

京都大学工学部 正 員 古川和広

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. はじめに

工事計画はこれまで、現場経験者の持つ豊かなノウハウに基づいて策定されてきた。しかし、近年の建設現場においては、大型建設機械の導入や工事現場周辺の環境問題等の複雑な施工条件の問題、また新工法の適用など既存のデータを持たない工事の問題、等々多種多様な問題が生じてきており、工事計画策定時の事前検討や、工事最中の対策確立のための方法の開発が強く望まれている。

一方、最近のコンピュータを中心とするシステムマシンやそれらの利用技術の発展は目覚ましいものがある。中でも、「3次元グラフィックス」は現在急速にハードウェアやソフトウェアが充実してきている。

このような現状を踏まえて、本研究では工事実施前における工事進捗状況のシミュレートを中心とする施工シミュレーションの（プログラム）システム開発を行なうこととした。すなわちこれは、工事計画作成段階において、工事を構成する要素を工事手順に従って具体的に配置していくことによって、工事の進捗の物的シミュレーションを行なうものであり、より高度な計画の作成を目指すものである。

2. 施工シミュレーションを用いた検討方法の狙い

現在までの研究によって工事計画には対象とする期間や意思決定者の権能レベル等により以下の4つに大別されることが明らかにされており、しかもこれらの間には階層性が認められている。（図-1）

- ①基本工事計画 ②全体工事計画
- ③月間工事計画 ④週間工事計画

また、工事計画策定にあたっては、様々な個別計画に関する検討を必要とするが、その計画の検討内容は次の4つの要件を中心として、互いに重複しながら分布している。

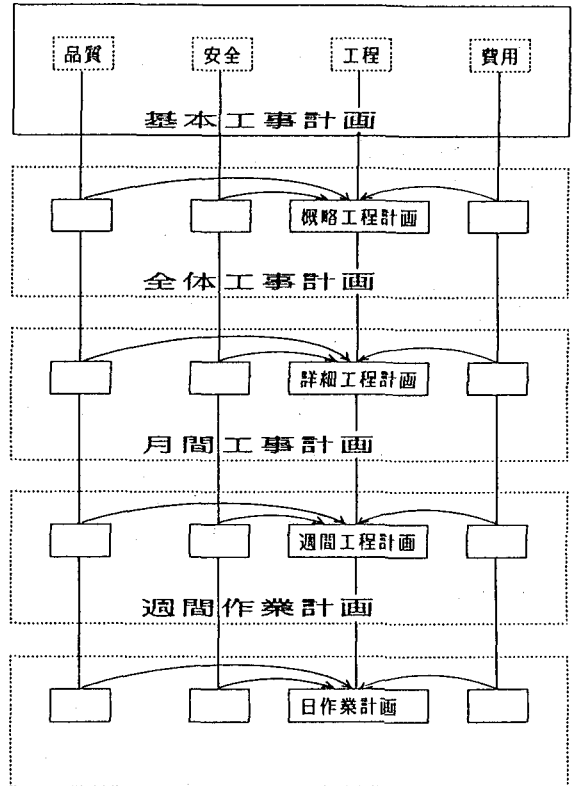


図-1 工事計画の階層性

- ①工程 ②原価（費用） ③安全 ④品質

このうち、①の工程は、直接他の個別計画の検討内容と重複する部分は少ないながらも、工程が決定することにより、他の個別計画も大きな影響を受けることが明らかとなっている。つまり、工程に関する物的シミュレートを行なうだけでも、関連する諸計画の検討内容が明確化されるのである。そこで一般に、これらの要件の検討は、①の工程を中心として行なわれている。

ところで、工程計画は構造物の本体工程を中心として作成されるものである。本研究では、工事計画を構成する種々の個別計画に関する検討をも同時に

行なうこととする。そこで本論では、本体工程のみではなく工程を中心として実際の施工過程を他の個別計画と深い関係を持たせながら決定していく施工計画の作成を目指すこととする。(図-2)

