

建設工事の現場マネジメントのための 施工計画支援情報システムの開発研究

A STUDY ON DEVELOPMENT OF MANAGEMENT METHOD
SUPPORTED BY INFORMATION SYSTEM
- PLANNING AND DESIGN OF SYSTEM DEVELOPMENT -

立命館大学理工学部 正 員 春名 攻
立命館大学理工学部 学生員 ○原田 満
By Mamoru Haruna, Mituru Harada

近年、建設業においてもコンピュータの普及にともない、生産性向上をめざした支援情報システムの開発が盛んとなってきている。現場マネジメントの業務においてもその必要性がさげられ、個別業務に対しては様々な研究開発がなされてきたが、各業務を総合的に捉えたトータルな形で現場を支援するシステムは開発されていないのが現状である。

そこで、本研究においては、工程計画業務を中心としたトータルな現場マネジメント業務のシステム化をはかることが必要であると考えて、この体系を念頭においた計画業務を支援する施工計画支援情報システムを開発することとした。本研究は、工事の多階層的な構造を整理した階層構造をフレームとする工程計画システムと、それに対応する過去の実績情報を階層的に整理した工事情報データベースをはじめとする情報システムの開発に関する方法論的検討成果を取りまとめようとするものである。

【キーワード】 現場マネジメント、支援情報システム

1. はじめに

近年の高度情報化社会と言われる社会情勢の変化にともなって、建設業においても業務を支援する情報システムの開発の要請が一段と強まってきており、そのためのコンピュータを導入したオートメーション化が年々その規模や高度化の程度において進展してきている。しかし、この状況をよくみると情報収集や処理のためのツールは進展してきているが、肝心の業務方法、つまり処理プロセスそのものの合理化の努力が以前に比して十分に払われているとは言い難い状況である。

そこで、本研究においては「現場マネジメントのシステム化」という目標に対して、極めて多岐にわたる建設業の業務を総合的な観点から捉えた業務マネジメントシステムの中核部分に、工事の計画から管理までを含むトータルな工事マネジメントシステムを位置づけた体系を念頭におくこととし、そのた

めの支援情報システムを構築することとした。

2. 現場マネジメント業務のシステム化への基本方針

一般に、現場マネジメント業務全体は工程、原価、品質、安全の4大管理と、機械、資材、設備、外注、労務の管理5要素などの複数の基本的な業務群から成立している。この現場業務を総合的な観点から整理し考察を加えた結果、これらの基本的業務は互いに独立したものではなく、工程を管理することで他の要素を従属的に管理して行くことが可能であると考えた。

そこで、本研究では、工程計画・管理業務を中核とする施工計画・管理業務のシステム化とそのための支援情報システムを開発することとした。システムを開発するにあたって、現行の施工計画・管理業務をシステム論的に認識し、その位置づけを明らか

にした上で検討を加えることとした。その結果、現場におけるマネジメント業務システムを中心にして業務内容を簡単に図-1のような形で整理してみた。この図-1は本社、支社機能と現場の施工計画・管

理システムとの関係についても簡単ではあるが概念的に示している。これによれば、実際の工事計画、実施、管理の業務は全て現場で行い、これを本社・支社へ報告し承認を受けるという形態を取っている

