

マイコン及びマルチカラーディスプレイ利用による 地すべり防止工の自動設計

川崎地質(株) ○池尻勝俊、森邦夫、内藤光雄

1. はじめに

地すべりや斜面崩壊などの土砂災害は毎年大きくなってきている。

本年度では長崎の災害を初め、各地で豪雨による被害が起っており、今年もなお崩壊箇所の復旧工事や危険箇所の防止工事が行われている。このような地すべりの対策は、地すべり地のデータをいかに採取し、検討し、合理的な設計を行うかにかかっているが、それらの作業にはその能率と精度、速度を上げるため計算機が利用されている。しかし、調査から設計に至るトータルシステムとして確立されたものはあまりない。我々はそこで、各種問題点を含み、長時間を要する地すべりの解析と防止工の設計において、各種データの総合的把握から設計までのルーチン処理を行うマイコンとマルチカラーディスプレイ利用の対話型「地すべり防止工設計システム」の開発を行ってきた。以下に、本システムの概要と適用例について示す。

2. システムの概要

2-1 システムの目的

従来行われてきた解析設計上の問題点として、① 解析から設計まで長時間を要する。② 処理事項が多く分業的処理が必要である。③ 設計手法が多様で最適設計のためには試行錯誤が必要である。④ 結果の整理、データ管理、図表作成が複雑である、などが挙げられる。我々はシステムの開発にあたりこのような問題点の改善と、処理の省力化と総合的なデータの検討を目的とした。また従来開発された解析、設計のシステムは、一般に大型・中型計算機を対象としており、ソフトの開発費、システムの購入費が高価である。このため利用が限定される傾向があった。我々は現場技術者が手軽に利用できるように安価で操作が簡単なマイコンを用いてシステム構成を行った。

2-2 システムの構成

本システムの機器構成を図1に、その機能を表1に示す。システムのフロー及び処理内容の概略を図2に示す。本システムは図に示す通り、STEP 1-7のサブシステムから構成され、利用者は各STEPを選択し組み合わせて処理を行うことができる。以下、図-2に従い各STEPの詳細について説明する。

STEP 1: 調査データのファイル作成

① ボーリング、地形、地温分布、地下水分布、KKT試験、現場一面せん断試験、室内土質試験結果等のデー

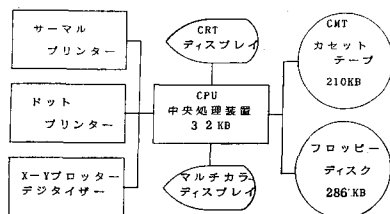


図1 システム構成装置概略

表1 システム構成装置の機能

機能名	機 能	使 用 目 的
マイクロコンピュータ	RAM32KB, CRT, テープカートリッジ, サーマルプリンター, 拡張BASIC	入力, 計算, 図形処理, CRT出力(図表), CRTコピー, 周辺機器の制御 etc.
マルチカラーディスプレイ	256 × 256 画素, 4096色(16 × 16 × 16色), 各種グラフィックモード使用可能	図形入力, 図形出力, コンピュータグラフィックス, 画像入出力
カセットテープ	容量210 KB, 転送速度560 B/sec	データの一時的な保存
フロッピーディスク	容量420 KB, フォーマット付288 KB, 転送速度115 KB/sec	プログラムの保存 データの永久的な保存
ドットプリンター	A4サイズ, 印字速度100 字/sec	入力・計算結果データの出力
プロッター・デジタイザー	4色プロッター, プロット範囲400 × 286 mm, プロットユニット0.025 mm, プロット速度36 cm/sec	図形入力, 図形出力, 文字出力

