

深層混合地盤改良工事における 施工管理システム開発例

A Management System for Soil Improvement Work

大林・清水JV ○ 吉田 直 *

〃 馬場 太夫 *

㈱ 大林組 坂内 和雄 **

by S. Yoshida, T. Baba and K. Sakauchi

土木工事分野におけるパソコンの利用は、原価管理や計測管理などを中心として各方面へ広まりつつある。このたび、東京湾岸道路の一環である羽田第1トンネルの地盤改良工事において、深層混合攪拌工法(DJM)での施工管理をパソコンを用いて行った。

本稿は、当施工管理システムの開発経緯と使用状況について報告するものである。

【キーワード】地盤改良, 施工管理システム, パソコン

1. はじめに

東京湾外周に沿って走る東京湾岸道路は図-1に示すように横須賀から横浜、川崎、羽田新空港、さらに東京、千葉、木更津を経て富津にいたる、総延長160kmの自動車道である。将来はさらに、東京湾横断道路、湾口部横断道路とも連結することになっている。この東京湾岸道路の一環として、羽田新空港のB滑走路と誘導路を横断する羽田第1トンネルは、中央部に2種規格道路(首都高速道路湾岸線)が6車線、その両側に3種規格道路(一般国道357号)がそれぞれ3車線構築される、延長734.2m、幅65.3m、掘削深さ15mの開削トンネルである。超軟弱な若齢埋立地盤において、かつてない大規模な掘削工事を施工するため、粉体噴射攪拌工法による地盤改良を行うこととなった。

当工区(トンネル延長の半分367.1m)を施工するにあたり、多量かつ複雑な施工管理データを迅速に処理するためパソコンによる施工管理システムを開発し、実施したので報告する。

