

橋梁設計の電算化の問題点

日本鋼管(株) 田中征登

○原 茂樹

1. まえがき

橋梁の分野においては、ここ数年電算機を設計や製作(現寸)に総合的に使用するいわゆるトータルシステムの試みが急速に進められてきた。設計においては、合成桁断面計算等に始まった電算の使用は変形法の導入により急速に飛躍し、さらに大規模化ということで大きな進展がみられた。また現寸においても、各メーカー毎のシステムを開発しかなりの成果を収めている。しかしこのような進展がなされた現状においても、その中には種々の問題点が含まれている。日本鋼管においてもこのようなシステムの開発を進めてきたので、その概要を一応設計ということに限定して紹介するとともに我々が日頃感じている問題点を挙げてみることにする。

2. 電算化の現状およびその問題点

設計における電算化の現状は、必要に応じて開発されたプログラム群を部分的に使用していく設計から、これらを結びつけて設計から製作まで(あるいは設計だけ)を一貫化したいわゆるトータルシステムによる設計に移行しつつあるといえるが、電算化を進めていく上には、それに必要な諸条件がそろっていないなければならない。一般に電算化を行なうための条件としては次のようなものが挙げられる。

1 次的条件

- 1) needsがある。
- 2) 投資効果がある。

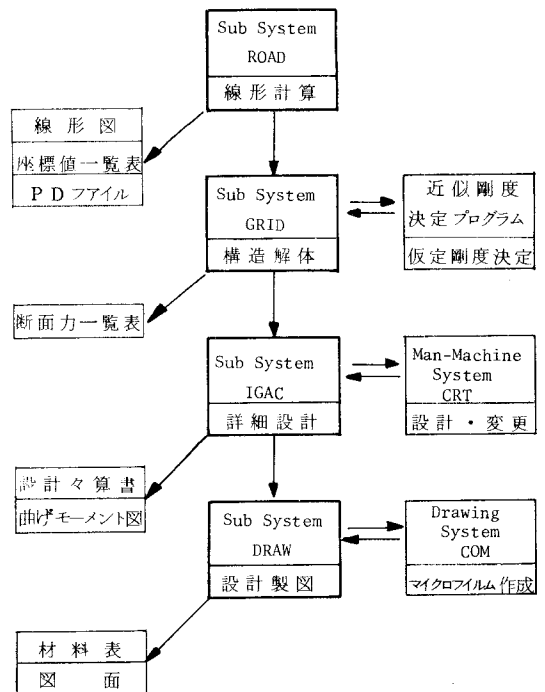
2 次的条件

- 1) 技術的裏付けがある。
- 2) 経済的裏付けがある。

日本鋼管においてもこれらの諸条件を十分に考慮し、最も受注頻度が大きくしかも needs や投資効果の大きい工桁橋についてまず一貫した電算システム化を試みた。そこでまず、そのシステムの概略を紹介し各サブシステムの特徴およびその問題点について述べることにする。

2.1 システムの概要

本システムは大きく分けて4つのサブシステムから構成されており、その概略の流れは右図に示す如くである。以下、各サブシステムの機能の概要について述べる。



GIRDER DESIGN SYSTEM

1) サブシステム R O A D

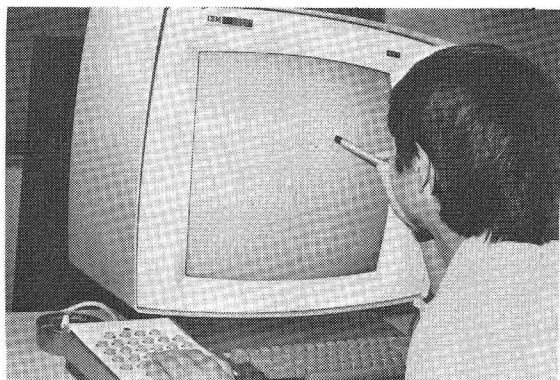
汎用線形計算プログラムを使用し、入力された道路条件から道路線形および主桁・横桁の配置を決定する。結果はプロッターによる平面図、縦断面図、横断面図で表現される。

