

大規模作業測定の省力化について

協坂達也

A New Method of Reducing Manpower Applied to Large-Scale Work Measurement

Tatsuya Wakisaka

Abstract

As large-scale work measurements have been increasing recently, the authors have worked out a new method to reduce manpower applied in work measurement and to standardize this work. This report presents the results of a preliminary survey on the work study and the new method of work measurement.

概要

最近、大規模な作業測定が実施されるケースが増えつつあるので、その省力化と標準化を目指して新しい作業測定法を考案した。本報告では、予備調査として行なった作業研究の現状に関する調査結果と新測定法について報告する。

1. はじめに

生産性の向上は、生産方式の合理化と実施活動の効率化の両面から攻める必要があるが、作業研究はその有力な武器となる。資本投下や費用が比較的少なくてすむうえ、適用の効果が直ぐ現われ、しかも持続することが多いので、低成長期に入った今日においては、ますますその利用価値が高まっていると考える。

建築生産に関しても、これまでに相当数の作業研究実施例が報告されている。しかし、建設業の特異な体質という受入れ側の問題と作業研究が工場生産中心の手法であるという方法自体の問題が互いに影響し合い、作業研究が実施されても単発に終るケースが多く、従って実効も上がらず、評価もされないといった悪循環を繰り返してきたきらいがある。

当社においては、10年に亘る実績が評価されて、標準時間の設定や、新工法の評価、改善、標準化などのために大規模かつ詳細な作業測定が行なわれるケースが最近増えつつある。その場合、在来法によるのでは測定に多大な人と時間を要し、また各人各様のやり方ではデータ利用の面で不都合を生じ易いので、作業測定の省力化と標準化に関する研究を進めている。

本報告では、作業研究の現状に関する文献調査の結果と、その結果を参考に、当研究室でこれまでに開発

してきた作業測定法^{1)~3)}を大規模作業測定の省力化と標準化という観点から更に改善、発展させた新測定法について報告する。

2. 建築生産における作業研究の現状

2.1. 調査方法

これまで我が国で実施された建築生産に対する作業研究の実態を調査する目的で文献調査を行なった。

調査文献は、昭和40年から50年までに発表された50篇の文献である。出典の内訳は、学会論文24篇、雑誌記事19篇および社内資料7篇である。この中に当社関係のものが12篇含まれている。

調査表による分析の結果をまとめると表-1に示すとおりである。

2.2. 調査結果

2.2.1. 測定目的について 作業研究による生産性向上の手順は、現状分析→改善→標準化であると言われている。調査文献について測定の主目的を調べると、現状分析が66%と圧倒的に多く、次いで標準化が24%、改善は10%に過ぎない。作業研究が本来の使われ方をされてこなかったことが、これからも窺われる。

2.2.2. 測定工事について 測定工事は建築工事全般に亘っている。中でも鉄筋コンクリート工事が一番多く、文献の半数近くで取り上げられている。

1文献当りの測定工事数は平均1.5工事である。1工事の測定が全体の3/4を占めているが、全工事を測定したのも4篇含まれている。

測定工事を工法別に見ると、在来工法と新工法が半ばしている。測定作業に関しては、人間—機械系の作業が約60%を占めている。

2.2.3. 作業分割について 作業の分割方法が統一されていないので、表—2に示すような標準的な測定時間単位を基準とした分割法に基づいて分析を行なった。分割単位を工事、工程、まとめり作業、単位作業、要素作業、動作およびサーブリックの7単位とし、各単位の標準測定時間単位として、最下位レベルのサーブリックに適用したMTM法の時間単位1TMU(10⁻⁵時間)を基準に順次10倍した時間を仮定した。

表—1によれば、単位作業レベル(標準測定時間単位約30秒)が一番多く使用され、その近傍の要素作業、まとめり作業および工程レベルの使用度も高い。

測定1件当りの分割単位数は平均1.8、最大3単位である。分割数が増加すると、一般に最下位レベルの作業数が指数級数的に増加し、測定に要する人手も増加する。文献中には、2分割で35作業、3分割で117、231作業という例が見受けられる。

