

道路設計CADシステムの開発

(株) 横河技術情報 正員 花村 義久
正員 京田 健一
〇 老 和久
小林 明

1. はじめに

現在、道路設計技術者のおかれている業務環境は、はなはだ過酷であると言わざるを得ない。高度な技術者の手作業を伴う試行錯誤の繰り返しで、典型的な労働集約型の業務であり、他に較べ作業の合理化が大きく立遅れていると言える。このため、道路設計の分野では、電算機の導入による設計品質の安定、向上と作業の省力化への期待は、非常に高まっている。

しかし、その電算化には、次にあげるような多くの困難さが内蔵している。

1) 設計結果を定量的に評価することが困難である。

たとえば、道路構造令に示されている幾何条件を満足し、工費に最も影響を及ぼしやすい切盛土量の均衡をはかったとしても、全体線形の調和を計るという課題が残る。

2) 試行錯誤的なトライアル作業が多い。

3) 電算化に必要な確定的なアルゴリズムが見つけにくい。

そのため、地形、コントロールポイント、幾何条件等の設計条件を入力し、ただちに設計結果を図面や計算書として出力するというような従来の一括処理的なシステムは望めない。

一方弊社では、道路システムの開発の第一段階として、道路の縦横断面図や詳細平面図および、土工と舗装の数量計算などをサポートするシステムを開発し、作業の省力化、図面、計算書などの品質の向上に効果をもたらしてきた。

しかし、そのシステムは製図や数量計算を目的としているため、前に述べた種々の問題を解決するにはいたっていない。そこで本来設計者が期待する、総合的な道路設計システムを構築するには、最近脚光をあびているCADの適用が不可欠と考えた。

一方、現在、CADシステムは、実用段階に入ったと言われるが、本格的なCADシステムとなるとまだまだ高価であり、また、そのまま道路設計に適用するには、多くの技術的問題を含んでいるのが現状である。

本報告は、今回開発した現状の電算機環境において道路設計に最っとも適したと考えられるCADシステムについてその概要を述べ、その効果について述べる。

2. 全体システムの概要

総合的なCADシステムは、図-1道路システム概念図に示される。今回、開発したシステムは、実業務への即効性とパフォーマンスを勘案し、道路設計作業の中で、試行錯誤的な作業が大きなウェイトを占める、縦断、横断設計を対象とした。また、大量の出力を要する、縦横断面図作成と

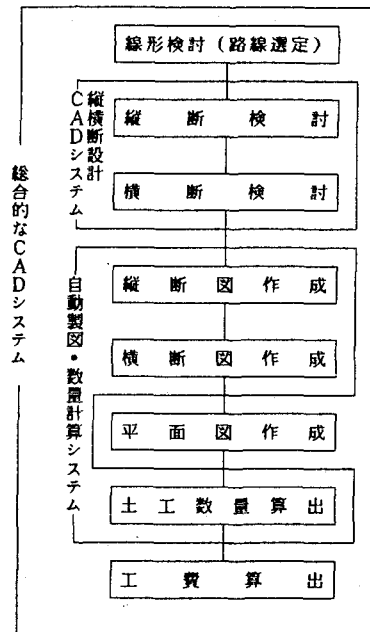


図-1 道路システム概念

土工数量計算は、一括処理型式による自動製図・数量計算システムと連けいすることとした。

したがって、路線の検討作業、ペーパーロケーション等は現段階は前処理として手作業で行う。このシステムは、パーソナルコンピュータ上で運用される縦横断CADシステムと汎用ホストコンピュータで運用される自動製図・数量計算システムによる分散型システムである。

CADシステムは、グラフィックスを介して、コンピュータと対話的に縦断設計・横断設計をサポートし、ここで作成された設計データは、自動製図・数量計算システムの入力データとなる。CADシステムで作成される図面、計算書は検討用のものである。言い換えれば、CADシステムは、縦断線形、横断形状に対して、ディスプレイ上でシュミレーションを行い、その形状を決定し、自動製図・数量計算システムのデータを作成する。

