

仮設山留め設計CADシステムの開発

榊熊谷組 増 峻、安川 宏達、○井上 嘉人
応用技術(株) 矢藤 曜司、奥田 哲也、細川 浩治

1. はじめに

山留め・締切り工は、仮設といえどもその工法や設計手法の選択を誤れば、工期や工費を圧迫するばかりでなく、大きな労働災害を招く原因にもなる。逆に、適切な山留め設計が行われれば、工期・工費の大幅な低減を図ることも可能になる。しかし、一方では設計計算や製図作業にはかなりの時間を必要とするため、限られた設計工期の中では、設計条件・手法の検討や比較設計が疎かになってしまい最適設計がなされていない場合も少なくない。

これまでも、山留め・締切り工の計画・設計作業を軽減し適切な設計を行うために、当社ではパソコンや大型計算機を用いてコンピューター化を進めてきた。また、他社においても様々なプログラムが開発され市販されているものも多い。しかし、バリエーションの多い山留め・締切り工においては、記憶容量・計算スピードなどの問題もあり、いずれのプログラムも工法や設計手法が限定されるため、少しでもそのプログラムの適用範囲を外れれば、手計算・手作業を強いられる場合が多い。

この度、当社ではスーパーミニコンを導入し、かつ仮設山留めおよび締切りの構造形式や設計手法を体系的に整理することにより、様々なバリエーションにも対応可能な汎用性の高いコンピューターシステムを開発することができたので、ここにその概要を報告する。また、本システムでは、CAD（自動作図）機能を活用することにより、この分野ではこれまで難しいとされていた設計計算から計画図作成・工事数量計算・工事費算出までの一貫システム化を実現することができた。

2. ハードウェアの構成等

CPU: μ -VAX II (日本DEC社)
OS: 日本語MICRO/VMS (日本DEC社)
プログラム言語: FORTRAN 77
汎用基本CADソフト:

GRADE/G (日立造船情報システム)

その他必要なハードウェア:

グラフィックディスプレイ (GD)、
キャラクターディスプレイ (CD)、
プリンター、プロッター、ハードコピー

なお、日本DG社のスーパーミニコン (MVシリーズ)
上でも同時開発中である。

3. システムの操作方法と流れ

基本操作は、キャラクター（文字）画面上の入力促進メッセージに従ってタブレットによる対話（ペンタッチ方式）により進める。

設計計算等の途中結果は、キャラクター画面上では数値により、グラフィック画面上では図表により適宜確認することができる。（写真-1、2 参照）

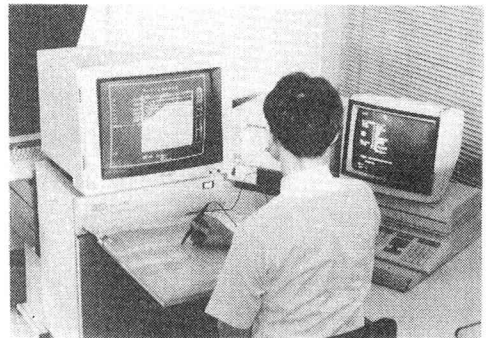


写真-1 システム操作状況

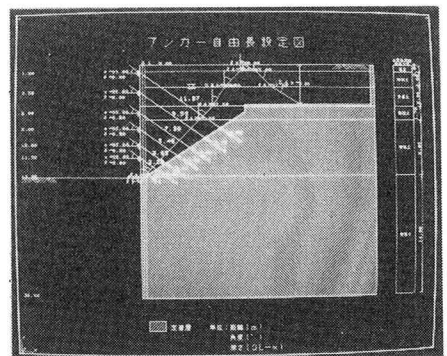
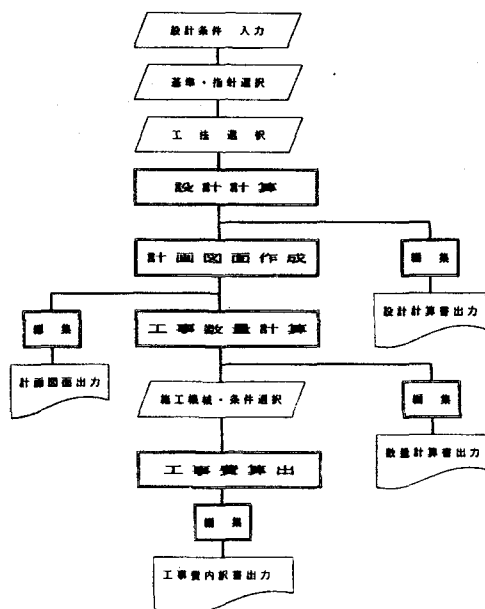


写真-2 設計計算結果表示例 (GD上)

本システムはフロー図（図－１）に示すように、４つのサブシステムにより構成される一貫設計システムである。

通常は、手設計と同様の思考順序でサブシステムを実行させ、それぞれのサブシステム実行で得られたデータは下位のサブシステムに引き継がれる。一方、各サブシステムは独立して実行させることも可能である。