作業目的別に作業を分類した文献が5篇認められる。

2.2.4. 測定方法について 作業研究の手法は、大別して方法研究(作業方法の決定)、作業測定(所要時間の決定)および生体測定(生理現象の測定)に分けられるが、その中で作業測定の使用がほとんどであり、全体の90%を占め、その内訳は、時間研究が55%、日報調査が20%、稼動分析が15%である。時間研究の中ではストップウォッチ法とメモーション法が多く用いられている。

測定1件当りに使用される測定方法数は平均1.6、最大5方法である。

作業測定法と作業分割単位の関係は概略表—2に示すとおりである。

2.2.5. 集計項目について 生産性向上の拠となる生産性指数の使用状況を表—3に示すような分類法により調べると、労働量関係の指標が約50%、生産量、比率および歩掛関係が各々約15%を占め、能率および指数関係は5%に満たない。能率と指数は、長期に亘るデータの蓄積があって始めて求まるものであろう。

指標の表現形式としては、平均値が一番多く用いられ、50文献中39文献に現われている。次いで累積値、多少落ちて工程能力図と標準偏差が用いられ、最大・最小値、相関・回帰係数、ヒストグラムおよび推定用の計算式も約1/5の文献に用いられている。

大項目	小項目および該当文献数											計(A)	文献数(B)	平均(A/B)	最大		
	現状分析			作業改善			標準化										
1.測定目的	33			5			12					50	50	1			
2.測定工事	仮設	杭・土工	R	C	P	C	鉄骨	仕上	特殊			77	50	1.5	5		
3.作業分割	工事	工程	まとめり	単位作業	要素作業	動作	サーブリック					90	49	1.8	3		
4.測定方法	工程分析	動作分析	時間計	時間研究	稼動分析	目録調査	生体測定					82	50	1.6	5		
5.形式種別	累積値	平均値	最大値	最小値	相関係数	回帰係数	ヒストグラム	散布図	工程能力図	モニタリング	計算式						
集計項目	労働量	13	36	10	12	2	10	2	9	5	7	3	6	115	50	2.3	7
	生産量	10	9	0	1	0	1	0	1	0	6	3	3	34	#	0.7	3
	比率	9	21	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	34	#	0.7	2
	歩掛	11	13	1	2	0	0	0	0	3	0	1	31	#	0.6	2	
	能率	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	#	0.2	1	
指数	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	#	0	1		
計	49	84	11	15	2	11	2	10	5	20	6	10	225	#	4.5	11	
6.付帯条件	建築物概要	場所	用途	構造	規模	配設	配設	平面図	立時面図					187	46	4.1	7
	工事概要	施工者	工事量	工事費	工期	工程表								79	49	1.6	5
	環境条件	敷地条件	作業環境	天候	温度									18	50	0.2	2
	生体条件	種類	材質	重量	形状寸法	精度	詳細図							109	49	2.2	6
7.作業条件	職種	経験	年齢	命令	身体特徴	チーム構成								67	50	1.3	4
	工事機械	機種	仕様	組合せ										57	49	1.2	3
	施工技術	工法特徴	工法方法	熟練手廻	施工図									70	50	1.4	4
文献	出典											1文献当りの数量					
	学会論文	雑誌	社内資料	頁	国	表	写真					学会論文;建築、土木雑誌;5誌、公団・企業研究所報					
	24	19	7	8.2	7.8	7.9	3.0										

