

## I-22 オブジェクト指向アプローチによる橋梁計画設計支援システムのモデル化に関する研究

## Road Bridge Planning and Design System Based on an Object-Oriented Approach

○井上 智正 \*

Chiyenori Inoue

伊藤 義人\*\*

Yoshito Itoh

【抄録】 複雑で規模の大きい計画設計支援システムを従来の構造化システム開発手法でモデル化することは非常に困難である。本論文では、橋梁計画設計支援システムの開発にオブジェクト指向アプローチを適用し、プロトタイプシステムを作成した。また、この場合のシステム作成における問題点を挙げ、その解決方法を示した。

【Abstract】 An object-oriented approach is applied to the road bridge planning and design in this research because it is difficult to model the whole process of road bridge planning and design using the conventional structured systems development method. In this paper, problems that arise from applying object-oriented approach to it are pointed out, and the outline of the nearly developed prototype system is described.

【キーワード】 橋梁、計画設計支援システム、オブジェクト指向アプローチ

【Keywords】 Bridge, System of Planning and Design, Object-Oriented Approach

## 1. はじめに

近年のコンピュータの発展にともない、橋梁計画や橋梁設計を支援するプログラムが数多く開発されてきた。これらのシステムは橋梁計画設計業務を飛躍的に効率化した。その多くが単純な繰り返し作業をプログラム化しただけであり、橋梁計画設計における本格的なコンピュータ支援は未だ実現したとはいえない。すなわち、橋梁上部構造、下部構造、および基礎構造の各構造物の計画設計を行うプログラムは数多く実用化されたが、橋梁計画設計全体を統合するシステムは、実用化されていないのが現状である。その原因は、橋梁計画設計全体を1つのシステムとしてモデル化する手法が確立されていない点にある。すなわち、従来のシステム開発手法である構造化システム開発手法では、橋梁計画設計全体をモデル化することは困難であると考えられる。

従来の開発手法の特徴は、システムに要求される複雑で抽象的な機能を単純で具体的な機能として階層的に細分化し、機能単位でシステム開発を行うものである。同様に、構造形式がある程度限定された橋梁設計業務の末端作業も単純な計算や判断に細分化できるの

で、橋梁設計システムは構造化手法で無理なく実現できる。したがって、従来のシステム開発手法は橋梁設計支援システム開発に適した合理的な手法であるといえる。

しかし、この開発手法では、橋梁計画のように複数の構造物が相互に影響を与えあう複雑な関係をモデル化することは難しい。橋梁計画業務は、上部構造、下部構造、基礎構造、道路、地形などの「物」の構造と関係をインタラクティブに調整することにより進められる。しかし、機能中心のシステム開発手法では、物を構成する機能とデータの関係が明確ではないので、個々の物が相互に影響し合う関係をモデル化し難い。したがって、橋梁計画支援システムのような物中心のシステムは機能中心の開発手法より物中心の開発手法を用いた方が合理的である。

そこで、本研究では物中心のシステム開発手法であるオブジェクト指向を橋梁計画設計システムの開発へ適用する手法を検討し、プロトタイプシステムを開発することを目的としている。なお、本研究で採用したオブジェクト指向手法は、オブジェクト指向方法論OMT第1版に基づいている<sup>1)</sup>。

\* 正会員 名古屋大学理工学総合研究センター 研究員 E-mail:inoue@fureai.or.jp

\*\* フェロー 名古屋大学理工学総合研究センター 教授 E-mail:itoh@cirse.nagoya-u.ac.jp

Tel 052-789-2737

## 2. オブジェクト指向の基本概念の説明

本論文で用いたオブジェクト指向の主な基本概念を橋梁計画設計のモデル化を例に簡単に説明する。ただし、この章で用いる例は、説明のために本研究のオブジェクト構造を大幅に簡略化したものを用いている。

### 2.1 データ抽象と抽象データ型

最初にデータ抽象(Object Based)について、図-1に示すカプセル化とデータ隠蔽の2つに分けて説明する。カプセル化とは、物をデータとそのデータを処理する操作から構成されていると考えて、それらを1つのカプセルにまとめる仕組みである。例えば橋梁下部構造の橋台をカプセル化すると、橋台の構造寸法などデータと安定計算などの操作を1つのカプセルにまとめることである。このようにデータと関連のある操作をまとめることにより、複雑なものを単純化できる。またデータ隠蔽とは、カプセル化したオブジェクト内部のデータを外部から隔離し、データ変更は操作を介してのみ許可される仕組みのことである。これによりバグを含む不正なデータ変更による内部データの破壊を防止することができる。例えば橋台の底版寸法を不正に減じたことにより縁端杭が底版から外れてしまうような問題は底版寸法変更用の操作内部で未然に防止できる。

