

土木設計プログラムの統合化システムについて

(株) 大林組

松 岡 進士郎

正員 ○ 藤 井 義 明

1. はじめに

土木の設計計算における電算機の利用方法は、モデルの設定、諸数値の選択に始まり、最適解を見出すため同種の計算を試行し、工学的検討を加えて設計計算書として仕上げる。

当社においても、この一連の作業過程の中で省力化、正確化、高品質化を図るために、パソコンによるプログラムも含め、大型計算機を主体として数多くのプログラムが開発され、実作業の効率化に効果を上げた。しかし、その数が多くなるに伴ない、利用者は同類のプログラムが複数あるための戸惑いや、マニュアル不整備による使用方法が不分明となった。また、電算機の利用形態の変化に対応できないプログラムもあり、プログラムの管理および効果的利用の面から運用方法、管理方法の見直しが必要となった。

本文は、多数の土木設計計算プログラム群の検索・照会、実行、バッチ処理支援を総合管理する統合化システムの構築とその利用展開について述べる。

2. 土木設計システムの現状

最近の電算機の高速化、小型化、低価格化に伴ない、特にパソコンの分野で土木設計計算プログラムが数多く開発され、市販されている。これらの「土木設計システム」の多くは、パソコンによる設計計算プログラムの集合体と認識される。

土木の設計計算プログラムを利用形態から分類すると、有限要素法関係のプログラムのように大量データ一括処理形式のものと、各種の設計指針に準拠した小規模、対話型処理形式のプログラムとに大別される。一般に土木設計システムは、通常は後者をパッケージ化したものが多い。

これらのシステムの中の個々のプログラムは、「道路橋下部構造設計指針」等による標準の明確な問題、あるいは解析手法の自明なもののプログラム化が多く、それらは十数年前には大型計算機によるバッチ処理のプログラムとして開発された。電算機の発達に伴ない、図-1に示すようにパソコンによる対話型のプログラムに変換、あるいは新規に開発され、単体のプログラムでの利用あるいは土木設計システムとして市販されている。

パソコンによる土木設計プログラムが氾濫した理由の一つには、利用者にとってパソコンの手軽さが挙げられる。パーソナルに設計計算業務を行なうことができる点で、大型計算機の端末より身近に感じられる。

一方、大型計算機による土木設計プログラムは、その数が一企業内においても膨大であり、プログラ

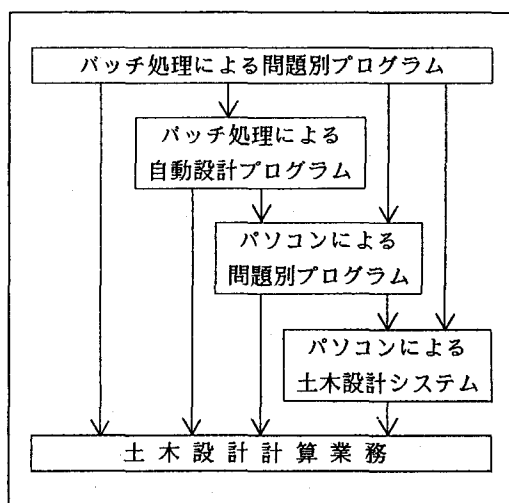


図-1 土木設計プログラムの形態の変化

ム間の関連性および相違点が明確にされず混在している。ある特定の分野では、複数のプログラムで構成されたトータルシステムがある。例えば、土地造成の分野では^{1, 2, 3)}、地形認識、粗造成計画、道路計画、排水計画等の計算・作図プログラム群があり、構造の分野では^{4, 5, 6, 7, 8)}、橋梁、山留め、コンクリート構造物の自動設計・製図システムとして複数のプログラムがシステム化されている。

しかし、システムとしては一貫性のあるプログラム構成であるが、物理的にプログラムがシステム化されていない場合、利用者にとり利便性が悪い。いずれにせよ土木設計問題の全体を含めたシステム開発はされていない。

