

土木におけるCAD利用事例報告

五洋建設㈱ 土木設計部 ○ 今川 英幸

” ” 中村 浩幸

1. はじめに

近年のハードウェア、ソフトウェアの発達に伴い製造業を中心としてCAD (Computer Aided Design)の利用が、推し進められている。建設業界では、建築を中心としてCADが発展してきたが、土木においても設計業務の増大、構造物の大型化、複雑化、また、計画業務の増大など種々の理由によりCADの必要性が増してきており、実際、多くの企業でCADの導入、推進が行われている。

本論文は、土木におけるCAD利用の一例として我社で導入しているCADシステムCADAM (米国、ロッキード社開発)を中心に土木設計部門でのCAD利用の報告を行うものである。

2. 土木におけるCAD利用の問題点

土木でのCADを考えた場合、いくつかの問題点が見られる。その主なものは、次のとおりである。

①. 土木の特色

i. 単品生産である。

土木では、構造物は単品生産のオーダーメイドであり、また対象構造物も広範囲にわたっている。例えば機械や電気・電子系の製造業のように同じ物をいくつも造ることはほとんどない。従って、CADの利用効率を上げるための標準化および登録する部品図などに関して対象を絞りにくい。

ii. CAM (Computer Aided Manufacture) に直結しない。

自動工作機械などを使用しないため、CADからCAMへという一連の流れが成立しない。つまり設計 (CAD) だけで製造 (CAM) に直接結びつかないため、CAD/CAMシステムの一部分しか利用しないことになる。

②. CAD利用における問題点

i. 1図面に描くベクトルの数が多い。

例えば、鉄筋コンクリート構造物の図面を描く場合、描くべき線分などが数千本以上となり、非常に大きなベクトル数になる。一般に市販されているCADシステムは、作成できるベクトル数に制限があり、図面作成の際に特別な工夫を必要とする場合が多い。また、作成できたとしてもレスポンスにおよぼす影響が大きい。

ii. スケールの問題

作図対象となる領域や構造物のスケールは、小は部品図の詳細図から大は地形図のようなものまでさまざまである。一方、要求される精度はスケールにより変化し、スケールが変わったからといって単純に図を拡大したり縮小したりといった処理だけではとうてい完成せず、そこに何らかの修正・追加・削除が必要となってくる。例えば、全体図と詳細図に描かれている同一部分を比べた場合、そのスケールや精度は非常に異なり、図そのものも全くといっていいほど異なったものとなる。

以上のような性質が土木におけるCADの発展の妨げの一因となっており、また考慮しなければならない点であろう。

3. 導入経過

当社のCADを含めた図形処理関係システムは、当初はグラフィックディスプレイを利用した対話的なプログラムの利用（例、円弧すべり解析の対話処理）や設計計算から図面作成までを一連処理する自動設計製図であった。そして、本格的なCAD利用を推進するために、昭和59年5月にCADAMを導入した。

表-1 導入概略

導入年度	導入機器	利用概略
昭和49年	ペンプロッタ	作図の自動化
昭和52年	ストレージ型グラフィック・ディスプレイ	対話処理プログラム 自動設計製図
昭和55年	カラーグラフィック・ディスプレイ	出力のカラー化
昭和59年6月	CADシステム	
昭和60年2月	ペンプロッタ、静電プロッタ	

4. システム概略

4-1. ハード構成

ホスト・コンピュータとしてIBM3033を本社に、各支店にはNEC・ACOS250を使用し、公衆回線を使ってオンラインを行なっている。本社におけるハード構成（ホストと図形処理関連のみ）を、図-1に示す。

