

コンピュータによる技術システム確立の方向について

日本アイ・ビー・エム(株) 正会員 ひしき かずふみ
日紫喜 一史

1. はじめに

土木・建築を問わず、構造物の設計計算、仮設工事の計測など個々の適用業務において、高度なコンピュータ利用の実例が紹介されている。しかし、コンピュータを用いた技術計算の一般的な普及という観点からすると、造船・プラント設計のような類似産業に比べてかなり低いと言わざるを得ない。

小論は、技術者がコンピュータを道具として使いこなすためにどのようなシステムが必要かを考察し、具体策を提言するものである。なお、ここでの「技術」は主に設計に焦点を当てて論ずる。

2. 技術計算の現状

建設業を中心としたコンピュータ使用時間の業務別分布を図-1に示す。建設業においても、設計・研究部門すなわち技術部門のコンピュータ使用率が全体の約半分に達していることがわかる。構造解析の比率も高い。設計計算もここに包含されていると思われるが、変形法、FEMなどの大型マトリ

クス演算は比較的長時間CPUを使用するので、その影響も無視しえない。

表-1は業種および規模別の適用業務実施状況である。該当企業のコンピュータ使用時間を100としたときどのような部門に向けて使用されているかを表わしている。当然のことながら、総合建設業の規模に比例して設計部門の数字が大きくなっているが、これは設計部門のコンピュータ利用の程度を示すものではなく、設計部門を組織し設計業務を保有しているかどうかを示すものであろう。

これら図表から判るように建設業においても技術計算の比重は大きい。しかし、情報の処理方法から見ると大半はバッチ処理に留まっている。本シンポジウムの過去の事例発表においてもリアルタイム処理の例はわずかしかない。このような大型プログラムによるバッチ処理指向型のコンピュータ利用が一方ではコンピュータへの不信と反発を生んだといっても過言ではなく、種々の問題点の発生に結びついた、といえる。

3. 設計計算における問題点

各種構造物の設計計算はコンピュータ利用によって大いなる発展をみたが、設計においては計算開始前に初期値設定という作業があり、計算結果に対しては評価という段階がある。計算にはコンピュータを用いても、初期値設定や評価ともに技術者が体験に基づく工学的判断の範テウに属していた。しかし、各企業の設計部門に下記のような問題点を招くに至った。

- (1) 設計件数の増大に比較して、熟練技術者の相対的不足が生じ、非熟練技術者も初期値設定・評価を含めた設計実務を担当する機会が増えた。
- (2) 設計人員の拡大とともに、情報の伝達が不十分となり、類似設計の例が存在するのを知らず無駄な検討に時間をとられる場合が生じた。しかも、それを管理しえなくなった。
- (3) 構造物・工事の経済性追求がより厳密となり、

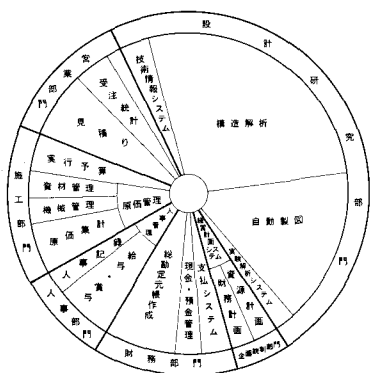


図-1 建設業におけるコンピュータ使用時間分布

企業区分	設計・管理	経理・人事	財務・経理	営業・管理	設計・研究・開発
総合建設(総務2500億円以上)	2.2	8.2	11.9	6.4	53.2
〃 (〃 800 〃)	3.2	10.4	14.6	21.6	26.0
〃 (〃 150 〃)	3.2	23.5	30.5	24.8	4.5
エンジニアリング	1.0	4.0	4.7	15.3	75.0
設計事務所・コンサルタント	0.5	5.2	5.0		91.3

