

建設プロジェクト過程の統合化および自動化のために

Toward the Integration and Automation of Construction Project Processes

室蘭工業大学工学部建設システム工学科 ○正会員 矢吹 信喜 (Nobuyoshi Yabuki)
 内閣府沖縄総合事務局開発建設部 山下 武宣 (Takenori Yamashita)
 国土交通省国土技術政策総合研究所 正会員 松井 健一 (Kenichi Matsui)
 国土交通省国土技術政策総合研究所 正会員 加藤 佳孝 (Yoshitaka Kato)
 オリエンタル建設株式会社第2技術部 横田 勉 (Tsutomu Yokota)
 川田建設株式会社工事本部技術部 小西 哲司 (Tetsushi Konishi)

1. はじめに

プロジェクトとは、ある特別な目的を、限られた期間、資金および資源で達成する活動であり¹⁾、プロジェクトマネジメントは、プロジェクトのコスト、時間、資源およびファイナンスをマネジメントあるいはコントロールすることである²⁾。これをもう少し簡略化すれば、「何を (Product)、どのように (Process)、誰が (Organization) 行えば、良い物が安く速くできるか? という工夫」と言いかえることができる。

建設プロジェクトの主な対象物である土木構造物は、多種多様であり、単品を主に現場で生産するという特殊性を有する。建設プロジェクトのライフサイクルは、調査・計画、設計、施工、維持管理といった数個のフェーズによって構成され、各フェーズはさらに数多くのタスクに分類される。プロジェクトの参加者は、発注者、設計コンサルタント、建設業者、金融機関、弁護士などの非常に多くの異なった組織によって構成され、そうした組織が各フェーズあるいはタスク毎に契約し、成果品を納入し、検証している。こうしたプロセスは、複雑で時間がかかる上、硬直化してくると様々な問題を引き起こすことになる。

こうした特性を有する建設プロジェクトを、透明性を保ちながら効率化する目的で、建設マネジメント研究分野では、調達や契約に関する新しい方式、例えば、PFI (Private Finance Initiative)、VE (Value Engineering)、設計施工一括発注 (Design-Build)、CM (Construction Management) などの検討および実施が盛んに行われている。

一方、調達や契約方式の変更といった組織的な (organizational) 方法とは別に、コンピュータを利用することにより、各タスクを効率化しようとする努力も長年実施されてきている。その結果、CAD システム、有限要素法を利用した解析システム、積算システム、CPM (Critical Path Method) や PERT (Program Evaluate and Review Technique) を利用した工程計画システム、出来高管理システム等、多くのシステムが開発された。しかし、各タスクは効率化されたものの、システム間の

データの互換性が乏しいため、各タスク間のデータのやり取りは結局手作業となっており、全体としては非効率的で、ミスも発生しやすくなっている。

このような「自動化の島」問題を解決するためには、図-1に示すように、システム間でデータのやり取りが自動的にできるように共通データフォーマット (データモデル) を構築し、システムと共通データとの間のデータのやり取りは、データ変換ソフト (コンバータ) を介して行うのが合理的である。我々は、簡単な PC 中空床版橋を対象として、3次元プロダクトモデルのプロトタイプを構築し、3次元 CAD システム、設計照査システム、積算システム間でデータの試験的な相互運用を実施している³⁾。さらに、建設工程を表すプロセスモデルを構築し、プロダクトモデルと融合して、工程計画システムとの間でデータの相互運用を行い⁴⁾、統合化されたプロジェクトマネジメントシステムのモデルを検討したので報告する。

2. 建設 CALS/EC と国際的な標準の動向

我が国の土木分野でも、建設 CALS/EC により、電子的に設計図面や施工写真等を納入 (あるいは調達) することが実用化の段階へと入っている。これにより、2次元の CAD 図面データを異なる CAD ソフト間で相互運用することが可能になり、線や円、あるいはレイヤーの情報等を扱えるようになった。しかし、取り扱う図面デー

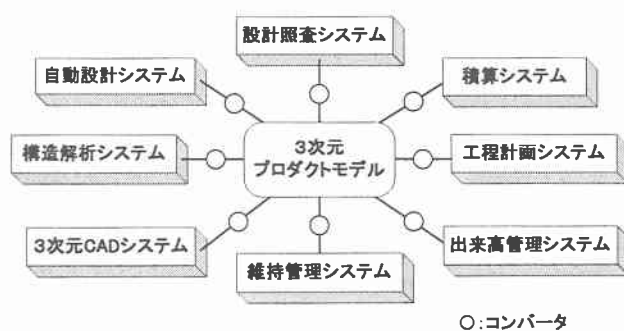


図-1 3次元プロダクトモデルを中心としたシステムモデル

タはあくまで2次元であり、3次元データは対象とはなっていないことから、桁やスラブといった部材を、部材そのものとして扱うことは不可能である。そのため、CAD システム以外の解析や積算、工程計画などのシステムへ線や円のデータを入力しても、意味のあるデータとしてやり取りすることはできない。

