

IV-84

再利用を考慮した建設残土輸送計画に関する一考察

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

都市土木工事の需用拡大にともなう、今後ますます建設残土の発生が予想される。都市内の土木工事現場から出る建設残土は当該現場で盛土材として用いられることは少ないが、盛土を必要とする他現場へ輸送したり、直接盛土材として使用できない場合には処理施設で処理することによって再利用でき、建設残土の有効利用が可能である。しかしながら、実際には建設残土を有効に利用できるようなリサイクル型の都市土木工事がシステム化されておらず環境問題を引き起こしている。そこで、本研究では建設残土の再利用、ならびに効率的な輸送計画の策定方法について検討する。

§ 2. 再処理センターを考慮した残土輸送計画

本研究では、残土輸送計画をいくつかの計画期に分割し、各期で発生する残土量、需要量をもとに輸送問題として定式化し、図-1のような建設残土リサイクルシステムを考えた。

各工事現場（以下、供給地と呼ぶ）から発生する残土は直接盛土材として利用可能な良性土だけでなく、利用不可能な不良土も含まれている。後者は再処理センターを経由した改良土として各需要地に搬入されることになる。また、各期で供給可能な良性土および改良土が需要を満たさない場合は、次期で供給が不足した需要地へ優先的に供給する。一方、発生する残土が需要地あるいは再処理センターの処理能力を超える場合には、良性土あるいは不良土に対し、それぞれ留置場を設けることにする。ここで、再処理センターでの処理遅れを l 期とし、処理能力を IP 、供給地からの残土の搬出終了期を T 期とすると、処理遅れ (l 期) は次のようになる。

- ① T 期に不良土置場、再処理センターに不良土が存在しない場合、 $l = 0$ 。
- ② T 期に再処理センターのみに不良土が存在する場合、 $l = 1$ 。
- ③ T 期に不良土置場に不良土が存在する場合、 l は T 期時点での不良土置場内の土量 ($R2^T$) により次のようになる。

$$R2^T = R2^{T-1} - IP + \sum_{i=1}^m p_i a_i \quad (R2^{T-1} \geq IP) \quad (1)$$

$$R2^T = \sum_{i=1}^m p_i a_i \quad (R2^{T-1} < IP) \quad (2)$$

ここで、 p_i : 供給地 i で T 期に発生する不良土の割合

a_i : 供給地 i で T 期に発生する残土量

m : 供給地数 (なお需要地数は n とする)

また、

$$R2^T = \alpha \cdot IP + \beta \quad (\alpha \geq 0, IP > \beta \geq 0) \quad (3)$$

と表すと、処理遅れは次のようになる。

$$\beta = 0 \text{ のとき、} l = \alpha + 1$$

$$\beta \neq 0 \text{ のとき、} l = \alpha + 2$$

そして、このような T 期以降の処理遅れを考慮すると、①、②、③いずれに対しても、目的関数（輸送距離 $\times$ 土量）を次のように定式化することができる。

$$Z = \sum_{i=1}^{T+l} \sum_{j=1}^{n+3} c_{ij} x'_{ij} \rightarrow \min \quad (4)$$

ここで、 c_{ij} : 輸送距離

x'_{ij} : t 期の輸送土量、

$m+1, n+1$: 再処理センター

$m+2, n+2$: 不良土置場

$m+3, n+3$: 適性土置場

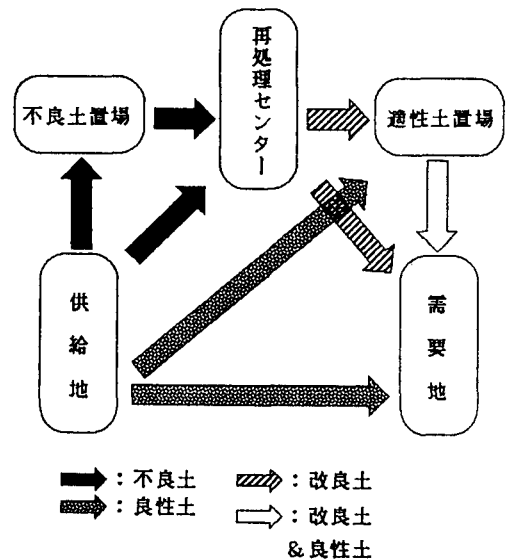


図-1 建設残土リサイクルシステム

3. 適用事例

ここでは § 2 で提案した残土輸送計画に対し、以下に示すような仮想事例計算を行う。

- ・再処理センターの処理能力：50
- ・供給地数：3 (A1, A2, A3)
- ・需要地数：3 (B1, B2, B3)
- ・供給量： $a_1=150$, $a_2=130$, $a_3=70$
- ・需要量： $b_1=120$, $b_2=100$, $b_3=130$
- ・計画期： $T=3$

