

仮設構造物の自動設計 1 —— 各種規準による山留設計計算システム ——

清水建設（株）

宮崎 徳次郎

正員 鈴岡 直彦

森田 徹

正員 岡本 泰裕

○飯島 博

I はじめに

従来の手計算による山留工事計画は、工事量の増大と要請される質の高度化に対し限られた技術者では、消化不良の状態となり計画管理の面で限界にきていると思われる。この様な時に電算機による山留設計システムを作成し、正確な数値がスピーディに得られ経済的な山留工事計画を可能にする本システムを、できるだけ早く完成し実施に移す必要があった。そこで、焦点を省力化と計算のスピードアップにしほり山留設計計算システムを作成した。¹⁾²⁾

II システムの概要

本システムは次に示す各規準の内容を整理分析し、電算プログラム化したものである。

- | | | |
|--------------------|---------------------------|-----------|
| (1) 首都高速道路公団 | (仮設構造物設計規準 ³⁾ | 昭和47年 9月) |
| (2) 帝都高速度交通営団 | (仮構造物設計指針 | 昭和40年 6月) |
| | (" | 昭和49年 8月) |
| (3) 東京都交通局高速電車建設本部 | (仮設構造物設計示方書 | 昭和44年 4月) |
| (4) 日本建築学会 | (建築基礎構造設計規準 | 昭和35年11月) |
| | (" | 昭和49年10月) |

この他に、上記規準の各検討項目・方法の選択組み合わせにより山留計算を行なうこともできる。現在計算できるのは開水性及び遮水性の普通山留であり、山留壁の形式としては ①親杭横矢板形式 ②シートパイル形式 ③PIP（柱列式）形式がある。連続地中壁・鋼管杭などについても、本システムで求めた断面力に対し応力度の検討を手計算で行なうことにより利用できる。

本システムは対象規準を忠実にプログラム化したものであり、内容的にはそれ程難しいものではない。したがって、入力データが複雑であったり、他の技術計算プログラムのように出力結果を計算書に転記するとか、計算を簡略化するための資料であれば省力化にはならず、それ程のメリットもないと思われる。

初期の目的を十分に達成するために、入力データはできるだけ少なく、データシートも記入しやすいように配慮した。さらに、出力形式に対しては従来の山留計算書の形式をそのまま採用し、必要な図面も自動製図機で作図したものを適所に付け加えることにより、そのまま山留計算書として利用できるようにした。

III システムの機能

(1) 特長

- ① 4種類の規準を電算プログラム化している。
- ② データの記入が簡単である。
- ③ 各掘削段階及び切梁撤去時の検討ができる。
- ④ 多ケースの処理が同時にできる。
- ⑤ 各規準の設計方法を適宜組み合わせて計算することができる。
- ⑥ 出力リストをそのまま山留計算書として準用できる。
- ⑦ 電算結果を自動図化できる。

(2) 適用範囲

上記各規準が対象としている山留の計算に使用することを原則としており、軟弱地盤で深い掘削を行なうような山留に対し、本システムを使用するのは危険である。主な制限項目は次のとおりである。

① 掘削側と矢板背面側とで異なる土質条件を入力できるが、いずれも地層数は10層までとし、地層総厚は50mまでとする。

② 切梁段数は10段までとする。(自立山留の計算はできない)

(3) 山留計算法

(3-1) 山留壁

山留形式 ① 親杭横矢板形式 ② シートパイル形式 ③ PIP杭形式

土 圧 ① 定形土圧 (各規準で定める土圧分布)

② ランキン＝レザール土圧

③ 合成土圧 (定形土圧とランキン土圧を加味した土圧)

水 圧 ① 残留形 (掘削面での水圧値を仮想支持点まで作用させる)

② 三角形 (矢板先端で水圧値を零とする)

③ 比例形 (仮想支持点まで比例的に作用させる)

仮想支持点の求め方

① 入力による

② 最下段切梁に関するランキンの主働土圧と受働土圧のモーメントのつり合いによる。

③ CHANGの $1/\beta$ による。

④ 主働土圧・水圧と受働土圧が等しくなる位置。

解析方法 ① 実際の側圧分布形で、単純梁又は連続梁で解く。

② 側圧を等分布化して、単純梁又は連続梁で解く。

変 位 ① 首都高方式 ② 建築方式 ③ 一次掘削時の変位

横矢板の板厚計算 計算スパンは規準にしたがう。

(3-2) 切 梁

支保工反力 ① 下方分担法 ② 1/2分割法

解析方法 ① 軸力のみを受ける。 ② 軸力と曲げを受ける。

曲げモーメントは自重等による鉛直荷重を0.5 t/mとして求め、首都高規準式により曲げ作用面内の曲げ座屈及び曲げ作用面外の横倒れ座屈の検討を行なう。また、温度変化の影響による軸力の増加量として12 t (首都高規準)を考慮できる。

