

I-20 統合化された鋼構造接合部の設計システムに関する研究

An Integrated Design System for Connections of Steel Structures

矢吹 信喜¹ 志谷 倫章² 宮島 良将³ 岸 徳光⁴

Nobuyoshi Yabuki, Tomoaki Shitani, Yoshimasa Miyajima, Norimitsu Kishi

【抄録】構造物に関する情報を、プロジェクトライフサイクルの中で、アプリケーション・ソフトウェア間において、共有したり交換したりすることにより、全ての異なったプロフェッショナル領域の情報処理相互運用を可能にする目的で、プロダクトモデルの研究開発が行われている。本研究では、鋼構造接合部を対象としてプロダクトモデルを開発し、XMLを使用してコンピュータ上に実装した。さらに、設計生成システム、設計照査システムおよび3次元CADシステムを開発あるいは整備し、プロダクトモデルを中心に、これら3つのシステムとの間でデータを変換するコンバータプログラムを開発することにより統合化した。本システムに実際の設計例を適用することにより、その有効性を実証した。

【Abstract】 In order to enable interoperability of all different professional domains by allowing the computer application software to share and exchange the information of structures in the project life cycle, research on product models has been promoted. In this paper, we developed a product model for connections of steel structures, and implemented it by using XML. We also developed or set up a design generation system, a conformance checking system, and a 3D-CAD system, and integrated these three systems with the product model by developing converter programs which transform data among these three systems. The validity of the system was demonstrated by applying an actual design case to this system.

【キーワード】XML, 3D-CAD, プロダクトモデル, 鋼構造, 接合部, 統合化, 設計生成, 設計基準, 設計照査

【Keywords】XML, 3D-CAD, product model, steel structures, connections, integration, design generation, design standards, conformance checking

1. はじめに

土木構造物のライフサイクルは、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、維持管理といった多岐に渡る作業によって構成されており、数多くの機関や部署で、空間的にも時間的にも分散されて実施されている。構造解析、詳細設計、製図、積算などの各作業はコンピュータを利用した自動化の努力がなされているが、各作業で使用されるアプリケーション・ソフトウェア

間のデータ互換性が乏しいため、成果品の受渡しは通常、紙という媒体によって行われ、下流工程におけるデータ入力の手作業に頼らざるを得ないという「自動化の島 (islands of automation)」問題が従来から指摘されている。

こうした問題を解決する目的で、我が国の土木分野においては、建設CALS/EC (Continuous Acquisition and Life-cycle Support / Electronic Commerce) が推進されている。具体的には、2次

1 正会員 Ph.D. 室蘭工業大学工学部建設システム工学科 助教授 〒050-8585 室蘭市水元町 27-1
TEL: 0143-46-5219 FAX: 0143-46-5218 Email: yabuki@news3.ce.muroran-it.ac.jp
2 学会員 室蘭工業大学大学院工学研究科建設システム工学専攻
3 正会員 修(工) 株式会社メイセイ・エンジニアリング
4 正会員 工博 室蘭工業大学工学部建設システム工学科 教授

元 CAD 図面データおよび工事写真等の文書データの互換運用が出来るよう、共通データフォーマットを取決め、一部の工事を対象に電子的データの受渡しを始めている。

これにより、CAD 図面の相互運用や電子化された工事写真の提出などが可能となるが、土木構造物の設計の上流から施工および維持管理の下流までを包括的に効率化するためには、3 次元の共通プロダクトモデルによって、異なる作業間において、データの相互運用を行う必要があるものと考えられる（図－1）。

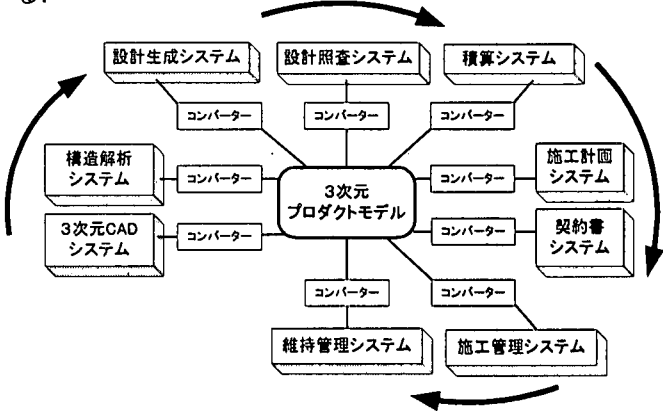
3 次元のプロダクトモデルに関しては、国際標準としては、ISO10303 の STEP¹⁾ (STandard for the Exchange of Product model data) の中に Application Protocol (AP) があり、機械や建築等の分野については規定化が進んでいるが、橋梁分野は遅れている。建築の業界標準としては、IAI (International Alliance for Interoperability) の IFC²⁾ (Industry Foundation Classes) が策定され、実用化に向けてモデルの仕様が開発されている³⁾。土木分野においては、STEP の AP203 (3 次元設計の構成管理) を用いた橋梁のプロダクトモデルのデータベースを構築した研究が三上ら⁴⁾により報告されており、また、企業内でプロダクトモデルの概念に基づいたシステムが開発されている⁵⁾が、全体としての取り組みは余り進んでいないようである。

そこで本研究では、プロダクトモデルの仕様の開発よりむしろ利用技術に着目し、プロダクトモデルを中心とした統合化による設計作業の効率化に関して考察し、検証することとした。本研究では、土木構造物の一つとして鋼構造接合部を取り上げて、STEP や IFC を参考にしながら、プロダクトモデルを構築し、設計生成、3 次元 CAD システム、設計照査の 3 つの異なる作業を行うシステムを開発または整備した。さらに、これらのシステムを統合化するシステムを構築し、実際の設計例を適用することにより、効率化の検証や課題の抽出などを行った。