ここで供給地A1では不良土、良性土の両方が発生することとし、それぞれA1-1、A1-2とする。さらに供給地A2は不良土のみが、A3は良性土のみが発生することとする。そして、各計画期ごとの土量を次のように設定する。

・計画期の残土量

(不良土量)：I = 70, II = 100, III = 50

(良性土量)：I = 30, II = 30, III = 70

(総土量)：I = 100, II = 130, III = 120

・計画期の需要量

(総土量)：I = 100, II = 90, III = 160

各計画期ごとの需要量、残土量は図-2に示す。

上記より第I期の需要100に対して供給可能な土量は30であり、70の土量が不足することがわかる。したがって、第II期には第I期で不足した70と第II期での需要90の合せて160の土量が必要となる。しかし、第II期で供給可能な土量はA1-2、A3から供給される30と第I期に再処理センターに搬入し、処理された50の合せて80であるため、第II期の需要を満たすことができない。そこで第II期に不足した需要に対しては第III期から供給され、同様に第III期についても第III期に満たされなかった需要に対しては、第IV期以降から供給されることになる。なお処理遅れは $R2^T=70$ ($\alpha=1$, $\beta \neq 0$) であることから、 $l=3$ となるため最終的には第VI期で残土運送したとなる。

このような計画期のずれや図-1で示す以外の残土輸送が起こらないよう考慮して残土輸送計画を策定するため、需要地と供給地との輸送距離を図-2のように設定する。すなわち不良土が発生するA1-1、A2と需要地間、良性土が発生するA1-1、A3と再処理センター、不良土置場間の距離は ∞ として、これらの残土輸送が起こらないように工夫している。また計画期間についても、起こりえない残土輸送に対しては同様な操作で

調整を行った。なお今回の事例では、良性土の発生が少ないため適性土置場を必要としなかった。

上述した条件を考慮し、輸送問題として定式化した図-2を解くと図-3に示す解が得られる。図-3から判るように輸送距離を ∞ と設定したルートへの残土輸送は生じておらず、総仕事量が最少となる輸送計画が策定できた。

§ 4. おわりに

本研究では増大する建設残土のリサイクルに対して建設残土の再処理センターでの処理遅れを考慮することで従来型輸送問題としての定式化を可能にした。今後は土質による処理遅れの差異や、需給時期のずれなどを考慮した定式化を行う必要がある。

最後に本研究の計算にあたり協力を得た当研究室学生の福浦利哉君（現匠企画室勤務）に感謝の意を表する。

		B-1			B-2			B-3			センター					不良土置場				残土量
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	
A1-1	I										8	0	0	0	0	4	0	0	0	40
	II										8	0	0	0	0	0	4	0	0	40
	III										0	0	8	0	0	0	0	4	0	10
A1-2	I	2	0	0	4	0	0	1	0	0										20
	II	2	2	0	4	4	0	1	1	0										20
	III	0	2	2	0	4	4	0	1	1										20
A-2	I										0	0	0	0	0	5	0	0	0	30
	II										0	0	0	0	0	0	5	0	0	60
	III										0	0	0	0	0	0	0	5	0	40
A-3	I	1	0	0	3	0	0	5	0	0										10
	II	1	1	0	3	3	0	5	5	0										10
	III	0	1	1	0	3	3	0	5	5										50
センター	II	5	5	0	3	3	0	7	7	0										50
	III	0	5	5	0	3	3	0	7	7										50
	IV	0	0	5	0	0	3	0	0	7										50
	V	0	0	5	0	0	3	0	0	7										50
	VI	0	0	5	0	0	3	0	0	7										20
	VII	0	0	5	0	0	3	0	0	7										20
不良土置場	II										0	6	0	0	0	0	0	0	0	20
	III										0	0	6	0	0	0	0	0	0	70
	IV										0	0	0	6	0	0	0	0	0	70
需要量	I	20	30	70	40	30	30	40	30	60	50	50	50	50	20	20	70	70	20	

図-2 残土輸送計画の定式化

		B-1			B-2			B-3			センター					不良土置場				残土量
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	
A1-1	I										20					20				40
	II																40			40
	III												10							10
A1-2	I							20												20
	II							10	10											20
	III									20										20
A-2	I										30									30
	II										50					10				60
	III											40								40
A-3	I	10																		10
	II	10																		10
	III		30	20																50
センター	II				40			10												50
	III					30			20											50
	IV						10			40										50
	V																			50
	VI																			20
	VII																			20
不良土置場	II															20				20
	III																70			70
	IV																	20		70
需要量	I	20	30	70	40	30	30	40	30	60	50	50	50	50	20	20	70	70	20	

図-3 最適残土輸送計画案