

PERTによる道路改良工事の工程管理について

正員 久末 忠 一*

正員 ○荒木 誠 四郎**

§1. ま え が き

最近、我が国の建設業界は、大規模且つ複雑な工事を短期間に完成することを要求され、従来の工程管理方法では確実に工程を把握し、且つ経済的な速度で工期内に完成することが非常に困難となってきた。

そこで、アメリカで開発され、実用化されている PERT: CPM などの Net Work 手法が導入され、建設業界にも急速に普及してきた。

当社でも数多くの工事に採用し、多大の効果をおさめているが、北海道の道路改良工事に於いては、今回はじめて PERT を導入してみた。以下はその報告である。

§2. PERT とは

ある構造物を完成する為には、非常に多くの作業をなさねばならない。そしてそれらの作業は互に関連し合っているのが普通である。そこで、作業の一つ一つを矢線で示し、因果関係(ある作業が済まなくては他の作業ができない。例えば、型枠を組み立てないとコンクリートが打てないといったような)で結んで Net を作製する。各作業に要する時間(日数)を見積って書き込むと次の5つの値を計算することができる。

(1) 最早開始日 (Earliest Start Time)

いつその作業を始められるかという日。

(2) 最早終了日 (Earliest Finish Time)

最早開始日に、その作業の所要日数を加えて求める日ですべていつ終ることができるかという日。

(3) 最遅開始日 (Latest Start Time)

工期内に完成するには、遅くともこの日には始めなくてはならないという日。

(4) 最遅終了日 (Latest Finish Time)

最遅開始日にその作業の所要日数を加えて求める日で、この日にはその作業を終えていないと、工期が遅れるという日。

(5) 余裕日 (Float)

最早開始日と最遅開始日の差であって、この日数の大小

で、その作業の工期に及ぼす影響の大小を知ることができる。余裕日の0である作業をつないでゆくと一つの経路ができて、この経路を *critical path* と呼び最も力を注いでゆかなければならない作業ルートである。限られた資材、人員、時間などをこの余裕日の少ないものから先にかけてゆくことで、無駄を省くことができる。

(1), (2), (3), (4)は暦日で示され、(5)は日数である。

いくつかの約束を守ることによって、これらの値は電子計算機で計算することが可能になっており、実際は作業の数が100前後程度のものであれば手で計算することもできるが、それ以上のものとなると電子計算機を用いるのが普通である。このようにして計算された5つの要素を用いて各作業の急、不急、或いは全工程の進み具合などを検討しながら工事を進めてゆくのである。

更に各作業の必要とする資材、人員などを書き加えて計算機にかけると、どの時点でどのような資材、職種がどの程度必要であるかを計算することもでき、逆に準備できる資材、人員の量で制限を加えると、最もうまく活用して尚どの程度工期が延びるかを計算することもできる。こういう資材、人員計画を *Man Power Schedule* と呼ぶ。

これ迄、経験の豊富な人が、その経験と勘でこういったことを判断しながら工事を進めてきたのであるが、複雑、大規模な工事で見当をつけにくい場合とか、経験のそれ程豊富でない者でも、PERTによって合理的に工事を進めてゆくことができる。以上のような、工程の計画と管理に関するすぐれた技法である。

§3. 工 事 概 要

本工事は北海道開発局旭川開発建設部発注の、一般国道39号線上川町地内大函道路改良工事と、小函道路改良工事の2つで、共に層雲峡の石狩川峡谷沿いに走っている現道を、コンクリート擁壁ならびにコンクリートブロックによって川側へ拡幅するもので、延長約3,200m、請負額約2億9千万円、工期は40年4月10日から11月30日となっており、主な工種及び数量は次の通りである。

a. コンクリート擁壁

12,300 m³

* K.K. 大林組 旭川出張所所長

** K.K. 大林組 層雲峡工事事務所

- b. コンクリートブロック 5,900 m²
- c. 切土量 32,800 m³
- d. 盛土量 57,500 m³
- e. 路盤材料
 - 1. 下層路盤 (火山灰) 10,100 m³
 - 2. 中層路盤 (80 mm) 4,300 m³
 - 3. 上層路盤 (40 mm) 7,200 m³
- f. 橋梁 (PS 桁, $l=8.5$ m) 2 カ所
- g. ヒューム管 ($\phi=450$ mm $\sim\phi=1,800$ mm) 18 カ所
- h. ストンガード ($H=2.0$ m) 1,500 m
- i. ガードケーブル 2,430 m

