

昭和60年度

建設機械と施工法シンポジウム

論 文 集

昭和60年9月26～27日

東京・機械振興会館

社団法人 日本建設機械化協会

昭和60年度

「建設機械と施工法シンポジウム」プログラム

目 次

\*印 口述発表者

【基礎工事用機械・地盤改良用機械と施工法】

1. 拡底杭施工用アースドリルの開発と施工  
…………… 基礎工業㈱：\*小泉真五，大洋基礎㈱：永沼吉三郎，日立建機㈱：\*久住 宏 … 1
2. 場所打鋼管コンクリート杭（NKTB）の開発  
…………… 日本鋼管㈱：野呂正美，東洋基礎工業㈱：\*稲村利男 … 5
3. 杭頭余盛コンクリート除去装置の開発…………… ㈱竹中工務店：\*落合 実，川村建夫 … 9
4. 杭打工法（KST式）の開発  
…………… 川崎製鉄㈱：榊 豊和，清水建設㈱：源波修一郎，東垂建設工業㈱：\*杉本邦昭 … 13
5. 打撃式杭打ち機構に関する研究—緩衝材と打込み特性—  
…………… 建設省土木研究所：\*持丸修一，江本 平，境 友昭 … 17
6. ソイルセメント用リサイクルプラントの開発  
…………… ㈱竹中工務店：\*古田周三，寺村知大，村上信直 … 21
7. 掘削残土改良のための固化処理装置の開発 …… ㈱熊谷組：島津久陽，北原陽一，\*木全一雄 … 25
8. 高速回転翼による地盤改良機械の開発  
…………… 日本国土開発㈱：梅田美彦，\*片野英雄，芳沢秀明，渡辺 篤 … 29

【舗装機械・道路維持機械と施工法】

9. アスファルトプラントの構成装置の技術をベースとした新分野への応用  
…………… ㈱新潟鉄工所：平野治行 … 33
10. アスファルトフィニッシャ運転の省力化装置の開発  
…………… 日本舗道㈱：小松崎 広，㈱新潟鉄工所：\*松本 智 … 37
11. 再生アスファルト混合物による干拓提防リベットメント（舗装）の施工  
…………… 日本舗道㈱：内藤光顕，\*青山俊行 … 41
12. アスファルト併用形リサイクルプラントの改良と施工報告 …… 日 工㈱：西尾勝彦 … 45
13. 路上再生における加熱方法の一考察  
…………… 建設省東北技術事務所：岩本忠和，高橋則夫，\*斉藤正芳 … 49
14. 路上再生工法のヒータ車及びリペーパー（リミキサ）の改造に関する報告  
…………… 福田道路㈱：加藤正二 … 53

15. ジョイント部クラックの補修工法について ..... 福田道路㈱：石山美治 ... 57
16. 塵埃土砂分別処理車の開発 ..... 建設省近畿技術事務所：\*横江重行、小田純一 ... 61

### 【クレーン・橋梁架設用機械と施工法】

17. クレーン総合管理システムの開発 ..... 清水建設㈱：\*渋谷一聡、八幡孝行 ... 65
18. タワークレーン総合監視システムの開発 ..... 鹿島建設㈱：鷹野幹雄、金井雅夫、\*平松雄二 ... 69
19. タワー型ラフタークレーンの開発  
..... ㈱竹中工務店：\*大滝昭治、山田弘道、落合 実、石川善弘 ... 73
20. 自動玉掛け外し装置（オートクランプ）の開発  
..... ㈱大林組：菱河恭一、汐川 孝、\*古川博司、国本 勇 ... 77
21. 大型移動吊支保工による施工 ..... 住友建設㈱：松縄 勲、板井栄次、\*永井 進 ... 81
22. アーチリング施工用特殊架設作業車の開発 ..... 住友建設㈱：稲葉佳孝、\*石川 隆、福島秀二 ... 85

### 【シールド・トンネル工専用機械と施工法】

23. 大口径（11.22mφ）泥水加圧シールドの概要 ..... 日立造船㈱：平田昌三 ... 89
24. 気泡シールド工法と施工例 ..... ㈱大林組：\*羽生田吉也、藤原紀夫 ... 93
25. 半機械掘り自走シールドの開発  
..... ㈱大林組・日産建設㈱JV：岡田昇三、日立建機㈱：太田 誠、\*水谷 努 ... 97
26. 小口径推進工（アンクルモール）の開発 ..... ㈱イセキ開発工機：\*橋本泰次、高橋親一 ... 101
27. T・B・M（リーミング時）におけるインパート併進の設備と実績 ..... ㈱間 組：高津荘太 ... 105
28. 流体輸送式TBM工法による小断面トンネルの施工  
..... 神戸市：荒木浩二、㈱大林組：宮本芳孝、\*古川斉治 ... 109

### 【各種の建設機械と施工法】

29. 急傾斜コンベヤによるコンクリート打設工法に関する研究  
..... 建設省蓮ダム工事事務所：五嶋政美、建設省中部技術事務所：\*植村 靖 ... 115
30. コンクリートディストリビュータの開発 ..... ㈱大林組：菱河恭一、\*汐川 孝、古川博司 ... 119
31. 管被幕工法の施工報告 ..... ㈱奥村組：吉川重弘 ... 123
32. 中口径塩ビ管埋設機械の開発 ..... ㈱竹中工務店：\*鈴木昭夫、天海清志 ... 127
33. 石積ロボットの開発 ..... 東急建設㈱：鷹巣征行 ... 131
34. ブロック張り機械の開発  
..... 建設省北陸技術事務所：村松敏光、\*阿部英明、三菱重工業㈱：瀧本恭三 ... 135
35. 自動壁面目荒し機の開発 ..... 清水建設㈱：中村 修、牧野総一、梶岡保夫、\*小峰富夫 ... 139
36. ハイドロカタ工法と施工 ..... ㈱大林組：加藤 実、\*登坂知平 ... 143

37. 節理岩盤に対するリップニング特性に関する研究 .....	愛媛大学：*室 達朗，河原荘一郎，松永好史…	147
38. 積込機選定に関する一考察 .....	㈱小松製作所：則包憲三…	151
39. 建設機械の運転員に伝達される振動測定法に関する一試案 .....	建設省土木研究所：*多田和弘，豊田 実…	155
40. エレクトロニクスを利用した建設機械に関するアンケート調査報告 .....	建設省土木研究所：樋下敏雄，*江本 平，持丸修一…	159
41. 建設機械用荷重センサの開発と適用例 .....	日立建機㈱：緒方浩二郎，*高田龍二，成沢順市，大山正三…	163
42. 豪雪時における除雪機械の稼働特性と信頼性について .....	建設省北陸地方建設局：布目健三，*中森良次…	167

# 1. 拡底杭施工用アースドリルの開発と施工

基礎工業(株) \*小 泉 真 五・大洋基礎(株) 永 沼 吉三郎  
 日立建機(株) \*久 住 宏

## 1. まえがき

基礎杭の中で地面に深い孔を掘り、その中に鉄筋と生コンクリートを入れて杭にする、いわゆる場所打ち杭と呼ばれるものがある。この杭の底部を拡大できたら杭の支持力を増すことができる。もし同じ底部面積の杭と比較すれば、軸部を細くでき、コンクリートや鉄筋の量を大幅に減じ、さらに工期短縮が可能になるため、このような拡底杭が近年多用されるようになってきた。

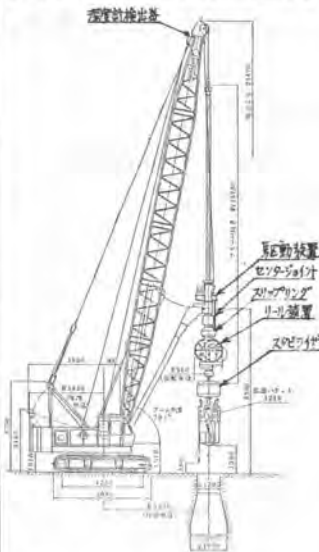
これらの多くは軸部をアースドリルで、拡底部をリバースサーキュレーションドリルで掘削を行っている。このため2種類の施工機を準備しなければならないことや、リバースサーキュレーションドリルが諸設備の関係から広いスペースを必要とすることから、「拡底掘削もアースドリルで」という要望が多かった。しかし拡底部の掘削土砂を中央に位置するバケットドラムに収納しなければ地上に排出できないため、どのようにして中央にかき寄せるかという点にむずかしさがあり、過去各社で幾多の試みがなされてきたが今まで成功した例はなかった。

このような背景のもとに、昭和56年10月基礎工業(株)と日立建機(株)は共同でアースドリルによる拡底杭工法と掘削機の開発に着手した。途中縮尺モデルによる基礎研究を経て昭和58年6月実用機による試験を行った。その後基礎工業(株)と大洋基礎(株)により各種の施工試験を行い「基礎工業・大洋基礎式アースドリル拡底杭工法(ACE工法)」として(財)日本建築センターへ申請し、昭和59年3月16日に日本で最初の評定を取得した。施工状況を写真で示す。

## 2. 特 長 本機及び本機による工法の特長は次の通り。



写真 施工状況



第1図 全体図

第1表 仕様

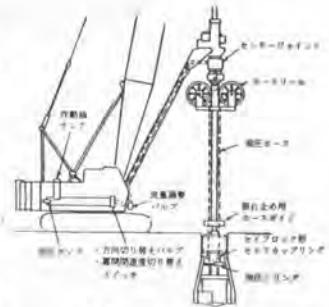
型 式	拡底杭機工用 KH125 型
最大掘削径 (φmm)	リバーシブル使用時 一般土質 N ≤ 50 1500 リバーシブル使用時 一般土質 N ≤ 30 1700 リバーシブル使用時 (水質土質/パイプ埋込用) 2000
最大掘削深度 (m)	37
バケット回転速度 (正転/逆転) (r/min)	4.0 / 5.0
バケット回転数 (掘削/低速) (rpm)	30 / 15
エンジン馬力 (PS/rpm)	150 / 2000
駆動比(歯積)	
2.56	
部 品 寸 法	1016型 軸径 (φmm) 1000 - 1300
	軸径 (φmm) 1200 - 1600
	1219型 軸径 (φmm) 1200 - 1500
	軸径 (φmm) 1400 - 1920

第2表 拡底杭各部寸法

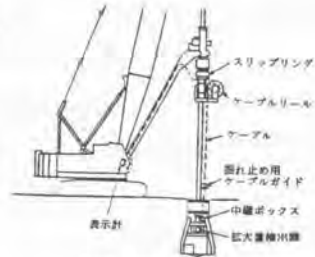
軸径 (φmm)	軸径 (φmm)	軸径 (φmm)	軸径 (φmm)	軸径 (φmm)	軸径 (φmm)	軸径 (φmm)
1016	1000	1411	350	500	213	11
1219	1200	1661	470	600	258	11



- (1) 拡底を含む掘削全工程を1台のアースドリルで施工可能
- (2) 軸部を細くできることによる掘削土量やコンクリート量の減少、工期短縮・工事費の節減が可能
- (3) バケットに拡大量検出器が、運転室に表示計が取付けられているため、拡大量の管理が確実、かつ容易
- (4) 掘削深度計が取付けられているため、所定の深度での確実な拡底掘削が可能
- (5) 拡大翼が水平に押し出されることから、拡底断面の68%が平面状に成形されるため、有効な地盤反力を得ることが可能
- (6) バケット中央部の底ぶたと拡大翼には掘削刃が取付けられてなく、スクレパ機能だけなので、本バケットでの孔底処理が可能



第2図 バケット拡大翼開閉システム



第3図 拡大量検出システム

### 3. 本機の構成と機能

本機は本施工用に特に改装された拡底掘削機と拡底バケットによって構成される。全体の構成と仕様を第1図と第1表に、本機によって掘削された拡底杭の形状を第2表に示す。

#### 3.1 拡底掘削機

本掘削機はクレーン本体にアースドリルアタッチメントを取付けたもので、通常のアースドリル工法の施工性能を有し、ケリードライブ装置が高い位置にある点と、作業半径が大きくなっている点および強度的に強化されている点を除けば、アタッチメントの基本的な構成はほとんど変わらない。

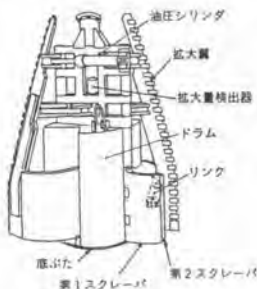
拡底杭を施工するために特別に設けられた主な装置としては、駆動装置の下部に取付けられたセンタジョイント、スリップリング リール装置、ケリーバの下端に接続されたスタビライザ、拡底バケット、それにバケット拡大翼開閉用油圧装置、孔底部拡大量検出計および掘削深度計である。

第2図にバケット拡大翼開閉システムを、第3図に拡大量検出システムを示す。

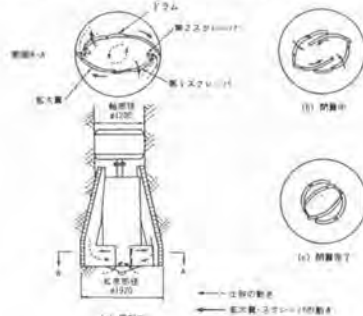
#### 3.2 拡底バケット

##### 3.2.1 構造上のポイント (第4図参照)

- (1) 拡底部が水平になるようにした。今までの拡底杭の形状にとられずに、全く新しい着想により拡底部を水平にしたことで、拡大翼の下部が翼を閉じる際にも掘削底面から離れないため、土砂を置き残すことがない。



第4図 拡底バケットの構造



第5図 バケットへの土砂の取り込み

- (2) 拡底部の掘削土砂を強制的にバケットのドラムにかき入れるスクレパを設けた。

- (3) 拡大翼と底ぶたの下面に掘削刃を設けない。孔底面を掘削したのち新たな掘削土砂が生じ、いつまでも土砂を取りきれないことになる。

### 3. 2. 2 バケットへの土砂取り込み機構(第5図参照)

バケットを時計回りに回転させながら拡大翼を油圧シリンダで水平に押し出すと、これに連動してスクレーパを押し出される。この時第2スクレーパは拡大翼で掘削された土砂によって内側に押しまれ、バケットへの土砂導入路を形成する。拡底杭の傾斜部を掘削した土砂の大半はスクレーパ上面からドラム内に直接落下して取り込まれ、スクレーパの外側に落ちこぼれた土砂と拡底杭鉤直部の掘削土砂は、前述の土砂導入路からバケット中央ドラムに取り込まれる(第5図-a)。

一方、拡大翼を閉じる時はスクレーパも連動して閉じられる。この時第2スクレーパの内側には掘削土砂があるため、この拡底杭により外側に押し出されバケットへの土砂導入路を塞ぐ。そしてドラム-拡大翼-第2スクレーパ-第1スクレーパ-ドラムで囲まれた状態のまま拡大翼が閉じられていくので、ドラム内にいた土砂を取り込んだ土砂を外に逃がすことなく、さらに最終的に第2スクレーパがドラムの一部をなすため、確実に地上へ排出できる(第5図-b, 第5図-c)。

### 4. 施工実績

ACE工法も昨年7月の施工開始以来、発注者、設計事務所並びに総合建設業者各位のご理解とご支援によって、施工実績も第3表で示すように延掘削長で3000mを超えている。また表以外にもこの工法が地盤の性質によっては無水での掘削が可能であることから、深礎拡底杭(人力掘削)の代用として利用されている。この他にS60.4に発表された東京都建築構造設計指針では(杭長L/杭径d) < 10の場合許容支持力を低減するよう指導している。これに対して拡底杭では杭径を軸部径として扱われ、短い杭は有利となる。このため支持力が大きくとれ、比較的支持層の浅い地域や地下部分が深く短杭になる場合にも有利性が認められている。以下に施工の一則を示す。

#### 4. 1 工事概要

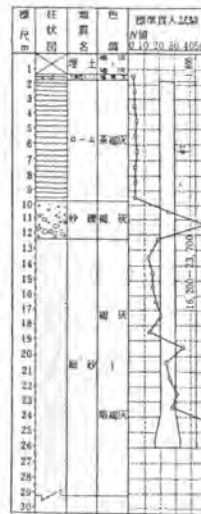
##### (1) 建物概要

工事名称 成城ガーデンホームズ新築工事  
所在地 東京都世田谷区成城9-30-7  
敷地面積 3493m<sup>2</sup>  
構造規模 鉄筋コンクリート造7階建  
延建築面積 7164m<sup>2</sup>  
基礎形式 杭基礎 基礎工業・大洋基礎式ア  
- スドリル拡底杭工法(ACE工法)  
総合施工 小田急建設株式会社

##### (2) 地盤条件

成城地区は、武蔵野台地の面上に位置し、表層より10m付近まで関東ロームに覆われている。この直下にロームを混える武蔵野礫層が約3m堆積し、以下東京上部砂層と続いている(第6図参照)。

#### 4. 2 施工計画



第6図 地質柱状図

工名	業名	掘削長さ(m)	掘削径(mm)	掘削深さ(m)	掘削径(mm)	掘削径(mm)	掘削径(mm)
1	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	25.00	110		
2	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	16.00	110		
3	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	16.00	110		
4	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	16.00	110		
5	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	16.00	110		
6	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	16.00	110		
7	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	16.00	110		
8	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	16.00	110		
9	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	16.00	110		
10	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	16.00	110		
11	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	16.00	110		
12	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	16.00	110		
13	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	16.00	110		
14	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	16.00	110		
15	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	16.00	110		
16	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	16.00	110		
17	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	16.00	110		
18	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	16.00	110		
19	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	16.00	110		
20	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	16.00	110		
21	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	16.00	110		
22	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	16.00	110		
23	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	16.00	110		
24	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	16.00	110		
25	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	16.00	110		
26	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	16.00	110		
27	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	16.00	110		
28	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	16.00	110		
29	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	16.00	110		
30	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	16.00	110		

(1) 安定液の配合

安定液の配合はGL-9.0m以深の砂礫層(粘土分が多い)と以深の細砂層の崩壊防止および沈澱物の沈降速度をどの程度にするかを中心に決定した。第4表に安定液配合表を示す。

第4表 安定液配合表

必要粘性 (50cc/300cc) 砂	26.0	必要粘性 (50cc/300cc) 砂	28.0
配	水	配合率(%)	配合量(kg)
水	水	100.0	310.0
ベントナイト	濃度 4300	5.4	18.7
分 散 剤	アミン型 フーナー	0.15	0.465
CMC	TE-DS	0.10	0.310
			320cc

(注) 配合率は、水100%に対する重量比とする。

(2) 杭の仕様

第5表に杭リストを示す。杭の使用材料は次の通りである。

鉄筋; 主筋 SD35, フープ筋 SD30

コンクリート;  $F_{c28} = 27.0 \text{ kg/cm}^2$ , スランプ = 18cm

第5表 杭リスト

総長さ (mm)	必要長さ (mm)	有効長さ (mm)	総用長 (m)	杭 数	本数 (本)
1,200	1,800	1,700	25.5~19.5	23	7~17.7
1,000	1,600	1,500	"	"	"
"	1,500	1,400	26.0	"	21.7
"	1,400	1,300	26.0~18.0	24	2~16.2
"	1,300	1,200	"	"	"
1,000	-	-	"	"	5

4.3 杭施工

直杭4本を含む総数41本の全工期は23日であった。このうち実質的打杭の施工日数は延21.5日であり、施工能率は約1.9本/日台であった。

第6表に試験杭の施工記録表を、第7図にその時の孔壁測定結果を示す。この結果によればGL-9m以深の砂礫層部分で片側へ10cmほどふくらんでいるが、その外は土質が比較的シンプルなため、鉛直精度誤差はほとんど表われていない。

また、杭底部の直径は直交する2方向の平均値が1.85mであり、傾斜部も約12°を保持し崩壊現象はまた、認められなかった。またその外の杭の鉛直精度は1/350以上の値であった。

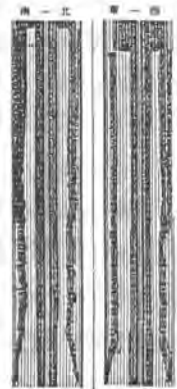
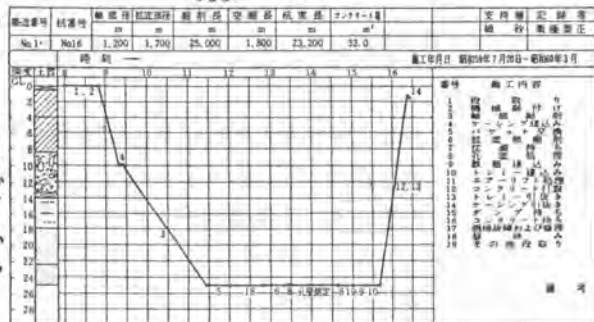
5. あとがき

施工開始後、約1年を経過し各種の地盤・深度に施工経験を重ねた結果、多くの施工ノウハウを得ることができた。この工法は直杭と異なり杭底部を拡大するため、この掘削結果の確認を行う必要がある。本工法では運転室内に設けられた拡大表示計によって常時杭大量を掌握しながら掘削を行う。しかし現実には表示計で示された値に対して、実際に掘削した杭大量とは僅かながら大きくなることが多い。この差は地質や掘削条件によって異なるため、どのくらい生じるかを最初の施工(一般的には試験掘り)で何らかの方法により確認しなければならない。

現在、掘削孔の測定方法は超音波を利用した測定器が主流であるが、この測定法は孔内液中に砂等の粗粒子が浮遊していると、映像に誤差を生じたり全く映らなくなることがある。一般にアースドリル工法ではベントナイト系安定液を使用するたの液の抱砂力が大きくなり、深度に比例して映像が結ばれにくくなる。特にこの工法で密度が極めて大きい砂層を掘削する場合は、拡大掘削部分の抱砂率が高くなり測定に困難をきたすことが多い。これらのことから、現状ではエアもしくはポンプによるリフト装置で濁水循環を行って対応している。しかしこの方法は、深度が浅い時や液温が高い場合には効率低下する。このため新形式の濁水循環方式を開発し、現在実用化実験を行っている。

これからさらに多くの実績を積み、工法の確立とより良い機械にすべく努力していく所存である。

第6表 試験杭ACE杭施工記録表



第7図 孔壁測定結果



## 2. 場所打鋼管コンクリート杭(NKTB)の開発

日本鋼管(株) 野 邑 正 美  
東洋基礎工業(株) \*稲 村 利 男

### 1. はじめに

1981年の建築基準法の改正、1984年の地震時における建築基礎の設計に関する建設省建築指導課長通達などにより、建築基礎杭には従来に比して大きな曲げ耐力とせん断耐力とが要求されるようになった。建築基礎に多用されている場所打コンクリート杭においても、従来の構造ではこれらの厳しい条件を満たすことが難しくなり、特に、杭頭付近の構造に何らかの改良が必要となった。日本鋼管と場所打コンクリート杭施工業界6社(丸五基礎工業(株)、東洋基礎工業(株)、東京建機工業(株)、日特建設(株)、丸広基礎工事(株)、(株)大洋コンクリート本社)とは、これらの情勢に対応する新しい場所打杭「場所打鋼管コンクリート杭」(以下、NKTB杭と略称する)を共同開発した。以下に、この杭の構成概要、設計・施工法等について述べる。

### 2. NKTB杭の概要

NKTB杭とは、従来の場所打コンクリート杭の耐震性を向上させるため、杭頭など大きな曲げモーメント、せん断力の発生する部分を鋼管コンクリート杭で置き換えた複合場所打杭である。(図1)

従来の場所打コンクリート杭では、上部構造からの水平力によって生じる杭頭付近の大きな曲げモーメントに対して、杭頭を拡大し配筋量を増大させる方法をとっている。この方法の難点は、

- (1) 杭頭拡大により掘削土量、コンクリート量、鉄筋量が多くなる。またフーチングも大きくなる。
- (2) 拡大した分だけ杭の曲げ剛性(EI)が大きくなり、杭に発生する曲げモーメントが大きくなる。
- (3) 杭頭付近の配筋をあまり多くすると、鉄筋籠の内側から打設されたコンクリートが鉄筋籠の外にまわりにくくなる。

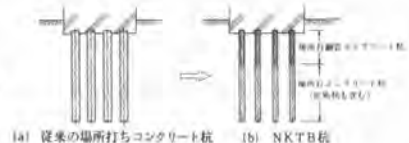


図1 NKTB杭

などであった。一方、NKTB杭は杭頭部分に鋼管コンクリートを用いることによって、大きな曲げモーメントとせん断力に対処しようとするものであり、その特徴は、

- (1) 拡大しなくても十分な抵抗曲げモーメントが得られる。
- (2) 拡大しない分だけ杭の曲げ剛性(EI)が小さく、発生曲げモーメントが小さい。
- (3) 鋼管の外径、厚さ、材質を変えられるので設計の自由度が大きい。
- (4) 鋼の特性から、せん断耐力が大きい。
- (5) 同様の理由で靱性が大きい。
- (6) コンクリートのまわりこみ不良などの施工上の不安がない。

などである。

なお、NKTB杭は、1984年11月、(財)日本建築センターから評定を取得した。

### 3. NKTB杭用鋼管

鋼管としてはコンクリートとの一体性を確実にするために、内面にリブをつけたスパイラル鋼管を用いる。鋼管製作には、まず図2に示すように圧延によりリブ付き鋼帯を製造し、ついで図3に示すスパイラル法で造管する。写真1に造管された内面リブ付きスパイラル鋼管を示す。鋼管の製造範囲は外径600～2,540mm、板厚6～22mm、鋼管の種類は鋼管杭と同様SKK41、SKK50である。

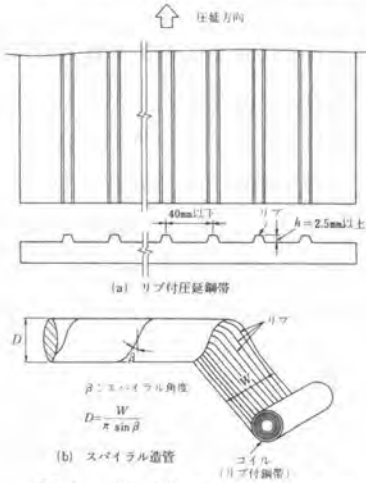


図2 リブ付スパイラル鋼管

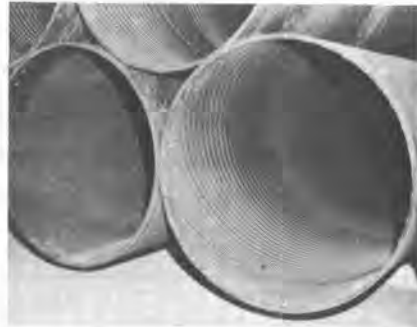


写真1 NKTB杭用鋼管

### 4. 設 計

NKTB杭の鋼管コンクリート部の設計は、日本建築学会「鋼管コンクリート構造計算規準」に準拠して、いわゆる累加強度式により行う。この設計法によると図3のように一般には主として軸力は充填コンクリートで支持し、曲げモーメントおよびせん断力は鋼管で抵抗させる設計となることが多い。鉄筋コンクリート部は、通常のRCと同様に行う。

鋼管コンクリート部と鉄筋コンクリート部の接続部の設計は、鉄筋コンクリートにおける鉄筋の重ね継手の考え方を鋼管内壁と鉄筋の間に用いて行う。

許容鉛直支持力は通常の場所打コンクリート杭と同じである。

なお、拡底杭の場合は、日本建築センターの「拡底場所打ち杭工法の評定事項」と同様である。

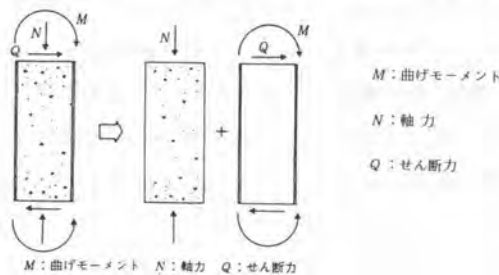


図3 軸力・曲げモーメント・せん断力

## 5. 施 工

NKTB杭の施工は、通常の場合打コンクリート杭の施工方法に鋼管の設置をつけ加えたものとして行う。鋼管の設置方法あるいは利用方法により次の3つの方法がある。

- A. 打設後圧入工法：掘削、鉄筋籠の挿入、コンクリート打設を行ったのち、まだ固まらないコンクリート中にリブ付鋼管を圧入する。一般に掘削径より100～200mm 小さい鋼管径となる。
- B. 同径掘削工法：掘削完了後、掘削孔へリブ付鋼管を圧入し、その後鋼管内面の清掃、鉄筋籠の挿入、コンクリート打設を行う。
- C. ケーシング併用工法：リブ付鋼管をケーシングとして用いるとともに、構造部材として埋殺しにするものである。掘削終了後、鋼管内面に付着した土砂を清掃除去し、鉄筋籠の挿入、コンクリート打設を行う。

各工法別の施工寸法を表1に、施工手順の1例を図4に示す。

表1 施 工 寸 法

掘削方法		オールケーシング工法	アースドリル工法	リバース工法
鋼管設置方法	鋼管径	600～1,800	600～1,900	600～2,500
	掘削径	鋼管より200mm以上大きい径	鋼管より100mm以上大きい径	鋼管より100mm以上大きい径
同径掘削工法	鋼管径	/	700～2,000	700～2,500
	掘削径		鋼管と同じか小さい径	鋼管と同じか小さい径
ケーシング併用工法	鋼管径	/	800～2,000	800～2,500
	掘削径		鋼管と同じ径	鋼管と同じ径

ただし、掘削径は鋼管のセット位置における孔径を示す。

(単位：mm)

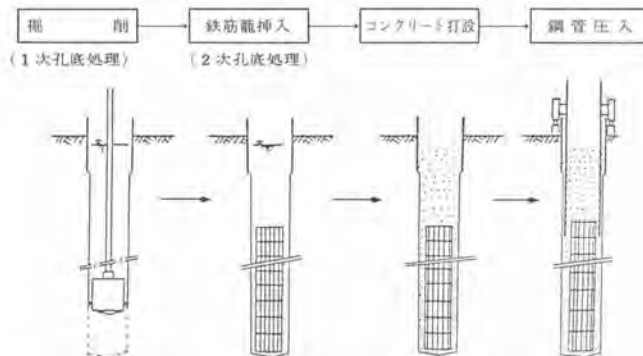


図4 打設後圧入工法

## 6. 場所打ちコンクリート杭との設計比較

NKTB杭と場所打ちコンクリート杭はともに拡底杭とし、1柱1杭とする。設計は「地震力に対する建築物の基礎の設計指針」に準拠して行うが、許容応力度の値は日本建築センターの評定事項によっている。

基礎に作用する荷重は長期鉛直荷重980t、地震時鉛直荷重変動分±650t、地震時水平力125tであり、地盤の概要を図5左に、設計結果を同図右に示す。鋼管設置工法の関係より、NKTB杭の鋼管径は鉄筋コンクリート軸部径より100mm小さな値となっている。

場所打ちコンクリート杭は頭部で拡径されているが、頭部径は指針で示されている鉄筋コンクリートのせん断耐力より定めたものである。拡頭部長さはNKTB杭の鋼管コンクリート部長さに比べて大きくなっているが、拡頭に伴い曲げ剛性EIが大きくなり、深い位置まで大きな曲げモーメントが発生するためである。

拡頭部の断面積はNKTB杭頭部断面積の2倍前後に増大しており、拡頭場所打ち杭におけるこれらの掘削費、コンクリート材料費の増は、ケースバイケースであるが、NKTB杭の鋼管使用による材料費増以上となることが多い。

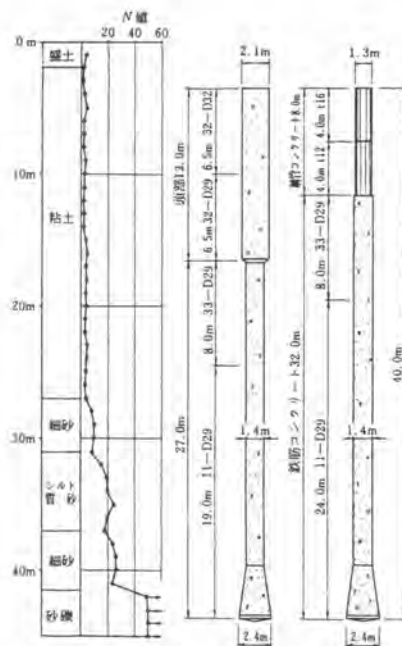


図5 地盤条件、NKTB杭と拡頭場所打ちコンクリート杭

## 7. おわりに

以上、NKTB杭の概要について述べた。開発途上での数々の室内実験、現場実験による鋼管コンクリートとしての力学特性、また杭としての用途の外に自立式護岸等への利用方法などについても、また別の機会に報告したい。

### 3. 杭頭余盛コンクリート除去装置の開発

(株)竹中工務店 \*落合 実・川村 建夫

#### 1. まえがき

場所打ち杭のコンクリート打設時には、杭頭部へのスライムの巻き込み等を考慮して、設計の杭高さに対し50cm～1mの余盛を行う。この余盛コンクリートは、通常、根切り完了後にブレーカー等で所定の高さまで取り取っているが、この場合、取り作業に多くの費用と時間を費やすことと、騒音、粉塵等の建設公害が発生する等の問題が多く、解決が急務となっている。

そこで、余盛コンクリートをまだ固まらない状態で杭頭部から除去し、取り作業を大幅に削減する工法について四電産業株式会社、兼松工業株式会社と共同開発を行ない、今般、空気輸送により生コンを吸引し除去する装置（サクシオンコンベア）を完成した。以下、開発した装置の概要と実施例について述べる。

#### 2. 装置の概要

##### 2.1 装置の原理

一般に、場所打ち杭のコンクリート打設直後に余盛コンクリートを除去する場合には、杭頭の高さが作業地盤よりかなり低く、生コンを吸引方式で除去するためには、高揚程の吸引能力が要求される。また、余盛コンクリートの2次処理についても、杭頭から除去直後に現場外へ廃棄する方法では、コスト面で不利となるため、一時的に現場内に集積した後、搬出する方法が望ましい。そのためには、吸引と集積場所までの運搬を効率良く行える機能が要求される。

これらの条件を考慮し、装置の基本構想を以下のように設定した。

装置の基本原理は、図-1に示すように、ルーツブロワ（真空発生装置）を回転して超真空状態を作り、その真空力を利用して空気と生コンをホースにて一緒に回収する方式で輸送管内を空気コンベアとして使用しているため、大きな吸込揚程が確保できる。回収された生コンは、空気と分離された後、ロータリーフィーダー下部から連続して排出される方式であるが、ロータリーフィーダ

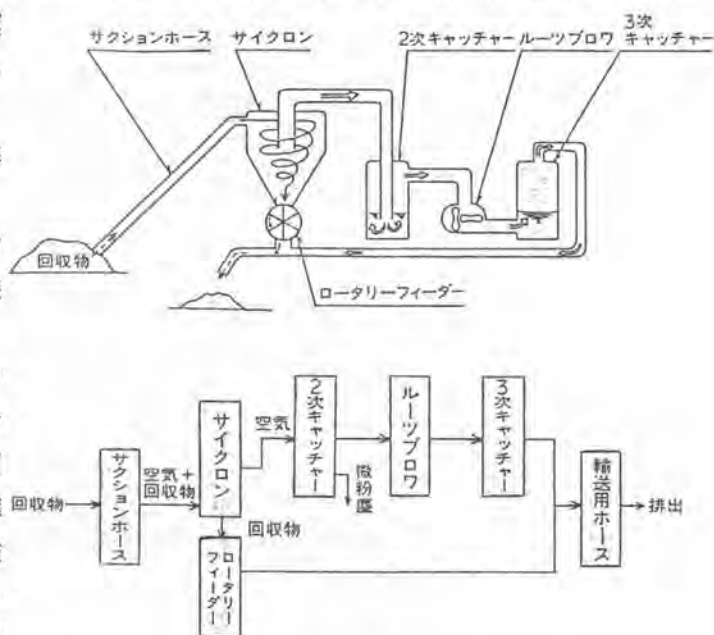


図-1 装置の基本原理

下部に排気管を接続することによって、所定の場所へホースで連続的に圧送が可能である。

## 2.2 装置の構成と仕様

図-2に装置の形状を、表-1に装置の仕様をそれぞれ示す。

装置は、サイクロン、ロータリーフィーダー、2次キャッチャー、3次キャッチャー、ルーツブロワ、フレキシブルホースから構成される。以下に各々の機能を示す。

### (1) サイクロン

サクションホースから回収した空気と生コンを分離する。空気は配管を通り2次キャッチャーに送られ、生コンはロータリーフィーダーに流れる。

### (2) ロータリーフィーダー

サイクロンの下部に配置される。8枚の羽根を有し、羽根の先端部にはゴム板を取り付けて気密性を保ち、排気の逆流を防止している。回転力は、エンジン-Vベルト-減速機-チェーンを介して伝達される。回転数は14rpm、供給能力は $79.8\text{m}^3/\text{H}$ である。

### (3) 2次キャッチャー

サイクロンから流れる空気をキャッチャー内の水面に衝突させ、サイクロンで分離されなかった微粒子等を水中に混入し、洗浄した空気をルーツブロワに送る。

### (4) ルーツブロワ

真空圧450mmHg、風量 $47.5\text{m}^3/\text{H}$ の能力である。能力の設定は余盛コンクリートの作業時間を約1時間以内、サクションホース径を4inとし、この条件に適合するものとした。

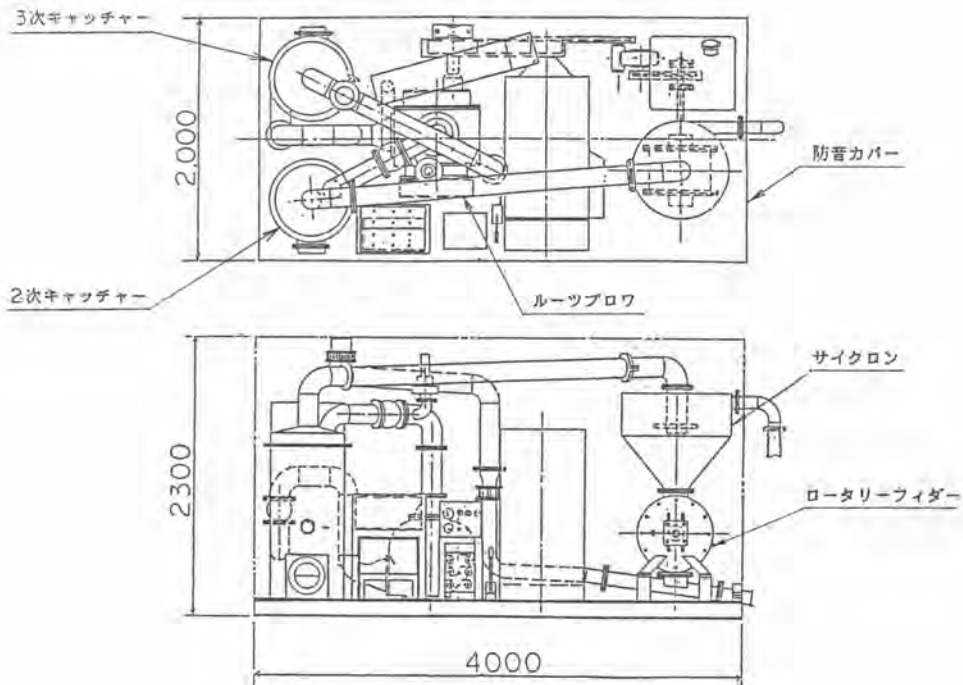


図-2 装置の形状

### (5) 3次キャッチャー

ルーツプロウ内に水を循環させて、ルーツプロウの気密性を確保し、冷却をおこなう。またルーツプロウから吐出された水と空気をキャッチャー内部で分離し、空気を外部に送り出す。

### (6) サクションホース

口径4inのフレキシブルホースを使用。また、余盛コンクリートの吸い上げを行う先端部は、塩ビ製の90°エルボ管を用い、スイベルジョイントにより首振りが行える形式とした。

## 3. 実施例

### 3.1 作業概要

本装置を用いて、表-2に示すリバース杭の余盛コンクリート除去作業を実施した。作業手順を図-3に示す。作業は、まずコンクリート打設完了後に、泥水をポンプで汲み上げ、つぎに装置に接続されたサクションホースをクレーンでケーシング内に吊り込み、余盛コンクリートを表面から吸い取って行く。

所定の高さ（杭の設計天端から約30cm上り）までの除去作業が終わった後、ベニヤ板と土のう袋を乗せて、処理天端を養生し、埋め戻しとケーシングの引上げを行い作業を完了する。

サクションホースは、垂直部約10mとし、水平部は、吸込側を約10~40m、吐出側を約10mとした。回収された余盛コンクリートは、装置により圧送され、現場内に掘削したピット（容量約10m<sup>3</sup>）内に集積され、翌日搬出した。

余盛コンクリート吸い上げ作業は、図-4に示すように、ケーシング内に作業員が入り、サクションホースを操作して行く。この時、ホース内のフリクションを低減し、生コンの輸送効率を上げることと、回収した余盛コンクリートの硬化を妨げるために、筒先から水道水を常時

表-1 装置の仕様

風量(m/min)47.5	全長(mm)4000
真空圧(mmHg)-450	全幅(mm)2000
動力(PS)100	全高(mm)2300
ホース径(mm)100A	重量(Kg)4500

表-2 リバース杭の仕様

杭径 (mm)	杭天端高さ GL-(mm)	本数 (本)
2,800	7,500	4
2,500	7,500	10
2,500	8,050	2
2,000	7,500	28

