

鋼橋プロダクトデータマネジメントシステムの提案

日本構研情報(株) 島崎良雄
大阪支店 技術営業部 大島哲司

【要 旨】

これまでのシステム化は、局所効率化を目指し、それぞれの部門の成果品を効率よく作成するために役立ってきた。鋼橋の製図システムでは図面を作画するのに最も適したモデルをシステム内に構築し、製作情報システムでは工場製作に必要な各種リスト、工作図面、NCデータを効率よく出力するためのモデルをシステム内に構築している。同じ鋼橋に対して目的別に2つのモデルが存在し、その間の情報伝達を「紙」で行っていることが最大の問題点である。

PDM(Product Data Management)とは製品の企画から設計、製造にいたる各工程の様々な情報を一元的に管理すること。「製品データ管理」、「プロダクト・データ管理」と訳す。各工程で発生する情報の徹底管理と管理下にある情報の共有による同時作業型の工程管理の実現により、生産リードタイムの短縮やコスト削減、品質向上を果たすことがその具体的な目標と効果である。

鋼橋PDMシステムは、PDMの考え方を鋼橋の分野に適用するもので、製品モデルを中心として、製図システム、3次元表示システム、製作情報システム、品質管理システム、生産管理システム、仮組立シミュレーションシステム等を統合するシステムである。

1. はじめに

橋梁をはじめ土木・建設産業を取り巻く環境は、大きな変革の時代を迎えている。21世紀の高齢化社会の到来を目前に控え、公共事業における建設費の縮減が強く求められており、橋梁の分野においても「経済性」と「長寿命化」を同時に達成できる新しいタイプの橋梁の構築が求められている。

一方で、ハード・ソフトにわたるコンピュータ技術や通信技術などの発展とともに急速な電子化が進んでいる。さらに、2004年のゴールを目指した建設CAL S/ECの推進や、ISO認証取得ニーズの高まりなど、電子化を軸とする新たな時代へのパラダイムシフトを予感させる流れが加速されつつある。

日本電子計算(株)と日本構研情報(株)は設計・製図関係の「LINER」、「GRACE」、「MMD」、附属物関係の「AZSAシリーズ」、製作関係の「MIPSON」、「MASTERSON」、数値仮組・計測関係の「MASSCOT」、「SUPER BRAHMS」等の開発・保守を通して、鋼橋情報の電子化を図ると共に、設計・製作における有効利用を進めてきた。しかし、今後ますます複雑化、高度化する3次元表示、干渉チェック、3次元工作ロボット、生産管理、任意形橋梁の仮組立シミュレーション等の要求に対しては、従来の情報モデルでの対応には限界があり、同一のモデル構造で対応できる製品モデルの考え方が不可欠になってきている。

そのような状況を背景に、橋梁ファブリケータ14社の参加を得て発足した鋼橋PDM研究会は、新しい鋼橋プロダクトデータマネジメントシステムについての検討を重ね、平成11年1月29日に研究会報告を行った。本論分は、研究会で行った鋼橋PDM関連の動向調査と鋼橋システムの現状分析、並びにシステム構築にあたっての基本的な考え方を示すものである。

2. 鋼橋PDM関連の動向調査

2.1 建設CALS/ECの動向

CALSとは製品のライフサイクル、つまり橋梁という製品を例にとると設計・製作から架設・維持管理までを支援する環境の総称である。従来の紙を媒体とした情報に代わって、コンピュータを利用して情報の電子化を図る。それをデータベースとして保存するとともに、通信ネットワークを介して情報のやり取りを行う。言い換えれば、「電子情報化」あるいは、「ペーパーレス化」とも言えるが、本質は一度作成した情報を何度も再利用することに力点が置かれている。CALSの電子情報化の方法には、SGMLという規格の文書ファイルの共通化と、STEPという規格の製品モデルの共通化がある。

