

# 招待論文

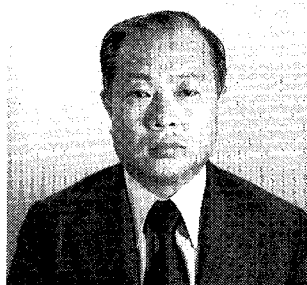
## 施工計画学の歴史と展望

### SYSTEMS APPROACH FOR CONSTRUCTION MANAGEMENT

#### —TODAY AND TOMORROW—

吉川和広\*

By Kazuhiro YOSHIKAWA



#### 1. 施工計画・管理技術開発の必要性<sup>1)~3)</sup>

社会の近代化・産業化の進展に伴って一般に分業が発達し、土木技術者も計画と設計と施工に分かれてその役割を果たすようになってきている。工事の計画・設計は、その目的とする建設物の機能・形状・寸法や出来ばえを規定する機能であり、施工は設計図面および仕様書に基づいて建設物を造り出すために、どんな方法で工事を施工するかを計画して実施し、管理する機能である。このように機能的に分業していても、互いに総合目的との一貫性をたえず心掛けなければならないことはいうまでもない。

近年技術革新が進んで、調査・計画・設計などにおける技術の進歩が顕著であると同様に、施工法、施工機械、施工管理などにおける技術の発達も日進月歩である。特に近年における建設機械化の発達と施工技術の革新に伴って、工事の大規模化、複雑化、多様化が急速に進展しつつあり、品質向上、工期短縮などが要求されている。その結果、施工計画・管理はますます複雑かつ困難となってきた。したがって、施工技術が進歩しても施工計画、管理の近代化、合理化がこれに伴わない限り、せつ

かくの技術革新もその効果を十分に発揮できなくなってしまふ。そこで、施工技術の水準にふさわしい施工計画、管理の発達が不可欠のものとなってきた。

1960年代にはハード技術を中心とする施工技術のめざましい進展をみたが、1973年の石油ショック以来、資材調達や物価不安定下での見積技術、リスクを回避するための契約方法などが最大の関心事となり、さらに社会的には環境保全、建設公害に対する配慮が重視されるようになってきた。今後ますます厳しさを増す社会的、経済的制約のもとで、量から質への転換が要請され、施工計画・管理に代表されるソフト技術の充実が欠くべからざる要件となってきている。

土木工事の生産活動は、工業生産における典型的な一般工場生産に比べると、多くの顕著な特性を有しているが、ここで基本的な特性を列挙してみると、

- ① 土木工事は注文生産であることから、その設計仕様は工程ごとに異なる。このため工事施工の合理化、標準化が困難である。
- ② ひとことで土木工事といっても、港湾・道路・鉄道・河川・海岸・ダム・都市土木というように、その内容は広範囲にわたり、かつ工事ごとに規模が異なるため、施工手段の標準化や統一的な基準の設定が困難である。

\* 正会員 工博 京都大学教授 工学部土木工学科  
(〒606 京都市左京区吉田本町)

- ③ 屋外作業が主体で、多くの自然生成物を材料としているので、自然の影響力を大きく受ける。しかし、これらの影響を適切に評価するための手段がまだ十分確立されていないため、人間が制御できる部分が比較的限られている。
- ④ 土木工事は受注生産かつ属地生産であることから、各工事を確実に施工するためには、必要な種類・数量の建設機械や資材を必要とする時期に現場へ搬入しなければならない。このため生産性の向上や高度の生産管理が困難である。
- ⑤ 建設業では、生産工場である工事現場の数が多く、かつそれらが散在し、そのうえ工事現場を単位として施工や経営活動を行う場合が多いので、集中管理を行うことが困難である。

しかし、前述したような土木工事の大規模化、複雑化、多様化は限られた個人の経験の範囲で土木施行に関する諸問題の解決を図っていくという従来の方法を非常に困難なものとしつつある。したがって、このような問題に対処するためには、主観的判断にのみ依存するのではなく、客観的な評価体系を組み込んだ新しい施工計画・管理技術の開発とその導入が必要となってくる。

今後の経済の安定成長期においては、ますます厳しさの度を増す社会的制約のもとで、量から質への転換が要請され、施工計画・管理に代表されるソフト技術の充足が欠けからざる要件となってきた。このため最近においては、施工計画・管理面に現われる問題を解決するためのシステムズアナリシスの研究、また施工計画・管理のための OR や IE などの手法開発が鋭意進められている。さらに最近では、単なる生産工程を管理する技術から、経営全般を対象とする技術の管理にまで拡大され、TQC の積極的な導入が図られるようになってきた。さらに、オフコンやマイコンなどのコンピュータシステムを高度に利用した現場計測技術や現場の施工管理技術も次々と開発されてきている。

## 2. 欧米におけるプロジェクト・マネージメントシステムの展開<sup>4)~6)</sup>

プロジェクト・マネージメント手法にはじめて科学的な分析が試みられたのは、アメリカ合衆国のポラリス・ミサイル計画においてであった。1950年代のアメリカにおいては、政府や民間のプロジェクトがマンモス化し、かつ工期の制約が厳しかったため、旧来の管理方式では役に立たなくなってきた。このため、OR 手法を導入した新しい管理手法の開発が要請され、ここに新しいマネージメント・システムの新分野が誕生することとなった。1957年から1958年にかけてアメリカ海軍は、ポラリス・ミサイル開発計画を推進するために SPO

(Special Project Office) を設置し、これまでにない革新的な日程管理技法である PERT を完成させた。一方、これと時を同じくして民間企業デュポン社の OR チームによって開発された CPM は、新しいプラント建設計画を実施する場合に有効な管理手法として効果をあげた。

これらのネットワーク手法を中心とした日程管理技法は、ともに改良・工夫され、またコンピュータ技術のめざましい発展と相まって政府のプロジェクトはもとより民間のあらゆるプロジェクト・タイプの計画に最も有効なマネージメント・ツールとして広く普及利用されることとなった。

PERT はもともと日程計画からスタートしたが、1962年頃から人員・機械などの資源の制約を考えに入れたマンパワー・スケジューリングやコスト・コントロールにまで発展し、PERT/COST システム (IBM 7090) として完成し、1967年に総合的なプロジェクト・マネージメント・システム PMS/360 が発表され、現在の PMSⅣに至っている。

プロジェクト・マネージメント手法が最近になって急速に発展してきた原因は、WBS (Work Breakdown Structure) の寄与するところが大きい。今日ますます複雑化し、かつ大規模化していくプロジェクトを適切に管理していくためには、プロジェクトのコストおよびスケジュール・パフォーマンスに関する情報を有効に組み合わせ、必要な報告レポートを作成していくための情報システムが要求される。WBS の考え方は、CPM スケジュールとコスト・コントロールの両次元を1つのマネージメント・システムの中で相互インテグレートしていくための必要性から生まれてきた。

