

設計情報小委員会活動報告

蒔苗 耕司¹ 政木 英一²

Koji Makanac Hidekazu Masaki

【抄録】本稿では、設計情報小委員会の活動目的及び活動の範囲を紹介するとともに、小委員会及び内部のワーキング（道路／地盤 WG、橋梁 WG）の研究成果として、土木分野におけるプロダクトモデルの概念、道路／地盤に関するプロダクトモデル、鋼端プロダクトモデルについて、その概要をまとめた。さらに今後（平成 15 年度～平成 16 年度までの 2 年間）の活動方針及び活動内容について示した。

1. 研究活動の目的

近年の急速な情報ネットワーク技術の進歩に伴い、建設分野においても広く情報技術が用いられるとともに、情報ネットワークを介した情報交換も急速に普及しつつある。しかし、現状の情報交換は、それぞれのフェーズの中での個別の情報交換が主となっており、計画・設計、施工、維持管理へと続く土木構造物のライフサイクルの中での真に利用可能な形態での情報流通については十分に考えられていない。

このような全てのフェーズにおける情報の流通を実現するためには、建設・管理のために必要な情報である設計情報を包括的にモデル化するためのアーキテクチャの確立が不可欠である。

このような背景から、設計情報小委員会では、土木構造物のライフサイクルの中で必要とされる設計情報モデルのあり方について、国際標準化や情報技術の動向を踏まえながら、中・長期的視点から技術的検討を行うことを目的とする。

2. 研究活動の範囲

2.1 活動範囲

本小委員会の活動範囲は、以下の通りである。

- (1)設計情報モデルの検討
- (2)海外動向等の把握
- (3)国内他機関との連携
- (4)研究成果の公開、研究支援、委員会活動への協力等

2.2 活動期間

第 1 期：平成 13～14 年度（2 年間）

第 2 期：平成 15～16 年度（2 年間）

2.3 活動体制

第 1 期においては小委員会を以下の 2 ワーキンググループに分け、それぞれの分野におけるプロダクトモデルのあり方について研究を行った。

- ・道路／地盤 WG
- ・橋梁 WG

3. 小委員会における研究成果の概要

以下において、小委員会活動及び道路／地盤 WG、橋梁 WG の研究成果の概要を示す。

3-1 土木プロダクトモデルの概念

プロダクトモデルに関する用語表現については、JIS B 3401 に定められる CAD 用語に準拠する。その中で、「プロダクトモデル」は「製品を製造するために必要な、形状、機能及びそのほかのデータによって、その製品をコンピュータ内部に表現したモデル」と定義される。

小委員会では、土木プロダクトモデルに関して概念整理を行い、それを表 3-1 の通りまとめた。

1: 小委員長；宮城大学事業構想学部デザイン情報学科（〒981-3298 宮城県黒川郡大和町学苑 1）

2: 副小委員長；国際航業（株）事業開発本部 新規事業推進室（〒102-0085 東京都千代田区六番町 2）

表 3-1 土木プロダクトモデルの概念

- (1)建設プロセスは、計画・設計・施工・維持管理に大分類される。
- (2)建設プロセスの中で流れる情報は、設計情報と管理情報とに分けられる。
- (3)設計情報には地形・地質、地物、構造物等に関する技術的な情報が含まれる。
- (4)管理情報は建設事業を管理するための情報である。
- (5)プロダクトモデルは、コンピュータ上に構築された仮想的な土木構造物の具体的モデルである。
- (6)プロダクトモデルに基づき、設計物はコンピュータ上で3次的に再現される。
- (7)プロダクトモデルは仮想的な物体形状をコンピュータ上に定義する。
- (8)プロダクトモデルは設計物の抽象化である。
- (9)プロダクトモデルの形状情報は3次元の情報であり、必要に応じたビューを得ることができる。
- (10)プロダクトモデルに基づき、解析・数量計算等に必要データを取得することができる。
- (11)プロダクトモデルは一元的な情報であり、ビューには依存しない。
- (12)プロダクトモデルの基本は形状モデルであり、属性情報はそれに付随する。
- (13)プロダクトモデルは、管理情報とリンクすることができる。
- (14)形状情報は部品化（オブジェクト化）されることが必要である。
- (15)部品形状は極力、パラメトリックに定義されるべきである。
- (16)プロダクトモデルの対象は、「建設事業」そのものである。
- (17)計画・設計という段階を経るに従い、設計情報量は増加し、プロダクトモデルのオブジェクト構造は多重構造となる。
- (18)施工はプロダクトモデルを現実の世界に投影する段階である。
- (19)現実から得られたプロダクトモデルの乖離は修正されなければならない。
- (20)プロダクトモデルは、竣工後は維持管理情報のデータベースとしての利用が可能である。
- (21)施工後、プロダクトモデルと現実との乖離を見出す作業が維持管理の一つである。
- (22)現実の物体は老朽化等により竣工時点とのプロダクトモデルとの乖離を引き起こす。
- (23)プロダクトモデルは時間の概念を有し、その老朽化を予測し、補修スケジュールの立案を実現する。