建設CALS/ECとは公共事業にCALSの概念を導入して、組織間や事業段階間での情報の交換・共有・連携を図り、建設費の縮減、品質の確保・向上、事業執行の効率化を目指すものである。アクションプランでは、2004年のゴールを目指して、計画期間を3つのフェーズに分けており、設計図書の情報交換に関する具体的な目標は次の通りである。

フェーズ1：「図面の標準化研究」

フェーズ2：「数量計算結果の電子媒体化」、「CAD製図基準の作成」、「設計図面のCAD化」

フェーズ3：「完成図書の電子媒体化」

2.2 CAD図面標準化の動向

既存の各種CADで作成する図面の基準を定め、それに基づいた実証実験が実施されている。

(1) 建設省のCAD図面標準化

建設省は96年度に、異なるCADソフトで作成したDXF形式のデータの交換実験を行い、完全なデータの交換はできないことを確認した。また、97年度には、CADで構造物を描く際のレイヤーや線の種類、線の色、太さなどを定めた「CAD製図仕様の標準化(案)」を作成した。更に、98年度には各図面に共通する総則と道路設計、橋梁設計からなる「CADの製図基準(案)」の第二版をまとめた。異なるCAD間でデータを交換する場合は、STEPが普及するまで暫定的にDXF形式を利用するとしている。建設省がSTEP採用を検討することにしたのは、設計データの引き渡しなど受発注者間の図面データ交換では、特定のCADに依存しない標準的なファイル形式で行う必要があること。さらに、世界貿易機関(WTO)が定めた政府調達協定で、技術基準に国際規格の使用が義務づけられているためである。

(2) JACICのCAD図面標準化

JACICは、建設分野(土木・建築)を対象としたCADデータ交換標準仕様の開発を行うため、99年2月に「CADデータ交換標準開発コンソーシアム」を立ち上げた。まずは2次元のCADデータの標準化を目指し、最終的にはSTEPとの間でデータを交換する。同コンソーシアムでは、CADソフトのデータをSTEPに変換するコンバータのほか、STEPファイルを表示するためのブラウザなどを開発する。

(3) 日本道路公団のCAD図面標準化

日本道路公団は97年9月、図面をCAD化する際の案として、「CADによる図面作成要領(暫定案)」と題する要領を定めた。コンサルタントなどの意見も聞きながら標準化したもので、共通編と道路土工設計編からなる。続いて98年度には、トンネルや橋の設計を対象にした8種類の要領を決め、9件の設計で実証実験を行った。設計から施工、維持管理の段階までCADデータを交換、再利用できるようにすることを目的としたもので、使用するCADソフトはAutoCAD R14

としている。

2. 3 国際規格の動向

STEP (ISO 10303) はコンピュータで使用可能な表現および製品データの交換に関する国際基準である。その目的は製品のライフサイクルを通して製品データを共通に表現することができ、ある特定のシステムに依存しない中立的な方法を用意することにある。土木に関連するSTEPの規格化の動きも既に始まっているが、策定・移行までには十数年程度かかることが予想される。建築関係では、鉄骨構造フレームに関するアプリケーションプロトコル (AP230) が、CIMsteelという国際基準を母体として規格化されている。鉄骨構造に関する製品データを解析、設計、製造の視点からとらえたモデルによって表現し、これを中心として構造物全てのライフサイクル情報を扱うことを目的としている。

IAI (International Alliance for Interoperability) は、建設産業における情報の共有化・相互運用の実現化を目指す非営利の業界連合として、建設産業の建物ライフサイクルを通して利用する異なるソフトウェア間で扱うデータの標準を作成する国際組織である。IAIが標準化を促進しているIFC (Industry Foundation Classes) は、建物を構成するオブジェクト (ドア、窓、壁等のような要素) を異なるシステム間で取り扱うための体系的な表現方法の仕様定義やプロジェクトモデルのデータ構造を提示したものである。

2. 4 海外の建築鉄骨システム

英国のStruCADとフィンランドのXsteelに関するセミナーを研究会活動の一環として開催した。これらのCAD/CAMシステムの特徴は、従来のシステムとの概念とは異なり、図形操作を製図としてではなく、部材や添接板等のオブジェクトの対話操作として実現している点にある。