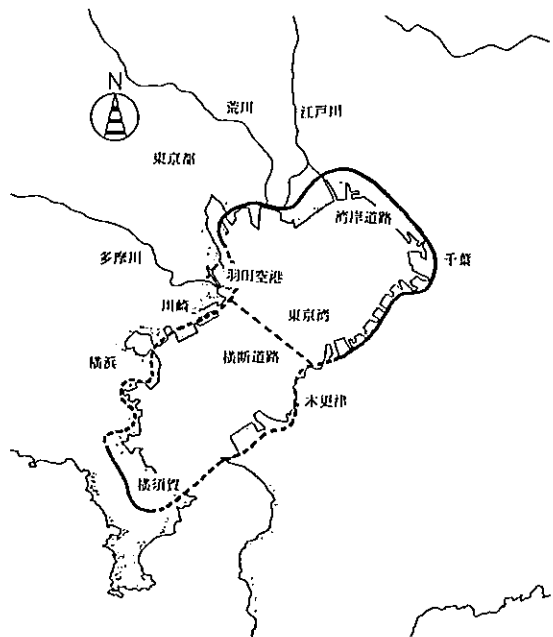


図-1 東京湾岸道路

* 大林・清水建設工事共同企業体 03-790-9215

** 電子計算センターシステム課 03-292-1111

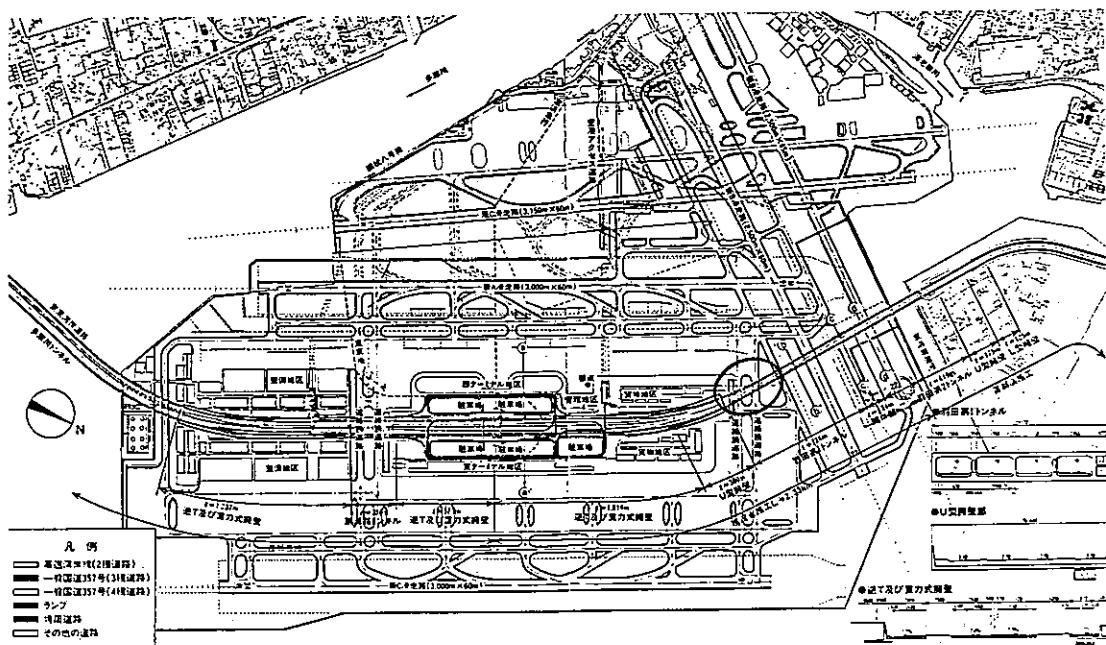


図-2 羽田新空港平面図

2. 工事概要

工事名称；羽田第1トンネル（その2）工事

工事箇所；東京都大田区羽田地先

工期；S 6 2 年 8 月 1 日～6 4 年 3 月 3 0 日

発注者；建設省関東地方建設局

工事内容；粉体噴射攪拌工（D J M 工法）

改良体 2 3 6 5 6 本

改良長 5 8 2, 6 0 2 m

工事箇所を図-2に示す。工事区域は昭和62年に埋め立て造成の完了した地盤であり、図-3に示すように、GL-30m以下の洪積層の上に含水比40～140パーセントにおよぶシルト質粘土層、いわゆる羽田マヨネーズ層が堆積する。このような超軟弱地盤において大規模な掘削工事を行うために、鋼管矢板の前背面をD J M工法により地盤改良するものである。図-4にD J M工法の施工手順を示す。

