

COW工法によるAビル解体工事の作業測定

脇坂 達也 竹本 靖
梅本 光夫
(本社建築本部工務部)

Work Measurement in Demolition of “A” Building by COW Method

Tatsuya Wakisaka Yasushi Takemoto
Mitsuo Umemoto

Abstract

Large-scale work measurements were made in demolition of “A” Building (RC・SRC, 6 stories) by the Concrete Wrecking Method which features no noise and no shock, and as a result a true picture of the Method was grasped. This report presents an outline of the COW Method and the results of the work measurements.

概要

COW/無騒音・無振動解体工法によるAビル（RC・SRC造，6階建て）解体工事に対して大規模な作業測定が実施され，同工法の実態が把握された。本報告では，この作業測定に関する測定方法および結果について報告する。

1. はじめに

COW工法とは，静かで力強いCOWになぞらえ，Concrete Wreckingを略して名付けられたもので，大容量の油圧ジャッキを用いてコンクリート構造物を静的に破砕する無騒音・無振動解体工法である。

市街地における建替え需要の増加を見越して，当社では数年前から無公害な解体工法の開発に着手し，昭和48年にはその実用化に成功を納めた。以来この工法の優秀さが広く認められ，現在までに工事件数は80件，また解体コンクリート量は24,000m³を突破した。

COW破砕機（以下破砕機と称す）の開発が一段落した段階で工法の見直しを行なうために，中層中規模，RC・SRC造のAビル解体工事を対象に大規模な作業測定と騒音・振動測定を行なった。今回は，これらの内，作業測定の方法および結果について報告する。

2. 工事概要

現場は新宿駅前の繁華街にあり，周辺は低中層ビルが密集した典型的な密集市街地地域である。工事に際し，近隣居住者と折衝を行ない，COW工法の採用を条件に同意を得て着工した。塔屋，機械盛替口，コア回りの狭小部などは止むを得ず在来のコンクリートブレイカーで解体したが，残りの大部分は破砕機で解体した。解体工

