

CIM を学ぶ

～ 河川激特事業における CIM の活用記録より～

Construction Information Modeling/Management



GOOD DESIGN AWARD 2012

**SUSTAINABLE
DESIGN AWARD**

目次

1. はじめに.....	1
2. 技術レポート	4
2.1 CIM の理念.....	4
2.2 CIM におけるモデリング(Modeling)とモデル(Model).....	9
3. 曾木の滝分水路をつくる.....	13
3.1 曾木の滝.....	17
3.2 川内川激甚災害の発生	18
3.3 CIM による共同作業・並行作業の経緯.....	21
3.4 設計段階.....	24
3.5 施工段階.....	37
3.6 現在の姿.....	40
3.7 曾木の滝分水路事業における検討プロセスの考察	42
4. 参考事例集（熊本大学 小林研究室）	48
4.1 白川改修 渡鹿地区・黒髪地区築堤（白川激特事業）景観委員会での 3 次元 CAD の適用.....	48
4.2 湯の浦川災害関連復旧工事（施工段階の出来形検査への活用）	66
5. おわりに.....	76

1. はじめに

熊本大学 大学院自然科学研究科
社会環境工学専攻

教授 小林 一郎



技術者復権（困難の克服）

この20年、九州で景観デザインに携わってきた。それに関連して、原稿を書くときは、常に技術者復権という題にしている。当然のこととして、土木技術者とは、科学に基礎をおく知識を活用し、利用可能な道具を駆使し、困難を克服する人たちのことである（そうであって欲しいと思っている）。ところが、最近、工夫をするとか、考えるとかいうことを、皆がしなくなってきたように思う。初対面の方に、「あなたは、技術者ですか」と尋ねる訳にはいかないが、事務官ではないかと思うことがよくある。

さて、土木技術者の困難とは何であろうか。解答は人によって異なるだろう。より安くでも、より早くでも、安全にでもいい。目的が明確であることが重要だ。九州の景観デザインでは、「より良い」ものを造りたいと考えている。「より良い」とは周辺の風景に馴染み、利用者にとって居心地が良く、かつ、本来の目的（防災施設なら設定された安全性）を満たす、ということである。そのためには、固有の地形を読み、地域の人々と接し、暮らし方を教えてもらい、構造物本来の機能も考慮しつつ、最良の解を模索することになる。常に、世界に一つしかない構造物を造るための工夫（困難）をしなければならない。そして、そのこと自体が、技術者の喜びであるはずだ。そうであるからこそ、海外では、市民は、尊敬の目で技術者を眺め、その成果である土木構造物や施設を賞賛する。

CIM（マネジメント）

直近の2年間、CIMの普及に努めてきた。ただし、出会う人の95パーセントは、CIMとは3次元CADデータを作ることだと思っている。しかもそれは、設計が終わった段階で完成されるものであって、美しく仕上げ、人にみせるためのものである。

私が最初から指摘しているように、モデルを使う事は、手段であって目的ではない。しかも3次元モデルを使うことだけが重要なのではなく、手段である限り、そしてそれが有効であるなら、あらゆるモデルを駆使すべきである。スケッチは2次元のアナログモデルである。納品されるCADデータは、2次元のデジタルモデルである。これらを活用して、困難が克服されるのであれば、使えば良いだけである。技術者の直面する問題は様々である。それをきちんと定義し、知識と道具を用いて解決に導くこと、それこそが技術者のなすべきことではないだろうか。

このような文脈に立てば、モデルを駆使することこそがCIMであり、それはマネジメント以外の何物でもない。改めて、CIMとはマネジメントでなければならないと明言しておきたい。3次元のデジタルモデルを使う必要がなければ使わなくても、立派に建設情報マネジメントは可能である。ただし、ICTとの親和性を考えれば、モデルは、デジタルで、かつ、3次元で表現されていることが大事である。

モデル(検討と参照)

モデルについては、本文でコメントするが、主として 3 次元のデジタルモデルについて論じている。ただし、モデルには 2 通りあり、検討用と参照用である。設計対象の構造物の形状を検討したり、周辺の風景との調和を確認したり、隣接構造物との取り合いを論じたり、様々に使う。最大のポイントは、ドンドンと作り替え、最終案の質をより高めることである。モデルを用いる醍醐味はこの段階にある。ただし、私の希望を実現してくれるような、CAD というのは存在しない。この点は、将来の改良に期待したい。

なお、物理モデル(模型)と比較し、デジタルの優れている点は、パラメータでの検討が可能なことだ。ストックモデルというのももっと真剣に検討すべきだろう。たとえば、堤防の階段、坂路、樋門等は、一度作っておけば、調査段階の早い時期から、より具体的なイメージを持って設計案を検討できる。これは、決してプラモデルの様に、既存部品を組み合わせて設計するという事ではない。デジタルデータは、部分的にストックできるし、それを組み合わせることで、検討の幅が広がることを指定しているだけである。

また、検討段階では、モデルは、解析ツール(たとえば FEM^{*1}や水理解析ソフト)との連携が望ましい。地形改変を含む場合には、切土や盛土がうまく表現できる CAD であることが望ましい。積算との連携も可能であれば欲しいものである。

一方、参照モデルとは、設計が確定し、3次元プリンタ等を使用して模型を作成して展示したり、援用して施工や管理を行うためのものである。この局面でも、モデルには様々なメリットがある。住民説明や、他の部局での説明は大変楽になるはずだ。現行の業務の流れを考えれば、当面、納品用の 2次元 CAD 図面も容易に作成できるだろう。情報化施工のために必要なデジタルデータの取得も容易なはずである。

景観カルテ(目標の具体化)

国土交通省九州地方整備局には、「景観形成管理システム」という景観に関する制度がある。具体的にはほぼ全事業において、景観カルテをつけることになっている。カルテに関しては、第 3 章にて事例を元に詳しく述べるが、計画・設計・施工・管理の各段階において景観設計に関する方針が明示され、次の担当者に継承されていく。たとえば設計の方針が定められ、それを実現させるための方向性を明示する必要がある。曾木分水路では、「景勝地曾木の滝や周辺景観と融合し、地域の魅力となる多目的要素を創出できるような分水路整備を目指す」という大方針があった。これに対し、「①周辺景観への配慮(曾木の滝と分水路との一体化)」「②分水路線形の検討」「③多様なアメニティの創出」が掲げられた。これを実現するためには、3次元 CAD を用いることが必然となる。ほぼ、600m の切土の法面を 2 種類作り、断面を切り出して、水理計算おこなった。当然土工量の概数も計算できるし、周辺地形を追加すれば、対岸等いくつかの視点場からの景観検討が可能である。つまり 3次元 CAD という道具は、本事業では、必要不可欠な道具となった。

さらにこのような制度があることで、担当者・コンサルタント・学術経験者等は一堂に会し、定期的に議論をすることが必要となる。曾木分水路が完成後高い評価を得たのは、まさにこの制度の賜物であり、熱心な議論の結果である。決して、モデルを作ったからではない。

^{*1} Finite Element Method (有限要素法) ; 解析的に解くことが難しい微分方程式の近似解を数値的に得る数値解析手法の一つ。

データ監理の重要性

CIM という観点で見れば、曾木分水路建設は、モデル利用の先行事例であるだけでなく、データ監理の事例としても先駆的であった。「①モデルを監理する」ことで、水理解析、土工量算出、景観検討等の基本となるデータをマネジメントできたこと、「②グループ（熊本大学・空間情報デザイン研究室）」が、終始データ監理をしたことである。この事例を考えると、データ監理の今後の方向性が見えてくる。他の複数のコンサルタントとのデータ交換、施工者とのデータ共有、管理段階でのデータの変更等々、一括でできればメリットは大きい。このような発注者支援の制度も必要であると考える。

いずれ行く道

第4章では、2つの事例を追記した。第4章1節に、白川激特事業（竜神橋—小磧橋間）の景観検討委員会の概要を示す。そこでは、簡易的なCADソフトを使うことで、委員会資料の作成をおこなった。途中から、発注者（国土交通省九州地方整備局・熊本河川国道事務所）が、これをCIM事業として意識し、この区間の他のコンサルにも、同様のデータ作成を求めた。委員会には、すでに工事をおこなっている、施工者も参加し、その場で、次の工事の検討が議論された。時によっては、3次元CADを眺めながら、施工の可能性（あるいは不可能性）を話し合った。このため、さまざまな部分での検討が極めてスムーズに進み、工事での手戻りは大幅に減少した。

第4章2節では、熊本県の湯浦川の事例（激特事業）において、研究段階の出来形検査法の実証実験をおこなった。CIMの試行業務では、是非ともこのようなことを検討すべきであると考えている。遠隔立ち会いの試行も兼ねている。すべてをこのようにすべきだという提案ではない。立ち会い検査の回数や遠隔地への出張回数の削減に関する試みは、我が国の建設生産システムの効率化や建設投資効果の向上に呼応する試みとなるであろう。土木事業において、さまざまな改善やデジタル情報により困難の克服事例が積み重ねられていくことが望まれる。

2. 技術レポート

2.1 CIM の理念

公共事業の計画から調査・設計、施工、維持管理、更新に至る一連の過程において、ICT を駆使して、設計・施工・協議・維持管理等に係る各情報の一元化及び業務改善による一層の効果・効率向上を図り、公共事業の安全、品質確保や環境性能の向上、トータルコストの縮減を目的とする。

一連の過程を一体的に捉え、関連情報の統合・融合により、その全体を改善し、新しい建設管理システムを構築するとともに、建設産業に従事する技術者のモチベーション、充実感の向上に資することも期待する。

CIM は、Construction Information Modeling の略称であり、建設構造物に各種の情報を追加したモデルを作成し効率化を目指す取り組みである。最近では、単なるモデル化だけでなく、こうした技術を用いたマネジメント（Construction Information Management）として捉えられることも多い。CIM を活用することにより、以下のような社会資本を取り巻く変化へ対応することを目指している。

- ①限られた公共投資の中、効率的な社会資本整備（コスト縮減、工期短縮等）
- ②ストック型社会への転換に向けた社会資本整備（アセットマネジメント等）
- ③地球環境の保全、環境に配慮した社会資本整備環境（アセスメント、LCA、リサイクル等）

そして、構造物のライフサイクルを限られた資本・人材・機材で実施、管理を実現することを目的とし、この実現には、業務フロー、執行体制の見直しと、これを実現するためのデータ作成、可視化、データ蓄積技術の確立が不可欠である。

本報告におけるこれらの定義は、以下に示される国土交通省における CIM の定義よりは、拡張した考え方で捉えている。

CIM とは、調査・設計段階から三次元モデルを導入し、施工、維持管理の各段階での 3 次元モデルに連携・発展させることにより、設計段階での様々な検討を可能とするとともに、一連の建設生産システムの効率化を図るものである。3 次元モデルは、各段階で追加、充実化され維持管理段階での効率的な活用を図る。

（平成 24 年度 CIM 制度検討会資料より）

CIM の効果として、以下のような点が期待されている。

- ① 情報の利活用による設計の可視化
- ② 設計の最適化（整合性の確保）
- ③ 施工の高度化（情報化施工）、判断の迅速化
- ④ 維持管理の効率化、高度化
- ⑤ 構造物情報の一元化、統合化
- ⑥ 環境性能評価、構造解析等高度な技術解析の適用

これらの効果は、発注者と受注者、関係機関相互間のより円滑な意思疎通等の手段として期待されるだけでなく、調査計画、設計、施工、維持管理のそれぞれの機関内部での効率的で高度な業務の遂行に活用できるものと考えられる。また、CIM を活用する十分なスキルを持った発注者（管理者）と受注者の双方が、それぞれの役割分担を明確にした上で、共有したモデルを通じた円滑な情報の交換が可能となる環境を構築していくことが不可欠である。

2.1.1 積極的な導入の必要性

(1) CIM の導入にあたり

CIM を本格的に導入するためには、3次元に対応したハード・ソフトの技術開発、基準や制度の新たな策定や見直し、さらに、実際の事例の積み重ねや必要に応じた見直し等、建設システム全体で大幅な見直しが必要であり、相当に大きな変化が必要である。

大きな見直しや変化が必要なことから、そこまでやる必要があるのか、今やる必要があるのか等の声も聞かれることは確かである。

(2) CIM の導入の必要性

ICT の進展、世界情勢、土木以外の他分野等の状況を大局的に見ても、機械分野や建築分野の BIM^{※2}、海外の土木分野等の 3D 化の流れはすでに進んでいる。

このような状況の中、日本の建設分野の選択肢は、他の分野や海外で十分に検証され確立された技術を導入しようという選択肢や、自ら CIM を積極的に導入し世界の先頭に先導役になる等、様々な選択肢がある。

日本の建設分野はこれまでも世界をリードする技術力を持ち、その最先端技術が世界中で評価されていきている。当然のことながら、CIM の導入にあたっては、平成 24 年度より取り組みを開始した CIM の推進を加速され、これまでと同様に、CIM 技術においても世界をリードしていくことが必要であり、国土交通省から CIM を推進し普及する方針が出されたのも、同様な考えによるものと考えられる。

2.1.2 情報の受け渡しから情報の共有

CIM の概念は、情報を関係者が共有することであり、従来の情報の受け渡しをさらに推し進めたものである。

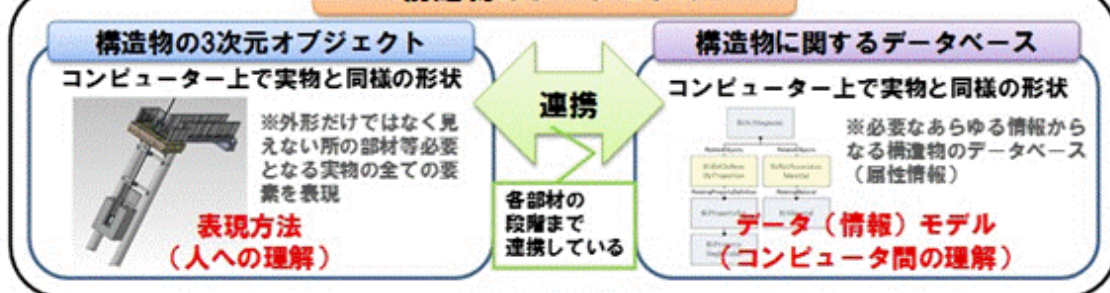
※² BIM(Building Information Modeling)の略称である。コンピュータ上に作成した 3次元の建物の「電子モデル」に、コストや仕上げ、管理情報などの属性データを追加した建築物のデータベースを利用して建築の設計、施工から維持管理などを実施する。

時間とともに進化・成熟するデータモデルを活用・変更し、情報共有により
共同作業・並行作業を実現

- データの量と質の変更
- データの追加と修正、削除

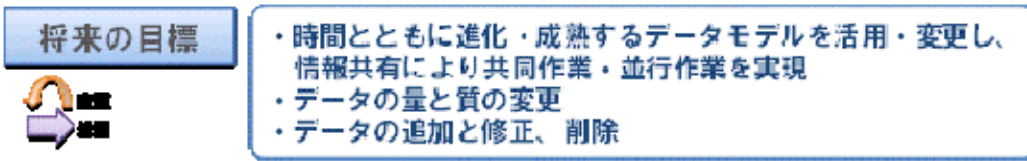
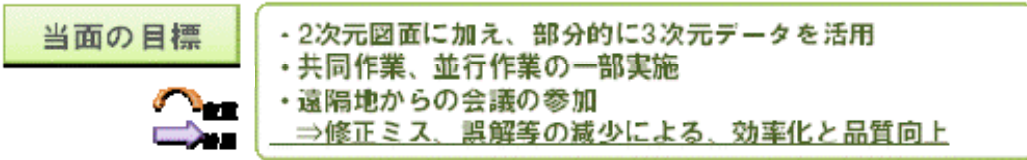


建造物のデータモデル





- ・多くの2次元図面（紙面）を使用
- ・2次元図面から完成形状を想像するためには、経験が必要
- ・一同に会する会議または、決裁で方針決定
⇒修正ミス、不十分な意見の反映、誤解等で、手戻り、手待ちが発生



注) プロダクトモデルは、一種のデータベースであり、形状および属性がデータベース項目として格納される。その格納方法については、一つのファイルに含む場合と、別ファイルに格納しリンクする場合がある。

2.1.3 並行作業と共同作業による業務の効率化・高度化

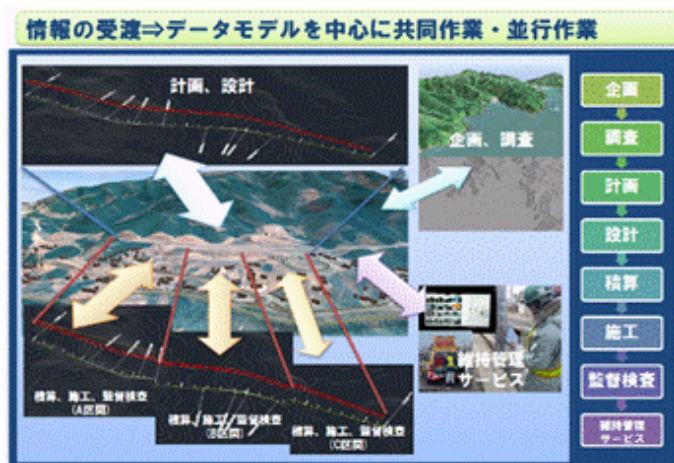
情報が共有されることにより、同じモデルを用いて並行作業・共同作業が可能となり以下のような効果が発揮される。

- ・共同作業により、説明のための資料作成が削減される
- ・共同作業により、ワンストップで意志決定が可能となり、手待ち時間が短くなる
- ・並行作業により、離れた場所でも作業分担が可能となる

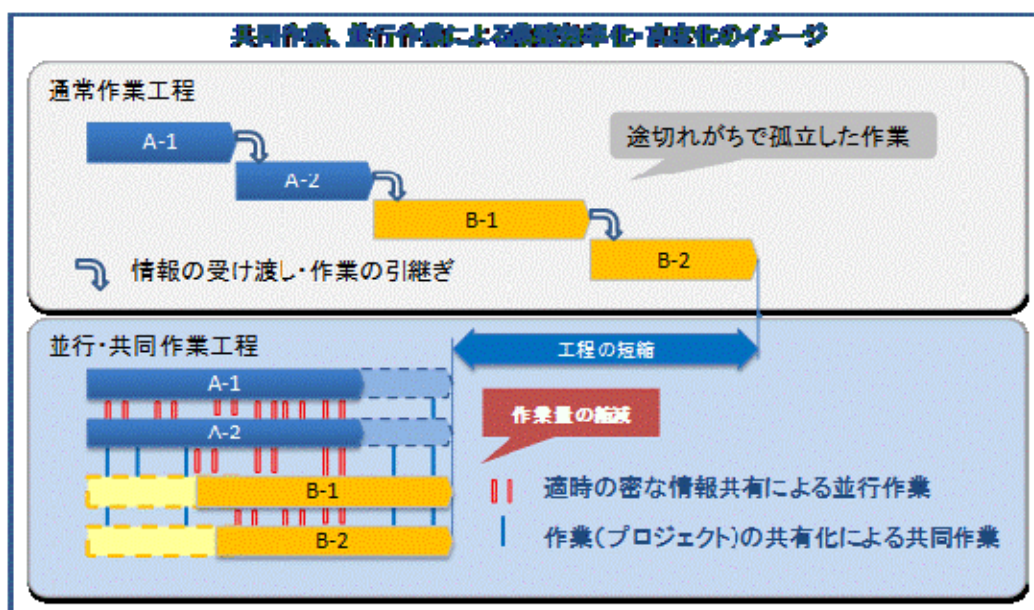
CIMの導入効果が高い現場

- | | |
|------------------|----------------------|
| ①積雪寒冷地帯で施工方法等の検討 | ④時間の制約が大きい現場、夜間の通行止め |
| ②実現が不可能と思われる現場 | ⑤災害復旧の現場 |
| ③多忙な現場 | ⑥24時間稼働が求められる現場 |

例) 被災地の復興関連の業務を、全国規模で並行作業を行い、工期短縮を目指す
海外展開したインフラビジネスの業務を、国内のチームがサポート



企画・調査から維持管理・サービスまでの同じチームの意識でプロジェクトを遂行することが共同作業の概念であり、プロジェクトチームのメンバーは、全てのフェーズに関係していく。



2.2 CIMにおけるモデリング(Modeling)とモデル(Model)

モデルとは、実際の事象やシステムを、特定の側面に着目して抽象化したものである。実物を縮小または拡大した物理モデル、特定の特性を物理現象に置き換えたアナログモデル、日常用いる文章で表現した言語モデル、図表に基づく図式モデル、理論あるいは数式で表現された論理モデルなどがある。

ここでは、我が国の建設生産システムにおいて企画、調査、計画、設計、積算、施工、監督検査、維持管理、サービス提供にいたる一連の流れの中で、モデルを作成する際の留意点とモデリング(Modeling)※³における分類を概説する。

2.2.1 モデル作成の留意点

前述の通り、ある抽象化された事象を表現するモデルには幾つかの表現方法がある。ここでは、我が国の建設生産システムにおいて、2次元(いわゆるCAD図面)や3次元で表現された「電子モデル」の作成にあたり留意すべき事項を次に列挙する。

- ① 環境性：風景の読み解き(地形、歴史、文化など)
→大きな物語との調整
- ② 構造的性：工学的判断(設計検討、構造解析、積算など)。
→土木設計の本道
- ③ 機能性：普段使い(人、動植物への眼差し)。
→副次的だが極めて重要

2.2.2 モデル作成の概念

モデル作成の概念を図2-1に示す。「電子モデル」の対象となる構造物のみを考えれば、②構造のみを考えればいい。しかし、建設とは単に構造物を造ることではなく、風景の一部となるものを挿入することである。そのときの影響をきちんと読み解くことが求められる。さらに、構造物は第一義的には防災施設(たとえば堤防)や生活改善施設(道路、橋梁など)として構想されたものであるが、普段の暮らしの中で、居心地のよい空間を提供しなくてはならないし、人以外の動植物への配慮を欠いてはならないものである。③普段使いは、今後の維持管理、サービス提供段階にとって極めて重要なものであると考える。

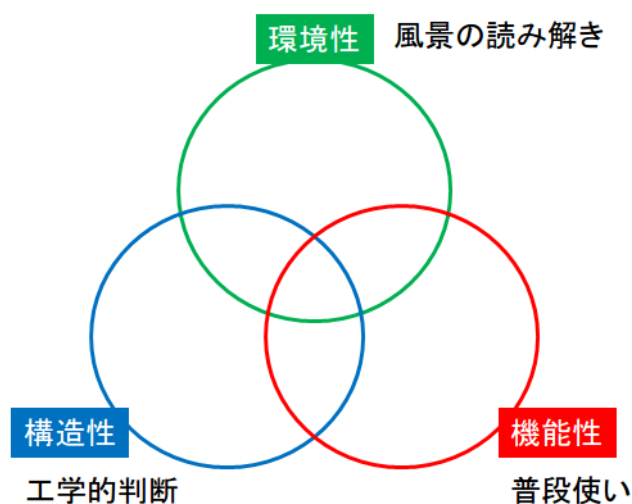


図 2-1 モデル作成の留意点(概念図)

※³ モデリング(Modeling)；ある事象の抽象化されたモデルを作成するまでの過程や手順。

2.2.3 モデリング

我が国の建設生産システムに用いられつつある「物理モデル」と「電子モデル」の一例を図 2-2 に示す。モデルとは、企画、調査、計画、設計、積算、施工、監督検査、維持管理、サービス提供にいたる一連の過程において、ある目的を達成するための「理想型のイメージ」である。

イメージを具体化する方法は様々にある。図 2-2 「物理モデル」と「電子モデル」で示す物理方向は、紙(パース)、スチレンボード(骨模型)といった実際の材料を用いて、具現化した例である。一方、電子方向は、2次元(いわゆる CAD 図面)や3次元で表現された電子的なイメージである。

モデルは、建設生産システムの各段階で、様々に使い分ければ良く、「必ずしも、模型(3次元の物理モデル)を作る」必要もないし、「電子モデルをつくれれば、すべてが便利になる」ということでもない。打ち合わせで、平面図の上に消しゴムを二個並べて、交差点の見通しを確認したり、現場でポンチ絵を描いて、作業の手順確認を話し合ったり、ということは、日常よく用いられることである。これらも皆、モデルの検討である。

モデルを用いることの大切な点は、「いつ、誰と、何を、話し合うのか」を明確にし、「そのためには、どのような、モデルを用いるべきか」を考えておくことだ。意味なく、モデルを作って、使わないとしたら、それは、モデルが悪いというより、使い方が悪いということだ。

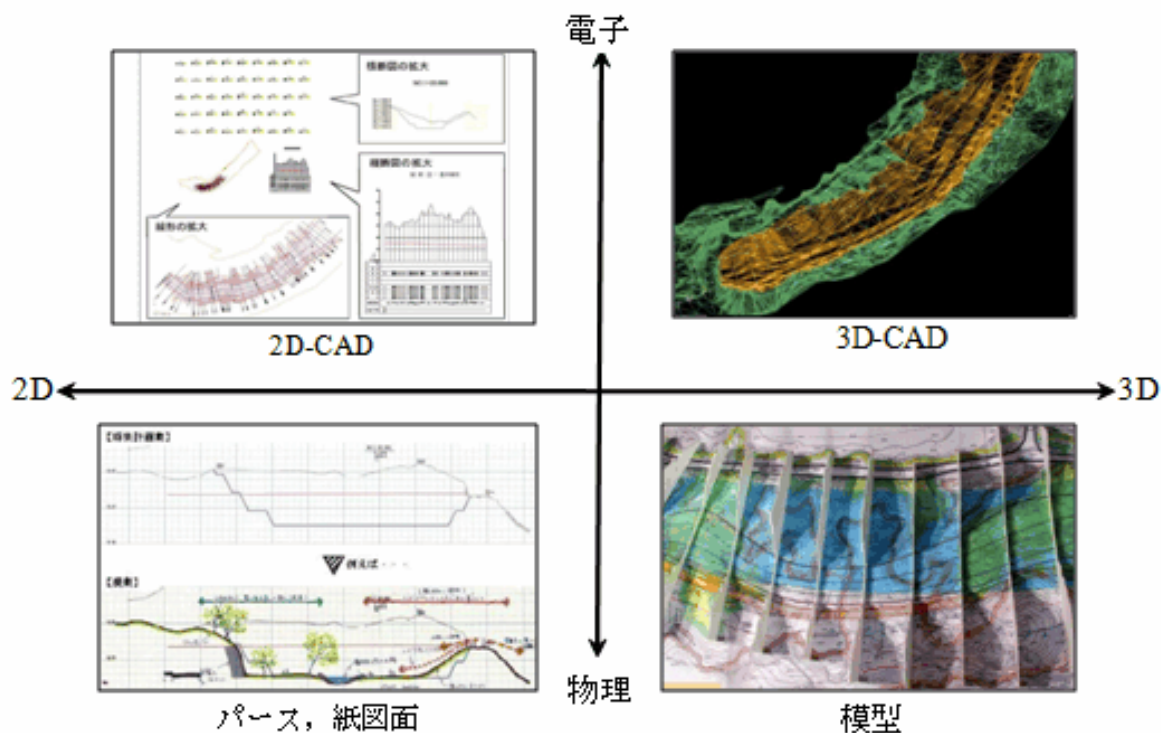


図 2-2 「物理モデル」と「電子モデル」

2.2.4 検討用モデルと参照用モデル

図 2-3 に、構造物の設計案が、確定するまでの過程（モデリングの概念図）を示す。

例えば、A 案、B 案、C 案の 3 案が検討されたとする。各案は、それぞれ異なる設計の方針から検討されるのが理想である（たとえば、A 案はコスト重視、B 案は景観重視とか）。

