

PC 橋への 3 次元プロダクトモデルの適用に関する研究

竹中 秀樹 *1・澤 大輔 *2・岡田 規子 *3・近藤 琢也 *4

1. はじめに

本報告は、プレストレストコンクリート建設業協会に設置された「3次元プロダクトモデル検討小委員会」(以下、本委員会)の活動成果である¹⁾²⁾。本委員会は平成14年より活動を開始し、4年間の活動を続けており、とくに設計・施工に重点をおき3次元データを用いることによって、設計および施工の品質向上、ならびに図-1に示すような従来の設計、積算、施工、維持管理などで用いるデータを相互利用して、各プロセスにおける業務の効率化を図ることを目的とし、3次元プロダクトモデル(以下、3DPM)をプレストレストコンクリート(以下、PC)構造物へ適用することとした。

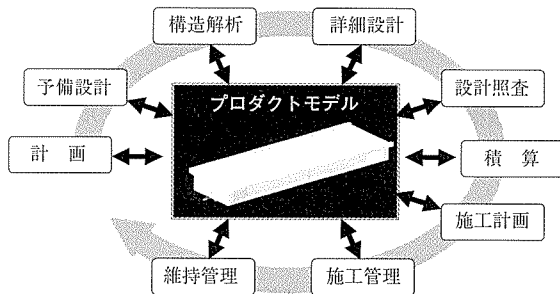


図-1 プロダクトモデルによるデータ相互運用

3DPMは、一言でいうと構造物のデータをすべて3次元で作成し処理を行うためのデータ書式である。3次元で描かれた構造物は、設計者および施工者、さらには労働者においても構造物の形状を容易に把握することを可能とする。わかりやすいところでは、材料などの単純な配置ミスの防止や施工手順の効率化、また施工時の打合せをスムーズに進めることなどに効果的であることは容易に想像できる。

以下に、本委員会において検討を行ったPC構造物における3DPMの適用性について述べる。なお、検討した3DPMのデータモデルは、国際的にも通用するデータ書式として、建設業における国際的なデータ標準化を図る団体であるIAI(International Alliance for Interoperability)へ提案されている³⁾。

2. 3DPMの概要と現状

2.1 プロダクトモデルの概要

プロダクトモデルとは、製品の設計から製造・使用・保守、そして廃棄に至るまでの製品のライフサイクルのなかで利用できるさまざまな情報を統合的に記述した情報モデルを意味する。これまで製品情報は、主に画面や帳票などの紙媒体に記録され、形状、材質、コストなどの情報は別べつに管理されてきた。しかし、コンピュータグラフィック技術は、形状情報を3次元形状として定義し、それをさまざまなかたちで表現することを可能とした。また情報技術の分野では、オブジェクト指向の考え方が普及し、ソフトウェア開発に適用されるようになった。オブジェクト指向とは、実世界に実在するオブジェクト(モノ)を抽象化し、その属性と振舞いを一つのまとまりとして定義する考え方である。現在のプロダクトモデルは、このオブジェクト指向の考え方をベースに、これまで別べつに管理されてきた情報を統合的に表現できるモデルを構築することを目指している。

オブジェクト指向による形状定義の例を図-2に示す。一般に普及している非オブジェクト指向による形状定義では、設計物の形状は図-2(a)に示すようにすべて線分として扱われることとなり、それが何を示しているか、部材の寸法はいくらなのかを人間が判断することとなる。つまり、3次元CADを使ったとしても、ただの線や面の集合であれば、コンピュータは判断することができない。一方、オブジェクト指向による形状定義では、図-2(b)のよう

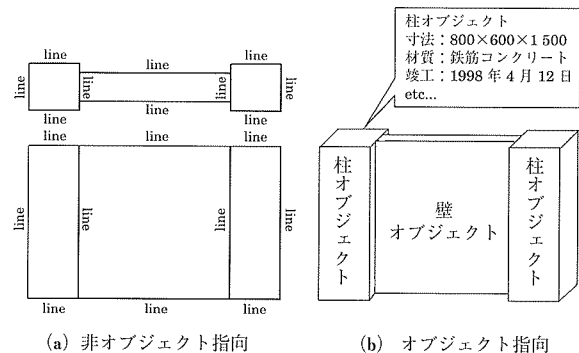


図-2 オブジェクト指向による形状定義の例

*1 Hideki TAKENAKA : プレストレストコンクリート建設業協会 3次元プロダクトモデル検討小委員会

*2 Daisuke SAWA : プレストレストコンクリート建設業協会 3次元プロダクトモデル検討小委員会

*3 Noriko OKADA : プレストレストコンクリート建設業協会 3次元プロダクトモデル検討小委員会

*4 Takuya KONDO : プレストレストコンクリート建設業協会 3次元プロダクトモデル検討小委員会

に、あらかじめ定義した部品を基に、形状をパラメトリックに定義する。設計物はこのような部品（オブジェクト）の組合せにより定義することができ、さらに、それぞれのオブジェクトに対してさまざまな属性情報を付加することができる。

オブジェクト指向を用いたプロダクトモデルを構築するためには、そのプロジェクトの構成要素であるすべての部品を分類し、整理することが必要となる。そしてその部品がどのような情報をもつか定義する。その情報の中には、形状を定義するための情報はもちろん、図 - 2 (b) に示すように材質や構造、設置時期や価格などのさまざまな情報を含むことができる。これらの情報を定義することにより、プロダクトモデルはこれまでの図面や帳票として管理されてきたさまざまな情報を有機的に統合させ、コンピュータ上でそれを将来にわたって有効に活用することが可能となる。

