

施工シミュレーションシステムを用いた

工事計画内容の検討方法に関する研究

京都大学工学部 正 員 吉川和広

京都大学工学部 正 員 春名 攻

京都大学大学院 学生員○荒井 清

1. 本研究のねらい

近年、土木建設工事を取りまく環境条件・施工条件等の前提条件はますますその厳しさを増してきている。これに対応するためには、工事実施の前段階における工事内容の検討をより多角度・多側面から行ない、土木工事の特徴である「不確定要素」を可能な限り減少させることが必要となる。

一方、工事計画は図-1に示すような階層構造という特徴を有している。そこで工事計画策定においては、対象範囲と対象期間を段階的に絞り込みながら検討を進めることが望ましい。また、工事計画の中では工程計画が検討の中心的存在になることが現在までの研究から明らかになっている。

本研究は、工事全体を対象として時間と空間の配分を行なう概略工程計画の作成の段階を対象とし、続く詳細レベルにおける検討内容の一部を取込んだ検討方法のシステム化（施工シミュレーションシステム）を目指したものである。以下では、全体システムを構成する個別システムの一例として掘削工事の実験システムの構築とシステムの実験的運用を行なうこととする。

2. 掘削工事を対象とした

実験システムの構築

工区分割および各工区ごとの概略的な時

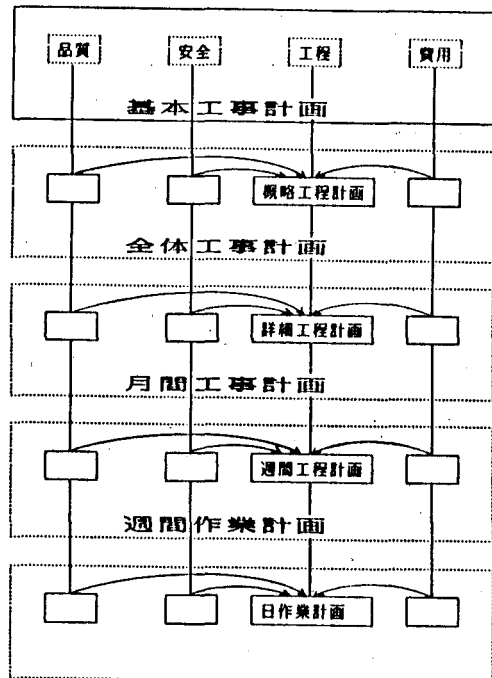


図-1 工事計画の階層構造

間配分の検討を、標準的な投入資源量の下で行ない、続いてその結果を以後の検討の基礎となる概略工程計画一次案とする。

本稿で提案する事前検討の方法は、この一次案が設定された後に、以下の3段階の手順を繰り返しながら進められる。

まず、各種の投入資源を作業の基本工程に従って稼働させる（工程進捗シミュレーション）ことによって施工状況を把握する。

続いて、こうして明らかにされた施工状況の良否の診断を、先決的に設定した診断

基準値と工程進捗シミュレーション結果から得られた診断情報との対比によって行なう。

さらに、工事計画内容の修正・変更が必要であると診断された場合は、どの部分の変更が必要となるかを診断情報より検討し計画立案者が必要と考える修正・変更手段を選択することとする。以下、検討を進めるための項目について詳述することとする。

(1) 工程進捗シミュレーションモデル (図-2)

まず、シミュレーションを実施するために必要となる各種の初期入力情報を設定する。そのために掘削工事内容の明確化を行ない、周辺地域への影響等を考慮して掘削工事の深さ方向への分割を行な

う。以下、①工事規模や土質条件を考慮して、投入する施工機械機種の設定を行なう。②ここで同時に、投入する施工機械の施工性等の特徴を考慮して対象地盤のモデル化や③諸条件の設定をあわせて行なっておく。(例えばブルドーザの隣接施工に関する条件等) ④さらに、対象地盤の掘削方向を概略的に設定する。⑤続いて投入する施工

機械台数の設定を行ない、⑥さらに施工ユニット間の施工順序の設定を行なう。以上、検討の出発点となる6つの初期入力情報の設定が終わると、工程進捗シミュレーションモデルのプログラム開発に進む。ここでは、中心検討項目である施工機械の作業動態を明確化する。表-1に示すように、施工機械の稼働が阻害され、手待ち時間が生じる場合を洗い出し、これらを新たに診断

