

Ⅳ－８ 工程計画について(ダムのリフトスケジュールを中心として)

飛島建設(株) 正会員 福島啓一

1. はじめに

工程計画の新しい手法として、PERT或はC.P.Mが我国に導入されてから、10年あまりの年月がすぎ、現在では、これらの手法は建設工事に従事する技術者にとっては、当然知っておかねばならぬ基礎知識となって来ています。しかしながら、それは表向きの事で、まだ日本の建設業界に、真に定着はしていない様である。その原因として、この手法の中に残っている、いくつかの欠点があげられますが、さて、その欠点をどの様に修正すればいいのか、考えかねていました。たまたま、ダムのコンクリート打設計画(リフトスケジュール)を電算化する、と言う作業を担当し、いろいろの工夫を試みましたが、更にこれを発展させて、一般工事にも応用するべく、PERTの改良を試みしたので、ここに報告します。

2. 工程計画の目的

どんな工程計画がよい計画なのか、そのためには、どんな計画手法を採用したらいいのか、を決めるためには先ず目的をはっきりしていなければならぬ。工程計画を立てる目的としては、次の様なことが挙げられよう。

- i) 工事は原則として与えられた工期限内に、確実に完成しなければならぬが、そのためには工程計画を立て、それに基づいて、工事の進行を管理しなければならぬ。
- ii) 施工方法、使用機械等により所要工期は変わるで、想定した工法、機械により工程計画を立ててみて、所定の期日までに工事を完了出来るか、どうか、を検討してやる必要がある。
- iii) 工事を分担する各人に、進行予定を知らせるためにも、工程計画が必要。各人は予定通りに工事が進行する様に分担する作業の実行、管理、材料や人員等の手配、必要な手続きなどを行う。
- iv) 工事の時期により、工法、工費などが違うことがあるので、予の作業の予定期日を知ることは、工事の全体計画に必要である。

以上の様な目的を満足する、良き工程計画は、次の様なものでなければならぬ。

- i) 実行出来る計画であること。
- ii) なまぐ無理、無駄がなく、確実に、安全に、楽に、早く、安く、工事を施工出来る計画であること。
- iii) 工期の見積りなどが正確であること。
- iv) 見て、分りやすいこと。実作業に必要な情報が得られること。
- v) 工事中の工程管理や、計画の変更などがやり易いこと。

計画の手法としては、この様な良き工程計画が容易に得られる手法であれば、良き款です。

3. 工程計画の要点

いささか分り切った事を説明したが、この原則より、次の事項を考慮して、計画を立てる事になる。

- i) 各作業の間には、一方が終らなければ、他方が初められぬ、と言う関係のあるものがある。(順序関係)
- ii) 工法を変えることにより、常識的な順序関係を変え得ることもあり、工事の合理化や工期の短縮に役立つことが多い。
- iii) 各作業の間で、全然順序関係がないこともある。(平行関係) 平行関係にある仕事の間でも、同一の機械設備、場所、又は人員等を必要とするために、同時には仕事が出来ないことがある。(競合関係) この場合各種の事情などを考えて、どちらを先にするか、を決めなければならぬ。
- iv) 隣接する仕事のどちらを先にするか、によって仕事の能率、至費、安全性などに大きな差を生ずることがある。そこで施工上、のぞましい順序関係が生ずる。

V) 或る作業が遅れると、他の作業にも影響し、引いては全体工程に影響するものと、全然その様な影響がないもの、その中間のもの、などがある。

VI) 先行作業が終わってから、後続作業をするまでに、待ち時間があると、山留めを保存したり、水替を要するなど余分の労力や出費を要したり、出来上の品質が悪くなったりすることもある。

VII) 各作業の所要時間には、ほぼ想定通りであるものと、種々の原因でばらつき易いものがある。後者については余裕をみて、工程を組む必要がある。

VIII) 作業によっては一年のうち、ある時期でないと施工出来ないものや、他の時期にやると、余分な出費や時間を要したり、危険だったりするものがあるので、計画を立てる時、この点を十分考慮する必要がある。

IX) ある設備又は機械を使う仕事はなるべくまとめて行い、設備の稼働率を高め、又費用をばくく必要がある。

X) 仕事はあまり一時期に集中しない様に、ピークが平らになる様に、諸設備、機械等が最少で済む様にする。この様な要求をなるべく満足する工程計画、或はその様な計画を立てやすい計画手法が求められているのである。

4. Network 計画法の現状

上述の諸要求に対して、現在の PERT 或は C.P.M. (以後はこの二つをまとめて Network 計画法と呼ぶ) は、どう応えているだろうか。

i) 順序関係は Network 計画法の基本であり、当然満足している。又、ある作業の遅れが、そのまゝ全体工程の遅れにつながる様な作業（これらの作業の一連を critical path と呼ぶ）を明らかにし、これを重点管理することが出来るのが、この手法の特色である。

ii) C.P.M. では、工期短縮を要する時、どの作業を縮めるのが最も経済的であるかを計算出来る。

iii) PERT では、所要時間の見積りに三点見積りを使い、工期見積りのバラツキを考慮に入れることが出来る。

iv) PERT / Man, power では、所要人員等の山積み、山崩しが出来、これにより設備の有効利用などが出来る。また人員、資材などの必要量が時期別に予測出来る。

