

# 工業化施工法のための評価システムの開発

—OVH工法の施工計画への適用—

森 一  
汐 川 孝

## Development of a Computer-Aided Evaluation System for an Industrialized Construction Method

Hajime Mori  
Takashi Shiokawa

### Abstract

This paper describes an outline and some examples of application of a computer-aided evaluation system developed for the purpose of finding an optimum construction plan for the industrialized construction method named O.V.H..

The system gives such outputs as work steps, work days, efficiencies of manpower and equipment, etc., provided that particular conditions of the intended project are input.

Using this system, the optimum construction plan can be selected by the simulation of field work under various conditions, which is useful for factor analysis of productivity in the O.V.H. Method.

### 概 要

本報告は、OVH工法における適正な施工計画を行なうために開発した電算機システムの概要と若干の適用例について紹介を行なったものである。

このシステムは、計画する工事の諸条件をインプットすることにより、作業工程や作業日数さらに作業者・設備機械の移動状況等の結果が得られる。このため、種々の条件下における工事のシミュレーションを行ない、最適な施工計画を選定することができるほか、OVH工法の生産効率における要因分析などに役立っている。

## 1. まえがき

OVH工法は、鉄筋コンクリート工事を中心とした種類の新技术・新材料および設備機械などの合理的な集約化を計り、より生産効率の高い施工法として当社が開発して来た現場打ち垂直水平分離打法である。この工法は、いわゆるシステム化工法と称されるもので建築生産の合理化を作業の合理的集約化により達成しようとするものであり、作業の機械化、単純化や繰り返し作業への変換などを進めると同時に、作業の流れを工場における流れ作業方式に変えて、品質の安定化、管理の明確化および作業者や設備機械の投入量の安定化などを計り、生産効率を向上させようとするものである。しかし、こうしたOVH工法の最適な施工計画を行なうのは、各々の対象となる工事の生産条件やその時点での経済的環境など複

雑な要因に左右され困難なことが多い。しかも、この施工計画如何んによっては、生産効率が大きく変わってしまうこともある。

本報告は、複雑なOVH工法の施工計画をより適正に行なうことを目的に開発した電算機システムの概要とその適用例について紹介したものである。

## 2. OVH工法における施工計画上の要点

### 2.1. 工法の選定と組合せ

OVH工法は、種々の施工法が総合的に組合わされて構成された生産体系である。この組合せは、各々の建物の生産条件に基づいて構成されるべきであるが、構成される施工法は数が多く、かつ日進月歩である。従って、その組合せ方は増々複雑になっている。施工法の組合せは、生産効率の大部分を決定してしまう程に重要な役割

を果しており、事前において十分な検討が必要になって来ている。

### 2.2. 工区分割

工区分割は、作業を並列的な流れ作業にして、工期の短縮効果を高めることや、型わくその他の転用材の効率的な利用を計るなど、OVH 工法の運用面における基本的な施工計画の要点である。工区分割は、1日の作業量・作業の流れ・工期などを考慮して、十分に検討することが必要である。

### 2.3. 投入資源量の設定

OVH 工法では、各作業チームが他のチームと密接な関係を保ちながら、各々の作業分担を一定の手順で進めて行くという流れ作業的形態を採っている。このため、各々の作業チームへの投入量は、作業の連繫をこわさないよう十分な注意を払い設定しなければならない。設定を誤ると、作業の連繫がこわれ、稼働率低下や工期の遅れなど生産効率の大幅な低下を来す。また、クレーン等の設備機械の台数も、施工法や作業員数に見合った設定が必要である。