3-2 道路／地盤 WG の研究成果の概要

3-2-1 研究目的

第1期における研究では、特に道路の「設計者」という立場に限定し、①設計目的の整理、②目的達成のために実行される事項の整理、の2項目について検討を行な

い、これを階層構造として整理した（「目的別樹形図」）。

これらの目的樹形図の整理にあたっては、サービスの対象者（受益者）を「自動車利用者」「歩行者（交通弱者を含む）」「自転車利用者」「国民」「地域住民」「沿道住民」「環境」とし、これらの対象者それぞれに対する目的樹形図を整理した。さらにこれらの中から、サービス対象者（受益者）を「自動車利用者」に限定し、サービスを実現するために必要な情報項目（入力、出力）の整理を行なった。これらの検討内容に基づき、「設計者」の立場から、「自動車利用者」に対するサービスについて精査し、それを実現するために必要な情報項目のモデル化を目的とする。

3-2-2 設計情報モデル

(1)設計情報モデル概念構成

設計情報モデルの概念構成を図3-1に示す。

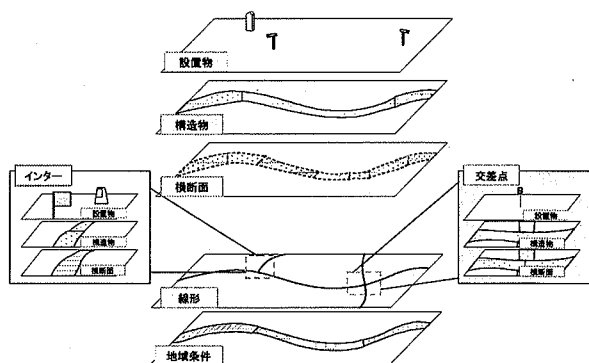


図 3-1 概念構成図

設計情報モデルは、線形・横断面・構造物・設置物（道路付属物等）・地域条件の5つのカテゴリに分類し、それぞれ「道路線形 P」・「横断面構成 P」・「構造物 P」・「道路設置物 P」・「地域条件 P」で整理する（P はパッケージの略）。「設計情報 P」は、それぞれのパッケージで定義している情報を設計情報モデルとして整理するためのパッケージである。「設計条件 P」では、交通量など設計の際に必要な調査情報を整理する。「制約条件 P」は、道路構造令などの情報を整理するためのパッケージである。

「制約条件 P」は、「道路構造令 P」及び「道路構造令制約条件 P」により構成される。「道路構造令 P」は、インターフェース「道路構造令による制約」とクラス「道路構造令」により構成され、インターフェースは、クラスの属性を参照し制約条件を算出する。「道路構造令制

約条件P」では、道路構造令をモデル化している。このパッケージのクラスは、制約条件を判断するための情報を属性として定義し、それを活用した操作（制約条件の算出）を定義している。

3-2-3 設計情報の流通

(1)設計情報流通の基本的考え方

設計情報モデルを核とした設計プロセスを実現するためには、図 3-2 に示すシステム構成が必要となる。これにより、以下の項目の実現が可能となる。

- ①設計者は、設計支援システムで設計を行う。
- ②設計者が必要な各種情報（交通量データ、地形・地質データ、気象データなど）は、インターネットを介し取得する（各種情報提供サービス）。
- ③その際、各種情報は設計情報モデルに従ったデータ構造で構築されている
- ④設計者は、自身が設計した内容（道路構造、概算工費算出、周辺環境との適合度）のチェックをインターネットを介し実施する（項目チェックサービス）。