これを可能にするのが、オブジェクト指向技術に基づいた3次元プロダクトモデルである。国際標準としては、ISO 10303 のSTEP (STandard for the Exchange of Product model data) があり、機械や船舶等の分野では規定化が進んでいる。また、業界標準としては、建築分野においては、IAI (International Alliance for Interoperability) が IFC (Industry Foundation Classes) の構築を進めている。しかし、土木分野は取り組みが遅れている。従って、土木分野でも3次元の共通データフォーマットであるプロダクトモデルを構築することが急務であると考えられる。

3. プロダクトモデルとプロセスモデル

3次元プロダクトモデルは、構造物の製品としてのデータ、すなわち、各部材の3次元空間における寸法形状データ、材料の物性値、名称や ID などの属性情報、部材と部材の関係などのデータを保有している。プロダクトモデルは、オブジェクト指向技術に基づいており、アプリケーションソフトウェアに依存しない一般化モデルである。モデルを記述する際は、STEP や IFC ではEXPRESS 言語を使用することになっているが、互換性のあるXML (Extensible Markup Language) を、本研究では使用することとした。

PC 中空床版橋のプロダクトモデルを作成するためには、PC 中空床版橋をいくつかのオブジェクトに分解して、階層構造として表現する必要がある。図-2の左側に示すように、本研究で開発したプロダクトモデルは、まず上部構造、下部構造などに分類され、上部構造はさらに床版、舗装などに、床版は、さらにコンクリートや鉄筋に分類される。

プロセスモデルは、コンクリート打設や配筋といった施工作业をクラスとして階層構造で表現したものである。どの部分のコンクリートを打設するのか、という情報としては、プロセスモデルのクラスから、プロダクトモデルの中の該当するコンクリートのオブジェクトへリンクを張ることで表現している。また、各プロセスのクラスには、施工に要する日数、使用機材、作業量などの属性情報が入る。

4. プロダクトモデルとプロセスモデルによる統合化

本研究では、図-3に示すように、プロダクトモデルとプロセスモデルにより、簡単な中空床版橋を対象として、3次元CAD、設計照査、数量計算・積算、工程計画の4つのシステム間で、データの相互運用を試験的に実

