

オンサイトマネジメントにおける 工程計画システムの利用に関する研究

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

京都大学研究員(フジタ工業㈱) 正員○池田將明

1. はじめに

筆者等は“建設業における生産性の向上”という視点から、特に現場事務所における工事マネジメント業務(On-site Management)に焦点をあてて、これを機能論的に整理し直し、OA機器の利用を前提としてトータル的にシステム化するためのシステム設計の方法論とシステム構築に関する研究を行っている。この過程で、工事マネジメントにおいて工程が中核的役割を果たしていると考え、これまで工程に関する計画と管理(いわゆるマネジメント)のシステム化を進めてきた。

本論文では、始めに工事マネジメントにおける工程の位置づけを明確にし、次に今回第一次開発がほぼ終了した工程システムの概要とそこでの考え方、および今後の検討課題に関する考え方について述べる。

なお、これまでの研究経過および工程システム全体の考え方については、前回の発表論文¹⁾を参考にして戴きたい。

2. 工程システム開発研究の位置づけ

(1) 研究のねらい

工事マネジメントにおけるシステム開発には、開発対象の期間的な視点から①短期的立場、②中期の立場それに③長期的立場によるものと、対象とする業務改善の程度から①現状の小改善、②現行業務のコンピュータ化、それに③コンピュータ利用を前提に業務のやり方から変えていく方法など、様々な考え方がある。²⁾

本研究は、この中で基本的には中・長期的立場に立ち、現業業務をコンピュータ利用を前提に抜本的に改良して行くことを目的としている。

従って、工事マネジメントの構成やこの中での工

程の位置づけをシステム論的に明確にして置くことが非常に重要となる。

(2) 工事マネジメントの概念構成

建設現場における工事マネジメントは、構成要素に視点を置いて概念的にとらえると①原価、②工程、③品質(技術)、④主体資源(労務と機械)および⑤資材の5つの要素により構成される。

また時間的階層性に視点を置いて概念的にとらえると①全体レベル、②月間レベル、および③日常レベルに分れ、この各々のレベルにおいてPDS(Plan・Do・See)サイクルが存在すると考えられる。

例えば、工程に関してこの概念を図示すると図-1のようになる。つまり工程のマネジメントでは、まず①計画を立案し、次に②その計画を基準に施工し、ある期間ごとに③工事の進捗状況を分析し、④計画にフィードバックして工程を予測し、もし問題がある

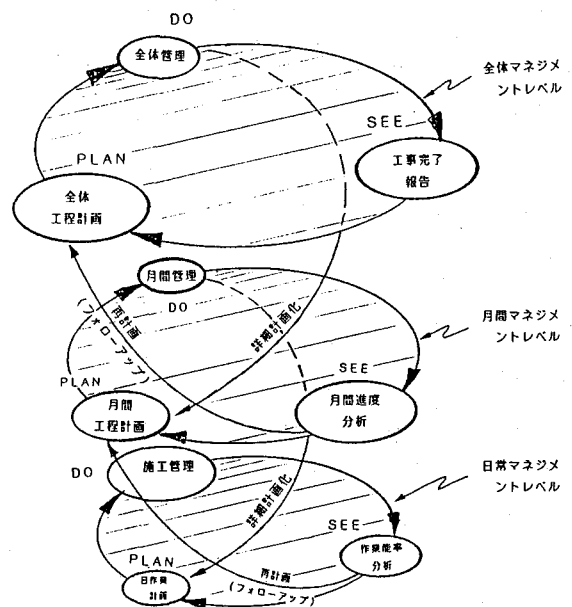


図-1 工程マネジメントの階層構造

る場合は、⑤より上位のレベルに遡って計画を再検討する、というサイクルとなる。

(3) 工事マネジメント業務の流れ

次に工事マネジメントにおける工程の位置づけを明確にするために、この5要素に属する代表的な業務を階層的なPDS サイクル構造として図-2のように整理してみた。

この図では、まだ工事マネジメント業務を完全には現しきっていないが、全体レベルにおいては工程が、日常レベルでは資源（労務・機械・資材）が、また月間レベルでは原価が各々重要な位置を占めていることが分る。

