

泥漿シールドにおける掘削DATAの自動計測及び掘削・排土の自動化

フジタ工業 (株) 関東支店 松本謙一 酢崎義行 ○下井 元

1. はじめに

近年コンピューターの普及には目ざましいものがあり、多方面にわたってその利用方法が考えだされています。当社でも、土木工事の施工管理に於て、小型コンピューターを導入した情報化施工を行なっており、今回は、それらの中のシールド工事における施工管理システムのうち、掘削DATAの自動計測及び掘削・排土の自動化について報告します。

今回の掘削DATAの自動計測及び掘削・排土の自動化システムは、埼玉県企業局第二水道建設事務所発注によります、57広二第403号原島工区送水管布設工事（埼玉県熊谷市大字原島地内）の泥漿シールド工法において、安全で確実な施工管理を行なうために使用されたものです。

泥漿シールド工法とは、泥水加圧式シールドの液性加圧と、土圧バランス式シールドの塑性受圧の2つの機能を備えており、それぞれの長所を生かして、広範囲な土質条件に適応できるように開発された工法です。

この工法では、まずカッターで掘削した土砂を圧力チャンバー内に取り込み、次にゆるい状態にある土砂の間隙部に泥漿材（高濃度の泥水）を加圧注入して、これを混練し、掘削土砂の塑性流動化及び難浸透化を促進します。そして、生コンクリート状になった掘削土砂を圧力チャンバーとスクリュウコンベヤー内に充填させながら、順次排土します。こうして、土圧・地下水圧を保持し、掘削土砂と排土土砂の土量バランスを図って切羽の崩壊を防ぎ、地下水を止めながら掘進して行く方法で、今まで、安全に施工できないとされていた、滞水性粗大礫層を安全・確実に施工できる工法として注目を集め、施工例も多くなっています。

2. 収集DATA

当社では、シールド工事におけるDATA収集を、掘削中のDATAと掘削完了後に収集されるDATAの2つに大きく分けています。（表2-1 参照）

1) 掘削中のDATA（自動計測）

坑外と坑内の2台のDATA収集小型コンピューター間では、休みなくDATAの通信が行なわれ、坑外の小型コンピューターに接続されたディスプレイに、1～2秒毎にDATAが表示されます。

（表2-2参照）DATAの処理は、坑外小型コンピューターに、ジャッキストローク・10cm毎のDATAを収集記憶させておき、掘削完了時に全てのDATAが、自動的

表 2-1 収集DATA一覧表

掘削中に収集するDATA			掘削完了後に収集するDATA	
1. DATA収集ポイント No	15. 泥漿液量 (L/分)		1. 掘削Ring No	
2. ジャッキストローク (mm)	16. 泥漿流量積算 (分)		2. 掘削開始 (月)	
3. 掘削所要Time (min)	17. 希釈水量 (L/分)		3. (日)	
4. カッター油圧 (kg/cm ²)	18. 希釈水量積算 (分)		4. (時)	
5. カッター回転 (rpm)	19. リボンスクリュウ回転数 (回)		5. (分)	
6. シールドジャッキ 油圧 (kg/cm ²)	20. 裏込め積算 (L)		6. 掘削完了 (月)	
7. シールドジャッキ 使用本数 (本)	21. 排土量積算 (t)		7. (日)	
8. シールドジャッキ 使用NO			8. (時)	
9. リボンスクリュウ 油圧 (rpm)			9. (分)	
10. 泥漿注入圧力 (kg/cm ²)			10. 最終泥漿量 (L)	
11. 土 圧 (t)			11. 最終希釈水量 (L)	
12. 裏込め注入圧力 (kg/cm ²)			12. 総排土量 (t)	
13. 開けき水圧 (スクリュウケーシング 前後) (kg/cm ²)			13. 総裏込め量 (L)	
14. 泥漿密度			14. 裏込め注入最大圧力 (kg/cm ²)	

