

IV-15 土地造成自動設計システム（土工解析の部）

北海道開発コンサルタント㈱	正会員	津田義和
"	"	内田辰英
"	"	長谷部 聡
"	"	宮本政広
"	"	○ 沢田和明

1. はじめに

近年、土木設計分野におけるコンピューター利用は、自動製図機などコンピューター周辺装置の発達に伴ない、従来の利用法であった設計の一部コンピューター利用から、更に発展し、それらを駆使して設計、製図一連の作業を進めて行く、いわゆるトータル・システム化を可能とした。

「土地造成自動設計システム」は、土地造成設計作業において、コンピューターとその周辺装置（自動製図機、座標読取装置など）を利用し、同設計作業の省力化や設計の質的向上などを目的に開発したものである。本システムは大別して線形解析、及び土工解析の部に分かれて構成されており、ここでは土工解析について説明するとともにシステムの利用状況について述べ、今後の造成設計において、コンピューター利用方法が、更に一層進歩することを期待するものである。

2. システム概要（土工解析の部）

土地造成設計における評価は、単に工費的に最適もしくは最適に近いという判断のみにとどまらず、自然環境との調和性、生活環境としての機能性など非数量的な制約条件も加味されるものである。

土工解析における計算内容は、非数量的な制約条件を除けばその計算は一定のルールさえ決まれば比較的簡単なものであるが、その計算量は膨大なものとなる。このような計算はコンピューターのもっとも得意とする分野である。反面、非数量的な制約条件を加味してコンピューターにその演算をさせることは、技術的に難しい。このような実情により、本土工解析では非数量的な制約条件を除いた計算処理はコンピューターを利用しつつ、設計者の判断を加味する型でシミュレーションを行いながら設計を進めて行くものである。

土工解析部のシステム構成は図-2に示すとおり主要解析ルーチンとして①道路縦断解析 ②道路横断解析 ③宅地、街区造成高解析 ④宅地、街区土量計算 ⑤土の配分計画、及び図化解析ルーチン①縦横断面図化 ②造成図図化 ③流用図図化より構成されている。主要解析ルーチンには各々入出力機構を有し、再試行がいつでも、どこからでも自由に実行出来る型になっている。

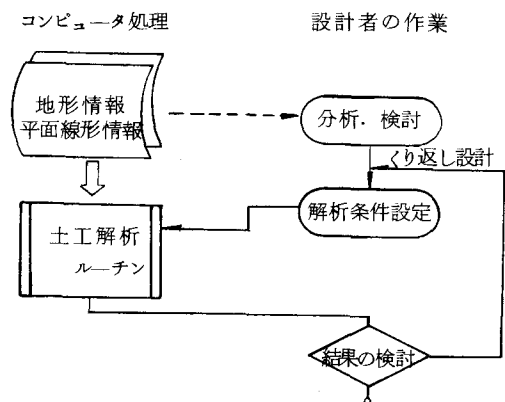


図-1 土工解析の概念図

*1：ここで言うところの土工解析とは、与えられた地形情報と平面線形をもとに、計画区域の造成高の算定、土量計算、土の配分計画などの一連の設計作業に対する総称である。