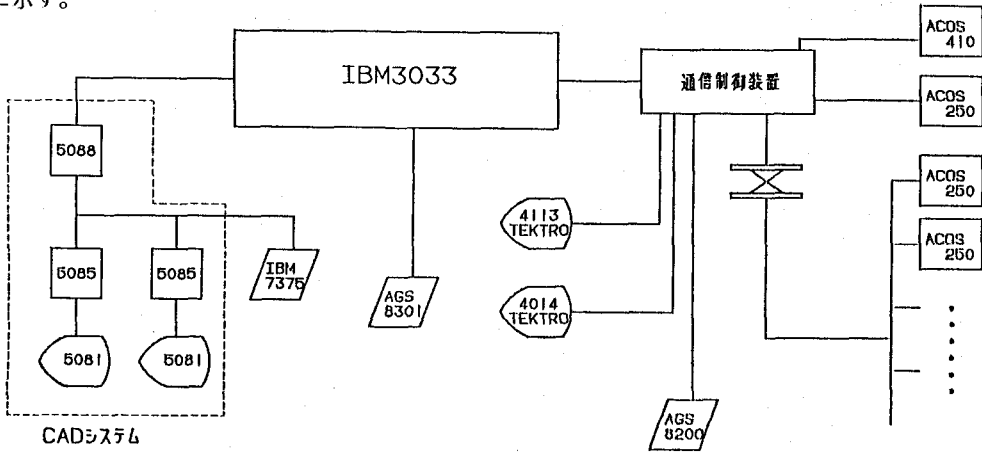


図-1 ハード構成

図形処理関連機器は、次のとおりである。

IBM 5080	2台		
ソニーテクノロジクス 4014	1台	4113	1台
静電プロッタ			
ユニバック AGS8301	1台		
ペンプロッタ			
ユニバック AGS8200	1台	IBM 7375	1台
ハードコピー	2台		
カラーハードコピー	1台		

4-2. 中間ファイル

CADおよびその他図形処理の目的は、途中過程の図面・図形そして最終成果品としての図面を作成することにある。従って、ディスプレイあるいはプロッタなどの出力装置に効率よく簡単に表現・出力することが重要となる。我々ではCADおよび図形処理の結果を中間ファイルと呼ぶ作図情報ファイルを媒体とすることにより、種々のディスプレイ、プロッタ装置に出力できるようにしている。作図情報ファイルは、80バイトのカードイメージのファイルであり、ユーザが自由に書き込み・修正・読み取りが可能な形となっている。ただし、現在のところは、2次元情報しかあ

つかっていない。図-2に中間ファイルの一部を示す。

中間ファイルと各々のアプリケーションプログラムおよび各装置間は、図-3に示すように中間ファイルを通して自由にデータのやりとりが可能となっている。また、CADAMと一部アプリケーションプログラムの間には、図形の性質を表す属性中間ファイルも介在している。

2	1	0	0	630.000	300.000
2	1	0	0	630.000	3.000
2	1	0	0	840.000	3.000
2	1	0	0	840.000	300.000
8	1		12	80.000	125.000
=	7	1	2	5	90.000
40.00	8		16	120.000	125.000
()	8		12	80.000	115.000
=	7	1	2	5	90.000
80.00	8		16	120.000	115.000
()	8		12	80.000	105.000
=					