自動製図・数量計算システムは、CADシステムにより作成されたデータを使って、縦断図、横断図、土工計算書等の成果品を作成する一括処理型システムである。

本システムの対象とする道路設計は、日本道路公団、建設省発注の予備設計、概略設計を基本に考えているが、他官庁発注の道路や、土工詳細設計への対応も大部分が可能となっている。

以上をまとめて、表-1システム概要に示す。

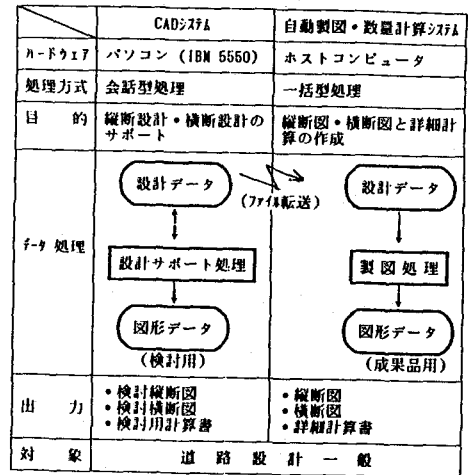


表-1 システム概要

3. CADシステム概要

本CADシステム開発のアプローチの方法は、道路縦横断設計そのものの作業内容とその手順の分析から始めた。作業分析の結果から設計作業を行なうのに必要な機能を分析し、それに対応してプログラムの開発を行なった。すなわち、従来の製図を主体とする、汎用CADとは異なったシステムとなっている。

したがって、本システムの特徴として、次のものがあげられる。

- 1) 本システムは、道路設計作業と一対一の関係となっていて、CAD本来の意味での設計支援を実現している。
- 2) 通常設計作業で取扱われる必要最小限の入力で、自動的に線形を決定したり、横断形状を作成できる。そのため操作は非常に自然なものとなっている。

また、ハードウェアは16ビットのパソコンであるが、以下に述べる工夫により、本システムを登載することができた。

- 1) 描画データの内、形状を作成するためのデータを保有し、図形データそのものを保持しない。
- 2) プログラムを分割した。
しかし、全体をコントロールするプログラムを用いてあたかも1本のプログラムのように動作させた。

次に、本システムのソフトウェアとハードウェアの概要を示す。

3. 1 ソフトウェア

本システムは、図-2道路設計CADシステム構成図に示すように、大きくは4個のサブシステムと6個のトランザクションファイル（設計路線ごとのファイル）、1個の参照ファイルにより構成されている。

