

IV-66

施工過程を考慮した大規模土工事における運土計画モデルの開発研究

立命館大学理工学部 正 員 春名 攻
立命館大学大学院 学生員 原田 満
立命館大学大学院 学生員 ○堀 元治

1. はじめに

近年、人口及び各種中枢機能が大都市圏域へ集中にしたいがい、新規土地開発は都市地域から都市周辺の山間部へと移行してきている。しかし、造成工事は、施工空間が3次元的な広がりを持つことから、施工時の自由度が大きく、施工計画にあつたては、熟練技術者の経験や勘に頼っていることが多いのが現状である。そこで、本研究では、造成工事の中心課題としての土量配分の問題を中心的課題として取り上げ、施工条件を考慮することが可能な運土計画作業のシステムの開発を行うこととした。

表-1 土量配分モデルの定式化

○ 目的関数	
・ 総運土時間の最小化	
$F(x) = \sum (k_{i,j} \times x_{i,j}) \rightarrow \min$ $k = (T_{1,1} + T_{1,2}) / x_1 \times (L_{1,1} / C_{1,1})$	
○ 制約条件	
・ 盛土ブロック土量 $\sum x_{i,j} = \alpha_i$	
・ 切土ブロック土量 $\sum x_{i,j} = \beta_{i,j} \times C$	
・ 運土量 $x_{i,j} \geq 0$	
$\sum \alpha_i = \sum (\beta_{i,j} \times C)$	
○ 変数及び定数の定義	
α_i	kブロックの盛土量(m ³)
$\beta_{i,j}$	iブロックのj層目の切土量(m ³)
x_1	投入機械の1回に運べる土量(m ³)
$C_{1,1}$	締固めた土量/地山状態の土量
$L_{1,1}$	ばくした状態の土量/地山状態の土量
$x_{i,j}$	運土量(m ³)
F	走行抵抗(kg/l)
但し	
$F = R - 10 * (\tan \theta * 100)$	
R	土と機械によるよろこがり抵抗(kg/l)
$\tan \theta$	
・ 傾斜勾配	
$v_{1,1}$	積載時の走行速度(km/h)
$v_{1,2}$	空走時の走行速度(km/h)
但し	
$v_{1,1} = k * F + a$	
$v_{1,2} = k * F + a$	
k, a	
・ 定数	
$L_{1,1}$	運土ルート上の往路の距離(m)
$L_{1,2}$	運土ルート上の復路の距離(m)
$T_{1,1}$	積載時間(h)
$T_{1,2}$	空走時間(h)
但し	
$T_{1,1} = L_{1,1} / (v_{1,1} \times 1000)$	
$T_{1,2} = L_{1,2} / (v_{1,2} \times 1000)$	

2. 3次元的施工空間への対応に関する検討

従来の土量配分計画においては、対象地を平面的なブロックに分割を行い、運土が検討されてきた。しかし、切土ブロック内のどの辺りの高さまでの土を、いつどこに運ぶかといった検討が必要である。このため、従来の平面的な施工空間だけでなく、高さ方向の検討も加えた3次元的な施工空間を考慮することが必要である。また、造成工事において、対象となるのが「土」であり、その土を何処から何処に運ぶかといった土量配分が重要となる。従来の土量配分では、(仕事量) = (運土距離) × (運土量)を目的関数とし、線形計画・輸送問題より仕事量最小となる土量配分を求める方法が多く用いられている。しかし、施工機械の施工効率は、運土ルート上の勾配や路面の状態によって大きく変化するため、仕事量最小化が必ずしも最適な土量配分結果を与えるとは考えにくい。

そこで本研究では、3次元の施工空間への対応として、原地形の形状と土質の状態を考慮して造成ブロックの平面分割に加えて立面方向にも分割する方法を用いることとした。また、土量配分については、その施工機械の施工効率をルート上の勾配、路面状態から走行速度を算出し、運土距離から1運土にかかる時間を算出することとした。そして、それを目的関数に組み入れ

(総運土時間) = $\sum (1 \text{ 運土所要時間}) \times (\text{運土量})$ を目的関数として、線形計画法による土量配分を決定するモデルを開発した。また、土の状態による土質体積変化や配分先の選択に対する考慮も可能であるようにした。その土量配分モデル定式化を表-1に示すこととする。