図-2 中間ファイル

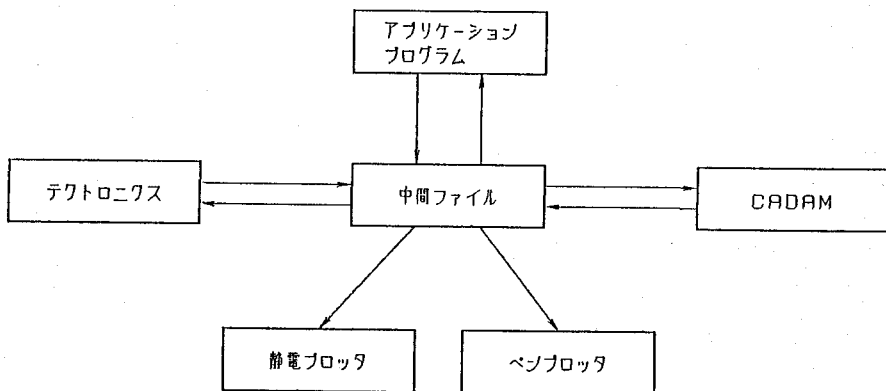


図-3 中間ファイルおよび周辺装置の位置づけ

5. 利用事例

CAD利用の状況を以下に示す5事例について紹介する。

5-1. 対話処理による図面作成

CADの利用として第一に上げられるのが、ディスプレイに向かって作図するという方法である。しかしこれは、個人的な習熟度の違いやコンピュータのレスポンスに左右されるなどの問題がある。特にホストコンピュータ利用によるCADシステムで大型計算業務などと同時処理している時などは、レスポンスが悪く使いづらいという声が、上っている。また、人が製図版に向かって図面を描く場合とコンピュータのディスプレイに向かって図面を描く場合を比べると、同じ条件（アプリケーションプログラム等を一切使わず、同じ形状の図形をコピーして使わないという手作業と全く同じ条件）であるならば、たいした時間の短縮にはならずかえってCAD利用の方が時間がかかったというケースさえ出てくる。そして、コスト面でもCAD利用の方が安いといえば、必ずしもそうとはいえない。結局、単にディスプレイに向かって図面を全て手作業で作成していくだけではCADの利点をあまり引き出すことはできない。

5-2. 部品図の登録

標準的な部品を登録しておき、図面作成時に貼りつけていくという方法は、よく使われる手段であり、作図時間の短縮に大きな効果がある。しかし、土木において標準的な共通する部品というものをリストアップしようとしても、範囲が広いため非常に難しい。そのなかでも、比較的利用頻度の高い部品・記号については、いくつか登録を行っている。その内訳は、記号関係ファイル・係船柱5ファイル・防舷材30ファイル・鋼材30ファイル・船形5ファイルなどとなっており、1ファイルは平均して25枚程度の図面から成っている。これらの図面は、メーカーのカタログをもとに作成しており実寸で作成登録している。

この他に地形図の登録を行っている。これは、50万分の1の地図をもとに作成しており、これに主要都市などを付加して登録している。精度は、1地方全体の表示に耐える程度である。このため、登録図面とは別個に、詳細図はテープに保存し、ディスプレイ上で検索可能な形態をとっている。

5-3. 自動設計製図システム

我社の自動設計製図システムは、主に港湾構造物を対象としており、ケーソン・さん橋・鋼矢板岸壁などのシステムを保有している。各システムとも図-5に示すように基本設計・細部設計・製図の3ステップから成り、設計条件を与えることにより自動的に設計計算から製図まで行うものである。出図される図面は、一般図・断面図・配筋図・鉄筋表など10数枚である。その図面の一部を図-6に示す。

これらのシステムの開発は、CADAM導入以前に行っており、従来の利用形態は、バッチ処理後プロッタに出力していたので、出力後の修正やレイアウトの変更などは困難であった。しかし、CADAM導入後、ディスプレイ上での変更が可能となり、プログラムで対応できない標準外のケースへの対応や、レイアウトの変更・図面枠の付け替えなど応用範囲が大幅に広がった。図-7に示す例は、バッチ処理で出力後修正を加えた図面である。