このようなプロジェクト・マネージメントのためのコンピュータ・ソフトウェアが数多く開発されているが、そのうちの主なものを2~3紹介すると以下のとおりである。

CIPREC (Conversational and Interactive Project Evaluation and Control) は最近、IBM 社によって発表されたもので、完全なインタラクティブ・システムを採用したプロジェクト・マネージメント・ソフトであり、そのアプリケーションの内容は、表—1に示すとおりである。

ICES PROJECT-1 はアメリカ合衆国 MIT の土木工学システム研究室を中心に開発 (1965~1968) された ICES サブシステムの1つであり、ネットワーク手法に基づくプロジェクトのプランニングとコントロールを支援するためのソフトウェアである。

NEW ICES PROJECT-1 はカナダのケベック大学のグループによって開発され IUG バージョンとして提

表一 CIPREC のアプリケーション

- Project modeling
  - IJ and precedence networks, which can be mixed in the same project
  - Tree structures (work breakdown, organization tables, cost type classification)
  - Multiple flexible day profiles
  - Multiple calendars
  - Project summarization by milestones and by hammocks
  - Project expansion by fragmet
- Time analysis
  - Traditional early/late dates and float calculation
  - Secondary late dates and floats
  - Time slacks
  - Checklists
  - Splitting of activities in progress
  - Automatic progress reporting
- Resource analysis
  - Multiproject
  - Resource tracking and scheduling
  - Used-by-job and carried-forward resources
  - Activity tying and splitting
  - Cumulative and exclusive resource groups
  - Efficiency ratios
- Cost analysis
  - Costs defined at the level of activity, work package, and organization code
  - Financial planning
  - Accounting
  - Cost performance measurement

供されている。主な機能としては、ネットワーク・グラフィックス、資源の最適配分などの新しい機能が追加されている。

最近では、パーソナル・コンピュータの技術革新によって、これまで大型コンピュータや高級ミニコンでしか利用できなかったプロジェクト・マネージメント・システムが、現場サイドにパソコンを導入して手軽に利用できるようになった。パソコン用プロジェクト・マネージメント・パッケージも、最近では大型ソフトをしのぐ勢いで開発されている。

### 3. わが国における施工計画研究の発展<sup>2),7)</sup>

アメリカ合衆国スタンフォード大学では、すでに30年以前から「施工計画・管理」に関する教育研究が行われているし、その他欧米の有名大学においても、この分野の充実はめざましい。それに比べ、わが国の大学では「施工計画・管理」を専門に教育する講座のないこと、またその研究を行うために必要なデータは、とかく個別企業内だけに温存されがちであること、またその研究成果は個別企業のノウハウの問題として公開されにくいことなど幾多の問題をかかえている。

わが国においても、10年ぐらい前から徐々にではあるが土木学会の電算機利用に関するシンポジウムで、データベースと積算システムに関するパネルディスカッションが行われたり、施工計画・管理に関する投稿論文も多くなってきた。土木学会の土木計画学研究委員会における施工分野の研究活動を行うことを目的として、1976年8月に施工計画問題分科会が設置された。当分科会は、地下鉄工事、宅地造成工事、地下空調掘削工事の施工計画問題に関する研究活動を行い、その成果は1976年1月に開催された第1回土木計画学研究発表会において発表された。

1979年8月には、施工情報システム分科会が新たにスタートした。この分科会では、現場管理情報システムおよび現場計測情報システムの2つのグループに分かれて研究活動を行い、それらの成果は、1982年1月に開催された第4回土木計画学研究委員会のワークショップにおいて発表討論された。

1982年7月に土木計画学研究委員会常置の小委員会として昇格が決定し、施工情報システム小委員会として活動することとなった。当小委員会では、研究テーマとして次の5つを取り上げ研究活動を行っている。

- ① 工事マネージメントシステム研究
- ② 現場計測システム研究
- ③ 工事原価管理システム研究
- ④ 計画・管理技法研究
- ⑤ マネージメントシステム開発研究

そして研究成果は1983年11月および1984年11月に開催された研究討論会で発表され活発な討論が行われた。

さらに、この施工情報システム小委員会は、長年にわたる自主的で活発な研究活動が認められ、1984年11月に建設マネージメント委員会として、土木計画学研究委員会から独立し、施工計画・管理技術開発のための活発な研究活動が行われている。今や土木施工学には、「施工技術」と「施工計画・管理」との二大分野がしだいに形成されつつあるが、委員会活動や研究討論会の回を重ねることによって、ソフト技術としての「施工計画・管理」の体系化が図られている。

### 4. 施工計画の体系化とOR手法

#### (1) 施工計画の重要性と作成手順<sup>9)</sup>

施工計画とは、図面、仕様書等に定められた工事目的物をどのような施工方法、段取りで施工するか、工事途中の管理をどうするか等を定めるものであり、工事の施工および施工管理の最も基本となるものである。

土木工事は、工事の内容、規模、施工場所、施工条件がそれぞれ異なるので、その工事を円滑に進めるには、

その工事に適した施工計画を立案することが必要である。近年、土木工事の施工にあたっては、機械を積極的に利用するようになったため、一般に工事が大規模化し、かつ複雑・多様になってきているが、これらの工事を体系的に施工するには、綿密な施工計画をたてる必要がある。

施工計画は、工事施工全般の基本となるものであるから、工事の内容、契約条件、現場の状況等を十分調査、把握し、工事目的物の品質の確保、工期の厳守、費用の軽減、安全の確保などの工事目標を達成させることを念頭に置いて立案しなければならない。土木工事の施工法にはいろいろな工法があり、それぞれに特徴をもっているため、その中から、その工事に最も適した工法を選ぶことが大切である。特に大規模な工事の場合には、その工事に採用できる工法も多いので、選定にあたっては、その工事のいろいろな条件、特質を十分考慮すると同時に、どの条件、特質を重点に考えるかを定める必要がある。また工事の工区割り、施工の順序についてもいく通りも考えられるので、その工事の特殊性を考慮し、その工事に適した工区割りや施工順序とすることが重要なことである。

次に、施工計画を作成する作業の手順は、おおよそ次のとおりである。

- ① 発注者が明示した工事内容、契約条件をよく理解する。
- ② 現場の自然条件および人為的条件をよく調査し、それらの諸条件を把握する。
- ③ 主要な工事の施工方法および施工順序等の概略を作成し、技術的な検討および経済的な比較を行い、基本構想を決定する。
- ④ 作業可能日数、作業量、平均施工速度等を考慮しながら全体の工程計画(総括工程計画)を作成する。
- ⑤ 機種を選定、人員の配置、資材の需給などを検討して、工事の詳細工程計画を作成する。
- ⑥ 仮設備の設計および配置計画を行う。
- ⑦ 総括工程計画および詳細工程計画について、工期、工程を検討し、最適な工程表にする。
- ⑧ 工程計画に基づいて、労務、資材、機械などの調達、使用計画、輸送計画をたてる。
- ⑨ 現場組織の構成および配置計画を行い、実行予算書の作成、品質管理の方法、仮設備計画、機械や資材の配置計画、安全計画等を作成する。
- ⑩ 検討された事項のうちから必要な事項および計画を施工計画書にまとめ発注者に提出す