表—1 建築生産における作業研究の現状

作業分割単位	工事	工程	まとめり作業	単位作業	要素作業	動作	サーブリック
標準測定単位	10 ⁶ TMU (10時間)	10 ⁵ TMU (1時間)	10 ⁴ TMU (6分)	10 ³ TMU (≒30秒)	10 ² TMU (≒3秒)	10TMU (≒0.3秒)	1TMU (≒0.03秒)
作業分割例	型出し	柱型わく組立	建込み	型出し	穴明け	下挿え	下挿え
	下挿え	壁型わく取付け	フォームタイ取付け			掘り	
	型わく工事	組立	梁型わく	支保工取付け	セパレータ取付け	コンクリート打込み	運ぶ
	解体	床型わく			フォームタイ取付け	フォームタイ取付け	戻す
	揚重	雑型わく					戻す
							戻す
作業測定	日報調査						
	瞬間観測法						
	連続観測法						
	マイクログラフ法						
	ストップウォッチ法						
測定時間研究	ストップウォッチ法						
	時間観測器法						
	メモーション法						

表—2 作業分割法

指標	定義	例
1次	労働量	生産過程に投入された労働、設備、エネルギーなどの生産要素の数量、消費された時間
1次	生産量	投入された生産要素によって作られた生産物の数量
2次	比率	労働量または生産量について或る数量の全体または他の数量に対する比
2次	歩掛	生産要素の投入量と生産物の産出量の比
3次	能率	1次、2次指標の標準値と測定値の比
3次	指数	1次、2次指標または能率の時系列的な変動を基準の時期を100として比較する数値

表—3 生産性の指標

文献1篇当りに使用される指標と表現形式の組合せの種類は平均4.5, 最大11種類である。

2.2.6. 付帯条件について 他人の歩掛は応用し難いとよく言われるが、それはその歩掛に対する付帯条件が不明確なためである。

記載すべき付帯条件を表一1に示すような34項目にまとめると、建築概要については必要項目の3/5, 工事概要, 生産物, 工事機械および施工技術については1/3, 作業員については1/4が記載され, 環境条件についてはほとんど記載されていない。

1文献当りの記載項目数は平均11.8項目と全体の約1/3であり, 調査文献についても十分とは言えない。

3. 省力化測定法—マクロ・マイクロ法

3.1. マクロ・マイクロ法の特徴

今回考案した大規模作業測定に対する省力化測定法(以下マクロ・マイクロ法と称す)の特徴は次に示すとおりである。

(1) ワークサンプリング法の適用によりデータ収集段階の省力化を図る。マクロ法は比較的長い時間間隔のワークサンプリングによる稼働分析, ミクロ法は短い時間間隔のワークサンプリングによる時間研究の代用法である。(表一2参照)

(2) データを直接インプットデータシートにコードで記入し, データ収集後直ちに電算処理することにより, 整理段階の省力化, 正確化および迅速化を図る。

(3) 個体識別法の適用によりデータの再現性を高め, 連合作業の分析と改善に役立てる。

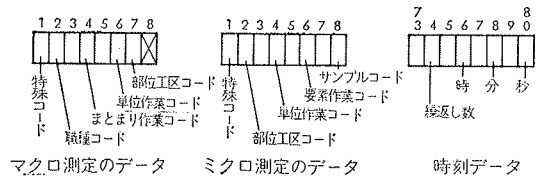
(4) マクロ法とマイクロ法の作業分割は各々2単位で行なうので, これらを併用すれば, 作業分割単位は最大4単位まで取ることができ, 全体と部分を関連づけながら大規模かつ詳細な測定を行なうことができる。

(5) 作業を作業目的別に主作業, 準備作業, 付随作業, 余裕および除外という5群に分類, 集計することにより, 作業を多面的に把握する。

3.2. 測定方法

3.2.1. マクロ法 仮に下位の作業分割単位を単位作業とすると, 測定対象工程に係わる全作業員の作業をまとめり作業と単位作業のレベルで測定する。

データの記入法は図一1に示すとおりであり, 作業員一人分のデータを, 特殊, 職種, まとめり作業, 単位作業および部位工区という5項目に対して事前に定められたコードにより, 7カラムに記入し, 合せて測定時刻を最終の8カラムに記入する。1枚のデータシートに作業員9人分の作業を20回記入することができる。



