

作業能率に基づく新工法評価システムの開発

浜田 耕史 脇坂 達也 古屋 則之
汐川 孝 福田 一成

Development of Work Measurement System for Evaluating New Construction Methods

Koji Hamada Tatsuya Wakisaka Noriyuki Furuya
Takashi Shiokawa Kazunari Fukuda

Abstract

It is necessary to collect much actual data on construction sites for evaluating a new construction method. The authors have developed some work measurement systems by computer and applied them to a new construction method with various kinds of precast concrete form and construction robots. This paper describes three types of work measurement systems: ① work sampling and time study system collecting an actual data of construction workers with hand-held computer and analyzing with a general purpose computer, ② analysis system for using daily reports on construction workers, ③ automatic collecting system for operation data on construction materials elevators. Consequently these are fully effective in reducing manpower for collecting and analyzing actual data of construction works and to estimate work performance from various points of view.

概 要

部材のプレキャスト化や作業の自動化などによる各種の省力化工法が開発されてきている。新工法を作業能率の観点から迅速かつ詳細に評価する必要性が生じ、電算機を利用した評価システムを開発した。

労務を対象とした能率測定の手法は、作業日報を電算化処理する方法と作業測定 of 電算化システムである。前者は、まとめ作業レベルの測定であり、主として工事の生産性の把握を目的として利用された。作業測定システムは、要素作業レベルの測定手法であり、主として工法の改善点の抽出を目的として用いられた。

さらに、工事用機械の能率測定に関して、貨物リフトの稼動状況を計測する電算化システムを開発・適用した。このシステムは、リフトの動作情報を制御用コンピュータから自動収集し、分析するものである。

これら手法を有機的に組合せることで、新工法を有効に評価し、今後の改善点などを抽出できた。

1. はじめに

建設産業における労務事情の悪化は、今後も大きな課題であり、工業化・自動化工法など、各種の省力化工法の開発が行われている。これらの技術開発を進める上で、現状作業の実態把握、開発された技術の評価・改善について、迅速かつ詳細に作業を測定する必要がある。

本報は、新たに開発した工法を作業能率に基づき評価するためのシステム概要と、これらを適用した一部の分析結果の概要についてまとめたものである。

2. 作業の能率測定手法の概要

新工法を評価する場合、労働生産性（物的労働生産性および価値労働生産性）・労働原単位（歩掛り）・省力化率・工法置換率といった様々な評価指標が用いられる。作業能率の観点から、これら指標に基づき、生産性について総合的かつ信頼性の高い評価を下すには、粗細にわたった大量の実績データを要する。通常、労務歩掛りは作業日報などの労務主体の工事实績から求められる。一般工事の日常管理業務では、まとめ作業レベルのデータ（人・日）が主として用いられる。しかし、より詳細

な歩掛りは、作業日報などから求めることは困難であり、稼動分析・時間研究などの作業測定を併用し、要素作業レベルのデータ（人・分）を分析する必要がある。

また、建築作業は、複数職種の作業群と工事機械群が複数工区に分散し、相互に連携をとりながら作業を進めるような人間-機械系によって構成されることが多い。この際、単に作業者の生産性を評価しても工法を総合的に捉えることは難しい。近年の自動化機械の導入により、機械の制御用コンピュータから実績データを自動的に収集することも可能となってきた。

労力をかけることなく詳細かつ迅速な実績データの収集・分析が必要となり、複数の作業測定手法を有機的に組合せることが肝要となる。

今回開発した各種の実績データ収集・分析システムを作業のレベルや対象に併せて示したものが図-1である。

3. 携帯端末による作業測定手法

3.1 ワークサンプリング手法（マクロ・マイクロ法）

3.1.1 マクロ・マイクロ法の概要 マクロ・マイクロ法は、等時間間隔ワークサンプリング手法を基にした作業測定手法である。マクロ法およびマイクロ法の作業階層構

造 (WBS: Work Break down Structure) は各々 2 階層構造であるため両者の重複使用により、まとめり作業から要素作業までの 3 階層の測定を一貫して実施できる。