②、④を実現することで、設計者は自身でデータの更新をしなくとも、常に最新の情報を取得することが可能となり、より正確に設計を実施することが可能となる。さらに、④のチェック機能は、目的別に各内容を確認することができる。

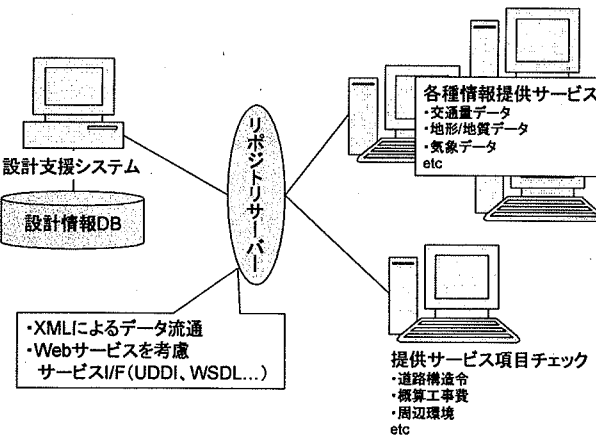


図 3-2 設計情報流通の基本的考え方

(2)実験システムの構築

設計情報モデルが標準化されそれが流通できる状態を想定したシステム構成を検討した。設計者は、「設計支援システム」を活用し設計作業を行う。そこで、設計された成果は、設計情報モデルに従い「設計情報 DB」に格納される。設計者が必要な情報（交通量データ、地

形/地質データ、気象データ）は、「各種情報提供サービス」に要求することにより、取得することが可能である。設計者は、自分が設計した内容を「提供サービス項目チェックサービス」で確認することができる。設計者と各種情報提供サービスを結ぶ仕組みは「Web サービス」実現される。例えば、図 3-2 の「リポジトリサーバー」は、各種サービスと設計者を結びつけるための、仕組みである。設計者は必要な要件を「リポジトリサーバー」に問い合わせるだけでよい。「リポジトリサーバー」は、要求に応じたサービスを探し出し、そこに問い合わせを行い、その結果を設計者に戻す。

a)設計計画段階

設計者は、設計計画に必要な情報を各種サービス（交通量データ提供サービス、地形/地質データ提供サービス、気象データ提供サービス等）に問い合わせる。各種サービスは、条件に応じた情報を設計者に戻す。その際のデータ構造は、「設計情報モデル」に適合したデータ（XML フォーマット）である。取得した各種情報は、設計支援システムの DB に格納される。

作業の具体的な流れは以下の通りである。

- ①設計者は、自分の PC 上で設計に必要な情報を選択する。サービスプロバイダへの問い合わせ条件は以下の通りである。
 - 設計範囲
 - 必要な情報（地形、地質、土地利用、交通量、気象情報、環境情報）
- ②取得した情報を設計支援システム上に表示する（図 3-4）。
- ③取得した各種情報の表示内容を切り替えながら、現状を把握する。

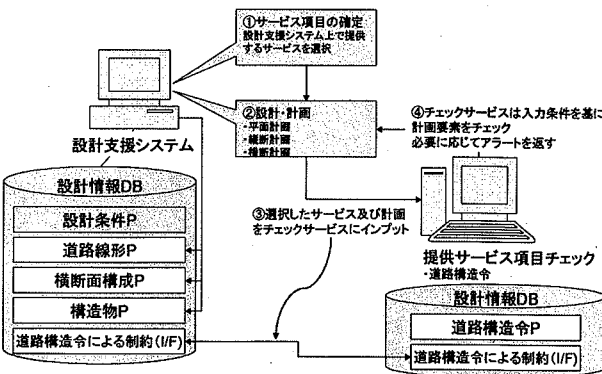


図 3-3 設計条件・細部条件の確定及び計画・設計

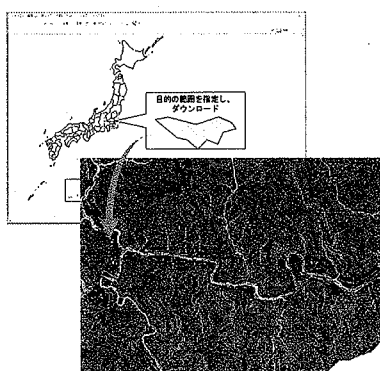


図 3-4 地形情報の取得例

b) 現地踏査

設計者は、設計計画で取得した情報を元に、現地踏査する。現地踏査した結果を入力し、設計情報 DB に格納する。作業の具体的な流れは以下の通りである。

- ①取得した情報をモバイル端末（例えば、PDA やペンパソコン）に出力する
- ②現地踏査する
- ③現地で取得した情報（道路隣接部状況、流末排水施設、コントロール箇所）を入力する
- ④社に戻り、現地で入力した情報をアップロードする（または、携帯等を使用して、サーバーにアップロードすることもできる）。