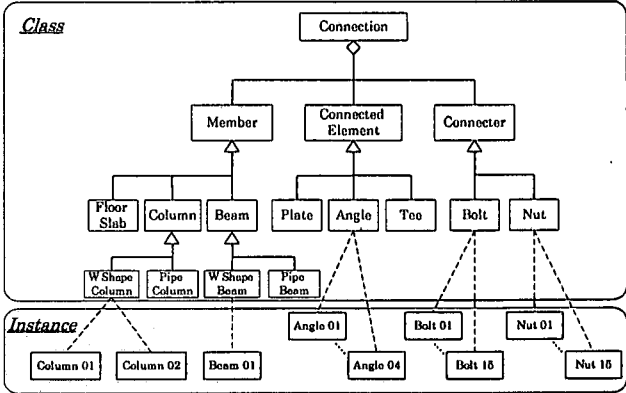
2. 3 次元プロダクトモデル

土木構造物のライフサイクルで使用される各種のシステム間の共有データの基になる 3 次元プロダクトモデルを構築するに当たっては、オブジェクト指向の概念に基づき、なおかつ、なるべく簡便で理解しやすいものとなるようにした。また、土木構造物を構成する全ての部材や要素のプロダクトモデルを構築することが本研究の目的ではなく、対象を鋼構造ボルト接合部に絞って、各種システム間におけるデータ共有を検証することを主目的とした。

本モデルの基本構成要素は、部材や要素を抽象化させたクラス、クラスの具体的なもの（オブジェクト）であるインスタンスおよびクラス間のリレーションシップ（関係）である。図－2 にプロダクトモデルの概要を示す。以下、各構成要素について述べる。



図－1 3 次元プロダクトモデルによる土木構造物のライフサイクルサポート



図－2 鋼構造接合部のプロダクトモデル概要図

2. 1 プロダクトモデルの構成要素

(1) クラス

クラスは接合部を構成する各部材や要素を抽象的に定義するものである。クラスは、①クラス自身の名称・寸法、②寸法、位置や材料物性等を表現する属性、③いくつかの属性値を用いて形を形成したりするメソッドの3つにより構成される。図-3に部材の一例であるH鋼(W Shape)クラスを示す。

(2) リレーションシップ

リレーションシップは、オブジェクトとオブジェクトの間の相対関係を表す属性である。具体的には、柱や梁の場合は「～に支えられている(supported by)」, アングル等の連結要素には「～に付いている(attached to)」, ボルトには「～に取り付けられている(installed to)」, 荷重には「～に荷重がかかっている(load to)」などの相対関係を表すリレーションシップがある。図-4に接合部例のリレーションシップを示す。

(3) インスタンス

インスタンスは、抽象的なクラスの具体的な例である。例えば、図-2におけるColumn 01はクラスW Shapeのインスタンスである。インスタンスにおいては、各属性に具体的な値、すなわち属性値が付加される。

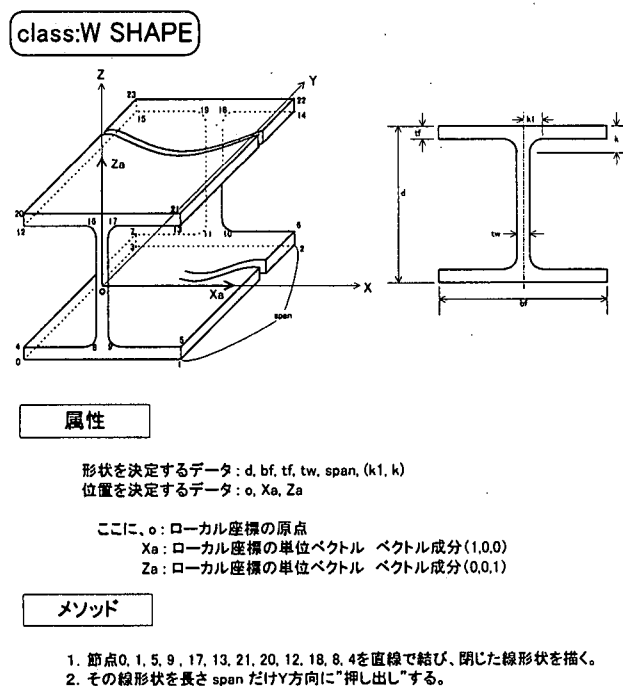


図-3 クラス W Shape

2. 2 3次元プロダクトモデルの表現

3次元プロダクトモデルの概念的なモデルは2.1において記したが、実際に表現し、電子的なデータとしてシステム間で受渡しができるようにするためには、標記方法を取り決めておく必要がある。

STEPではEXPRESS言語を使用してモデルを記述することとなっているが、建築分野ではXMLを実装に使用すべく、aecXML, bcXML, ifcXML, BLIS-XMLなどの仕様の策定が進められている。国際標準はSTEPであるから、EXPRESS言語での開発もしくはXMLからEXPRESSへの変換が必要になると考えられるが、本研究ではXMLを使用した。XMLを採用した理由として、①開発や表示が安価かつ容易に出来る、②タグを自由に決定できる、③厳格な階層構造を持つ、④文書として人間が読める、⑤データとしての機能を持ち、databaseとしての検索が可能である、⑥テキストファイルなので保存性がある、⑦STEPへの変換が可能である、等が挙げられる。図-5にXMLを用いて表現した3次元プロダクトモデルの例を示す。