2.2 3 DPM の現状

わが国の土木分野におけるプロダクトモデルは、研究レベルでは鋼橋や河川に適用された事例が報告されている。矢吹らは、水圧鉄管、鋼構造の接合部、簡単な橋梁およびプレストレスト（PC）中空床版橋を対象とした3 DPM について報告しており⁴⁾、たとえば、土木学会情報利用技術委員会でもプロダクトモデルに関する調査研究が行われている。また、旧日本道路公団は2001年度よりJapan Highway Data Model (JHDM)⁵⁾の構築に向けて検討・策定が行われた。この取組みは本来の目的を達成するために、3次元が必要であるとの認識に立ち、3 DPM の必要性を発注者サイドから求めている好例である。

国内における一部の企業では、プロダクトモデルに基づいたシステムが開発されている。しかし、これらのシステムは特定のアプリケーションシステムに依存していたり、汎用性に乏しいなど、全体としての取組みはあまり進んでいないのが現状のようである。

一方、海外においては、IAIのIFC (Industry Foundation Classes) や IFC-BRIDGE⁶⁾などのプロダクトモデルの開発が進んできている。建築分野では、1990年代半ばに、ISO (International Organization for Standardization) の国際標準STEP (STandard for the Exchange of Product model data: ISO-10303) の制定を待たずに、業界標準を作成すべく米国が中心となり関係各国と協調しながら、業界団体IAIを設立した。IAIは、建設業界を中心とした非営利団体であり、現在、約600社が参加している国際組織である。IAIでは、建築物を対象としたプロダクトモデルIFCを構築し、本格的な実用化に向けてモデルの仕様の開発が進められている。IFCは建築構造物の要素ならびに設計・施工・維持管理等の情報をまとめたカスタマイズ可能な業界ベースのオブジェクトを提供している。よって、施主、建築家、構造技術者、設備業者、施工業者等の各プレーヤーがプロジェクト・モデルを共有することが可能となると考えられ、ライフサイクルを通じた各種業務の大幅な効率化が期待される。また、IFCはISOがSTEP (ISO-10303)の一環として行っている建設業界の製品情報を標準化するワーキンググル

ープ (TC 184 / SC 4 / WG 3) とも連携しており、2002年11月に当時の最新バージョンであったIFC 2x (バージョン 2x) がTC 184 / SCのPAS (a Publicly Available Specification : 公式有効仕様書または公的認定仕様書)として認定された。

3. PC 橋におけるデータモデルの特徴

3.1 プロダクトモデルをPC橋へ適用する場合のメリット

現在、建設事業の業務効率化およびコスト削減を目的として建設CALSの推進が盛んに行われている。建設CALSの普及により、契約書類の電子化、データの共有および構造物のライフサイクルに関する維持管理上の有効な電子データを与えることが可能となる。しかし、現状の建設CALSにおけるデータ構造はデータの保管、受渡しという点ではその効果は大きい、データを再利用する場合において、対象構造物の性能を評価できるデータおよび積算や施工へのデータの活用で課題が残ると考えられる。

一方、3 DPMによるデータ相互運用システムは、オブジェクト指向によるデータ構造を採用し、図 - 1 に示されるように計画、予備設計、構造解析、詳細設計、設計照査、積算、施工計画、施工管理、維持管理といった構造物のライフサイクル全般にわたってデータを効率的に活用することができ、複雑な構造データの合理的な運用および照査が可能となる。さらには設計・施工・管理などにかかるコスト低減、性能照査方法や施工管理の効率化に伴う構造物の品質向上によるライフサイクルコストの低減が期待される。

3.2 鋼橋とコンクリート橋のプロダクトモデル

鋼橋は、平面的に切り出された鋼板を溶接継手やボルト継手によって立体的に組み立てることによって構造物を構成している。わが国の鋼橋分野では、比較的早い段階から鋼構造物全般にわたってプロダクトモデルを民間企業や業界団体で開発し、実務で利用されている。これは、各社が有する製作時のシステムを発展させることによって可能にしたものと考えられる。

それに対して、コンクリート橋は、現場打設あるいはプレキャスト部材で構成されており、基本的にはコンクリート内に鉄筋およびPC鋼材が配置されている。また、施工時の型枠や鉄筋の加工および継手、シーす、PCグラウト、定着具など構成部材が多いことも特記すべき点である。

このように両者は、製作プロセスならびに断面構成、構成部材が大きく異なっており、ライフサイクル全般にわたってデータを共有していくことを視野に入れたプロダクトモデルでは、必然的に表現方法が異なる部分が生じる。

3.3 IFC 2x の構成要素および特徴

IFCでは部材の形状表現、材料物性値、他部材との関係の定義等は、図 - 3 に示すような、IfcObject, IfcPropertyDefinition, IfcRelationship, および IfcRepresentationItem の4つのクラスの相互関係から定義される。

(1) IfcObject

このクラスは、実際に存在する「もの」を定義するクラスである。ただし、形状を表現することは必須ではなく空間、場所等も一つのオブジェクトとなる。形状を表現する属性は、IfcObjectクラスのサブクラスであるIfcProductが、

属性として保持している。

(2) IfcPropertyDefinition

このクラスは、部材の力学的パラメータなど付加的な属性（プロパティ）を定義するためのクラスである。このデータはプロパティセットとして一つのまとまったデータベースとしての形態と機能をもつ。このように、オブジェクトとそのプロパティを分離して定義し、同一のプロパティを複数のオブジェクトで共有するため、テキストデータの肥大化を抑制することが可能となる。

(3) IfcRelationship

このクラスは、オブジェクト間の関係やオブジェクトとプロパティセットとの関係を定義するのに用いられるクラスである。

(4) IfcRepresentationItem

形状表現に関しては、IfcRepresentationItem クラスをルートとして、点や線、立体といった、さまざまな図形表現を担う多数のクラスが存在することとなる。