(4) 工事マネジメントにおける工程の位置づけ

一般に工程のシステム化といった場合、計画作成機能だけが重要視されるが、図-2のように工事マネジメント全体の中で考えると他要素との関連が非常

に強いことが理解出来る。これは、実行予算作成や調達計画等の基本データを提供するという計画面ばかりでなく、最終原価予測等の評価段階においても残工事数量の算出等に重要な位置を占める。また、日常マネジメントレベルにおいても、日作業計画から作業指示書の作成に寄与出来るなど、工事マネジメントの全ての面で関係が深いといえる。システム化にあたっては、この点を重視し開発研究して行くことが肝要であると考ええる。

3. 工程システム開発研究の経過と概要

(1) 開発研究の経過

この工程システムは、昭和59年 9月から工程計画手法と現業業務システムの研究と平行して開発が進められてきた。昭和60年 6月頃に全体工程計画作成

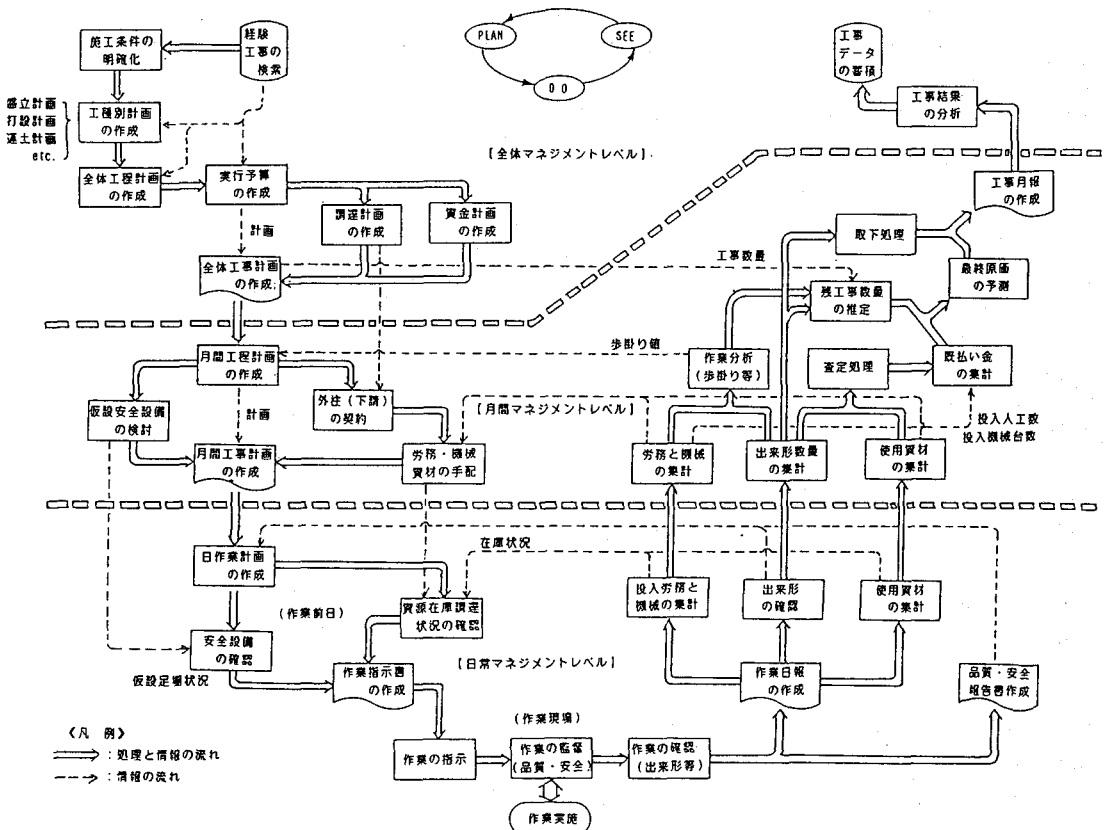


図-2 土木工事におけるマネジメント業務の流れ

とフォローアップ部分のシステム化がほぼ終了したため、コンクリート構築工事において運用実験を開始し、運用と改良を重ねながら現在に至っている。

この工事概要を簡単に示すと、雨水洪水調整用に建設されている地下滞水池築造工事で、貯水容量3万 m^3 、構築工の工期約1年間である。図-8にこの工事の工程計画図の一部を示す。