以上の他に、安全・品質等においても考慮すべき要点が多いが、本電算機利用施工計画システムでは、上記の三つに重点を置いて考えている。

## 3. 本システムの概要

本システムは、図-1に示すように3段階から構成されており、これらの各段階において種々の要因を変えたシミュレーションを繰り返して、最適な計画案が作成される。

### 3.1. シミュレーションモデルの構築

本システムでは、数現場のOVH 工法における作業分析調査<sup>1)2)</sup>に基づいて行なった、単位作業レベルでの作業の標準化や標準時間の設定により得られたデータを背景としており、この単位作業レベルでのモデルの組立てを基本としている。OVH 工法は幾つかの施工法によって構成されるが、基本的なものは施工法を一つの単位とした標準サブネットワークとしてシステム化されている。計画者は、計画するOVH 工法の施工法をこの標準サブネットワークの中から選択し、施工量をインプットするだけで、計画モデルの単位作業レベルのネットワークが自動的に作成される。次に、工区分割の条件を与えることにより、計画するOVH 工法のシミュレーションモデルが構成される。また、データ管理の機能があるので、保管や部分修正、追加が簡単であり、種々の条件を変えたシミュレーションを容易に行なうことができる(表-1参照)。

### 3.2. スケジューリング

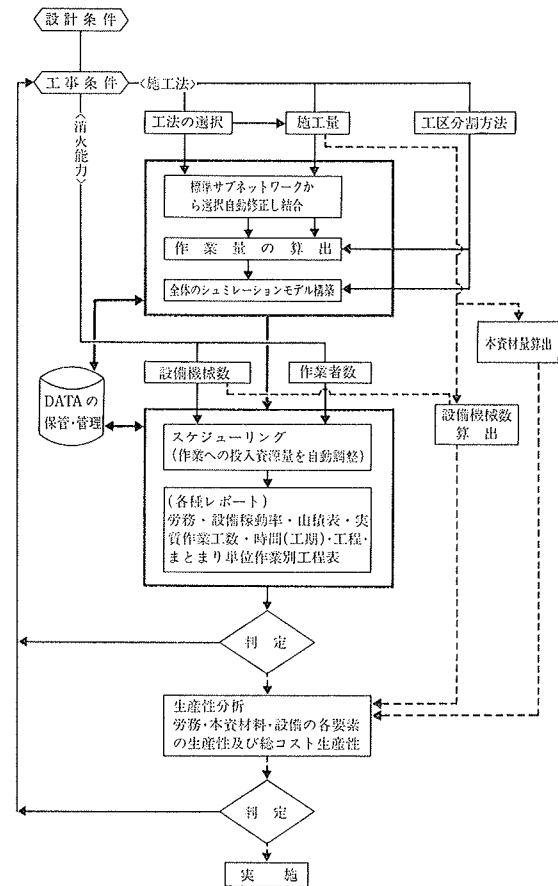


図-1 システムの流れ

項目	内 容									
入 力  データ	<table border="1"> <tr> <th>施 工 方 法</th> <td>工 法 選 択 工 区 分 割 条 件</td> <td>施 工 法 ・ 作 業 手 段 ・ 施 工 量 ・ 使 用 資 材 工 区 数 ・ 各 工 区 の 規 模</td> </tr> <tr> <th>消 化 能 力</th> <td>設 備 機 械 労 務 資 源</td> <td>台 数 ・ 各 設 備 の 分 担 範 圍 資 源 名 ・ 投 入 人 数</td> </tr> <tr> <th>そ の 他</th> <td>一 般 条 件</td> <td>作 業 時 間 (午 前 ・ 午 後 ・ 残 業 の 時 間 域) クレーンの使用方法・単位時間 etc.</td> </tr> </table>	施 工 方 法	工 法 選 択 工 区 分 割 条 件	施 工 法 ・ 作 業 手 段 ・ 施 工 量 ・ 使 用 資 材 工 区 数 ・ 各 工 区 の 規 模	消 化 能 力	設 備 機 械 労 務 資 源	台 数 ・ 各 設 備 の 分 担 範 圍 資 源 名 ・ 投 入 人 数	そ の 他	一 般 条 件	作 業 時 間 (午 前 ・ 午 後 ・ 残 業 の 時 間 域) クレーンの使用方法・単位時間 etc.
	施 工 方 法	工 法 選 択 工 区 分 割 条 件	施 工 法 ・ 作 業 手 段 ・ 施 工 量 ・ 使 用 資 材 工 区 数 ・ 各 工 区 の 規 模							
	消 化 能 力	設 備 機 械 労 務 資 源	台 数 ・ 各 設 備 の 分 担 範 圍 資 源 名 ・ 投 入 人 数							
そ の 他	一 般 条 件	作 業 時 間 (午 前 ・ 午 後 ・ 残 業 の 時 間 域) クレーンの使用方法・単位時間 etc.								