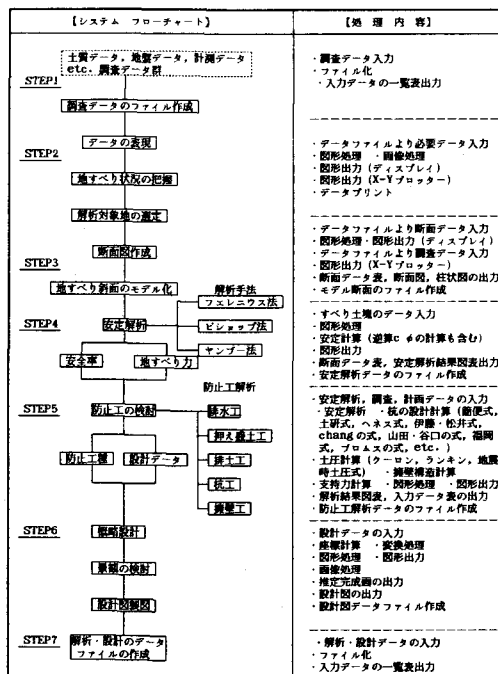


図2 地すべり防止工設計システム

タを入力する。② 入力したデータをディスプレイ上でエラーチェックする。③ コード化を行い、データファイルを作成する。

Step 2: データのグラフィックス表示・検討

① データファイルを読み出し、検討を行った後必要なものについては、X-Yプロッター、プリンター、写真等で記録する。② データの出力形式(数表、三次元透視図、等分布線図、等)と出力先の周辺機器を指定する。ここで、等分布線図は任意点の標高データをもとに作成する。

Step 3: 地すべり斜面のモデル作成

① Step 2の結果よりディスプレイ上で地すべり断面を数ケース設定する。② 地すべり断面に、地下水、地温等のデータを重ねて示し、最終断面、すべり面を決定する。③ データチェック、図面のサイズ、構成を行い出力する。

Step 4: 安定解析

① モデル化されたすべり面について分割した土塊の断面を、デジタイザー等で入力する。② すべり土塊のデータをディスプレイ上で出力し、必要に応じて修正を行う。③ 地すべりモデルに適合する計算式と解析法の選択をする。④ ファイルデータを用いて安定計算を行いデータの結果を必要に応じ出力する。

Step 5: 防止工の設計

処理は主に以下に示す項目の中から選択でき、防止工と斜面の安定問題を同時に検討し、防止工の設計を行う。① 排水工: すべり面の間隙水圧を低下させ、すべり土塊の安定解析を行う。② 押え盛土工: すべり面先端部に仮想盛土工を設け盛土材や盛土規模を変え安定解析を行う。③ 排土工(切土も含む): すべり斜面の一部を仮想切土し、安定解析を行う。④ 杭工: 杭の設置場所、断面、形式等の条件を変え、杭と斜面の安全率の計算を繰り返し行い、杭と斜面の計画安全率を満たす防止工の杭種、杭間隔、杭長等を検討する。⑤ 擁壁工: 擁壁に働く土圧と支持力を計算し、擁壁の寸法や鉄筋量、支持杭の断面や根入れを検討する。

Step 6: 設計図の作成(杭工のみ)

① 各種防止工の形式を選択し杭の断面寸法や補強鋼の断面寸法を入力する。② 地形平面図より防止工の計画位置を入力し、設計データ等から各杭の座標を計算し平面図化する。③ 杭の本数を検討し、さらに地形図と防止工、地盤構造と防止工の三次元出力による検討をする。④ マルチカラーディスプレイ上で写真・ビデオより現場の景観画像を示し、概略計算をした防止工の立体図を重ね合わせることで完成後の景観について検討をする。⑤ ディスプレイ上で全体図の構成をし、部分詳細、杭図の位置、スケール等の検討をする。⑥ 杭の位置図、及び設計図を出力する。