図一1 データの記入法

作業コードの記入法は, 作業分割を(1)式で表すように主作業は個別的に, それ以外の準備作業, 付随作業, 余裕および除外(以下非主作業と称す)は総括的に扱うので, (1)式の添字によれば, 主作業の場合は $[ij]$ と1次元, 非主作業の場合は $[ijk]$ と2次元の配列として記入する。このようにすれば, 作業コードの数が減り, データの記入と整理が容易となる。

$$W_i = \sum_{j=f(i)}^{g(i)} W_j + \sum_{k=1}^m N W_{ik} \dots \dots \dots (1)$$

但し, W_i —まとめり作業(i —まとめり作業コード)

W_j —単位作業(j —単位作業コード)

$m W_j$ —主作業 ($m+1 \leq f(i) \leq j \leq g(i) \leq m+n$,

m —非主作業数, n —主作業数)

$N W_{ik}$ —非主作業($1 \leq k \leq m, k$ —非主作業コード)

3.2.2. ミクロ法 仮に下位の作業分割単位を要素作業とすると, 測定対象まとめり作業を単位作業と要素作業のレベルで詳細に測定する。

マイクロ測定をマクロ測定と単位作業レベルで重複させれば, ミクロ測定結果の全体における位置づけ, 測定区域外へ出た作業員の把握などが可能となる。

データの記入法は, 特殊, 部位工区, 単位作業, 要素作業およびサンプルに対するコードにより作業員1人分のデータを8カラムに記入し, 合せて測定時刻を最終の8カラムに記入する。(図一1参照)

3.3. 集計方法

3.3.1. 集計手順 測定終了後, 条件データと測定データをカードパンチし, 電算処理を行なう。エラー

表題	マクロ測定	マイクロ測定	備考
条件データ	作業分割, 名称, 測定単位, 出来高	同 左	データの確認
測定データ	生データ エラーリスト	同 左	データの修正
作業員工程分析	作業員別作業分析 (単位作業レベル)	同 左 (要素作業レベル) 図一3 参照	データの確認 作業改善 作業管理
作業進捗状況および作業員数山積	作業進捗状況 作業員数山積 (まとめり作業レベル) 図一2 参照	同 左 (単位作業レベル)	作業手順の検討 作業員数の検討 余裕の把握 作業改善
時間および工数データ		時間, 工数データ (要素作業レベル)	異常値の発見 ヒストグラム, 散布 図の作成
集計結果	時間, 工数, 比率, 作業員数, 歩掛 (単位作業レベル)	同 左 (要素作業レベル) 図一4 参照	生産性の把握 作業改善 標準値の設定
集計結果のまとめ	(まとめり作業レベル) 図一5 参照	(単位作業レベル)	同 上
作業目的別工数比較	職種別, まとめり 作業別, 部位工区 別工数, 比率, 精度 図一6 参照		作業目的別工数比較 余裕率の検討 作業改善 観測日数の検討

表一4 アウトプットリスト一覧表

リスト、作業工程分析表、作業進捗図などによりコードの記入ミスを修正して再処理すれば、正しい集計結果が得られる。大して手間が掛らないので、測定と平行してデータの修正を行えば、測定完了と同時に集計結果を得ることが可能である。

3.3.2. 集計項目 集計項目として選んだ生産性の指標は、労働量（作業時間、作業工数、作業人数）、比率（作業目的別作業工数の比）および歩掛（作業工数/出来高）である。その表現形式は、平均値、最大値、標準偏差、精度および工程能力図であり、相関・回帰係数の計算、ヒストグラムの作図などに必要なデータのアウトプットも行なう。（表—1, 3参照）