以上のような工事計画のもつ構造的特徴を考慮した上で、計画論からみた工事計画策定の望ましい手順を作成するならば、以下のようになる。

①まず、工事の内容を明確化し、どのような工法をもちいることが可能であるかの検討等、工事のフレームを決定する段階(基本的な施工法の決定・投入資源の概略的内容の決定等々)

②次に、決定したフレームの範囲内で工事用資源や時間のマクロな配分を図る段階(投入資源の運用計画の決定・工区分割の決定・各工種の施工速度の決定等々)

③続いて、本体工程を中心として成されたマクロな配分に従って、工事用資源の実際の運用を図ったり、本体工程に必要な仮設材の使用に関する検討を行なう詳細な検討の段階(資源の調達計画の検討・資源の使用計画の検討等々)

すなわち、概略の施工工程の想定をおこない構造物本体の基本工程を明らかにしたのち、施工ブロック分割の問題等、構造物の部分工事を工程を中心として検討する。さらに施工ブロック単位の施工量や投入する機械・資源から平均的な所要時間を算出する等、他の個別計画に係わる部分に関する検討を行なう。つまり、工事を大きく概略的にとらえる段階から次第に対象を絞りこんで詳細にとらえる段階へと工事内容を事前に想定していき、かつそれぞれの段階で実行可能性の検討を行ないながら検討を進めていくという手順である。

さて、工事計画策定期間を通しての検討の目的は、工事を経済的で、確実かつ迅速、さらに安全に行なうことにある。これらの目的を十分に満足させるために、本研究では工事の施工過程という現象を再現するためのモデルである施工シミュレーションをシステムのなかに組込むこととした。このような施工シミュレーションを組み込んだ手順のメリットには、以下のようなものが考えられる。

①工事計画の策定にあたって想定される全体工事計画に対して、より詳細なレベルでの実行をシミュレートすることにより、実行可能性の確認や安全

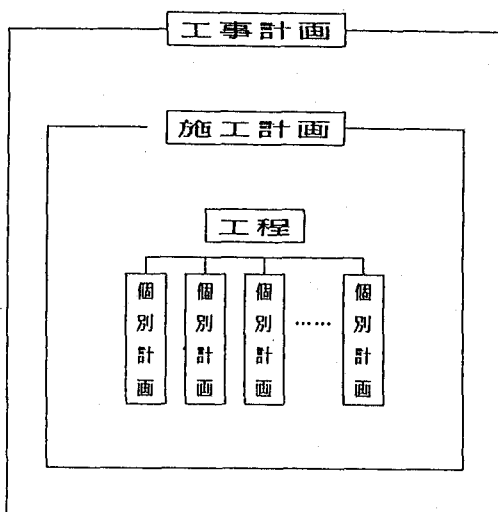


図-2 施工計画の位置づけ

・環境上の問題点に対する対策、および工事実施過程の技術的・運営的合理性の検討、等々、工事計画内容に関する事前の適正な評価・検討を行なうことが出来る。このような検討行為を通して合目的な「全体工事計画」を策定しようとするものである。

②施工上生じる各種の問題を、工事の進捗状況のシミュレートの過程を通してチェックし、問題点やその特性をいち早く発見することにより、当初想定した工事計画内容のブラッシュアップ(Brush Up)を図り、不確実性やリスクの少ない工事計画として再度作成し、信頼性を高める。また、予知される事態に対する対応を計画しておく“バックアップ・プラン(Back-up Plan)”の準備をすることとする。

③策定された工事計画を受けて、工事实行のための効率的かつ効果的なマネジメントシステム(Management System)の設計・構築のベースとなる管理計画内容と工事管理・監督体制や方法の検討と作成を行なうとともに、このマネジメントシステムをサポートする情報システム(例えばDATA BASE SYSTEM)構築のための重要データとする。

