

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
 京都大学大学院 学生員 ○世嶋 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。このような土木工事の傾向に対処するために、工事管理技術の発展が望まれている。工事計画は、工事の実施と管理に必要な情報が盛り込まれたものであるから、工事計画を作成するときには工事管理に対する十分な考察を加えなければならない。また、このような工事計画はシステムティックに作成される必要がある。このことから、我々は、工事管理の目標追求という側面から工事計画とらえ、システムティックな工事計画作成法を提案した。

本研究では、我々が提案する工事計画作成の方法論の有効性を実際工事への適用を通して示すことにする。

2. 工事計画作成法

我々の提案する工事計画作成プロセスは、つぎのような3つのプロセスに大別できる。

- ①工事計画の代替案となる工程計画（工程の代替計画と呼ぶ）作成プロセス
- ②工程の代替計画に関連のある工事の諸計画（関連諸計画と呼ぶ）作成プロセス
- ③工程の代替計画の評価と実施計画の選定プロセス

すなわち、①は、工事管理特性のうち特に工期に着目して工事計画に必要な工程計画の代替案を作成するプロセスである。工事プロジェクトの完了時刻と作業スケジュールは、工事に投入する資源の運用順序を変えることによって異なってくるので、特定の資源運用順序に着目して代替案を作成する。プロジェクト完了時刻を最小にする資源運用順序は、資源運用順序決定問題をつくり Branche & Bound 手法(*)を用いて求めることができる。また、ここでは最小のプロジェクト完了時刻 λ^* も同時に求める。一方、工事には工期 T が与えられているのが普通であるから、工程の代替計画における工期入は(1)式を満たさなければならない。

$$\lambda^* \leq \lambda \leq T \quad (1)$$

このような工期入をもつすべての工程計画は、上述の手法に若干の修正を加えることによって容易に求めることができる。

②は、①で評価されなかった他の工事管理特性に着目したものである。すなわち、①で作成した工程に対して、投入資源や工事費用の諸計画が立案できるかどうかを評価するために、各代替工程に対して、各々関連諸計画を立案するプロセスである。関連諸計画にはつぎのようなものがある。

- (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

③は、①で作成された工程の代替計画を②によって評価し、さらに実施計画としての検討を加えて、工事計画を作成するプロセスである。このプロセスは、関連諸計画から直接に評価を行なう(a)個別評価のプロセスと、実施計画として妥当であるかどうか全般的に評価を行なう(b)総合評価プロセスに分

けることができる。評価基準となるものは④実行可能性⑤経済性⑥管理のしやすさなどである。各代替案に対してまず(a)から検討を加え実行可能な代替案に対してのみ(b)の総合評価を行えばよい。一方、個別評価によってすべての代替案が棄却されてしまう場合には、運用の対象とした資源の変更や投入資源の変更を行なって再び工程の代替案作成プロセスからくり返す必要がある。

3. 適用例と工事計画作成プロセス

1) 工程の代替計画作成プロセス

本節においては、新幹線高架橋工事を通して工事計画作成プロセスについて述べる。工事計画作成プロセスのプロセスチャートは図-1に示しておいた。この中では設計から与えられる構造設計値や現場の施工条件、さらに施工法などは工事計画を作成するときの条件として設定している。また、適用例の縦断面図は図-2に示したとおりである。

さて、工事計画の代替案となる工程計画を作成するためには、まず、工程を構成している個々の単位作業とその技術的な順序関係を求めなければならない。単位作業は作業が確実かつ安全に遂行されるような規模に分割する必要がある。工事の種類別にそこで用いられている施工法にもとづく技術的な作業の順序を表す資料が整備されていると、この資料と現場の施工条件を考え合わせることで、技術的な順序関係はほぼ一意的に決定できる。ここでこのような資料を基本工程と呼ぶことにする。適用例の基本工程は図-3に示した。

さて、単位作業と基本工程が決まっても、工事に使用する機械や設備の規模さらに数量は完全には求まってこない。また単位の作業を遂行する所要時間も求まらない。これらの工事に投入する資源と時間は関連したものであって、投入資源の規模や能力あるいは台数を増やせば、所要時間は短くなる。しかし、作業を確実安全に遂行するために必要な投入資源の能力や所要時間の平均値的なものは求めることができる。このために役立つものは、現場での施工実験資料や作業歩掛資料であり、合理的な計画を作成するためには、まずこれら資料の整備が急務であると考えられる。

