

I - 58

情報化と性能規定化による設計基準の概念的モデルの提案

室蘭工業大学 ○正会員 矢吹信喜
室蘭工業大学 学生会員 宮島良将
室蘭工業大学 学生会員 古川将也

1. はじめに

我が国の土木構造設計分野においては、限界状態設計法に基づいた示方書¹⁾や設計指針²⁾等が、以前から土木学会から刊行されているが、実際の構造物の設計基準は未だ許容応力度法に基づいているものが多い³⁾。しかし、近年、性能照査型規定へ改訂しようとする努力や準備が関係各機関で進められている⁴⁾。この背景には、「透明性」を要求する ISO の国際標準に準拠していく必要性、マニュアル設計に頼り技術力が低下してきた我が国の設計技術者が「国際化」の中で競争に勝てるようにする必要性、「コスト縮減」のために多様な新技術を採用しやすくする必要性などがあると言われている⁵⁾。古くから限界状態設計法、信頼性設計法などが研究され、欧米では早くからそうした概念が明確に設計基準に取り入れられていたにもかかわらず、許容応力度法からなかなか脱却しなかった我が国でも、土木設計上の大きなパラダイムシフトが起こりつつあると言えよう。

しかしながら、こうした最近の動きの中で、情報技術が高度化し「情報革命」の時代などと言われているにも関わらず、設計基準の「情報化」という観点が抜け落ちているように思われる。また、現在は道路橋、鉄道橋、建築物のように構造物毎に設計基準が制定されているが、同じ部材に関して異なった照査方法を規定していて良いのか、といった疑問が投げかけられることが予想される。こうした観点から、本研究では将来の設計基準および設計環境に関する概念モデルを提案する。

2. 設計基準の概念モデルの必要性

最近の情報技術の飛躍的進歩、インターネットやパソコンの一般市民への普及が進んでいるにも関わらず、依然として設計基準が一冊の、あるいは数冊で1セットの書籍という形のままである。一方、米国を中心に、カナダ、ヨーロッパ等の諸国では、建築・土木分野の設計基準のコンピュータ化に関する研究が30年以上も続けられており^{6) 7)}、一部は実用化もされている。書籍の形式にも数多くの長所はあるが、設計基準のユーザーである設計技術者と設計性能を照査する専門技術者、および設計基準を作成する学識経験者のいずれにもメリットがあるような情報化された設計基準の形態を策定していく必要がある。

次に、現在の多くの設計基準は、道路橋、鉄道橋、水門鉄管、送電鉄塔、鉄骨建築物等のように、各種構造物毎に基準が作成されている。各基準の中には、荷重のような構造物に依存する項目があるものの、梁や柱等の構造部材の安全性を照査する条項等、基本的には構造物に必ずしも依存しない共通の条項が含まれている。もし、同じ構造部材に同じ荷重がかかったときの安全性の評価方法が、構造物毎の設計基準によって異なっていたら、明快にその理由を説明することは困難であろう。従って、設計基準の中で構造物独自の条項と共通の条項を明確に分離し、共通項目については、各構造物を横断する別の設計基準を設けるなど、基準のあり方を再構築する必要があると考えられる。

また、将来の理想の設計システムは、設計の基本条件を入力すると、要求する性能を満足し、最適に近い設計をほぼ自動的に出力してくれるようなものであろう。設計されたものをコンピュータで照査することは比較的容易と考えられるが、設計の生成は、解の数が実質的には無限にあることから、構造の仮定を行い、

A Proposed Conceptual Model of Design Standards Based on Information Technology and Performance-based Design

by Nobuyoshi Yabuki, Yoshimasa Miyajima, Masaya Furukawa

照査するという流れになる。ここで、仮定を行う部分は、技術者のノウハウ、経験、センス等が要求され、コンピュータにとっては難しい作業となる。現行の設計基準には、ある程度設計基準作成者が想定する形になるようマニュアルあるいはガイドブック的な要素が含まれているが、性能照査型設計基準では、そうした要素はマニュアルとして設計基準から分離させる必要がある。さらに、設計の生成を行おうとする設計技術者等をサポートする知的な設計システムが必要となろう。

3. 提案モデルの概要

本研究で提案する概念モデルを図-1に示す。本モデルでは、前述のように、設計基準をコンピュータ化することを前提としている。コンピュータ化は、文書としての設計基準をファイル化して貯蔵する部分と、設計や照査の計算が出来るようにプログラム化する部分に分かれ、同図では水平の破線より下部が文書ファイルシステムで、上部が設計システムに相当する。一方、設計作業は、設計を生成する部分と、照査する部分に分かれ、同図では垂直の破線より右側が設計生成に関するもので、左側が照査に関するものである。従って、本モデルは、設計生成プログラム、設計基準プログラム、設計基準文書ファイル、設計生成マニュアルファイルの4つの象限に分類される。

