

## IV-330 建設残土再利用計画における残土処理時間の影響に関する一考察

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

近年、都市土木工事から発生する建設残土処理が大きな社会問題となっている。その対策として残土発生量の抑制や工事間での再利用が考えられる。建設残土の再利用は通常の運土工事と異なり、残土の発生時期、利用時期の調整や土質改良、計画対象期間（計画期）などの問題に対応しなければならない。そこで、本研究では再利用計画における計画期間長および処理時間の影響について検討を行う。

## 2. 建設残土再利用計画の定式化

建設残土の再利用では、掘削地、埋戻地のほか利用時期を調整するストックヤード（不良土置場、適性土置場）、土質改良を行う再処理施設を含め、多くの工事を対象として長期間にわたる計画を策定しなければならない。具体的には、工事期間を計画期に分割し、各計画期ごとに再利用計画を策定することになる。したがって、この場合、計画期間をどの程度に設定すべきかが問題となる。計画期間を短くとれば詳細な計画が策定可能であるが、短期間を対象とする土量情報は得にくく、計算量も増大する。一方、計画期間を長くすれば土量情報は得易く、計算量も少なくなるが、計画期間内においても掘削、埋戻時期にずれが生じる。さらに、処理時間を考慮

する際、計画期間と処理時間が対応するよう、1計画期を処理時間として定式化を行ってきたが、計画期間を長く設定すると処理時間も長くなり、その計画期間内では改良土を利用できないという問題が生じた。したがって、本研究では処理時間と計画期間を個々に設定できるように定式化した。ここでは総運営費用を最小化する線形計画モデルの目的関数のみを示す。

$$Z = \sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^N (c_{ij} + s_j) x_{ij}^k + \sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^N (c'_{ij} + s'_j) x_{ij}^{'k}$$

$c_{ij}$  : 輸送単価,  $s_j, s'_j$  : 処理単価（保管単価）,  
 $x_{ij}^k, x_{ij}^{'k}$  : 輸送残土量,  $T$  : 計画期数,  
 $M$  : 供給地数,  $N$  : 需要地数

上式の前項は計画期間内に処理を終了し、再利用可能な残土に対する費用、後項は計画期間内に処理できない残土に対する費用を示す。すなわち、計画期間長を $L$ 、処理時間を $R$ とすると、ある計画期間において $(L-R)$ 時間までに再処理施設に搬入した不良土はその計画期間内に利用でき、これ以降に搬入された不良土は次計画期で利用するため、同一の掘削現場から発生した不良土についても、発生時期によって2種類に分類している。なお、処理時間を1計画期とする場合の目的関数は後項のみとなる。

## 3. 適用事例とその考察

## (1) 適用事例

ここでは表-1に示す仮想事例に対して計画期間と処理時間を個々に設定する場合、計画期間と処理時間を対応させる場合の3ケースについて検討する。

①計画期間、処理時間とも1週間

②計画期間、処理時間とも1日

③計画期間を1週間、処理時間を1日

なお、計画期間ごとの掘削量、埋戻量はそれぞれの工事全体の土量を工期で割った1日当りの土量をもとに求める。再処理施設の処理能力も表中の1日当りの処理能力をもとに計算する。また、休日は土

表-1 適用事例

|       |    | 土量                          | 工事期間                |
|-------|----|-----------------------------|---------------------|
| 掘削地   | A1 | 6300                        | 95. 1. 25～95. 4. 21 |
|       | A2 | 8250                        | 95. 3. 6～95. 5. 19  |
|       | A3 | 4800                        | 95. 4. 5～95. 6. 9   |
|       | A4 | 5600                        | 95. 5. 24～95. 6. 30 |
| 埋戻地   | B1 | 7800                        | 95. 1. 23～95. 3. 16 |
|       | B2 | 5250                        | 95. 4. 12～95. 5. 30 |
|       | B3 | 12900                       | 95. 5. 10～95. 7. 7  |
| 再処理施設 |    | 処理能力 (R1 : 30/日, R2 : 40/日) |                     |
| 不良土置場 |    | 保管能力 (F1 : 500, F2 : 1000)  |                     |
| 適性土置場 |    | 保管能力 (T1 : 3500, T2 : 4500) |                     |
| 山土採取場 |    | Y(必要に応じて)                   |                     |