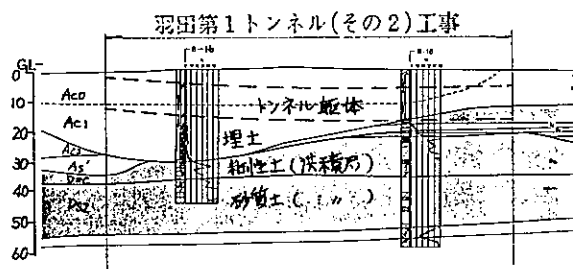


図-3 地層縦断面

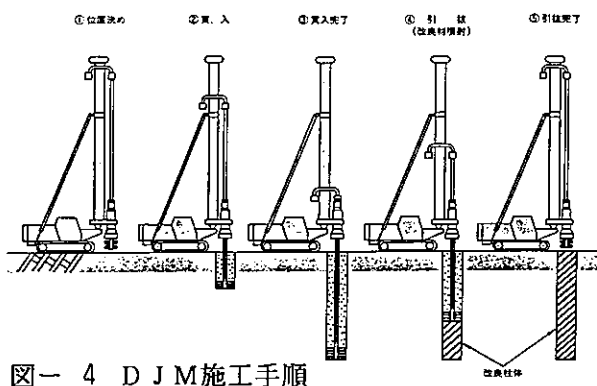


図-4 D J M施工手順

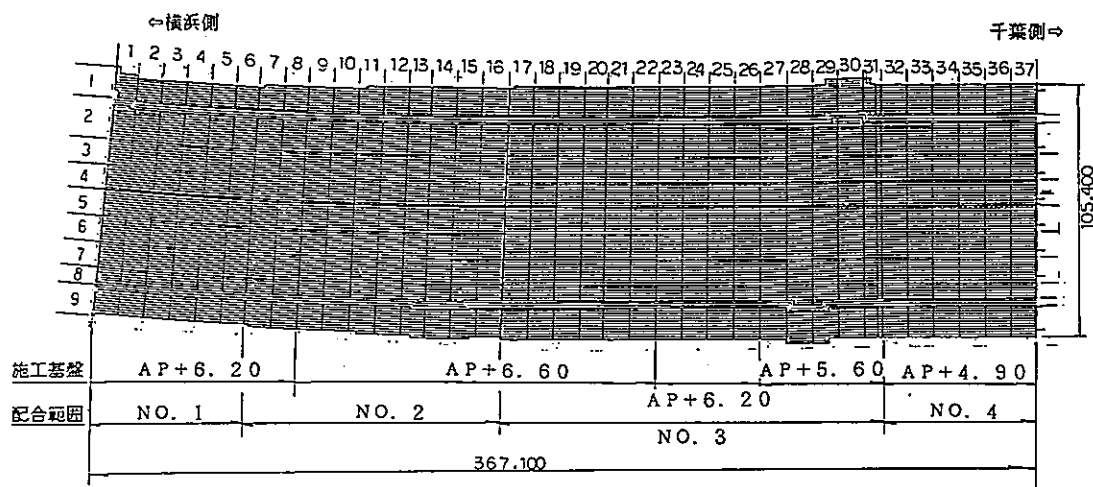


図-5 D J M杭杭伏図

3. システム開発の目的

本地盤改良工事では、以下のとおり、管理データが多量であり、通常の手作業ではかなりの困難が予想された。図-5～図-7参照。

- (1) 打設する杭の本数が約2.4万本と多いこと。
- (2) 改良の目的により杭が5種類に分類され、種類別に管理する必要があること。
- (3) 個々の杭は深度・土層別に4区間に区分され、それぞれセメント配合量が異なること。
- (4) 個々の杭について当初設計・実績・変更設計（実績による精算）について削孔長・セメント量などを計上し、かつ月別・種別・打設機械別等、多項目による分類集計が必要なこと。
- (5) 発注者に対して提出する書類が多く、事務処理に多大の労力を要すること。

1日あたり150本程度の出来高に対して、上記の管理を手作業で行っていくことは非常に困難であると予想された。これらを踏まえ、システム開発により合理化・省力化を計り、かつ迅速な対応を可能ならしめることとした。

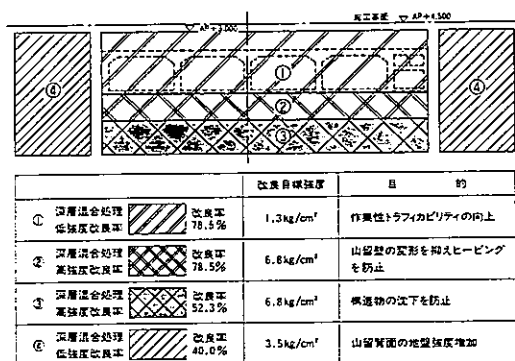


図-6 改良断面

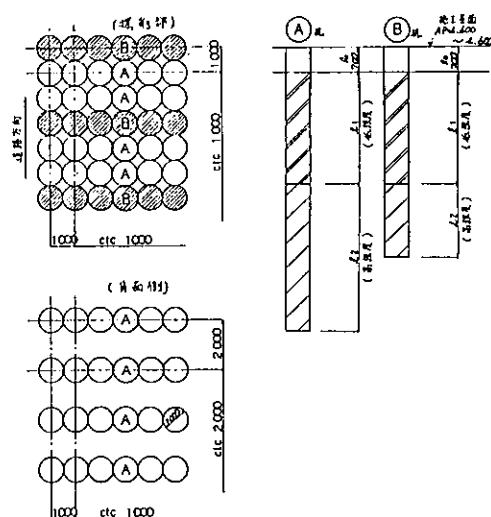


図-7 改良体平面配置及び断面

4. 施工管理システム

システムフローを図-8に示す。

プログラムメニューを図-9に示す。

処理項目は、大別して以下の4種類である。

① 当初設計データの入力 [メニュー番号 11]

入力データは杭1本ごとに

- ・土層変化点データ
- ・m当りセメント配合量
- ・打設予定機械番号

等である。出力例を図-10、図-11に示す。

② 実績データの入力 [メニュー番号 21]