る。

このように、工事内容、制約条件、現場条件等を十分考慮して各計画が作成され、検討、修正を繰り返し、その工事に最も適した施工計画がつくられる。このような施工計画の作成手順をフロー図として表わすと、図-1に示すとおりである。

(2) 施工計画の作成作業

a) 工程計画の作成<sup>8),9)-11)</sup>

施工計画の立案にあたっては、まず工程計画を決める必要がある。工程計画は、工事の内容、工期、施工条件、現地の実情などを総合的に加味し、施工計画の基本方針に基づいて決められる。そのためには、建設機械の選定、

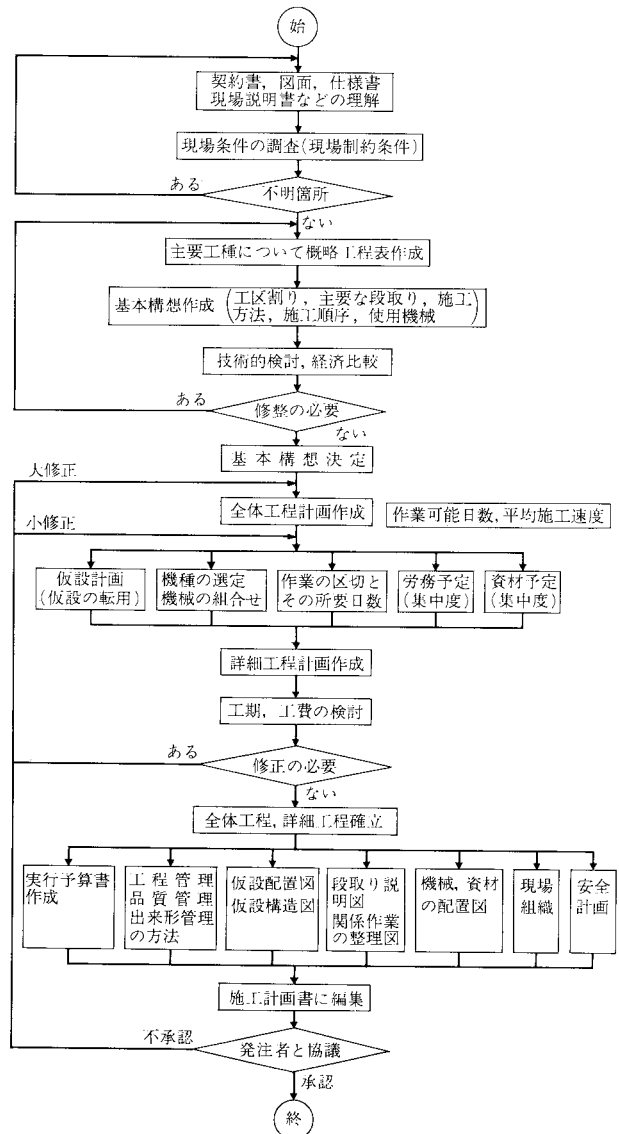


図-1 施工計画作成のフロー

材料・労力の使用計画（資材計画，要員計画），現地の状況，施工の季節，気象水文条件等あらゆる関連条件を的確に把握したうえで次の手順で決定する。

- ① 各工程の施工順序を決める。
- ② 各工程の適当な施工期間を決める。
- ③ なるべく全工事期間中の作業を平均化する（機械・労務の使用計画と関連して）。
- ④ 各工程が適当な時期に完了し，工期内に完成するよう計画する。
- ⑤ 総括工程計画を作成し，工事実施の基本方針を明らかにするとともに，材料・労務・機械等の使用計画を作成する。
- ⑥ 総括工程計画の枠内で，工事実施へ向けての詳細でかつ具体的な詳細工程計画を作成する。
- ⑦ ネットワーク表示された詳細工程計画にデットラインカットオフ法<sup>12)</sup>を適用し，毎月を単位とした月間工程計画を作成する。