この結果様々な問題点が提起され、現在この改良と業務システムのより詳細な分析を行っている。

(2) システムの利用目的

このシステムの現段階での利用目的は、コンクリート構造物工事の詳細工程計画、もしくはダム等の複合工事における概略レベルでの全体計画において、当初計画の作成および実績値に基づいた再計画（フォローアップ）である。

ただし、工法の選択や重機や大規模な仮設設備等を決定する構想計画は、事前に実施されていることを前提としている。

(3) システムの機能構成

現時点でこのシステムの備えている主な機能を列挙すると以下になる。また参考までにシステムメニュー画面の一部を図-3に示す。

a) 工事概要データの登録・変更機能

工程計画図等に記載するために、工事名称・工事金額・工期などの工事概要データを登録・変更する。

b) 工程データの登録・変更機能

作業（activity）内容・作業順序関係・ブロック名称・表示方法（通日or暦日）・休日指定などの工程計算に必要なデータを登録・変更する。

図-5にネットワークデータの入力画面を示す。

c) 全体工程の日程計算機能

2レベル・4順序関係によるネットワークモデル（後述）により全体工程の日程計算を行う。また実績データを入力することにより再計算（フォローアップ）を行える。（図-10）この計算では、指定により休日を考慮することができる。

d) 資源（出来高）の山積計算機能

工程計画における資源配分状況を評価する目的で、資源および出来高数量の山積計算を行う。

e) 工程計画図の作成機能

全体または月間の工程計画図をプロッターまた

はプリンターで作成する。（図-8）

f) 作業実施データの入力

フォローアップするために、工程作業の実施開始日および実施終了日を入力する。（図-9）

Fujita On-site Management System 60-09-11 10:14
【工程マネジメント・システム】

標準作業ファイル BENSE 地下滞水池用
処理対象工程 TAKKA

1. 当初計画の作成（変更） 2. フォローアップ（全体計画の更新） 3. 工事完了報告書の作成 4. 月間工程計画の作成 5. 月間工程計画の修正 6. 月間進捗状況の把握 7. 日作業計画の作成 8. 作業実績の入力 9. 標準作業の登録（修正）	【データの登録数】 標準作業： 23 工程作業： 703 順序関係： 781 【処理の進捗状況】 終了日：61/ 3/24 更新日：60/ 6/18
---	--

番号をキーインして下さい。
 終了 日 付 時 間 工 務 部

(a) 工程システムメニュー

Fujita On-site Management System 60-09-11 10:18
【当初計画の作成（全体レベル）】

標準作業ファイル BENSE 地下滞水池用
処理対象工程 TAKKA

1. 工事概要データの登録（変更） 2. 工程データの登録（変更） 3. 全体工程の日程計算 4. 資源（出来高）の山積み計算 5. 資源の山均し作業 6. 工程計画図の作成（プロッター） 7. 工程計画図の作成（プリンター） 8. 9. 工程計画の画面表示	【データの登録数】 標準作業： 23 工程作業： 703 順序関係： 781 【処理の進捗状況】 終了日：61/ 3/24 更新日：60/ 6/18
---	--

処理する番号をキーインして下さい。
 終了 日 付 時 間 工 務 部

(b) 当初計画作成メニュー

Fujita On-site Management System 60-09-11 10:25
【工程計画データの作成】

標準作業ファイル BENSE 地下滞水池用
処理対象工程 TAKKA

1. 工程作業と作業順序データの登録（変更） 2. 一覧表による作業順序データの登録（変更） 3. ブロックデータの登録（変更） 4. 日暦表示法 5. 休日の指定	【データの登録数】 標準作業： 23 工程作業： 703 順序関係： 781 【処理の進捗状況】 終了日：61/ 3/24 更新日：60/ 6/18
--	--

番号をキーインして下さい。
 終了 日 付 時 間 工 務 部

(c) 工程計画データの作成メニュー

図-3 工程システムのメニュー画面

g) 工程計画の画面表示

工程計画のチェックや進捗状況の把握のために、表または図を画面上で見ることが出来る。工程図は、全体図とこの一部分を拡大した拡大図の2種類で表現されている。(図-6)

h) 標準作業の登録・変更機能

入力作業簡素化の目的で、よく使用される作業を予め登録して置くことが出来る。

4. システムの特徴とその考え方

前回の論文¹⁾では、建設工事における工程システムが必要とされる機能について様々な角度から検討したが、ここでは今回システム化するに当たって具体的に検討した点について述べる。

