

土木施工における工程計画・管理のシステム化に関する実証的研究

京都大学 正員 春名 攻
機鴻池組 正員 ○ 田坂 隆一郎

1. 序 論

従来、工程計画・管理といえば、工事全体が工期内に納まるようにすべての作業を時間的に配列したものとして、その日程的な側面が強調されてきたと考えられる。そして、工事の施工工程との間に何らかの関係があると感じつつ、作業の安全性や構造物の品質や工事施工の経済性などに関しては個別的に対応してきたというのが実情であろう。しかし、実際の工事施工においては、個々の作業の安全機能や各工種・各構造物の品質機能という個別的な要求水準を満足させるものとして、また同時に、立案された施工方法や作業内容に対応して定められる個々の構造物の構築過程と各作業に投入される各種工事用資源の運用という管理的な過程とを結合させたものとして、工事の施工工程は捉えられている。つまり、工程に関する計画・管理は、工事の施工計画・管理にあたっての中心的機能を有するものとして位置づけられるのであり、そのシステム化を図ることは土木工事施工におけるマネジメント技術の合理化と科学化に寄与することになるであろう、というのが本研究における基本的な考え方となっている。

工事施工のマネジメントについて考えるとき、その多層層な構造特性と各階層における業務情報の流れをよく分析することが重要である。工事マネジメントに関連する階層特性としては企業々務体系、工事プロジェクト組織、工事施工組織、施工管理体制などさまざまな側面があるが、施工計画・管理という観点から捉える場合、図-1に示すように工事の施工単位に注目するのがよい。これは、施工計画、工程計画、作業計画などの内容は工事の施工単位の細分化と対応して具体化されていくのであり、各種工事用資源の運用単位も投入される施工単位の規模によって定まるからである。また、管理段階においても、収集した施工実績データを施工単位を基準として集計していくことによって工事の施工実態の把握や施工計画データとの対比分析が容易に行われると考えられるからである。

本研究では、このような構想のもとに、土木施工における工程計画・管理のシステム化を進めることとする。

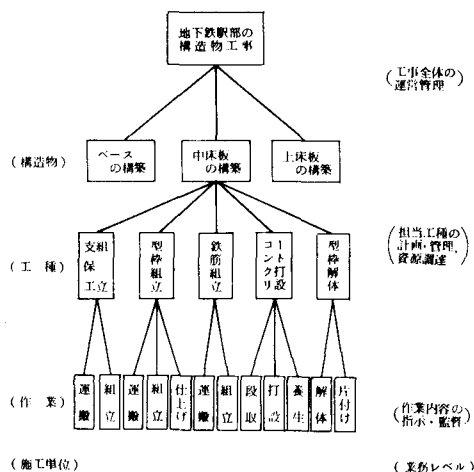


図-1 施工単位による工事内容のトリー分解図と業務レベルとの対応

2. 工程計画・管理のシステム化の方法

さて、工事現場におけるマネジメント業務は、設計図書にもとづいて構造物を築造していくにあたって必要とされる事項を取り出しその内容を決定していく計画段階と、計画にもとづいて工事を実施していくとともに施工実績を把握して工期や費用の管理目標を確保するために工事の進行と施工内容を統制しようとする実施・管理段階とに分けられる。工事を合理的に進めていくためには、工事着手に先立つ計画段階において施工計画、工程計画、作業計画の内容が十分に確立されている必要がある。計画段階における業務内容を時間的な経過と計画内容の特徴を考慮して整理すると、次の3つのステージに分けることができよう。

- ① (ステージ1) 工事情報の調査段階、
- ② (ステージ2) 工事施工の構想化段階、
- ③ (ステージ3) 工事実施計画の作成段階。

実施・管理段階は、工事施工の現状把握と施工計画のフォローアップやリプランニングなどが行われる。この段階では、計画段階のような工事施工の分析的な技術よりも、工事の施工状況を正確に把握して今後の適切な対策を講じるという総合化の技術が重要視されるのが特徴的である。

図-2は、このような工事のマネジメント活動に対して計画段階に注目することにより、全体工程計画のシステムフローを示したもので、

- ① 総括工程計画（工事施工の構想化段階）
- ② 詳細工程計画（工事実施計画の作成段階）
- ③ 月（週）間工程計画（実施・管理段階）

のような構成とするものである。また、これら3種類の工程計画は図-1に示した工事施工のトリ-構造分解図における構造物、工種、作業の各レベルと対応するものであって、これによって工程計画・管理のシステム化を工事マネジメントの合理化の一環として捉えることが可能となる。

以上のような構想のもとに運用される工程計画・管理システムにおいては、

- ① 施工工程の分析的な把握、
- ② 施工内容と対応した実施スケジュールの表示、
- ③ 工程管理指標の設定、

が主要な機能であり、具備すべき要件といえよう。

土木工事の工程計画・管理手法としては、バーチャート工程表、座標式工程表、ネットワーク工程表、シミュレーション手法や最適化手法を用いた方法、工程管理曲線など、種々のものがある。これら各種手法の中で、上記の工程計画・管理手法としての具備要件をすべて満足するものは見当たらないのが現状である。しかし、本研究で明らかにしているように、施工計画・管理を4つの段階に分けて捉え、それぞれに要求される主要な機能を満すものとして適用すべき計画・管理手法を選定すればよいであろう。こうした考えのもとに、本研究においては、プレシデンス型ネットワークを中心として工程計画・管理のシステム化を図っている。これは、ネットワーク手法自身が分析的な手法であること、ネットワークの単位工程として施工単位を用いること、また、デットライン・カットオフ法の援用等により各種の管理指標を導入することができるなどの理由によっている。

