

ISSN 0386-5878

土木研究所資料第2971号

土木研究所資料

パーソナルコンピュータを用いた標準設計
利用支援システムの開発に関する調査報告書

平成3年3月

建設省土木研究所
企画部システム課

Copyright © (1991) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

パーソナルコンピュータを用いた標準設計 利用支援システムの開発に関する調査報告書

システム課長 寺川 陽
技術基準係長 村椿 良範
吉村 英二

要旨

標準設計は、建設事業の各方面で利用され大きな効果をあげているが、紙を媒体としているため、多数の図面集・数値表の管理や検索についての改善要望も多くよせられている。そこで標準設計の一層の利便性向上に資するために、①媒体のコンパクト化、②検索作業の省力化・迅速化・正確化、③収録データの拡大、④高品質な成果品の提供、⑤設計・数量データの有効活用等を目的とした標準設計利用支援システムを開発した。

本報告書は、パーソナルコンピュータによる標準設計利用支援システム実用化のための予備検討として、第2巻「擁壁」のプロトタイプを作成と評価等を通じて、開発すべきシステムの概要をとりまとめたものである。

キーワード：標準設計、CD-ROM、パソコン、CAD、エキスパートシステム

はじめに

建設省土木研究所では、設計業務の省力化、合理化を目的として、土木構造物標準設計に関する技術的検討を行っている。これは、設計・施工頻度の高い工種を対象に構造物の設計情報を図面集の形で提供するものであり、昭和39年以来、現在までに全29巻の制定を行ってきた。

標準設計は、建設事業の各方面で利用され大きな効果を上げているが、紙を媒体としているため、多数の図面集・数値表の管理や検索面での改善要望も多く寄せられている。そこで、こうしたニーズに応えるための方策として、①媒体のコンパクト化、②検索作業の省力化・迅速化・正確化、③収録データの拡大、④高品質な成果品の提供、⑤設計・数量データの有効活用を目的とした標準設計利用を支援するシステムを開発するのが有効だと考えられる。

今回検討した標準設計利用支援システムは、パーソナルコンピュータをベースとし、大容量かつコンパクトであるという特徴から、現在、辞典、統計、地図等の大量情報の提供媒体として普及が始まりつつあるCD-ROM (Compact Disk Read Only Memory) の導入が核となっている。標準設計利用支援システムは、すでに設計された図面及び各種の数値情報をデータベースとして蓄積し、コンピュータを用いてその管理や利用を行うため、図面の検索・利用の迅速化は勿論のこと、計画・概略設計や照査等への応用も含め、標準設計の利用性の向上及び利用範囲の拡大に資することができると思われる。

本報告書は、まず検討の第一段階として、現行標準設計の問題点とCD-ROMを利用した設計支援システムの効果を整理するとともに、擁壁を対象とした標準設計利用支援システムのプロトタイプを作成し、その評価を通じて、開発すべき標準設計利用支援システムの構成、機能について検討した結果をとりまとめたものである。今後、本成果をベースとして、更にシステムの実用化に向けた検討を進めることとしている。本報告書の内容について忌憚のない御意見等お寄せいただければ幸いである。

平成3年3月 システム課長
寺川 陽

目 次

はじめに

1. 標準設計の問題点及び設計支援システムの効果	1
1.1 標準設計の概要	1
1.2 標準設計の利用実態と現状の問題点	2
1.3 CD-ROM を用いた設計支援システムの効果	4
1.3.1 CD-ROM の概要	4
1.3.2 設計支援システムの効果	5
2. 「擁壁」プロトタイプシステム	7
2.1 プロトタイプシステムの目的と構成	7
2.2 CD-ROM の作成	9
2.2.1 CD-ROM 作成のフロー	9
2.2.2 図面データの集録	10
2.2.3 数値表データの集録	11
2.3 支援システムの概要	13
2.3.1 形式選定	14
2.3.2 図面番号検索	18
2.3.3 図面表示	22
2.3.4 統計処理	23
3. 支援システムの機能に関する検討	27
3.1 プロトタイプの評価	27
3.2 数値表データファイルに関する検討	34
3.3 図面データファイルに関する検討	43
3.4 利用支援情報の提供方法に関する検討	45
4. 開発すべき支援システムのイメージ	49
4.1 標準設計利用支援システムの構成	49
4.2 各プログラムの機能概要	50
4.2.1 支援情報提供	50

4.2.2 検索処理	51
4.2.3 図面編集	54
4.3 問題点	56
5. まとめと今後の課題	57

1. 標準設計の問題点及び設計支援システムの効果

1.1 標準設計の概要

建設省では、土木構造物の設計業務の合理化・省力化及び設計成果の信頼性の確保を目的として、昭和39年度の第1巻制定以来現在までに29巻の標準設計を制定している（表-1.1参照）。

標準設計は、構造物の設計情報を標準図面集の形で提供するものであり、図面集の他に、それを使用する場合の注意事項、設計の考え方、施工上の注意事項などをとりまとめた解説書と各設計条件に対する断面力・実応力度等の設計諸数値を集録した数値表から構成されている。

標準図面は各設計条件ごとにまとめてあり、設計条件が決定されればそれに対する標準図面を検索し、必要に応じて数値表からの寸法等の転記、修正を加えた上で利用できるようになっている。

表-1.1 標準設計一覧

巻番号	区 分	工 種	図面枚数（枚）
1 2	土工構造物	側こう、街渠・集水ます、カルバート 擁壁	330 316
3～4	河川構造物	樋門 ・ 樋管	818
5	立体横断施設	横断歩道橋、地下横断道	
6～12	橋梁下部工	重力式・逆T式橋台、張り出し式・壁式橋台	3,158
13～17 18 19 20 23～28 29～31	橋梁上部工	ポストテンション方式PC単純T桁橋 プレテンション方式PC単純床版橋 プレテンション方式PC単純T桁橋 プレテンション方式PC単純中空床版橋 活荷重合成プレートガーダー橋 H 形 鋼 橋	2,012 258 480 480 2,432 1,072

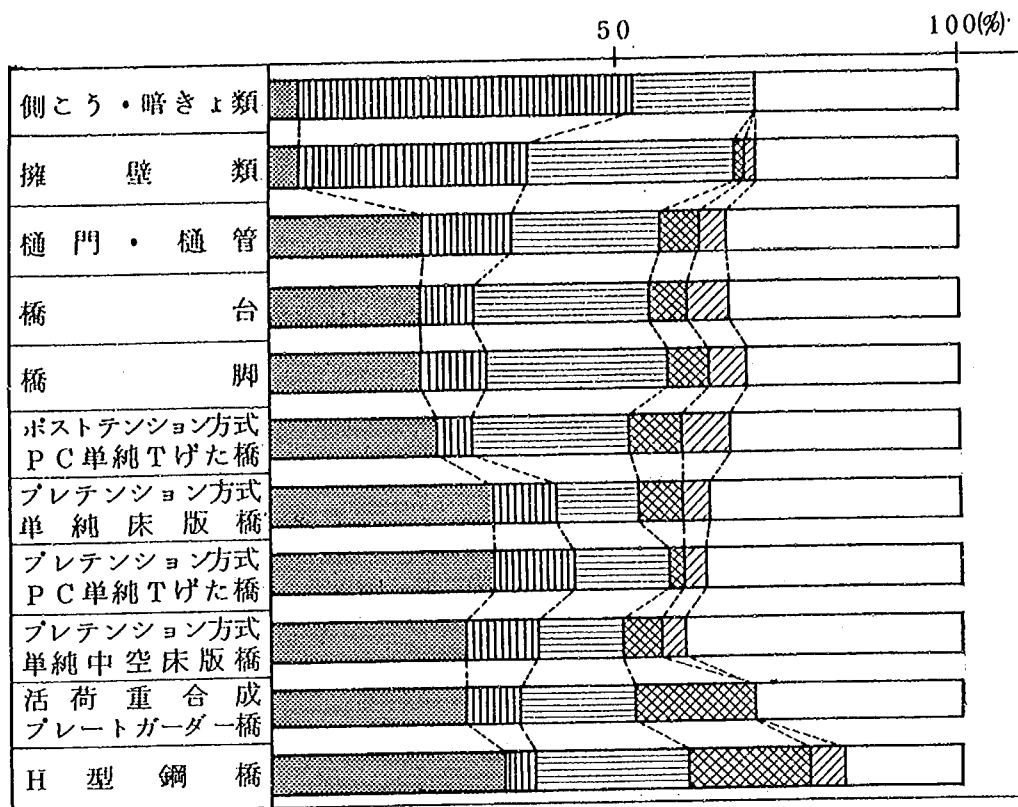
1.2 標準設計の利用実態と現状の問題点

標準設計は、詳細設計としての利用を前提に作成されている。しかし、図-1.1に示すように実際の利用のされ方をみると、工種によっては詳細設計よりも設計成果の照査、設計の考え方等の参考としての利用が多くなっている。詳細設計としての利用が多いのは、側こう・暗きょ類および擁壁類で、それ以外は詳細設計として利用している割合は50%に満たない。したがって、標準設計の利用をより一層拡大させるためには、詳細設計以外の利用についても配慮した内容にするのが望ましい。

一方、標準設計の利用性に関しては表-1.2に示すような問題点があげられている。いずれも、紙を媒体としていることによる短所である。

表-1.2 標準設計の問題点

項 目	標準設計の問題点
管 理	・ 図面・数値表ともに印刷物であるのでスペースがかさばり管理しにくい。
集録データ量	・ 枚数上の制約により集録範囲が制限される。
信 頼 性	・ 検索ミスにより、適用外の図面を引用する可能性がある。
迅 速 性	・ 慣れないと検索時間がかかる。
品 質	・ 成果図面に必要事項の朱入れ、別途計算した数値を表に記入する必要がある。
編 集	・ レイアウトの変更にはトレースを行う必要がある。
そ の 他	・ 集録範囲の制限により、該当する図面が存在せず利用できない場合もある。 ・ 詳細設計以外の資料として利用する場合に数値表の数字を転記しないと利用できない。



調査料として利用している。	ほとんど修正しないで詳細設計	部分的にぬきだしたり、修正している。	概算設計として利用している。	構造型式別の工費の比較など概	事業予算の概算などの計画段階	で利用している。	設計の考え方や数値の取り方な	どの参考として利用している。
コンサルタントの設計成果の照	ほとんど修正しないで詳細設計	部分的にぬきだしたり、修正している。	概算設計として利用している。	構造型式別の工費の比較など概	事業予算の概算などの計画段階	で利用している。	設計の考え方や数値の取り方な	どの参考として利用している。

図-1.1 標準設計の利用のされ方

1.3 CD-ROM を用いた設計支援システムの効果

現行の標準設計が紙を媒体としていることは、利用性の向上及び利用範囲の拡大を図っていく上で大きな阻害要因となっている。そこで、パーソナルコンピュータを用いた設計支援システムを開発し、これらの改善を行うこととした。このシステムの核となるのが、大量の図面・数値表データをコンパクトに集録できるCD-ROMである。以下では、これらの概要について述べる。

1.3.1 CD-ROM の概要

CD-ROM (Compact Disk Read Only Memory) は、音楽専用CDに、音楽信号を記録するだけでなく、コンピュータで使われるデジタルコード信号で文字情報やイメージ情報を記録させたものである。CDは、メディアとしては光ディスクの部類に属し、ディスク表面にレーザー光線を当て、ピットと呼ばれる微細なくぼみの列により、デジタル情報を認識する読取り方法をとっている。

CD-ROMの最も大きな特徴は、コンパクトなサイズ(図-1.2参照)でありながら情報記憶量がきわめて大きいことである。CD-ROMの容量は、表-1.3に示すように540MBであり、これは文字情報で広辞苑30冊(A4版文書27万枚)、音声情報74分、静止画情報70,000コマに相当する。また、プレスによる大量生産が可能のため、大量複製・大量配布が安価という特徴もある。

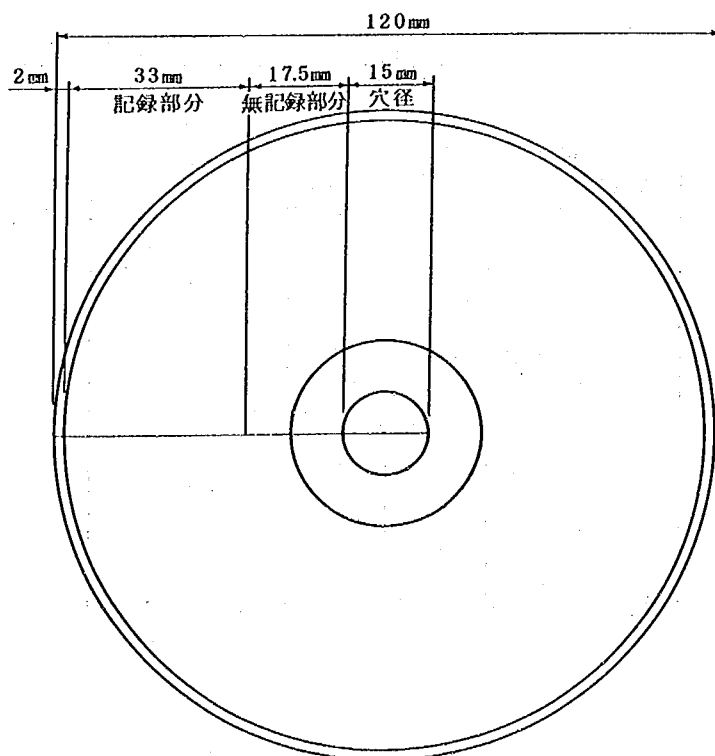


図-1.2 CD-ROM のサイズ

表-1.3 CD-ROM システム仕様

容 量 (ユーザーデータ)	5 4 0 MB
転送レート (ユーザーデータ)	1 5 3 KB/sec
ビット 誤 り 率	1 0-12 以下
平 均 ア ク セ ス 時 間	0 . 5 sec
イ ン タ フ ェ ー ス	D O S レベル (データ管理)

1.3.2 設計支援システムの効果

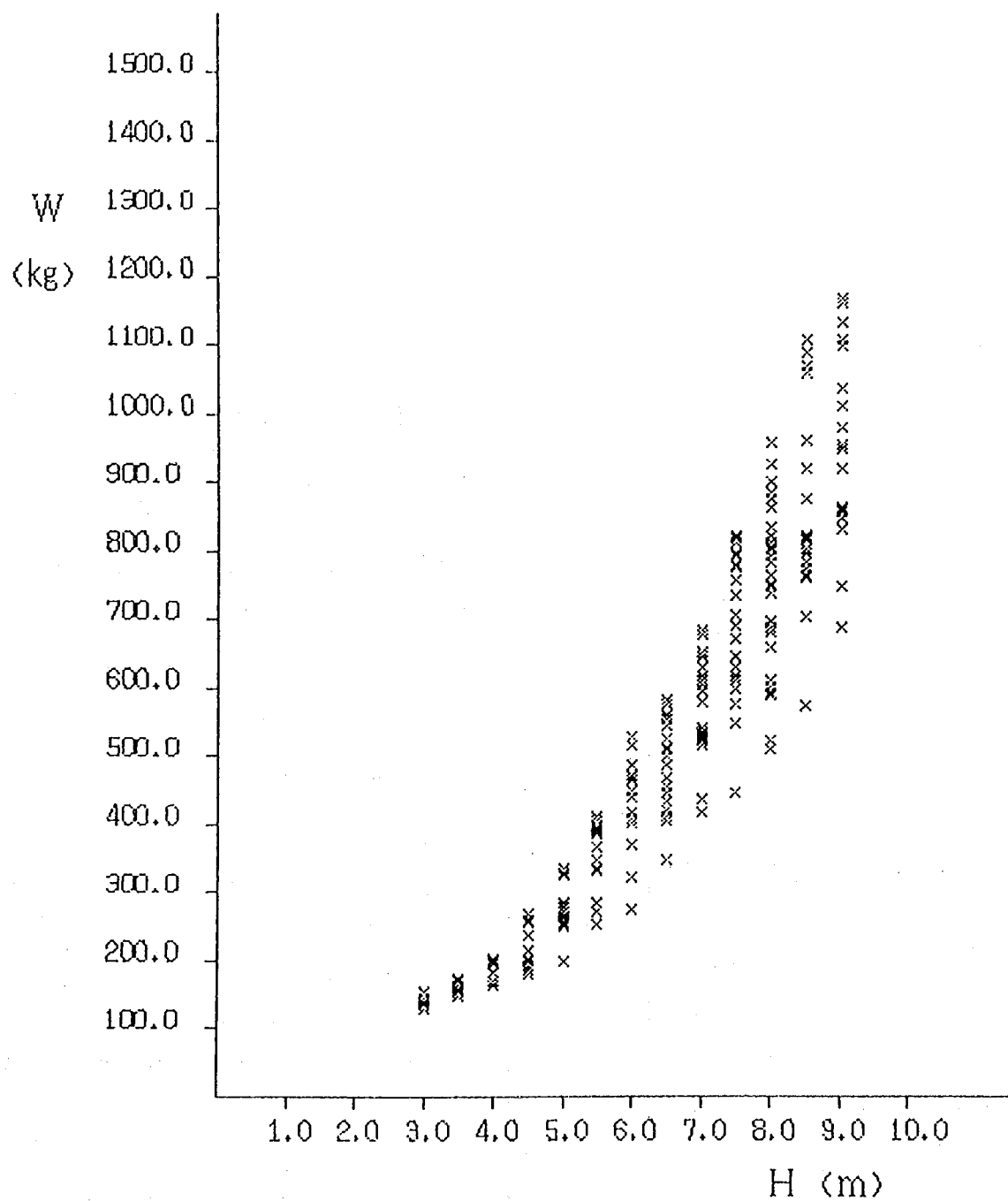
設計支援システムは、図面・数値データを集録したCD-ROMと、①設計情報の検索・処理、②図面表示・編集、③利用支援情報の提供という3つのパートから構成されている。このシステムにより、表-1.4に示すような標準設計の利用性の向上、利用範囲の拡大が図られる。