現状の Network 計画法のハタラキはほぼ以上の様であるが、缺点、短所として次の様な点が挙げられる。

i) 一見して普通の工程表よりも複雑であり、分りにくい。作るのが大変である。電算機を使うとしても、入力データの作成だけでも大変である。

ii) ガミーマーローの使い方を間違ふことが多し。特に後から思いつく矢線を書き加える時は注意を要する。

iii) 工程表用の工事区分が、積算その他で使う項目と、直接には結びついていないので、見落としの危険がある。

又、トータルシステムとして、積算、原価管理など一貫して電算化する時、やりにくい。

iv) 機械などの転用順序をいささか考えてみるのは、面倒であり、やりにくい。

v) 前章で述べた要件のうち、Network 計画法にヒトリ入れられていない要素については、別途考慮する必要があるが、とかく見落とし易い。

vi) Network 計画法の答えは、与えられた条件下で、一つの実行可能解を示すだけであり、それ以上に最適計画に近づくようなものではない。

5. ダムのリフトスケジュールの例

ダム工事は軟流、基礎掘削が主で、その後は毎日毎日、バッチャープラントとケーブルクレーンの能力一杯にコンクリート打設をする作業が主体となり、作業管理は一般の製造業と似たものとなる。しかし工程管理はやはり必要であり、単にコンクリートの出来高数量だけ上げればよい、と言うものではなく、順序よく数百のブロックに分けたコンクリートを打設して行かなければならぬ。この場合、順序よく、とは何だろうか。矢線図に書き込む様な、はつきりした順序があるのだろうか。下のリフトを打設しなければ、その上にコンクリート打設が出来ないと言う関係はあるが、例えばリフト差は8リフト以内と言う様な制限は、どんな矢線で表わさるだろうか。強いて Network 流の表現をしようとすれば、多くの矢線が入り乱れ、しかも沢山の但し書きのついた矢

線図が出来よう。

リフトスケジュールはNetworkとは全然別のものである。一組のコンクリート打設設備を使って、どうなう順序でコンクリートを打設して行くべきか、を決めるのが主な作業であり、順序さえ決まれば、後は各リフトのコンクリート量を打設速度で割って時間を計算するだけであり、簡単な事である。Networkなら順序を最初に決めてやらねばならぬが、リフトスケジュールでは順序そのものを計算機に決めさせるのであり、この二つは根本的に違ったものと考えられる。

しかしながら、コンクリート標準示方書に定められている、隣ブロックとの高さの差の制限など、現場施工上から要求される、各種の制限や要望を、ほぼ満足するリフトスケジュールが出来た様になった時、もう一歩進めて最適計画に近づけるためには、どうあればよいかと考えた。それに対して、ケーブルクレーンの運転は易いダム全体の打上りの型、隣ブロックとの適切な高さの差、工事設備の故障などが起っても全体工程への影響が少く、すなわち打上りの型、などの考えと共に、Network流になう、余裕の少ない方からコンクリートを打設する、という考え方が出て来た。しかし、どうブロックが余裕が少なく、どう様なことは前もっては、よく分らない。各ブロックは、隣同士の高さの差の制限、是斜面の岩盤上に来るブロックについての制限、洪水吐として低くしておくブロック、各種のゲート等の埋込みの問題、などがあり、余裕と前もって予測することは出来ないので、これを計算機に判断させなければならぬのである。こうして矢線図を書かない、PERTだ、C.P.M.だ、という言葉は一言も出てこない、ダムのコンクリート打設計画に、余裕の少ない工事を優先させる、というNetwork計画法の最も基本的な精神がくみ込まれたのである。(Network計画法では、critical path上の工事を重点管理する、と述べているが、critical pathはあなわち、余裕ゼロの作業であるから、上記の様に拡張解釈することは、その基本精神に沿っているものと云えよう)

もう少し詳しく説明しよう。ダムのコンクリートは順次下から一回に1.5〜2.0mずつ打設して行く。一回打設したら、養生、クーリングパイプや鉄筋の設置、型枠の据付けをして、次の回(リフト)のコンクリート打設が出来た様になる。その他に、隣ブロックとの高さの差を示方書で制限されている、等の条件もある。これらの制限をすべて満足して、或る時間でコンクリート打設をしてもよい場所が2〜5ヶ所位出来る。しかるにコンクリートの打設設備は一組しかなく、同時に一ヶ所しか打設出来ない。そのため、どちらを先にするかを決める基準が必要である。その他の要求もあるが、Network流になう余裕の少ない場所、ゲートの据付け、グラウト工事などを含めて、完成までに時間的余裕にかゝるブロックを先にする、という判断基準が最も重要である。この場合、忘れてはならぬのは、そのブロック単独ではあまり急がなくても、隣ブロックに余裕がなく、しかもリフト差の制限などで、作業が進行できず、という時は、隣ブロック同様、そのブロックも急がねばならぬことである。それでは、この様な計算をするために、複雑で、入り組んだ、但し書までついた矢線図を書いて計算機に読み込ませたが、というところ実は全然書かなかったのである。いくつかの条件は与えられ、後は計算機がプログラムに従って、自動的に余裕時間の計算が出来ただけの順序関係を拾い出し、余裕時間を計算し、一番余裕の少ない場所を探し出してくれるのである。こうして矢線図も書かず、クリティカルパスの何のこともなく、Network計画法の精神をくみ取った工程表が出来たのである。