WBS をパソコンで定義した後、携帯端末にダウンロードし、作業測定を行う。決められた時間間隔ごとに携帯端末がピープ音を発生し測定者に入力を促す。入力項目は① 作業者② 作業 (上位と下位) ③ 部位④ 工区⑤ サンプル数であり、これに時間値が記録される。大型計算機で測定データを統計処理し、効率化を図っている。作業を目的別に分類することで、作業者の主作業率・余裕率を容易に求められる。システム構成を図-2 に示す。

3.1.2 マクロ・マイクロ法の適用 床の半 PCa 板の製作工場での作業測定に用いた WBS を図-3 に示す。携帯端末を使用することで、2 名の測定者による 1 分間隔のワークサンプリングで 15 種類の単位作業・42 種類の要素作業を観測できた。1 人の測定者で平均 5~6 名程度の作業者を測定できた。データの分析段階においても、従来の手入力と比較して、労力が 1 割程度に軽減された。

3.2 タイムスタディ (ハンディターミナル) 法

3.2.1 ハンディターミナル法の概要 この手法は、連続観測による要素作業時間研究に基づく手法である。測定項目・要素および測定条件を事前にパソコンで定義し、ハンディターミナルにダウンロードする。マクロ・マイクロ法の測定項目が固定であったのに対し、測定対象や分析項目を自由に設定でき、汎用的なシステムとして機能する。測定データはメモリーカードに格納される。

測定終了後、データをパソコンにアップロードし分析を行う。論理演算子を用いた条件付けによりデータ処理する機能を備え、様々な角度から分析可能である。

3.2.2 ハンディターミナル法の適用 PCa 関連工事の建方工程のサイクルタイムを算出したり、改善点を抽出するために適用した。1 人の測定者で 6 人程度の作業者を観測できデータ分析時間も従来の約 1 割となった。

図-4 に PCa 地下壁の建方作業の測定結果の一部を示す。部材ごとにかかなりのバラツキがある。2 班の作業チームで建方されたため、技能レベルの差異は勿論のこと、作業手順や部材接合方法の違いによって作業能率は大きく異なった。特に、地下部分で階高も大きいため、高所での作業や足場の昇降により能率を低下させていた。

4. 作業日報集計システム

4.1 システムの概要

現場で通常行われる運用方法や書式を前提としてシステム開発を行った。システムは、① 日報入力② 帳票作成③ 実績データ分析の 3 サブシステムとこれらの画面を統括制御するプログラムから構成される。機器構成は、パソコン・プリンター・マウス・プロッターである。

4.2 システムの運用方法

(1) マスターデータファイルの作成 現場・業者・作業・作業名をマスターデータとして事前に定義する。新規入場者や作業名の追加なども現場で簡単に行える。

作業分割レベル	工事	まとめり作業	単位作業	要素作業
標準測定単位	10 ⁵ TMU (1時間)	10 ⁴ TMU (6分)	10 ³ TMU (≒30秒)	10 ² TMU (≒3秒)
作業分割例	鉄骨工事	<ul style="list-style-type: none"> 準備 柱鉄骨建方 大梁鉄骨建方 小梁鉄骨建方 壁・ブレース建方 デッキプレート敷 	<ul style="list-style-type: none"> 荷卸し 仮設取付 揚重 建込 	<ul style="list-style-type: none"> 位置調整 スライフル取付 仮ボルト締結 親綱張り 玉掛け外し
作業測定手法	全体	日報集計システム		
	機械系	運行記録計法		
	人間系	(作業者多数)	ワークサンプリング (マクロ・マイクロ) 法	
		(作業者少数)	タイムスタディ (ハンディターミナル) 法	