このように、標準設計データのCD-ROM化は単なる媒体のコンパクト化ではなく、設計業務に関する様々な機能拡張を可能とするものである。しかし、このシステムが広範囲に利用され、より一層の設計の合理化、省力化を図るためには「使いやすさ」が最も重要なキーワードであると思われる。機能をいたずらに増やすよりもユーザーのニーズ調査等から利用パターンの絞り込みを行い、各種プログラム及びそのユーザーインターフェイスについて検討することが重要である。

表-1.4 CD-ROM を利用した設計支援システムに期待される効果

項 目	設計支援システムによる効果
管 理	・図面・数値表ともにCD-ROMに収めるので省スペースが図れ、管理しやすい。
集録データ量	・容量が大きいので収録範囲を広げることができる。 ・付加物データの登録も可能
信 頼 性	・検索ミスを防止できる。
迅 速 性	・検索時間が短縮できる。
高品質化……	・成果図面に必要な図形、表のみを表示することができる。 ・部分的な寸法などの修正機能を付加し、朱入れ、切り貼り等の作業が自動化できる。
編 集	・作図ブロック（側面・平面図・表等）のレイアウトの変更や拡大・縮小等ができる。
そ の 他	・数量計算に反映できる。 ・現行の詳細設計での利用以外にも、数値データを処理することによって、計画・概略設計、設計照査等を支援する資料を作成できる（図-1.3参照）。

逆 T 式 擁 壁 の 高 さ H (m) と 鉄 筋 重 量 W (kg)



$H_{\max} = 9.0 \text{ (m)}$ $W_{\max} = 1169.80 \text{ (kg)}$

図-1.3 設計資料の例

2. 「擁壁」プロトタイプシステム

2.1 プロトタイプシステムの目的と構成

(1) プロトタイプシステムの目的

標準設計利用支援システムは、紙を媒体とする現行の標準設計をCD-ROM化し、これに大量情報をより速く正確に処理するというパソコンの長所を活かすことにより、利用性の向上、利用範囲の拡大を図ろうとするものである。この新しい標準設計の利用形態の検討を目的として、利用頻度のもっとも高い標準設計第2巻「擁壁」を対象に標準設計利用支援システムのプロトタイプの作成を行った。

(2) システムの環境及び構成

プロトタイプシステムの開発は、以下に示すハードウェア及びソフトウェアの環境で行った（写真-1）。

①ハードウェア環境

・ パーソナルコンピュータ	PC-386V (EPSON)	
・ SCSI インターフェイスボード	SC-1000 (EPSON)	CD-ROM 接続用
・ CD-ROM ユニット	PC-CD102 (NEC)	
・ プロッタ	FP7100 (GRAPHTEC)	
・ バスマウス	PCMS2 (EPSON)	

②ソフトウェア環境

・ OS	MS-DOS Ver3.3
・ デバイスドライバ	CD-ROM Extensions
・ CAD ソフト	

以上の他に、CAD ソフトに関連して EMS メモリが1MB 以上必要だが、今回使用したパソコンが32ビット機であるため仮想 EMS で対応した。

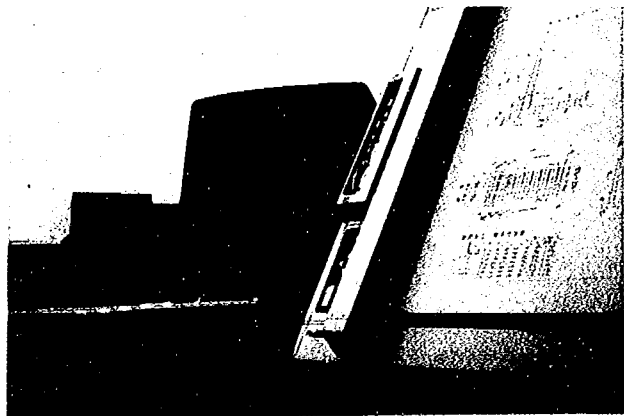


写真-1 システム構成



写真-2 CD-ROM

本システムは、図面及び数値表データを集録する CD-ROM と、ユーザーの利用を支援する 5 本のプログラムとで構成されている（図-2.1 参照）。プログラムは、現行の詳細設計に必要な図面の検索・表示に加えて、詳細設計以外での利用支援を考慮し、形式選定のエキスパートシステム、数値表の統計処理プログラムを作成した。前者は専門家の知識の提供を目的とした例であり、後者は数値表情報の提供を目的とする例である。また、図化データ変換、図化データ表示には、市販の CAD ソフトを利用した。

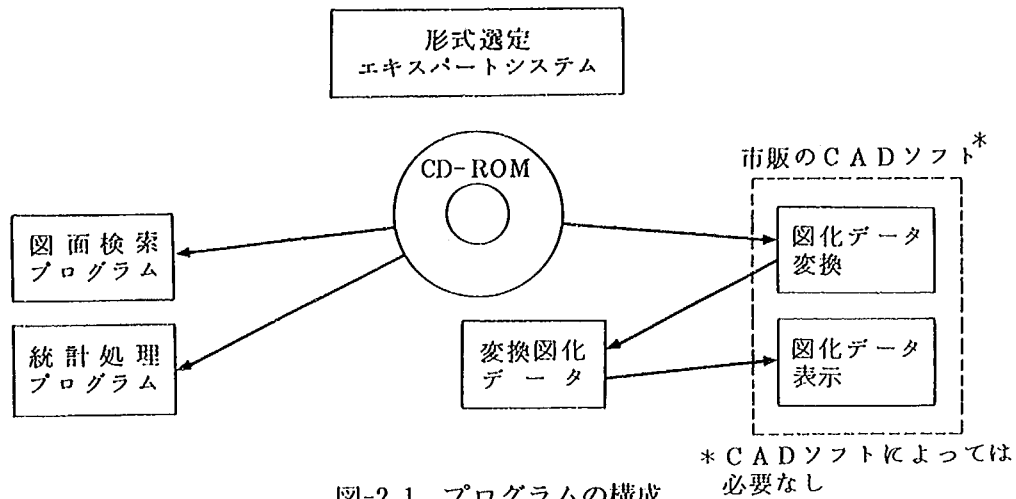


図-2.1 プログラムの構成

(3) 適用範囲

本システムは、「建設省制定土木構造物標準設計第 2 巻（擁壁類）」の集録内容を CD-ROM 化したものであり、適用範囲は標準設計と同様である。

標準設計に集録されている擁壁の構造形式およびその高さ範囲、集録件数は以下に示すとおりである。なお、詳細については「土木構造物標準設計第 2 巻」を参照されたい。

①	ブロック積（石積）	1.0～5.0m	117件
②	もたれ式	2.0～8.0m	96件
③	小型重力式	0.5～2.0m	180件
④	重力式	1.0～5.0m	553件
⑤	U型	2.0～3.0m	18件
⑥	逆T型	3.0～9.0m	642件
⑦	L型	3.0～8.0m	478件

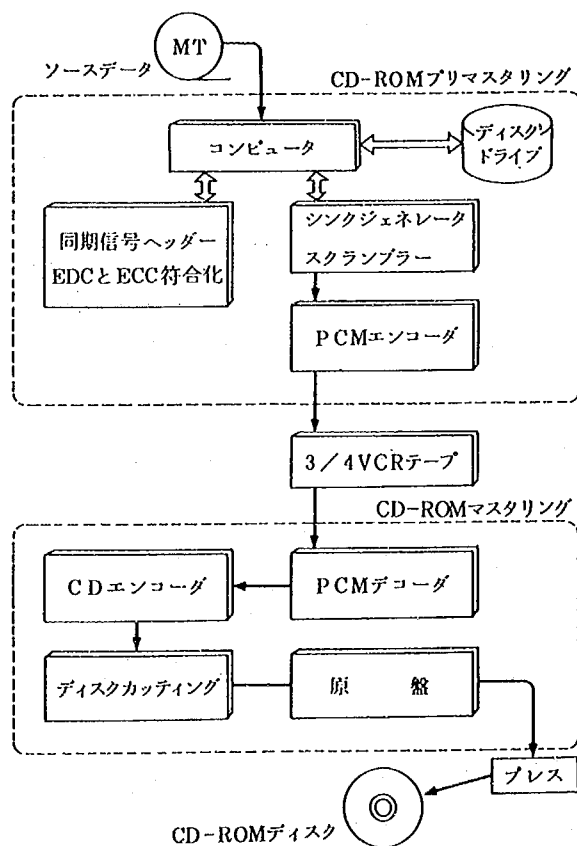
計 2,084件

2.2 CD-ROM の作成

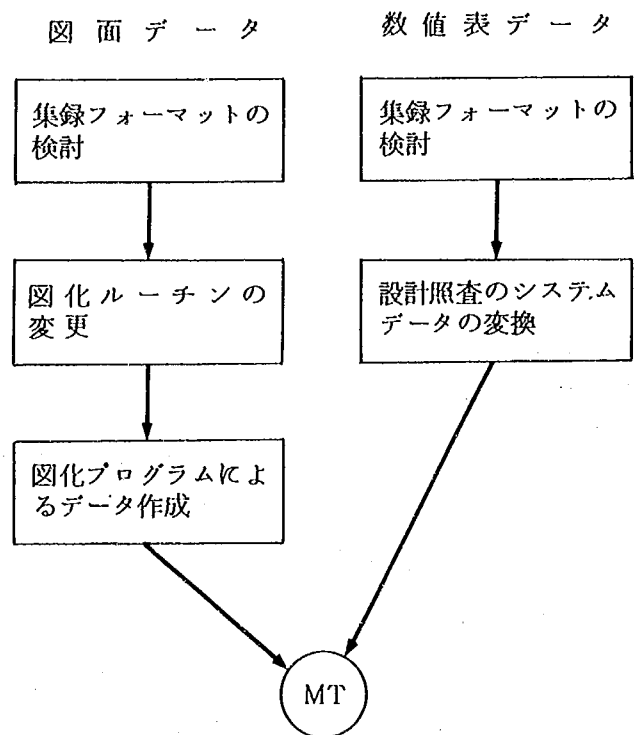
2.2.1 CD-ROM 作成のフロー

CD-ROM の製造過程は、図-2, 2(a)示すように大きく 3 つの工程に分かれている。CD-ROM にのせるべきデータの体裁を整える①プリマスタリング、②原盤を作るマスタリング、そして最後の③プレスである。これらの工程は、オーディオ用 CD と全く同じである。ただし、この行程にのせるためには、図-2, 2(b)に示すデジタル化したソースデータが必要である。すなわち、イメージ、音声、文字、すべてデジタル化して MT やビデオテープにすい上げる作業が必要である。

本システムの CD-ROM に集録する図面及び数値表データの作成は図-2, 2(b)に示すように、まず各々のデータフォーマットの検討を行い、既存の図化プログラム及び設計照査システムを利用してデータの作成・変換を行った。



(a) CD-ROM 製造プロセス



(b) ソースデータ作成フロー

図-2.2 CD-ROM の製造プロセス

2.2.2 図面データの集録

(1) 図面データフォーマットの検討

①図面データフォーマット

図面データは使用する機種、OS、CAD システム等に左右されないフォーマットとするのが望ましいが、コンピュータの機種や OS、使用する CAD システムによって互換性がないのが実状である。

標準設計利用支援システムの実用化に当たっては、単に図面を表示するだけではなく、設計段階における各種の試行錯誤をスムーズにし、よりよい設計を迅速に行えるよう支援する CAD フトの開発が必要と思われるが、定型的な作業の簡略化、設計変更へのスムーズな対応等の CAD 機能を実現するためには、図面データに図形情報以外の様々な設計仕様を示す情報（属性）を加えることが必要となる。しかし、属性は設計の対象物によって異なるため、共通性を持たせるのは困難である。従って、標準設計利用支援システムにおいては、まず CAD に持たせる標準設計独自の機能（例えば、擁壁高が中間にきた場合の自動修正等）を整理し、その機能を実現するために必要な標準設計専用の図形データの属性を検討する必要がある。ただし、今回のプロトタイプでは、図面データの表示・編集は市販のパソコン CAD ソフトを利用するため、多くの市販のパソコン CAD ソフトがサポートしている DXF ファイルを採用した。

② DXF ファイル形式

現在、多くの CAD ソフトが市販されているが、それらのデータ交換の標準化は完全にはなされていない。通常、CAD 間のデータ交換は、異なる CAD の組合せのペア毎にデータ変換プログラムを用意するのではなく、異種システムに共通な中間ファイルを設定し、これを媒介としてデータ変換プログラムを用意している。このパソコン CAD の中間ファイルとして最も多く利用されているのが DXF (Data eXchange Format) ファイルである。

DXF ファイルは、もともと Auto CAD という市販 CAD 製品の外部ファイルであり、中間ファイルとして設計されたものではない。したがって、Auto CAD のバージョンごとに数種類の DXF ファイルが存在するなど一部機能の変換には制限を受けることになる。しかし、今回使用した市販 CAD への変換においては特に問題は生じなかった。

また、DXF ファイルは ASCII テキスト形式のファイルであるためデータ量は大きく、標準設計「擁壁」の図面を DXF ファイル形式に変換した場合、1 図面のデータ量は約 400KB～600KB となる。CD-ROM 1 枚には図面のみで約 1,000 枚が登録可能である。なお、プロトタイプに集録する図面は 272 枚である。

(2) 図面データの変換と作成

標準設計図化プログラムはカルコンプ社の図化ルーチンライブラリを使用しており、図面データを磁気テープに出力し、オフラインプロッタで図化している。

図面データの作成は、標準設計図化プログラムで使用しているカルコンプ社の図化ルーチンライブラリ (HCBS) に相当するライブラリを新規に作成し、各プロッタルーチンで DXF 形式のファイルを出力

させている (図-2.3)。

カルコンプ形式の図化データをそのまま DXF ファイル形式に変換する方法ではなく、図化ルーチンを書き換えて DXF ファイル形式で出力したことにより、カルコンプ形式では直線の集まりであった漢字、円、円弧が、1つの漢字、図形として扱われ、データ量が少なくなるとともに、データの修正も容易となった。

以上のような変換を汎用大型コンピュータ上で行い、さらにパソコンのコード体系への変換及び CR・LF (データの句切りを表すコード) を付加する処理を行い、CD-ROM の2048バイト/セクタに合わせ1レコード2048バイトの固定長形式で磁気テープに出力した。

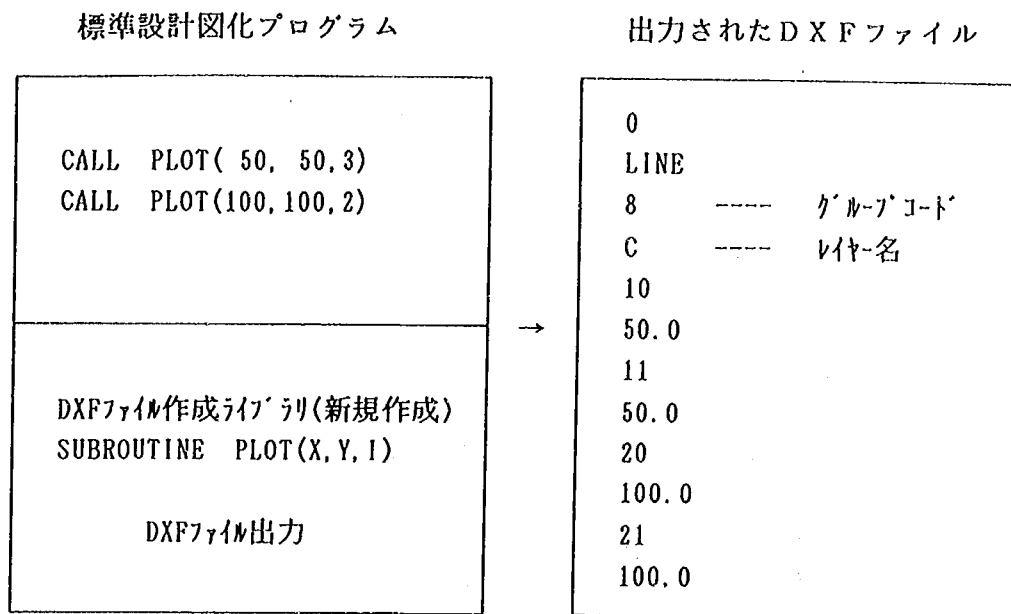


図-2.3 DXF ファイル変換方法

2.2.3 数値表データの集録

(1) 数値データの項目

プロトタイプ版の CD-ROM には、各形式合わせて2,084件の設計条件に対する設計結果あるいは材料数量等の数値データを集録した。表-2.1に数値データの項目を示す。

表-2.1 数値データ項目

分 類	デ ー タ 項 目
設 計 条 件	形式、高さ、裏込め土の種類、盛土勾配、高さ比
形 状	形状寸法
土 圧	すべり角、土くさびの重量、土圧合力、土圧力（水平、鉛直）、土圧係数（水平、鉛直）
安 定 計 算	底版中心における合力（鉛直力、水平力、モーメント）、偏心距離、滑動に対する安全度、地盤反力度
たて壁・底版の応力度	断面の幅、高さ、かぶり、鉄筋量、曲げモーメント、せん断力、コンクリート・鉄筋の実応力度
鉄筋組立図	たて壁（主鉄筋、配力筋）、つま先（主鉄筋、配力筋）、かかと（主鉄筋、配力筋）
材 料 数 量	コンクリート量（たて壁、底版）、型枠面積（たて壁、底版、端部）、鉄筋重量、基礎材量

注）集録されるデータ項目は擁壁の形式により異なる。

(2) 数値データフォーマット

数値データは、既存の設計照査システムのデータを変換して使用することとした。このデータは、各構造形式毎に数値表データ及び検索用インデックスの2種類のファイルで構成されている。なお、逆T型及びL型については数値表データが多いため、設計条件、土圧、応力度の3つに分けて集録している。