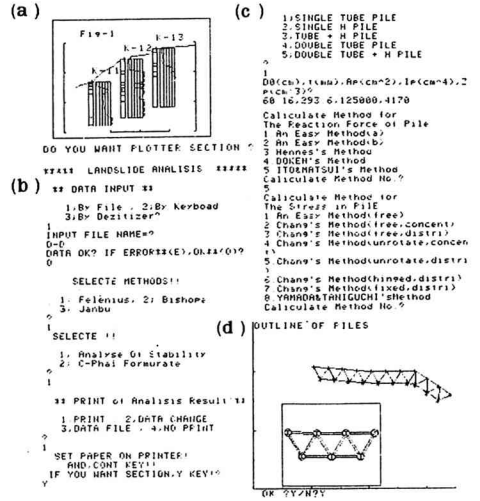


図3 対話型入力例

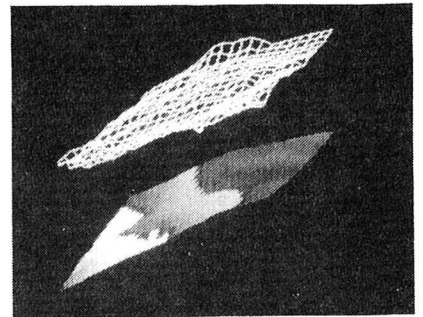


写真1 地形と地下水の立体表示

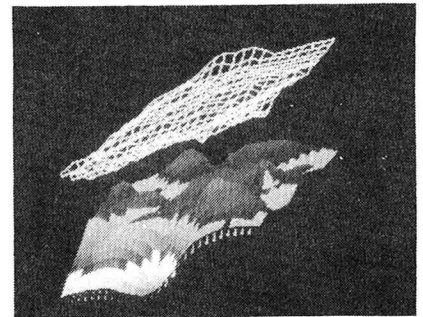


写真2 地形と地温の立体表示

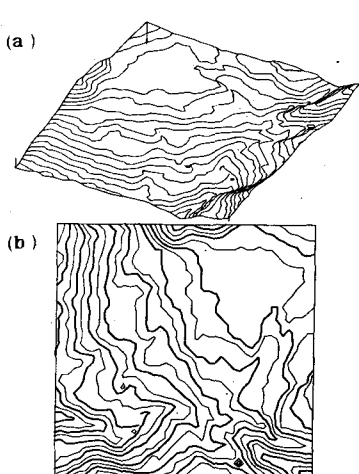


図4 地形の等高線

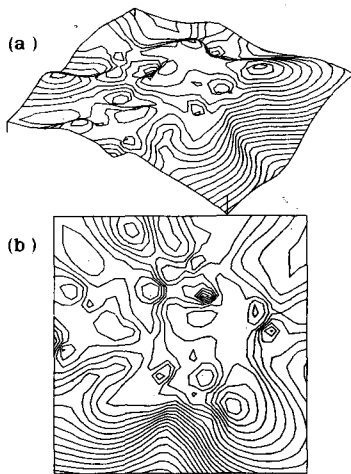


図5 地温の等分布線

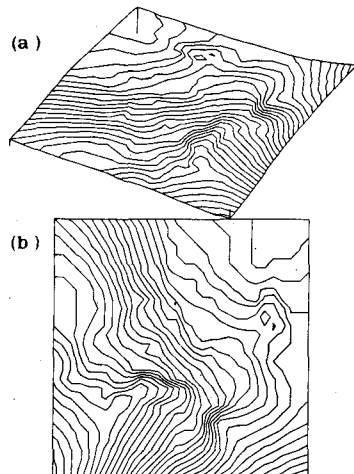


図6 地下水の等分布線

Step 7: 解析・設計データのファイル作成

① 解析に用いたデータと解析結果データ、設計データを整理し入力する。② データをディスプレイでチェックする。③ コード化を行い、防止工の設計結果としてファイルを作成する。

以上、各Stepの処理内容を示したが、Step 4, 5で用いた計算法は図2に示す通りである。

3. 適用例

図3に対話型入力例を示す。図中(a)は断面図、(b)は安定解析、(c)は防止杭、(d)は設計図の対話型入力例である。

写真1に地形と地下水分布の立体視図を、写真2に地形と地温分布の立体視図を示す。また図4に地形、図5に地温の等分布線、図6に地下水分布線のX-Yプロッター出力図を示す。ここで(a)は立体視図、(b)は平面図である。

