

## 土木設計分野における新たなBIM/CIM ソリューションによる生産性改革の取組み

## Initiatives for productivity reform with new BIM/CIM solution in civil engineering field

伊東靖\* , 菊池将人\*\*

Yasushi ITOU and Masato KIKUCHI

**ABSTRACT** This paper shows the efforts of productivity reform by the new BIM/CIM solution in the field of civil engineering design. The parametric 3D model can be extremely efficient for changes, corrections and convergence work (simulation).

At the same time, this paper introduces 3D design by parametric design. It is highly accurate and can be highly frontloaded using many design results.

**KEYWORDS**: パラメトリック CAD、パラメトリックモデリング、3D デザイン

Parametric CAD, parametric design, 3Ddesign

## 1. まえがき

本稿は、土木設計分野における新たな BIM/CIM ソリューションによる生産性改革の取組みについて報告するものである。土木構造物の設計は、自動車などの製造業とは異なり、ある設計に対して条件は様々であり、単品生産の構造であり、オーダーメイドの設計を強いられるものである。このことは、生産性に対して非常に不利な事柄であり、我々コンサルの特徴であり足かせであった。そこで、パラメトリック CAD を利用することで、これらの不利益な環境を解決できることが導入のきっかけであった。CATIA は構造物を変数化 (パラメトリック) して 3D 設計を行うため、以下の項目に特徴があり、生産性向上が期待できるものであった。

- ① 計画・設計プロセスを改善⇒膨大な積算作業の改善、積み上げ式の設計プロセスの改善。
- ② 発注者の都合による納品真実の条件変更の対応。
- ③ フロントローディングが容易である。⇒3次元提案により万人に理解されるため、合意形成が円滑に行える。(環境・景観、使用感、施工方法、警察・河川協議の合意が容易である)
- ④ ミスを防止できる。⇒ミスに気が付いた時のやり直しがきく⇒「もう後戻りできない」がなくなる。
- ⑤ 2D に比べて、縦横断・平面図と数量の不整合がない

その際に使用したソフトは、以下である。

- Dassault systems 3D EXPERIENCE (CATIA) : 自由度は大きい習熟に時間が必要
- AUTODESK AECC : 対応ソフトが数種類に分割、連携が煩雑、API により自由度がある。
- 川田テクノシステム V-nasCLair : 国内製の、安価なパッケージ 3Dcad、API はない。

---

\*技術士 (建設部門) パシフィックコンサルタンツ株式会社 本社 事業強化推進部技術統括部長  
(〒101-8462 東京都千代田区神田錦町三丁目 22 番地)

\*\*技術士 (建設部門) パシフィックコンサルタンツ株式会社 国土基盤事業本部 防災危機管理部  
(〒101-8462 東京都千代田区神田錦町三丁目 22 番地)