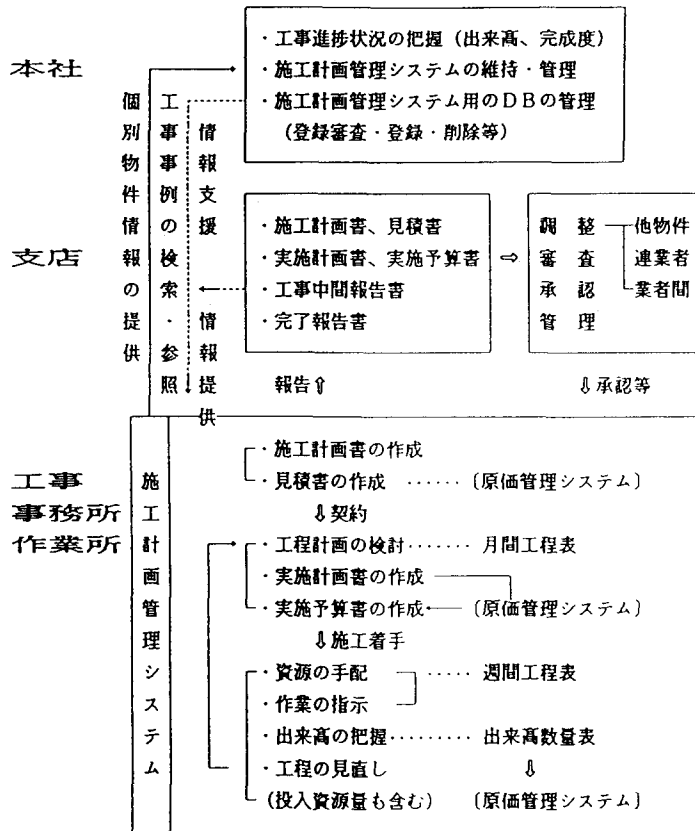


図-1 工事事務所・作業所を中心とした作業のシステム論的整理

ことがわかる。そこで、本研究では、現場マネジメント業務を中心に支援する施工計画・管理システムを構築することとした。

さらに、本研究の基本姿勢としては、業務のシステム化に対して「判断・実行など人為的な作業に関わる業務的機能群」と、それに対応した「情報の収集・加工・伝達など情報操作機能を中心に据えることが妥当であると考えられる業務的機能群」の2つに分けてシステム化をはかることとする。この考え方を整理したものが図-2であり、本研究では前者に相当する作業のシステム化と後者に相当する支援情報システムの構築とを複合的に、かつ段階的に進めていくこととし、これを業務システムとして実現化していくという方法をとることとした。

なお、工程と特に密接な関係にある原価管理システム等は現行業務の形態からここでは、比較的本システムとは独立させて設計（デザイン）し、工程計画・管理システムと連動

させていくという実的な方法を採用することとした。

3. 施工計画・管理システムの概念的フレーム

本研究では、前述の現行業務の実態分析の結果から工程計画・管理の方法をシステム論的な観点から検討し、その結果を概念的な方法論のフレームとして図-3に示した。ここでは、その工程計画・管理の方法を「構想」、「計画」という事前計画の2段階に加え、工事施工の実施における「管理」、「分析」という2つのマネジメント段階に分けて整理している。さらに、

業務システム

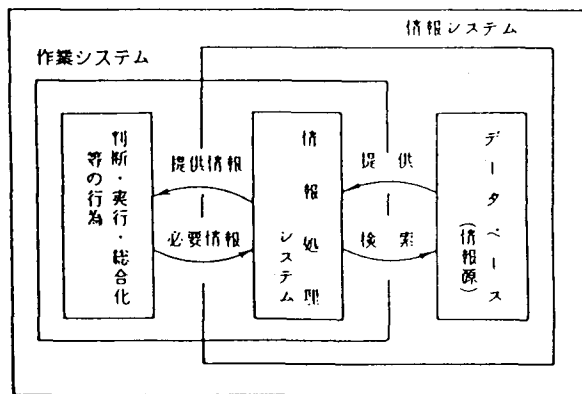


図-2 業務システムの基本機能構成

このような工程計画（の方法）のシステム化を進めるのに必要なプロセスと、これを用いた「管理計画」を設計する上で必要とするプロセスの内容（要件）を、Stagewiseな形に整理して全体的な構成を表-1に示した。

そこで本研究での実際の開発（プログラムシステムの構築）においては、計画段階のものと管理段階のものとの2つに分けて考えることにして、まず、

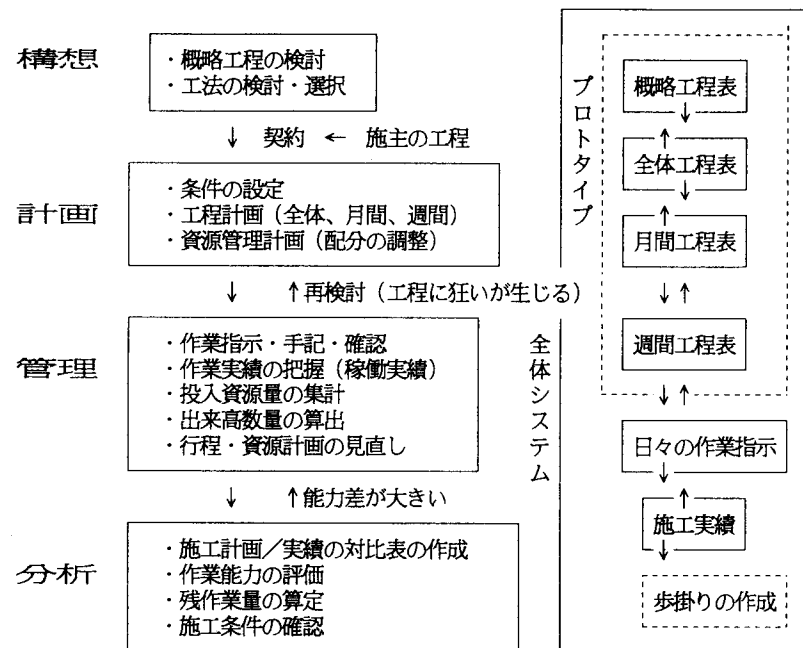


図-3 工程計画・管理を中心とする方法論的フレーム

表-1 Stagewiseにみた計画管理システムの構成

計 画	管 理
Stage 1 ・工法の概略検討 ・概略工程表の作成 ・見積り項目及び数量の算出	・（原価管理システム）
Stage 2 ・工事項目の設定・階層化 ・作業能力の算定（設定） ・ブロック別、リフト別 数量算出 ・投入資源量の決定 ・施工順序の決定 ・作業不能日の算定 ・工法機種の選定（機械の組合せ） ・実稼働工程表の作成 ・暦日工程表の作成	Stage 3 ・作業量の評価 ・使用数量の把握 ・投入資源量の把握 ・作業順序の変更 ・作業実体の把握 ・工程の進捗の把握