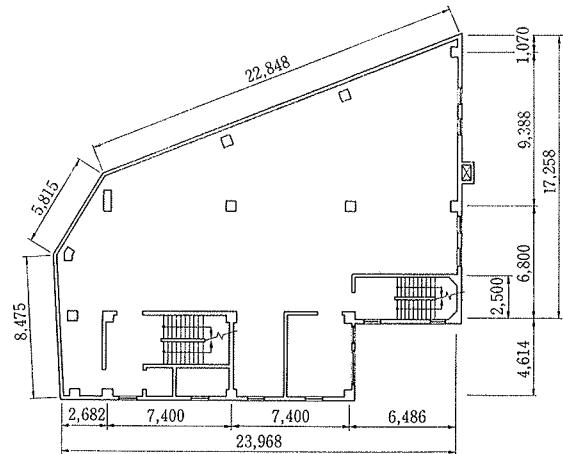


図-1 Aビル平面図

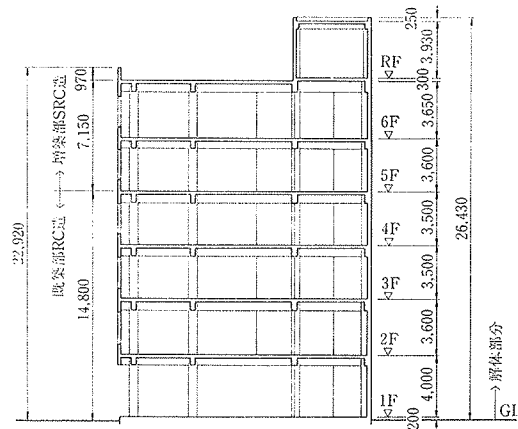


図-2 Aビル断面図

期は昭和52年4月～6月の約2カ月半であったが、その間、近隣からの苦情は皆無であった。

解体建物は戦後建てられた事務所ビルであるが、その概要は次に示すとおりである(図-1, 2参照)。

- 場所：東京都新宿区
 - 規模：地下1階，地上6階，塔屋1階，
建築面積 380 m²，延床面積 2,670 m²
軒高 GL+22.9 m，最高 GL+26.4 m
 - 構造：1階～4階 鉄筋コンクリート造，5階以上
鉄骨鉄筋コンクリート造(増築部分)
 - 使用機械は次に示すとおりである。
 - 破砕機：COW-T 1台(床，梁破砕用)
COW-C 1台(壁，柱破砕用)
 - 履带式ローダ：BS-30 1台(解体階のガラ集積用)
BS-50 1台(1階のガラ積込用)
- なお，破砕機の仕様を表-1，写真-1，2に示す。

機種	COW-T			COW-C		
	W	L	H(最大～最小)	W	L	H(最大)
寸法(mm)	2140	×3800	×5400～1800	2660	×6040	×5500
総重量	7.5 ton			18.6 ton		
油圧ジャッキ	200 ton, St:1000 mm			150 ton, St:400 mm		
マウント形式	クローラーマウント			クローラーマウント		
動力	走行：ディーゼルエンジン 破砕：電動			走行：ディーゼルエンジン 破砕：電動		
操作	ボタン式無線コントロール			レバー操作		

表-1 破砕機の主要諸元

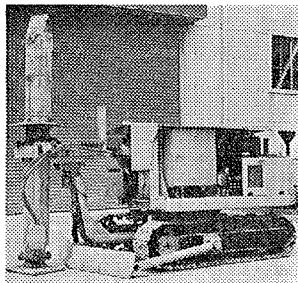


写真-1 COW-T

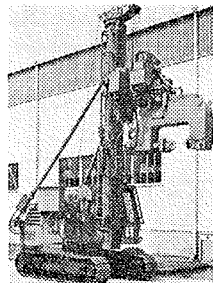


写真-2 COW-C

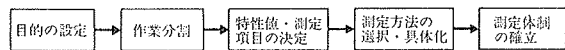


図-3 作業測定の計画手順

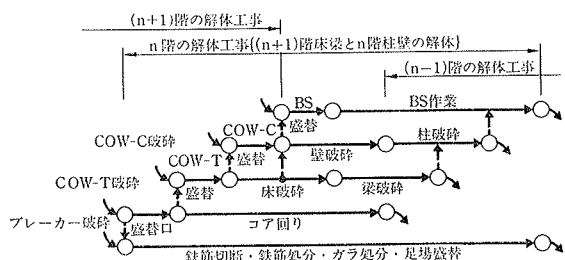


図-4 解体工事(1階分)のネットワーク

3. 作業測定

3.1. 測定計画

測定計画は図-3のフローに従って立案した。

3.1.1. 目的の設定 今回の作業測定の主目的は，COW工法が標準化されてきた段階で解体作業の実態を把握し，将来の工事計画に役立つ資料を得るとともに，工法改善のための問題を見出すことにある。

3.1.2. 作業分割 工事計画用資料に関しては，図-4に示す解体工事のネットワークに含まれる全作業に対して，表-2のように単位作業レベル¹⁾で作業分割を行

主作業	主作業		主作業			
	まとまり作業	単位作業	まとまり作業	単位作業		
1 破砕	COW-T	20 床破砕	鉄筋切断	42 サッシ取り	9 機械盛替	65 T型盛替
		21 梁破砕		45 床筋切断		66 C型盛替
	COW-C	25 梁破砕	46 梁筋切断	67 BS盛替		
2 破砕	COW-C	26 柱破砕	47 柱筋切断	68 機具盛替	10 その他	70 その他
		27 壁破砕	48 壁筋切断	78 その他		
3 プレーカー破砕	COW-T	30 床破砕	鉄筋処分	49 その他切断	共通作業	1 清掃片付け
		31 梁破砕		50 仕分け		2 機械準備
		32 柱破砕		51 鉄筋集積		3 運搬・移動
		33 壁破砕		52 鉄筋露出し		6 水まき
		35 梁破砕		53 サッシ処分		7 手元作業
		36 壁破砕		55 ガラ退け		9 打合わせ
4 作業	BS	37 引倒し	足場盛替	56 その他処分	余裕	10 機械修理
		38 ガラ集積		60 足場架組		11 手待ち
		39 ガラ落とし		61 養生材架組		12 休憩
		40 鉄筋集積		62 足場点検		14 不明
		41 鉄筋落とし		63 足場材揚落		