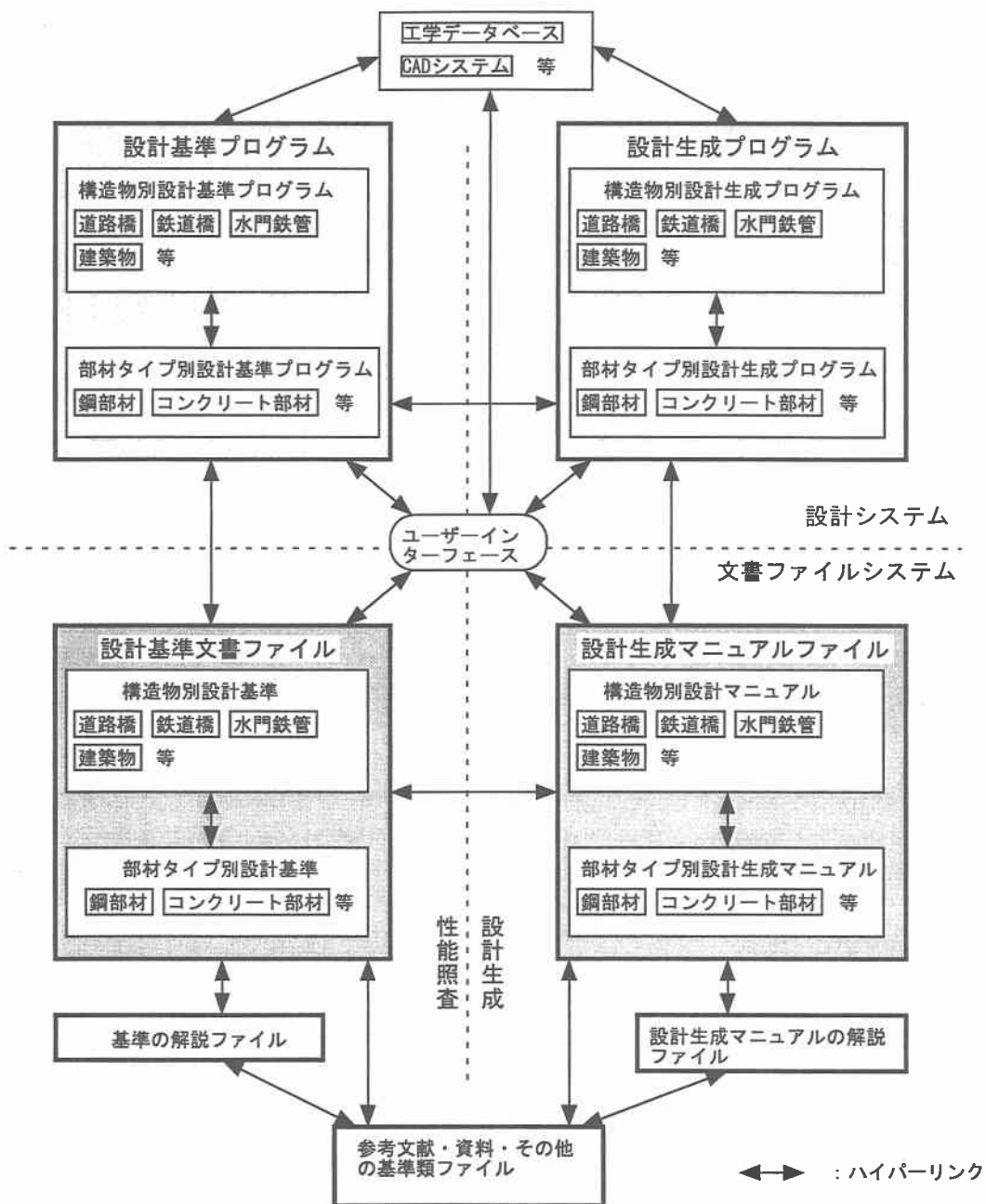
さらに、設計基準文書ファイルには基準の解説ファイルが、また、設計生成マニュアルファイルにはその解説ファイルが、参照箇所を介して相互にハイパーリンクで結ばれ、その他の参考文献や資料、土木建築以外の基準類の文書ファイルともリンクされる。従来は、設計基準作成委員が、設計者や将来の設計基準改訂委員のために、より多くの参照情報や条文の背後にある各種条項の制定理由などを記述したくても、書籍という物理的な制約から詳細には載せられなかったが、本モデルでは、容易に含めることが可能となる。

また、設計の生成や照査をコンピュータ上で実行する上では、標準的な部材や材料などのデータを貯蔵した工学データベース、あるいは設計した部材の属性や寸法などのデータが蓄えられている CAD システムとも相互にデータのやり取りが実行出来るようにする。全体システムとしては、各コンポーネントは統合化され、ユーザーは単一のユーザーインターフェースで全てのシステムを操作可能であるものとする。

