

大規模造成工事施工における運土ルート 設定方法に関するシステム分析的研究

立命館大学理工学部	正 員	春 名	攻
東洋建設株式会社	正 員	竹 中	弘 治
東洋建設株式会社	正 員	大 音	宗 昭
立命館大学大学院	学 生 員	○ 寺 田	岳 彦

1. はじめに

近年、我が国における建設プロジェクトの大規模化・多様化・複雑化の傾向は顕著であり、一般的に、これまでのような技術者の経験や勘に基づいた工事施工計画の策定方法では、工事施工の基本目的である経済性・迅速性・確実性等を高いレベルで実現させることは、非常に困難な状況にあるものと考えられる。加えて、近年の建設業界における熟練技術者の不足という現状を考慮すれば、より合目的な計画案策定のための方法論の確立や技術者の意志決定のための支援情報システムの開発・整備がこれまで以上に必要となってくるものと考えられる。

特に、大規模造成工事においては、高さ方向と平面方向の3次元的な広がりをもつことによって生ずる「情報量の膨大さ」「施工自由度の大きさ」等のため、施工計画策定段階の運土計画に関して、施工順序および運土ルート、投入機械設定の各検討段階では、計画者の経験や勘が計画内容に大きな影響を与えられとされる。しかし、本研究グループがこれまでにおこなった技術者に対してのヒアリングからは、特別な場合を除いて、これらの検討段階においては計画策定のための方法論もしくは明確な制約条件が存在せず、地形形状から計画者の主観的意志決定により設定されているという検討結果を得た。

そこで本研究では、これら計画者の経験や勘によって目的合理性を確保してきた計画策定問題をより合理的に解決するための支援情報システムの一般工事における適用をめざし、その第1ステップとして運土ルート設定に着目して研究を進めることとした。

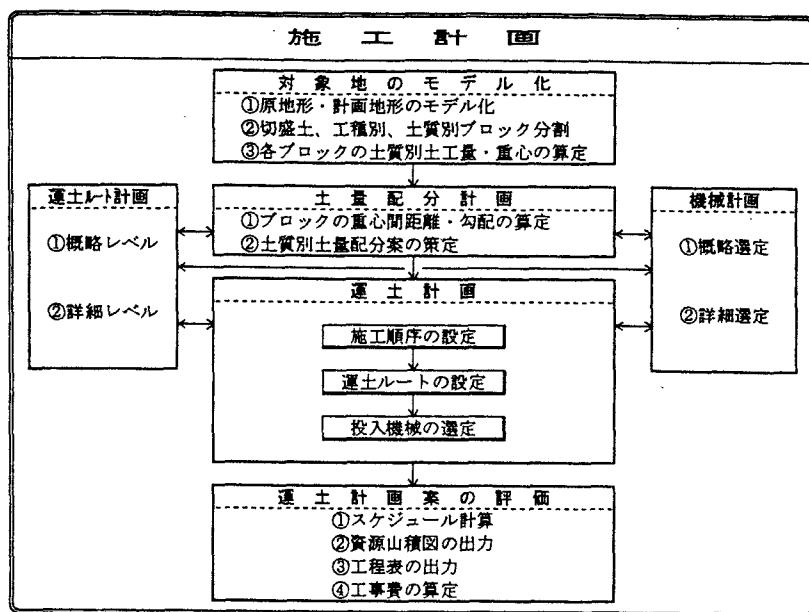
具体的には、運土ルートに関してパターン分けをおこない、各パターンの概略費用を算出することにより、計画者が運土ルート設定をおこなう際に、意志決定の材料となり得るシステムの構築をおこなった。

2. 運土ルート設定方法に関する検討

運土ルートの設定に関する検討項目に優先順位あるいは決定のための明確な方法論がないと仮定すると、計画者の主観的意志決定は、技術者自身の経験のうち、過去の実績に基づいて計画案の検討項目に対してウェイトをおき、運土ルートを決定していると推測することができる。したがって、検討項目に対するウェイトのおき方の違いによって、設定する運土ルートは変化し、そのため、運土ルート設定に関しては、その設定方法にパターンが存在すると考えた。さらに、これまでに本研究グループで提案したプロセスに基づき（図-1参照）、パターンごとの費用案が概略レベルで作成できるはずであり、このように先取的に検討したデータは、運土ルートを設定するための意志決定の上で、支援情報になり得ると考えられる。