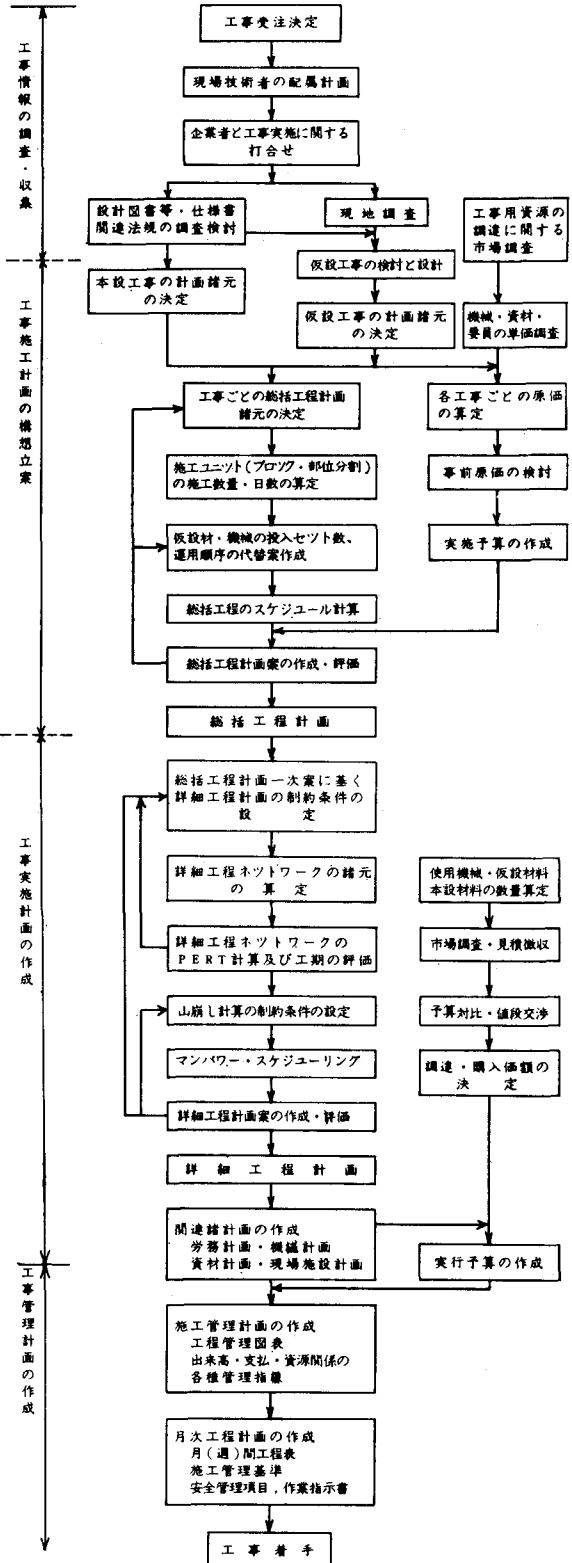


図-2 計画段階におけるマネジメントシステムのフロー

(1) 全体工程計画のモデル化

工程計画の作成にあたっては、次の事項を基本的要素として考慮しなければならない。

a) 単位工程の特性値の算定 b) 単位工程間の順序関係の設定 c) 工程計画に関わる制約の抽出

単位工程は対象とする計画レベルの目的と機能によって各特性値の算定方法が異ってくるが、特性値の構成要素としては、次の5項目を上げることができる。

① 作業対象数量もしくは施工数量(v) ② 職種別作業員または建設機械の処理能力(w)

③ 職種別作業員または機械系の構成数(m) ④ 所要日数(d) ⑤ 所要費用(c)

これらの中で、所要日数については次式に示すような関数関係の成立つことが経験的にわかっている。

$$d_s = v_s / (m_s \cdot w_s) \cdots \cdots (1) \quad \text{ただし、} s \text{ は単位工程の番号もしくは記号を示す。}$$

単位工程のスケールとしては、工程計画の目的と内容に応じて構造物、工種、作業のどのレベルのものとするかが決定されるが、上述の関数関係は工種レベルにおける単位工程の特性値の算定に対して有効である。したがって、構造物レベルにおける単位工程の特性値は、上式を適用して求めた工種レベルの特性値を基準として算定するのが合理的であると考えられる。その場合、次式に示すように、所要日数が施工数量に比例する作業群と施工数量に関係なくほぼ一定の所要日数を要する作業群とに分類して、それぞれの所要日数の総和として構造物レベルの単位工程の所要日数を求めるのが簡便である。

$$d_{ij} = (v_{ij} / v_{0j}) \cdot d'_{0j} + \delta_{0j} \quad (2)$$

ただし、 i : 施工ブロック、 j : 構造物部位、 0 : 標準施工ブロック、 d'_{0j} : 標準施工ブロックにおける所要日数が施工数量に比例する作業群の所要日数の和、 δ_{0j} : 所要日数が一定の作業群の所要日数の和。