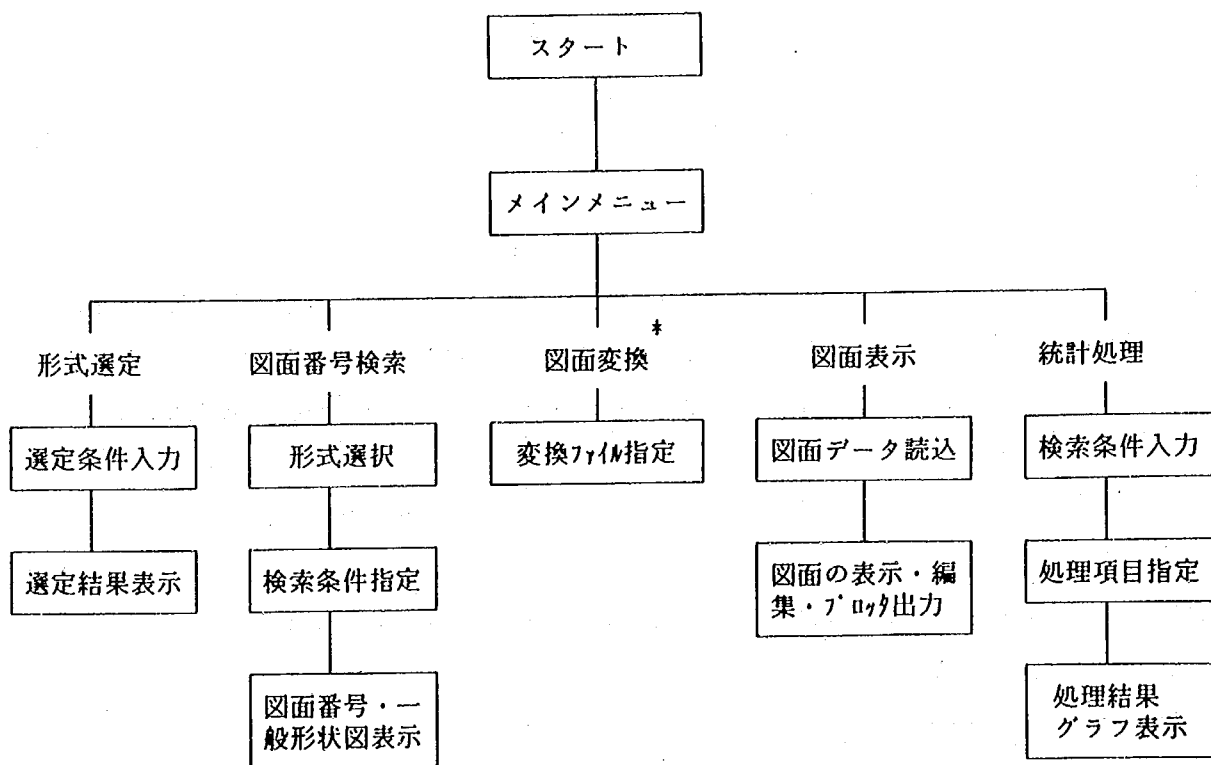
データフォーマットについての詳細は資料編を参照されたい。

2.3 支援システムの概要

本システムは下記の5つのプログラムから構成されている。

- ①形式選定………対話形式の入力により適切な擁壁の形式選定を行う。専門家知識の提供を目的としたシステムの一例。
- ②図面番号検索…検索条件を入力して、該当する標準設計図の図面番号及び一般形状図を出力する。
- ③図面変換……… CD-ROM に集録されている図面データ (DXF ファイル) を使用する市販 CAD ソフトの内部データ形式に変換する。
- ④図面表示………市販 CAD ソフトを起動し、③で変換した図面データを表示・編集する。
- ⑤統計処理………各種分析や判断の資料提供を目的として、数値表のデータを処理しグラフで表示する。

システム全体の操作の流れを図-2.4に示す。



* CADソフトによっては必要なし

図-2.4 システム全体の操作の流れ

2.3.1 形式選定

現行の標準設計は詳細設計を目的として作成されているが、標準設計利用支援システムでは、計画・概略設計・詳細設計・照査といった設計業務全般での利用を考えている。しかし、その基本となる CD-ROM にデータベースとして収録した設計データを各作業段階において有効に利用するためには、設計業務についての豊富な知識と経験が必要である。そこで、各作業段階における利用を支援することを目的として、エキスパートシステム (以下 ES と呼ぶ) 等の手法を用いて各種の規定や設計ノウハウ等専門家の有する知識の提供を行うこととした。本プロトタイプにおいては、設計計画時に行う擁壁形式の選定を対象とし、プログラムの作成を行っている。

(1) プログラムの概要

本プログラムは、知識の追加・修正の容易さを考えてゴール・事象変数・確信度等知識を構成するデータはデータファイルとしてプログラムとは独立した構成としている。

図-2.5に本プログラムの流れを示す。

まず、入力画面において10の選定要因とそれらの重みを入力する。重みの入力、選定要因間の重要度に差があること、及びその重要度が現場によって変化する場合があることを考慮したものである。

選定要因及びその重みが入力されると、データファイル化された知識ベースにしたがって推論が行われる。ただし、ここではプログラムの簡略化のため、シェルで行われているような前向きあるいは後向き推論は行わず、並列的に要因に与えられた各形式の得点を加算している。この際、得点が0であれば、「適合しない」(完全否定)となり評価点(得点の合計)を0とし、その形式の計算は中断される。

$$\text{評価点} = \text{要因1の「得点} \times \text{重み」} + \dots + \text{要因10の「得点} \times \text{重み」}$$

以上のような計算を下記の形式について行い、適合度を示す評価点を表示する。

- ①ブロック積 (空積)
- ②ブロック積 (練積裏コンなし)
- ③ブロック積 (練積裏コンあり)
- ④重力式
- ⑤もたれ式
- ⑥片持ばり式—逆T型
- ⑦片持ばり式—L型

(2) プログラムの作成フロー

本プログラムの作成手順を図-2.6に示す。

まず、開発環境の検討として、ESで実現する目標及び欲しい結論を整理し、システム構築用ツール

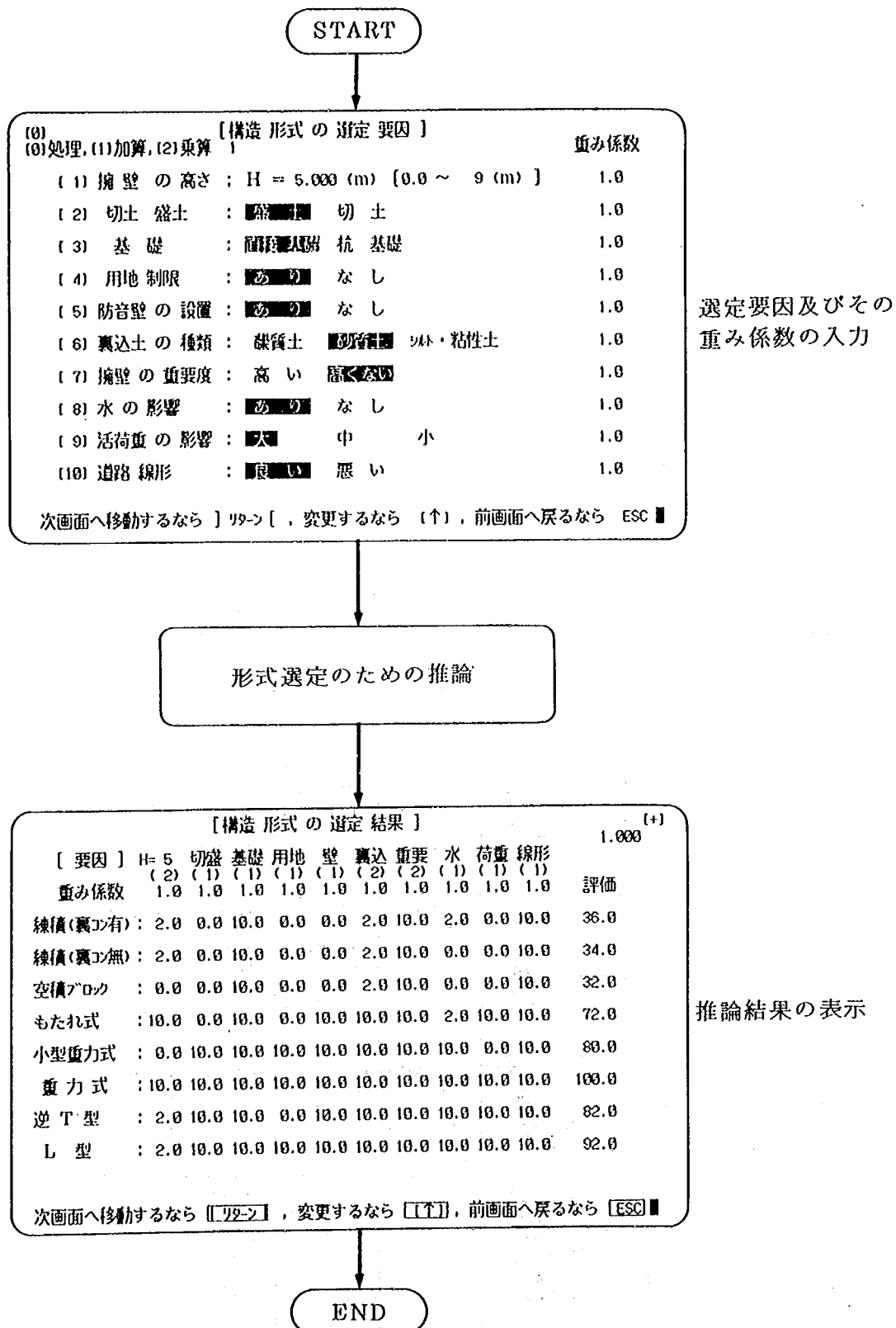


図-2.5 形式選定エキスパートシステムのプログラムの流れ

の選択を行った。本ESの開発は、パソコン用の市販シェル「創玄」を用いて行った。

次に、道路土工に関する指針（表-2.2参照）を中心として、これに専門家の経験的な知識を加えて以下の10の選定要因を抽出した。

- ①擁壁の高さ
- ②地盤条件
- ③基礎形式
- ④用地制限
- ⑤防音壁の設置
- ⑥裏込め土の種類
- ⑦擁壁の重要度
- ⑧水の影響
- ⑨活荷重の影響
- ⑩道路線形

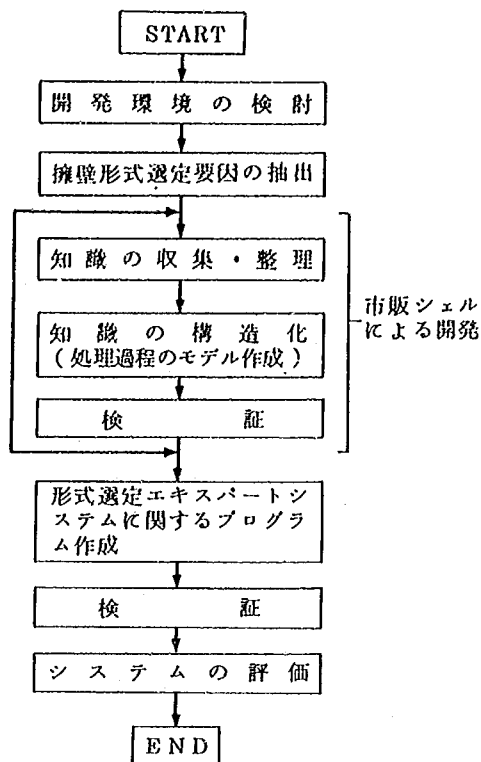


図-2.6 作成手順

表-2.2 構造形式選定の目安

種 類	形 状	擁 壁 高 さ	特 徴	採用上の留意点	経 済 性
ブロック積 (石積)擁壁		・空積3m以下 ・練積 裏込めコンクリートなし …5m以下 裏込めコンクリートあり …7m以下	・のり面勾配、のり長および平面線形などを自由に変化させることができる	・のり面の保護、土圧の小さい場合（背面の地山が締っている場合や背面土が良好な場合など）	・他の形式に比較して経済的
重力式擁壁		・5m程度以下	・コンクリート擁壁の中では施工が最も容易	・基礎地盤の良い場合（底面反力が大きい） ・軽い基礎となる場合は不適	・高さの低い場合は経済的 ・高さが4m程度以上の場合は不経済となる
もたれ式擁壁		・10m程度以下が多い ・15m程度まで用いられた例はある	・山岳道路の拡張などに有利 ・自立しないので施工上注意を要する	・基礎地盤の堅固な場所	・比較的経済的である
片持ばり式擁壁 (逆T型) (L型)		・3m-10m程度	・かかと版の上の土の重量を擁壁の安定に利用できる	・普通の基礎地盤以上が望ましい ・基礎地盤のよくない場合に用いられる例はある（底面反力は比較的小さい）	・比較的経済的である
控え壁式擁壁		・6m程度以上	・く体のコンクリート量は片持ばり式擁壁に比べ少なくなることもあるが施工に難点がある	・基礎地盤のよくない場合に用いられる例はある（底面反力は比較的小さい）	・高さ、基礎の条件によって経済性が左右される
その他の擁壁 (特殊擁壁)	地形条件、地盤条件、環境条件および各種の制約条件などに応じて適宜採用される				

1) シェルによる ES 作成

ES の開発は、ルール of 修正や確信度の値の変更等試行錯誤を伴うものであるが、シェルを利用することにより、ルール of デバッグ等が容易となり効率的な作業が可能である。

まず、選定要因に関する知識の収集・整理を行い、選定要因と各形式との関係を表す適合表（各選定要因との適合の度合により○△×をつける）としてまとめた。次に、この表をもとに各々の関係をルール化した。また、利用者が判断しにくいと思われる選定要因については、判断を助けるようなルールを追加した。

ルールには確信度と呼ばれる曖昧さを表現する係数が与えられるが、選定要因間には重要度に差があるため、確信度は集計された結果を考えて総合的な判断に基づいた設定をする必要がある。これに留意して、本システムでは以下のような確信度の設定を行った。

I. 重要性の高い項目については、それがすべて成立したときに確信度 +0.80 を与える。

例 もし $4\text{ m} < \text{擁壁高}(H) \leq 9\text{ m}$
 かつ 擁壁の設置箇所は切土
 かつ 基礎は堅固である
 ならば 擁壁はもたれ式が適当である（確信度 = +0.80）

II. 成立した重要項目以外の項目については、確信度の正負のバランスに注意し ±0.40 を与える。

例 もし 裏込め土の種類はシルト・粘性土である
 ならば 擁壁は逆 T 型が適当である （確信度 = +0.40）
 擁壁は L 型が適当である （確信度 = +0.40）
 もし 擁壁高(H) $\leq 3\text{ m}$
 ならば 擁壁は逆 T 型が適当である （確信度 = -0.40）
 擁壁は L 型が適当である （確信度 = -0.40）

最後に、作成した知識の検証を行った。現場条件を仮定し、ES が選定した形式と何人かの専門家の回答とを比較し、ES が出した結論が妥当でなければ、知識ベースのチェックを行い、その修正を行った。

2) 形式選定 ES に関するプログラム作成

シェルを利用して作成した ES には以下のような問題点があるため、本プロトタイプでは 1) で作成した ES と同様な動作を行うプログラムを作成することとした。

- ①別のシステムへの組み込み・連動ができない
- ②グラフィックの表示・外部ファイルへのアクセス等インターフェースの面での制約
- ③画面や操作をシステムに統一できない

プログラム化に当たっては、その簡略化のため、知識ベース及び推論機構に表-2.3に示すような制限・変更を加えた。

表-2.3 プログラム化の際の制限・変更等

ルール	すべてのルールの結論項目がゴール項目である。すなわち、以下の形に統一している。 IF 選定要因 1 が… THEN 擁壁 1 が適当(確信度=**) 擁壁 2 が適当(確信度=**) : 一部の選定要因は具体性に欠けており、利用者が判断しにくいものもある。判断を助けるための（より具体的な記述による）ルールが必要である。
HOW, WHY HELP機能	推論過程を表示するHOW機能及び、質問の根拠について答えるWHY機能、質問等の理解を助けるHELP機能の省略
UNKNOWN	質問に対して、「わからない」(UNKNOWN)または、「たぶん…」(シェルでは答えに対する確信度を入力できる)というような曖昧な回答ができない。
確信度の 集計方法	「創玄」での確信度の集計方法は以下のとおりであるが、プログラム化に際してはルールを単純化したため、各選定要因－各形式の確信度（得点）に重みを掛けて加算し、100点満点になるように調整した。 1) CF2=±1.00の場合 CF3=±1.00 CF1:それまでの確信度の集計値 2) CF1>0 かつ CF2>0の場合 CF2:新しく成立したルールに与えられた確信度 CF3=CF1+CF2-CF1・CF2 3) CF1・CF2≤0 かつ CF2 ≠1の場合 CF3:新しい確信度の集計値 $CF3 = \frac{CF1+CF2}{1-\min(CF1 , CF2)}$ 4) CF1<0 かつ CF2<0の場合 CF3=CF1+CF2+CF1・CF2

2.3.2 図面番号検索

図面番号の検索は現行の標準設計の最も基本的な作業である。その検索パターンは、設計条件に対して1枚の図面を検索するというものであるが、標準設計利用支援システムでは計画から照査まで設計業務全般を対象とするため、検索パターンも多様化するものと思われる。ただし、本プロトタイプでは現行検索パターンのプログラム開発を行った。

(1) プログラムの概要

標準設計における図面検索の流れ（逆T型擁壁）を図-2.7に示す。利用者はこの流れにそって索引表から図面番号あるいは数値表番号を検索するが、集録条件が多いため検索ミスをするケースもある。本プログラムは形式、設計条件を入力し、CD-ROM内にある数値表を検索して図面番号、形状寸法等を表