次に抽象データ型(Class Based)について説明する。抽象データ型とはデータ抽象化されたオブジェクトを型として、オブジェクト・インスタンスを生成する仕

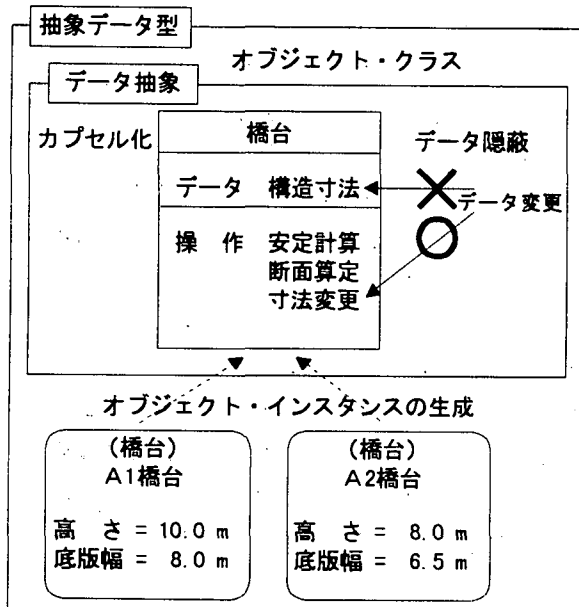


図-1 データ抽象と抽象型の例

組みである。例えば、橋台という型から実際の計画・設計に用いられる寸法値を持った橋台のオブジェクト・インスタンスが生成される。

### 2.2 継承

継承(Inheritance)とは、親にあたる抽象データ型の持つデータや操作を、子にあたる抽象データ型が引き継いで自分のものとして扱える仕組みである。子の抽象データ型は親から継承したデータと操作に加えて、子独自のデータや操作を持つことができる。例えば、図-2に示すように橋台は、逆T式橋台やラーメン式橋台など複数の構造形式に分類できるが、どのような構造形式の橋台でも必ず共通して持っているデータや操作がある。したがって、あらゆる構造形式の橋台に共通なデータや操作を親の抽象データ型橋台に持たせれば、子の抽象データ型橋台の方ではそれらをいちいち持つ必要がなくなり、独自の構造形式に必要なデータや操作のみを持つだけでよくなる。この親の抽象データ型をスーパークラス、子の抽象データ型をサブクラスという。

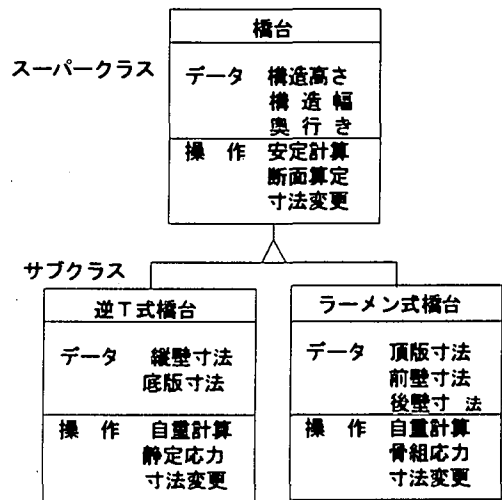


図-2 継承の例

### 2.3 関連と多態性

関連(Association)とは、あるオブジェクトクラスと他のオブジェクトクラス間に存在する物理的あるいは概念的なつながりのことである。例えば、図-3に示すようにスーパークラスである橋梁上部構造と下部構造の橋台の間には、橋台が橋梁上部構造を支えているという関連が存在する。

また多態性(Polymorphism)とは、あるスーパークラスを継承した全てのサブクラスが、スーパークラスそ

のものとして扱われ得る仕組みのことである。例えば、図-4に示すようにスーパークラス橋台がスーパークラス橋梁上部構造を支えているという関連を持っていれば、スーパークラス橋台を継承する全てのサブクラス橋台は同様に上部構造を支えるという関連を持つ。これにより、橋梁上部構造を支える橋台の構造形式を自由に変更できる動的結合という仕組みが実現される。

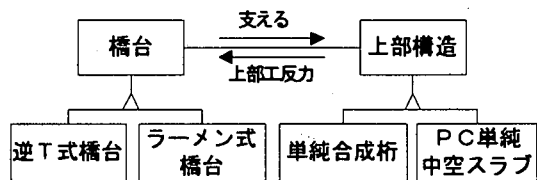


図-3 関連の例

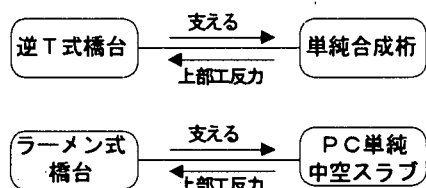


図3に示すようにスーパークラス間に関連があればそのサブクラスのオブジェクト・インスタンス間の組み合わせは自由に選択できる。

図-4 多態性の例

2.4 集約

集約(Aggregation)は関連の特殊形であり、あるオブジェクトクラスが他のオブジェクトクラスを部品として従属させる仕組みである。例えば、道路橋梁の計画設計オブジェクトクラスは、地形、道路および橋梁オブジェクトクラスを部品として従属させている。また、道路オブジェクトクラスは、平面線形や縦断線形などのオブジェクトクラスを従属させ、橋梁オブジェクトクラスは上部構造、下部構造および基礎構造オブジェクトクラスを部品として従属させている。このようなオブジェクトの階層構造をとることで、システムに要求される操作は基本的にトップダウン型で処理されることが強調され、システム内の処理の流れを明確にできる。