出 力  データ	<table border="1"> <tr> <th>ネ ッ ト ワ ー ク デ ー タ</th> <td>ネ ッ ト ワ ー ク デ ー タ</td> <td>ア ク テ ィ ビ テ ィ デ ー タ ・ 投 入 資 源 と、 消 化 能 力 デ ー タ ・ 結 合 関 係 デ ー タ ・ 資 源 デ ー タ</td> </tr> <tr> <th>ス ケ ジ ュ ー リ ン グ デ ー タ</th> <td>工 程 デ ー タ 資 源 デ ー タ</td> <td>ス ケ ジ ュ ー リ ン グ 結 果 (開 始 時 刻、中 断 期 間、完 了 時 刻、資 源 の 割 当 量...) 労 務 稼 働 状 況 ・ 労 務 稼 働 率 ・ 設 備 稼 働 状 況 ・ 設 備 稼 働 率 ・ 総 工 数 (出 面 お よ び 実 質)</td> </tr> <tr> <th>図 表 デ ー タ</th> <td>工 程 デ ー タ 資 源 デ ー タ</td> <td>工 程 ・ ま と め り ・ 単 位 作 業 レ ベ ル に よ る タ イ ム ス ケ ー ル ネ ッ ト ワ ー ク 図 表 各 職 種 別 の 労 務 者 数 山 積 表 ・ 各 設 備 別 の 稼 働 山 積 表</td> </tr> </table>	ネ ッ ト ワ ー ク デ ー タ	ネ ッ ト ワ ー ク デ ー タ	ア ク テ ィ ビ テ ィ デ ー タ ・ 投 入 資 源 と、 消 化 能 力 デ ー タ ・ 結 合 関 係 デ ー タ ・ 資 源 デ ー タ	ス ケ ジ ュ ー リ ン グ デ ー タ	工 程 デ ー タ 資 源 デ ー タ	ス ケ ジ ュ ー リ ン グ 結 果 (開 始 時 刻、中 断 期 間、完 了 時 刻、資 源 の 割 当 量...) 労 務 稼 働 状 況 ・ 労 務 稼 働 率 ・ 設 備 稼 働 状 況 ・ 設 備 稼 働 率 ・ 総 工 数 (出 面 お よ び 実 質)	図 表 デ ー タ	工 程 デ ー タ 資 源 デ ー タ	工 程 ・ ま と め り ・ 単 位 作 業 レ ベ ル に よ る タ イ ム ス ケ ー ル ネ ッ ト ワ ー ク 図 表 各 職 種 別 の 労 務 者 数 山 積 表 ・ 各 設 備 別 の 稼 働 山 積 表
	ネ ッ ト ワ ー ク デ ー タ	ネ ッ ト ワ ー ク デ ー タ	ア ク テ ィ ビ テ ィ デ ー タ ・ 投 入 資 源 と、 消 化 能 力 デ ー タ ・ 結 合 関 係 デ ー タ ・ 資 源 デ ー タ							
	ス ケ ジ ュ ー リ ン グ デ ー タ	工 程 デ ー タ 資 源 デ ー タ	ス ケ ジ ュ ー リ ン グ 結 果 (開 始 時 刻、中 断 期 間、完 了 時 刻、資 源 の 割 当 量...) 労 務 稼 働 状 況 ・ 労 務 稼 働 率 ・ 設 備 稼 働 状 況 ・ 設 備 稼 働 率 ・ 総 工 数 (出 面 お よ び 実 質)							
図 表 デ ー タ	工 程 デ ー タ 資 源 デ ー タ	工 程 ・ ま と め り ・ 単 位 作 業 レ ベ ル に よ る タ イ ム ス ケ ー ル ネ ッ ト ワ ー ク 図 表 各 職 種 別 の 労 務 者 数 山 積 表 ・ 各 設 備 別 の 稼 働 山 積 表								