3. 1. 1 各ファイルの構造とデータ項目

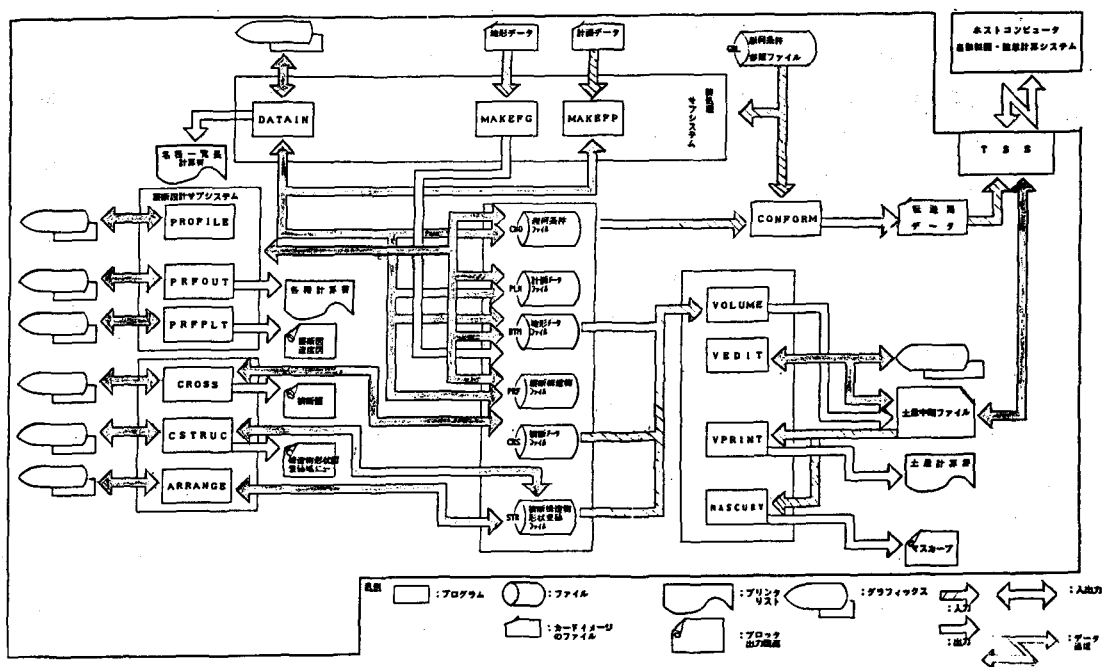


図-2 CADシステム構成図

A 幾何条件参照ファイル

道路構造令、道路公団設計要領に規定されている、道路種別、設計速度別の曲線部の片勾配値、最急縦断勾配等の幾何条件値が格納されている。

B 幾何条件ファイル

設計する道路の道路区分と設計速度を指定し、A 幾何条件参照ファイルから得られる幾何条件データと、各幾何条件値に対する採用値データから構成されている。この幾何条件値は、横断勾配の自動設定や設計縦断勾配値等の照査に用いる。

C 計画データファイル

計画データファイルには、道路種別、設計範囲、ステーションピッチ等の基本的なデータと平面線形データ、縦断線形データ、横断勾配データ、幅員データから構成されている。

縦断線形データは、縦断設計が進むにつれて更新されるが、他のデータは初期設定のあと、他のプログラムにより参照される。

D 地形データファイル

地形データファイルには、縦横断地形の位置と高さ、土層線、コントロールポイントデータから構成されている。

E 縦断構造物ファイル

縦断構造物ファイルは、橋梁、トンネル等の縦断方向の構造物とカルバート、オーバブリッジ等の横過構造物のデータで構成され、縦断設計で作成されたデータが書き込まれる。

F 横断データファイル

横断データファイルは、各横断面の法勾配、小段高、擁壁形状、法尻等の横断形状データで、横断

設計サブシステムで設計されたデータが書き込まれる。

G 横断構造物形状登録ファイル

横断構造物形状登録ファイルは、横断設計に用いる構造物の形状のデータで、中央分離帯、水路、擁壁、歩道等の形状が登録されている。CSTRUCにより作成、更新され、横断設計プログラムでは、構造物をこのファイルより呼び出して設計を進める。

3. 1. 2 各処理サブシステム

1) 前処理サブシステム

前処理サブシステムは、3つのプログラムからなり、縦横断の設計を行う前に、ファイルの初期設定と必要なデータの入力をする。MAKEFPは、平面線形、幅員、横断勾配等の横断設計、縦断設計以前に設計された基本的なデータを、B 幾何条件ファイル、C 計画データファイル、E 縦断構造物ファイルに書き込み、3つのファイルを初期化する。MAKEFGは、地形データファイルの編集、作成と横断データファイルの初期設定をする。MAKEFPは、一括処理型で登録するが、DATAINによって、会話型でデータの作成、修正をすることができる。

2) 縦断設計サブシステム

縦断設計サブシステムは、グラフィックスを介して、コンピュータと対話的に、縦断計画線の設計を行う。このサブシステムは、機能別に3つのプログラムより構成されている。PROFILEは、縦断計画線の設計をサポートする。PRFPLTは、検討用に縦断図をプロッターに出力する。そしてPRFOUTは、縦断関係の各種計算書を出力する。