このようにして、基本工程に現場の特殊な施工条件を考慮し修正を加え、技術的に決定できるすべての作業順序を組み立てると、工事計画の対象としている施工現場のネットワークの骨組みができる。このネットワークをスケルトンネットワークと呼ぶ。適用例のスケルトンネットワークは図-4のとおりである。

スケルトンネットワークには、工事管理に必要な情報が単位作業の管理特性値として含まれている。それは、作業所要時間と必要資源量である。

工事計画の代替案としての工程計画を作成するときに、工事に投入する資源の運用をすべて考える必要はない。工事計画の管理特性値に大きな影響を及ぼすものだけを転用対象とすべきである。適用例では、①バノト杭打機②根堀機③基礎の型枠④柱の型枠⑤ダクトの型枠を運用の対象とした。

このようにして、スケルトンネットワークが作成でき、運用対象とすべき資源が決まると、資源運用順序決定問題を作成して、工期を評価基準として工程の代替計画を作成する。資源運用順序決定問題とその解法については、参考文献を参照願いたい。さて、この解として最小のプロジェクト完了時刻をもつネットワークPが求められ、(1)式を満たすプロジェクト完了時刻をもつ工程の代替計画を作成できる。適用例では $T=210$ 日と与えて21個の代替計画をえた。図-5はその一例である。

図-1 工事計画作成プロセス

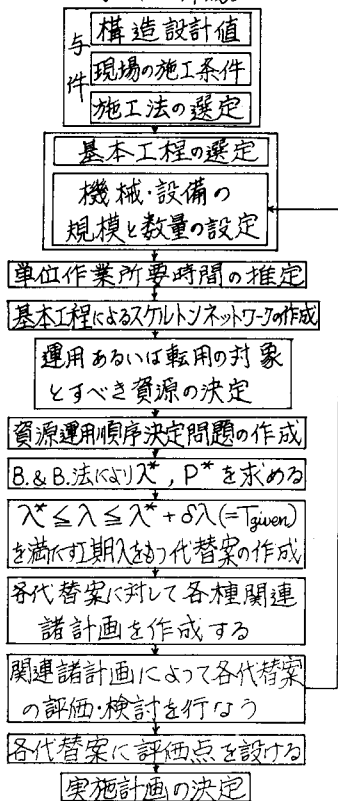


圖-2 縱断面圖

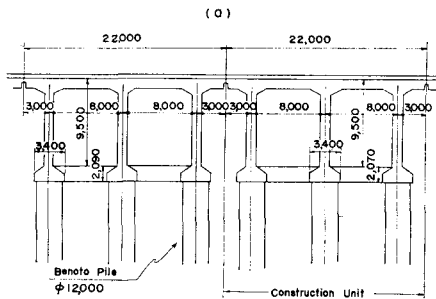
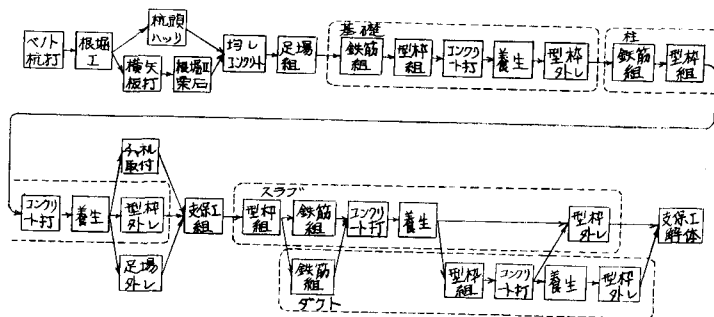