この時点は、可能性の検討であるので、モデルは何度か作り直され、それぞれに洗練化されていく。これらを、「検討用モデル」と呼ぶことにする。

一方、D 案は最終的な設計案である。D 案に決まった後は、基本的には、この案を参照（引用）する。例えば、施工検討や、周辺の付属物等の設計などは「参照用モデル」を用いて行われる。

なお、一般論として「検討用モデル」としては、「物理モデル」の方が、機敏に作り直しができ、グループ内での意見交換にも便利である。住民説明における「物理モデル」の威力は強力である（もちろん、後述するような、広範囲の地形を取り込める「電子モデル」でも、住民の細かな質問や意見に関連した、現地の様子を明示できるので、使い方によっては、きわめて有効である）。他方、設計の最終段階以降は、具体的な数値が決まるので、「電子モデル」の方が便利である。「電子モデル」を上から見れば、平面図になっているし、正面図も側面図を確認することができる。

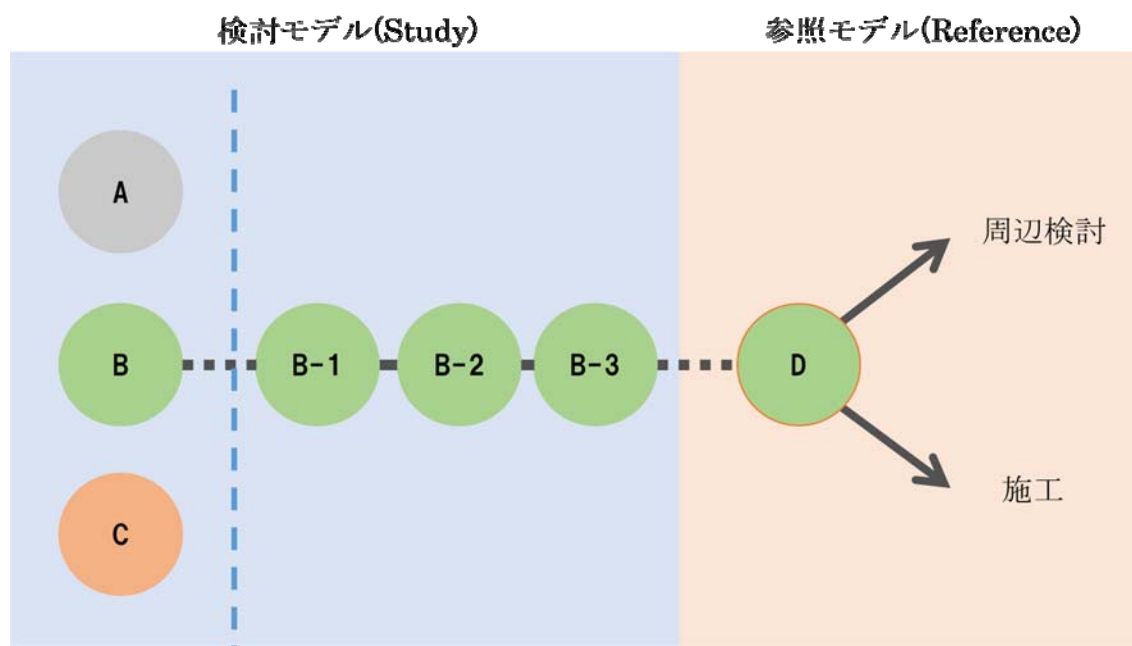


図 2-3 モデリングの概念

2.2.5 モデル空間

BIMでは、基本的に建築物の内部に情報が集約される。一方、CIMでは、図2-4に示すように、構造物周辺の地形・地質の情報は必要不可欠なものである（空間調整）。また、開発事業では、計画から竣工まで、十数年かかることが通例であり、施工検討や周辺の関連工事など、時間変化を考慮に入れることも重要である（時間調整）。さらに、建設事業では、発注者、受注者（測量会社、コンサル、建設会社）、地域住民など、多種多様な合意形成（説明、指示、意見交換、・・・）が必要となる（人的調整）。図2-4は、上記3つの調整を概念的に示したものである。これらを、効率よく行うには、たとえば、図2-5のような情報通信の活用も含めた協議システムは有効である。

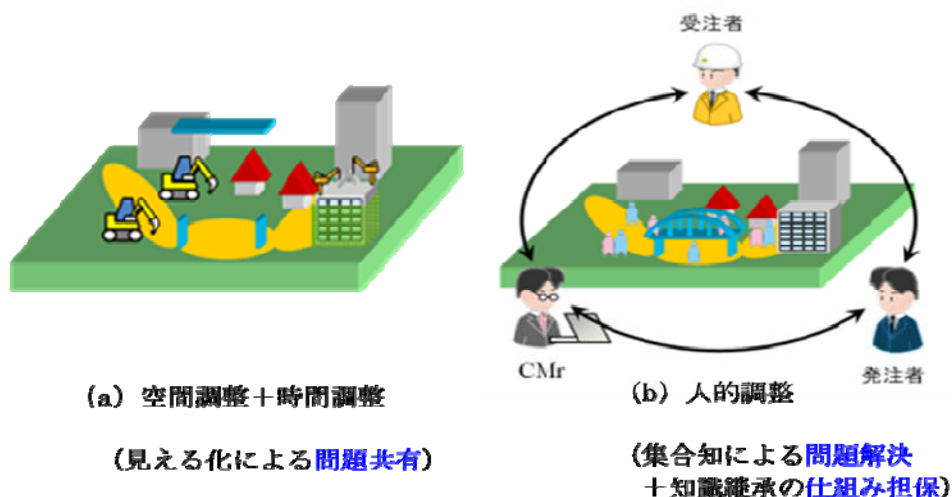


図 2-4 合意形成の概念

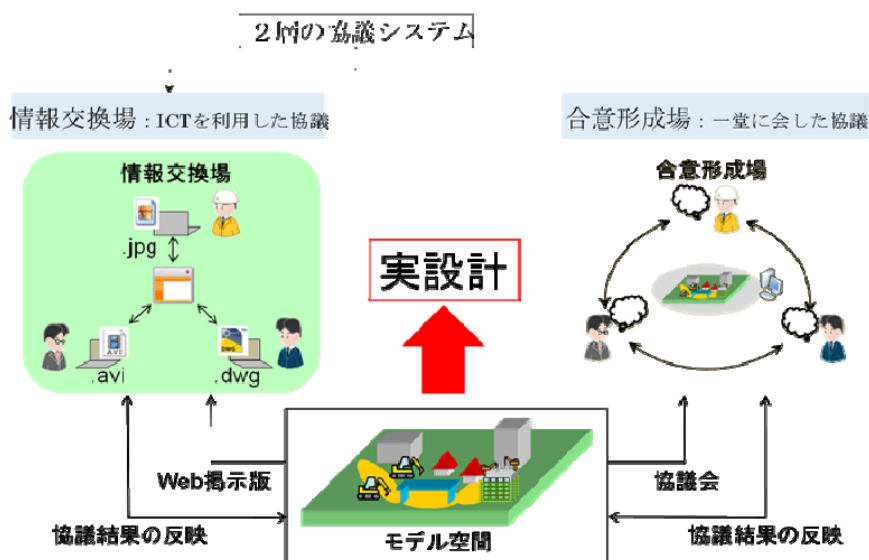


図 2-5 協議システムの概念

3. 曾木の滝分水路をつくる

平成18年7月鹿児島県川内川流域で記録的豪雨が発生し、河川激甚災害対策特別緊急事業の一環として外水氾濫を防ぐための分水路整備事業が計画された。分水路整備事業は奇岩奇石の豊かな自然環境が広がる曾木の滝公園地であり「激特事業に景観を」というキーワードをもとに事業が進められた。

ここでは、CIMを利用した先駆的な事例として、激特事業において3次元の電子モデルを活用した景観・環境に配慮した分水路の計画、設計検討の経緯。さらに、コミュニケーションツール(kolg)を利用した産官学の協働の記録を紹介する。

激特事業に景観を -景観も配慮した分水路の設計-

① 3次元モデル、コミュニケーションツールがなければ、時間的な余裕のない激特事業で景観を保全することはできなかった。

- ・ 3次元モデルを用いて、景観や環境にも配慮した分水路の設計を試みた
- ・ 産官学の協働の場として、コミュニケーションツール(kolg)を利用し短期間での合意形成により事業を推進

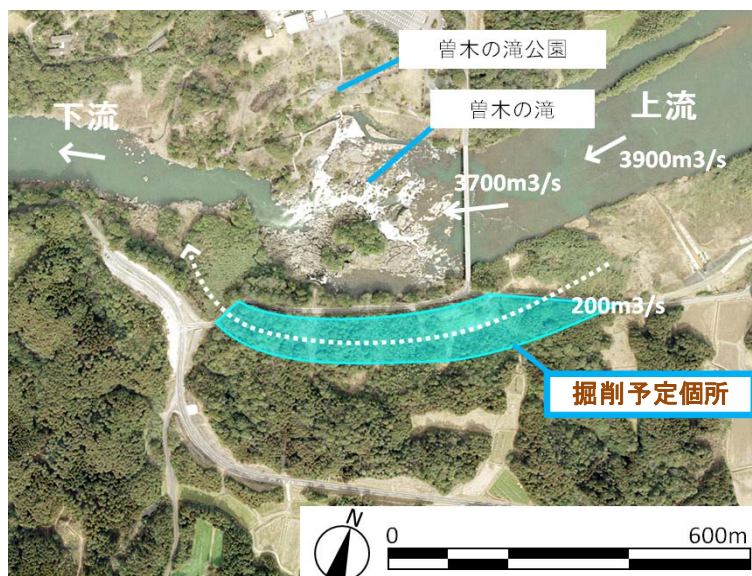


曾木の滝



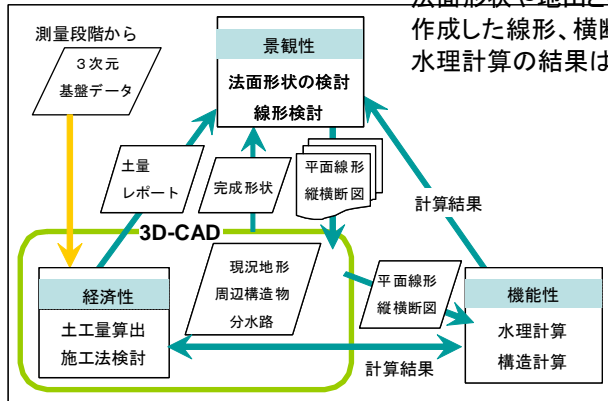
平成18年7月川内川流域で記録的豪雨が発生

外水氾濫を防ぐための分水路整備事業が計画された

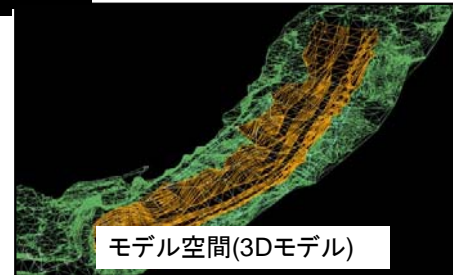


分水路計画地は奇岩奇石の豊かな自然環境が広がる曾木の滝公園地の一部

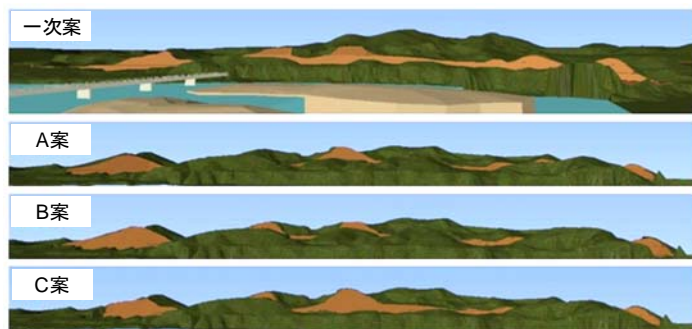
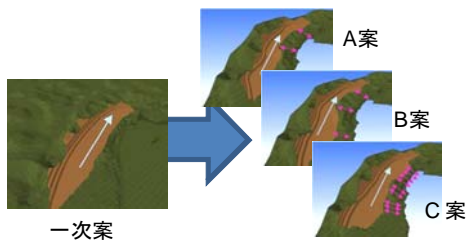
検討アプローチ



法面形状や地山との調和など、景観検討、土工量の算出を行って検討を進める。作成した線形、横断、縦断面の計算を行う。水理計算の結果は、景観検討にフィードバックし、再検討を行う。

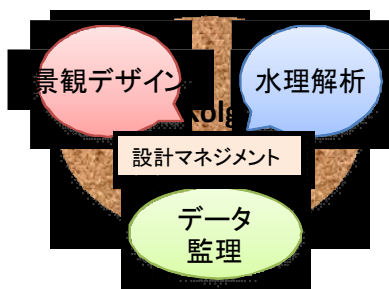


3Dモデルによる景観の確認



協議調整へのアプローチ

統合型情報運用システム(Kolg)を活用し、関係者が非同期分散で協議を進め、これらのプロセスを繰り返すことで、設計の質を醸成。



コミュニティツール(情報共有運用システム)を利用した意思決定ツール



合意形成

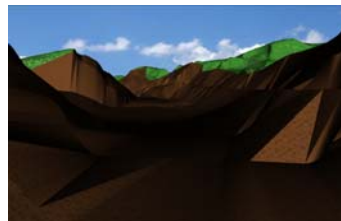


表 3-1 年表 (CIM 活用に関わる歩み)

年度	日付	項目	内容
H18 (2006)	7月19～23日	・鹿児島県川内川流域において記録的な豪雨災害発生	
	9月8日	・激甚災害に指定	
	10月4日	・直轄河川激甚災害対策特別緊急事業の採択	
H19 (2007)	7月20日	・第1回 曾木の滝分水路景観検討会	・曾木の滝分水路整備概要等説明、分水路の景観に関する意見、設立に伴う委員からの意見聴取。
	10月31日	・第2回 曾木の滝分水路景観検討会	・模型やVR等を用いた具体整備案の検討。 ・分水路河床幅、分水路の景観、利活用について。
H20 (2008)	3月18日	・第3回 曾木の滝分水路景観検討会	・B6案の水理解析結果の提示、周辺模型・図面・VR・模型・粘土模型の提示。 ・始点場探索の提示と、最終形状案の提示、今後の方向性確認。
	9月	・1次掘削工事着工	
H21 (2009)	3月	・1次掘削工事竣工、2次掘削工事着工	
H22 (2010)	3月11日	・第4回 曾木の滝分水路景観検討会	・工事進捗状況・整備イメージの確認。
	3月	・2次掘削工事竣工	
	4月	・3次掘削工事着工	
	12月6～7日	・曾木の滝分水路石積み講習会	・自然景観に調和する石積みに関する現地指導。(講師：福留脩文氏)。 ・石の積み方、組み方の基本の説明、崩れ積みの説明。
H23 (2011)	2月28日	・第5回 曾木の滝分水路景観検討会	・工事進捗状況の確認。 ・今後の方向性に関する報告。
	3月1日	・第1回 曾木の滝周辺地域活性化検討会	・曾木の滝周辺の関連地域開発計画と着地型観光適用に向けた研究成果の公表。
	3月	・3次掘削工事竣工	
	11月5日	・新曾木大橋 開通式	・供用開始に先立ち、開通式が「曾木の滝公園」と「曾木発電所遺構展望所」を結ぶバイパス区間 700m が新たに通

年度	日付	項目	内容
			行可能となった。
	12月9日	・第1回 伊佐市観光ガイド養成講座	・オリエンテーリング、観光ガイドの心構えに関する講演。
	12月10日	・第1回 曾木はっけんウォーキング	・曾木の滝分水路初の一般公開となるイベントの開催。 ・前日開講された観光ガイド養成講座生も参加。
H24 (2012)	3月8日	・新曾木水力発電所 建設着工	・伊佐市、日本工営（株）および新曾木水力発電（株）は、伊佐市曾木の滝および曾木の滝公園において再生可能エネルギー創出事業の着手。
	4月20日	・曾木の滝公園観光拠点施設オープン	・再生可能エネルギーの学習コーナーを始め、市の歴史や観光情報を発信するパネルを展示する施設として、曾木の滝公園内にオープンした。

3.1 曾木の滝

曾木の滝（そぎのたき）※4は鹿児島県伊佐市南部の川内川上流にある滝であり「曾木の滝」とも書かれる。

高さ 12m、滝の幅は 210m と広く、「東洋のナイアガラ」と称されている。当該地質は、加久藤火砕流の堆積物によってできたものであり千畳岩などが見られ、川内川流域県立自然公園の指定地区となっている。



図 3-1 位置図（広域）

曾木の滝は滝幅 210 メートル、高さ 12 メートルの壮大なスケールを誇り、千畳岩の岩肌を削るように流れ落ちる水流とその轟音は、訪れる人々を釘付けにするほど豪快である。加えて、一帯は自然公園となっており、四季の彩りも美しく桜や紅葉の季節には、イベントが開催されている。

大型駐車場も整備され、園内には食事処・土産品店が軒を連ねている。なかでも鯉料理や黒豚を使った料理は絶品である。

公園内の清水神社は縁結び、安産の神様が祭られている。この付近は、江戸時代に水運による米の輸送を行っており、その水路を開くために大規模な川浚えを行った歴史がある。下流には、レンガ造りの曾木水力発電所跡がダム湖に残り、夏季には中世の古城を漂わせる風貌で水面に姿をあらわす。



図 3-2 曾木の滝（鳥瞰）

※4伊佐市ホームページ(<http://www.city.isa.kagoshima.jp/kankou/kankouchi.html>)より抜粋、引用、一部加筆・修正

3.2 川内川激甚災害の発生※5

平成 18 年 7 月 19 日から 23 日にかけて、薩摩地方北部を中心に発達した梅雨前線の影響により、川内川流域では総雨量 1,165mm に及ぶ記録的な豪雨を観測した。

この豪雨により、川内川上流から下流に至る流域の 3 市 2 町の約 5 万に避難勧告等が発令され、川内川本支川において 136 カ所の浸水被害（浸水面積約 2,777ha、浸水家屋 2,347 戸）に及ぶ甚大な被害が発生した。

(1) 流域各地で 1,000mm を超える降雨を観測

川内川流域では、梅雨前線の活動が活発化し、7 月 19 日から 7 月 23 日にかけて薩摩地方北部を中心に記録的な大雨を観測した。18 日の降り始めからの総降水量は多いところで 1,000mm を越す雨量観測所が 3 箇所あり、西ノ野では 1,165mm を記録した。

5 日間で川内川流域の年間総降雨量の 40%、年間総雨量の 70%に相当する。

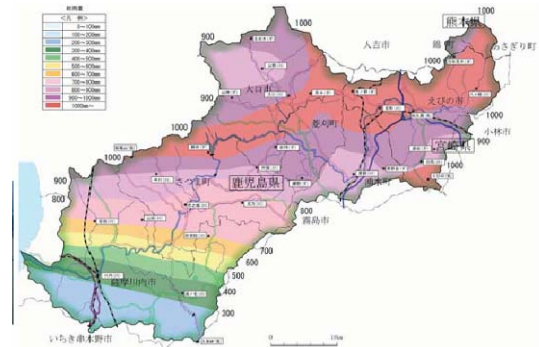


図 3-3 降雨量の分布

(2) 3 市 2 町で甚大な被害が発生

川内川上流から下流に至る流域の 3 市 2 町（薩摩川内市、さつま町、伊佐市（旧大口市、旧菱刈町）、湧水町、えびの市の）の 136 箇所浸水被害が発生。浸水面積約 2,777ha、浸水家屋 2,347 戸に及ぶ甚大な被害が発生した。

流域 3 市 2 町では、洪水予報や川内川河川事務所長から各首長への河川や降雨に関する情報提供ホットラインなどをもとに、住民約 5 万人に対し避難勧告、避難指示を発令した。しかし、逃げ遅れて孤立する住民も多く、さつま町虎居地区をはじめ各地で救助要請の連絡が入り、消防本部や自衛隊により救命ボートなどでの救出活動が行われた。



図 3-4 被害状況

※5川内川激特記録誌「川内川激甚災害対策特別緊急事業 平成 18 年 7 月 22 日からの軌跡、国土交通省九州地方整備局川内川河川事務所」より抜粋、引用、一部加筆・修正

(3) 川内川激甚災害対策特別緊急事業の採択

平成18年7月の豪雨の概要をはじめ、曾木の滝の下流にある鶴田ダム の操作状況やこれまでの河川改修、ダムなどの河川整備の状況、また今回の豪雨前までの上流及び下流の整備の考え方について住民との意見交換を実施した。さらに今後の整備方針、豪雨への対策方針および整備内容について、その効果とデメリットなどを地域住民と寄り添いつつ、幾度も調整を実施した。この結果、地元住民の強い要望と併せ、川内川流域の激特事業は平成18年10月に採択された。

河川激甚災害対策特別緊急事業(激特事業)は、平成18年度からおおむね5カ年間の事業により、川内川等の氾濫による家屋の浸水被害(約1,500戸)を解消することが課せられた。



図 3-5 川内川激特事業記録誌 (抜粋)

3.2.1 事業概要、曾木の滝分水路景観検討会の設立

激特事業の一環として行なわれた分水路事業は、本川流量約 3,900m³/s のうち約 200m³/s を高水分流※⁶によって分水路へ分担させる計画である。計画当初は、河床幅約 60m、施工延長約 700m となる大規模工事が検討されていた。

【曾木の滝分水路整備事業の特徴】

- ・平成 18 年 7 月出水を対象流量とし、曾木の滝地点 3,900m³/s のうち現況流下能力相当の 3,700m³/s を現河道で負担し、不足する 200m³/s を分派する必要がある。
- ・激特事業の一環のため予算規模や期間的制約を遵守する。
- ・与えられた条件の中で最大限の効果を発揮する治水事業とする。

しかし曾木の滝は、一帯に広がる岩場から水が流れ落ちる“東洋のナイアガラ”として、多くの観光客で賑わう観光地のため、周辺から分水路の長大法面が非常に目立ち、滝が織り成す良好な景観が崩れてしまうという課題が指摘されていた。



図 3-6 曾木の滝

これを受けて平成 19 年度に、学識経験者・市長・地元商工会・観光協会の関係者・地域住民の代表者から構成される「曾木の滝分水路景観検討委員会（表 3-2）」が設立された。


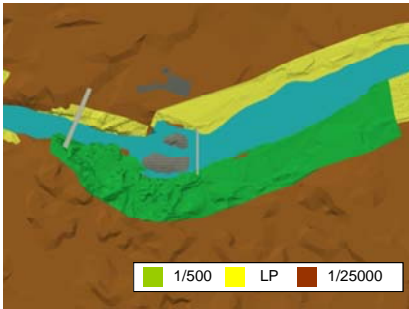
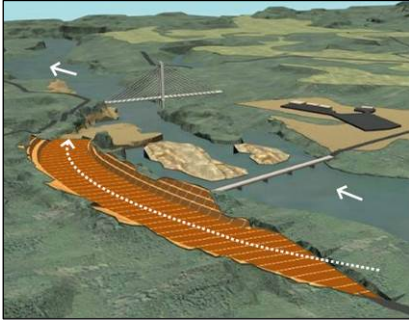
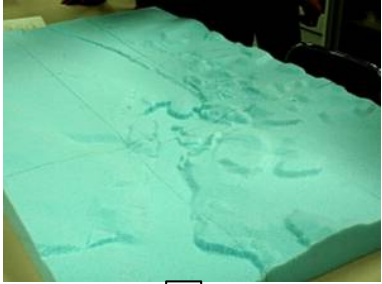
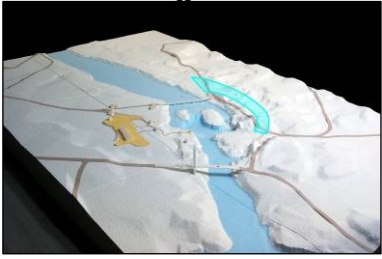
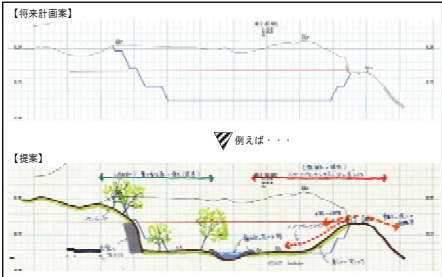
曾木の滝分水路景観検討委員会では、分水路の治水機能や景観的課題に対する意見が出され、また分水路掘削に伴う中ノ島を含めた利活用に対しても意見が出されている。

これら分水路建設における前提条件を整理した上で「周辺地形に馴染み、平時の利活用が可能となる分水路」が本事業の基本方針として打ち出された。以上の通り、曾木の滝分水路には、洪水を安定的に流せること（安全性）、周辺と馴染んでいること（調和性）、分水路を人が利用できること（利用性）の 3 要素が求められていた。また、本事業は「景観検討委員」、「国土交通省」、「コンサルタント」、「大学」、「施工業者」の 5 主体によって検討を進めることになった。

※⁶ 洪水流量のこと。洪水というと河道外にあふれた水のように聞こえるので、高水“たかみず”と書く場合がある。

3.3 CIMによる共同作業・並行作業の経緯

本事業の特徴は、地元自治会、伊佐市、設計コンサルタント、施工会社、学識者、国土交通省（事業者）等関係者が多岐にわたる建設事業での合意形成において、各検討段階に適したモデルを作成し、それを効果的に活用したことである。景観検討等に対して関係者が思い描く姿が的確に意思表示でき、それらが全員に共有されながら比較案の検討などスパイラルアップしていくことで、事業全体が円滑かつ迅速に進められた。