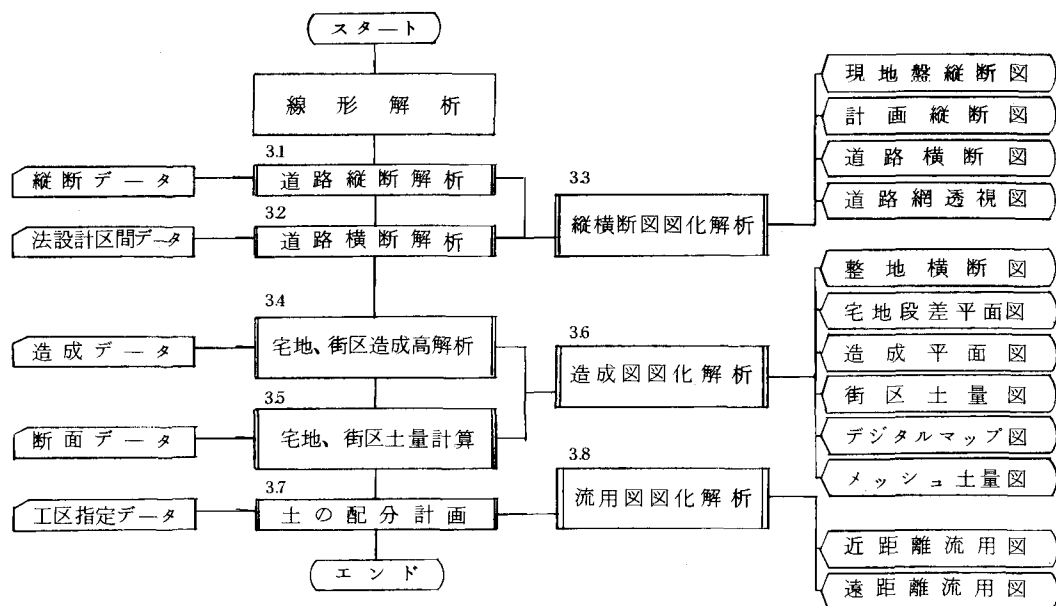


図-2 システム構成

3. システムの機能説明

3.1 道路縦断解析

造成設計における各道路の縦断計算は道路の平面的な関連、いわゆる、道路網を念頭において設計することは当然のことであるが、道路交差点部における2道路の計画高を正確に求めて、これをコンピューターに入力することは非常な手間と時間を要する。そこで本システムではこの省力化に対処するため次の方法によりこの計算を行うこととした。

(1) 各道路の主要点計算

各道路毎に主要点（グレード点）を入力しそれをもとに縦断要素計算を行う。この場合交差点の高さは一致していない。

(2) 交差点調整計算

交差点に対して指示された条件に従い交差点の計画高を自動調整し、各道路の縦断要素を精算する。

この方法により、設計者は交差点部の微調整計算から解放され単に交差点部の処理法のみ指定すれば良いこととなる。

条件名	内 容
・固定条件	交差点を一定値に設定する。
・優先条件	交差点の高さを優先道路の高さに合わせる。
・比例条件	交差点の高さを交差道路の平均高とする。
・すりつけ条件	優先道路の横断勾配をすりつけ道路に挿入する。

表-1 交差点調整条件

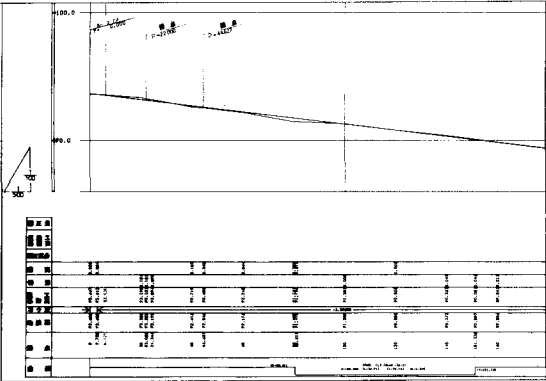
3.2 道路横断設計

道路横断設計においては、街区に接した部分と交差点部分の土量をどのように取り扱うかと言う問題がある。本システムでは前者の問題に対しては道路の設計範囲を宅地境界線までとし、法面の土量は街区土量計算で考慮することとし、又交差点部分では優先順位の低い道路の交差点はその区間の土量を計上しないこととした。当然のことながら、街区に接していない区間は通常の法処理が行なわれる。

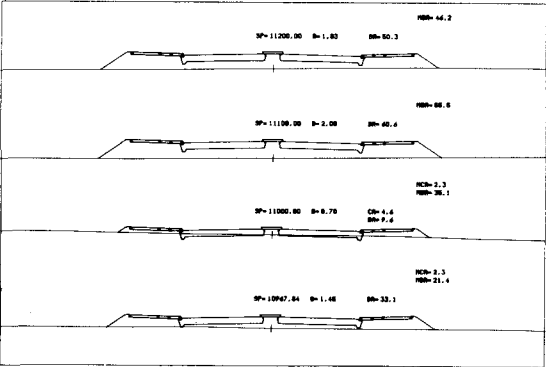
設計者は通常、各道路で使用する法定規番号のみ指定すれば、各測点における現地盤線発生、計画線型入れ、切盛面積計算、および土量計算（交差点毎に集計される）に至る横断設計はすべてコンピュータにより処理される。