表 2-2 ディスプレイ 表示例

===== HARASHIMA SHIELD =====			
P7ノット No. 230 Ring			
ヒコ 598 7月 13日 シフト 54 394 184			
シフト	332 (1)	シフト リング	19 (1/4)
ミズ	6 (1)	ミズ リング	1 (1/4)
ノット	3.35 (t)	ミズ / シフト リング	6 (2)
ストローク	413 (mm)	シフト リング	1.2 (kg)
ノット ノット	1.4 (rpm)	シフト リング	6 (kg)
ノット リング	77.6 (kg)	シフト リング	-765432-
ストローク ノット	2.6 (rpm)	シフト リング	28 (mm/4)
ストローク リング	46.5 (kg)	シフト リング	140.9 (kg)
ノット	1.6 (kg)	シフト リング	42 (t)
ノット ノット 1	0.41 (kg)	ノット	2.2 (t/a3)
ノット ノット 2	0.43 (kg)		
シフト リング == シフト リング (562)			

日・時間は自動表示

掘削時のDATAが、1-2秒ごとに表示される。但し土の比重については、排出土の試験結果を元にINPUTする。

INPUTしない場合は、立坑掘削時の土質試験結果が自動的に入力されるようになっている。

掘削中のDATAを、小型コンピューターが自動的に計算・比較し、掘削状況の良否を判定して表示する。

に処理されます。

2) 掘削完了後のDATA (自動) 掘削完了後の最終DATAを処理します。

裏面DATAは、本工事の場合、手動によるinput方式としました。

3. DATA自動計測システム

掘削中及び掘削完了後のDATAは、後方台車に設置された坑内小型コンピューターに収集され、専用ケーブルにより坑外小型コンピューターに伝送されます。伝送された各DATAは、前項でも述べたように、1-2秒毎に坑外ディスプレイに表示されるので、TVカメラとの併用により、確実に正確な施工管理が行なえます。

コンピューター関係の電源は、停電時のDATA喪失を防ぐ為に、無停電装置を採用しています。

図3-1の泥漿シールドに於ける掘削DATAの自動計測図に於いて表示されていない他の収集DATAは、別途集中して坑内小型コンピューターに入力されるようになっています。

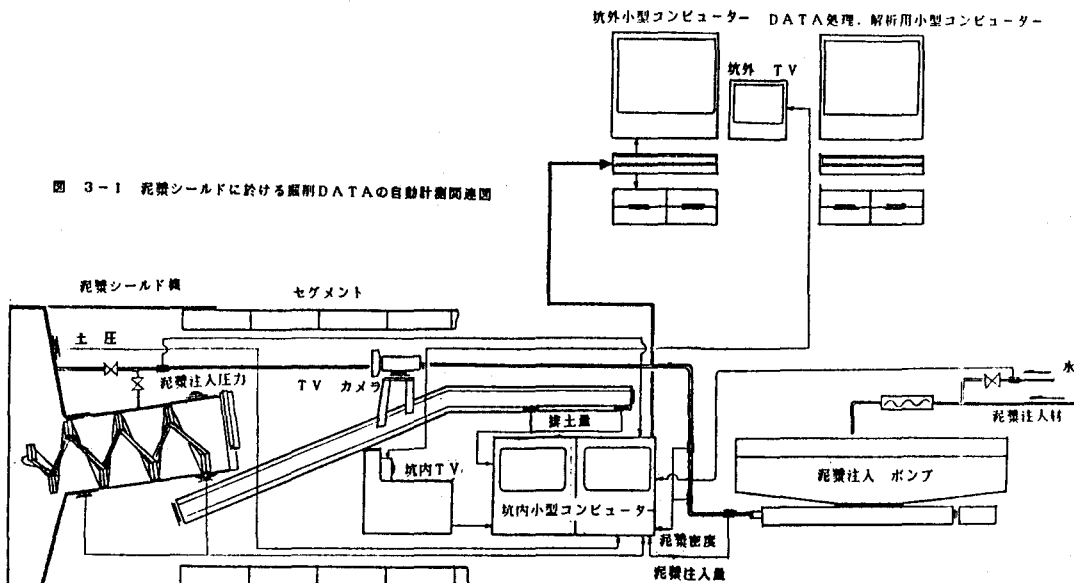


図 3-1 泥漿シールドに於ける掘削DATAの自動計測図

4. DATA処理

DATAの処理は、小型コンピューターを2台
使用し、次の3項目について行なっています。

- (1) シールド 掘削 DATA 日報
- (2) 掘削 DATA 解析
- (3) 掘削 DATA 一覧表及び分析

ここでは現場での処理例を表示します。

1) シールド 掘削 DATA 日報

掘削中の DATA と掘削完了後の DATA
に分け表 4-1 に示すように、3つの表をも
って日報としています。

2) 掘削 DATA 解析

自動計測した各 DATA を基に表 4-2 に
表すような、比較関係表と、表 4-3 の解析
表を処理させ掘削状況の把握と次の掘削への
フィードバックを行なっています。