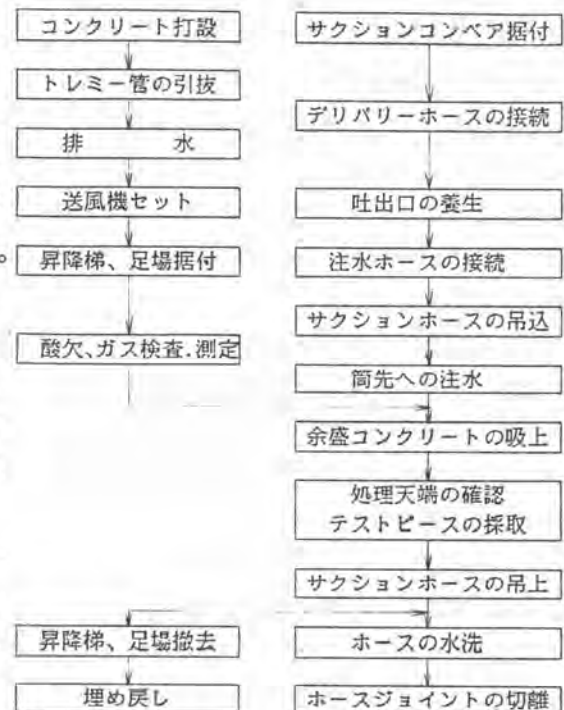


図-3 作業手順

供給する。

### 3.2 作業結果

#### (1) 作業能率

本装置により余盛コンクリートを除去した杭は計32本で、除去したコンクリート量はレイタンスを含め約0.5~0.7mの高さである。

杭の設計天端までの残り量は約0.25~0.3mで、これは根切工事完了後、斫り作業で処理した。

余盛コンクリート吸い上げの平均作業能率は表-3に示すように、杭1本当りの処理量が2.5m<sup>3</sup>、処理時間が38分で、処理能力は4m<sup>3</sup>/Hとなっている。

杭ごとの処理能力は、図-5に示すように、2.2~6.0m<sup>3</sup>/Hで、杭径が大きい程、処理量が増加する傾向がある。また、サクシオンホース長さの違いによる処理能力の差はほとんどみられなかった。コンクリートの吸い込みは、筒先を作業員が上下左右に動かして行っているが、常時適量のコンクリートを吸い込むことが難しく、処理能力にバラツキを生じたものと考えられる。

除去したコンクリートは、サイクロンで骨材とペーストが分離された状態になり、後処理を容易に行うことができた。

#### (2) 杭頭部のコンクリート強度

余盛コンクリート除去後に杭頭部から採取したテストピースの圧縮強度(4週)は260~327Kg/cm<sup>2</sup>で、設計基準強度の240Kg/cm<sup>2</sup>をすべて上廻った。

### 4. あとがき

今回、開発した装置を杭頭の余盛コンクリート除去作業に適用した結果、作業能率、コストの面で、十分実用に供することが確認出来た。

今後は筒先の改良等を実施して能率向上、省力化を計っていく予定である。

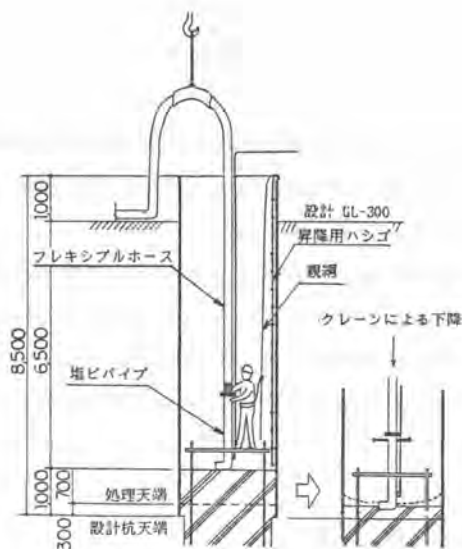


図-4 作業概要

表-3 平均作業能率

杭径 (m)	処理本数 (本)	処理量 (m <sup>3</sup> )	時間 (min)	処理能力 (m <sup>3</sup> /H)
2.0	22	2.2	34	3.8
2.5	7	3.3	49	4.0
2.8	3	3.3	41	4.8
平均		2.5	38	4.0

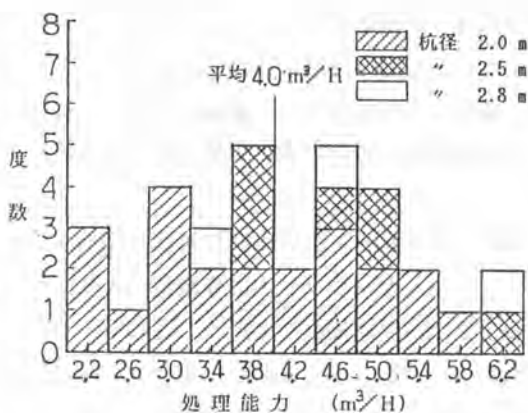


図-5 処理能力



## 4. 杭打工法(KST式)の開発

川崎製鉄(株) 榎 豊 和  
清水建設(株) 源 波 修一郎  
東亜建設工業(株) \*杉 本 邦 昭

### 1. まえがき

海上輸送システムの大型化、多様化は世界的傾向であり、今後東南アジアや中近東諸国においても物流システムの拠点または中継点としての港湾建設プロジェクトが期待される。

この度「トラベラー・パイリング・システムの開発」を行ない、試作機による実証実験を終え所定の成果が得られたので、その概要を報告するものである。

「トラベラー・パイリング・システム」は海象条件の厳しい海域、遠浅で作業船が進入できない場所等、通常の杭打船での施工が困難と思われる区域での杭打工事にその威力を発揮するが、モビリゼーションが容易という大きな特長があるので、国内のみならず海外においても充分活用できる工法と思われる。

今回の開発は川崎製鉄(株)、清水建設(株)及び東亜建設工業(株)の3社にて共同で実施したが、その頭文字をとりKST式杭打工法と略称している。

### 2. 開発の経緯

各種文献調査、また海外における現状技術調査及び市場調査後、基本構想を作成しフィジビリティ・スタディを行なった結果、現状のトラベラー・パイリング・システムに改良を加えれば、国内・海外でも充分活用できる工法との結論をえて、試作機の製作及び陸上実験・海上実験等の実証実験を実施した。

開発経過を次に示す。

昭和58年 7月～昭和58年12月	文献・特許等の調査、海外現状技術・市場調査(インドネシア、オーストラリア)ならびに基本構想作成、
昭和59年 1月～昭和59年 4月	基本構想設計、フィジビリティ・スタディ
昭和59年 5月～昭和59年10月	試作機製作
昭和59年11月～昭和59年12月	陸上実験による基本性能の確認
昭和60年11月～昭和60年 5月	川崎製鉄・千葉製鉄所NAバース建設工事において、海上杭打による実証実験

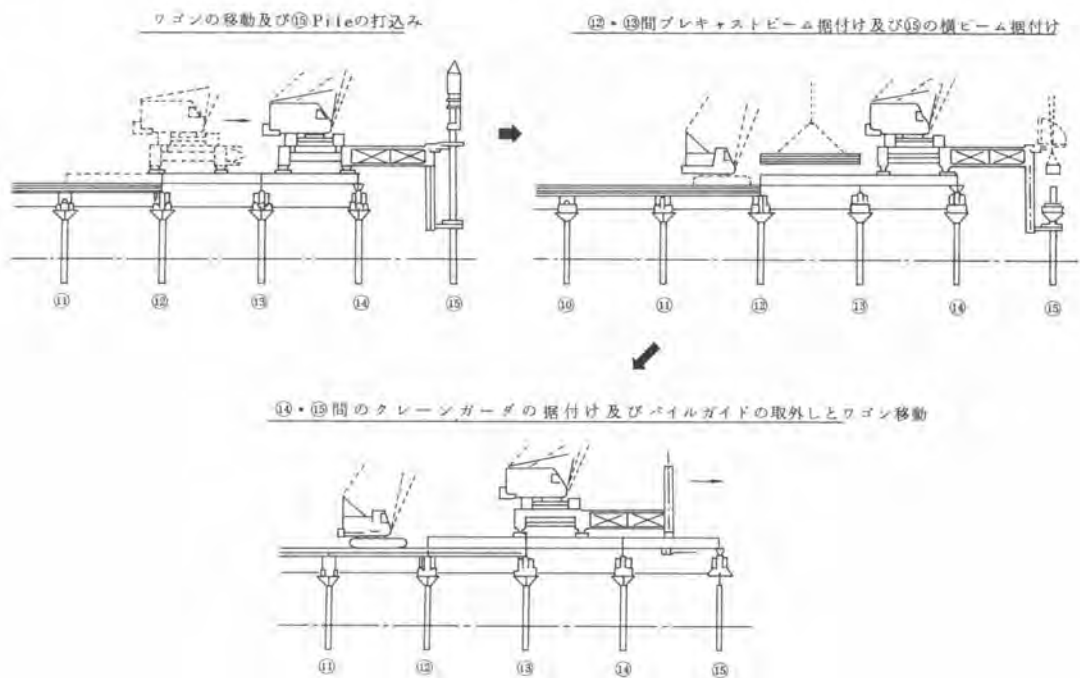
### 3. KST式杭打工法

従来のトラベラー・パイリング・システムの特長とそれをベースに改良したKST式杭打工法の特長とを以下に述べる。

#### 3.1 トラベラー・パイリング・システム

杭打機を搭載したワゴンを自ら打設した杭上を移動させ、次々と杭を打設していくシステムである。その施工手順を図-1に示す。

図-1 施工手順



トラベラー・パイリング・システムの特長は次の通りである。

- ① 海象条件（波高，うねり，潮流他）の影響をほとんど受けず，稼働率が高い。
- ② 通常の作業船では進入できない浅瀬での作業が容易である。
- ③ パイルホルダーが海象条件の影響を受けず安定しているため，杭打精度が向上し，上部構造のプレキャスト化が容易となる。
- ④ 杭打船に比較し，製作費が約半分程度と予想されること，モビリゼーションが容易なこと，メンテナンスが容易であること等施工費を低減できる要素が多い。
- ⑤ パイルホルダー等の一部の装置を除き，既存の建設機械と一般的な材料の組合せでシステムが構成できる。従って設備の多目的利用も可能である。

### 3.2 KST式杭打工法

KST式杭打工法はトラベラー・バイリング・システムの特長を活かした上で、さらにその施工性向上のため、次のような機能を付加したことを特長とする。

①ワゴン（移動台車）の軽量化と移動装置の操作性の簡易化

特に今回使用したワゴンは実証実験終了後は栈橋上部構造に転用可能な構造とし、材料の有効活用を図った。ワゴンの移動は油圧シリンダーによる連続移動式とし、移動時間の短縮と操作の簡易化を図った。

②全方向打設可能なパイルホルダーの開発

これまでの斜杭装置は一方向のみの傾斜装置が一般的だったが（杭打船も含まれる）、全方向±20度の斜杭のセットが可能であり、横方向10mスパン間で移動可能なパイルホルダーの開発で施工性が著しく向上した。

③20度の斜杭全方向打設に対応できるフライング・リーダーの開発

全方向の斜杭に容易にセット可能なガイドを有し、打設時杭頭に偏心荷重がかからないようハンマーを導くフライング・リーダーとそのシステムの開発を行なった。

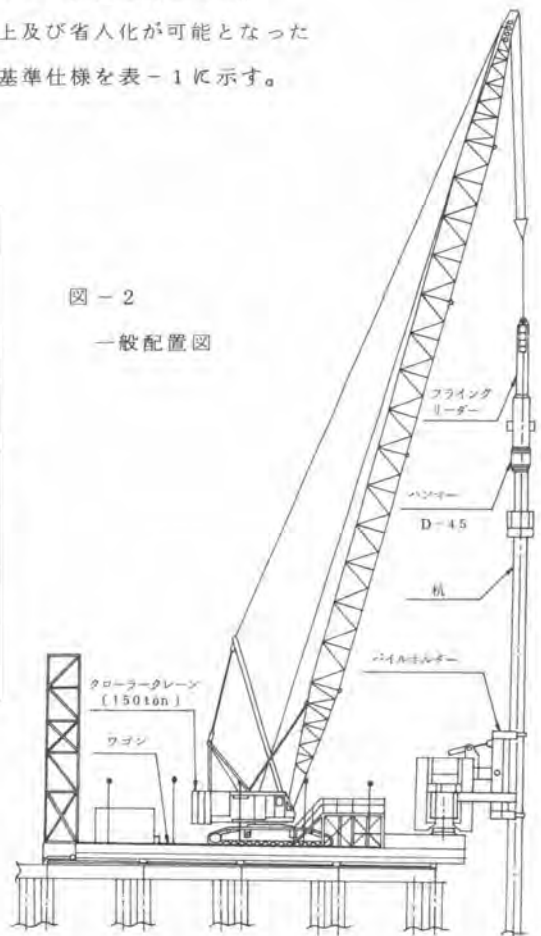
上記の機能により、施工性の向上、打設精度の向上及び省人化が可能となったことがこの工法の大きな特長である。KST工法の基準仕様を表-1に示す。

表-1 基準仕様

項目	基準仕様	備考	
杭仕様	種類	鋼管杭	
	最大径×最大長さ	1,200φ×40m	
	最大重量	18t	
	装置上部最大張出長さ	25m	
装置支持杭	縦方向配置間隔（最大）	2.0m	
	横方向配置間隔	5.5～10m	
	縦方向杭頭勾配	±2.0%	受梁でレベル調整
	横方向杭頭勾配	±0.5%	
斜杭角	傾斜方向	全方向	
	最大傾斜角	20°	約1/275
施工精度	縦方向杭芯位置	±5cm	
	横方向杭芯位置	±5cm	
	縦方向傾斜角	±1度	
	横方向傾斜角	±1度	
作業条件	作業時最大風速	1.6m/sec	
	休業時最大風速	5.5m/sec	
	装置荷重点杭支持力	300t×2ヶ所	装置前方支持点

### 4. KST杭打装置

KST杭打装置はクローラー・クレーン、ワゴン、パイルホルダー、フライング・リーダー、ハンマー等より構成される。一般配置を図-2に示す。



パイルホルダーの主要目を表-2に示す。

表-2 パイルホルダー主要目

対象杭径	φ800~φ1200m/m
傾斜角	全方向 22°
傾斜速度	5°/min
ホルダー横行距離	10.2m
ホルダー横行速度	約1.0m/min
ホルダー前後移動距離	1.5m
ホルダー前後移動速度	約1.0m/min

### 5. 実証実験

KST杭打設置による実証実験を川崎製鉄㈱千葉製鉄所内NAパース建設工事現場において下記の内容にて実施した。

#### 陸上実験

昭和59年11月30日

パイルホルダーを陸上に設置し、各機器の作動試験と杭頭にフライング・リーダーをセットするまでの関連操作を確認した。

#### 海上実験

昭和60年1月~昭和60年5月

栈橋工事現場の海上杭84本を打設し、KST式杭打工法の有効性を確認した。実証実験中の様子を図-3に示す。打設した杭の諸元を表-3に示す。

図-3 実証実験中のKST杭打装置



表-3 杭の諸元

種類	内容	本数
斜杭 (θ=20°)	914.4φ×16t×51m	3
"	914.4φ×16t×31m	10
直杭	800φ×12t×48m	3
"	800φ×12t×31m	68
合計		84

今回の実証実験では直杭3本、斜杭1本を1サイクルとして打設したが、施工速度は1サイクル4日間とはほぼ初期の計画通りの能力が発揮でき、打設精度も直杭で±5cm以内、斜杭で±1度以内との好結果が確認された。

### 6. あとがき

今回の実証実験でKST式杭打工法の有効性は十分に確認できたが、今回の各部材応力計測結果をもとに装置の軽量化を図ることが今後の技術的課題と思われる。

# 5. 打撃式杭打ち機構に関する研究

## —緩衝材と打込み特性—

建設省土木研究所 \*持丸修一・江本平・境友昭

### 1. まえがき

打撃式杭打機では、杭を破壊することなく打撃の力を杭に効率良く伝達し、かつ音の発生を少なくするため、ハンマとアンビルもしくは杭頭部の間に緩衝材を挿入する。現在、緩衝材としては主に木製のものが多く用いられているが、その耐久性の向上が望まれている。また、杭打機についてはその低騒音化に対する要望には根強いものがある。しかしながら、緩衝材の特性と杭打時の騒音や杭の打込み性能との関連性についてはまだ定量的に把握されていないのが現状である。

本論文は、打撃式杭打機の性能向上の一環として実施した一連の研究のうち、緩衝材の物性と杭の打込み特性の関係について示すものである。

### 2. 調査方法

#### 2.1. 既存の緩衝材の物性調査

##### 2.1.1. 既存の緩衝材の種類

本調査に用いた緩衝材の仕様を表-1に示す。直径は打撃実験に使用するため、実験装置のキャップの内径(205φ)と同じにした。

##### 2.1.2. 試験方法

緩衝材の弾性的性質を知るために、アムスラー材料試験機を使用して軸方向載荷試験を行った。

#### 2.2. 打撃模型実験装置による実験

##### 2.2.1. 打撃模型実験装置

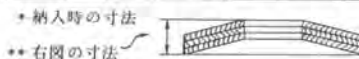
実験装置の仕様を表-2に、装置全景を写真-1に示す。ハンマは振り子式で、最大落下高さは30cmである。緩衝材を納めるキャップは、底面を杭頭に溶接し、ガタツキを無くする構造とした。これは、本装置が横置き式のためである。

##### 2.2.2. 測定方法

ラムの落下高さは、緩衝材なし、フォステロン、赤樫の場合は、15cm、その他はすべて30cmで行い、各打撃毎に図-1に示す測定点で杭の軸方向のひずみ、音響インテンシティ、音圧、杭表面の振動加速度を測定した。

表-1 実験用緩衝材の仕様

名称	直径 (mm)	長さ (mm)	質量 (g)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	弾性係数 (kgf/cm <sup>2</sup> )	バネ定数 (kgf/cm)	
赤 樫	気乾	205.7	150.1	4.905	0.78	114,000	$2.52 \times 10^6$
	湿	206.1	150.0	4.851	0.97	100,000	$2.22 \times 10^6$
赤ダマ パンパ	A	205.0	105.0	16,370	-	14,000	$0.44 \times 10^6$
	B	#	#	16,781	-	16,000	$0.50 \times 10^6$
	C	#	#	3,746	1.14	700	$0.02 \times 10^6$
フォス テロン	1枚	205.7	13.5	603	1.35	39,000	$7.27 \times 10^5$
	2枚	#	27.0	1,213	1.36	47,000	$4.26 \times 10^6$
	4枚	#	53.9	2,451	1.38	38,000	$1.75 \times 10^6$
フォー ステン	8枚	#	107.8	4,887	1.37	39,000	$0.90 \times 10^6$
	S	*196	*32.8	2,997	3.01	1,400~3,700	$0.14 \sim 0.38 \times 10^6$
血イネ	P	*195	*32.1	2,340	2.44	800~2,400	$0.08 \sim 0.24 \times 10^6$
	1枚	198.5	**13.8	1,426	-	-	$0.015 \times 10^6$
血イネ	2枚	#	**22.3	2,851	-	-	$0.022 \sim 0.026 \times 10^6$
	3枚	#	**30.5	4,278	-	-	$0.058 \sim 0.046 \times 10^6$
	6枚	#	**55.5	8,556	-	-	-



### 2.3. 杭打ちシミュレーション

土木研究所で開発した波動方程式による杭打ち解析プログラムによりシミュレーションを行った。

#### 2.3.1. 波動方程式による杭打ち解析プログラム

波動方程式による杭打時の挙動の解析手法として1960年にE. A. L. Smith<sup>1)</sup>により、杭打時のハンマー杭-地盤系の挙動を、杭をバネでつながれた質点系、地盤を弾塑性バネとダッシュポットによって表わすモデルが提唱された。その後、この方法を改良した幾つかの杭打ち解析プログラムが開発されている。しかし、これらのモデルに用いられるパラメータの決定には不明確な点が少なくない。本調査で用いた解析プログラムの特徴は、大きく2つあり、差分法をベースとして、①波動方程式の差分に用いる  $\partial_t, \partial_x$  は、 $C \cdot \partial_t = \partial_x$  の関係を保つよう定め（ここで、 $C$ は杭系の波の速度、 $x$ は変位、 $t$ は時間である）、②杭要素のバネ定数をインピーダンスに置換えたことである。<sup>2)</sup>

#### 2.3.2. 打撃模型実験の杭打ちシミュレーション

打撃模型実験のシミュレーションは、①緩衝材なし、②フォステロン8枚、③フォステン（スチール）の3つの場合について行った。

#### 2.3.3. 実杭打機による施工例のシミュレーション

実際の杭打機をモデルとしたシミュレーションを行い、杭頭応力波形と貫入量について検討した。実杭打機として3機種の油圧ハンマーをとりあげた。杭は、何れの場合も鋼管杭である。

## 3. 調査結果

### 3.1. 既存の緩衝材の物性

実験により得られた応力-歪曲線から求めた緩衝材の弾性係数およびバネ定数は表-1右欄に示すとおりである。



写真-1 打撃模型実験装置全景

表-2 打撃模型実験装置仕様

項目	仕様	項目	仕様		
ハンマ	直径 cm	20	鋼管杭	外径 cm	13.98
	長さ cm	220		内厚 cm	0.6
	断面積 cm <sup>2</sup>	314		断面積 cm <sup>2</sup>	25.2
	質量 kg	540		長さ m	28.6
	落下高さ cm	30		質量 kg	562
キャップ内径 cm	21	装置全長 m	36.3		

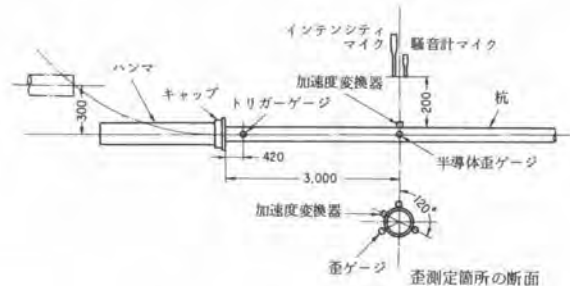


図-1 測定点配置図

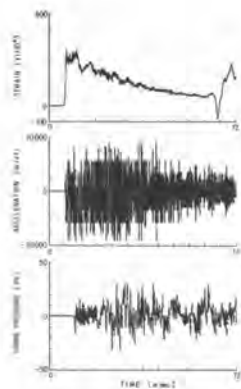


図-2 緩衝材なしの打撃実験結果

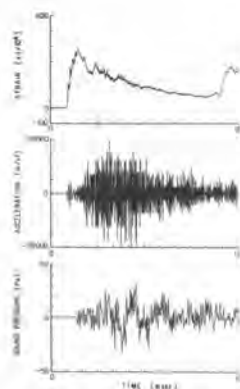


図-3 赤紙の打撃実験結果

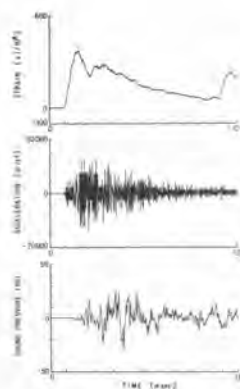


図-4 フォステロン(8枚)の打撃実験結果

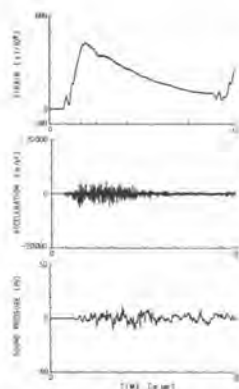


図-5 フォステンの打撃実験結果

### 3.2. 打撃模型実験装置による実験

打撃模型実験装置を用いた各種緩衝材の実験結果を、図-2～5に示す。応力波形を見ると、その立ち上がりは緩衝材が入ると緩やかとなり、それも弾性係数の小さな緩衝材になるほど緩やかとなる。

### 3.3. 杭打ちシミュレーション

#### 3.3.1. 打撃模型実験の杭打ちシミュレーション

計算結果を実測の応力波形とともに示すと図-6～8のようになる。上段にシミュレーションによる波形を下段に実測波形を示す。直接打撃の場合は、シミュレーションでは応力の減衰が階段状となる。階段の1ステップの時間は0.85msで、丁度ハンマ(2.2m)の中を波動が往復する時間に等しい。実測波形ではこの様子はあまり明瞭ではないが、約0.9msの時間間隔で波形に変化がみられる。フォステロン8枚の場合は、実測波形、計算波形のいずれも直接打撃の場合より最大値に達するまでの時間が延びて、全体に滑らかになっている。打撃力の最大値は実測19.6tfに対し、計算値は19.7tfと良好一致を示している。

#### 3.3.2. 実杭打機のシミュレーション

実杭打機の実測値とシミュレーションによる計算値を比較すると、図-9のようになる。上段に計

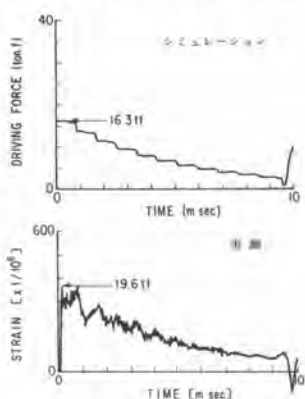


図-6 緩衝材なしのシミュレーション結果

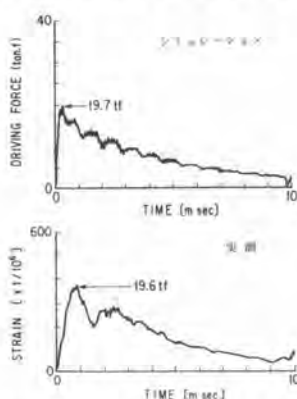


図-7 フォステロン(8枚)のシミュレーション結果

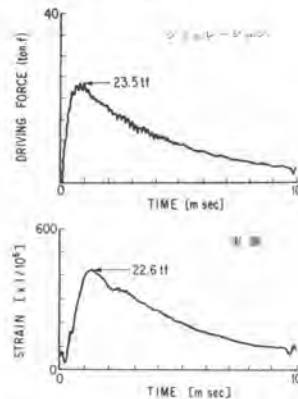


図-8 フォステン(S)のシミュレーション結果

算結果による応力波形と貫入量を、  
下段に実測の応力波形、打撃力F、  
貫入量S、およびリバウンド量Rを  
示す。応力の波形、最大値ともに実  
測に近い結果が得られている。

### 3.4. 杭打ちシミュレーションによ る最適な緩衝材の検討

本解析に用いたシミュレーション  
プログラムは実杭打機のシミュレ  
ーションの場合、一部現実と合わない

点もあったが、機構がシンプルな杭打機では比較的良くシミュレート  
できることがわかった。そこで、油圧ハンマTを例として、地盤条件  
を一定にしたまま緩衝材の条件を変えて、貫入量が最大となる条件を  
求めた。緩衝材は架空のものであるが、密度は $1.0\text{ g/cm}^3$ で弾性係数  
は① $E=5\times 10^2\text{ kgf/cm}^2$ 、② $E=5\times 10^3\text{ kgf/cm}^2$ 、③ $E=5\times 10^4\text{ kgf/cm}^2$   
の3種類として、各緩衝材毎に、厚さを変えて計算した。この時の最適応力波  
形（貫入量が最大となる波形）を図-10に示す。この計算に使った緩衝材①、  
②は、実際に使われているものより貫入量の増大に効果があることがわかった。

### 3.5. 打込み特性の優れた緩衝材の試作

これまでの打撃実験およびシミュレーション結果から、貫入特性に  
優れた緩衝材の試作を行った。基本的な考え方は、緩衝材と杭とのイン  
ピーダンスを整合させるようにすることである。この考え方に従って緩  
衝材のインピーダンスを階段状に5段階に変えた緩衝材（複合クッション）  
3種類を試作した。打撃実験結果の一例を図-11に示す。木製の緩衝  
材（赤樫）に比べて応力波形の立ち上がりも緩やかで、加速度、音圧  
も小さく、緩衝材として優れた特性をもつことがわかった。

## 4. あとがき

打撃式杭打機において、緩衝材の物性と杭の打込み特性の関係は、杭頭応力波形によって把握でき、  
杭打ち特性の優れた緩衝材の波形はその立ち上がりも緩やかであることがわかった。打撃力を効率良  
く杭に伝えるためには、緩衝材と杭とのインピーダンスを整合させることが必要であることを示し、  
この考え方に基づいた緩衝材を試作し、打撃模型実験によって所期の特性を有することを確認した。  
今後は、新型緩衝材の実杭打機での杭の打込み試験等による性能の確認を行う予定である。

### 参考文献

- 1) E. A. L. Smith "Pile-Driving Analysis by the Wave Equation" ASCE, SM4, pp.35~61, Aug. 1960.
- 2) 境 友昭「波動方程式による打撃式杭打機構の解析」第20回土質工学会研究発表会, 1985.

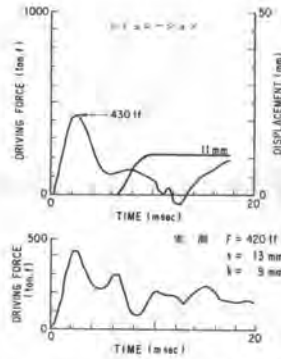


図-9 実杭打機のシミュレ  
ーション結果

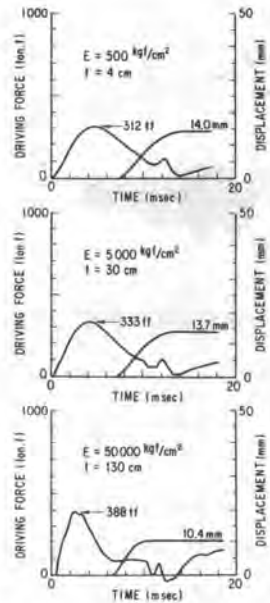


図-10 シミュレーションに  
よる緩衝材の検討

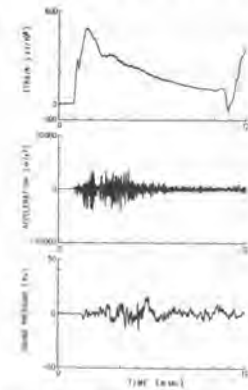


図-11 複合クッションの  
打撃実験結果



# 6. ソイルセメント用リサイクルプラントの開発

(株)竹中工務店 \*古田 周三・寺村 知大  
村 上 信 直

## 1. まえがき

ソイルセメントパイル柱列工法における山止め壁の施工時に発生するソイルセメントの余剰液は、建設汚泥として産業廃棄物の適用を受け、その処理処分は許可を受けた専門の産業廃棄物処理業者に委託し、バキューム車等を用いて場外搬出され、中間処理として脱水等の適切な処理の後、最終処分地である埋立地等に処分される。この産業廃棄物である建設汚泥の処分は、近年その収集運搬費、中間処理費が高騰し、最終処分地としての埋立地の不足や環境問題から、産業廃棄物の減量化、資源化に対するニーズは非常に高まりつつある。

このような背景から、ソイルセメント余剰液の減量化と資源化を目的として、余剰液を再利用し得るリサイクルプラントを開発した。本文はリサイクルプラントの概要と、開発機械の性能試験結果からその適応性について報告するものである。

## 2. 本論

### 2.1. 余剰液処分の現状と問題点

#### (1) 余剰液処理と法的規制

セメントミルクと土砂が混合された余剰ソイル液は、昭和46年9月に施行された「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」の規制対象となる汚泥に該当するものである。

図-1は、汚泥の処理、処分に関するフローを示す。汚泥の処理は、元請業者が産業廃棄物処理業の許可を受けた「収集運搬業者」と「中間処理業者」のそれぞれに委託するが、元請業者は排出者責任を全うしなければならない(図-2)。また多量に発生する廃棄物を長期的に安定して処分するための最終処分地の確保も困難な状況となっている。

#### (2) 余剰液の処分方法

従来、一般に実施されている処分方法は、液状のままバキューム車で処理する廃液処理方式と、余剰液を現場内に設けたピットに1日ないし2日間放置し、脱水固化した後に場

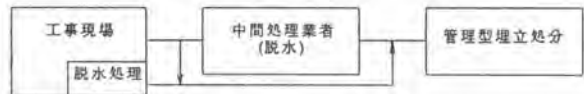


図-1 廃棄物(汚泥)の処理処分

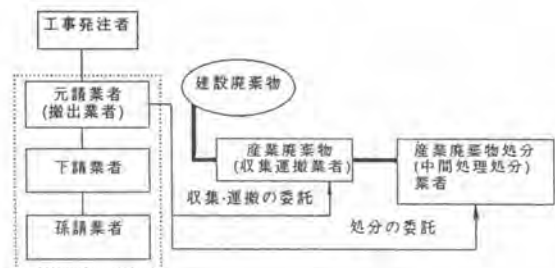


図-2 産業廃棄物の処理委託の形態

外に搬出する固化処理方式である。いづれの処理方式を採用しても産業廃棄物としての処理手続きを必要とし、これらの廃泥水処理費が建築工事のソイルパイル柱列山止壁の施工費に占める割合は、15～20%を占めているのが現状である。

## 2.2 リサイクルソイルプラントの概要

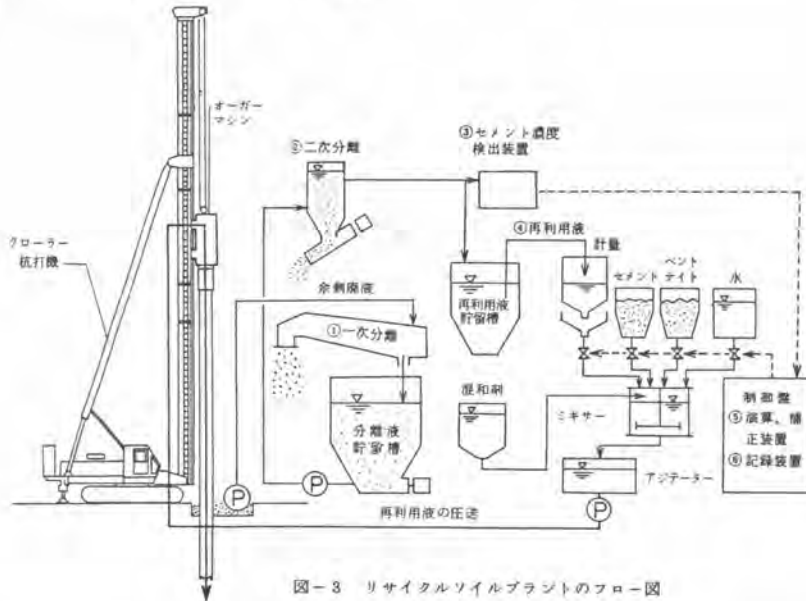


図-3 リサイクルソイルプラントのフロー図

リサイクルソイルプラントはソイルパイルの施工時に発生するセメントミルクと土砂の混合された余剰廃液の減量化、資源化を目的として、この余剰液を再利用し得るセメントミルク作泥プラントである。図-3はリサイクルプラントのフロー図を示す。ソイル柱列山止めの造成時に発注する余剰液は、一次分離装置と二次分離装置により土と再利用液に分離し、分離土のみ場外に搬出される。

再利用液は、その量が計量されると共に、セメント濃度分析装置により液中の残留セメント濃度を分析・測定する。そのセメント濃度と、あらかじめ設定したセメントミルクの配合比の値から決定された補充材料とを混合してセメントミルクを作泥し、再びソイルパイルの打設にこれを用いる。

このプロセスはシーケンサーを用いた自動制御で、ワンマンコントロールが可能となっている。また表-1にリサイクルプラントを構成する主な開発技術を示した。

方式	概要
遅延剤前添加方式	セメントミルク作泥時にセメント遅延剤を前添加することにより、余剰液中のセメントのゲル化を抑制し送泥装置の負荷の低減と再利用パイルの品質の低下を防ぐ
スクリー式泥水分離方式	余剰液を再利用液と土砂に分離し、分離沈降した土砂を更に圧密して含水比の低い分離土にして排出する
アルカリ度測定方式(セメント濃度測定装置)	セメントのクリンカー中のアルカリ成分を分解するに必要な酸消費量の把握によるアルカリ度測定法によるセメント濃度分析法で、迅速性、精度のめんから逆滴定法を採用した

表-1 リサイクルプラントの主な技術

### 2.3 開発機の性能評価

リサイクルソイルプラントの開発機を実際の建物の新築工事のソイルパイル山止工事に適用し、開発機が実用に供せるかどうかを調査した。

#### (1) セメントの回収率

リサイクルプラントの一次分離装置および二次分離装置により、余剰液を分離して得られた再利用液中にどの程度のセメントを回収できるかを調査した。

表-2は対象地盤が粗砂の場合の余剰液と再利用液の成分分析結果を示し、余剰液からのセメント回収率は約50%である。表-3は対象地盤が細砂の場合の余剰液と再利用液の成分分析結果を示し、余剰液からのセメント回収率は約70%である。これは、細砂の場合、再利用液中に多くのセメントが付着した細粒土が混入したためである。われわれが開発の初期の段階で行なった基礎実験の結果では、余剰液からのセメント回収率は約80%が期待されたが、開発機による現地盤での調査結果は上記のように回収率50~70%であった。これは実際の余剰液の見掛けの粘度が大きく、分離中にセメントが付着し除去されたためである。いづれにしても開発機による分離処理の結果、余剰液から約50%のセメントを回収することができ、廃泥水の資源化に貢献できることを確認した。

表-2 余剰液と再利用液の成分分析結果(対象地盤:粗砂)

セメントミルクの配合 (kg/m <sup>3</sup> )				分離区分	成分分析値 (kg/m <sup>3</sup> )					セメント分回収率 (%)
セメント	ベントナイト	水	混和剤		セメント	ベントナイト	水	混和剤	砂	
203	51	913	1.6	余剰液	110	27.5	678	0.9	716	—
				再利用液	56	7	936	0.8	81	50.92
381	48	857	3.1	余剰液	197	25	799	1.6	512	—
				再利用液	96	12	898	0.8	175	48.73

表-3 余剰液と再利用液の成分分析結果(対象地盤:細砂)

セメントミルクの配合 (kg/m <sup>3</sup> )				分離区分	成分分析値 (kg/m <sup>3</sup> )					セメント分回収率 (%)
セメント	ベントナイト	水	混和剤		セメント	ベントナイト	水	混和剤	砂	
350	35	870	2.8	余剰液	134	13.4	692	1.1	667	—
				再利用液	90	9.0	750	0.7	498	67.16
				余剰液	136	13.6	629	1.1	765	—
				再利用液	100	10.0	830	0.8	264	73.53

#### (2) 再利用ソイルパイルの強度

新液および再利用液を用いて打設したソイルパイルがまだ固まらないうちに深度別に試料を採取して圧縮試験を行なった。

図-4は対象地盤が粗砂で、図-5は対象地盤が細砂でありいづれも4週経過後の圧縮強度を示す。

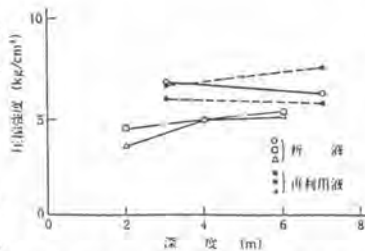


図-4 ソイル液の圧縮強度の調査結果(対象地盤:粗砂)

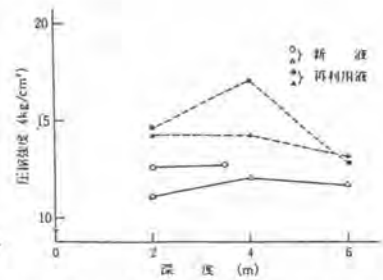


図-5 ソイル液の圧縮強度の調査結果(対象地盤:細砂)

図-4, 5より、再利用液を用いたソイルパイルの強度が新液を用いたものに比べて劣ることはなく、むしろ高めにできているものもあり、十分、実用に供するものであることが確認できた。

(3) 余剰液発生量と再利用量の収支

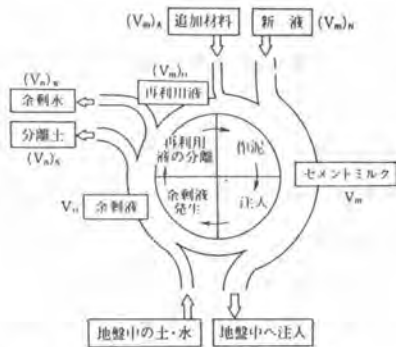


図-6. 余剰液の発生と再利用模式図

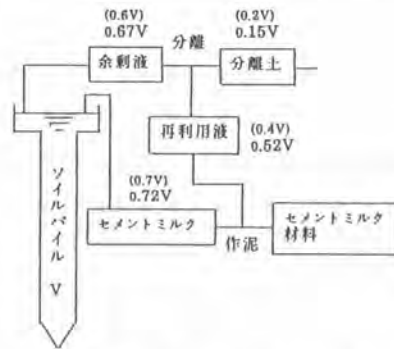


図-7. 余剰液発生量と再利用量の収支

図-6にソイルパイル工法に於ける余剰液の発生と再利用の模式図を示した。また図-7は実際にソイルパイルの打設の過程での余剰液の発生量と再利用量の収支を表わしたもので、ソイルパイルの掘削体積 $V$ を1としてそれぞれ今回の実験工事で得た実績値を示した。括弧内の数値は過去のデータから本機の基本設計段階に推定した値である。

この結果から、実績値はほぼ推定値に近く、注入率が約70%の場合、余剰液はソイルパイル体積の6.7%発生し、余剰液の約80%が再利用され、場外搬出されるのは余剰液の約20%となる。

