(2) 河川CIMにおけるモデル構築に関する基礎的研究

緒方　正剛[1]・小林　優一[2]・星野　裕司[3]・小林　一郎[4]

[1]正会員　一般財団法人　先端建設技術センター（〒112-0012 東京都文京区大塚2-15-6）
E-mail:ogata@actec.or.jp

[2]正会員　八千代エンジニヤリング株式会社（〒161-8575 東京都新宿区西落合2-18-12）
E-mail: yc-kobayashi@yachiyo-eng.co.jp

[3]正会員　熊本大学大学院准教授　自然科学研究科（〒860-8555熊本県熊本市中央区黒髪2-39-1）
E-mail: hoshino@gpo.kumamoto-u.ac.jp

[4]正会員　熊本大学大学院教授　自然科学研究科（〒860-8555熊本県熊本市中央区黒髪2-39-1）
E-mail: ponts@gpo.kumamoto-u.ac.jp

建設生産システムの効率化を図ることを目指し，国土交通省は，平成24年度からCIM（Construction Information Modeling / Management ）の導入を進めている．平成24年度，平成25年度に各地方整備局発注によるCIM試行事業が行われたが，道路や橋梁が主であり，河川事業に関するCIMの取り組みは，ほとんど実施されていない．さらに，過去2年のCIM試行事業は，受注者の自助努力による試行内容となっている．本来CIMが目指すべきコスト削減やフロントローディングは，発注者視点で進められるべきである．本稿では，これまでの研究実績を参考に，河川事業におけるCIMの実践として，発注者視点での「河川CIM」を提案し，必要となるモデルの構築について論じるものである．

Key Words : *CIM(Construction Information Modeling),River Project,Model Building Method, Construction Life Cycle Management*

1. はじめに

国土交通省は，平成24年度にCIM[1]（Construction Information Modeling / Management ）を提唱した．調査・設計段階から3次元モデルを導入することで，一連の建設生産システムの効率化を図ることが狙いである．これを契機に，各地方整備局でCIMの試行事業が実施された．平成24年度は，橋梁・道路・調整池・トンネル・地盤改良等，詳細設計段階で11件の試行事業が実施された．平成25年度は，予備設計や概略設計等，より上流段階での試行がなされ，件数も増加したようであるが，工種に限ってみると，平成24年度とほぼ同じである．

そのため，河川事業に関するCIMの取り組みは，ほとんど実施されていないのが現状である．研究レベルでは，各段階での3次元データを用いた取り組みは見られるが，CIMという観点に立ち，建設生産プロセス全体を見越した一連の情報運用という点では，関連した研究はほどんどみられない．筆者らは，これまでの研究実績を踏まえ[2][3]，河川事業は流域全体を対象としたプロジェクトと位置付け，河川事業にCIMを適用する「河川CIM」を提案する．さらに，過去2年のCIM試行事業は，あくまで受注者の自助努力による試行内容となっており，本来CIMが目指すべきコスト削減やフロントローディングは，発注者視点で進められるべきであると考える．本稿では，発注者視点で河川CIMを提案し，そのベースとなるモデルの要件を整理し構築法を提案するものである．

2. 発注者視点でのCIM

(1) 現在のCIMの問題点

平成24年度以降，開始されたCIM試行業務においては，設計段階，施工段階での試行が主であり，受注者（建設コンサルタントや施工会社）がこれまでに自主的に行ってきた取り組み内容と大差がないように思われる．

しかしながら，本来，公共事業でのコスト削減や効率化（フロントローディング）を実現するには発注者が主体となり，発注者視点で進めるべきであるが，2つの課題が存在する．

a)　受発注者間のコミュニケーション不足

土木事業では，調査・設計・施工・管理と，各業務を専門分業化していることが一般的である．発注者間においても出張所・事務所・整備局・本省など，階層化，空間的に離れた異なる場所間で業務が進められるため，情報の連携不足が懸念される．

b)　担当者間での資料引き継ぎの課題

発注者は，概ね2年を基本とした異動や世代交代による担当者の入れ替わりがある．そのため，建設ライフサイクル全体を通して，担当者が一つの業務を受け持つということは稀である．調査・設計で担当者が同じでも，施工段階や管理段階で担当者が変わる度に，設計段階で発生した問題やその解決方法等について引き継がれない情報も多くあることが懸念される．

(2)　発注者が主体となる必要性

一般に，土木構造物は，長期間での使用が前提で，その保守・管理には巨額の費用と長い時間を要する．そのため，長期間土木構造物の維持管理を行う発注者の支援として CIMが機能する必要がある．そのため，設計・施工でCIMを活用する部分最適の考え方から，維持管理を主とした建設生産システムの効率化（全体最適）への変換が必要である．そのためには．発注者として，どんな情報が必要か，どう情報を保存すべきか，設計・施工からいかに情報を引き継ぐかといった，維持管理を中心としたCIM を実践していく必要がある．