表-1 建設関係企業の適用業務実施状況

多角的な視点が必要となったため、従来と異なる評価基準が不可欠となった。

(4) 代替案の提出を求められるケースが多くなった。

以上の4点は某社設計部において現実分析され技術計算システムの発端となった問題点である。これに対する解決案の前に、ユーザーの要望をより一般的な形にまとめて取扱ってみよう。

4. ユーザーの要望

コンピュータに対するユーザーの要望は人によりさまざまであるが、技術者としてはその業務の中心となる設計業務にいかに関与させるかが中心課題である。

この観点で技術者のコンピュータ利用の方向をまとめたものに服部（構造計画研究所）の提言がある。1974年の日本建築学会年次学術講演会における「構造設計への電算機利用」をテーマとしたパネル・ディスカッションでパネリストとして服部が発表したものである。

この提言はコンピュータ利用の方向として次の3つをあげている。

- (1) 思考の連続性確保。
- (2) 目的別プログラムの管理。
- (3) 経験値の保存・検索。

以下は筆者の解釈であり、服部による説明ではない。

(1)とはバッチ処理による結果入手までの時間を問題にしているのである。すなわち、例えば鋼合成桁の1断面を設計する際にも断面形状の変更に応じた応力度は短時間のうちに入手されなければならない、とする。技術者が桁高・上下フランジ幅・厚さその他の断面形状の変更を発想するときには、必らず隣接部分の断面形状や内外桁の剛比のバランス、あるいはより包括的な経済性・美観などを考慮のうちにいれ、それらがどのように変化するかを予測または期待する。そして計算結果が入手されると、予測・期待した結果と照合し、評価を行なう。

しかし、この予測・期待は必ずしも明確な数値や表現をとることはなく、混とんとしたアイディアに留まっていることが多い。したがって計算結果の入手までに1～2日と長時間を要するときは技術者の思考すなわち予測・期待などが中断され、適確な判

断・評価が阻害される。これを回避し、思考の連続性を確保することは設計計算にとって不可欠である。

しかるに、これは単にコンピュータのパワー（MIPS）だけで解決される問題ではない。通常、結果の入手までに長時間を要する原因は、目的プログラムがすでに完成しデータ入力だけでよいとしても、入力のためのコーディング、キーパンチそしてカード読取りが必要であり、出力もプリンターを介して行われるところにある。このような運用方式をとり、バッチ処理を行なうかぎり思考の連続性は確保できない。ユーザーが直接、端末への入力を行ない、直ちに結果をそこから出力させる対話式計算システムが(1)を解決するであろう。

(2)は大型一貫処理プログラムを追求したことへの反省から生れた、と服部も説明している。

各種構造物に対して応力計算、断面計算そして数量積算までの全部あるいは大半を包含した自動設計プログラムが各企業ですでに開発されている。

初期値を設定して入力さえすれば部材寸法が決定され、数量まで算出されるのは一見、非常に便利であるが、次のような問題点が発生している。

- a. 同一構造物でも設計基準が発注先により千差万別であるので、それらすべてをプログラムに反映しなくてはならない。
- b. プログラムにおける設計のロジックがブラックボックス化してしまう。したがって開発担当者とは異なるロジックで処理することができない。特に前段階の結果を判断・評価し、それに基づいて次段階の数値を設定する場合のロジックが問題である。
- c. 手計算と比較して、設計の段階に応じて種々の数値が組合わせられ新しい数値をつくり出していく様子が実感として把握できない。数値相互間のバランス、比率に関しても同様であり、設計技術者としての勘が育成されにくくなった。

これらを要するに、設計基準や標準示方書の範囲内で個々のプロジェクトに対し独自の工学的判断を行なうには、大型一貫処理プログラムでは不適當である。これに対して目的別プログラムとは小回りのきく、小さいプログラムである。土圧で言えばランキン公式、クーロン公式など、コンクリート断面計算ならば断面形状と力と作用点に応じた各公式が、

1 プログラムを形成する。同種のプログラムを集めて小ライブラリーを構成する。設計の1段階に対応するのが小ライブラリーであり、技術者はこのなかから任意に使用プログラムを選択することができる。勿論、複数のプログラムを選択し各々の結果を比較できなければならない。(図-2)

