

工程計画におけるコンピュータの導入事例（その２）

—— 道路工事・地下鉄工事の場合 ——

柳 鴻池組	正会員	西野久二郎
"	"	松尾 俊一
"	"	吉村 篤志
"	"	田中 恒幸
"	"	○高橋 堅至

はじめに

「工程計画におけるコンピュータの導入事例（その１）」においては、RC構造物型の施工程序の場合を対象にして、PERTによる工程計画の事例を報告したが、ここではRC構造物型とその他の施工程序パターンが混在している場合の工程計画について述べることにする。

1. 道路工事の工程計画

一般に、道路工事は図-1に示すように土構造物、高架橋、橋梁、トンネルなどの道路本体と、オーバーブリッジ、ボックスカルバートなど道路本体を横断する横断構造物とで構成されていると言えよう。

このように、道路工事には土構造物と各種の構造物（主にRC構造物）とが混在しているが、ここでは道路本体が土構造物の工事、すなわち、切盛土工型の施工程序をもつ土構造物とRC構造物型の施工程序をもつ横断構造物とで構成されている道路工事を対象にして、その工程計画について述べることにする。

土構造物の施工管理上対象工事をいくつかの区間にブロック分割した場合には、以下に示す工程の検討もブロック単位で進めるものとする。さて一般に、RC構造物の方が切盛土工型より工程計画上の自由度が小さいので、工程の検討はまず横断構造物から始めるのがよいと思われる。次に、土構造物は切土作業、運土作業、盛土作業の一連の作業工程によつて施工されていくが、切土と盛土は運土計画を介することによりほとんど表裏一体のものとみることができるので、その工程計画においては切土か盛土かのどちらかに注目すればよいことになる。一方、横断構造物工程と土構造物工程との関連についてみれば、切土区間より盛土区間においての方がより密接であるので、盛土工程を横断構造物の工程と関連づけて検討し、その次に切土工程について検討するのがよいと思われる。

このような考察から、図-2のフロー図に示す如く、横断構造物工程、盛土工程、切土工程の検討を順次行なつていき、総合工程として適当なものが得られるまでフィードバックを繰返し、マン・マシンシステムによつて工程計画を作成することを考えた。以下に、具体的に個々の工程計画について述べることにする。

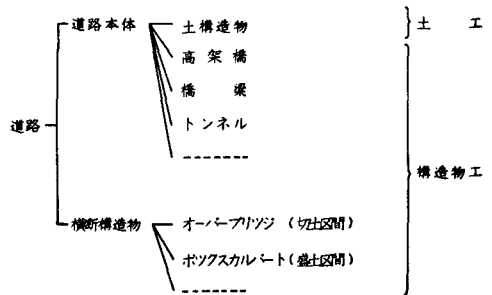


図-1 道路工事の分解

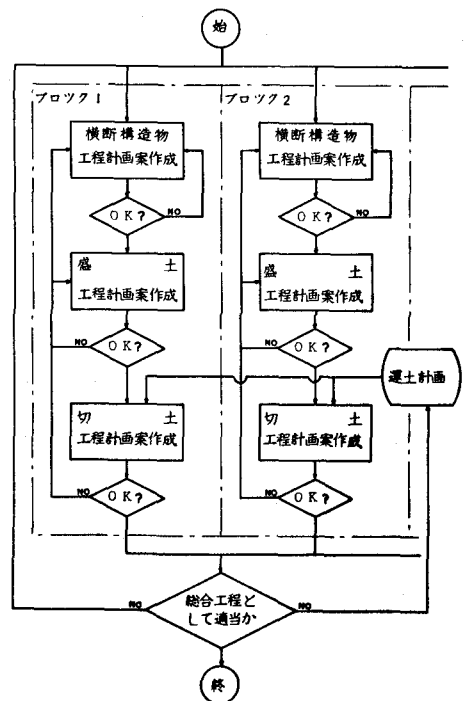


図-2 道路工事の工程計画フロー

(1) 横断構造物の工程計画

工期、設計条件、施工条件のもとに、職種、機械、仮設材の転用などを考慮してPERTシステムによって容易に工程計画を作成することができる。

(2) 盛土の工程計画

図-3は道路縦断面図の1例であるが、図示のように盛土区間を横断構造物間隔の $\frac{1}{2}$ のところで分割したものを盛土ユニットと呼び、盛土の工程はこの盛土ユニット単位で、その中に含まれている横断構造物の築造工程に合わせることにする。