3. 道路橋梁計画設計業務のドメイン分析

道路橋梁計画設計プロジェクトの基本的な流れは、そのプロジェクトを発注する各事業主体によって多少異なるが、一般的には図-5に示す通りである。この流れの中で路線計画および基本計画は主に行政的判断に基づいて行われ、予備設計および実施設計は技術的

判断に基づいて行われる。本研究は、技術的判断に基づいて行われる予備設計をモデル化することを目的としている。図-6に予備設計の基本的な流れを示す。この過程において橋梁計画設計技術者は、可能な限りの橋梁の形式と支間割りを考慮し、その最適な組み合わせを決定しなければならない。

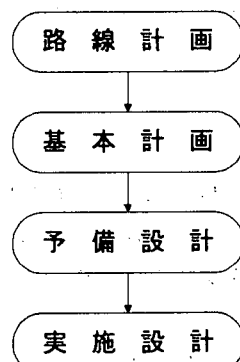


図-5 橋梁計画設計業務の流れ

一般に、橋梁形式の選定にあたって最初に考慮すべき問題は、支間割りである。すなわち、地形と道路の間の架橋空間に下部構造をどのように配置するかを考慮することにより、検討すべき橋梁形式の種類を10案から15案以内に限定することができる。この作業を橋梁形式の一次選定という。

これらの案は、次の比較橋梁形式の選定において経済性・施工性・維持管理性・美観・走行性などの観点から簡単に比較検討されて約3~5案に絞り込まれる。ただし、この段階では過去の設計データの蓄積をもとに構造寸法や数量の推定が行われるだけで、設計計算や数量計算が行われることはほとんどない。これは、詳細な数値を追うよりも、橋梁全体のイメージを把握する方が重要と考えられているからである。

実際に設計計算がおこなわれるのは比較設計においてである。次の段階で最適橋梁形式を決定するために、この段階で各案のなるべく正確な工費を把握しておく必要がある。したがって、比較設計においては、概略設計計算を行い構造物の主要寸法を決定し、さらに概略数量計算を行って工費を計上する。

最適橋梁形式の選定において、各選定案は、経済性・施工性・保守管理性・美観・走行性などの全ての観点から詳細に比較検討されて、最も適した橋梁形式と主要構造寸法が選定される。ただし、公共構造物である橋梁の計画では経済性が橋梁形式の最も重要な選定要因であり、特に理由がない限り他の選定要因は経済性とのバランスの上で考慮されることになる。

以上で説明した予備設計の基本的な流れは、1)橋梁形式の一次選定、2)計画設計および比較橋梁形式の選定、3)比較設計および最適橋梁形式の選定の三段階に

分けることができる。これらの各段階の主要部分は、それぞれが実施設計の簡略モデルになっており、段階が進むごとに実施設計により近いモデルとなっている。したがって、予備設計の初期段階に選定された多くの橋梁形式案は、これらの段階を経る間に淘汰されて、実施設計に採用される1つの橋梁形式に絞られていく。

予備設計がこのような多層スパイラル構造になっている最大の理由は、橋梁形式の一次選定で挙げられる全ての橋梁形式と支間割りに対して、概略設計や概略数量計算を行うことが事実上不可能だからである。むしろ、深い経験と知識を持つ有能な技術者ならば橋梁全体のイメージを把握するだけで、必要十分な精度の成果を効率的に得られると考えられている。

しかし、このような作業で得られる結果には、技術者の個人的な能力や恣意が大きく影響する可能性があり、橋梁計画設計業務の公共性上好ましいとはいえない。各事業主体も予備設計の精度を問題視しており、計画設計および比較橋梁形式の選定の結果が技術者の推定のみに基づく場合は十分注意するように指示している。

したがって本研究では、概略設計や概略数量計算を橋梁形式の一次選定で挙げられた全ての橋梁形式と支間割りに対して行うべきだと考える。すなわち、比較設計および最適橋梁形式の選定において橋梁形式の一次選定と同様の容易さで橋梁形式や支間割りをインタ

ラクティブに変更できるならば、計画設計および比較橋梁形式の選定は予備設計の工程から排除しても問題ない。

#### 4. 道路橋梁計画設計業務のシステム分析

Object Modeling Technique によるシステム開発は、システムの静的モデル、動的モデル、および機能モデルの3つの異なる視点に基づいて行われる。しかし、これらのモデルの中で最も重要なモデルは静的モデルであり、特別な場合を除いてシステム分析は現実世界のオブジェクトの静的な構造を明確にすることを中心に行われる。

本研究で扱うシステムはリアルタイムシステムではないので、動的側面がシステムに支配的な影響力を与えることはない。したがって、動的モデルはシステム分析モデルから除外する。また、機能モデルは既に説明した比較設計および最適橋梁形式の選定（図-7参照）が分析モデルとなるので、ここでは説明しない。

