

座標式工程表を用いた工程計画モデルの開発に関する研究

京都大学工学部 正 員 吉川和宏

京都大学工学部 正 員 春名 政

京都大学大学院 学生員 〇武政 功

1. 概説

建設工事の工事計画は、設計図書に示された工期や施工法等の制約のもとで、所与の品質、安全性を保ちつつより費用を少なくするように策定されるのが常である。本研究ではこのようなねらいをもって策定される工事計画の階層構造について整理したのちに、計画化において中心的役割をはたす工程に着目した工程計画モデルの開発研究を行ったものである。ここでは、費用の最小化を目的として座標式工程表を表示・検討の主たるツールとして用いてモデル化を行ない、このモデルの解法の開発と地下鉄工事への適用を試みた。ここで座標式工程表とは、施工位置と時間軸で構成される座標空間上に工事を構成する部分工事の軌跡を示したものである。したがって座標式工程表は工事施工の時間的・空間的な進行状況を把握できるという特徴をもっている。しかしその適用範囲はトンネルや護岸等のいわゆる線形構造物に限られているのが現状である。

2. 工事計画の階層性

工事計画は、対象とする期間や構造物の大小によって以下の4つに大別される。

- ① 基本工事計画
- ② 全体工事計画
- ③ 月間工事計画
- ④ 週間工事計画

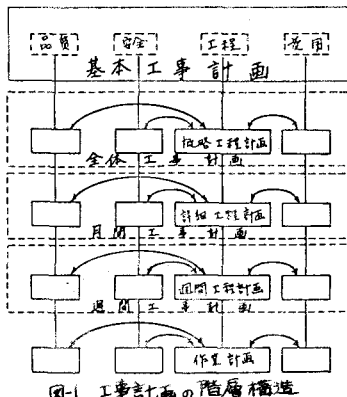


図1 工事計画の階層構造

各々の工事計画のもつ機能を明らかにするとこれらの工事計画は対象とする期間や構造物に明確な範囲をもち、かつより上位の計画が下位の計画を包含するという階層構造をなしていることがわかる。ここで、工事計画の中核をなす工程計画が工事計画のどのレベルに対応するかを示したのが図-1である。ここに示した工程計画のうち、全体工事計画のレベルに該当する概略工程計画は工事に対しての与件である施工法にもとづいてそれを実行する工程を明確化した上で、工事全体を見通しての工区分割や各資源の運用・転用の検討を行ないつつ合目的的な施工が行なえるよう工事内容を概略的に決定するという機能を持つものである。ここでは、概略工程計画の表現には先述の座標式工程表が適しているものと判断した。

3. 座標式工程表を用いた概略工程計画モデル

工事費用最小化を目指す概略工程計画の問題における計画変数としては、

- ① 工区分割と各工区への投入施工グループ数
- ② 各工程の施工速度
- ③ 技術的制約からは一意的に定まらない作業間の順序関係(管理的順序関係)

の3種類が考えられる。ここで①は離散値とり、さらに他の計画変数に与える影響が大きいので分析ではパラメータとして扱うこととする。

さて、目的関数によって表わされる工事費用は、直接費用と間接費用、そして一定費用の和として得られる。直接費用は各作業の作

業時間の短縮によって増加する費用であり、
 ここでは施工速度との間に線形性を仮定した。
 間接費用は工事期間の延長によって増加する
 費用であり、この両者も線形関係にあるもの
 とする。また一定費用は材料費等、計画変数
 の値に関係なく一定値をとる固定費である。
 そしてこの問題を、

表-1 主問題の内容

事件	工期 作業の技術的順序関係
評価	min. (直接費用+間接費用) (費用 min. の最適工期 t_0 とこの の工程とをみる)
パラメータ	工区分割 工区間の施工順序
計画変数	施工速度 (作業と区間の長さ)
制約条件	施工速度の範囲 作業の管理的順序関係 施工区間 (安全性、施工性など)