2つのシステムとも世界各国に2000以上のアプリケーションユーザーを持ち、モデル・詳細図・材料リストを共通のデータベースで統合し、3次元モデルを作成することで、一般図、組立図、工作図、各種材料リストやNCデータ等を自動的に出力する鉄骨専用システムである。モデルの変更によって影響を受ける全ての部材や接合部を自動的に変更し、不適切な接合部を検出する干渉チェック機能を備えている。

緩やかに捻れた部材の展開や複雑な線形、キャンバー等を取り扱う機能がないため、鋼橋に適用するには問題があるが、CIMsteel規格でデータ交換が行え、国際社会で通用するシステムである。

2. 5 (社) 日本橋梁建設協会の建設CALS対応

(社) 日本橋梁建設協会は、平成9年度の「建設CALSに関する検討報告書」において、現在の2次元図面情報のやり取りをデジタル化するだけでは、トータルなコスト削減効果を上げることは難しいことを指摘し、3次元で表現するプロダクトデータをベースとした新たな工事執行 (デザイン&ビルト) のフローを提案している。また、簡単な桁橋については製作データフォーマットの構築とそれを中心に置いた設計データの交換が可能と考え、平成10年度に協会の主導でこれを検討・構築し、将来の建設CALS取り組みへの足がかりとするとしている。

平成10年度は鉸桁、箱桁の橋梁形式を対象とし、設計段階での情報のありかた、構造設計モデルの構築方法、設計段階で決定、生成されたデジタル情報の3次元製作情報への連携方法について検討を行い、図2-1に示す協会が目指す橋梁生産システムフローを提案した。

3. 鋼橋システムの現状

3. 1 鋼橋の特徴

一般的に土木構造物は自動車や航空機などを対象とした通常の製品モデルと異なり、一つの製品として捉えることができない。これは、土木構造物が自然条件や地理的要件などの周辺環境と密接に関係していることが原因であると考えられる。しかし、工場で作製される鋼橋は単独製品として取り扱い、工業製品に近いモデル化が可能であると思われる。

多くの工業製品の設計では、与えられた条件の中で形状モデルの作成を先行させ、製品の機能、力学的合理性、総合的な最適性を求めながら常に形状を試行錯誤的に変化させる。これに対し、鋼橋の詳細設計では構造寸法が設計計算段階で確定する。その意味で製図は、試行錯誤を伴って寸法を決めるという本来の設計業務からはずれ、設計結果を人が見て理解しやすくするための視覚化作業であるといえる。

工業製品の詳細設計は、製造と密接に結びつき、デジタル情報の交換が急速に普及している。これに対し、鋼橋では設計が製作から独立して位置づけられ、設計の成果品が持つ情報は製作で必要とするものと一致していない。また、現在の設計・製作の業務プロセスが「人」と「紙」のインターフェースを前提として組み立てられているため、インターフェースも、ルールも曖昧で情報システムでデジタル情報として扱える水準になっていない。

3. 2 鋼橋システムの現状分析

現在の製図システムは、その成果品である設計図面を作ることに特化したシステムであり、次工程の製作情報システムとデジタル情報を交換するということを前提にしていない。従って、製作工程の大部分の情報を発生する原寸部門と、その入力情報である図面を供給する設計部門との情報交換の大部分は、相変わらず紙の上にプリントアウトされた図面で行われており、再入力する無駄や、再入力ミスによる情報の劣化が生じている。これは多くの製図システムが、設計情報としては線分と文字の集まりとしての図面しか扱ってこなかったため、その情報を利用しようとする、そこには少なからず人間の介在が必要だからである。

製作部門における情報のデジタル化においても、原寸工程をプログラム化した初期の原寸システムから製作情報システムへと開発が進められてきた。しかし、今後ますます複雑化、高度化する3次元工作ロボット、生産管理、任意形橋梁の仮組立シミュレーション等の要求に対しては、従来の情報モデルでの対応には限界がある。