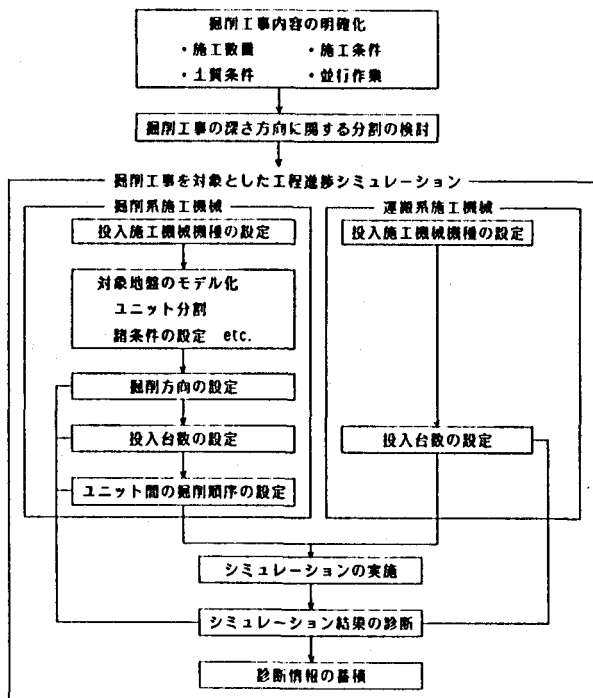


図-2 掘削工事検討手順

表-1 工程の進捗を阻害する要因

バックホウ	①バックホウの施工位置に土の横込みを持っているダンプトラックが存在していない。 ②掘削法面の安定条件を満足できず、下段のユニットの掘削が実施できない。
ブルドーザ	①クラムシェルによる横込み作業位置に横込み作業を持っている土が、たまり過ぎている。 ②隣接する施工ブロックとの間で掘削法面の安定条件が満足できず、下段のユニットの掘削が実施できない。 ③隣接する施工ブロックとの境界面において、隣り合うユニットで同時に掘削作業を行なえないという条件を満足できずブルドーザが待機している。
クラムシェル	①横込み作業位置に掘土される土が存在しない。 ②クラムシェルによる横込み位置にダンプトラックが到着していない。

情報として加える。こうして明確化した作業動態を十分に表現出来るようなプログラム化を行なうために本研究では、GPSSシミュレーション言語を用いることとする。最後にシミュレーション結果から、必要となる情報を抽出し加工した後、診断情報として計画立案者に提供する。

(2) 診断基準値および診断情報

施工状態の良否を的確に判断する値を診

診断基準値を満足する場合であっても施工手段の変更によって工事費用や工事期間に対する影響がどのように現れるかをパラメトリック分析等を通して明らかにしておく。これは、工事全体の工事費用の低減を図る時の参考情報とするためである。診断基準値を満足しない場合は、診断情報から原因の追及を行ない、変更手段の立案および指示を行なう。

表-2 投入する施工機械

	投入機械機種	施工能力	初期投入台数
1次掘削工事	バックホウ	1.6m ³ (バケット容量)	2
	ダンプトラック	11ton	20
2次掘削工事 3次掘削工事	ブルドーザ	2740×675 (ドーザ面積)	4
4次掘削工事	クラムシエル	0.8m ³ (バケット容量)	4
	ダンプトラック	11ton	20

3. 実験システムの運用実験

以上に述べたような手順に従って検討を行なうこととした。対象とした掘削工事は、深さ方向の安定条件から切梁を5段必要とする。第1段、第2段の切梁は同時架設を行なうこととしたため、掘削工事は1次～4次に分割された。また、積込み作業方法の違いから、1次掘削工事と2次～4次の掘削工事は別々に扱うこととした。投入する施工機械機種は、表-2に示すように異なる施工機械機種を用いることとした。掘削地盤のモデル化は図-4に示す通りである。

第一回目のシミュレーションを実施したCASE1では、ユニット番号、44, 50, 58, 52, 39, 37, 70において掘削法面の安定条件を満足しないための施工機械の手待ちが生じた。そこで施工機械ごとの作業時間を均一化するように作業順序を再設定を繰り返した。このような検討を繰り返した結果、CASE4において掘削系施工機械の最低稼働率71%, 運搬系施工機械の平均使用率81%, という良好な施工状態を示す工程を得ることが出来た。続いて、この掘削パターンに対して運搬系施工機械台数のパラメトリック分析を行なった。以上の検討から得られた結果を図-5, 6に示す。

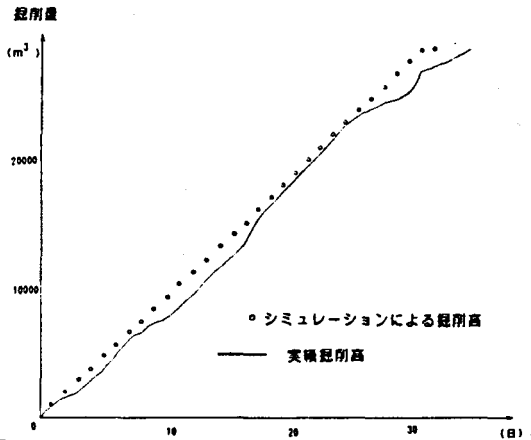


図-5 1次掘削工事の実績掘削高とシミュレーション結果

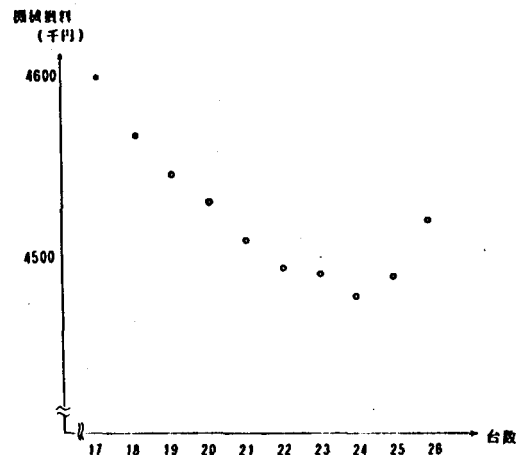


図-6 パラメトリック分析結果