.003	要素ID: 4692583	鉄筋	RB D16 A2橋台	要素ID: 4692442	鉄筋	A2 D13 A2橋台	
	クラッシュ87	-0.003	要素ID: 4692583	鉄筋	RB D16 A2橋台	要素ID: 4692452	鉄筋	A2 D13 A2橋台	
	クラッシュ88	-0.003	要素ID: 4692449	鉄筋	RB D16 A2橋台	要素ID: 4692449	鉄筋	A2 D13 A2橋台	
	クラッシュ89	-0.003	要素ID: 4692587	鉄筋	RB D16 A2橋台	要素ID: 4692448	鉄筋	A2 D13 A2橋台	
	クラッシュ90	-0.003	要素ID: 4692580	鉄筋	RB D16 A2橋台	要素ID: 4692455	鉄筋	A2 D13 A2橋台	
クラッシュ91	-0.003	要素ID: 4692591	鉄筋	RB D16 A2橋台	要素ID: 4692444	鉄筋	A2 D13 A2橋台		
クラッシュ92	-0.003	要素ID: 4692445	鉄筋	RB D16 A2橋台	要素ID: 4692584	鉄筋	RB D16 A2橋台		
クラッシュ93	-0.003	要素ID: 4692445	鉄筋	A2 D13 A2橋台	要素ID: 4692590	鉄筋	RB D16 A2橋台		
クラッシュ94	-0.003	要素ID: 4692592	鉄筋	RB D16 A2橋台	要素ID: 4692443	鉄筋	A2 D13 A2橋台		
クラッシュ95	-0.003	要素ID: 4692450	鉄筋	A2 D13 A2橋台	要素ID: 4692586	鉄筋	RB D16 A2橋台		
クラッシュ96	-0.003	要素ID: 4692454	鉄筋	A2 D13 A2橋台	要素ID: 4692581	鉄筋	RB D16 A2橋台		
クラッシュ97	-0.003	要素ID: 4692447	鉄筋	A2 D13 A2橋台	要素ID: 4692588	鉄筋	RB D16 A2橋台		
クラッシュ98	-0.003	要素ID: 4692589	鉄筋	RB D16 A2橋台	要素ID: 4692446	鉄筋	A2 D13 A2橋台		
クラッシュ99	-0.003	要素ID: 4692453	鉄筋	A2 D13 A2橋台	要素ID: 4692582	鉄筋	RB D16 A2橋台		
クラッシュ100	-0.003	要素ID: 4692694	鉄筋	A2 D13 A2橋台	要素ID: 4692773	鉄筋	RB D16 A2橋台		
クラッシュ16	-0.003	要素ID: 4692580	鉄筋	RB D16 A2橋台	要素ID: 4692696	鉄筋	SS D16 A2橋台		
クラッシュ17	-0.003	要素ID: 4692460	鉄筋	SS D16 A2橋台	要素ID: 4692580	鉄筋	RB D16 A2橋台		
クラッシュ36	-0.003	要素ID: 4692580	鉄筋	RB D16 A2橋台	要素ID: 4692580	鉄筋	A2 D13 A2橋台		
クラッシュ77	-0.003	要素ID: 4692580	鉄筋	RB D16 A2橋台	要素ID: 4692459	鉄筋	SS D16 A2橋台		
クラッシュ83	-0.003	要素ID: 4692458	鉄筋	SS D16 A2橋台	要素ID: 4692580	鉄筋	RB D16 A2橋台		
クラッシュ85	-0.003	要素ID: 4692579	鉄筋	RB D16 A2橋台	要素ID: 4692461	鉄筋	SS D16 A2橋台		

表-4 属性項目一覧 (コンクリートの例)

入力時期	属性項目	記入例(施工時)	備考	情報源
既定項目	UID	abcde.fghi-9999		
	FamilyCategory	主桁1	規定項目	
設計時	Type	主桁		
	項目1	上部工		
	項目2	橋体工		
	項目3		部材区分のための項目	
	項目4	主桁		
	ID	1		
	ロット			
積算時	設計基準強度	40	設計仕様	設計計算書
施工時	価格			物価情報
	圧縮強度	45.3	7日強度(早強)	
	プラント名	〇〇生コン		
	プラント連絡先	0000-00-0000		
	製造日	10月25日		
	単位水量	151	示方配合値を記入	品質管理試験および
	水セメント比	43	示方配合値を記入	コンクリート強度
	スランプ	13	複数ある場合は1台目	試験報告書
	塩化物含有量	0.044	複数ある場合は1台目	
	空気量	4.5	複数ある場合は1台目	
	セメント種類	H	H:早強セメント	
	混和剤種類	AE減水剤		
	粗骨材最大寸法	25		
	打設時の外気温	15		
	コンクリート温度	21		
ファイルリンク1	コン品管(主桁).pdf			
ファイルリンク2	---			
ファイルリンク3	---			
維持管理時	備考1	---		
	備考2	---		
	橋梁管理番号			
	点検時期			
	点検業務名			
	点検業者			
	点検区分			
	点検対象部材			
	損傷の種類			
	損傷程度			
損傷図				
損傷写真				
補修時期				
補修対象部材				
補修工法				
備考3				

