

京都大学大学院 学生員 ○荒井 清
 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

1、本研究のねらい

大規模建設工事を安全に所定の工期内でしかも経済的に施工するためには、工事施工着手前における施工工程に関する十分な検討を行ない合理的な計画を求める努力をしておくことが必要である。その検討内容は工事を構成する各部分工事の明確化や各部分工事施工の所要時間、部分工事間の順序関係、さらには工区分割や作業中断、投入資源量等に関する検討のように多岐にわたっている。しかし、従来の計画化の手法だけではこのような検討内容を総合的に取り扱うことは大変困難であると考えられる。このため本研究では、このような検討が可能となるような概略工程計画のための手法の開発研究を行なうとともに、地下鉄工事への適用を試みた。

2、工程計画の階層構造

工事計画には工事の進捗状況を検討する工程計画の側面、施工中の事故の防止を検討する安全計画の側面、構造物の機能保障を検討する品質計画の側面さらには工事費用を検討する費用計画の側面等が存在する。さて、工程計画はこれらの計画的検討の中核をなすものであるが、ここでは対象とする工事期間や構造物の範囲、さらには意志決定者の権能レベル等に対応して以下の4つに大別される。

- ①概略工程計画（全体）
- ②詳細工程計画（月間）
- ③詳細工程計画（週間）
- ④作業計画（日々）

ここで各々の工程計画の機能を明らかにすると、それぞれの計画は時間的・空間的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。本研究では上記の①概略工程計画手法の開発を目指した。

3、概略工程計画策定の手順

本研究で計画変数としては各工種ごとの

- ①工区分割
- ②作業中断回数・作業中断時間
- ③施工速度

という3要因を取りあげ、実行可能でかつ最小の工事費用を与える計画案を求めることとした。ここで工事費用は、

- ①直接費用：各作業の所要時間の長さによって増減する費用で、施工速度との間に線形性を仮定する。

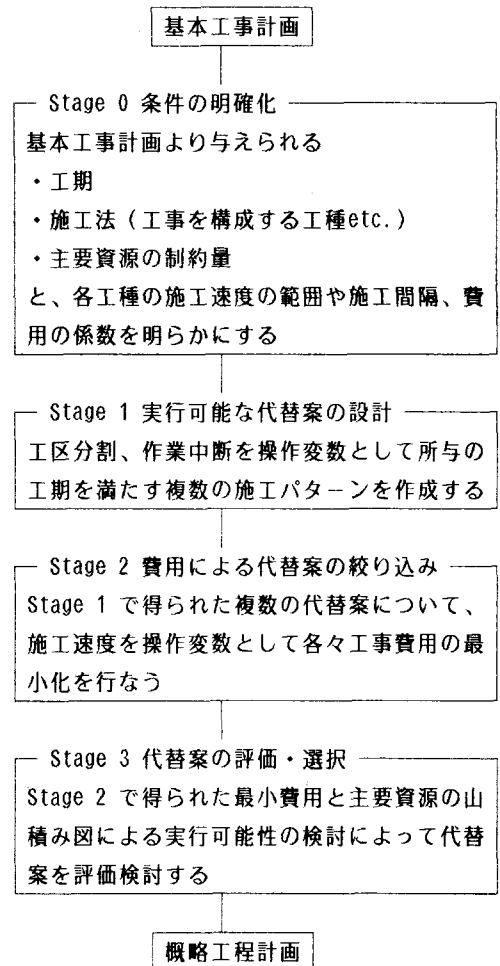


図-1 概略工程計画作成の手順

- ②間接費用：工事期間の長さによって増減する費用で、また、基本工事計画から明らかにされた与件として工期（240日）や各工種の施工速度の範囲と各工種の施工数量、各作業の技術的順序関係等々の制約条件を与えた。ここではまず工期の制約を満たすような工区分による損料増加の総和で中断時間や中断回数と間に線形性を仮定する。
- ③中断費用：作業を中断する際に機械等のクールダウン・ウォームアップに要する費用と中断による損料増加の総和で中断時間や中断回数と間に線形性を仮定する。
- ④一定費用：材料費等、計画変数に関係なく一定値をとる。