図-1 作業分割レベルと測定手法

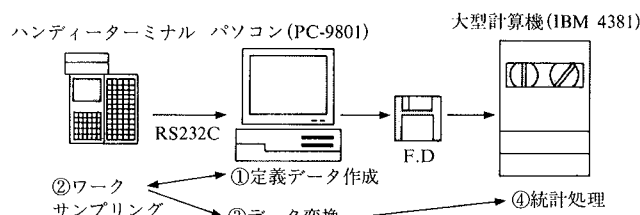


図-2 マクロ・マイクロ法のシステム図

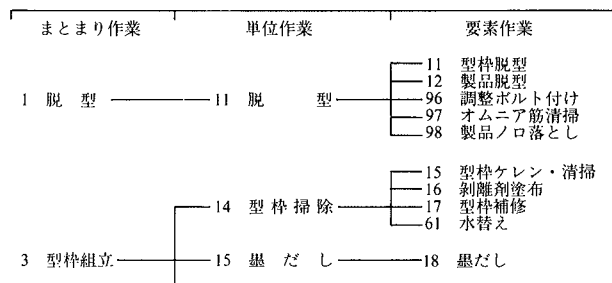


図-3 作業階層構造の例 (部分)

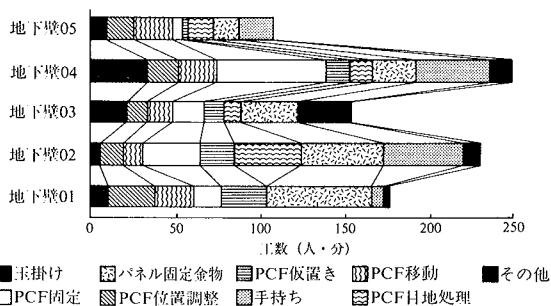


図-4 地下 PCf 壁の作業工数分析例 (部分)

作業日報で入力される作業名は、まとめり作業のレベルである。これらをまとめたレベルでの分析や複数の職種によって遂行される作業の分析が可能のように、作業データを階層構造化して定義している。

(2) データの入力 原則として、各職種の職長が入力するため、電算機に不慣れなものでも容易に操作ができるように、ポップ・アップ・メニュー方式とし、マウ

スにより入力を行った。写真-1は作業予定入力画面であり、予定作業名・作業者・階・工区・安全衛生指導事項・技能資格が、先に定義されたマスターデータの中から選択される。写真-2は作業実績入力画面であり、作業時間・施工実績数量が入力される。施工数量は、①入力不要②数量のみ入力③部材番号まで入力、の3段階に設定した。鉄骨やPCa部材などには、特有のIDを付加することで、部材単位での施工実績の把握が行える。

(3) 帳票作成 システムからの出力帳票やグラフは、日常業務に必要な作業日報A表(予定)、作業日報B・C表(実績)、工数整理表(図-5参照)工事月報、出勤簿、出面表であり、各種の帳票作成を電算化することにより、現場における帳票作成の労力を軽減した。

(4) データの分析 作業別・作業者別の部位ごとの歩掛りを工区・階単位で算出する。さらに、生産性の推移として習熟グラフをプロッター出力する。

4.3 システムの適用

入力に多くの時間を要していたが、電算機に慣れるに伴い入力時間は減少した。従来の日報用紙の記入が1業者当たり10~15分程度で行われていたが、このシステムを用いた場合、20~30分程度(約2倍)かかった。これは、個人名や施工数量といった詳細なデータ入力が増えたためと考えられる。しかし、従来の作業日報から工数を集計し、パソコンに入力・分析する方法と比較して、データ収集から分析に至るまでの労力の削減が図れた。習熟に関する分析の一例を図-6に示す。繰返し回数も10~20回程度と少ないため、正確な習熟効果を予測することは難しいが、大きな省力化がなされている。作業者ごとの習熟率の変化については、かなりの個人差が認め



写真-1 入力画面(作業予定)



写真-2 入力画面(作業実績)

られた。これは、各作業チームにおける役割や経験年数の差異などから習熟の度合いが異なると考えられる。

5. リフト稼働実績記録システム

5.1 システムの概要

リフト稼働実績記録システムは、図-7に示すように貨物リフトのPLCから各種の信号を取り出すためのI/Oボックス・磁気カードリーダー・パソコンである。

貨物リフトから得られる情報は、動作情報(上昇・下降・内扉の開閉・外扉の開閉)・積載荷重・行先階であり、これにオペレータの挿入する磁気カードのタイミングを記録することで各種の分析が可能となった。磁気カードは、部材カードと業者カードに分かれている。