(1) ネットワーク表現法

ネットワーク法を用いた工程システムでは、建設工事を容易に表現出来ることが重要である。そこで、従来のPERT手法に替り最近ではプレシーデンス法が利用されるようになった。

当システムでは、前回発表した3通りの作業順序関係(SS関係、FS関係、およびBF関係)¹⁾に、今回特に資源の転用関係を現わすRE(Resource remove)関係を追加した。

このRE関係は、日程計算のロジックはFS関係と変わらないが、工程計画を他の関係と分けて判断し易く表現する場合に有効である。またこの関係はいわゆる管理的順序関係と呼ばれ、技術的順序関係に比して緩い関係であるので、今後この関係を利用した最適化計算法に利用出来ると考えている。

【標準作業一覧表】 Taka: 60-09-11 11:37

No	コード	略称	作業名称	作業数量
1	TK01	鉄筋	鉄筋加工	20 0
2	TK02	鉄筋	鉄筋組立	227 鉄筋工
3	K001	型枠	型枠組立	221 型枠大工
4	K002	型枠	型枠解体	225 型枠解体工
5	CT01	コン	コンクリート打設	219 コンクリート工
6	CT02	コン	コンクリート配管	219 コンクリート工
7	AB01	足場	足場組立	223 足場大工
8	AB02	足場	足場解体	225 足場解体工
9	FS01	基礎	基礎掘削	211 土工
10	FS02	基礎	基礎型枠組	221 型枠大工
11	FS03	基礎	基礎コンクリート	211 土工
12	FS04	基礎	基礎工	211 土工
13	FS05	基礎	基礎工	221 型枠大工
14	FS06	基礎	基礎工	219 コンクリート工
15	FS07	基礎	基礎工	223 足場工

参照する番号を入力しなさい。

検索 登録 印刷 挿入 削除 変更

図-4 標準作業の一覧表画面

(2) 工程計画の階層性への対応

一般的に長期間にわたる土木工事においては、その工程計画立案にあたっては、まづ概略レベルで工法の選択や重機や大規模な仮設設備等を設定した構想計画を策定し、半年から1年先を詳細工程へ分解し

【アクティビティ一覧表】 Taka: 60-09-11 10:28

No	コード	作業略称	作業名称	作業時間	作業数量
1	4001	床付	5次床付掘削工	20 0	8000.00 m3
2	4002	型材	型材取付工	6 0	1065.00 m
3	4003	梁組	5次梁組工	9 0	410.00 t
4	4004	基礎	基礎工	6 0	0.00
5	-1	K001	基礎 基礎掘削	4 0	145.00 m3
6	-2	K002	基礎 基礎型枠組	1 0	8.00 m2
7	-3	K003	基礎 基礎コンクリート	1 0	73.00 m3
8	8003	J001	測量 測量	2 0	0.00
9	8004		下床 1-1 下床構築工	14 0	1784.00 m3
10	-1	TK02	鉄筋 下床鉄筋組	9 0	115.00 t
11	-2	K001	型枠 下床型枠組立	2 0	219.00 m2
12	-3	CT01	コン 下床コンクリート打設	1 0	1784.00 m3
13	-4	K002	型枠 下床型枠解体	2 0	219.00 m2
14	8005		下床 下床構築工	16 0	0.00 m
15	-1	TK02	鉄筋 鉄筋組立	2 0	0.10 t

参照する番号を入力しなさい。

検索 登録 印刷 挿入 削除 変更

(a) 作業の一覧表

【アクティビティの内容表示】 No 10 60-09-11 10:42

- 1) アクティビティコード B004 - 1
- 2) 作業コード TK02
- 3) 作業略称 鉄筋
- 4) 作業名称 下床鉄筋組
- 5) 作業時間 a) 確定日入力 9 0
b) 歩掛り算定
c) 施工速度
- 6) 作業数量 115.00 t
- 7) 主体資源コード 227 鉄筋工
投入数 0.0
- 8) 歩掛り値 1.468