図3-1は、鋼橋の情報フローの現状を示したものである。設計の情報は図面を媒体として原寸に渡され、原寸ではそれを基に製作情報システムの入力データを作成する。専用・汎用の製作情報システムのデータベースから工場製作に必要な工作図、帳票やNCデータが出力される。鈹桁橋、箱桁橋に限り、仮組立シミュレーションシステムへ3次元形状データが渡される。

現状のフローの問題点としては以下の項目が挙げられる。

- ① 汎用構造物の場合、原寸データ作成に時間がかかる。
- ② 生産管理や3次元表現を行うためには現状のデータベースには限界がある。

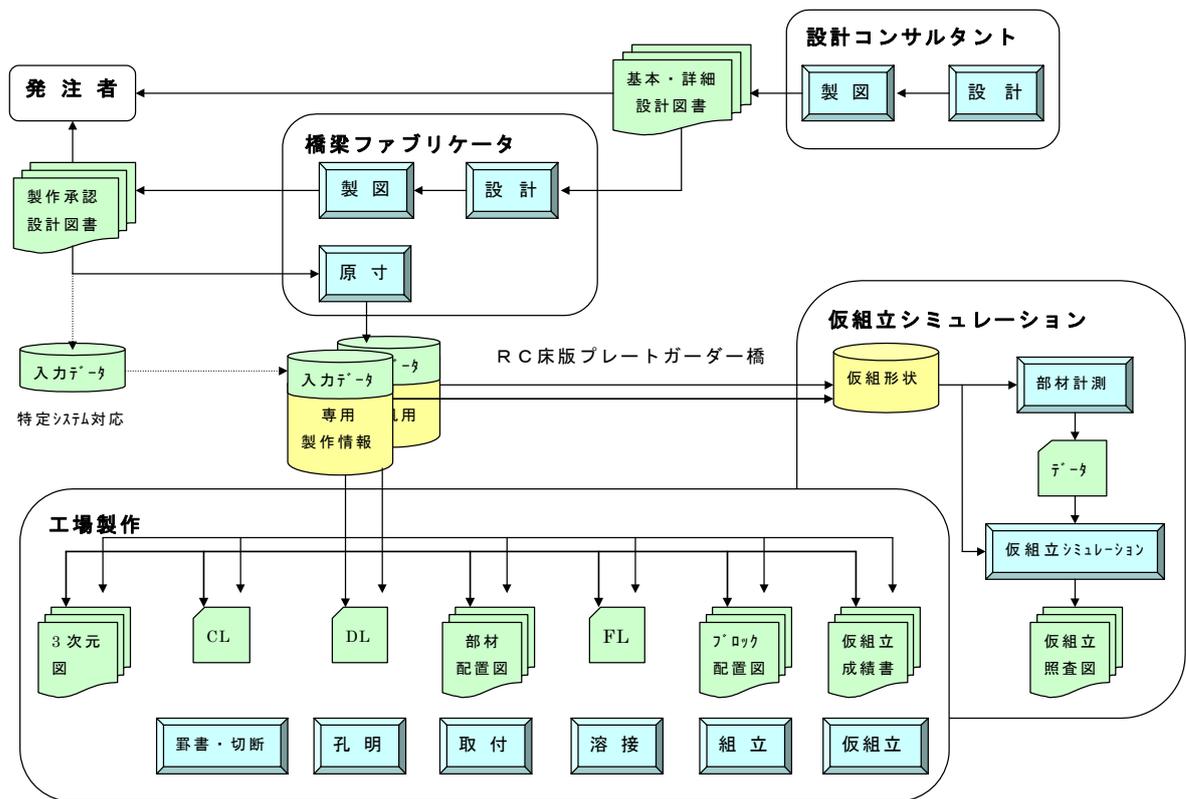


図3-1 図面を媒体とした鋼橋情報フローの現状

4. 鋼橋PDMシステムの概念

PDM (Product Data Management) とは製品の企画から設計、製造にいたる各工程の様々な情報を一元的に管理すること。「製品データ管理」、「プロダクト・データ管理」と訳す。各工程で発生する情報の徹底管理と管理下にある情報の共有による同時作業型の工程管理の実現により、生産リードタイムの短縮やコスト縮減、品質向上を果たすことがその具体的な目標と効果である。

