工程計画におけるコンピュータの導入事例（その１）
――高架橋工事・宅造工事の場合――

㈱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

ひところ合理的な工程計画手法としてその有効性を喧伝されたＰＥＲＴも最近はあまり評判がよくないようであるが、筆者らはまず土木工事の工程計画について考察を加え、工程計画におけるコンピュータの導入という観点からＰＥＲＴ手法をベースにした〝ツールとしてのＰＥＲＴシステム〟の開発を行なつた。

ここにその概要を実際工事への適用事例とともに紹介する。なお工事工程表などは、紙面の都合で割愛しスライドで示すことにする。

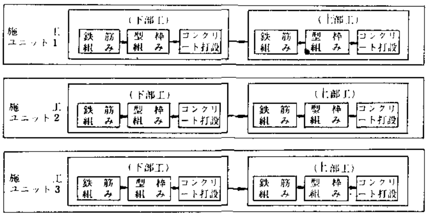
1. 土木工事の施工プロセスパターン

土木工事には種々の工種があり、各工種によつてその施工プロセスが異なるため、土木工事の工程計画手法の体系化を考える場合、まず工程面からみて施工プロセスのパターンを整理しておく必要があろう。

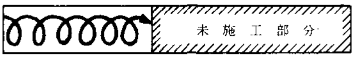
施工プロセスの代表的と思われるパターンを次に４つ示すことにする。

① ＲＣ構造物型

まず一番よく目につくＲＣ構造物の施工プロセスを図－１に示す。すなわち、ＲＣ構造物は通常いくつかの施工ユニットに分割され、またその施工ユニットは１回にコンクリートを打設する単位（図では下部工と上部工）によつてさらに分割される。そしてその単位ごとに、鉄筋組み、型枠組み、コンクリート打設のように異なつた作業の順序ある組合せによつて施工が進められ、作業主体である鉄筋工、型枠大工、コンクリート土工などの各職種や機械などは通常複数個の単位間で順次転用されていく。このような施工プロセスをもつものをＲＣ構造物型と名づければ、ＲＣ構造物型の工程計画のポイントは、コンクリートを打設する単位の各作業ごとに、施工主体である各職種や機械をうまく割り付けていくところにあると言えよう。

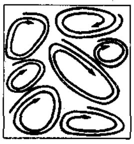


図－１．ＲＣ構造物型の施工プロセス



図－２．トンネル型の場合の施工主体の動き

次に述べる３つのパターンは、いずれも施工主体のサイクリツクな施工活動によつて進められていくもので、ＲＣ構造物型に比し、より単純なプロセスであると言える。

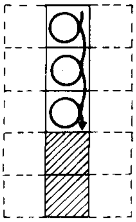

図－３．切盛土工型の場合の施工主体の動き

② トンネル型

これは図－２に示すように、通常単一の施工主体のサイクリツクな施工活動によつて順次土木構造物が完成されていくもので、この例としては、発破工法、ＴＢＭ工法あるいはシールド工法によるトンネル構造物の施工をあげることができる。

③ 切盛土工型

これは図－３に示すように施工主体のサイクリツクな移動にともなつてサイクリツクに施工活動が繰返されていくもので、施工主体は複数個投入される場合が多い。たとえば、宅造工事や道路工事のスクレーパによる切盛土工はその代表例と言えよう。


図－４．地下鉄掘削型の場合の施工主体の動き

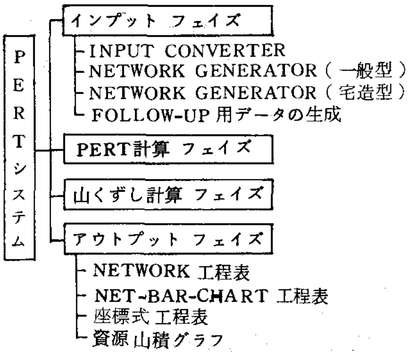
④ 地下鉄掘削型

オープンカツト工法の地下鉄工事における掘削工を考えると、この場合の施工プロ

セスは図－４のように表わすことができよう。すなわち、施工主体のサイクリツクな施工活動によつて掘削が進められていくのであるが、山留支保工との関連はもちろんのこと、隣接の掘削ブロツクとの密接な関係をも考慮しておく必要がある。このようなパターンを地下鉄掘削型と名づければ、たとえば重力式コンクリートダムの打設工程などもこの型に属するものと言えよう。

