

施工シミュレーションモデルを導入した最適工程計画策定方法開発 に関する研究 大規模整地工事を対象として

立命館大学工学部	正会員	春名 攻*
立命館大学研究生	正会員	滑川 達*
株式会社 森組	正会員	伊藤壮央**
立命館大学大学院	学生員	森澤健二*

1. はじめに

本研究では、大規模整地工事計画を対象とする最適な工程計画の策定をめざした研究を行った。特に、ここでは土量配分計画ならびに土工機械系の種類と投入量が既に決定され、単位作業として1組の施工ブロック間の運土作業も設定された後に、技術的な施工順序が代替案的に与えられている場合を取り上げている。以上のような前提条件のもとで、指定された工期内で工事を終了することができる工程案の中で、最も費用が安価となる工用資源の運用計画と作業スケジュールを求めることのできる工程計画策定方法の開発を行った。従来の研究では、任意の時間断面での状態を計画変数として取り扱えないという、PERT系ネットワーク手法の理論的特徴からくる課題を取り上げ、その解決方法として、ある特定の条件を満たすカットの集合とその集合間の順序関係に着目して研究を行ってきた。すなわち、工程の始点と終点を2分し、作業間に順序関係があるカットを求めた。このようなカット集合には、互いに交差せず工程内の結合点を一つずつ超えていくようなカットの配列が有限個存在するが、これらの異なるカットの時間的配列が各作業の実施過程として表現でき、これをカット間順序関係と定義し、構造化することで、各カットを結合点に持つカットネットワークが求められ、カットネットワークの一つの経路が作業実施過程の代替案として表される事を示してきた。本研究においては、費用が最小となるカットネットワークにおける最適経路の探索とその経路上における最適な資源配分パターンの選定を土工シミュレーションモデルによる各カット内のリアルな同時実施状態表現を行いながら進めていくことにより、現実の計画検討に十分な精度をもつ最適な運土作業の実施スケジュールを求めていく方法を開発した。

2. 土工シミュレーションモデルの内容

ここでは、まず土の運搬を行う土工事における運土作業を実施する機械系の稼働状況や所要時間をリアルに表現することのできるシミュレーションモデルの内容について述べる。なお、具体的な土工機械としては、ブルドーザおよびモータスクレーパが選定されている場合を取り上げ、シミュレーションモデル全体を構築していくこととした。なお、ここで構築するシミュレーションモデルは、後の土工機械系の配分問題を含むスケジューリング問題との結合を考慮し、C言語によるタイム・スライシング型のプログラミングを行っている。なお、シミュレーションモデルの内容については発表時に示す。

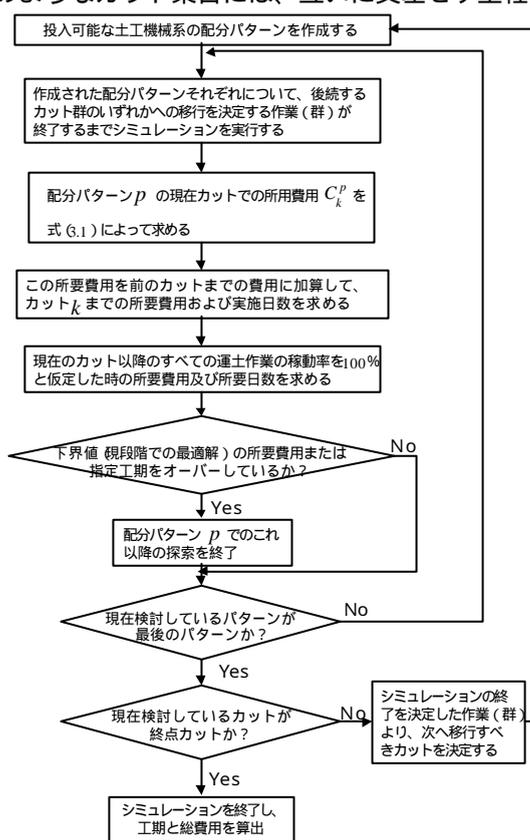


図 - 1 工程計画策定プロセス

キーワード ; 整地工事、最適工程計画、シミュレーションモデル

* 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 TEL 077-561-2736 , FAX 077-561-2667

** 〒541-0045 大阪府大阪市中央区道修町 4-5-17 TEL 06-6201-2761 , FAX 06-6201-4600

3. 土工シミュレーションモデルを導入したハイブリッド型工程計画策定方法に関する検討

ここでは、実行可能な計算量で概略レベルではあるが最適な計画案を作成できるモデル分析の方法を提案する。これまでの研究の中で「各経路がそれぞれ作業実施過程の代替案を表す」ことを明らかにしてきたカットネットワークの性質を利用して、新たな工程計画の策定方法を開発した。ここで、カット内での配分パターンは膨大な数となる。このため、カット間において無駄なパターンを削減するため、ブランチ & バウンド法で用いられる下界値の考え方を解法に導入した。なお、下界値の設定としては、10通りほどの配分パターンをランダムに抽出し、その中で指定工期を満たし最も費用の少ないものを最初の下界値とする。