3. まとめ

リサイクルソイルプラントの保有する機能、および、今回実施した性能確認実験から建設汚泥の資源化、減量化に十分寄与することができるものであり、これを用いて造成されるソイルパイルの強度等、品質面においても十分評価できるものである。

産業廃棄物の減量化、資源化は排出事業者に課せられた使命であり、本装置がこの面において多少なりとも貢献できれば幸いである。

最後に、本装置の開発にあたり多大のご協力を頂いた三和機材㈱の関係者に厚く感謝の意を表します。

(参考資料)

- 1) 寺村他 ソイルセメント液のリサイクルプラントの開発と実用化 1984. 12. 建設の機械化
- 2) 相崎他 掘削工事における残土(廃棄物)処理と法的規制 1985. 3. 基礎工

# 7. 掘削残土改良のための固化処理装置の開発

(株)熊谷組 島 津 久 陽・北 原 陽 一  
\*木 全 一 雄

## 1 まえがき

軟弱地盤の開削工事、土工系シールドやブラインドシールドなどのシールド工事から排出される泥土化した掘削残土は、いわゆる「産業廃棄物処理法」による法的規制を受ける場合、その処分地が限定される。さらに、泥土化した掘削残土の運搬には特殊なダンプトラックが必要なうえ、処分地への運搬距離が近年ますます長くなり、運搬コストなどの高騰を招いている。

このような現状から、掘削残土改良に関する研究に着手し、基礎実験・模型実験を終って、今回泥土化した掘削残土に固化材を少量添加混合することにより、現場内で短時間に連続固化処理し、一般残土と同様ダンプトラックで山積み搬送を可能にする固化処理装置（処理量2.5m<sup>3</sup>/H）を開発した。

本報文では、固化処理装置の紹介とともに、固化処理土の超短時間養生における固化強度について報告する。

## 2 固化処理装置

### 2-1 装置の概要

本装置は、任意の添加率が設定でき、土砂供給量に変化しても常に設定された固化材添加率を維持させ、所定の固化強度を確保する連続固化処理装置である。写真-1に本装置の全景、図-1に



写真-1 装置全景

固化システムフロー図を示す。

まず、排出された土砂はクッションタンクに受けられ、同タンクのレベル検知により2軸のスクリーフィーダの回転数を制御して、ミキサーへの送り量を調節する。このスクリーフィーダにより定量供給された土砂は、プロミキサーに送られる。同時に固化材は土砂供給量に見合った添

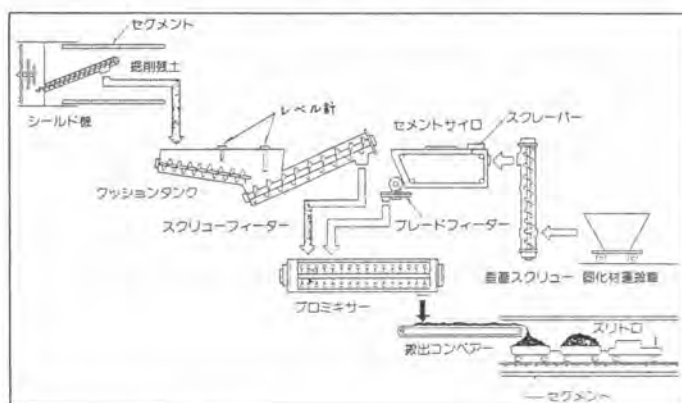


図-1 固化システムフロー図

加量をブレードフィーダによりプロミキサーへ定量供給され、土砂とミキシングされて即時に所要強度に固化し、排出するものである。

### 2-2 機能構成

①クッションタンク 排出土砂を一時貯留する桶状をしたタンクで、送り込みスクリーを装備し

スクリーフィーダへ土砂を供給する。また、2個のレベル計により土砂の供給量に応じて、スクリーフィーダの回転数を制御する。

- ②スクリーフィーダ 可変速の2軸スクリーにより土砂をプロミキサーに連続定量供給する。スクリーの土砂の付着を清掃するスクリークリーナを装備する。
- ③プロミキサー 土砂と固化材を連続的に混合攪拌し排出する。適切な割合で配置された送りと戻りの羽根によって均一に混合攪拌する。
- ④セメントサイロ 貯留量を多くできるよう矩形断面とし、サイロ内レベルを均一にするスクレーバとブレードフィーダへ固化材を供給する送りスクリーを装備する。
- ⑤垂直スクリー 固化材をセメントサイロへ供給する。
- ⑥ブレードフィーダ セメントサイロの下端に位置し、固化材をプロミキサーへ連続定量供給する。固化材排出量は、回転数を連続的に変化させることで3～50 kg f/cmの範囲で設定できる。
- ⑦制御盤 スクリーフィーダとブレードフィーダの回転制御を行い、設定添加率を一定に保つ。各単体機器の順序起動および安全保護機構を備える。

### 2-3 フィーダの定量供給性能

図-2～3にスクリーフィーダ(SF)とブレードフィーダ(BF)の排出量と回転数を示す。両フィーダとも相関係数(r)が大きく、良好な直線関係がある。これらの関係から固化材添加率のバラツキは、25 ml/H 処理時で±0.25% (信頼率95%)程度である。したがって、固化材設定最小単位は、0.5%として設定できる。

### 2-4 装置の特徴

- ① 泥土化した土砂を即時に連続固化処理する。
- ② 連続処理のため処理能力が大きい。
- ③ 装置がコンパクトで設置スペースが少なくすむ。
- ④ 良好な定量供給と確実な混合攪拌により、均一な固化強度が得られる。
- ⑤ 所定の固化材添加率が土砂供給量に追従(自動化)し、固化材添加率が任意に設定できるため、改良土の強度調節ができる。(改良土の利用が可能)
- ⑥ ワンマンコントロールの省力化タイプである。
- ⑦ 低騒音・低振動である。

### 3 対象土砂

掘削残土の性状は、その粒度、含水比、コンステンシー、鋭敏比ならびに粘土鉱物の相違によって様々である。土砂の物理的性質を表現する特性値は多くあるが、本装置の対象土砂は、最大粒

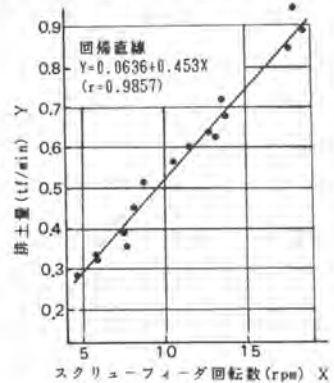


図-2 SF回転数と排土量

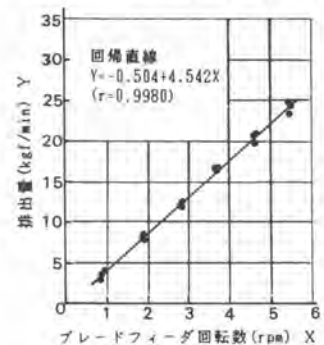


図-3 BF回転数と排出量

表-1 対象土砂範囲

対象土砂範囲	範囲設定根拠
最大粒径 (mm)	20 以下 装置の機械的条件
液性指数 (IL)	1.2～3.0 必要所要強度の確保 装置の機械的条件

径と液性指数によって表わす。対象土砂は、表-1に示すように、機械的条件と必要所要強度の確保から決定した。

#### 4 固化強度

##### 4-1 必要所要強度

一般残土として運搬・処分できる明確な基準は示されておらず、一部企業体の指導では含水率30%以下、もしくは一軸圧縮強度 $0.3 \text{ kgf/cm}^2$ 以上などの表現もあるが、含水率による判定では、たとえ同含水率でも土の粒度構成、コンシステンシー等によって大きな違いがある。したがって、実状としては、ダンプトラックで山積み運搬可能な状態の一軸圧縮強度が必要所要強度の目安と考えられる。

一般ダンプトラックの山積み可能強度は、基礎実験や現場実験から一軸圧縮強度が、 $0.15 \sim 0.2 \text{ kgf/cm}^2$ 程度である。また、固化処理土を再利用する場合を除き、捨土するために固化処理を行う場合は、経済性から極力低強度で良く、かえって強度が出すぎるとダンプができない等都合が生じることも考えられる。したがって捨土の固化強度としては30~60分程度で $0.15 \sim 0.3 \text{ kgf/cm}^2$ の強度が発現し、1日強度でも $3 \sim 4 \text{ kgf/cm}^2$ を越えないものを目標強度とする。

##### 4-2 固化強度と養生時間および固化材添加率

実機による某現場発生土AとBの一軸圧縮強度と養生時間の関係を図-4に示す。また、それらの物性を表-2に示す。固化強度は土砂の性状によって当然異なるが、固化材添加率が1~3%という低い添加率でも超短時間で一軸圧縮強度が養生時間とともに大きくなる。1%添加率では一軸圧縮強度の伸びが低いが、添加率が多くなるとともに一軸圧縮強度の伸びは大きくなる。これらの発生土では、固化材添加率1~2%程度で必要所要強度を満足する。

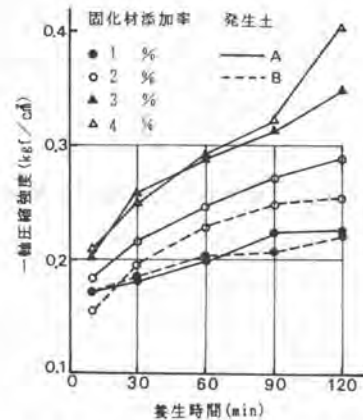


図-4 一軸圧縮強度と養生時間

表-2 発生土の物性

特性		発生土	A	B
粒度	礫分 %		0	1.7
	砂分 %		8.2	34.7
	シルト分 %		65.1	44.5
	粘土分 %		26.7	19.0
	均等係数 $U_c$		-	33.2
曲率係数 $U_c$			-	1.41
コンシステンシー特性	液性限界 $W_L$ %		51.7	54.6
	塑性限界 $W_p$ %		28.9	35.9
	塑性指数 $I_p$		22.8	18.7
	液性指数 $I_L$		1.41-1.50	1.93-2.04
含水比 %		61~63	72~74	
土粒子比重 $G_s$		2.692	2.635	

注) コンシステンシー特性はフェールコーン試験により求めたものである。

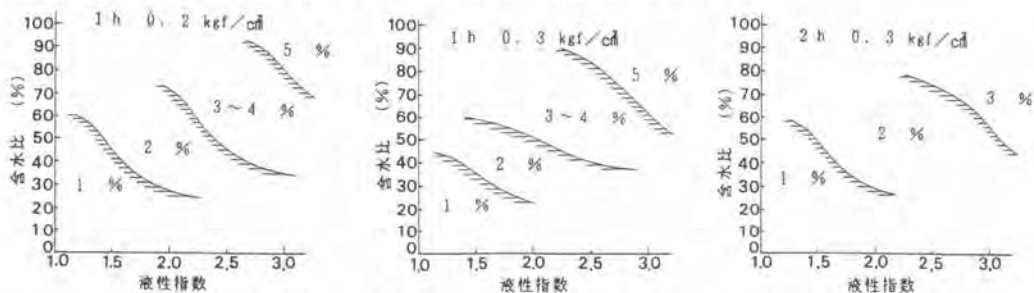


図-5 所要強度を満足す固化材添加率の範囲

礫をほとんど含まない砂質土および粘性土において、含水比と液性指数から養生時間1～2時間の一軸圧縮強度0.2～0.3 kg f/cm<sup>2</sup>を満足する固化材添加率の各実験から求めた範囲を図-5に示す。これにより、施工前の土質調査等から含水比と液性指数がわかれば固化材添加率の予測が可能である。

## 5 固化処理土の水素イオン濃度 (pH)

固化処理土を捨場に処分した場合、降雨、地下水等の水との接触により、セメント中のアルカリ成分の流出が想定される。浸せき試験を行った結果を図-6に示す。寸法がφ5 cm×10 cmの供試体を24時間空中養生した後、2本の供試体を4ℓの水を満したプラスチック製の容器に24時間浸せきして、その水のpHを測定してから新しい水と取替え、再び24時間浸せきして水のpHを測定するという作業をくり返し行った。

測定結果から浸せき回数が8回程度で排出基準 (pH: 5.8～8.6) 以内となる。pHは炭酸ガス等によっても中和されるので環境問題が継続することはないと考えられるが、pHについては十分管理し異常のないことのチェックは必要である。

## 6 おわりに

従来、泥土化された残土は、①コンテナ・ベッセル等により高価な運搬費と処分費をかけて処理する。②天日乾燥あるいはユンボ等を利用した場内固化処理などが行われている。

本装置は、泥土を均一な固化土に即時処理することにより、用地の少ない場所でも固化処理が可能で、しかもユンボ等の騒音にも悩まされることがない。また、固化処理費は必要となるが、一般残土と同様な運搬・処分費となるため、経済性においても十分採算が取れるものと考えられる。さらに泥土化土砂の場内運搬による汚濁が防止できるというメリットもあり、プラスαの効果も期待される。

また、大都市における建設廃棄物対策がハード、ソフトを含め総合的に鋭意検討されており、泥土を再資源化しようとする研究も活発に行われるようになってきている。本装置も定量供給性の精度向上を計っており、泥土の再資源化を意図したものであり、将来的な建設廃棄物の減量化に寄与しようとするものである。

最後に、今後の課題として、礫混りの土砂をも処理できるよう対象土砂範囲の広い装置の開発が急務である。

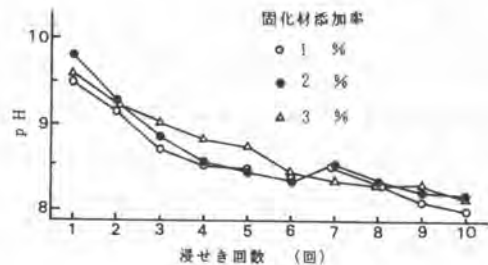


図-6 浸せき試験結果



## 8. 高速回転翼による地盤改良機械の開発

日本国土開発(株) 梅田美彦・\*片野英雄  
芳沢秀明・渡辺篤

### 1. はじめに

軟弱地盤にセメント、石灰等の固化材を混入して地盤改良する深層混合工法は、改良強度が大きく、比較的短時間で強度が発現するなどの利点を有しているため、近年ますます施工量が増大し、軟弱地盤改良工法の中で重要な位置を占めるようになってきている。しかし、改良後の強度についてみると、室内配合試験で得られた一軸圧縮強度と現場で得られる一軸圧縮の比率は、 $1/3 \sim 1/5$ と言われ、十分な攪拌混合ができていないのが現状である。

そこで、改良の効率化を図るため、攪拌翼の回転速度を従来機(20~50rpm)より高速化(50~500rpm)した攪拌混合機を開発し実験を行った。

### 2. 攪拌混合機概要

攪拌混合機は油圧パワーショベル(0.7m<sup>3</sup>)にアタッチメントとして取り付け、動力は油圧パワーショベルの油圧動力を使用した。実験装置の概要を図-1に示し、混合機を写真-1に示す。改良材は、攪拌翼のロッドを介して土中に噴射し、攪拌翼で攪拌混合する。

混合機の仕様は次の通りである。

#### 混合機仕様

改良深さ	: 3.5m
翼径	: 400~600mm φ
回転速度	: 50~500rpm
翼送り速度	: 0~3m/min
攪拌トルク	: 225kg-m
翼押し込み力	: 5.8t
動力	: 80kW

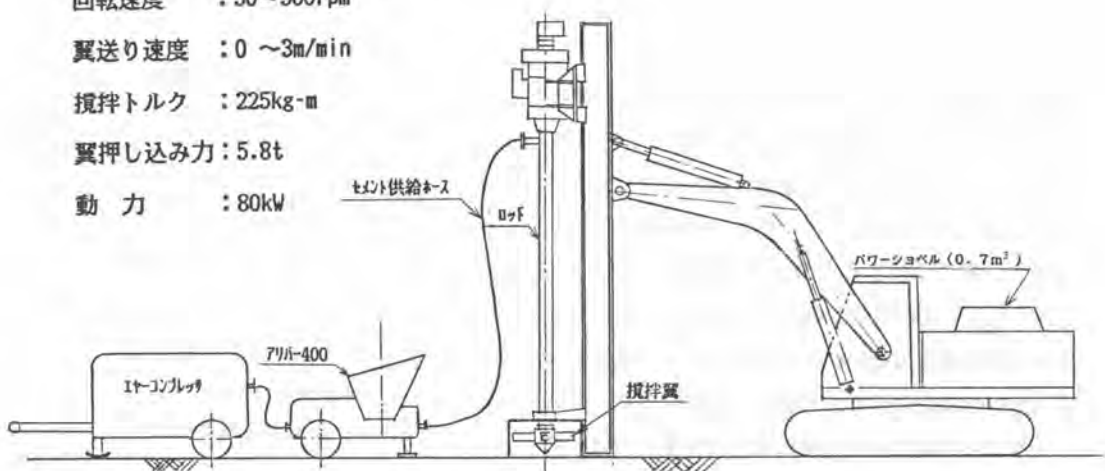


図-1 実験装置の概要

### 3. 現場実験

#### 3.1 実験場所及び土質

実験は東京都板橋区成増においてGL-6.5~-9.0mのN値0のシルト層で行った。土質試験によるシルトの性状は、 $\gamma = 1.50 \text{ t/m}^3$ 、 $\phi = 0$ 、 $c = 2.3 \text{ tf/m}^2$ 、 $w = 97\%$ である。

コーン試験結果を表-1に、実験地の土質柱状図を図-2に示す。

表-1

計測地点	A	B	C	D
qu(kgf/cm <sup>2</sup> )	3.7	5.1	2.9	1.5
平均qu値 = 3.3 kgf/cm <sup>2</sup> 粘着力 c = 3.3tf/m <sup>2</sup>				



写真-1 混合機全景

#### 3.2 実験項目及び調査方法

実験は次の項目について実施した。

##### 攪拌トルクの計測

回転速度の影響：50、150、250、450rpm

回転翼径の影響：400、500、600mm  $\phi$

改良深度の影響：0~2.5m

改良速度の影響：1~3m/min

##### 改良効率の調査

セメント混入量の影響：119~238kg/m<sup>3</sup>

攪拌トルクは翼回転モータの油圧から換算して求め、

改良効率については改良杭の一軸圧縮強度及びカルシウム含有量により調査した。

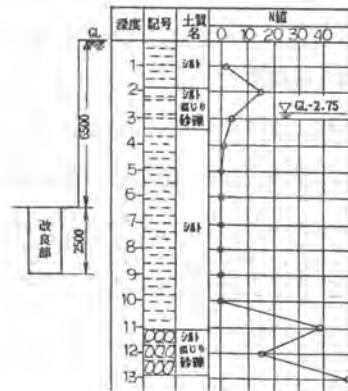


図-2 土質柱状図

### 4. 実験結果

#### 4.1 トルク計測結果

翼回転速度を50~450rpmの間で変化させた時の攪拌トルク計測結果を図-3に示す。改良速度にかかわらず回転速度の増加に伴い攪拌トルクが低下することが分かった。これは、回転速度を速くすると、翼で切削する土の厚さ（切り込み深さ）が小さくなり、切削抵抗が低下するためと考えられる。また、回転速度の増加に伴い攪拌トルクが低下する傾向は他の現場実験等においても同様であり、攪拌トルクには切削厚さが比較的大きな影響を及ぼすことが推測される。

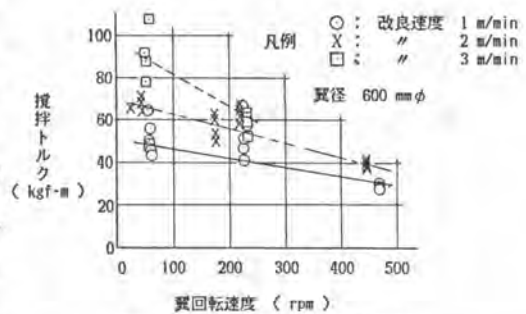


図-3 翼回転速度と攪拌トルク

改良深度を0～2.5mまで変化させた時の攪拌トルクを図-4に示す。攪拌トルクは深度に関係なくほぼ一定値を示していることから、上載荷重の影響が少なく、土の強度の影響を強く受けることが推測される。

#### 4.2 改良効果

改良効果を調査するため、改良杭を掘り出し、コアボーリング(50mmφ)を行い、一軸圧縮強度試験を行った。また、改良杭から改良土のサンプリングを行い、カルシウム含有量を調査してセメントの混合状態を調査した。

一軸圧縮強度試験結果を図-5、図-6に示す。図は回転速度ごとに杭中心からの距離と一軸圧縮強度との関係をまとめたものである。ここで、改良効率(λ)は、

$$\lambda = \frac{\text{現場実験での一軸圧縮強度}}{\text{室内配合試験での一軸圧縮強度}}$$

で表している。図-5について見ると、50rpmでは杭の外周部では5kgf/cm<sup>2</sup>前後であるが、中心部ではほとんど強度がなく、この程度の回転速度では外周部ほど強度が増す傾向にある。この原因は、後記するカルシウム含有量調査結果で明らかのように、セメントが外周部に多く分布するため、外周部ほど翼の周速度が増し攪拌混合がうまく行われるためと考えられる。

一方、500rpmでは杭全体で20kgf/cm<sup>2</sup>前後の強度が得られると共に、中心部と外周部の強度のバラッキも少ない結果となった。また、改良効率について見ると50rpmでは0.2前後であるが、500rpmでは0.8前後まで上昇することが分かった。これは回転数の増加に伴い、土の粉砕化がより進行し、改良材との攪拌混合がより効果的に行われた結果と考えられる。図-6は250rpmと500rpmの場合であるが、これについても図-5と同様な傾向を示している。

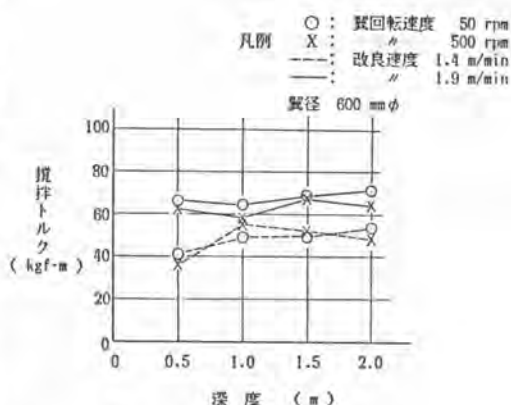


図-4 改良深度と攪拌トルク

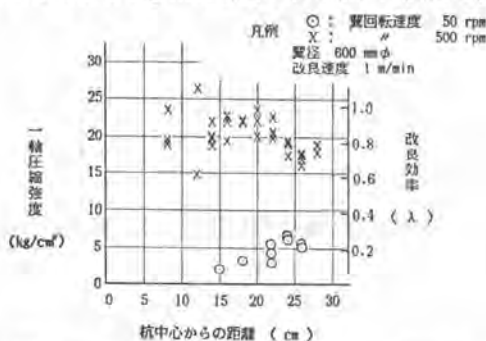


図-5 一軸圧縮強度 (セメント混合量 223kg/m<sup>3</sup>)

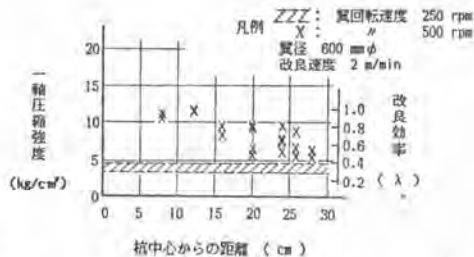


図-6 一軸圧縮強度 (セメント混合量 119kg/m<sup>3</sup>)

カルシウム含有量の調査結果を図-7に示す。50rpmでは杭中心部でカルシウム量が少なく、外周部ほど含有量が多くなっており、このため前記したように外周部ほど強度が増す結果になったと考えられる。

一方、500rpmでは杭全体がほぼ均一になっており、250rpmでは500rpmと50rpmの中間的な傾向を示している。この結果から、回転数の増加に伴い混合が均一化することが分かる。

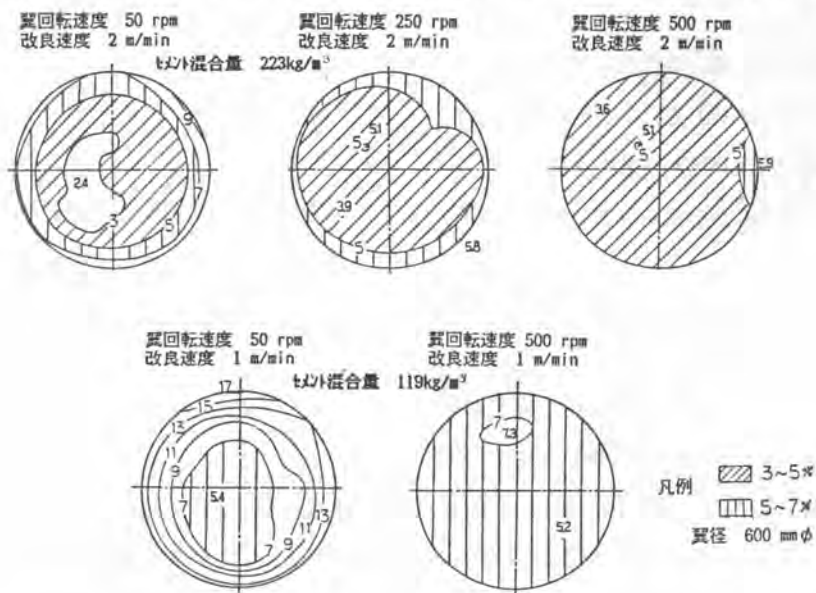


図-7 カルシウム含有量

## 5. おわりに

高粘性体の攪拌抵抗は、回転速度の影響を強く受けるとされており、その動力Pは、

$$P \propto N^\alpha \quad \text{ただし、} N: \text{回転数} \quad \alpha = \text{係数}$$

で表され、係数 $\alpha$ は2~3の値となる。地盤改良における土の攪拌においても同様な関係が成立すると考えられて、高速攪拌は不可能とみなされてきたように思われるが、今回の実験から $\alpha$ を計算すると0.8~0.9となり、高速攪拌の実現の可能性がでてきたように考えている。

攪拌翼の回転速度を高速化することにより、

- 1) 攪拌トルクが減少する
- 2) 改良強度が増加し、しかも強度のバラッキも少なくなる

などが明らかになったが、高速化による機械の振動の問題、攪拌翼の摩耗の問題等があり、今後これらのことも考慮しながら開発を進めていきたい。

## 参考文献

梅田、片野：高速攪拌翼による安定処理工法の開発、第20回土質工学会研究発表会 1985

## 9. アスファルトプラントの構成装置の技術を ベースとした新分野への応用

(株)新潟鉄工所 平野 治行

### 1. はじめに。

アスファルトプラントは砕石と砂を乾燥加熱し、これに石粉と溶融アスファルトをそれぞれ決められた割合で重量を計量し、混合して道路用加熱混合料を生産する設備です。

このアスファルトプラントを構成している各装置を技術的に区分すると次の様になります。

- (1) 貯蔵装置 倉庫ヤード、サイロ、石粉タンク、アスファルトタンク、重油タンク、  
混合サイロ
- (2) 搬送装置 ベルトコンベア、バケットエレベータ、スクリュコンベア、スキップ  
コンベア
- (3) 供給装置 エアロンフィーダ、ベルトフィーダ、レシプロフィーダ、スクリュフィーダ
- (4) 乾燥装置 傾斜円筒回転乾燥機
- (5) 集塵装置 乾式集塵機(サイクロン、バグフィルタ)、湿式集塵機
- (6) 分級装置 振動スクリーン、風力分級機
- (7) 計量装置 ダイアルホップスケール、ロードセル
- (8) 混合装置 2軸パヴミル

以上はバッチ形のアスファルトプラントの技術区分の一例ですが最近導入が顕在化してきたドラムミックスマウント、リサイクルプラント等アスファルトプラント系の設備を加えると破砕装置(クラッシャー)、連続式混合装置、熱風並流式回転乾燥機、等があります。

こうした区分を別の観点から見ると、アスファルトプラントは各装置技術の組合せによって構成されていると云えます。

この各装置技術をベースとして建設機械という分野にどうわれなリニーズに応える設備、装置の開発は、設計技術者にとっては勿論のこと成長、需要降下期にある建設業界にとっても魅力ある分野であると云えます。

本報告では、こうした新分野への応用事例を紹介したいと思います。

アスファルトプラントという非常に狭い範囲の技術力で、こうしたバリエーションに対応した場面の開発については特に注意しなければなりませんので本報告では失敗例が向題点を中心に述べたいと思います。

## 2. 事例紹介

### 2-1 培土プラント

#### ▶ 概要

このプラントは自動田植機で使用する育苗用マットの培土を主に生産する設備です。ガスとなる土(軽粘土)を粉砕して土に含まれている雑菌や雑草の種などをドライヤで加熱殺菌し、さらに粉砕、分級、時には造粒し添加剤(酸や肥料)を加え計量袋詰めする設備です。

#### ▶ 注意しなくてはならない事項

##### (1) 原土の性状を把握すること

入荷する原土の大きさ、水分、混入物などを事前に充分調査して、原土の貯蔵方法、供給方法を定める。とくにドライヤに供給する迄の貯蔵、供給、粉砕等の各装置は窯業(瓦製造)関係の装置を利用するのが無難です。

##### (2) 乾燥(殺菌)装置

当初筒筒式が採用された例が多かったが、熱効率(燃費)から現在は直火向流傾斜回転乾燥機が採用されている。この場合ドラム内のリフターは付着と熱交換を配慮したものを選定しないといけません。重油バーナを使用した場合、未燃成分を原土に混入させないようにバーナ形式や燃焼室の配慮も忘れてはなりません。また乾燥材料の一部を再度原土と一緒にドライヤに投入する方は付着防止に有効な手段です。

##### (3) 分級装置

原土は一般に40%(W.B)前後の水分で、ドライヤ以後は15~20%となりますが通常の振動スクリーンでは、すぐ目盛りしてしまいます。小容量のものでは目塞防止付トロンメル10センチ以上の能力では多枚ピアノ親式のスクリーンをいじりましょう。

##### (4) その他

原土は産地によることでの性状が異なるので、本設備に使用する各装置はその都度、適切なものを選定することになります。とくに乾燥、粉砕、造粒については事前にテストを行うことがおもしろい。計量装置は市販のバックースケール、パレタイガーが使用できます。

### 2-2 へんろ エレベータ

#### ▶ 概要

このエレベータはスクリュー式海底浚渫船の付帯設備でスクリューポンプで採取したへんろを別の船に投入、排出するもので、300m<sup>3</sup>/h(450t/h)と比較的大容量のものです。

#### ▶ 問題点と解決方法

採取うへんろの性状とその変化に対応できるものが必要で遠心排出バケットエレベータとしてバケット速度は可変式としました。実用上バケットに付着したへんろがどうしてを排出しないことが発生しましたが、高圧水(少量)を排出部付近でバケット内コーブに噴射することによって解決することが出来ました。

## 2-3 ミルスケール再生設備

### ▶ 概要

製鉄工場の圧延工程では多量の冷却水を使用しますが、この中にミルスケールと呼ばれる酸化鉄が混入しています。ミルスケールは二次設備で回収し水は冷却塔に冷却材としてリサイクルします。回収ミルスケールの水分除去（乾燥）と分級（ダスト除去）が本設備の目的です。

### ▶ 注意しなければならない事項

#### (1) 耐久性には特に留意する。

製鉄所は24時間連続運転が一般的で年間稼働7000hなどというものが常識となっています。これによって時間当りの処理能力は次第ですが稼働時間は建設の常識との差異が大きいのを耐久性に特に注意し消耗品等もあらかじめ耐久時間を充分と打合せ用意することが必要です。

#### (2) 乾燥熱源について

製鉄所の場内ガスであるコーフス炉ガス（Cガス）や高炉ガス（Bガス）等比較的比カロリーの熱源を利用することが多いので、これ等ガスの燃焼にマッチしたバーナーの設定は当然ですが、ガス中の不純分（タール等）対策、NOx対策（製鉄所は総量規制等公害規制の厳しい規制を受けています）、安全対策も考慮しなければなりません。

#### (3) ミルスケール中の油脂分に注意すること。

回収されたミルスケールは二次設備の後工程に行くほど粒が細くなり、これをふれて水分と不純分（ダスト）油脂分（ノルマルヘキサン）が増加してきます。

これを乾燥機にかけると油脂分の一部は酸化してバグフィルタ等には着し圧損が増加して排気不十分となり、火災の恐れも出てまいります。乾燥装置や集塵装置は充分余裕のあるものを選定することが必要ですが、あらかじめ処理可能な粒度、水分、油脂分を明確にしておくことが大切です。

#### (4) その他

製鉄所内設備については、その製鉄所の設備に依る基準が細部にわたって定められているのが一般的です。従って見積以前にこれ等基準を十分に把握することが必要です。メーカー標準品で納入できることは稀だと思って良いでしょう。

篩分けについては0.3~0.5mm以下をダストとして分級することが行われていますが、この場合、篩分性能と耐久性（メンテナンス）を充分考えたスクリーンを選定しなければなりません。空気分級を採用した場合も耐久性が大きな課題となります。

## 2-4 スラッジ処理設備

### ▶ 概要

この設備は大規模製鉄工場の埋式、乾式集塵装置や排水処理装置で回収されたスラッジの中には含まれている有機分を除去して一般産業廃棄物として処理できるようにする為のもので乾燥、焼成、冷却装置から構成されています。乾燥熱源としてキューボウ排熱を利用しました。

## ▶ 注意すべき項目、問題点と解決方法

### (1) 原料の性状と変化に注意

鈣物原料の中には酸化発熱して固化するもの、水分変化の激しいものがある。各装置とこの変化に対応できるものが必要です。とくに鼻塵ダストは本設備前、発塵防止のため水を添加しているが、この変化が大きいので、出来るだけ安定させる対策がとられた。又スラッシュ中の鈣物片等の混入防止 除塵にっして考慮する必要がある。

### (2) 排熱利用上の注意

キューボラの排熱、ガス量は操業経過により変化します。利用出来るエネルギーは最大排熱量の50~60%程度にして、と水による乾燥機へ能力を渡す、安定に運転する為にバーナを付置することが望ましい。キューボラには通常、既設の熱交換機、炉内鼻塵、クーラー、バグフィルタが付置されており、排ガスの一部を利用することにより、それ迄の操業バランスを乱すことにはなるので注意しなければなりません。

### (3) 焼成(ロータリキルン)工程の問題点

有機分(可燃分)の含有が高いと設定した焼成温度(700℃前後)を越え、材料がキルン内で溶融、固着することがある。ヒートバランスに因る調整を充分に行う必要がある。焼成にっしては電気炉等の試験結果を単にそのままキルンに適用することは危険である。

### (4) その他

産棄物処理のため極力コストを下げず処理するキューボラ排熱利用、さらにキルン排ガストライヤード利用することを実施したが各装置を安定的に運転する為には、かなり複雑な装置と操作が必要であった。

## 2.5 その他の事例

### (1) 乾燥(加熱)設備で処理した材料

シリカ(水分25%)、火山燐(水分50%)、ショットアラスト、グリットアラスト(造船所)セメント、フライアッシュ(向接式)ニク石膏(水分10%+21%)、産棄物(硫黄処理)、粘柱工(窯業)アルミナ粘柱工(再生)、肥料、飼料。

### (2) 計量、混合設備で処理した材料

塵土(石灰混合と分級)、焼却灰(アスファルト固化)、石膏再生(セメント固化) LFD副原料(石灰石、豆タン、シリマン、フェロシリ、螢石の精密計量と湯の分折フィードバックコンピュータ制御) 建材(壁材アレント、マイコン制御)、樹脂、アスファルト石膏混合。

## 3. あとがき

全く新しい設備の用発の場合、問題なしに納入できるものは稀で、むしろ最初から問題が発生するものとして取組む心が必要で、あらゆる事象(と云って未知分野で欠落してしまおうことの方が多し)を想定して、その対応をあらかじめ決めて置くことが必要です。



# 10. アスファルトフィニッシャ運転の省力化装置の開発

日本舗道(株) 小松崎 広  
 (株)新潟鉄工所 \*松本 智

## 1. まえがき

アスファルトフィニッシャの運転の省力化と省熟練化を目的とし、ワンマンコントロール化を図る試みを、マイクロコンピュータを中枢としたメカトロニクス手法により実施し、その実用化を図った。ここにその実施例を紹介し、アスファルトフィニッシャのワンマンコントロール化、更には無人化についての考え方を述べたい。

## 2. ワンマンコントロールシステムの構成

2人で運転していた機械を1人で運転することは、作業項目の多い機械にあっては肉体的に疲れるし、人の判断が必要な作業項目の多いものでは更に精神的な疲労が加わり、疲労度は倍加される。そこで2人で運転していたときと同程度に疲労度を押さえることがワンマンコントロールの最低条件と言える。自動化をすすめるにあたっては、このことを十分吟味し現在の技術レベルで達成可能なものを選択することが必要である。この考えのもとに 図 1 のように自動化の内容を分類することにした。更に完全自動化できる作業と最終判断は人が介入しなければならない自動化作業とに分類した。

### 2-1 完全自動化する作業

- 1) ステアリング
- 2) 合材供給
- 3) 平坦性コントロール
- 4) 停止

### 2-2 最終判断は人が介入する自動化作業

- 1) 合材受入
- 2) 発進
- 3) 舗装厚管理
- 4) 安全管理

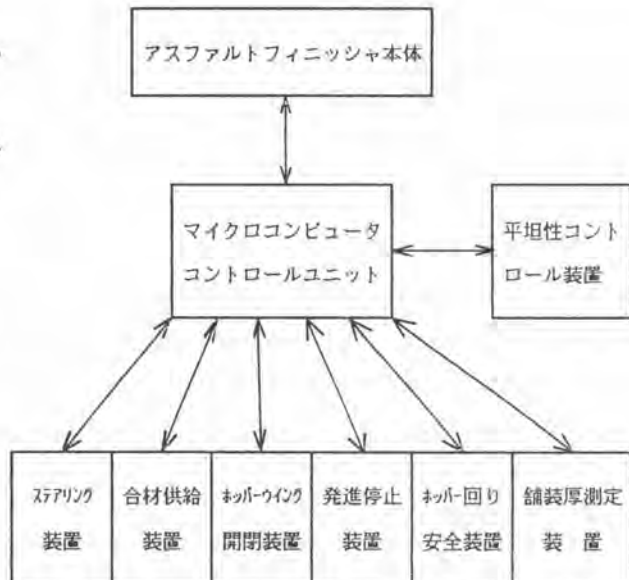
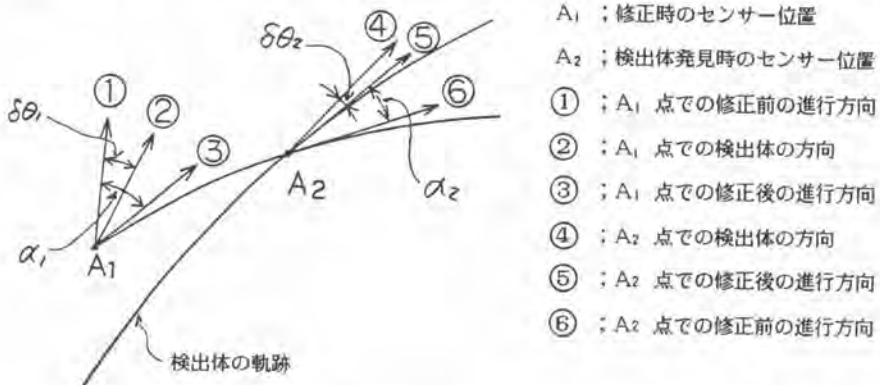


図 1 システム構成図

### 3. 自動化内容の説明

#### 3-1 ステアリング装置

センサーには光学式センサーを使用した。これは無接触で検出体を検出できることと、光を反射するものであればなんでも検出体として使用できる利点を考えたためである。そしてまずタイヤ式のフィニッシャーで実施したのは、タイヤ式はクローラ式よりもステアリングのメカニズムが容易と判断したからである。センサーは左、中、右の3個を使用し、中センサーが常に検出体を検出するようにフィードバック制御を行う。そして人が車を運転するときと同じように、中センサーが検出体を検出したら、ハンドルの切返しをして方向修正を行う機能をコンピュータに持たせた。図-2に制御方式を示す。



#### 制御の基本式

$$\alpha_1 = \sum \alpha$$

$$\alpha_2 = -\frac{1}{2} \alpha_1$$

$\alpha$  ; 基本修正量

$\alpha_2$  ; 切返し修正量

これを繰り返して  $\delta \theta_n$

が限りなく0に近づくよ

うに制御する。すなわち  $\delta \theta_1 > \delta \theta_2 > \delta \theta_3 > \dots > \delta \theta_n \rightarrow 0$  になるように制御する。実際の制御を見ていると、あたかも自分でカーブの曲率半径を探しているようにステアリングがなされている。しかしS字カーブのように途中において曲率が反転するときは追従性が極端に悪くなる。これは人間の目のように先の状態が分かればそれなりに準備できるが、本システムではその場にさしかかると変化が識別できないので対応が遅れるためである。表-1に追従性能の測定結果を示す。又 図-3にステアリングのパターンを 図-4にステアリングのフローを图示した。

表-1 追従性能 (走行速度 3 m/min)