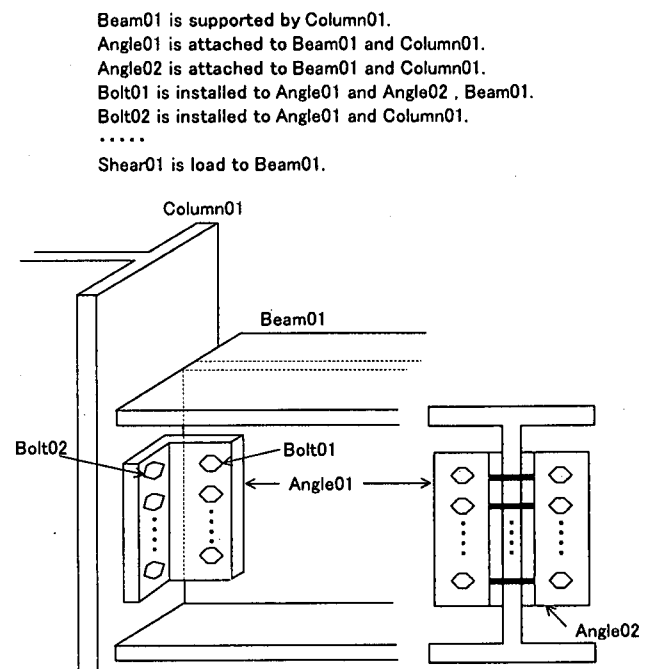


図-4 リレーションシップ

```

<?xml version="1.0" encoding="shift_jis" ?>
- <ProductModel>
  <ConnectionGroup>1</ConnectionGroup>
- <object>
  - <Column01>
    <d>14.16</d>
    <tw>0.485</tw>
    <tf>0.78</tf>
    <bf>8</bf>
    <span>100</span>
    <Fy>50</Fy>
    <Fu>65</Fu>
    <Supported_by />
  + <Position_O>
  + <Vector_Xa>
  + <Vector_Za>
  - <Instance_of>
    <class>W_SHAPE</class>
    <property>column-1</property>
  </Instance_of>
  </Column01>
- <Beam01>
  <d>15.86</d>
  <tw>0.295</tw>
  <tf>0.43</tf>
  <bf>6.985</bf>
  <span>100</span>
  <Fy>50</Fy>
  <Fu>65</Fu>
  <Supported_by>Column01</Supported_by>
  + <Position_O>
  + <Vector_Xa>
  + <Vector_Za>
  - <Instance_of>
    <class>W_SHAPE</class>
    <property>beam-1</property>

```

図-5 3次元プロダクトモデル

3. 設計生成システム

従来、設計の自動生成は、最適化やヒューリスティクス（発見的方法）による方法が多く用いられてきたが、鋼構造接合部のようにそのタイプや形状パターンが膨大である場合、これらの方法では対応しにくかった。我々はXMLを使った設計レポートを設計事例データベースとして蓄積しながら、事例ベース推論により設計の自動生成を行う方法論を提案し、プロトタイプシステムを開発し、報告している⁶⁾。

(1) 事例ベース推論による設計生成

事例ベース推論は、過去の類似事例を探し出して、新しい課題に適用させ、必要があれば修正して解とし、その解を新たにデータベースに加えるというプロセスによって問題解決を行うものである。

本システムモデルでは、XMLを用いて設計レポートを作成することにより、設計レポートに紙に書かれた文書としてのプロフェッショナルな体裁を持たせるのと同時に、適切なコンピュータプログラムにより検索が行えるというデータとしての性格を併

せ持つようにした。さらに、設計を自動生成させるためのプログラムの入力データと、設計レポートの設計条件を関連付けることにより、類似設計事例の検索から設計および設計レポートの自動生成まで、効率的かつスムーズなデータの流を持つモデルである。

設計生成の概略フローを以下に示す。事例ベース推論では、まず与えられた設計条件に似た事例をデータベースから検索し選定する必要がある。そのために、適当なクライテリアに基づいて、新しい設計条件と過去の事例との間の類似度計算を行う。選定された類似事例を与条件に合わせて修正することにより設計を生成し、その後、設計基準を満足するか照査し、満足するまでユーザーが修正を行う。

本システムモデルに基づいて、鋼構造接合部の設計生成プロトタイプシステムを開発した。設計基準としてはAISC-LRFD⁷⁾を使用した。本システムは、オブジェクト指向言語である、Javaを用いたServlet（サーバサイド処理）として実装した。ServletはWebサーバを通じてクライアント側のリクエストを受け入れ、プログラムを実行してレスポンスを返すものである。Servletの利点として、JavaScriptやJavaAppletに伴うセキュリティに関する問題を心配する必要が少なく、多くの処理を将来的に実装出来ると考えられる。システムの開発には、OSにWindows98、JavaプログラムにJDK 1.3、Servlet開発環境にJSWDK 1.0.1、ブラウザにInternet Explorer 5.0を使用した。

(2) コンバータ I

本研究では、以上の既開発のシステムに加え、生成された設計情報を他のシステムで利用可能にするために、3次元プロダクトモデルに変換するプログラム、コンバータ Iを開発した。コンバータ Iは、設計生成システムと同様の理由から、JavaServletを用いて開発し、設計生成システム内に実装した。コンバータ Iは、生成された設計レポートの情報から、寸法、位置、材料物性等の各種属性データを抽出し、3次元プロダクトモデル(XMLファイル)として出力するものである。

4. 設計照査システム

設計生成システムの中には、設計の照査を行うルーチンも含まれているが、実務における設計作業においては、一度設計が行われた後、経済性や施工性等を考慮して、設計内容の一部修正や変更を行うことがある。また、発注者は設計コンサルタントの設計の照査のみを行うことが多い。そのため本研究では、変更や修正が施された場合直ちに設計照査が出来ることと、設計の照査のみを行う場合に適切に対処出来ることを目的に、設計生成システムとは別に、設計照査システムを構築した。

(1) 照査システムモデル

本設計照査システムは、鋼構造接合部の諸元を入力するユーザーインターフェース、AISC-LRFD 基準の条文に基づいた照査方法をプログラム化した設計照査モジュール、設計照査のプロセスや結果をXML で記述した設計照査レポート作成および貯蔵モジュールの3つのサブシステムによって構成されている。