3.　河川分野でのCIMの利用提案

(1)　河川事業の特異性

河川事業では，水系全体もしくは流域全体をその検討対象として考え，広域にわたる情報を，いかに効率よく把握・検証できるかが重要となる[4]．例えば，計画業務を考えると，過去の降雨や主要な洪水痕跡の分析などから，目標とすべき安全度を設定し，現況地形での流下能力の解析，整備流量等の設定がおこなわれる．河道内の掘削，堤防の新設といった河道計画の後，用地買収や橋梁架替といった種々の検討が施される．当然，これらの計画は，当該区間の上下流を考慮した上で，なおかつ，過去の治水利用や災害履歴などの時間軸も考慮しなければならない．

(2)　河川CIMの提案

一般に土木構造物は，道路・橋梁・トンネルなど，多くの場合，構造物と周辺地形を同時に取り扱わなければならない．一方，河川では，地形の中に，常に変動する河道を含んでいる．そのため，河川は，図-1で示すように，構造物と地形（+河道）とが混在する空間である点が，特徴である．

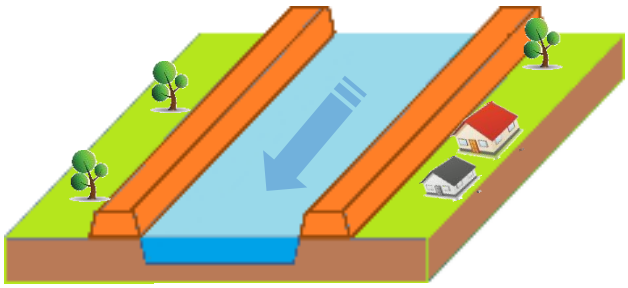


図-1　河川の概念図

さらに河川の建設生産プロセスを見ると，調査段階・設計段階・管理段階と，それぞれが異なる性質を持った空間となる．調査段階では，流量を確保するため，現況地形の河道幅を把握し，それに合わせ，堤防ラインや河道掘削ラインを決めていく．その後，設計段階での検討の主たる項目は，堤防やそれに付随する樋門などの各種構造物の詳細であり，河道そのものの検討項目としての重要性は下がる．管理段階では，主対象は，河道（河床変動や樹木管理等）であり，その他構造物は河川管理施設として，次世代の河川改修を考慮した上で，河道との関連で考えられる．つまり，河川事業においては，調査・設計・管理で，構造物と地形の重要性の逆転が生じる，極めて特徴的な対象であることがわかる．

上記のことから，河川事業は，一般的な土木事業とは異なり，構造物を建設することより，管理が重要であると言える．そのため，より発注者の役割が重要となり，CIM適用による効果が高いと言え，本稿では，これを河川CIMと定義し，以降，その実践のためについて論じるものである．

(3)　河川CIMのためのモデル構築

河川管理の対象としては，①河川（河床や河道内樹木など），②河川管理施設（堤防，護岸，根固工，排水機場など）の 2 つに大別される．管理に必要な情報は，水文・水理等の観測，定期縦横断測量や地形測量などの測量，河川巡視，点検等により取得・保存される[5]．ICT の高度化・活用により，各種データの電子化が進んだが，今もなお，地形図や縦横断測量図，工事履歴や河川カルテなど様々な紙媒体の図面・図書・写真を用いて管理されているのが実情である．

発注者のニーズは，①最新の状況を正確に再現できること（現況地形，工事最終成果図など），②情報の一元化により必要な情報を簡単に参照できるような形で保持すること，③関連情報を，現状の管理の延長として簡単に入出力できること，の3点が挙げられる．

そこで，河川CIMのためのモデルは，河川カルテの

ような，平面図を基盤としたものに，管理情報や関連する情報が紐付けられている空間をベースとする．さらに，今後，電子化されていく様々な情報が，モデルと統合可能な状態とすることで，徐々に一元化していくことを目指す．加えて，今後，利用の増加が想定される3次元データも統合できるよう，河川におけるモデル空間を構築し，これを河川CIMモデルと称する．

本稿では，河川CIMモデルを①構造物モデル，②計測モデル，③地形・土質モデルの3つで構成する(図-2)．

堤防等の土木構造物を構造物モデル，周辺の地質・土質や河道を含むモデルを地形・地質モデルと定義する．ただし，過去から蓄積されてきた多く紙媒体の資料も多く存在し，供用開始後も長期間にわたって必要となるため，既存の図面を基盤に据えて構築した(図-3)．