施工計画システムを対象としたプロトタイプの開発をスタートさせることから施工計画・管理システムの全体開発へ展開していく方法を採用することとした。

また、従来、概略工程と実施全体工程の計画は精度的にも計画段階的にも異なることから、それぞれ個別に計画しており、それに対応させる形での独立した支援システムを開発してきたように見受けられ

る。しかし、こうした個別な計画の方法は、決して効率が良いとはいえないものである。

そこで、本研究では概略工程と実施工程を含む「構想」、「計画」の2段階にまたがる「概略工程計画を含んだ工程計画のシステム化」に焦点を当てて施工計画システムを開発することとした。図-3には、本研究で開発するプロトタイプの範囲が示してあるが、本システムで概略工程を作成し、その後の詳細な実施工程計画のフレームにおいて各工事現場の状況に合わせた工程を引き続き計画して

いこうとするものである。この一体化によって、概略的なものから詳細へ具体化していくといった連結した作業が得られ、より合理的に工程を計画することが可能となり、業務の確実化・効率化をはかるといった目的が達成されるものと考えられる。

4. 工程計画業務における2つのアプローチ

一見複雑に見える工程計画業務の機能は、表-1に示したように単純に表現することができ

るのであるが、大変な努力投入に関わらずシステム開発がなかなか効果的に目的達成ができない場合が多いのが現状である。

これは、単純視される業務機能の中身が実は個別的で多様なものであることに失念してしまうことや、現在、工程計画の方法として主流となっているPERTが、詳細部分の検討から順に概略部分を明確にしていくボトムアップ的特性を持っているのに対して、実際の建設工事の計画では概略的なものから詳細なものへ検討を加えてより具体化していくというブレークダウン的な作業の流れを持っていることとの矛盾が大きな原因と考えられる。

ボトムアップは従来の建設工事がそうであったように、積み上げ形の組み方であり、詳細を明確にして全体工程をつかむため非効率となり、全体をつかむまでに多大な努力を要する欠点を持つが、反面、確実な組立方法である。これに対してブレークダウンは、施工計画業務の流れに合わせて組み立てていけるが、多くの不確定要素を残したまま詳細に割り付けるため、不確実な結果を生んでしまう。両者共に一長一短な工程計画方法であると考えられる。このボトムアップとブレークダウンによる工程の計画方法はこれまでも論じられ、使用されてきたが、

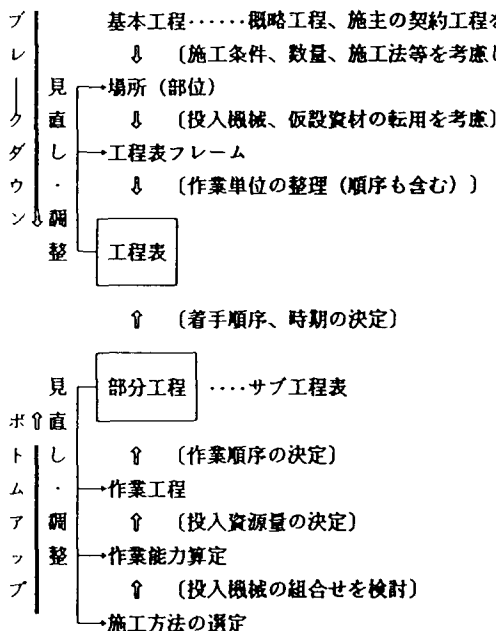


図-4 工程計画業務における2つのアプローチ
—ブレークダウンとボトムアップ—

どちらか片方に偏った組み方をしてきた傾向にあると思われる。

そこで、本研究ではこの工程計画方法の現状を十分に勘案して、工程計画業務を過去の経験から標準的に取り扱えると判断される部分と、個別性・多様性を考慮して具体的に掘り下げて検討を加えなければならない部分とに分けて、システム化を検討することとし、図-4に示すような形でのトップダウン型のブレークダウンの流れと、積み上げ型のボトムアップの流れの双方を混成させた方法を用いることとした。前者は特に過去の工事経験が多く、標準的な考え方や方法が用いられると判断される工種や、その計画内容が工事施工の結果に余り影響をおよぼさないと考えられる工種・工事にのみ利用することとした。一方後者は過去にあまり工事経験がなく現場の施工条件からみて具体的に掘り下げて、工程計画内容を部分的にもシミュレートして確認する必要があると判断される部分に適用することとしている。