総括工程計画，詳細工程計画および月間工程計画作成手順の概要をフロー図として表わすと，図-2～4に示すとおりである。

b) 機械設備の選定<sup>8)</sup>

近年，土木工事の施工にあたっては，機械の活躍はめ

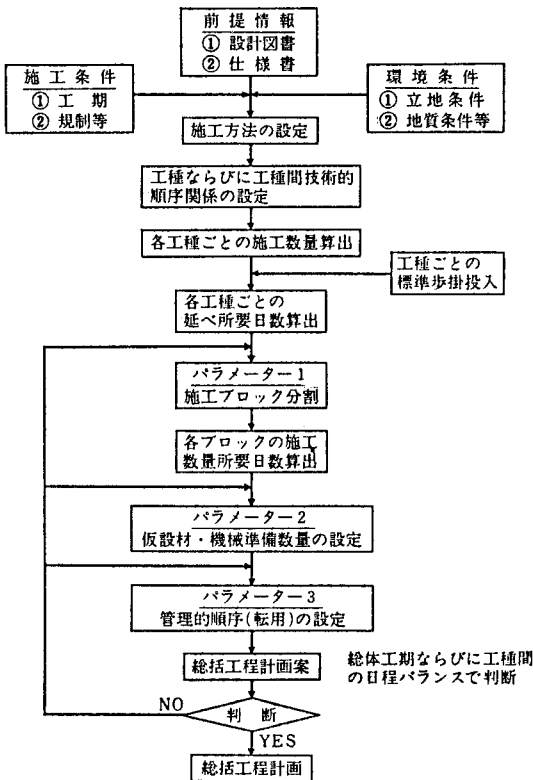


図-2 総括工程計画作成のフロー

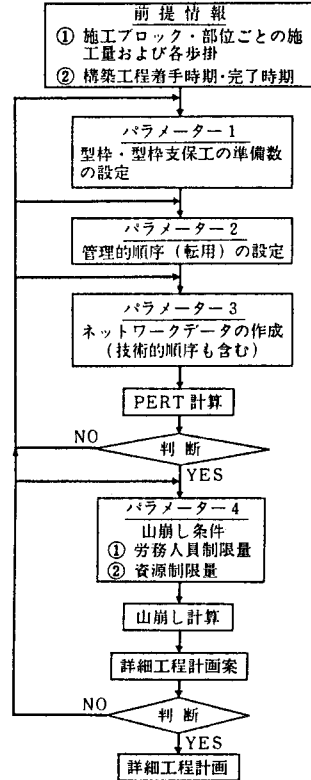


図-3 詳細工程計画作成のフロー

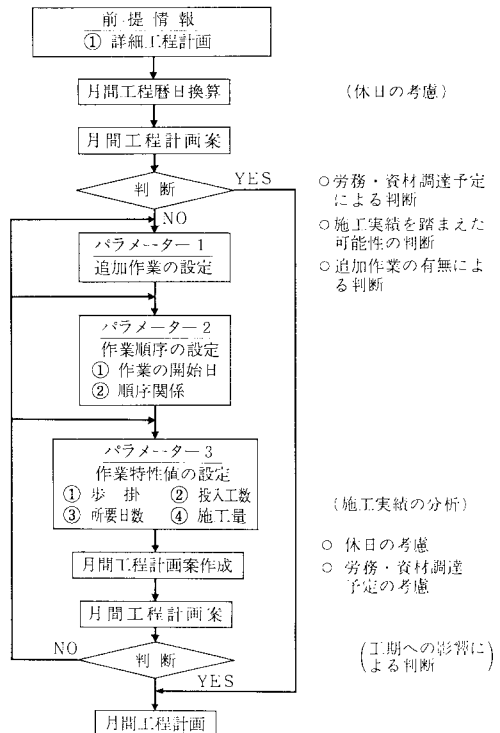


図-4 月間工程計画作成のフロー

ざましいものがある。工事内容、数量、施工法に適した機械の種類、容量、台数等が定められる。土木工事には多くの作業種類があるのでそれぞれに適した機械を選定することが大切である。また、作業によっては数機種を組み合わせる使用するので、適正な組合せとすることが必要である。また、機械にかかる経費はかなり大きいので、できるだけ効率的に稼働するようにすることが大切である。

c) 工事用施設の配置<sup>8)</sup>

工事用施設は、その工事期間中固定するものが多いので、工事全体のことをよく把握したうえで決めなければならない。工事用施設の配置にあたっては、現場の地形、各作業位置との関係から、材料、仮設材の流れ、運搬距離等を考慮して現場内がふくそうせず作業が円滑に行えるよう配置しなければならない。

d) 労務、機械、資材の使用計画<sup>8)</sup>

施工法、機械設備等が決まると各作業の工程が具体的にになり、それに従って、労務計画（要員計画）、機械稼働計画、資材計画を作成する。労務計画にあたっては、できるだけ工事期間中平均して使用するような工程となるよう考慮することが大切である。機械、資材は、その使用予定に合わせて、適時に現場に搬入されるように輸送計画を立てる必要がある。また、資材の現場での保管量が多くなったり品切れを起こすことのないよう、さらに機械の遊休期間が長くなったりしないようにすることが大切である。

e) 実行予算と資金計画<sup>8)</sup>

工事を円滑に施工するには、綿密な施工計画に基づいた労務、資材、機械等の計画が総合的に機能することが必要である。これらの計画をコストによって表わしたものが実行予算である。実行予算の作成にあたっては、工事の要素別、すなわち材料費、労務費、外注費、経費等の別に作成する方法と、工事の工程別すなわち道路工事、土工事、橋梁工事等の別に作成する方法とがある。そして、工程計画、労務計画、機械計画、資材計画に合わせて資金計画を立てることが必要である。

(3) 施工計画のためのOR手法<sup>1), 11)~15)</sup>

最近においては、施工計画面に現われる問題を解決するためのシステムズアナリシスの研究、また施工計画のためのORを用いた手法の開発が鋭意進められている。奥村組の河原畑氏は、これまでのこの分野に関する研究成果を整理して、施工計画のためのシステムモデルを図一5のようにとりまとめている。これらのシステムモデルを、今後大いに活用していくことにより、施工計画業務の科学化を進めていかなければならないと考える。

表一2は、企画・設計・施工計画、施工管理という工事のプロセスにおいて発生した問題を解決するために、

表一2 施工計画・管理のためのORモデル活用状況

| 手法         | プロセス  | 企画・設計 | 施工計画 | 施工管理 |  |
|------------|-------|-------|------|------|--|
| 統計的手法      | 回帰分析  |       |      |      |  |
|            | 時系列分析 |       |      |      |  |
|            | 多変量解析 | 因子分析  | ●    |      |  |
|            |       | 主成分分析 | ●    |      |  |
|            |       | 数量化Ⅰ  | ●    |      |  |
|            |       | 数量化Ⅱ  | ●    |      |  |
|            | 数量化Ⅲ  | ●     |      |      |  |
| 信頼性理論      |       |       |      |      |  |
| 線形計画法(LP)  | ●     | ●     |      |      |  |
| 目標計画法(GP)  |       | ●     |      |      |  |
| 確率的計画法(SP) |       | ●     |      |      |  |
| 動的計画法(DP)  |       | ●     |      |      |  |
| ネットワーク     | PERT  |       | ●    | ●    |  |
|            | CPM   |       | ●    |      |  |
| 座標式工程計画法   |       | ●     |      |      |  |
| 待ち行列       | ●     | ●     |      |      |  |
| シミュレーション   | ●     | ●     | ●    |      |  |
| ゲーム理論      |       |       |      |      |  |
| LD         | ●     |       |      |      |  |
| 産業連関       | ●     |       |      |      |  |
| 計量経済モデル    | ●     |       |      |      |  |
| メッシュ・アナリシス | ●     |       |      |      |  |
| OD表        | ●     |       |      |      |  |
| グラビティ・モデル  | ●     |       |      |      |  |
| 透視図        | ●     |       |      |      |  |

表一3 施工計画の各項目におけるORモデルの活用状況

| 施工計画<br>手法 | 全体<br>工程<br>計画 | 要員<br>配置<br>計画 | 機械<br>配置<br>転用<br>計画 | 出来高・<br>費用<br>計画 | 資材<br>運搬<br>計画 | 資材<br>揚重<br>計画 | 運<br>土<br>計<br>画 | 掘削土<br>砂搬出<br>計画 | コンクリ<br>ート<br>計画 | ソフト<br>スケ<br>ジュール | ソフト<br>スケ<br>ジュール | 鉄筋<br>合取<br>計画 | グラ<br>ウト<br>計画 |
|------------|----------------|----------------|----------------------|------------------|----------------|----------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|----------------|----------------|
| 線形計画法(LP)  |                | ●              |                      |                  |                |                | ●                |                  |                  |                   |                   | ●              |                |
| 目標計画法(GP)  |                | ●              |                      |                  |                |                |                  |                  |                  |                   |                   |                |                |
| 確率的計画法(SP) |                | ●              |                      |                  |                |                |                  |                  |                  |                   |                   |                |                |
| 動的計画法(DP)  |                |                |                      |                  |                |                |                  |                  |                  |                   |                   |                |                |
| PERT       | ●              | ●              | ●                    | ●                |                | ●              |                  |                  |                  |                   |                   |                |                |
| 座標式工程計画法   | ●              | ●              | ●                    | ●                |                |                |                  |                  |                  |                   |                   |                |                |
| 待ち行列       |                |                |                      |                  |                |                | ●                |                  |                  |                   |                   | ●              |                |
| シミュレーション   | ●              | ●              | ●                    | ●                | ●              | ●              | ●                | ●                | ●                | ●                 | ●                 | ●              | ●              |