各サブシステムの実行結果は、いずれも計算書書式でファイル化される。そのファイルを画面上で確認した後、必要があればワープロ機能などにより文章や注釈の変更・追加、ページ割り、図の移動・拡大・縮小などの編集を行ってプリンター（図面の場合はプロッター）に出力する。



図－１ システムの構成と操作の流れ

４．機能の主な特徴

（１）工法や設計手法等に対する高度の汎用性

本システムは以下に記すように、多種多様な工法や設計手法等に対応できる。さらに、任意荷重入力機能を使用することにより、システムに組み込まれていない基準・指針に従った設計、あるいは施工途中の実測荷重による安全性

検討などにも対処することができる。また、複数の基準・指針の組合せによる設計計算も可能である。

a) 設計手法

- ① 簡易法
- ② 弾塑性法

c) 山留めの構造形式

- ① 一般型山留め・一重締切り（切梁方式）
- ② 同 上（アースアンカー方式）
- ③ 同 上（切梁・アンカー併用方式）※
- ④ 自立型山留め・一重締切り
- ⑤ 二重締切り（切梁方式）
- ⑥ 二重締切り（自立型）
- ⑦ 二重矢板式護岸
- ⑧ 控え式山留め・締切り※

b) 基準・指針

土木学会「トンネル標準示方書（開削編）・同解説」
はじめ１２種類

d) その他

- ① 中間杭の設計
- ② アースアンカーの設計
- ③ タイロッドの設計
- ④ 栈橋の設計※
- ⑤ 地中連続壁の配筋設計（配筋・加工図作成も含）※
- ⑥ 柱列杭の配筋設計（配筋・加工図作成も含）※

ただし、※印は現在開発中の次バージョンに含まれるもの。

（２）ペンタッチ方式の対話型入力

基本操作は、キャラクター画面上の入力促進メッセージに従って、グラフィック画面上に表示される図表（計算結果など）を確認しながら、タブレット上のコマンドをスタイラスペンでタッチすることにより行う。そのため、コンピューターに不慣れな技術者でも、半日程度で基本オペレーションを習得することができる。

（３）部分計算・繰り返し計算が容易でフレキシブルなシステム

共通の基本設計条件データを一度入力すれば、工法・基準・設計手法などを変更して繰り返し計算が自由に行えるため、比較設計や検討が容易にできる。また、必要な部分のみの再計算も自由に行える。

(4) 計算結果・図面のワープロ等による編集

① 設計計算・数量計算・工事費算出について

各計算結果は、キャラクター画面上で確認した後（写真－２、３参照）必要な部分のみ提出書式（Ａ４版；図－２）でプリンターに出力させることが出来る。

また、必要な場合にはキャラクター画面上でワープロ機能により編集（改頁、文章変更、文章追加等）を行うことができる。

② 計画図面について

基本操作によりグラフィック画面上に作成された計画図（写真－４）は部分修正、注釈の追加などを行うことができ、あらかじめ登録してある枠付画面（Ａ０版～Ａ３版）に編集した後、プロッターに出力させる（図－３）ことができる。

また、各部材の形状は実寸法で記憶されているため、作成済図面の一部の切出し、任意拡大、移動、修正等により詳細施工図面の作成も容易に行える。

(5) 計画図面からの部材および工事数量の検索・集計

工事数量データ（部材の寸法・体積・重量・部材名、土量・土層厚など）は、完成した計画図面から自動的に検索・集計され、計算書書式で出力される。

また同時に、掘削工や杭打工の施工機械の選択において必要な土質や土質強度などの工事情報は、検索・集計されて計算書に出力される(図-2)と共に、工事費算出サブシステムに引き継がれる。

(6) 建設省土木工事積算標準に準拠した工事費算出

山留め計画図面から検索・集計された工事数量に対して、「建設省土木工事積算標準」に準拠した工事費の算出を行うことができる。操作は、キャラクター画面上に表示される入力促進メッセージや工事情報（土質や土質強度等）を参考に、施工方法の選択を行いながら対話式で進められる。

また、基本となる単価は、データファイルとして保持させ、定期的にユーザーサイドで見直しを行うことができる。

(7) 末端ユーザーによるカスタマイズ化

入力促進メッセージ、出力計算書中の文章、工事費算出に用いる単価や諸係数などは、全てファイル化して保持している。そのためプログラム完成の後でも、プログラム内部を変更することなしにファイルのみを修正することで、末端ユーザーのニーズに合わせたカスタマイズ化が容易に行える。