2) サブシステム G R I D

変形法による汎用格子桁解析プログラムを使用し、R O A Dよりファイルを介して受け渡された形状データと入力された荷重条件により自動的に桁の形状および仮定剛度を決定し、断面力を算出する。従って、ユーザーは節点番号や部材番号等をふる必要もなく、また剛性等を入力する必要がない。

3) サブシステム I G A C

G R I Dからファイルを介して受け渡される断面力と入力された若干の設計条件から自動的に主桁・横桁の詳細設計を行なう。この際、自動設計による結果を設計者の好み等に応じて設計変更したい場合には、クラフィック・ディスプレイによっても、カードを用いても行なえる。そしてユーザーが設計が終了と判断すれば、必要な時に計算書や曲げモーメント図を印刷することができるようになってい



An example of the CRT pictures

4) サブシステム D R A W

R O A Dの形状データおよびI G A Cの詳細設計データと入力された作図条件から作図用データを編集し、これをホストプロセッサにかけて自動画像機C O M用のファイルを作成し、マイクロフィルムおよび材料表を作成する。C O Mを用いると、図面一枚に相当する作画時間は約3～5秒である。

2.2 各サブシステムの特徴およびその問題点

1) 線形計算 (R O A D)

道路線、ピラー、主桁、横桁の配置を行ない平面、縦横断の計算を実行する。しかしこのような線形の決め方は多種多様にわたるため、本システムのように、どのような線形でどのような主桁・横桁配置をしたい場合でもプログラムの修正等を行わず、ユーザーの入力で自由に操作できるシステムは全国でもあまり数多くないと思われる。

2) 構造解析 (G R I D)

一般の変形法のプログラムに比べて

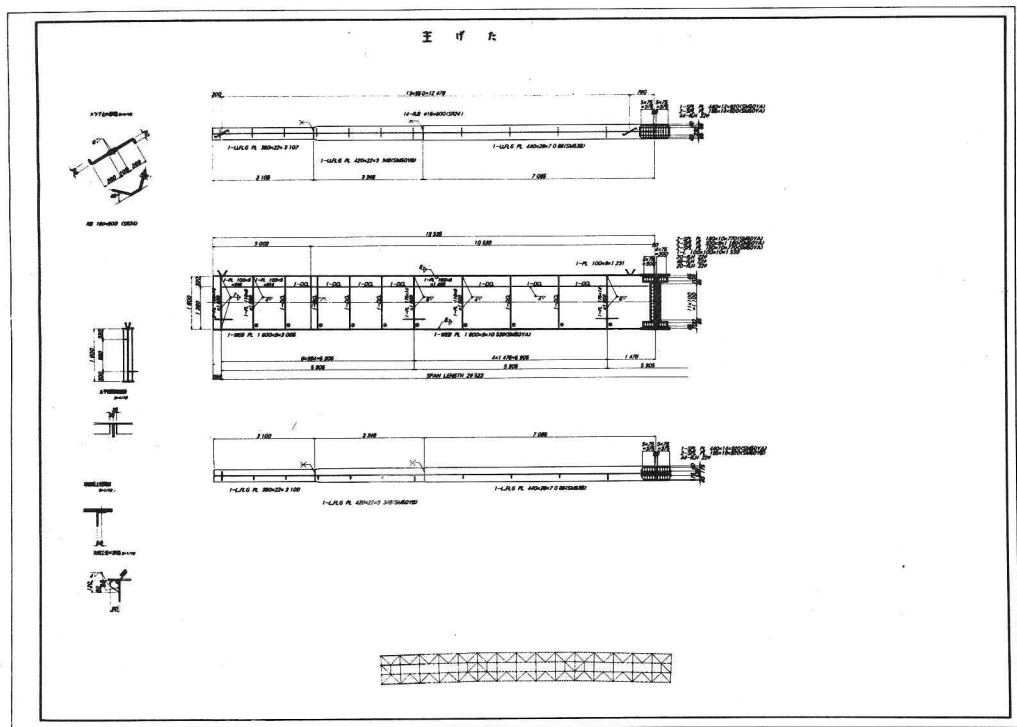
i) 線形計算で行なった結果の形状を構造解析用のデータに編集する。

ii) 一般に構造は不静定構造であるため仮定剛度を算出する。

iii) 格子桁の影響線への載荷法が、不整形の場合、および斜橋の端部処理を行なう場合面倒である等の特徴をもつ。

3) 詳細設計 (I G A C)