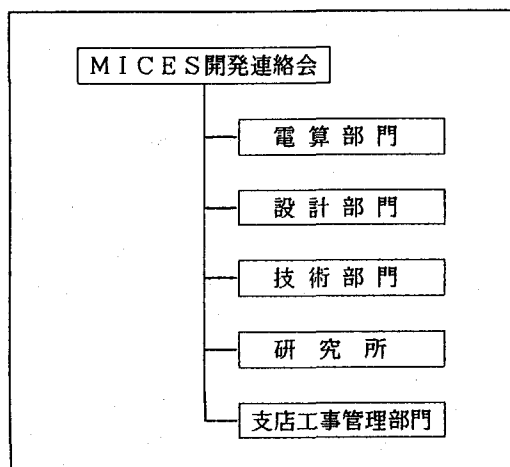


図-2 MICES開発連絡会組織図

3. 統合化システム (MICES) の構築

(1) システム開発の体制

当社では、昭和57年に全店の即時処理ネットワークが整備されたのを機に、従来の大型計算機の使い方とは異なる、土木設計システムの開発に着手した。

これがMICES (Man-machine Interactive system for Civil Engineer Support) であり、大型計算機で稼働するプログラムやデータの管理、およびプログラムの選択から実行処理まで一体化したシステムである。

当社におけるプログラム開発は、電算部門に限らず全ての関連部門で行なわれている。そこで、重複開発を避け、地域の特長性による計算処理方法や出力方法の相違等も十分考慮することとし、電算部門、設計部門、技術部門、研究所、支店の工事管理部門等が協同して“MICES開発連絡会”を発足させた(図-2参照)。

連絡会は、各部門1～2名の参加者により構成し、システムの機能の検討、端末画面の表示方法についての標準化の推進、管理運用体制を整備した。プログラムの内容に関しては、専門家の参加を得て各プログラムに要求される機能の検討および地域性による要求機能の違いを調整した。また設計計算業務に必要なツールのあり方、システムの処理対象の範囲およびその体系化、全社的な展開の方法等の基本的な問題も検討した。

(2) システムの体系化

システムの対象範囲は、利用者あるいはシステムそのものの開発に影響する。当社では、土木設計システムの体系化の方法として“土木工学ハンドブック”の内容を全て機械化してはどうかという意見もあっ

表-1 プログラム分類項目

大分類	中分類	小分類 【プログラム数】	大分類	中分類	小分類 【プログラム数】
0 ユーティリティ		7(3)	4 一般構造物	6 カルバート	1(1)
1 造成計画	1 測量	4(1)		7 PC構造物	6
	2 地形認識	7(3)		8 トンネル	4
	3 基本計画	3(2)	5 仮設構造物	1 既削底面	2(1)
	4 粗造成	3		2 土留壁	7(2)
	5 道路計画	5		3 路面覆工	1(1)
	6 排水計画	3		4 工事用機具	1
	7 路床計画	1		5 二重線切	
	8 遊水池	2(1)		6 アスファルト	1(1)
	9 環境評価	3		7 泥水壁面	1(1)
2 構造解析	1 骨組	5(2)	6 基礎工	1 直接基礎	1(1)
	2 連続体	26		2 くい基礎	9(2)
	3 動的解析	18		3 ケーソン	1(1)
	4 断面計算	4(1)		4 矢板井筒	5
	5 カブト解析	8		5 WALL-F	3(3)
	6 ねじ・加圧	8	7 水理	1 地下水低下	1(1)
3 土質	1 土圧	2(1)		2 流量計算	2(2)
	2 斜面安定	4(2)		3 波	
	3 圧密沈下	3(1)	8 数値解析	1 方程式	3(2)
	4 散状化	1(1)		2 数値微分	
4 一般構造物	1 鋼梁	4(1)		3 近似式	2(1)
	2 鋼壁	4(1)		3 積率・統計	1
	3 橋台・橋脚	1	8 図形処理	1 グラフ	1
	4 推進工法	1		2 作図	1
	5 シールド	4(1)			

()内はMICESの対応型プログラム数

たが、あまりにも膨大であり、ハンドブックとしては分類されていても、設計実務に即した形で分類されているとはいえない。従って、そのシステムの対象範囲を決定するには、当社で取り扱う範囲内の業務分析を行ない業務に密着した体系でシステム化するのが、利用者にとっては最も使い易いと考えた。

MICESでは表-1に示すように、設計部門の業務を主体に考えたプログラムの分類と情報の整備をした。

(3) システムの構成

MICESは、プログラムの管理面と実行処理面からa)プログラムの検索・照会、b)対話型プログラムの実行、c)バッチ型プログラムの処理支援、の3つのシステム構成で、表-1の分類に従い図-3の階層構造化を図った。