設計照査のフローは、以下の通りである。まずユーザーは、ユーザーインターフェースから荷重・部材寸法等のデータを入力する。すると、設計照査システムがそのデータを読み込み、対応する照査プログラムを呼び出す。次に、呼び出された照査プログラムが、該当する基準項目を満足するかどうか、照査を実行し、照査結果画面を表示する。最後に、設計照査レポートを XML で作成し、設計照査レポートデータベースに格納して終了となる。

(2) 設計基準

本システムにおいては、設計生成システムと同様 AISC-LRFD 基準を用いた。照査項目は、接合部の形式によって種類や数が異なるが、例えば、Double-Angle-Connection の場合では、①ボルト、アングルの設計強度②梁のウェブ部における母材の設計強度③柱のフランジ部における母材の設計強度、の各項目について照査を行っている。また、Unstiffened-Seated-Connection の場合では、①梁の曲げ耐力②double-angle 部のボルト、アングルの設計強度③double-angle の厚さ④引張り側アングル (tension flange angle) の厚さ⑤引張り側アングルの曲げ耐力⑥引張り側アングルの曲げ破壊⑦引張り側アングルのせん断耐力⑧引張り側アングルのせん断破壊⑨引張り側アングルの曲げと、せん断の組み合わせ応力に対する耐力⑩圧縮側アングル (compression flange angle) の圧縮強度、の各項目において照査を行っている。

(3) 参照データベースモジュール

AISC-LRFD では、ボルトやアングルの設計強度等は表の形で表現しており、ボルト本数、種類、直径や連結部材の寸法に応じて、これらの値を参照することになっている。これら全てのデータを、プログラムソース内に直接記入することは非効率的であり、プログラムが複雑で、データ変更の際、困難が生じる。そこで本研究では、図-6 に示すような XML で表現し、データベース化した。さらにこの

Bolt and Angle Design Strength, kips						
ASTM Desig.	Thread Cond.	Hole Type	Angle Thickness, in.			
			$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
A325	N	—	215	254	254	254
	X	—	215	269	313	313
	Class A	STD	167	167	167	167
		OVS	142	142	142	142
		SSLT	142	142	142	142
	Class B	STD	215	253	253	253
		OVS	202	215	215	215
		SSLT	215	215	215	215

AISC-LRFD

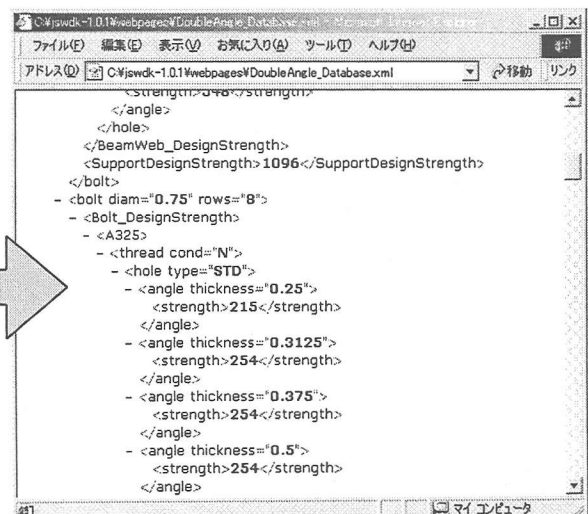


図-6 参照値データベース化の例

データベース化された表から、必要な値を取得する専用のクラスを作成し、このクラスを呼び出すことでどの照査プログラムからでも、何度でも再利用できるように留意した。

(4) コンバータⅡ

3次元プロダクトモデルから直接、設計照査システムを利用可能にするため、コンバータⅡを開発した。これを用いると、手作業によるデータ入力をせず、設計照査が出来る。コンバータⅡのデータ処理過程を図-7に示す。これは、生成された3次元プロダクトモデルを読み込み、接合部を構成する部材や連結部材およびコネクター、接合形式、荷重の種類を判別し、対応する照査プログラムを呼び出すものである。さらに設計照査に必要なデータのみを抽出し、設計照査システムの入力フォームにその値を自動入力する。

コンバータⅡを開発するにあたり、XMLパーサを用いた。XMLパーサとは、XMLファイルを解析するためのソフトウェア・モジュールである。XMLパーサの共通APIには、DOM(Document Object Model)とSAX(Simple API for XML)という規格がある。一般に、XML構造の複雑な操作を必要としないアプリケーションにはSAXが、複雑な操作を必要とする場合にはDOMが向いていると考えられている。本システムでは、主にDOMを用いたXML文書処理を採用した。

5. 3次元CADシステム

本研究では、設計のモデリングを行うためのソフトウェアとして、3次元CADシステムAutoCAD 2000iを用いた。この3次元CADシステムと、他システム間の統合化を図るために、本研究では2つのコンバータⅢ、Ⅳを開発した。

(1) コンバータⅢ

コンバータⅢは、3次元プロダクトモデルから自動的に、3次元CAD上にモデリングを行うものである。図-8にコンバータⅢのデータ処理の流れを示す。コンバータⅢは、そのユーザーインターフェースに入力された3次元プロダクトモデルのデータ