検索 印刷 作業No 区作業関係作業 印刷

(b) 作業内容の入力

【作業関連関係データ】 Taka: 60-09-11 10:42

60-09-11 10:42

対象作業 10: B004-1 下床鉄筋組

先行作業		
コード	作業名称	関係
J004-1	下床鉄筋組立	RE: 0

後続作業		
関係	コード	作業名称
FS: 0	B004-2	下床型枠組立
RE: 0	K004-1	下床鉄筋組

終了 ☐ 印刷 ☐ 作業No

☐ 区作業関係作業 ☐ 印刷 ☐

(c) 作業の順序関係

図-5 工程データの入力画面

ていく過程を踏むのが一般的である。

そこで当システムにおいても、この工程計画の階層性に対応出来るように、概略レベルと詳細レベルの2階層のData構造をとっている。

従って日程計算においては、以下の2ステップで行っている。

Step.1 詳細レベルのサブネットワークを計算する。

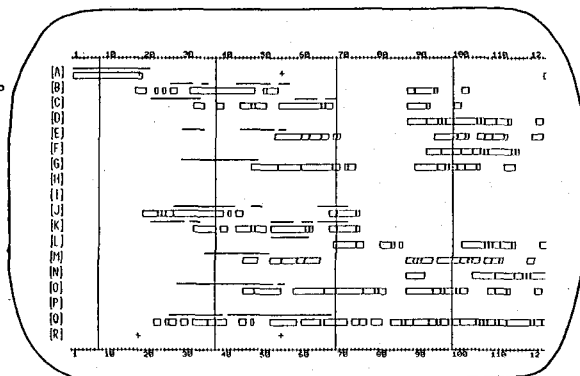
Step.2 全体の日程計算を詳細レベルで行なう。

これは、異なるサブネットワーク間にも資材転用等の詳細レベルでの関係が存在するためである。この例を図-7に示す。

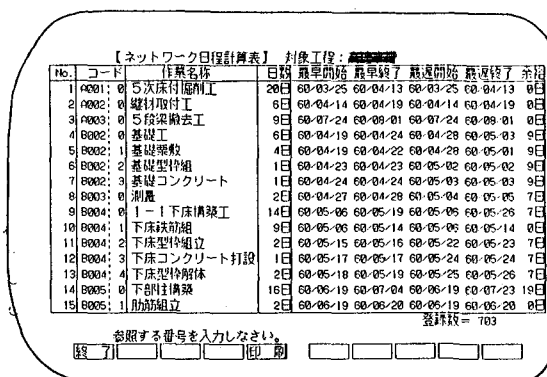
(3) 対話型データ処理

一般にパソコンを用いた業務システムの特徴は、身近にいつでも利用出来ることの他に、コンピュータに不馴れた技術者でもデータ処理を対話型で簡単に出来ることである。

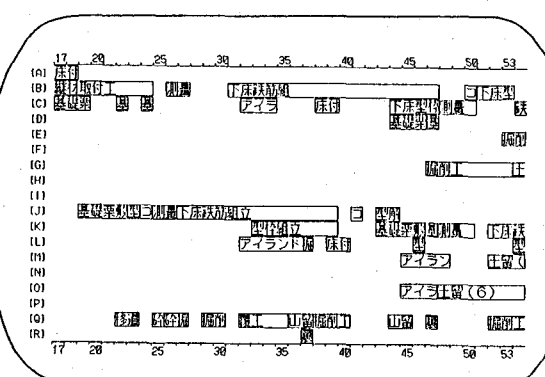
確定だった施工条件が次第に明確となるし、また施工環境も変化するのが一般的である。そこで工事マネジメントにおいては、これらの変化にいかにか素早く、また柔軟に対応し計画にフィードバック出来る



(b) 全体図



(a) 工程計画表



(c) 拡大図

図-6 工程計画の画面表示

また土木工事は、一般に施工条件が複雑であるために様々な条件下での計画のシミュレートが必要になる。また期間も長く不確定要因も多いことからデータ変更の頻度も多くなるので、工程データが容易に作成・変更出来ることは大変重要である。