任意の断面図に柱状図データを出力した例を図7に示す。各断面はディスプレイ上で作成・検討ができる。

あるすべり面モデルのもとでの安定解析結果例を図8に示す。図中(a)はフェレニウス法、(b)はヤンプー法での仕様である。

地すべり防止工の検討結果の出力例を図9に示す。図中、(a)は排水工、(b)は押え盛土工、(c)は排土工の計画断面と安定解析の出力例であり、(d)は擁壁工、(e)は杭工の計算結果の出力例である。これらの図表より、例えば杭工については杭と斜面の計画安全率を満たす杭間隔を求めることができる。

杭工の設計図を図10に示す。図中、(a)は概略設計図で、ディスプレイ上の構成作業に用いるもので、(b)は詳細設計図で前者を用いて構成を行った後、杭種・寸法等を記入しX-Yプロッターで出力した図である。

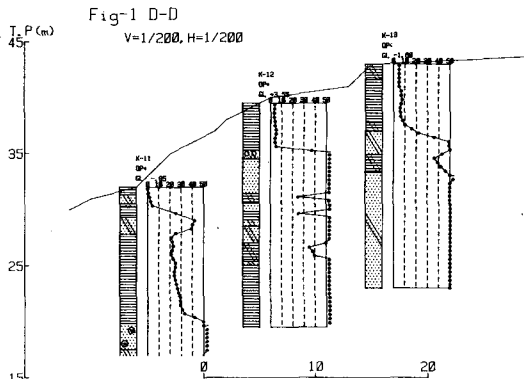


図7 断面図

Stability Analysis of Slope											
B chiku											
Soil Data											
Layer 1(1/m) C (t/m ²) φ (deg)											
1	1.45	.60	25.0								
(a) Result											
No.	a (m)	W (t/m ²)	D	W/SINO	U	U-U'	W'+COSθTAN	L	CH		
1	.49	.80	44.6	.73	.49	.32	.66	.97	.50		
2	1.01	1.67	57.8	1.41	1.01	.66	.16	1.11	.67		
3	1.91	3.16	47.2	2.32	1.91	1.34	.39	1.50	.90		
4	1.73	2.80	38.1	1.73	1.73	1.12	.41	1.25	.75		
5	1.40	2.44	32.6	1.42	1.40	1.04	.41	1.39	.78		
6	.76	1.39	26.9	.72	.76	.63	.26	1.06	.64		
7	.40	.75	23.6	.30	.40	.30	.13	1.22	.79		
Σ	8.16	13.47		8.67			1.82	9.49	5.78		
F=124/COSθTAN=1 CHL 1/(24WSINO)											
F= .846											
(b) Result											
(1) CHL (U-U')TAN (2) (1) N'											
No.	W (t/m ²)	D	W/SINO	U	(U-U')TAN	CH	(1)	N'	(2)		
1	.80	44.6	1.85	.49	.15	.23	.30	.43	.86		
2	1.67	57.8	2.65	1.01	.31	.36	.66	.62	1.87		
3	3.16	47.2	3.41	1.91	.50	.61	1.19	.83	1.45		
4	2.80	38.1	2.24	1.73	.52	.59	1.11	.98	1.14		
5	2.44	32.6	1.69	1.40	.48	.66	1.14	1.35	1.09		
6	1.39	26.9	.80	.76	.29	.57	.86	1.10	.78		
7	.75	23.6	.33	.40	.14	.73	.87	1.11	.78		
Σ			13.74						8.14		
F=124/Σ W/TAN=1 CHL (U-U')TAN/N'											
F= COSθ(1+TANθTAN/F)											
F= .627											

図8 安定解析

4. おわりに

本稿ではマイコン及びマルチカラーディスプレイを用いた地すべり防止工の自動設計システムの概要を述べた。本システムの特長は、機器の購入価格が安価で操作が簡単であること、データをディスプレイ上で立体的視することによりすべり面の決定を有効に行なうことができること、多種類の計算式の中から選択できること、及び調査結果の図化・設計図の作成を自動的に行なうことができること等にある。今後の課題としては解析理論の厳密性を追求していきたいと考えている。