主な動き	電子モデル(3次元 CAD)	物理モデル（模型等）
I. 激特事業初期計画段階		
平成 18 年 7 月 18 日～23 日 鹿児島県川内川流域において記録的な豪雨災害発生		
平成 18 年 9 月 8 日 激甚災害に指定		
平成 18 年 10 月 4 日 直轄河川激甚災害対策特別緊急事業の採択		
II. 設計段階（景観方針検討段階）		
平成 19 年 7 月 20 日 第 1 回 曾木の滝分水路景観検討会 ・曾木の滝分水路整備概要等説明 ・当初案（たたき台）の提示		
<p>平成 19 年 10 月 31 日 第 2 回 曾木の滝分水路景観検討会</p> <ul style="list-style-type: none"> ・具体整備案検討 ・周辺模型や VR を使用して、形状や利活用に対する意見の聴取等 <p><検討会の結果></p> <ul style="list-style-type: none"> ・当初計画案に対する景観的なインパクトが確認され、分水路河床幅に対する疑義等が指摘された ・周辺模型を囲みながら、景観、分水路利活用等に対する意見を聴取 ・今後の検討を進めていくうえでのコンセプトがまとめられた 	<p>◆基盤データ（現況地形・構造物） 1/500 工事用平面図、航空測量結果、1/25,000 地形図を用いて現況地形を作成</p>  <p>◆当初計画案の VR 基盤データをもとに、当初案（たたき台）の VR を作成</p> 	<p>◆周辺模型 基盤データをもとに、3次元プリンタを使用して、1/1000 の全体地形模型を作成</p>   <p>◆イメージパース 当初案断面図に将来コンセプト（イメージ）を作成（手書き）</p> 

主な動き	電子モデル(3次元 CAD)	物理モデル (模型等)
------	----------------	-------------

Ⅲ.設計段階 (基本形状検討段階)

平成 19年 11月

- ・当初案に対する比較検討
- ・周辺からの眺め(法面の見え方)等を検討

<検討結果>

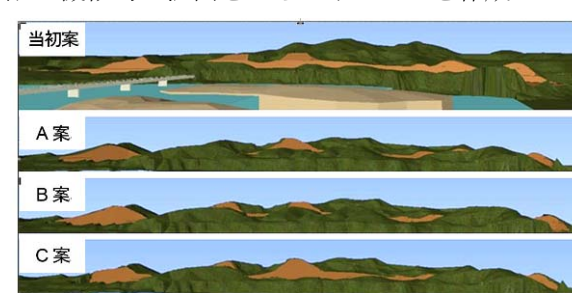
- ・安全性、調和性より、B案を検討ベースに決定

◆計画(比較検討)案のVR

- ・等高線トレースを用いて、河床ラインの異なる比較検討3案(A~C)を作成

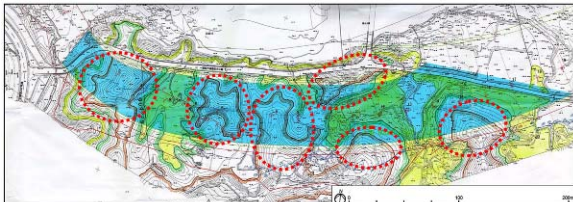
名称	母案計画案	A案	B案	C案
完成予想図(CAD)				
平面図				
河床幅	48~60m	20~50m	22~50m	28~58m
要点	必要量の流量を余裕をもって流す	1)なるべく地形を崩さない 2)河床幅にメリハリ	1)特徴的な地形を残す 2)分水路入りを広く	1)河床幅を広く 2)本川と分水路を近接
水理	水位・流速ともに安定。余裕をもって洪水を流すことができる。	上流に土砂が堆積するため、水位・流速の変動が大きくなり、洪水を流すのは困難。	入口が広く、河床幅の変化が少ないため、水位・流速は安定。A、C案の中間的な案。	一部流速が早くなる箇所があるが、全体的に河床幅が広いため、安定。
上土量(%)	100.0	65.9	72.8	90.5

・A~Cの河床ラインから当初案と同様の5%勾配で機械的に法面を立ち上げたVRを作成



◆等高線トレース

標高の主曲線(170m・175m・180m)をトレースし、特徴的な地形形状を把握



平成 19年 12月

B案をベースとした比較検討

<検討結果>

- ・法面小段、洪水流下断面の形状等を確認
- ・小段を撤去し、緩やかなラウンディングが望ましい見解に一致


◆計画(比較検討)案のVR

平面線形、縦断勾配に関して議論を行い、B案をもとに4案ほど検討案をバージョンアップ


名称	B2案	(B3)・B4案	B5案
完成予想図(CAD)			
平面図			
縦断	河床幅に応じて縦断勾配を変化させる(1/120, 1/1000)	洪水断面の縦断勾配: 1/120一定 洪水断面の縦断勾配: 1/75~1/1000の間で変化	洪水断面の縦断勾配: 1/120一定 洪水断面の縦断勾配: 1/75~1/1000の間で変化


◆断面模型

管理断面(25m間隔)を、平面図上に並べ立てた簡易な断面模型(1/500)を作成



分水路呑口から見る



主な動き	電子モデル(3次元 CAD)	物理モデル (模型等)
IV.設計段階 (利活用検討段階)		
<p>平成 20 年 2 月 法面ラウンディングと 分水路形状にメリハリ を持たせた B5 案をベ ースに検討 (断面模型 を主体に検討)</p> <p>< 検討結果 > ・課題となった射流へ の抑制として、狭小区 間の 6m 拡幅提案があ り、その場で模型を削 りながら、拡幅後の見 え方を検討</p>	<p>◆VR</p> 	<p>◆断面模型 管理断面間に 3 次元 CAD より切り出した 新規断面図 (12.5m 間隔) を追加</p> 
<p>平成 20 年 3 月 18 日 第 3 回 曾木の滝分水 路景観検討会 ・具体整備案を粘土模 型等により提示</p> <p>< 検討会の結果 > 分水路の呑口や吐口の 処理など、周辺との取 り合いは今後の課題と なったが、提示案で合 意</p>		<p>◆粘土模型 これまでの検討で決定した断面模型に粘土 を詰めた粘土模型を作成</p> 
V.施工段階		
<p>平成 20 年 9 月 1 次掘削着工</p>	<p>◆断面模型、粘土模型 施工会社を交えた関係者打合せにおいて、これ までの検討過程と分水路の理想像をイメージ 共有</p>	
<p>平成 22 年 4 月 3 次掘削着工</p>	<p>◆断面模型 他 ・様々な年代の子供たちが遊べるような 空間の提案 ・河床の仕上げ方について、上流、中流、 下流部のゾーニングのイメージをスケ ッチとともに、1/200 模型によって表現 し、関係者間のイメージ共有を図った</p>	

3.4 設計段階

3.4.1 景観計画策定のプロセスと役割

(1) 目的

治水、景観、利活用を融合するため、関係する主体が各々の利点を活かす。

(2) 実施体制

1) 検討委員

利用者の立場から治水・景観・利活用に対し地域の実情を把握・反映

2) 大学（専門家）

景観に関する専門的な知識、技術の活用と提案

模型や3次元CADを使った合意形成支援

3) 行政

国：曾木の滝分水路景観検討会における意見の調整ならびに、意見を反映した計画作成

市：地域代表の選定、分水路を公園として管理、継続的な地域資源としての運用

表 3-2 検討組織の概要

【曾木の滝分水路景観検討会】		
小林 一郎	熊本大学大学院教授	委員長
島谷 幸宏	九州大学大学院教授	副委員長
伊佐（大口）市長		地域代表
伊佐（大口）市都市計画審議会会長		〃
伊佐（大口）市商工会会長		〃
伊佐（大口）市観光特産協会会長		〃
曾木の滝観光協会会長		〃
川内川上流漁業協同組合長		〃
伊佐（大口）市大住自治会長		〃
伊佐（大口）市下ノ木場自治会長		〃
伊佐（大口）市深川自治会長		〃
伊佐（大口）市川西自治会長		〃
鹿児島県始良・伊佐地域振興局建設部大口支所長		〃
【事務局】		
国土交通省川内川河川事務所		
鹿児島県始良・伊佐地域振興局建設部		
伊佐（大口）市 建設課		
【コンサルタント】		
(株)東京建設コンサルタント		
【アドバイザー】		
星野 裕司 熊本大学大学院准教授		

3.4.2 景観方針検討段階（コンセプトの設定）

この対象地は、近隣に景勝地である滝があり、既存の展望所からの眺望等、景観に配慮した設計が求められている。

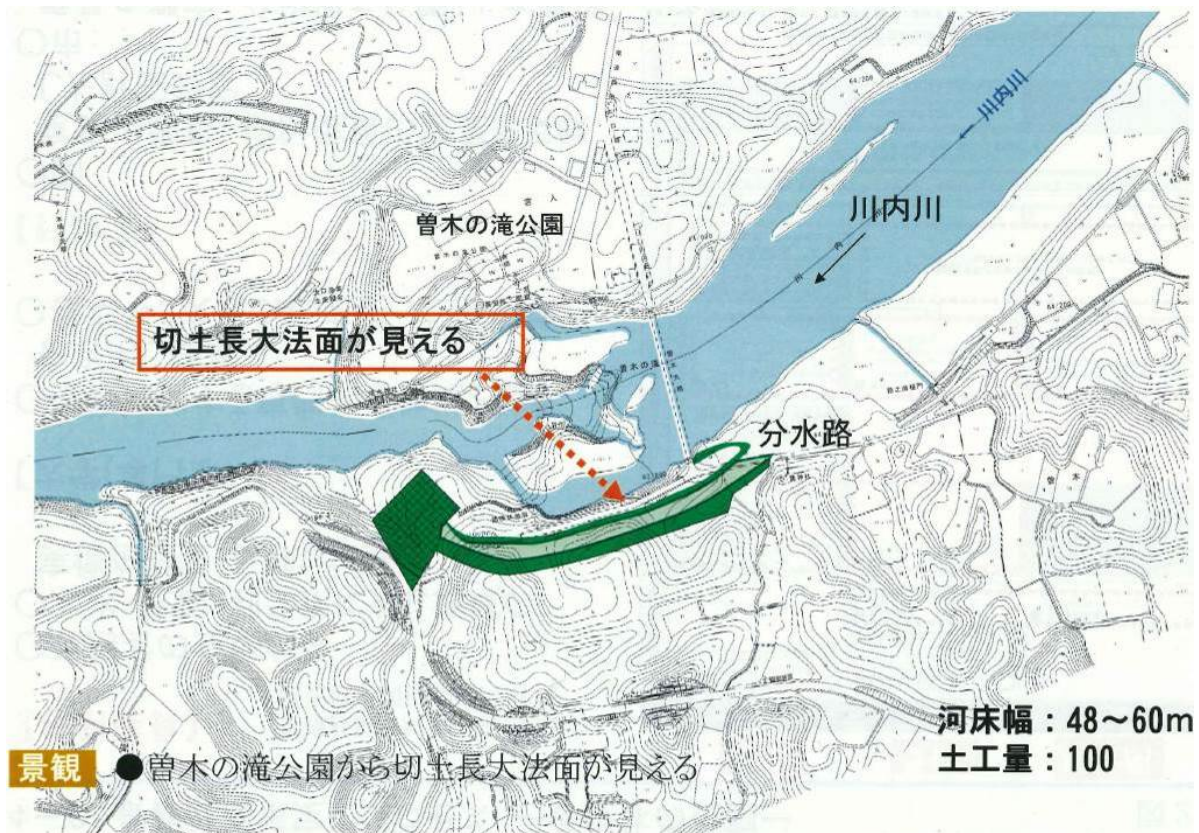


図 3-7 分水路の当初計画案

まず、第1回検討会では、国交省からの事業説明と検討会設立に伴う委員からの意見聴取が行われた。ここでは、分水路の当初計画案（河床幅約 60m、施工延長約 700m）が議論のたたき台として提示された（図 3-7）。

景観検討の基盤には、その場所をどう使い、どのように自らの暮らしの中に位置付けるのか、つまりはどのような場所としたいのか、その議論が必要不可欠であり、滝と分水路を含めた周辺地形を検討会において共有することが重要であった。

このような景観に関する議論にあたり、周辺地形の再現については、基盤データとして3次元CADを利用して国土地理院発行の地形図と航空レーザ測量^{※7}結果を繋ぎ合せた現況地形に分水路の当初計画平面図を加えて、3次元CADによるVR^{※8}と3次元モデリングマシンによる周辺模型(1/1,000)を作成した。

※7航空機に搭載したレーザスキャナから地上にレーザ光を照射し、地上から反射するレーザ光との時間差より得られる地上までの距離と、GPS測量機、IMU(慣性計測装置)から得られる航空機の位置情報より、地上の標高や地形の形状を精密に調べる新しい測量方法で、LP測量（レーザプロファイラ測量）と称されている。

※8 VR（バーチャルリアリティ、virtual reality）；コンピュータなどによって作り出された世界（サイバースペース）についてコンピュータグラフィックスなどを利用して表現または体験する技術。

(1) 基盤データ（周辺地形・構造物）作成

国土地理院発行の地形図（1/25,000）、航空レーザ測量結果に当初計画平面図（1/500）を加えて、周辺地形を作成した。また、視点場となる曾木の滝公園等から見通すことができる道路・地形ならびに、分水路によって影響が及ぶ範囲を考慮して、周辺地形として扱う面積は分水路中心に約12km²と判断した。さらに、設計をする上での重要度に応じて周辺地形は、三段階に分けて作成した。

新たに分水路といった人工的な構造物を景勝地に構築する。このため、景観検討において最も重要となる分水路の範囲については、当初計画平面図（1/500）を利用した。次に、視点場となる場所や眺望を考える上で重要となる範囲については航空レーザ測量結果を使用した。残り範囲は、周囲の大まかな地形と位置関係の把握が目的であるため、国土地理院発行の地形図（1/25,000）を使用して作成し、データ量を抑えた。

図 3-8 は、作成した周辺地形を構築するにあたり使用したデータの密度によって色分けしたものであり、緑色が当初計画平面図（1/500）、黄色が航空レーザ測量結果、茶色が国土地理院発行の地形図（1/25,000）を示している。なお、周辺構造物及び中洲は、対象地上流に架かっている桁橋、新たに下流に架設予定の斜張橋、展望所、公園内の飲食店、駐車場を作成した。

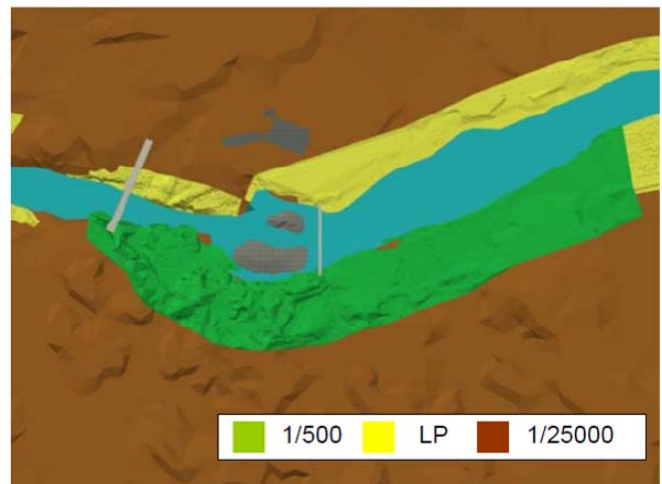


図 3-8 基礎データ（周辺地形・構造物）

(2) 周辺模型作成

対象地全体の位置関係や地形を把握するため、1/1,000 縮尺の周辺模型を作成した。通常では、等高線に沿って切断したスチレンボードやスチレンペーパーを重ねて地形を作成する方法が一般的である。しかし、今回対象とする範囲は地形の起伏が激しく、手作業での地形表現は困難であった。そこで、(1) にて作成した基盤データを用い、3次元プリンタを使用して詳細な周辺模型を作成した。

3次元プリンタは、Roland DG Corporation¹¹⁾の Model MDX-500 を使用している。材料はスタイロフォームを用い、500mm×300mm×100mm のユニットを9つ作成した。全体の大きさは1,500mm×900mm である。製作時間は1ユニット3~4時間で、計30時間程となった。3次元プリンタで作成した直後の周辺模型が図 3-9 である。その後、ヤスリをかけ、ジェッソ^{※9}を用いて3回塗装し、橋や道路などを配置して完成した（図 3-10）。

今回作成した周辺模型は、スタイロフォーム自体が青色だったため、川の部分には何も加工を施していない。陸の部分に白色のジェッソを塗り重ねることで、川と陸の区別を明確にしている。また、リアルな表現を行うためには、緑色のパウダー等を陸の部分に振り掛ける、木や石を配置

※9下塗りに用いる地塗り剤

する、などが考えられる。

しかし、今回は地形の凹凸が重要であるため、地形の形状を表すことを優先し、加工を最小限に抑えている。この周辺模型は対象地の位置関係と人の回遊性を把握することにも使用している。

そのため、道路網や橋、展望所、公園などを作成し、設置している。また、分水路に関しては、後述する 1 次案を参考に、青色の厚紙を用意するのみに留めている。必要に応じて取り外すことで、施工前と施工後の変化を表現可能としている。

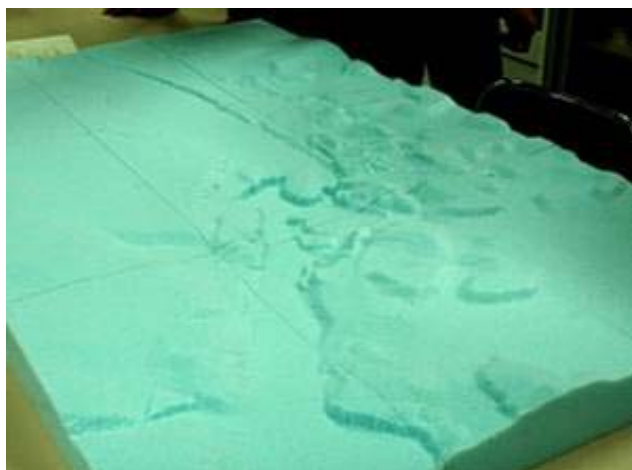


図 3-9 周辺模型 (加工前)



図 3-10 周辺模型 (加工後)

(3) 3次元 CAD による当初計画案の VR 作成

景観検討委員会での説明用に、当初計画案の VR を作成した (図 3-11)。

まず、3次元 CAD 上で作成した基盤データの表面に対してレンダリングエンジン^{※10}を用いて、テクスチャマッピング^{※11}を行う。次に、展望所などの主要な視点場に視点を設定し、静止画像を保存する。レンダリングエンジンは、Autodesk 社の Autodesk 3ds Max 8 を使用した。その後、テクスチャマッピングを施したデータに、CycoreSystems 社製の Cult3D を用いて Web3D オーサリング^{※12}を行った。



図 3-11 当初計画案 VR

今回作成した VR では、陸地部分を森・岩場・砂場に分類し、航空写真などを用いてテクスチャマッピングを行っている。また、分水路部分は、河床と法面を 2 種類の茶色で区別し、河床幅

※¹⁰ 画面 (もしくは画像などの、イメージ) の内容が記述された、データ(文字、数値、数式など)を、コンピュータ上で処理を行い、データにかかっている記述通りに、実際の画面や画像のイメージを表示すること。

※¹¹ 3次元コンピュータグラフィックスで作成された 3D モデル表面に質感を与えるための手法。

※¹² 文字や画像、音声、動画などの要素を組み合わせる一つのソフトウェアやコンテンツ作品を組み立てること

や法面の高さを説明する際に分かりやすいよう心掛けている。さらに、ワイヤーフレーム※13を白いラインで描くことで、人工物であることを強調した表現を行った。

また、このとき当初計画案の断面図に落書きしたようなイメージパースも作成している（図3-12）。これは、景観検討が、形の作り方と空間の使い方が一体となっていることを具体的に示すものである。

簡易な絵ながらも、将来像（目指す姿）としてあたかも自然の川のような空間を想像させることをも意図している。これは、滝を眺めるといった観光要素に分水路を親水要素として加えることで、新たな付加価値を創造できる可能性を示すものでもあった。

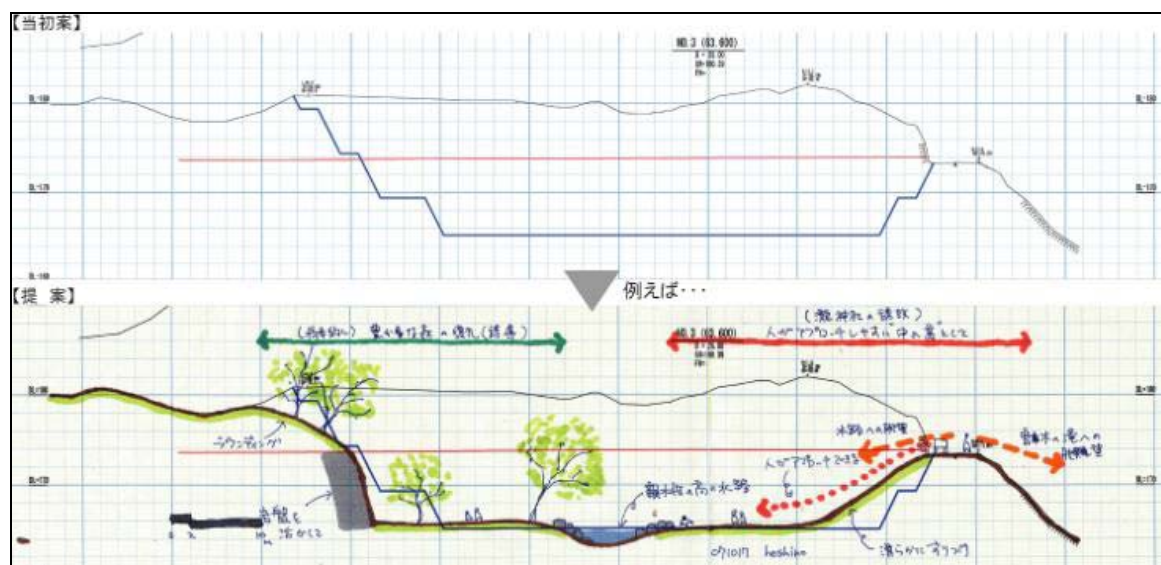


図 3-12 イメージパース

(4) 周辺模型、VR を用いた第 2 回検討会

第 2 回検討会では、3 次元 CAD による当初計画案の VR と周辺模型を用いた検討を行った（図3-13）。

これにより、当初計画案が景観的に強い違和感を与えることが確認されるとともに、分水路河床幅に対する疑義、景観に影響を与えない通水可能量や増水時の安心感に関わる課題が指摘された。

曾木の滝上流に住む地域住民にとって、曾木の滝は洪水の元凶であった。その脇の分水路に、常時水が流れていることを確認できれば、日々の安心感につながるというのであった。分水路に水が流れているべきという意見は、魚道やカヌーに活用できな



図 3-13 第 2 回検討会の様子

※13 レンダリング手法の 1 つであり、線形により 3 次元オブジェクトを表現する。

いかという意見にも展開して行った。これらの提案自体は、縦断等の条件によって不可能なものであったが、この分水路を平時は水の流れない空掘ではなく、常に水の流れている“河”として考えたいという思いであり、イメージパースで示した分水路の日常的な価値を高めたいという意図と同根であったといえる。また、この検討会の途中では、周辺模型を囲みながら地域代表より「この場所から曾木の滝が一番美しく見える」などの意見が出され、設計を本格化させていくための勉強会のような検討会となったことも、景観検討は利活用と一体的に考えるものだという認識を共有させることに役立ったと考えられる。

これらの議論をもとに、下記のようなコンセプトがまとめられた。

①滝と分水路を一体として考える

周辺地形との一体性を確保するために、見え方だけではなく、車・人の流れ（回遊性）を検討すること

②分水路線形を3次元的に考える

自然な川の形状となるように、景観性、機能性、経済性などを総合的に考慮し3次元的に検討すること

③分水路のアメニティを確保する

平時の居心地や利活用にも配慮し、分水路に対する地域住民の安心感の担保や、人が集える空間となること

①は周辺模型の検討によって、③はイメージパースの提示によって、大まかな了解が得られた。今後のデザイン検討（設計）は、②をいかに実件していくかが課題となった。

3.4.3 基本形状検討段階（線形の検討）

前記のコンセプトに基づき、具体的な線形と景観の検討がスタートした。まず着目したのが、第2回検討会でも話題になった河床幅である。当初計画案は平成元年に計画されたもので、 $100\text{m}^3/\text{s}$ が分派量として想定され、一部の用地買収もその計画に基づいて行われていた。用地買収範囲の中で、より自然な分水路を実現するために、激特事業の分派量 $200\text{m}^3/\text{s}$ を流しうる河床幅で検討を行うこととし、仮の河床幅は最低 20m と設定して、作業を進めていった。

建設予定地は地形の起伏が入り乱れる場所であり、景観検討を行なうためには周辺地形の詳細な形状把握が必要であった。

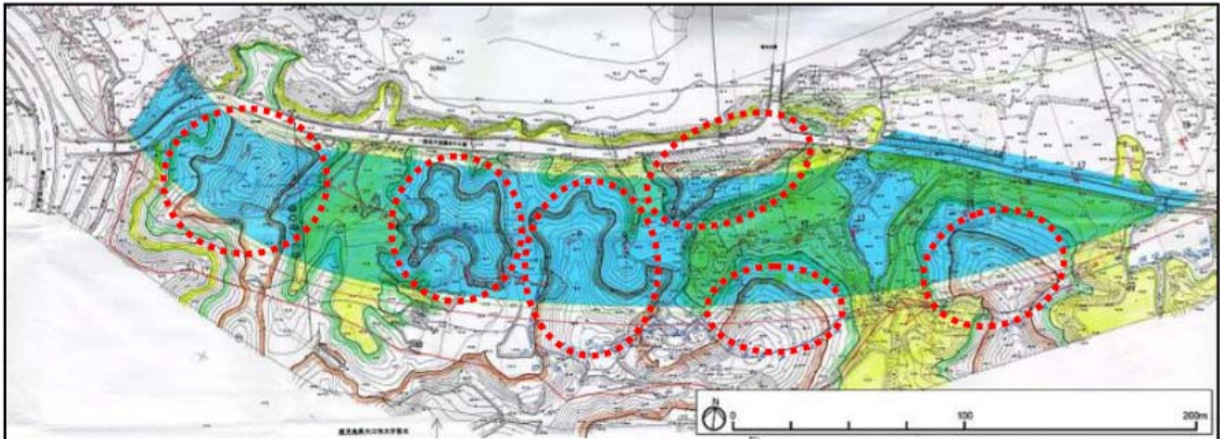


図 3-14 平面図

そこで、標高 170m （図中黄緑）・ 175m （図中緑）・ 180m （図中茶）の主曲線をトレースし、特徴的な地形形状の把握を行なった（図 3-14）。図 3-14 の点線は、「現況地形の形状を如何に残すか」という思想のもとで抽出した箇所である。地形の専門家でなくとも、自分の手でトレースを行なうことと視覚的に地形形状を把握できるため、詳細に周辺地形の特徴を読み解くことが可能であった。その後、等高線のトレースを行いながら激特計画案として、平面図上で河床形状の A～C 案を作成した（表 3-3）。

