

VI-56 複数工事の工期調整を考慮した土量配分計画モデル

建設省土木研究所 正員 見波 潔

1. はじめに

建設工事から排出される土砂（残土）の処分地を確保することが困難になるにつれて、残土の有効利用の促進が強く望まれている。現状では、残土を排出する工事（搬出工事）と地盤・盛土材料として土を利用する工事（搬入工事）が個々に土砂処分・調達先を確保することが多いが、今日のように残土問題が深刻化してくると、複数の工事を統括・管理する立場に立って工事間の土量配分計画を立案する必要がある。計画立案のための入力情報は、工事場所（工事間距離）、土質、搬出・搬入土量、土工期などである。筆者らは、これらの入力情報が確定的に与えられる場合の土量配分計画モデル¹⁾、および土工開始時期が確率的に与えられる場合の搬出・搬入工事の組合せモデル²⁾を提案したが、本稿では、各工事の土工期を調整することが可能な時点で計画立案することを前提とした土量配分計画モデルについて述べる。

2. 工期調整を考慮した土量配分計画モデル

(1) モデル化のための基本方針および前提条件

① 複数の搬出・搬入工事間の最も効率的な土量配分問題を考えるものとし、その際には、個々の工事の全体工期や工費に影響を及ぼさない範囲内で土工期の調整を認めるものとする。

② 計画対象期間をいくつかの期に分割し、各期の配分土量 X_{ij}^t (第 t 期に搬出工事 i から搬入工事 j へ運ばれる土量) を決定変数とする。

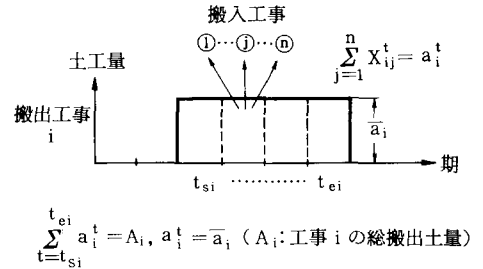
③ 各工事の土工開始時期に関する情報が“あいまい”な場合を想定し（例：だいたい8月1日ごろ土工を開始する）、土工開始時期に関する条件の満たされる度合いを帰属度で表す。

④ 各工事の土工開始時期を第 t_{si} 期初日、土工終了時期を t_{ei} 期末日としてデータ入力するのを基本とし、工期調整によって1期以内の開始遅れを認めるものとする。このとき、「なるべく第 t_{si} 期初日に土工を開始したい」という条件を「第 t_{si} 期の土工量をだいたい $\bar{a}_i$ にしたい」という土量条件に置き換える。このときに満たされるべき土量条件を図-1に示す。なお、問題を単純化するために、ここでは第 t_{si} 期と第 $t_{ei}+1$ 期を除く各期の土工量 a_i^t は、各工事の平均土工量 $\bar{a}_i$ としている。

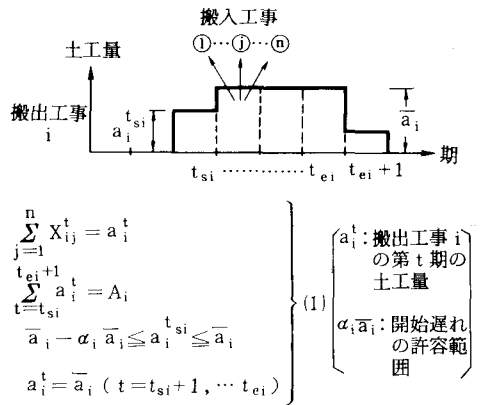
⑤ 土砂運搬費用の総和 Z が、ある志望水準 Z_a をあまり超えないようにする。

以上の条件を前提として土量配分計画問題を整理すると、「土量に関する制約条件の一部にあいまいな領域を認めた上で総費用をだいたい Z_a 以下にしたい」という問題となり、これは(2)式で示されるようなファジィ線形計画問題として定式化される。

$$\left. \begin{array}{l} \mathbf{Ax} = \mathbf{b} \\ \mathbf{A}^* \mathbf{x} \approx \mathbf{b}^* \\ \mathbf{Cx} \leq \mathbf{Z}_a \\ \mathbf{x} \geq \mathbf{0} \end{array} \right\} (2)$$



a) 開始遅れのない場合



b) 工期調整によって開始遅れがある場合

図-1 土量に関する制約条件

注1) $\approx$: だいたい等しくしたいことを表す便宜的な記号

注2) 第2式は各工事の土工開始期、終了期での土量条件である。

$\mathbf{A}$: 係数行列, $\mathbf{x}$: 変数ベクトル, $\mathbf{b}$: 定数ベクトル, $\mathbf{C}$: 係数ベクトル, $\mathbf{Z}_a$: 総費用の志望水準