当システムではこの点に注意を払い、①使用頻度の高い標準的な作業の事前登録(図-4)②作業と順序データの分割登録(図-5)、および③工程図による視覚的なデータチェック機能(図-6)などを備えている。

(4) フォローアップによる工程予測

土木工事で、一般に工事の進捗とともに不

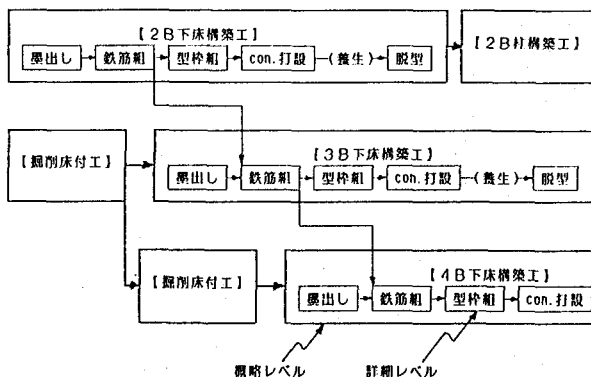


図-7 階層的工程データ構造の例

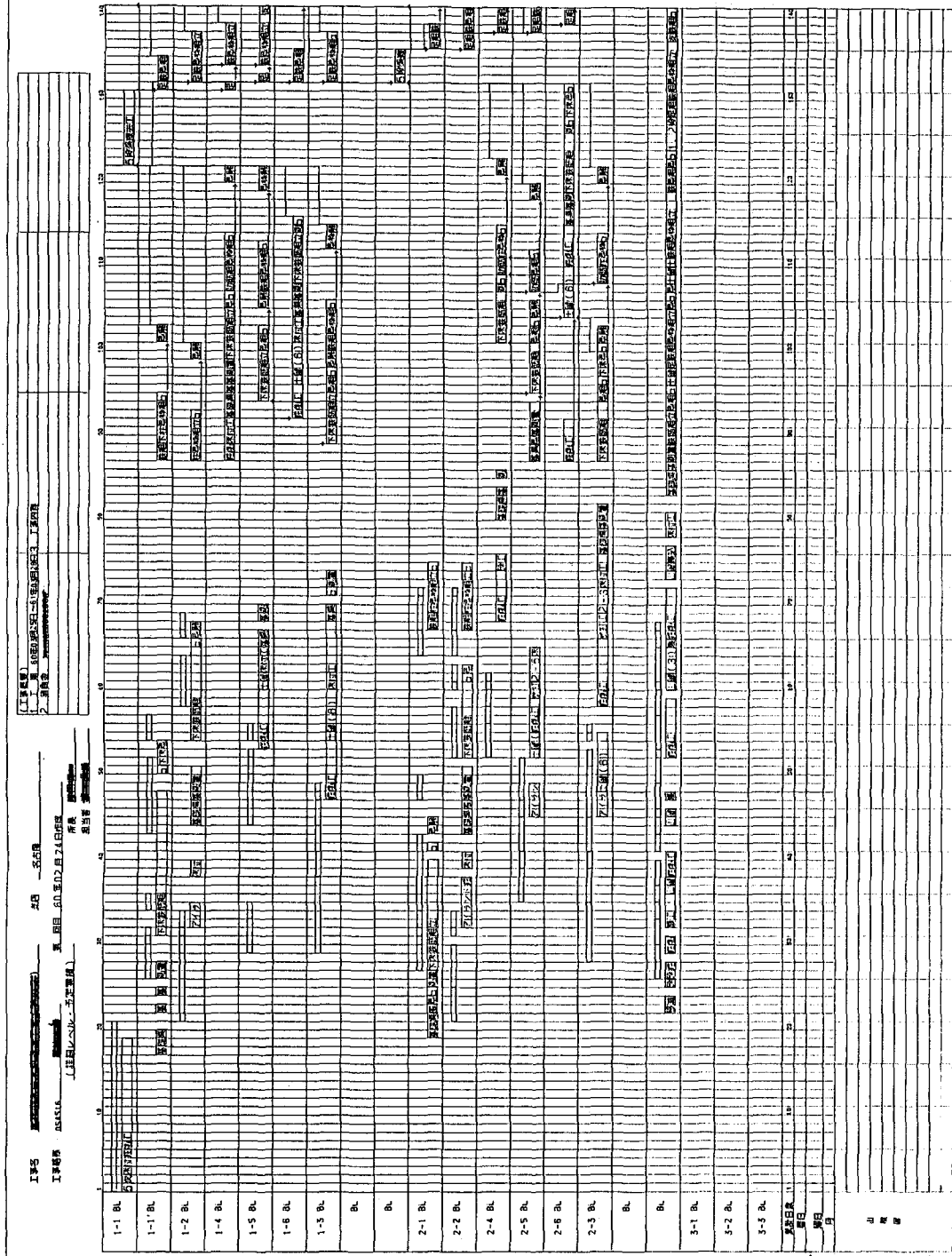


図-8 運用実験工事における全体工程計画図

かが重要となる。

当システムでは、このために作業の開始と終了を入力するだけで、後は自動的に日程を再計算する（フォローアップ）機能を備えている。（図 -10）

(5) 支援情報システム

このシステムでは、現在16bit パーソナルコンピュータ（NEC PC-9800）を用いて開発を行っている。運用実験で使用している機器構成は、①本体（CPU-8086, Memory-384KB, Display）、②外部記憶装置（Floppy Disk-2MB）、および③出力装置（Printer, Plotter）である。

また開発用言語は当初NEC N88-日本語BASIC を用いていたが、処理スピードを速くするためにMS-DOS 上で稼働するコンパイラ型NEC N88-日本語BASIC に変更した。

7. 工程システムにおける今後の検討課題

当システムは前述したように、実際の工事で運用実験を継続しており、この結果様々な問題点が発見された。また、開発研究はまだ第一段階に達した所であり、今後の検討課題は山積みの状態である。

これらの課題を整理すると以下ようになる。

(1) データ作成の簡略化

データ作成や変更の困難さがネットワーク手法の利用を阻害していることはこれまでもしばしば指摘されてきている³⁾が、今回の運用実験においてもその声が強かった。

今後は、工事別に標準化されたWBSを研究し、これをデータベース化して利用する方法⁴⁾を検討して行く必要があるだろう。

(2) フォローアップ時におけるデータの修正法

