

PC斜張橋設計施工支援システムの システム化計画について

日本電子計算（株） 藤尾元成
日本電子計算（株）○廣河和男
日本電子計算（株） 前川静男
日本電子計算（株） 岩本匡弘

1. はじめに

昨今の構造物の長大化傾向の中で、PC斜張橋は構造の合理性や、経済性、美観等々多くの利点により今後我が国での急増が予測される橋梁形式と期待されている。

しかし、その設計施工にあたっては、斜張橋特有の構造特性やコンクリートの材料特性などが相互に関連し、複雑な問題とこれに係わる膨大な計算が伴う。

一方、橋梁の設計施工に際してコンピュータを利用するのは今や常識となっており、コンピュータは不可欠であるといえる。むしろ、昨今のコンピュータ利用技術の著しい進歩に支えられて、いかに高度に、効果的、効率的に利用するかが問われている状況にある。特に高次の不静定構造物で、かつ部材構成の自由度が高く、設計時に繰り返し計算を余儀なくされるPC斜張橋へのコンピュータ利用は、品質や生産性の向上、工期の短縮化等々大きな効果が期待される。

このような背景でPC斜張橋の設計施工に際してのシステム化へのアプローチを行い、ソフトウェアの可能性と必要性を検証することを目的として、昨年度に民間企業19社が参加し、大阪工業大学栗田章光講師の協力を得て、研究会活動を行った。本稿はこの研究会の活動内容について報告するものである。

2. システム化へのアプローチ

2.1 目的とテーマ選択

研究会の目的は、PC斜張橋の設計・施工に焦点を合わせて、実務に効果的に利用できる専用システムの可能性について考察し、システム開発に際して円滑に実施できるように問題点とその相互関係について検討を加え、整理することである。

具体的なテーマの選択についても、これらの点と研究会の期間を考慮してPC斜張橋の構造解析、部材設計に関する下記の3つの基本的な問題を選択した。

- ・架設時の斜材調整力の問題
- ・完成時の斜材調整力の問題
- ・クリープ、乾燥収縮度の影響評価の問題

これら各々について目的、設計上の位置付け、各種解析手法（設計手法）の特徴と適用、システムへの要求機能、システムの役割などについて従来の経験、実績を踏まえて調査、検討を行った。図-1に設計の手続きの流れの中での上記項目の位置を示す。

2.2 問題点の整理

・斜材調整力の決定 : 主塔、主桁、斜材など各部材の断面力分布の改善を図るのが目的であるが、どのように断面力分布を改善するのが合理的であるかということが大きな問題である。たとえば、架設系から完成系へ構造系の変化を伴う場合や、構造形式が非対称な場合など合理的な斜材張力を一義的に定め

るのは難しい。仮に、数学的手法を用いて調整力を定めたとしても、その合理性を説得するのは容易なことではない。つまり、架設時に仮支承を設ける、仮斜材を設ける、カウンターウェイトを載荷するなど斜材調整力以外の対策を施すほうが合理的な場合もあり、これらのこともあわせて考慮できる柔軟性がシステムに望まれる。

・クリープ、乾燥収縮の影響評価：

既に発表されている多くの解析方法から、改良Dischinger法、逐次法、Trost-Bazant法の3種類の解析方法について、その特徴と適用上の長所、短所を調査したが、要点は精度とコスト（コンピュータ演算時間）の関係をどのように判断するかである。精度は論理を展開する中での工学的仮定による精度と、計算機上で時刻歴を追うさいに、解析時刻の分割によって得られる精度、材料特性を表す数値（クリープ係数、乾燥収縮度の進行値）が持つ精度の3種類が混在している。設計時に要求される精度の水準に適合する解析法を選択し、計算内容もその水準に合致しているのが望ましい。これらのことから解析法も1種類ではなく、2～3種類の解析法に対応でき、運用時の目的に応じて選択できるシステムが望ましい。