例えば、日程による施工シミュレーションを通しての人員やその他工事用資源の投入時期と投入量およびその稼働状況等々に関する計画的検討(①にあ

たる), 各工種に対する施工シミュレーション結果にもとづく, 重機稼働における安全な稼働空間の確保や周辺地域への工事用車両による騒音や道路の渋滞の問題, 工事の材料置場の問題の検討あるいは湧水や斜面の安定などの仮設材の使用に関する検討とその解決方法(②にあたる)さらにこれらの検討を通して施工実施時における重点管理項目の発見とその管理方針に関する検討, すなわちCheck Point となる項目の分析を行ない事前に判断基準や参考資料を作り出す(③にあたる), 等々を行なっていくものである。

3. 施工シミュレーションを用いた事前検討の方法 前節で述べたような狙いを持つ事前検討システムは, 以下のような特性を持たなければならない。

- ①同時性: ある時間帯に同時に施工している人員や施工機械, またその時期に必要な材料の調達など施工を円滑に行なうための工事要素を同時に検討することが容易に出来る。
- ②安全性: 施工に参加している人員の安全, 施工機械の保安距離等ブロック分割位置における出会い帳場の検討が容易に出来る。
- ③総合性: 工程を中心に据えながら人員配分計画, 資源調達計画等, 他の計画と連動させてこれを日程に乗せ具体的に工事用資源を運用して構造物を上げる場面を想定することにより他の計画との整合が取れているかを検討することが出来る。

これらの検討を十分に行なうため, 本研究では, 大型計算機とグラフィックディスプレイによって構成されるシステムを用いて, まず想定した工事進捗状況の物的シュミレートを行なう。そのとき必要とあらば, 明確化された計画情報を視覚情報化してグラフィックディスプレイ上に表現する。さらに, 情報がその性質上, 空間的表現を必要とする場合は,

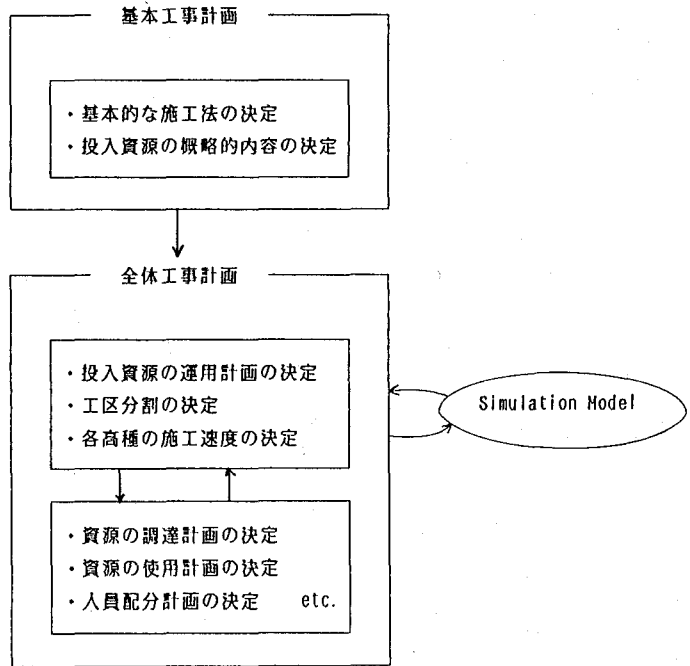


図-3 Simulation Modelの位置づけ

3次元空間を用いて, ディスプレイ上に再現していくこととした。(図-3)

すなわち, 施工工程の想定が行なわれるとそれを実態化する施工シミュレーションを行なう。計画作成者は, シミュレーション結果を有効に利用するため, 数値情報, 画像情報(2次元あるいは3次元)を駆使しながら計画化を進めていくものである。

例えば, 掘削工事に関する施工シミュレーションを行なう場合, 工事対象区域を幾つかの施工単位に分割したのち, どのような順序で掘削するかということ想定する。続いてこの施工順序に従って, 施工機械(ブルドーザ等)の稼働方向や稼働距離に関する検討を行なうサブシステム, 掘削の結果生じる土砂の工事用車両による運搬経路(トラックの搬入搬出路, 工事現場内へ進入する車両の待ち行列等)に関する検討を行なうサブシステム, 掘削斜面の安定を検討するサブシステム等を構築しシミュレーションを行なっていく。すなわち, 掘削工程を中心としてその工程に係わる作業員や施工機械をはりつけ, 他の個別計画における検討内容を包含しながらビジュアルなモデルを用いて問題が生じていないかのチ