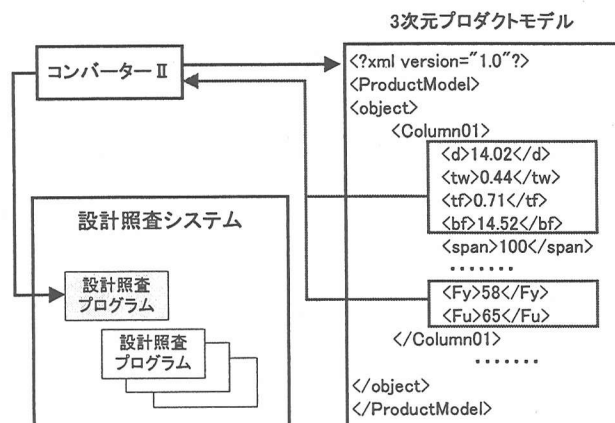


図-7 コンバータⅡのデータ処理過程

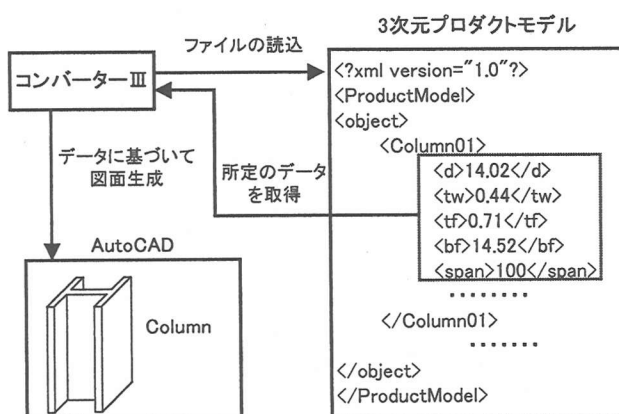


図-8 コンバータⅢのデータ処理過程

ファイルを読み込み、所定の属性値を抽出してCADシステムにデータを送り、3次元空間でモデリングを実行する。ここで、施工過程の再現にも留意し、決められたプロセスに従って順に接合部が形成されるよう配慮した。開発にはVBA(Visual Basic for Application)を用いた。

(2) コンバータⅣ

コンバータⅣは、3次元CADシステムで作成されたモデルから、形状データを半自動的に読み取り、3次元プロダクトモデルのデータファイルを生成するものである。コンバータⅢと同様、VBAを用いて開発した。

6. 設計の統合化：適用例

ここでは、図-9に示すような3次元プロダクトモデルを中心とした、設計生成システム、設計照査システム、3次元CADシステム間の統合化の適用例を示す。適用例の概要を以下に示す。

まず、設計生成システムにおいて設計の生成を行い、設計レポートを生成する。次に、生成された設計を、コンバータⅠ及びⅢにより3次元プロダクトモデルを介し、3次元CADシステムに渡して、3次元モデルを作成する。発注者、設計者および施工者が3次元モデルを見ながら協議し、施工上修正した方が良い点が発見され、3次元CADモデルの修正を行ったとする。設計内容を一部変更したので、再度照査する必要がある。そこで、コンバータⅣ及びⅡにより3次元プロダクトモデルを介して、修正されたCADモデルのデータを設計照査システムに渡し、照査を実行して、照査結果画面を表示させ、照査結果が満足であることを確認する。最後に、設計照査レポートを生成して、データベースに保存して終了とする。

適用例として、図-10に示す鋼構造接合部の例題を用いた。同図の接合部は、半剛結の Unstiffened Seated Connection であり、せん断力に 70kips、曲げモーメント 80ft-kips が作用しているものとする。

(1) 設計生成

まず、設計生成システムにおいて、設計の生成を行う。設計条件入力フォームから与設計条件（カテゴリー、各部材寸法、荷重等）を入力する。設計生成システムは、設計条件を読み込み、設計レポートデータベース内の類似する事例を利用して設計を行う。図-11は新しく生成された設計レポート画面である。