	直線	R=20m	R=15m	R=25mのS字
平均誤差	4.4mm	9.0mm	15.0mm	なんとか回れる程度

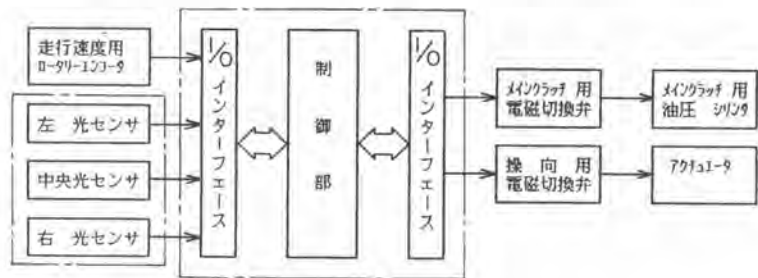


図-2 ステアリングブロック図



### 3-6 舗装厚測定装置

アスファルトフィニッシャーをワンマンコントロール化、更には無人化するためにはどうしても、この装置の開発が不可欠である。この方法には直接測定法、間接測定法等があると思うが、ここではピボット高さとしてレベリングアームの傾斜を測定して計算にて算出する方法を紹介する。

図-5 においてAの長さは厳密には変化するが、 $t$ の変化がある範囲内であれば、その変化は無視できるのでAを定数として扱える。

図-6 の計算式において、 $\theta$ は車体自身の傾斜で、坂道における作業時の舗装厚さ分のみを取り出すのに使う。 $\theta_2$ は基準状態におけるレベリングアームの傾斜であり定数である。図-5 のようにGLが理想的な平面であれば問題なく実用化できる精度を算出できるが、実際のGL是不規則な凹凸の集合でかつ任意に傾斜しているので、実用化できる精度を出すには、外乱による不規則な膨大なデータの中から真の厚さ分のデータを抽出するデータ処理段階において、高度なソフト技法を必要としている。

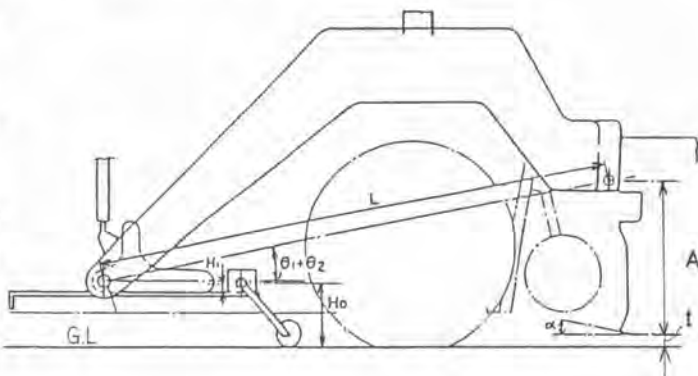


図-5 舗装厚測定モデル図

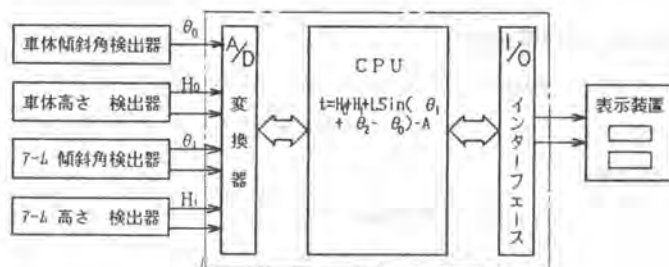


図-6 舗装厚計算ブロック図

### 4. 無人化へのステップ

敷きならし時、舗装厚が自動測定できれば、スクリードマンも不要になり無人化への道が開ける。しかしフィニッシャーの作業形態はかなり複雑であり、その全部を自動化しようと考えれば現在の技術レベルでは達成できないものもある。完全自動化できない作業においては、モニタリングシステムにより異常値が発生したら自動的に作業を停止し、その内容をディスプレイ等で人間に知らせその処理を人間にまかせるという方式が最良であると考えられる。

# 11. 再生アスファルト混合物による干拓堤防 リベットメント(舗装)の施工

日本舗道㈱ 内 藤 光 顕・\*青 山 俊 行

## 1 まえがき

秋田県が発注した八郎潟堤防災害復旧工事において、堤体のリベットメントを施工するにあたり、旧堤防の復旧時に発生するアスファルトコンクリート廃材を再生利用することとなり、当社は秋田県他関係官庁の御指導によりアスファルトコンクリート廃材の破砕再生を行う設備と堤体のリベットメント(基層ソイルセメント、表層密粒アスコン)を施工する機械を改良開発し、昭和57年9月～12月の間に施工されたI期工事において使用した結果所期の成果を得ることができた。

本報告はこの工事に使用した主な機械と施工方式の概要の紹介である。

## 2 施設の概要

当工事の特色は砂質土を整形した堤体を保護するために施工されたソイルセメント(10cm)と密粒アスファルトコンクリート(5cm)に使用される混合物は、堤体の復旧再整形時発生した廃材を再生利用することによりそのための再生混合物の製造設備は大きく2つに分けることができる。

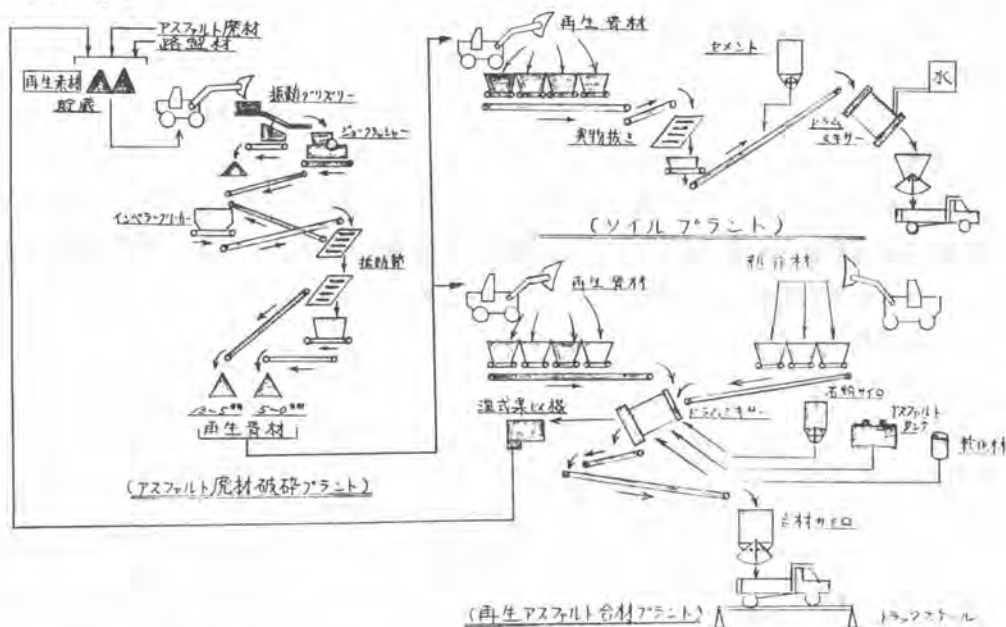


図-1 再生混合物製造設備のフローチャート

業積したアスファルト廃材を所要の寸法に破砕、ふるい分け、再生骨材を製造する破砕プラントと再生骨材を原材料としてアスファルト混合物を生産する再生アスファルトプラントで構成されている。設備の構成は図-1のフローチャートに示すとおりである。なお、第I期工事に使用されたソイルセメント混合物、及び、再生アスファルト混合物は、

ソイルセメント混合物 88000 ㌦  
 再生アスファルト混合物 53000 ㌦

であり、すべて図-1に示す設備を使用し製造された。又、破砕プラントにて生産された再生骨材は約37000 m<sup>3</sup>にのぼった。

### 3 リベットメント工

当工事の標準断面は図-2に示すように法面部、堤頂部に分かれるが、本報告では法面部のリベットメント工を紹介する。

基盤整正、ソイルセメント、密粒アス、コン、アスファルトマステック注入等が法面部の主要工程であり、約3ヶ月間で12.7万m<sup>2</sup>のリベットメントを施工する必要にせまられたため、機械の改良、開発を行ない所定の工期内に完済すべく対処した。

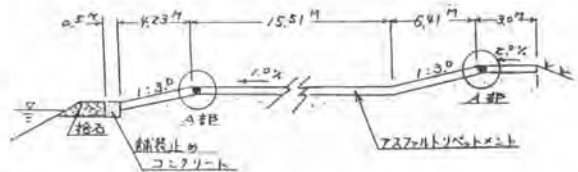


図-2 標準断面

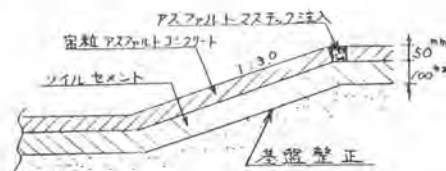


図-3 A部詳細

#### 3-1 基層工 (ソイルセメント)

3割勾配の斜面において、一般の舗装機械はそのままでは使用できない。他、人力施工では、工期内完成の見通しが得られなかったため、敷均らし専用のベースペーパーの開発と締めの用振動ローラーの改良を実施した。基本的には、ノバスで敷均らしを完済させることとし、ダンプトラックで直接投入。

またはホイールローダーで供給した材料をバックホウで粗ならしを行ないベースペーパーで所定の高さに敷均した後、振動ローラーで繰り返え

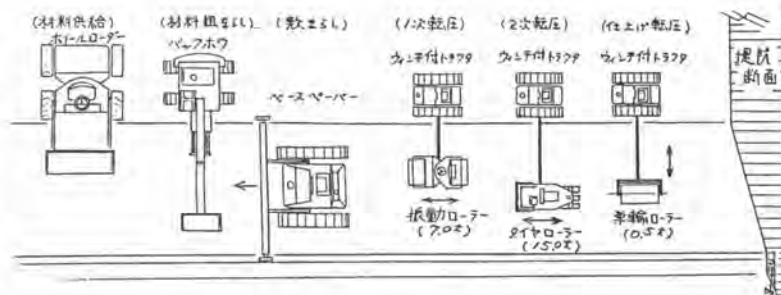


図-4 基盤工の機械配置

し転圧を行ない単輪ローラーで表面を仕上げた。振動ローラーはロールの上下の線圧を一定にするため、天端のウィンテ付トラクタで支持した。基盤工の機械配置を図-4に示す。この施工方式と従来の人力を主とした施工方式を比較すると、

- 1). 施工能力は約2倍となった。
- 2). 省力、省熟練化を図ることができた。
- 3). ベースペーパー通過後、人力などによる表面の再整形を必要としない。
- 4). 敷き直し直後の仕上がり精度は計画に対し、 $\pm 10\text{mm}$ であった。

等の成果が得られた。

ベースペーパーは小型アルドラーを母体とし、作業速度3割～10割が得られるよう減速した。構造としては前部に敷き直し用アレードを取り付け、このアレードは敷き直し巾2.5mを基本としてアタッチメントを左右に取り付けることにより2.5m～5.0mの範囲で調節可能とした。敷き直し厚さの調節はアレードの左右端に取り付けられた調整装置で調整する構造となっている。ベースペーパーを使用するに当り施工量を定める大きな要因として材料の供給方法があり今後、同種工事の施工における検討事項である。

### 3-2 表層工（密粒アスファルトコンクリート）

この工事の現場は気象条件があまりよくない地方で9月～12月に施工することと、使用する材料が再生アスファルト混合物であることを考慮すると混合物の温度管理が非常に重要な要素となり、混合物を出荷後、できるだけ短時間のうちに締固めが完了する施工方式が必要であり、

機械による施工

を主とし、品質の安定化を図るための混合物供給用スタッカ、敷き直し専用アスファルトフィニッシャー、締固め効果の大きい振動ローラー等を導入した。

機械の例を図

5に示す。

再生アスファルト

混合物は平坦部に配置したスタッカ（材料供給機）のベルトコンベヤで、ウィンテ付トラクタで支持されているアスファルトフィニッシャーのホッパーへ供給し同時に多量を供給するオ

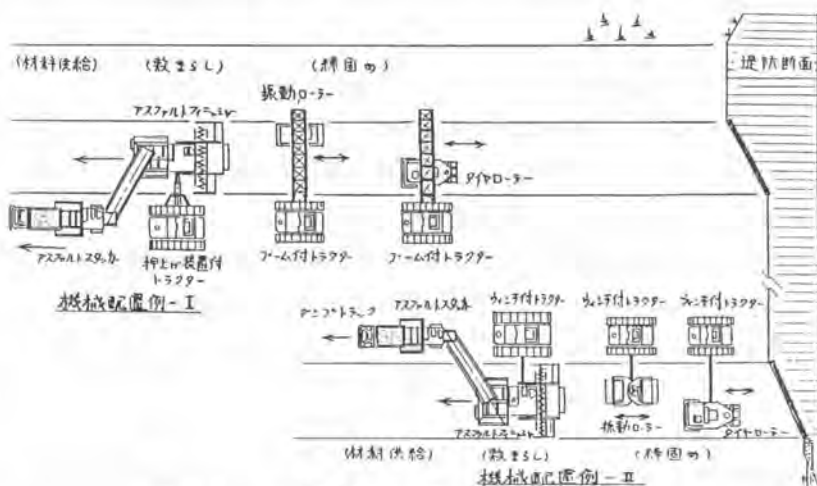


図-5 表層工機械配置例

法により混合物の温度低下を防止した。アスファルトフィニッシュミキサーには伸縮自在スクリーンを装着し、手まらしを減少させ敷きまらし時間の短縮を図った。

#### 4. アスファルトマステック工

堤頂部前肩及び小段前肩のアスファルト舗装の縦ジョイント部に、クラックの発生を防止する目的で図-6に示すようにアスファルトマステックの注入を行った。59年冬期延長57kmを施工しアスファルトマステック約38本を注入した。施工にあたり、堤頂部前肩の施工においては、天端巾員が狭くマステックを運搬する大型クッ力車が走行不可能なほど、汎用機械を使用

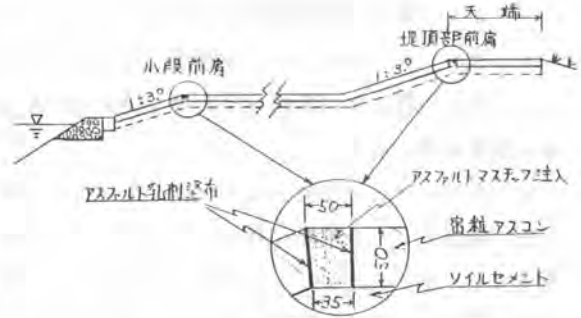


図-6 アスファルトマステック注入。

できまいたため、これに対処し、又、施工能率と品質の向上、省力化を図ることを目的とし図-7に示す専用のアスファルトマステック注入装置を開発した。この装置は高温のマステックを保温貯蔵するタンクと注入装置とから成り、マステックは平坦部の大型クッ力車から道時供給する方式とした。アスファルトマステックの注入時留意しなければならぬ点は、

- 1). 注入前に溝の清掃を完全に行ない、特に水分の除去には留意する。
- 2). 溝の面側内面にはアスファルト乳剤を塗布し、マステックと既設舗装の持合を良くする。
- 3). マステックの性質上、注入後収縮するので、1次注入及び仕上げの2工程で注入を行う。

等であり、この装置を使用することにより全延長を所要の期間に注入することができ、冬期の施工にかかちらず所期の成果を得ることができた。

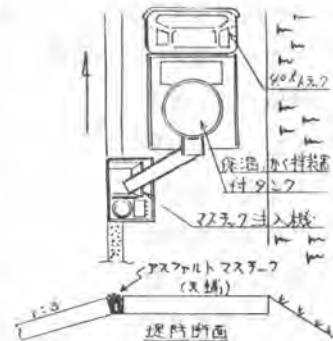


図-7 アスファルトマステック注入装置

#### 5. あとがき

干拓堤防のアスファルトリベットメントの施工に当り、専用の機械を改良、開発し、斜面におけるソイルセメント施工の合理化、再生混合物による表層の施工能率と品質の向上等を達成することができた。技術的を成果は経時変化を待って議論されることと思われるが、斜面舗装において、再生混合物を用いた機械施工方式が確立されたことの意義は大きい。

施工に当り、種々ご指導を賜った秋田県関係者各位に紙上を借りて謝意を表します。



## 12. アスファルト併用形リサイクルプラントの改良と施工報告

日 工(株) 西 尾 勝 彦

### I. さえがき

舗装廃材を乾燥、加熱してアスファルトコンクリート(以下アスコン)として再利用する方法に舗装廃材をアスコン再生骨材(以下再生骨材)とし、後に、ドライヤーで新材と共に供給し乾燥、加熱して製品とするプラントを通称ドラムミキシングプラントと呼んでいる。一方、ドライヤーに主として再生骨材のみを供給し乾燥、加熱した再生材を一次ストック用のサージビンに貯め、既設バッチ式アスファルトプラントのミキサー、又は計量槽へサージビンから必要量を供給し新材とミックスしてアスコンを製造するプラントを、通称加熱式アスファルトプラント併用形リサイクルプラントと称し当社ではリサイクルユニットと名づけている。リサイクルユニットは、再生材を製品毎にバッチ処理することから配合設計により各種アスコンに対応できる。このことから種類が多く小口出荷の多い合戦工場へ普及してきている。今回報告するものは、後者のリサイクルユニットで省エネ、省スペース面から改良を行い、能力30T/Hのものである。

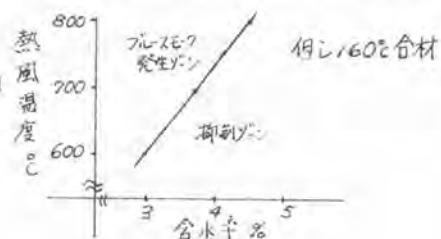
### 2. アスファルトの劣化とブルースモーク

本題に入る前、再生骨材の乾燥、加熱に伴い生じるブルースモークについて少し述べます。ブルースモークは再生骨材を乾燥、加熱する時に生じる炭煙であり、特に再生材加熱温度を高くすると異状に多く発生する。この現象は、バージン合材でのミキサーからダンプ上に放出する場合でもよく見るこゝろができる。ブルースモークの濃度が高くなると黄色のイエロースモークに見え臭気として独特のものがある。これらは全て炭化水素系の物質でアスファルトの蒸発、生焼による生じている。アスファルトの引火点は約220℃。発火点は引火点プラス約100℃であることから、火炎、高温熱風に接触しアスファルトの温度が上昇するこゝろで酸化反応が促進されブルースモークを発生する。このブルースモークは炭化の進んでいないケール分であるこゝろが多い。この一例として煙突から発生しているばいじんを捕集し、有機溶剤で溶融したところ表-1を得た。アスファルトの劣化はアスファルト中の揮発物が抜けたり酸化することにより進む。そして揮発物に相関するものがブルースモークであると考え、ブルースモークを抑えるこゝろが劣化を抑制すると判断している。リサイクルドライヤーはこの対策として、再生骨材と熱風の温度関係を考慮し並流式ドライヤーを採用、さらに火炎が再生骨材に直接触れない工夫をし入り口熱風温度を低くしている。また再生材表面に水膜を作り蒸発潜熱により再生骨材温度の急上昇を防いでいる。ブルースモークを抑制できる再生骨材含水率とドライヤー入り口熱風温度の関係は経験から図-1のようである。

表-1

No	捕集ダスト量 A%	溶解残量 B%	溶解率 $\frac{A-B}{A} \times 100$
1	0.099	0.035	63
2	0.063	0.016	74
3	0.096	0.029	70
4	0.063	0.022	65
5	0.031	0.013	59

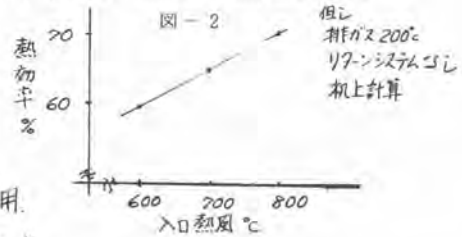
図-1



### 3. 改良形リサイクルユニットの特長

2項で述べたようにアスファルト劣化対策を行う必要があるリサイクルドライヤーは、バージ  
ン用向流式ドライヤーに比べ燃費は良くない。今回この点を主として改良を行い以下の特長を持つ。

- 1. 熱風温度調整に従来の冷気吸引方式、またはバーナー空気比増量方式等から、排気ガスをリ  
ターンして排気ガス中の顕熱の利用による有効熱回収、同時にドライヤー内の酸素低下による  
アスファルト劣化抑制、さらに大気放出ガス量減少による、汚染物質の低下を行わせる排気ガス  
リターンシステムを採用した。
- 2. ブルースモーフ抑制範囲内での効率運転を行わせるよう、入口熱風温度を600~800℃  
の可変設定としている。図-2に入口熱風温度とドライヤー熱効率の関係を示す。
- 3. 燃焼室をUターン構造の整形とし、ドライ  
ヤーへの火炎侵入を防止している。耐熱材に  
セラミックファイバーを採用し蓄熱量の減少  
による省エネも考慮した。
- 4. 再生骨材投入にバケットエレベータ方式を採用。  
燃焼室のコンパクト化、集塵機のシングルタワーと  
合せて全体の省スペース化を計た。
- 5. 計量方式に単独計量によるトオリホッパー方式と、バッチ式プラントの計量器を併用するフ  
ィダー計量方式を採用しニーズに合わせている。
- 6. コントロール機器として省エネ用圧縮空気コントロール、供給量用簡易コンベアスケールを用  
意している。操作盤は従来タイプと新たにコンピュータ式のシングルビジョンを用意した。

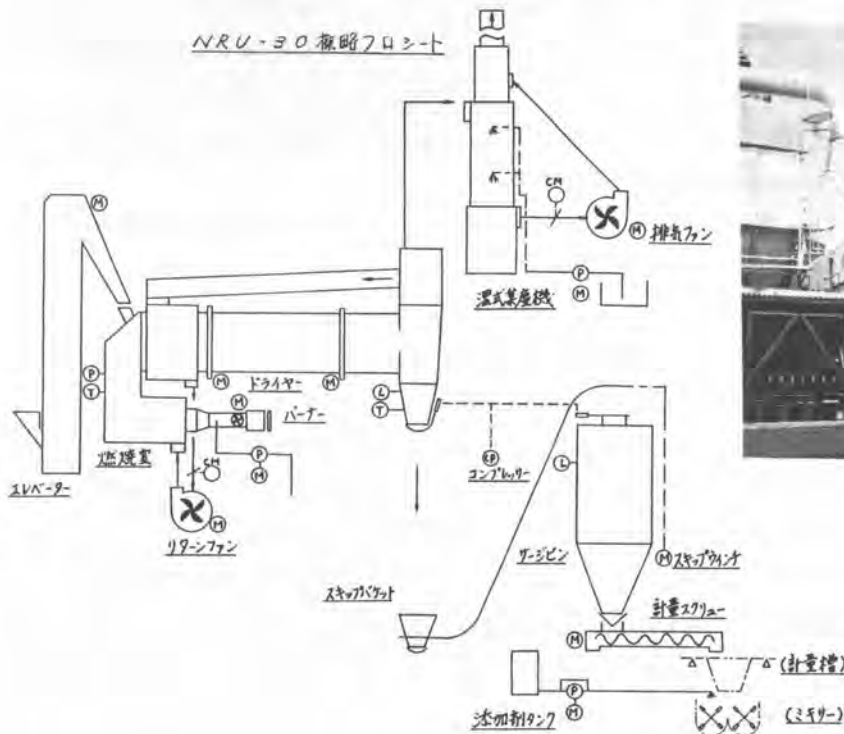


### 4. NRU-30の仕様

- 1. 形式 全自動連続式リサイクルユニット
- 2. 能力 再生材加熱能力: 30 T/H 加熱温度: 10℃→160℃ 基準含水率: 3%
- 3. 骨材供給装置 骨材ホッパー: 5m<sup>2</sup>×2基 バイブレータ0.1kW/付 ベルトフィーダー: 30T/H
- 4. 引出ベルコン 首折式: 40T/H 400中
- 5. コールドエレベータ 垂直誘導排出形バケットエレベータ: 40T/H 22kWGM
- 6. 採取シュート 手動式切替シュート、採取コンベア付
- 7. ドライヤー 並流式フリクション駆動: φ1550×7500<sup>L</sup>  
角度: 3° 7.5kWGM×2台
- 8. バーナー NBU-M形低騒音バーナー。燃焼量: 285kg/H 軸流ファン5.5kW  
燃油ポンプ: スクリュー式イモポンプ22kW
- 9. 燃焼室 特殊整形燃焼室: 耐火断熱材内張 温度センサー付。
- 10. 熱風温度調整装置 リターンファン: ASR-SITF 1.5kW  
自動コントロールダンパー: ;コントロールモーター式
- 11. 排出ホッパー 断熱保温構造ノックアウトボックス形: 700kg容量 電熱ヒータ仕様  
骨材、排ガス温度センサー付、満レベル計付

- 12 湿式集塵機 堅立直列式V0スクラバー 導入煙導ガス冷却リズル付  
水ポンプ 2.5 kw
- 13 排風機 ASR-51TF 30kw 手動静圧コントロール式 オプションとして自動式
- 14 スキップエレベータ 底開式バケットエレベータ: 700kg容量 ツインドラムダブルワイヤ式 1.5 kw 上下制御スイッチ付
- 15 サージサイロ 整形鋼板製円筒サイロ形: 15, 30TON容量ニズク合せて設計する  
上部スライドゲート, 下部ヒータ, 満レベルセンサー付
- 16 計量装置 スクリューフィダ式 2.5 kw GM, ヒータ付保温形と再生材のみ別計量方式の  
トロリ-形がある
- 17 重油噴霧装置 押鉛手動空気加圧形とオプションとして自動タイマーがある。付着防止用
- 18 エア-装置 ユニットに必要なエア-配管, 機器一式 コンプレッサー 1.5 kw
- 19 デマフ形自動制御盤 バ-ナ-制御, ユニット制御, 骨材制御, 計量制御 2単位/画面  
オプションとしてコンピュータ式のシングルビジョンがある
- 20 動力盤 屋外形キューブフルタイプ
- 21 添加剤供給装置 添加剤タンク: 500ℓ 保温ヒータ付 流量発信器付様 1.5kwポンプ  
付

下記VNRU-30概略フロシートと写真を添付する



## 5. 運転結果

### 省エネ関係ドライヤー効率

内 容	単 位	結 果 1	結 果 2	設 計 値	備 考
再生骨材乾燥重量	T/H	20.1	28.0	30.0	
* 入口温度	℃	8	10.0	10.	
* 含水率	%	3.28	4.0	3.0	1.2 其 含水率大
* 材料熱温度	℃	168	170	160	
ドライヤー 入口熱風温度	℃	620	620	600	
* 出口ガス温度	℃	166	195	210	
燃料消費量	kg	175	248	256	
リターンガス温度	℃	150	170	210	
* 量	m <sup>3</sup> /min	115	260	170	2.0 量大
大気放出ガス温度	℃	58	58	70	
* 量	m <sup>3</sup> /min	135	155	185	
ドライヤー-熱効率	%	71.8	75.7	67.6	
燃 費	kg/H	8.68	8.88	8.50	1.2 其水分 燃費大

ドライヤー-熱効率は設計値を満足している。熱風温度コントロールの関係がリターンガス量を設計値より多くリターンして効率をプラス側にした。ドライヤー-出口排気ガス温度もプラス側にしている。燃費は含水率の関係で多くなっている。

公害規制は再生材の条件(粒度、As量、含水率)によって変化するが、ばいじん濃度、NOxについては0.18/m<sup>3</sup>、10ppmと満足できる値であった。

騒音は、既設プラントの音が工場全体を支配しておりユニットとしての影響はほとんど感じなかった。

## 6. 考察と今後

省スペース面からは、今回の改良により、従来スペースの約3/4程度になり狭い工場へのレイアウトが容易に行なえ、都立地のプラント工場への期待に答えることができた。

省エネシステムとしてのリターンガス回収は、ブルスエ-フ対策による付着物減少によって可能となった。この効果は机上数値のことで確認され、さらに燃焼状態をコントロールする中でリターンガスを有効にコントロールすることにより、一層の燃費向上を計れる。

今回は経済効果の有利性からの改良であるが、つくぶん再生骨材はその性質上加熱することにより粘着性を増し、各機器へ付着する現象があり、ある程度やむを得ないところとなっているが、今後この種のプラントはドライヤー、ホッパー、リターン装置等メンテナンスフリーの面からの改良を進めていくことが望まれている。

# 13. 路上再生における加熱方法の一考察

建設省東北技術事務所 岩本忠和・高橋則夫  
\*齊藤正芳

## 1 まえがき

アスファルト舗装路面に発生する亀裂、わだちぬれ等を修繕する工法として、近年各地で路上再生工法が採用されているが、路上再生工法はその歴史がまだ新しいことから、未解決・未開発の部分が多く残されている。路上再生において施工速度・道路供用開始時間、アスファルトの耐久性等に深くかかわっているのが路面加熱であるが、施工業者によって路面加熱の方法も様々であり加熱に対する基準化等がほとんどなされていない現状である。そこで現在使用している赤外線加熱機を用いてアスファルトの劣化を抑えて加熱する方法を検討したものである。

## 2 使用機械

加熱試験は、実際の施工に使用している赤外線加熱機を用いて行った。写真-1に加熱機の全姿を、表-1に加熱機の諸元を示す。



写真-1 加熱機全姿

表-1 加熱機の諸元

全長	8650 mm
全幅	3200 mm
ヒータ形式	セラミック・ステンレス
エレメント数	32本/パネル
パネル数	2個
燃料	LPG
作業速度	0~10 m/min
回送速度	0~10 km/h
総発熱量	セラミック 234240 kcal/h ステンレス 322080 kcal/h

## 3 調査結果

### 3-1 加熱試験結果

#### 3-1-1 連続加熱とアスファルトの加熱特性

アスファルト合材を連続で加熱した場合の、温度と深さの相関を図-1に示す。またこのときの条件と結果を表-2に示す。

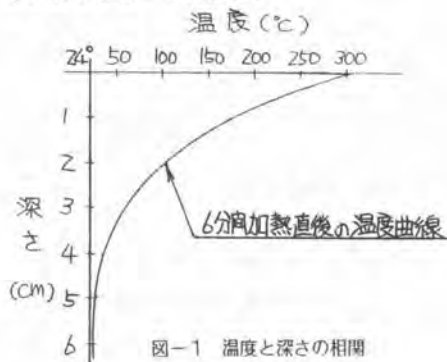


図-1 温度と深さの相関

表-2 加熱条件と結果

加熱方法	連続加熱	
ヒータ材質	セラミックヒータ	
加熱時間	6分	
アスファルト合材	細粒度GAs(13F)	
初期温度	24℃	
加熱直後の温度	表面	260~300℃以上
	1cmF	175℃
	2cmF	116℃
	4cmF	36℃
	5cmF	32℃

図-1からもわかるように、連続6分間加熱した場合アスファルト路面の表面温度は約300℃に達しているのに対し、4cm下ではほとんど温度が上昇していない。一般的にアスファルトは200℃以上に加熱すると急激に劣化する事が報告されており、表面はかなり劣化が進行している事がうかがえる。加熱試験中はブルースモークがかなり発生していた。

### 3-1-2 断続加熱の必要性

以上のとおり連続加熱がアスファルトの劣化につながるため、施工業者各社ともアスファルト劣化対策として断続加熱を行っているのが実状である。試験の結果赤外線加熱機による連続加熱時間は、2.5分以内に抑える必要がある事が判明した。また、冷却時間は3~4分が熱効率の面から適当である。

### 3-1-3 加熱方法の違いによるアスファルトの劣化

連続加熱と断続加熱によるアスファルトの劣化状況を、アスファルトの針入度で比較したものが、図-2である。図は、加熱後の表面から1cm深さまでのアスファルト試料の針入度を示したものである。どちらもトータル6分間加熱したものであり、加熱方法以外は同一条件であるにもかかわらず、針入度には大きな差が見られる。

針入度低下率から言えば連続加熱は断続加熱に比べ約3倍もアスファルトが劣化していることがわかる。

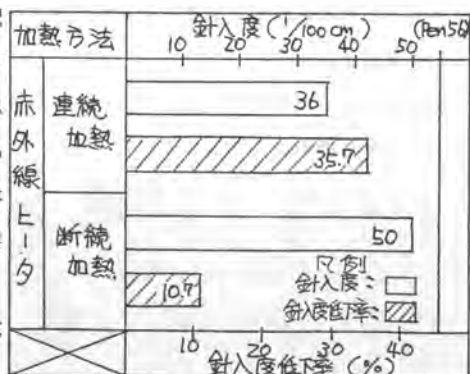


図-2 加熱方法の違いと針入度

### 3-1-4 ヒータの種類による違い

今回の試験には、セラミックとステンレスの2種類のヒータエレメントを使用した。ヒータエレメントの違いによる加熱状況の違いを、熱効率で比較した。熱効率はヒータの総発熱量と加熱終了10分後における4cm深さまでの保有熱量の比とした。図-3にヒータ種類別熱効率を示す。また図中の合成温度は次式のように算定した。

$$H_a = \frac{H_1 + H_2 + H_3 + H_4}{4}$$

ここに

$H_a$ : 4cm深さまでの合成温度 (℃)

$H_1$ : 1cm深さまの温度 (℃)

$H_2$ : 2cm " (℃)

$H_3$ : 3cm " (℃)

$H_4$ : 4cm " (℃)

ヒータ種類	総発熱量	保有熱量	加熱前合成温度	加熱後合成温度	熱効率 (%)			
					0	10	20	30
セラミックヒータ	22477 kcal	7018 kcal	35℃	104℃	31			
ステンレスヒータ	30920 kcal	6191 kcal	30℃	91℃	20			

図-3 ヒータ種類別熱効率

ステンレスヒータはLPGの消費量が大きく総発熱量も大きい。合成温度の上昇がセラミックヒータよりも少なく、熱効率も低下している。セラミックヒータの方が加熱に有利である事が判明した。

### 3-1-5 防風装置・保温装置の効果

防風装置の効果を経過時間20分で比較すると防風装置有りの方が防風装置無しに比べ13~26%上昇温度が高くなっており、熱効率にして17~25%高くなっている。

保温装置は、石綿製のシートで加熱後の路面上を覆い、保温効果を確認したがそれほど大きな効果は見られず、外気温が低いときに効果がある事が確認できた。

### 3-1-6 アスファルト合材別の熱効率

アスファルト合材別に熱効率を比較すると、図-5に示すような結果が得られた。図-5は、細粒度ギャップアスコン(13F)と密粒度ギャップアスコン(20F)について、夏・秋・冬の3シーズンの熱効率を比較したものであるが、全てのシーズンにおいて細粒度ギャップアスコン(13F)の方が熱効率が良くなっている。

これは、合材の種類により熱的性質が異なっている事を示している。

### 3-2 加熱システムのソフト化

以上の調査結果を基に最適な加熱方法を管理するソフトの開発を行った。

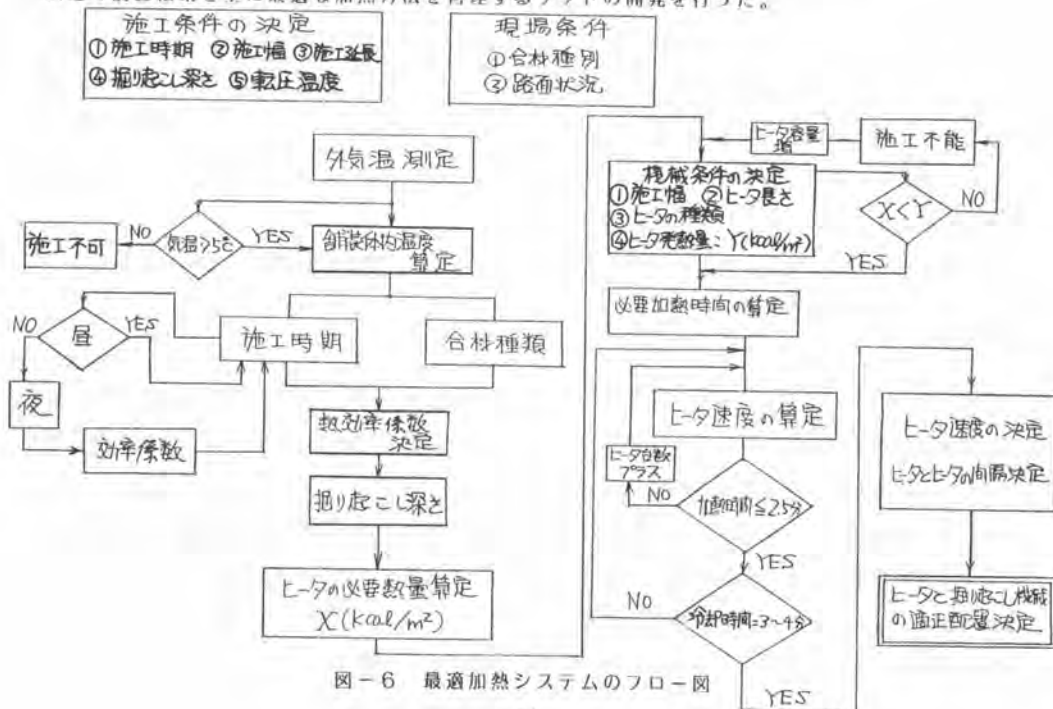


図-6 最適加熱システムのフロー図

図-6に最適加熱方法選択のシステムのフロー図を示した。これは適正な機械の配置を決定するもので、施工能率と熱効率の向上を目的としている。フローの内容を簡単に説明すると次のとおりである。

- ① 発注者側から施工条件が示される。
- ② 測定条件として外気温を測定する事により、舗装体内部の温度を算定し初期温度が判明する。
- ③ 施工時期（季節別・昼夜別）、合材種類等から熱効率が決まる。
- ④ 掘りおこし・転圧に必要な熱量が決まり、ヒータの必要発生熱量が算定される。
- ⑤ 施工条件とヒータの必要発生熱量から施工機械の条件が決定する。
- ⑥ 必要な温度まで加熱する時間が算定され、ヒータ速度と断続加熱の間隔が算定される。
- ⑦ ヒータの台数・ヒータ速度・ヒータとヒータの間隔が決定され、施工機械（ヒータと掘り起こし機械）の適正な配置と作業速度が決定される。

#### 4 考察

加熱試験結果をもとにアスファルト合材の劣化が少なく、熱の有効利用を図り施工速度が適切になるようなシステムの開発を行ったが、その主な内容は次のとおりである。

- ① 気温が5℃以下の時は施工を中止する。
- ② アスファルトの劣化防止上、連続加熱は2.5分以下とする。
- ③ ヒータパネルとヒータパネルの間隔（冷却時間）は、3～4分とする。
- ④ 加熱機と掘り起こし機の間隔は、加熱終了後9～10分とする。
- ⑤ 熱効率はアスファルト合材により異なるため、（13F）を1とした場合（20F）は0.9とする。

以上の条件をもとに、施工条件（施工延長・掘り起こし深さ・転圧温度）、現場条件（合材種別・外気温・路面温度・天候）、機械条件（機械施工幅・機械長さ・ヒータパネルの長さ・ヒータ発生熱量）を入力する事により、その施工現場に適した劣化の少ない施工速度、加熱機と加熱機の間隔、加熱機と掘り起こし機の間隔等を入力するものである。

このシステムにより実際の路上再生現場で施工を行い、更に改良を加えてより劣化の少ない加熱方法の確立を図ることが必要である。

また今後は路面温度または外気温を自動検知して、施工速度・機械の配置を自動的に制御する、自動施工システムの開発が必要である。

#### 5 あとがき

路面加熱については、アスファルト合材という非常に熱伝導の悪い物質を加熱することから、まだ多くの検討課題を残している。今後はアスファルトの品質管理に主眼をおいた、路上再生加熱の基準化と新しい施工方法・施工機械の開発が期待される。

新しい加熱機として今回は、LPGを燃料とする遠赤外線ヒータを開発、試作試験し、表面を劣化させずに連続加熱が可能な事を確認したが、実用機として使用するためには、改良工夫が必要である。遠赤外線ヒータについては、別の機会に報告したい。

今回の調査に当たり、ご協力下さった各位に対し、深く謝意を表する次第である。



# 14. 路上再生工法のヒータ車及びリペーパー (リミキサ)の改造に関する報告

福田道路(株) 加藤 正 二

## 1. まえがき

路上再生工法において既設舗装を加熱する時に、200℃以上に加熱するとアスファルトの劣化が激しくなる。しかし、かき起し後の転圧温度が90℃以上必要であることを考慮して基礎実験を積み重ねた結果小型ヒーター車の組合せによって、既設舗装体の表面温度を200℃以内に抑えかつ舗装体表面下4cmの温度を90℃程度にすることができる。この加熱方法を採用して施工巾員2.3m～3.8mで尚かつ軽量小型の施工機械の組合せを実用化した。

これらの施工機械の組合せで約4万㎡施工したが施工状況、結果を検討しヒーター車、リペーパーの改造が必要となった。今回は改造の経緯と改造後のヒーター車、リペーパー(リミキサー)を紹介するものである。

## 2. 室内加熱試験

室内試験はプロパンヒーターを使用して、供給熱量と舗装体表面、表面下1cm、2cm、4cmの温度上昇の関係を把握した。この時の供試体温度特性を図-1に示す。試験時の供試体温度は13℃であった。表面温度は加熱終了時に最高温度に達するが表面下1cm下では加熱終了後約2分で最高温度に到達した。2cm下では約8分後、4cm下では約11分となった。また、この時の最高温度は表面で約330℃、1cm下で105℃、2cm下で約84℃、4cm下で約77℃となった。

ガス圧と加熱距離を変えた一連の試験の深さ方向と最高温度の関係を見ると図-2に示すように、供試体表面から1cmまでは330℃～105℃、1cmから4cmまでは、105℃～77℃となり、表面から1cm付近までは、温度分布巾が大きく、1cmから4cmまでは温度分布巾がせまい。また、発熱体と供試体の距離を近づけると表面、内部とも最高温度は高くなる(No.4)。また供試体との距離が離れば表面温度、内部温度とも低くなる(No.6)。