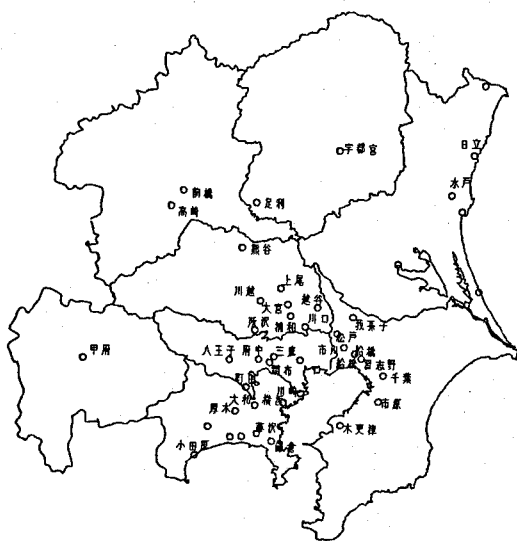


図-4 登録地形図（関東地方）

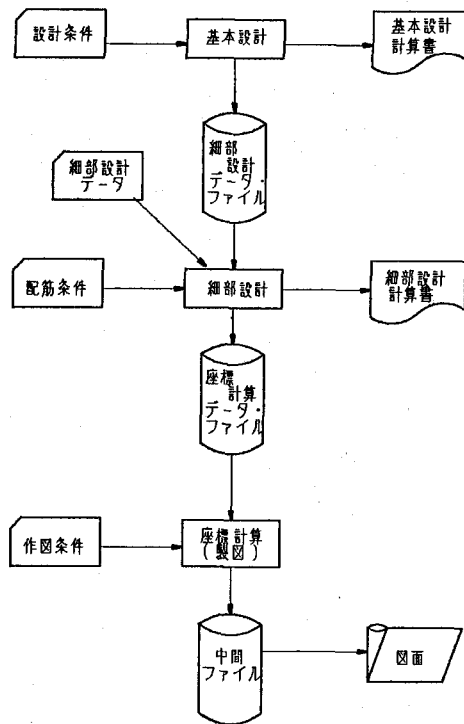


図-5 システムの流れ

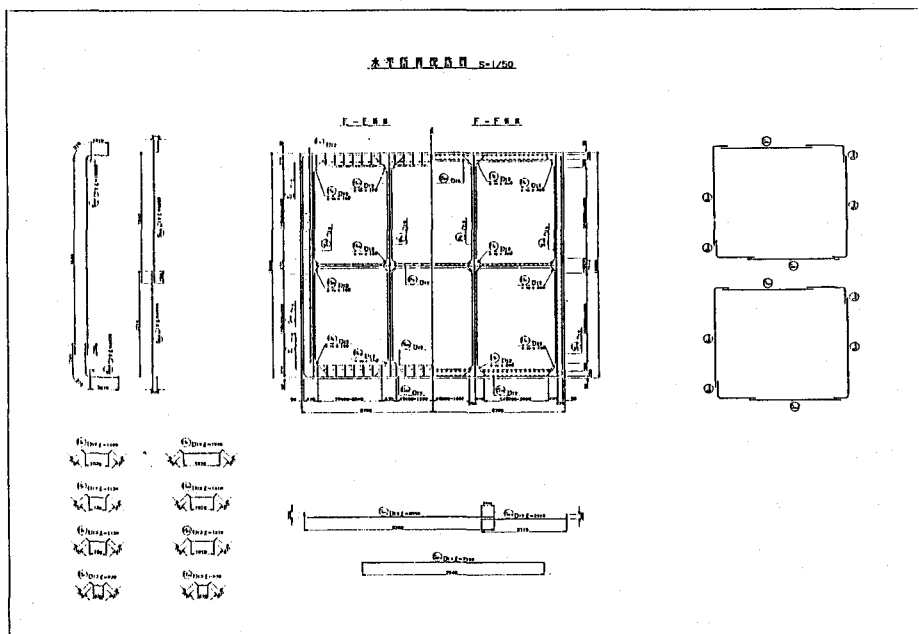


図-6 ケーソン自動設計製図（水平断面配筋図）

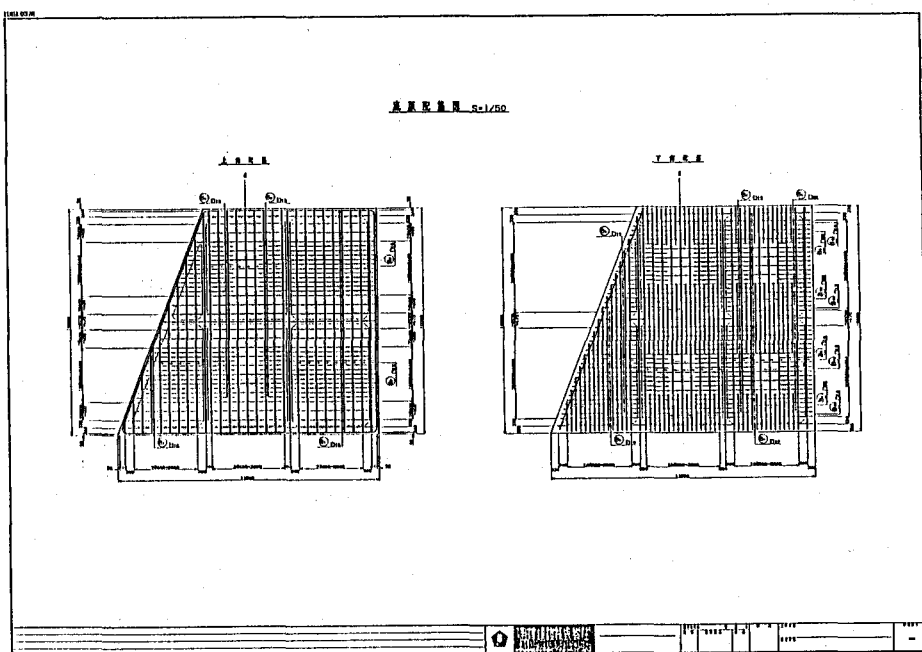


図-7 ケーソン応用図（底版配筋図）

5-4. アプリケーションプログラム

CADを利用した作図は、図面を新規に作成するよりも、修正・編集の機能を多く利用する方が、より効率的である。また、そのシステムに付加されていない機能を追加する必要性や、対話処理だけでは作成できないものをプログラム化して処理を行う必要も出てくる。このような3つの観点から次の効率化プログラム開発を行なっている。

①. 港湾構造物の作図プログラム

これらは、前述の自動設計製図システムの作図部分を抜粋して作成したものである。作図する図面の種類は、ケーソンの構造図・標準断面図、さん橋の平面図・正面図・断面図などである。

②. デジタイザ・ルーチンの付加

既在図面や地形情報など既に存在している図面からデータを取り込む必要が生じることがある。しかし、現在利用しているCADシステムCADAMには、デジタイザのサポートがないため、それを補うために作成した。用途としては、主に地形図の読み取りに使っている。読み取り機能として、メニューを選択することにより線分・点・スプライン曲線の入力および、各要素の線種の指定がも可能である。

