

PC 中空床版橋の 3 次元プロダクトモデルの開発及び設計・施工への応用

室蘭工業大学 正会員 矢吹 信喜
室蘭工業大学大学院 学生員 ○志谷 倫章

1. はじめに

各種構造物や製品のライフサイクルの中で、異なるアプリケーションシステム間において、形状や材料等に関するデータの相互運用を図るために、プロダクトモデルの開発や研究が行われている。プロダクトモデルの開発に関しては、国際標準として ISO10303 の STEP¹⁾ (Standard for the Exchange of Product model data)、建築の業界標準としては、IAI (International Alliance for Interoperability) の IFC²⁾ (Industry Foundation Classes) が著名である。IFC は、2002 年 11 月に ISO/TC184/SC4 の PAS (a Publicly Available Specification: 公式有効仕様書) として認定されている³⁾。我が国の土木分野でも、建設 CALS/EC の中で、2 次元 CAD 図面データの互換運用が可能となったが、2 次元 CAD データでは、CAD 以外のアプリケーションシステムに渡しても、部材そのもののデータが伝達されないことから、3 次元のプロダクトモデルに関する研究や開発が関係各方面で行われるようになった。しかし、プロダクトモデルのモデリングや実装に関する標準的な方法論といったものは未だ確立されておらず、各研究者や組織等により、様々なアプローチがなされているのが現状である。

そこで本研究では、プロダクトモデルの国際標準として構築されている IFC に着目し、IFC をベースに、橋梁の上部工としてはかなり複雑な PC 中空床版橋を対象として 3 次元プロダクトモデルを開発した。さらに、3D-CAD、PC 上部工の設計計算システム間においてデータ交換を可能にするコンバータプログラムと、構造細目に関する照査システムを新たに開発し、本プロダクトモデルを中心としたデータ相互運用の検証を行ったので報告する。

2. PC 中空床版橋のプロダクトモデル

IFC は、建物を構成する部材（ドア、窓、壁）等にオブジェクト指向技術を適用し構築したクラスライブラリであり、現在のバージョン Release 2x (IFC 2x) を本研究では基本とした。2x 以前のバージョン (IFC Release2.0) では、部材クラス（オブジェクト）内部に全属性（プロパティ）を定義するといった、やや古典的なモデリング手法を用いており、属性情報が肥大化する問題があった。IFC 2x では、オブジェクトとプロパティを分離させ、同一のオブジェクトに関する個々のプロパティをプロパティセットとして定義し、オブジェクトに関連付けるといった新たな手法を採用しており、柔軟なモデリングが可能となっている。また、IFC 2x は、現在のところ建築ビルディングを主対象としており、土木構造物に直接応用することは困難であるが、将来的に建設分野における国際標準となる事がほぼ確実であると考えられる。

そこで、本研究では、土木分野におけるプロダクトモデルの構築に際し、将来の国際標準化を考慮して、IFC 2x に必要最小限の部材クラスを拡張することによって、土木構造物のプロダクトモデルを構築することとした。モデリングの対象として、土木構造物の中でも複雑な構造形式を有する PC 中空床版橋を選定した。さらに、他の土木構造物の表現にも利用できるような汎用性を持たせるといった点にも留意してモデリングを行うこととした。

本研究で開発した PC 中空床版橋のプロダクトモデルは、床版クラス、床版内部に含まれる PC 鋼材、PC 鋼材定着装置、シーす、鉄筋等の土木構造物用部材クラス、さらに、各部材クラスに関する種々のデータを格納することを目的としたプロパティセットクラスの 3 つのクラスから構成されている。これら各部材クラスは、IFC 2x の中で定義される特定のリレーションシップクラスを用いることにより、床版内部に「含まれる」等のオブジェクト間の相互関係を表現することとした。さらに、本プロダクトモデルの実装に関して、国際標準の STEP では、スキーマを EXPRESS 言語により定義し、物理ファイルは Part21 ファイルを使用することとなっているが、近年、開発や処

キーワード：PC 中空床版橋、プロダクトモデル、STEP、IFC、建設 CALS/EC、XML

〒050-8585 室蘭市水元町 27-1 室蘭工業大学工学部建設システム工学科 TEL 0143-46-5219, FAX 0143-46-5218

理がしやすく、無料の XML が広く普及しており、IFC でも実装に XML を用いることが検討されている。本研究においても、XML を用いた各種実装形式の比較検討を行い、本プロダクトモデルに最適な ifcXML⁴⁾ を選定し実装を行った。