表-1 本システムの入力データと出力データ

従来、建築工事では、PERT系のネットワーク手法がよく用いられて来た。しかし、作業の所要時間と投入資源量を固定しているため作業の途中において投入量をダイナミックに変動させている現実とは合わず、単位作業レベルまで分割したネットワークでは大きな障害となっている。投入資源量をダイナミックに変動させ、現実に近いスケジューリングを行なうべく開発された手法としてRAMPS<sup>3)</sup>があるが、当システムでは、このRAMPSにおける考え方を基本にして、より現実に近い合理的な状況を反映する実用的スケジューリング法を独自に開発した。このスケジューリング法の特徴をRAMPSと比較して表一2に示す。

3.2.1. 作業の構成 このシステムでは、作業のタイプを三つに分けて、ダイナミックな資源配分を行なう時の優先関係を表現している。また、OVH工法では、図一2に示す繰り返し作業を平行して行なうタクト的作業が比較的多く、先行作業の消化量に応じて後続作業を消化するという新しい結合関係を導入して、モデルを単純化している。

3.2.2. 投入資源量と作業消化量 このシステムでは、各作業に三つまでの投入資源量とその時の作業消化量が指定できる。それぞれの状況に応じて何れかのレベルが

自動的に採用される。また、投入資源量と作業消化量の分離により、各レベルにおける作業能率の違いを細かく表わすことができる。

3.2.3. 資源配分の方法 資源の配分は、1単位時間ごとに、①工期を短縮する、②計画作業数を最大にする③資源利用率を最大にする、④作業の中断を防止する、などに注目しながら、資源のレベルに重点を置いた簡略化した方法を採用している。簡単な例を図一3に示す。実際の現場における測定結果とこのシステムにおける結果の比較を行なったが、大変良く一致していることが確認された。

3.3. 判定

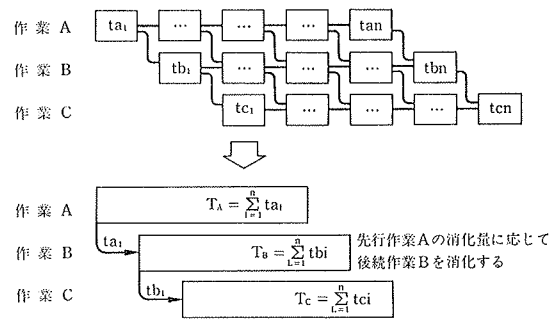
本システムは、図一1に示すように判定を2段階に分けて行なうものとしている。

(1) 第1の方法は、このシステムによるアウトプット(表一1および図一4、5参照)を判定の基礎において、種々の施工条件下における比較を行なうもので簡単に大まかな施工計画を実行するのに役立つ。

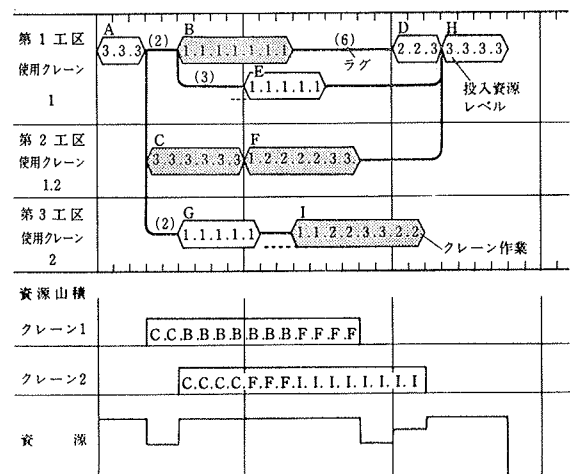
(2) 第2の方法は、このアウトプットより工事費を算出し、工事費に基づいた施工計画案の比較検討を行なう

