

株 鴻池組技術研究所 正員 川崎健次

京都大学工学部 正員 春名 攻

株 鴻池組技術研究所 正員 ○ 田坂隆一郎

1 まえがき

土木構造物の施工を目的とする建設組織、その中でも直接に工事施工を担当する工務部門においては、近年の工事種類の多様化、工事規模の大型化、工事内容の高度化、施工量の増大、さらには社会環境条件の緊縛化など、施工条件の変化に対して、施工の機械化、施工法の開発・改善など主として施工技術の高度化をおし進めることによつて、工事施工の所期の目標を達成しようとしてきた。

しかし、現在のように施工条件が複雑化してくると、施工技術の高度化とともに、これらの施工技術を駆使して工事を円滑に運営していくことのできる施工管理組織の改善や、施工管理の目標となる施工計画の作成法の確立、さらに、施工実績と迅速性、确实性、経済性などの施工管理目標とを対比し評価することのできる工事管理方式の開発あるいは改善、を行なうことが建設組織の高度な運営目標を達成するうえで従来にも増して要求されるのである。

本研究は、工務部門において今後一層重要視されるべき施工計画の策定法、なかでもその中心となる工程計画に対する工事完了時刻および工事原価の両側面からの評価法、工事実施中のすべての工事現場に対して統括管理的な立場に位置付けされる店内工務部門において、施工計画に示される工事管理の目標値（とくに工程と原価に関して）と施工実績値を逐次対比・評価しうる工事管理方式、について実証的な考察を行ない、施工管理のシステム化を図ろうとするものである。

2 施工管理における問題点

さて、工事管理の主体が工事現場に依存されているような施工管理体制下においては、店内工務担当者が各工事現場の工事進捗状況を把握して適切な工事管理情報を各工事現場にフィード・バックしようとするとき、以下のような問題点のために十分な管理を行なうことが困難となることが多い。

1) 工事現場における業務量の膨大化に伴う現場管理組織の弱体化

2) 各工事現場における施工実績は主任技術者の力量、経験に大きく左右されることが多いこと

3) 施工計画が不十分なために場当り的な施工管理に流れやすく、工事全体としての施工の合目的性を評価することが困難であること。

4) 工事施工の主たる管理目標である(イ)工程、(ロ)原価、(ハ)品質、(ニ)安全性の中で、(イ)および(ロ)は一般に工事運営上もつとも厳しい制約条件であり、しかも、これらの目標を達成するか否かは単に一工事現場にとどまらず建設組織全体の運営目標に大きく関係してくる。各工事現場から店内工務担当者に対してこれらの管理目標値の達成状況を工事報告書によつて行なう場合には、それらの進捗状況を店内工務担当者が把握して、各工事現場へフィード・バックするまでかなりのタイム・ラグを生ずる。このため、工事報告書の内容は工事の進捗状況、支払状況の推移を示すだけに止つており、統合的な施工管理の立場から工事の工程および原価に関する十分な検討ができないでいる。

したがって、工事実施中には所期の工事管理目標を修正しなければならないことも多く、このような事態を避け、工事管理者が最善の施工努力を尽しうるのは、合目的な施工計画作成法の確立とあいまって、施工管理に関する正確な情報を迅速に収集できしかも工事施工に対して的確な処置を取りうる施工管理システムの確立が望まれる。

3 施工計画の作成法

工事の施工に先立って作成され、工事実施中には管理目標値となる施工計画の優劣は施工計画を通して最終的に工事の完成の良否に結びついてくるので、施工計画作成のための調査・検討・立案の諸作業を行なうにあたっては、実行可能なあらゆる施工計画代替案を作成し、各代替案に対して、迅速性、経済性、確実性、安全性などのあらゆる評価側面から、それらの実行可能性について詳細な比較検討を行なわなければならない。

しかし、施工計画の評価要素の中で、確実性、安全性に関しては主として施工法の決定あるいは施工計画作成後の作業計画作成の際に十分検討しておくべきであると考えられる。したがって、施工計画の作成にあたっては、図-1に示すように工事施工のもつとも厳しい制約条件である迅速性と経済性を中心として施工計画の各代替案を評価していけばよい。

図-2は施工計画の作成プロセスを時間的経過にしたがって示したものである。このように施工計画は構造物の施工順序を示す施工工程を明らかにすることによつてはじめて具体化されるので、工程計画の決定がもつとも重要となり、図-1に示した他の諸計画は工程計画が決定されるとほぼ一意的に作成することが可能となる(注1)