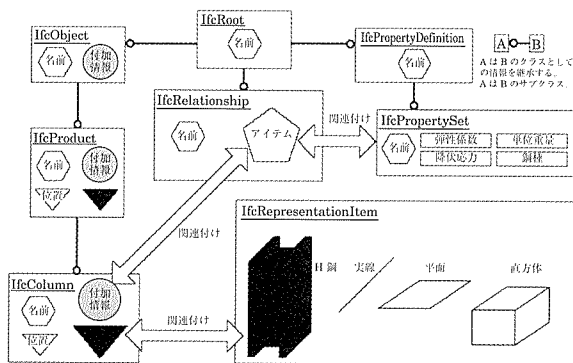


図-3 IFC 2xにおける「柱」IfcColumn と他のクラスの関係

3.4 IFC-BRIDGE

IFC-BRIDGE の基本的な形状の表現方法は、図-4 に示されるように橋梁の線形形状を表す基本線（IfcBridgeReferenceLine）に沿って断面（IfcBridgeSection）を押し出すことにより、3次元のソリッドとして表す方法を採用している。また、IFC ではオブジェクトを対象として材質等に関するプロパティを付加することに対し、IFC-BRIDGE では断面（図面レベル）に対しても材質に関するプロパティ（IfcBridgeFibre）を直接付加できる点も特徴としてあげられる。また、IFC-BRIDGE には、SETRA との協力のもと、本委員会で提案したクラスが組み込まれている。

3.5 PC 建協のプロダクトモデル

本協会では、室蘭工業大学（矢吹信喜助教授）で開発されたプロダクトモデルに改良を加え、PC 中空床版橋をはじめとする PC 橋への適用を図ってきた²⁾。このモデルの実装（コンピュータで実際に実行すること）には、ifcXML 形式が使用されている。ifcXML は、XML Schema に基づいて IAI が開発したスキーマである。ifcXML で実装されたファイルは、テキストファイルであり、クラスを表現したスキーマも実際の部材データを記述したインスタンスファイ

Bridge Sectioned Spine Illustration

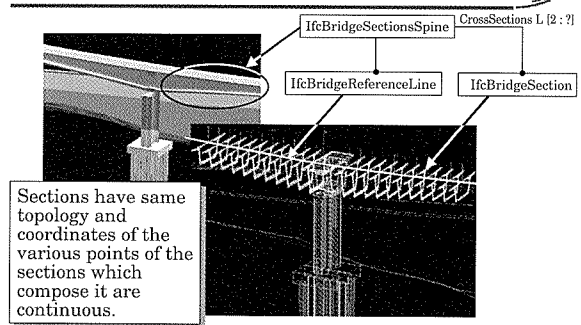


図-4 IFC BRIDGE における断面の表現方法⁶⁾

ルも、ISO-STEP（STandard for the Exchange of Product model data: ISO-10303）と互換性がある。また、建築構造物を対象に開発された IFC をベースに PC 上部工に対応できるように汎用性をもたせ、クラスを定義している。

PC 橋の適用に向け IFC 2x を拡張したクラス図を図-5 に示す。部材形状、材料物性値、他部材との関係は、前述した4つのクラスで定義し、それぞれ関連付けを行っている。本モデルの大きな特徴として、次の2点があげられる。

1点目は、コンクリート部材を表現するために、IFC のビルディングを表すクラスと同じ階層に SlabOfBridge および ConcreteStructureElement というクラスを新たに設けている点である。その形状は、任意の複数面（サーフェース）によって構成され、内部と外部の区分が可能な立体で表現することとしている。これは、従来の IFC-BRIDGE と大きく異なる特徴である。

2点目は、鉄筋、ポイド管、PC 鋼材、シース等を IFC の IfcElement の下の階層に土木構造物の構造部材を表現するクラス CivilStructureElement を設け、その下にそれぞれ、Rebar, Void, PrestressingStrand, Sheath といったコンクリート橋を表現するために必要なクラスを定義している点である。これらの部材がコンクリートの内部に含まれるという関係は、IFC が提供する IfcRelContainedInSpatialStructure という内含関係を示すクラスを用いることとしている。また、コンクリート、鉄筋、PC 鋼材などの属性はプロパティセットとして、属性を定義するクラス IfcPropertySetDefinition の下の階層に定義している。

さらに、矢吹らは図-6 に示す本モデルに4つのアプリケーションシステム（3次元 CAD システム、設計照査システム、かぶりに関する照査システム、干渉チェックシステム）を統合化したプロトタイプシステムを開発している。

4. PC 橋モデルの作成

4.1 概要

本委員会では、PC 橋における 3 DPM の適用性を検証するため、前述のアプリケーションシステムを用い表-1 に示す構造形式の PC 橋に対して 3 DPM の適用を試みた。

4.2 プロダクトモデルと 3次元 CAD システム

プロダクトモデルから 3次元の図への変換は、両データ間の相互運用を図るため室蘭工業大学で開発されたプロトタイプのコンバータプログラム（CAD 2 PM）を用いた。