項目	本システム	RAMPS
ネットワークタイプ	フロー型ネットワーク	アロー型ネットワーク
作業タイプ	・中断不可能な作業 ・追加資源を用いても中断を避けるべき作業 ・中断可能な作業の3種類	作業タイプの区別なし ・中断ペナルティコスト ・追加資源コスト等の概念で表現
作業結合タイプ	・End-Start+ラグ ・Start-Start(I)+ラグ ・Start-Start(II)+ラグ(図一2参照)の3種類	・End-Start
投入資源と作業消化量	各作業に最大3つの投入資源量および作業消化量を指定可能	左記に同様
資源グループ	各作業に2種類までの資源投入が同時にできる	資源グループの概念あり 複数の資源投入可能
資源配分時の管理項目	・Project遂行時間の短縮 ・同上+陥路発生予防以上の2項目の価値基準の組合せにより管理する(但し、右記(4~6)については固定化して管理基準としている)	・左記に同様 ・左記に同様 ・作業上の陥路発生予防 ・作業の中断を予防 ・計画作業数を最大にする ・人・資材の利用率を高める以上の価値基準の組合せにより管理する
時間の構成	・作業時間域 ・非作業時間域以上の2項目からなり、養生ラグの吸収を行なう	作業時間域のみ

表一2 本システムのスケジューリング法とRAMPSとの比較



図一2 作業結合関係



図一3 スケジューリング例

ものである。この方法では、各生産要素における生産性を測りながら、施工条件の変更を合理的に行ない、最小工事費となる施工計画案を決定しようとするものである。前者よりも詳細な計画を実行するのに役立つ。

いずれの場合にも計画者はシステムからのアウトプットと、それ以外の問題も含めて総合的に判定する必要がある。

#### 4. 本システムの適用例

ある建物モデルを対象にして、このシステムを用いて

行なった分析例について簡単に紹介する。

##### 4.1. 施工法の組合せについての分析

OVH 工法における基本的な組合せを6種構成し、工期と工事費の関係について分析し、図-6に示した。図に示されるように、工法の違いによって、工事費・工期そしてその変動の仕方などに大きな差があること、同一作業条件でも工法毎に工期、工事費が異なることそして最小工事費となる工期がそれぞれ異なることなどがわかる。工法の組合せによる生産効率の差は大きい、図-6に示されたように、最適な工法の選定を容易に行なう

\*\*\* RESOURCE KADOURITSU \*\*\*  
 NET-WORK : TOYO-CHO TYPE CYCLE TEST DATA  
 TIME SPAN : 7 DAY - 12 DAY  
 UNIT LENGTH: 5 MINUTE  
 AM-UNIT NO. : 48 UNIT  
 PM-UNIT NO. : 48 UNIT  
 EX-UNIT NO. : 24 UNIT

