

京都大学工学部 正 員 吉川 和広
 京都大学工学部 正 員 春名 攻
 鴻 池 組 正 員 田坂隆一郎
 京都大学大学院 学生員 ○笹嶋 博

1. はじめに

近年、土木工事は大規模化・複雑化の傾向にある。このような大規模・複雑化した土木工事の遂行を可能にしたものは、土木技術の著しい発展であるといえる。しかしながら、このような土木技術を有効に働かせるためにも、工事を合目的に遂行するためにも工事管理技術の発展が必要であると考えられる。工事管理の三大目標は工程管理・原価管理・品質管理であり、これらは土木工事において複雑に関連しあっている。工事計画は工事の準備を行ない、工事を遂行し、工事を管理するために必要な情報が盛り込まれた計画であるから、工事計画を策定する際にはこれらの管理要素に対する十分な考察が必要である。工事計画システムは、このような工事管理の行ないやすい工事計画を作成するシステムである。このような工事計画システムの設計を行なうに際しては、システム分析をとおして各要素間の関連をとらえる必要がある。本研究では、工事計画システムを工事管理の目標追求という側面から分析を行ない、工事計画作成の評価プロセスに関する考察を行なった。

2. 工事計画作成プロセスにおける評価

工事管理の三大柱は工程・原価・品質であるが、工事の遂工を具体的に表現したものは工程であり、原価は工程の各作業に投入する資源や工程の各作業の出来高などによって工程と強く関連している。また、土木構造物は、これが築造されてからその品質を検査して不良であれば再築造できる性格のものではなく、築造過程での品質管理が必要である。すなわち、品質管理は工程において取り扱われなければならないものである。このことから、工事計画は工程を中心として作成していくべきであると考ええる。

現在、施設建設の業務は設計・施工という2大機能に分化されている。本来、設計と施工は施設建設の一貫した業務であるが、大規模な業務の遂行を容易にし専門的な技術を養うためにこれらの機能の分化は必要である。本研究で取り扱った工事計画は、このような機能分化を認めて、構造設計値は設計業務から与えられたものとして議論を進めている。

このような2つの立場から工事計画を作成していくプロセスを図-1に示した。すなわち、このプロセスにおいて構造設計値は与件であるが、これは構造物の機能と現場の施工条件とから制約をうけている。また、施工法も与件としているが、これも工期や施工量や施工条件から制約をうけている。これらの与件があるときに工程を中心としてとらえ、資源の管理運用方法の違いによって異なった工程が得られることに着目して、工事の実施計画を作成していくプロセスを示した。このプロセスは工程の代替案(alternatives)作成過程と実施計画選択過程に大別できるが、いずれの過程においても決定あるいは選択を行なう際に評価が必要である。以下において各プロセスでの評価について述べる。

まず、工程の代替案作成段階で行なわれなければならない決定は基本工程と機械・設備の決定である。前者は、構造設計値、現場の施工条件、施工法が既知である場合には、工事種別別に施工技術的あるいは物理的な作業順序を表わす資料が整備されていると、この資料を用いて一意的に決定できる。後者は、過去の工事記録や機械・設備の能力から設定できる。この評価の基準としては低廉性・迅速性および準備可能性をあげることができる。

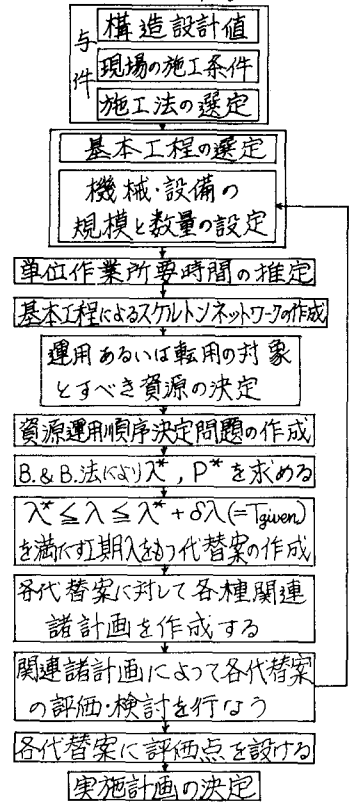
工程計画を作成するうえでつきに決定すべき項目は、工程を組み立てている単位作業の所要時間と必要資源量である。これは、過去の作業歩掛資料からある資源量を投入したときの所要時間が推定できるが、この決定の評価基準は作業遂行の確実性・安全性などをとりあげるべきである。このようにして単位作業の管理特性値としての単位作業所要時間と必要資源量が決定できる。

