

構造物の 3 次元設計支援システムの開発（その 2：樋門・樋管）

(株)建設技術研究所 正会員 ○坂本達俊 正会員 吉田太輝

// 正会員 古野貴史 正会員 薄井正幸

// 正会員 藤田 玲 正会員 鵜飼 隼

1. はじめに

近年、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が、多くの設計現場では、ワークフローの改善が進まず、3次元データが設計プロセスの効率化・高品質化に十分に寄与できていない現状である。

そこで筆者らは、設計ワークフローの最初から3次元データを用い、その効率化・高品質化・高度化を図るための3次元設計支援システムおよびワークフロー開発を行ってきた。昨年度は、橋梁の詳細設計、樋門・樋管の予備設計を対象としたシステムの報告を行ったり、本稿では、樋門・樋管の詳細設計における配筋自動モデリングシステムの開発を報告する。

2. 開発システムの概要

本システムのワークフローを図-1に示す。本システムは、樋門・樋管の函渠に対し、構造計算ソフトから外形形状および配筋情報を読み込み、設計者が配筋計画・割付を検討するシステムである。システムから出力されるデータは、弊社が開発したインターフェースにより、3D-CADで読み込み、3D鉄筋モデルおよび配筋図の自動作成が可能である。以降、本システムの特徴を述べる。

(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上で動作し、配筋モデルをパラメトリックにモデリングできるように設計を行った。定義したパラメータは、表-1のとおり、函渠の外形形状に関するパラメータが15個程度であるのに対し、配筋要領では80個、鉄筋形状・割付では270個程度となる。実際に配置する配筋の本数は函渠の形状によるが、12m程度の延長の樋門・樋管では、900～1200程度の鉄筋本数となる。

ユーザー入力を最小限とするため、配筋要領から鉄筋の形状・割付への変換は、「土木構造物設計マニュアル」²⁾の考え方等をアルゴリズム化することで、完全に自動化を行っている。自動割付結果は、ユーザーで細かく修正することも可能である。

表-1 データベースのパラメータ定義の概要

項目	パラメータ数	例	作成方法
函渠の外形形状	15	内空高 頂版厚 等	構造計算ソフトからの読み込み
配筋要領	80	芯かぶり 鉄筋ピッチ 鉄筋径 等	構造計算ソフトからの読み込み、 ユーザー入力
鉄筋形状・割付	270	鉄筋の寸法 曲げ半径 フック長 等	アルゴリズムによる自動生成(ユーザーで変更可)

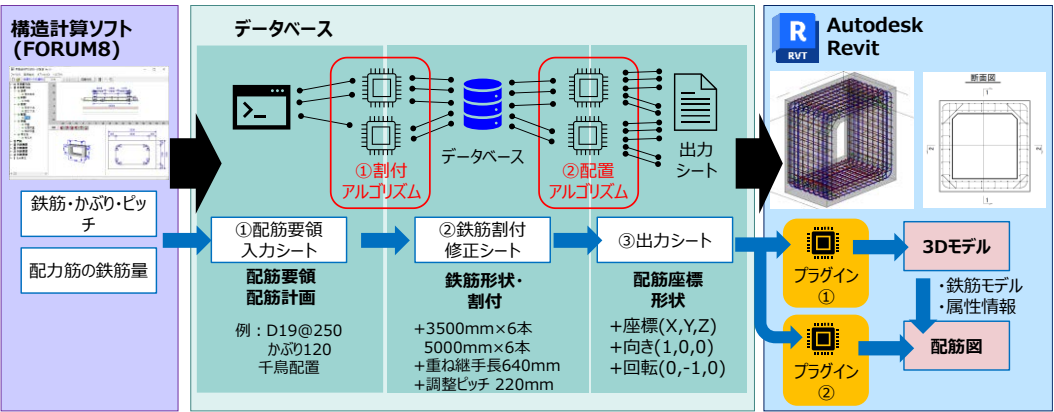


図-1 本ツールによる函渠の配筋モデル作成のワークフロー

キーワード BIM/CIM, 3次元設計, 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, 3D配筋モデル

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 TEL 03-3668-0694

(2) 鉄筋の配置アルゴリズム

データベースで設定された配筋要領・鉄筋形状・割付に対し、鉄筋 1 本毎の形状・座標・向き等の配筋モデルデータに変換する鉄筋配置アルゴリズムを開発した。このアルゴリズムで生成される配筋モデルの詳細度は、従来図面が指示してきた詳細度を目安とし、設計の目的である①積算のための数量算定・図面作成、②施工に必要な設計情報の引き渡し、③設計の検討等を達成するための最小限のものとした。