(3-3) 腹起し

計算スパン ① $L_1 = (\text{切梁水平間隔}) - (\text{火打ち取付け間隔})$

② $L_2 = (\text{切梁水平間隔}) - 2 \times (\text{火打ち取付け間隔})$

③ $L_3 = \text{火打ち取付け間隔}$ ($L_3 > L_2$ の場合)

解析方法 ① 単純梁で求める。

② 3径間連続梁で求める。

③ 曲げモーメントは3径間連続梁で、せん断力は2径間連続梁で求める。

各々のケースに対し、軸力を考慮することもできる。

(3-4) 根入れ長の算定

① 最下段切梁に関するランキンの主働土圧と受働土圧のモーメントのつり合いによる。

② ボイリングに対する検討から求める。(首都高規準式)

③ ヒービングに対する検討から求める。(建築学会の旧規準式と修正式)

(3 - 5) 使用部材

- ① 使用頻度の高い材料（シートパイル、H型・I型钢、チャンネル）を材料表としてプログラム内部に用意しており、ユーザーが入力した材料でもたないときには、OKとなる材料を自動的に捜し出し、その計算結果も含めて出力する。また、材料表にある材料でもたない場合には、必要に応じて最小限必要な断面係数、ウェブ断面積、断面二次モーメントを出力する。
- ② 腹起し・切梁をダブルで使用することもできる。また、材料の断面欠損も考慮できる。

N 入出力及び図形処理

現場技術者が本システムを十分活用できるように、入出力マニュアル及びデータシートが用意されており、マニュアルでは具体的な山留計算例と対応させてわかりやすい説明を加えている。

(1) 入力

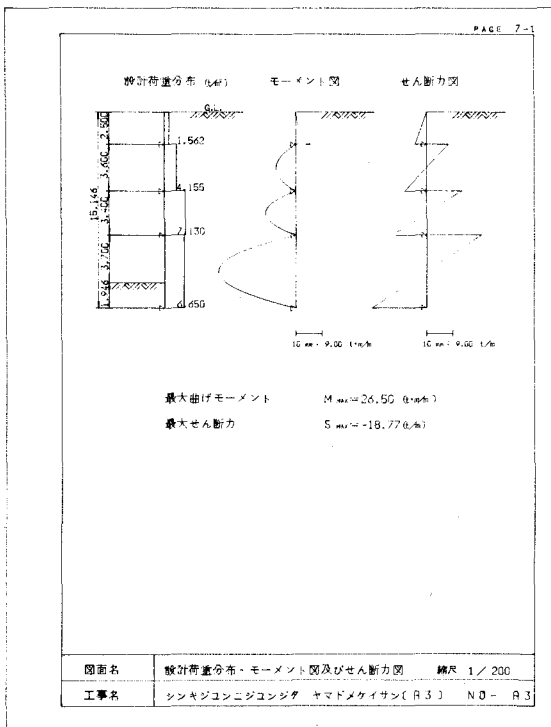
1 ケース分のデータは 7 種類のカードから成っており、カード別の記入項目は次のとおりである。

- | | | |
|--------------|---------------|---------------|
| ① 作図の必要性 | ④ 設計条件-2 | ⑦ 支保工の構造と使用部材 |
| ② 現場名・記入者名など | ⑤ 土質条件 | |
| ③ 設計条件-1 | ⑥ 山留壁の形式と使用部材 | |

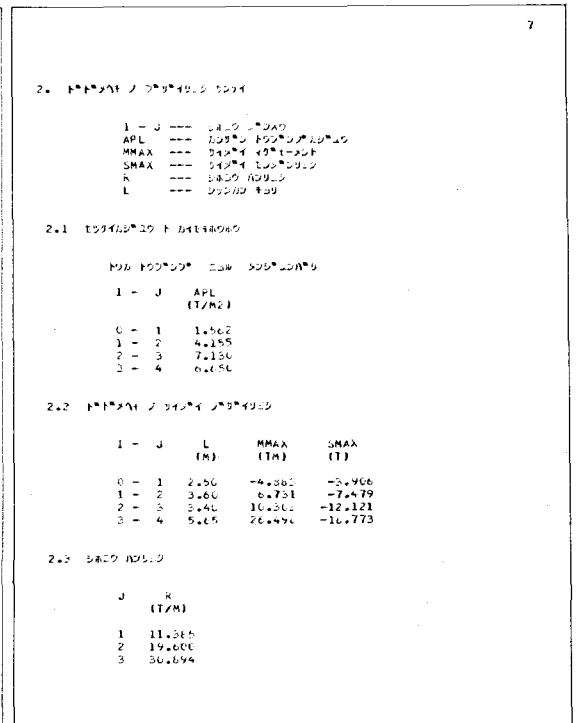
入力されたデータは入力データ一覧表の形で出力し、カードのもれ、重複及びデータのエラーがある場合は、エラーメッセージを出力しエラーの内容がわかるようにしてある。