以上の本工事の為に必要な作業として、仮締切延長が、1,850 m、擁壁根掘が 12,000 m³ あり、転石まじり土が主だったので使用した火薬が約 3 t、電気雷管 16,600 個である。また最盛期に稼働した機械は、ドラグショベル 4 台、ブルドーザー 3 台、ポータブルコンプレッサー 4 台、8~15 t タイヤローラー 1 台、バッチカルポンプ 11 台、水中ポンプ 1 台などで、小作工物も含めて約 15,000 m³ のコンクリートを生産する為に 21 切のミキサー 1 基を有するバッチャープラントを据付けた。

§4. 工程計画

前年度の季期間に寒中コンクリートでコンクリート擁壁の約 1/3 が既に完成しているの、その擁壁の出来工合で (擁壁は 2 段打で、2 段目迄できているところ、1 段目だけできているところ、全く手のついていないところと 3 段階ある) 両工区 3,200 m を 10 カ所に分け、橋梁 2 カ所を加えた 12 ブロックとして計画を樹てた。即ち

- a. 小函改良工事 1, 2, 3, 4
- b. 大函改良工事 6, 7, 8, 9, 10
- c. 工区境 5

となっており、工事は 10 ブロックが特攻 4 種で幅員が狭く、観光シーズンが終って、交通量の少ない時期の方が施工し易いので別として、1 ブロックと 9 ブロックから、はじめて工区境へ進めるということにした。図-1 は各ブロックの施工順序である。

各ブロックに必要な主な工事種類としては、

- a. 擁壁工 (根掘、ベースコンクリート、1 段目コンクリ

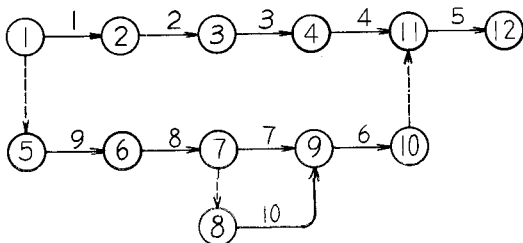


図-1 各ブロックの順序

- ート、2 段目コンクリート)
 - b. 川側ブロック積工 (又は土羽打工)
 - c. 切、盛土工
 - d. 作工物 (ヒューム管伏設工、側溝など)
 - e. 路盤工
 - f. 山側ブロック積工
 - g. ストンガード工
 - h. ガードケーブル
 - i. その他 (中心標、境界標、敷砂利など)
- で、これらの施工順序 (因果関係) を図-2 に示す。

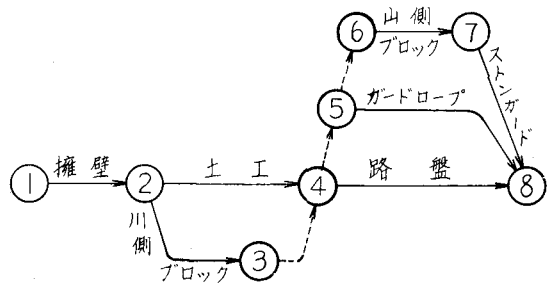


図-2 主な工種の順序

§5. 主要工種の考え方

(1) 擁壁工について

擁壁は 20 m 根掘りをするのと床均しをして、ベースの型枠を組立て、コンクリートを打つ。養生して型枠を解体した後、1 段目の型枠を組み立てコンクリートを打ち、養生解体して、更に 2 段目の型枠組み立て、コンクリート打設となる。このように根掘、ベースコンクリート、型枠組み立て、コンクリート打設とおっかけてゆくような作業の表現について、いろいろ調べたり、工夫したりしてみたのだが、これといった方法がみつからず、やむなくブロックを 2 つに分けた図-3 の如き表現をした。ベースと 1 段目はすぐに続くので一体として 1 段目とした。実際は 20 m 型枠が組み立てられるとコンクリートが打てる訳だが、この図によると型枠が 120 m 進まない、コンクリートを打てないことになるので、實際を忠実に表現しているとはいえない。各 20 m 毎に表現してゆけば実際通りとなるのだが、あまりに煩雑なのでやむを得ない便法としてこの表現を採った。こうすると日数を見積る場合にも型枠何日、コンクリート何日と書き込むと、実際には一方で型枠を組み、他