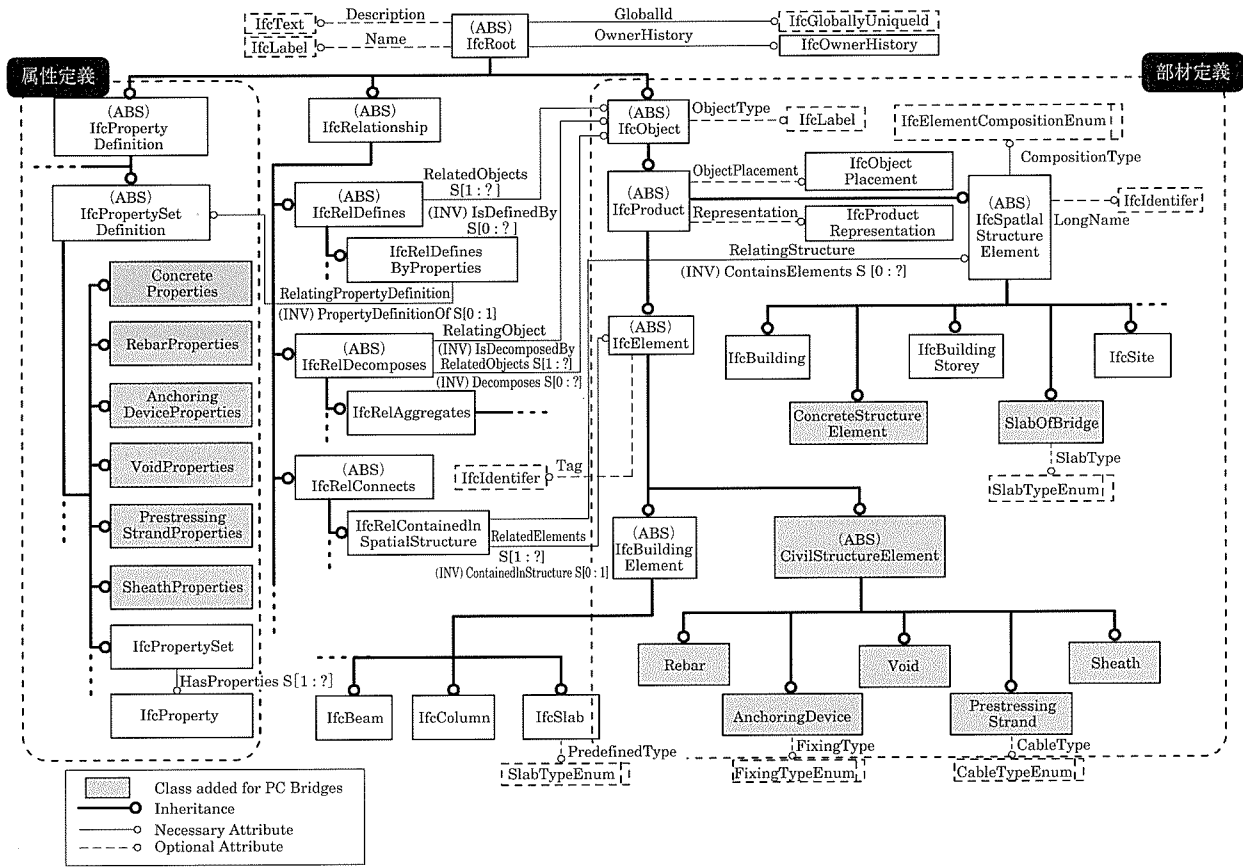


図 - 5 PC 橋の IFC 2x に拡張したクラス図

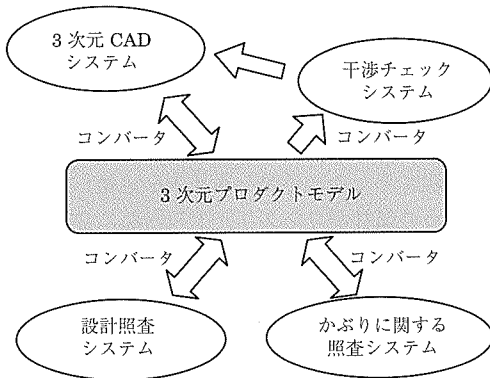


図 - 6 室蘭工大で開発された統合化のプロトタイプシステム

表 - 1 3 DPM の適用を試みた構造形式

橋梁形式	支間長
プレテンション方式単純中空床版橋	24.8 m
PC 単純コンゴ橋	31.0 m
PC 3 径間連続二主版桁橋	3@25.0 m
PC 2 径間連続ラーメン箱桁橋	2@79.3 m

CAD 2 PM は、モデリングに関するデータをプロダクトモデルのテキスト形式ファイル（インスタンスファイル）として生成するプログラムである。また、インスタンスファイルを読み込むことでプロダクトモデルデータを AutoCAD データに変換するコンバータプログラム（PM 2 CAD）を

開発している。これらの開発には、AutoCAD 2002 に装備されている VBA（Visual Basic For Application）が用いられている。

4.3 部材の形状表現

PC 橋を構成する主な部材の形状表現については、以下のとおりである。

(1) コンクリート

コンクリートは、面で構成される閉じた立体として表現し、その内部について情報を有することができる。「(コンクリートの) 中に鉄筋、PC 鋼材等が存在する」という状態を表現するモデルである (図 - 7)。

(2) 鉄筋・PC 鋼材

鉄筋ならびに PC 鋼材は、1 本ずつ独立したオブジェクトとする。その形状は、図 - 8 のように円形断面を直線や曲線、円弧上に押し出したソリッドとして表現できる。

