

建設残土再利用の多段階配分モデル

名古屋工業大学 正員 和田かおる
名古屋工業大学 正員 山本幸司

1. はじめに

近年、建設残土処理が大きな社会問題となっており、残土利用の拡大策の一つとして工事現場間での残土の相互利用が提案されている。しかしながら、残土利用の際には必要な品質を確保できること、必要な時期に必要な量を供給できることが不可欠である。これらの条件を満たすためには、残土を要求される土質に改良する再処理施設、残土の利用時期を調節するストックヤード（不良土置場、適性土置場）を含めて総合的に残土再利用計画を策定する必要がある。そこで本研究では、線型計画法を用いた多段階の残土配分計画モデルを策定する。

2. 残土配分計画モデルの定式化

建設残土を埋戻し材として再利用する際、品質については再処理施設で、時期および量についてはストックヤードで調整することになり、図-1に示すような残土配分が起こる。そこで本研究ではこれらに対応するため、図-2に示すように工事期間をいくつかの計画期に分割し、各計画期毎に段階的に残土配分計画を考えて行くことにする。そして、再処理施設、ストックヤードを需要地、かつ供給地と見なすことにより、残土配分計画を残土再利用にかかる諸経費の最小化を目的関数、各計画期での掘削地、埋戻し地、処理施設、ストックヤードでの残土量を制約条件とする線型計画問題として定式化できる。

(目的関数)

$$Z = \sum_{t=1}^{T+L} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (c_{ij} + c_j^t) \times x_{ij(rk)}^t \rightarrow \min \quad (1)$$

(制約条件)

$$\sum_{j=1}^N x_{ij}^t = a_i^t \quad (2), \quad \sum_{j=1}^N x_{ijrk}^t \leq P_{rk} \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^M x_{ij}^t = b_j^t \quad (4), \quad \sum_{i=1}^M x_{ijrk}^t \leq P_{rk} \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^N x_{ijrk}^{t+1} = \sum_{i=1}^M x_{ijrk}^t \quad (6), \quad \sum_{k=1}^{K_r} \sum_{j=1}^N x_{ijrk}^t = S_r^{t-1} \quad (7)$$

$$\sum_{k=1}^{K_r} \sum_{j=1}^N x_{ijrk}^t = S_r^t \quad (8)$$

ここで、

r : 1=再処理施設, 2=不良土置場, 3=適性土置場

T : 計画期

L : 処理遅れ

M, N : 計画期に分割した供給地, 需要地を最小単位とした時のそれぞれの総数

K_r : 再処理施設, スtockヤードの数

a_i^t : 供給地 i の t 期における供給量

b_j^t : 需要地 j の t 期における需要量

c_{ij} : 供給地 i から需要地 j への輸送費用

c_j^t : 処理費用あるいは保管費用

$x_{ij(rk)}^t$: t 期の供給地 i から需要地 j への運搬量

P_{rk} : 処理能力あるいは保管能力

S_r^t : t 期に処理あるいは保管される土量

3. モデルに対する適用事例とその考察

ここでは、前述したモデルを以下に示す仮想事例

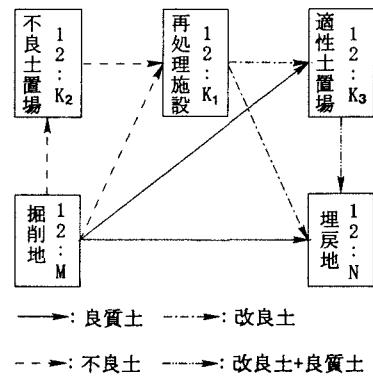


図-1 建設残土の流れ

計画期	1	2	3	...	...	...	...
日程	1	2	3	...	...	...	...
掘削地	1	2	3	...	...	...	...
埋戻し地	1	2	3	...	...	...	...