5. 施工計画支援システム開発の特徴

これまでシステム開発に関する基本的な方法論について述べてきたが、ここでは本システムをいかに

本システム開発の特徴を挙げると次の3点である。以下、それぞれについて述べていくこととする。

(1) 「工事項目階層」の設計

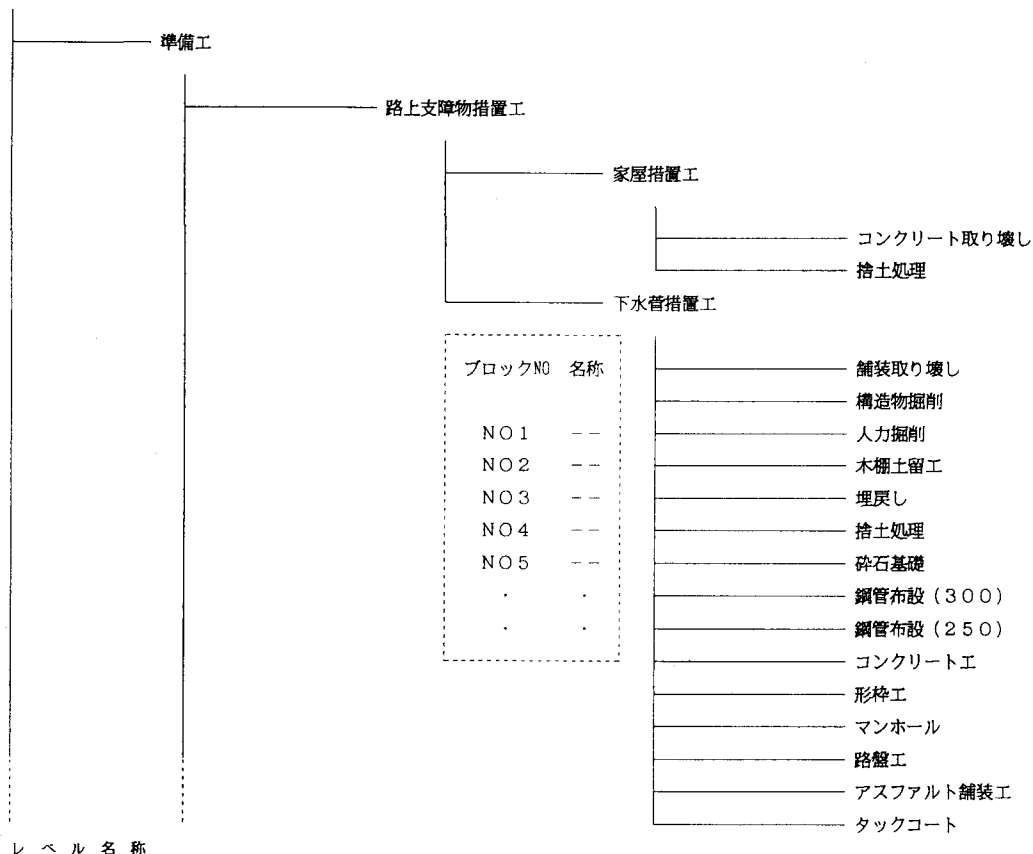
建設工事は、その工事項目の中に複数の工事・工法を含んでおり、さらにそれら1つ1つについても複数の作業項目が存在するといった、多階層な構造特性を持っている。近年、建設工事の多様化が進む中でその構造は益々複雑化してきている。

そこで、本研究では、工程を計画するにあたりこの実態を考慮した上で、工事項目を階層的に捉えていくことが必要であると考え、WBS (Work Breakdown Structure) によって工事項目を細分化、整理していく方法を用

いて図-5に示す工事項目階層を採用することとした。この階層構造は7つのレベルにより構成され、各レベルの内容については図中に示してある。本研

究においては、対象とする全ての工事種類に対して、この7つの共通レベルによって整理した工事階層項目をシステムの中核的ツールとするだけでなく、将

工種（レベル1） 施設名称（レベル2） 場所（レベル3） 工事項目（レベル4） 作業項目（レベル6）
地下鉄工事



レベル名称

レベル	レベル 1	レベル 2	レベル 3	レベル 4	レベル 5	レベル 6	レベル 7
名称	土木工事項目分類	施設名称	場所	工事・工法	ブロック	作業項目	作業項目内訳

図-5 工事項目階層図（一部分）

表-2 データベースの構成

標準工事D・B	工事概要D・B
	工事階層D・B
	施工順序D・B
	作業順序D・B
	施工能力D・B
	作業能力D・B
	施工管理項目D・B
施工実績D・B	
能力算定D・B	

来的には現場マネジメント業務内の他関連システムともこの項目階層を持ってリンクさせて連動性・一体性を確保しようといった構想を描いている。

なお、図-5ではレベル5と7が存在していないが、レベル5は個別の工事現場に対応したゾーニング（ブロック化）や大規模構造物の繰り返し工種における単位ブロックのレベルであり、レベル7は作業項目の特記事項であるため、ここでは割愛している。