(1) パターン分けに関する検討

運土ルートの設定をおこなう際の支援情報となり得るパターン分けは、計画者の意志決定の材料となるべく、正しくパターン分けされている必要がある。さらに、対象地が運土ルートパターンのうち、どの傾向を有するのかをみるためのものであるため、できるだけルートパターンの違いが特徴的に判別でき



図一 1 土工事計画における概略施工計画案策定プロセス

るような設定をおこなう必要がある。したがって本研究では、以下に示す3つのパターンに分けることとした。すなわち、

- ①施工段階ごとに、できるだけ直線になるように設定した場合
- ②できるだけ直線で、かつ全施工段階を通して利用することがある程度可能な仮設道路を建設して設定した場合
- ③既存道路を利用し、かつできるだけ勾配が小さくなるように設定した場合（ただし、利用可能な既存道路が周辺に存在する場合に限る）

と分けることとした。

また、本研究では、各パターンの運土ルートを設定する際に、運搬機械の走行性を先取的に考慮するため、本研究グループがこれまでに開発した、地形状態を表現するコンピュータグラフィックスを活用した検討システムを用いることとした。

ここで、①に関して言えば、施工段階ごとに異なる運土ルートを設定するため、常設的な仮設道路の建設をほとんど考慮せずに作業をおこなうことがで

きる運搬機械を投入することとした。さらに、運土ルートを設定する場合には、切土ブロック重心から盛土ブロック重心までメッシュ単位で運土ルート設定をおこない、このとき、その地点における8方向の勾配を算出し、コンピュータ画面上では図-2に示すように表示することとした。さらに、それにもとづき、目的地（盛土ブロック重心）と逆方向には進まないように設定をおこなった。

また、②に関して言えば、できるだけ直線になるよう

値[×100(%)]		
0.06223	0.00600	0.04702
0.04800		0.04750
0.07884	0.02950	0.03571

図-2 8方向の勾配表示例

道路建設費がかなり必要となるという特徴を有している。

さらに、③に関して言えば、既存道路をできるだけ利用することにより、運搬機械の走行性はよく、仮設道路建設費を削減することは可能であるが、周辺環境への影響（粉塵、騒音等）を充分に考慮する必要があるという特徴を有している。

(2) 各パターン分けにおける機械選定に関する検討

本研究は、上述したように運土ルートのパターン分けをおこなうことにより、対象造成地が3つのパターンのうち、どの傾向を有する運土ルート設定方法をおこなえばよいのかを判断するものであると考える。このため、機械選定に関しては、パターンごとの特徴を考慮し、かつそのパターンにおける標準的な機械の組み合わせを採用し、さらに、全施工段階において統一させておく必要がある。

そこで、本研究においては、以下のように設定す

ることとした。すなわち、

パターン①：施工段階ごとに設定するため、各施工段階の運土ルートは全く異なったものとなり、その都度、仮設道路を建設することは困難である。したがって、現地形に近い状態においても稼働することができるモータスクレーパを投入機械として設定することとした。

パターン②：仮設道路を建設するため、運搬機械の走行性はよいものと考え、運搬機械に高速施工が可能なダンプトラックを投入する機械編成で設定することとした。

パターン③：既存道路をできるだけ利用するように設定しているため、運搬機械の走行性はよいものと考え、運搬機械にダンプトラックを投入する機械編成で設定することとした。

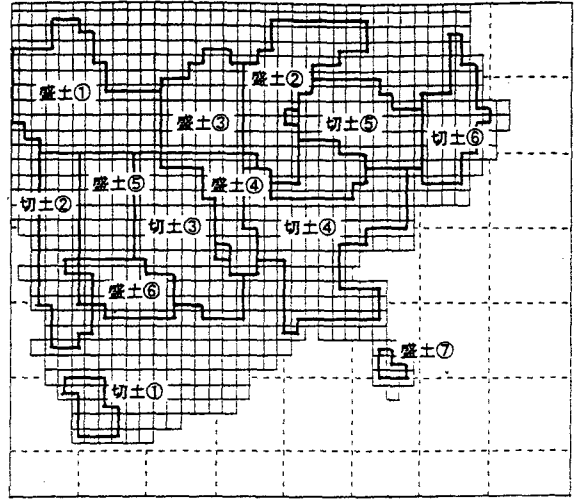


図-3 対象地の切・盛土ブロック分割図

表-1 対象工事の投入機械の組み合わせ

	パターン①	パターン②
掘削	モータスクレーパ (16m ³)	バックホウ (1.0m ³)
積込		
運搬		ダンプトラック (11t)
数均	フルトーン (21t)	フルトーン (21t)