図-2 工事期間の分割

に対して適用し、その妥当性を検討する。

- ・計画期： $T = 3$
- ・再処理施設： $K_1 = 2(P_{11} = 10, P_{12} = 30)$
- ・不良土置場： $K_2 = 2(P_{21} = 30, P_{22} = 40)$
- ・適性土置場： $K_3 = 2(P_{31} = 10, P_{32} = 20)$
- ・掘削地： $m = 3(A_1, A_2, A_3)$
- ・埋戻地： $n = 3(B_1, B_2, B_3)$

各計画期の掘削量、埋戻量は図-3の搬出量の欄に示す通りである。なお、 A_1 では良質土および不良土が発生し、それぞれを $A_{1,1}$ 、 $A_{1,2}$ とする。また、 A_2 では不良土、 A_3 では良質土のみが発生することとする。これらの数値から、各計画期の再処理施設、不良土置場、適性土置場の残土量を求め、図-3に併記する。図中の（）内の数値は輸送単価および処理、保管費用を示している。また、計画期は3期であるが残土の再処理により2期遅れることになる。

図-3に示す搬出量と輸送単価をもとに、式(1)～(8)によって目的関数、制約条件を定式化し、シンプレックス法を用いて計算を行う。その結果、

目的関数値は3570となり、図-3に示すような残土配分計画が得られた。ここで、再処理施設、ストックヤードについては制約条件(3)、(5)からこれらの能力以下の残土が配分され、制約条件(6)から、 t 期に搬入された残土が $t+1$ 期に搬出されていることがわかる。また、 B_1 、 B_2 では再処理施設での処理遅れから6期で需要が満たされることになる。

4. おわりに

本研究では、建設残土の再利用に対して需給の時間的なズレや、再処理施設での土質改良による処理遅れを、工事期間を分割することで考慮し、その配分計画を線形計画問題として定式化を行い、シンプレックス法を用いて解くことを試みた。今後は、土質による処理時間の違いや、埋戻材の不足時には山土を購入充足することなどを考慮に入れたモデルに拡張する予定である。

【参考文献】和田かおる、山本幸司：建設残土の再利用計画に対する輸送問題の適用に関する研究、土木計画学研究・論文集、No. 11, pp. 255-262, 1993.

		B-1			B-2			B-3			再処理施設1					再処理施設2					不良土置場1				不良土置場2				適性土置場1			適性土置場2			搬出量
	計画期	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	1	2		
A1-1	1																																30		
	2																																20		
	3										(6)					(9)	10							(3)	30	(4)								40	
A1-2	1						30																						20		20			70	
	2																																100		
	3				100	(2)	20	(5)		(8)																			(5)		(3)			20	
A-2	1										10					30																		40	
	2										10																	10						20	
	3										(5)					(8)		(4)						(3)	50									50	
A-3	1							20																										80	
	2																																80		
	3				60	(1)		(7)	20	80																			(6)		(9)			70	
再処理施設1	2						10																											10	
	3									10																								10	
	4						10																											10	
	5						10																											10	
	6				(4)		10	(2)		(8)																		(4)			(5)			10	
再処理施設2	2							30																										30	
	3																																	30	
	4																																	30	
	5																																	30	
	6				(8)		(4)		30	(16)																		(7)			(6)			30	
不良土置場1	2															30																		30	
	3															20																		30	
	4																																	30	
	5										(4)					(5)								(1)		30	(3)							30	
不良土置場2	2																																	50	
	3											10																						50	
	4											10																						50	
	5										(2)		10		10	(6)		30					(3)		(1)		10							50	
適性土置場1	2															20																		30	
	3				(6)		(9)	(4)																				(1)			(2)			30	
適性土置場2	2															10																10			20
	3				(8)		(5)	(3)	10																			(2)		(1)				20	
搬入量		60	100	80	30	40	90	20	110	90	10	10	10	10	10	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	50	50	50	50	30	30	20	20		

図-3 建設残土配分計画