(2) Data Baseシステムの開発

複雑な建設工事を効率的かつ確実に計画するには、

システムで取り扱う情報の整備が必要である。

そこで本研究では、施工実績を情報化するフレームとそれに付随する各種特性値（データ、情報）の収集と格納を行えるデータベースシステムを開発することとした。表-2には、開発の対象となったデータベース（以下D、Bと略す。）の一覧を示した。これら全てのD、Bは、前述の工事項目階層を有効に活用するために、各階層別にデータ、情報が整備されたものであり、その情報は過去の実務経験を標準化したものである。各D、Bの活用については6.のシステム全体概要の中で述べていくこととするが、これらを用いることで、計画者の能力に関係なく標準レベル以上の工程計画が可能であると考えられる。また、工程計画時の当該工事に関する情報の格納も工事項目階層図をベースに整理することとしている。

（3）概略工程を含む工程計画のシステム化

3. で述べたように本研究では、合理的な工程計画を追求した結果、概略工程計画と実施工程計画を

連動させたシステム体制を取ることにした。こうした2つのステージにまたがる工程を計画するにあたり、実施工程のフレームになり得る精度的にも認められた概略工程が要求される。つまり、工事全体を見通すことが出来て、かつ、その構成単位の内容が現実的で根拠のある概略工程を計画することが必要である。そこで、本システムで用いる工程計画の手法について、以下において検討を加えた。

現在、バーチャート工程表、座標式工程表、ネットワーク工程表の3タイプが一般に使用されているが、概略工程計画の段階では、バーチャート工程表がよく用いられている。しかし、バーチャート形式では工事全体の把握や構成単位の概略的な割付には適しているものの、施工順序関係や施工速度についての検討に対しては不向きであり、精度的にも非常に粗くなってしまう。

また、従来から使用頻度の高いPERTをはじめとするネットワーク形式は、複雑な順序関係を明確

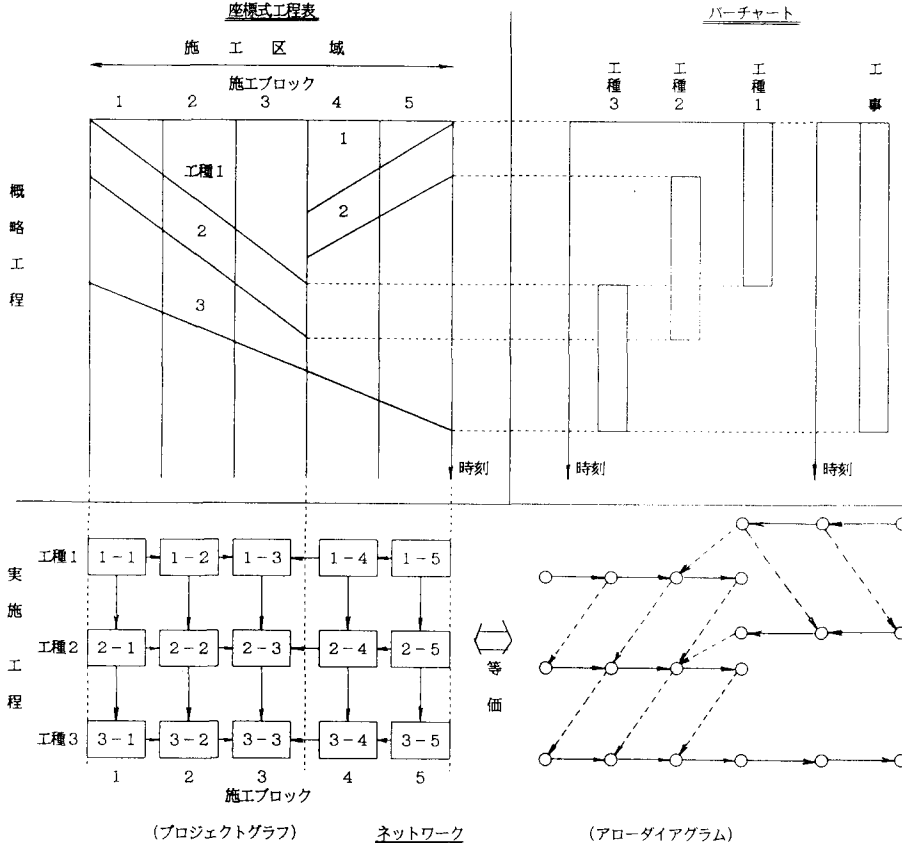


図-6 工程モデルの関係概念

にしめすことが可能であり、工事全体の中での作業工程を把握することも出来るといった利点を持っており、現在の主流となっている。しかし、施工速度の検討は難しく、1つのネットワーク作成に対しても施工順序を確定した上でないと工程表の作成は不可能であり、さらに工程表を書換えるには多大な労力を要してしまうといった欠点を持っている。このようにネットワ

ーク工程表は、4. で述べたPERT自身の持つ特性からも作業計画には適しているが、概略レベルでの検討には不向きであると言える。

一方、座標式工程表は今のところ線形構造物に限定されているが、施工位置と時刻の2軸を用いた座標空間上に工程を記入するため、施工速度が傾きとして表現されるだけでなく、施工順序の設定に対してもネットワークのように先行・後続項目を結ぶ必要はなく開始時刻の指定だけですむといった利点を持っている。