電算により自動設計を行なっても、ユーザーがそれを100%気に入るということは、ごく単純な橋の場合を除いてはあまりなく、それを若干でも修正しなければならない場合がほとんどである。この



A Drawing of Main girder by COM

場合、カードである個所の修正を指定してもよいが一部を直すとき全体的なバランスを失うためにそのバランスがとれるまで何回も収束計算を繰返すことがある。これはマン・マシンの方法を用いて解決すべき性格のものである。この種の端末機は、タイプライター、キヤラクター・ディスプレイ、グラフィック・ディスプレイ等多種類あるが、いずれもプログラム作成努力が大変であり、機械が非常に高価であるということと、人間が電算機の応答速度についていけないという問題がある。

4) 設計製図(DRAW)

工務のみについてもあらゆる細部構造のパターンがあり、これらを全てプログラムに組み込むとデータ量が膨大となりプログラムが非常に煩雑となるため、きわめて希少なパターンについては除外している。しかし今後標準化が進めばある程度解決できるであろう。作画機としては、プロッター、製図機、COMが考えられるが、COMを用いれば、費用が安くしかも作画速度が速いという特徴がある。

2.3 システムに対する意見・感想

システムが完成し、稼動し始めてから約3年を経過したが、その間におけるユーザー側からの意見・感想、また開発者側からの反省を含めた意見・感想をまとめると次のようである。

1) ユーザー側からの意見・感想

i) CRT装置の導入により設計の変更および修正が楽になり、共通部品を多くするなどして、製作が容易な設計ができるようになった。

ii) 製図に要する時間が非常に短縮されたので、設計に十分な時間を使えるようになり、設計に深

して十分な検討が行なえるようになった。

iii) 入力さえ正確に行なえば計算ミス等がないので照査に要する時間が短縮された。

等の利点があるという意見・感想の他に、

iv) 楽に入力ができることや、工程に追われて十分な見直しをしないで入力することが多いので、ミスが多く入力回数が増えるため計算機費が大きくなる場合がよくある。

v) CRT装置の使用時間が十分に確保できないため、バッチ処理で設計変更しなければならない場合がある。また、CRT操作になじめない人もいる。

vi) 電算化の進行とともにあまり設計の知識がなくても一応の設計ができるようになったが、計算機の結果を信頼し過ぎたり、設計内容の理解に欠ける人が増える傾向がある。

vii) 手計算の経験のある設計者が少なくなり、いわゆる設計の“勘”が養われにくくなってきた。

viii) 設計の作業スピードは速くなったが、プログラム上の問題が生じたとかシステムダウンが起ったとかいった予想外のトラブルが起る可能性があるのが工程が把握しにくい。

等の意見・感想もでている。

2) 開発者側の意見・感想

i) 電算によるシステム化には、ファイルを通しての一貫化が重要である。

ii) 入力は、設計者のなじめるように、できるだけ少なく、楽にし、また出力は見やすくすることが必要である。

iii) 線形計算とか構造解析とかには十分に汎用性をもたせる必要があるが、詳細設計とか設計製図においては汎用性を高めるとデータ量が膨大となるので、逆に汎用性が低くてもいいように標準化を進める必要がある。

iv) フロウラムによる全自動設計方式では、その結果が適用できない場合も多くあるので、ユーザーが自由に指定・修正が行なえるような方式をとる必要がある。

v) ユーザーの入力ミスによるやり直し等を考慮してランニング・コストを相当安くしておかないと、人間が行なうより費用が高くなる恐れがある。

vi) マン・マシンシステムは有用と思われるが、全て対話により決定する方式は費用の面からも効率がよくないので、自動設計の結果を修正していくような方式が便利である。