さらに定期縦横断測量図や，重ね合わせ横断図等の，河川の現状・変状を記述する各種計測データを計測モデルとする[9]．近年では，レーザー計測機器等も多く活用されているが，一般的には横断図や縦断図などの図面として保存・利用されていることを考慮し，河川CIMモデルにおいては，単に3次元化された情報だけでなく，平面図と立面図を統合できるような空間を構築することとした(図-4)．

河川に関わる情報の多くは，位置情報を持つ空間としてのデータである．そのため，関連する情報を効率的に管理するGISの導入が積極的に整備されてきた．本稿で提案する河川CIMモデルは，位置情報はあくまで属性情報の一つであり，河川GISのようなシステムを構築するものではない．既にデータベース化されている情報については，既存のシステムと連携できるようにリンクを貼ることで有機的・継続的に連携を図ることが可能である．

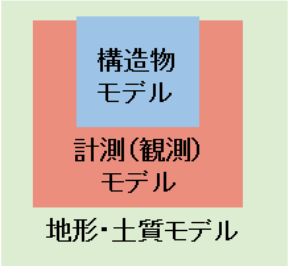


図-2　河川 CIM モデルの構成

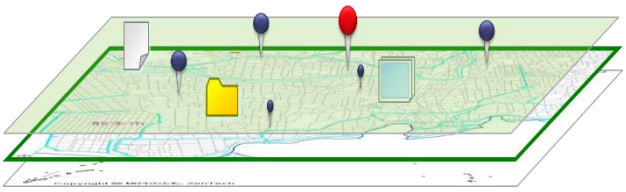


図-3　既存図面データの活用

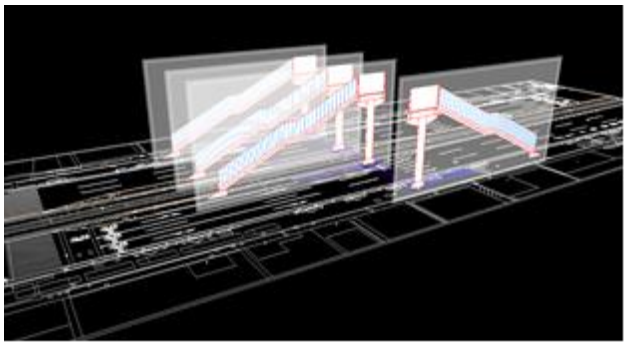


図-4　平面図と立面図の統合

4.　適用事例

(1)　概要

本稿で河川CIMを適用する対象河川はA川である．対象区間は河川周辺に家屋が密集する都市部に位置し，ある地域で進行中の河川激甚災害対策特別緊急事業（以下，激特事業）の一部を対象としている．事業内容としては，用地買収・河道掘削・遊水地・輪中堤・宅地嵩上げ・築堤護岸・樋管・橋梁改築等である．激特事業のため，5年程度で緊急的に河川整備が実施され，現在，詳細設計と並行し，一部施工が実施中である．

(2)　各段階における河川CIMモデルの構築

調査から管理までの各段階において，モデルの利用目的は異なる．ここでは，建設生産プロセスのa)調査段階，b)設計段階，c)施工段階，d)維持管理段階の4段階で河川CIMモデルの構築を行った．次に各々の段階でのモデルとその結果についてまとめる．

a)　調査段階

調査段階では，景観検討，データマネジメントの 2 つの観点から，実施する項目と関連する情報を整理した上で，必要なモデルを構築した．

b)　設計段階

設計段階では，主たる設計対象である堤防に関して，現行の設計方法において実現可能な範囲で効果的なモデル構築を行い，これを用いたデザイン検討を行った．

c)　施工段階

施工段階では，①中小規模の現場とその関係者にとって有益な ICT 技術活用法の調査，②施工段階で必要なモデル要件の整理，③調査・設計段階でのモデルとの連携の可能性の模索を行った．