わが国の大手建設業によって実際にどのような手法が活用されたかを調査したものである。表一3は、表一2の施工計画プロセスで活用された手法が、具体的にどのような施工計画の項目に適用されているかを分析したものである。

5. 施工管理の体系化とOR手法

(1) 施工管理の意義と種類<sup>8), 16)</sup>

施工管理とは、工事を無駄なく、無理せず円滑に進めるために、計画を立て、その計画に基づいて施工し、その結果が計画との間に差があるならばその原因を追求し、それを改善するとともに、工事途中における条件の変化に適時適切に対応する統制の機能をいう。

施工管理は、管理の目的、工事の生産手段等によって分類することができる。まず、管理の目的によって次の

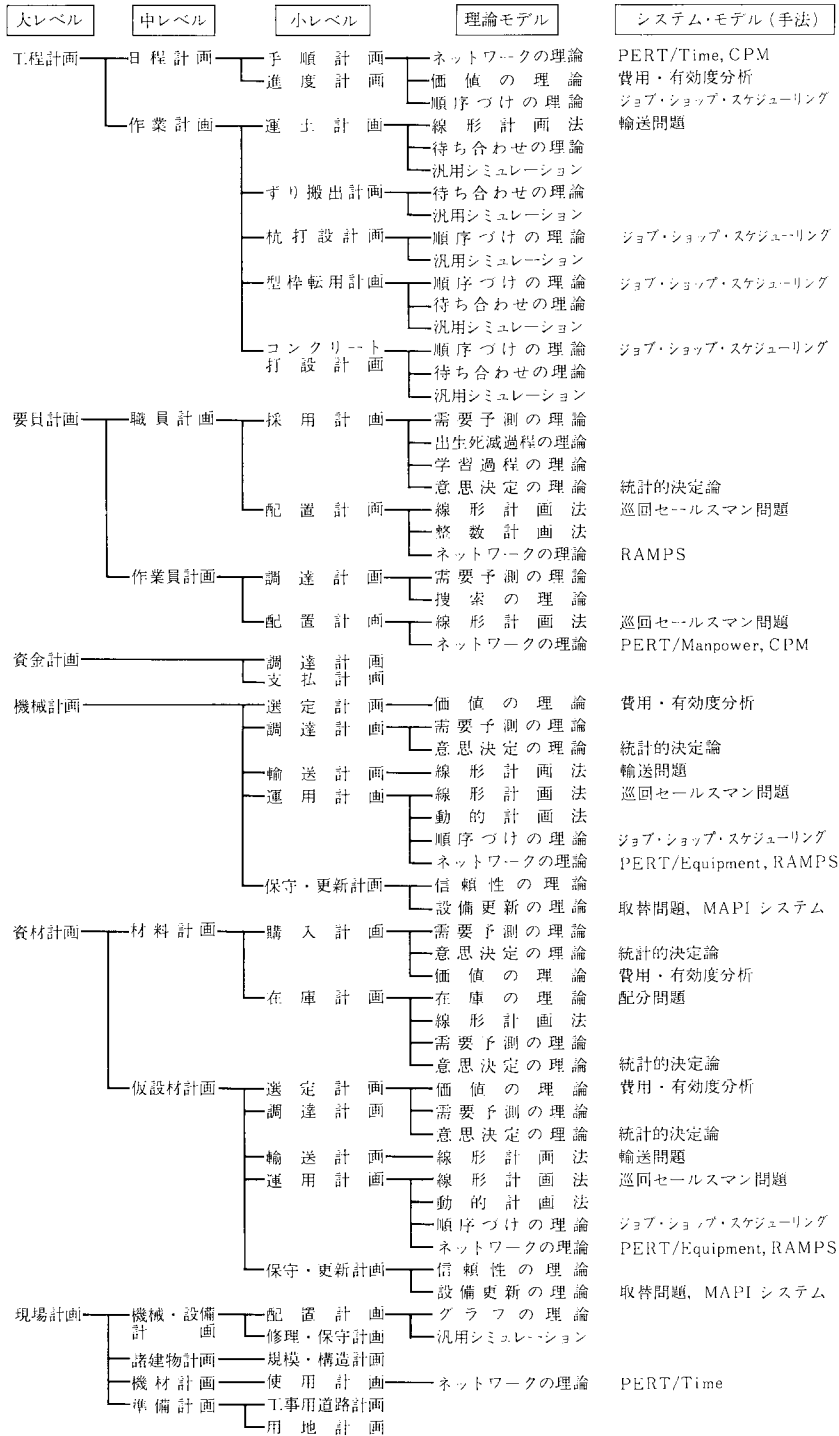


図-5 施工計画のためのシステムモデル一覧

ように分けることができる。

- ① 工程管理——工期を厳守し、合理的、経済的な工程とすることを目的とする管理である。

- ② 品質管理——出来形、品質を確保することを目的とする管理である。

- ③ 原価管理——工事に要する費用をできるだけ効率

のかつ経済的にすることを目的とする管理である。

- ④ 安全管理——工事の安全を徹底することを目的とする管理である。

次に、工事の生産手段によって分けると、次のようになる。

- ① 労務管理——要員配置などを中心にして行う管理。
- ② 資材管理——工事に使用する材料および仮設に必要な資材について行う管理。
- ③ 機械管理——機械の配備、整備等について行う管理。
- ④ 輸送管理——資材、機械、作業員等の輸送について行う管理。
- ⑤ 資金管理——資金の調達や労務費、資材、機械の使用等に必要な資金の支払いなどについて行う管理。
- ⑥ 作業管理——作業の手順や方法について行う管理。
- ⑦ 現場管理——作業現場内の各作業の調整、仮設備の保守、作業現場と第三者との調整や現場内の整理整頓などについて行う管理。

施工管理は、一般に工程管理、品質管理、原価管理、安全管理によって行われることが多く、労務管理、資材管理、機械管理、輸送管理、資金管理、作業管理、現場管理などは、特に複雑な工事などで、工程管理、品質管理、原価管理、安全管理の補助的なものとして、それぞれ必要なものについて行われる。