3.3 縦横断面図図解析

道路縦横断設計の成果図である計画縦断面図（図－３）、計画横断面図（図－４）は本図図解析ルーチンより図化出力される。計画横断面図については作図用紙に合せて自動レイアウトを行う機能をもっている。当ルーチンではその他に検討図としての現地盤縦断面図、道路網透視図の図化機能もある。



図－３ 計画縦断面図



図－４ 計画横断面図

3.4 宅地、街区造成高解析

(1) 宅地造成高

一般的に宅地の造成高は表面排水や附帯施設の関係から道路より定める境界高より高くしなければならない。従って本システムでは、このルールにより宅地造成高を自動的に算出することとした。設計者はこの自動的に定められた造成高を吟味し不都合な場合には、宅地高調整条件（表－２）を用いてその造成高を変更することが出来る。

条件名	内 容 説 明
・直接指定条件	宅地造成高を直接入力する。
・最大段差条件	隣接し合う宅地の段差が指定された段差以上の時これを調整する。
・レベル条件	隣接し合う宅地の微少段差をレベルに調整する。

表－２ 宅地高調整条件

(2) 街区造成高

街区は利用用途が様々であり、その造成高は必ずしも一定のルールで定まるものではないが本システムでは、次に示す方法により街区の造成高を算出することとした。

イ) 面方程式による造成高

工業団地や飛行場の造成面のようにフラットなものに適用される。面方程式の算出法には、街区内格子点地盤高をもとに最小二乗法による最適面、条件付き（点通過や勾配など）最適面、２点の造成高と勾配指定、３点の造成高指定などがある。

ロ) 水柱モデル法による造成高

主に農地造成の改良山成工の造成高算出に適用するものであり、本法の特長は土工量が最少で切盛バランスが保持された造成高が得られることである。

ハ) 格子点高直接指定による造成高

造成高が面方程式や水柱モデル法の適用されない街区に対して、格子点の造成高を直接入力するものである。

3.5 宅地、街区土量計算

土量の計算法には平均断面法、柱状法、曲面近似法、コンター法などがあるが、本システムでは道路土量は平均断面法、宅地土量（宅地割を行った街区の土量）は平均断面法又は柱状法、街区土量（宅地割を行わない街区の土量）は柱状法を適用した。

(1) 平均断面法による宅地土量計算

この計算は土量計算断面の平面的な位置を宅地構成点番号で指示することによりその処理が行なわれる。入力された各断面をもとにコンピュータは各々の断面を複断面に取り扱い、現地盤線発生、計画線発生、法面処理を自動的に行い切盛面積及び土量を精算する。宅地の土量計算範囲は図—5に示すとおり宅地境界線までとし道路と宅地間に生じる法面は宅地土量計算範囲である。

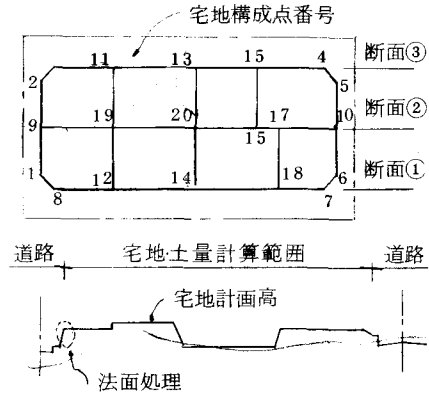
(2) 柱状法による街区土量計算

この計算では街区の土量を図—6に示すとおり整地部分と法面部分に分けて、各々柱状法により土量を求める。

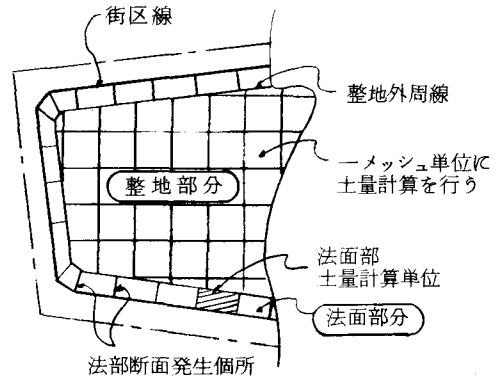
整地部分はそれを構成する整地外周線のなかにあるメッシュ単位に土量計算を行い、法面部分は等間隔に断面を発生させ、図—6に示すような単位に土量計算を行う。これ等の計算はすべてコンピュータにより自動的に行なわれるものであり設計者は単に法の処理方法のみを指定すればよい。