鋼橋PDMシステムは、PDMの考え方を鋼橋の分野に適用するもので、製品モデルを中心として、製図システム、3次元表示システム、製作情報システム、品質管理システム、生産管理システム、仮組立シミュレーションシステム等を統合したシステムである。

これまでのCADはドラフター代わりのツールとして、主に2次元の設計図面を描くために使用されてきた。しかし、最近ハードの性能とソフトウェア技術の進歩に伴い、最初から3次元モデリングで製品モデルを構築し、そこから図面化、ビジュアルライゼーション、製作、生産管理に展開するという手法を駆使した環境が可能となってきた。3次元モデリングを使うことで、正確な2次元の図面をすばやく作成することができる。ソリッドモデリングにはパラメトリック機能が利用可能で、寸法の変更を行うとモデルの形状が再計算され更新される。また、従来のCADを使った製図システムが、図面を線分と文字の集まりとしか見ないため、データを数量計算などに使うことが難しかったのに対し、製品モデルと2次元図面、数量計算が連動しているため、3次元モデルを修正すれば2次元図面および数量も変更される。3次元モデルは2次元の図面に比べ、簡単に形状を把握でき、ビジュアルライゼーションにより、リアルなイメージを作成し、プレゼンテーションや干渉チェックに活用することができる。以下に鋼橋PDMシステムを実現するために必要ないくつかの提案を示す。

4. 1 電子情報交換の提案

標準データモデルは、既存の製作情報システムや鋼橋PDMシステムの入力データとなる、紙の図面に代わるデジタル情報である。鈹桁橋の標準データモデルについては、橋建協がSBIフォーマットとして提案している。

橋種別のデータモデルは橋種単位にフォーマットが設定される。構造を限定することにより少ないデータで製品を表現でき、既存の専用製作情報システムとのデータ交換も容易であるが、橋種ごとに何種類ものフォーマットが存在することになる。一方、汎用のデータモデルは全ての橋種に対して1種類のフォーマットで対応する。既存の汎用製作情報システムとのデータ交換が可能で、データ構造は単純であるが、データ量が多い。図3-1に示したように一部の製図システムでは、製作情報システムの入力データを出力することができる。同様にして、上流の製図システムが標準データモデルを出力できる仕組みを作り、これを製作情報システムの入力データに変換すれば、現状の橋梁情報のフローにおいても原寸工数の低減を図ることができる。

建設CALSにおける図面の電子情報交換の方向は、従来の2次元図面を対象として進められており、橋梁のファブリケーターが望む製作情報で再利用できるデジタル化の方向とは異なっている。道路分野においては、鋼橋のように工場生産可能なものから土工事などのように構造物としては捉えにくいオブジェクトまで、様々なモデルがある。従って、発注者が発注業務や設計、維持管理において同じレベルでデータを取り扱うためには現状の2次元図面の電子データが有効である。

一方、橋梁ファブリケーターは鋼橋を工場で作成するための情報が必要であり、2次元図面の線面の電子データでは製品モデルのデータとしては利用できない。建設CALSと鋼橋PDMシステムの関係を図4-1に示す。