また、作業レベルにおける単位工程の特性値の算定は基本的には工種レベルにおける単位工程の特性値算定法に準ずることができる。ただし、作業レベルでは、図-3に示すように、平均的な値として表されている工種レベルの単位工程を、施工準備や後片付けのように投入員数や作業歩掛の異なる作業を区分して、前作業、実作業、後作業に分けて表す。このよ



図-3 作業レベルにおける単位工程の構成

うに細分化された工程は実際の工事の工程に近いものを表すことになる。したがって、作業レベルの工程計画は工事の実施・管理段階における月(週)間工程計画として用いることができる。

単位工程間の順序関係については、次の2種類の順序関係を明確に区分して取扱うことが重要である。

- ① 構造物の種類・型式や施工方法などの施工技術的側面からはば一意的に定められる技術的な順序関係、
- ② 各種工事用資源の運用方法を定めるために管理的側面から決定すべき管理的な順序関係。

単位工程間の順序関係に注目して全体工程の構造について考えると、それは、固定的な要素としての技術的な順序関係に対して可変的な要素としての管理的な順序関係を重ね合せた網目状の構造を呈している。こうした構造特性を有する施工工程の表現にはネットワーク手法がもっとも適していることは明らかであろう。

(2) 工程ネットワークモデルのパターン化

ネットワークモデルを用いて工程計画を作成する場合、もっとも問題となるのは工程ネットワークデータの作成をいかに簡略化するかということである。これまでにも述べてきたように、本研究においては構造物、工種、作業という3つのレベルによって工事内容をトリート構造に分解するとともに、トリート構造に分解された施工単位を各計画レベルにおける単位工程として用いるというのが基本的な考え方である。このとき、工事全体の中で任意の作業 s は次のように表すことができる。

$$s = s(i, j, k, l) \\ = 10^6 i + 10^4 j + 10^2 k + l \cdots \cdots (3)$$

ただし、 s : 作業レベルの単位工程、 i, j, k, l : それぞれ2桁の数字で表される施工ブロック、構

造物部位、工種、作業を示す。

通常、工事の施工内容は構造物の断面形式や施工方法などによっていくつかのパターンに分類することができる。同じ施工パターンに属する施工ブロックは構造物の部位への分割および各構造物部位の工種レベルの作業への分割は同じものとみなして工程を組立てることになる。つまり、同じ施工パターンの中では、基準となる施工ブロックの作業データとそれらの順序関係データを求めておけば、他の施工ブロックについてはそれらの基準となるブロックにおける単位工程番号の中で施工ブロック番号のみを変えていけばよいことになる。こうした処理を施したあとで、(1)式あるいは(2)式を適用して各单位工程の特性値を算定すればよい。こうした工程ネットワークデータの作成作業を体系的に行うための前処理として、

- ① 施工ブロックと構造物部位によって区分される施工数量総括表、
- ② 職種と構造物部位によって区分される作業歩掛表、
- ③ 施工ブロック、構造物部位、工種、作業のそれぞれにおける名称・表示番号・番号参照表、
- ④ 職種および材料の名称・番号参照表、

を作成しておくことが实际的である。また、各施工ブロックのパターン化を行った段階で、各工程パターンごとに基準となる施工ブロックの作業構成を施工順序にしたがって図示し、各作業の日数・人数・作業歩掛を記入した、

⑤ 工程分解図

を用いることによりネットワークデータの処理作業が簡略化される。

(3) 工程管理のためのフォローアップ処理

実際の工事においては、工事着工当初に作成された施工計画や工程計画のとおりにより工事が進行することは皆無といってよく、工事内容や施工条件の変化と対応して計画内容の変更や修正を行わなければならないことも少なくない。工程管理は、現在までの施工実績にもとづいて工事の進捗状況を分析し、今後の工事日程を確立することがその主要な機能であるといえるが、対比分析すべき計画レベルが総括工程計画、詳細工程計画、月(週)間工程計画のいずれであるかは必要とされる管理水準と是正すべき計画内容によって決まることになる。

さて、全体工程計画を作成して、それにもとづいて工事を実施していったとしても、種々様々の不確定要素の存在や不測の事情あるいは計画データの誤差などにより、数ヶ月も立たないうちに実際の施工状況は全体工程計画の内容と乖離してくるのが普通である。

工程計画のフォローアップはこうした事態に対処するもので、工事の進捗状況に応じて工程計画を調整する更新計算と全体工期や工事用資源の調達状況や施工計画内容などの変更に応じて工程計画を変更・修正する再計画とから成っている。図-4は、ネットワークモデルを用いた場合の工程計画のフォローアップの処理フローを示したものである。現在時点までに完了した部分を消去して作成した工程計画に対して、実際の工事施工の進行に遅滞なくフィードバックできるように、タイミングを失しない期間内において、変更すべき計画データを工程計画作成段階におけるのと全く同様の方法・手順で処理すればよいことになる。