示するものであり（図-2.8参照）、迅速・正確な検索を行うことが可能である。

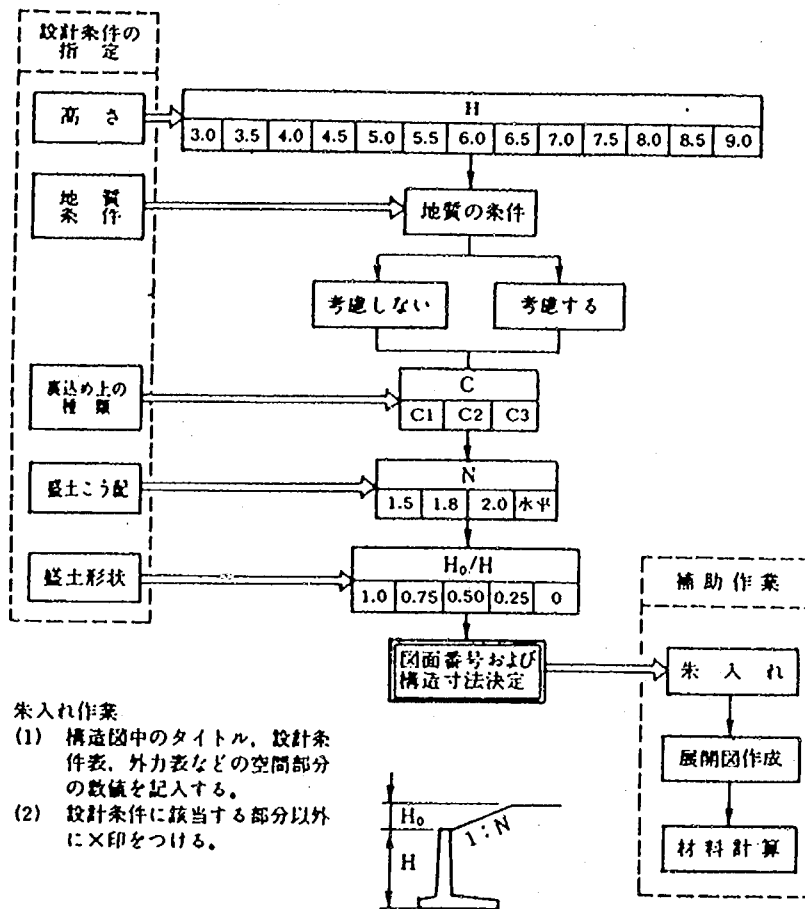


図-2.7 図画検索の流れ (逆T型)

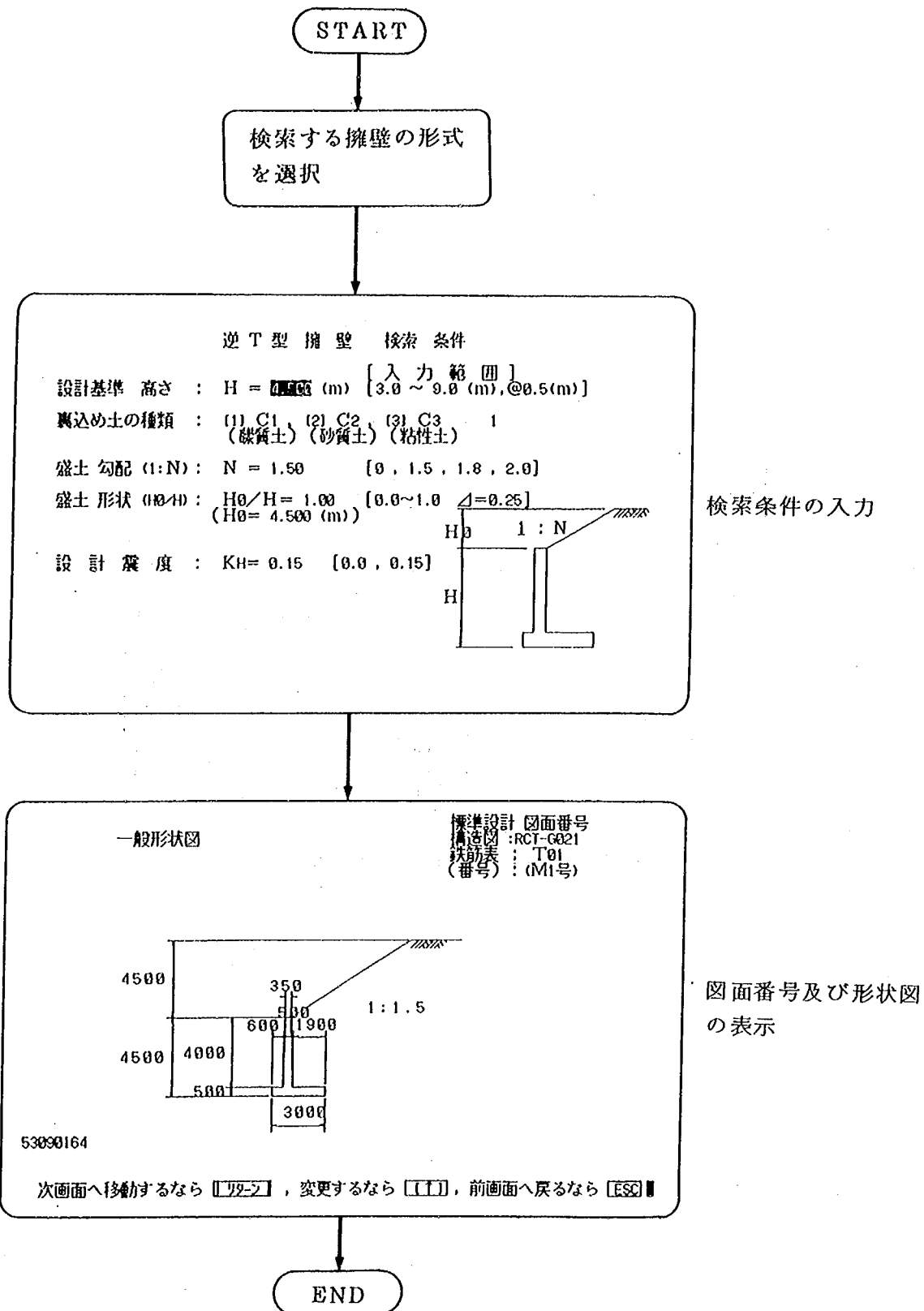


図-2.8 検索プログラムの流れ

擁壁形式別の検索条件は表-2.4のとおりである。

表-2.4 擁壁形式別検索条件

構造形式	ブロック積		もたれ式	重力式		U型	片持ばり式	
	練積	空積		小 型	通 常		逆T型	L 型
基礎地盤	注 1		礫、硬岩	注 2		—	—	
高 さ(m)	1.0～5.0		2～8.0	0.5 ～2.0	1.0 ～1.5	1.0～2.0	3.0～9.0	3.0～8.0
幅 (m)	—		—	—		2.0～3.0	—	
前面勾配	0.3～0.5		同 左	0.02～0.5		—	—	
背面勾配	—		0.2 0.4	—		—	—	
設計震度	—		—	—		—	0.15	
裏込め土	U1～U3		C1, C2	C1～C3		—	C1～C3	
盛土勾配	—		—	逆T型に同 じ		—	1, 5, 1, 8, 2, 0 水平	
盛土形状	—		—	1.0～0		—	1～0(0.25)	

注1 ブロック積の構造形式は、練積の中で、裏込めコンクリートの【あり】、【なし】に細分され、空積と合せて3つのタイプに区別される。

注2 重力式の小型重力式と重力式の区別は、自動車荷重の影響を【受けない】、【受ける】の別。

(2) 検索方法

ここでは、システム内部での検索の流れについて述べる。

まず、入力された検索条件を検索キーと呼ぶ8桁の数字に変換する。検索キーは、多数の条件の一致を迅速にチェックするための工夫であり、8桁の数字は各々表-2.5に示すような意味を持っている。

次に、各形式別に作成されたインデックスファイルを参照し、検索キーに一致する数値表のレコード番号を調べる。そして、数値表データファイルの該当レコードから図面番号及び形状寸法のデータを読み込み、それらを表示している。

表-2.5 検索キーの内容

桁 1 2 3 4 5 6 7 8

	ブロック式	もたれ式	重 力 式	U 型	逆 T 型	L 型
1 カラム	[1]	[2]	[3] 小型 [4] 重力式	[4]	[5]	[6]
2 カラム	[1] 練積-1 [2] 練積-2 [3] 空積	[1] 岩基礎 [2] 礫質土	[1] 自動車無 (小型) [2] 有	[0]	水 平 震 度 20倍して整数化 [K _n ×20]	
3 カラム 4 カラム	高 さ (H T) を 2 倍 して 整 数 化 [2] ~ [1 8] I N T (H T × 2)					
5 カラム	前 面 勾 配 (n ₁) [n ₁ × 20 - 4] [n ₁ × 20 - 5] [n ₁ × 10]			底面幅 [W × 2]	[0]	[0]
6 カラム	裏 込 め 土 [1] U 1 [1] C 1 [1] C 1 [2] U 2 [2] C 2 [2] C 2 [3] U 3 [3] C 3 [3] C 3			天端厚 [t × 10 - 1]	裏込め土 [1] C 1 [2] C 2 [3] C 3	
7 カラム	[0]	[0]	盛土勾配 [n × 4]	側壁内面 ※	盛 土 勾 配 [n × 4]	
8 カラム	[0]	背面勾配 [n ₂ × 20]	盛土高さ比 [H ₀ / H × 4]	[0]	盛 土 高 さ 比 [H ₀ / H × 4]	
インデックス ファイル	RMINDX. DAT	RLINDX. DAT	SRGINDX. DAT RGINDX. DAT	RUINDX. DAT	RCTINDX. DAT RCTINDX. DAT	
数値 データ ファイル	RMDSNDT . DAT	RLDSNDT . DAT	SRGDSNDT. DAT RGDSNDT. DAT	RUDSNDT. DAT	RCTDSNC. DAT RCLDSNC. DAT RCTDOAT. DAT RCLDOAT. DAT RCTSTRS. DAT RCLSTRS. DAT	

※ 幅 - 2 × 天端部材厚 - 底板スパン

[W - 2 × t - B_s]

2.3.3 図面表示

現行の標準設計では、経済性等を考慮した上で複数の条件を1枚の図面に集約し、より多くの適用条件に対応する工夫をしている。しかし、このことにより利用者は図面の修正作業（使用しない断面の消去、数値表からの転記等）を必要とし、図面の品質や転記ミス等の問題点も指摘されている。

図面データを CD-ROM に集録することにより、集録図面数の拡大が図れ、上記問題点の解決が図れるとともに、図面データを王犬することにより、形状等の一部修正・変更に自動的に対応できる専用 CAD の開発も可能であると思われる。したがって、CAD にもたせる機能を整理し、その機能を実現させるのに必要な図面データの設計を行う必要がある。

本プロトタイプでは、図面の表示・印刷に市販 CAD 「Generic CADD」を使用した。また、図面データは、多くのパソコン CAD がサポートしている DXF ファイル形式で集録した。

「Generic CADD」では以下の 4 つのプログラムを用意している。CD-ROM に集録された DXF ファイルを表示するためには、AUTOCON プログラムにより、内部形式の DWG ファイルに変換する必要がある。また、プロッタへの出力を行う場合は、CONFIG プログラムにより使用機器の設定を行うとともに、プロッタ・パソコン側での設定も必要となる（詳細は参考資料の操作手順を参照）。

CADD. EXE……………CAD プログラム本体。プロッタ出力。

DOTPLOT. EXE … DWG ファイルをプリンタへ出力。

AUTOCON. EXE … DXF → DWG への図面データ変換。

CONFIG. EXE……………ディスプレイや入出力機器等の環境設定。

CADD の作業メニューを図-2.9 に示す。このプログラムは、図面作成に関する機能が豊富であり、いわゆる「製図ツール」として開発されていることがわかる。しかし、標準設計図面の利用形態を考えると、図面の編集よりも図面の検索、定型的な処理（例えば、擁壁高が中間にきた場合の修正等）、プロッタ出力が CAD ソフトに求められる主な機能であると思われる。

2.3.4 統計処理

数値表をデータベース化することによる大きなメリットは、設計データの利用率・利用範囲の向上である。紙の媒体に対して設計諸数値間の関係比較が容易となるため、特に計画・概略設計や照査において有効な情報が提供されることになる。統計処理プログラムは、CD-ROM に集録されている設計情報を目的に応じて処理加工し、各種分析や判断の資料として利用者に提供するものである。

・主メニュー
作画 部品編集 文字 ハッチング 画面操作 図形編集 領域編集 画層編集 図面編集 寸法記入 グリッド 表示 単位 制御 補助機能 解析計算 作画終了

・作画 線分 点 長方形 正多角形 2点円 3点円 ラバー円弧 3点円弧 4点円弧 楕円 自由曲線 ベジェ曲線 幅線作成 点スナップ 線編集 主メニュー	・部品編集 部品配置 ドラッグ 部品状態 部品分解 部品置換 部品削除 部品セーブ 部品ロード 部品登録 拡大縮小 回転角度 全部品セーブ 部品スナップ 部品一覧制御 部品一覧表示 主メニュー	・文字 文字列記入 文字列追加 文字列削除 文字列置換 作成/修正 フォント 色 サイズ 文字列の傾き 文字幅 文字の傾き 高速文字表示 領域文字表示 主メニュー	・ハッチング 領域内ハッチ 図形内ハッチ 点列内ハッチ ハッチ種類 倍率 角度 色 表示/非表示 領域内塗潰し 図形内塗潰し 点列内塗潰し 色 表示/非表示 主メニュー	・画面操作 全図形表示 全図面表示 部分拡大 拡大率指定 視点呼出し 直前画面表示 2倍拡大 1/2縮小 画面移動 再描画 逆順再描画 視点登録 視点削除 主メニュー	・図形編集 部分削除 データ変更 削除 平行移動 平行コピー 点移動 ベジェ編集 直前図形削除 図形復活 線色指定 線種指定 線の太さ指定 線種ピッチ 全画層編集 点スナップ 線編集 主メニュー	・領域編集 データ変更 削除 平行移動 平行コピー 鏡面コピー 回転移動 拡大縮小 セーブ 部品登録 全画層編集 主メニュー	・画層編集 現在画層登録 画層表示 画層非表示 再描画 データ変更 回転移動 拡大縮小 ロード セーブ 全画層編集 主メニュー
・図面編集 ロード セーブ ブロック出力 配置 削除 データ変更 回転移動 拡大縮小 原点移動 主メニュー	・寸法記入 長さ寸法 角度寸法 直径寸法 半径寸法 面取り寸法 特殊半径寸法 対象寸法 引出し線 直前寸法削除 寸法線変数 寸法値属性 矢印属性 公差属性 主メニュー	・グリッド 間隔 スナップ 表示モード カーソル移動 間隔100 間隔50 間隔20 間隔10 間隔5 主メニュー	・表示 画面メニュー 参照点 構成点 標準点 絶対座標系 相対座標系 極座標系表示 ステータス行 ラバーバンド 表示色 カーソル色 カーソル長 再描画 画面情報表示 主メニュー	・単位 m cm mm フィート フィートインチ インチ 分数表示 分数表示情報 小数表示 小数表示情報 度分秒表示 度表示 主メニュー	・制御 入力点誤差 全画層編集 直文モード 画面サイズ 基点指定 トレース トレース倍率 高速文字表示 高速円弧表示 図面パス 部品パス フォントパス 主メニュー	・補助機能 作図終了 データ圧縮 原点モード 基点モード 相対量モード 作業領域 メニュー選択 メニュー削除 新画面メニュー 画面メニュー シートメニュー バッチ登録 バッチ実行 全部品セーブ 主メニュー	・解析計算 距離 角度 画線 作画 主メニュー

図-2.9 「CADD」の作業メニュー

(1) プログラムの概要

本プログラムでは操作性を考え、必要と思われる情報を地建へのアンケート調査結果から整理し、処理メニューとして図-2.10に示す項目間の関係をグラフ表示し提示することとした。また、擁壁の形式毎に数値表の項目数・種類が違いため、形式は逆T型・L型に限定した。

図-2.11に本プログラムの流れを示す。

まず、検索条件を指定し、数値表の中から必要なデータの絞り込みを行う。処理の区分とはX-YグラフのX軸に相当する項目であり、「擁壁高さ」と「裏込め土の種類」のどちらかを選択する。検索条件が決定されると、CD-ROM から数値表データの読み込みが行われる。

次に、処理項目（グラフのY軸に相当する項目）の選択を行う。ここで、概算工費を算出するのに必要なコンクリート・型枠・鉄筋の単価は、利用者が必要に応じて変更することができる。

以上の指定を行うと、数値表の値あるいはそれを加工した値がグラフにプロットされる。しかし、これらの情報をどのように判断・利用するかについては、十分な知識と経験が必要であるため、用意したメニューについては解説等の支援情報も必要であると思われる。

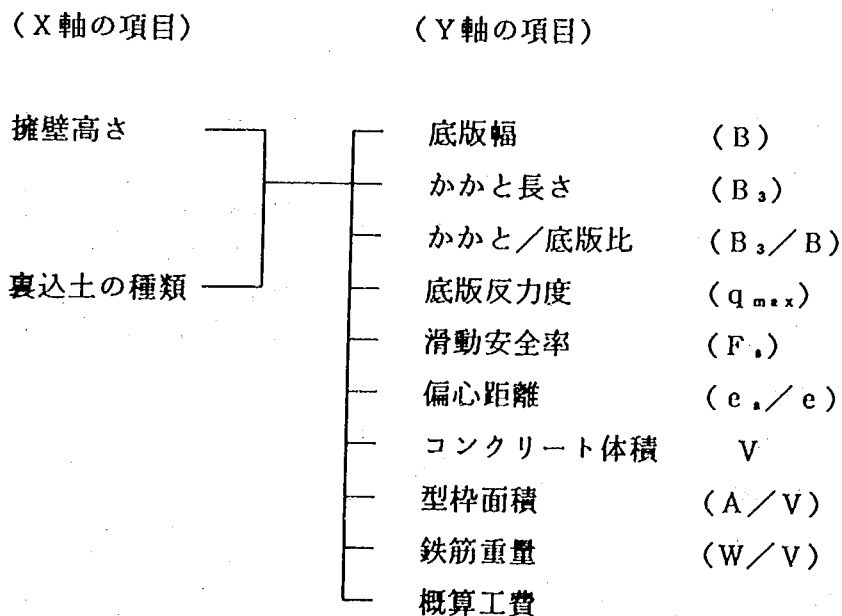


図-2.10 統計処理項目

(2) 統計処理項目

設計業務において必要な情報は多種多様であり、統計処理プログラムにおいては数値表の値を自由に処理・加工できるのが望ましいが、各作業段階（計画・概略設計、詳細設計、設計成果の照査、積算）において特に有効と思われる情報については、あらかじめ処理メニューとして用意しておき、簡単な操作で引き出す方法が効率的であると思われる。