①施工速度を計画
 変数とし工事費
 用の最小化を目
 指す主問題 (表
 -1)

②管理的順序関係
 を計画変数とし
 工事期間の短縮
 を目指す従問題
 (表-2)

表-2 従問題の内容

事件	作業の技術的順序関係
評価	min. 完工期 t_0 (t_0 min. のときの管理的順序とをみる)
パラメータ	工区分割 工区間の施工順序
計画変数	各総合作業のブロック間の順序関係 (管理的順序関係)
制約条件	施工速度 施工区間

の2つに分割する。
 ここでは、他方の
 解を互いに制約条
 件として問題を解
 くという手順を繰
 り返して得られる
 収束値を概略工程
 計画問題の解とし
 する。

さて、主問題は
 線形の目的関数と
 非線形の制約条件
 をもつ非線形計画

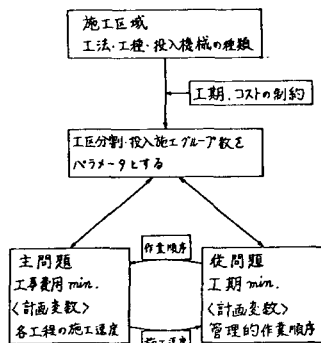


図-2 問題の構造

問題である。この問題の解法としては、同一
 時点において施工中のワリティカルな作業を
 カットと定義し、各カット上の作業の施工速
 度を変化させたときの直接費用と間接費用の
 増分をワリティカルパスの変動や施工速度の
 制約に留意しながら均衡させて解いていくと
 いう方法をとる。また従問題は工事期間が作

業の順序関係によって定まることから逐時計
 算法であるブロック & バウンド法を用いるこ
 ととした。

4. 地下鉄工事への適用

前節で述べた解法を図-3に示す地下鉄工
 事の概略工程計画問題に適用する。この工事

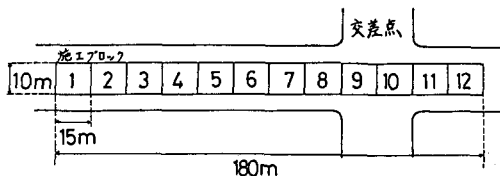


図-3 対象とした地下鉄工事とブロック分割

は10工程からなり、12の施工ブロックを
 設定したが、上層掘削工、下層掘削工につい
 ては2ブロックを同時施工するものとする。
 また交差点部においては土砂搬出のために、
 隣接する施工ブロックの作業との間に順序関
 係が生じる。以上のような前提のもとに問題
 の定式化を行なった。

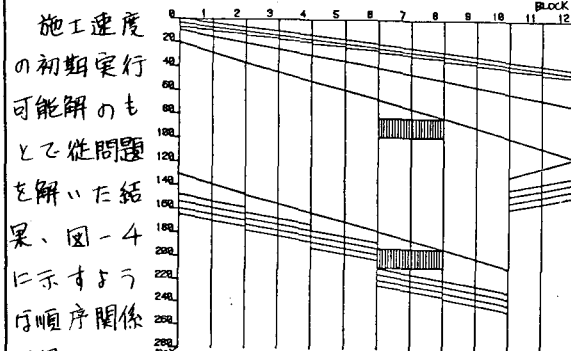


図-4 座標式工程表

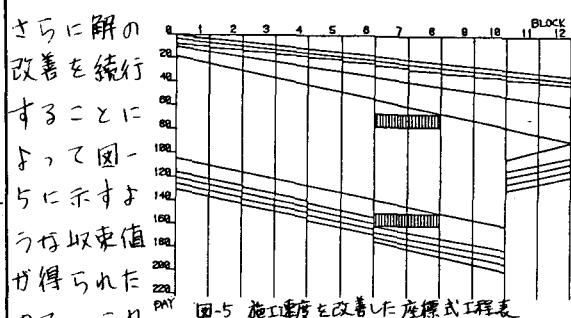


図-5 施工速度を改善した座標式工程表

を解（概略工程計画案）とした。