土木工事においては工事条件の不確実性から当初計画されていた作業予定がその場で変更されることがよくある。例えば、①予定以外の作業が生じる場合、②予定していた作業が必要なくなる場合、③作業が中断する場合、あるいは④資源転用順序関係において作業の先行関係が逆になる場合などである。

現在のシステムではこれらの場合、計画まで遡って修正しなければならないが、マネジメント業務の流れから考えると実績入力の時点で対応出来るようにする必要がある。

(3) 資源配分の最適化法

工程決定に重要な役割を果たす資源配分の問題に関

【作業実施状況一覧表】 対象工程: 基礎工

No.	コード	作業名称	所定日数	予定開始	予定終了	実施開始	実施終了
220	0004	山留(3)	3日	60-05-12	60-05-14	60-05-23	60-05-27
221	0004	山留敷込工	1日	60-05-15	60-05-15	60-05-28	60-05-28
222	0005	掘削(4)	8日	60-05-16	60-05-23	60-05-29	60-06-07
223	0005	掘削工	4日	60-05-16	60-05-19	60-05-29	60-06-03
224	0005	山留(4)	3日	60-05-20	60-05-22	60-06-05	60-06-06
225	0005	山留敷込工	1日	60-05-23	60-05-23	60-06-07	60-06-08
226	0006	床付工	4日	60-05-24	60-05-27	60-06-10	60-06-12
227	0007	基礎工	3日	60-05-28	60-05-30	60-06-16	未完了
228	0007	基礎築敷	2日	60-05-28	60-05-29	60-06-17	未完了
229	0007	基礎コンクリート	1日	60-05-30	60-05-30	未着手	未完了
230	0008	3ブロック下床構築工	9日	60-06-19	60-06-27	60-06-15	未完了
231	0008	測量	2日	60-06-19	60-06-20	60-06-17	未完了
232	0009	鉄筋組立	4日	60-06-21	60-06-24	未着手	未完了
233	0009	型枠組立	2日	60-06-25	60-06-26	未着手	未完了
234	0008	コンクリート打設	1日	60-06-27	60-06-27	未着手	未完了