## 3. 加熱機械

加熱機械は図-3に示すように灯油ヒーターユニットを開発し灯油ヒーター付きリフォーマを試作した。しかし、この試作機はヒーターの組立て温度管理が難しい為にヒーターとリフォーマを分離した。

灯油ヒーターは、重量7トン、熱風循環式、能力120万Kcal/hとして完成した。

並行して、LPGを燃料としたヒーター車についても検討した。LPGヒーターは短時間で安定し、操作、温度管理は容易である。

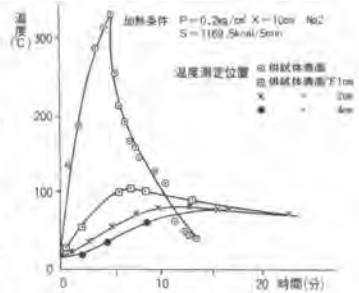


図-1 温度特性曲線

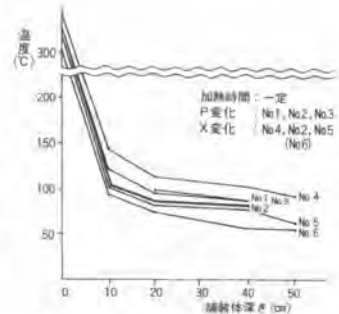


図-2 加熱時間一定とした場合の舗装体深さ方向と最高温度との関係

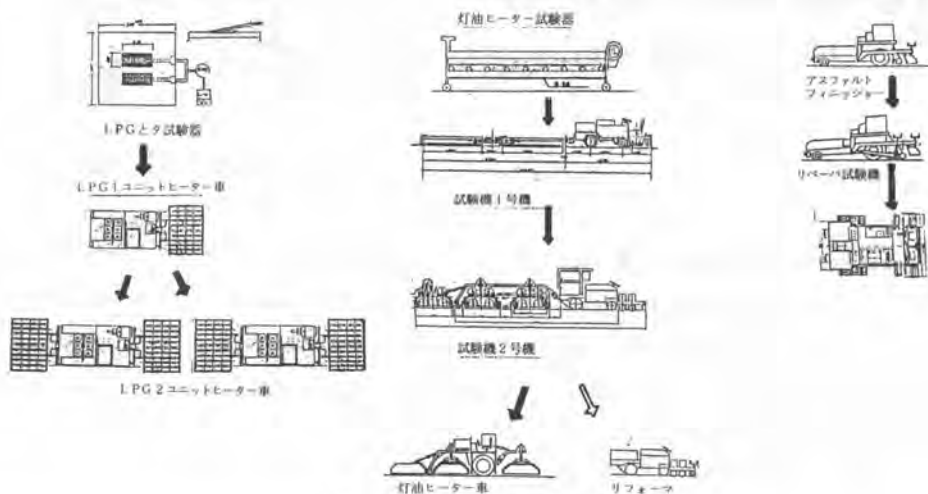


図-3 開発までの流れ図

また、1本2万1千Kcal/hで取付け個数を調整できる。LPG加热器車は、重量が7.2トン、赤外線加熱方式、能力88万Kcal/hとなった。

尚、リペーパーについては、4.0m級フィニッシャーを改造して試作機を製作し、種々のかき起し方法を検討し実用機を完成させた。

#### 4. 加热器車の改造点

実施工を踏まえて、次の様な現場で均一な加熱ができなかった。1、日照が障害物で横断方向の一部が防げられ不均一な現場、2、曲率の小さい現場、3、巾員の変化する現場、4、狭少な現場、これらにどう対処するかが課題となったが、1については加热器ユニットの前後各々2分割として圧力調整可能とした。2については、加热器部を横断方向にスライド可能とした。3については、加热器ユニットのパーナーを本体の横配列に対して、縦配列として左右各々1列もしくは2列毎に取りはずし可能とした。4については、この加热器車のくり返し加熱の原理を応用して1.5m、0.4m巾の加热器車を製作した。

また、無風時の運転席への熱の反射については、運転席のウィンチ、スライド、昇降、ステアリングのスイッチを本体前後各々2個所に取り付けた。

#### 5. 加熱の原理

舗装体のある地点での経時的な温度特性の履歴は図-4に示すようになる。第1加熱ユニットで表面はピーク温度を持ち高い温度になる。表面下1cm、2cm、4cmでも同様に温度上昇するが、深くなるに従い温度上昇はゆるやかになり上昇の開始も遅れる。舗装体内部4cmの温度上昇の遅れ時間を考慮して、第2加熱ユニットで加熱し以下第3、第4加熱ユニットを通過させる。尚、各ユニットの上昇温度巾は第1加熱ユニットでは路面温度30℃から180℃程度まで、第2加熱ユニットでは前のユニットの加熱の影響で路面温度は上がっており(70℃)この温度から180℃程度までの上昇巾となる。

第3、第4ユニットも同じであり、昇温温度巾は第1加熱ユニットが最も大きく第2、第3と順次少なくなる。この為、第1加熱ユニットについては他のユニットよりも長くしてある。

路面温度が30℃でかつ4 cm下の温度を90℃程度まで上げる場合は合計で約7.2分の加熱時間が必要である。ここで、断続加熱時間の総和を一定とするとヒーター長と施工速度は比例となる。

図-5は加熱時間を7.2分、施工速度1m/minとするとヒーター長は合計で7.2 m必要となり施工速度2m/minとするとヒーター長は14.4 m必要となる。又、施工速度0.5m/minとすればヒーター長は3.6 mで良いことを示している。

また、図-6に、もうひとつの施工速度を早くする方法としてはヒーターユニットを多くする方法を示す。この場合も施工速度によりヒーター間隔は変わるが、ヒーターユニットが多くなるほどヒーターの合計長さは長くなり施工速度は早くなる。以上のことから、路面温度を上げる温度巾が一定ならば、施工速度はヒーター長の総和つまり各ヒーターの長さでユニット数に影響される。

次に、路面温度について考えると無風時には加熱時間1分で4 cm下の温度上昇は約8℃であることより、路面温度が下がった場合は加熱時間は長くなる。同一ヒーターを使った場合の施工速度とヒーター車配置を図-6に示す。ここで、昭和58年度の同シンポジウムで次の式を提案している。施工速度は次式で仮定できる。

$$V \text{ (m/min)} = \frac{\Sigma L}{T - K} \times \left( \frac{\Delta T_4}{\Sigma t} \right)$$

$\Delta T_4$ は内部4 cmの温度上昇、 $\Sigma t$ は断続加熱の加熱時間の総和、 $\Delta T_4 / \Sigma t = 6 \sim 8 \text{ } ^\circ\text{C/min}$ 、 $K$ は外気温、 $\Sigma L = 7.2, 10.4, 13.8 \text{ m}$ として $T = 90^\circ\text{C}$ をかきほぐしが充分できる4 cm下の温度最低値にとれば、外気温、ヒーター車台数、施工速度の関係は図-7より求まる。これは、外気温が30℃とするとヒーター車2台では、4 cm下を90℃程度とする速度は、ほぼ1.0 m/minということがわかる。又、逆に、外気温が35℃で施工速度を1.5 m/minとして尚かつ舗装内部4 cm下を90℃とすることを望むならばヒーター車台数は3台必要となることがわかる。

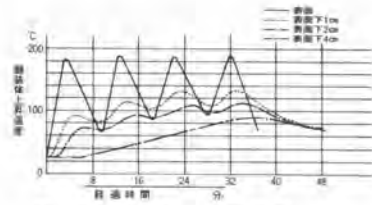


図-4 舗装体温度特性

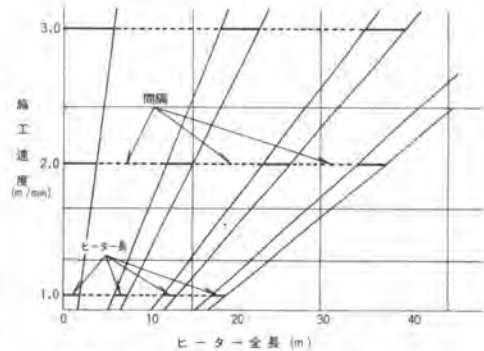


図-5 施工速度とヒーター全長

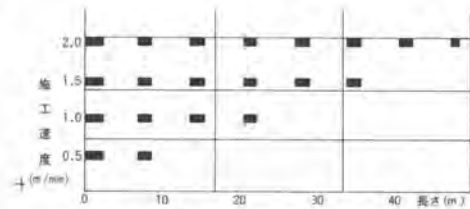


図-6 施工速度とヒーター車配置

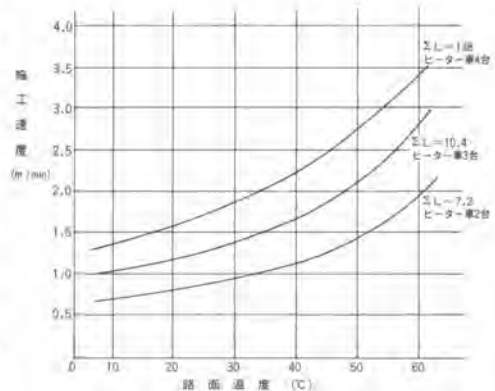


図-7 施工速度と路面温度

尚、加熱の上限を180℃程度にとる理由は、品質面を考慮してである。また、風速が5m/min程度となると加熱時間1分当りの温度上昇は、6℃程度におちる。つまり施工時の路面温度、風速により施工速度は影響を受ける。以上のことから現場状況を検討し状況に応じた施工体制を作ることが良い。

現場状況に応じたプログラムを開発したが、これは、施工延長、巾員、気温、天気、既設合材、新合材厚、ヒーター組合せ、加熱開始時刻を入れるとその日の施工状況をシュミレートできるものである。

#### 6. リペーパー改造の必要性

従来型リペーパーは、加熱を追求することで小型軽量の路上再生機となったが、施工条件の中で対処のむづかしい現場がある。

寒冷地特有の問題として、耐摩耗を考慮し、極端にアスファルト量の多くなっている個所又はアスファルトが集まった部分、写真-1に示したワービット工法のアスモルが一部飛散した個所、このような横断的に不均一な位置に、かき起した混合物により均すことは経験から好ましくない。又、吸油剤等を既設材と混合する機構を追加させる必要性が生じた。現行リペーパーに横置型二軸バグミルを装着させることによりかき起し混合物を均一に混合して敷均すことができる。又、吸油剤との混合も均一にできる。



写真-1 アスモルが一部飛散した状況

#### 7. 改造後のヒーター車及びリペーパー（リミキサー）

改造後のヒーター車及びリペーパーを図-8・9に示す。

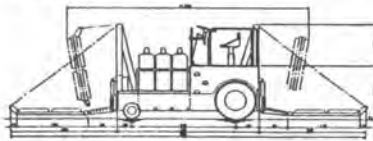


図-8 改造後のヒーター車

表-1 ヒーター車の仕様

重量	5,500kg
全長	8,650mm
全巾	2,360mm
全高	2,350mm
加熱装置	LPG赤外線ヒーター88万Kcal/h
加熱巾	2,400～3,850mm

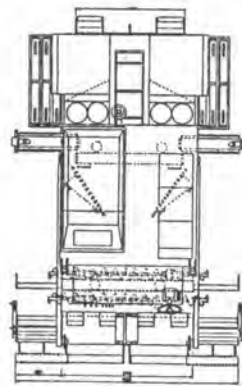


図-9 改造後のリペーパー

表-2 リミキサーの仕様

重量	1,700kg
全長	6,300mm
全巾	2,400mm
全高	2,150mm
かき起こし巾	2,500～3,800mm
舗設巾	2,500～3,800mm
エンジン	120PS/2,000r.p.m

#### 8. あとがき

より現場状況に合った改造型ヒーター車とリペーパー（リミキサー）を製作して総施工面積は60年5月現在で約13万㎡となっているが今後もより現場で使用しやすい様改良を重ねて行きたい。

最後に、御協力下さいました方々に深謝致します。特に協力メーカーであられた範多機械株式会社には多大なる協力をいただき有りがとうございました。

# 15. ジョイント部クラックの補修工法について

福田道路(株) 石山 美 治

## 1. まえがき

アスファルト舗装の施工で注意しなければならない点としてジョイントがある。ジョイント部は、入念な施工にもかかわらず舗装中心部に比べ合材の温度低下が早く、密度が出にくく、交通開放後クラックが線状に発生しやすい箇所である。又、線状クラックが発生した場合、これは、雨水や交通荷重の影響で亀甲状のクラックへ進む原因となる。

線状クラックの補修方法としては、アスファルトの流し込み工法やパッチング工法などあるが、流し込み工法は、雨水の浸透を防ぐことが主目的で交通荷重に対して弱く、又、狭い線状クラックでは内部まで浸透しにくく十分な補修とは言えない。パッチング工法にしても、薄層補修の為、強度的に弱く再度クラックが発生しやすい等の問題点がある。

そこで、それらの問題を改善するべく、ジョイントクラック補修工法と補修機を開発した。

## 2. 小型補修機開発

ジョイントクラックの有効な補修方法は、クラックで切り離されている舗装体を再接着して一体化させることである。

そこで、その方法としてクラック部を温め、かきほぐし、再転圧するシステムを考案した。その機械として、加熱に小型ヒーター車を、かきほぐしに小型リフォーマを、それぞれ試作した。ヒーター試作機は、ボマックローラーをベースとして作り（写真-1）このヒーター車で舗装体加熱特性試験を行ない図-1のような結果を得た。



写真-1 ボマックヒーター車

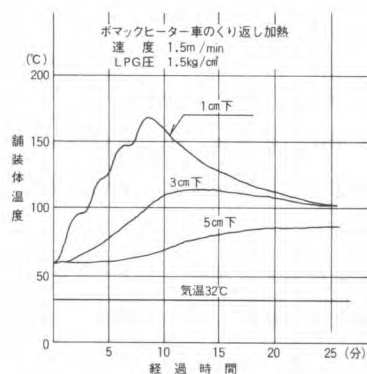


図-1 温度特性曲線

結果は、大型ヒーター車と同様な傾向であり十分な加熱能力である。

後に、このヒーター車は、操作性が悪いことから操作性の良いヒーター車に改良した。

次に、リフォーマの試作機開発である。リフォーマのカットの方法は、当社の路上再生の方法を取り入れることにし、カッター形状を検討した。

ジョイント形状と接着剤の接着効果の関係を調べる為、曲げ強度試験を行ない判定した。

図-2 に試験条件と結果を示す。これをリフォーマのカッター形状の参考にした。

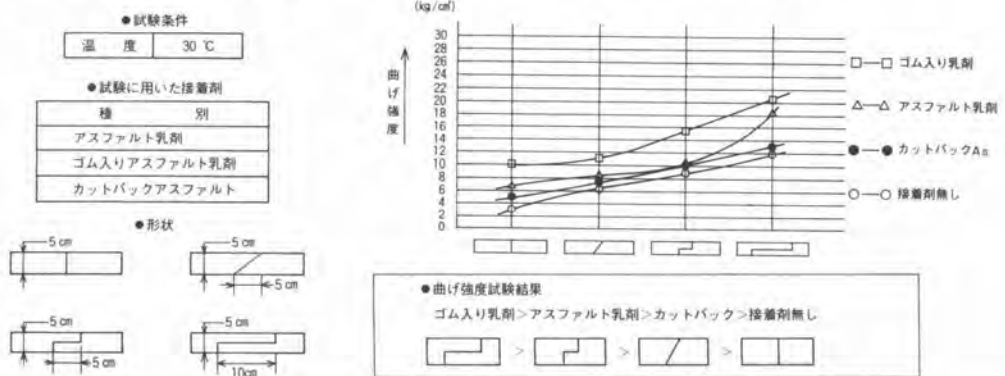


図-2 曲げ強度試験

接着性と曲げ強度を考慮しカッター形状は、クラック部を深くかきほぐし再接着に有効な幅200mmのV字形とした。

以上の試験と現場施工からのフィードバックにより写真-2、表-1、2の小型補修機が完成した。



写真-2 小型リフォーマとジョイントヒーター車

### 3. 工法開発

小型補修機により、表層混合物を加熱し、3~4cmかきほぐし転圧することで、強度的に3~4cm厚さの舗装と同程度の補修が可能となった。

しかし、クラックが深い場合、4cm程度の処理ではクラックの全ては消えない。

下部にクラックが残っていれば同じ位置に再度クラックが生じる事も充分考えられる。

この対策をふまえ補修工法として、乳剤を補修面に塗布してから加熱し、かきほぐし、転圧することとした。

そして、乳剤塗布の効果を調べる為構内試験を行なった。

試験の手順としては、既設舗装面に巾2mm程度のカッターを入れ、これをクラックと想定した。次に、乳剤を塗布した区間と塗布しない区間を作り、図-3の機械配置で施工しその温度特性及び各試料とコアを採取した。

表-1 小型リフォーマの仕様

全長	1,400mm
全巾	1,100mm
全高	700mm
重量	500kg
カッター巾	200mm

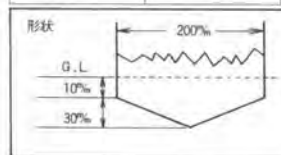


表-2 ジョイントヒーター車の仕様

作業全長	5,900mm
輸送全長	2,200mm
全巾	1,100mm
全高	1,500mm
重量	800kg
プロパン積載量	20kg×4本
ヒーター面積	1,600mm×360mm×2
ヒーター形式	LPG赤外線ヒーター
ヒーター発熱量	88,000Kcal/H

この目的は、舗装体を加熱かきほぐし、敷設する際にも乳剤が接着機能を発揮するか、又、加熱特性は、変化するのか、そして、舗装面の炭化を防止してアスファルトの劣化を防ぐことが出来るか、などを、調査するものである。

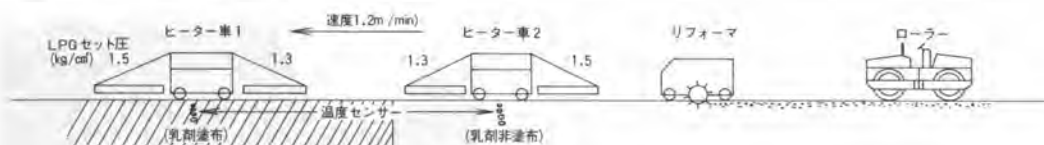


図-3 構内試験機械配置図

### 試験項目

1. 温度について
  - a. 加熱特性試験
  - b. 煙等による目視
2. 接着効果について
  - c. コアーによる観察
  - d. ソックスレー抽出試験
  - e. 修正静的はくり試験
3. アスファルト性状について
  - f. 針入度試験
  - g. 軟化点試験

### ジョイントヒーター車のくり返し加熱特性曲線

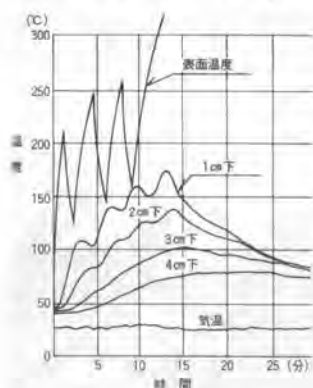


図-4 乳剤塗布区間

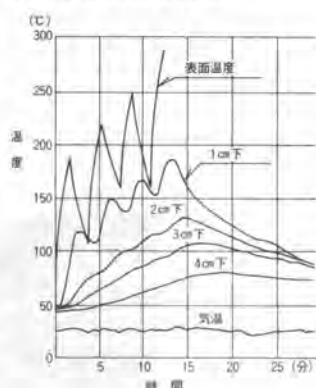


図-5 乳剤非塗布区間

温度について、a. 加熱特性試験より、表面温度は、乳剤塗布の方が高く熱吸収の良さが表われている。しかし、内部温度の変化はない。b. 乳剤塗布区間の舗装表面温度が300℃以上になっても燃える様子は見られない。

接着効果について、c. コアー観察では、次のことが判明した。人工クラックの深さは、かきほぐし深さより深く作っているため下部にクラックが残るようになっている。しかし、乳剤塗布区間は、そのクラックにも乳剤が充分浸透しており接着している。これは、ヒーターの熱で乳剤が流動し、クラックの細部まで流れ込んだものと推定される。d. ソックスレー抽出試験より、それぞれのアスファルト量の変化を調べると、乳剤を0.5ℓ/m<sup>2</sup>塗布した区間は、かきほぐし後の合材のアスファルト量が、0.1%増加した。e. 修正静的はくり試験より、アスファルトの附着性を比較した。これは、双方ともはくりの状態が表われず良好である。

アスファルト性状について、f. アスファルト針入度より劣化の状態を判定したが、既設舗装自体のアスファルト針入度が極端に低かった為、双方の差は見られない。

乳剤塗布の効果をまとめると舗装体の表面温度が上昇しすぎても燃えにくく、合材の炭化による劣化が防止出来る。舗装体のアスファルト量の増加とクラック部への乳剤の浸透効果により接着性は高まる。以上の試験より、クラック部に乳剤を流し込むように塗布しヒーターで加熱しリフォーマでかきほぐし転圧することを、補修工法の基本とした。

## 5. 施工パターン

この補修工法を利用して図-6の施工パターンがある。クラック補修から打ち継ぎ施工まで用途があり、応用範囲を広げると復旧工事等のクラック防止工法にも使用出来る。写真-3は、復旧工事後のジョイントクラック補修の施工状況である。

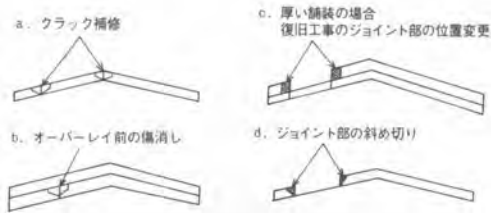


図-6 小型補修機械による施工パターン

## 6. 施工結果

写真-4は、国道345号線で施工後1年経過した状況である。既設舗装面はかなり荒れているが補修した箇所は、まだ黒々としてクラックの発生はない。

現在まで、約12km 施工を行なったが良好な結果を残している。その他、この技術はクラック発生防止工法として利用され季節的に寒くなり施工が行ないにくい場合にも威力を発揮している。



写真-3 施工状況



写真-4 国道345号線

## 7. あとがき

ジョイントクラックの補修は、路盤の影響も無視出来ず、この工法で施工したにもかかわらず早期にクラックが再発した箇所もまれにある。そこで、次のことに注意しなければならない。

復旧工事等で、既設路盤と復旧路盤の密度の差がある為にクラックが発生した場合である。ジョイントクラックの補修は、表層の処理である為路盤がすでに圧密沈下して、ある程度落ちついた状態になっていなければならない。これが進行中であれば、当然表層だけの処理では不十分と考えなければならない。その為、補修する前に表層の処理で充分か見極めが必要である。

今回は、発生したクラックの対応におわれ、機械と工法の開発を行なったものであるが、クラック発生メカニズムから十分に研究を始めれば、もっと面白い機械と工法が開発出来たのではないかと思います。たとえば、クラックの進行状況を測定しその状況に応じた補修工法を選定してくれる機械や、ゴムのように柔軟な合材をジョイントクラック部に置きかえる工法である。



# 16. 塵埃土砂分別処理車の開発

建設省近畿技術事務所 \*横江重行・小田純一

## 1. まえがき

近年、路面清掃作業によって回収された塵埃土砂の処分は、埋立地等の確保難及び投棄処分に対する規制が厳しくなり、粗大ゴミを取除くことが投棄処分の条件とされてきている。

このため、長距離運搬をともなう私有地への投棄や人により粗大ゴミを取除く、いわゆる分別処理を実施し、有料投棄処分を行っている実情であり、現場に即した能率的で経済性のある移動式塵埃土砂分別装置の開発が要望されている。

以上のことから、路面清掃作業の円滑化を図ることを目的とし、移動式分別装置の開発のために、調査試験を実施した。その結果について報告するものである。

## 2. 実態調査

近畿地方建設局管内、道路関係の維持出張所より、塵埃土砂の発生及び処分実態等について、アンケートにより調査した。

### 2-1 塵埃土砂の年間発生量

管内の全域直轄路線及び京阪神地区の路面清掃塵埃土砂の年間発生量は表-1に示すとおりである。

表-1 路面清掃塵埃土砂の年間発生量 (延524km)

廃材内訳	発生量 ( $m^3$ /年)	京 阪 神 地 区		
		発生量 ( $m^3$ )	全体の割合(%)	出張所当り平均発生量( $m^3$ )
路面清掃塵埃土砂等	9,550	6,290	6.6	700

### 2-2 処分に対する制約と対応

路面清掃塵埃土砂の処分に対する制約内容と、その対応の実態は図-1及び、表-2に示すとおりである。

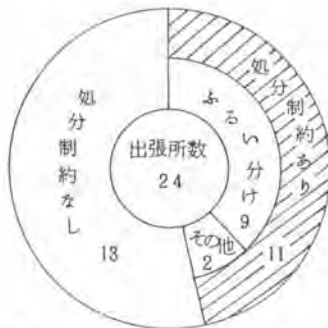


図-1 塵埃土砂処分に対する制約等

表-2 塵埃土砂処分制約への対応

制約に対する対応事例	出張所数
官側で制約に対する処理費を計上	8
清掃業者の負担で処理	7
清掃業者で別の処分地を手当	4
制約を受けない処分地を手当	3

## 2-3 塵埃土砂処分実態

塵埃土砂の投棄場所としては、私有地に多く頼っているといえる。現在分別処理を実施しているのは3事務所、粗大ゴミを人力で取除いている程度である。また、処理装置の開発に対する意向では、土砂類のふるいはφ30～φ50mm程度で、作業基地での使用を望んでいる。それに加え多くの業者は、近い将来に捨場の確保難から、分別処理装置が必要との意向を示しているが、今すぐに必要と考えているのは、極、僅かであった。

## 3. 基礎及び予備実験

### 3-1 基礎実験

分別の種類、精度及び装置の問題点等、適用の範囲について基礎データの収集と分別の検証を目的とし、表-3に示すような、回転ふるい、振動ふるい、風力、コンベア、ブラシ分別などの分別に適用可能と考えられる機構を用い、路面清掃塵埃土砂のふるいを行い、ふるい網目開き、処理率等の変化における分別能力、精度等の性能を測定し、最適条件を見出すために、実験を実施した。

その結果、ふるい方式では、攪拌効果の高い、回転ふるい分別が有効であり、ふるい網目開き6mm以下では、目詰まりの発生等で使用が困難である。また、塵埃の不燃物、可燃物の分別においては、風力分別が有効であることが確認できた。

表-3 分別基礎実験と分別対象

分別処理実験	分別対象	
	塵埃と土砂	不燃物と可燃物
回転ふるい分別	○	
振動ふるい分別	○	
風力分別		○
コンベア分別	○	○
ブラシ分別		○

### 3-2 予備実験

基礎実験及び選別装置の基本設計に基づく、実用的選別装置の設計上の問題点を見出し、実用機の機能、性能、作業性などの検証と見通を得るための分別予備試験を実施することとした。

実験装置は、基礎実験結果から土砂と塵埃の分別に有効な、回転ふるい(トロンメル)及び不燃物と可燃物の分別に比較的簡易な風力分別装置を採用し、これにより、使用方法、作業形態及び分別後の処理方法の点について試験を実施した。結果は下記に示す。

- ① 写真-1、2のホップ付ベルトフィーダとトロンメルを組合せた、塵埃土砂分別装置の基本構造については実用可能である。
- ② 分別処理能力の範囲は5～20<sup>m</sup>³であり、連続では約100<sup>m</sup>³の処理が可能である。
- ③ 分別区分と精度は、土砂類(95～98%)、不燃物(10～20%)、可燃物(35～50%)であり、概ね社会状況に合致しているなどが上げられる。



写真-1 塵埃土砂供給装置



写真-2 分別処理装置

#### 4. 現地適応性実験

予備実験結果を基に、機構等について改造を加えた予備実験装置を使用し、現地における適応性と改造箇所の検証を目的とし、調査試験を行った。調査方法については、予備実験時と同一である。

分別処理能力、精度、回収率、ふるい網目長等の関係について実験を実施した。その結果、分別処理能力は、分別を3区分(土砂、可燃物、不燃物)とした場合、5~20%あり、2区分(土砂(30<sup>φ</sup>mmアンダー)、ゴミ(30<sup>φ</sup>mmオーバー))とした場合は、8~14%の能力を有し、それぞれ連続運転では約100<sup>m<sup>3</sup></sup>の処理が可能である。又2区分分類の場合、トロンメルの網目全長を現状の半分(30<sup>φ</sup>mm網目、長さ1mだけにする。)とすることが可能であり、また、この場合、分別精度は土砂類が70%以上、ゴミ類が80%以上となっている。土砂類については、A処理公社への投棄は、可能との確認が出来た。

#### 5. 塵埃土砂分別処理車

##### 5-1 型式構想決定の理由

現場実態調査及び、調査試験結果などを受け下記のことから、分別処理車を決定した。

基地選別では、その処理方法より、塵埃土砂の一定量のストックが必要であり、その性格上、広いスペースを確保する必要があります。又、塵埃土砂の約7割が都市部から発生しており、その地域性からも都市部に敷地が必要であるが、ふん塵臭気等がとれない、周辺への環境の悪影響などが懸念されます。こうしたことから塵埃土砂ストック及び装置設置のための広い敷地を確保することは非常に難しいものとなっています。又、処理能力と処理費との関係から最も経済的な能力は15~20%であるとの判断から1日、1現場からの発生量は約3<sup>m<sup>3</sup></sup>と稼働率を上げることの難しさなどの問題があり、作業委員会等で協議され、路上選別方式の車塔載型に決定した。



図-2 分別処理車導入、清掃作業70-

最も経済的な能力は15~20%であるとの判断から1日、1現場からの発生量は約3<sup>m<sup>3</sup></sup>と稼働率を上げることの難しさなどの問題があり、作業委員会等で協議され、路上選別方式の車塔載型に決定した。

## 5-2 分別処理車導入における作業フロー

現施工パーティでは、図-3に示すように散水車、ダンプトラック、路面清掃車で編成されています。ここにダンプトラックに替わり、分別処理車を施工パーティに加え、路面清掃作業を実施するものである。

現在、路面清掃車の収納ホッパが満杯になると、その都度、現地にてダンプトラックに塵埃土砂を積込んでいる。これに替わり、図-2に示す、作業フローのように、本装置は、塵埃土砂を路面清掃車のホッパより直接受入れ、停止もしくは走行しながら、受入れた塵埃土砂を分別処理する。分別された土砂類、ゴミ類は各々のストックビンに収納され、作業終了後、投棄場所へ運搬し、土砂類は車の後部の排出口からエゼクタにより押し出され、ゴミ類についても同一方法で車側へ排出される。

図-4に塵埃土砂分別処理車の全体図を示す。



図-3. 路面清掃作業機械編成

主 要 諸 元		主 要 諸 元	
全 長 (原付投入時)	10563 mm	最大積載量	4000 kg
。 (走行時)	8250 *	車輛重量	5076 *
全 幅	2440 *	乗車定員	3名
全 高	3760 *	受入ホッパ容量	0.5 m <sup>3</sup>
最低地上高 (原付投入時)	300	ストック容量 (1分)	30 *
車軸間距離	14879 *	。 (1分)	1.0 *
前 軸	4899 *	分別能力	2 t/分
後 軸	9980 *		

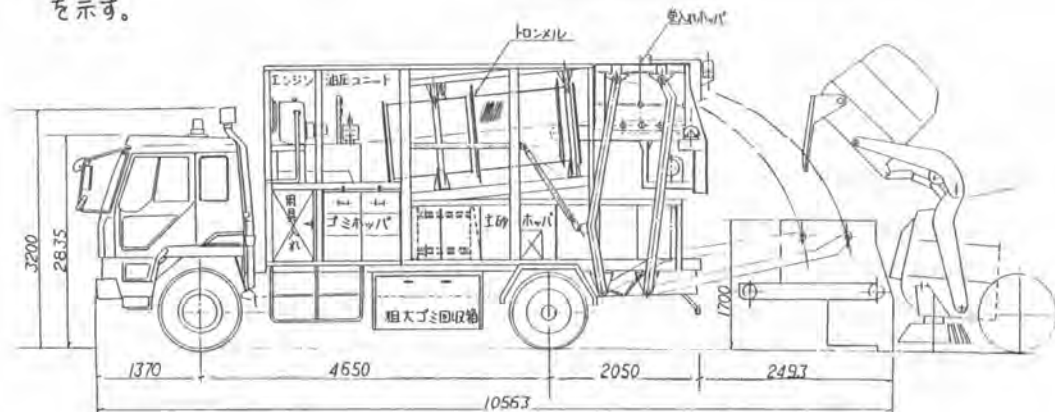


図-4 塵埃土砂分別処理車全体図

## 6. まとめ

路面清掃作業により、回収した塵埃土砂の投棄には分別処理の必要性の可否が、投棄場所により決定されているのが実態であり、現在、請負業者の中で分別装置を今すぐ必要と考えているのはほんのわずかである。近い将来、投棄に対する基準等がより厳しくなり、行政的な指導がなされ、自由処分できなくなった。時点においては、必要度が増してくると思われる。

現段階では、塵埃土砂分別処理車の設計、仕様を決定したところであり、今後は、機械及び装置の「検証」をはかり、円滑な路面清掃作業が行われる様に今後とも努力するものである。

# 17. クレーン総合管理システムの開発

清水建設㈱ \* 渋谷 一 聡・八 幡 孝 行

## 1. まえがき

定められた工事区域内に何台ものタワークレーンが近接して設置される建設工事において、タワークレーンを接触させることなく安全、かつ効率的に運用するために本システムは開発された。本システムは、1.最大15台のタワークレーンの設置位置、姿勢を3次元的に把握し、吊荷の有無も含めてクレーンとクレーンあるいはクレーンと固定障害物（工区境、建物、送電線他）との接近距離を求め、その距離に応じてオペレータに対して視覚と警音で接近方向および回避方向を知らせるとともにクレーンを減速、停止させる制御機能を有する“衝突防止システム”と、2.各クレーンの稼動状況を予定と実績を対比しながらリアルタイムにカラーグラフ表示するとともに稼動実績を自動集計する“稼動管理システム”の二つのサブシステムで構成されている。

なお本システムは本年5月より原子力発電所建設工事に採用され所期の性能を発揮している。

## 2. 衝突防止システム

### 2.1 システムの構成と機能

【クレーン側】

#### (1) 検出

- 旋回角度の検出
- ブーム起伏角度の検出
- 吊荷高さの検出
- 吊荷有無の検出

#### (2) 操作による入力（ワンタッチ入力）

- 動作制御解除信号の入力
- 吊荷高さ信号の入力

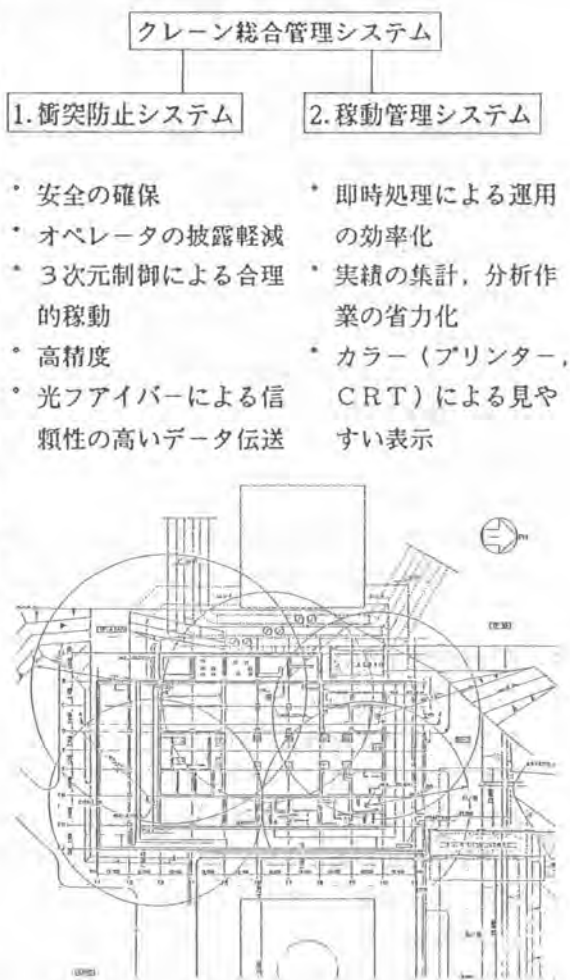


図1. 採用現場平面図

### (3) 表示

- 動作制御解除状態のランプ表示
- 左右旋回，巻上下，起伏各方向の接近距離に応じたランプ表示（安全距離：青，減速距離：黄，停止距離：赤）
- 接近距離に応じた警音表示（安全距離：無音，減速距離：断続ブザー音，停止距離：連続ブザー音）
- コンピュータ，通信装置，各検出器の異常発生時のランプ表示

### (4) クレーン動作制御盤

- 接近距離に応じて接近方向の動作を自動的に減速，停止させる。ただし接近していても回避方向の動作は制御しない。

### (5) 端末制御装置

- 各検出装置からの信号を受取りデータの交換や補正を行ってホストコンピュータへ送り出す。
- ホストコンピュータから信号を受取り，表示装置やクレーン動作を制御する。

### 【通信】

#### (6) データ伝送

- 伝送信号の信頼性およびシステムとしての信頼性を高めるために外乱の影響を受けにくい光ファイバーによるデータ伝送を採用した。

### 【管理センター】

#### (7) ホストコンピュータ

- 各クレーン端末制御装置から送られてきたデータおよびあらかじめ入力しておいたクレーン形状パラメータ，設置位置，障害物，侵入禁止区域他のデータを総合し，立体的な接近距離を求め，各クレーン毎に設定された減速，停止距離と比較しその結果に応じて表示，警音，動作制御等の信号を各クレーンに返送する。
- 検出器，通信装置等に異常が発生した場合その内容を表示するとともに原因に応じた制御に切替る。

#### (8) 電源装置

構成機器への電力供給はクレーン動力電源とは別系統として，すべて無停電電源装置により行い安定した監視制御を行っている。

## 2. 2. クレーン位置監視方法

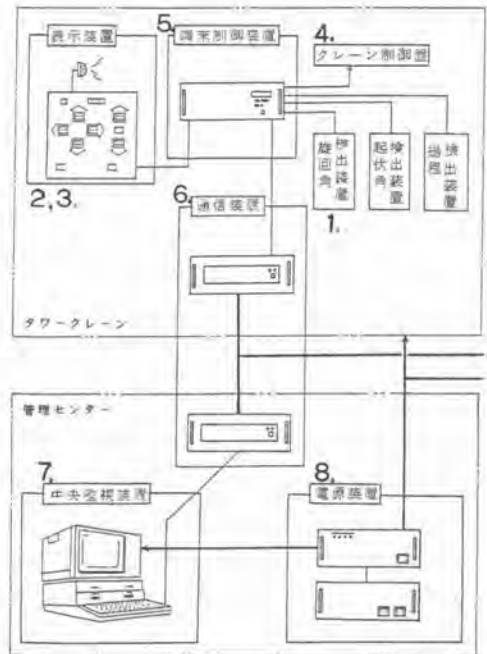


図2. 衝突防止システム

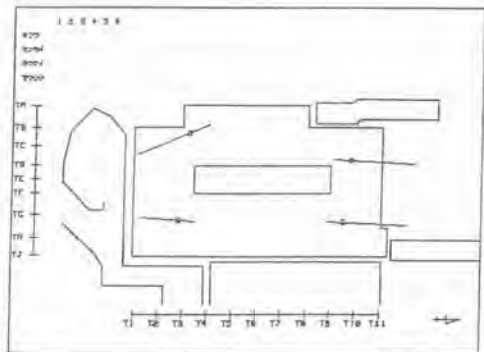


図3. CRT表示例

ホストコンピュータは各クレーンから送られたデータとあらかじめ設定したパラメータとを総合して干渉の可能性のある組合せだけを選別する。つぎに各組合せにおいて接近距離を平面的に求め減速、停止距離以内にある組合せだけをさらに選別する。つぎにこれらの組合せに対して立面的な接近距離を求める。このように平面的にも立面的にも接近していると認められたクレーンに対してのみ表示、警音、動作制御信号を出力する。

以上の様にホストコンピュータは衝突パターンを段階的に絞り込み必要最低限のチエツクのみ行う。このため3次元の立体的な処理でありながら高速処理を確保しクレーンの動きにも十分追随している。

### 3. 稼働管理システム

#### 3.1 システムの構成と機能

##### 【クレーン側】

##### (1) 風速計

◦ クレーン位置の風速を検出する。

##### (2) 作業種別入力用スイッチボックス

◦ 作業種別ボタン、待機ボタン、作業開始/終了ボタンで構成されている。クレーンオペレータは作業にしたがってボタンを押下する。

##### 【通信】

##### (3) LAN子局

◦ 風速、作業種別データを取込みLAN親局と信号の送受を行う。

##### (4) LAN親局

◦ LAN子局からデータを受取り管理センターのI/Oコントローラーへデータを送り出す。なおLAN子局と親局間およびLAN親局とI/Oコントローラー間はそれぞれ2kmまで延長することができる。