の4者の和として得られるものとした。

概略工程計画策定には図-1に示すように0~3という4つの Stageを設定した。ここでは、まず基本工事計画から工事条件の明確化を行なうとともに、工区分割や工事中断を行なった時に工期短縮が起こるもののうち増加費用と工期短縮時間との比の値が最小となるパターンを座標式工程案として設計する。続いて設計された複数の概略工程計画案に対して、施工速度を操作変数とする総工事費用最小のための非線形数理計画モデルを解き、費用低減を図る。続く最後の Stageでは実行可能性の高い計画を立てるためにこれら改善された計画案ごとに主要資源の山積み図をつくり制約を満たす概略工程計画のみを選択し絞りこむ。

またここでは、安全確保のための工種間の時間的な施工間隔等を座標式工程表上で確保することとした。

4. ケーススタディ

前節において述べた手順を地下鉄工事の概略工程計画問題のケースに適用した。この工事は5工種（部分工事）からなりそのなかでも構築工種は底床構築・中床構築・上床構築の3種類に分れ、しかも各々の間に15日間の養生期間が必要である。さらに主要資源として鉄筋工を取り上げて実行可能性の検討を行なった。

表-1 代替案の工事期間と最小総工事費用

代替案	NODE NO.	工事期間 (日)	最小総工事費用 (千円)
1	8	240	360.503
2	11	240	360.639
3	12	240	373.943
4	5	235	375.486
5	9	240	379.003
6	10	240	387.165
7	6	225	391.382

また、基本工事計画から明らかにされた与件として工期（240日）や各工種の施工速度の範囲と各工種の施工数量、各作業の技術的順序関係等々の制約条件を与えた。ここではまず工期の制約を満たすような工区分による損料増加の総和で中断時間や中断回数と間に線形性を仮定する。

次いでこの計画案に対して工事費用の5%増しの範囲で、工期の実行可能性を満たす代替案の探索を数理計画モデルを用いて行なった。（表-1、図-2にその結果を示す）この7つの代替案のうち作業の錯綜が比較的小さい代替案2を解（図-3）とした。

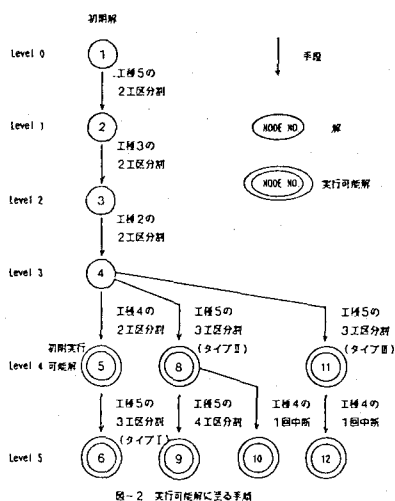


図-2 実行可能解に至る手順

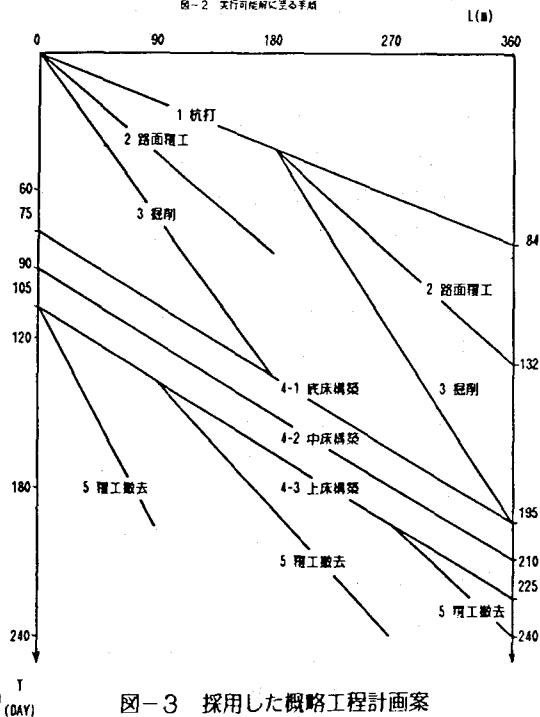


図-3 採用した概略工程計画案