4 工事完了時刻による工程計画の評価

さて、工程計画は施工工程が決定されると比較的容易に、しかもほぼ一意的に策定することができるので、工程計画の

作成はもつとも望ましい施工工程の代替案を選択することによつて求めることができる。施工工程の代替案が作成されると作業スケジュールは容易に計算することができるので、施工工程の代替案の検討に関しては作業スケジュールと与えられた工期の比較がもつとも適切である。すなわち作業の所要時間と作業手順がすべて求められると、施工工程が定まり、スケジュール計算を行なうことによつて工程計画を作成することができる。いま、施工工程をネットワークによつて表現すれば、施工管理上もつとも望ましい施工工程を求めるためには工程ネットワークの構造を詳細に検討し、その特性を

図-1

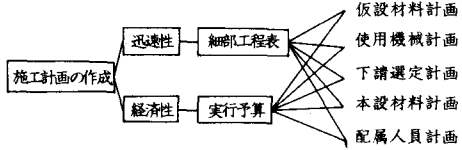


図-2 施工計画作成プロセス

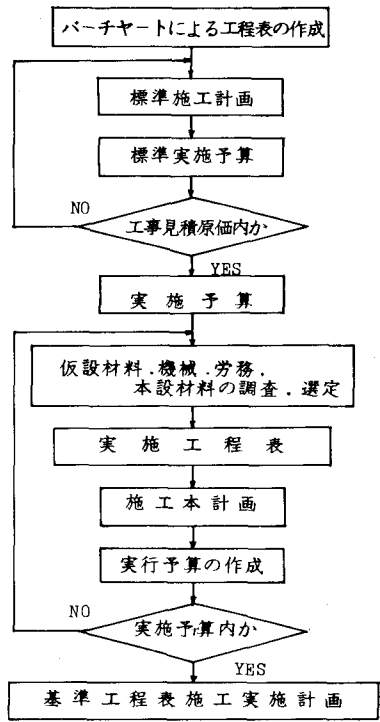
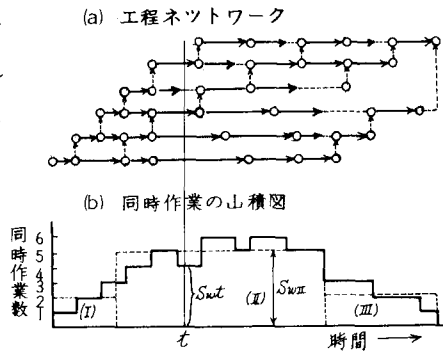


図-3 工程ネットワークと同時作業数との関係



明らかにしておかなければならない。そこで、ネットワークの構造特性を施工管理の立場から明らかにするために、同時作業数という概念を導入する。図-3はその説明図である。同時作業とは図-3(a)の工程ネットワークをある時間断面 T で切断したとき、その時点において併行して行なわれている作業数である。明らかに同時作業数は工事現場において併行して行なわれている作業の多いさを示すものであり、十分に計画された工程計画においては同時作業数の大きい作業ほど施工管理の視点が分散される。また、工期の短縮を図ろうとするときには、同時作業数の小さいところを短縮する方がより効果的であることが分る。ところで、図-3において各作業 i の所要時間 d_i を同時作業数 S_{wt} で除したもののすべての作業に対する総和 $\sum_i d_i/S_{wt}$ は工期 T に等しくなることが分る。

$$T = \sum_i d_i/S_{wt} \quad (1)$$

式(1)から、施工法などを変えないで、工期 T の短縮を行なうためには、各作業に投入される資源量を増大させることによつて各作業時間 d_i を短縮させるか、各作業を行なうのに必要な作業グループ(作業要員・機械・仮設資材で構成される)の数を

を増加させて併行して行なわれる同時作業数 S_{wt} を増大させればよいことが分る。

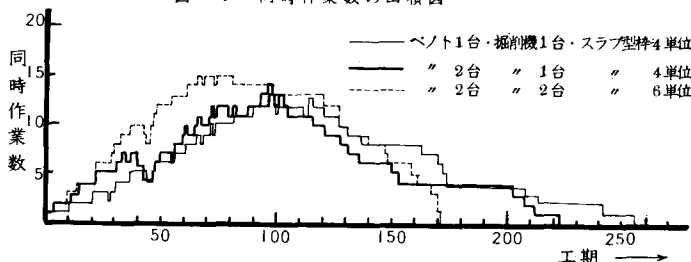
施工工程の代替案は各作業へ投入される資源量および投入される作業グループの数とその運用方法によつて無数に作成することができる。したがつて、何らの制限も設けなくて代替案を作成すると、その数は膨大なものとなり、事実上計画の作成が不可能となる。施工工程をネットワークで表現することによつて、工期 T を支配するものはクリティカル・パスである。クリティカル・パスを構成する作業とそのような作業に影響を及ぼす作業に注目し、そのような作業の所要時間を短縮するか、それらの作業に含まれる作業グループの運用方法を同時作業数が大きくなるように変えることによつて、代替案の数を大巾に減少することが可能となる。すなわち、工事施工の技術的な制約条件を満足するようにした施工工程に対して、投入資源量および作業グループの運用方法などの施工管理上可変な要素の中から工程ネットワークのクリティカル・パスに影響を及ぼす要素を選択し、これらの要素を工事施工に対して存在する制約条件を満足させる範囲内で操作することによつて、比較的容易に施工工程の代替案を選択することができる。