鉄筋の継手種類は、① 鉄筋を重ねることで力の伝達を図る方法（重ね継手）と ② 圧接・カプラー・スリーブ等によ

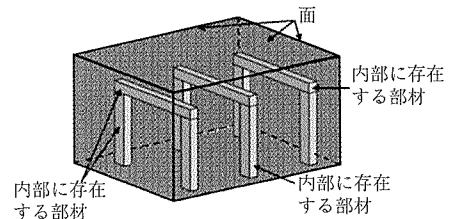


図 - 7 コンクリートモデルのイメージ

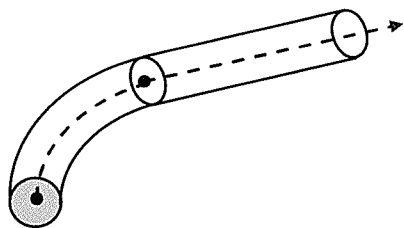


図-8 鉄筋・PC鋼材モデルのイメージ

り先端を突合せた形で力の伝達を図る方法（圧接継手、機械継手、圧着継手、溶接継手等）の2つに大別でき、用途に応じて図-9に示すような表現方法が考えられる。なお、継手の種類については、材料の定義をするクラスにて別途にデータを与えることとなる。

図-9に示すレベル3～5は、重ね継手をイメージしているもので、ラップ長の表現が可能となる。ただし、レベル3は継手周辺の取合いが不明確となり、実配置にあるような鉄筋のすり付けを表わそうとするレベル5は、形状表現が困難である。また、レベル2は、前述の継手種類②の表現に適するが、現時点段階において、継手部そのものの形状について表現する方法が課題となっている。