現在、バッチ型・対話型合わせて約180本のプログラムがMICESに登録されており、うち約40本の対話型プログラムがMICESの下で稼働している。

a) プログラムの検索・照会

利用者にとってプログラム情報の不足は、設計部門、技術部門、現場の間での担当の工種や業務の変更に伴って起こる。従って、MICESでは従来のプログラム一覧表や紹介説明書による情報伝達に代わり、容易かつ適時に情報を知る方法として、プログラムの概要データ、分類メニュー画面のデータ等をファイル化し、端末上で検索・照会ができる。

b) 対話型プログラムの実行

対話型プログラムの実行はMICESの中心的機能であり、業務処理の生産性が高い。データの入力が容易で、入力漏れ等のデータチェックが即時にでき、計算結果も画面上ですぐに確認でき、再計算や複数ケースの処理にも効率的である。

c) バッチ型プログラムの処理支援

基本のシステムプログラムの一部として、対話処理支援機能を充実し、データの編集、保管等のほか、バッチ処理の場合の開始、結果の確認を端末でできる。しかし、利用者にはファイルの確保、実行用JCLの作成が利用上の障害となっている。

ときどきプログラムを利用する設計者には、データさえ作成出来ればJCLの作成が不要で実行できる利用環境が必要である。それには、b)で述べた対話型プログラムが有効であるが、大量データの入力が必要であったり、処理時間の長いプログラムの場合には、バッチ処理で行なう方が効率的である。

MICESでは、図-4に示すように、個々のプログラムで必要とするファイルの確保等を対話型で処理し、その内容と整合性のとれた実行用JCLを自動作成する機能付加した。この機能によりプログラム

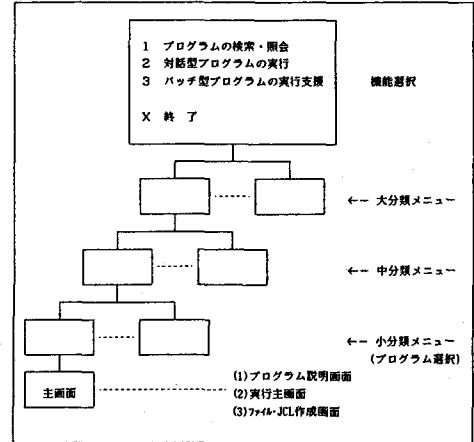


図-3 プログラムの階層構造図

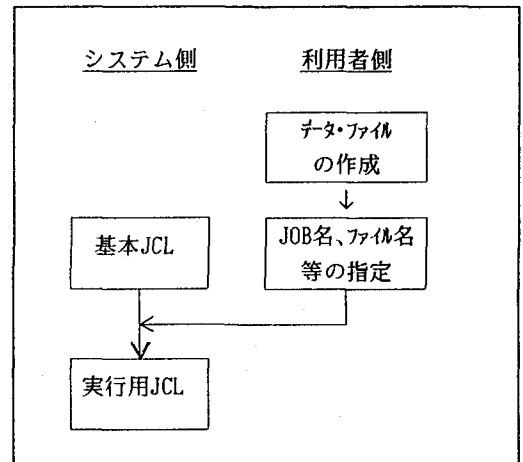


図-4 実行用JCLの作成

の利便性が高まり不要なJCLエラーが排除され、処理効率の向上につながった。

(4) システムの特徴

MICESは、個々の対話型プログラムが有する計算機能以外に、システムとして保有すべき機能、操作性に関して、次の特徴を持つ。

a) データの保存・再入力

入力データ量が少ないプログラムでは、データの保存の手続きより、キーボードから再入力した方が分りやすく使用性もよいが作業効率、入力ミス防止の面からデータを保存し、再度利用することが効率的である。従って、MICESではデータ入力・保存の機能と、それを選択するメニュー画面を用意した。(図-5参照)