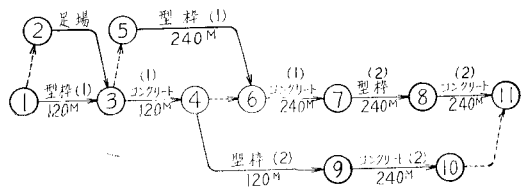


図-3 擁壁工の表現

方でコンクリートを打っているのであるから日数が重複して、実際より多くかかるという見積りになってしまう。そこで360mの、根拠からコンクリートの打ち終り迄の日数をあらかじめ細かく20mについて考えて日数を出し、全体で合うように日数を入れた。

このブロックについて120mと240mの2つに分けて考えたのは、1段目が120m進むと、最初に打ったコンクリートが丁度養生を終って2段目にかかれる時点に達すると考えられたからである。他のブロックについても同様に100m乃至120mとした。

擁壁工は、春の融雪水が引いたあと、例年の水位表によって8月上、中旬に予想される洪水期迄に完成しなければ9月中旬以降にならないと再び手をつけることができないだろうと考えられる為昼夜兼行で作業を進めたのだが、かかる場合の日数見積りは、1昼夜を1日と考えていた。

(2) 土 工

切、盛土に就ては全土量の内約10,000m³が現場内流用でなく採取盛土であるが、重要なのは現場内の流用土で何処の切土を何処の盛土に用いるかという問題である。各ブロック内にある切、盛土量を土積表から拾い、更に一般交通に供しながらの作業である為、一車線を確保するよう、川側と山側の数量を出し、如何に流用すべきかを考えた。数量の見合う場所で、時期的にも一致しそうなところを選んで流用を決定してゆくことは極めて困難であった。主に数量を中心に採取盛土を適当に用いながら、一応の計画を樹ててネットワークを結んだ。この他硬岩切土として大園工区に約3,000m³あった。

切土と盛土を結ぶについて、切盛土という一つの作業と考えるか、或いは別個の作業であるが同時に行なわれる作業として扱うかの2通りの案があったが、土の移動は別々なブロックで行なわれることが多い為、別個の作業であるが、同時作業であるという表現を採った。

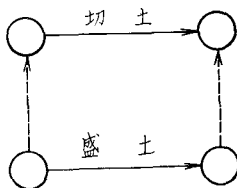


図-4 切、盛土の同時作業の表現

(3) その他の工種について

路盤工は路床の出来次第順次入れてゆくのので工期的にあまり問題はない。ガードロープ、ストンガード、中心標、境界標などについては、全工区の路盤がほぼ完了してから行なう計画であったが、作業の因果関係からいうと、各ブロック毎に入れて表現することの方が妥当であろうと考えた。

(4) 不確定要因について

雨天、出水その他予測できないことがらで作業が不可能になる日をどうするかという点であるが、一般に土木現場に於いては、屋外作業の為雨天の日に休み、日曜・祭日を休まないのが現状であるから、日曜・祭日を不確定なものと振り換えて全てないものと考えた。

8月上・中旬と予想される出水期に10日間なり15日間なりとしてまとめて抜く方もあるが、気象状況が確実につかめる場合にはよいが、現在の気象予報ではそれ迄期待できないので先に述べた方法を採用したのである。

(5) Man Power について

労務者の数をどの程度確保しておけばよいかを知るために、又どの程度の土量が動くかを知る為、Man Power Scheduleを行ない、一つの作業に必要な労務者の数を各作業毎に入れて計算を行なった。ところで、擁壁工のところでも述べた如く、実際に行なう程細分できず、かなりまとまった形で表現してあるので、正確な数字が出る確信はなかった。実施結果は次項で述べる。