表-2 解体工事に対する単位作業レベルの作業分割

測定目的	工事計画用資料の収集		作業改善	
作業分割	まとまり作業レベル	単位作業レベル	要素作業レベル	
主な特性値	<ul style="list-style-type: none"> 階別解体時間 階別解体歩掛 階別機械別集積率 盛替時間率 休止時間率 故障時間率 破砕歩掛 クランプ搬出歩掛 標準解体順序 	<ul style="list-style-type: none"> 目的別(正味～余積)全作業歩掛 目的別階別破砕歩掛 鉄筋切断歩掛 作業間工数比率 工事機械別稼働率内訳 盛替時間率 休止時間率 故障時間率 目的別人数山積 	<ul style="list-style-type: none"> 部位別統計要素作業時間サイクルタイム 1回当り破砕量 破砕歩掛 加圧力ピーク値 破砕～ガラ処分の所要時間 工数 ガラ寸法 標準破砕順序 	<ul style="list-style-type: none"> 加圧経時変化 標準破砕順序
主な測定項目	<ul style="list-style-type: none"> 工事機械の稼働、盛替、休止、故障時間 オペレーター、切断工、解体工の作業時間、内容 各職出勤人数 クランプ台数 解体順序 付帯条件 	<ul style="list-style-type: none"> 全作業について作業を10分毎に瞬間観測し、インプットシートにコードで記入し、電算処理 マクロ法：全員に瞬間観測し、インプットシートにコードで記入し、電算処理 ストップウォッチ法：破砕機による破砕作業をストップウォッチにより継続時間観測 	<ul style="list-style-type: none"> 破砕についてサイクル数 個別時間 油圧ピーク値 加圧位置 チェルの向き 鉄筋切断～ガラ処分の時間、人数 部材寸法、配筋 ガラ形状、寸法 付帯条件 	<ul style="list-style-type: none"> 油圧変化 破砕進行状況 付帯条件
測定方法	<ul style="list-style-type: none"> 工事日報法：毎日所定の日報用紙へ記入 	<ul style="list-style-type: none"> マクロ法：全員に瞬間観測し、インプットシートにコードで記入し、電算処理 	<ul style="list-style-type: none"> ストップウォッチ法：破砕機による破砕作業をストップウォッチにより継続時間観測 	<ul style="list-style-type: none"> メモーション法：破砕作業は3秒間隔、油圧変化は1秒間隔で8%メモーション撮映
測定対象	解体工事全体	4階の解体工事	破砕機による各部位の破砕作業	同左，BS作業，油圧メーター
測定期間	全期間	5月13日～23日	同左	同左
測定数	約60日	約450回観測	各部位3サンプル	各部位1サンプル
測定者	N(現場)	U(工務部)	Y(技研)	O(技研)

表-3 測定内容および方法

なった。工法改善においては、作業を更に細部にわたって検討する必要があるため、破砕作業を中心に、要素作業レベル¹⁾で作業分割を行なった。

3.1.3. 特性値と測定項目の決定 測定目的に合わせて決定された特性値、およびそれを求めるために必要な測定項目は表-3に示すとおりである。改善に関する測定項目は、特性要因図を作成して求めた。

3.1.4. 測定方法の選択と具体化 作業分割および特性値に関する条件を満たすような4種類の測定方法を選択した。建物全体の解体工事に対するまとめり作業レベル¹⁾の測定には工事日報を、4階の解体作業に対する単位作業レベルの測定には電算機利用のマクロ法²⁾を、また各部位の破砕作業に対する要素作業レベルの測定には、ストップウォッチによる継続時間観測法とメモーション法を採用した。各測定方法の具体的内容は表-3に示すとおりである。