登録する番号を入力しなさい。
終了 印刷

登録数 = 703

図-9 作業実施状況一覧表画面

【フォローアップ計算(全体工程の再計算)】 60-09-11 10:52

1. 計算対象工程	基礎工
2. 現在登録されている工程作業数は、	703
3. 現在登録されている作業順序関係数は、	781
4. 前回の計算日	昭和60年 7月27日
5. 工程開始日	昭和60年 3月25日
6. フォローアップ開始日	昭和60年 6月18日 06

これから中途作業の進捗日数を入力します。
 印刷

(a) 計算開始画面

【中途作業の進捗状況一覧表】 対象工程: 基礎工 11 11:21

No.	コード	作業名称	所定日数	予定開始	予定終了	実施開始	進捗日数
1	0007	基礎工	3日	60-05-28	60-05-30	60-05-16	00
2	0007	基礎築敷	2日	60-05-28	60-05-29	60-06-17	00
3	0008	3ブロック下床構築工	9日	60-06-19	60-06-27	60-06-15	00
4	0008	測量	2日	60-06-19	60-06-20	60-06-17	00
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							

登録する番号を入力しなさい。
終了 印刷

中途作業数 = 4

(b) 中途作業の進捗日数入力画面

図 -10 フォローアップ処理画面

して、当システムではまだ本格的な取組み方はしていない。これについては、“対話型法”や“CPM山均法”を考えており⁵⁾、これらを当システムに組み込めるように今後検討していきたい。

(4) 工事の分析機能の検討

図-1に示したように工程のマネジメントは、PDSサイクル、つまり計画・実行および分析を基本としているが、このシステムではこの分析部分をあいまいにしており、本来のマネジメントシステムとは言えない。

そこで、作業歩掛り等の工事分析法に関しても平行して研究しており⁶⁾、今後この分析機能の位置づけや、利用する分析手法、情報や業務流れを当システムの中で明確に行きたい。

(5) 支援システムのレベルアップ

この工程システムでは、技術者が直接コンピュータと対話しながらマネジメント処理を進めて行くことが前提であるので、コンピュータの応答時間（レスポンスタイム）が技術者の思考の連続性を阻害しない程度に短い必要がある。

しかし、今回運用実験をしている工事は、工期約1年のコンクリート構築工詳細工程（作業数 703、順序関係数 781）であるが、日程計算に約20分間必要とし、妥当な応答時間とは考えられない。

また、対話型工程システムでは、処理結果を画面上に視覚的にうまく表現することが重要であるが、現在の支援システム機器構成では限界が感じられる。

コンピュータの進歩は急激でありまたコストとの関係もあるが、今後はより適切な機器を検討して行く必要があると考える。

8. おわりに

工程計画および管理に関する我々の研究は、今回基本部分のプログラム化が終了したことにより、これから本格的な段階へ進める状態となった。

今後は、実際の工事での運用実験を通して、土木工事における工程マネジメント業務の解明とシステム改良を進めて行きたいと考えている。

本システムの開発および運用実験に当っては、フジタ工業㈱の藤田興一、渡信義、野末晃、太田宏通の各氏に協力して戴いたのでここで謝意を表したい。

【参 考 文 献】

- 1) 古川和広・春名 攻・池田将明：工程管理手法の問題点とPersonal Computerによる管理手法のシステム化、第9回電算機利用に関するシンポジウム 講演概要、1984年10月
- 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、第2回工事マネジメント問題に関する研究討論会 講演・資料集、1984年11月
- 3) 山本幸司：施工計画・管理手法としてのPERT系技法の現状と今後、第1回工事マネジメント問題に関する研究討論会、1983年11月
- 4) 嘉納成男：工事計画管理支援システム、第2回工事マネジメント問題に関する研究討論会 講演・資料集、1984年11月
- 5) 古川和広・春名 攻・池田将明：資源制約を考慮した工程計画化の研究、土木学会第40回年次学術講演会概要集第6部、1985年 9月
- 6) 池田将明：統計的手法による歩掛りデータ利用の研究、第2回工事マネジメント問題に関する研究討論会 講演・資料集、1984年11月