施工管理は、まず、いろいろな条件を考慮しながら目的に合った計画を立案することから始まる。次いで、その計画に基づいて実施し、その結果を調べて、計画と異なっておれば、異なることとなった原因を調査し、計画に合わせるようにコントロールするとともに、条件などの変化があれば、それを加味して計画を修正するなどの統制を行って管理の1サイクルが終わることとなる。このサイクルの繰返しによって工事が進捗するのであるが、管理の流れを図に表わすと、図-6 のようになる。

次に、工程管理、原価管理、安全管理の3つの管理の関係はお互に関連しており、一般に次のような関係にあるといわれている。図-7 のように、一般に工程と原

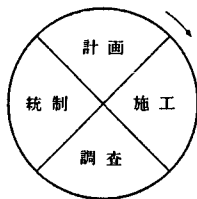


図-6 管理のサイクル

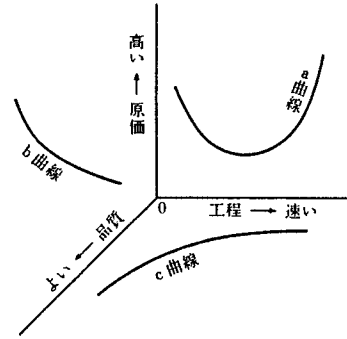


図-7 工程・原価・品質の関係曲線

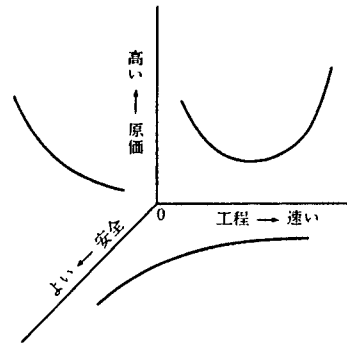


図-8 工程・原価・安全の関係曲線

価との関係は a 曲線が示すように、施工を速めて施工数量を多くすると単位数量当たり単価は安くなるが、突貫作業をすると逆に原価は高くなる。原価と品質の関係は b 曲線が示すように、品質をよくすれば原価は高くなる。また品質と工程との関係は c 曲線が示すように、施工を速めて突貫作業をすると、品質は悪くなる。

安全管理と工程管理、原価管理の関係は、上述の工程管理、品質管理、原価管理の3つの関係における品質指標と安全指標を入れ替えた関係になる。すなわち、その関係を表わすと図-8 のようになる。したがって、工事の品質、工期、安全について所定の条件を満足しつつ、いかに経済的に施工を計画し、かつ管理するかが土木工事の施工管理の眼目である。

(2) 工程管理<sup>8), 11), 13), 14), 16), 17)</sup>

工程管理は、工事の実施過程における工程の計画と管理を目的とするものであるが、工期は着工から完成までの各工程を時期的に確保し、品質は各工程において作り込まれ、そして工事の原価は各工程において発生するものであるから、工程管理は施工管理にとって総合的な管理手段であるといえる。

工程管理においては、日々の作業が予定どおり進行しているかどうかの進捗管理が大切であるが、これに基づいて必要な機械、材料、労力などの準備を行う。また、



必要により作業の改善、工程の促進あるいは工程計画の再検討が必要となる。

工程の進捗管理は、主に工程表を用いて行われるが、工程表には、バーチャートによるもの、アロー型ネットワークによるもの、プレシードンス型ネットワークによるもの、工程管理曲線によるもの等が開発されている。

(3) 品質管理と現場計測<sup>9), 16), 18)</sup>

品質管理とは、発注者が要求する品質を満足な水準に保ち、また向上しようとする意識的な努力を、すべて品質管理と呼ぶことができる。したがって、生産活動の場では、何らかの形で常に行われているものである。

一般的な土木工事においては、科学的な基礎に基づいて客観的に管理を実施できるようにするため、統計的品質管理が活用されている。統計的品質管理は、 $\bar{x}$ -R 管理図、 $\bar{x}$  管理図、p、 $P_n$  管理図、cu 管理図などの管理図を用いて実施される。

次に、品質管理において検査というのは、品質を何らかの方法で測定した結果を判定基準と比較して個々の品

質の良、不良またはロットの合格、不合格の判定を下すことである。一般に標本抽出論に基づく抜取検査が行われている。

また最近では、NATM や連続地中壁に作用する土圧の測定など、現場計測技術の発展はめざましいものがある。土木工事における現場計測の目的は、さまざまに変化する自然条件下での施工において、常に求められている高い安全性、高度な品質を確保できる管理方法を確立することである。このため、センサー、コンピュータ等の最新技術を利用した計測技術の開発が行われている。出来形・出来高計測は、品質管理だけではなく、工程管理や原価管理にとっても重要な要素であり、プロセスコントロールの最も大切な情報となる。応力・変位計測は工学的な意味をもつのみではなく、安全管理上の危険予知やその対策に重大な要素となる。現在はまだ有効な計測手段が確立されていないが、たとえば画像認識による出来形や工事進捗の記録、サーモスキャナーによる作業員や重機類の稼動状況の監視・記録などで実用化される