この他のデジタイザ・ルーチンとしてスプライン入力ルーチンやポイント入力ルーチンがある。スプライン入力ルーチンは、等高線の入力時間を短縮するために、ポイント入力ルーチンは、三次元データを入力するためのもので、後述の等高線作成ルーチン、格子透視図作成ルーチンにデータの受け渡しが可能である。

③. 漢字出力プログラム

図面を作成上、漢字での記述が不可欠である。このプログラムは、漢字コード・高さ・幅・間隔・方向を入力することにより漢字を発生させるものである。これは、バッチ処理とCADAMディスプレイ上での対話処理形式の2種類あり、データ量などで使い分けている。

④. グラフ作成プログラム

パーソナル・コンピュータではグラフを作成する機能をよくみかけるが、このようなグラフをCADAMディスプレイ上で作成するものである。統計処理などを行う場合、情報をのせたい図形（地形図など）をCADAMで作成し、グラフは別途作成した後、切り貼り作業で完成させていた。これらの切り貼り作業をなくしかつ、任意の形状のグラフを作成したいというのが開発の主な目的となっている。グラフのタイプ・数値データ・ハッチパターンの数値表示スイッチなどを入力することにより、円・棒・立体グラフなど各種のグラフを作成することが可能である。図-8には、地形図に立体グラフを重ね合わせた例を示す。

