

2次元設計を3次元設計に転換するための CIM 対応に向けた新たなワークフローの検討

ー建設 ICT 教育に向けた函館高専における3次元設計の教育を通じてー

山崎 俊夫¹

¹正会員 函館工業高等専門学校准教授 社会基盤工学科 (〒042-8501 北海道函館市戸倉町 14-1)
E-mail:toshi_ya@hakodate-ct.ac.jp

建設 ICT 教育の重要性が高まっていることから、筆者は函館高専において3次元設計の教育に取り組んでいる。AutoCAD で作図した構造物の輪郭線を、SketchUp で面に変換したうえで立体化している。このため2次元設計の段階では3次元の形状を認識できていないと考えられる。実際の設計図から3次元モデルを制作することは困難であり、2次元図面から3次元モデルを想起する高い空間認識能力が必要である。熟達した設計者の頭の中には3次元の構造物が完成している。設計の当初より3次元モデルに取り組み、これを2次元の平面に投影すれば、2次元の設計図を制作できる。AutoCAD(3D)はソフトウェアのレベルで、こうしたワークフローに対応している。CIM が進展する建設業界に対応できる若者を育成するためには、新たなワークフローに基づいた教育が必要である。授業を通じて新たなワークフローを示し、3次元設計を実践する意識を醸成することが今後の課題である。

Key Words: three-dimensional design, construction ICT education, construction information modeling

1. 研究の背景と目的

建設業界において BIM/CIM が進展している。建設技術者を育成する教育機関においても建設 ICT 教育の重要性が高まっている。筆者は、函館工業高等専門学校（以下、本校）での組織改編を契機に、社会基盤工学科の新カリキュラムにおいて、3DCG 教育を授業に取り入れた。

AutoCAD で作図した橋梁側面図を基にして、SketchUp で3次元立体化する。これは、3年生を対象とした図学教育における3次元設計の試みである。AutoCAD による2次元設計では、起点となる座標を指定して、線の長さや向きを指定して作図する。AutoCAD により最終的に作図された橋梁側面図は、線の集合体である。SketchUp では、線の集合体を面に変換したうえで3次元立体化する。端点で順に結ばれた線分で囲まれた図形を、SketchUp において輪郭線をトレースして面に変換する。AutoCAD で四角形を描いた場合、輪郭線は描かれても内部は描画されず空白のままである。SketchUp では、この4本の線分から面を作成したうえで、3次元立体化する。AutoCAD による作図の段階では、3次元による形状認識が行われていないのではないかとこの疑念がある。3次元の立体を面で構成する、あるいは3次元の立体が面で構成されているという意識を、授業を通じて醸成することができているか検証が必要である。

また、教材開発の過程で、2次元 CAD 図から3次元モデルを作成した。その作業過程において、2次元 CAD 図から3次元モデルを作成するうえで、熟練者でなければ対応できそうにない困難さを実感した。CIM を進めるうえで、現場の担当者などから2次元 CAD 図と3次元モデルの両者を制作することに対して、業務の負担増大が指摘される理由が実感された。

2次元 CAD 図から3次元モデルを製作するワークフローを、設計当初から3次元で取り組み、3次元モデルから2次元の設計図書を制作するワークフローに変更する必要がある。本論は、こうしたワークフローの転換を視野に入れて、本校における今後の3次元設計の教育方法について考察するものである。

2. 函館高専における3次元設計の教育の現状

(1) 橋梁の3次元設計のワークフロー

第3学年の必須科目「建設 CAD・図学」は、通年の授業科目であり、1年間に32回開講される。前期16回の内、計6回においてCGの講義（座学）を行い、後期16回の内、計4回において3次元設計を行っている。（図-1参照）

要である。しかし、空間認識能力が身に付いていない状態で、前記の方法により CAD 製図を行うと、図面の単純な模写に陥ってしまう。それでは、社会に出てから即戦力となるスキルを身につけることはできない。空間認識能力を高めるためには、設計製図を 3 次元により始めることが必要である。CIM が進展する建設業界で技術者となるべき若者を送り出す教育機関においては、業界全体で変革しつつあるワークフローに対応する技術者の育成が必要である。

3. 設計図から 3 次元モデルを作成する過程での問題点・課題

(1) 設計図から 3 次元モデルを作成する理由

近年、アクティブラーニングによる授業を実践するためのデバイスとしてタブレット端末の活用が進んでいる。そこで、20~40 名を対象としたスクール形式の授業に採用する教材の開発に取り組んだ。