##### 【管理センター】

##### (5) I/Oコントローラー

◦ LAN親局とホストコンピュータの間において伝送信号の入出力を制御する。

##### (6) ホストコンピュータ、カラープリンター

◦ 稼働状況のリアルタイム表示

◦ 稼働予定データ（作業種別、オペレータ名）の入力、予約（10日分）

◦ 作業種別、オペレータ名の登録、変更

◦ 作業日報の作成

◦ 任意期間の作業データの集計

◦ 各表示画面のカラーコピーの作成 他

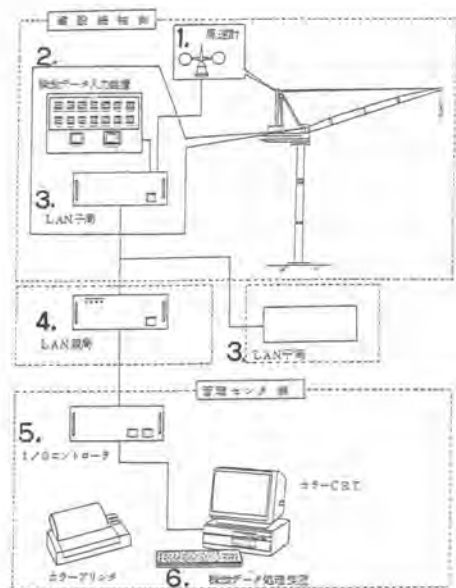


図4. 稼働管理システム

### 3. 2 表示例とシステムの運用

#### (1) 表示例

図5には当日の稼働状況表示例を示す。ここには各クレーンの稼働予定と実際の稼働状況が対比しながらリアルタイムで表示されるのでクレーンの効率的な運用を計ることができる。またこの画面には瞬間風速、10分間平均風速、1時間平均風速も表示される。10分間平均風速は一定値を越えると赤く変わり係員の注意を促すとともにクレーン作業の可否判断に利用される。

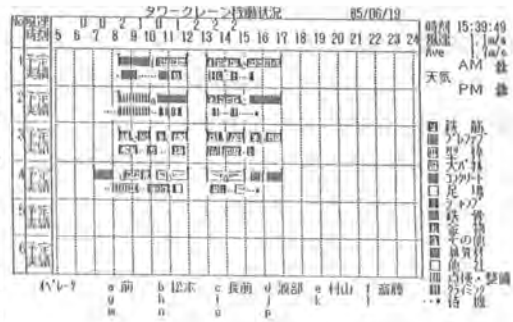


図5. 稼働状況表示例

図6には任意期間の作業データの集計例を示す。

なお作業データは4ヶ月分迄はコンピュータ内に常時格納されている。またこれを越えたデータもフロッピーディスクを併用することにより容易に集計、保管することができる。

#### (2) 運用

以上述べた種々の作業はどれもデータ信号のやりとりにかかわらずいつでも実行することができる。また電源の投入を含めすべての作業は管理センターでおこなわれる。



図6. 作業日報集計例

### 4. あとがき

本システムを約一ヶ月運用した後、現場にて使用状況を調査した。

“衝突防止システム”について調べたところ減速、停止域内での作業は全作業の約10%を占めることがわかり本システムの必要性が再確認された。オペレータからは「衝突する前に必ず停止するので安心して作業ができるし、神経も吊荷に集中できるので運転が楽になった。」という感想を得た。

以上のことから複数のクレーンが近接する現場や周辺障害物等の条件の厳しい現場では本システムは必要不可欠なものになっていくとおもわれる。

“稼働管理システム”についても、本システムの採用によって

- ・ 待機時間の有効活用が計れるようになった。
- ・ 業者のクレーン使用時間の見積りの甘さが是正され計画的に運用されるようになった。
- ・ 原子力関係の作業は、すべて材料の取入れにクレーンを利用するためクレーンの管理が労働時間の管理につながり労務管理にも利用できる。
- ・ 集計作業等の管理作業が省力化された等の感想を得た。

今後も使用状況の調査と改善を重ね本システムをより良いものとしていく予定である。



# 18. タワークレーン総合監視システムの開発

鹿島建設(株) 鷹野 幹雄・金井 雅夫・\*平松 雄二



写真-1 浜岡原子力発電所建設工事でのタワークレーン稼働状況



写真-2 グラフィック画面出力例(タワークレーン相互)

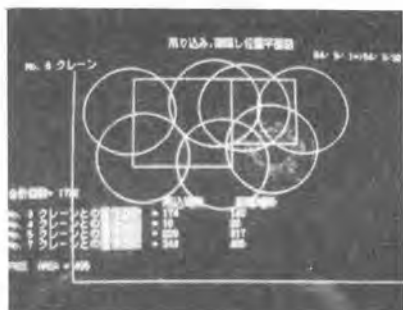


写真-3 稼働データ解析例

## 1 はじめに

原子力発電所工事のように、広い工事面積でタワークレーンによる揚重を行う場合、デッドゾーンが無いように多数台を重複して設置するため、隣接するクレーンのジブや吊荷が衝突する可能性がある。

また、クレーン周辺の構造物とも衝突する可能性がでてくる。

このため、衝突を未然に防止する対策が必要である。一方、作業効率はできるだけ低下させたくない。またクレーンの日報・月報作成など、稼働データ収集の省力化も併せて図りたい。

このようなタワークレーンの総合的監視装置を開発し、現場施工の安全性向上、省力化を図ったのでここにその概要を報告する。

写真-1に、タワークレーン設置状況を、また、写真-2にクレーン操作室内のモニター表示例を示す。写真-3には、稼働データ解析例として、吊り込み、荷降し位置をプロットした画面を示す。表-1に開発項目の検討経過を示す。

## 2 システムの機能

16台以下のタワークレーン群について、次の監視制御を行う。

### (1) 衝突防止制御

自クレーン及び隣接クレーンのジブ、フック及びカウンタウェイト部などの三次元位置を演算し、あらかじめ設定した警報・減速・停止エリアに入

ったかどうかをチェックし、設定エリア内に入ったときクレーンの動きを制御する。上記3段階で制御されるため、ショックレスに停止され、スムーズに衝突防止が図れる。固定障害物についても同様の制御が行われる。

(2) 三次元グラフィック表示

クレーンオペレータの死角となつて見えないクレーン後部の状況も、カラーディスプレイに立体画像として表示される。接近しすぎたときは、干渉クレーンの表示色が、緑色から黄色、赤色と変化すると同時に迂回方向も画面に表示される。

(3) 稼働データ収集

クレーン稼働時に、吊荷荷重、吊荷種別、作業内容、作業場所などのデータを自動的に収集して、一日の作業終了時に日報・月報を作成できる。吊荷種別は、オペレータが

随時ワンタッチでキーインできる。日報アウトプット例を表-2に示す。

(4) データの解析

収集されたデータは、クレーン休止時に各種グラフ化や統計解析ができる。解析結果を用いて工事施工の改善に役立てることができる。解析例を図-1に示す。

表-1 開発項目の検討経過表

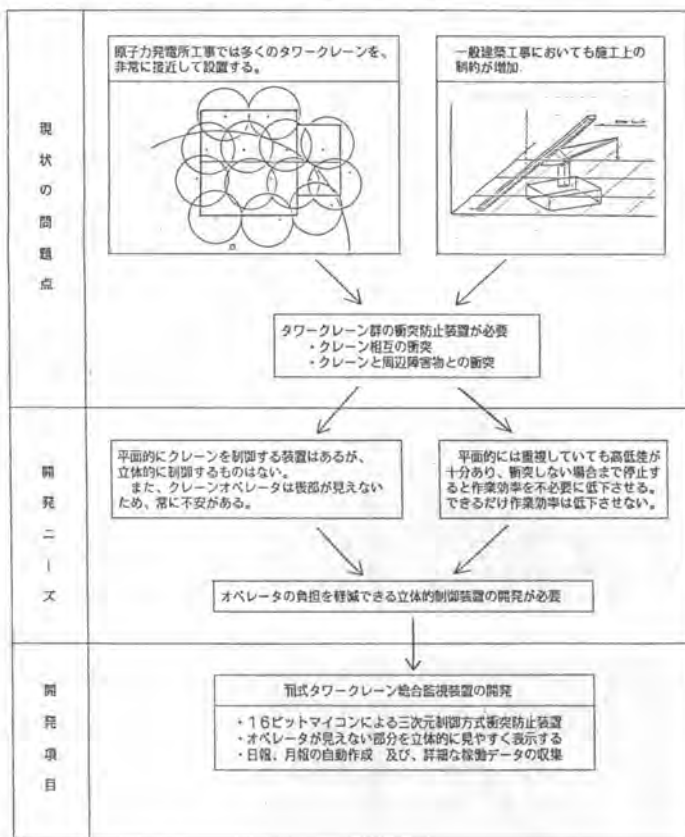


表-2 日報アウトプット例

作業日 報 (作業機) 59年 9月27日

クレーン N. O.	機 器 名 (Low)								機 器 回 数 (回)							
	種	型	足場	機	地	理	計	種	型	足場	機	地	理	計		
1	35	0	0	0	0	0	0	35	31	0	0	0	0	0		
2	3	0	8	11	2	0	1	26	5	0	0	22	5	0		
3	2	0	22	1	22	0	0	47	1	0	30	1	11	0		
4	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	8	3	0	0		
5	4	0	3	2	2	0	2	13	10	0	4	11	4	0		
6	4	0	0	3	1	2	0	10	8	9	0	2	1	4		
7	32	0	0	6	0	0	0	38	13	0	0	3	1	0		
計	80	0	33	23	28	2	3	169	83	0	51	58	22	5		

作業日 報 (機位: H r)

59年 9月27日

クレーン N. O.	運 転 (Low)								機 器				休 止				積 算 時 間 計
	種	型	足場	機	地	理	計	小	定	機	小	機	機	機	小		
1	5.3	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	5.0	0.5		0.5	1.7	1.4	3.1	9.2		
2	0.6	0.0	1.1	4.5	1.2	0.0	0.4	7.8	0.0		0.8	1.3	1.2	2.5	10.9		
3	0.1	0.0	3.8	0.2	2.4	0.0	0.3	6.8	0.2		0.2	2.3	1.4	3.7	10.6		
4	4.8	0.0	1.7	0.3	0.0	0.0	0.0	6.9	0.1		0.1	1.9	1.2	3.1	10.2		
5	1.9	0.0	0.5	1.6	0.8	0.0	1.6	6.7	0.1		0.1	1.5	1.2	2.7	9.5		
6	1.3	0.0	0.0	2.3	0.4	1.5	0.0	5.5	0.2		0.2	3.0	1.4	4.4	10.2		
7	2.5	0.0	0.0	1.4	0.1	0.1	0.0	4.0	0.3		0.3	4.1	1.2	5.4	9.7		
計	16.4	0.0	7.1	10.6	5.2	1.6	2.3	49.1	2		2.1	16	9	25.0	70.2		

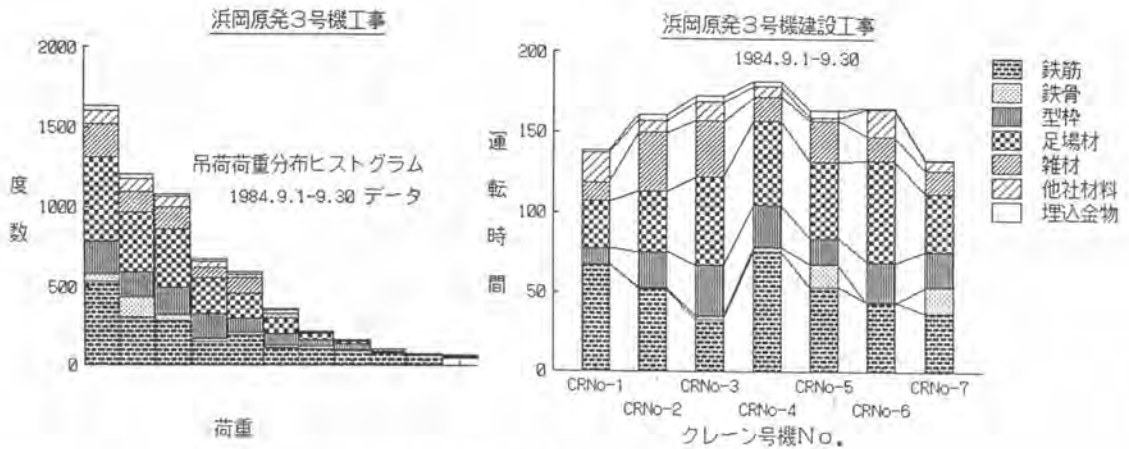


図-1 稼働データ解析例

### 3 衝突防止の原理

あるクレーンの作業可能範囲と作業範囲が重複している他のクレーンについて接近チェックを次のように行う。

図-2に示すように自クレーンを立体的ブロックに分割し、相手クレーンは各部材を直線群と考え、これらの座標が重複しているかを数式により求める。各ブロックを構成する平面の方程式、及び相手クレーンの線分方程式は次式で表わされる。

$$\begin{vmatrix} X - X_1 & Y - Y_1 & Z - Z_1 \\ X - X_2 & Y - Y_2 & Z - Z_2 \\ X - X_3 & Y - Y_3 & Z - Z_3 \end{vmatrix} = 0, \quad \begin{vmatrix} X - X_a & Y - Y_a \\ X - X_b & Y - Y_b \end{vmatrix} = 0$$

$$X_a < X < X_b, \quad Y_a < Y < Y_b, \quad Z_a < Z < Z_b$$

これらの方程式を全て満足する座標が存在すれば交差したことになる。

このチェックを全ての線分の組合せについて行うことにより、立体的な衝突防止を図る。

自クレーンの立体的ブロックは、実際のタワークレーン寸法のほかに、制動・停止距離を加味した寸法として重複チェックする。また、回転速度に比例してこれらの制限範囲は、自動的に増減するようにプログラムされている。

このような立体的チェックを行うことにより、たとえば構造物の上方を通過させたり、クレーン設置位置に高低差がある場合の立体的交差が可能となる。また、送電線やマイクロウェーブなどの宙吊り構造物に対しても効率よく制御できる。

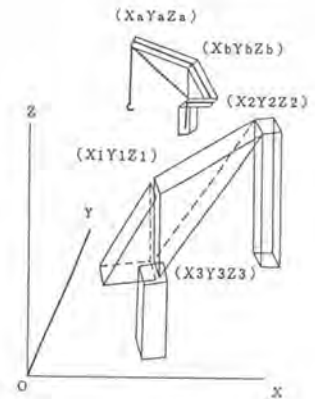


図-2 クレーン分割図

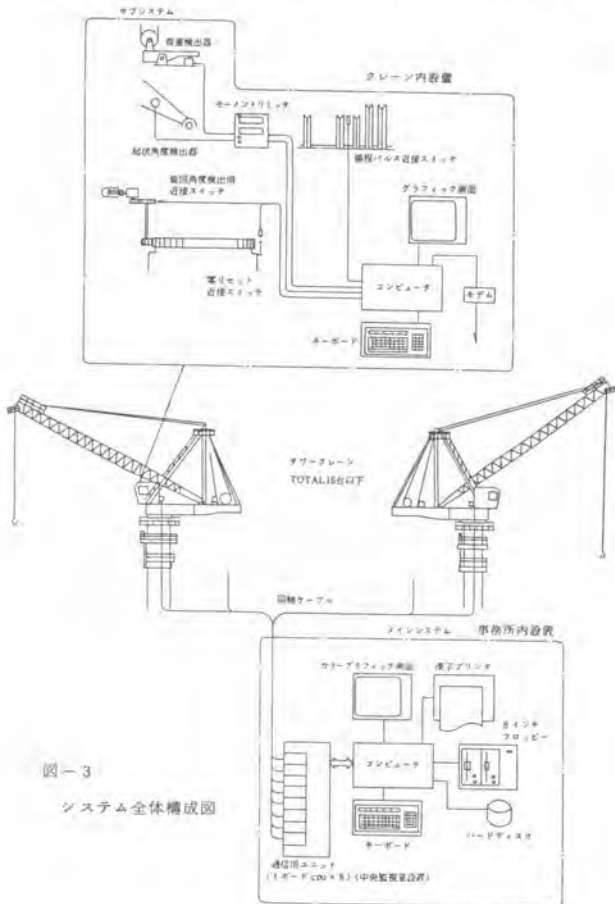
#### 4 機器構成

本システムは、タワークレーンに設置した複数のサブコンピュータシステムと事務所内に設置したメインシステムとから構成されている。サブコンピュータシステムは、16ビットマイコンを中心に、旋回角度センサ、起伏角度センサ、揚程センサ、荷重センサとメインコンピュータシステムへデータを送受信する通信用モデムなどで構成されている。メインシステムは、16ビットマイコンとデータ保存用のディスク装置、漢字プリンタ及び通信ユニットなどで構成されている。メインシステムとサブシステムとは、一本の同軸ケーブルで接続されている。図-3にシステム全体構成図を示す。

#### 5 むすび

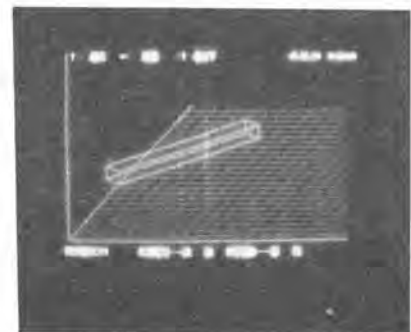
本システムは、中部電力浜岡原子力発電所3号機建設工事（クレーン8台）、中国電力島根原子力発電所2号機建設工事（クレーン14台）、及び東京電力柏崎原子力発電所2号機建設工事で使用されており、順調に稼働している。

本システムのバリエーションとしてメインコンピュータが不要な小規模システムも併せて開発した。



このシステムは、松下興産ツイン21ビル新築工事においてマイクロウェーブ侵入防止対策として採用され、所期の成果を収めている。写真-4は、このときの表示例である。

今後、本システムによるデータを蓄積して、揚重作業の合理化を目指すと同時に、本システムを発展させ、建設工事の自動化に寄与していく所存である。



# 19. タワー型ラフタークレーンの開発

(株)竹中工務店 \*大 滝 昭 治・山 田 弘 道  
落 合 実・石 川 善 弘

## 1. まえがき

最近の建設工事は、その揚重作業の性質上、クレーンの果たす役割は、非常に高くなってゐる。特に移動式クレーンは、建設工事の合理化、機械化が進む中で、すぐれた行動力(機動性)と高速、高性能および操作性、安全性の高い機種のため、小型から大型まで、幅広く生産され使用されてゐる。

移動式クレーンは、大別して ①機枠式トラッククレーン ②油圧式トラッククレーン ③ホイールクレーン ④クローラークレーンに分けられる。

その中で、走行姿勢を全長ブームをテレスコープ状に縮めて持ち、そして、自走を目的地の作業所へ到着するにその場所でブームを地組することなく希望の長さまでブームを延長することが、できる機動性の高い油圧式クレーンは、スポット的な使用において盛んに稼働してゐる。

現状の油圧式クレーンでは、狭い道路、狭小作業所において使用の場合、搬出入が困難であり、定置式クレーンでは、組立、解体が容易でない等の問題点が生じてゐる。このため、このような作業所のニーズに応えるべき、敷地への搬出入が容易なでき、ブームの起伏も制約されることなく、揚重作業ができる低騒音タイプの移動式クレーンを開発したものである。以下、その概要を述べる。

## 2. 開発の必要性と現状対象機の問題点

都市の過密化で狭小化、複雑化した建築工事における揚重作業は、敷地条件、作業環境、機械騒音、機械能力、機械形状、寸法等の制約条件が重なって困難になってゐるが現状である。このため、このような制約条件を満足すべき新タイプのタワー型油圧式クレーンの開発の必要性が生じた。表-1に狭小作業所、市街地で頻りに使用してゐる現状の移動式クレーンの問題点を示す。

表 - 1 現状対象機の問題点

	使用料	接地スペース(本体)	接地スペース(専有)	作業所内移動性	揚重能力	騒音	機能UP
現状ラフタークレーン A	×	○	×	◎	○	×	
竹中L-2000型 B	◎	×	◎	×	△	×	
目標開発機	○	○	○	◎	○	○	傾斜ブームでも使用可

A 現状ラフタークレーン --- 揚料が高い、建物への接近がしにくい、接地スペースの問題 ((ブーム傾斜のため))

B 竹中L-2000型クレーン --- 能力が小さい(1t×10m、2t×45m)、取扱いが困難、騒音が大、狭小場所への搬入が困難。

## 3. 開発機の要求性能

狭小作業所に使用する開発機の機械的目標を図-1に、要求性能を表-2に示す。開発の狙いとしては、①狭い道路、狭小敷地でも搬出入が容易であること ②目的地点まで自走できるクレーン ③ブームの伸縮、組立が容易で障害物をクリアできる機構であること ④低騒音タイプ等である。そこで

それぞれのニーズを満足すべく移動式クレーンの機構を検討し開発を行なう。

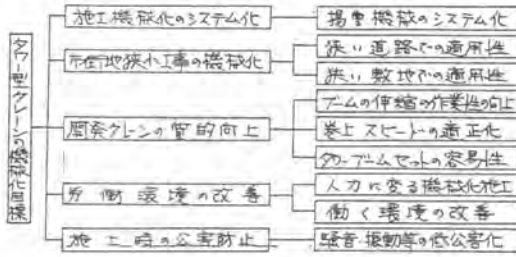


図-1 塔型クレーンの機械化目標

表-2. タワ-型クレーンの要求性能

吊り荷重	タワ-アーム時(15T、25T)傾斜アーム15T
作業半径	15M前後とする
揚程	20M程度とする
巻上速度	巻上速度 20%/min
原動機	低騒音形エンジン(走行時のみ基礎専用クワ)
組立解体方式	自力可能な形式とする(タワ-アーム時)
走行方式	自力式(ラフタークレーンタイプと同様とする)
広現	道路走行時重量、製造認可可併

#### 4. 基本構想

開発クレーンの要求性能に基づき、関連部署員でプレーストリーミングを行ない、基本構想を立案した。特に検討を要したのは、傾斜アーム使用とタワ-ジブ使用を盛り替え作業および組立セット作業をすることなく、クレーン自ら組立てを自動的に操作できる機構に力を入れてである。いくつかの検討案の中で、基本的には、図-2、3に示す様に、傾斜アーム使用時は、そのままアームを使用し、タワ-型使用時には、傾斜アームを垂直マストとしてみ直し、傾斜ジブアームにセットしてあり、タワ-ジブを自動的に伸縮する方式を採用することになった。



図-2. タワ-型油圧式クレーンの使用状況

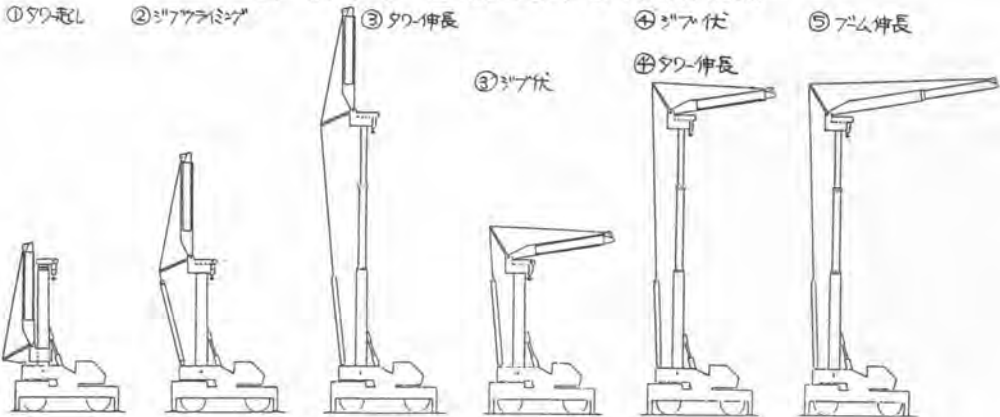


図-3. タワ-型使用時の組立手順

### 5. 開発機の概要

基本構想を更に検討し、概略設計を実施し、その結果の主な決定を仕様として、①タワー時、最大吊上荷重25t(最小半径時)、最大4tまで②ブーム起立角度を安定度計算から85度とする、③タワー・ジブのクライミング機構は、基本構想とは別の方式で、傾斜ブームの頂部にクライミングフレームを固定し、傾斜ブームの伸縮を利用してクライミングする機構④タワー・ジブは2段式とし右圧シリンダーにて伸縮する、⑤本体は、ラフター式の20tタイプを採用しベースとする等である。これらの仕様に基づき詳細設計を行い製作した。その結果を図-4に全体図、表-3に仕様を示す。全体の構成は、クレーン旋回体上部、下部、駆動装置、ブーム部、アウトリガー部から成立している。走行時、クレーン使用時の操作はラフタータイプと同様である。安全装置は、コンピューター制御により、従来の安全装置の他、特にタワーセット時における安全確保には、十分留意している。

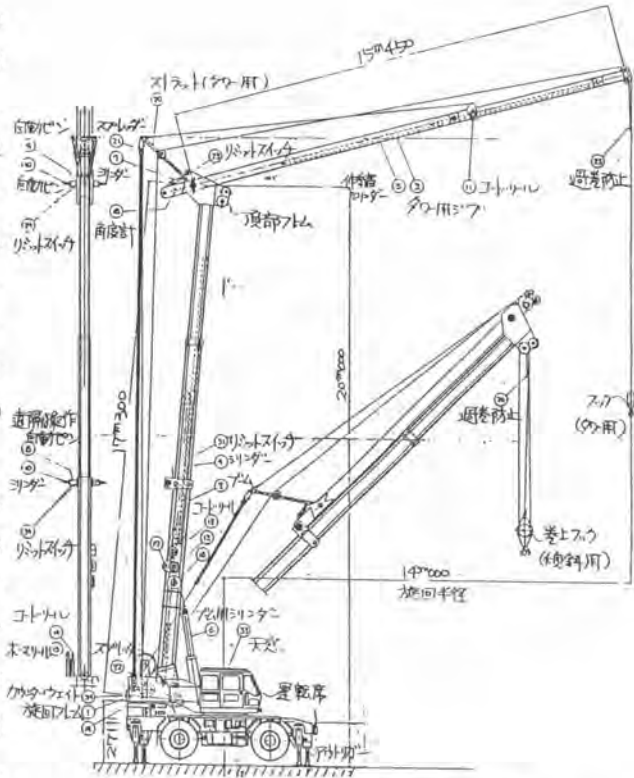


図-4. TK-2500タワー型ラフタークレーン全体図

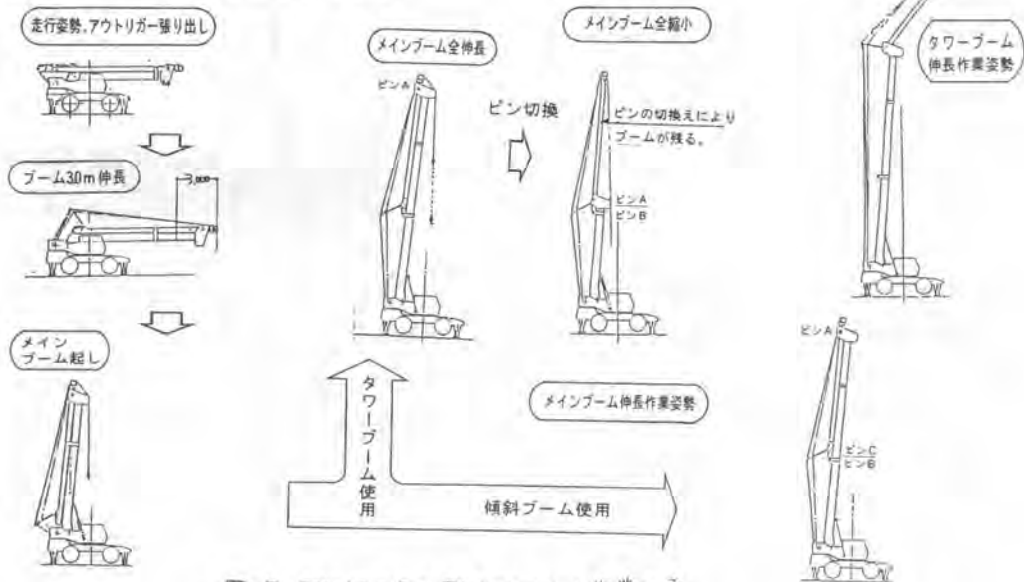


図-5. TK-2500タワー型ラフタークレーン作業モード

表-3 仕 様

名 称 型 式	タワー型ラフタークレーン TK-2500		
最大定格総荷重 TON	●10.56m主ブーム 16(5本掛)	タワージブ伸縮装置	複動油圧シリンダー
	●16.86m主ブーム 9(3本掛)	ブーム起伏装置	複動油圧シリンダー直押式
	●1545mタワージブ 1~2.5(1本掛)	巻上装置	油圧モーター駆動
	●10315mタワージブ1.5~2.5(1本掛)	旋回装置	油圧モーター駆動
主ブーム長さ m	7.56 ~16.86	油圧ポンプ形式	3連+1連プランジャーポンプ
タワージブ長さ m	10.315~15.45	ワイヤーロープ (主)	16mmφ
●主フック最大揚程 m	17.3	ワイヤーロープ(タワー用)	16mmφ
補フック最大揚場 m	33.2	全 長(走行時) m	11.665 ●
主ブーム作業半径 m	3~13	全 幅(走行時) m	2.49 ●
●タワージブ作業半径 m	最大 14	全 高(走行時) m	3.78 ●
主巻ロープ速度(3層目) %/min	低速 43.4 高速 86.6	車 輻 総 重 量 TON	23
補巻ロープ速度(3層目) %/min	低速 43.4 高速 86.6	最 高 速 度 km/h	45
主ブーム伸長時間( $\frac{10.56m}{16.86m}$ ) sec	53	発 坂 能 力 tanφ(度)	0.6 (約30°)
主ブーム上げ時間(0°~85°) sec	55	最小回転半径(2輪) m	8.3
旋 回 速 度 r.p.m	10~15(タワー) 35(傾斜)	最小回転半径(4輪) m	4.8
主ブーム形式	箱型3段自動伸縮	エンジン最高出力 ps/r.p.m	180/2800
●タワージブ形式	箱形2段可変傾斜	アウトリガー形式	全油圧式M型
主ブーム伸縮装置	複動油圧シリンダー	アウトリガー突出し幅 m	最大5.63 中間3.6●

## 6. 成果

タワー型ラフタークレーンの開発成果としては、

- ① 狭小作業所での揚重作業が容易になり、工期短縮、省人化が計れる。
- ② 市街地における移動式クレーン作業の安全性の向上が計れる。
- ③ 敷地条件、作業環境、騒音、振動による作業の制約が少なくなる。
- ④ 新規性の富み、PR効果がある。

等である。



## 7. おすび

以上、市街地の狭小作業所での揚重作業用として開発したタワー型ラフタークレーンに付いて述べたが、現在、作業所で稼働中であり、開発目標の初期の目的を達成することができた。

今後の進め方としては、作業所使用における実用性の醸成および大型化に向けて更に検討していきたい。なお、今回の開発に関して、協力いただいた関連部署、神戸製鋼、土井産業の方々に、深く感謝の意を表します。



## 20. 自動玉掛け外し装置(オートクランプ)の開発

(株)大林組 菱河 恭一・汐川 孝  
\*古川 博司・国本 勇

### 1. まえがき

従来、鉄骨建方工事における玉掛け外し作業は、鉄骨柱を吊り上げて所定の位置に仮接合したあと、作業員が仮設タラップを昇り、吊り具を外している。そのため、柱頭部における不安定な高所作業となり、それに要する時間もかかっている。

そこで、この昇降作業をなくし、安全な場所より遠隔操作で玉掛けクランプを外すことにより、作業員を危険作業から解放し、さらに作業能率を向上するという目的で、自動玉掛け外し装置(オートクランプ)を開発し、実用化した。

### 2. 装置の概要

#### (1) 構成

この装置は、鉄骨柱の組立(仮接合)作業の完了後、クレーンによって吊り下げていた鉄骨柱をラジコンを利用して遠隔操作によって、自動的に切り放すものである。

装置の構成は、図-1に示すように、2個のクランプ部と1個の制御部からなり、クランプ部と制御部は吊り枠フレームを介して2本のワイヤロープで連結し、全体をクレーンフック下に装着する。

クランプ部には、電動シリンダにより左右にスライドするピンがあり、鉄骨柱頭部に取り付けたアイブレードの穴に、このピンを出し入れすることによって、自動的に鉄骨柱を着脱することができる。また、制御部には、バッテリー、ラジコン受信機および各種電装機器が内蔵しており、この制御盤下面には、クランプ部ピンの開閉状態およびバッテリーの電気切れを知らせる表示ランプが装備されている。

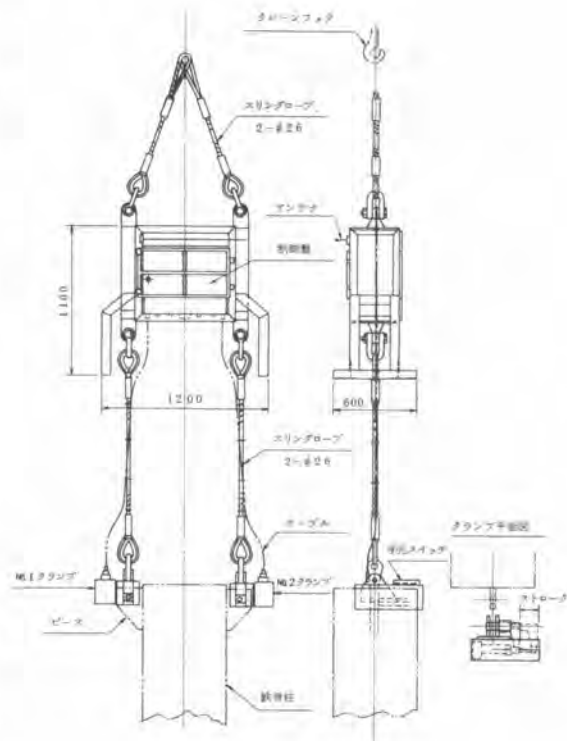


図-1 自動玉掛け外し装置の構成

(2) 仕様

現在まで本装置は、10t用、15t用があり、2機種ともほぼ同じ構造であるので、ここでは、10t用について主な仕様を表-1に示す。

(3) 操作

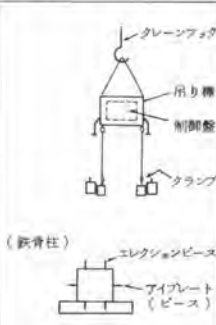

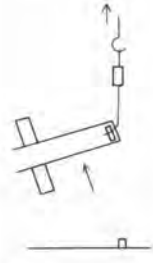
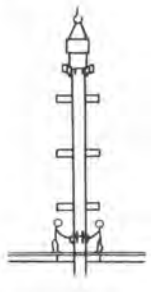
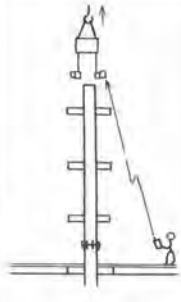
この装置の操作は、表-2に示すように簡単なものである。しかし、使用上の安全を確保するため、以下の注意事項を厳守させるようにする。

- ① 使用する前日までに、作業関係者全員に、使用手順、取扱注意事項等を教育する(ビデオ映写、取扱説明書・点検表を使用)。
- ② 使用前、定期点検の実施を徹底させる。
- ③ ラジコン送信機の操作責任者を決め、本人以外また必要時以外の操作を禁止する。
- ④ 使用時は、ランプ・ブザーによる動作確認を確実に行う。

表-1 主仕様(10t用)

項目	仕様
全 体	つり荷重量 最大10t(片側 5t)
クランプ装置	クランプ部重量 270kg(吊钩部を含む) 玉掛け時：押しボタン操作 玉掛け外し時：ラジコン無線操作
クランプ部	安全率：5以上 材質：本体 NK-HITEN ピン SCM 435
クランプ装置	電動シリンダー：推力2.5kg ：st.70mm ：過負荷停止装置付 ：防水・防錆処理 使用電源：DC-12V
ラジコン	高周波多重変調方式 6チャンネル 使用電源：DC-12V
制御装置	バッテリー 12×V 65Ah 形式NP-12 メンテランスフリー(液もれなし) 低電圧チャージャ回路、プザー、ランプ
フレーム	フレーム材質：SS41相当品 アイプレート材質：NK-HITEN
ワイヤロープ	IJS6号 6×37A種メッキ25mm 切断荷重：33.8t 安全率：6以上 ジョイント：SB30 クランプ用…両端シンプル加工 フレーム用…一端蛇口加工
その他	電動シリンダー部：開閉確認用リモットスイッチ 制 御 部：各クランプの開閉確認ランプおよびプザー付
送信機	連続使用時間：7時間以上

表-2 操作手順

1. 本装置のセット	2. 玉 掛 け	3. 巻 上 げ 時、揚 重	4. 仮 結 合	5. 玉 掛 け 外 し
				
<p>(1) 本装置をクレーンで吊り上げる。</p> <p>(2) 鉄骨柱頭部に、クランプを近づける。</p>	<p>(1) 取手を持ち、90°翻して持ち上げ、アイプレートにクランプを差し込む。</p> <p>(2) No.1, No.2クランプにある手元スイッチを操作して、アイプレートにピンを押し込む。</p> <p>①電源切替スイッチ(切)→(入)</p> <p>②(入)スイッチを押す。</p> <p>・表示ランプ(青→赤)</p> <p>③電源切替スイッチ(入)→(切)</p>	<p>(1) クレーンにて、クランプ、ワイヤロープが正常に吊り上がっていることが確認できるまでゆっくり巻き上げる。</p> <p>(2) 完全に巻き上げてから、鉄骨柱を目的位置まで移動する。</p>	<p>(1) 目的位置に鉄骨柱を定着させ、垂直精度を計測する。</p> <p>(2) 鉄骨柱下部をエレクションピースによってボルト締める。</p>	<p>(1) クレーンを少し巻き下げ、ワイヤロープをたるませる。</p> <p>(2) ラジコン送信機を操作してクランプのピンをアイプレートから抜く。</p> <p>①電源スイッチ(入)を押す。</p> <p>・表示ランプ赤が点灯。</p> <p>・ブザーが鳴る。</p> <p>②No.1, No.2(開)スイッチを押す。</p> <p>・表示ランプ(赤→青)</p> <p>③電源スイッチ(入)を再度押しOFF。</p> <p>(3) クレーンを巻き上げて鉄骨柱と本装置を切り放す。</p>

### 3. 実施例

鉄骨建方工事における現状作業を調査して、その作業性・安全性について検討した上本装置を設計・試作した。そこで先ず、当社機械工場において、載荷試験、作動性能および無線性能の確認を目的として、模擬の鉄骨柱を製作して鉄骨柱建方のデモンストレーションを実施した。

次いで、実際に鉄骨造の現場において、下記のとおり施工実験および実施施工を行った。

#### (1) 池袋ターミナルホテル（仮称）新築工事（施工実験）

規 模 地下3階，地上25階，延床面積 59,087.5 m<sup>2</sup>

実 験 日 昭和59年4月12日～4月14日

鉄骨柱本数 10本（第8節）

使用機種 オートクランプ10 ton 吊

#### (2) 興和築地ビル新築工事（実施施工）

規 模 地下3階，地上24階，延床面積 46,000m<sup>2</sup>

実 施 日 昭和59年10月8日～60年3月10日

鉄骨柱本数 392本（第4節～第10節）

使用機種 オートクランプ 13 ton 吊, 15 ton 吊 2台

### 4. 実施調査

#### (1) 現状作業

施工実験の現場において、鉄骨建方工事の作業の現状を調査した。調査内容として、ワークタイムの測定、ビデオ撮影、吊り治具の確認をし、作業の安全性についても検討した。

現状では、柱頭のエレクションピース2枚を利用し、吊りピースをボルト6本で固定する。この吊りピースを2組（2枚ノ組）用意して交互に使用し、玉掛け時間を短縮している。また、建方完了後、吊りピースの取り外しは、2人の作業員がタラップを昇り、梁取付用の足場を利用してボルトを外し、布袋へ入れる作業を行っており、ボルト外し中の作業員の安全性やボルトの落下の危険性に問題がある。

#### (2) 本装置の性能

- a. 作動性………実施施工において鉄骨柱392本を使用した。その結果、地上における手動操作および高所作業床でのラジコン操作は、使いやすく何ら支障がなかった。玉掛け時のクランプの取り扱いは、作業員1人で十分扱えるものであった。

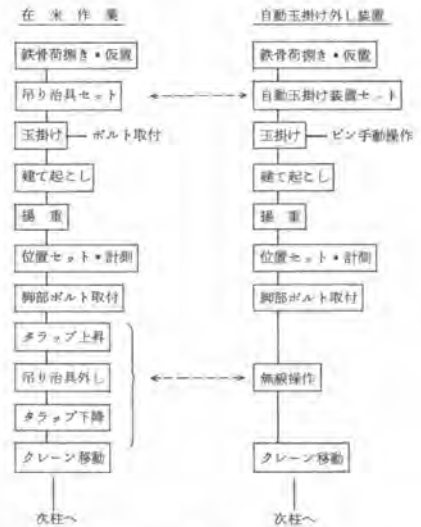


図-2 作業フロー

柱部材建方サイクルタイム

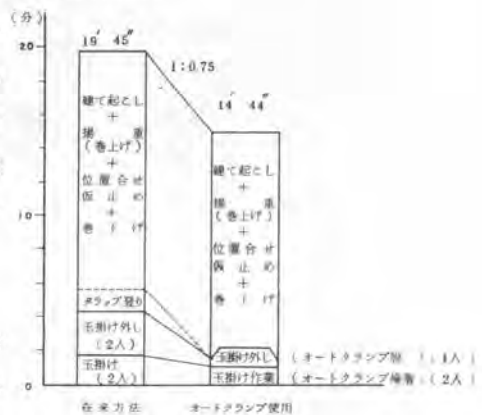


図-3 建方サイクルタイム

b. ラジコン性能……ラジコンの有効距離、妨害電波・しゃへい物の影響および溶接機・クレーン等工事機械の影響について調査した。その結果、有効距離については、距離50m以内では確実に受信し、それ以上放れると受信が不安定になるが、誤動作を起こすことはなかった。また、妨害電波や工事機械の電氣的ノイズによる影響はなかった。