以下、橋梁計画設計システムの静的モデルの構築について説明する。

##### 4.1 静的オブジェクトの抽出

オブジェクト指向アプローチにおける一般的なオブジェクトの抽出方法は、ドメイン分析およびシステム要求仕様におけるドキュメントの中から重要な名詞を拾い出して、その一つ一つがオブジェクトになるかど

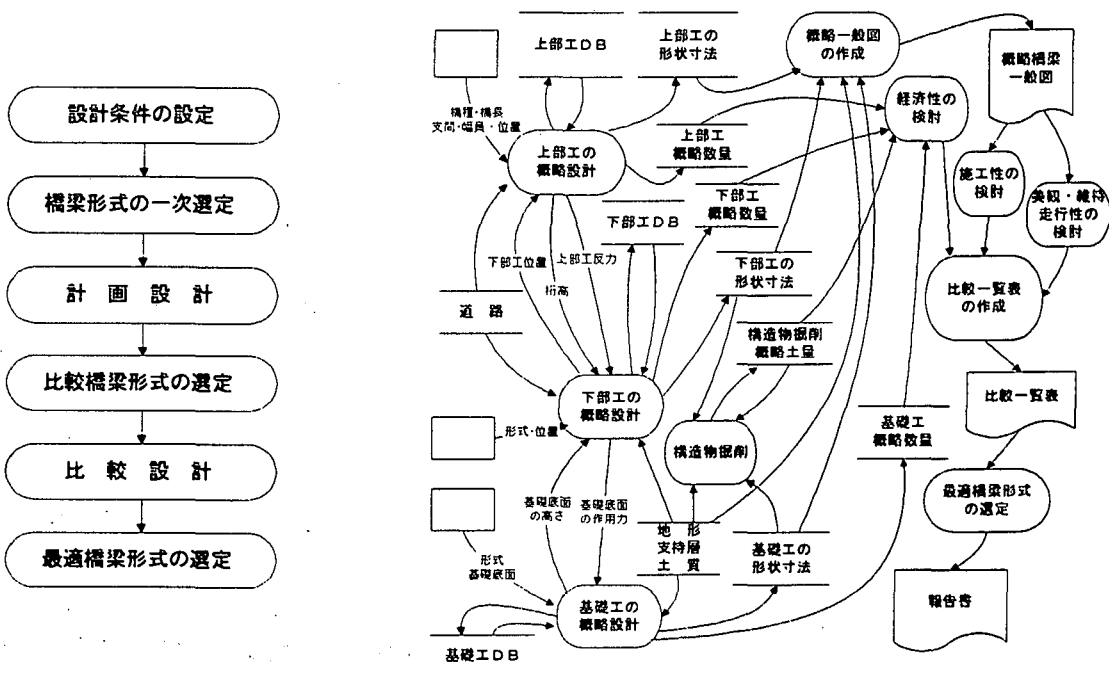


図-6 予備設計の流れ

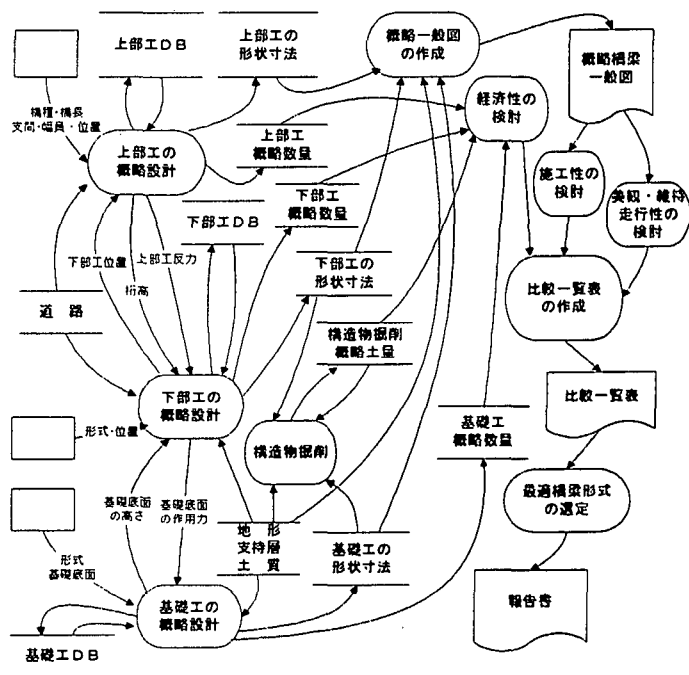


図-7 比較設計および最適橋梁形式の選定

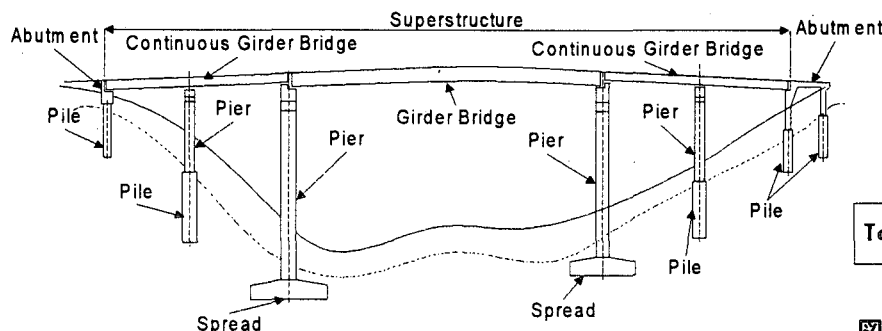


図-8 道路橋梁の例

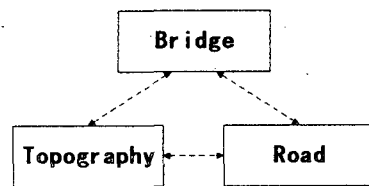


図-9 橋梁計画設計の主なオブジェクト

うか検討する方法である。本研究では、前章のドメイン分析で、橋梁形式の選定にあたって最初に考慮すべき問題は支間割りであることを述べた。すなわち、地形と道路によって定まる架橋空間をどのように分割するかにより、検討すべき橋梁の種類をある程度限定できるということである。このドキュメントの中から最も重要と思われる名詞を拾い出してみると、橋梁、地形、道路の3つを挙げることができる。しかし、このようなオブジェクト指向の一般的な手順を踏まなくても、この3つの名詞が、道路橋梁計画設計システムの最重要なキーワードであることは橋梁計画設計技術者の視点からも明らかである。すなわち、技術者が図-8の道路橋梁の例を見た場合に、まず最初に橋梁の構造、地形形状、および道路の構造に注目し、次にその組み合わせに問題がないか考える。したがって、本研究では、橋梁、地形、および道路を本システムの最重要オブジェクトと定義する(図-9)。これらのオブジェクトは、さらに複数のオブジェクトを内部に含む構造となっている。