図-5 函館新外環状道路の橋梁位置図

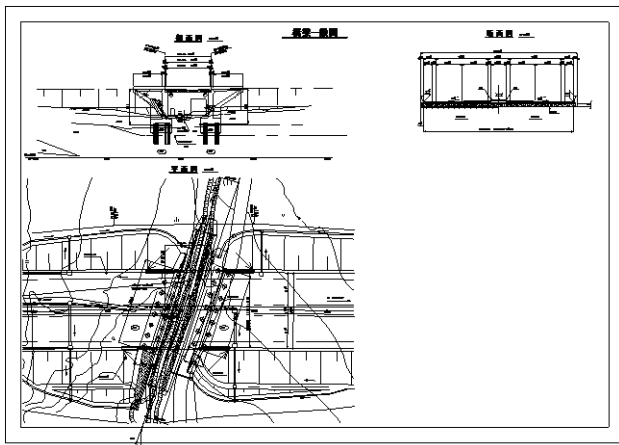


図-6 「中野川橋」橋梁一般図

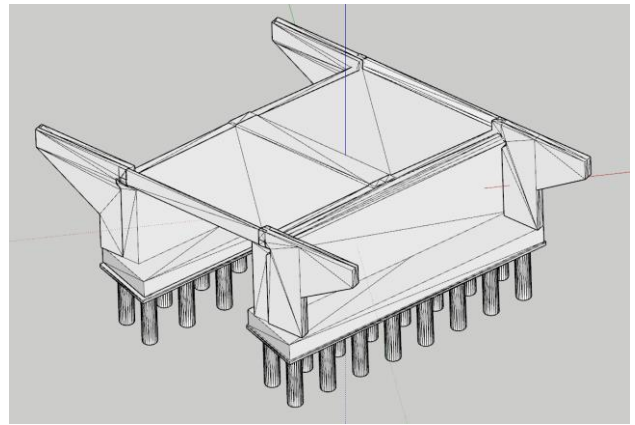


図-7 「中野川橋」3次元モデル

想定した教材イメージは、三面図と設計図と 3 次元モデルを組み合わせて、画面操作により場面転換するものである。タップ、フリックなどの画面操作で、三面図と設計図、3 次元モデルの間を移動し、自由に拡大縮小できる。3 次元モデルは様々な視点から観賞可能である。これにより橋梁の設計に関する理解を深めることができると考えた。

この教材を開発するためには、橋梁一般図から 3 次元モデルを制作することが必要であった。

(2) 対象とした橋梁（構造物）の概要

対象の構造物は、後日に現場見学が実施可能なことから、本校の近傍に位置しており既に完成している道路橋を選定することとした。

対象とした橋梁は、函館新外環状道路に関連する橋梁である。同道路は、函館市外延部を同市桔梗町から古川町に至る延長約 15km の地域高規格道路である。現在、供用されている区間より、中野川橋と亀田中野跨道橋、赤川跨道橋の 2 つの跨道橋を対象とした。

(3) 3 次元立体化の手順と方法

3 次元モデルを制作するために、まず橋梁一般図と構造図より、平面図（上面図）、立面図（正面図）、側面図を作成した。これらを基に 3 次元モデルを作成した。

提供を受けた設計図（橋梁一般図）は AutoCAD で作成されていた。AutoCAD で設計図データを開くと、多数のレイヤーに分かれていた。これらのレイヤーより、側面図を作成する場合であれば、側面図に関係するレイヤーのみを残し、残したレイヤーにおいても不要なデータを削除した。

側面図として残すべきデータを選別する際、完成した姿を想起することができなければ困難である。また、亀田中野跨道橋のように、三面図の各面と構造物が正対する位置関係であれば問題が少ない。しかし、赤川跨道橋のように、橋の線形が曲線であり、縦断勾配を持ち、横

断面が傾斜している場合には、三面図の各面に投影される図面は斜投影になる。したがって、完成した姿を想起することが難しいとともに、三面図となる線を正確に選択することが難しい。さらに、これら図面から3次元モデルを作成する際も、実長を把握することが困難であり、「押し出し(掃引体)」というモデリング方法の採用が難しい。

(4) 3次元立体化における問題点と課題

橋梁一般図からの3次元化は容易ではない。既に設計図書として完成している図面は情報量が膨大である。そうした中、各種図面から必要な情報を取捨選択する。熟練の技術者でなければ難しく、初心者・初学者には、設計図の理解、読み込みに長時間を要する。さらに、これらを総合して立体化(3次元化)された姿を想像できなければ、3次元化の作業が円滑に進まない。技術者に高い能力(空間認識能力)が必要とされる所以である。

4. 2次元図面から3次元モデルを作成する新たなワークフローの検討

(1) 3次元モデルから2次元図面を作成する方法

建設業界においては CIM を進めるにおいて、2次元図面と3次元モデルの両者を作成しなければならないと感じる抵抗感がある。設計者の頭の中には3次元の立体がある。熟練した技術者が当初から3次元で設計を進めれば、3次元モデルの作成も容易であろう。3次元のモデリングにはスキルの問題があるものの、2次元の設計に熟達した技能者には高いハードルにはならないと考えられる。