d)　管理段階

管理段階では，河道や河川管理施設の経年変化や劣化具合，点検・巡視等の日常管理や，定期横断測量の重ね合わせ図等を用いた．

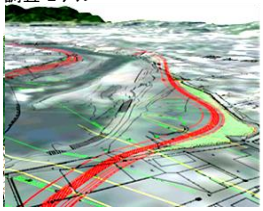
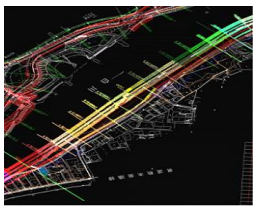
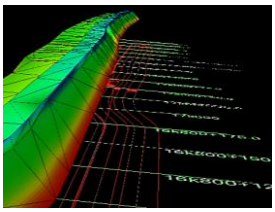
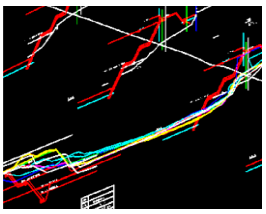
	調査、計画、予備設計	詳細設計	施工	維持管理
実施項目	・地形測量 ・基準点、水準測量 ・現地踏査 ・基本計画 ・予備設計	・デザイン詳細検討 ・利活用検討 ・構造解析、水理計算 ・数量算出 ・施工計画	・施工計画 ・準備工 起工測量、設計変更 ・施工管理 工程・安全・品質管理、出来形検査	・日常管理 点検、巡視 ・維持計画策定 ・定期縦横断測量
管理する属性	・各種図面 （平面、横断、縦断、構造図） ・ボーリングデータ、 治水地形分類図 ・航空写真	・各種図面 ・議事録、検討履歴	・情報（施工日、材質、出来形、写真、 ・工事完成図書（最終成果図面、	・河川カルテ ・河川台帳 ・各種図面 ・計測データ （定期横断重ねあわせ図、LP測量など）
目的	・迅速な現況把握 ・予備設計の可視化 （基本計画、用買ラインなど）	・管理モデルを見越した 図面データの準備 ・設計案の可視化 （堤体、樋門など）	・堤防の設計データが、 スムーズに情報化施工に 使用可能かの検証	・最新の現況を正しく保持 ・不可視領域の可視化 （護岸の根入れ、隠し護岸など）
提案モデル	調査モデル 	設計モデル 	施工モデル 	管理モデル 

図-5　各段階における実施項目と河川 CIM モデル

(3)　考察

図-5に各段階での実施検討項目と今回提案した河川CIMモデルのイメージ図をまとめた．調査段階では，①検討区間の利用イメージを把握，②抽出した景観上の問題箇所の確認が可能となった．また，初期段階で，全体イメージを把握し，周辺の構造物との関係性，視覚的なポイント（ビュースポット），堤防への導線などを確認する等，後工程を考慮すると景観検討を早期に行うことが重要であることが確認できた．

設計・施工段階では，堤防や樋管の形状や材質検討等に効果を発揮した．また，堤防の法面整形や掘削等情報化施工のためのベースデータとして活用でき，従来の現場での丁張り設置等作業項目の削減や天端高の確認作業の効率化に寄与できた．

維持管理段階では，発注者の支援という視点から，設計図面と定期縦横段測量を重ね合わせることで，堤防の根入れの状態と河床変動の関係を把握することができ，測量実施箇所の選定や発注時の参考資料として十分利用可能である．

5.　おわりに

本稿では，河川CIMのためのモデル構築について提案し，建設生産プロセスの各段階での河川CIMモデルの利用法について述べた．

今後，CIMの取り組みは益々活発に議論され，3次元モデルを用いた業務が増加することが予想される．ここで提案した様に発注者がCIMを契機にいかに高度化し業務を改善するかという点について，具体的で実効性のある解決策にむけた議論を進めなければ，CIMが本来目指しているものは達成できないと考える．

謝辞：本稿の一部は，（一財）日本建設情報総合センターの研究助成（助成番号：第2013-03号，研究名称：河川CIMにおけるデータマネジメントに関する研究）を受けて実施いたしました．

また，国土交通省九州地方整備局熊本河川国道事務所および株式会社九州建設コンサルタントの河川CIMワーキングメンバーの皆様からは，管理者の視点から，様々なご意見と，データ提供をして頂きました．この場を借りて謝意を表します．

参考文献

1)　CIM 技術検討会：CIM 技術検討会平成 24 年度報告・平成 25 年度報告 <http://www.cals.jacic.or.jp/CIM/index_CIM.htm>,（参照 2014.6.21）.
2)　小林他：河川におけるプロジェクトモデルに関する一提案,土木情報利用技術論文集,Vol.12,pp.33-42,2003.
3)　小林他：河川測量モデルと河川断面補間に関する一提案,土木情報利用技術論文集,Vol.12,pp.43-52,2003.
4)　社団法人土木学会 西原巧 編：新体系土木工学 73 河川の計画と調査,技報堂出版株式会社,1988.
5)　国土交通省：河川砂防技術基準 維持管理編（河川編）,pp.10-15,2013.
6)　小林他：モデル空間での 2 次元図面データ利用に関する一提案,土木情報利用技術講演集,Vol.36,pp.69-72,2011.