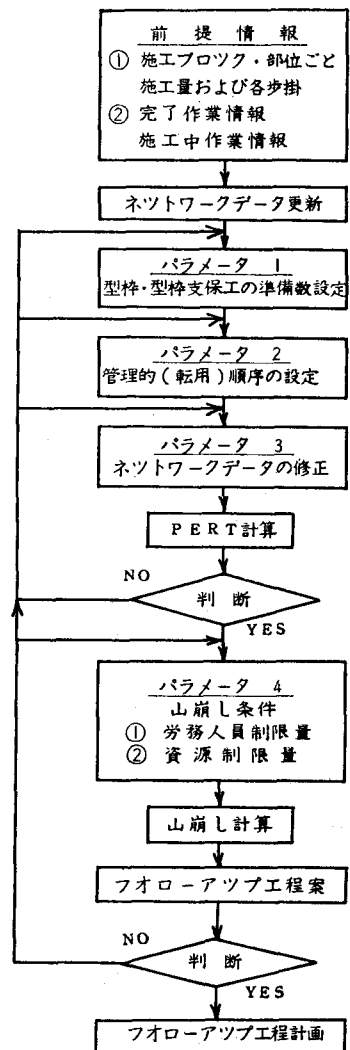
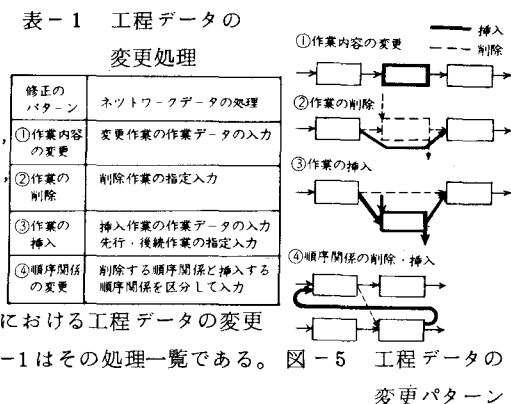


図-4 フォローアップ処理のフロー

工程計画の変更は、施工計画および工程計画の構成要素との関係においてみると、

- ① 作業内容（投入員数、処理能力、日数）の変更、
 - ② 施工方法（作業の削除、追加、分割、順序）の変更、
 - ③ 資源の運用方法（山崩し制限数、作業の順序）の変更、
- ということであり、ネットワークモデルを用いて作成した工程計画の場合には、工程ネットワークにおける作業データと順序関係データの変更と修正という処理に帰することになる。図-5はプレシデンス型ネットワークにおける工程データの変更・修正のパターンをとりまとめて示したものであり、表-1はその処理一覧である。図-5 工程データの変更パターン



8. 総括工程計画のスケジューリング

(1) 計画作成の基本的な考え方

総括工程計画は、施工計画における施工技術的側面の基本的なフレームにもとづいて、各構造物の施工単位ごとのスケジュールと主要な工事用資源の運用計画上の問題を明らかにして、工事施工の基本的方針を定めようとするもので、次のような手順で行うことになる。

- ① 施工方法の立案と施工技術的側面からの検討、
- ② 構造物の施工ユニット分割と施工数量の算定、
- ③ 単位工程の設定と各単位工程のパターン化、
- ④ 各パターンごとに各単位工程の特性値の算定、
- ⑤ 各種工事用資源の調達条件の設定、
- ⑥ 主要資源の運用スケジュールの作成と評価。

総括工程計画は土木構造物を施工ブロックと構造物部位に分割して求めた施工ユニットを単位工程として用いることから、各単位工程の特性値は施工ユニットの設定に直接的に関わっている工事種類、構造物種類、施工方法および投入資源の種類によって規定される。つまり、総括工程計画は工事種類と構造物種類による個性の強い計画内容となるが、工事の施工特性をコンクリート構造物工事と土構造物工事とに分けて捉えることによって相当程度に一般化することが可能であると考えられる。

総括工程計画の作成にあたって考慮すべき制約として、次の事項について評価する必要がある。

- ① 工事の先行・後続関係にもとづく工程上の制約、
- ② 工事用資源の投入数量に関わる制約、
- ③ 仮設資材の転用順序に関わる制約、
- ④ 作業の実行可能性に関連する制約。

(2) 地下鉄工事における総括工程計画のスケジューリング

地下鉄工事の施工プロセスの中で、掘削工事と本体構築工事は施工期間においても工事費用の面でも主要な位置を占めており、また、両者は施工空間と施工期間の両面において密接な関係を有している。図-6は、地下鉄工事の総括工程計画作成に関する本研究の内容をとりまとめたものである。掘削工事と本体構築工事とは施工特性が異なることから、掘削工事のスケジューリングにはGPSによるシミュレーション手法を用い、本体構築工事のスケジューリングにはネットワーク手法を適用することにした。ただし、施工ユニットの設定にあたっては、構築工事における施工ブロック分割を基準として掘削工事の施工ブロックを定めることによって、両者のスケジュール作成における空間的・時間的な対応関係を取ることにした。

掘削工事および構築工事の単位工程はそれぞれの施工特性と工事用資源の運用特性を考慮することによりモデル化した。

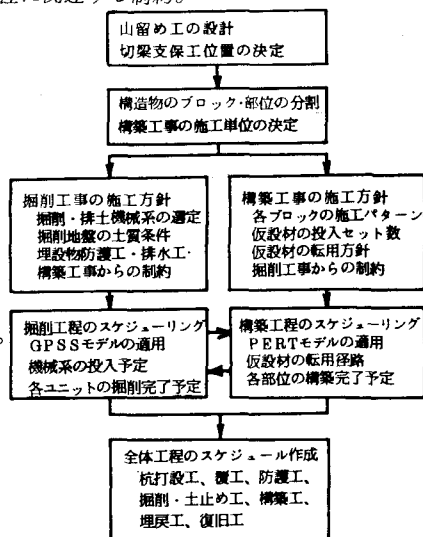


図-6 地下鉄工事の総括工程計画のフロー

掘削工事における工程計画問題は次の２点に集約することができる。

- ① 掘削工事の施工特性に適正に対応し、工事所要期間および工事費用の両側面においてもっとも望ましい機械系の選定、
- ② 投入機械系の機種、投入台数、先行の杭打設工事・覆土工事ならびに後続の構築工事における工事着手上の制約のもとで、もっとも実行可能性の高いスケジュールの策定。

