

II-53 橋梁の地震時保有水平耐力法と動的解析法のデータを共有した一貫システムの開発

富士通エフ・アイ・ピー(株)	○牧 秀彦
富士通エフ・アイ・ピー(株)	中川 忠直
開発コンサルタント(株)	山下 幹夫
パシフィックコンサルタンツ(株)	林 亜紀夫
(株)オリエンタルコンサルタンツ	橘 義規

はじめに

昨年11月道路橋示方書が大幅に改訂された。従来の震度法による耐震設計を踏襲するとともに、「地震時保有水平耐力法」と「動的解析法」による設計・照査を大々的に取り入れることになった。このこととは耐震設計技術の大きな流れを象徴しており、従来の震度法に慣れ親しんだ設計者にとって、非線形解析を行なうためには、新たになスキルが必要となり、操作性の良いソフトの流通が強く望まれている。

このようなニーズに対応すべく、筆者らは広く活用できる道示対応専用ソフトのあるべき姿を検討し、システム開発を行なっている。今回は、そのシステムの概要と特徴を報告する。

1. 道示対応ソフトのシステム要件

1.1. 道路橋の耐震設計のフロー

地震時保有水平耐力法と動的解析法を規定している新道示による設計を実施する場合のフローを図-1に示す。このフローでは、震度法等により各構造諸元を仮定し、基礎の地盤バネ値やRC断面の非線形特性などの各物性値を計算し、あらかじめ各諸元を決定する。地震時保有水平耐力法(③～⑥)では、そのデータを基に解析モデル及び各物性値データの設定を行い、計算を実行させ、結果検討を行う。照査結果が十分でない場合は、構造諸元の変更を行なうため、②の処理から再度行い、結果検討を繰り返す行う。

更に、地震時の挙動が複雑な橋については、動的解析による耐震設計を行なう必要があるため、⑧～⑪の処理を行う。動的解析の照査結果が十分でない場合は、②の処理から再度行い、動的解析での検討を繰り返す行う。

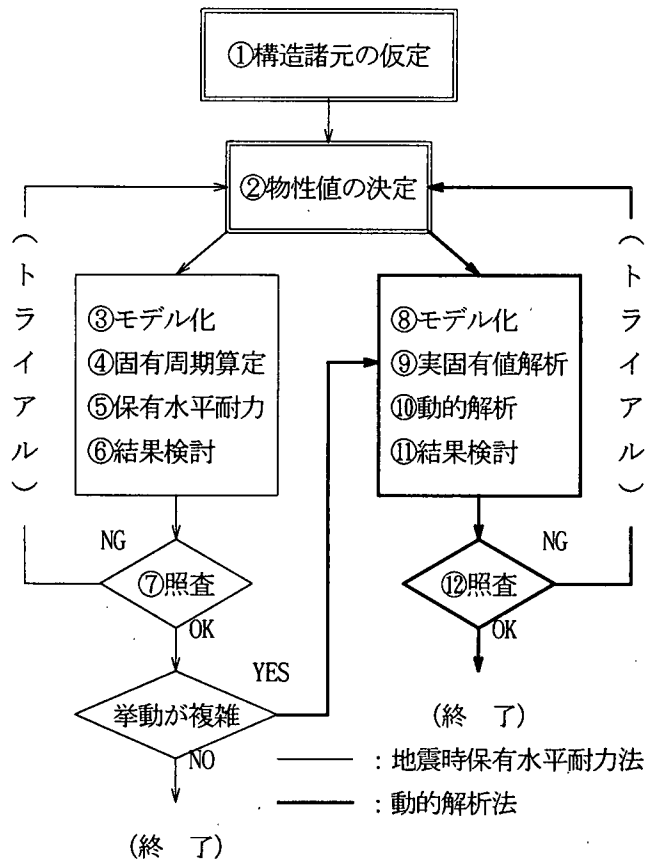


図-1. 耐震設計のフロー

1.2. 課題とシステム要件

図-1のフローに従って設計を実施する場合、設計者は各処理において、それぞれの専用ソフトを利用するのが現状である。現状の課題と専用ソフトとしてシステム化する場合の要件をまとめると表-1のようになる。