各作業段階において有効と思われる設計情報を抽出するために、各地方建設局に調査表を発送して意見を収集した。以下にその結果を示す。

①計画・概略設計

- ・概略工事費
- ・材料数量及び
底盤幅
- ・つま先、かかと
- ・底版反力度
- ・材料数量に使用した形状寸法 (B、h、t)

②設計成果の照査

- ・コンクリート
単位体積当たりの鉄筋量と
型枠面積
- ・壁の高さと鉄筋の段落し位置
- ・曲げモーメントと配筋量
- ・基礎地盤を置換した場合の厚さと底版反力度

③その他

- ・杭基礎を有する底版の構造
- ・荷重の配分(自重、土圧、載荷重)

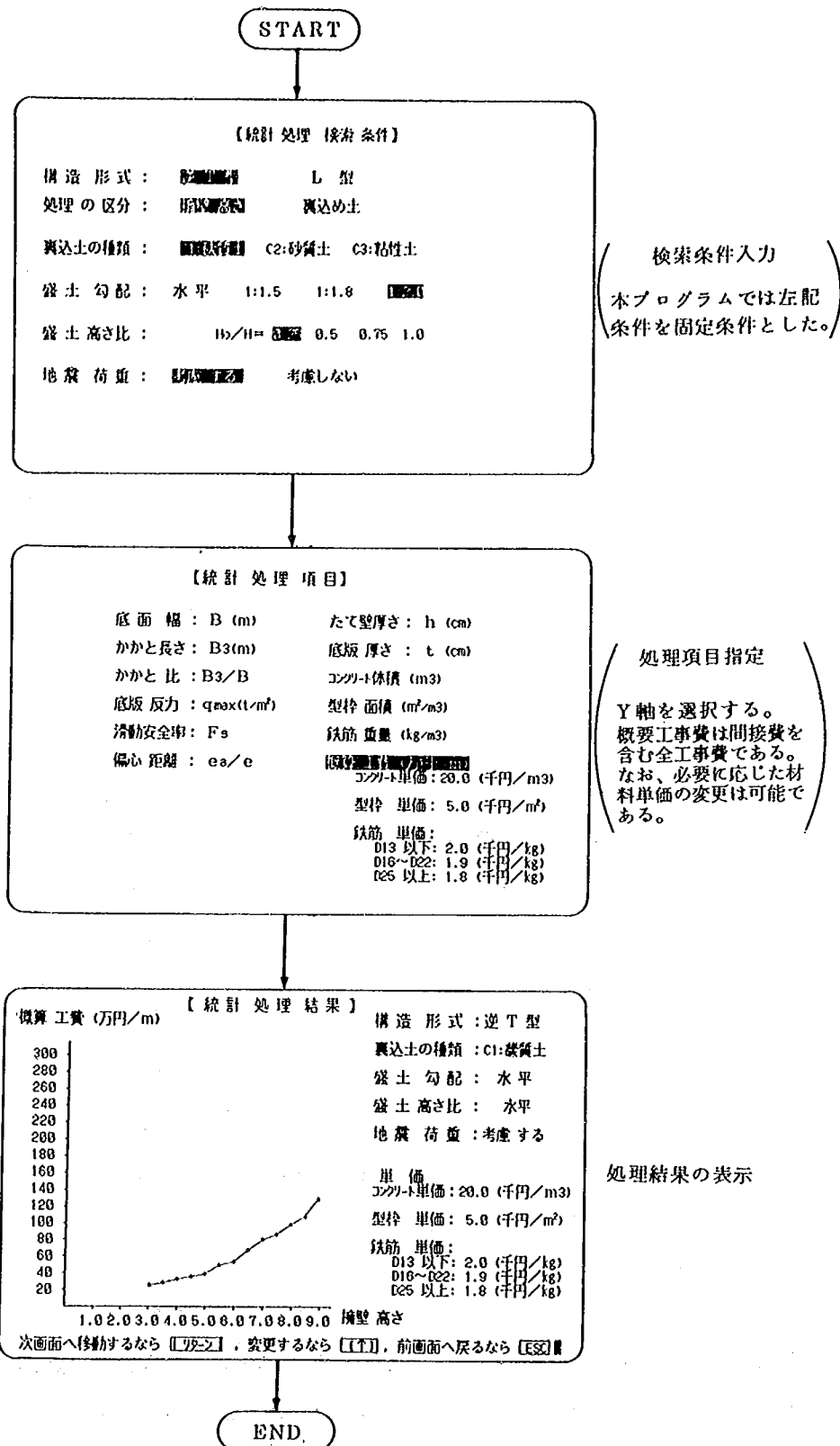


図-2.11 統計処理プログラムの流れ

3. 支援システムの機能に関する検討

標準設計利用支援システムの実用化に向けて、①プロトタイプの評価を通じて必要な機能、②システムの基本となる数値表・図面データ、③詳細設計以外への利用を支援するための情報提供方法について検討を行った。

3.1 プロトタイプの評価

標準設計利用支援システムをより使い勝手の良い、実用的なものとするために、プロトタイプシステムの使用上の問題点、要望、意見についてアンケート調査を行った。アンケートは13名に対して行ない、回答率は100%であった。その結果をもとにプロトタイプシステムに関する評価を行う。

(1) 標準設計の利用について

①標準設計の利用方法

標準設計の利用方法については表-3.1に示す調査結果を得た。

表-3.1 標準設計の利用について

(数字は利用している回答数)

標準設計の利用方法	
ほとんど修正しないで詳細設計として利用	3
部分的に抜き出したり、修正した上で、詳細設計として利用	4
設計成果の照査資料として利用	9
構造形式別の工費の比較など概算設計として利用	8
事業予算の概算などの計画段階で利用	3
設計の考え方や数値の取り方などの参考として利用	9

その他の利用方法として、土圧等の計算式、鉄筋（配筋）の決定方法等の参考資料として利用するという意見があった。

②その他、現行の標準設計に関する意見

- ・橋台、橋脚の数値表中、安定計算の応力結果がないので杭基礎の検討に続けられない、改良してほしい。
- ・標準設計と条件が多少違う設計にも利用したい。
- ・景観への配慮

(2) 標準設計利用支援システムについて

①エキスパートシステム (ES)

○ESに必要な機能について

表-3.2 ESに必要な機能について

数字は回答数

機 能	必要	不必要	無回答
質問や説明を助ける図等のグラフィック表示機能	10	1	2
用語や質問の理解を助けるHELP機能	13	0	0
質問の根拠について答えるWHY機能	8	2	3
「わからない」とか「たぶん、」といった曖昧な回答を可能にする機能	5	2	6
地建毎の運用やユーザーの経験等、知識の追加・修正機能	10	2	1
概略設計等で、必要な数値をCD-ROMから取り出してくる機能	7	2	4
ユーザーが簡単な計算を行うための電卓機能	2	6	5
プリンタへの印刷機能	9	1	3

ESの機能について、以下の意見が出された。

- ・杭基礎形式に対して、底版幅の設定機能があればよい。
- ・概算工費を形式選定の評価にいれる。
- ・設計照査に関するESを既存の設計データを基に構築できないか。
- ・表形式のアウトプットがあればよい。
- ・重みの取扱い方が難しいので、自由度を与えない方がよい。
- ・知識は標準的なものを用意して、システムとして知識の追加・修正機能は必要がないのではないか。

○自由意見

- ・設計の考え方等の知識情報を提供するシステムがあるとよい。
- ・形式選定に関しては、経済性に対する評価が必要である。
- ・形式が選定された場合の裏付けとなる資料の出力。
- ・ランク（評価）の高い順に表示。
- ・選定された形式とそれに対応する数値表・標準図（番号）が検索できるとよい。
- ・擁壁の形式選定に最も影響を及ぼすものは、土工量による工費であると思われる。このため、土工数量を計算して形式を選定するシステムが必要となるのでは。
- ・最終的に、選定された形式を表形式に整理し、資料として利用できるようにした方がよい。

- ・擁壁については、道路土工を考慮して設計されるので、地形データを考慮した形式選定ができればよい。
- ・選定された形式の取扱い方、根拠の問題について検討が必要。
- ・点数、確信度等の評価方法の検討が必要。
- ・答えられない選定要因については、さらに具体的な質問で答を引き出すようにする。

② 検索システム

○検索システムに必要な機能について

表-3.3 検索システムに必要な機能について

(数字は回答数)

機 能	必要	不必要	無回答
条件入力等を助ける図等のグラフィック表示機能	10	1	2
用語や操作の理解を助ける H E L P 機能	9	0	4
検索条件に* (任意) や範囲 (高さ 2 ~ 5 m) を指定できる機能	12	0	1
数値表に集録されている設計条件・結果の一覧表示機能	11	0	2
検索結果をある項目の内容により、並び替えを行う機能	5	2	6
検索した図面番号の図面を表示する、C A D との連動機能	12	0	1
ユーザーが簡単な計算を行うための電卓機能	1	7	5
プリンタへの印刷機能	8	2	3

○自由意見

- ・上部工の検索条件の統一 (上部工の概算費用算出のため)。
- ・検索した図面は詳細図 (CAD 図) で参照したい。
- ・検索条件入力時にマウス等を用いて操作を簡単にした方がよい。
- ・検索した構造図を複数個同時表示 (一画面) できる機能があればよい。
- ・CD-ROM 1 枚に入らないデータを検索することをシステム上クリアーする必要がある。
- ・エキスパートシステムと関連 (連動) した検索システム。
- ・標準設計を全然知らない人が入力したデータに対して標準設計で最も一番近いものはなにか教えてくれるものが欲しい。
- ・検索条件が該当しない場合の処理を上手に支援する必要がある。

③図面の表示・編集（C A D）システム

○図面の表示・編集システムに必要な機能について

表-3.4 図面の表示・編集システムに必要な機能について

（数字は回答数）

機 能	必要	不必要	無回答
用語や操作の理解を助ける H E L P 機能	8	2	3
図面の拡大・縮小機能	13	0	0
図面の移動機能	12	0	1
図面の部分修正機能	11	1	1
D F X ファイル入出力機能	7	3	3
標題欄等の登録・張り込み機能	9	0	4
ユーザーが簡単な計算を行うための電卓機能	1	7	5
プロッタ出力機能	10	0	3
プリンタ出力機能	7	3	3

C A D システムの機能について、以下の意見が出された。

- ・手持ちのどのプリンタにも出力できるように。
- ・工種別の C A D 専用コマンド（できれば絵を直せば材料、工費も修正）
- ・部分描画。
- ・スピードアップを特に望む。
- ・図面の部分修正を行う場合の他の部分への連動した修正機能。
- ・ディスプレイ上の表示の明確化が必要であると考えられる。
- ・拡大・縮小機能を充実する必要がある。

○自由意見

- ・ D X F ファイル以外にも提供できないか。
- ・ 静電プロッター等対応できるような出力 File (プロッタ) とする、必要があると思う。(カルコン プ Format であれば比較的対応しやすいと思われる)
- ・ 32bit パソコン対応及びハイレゾリューション対応も必要である。
- ・ 画面表示の高速化。
- ・ C A D で修正できない数値 (項目) を設定する必要がある (専用 C A D の開発)。
- ・ 専用 C A D で開発し、ファイル変換が不要としたい。
- ・ 図面の寸法を変更した場合、材料表を連動して自動的に変更されるようになればよい。
- ・ 変更したデータに最も近い標準設計が何なのか教えてくれる機能。

- ・自由に修正ができる場合、基準にあわないもの、あるいは、計算したらもたないものの図ができる可能性がある。修正した場合、この修正が適切かどうかのチェック機能が必要。
- ・一部修正をした場合、これに連動して変更されなければならないデータがあるはずである、これらの整合性について。
- ・CADについては、各々のユーザーがすでに利用しているCADを使って、処理する希望が多いので共通データの形で公開することは絶対必要。
- ・標準設計専用CADの開発し、不必要な機能を削除する。
- ・図面の表示（図化）に時間がかかるので、静電プロッター等の利用を考慮する必要がある。
- ・図面等の修正時において、鉄筋量の自動計算等の機能を追加する必要がある。
- ・パソコン上での利用では処理速度が課題。

④統計処理システム

○統計処理システムに必要な機能について

表-3.5 統計処理システムに必要な機能について

(数字は回答数)

機 能	必要	不必要	無回答
条件入力等を助ける図等のグラフィック表示機能	6	2	5
用語や操作の理解を助けるHELP機能	7	1	5
四則演算や算術関数による表計算機能	5	4	4
統計関数（平均、合計等）による表計算機能	9	2	2
座標軸目盛り等の変更機能	8	1	4
グラフ化した数値の表示、出力（ファイル、プリンタ）機能	11	0	2
各種のグラフ（円、棒、散布図等）に対応	10	0	3
ユーザーが簡単な計算を行うための電卓機能	1	7	5
プリンタへの印刷機能	10	0	3

統計処理システムの機能について、以下の意見が出された。

- ・回帰式計算機能。
- ・市販の統計処理ソフト（グラフソフト）にデータを引き渡す機能。

○自由意見

- ・複数のグラフを同一画面に同時に表示するとわかりやすい。
- ・統計処理については、個々のユーザーで多様な処理が発生するものと思われるため、市販のソフトに依存させては。

⑤その他のシステム、意見等

- ・概算数値、概算工費算定プログラムを開発したらどうか。
- ・鋼上部工の分野で現行の単純合成桁以外に標準設計に取り込むべきである。現実には単純合成桁はほとんど使用されていない。非合成桁、箱桁、鋼床版桁、トラス、アーチなど他の形式にも進出したい。
- ・道路橋示方書等の設計基準類を体系的に検索、表示させる設計支援システム。
- ・CD-ROMの最大メリットである大容量データの処理能力を生かす為には、図面枚数の多い物(上部工、下部工)から公開すべき。
- ・比較設計等にも利用したい。例えば、同じ設計条件でRC、PC、Hビーム、合成桁の工費出力。
- ・パソコンだけでなくEWS等への搭載について。
- ・CD-ROMだけ(図形情報、数値情報のみ)の提供。
- ・今の標準図表をベクトルデータでなくイメージデータとしてCD-ROM化し、検索、図出力のみのシステムとする。(図形データ悪用禁止)(LBP等に出力できるようにする)
- ・国としては、誤設計を防ぐことを第一として考える必要があり、照査システム構築を第一とすべき。
- ・CD-ROM等によりデータを公開する場合は、設計参考資料として位置づけて、コーザの手に渡った場合は、標準設計をはずれたものとすべき。

(3) まとめ

アンケート調査結果をもとに、標準設計利用支援システムを構成する各プログラム(利用支援情報を提供するエキスパートシステム、設計情報の検索、統計処理、図面表示・編集)ごとの評価(改善すべき点、不足点)について整理すると以下ようになる。

①エキスパートシステムについての評価

1) 知識ベースの質的向上と評価方法

- ・選定結果の信頼性を高めるために選定知識の見直し
- ・より具体的な知識表現方法の検討
- ・形式選定のための評価方法(点数法、確信度など)の検討
- ・あいまいな知識の取扱い
- ・経済性等の評価項目の追加検討

2) システムサポート機能の追加

- ・システムの操作性向上のための Help 機能の追加
- ・推論結果や推論過程出力のための Why、How 機能の追加
- ・選定結果を比較表形式でプリンタへ出力させる(印刷)機能の追加

3) インターフェースの向上

- ・グラフィック機能の追加
- ・データベースを利用するためのアクセス機能

4) その他

- ・設計の考え方、関連規準の規定等の専門知識の提供にも対応

②検索システムについての評価

1) 検索時に追加する機能

- ・検索条件の範囲指定や任意指定入力 of 追加

2) システムサポート機能の追加

- ・設計条件、結果の一覧表示機能の追加
- ・システム操作性向上のためのHELP、グラフィック機能の追加
- ・プリンタへの出力機能追加

3) その他

- ・他のシステム（エキスパートシステムやCADシステムなど）との連動機能について

③図面表示・編集システムについての評価

1) 図面の表示時に追加すべき機能

- ・図面の拡大・縮小機能、移動修正機能、部分修正機能等の諸機能の追加
- ・修正後、他の部分と連動する機能の追加

2) システムサポート機能の追加

- ・プリンタ、プロッタへの出力機能
- ・標題欄の登録、張り込み機能の追加

3) その他

- ・画面表示の高速化についての検討
- ・図面作成用ファイルの提供方法に関する検討

④統計処理システムについての評価

1) 統計処理に追加すべき機能

- ・統計関数による表計算機能、回帰式計算機能の追加

2) システムのサポート機能の追加

- ・グラフ化した数値の表示、出力機能の追加
- ・座標軸、目盛り等の変更機能
- ・各種のグラフによる表示機能

3) 市販の統計処理ソフトとの連携に関する検討

3.2 数値表データファイルに関する検討

CD-ROM に集録する数値表データは、設計情報データベースとして様々な利用が想定される。このため、検索処理、統計処理に最も適したデータファイルの形式を検討する必要がある。そこで、数値表データの検索パターンを整理し、各種データベースのファイル形式の比較を行った。