掘削工事における機械系の稼働状況は非常に複雑な挙動を示している。このような工事における工程計画問題を定量的に解くには、事前に詳細な作業間の順序関係を規定しなければならないPERT系手法によるよりも、システム内に用意されているクロックタイムによってスケジュール計算を行うGPS等^①の離散型シミュレーション言語によるシミュレーション手法を適用する方が都合がよい。

構築工事における総括工程計画は仮設資材、その中でも型枠材の転用計画に絞ることができる。型枠材の転用計画作成にあたっての課題としては次の２つの事項があげられる。

- ① 型枠材は型枠支保工の組立てからコンクリート打設・養生ののちの解体まで各施工ユニットに拘束される。地下鉄工事では土留め壁とコンクリートスラブおよび施工中の型枠支保工によって解体後の移動経路が制約される。
- ② 型枠材の転用は移動経路長を短く、また、錯雑しないように計画するとともに、構築工事の施工期間の制約をも考慮する必要がある。

ネットワークモデルを用いて型枠材の転用計画を作成しようとする場合、基本的には山崩し計算法の考え方を適用することになるが、型枠材の転用順序の選択基準として運搬経路の選択基準と作業着手の優先順位の規則の両者を考慮する必要がある。また、型枠材のほか、他の資材や鉄筋工・大工等の技能作業員の調達条件に厳しい制約がある場合には、単位工程の部分的な拘束状態を表現するように単位工程のモデル化を図る必要がある。

4. ネットワークモデルによる詳細工程計画のスケジューリング

(1) 計画作成にあたっての課題

工事施工の構想化段階において工事の基本的な運営方針が確立されると、次には工事実施計画を作成するが、それは詳細工程計画の作成が中心となる。そのため、詳細工程計画の基本的要素として、①各作業の実施スケジュールの作成、および、②各種工事用資源の運用スケジュールの作成、を上げることができる。

各作業の実施スケジュールは工事施工における通常の作業手順を満し、また、施工技術的な観点から見ても合理的な日程となっていることが要求される。とくに、次のような作業に注意する必要がある。

- ① 先行作業や後続作業との間に時間的間隔を空けないで施工すべき作業、
 - ② 当該施工ユニットの周辺空間に作業足場や資機材の仮置場を必要とする作業、
 - ③ 隣接施工ユニットの進捗状況との日程の関係によって作業着手が規制される作業、
- また、連続的に施工される工種の作業や同じ作業空間の中で併行して行われる作業のように、
- ④ 技術的な順序関係で結合された作業が時間的に一部分ラップする状態で実施される作業、
- の日程を合理的に表すことが必要な場合もある。

詳細工程計画は、全体工程の細部にわたって実際の施工状況を反映するようなスケジュールを求めると同時に、各種工事用資源の運用効率に関しても満足のいくスケジュールを求める必要がある。このための日程計画手法としてネットワーク手法がもっとも適していることはよく知られているところであるが、上述のような作業特性や工事施工上の特性を表すことのできる工程データを用いるためには、工事の施工工程と工程ネットワークの構造が一对一の対応を為しているプレシデンス型ネットワークによるのが望ましいといえる。

詳細工程計画の作成にネットワーク手法を適用するとき、単に各作業の日程計算を行う場合にはそのような求めてられたスケジュールは工事の施工特性や隣接する施工ブロックの施工状況を反映したものとすることができる。しかしながら、通常、投入される工事用資源は調達数量に制約のあるのが普通であり、その

ような場合には日程計算に加えて調達数量に制限のある資源に対して山崩し計算を行う必要がある。

表-2 優先順位の規則に関わる要素

項目	内 容
優 設 先 定 順 方 位 法 の	a. トータル・フロート (TF) の小さい順 b. 遅延距離 ($L_{1,2}$) の小さい順 c. 第1基準TF、第2基準 $L_{1,2}$ の小さい順 d. 第1基準 $L_{1,2}$ 、第2基準TFの小さい順
T 算 F 定 の 方 法	a. TFを時刻ごとに逐次再計算 b. PERT計算結果のTFをそのまま用いる
ス ケ ジ ュー ル 手 順 の	a. 選択した作業を資源制約を満す時刻にスケジュール b. 現在時刻で資源制約を満す作業のみをスケジュール
転 設 用 定 順 方 序 法 の	a. 本研究による方法を用いて求める b. 現場技術者が過去の施工経験にもとづいて一意的に与える

山崩し計算法では、着手可能な作業群の中から優先順位の規則にしたがって順次作業を取り出し、調達可能数量の制約を満足する作業をその時刻にスケジュールするという方法を取って、投入資源の山積み図の平滑化を行うことになる。通常の場合、作業着手の優先順位の規則として各作業のトータルフロートや最遅開始時刻を用いることが多い。これらの指標は工程ネットワークの構造によって定まるものであるが、それらの設定方法や算定方法によって種々のものを用いることが可能であり、また、スケジュールの手順や順序関係の設定方法とも関係してくる。さらに、山崩し計算法自体が最適なスケジュールを与えることを保証しない。こうしたことから、本研究においては、表-2に示すように、優先順位の規則に関わる諸要素を組合せたものに対してスケジュール計算を行い、それらの中から工事の施工特性や施工計画・管理特性をもっともよく反映した代替案を選択するという、工程計画の実行可能性を重視した方法を採用している。