例えば橋梁は、一般的に上部構造、下部構造、および基礎構造からなり、橋梁計画はこの3種類の構造形式とその関係を操作することにより進められる。したがって、これらを橋梁の主要オブジェクトと仮定する。また道路は、平面線形、縦断線形、および横断構成により三次元的な構造が定まるので、これらを道路の主要オブジェクトと仮定する。ただし、本研究では、橋梁オブジェクトの分析を中心に行うこととして、道路オブジェクトの分析は橋梁オブジェクトの分析に必要な範囲で行う。また地形も、任意地点の現地盤高さ、推定支持地盤高さおよび土質柱状図などを与えられた平面座標をもとに戻すオ

ブジェクトと仮定して、それ以上の分析は道路と同様の理由で行わないこととする。

4.2 静的オブジェクトの関連構造の構築

静的オブジェクトの関連構造は、クラスの抽出と同様にドキュメントの中から見つける方法を用いて構築する。すなわち、要求仕様などのドキュメント中で状態を記述している動詞が関連の候補になる。この方法は、システム対象に対する知識の乏しいソフトウェア技術者がシステム分析を行う際には非常に有効である。しかし、橋梁計画設計に従事している著者らのような土木技術者が、橋梁計画設計のシステム分析に当たる場合に、わざわざこのような手順をとる必要はない。著者らは、長い経験の中で業務ドメインの中に存在するオブジェクトとその間の関連を意識的または潜在的に知っているからである。したがって、以下の分析結果の説明は、基本的に橋梁計画設計技術者の視点に基づいて行い、一般的なオブジェクト指向のアプローチに基づく詳細な説明は省略する。

図-10に橋梁オブジェクト内にネストされているオブジェクトとその関連の例を示す。この関連構造において特筆すべきことは、上部構造と下部構造、下部構

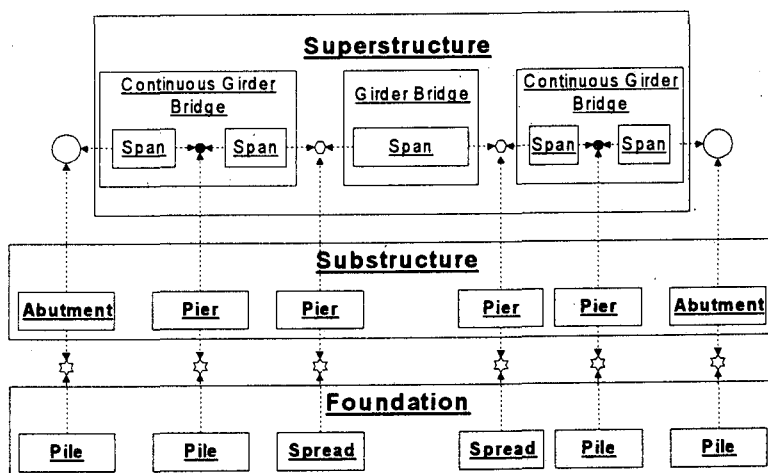


図-10 橋梁内のオブジェクトとその関連

造と基礎構造の間に節点オブジェクトが存在すると仮定した点である。これにより、オブジェクトごとの独立性を高め、オブジェクトのプラグアンドプレーを実現する。すなわち、主要オブジェクトの間に節点のようなブローカーオブジェクトを設けることにより、現時点で予想不可能な、オブジェクト間の関連上に発生する将来の問題を比較的容易に吸収することができる。また、節点オブジェクトは、橋梁オブジェクト内の関連ブローカーとなるだけでなく、道路や地形などの他のオブジェクトとの間でもその役割を果たし、さらにシステムユーザーが発生するイベントを受ける役割も果たす。