目的別プログラム・ライブラリーを持つことにより、対話式計算システムのもとで設計各段階に対応する小ライブラリーから任意のプログラムを選択し使用することができる。その計算結果に応じて次の段階のプログラムを選択する。

標準的な構造物設計に対しては一貫処理プログラムの有用性を否定するものでは決してないが、個々に特徴を有する構造物などプロジェクトの設計に対しては、自分の設計ロジックを組立てながら進行する対話式計算システムのもとで目的別プログラムを使用することが望ましいであろう。

(3)は設計あるいは工事の実績を保存・検索し利用しようとするものである。従来、経験値の保存はともすれば軽視され、つねに新規まき直して設計が開始されていた。しかし、もし経験値が保存・検索できれば、設計条件と計算結果の相互関係を利用して、適切な初期値の設定が可能になるとともに、計算結果が適当かどうか照査できる。類似した設計の実績を有効に利用できるのである。場合によってはほぼ同様の設計条件を有する設計対象のときがある。このようなときは大部分の計算過程を省略することも可能である。

さらに図面類の所在を実績情報と対応させて登録することにより、類似した図面を別プロジェクトの作図に参照できる。

このように経験値の保存・検索を情報検索システムとして組織化すれば、情報資源の有効利用を通して設計部門全体の生産性向上が期待できる。対話式に情報検索を行えばさらに効率を高めうることは、言うまでもない。

5. 某社設計部の技術計算システム

4に掲げた提言は其社設計部にもあてはまるものであり、3にまとめた問題点を解決するうえに不可欠であることがわかった。したがって4に対する解決案をまず考え、それによって3のカバーを考慮する

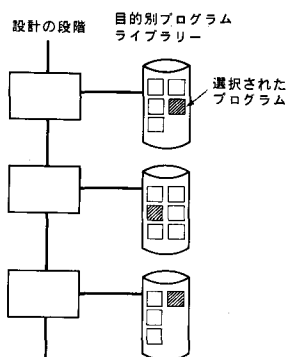


図-2 目的別プログラムの管理と使用

こととした。

思考の連続性確保のためには当然のことながら、対話式計算システムを採用することとした。端末にはキャラクター・ディスプレイを用いた。これを設計計算に用いるとともにプログラム開発に利用することとした。キャラクター・ディスプレイは設計部門に置き、一々電算室に出かけなくて済むようにした。少量の入力は端末から行なうが、大量になったときはCPUサイドのカードリーダーを用いる。結果はディスプレイ画面でもプリンターでも選択可能である。

目的別プログラムの管理を考慮して対話式計算システムとしてはAPLを用いた。これにより、利用者は端末から任意のプログラムを容易に呼出すことができる。方法はプログラム名のキーインでよい。

例えばYOHEKIというプログラムは、INPUT（インプット）、DOATSU（土圧）、DANMEN（断面計算）というサブ・プログラムから構成されている。DOATSU、DANMENなどは各々独立したプログラムであり、土留計算プログラムや橋台・橋脚設計プログラムの一部をも担当している。YOHEKIをキーインすれば、まずINPUTの部分で基本的な寸法の入力を要求される。これが済むとDOATSUに受渡され、何の土圧公式を選択するか求められる。選択により分岐され、それぞれの計算ルーチンへ飛ぶ。土圧が求まってDANMENに入ると、単鉄筋か複鉄筋の選択をまず要求され、ついで鉄筋の径やピッチの入力と進む。入力はすべて端末からキーインする。

計算が終了したならば、その結果は主要な設計条件とともにトライアル番号のもとにデータセットとして保存される。

次のトライアルが必要ならば、INPUTの初めに
戻ることもDOATSU, DANMENから始めること
もよく、自由に指定できるようにする。したがって
初期値は任意に修正可能である。初期値としてのマ
スターデータセットとトライアルデータセットとの
関係を図-3に示す。