3.2. 測定結果

3.2.1. 工事日報による実績記録 図-5の実施工程表によれば、1階当りの平均解体日数は10日である。

破砕機の階別作業時間を示す図-6によれば、COW-Cがクリティカルであること、詳細な作業測定を実施した4階の作業状況は比較的安定していること、更に、階が進むにつれて習熟傾向を示すことなどがわかる。なお、1階は外装石張りであるためにCOW-Cの稼働時間は逆に増加している。

3.2.2. マクロ法による測定結果 解体作業の主作業歩掛を示す表-4によれば、COW-T、COW-C、ブレイカーの破砕歩掛の比は5:4:1となること、また一組の破砕機の破砕能力とBS1台の清掃能力は、ほぼバランスすることなどがわかる。なお、主作業歩掛は正味の歩掛であるから、実際には1~3割歩掛は低下する。

COW-Cの稼働状況を示す図-7により休止時間率の内訳を見ると、オペレーターが相番の作業を代行するために破砕機が遊ぶ比率が8%、鉄筋切断、BS作業などの干渉による手待ちの比率が22%、オペレーターの休憩の比率が6%である。故障および休止時間の低減が今後の課題である。

4階解体期間中の、ある一日の全作業員の作業状況を図-8に示す。同図より、特に組作業における干渉状況が分析できるので、問題の発見に有効であった。

3.2.3. ストップウォッチ法による測定結果 各部位の破砕に対する測定結果を表-5に示す。

(1) 床の破砕 COW-Tによる床の破砕は端部から始め、ジグザグ状に後退しながら突く、引く、設置のサイクル作業を繰り返し、1回当たり約0.5m²の床を破砕する。サイクルタイムの平均値は103秒、その47%が突

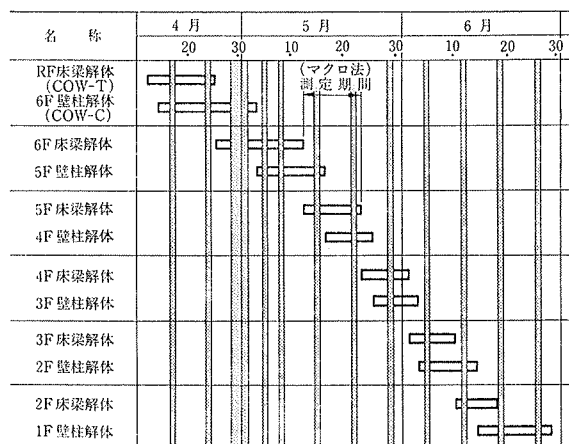


図-5 実施工程表 (←工事日報)

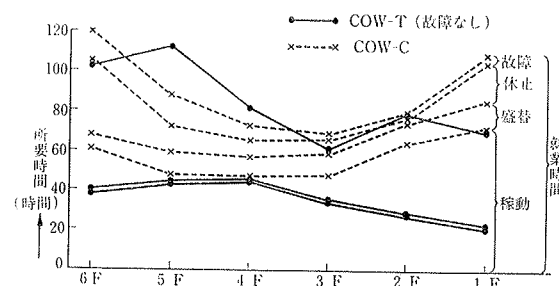


図-6 破砕機の階別作業時間 (←工事日報)

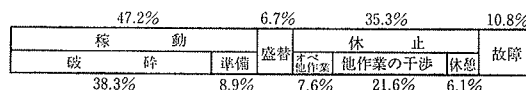


図-7 COW-Cの4階解体時作業時間率 (←マクロ法)