### (3) 全体の作業性

現状作業と本装置使用による作業の作業フローおよび建方サイクルタイムを、図-2および図-3に示す。建方サイクルタイムは、10回づつ測定した平均値をグラフにしたもので、本装置を使用することにより、タラップの登り・降り、玉掛け・玉掛け外しの作業で時間が短縮され、1サイクルで約5分の作業能率アップとなった。1日で鉄骨柱を12本建てると、約1時間の作業能率アップとなる。

### (4) 安全性

この装置は、基本的にクレーン等安全規則に基づいて設計・製作されている。特に、鉄骨柱の建て起こし時にクランプおよびアイブレードの受ける曲げモーメントを考慮して、部材の強度が設計されている。

また、操作ミス等による誤動作を防ぐため、ラジコン操作が、電源スイッチと開閉スイッチとのダブルスイッチ方式をとっており、さらに、万一誤動作があっても、100kg以上の荷重がかかっている状態では、ピンが作動しないようになっている。ラジコンについては、各種の妨害電波などによる障害が起きないように多重変調方式を採用している。



写真 1



写真 2

## 5. あとがき

この装置は、取扱や操作がいたって簡単であり、この装置を使用することにより高所作業における玉掛け外しに伴う危険作業がなくなり全て安全な作業床で行える。また、タラップの昇降、玉掛けの着脱の作業時間も短縮された。実際に使用した作業員の評価も高く、今後、有効に使用されることが期待できる。

今回は、鉄骨柱を対照としたが、この装置の応用面は広く、梁、PC板はもとより高所の資材揚重などに広く利用されるものである。

## 21. 大型移動吊支保工による施工

住友建設(株) 松 縄 勲・板 井 栄 次・\*永 井 進

### 1. まえがき

首都高速道路葛飾川口線KS47工区は、埼玉県の北東部に位置し、ここより北西部約2kmの地点で東北自動車道、外郭環状道路に川口ジャンクションにて接続する。

我国で最初に大型移動吊支保工が使用されたのは昭和47年に着工された首都高速道路・高島平高架橋であり、首都高速道路公団、住友建設(株)、佛三井三池製作所の三者で共同開発したSSM式ワーゲンであった。しかしSSM式ワーゲンを含めた移動吊支保工の施工能力は、巾員14m以下、支間35m以下を基準としており、本工区の巾員19.25m、最大支間36.3mを施工するにあたり、大型移動吊支保工の新規開発が必要となった。本工事における大型移動吊支保工(以下SSM式ワーゲンという)は、1サイクルの施工橋面積としては、我国最大のものである。

本報告では、SSM式ワーゲンの機械装置を主体としてその概要を述べるものとする。

### 2. 工事概要

施主：首都高速道路公団第二建設部

工事名：KS47工区(その1-2)、KS47工区

(その2)高架橋上部構造新設工事

施工会社：住友建設(株)、ピーエスコンクリート

(株)共同企業体

工期：昭和58年2月22日～昭和60年3月2日

工区延長：6999m

コンクリート：9,481m<sup>3</sup>

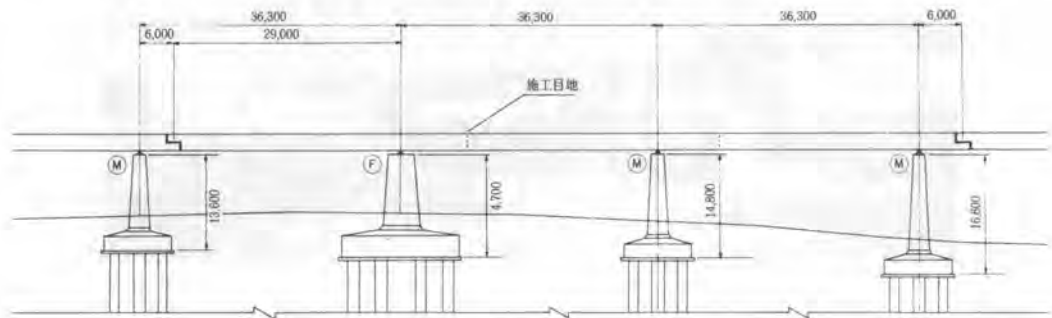
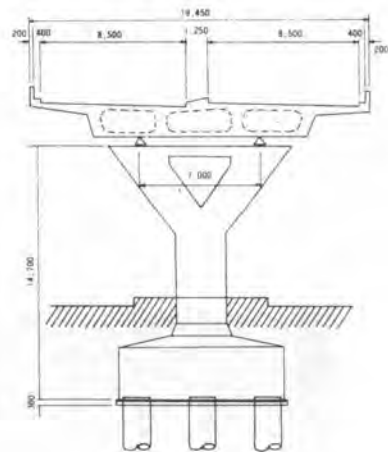
最大支間：36.3m

鉄筋：1362ton

支承：260ton

PC鋼材：478ton

横断面図



### 3. S S M式ワーゲンの概要

S S M式ワーゲンの形状、機能、役割について述べる。

#### a. 主桁、手延べ

主桁部は橋軸方向中心に1本で配置され、全体の荷重をうけもつ部材。手延べ部は油圧ジャッキにて回転可能なヒンジ部を有し、曲線桁施工時の脚立の設置及び本体の移動を有利にしている。主桁下面中央には脚立を懸架するレールを設けている。

#### b. 横桁

主桁の横梁部に4 m ピッチで取付けられ、吊鋼棒、型枠上下装置を介してコンクリート荷重をうけもつ部材。

#### c. 吊桁

横桁に鉛直に取付けられ、ワーゲン側面の防護及び足場を懸架している。

#### d. 足場

固定、可動足場からなり、ワーゲン下面の防護及び移動時に型枠を支持する部材。可動足場は油圧ジャッキにて上下に開閉でき橋脚をかわしながら移動する。

#### e. 脚立

M J / R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>, エンドブロックからなり、油圧ジャッキ、移動用ローラーを内蔵し、ワーゲン本体の支持、移動を行う。

#### f. 天井クレーン

横桁の下面に取付けられ、型枠、鉄筋の運搬据付けに活躍する。

#### g. 型枠上下装置

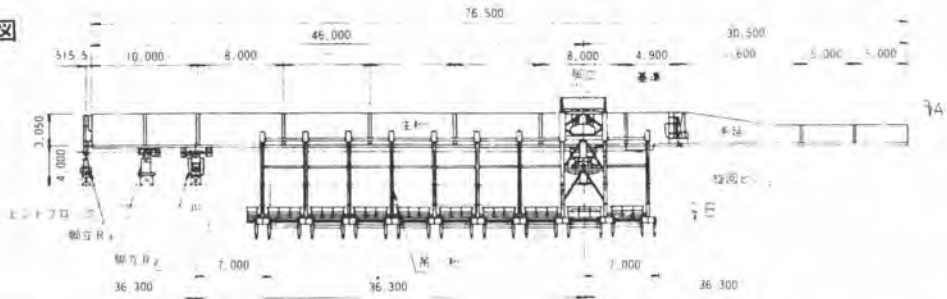
固定、上下梁、ヤグラからなり、型枠セット、固定を行う装置。

S S M式ワーゲン全景

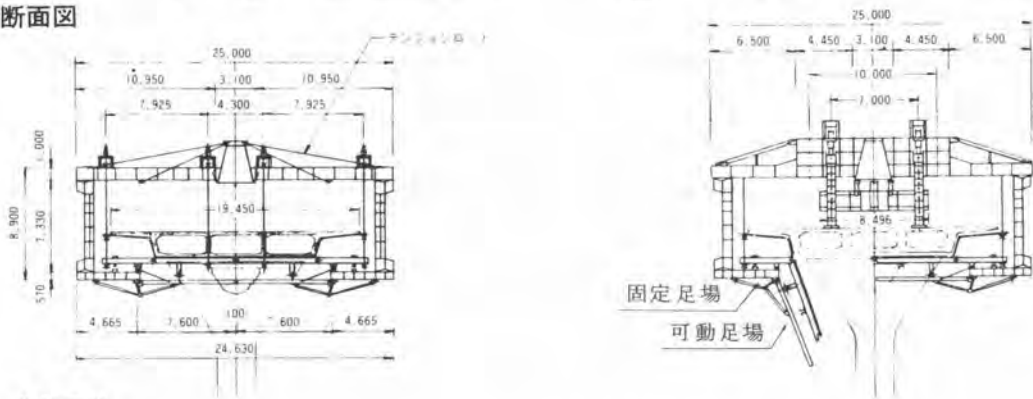


# 一般図

側面図



断面図



## 4. 移動要領

### 工程①コンクリート打設及び脱型

大型移動吊支保工をMJ/R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>で支持し、コンクリートを打設する。型枠上下装置及び脚立ジャッキをダウンし型枠を脱型する。

### 工程②移動その1

EB・横桁支柱で支持し、R<sub>1</sub>(4.0m), R<sub>2</sub>(31.3m), R<sub>3</sub>(5m)を移動する。

### 工程③移動その2

R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>で支持し、主桁を7.5m移動し、R<sub>1</sub>を24.8m移動させ前方橋脚上にR<sub>1</sub>を設置する。R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>で支持し、主桁を3.0m移動する。

### 工程④移動その3

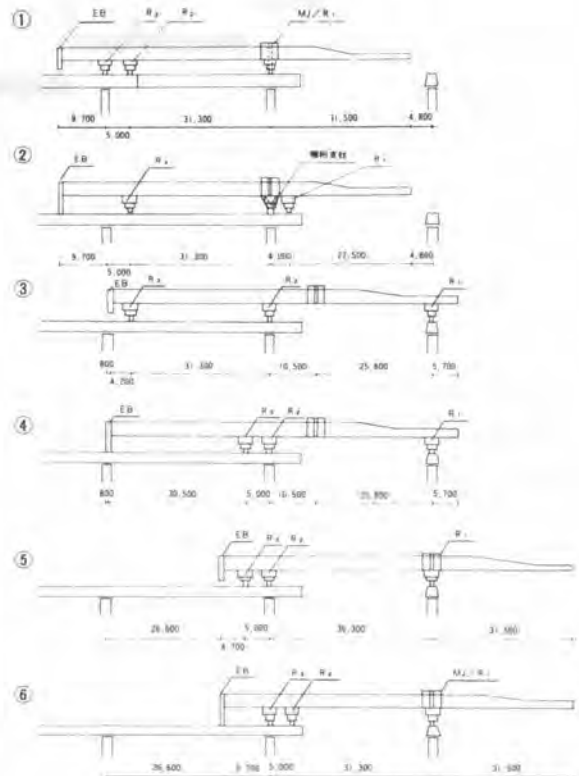
R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, EBで支持し、R<sub>3</sub>26.3m移動する。

### 工程⑤移動その4

R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>で支持し、主桁を25.8m移動する。  
R<sub>1</sub>, EBで支持し、R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>を5m移動する。

### 工程⑥据付け

所定の位置に移動後MJ/R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>のジャッキ及び型枠上下装置で型枠を設定する。



5. S S M式ワーゲンの仕様

橋梁の適用寸法		機 長	76.5 m
スパン	37 m	機 巾	25 m
巾員	20 m	機 高	8.8 m
勾配	7%	ワーゲン移動速度	0.5 m/分
曲率半径	240 m	ワーゲン銅重	693 t
コンクリート重量/1スパン	1048 t (実績)		

6. S S M式ワーゲンの特色

- 桁下の地盤条件，河川，交通路線等の条件に左右されない。
- 高架橋の断面形状はホロースラブ，箱桁，版桁に適用できる。又，曲線桁の施工が容易。
- 各作業がサイクル化されているため良好な工程管理，品質管理を行うことができる。
- 機械化による労務の省力化，単純化により労務者の熟練度も早く，安全設備が完備されているので安全に作業できる。
- 他の工法と比較して施工速度が早く，工期が短縮される。

7. 1 サイクル標準工程（稼働効率を考慮せず）

工種	日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
型 枠 セ ッ ト		■																				
鉄筋, PCケーブル組立			■	■	■	■	■	■					■	■	■							
内 型 枠 セ ッ ト									■	■	■	■										
コンクリート打設																■						
養生																	■	■	■			
緊張																				■	■	
ワーゲン移動																						■

8. あとがき

動く製作工場である S S M式ワーゲンによる本工区の施工は，安全性，省力化，施工性が確認され無事架設を完了したが，箱桁内型枠の組立解体，桁高変化に伴う側型枠の据付け等の問題もあり，今後さらに改善改良を進めていく考えである。



## 22. アーチリング施工用特殊架設作業車の開発

住友建設(株) 稲葉佳孝・\*石川 隆・福島秀二

### 1. まえがき

コンクリートアーチ橋の施工において、アーチリング部を片持梁施工とする場合、アーチリングは水平に対し非常に急勾配となっており、クラウン部では水平であり、傾斜角度変化が大きい。このような構造物に適する傾斜面施工用特殊架設作業車（以下、特殊ワーゲンと称す）を開発し、中国自動車道宇佐川橋で使用した。ここではこの特殊ワーゲンの前進装置と傾斜角度調整装置について報告する。

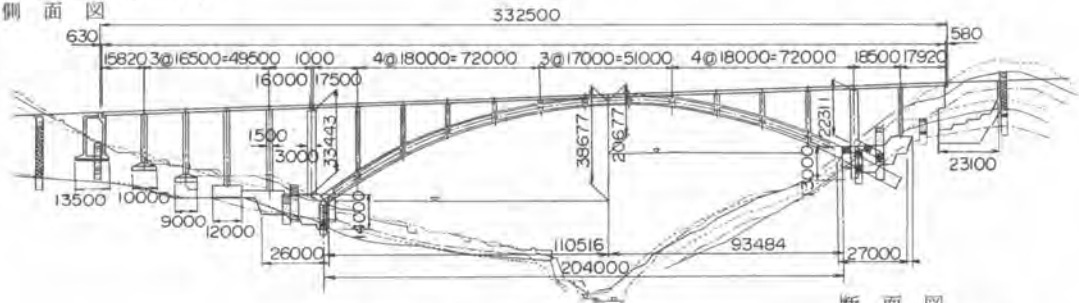
### 2. 特殊ワーゲンの概要

宇佐川橋は昭和57年に完成しすでにいろいろの雑誌に紹介されているのでここでは簡単にその概要を示す。（図-1、表-1）

アーチリング部は桁高4.4m幅員17.8mの3室箱桁断面であり傾斜角度は35.2°~0°と変化し、1ブロック4.0mの片持梁架設を行った。使用した特殊ワーゲンの主要仕様と全体図を下記に示す。

（表-2、図-2）

側面図

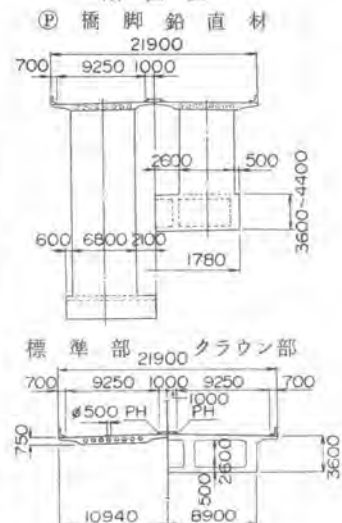


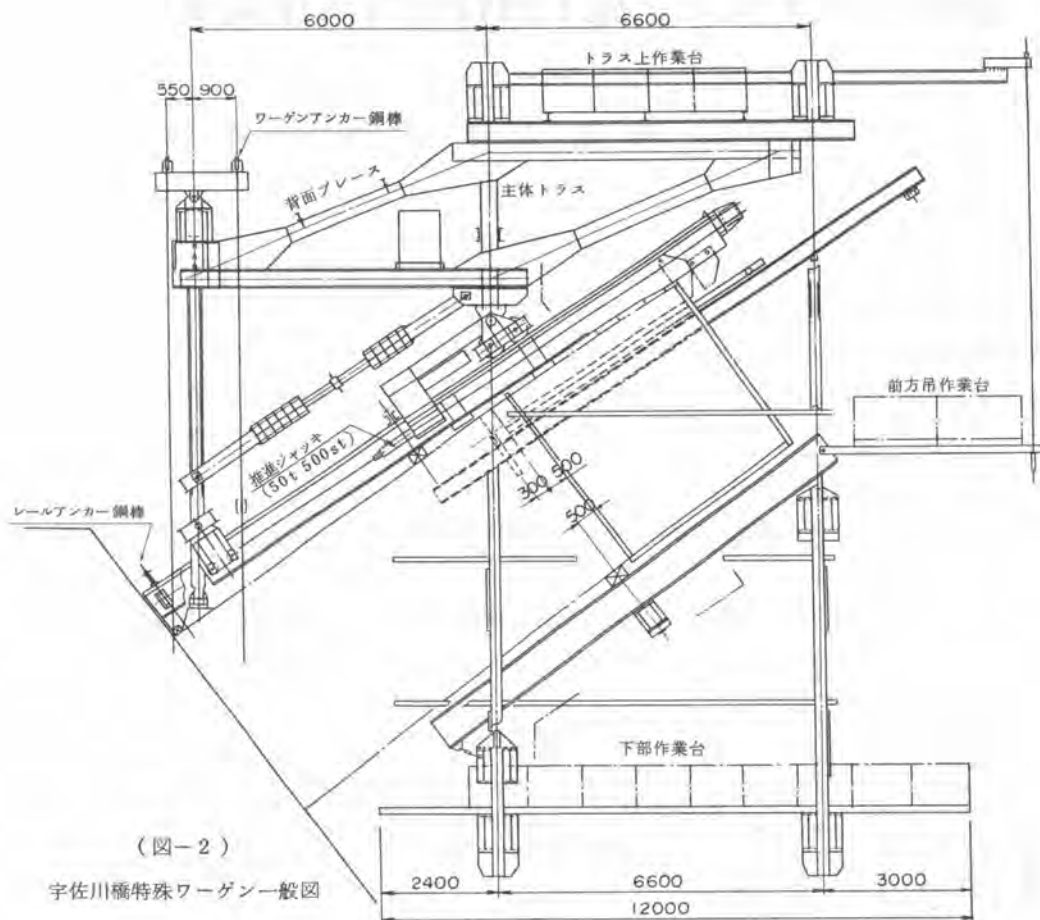
（図-1）宇佐川橋一般図

（表-1）宇佐川橋概要

位 置	山口県玖珂郡錦町大字宇佐
橋 格	一等橋（TT-43）
橋長及支間割	Aライン 332.50m = 4@16.50m + 16.00m + 1.00m + 17.50m + 4@18.00m + 51.00m + 4@18.00m + 2@18.50m
幅 員	Aライン 9.25m
	Bライン 同上
構造形式	上部工 RC固定アーチ（スパン204m）
	下部工 箱式橋台2基，直接基礎3基， アーチアバット直接基礎2基
工 法	ピロン・メラン併用法
工 期	自昭和54年10月至昭和57年11月
工 費	約52億（取付道，本線土工一部含む）

断面図





(表-2) 特殊ワーゲン仕様表

ワーゲン能力	800 t <sub>m</sub>	ワーゲン重量	250 t
傾斜角度	35°19'~0°	メインジャッキ	220 t×4台
打設ブロック長	4.0 m	前進装置	60 t 油圧ジャッキ 4台
桁高	4.4~3.6 m	油圧ポンプ	5.5 KW電動式 2台
桁幅員	17.8 m	レベル調整	ピン差替及びターンバックル調整

### 3. 特殊ワーゲン開発についての問題点

- イ) 傾斜面が非常に急勾配でありその変化量が大きい。
- ロ) ワーゲン本体は作業性のため、常にレベルでセットさせなければならない。
- ハ) 前進移動作業は安全に確実に、1日の所定時間内で行わねばならない。
- ニ) ワーゲン全体は重量が大きく大構造物であり、傾斜面での後退力が非常に大きい。

これらの問題について我々は過去に実施してきたアーチ橋の施工例から、あらゆる角度の検討を加え新しい方式による前進装置及びワーゲンレベル調整装置を開発した。表-3に今までのコンクリートアーチ橋施工例を示す。

(表-3) 日本に於けるアーチ施工例

	施 主	スパン(M)	ライズ(M)	形 式	施 工
外 津 橋	佐賀県	170	26.5	2ヒンジアーチ	47.4 ~ 49.4
帝 釈 橋	日本道路公団	145	30	固定アーチ	49.11 ~ 53.10
赤谷川橋梁	日本鉄道建設公団	116	29.2	固定アーチ	51.4 ~ 54.2
宇 佐 川 橋	日本道路公団	204	$\frac{38.677}{20.677}$	固定アーチ	54.10 ~ 57.11

## 4. 特殊ワーゲンの前進方法

## a) ワーゲンの前進装置 (図-3)

傾斜面上で先端にストッパーのついたレールを置き、その上にワーゲンを組み、ワーゲンの本体に連結した推進フレームにセットされた推進ジャッキ ①でレールに固定してある推進鋼棒 ②を支持させることにより、自重で落下しようとする荷重は桁の前面のコンクリート面で全て支持させたものである。この方式では推進ジャッキの作動によりワーゲン本体は推進ジャッキを介して、レールと平行に押し上げられていくため、非常にスムーズな動作となる。

また、傾斜角度の変化にはワーゲン本体 ③と前車輪フレーム④がピン⑤で結合されており、レールの傾斜角の変化に対応できる。

なお、万一推進ジャッキが破損したり、推進鋼棒の破断などに対する落下防止として8本の32φゲビンデ鋼棒を安全鋼棒としてセットし、推進ジャッキの動きとともに常にナットをしめておくようにし、万一のときの安全装置とした。

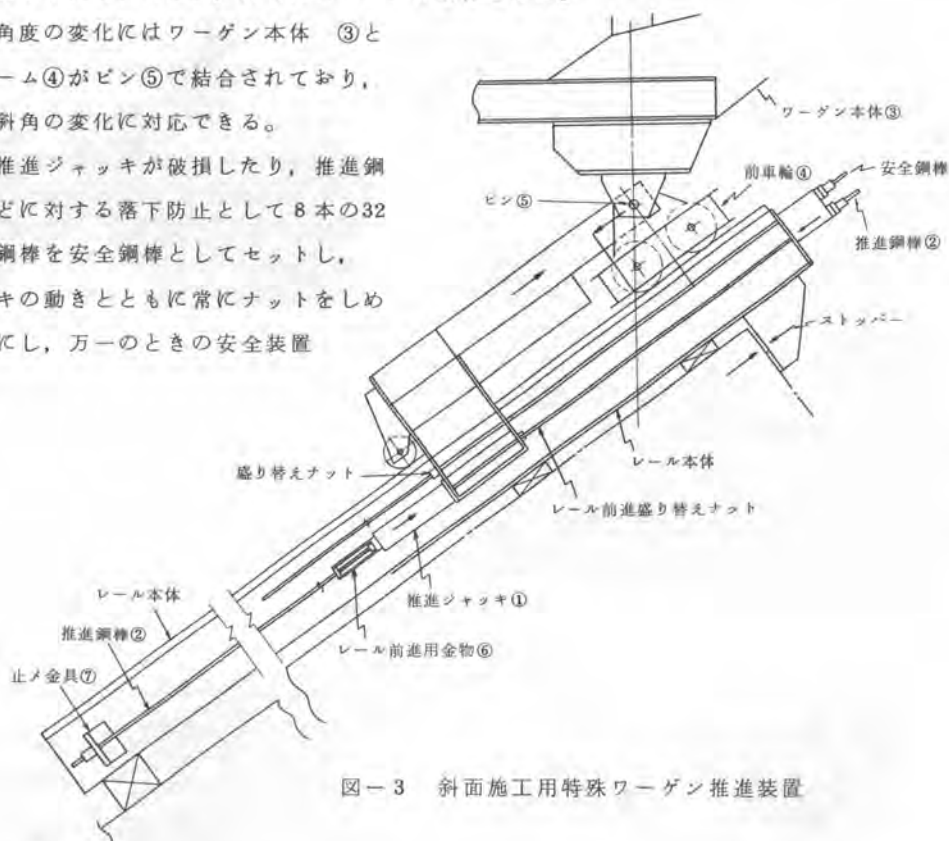


図-3 斜面施工用特殊ワーゲン推進装置

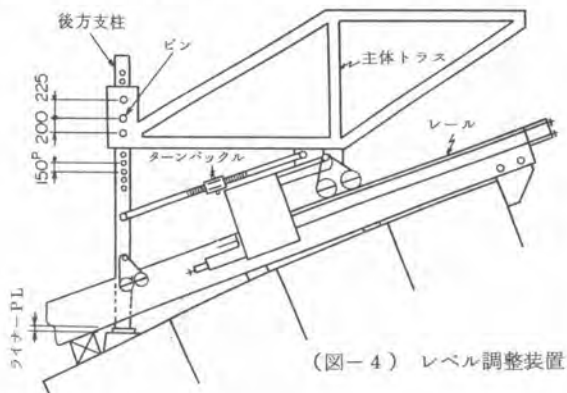
## b) レール前進装置

レール自重は約11tあり、これを36°の傾斜面上で引き上げセットする作業は困難を極めるので、ワーゲン本体の前進と逆に推進ジャッキの戻し側油圧力を利用してレールを前進させる方法を採用した。推進ジャッキのラム先端にレール前進用金具⑥を取付け、レール後部に止め金具⑦を設け、推進鋼棒②をレール後部まで延長し、ジャッキ戻してレールを前進させた。(図-3)

## 5. 特殊ワーゲンのレベル調整装置

傾斜面角度は1ブロック毎に変化するため、その都度ワーゲンのレベルを調整しなければならない。これは後方支柱に一定間隔でピン孔をあけ、ワーゲンフレーム側に後方支柱孔と異った間隔でピン孔を3ヶ所あけ、実際の変化高に最も近い位置にピンを差込みセットすることで調整するようにした。この方法により最小25mmの高さまで調整することができたが、それ以下は後方支柱の下のライナープレートの厚みを変えることで更に微調整するようにした。

また、後方支柱とワーゲン本体フレームとはターンバックル斜材で連結させ、ワーゲン前進させる前に後方支柱の角度変化分をターンバックルを回転させ調整しておき、前進後に後方支柱の垂直度とワーゲン全体のレベルを保持させるようにした。(図-4 写真-1)



(図-4) レベル調整装置



写真-1 特殊ワーゲン組立時

## 6. あとがき

宇佐川橋アーチリング部を以上述べたような特殊ワーゲンで施工した結果、所定の移動時間内で納まり、安全でまたスムーズな操作ができ、好成績を取めた。施工時の全体及び前進装置を写真-② 写真-③に示す。

以上アーチリング施工の架設作業車の開発について述べたが、今後は更に安全性の向上、省力化を進め、より容易なアーチリングの施工が可能となるようなシステムの研究を行っていきたい。最後に、宇佐川橋施工にあたり、多大なご指導、ご協力を頂いた関係各位に対し厚くお礼申し上げます。



写真-2 宇佐川橋施工中



写真-3 特殊ワーゲン組立正面

# 23. 大口径(11.22mΦ)泥水加圧シールドの概要

日立造船(株) 平田 昌三

## 1. まえがき

泥水加圧シールドとしては世界最大口径の11.22mのシールドが、本年8月に延長1,280mの貯水トンネルを大阪市の都市計画道路・木津川～平野線の地下22mに掘り終えた。この地下トンネルは大阪市南東部を浸水のない住みよい街とするために、都市河川緊急整備事業の一環として豪雨時に雨水を一時貯留するのに使用される。

このシールドは、大口径で大負荷のもとで洪積粘性土、洪積砂礫質土を掘削するため、マシンの製作、運搬、組立が容易で、かつ精度の確保できる新構造を採用し、耐久性、保守性にすぐれた新技術が適用されている。

本文は、シールドマシンの耐久性・信頼性を確保した新構造、新技術を紹介するものである。

## 2. 施工条件、機械仕様

シールドの工場完成状態を写真-1に示し、図-1にその断面を示す。

### (1) 施工条件

土被り：22～23m，地下水：0L-4m

施工延長：1,280m

曲線：R=600m×2，R=200m×1

セグメント：外径 $\phi$ 11.0m×50cm厚

土質：洪積粘性土（N値20以上）

洪積砂質土（N値50以上）

洪積砂礫質土（ $\phi$ ）

### (2) マシン仕様、能力

表-1に示す。

### (3) マシンの特長

カッタの軸受構造は、高トルク、高推力に有利な円筒コロ軸受の2点支持方式を採用

カッタの回転土砂シールは、高水圧保持性に優れた高圧リップシールのカセット式シールボックス構造の採用

カッタビットは耐摩耗性にすぐれたスーパービットの採用



写真-1  $\phi$ 11.22mシールド外観

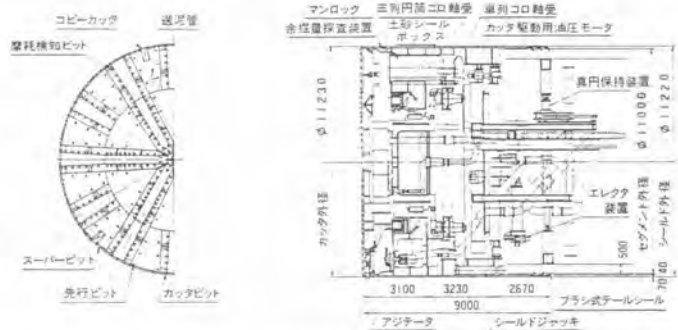


図-1  $\phi$ 11.22m 泥水加圧シールド全体図

表-1 マシンの仕様、能力

シールド仕様		エレクタ仕様		カッタ仕様		アジテータ仕様	
外径	φ11220mm	吊上げ力	23 TON	カッタトルク	2130t・m	掘削機	φ1200mm 4台
機長	3000mm	押込力	34 TON	カッタ回転数	0.45 rpm	回転数	50rpm
掘進速度	3.9cm/min	掘削速度	0-0.7rpm	駆動用油圧モータ	8t・m×210kgf/cm <sup>2</sup> 18台	トルク	800 kgf・m
総推力	10800 TON-f	加圧用油圧モータ	1000kgf・m×210kgf/cm <sup>2</sup> 4台	コピカッタ	30t×1000t×250kgf/cm <sup>2</sup> 3本	駆動用油圧モータ	800kgf・m×210kgf/cm <sup>2</sup> 4台
単位掘削力	109.2tf/m <sup>2</sup>	押込ジャッキ	17t×200t×140kgf/cm <sup>2</sup> 2本	油圧ポンプ	180l/min×210kgf/cm <sup>2</sup> 18台	油圧ポンプ	132l/min×210kgf/cm <sup>2</sup> 4台
シールドジャッキ	300t×1200t×330kgf/cm <sup>2</sup> 3本	スライドジャッキ	17t×400t×140kgf/cm <sup>2</sup> 本	電動機	75kW×4P×60Hz 18台	電動機	55kW×4P×50Hz 4台
油圧ポンプ	70l/min×300kgf/cm <sup>2</sup> 2台	油圧ポンプ	180l/min×210kgf/cm <sup>2</sup> 1台	油タンク	6000ℓ	油タンク	シールドジャッキ用専用
電動機	45kW×4P×60Hz 2台	電動機	75kW×4P×60Hz 1台				
油タンク	4000ℓ	油タンク	シールドジャッキ用専用				

切羽の余掘・崩壊を早期に発見する余掘量探査装置の採用

掘削施工管理はコンピュータを用

いたリアルタイム情報処理システムの採用

ビットの摩耗検知、マシン要素の運転状況の予防保全システムの採用

3. 新構造

(1) カッタの支持構造

カッタ支持構造には、(I)センターシャフト方式、(II)周辺支持方式、(III)中間支持方式などがある。表-2に、これらをφ10m以上のシールドについて比較を示す。

カッタ支持構造は、大形で高負荷に耐えるものとするため、中間支持方式を採用し、さらに、バルクヘッドも一体で回転する中空軸回転方式とした。

中空軸回転方式で、バルクヘッドが一体で回転すると、中心部バルクヘッドとカッタ回転部との間の回転土砂シールが不必要になり、それだけ信頼性が向上し、バルクヘッドに作用する水圧をスラスト軸受で集中的に支持することができる。

(2) カッタ軸受構造

カッタ軸受構造の比較を表-3に示す。カッタ軸受構造は高負荷を安全に精度よく支持するために、特殊円筒コロ軸受を2個使用した2点支持方式を採用した。1個は前後方向のスラスト荷重とラジアル荷重を、他の1個はラジアル荷重を支持し、大形のカタを堅固に精度よく支持できる。

一般のラジアルメタル軸受とスラストロー軸受方式を本シールドに採用した場合と、特殊円筒コロ軸受を採用した場合との比較では、特殊円筒コロ軸受は、軸受スキマが微小となるため、カッタの芯振れ量は約1/50程度となり、カッタが高精度で円滑に回転できることになる。

表-2 超大口径シールドのカッター支持構造の適用性

	センターシャフト方式	周辺支持方式	中間支持方式
形式			
構造面	○軸の曲げや傾り、センターシャフトの剛性等で構造的問題が多い。	○回転軸受部の直径が大きくなり、軸受部のオリフィングや受部に伴う土砂シールへの影響が大。 ○分割数が多く、現地組立における高精度確保が難しい。	○従来のφ7m級の周辺支持構造で、かつセンターシャフト方式の構造を有し、軸受構造、シールド構造とも信頼性が高い。

表-3 超大口径シールドの軸受構造の比較

	スベリ軸受	スベリ軸受・ロー軸受組合せ	ころがり軸受(並列コロ軸受)
構造			
材料	焼結合金材料 (オイルレス・バッドメタル)	オイルレス・バッドメタル	鋼
加工		ロータ及び軸受鋼、合金鋼軸(オイルレスメタル)	鋼
特徴	大荷重・衝撃荷重に適し、一般にころがり軸受よりも許容負荷は高い。	ラジアル軸受は、左記と同様であるが、スラスト荷重を複数の単体ロー軸受で支持するため、荷重を均等に分散させる必要がある。	並列のコロ軸受は、衝撃荷重下でやがやがるが、それぞれの荷重に対応する3列のコロ軸受を組合せた並列コロ軸受は、大荷重にも耐える。
備考		オイルレス・バッドメタル	○高減速・ブローム軸受用 ○コ保持器; 高力鋼

(3) カッタ回転部の土砂シール

回転部の土砂シールは、マシンの大形化、高水圧、長距離掘削に対して信頼性・耐久性を確保するために、比較的小径の1ヶ所集中型で、プリアSEMBリー方式のシールボックス構造とした。

シールドは、ウレタンゴム製の高圧多段リップシールを、断面が凹凸のはめこみ式のシールボックスに複数段装備し、シールド全幅（シールド段数の全幅）を変えることなく、コンパクトに配置でき、マシン全体の構造がブロック化組立の可能なものとなった。（図-2 参照）

新形式のシールド構造では、(1)リップシール装置面及び摺動面の機械加工精度が向上し、(2)取付、組立等の芯出し作業が容易で組合せ精度が高く、(3)小スペース、小断面でシールド装備段数が多くでき、(4)潤滑管理が向上するなど、耐久性、信頼性の高いものとなっている。

(4) 分割構造

シールド本体及び後方設備を含めた総重量約1,650 tonを製作、運搬、現地組立を考慮して45 ton以下に分割し、総数72ブロックで運搬した。

図-3にシールド本体の主要構造の分割構造を示す。密閉機械掘りシールドの心臓部を構成する軸受と回転部の土砂シールドは、相互に関連性があり、軸受の性能を発揮させるためには、土砂シールドが完全に泥水や土砂の浸入を防止しなければならない。最適な土砂シールドを採用しても軸受の回転精度が維持されなければシールド性能が発揮されないことになる。

回転部の組立精度を確保するために、軸受及びシールドはできるだけ一体構造で組立てるように小形で強固な構造とした。さらに軸受と回転土砂シールドは共通の軸受ブロックで一体化して組立てる新しい構造を採用した。

組立接合面は機械加工をし、ボルト接合した組立精度の向上、組立工程の短縮、作業の安全性の確保などを目的として、大形工作機械を駆使したブロック組立方式を採用した。

接合ボルトは油圧式プリテンション治具を用いて、規定の張力が発生するように品質管理されている。

(5) 耐久性のある構造

長距離掘削できるように、耐久性のある構造を採用している。

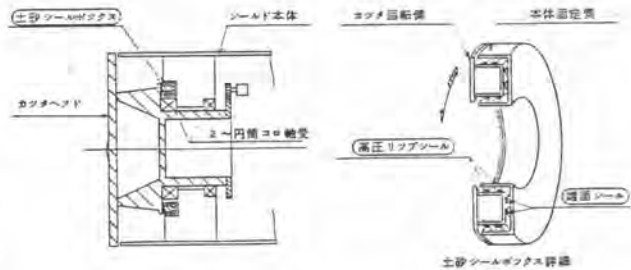


図-2 カッタ回転部の土砂シールド

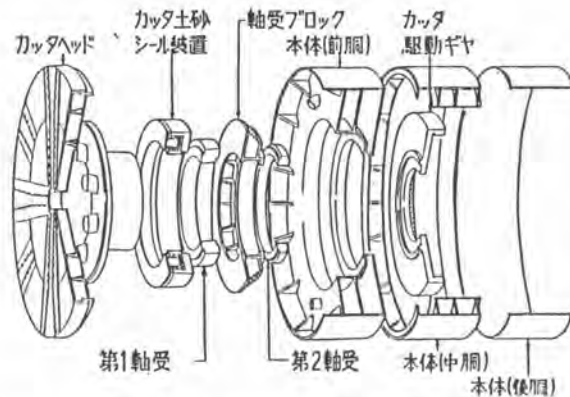


図-3 シールドの分割構造

カッタビットの配置は、洪積粘性土、砂質土、砂礫質土など硬い地山を掘削するために、慎重に検討した。

普通ビットの配置は次のように3段階に、切削摺動距離に応じて分類した。

外周部 ( $D \sim 0.63D$ ) : 4条切削

中央部 ( $0.63D \sim 0.35D$ ) : 3条切削

中心部 ( $0.35D$ 以内) : 2条切削

但し  $D$  : シールド外径

カッタ最外周部には、オール超硬合金のスーパービットを24個配置し、耐摩性の向上を図った。

カッタの外周面には、カッタヘッドの摩耗対策用の埋込ビットを取付けた。

先行ビットを普通ビットに先行して配置し、普通ビットの耐久性の向上を図った。

機械要素の耐久性を考慮して、軸受及び回転部土砂シールの給油状態、運転状態がチェックできる構造を採用し、耐久性維持にも配慮した。カッタヘッド駆動部には熱処理したベニオンとギヤーを用いたトルクを円滑に伝達するようにした。

#### 4. 新技術

シールドの機能、性能を支配する機械要素

の異常や掘削地山の異常を早期にキャッチし、迅速に対応できる予防保全技術を取入れ、検知の自動化とフィードバックシステム化を図った。(表-4 参照)

(1)カッタビットの摩耗検知として、ビットの摩耗量を3段階(5割, 10割, 15割)に検知し、取替時期を予知する。

(2)軸受の異常検知として、軸受の給油溜めに温度センサーを取付け、給油温度の急変をキャッチし、給油不足や過負荷運転を把握する。

(3)回転土砂シールの異常検知として、リップシールの潤滑油の温度を検知する温度センサーにより、シールの給油、運転状態を検知する。




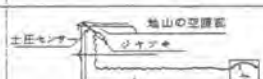

(4)地山余掘量検知として シールドクラウン部にセンサーを設け、崩落空隙量を探查する。

(5)カッタ前面の異常土圧検知として、カッタの回転時の土圧変化で地山土圧の異常をキャッチする。

#### 5. あとがき

掘削が完了した段階で、設計時の各構造・技術を見ると、なかには、不必要なもの、不完全なものが見受けられるが、設計検討が妥当であったと思っている。性能については、所期の能力を発揮し満足すべき評価を得ている。このシールドの新構造は、さらに13m~16mクラスに展開が可能なることが明らかになった。最後に、種々ご指導、ご助言をいただいた関係各位に感謝の意を表します。

表-4 異常検知装置

項目	説明	簡図
カッタビットの摩耗検知	ビットの内部に電圧センサーを組み、電圧値でビットの摩耗割合を3段階に表示した。	
軸受の異常検知	軸受に温度センサーを取付け、温度の急変で過負荷運転や、給油不足を把握する。	
土砂シールの異常検知	リップシールに温度センサーを組み、シールの潤滑油温度をコンピュータに送り、温度低下で泥水の浸入をキャッチする。	
地山の余掘量検査	シールド本体から地山に土圧センサーをジョッキで押し出し、土圧変化とストロークで、地山の空掘量を探索する。	
カッタ前面の異常土圧検知	カッタ前面に土圧センサーを取付け、カッタ回転時の土圧変化で異常負荷をキャッチする。	



# 24. 気泡シールド工法と施工例

(株)大林組 \*羽生田 吉也・藤原 紀夫

## 1. まえがき

気泡シールド工法とは、土圧系シールドにおいて、気泡を土圧室に注入しながら掘進する工法である。従来、土圧系シールドの施工の際に、砂質土や粘着性土質が土圧室に閉塞して掘進が不能に陥ることがあった。また、地下水位が高い砂、れき層ではスクリューコンベアから土砂の噴発を起こすことがあって、切羽の圧力保持は困難となり、地山の崩壊をきたすことがあった。これらの問題を解決する方法として、掘削土砂に気泡を混入して適度な流動性と止水性を与えて土圧管理によるシールド掘進をスムーズに行なう本工法を開発した。使用する気泡は起泡剤の水溶液を圧縮空気で10～30倍に発泡したもので、使用材料は少量で済み、排出土に対する後処理も軽微であるなどの特長を有する。