マクロ・マイクロ測定におけるアウトプットリストの一覧表は表—4に示すとおりである。

3.4. 試験測定

3.4.1. 測定目的 この測定法の実用性を試験するためにPC版製造工程を対象に作業測定を行なった。

同工程は、サイクルタイムが短い、多種類の作業から構成されている、作業員が多能工で種々な作業を行なうなど、試験測定には理想的な条件を備えている。

3.4.2. 測定方法

- (1) 測定日数 予備調査1日、作業測定1日
- (2) 作業分割 まとまり作業数9、単位作業数22、要素作業数36、非主作業数10、職種数3、部位数5

```

***** SAGYO SINGHOKU JOKYO C SAGYO NINZU YAMAZUMI (1976/ 5/11) *****
          SOKUTEI KAISHI  8:40      SHIRYO 16:50      SOKUTEI KANKAKU 10 MIN

MATOMARI  8:40                                16:50
SAGYOMEI  : .....

DAKKFI  : *****
*SAGYO*  : 11111562  21
          : 13410
*YDYU*   : 2 1311 111  7

KATANAKU  : *** *****
KA170    :
*SAGYO*  : 1 1 11122111  12111122111111  1211
*YDYU*   : 1 1 111 1 1

KATANAKU  : *****
KIIMITAT : *****
*SAGYO*  : 13378111411111111111  1818917567422115312  1
          : 033 4847514531  0 1 0
*YDYU*   : 2 13 1111 3 242211 1 1 1

TEKKIN K : *****
UMITATE  : *****
*SAGYO*  : 11122222  2226616666  466666665432  376354311
*YDYU*   : 112 1 113 1 1 4 22

CONCRETE : *****
HASETSU  : *****
*SAGYO*  : 335486765821891969
*YDYU*   : 1 111 3 211133

HYDREN S : *****
HJAGE    : *****
*SAGYO*  : 11111113  1 1323321
*YDYU*   :

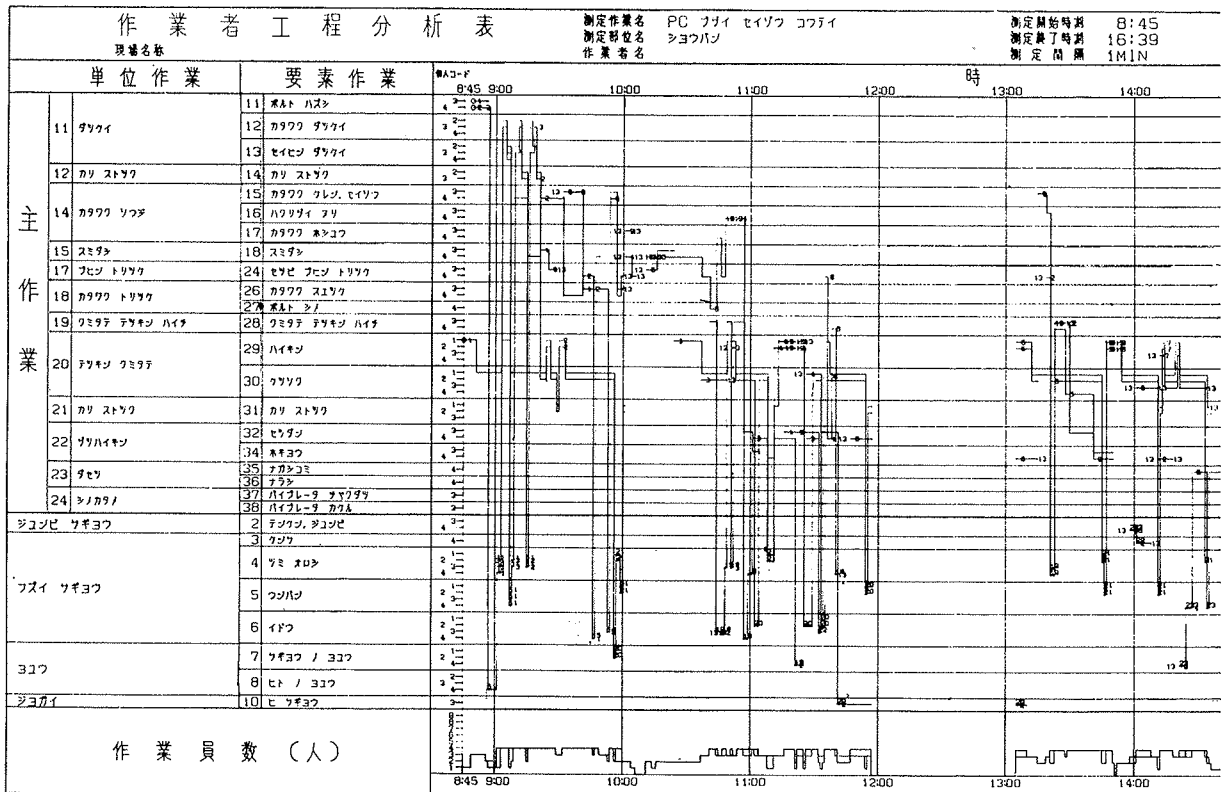
YUJO     : *
*SAGYO*  : 2
*YDYU*   :

KENSA    : *****
*SAGYO*  : 32212  1 22222222
*YDYU*   : 1

KYNTSU   : * **** * * * * *
*SAGYO*  : 1 ***** 11 1 ***** 967
*YDYU*   : 1122 11 1 1112 421
          : 81 49 1

*****
**TOTAL** : 212222222222222222  12222222211221122111221
          : 09144121331325433402  8486666466822890267005
*****
*JOGAI*   : 1 1 1 112 1 1
    
```