c) 設計条件・細部条件の確定及び計画・設計

設計者は、これから設計する道路が実現すべきサービス項目（自動車利用者に限定）を確定し、与条件を元に、計画・設計（平面、縦断、横断）を行う。計画・設計成果を「提供サービス項目チェック（道路構造令）」に渡し、計画・設計内容を確認する（図 3-3）。作業の具体的な流れは以下の通りである。

- ①設計支援システム画面上で実現すべきサービスを選択する
- ②計画・設計を実施する。
 - 平面計画をする
 - 縦断計画をする
 - 横断計画をする
- ③3次元モデルが生成される
- ④設計成果を「サービス項目チェックサービス（道路構造令）」に入力する
 - 設計成果情報（設計情報モデル）
 - 実現すべきサービス内容
 - 与条件（設計情報モデル）

図 3-5、図 3-6 にシステムの実行イメージを示す。

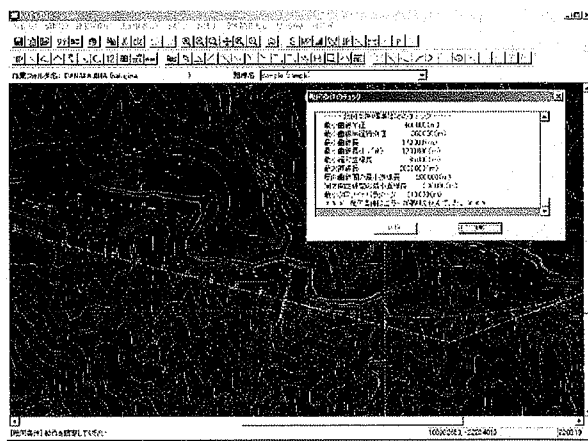


図 3-5 平面計画の例

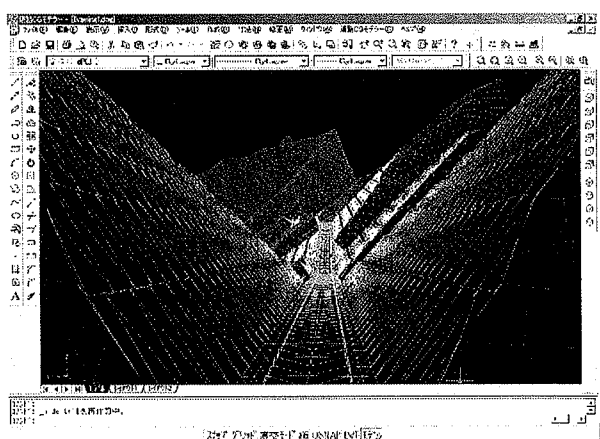


図 3-6 3次元モデルの生成例

d) 数量算出及び概算工事費

設計者は、設計成果（数量）を提供サービス項目チェック（概算工事費）」に渡し、計画・設計内容を確認する。設計目的に費用に関する達成目標がある場合は、このチェックを通すことで適切な工費で施工可能な設計を行うことができる。

3-2-4 まとめ

本検討により、以下の有効性を確認できた。

①オブジェクト指向モデリング

本検討では、UML を利用しモデリングを行った。これにより、情報項目とその詳細情報（属性、操作）を定義し、情報項目間の関係を記述することで設計情報モデルの構築が可能である。この方法は、設計情報ばかりでなく、他の建設関連情報のモデル化にも有効である。

②位置参照による間接的な情報項目の関連付け

設計情報は、複雑であり情報項目間の関係付けを明示的に行うことが困難である。そこで、本検討では、位置による関連付けを行うことで情報項目間の関係を暗示

的に定義することを想定している。この方法により、情報項目間の関係付けが容易になると考えられる。現段階では、具体的な空間参照を定義していないが、本モデルを具体化し、この方法の有効性を確認する必要がある。

③設計情報モデルを活用した情報流通

昨年度作成した設計情報モデルを具現化しその中間フォーマットとして XML を活用した。これにより、オブジェクト単位（交通量情報、気象情報、計画情報、数量情報）で情報流通させることが可能となる。