月間工数整理票		NO	所長、主任		係員									
費目	作業内容	21日	22日	23日	24日	25日	26日	27日	28日	29日	30日	31日	小計	累計
	ビット内支保工払												3.5	3.5
	ビット内水替消掃												0.5	4.0
	梁受支保工搬入組立					0.8	5.5	5.5					24.3	28.3
	梁受支保工払し搬出					3.2							18.6	46.9
	床受支保工搬入組立								0.5				11.0	57.9
	床受支保工払し搬出												1.0	58.9
	コンクリート打設段	0.5											2.5	61.4
	コンクリート打設		4.0										8.5	69.9
	コンクリート打小仕		0.1			0.5							2.6	72.5
	クレーン操作	0.3						0.4					1.5	74.0
	外部足場架け	1.0		5.8	3.0						0.9		24.0	98.0
	共通仮設	4.0	2.3						2.0	1.0			19.8	117.8

図-5 月間工数整理表の出力例(部分)

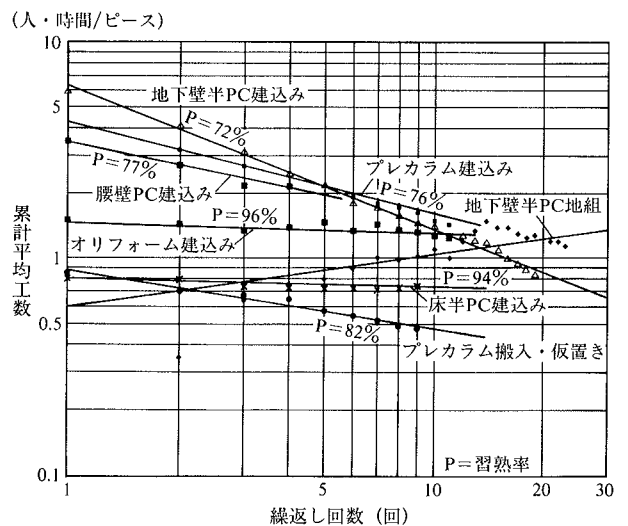


図-6 半PC化工法における習熟効果の例

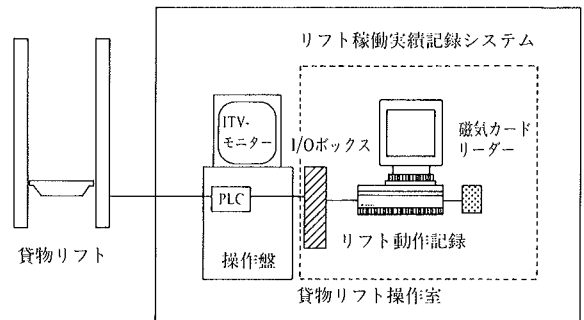


図-7 リフト稼働実績記録システムの構成

システムから得られるデータは、一次集計および二次集計データ（写真-3参照）として5種類の揚重タイプごとに集計・保存される。このデータ形式を利用して、詳細な分析は汎用パッケージによって行われる。

基本的に揚重作業は、①荷の積込②リフトの上昇・下降③荷の積卸しの繰返してある。しかし、先に述べたように貨物リフトのPLCから得られる情報だけでは、運搬した資材名称や荷の積始めや積卸しの終わりの時刻などが明確化できない。そこで、空荷カード（荷の積卸しの終了時期に、このカードが挿入される）および相積カードといった特殊な磁気カードを使用することにより、作業の切れ目や揚重タイプの判定を明確化した。

5.2 システムの適用事例

33階建ての超高層建物において導入された1.75tf貨物リフトに稼働実績記録システムを適用した際の分析結果の一例を示す。図-8は、揚重時間の分布を示している。揚重時間は左に偏ったベータ分布となっている。全資材の平均揚重時間は、約8分となったが、荷の積込み・積卸しに多くの時間が費やされていた。図-9は揚重重量の分布を示している。0.7tf付近を中心とした正規分布となっており、リフトの能力を十分に活用できていない。リフトの積載効率を高めるには、資材の混載をはじめとした荷姿の改善が重要な項目となる。