エックを行ないながら検討を進めるものである。(図-4)

4. おわりに

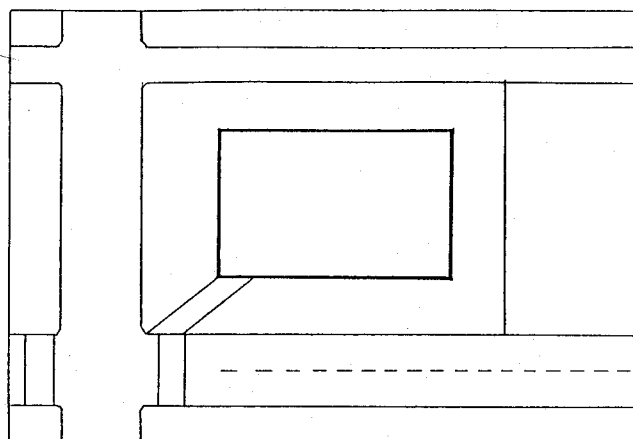
以上述べたようなシステム、すなわち工事実施前の計画段階において予想可能な問題点の抽出およびその解決方法の検討、実行可能性の保証等、工事をマネジメントしていくシステムは、より一層必要となるであろう。工事の内容や施工方法を想定し具体化を進める作業は、極めて抽象的な事柄を実態化していくことである。この作業を進める上で、人間が頭の中や設計図上で行なっている判断行為を本研究においては、3次元グラフィックスを用いて視覚情報化した後、行なうものである。このようなシステムを開発することによって、得られる利益を再度整理すると次の通りである。

①工事全体に重大な影響を及ぼすと考えられる工種についての詳細なシミュレーションを行なうことにより工事の実行可能性をより詳細なレベルで保証できる。また、様々な工事計画内容の検討を通して、今までにもまして工事計画間の比較・評価を行なうことが可能となる。

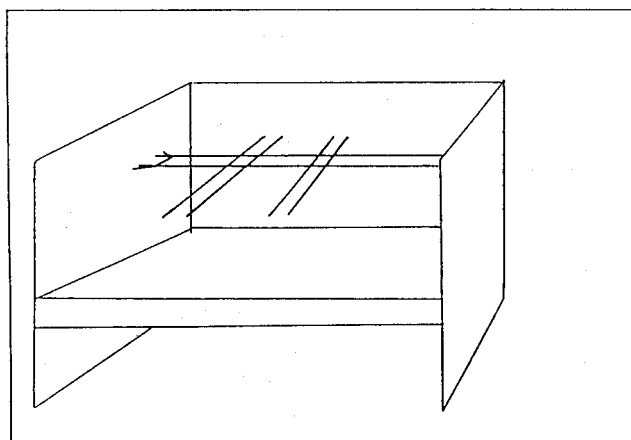
②予想可能な事態にたいする検討を施工シミュレーションによって行なっているので、施工管理段階における方針が事前に確立出来る。従って、この方針によって望ましい管理体制・監督体制を決定することが出来る。

今後はさらに、施工上生じる問題をいち早く発見するために必要と考えられるデータの洗い出しと、将来必ず必要となると想定されるデータの整理やそのデータベース(DATA BASE)化、およびその処理、検討結果の評価や判断が迅速・確実に実施できるように、結果や成果の「視覚情報化」等もあわせて行なうこととする。

事例検討等の詳細に関しては、講演時に発表する。



工事用車両の搬入搬出路について



底床版構築工事について

図-4 施工シミュレーションを用いた検討の一例

【参考文献】

- 1) ニューマン・スプロール；対話型コンピュータグラフィックス〔Ⅰ〕〔Ⅱ〕
- 2) 春名 攻；“情報処理機器を活用した土木工事のマネジメントシステムの開発方法について”土木工事のマネジメント問題に関する研究討論会講演・資料集pp7～14,土木学会土木計画学研究委員会施工情報システム小委員会,昭和59年11月