具体的にはこの盛土ユニットをさらに3段階に分け、横断構造物の施工前、施工中、施工後にそれぞれ同期させている。構造物の施工前、施工中、施工後に分割する3段階の盛土量 V_A 、 V_B 、 V_C は土質や盛土ユニットの長さ、幅、高さ、横断構造物の種類、大きさ、路面からの深さなどに関係すると思われるが、たとえば図-4のボックスカルバートの場合、カルバートの施工前には図の V_A の部分が盛土され、施工中には V_B 、施工後には V_C が盛土されるわけである。

具体的なスケジュールを得るためには、 V_A の部分の盛土をいつ開始するのか、あるいは、 V_C の部分はいつ終了するのかを指定する必要があるが、 V_A 、 V_B 、 V_C をそれぞれの盛土施工期間の日数で等分割した日当り施工量から各盛土ユニットの月々の施工量を算出することができる。

このようにして求めた各盛土ユニットごとの盛土工程を重ね合わせることで全体の盛土工程を得ることができる。そして、この盛土工程計画を土質条件、気象条件や土工機械投入計画との関連において、主に月々の盛土施工量に注目して評価することになる。

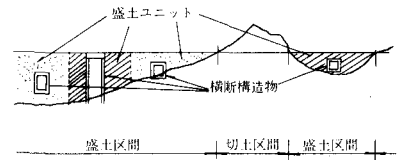


図-3 道路縦断面図

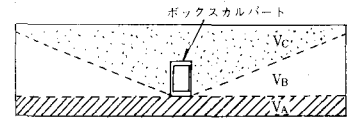


図-4 盛土ユニットの分割

	46年												47年												48年												計		
	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5						
C-BOX 1	262	262	262	262	262	262	262	262	262	107													2233	2586	2586	358													9698
C-BOX 2	1463	1463	1463	1463	1463	1463	1463	1463	1463	3051	3051	3051	3051	3051	3051	3051	3051	3051	3051	3051	3051	3051	3051	3051	3051	3051	3051	3051	3051	3051	3051	3051	3051	19288					
C-BOX 3	1434	1434	1434	1434	1434	1434	1434	1434	1434	1434	1434	1434	1434	1434	1434	1434	1434	1434	1434	1434	1434	1434	1434	1434	1434	1434	1434	1434	1434	1434	1434	1434	20527						
C-BOX 4	374	374	374	374	374	374	374	374	374	374	374	374	374	374	374	374	374	374	374	374	374	374	374	374	374	374	374	374	374	374	374	374	11400						
C-BOX 5	535	535	535	535	535	535	535	535	535	535	535	535	535	535	535	535	535	535	535	535	535	535	535	535	535	535	535	535	535	535	535	535	15112						
C-BOX 6	411	411	411	411	411	411	411	411	411	411	411	411	411	411	411	411	411	411	411	411	411	411	411	411	411	411	411	411	411	411	411	411	13054						
C-BOX 7	606	606	606	606	606	606	606	606	606	606	606	606	606	606	606	606	606	606	606	606	606	606	606	606	606	606	606	606	606	606	606	606	20885						
橋 梁 A	388	388	388	388	388	388	388	388	388	388	388	388	388	388	388	388	388	388	388	388	388	388	388	388	388	388	388	388	388	388	388	388	15333						
C-BOX 8	300	300	300	300	300	300	300	300	300	34													1819	2835	2835	1040													10724
C-RM 1	714	714	714	714	714	714	714	714	714	714	714	714	714	714	714	714	714	714	714	714	714	714	714	714	714	714	714	714	714	714	714	714	26446						
C-RM 2	976	976	976	976	976	976	976	976	976	976	976	976	976	976	976	976	976	976	976	976	976	976	976	976	976	976	976	976	976	976	976	976	48601						