NO	内務省	〈 職工数 〉	建設方式	物件名(宅ノ)	NO
項 目	積造	半造	間接(円)	金額(円)	積造
上野公園地区土庫					
新築土	312.9 ㎡	128	944,460		
レキ増上	0.0 ㎡	0	0		
修繕土	0.0 ㎡	0	0		
その他	0.0 ㎡	0	0		
下野公園地区土庫					
新築土	350.8 ㎡	0	0		
レキ増上	0.0 ㎡	0	0		
修繕土	0.0 ㎡	0	0		
その他	0.0 ㎡	0	0		
人ノ上野公園地区土庫					
新築土	66.9 ㎡	1700	15,040		
レキ増上	0.0 ㎡	0	0		
修繕土	0.0 ㎡	0	0		
その他	0.0 ㎡	0	0		
九方下野公園地区土庫					
新築土	70.4 ㎡	1700	15,040		

写真-3 工事費内訳書表示 (CD上)

[illegible]

図-2 数量計算書出力例（プリンター）

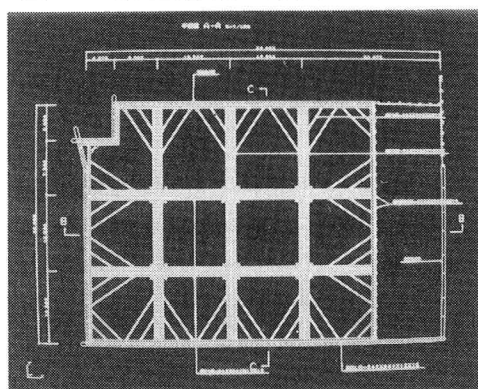


写真-4 計画図面表示例 (GD上)

5. 汎用性に対する試み

本システムの開発に当たっては、「汎用性の追求」を第一の目標とした。汎用的である条件としては以下のようなことがあげられる。

- ① 多くの構造形式に対応が可能。
- ② 多くの設計条件および手法に対応が可能。
- ③ 計算に用いる諸係数や単価の変更が可能。
- ④ 一貫設計だけでなく部分設計が可能。
- ⑤ 出力成果物の再編集が可能。
- ⑥ カスタマイズ化が容易。

しかし、一般的には、これらの条件を満足させるとプログラム規模の増大といった相反する問題が生じるため、以下のような工夫を行った。

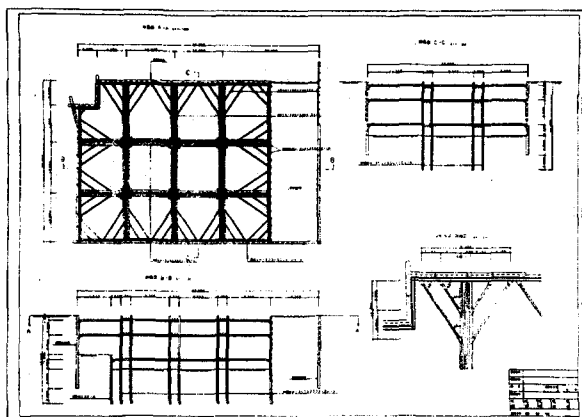


図-3 計画図面出力例（プロッター）

【①②について】

20種類以上の基準や指針に対して体系的な整理を実施し、基準・指針間で共通する計算部分についてはルーチン化を、類似する計算部分（設計荷重など）についてはグループ化（相違点は対話による任意部分修正機能により対処）を行って、プログラム規模の縮小に努めた。

【③④⑤⑥について】

計算の途中結果や最終結果は極力データファイル化を行った。その結果、

- i) 出力成果物については、計算終了後グラフィックまたはキャラクター画面上に表示させ、部分変更や追加などの再編集が容易に行えるようになった。
- ii) 最小限必要な設計条件データが入力済であれば必要部分のみの再計算が容易に行えるようになった。
- iii) 計算書文章・入力促進メッセージ・工事単価などが、プログラムを変更せずに改訂でき、カスタマイズ化がプログラム完成後も容易に行えるようになった。

【③について】

設計・数量・工事費計算に用いる諸係数や工事単価を、デフォルト値として組み込み、対話により任意に変更を可能とした。

6. おわりに

標準的な山留め計画について設計計算から工事費算出までの作業を行った場合、従来は複数の技術者（設計・製図・積算の各熟練技術者）が携わり、延べ1週間程度かかっていたものが、本システムを使用することにより1人の技術者が2日間程で実施できるなど、大幅な効率化が可能となった。その結果として、このシステムを活用することにより、技術者は単純な設計計算・製図作業・積算作業（工事費算出含む）から解放され、設計条件の設定・工法の比較・新しい技術の適用など、技術者本来の検討業務に専念することができると期待している。

現有システムでは12種類の基準・指針に対応が可能であるが、64年春を目標に次のバージョンの開発を進めている。次のバージョンの開発では、対応可能な基準・指針を15種類に増やすなど、現有システムのバージョンアップを図るとともに、従来一貫設計化が難しいとされていた地中連続壁の配筋計算・配筋図作成機能および栈橋の設計・製図機能なども組み込み、本システムにより一切の山留め・締切り工事に関する設計・製図・積算の作業を実施可能とする予定で進めている。