(3) 概算費用の算定に関する検討

本研究では、対象地がどのパターンに属するのかを判断するための指標として、概算費用（〔機械経費〕＋〔仮設道路建設費〕）を用いることとした。さらに、これらの費用は、土木工事積算基準および施工単価表等を参考に算出することとした。また、機械経費に影響を及ぼす投入機械台数に関しては、工期・月稼働日数および土工量を使って算出した日当たり土工量と、投入機械のサイクルタイム等を用いて算出した時間当たり土工量にもとづいて設定をおこなうこととした。

3. 実証的検討

ここでは、これまで述べてきた方法を用いて、図-3のように切土ブロックと盛土ブロックが分割された土工量409,141m³の山間部中規模宅地造成工事を対象として、実証的検討をおこなったが、周辺地域において、切土ブロックから盛土ブロックへのアクセスに利用できる既存道路が存在しないため、パターン3に関しては除外することとした。

また、投入機械の組み合わせに関しては、上述した理由および対象工事の規模を考慮し、表-1に示すように設定することとした。さらに、本研究は上

表-2 対象工事の運土量算定結果と施工順序

切土 ブロックNo.	盛土 ブロックNo.	運土量 (m ³)	作業日 数(日)	施工 順序
1	1	21701	10	8
2	1	56846	26	7
3	1	66285	31	4
3	2	43628	20	5
3	3	4149	2	6
4	3	75539	35	1
4	4	13844	7	2
4	5	24684	12	3
5	5	37908	18	10
5	6	6768	4	9
5	7	23071	11	11
6	7	34718	16	12

で示した図-1にもとづいておこない、運土量および作業日数の算出結果に関しては表-2に示す結果となった。また、施工順序については、表-2に示すように設定することとした。その結果、施工段階ごとの投入機械台数および概算費用は表-3のようになり、本対象工事においてはパターン1、すなわち、施工段階ごとに、できるだけ直線となるような運土ルートの設定方法が有利であると判断できる。

これは、切土ブロックと盛土ブロックとの距離が、全体的に短いためであると考え（直線距離で169.464m～401.944m）。すなわち、仮設道路を建設して高速施工をおこなうことができる機械を投入するほどの距離が確保されていないため、施工効率が上がらないと判断できる。

4. おわりに

本研究では、造成工事を対象とした施工計画プロセスの一部である運土ルート設定に着目して研究をおこなった。特に、運土ルートの設定パターンを3つに分割し、対象工事に代表される運土ルート設定の基本姿勢を表現することにより、計画者が運土ルートを設定する際の支援情報となり得るものであると考える。今後は、CASE-STUDYを重ねることで、造成対象地形の変化とそれに適する運土ルートパターンの相関関係を検討する必要がある。また、本研究においては、運土ルートに着目して研究をおこなったが、施工計画において計画者の経験や勘により意志決定をおこなっている検討項目のうち、施工順序や機械選定に関しても本研究と同様にパターン分けをおこない、計画者の意志決定のための支援情報システムを構築することができると考えられる。

【参考文献】

- 1) 春名 攻：建設工事における施工管理に関するシステム論的研究，学位論文（京都大学工学博士），1971年
- 2) 石川六郎：システムズアプローチによる工事管理，鹿島出版会，1977年
- 3) 住宅・都市整備公団 技術管理室：土木工事積算要領，1986年
- 4) 経済調査会：施工単価資料，'92年秋季版、応製社、1992年
- 5) 土木工事積算研究所：建設省土木工事積算基準 平成5年度版，建設物価調査会，