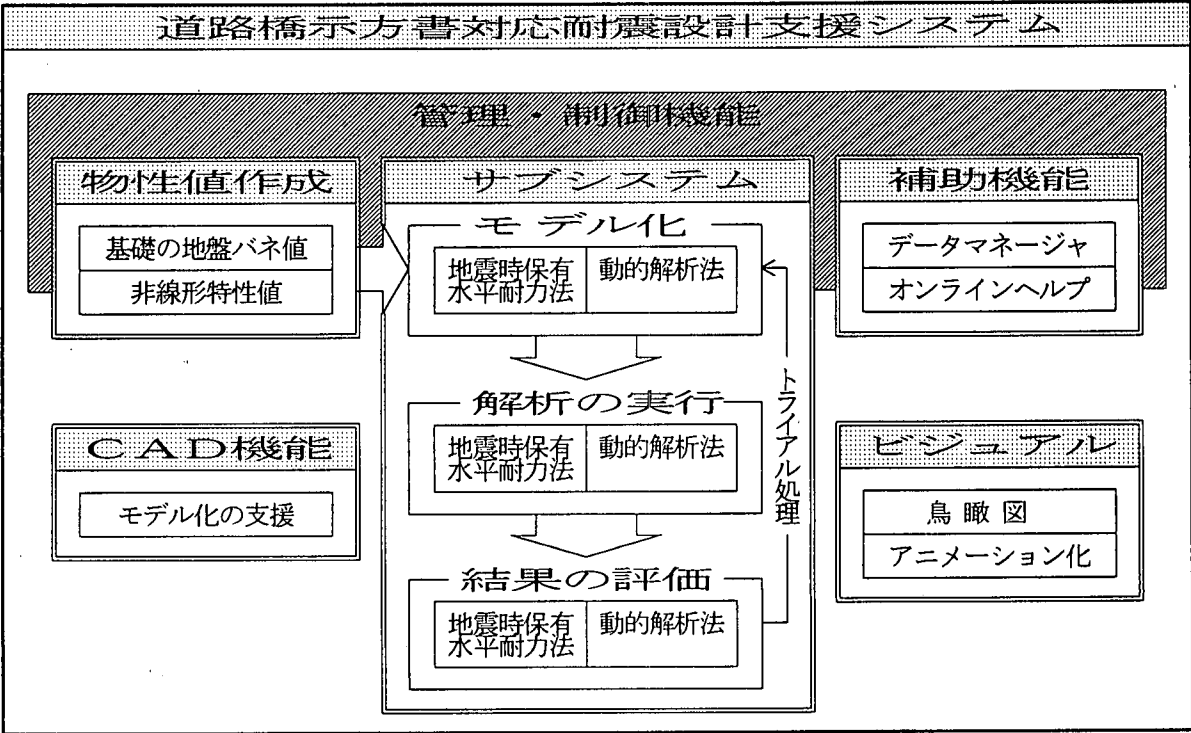
表－１．現状の課題とシステム要件

No.	現状の課題	システム要件
1	地震時保有水平耐力法や動的解析法による設計計算を行なうためには、それぞれ異なったシステムを使いわけなければならない。	地震時保有水平耐力法から動的解析法までをモデルの共有により一貫して計算できること
2	各設計計算による検討の結果、設計変更が発生した場合、構造諸元の変更にともない物性値の再計算に労力が掛かる。	構造諸元の変更にともなう物性値のトライアル処理をシステム内に取り込み自動化させること。
3	本社のみならず支社、現場へも設計業務が、さらに移行が進み、非線形解析の経験の少ないユーザの利用が増加する。	非線形解析の処理が手軽に使える、操作性のよいシステムであること。

2. システムの概要

2.1. 構成

先に述べたシステム要件を反映するため、図－２に示すシステムの構成を考えた。



図－２．システム構成

幅広いユーザ層に対応するため、プラットフォームとしてWindowsを採用した。

本システムは、プレ処理（モデル化）、解析処理（地震時保有水平耐力法、動的解析法）及びポスト処理（結果の評価）のサブシステムより構成される。解析部は目的に応じた手法の選択を可能とし、地震時保有水平耐力法と動的解析法による一貫した計算処理を可能としている。また、トライアル処理を容易に実現するために、モデル化の作成を支援する機能として、物性値自動算定及びCADを、解析の評価を支援する機能として、アニメーションなどのビジュアル化を有している。さらに、補助機能としてデータ管理やオンラインヘルプの充実を図り、管理・制御をMicrosoft Windowsをベースに開発している。