図面での重ね継手表記

レベル1：1つのオブジェクトでの表記

レベル2：2つのオブジェクトを突き合せた表記

レベル3：2つのオブジェクトを同軸上で重ねた表記

レベル4：2つのオブジェクトを座標をずらした表記

レベル5：2つのオブジェクトを実配置のように表記

図-9 鉄筋継手モデルのイメージ

(3) シース

シースも独立したオブジェクトとし、PC鋼材と区別する。その形状は円柱ソリッドではなく、円筒として表現することを標準とした（図-10）。

(4) 定着具

現在モデル化を検討中であるが、任意に作成するのではなく、工法別に部品図として定義されるものとする。

(5) 埋設型枠

場所打ち中空床版橋に使用されるボイド管は円筒として表現し、プレテンスラブ橋に使用される発泡スチロール型枠はソリッドとして表現することを標準とした。

4.4 適用事例

以下に3DPMを適用したモデルの作成事例を示す。

なお、鉄筋やPC鋼材は、呼び径を直径として表現して

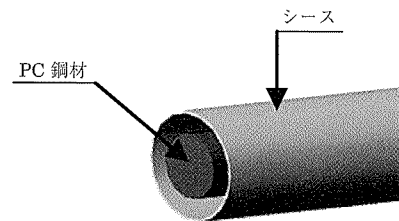


図-10 シースモデルのイメージ

いる。また、二次元図面上ではスターラップや形状保持筋等の異なる形状の鉄筋が同間隔（位置）で表現される場合があるが、実配置どおりに鉄筋径分をずらして表現した。

(1) プレテンション方式単純中空床版橋

現状ではボンドコントロール鋼材についてクラス定義をしていないため、シースに関するデータを代用することでモデル化を行った（図-11）。

(2) PC単純コンボ橋

施工手順（主桁製作→主桁架設→PC板敷設→横桁工→床版工→橋面工）に着目してモデル化を行った（図-12）。

(3) PC3径間連続二主版桁橋

分割施工を考慮し、施工状況に着目してモデル化を行った（図-13）。

(4) PC2径間連続ラーメン橋

対称性を考慮して1/4モデルとし、とくに1ブロック目

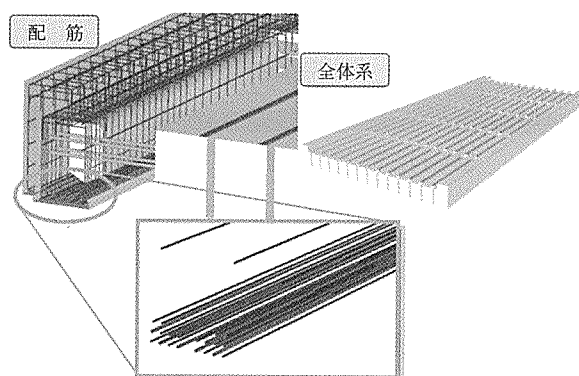


図-11 プレテンション方式単純中空床版橋

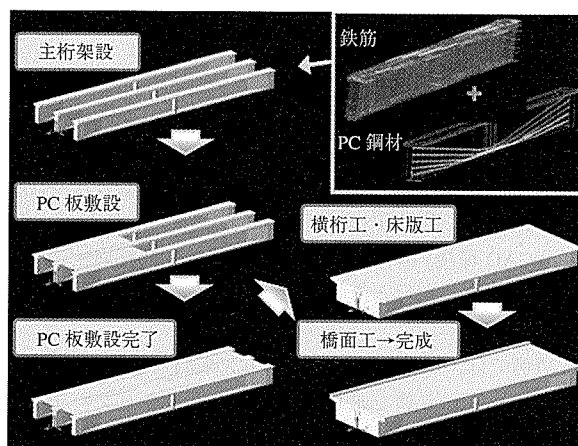


図-12 PC単純コンボ橋

の張出し施工に着目してモデル化を行った(図-14)。

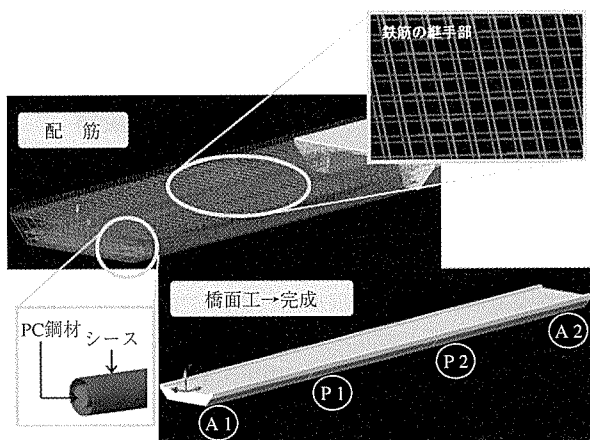


図-13 PC 3径間連続二主版桁橋

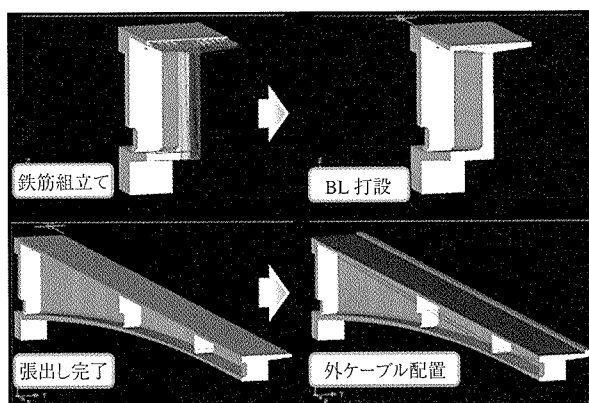


図-14 PC 2径間連続ラーメン橋

5. PC 橋における 3 DPM 活用事例 (研究・事例報告)

5.1 設計時への適用

設計時において、3 DPM を活用する最大のメリットとして構造物の形状や鉄筋、PC 鋼材の配置形状が視覚的に確認できることがあげられる。これにより、形状や配置の単純なミスを容易に発見することが可能となる。

(1) かぶり照査

PC や RC 構造物における構造細目は、とくに施工時におけるコンクリートの打設や供用期間中における構造物の健全性と関係が深い。しかし、2次元 CAD 図面では、その詳細な照査は困難であり、現場でトラブルが発生したり、ミスの修正などに手間取ったりすることが多い。したがって、3次元 CAD 環境の中で、鉄筋のかぶりや、部材同士の干渉などのチェックを行えるようにすることが有効であると考えられる。

本事例では、とくに鋼材のかぶりに着目し 3 DPM のデータから最小かぶり値を求めるシステムおよびコンバータプログラム⁷⁾を開発している。設計基準として、道路橋示方書(Ⅲコンクリート橋編)に規定される構造細目の一部を

プログラム化している。

かぶりに関する照査システムの実行例を示す。まずはじめに、3次元 CAD システムにおいて設計を行う。CAD で生成した3次元データをコンバータを用いて 3 DPM データとし、これをかぶりに関する照査システムへ読み込むことで修正の必要な鉄筋が抽出されることとなる。図-15では、再度 3次元 CAD へデータを戻すことで修正の必要な鉄筋を視覚的に判別している状況を示している。

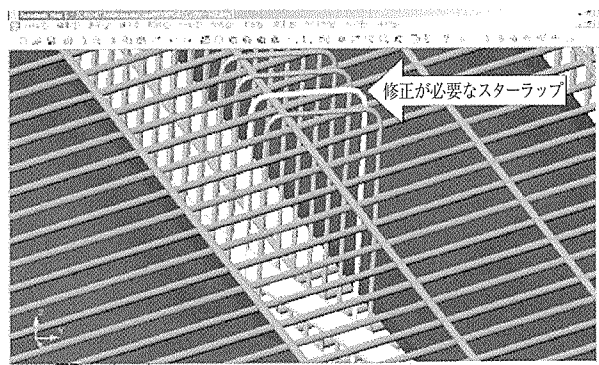


図-15 かぶりチェックの出力例

(2) 干渉チェック

次に、鉄筋や PC 鋼材、シース等の部材同士の干渉を発見することを目的に開発した干渉チェックシステムを紹介する。開発には AutoCAD の VBA を用いており、干渉チェックシステムは、部材同士が干渉していた際、干渉部分をソリッド化して CAD 画面上に表示することにより、干渉している箇所を発見するものである。

本事例では、3 DPM データを対象として、一度に大量の干渉チェックが可能なシステムを開発⁸⁾している。図-16に干渉チェックシステムの実行例を示す。本事例では、コンバータを使用して 3 DPM データを生成し、これを使用して、T 桁全体を対象とした干渉チェックを行っている。

5.2 施工時における活用

施工時においては、3 DPM により PC 鋼材の配置確認や鉄筋の配置、構造物寸法のチェックなどに対して有効に活用できる。また、これ以外にも管理者および労務者の構造物形状の把握を容易にすること、施工手順の説明や型枠形状の説明、型枠寸法の算出、PC 鋼材の立体的な配置位置の算出などを容易にするため、具体的な作業を効率的に把握し進めることが可能となる。また、鋼材が過密に配置されコンクリートの打設充填性の低下が懸念されるような箇所を瞬時に発見できるため、あらかじめ打設計画を十分検討し、品質の低下を防止することが可能となる。

以下には、施工管理において 3 DPM を活用する方法として検討した事例を紹介する。

(1) PC 鋼材配置検査

施工時の製品管理として、配筋の検査および PC 鋼材形状の検査が行われる。これらの作業は、通常、検査対象となる鉄筋に磁石などを利用したマーカーを設置し、黒板に検査対象の鉄筋の配置形状の概要を示し、カメラを用いて