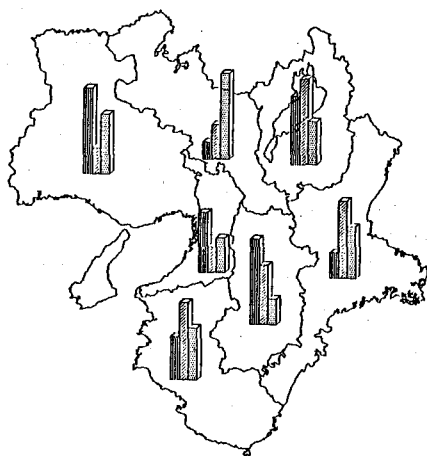


図-8 グラフ作成例

⑤. 等高線作成プログラム

三次元点列データに補間を行って等高線を発生させるプログラムである。データの採集方法は、前述のデジタイザルーチンを主に使用している。使用方法は、等高線間隔や標高値出力スイッチなどの条件と点列データをカード入力で行う方法と、CADAMディスプレイ上で入力する方法がある。図-9の例は、等高線を発生させた後他の図面と重ね合わせたものである。

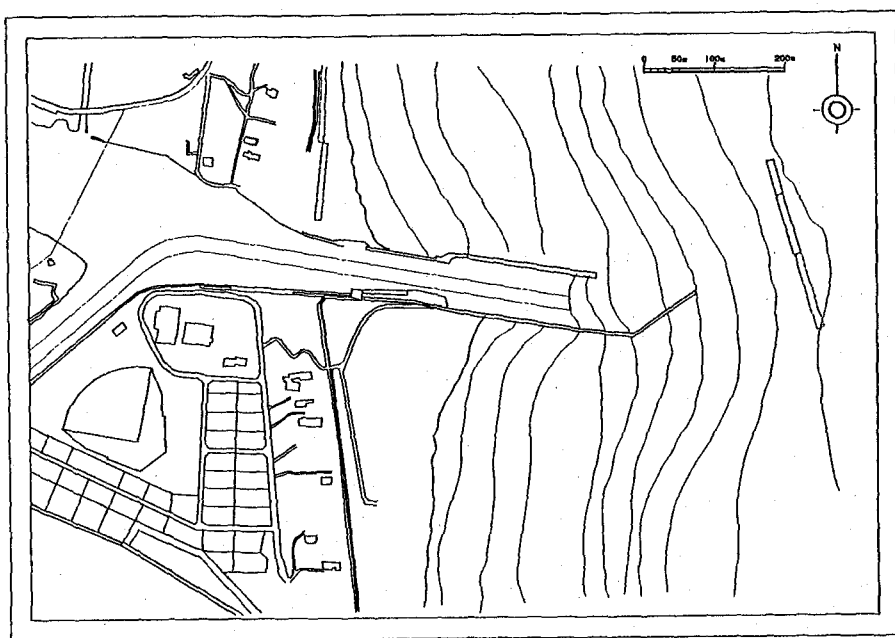


图-9 等高線作成例

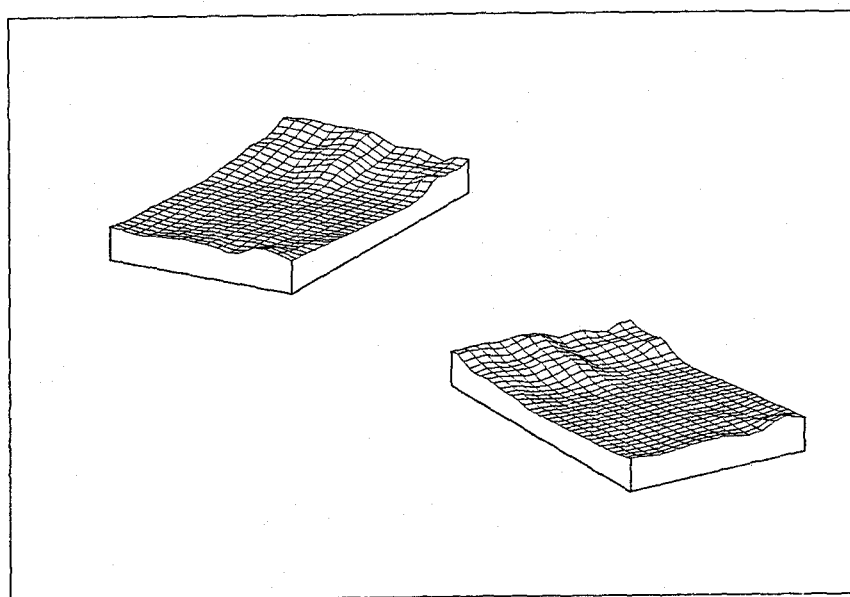


图-10 透视图作成例

⑥. 透視図作成プログラム

これは、図-10に示すように格子データを三次元に表現したものであり、入力データは、前述の等高線作成プログラムとほぼ同じである。

5-5. 文書化

コンピュータの処理結果の出力リストは、数字やアルファベットが混在する非常に見づらいものであり、この出力リストを読み取り文書（計算書等）や図を作成するという作業が必然的に発生する。