# 1.1 連携ソフトの利用形態

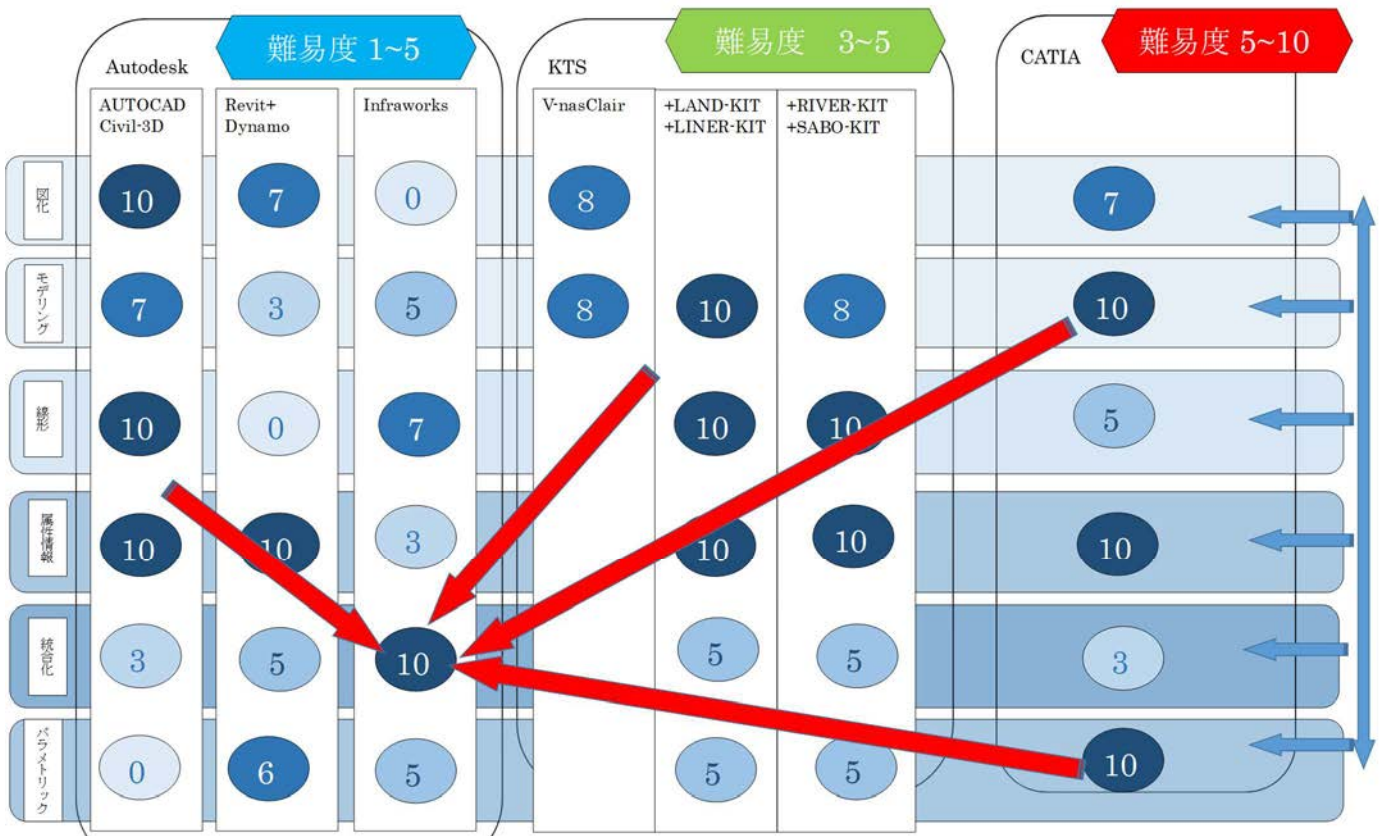


図 1-1 連携ソフトの利用形態

縦軸：(ソフトとしての機能) ①図化・②モデリング・③線形・④属性情報・⑤統合化処理・⑥パラメトリック

横軸：(ソフトベンダー各ソフト) autodesk、KTS、CATIA

10 点満点の丸数字は、そのソフトの機能の優位性を示す。

図 1-1 連携ソフトの利用形態を示す。




図に示す通り、各ソフト会社の各ソフトによって、まちまちであり、業務内容によって使用ソフトを変更する必要性が生じている。

現在のところ、統合化処理においては、autodesk 社の infraworks、Navisworks が一歩先であり、各 3 次元出力をこの 2 本に集約している例が多い。

縦軸に、BIM/CIM に用いる CAD の作成内容により、選ぶ CAD ソフトが異なってくる。

我々はこの作業出力の操作性と速度や自由度によりソフトを選択している。

どんなに操作性が良くても、汎用性がなければ推奨ソフトになりえない。しかし汎用性があるが操作難易度が高いソフトは教育が不十分な場合に機能が発揮されない。

- ※ 1 Dassault systems 3D EXPERIENCE (CATIA) 
- ※ 2 AUTODESK AECC 
- ※ 3 川田テクノシステム V-nas Clair 

## 2. 橋梁予備設計の課題と CATIA の活用

### 2.1 現状の課題

課題①：膨大な作成図面

1. 作成する図面が多く、図面作成に時間と手間がかかる。
2. 検討中の条件変更などにより、図面の修正を余儀なくされることがある。
3. 微修正であっても図面を一から作成せざるを得ないことがある。

課題②：ストックを生かせていない

1. 設計案件ごとに、図面を一から作成している。
2. 数十年手間のかかる作業を繰り返してストックを生かせていない。

### 2.2 CATIA 活用

活用①：パラメトリック設計

1. 径間数、柱幅等の橋梁構造をパラメータ化し、数値設定で自動設計ができる。
2. 部材高さ等のルールをモデル化することで、再計算せずに検討モデルを作成できる。
3. パラメータ値を変更することで、瞬時に比較検討ができる。