3) 掘削 DATA 一覧表及び分析

DATAの関連性を調べるために、表 4-
4 のような一覧表を表示することができ、左
側の項目についてはランダムに選択できます。
更に各 DATA 間の相関性を分析します。

表 4-1 シールド掘削 DATA 日報

<< シールド DATA One RING 日報 >>

Ring	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417
No.	月 / 日 時 : 分	月 / 日 時 : 分	月 / 日 時 : 分	月 / 日 時 : 分	月 / 日 時 : 分	月 / 日 時 : 分	月 / 日 時 : 分	月 / 日 時 : 分
230	7/13 5:25	7/13 6:3	960	32	8.83	682	4.1	

<< Ring 9 7417 DATA 日報 No.1 >>

Po	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417
No	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417
1	100	2	95.3	1.4	185.2	6	765432	45.2	1.4	0.5	3.9		
2	201	6	136.7	1.3	160.6	6	87654--1	95.3	0.8	0.1	4.0		
3	300	10	113.1	1.3	155.7	6	87654--1	54.0	1.2	0.4	4.1		
4	400	14	77.6	1.4	140.9	6	765432	48.1	0.6	1.0	3.2		
5	500	17	163.3	0.9	91.7	6	876543--	42.2	1.1	0.0	4.0		
6	600	22	154.4	1.2	239.3	4	8765----	54.0	1.4	0.5	3.6		
7	701	28	107.2	1.3	219.6	5	87654--	48.1	2.1	1.1	4.1		
8	801	33	116.0	1.3	160.6	5	87654--	42.2	1.6	0.2	4.0		
9	901	38	104.2	1.3	160.6	6	87654--1	42.2	1.9	0.1	4.0		

<< Ring 9 7417 DATA 日報 No.2 >>

Po	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417
No	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417
1	0.4	0.4	1.66	28	67	0	0	2	36	0.5			
2	0.4	0.5	1.69	25	161	1	3	2	108	1.4			
3	0.4	0.5	1.66	26	261	0	4	2	180	2.3			
4	0.4	0.5	1.47	0	326	1	6	3	251	3.2			
5	0.4	0.5	1.77	26	384	1	6	3	305	3.9			
6	3.2	3.5	1.97	29	526	0	10	2	395	5.1			
7	0.4	0.4	1.75	28	701	1	15	3	503	6.5			
8	0.4	0.4	1.86	29	800	1	22	2	592	7.6			
9	0.4	0.4	1.87	29	945	3	32	3	682	8.8			

表 4-2 DATA解析図 一覧表

***** (ストローク -- TIME -- 7417 -- データ --) カンクイヒョウ 2 *****
58x 7月 13日 58x 25x -- 58x 7月 13日 6時 3分 230R
TIME (min) (x) 7417 (x) 7417 (x) 7417 (x) 7417 (x) 7417 (x) 7417 (x) 7417 (x) 7417 (x) 7417 (x) 7417 (x) 7417 (x) 7417 (x)

7417 (x)	7417 (x)	7417 (x)	7417 (x)	7417 (x)	7417 (x)	7417 (x)	7417 (x)	7417 (x)	7417 (x)	7417 (x)	7417 (x)	7417 (x)	7417 (x)
TIME (x)	2	6	10	14	17	22	28	33	38				
7417 (x)	0.46	1.40	2.32	3.24	3.93	5.09	6.48	7.64	8.80				
7417 (x)	67	161	261	326	384	526	701	800	945				