(2) プログラムシステムの構成

PERT等のネットワークモデルによる詳細工程計画システムは次のような構成となっている。

- (フェーズ1) : PERTインプット, (フェーズ2) : PERT計算,
(フェーズ3) : 山崩し計算, (フェーズ4) : PERTアウトプット。

フェーズ2およびフェーズ3についてはすでに述べたとおりであるが、フェーズ1のPERTインプットは、工程ネットワークのスケジュール計算のための工程データとコントロールデータ、スケジュール計算結果の図化のための表示データと図化条件データに分類することができる。詳細工程計画の結果は工事実施スケジュールを与えるものであり、スケジュール計算結果を表示するネットワーク工程表は必要にして十分な内容を盛込んだものであると同時に見易さや使い易さも不可欠な要件であるといえる。こうした意味で、工程データの体系化とともに作業、工種、構造物部位、施工ブロックなどの名称を漢字混りかな文字で表すことは実務面での効果が大い、といえよう。

5. ネットワークモデルを中心とする工程計画・管理システム

(1) 工事現場における工程管理の方法

実施計画として求めた詳細工程計画は工事全体のスケジュールを表すものであって、月ごと、週ごと、日ごとの資源調達予定や運用予定、各作業の実施予定を検討したものではない。また、工事の実施段階では、全体工程の制約や工事全体のバランスを把握しつつ、降雨等の不確定要素に対しても的確な判断を行い、資機材の調達を行って作業員の適正な配置と諸資源の有効な運用を図っていかなければならない。このために、月間あるいは週間の実施工程表のような短期工程計画が必要となるが、これらは何らかの方法を用いて工事全体の施工期間や資源運用の制約を反映したものでなければならぬことはいうまでもない。

本研究においては、全体工程計画との関連性において月(週)間工程表を作成するために、デートライン・カットオフ法を採用することとした。すなわち、まず、全体工程表の中から必要としている期間の翌日にデートラインを設定することにより全体工程表を2分する。デートライン以降の各工程経路に対してそれぞれの最長経路日数を求めそれを各工程経路の所要残日数として全体工程における各工程経路の時間的重要度を評価する指標として用いるのである。このようにして作成した部分工程表をここではデートライン工程表と

呼ぶことにする。この方法によると、デットラインの設定する位置によって任意の期間の部分工程表を作成することができる。日々の工事施工は、このようにして求めた月(週)間工程表にしたがって作業員や資機材の手配をするとともに作業指示書を作成することにより実施されることになる。

さて、工事の管理段階においては、まず、日々の作業内容を記録した工事日報を週ごとに月ごとに集計して労務・機械・資材等の各種資源の投入実績、予算項目ごとの支払実績、構造物施工の出来高実績を把握し、工事予定表と対比することになる。次に、月(週)工程表、全体工程計画の進捗状況の診断、つまり、工程計画のフォローアップを行って次期の工程計画を更新するのである。図-7は、そうした工程計画・管理の内容を多階層な構造特性を持つ工事マネジメントのフローの中で位置づけたものである。この図から、工事の施工方針に変更が加えられないかぎりにおいて、図-7 工事マネジメントのフローにおける工程管理は詳細工程計画のレベルを中心として行われることがわかるであろう。

(2) 工程計画・管理へのコンピュータシステムの導入

これまでの考察を待つまでもなく、工事のマネジメントに関する日々の業務活動は工事現場において行われる。一方、ネットワークモデルを用いて詳細工程計画のスケジュール計算を行うにあたっては、大量の工程データを作成しなければならないこと、大容量の演算処理能力が必要なこと、詳細な全体工程表を漢字混りかな文字表示で図示するには大型プロッターが必要なことなどの制約があって、本支店に設置された大型コンピュータが用いられている。このために、ネットワーク工程表が工程計画・管理の手段として工事現場の業務活動に密着して用いられることに困難さが生じ、施工技術的な側面の計画・管理に比してその進歩の度合いが立ち遅れてきたといえよう。

そこで本研究においては、図-8に示すように、本支店設置の大型コンピュータと現場に設置した小型コンピュータを有機的に結合させることにより、ネットワークモデルを中心とする工程計画・管理システムを開発することにしたものである。

このシステムにおいては、大型コンピュータの側では以下のような処理を行って全体工程の計画・管理を行うことにする。

- ① 全体工程計画の作成、
- ② デットライン工程表の作成および小型コンピュータへの工程データの伝送、
- ③ 全体工程計画のフォローアップ。

デットライン工程表は3～4ヶ月間を対象として作成し、電話公衆回線を通して現場の小型コンピュータに伝送される。

現場に設置した小型コンピュータの側では、

- ① 月間の計画工程表、資源山積み図、計画データリストの作成、
 - ② 実績工程表、実績資源山積み図の作成、
 - ③ 翌月工程表のフォローアップ、
- を行って月々の工程管理を行うことになる。