活用②：モデルのストック

1. 一度作成した橋梁の各部材をモデル化することで、他橋梁にも流用できる。
2. モデルのストックを増やすほど、さらなる効率化が見込める。

### 2.3 CATIA 活用実用例

当社開発のオブジェクト例を示す。

図 2-1 鉄道ラーメン橋の例

図 2-2 曲線鋼歩道橋の例 (その 1)

鉛直資材 10 本の例

図 2-3 曲線鋼歩道橋の例 (その 2)

鉛直資材 20 本の例

この例は、ラーメンの径間数や鉛直支材の本数をロジック化して作成していることから短時間に変更が可能である。



図 2-1 鉄道ラーメン橋の例

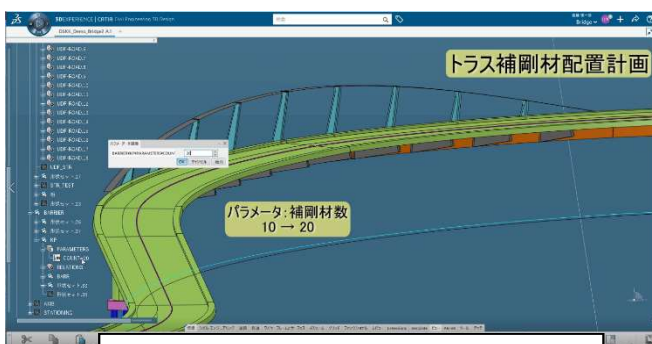


図 2-2 曲線鋼歩道橋の例 (その 1)



図 2-3 曲線鋼歩道橋の例 (その 2)

### 3. 橋梁詳細設計の課題と CATIA の活用

#### 3.1 現状の課題

課題①：条件変更による図面修正

1. 作道路高さ等条件が変更となった場合、配筋図面では鉄筋 1 本ずつ最初から書き直すという膨大な手間が発生する。

課題②：2次元図面間の不整合

1. 一部でも修正が生じると、関連する図面類を全て修正するため、図面間不整合が生じやすく、ミス発生の要因となっている。数十年手間のかかる作業を繰り返してストックを生かしていない。

#### 3.2 CATIA 活用

活用①：配筋の自動生成

1. 配筋の自動鉄筋かぶり、ピッチを設定することにより、自動で配筋できる。
2. 梁と柱の鉄筋が交錯する部分について、3次元で自動干渉チェックができる。
3. フーチング下面鉄筋で杭頭鉄筋を避ける場合などの不等間隔の配筋にも対応できる。