"1."～"3."はデータ入力で、"1.入力(連続)"は全く新規にデータを作成する場合で、必要な入力画面が次々と表示され、各入力フィールドはデフォルト値に設定されている。"3.入力(ファイル)"については、"7.データ保存"で保存されたデータ、あるいは基本システムの編集機能で作成されたデータを読み込む場合に利用する。前後したが"2.入力(確認・修正)"については、再計算や"3.入力(ファイル)"で入力したデータを修正する場合に利用する。このメニュー画面をを選択すると指示したデータが表示され、必要な箇所を修正する。この機能により、設計計算の種々の条件への対応、設計変更等に対応しての再計算処理を効率よく行なうことができる。

b) 日本語処理

図-6は選択画面の漢字表示とカナ表示の例である。明らかに漢字画面の方が見易い。このように、土木用語は視覚的に捉えられていることが多く、一目見たときの理解度がかなり違うので、選択画面のみではなく入出力画面も漢字による表現が必要である。特に、入出力画面が漢字でない場合、略記号的

な表現で土木用語の代用としていた。パソコンでは、早い時期から漢字処理が取り入れられていたが、大型計算機の場合には簡単ではなかった。しかし、多機能端末の出現により簡単に処理できるようになり、MICESの場合は約500画面の漢字化を行なった。英数・カナの画面に比べて見やすく、画面上に入力データの説明も十分表示され利用マニュアル等を見なくても実行できる。

```

----- MICES 'GO' (6.2.2 FILE3) -----
機能選択 ==> 0
1. 入力 (連続)
2. 入力 (確認・修正)
3. 入力 (ファイル)
4. 計算
5. 結果表示
6. プリンター出力 --- USER-ID.LIST.DATA
7. データ保存 --- USER-ID. ....DATA
9. 終了

ENTER キー : 次へ
PF3 キー : 戻る

```

図-5 処理選択画面の例

i) 漢字画面

```

----- MICES 'GO' 初期メニュー -----
番号選択 ==>
0 ユーティリティ - 汎用データ処理
1 造成計画 - 宅地、地形情報 ...
2 構造 - FEM-関連、断面、荷重 ...
3 土質 - 土圧、斜面安定 ...
4 一般構造物 - 擁壁、シールド、PC ...
5 仮設構造物 - 土留め、橋脚、掘削関連 ...
6 基礎工 - 杭基礎、ケーソン ...
7 水理 - 地下水、流量、波 ...
8 数値解析 - 方程式、近似式、統計、確率 ...
9 図形処理 - グラフ、プロット ...

ENTER キー : 次へ
PF3 キー : 戻る

```

ii) カナ画面

```

----- MICES 'GO' PRIMARY MENU -----
SELECT NUMBER ==>
0 ユーティティ - ANヨク デーテ ショリ
1 ソウセイケイ画 - タクツウ、チヤクヨリヨリ ...
2 コウツウ - FEM-オンレン、タンメン、オウユウ ...
3 トシツ - トアラ、シヤメンアンチ、...
4 イラハシ コウツウカツラ - ヨウヘキ、シェルト、PC ...
5 オシツ コウツウカツラ - トトメ、オンハツ、クワツク オンレン ...
6 キソコ - クイキン、ケーソン ...
7 スイリ - チオスイ、リュウリヨリ、ナミ ...
8 スウチヤシキ - オウチヤシキ、キンジツキ、トウタイ、オウリツ ...
9 スタイショリ - ケラフ、プロット ...

PRESS ENTER KEY TO NEXT
PF3 KEY TO RETURN

```

図-6 漢字画面とカナ画面の比較

また、図-7に示すようにプログラムと画面インターフェースを分離してシステム化しているのも、漢字画面への変換は、ファイル上の画面データを変更するだけでよく、コンパイル・リンクは不要であり、効率よく開発できた。

c) ユーティリティ・プログラム

プログラム開発の生産性向上の面からは、図形の表示、計算結果の周辺装置への出力等については、個々の設計計算プログラムには、専用グラフィック機器に直接出力する機能を持たせていない。機器の変更に伴うプログラム改良は避けるため、ユーティリティ・プログラムにより処理すべきである。