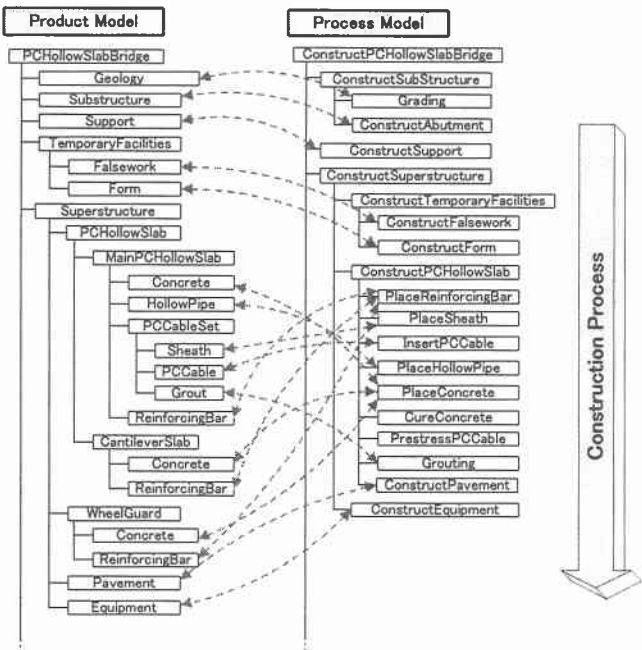


図-2 3次元プロダクトモデルとプロセスモデル

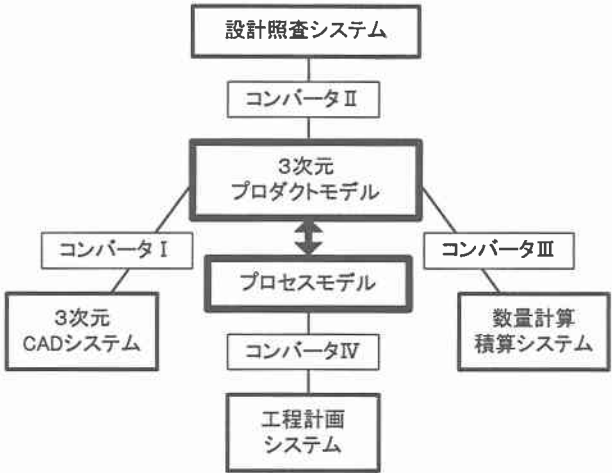


図-3 4つのシステムの統合化モデル

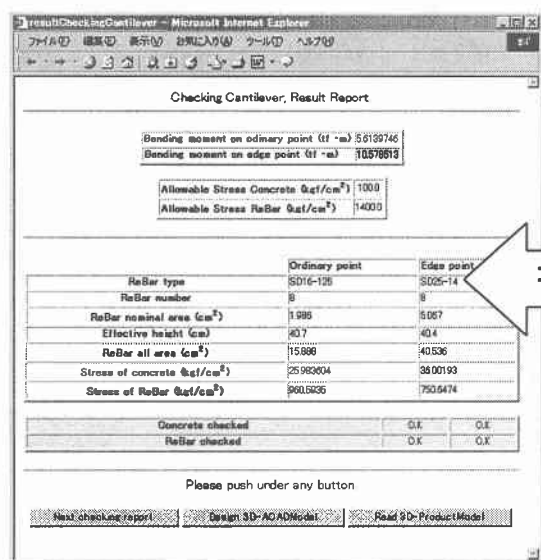
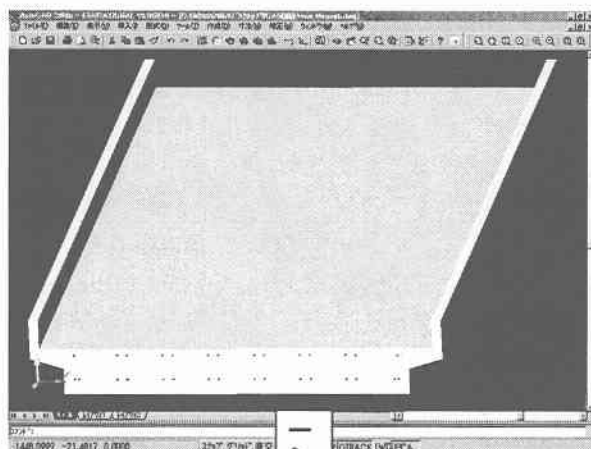
施し、システムの自動化および統合化の検証を行った。まず、設計者は3次元CADシステムを使用して、PC中空床版橋の3次元モデルを作成する。このデータは、使用したCADアプリケーションソフトウェアに依存しているので、コンバータIにより、依存しない3次元プロダクトモデルに変換する(図-4)。次に、3次元プロダクトモデルから、コンバータIIにより、設計照査システムが必要とするデータを抽出して、入力する。すると照査システムが動作し、設計の照査を行う(図-4)。照査結果がOKであれば、次に、3次元プロダクトモデルから、数量計算に必要なデータをコンバータIIIが抽出し、数量計算・積算システムへデータを渡す。すると、数量が計算され、求めた数量に応じて、積算ソフトウェアで単価計算が行われ、単価と数量から工事金額が計算される(図-5)。施工計画は、プロセスモデルの中の施工項目を表す各クラスに、作業日数、前後の施工項目

など入力する。作成したプロセスモデルデータから、コンバータⅣにより、工程計画システムにデータを送ると、バーチャートが表示される（図－6）。さらに、プロダクトモデルとプロセスモデルのリンクと3次元 CAD システムにより、図－7に示すような4次元 CAD シミュレーションを実行することが可能となる。これにより、構造物の施工過程を工程計画に合わせて時系列的に確認することができるので、施工上の問題点などを事前に把握することができると思われる。