活用②：配筋の自動修正

1. 配筋を要する構造寸法を変更すると、モデル内の配筋も追隨して変更される。
2. 条件変更があっても再度配筋図を修正する必要がなくなる。

活用③：2次元図面との不整合回避

1. 3次元モデルで修正し、2次元図面を出力するため、2次元図面間の不整合は生じない。
2. 条件変更があっても再度配筋図を修正する必要がなくなる。

#### 3.3 CATIA 活用実用例

当社開発のオブジェクト例を示す。

図 3-1 鋼 3 径間連続鈹桁橋の例

図 3-2 基礎フーチングの例（その 1）

フーチング幅変更前

図 3-3 基礎フーチングの例（その 2）

フーチング幅変更後

フーチングと鉄筋を連動するようにロジックを組んでいることでフーチング長さに連動して鉄筋も追隨する。

鉄筋の自動生成から修正できるシステムを完成させた。



図 3-1 鋼 3 径間連続鈹桁橋の例

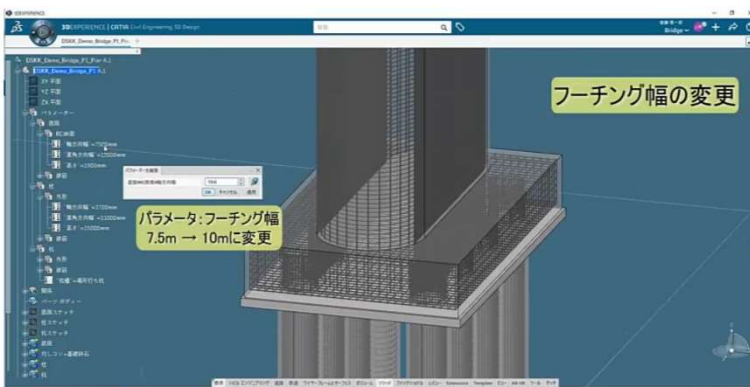


図 3-2 基礎フーチングの例（その 1）

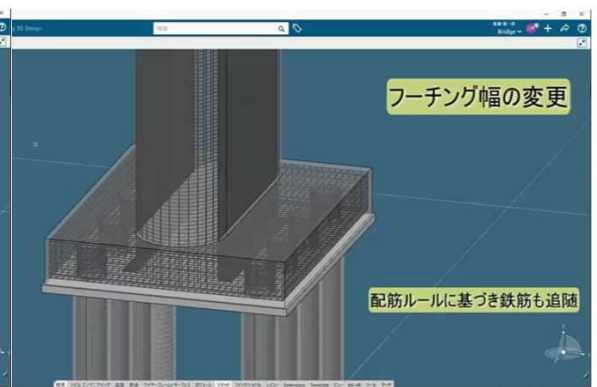


図 3-3 基礎フーチングの例（その 2）



#### 4. 砂防ダム設計の取組

昨今、頻発する土砂災害から命を守るために、砂防ダムの整備業務が多く、作業期間も満足に与えられないことが少なくない。(写真 4-1 参照)



写真 4-1 被災状況とダム工事状況

昨今の災害対応の観点からシステムの完成が急務であった。

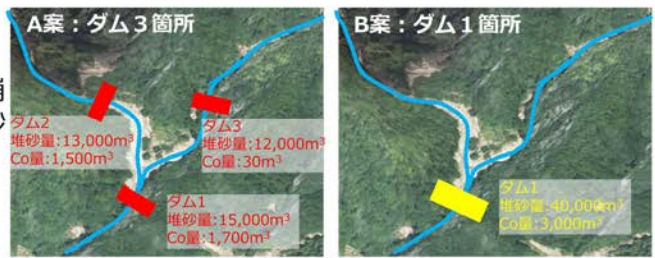
下記にダム配置計画の業務を展開する。(図 4-1 参照)

ダムの配置計画では、その配置個数と堆積土砂量を求める必要がある。従来この作業にかかる日数は熟練の作業員が 1 パターンに 4~5 日かかるものであった。このシステムでは、多くても 1 日で 1 パターンを終わらせることができ、その正確性は、従来に比較ならないほどである。

最適配置の検討には、1 ヶ月を要していたものが 1 週間以下でさらには、検討数も多く妥当性と正確性は比較にならないことが明らかになりつつある。

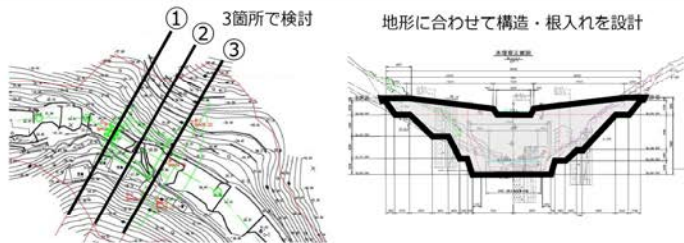
#### 砂防ダム配置計画

- 流域内で崩壊している、あるいは崩壊しそうな土砂量を止めるために砂防ダムを配置。
- 最も効率の良い(工事費、施工性等)砂防ダム配置箇所を検討



#### 砂防ダムの設計

- 設置位置の微調整
- 設計基準に則り、ダム形状、ダム高さ、根入れ深さ、水叩等を設計
- 工事用道路も併せて設計



#### 施工業者による施工

図 4-1 砂防ダムの配置計画から設計まで

## 4.1 現状の課題

課題①：トライ&エラーによる検討

1. 配置計画では、複数個所でコンクリート量及び堆砂量を計算する必要がある。
2. 最も効率的な位置・構造を決めるために、計算のトライ&エラーを繰り返している。
3. 微修正であっても一から再計算せざるを得ない。