CODE DESC	DAIK DAIKU-KO	TEKK *TEKKIN-KO*	KAIT *KAITAI-KO*	DOKO *DO KO*	TOBI *TOBI-KO*	ASSE *ASSETU-KO*
QUANT	1152	768	672	768	384	192
DAY	NORM EXTR (%)	NORM EXTR (%)	NORM EXTR (%)	NORM EXTR (%)	NORM EXTR (%)	NORM EXTR (%)
7	723 0 62.8	308 0 40.1	459 0 68.3	0 0 0.0	55 0 14.3	66 0 34.4
8	575 0 49.9	444 0 57.8	88 0 13.1	356 56 53.6	98 0 25.5	0 0 0.0
9	578 0 50.2	250 0 32.6	491 0 73.1	0 0 0.0	40 0 10.4	54 0 28.1
10	955 0 82.9	448 0 58.3	88 0 13.1	332 80 53.6	83 0 21.6	0 0 0.0
11	675 0 58.6	250 0 32.6	544 0 81.0	0 0 0.0	55 0 14.3	54 0 28.1
12	779 0 67.6	411 0 53.5	92 0 13.7	372 40 53.6	83 0 21.6	0 0 0.0
MINIMUM	575	250	88	0	40	0
MAXIMUM	955	448	544	412	98	66
TOTAL	4285	2111	1762	1236	414	174
AVERAGE	62.0	45.8	43.7	26.8	18.0	15.1
DEVIATION	12.4	12.2	33.6	29.4	5.8	16.7

図-4 投入資源稼働分析結果

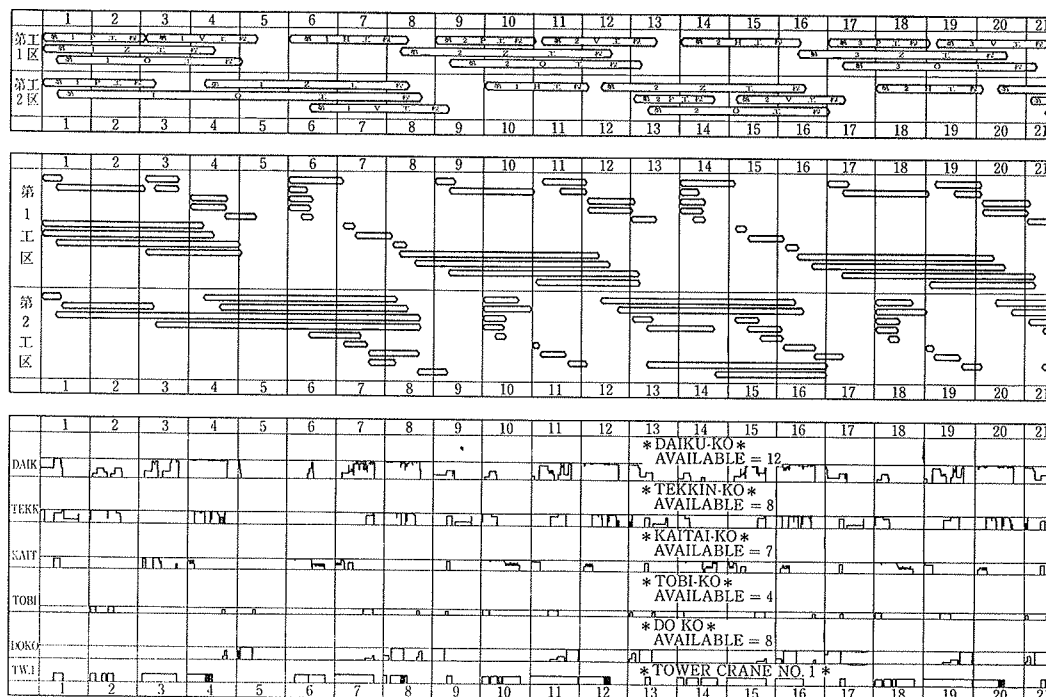
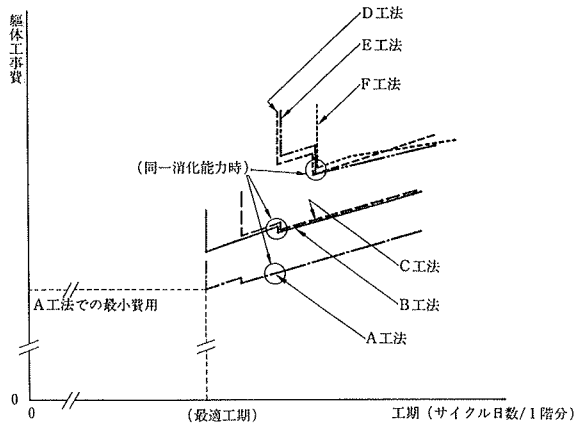
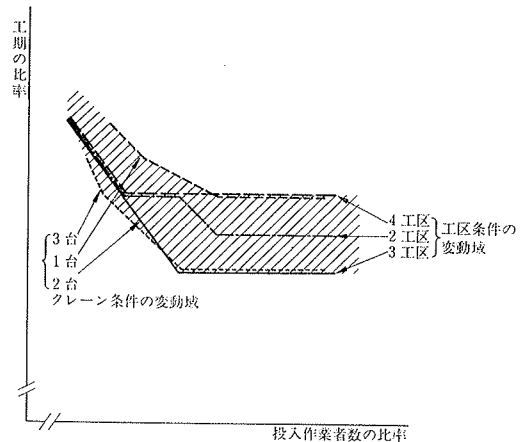