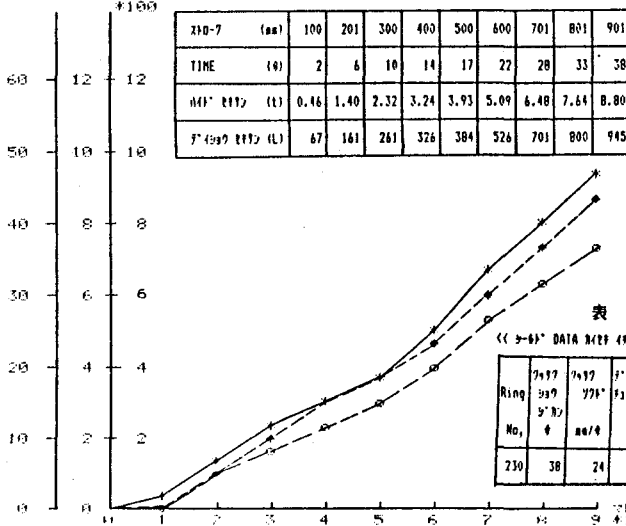
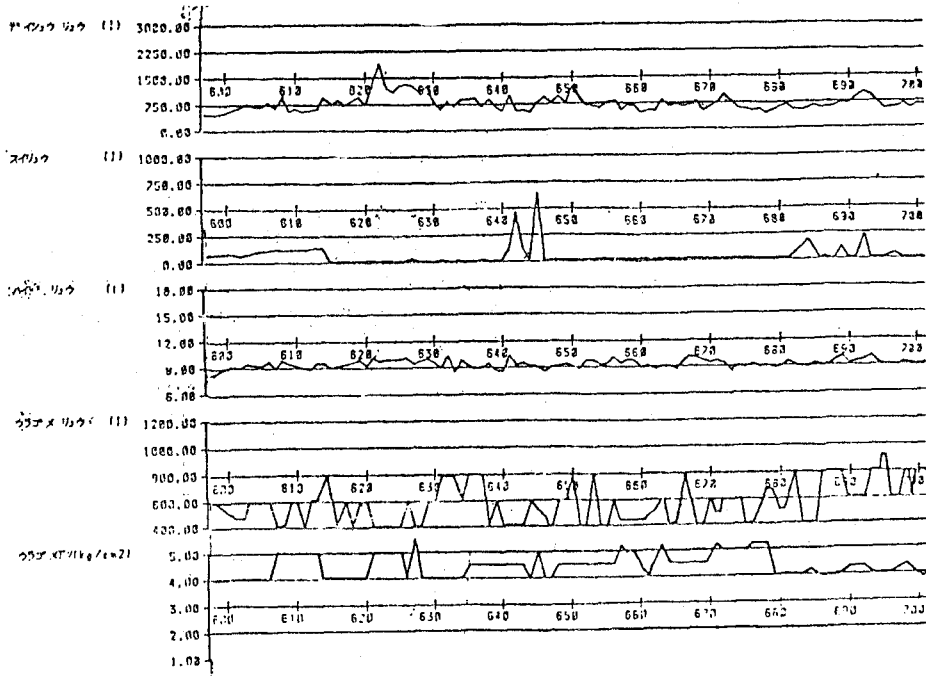


表 4-3 DATA解析一覧表

<< シールド DATA RING (7417) No.1 >>

Ring	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417
No.	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417	7417 7417 7417
230	38	24	27	207	5.5	97	155.6	39.0	22.1	0.9			

表 4-4 シールドDATA関係一覧表例



5. 掘削・排土の自動化

掘削した土砂は、スクリーコンベヤー内に充填されながら、スライドゲートの開閉により坑内に排土される訳ですが、当社では、土圧とスクリートルク等のDATAを基に、スライドゲートの開閉を行なうように掘削基準を定めています。スライドゲートの開閉は、小型コンピューター操作による自動制御とされていますが、この他に、土圧設定による自動制御や手動操作も可能です。

1) 小型コンピューターによる自動制御

掘削DATAの解析による自動制御システムで、小型コンピューターからスライドゲート操作盤に、開閉操作DATAを送り操作するものです。

2) 土圧設定による自動操作

土圧表示計に土圧を任意設定（上限と下限）し、その値により開閉操作を行なうもので、コンピューター制御に比べ、少しラフな操作となります。

3) 手動操作

切替スイッチの手動位置（開、停止、閉）の操作で行なうものです。

6. ま と め

計測DATAのタイムリーなフィードバックにより、平均土被り6mで、透水係数 $10^{-1} \text{ cm/sec} \sim 10^{-2} \text{ cm/sec}$ の滞水性崩壊礫層の中を、安全且つスムーズな施工ができました。

現在、当社の情報処理システムは、あらゆる部門に於て大きな成果をあげており、さらに省力化・自動化施工にむけて研究開発が進められています。