図形表示については、プログラム上ではプロッター・ファイル作成ルーチンとし、図形モニターや作図にはモニタープログラムやプロットテープ作成プログラムを用意した。これにより、広範囲にわたるプログラムの様式を統一することができ、また異なるグラフィック端末機に計算結果等を表示することが簡単になると共に、利用者にとって一つの操作パターンを理解するだけで利用できる。

d) 利用状況の記録

システムの性能を向上させるため、その利用状況を把握する機能を付加した。利用者層の区別、個々のプログラムの利用回数及びCPU時間数等を把握することにより、そのシステムの利用傾向を把握し、機能追加や改良の有効な手掛りとした。

e) 表示方法の統一

入出力画面の構成を統一し、その内容の表示方法、データ入力要求の指示について、標準化した。これは、利用面のみでなくプログラム開発の面からも有効である。図-8は、画面のタイトル(例"土質データ入力画面")、入出力の区分、データ番号、土本用語による説明、記号、矢印(入力は"==>"、出力は"="の如く決める。)、入力フィールド(できるだけ縦に揃える。)、単位と並べた例である。

f) ファンクション・キーの統一

ファンクション・キーは、機種により多少配置が異なるが、各プログラムとも同じ処理内容で作動させ、その使い方を表示する。これは、操作上のミスをなくし、処理の効率アップにつなげた(図-8参照)。

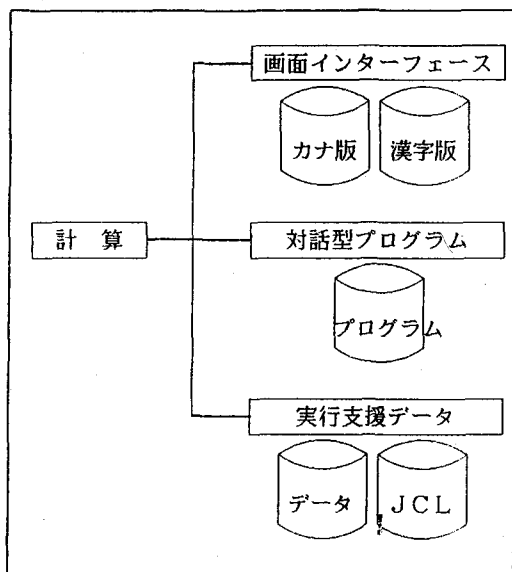


図-7 プログラムと画面の分離

```

----- [画面のタイトル] -----
** 入力 **

データ番号 土本用語による説明 記号 ==> フィールド 単位

1 土の単位体積重量 γ ==> 1.8 (T/M3)
2 土の粘着力 C ==> 2.0 (T/M2)
.
.
.

実行キー: 次へ
PF3 キー: 戻る
  
```

図-8 統一表示方法の例

```

----- NICES 初期オプションメニュー -----
オプション 選択 ==> 2.2.1.4

1 検索      - プログラムの検索、照会
2 実行      - 対話プログラムの実行
3 バッチ型支援 - バッチ型プログラムの実行支援
S ISPF      - ISPF の実行
X 終了      - NICES 終了

ENTER キー: 次へ
  
```

図-9 プログラム呼出しの例

g) プログラム・スタート方法の複数化

プログラムの呼び出し方法には、階層構造のメニュー選択方式とし、コマンド名を覚えなくても、何段階か経てプログラムが実行される。操作に慣れるとコマンド方式の方が操作性がよい。

そこで、何れの方法による呼び出しでも可能なように、二つの方法を備えさせた。

MICESの場合、プログラムにパッケージ番号を設定しており、その番号で呼び出す。初心者はメニュー選択方式で逐次画面を追って使用するが、慣れればパッケージ番号で直接目的のプログラムを呼び出せる。(図-9参照)

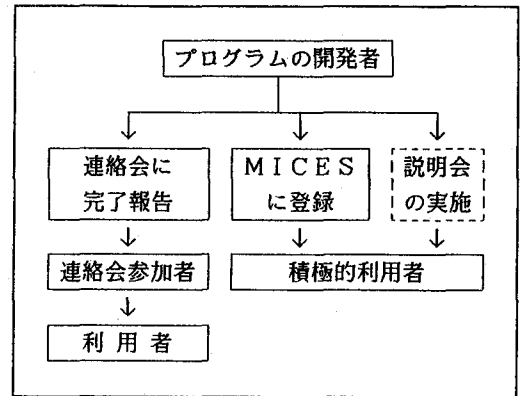


図-10 MICESの普及経路

4. 利用の展開

プログラムの開発が終わると関連部門にその利用方法等を伝える。しかし、利用者は実務を通してプログラムの利用を習得することが多く、普及には時間が掛かる。MICESの利用展開に当たっては、図-10に示すように3つの方法を試みた。