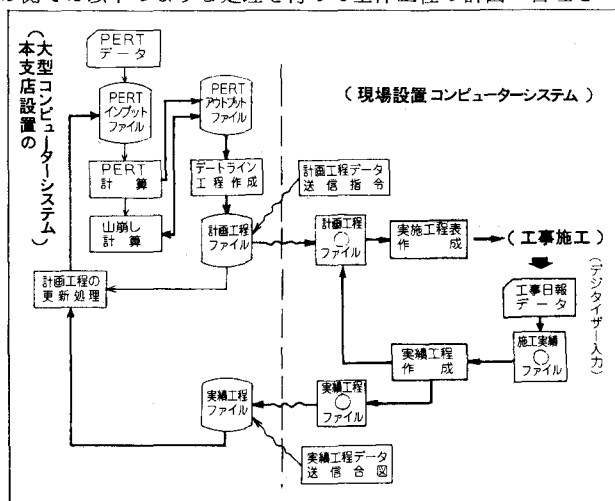
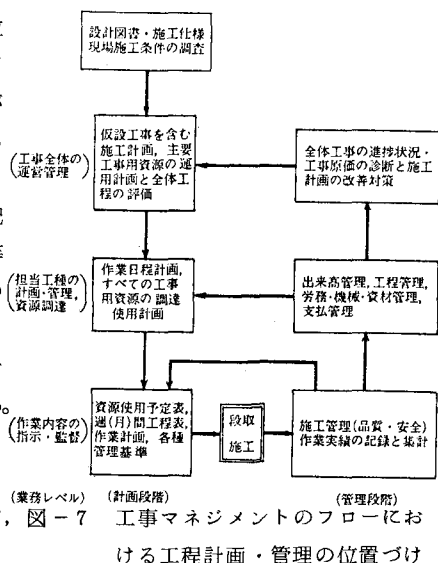


図-8 コンピュータを導入した工程計画・管理システム

(3) 現場設置の小型コンピュータによる工程管理

大型コンピュータから伝送されてきた3～4ヶ月分の工程データから、当月の作業データを抽出して月間計画工程表を作成することになる。計画工程表は作業名称と表示記号との参照表を示して作業内容をわかりやすくしている。工程表の表示は施工ブロックごとに行い休日を含む暦日表示であり、月末の欄外に所要残日数を表示している。計画山積み図と計画データリストは工程計画の検討に必要なデータを提供する。

実績工程表は、工事日報を用いて集計した施工実績データから工程実績データリストを作成し、その中から当月実施した作業を抽出して作成している。実績工程表の表示は、計画工程表とは異なって、施工ブロックと構造物部位を見出しとすることにより、当月実施した作業内容が一覧してわかるようにしている。

当月の実績工程表が求められると、翌月の工程計画データを更新して翌月計画工程表を作成することになる。翌月計画工程表の作成は次の3つの部分に分けることができる。

- i) 工程実績データの入力方法、 ii) 工程計画データの更新方法、 iii) 資源山積み図の平滑化の方法。

まず、工程実績データの入力方法に関しては、

- ① 工程実績データリストの中から月末時点における完了作業あるいは施工中作業を抽出し、翌月当初に着手する作業とその所要残日数をキーボードから入力する。
- ② 実績工程表を参照して、翌月当初に着手する作業を図9のメニューシートを用いてデジタイザーから入力する。

という2つの方法を取ることができる。

次に、翌月の工程計画データを更新する方法として、

- ① 全体工程計画の施工方針を可能なかぎり遵守するために、進行の遅れている施工ブロックについては遅延日数分だけ着手日を遅らせるが、予定より早く進んでいる施工ブロックについては当初計画どおりの作業着手とするためにリードタイムを中づめする。(中づめ法)

- ② 進行の遅れている施工ブロックは遅延日数分だけ着手日

を遅らせ、予定より早く進んでいる施工ブロックはその日数分だけ着手日を早める。(前づめ法)

の2つが考えられる。中づめ法の場合には全体工程計画のレベルですでに資源山積み図の平滑化処理が行われているために、調達制限数を大幅に超過することはないようであるが、前づめ法の場合にはそのような保証はない。

資源山積み図の平滑化の方法については、

- ① 更新された翌月計画工程表、職種別山積み図および工程計画データリストから、調達制限数を超過している職種の作業を抽出し、必要日数分だけ前後にスライドさせる。(スライド法)
- ② 更新された翌月計画工程表に対して各職種の調達制限数を与えて、山崩し計算を行う。(山崩し法)

スライド法を用いる場合には、工程実績データの入力方法と同じように、該当する作業名称をデジタイザー上のメニューシートから入力し、ディスプレイメニュー方式によって工程データを修正すればよい。また、スライド法は作成された計画工程表の作業スケジュールが通常の作業手順に従うように部分的な手直しをする場合にも利用することができる。

このようにして、工事現場における工程管理を行っていくのであるが、計画工程と実績工程とのズレが大きくなってきた場合や計画内容に変更が生じてきた場合には、実績データや変更すべき計画データを用いて大型コンピュータによる全体工程計画のフォローアップ処理を行えばよい。土木工事の場合、全体工程計画のフォローアップの間隔としては、工程管理およびデータ処理の頻度などから考えて、3ヶ月に1回程度の割合で行うのがよいようである。

