

IV-363

ハイブリッド型工事計画モデルの開発に関する研究

立命館大学
東洋建設(株)
(株)建設技術研究所
立命館大学大学院

正 員 春名 攻
正 員 大音 宗昭
正 員 竹林 弘晃
学生員 〇滑川 達

1. はじめに

本研究グループでは、工事マネジメント業務の中で中核的存在である工程計画の策定方法に着目して、合理的で説得力のある計画代替案作成モデルの開発を行ってきた¹⁾。その中の一つとして、ハイブリッド型工事計画モデルという代替案策定のための新しい工事計画モデルの手法を開発し、山岳トンネル工事をはじめとした大規模建設工事に適用して、モデルの有用性を確認してきた。そこで本研究では、さらにモデルの適用性の範囲を拡大するため、土地造成工事計画を対象とした実証的検討を行うこととした。

2. ハイブリッド型工事計画モデルの構成

工事工程計画の策定において、その計画代替案設計モデルは、次の要件を満足させる必要がある。まず第1に、実行可能な計画案集合の中で最も望ましく目的にかなった計画代替案を合理的に設計することができること、すなわち「目的合理性」を満足させなければならない。第2に、計画代替案の検討にあたって、分析目的に適合した精度で現象を表現できること、すなわち「現象合理性」を満足させなければならない。

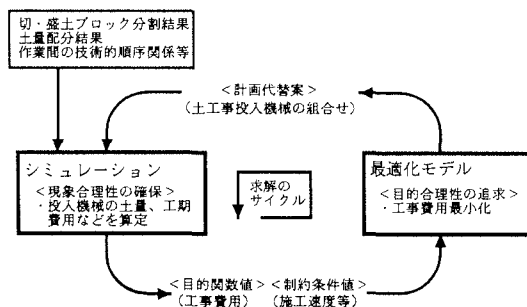


図-1 ハイブリッド型工事計画モデルの構成

そこで、本研究においては、まず現象合理性の確保を目的として、施工過程の再現を行うシミュレーションモデルを構築した。また、計画目的の追求を行うために、数理計画モデルである最適化モデルを混成して、「ハイブリッド型工事計画モデル」を作成した。

つまり本モデルは、以上の概念にもとづき、図-1に示すようなモデル構成とした。ここでは、まず、シミュレーションモデルに投入する土工機械の組合せ案を入力し、評価要因である目的関数値や制約条件値（各作業の開始時刻・終了時刻、施工速度や工事費用）を出力する。次に、そのシミュレーションモデルの出力結果（評価要因の内容）にもとづき、最適化モデルによって、制約条件を満たす範囲内で新たに改善された解（投入土工機械の組合せ）を求める。そして、この新しい解を再びシミュレーションモデルに入力する。本モデルでは、このような一連の動作を解の変化がなくなるまで繰り返し、最適解（最も望ましい投入土工機械の組合せの計画代替案）に到達しようとするものである。

(1) シミュレーションモデルの構成

土の運搬を行う土工事の作業工程は、大きく分けて、「掘削→積込→運搬→敷均」という流れで行われる。当然、それぞれの作業は全く異なった役割・形態を有しており、各作業に適合する機械も異なってくる。本研究では、現在考えられる各種の土工事機械を、ブルドーザ系、スクレーパ系、ショベル系、ダンプ系、タイヤドーザ系等に分類し、それぞれの機械の種類・規格・台数を現場条件に合わせた組合せを行い、シミュレーションを行うこととした。

本研究で作成した土工事シミュレーションの概略フローは図-2のようである。ここでは、まず種々の現場条件から各作業ブロック、作業ごとに投入機械の可能な限りの組合せを行う。なお、組合せ可能な土工事機械としては、79機種を想定した。次に、