2. ＰＥＲＴシステム

ＲＣ構造物型の施工プロセスの場合、工事を複数個の工程上の明確な施工単位に分割し、かつ、それぞれの施工単位の時間的な相互関係を明らかにすることができるので、ＰＥＲＴ手法による工程計画が有効であると言えよう。そこで筆者らは、ＲＣ構造物型を対象にその工程計画のツールとしてＰＥＲＴシステムの開発を行なつた。本システムの構成は、図－５の如くであるが、具体的な機能は以下の適用事例を通して述べることにする。



図－５.PERTシステム構成図

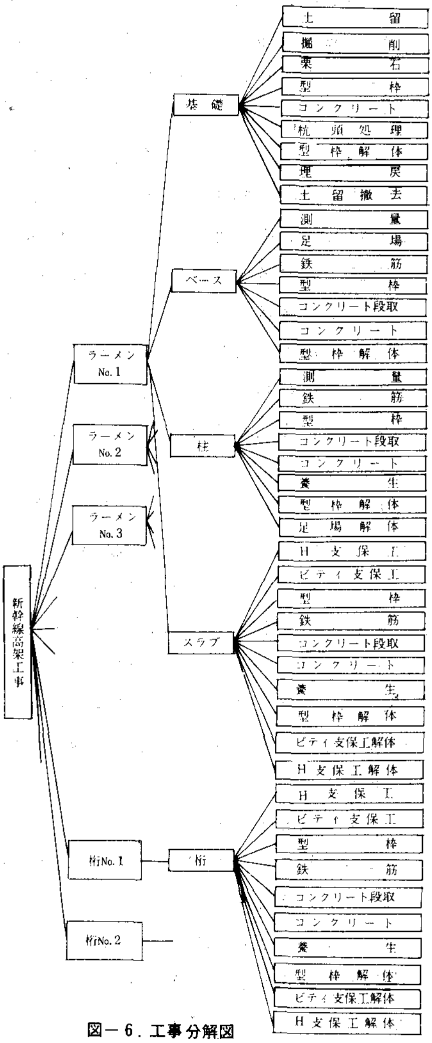
3. 高架橋工事の工程計画

新幹線高架工事の工程計画にＰＥＲＴシステムを適用した事例について述べることにする。

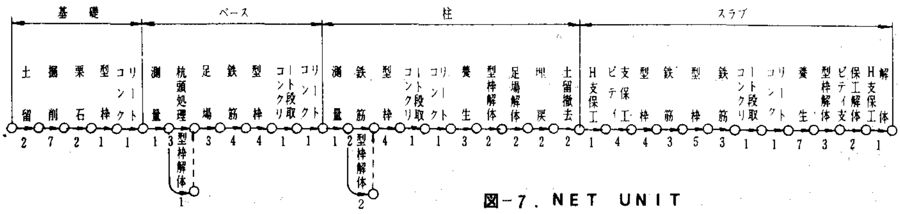
まず高架工事全体を施工ユニツトである個々の高架ラーメン及び桁に分割し、さらにそれぞれを作業のレベルまでブレークダウンした工事分解図を図－６に示す。この分解図をもとに、高架ラーメン及び桁の施工ユニツト１個分の工程ネツトワーク（これをNETUNIT と呼ぶ。図－７参照）を作成し、このNET UNIT をもとにNETWORK GENERATOR により全施工ユニツト分の工程ネツトワークを自動生成させた。

次に投入資源量などによる制約（例えば、杭打機械やスラブ型枠・桁型枠の転用）から施工ユニツト間の工程上の関連づけを行なうことにより全体工程ネツトワークを得ることができる。

このようにして作成された全体工程ネツトワークのＰＥＲＴ計算によつて最初の工程計画案ができるわけである。次にこの工程計画案をもとに必要に応じて、アクテイビテイの変更、追加データを加え再計算させたり、あるいは自動山くずし計算によるなどして実施計画として適当な代替案が得られるまでシミユレーシヨンを繰返した。また施工段階での工程計画のフオローアツプも必要に応じて行なつている。