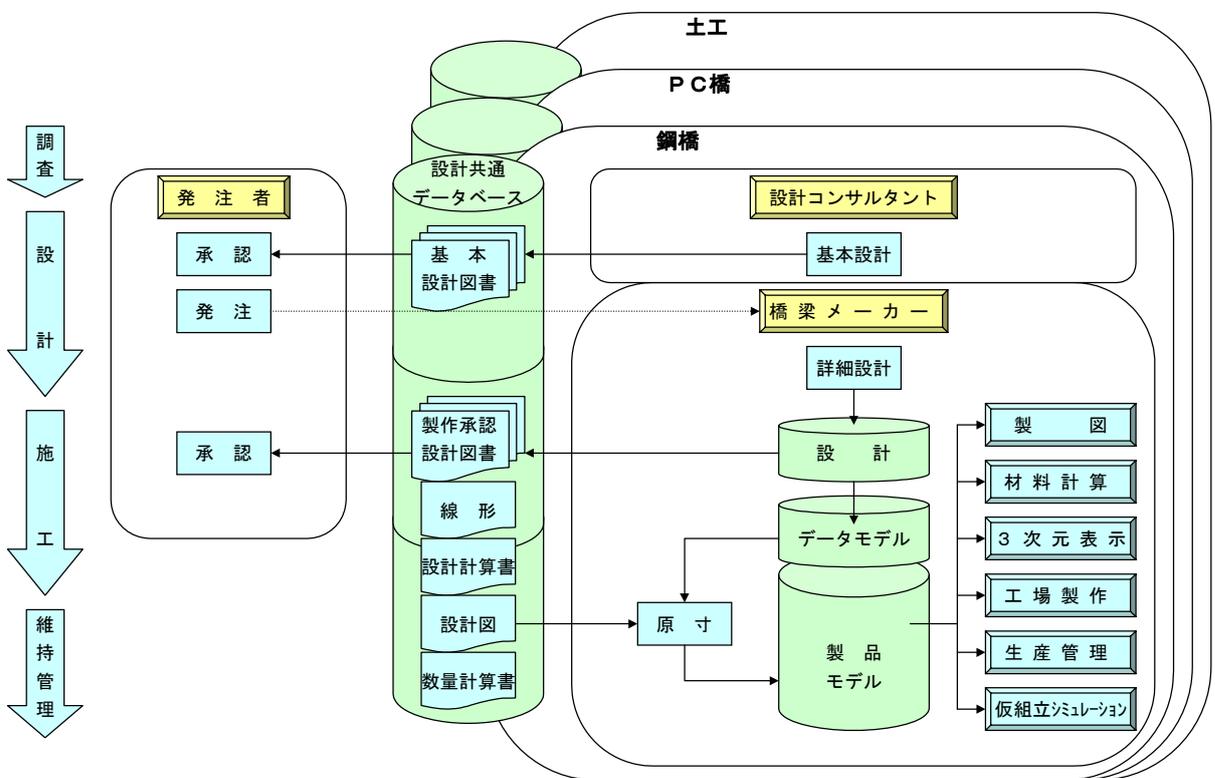


図4-1 建設CALSと鋼橋PDMシステムの関係

4. 2 鋼橋製品モデラーの提案

鈑桁橋や箱桁橋を対象とした製作情報システムは、生産性の高いバッチタイプのシステムとして発達してきたが、省力化構造等の構造変化に対してバージョンアップが追いつかない状況にある。また、橋脚や鋼床版桁橋のような任意形橋梁を対象とした製作情報システムでは、入力データ作成の生産性と操作性が問題となっている。鋼橋PDMシステムでは、製品モデルの膨大なデータを作成するために、使い勝手の良いモデラーが必要である。この製品モデラーは、橋梁に特化したオブジェクト指向の製品モデル作成ツールである。部品ごとのオブジェクトに意味を持たせることにより、橋梁部品の電子パーツが製品モデル内に構築される。これは図形を従来のCADのように製図として扱うのではなく、オブジェクトの対話操作で扱い、誰でも、能率良く使えるCADとバッチの両方の長所をもつモデラーである。