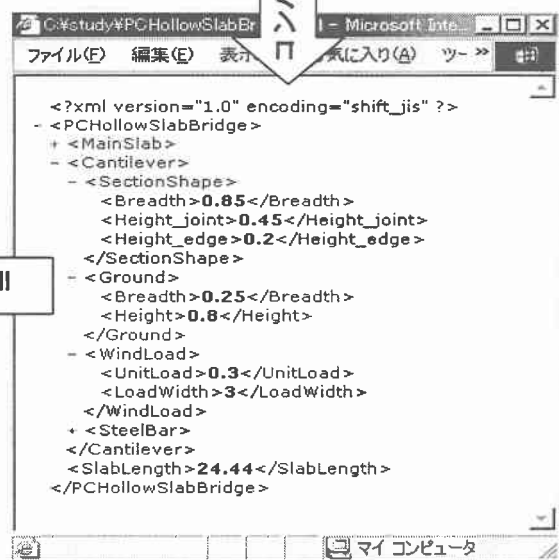
5. おわりに

本論文では、まず建設プロジェクトを効率的にマネジメントしていくためには、調達や契約方式といった組織的方法の他に、プロダクトおよびプロセスモデルによ

3次元 CAD システム



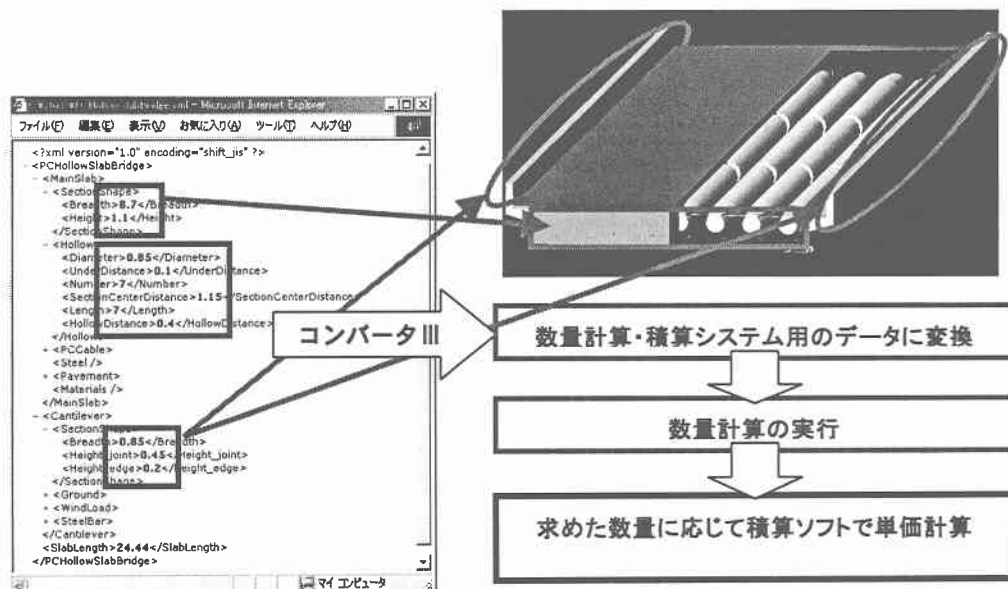
コンバータⅡ



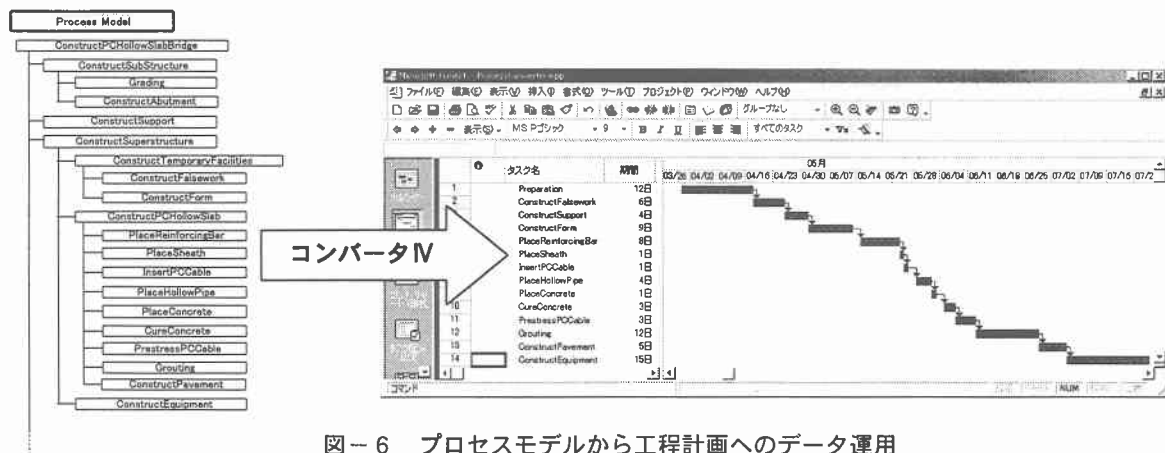
設計照査システム

3次元プロダクトモデル

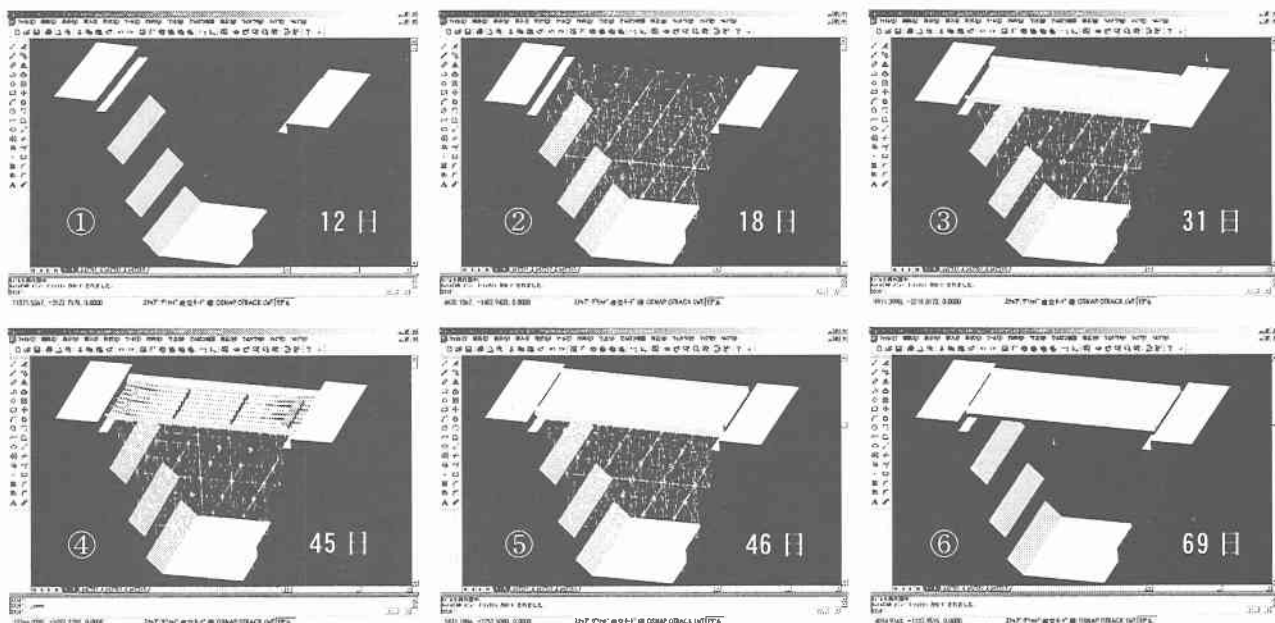
図－4 CAD システム⇒プロダクトモデル⇒設計照査システムへのデータ運用



図－5 プロダクトモデルから数量計算・積算システムへのデータ運用



図－6 プロセスモデルから工程計画へのデータ運用



図－7 3次元プロダクトモデルとプロセスモデルによる4次元CADシュミレーションの例

るプロジェクト過程の統合化と自動化が必要であることを説いた。次に、簡単なPC中空床版橋を対象として、特定のアプリケーションソフトウェアに依存しないプロダクトモデルとプロセスモデルのプロトタイプを構築して、3次元CAD、設計照査、数量計算・積算、および工程計画の4つのシステム間でデータの相互運用をテスト的に実施し、統合化を図ることによりプロジェクトマネジメントにおける大幅な効率性向上が期待できることを示した。

今後は、CPMやPERTシステムとも統合化をしていきたい。また、組織的な方法に関しても情報技術(IT)の適用により、より効果的なものとする方策を考えていきたい。

謝辞

本研究を遂行するに当たり、社団法人プレストレスト・コンクリート建設業協会の「性能発注に関する検討委員会」の皆様には多大なるご支援・ご協力を頂きました。

ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 池田将明：建設事業とプロジェクトマネジメント，森北出版，2000。
- 2) Clough, R. H., Sears, G. A., Sears, S. K.: Construction Project Management, 4th ed., John Wiley & Sons, 2000。
- 3) 矢吹信喜，古川将也，加藤佳孝，横田勉，小西哲司：プロダクトモデルによるPC中空床版橋の設計照査と概略積算の統合化，土木情報システム論文集，Vol. 10, pp.213-220, 2001。
- 4) 矢吹信喜，古川将也，山下武宜，加藤佳孝：3次元プロダクトおよびプロセスモデルによるプロジェクトマネジメントの統合化の試み，第19回建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会講演集，pp.163-166, 2001。