

設計プロセスの効率化・高品質化に向けた3次元設計支援システムの開発

ど b (株)建設技術研究所 正会員 ○坂本達俊 正会員 鶴飼 隼
 // 正会員 古野貴史 正会員 薄井正幸
 // 正会員 藤田 玲

1. はじめに

近年, Society5.0 に向け, 土木分野においては, 3次元データにより建設プロダクトサイクルの効率化・高度化を図るための BIM/CIM の導入・推進が加速している。3次元データを用いた設計には大きな期待が寄せられている¹⁾が, 多くの設計現場では, 図面を使用した従来のワークフローのまま, 図面作成後に3次元データが作成・活用されるなど, 3次元データは設計プロセスの効率化・高品質化にほとんど寄与できていない現状である。本稿では, 樋門・樋管, 橋梁下部工を対象として, 設計プロセスの最初から3次元データを用いることで, その効率化・高品質化・高度化を図ることを目的とした3次元設計支援システム開発・ワークフロー改善の取り組みを報告する。

2. ワークフローの改善

従来のワークフローでの設計エラーを分析し, 3次元データを情報媒体として活かすため, 3次元設計のワークフローへの見直しを行った。従来の予備～詳細設計の主な流れは, 3次元設計においても変わらないが, 見直しのポイントを以下に示す。

- ・情報伝達のシームレス化: これまで人の手で付加情報を付けずに行っていたタスク間の情報引き渡し作業(例えば, 技術者が図面を見て構造計算システムに部材厚を入力する等)は, ミス・エラーの発生要因となるため, できるだけ自動化する。
- ・設計手順の標準化: 設計はトライアンドエラーによる最適化のプロセスそのものである。特に, その要素の強い予備設計プロセスでは, 技術者の知識・技術力により, 手順が異なり, 手戻りが生じやすくなる等, 品質にバラツキが生じていた。概略形状の初期値設定の考え方や設計手順の標準化を行った。
- ・評価の効率化・高度化: 設計は, ただの3次元モデリング作業ではなく, 技術者が段階的に「基準に

適合しているか」「パラメータが的確であるか」を評価し, 関係者に根拠を説明できるものでなくてはならない。各主体が実施すべき評価内容を切り分け, ワークフローでの評価方法を再検討した。

3. 開発システムの概要

システム開発は, ワークフローの中で3次元形状・属性情報のコントロールを行うデータベース開発, データベースと各タスクで用いる3次元CADや構造計算ソフト等の専門プラットフォームを連携させる外部インターフェース開発に分けられる。

河川構造物樋門・樋管は, 予備設計(詳細度100~300), 橋梁下部工は詳細設計(詳細度300~400)のワークフローを対象とした。以下に概要を述べる。

(1) データベースの開発: データベースは, プロトタイプとして, Excel上で動作することを前提として, ワークフローで使用するために必要な基本要件を表-1のように定義し, 対象構造物毎にデータベースの設計を行った。定義したパラメータは, 形状に関するものだけでなく, 適合性を評価するために技術基準の種類, 考え方のパターンや計画値等の情報も含まれている。また, 樋門・樋管, 橋梁下部工のそれぞれの構造物・ワークフローの特徴を踏まえ, 表-2の機能の実装を行った。

表-1 データベースの基本要件

要件	対応
対象構造物の形状を問題なく表現でき, 専門プラットフォームとの互換性のよいパラメータ設定	データベースの形式は Key-Value 型で, パラメトリックモデリングの考え方を基本に, 独自のパラメータの定義を行った。
技術者がパラメータを適切に設定・評価できるデータ管理機能	部材毎に形状や考え方等のパラメータを管理する UI, パラメータ間の拘束・相関関係を管理するアルゴリズムを作成した。
専門プラットフォームと連携するためのアウトプット機能	中間ファイル(Excelシート, CSVデータ)を介して, 外部システムと連動させる。

キーワード BIM/CIM, 3次元設計, ワークフロー, データベース, 設計支援システム, パラメトリックモデリング

連絡先 〒103-0014 東京都中央区日本橋蛸殻町2-14-5 (株)建設技術研究所国土文化研究所 TEL03-3668-0694

表-2 構造物の特徴とデータベース開発における対応

項目	特徴	対応
樋門・樋管の予備設計	<ul style="list-style-type: none"> ・構造物の形状や拘束関係が複雑で、パラメータ数が多い。 ・概略形状で設置位置を決定するため、約400個のパラメータの初期設定が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ・設計初期に設定可能な数十個のパラメータから、詳細度300に必要な約400個のパラメータを推定する機能 ・パラメータ間の拘束関係・基準の適合性を漏れなくチェックできる適合性判定機能
橋梁下部工の詳細設計	<ul style="list-style-type: none"> ・構造物の形状は比較的単純であるが、業務で複数の類似形状の橋脚を高い詳細度で設計する必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・詳細度の高い3次元モデルのパラメータを効率よく、直感的に入力可能なユーザーインターフェース ・構造計算と3DCADパラメータの整合性を確認する機能