この作業を少しでも軽減し、平素からコンピュータの出力リストになじみの薄い者にもわかりやすい図と文章を使った計算書形式のリストを出力している。この処理は、ディスプレイ上のデータの入力・解析・文書化の3ステップから成る。入力方法としては、図-11-1に示すように必要なデータをディスプレイ上の図や説明文を参照しながら入力していく。次に、このデータを読み取り、解析を行って必要な文書や図（図-11-2）をディスプレイ上に出力行う。もちろん、これをプロッタに出力することも可能である。これは、梁の応力度の算定、土圧の計算、版の応力解析など基礎的な計算のみを対象としている。

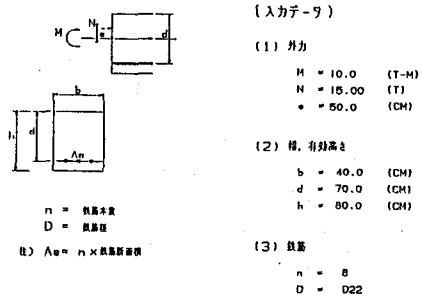


図-11-1 梁の応力度の算定（入力例）

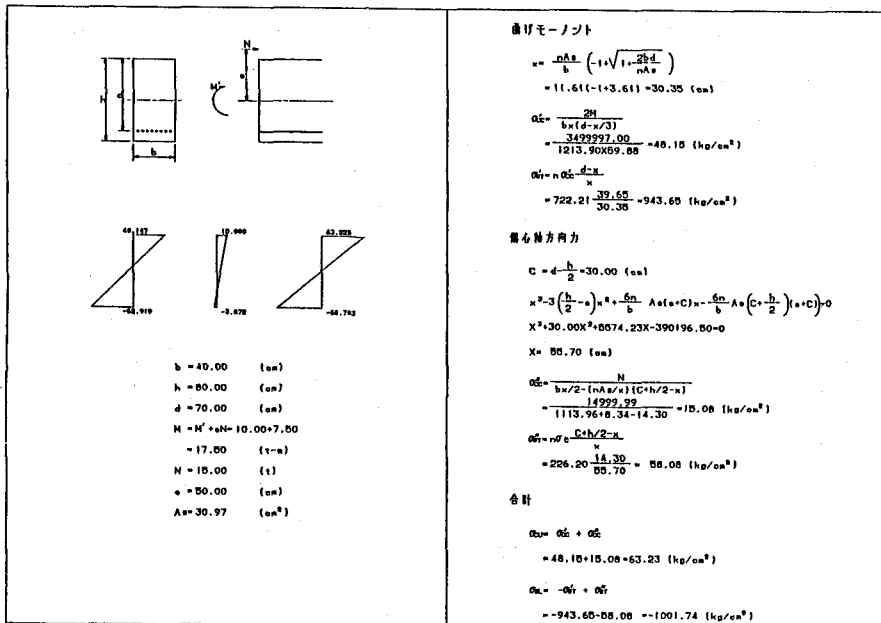


図-11-2 梁の応力度の算定（出力例）

6. まとめ

以上、5項目についての紹介を行なったが、この他に土地造成、波浪シミュレーション、景観予測などの計画業務での利用も行なっている。これからの目標としては、計画業務への利用の一層の充実を図り計画業務から製図業務までを含めた総合的なCADシステムを目指していきたい。