実績データは当初設計データを参照しながら入力可能である。図-12参照。

- ・各層の改良長
 - ・セメント使用量
 - ・打設月日
 - ・打設機械番号、プラント番号
- 等である。

③ セメント納入実績の入力 [メニュー番号 31]

- ・納入日
- ・納入業者コード
- ・セメント数量
- ・納入プラント番号

等である。出力例を図-13に示す。

④ 提出書類・各種管理データの出力

- ・提出書類は日報 [メニュー番号 23]、月報 [メニュー番号 29] 等があり、必要とする日付の範囲を指定するだけでよい。図-14参照。
- ・各種管理データ

セメントの納入状況、在庫状況、セメントのロス状況、出来高の査定、残数量等を各種の様式でプリントする。

[メニュー番号 22、24~28、32~39]

このうち、セメントロス、削孔長、改良長の管理表作成 [メニュー番号 24] を例にして画面の入力方法、出力形式などを説明する。図-15及び図-16参照。

A. プリント対象日付範囲

杭の打設日付範囲を指定する。全期間を対象

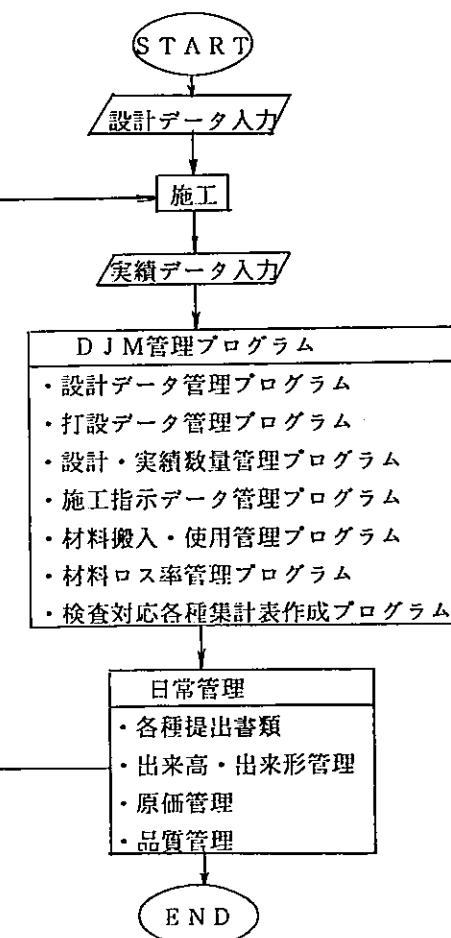


図-8 施工管理システムフロー

とする場合は、000000 ~ 999999 とする。

B. プリント対象杭番

プリントしたい杭の範囲を指定する。すべての杭を対象にする場合は枠内を空白にする。

C. プリント方法の指定

一本ごとの詳細をプリントするか、集計だけとするかを指定する。

D. プリント順位指定

分類 (ソート) のキーを指定するもので、使用者が任意に設定できる。

DJM杭管理プログラム

1. 設計 (初期) 情報
 11. 設計データ入力、修正、プリント
2. 実績情報
 21. 打設実績データ入力、修正
 22. 当日打設杭プリント
 23. DJM工事日報作成
 24. セメントロス、削孔長、改良長の管理表作成
 25. 当初設計、変更設計、実績の比較表作成
 26. 施工、未施工延長数量一覧表作成
 27. 数量一覧表プリント
 28. 検査用データ集計表プリント
 29. 月報プリント
3. セメント情報
 31. セメント納入状況入力、修正
 32. プラント別入場・使用・在庫プリント
 33. 業者・プラント別セメント集計表作成
 34. セメント納入量プリント
 35. セメント入庫詳細一覧表
 39. 日付・プラント別セメント入場・使用
4. 強度別仕分作業
 41. 強度別仕分作業
- ★ その他
 - # . 打設機番の変更
 - \$. 夜間施工杭データ入力