以上の各工程表の特徴から、本研究では概略工程計画では座標式工程表の採用が最良であると判断して、施工速度と開始時刻を操作することにより最適な概略工程をデザインすることとした。また、ネットワーク工程表と座標式工程表は図-6のように相互変換可能であることから、詳細な実施工程計画はネットワーク工程表を用いて検討することとしている。

6. 施工計画支援情報システムの全体概要

以上の5. までの検討成果から工事階層構造図の有効活用をはかって、概略的ではあるが図-7に示すようなシステムを設計した。図にも示されているが、本研究ではシステムの全体構成を以下の4つのステージに分類している。

- (1) 初期設定ステージ : 工事プロジェクト概要の設定、及び工事項目階層の組立
- (2) 概略レベルステージ : 概略工程シミュレーションを中心とした概略工程計画案の作成
- (3) 詳細レベルステージ : 実施工程計画における、概略レベル別のサブ工程の作成
- (4) 全体工程計画案ステージ : サブ工程を積み上げた全体工程計画案の作成

なお、図-7に示されている工程計画に関連する工事数量算出、原価管理、稼働日数算出システムは、2で述べたように本システム対象外として別サブシステムとして捉えることにしている。

以下において、上記の(1)～(4)のステージ別に詳細な説明を図-7のフローに従って行うこととする。

(1) 初期設定ステージ

ここでは、当該工事を把握するための工事プロジェクト概要設定と、工事項目階層の組立を行う。

a) 工事プロジェクト概要の設定

このステージは図-4に示した工事の「構想」段階のものであるから、施主との契約は成立しておらず、施主や設計者の意向と、技術的、地域・地質的、社会的な工事特性などの大まかな要素を設定するにとどまる。なお、請負工期、金額などのより実質的で詳細な概要は、概略工程決定後、契約に基づいて設定することとしている。

b) 工事項目階層の組立

続いて、工事項目階層の組立を行う。ここでは、計画者に提示される工事項目種類(レベル1)一覧から対象工事項目を選定して、標準D、Bから得られる階層構造を各レベルについて、項目の追加、削除、複写、移動、修正といった編集作業を行うことにより、当該工事独自の階層構造へと工事項目階層図を組み立てることとした。

(2) 概略レベルステージ

この概略レベルステージでは、概略工程計画案の作成と概略工程表の出力を行う。ここで言う概略工程とは、工事・工法(レベル4)を中心に検討したものであるが、ブロック割が必要な場合にはブロック(レベル5)までを対象としたものである。