図－６．工事分解図



図－７．ＮＥＴ ＵＮＩＴ

4. 宅造工事の工程計画

一般に宅造工事の構造物工においては、広い施工区域に大量に分散している石積、側溝などの比較的小さな構造物を順次施工していくことになる。その際、各構造物をどの部分から、どういう単位で、いつから、どういう順序で施工していくかということに関しては無数の組合せが考えられ、工程計画上非常に自由度がありすぎると言えよう。そこで適当なルールづけのもとに工程上の標準化を図り、もう少し自由度を下げることが望まれる。そうすることによつて膨大な工程計画計算のコンピユータによる自動化も可能になると思われる。このような観点から筆者らがルール化し、標準化した宅造工事構造物工の工程計画作成手順の骨子は表－1に示す如くである。

表－1．工程計画作成手順

	作業内容	担当
手順1.	各構造物工を工程上の観点からいくつかのBLOCKに分割する。	人間
手順2.	分割されたBLOCKごとに工程ネットワークを作成する。（これをNETPACKと呼ぶ）	コンピュータ
手順3.	NETPACKをつなぎ合わせて全体工程ネットワークを作成する。	人間
手順4.	PERTプログラムによって工程計画計算をする。	コンピュータ
手順5.	工程表を自動図化する。	コンピュータ

以下、ある宅造工事において、表－1の手順で工程計画を作成した事例を述べることにする。

まず手順1では、汚水管工、雨水管工、ブロツク積工などの各構造物工について、例えば汚水管工はルートNo.ごと、ブロック積工は街区No.ごとというように、工程上の観点からいくつかのBLOOK に分割した。

手順2においてはコンピユータに登録してある単位施工量分の標準工程ネツトワーク（これをNETUNITと呼ぶ。図－8参照）をもとに、手順1で分割した各BLOCK分（ブロツク積工なら各街区No.に相当する。）の工程ネツトワーク（NETPACK）をNETWORK GENERATOR によつて自動生成させた。

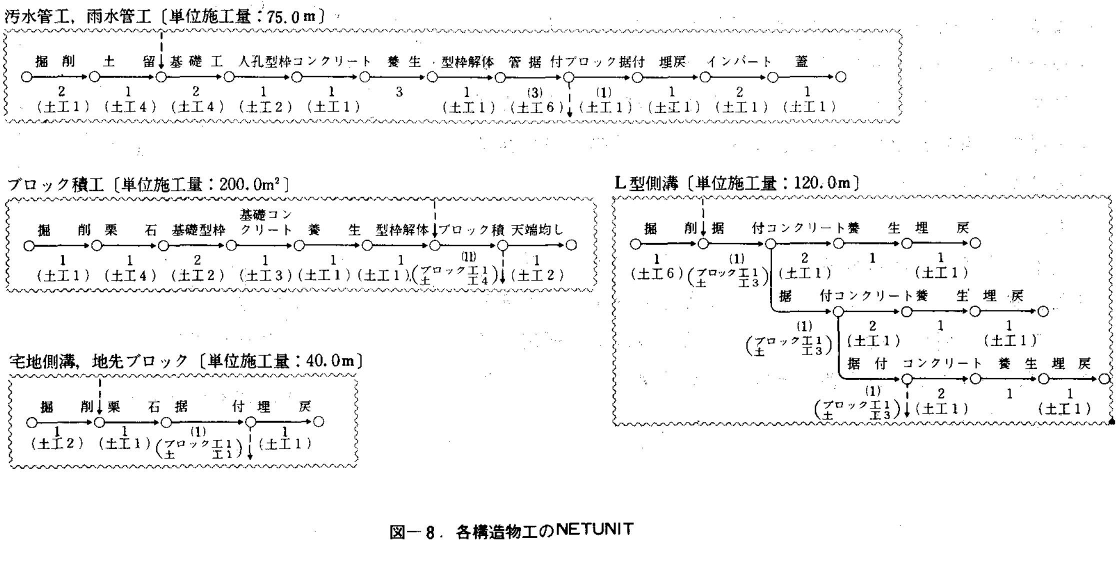
具体的には、例えば街区No.34の外周ブロツク積工（設計数量616.6 m²）のNETPACK を作成するには