(6) 工期について

本工事は、4月10日～11月30日という工期で発注されたものであるが、層雲峡という地理的な条件を考えると、11月になっての作業は、寒さと雪の為に困難であろうから主要工事については10月31日迄に完了できるように計画した。以上に基づいて全体のネットワークを組みあげた。

§6. 実 施

さて現場が進んでいってどうだったかを次に報告する。

(1) 擁壁工について

各ブロックに就ては、計画を数日早める程度に順調に進んだ。只、工区境に着手すべき時点を8月31日と計算では指示しているのだが、連日の雨と、例年以上に多かった台風の来襲予報の為に、遂に9月20日迄約20日間遅れてしまった。数日早める程度に進んだのは、日曜・祭日なしに昼夜兼行で工事を進めたことと、好天に恵まれたのが原因であろう。

工区境は、あと120m残すだけとなった8月5日午後から、現場をかなりの強い雨が襲い、旭川地方気象台の予報では、山間部に於いては70mm前後の降雨が予想されるとのことであった為、急拠作業を中止し、出水に備えた。その後も度々の降雨により減水せず、台風期の過ぎ去るのを待ち続け、結局着手するのが20日間も遅くなった訳である。

(2) 土工について

土工については、流用計画は殆んど役立たなかった。その原因としては6月の融雪出水期に、擁壁の2段目を施工する計画が、例年より多い積雪と折悪しく重なった北海道電力層雲峡発電所の水路補修工事の為、本来ならば発電に

使用されるべき 12 t/sec の水量が石狩川本流に放水され、約 20 日間 2 段目のコンクリートを中止したことで、この為ブロック積みも不可能、切土、盛土の工程が大幅に狂ってしまった。小函の 2 ブロック、大函の 8 ブロックのように擁壁の完成しているところは順調に進んだが、流用計画は一つ狂ってしまうと全部だめになってしまう性質のものであるから、切土を行なう場合、流用先を現場内で何とかみつけれ出すのが精一杯で計画と合う合わせを論ずる余地がなかった。盛土に於いても同様で、どうしても土が足りなく切れるところはないかと苦心する状態であった。このように計画そのものが無意味なものになってしまったが、設計に於いても、土の流用はかなり細かく検討され、単価がはじき出されてくる訳であるから、もう少しうまく計画する工夫はなかったかと反省される。当然、はじめにだめになった時点で更に計画すべきであった。

また、ブロックの区分も土工の場合計画通りきれいにはいかなかった。土量、片側通行の距離の限界、他ブロックとのつり合い、その他いろいろな条件に制約されて 100 m 近く狂ったり、一つのブロックを 2 度に分けて施工したりで、土工に関しては、計画そのものがまづかったのか、現場がついてゆけなかったのかは別として、計画と実際は、かなり食い違ったものとなった。

(3) その他の工種について

その他の工種については取り立てる程のことはないが、ストンガード、ガードロープなどまとめて行なうものは、やはりまとめて計画すべきだったと現場を終る段階になってから気付いた。何故なら、はじめの内に済んだブロックに於けるストンガード等は 100 日を越える余裕日があり、あとになるブロックについては余裕日が殆んどない。はじめに済んだブロックの 100 日を越える余裕日は、工期に間に合うには、いつ始めればよいかという時点から出てくるものであるが、それはそのブロックに関する限りのものであるから、全ブロック一斉に作業ができるならば、それでよい訳だが、 実際 10 月にはいつからの道外労務者の帰郷等により、2 カ所にかかるのが精一杯だった。つまり 100 日を越える余裕日は実際にはそれだけないということであって、もっと早い時点に取りかからなくてはならないのであった。それならばいつがその時点かということは計算結果からは知ることができない。勿論、最早開始日と最遅開始日の間のどこからでもかかれるのだが、その決定は経験的に決定した。

各ブロック毎でなく、大函工区分と小函工区分程度にまとめて表現しておけば、計算結果から遅くとも何日には始めなければならないという時点を知ることができたであろう。

(4) Man Power

土工に関しては、計算結果の山積表と、実際の労務者の

稼働状況図は、形に於いてかなりよく一致する。最終結果はまだまとめることはできないが、一部を図-5 に示す。点線は計算結果、実線は実際の稼働状況である。これに差があるのは、計画の山積表は人数だけを問題にしており、実際の稼働状況図は、時間外労働も含んでいるからである。その他、大工、土量に関しては、現場の作業に追われ正確な資料を得られなかった。