(2) 線形計画問題としての定式化

すべての帰属度関数を線形と仮定すると、上記の問題は通常の線形計画問題として定式化される。

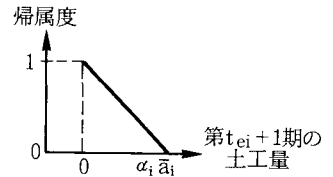
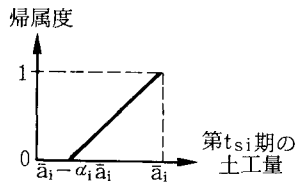
① 搬出工事*i*について

$$\lambda \leq 1 + \frac{\sum_{j=1}^n X_{ij}^{t_{si}} - \bar{a}_i}{\alpha_i \bar{a}_i}$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij}^t = \bar{a}_i \quad (t = t_{si}+1, \dots, t_{ei})$$

$$\lambda \leq 1 - \frac{\sum_{j=1}^n X_{ij}^{t_{ei}+1}}{\alpha_i \bar{a}_i}$$

(λ : 帰属度, $\alpha_i \bar{a}_i$: 開始遅れの許容範囲)

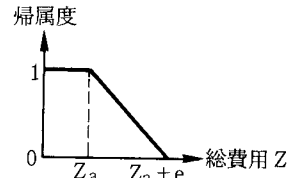


② 搬入工事*j*について（搬出工事の場合と同様なので、ここでは省略する。）

③ 総費用について

$$\lambda \leq 1 - \frac{Z - Z_a}{e}$$

$$Z = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij}^t \quad (e: \text{費用制約の許容範囲})$$



④ 目的関数 $\lambda \rightarrow \text{Max.}$

3. 計算例

30km四方内に点在する搬出工事49件（総搬出土量 74,662 m³）、搬入工事34件（総搬入土量 85,135 m³）の工事情報を計算に用いた。ここでは、上記のパラメータ α_i を種々変えた場合の計算を行い、工期調整を行わずに土量配分を行った場合（Case 0）との比較を行った。ただし、 α_i は全工事に共通の値を使用した。また、総費用の志望水準 Z_a はCase 0でのLP解 Z_0 の90%に設定した（ $e = 0.1 \times Z_0$ ）。

計算結果を表1に示す。総費用

Z はいずれのケースとも Z_0 より小さい値が得られており、工期調整による費用低減効果を表している。また、土工開始遅れの設容範囲（ここでは、 α_i の値）が大きいくほど工期調整の効果の大きいこともわかる。たとえば、開始遅れを最も多く認めるCase 5では、Case 0に比べて総費用が2.4%低減され、流用土量は4.3%多い。

表1 計算結果

	α_i (%)	総費用 Z (千円)	流用土量 (m ³)	開始遅れのある 工事件数 (件)
Case 0	0	234,208	32,234	0
Case 1	5	233,550	32,345	36
Case 2	10	232,978	32,447	32
Case 3	20	232,025	32,642	36
Case 4	50	230,158	33,163	29
Case 5	90	228,641	33,624	35
流用しない場合	—	344,488	0	0

4. おわりに

工期調整を考慮した土量配分計画問題に対してファジィ線形計画法の適用を提案した。各工事の工期調整が可能な範囲があらかじめ明かになっている場合に適用される手法であるが、計算例からわかるように、工期調整によって総費用の低減化および流用土量の増大化を図るという目標に対して有効な手法である。このモデルを適用する場合には α_i の設定が必要であるが、仮に各工事の施工計画がネットワーク手法を用いて立案されているならば、上記2.(1)①に述べた範囲内で工期調整を行うとすると、図-2に示すような考え方で α_i を設定するのの一つの方法と思われる。

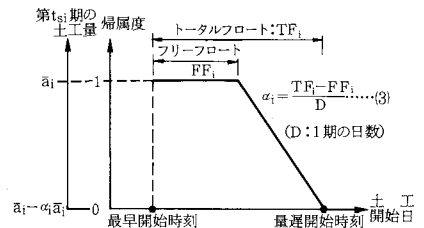


図-2 α_i の設定法の一例

は α_i の設定が必要であるが、仮に各工事の施工計画がネットワーク手法を用いて立案されているならば、上記2.(1)①に述べた範囲内で工期調整を行うとすると、図-2に示すような考え方で α_i を設定するのの一つの方法と思われる。

【参考文献】 1) 見波, 嶋津, 下坪: 建設工事における残土の利用計画手法に関する考察, 第40回土木学会年次学術講演会第IV部pp.177 ~ 178 1985. 9. 2) 見波, 嶋津, 下坪: 建設残土の有効のための輸送計画モデル, 第41回土木学会年次学術講演会第IV部pp. 341 ~ 342, 1986. 11.