しかし、従来図面による鉄筋の組立指示は、そのままでは図-2 左のような主筋の干渉が生じるなど曖昧な部分があり、現状、施工段階で、図-2 右のように、ハンチ筋を縦断方向にずらすなどの対応をしている。

本システムでは、操作台や門柱部など、鉄筋の干渉が問題となるような部位では、従来指示してきた詳細度 400 だけでなく、施工用に鉄筋の干渉を避けた詳細度 450 の鉄筋配置アルゴリズムも実装し、詳細度を切り替えることで、この課題に対応する予定である。

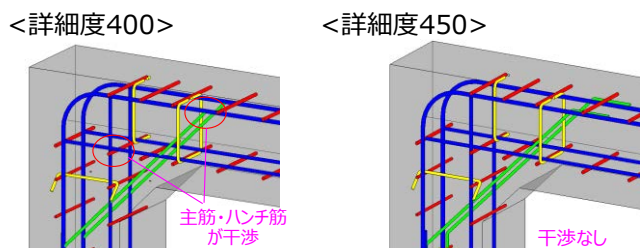


図-2 詳細度 400 モデルと詳細度 450 モデルの違い

(3) 3D-CAD 用インターフェースの開発

3D-CAD は、弊社の樋門・樋管予備設計におけるシステムで用いている Autodesk 社 Revit を対象とした。Revit への配筋モデルの読み込みは、Revit API を使用し、Revit 上で動作するプラグインとして開発した。このプラグインは、システムが鉄筋配置アルゴリズムにより出力した鉄筋 1 本毎の形状、配置座標、配置ベクトル、属性情報を読み込み、そのまま Revit の構造鉄筋に変換する汎用性の高いものであり、他の工種の配筋モデルの自動化にも転用可能である。

また、作成した配筋モデルに対し、配筋図の断面切り出しを行うプラグインも合わせて開発している。

(4) 鉄筋割付に対する照査機能

データベースで設定された配筋要領・鉄筋形状・割付が構造細目に従っているかは、3D モデルの見た目やパラメータだけでは判断しにくい。そこで、これら

を判定するための照査機能を実装した。照査項目は、部材の最小鉄筋量、最大鉄筋量、純かぶり、定尺鉄筋の使用状況、重ね継手長などである。

3. システムの課題

本システムで出力される配筋図は、配筋断面の切り出しに留まり、寸法やタグ記号などはユーザーが手作業で実施する必要がある。今後、鉄筋径や鉄筋のタグの旗揚げなど、ユーザーのミスが重大なエラーに繋がるものを優先し、実装する予定である。

本システムで作成された配筋図は、3D モデルをそのまま切り出しているために、例えば重ね継手の位置、組立筋が分かりづらい表現となっている。弊社で開発した橋梁のシステムでは、図面表現用にモデルを追記するなどの対応を行っており、今後、人が見て分かりやすい 2D 表現機能を向上させていく。

4. 今後の展望

本システムは、2022 年 12 月に社内向けに β 版がリリースされ、その効果を検証中である。類似システムにおける検証結果より、配筋モデルを作成する時間のみに着目した場合でも、従来作業時間の 9 割以上の省力化効果があることが期待されている。しかし、樋門・樋管の詳細設計で使用するためには、少なくとも本体外の他の部位である遮水壁、胸壁、門柱、操作台も同様の開発を行う必要があり、実務での実用化にはまだ時間が必要である。

本開発で函渠の配筋データベースおよびその生成アルゴリズムが確立したことにより、今後、鉄筋ロス率を最小化するための最適化計算など、さらなる設計の高度化に向けた開発も見込まれる。

本システムで作成されたデータが施工段階で活用されるためには、データベースに対する交換定義の共通化、設計から施工に引き渡す 3D モデルの詳細度を明確にしていく必要がある。

参考文献

- 1) 坂本達俊ほか：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、第 77 回土木学会年次学術講演会 VI-40、令和 4 年 9 月
- 2) 国土交通省：土木構造物設計マニュアル(案)に係わる設計・施工の手引き(案)[樋門編]、平成 13 年 12 月