なお、図-10の例は上部構造が桁橋であることを想定しているが、ラーメン橋のような上下部一体型の橋梁形式でもモデルが大きく変わることはない。その場合は、下部構造カテゴリから下部構造の1つが離れ、上部構造カテゴリに吸収されると考えれば良い。

#### 4.3 継承構造および関連・集約構造の構築

多くのオブジェクト指向アプローチが継承構造のシステム開発における可能性を強調しているが、継承構造は抽象化と分類化という人間の曖昧な感性に19世紀以前のプリミティブな遺伝の考えを加えた単なるモデル化手法に過ぎない。しかも、このプリミティブな遺伝の考え方には、完全優性や不完全優勢の仕組みですら考慮されていない。生物の遺伝には、対立遺伝子の片方を隠して無効にする優勢の仕組みや、対立遺伝子の中間形質が現れる不完全優勢の仕組みがあるので、遺伝を何世代繰り返しても生物の形質に矛盾は生じないと考えられている。

現在のオブジェクト指向の継承構造には、このような仕組みがないので、継承構造を構築する際には、内部に対立する特性がないように細心の注意を払わなくてはならない。特に継承構造に多重継承を含む場合には問題が生じやすいので、多重継承の使用は絶対に避けるべきだと考える。

現実世界の多くの事物は複数の側面を持っているものであり、一般的なシステムも複数の視点に基づいて開発しなければならない場合は少なくない。例えば、上部構造を分類する視点とし

て、河川橋梁や山岳橋梁などの架橋場所による視点、鋼橋やPC橋などの使用材料による視点、および桁橋やラーメン橋などの構造形式による視点を挙げるができる。また、本システムは道路橋を対象にしているが、システムをより汎用的にするために鉄道橋も視野に入れるならば、用途に基づく視点も上部構造の分類の1つに加えなければならない。橋梁計画設計システムの開発においては、上部構造だけを考えても、このように多種多様な視点が存在する。もし、これらの視点を継承だけでモデル化すると、クラスライブラリーの構造は非常に複雑な多重継承となってしまう。そのようなクラスライブラリーは、構築するのも、運用するのも難しい。

本研究における上部構造の分類は構造形式による視点のみと仮定し、上部構造の継承は単一構造とする。他の視点は、全て上部構造が間接的に持つ属性と考えて、その実現は橋梁オブジェクトが別のオブジェクトと関連や集約関係を持つことで処理する。例えば、架橋場所による分類は地形オブジェクトの持つ架橋場所の属性が切り替わることにより、また使用材料による分類は橋梁の構造形式のオブジェクトが使用材料のオブジェクトを多態的に切り替えることにより実現する。さらに用途による分類も道路オブジェクトと鉄道オブジェクトが多態的に切り替わることにより実現する。

図-11は、上記の考え方に基づいて図-10のオブジェクト図を Object Modeling Technique のオブジェクトクラス図の表記方法で表したものである。なお、