3.6 造成図図化解析

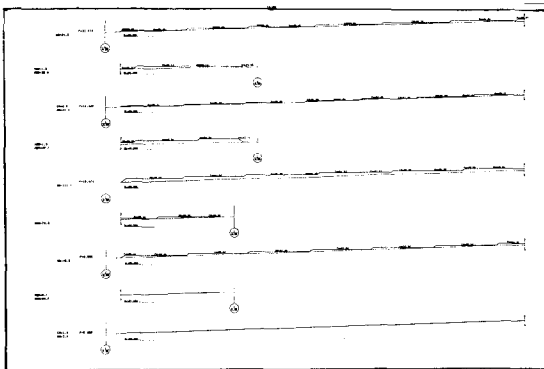
宅地、街区の造成高解析及び土量計算を終えると①整地横断図（図—7） ②宅地段差平面図 ③造成平面図 ④街区土量図（図—8） ⑤デジタルマップ図 ⑥メッシュ土量図などの図面が図化解析ルーチンより図化出力出来る。



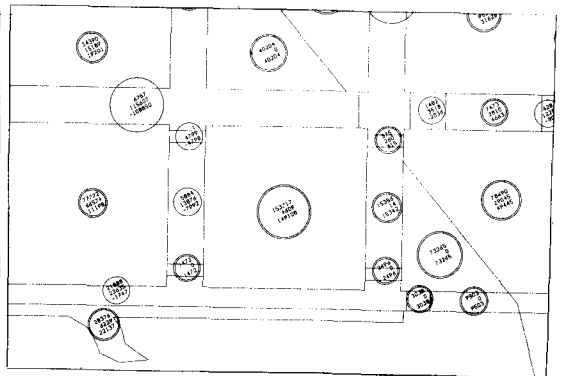
図—5



図—6 街区土量計算区分



図—7 整地横断図



図—8 街区土量図

3.7 土の配分計画

土の配分計画は運土計画、流用計算、とも言われ、どこの切土をどこに盛土するかという問題である。

本システムではこの配分計画を近距離流用計算と遠距離流用計算に分けて行うこととした。

(1) 近距離流用計算

ここでは土量計算の手法別に次の計算を行う。1)平均断面法で算出した土量の内、道路土量に対しては交差点毎に流用土を求め、街区土量に対しては街区毎に流用土を求める。2)柱状法で算出した土量に対しては隣接し合うメッシュ間で流用計算を行う。この計算の特徴は流用後の土量分布が図-9に示すように切土部分、盛土部分、整地された部分に分離されることである。

(2) 遠距離流用計算

ここでは隣接メッシュ間流用後の土量をインプットで指示されたメッシュ間隔で合理的に取りまとめた土量や道路交差点毎の土量により最適配分計算を行う。この計算は、いわゆる「線形計画における輸送問題」であり、本システムではこの解法にモーダイ法を採用した。