3. 今後の問題点

現在まで橋梁の電算化は急速に進められてきたが、今後電算化をさらに進めてゆくにあたっては数多くの問題点があると思われる。その例を挙げれば、

1) 電算システムによる設計・製作におけるチェック・システムの開発・運営の問題

2) 電算化による人間疎外の問題

3) 官庁、コンサルタント、メーカーの役割の分担の問題

4) 官庁、コンサルタント、メーカーのプログラムのインターフェイスの問題

等があり、どれも難しい問題である。

しかし、筆者らは今日まで目指してきた大規模システムの開発・運営のあり方が今後どうなるかということに最も関心があるので、それについて私見を述べることとする。

大規模システムの今後の問題としては、

- 1) いかに開発するか。
- 2) いかに運営するか。

に絞られる。そこで、これらの各々について考察してみる。

3.1 大規模システムの開発について

開発は、標準化、汎用性の向上、入出力の便、ファイルを用いたデータの受け渡し等いずれにも努力する必要がある。単品のプログラム群を使い分けるのに比べ一貫したデータの受け渡しの行なわれるシステムでは、必然的にシステム構成の計画が面倒となる。また、大規模システムの場合、一部にシステムの適用外の仕様を生じるとシステム全体が使われない可能性も生じてくる。しかし、ここ数年これらを克服して各方面でトータルな大規模システムが実用に供されている。一方、このようなシステムの開発には多くの投資が必要とされる。建設の仕事が最盛期の時代は、より大量の仕事をさばくためにランニングコストは人件費に比べて高くてもよいといわれていたが、今日では状況は変わってきている。これまでは各方面で頻度の高い工事を主体として開発を進めてきたので、システムの償却はやりやすい状況であった。しかし今後開発をさらに一歩進めて、工事以外の型式の橋のトータルシステム化を計ろうとすると、一企業体当りの使用頻度では採算がとれないとみるのが順当であろう。そこで考えられるのが（工事も含めて）、

- 1) 自社システムを他社に使用させる。
- 2) システムの売買
- 3) 共同開発

等である。この種の事例のうちの幾つかは成功とみられており、今後この傾向は進むと考えられる。橋梁のシステムは他の受注産業の造船等よりも、その発注形態により類型的なものが多く、また今後のシステムの形態としては現在のいわゆるトータルシステムの延長、発展のかたちが続き、近い将来に余り急激な変化はないと思われるので、これらの行き方で成り立つものが多くと考えられる。また建築では電気公社のDEMOSのライフラニーが相当使われており、土木でも土木学会監修で土木用のライフラニーを作る作業が進行しつつある。したがって、システムの自社開発ということに固執する必要はなく、便利なシステムが外部にあればそれを使用し、または購入するといった傾向が徐々に進行すると思われる。

3.2 大規模システムの運営について

システムの運営の問題としては、そのシステムをいかに長期間に渡って寿命を維持し、かつ発展させられるかということであり、これらはシステムの運営者（維持・管理者）のみならず、そのユーザー（設計者）に大きく左右される。すなわち、システムは単独ではなく、システムとその運営者およびそのユーザーが一体となって働いていなければならない。また、設計システムの運営は、いわゆる専門の電算屋では行なうのが難しく、設計内容を知っている設計室であることが必要である。今日までメンテナンスを十分に行なわなかったために使われなくなったプログラムが各方面でどれ程多かったかは強いていふ必要はなからう。これまでのように規模の小さいシステム（プログラム）の時代には簡単に新規作成ができたが、システムが大規模化してくると、全くの新規作成を行なうと余り

にもロスが大きい。ため、良かれ悪しかれ現状のものを基礎としていく必要がある。

運営者の役割としては、

- 1) プログラムのエラーの直し
- 2) 示方書の改訂等に対するプログラム改正
- 3) 機能向上のための改訂(今後はこれが多くなると考えられる)

その他が考えられる。しかし、システムの開発者が続けて長期間メンテナンスを行なうとは限らず、断絶が起りやすいためにシステムの運営が困難になる恐れがある。

一方、ユーザーのシステムに果たす役割は、システムを利用することにより、絶えずシステムを批判し、システムの不備を指摘することによりシステムの向上に一役買うことにあると考えられる。しかし、電算をあまり使わない時代に育った設計者から、電算の使用が設計において日常化している時代に育った設計者に世代が移ることにより、手計算を何度も行ない、その間に設計の工学的意味を理解し、また数値的な“勘”を身につける機会が相当奪われている。したがって、