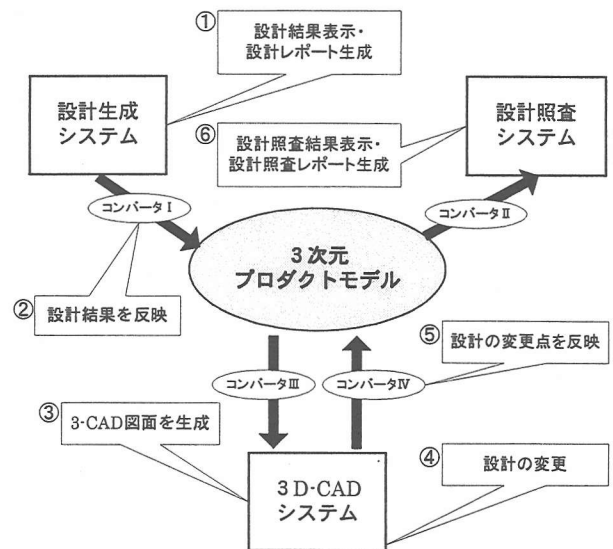


図-9 統合化の流れの図

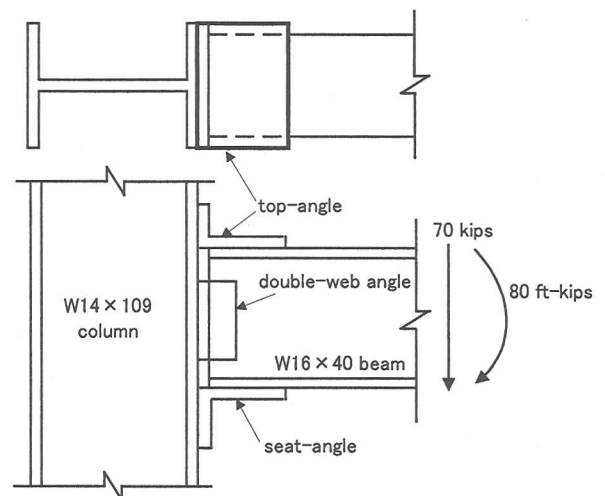


図-10 適用例題の鋼構造接合部

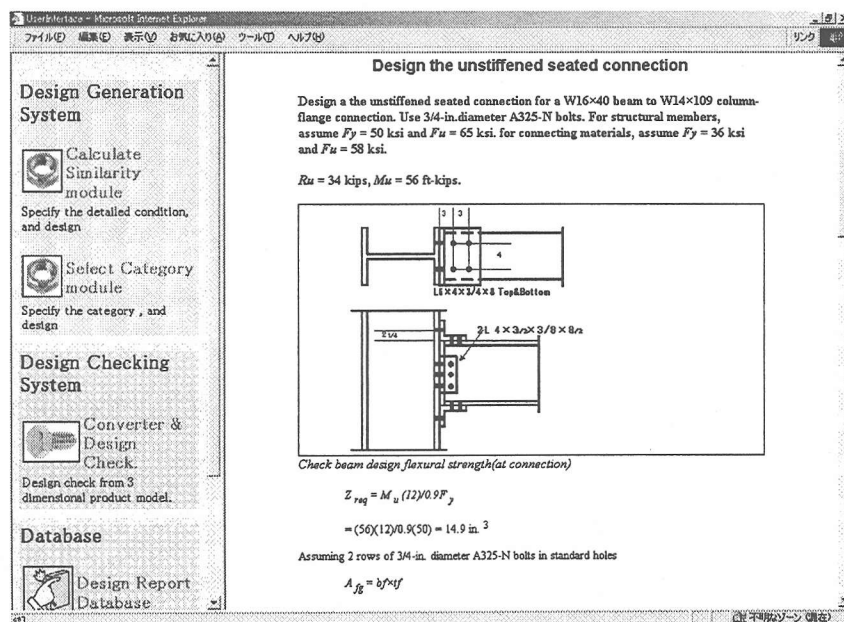


図-11 生成された設計レポート

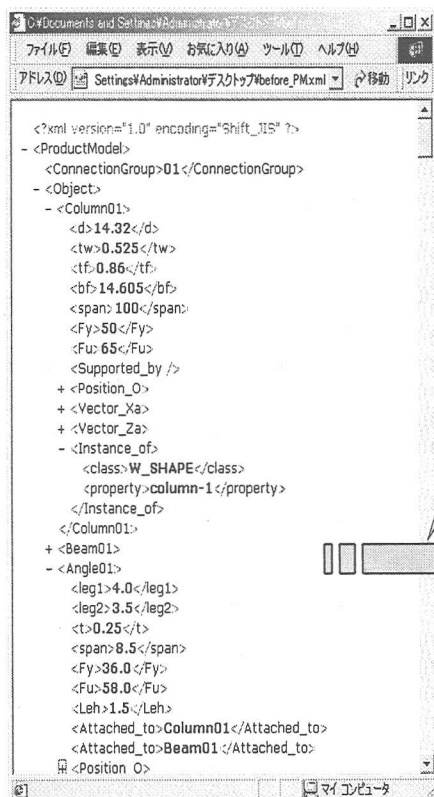


図-12 生成された3次元
プロダクトモデル

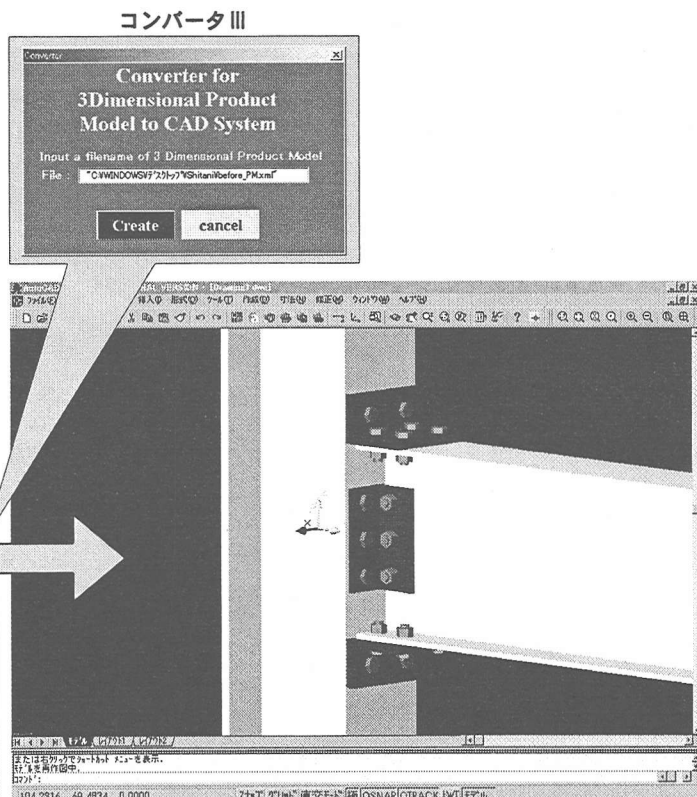


図-13 自動生成された3D-CADモデルの画像

(2) 設計生成システム→3次元プロダクトモデル

設計生成が終わると、コンバータIを通じて、設計結果を反映させた3次元プロダクトモデルを作成する。図-12はコンバータIによって生成された3次元プロダクトモデルである。

(3) 3次元プロダクトモデル→3次元CAD

次に、コンバータIIIを用いて、生成された3次元プロダクトモデルから、3次元CADモデルを自動生成させる。3次元プロダクトモデルには各オブジェクト（梁、柱、アングル、ボルト等）の形状や方向ベクトル、座標等のデータが記述されているので、コンバータIIIはその値を読み取り、3次元CADモデルを自動生成する。図-13に生成された3次元CADモデルの画像を示す。

(4) 設計変更

ここで、設計をチェックした発注者から、梁と柱の軽量化の指摘がなされ、また、梁のウェブのボルト穴の縁端距離が小さいとの懸念が示された。そこで、設計の変更をCAD図面上で行う。図-14に

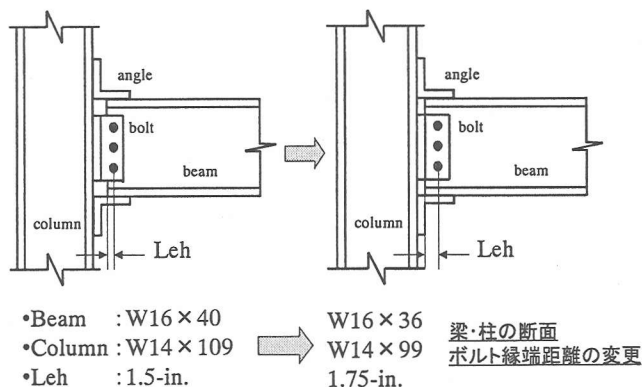


図-14 設計の変更点

示すように、梁と柱の寸法、及びボルト縁端距離の変更を行う。

(5) 3次元CAD→3次元プロダクトモデル

設計内容に変更が生じたため、再度照査をする必要がある。そのためにも、コンバータIVを用いて、3次元CADシステムで行われた設計の変更点を反映させた3次元プロダクトモデルを生成させる。図-15に生成された3次元プロダクトモデルを示す。同図より、梁と柱の寸法（bf, tf等の値）の変更点が反映されて記述されているのが確認出来る。