縦断設計サブシステムを実行すると図-3のように画面表示される。

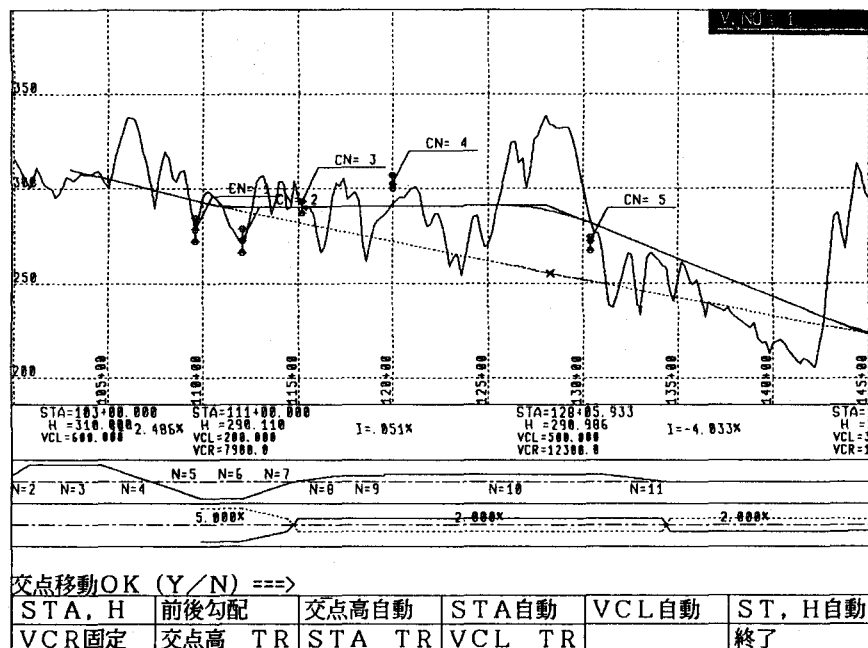


図-3 縦断設計サブシステムの画面表示

画面には、地形線、縦断計画線、コントロールポイント、縦断線形要素、平面曲率図、横断勾配摺付け図とメッセージおよびメニューが表示されている。

設計者は、ディスプレイ下側のメニューを選択すると、次の階層のメニューが表示され、メッセ

2-1) 縦断線形検討機能

交点の追加および移動の方法は、道路設計の作業分析の結果7つもの方法が可能である。

その他に、片側の勾配と縦断曲線長を固定し、コントロールポイントを通過するような他方の勾配を自動決定したり、片側の勾配と縦断曲線半径を固定し、コントロールポイントを通過するような他方の勾配の自動決定が可能である。

決定した線形の良否を判定する目的のため、任意の点の合成勾配や、サグ・クレスト点、概算土量、コントロールとの離れ量を求める機能がある。

2-2) 縦断図作成機能

测点	累加距离	地盤高	計面高	勾配
+2	-1102.000	292.94	292.94	1.500/100
+4	-1104.000	291.63	291.63	
+6	-1106.000	291.18	291.18	1.500/100
+8	-1108.000	290.73	290.73	
+10	-1110.000	290.24	290.24	1.500/100
+12	-1112.000	289.90	289.90	
+14	-1114.000	289.57	289.57	1.500/100
+16	-1116.000	289.21	289.21	
+18	-1118.000	288.97	288.97	1.500/100
+20	-1120.000	288.50	288.50	
+22	-1122.000	288.25	288.25	1.500/100
+24	-1124.000	287.94	287.94	
+26	-1126.000	287.63	287.63	1.500/100
+28	-1128.000	287.10	287.10	
+30	-1130.000	286.94	286.94	1.500/100
+32	-1132.000	286.50	286.50	
+34	-1134.000	286.20	286.20	1.500/100
+36	-1136.000	285.77	285.77	

- 253 -

2-3) 計算書作成機能

計算書の種類には、縦断線形要素一覧表、中間点計画高一覧表、横断勾配摺付計算書、構造物一覧表、横過構造物一覧表等がある。このような計算書で、机上で数値により値の確認が行なわれる。表-2に計算書の1例として中間点計画高一覧表の出力を示す。