課題②：発災後の計画・設計

1. 短時間での計画・設計・施工の要請に対し迅速に対応したい。

課題③：ストックを生かせていない

1. 案件ごとに、図面同様の作業を行い、配置検討・設計をしている。

## 4.2 CATIA 活用

活用①：モデルのストック

1. 一度作成した砂防ダムをモデル化することで、他案件にも流用でき、モデルのストックを増やすほど、さらなる効率化が見込める。梁と柱の鉄筋が交錯する部分について、3次元で自動干渉チェックができる。
2. フーチング下面鉄筋で杭頭鉄筋を避ける場合などの不等間隔の配筋にも対応できる。

活用②：モデル化とパラメトリック設計

1. 設計基準に則りモデル化することで、設置箇所を決めることで自動で設計することができる。
2. ダムの高さ・幅、根入れ等をパラメータ化し、形状を数値で変更することができ、副堤等の付帯構造物も本堤の形状に応じて自動で設計される。条件変更があっても再度配筋図を修正する必要がなくなる。

活用③：堆積土砂量の自動計算

1. 上流側地形と砂防ダムの形状から堆積土砂量を自動計算することが出来る。
2. 砂防ダムの形状を変更すると、堆積土砂量が自動で再計算されるため、トライ&エラーの検討が劇的に効率化される。逆算も可能。