99. 作業終了

実行する作業番号を入力してください



図-9 メインメニュー画面

1126通りの当初設計データ数量一覧表 (全データ)												DATE :		TIME : 10:52:06		PAGE : 1		
		目付(区間 650M) (- 630M)																
番号	区間	本数	削孔長	改良長	変更 割合	セメント量	改良長 割合	セメント量	中層 割合	セメント量	下層 割合	セメント量	合計改良長	合計セメント量				
1-1	A	116	2,607.6	62.6	389.4	100	30,562	601.8	100	47,318	686.6	100	53,962	847.4	100	73,198	2,525.20	205,040
	A'	89	1,951.9	62.3	293.7	100	23,051	453.9	100	36,169	529.2	100	42,056	612.6	100	54,591	1,889.60	155,507
	B	57	1,136.3	39.9	185.1	100	14,763	240.7	100	22,857	332.6	100	26,132	285.1	100	24,624	1,046.40	88,376
	B'	45	861.5	30.1	141.9	100	11,137	219.3	100	17,723	255.2	100	20,578	215.1	100	19,635	831.40	69,073
	C	272	5,454.1	190.4	897.6	100	70,448	1,317.2	100	103,472	3,048.8	100	229,412	5,263.60	100	11,606.20	413,332	
小計	579	12,011.5	405.3	1,910.7	100	149,961	2,832.9	100	227,539	4,852.4	100	382,180	1,900.2	112	172,048	11,606.20	931,725	
1	A	116	2,607.6	62.6	389.4	100	30,562	601.8	100	47,318	686.6	100	53,962	847.4	100	73,198	2,525.20	205,040
	A'	89	1,951.9	62.3	293.7	100	23,051	453.9	100	36,169	529.2	100	42,056	612.6	100	54,591	1,889.60	155,507
	B	57	1,136.3	39.9	185.1	100	14,763	240.7	100	22,857	332.6	100	26,132	285.1	100	24,624	1,046.40	88,376
	B'	45	861.5	30.1	141.9	100	11,137	219.3	100	17,723	255.2	100	20,578	215.1	100	19,635	831.40	69,073
	C	272	5,454.1	190.4	897.6	100	70,448	1,317.2	100	103,472	3,048.8	100	229,412	5,263.60	100	11,606.20	413,332	
合計	579	12,011.5	405.3	1,910.7	100	149,961	2,832.9	100	227,539	4,852.4	100	382,180	1,900.2	112	172,048	11,606.20	931,725	
2-1	A	32	747.4	22.4	112.1	100	6,830	252.131	100	25,854	108.4	131	11,130	252.6	224	44,524	725.00	90,308
	A'	70	1,626.5	49.1	245.1	100	19,250	501.139	100	54,827	284.4	139	31,127	547.1	208	89,196	1,577.50	194,400
4	A	227	2,163.6	158.9	781.5	100	62,425	1,954.3	124	189,847	60.6	113	5,380	4,195.3	213	70,303	7,004.70	927,855
	A'	3	95.9	2.1	10.5	100	825	25.8	140	2,636	1.5	140	165	54.230	9.756	91.80	13.584	
	B	104	1,673.2	72.8	364.1	100	28,600	898.2	125	87,916	26.2	114	2,354	312.1	214	52,458	1,400.40	171,328
	B'	3	95.9	2.1	10.5	100	825	25.8	140	2,636	1.5	140	165	54.230	9.756	91.80	13.584	
	C	641	14,580.9	448.7	2,212.9	124	215,131	3,916.127	127	399,340	8,003.3	125	784,038	8,088.3	189	1,201,619	33,599.50	3,601,614
合計	1,476	34,632.7	1,033.2	5,163.1	110	440,534	9,659.123	129	952,752	10,569.2	121	1,006,709	12,000.709	521	1,733,611	41,122.20	4,603,614	