④サービスモデル(目的樹形図)と情報モデルの連携

サービスモデルと情報モデルが関係づいているため、設計結果のチェックが容易になる（例えば、前節で示した「提供サービス項目チェックサービス（道路構造令）」を活用した設計結果の確認）。このように、サービス（目的）を明確にして設計を行うことで必要な確認を即座に行うことが可能となり、効率的な設計プロセスを実現することができる。

⑤Web サービス技術の活用

設計情報の流通を支える仕組みとして Web サービスの適用を試みた。Web サービス技術を活用することで、例えば、設計者は、特に意識することなく最新の情報の提供を受けることが可能となり、適切な設計を行うことが可能となる。

Web サービスは、比較的成熟していない領域の技術であるが、これからのネットワーク社会において限りない可能性を有した技術である。今後さらに検討を進め、分散環境下における建設分野の情報流通モデルを構築することは非常に重要なことであると考えられる。

3-3 橋梁 WG の研究成果の概要

3-3-1 研究の目的

橋梁 WG では、図面に依存した現行の計画・設計プロセスからの脱却の可能性をめざし、土木構造物のライフサイクルの中で必要となるプロダクトモデル（設計情報等）のあり方について、国際標準化や情報技術の動向を踏まえながら、コンピュータ利用を前提としたプロダクトモデルの確立によって鋼橋を対象とした設計情報モデルの具体的検討を行う。モデル化の対象は橋梁の鋼橋上部工とした。上部工の形状は複雑であり、パラメトリック図形定義も可能と考えられる下部工より検討の余地が多いことと、下部工では基本となる形状情報よりも地盤条件や交通条件など比較的扱いやすい付随情報が

多いため、上部工の手法での応用が可能であると考えた⁹⁾。

3-3-2 橋梁に関する設計情報モデルの現状

現在、国内外における検討されている橋梁に関するプロダクトモデルの例を以下に示す。

(1) SBI フォーマット¹⁰⁾

橋建協建設 CALS 特別委員会で定めている SBI フォーマットはテキストデータであり、XML を意識したタグの中に実データを CSV 形式で並べたものである。データ交換に必要な項目の列挙と XML を意識したフォーマットの採用は注目できるが、データグループのタイトルは XML 風ではあるものの、内容はカンマ区切りのファイルである。

(2) 橋梁プロダクトモデル研究会¹¹⁾

橋梁の設計・生産情報での統合化を目標とする CIM 構築のため、①必要な要素技術の検討、②表現に係わる CAD/CAM 技術の検討、③プロダクトモデルを中核とするアプリケーションの検討が行われた。商用の SYMPHONY10)の開発会がこのプロダクトモデル研究会であり、主には応用の部分の修正を行っている。SYMPHONY では図面(紙ベース)をもとに、設計情報の数値化を行い、これを DB に格納し、3 次元 CAD 表示を含めて各種システムでデータを活用している。

(3) IFC-BRIDGE¹²⁾

建設業界における情報の共有化及び相互運用を目的とした国際団体（非営利団体）である IAI は、利用するソフトウェア間での有効な相互運用が可能となる標準化を実現するために、オブジェクトモデルの定義である IFC を開発してきた。これまで開発されたモデルは建築分野が主であり、土木分野については規格化がなされていないが、2002 年にはフランスが橋梁モデル IFC-BRIDGE Ver1.0 を作成し、2003 年末には Ver2.0 に拡張すると共に、IFC の正式な規格への組み込みを目指している。また、IAI 内で別途検討している RC 構造物・PC 構造物・鉄骨構造解析との連携を検討している。この標準が実用化されれば、橋梁 CAD や解析ツールなどの異なるアプリケーション間での情報共有が可能となる。

(4) JHDM^{13~14)}

橋梁だけを対象としたモデルではないが、日本道路公団では高速道路事業への CALS/EC の適用を目指した道

路データモデル：JHDM(Japan Highway Data Model)の検討・開発が進んでいる。(財)高速道路技術センターが事務局となり、「道路事業におけるデータ交換仕様検討委員会」が設置されており、高速道路の建設から維持管理までの業務プロセス間での電子データの交換・共用による効率化を目的として、平成 13 年度から設計・積算・施工プロセスを業務範囲として幾何構造、土工、下部工、鋼上部工等の工種の検討が行われている。データモデルとして「道路構造モデル」と「業務機能モデル」が作成され、そのモデルを XML Schema を採用して XML により表現し、データの交換を行うものである。現在、データ交換の検証や有用アプリケーションの検証に関する実証実験が行われており、今後更に対象業種の拡大や実証実験が行われる予定である。