つぎのプロセスは基本工程に現場の施工条件を考慮して、技術的に決定できる作業順序を組み立てることである。このようにして、技術的な順序関係のみからなるスケルトンネットワークが作成できる。

スケルトンネットワークは、構造設計値や現場の施工条件や施工法によってほぼ一意的に決定することができるものであるが、投入される資源の運用あるいは転用方法の違いによって施工工程は非常に異なったものとなる。土木工事に投入される資源には、要員、

機械、仮設材料、一般材料、資金などがあなり、これらすべてが運用・転用されるわけではなく、合目的な施工工程を作成するためには、運用・転用の対象とすべき資源を選択する必要がある。この選択の評価基準となるものは、運用・転用の可能性とともに投入資源数量変更の自由度であると考えられる。すなわち、工事費用に占める割合の大きな資源あるいは調達や準備数量が限られている資源であって運用・転用の可能な資源が選択される。運用あるいは転用の対象とすべき資源が選択できると資源運用順序決定問題を作成して、最小のプロジェクト完了時刻 λ^* をもつネットワーク P^* をB. & B.法(Branch and Bound Technique)を用いて求めることができる。資源運用順序決定問題とその解法については参考文献2に詳述してあるのでここでは述べないが、投入資源量が一定の場合に工事費用はプロジェクト完了時刻の増加関数となるので、評価基準をプロジェクト完了時刻の最小値にとれば、原価管理の目標のうえから工程管理の目標のうえからのもつまい工程が作成できる。しかしながらこの工程は、特定の資源の運用方法を考察して作成したものであって、他の資源に対する考察や工事全体に対する考察が行われていない。したがって、つぎのプロセスで示してあるように、 $\lambda^* \leq \lambda \leq \lambda^* + \delta\lambda (=T_{given})$ を満たすプロジェクト完了時刻 λ をもつ

図-1 工事計画作成プロセス



工程計画を代替案として選択し、工事全体に対する考察を行なっていく必要がある。

3. 工程代替計画の評価プロセス

工程の代替案を評価する工事の管理特性となるものおよび実施計画選択の指標となるものを列挙すればつぎのとおりである。

- (i)作業要員使用計画, (ii)仮設資材使用計画, (iii)機械機器類使用計画, (iv)材料使用計画,
- (v)出来高管理(資金調達計画), (vi)諸設備施設配置計画, (vii)工期の安全性

すなわち、これらの関連諸計画と計画の信頼性から工程の代替案を評価するのであるが、正常の管理を行なうという前提のもとで評価基準となるものにはつぎのようなものがある。

①実行可能性 ②経済性 ③管理のしやすさ (Controllability)

代替案の評価プロセスは、上記評価基準に照らして各関連諸計画個別に評価検討を加え、個別評価によって実行不可能の判定がなされればその代替案は棄却していつて、実行可能である場合には、評価した事象ごとに評価値を設けて総合評価を行なうのであるが、採用された代替案がすべて棄却された場合には、多少経済性を無視しても機械・設備等の数量の変更などを考えて少なくとも1つの実行可能な実施計画を作成する必要がある。それでは個別的な評価方法の具体的な内容すなわち評価基準との関係がどのようなになっているかを述べるために、個別評価プロセスを概説する。

(1)作業要員の使用計画から評価するには、まずプロジェクトを構成している単位作業の必要作業人員数による山積図を、各職種別に各代替案に対して作成し、作業要員の調達が可能であるかどうかを検討する。不可能な代替案は棄却し、可能な代替案に対しては、作業要員使用計画を、管理が行なえるように作成する。各代替案の評価点は調達計画の近使用人員数の相違によって設ける。評価点は各職種別に設け、総合評価を行なうときには各職種の重要度の違いによって評価点の重みづけを設定すればよい。