図—2 作業進捗状況（マクロ測定）



図—3 作業工程分析（マイクロ測定）

大規模作業測定省力化について・脇坂

***** TAN'I-SAGYO RETSU NO SHUKEI <EKKA *****

MICRO-SHOBAN

** 1. DAKKEI (N= 6)

YOSH-SAGYO MEI	* SAGYO JIKAN * * HEIKIN HENSA * (MIN)	* SAGYO KOSU * * HEIKIN HENSA * (MAN*MIN)	* KOSU NO * * HIRITSU * (%)	* SAGYOSHASU * * HEIKIN SAIDAI * (MAN)	* RUGAKARI			
ROLT HAZUSHI	4.00	2.08	4.00	2.08	23.30	1.00	1	0.400 (MAN*MIN/KO ROL)
KATAMAKU DAKKEI	3.00	2.94	4.00	4.61	27.18	1.56	3	2.333 (MAN*MIN/KO KAT)
SEIHIN DAKKEI	2.00	0.58	4.00	1.15	23.30	2.00	3	4.000 (MAN*MIN/PIECE)
SHUSAGYO	8.67	3.94	12.67	6.07	73.79	1.46	3	0.874 (MAN*MIN/H**2 K)
JUNRISAGYO			0.0		0.0			
*KENZU-KREISOKU			0.0		0.0			
*TSUME-DONSHI			3.33		19.42			
*UNPAN			0.0		2.91			
*IDN			0.0		0.0			
FUZUISAGYO			3.83		22.33			
*SAGYO**	10.33	3.68	16.50	6.90	96.12	1.60	3	1.138 (MAN*MIN/H**2 K)
SAGYO NO YOHU			0.0		0.0			
HITO NO YOHU			0.67		3.88			
YOHU			0.67		3.88			
TOTAL	11.00	3.74	17.17	6.72	100.00	1.56	3	1.184 (MAN*MIN/H**2 K)
JOGAI			0.0		0.0			

図-4 単位作業別集計結果 (マイクロ測定)

***** MATOMARI-SAGYO RETSU SHUKEI EKKA NO MATOME *****

MACRO

MATOMARI-SAGYO MEI	* SAGYO JIKAN * (HOUR)	* SAGYO KOSU * (MAN*HOUR)	* KOSU HIRITSU * (%)	* HEIKIN SAGYO- * * SHASU (MAN)	* RUGAKARI
DAKKEI	2.17	14.67	9.18	6.77	0.077 (MAN*HOUR/H**2 B)
KATAMAKU KAIZO	5.50	7.17	4.48	1.30	
KATAMAKU KIMITATE	6.67	56.00	35.04	8.40	0.241 (MAN*HOUR/H**2 K)
TFCKIN KUMITATE	6.67	29.67	18.56	4.45	2.799 (MAN*HOUR/H**3)
CONCRETE DASETSU	3.50	21.17	13.24	6.05	1.997 (MAN*HOUR/H**3)
HYUMEN SHIAGE	2.67	4.33	2.71	1.63	0.029 (MAN*HOUR/H**1 H)
YUJO	0.50	1.17	0.73	2.33	0.045 (MAN*HOUR/PIECE)
SEIHIN STOCK	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 (MAN*HOUR/PIECE)
KFNSA	2.67	5.00	3.13	1.88	0.192 (MAN*HOUR/PIECE)
KYITSU	3.17	20.67	12.93	6.53	
TOTAL	7.33	150.83	100.00	21.80	