(1) 検索目的

図面番号、諸数値の検索目的を整理すると以下のようになる。

○図面番号

- 1) 設計図中の諸数値を調べるため。
- 2) 設計図を成果品として全部または一部利用するため。

○諸数値

- 1) ある標準設計の具体的な数値を知るため。
- 2) 設計照査に用いるため。

標準設計と一部が異なる設計を行う時、直近上位及び直近下位の標準設計の間になっているかどうかで設計の妥当性を判定する等。

- 3) 標準設計のあるデータ間の相関関係、あるいは傾向を知るため。

例：擁壁の高さと底面幅の関係

- 4) 標準設計のなかである条件を満足するものを選び出すため。

これらの目的によって行われる検索作業は、以下のようにならめられる。

- ①全ての検索条件を指定して一つの図面番号を検索する。
- ②図面番号を直接指定して一組の数値表データを選択する
- ③数値表の特定の項目に関して、検索条件を指定して該当するデータを絞り込む。
- ④項目に関する並べ替え。

(2) 各種データベースの比較

(1)で整理した検索作業に対して、数値表データを収録するのに最も適したデータファイル形式を検討するため、各種データベースのファイル形式の比較を行った。対象としたデータベース形式、及びそれぞれに対応した市販のデータベースソフト例を以下に示す。

- | | |
|-----------------|-----------------------------------|
| ①カード型データベース | (The CARD、アイリス、NINJA 等) |
| ②ワークシート型データベース | (ロータス 1-2-3、MS-EXCEL、Mulliplan 等) |
| ③リレーショナル型データベース | (dBASE III、R:BASE、桐等) |
| ④個別開発型プログラム | (例：標準設計利用システムプロトタイプ) |

表-3.6に各型式の市販データベースの代表的なものについてその特徴を示す。

現行の標準設計の数値表は、図-3.1に示すように 1 頁に 1～2 条件の設計データがまとめて印刷されており、これはイメージ的にはカード型のデータベースに近いものとなっている。しかし、データのほとんどが数値であり、数値間の各種計算という利用形態を考えると表計算（ワークシート）型データベースの形が最も適している。

以上の他に検索や並替え等データベースの機能全般からデータファイルの仕様を検討すると、リレーショナル型のデータ構造が互換性、その後の汎用的な利用効率の面で最も適当と思われる。また、各種システムにおいて dBASE III データがサポートされているため、数値表データを利用したユーザー独自の非定型処理についても対応しやすい。

プロトタイプシステムのように、データの利用方法を限定してプログラムの開発を行う場合は、プログラムの動作に最も効率よいファイル形式とすることができる。しかし、数値表データは様々な形態で利用され、各種プログラムに共通して効率のよいファイル形式とすることは難しい。また、データのプログラム以外での利用も困難である。

以上のことを考慮すると、CD-ROM で提供する数値表データファイルの形式としては、現在パソコンで最も互換性のあるリレーショナル型データベースの dBASE III の形式でデータファイルを作成するのが望ましいと思われる。なお、この形式のデータファイルは、計算処理等に有利な表計算（ワークシート）型ソフトやエキスパートシステムシェルにおいても利用可能である。

(3) 数値表データファイル仕様

dBASE III のファイル構造は、以下に示すようになっている。

①***.DBF (データベース・ファイル)

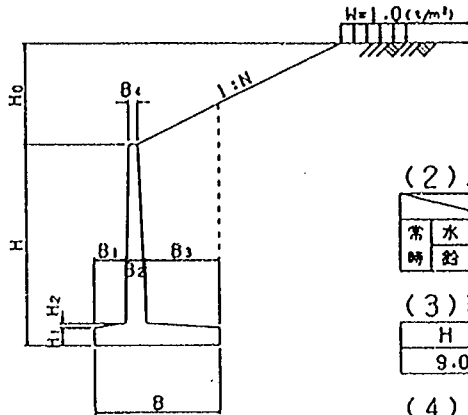
データベース・ファイルの本体である。実際のデータのほかに、レコードの構造、それぞれのレコードに含まれるフィールドの型や長さ、データの更新された日時などの情報を持ったヘッダ部分を持っている。

dBASE III のデータ・レコードは、各レコードの先頭に 1 バイトの削除マーク用のスペースがあり、デ

表-3.6 各種データベースの比較表

	カード型データベース (Card 3)	ワークシート型データベース (Lotus 1-2-3)	リレーショナル型データベース (dBASE III)	個別開発プログラム (プロトタイプシステム)
データ項目	・ 99項目／レコード	・ 256項目／レコード ・ メモリ上の制限よりデータ 量が限定される	・ 128項目／レコード ・ 複数のファイルを扱える	・ プログラムによるためメモ リ上の制限のみ
データ表示	・ 総括表、一覧表形式に表示 できる	・ 一覧形式で複数レコードを 表示できる	・ プログラム作成により対応	・ 開発するプログラムに依存 する
計 算 処 理	・ 計算機能が弱い	・ 計算処理が本来の目的	・ 計算処理が弱い	・ 開発するプログラムに依存 する
検 索	・ 検索し易く、速い	・ データ量が増すと遅くなる	・ データ量に関係なく、速い	・ 開発するプログラムに依存 する
印 刷 機 能	・ ワークシート型より劣る	・ プリントアウトが美しく、 資料作成が簡単	・ 印刷機能が弱い	・ 開発するプログラムに依存 する
統計処理機能 (グラフ機能)	・ グラフ機能がなく、統計処 理に利用できない	・ グラフ機能があり、作図が 容易である	・ グラフ機能がなく、統計処 理に利用できない	・ 統計処理に最適なグラフを 書かせることができる
互 換 性	・ データ変換可能	・ データ変換可能 ・ 市場占有率が高い	・ 世界標準	・ 特に意識していない
備 考	・ 単一レコードの検索、表示 には、最も効率がよい	・ 統計処理の面で最も効率が よい	・ データ管理の面で最も効率 がよい ・ プログラムが可能だが開発 コストがかかる	・ すべて開発システムに依存 するため、使い勝手は最も 良いが、開発コストが非常 にかかる

設計番号-551



(1) 設計条件

対照図面番号 RCT-167	擁壁高	H	mm	9000
	底版幅	B	mm	5600
	盛土高	H ₀	mm	4500
	裏込め土の種類	C		C1
	盛土こう配	N		2.0
	高さ比	H ₀ /H		0.50
	土の単位体積重量		t/m³	2.00
	設計摩擦角	K _H		0.15

(2) 主働土圧係数

	安定計算用	部材設計用		安定計算用	部材設計用
常時	水平	0.322	地震時	水平	0.311
時	鉛直	0.119	時	鉛直	0.118

(3) 設計断面寸法(単位m)

H	B	H ₁	H ₂	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄
9.00	5.60	0.80	0.20	1.40	0.90	3.30	0.40

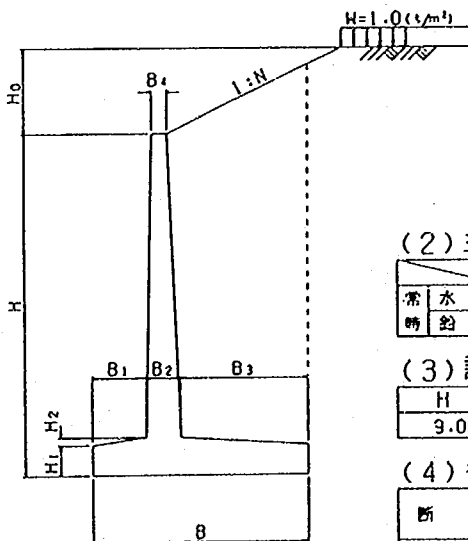
(4) 各断面の断面力・応力度

断面	記号	BM (t·m)	SF (t)	R _s (径-ピッチ)	σ _c (kg/cm²)	σ _s (kg/cm²)	τ (kg/cm²)
たて壁	常	62.8	23.6	032-125	55.2	1363.5	2.8
つま先版	常	22.0	30.5	019-125	24.6	1161.8	3.4
かかと版	常	62.8	31.3	029-125	51.9	1530.7	3.5

(5) 底版下面の外力・安定度(1m当たり)

荷重条件	NF (t)	HF (t)	M (t·m)	q ₁ (t/m²)	q ₂ (t/m²)	e (m)	d (m)	F _s
常時	102.6	37.7	39.8	25.9	10.7	0.387	5.600	1.63
地震時	102.5	49.7	97.0	36.9	0.0	0.946	5.562	1.24

設計番号-552



(1) 設計条件

対照図面番号 RCT-168	擁壁高	H	mm	9000
	底版幅	B	mm	5600
	盛土高	H ₀	mm	2250
	裏込め土の種類	C		C1
	盛土こう配	N		2.0
	高さ比	H ₀ /H		0.25
	土の単位体積重量		t/m³	2.00
	設計摩擦角	K _H		0.15

(2) 主働土圧係数

	安定計算用	部材設計用		安定計算用	部材設計用
常時	水平	0.296	地震時	水平	0.275
時	鉛直	0.035	時	鉛直	0.033

(3) 設計断面寸法(単位m)

H	B	H ₁	H ₂	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄
9.00	5.60	0.80	0.20	1.40	0.90	3.30	0.40

(4) 各断面の断面力・応力度

断面	記号	BM (t·m)	SF (t)	R _s (径-ピッチ)	σ _c (kg/cm²)	σ _s (kg/cm²)	τ (kg/cm²)
たて壁	常	58.5	21.9	029-125	55.2	1551.6	2.6
つま先版	常	22.9	31.3	019-125	25.5	1207.1	3.5
かかと版	常	58.5	31.5	029-125	48.3	1425.0	3.5

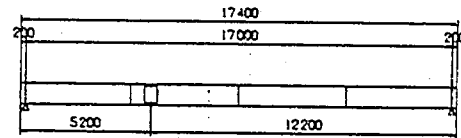
(5) 底版下面の外力・安定度(1m当たり)

荷重条件	NF (t)	HF (t)	M (t·m)	q ₁ (t/m²)	q ₂ (t/m²)	e (m)	d (m)	F _s
常時	92.7	34.6	56.4	27.3	5.8	0.608	5.600	1.61
地震時	92.6	45.4	109.3	38.1	0.0	1.181	4.858	1.22

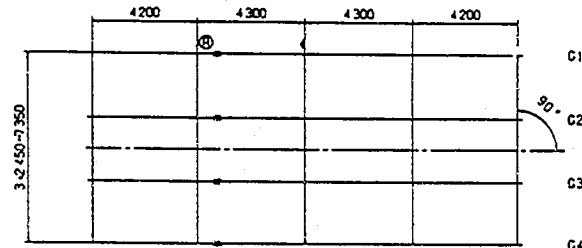
図-3.1(a) 数値表の例(1)擁壁

設計番号- 488

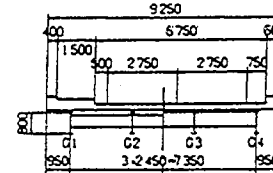
側面図



平面図



断面図



ハンチ高	40	40	40	40
けた基礎高	-2	20	36	0

(1) 設計条件

橋長	m	17
橋幅	m	1.5+6.75
橋脚間隔	m	30
橋脚間隔	m	1-20 (-20)
床版厚	mm	105
大型車交通量	1万台/年	1000
床版厚	mm	190
舗装厚	mm	30
設計水床厚	mm	80
設計水床厚	mm	0.7
コンクリート	kg/cm ³	270
設計単位重	kg/cm ³	27.1
設計単位重	kg/cm ³	1400
設計単位重	kg/cm ³	4.77

(2) 数量表 単位: kg

項目	主げた	分配げた	端げた	中間げた	合計
鉄筋	14616	678	1356	714	14616
SM500YA	648				648
SS41	310	116			426
その他	476		12		488
H.I.B	248	63	30	18	359
合計	16298	857	1398	732	19285
重量	137.5 kg/m				

(3) 曲げモーメント表 単位: t-m

けた	左		中		右		合計	
	合成前	合成後	合成前	合成後	合成前	合成後	合成前	合成後
C1	60.5	27.1	60.5	87.2	53.6	74.5		
C2	60.4	15.2	83.5	98.7	53.2	89.0		
C3	60.4	11.4	89.6	101.0	53.2	91.6		
C4	60.5	16.3	88.2	104.5	53.6	90.6		

(4) 曲げモーメントによる主げた実効力度表 単位: $\sigma = \text{kg/cm}^2$, $l = \text{cm}$

けた	左		中		右		通		位		下			
	1s	1v	上フランジ	下フランジ	上フランジ	下フランジ	上フランジ	下フランジ	上フランジ	下フランジ	上フランジ	下フランジ		
01	292 000	834 631	830	34	864	830	801	631	735	29	765	736	685	421
02	292 000	854 589	828	24	852	828	901	729	729	21	750	729	812	541
03	292 000	854 589	828	24	852	828	921	749	729	22	751	729	830	559
04	292 000	834 631	830	41	871	830	960	790	736	36	772	736	833	569

(7) 換げた箇所内訳表

項目	換げた箇所
端げた	6
中間げた	6
分配げた	3
分配げたラフランジ	2

(8) 対照図面番号表

項目	対照図面番号
主げた	050
端	1034
床版	2062
設計単位重	1041
設計単位重	488

(5) せん断力・反力表 単位: t

けた	左		中		右		合計		力		実		備
	合成前		合成後		合成前		合成後		総重量		平均		
	0.5	0.2	0.1	0.0	0.5	0.2	0.1	0.0	死重量	総重量	平均	合計	
C1	0.2	1.2	3.4	4.6	5.9	9.7	21.9	3.5	6.7	32.1	L8-	L8-	105
C2	0.2	1.3	8.5	9.8	5.9	15.4	16.3	14.7	8.6	39.7			
C3	0.2	1.0	9.3	10.2	5.9	15.9	15.7	15.9	8.6	40.2			
C4	0.2	1.1	7.4	8.5	5.9	13.8	19.3	10.4	7.0	36.8	70	70	

項目	せん断力	反力
せん断力	73.3	7.9
反力	30.6	3.3
合計	22.7	2.5
合計	126.7	13.7

(6) 製作そり・活荷重たわみ 単位: mm

項目	C1		C2		C3		C4	
	そり	たわみ	そり	たわみ	そり	たわみ	そり	たわみ
製作そり	1	1	1	1	1	1	1	1
活荷重たわみ	14	20	14	19	14	19	14	20
合計	15	21	15	20	15	20	15	21
製作そり	1	1	1	1	1	1	1	1
活荷重たわみ	14	20	14	19	14	19	14	20
合計	15	21	15	20	15	20	15	21
製作そり	1	1	1	1	1	1	1	1
活荷重たわみ	14	20	14	19	14	19	14	20
合計	15	21	15	20	15	20	15	21

リミタなどはなく、以下データ・フィールドが固定長で連続して ASCII 文字列で格納されている。

データの格納形式には、文字型、数値型、日付型、論理型、メモ型があり、それぞれ、“C”、“N”、“D”、“L”、“M”で指定されている。この詳細を表-3.7に示す。

表-3.7 データの格納形式

文字型	文字列でそのまま記録される。フィールドの長さに満たない分はスペースで埋められる。												
数値型	数値は(0~9,-,.)で構成される文字列にして記録される。小数部のない場合には数値は右詰めで記録され、フィールドの長さに満たない分は左側にスペースが詰められる。 小数部が存在する場合には、フィールドの長さから小数部の長さと、小数点を記録するための長さ1バイトを引いた残りの長さ分だけ正数部が右詰めで記録され、この後に1バイトの小数点(.)そして小数部が指定されている長さ分、右側に0をつけて記録される。 <table><tr><td colspan="2">フィールドの指定が長さ8で、小数部がない場合に数値1234を記録した場合</td></tr><tr><td>文字</td><td>1, 2, 3, 4</td></tr><tr><td>コード</td><td>20h 20h 20h 20h 31h 32h 33h 34h</td></tr></table> <table><tr><td colspan="2">フィールドの指定が長さ8で、小数部が3の場合に数値123.45を記録した場合</td></tr><tr><td>文字</td><td>1, 2, 3, ., 4, 5, 0</td></tr><tr><td>コード</td><td>20h 31h 32h 33h 2Eh 34h 35h 30h</td></tr></table>	フィールドの指定が長さ8で、小数部がない場合に数値1234を記録した場合		文字	1, 2, 3, 4	コード	20h 20h 20h 20h 31h 32h 33h 34h	フィールドの指定が長さ8で、小数部が3の場合に数値123.45を記録した場合		文字	1, 2, 3, ., 4, 5, 0	コード	20h 31h 32h 33h 2Eh 34h 35h 30h
フィールドの指定が長さ8で、小数部がない場合に数値1234を記録した場合													
文字	1, 2, 3, 4												
コード	20h 20h 20h 20h 31h 32h 33h 34h												
フィールドの指定が長さ8で、小数部が3の場合に数値123.45を記録した場合													
文字	1, 2, 3, ., 4, 5, 0												
コード	20h 31h 32h 33h 2Eh 34h 35h 30h												
日付け型	日付けが8バイトの数値文字列(YYYYMMDD)に直して記録される。 <table><tr><td colspan="2">1990年3月24日を記録した場合</td></tr><tr><td>文字</td><td>1, 9, 9, 0, 0, 3, 2, 4</td></tr><tr><td>コード</td><td>31h 39h 39h 30h 30h 33h 32h 34h</td></tr></table>	1990年3月24日を記録した場合		文字	1, 9, 9, 0, 0, 3, 2, 4	コード	31h 39h 39h 30h 30h 33h 32h 34h						
1990年3月24日を記録した場合													
文字	1, 9, 9, 0, 0, 3, 2, 4												
コード	31h 39h 39h 30h 30h 33h 32h 34h												
論理型	論理が真(.T.)の場合、文字 Y,y,T,t のいずれかが記録される 論理が偽(.F.)の場合、文字 N,n,F,f のいずれかが記録される												
メモ型	メモ型のフィールドの場合には、実際のフィールドの内容はメモ・フィールド・ファイル(.DBT)に記録され、データベース・ファイルの該当部分には10桁の数値文字列で、該当データのメモ・フィールド・ファイル中でのブロック位置が記録される												

②***.NDX (インデックス・ファイル)

データベース・ファイルの情報を検索するためのインデックス情報と、インデックスを構築するためのインデックス・キーの情報を持っている。一旦インデックスを作成しておけば高速に検索でき、またいろいろな並びのインデックス・ファイルを用意すれば(1つのデータベース・ファイルに7つまで設定できる)必要に応じて切り替えてすばやく検索できる。