3. アプリケーションシステムとの統合化及び適用例

本研究では、プロダクトモデルを中心として、3D-CAD、PC 上部工設計計算システム、構造細目照査システムの3つのシステムを統合化したプロトタイプシステムを構築した（図-1）。ここで、コンバータ I、II、III はデータ変換を行うものであり、Visual Basic を用いて開発した。3D-CAD として Autodesk 社の AutoCAD2002 を使用し、PC 上部工設計計算システムとして FORUM8 社の UC-1 を用いた。構造細目照査システムは、道路橋示方書のかぶりに関する規定をオブジェクト指向言語 Java を用いてプログラム化したものである。

PC 中空床版橋の設計の適用例を以下に示す。まず、設計者は 3D-CAD を用いて PC 中空床版橋の概略の設計を行う。次に、コンバータ I を用いて設計データを ifcXML インスタンスファイルとして生成する。さらに、コンバータ III を実行し PC 上部工設計計算システムにおいて力学的照査を行う。ここで照査を満足したため、次に、鉄筋、スターラップ等を含めた詳細設計を行う（図-2）。次いで、構造細目照査システムにおいてかぶり計算を行う。本適用例では、スターラップの一つが基準値を満たしておらず、エラーが報告された。本システムは、このエラー情報をプロダクトモデルに新たに書き加えて更新する。最後に、コンバータ II を用いて、先程更新されたプロダクトモデルから自動作図を実行する（図-3）。同図から、かぶり値にエラーがあったスターラップを容易に確認する事が出来る。

4. おわりに

本研究では、国際標準を標榜する IAI の IFC に着目し、土木構造物への適用を可能にするため、IFC を拡張したプロダクトモデルを開発した。土木構造物の例として、PC 中空床版橋を取り上げ、3次元プロダクトモデルを構築し、ifcXML を用いて実装した。さらに、構造細目照査システム、3D-CAD、PC 上部工設計計算システム及び各種コンバータを開発し、プロダクトモデルを中心とした統合化の適用例を示した。これにより、データ相互運用の有効性や設計段階における施工を意識した検討が可能であることを示せたと考えている。今後は、設計作業の効率化を目標として、3D-CAD のユーザインタフェースの開発等に取り組んで行きたいと考えている。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、（社）プレストレスト・コンクリート建設業協会、（株）フォーラムエイト及び IAI 日本支部構造分科会の皆様から御協力を頂きました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Industrial Automation Systems and Integration-Product Data Representation and Exchange, Part 1: Overview and Fundamental Principles, 1994.
- 2) <http://iaiweb.lbl.gov/>
- 3) <http://www.interoperability.gr.jp/>
- 4) http://www.iai-international.org/iai_international/Technical_Documents/IFCXML.htm

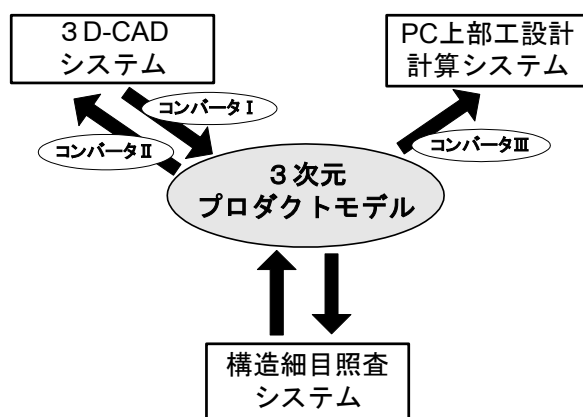


図-1 統合化システムモデル

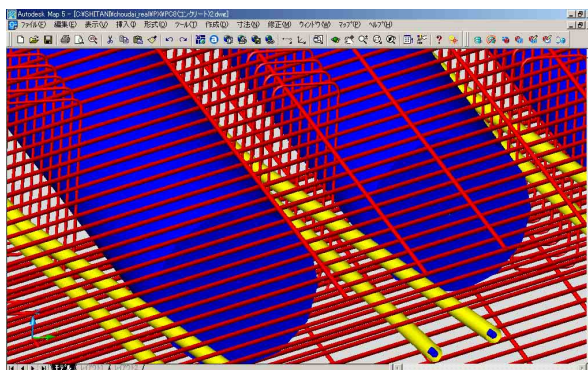


図-2 床版の内部構造

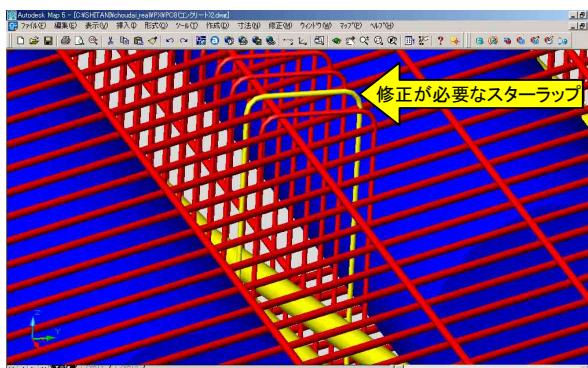


図-3 自動作図された3次元モデル