平面図・立面図・側面図さらには断面図について、各々の方向から正投影の状態に3次元モデルを固定することで、設計対象の外形線、輪郭線(エッジ)を表示することができる。この状態の図面に、設計図として必要となる寸法・寸法線、補助線、中心線、陰影等を付加する方法で対応できると考えられる。

(2) AutoCAD(3D)による3次元立体化に関する考察

線分や円のような基本的な形状を複数使って、ドアや窓などを作図する方法がある。建築関係の BIM ソフト(たとえば Autodesk Revit)では、あらかじめドアならびに窓といったオブジェクトを部品のように用意することで、作図・編集のスピード向上に繋げている。さらに、コスト算出のための積算・編集も容易になる。

建設工場の現場では2次元の図面を必要としており、設計分野で2次元の図面がなくなることはない。3次元の操作による自由な始点の変更は、プレゼンテーション

にダイナミズムを与え、合意形成の場面において重要な役割を果たすと考えられる。

AutoCAD(3D)は、3次元のモデリング機能を有している。モデリング方法は、「3D ソリッド」「メッシュ」「サーフェス」の3種類に対応している。3次元モデルの輪郭線や断面は、2次元平面に投影可能である。3次元でおおまかにデザインを決定したモデルを、2次元で詳細設計することが可能である。3次元モデルで関係者の合意形成を図った後に、詳細設計へと進めることができる。プレゼンテーションの場面では、マテリアルにより写真のように素材感を表現することができる。2次元図面においてはマテリアル情報は表示不要となる。

3次元モデルを2次元平面に投影する方法として、AutoCAD(3D)では「図面ビュー」を採用している。「図面ビュー」には寸法などの注釈を追記可能である。「図面ビュー」の標準設定では、第一角法と第三角法より投影方法を選択する。さらに「ベースビュー」の作成機能により、3D ソリッドとサーフェスの投影図をレイアウトに配置することができる。

レイアウト(ペーパー空間)には、モデル空間を表示する複数のビューポートを配置可能である。平面図・上面図・側面図などを、投影スタイルおよび縮尺を選択して表示することができる。さらに、断面図の作成も可能となっている。そして、これらビューポートをダブルクリックすることで、レイアウト上でモデル空間に入ることができる。

AutoCAD(3D)では、3次元のモデル空間と2次元のレイアウト(ペーパー空間)との間を相互に行き来して編集作業を進めることが可能である。アプリケーション・ソフトウェアのレベルにおいては、既に CIM に対応した3次元設計のワークフローは用意されていると言って過言ではない。

5. 結論

本校の「建設 CAD・図学」の授業において、SketchUpでの3次元化を AutoCAD(3D)で立体化する方法に変更する必要がある。この方法を実践することが可能であるか、正しいワークフローを示すことができるか、さらに、面を作図するという意識を醸成できるかが教育面での課題である。建設業界の現場サイドでは、2次元からではなく、如何にして3次元から設計に入るかが模索されていると考えられる。

新たなワークフロー実現の鍵は、2次元モデルと3次元モデルとの間のデータ互換とデータ共有にある。これについては、アプリケーション・ソフトウェアにより解決され、いずれ技術者の標準になると考えられる。しか

しながら、調査・設計、施工、維持管理という建設ライフサイクルにおいて、そのステージごとに必要とされる 3次元モデルが異なる。本論は設計段階における 3次元モデルに焦点を当てているが、建設ライフサイクル全体における 2次元図面と 3次元モデルの相対的な位置づけを明らかにしたうえで、両者のデータ互換性を高めるワークフローについて検討することが必要である。なお、3次元モデルのデータ互換におけるデータコンバートにおいては問題が多い。これを IFC モデル (IAI という世界的団体が BIM 用のデータ交換基準として開発するフォーマット) により解決されることを期待する。

謝辞：本研究で使用した資料（橋梁一般図，構造図など）は，北海道開発局 函館開発建設部 函館道路事務所より提供を受けた。

本研究は，一般財団法人日本建設情報総合センターの研究助成を受けて進めている。

参考文献

- 1) Autodesk : AutoCAD 3D ハンドブック, オートデスク株式会社, 2011.

(2018.4.27)

STUDY OF A NEW WORKFLOW CORRESPONDING TO CIM FOR
CONVERTING TWO-DIMENSIONAL DESIGN INTO THREE-DIMENSIONAL
DESIGN
- EDUCATION OF THREE-DIMENSIONAL DESIGN AT HAKODATE NATIONAL COLLEGE
OF TECHNOLOGY CORRESPONDING TO CONSTRUCTION ICT EDUCATION -

Toshio YAMAZAKI