

京都大学 春名 攻, 武政 功, 荒井 清

1. はじめに

本研究は工事計画のもつ階層構造を工程計画を中心に整理するとともに、工程を表示する工程表と工程計画の関係を明らかにした上で、工程計画における中心的、中核的な存在として概略工程計画に着目し、工事を構成する各作業の施工速度と順序関係を計画変数とする費用最小化問題として定式化を行ない、その解法を示した。また大型計算機、グラフィックスを援用してこれらの処理及び工程表の表示を行なった。

2. 工事計画の階層性

土木工事を実施するための計画化のプロセスにはいくつかのレベルが存在する。すなわちまず工事を見通したかたちでの工事全体を対象とした計画を策定する段階がある。(基本工事計画)さらにこの基本工事計画の枠内で、工事計画の中核をなす工程計画を工事全体を対象に総括的に検討し内容を規定する段階がある。(概略工程計画)について総括的かつ概略的に規定された概略工程計画にもとづいて、対象となる構造物を建設する作業工程の内容を月間あるいは季間を対象としてより具体的で詳細なレベルにおいて順次ブレイクダウンしていく。(詳細工程計画)さらには、構造物部位ごとの作業工程の計画や週間工程計画、日々の工程計画等の短期的な計画

を規定する段階もある。(作業計画)

一方このような階層をもつた工事計画の内容は、工程の進ちよくに伴う資材、要員、資金の問題や安全、品質、原価あるいは環境といった管理項目についての検討によつてより明確に規定されることとなる。これらを模式的に図示したのが図-1である。

3. 工程計画と工程表

工程表は、工事を構成する部分工事に分析し、これらの施工順序や施工速度を工程計画に基づいて図化したものであり、工程計画の内容の明確化や工程の進捗管理に用いられる。このような工程表には主としてバーチャート形式、座標式、ネットワーク形式の3形式がある。

バーチャート形式の工程表は工事を構成する作業のレベルやタイムスケールのとりかたによつてさまざまな問題への適用が可能でありフォローアップも容易なので工程表の中では最も広く用いられている。しかし複雑な順序関係や施工速度の表現、検討は不可能であることから、基本工事計画レベルでの検討としてプロジェクト全体やプロジェクトを構成する工事の工事期間の割りつけや工事の規模決定というプロジェクトフレーム決定に用いられる。

座標式工程表は施工位置と時刻で構成される座標空間上に部分工事の軌跡を示したものである。したがつて3次元構造物に適用すると時間軸を含め4次元空間が必要となりこのままでは把握、表現が困難であるのでいくつかの工夫が必要となる。現在のところ道路や鉄道、護岸工事など施工数量が一軸上にほぼ均等に分布する線形構造物に適用されるにとどまっている。座標式工程表では施工速度が軌跡の傾きに比例し、作業間の施工間隔は軌跡の間隔としてあらわされる。このような利点を生かして工種や構造物部位についての施工速度や施工順序、投入資源の割りあての決定等の概略工程計画レベルでの検討への適用が考えられる。