この考え方をさらに進め、一般の工事にも利用すれば、ダム工事に比べて利用回数も多いため、効果も大きいものと思われれます。たゞ、ダムの場合ほど、ほぼ同じ条件の作業だけから成り立つて、という訳ではなから、これほど簡単に行かない様です。

6. Network計画法の改善

Network計画法を他の方法と併用して、手計算でなく応用するのも、利用価値は大きく、工夫研究するべき点も多いが今回はとり上げない。その価値を發揮出来るのは、電子計算機と結びついた時であるから、リフトスケジュールの改善をしたことを、更に発展させて、次の様な改善を試みた。

1) 矢線図はとりやめて、直接データシートに書込む。どうしても必要な時はサークル型表現を用い、必要な部分だけを書く。

入内書で Network 計画法の精神を説明する時には、矢線図は是非必要なものである。又関係する部門が多く、お互いの話が仲々めいめい合わぬ時は、矢線図を書いて、各工事間の前後関係などを図示すれば、各人の理解が早まり、効果は大きい。しかし一般の場合は、計算機がグラフを読み取ってはなりので、矢線図は頭の中に思い浮べる程度で十分である。若し、打合せ、又は考え方の整理用に矢線図を書く場合はサークル型の矢線図を書く。これは次の様な利点があるからである。

1) この書き方では、仕事の名前又は番号が基本になるので、分りやすい。又原価管理などと共通の番号にあると一層便利である。

2) この書き方なら、矢線図なしで直接データシートに書き込むことが出来る。

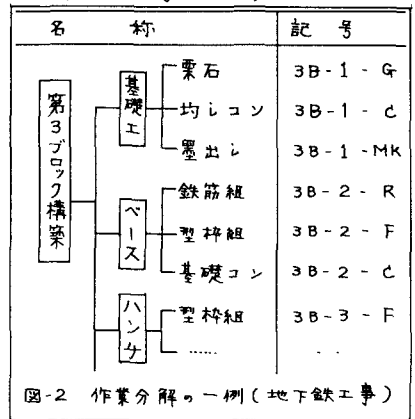
3) ダミーアローがないので、その分だけ、間違ひの起る率が少い。

4) 後から思い通りに前後関係を追加する、機械の転用と云う条件を入れる、などの事がやり易い。

2) 仕事を階層別に分解する。(図-2)

3) 前後関係は原因別に表示する。特に、図2に例示した様に、作業分解表をつくる時に、中分類、小分類は作業の着手順に列記する様にし、この表で順序関係表示を兼ねる様にする。(例外的時だけ別に表示する) その他機械の転用等から生ずる順序関係は、別々に一表にまとめて表示する。これらを合成して一つの Network にまとめるのは当然計算機の中で行う。これにより、計画の一部を修正する、転用順序を幾通りか考えて比較検討する等のことが比較的容易にできる。

4) 繰返し作業はまとめて表示出来る様になる。1ブロックも2ブロックも全く同じ作業を繰返すだけ、と云う時はまとめて表示出来る様になる。



5) 仕事でないうマルも使う。一部開通、一部通水、などの工程管理上重要な目標となる点は「ダミー作業」として扱う。

6) 機械や人員の転用順序は原則として計算機に判断させる。簡単な転用関係、現場条件から決ってしまう作業順序などは3項での述べ様に、入力データとして与えるが、複雑なものは計算機による。そのためは利用し得る機械、人員などの最大数量を計算条件として与えてやる。工費の割当から転用して行く、先行作業があるなら、すぐ次の作業にとりかかればならぬ作業を優先する、等々の条件は「ダミーのリフトスケジュールの場合」とは同じである。又、プランテバウンド法として、その手法の理論的解明もなされている。

7) A作業より、ある距離はなれてB作業が始まる、とか、隣接盛土又は切土間の高さの差は何メートル以下でなければならぬ、等の関係は、各作業を細分割して、作業毎に表示するのでなく、原則そのものを示せばよい様にする。ダミーの場合のリフト差の規制と同じである。

8) 工程計画上、問題の多い要素から順次計画を進めて行く。

以上の考え方を具体化するためのプログラムは作成中であるが、Network計画法に対する基本的考え方を、この様に転換するだけでも役に立つと思ひ、ここに発表する次第です。次の機会に実績、結果などを発表したい。