3.8 流用図図化解析

流用計算の結果として①隣接メッシュ間流用図(図-10) ②メッシュ間流用後土量図 ③遠距離流用図などが図化解析ルーチンより出力される。

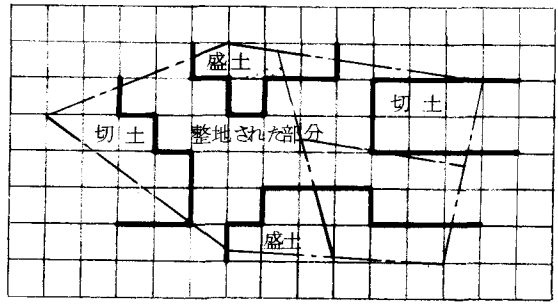


図-9 隣接メッシュ間流用後の土量模式図

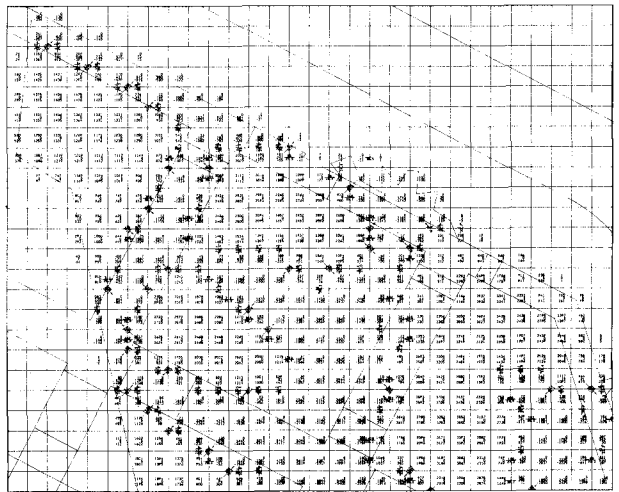


図-10 隣接メッシュ間流用図

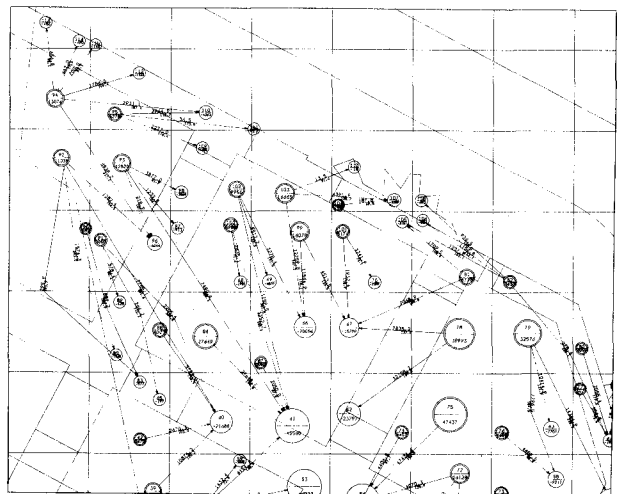


図-11 遠距離流用図

4. システムの利用状況

本システムは昭和47年、道路中心線解析より開発を実施し、同49年より開発と一部運用を平行に行い、同51年全システムの運用に至った。

現在までのシステム利用頻度は住宅団地設計約15件、工業団地設計5件、農地造成設計数件、その他システムの一部利用などを含めかなりの数にのぼる。その間の利用においては、運用当初はやはり、設計者にとっては設計の一部コンピューター利用の考え方が強かったが、利用に際してのシステム開発者の援助、利用者の教育などを行うとともにシステム本体のレベルアップやコンピューター及びその周辺装置のレベルアップに伴い、その利用法も除々に変化し、いわゆる我々がめざすコンピューター利用による、より良い設計へと近づきつつあると言える。

表-3は約10haの住宅団地設計におけるシステムの標準的なCUP使用時間及び自動製図機の使用時間を示したものであり、全体の入力データカード枚数は2000~3000枚程度である。

項 目	CUP使用時間			自動製図機使用時間			備 考
	1回のCPU	くり返し回数	総時間	1枚の時間	くり返し回数	総時間	
線形解析	5分	2	10分	分		分	
	10	4	40	40	4	160	中心線解析チェック図
	10	2	20	30	2	60	街区線 " "
	15	2	30	60	2	120	宅地割 " "
	30	1	30	60		420	6~7枚の成果図
土工解析	15	3	45	5		100	約20枚の現地盤縦断面図
	30	3	90				
	30	3	90	60		60	段差平面図
	10	1	10	30		30	流用図
	150	1	150			425	縦断面図 20枚 横断面図 45枚
計	305		515			1375	

表-3 約10haの住宅団地設計における
機械使用時間

使用機種：IBMSYSTEM/370、M-135
XYNETICS-1100

5. おわりに

本システムは前述したように現在運用段階に入っており設計の省力化などかなりの成果をおさめていると思う、が設計者の本システムへの要望も多く、今後の開発としては①道路材料計算の自動化 ②造成高解析の算出法の追加 ③完成後ベースの機能拡張などを予定している。

更に、今後とも本システムの利用は増すと思われるがそのシステムの持つ機能が充分に発揮出来るようにシステムのメンテナンスをたえず行っていかなければならない。又、設計者がコンピューターから出力される多量の結果を正しく評価する感覚も育てていかなければならないであろう。

終りに、本システムの開発に当っては当社の環境計画部、道路設計部、農業土木部の関係者の指導、協力があったことを記し、謝意を表する。

参考文献

- (1) 津田、内田、石田、石川、菅原、栗原：道路自動設計製図システム、土木学会北海道支部論文報告集、第34号 1978. 2
- (2) 財団法人日本農業土木コンサルタント：電算機汎用プログラム開発作業報告書 S50. 2