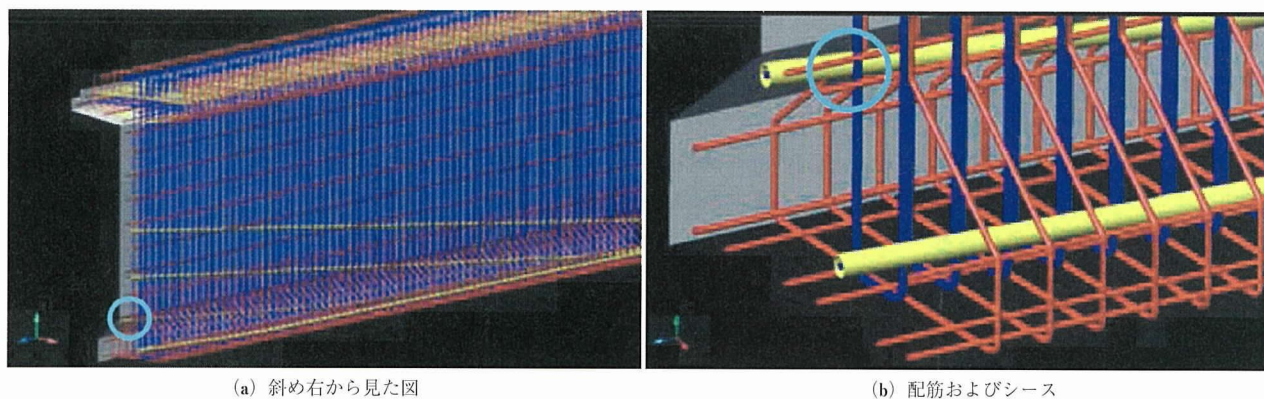


図 - 16 干渉チェックの実用例

撮影することとなる。構造物に配置される全鉄筋について行うため作業量も膨大であり、雨天時においては作業効率が低下し煩雑な作業である。

3 DPM では鉄筋や PC 鋼材の配置形状を 3 次元で保持しており、実構造物と重ね合わせることによって、実際の鋼材の配置が設計値どおりに行われているかを容易に確認することが可能である。今回はパソコン上で鉄筋および PC 鋼材の配置状況を撮影した 2 次元画像データを同一視点から眺めた 3 DPM データと重ね合わせることで配置状況の確認を行うことを試みた。

図 - 17 にはデジタル画像により撮影したシース配置の管理写真および 3 DPM データを利用して作成した同一視点からの 2 次元画像、そしてこれらを重ね合わせて配置位置を容易に確認できる状態とした重ね合わせ画像を示す。図から、実際のシースの配置が設計どおりに行われていることが確認できる。

今回の事例では、設計値と実配置との比較を容易に確認できるため品質管理の信頼性の向上を図るうえで有効であると考えられる。今後、モバイル PC やカメラを利用し労働者が使用することで施工の効率化と高品質化を製造時から向上することが可能であると考えられる。

(2) 簡便な寸法チェック

3 次元形状を容易に取得する手法として、レーザープロファイルスキャナ等の使用も考えられるが、矢吹らは、現場において PC および RC 製の構造物の寸法を安価で、容易かつ迅速にチェックすることを可能とするために、簡便な寸法チェックシステムを開発した^{7) 8)}。

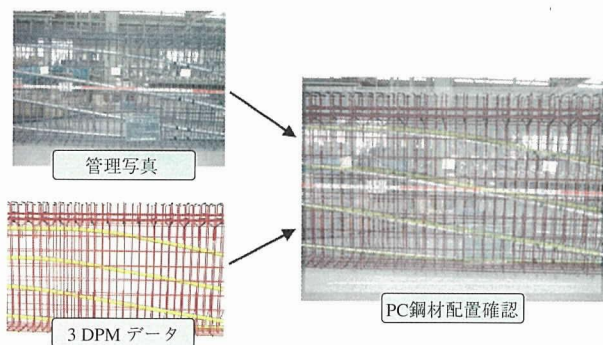


図 - 17 鋼材配置検査への適用例

本事例で開発されたシステムは、構造物をデジタルカメラで撮影した画像と、現場に持ち込まれたノートパソコン上の 3 次元モデルを重ね合わせたり、2 枚の画像を交互に切り替えることにより、形状を比較し、寸法ミス等を発見するというものである。

デジタル画像を半透明にして 3 次元 CAD モデルに重ねた状態を図 - 18 に示す。図では、画面右側のプレキャストセグメントの張出し部（ブラケット）の寸法に、ずれがあるのが確認できる。本事例ではずれが確認できることを明確にするため意図的に 3 次元 CAD モデルの寸法を変化させているが、このように、製品と設計値に大きなずれがある場合、3 次元で瞬時にその状態を把握することが可能となる。

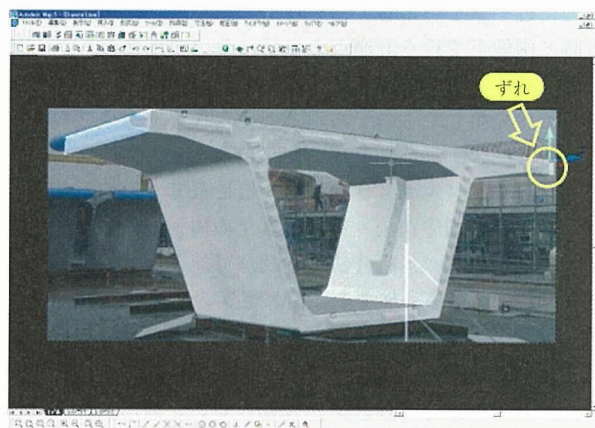


図 - 18 簡便な寸法チェックシステム

(3) 形状管理・シミュレーション

第二東名神高速道路木曾川橋および安城高架橋では、セグメントの形状管理を 3 次元で管理している。これらの橋梁では 3 次元データの取得により製作時の形状管理に加え、あらかじめ架設時の施工シミュレーションを行うことで、より高度な製品管理を行っている。