## 4.3 CATIA 活用実用例

### (1) 土量の自動計算

当社開発の砂防堰堤の配置オブジェクト例を示す。

図 4-2 砂防ダムを配置した自動土量計算の例

図 4-3 砂防ダムの位置を変更後の堆積土砂量計算の例

ダム位置の変更後の堆積土砂量計算まで数十秒で完了する。

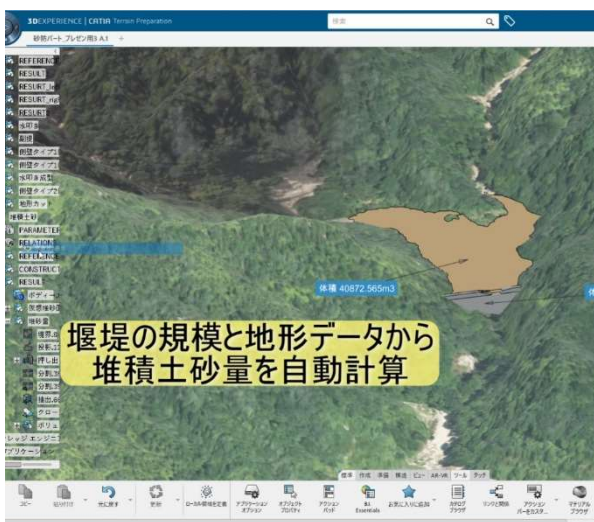


図 4-2 砂防ダムを配置した自動土量計算の例



図 4-3 砂防ダムの位置変更後の土砂量計算の例



## (2) 形状の変更に伴う自動計算

図 4-4 砂防ダムの高さ変更計算の例

図 4-5 砂防ダムの根入れ自動計算例

当社開発の砂防堰堤オブジェクト

高さ変化・堆積土砂量の追従が可能である。また地質・地形・地質に合わせて根入れの段数・勾配を変更してダム形状を変更することが可能である。



図 4-4 砂防ダムの高さ変更計算の例

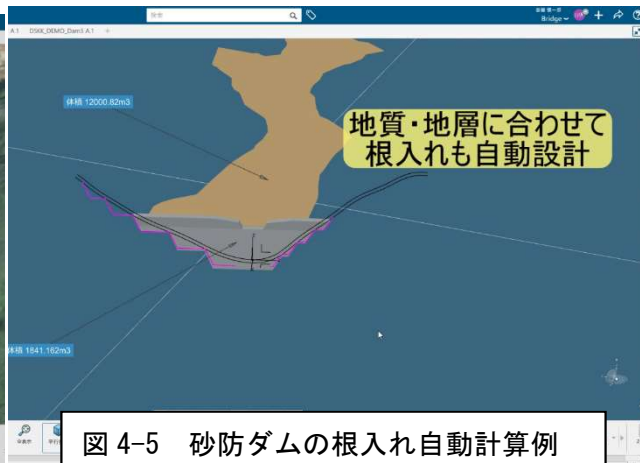


図 4-5 砂防ダムの根入れ自動計算例

図 4-6 堆積土砂量から堤体規模を逆算の例

図 4-7 収束自動計算例

当社開発の砂防堰堤オブジェクト例

堆積土砂量から堤体規模を逆算の例で堆積土砂量を指定すると満足する堤体高さを計算する。



図 4-6 堆積土砂量から堤体規模を逆算の例



図 4-7 収束自動計算例

配置した堰堤の移動や形状変化・堆積土砂量の追従が可能である。

### (3) 副堰堤・工事用道路の自動設計

図 4-8 副堰堤・水叩・側壁護岸

図 4-9 工事用道路の入力例

図 4-10 工事用道路の土量自動計算例

これらの自動化することにより概算工事費の数量をより早くつかむことができ、設計の妥当性や正確性をより早く高度な検討結果を輩出できる。

特にこのような従来では平均断面法による積み上げ計算を余儀なくされていたが、我々の構築したロジックでは時間短縮を可能にしている。

CATIA の優れている点は、汎用性を失ってしまう従来型の販売ソフトでは対応でき得ない部分を即座に修正・改善できる点にあり、究極のエンジニアツールと認識している。ただし、そのノウハウや習熟には、根気と投資資産が必要であることが難点である。

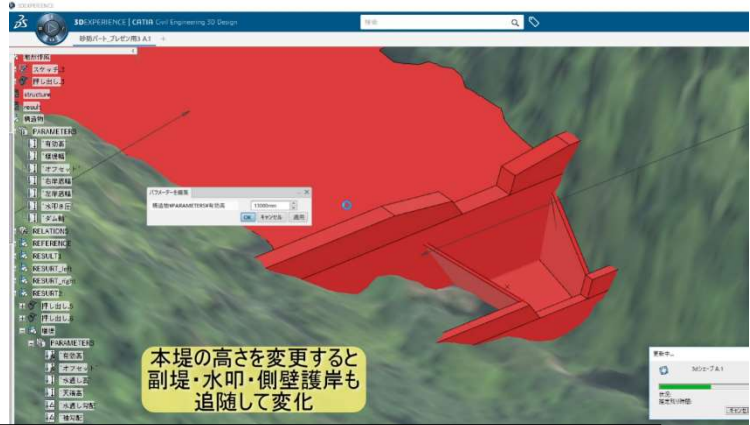


図 4-8 副堰堤・水叩・側壁護岸の自動計算例



図 4-9 工事用道路の入力例



図 4-10 工事用道路の土量自動計算例



## 5. まとめ

- 3Dモデルがパラメトリックであることは、変更や修正・収束作業（シミュレーション）に対して絶大な効率化が発揮できる。
- ストックされたモデルを活用し、形状ロジックを変更することで新規の3D設計が可能のため、設計作業内容の項目が大幅に削減される。
- 該当 BIM/CIM 用のソフトがない場合や適応できない特殊形状であったとしても CTIA はロジックを改良していくらでも量産できる。⇒ベンダーの開発を待たなくてよい。待つ必要がない。
- 3Dモデルのストックを増やすことにより広範囲の設計業務に対応でき、モデル改良も併せることで使い込むほどに生産性が向上される。
- パラメトリックデザインによる3d設計を本格導入することで精度が高く多くの検討結果を用いた高度なフロントローディングが可能である。
- これらの設計プロセスの改革による時短化は、土木業界に付きまとう重労働のイメージ改善に大きく貢献でき、デジタルデータによる働き方は今の生活様式により適応し得ると考える。

## 6. 今後の課題

- CATIA に構造計算や線形計算ロジックを埋め込むことによるさらなる効率化が期待できる。
- 計算ロジックを埋め込む特殊部門及びアウトソーシング先の発掘が急務である。
- CATIA を使いこなせるエンジニアの教育の問題を解決し、生産性改革に弾みをつけたい。
- これらの人材を増強することが急務である。

## 参考文献

- 1) 国土交通省：CIM導入ガイドライン，[H29.3.31]
- 2) 国土交通省：CIM事業における成果品作成の手引き，[H29.3.31]
- 3) 国土交通省：データ交換を目的としたパラメトリックモデルの考え方（素案），[R2.3]