1993年

- 6) 春名，竹林，迫間：大規模土地造成工事計画システムの開発に関する研究—E.S.とC.G.からのアプローチ—，第12回建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会，講演集，1994年
- 7) 春名，大音，迫間，上山：山間部大規模土工事における支援情報システムの開発研究，第13回建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会，講演集，1995年

表-3 対象工事の投入機械台数・概算費用算定結果

施工順序	分類	投入機械台数			
		パターン①		パターン②	
1 切土ブロックNo. 4 ～盛土ブロックNo. 3	掘削	モータスクレーパー (16m ³)	3台	バックホウ (1.0m ³)	7台
	積込			ダンプトラック (11t)	3台
	運搬 敷均	ブルドーザー (21t)	1台	ブルドーザー (21t)	1台
2 切土ブロックNo. 4 ～盛土ブロックNo. 4	掘削	モータスクレーパー (16m ³)	3台	バックホウ (1.0m ³)	7台
	積込			ダンプトラック (11t)	3台
	運搬 敷均	ブルドーザー (21t)	1台	ブルドーザー (21t)	1台
3 切土ブロックNo. 4 ～盛土ブロックNo. 5	掘削	モータスクレーパー (16m ³)	3台	バックホウ (1.0m ³)	7台
	積込			ダンプトラック (11t)	4台
	運搬 敷均	ブルドーザー (21t)	1台	ブルドーザー (21t)	1台
4 切土ブロックNo. 3 ～盛土ブロックNo. 1	掘削	モータスクレーパー (16m ³)	3台	バックホウ (1.0m ³)	7台
	積込			ダンプトラック (11t)	3台
	運搬 敷均	ブルドーザー (21t)	1台	ブルドーザー (21t)	1台
5 切土ブロックNo. 3 ～盛土ブロックNo. 2	掘削	モータスクレーパー (16m ³)	3台	バックホウ (1.0m ³)	7台
	積込			ダンプトラック (11t)	3台
	運搬 敷均	ブルドーザー (21t)	1台	ブルドーザー (21t)	1台
6 切土ブロックNo. 3 ～盛土ブロックNo. 3	掘削	モータスクレーパー (16m ³)	3台	バックホウ (1.0m ³)	7台
	積込			ダンプトラック (11t)	3台
	運搬 敷均	ブルドーザー (21t)	1台	ブルドーザー (21t)	1台
7 切土ブロックNo. 2 ～盛土ブロックNo. 1	掘削	モータスクレーパー (16m ³)	3台	バックホウ (1.0m ³)	7台
	積込			ダンプトラック (11t)	3台
	運搬 敷均	ブルドーザー (21t)	1台	ブルドーザー (21t)	1台
8 切土ブロックNo. 1 ～盛土ブロックNo. 1	掘削	モータスクレーパー (16m ³)	3台	バックホウ (1.0m ³)	7台
	積込			ダンプトラック (11t)	4台
	運搬 敷均	ブルドーザー (21t)	1台	ブルドーザー (21t)	1台
9 切土ブロックNo. 5 ～盛土ブロックNo. 6	掘削	モータスクレーパー (16m ³)	3台	バックホウ (1.0m ³)	7台
	積込			ダンプトラック (11t)	4台
	運搬 敷均	ブルドーザー (21t)	1台	ブルドーザー (21t)	1台
10 切土ブロックNo. 5 ～盛土ブロックNo. 5	掘削	モータスクレーパー (16m ³)	3台	バックホウ (1.0m ³)	7台
	積込			ダンプトラック (11t)	4台
	運搬 敷均	ブルドーザー (21t)	1台	ブルドーザー (21t)	1台
11 切土ブロックNo. 5 ～盛土ブロックNo. 7	掘削	モータスクレーパー (16m ³)	4台	バックホウ (1.0m ³)	7台
	積込			ダンプトラック (11t)	4台
	運搬 敷均	ブルドーザー (21t)	1台	ブルドーザー (21t)	1台
12 切土ブロックNo. 6 ～盛土ブロックNo. 7	掘削	モータスクレーパー (16m ³)	4台	バックホウ (1.0m ³)	7台
	積込			ダンプトラック (11t)	4台
	運搬 敷均	ブルドーザー (21t)	1台	ブルドーザー (21t)	1台
概算費用(千円)		112657		168371	