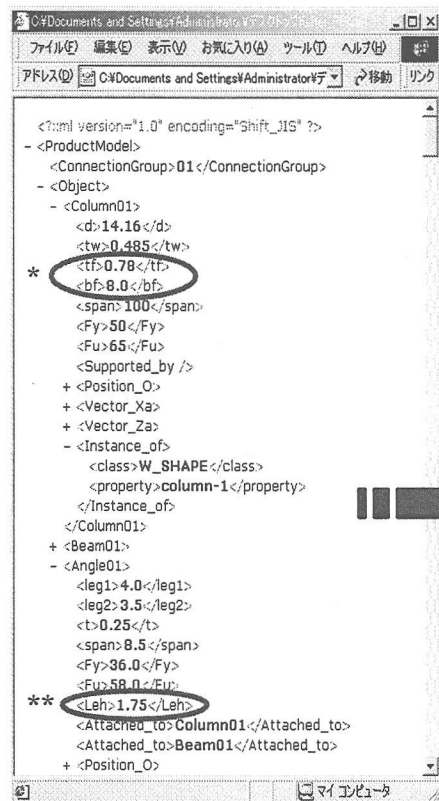


図-15 修正された3次元
プロダクトモデル

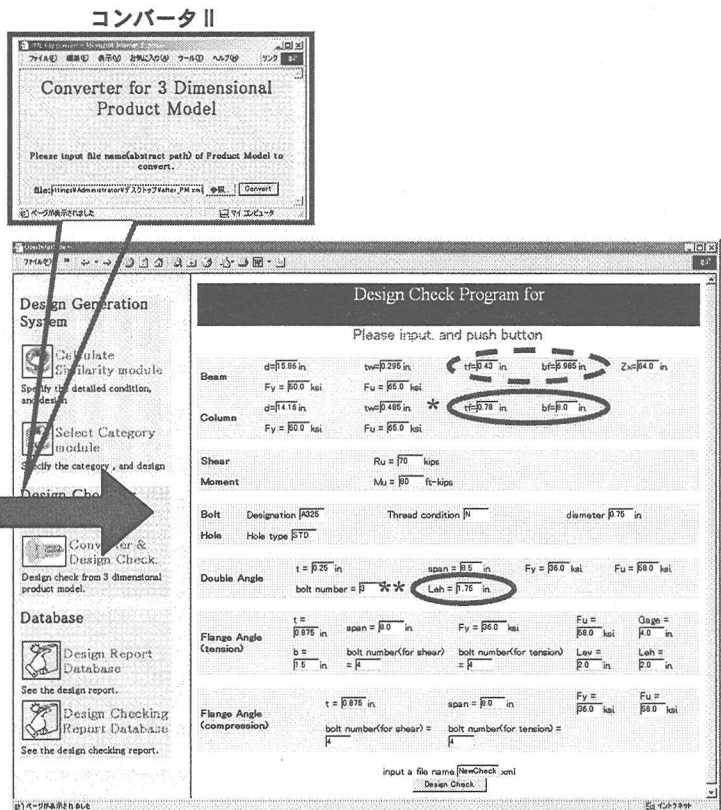


図-16 呼び出された入力フォーム

(6) 3次元プロダクトモデル→設計照査システム

最後に、設計照査を行う。コンバータIIは、修正された3次元プロダクトモデルを読み込み、対応する照査プログラムを設計照査システムから自動的に呼び出す。さらに、3次元プロダクトモデルから設計照査システムに必要なデータを自動的に抽出し、設計照査プログラムの入力フォームへ自動入力する。この例では、3次元プロダクトモデル読み込みの結果、Unstiffened Seated PR Connection用の照査プログラムが呼び出され、自動的にデータ入力が行われる。図-16に、呼び出された照査プログラムの入力フォームを示す。その後、同図下部のボタンをクリックすると、設計照査の結果(図-17)と設計照査レポート(図-18)が生成される。設計照査結果画面には、該当するAISC-LRFD基準の照査結果が表示されている。この事例では、設計変更後も、全ての条文に対して満足している。設計照査レポートには、変更後の与設計のカテゴリー、荷重等の基本的なデータと照査結果が記述されている。

provision	value	result
beam flexural strength	$Z_e = 55.04 \times 1493 \text{ in}^3$	O.K.
Double-Angle web : bolts and angle design strength	$\phi R_n = 76.70 > 34.0 \text{ kips}$	O.K.
Double-Angle web : beam web design strength	$\phi R_n = 77.58 > 34.0 \text{ kips}$	O.K.
number of bolt at shear flange (through beam flange)	$n = 4 \times 2.73$	O.K.
number of bolt at tension flange (through column flange)	$n = 2 \times 1.42$	O.K.
angle thickness for prying action	$t = 0.75 > 0.64 \text{ in}$	O.K.
tension yielding of the angle	$\phi R_n = 194.40 > 42.37 \text{ kips}$	O.K.
tension rupture of the angle	$\phi R_n = 203.91 > 42.37 \text{ kips}$	O.K.
shear yielding of the angle	$\phi R_n = 116.64 > 42.37 \text{ kips}$	O.K.
shear rupture of the angle	$\phi R_n = 122.34 > 42.37 \text{ kips}$	O.K.
block shear rupture of the angle	$\phi R_n = 207.00 > 42.37 \text{ kips}$	O.K.
design compressive strength of angle	$\phi R_n = 182.82 > 42.37 \text{ kips}$	O.K.