以下、そのプロセスについて述べることにする。

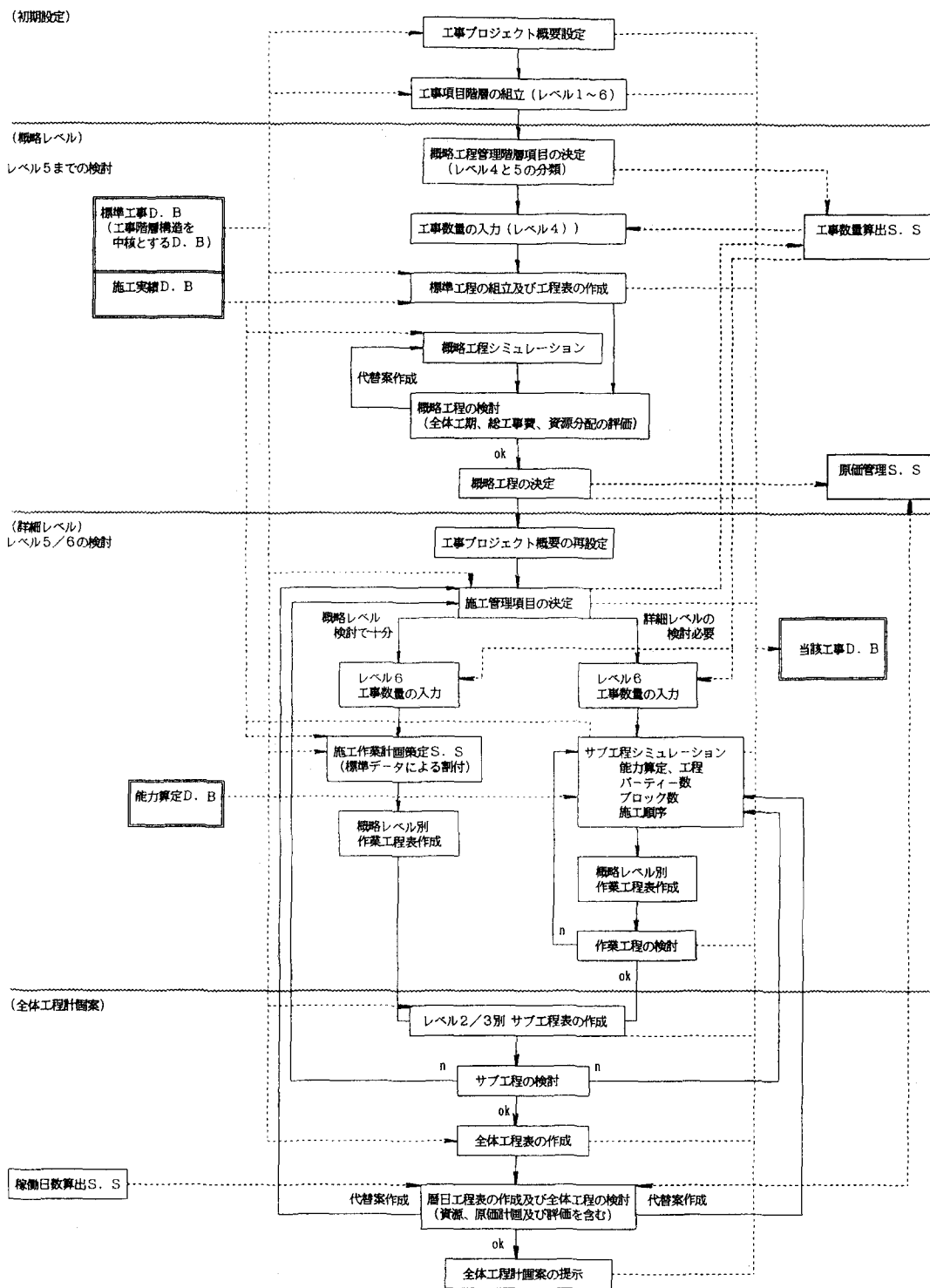
a) 概略工程管理項目の決定

ここでは、標準工程管理項目D、Bより提示される管理項目とそれに対応した管理レベル(4～6)項目を標準的な指標として、計画者が概略工程での管理項目を決定する。なお、ここで述べている管理項目とは、以下のプロセスにおいて概略工程の構成単位となるものであり、レベル4または5の項目である。

b) 工事数量の入力と標準工程の組立

ここでは、概略工程管理項目に対して、工事数量算出システムで算出されたレベル4の工事数量を入力し、この工事数量と標準D、Bより得られるデータ・情報をもとにして標準工程を組み立てる。

標準工程の組み立て方としては、まず概略工程管理項目別に施工条件を入力して、使用する工法・工種の選択と決定を行う。原則として標準の工法・工種を用いることとするが、(1)のa)で設定した



工事プロジェクト概要での工事・工法を選択することも可能としており、それぞれの工種・工法についての詳細な標準施工条件は選択と同時に確認出来ることとしている。

次に、標準施工能力D、Bあるいは施工実績D、Bから決定した工種工法についての施工能力データを得る。この施工能力データは、標準的な日当りの施工速度と投入パーティ数、及びその内訳である1パーティ当りの施工速度とその編成内容である。これら全てのデータは階層項目別に一度に計画者に与えられ、先の工事数量をもとにして工程（日数）を算出することとした。

そして、標準施工順序D、Bより得られるレベル別の順序関係を適用して、概略レベルの標準工程を組み立てることとした。標準工程は2.（3）で述べたように座標式工程表として表現することとしている。

なお、管理レベルが5のものは施工能力データを得た後、投入ブロック数を決定することとしており、ブロックを均等割りにすることとした。そして、ブロック当りの工事数量を算出した後、工程を算出することとしている。前述の施工順序D、Bは、階層レベル毎に施工順序が整備されており、ブロック・リフト順序もこれに含まれている。

c) 概略工程の検討と概略工程シミュレーションによる概略工程計画案の作成

ここでは、（2）のb)により得た標準工程に全体工期の短縮化と見積りによる総工事費の低減化、さらに概略的な時間と資源の適正配分について検討を加え、概略工程シミュレーションを行うこととしている。

全体工期の短縮については、技術的な面から拘束されるものも多いが自由度のあるものに対しての施工順序の変更や、クリティカルパス上にある概略工程管理項目の施工速度の変更、さらには工法・工種を変更することにしており、また、工事費の低減化については、工法・工種の変更、安全には支障の無い程度でのフロートの活用、山崩しによる資源の適正配分をおこなうこととした。いずれの場合においても、施工速度の自由度、施工速度の変更が容易である座標式工程表の利点を有効に活用して工程表上でシミュレートさせることにより、迅速な代替案の

作成とそれによる結果的に好ましい概略工程計画案を得ることが可能になると考えている。

（3）詳細レベルステージ

このステージでは、実施工程計画における施工管理項目を決定して、概略レベル（概略工程管理項目）別にネットワーク工程表を用いて作業計画を行う。以下、そのプロセスについて述べることとする。

a) 工事プロジェクト概要の詳細設定

ここでは、実施工程を計画するにあたって契約工期、請負金、使用工法、JV等の詳細な工事プロジェクト概要を設定する。

b) 施工管理項目の決定

ここでは、実施工程のフレームとおいた概略工程管理項目を、「概略工程計画での検討で十分であり、標準的なデータをそのまま扱えるもの」と、「概略工程シミュレーションにより変更を行った当該工事独自なもので、詳細レベルでの検討を必要とするもの」の2つに分類することとした。前者は管理レベル4または5の項目でありブレイクダウン的アプローチを行う。一方後者は管理レベル5または6の項目でありボトムアップ的アプローチを行う。その判断は、標準施工管理項目D、Bより得られるデータを基準に現場状況を考慮して、計画者が行うこととしている。よって、両者は、異なったプロセスでサブ工程計画を行うこととしている。

c) 作業工程計画とその検討

①概略工程計画での検討で十分な場合

この場合には、まずレベル6（作業項目）の工事数量の入力を行い、続いて作業計画策定サブシステムにより、概略工程管理項目の下へさらに詳細な作業計画を割り付けて行くこととした。

