

土木工事の工程計画管理手法としての PERT の実用化に関する研究

京都大学工学部 正員 吉川和宏
同 学生員 赤城慎一
同 学生員 〇春名 攻

§1 要旨

企業においては一般に受注工期に遅れるということは、直接間接、種々の弊害を招き、その損失は、はかりしれないものがある。従って工事途中で計画に対しておくれを生じ現場の諸対策、計画の変更システムについて研究することは非常に重要である。最近、工程計画の策定にしばしば PERT が用いられているが、PERT による初期計画どおりに工事が進行せず、ゆむなく計画の変更を行わねばならないことも現状では相当多い。PERT による初期計画に対してこのような遅れを生じさせる原因は、様々考えられるが本研究においては、施工条件の未知なことによって生じる作業時間推定の「不確定さ」が、その原因の主たるものの一つであると考え、見積時間の不確定さを減少させる1手法について考察し、さらに工事を受注工期限内に完成させる」という立場に基づいて、工程計画の立案と変更を中心とした「工程計画システムチャート」を提案することとする。

§2 作業所要時間の合理的な推定方法

ある工種において、その全作業量を W 、1日あたりの作業能力 w の先験確率を、離散変数 $\{w_r, r=1, 2, \dots, k\}$ に対してつぎのようにする。

$$\left(\begin{matrix} w_1, w_2, \dots, w_k \\ p_1, p_2, \dots, p_k \end{matrix} \right) \quad (1)$$

いま、この工種を n 日間で完了すると仮定するとき、 $w_1, w_2, \dots, w_k$ がそれぞれ $n_1, n_2, \dots, n_k$ 日発生するときの同時確率は多項分布として次式のようにならされる。

$$P(n_1, n_2, \dots, n_k) = \frac{n!}{\prod_{r=1}^k (n_r!)} \prod_{r=1}^k (p_r)^{n_r} \quad (2) \quad \text{ただし} \quad \left. \begin{matrix} \sum_{r=1}^k n_r = n, & \sum_{r=1}^k n_r w_r = W \\ \sum_{r=1}^k p_r = 1, \end{matrix} \right\} \quad (3)$$

ここで $n_r = n p_r$ とおくと、式(2),(3)はつぎのようになる。

$$P = \frac{n!}{\prod_{r=1}^k [(n p_r)!]} \prod_{r=1}^k (p_r)^{n p_r} \quad (4) \quad \text{ただし} \quad \left. \begin{matrix} \sum_{r=1}^k p_r = 1, & \sum_{r=1}^k p_r w_r = W/n \end{matrix} \right\} \quad (5)$$

作業量 W を完了するに要する日数のうち、最も生じやすい n をもとめるためには、 P を最大にする $\{p_r, r=1, \dots, k\}$ を求めればよい。いま P を最大にすることと $\log P$ を最大にすることは等しいから、両辺の対数をとってスターリングの公式 $\log(n!) \approx n \log n - n$ を用いれば

$$\log P = \frac{\sum_{r=1}^k p_r (\log p_r - \log p_r)}{\sum_{r=1}^k w_r p_r} W \quad (6) \quad \text{ただし} \quad \left. \begin{matrix} \sum_{r=1}^k p_r = 1 \\ \sum_{r=1}^k p_r w_r = W/n \end{matrix} \right\} \quad (7)$$

となり式(7)の条件のもとで(6)を最大にする $\{p_r\}$ をもとめることとする。一般に(1)で示した先験確率は過去のデータに基づいた施工条件と作業能力との関係、計画対象現場の施工条件の変動等から求めることである。解法としてはラグラジの未定定数法を用いて G を最大にする $\{p_r\}$ をもとめる。