これらのことをまとめると、

- ・システムに判断ロジック、決定ロジックを持たせる、いわゆる「自動設計システム」の構築は困難であり、また運用時の効果も大きくは期待できない。
- ・設計施工時に技術者がツールとして利用できるシステムが現時点では効果的であると考えられ、新しい技術開発、技術ノウハウに柔軟に対応するためにも、共通の技術にもとづいた基本的な計算部分のシステム構築を行って、設計施工時に技術者が判断する際の有効な数値情報を提供できるものが望ましい。
- ・解析手法（設計手法）の特徴を生かすためにもその適用法が問題になる場合があり、複数の手法をシステムに用意し、システム運用時に技術者が選択できる形態が望ましい。
- ・入力データをシステム内で生成したり、初期値を持つなどの簡略化を行い、出力データは必要な項目のみを取り出せる形態や、図化情報の提供など、入出力の簡略化を図る。

2.3 システムの形態

システム化計画に際して、システム運用時の利用形態を想定しておくことは重要なポイントであり、また、システムの価値を左右することにもつながる。そこで、前述の問題点を踏まえて、PC斜張橋の設計を行う上での要因を概略的に取り上げ、設計形態の違いと要因の関連との対応について考えてみた。

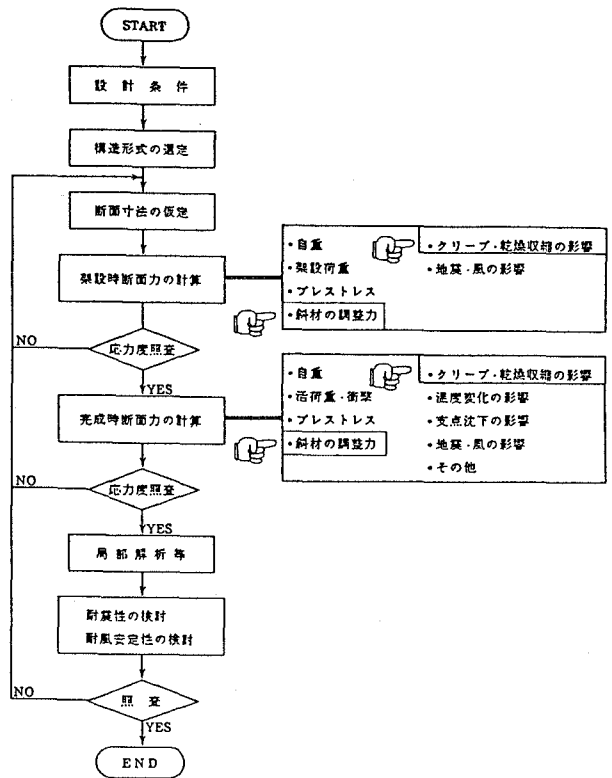


図-1 PC斜張橋の設計フロー

要因としては、構造解析、部材設計をまとめて「構造設計」とし、「美観」、「施工法の選定」、「経済性」の4項目とした。

設計形態としては、計画設計、概略設計、詳細設計の3種類とした。なお、比較設計は計画設計と同じレベルと考えた。技術者の経験的、感覚的な度合を縦軸にとり、数値計算による根拠作りの度合を横軸にとってイメージを表現したものが図2に示す要因関連概念図である。

この図は、たとえば「美観」については感覚的（視覚的）な度合が高く、数値計算結果（デジタル）による評価は難しいことを示し、「構造設計」（構造解析や部材設計）はこれの逆に位置することを示す。

また、計画設計、概略設計の方が詳細設計に比べ、広範囲な経験や計算量を要求され、技術ノウハウの集積度に影響される。また技術ノウハウがあれば（集積度が高ければ）数値計算の度合が低くなり（計算量が少なくてすむ）、なければ数値計算の度合が高くなる（計算量がトライアル計算などによって増加する）。

このことから、システム化に対する運用形態について考えてみると、「構造設計」は従来型の数値計算を中心とした一括処理（バッチ）形態を基本として、現時点では知識ベースとして構築が難しい技術ノウハウを活用するために、結果を視覚的に表現するCAD方式を一部導入して、技術者が判断しやすい形態が望ましいと考えられる。

「美観」については、設計者（施主）の嗜好も大きな要因と考えられ、イメージの表現やプレゼンテーションなどを行うために、過去の実績をデータとして持たせた、エキスパートシステム（知識ベース）を応用した、グラフィックシステムの形態が望ましいと思われる。

「施工法の選定」については、広範囲の判断材料より最適な結果を得なければならない。そのため、過去の実績を集積したデータベースと、AI（ES）を応用した対話型の形態が望ましいと思われる。