ネットワーク形式工程表は、工事を構成する作業レベルに分解し順序関係を明らかにした上で、工程投入資源あるいは費用に関する分析に供するために

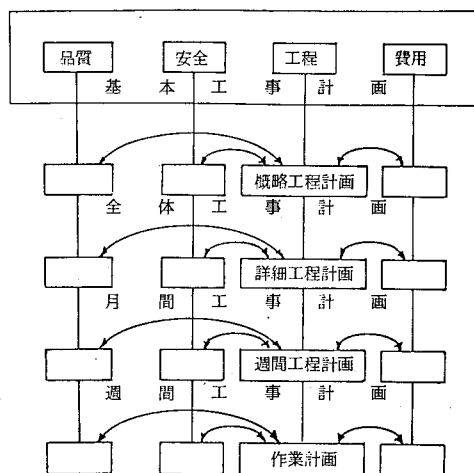


図1 工事計画の階層構造

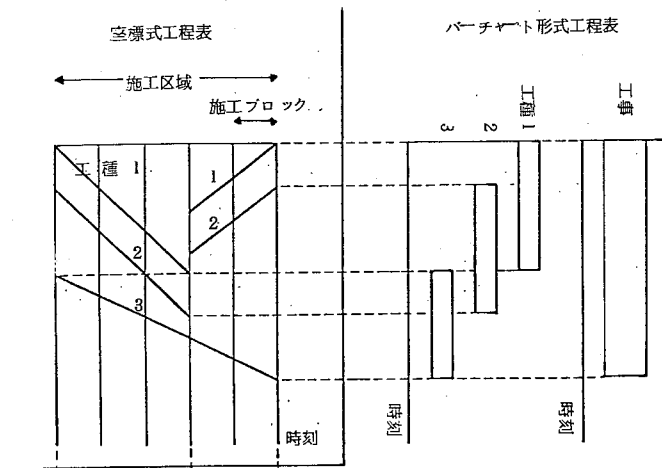


図2 各形式の工程表の図形的関係

作成される。特に詳細な検討が可能であり、実際の施工活動を対象とした作業順序、資源の運用、作業スケジュールの設定に用いることができる。しかしながらネットワーク系手法は煩雑な計算を要するためPERT/TIMEを除いては実際に用いられることは少ない。また作業レベルでの条件の整理、検討が不十分であると信頼性に欠ける情報しか得られず、工事全体を概略的に把握するレベルでの検討に用いるのは必ずしも適当ではない。

図-2は各形式の工程表の図形的な関係である。この図に示すように座標式工程表を中心として3形式の工程表を結びつけることができる。

4. 座標式工程表を用いた工程計画モデル

本モデルは、実際に施工を担当する工事の受注者の立場にたつて、概略工程計画策定のための理論的なツールとなるよう開発するものである。すなわち工期、設計図書やこれを実現するための施工法といった与件のもとで、施工対象区域の工区分割数や投入する施工グループ数の規模(数)と施工能力、さらには技術的な制約などでは一意的に定まらず操作しうる作業の順序関係(管理的順序関係)を計画変数として、直接費用と間接費用をあわせた工事費用の最小化をはかるものである。このとき、施工能力

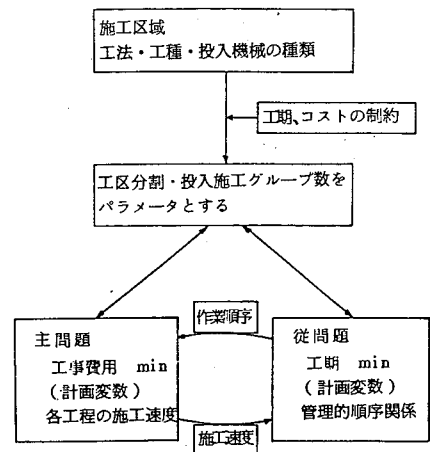


図3 問題の構造

の限界や安全性、施工性を高めるための施工間隔が制約条件となる。

それぞれの計画変数のもつ特徴から概略工程計画問題を、大きく2つに分割し図-2のようにその構造を定めた。すなわち、

- (1) 施工速度を操作変数とし工事費用の最小化をはかる主問題
 - (2) 作業の管理的順序関係を操作変数とし工事期間の短縮をはかる従問題
- それぞれの解を他方の制約として用いて解くというサイクルの収束値を概略工程計画案とするものである。

ここで主問題は、各作業の施工速度と直接費用、工事期間と間接費用のそれぞれの間に線形性を仮定することによって、線形の目的関数と非線形の制約条件式をもつ非線形問題として定式化される。したがって本モデルでは、クリティカルパス上にあつて並行して施工を行なう作業群(カットと称する)について順次施工速度を定めていくことにより、施工速度の最適化をはかる解法を提案した。また従問題は、必要な数の管理的順序関係を作業間に各種の制約のもとで工事期間最小なるように付加する問題である。目的関数の工事期間は管理的順序関係の非線形の関数になつているので、ここでは逐次計算法であるブランチ&バウンド法により最適なる順序関係を探索する。以上のような解法により得られるそれぞれの問題の最適解を組みあわせることにより、高度に満足しうる許容解としての概略工程計画案が得られることとなる。