この作業計画策定サブシステムでは、まず標準施工能力D、Bあるいは施工実績D、Bに施工条件を入力することにより、作業能力、パーティ数、使用資源の種類と数量を得る。そして、作業数量と作業能力から所要日数を算出し、標準作業順序をベースとして作業計画を策定することとした。

なお、概略工程でレベル5を管理項目としたものはブロック数も入力して1ブロックあたりの工事数量の算出と、作業計画を行うこととしている。

②詳細なレベルでの検討が必要な場合

この場合には、詳細レベルでのサブ工程シミュレ

ーション結果により、作業工程を計画することとした。サブ工程シミュレーションは、能力算定、所要日数算出、作業順序の3つのシミュレートにより構成されている。

まず、ブロックリフト分割の有無を確認して、レベル6の工事数量を入力する。

次に、サブ工程シミュレーションを行う。ここでは、まず、施工条件と作業特性を基に、計画者が「施工実績D、Bによる能力算定」、「労務作業中心の能力算定」、「機械作業中心の能力算定」、「特殊施工法による能力算定」、「施工、作業能力の直接入力」の5つの算定法から使用する方法を選択し、作業条件を入力して、作業能力算定のシミュレートを行い、同時にパーティ数、使用資源の種類と数量を得る。なお、「施工実績D、Bによる能力算定」は、同一工事・工法（レベル4）や同一ブロック内に標準で取り扱える作業項目と不確定な作業項目が混在する場合に、前者の作業項目に対して使用することとしている。

続いて、このように得た作業能力と工事数量を入力情報として所要日数算出のシミュレートを行う。次に、概略レベル別の標準な作業順序に修正を加えて作業工程全体をシミュレートさせることにより、作業工程を組み立てるための作業順序を得ることとしている。

作業計画の検討では、概略工程計画の検討で割り付けた工程と、サブ工程シミュレーションにより求めた作業工程とを比較して、その差異を検討・評価する。資源山積み状態もここでの検討材料となる。

この検討によって作成されたサブ工程計画が、概略工程計画で検討した内容と大きくずれ実行困難であると判断した場合は、検討結果をサブ工程シミュレーションにフィードバックすることとして、最適な作業計画を得ることとしている。

（4）全体工程計画案ステージ

ここでは、前述の作業計画で作成したサブ工程表を積み上げていくことによるレベル2または3を対象としたサブ工程と全体工程の組立をネットワーク工程表を用いて行い、またその検討を行う。

a) サブ工程の組立とその検討

実際の建設工事においては、施設（レベル2）や場所（レベル3）別の工程表も要求されることから、

レベル4または5に集約した作業工程を構成単位としたサブ工程表を作成する。サブ工程の組み立てにあたっての施工順序は、基本的には概略工程計画で決定した施工順序を用いることとするが、作業工程に変更が生じ計画者が施工順序の変更が必要とした場合には修正を加えて決定することとした。

そして、サブ工程内における資源適正配分についての検討を行い、再度詳細な検討の余地があると判断した場合には、この検討結果を持って施工管理項目の決定またはサブ工程シミュレーションにフィードバックすることとしている。

b) 全体工程の組立とその検討

全体工程表の組み立ては、（4）a）で定めたサブ工程表を構成単位に置いて標準施工順序D、Bより得られるレベル別の順序関係に計画者が概略工程を参照しながら修正を加えて作成することとした。

検討に対しては、作成した全体工程が契約事項を満足しているかを確認すると共に資源の山崩しより適正配分を行う。また、稼働日数算出サブシステムより得られる月別稼働日数を用いて作成した暦日工程表もここでの検討材料とする。そして、この検討結果により変更事項が生じた場合は、先のサブ工程表の検討と同様に施工管理項目の決定またはサブ工程シミュレーションにフィードバックさせて代替案を作成することとした。

7. おわりに

本論文では、現場マネジメント業務のシステム化といった目標に対して、中核となる施工計画・管理業務のシステム化の基本的方針を示したと共に、本研究で開発する施工計画支援情報システムの方法論を中心として述べてきた。

現在の本研究は、システム機能の概略設計の段階にあるが、今後さらに研究を進め、具体的なシステムの詳細部についての設計を行い、より実用的なシステムを構築していこうと考えている。

参考文献

1) 春名 攻：建設業の現場マネジメント業務のシステム化に関する研究，第14回土木情報シンポジウム，1989,10.