

IV-23

建設工事における工程計画の多階層構造特性を考慮した
階層型工程計画モデル開発に関する研究

立命館大学理工学部 正会員 春名 攻
立命館大学大学院 学生員 ○滑川 達
立命館大学大学院 学生員 伊藤壮央

1. はじめに

建設工事施工計画の中核を構成する工程計画においては、これまで図-1に示したような段階的でトップダウン的な方法によってその策定が進められてきた。しかし、このような方法では、上位計画としての概略工程計画の結果が、下位レベルである詳細工程計画検討の段階で問題を生じさせるケースが少なからず存在していることは経験的にも周知の事実であり、この計画レベル間の高度な整合性の確保が長年の課題であった。

このため、本研究においては、概略工程計画レベルを対象とした上位の計画モデルと詳細工程計画レベルを対象とした下位の計画モデルを、両者の結合を念頭におき、数理計画モデルとして定式化する。そして、これらのモデルを階層型工程計画モデルとして取り纏めていくことにより、図-1に示した2つの計画レベルの整合が取れた同時決定を目標としている。そこでは、まず詳細工程計画レベルを対象とした工程計画問題として、各工事用資源の投入量をも変数化したより一般的な工事用資源配分問題を取り上げるとともに、問題に対する定式化とその効率的最適解法の開発を行った。さらに、本研究では、概略工程計画レベ

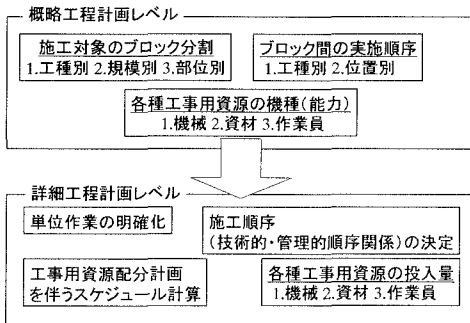


図-1 これまで用いられてきた工程計画の
検討方法

ルの計画要素、すなわち、ここでは投入する工事用資源の機種等の詳細工程計画問題における前提条件を、解が改良される（コスト縮減の）方向へ向かうよう逐次変化させていく階層型数理計画モデルの構築を通じて、概略工程計画レベルの計画要素が工事費用に及ぼす影響を分析するとともに、このようなモデル分析を通して一層のコストダウンを図った工程計画の策定をめざした。

2. 詳細工程計画問題の定式化

ここでは、まず、上述した下位の計画問題である詳細工程計画レベルの工程計画問題を、総遊休費用を最小にする資源の最適投入量とその配分問題に伴う最適スケジュールの同時決定問題として定式化していくこととする。

さて、ここでは、前述したとおり建設工事の施工過程が工程ネットワークで表現されており、図-1に示した概略工程計画レベルの計画要素がすべて最適に与えられているものとする。このとき、総遊休費用最小を目的とした詳細工程計画レベルでのより一般的な工事用資源資源配分問題は、ネットワークプランニング・スケジューリング問題として以下のように定式化することができる。

Minimize

$$C_L(S, \lambda) = \sum_{e=1}^N c_e^L(S, \lambda_e) \quad (2.1)$$

Subject to

$$S = \max_{1 \leq e \leq N} S_e(M_e^1, \dots, M_e^R) \quad (2.2)$$

$$\sum_{e=1}^N \lambda_e = \lambda \quad (\lambda_{\min} \leq \lambda \leq \lambda_{\max}) \quad (2.3)$$

$$\sum_{e=1}^N M_e^k = M_k \quad (k=1, \dots, R) \quad (2.4)$$

S ; 工事用資源の投入量ベクトル ($S = (S^1, \dots, S^m)$)
 S^i ; 資源 i の投入量、 λ ; 工期、 $\lambda_{\min}$; 工期の下限值（ここでは、すべての作業が最短で終了する所要日数で