4. 3 鋼橋PDMシステムの構造

設計の情報は従来の図面に加えて鈑桁橋、箱桁橋については標準データモデルで工場に渡される。この電子情報は汎用データモデルに変換され、PDMのモデラーの入力データとして利用される。桁橋以外の構造物についてはPDMのモデラーを使ってオブジェクトを操作する方法で製品モデルが構築される。構築された製品モデルをデータベースとして、既存の製図システムや製作情報の出力システムが連動する。生産管理や3次元表示などの新規の出力に対しては新たな出力システムの開発が必要となる。このように、鋼橋PDMシステムは、将来的には製図・材料システムと製作情報システムを包含する方向に進む。図4-2に鋼橋PDMシステムの構造図を示す。

鋼橋PDMシステムは製図・材料システムと製作情報システムを統合したシステムである。

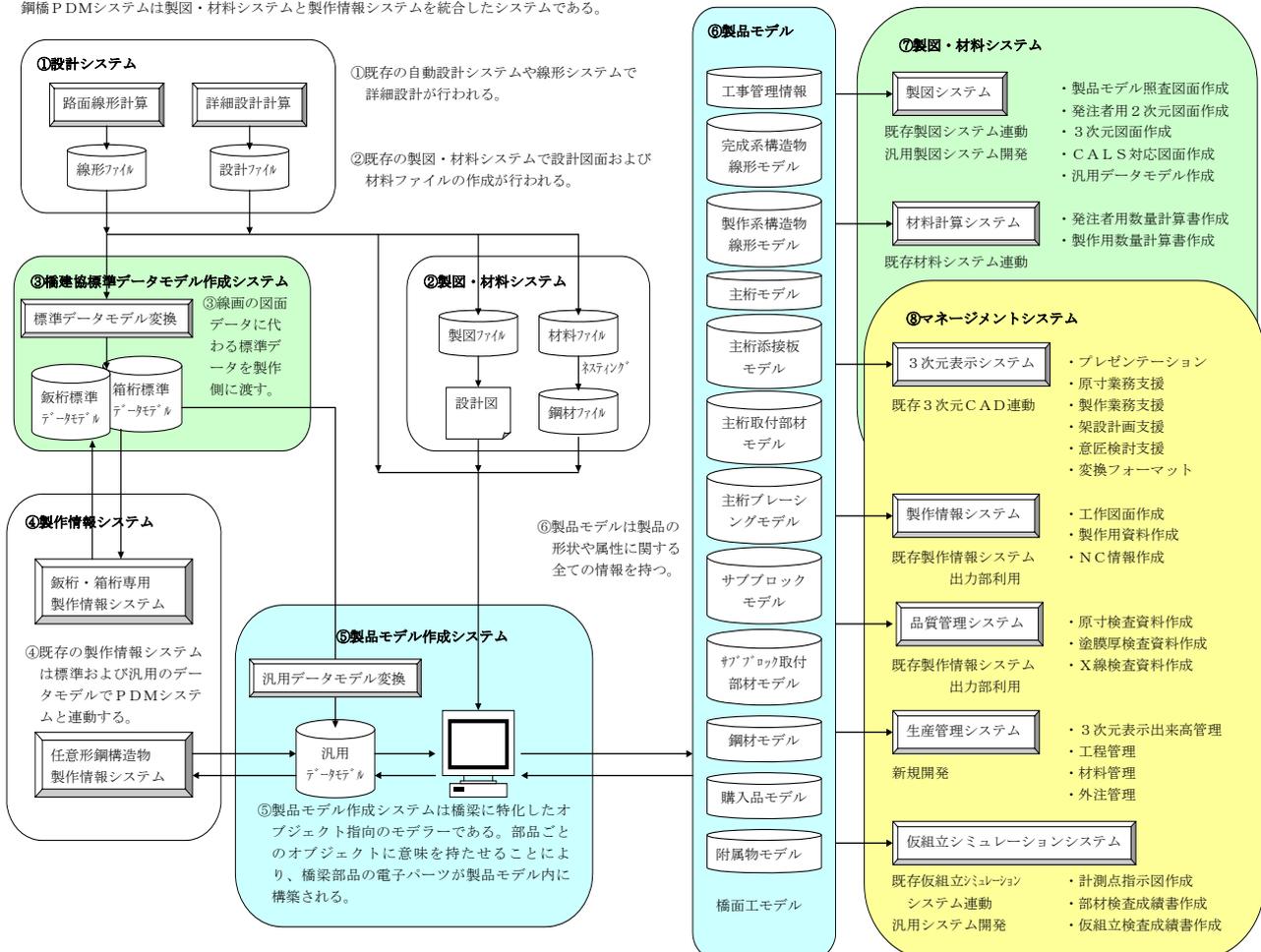


図4-2 鋼橋PDMシステムの構造図

このフローの問題点としては以下の項目が挙げられる。

- ① 任意形の構造物に対する汎用データモデルのフォーマット制定が必要である。
- ② 製図や製作情報出力に必要な情報を全て含み、鋼橋のライフサイクルを通して利用可能な製品モデルを構築できる使い勝手のよいモデラーの開発が必要である。

4. 4 既存システムとの連動／融合

既存システムの有効利用を図るためには、インターフェースプログラムを開発し、製品モデルと連動できるようにする必要がある。

設計システムとの関係では、線形システムおよび設計システムの計算結果を製品モデラーに取り込めるようにする。また、製品モデルから製図システムの入力データを作成し、既存の2次元図面を描けるようにする。

製作システムとの関係では、標準データモデルからMIPSON、MASTERSONの入力データを作成し、製作情報処理を行えるようにする。

既存の製作情報システムは、マスターファイルから必要な情報を取り出して、工作図やNC情報を作成している。これらのシステムとの融合を図るため、製品モデルから情報を取り出し、現状と同じ出力が行えるようにする。また、必要ならば既存の出力フォームの見直しを行い、新たなフォームの工作図が出力できるようにする。