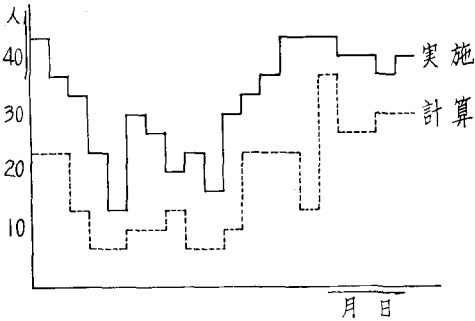


図-5 土工山積表

従って、Man Power は現在のところ資材人員の大略の見当をつけるには充分役立つが、正確という点では歩掛等の基礎資料をもっと整備しなくてはならない。

§7. 現場に於ける利用

計算機から出てくる結果は、数字とローマ字の羅列であって、慣れる迄はなかなか取りつきにくいものである。現場のスタッフ全員に利用してもらえる為、何とか一目見てわかるような図示方法はないかといろいろ試みてみた。まずその一つを図-6 に示す。

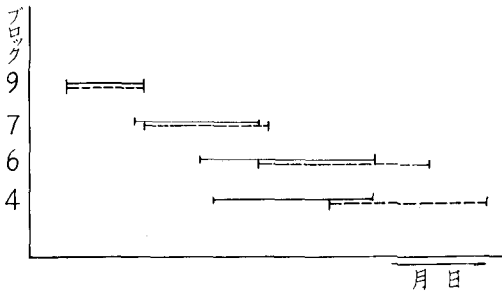


図-6 ダブルバーチャート

これは擁壁工のものであるが、各ブロックの擁壁について、いつ始めることができ (EST), そうすればいつ終わるか (EFT) という実線と (現場では黒線)、遅くともいつは始めなければならないか (LST), そうしていつ迄かかるか (LFT) を破線と (現場では赤線) 示したものである。このような線を主要工種 (擁壁, 土工, 川側ブロック積み, 路盤工) の各ブロックについて引いた。従来の棒工程を 2 本引いたのと同様である。

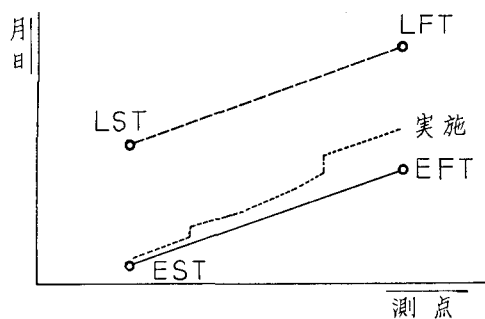


図-7

もう一つが図-7である。

これは日付と測点を、 x, y 軸とするグラフに、最早開始日 (EST) にはじまって最早終了日 (EFT) につながる線と最遅開始日 (LST) にはじまって最遅終了日 (LFT) につながる線の2本を引いたものであって、工事が進むにつれて実施状況を書き込んでゆくことができる。この2本の線の間の実施線がはいってゆけば、工期通り行なわれているこ

とが知れる。

この2つの方法を試みた結果、大略を知ってゆくには、前者がよく、毎日細かく検討してゆくには後者が適するものと思われる。

§8. むすび

計画の段階でうまく表現しさえすれば、かなり信頼のおける結果が出る。いま振り返ってみて後悔されることは、6月の減水が遅れた時点、台風期に工区境の擁壁が遅れた時点で、ネットワークを組み直すべきだったということである。

はじめて使用した新しい手法である為、ネットワークを全面的に信頼せず、大体の指針とし、細部は従来の勘に頼っていたが、工事に着手するまえに、非常に細かく作業を検討するので、全員が工事全体の細部迄把握できるという大きな利点があった。今後、一層研究されて、工期の短縮、人員資材の有効な利用に役立つ方法として確立されてゆくことを願って報告を終る。