この 3 つの河床形状より、当初計画案と同様の 5% 勾配で機械的に法面を立ち上げた VR を作成する一方、コンサルタントにおいて水理解析を行った。図 3-15 に示す通り、周辺から見えにくいのは A・B 案である。この時点において景観検討に用いる VR や周辺模型は素描なもので十分であり、精緻なものとは必要としない。しかし、分水路法線を立体的かつ、多くの視点場より検討するためには、3次元 CAD による補助が無ければ不可能である。

以上の経緯を踏まえて、曾木の滝公園からの法面の見え方が一番小さく、空間的なメリハリもあり、かつ、水理的にも安定的に水は流せる B 案を今後の検討の基本軸とした。

その後、平面図上の検討、3次元 CAD、VR、水理解析を繰り返すことにより、主に平面線形と縦断勾配に関する議論を重ね、B 案を基本とした比較 4 案にバージョンアップさせていった（表 3-4）。

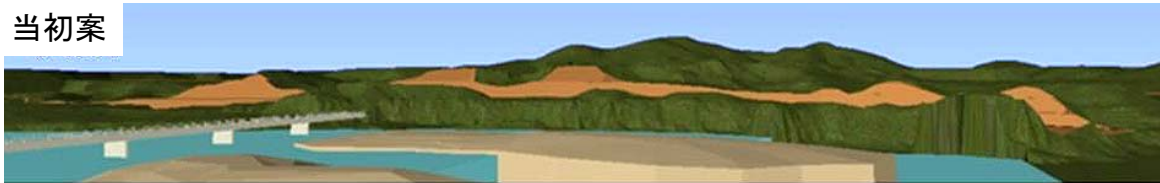
自然な形状を実現するために、最も大きく変更したのは分水路の縦断勾配であり、当初計画案の約 $1/400$ （計画高水敷^{※14}高勾配）から約 $1/120$ （河床勾配^{※15}）へと変更した。

※14 高水敷【こうずいじき】低水位と高水位の流路を分けている複断面河道において、洪水を流す河道部分。低水と高水の差が大きい我が国の河川によく採用されている。

表 3-3 当初計画案と激特計画案（A～C案）の比較

名称	当初計画案	A案	B案	C案
完成 予想図 (CAD)				
断面図				
河床幅	48～60m	20～50m	22～50m	28～58m
重点	必要量の流量を余裕をもって流す	1)なるべく地形を削らない 2)河床幅にメリハリ	1)特徴的な地形を残す 2)分水路入口を広く	1)河床幅を広く 2)村川と分水路を近接
水理	水位・流速ともに安定、余裕をもって洪水を流すことが出来る。	上流に土砂が堆積するため、水位・流速の変動が大きく、洪水を流すのが困難。	入口が広く、河床幅の変化が少ないため、水位・流速は安定。A、C案の中間的な案。	一部流速が早くなる箇所があるが、全体的に河床幅が広いので、安定。
土工量比	100.0	65.9	72.8	90.5

当初案



A案



B案






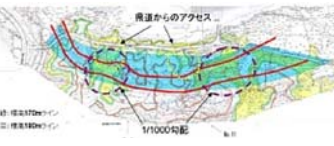
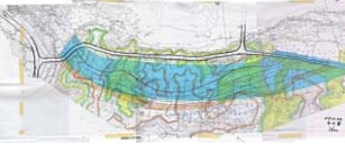
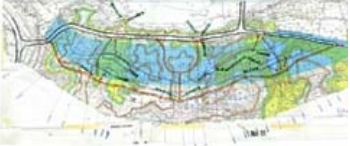
C案



図 3-15 周辺から法面の見え方（A・B・C案）

※15 河道に沿って測定した河床の地盤高の勾配

表 3-4 B2～B5 案概要比較

名称	B2案	(B3)・B4案	B5案	
完成 予想図 (CAD)				
平面図				
縦断	河床幅に応じて縦断勾配を変化させる (1/120,1/1000)	洪水断面の縦断勾配:1/120一定 親水断面の縦断勾配: 1/75～1/1000の間で変化	洪水断面の縦断勾配:1/120一定 親水断面の縦断勾配: 1/75～1/1000の間で変化	
特徴	地形	小段を設けたことによって、地形の掘削量が増えたため、河床幅はB2案よりも狭まっている。	法面を緩やかにしたことで、分水路下流側の膨らみ位置がB2案より下流側にずれる(掘削する範囲が狭く済むため)。	河床幅を最低15mまで絞ることで、分水路全体にメリハリがついた。法面勾配が緩やかになったことで、分水路出口では河床線形が急激に屈曲している。
	法面	B2案に小段を設けた場合を検討。河床幅はB2案よりも狭まっている。法肩はラウンディングさせる。	洪水断面は1:0.5の三面張りを確保。それ以上の景観断面は、可能な限り法面勾配を緩やかにし、小段をなくすことを考慮する。出口側の河床幅を広げた空間では、管理用通路から河床まで、人を緩やかに降ろすことが難しいため、スロープ(勾配1:10)を設けた。→B4案からスロープがなくなったのがB3案。	景観断面の法面を緩やかな勾配で設計。法面に小段を崩したような凹凸をつけることで、法面の安定性を求める。
	利用	洪水の流下に影響しない範囲で法面勾配を緩やかにし、人が水際に近づきやすい空間を目指した。	せせらぎ水路への導水は1m ³ /sで検討。せせらぎ水路は、洪水断面の河床幅に応じて河床幅・縦断勾配に変化を持たせる。せせらぎ水路の断面形状をお椀形にし、分水路の線形に応じてせせらぎ水路が蛇行するように設計を行う。	分水路の中央に人道橋を設ける(洪水時の水位から約6m高い位置に架橋)。左岸管理用通路に、幅員2mの遊歩道を設ける。人の動線と溜まりが重ならないように動線計画を行う。
評価	地形	河床幅がB2案より狭くなったために、河床幅の変化が分かりづらい印象。	洪水断面の河床幅は、最低15mまでは絞る事が可能(景観サイドで河床幅を決定)。	分水路出口の急激に屈曲した線形に対する検討が必要。
	法面	小段を設けたことによって、法面のラインが見え、あまり良い印象を受けない。	景観断面の法面は、以前より柔らかい印象になったが、依然として小段が目立つ。景観断面の法面は、法面勾配を緩やかにすることで、小段を全てなくす方針で決まる。洪水断面形状は、法肩・法尻を丸くすることで、台形となることを避ける。	景観断面と洪水断面が、これまでで最も柔らかな印象となった。
	利用	洪水断面と親水断面を同じ断面で検討しているため、人が水際に降りることは困難。断面の変化により、分水路・中ノ島全体の動線・溜まりの再検討が必要。せせらぎ水路に本川からどれだけ導水可能か流量の決定を行うことが必要。	分水路左岸の管理用通路は、設ける必要はないと指摘される。避難用の人道橋の架橋が必要となる(分水路左岸には、何かしらの歩道は必要)。人の動線と溜まりが重なっており、棲み分けを行う必要性がある。	分水路左岸の遊歩道と人道橋の存在によって、分水路自体に回遊性が生まれ、利用しやすい空間となった。
水理	縦断勾配を変化させたことにより、洪水をスムーズに流すことが難しくなっている。以降は、洪水断面の縦断勾配を1/120で固定し、親水断面を河床高より低い位置に設定する方針を決定。	B4案で洪水をスムーズに流すことは可能と判断される。分水路の粗度係数をどの値で取るかが問題となる(現計画はn=0.045で計算されている)。	B5案は、n=0.035であれば、洪水を流すことに関しては問題ない。しかし、河床幅を狭くしたことで、分水路中央部で射流が発生しており、河床幅について再検討が必要。	
土工量比	65.9	68.9	74.6	

なお、この段階における具体的な線形と景観の検討においては、3次元CADによる土工量算出が有力な後押しになった。初期段階における線形設計への利用のために、設計者の設計行動に対して素早く、土工量などの結果を出力できるようにGCM-tools^{※16}の拡張を行った。拡張機能の開発にはCivil3Dの標準機能であるコリドーモデリングに着目した。コリドーモデリングとは道路などの線形構造物を設計するための機能であり、地表面のサーフェスモデルを基準に縦断・横断・線形を指定することでこの3つの要素を補完して3次的に法線に対する断面を構築するものである。また、コリドーモデルの表面形状からサーフェスモデルの作成が可能である。

そこで、以下に示す拡張機能をGCM-toolsに追加した。

- ①コリドーモデルから作成したサーフェスモデル（以下、コリドーサーフェス）の境界内にある立方体地盤モデルを指定する。
- ②指定した立方体地盤モデルの座標からサーフェスまでのZ方向の直線距離を算出し、距離がマイナスになったものを選択する。
- ③選択した立方体地盤モデルのIDを読み取り、データベースから情報を検索しCSV形式で設計結果を出力する。

拡張したGCM-toolsの表示結果を分水路設計の1次案を例として図3-16に示す。

- a)コリドーサーフェスを作成する。
- b)コリドーサーフェスより上部にある立方体地盤モデルを選択する。
- c)CSVファイルにID・3次元座標・地質などの情報を書き出し、掘削対象を非表示にする。

設計結果のCSVファイルから立方体地盤モデルの地質毎の個数から土工量と軟岩の割合を算出できるため、土質別の個数から土質による掘削の施工費の概算を把握することもできる。

なお、1次案の結果を100、軟岩の施工費を土の1.5倍として、土工量や施工費の比較を行っている。

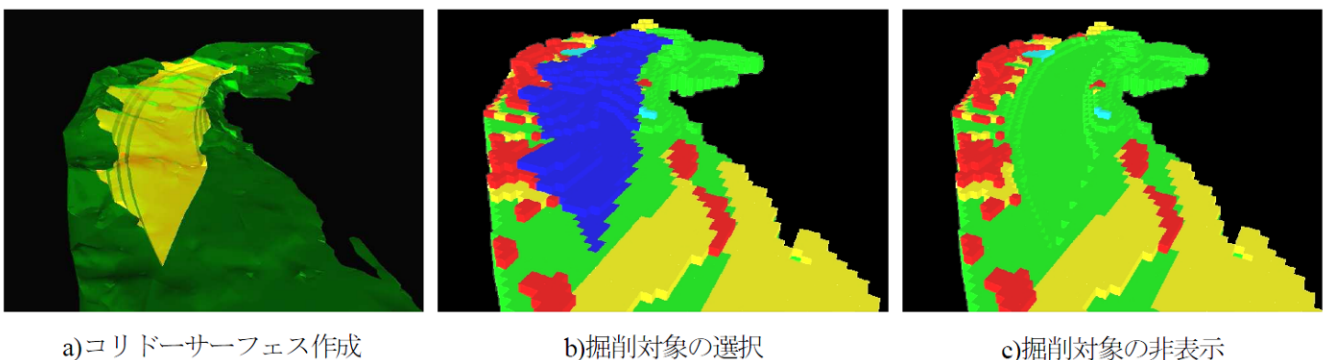


図 3-16 GCM tools の表示結果

※16 GCM-Tools は、熊本大学 小林研究室にて開発した「立方体地盤モデル作成・運用ソフトウェア」である。立方体地盤モデルを簡便に作成し、設計・施工・維持管理などのプロセスで必要となる掘削形状表示、土工量表示、土質分布表示などの機能を有するソフトウェアである。

3.4.4 利活用検討段階（空間の検討）

平面線形、縦断勾配に関する方針がおおよそ決定したのち、分水路空間の検討へ着手した。これまで活用してきた3次元CADは、見た目としての景観検討と水理解析をつなぐデータベースとして有効であったが、その3次元表現であるVRでは、分水路の内部空間や立ち上がりのある3次元空間の検討には不向きであり、模型を作成する必要がある。しかも、検討のスピードを落とさないように、効率的に作成する必要がある。

そこで、簡易な断面模型（1/500）を作製した（図3-17）。立体模型を”早く・簡単に作る”という目的のため、切り出した断面図を平面図上に立てて並べただけの模型である。しかし、この模型は予想以上の効果をもたらした。なぜなら、水理解析的な視点から見れば、河川とはまさに、断面図の連なりとして見られているからである。

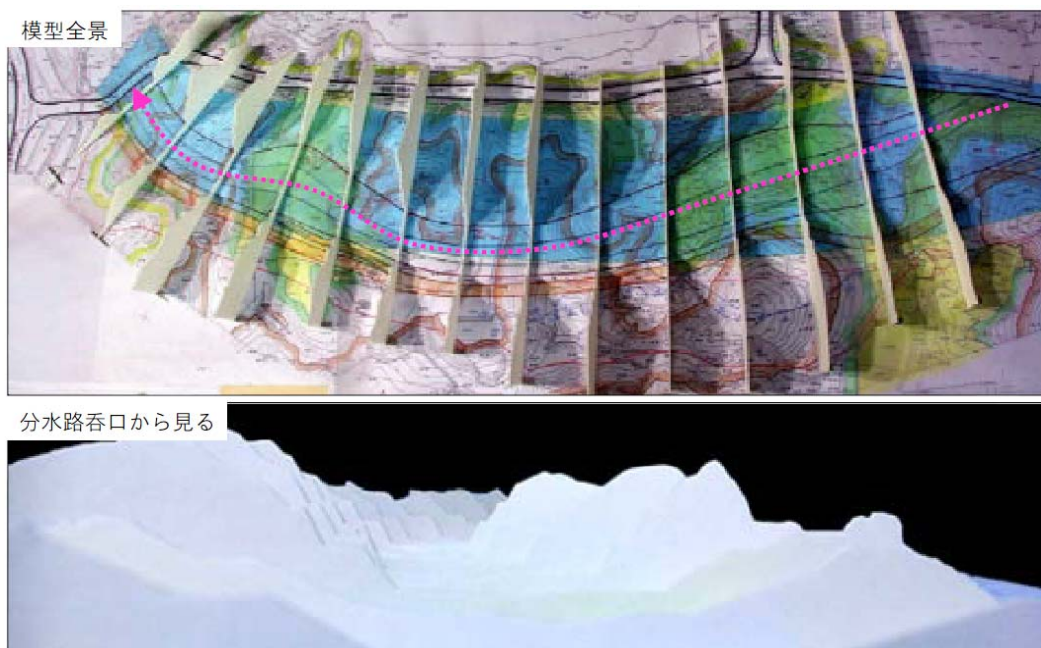


図 3-17 断面模型（1/500）

この簡易な断面模型は、「アイレベルから見る環境の眺め」という景観の本質を表現しているのと同時に、水理解析的に河川を立体として現出させたものとしても機能したのである。この簡易な断面模型は、河川工学者も、景観の専門家も、同じように”読む”ことができる。これは、両者の円滑なコミュニケーションが必要となった今回のプロジェクトでは、大変重要なことであった。

空間の検討において、課題となったポイントは、次の3点である。

- ① 法面の形状
- ② 河床の粗度
- ③ 射流^{※17}への対策

※17 水深 h が限界水深 h_c より小さい流れの場合に水底の盛り上がりが発生し、水面形状が水底と同位相を描く現象。

(1) 法面の形状

断面模型によって、設計基準や指針通りの小段の設置は、不自然で人工的な印象を与えることが了解され、出来る限り小段を撤去し、緩やかなラウンディングを施すことが望ましいという見解で一致した。なお、法面の最終形状は、次年度にまとめられた地質調査結果に基づき、地質の境目と小段や管理用通路を合わせ、自然な形状を創出するように決定した。また、一部存在するシラス部の安定化方策の詳細については、施工時に検討することとなった。

(2) 河床の粗度

河床の仕上げ方は、分水路のアメニティ（利活用）に大きく影響するが、水理解析的には、粗度係数として作用する。当初「水理公式集※¹⁸」記載の、ぎざぎざで不規則な岩場掘削の粗度係数（ $n=0.035\sim0.050$ ）にあたる 0.045 を想定していたが、川内川下流で岩場掘削の実績がある轟狭窄部の H18.7 出水時の検証粗度が 0.035 であることを踏まえ、同公式集から、平滑で一様な岩場掘削の粗度係数（ $n=0.025\sim0.040$ ）にあたる 0.035 を採用することとした。これにより、計算上の水の流れがスムーズとなり、掘削面積を減少させ、より自由に線形を設定できることとなった。

同時に、この方針変更は、分水路の使いやすさを上げるため、第 2 回曾木の滝分水路景観検討会にて取りまとめたコンセプト③「分水路のアメニティを確保する」とも合致するものであった。

(3) 射流への対策

(1)法面の形状、(2)河床の粗度の検討によって、水流と景観の両立を図る案ができつつあったが、次に課題となったのは、射流の発生だった。分水路空間にメリハリを持たせた激特計画案は、断面形状によっては分水路小区間において射流が発生し、跳水現象が起こる可能性があるという水理解析結果も確認された。

それを受けた打合せでは、射流抑制に関して、コンサルタントより狭小区間において 6m の拡幅を行う提案がなされた。実際に激特計画案の断面模型をその場で削りながら、拡幅後どのように見えるのか検討を行った（図 3-18）。

ここで行政の担当者から、「狭小部分を削ると、せっかくの分水路空間の分節が薄れてしまう」という意見が出された。これは、行政から自然に出された”景観的”意見であった。先に述べた断面模型が、まさに水理と景観を両立し、操作可能なものとして検討させるツールとして機能していたことの証左である。

以上のような議論から、各段面を微妙に操作することによって、射流を解消させる案へと収束させていった。



図 3-18 断面模型を用いた打ち合わせの様子

※¹⁸ (公社) 土木学会 編集：水理委員会, ISBN:978-4-8106-0201-2

以上の検討を通じてまとめられた最終案は、断面模型に粘土を詰めた模型として第3回検討会に提示された。

分水路の呑口や吐口の処理など、周辺との取り合いについては、今後の課題となったが、おおむね高評価であった（図 3-19）。



図 3-19 粘土模型 (1/500)

3.5 施工段階^{※19}

設計時から課題として引き継がれた法面の安定化や岩掘削の仕上げ方などを中心に、施工時には、つくりながら考えることが必要となった。工程概要は表 3-5 のとおりである。

施工は、ほぼ中間地点から上下流の 2 工区に分かれ、仕上げ面まで 5m 程度残した 1 次掘削、河床まで数 m 残して法面を仕上げる 2 次掘削、すべての仕上げを行う 3 次掘削の 3 期に分かれて工事が行われた。

表 3-5 施工の概要

上流工区	下流工区
1次掘削：平成20（2008）年10月～平成21（2009）年3月	
株式会社有迫組	株式会社田代組
2次掘削：平成21（2009）年3月～平成22（2010）年3月	
株式会社森山(清)組	こうかき建設株式会社
3次掘削：平成22（2010）年3月～平成23（2011）年3月	
林建設株式会社	株式会社田代組
道路付替工事：平成21（2009）年8月～平成22（2010）年3月	
株式会社北原組	

(1) 施工業者とのイメージ共有

試し掘りの様相が強い 1 次掘削においては、設計で考えたことを再確認すること、1 次掘削で得た様々なデータ（実際の地質の状況や様々な仕上げによって変わる岩盤の表情など）を以降の掘削や最終仕上げの参考にすること。すなわち、つくりながらも考え続けることを、関係者間で共有することが大切だった。

そこで、施工業者に集ってもらい、模型などによって、設計の概要を説明する機会を設け、作製した粘土模型を施工業者に譲渡した。この模型は、施工業者間による安全確認や施工シミュレーションに活用された。

なお、ここでの 1 次掘削の結果は最終形状に残らないが、ここでどれだけの試行錯誤ができるか、また、今後の検討に有用なデータが取れるかが、非常に重要であった。

その結果、岩盤の仕上げ方には様々な種類を施工してもらい、それらを確認することを通じて、理想的な仕上がりを共有することができた（図 3-20）。



図 3-20 1 次掘削後の状況（2009/7/7）

2 次掘削以降は、設計断面として施工を拘束するのではなく、岩の摂理に沿った発破・掘削を行うことで自然な仕上げを実現していった。特に、硬質で鋭角な岩石や、不安定に残った岩については、ワイヤーブラシを固定したバックホーのバケットを使用して、撫でるような仕上げ方を施工業者が工夫して行った（図 3-21）。



図 3-21 ワイヤーブラシをつけたバケット
（国土交通省提供）

※19曾木の滝分水路事業 景観カルテ（案）カルテ番号 河-19-001-001 P12 より抜粋、引用、一部加筆・修正

(2) 法面の仕上げ方に対する検討

設計時から課題として残されたものではあったが、2次掘削に入るにあたって大きな課題となったのは、岩盤上に残る土砂法面の安定化であった。

この点に対して行政から、いわゆる種子吹き付けのような保護工ではなく、将来的には森になるような保護を行いたいとの提案があり、宮崎県綾町の照葉樹林文化推進専門監である河野耕三氏に指導を受けることとなった。

潜在自然植生の考え方に基づき、「混植・密植」による森づくりを行うというものであり、具体的には、主役の木となるイカヤカシ類を中心に、ツバキ、サザンカ、ツツジなどの中低木を12科目23種を1,000本/100mの高密度で植樹するということである。混植によって、「多層群落の森」を早期に形成し、法面の保全に資するとともに、密植による競り合い効果により成長促進と充実した根の生育に期待したものであった(図3-22)。

なお、実際の植樹は3次掘削時に行われ、地元の小学生たちのスポーツチームを対象に植樹体験なども行われた。



図 3-22 法面植生状況

(3) 河床や動線など利活用からの検討

以上によって、法面などの空間を形作る部分について検討がなされた。最終的な3次掘削においては、動線や河床のアメニティなど、人が使う部分についての仕上げ方の詳細を決定する必要があった。

河床の仕上げ方に対しては、まず、河床の利活用に対する再検討を行った。

具体的には、分水路の空間的な骨格を踏まえながら、上流部、中流部、下流

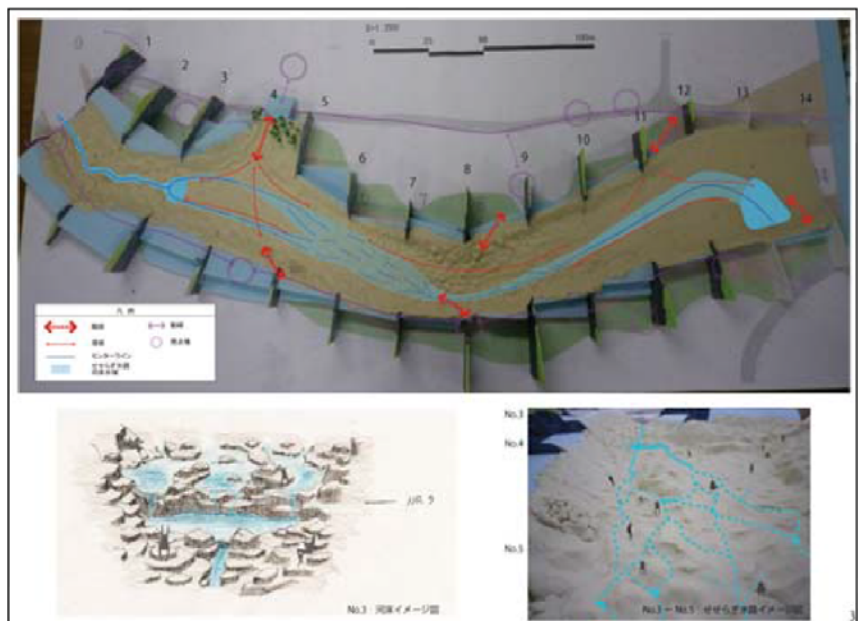


図 3-23 河床の利活用検討状況

部に緩やかにゾーニングし、上流部の比較的なめらかな河床が、下流に行くにしたがって徐々にゴツゴツ、凸凹していくものとした（図 3-23）。

これは、幼児から中高生まで、様々な年代の子供たちが遊べるような空間を提案したものである。それに伴って、せせらぎ水路の幅や縦断勾配も広くゆるやかに流れるところから狭く急に流れるところ、分流するところなど様々に変化していく。

以上のイメージを、スケッチとともに 1/200 の模型によって表現し、工事現場内で説明することによって、関係者間のイメージ共有を図った（図 3-24）。その結果、発破を行う薬莖設置高を細かく変化させることによって、河床イメージの具現化を図っていただき、おおむねイメージ通りの仕上がりを得ることができた（図 3-25）。

一方、分水路内には、利活用の動線を考慮して左右岸に 2 箇所ずつ石積み階段を設置している。その位置は、設計時に全体の動線計画から大まかな位置を決め、3 次掘削時に岩盤の状況を見ながら、石積み護岸（後述）近接部や視覚的に目立たない場所へ設置するとともに、護岸法線を極力変更しないよう配慮している（図 3-26）。



図 3-24 現場打ち合わせの様子

本来、森となる法面、岩掘削のみで分水路が仕上がるのが理想であったが、場所によっては、計画高水

位より下に土砂が出てきたため、石積みで護岸をつくる必要が生じた。また、分水路の呑口には護床工として、吐口には、水流を方向づけるために比較的大きな護岸も必要であった。

これらの石積みは、様々な工夫された自然な溪谷のような景観を壊さないよう、神経を配ることが重要であったため、西日本科学技術研究所の福留氏に指導を頂いた。現地法面が比較的水平・垂直に摂理が通っていたため、布積みを基本に角を出して鼻筋がとおる施工を行った。



図 3-25 完成した河床の様子（2011/6/2）



図 3-26 石積みと岩盤に挟まれた階段（2011/6/2）

3.6 現在の姿

完成した曾木の滝分水路を以下に示す。また、竣功後、1～2年に1回のペースで分派し、防災施設としての機能を果している（図 3-27、図 3-28）。



図 3-27 完成した曾木の滝分水路（2011/6/2）



図 3-28 分派する曾木の滝分水路（2011/6/16）

国土交通省提供

3.6.1 分水路利活用に向けた地元の状況

年間 30 万人が訪れる曾木の滝の周辺に位置する旧曾木発電所遺構、新曾木大橋などとともに、曾木の滝分水路も観光資源として位置づけられつつある。

(1) 曾木はっけんウォーキング

曾木の滝分水路の完成後、曾木の滝や周辺の観光資源等を活用し、滞在時間増につながる地域振興策を検討するため、地元 NPO やコミュニティ協議会、伊佐市、伊佐市観光特産協会、熊本大学、川内川河川事務所の関係者からなる「曾木の滝周辺活性化検討会」が設置された。

平成 23 年、平成 24 年および平成 26 年には、地元 NPO や地域住民、熊本大学の関係者等により、曾木の滝分水路の一般公開イベント「曾木はっけんウォーキング」が開催され、大勢の方々が曾木の滝分水路や曾木発電所遺構等の周辺観光資源を巡るイベントに参加された。

特に、曾木大橋解体前となった平成 26 年の「第 3 回曾木はっけんウォーキング」では、曾木大橋サヨナライベントとして、橋に「ありがとう」とペイントしたり、お別れ写真を撮ったり、曾木の滝周辺のことを学びながら歩ける企画もあり、子どもから大人まで楽しめるイベントとなった。