本委員会では 3 DPM を有効に活用できるよう、デジタルカメラを用いたより廉価な 3 次元形状計測システムを構築することを試みた⁹⁾。以下、その概要を紹介する。

デジタルカメラを用いた 3 次元形状計測とは、対象とす

る構造物を複数方向からデジタルカメラを用いて撮影し、この画像データをコンピュータに取り込み市販の3次元形状解析ソフトウェアを用いて画像上で指示した点の3次元座標を算出する手法である。よって、各部材寸法の算出はもちろん3次元形状の再現も可能となる。今回の計測試験に使用したセグメントを写真-1に示す。なお、本計測試験は第二東名高速道路安城高架橋セグメント製作ヤードにて行った。

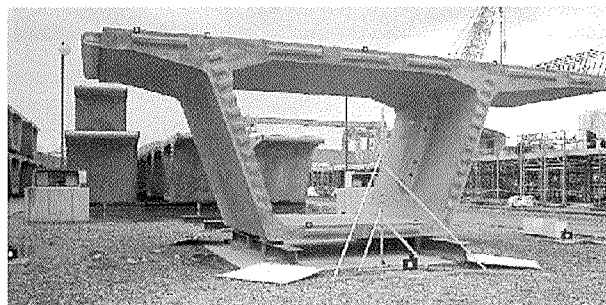


写真-1 計測セグメント

計測後にすでに現場に導入され実績のある固定式 CCD カメラ計測システムにより算出した部材寸法との比較を行うことで、デジタルカメラ計測の精度を確認することとした。

解析結果から誤差の絶対値平均は 3.0 mm、標準偏差は 3.8 mm となった。撮影画像の 1 ピクセルが表す長さは約 3.5 mm であり、今回の計測試験から算出した誤差の絶対値平均に近い値といえる。おそらく計測で表れた誤差は、解析時に画像上で行う計測点の指示において画像データの最小単位である 1 ピクセル以上の判別を解析担当者が行えないために発生したものであると考えられる。今後この誤差を極力低減していくシステムの開発が課題である。

また、デジタルカメラを利用することで2次的な効果として、製品の画像が後々まで残るため施工後のいつの時点でも製品の状態や形状寸法の確認が可能となり、施工品質の信頼性の向上に寄与することが期待できる。

6. おわりに

ひと昔前のコンピューター技術では、3次元のデータを作成することは非常に煩雑かつ多大な作業が必要なため、なかなか活用に踏み切れなかったように感じる。しかし、現在では、景観シミュレーションをはじめ、FEM 解析を用いた局部応力解析、温度応力解析など3次元データを利用した設計は当たり前のように行われており、3次元データを利用した施工管理を行った事例もいくつか存在するのが実状である。また、ここ数年に見られるコンピューター技術の進化と製造業全般における3次元データ有効活用の事例を鑑みると、建設業界においても近い将来3次元でのデータ処理が求められるのは、容易に想像できることである。PC 業界においても、今後、これらの技術を積極的に活用

することで、より高品質で安全性に優れた構造物を、効率的に計画、設計、施工、維持・管理していくことが重要であると考えられる。

最後に、委員会設立当初より本研究に携わったメンバーを表-2に示し感謝の意を表したいと思います。とくに、委員会開催時には遠方にもかかわらず欠かさずご出席いただき、設立当初から報告書のとりまとめまで長期にわたり多大なご支援ご指導をいただきました室蘭工業大学 矢吹信喜助教授には、深く感謝の意を表します。また、本研究活動にご協力いただきました関係各社の方々に感謝の意を表します。

表-2 研究活動メンバー一覧

アドバイザー	矢吹 信喜
委員長	中村 定明
委員	今村 晃久
	岡田 規子
	近藤 琢也
	齋藤 大輔
	澤 大輔
	竹中 秀樹
	広瀬 博行
顧問	横田 勉
技術部会部会長	脇本 優
旧委員	葛西 康幸
	門脇 新之助
	山藤 俊広

参考文献

- 岡田規子, 澤大輔, 近藤琢也, 竹中秀樹: PC 橋における3次元プロダクトモデルによるデータ相互運用への取り組み, 第14回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp.205 - 208, 2005.11
- 3次元プロダクトモデル検討小委員会, PC 橋への3次元プロダクトモデルの適用に関する検討報告書, 社団法人プレストレスト・コンクリート建設業協会, 2006.6
- 矢吹信喜, 志谷倫章: PC 橋の3次元プロダクトモデルの開発と応用, 土木学会論文集, N 0784 / VI - 66, pp.171 - 187, 2005.3
- 矢吹信喜: 橋梁3次元プロダクトモデルの国際標準の構築, 橋梁と基礎, pp.47 - 52, 2005.7
- Japan Highway Data Model 概要書 Ver.1.0, 日本道路公団試験研究所, 2005.3
- <http://www.iai-france.org/bridge/>
- 矢吹信喜, 志谷倫章, 今村晃久, 近藤琢也: PC 橋梁用プロダクトモデルのコンバータプログラムと簡便な現場寸法チェックシステム, 土木情報利用技術論文集, Vol.13, pp.235 - 242, 2004
- 矢吹信喜, 志谷倫章, 横田勉, 中村定明: 3次元プロダクトモデルによる干渉及び簡便な寸法チェックに関する研究, 土木学会第59回年次学術講演会, 6 - 210, pp.419 - 420, 2004.9
- 近藤琢也, 中村定明, 今泉安雄, 大野達也: プレキャストセグメント橋におけるデジタルカメラを用いた3次元形状計測試験, コンクリート工学, Vol.43, No.11, pp.27 - 34, 2005.11

【2006年11月7日受付】