(2) 外部インターフェース開発：図-1に示す、構造計算ソフト、3次元CAD、数量計算書との連携インターフェースを開発した。3次元CADは、インターフェースの開発が可能なソフトウェアより選定している。樋門・樋管では、ゲートや上屋など、土木だけでなく機械・建築部門とのモデル交換が必要であることから、社内で広く使われているAutodesk社の製品を選定した。橋梁下部工では、詳細設計に必要な高い詳細度のパラメトリックモデリングが可能なダッソー・システムズ社の3DEXPERIENCE CATIAを選定した。いずれもデータベースと連動し、必要な詳細度のモデルを自動モデリング、自動図化が可能で、システムで設定したパラメータを3次元的に確認することや、図面出力することが可能である。

インターフェース開発が可能であれば、様々な専門プラットフォームとデータ連携が可能であることもこの開発方式の強みである。

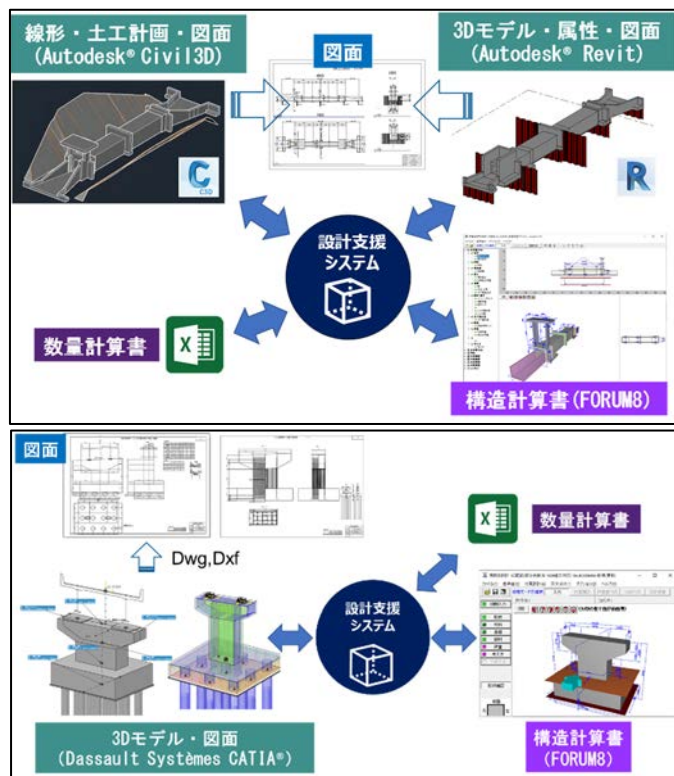


図-1 外部インターフェース開発の概要
(上：樋門・樋管，下：橋梁下部工)

4. 開発システムによる効果

本システムは、2021年12月に社内向けにリリース・実務での試行が開始され、その効果は検証中である。確認された効果の一例を挙げると以下のように、効率化および品質向上に大きな効果が期待される。

- ・樋門樋管の予備設計：従来、配置計画の1案の作成に技術者とCADオペレータの2名体制で2日間程度要していたが、システムにより技術者1人が2～3時間程度で作成可能となった。
- ・橋梁下部工の詳細設計：システムにより、3次元モデル、図面、構造計算、数量計算書との整合性が自然と図れるようになり、これまで膨大な時間をかけていた整合性の照査作業が不要となった。

5. おわりに

3次元データ等のデータベースを媒体とし、設計の各タスクをシームレスに連動させるシステム開発およびワークフローの改善により、設計の効率化・高品質化に一定の成果が得られた。これには、モデリングを自動化するシステム開発効果だけではなく、例えば、技術者の指示の下CADオペレータが図面を作成するタスクを、技術者が設定したパラメータで直接自動モデリング・図化を行うタスクに改善した、ワークフロー改善効果も大きく影響している。ワークフローの改善には、従来、技術者が経験的に実施していた形状設定・評価およびその手順をナレッジパターンとしてアルゴリズム化・標準化していくことが必要で、本システムは標準的な形状にしか対応できておらず、まだ課題が残っている。今後も実務での試行を通じ、システムの改善、ワークフローの拡充を行う予定である。

参考文献

- 1) 3次元データによる構造物の設計手法に関する基礎的な考察, 2021年6月, 国土文化研究所年次報告19, PP25-28, https://www.kengi.msapproxy.net/kokubunken/annual-report/pdf/2020_all.pdf