3-3-3. 橋梁プロダクトモデルの構築

(1)面を意識した設計情報

対象とする鋼上部工をモデル化するにあたり、基本情報として形状の取り扱いを考えることにした。形状を構築する基本的な手法として、面を意識した部材単位の設計情報を定義する。これは親部材との取り付け面、取り付け原点を定めることで、設計形状を一般化して定義するものである。

また XML 形式はデータ交換を行う様々な分野への適用が期待できる。本研究では、再帰構造の表現のために XML を採用した。薄肉構造での部材は、主要部材に子部材がつくという再帰構造である。XML による設計情報を利用するアプローチとして、全ての橋梁設計プログラムが同じ XML データを参照するのではなく、XML 形式による相互変換が可能であれば利用価値が高いと考えられる。

(2)データモデルに関する検討

鋼橋の上部工データをモデル化するにあたっては、部材や形状、取り付けなどを表現するために、いくつかの定義方法について検討した。モデル化において、いくつかの手法について検証したが、ここでは基本線の座標・形状をもとに部材を定義する方法を採用した。この方法には、基本となる線形計算結果から設定するラインを引用できるので、骨組構造が形成しやすいというメリットがある。また、曲線構造などにも対処しやすいため、本研究におけるモデルとして採用する。

検証を兼ねて設計構造の XML による定義を行い、こ

の XML データの解釈を行うアプリケーションの試作を行い、その有効性を検証した。図 3-7 は OpenGL を用いて XML で記述されたデータを読み込み、それを 3 次元表示するプログラムの実行画面である。

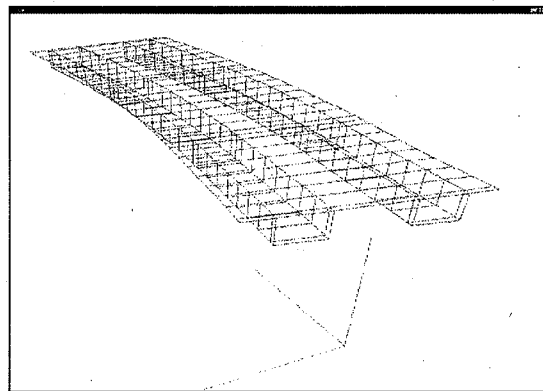


図 3-7 アプリケーション(3D 表示)

3-3-4 まとめ

橋梁 WG における研究では、プロダクトモデル（設計情報等）の具体的検討として、鋼橋を対象とした設計情報モデルについて検討を行った。そして面を意識したプロダクトモデルを構築するとともに、XML 形式による設計情報との相互変換および 3 次元表示を試み、その有効性を確認した。

今後の課題としては以下のとおりである。

- ①データ構造を詳細化し、複雑なモデルへの対応を可能とする。ボルト等の連結構造への対応についてもスキーマ定義の検討が必要である。
- ②応用例を増やすことで、本システムの有効性および拡張性を検証する。
- ③ XML データを自動的に出力できるような入力方法またはアプリケーションの提示

4. 今後の活動の予定

4.1 設計情報小委員会活動の社会的役割

今後の設計情報小委員会においては、以下の社会的役割を踏まえ、活動を進めていく必要があると考える。

- ①プロダクトモデルの関連分野の動向、海外動向等を把握すること。（ISO 対応）
- ②プロダクトモデルの有効性を示すこと。
- ③今後のプロダクトモデル開発の方向性を示すこと。
- ④現行の建設プロセス、法制度、設計基準等の問題点を

明らかにするとともに、その対応策について検討すること

⑤プロダクトモデルに関する研究開発支援

4.2 小委員会でのプロダクトモデルの構築について

小委員会におけるプロダクトモデル構築の目的は、その有効性を示すことと、その過程で得られたノウハウからのプロダクトモデル開発の方向性、既往の設計基準等との間で生じる問題点を明らかにすることにある。小委員会活動の範囲においては、実業務に完全に対応しうるプロダクトモデルを構築することを目的とするのではなく、本小委員会の果たす役割はその前のプロセスにある。平成 13, 14 年度における設計情報小委員会の活動においては、道路・地盤、橋梁の 2 つの側面から、特に計画・設計段階で必然的に生まれてくる設計情報を基にそのモデル化を進めてきたが、今後はこれらの情報の施工、維持管理への応用についても検討を進め、構造物のライフサイクルを支援するための設計情報のあるべき姿を明らかにしていく必要がある。