C-BOX 9	391	391	391	391	391	391	391	391	391	391	391	391	391	391	391	391	391	391	391	391	391	391	391	391	391	391	391	391	391	391	391	391	18822						
橋 梁 B	181	181	181	181	181	181	181	181	181	181	181	181	181	181	181	181	181	181	181	181	181	181	181	181	181	181	181	181	181	181	181	181	9228						
C-BOX 10	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	7638						
C-BOX 11	510	510	510	510	510	510	510	510	510	510	510	510	510	510	510	510	510	510	510	510	510	510	510	510	510	510	510	510	510	510	510	510	12798						
C-BOX 12	768	768	768	768	768	768	768	768	768	768	768	768	768	768	768	768	768	768	768	768	768	768	768	768	768	768	768	768	768	768	768	768	13065						
C-BOX 13	1175	1175	1175	1175	1175	1175	1175	1175	1175	1175	1175	1175	1175	1175	1175	1175	1175	1175	1175	1175	1175	1175	1175	1175	1175	1175	1175	1175	1175	1175	1175	1175	15485						
橋 梁 C	513	513	513	513	513	513	513	513	513	513	513	513	513	513	513	513	513	513	513	513	513	513	513	513	513	513	513	513	513	513	513	513	10848						
C-BOX 14	406	406	406	406	406	406	406	406	406	406	406	406	406	406	406	406	406	406	406	406	406	406	406	406	406	406	406	406	406	406	406	406	5303						
C-BOX 15	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	4110						
C-BOX 16	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	5545						
月別出来高 (m³)	18101	18101	19007	23725	25206	27488	29794	32648	35648	38648	41648	44648	47648	50648	53648	56648	59648	62648	65648	68648	71648	74648	77648	80648	83648	86648	89648	92648	95648	98648	101648	104648							
累積出来高 (m³)	18101	36202	55209	78944	104153	131617	161411	193559	229017	267665	309513	354561	402909	454557	509505	567753	629201	694049	762197	833845	909043	987691	1069839	1155457	1244575	1337193	1433311	1533029	1636147	1742865	1852983								
出来高 %	5	9	14	20	26	33	40	48	57	65	73	81	89	97	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100							

図-5 盛土工程表

客土による盛土工事が中心でその間に横断構造物が数多く存在しているような場合の盛土工程表の例を図-5に示す。図中のバーチャートは横断構造物の工程であり、各盛土ユニットの月々の施工量が数値で示されている。

(3) 切土の工程計画

土質、地形、運搬距離などによって土工機械を選定し、マスカーブなどの利用により切土と盛土の量的バランスを検討して運土計画を立てるわけであるが、この運土計画が作成されておれば、切土の工程計画は盛土の工程計画から比較的容易に、ほとんど一意的に作成することができると言えよう。

2. 地下鉄工事の工程計画

オープンカット工法の地下鉄工事の工程を①路面覆工まで、②掘削工、③構築工以降の3段階に大別した場合、①路面覆工までの工程は杭打機械の投入セット数などを与えることによって、また③構築工以降の工程は工法、型枠準備数などを与えることによってほぼ一意的に定まり、PERTシステムにより容易に工程計画を得ることができるので、結局、②掘削工程が、このようにして得られた①と③の工程の間にうまく収まるかどうかを検討し、総合的にみて、より適当な工程計画案を選択すればよいことになる。このような観点から地下鉄工事の工程計画を図-6に示すマン・マシンのシミュレーションシステムによって作成することを考えた。