解析及び作図部分は過去の資産を活用するためFORTRAN、他はVCを開発言語としている。

2.2. システムの特徴

①. 物性値自動算定

物性値自動算定とは、あらかじめ必要とされる物性値の内、計算が煩雑な基礎のバネ値、非線形特性値について、形状、境界条件、配筋などから自動的に計算し瞬時に確認できるツールである。算定された物性値は、モデル化の各物性値テーブルに反映することができ、データ作成の省力化に有効である。

図-3に物性値自動算定する計算機能を示す。

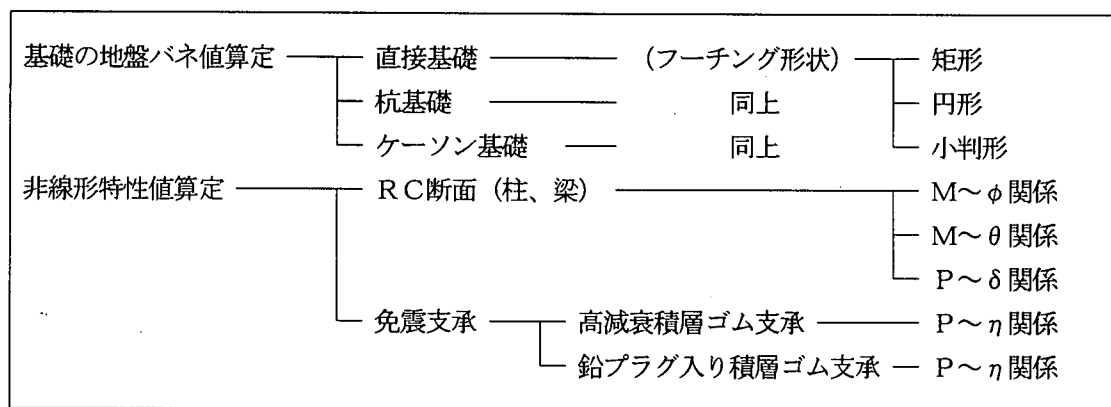
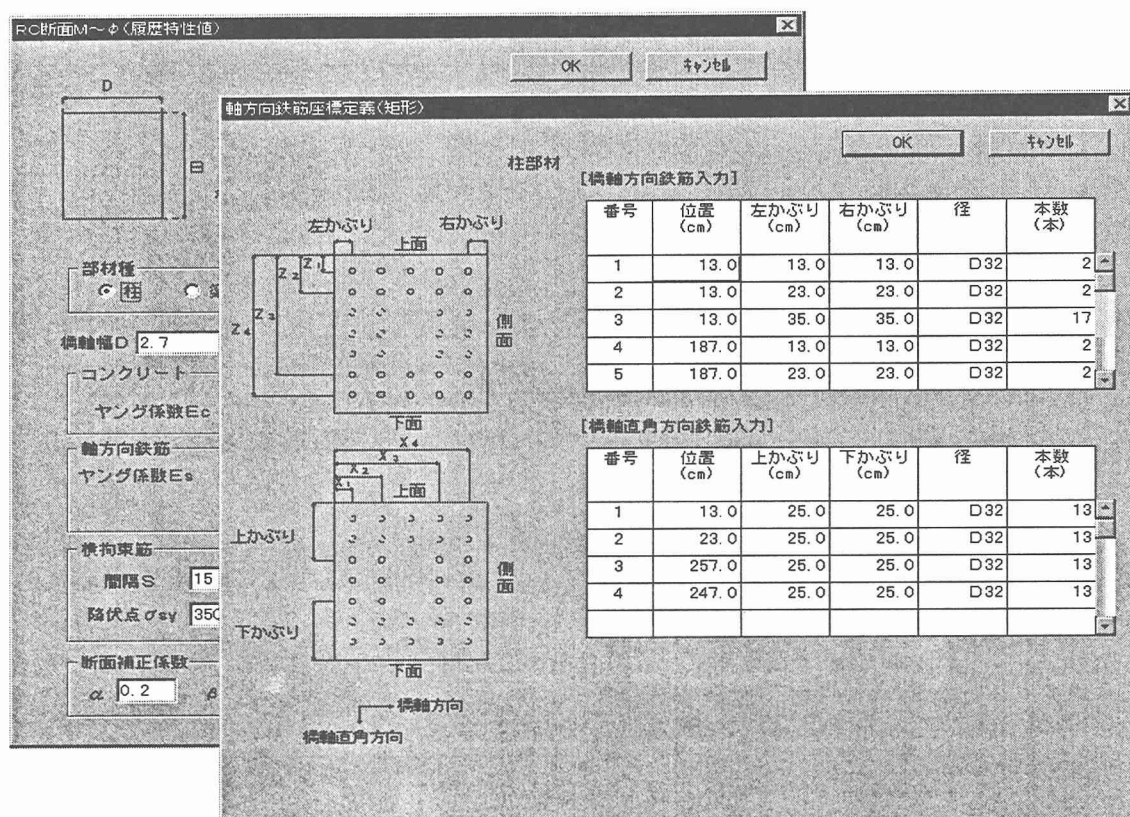