4.3 今後の小委員会活動について

今後の小委員会活動として、以下を予定している。

平成 15 年度：

- ・設計情報モデルの検討（ライフサイクル支援型情報モデルの検討）
- ・外部公開型研究会の開催

平成 16 年度

- ・設計情報モデルの検討と実装、成果とりまとめ

参考文献

- 1) 土木 CAD 小委員会：平成 11・12 年度土木 CAD 小委員会報告書（中間報告），（社）土木学会 土木情報システム委員会，2001.6.
- 2) 矢吹信喜，志谷倫章，小谷隼：鋼部材 3 次元プロダクトモデルに関する研究，土木学会北海道支部論文報告集，Vol.58，pp.76-79，2002.
- 3) 矢吹信喜，志谷倫章，宮島良将，岸 徳光：統合化された鋼構造接合部設計システムに関する研究，土木情報システム論文集，Vol.10，pp.175-184，2001.
- 4) 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.
- 5) 矢吹信喜，志谷倫章：IFC に基づいた PC 中空床版橋の 3 次元プロダクトモデルの開発，土木情報システム論文集，Vol.11，pp.35-44，2002.
- 6) 矢吹信喜，小谷 隼，小室雅人，Hyunjoo Kim：マルチエージェントとプロダクトモデルを用いた 3 次元 CAD 環境，土木情報システム論文集，Vol.11，pp.1-8，2002.
- 7) 三上市蔵，田中成典，窪田 諭，石井由美子：インターネット技術を用いた橋梁の製品モデルデータベースの構築，土木学会構造工学論文集，Vol.45A，pp.511-522，1999.3.
- 8) Xsteel：<http://www.xsteel.com/>
- 9) CIMsteel：
<http://www.leeds.ac.uk/civil/cae/cimsteel/cimsteel.htm>
- 10) SYMPHONY：
http://www.ttk-corp.co.jp/works/05soft/soft_c.htm
- 11) <http://www3.coara.or.jp/~product/>
- 12) <http://www.iai-france.org/bridge/>
- 13) 日本道路公団の道路データモデル～JHDM
<http://www.jacic.or.jp/books/jacicnews/jn158.pdf>
- 14) 道路モデル(JHDM) について
http://news-sv.aij.or.jp/jyoho/m050/event/forum_030219/siryu/04_forum030219.pdf
- 15) NIKKEI DIGITAL ENGINEERING 2003.1
- 16) Java における XML: データ・バインディング-- JAXB など
http://www-6.ibm.com/jp/developerworks/XML/030314/j_x-databdopt.html
- 17) http://www-6.ibm.com/jp/developerworks/XML/030425/j_x-matters25.html
- 18) OMG, UML Notation Guide (OMG-Unified Modeling Language,v1.4),
<http://www.omg.org/technology/documents/formal/uml.htm>, 2001.
- 19) 株式会社日本ユニテック:SOAP/UDDI/WSDL Web サービス技術 基礎と実践 徹底解説, JAVA PRESS vol26, 技術評論社, 2002.

設計情報小委員会委員名簿

小委員長 蒔苗耕司（宮城大学）

副小委員長 政木英一（国際航業(株)）

委員 飯嶋 淳（JIP テクノサイエンス(株)）

委員 和泉 繁（(財)日本建設情報総合センター）

委員 境 恭宏（株式会社大林組）

委員 高山 義生（富士通エフ・アイ・ピー(株)）

委員 田島 剛之（大日本コンサルタント(株)）

委員 田部 成寿（(株)横河技術情報）

委員 千葉洋一郎（(株) トリオン）

委員 辻岡 政人（(株)建設技術研究所）

委員 中嶋 一雄（東光コンサルタンツ(株)）

委員 永富 大亮（日本技術開発(株)）

委員 保田 敬一（(株)ニュージェック）

委員 八木 信幸（中央工学校）

委員 矢吹 信喜（室蘭工業大学）