図-4は、高速道路高架橋下部工事に対する適用例である。当工事において、施工工程を作成した結果、クリティカル・パスに影響を及ぼす作業はベント杭打作業・基礎掘削作業・スラブ型枠作業であり、投入資源量の制限数はベント杭打機2台・掘削機2台・型枠作業グループ4~6単位であつた。図-4はこれらの投入資源の組合わせによつて、工期がどのように変化するかを明らかにするために求めたもので、工期の短縮に対する同時作業数の山積図の推移の状況がよく分る。適用例では工期の最大値と最小値との差は約80日もあり、このような方法で簡便に工期を短縮できることが分る。

5. 経時的な原価要素による施工工程の評価

しかしながら、このようにして求めた施工工程は、施工技術上および工程管理上の制約にのみ注目して作成したものであつて、施工管理上の重要な工事原価に対する制約をも満足しているかどうかにか

図-4 同時作業数の山積図



については何ら検討を加えていない。

図-5 工事原価の構成と工期との関係

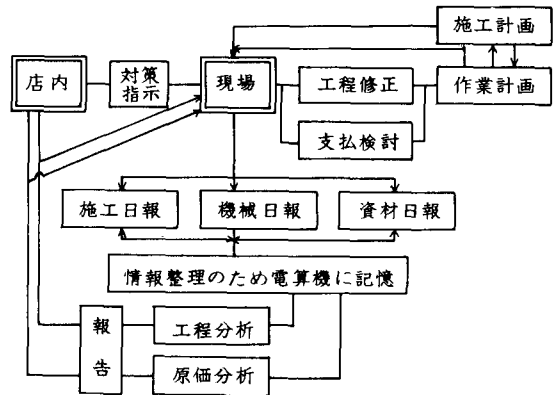
一般に、工事完了時刻と工事原価との間には施工工程を媒介として密接な関係のあることが知られている。いま、両者の関係を明らかにするために工事原価を図-5に示すように、作業量に比例して増大する従量的原価と、工事完了時刻に比例して増大する経時的原価とに分類する。さて、クリティカル・パスに影響を及ぼす仮設機材の投入量や運用手順を変えることによつて、工期が T から T' に変わるものとする、工事原価で変化を受けるものは経時的原価($K \rightarrow K'$)と従量的原価のうちの仮設機材費($A \rightarrow A'$)である。したがつて、種々の施工工程の代替案に対して、 K および A を算出することによつて、原価側面の比較検討を行なうことができる。4において求められた施工工程の代替案に対して、上述の原価計算を行なうことによつて、原価側面からも施工工程を評価することができ、工期的にも原価的にももつとも望ましいと思われる施工工程を選択することができる。

図-6 工事日報による施工管理方式のフロー図

こうして、施工工程が求められると、スケジュール計算を行なうことにより工程計画が決定され各種投入資源の調達計画、作業計画および実行予算が決定される。

6. 工事日報による統合的施工管理

2において述べたように、施工管理の主体が各工事現場に存在するような施工管理体制のもとでもつとも大きな問題点となつている施工管理情報のタイム・ラグを回避するために、工事の施工情報



が直接記録されている工事日報の内容を電子計算機に記憶させることにより、店内管理者が施工管理に必要な情報を迅速に入手でき、必要時期に所要時点における工程分析を行ないうる施工管理方式について考察した。また、原価分析については、従量的原価をさらに工種作業比率；（当該作業量／総作業量）、原価係数；（工種ごとの総原価／総工事原価）、工種係数；（工種ごとの原価／総工事原価）、仮設指数；（仮設費の中の従量的費用）に分け、経時的原価については、各工種ごとに経費の総工事原価に対する比率および仮設費の中の経時的原価の総工事原価に対する比率を求めておくことによつて、ネットワーク表示された工程から求められる予定出来高および納入資源量を実績値と対比させ、対比時点以後の支払い原価の迅速な予測方法について検討した。図-6はこのような施工管理方式をフロー図で示したものである。

7. あとがき

すべての工事現場を統合的に管理する立場にある工務部門の施工管理システムの中で、工事の重要な管理目標である工程計画の作成法および評価法についていくつかの提案を行なつた。また、施工管理システムの確立には工事管理情報の処理システムが必要不可欠であるとの観点に立つて、工事日報による統合的施工管理方式について実証的な考察を行なつた。

（注1）吉川・春名・笹嶋 工事計画システムとその実証例について 土木学会第26回年次学術講演会講演集