図 3-29 曾木はっけんウォーキング

(2) 観光ボランティアガイド

伊佐市民有志による観光ボランティアガイドも組織され、曾木の滝分水路を初めとした周辺の観光資源を中心に、年間 1,000 人以上の観光客を案内している。



図 3-30 観光ボランティアガイド

(3) 曾木の滝公園観光拠点施設

平成 24 年 3 月に伊佐市が設置した新施設。観光ガイド受付や観光スポットに関する情報を提供する。周辺の観光拠点 16 ポイントを紹介するカードは、「No.7 曾木の滝分水路」もある。

なお、屋上は展望台となっている。



図 3-31 曾木の滝公園観光拠点施設

(4) 分水路内の自然回復

2014 年までに、生物専門家の調査により、両生類は 8 種、爬虫類は 5 種、ほ乳類 7 種が確認されている。水溜りはヌマガエルとツチガエルの繁殖に利用され、これを捕食するためかシマヘビやヤマカガシも存在している。周辺は、もともと自然豊かな場所であるが、水溜まりなどの起伏に富み微地形のデザインと丁寧な施工によって、豊かなビオトープが創出されているのがわかる。

3.7 曾木の滝分水路事業における検討プロセスの考察

3.7.1 行政(発注者)マネジメントの優位性

曾木の分水路は、既に川内川全体治水事業の一環として計画が策定されていた。平成 18 年の豪雨災害が発端となり急きょ激特事業として事業化された。

景観に関しては、「景観カルテ」により委員会の運営、議論を進める手順は整っていた。しかし、曾木の滝は、景勝地として広範囲かつ、多くの視点場からの景観検討が重要な課題と認識していた。

3次元モデル・模型、様々な視点からの景観イメージにより景観委員会では、迅速な判断、合意形成が進められ、住民委員も同時参加し合意形成を進めていくことができた、個々の関係住民には、委員会での検討事項であることが効果的(好意的)に理解され、地元との円滑な合意形成も図られた。

事務所内部では、「激特会議」として定期的に計画、設計に関する情報共有を図った。ここでも委員会の運営内容を共有することによって、事後に再説明や異議が生ずることなく、事務所内部の業務は効率的に進んだ。また地方整備局へは、委員会における検討や決定事項を報告し共有を図った。

計画、設計段階において「委員会」を並行し進めたが、事業期間としては、通常よりも確実に短縮されている。3次元モデルを活用した委員会によって、行政サイド(発注者)の業務の効率化と適時性にも、大きく優位性を発揮している。

行政サイドのアクション見解(ヒアリングから感じたこと)

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">・所内合意形成は、委員会を介して効率よく機能していた。(模型・モデルがあったから)・激特事業であり、上部(地方整備局)への説明、報告等は主たる作業ではなかった。(現場での判断合意に原則決定権限、委員の意見は事前に了承、承諾していただいた)・模型、3次元モデルなど熊本大学の指導により、モデルを活用することができた。工事中はいろいろと細かな指導もあったが、地元の施工業者も、その意義を理解し前向きに協力してくれた。 |
|--|

3.7.2 各検討段階における手法の考察

(1) 検討プロセス全体を通じた【3次元CAD】の活用

検討プロセス全体を通して、全ての段階で一貫して用いられている検討ツールは【3次元CAD】のみである。ここで【3次元CAD】から派生する検討ツールを整理すると図 3-32 のようになる。

これにより分かることとして【3次元CAD】は、ほぼ全ての検討ツールの根本に位置していることである。さらに、【3次元CAD】が検討プロセスに与えた効果を見てみると、検討が進む中で一度に様々な情報を蓄積し、求められる情報を容易に取得可能であったことがある。

例えば、フリーハンドの【検討案図面】をCADデータ化し、そこから【検討案座標】を取得して水理解析で用いたことや、詳細に分水路法面を検討するために、基盤データから新規横断面を取得したことなどである。【3次元CAD】は様々な情報を蓄積することで、他の検討ツールで必要な情報の変換・出力をするなど、情報の管理を行っていた。

一方【3次元CAD】自体は、直接的に分水路の形を考え、一つの検討案として出す行為にあまり関与していないことから、検討案を出す行為に対して補佐的な役割を担っていたと考えられる。しかし、詳細設計の段階では、分水路設計は【3次元CAD】によって行なわれている。このことは、景観検討で行なってきた様々な情報が、CADデータとして蓄積された状態で詳細設計に遷移できることを意味している。

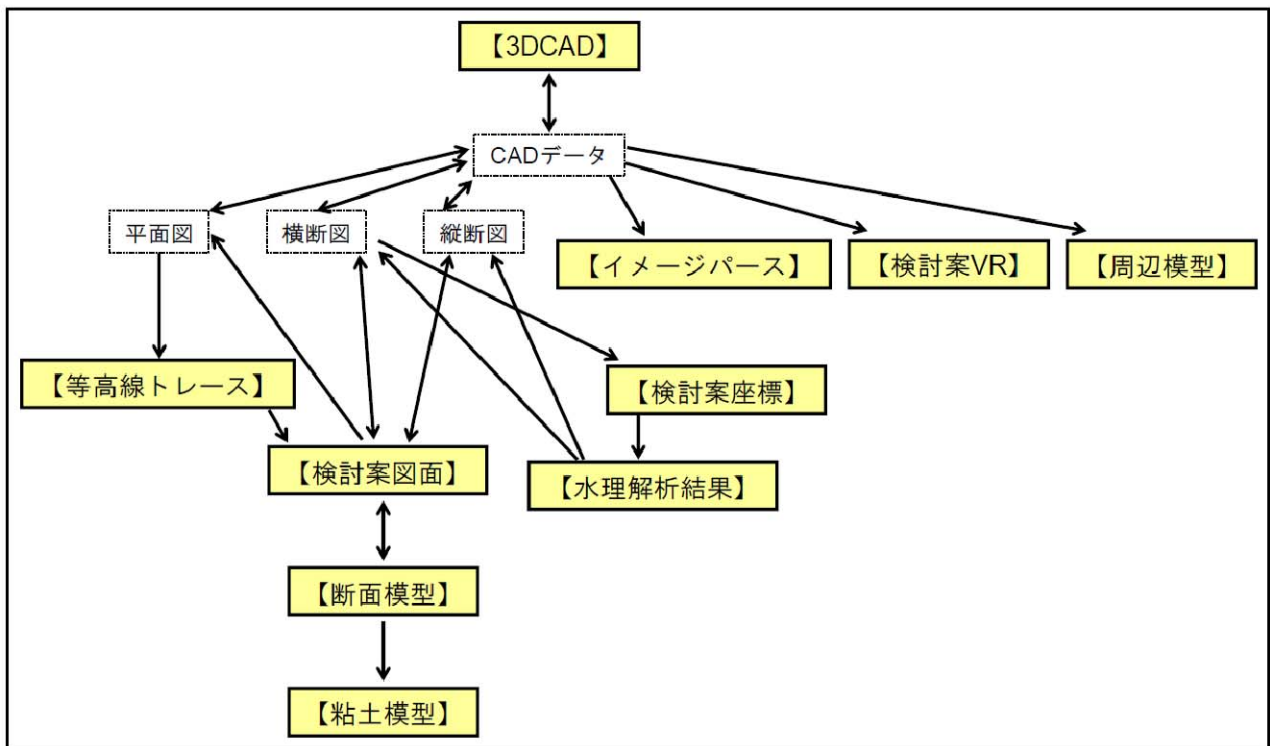


図 3-32 【3次元CAD】と他の検討ツールとの関係性

(2) 基本方針の軸を確立させた【検討案 VR】と【イメージパース】

そもそも【検討案 VR】と【イメージパース】自体は、今日の景観検討や合意形成の場で一般的に用いられており、検討ツール自体は特徴的なものではない。

特筆すべきは、それらの見せ方とタイミングであった。委員会という場所は“案を了承する場”であり、そのような場所において、誰に・どのように伝えるかが肝となる。上述した通り、住民代表の『景観検討委員』にとって身近な建物を【検討案 VR】上に設置することで当初案の持つ課題を伝え、その後【イメージパース】によって理想とする分水路像を見せている（図 3-33）。

この見せ方によって、主体間で分水路基本方針の軸が確固たるものとなり、後に安全性（治水・地質）に関する課題が挙げられても方向性にブレが生じにくかった。委員会の場における【検討案 VR】と【イメージパース】による情報の共有が、後の地形デザインに対して有効に働いていたと考えられる。

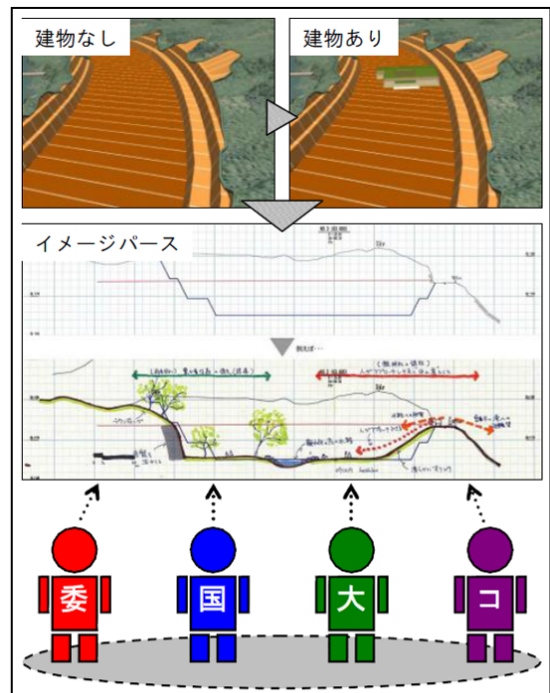


図 3-33 基本方針の軸の確立

(3) 状況に応じた【断面模型】の柔軟な対応

【断面模型】は、当初は“簡単に・早く作りたい”という思想のもと、利活用検討段階以降の景観検討に用いた。しかし、後に当初の思想以上に地形デザインにとって重要な役割を担うようになる。

検討が進むにつれて、小段が周辺に馴染まない、射流が発生する、地質の関係で法面が安定しないといった、大きく3つの課題が挙げられた。それらの課題に対し、【断面模型】一つで“断面を増やす・断面を削る・断面を描く”という簡単な対応によって解決策を見出している（図 3-34）。それが可能であったのは、【断面模型】が簡単な構造をしていたためである（図 3-35）。

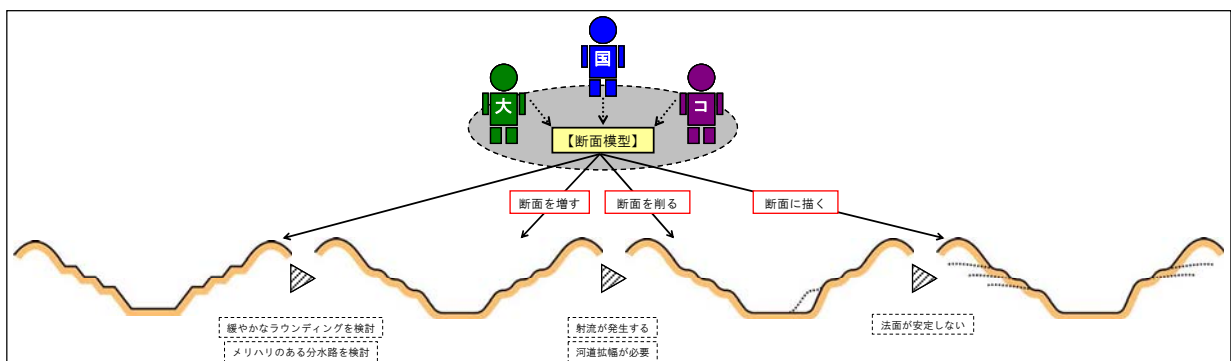


図 3-34 課題に対する【断面模型】の対応



図 3-35 真上から見た【断面模型】

一方、水理解析を行なう技術者は座標計算を行なう場合が多いため、普段から横断面を“見慣れている”。つまり、【断面模型】と【水理解析結果】は、横断面を用いる主体（検討内容）によってアウトプットは異なるものの、根本にある思想は同じである（図 3-36）。

そのため「国土交通省」、「コンサルタント」、「大学」といった技術者（専門家）間において、簡単な【断面模型】を介して検討（対話）でき、検討案に対する安全性の確認・照査や分水路イメージを共有することが容易となった。

以上を踏まえると、【断面模型】は仕組みの簡単さによって、様々な課題に対して柔軟にイメージの可視化が行なえ、主体間で模型を介した情報の共有と確認が行なえたと考察できる。

これは【断面模型】という物が重要なのではなく、主体間の思想の根本が同じであったことと、検討ツールの柔軟さ（汎用性）が重要となる。

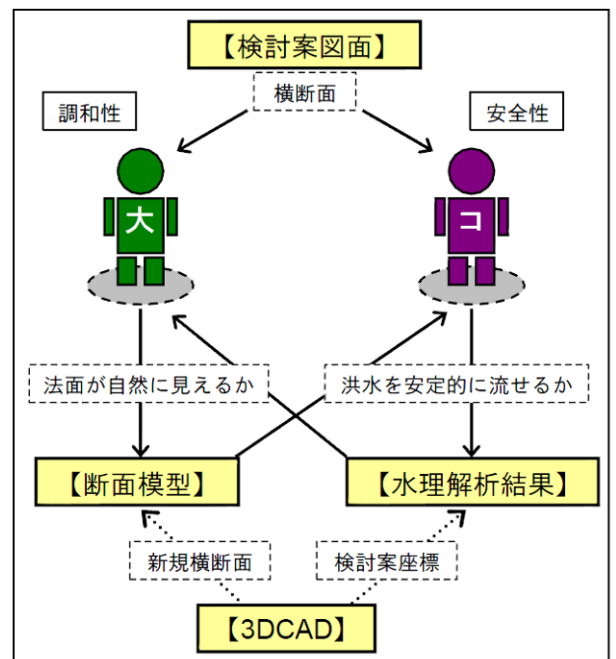


図 3-36 横断面という思想

(4) 住民との合意形成のための【粘土模型】

【粘土模型】は、図 3-19 で示した通り【断面模型】が無ければ作成し難い検討ツールである。【粘土模型】には、断面間の擦り付けを立体的に可視化させる役割もあるが、住民代表の『景観検討委員』との合意形成を図ることに主な役割がある(図 3-37)。



図 3-37 粘土模型を活用した住民代表との検討の様子

【断面模型】が技術者間の合意形成に有効な検討ツールであれば、【粘土模型】は技術者以外の主体との合意形成に有効な検討ツールと言える(図 3-38)。それは住民代表の『景観検討委員』には横断面で考えるという思想が備わっていないためであり、言い換えれば日頃から横断面を“見慣れていない”ためである。

一方、立体的に分水路イメージを可視化し、伝達するツールであれば、電子模型である【検討案 VR】も同じ役割を果たしている。ところが、第三回曾木の滝分水路景観検討委員会では【粘土模型】と【検討案 VR】どちらも提示されていたにもかかわらず、実際に住民が主に目にし、イメージを把握しようとしていたのは【粘土模型】の方であった。

【粘土模型】と【検討案 VR】の違いは幾つかあるが、根本的に異なるのは“主体間で囲むことができるか”であろう。主体の目が模型周辺に遍在し、手に取れるほど身近にあるという点において異なっている。囲むことで模型を介した“対話”の構図になりやすいが、囲めなければ“講義”のような一方向の構図になってしまう。分水路イメージの共有と了承を行なう場において、【粘土模型】を囲んだ“対話”の構図が、より主体間における情報の共有を促すことに有効である。しかし、第一回曾木の滝分水路景観検討委員会では、【検討案 VR】は当初案の課題を共有するといった欠かせないものであった。このことから、検討内容、課題、場の変化に応じて、情報の共有という役割が【検討案 VR】から【粘土模型】へと移り変わったと考えられる。

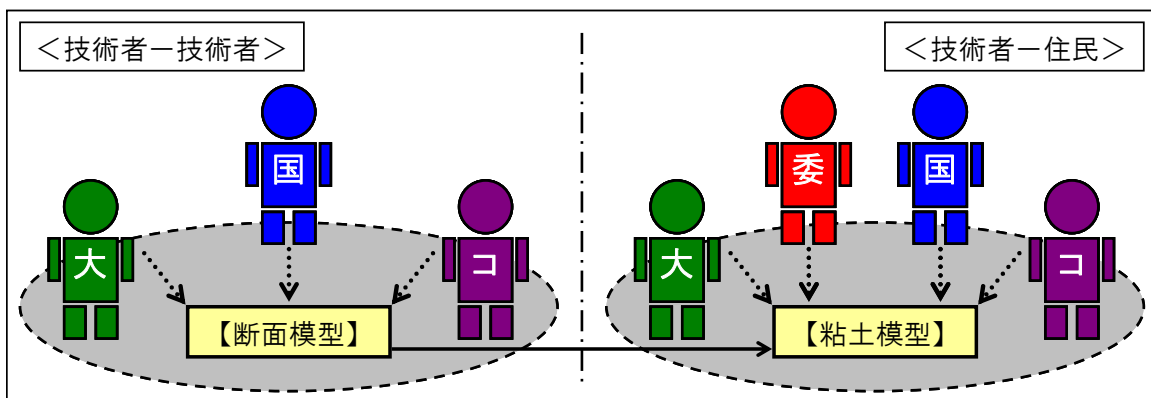


図 3-38 場における主体に応じた検討ツールの使い分け

3.7.3 WEB 掲示板 (kolg) による情報共有の考察

【WEB 掲示板】は、非同期・分散の主体間による情報の共有の場として用いられていた(図 3-39)。

例えば、【水理解析結果】を掲示板に添付し治水的評価を伝えることや、【断面模型】の模型写真を添付し景観の評価を伝えるなどである。このことは、それぞれの主体が持っている情報を一度に蓄積することで、いつでも自由に閲覧し活用できることを示している。それにより、主体が非同期・分散の状態にいても、相手が現在何を検討しているのか把握でき、それを踏まえて今何をすべきか検討することが可能となる。

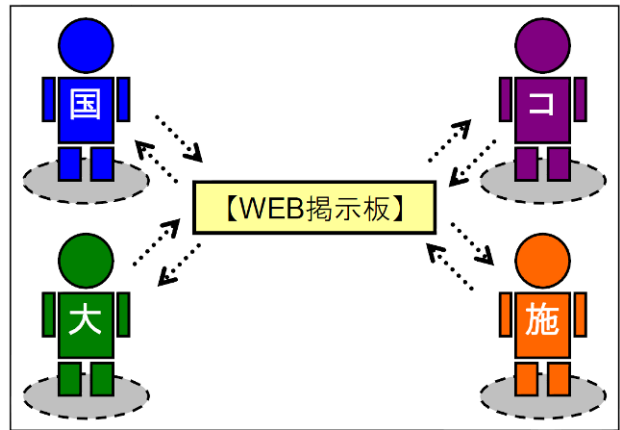


図 3-39 WEB 掲示板による情報共有

すなわち、【WEB 掲示板】は【3次元 CAD】と同様に、情報の蓄積ツールとしても地形デザインに対して有効に働いていた。

本事業において、【WEB 掲示板】を用いることにより、非同期分散で協議を進め、交通費や時間、労力の削減にもつながった。また、当事業は、河川激甚災害対策特別緊急事業であったため、設計検討期間が短いという特徴があった。

しかし、1次案から最終案までの設計検討にかかった期間は約8ヶ月である。国土交通省へのヒアリング調査より、このような事業の場合、約1年半以上はかかるという結果がでている。従来のように、模型を活用しながら対面協議する場合と比較し、効率的にかつ短期間で成果を上げることができたといえる。また、【WEB 掲示板】である程度話しを進め、重要な決定事項を対面協議で合意形成したため、対面協議は少ない回数で済み効率的に進めることができた(図 3-33)。また、【WEB 掲示板】とモデル空間の相互運用を行うことで、活発な意見交換やデータ共有が実現でき、設計案をより深めることが可能となった。



図 3-40 WEB 掲示板(kolg)等による協議システム

4. 参考事例集（熊本大学 小林研究室）

4.1 白川改修 渡鹿地区・黒髪地区築堤（白川激特事業）景観委員会での3次元CADの適用

ここでは、極めて初歩的なモデル（3次元CAD）の利用法を紹介する。この数年のCIM案件の中でも、出色の事例である。単純であるが、実質的で、多くの問題解決ができています。CIMが良いものを造るためのマネジメントであることがよく分かる。

4.1.1 景観カルテ

九州で3次元CADが利用される背景には、国土交通省九州地方整備局の景観形成システムに関連した仕組みが整えられていることにある。以下、簡単に4の柱について概説し、具体的な事例について詳述する。

(1) 景観カルテ

計画・設計・施工・維持管理・事後評価と続く、建設事業において、各段階における担当者が、デザイン関連の決定事項や決定に至る経過をカルテとしてまとめ、次の担当者に引き継いでいく仕組みである。九州地方整備局にて設置する委員会では、国立公園・名勝等に指定された地区内での建設事業、ダム等の大型事業、激特事業などを審議案件としている。

委員会は年2回開催されるが、案件を担当する各事務所の所長がカルテの説明をする。委員は、河川部長、道路部長を始めとする全部長と景観デザインや造園設計を専門とする学識者3名で、小林も委員として参加している。審議では、委員からのアドバイスに対し、カルテの差し戻しや一部書き換えも行われる。上記以外の案件は、事務所ごとの規約のもとで、景観委員会が設置されている。加えて、熱心な事務所では、学識者も委員として参加している。小林は熊本河川国道事務所の委員も兼任している。

(2) 職員研修

毎年、20～30名の九州地方整備局の各事務所の課長・係長クラスの職員を5日間泊まり込みで、景観計画に関する講義と実習をしている。これには、希望すれば九州各地の県市の職員も参加可能である。主催者側として最初は研修者のデザイン力の向上を希望しているが、目的は主体的に景観計画が作れることと、そのような要求をきちんとコンサルに伝える技術の涵養である。

具体的にはある現場を与え、「①周辺の地形や上位計画（県の景観条例や都市マスタープランなど）の読み解き」、「②利用者の推定と居心地の良い空間を作るために必要な要件の設定」、「③景観マスタープランの作成」、「④地域住民を想定した計画案の説明手法（ポスターの作り方や発表方法）」などを学ぶ。「これこそ、行政マンにしかできない仕事である」という感想をもらったときには、講師陣は苦勞が報われた気がした。このように研修も一定の成果を上げているが、デザインの専門家と職員が顔見知りになることが、その後の現場での仕事のスタイルを変えつつある。小林もすでに、10年で250人くらいの人と顔見知りになっている。

実設計の現場では、彼らが学識者（デザイナー・グループ）や景観を実務としたコンサルタントと現場事務所のつなぎ役になってくれている。また積極的に、景観カルテの記入者となっている事例も少なくない。

(3) 専門家の育成（風景デザイン研究会）

本会は、大学や景観デザインの実務家からなる実践のための研究会である。「①実務の情報交換（社員教育も含む）」、「②国土交通省、各県の実現場でのデザイン・アドバイス」、「③大学で十分なデザイン教育を受けられない学生のデザイン実習の企画・運営」などを行っている。

(4) 実事例

九州には、実際の土木デザインができる大学教員が数名いる。実態としては、東京でも同じくらいの人数だろうし、他の地方は皆無に近い。土木事業は長期にわたるため、地元でデザインの実務がわかる人材がいることは重要である。

モデルについて付言したい。設計段階ではモデルを用いた丁寧な議論が重要である。施工管理の面でも現場での細やかな対応の場面では 3 次元で可視化されたものは威力を発揮し、構造物の質を向上させている。完成後、事後評価が行われるが、設計段階での住民説明におけるモデルの利用は、理解が飛躍的に深まることで、無用な誤解を防止し、好意的に受け入れられている。その他事務所内や事務所と局等の間での事情説明においても、モデルは威力を発揮している。

早速、本事業のカルテを見てみよう。図 4-1 は表紙である。14 の章からなり、終わりにカルテを記入した担当者名が、追記されていく。本事業の内容は、平成 24 年 7 月の熊本市街部白川での洪水被害をうけた「白川激甚災害対策特別緊急事業（龍神橋-小碓橋間）」であることがわかる。本カルテは、すでに局の景観委員会での確認を受けて、予備設計段階と詳細設計段階の案が了承され、施工段階に移行している。このカルテは、熊本河川国道事務所での景観委員会のために、平成 27 年 1 月に、施工段階で一部の内容に修正（朱書き部分）が行われている。

図 4-1、図 4-3 は本文第 1 章の「事業概要」である。図 4-4 に第 2 章の「景観に関する基礎情報」と第 3 章の「目指すべき景観の方向性」が示されている。通常は、個別に書かれるが、白川では、平成 18 年の『白川の水辺空間計画』により、景観整備の方針が定められており、この区間は、「住まいや学びの中で人と川がふれあえる水辺空間」の創造が目標としてうたわれていた。

このため、第 2 章と第 3 章が 1 頁で記載されている。景観カルテの利点の一つは、第 4 章の「方針」である（図 4-5）。第 3 章が大まかな方向性を示す一方、第 4 章で、設計担当者にたいして具体的なデザインへの注文が示される。本カルテでは、まず、景観マスタープランの作成が行われ、現場周辺の読み解きと景観デザインが特に必要な場所が書き込まれている。さらにこの分析をもとにして、基本方針として、「①回遊性」、「②アクセス性」、「③空間多様性」、「④安全・安心性」の 4 つの項目が示された。図 4-6 から図 4-8 は一部を選んだが、第 6 章「方針との整合」の例である。3 次元 CAD を用いた説明は、極めて分かりやすいものであった。

白川改修 渡鹿地区・黒髪地区築堤（白川激特事業）
 景観カルテ（案） 〈設計・施工段階〉
 （H27.1事務所）

1. 事業概要 河-6-2
2. 景観に関する基礎情報 河-6-4
3. 目指すべき景観の方向性 河-6-4
4. 目指すべき景観を実現するための方針 河-6-5
5. 設計段階における留意点・検討事項 河-6-7
6. 方針との整合 河-6-8
7. 施工段階における留意点・検討事項 河-6-28
8. 調査・検討の履歴 河-6-30
9. 今後の検討体制 河-6-33
10. 委員会の記録 河-6-33
11. 完成状況及び維持・管理段階における留意点・検討事項 河-6-33
12. 維持・管理状況 河-6-33
13. 事後評価 河-6-33
14. その他特記事項 河-6-33

連絡先 河-6-34

カルテ番号： 河---	検討段階	設計・施工段階
河川名： 白川	起点：	右岸：熊本県熊本市中央区黒髪 左岸：熊本県熊本市中央区渡鹿 白川 15k700付近
最終修正年月：H27/1	終点：	右岸：熊本県熊本市中央区黒髪 左岸：熊本県熊本市中央区渡鹿 白川 17k300付近