- 1) システムのエラー、入力エラーがあっても見落すことが多くなる。
- 2) (CAD的なシステムを作成しても)、設計内容およびその過程に対する関心をへらし、(人間疎外という程でないにせよ)システムの要員を確保できなくなりシステムの維持・発展ができなくなる。

という恐れがある。そしてこのことが、筆者らに、設計大規模システムができて後、近い将来におけるシステム運営に不安をいだかせるのである。

開発、運営ともにそれぞれ多くの問題があるが、一般に、開発努力はある期間のものであるが、運営努力はシステムが稼働している限り続けなければならないものであるといえる。今、橋梁の分野の各方面においては、大規模電算システムの開発も相当進み、今後長期にわたる運営の時期に入ろうとしているが、筆者らは、この大規模電算システムの長期運営ということは、まだ未経験のことであるが、相当慎重に取り組まなければならない問題であると考えている。

4. あとがき

以上、橋梁設計の電算化の問題点について、筆者らが、日本鋼管において電算システムの開発および運営を進めてきて、その実感として日頃感じていることを述べてきた。

電算システムの開発は、その後の運営をぬきにしては考えられないものであり、その開発および運営にはそれぞれ多くの問題がある。したがって、開発にあたっては、それらに十分考慮に入れて将来を予測しなければならない。そして、開発するならば、いかに開発し、いかに運営していくかを予測し、開発しないならば、いかに現状のシステム(自他を問わず)を利用・運営していくかを決めなければならない。

これらの問題点の感じ方は、各社それぞれ多少異なると思うが、本論文が今後のシステムの開発、および運営の一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) 所部：自動設計・自動製図・トータルシステム化、日本鋼橋造協会、最適設計・自動設計

- 2) 阿部, 田中: 土木製図の自動化, 土木学会誌, 第61巻, 昭和51年2月号
- 3) 長谷川, 花村: 橋梁のトータルシステムにおける設計と生産, 第21回構造工学シンポジウム
- 4) 魚谷, 大宮司, 今村: トータルシステムによる新橋の製作について, 第30回土木学会年次学術講演会集
- 5) 上野, 三神, 田中, 龜村, 丸安: 橋梁の設計現図一貫電算システム, 土木学会誌, 第59巻, 昭和49年2月号
- 6) 田中, 龜村, 丸安, 黛: CRT装置を使用した工術詳細設計, 橋梁, 第10号, 昭和49年1月号
- 7) 佐々木, 菅原, 田中, 庄司, 龜村, 丸安, 大石, 黛: 橋梁の電算トータルシステム, 日本鋼管技報, No.65, 1974
- 8) 田中, 大石, 大田ウ: 橋梁用自動作図プログラムの開発について, 第29回土木学会年次学術講演会集
- 9) 田中, 龜村, 丸安: 橋梁電算システムの実用的効果について, 第30回土木学会年次学術講演会集
- 10) 田中, 高久, 渡辺, 合力: 橋梁生産工程における数値制御システム, 土木学会論文報告集, 192号, 昭和46年8月

Problems in computer system for bridge design

YUKITAKA TANAKA*
SHIGEKI HARA*

For the last few years, the attempt to apply the computer for design and fabrication of steel bridge superstructure, that is, the Total System has been promoted extensively.

NKK, also has been developing the Total System for plate girders mainly, which has capability of calculation of coordinates, structural analysis, detailed design and design drawings. And now this Total System is put to practical use in NKK.

In this Total System, detailed designs are carried out by the C.A.D system using graphic display and design drawings are performed by use of C.O.M (Computer Output Microfilming). But bridge superstructures except plate girders are designed by using of programs separated from this Total System.

From a view point of manhour saving, this attempt seems to be successful, but from another point of view, this tends to let the designers lose their interest in their design. This, furthermore, involves the problem of maintenance for this system from now. It is presumed that the maintenance of this system according as the revise of specifications will be very hard. And this is caused by the characteristic such that this system is interacted by an engineer and computer very much.

The problems concerning to development and management of this computer system mainly in design field are described as follows.

* HEAVY INDUSTRIES DESIGN AND ENGINEERING DEPARTMENT
NIPPON KOKAN K.K.