経験値の保存・検索には2つのアプローチがある。
第1はプロジェクトの発注先・所在地・コメントな
どプロジェクト概要データを保存して設計のみなら
ず営業活動・経営報告にも使用しようというもので
ある。設計データとしては主要寸法や使用公式程度
が記載される。この場合、データの性質上から定型
データのみならず非定型データ(自然語)を取扱か
わざるを得ない。(参考文献1参照)

第2は設計データを細大洩らさず保存し、数値間
の相互関係をどのような検索にも対処することによ
って把握しようというものである。

今回は第1のアプローチに対しても配慮すると同
時に、第2のアプローチの実現を期した。図-3に
見るように、1プロジェクトにおいてトライアルデ
ータセット中の数値は応力および応力度が主体であ
り、それらはつねに寸法・座標、断面、荷重に対応
するキーを持っている。

したがって、任意のフィールドに対応する検索プ
ログラムを作成しておけば、実績マスターに対して
寸法の諸数値(スパン、高さなど)断面の諸数値
(B, H, Iなど)荷重ケース(常時・地震時など)およ
び応力・応力度じたいの範囲指定が可能になる。こ
れらを組合せれば多角的な視点による判断・評価の
材料を入手できる。

APLの詳細については参考文献にゆずるが、デ
バックしながらプログラム開発でき、特にベクトル、
マトリクス演算に適する機能をもつ。また四則演算
も随時端末から実施できる。

さらに計算結果を評価する際に不可欠なのは図的
表現である。キャラクター・ディスプレイで入力指
示した結果をストレージ型CRTに出力させるイン
ターフェース・プログラムがあるので、これを利用
して応力図・主筋配置図などを画面に出力させ、さ
らに静電式プリンターからコピーを採取することに
した。

このようなシステムを採用した結果、3にあげた

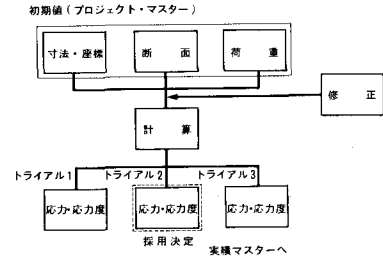


図-3

設計図書	寸 法		断面形状システム	
	工 数	その他	工 数	その他
資 料 並 列				
資 料 並 列	1.8m		5.0	
資 料 並 列				
計 算	6.0		2.3	
電 算 系 統		6.5万円		1.5万円
ア プ ロ グ ラ ム	1.2		1.5	継ぎ目上
計 算 系 統 作 用	9.0		9.0	
図 面 作 成				
図 面 作 成				
図 面 作 成	9.0		9.0	
計 算 系 統	2.0		1.0	
計 算 系 統				
計 算 系 統	1.7		1.7	
計	27.8人日	6.5万円	16.7人日	1.5万円

表-2 PC電算システムの主要数値

問題点のうち(1)(2)は情報検索の効果によって解決した。(3)(4)是对話式計算システムによるトライアルにより解決を見、とくに図化機能の付加が(3)に対しより有効に働らく結果となった。

この技術計算システムの採用により、PC橋梁設計を例にとって設計工数と外注費の新旧比較を試してみたのが表-2である。ただし、新システムの方が工数の大きいものがあるのは、従来は手法がなかったが今回手法を得て詳細な検討が可能になったためである。

6. おわりに

土木工学の分野で技術計算システムを確立するには、対話式計算システムを柱とし、情報検索機能と図化機能を付与することにより実現できることを述べた。技術者がコンピュータを道具として使いこなすことへの一助となれば幸わいである。

なお、某社システムはIBM370/138を中心に構成されたものである。

参考文献:

1) 日紫喜一史: 設計・工事の実績収集と利用の実例, 土木学会電算シンポジウム第1回, 1976
2) 長田純一: VS APL, ACCESS Vol. 8-12, 日本アイビーエム, 1978