i ） 設計数量616.6 m²をブロツク積工のNETUNITの単位施工量である200.0 m² で割算してその商（この場合は3）を求める。

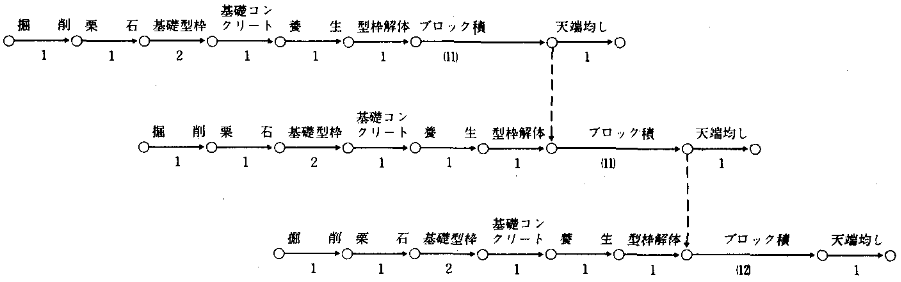
ii ） 商の数すなわち3個のNETUNITを発生させて、それらをつなぎ合わせる。

iii ） 3個目のNETUNIT の施工量は216.6m² になるので、しかるべき修正を施こす。

このようにして図－9に示すNETPACK が作成できるわけである。



図－8．各構造物工のNETUNIT



図－9．街区No.34の外周ブロック積工NETPACK

手順３においては、NETPACK をつなぎ合わせて全体ネットワークを作成したのであるが、その際のルールは、例えば先程の街区№３４の外周ブロック積工について言えば、その街区の外周道路の雨水管工がすべて終了してから開始し、外周ブロック積がすべて終了すれば後続工種の宅地間ブロック積にかかれるというようなものである。

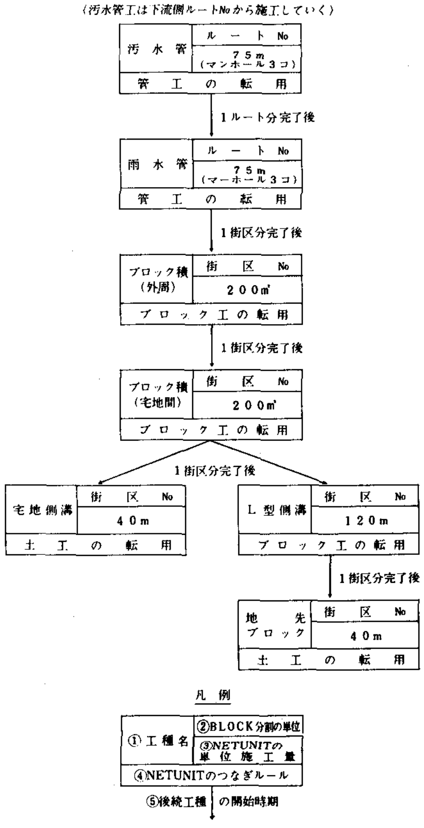
以上、例をもとに説明してきた手順１～３におけるルールを整理して一覧表示すると、図－１０の工程計画ルール図の如くである。すなわち凡例に示しているように、①工種名（構造物工名）、②各工種のBLOCK 分割の単位（これに対応してNETPACK が作られる。）、③NETUNIT の単位施工量、④NETUNIT のつなぎ合わせのルール（メインリソースの転用）、⑤後続する工種の開始時期をそれぞれのボツクスの中に表示して各工種構造物工のBLOCK 単位の施工工程の作成ルールを表わすとともに、矢印によつて（ほぼ同一地点において）先行、後続する各工種間の工程上の順序関係を表現している。

手順３で全体工程ネツトワークを作成するには、まず投入資源量を決定し、各工種が同時に何ケ所のBLOCK で並行施工できるかを明らかにしておく必要がある。これが決まれば後は図－10の矢印のルールに従つて各NETPACK を順次つなぎ合わせて、全体工程ネツトワークを作成することができる。

手順４では、ＰＥＲＴシステムにより工程計画計算および各資源の山積計算を行ない、手順５においてこれらの計算結果をX-Yプロツターで自動図化した。

おわりに

土木工事向きの工程計画システムとして、データ作成の容易化、省力化およびアウトプツトの充実を実現すべくＰＥＲＴシステムの開発を行ない、既に二十数件の工事に適用してきたが、今後とも改良改善を重ね、実際現場のツールとして活用していきたく思つている。



図－10．工程計画ルール図