日のみとし、1週間の実稼動時間は5日間とする。

## （2）結果の考察

各ケースにおける現場間および施設間の残土輸送量をそれぞれ表-2、3、4に示す。なお表中、供給地側と需要地側に再処理施設、ストックヤードが存在するが、これらの施設では残土の搬入、搬出が行われることから、需要地、供給地の役割を果たすためである。これらの表より本事例では大きな差異は見られないが、処理時間が短いと山土購入量が減少することがわかる。実際には取扱う土量や各単価によってこれらの差は大きくなることも考えられる。なお、処理時間の設定を変えたため、ケース③において不良土に関係する再処理施設、不良土置場の状況が他の2ケースと異なることがわかる。

表-5はケース③に対する残土再利用計画の一部を示したものである。A1、A2において同一計画期内に同じ再処理施設へ輸送されているが、これは上段が計画期内に、下段が次計画期に利用できる不良土を示している。また、全体の工期としては120日であったため、計画期間を1日とした場合は120計画期を計算する必要があったが、本ケースでは再処理時間は1日としたものの、計画期を1週間と設定したため24計画期で計算が終了する。

## 4. おわりに

本研究では、建設残土再利用計画策定の際に問題となる計画期間および処理時間を個々に設定可能とした。その結果、計画期間によって再利用計画に影響が出ること、計算処理量が大きく異なることがわかった。今後は、計画期間と処理時間の設定によってどのように計画が異なるか検討する必要がある。

表-2 現場、施設間の総残土輸送量(ケース①)

|    | B1   | B2   | B3   | R1   | R2   | F1  | F2  | T1   | T2   |
|----|------|------|------|------|------|-----|-----|------|------|
| A1 | 2790 | 400  | 0    | 0    | 1260 | 0   | 0   | 1850 | 0    |
| A2 | 1000 | 0    | 1000 | 1500 | 740  | 0   | 510 | 0    | 3500 |
| A3 | 0    | 1600 | 2000 | 0    | 960  | 0   | 0   | 240  | 0    |
| A4 | 0    | 0    | 4200 | 900  | 440  | 60  | 0   | 0    | 0    |
| R1 | 150  | 200  | 1200 | ---  | ---  | --- | --- | 0    | 1000 |
| R2 | 560  | 0    | 1460 | ---  | ---  | --- | --- | 1800 | 0    |
| F1 | ---  | ---  | ---  | 0    | 60   | --- | 0   | ---  | ---  |
| F2 | ---  | ---  | ---  | 150  | 360  | 0   | --- | ---  | ---  |
| T1 | 0    | 3050 | 840  | ---  | ---  | --- | --- | ---  | 0    |
| T2 | 0    | 0    | 2200 | ---  | ---  | --- | --- | 0    | ---  |
| Y  | 3300 | ---  | ---  | ---  | ---  | --- | --- | ---  | ---  |

表-3 現場、施設間の総残土輸送量(ケース②)