图-3 基本工程



2) 関連諸計画の作成プロセス

関連する諸計画には前述の(i)~(iv)のものがある。これらは工程を構成している作業の管理特許値を用いて作成することができる。これら諸計画は、工程の代替計画を評価するのに役立つものであるから、各代替案に対してそれぞれ作成する必要がある。関連諸計画は、工程の代替計画を作成する段階では資源運用の対象としなかった資源、例えば(i)作業要員(ii)仮設資材(iii)減載装置類などについては、作業上の必要資源量の山積図 $M(g, k)$ ではなく、現場での資源の拘束を考えた使用計画を作成しなければならない。更に、(iv)材料使用計画については、材料の調達予定を作成するために便利のように累加図を作成する。また、(v)出来高管理図は資金調達予定を作成するために必要であるが、これも投入資源の費用の累加図と材料費用の累加図と現場経費の累加図を重ね合わせるによって作成できる。

3) 工程の代替計画の評価と実施計画の選択プロセス

このプロセスは、前述のようにこのプロセスに大別できる。以下において、これを別個に述べる。

(a) 個別評価プロセス

(a)個別評価プロセス 個別評価は主として各関連諸計画が実行可能であるかどうかによって評価を行うものである。すなわち、作成された関連諸計画における最大必要数量が調達可能であるかどうかの検討を加える。さらに日々の使用量の変動やロスに対する検討も必要である。ここで、調達が可能であるかどうかは、もちろん通常の管理行為の範囲で行なうかどうかということである。

したがって、(i)作業要員では職種別に最大必要量や日々の使用人数の変動に対する検討を行ない、

(vi)仮設資材では資材別に①現場搬入路からの制限②現場資材置場の制限③現場要員による準備加工の可能性などから最大必要量の検討を行なう。(vii)機械機器類では①最大必要量の獲得可能性②現場での機械置場容量などから最大必要量の検討や③機械拘束のロスによる検討を行なう。また、(vi)材料使用面からは、①現場搬入路の制限や②現場での材料貯留場の容量制限から最大必要量の検討を行なう。

(v)出来高管理図を用いる評価は、現場の費用曲線を描き資金計画が成り立つかどうかで検討する。

(b)総合評価プロセス 個別評価で実行可能となつた代替案に対して総合評価を行なうが、総合評価は主として経済性と管理のしやすさに関して評価を行なう。評価方法には①関連諸計画に評価点を設ける方法②工事総費用で評価する方法がある。①は、各代替案の関連諸計画に大きな相違が認められるときに行なう方法であつて、各代替案の個々の関連諸計画に評価点を設けて関連諸計画の重要度の違いによる重みづけを行ない、各代替案の総合評価点で比較する方法である。この方法では(vi)諸設備施設配置計画や(vii)工期の安全性からの検討も合わせて総合評価点を算出する。一方、②は、関連諸計画に判然たる優劣がつけがたいような時に行なう方法であつて、②で求めた費用曲線から容易に判定できる。この総合評価は、選び出された数種類の代替案に対する検討であるから、十分詳細な検討が加えられる。①②いずれの方法であつても、総合評価によつて工程の代替計画は1つに決まり、同時に関連諸計画も求められ、実施工事計画が決定できる。

なお、紙面の都合からすべての図を示すことができなかったが、詳細は講演当日示すこととする。

図-4 スケルトンネットワーク

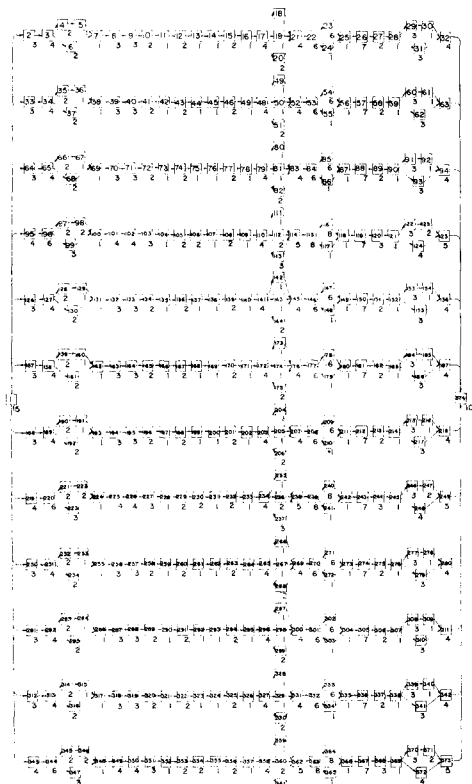


図-5 代替案