図 4-1 景観カルテ（表紙）

1. 事業概要

●位置図 白川 左右岸 15k700 ~ 17k300
 右岸：熊本県熊本市中央区黒髪
 左岸：熊本県熊本市中央区渡鹿
 白川 15k700付近

●事業の目的
 白川激甚災害対策特別緊急事業（龍神橋～小碓橋間）
 平成24年7月出水を契機とし、白川水系河川整備計画に基づき治水対策を平成29年度完成を目標に実施する。
 [河道配分流量2,000m³/s]

●設計諸元

- ◆区間 右岸15k700 ~ 17k300
左岸15k700 ~ 17k300
(龍神橋～小碓橋)
- ◆工事諸元
河道掘削 1式
築堤護岸 3.2km
排水樋管 6基
用水樋管 1基
橋梁架替 1橋

図 4-2

1. 事業概要

平成24年7月洪水の浸水被害状況

〔浸水家屋数〕
 床上浸水：97戸
 床下浸水：93戸
 計：190戸

凡例
 築堤護岸
 樋管
 橋梁
 河道掘削

龍神橋～小碓橋は堤防がほとんど整備されておらず、平成24年7月出水で越水被害が発生

図 4-3

2. 景観に関する基礎情報

3. 目指すべき景観の方向性

白川の水辺空間計画 (H18.8) 資料より

「自然に近しい(メーソ)」が求められています。
 ・小規模な公園などを設け、子育て世代に活用できる場所を整備することを目指しています。
 ・河川沿いの遊歩道、自然環境の整備が求められています。
 ・河川沿いの遊歩道を整備し、子供たちが遊べる場所を整備します。
 ・子育て世代に多いので、川遊びを兼ねたことで遊歩道の整備が求められています。
 ・遊歩道の多いこと、川遊びを兼ねたことで遊歩道の整備が求められています。

目指すべき景観の方向性
 ・自然環境を保全し、遊歩道を設け、子育て世代に活用できる場所を整備することを目指しています。
 ・河川沿いの遊歩道、自然環境の整備が求められています。
 ・河川沿いの遊歩道を整備し、子供たちが遊べる場所を整備します。
 ・子育て世代に多いので、川遊びを兼ねたことで遊歩道の整備が求められています。

図 4-4

4. 目指すべき景観を実現するための方針

激特事業の景観検討を行うにあたり、改修メニューと周辺環境をふまえ、マスタープランを検討した(H25.1.31第2回検討会で決定)。自然環境への配慮及び次の4つの基本方針を基に、生物環境改善のための検討、堤防及び周辺施設の景観検討を進めた。

4つの基本方針

1. 回遊性、2. アクセシビリティ、3. 空間多様性、4. 安全・安心性

【参考資料】景観検討 マスタープラン(25.1.31時点) 和歌山大学



1. 回遊性

- (1) 龍神橋～小磯橋間(3.2km)の堤防整備に伴う歩行者・自転車の快適性、安全性の確保
- (2) 特殊堤 コンクリートの明度を抑え、周辺環境の中で堤防が主張しない工夫 等

2. アクセシビリティ

- (1) 街側からの路地等に接続する位置に坂路や階段を配置
- (2) 橋詰から堤防道路への自然な導入の工夫 等

3. 空間多様性

- (1) 樹木の保全、水際の工夫、河川の単調化抑制
- (2) 利活用可能なオープンスペースや、立ち留まりスポットの確保
- (3) 構造の切り替わり部分への配慮(分節) 等

4. 安全・安心性

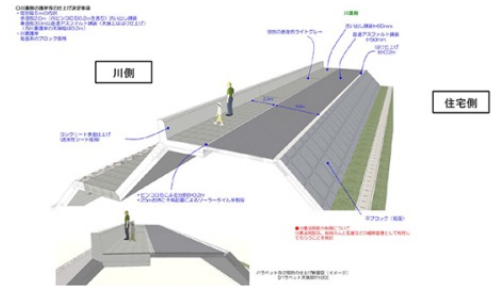
- (1) 堤防の整備
- (2) 階段 等

図 4-5

6. 方針との整合

1. 回遊性

- (1) 龍神橋～小磯橋間(3.2km)の堤防整備に伴い、周回通路ができる。周囲の県道、市道の歩道は狭く、多くの歩行者、自転車の利用が想定されるため、快適性、安全性の確保に配慮



- 堤防天端の通路(5m)について、利用目的を設定し素材や幅などを検討。
 - ・川側：散歩などゆっくり移動する空間(2m、コンクリート)
 - ・住宅側：自転車通学等、急いで移動する空間(3m、アスファルト)
 (2,3の分節についてH25.2.18第3回検討会にて決定)
 (舗装仕上げはH25.11.29第14回検討会にて決定)
- 川側と住宅側の間にはピンコロ石を敷設し境界を明確にした。(H25.11.29第14回検討会にて決定)

図 4-6

6. 方針との整合

2. アクセシビリティ

- (3) 連続する堤防道路から階段への誘導、昇降のしやすさに配慮(H25.12.18第15回検討会にて決定)

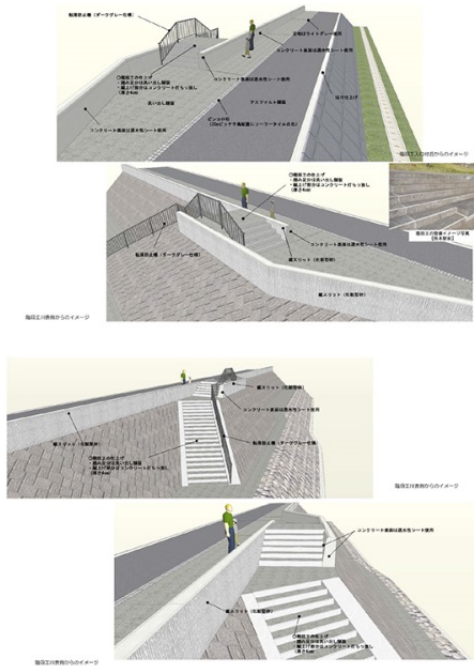
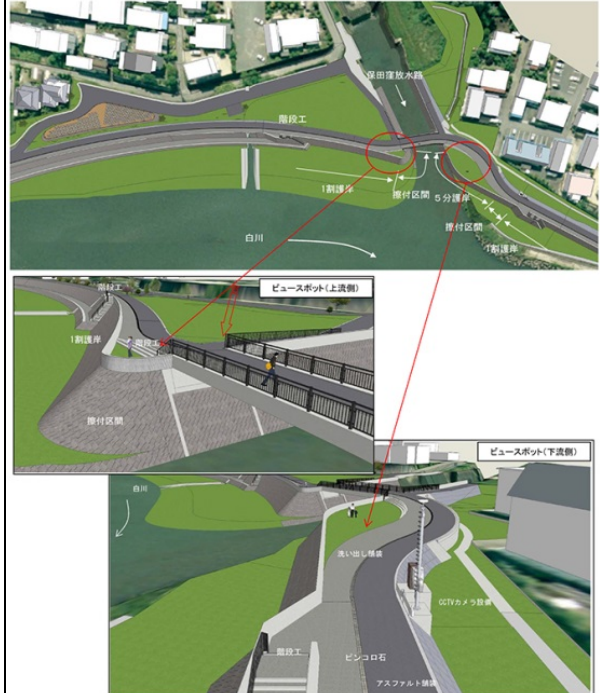


図 4-7

6. 方針との整合

3. 空間多様性

(6) 保田産放水路周辺ビュースポット詳細検討



- 堤防管理用通路が保田産放水路で分断されるため、工事例・管理用の橋梁を設置。また、ビュースポットを放水路上下流に1箇所ずつ設置。(H26.6.11第21回検討会より検討中。現在、細部の詰めを検討中。)

図 4-8

4.1.2 景観検討委員会

本委員会には、平成 25 年 1 月に第 1 回会議を開催している。ただし、先述したように、熊本・白川では、他の区間の景観検討を熊大グループと事務所ですで行っていた。

このため、ある日、別案件の打ち合わせのあと、本件の運営について相談があり、ワーキング方式で行うこととなった。図 4-9 は委員会の様子である。大テーブル方式で、発注者 10 人程度、コンサル(数社各 2 名程度)、施工業者数名、学識経験者 2 名で、概ね 20~30 名で 14 時から 17 時くらいまで検討が行われている。

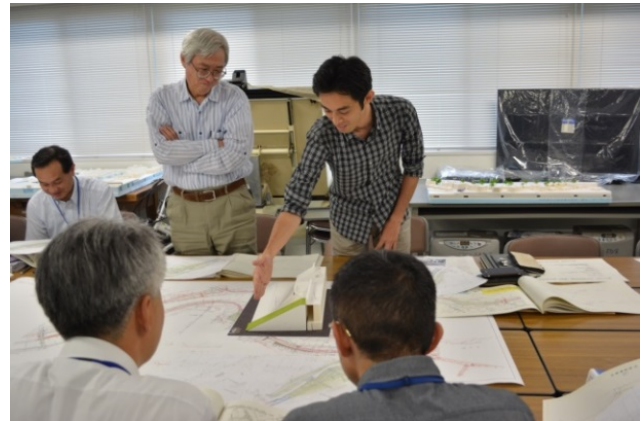


図 4-9 会議状況

現場が熊本大学の近くのため、大学で会議を行うこととし、施工関係者（国土交通省の出張所の担当者や現場代理人など）も参加し、細部の施工の可能性が、設計段階で議論された。委員会は、ほぼ毎月開催され、平成 27 年 2 月分は、第 29 回であった。設計完了した区間から順次、施工が行われているが、いまだに、設計の検討を行っているところも数カ所残っている。

第 1 回は通常の会議資料で、他事例の写真や手書きのパスが使われていたが、第 2 回目の資料で堤防の断面構成の標準形の図面が、平面図ではなく、Trimble 社の SketchUp (以下、「SU」という。) を使用していたので、これを基本とした (図 4-10)。



図 4-10 協議風景と資料

CIM 事業は現時点において試行段階であり、このような形で利用する CAD ソフトが決まることも、悪くはないと考える。まずは、実践ありきであるし、モデルを用いたマネジメントがどのような成果をあげるのかが重要

だからである。その後は極力、3次元 CAD を使った。発注者からも本件が、CIM を用いた設計検討事例として認知された。なお、小林研の研究課題として、景観マスタープランの検討に、Autodesk 社の InfraWorks (以下 IW) を使う試みがなされていたため、一部これを用いた内容もある。

委員会として第 3 回目以降は、コンサルタントに加え、他社からの資料作成も、各社の事情の許す限り 3次元化を試みることを希望した。当初の平面図だけの検討から、会議資料としての 3次元化、さらには、パソコンを持ち込んで、動画や VR での細部の検討も行われた。

施工時の検討になると、3次元であることの威力は絶大であった。また、景観カルテ (図 4-1 から図 4-8) にも、多くの 3次元 CAD 図面が利用されたが、本局での委員会でも、参加委員や関係者の感想は好意的であった。住民説明資料も当然のこととして、同様の資料が作成され好評であった (図 4-11)。

本委員会では、第1回の会議以前に、堤防法線の線形はほぼ確定していた。また、上述の景観マスタープランは、本来は最初に提案されるべきものであり、これを元に景観カルテの基本方針「①回遊性」「②アクセス性」「③空間多様性」「④安全・安心性」は決まるはずであるが、この現場では、実際には第2回委員会で提示された。その後は、このような川の現場では、川と堤防（川表と川裏）の関係が議論の中心となり、遠方の山との関連等は、ほとんど検討されなかった（これが、IWよりもSUが威力を発揮した一因である）。



図 4-11 地域住民への説明

なお、今回の設計手順は、2次元のCAD図面（堤防断面は25mピッチで作成）から3次元モデルを作成した。また、一部区間では、図4-12のように情報化施工用（マシンガイダンス）のデータも作成され、試験施工が行われた。

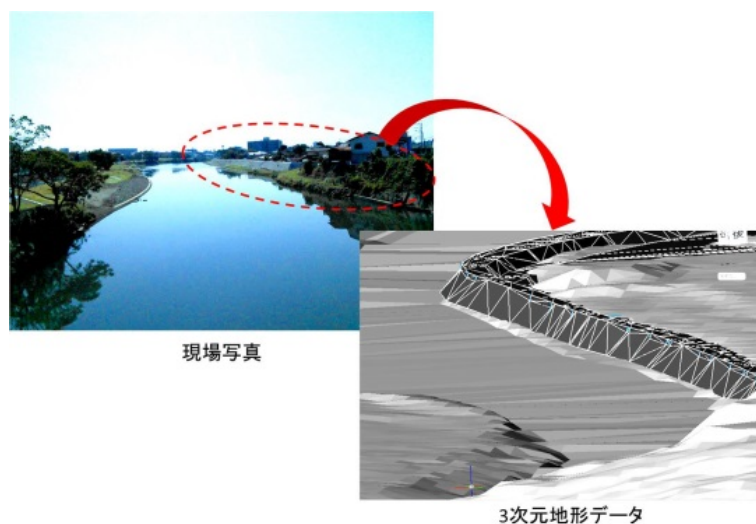


図 4-12 情報化施工用のデータ

4.1.3 検討内容

3次元CADを用いて検討した内容について、次の8項目（図4-12）について詳述する。

【検討項目】

- ①パラペット形状（標準断面構成）
- ②樋門建屋の屋根形状
- ③放水路周りの法面の収まり
- ④低水護岸の収まり、⑤新橋周辺の法面の収まり
- ⑥パラペットと転落防止柵の細部の収まり
- ⑦CCTV設置位置、⑧河畔公園の整備

なお、景観マスタープランの検討に関連しIWを用いたが、全体地形の検討と①樋門建屋の屋根形状の部分で利用した。

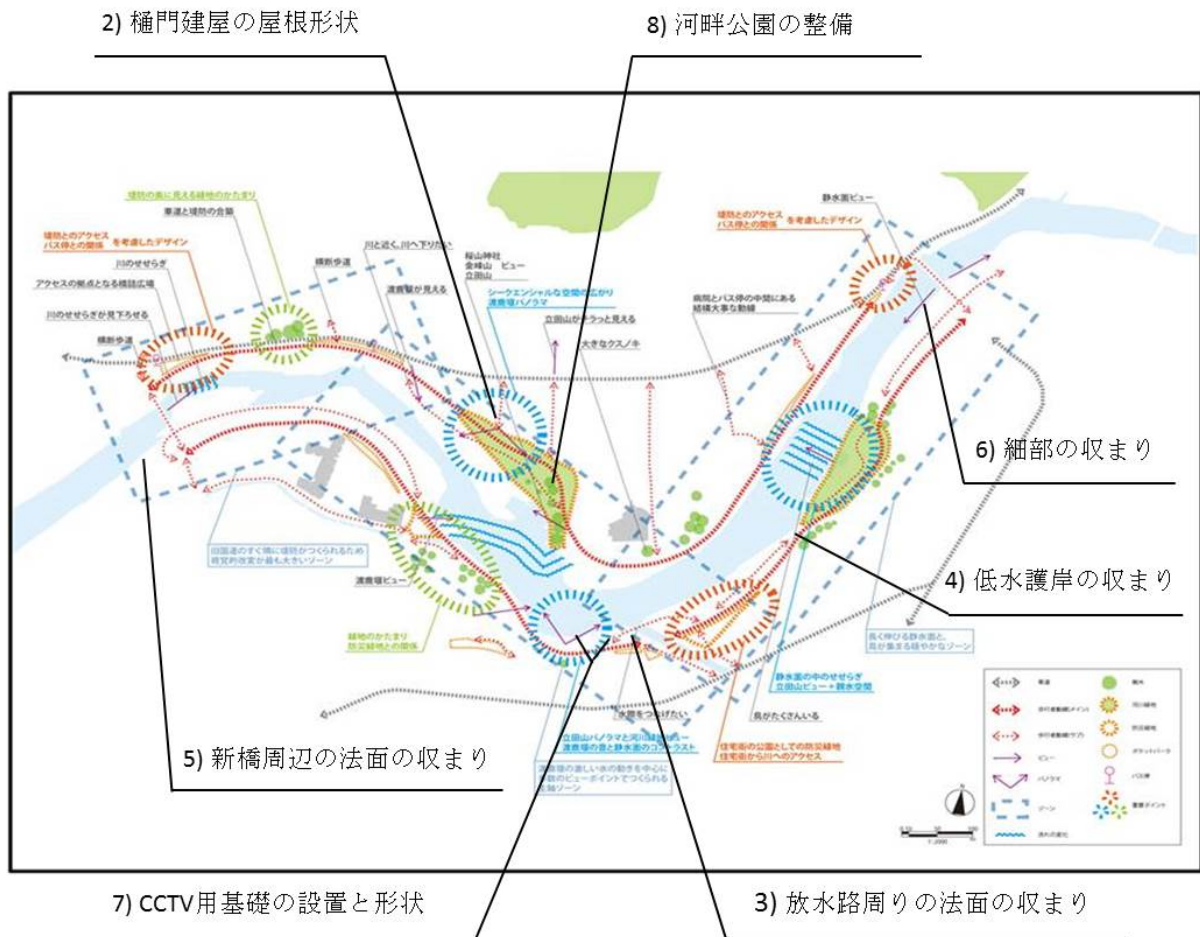


図 4-13 設計対象地と検討箇所

(1) 全体地形の検討

IWは、景観検討の初期段階で極めて有力な道具になると考えている。①数値地図の取り込みが短時間でできる。②航空写真が入手できれば、構想段階での対象地はほぼ完璧に表現できる(図4-14)。

さらに、③建物の概略を加えると、図4-15のように、周辺の空間はほぼ再現できている。⑤官民境界等のCAD図面を貼り込み、堤防法線の概略図を加えれば、図4-16のように予備検討の初期の段階で、様々なものが見えてくる。⑥航空レーザ測量のデータ等があれば、さらに詳細な地形がわかるので、周辺道路からの坂路の入れ方や勾配等も目安をつけることが可能である。

IWを用いることで、完成形におけるいくつかの視点場からのイメージを確認することができる。たとえば、2次元の景観マスタープランを貼り付けると、図4-17のようになる。



図 4-14 地形と写真の取り込み



図 4-15 モデル空間 (基本形)

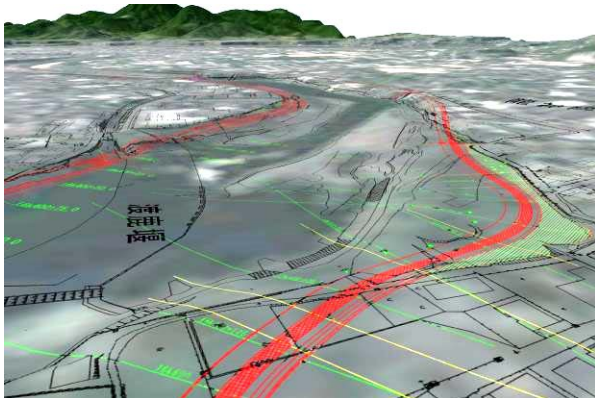


図 4-16 モデル空間への平面図の付加

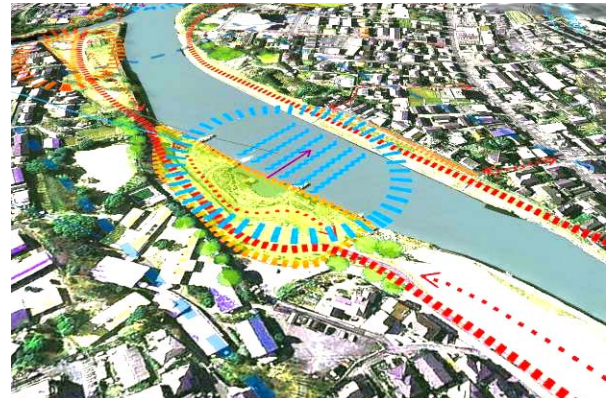


図 4-17 モデル空間でのマスタープラン検討

対岸からの眺めを確認すると図4-18のような完成形のイメージが見えてくる。実は大学では、後述する河畔公園の概要については、第1回の委員会の時点で完成していた(図4-19)。

近い将来、理想としては、この程度までを発注者がやれるようになると、事業の初期段階の速度感は格段に良くなる。学生は、半年の講義でこの程度はできるようになるので、そのような人材の育成は重要である。

しかし当面は、管理段階で仕事を受注したコンサルタントが、次の調査段階の早い段階で、上

記 IW のような計画検討の資料ができれば、良いだろう。これは十分実現可能なことであると思っている。なお、IW を使用した地形の可視化は、防災への CIM の適用に大きな可能性を示しており、今後この方面の利用事例が、報告されることを期待したい。また、発注者は CAD を作るのが仕事ではなく、CAD を必要とする業務をきちんと理解し、マネジメントすることであると考えている。



図 4-18 対岸からの眺めの確認



図 4-19 河畔公園のイメージ（予備段階）

(2) パラペット形状（標準断面構成）

本委員会では、第 1 回目より特殊堤のパラペット形状を全区間同様にすることで統一された空間を作り上げることとした。

そこで、図 4-20 のように、堤防の断面構成に関する課題が提示された。

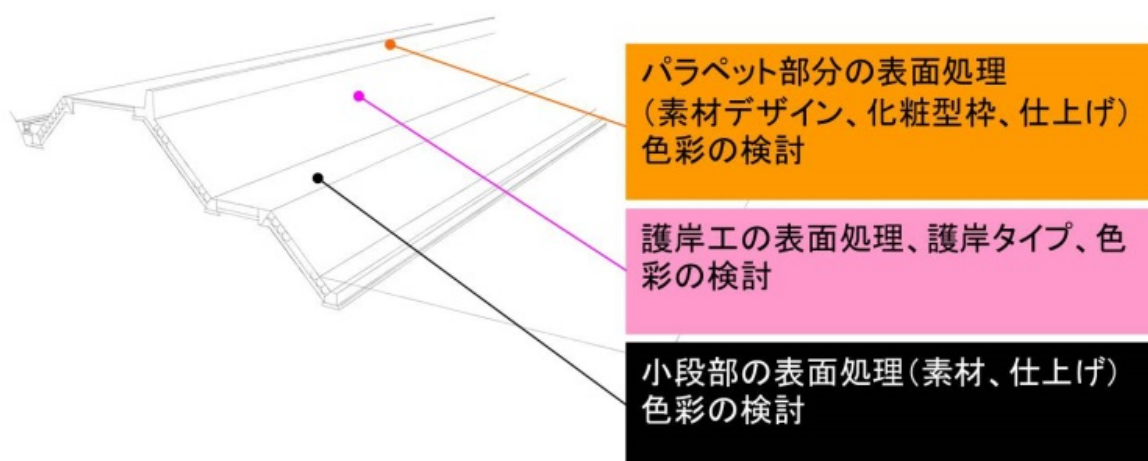


図 4-20 特殊堤断面の検討事項

第 2 回目にも、同じ図が掲載され、はじめてこれが SU で作られていることが全員に周知された。さらに今後、可能であれば、3 次元情報を資料に掲載していく。

図 4-21 では、「①初期案」、「②パラペット波返し案」、「③パラペット武者返し案」の 3 案が検討された。

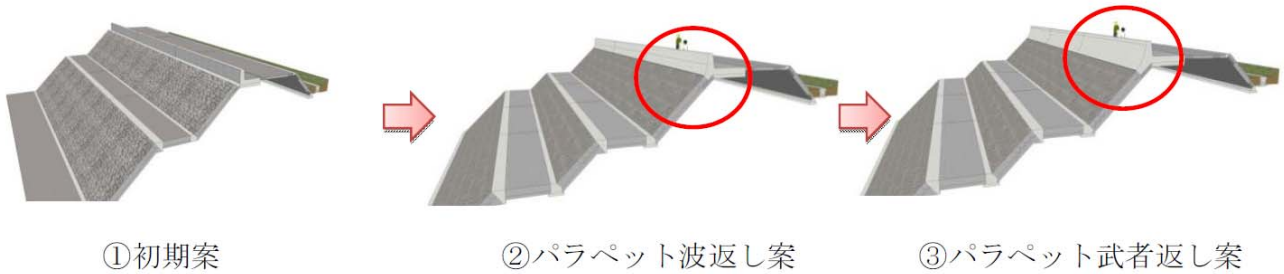


図 4-21 堤防断面の検討

第 4 回では、図 4-22 のようにパラペット上での排水勾配や面取りに関する提案に加え、図 4-23 のような武者返しの形状について数案提示された。

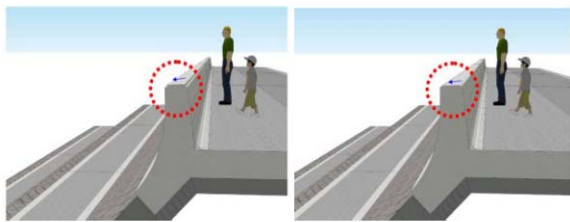


図 4-22 パラペットの断面検討



図 4-23 パラペット形状

これらの議論を踏まえ、図 4-24 のように、5 通りについて現場での試験施工が行われた。建設業者の意見（施工性）を踏まえ、最も手間のかからない断面が大方の賛同を得た。



図 4-24 パラペットの試験施工

その後、数回の会議を経て、第16回で、この区間での標準的な断面構成が確認された。

パラペットの川表側は縦スリット(化粧型枠)。法面は、低水部は玉石護岸、その他は間知ブロックとし、小段部は洗い出し舗装とする。川裏側は、かどを面取りすることとなった。また天端も、歩道部は洗い出し舗装、車道部はアスファルトとし、その間はピンコロ石で分節することとなった(図4-25)。

委員会では常に、川表、川裏からの3次元モデルの表示を行ったので、会議参加者は、極めて細かな点まで問題点を整理し、次回会議で2、3の設計案を再度議論した。

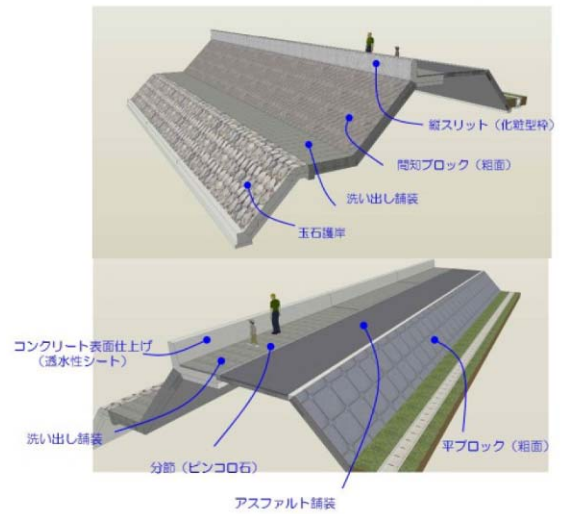


図 4-25 堤防断面構成の最終案

(3) 樋門建屋の屋根形状

樋門の建屋は、前述のパラペットと同様に統一した形状として、区間の一体感を出すことが決まった。そこで、①陸屋根、②片流れ屋根、③切妻屋根の3案が検討対象としてあげられた。検討対象の一部については、学生が3次元モデルを作成することとなった。