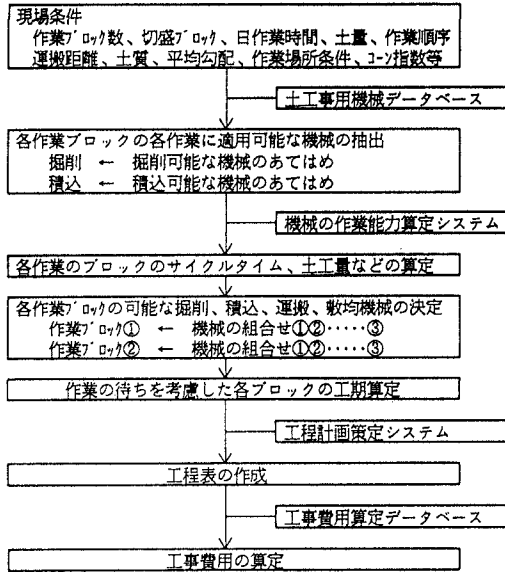


図-2 土工シミュレーションの内容

運搬距離や勾配、土質等の現場データから、適用可能な土工機械を各作業ごとにあてはめる。そして、施工能力算定システムを用いて、作業間の待ちを考慮して、その現場にリアリティのあるサイクルタイムや時間当り施工能力を算出する。さらに、工程計画算定システムによって、作業ブロック間の順序関係から得られる各作業ブロックの施工能力の制約に見合った土工機械の組合せを選定し、スケジューリングを行う。最後に、工事費用算定データベースを用いて、土工機械投入費用などの直接費用と、労務費、燃料費といった間接費用の算出を行う。

(2) 最適化モデルの構成

最適化モデルは、制約条件付き非線形最適化問題として定式化を行うこととし、工事費用最小化モデルを構築した。なお、モデルの定式化は、表-1に示されるとおりであり、目的関数は直接費用 $f(\alpha)$ ・間接費用 $f(\beta)$ ・一定費用 $f(\gamma)$ の和によって構築した工事費用を取り上げこの最小化をはかることとした。

3. 実証的検討

ここでは、ここまで述べたように開発したハイブリッド型土工工事計画モデルを、切土ブロックが4つ、盛土ブロックが5つに分割された土工量409、1

42 m³の山間部中規模宅地造成工事を対象として、実証的検討を行った。

土量配分結果などの与件情報をもとにハイブリッド型モデルを実行した結果、初期計画案よりも工期で18日(8.5%)、費用にして14,498千円(12.7%)の改善がなされた。(これらの検討内容は、紙面の都合上発表時に述べることにする。)

4. おわりに

本研究の成果として、以下のようなものが上げられる。(1)最適化モデルとシミュレーションモデルの長所を併せもつハイブリッド型工事計画モデルを構築することにより、工事計画案の代替案作成にあたって必要とされる「現象合理性」、「目的合理性」の確保が可能となるとともに、本モデルの有効性・効率性を確認することができた。(2)工事費用を評価アイテムとすることにより、経済性も考慮したよりリアリティのある代替案を選択できるようにした。(3)代表的な大規模建設工事である土地造成工事を対象とすることにより、大幅な計画案の改善が成されたため、ハイブリッド型モデルの適用範囲の拡大が成された。

表-1 工事費用最小化モデルの定式化

<目的関数> $C = \sum_i \sum_j f(\alpha_i) + f(\beta) + f(\gamma) \rightarrow \min$	
<制約条件> $A_i^+ \leq a_i^+ \leq A_i^-$ $t_i^+ \geq 0 \quad (t_i^+ \in V_i)$ $-t_i^+ - d_i^+ + t_j^+ \geq 0 \quad (P \vee v_j^+ = 1 \text{ のとき})$ $-t_i^+ - d_i^+ + t_e \geq 0 \quad (v_i^+ \in V_i)$ $d_i^+ = \begin{cases} q_i^+ / a_i^+ & (v_i^+ \in V_i) \\ d_i^+ & (v_i^+ \in V_s) \end{cases}$ $P = \text{const}$	施工速度の制約 スケジュールによる制約
<記号の定義> C: 工事費用 $f(\alpha)$: 直接費用, $f(\beta)$: 間接費用, $f(\gamma)$: 一定費用 工程作業 $i \quad (i = 1, 2, \dots, I)$ 施工ブロック $k \quad (k = 1, 2, \dots, K)$ での工程 v_i^+ v_i^+ の集合 V $\left\{ \begin{array}{l} V_i: \text{実作業の工程} \\ V_s: \text{時間間隔確保のための工程} \end{array} \right.$ 作業の順序関係 $P \quad \left\{ \begin{array}{l} P^+: \text{技術的順序関係} \\ P^*: \text{管理的順序関係} \end{array} \right.$ $P = P^+ + P^*$ $P \vee v_j^+ (\in P) = 1: v_j^+ \text{ は } v_i^+ \text{ の先行作業}$ 作業 $v_i^+ (\in V_i)$ の $\left\{ \begin{array}{l} \text{施工数量 } q_i^+ \\ \text{施工速度 } a_i^+ (A_i^+ \leq a_i^+ \leq A_i^-) \end{array} \right.$ 作業 $v_i^+ (\in V_i)$ の施工所要時間 $d_i^+ = \begin{cases} q_i^+ / a_i^+ & (v_i^+ \in V_i) \\ d_i^+ (= \text{const}) & (v_i^+ \in V_s) \end{cases}$ 作業 $v_i^+ (\in V_i)$ の施工開始時刻 t_i^+ 工事期間 t_e	