|    | B1   | B2   | B3   | R1   | R2   | F1  | F2  | T1   | T2   |
|----|------|------|------|------|------|-----|-----|------|------|
| A1 | 2840 | 590  | 0    | 0    | 1260 | 0   | 0   | 1570 | 40   |
| A2 | 880  | 230  | 800  | 1630 | 840  | 0   | 280 | 60   | 3530 |
| A3 | 0    | 1520 | 1840 | 0    | 960  | 0   | 0   | 480  | 0    |
| A4 | 0    | 0    | 4200 | 840  | 400  | 160 | 0   | 0    | 0    |
| R1 | 240  | 60   | 1170 | ---  | ---  | --- | --- | 90   | 990  |
| R2 | 560  | 0    | 1420 | ---  | ---  | --- | --- | 1840 | 0    |
| F1 | ---  | ---  | ---  | 0    | 160  | --- | 0   | ---  | ---  |
| F2 | ---  | ---  | ---  | 80   | 200  | 0   | --- | ---  | ---  |
| T1 | 0    | 2850 | 1190 | ---  | ---  | --- | --- | ---  | 0    |
| T2 | 60   | 0    | 2280 | ---  | ---  | --- | --- | 0    | ---  |
| Y  | 3220 | 0    | 0    | ---  | ---  | --- | --- | ---  | ---  |

表-4 現場、施設間の総残土輸送量(ケース③)

|    | B1   | B2   | B3   | R1   | R2   | F1  | F2  | T1   | T2   |
|----|------|------|------|------|------|-----|-----|------|------|
| A1 | 2770 | 400  | 0    | 0    | 1230 | 0   | 30  | 1870 | 0    |
| A2 | 1000 | 0    | 900  | 1180 | 600  | 0   | 970 | 0    | 3600 |
| A3 | 0    | 1850 | 1750 | 0    | 780  | 120 | 60  | 240  | 0    |
| A4 | 0    | 0    | 4200 | 760  | 410  | 230 | 0   | 0    | 0    |
| R1 | 270  | 150  | 1230 | ---  | ---  | --- | --- | 0    | 900  |
| R2 | 540  | 0    | 1500 | ---  | ---  | --- | --- | 1780 | 0    |
| F1 | ---  | ---  | ---  | 170  | 180  | --- | 0   | ---  | ---  |
| F2 | ---  | ---  | ---  | 440  | 620  | 0   | --- | ---  | ---  |
| T1 | 0    | 2850 | 1040 | ---  | ---  | --- | --- | ---  | 0    |
| T2 | 0    | 0    | 2280 | ---  | ---  | --- | --- | 0    | ---  |
| Y  | 3220 | 0    | 0    | ---  | ---  | --- | --- | ---  | ---  |

表-5 最適残土再利用計画(残土の運搬先および運搬量の一部、ケース③)

| TERM | 1                              | ... | 5                              | 6                  | 7                                                     | 8                                                     | 9                                                     | 10                                                    | ... | 24       |
|------|--------------------------------|-----|--------------------------------|--------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----|----------|
| A1   | B1( 240)<br>R2( 40)<br>R2( 20) | ... | B1( 400)<br>R2( 80)<br>R2( 20) | R2( 20)<br>R2( 80) | T1( 20)<br>B1( 380)<br>R2( 80)<br>R2( 20)             | B1( 150)<br>R2( 20)<br>T1( 250)<br>R2( 80)            | T1( 400)<br>R2( 80)<br>R2( 20)                        | R2( 20)<br>T1( 400)<br>R2( 80)                        | ... | ---      |
| A2   | ---                            | ... | ---                            | ---                | B1( 500)<br>R2( 80)<br>R2( 20)<br>R1( 120)<br>R1( 30) | R2( 20)<br>B1( 500)<br>R2( 80)<br>R1( 120)<br>R1( 30) | T2( 500)<br>R2( 80)<br>R2( 20)<br>R1( 120)<br>R1( 30) | R2( 20)<br>T2( 500)<br>R2( 80)<br>R1( 120)<br>R1( 30) | ... | ---      |
| :    | :                              | ... | :                              | :                  | :                                                     | :                                                     | :                                                     | :                                                     | ... | :        |
| T2   | ---                            | ... | ---                            | ---                | ---                                                   | ---                                                   | ---                                                   | ---                                                   | ... | B3(1450) |
| Y    | B1( 720)                       | ... | B1( 500)                       | B1( 500)           | ---                                                   | ---                                                   | ---                                                   | ---                                                   | ... | ---      |