キーワード： 建設工事，施工計画，階層型数理計画モデル

連絡先： 〒525-0058 滋賀県草津市野路東 1-1-1 TEL/FAX (077) 561-2736

かつ最早開始時刻にスタートしたときの工期と考える)、 $\lambda^{\max}$; 工期の上限値(ここでは、制約工期と考える)、 e ; カットネットワークにおけるレベル ($e=1, \dots, N$)、 $c_e^i(\cdot)$; レベル e のカットでの遊休費用、 S_e ; レベル e のカットにおいて最大の単位時間あたりの必要資源量ベクトル ($S_e = (S_e^1, \dots, S_e^n)$ S_e^i ; レベル e のカットにおいて最大の単位時間あたりの資源 i の必要資源量)、 λ_e ; レベル e のカットに配分される所要時間、 M_e^k ; レベル e のカットにおいてルート k に配分される投入資源量ベクトル ($M_e^k = (M_e^{k1}, \dots, M_e^{kn})$ M_e^{ki} ; レベル e のカットにおいてルート k に配分される資源 i の資源量)、 M^k ; ルート k への延べ投入必要資源量ベクトル ($M^k = (M^{k1}, \dots, M^{kn})$; ルート k への延べ投入必要資源量)

さらに、以上のような定式化は、DP 手法を適用したくり返しの関数方程式へ変換することにより、最適解を求めることができるが、紙面の関係上、その内容の詳細については発表時に示す。

3. 階層型数理計画モデルによる概略工程計画検討のためのモデル分析

本研究では、前節で開発した詳細工程計画レベルを検討対象とする工程計画モデルを下位レベルの問題として、図-2に示した考え方で効果的に活用することにより、工事施工計画の上位計画レベルである概略工程計画レベルの検討に有効な計画情報の作成をめざすこととしている。特に、本稿では、このような研究目標達成のための第1ステップとして、図-2に示した概略工程計画レベルの計画要素のうち、建設工事に投入する各種工

事用資源の機種選定を取り上げたモデル分析の方針を示していくこととする。このようなモデル分析においては、まず概略工程計画モデルを、各作業に投入する各資源の1資源あたりの施工能力を計画変数として導入するとともに、工事費用の最小化を目的とする最適化モデルとして定式化する。さらに、この概略工程計画モデルの計画変数の値が後続する詳細工程計画問題の前提条件となっていることは明らかであるため、この概略工程計画モデルと、前節で既に開発している詳細工程計画レベルを対象とした一般的資源配分問題とを階層型数理計画モデルとして統合化することにより、より目的的な上位計画レベルの計画要素の決定と、その決定が下位レベルに及ぼす影響を先取的に分析することをめざした。なお、詳細工程計画レベルとしての下位計画問題の定式化については既に示しているの、以下においては、上述の概略工程計画モデルの定式化を示しておく。

Minimize

$$Z = C(P_{ij}) \quad (3.1)$$

Subject to

$$P_{ij}^{\min} \leq P_{ij} \leq P_{ij}^{\max} \quad (3.2)$$

Z ; 工事費用、 $C()$; 工事費用関数、 P_{ij} ; 作業 j に投入する資源 i の1資源あたりの施工能力、 $P_{ij}^{\min}$; 作業遂行可能な P_{ij} の下限値、 $P_{ij}^{\max}$; 作業 j が遂行可能な P_{ij} の上限値、; 工事施工遂行可能な P_{ij} の下限値、; 工事施工遂行可能な P_{ij} の上限値

このとき、目的関数値である建設工事のトータルコスト Z は、詳細工程計画レベルの下位レベル問題を解くことによって求められる値であり、 P_{ij} をコスト縮減の方向へ変化させていくことにより、逐次改良することとしている。

なお、詳細な解法アルゴリズムについては、紙面の関係上割愛し発表時に示すこととする。

4. おわりに

本研究においては、概略工程計画モデルを上位レベルのモデル、詳細工程計画レベルを対象とした一般的資源配分問題を下位レベルのモデルとする階層型数理計画モデルを構築した。

(紙面の関係上、参考文献は省略)

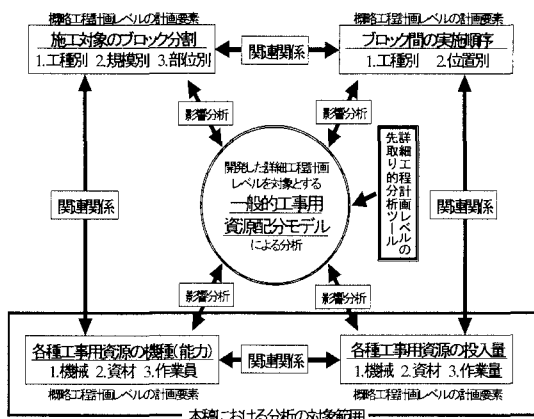


図-2 モデル分析の考え方