(路線名)

中間点計画高一覧表

PAGE. 1

測点	断面距離	実高(mm)	B/A	計画高	C	D	備考
124+00.000	.000	12400.000		289.135		2.001	-0.072
124+00.000	20.000	12400.000		289.122		2.001	-0.072
125+.000	20.000	12500.000		289.107		2.001	-0.072
125+20.000	20.000	12520.000		289.093		2.001	-0.072
125+40.000	20.000	12540.000	-0.002 289.079	289.077	-0.124	2.004	-0.072
125+60.000	20.000	12560.000	-0.027 289.055	289.037	-0.275	2.019	-0.072

(*)
A... 横断山線と異なる高さ
B... 断面(Y)
C... 断面(X)
D... 断面(Z)

3) 横断設計サブシステム

横断設計サブシステムは、横断設計をサポートするCROSSと横断設計に用

表-2 中間点計画高一覧表

いる構造物(水路、縁石、擁壁、小段、側道等)の登録ファイルを管理するCSTRUCおよび、グラフィックスを介し、自動製図システムにおいて抽画された横断図の配置を変更するARRANGからなる。

3-1) 横断設計機能

横断設計プログラムを実行すると、メニュー領域は縦断設計とは異なり、タブレットに移る。タブレットより選択されるメニューの一部を図-5に示す。このメニューには横断設計の作業分析の結果、必要となった機能を総て含んでいる。断面作成時の初期画面は、道路幅員形状と地形線、地層線などの表示となっている。この初期画面に、メニューを選択し、必要に応じて形状パラメーターを入力し、順次、断面を構成していく。

擁壁	擁壁モード	擁壁タイプ	擁壁高	天位	端位置	天小	端位置			面
擁壁	擁壁終了	根入れ	天端高	根入れ位置	根入れ位置	根入れ位置	根入れ位置			積
法・小段	法勾配	小段	法工種							プリント
	法棒工	小段コピー	法工種盛土	土層指定						
	吹付工	小段高	法工種切土	土層指定解除	ラフスケッチ	環境施設				
歩道等	H	H-S	G-H	H-S-G	G-H-S					ハードコピー
	S	H-G	G-S	H-G-S	G-S-H					
	G	S-H	S-G	S-H-G	S-G-H					
保護路肩	フェイス	保護路肩幅	マウント	水設	路設置	側道設置				拡大
中分	マウント	シール工								拡大
計	算	中	止	決	セ	E	N	削	コ	再
					ーブ	D		除	ピー	描

図-5 横断設計メニュー

あるいは、登録された標準断面または他の設計断面からコピーして断面を作成する。道路設計では、同一形式の断面が続くため、コピー機能を利用することにより、操作回数を非常に少なくすることができる。断面形状の作成は、通常の手で設計するのと同様に、法面勾配や小段高、擁壁形式、擁壁高等を試行錯誤的に繰り返し、設計者は最適横断形状を決定していく。

もし、ここで縦断線形にまで戻らなければならない場合でも、縦断線形検討プログラムを実行し、グラフィックを介し線形を変更すれば、横断図はそれと連動して、計画高、法面形状等を変更して描画される。このように、このシステムでは、自動的に定まるものは、全て自動計算し、人手を介さなくても良いようにした。図-6に横断図の画面表示、図-7にブロッカー出力図の例を示す。