図 - 1 に工程計画のプロセス図を、式 (3.1) にカット内での費用算定式を示す。

$$C_k^p = c^1 \sum_{i=1}^W t_{ik}^p + T_k^p \cdot W \cdot c^2 \quad (3.1)$$

ここで c^1 ; 1日あたりの施工パーティの運転損料、 c^2 ; 1日あたりの施工パーティの供用損料、 W ; 投入可能な施工パーティ数、 t_{ik}^p ; カット k における配分パターン p での施工パーティ i の稼働日数、 T_k^p ; カット k における配分パターン p の実施日数である。なお、 t_{ik}^p および T_k^p はシミュレーション結果から与えられる値である。

図 - 1 のプロセスに従い、運土作業間の技術的な順序すなわちカットネットワークおよび全体工事への投入施工パーティ数 W 等の各種条件設定のもとで、最も費用が安価となる配分パターンの時間的配列を求めるとともに、そのときのシミュレーション結果からこれまで設定してきた条件下での最適な作業実施スケジュールを作成する。ここでは、本研究で開発した工程計画策定方法による最適スケジュールのアウトプット例として、バーチャート工程表ならびに資源山積み図を図 - 2、図 - 3 に示した。なお、具体的な適用計算結果については発表時に示す。

4. おわりに

本研究では、大規模整地工事を対象として、指定された工期内で工事を完了することのできる工程案の中で最も費用が安価となる、現有の土工機械系の運用計画と作業スケジュールを求めることのできる工程計画の策定方法をカットネットワークの性質とその経路探索の際の土工シミュレーションモデルによる運土作業状態表現を効果的に導入することにより開発した。なお、今後としては、シミュレーションモデルにおける運土作業表現の詳細化を図り、工事の進捗に伴う地形変化の時系列的表現ならびその変化に対応した運土ルートの設定が可能となるようなシステム化をめざしていくこととする。

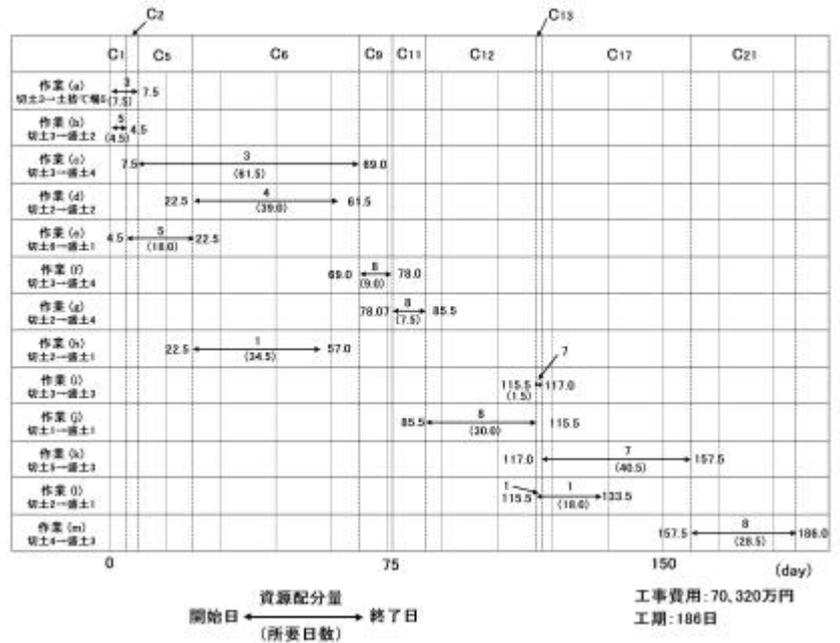


図 - 2 最適スケジュールのバーチャート図 (例)

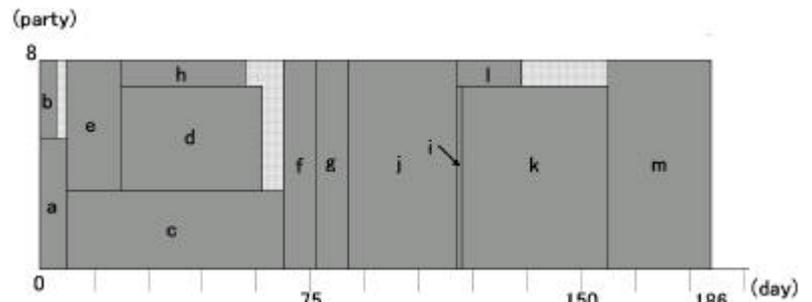


図 - 3 最適スケジュールの資源山積み図 (例)