図-10 当初設計データ出力例

当初設計と変更設計の比較表										指定区間 C3401 ~ C3415		指定日付範囲 630613 ~ 630616		DATE :		TIME : 09:39:50		PAGE : 1				
当初設計										変更設計												
区間	削孔	改良	配合	セメント量	改良	配合	セメント量	中層	下層	削孔	改良	配合	セメント量	改良	配合	セメント量	中層	下層	削孔	改良	配合	セメント量
C3401 20.1	3.3	100	299	4.6	100	361	11.5	100	903	1,523	20.1	3.3	100	299	4.6	100	361	11.5	100	903	1,523	
C3402 20.1	3.3	100	299	4.6	100	361	11.5	100	903	1,523	20.1	3.3	100	299	4.6	100	361	11.5	100	903	1,523	
C3403 20.1	3.3	100	299	4.6	100	361	11.5	100	903	1,523	20.1	3.3	100	299	4.6	100	361	11.5	100	903	1,523	
C3404 20.1	3.3	100	299	4.6	100	361	11.5	100	903	1,523	20.1	3.3	100	299	4.6	100	361	11.5	100	903	1,523	
C3405 20.1	3.3	100	299	4.6	100	361	11.5	100	903	1,523	20.1	3.3	100	299	4.6	100	361	11.5	100	903	1,523	
C3406 20.1	3.3	100	299	4.6	100	361	11.5	100	903	1,523	20.1	3.3	100	299	4.6	100	361	11.5	100	903	1,523	
C3407 20.1	3.3	100	299	4.6	100	361	11.5	100	903	1,523	20.1	3.3	100	299	4.6	100	361	11.5	100	903	1,523	
C3408 20.1	3.3	100	299	4.6	100	361	11.5	100	903	1,523	20.1	3.3	100	299	4.6	100	361	11.5	100	903	1,523	
C3409 20.1	3.3	100	299	4.6	100	361	11.5	100	903	1,523	20.1	3.3	100	299	4.6	100	361	11.5	100	903	1,523	
C3410 20.1	3.3	100	299	4.6	100	361	11.5	100	903	1,523	20.1	3.3	100	299	4.6	100	361	11.5	100	903	1,523	
C3411 20.1	3.3	100	299	4.6	100	361	11.5	100	903	1,523	20.1	3.3	100	299	4.6	100	361	11.5	100	903	1,523	
C3412 20.1	3.3	100	299	4.6	100	361	11.5	100	903	1,523	20.1	3.3	100	299	4.6	100	361	11.5	100	903	1,523	
C3413 20.1	3.3	100	299	4.6	100	361	11.5	100	903	1,523	20.1	3.3	100	299	4.6	100	361	11.5	100	903	1,523	
C3414 20.1	3.3	100	299	4.6	100	361	11.5	100	903	1,523	20.1	3.3	100	299	4.6	100	361	11.5	100	903	1,523	
合 計	33.1	322	805	25.70	63,210	106,610	231	18,130	322	784.8	61,624	105,024	1,586	-1,586								

図-11 当初設計・変更設計データ出力例

D J M杭実績データ入力

1. 杭No. (終了: E)

2. 打設実績

	実績長	設計長	実績セメント量	設計セメント量	実績配合	設計配合
A. 空打部	0.70 (0.7)					
B. 表層改良部	2.30 (3.3)		220 (258)		121.8 (100)	
C. 上部改良部	6.10 (4.6)		470 (361)		99.1 (100)	
D. 中部改良部	11.10 (11.5)		650 (903)		102.1 (100)	
E. 下部改良部						
計	20.20	20.1	1,580	1,523		

3. 打設日 曜日

4. 打設機番 設計機番 (2-1)

5. 打設プラントNo.

6. 昼夜別 夜間施工別
(昼夜間施工(昼間): 8 昼夜間施工(夜間): 9 夜間施工: 0)

7. 障害物の有無 (障害物なし: 0 障害物あり: 1)
確認 ☐ (入力)