(1) 連絡会における開発完了報告の活性化

先に述べた開発連絡会でのプログラム開発の完了報告時に、プログラムのデモンストレーションおよびマニュアル等の配布を行なうことで、簡易説明会的役割を持たせた。この方法では利用者への伝達が間接的ではあるが、広範囲の利用者に展開できた。

CLIST	シ/ア/マ/コ/ト	シ/ア/マ/コ/ト	シ/ア/マ/コ/ト	シ/ア/マ/コ/ト	シ/ア/マ/コ/ト	シ/ア/マ/コ/ト
CCALIC01	11036	1	12.55	0.01	1280	1280
マ/コ/ト		1	12.55	0.01	1280	1280
CCALIC00	10276	1	1.00	0.01	1280	1280
マ/コ/ト		1	1.00	0.01	1280	1280
CCOMIC01	11036	2	1.73	0.01	512	512
マ/コ/ト		2	1.73	0.01	512	512
マ/コ/ト		35	830.15	13.97	1636608	1636608
MICES01	10276	3	21.48	0.29	24064	24064
MICES02	10276	1	87.38	0.23	35072	35072
MICES03	11036	1	1.73	0.05	4608	4608
MICES04	11036	18	245.30	2.90	332544	332544
マ/コ/ト		23	355.90	3.47	396288	396288
マ/コ/ト					272640	272640
マ/コ/ト					10240	10240
マ/コ/ト					393472	393472

CLIST	シ/ア/マ/コ/ト	シ/ア/マ/コ/ト	シ/ア/マ/コ/ト	シ/ア/マ/コ/ト	シ/ア/マ/コ/ト	シ/ア/マ/コ/ト
MICES01	10276	95	2781.13	37.40	4461056	4461056
MICES02	11036	5	180.33	0.97	115456	115456
マ/コ/ト		100	2961.47	40.77	4576512	4576512
マ/コ/ト					2911488	2911488
マ/コ/ト					87324160	87324160
マ/コ/ト					2641408	2641408
マ/コ/ト					89965368	89965368

図-11 利用状況リスト

(2) MICESへ即時登録

プログラム開発の完了時に、システム管理者に報告しMICESに組み込むので、その時点からすぐに情報の入手が可能である。これは、利用者が直接検索・照会できるので、積極的な利用者には効果的である。

(3) 使用説明会の実施

最も一般的方法である。図-10に破線で示したように主たる利用展開方法とは考えず、主に開発連絡会に参加できない部門を対象としている。

MICESでは図-11のように、利用の状況を毎

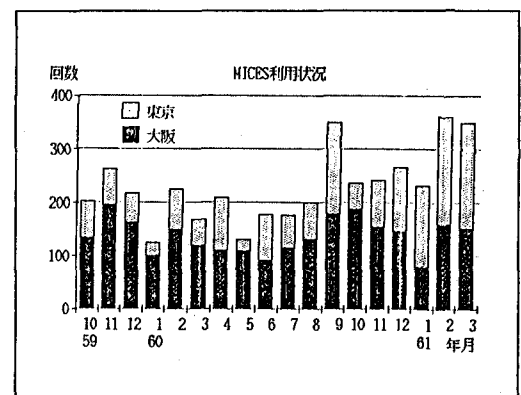


図-12 月別MICESの利用状況

月のアカウント情報から入手し、システム性能の向上、システム改善の優先順位、プログラムの開発効果の確認等に役立てる。同図にはプログラム別に利用回数等が表示されている。毎月の記録により、業務内容の波、利用の頻度の確認もできる。

図-12に一年間の全体的利用回数を示す。利用の背景は、従来よりバッチ処理の形態で利用されていたプログラムに機能追加をして、優先的に対話型プログラムに改良してシステムに組み込んだので、その内容を利用者が十分に理解しており、操作面さえ習得すればすぐにでも実務に使用できることが大きい。また、利用者がプログラムの入出力画面の設計を担当し、あるいはプログラムそのものの作成に携わったり、開発に対し積極的に参加した成果でもある。