2. で述べたように、本モデルでは、設計基準を、道路橋、鉄道橋、鉄骨建築物等の荷重のような各構造物に依存する部分と、部材のような基本的に構造物に依存しない共通部分を明確に分離し、前者を「構造物別設計基準」、後者を「部材タイプ別設計基準」とする。このように分類するのは設計基準文書ファイルのみならず、他の主なコンポーネントにおいても同様である。部材タイプ別設計基準のモデルに関しては、これまでの研究成果⁸⁾をベースとして最新の情報技術を取り入れるものとする。

設計の生成に関しては、専門家の知恵やノウハウといったヒューリスティクスをプログラム化する方法⁹⁾、与えられた条件下で何らかの目的関数を用いて最適化する方法などが研究されているが、多くの場合、設計者が実務で参考とするのは過去の設計事例である。そこで、本研究では、多くの設計事例をコンピュータの中に蓄え、与条件に似た事例をベースにして設計する、事例ベース推論¹⁰⁾ (Case-based reasoning : CBR) を一部に使用することとする。事例ベース推論では、まず数多くの設計事例に各々インデックスを付けて、記憶装置に貯蔵する。次に、新しい設計課題が与えられると、それに似た事例を記憶装置の中から引き出し、適用させて、必要ならばその課題に合うように修正を加え、その成果を新しい事例として記憶装置に貯蔵する。本モデルでは、事例ベース推論と他の2つの方法を融合させた、ハイブリッドな手法を提案する。すなわち、まずヒューリスティクスで設計可能な構造や部材に関しては、ヒューリスティクスで設計を生成させる。それが出来ない場合は、事例ベース推論による。生成された設計は照査され、必要があれば修正される。さらに経済性に問題があれば、最適化を行い、再度照査する。こうした方法でも満足すべき設計が生成し得ないような場合は、設計者が自ら設計出来る自由度を持つモデルとする。

本モデルにおける文書ファイルは、一貫した文書構造を保持し、ハイパーリンク機能を有し、コンピュータ上で容易に作成、表示、操作が出来るものである必要がある。



図ー１ 設計基準の新しい概念モデル

4. おわりに

構造部材の設計基準のコンピュータ化に関しては、従来から主に欧米で研究されてきたが、本論では、設計基準の性能規定化と平行して情報化の必要性を述べ、土木建築分野の各種設計基準を包括する規模の大きな新しい概念モデルを提案した。本モデルの有効性を実証するためには、プロトタイプシステムを構築する必要があり、以前に開発したシステムをベースとして、現在、開発中である。

文書ファイルに関しては、設計基準の構造を適確に表現し、コンピュータ上で容易に作成でき、ハイパーリンク機能を有し、表示や操作が迅速であるべき、といった観点から、実装にはXML (eXtensible Markup Language) が適当だと判断し、システム開発に使用している。プログラムに関しては、ソフトウェア工学的観点から、将来の設計基準改定に容易に対応可能で、文書ファイルと同構造を有することが可能であるものとして、オブジェクト指向パラダイムに基づき、インターネット上での開発・運用が容易である言語として、Java と Prolog++ の両言語を使用している。

本モデルを実際にシステム化すると、データ量は膨大なものとなる上、CD-ROM のようなパッケージとして販売していたのでは、設計基準の改定毎にプログラムやファイルを各ユーザーが更新作業を行わねばならず非効率である。従って、インターネット上での利用が前提となるが、その際、使用料の徴収方法および著作権に関する問題は、今後検討していく必要がある。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書〔耐震設計編〕、1996。
- 2) 土木学会：鋼構造物設計指針 PARTA 一般構造物〔平成9年版〕、1997。
- 3) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説〔I 共通編 II 鋼橋編〕、1996。
- 4) 堺孝司：性能照査設計のゆくえ、橋梁と基礎、Vol.31, No.8, pp.73-83, 1997。
- 5) 西川和廣：橋の性能と耐久性、第1回鋼構造物の維持管理に関するシンポジウム資料集、土木学会、pp.1-8, 1999。
- 6) Fenves, S.J.: Tabular Decision Logic for Structural Design, Journal of the Structural Division, Proceedings of ASCE, Vol.92, No.ST6, pp.473-490, 1966。
- 7) Yabuki, N., Law, K.H.: HyperDocument Model for Design Standards Documentation, Journal of Computing in Civil Engineering, ASCE, Vol.7, No.2, pp.218-237, 1993。
- 8) 矢吹信喜、Law, K.H.: 設計基準の表現・処理・文書化のための統合化モデルに関する研究、土木情報システム論文集、土木学会、Vol.8, pp.183-190, 1999。
- 9) Yabuki, N., Law, K.H.: An Object-Logic Model for the Representation and Processing of Design Standards, Engineering with Computers, 9, pp.133-159, 1993。
- 10) Maher, M.L., Balachandran, B.: Multimedia Approach to Case-Based Structural Design, Journal of Computing in Civil Engineering, ASCE, Vol.8, No.3, pp.359-376, 1994。