図-5 作業工程表および労務山積表



図一六 各モデルにおける工期と工事費の関係



図一七 作業条件による工期の変動分析

ことができる。

#### 4.2. 作業計画における分析

工法が決定しても投入資源量や工区分割など作業計画面での問題があり、これまで明確な決め手がなかった。図一七は、このシステムを用いて、同一工法における工区分割やクレーン・作業員の投入量による工期の変動幅を分析したものである。このような各条件における感度分析などから、効率よく各々の適切な方法や投入量を決定することができる。

#### 4.3. 生産性分析

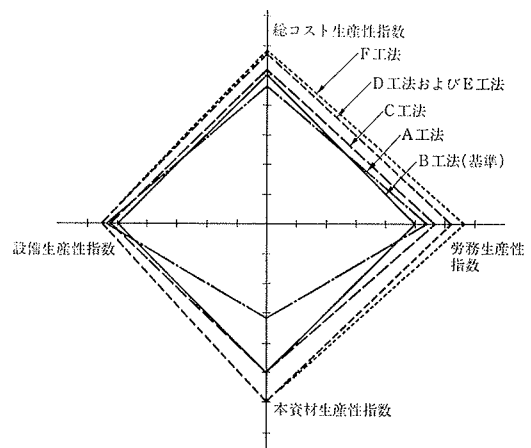
施工計画案の適切な評価には生産性の分析が必要である。例えば、省力化が計られても本資材や設備の生産性が減じて、結果的に総合生産性が低くなることがよくある。図一八は、先の6工法の実績分析を行なったものである。各生産要素における生産性の違いなどから、各々の工法の性格が見い出され、施工条件の変更や改善・改良の方向が得られる。

### 5. まとめ

以上のように、このシステムの開発は、OVH工法における

- (1) 施工計画の適正化
- (2) 工事管理の合理化 (作業や作業員の流れが詳細に把握できるので作業員・資材・日程等の管理が明確である。)
- (3) 工法の改善・開発 (問題点が明確化し、作業改善・設計へのフィードバックが容易である)

にとって大変有益なものと考えられる。また、このシステムの基本的な考え方は、OVH工法以外の工業化され



図一八 各モデルにおける生産性分析

た工法にとっても有効なものと考えられる。

なお、このシステムの開発にあたり、東京本社電子計算センターの河盛課長、松村職員に多大な協力を得た。ここに記して感謝の意を表わします。

#### 参考文献

- 1) 森, 汐川: OVH工法における作業分析調査および施工精度調査(第1報), 大林組技術研究所報, No. 11, (1975), pp. 115~116
- 2) 森, 汐川: OVH工法における作業分析調査および施工精度調査(第2報), 大林組技術研究所報, No. 14, (1977), pp. 124~128
- 3) J. Moshman: RAMPS, A technique for Resource Allocation and Multi-Project Scheduling, Proc. SJCC, (1963), pp. 17~27