契約区分	職 種	単 位	ブロック	部 位	工 程	作 業
第 1 区	鉄 筋 工	トラクタ	1	第 1 区	鉄 筋 工	第 1 区 1
第 2 区	鉄 筋 工	4 t	2	ベ ー ス	ビ ッ ト	第 2 区 2
	庄 建 工	8 t	3	中 部	中 部	第 3 区 3
	大 工	10 t	4	中 部	中 部	第 4 区 4
第 5 区	ト ビ 工	レッカー	5	中 部	中 部	第 5 区 5
第 6 区	カ ジ 工	10 t	6	フ ラ ッ ク	フ ラ ッ ク	第 6 区 6
第 7 区	土 工	15 t	7	土 工	土 工	第 7 区 7
第 8 区	鉄 筋 工	20 t	8	上 部	上 部	第 8 区 8
第 9 区	鉄 筋 工	25 t	9	上 部	上 部	第 9 区 9
上 部	鉄 筋 工	30 t	10	5 段 梁	4 段 梁	第 10 区 10
大 部 分	支 柱	40 t	11	3 角 梁	2 角 梁	第 11 区 11
橋 梁 部	支 柱		12	1 段 梁	切 梁	第 12 区 12
鉄 筋 工	ガードマン		13	橋 梁 部	橋 梁 部	第 13 区 13
成 立 部				中 間 部	土 留 部	第 14 区 14
井 筒 部				新 設 部	新 設 部	第 15 区 15
橋 梁 部				出 入 口	出 入 口	第 16 区 16
近 郊 部						第 17 区 17
南 部 部						第 18 区 18
西 山 部						第 19 区 19

図-9 工事日報データおよび工程データ

人力のためのメニューシート

6. 地下鉄駅部工事の工程計画・管理への適用と結果の考察

適用工事の概要および工程計画・管理上の課題

適用対象として取上げた地下鉄工事は東大阪特有の軟弱地盤帯である河内盆地の中央部に位置している。当工事は、上部に高速道路高架橋のピア基礎を上載する構造となっているため、全体工期は後続の高架橋工事の強い制約を受けていた。こうしたことから、工期の大半を占め主要工種でもある掘削工事と構築工事の工程計画・管理に本研究で提案している方法を以下のような項目について適用することとなった。

- i) シミュレーションモデルによる掘削工程計画の検討
- ii) プレシデンス型ネットワークモデルによる構築工事の工程計画の作成
 - ① 工事着工当初における全体工程計画の検討、
 - ② 掘削工事着手時における工程計画細部の検討。
- iii) 全体工程計画のフォローアップ
 - ① (第1回)型枠支保工転用順序の検討、
 - ② (第2回)全体工程計画の工期短縮。
- iv) 現場設置の小型コンピュータによる工程管理の実効性の検証
 - ① データライン工程表の作成とデータ伝送、
 - ② 4月計画工程表、職種別山積み図の作成、
 - ③ 4月および5月実績工程表の作成、工程分析、
 - ④ 6月計画工程表のフォローアップ処理。

7. 結 論

地下鉄現場への適用を通して明らかにされた諸点をとりまとめると、以下のとおりである。

- 1) 現場に設置するマイクロコンピュータシステムと本社に設置する大型コンピュータシステムを有機的に結合させて現場管理業務の合理化を図ろうとする当システムは、ネットワークモデルをベースとする工程計画・管理システムを大阪市東部の地下鉄停留場工事に適用することによって実験段階から実働段階へと進展させることができた。
- 2) PERTによる工程計画・管理は工程の確立と工期の短縮に役立てることができたが、これは、工程データの入力・修正処理の容易なプレシデンス型ネットワークモデルを用いたこと、現場主任をはじめとする現場担当者にPERT工程表の適用経験があったこと、PERT工程表の作成過程で工程計画の改善を図り、実施計画として採用した工程表は現場技術者のみならず作業者レベルまでも周知徹底されたこと、などによるものである。
- 3) 工事日報データの入力は、コンピュータに不慣れな現場技術者が容易にかつ手早く行えるように、マイクロコンピュータに連結したデジタイザー・メニュー方式としたが、手書きするのと変らない早さで入力でき、コンピュータを操作しているという違和感もほとんどない。
- 4) 今回は、工程計画・管理システムを中心として実工事への適用を行ったものであったが、地下鉄工事のように多工種からなり複雑な構成となっている市街地工事においては、計画段階における全体工程計画を通して各工種・各資源の運用計画の確立を図り、実施段階においては工程計画を進度目標として各月各季の工程進捗状況を追跡し調整していくことが工程のみならず原価的側面からも十分に有効であることが判明した。

近年における土木施工の課題は、施工技術的側面におけるよりも、むしろ施工計画・管理的側面において顕著になってきている。本研究は、そのような課題の構造を解明し、土木施工の合理化の方向を指し示す主要な要素として工程計画・管理問題を取り上げたものであり、今後の進展に些かでも寄与するならば幸いである。

最後に、本研究に対して種々貴重なご意見を賜った京都大学工学部 吉川和広教授ならびに鵜鴻池組常務取締役 川崎健次技術研究所長に深甚なる謝意を表するとともに、本研究を進めるにあたり種々の助力をいただいた鵜鴻池組技術研究所 折田利昭主任研究員、同 安井英二主任研究員に謝意を表する次第である。

関連する文献：第1回土木計画学研究発表会講演集 (PP. 124~140)、同第3回 (PP. 258~263)、同第4回 (PP. 103~113)。土木学会論文報告集第293号 (PP. 91~99)、同第318号 (PP. 117~126)。