ここでは②掘削工（地下鉄掘削型の施工プロセス）の工程計画に注目して述べることにする。

図-7の地下鉄縦断面図（延長430mの地下一般線路部）には、躯体工のベースおよびスラブの断面（斜線表示）とともに、山留支保工の切梁位置（腹起を黒塗で示している）および躯体構築工のブロック分割線（通常延長方向20m単位でブロック分割し、施工される）が示されている。この図で、ブロック分割線および切梁線で縦横に区切られた1つの単位を掘削ユニットと呼び、実際の掘削作

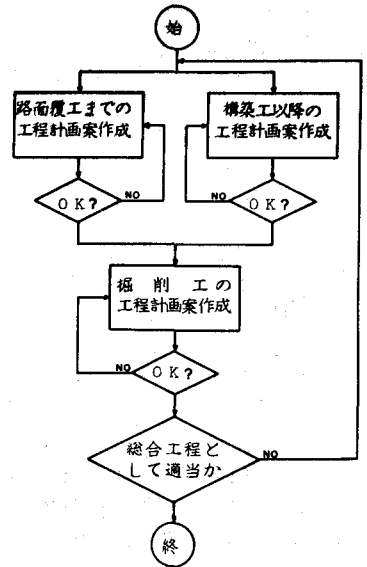


図-6 地下鉄工事の工程計画フロー

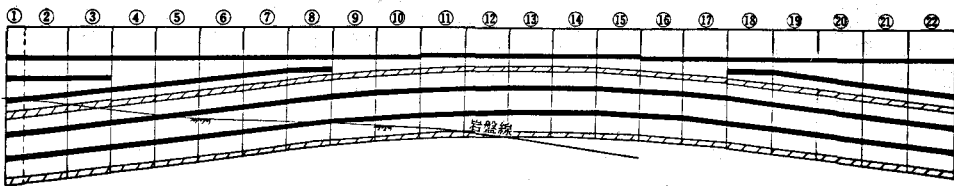


図-7 地下鉄縦断面図

業はこの掘削ユニット単位で行なうものと考えらる。

そして、隣接ブロック間の高低差をたとえば1ユニット分以下に保ちつつ、後続する躯体構築工の着工時期に応じて各ブロックに与えられた掘削工程優先度に従って、掘削ユニット単位で順次掘削を進め、梁入れは、1ユニット分の掘削が終了してから行なわれるものとし、梁入れが終わらなければその下の掘削にはかかれ

ないものとした。このような条件設定のもとにGPS言語によって地下鉄掘削工程計画のシミュレーションプログラムを組み、掘削機の台数や投入時期、掘削歩掛、各ブロックに与える掘削優先度、梁入れ鍛冶工の投入パーティ数などを変えて、適当な計画が得られるまで繰返しシミュレーションを行なった。

このアウトプットの1例として図-8にはある時点での掘削出来形予定を示している。また図-9はPERTシステムより得た座標式工程表であり、図中の斜線部が上述のようにして検討した掘削工程を表わしている。