5. おわりに

鋼橋PDM研究会の報告書を基に、鋼橋を取り巻く環境や鋼橋システムの現状の問題点、および鋼橋PDMシステムの全体像について述べてきた。次の開発ステージでは、標準データモデルのフォーマットの決定や製品モデルの構築、モデラーの開発が中心となるが、鋼橋PDMは大がかりすぎてシステムの構築が大変である。従って、全体をいくつかのパートに分けて、段階的に開発する従来の手法はとらずに、既存の製作情報システムをプリプロセッサとして製品モデルを構築し、問題点の洗い出しを行ってから全体システムの開発に移行するプロトタイプ方式を採用する計画である。

最後に、鋼橋PDM研究会に参加頂き、報告書の作成にご協力頂いた、(株)大島造船所、川崎重工業(株)、川崎製鉄(株)、(株)栗本鐵工所、駒井鉄工(株)、佐藤鉄工(株)、(株)サノヤスヒシノ明昌、日本橋梁(株)、日本鉄塔工業(株)、日立造船(株)、富士車輛(株)、松尾橋梁(株)、三菱重工業(株)、(株)宮地鐵工所の委員の方々に深く感謝の意を表す。

参考文献

- 1) (社) 日本土木工業協会公共工事委員会 CALS 検討ワーキンググループ：建設CALS入門、日経BP社
- 2) 鳥谷浩志・千代倉弘明：3次元CADの基礎と応用、共立出版
- 3) IAI日本支部事務局：IFC End User Guide
- 4) 五十畑弘：建設CALS/EC－(社)日本橋梁建設協会の取組み－、橋梁、1998年12月
- 5) 松本勇市：建築鉄骨造とSTEP/AP230、鉄構技術、1998年3月
- 6) 塚田幸弘・青山憲明・光橋尚司：総合情報の活用による建設事業の高度化－建設CALS/ECを中心とした動向、土木学会論文集、1997年12月
- 7) 飯田勝：橋梁におけるCAD/CAMの現状と展望、土木学会構造工学委員会講演資料、1997年12月
- 8) 明野和彦：建設CALS/ECアクションプログラムの策定について、橋梁、1997年9月