(2) 出力

出力の構成は、①山留完成時の検討 ②各掘削段階の検討 ③ 計算結果の一覧表の3つに分かれており、幅はA4サイズにあわせ、カナ文字と英数字で表現している。さらに、リストと図面にはページがふってあり、容易に編集できるようになっている。出力例-1、出力例-2



出力例-1 山留壁の部材力図



出力例-2 山留壁の部材力算定

(3) 図形処理

図面は必要に応じて自動製図機でかけるようになっている。縮尺は $1/100$ 、 $1/200$ 、 $1/300$ 、 $1/400$ が用意されており、A4サイズに収まるようにプログラム内部で自動的にコントロールされる。なお、図中の漢字は当社で開発した漢字ルーチンを使用して書いている。現在次に示す7種類の図面がかかる。

- ① 土質柱状図・設計断面図・支保工架工図
- ② 山留壁の側圧図 出力例-3
- ③ 山留壁の設計荷重・モーメント・せん断力図
- ④ 腹起しの部材力図 出力例-4
- ⑤ 変位図
- ⑥ ボイリングの検討図
- ⑦ ヒーピングの検討図

V システムの展開可能性

本システムは見積り積算時、山留計画時の比較設計及び施工時のチェックなどいろいろの段階で現在利用されているが、将来の展開可能性として次の様なことが言える。

- (1) 現在、積算用の資料として山留壁に対しては、幅1m当りの部材の重量を、また支保工については長さ1m当りの部材の重量を出力している。この内容を拡張した見積り積算システムを開発し本システムと組み合わせることにより、山留計算から見積り積算までの一貫したシステムとなる。

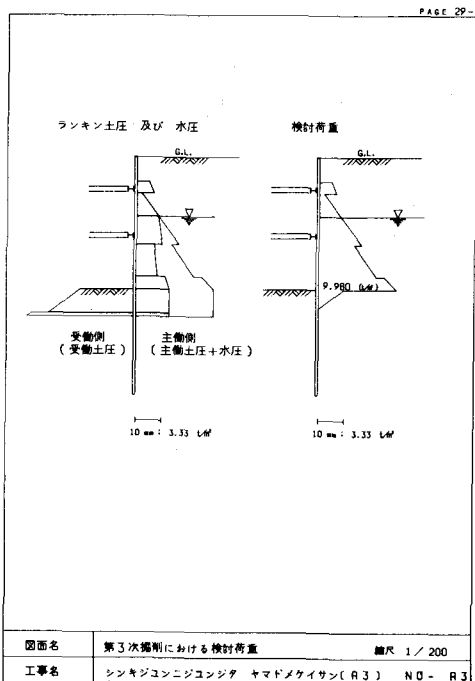
- (2) 仮設構造物関係のシステムとして、次のような計算プログラムがある。

- ① 軟弱地盤や深い根切りの山留に対する計算システム（山留新設計計算システム）
- ② 切梁式仮締切計算システム
- ③ 自立式仮締切計算システム
- ④ 路面覆工計算システム（開発中）

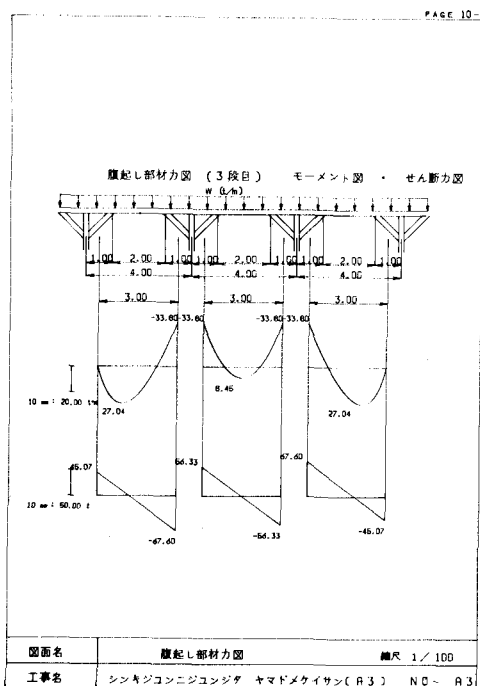
これらのシステムと本システムを組み合わせることにより、仮設構造物設計の総合システムとなる。

参考文献

- 1) 根切り・山止め工事 清水建設㈱
- 2) 土圧・土留計算法と実例 福岡 正巳編
- 3) 土留・締切設計再入門 玉置 脩著



出力例-3 ランキン土圧



出力例-4 腹起し部材力図