最後に等高線作成プログラムの作成にあたり大阪市立大学 理学部 地学教室 塩野清治先生、升本真二氏には多大な御指導をいただいた。また、同教室、弘原海清先生には本システムの実用化にあたり終始有効な御助言をいただいた。ここに記して感謝致します。

(参考文献)

- (1) 池尻、大塚、三木：マイコンによる地すべり防止工の対話型設計システム、情報地質 Ⅵ 7 July 1982.
- (2) 池尻、他：地すべり防止杭の設計法に関する研究、第16回土質工学会発表会
- (3) 池尻、他：地すべり防止杭の設計法に関する研究(その2)、第17回土質工学会発表会
- (4) 伊藤、松井：Method for Stabilizing Piles Against Landslide, 土質工学会論文報告集 vol.21 Ⅵ 1 March 1981
- (5) 森、升本、弘原海：ボーリングコア・孔壁のビデオ入力をを使ったコンピュータ画像編集・解析・表示、情報地質 Ⅵ 7 July 1982
- (6) 塩野：標本・格子データ変換用サブルーチンPELTO, 情報地質 Ⅵ 7 July 1982.
- (7) 塩野：格子・格子データ変換用サブルーチンSFS3L, 情報地質 Ⅵ 7 July 1982

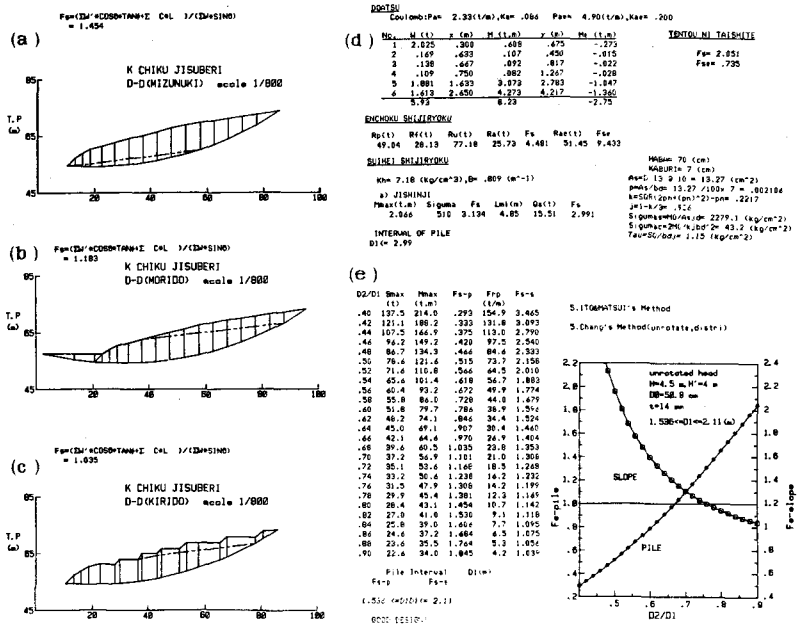


図9 防止工検討出力例

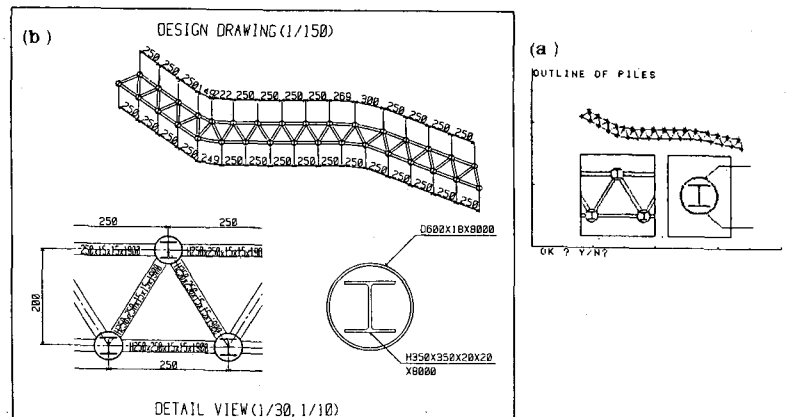


図10 地すべり防止杭の設計図