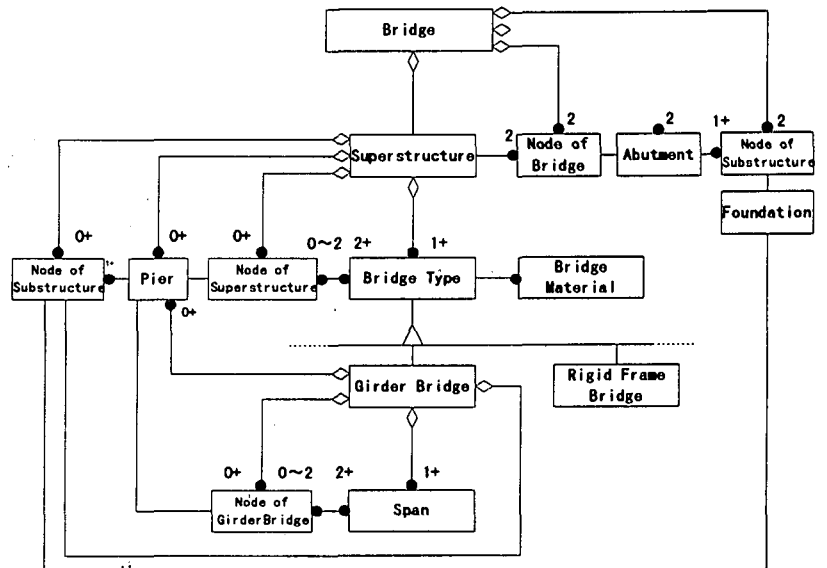


図-11 橋梁オブジェクト

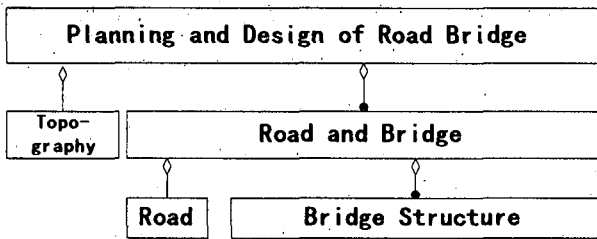


図-12 橋梁計画設計システムの集約構造

上部構造だけではなく下部構造や基礎構造のオブジェクト構造も同様の考え方に基づいて構築しているが、本論文における説明は省略する。

次に橋梁計画設計システム全体の集約構造の概略を図-12に示す。この構造の特徴は、橋梁オブジェクトと道路オブジェクトを集約する仮想の道路橋梁オブジェクトを設けたことである。その理由は、システム内に複数の道路と橋梁が存在する場合に特定の道路と橋梁の関係を明示する仕組みが必要だからである。例えば、跨道橋の計画設計の場合には、計画橋梁を含む道路の他に交差道路が1つ以上存在する。また、計画橋梁が交差路線の既設橋梁を跨いでいる場合もあり、道路だけでなく橋梁も複数存在する。このような状況では、道路と橋梁の関係を明示する仕組みがないと、システム開発の過程やデータの管理において必ず混乱が生じる。

最後に道路オブジェクトの継承および集約構造を図-13に示す。道路が、平面線形、縦断線形、および横断構成の3つのオブジェクトから基本的に成ることは既に述べた。平面線形と縦断線形は互いに異なる直行する座標面に存在しているが、基本的には同じ道路線形である。したがって、両者の間に共通点は多いのだが、線形要素の中心となる交点の型が異なっている。すなわち、平面線形要素の交点は平面座標であるが、縦断線形要素の交点は測点（道路平面基準位置から任意位置までの道路長）と標高である。そのため、継承構造の中で交点を共有できない。もちろん、抽象的な交点オブジェクトを造り、集約により多態的に共有化することはできる。しかし、これによりオブジェクト指向の理想は実現できても、実装上の負荷を増やしてしまうことになる。したがって、結果的に道路線形の継承は交点を集約しない単純な構造にした。

横断構成とは、車道、歩道、および中央帯などの道路構成要素の組み合わせのことであり、これが道路を構成する重要なオブジェクトの1つであることは間違いない。なお、道路断面を継承する横断面オブジェクトが横断構成の一部を集約しているが、この構造の根底にはメタデータ概念が存在しており説明が複雑になるので、本論文では省略する。

### 5. プロトタイプシステムの開発

ソフトウェア技術者協会の調査により、システム開発におけるトラブルの約75%は上流工程（システム分析49%、システム設計25%）に起因することが明らかにされており<sup>2)</sup>、上流工程のトラブルほど後の修正コストが高くつくことも著者らの経験上分かっている。特に、本システムの最終的な規模は、橋梁計画システムだけで70万から100万ステップ程度に達することが予想され、実際のシステム開発プロジェクトには大きなリスクがともなう。そこで、本研究では、プロトタイプシステムを開発することにより、システム分析段階で致命的な問題を明確化して、それらを解決する方法をとっている。すなわち、システム分析において分析モデルとプロトタイプの構築を交互に繰り返す。