データの高速検索のためにB+tree アルゴリズムを採用している。B+tree は、図-3.2に示すような構造をしていて、ルート・ブロック、ブランチ・ブロック、リーフ・ブロックの3種類から構成される。

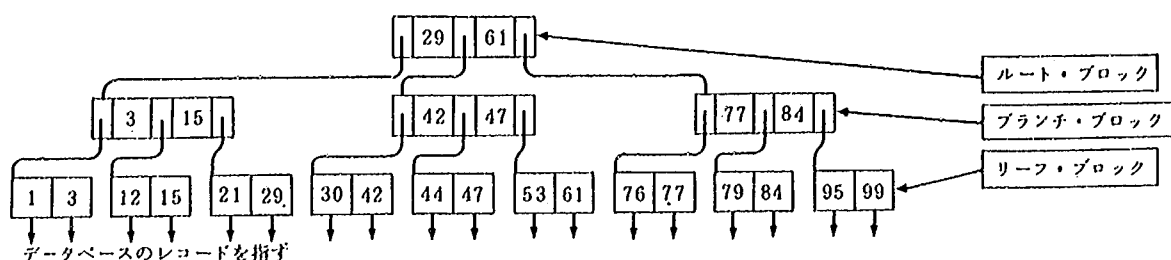


図-3.2 B+tree の構造

ルート・ブロックはツリーの始点となるブロックで、通常はこの下にいくつかのブランチ・ブロックがつく。ブランチ・ブロックは、その上下に接続されたブロックを持つ中間点に位置するブロックで、端末のブロックをリーフ・ブロックと呼ぶ。

それぞれのブロックにはいくつかのキー・エントリが存在し、キー・エントリはそれぞれのブロックの中ではシーケンシャルに並んでいる。

キー・エントリがリーフ・ブロックに含まれる場合には、検索キーの値と該当するデータベース・ファイルのレコード番号を持っている。キー・エントリがリーフ・ブロック以外の（ルート・ブロックあるいはブランチ・ブロック）に含まれる場合には、下の階層への分岐のためのキーとその下に接続されているブロックのブロック番号を持っている。

ツリーの分岐は、最上位の階層のブロックに登録できるキー・エントリがいっぱいになったときに起こり、階層が一つ上に引き延ばされる。常にリーフ・ブロックの階層は等しく揃っていて、リーフ・ブロックが複数の階層に存在することは有り得ない。インデックス・ファイルに登録されているキー・エントリが少ない場合には、ルートブロック自体がリーフ・ブロックになっている場合もある。

この仕組みについて、キーの追加、検索について以下に説明する。

(a) インデックスの検索

インデックスの検索は、常にルート・ブロックから始まる。それぞれのブロックの中でどのようにキーの検索を行うかは処理系によって違うので、ここでは説明を簡単にするために、ブロックの中でキーの検索はシーケンシャルに行われるものとする。

まず、検索キーとなるデータの値とキー・エントリ中のキーの値をブロックの中で順次比較していき、キーの値が検索キーの値より大きい、等しくなるまでこれを繰り返す。

ここでキーの値が検索キーの値より大きく、キー・エントリがリーフ・ブロックに含まれていたなら、検索キーがインデックスに存在せず、検索に失敗（データが見つからなかった）したことになる。キー・エントリが、ルート・ブロックあるいはブランチ・ブロックに含まれる場合には、キー・エントリに接続されているブロックに対して同様の手順で検索を行う。

これを検索がリーフ・ブロックに到達するまで繰り返す。

(b) インデックスの追加

既に存在しているインデックス・ファイルに対して新たにキーを追加する場合は、まず、検索の場合と同様に追加するキーに該当するキーがインデックス中に含まれていないか検索を行う。検索がリーフ・ブロックに到達したならば、このブロックに追加するキーのキー・エントリを追加する。

ここで、該当するブロックに追加できるキー・エントリの数がいっぱいになっていた場合には、このブロックを2つに分割し、この分割したブロックに対してキーの追加を行い、さらに親ブロックにこの分割したブロックに接続するキー・エントリを追加する。

ここで親ブロックに登録できるキー・エントリ数もいっぱいになっていた場合には、この分割処理をこの親ブロックに対しても行う。

このようにして、分割を繰り返していった結果、ルート・ブロックまで分割が達し、ルート・ブロックに登録できるキー・エントリの数もいっぱいになった場合には、ルート・ブロックを分割し、この一つ上の階層に新たにルート・ブロックを追加する。

この場合、今までのルート・ブロックだったブロックは、ブランチ・ブロックとなる。このようにB+treeは上へ上へと成長する。

(c) インデックス・ファイルの構造

インデックス・ファイルは、B+tree構造をもったバイナリ・ファイルで、1ブロックが512バイトで構成され、ブロック0はヘッダに使用される。

ヘッダ以外のブロックは8086系のプロセッサで高速に処理を行うために4バイト単位で境界をもって使用され、データを記録した場合にこの4バイトごとの境界に達しない場合は、ここを00hで満たして境界を合わせている。

表-3.8に、インデックス・ファイルのヘッダ部分の構造を示す。表-3.9に示したブロック・ヘッダはブロック以外のそれぞれの先頭にあり、そのブロックに含まれるキー・エントリの数が記録される。また、キー・エントリの構成は、表-3.10に示すようになっている。

表-3.8 インデックス・ファイルのヘッダ部分の構成

オフセット	長さ (バイト)	内 容
0 ~ 3	4	ルート・ブロックのブロック番号
4 ~ 7	4	次にブロックを追加する場合のブロック番号
8 ~ 11	4	未使用
12 ~ 13	2	キーの長さ (キー評価式を評価した結果、できた実際のキーの長さ)
14 ~ 15	2	ブロックごとに登録できるキー・エントリの数 (最大42)
16 ~ 17	2	キーが日付型または数値型ならば1、それ以外なら0
18 ~ 19	2	キーエントリの長さ
20 ~ 21	2	未使用
22 ~ 23	2	ユニーク・キーの場合、1、それ以外なら0
24 ~ 123	100	キー評価式 (文字列) INDEX ON コマンドで使用された式 dBASE でキーを評価するのに使われる

表-3.9 インデックス・ファイルのブロック・ヘッダ部分の構成

オフセット	長さ (バイト)	内 容
0 ~ 1	2	ブロックに含まれるキー・エントリの数
2 ~ 3	2	未使用
4 ~ n	キー・エントリの長さ × このブロックに登録できる キー・エントリの数	キー・エントリ
n+1 ~ n+4	4	検索キーがブロック中の最後のキー・エントリ のキーより大きい値だった場合に接続する ブロックの番号

表-3.10 ブロック・ヘッダの中のキー・エントリ部分の構成

オフセット	長さ (バイト)	内 容
0 ~ 3	4	接続されているブロックのブロック番号 ここが0であればこのキー・エントリがリーフ・ブロックにあることを示す
4 ~ 7	4	該当するブロックがリーフ・ブロックであればデータベース・ファイルのレコード番号
8 ~ n	キーの長さ + 4 バイト境界までの長さ	キー・データ

3.3 図面データファイルに関する検討

プロトタイプでは、市販のパソコン CAD を使用し図面の表示を行ったため、図面データを DXF 形式で集録している。DXF 形式は「Auto CAD」という製品の外部ファイルであるが、他のパソコン CAD ヘデータを引き渡す中間ファイルとして多くの CAD がこの形式を利用している。

DXF ファイルは、表-3.11 に示す構造を持つアスキー・テキストファイルである。したがって、他機種のパソコンでも読込みは可能であるが、ファイルサイズが大きくなる。ほとんどの CAD は、効率のよい内部ファイル形式を持っており、DXF を内部ファイルに変換するプログラムを用意している。

表-3.11 DXF ファイルの全体構造

HEADER (見出し) セクション	図面の全般的な情報を含む各パラメータは、変数名および関連する値を持っている。
TABLES (テーブル) セクション	名前を持つ項目の定義を含む ・ LTYPE (線種) テーブル ・ LAYER (画層) テーブル ・ STYLE (字体) テーブル ・ VIEW (視点) テーブル ・ UCS (ユーザー座標系) テーブル ・ VPORT (ビューポート設定) テーブル ・ DWGMGR (図面管理) テーブル (将来使用予定)
BLOCKS (複合図形) セクション	複合図形定義のデータを収め、図形上の各複合図形を構成するデータを解説する。
ENTITIES (データ) セクション	複合図形への参照指示を含んだ、図面データを含む。
END OF FILE (ファイルの終わり)	

標準設計利用支援システムの図面編集プログラムは標準設計での利用に目的を絞った CAD であり、そのデータを独自に工夫することにより単なる製図ツールではなく、本来の CAD の概念である設計を支援する機能を考えている。具体的には、図形データに属性をもたせ、例えば W1 鉄筋の表示や寸法線の消去といった部品の表示機能や高さが中間にきたときの図面・数値の自動修正機能等があげられる。

また、図面の表示速度は操作性に大きくかわる問題である。図-3.3 に示すように、形状データ (属性データ) と寸法データを分離すれば、同タイプの別の図面を読み込むときは寸法ファイルだけの読込みで済むため、効率的である。

以上、図面データに関しては CAD 機能、特に部品の属性が関係する機能について、標準設計の全工種に対してどのような機能が考えられるかを検討し、その上で属性データのフォーマットを決定する必要がある。

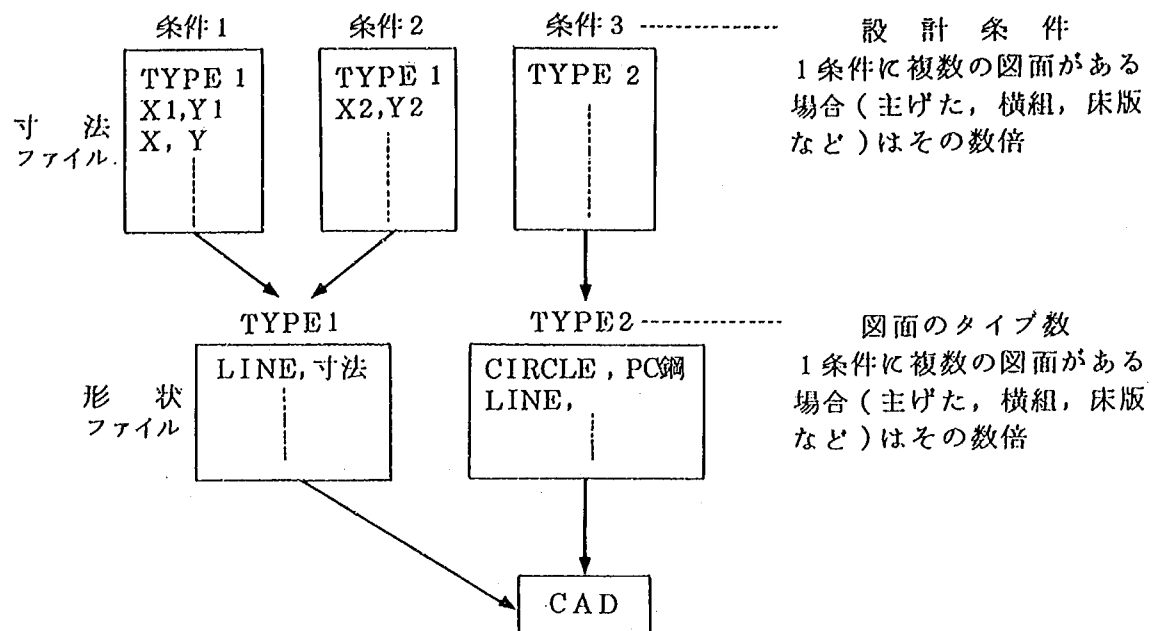


図-3.3 形状ファイルと寸法ファイル

3.4 利用支援情報の提供方法に関する検討

現行の標準設計は表-3.12に示すように、詳細設計のうち構造計算(図化を含む)を目的として作成されているが、実際には概略設計や一件設計の照査資料等様々な利用方法がなされている。数値表のデータベース化等により、これらの利用はより一層増えるものと思われる。そこで、表-3.12の設計の流れを大きく概略設計と詳細設計とに分け、これらを支援するような情報・機能及びその提供方法について検討することとした。

表-3.12 設計の流れと照査項目 (逆T式橋台)

設計の流れ	照査項目
設計計画 ①	① ○ 目的、位置、計画高、方向、河川条件または建築限界 ○ 橋長、幅員、用地幅 ○ 施工条件
調査 ②	② ○ 現地調査、地形測量 ○ 土質調査および試験
設計条件の設定 ③	③ ○ 平面、縦断線形 ○ 構造形式(上・下部) ○ 高さ、幅、胸壁高、沓座幅 ○ 上部工反力、水位、底面設置位置 ○ 地盤強度、基礎形式 ○ 単位重量、材料強度 ○ 設計震度、 ○ 構造細目
(採) 標準設計の採否 (否)	④ ○ 全体安定(転倒、支持、滑動) ・ く体重量 ・ 土圧、上部工反力等の外力 ・ フーチング中心での外力 ・ 安全率(安全性、経済性) ○ 部材の安全 ・ 断面力 ・ 断面設計(部材厚、配筋、応力度)
図面検索 照査 ④' NO	④' ○ 設計条件との整合性 ○ 図面番号
構造寸法の仮定 安定計算 照査 ④ NO 部材断面計算 照査 ④ NO	⑤ ○ 付属物の設計 ・ ウイング ・ 踏掛版 ・ 本体との整合性 ○ 基礎設計の妥当性 ○ 細部設計の妥当性
付属物の設計 基礎の設計 照査 ⑤ NO 図面作成 照査 ⑥ NO	⑥ ○ 計算結果との整合 ○ 形状寸法、配筋量の総合判定(施工性) ○ 図面の書き方
材料積算 照査 ⑦ NO	⑦ ○ 積算基準との整合 ○ 材料区分の仕方
まとめ	

(1) 概略設計

概略設計は、設計計画・調査に基づき、構造物の形式及び設計条件の決定までの設計・検討をいう。概略設計に対して、表-3.13以下に示すような支援情報・機能が考えられる。

表-3.13 概略設計を支援する情報・機能とその提供方法

支 援 す る 情 報 ・ 機 能	提 供 方 法
○概略設計のガイド 概略設計時に行うべき、設計・施工に関する注意事項・チェック項目の表示を行う。	チェック項目一覧を表示し、各項目について解説を用意する。解説の画面は、テキスト及びグラフィックを使用する。
○構造物の形式別の特徴 適当な構造形式決定のための資料の表示を行う。	構造形式の特徴をまとめた資料の表示を行う。また、対話式で形式の選定を行う形式選定エキスパートを用意する。
○諸元仮定のための資料 部材寸法等の仮定を行うための参考資料を表示する。	設計条件と主要部材寸法等との関係を統計処理プログラムにより表示する。
○概略工事費の算出 概略工事費を算出するため、材料数量の表示と単価入力による工事費の算出を行う。	材料数量を検索し、単価を掛けて工事費を算出する。傾向を見るときは、設計条件と概算工費との関係をグラフ表示する。
○設計の考え方や示方書・基準類の規定 設計の考え方とその根拠となる規定を表示し、成果のこれらとの整合についてチェックする。	設計の考え方とその根拠となる示方書・基準類の規定を検索するシステムを作成する。概略の説明を表示し、詳細は解説書・示方書等を参照する（頁を表示）。

(2) 詳細設計

詳細設計は、構造物が計画され概略設計や基本設計が終了した後に、構造物本体からすべての部材についての設計を行い、安全性の確認や数量を算出し工費を求めるものである。詳細設計に対して、表-3.14に示すような支援情報・機能が考えられる。

表-3.14 詳細設計を支援する情報・機能とその提供方法

支 援 す る 情 報 ・ 機 能	提 供 方 法
○詳細設計のガイド 利用目的（詳細設計・照査）別に標準設計の利用方法・注意等を表示する。	利用目的別に利用方法一覧を表示し、各項目について解説を用意する。また、照査では、チェックリスト及びその解説も用意する。解説の画面は、テキスト及びグラフィックを使用する。
○標準設計の利用可否 標準設計の利用の可否を判断する資料、条件が合わない場合の対応等の資料を表示する。	エキスパートシステムとして、検索項目の解説を表示しながら、設計条件を入力。利用可能なら検索プログラムへ。だめな場合は、利用を可能にするための対応を表示する。
○図面の部分修正 標準設計の集録条件の中間の場合、場合等の対応方法を表示する。	頻度の高い修正等は、自動的に修正を行う機能を図面の編集（CAD）プログラムに追加する。対応方法は
○類似構造物の設計データ 主要部材の概略の量、値等を表示し、設計照査においての目安とする。	統計処理プログラムにより、主要寸法、材料数量との
○図面における部品表示 図面における各種鉄筋・鋼線の位置を表示し、計算書と図面との整合チェック等に利用する。	図面の編集（CAD）プログラムを利用し、適当な図面を読み込み、部品リストから見たい部品を指定すると図面中の該当部品の色が変化する。
○DXFファイル出力 図面の大幅な修正等を行う場合、利用者が持つCADに図面データを変換する。	図面の編集（CAD）プログラムにおいて、DXF形式に変換するパーツ（図、表）を指定する。
○工事費の算出 工事費を算出するため、材料数量の表示と単価入力による工事費の算出を行う。	材料数量を検索し、単価を掛けて工事費を算出する。傾向を見るときは、設計条件と概算工費との関係をグラフ表示する。
○設計の考え方や示方書・基準類の規定 設計の考え方とその根拠となる規定を表示し、成果のこれらとの整合についてチェックする。	設計の考え方とその根拠となる示方書・基準類の規定を検索するシステムを作成する。概略の説明を表示し、詳細は解説書・示方書等を参照する（頁を表示）。

(3) まとめ

本システムを利用し、概略設計・詳細設計の全ての作業を支援するのが、利用者の立場からは最も望ましい。しかし、現場における諸条件、工事を取りまく環境等複雑な要素が多く、1つのシステムにまとめるのは困難である。したがって、標準設計の持つデータを利用して行える支援内容に限定することとした。