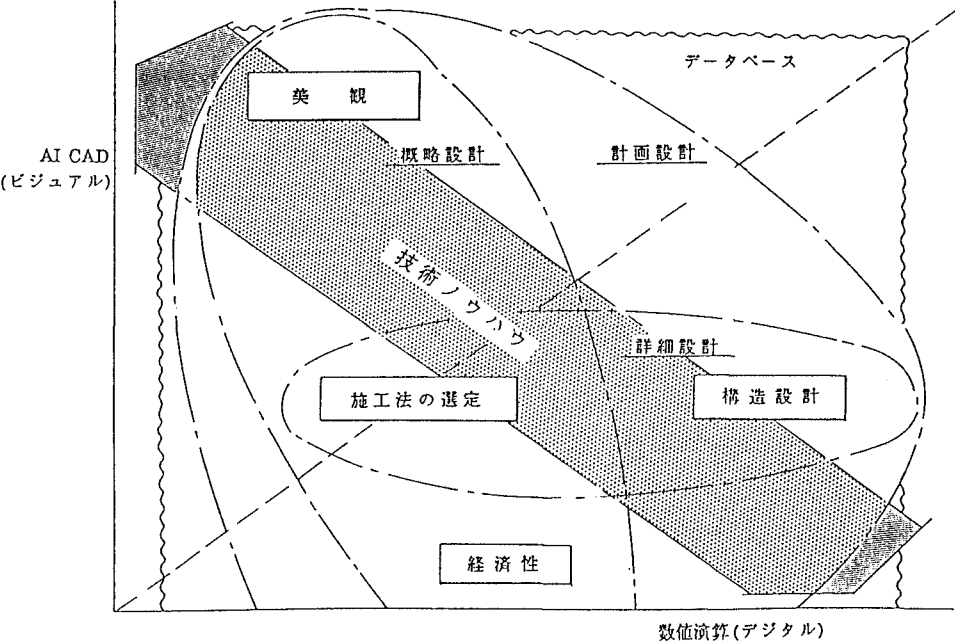


図-2 要因関連概念図

「経済性」については、新しい技術ノウハウよりも、採用された各条件より経済性を算出するので、比較、検討するために一括処理の形態が有効だと思われる。

3. 今後の展開

一年間の研究会活動においてシステム化は可能であり、必要性が高いことが検証された。これを受けてテーマを斜材調整張力の計算（架設系、完成系）、クリープ・乾燥収縮度の影響評価に絞って、今春、2年間の開発期間でシステム開発に着手した。

開発形態は、開発コストの低減、開発期間の短縮、技術の共有化が見込めるマルチクライアント方式による共同開発とした。

将来的にはトータルシステムへの展開が考えられるが、その際に基本的に、従来型の「自動設計システム」的な発想では問題解決は不可能であり、あくまでも「技術者を支援するシステム」としての位置付けに立って展開すべきであろう。つまり、ルーチンワークの部分をソフト化（モジュール化）するもので運用する技術者の個性や能力によって得られる結果が変わるようなシステムとして認識した上での展開を考えるべきである。逆に言うならば、誰が運用しても結果が一定の水準に達するようなシステム構築は不可能に近いと考えられる。

この点を踏まえた上で技術者（人間）とシステムのかかわり合いを明確にして、論理的な判断に加え経験的な判断をシステムにどのように合理的に取り込んでいくかを考えてゆきたい。この方法として、データを有機的につなげてデータベースやエキスパートシステムなどのコンピュータ利用技術を活用し、学習機能の導入などを図ることなどが考えられる。この意味でのシステムのトータル化であり、技術者が判断する際に提供できる情報をより広範囲に、より高度に加工した高品質なものをめざしたシステムを構築し、技術者の要望に応じていくべきであると考ええる。

参考文献

- 1) コンクリート道路橋設計便覧：日本道路協会， 昭和60年10月
- 2) 長大コンクリート橋設計施工支援システム研究会：PC斜張橋設計施工支援システムに関する報告書， 平成元年6月
- 3) 土木設計エキスパート・システム研究会：土木設計エキスパート・システム研究会報告書， 昭和61年10月
- 4) プレストレスト・コンクリート建設業協会：PC斜張橋資料， 昭和63年10月