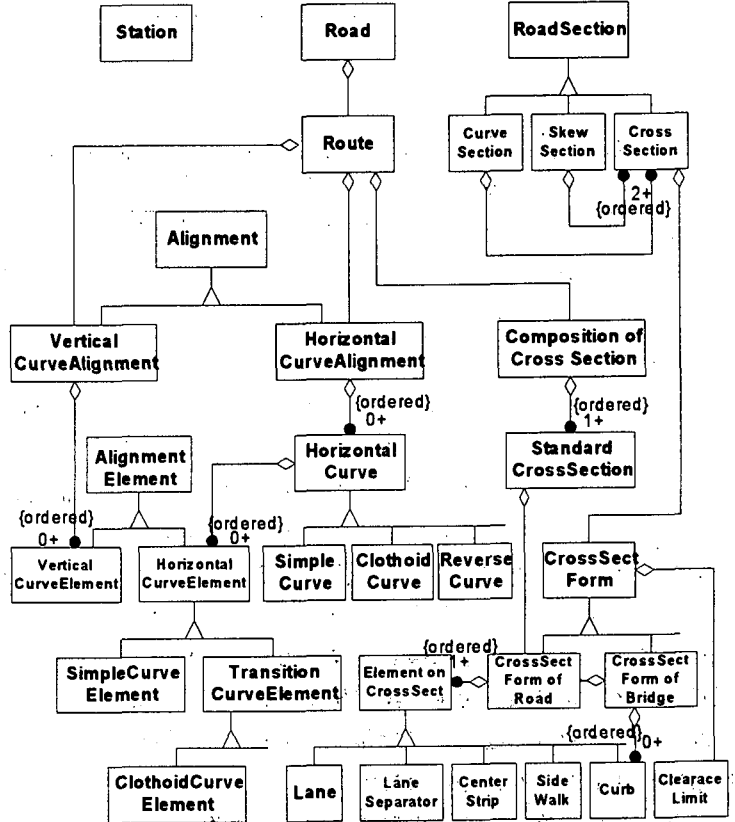


図-13 道路オブジェクト

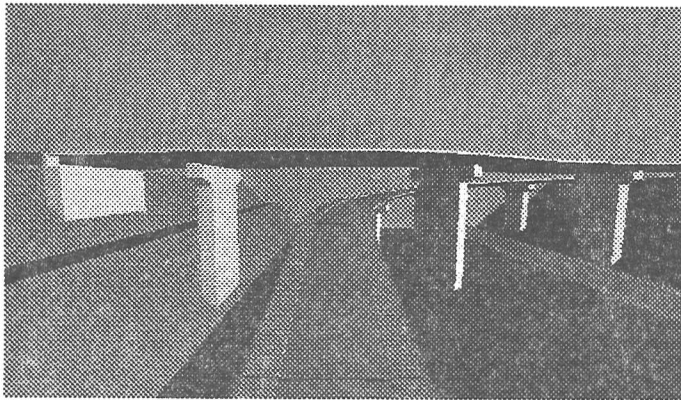


図-14 プロトタイプシステムの三次元表示

返しながら、分析モデルを修練させていくスパイラル・アプローチである。

その結果、分析当初のモデルに潜在していた問題点を見つけだし、モデルの再考を行うことができた。例えば、複数の側面を持つ橋梁オブジェクトを多重継承で実現する問題はプロトタイプシステムの作成中に顕在化したので、分析モデルを再考して関連・集約型のオブジェクト構造に大きく変更した。また、上部構造、下部構造、および基礎構造オブジェクトの間に仮想の節点オブジェクトを介在させ、オブジェクト間の関連上に生じる問題を吸収する必要があることもプロトタイプシステムの作成中に明確になった。

このようなフィードバックがスパイラル・アプローチの最大の利点であるが、同時に欠点でもある。すなわち、モデルをどの程度まで修練させればスパイラルが終了するのかが明確ではないのである。そのためシステム開発者は、しばしば可能性のある順列をすべて試そうとして多大な時間を費やしてしまう。もちろん、多くの場合その責任は開発管理者にあるのだが、一方では、CASEツールなどを利用してスパイラル・アプローチそのものを効率化することも必要である。

しかし、現時点における調査では、著者らの要求を満足するオブジェクト指向CASEツールは市場に存在しなかった。したがって、分析モデルの変更のたびにプロトタイプシステムの実装をすべて手作業で変更しなければならなかった。この点が本研究におけるスパイラル・アプローチの大きな障害となった。すなわち、複雑なシステムの実装を手作業で繰り返し変更することは、単に労力の問題だけではなく、ソースコードの信頼性を低下させることになる。

したがって、著者らは、本研究における手作業によ

るスパイラル・アプローチを考察した結果をオブジェクト指向CASEツールへの要求仕様としてまとめて、その開発に積極的に働きかけていくことも考えている。現在、多くのオブジェクト指向CASEツールが市場に台頭しつつあるので、近い将来、著者らの要求を満足するツールは必ず実現すると予想する。

本研究で作成中のプロトタイプシステムの出力例として、橋梁計画の三次元表示を図-14に示す。現在、このプロトタイプシステムの上部構造や下部構造などのオブジェクトは具体的な構造形式を持たないスーパークラスのオブジェクトである。したがって、早急に、具体的な構造形式を持つサブクラスのオブジェクトを作成し、その上で、本プロトタイプシステムによる試行と検討を重ね、本研究で開発した手法を本格的なシステムの設計と実装に備えて洗練していく予定である。

## 6. 結論

最後に本研究で得られた結論を以下に示す。

- 1) オブジェクト指向アプローチを導入することで、橋梁計画設計業務に従事する技術者が頭の中に描いている橋梁モデルを直接システム化できることを証明した。
- 2) 橋梁計画設計支援システムの実現に必要なオブジェクトとその関連構造を明確にした。
- 3) プロトタイプシステムを作成するスパイラル・アプローチを用いることにより、大規模で複雑な橋梁計画設計支援システムの開発に伴うリスクを低減できることを確認した。

## 【参考文献】

- 1) J. Rumbaugh et al. : Object-Oriented Modeling and Design, Prentice Hall, 1991.
- 2) 佐原伸:オブジェクト指向システム分析/設計 Q & A, ソフト・リサーチ・センター, pp.17-18, 1995.
- 3) 青木淳:例題によるオブジェクト指向分析設計テクニック, ソフト・リサーチ・センター, 1993.
- 4) D. Tkach et al. : Object Technology in Application Development, The Benjamin/Cummings Publishing Company, 1994.