まずCIM-LINK上で、画面の静止画像を用いてコンサルタントと意見交換を実施した(図4-26)。これを元に動画を作り、比較検討を行った(図4-27)。動画を用いたのは、歩行者が徐々に建屋に接近したときの印象を再現するためであった。

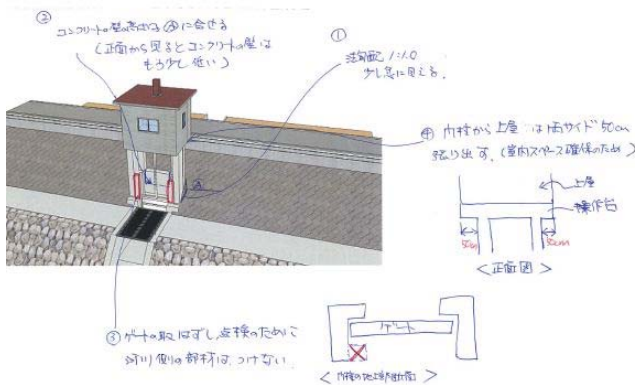


図 4-26 CIM-LINK を利用した意見交換



図 4-27 比較検討(動画)

委員会では、どの案も少し堅く、より柔らかな印象を出すために、円屋根はどうかとの意見が提案された。このため、委員が他の案件を検討している間、学生は急遽その場にて CAD を作成し、IW を用いて歩行者の印象の確認を行った。なお、作成に要した時間は 30 分程度である。その結果、急遽提案された丸屋根案が採用されることとなった (図 4-28)。

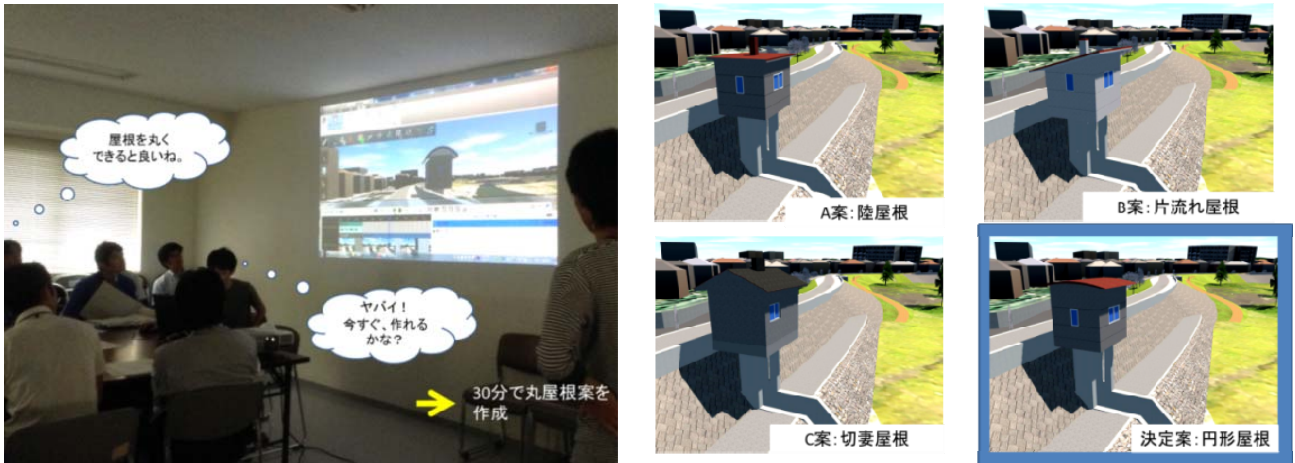


図 4-28 建屋屋根の協議状況と比較検討案

(4) 放水路周りの法面の収まり

第 20 回以降、放水路周りの検討が何度か行われた。本川 (法面勾配 10%) の左岸側に放水路 (法面勾配 5%) がある。第 27 回に、両者の法面のすりつけに関する案と上流側の階段の位置に関して 2 案が提示され検討した (図 4-29)。

図では、分かりにくいですが、プロジェクターに投影された画面上では、両者の差は明らかであり、上流側は、A 案 (階段を上流側の樋門の近く設置する案) が、下流側は B 案 (5% 勾配と 10% 勾配のすりつけ区間を短くする案) が採用された。

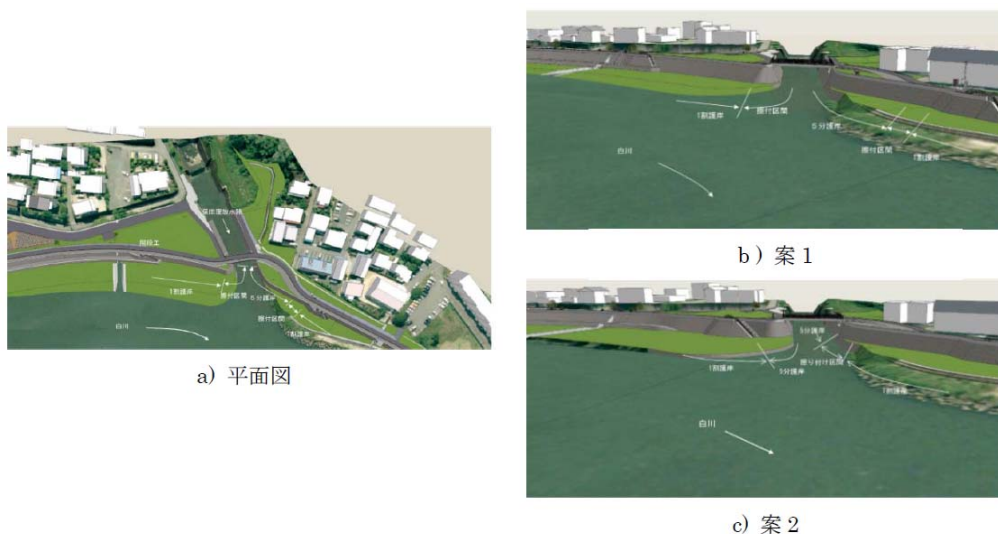


図 4-29 放水路と法面勾配の検討

(5) 低水護岸の収まり

標準断面のルールでは、水際の護岸だけを玉石とすることとなっていた。この区間では、低水部が一部しかないので、中水部と一連で施工するか、ルール通り低水部のみとするかの検討を行った。

第 27 回に第 3 案（上流の捨て石護岸と一連で水際は、捨て石をするという）を含め検討がなされ、川らしい表情が出せるということで、第 3 案が採用された（図 4-30）。

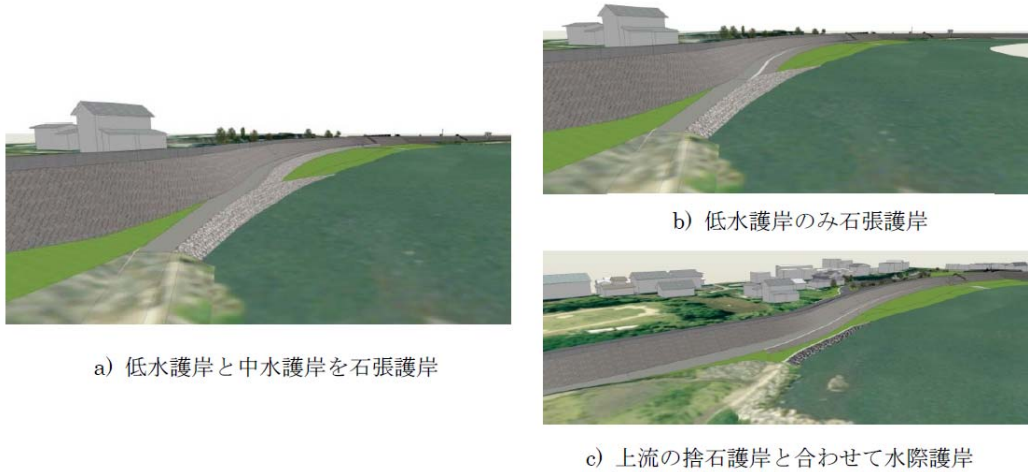


図 4-30 低水護岸の収まり

(6) 新橋周辺の法面の収まり

河川改修に伴う下流の橋の架け替え案に関連して、下流側の既存護岸とのすりつけに関する議論（これも複数案が 3 次元化された）が行われ、第 28 回で、最終確認案が示された（図 4-31）。

特に、左岸は川裏の用地の関係で、5%勾配とせざるを得ず、既存の 10%勾配とのすりつけに関して意見交換が行われた。

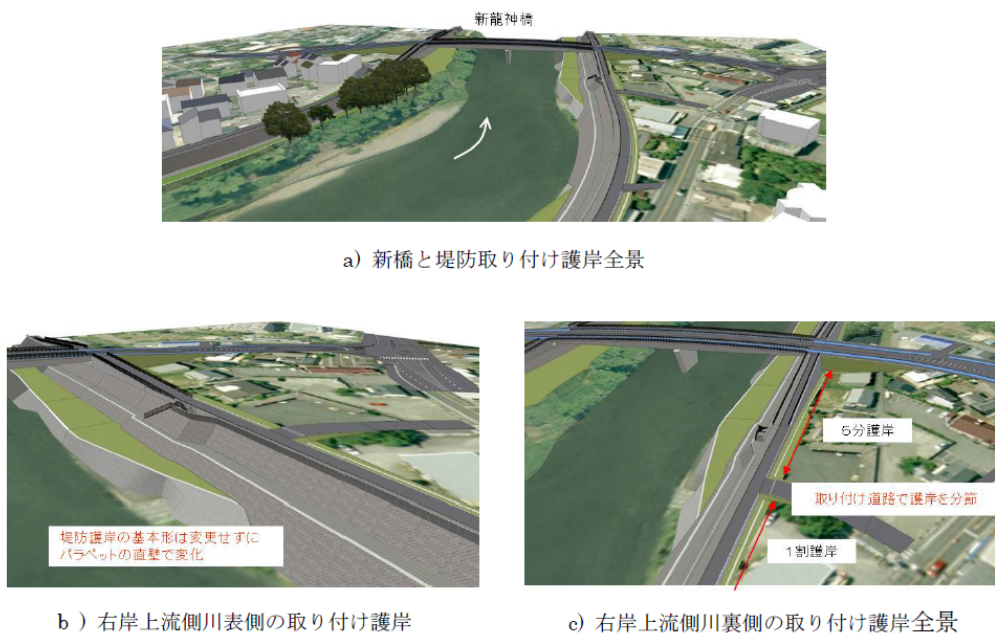
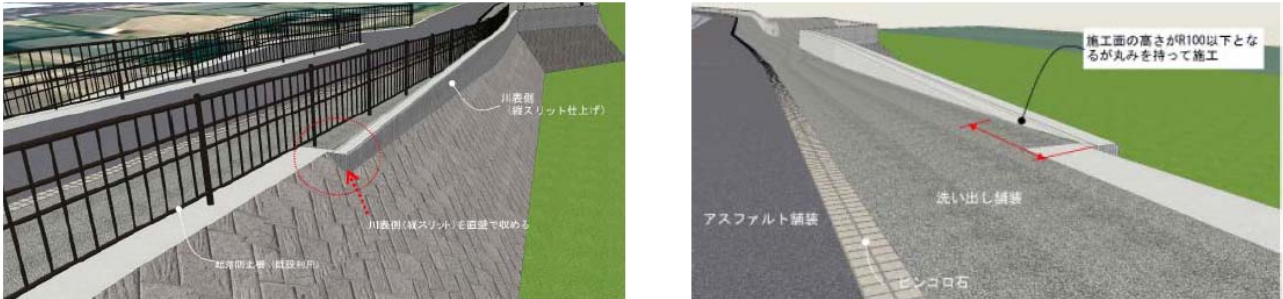


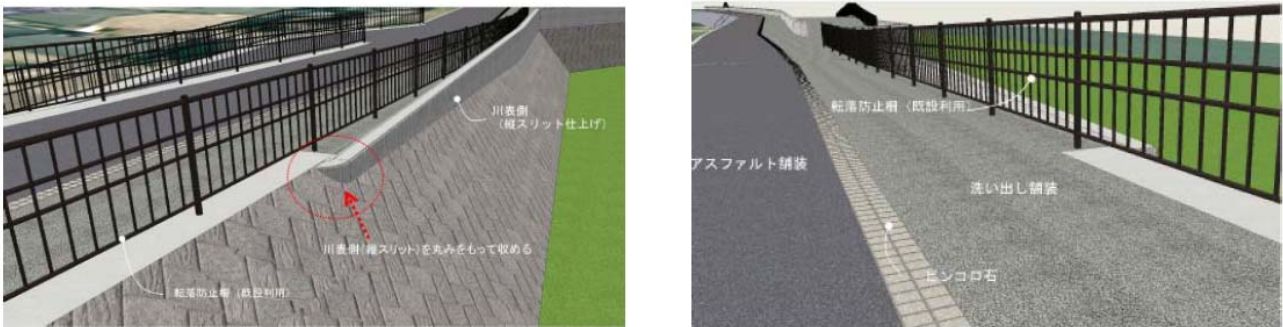
図 4-31 新橋周辺の法面の検討

(7) パラペットと転落防止柵の細部の収まり

最初に施工された区間で、施工直前に、パラペットが上流側へ向けて、低くなっている区間があり、橋梁へのアプローチ部に向けて設置される転落防止柵との間の収まりについて 2 案が示された (図 4-32)。



a) 直壁へ収める案



b) 丸みで収める案

図 4-32 パラペットと転落防止柵の収まり検討

このような事例は全国の川で多く見かけるが、施工時に現場対応で、対処しているはずである。端部や構造の切れ目を丁寧に処理し、視覚的な錯綜感を生じさせない工夫は重要である。

このような場合、3次元 CAD での問題発見と解決策の提示が有効である。施工時の手戻りを大幅に削減できる。なお、最終的には、図 4-33 から図 4-35 のように、細かな処理はやめて、表面だけは、縦スリットを入れることとした。



図 4-33 細部の収まり



図 4-34 パラペット施工後

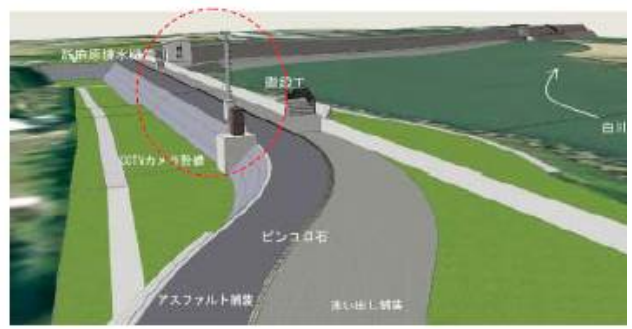
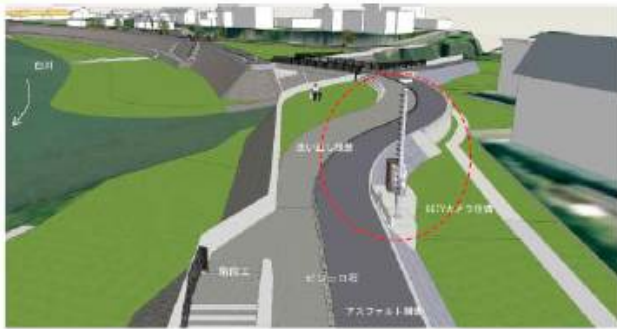


図 4-35 天端道路

(8) CCTV 設置位置

CCTV^{※20}の設置位置については、既に堤防のデータが数案できていたので、この中に構造物を配置するのは、CAD 操作としてはそれほどの手間ではない。

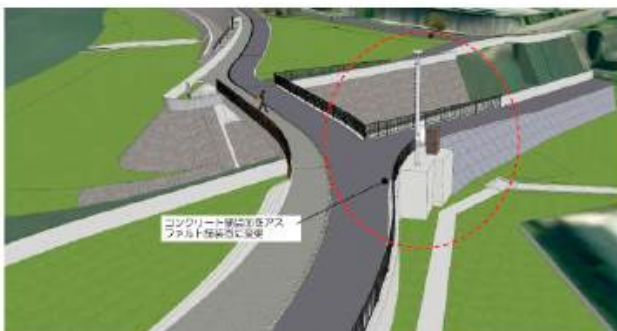
第 27 回の当初案 (図 4-36 a) に始まり、位置だけでなく、コンクリートの基礎の構造が、第 28 回 (図 4-36 b)、第 29 回 (図 4-36 c) と進む間に洗練されてきている。平面図を用いただけでは、このような立体的な洗練化は起こりにくい。



a) 案 1



b) 案 2



c) 最終案

図 4-36 CCTV 設置位置の検討

※20 Closed-circuit Television; ケーブルで結ばれたカメラと TV の設備。国土交通省では、現場に設置したカメラを使用して、河川や河川管理施設の状況を 24 時間リアルタイムで把握している。

(9) 河畔公園の整備（図 4-1-31）

河畔公園案の検討が具体化したのは、第 20 回以降であるが、具体的な検討イメージ（図 4-37）が提示されたのは、第 24 回であった。

激特區間の中には左岸側の川裏には既存の公園が存在している。新設される右岸側の河畔公園は河道内に造られる。河道内には、加藤清正時代の堰があり、上手い整備ができれば、人の集まる場所となり得る。今回の設計の中心的位置づけの場所である。

細かな検討は、別途作成した模型を用いて行ったが、CAD で完成予想イメージの細部まで理解できる。ちなみに、下流側には、丸屋根の樋門建屋も描かれている。緑地の法面勾配は一定にせず、20%から 40%の範囲で変化を持たせている。



a) イメージを確認（下流側）

b) イメージを確認（上流側）



c) 川表整備イメージ全景

図 4-37 河畔公園整備に関する検討

4.1.4 まとめ

(1) 目的の明確化

本節では、極めて日常的な CIM の適用事例を紹介した。大事なものは、目的の明確化と必要に応じたモデルの選択である。

本事例の意義は、景観カルテの趣旨（良いデザインの実現）に沿った 3 次元 CAD の連続利用という点にある。その意図は、単純に景観検討会議の資料の 3 次元表現である。これにより、1.5km の事業区間において、極めて細かなデザインの検討が行われ、それを十分に理解した施工が実施されている。

(2) マネジメントの明確化

目的が明確化されても、モデルの運用法を誤れば、CIM の成果は得られない。「①CAD という道具の有効な使い方の知識」、「②目的を充足するためのモデルの活用法」が適正でなければならない。

本事業では、3D モデルを必要な範囲で適正に作成できるコンサルタントがいたことと CIM の活用経験のある学識者がいたことが、成功要因の一つでもある。

(3) モデル空間の重要性

本事例では、構造物単体を細かく作り込むことはしていない。デザインのマネジメントとして、細部の検討を行った。モデル空間の作成によって、これが実現できた。

ただし最初の段階では、堤防の断面構成確認のためにのみ CAD が使われたが、この段階では空間表現は行われていない。その後、住民説明のための川裏側の民地や道路のモデル作成や川表の河道の航空写真の取り込み等で、周辺の状況が理解できるようになると、空間の作り込みが進んでいった。

(4) モデルのストック

空間の作り込みと並行して、意義深かったのは、モデルのストックとその転用である。具体的には、「①法面形状」、「②堤防の断面構成」、「③パラペット形状」、「④転落防止柵」、「⑤階段」、「⑥樋門建屋」等々、議論が起こるたびに複数のデザイン案が作られ、所定の位置に配置される。これを繰り返していくことで、次の議題をはじめめる時点では、既存モデルを利用するところから議論のスタートができた。

CCTV 設置位置等は、この検討のためだけに CAD を作るような重要な案件ではないが、この時点では、モデル空間という情報基盤が整備されていたため、容易にモデルを用いた検討が可能となった。モデルの再利用が可能となれば、全く新しい現場でも計画段階で、より精緻かつ高度な検討を行える可能性が高まる。

(5) 地形表現の可能性

数値地図データの提供や無人航空機やドローン^{※21}といった新たな計測機器や手法の汎用化・高性能化の可能性を考慮した場合、今後地形モデルを蓄積することで、例えば災害直後の状況把握や初期対応から始まり、復旧計画立案に強力な武器となるだろう。

これが実現すれば、新規構造物の設計検討業務に必要な CIM のインフラはほぼ整備されていることになる。管理段階から調査段階への CIM の活用は、今後最も検討されるべき事項であると考ええる。

【謝辞】

本節をまとめるにあたり、国土交通省九州地方整備局・熊本河川国道事務所より資料提供いただきました。また、モデルや図の作成に関して、九州建設コンサルタント(株)にご協力をいただきました。記して謝意を表します。

※21 英語で雄のハチを指す語句。転じて不活発な活動体や、(半ば)自律制御される無人の飛行体や車両(ロボット)、ハチの発するような音などを指す。

4.2 湯の浦川災害関連復旧工事（施工段階の出来形検査への活用）

4.2.1 事業概要

本事業は平成 15 年に発生した県が管理する二級河川湯の浦川の災害関連事業である。熊本県水俣・芦北地方で、平成 15 年 7 月 19 日夜半から翌 20 日にかけて記録的な集中豪雨をもたらした。本対象地においても狭窄部や河状不良部では氾濫を起し、護岸の倒壊、土羽護岸の洗掘などの施設被害が生じた（図 4-38）。

災害復旧工事は被災総延長 $L=2,260\text{m}$ 区間のうち、 $L=1,750\text{m}$ について改良復旧工事をおこなった。復旧工法は、自然石護岸工、環境配慮型ブロック積み、一部堰を改修しスロープ式落差工を設けるなど環境も配慮した工法を採用した。堰を改修し、スロープ式の落差工を設けた。復旧前後の写真が図 4-2-2 である。施工は災害復旧事業ということもあり、短期間で完成させる必要があった。実証は、玉白堰上流 8k 400～8k 520 の $L=120\text{m}$ の護岸工事でおこなった（図 4-39）



図 4-38 被災状況



図 4-39 被災前、復旧後

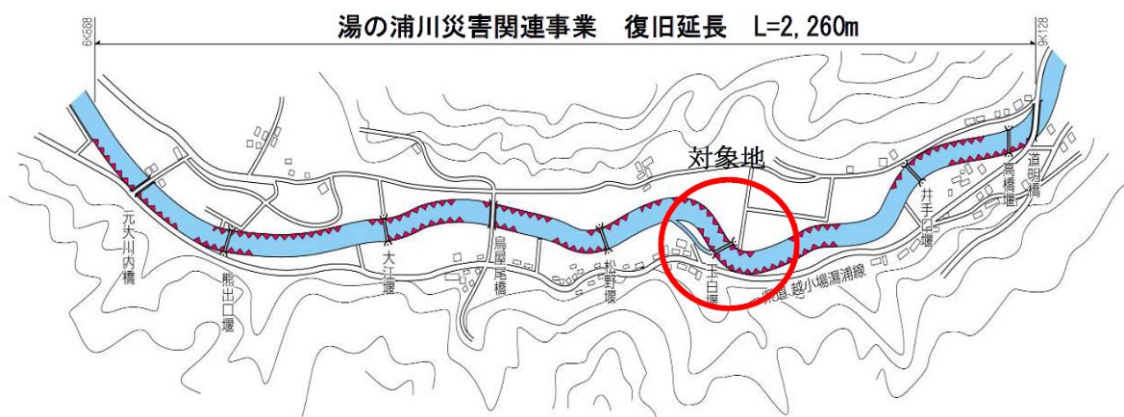


図 4-40 湯の浦川災害関連事業 平面図

4.2.2 実証目的

本実証の目的は、電子データの確実な受け渡し及びスケジュール等の協議に情報交換場（Midi+Kolg）を活用し、打合せ協議等の効率化を図ることである。さらに、現場を管理する際に得られる測量の電子データについて、Web 出来形管理システムを構築し運用することで、発注者及び請負者双方の業務効率化の程度を検証するものである。

関係者は図 4-2-4 に示すとおりである。発注者と現場代理人の他に発注者がおこなう現場監督業務を補助する現場技術員、さらに設計思想を現場に確実に伝達するため設計者であるコンサルタントを関係者に加えている。

発注者である監督職員は複数の現場を抱えていることが多く、監督職員は各現場と並行しながら監督業務をこなす。職員数の減少、事務量の増加等の背景があるなかで一定の品質を確保するためには、現業務で生じている打合せ協議や資料等の作成、検索作業に含まれている無駄な時間と労力の削減及び効率化が重要である。

そこで、本実証では 3 者協議やワンデーレスポンスの実現が可能であるか、工事関係者の連携強化による施工品質の向上や工事の手戻り防止が可能であるかなど、工期短縮や業務効率化を目指した下記検証を行った。

- ① Web 出来形管理システムで測量データの情報共有が図られることにより施工管理及び出来形検査の効率化が図られるか
- ② 情報交換場（Midi+Kolg）により工事の進捗状況把握や協議事項の確認がスムーズにおこなえるか
- ③ 情報交換場（Midi+Kolg）、Web 出来形管理システムの活用で、工事関係者（設計から施工まで）が結ばれ、速やかで確実な施工がおこなえるか

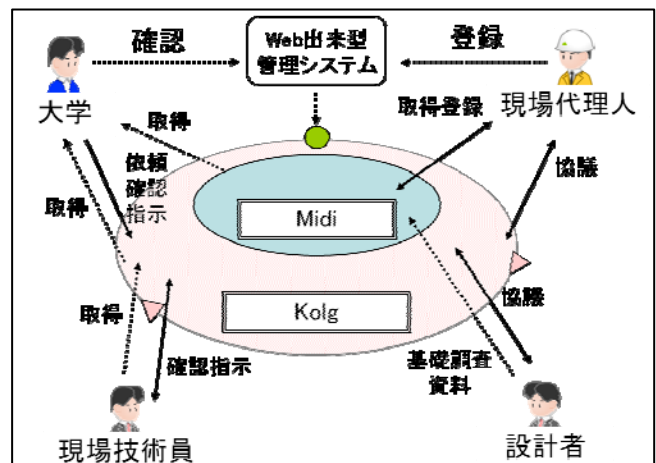


図 4-41 本実証の関係者

4.2.3 実証結果

(1) 座標データ管理の導入

実証では河川工事の出来形管理及び出来形検査において、TS^{※22}を利用した検査業務の改善に関する提案をおこなった。

TS を用いることで測量作業の効率化を図るとともに、TS の利用を前提とし、その得られるデータの特性を活かした現行の方法に捕らわれない新しい出来形検査を以下に提案する。TS から得たデジタルデータを Web にアップロードし、アップロードされた 3 次元座標のポイントデータを設計値と比較し、WEB 上で出来形検査をおこなう手法を示す。併せて、この手法を現場で運用するためのシステムの開発をおこなった。協議や出来形写真の受け渡しは情報交換場 (Midi+Kolg) を活用した。

今回、構造物の出来形形状と設計形状を比較する方法として、3 次元座標から距離を算出し、比較する距離算出法と点を単体ごとに独立して座標を比較する座標比較法の 2 つの方法を提案する (図 4-42)。