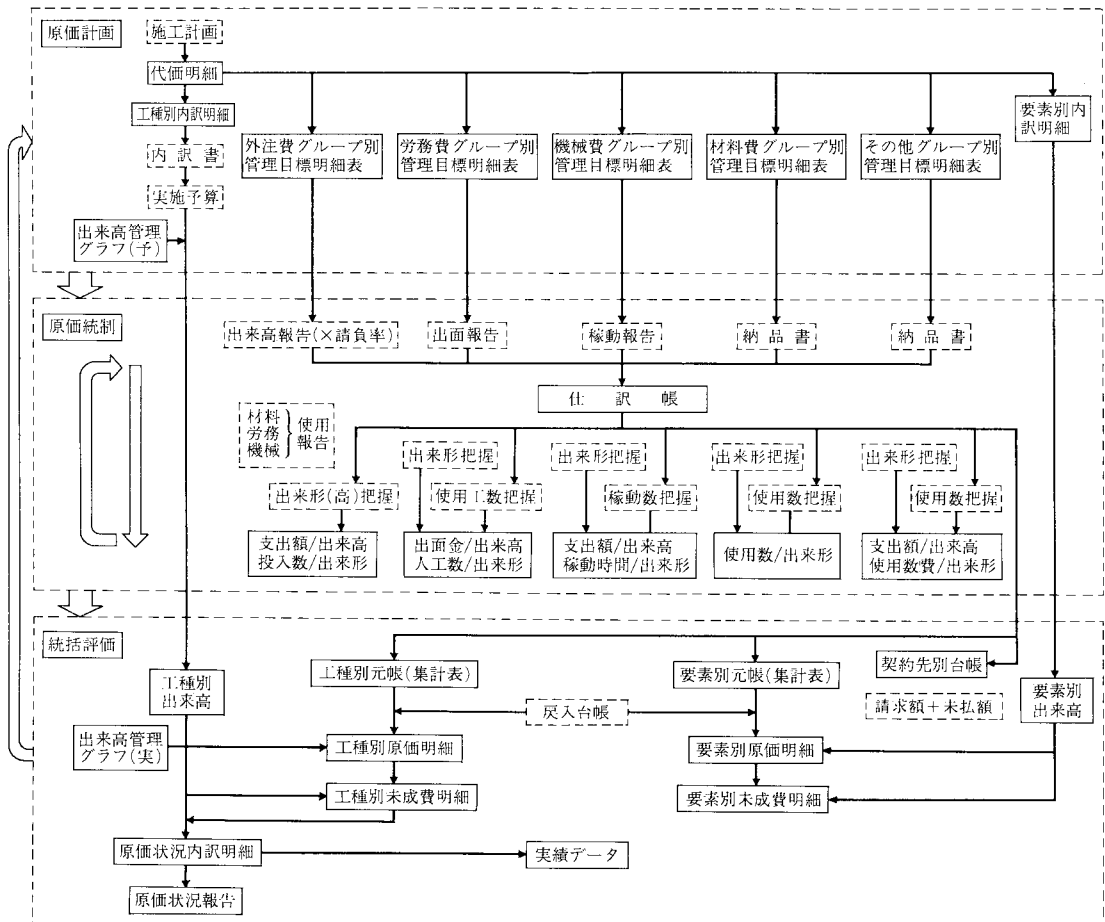


図-9 工事管理会計による原価管理処理の流れ

のもそれほど遠い将来ではなからう。

(4) 原価管理<sup>8), 19), 20)</sup>

建設業はその歴史も古く、したがって長年にわたって培われた工事施工における原価管理の手法もそれなりに存在し、現在も使われている。しかし、将来においては、より合理的、効率的に運用可能な原価管理手法を確立していくことが、企業の発展にとって重要となってくる。

現在実施されている財務会計上の原価管理は、建設業として選択の余地のない必須の条件であるため、建設業の各社とも省力化のための電算化が進んでいる。しかし工事実施の段階で必要なのはコストコントロールであり、これは現在の財務会計のもとでは行にくいという問題点が指摘されている。このため工事管理会計による原価管理システムを設計していくことが必要となる。この場合、法を背景として義務づけられている財務会計と工事管理会計の接点をいかにうまく取るかについて工夫しなければならない。

工事原価管理システムとしては

- ① 目標原価の算定システム
- ② 最終予想原価の算定システム
- ③ 完成工事原価の整理分析システム

という3つのサブシステムの設計が重要であると考えられている。コンピュータを活用した工事原価管理システムの開発が、現在建設業の各社で鋭意進められているが、ここでは、奥村組によって開発された工事管理会計による原価管理の流れを紹介しておくこととしよう。

(5) 安全管理<sup>9), 16)</sup>

工事の施工法、工程、作業内容など詳細な施工計画を決める段階では、施工の過程で予測される不安全状態、不安全行動に対し重点管理目標を設定し、必要な基準、講ずべき措置を計画してそれぞれを関係者に周知徹底させる必要がある。

安全管理の目的は災害の排除にあり、災害の発生要因には不安全な状態と不安全な行動とがある。安全管理の手法を考えるには、設備、機械、環境などの不安全な状態の排除と、作業方法、作業行動などの不安全な行動の排除とをそれぞれ分けて考えるのがよい。



図-10 不安定な状態の排除

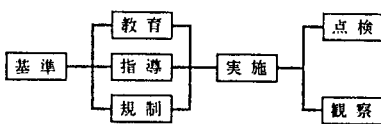


図-11 不安定な行動の排除

(6) 現場工事管理システム<sup>21)</sup>

最近進歩のめざましい小型コンピュータを直接現場に導入し、現場で直接施工管理を行うことにより、土木工事の合理化を目指す動きが活発となってきている。ここでは、鴻池組によって開発された現場工事管理システムとしてのCOMETについて、その概要を紹介しておくこととしよう。

COMETのシステムコンセプトは図-12に示すとおりである。COMETにおいては、①工程計画を現場工事管理の出発点と考えている。②本設材数量管理、③仮設機材運用管理は工程計画を対象にしながら進められるものといえる。本設材数量管理と仮設機材運用管理のデータに基づき、④資機材原価の分析管理が行われることになる。

次に作業の実績データ、COMETではいつ、どこの、誰が、何の作業を行ったかを記録した労務・機械の作業日報によって、作業実績データを収集する方式をとっているが、この作業実績データから実績工程を把握することができ、工程計画とつぎ合わせて⑤工程管理がなされることになる。また作業日報データが⑥労務管理の基礎データになることは当然である。次に、⑦労務機械原価の分析管理であるが、これについても労務・機械の作業日報データと実績の出来高を突き合わせ、歩掛や単価を算出し種々検討を加えることとなる。

⑧出来高管理では、工程計画から計算された計画出来

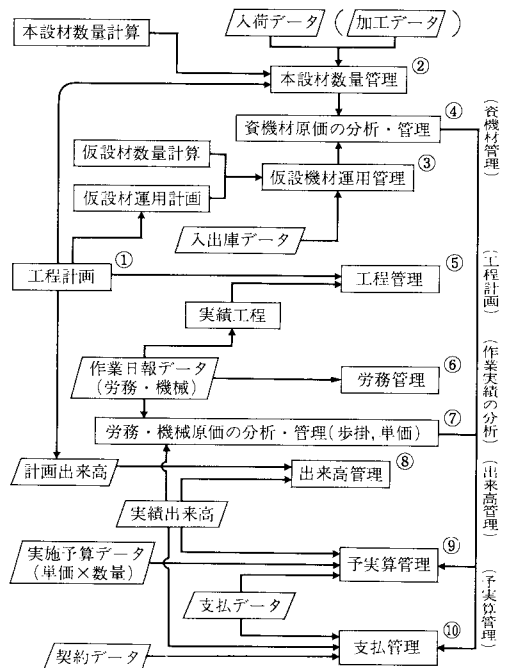


図-12 COMETの概要

高と実績の出来高を比較検討することになる。⑨予算管理は、実施予算データと実績出来高、それに対応する支払のデータを対比することになるが、より掘り下げた検討には、資機材原価の分析管理、および労務機械原価の分析管理の結果が必要であるといえよう。⑩支払管理は契約どおりの適正な支払がなされているかを管理するものである。

## 6. 建設業へのTQCの導入<sup>22)</sup>

TQCは、元来IEやORなどと同様に管理のためのソフト技術の1つであったが、戦後のわが国産業の目覚ましい発展の中で、単なる生産工程を管理する技術から、経営全般を対象とする技術にまで拡大され、経営の思想革命をもたらすといわれるまでになった。このような発展の歴史をもち、また広範囲な分野を対象とするTQCは、近年建設業の分野でも積極的に導入が図られるようになってきた。