解体作業	作業時間(時間)	作業工数(人時)	主作業率(%)	歩掛
1 COW-T破砕	27.3	27.3	72.6	2.0 m ² /台時
2 COW-C破砕	30.2	30.2	33.8	1.6 m ² /台時
3 ブレイカー破砕	27.2	43.3	80.8	0.4 m ² /人時
4 BS作業	32.3	32.3	74.1	4.0 m ² /台時
5 鉄筋切断	31.2	43.8	87.7	0.3 人時/m ²
6 鉄筋処分	48.7	113.7	98.0	0.9 人時/m ²
7 ガラ処分	26.0	39.8	91.2	0.3 人時/m ²
8 足場盛替	32.5	82.7	87.5	0.3 人時/m ²
9 機械盛替	6.7	23.8	85.6	23.8 人時/FL

表-4 解体工事の主作業歩掛 (←マクロ法)

破砕作業	測定数	サイクル数平均(回)	サイクルタイム平均(秒)	破砕歩掛	加圧力平均(ton)	部材寸法
						(m)
COW-T 破砕	RC床	5	42	103	17.5 m ² /時	3140×3770×110
	SRC梁	3	19	80	3.4 m ² /時	350×650
COW-C 破砕	RC梁	3	13	75	4.7 m ² /時	300×600
	SRC柱	3	13	124	2.2 m ² /時	550×550
	RC柱	3	14	97	3.4 m ² /時	600×600
	RC壁	1	33	101	9.8 m ² /時	750×110×1500

表-5 破砕作業の主作業歩掛 (←ストップウォッチ法)

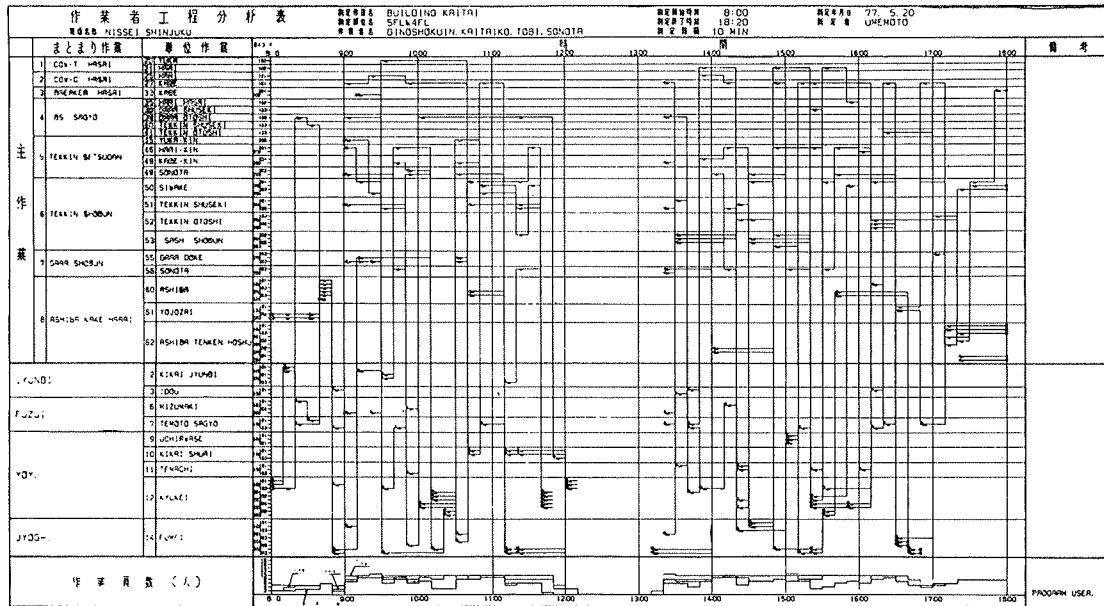
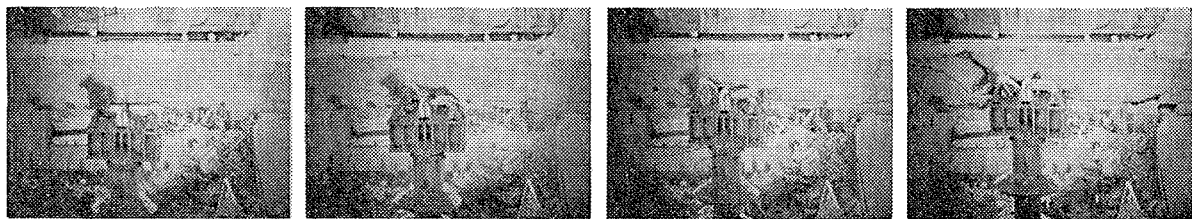