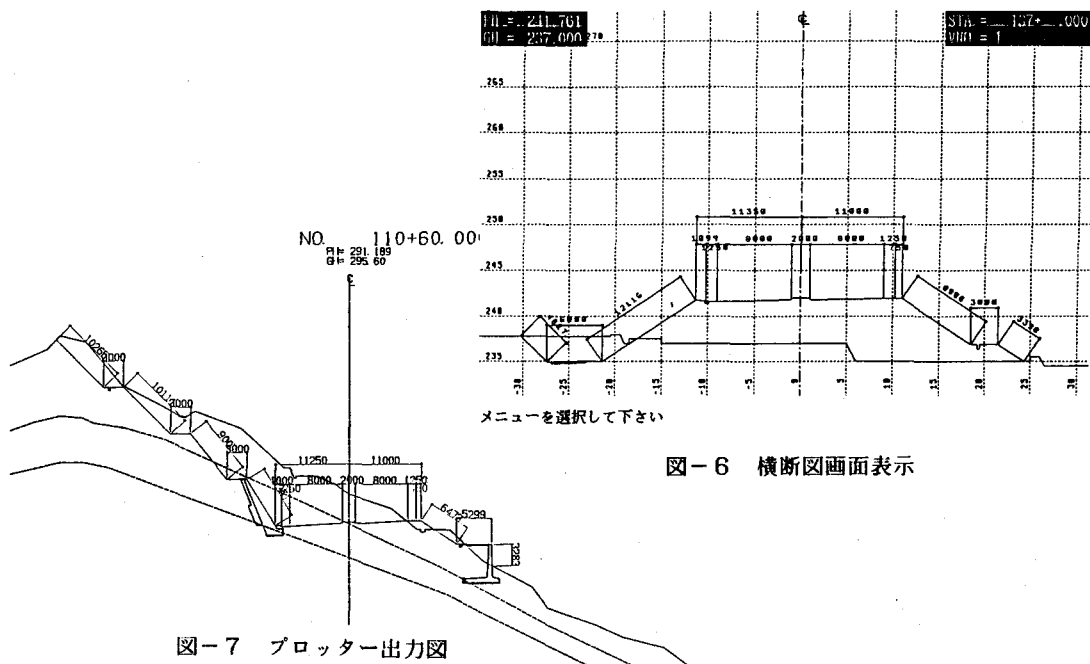


図-6 横断面画面表示

図-7 プロッター出力図

3.2 ハードウェア

縦横断CADシステムのハードウェアの構成を図-8に示す。本体は16ビットパソコン、補助記録装置は10又は20MBのハードディスク、プリンタ、A3版プロッター、タブレット、モデムから構成されている。

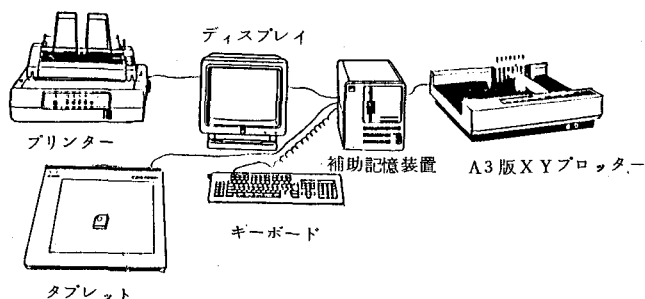


図-8 ハードウェア構成

4. システムの効果

本システムは、道路設計作業の内、縦横断の検討や設計をCADシステムで行い、決定した後の大量の縦断面図、横断面図の描画および数量計算を汎用コンピュータで一括処理するシステムである。パソコンによるCADシステムを使っての、トライアル作業は、検討結果がすぐに視覚的に見える為、技術の評価、判断が正確に効率良く行なえる。また途中経過をプロッター等で出力することにより、机上で検討も行なえる。大量の出力部分を自動的に処理する為、大巾な作業の省力化となり、全体的に設計期間の短縮や設計品質の向上に非常に効果がある。自動製図システムによる出力例を図-9縦断面図、図-10横断面図に示す。

5. あとがき

本システムは、道路設計の縦横断設計について、技術的判断の必要な所を設計者が行うCADシステムと一種の機械的作業である数量計算や製図を行う一括処理システムというような分散化が非常にうまくいった例と言えよう。今後、このような基本方針で、道路設計における電算機の導入を平面設計や路線選定へと発展させたいと考えている。尚、本システムの縦横断の機能分析作業は、建設コンサルタント30社と共同で行なったもので、建設コンサルタントの関係各位に感謝の意を表す。