TQCの基本的な考え方について述べると、その第1は、相手の立場になって、顧客・使用者中心に考えることであり、その第2は、「品質第1」の考え方である。ここでいう品質とは、相手の要求を満たす品質のレベルを意味する。さらに目先の利益追求に追われるのではなく、長期的観点からの利益確保を図ることが必要であり、そのためには、企業活動が顧客の要求を満たすものでなければならないことはいうまでもない。

TQCは、これらの考え方を徹底して実行するための独自かつ体系的な方法をもっており、これらの方法が永年の努力と工夫によってたえず改善され、向上してきた実績に裏付けられている点に大きな特徴がある。そのいくつかを挙げると、Plan, Do, Check, Actionという4つのステップを踏んで管理を進め、Checkすなわち当初のPlanと実施結果の対比を行って、予定どおり進んでいない場合にはその原因を追求し対策を講じることにより、仕事のやり方そのものを変えていく。このような手順を繰り返すことによって製品の品質や業務の質を向上し、安定させていくのである。

こうした活動を進めるにあたっては、事実に基づいて科学的にアプローチすることを特徴としており、事実の中から必要な情報を抽出し、加工し、正しい判断をしたり、また、原因と結果との因果関係をできるだけ客観的、定量的に把握するための統計的な方法が活用されている。さらに、このTQCの活動は、企業内でのごく限られた担当者のみが行うのではなく、所属する全従業員が、それぞれの立場、責任のもとで全員参加で行うことが必要であり、また、その過程で1人1人の自主性や意思が尊重され、その結果参加意識が高まり、モラルの向上が図られるような進め方が要件となる。

## 7. 建設業におけるコンピュータ戦略<sup>1)~3)</sup>

1960年代の汎用大型コンピュータの導入と展開が建設業界のコンピュータ化の第1の波とするならば、第2の波はオフコン・マイコンといった小型コンピュータの導入である。情報をいかに利用していくかという目的意識に基づいた情報システムの構築は今後の企業活動にとって死命を制するものになると指摘する人が多い。すでに大手の建設業では、営業情報、経営情報、人事情報など経営トップが経営思想決定に必要なデータをすぐ取り出せる情報サービスを開始したところや、経営管理情報の一元化を図り、経営意思決定に役立つ情報システムづくりを開始したところが多い。

生産性向上のために、オフコンやマイコンなど小型コンピュータを直接工事現場に導入し、計測・監視などの技術的対応の迅速化を図ったり、工程や原価管理に採用して施工力の総合強化を目指す動きが活発になっている。単品生産でかつ作業所が散在しているということが宿命ともいえる建設工事は、オフコンやマイコンによる業務の分散処理がびったりくる使い方になっている。

国内の建設工事のみならず、国外の建設工事においても、計測監視用や施工管理の分野でオフコンやマイコンが活躍している。工事現場作業所へのオフコンやマイコンの導入は、建設業界の大きな潮流となってきている。

## 8. 施工計画学の今後の展望

最近では、施工計画・管理面に現われる問題解決のためのシステムズアナリシスの研究や、OR・IEなどの手法開発が鋭意進められるようになってきている。またオフコンやマイコンなどの小型コンピュータを高度に利用した現場計測技術や現場の施工管理技術も次々と開発されてきている。このような背景のもとに、施工計画学は徐々に育成されてきたが、具体的に施工計画学にどのような内容を織り込み、どのような形に体系化するかについては、種々難問が横たわっているのが現状である。

施工計画・管理業務の省力化、迅速化、正確化、さらには質の高度化に役立つための情報処理システムの開発が必要である。さらに施工計画・管理の科学化を進めていくためには、ORやIEなどの手法を積極的に活用したシステムモデルの開発も重要な課題であろう。これらのシステム開発を通して、より実際の具体的な、かつ科学的な施工計画学の体系化を行っていくため、土木技術者、施工計画者の英知を結集していくことが重要であろう。

### 参考文献

- 1) 吉川和広：大学における施工計画・管理の教育と研究、

- 建設業界, Vol. 27, No. 12, pp. 32~36, 1978.
- 2) 吉川和弘：工事マネジメント研究に対する展望，第2回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，土木学会，pp. 1~6, 1984.
  - 3) 吉川和弘：土木プランニングのすすめ，技報堂出版，1985.
  - 4) A. Fattah Chalabi, Thomas V. Staehr, Rafael Lai：An Interactive Construction Control System for Project Planning and Estimating, ICES Journal, Vol. XV, No. 1, 1983.
  - 5) IBM Conversational and Interactive Project Evaluation and Control General Information Manual
  - 6) 大崎康生：欧米におけるプロジェクト・マネジメント・システム利用についての考案，第2回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，土木学会，pp. 145~150, 1984.
  - 7) 川崎健次ほか：土木施工と情報Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ，土木学会，1982, 1984, 1985.
  - 8) 稲見俊明・成田久夫・野口俊夫：土木施工管理，山海堂，1978.
  - 9) 川崎健次：建設工事における工務管理の合理化に関するシステム論的研究，学位論文，1974.
  - 10) 春名 攻・田坂隆一郎：土木施工における工程計画・管理のシステム化に関する実証的研究，第5回土木計画学研究発表会講演集，pp. 638~647, 土木学会，1983.
  - 11) 田坂隆一郎：土木施工の工事計画・管理のシステム化に関する実証的研究，学位論文，1983.
  - 12) Fondahl, J.：Networking Techniques for Project Planning, Scheduling and Control, Handbook of Construction Management and Organization, pp. 427~429, 1973.
  - 13) 吉川和広：土木計画とOR，丸善，1969.
  - 14) 山本幸司：土木工事における施工計画のシステム化に関する研究，学位論文，1978.
  - 15) 山本幸司：計画・管理技法の種類と利用上の問題，第2回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，土木学会，pp. 159~164, 1984.
  - 16) 佐用泰司：わかりやすい土木施工管理の実務，現代理工学出版，1971.
  - 17) 関根智明：PERT・CPM入門，日科技連，1965.
  - 18) 佐々木理一：現場計測システム研究分科会の活動報告，第2回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，土木学会，pp. 57~58, 1984.
  - 19) 太田 順・西村英治：建設業における原価管理システムのあり方，第2回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，土木学会，pp. 117~120, 1984.
  - 20) 河原畑良弘・北崎和博：工事原価管理システムの実用化に向けて，第2回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，土木学会，pp. 129~130, 1984.
  - 21) 西野久二郎・吉村篤志・高橋堅至：現場工事管理における小型コンピュータの適用事例，第2回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，土木学会，pp. 17~24, 1984.
  - 22) 石川六郎：TQCは何をもたらすのか，土木学会誌，Vol. 66, pp. 36~37, 1983-12.

(1985. 10. 4・受付)