また、前述のモデルでは、最適な土量配分を行っても、施工順序などの時間的な関係についてはふれていないが、土量配分結果により、凹凸の激しい状態の運土ルートとなった場合、ルート上のブロック

を先に施工することで、機械の施工性を低下させずに運土が可能であると判断し、この問題を処理した。

3. 概略工程計画方法のシステムの開発

以上の検討成果から本研究では、土工量算出から概略工程計画に至るまでのトータルプロセスを、図-1に示すような4つのステージとしてデザインした。各ステージは、①与件情報の明確化、②対象地形のモデル化、③土量配分計画、④概略工程計画、により構成されており、一貫した処理体系の確立とともに、迅速な計画策定作業が可能であるように配慮した。

4. 実証的検討

ここでの実証的考察の対象地は、面積約30haで、北部地域にため池を有している地域をとりあげた。また、対象地が小規模で全域砂質土からなるので、土質の体積変化率Cを0.95、Lを1.40として設定した。

そして、原地形をメッシュ分割し、地形の把握と土工量の算出を行い、切土・盛土の造成ブロック分割及び、切土造成ブロックの層分割を行った。また、

運土距離が中距離運土であると判断して、モータースクレーパを運土機械として使用することとした。そして、路面状態による基準抵抗を50kg/㎡として設定を行い、運土勾配による抵抗も考慮してモータースクレーパの走行速度を算出し、土量配分を行った結果図-2に示すような土量配分計画(運土計画)が求められた。

次いで、基本的ネットワークを作成し、モータースクレーパを1台とブルドーザが2台で構成される施工チームを2チーム投入することとして、時間的にたえずの運土ルート確保ができるように検討しつつ、スケジュール計算を行った結果、工期は330日として算定された。

5. おわりに

本研究では、造成ブロックを層分割することにより、対象地を3次元として捉えるとともに、システムティックに運土計画を行うことが可能であるシステム化を行った。本モデルでは、目的関数に時間的要素を組み入れることで、より実証的な検討が可能であると考えられるが、工程計画の立案に対しては、検討の余地が残されているものと考えている。

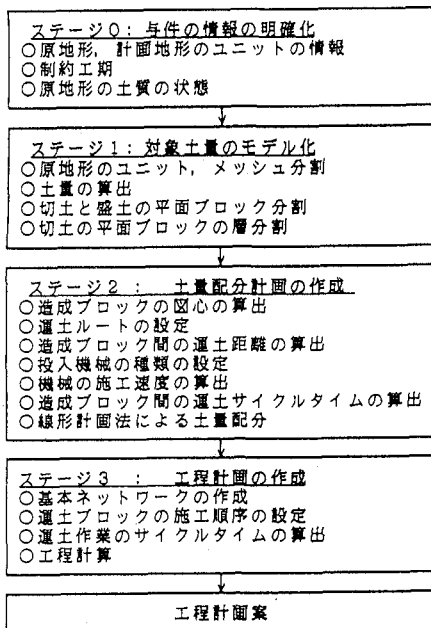


図-1 概略工程計画案検討プロセス

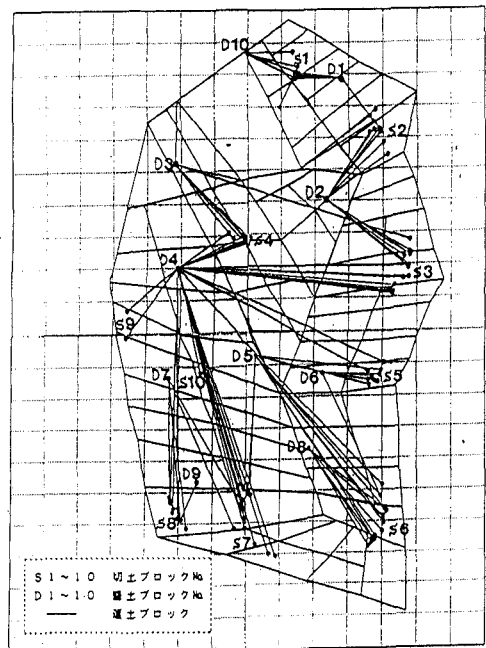


図-2 運土図(平面図)