図-12 D J M杭実績データ入力例

日付・プラント別セメント入場・使用・在庫状況一覧表									
日付範囲: 630613 ~ 630616									
日付	項目	計	プラントNo. 3	プラントNo. 9	プラントNo. 10	プラントNo. 11	プラントNo. 12	プラントNo. 13	プラントNo. 14
630613 以前	入場量	17,294.770	527.890	369.070	3,442.080	3,771.310	2,564.050	4,401.300	2,219.070
	使用量	17,192.690	512.135	346.300	3,409.070	3,755.240	2,560.020	4,379.065	2,230.860
	在庫量	102.080	15.755	22.770	33.010	16.070	4.030	22.235	11.790
630613	入場量	164.070	0.000	27.620	14.110	0.000	0.000	70.240	52.120
	使用量	144.635	0.000	22.685	17.465	0.000	0.000	58.715	45.770
	在庫量	121.535	15.755	27.705	29.655	16.070	4.030	33.760	5.440
630614	入場量	133.130	0.000	13.780	12.730	0.000	0.000	53.760	52.860
	使用量	153.280	0.000	26.280	15.580	0.000	0.000	63.855	47.565
	在庫量	101.385	15.755	15.205	26.805	16.070	4.030	23.665	0.145
630615	入場量	164.200	0.000	27.180	27.700	0.000	0.000	67.350	41.970
	使用量	163.330	0.000	27.710	20.865	0.000	0.000	66.610	48.145
	在庫量	102.255	15.755	14.675	33.640	16.070	4.030	24.405	6.320
630616	入場量	136.070	0.000	27.730	13.820	0.000	0.000	54.020	40.500
	使用量	160.600	0.000	25.525	22.740	0.000	0.000	60.870	51.465
	在庫量	77.725	15.755	16.880	24.720	16.070	4.030	17.555	17.285
合計	入場量	17,892.260	527.890	465.380	3,510.440	3,771.310	2,564.050	4,646.670	2,406.520
	使用量	17,814.535	512.135	448.500	3,485.720	3,755.240	2,560.020	4,629.115	2,423.805
	在庫量	77.725	15.755	16.880	24.720	16.070	4.030	17.555	17.285

図-13 日付・プラント別セメント入場・使用・在庫量出力例

以上が概要であるが、データの入力においては再入力や修正が簡単にできるよう、また、プリントにおいては多方面からのデータ分析ができるようシステム構築時に工夫してある。

5. 使用状況

本システムを実施した場合と手作業の場合（想定）の作業人工を比較したものを図-17に示す。

入力データの作成に人工を要するものの、日々の管理データの集計や書類の作成等、以後の作業が大幅に省力化され、現在までのところ全体の作業量が4分の1程度に削減された。

さらに、施工途中での設計仕様の変更に対しても迅速に対応が可能であった。

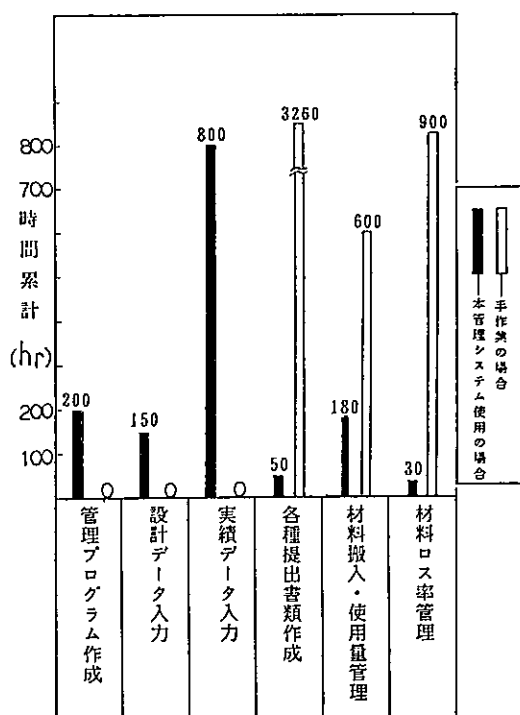
6. おわりに

地盤改良工事における施工管理システムを開発し実施したのであるが、追加工事を含め総計3万本の施工実績をアウトプットすると700Pageにもなり、打ち出しに6時間以上掛かるなどパソコンの能力不足が痛感された。また、入力データのチェックにも多大な労力を費やした。

しかしながら、大規模工事における施工管理の省力化・迅速化・正確化が要求される今後においてコンピュータの利用は必要欠くべからざるものと考えらる。

また、本工事では一部の範囲の地中深部において予想外の障害物によりDJM工法による改良が不可能となったが、他工法での追加改良工事の数量算定を自動的に行うことができた。この例はコンピュータ入力のメリットが顕著に表われたもので、データ活用の予想外の可能性を示すものと言えよう。

今後、地盤改良に引き続く工事についても施工管理システムを開発していくので、機会があれば報告したい。



注) S. 62. 12. 1～S. 63. 9. 30までを対象

図-17 作業時間比較図