図-8 作業者工程分析表 (←マクロ法)



(12秒後)

(24秒後)

(36秒後)

写真-3 SRC 梁の破碎状況 (←メモーション法)



(12秒後)

(24秒後)

(36秒後)

写真-4 RC 柱の破碎状況 (←メモーション法)

きに要する時間である。破碎歩掛は平均 17 m²/時、加圧力は最大 86 ton、平均 31 ton である。

(2) 梁の破碎 COW-T による梁の破碎は、梁の中央から突き始め、最後に梁端を突く手順が一般的である(写真-3)。SRC 梁と RC 梁の破碎を比較すると、サイクルタイムでは約 80 秒とあまり差はないが、前者の方が突き回数で約 5 割多く、破碎歩掛は 3.4 m³/時、4.7 m³/時と前者の方が約 3 割低い。RC 梁の加圧力は平均 20 ton であり、床の場合よりも小さい。

(3) 柱の破碎 COW-C による柱の破碎は、チゼルの向きを材軸方向に合わせ、上から下へ裂くように進められる(写真-4)。SRC 柱と RC 柱の破碎を比較すると、噛む回数ではほとんど差はないが、前者の方がサイ

クルタイムは約 120 秒と約 2 割大きく、破碎歩掛は 2.2 m³/時と 3.4 m³/時の 2/3 である。前者に対する加圧力は平均 94 ton であり、後者の場合より約 20 ton 大きい。

(4) 壁の破碎 壁については、先行する COW-C を鉄筋切断工が追う組作業方式により、高さ約 1 m の幅で横へ移動しながら順次破碎して行く。サイクルタイムは平均 100 秒、破碎歩掛は 9.8 m²/時である。

3.2.4. メモーション法による測定結果 3 秒 1 コマで撮影した SRC 梁および RC 柱の破碎状況を写真-3, 4 に、また 1 秒 1 コマで撮影した SRC 柱破碎時における COW-C の油圧変化を図-9 に示す。

3.3. 測定精度

4 種類の測定における測定対象を重複させてあるので、

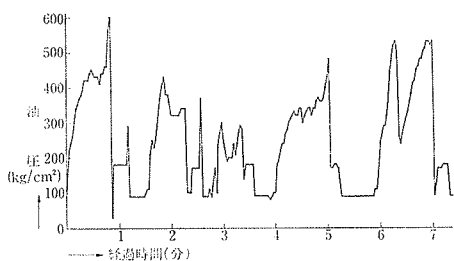


図-9 SRC柱破砕時の油圧変化(←メモーション法)

図-6, 7 または表-4, 5 のように、異なる測定方法により同種の特値が得られた。これらによれば測定結果ないし方法の精度を比較することができる。

3.3.1. 工事日報とマクロ法の比較 COW-C の作業時間率を比較する表-6 によれば、工事日報による稼働率はマクロ法によるものよりも16%高く、休止率は逆に25%も低い。この傾向は COW-T についてもほとんど同じである。サンプリング理論からマクロ法による稼働率の誤差を求めると、信頼度95%で絶対誤差 ±5%であるから、両者の差は有意と考えられる。

図-8 に見られるように、作業休止状態は不規則に短時間発生するため、測定専従者でない現場員には捉えられないことが稼働率増加の原因と考えられる。

測定方法	就業時間(時間)	稼働率(%)	盛替時間率(%)	休止時間率(%)	故障時間率(%)
工事日報	73.0	63.0	15.8	10.2	11.0
マクロ法	78.8	47.2	6.7	35.3	10.8