6. 新工法の評価

全自動ビル建設システムを作業能率に基づき評価するために、表-1に示すように各種の手法を組合せ、実績データの収集を実施した。これらは、自動化による効果を把握するための作業者の就労状況の調査や、作業人員の適正化など一層の省力化を目指した作業改善項目の抽出に役立てる労務実績調査である。また、自動化機械の稼働実績は制御用コンピュータから自動的に収集した。

この結果、労務稼働率・工事機械の稼働率・歩掛り・省力化率といった各種の評価指標を求めることができた。さらに、余裕率を考慮した適正な作業者の配員や自動化装置・施工方法の改善点も抽出できた。

7. おわりに

社会資本を形成する建設業の役割が増すと共に、業界として生産性を向上させることを強く求められる。今後、省力化工法の研究・開発は必須であり、歩掛りなどの管理基準の整備は社会的な要請でもある。これには、作業の能率を的確に把握するための手法を整備することも一方で重要な課題となる。PCa工法や自動化工法などの省力化工法を正しく評価するためには、在来工法に関するデータの蓄積を地道に行わねばならない。

今後は、作業能率測定システムの統合化や作業実績のデータベース化が重要である。

参考文献

- 1) 森 哲郎：全自動ビル建設システムの適用実績，第8回

写真-3 二次集計画面

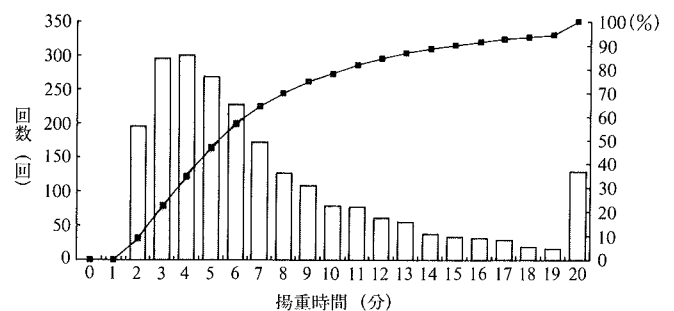


図-8 揚重時間の分布

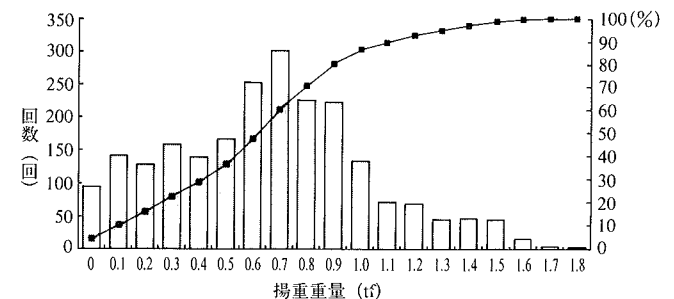


図-9 揚重重量の分布

表-1 全自動ビル建設システムにおける実績調査

調査項目	調査方法	手法	作業分割レベル			調査期間
			単位作業	要素作業	動作	
自動化機械の稼働状況	天井クレーン	自動記録	運行記録法			<input type="checkbox"/> 全日程
	貨物リフト	自動記録	運行記録法			<input type="checkbox"/> 全日程
作業の生産性(歩掛り)の把握	日報集計システム	日報分析	<input type="checkbox"/>			全日程
作業の改善点の抽出	マクロ ミクロ法 ハンディ ターミナル法	稼働分析	<input type="checkbox"/>			2サイクル 工程
		時間研究	<input type="checkbox"/>			1サイクル 工程

- 建築施工ロボットシンポジウム予稿集, p. 41~48, (1994)
- 2) 脇坂達也：測定機器を用いた作業測定と分析, 建築生産と管理技術セミナー予稿集, p. 43~58, (1992)
- 3) 浜田耕史, 他：新工法評価のための作業能率測定, 建築生産と管理技術シンポジウム予稿集, p. 281~286, (1993)
- 4) 脇坂達也：歩掛りデータの収集・測定方法, 『建築生産における生産性を考える』シンポジウム予稿集, p. 25~32, (1993)