※施工時において
入力した情報

※将来の点検時、維持補
修時に入力する欄

（４）施工計画

施工計画へのCIM活用として、架設材や型枠などをCIMモデルに組み込んで施工ステップシミュレーションを作成した。施工ステップの抜粋を図-6に示す。施工ステップシミュレーションには時間軸（工程）を取り入れることができるため、4Dモデルとして活用することが可能である。これによって、橋梁全体の施工ステップ毎の状況を視覚的に認識し、関係者の認識共有ならびに工程遅延の判断などに活用できる。また、図-7に示す工事看板を掲示し、CIM試行工事ならびに施工内容などを地域住民や関係者に広くアピールした。

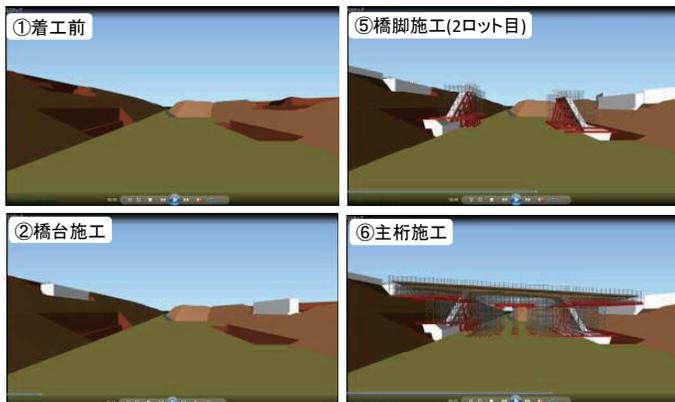


図-6 施工ステップシミュレーション抜粋

4. CIM試行の効果検証

本工事におけるCIM試行実施における検証結果を以下に示す。

- ①CIMモデルの橋梁3次元可視化を用いて完成イメージを共有することで、新規入場者への安全教育や打合せの円滑化などで効果が発揮できる。
- ②自動干渉チェック機能により、漏れの無い照査を実施することで、直接的に品質向上効果が得られる。ただし、自動干渉チェック機能において一部精度が不明であるケースがあることや建築用の部品と比べて土木用の部品が充実していないことなど、CIMソフト面での改良が望まれる。
- ③CIMモデルへの品質属性付与については、コンクリート、鉄筋、PC鋼材について実施したが、中でも鉄筋1本1本のデータを入力するには相応の労力が必要となった。よって、今後のCIM活用においては品質属性を付与するモデル単位を検討する必要がある。なお、付与した品質属性データに関しては、とくに施工中ではなく将来の維持管理の際にその効果を発揮するものと考えられる。
- ④CIMモデルのソフトは、現時点で他社ソフトとの互換性が無いため、施工業者側で使用するCIMソフトを選択することができない。また、CIMソフトは通常のCADソフトと操作性がまったく異なることやその操作が複雑であるため、ソフト操作習得のためにオペレーターの教育が必需となる。
- ⑤CIMモデルは膨大なデータを要するため、相応のハードウェア（OS:64bit, CPU:10MB, GPU:2GB程度）が必要となることから、先のオペレーター教育を含めて環境整備のための費用低減も課題である。

5. おわりに

今回、当社としても初めて実施した国土交通省が推進するCIM試行工事であったため、ハード・ソフトの整備やオペレーターの教育などの準備期間に予想以上の時間を要した。これはPC橋は鋼橋や土工工事と比較して鉄筋やPC鋼材を含めたCIMモデルのデータ数が膨大となることも一因と考えられる。今後のCIM推進にあたっては、対象とする構造物や規模を考慮した効果検証も併せて課題の整理をする必要があると考える。最後に、本業務にあたってご協力を頂いた関係者の皆様にお礼を申し上げます。



図-7 CIM試行工事をアピールした工事看板