$$G = \log P + \lambda \left(\sum_{r=1}^k p_r - 1 \right) \quad (8)$$

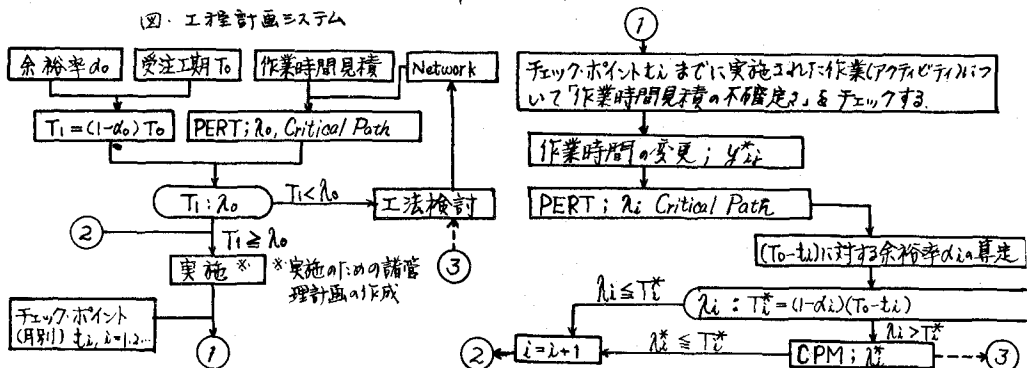
さらに、作業所要日数は $n = W / \sum_{r=1}^k p_r w_r \quad (9) \quad$ としてもとめられる。またこの

とこのあいまいさは $R = -\log P^* = -[\log P]_{\max}$ で評価できると考えられる。以上のようして工種別の作業所要日数の推定を行なうこととできる。PERTにおけるActivity time は、工条件の定常性を仮定すれば、工種 S を $s_1, s_2, \dots, s_m$ に分割した場合、それらの作業量を、 $w_{s1}, \dots, w_{sm}$ とすれば、次式で与えられる。 $n_{sc} = (w_{si}/w_s) n_s$, $w_s = \sum_{i=1}^m w_{si}$ (1)
さらにあいまいさも次式で求められる。 $R_{si} = (w_{si}/w_s) R_s$, $R_s = -\log P_s^*$ (1)

§3 工程計画システムの提案

受注工期内に竣工するという前提に立った「工程計画システム」として図に示すようなシステム考えられる。以下システムについて簡単に説明する。

図・工程計画システム



- (1) 余裕率 α_0 (12%) は手戻り、災害等に対して見込む T_0 に対する余裕期間の割合である。現在は統計データや政策的配慮によりある値を決定するが将来は理論的に決定したいと考える。
- (2) 初期作業時間の推定は §2 の方法による。(3) チェック時は、毎月毎に設け、作業進捗をチェックすることとする。(4) チェック時において作業時間見積りの不確定さをチェックするか、具体的には、その時点までに行なった作業の能力分布、作業能力を変化させた要因、例えば、波の発生確率等を調べる。(5) (4) で得られたデータをもとに §2 の方法によってそのチェック時点以後の作業時間を見積る。(6) チェック時点以後の残存工事をいつ終わらせるかという目標を、当初計画と同様の考え方で定める。この目標の決定は残された工期 $(T_0 - t_i)$ に対する余裕率 α_i をもとにする。 α_i の決定方法はつぎのようにする。まず CPM で変更された Activity time による「あいまいさ」は、変更されない場合の「あいまいさ」に等しいと仮定する。さらに、 λ_i に対する λ_{ij} の「あいまいさ」は、 $R_{ij} = -\log P_{ij}^*$ で評価でき、 λ_i に対する「あいまいさ」 R_i は Critical Path 上の各 Activity の「あいまいさ」の総和で評価できると考えられるので、 $\alpha_i = f(\alpha_{i-1}, R_{i-1}, R_i)$ (12) によって算出するものである。この関数形については、線型であると仮定できれば、 $\frac{\alpha_i}{\alpha_{i-1}} = K \frac{R_i}{R_{i-1}}$ (13) と表わされるが、今後の研究によって明らかにすることが必要である。
- (7) $\lambda_i \leq (T_0 - t_i)(1 - \alpha_i)$ では工事を継続してもよいが、逆に $\lambda_i > (T_0 - t_i)(1 - \alpha_i)$ では工事は T_0 で終了しないので、CPM の手法によって残存工事部分を短縮し、 $\lambda_i^* \leq (T_0 - t_i)(1 - \alpha_i)$ とする λ_i^* を求めればよい。本工程計画システムは、工事を工期内に竣工させるという目的に対して各工期(月)毎に y_i の推定の不確定さをチェックし、 y_i が変更して残された工期に対する安全率を考慮して、残存工事に対する工程計画を策定する、いわば動的な工程計画システムである。今後はさらに、施工特性と作業能力の関係の研究することが必要であろう。