支援内容及びその提供方法を検討した結果、プロトタイププログラムに対しては、以下に示すような機能の拡張が必要であることがわかった。また、プロトタイプにはない、解説等の各種資料を画面に表示するプログラムの新規開発あるいはエキスパートシステムへの機能追加も必要である。

①検索・統計処理

- ・ 検索した数値を加工（単価を掛けたり）する機能
- ・ 検索した図面を表示するための②との連動機能
- ・ 検索条件をファイルから読み込み、入力を省略する機能（③との連動）

②図面の編集

- ・ 表示図面の数値表を表示するための①との連動機能
- ・ 頻度の高い修正に対する自動修正機能
- ・ 主鉄筋、配力筋、寸法線等図面の部品表示機能
- ・ DXF ファイル出力機能

③エキスパートシステム (ES)

- ・ 標準設計利用可否を判断する ES の作成
- ・ 上記 ES の結論として①に検索条件を渡し連動させる機能

4. 開発すべき支援システムのイメージ

4.1 標準設計利用支援システムの構成

開発すべき標準設計利用支援システムは、図-4.1に示すように CD-ROM を核として、支援情報提供、検索処理、図面編集の3つのプログラムから構成し、工種によっては土圧や設計水平震度の設定等の計算プログラムも用意される。これらプログラムは、パソコンの互換性等を考慮し、フロッピーディスクで提供するが、図面データ、設計数値データ、及び資料データについては CD-ROM に収録される。ここで、資料データは、操作マニュアル、設計の考え方・基準等の規定等の支援情報提供プログラムで利用するテキスト及びグラフィックデータである。

標準設計利用支援システムは、図-4.2に示すようなメニュー構成とし、このうちガイダンスは各設計業務における注意、チェックポイント、標準設計の利用の仕方等について解説するものであり、画面への表示は支援情報提供プログラムを利用する。

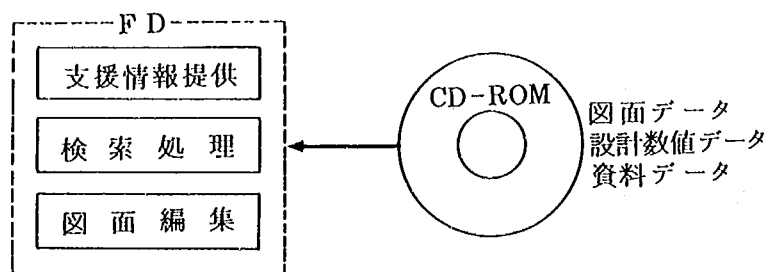


図-4.1 標準設計利用支援システムの構成

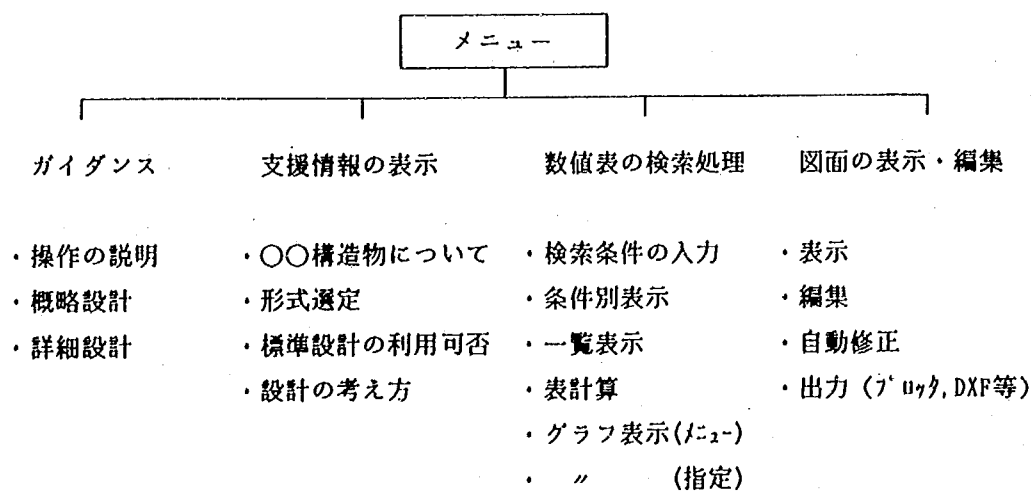


図-4.2 標準設計利用支援システムのメニュー

4.2 各プログラムの機能概要

以下では、支援情報提供、検索処理、図面編集プログラムについてその機能の概要を述べる。

4.2.1 支援情報提供

本プログラムは、専門的な知識を利用者へ提供することを目的とするものである。知識には、経験的な知識と教科書的な知識の2種類がある。本プログラムでは、前者をエキスパートシステム部で扱い、後者は資料の検索表示部で扱っている。これらの知識情報は資料データと呼ばれ、プログラムとは別に CD-ROM に収録される。

次に、エキスパートシステム部の機能イメージについて述べる。知識ベースの作成はデバック機能の充実している市販シェルで行うこととし、そこで開発された知識ベースの資料データへの変換を容易にするため以下の機能考えた。

①知識表現

知識は IF～THEN～のプロダクションルール形式で記述する。

また、階層的に体系化された知識のルール化の効率を考え、フレームによる記述も可能とする。

②確信度

集計方法については、開発に使用するシェルに一致させる。

③推論方式

前向き・後向き推論を可能とする。

④サポート機能

用語や質問の理解を助ける HELP 機能、推論過程を表示する HOW 機能及び、質問の根拠について答える WHY 機能を用意する。HELP 画面には図等のグラフィック表示も可能とする。

⑤インターフェイスその他

結果等のプリンタ出力機能

簡単な計算機能と外部計算プログラムとの連動機能

資料の検索表示部のイメージは図-4.3に示すように、資料一覧から見たい項目を選択し、その資料を表示するものである。画面下のファンクションキーには、関連項目のメニューが表示されている。

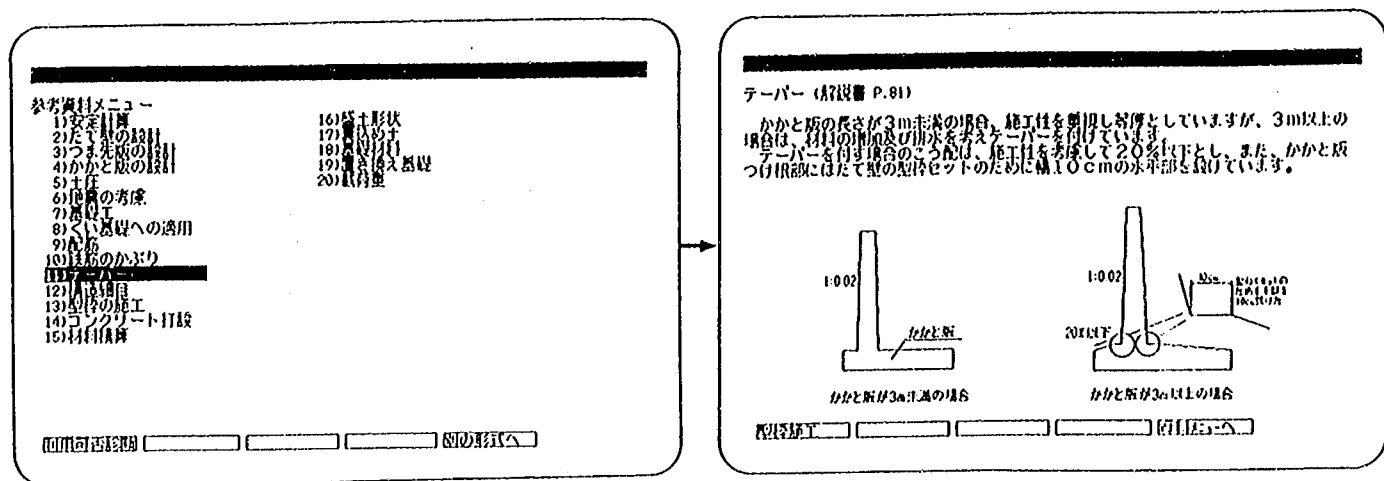


図-4.3 検索表示部のイメージ

4.2.2 検索処理

本プログラムは数値表に集録されている設計諸数値、形状寸法、図面番号等を検索すること、及び設計諸数値等のデータを目的に応じて処理加工し、設計参考資料として利用者に提供することを目的とするものである。プロトタイプでは、検索と統計処理という2つのプログラムに分かれていたが、条件入力等共通する部分も多いため、1つのプログラムに統一することを提案する。

以下に検索プログラムのメニューとその概要を示す。

①検索条件入力

数値表の項目名（設計条件に関する項目を含む）が表示され、検索したい条件を入力する。例えば、現行の標準設計のように1つの設計条件に対する設計諸数値・図面番号等を検索する場合は、設計条件に関する項目に値を入力すればよい（図-4.4参照）。

項目に値だけを入力すると、その値と一致するものが検索対象となるが、「<」「>」「≠」「≤」「≥」「かつ」「または」等を組み合わせて、値の範囲を指定することもできる。

検索処理
検索条件の入力

設計条件 [主働土圧係数] [設計断面寸法] [断面力・応力度] [底版下面の外力等]

擁壁高 H(mm) 5000
 底版幅 B(mm) 3000
 盛土高 H₀(mm) 2500
 埋込土の種類 C 1
 盛土こう配 H 1
 高さ比 H₀/H
 土の単位体積重量(t/m³)
 設計傾度
 対照図面番号 RCT-

図-4.4 検索条件の入力イメージ

②条件別表示

検索した結果を1設計条件毎に表示するものである(図-4.5参照)。オプション機能として、印刷、一般形状表示、図面編集等がある。図面編集を指定すると、検索処理プログラムを終了し、当該設計条件に対する図面編集となる。

設計番号 358

対照図面番号 RCT-027

設計条件

擁壁高 H(mm)	5000
底版幅 B(mm)	3000
盛土高 H ₀ (mm)	2500
埋込土の種類	C1
盛土こう配 H	1.8
高さ比 H ₀ /H	0.50
土の単位体積重量(t/m ³)	2.00
設計傾度 Kh	0.15

設計断面寸法(m)

H	5.00
B	3.00
H1	0.50
H2	0.00
B1	0.60
B2	0.50
B3	1.90
B4	0.35

主働土圧係数

	安定計算用	部材設計用
常時 KH	0.333	0.380
地震時 KV	0.127	0.170
地震時 KH	0.273	0.322
地震時 KV	0.023	0.144

各断面の断面力・応力度

断面	B _M t·m	SF t	A _s 径・本数	σ _c kg/cm ²	σ _s kg/cm ²	τ kg/cm ²
たて壁	10.6	7.1	D19-12S	39.3	1209.0	1.6
つま先版	3.0	9.5	D16-12S	14.2	518.5	2.4
かかと版	10.6	10.7	D19-12S	44.3	1304.4	2.7

底版下面の外力・安定度(1m当たり)

項目	NF (t)	HF (t)	H (t·m)	q1 (t/m)	q2 (t/m)	e (m)	d (m)	Fs
常時	29.0	11.6	14.0	19.0	0.3	0.483	3.000	1.50
地震時	28.9	14.3	22.1	26.2	0.0	0.766	2.203	1.21

図-4.5 条件別表示のイメージ

③一覧表示

検索した結果を表形式で表示する(図-4.6参照)。設計条件別の比較が容易である。オプション機能とし

て、印刷、一般形状表示、図面編集、表示項目の制限等がある。一般形状表示、図面編集は、カーソルバーで指定した条件に対して行われる。また、表示項目の制限では、表示項目の限定や表示幅の設定等が可能である。

No.	表示項目	印刷項目	表示幅(mm)	印刷幅(mm)	表示高さ(mm)	印刷高さ(mm)
1	357	RCT-027	5000	3000	2500	C1
3	359	RCT-027	5000	3000	5000	C1
4	360	RCT-027	5000	3000	3750	C1
5	361	RCT-027	5000	3000	2500	C1
6	362	RCT-027	5000	3000	1250	C1
7	363	RCT-027	5000	3000	0	C2
8	364	RCT-028	5000	3200	3750	C1
9	365	RCT-029	5000	3200	2500	C1
10	366	RCT-029	5000	3200	1250	C1

印刷完了

図-4.6 一覧表示イメージ

④表計算

数値表の値を加工するためのもので、計算用のセルに式または関数を記述する。関数については、表-4.1に示すような算術関数及び統計関数を用意し、これに対応できない処理に関しては、他のプログラムでデータが利用できるようにテキストファイル出力する。また、ソート（並べ替え）も可能とする。

表-4.1 算術関数及び統計関数の例（ロータス1-2-3より）

算術関数	統計関数
@ABS(数値).....絶対値	@AVG(範囲)....範囲に含まれるセルの数値の平均値
@ACOS(数値).....逆余弦	@COUNT(範囲).. " 空ではないセルの数
@ASIN(数値).....逆正弦	@MAX(範囲).... " 最大値
@ATAN(数値).....逆正接	@MIN(範囲).... " 最小値
@COS(角度).....余弦	@STD(範囲).... " 標準偏差
@EXP(数値).....自然対数のべき乗	@SUM(範囲).... " 合計値
@INT(数値).....整数化	@VAR(範囲).... " 分散
@LN(数値).....自然対数	
@LOG(数値).....常用対数	
@MOD(数値1, 数値2)....余り	
@PI.....円周率	
@ROUND(数値1, 数値2)....四捨五入	
@SIN(角度).....正弦	
@SQRT(数値).....平方根	
@TAN(角度).....正接	

⑤グラフ表示(メニュー)

概略設計・詳細設計等で参考となる項目間の関係がメニュー化されており、利用者は必要なら範囲の絞り込みを行ってグラフを参照する。

⑥グラフ表示(指定)

検索された設計条件の項目、またはそれを処理したセルの値を指定し、グラフ化する。グラフの種類や座標軸の指定等も可能である。

4.2.3 図面編集

本プログラムは、図面の表示及び編集を目的とするものである。プロトタイプでは、市販のCADソフトを使用したか、標準設計での図面の使用形態を考慮した専用CADソフトを開発する必要がある。

以下に図面編集プログラムのメニューとその概要を示す。

①表示

図面全体をディスプレイに表示すると文字がつぶれて読めないため、図-4.7に示すように図面を構成する各図表単位での表示を標準とする。また、図面全体や任意の範囲の表示も可能である。

表示図面の視点はカーソル等で上下左右にスクロールさせて指定、変更できる。また、特定の部品（主鉄筋、配力筋、寸法線等）の色を変更することができ、例えば寸法線を黒にすれば、画面から寸法線だけが消えたように見える。

4.3 問題点

現行の標準設計から標準設計利用支援システムへの移行を考えた場合、次のような問題点が考えられる。実用化に際しては、これら問題点への対応を明確にする必要がある。

①修正箇所が見つかった場合の対応

現行の標準設計では、発刊後図面や数値表に修正箇所が見つかった場合、図面の差替え・追加、正誤表等の対応を図っている。しかし、媒体がCD-ROMに替わるとこのような対応は困難である。

②システムを使用するための機器及びパソコンの互換性の問題

システムを使用するためには、パソコン、CD-ROMドライブ、インターフェイス、プロッタ等とCD-ROMを使用するためのデバイスドライバ(ソフト)が必要であり、これらの購入や使用できる場所が限られる等の問題が生じる。また、パソコンの互換性の問題からソフトウェアの開発・移植に負担が生じる。

③著作権の問題

数値表データや図面データについては、自由に処理できることが利用者にとっては望ましいが、利用者が開発し販売するシステムの一部にデータが使用された場合の著作権の問題についての対応を検討しておく必要がある。

5. まとめと今後の課題

現行の標準設計は紙を媒体としているため、利用方法にも制限があった。すなわち、索引表から当該設計条件に合致した図面、数値表を検索するといった使い方である。しかし、標準設計のデータ及び設計の考え方等については、様々な利用のニーズがあるため、標準設計の利用性の向上及び利用範囲の拡大が望まれていたところである。

標準設計には大量の設計データが集録されているが、これをデータベースとして CD-ROM 化することにより、①省スペース化、②集録範囲の拡大、③検索の信頼性・迅速性の向上、④設計図面の高品質化、⑤設計データの有効活用等の効果が期待できる。信頼性の高い成果の提供等、本来の詳細設計での利用性の向上の他、計画（概略設計を含む）、設計照査などへの利用範囲が広がるものと考えられる。

本文中でも述べたように標準設計利用支援システムの実用化のためには、解決すべきいくつかの課題が残されているが、標準設計利用支援システムが広範囲に利用され、より一層の設計の合理化、省力化に資するためには「使いやすさ」が最も重要なキーワードであると思われる。そのためには、機能をいたずらに増やすのではなく、ユーザーのニーズ調査等から必要とされる機能の絞り込みを行い、各種プログラム及びそのユーザーインターフェイスの整備をすることが望まれる。

パーソナルコンピュータを用いた
標準設計利用支援システムの
開発に関する調査報告書

ISSN 0386-5878
土木研究所資料 第2971号
平成3年3月 (1991年)

要 旨

標準設計は、建設事業の各方面で利用され大きな効果をあげているが、紙を媒体としているため、多数の図面集・数値表の管理や検索についての改善要望も多く寄せられている。そこで標準設計の一層の利便性向上に資するために、①媒体のコンパクト化、②検索作業の省力化・迅速化・正確化、③収録データの拡大、④高品質な成果品の提供、⑤設計・数量データの有効活用等を目的とした標準設計利用システムを開発した。

本報告書は、パーソナルコンピュータによる標準設計利用支援システム実用化のための予備検討として、第2巻「據壁」のプロトタイプの作成と評価等を通じて、開発すべきシステムの概要をとりまとめたものである。

キーワード：標準設計，CD-ROM，パソコン，CAD，エキスパートシステム

郵便はがき

305-□□

41円切手
をはいて
下さい

茨城県つくば市大字旭一番地

建設省土木研究所

企画部システム課 御中

No. 103

No. 103

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第2971号 部

上記のとおり受領しました。

所 属(住所)

氏 名 印

土木研究所資料第2971号