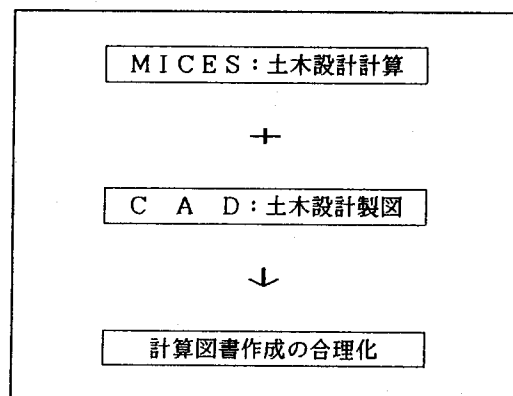


図-13 土木設計業務の方向

5. 今後の課題

MICESは、企業内の大量のプログラム資産の効果的運用とプログラム管理手法を確立した点で評価される。しかし、その維持、メンテナンス、機能の向上に関して課題が残されている。

利用部門等で個別に開発されている土木設計計算プログラムの情報について、常に、MICESのシステム管理担当者が調査し、更新している。利用情報の一元化のために、社内のあらゆる土木部門で開発されたプログラムに対し、MICESへの登録を義務付ける必要がある。

プログラムの維持に関しては、設計指針の改定等に伴うプログラムの改良、トラブル発生時のプログラム・メンテナンス等のあり方が問題となる。取り扱っている土木設計問題が多岐に亘っているため、当然開発者も多数になっている。このため開発ドキュメントの整備は欠かせられず、また、ドキュメントのみではなく、実際にプログラムをメンテナンスできる設計担当者の養成も重要となる。

システムの利用効率を上げるためには、個人的に蓄積しているデータを共通データ・ベース化して、実例としてのデータ入手を容易にすることにより、利用がさらに促進される。

また、計算結果のうち図形処理の必要なものについては、単にプロッターに出力するのみではなく、CADシステムとのリンクにより、計算図書作成の合理化など土木の設計業務全体の効率を上げるべきと考える。(図-13参照)

6. おわりに

MICESは、1つの企業内で広範囲の開発者が、多数の利用者を意識し、またその地域性を考慮して、プロジェクト的に結集し開発したシステムである。

この開発の中で得られた成果は、

- (1) 土木設計システムとして、プログラム、データ、利用機器、利用者等を総合的に考え、結び付けることができた。
- (2) 将来の設計計算業務の要求に応じられる、柔軟性のあるシステム作りができた。

等が挙げられる。

本文で述べたことが、今後の土木設計システム開発に少しでも参考になれば幸いである。

<参考文献>

- 1) 谷平 考, 奥村直樹: 土地造成の設計計画における電算機の利用について, 電算機利用に関するシンポジウム講演概要, pp.115~118, 1976-11.
- 2) 手島聖二, 高橋弘治, 雲田晃平, 足立幸一: 宅地造成設計におけるシステム化の一例, 電算機利用に関するシンポジウム講演概要, pp.119~122, 1976-11.
- 3) 浜嶋鉦一郎: 対話形式による宅地造成計画システム, 第20回IBMユーザー・シンポジウム論文集, pp.79~106, 1982-6.
- 4) 柴田 泰, 小野凱久: 橋梁の設計、製作一貫システム, 電算機利用に関するシンポジウム講演概要, pp.17~20, 1976-11.
- 5) 石井武則, 三梨 彰, 柿本 哲: 山止め自動設計システム, 電算機利用に関するシンポジウム講演概要, pp.53~55, 1976-11.
- 6) 宮崎徳次郎, 和田孝史, 堂本清次: 擁壁、橋台、渠壁、杭基礎の設計, 電算機利用に関するシンポジウム講演概要, pp.29~32, 1976-11.
- 7) 佐藤一郎, 滝口康正, 洲上隆秀, 竹内信夫, 中山邦弘, 岸田典史: グラフィックディスプレイを利用した土木構造物の設計システム『PEACES』について, 第4回電算機利用に関するシンポジウム講演概要, pp.25~28, 1979-11.
- 8) 池田将明, 富本秀俊, 岡野幹雄: ICESを用いた対話型設計システム, 第5回電算機利用に関するシンポジウム講演概要, pp.102~105, 1980-10.
- 9) 土木設計システム協会: 小規模コンピュータに関する調査, 『ACES』14号, 1986.