(2)仮設資材使用計画から評価するには、仮設資材がすぐさま現場で使用できる状態で現場に供給されるものであるか否かによって評価の方法が異ってくる。すなわち、現場要員によって準備加工を行なう必要がある仮設資材は要員使用計画と関連させて評価を行なう必要がある。現場での準備加工が可能であれば、あるいはすぐさま現場で使用できる仮設材であれば、山積図を作成することによって1日の最大必要数量が調達可能であるか、現場での仮設材の拘束が少なくなる調達計画はどのようなになるのかなどを考察して、各代替案に対し最も好ましいと考えられる仮設資材使用計画を作成して、近拘束数量によって評価点を設定する。

(3)機械機器類使用計画から評価するには、評価に用いようとする機械が運用の対象としたものであるかどうかによって評価方法が異ってくる。運用の対象としなかった機械機器類に対しては、各代替案について山積図を作成し、必要な台数が確保できるかを検討し、現場での機械拘束状態を考慮して機械機器類使用計画を作成する。必要な台数が確保できない機械機器類使用計画をもつ代替案は棄却される。可能な代替案に対しては近拘束日数によって評価点を設定すればよい。

(4)材料使用計画から評価するには、材料の生産形態や調達形態に関する配慮が必要であ

る。土木構造物材料は従来から現場加工材が多く、大規模な現場加工材に対しては加工要員はもとより現場用地諸施設動力などの綿密な検討を行なう工程計画にも必ず適する材料生産計画が必要となる。ところが、近年、土木工事用材料に対しても工場製品あるいは半製品が増加している。すなわち、小規模な現場加工場と現場要員によって加工される材料もあり、このような材料使用計画を作成する際には、各材料の必要数量を山積図で表わし、現場要員によって準備加工が可能であるかどうかを検討し、現場在庫が最も少なくなると考えられる材料調達計画を策定する。代替案の評価は現場在庫量の多少によって設定する。

(5)出来高管理は工事の収支と大きく関連している。この収支関係がうまく計画されていないと、工程計画はもちろん材料調達や要員使用に対して悪影響をおよぼすので、工事計画システムにおいても常に十分な分析と考察が行なわれる必要がある。収入の方は前もって準備される場合もあるが、主として構造物出来高に対して支払われる。一方、支出は常時経費ならびに材料購入や各作業出来高に対して支払われる。したがって一般に工事中は支出が収入より大であり工事資金が不足がちになるため資金計画が必要となる。工程の代替案を出来高から評価することは、資金計画にみあった収支関係であるかを評価することには他ならない。まず、各代替案に対して工種別の出来高図を作成し、これに材料調達計画にもとづく材料支払図と一般管理費や動力費消耗品費など定常費図を加えて累加図を作成し、各代替案の支払予定図とする。この支払予定図に収入予定図を記入すれば、必要とする資金がわかる。すなわち、各代替案に対し不足する資金の状態がわかるのであるから、資金準備の可能性を検討し、準備不可能な代替案は棄却し可能な代替案に対しては総工事費用ならびに準備資金額から評価点を設ける。

(6)諸設備施設配置計画は現場の施工条件に大きく左右されるため、評価の重点のおき方はさまざまであるが、前述の諸計画によって諸設備施設の規模が決定できるため現場の設備施設用知との関係から代替案に評価点を設ける。

(7)さらに、2.で述べたように工程の代替案は想定された1つの単位作業所要時間をもつ単位作業を組み立ててえられたものであるから、工期を満了すプロジェクト完了時刻をもつといつても、単位作業所要時間が変化すれば、工期を守ることができない状態になりかねない。したがって、工期に対してプロジェクト完了時刻が安全かどうかを評価する必要がある。代替案を工期の安全性から評価するには、過去の資料より単位作業所要時間が確率的に変動するとみなし確率PERT(参考文献1)の手法を用いて非超過確率を0にとつたときの各代替案の完了時刻と工期との割合から評価点を設ければよい。

以上のようにして個別の評価が終わると、棄却されたものを除いた各代替案は諸計画からの評価点をもっていることになる。このような評価点を用いて唯一の実施計画を選択するためには、総合評価方法が必要である。総合評価は工事計画の目標に照らして、個別評価点に重みづけを行なった総合評価点で行なわれる。

なお、本研究の適用例については、講演時に発表の予定である。

参考文献1 吉川和広・春名政：施工計画システムの確率PERTの導入に関する研究、土木学会論文報告集 第179号、BB-45-7。

2. 同著：施工計画における最適ネットワークの作成法に関する研究、同論文報告集 第182号、BB-45-10。