図-17 照査結果画面

LOAD	STRUCTURE	FORM	SHEAR	MOMENT	BOLT	HOLE	ANGLE
Factually Seated Moment Connections	Beam-to-Column	Unstiffened Seated PR Connections	70 kips	80	$F_y = 50.0 \text{ kips}$, $F_u = 65.0 \text{ kips}$ 0.75-in diam, A325-B bolts Double-Angle : 3 rows, 3-in space at bolt, $Leh = 1.75$ -in	(beam flange) : 4 rows, Flange (through flange) : 4 rows STD	Double-Angle : $F_y = 36.0 \text{ ksi}$, $F_u = 58.0 \text{ ksi}$, $t = 0.25$ -in top-angle : $t = 0.875$ -in
(Check beam design flexural strength) $Z_e = 55.04 \text{ in}^3$ O.K. Check bolt and angle design strength $\phi R_n = 76.70 \text{ kips}$ O.K. Check beam web design strength $\phi R_n = 77.58 \text{ kips}$ O.K. Check support design strength $\phi R_n = 470.00 \text{ kips}$ O.K. Check angle thickness for prying action required $t = 0.75 \text{ in}$ O.K. Check tension yielding of the angle $\phi R_n = 194.40 \text{ kips}$ O.K. Check tension rupture of the angle $\phi R_n = 203.91 \text{ kips}$ O.K. Check shear yielding of the angle $\phi R_n = 116.64 \text{ kips}$ O.K. Check shear rupture of the angle $\phi R_n = 122.34 \text{ kips}$ O.K. Check block shear rupture of the angle $\phi R_n = 207.00 \text{ kips}$ O.K. Check design compressive strength of angle $\phi R_n = 182.82 \text{ kips}$ O.K.							

図-18 設計照査レポート

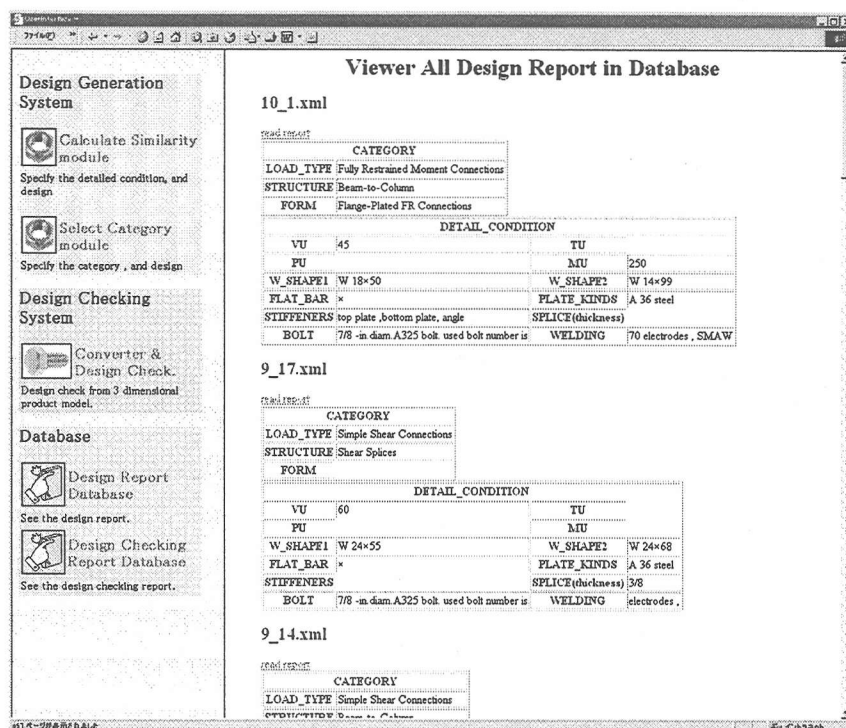


図-19 全設計レポート閲覧表

以上のようにして、生成された設計レポート及び設計照査レポートは、各システムのデータベースに貯蔵されているが、ユーザーはこれらのレポートを閲覧することが可能である。図-19に設計レポートデータベース内の全設計レポートの表示例を示す。

本適用例により、図-9に示すような一連の作業がスムーズに実施されることが示された。

7. おわりに

本研究では、統合化された鋼構造接合部設計システムの構築を行うため、アプリケーション・ソフトウェアに依存しない3次元プロダクトモデルを提案した。次に、設計生成システム、設計照査システムを開発した。さらに、各システム間を結合するのに必要な、コンバータⅠ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳを開発し、設計の統合化のプロトタイプシステムを構築した。最後に、統合化の適用例を示し、その有効性を検討した。

プロトタイプシステムの事例はまだ少ないが、提案したシステムモデルは有効だと考えられる。今後はさらに他のシステムを拡張していき、さらにシステムモデルの実証を行っていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 木村文彦, 小島俊雄: 製品モデル表現とその技術—STEP, 日本規格学会, 1995.
- 2) <http://www.interoperability.gr.jp/>
- 3) 古川暁, 他7名: IFC 鉄筋コンクリート構造モデル仕様の提案の概要, 第23回情報システム利用技術シンポジウム論文集, pp.217-222, 2000.
- 4) 三上市藏, 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, 構造工学論文集, Vol.45A, pp.511-522, 1999.
- 5) 宮下泰, 他6名: 橋梁プロダクトモデルの開発, 日立造船技報, 第58巻, 第4号, pp.27-32, 1998.
- 6) 矢吹信喜, 宮島良将, 小室雅人, Law, K.H.: XML と事例ベース推論による鋼構造接合部の設計生成システムの構築, 土木情報システム論文集, Vol.9, pp.91-100, 2000.
- 7) Manual of Steel Construction — Load & Resistance Factor Design, Second Ed., American Institute of Steel Construction, Inc., 1993.