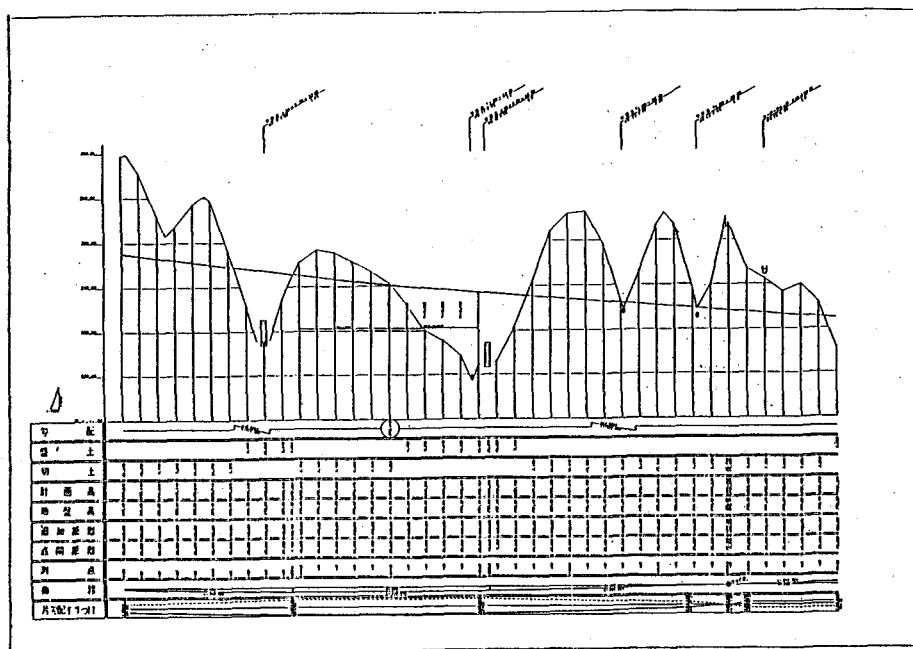


图-9 縱断面图

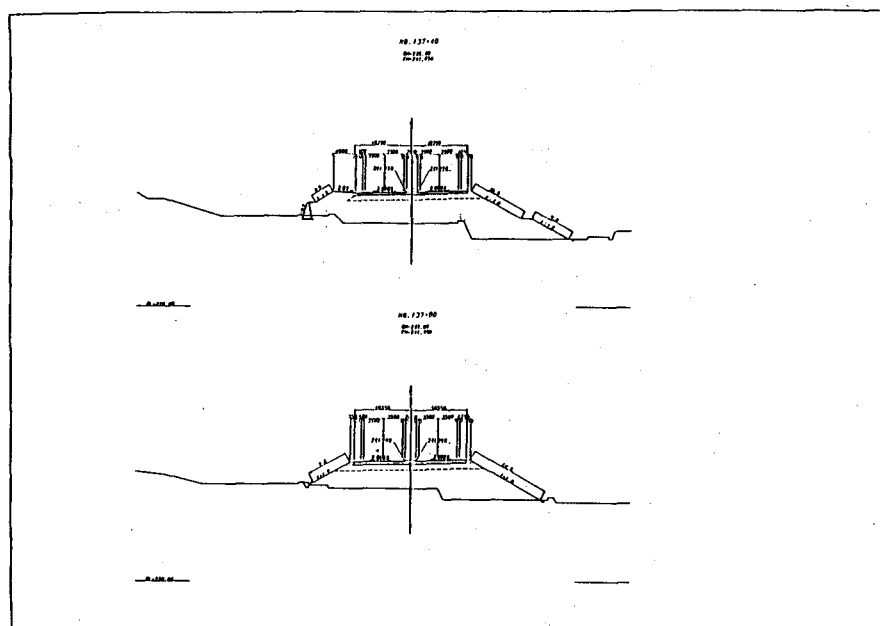


图-10 横断面图