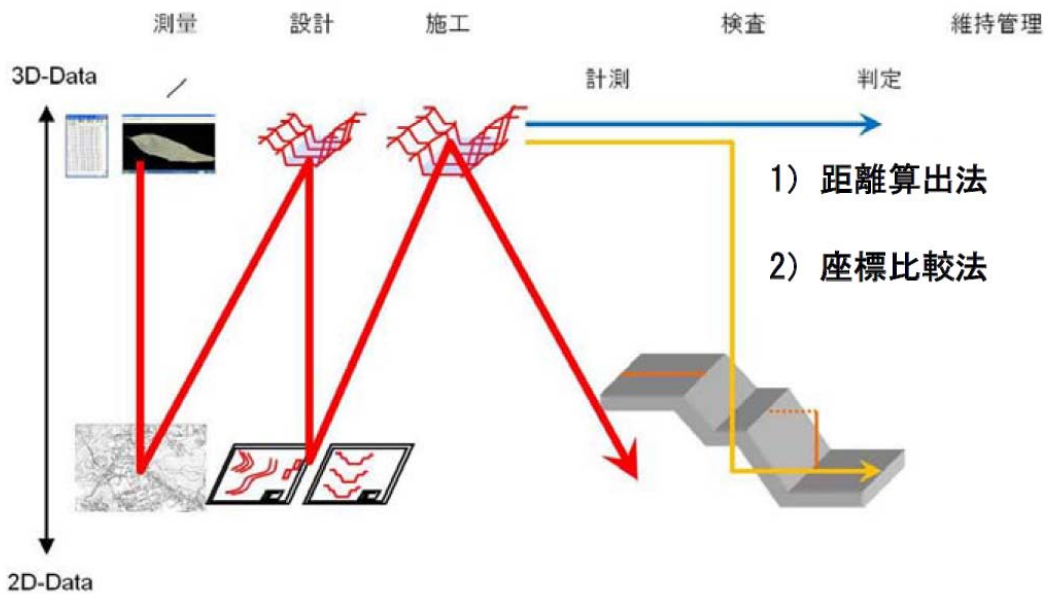


図 4-42 座標データの管理 (イメージ)

※²²トータルステーション(Total Station) (TS と略する。)は測量機器の一つで、距離を測る光波測距儀と、角度を測るセオドライトとを組み合わせたものであり、従来は別々に測量されていた距離と角度を同時に観測できる。

1) 距離算出法

2点が同一管理断面上にあると仮定し、3次元座標から2点間の距離を算出する。その距離を対応する設計値と比較することで出来形検査をおこなう。

2点間の座標値から、長さ、高さ、勾配等が計算により求められるため、この方法は現行の規格値が適用できると考えられる(表 4-1)。その際、座標を取得した場所が正確に測点を捉えているかに注意すべきである。測点のずれがある場合、計算値の結果が規格値に入らないという事態も生じ得る。この方法の利点として、予め定めた位置を TS で計測するだけなので、測量が1パターンでおこなえる。レベルやテープといった測量道具を使い分ける必要がないので、測量にかかる人員を削減できる。測量結果を基に計算で求めることができるため、後の管理が容易である。従来の管理基準と同じ規格値を採用するため、現行でもすぐに活用ができる。これまで河川の流水による問題からテープでは管理が難しかった川幅等のチェックもおこなうことが可能である。

実測値の座標データから距離や高さ、勾配等を算出し設計値との差異を求める。求められた差異が現行の規格値に収まっているかを調べることで評価をおこなう。座標データから各項目を算出する方法を図 4-43 に示す。

k(幅) : 水平距離を求めるため、P1 と P2 の x、y 座標から 2 点間距離を算出

h(基準高) : 垂直距離を求めるため、P2 と P3 の z 座標から 2 点間距離を算出

m(延長) : 斜距離を求めるため、P2 と P3 の x、y、z 座標から 2 点間距離を算出

θ (勾配) : P2 と P3 の x、y、z 座標から 2 点を通る直線の傾きを算出

表 4-1 測定項目と規格値

対象項目	測定項目	規格値
床堀	幅	設計値以上
	基準高	設計値以上
基礎採石	幅	設計値以上
	厚さ	-30mm
基礎コンクリート	基準高	$\pm 30\text{mm}$
護岸工	法長(L<3m)	-50mm
	法長(L $\geq 3\text{m}$)	-100mm
	法勾配	$\pm 10\%$
天端コンクリート	基準高	± 50

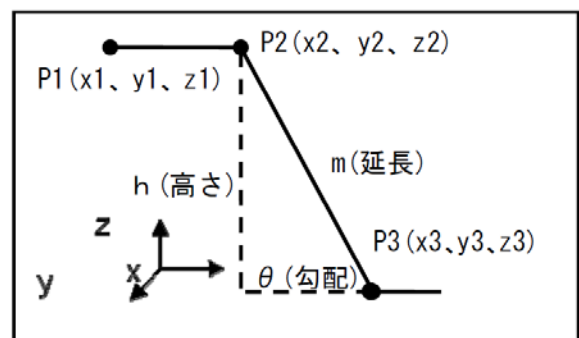


図 4-43 座標からの距離算出

2) 座標比較法

構造物の出来形形状と設計形状を 3 次元座標により比較する。3 次元設計が進めば、任意の設計点を容易に取得できる。一方で現場では TS の導入が進み、容易に座標値を読み取ることができるようになった。このような状況下では出来形管理も座標値で取り扱った方が有利である。この方法は、全ての分野の工事に適用できると考えられ、管理基準も統一することが可能である。今回の実証ではこれを座標比較法として提案する。

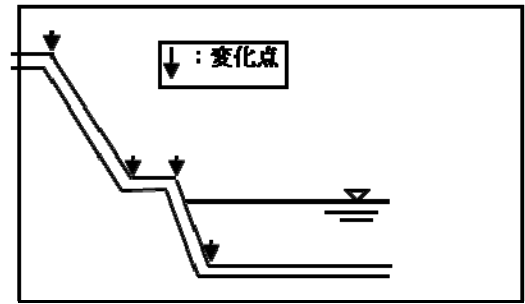


図 4-44 管理ポイント (変化点)

測量で得た構造物の変化点と、それに対応する設計の座標を比較し、2 点のずれの距離と方向で評価する (図 4-44)。この場合、これまで長さについて規定していた規格値ではなく、新たな規格値を設定する必要がある。x 軸(河川護岸直行方向)、y 軸(河川護岸方向)、z 軸(高さ方向)のそれぞれの方向について規格値(ここでは一様に ϕ とする)を定め、設計の座標値を中心として、規格値 ϕ の範囲内に測量の座標値がある場合、その点は基準を満たしているとする (図 4-45)。

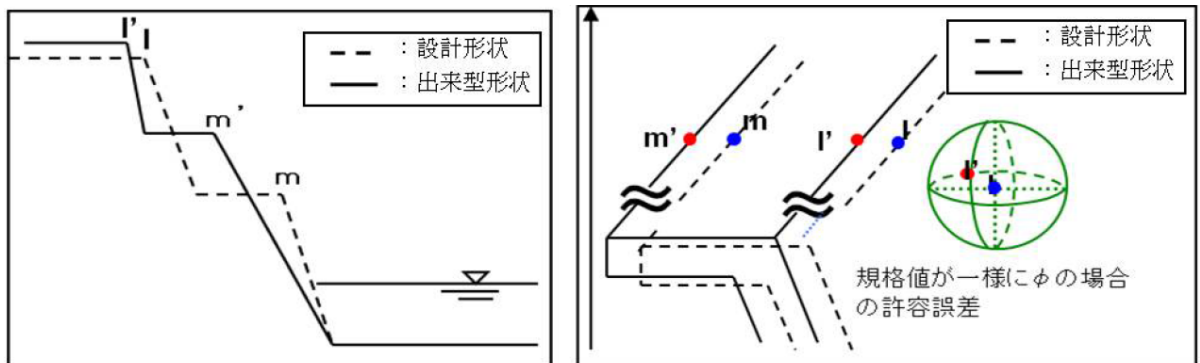
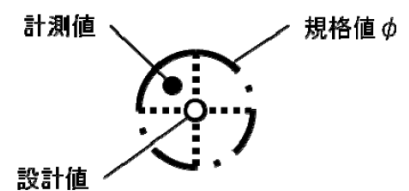


図 4-45 座標管理のイメージ

座標データによる管理方法では、各方向における規格値の設定が出来形形状を評価する際に重要となる。

設計値からどの方向にどのくらいの離れを許容するかは変化点を持つ特性ごとに異なる。実際には、前述した規格値の球体を xyz 軸方向に 8 分割したもので管理をおこなうことになるが、ここでは横断 2 次元で表現可能である河川護岸を例に、座標比較法における規格値の設定について論じる。

最初に設計値から一定の半径 ϕ 内に計測値が入っているかによって 1 次判定をおこなう。円を外れれば不合格である (図 4-46(a))。次に計測値がどの位置にあるかで 2 次判定をおこなう (図 4-46 (b))。これは管理する変化点ごとにあらかじめ設定しておく。



(a) 1次判定



(b) 2次判定

図 4-46 座標比較法の規格値判定

土工事の床掘の規格値設定について図 4-47 に示す。

通常護岸工事を施工する際、護岸の根入れのための床掘という掘削工事が伴う。護岸基礎部は設計より深い位置に施工された方が浸食を受けた場合に安全であるため、通常監督職員は立会をおこない、床掘で所定の深さが保たれているかを確認する。この時、設計値より計測値が深いことが条件となるため、P1、P2 地点共に z 軸のプラス管理は不合格（赤）となる。床掘幅について考える場合、P1 は x 軸（堤内地側）、P2 地点は x 軸（河川センター側）にある方が設計値より大きくなるため

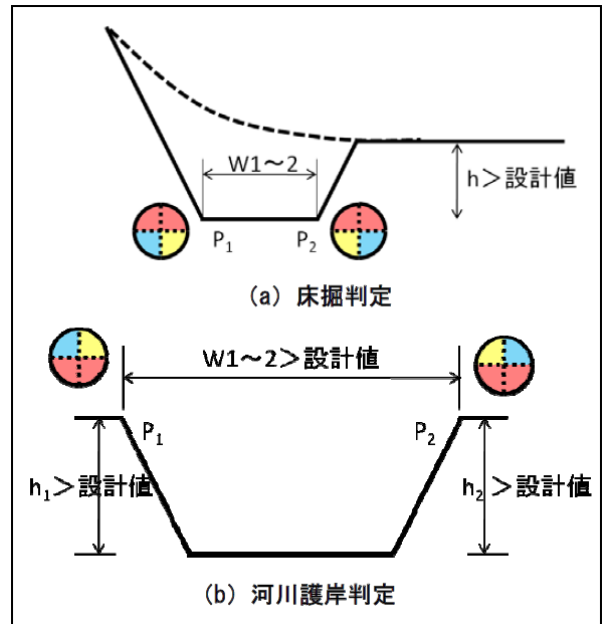


図 4-47 座標比較表の規格値判定例

出来形としては合格（青）となる。ただし幅の確保に関しては 2 点の相対的な問題があり、単点での判断は不十分である。よって、P1 地点 x 軸（河川センター側）、P2 地点 x 軸（堤内地側）にある場合は注意が必要（黄）という判断となる。床掘における規格値 ϕ は、10cm 程度で設定するとよいと考える。

次に護岸の規格値設定について図 4-47 に示す。河川工事においてはある一定の流量を確保する必要があるため、河川幅と護岸高さのマイナス管理は望ましくない。よって、x 軸、z 軸方向の規格値は厳しく管理する必要がある。まず、z 軸のマイナスは不合格（赤）となる。P1、P2 地点共に用地境界内で収まっている場合、堤内地側にある方が川幅を確保できるため、出来形としては合格（青）となる。P1、P2 地点のどちらかが河川センター側にある場合、河川幅が確保されていないことがあり得るため、注意が必要（黄）という判断となる。護岸等の構造物における規格値 ϕ は、3~10cm 程度で設定するとよいと考える。

(2) Web 出来形管理システム

情報化出来形検査法を運用するため、Web 出来形管理システムを開発した。評価の方法としては、細かく規格値を定義することで、将来的に多様な工種へ適用できることが考えられるため、座標管理法を採用する。システムは以下の点に配慮し構築した。

1) 開発コンセプト

① Web で情報を共有できるシステム

Web に対応したシステムとすることで、複数の人間がリアルタイムで情報を共有できるシステムとする

② 複数の測量データを一括登録できるシステム

TS から書き出した測量データをできるだけ、一括登録できるようにすることで、監督職員が出来形検査の為の作業を効率化し、転記ミスをなくすることができるシステムとする。

③ 出来形形状の座標と設計形状の座標を自動で比較・評価できるシステム

実測値と設計値のそれぞれ対応した値を判別し、比較・評価するまでを内部で自動的にこなせるシステムとする。

④ 写真データの登録できるシステム

出来形検査の際に撮影した写真をコメント付きで登録できるようにすることで、座標のみでなく写真でも現場を確認できるシステムとする。

これにより、発注者はいつでも現場の進捗状況を把握することができる。さらに出来形管理についても位置の特定が容易で、数値で確認ができるようになる。日程調整等の協議や検査での移動の手間を省くことは、発注者と現場サイド両方にとってメリットである(図 4-48)。

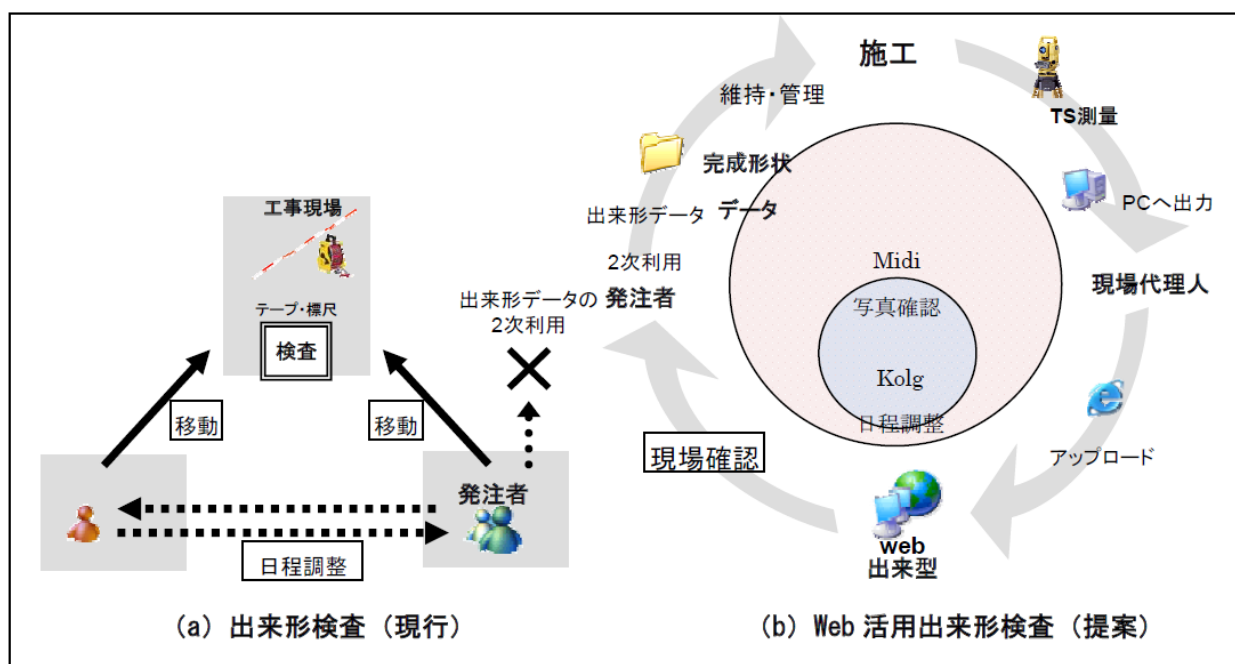


図 4-48 出来形検査方法の流れ

2) Web 出来形管理システムの機能 (概要)

① データの登録

トップ画面 (a) から測量データ (b) を登録する。測量データについては、TS 測量により得られた測量データを SIMA 形式、または APA 形式によって外部メモリに書き出し、システムにアップロードすることで、測量データを断面ごとに一括登録できる仕様となっている。

SIMA 形式とは、メーカーによって様々である測量機器が保持するデータ形式を、異なるシステム、ユーザ間で共有するために、日本測量機器協会(JSIMA)が測量データの標準化をおこない、定めた測量データ共通フォーマットである。一方、APA 形式とは日本測量調査技術協会(APA)が定めた共通フォーマットで平成 11 年に日本測量機器工業会へ管理が移管している。よって、この 2 種類の形式に対応することで、ほぼすべての TS から得られるデータはシステムにファイルで登録することができる。今回の実証では、3 次元設計がなされていないため、あらかじめ、平面図と横断図から、管理断面の変化点における設計形状の 3 次元座標

を計算し、変化点管理ポイントに断面番号を与えシステムに登録した。

② 出来形管理の情報の確認

測量値を登録する際に断面番号と各点の設計値と対応する ID をつける。これにより、システム内で登録された測量値を、どの設計値と比較するかを判別する。2 点から距離を算出し、規格値(ϕ)の範囲内に入っていれば確認画面 (c) で合格、そうでなければ不合格の判定をする。

③ 現場写真の確認

写真閲覧機能より断面を選択し、断面ごとに登録された写真を確認 (d) する。

④ Web3D の表示

設計値や計測値の 3 次元座標、設計形状を Web3D (e) で表示する。



図 4-49 Web 出来形管理システム機能 (概要)

(3) システムの適用結果

受発注者間の協議や情報共有に情報交換場 (Midi+Kolg)、出来形管理に Web 出来形管理システムを適用した。今回の実証では、特に受注者側に操作性が難しいなどの問題も生じることなく、工事完成まで活用された。システム導入により確実な意思疎通が図られ、さらに検査待機による待ちの時間も減少されるなど現場としては高評価であった。

今回実証の出来形管理では、平面 CAD のみの表示が見やすく有用であるため、航空写真を非表示で運用した。Midi 上の GIS 基盤図に平面 CAD 図を登録し、そこに施工段階ごとに完成した出来形管理写真の登録をおこなった。出来形管理で撮影した写真についての登録は現場代理人によっておこなわれた。発注者である監督職員はこれを確認し、その後の作業についての指示をおこなう。図 4-50 に示すとおり、登録された写真には撮影方向が表示されており、出来形管理の写真がどの測点でその方向から撮影されたものか判断が容易であった。

このように、標値と撮影方向を登録することができるため、異なる測点で状況が類似している護岸工事であっても容易に管理した地点を確認することが可能である。同じ測点の写真を閲覧することで、工事の進捗状況把握もおこなうことができた (図 4-50)。施工後も床掘から擁壁完成まで一連の流れを同じ測点で確認できるため、遡及する場合も有効であると考えられる。また、写真を事前に確認することで、安全対策の指示等を早急におこなうことができた。実証で基盤とした平面図は、工事を進めるうえで変更が生じることもあり得る。変更された最終的な平面図については、電子納品のルールとして現場から CAD 図面で納品されることになっている。最終平面図を再度 Midi に登録することをルール化すれば、そのまま台帳として活用することができ、維持管理にそのまま台帳として活用することができ維持管理に役立つものとする。

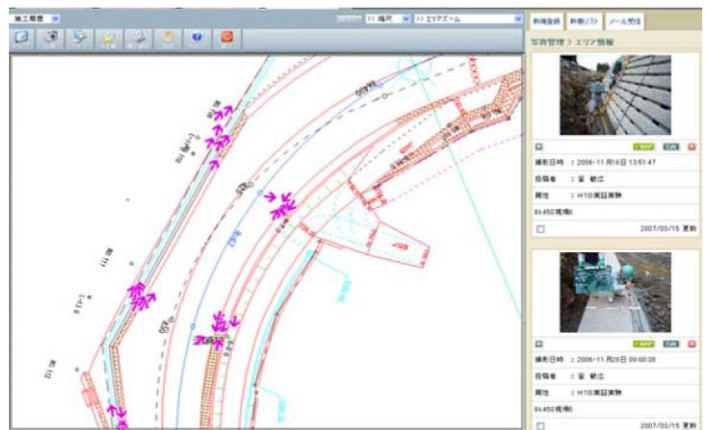


図 4-50 出来形管理写真登録



図 4-51 工事進捗確認

今回の実証は、情報交換場（Midi+Kolg）に別システムである Web 出来形管理システムを追加し運用することの効果検証である。現場で測量された計測結果は、ポイントごとに随時 Web 出来形管理システム上に図 4-52 に示す形で入力され、設計値と比較計算されたものが一定の規格値で自動判別され合否判定される。

L40	-85307.100	+46946.006	79.43				---	NG
L41	-85307.472	+46945.86	79.43	-85307.465	+46945.848	79.421	0.02	OK
L42	-85307.566	+46946.823	79.43	-85307.559	+46946.808	79.422	0.02	OK
L43	-85307.045	+46946.021	79.15				---	NG
L44	-85307.565	+46945.823	79.15				---	NG
L45	-85306.952	+46946.050	79.12				---	NG
L46	-85307.650	+46945.786	79.12				---	NG
L47	-85306.769	+46946.142	78.97	-85306.725	+46946.125	79.943	0.05	OK
L48	-85307.751	+46945.749	78.97	-85307.747	+46945.726	79.956	0.03	OK

図 4-52 Web 出来形管理システム

項の確認等も Kolg でおこない有用であった（図 4-54）。さらに、協議そのものを履歴として残すことで、お互いの確認が適切におこなわれ、確認不足による手戻り工事等は確実に減らすこともできた。

Web3D では、キーボードによって管理断面の表示、正面、左右側面、上下面の表示を切り替え、マウスアクションによって回転や上下左右の移動、ズームといった操作をおこなう（図 4-56）。距離算出型検査で示した管理項目に対応する設計値と計測値、設計形状を Web3D で表示した。護岸工に関する設計値、計測値を直径 1cm の球で表示し、管理基準は各方向 5cm とし直径 10cm の球とした。



図 4-54 Kolg

管理基準の範囲を示す球の色を検査の可否によって変えることで、検査結果を判定できる。表示結果の一例を図 4-57 に示す。座標値だけでは判別しにくい出来形の位置関係を 3次元に可視化することで確認が容易となった。

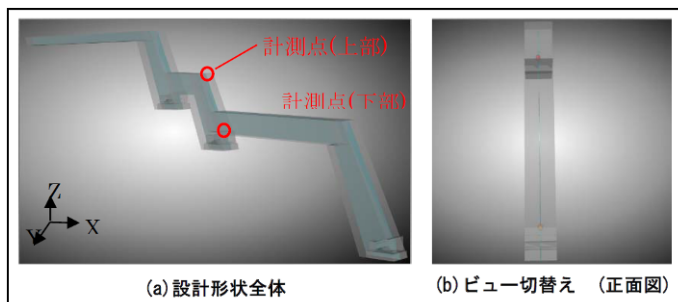


図 4-56 Web3D の操作例

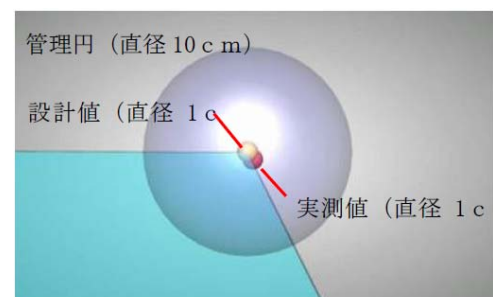


図 4-57 表示結果例

5. おわりに

一般財団法人 日本建設情報総合センター
建設情報研究所 研究開発部 影山輝彰

平成 24 年度より CIM に関わる動きとして、国土交通省の CIM 制度検討会、産側の団体等より構成する CIM 技術検討会が両輪となり意欲的な取組が進められています。また、平成 26 年度より「先導的導入により CIM 導入事業の推進（優位性のある事業を選定）」として、前述の両団体に学側である（公社）土木学会を加えた産学官 CIM の検討も始まりました。

JACIC が主務を務めさせていただいている CIM 技術検討会では、各団体と協業しつつ新たな「建設生産システムのイノベーション」に向けて、これまでの建設 ICT のノウハウを活用し、CIM に関する知識や技術の習得、実施事例、創意工夫、データモデルの具体的な活用方法、現場で発生する様々な課題をサポートする支援体制など、幅広い視点で技術的な課題を継続的に検討しています。

現在、ICT の飛躍的な進歩に伴い、我々の日常生活においてはインターネット、パソコンやモバイル端末の使用が当たり前になりつつあります。これら社会的な変化を背景に我が国の建設分野においても様々な ICT の利活用事例が多く聞かれるようになりました。

私がこの業界に足を踏み入れた約 20 年前においては、パソコンが一人一台の環境になりつつあり、電子メールが普及し始めた頃でした。当時の CAD は非常に高価であり一般的でなかったことを記憶しています。日々の製図にはドラフター、数量算出にはプランメータが主役でした。

図面とは、技術者が頭の中に描いている構造物を誰かに伝えるために図化したものです。そのための作業が製図です。今や世界機械遺産になってしまったドラフターに代わり、作図作業は一般的に 2 次元の CAD、さらには、より設計精度・効率を高めるため、3 次元や 4 次元（+時間）等の CAD が使用されつつあります。

しかし、CIM とは、3 次元 CAD のみを利用することではなく、これまで取組んできた ICT に関わる技術や成果をうまく取り入れて総合的なマネジメントを行うための道具のひとつだと考えています。

CIM に関わる取組み事例は、各団体の活動を通じて意欲的な情報発信が行われています。また、適用する事業段階、関係者の範囲や立場と目的により様々な CIM があります。その結果、初めて CIM を聴く方にとっては難しく理解し難くなっているとも思います。

このため、今後 CIM を理解、普及するためのひとつの方法として、過去に取組んだ事例を取りまとめ広く公開することが急務であると考えました。

そこで、長年これらの研究に携わっている小林教授のご協力を頂き、実際の現場において利活用した足跡をできるだけ詳細かつ具体的に整理致しました。CIM に取組まれる方々の参考や教育・訓練の一助となれば幸いです。本書をまとめるにあたり、ご協力をいただきました方々に謝意を表します。

本書は、一般財団法人 日本建設情報総合センター 平成 26 年度自主研究事業の一環として、熊本大学 大学院自然科学研究科 社会環境工学専攻 小林一郎教授の研究成果の一部を取りまとめたものです。

CIM を学ぶ ～河川激特事業における CIM の活用記録より～
Construction Information Modeling/Management

平成 27 年 6 月 1 日 第 1 版
編集

熊本大学大学院自然科学研究科（工学部 社会環境工学科）小林研究室
〒860-8555 熊本市中央区黒髪 2 丁目 39 番 1 号

TEL 096-342-3598(直通) FAX 096-342-3507

一般財団法人 日本建設情報総合センター 建設情報研究所 研究開発部

〒107-8416 東京都港区赤坂 7-10-20 アカサカセブンスアヴェニュービル 5F

TEL 03-3505-0436(直通) FAX 03-3505-8983