表-6 工事日報とマクロ法による作業時間率の比較

破砕作業	マクロ法 ① 破砕歩掛	ストップウォッチ法		比率 ①/②
		測定数 (必要測定数)	② 平均破砕歩掛	
COW-T RC床	14.3 m ² /時	5 (4)	17.5 m ² /時	0.82
破砕 RC梁	2.9 m ² /時	3 (43)	4.7 m ² /時	0.62
COW-C SRC柱	1.7 m ² /時	3 (16)	2.2 m ² /時	0.77
破砕 RC柱	2.3 m ² /時	3 (34)	3.4 m ² /時	0.78

表-7 マクロ法とストップウォッチ法による破砕歩掛の比較

3.3.2. マクロ法とストップウォッチ法の比較 破砕歩掛を比較する表-7 によれば、マクロ法による破砕歩掛はストップウォッチ法によるものよりも全般的に2, 3割低く、この差は有意であると考えられる。

マクロ法の等間隔ワークサンプリングにおいて系統的な誤差の発生は考え難いので、サンプリング誤差というより測定誤差である可能性が高い。ワークサンプリングにおいて厳正に瞬間観測を実行しないと、知覚における錯視的な誤りを犯す危険がある。

3.4. 測定方法の評価

3.4.1. 工事日報 バーチャート形式の日報書式は適当であったが、現場員が30分の精度で記入することは難しい。工事機械のより正確な稼働状況は、オペレーター

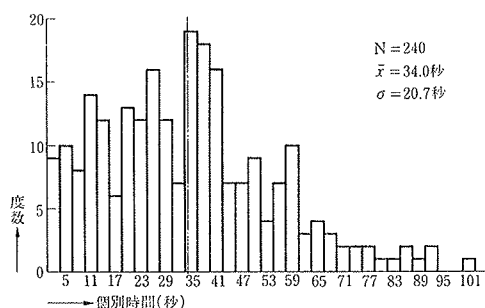


図-10 床破砕時の個別時間分布(←ストップウォッチ法)

の記録または計器測定によることが望ましい。

3.4.2. マクロ法 電算機利用の威力が発揮され、9日間の測定終了後2日目には統計処理結果(表-4)と作業者工程分析表(図-8)がアウトプットされ、人手では1カ月余り要する整理期間を経ずして直ちに分析に移ることができた。20人近い作業員に対する10分間隔のワークサンプリングは、1人の測定者で十分余裕を持って実施することができ、観測間隔は必要観測数の観点からも適切であった。瞬間観測に伴う測定誤差には、今後十分注意する必要がある。

3.4.3. ストップウォッチ法 要素作業の個別時間分布を示す図-10によれば、この測定法の測定限界と一般に言われている3秒以下のものが4% また平均時間が34秒であるので、1人の測定者が正確な時間測定と同時に付帯条件の調査を十分行なうことができた。測定数については、床の破砕を除いてサイクルタイムにかなりバラツキがあり、標準時間設定のためには測定数が不足した。

3.4.4. メモーション法 写真-3, 4, 図-9, 10に示すように破砕機の動作は比較的緩慢であるため、3秒1コマの速度で動作レベルまで捉えられた。

以上、測定目的および対象の精粗に合わせて4種類の測定方法を使い分け、全体と部分を関連づけながら大規模かつ詳細な作業測定を実施することができた。

4. むすび

COW 工法によるAビル解体工事の作業測定において一応所期の目的を達することができた。この測定を契機として破砕機の改善が実施されたが、今後も機会を捉えて作業測定を実施し、無公害解体工法の改善および標準化を推進していく必要がある。

なお、この測定は、工事事務所、本社工務部、機械部および技術研究所の協力の下におこなわれた。

参考文献

- 1) 脇坂達也: 大規模作業測定の省力化について, 大林組技術研究所報, No. 14, (1977)