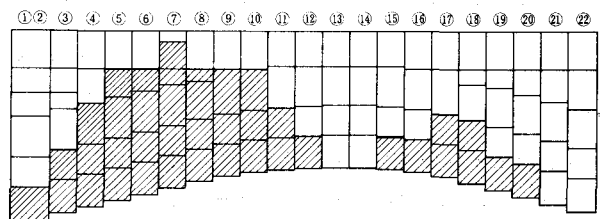


図-8 掘削出来形予定図（昭和52年3月末現在）

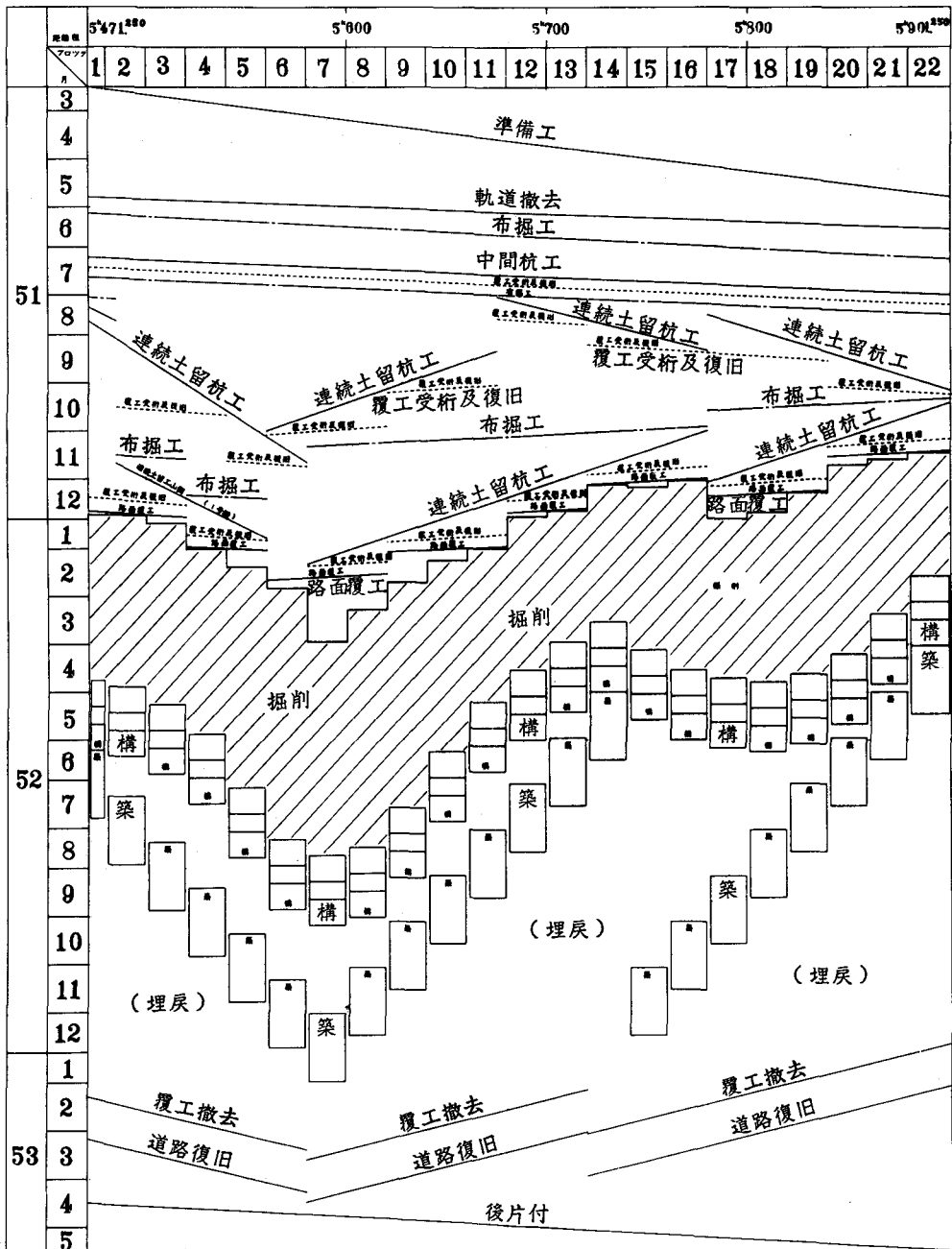


図 - 9 座標式工程表

おわりに

以上、RC構造物型の施工プロセスと切盛土工型、あるいは地下鉄掘削型が混在している場合の工程計画においてコンピュータの導入を図つた事例について述べてきたが、今後とも実際工事への適用を通じて、さらに多方面からの検討を加え、種々の土木工事を対象にして、施工技術者のより有効な道具としてのコンピュータ利用を目差して努力していきたいと思つている。皆様のコメントをいただければ幸である。