図-3. 物性値自動算定の機能

通常、基礎の地盤バネ値算定は震度法専用ソフトに、RC断面の非線形特性はRC単柱橋脚の地震時保有水平耐力法専用ソフトに内蔵されている。そのため、動的解析用にデータを作成する場合、ユーザ自身が作成したツール又は設計用専用ソフトの機能を流用し計算するため、煩雑なデータの入力や結果の確認に時間を費やすことが多かった。

当物性値自動算定を用いることによって、ユーザ自身によるデータの変換等の計算の手間や、計算ミス等の大幅な削減が実現できると考える。

図-4にRC断面の非線形特性値計算の入力画面の例を示す。



RC断面M-φ(履歴特性値)

OK キャンセル

軸方向鉄筋座標定義(矩形)

柱部材

【橋軸方向鉄筋入力】

番号	位置 (cm)	左かぶり (cm)	右かぶり (cm)	径	本数 (本)
1	13.0	13.0	13.0	D32	2
2	13.0	23.0	23.0	D32	2
3	13.0	35.0	35.0	D32	17
4	187.0	13.0	13.0	D32	2
5	187.0	23.0	23.0	D32	2

【橋軸直角方向鉄筋入力】

番号	位置 (cm)	上かぶり (cm)	下かぶり (cm)	径	本数 (本)
1	13.0	25.0	25.0	D32	13
2	23.0	25.0	25.0	D32	13
3	257.0	25.0	25.0	D32	13
4	247.0	25.0	25.0	D32	13

部材種: RC
コンクリート: C20
ヤング係数E_c:
軸方向鉄筋: R400
ヤング係数E_s:
横筋: 間隔S: 15
降伏点σ_{sy}: 350
断面補正係数: α: 0.2

左かぶり 右かぶり 上面 下面 側面

上かぶり 下かぶり 橋軸方向 橋軸直角方向

OK キャンセル

図-4. 物性値自動算定の入力画面例

②. 地震時保有水平耐力法と動的解析法のデータを共有した一貫システム

本システムは、RC単柱橋脚やラーメン橋脚などの地震時保有水平耐力法と動的解析法を兼ね備え、モデル化においては、対象構造物が異なっても同一の操作方法により節点、要素、材料などのデータを作成することができる。さらに、モデルデータの共有により固有周期算定～地震時保有水平耐力法～動的解析法までの処理を一貫して行なうことによりルーチンワークの軽減と共に、複数のソフトを所有する必要がなくなる。また、地震時保有水平耐力法及び動的解析法の計算時に①の物性値自動算定と連携することにより、次のような作業軽減が図れる。

- ・固有周期算定や動的解析法の基礎のモデル化に地盤ばね値を手軽に取り込める。
- ・地震時保有水平耐力法の塑性ヒンジ断面にRC断面諸元（配筋データ）を手軽に取り込める。
- ・動的解析法の柱・梁部及び免震支承部の材料特性に非線形特性値を手軽に取り込める。

このように、物性値自動算定及び地震時保有水平耐力法と動的解析法のデータを共有した一貫システムの利用により、ユーザの作業効率は今までに比べ約2倍に向上できると考える。

3. 今後の展望

以上のように筆者らは、Windows版一道路橋の耐震設計システムについてユーザの身近なツールを目指し開発している。その成果である物性値自動算定やデータ共有による地震時保有水平耐力法と動的解析法の一貫した解析処理により、ユーザが、いままで解析のほとんどの時間を費やしてきたモデル化の、大幅な時間短縮とともにモデルデータ等の計算ミスの排除や短時間での解析が可能となったと考える。今後は、指針改訂をにらんだ機能の強化と共に、CADデータ連携（CALS対応）、解析事例のDB化、本社～支社間の分散処理の支援（LAN/WAN）など新たなテーマに対しても展開していく予定である。