図-5 集計結果のまとめ (マクロ測定)

***** SAGYO MOKUTEKI RETSU NO KOSU HIKAKU---SHOKUSHI RETSU *****

MACRO

SHOKUSHI MEI	* SHUSAGYO * (1)	* JUNRISAGYO * (2)	* FUZUISAGYO * (3)	* SAGYO* * * (4)=(1)+2)+3)*	* YOHU * (5)	* **TOTAL** * (4)+(5)	* JOGAI
SHOKUIN KOSU (MAN*HOUR)	38.50	6.00	8.83	53.33	15.00	70.33	0.33
HIRITSU (%)	54.74	11.37	12.56	78.67	21.33	100.00	0.67
SEIDO (%)	4.85	3.09	3.23	3.99	3.99		0.67
SAGYOIN KOSU (MAN*HOUR)	43.17	6.67	7.33	57.17	12.67	69.83	1.00
HIRITSU (%)	61.81	9.55	10.50	81.86	18.14	100.00	1.53
SEIDO (%)	4.75	2.87	3.00	3.76	3.76		1.16
JOSHI SA KOSU (MAN*HOUR)	9.67	5.00	1.83	16.50	3.17	19.67	0.17
GYIN HIRITSU (%)	49.15	25.42	9.32	83.90	16.10	100.00	0.85
SEIDO (%)	9.20	8.02	5.35	6.77	6.77		1.69
***TOTAL** KOSU (MAN*HOUR)	91.33	19.67	18.00	129.00	30.83	159.83	1.50
HIRITSU (%)	57.14	12.30	11.26	80.71	19.29	100.00	0.94
SEIDO (%)	3.20	2.12	2.04	2.55	2.55		0.62

図-6 作業目的別工数比較 (マクロ測定) (注: 精度は信頼度95%に対する絶対誤差)

(3) マクロ測定 測定者1人, 測定作業員平均22人, 最大28人, 測定間隔10分, 測定区域2000m²

(4) ミクロ測定 測定部位数2, 測定者2人, 測定作業員平均5.4人, 最大14人, 測定間隔1分, 1部30秒, サンプル数平均4.2, 最大9, 測定区域380m², 220m²

両測定においてともに測定の合間に出来高, 付帯条件, 改善着眼などを記録する余裕があった。

3.4.3 集計結果 アウトプットリストの抜粋を図一2~6に示す。1日だけの試験測定であったため集計結果の当否はともかくとして, 集計項目については関係者に好評を得た。

4. むすび

以上, ミクロ・マクロ法を考案し, 試験測定を実施した結果, 大規模な作業測定にも十分実用になるとの

確信を得た。今後は, 実際の測定を通してこの方法の改善と標準化を進める予定である。

なお, このプログラムの開発に当り, 伊藤勝四, 小泉充両君ならびに機械計算部の二見職員に多大な協力を得た。ここに記して深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 森一, 脇坂達也, 安斉祐一, 小松晃: 大林式プレハブ工法におけるタイムスタディと施工精度調査, 大林組技研所報, No. 1 (1966), pp. 125~127
- 2) 脇坂達也: 鉄骨工事における作業測定の省力化について, 大林組技研所報, No. 7 (1973), pp. 184~185
- 3) 森一, 汐川孝: OVH 工法における作業分析調査及び施工精度調査(第1報), 大林組技研所報, No. 11 (1975), pp. 115~116