以下、気泡シールド工法と2,3の施工例について述べる。

## 2. 気泡シールド工法

### 2.1 気泡と作成方法

気泡は、圧縮空気とDOフォームと称する起泡剤の水溶液とを発泡器に圧送して作られる。この2つの流量比を気液混合比



図-1 気泡の作成過程と材料配合例

(K)と呼ぶ。一般に $K=15\sim 25$ でシエビングクリーム様の緻密な気泡ができる。気泡は空気に近い圧縮、膨張性を有するため、体積を標準状態で表示する(図-1参照)。

### 2.2 気泡土と気泡混合率の設定方法

土砂に対する気泡の使用割合は、体積比をとって気泡混合率( $\lambda$ )と称し、できる混合土砂を気泡土と呼ぶ。室内および現場実験から求めた実用的な $\lambda$ の値は、砂レキ、砂、シルト、粘土について、それぞれ60～100%、45～85%、25～65%、15～55%

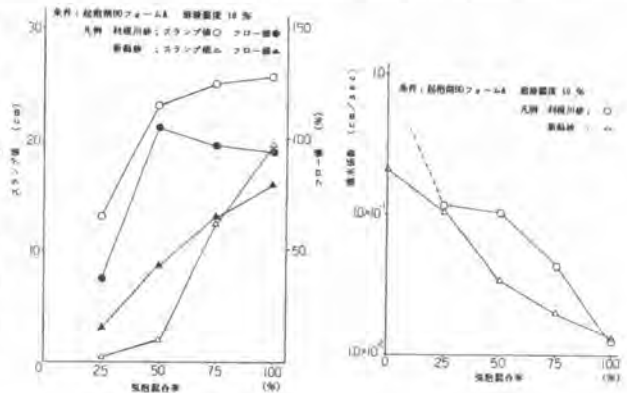


図-2 気泡土の性状

である。土圧室内の掘削土の間隙率 $n$ (%)、設定圧力 $P_e$ から間隙を満たすに必要な理論上の気泡混合率は、 $\lambda = \eta(1+K) \cdot n / (1+K/(P_e+1))$ (%)で与えられる。ここで、 $\eta$ は注入効率である。図-2は、砂に気泡を加えて十分に攪拌、混合した気泡土の流動性と止水性を示している。

### 2.3 シールド掘進と気泡注入

シールド掘進時には、土圧室内に設ける土圧計の指示値を一定範囲に管理する方法をとる。注入された気泡が土塊ないし土粒子間や土砂とシールドマシンとの接触部分に入るため、土砂のせん断力および機械部分との摩擦抵抗が減じて、掘削土の流れは良好になって機械への負荷も軽減する。また、

土田計周辺への土砂の圧密付着やアーチング作用を発生しにくく、  
 土田計への信頼性は高まる。さらに、土田室における土砂の出入  
 量バランスが多少崩れた場合にも、気泡の高い圧縮・膨張性によ  
 って切羽への影響を緩和する。この様に、土田管理により極めてス  
 ムーズなシールド掘進ができる。滞水砂レキ層の掘進では、(水圧)  
 $+0.2 \sim 0.3 \text{ kgf/cm}^2$ 程で注入すると気泡が砂レキ内に浸透する。この  
 際写真-1に示す模型実験からも明らかな様に、被圧水と接した気  
 泡は消泡して圧縮空気が残り、気泡に先行して切羽に浸透して部  
 分圧氣的な止水効果も呈する。



写真-1 模型止水実験

### 2.4 排土の処理

DOフォームには、排水基準に示される特殊項目および健康項目に  
 係る有害物質が含まれていない。また、有機物が土砂中のバクテリ  
 アによって短期間のうちに無機化するなど、生分解性が良い。また、  
 気泡の主材料が空気で、水分は土砂 1 m<sup>3</sup>当り 50 L 以下と少ないので坑外への土砂搬出時あるいは土捨  
 場で 1 日経過後には、自然に消泡する。気泡単体では、1~2 時間野外に置くと溶液に戻る。即時に  
 消泡させるには、気泡ないし気泡土に消泡材を噴霧する方法もある。

### 3. 施工例

基礎実験および推進実験などで気泡注入  
 効果を確認の後、<sup>1)</sup>気泡シールド工法を現場  
 に適用した。<sup>2),3),4)</sup>表-1に、3つの施工例につ  
 いての概要を示す。施工例Ⅰでは、土田管  
 理による掘進を実証でき、施工例Ⅱでは、  
 気泡の部分圧気効果により滞水砂レキ層を  
 掘進時に噴発防止ができた。施工例Ⅲでは、  
 カッタートルクの軽減により掘進速度を数倍  
 に改善できた。図-3には、各現場の排土  
 土について粒度分析した結果を示す。

#### 3.1 施工例Ⅰ

当現場で行なったシールド工事は、下水  
 道幹線用トンネル工事で、切羽土質がN値  
 30前後の固結した地盤を掘削した。

気泡の注入が無い場合には、土田室内に  
 土砂を充填すると、カッタートルクが過大と  
 なって掘進は不可能であった。このために

施 工 例 区 分	施 工 例 Ⅰ	施 工 例 Ⅱ	施 工 例 Ⅲ
工 事 種 別	S. 53.6~57.3	S. 55.10~57.12	S. 53.9~60.7
仕上り径/シールド外径 mm	1800/2070	1850/2100	1800/1920
地 盤 性 状	砂質土、粘性土との 互層: 8~20	上部25%層水砂レキ層、 下部: 砂質粘土層 40~20	砂質シルト層、シルト質粘土層 D=0.75mm, 4=3~5, 潜水層厚 70~100 1/m
土田リブ地下水位 (m)	7~10/0.1~1.2	8~11/0.1~2.5	4.5~8.2/0.1~2.8
シ ル ド 管 材 種 別	キャベット支持方式 カッタートルク(1t・m) ( $\alpha$ )	中環フレーム型 36 ( $\alpha=2.38$ )	中環フレーム型 36 Ca ( $\alpha=1.58$ )
シ ル ド 管 材 種 別	スティロコンヘア 巻 520 $\phi$ ×330mm 25, 300/76	300 $\phi$ ×420mm	リザンスタリ 235 $\phi$ ×290mm, 4, 6m/76
土 の 割 の 排 土 機 種	ゾートジョッキ ロータリーフィーダ材	ゾートジョッキ	ゾートジョッキ
適用 DO フォーム	A: 10% 固結 (40%) ~ 40%	A: 10% 固結 (40%) ~ 40%	D: 2.5% 固結 D: 2.5% 固結
気 泡 注 入 仕 方	注入圧 (kgf/cm <sup>2</sup> ) 0.3~3.0	0.5	0.5
注 入 速 度	0.3~0.75	0.2~1.0	0.1~1.0
排 土 機 種	ゾート 3本軸	ゾート 3本軸	ゾート 3本軸
気 泡 注 入 の 注 意 点	適用前に 20m/s 未満が 40m/s 以下で、安全 な 1 圧縮による掘進は 20m/s 時に実施。	1.5 ~ 30m/s	適用前 30m/s を 100m/s 以下で実施。
注 意 点	適用前には装置が、30 m/s に達してファン回転 が起ったが、安全に能力 以下で掘進できた。	11 ~ 34 1/m	100m/s で装置が、30 m/s の 100% を記録 し、掘進可能になった。
注 意 点	粘性土がズリロ、ゾ ートに付着することなく掘 進可能。	地盤による土砂の噴発を 防止し、切羽の安定取 組を確保することができた。	粘性土の付着が全く発 生せず、掘進も良好。
注 意 点	粘性土がズリロ、ゾ ートに付着することなく掘 進可能。	粘性土の付着が全く発 生せず、掘進も良好。	土田を一定保持でき、 土田の崩壊も良好であ った。
注 意 点	カット 2~5m、1 日 経過後が再掘進になる。	カット 2~5m、1 日 経過後が再掘進になる。	カット 2~5m、1 日 経過後が再掘進になる。

表-1 施工例の概要

掘進中は土田管理ができず、各リングの終了の間際に、土砂を充填させて切羽土田に対抗させていた。  
 掘進速度は、最大で 2 cm/min 以下と低く、粘性土の付着による排土系統のトラブルも見られた。

気泡の注入をおこなった場合には、気泡混合率  $\lambda=60\%$  で毎分  $2\text{ cm}$  の速度で掘進すると、土圧を制御目標範囲  $0.5\pm 0.1\text{ kgf/cm}^2$  以内にほぼ納めることができた(図-4参照)。 $3\text{ cm/min}$  にすると、土圧  $0.5\text{ kgf/cm}^2$  を維持することが困難となり、 $4\text{ cm/min}$  ではカッタートルクが大となって小停止が発生したが土圧は  $0.1\sim 0.2\text{ kgf/cm}^2$  以上に管理できた。

以上で述べたケースの気泡注入は、土室内の外周位置から行なったが、スクリュコンベアに近い隔壁部などからの注入は効果が少なかった。他方、ベルトコンベア、底開き型のズリ鋼車、ホッパなどへの土砂の付着が発生しなくなり、排土上のトラブルが解消された。

### 3.2 施工例Ⅱ

切羽の土質は、上部に人頭大の玉石を含む滞水砂レキ層、下部はN値30以上の砂質泥岩層である。気泡の注入前には、土砂が流動性過剰となって泥土状態で噴出したため、排土口のゲートバルブの開閉を繰り返して対処していた。バルブの開放毎に土砂が噴出して土圧は零を示した。土砂のスランプは  $25\text{ cm}$ 、掘進速度も  $1\text{ cm/min}$  以下となった。気泡の注入後は、排出土砂のスランプが  $5\sim 8\text{ cm}$  に納まった。土圧の下限も  $0.2\sim 0.3\text{ kgf/cm}^2$  以上に押えることができた。土室内は部分圧気状態にあり、土砂に混って空気が時々、流出した。カッタートルクの軽減は少なく、被圧水により消泡が進み、圧縮空気による効果が顕著になったものと考えられる。



写真-2 排土状況 (施工例Ⅰ)

### 3.3 施工例Ⅲ

現場は、“自噴帯”と呼ばれる自噴性被圧地下水の広く分布する所である。地山の土質は、粘着力  $c > 0.7\text{ kgf/cm}^2$  の粘性土が主で、一部に砂あ



図-5 シールド掘進機 (施工例Ⅲ)

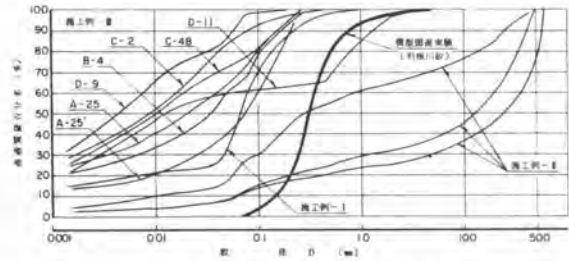


図-3 排出土の粒度組成

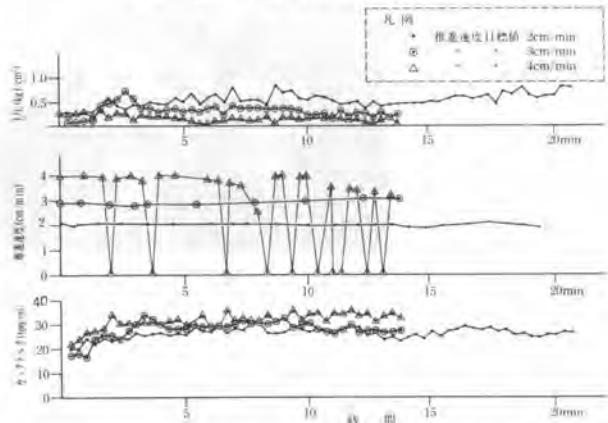


図-4 掘進記録 (施工例Ⅰ)

るいは5~10 mmの豆砂利状のレキが混入する。施工延長は624mで、これを4区間に分けて土圧セミシールド工法で施工した。最初の区間では無注入で掘進を開始したが、土砂の取込みが悪くなり、途中から注水をおこなった。しかし、20~25本付近になると半日に15cm程の掘進状態となった。そこで気泡シールド工法を適用したところ、推進速度は7~9cm/minとなり、排土作業もスムーズになった(図-6参照)。他区間でも、気泡を使用して、良好な結果が得られた。<sup>5)</sup>



写真-3 坑外搬出後の土砂(施工例Ⅲ)

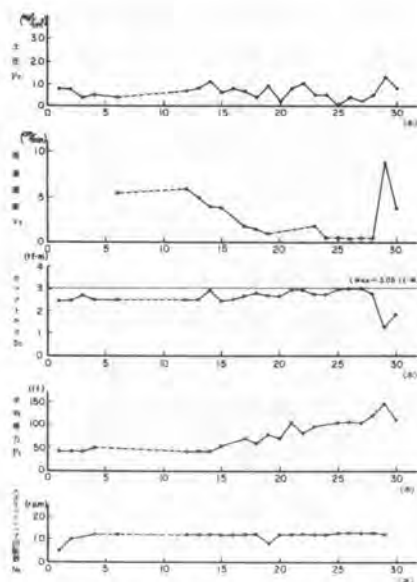


図-6 掘進記録(施工例Ⅲ)

#### 4. 考察

各施工例で用いたシールドマシンは、気泡シールド工法向けに設計されたものではなく、最少限の改造を加えて気泡を適用した。施工例Ⅱでは湧水量が多く、気泡消滅後の部分圧的効果が目立った。空気の排出を少なく押えて切羽の水を後退させる事ができれば、気泡により土砂の流動性を向上できマシン負荷を軽減できるものと思われる。各現場における排土は無処理で建設残土として処分できた。特に、施工例Ⅰでは、スランプ3~5cmの他に局部的に10cm程度のものも見られたが、土捨て場に1日放置しただけで人が上に乗れる程になった。いづれの現場においても、排土のスランプは、室内で完全に気泡を混合、攪拌した気泡土と較べて低く、気泡の存在を確認するのが困難な時もあった。この土圧室内における消泡は、カットトルクの軽減を損なう程でない限り、排土処理から見ると都合の良い現象である。

#### 5. あとがき

気泡シールド工法は、昭和56年以来、数現場に適用された。気泡の使用によって性状の異なる土質を同様に取扱うことができ、土圧系シールドの原理に沿ったスムーズな掘進を実現できた。安定した掘削が可能なることから、自動掘進への道も開けたと言える。今後、シールドマシン形状、気泡注入方法などについての研究を深めていくつもりである。

最後に、気泡シールド工法の施工にあたり、現場関係者の御協力を戴いたことを記して、感謝いたします。

#### 参考文献

- 1) 斎藤, 藤原, 羽生田, 山下: 土圧型シールドにおける気泡混入により掘削土の流動性を高める推進実験, 大林組技術研究所報, №21, (1980)
- 2) 藤原, 羽生田, 山下: 気泡シールドの現場実験について, 土木学会第36回年次学術講演会講演概要集, (昭和56.10)
- 3) 斎藤, 藤原, 羽生田, 山下: 気泡シールド工法に関する現場実験(その1), 大林組技術研究所報, №24, (1982), pp.97~pp.101
- 4) 藤原, 羽生田, 山下, 山本, 小坂: 気泡シールドの現場適用実験について, 第17回土質工学研究発表会, (昭和57.6)
- 5) 上田, 藤原, 羽生田, 山田: 気泡シールド工法による下水道工事, 建設の機械化, (昭和58.8)

## 25. 半機械掘り自走シールドの開発

(株)大林組・日産建設(株)JV 岡田昇三  
日立建機(株) 太田誠  
水谷努

### 1. まえがき

近年シールドは、安全性、信頼性、施工性という性能面での技術開発が急ピッチで進められているが、さらに広範囲な土質条件に対しても適用の拡大が進められている。中でも、一軸圧縮強度が50～100 kgf/cm<sup>2</sup>程度の土質に対しては、従来半機械掘りシールドあるいは、オープン型の機械掘りシールドで施工が考えられていたが、地山が自立する場合に硬岩トンネルにおけるトンネルボーリングマシン（TBM）の自走のシステムを応用できないかという要望が高まっていた。

今回、仙台市交通局殿よりの仕様に基づき、仙台式軟岩用シールド—半機械掘り自走シールド—の開発を行なった。本機は、施工の大半をTBMのようにグリッパを地山に押し付けることにより、直接地山に反力をとって前進する自走方式と、初期発進および地山の悪い部分をセグメントを使用して前進するセグメント方式とを併用できるようにした、まったく新しいタイプのシールドである。また、切羽の掘削は、回転式のロードヘッダ掘削機により行ない、掘削した土砂はギャザリングアーム式の積込機により後方へ搬出される。

本機は現地へ投入後、順調な稼働を続けているので、ここに詳細を報告する。

図-1は、本機の全体図とその仕様である。

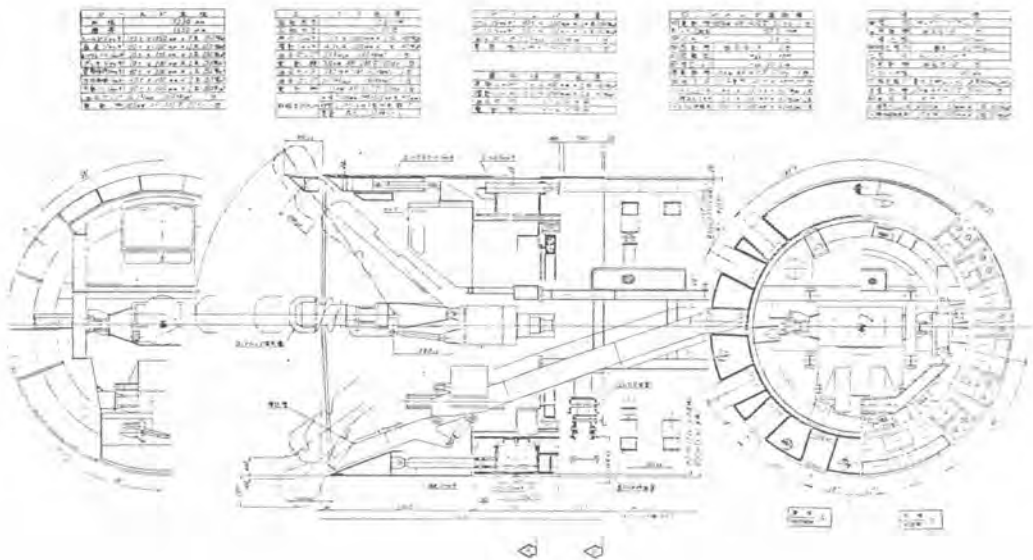


図-1 半機械掘り自走シールド全体図

## 2. 自走方式

### (1) 自走方式の作動

図-2に自走方式の作動図を示す。

作動を順を追って説明すると次のようになる。

- ① グリップジャッキを伸して、グリッパシューを地山に押し付ける。

この結果、グリッパシューが地山に固定される。

- ② グリッパシューを地山に押し付けたままの状態、自走ジャッキを伸す。

この結果、シールド本体が自走ジャッキのストローク分だけ前進する。

- ③ グリップジャッキを縮めて、グリッパシューを地山から切離す。この時、シールド本体とグリッパリングとは、芯出し装置により同芯度を保つようにする。

- ④ 自走ジャッキを縮めて、グリッパリングをシールド本体側に引寄せせる。ただし、この時シールド本体に装備されている姿勢保持、方向制御、可動ソリの各装置は地山に押し付けていて、シールド本体を地山に固定している。以上①～④を繰り返して、自走方式の前進を行なう。

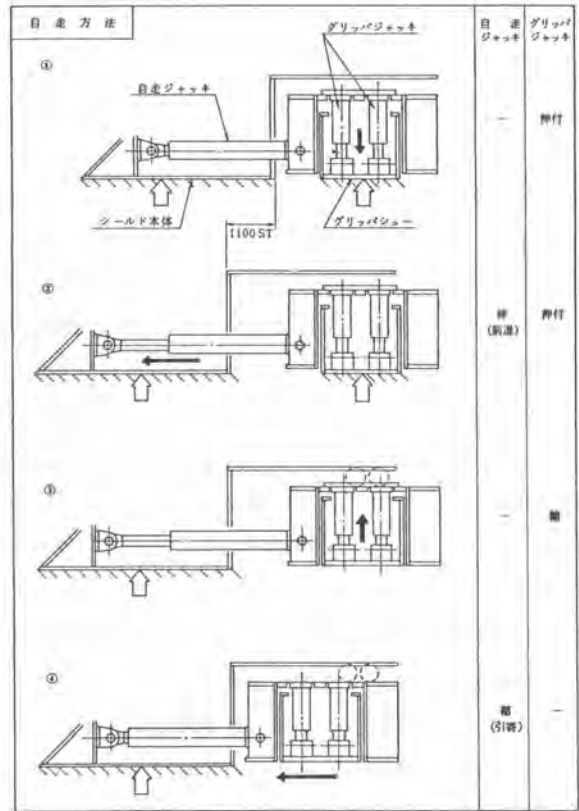


図-2 自走方式の作動図

以上①～④を繰り返して、自走方式の前進を行なう。

### (2) 自走能力の検討

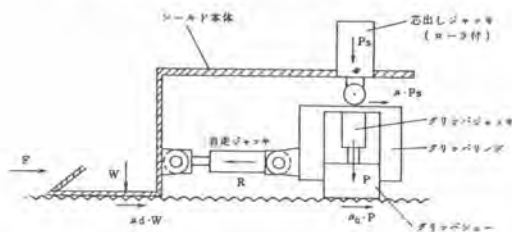
グリッパジャッキを伸してグリッパシューを地山に押し付けた状態で、シールド本体を前進させる時の自走ジャッキ1本当りの力のつりあい状態は、図-3に示す通りである。

つりあいの方程式は下記となる。

$$F + \mu_d \cdot W = R - \mu \cdot P_S \quad \dots\dots\dots (2-1)$$

$$(R - \mu \cdot P_S) \cdot f \leq \mu_G \cdot P \quad \dots\dots\dots (2-2)$$

ここで、 $f$  : 安全率



- $F$  : 前面抵抗(t)
- $W$  : グリッパ1本へのシールド自重分布(t)
- $P$  : グリッパシュー+押付力(t)  $\leq 100t$
- $R$  : 自走ジャッキ摩力(t)  $\leq 100t$
- $P_S$  : 芯出しジャッキ押付力(t)  $\leq 50t$
- $\mu_d$  : 鉄板と土のまきつ係数 [ = 0.5 - tan 26.6° ]
- $\mu_G$  : グリッパシューと土のまきつ係数 [ = 0.4 - tan 21.8° ]
- $a$  : コア付のころがりまきつ係数 [ = 0.01 - tan 0.57° ]

図-3 自走方式の荷重状態

前式(2-1), (2-2)より, 前進時の抵抗  $(F + \mu_d \cdot W)$  とグリッパの摩擦力  $(\mu_g \cdot P)$  との関係は, 下記ようになる。

$$F + \mu_d \cdot W \leq \frac{1}{f} \cdot \mu_g \cdot P \quad \dots\dots\dots (2-3)$$

今, 安全率  $f=1$  として,  $P=160t$ , および  $\mu_d, \mu_g$  の値を代入すると

$$F + 0.5W \leq 64 \quad \dots\dots\dots (2-4)$$

従って, 自走ジャッキ1本当り(即ち, グリッパシュー1基当り)の許容できる荷重  $W, F$  の条件は(2-4)式で表わされ図-4の通りとなる。

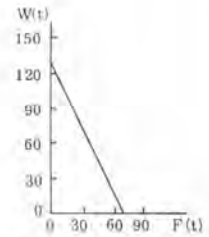


図-4 荷重  $W, F$  の条件

(3) グリッパシューの接地圧と地山の変位量

グリッパシューの見かけの接地圧  $p$  は下式となる。

$$p = \frac{P}{B \times L} \quad (t/m^2) \quad \dots\dots\dots (2-5)$$

$$= \frac{160t}{0.64m \times 1m}$$

$$= 250 (t/m^2) = 25 (kg/cm^2)$$

ただし  $\left\{ \begin{array}{l} B : \text{グリッパシュー幅} \\ L : \quad \quad \quad \text{長さ} \\ P : \quad \quad \quad \text{押付力} \end{array} \right.$

この値は, 事前の深礎井でのグリッパ模倣実験の結果から判断すると, 降伏接地圧に対して十分に安全性があり, 変位量も10mm程度と予想され, 機能上問題がない。

3. 安全装置および表示装置

本機には, 各種の安全装置および表示装置が装備されているが, 主なものを下記に示す。

(1) グリッパのスリップ防止………前述の(2-1)(2-2)式より

$$R \leq \mu_g \cdot P \quad (\because \mu_g \cdot P_s < R)$$

の関係を保っていれば, グリッパに反力をとってシールド本体を前進させる時にグリッパがスリップすることがない。従って, この関係を保つように自走ジャッキの推力  $R$  を電磁比例リリーフ弁を用いて自動的に制御している。

(2) シールド本体とグリッパリングとの同芯度を同芯度表示装置により検出し, 設定値以上に同芯度がちがってくると, 警報を発し, 自走ジャッキの動作を停止する。

(3) 芯出し装置でグリッパリングの自重を支持している時にだけ, グリッパシューが縮み動作できるようにしてシールド本体とグリッパリングとの同芯度が極端に違わないようにする。

(4) シールド本体とグリッパリングとの相対位置および各種油圧により, シールドの姿勢が不安定になる領域では警報を発する。

(5) ムーブブルフード, デッキ, 積込機等の動作表示を運転席に設けて, 掘削機との干渉を防止する。

(6) グリッパリングとエレクトタとの干渉が起らないように互にインターロックを設けた。

(7) シールド本体内にキャブを設けて, 切羽の掘削による粉じんや後方の吹付けによる粉じんからオペレータを保護する。

(8) ムーブブルフード, デッキの油圧回路に同調回路を設けて山留めを行ないながら前進できるようにする。

(9) エレクトタに旋回角度制御装置を設置し, ケーブルの破損を防止する。



写真-1 全体写真

(工場内での仮組立時の写真で自走ジャッキを伸ばし、グリッパを全数伸ばした状態)

#### 4. 稼動状況

##### (1) 施工条件

- ・ 施工場所 仙台市高速鉄道南北線愛宕橋工区
- ・ 土質 泥岩・シルト質細粒砂岩・砂質シルト岩  
(凝灰質系 一軸圧縮強度 50～80 kgf/cm<sup>2</sup>)
- ・ 土被り 14.6～10.5m
- ・ 掘削延長 393.75m × 往復
- ・ 曲率半径 R160m , R600m

##### (2) セグメント区間……初期の35リング分が中子型のRCセグメント、全て160mRの曲線

- ・ 当初、シールド本体とグリッパリングとをボルトにて固定して、従来のシールドと同様にシールドジャッキの伸動作にてシールド本体を前進させる方法をとった。ところが、シールドジャッキだけでは160mRの曲線の方向制御が難しくなり、シールド本体とグリッパリングを固定していたボルトを外して自走方式により前進してからセグメントを組む方法を途中から併用した。
- ・ 本機は、セグメントを組む位置にあたるテールプレートの下半が無いため、セグメントの位置決めが難しく施工において十分に注意してセグメントの組み立てを行なった。

##### (3) 自走区間

- ・ 計画通りの地山に対しては、順調に稼動したが、一部土質が軟弱な区間では、グリッパ等の反力が地山にとれず自走ができないところがあった。このような場合には、支保工を補強してシールドジャッキにより反力をとる方式を採用した。
- ・ 自走区間では、支保工を組み立てた後に、吹付け作業を行なうが、吹付け材のシールドへのね返りが多く、エレクトラ装置に対しては特に注意が必要であった。

#### 5. あとがき

自走シールドという全く新しい開発機種でもあり、実施工にあたって多少の問題はあったが、8月現在、往路の掘進を終了し、Uターンをしている。本1号機を通じて、自走シールドの十分な成果が得られるものと確信する。本機の開発に当り、終始御指導を賜った仙台市交通局殿をはじめ、実施工での関係各位に対して深く御礼を申し上げるものである。尚、施工をはじめ詳細についてはあらためて別の機会をかりて報告したい。



## 26. 小口径推進工(アンクルモール)の開発

(株)イセキ開発工機 \*橋本 泰次・高橋 親一

### 1. ま え が き

下水道事業の普及に伴う面整備事業や、電力、ガス、通信線などで最近では小口径管路工事が急激に増えて来ている。とりわけ市街地内の管路工事では騒音、振動、交通阻害等のいわゆる建設公害が問題となり、また従来の開削工法では工事排水に伴う地下水位の低下や、付近の地盤沈下の問題等も派生してくる。

これに対し推進工はトンネル工事の一種で、工事の地表に及ぼす影響は極く限られた発進および到達の立坑とその周辺に限られるので、ここ十数年の間に急速な進歩、発展をした工法である。特に小口径推進に関しては現在までに20余種の工法が開発され、それぞれに特徴を持っていて、個々の土質条件や設計施工の条件に応じ、最も適合する工法が選定されている。また近年の推進工に関する技術の進歩、改良は従来困難と見做されていた不良地盤にも対応を可能とする一方、その経済性の面でも大幅に改善され、条件次第では寧ろ開削工法より有利となるケースもかなりでてきている。

一般的に小口径推進工法はその掘進方法から、(1)圧入工法、(2)オーガーボーリング工法、(3)ロータリーボーリング工法、(4)泥水加圧工法に大別されているが、当アンクルモール工法はこの中では泥水加圧工法に類似する新工法であり、その範囲に入れることもできよう。

概括的には圧入工法は比較的軟かい地盤に適し、オーガー式は地下水のない崩壊性でない地盤向きであり、ロータリー式は岩や玉石を含む層に、泥水加圧式は地下水位の高い崩れやすい地盤に適した工法であるといえる。それぞれの工法にもいろいろと改良、工夫がなされて、その適用範囲は遂次拡大されて来ているものゝ、その適性をわきまえず、機種、工法の選定を誤ると、その施工精度、工期、工事費の面などで不利となるばかりか、最悪の場合は施工不能に陥ることもありうる。

アンクルモールは内径250 mmから500 mmまでの各サイズの推進用ヒューム管に適合させてシリーズ化したもので、軟弱地盤からN値50以上の固結粘土層や圧縮強度で100kg/cm<sup>2</sup>程度までの軟岩の掘進も可能であり、さらに崩壊性の滞水砂礫層に対しても、地盤改良などの補助工法なしで安全に掘進できる。その上掘進機先端部には礫の破碎機構を備え、管外径の1/3サイズの玉石まで破碎しながら掘進するので、広範囲の多様な土質に対応できる掘進機である。

その実施例も既に20例近くとなり、好評を得ているので、ここに本工法を紹介し、その特徴を述べたい。

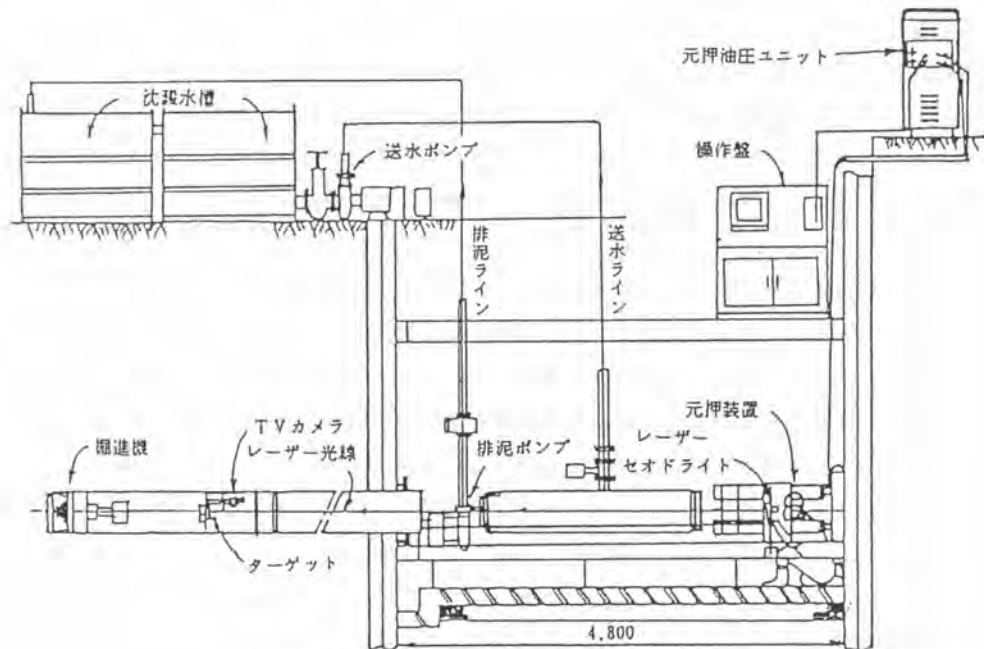
### 2 工 法 概 要

推進工は管の埋設を地表からの開削によらず、一定の距離を置いて設けた発進立坑と到達立坑の間

をほぼ水平に孔を掘り進め、その跡に管を押込んで行くもので、掘削したズリは押込んだ管内を通り発進立坑から取り出す。管の押込みは発進立坑に設置した強力なジャッキで行うが、管の推進延長によっては管外面の摩擦抵抗を減らすための滑材注入や、推進管の途中に中押装置を設けて推力の分散を計ることがある。本工法はシールドトンネル工法の変形と見做すこともでき、小断面の場合はセグメント組立てより簡便であり、小口径トンネルではまず推進工法ということになる。たゞシールド工に比し1区間長に限度があり、曲線施工に難点があり、特に小口径のカーブ推進は困難とされている。

このうち、泥水加圧工法は推進管内に送排泥管を設置し、泥水ポンプに繋いで掘削切羽に泥水を送る。この泥水圧は切羽における地下水圧や土圧とバランスをとり、切羽の崩壊を防ぐとともに、この泥水に掘削土を混ぜ合わせた流体は排泥管を通して発進立坑側に環流させて、ズリ出しを行うシステムをとっている。このための泥水には普通、ベントナイトを主材に他の添加剤を混ぜて安定した懸濁液を作り、その比重は1.1～1.2程度に調節している。

ところが、アングルモール工法は元押推力により切羽を常に主動土圧以上、受働土圧以下の範囲で押しつけ、圧密状態を保持することにより切羽の安定を計っている。一方流体輸送用の送排泥管は径50mmと小さいので、流体中の固形物の管内沈降対策上、泥水比重を高める必要がなく、普通の清水でも十分に流体輸送ができ、特に作泥の必要はない。切羽における送水圧は地下水圧とのバランスおよび流体輸送のため、地下水圧+0.1～0.3 kg/cm<sup>2</sup> あればよい。これらのことから本工法は泥水加圧工法とシステム上はほぼ同じであっても、基本原理と運転操作の面ではかなりの相違があり、一層簡素化した工法ということができると言える。通常は特にベントナイト泥水を作る必要がないため、泥水処理プラントが省略され、単なるズリの沈澱水槽だけでよい場合が多く、運転管理が容易となった。



第1図 アングルモール工法一般設備図

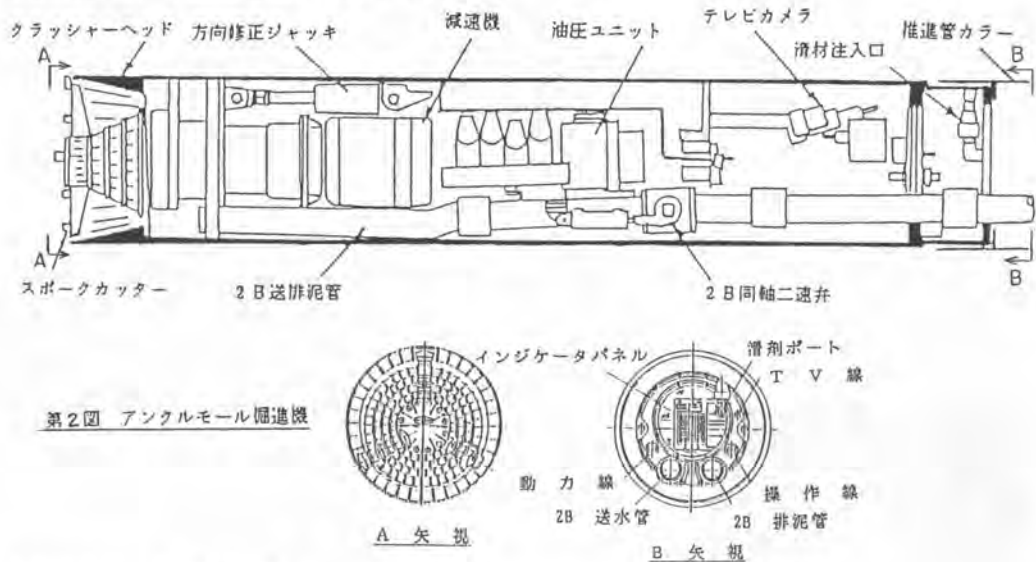
### 3. 掘進機構

本掘進機をアンクルモールと称しているが、機長は約2m前後、外径は推進管外径より10~15mm大きい円筒形をしていて、この掘進機を先端にして推進管が次々と押込まれて行く。

掘進機は先端に開放形のスポークカッターを備え、その直後にある礫破砕用のコーンローターと一体化されて毎分約100回の偏心運動をしながら4~5回の回転をして、切削および礫破砕をしながら掘進する。本機には減速および偏心作用のため独自の遊星歯車機構が応用され、下図-2の通り狭いスペース内に高度な各種装置や計器が配備されている。

クラッシャー室を通過した掘削土は次の泥水室で流体輸送のために水と混ぜ合わされ、排泥管を通過して地上に運び出される。泥水室の直後には2個の方向制御用の油圧ジャッキがあり、操作盤上のテレビに示されるレーザースポットを見ながら上下方向に±1°、左右方向に±1.5°の範囲でマシンヘッドの角度を調節し方向修正を行う。

この外、機内の各種の計器類はテレビカメラで遠隔操作盤上に表示され、運転管理はすべて1人のオペレーターでリモートコントロールされる。本掘進機構は他のボーリング工法などと異り、掘進用駆動機構および方向制御機構が推進管の先端部にあるので、掘進上ではその推進距離の制約はなく、従って他工法に比べ長距離掘進が可能である。



第2図 アンクルモール掘進機

### 4. アンクルモール工法の特徴

アンクルモール工法の特徴を挙げると以下のようになる。

- (1) 1スパン100m以上の掘進が可能である。

地質条件、管と地山の摩擦力に対する管の耐荷力、切羽圧と流体輸送距離、測量機器の性能その他によりその掘進距離の限界が決るが、条件さえ揃えば100mあるいはそれ以上の掘進もできる。

- (2) 方向精度が高い

ターゲット上に現わされるレーザースポットを監視しながら方向制御をするので、一般にその誤差は上下、左右とも20mm程度にコントロールできる。

- (3) 推進管内径の約40%、外径の約1/3サイズまでの礫を取込み、20mm以下の碎石に破砕する。
- (4) N値50以上の固結土や軟岩層も容易に掘進できる。
- (5) 滞水層や崩れやすい地盤にも一般に補助工法なしで掘進できる。
- (6) 発進および到達立坑が小さくてよい。

3段式元押装置（モールマイスター）と組合せると、鋼矢板立坑の寸法は発進側で2.4×4.8m、到達側で1.6×3.2mでよく、φ300mm以下のときは発進坑を4mに縮めることができる。

- (7) 流体輸送は清水でよい。

送排泥管が小さく（φ50mm）ズリの管内沈降が少なく、特に泥水とする必要はない。

### 5. 掘進機主要仕様

アンクルモール掘進機の各サイズごとの主要仕様は右表-1の通りであるが細部寸法についてはその後変更することもある。

(表-1)

請 元		区 分						
型 式 (TCC)		250-I	300-I	350-I	400-I	450-I	500-I	
呼 径 (内 径)	mm	250	300	350	400	450	500	
通 用 推 進 管 長	m	200						
掘 進 機 外 径	mm	370	426	485	540	600	655	
掘 進 機 全 長	mm	1,850	2,000	2,100	2,100	2,300	2,300	
カッターおよびクランパー	動 力	KW						
	i × T	1.5	2.2	3.7	3.7	5.5	5.5	
	回 転 数	50Hz	0.28	0.48	0.84	0.84	1.2	1.2
		60Hz	0.23	0.40	0.70	0.70	1.0	1.0
	個々回転数	50Hz	4.5	3.8	3.6	3.6	3.7	3.7
		60Hz	5.4	4.5	4.3	4.3	4.4	4.4
	50Hz	8.6						
60Hz	10.3							
破 砕 砕 方 式	前面コンクリートクラッシャー方式							
取込最大礫径	mm	110	130	145	180	190	210	
破 砕 礫 径	mm	20以下						
動 力	KW	0.4						
定 格 圧 力	kg/cm <sup>2</sup>	1.40						
ポンプ吐出量	L/min	1.0						
方角修正	シフト推力(1)×本数	50×2	72×2	94×2	118×2	144×2	172	
	最大修正角度	上下それぞれ1°、左右それぞれ1.5°						

### 6. 施工実績と標準推進歩掛

アンクルモールは今春から本格的な生産態勢に入り、今年の7月までに約30台の完成品を出している。

その施工実績も既に20例弱に及び、本工法の普及に伴い、施工デー

ターも整いつつあるが、これまでの施工例に基づきとりまとめた標準推進歩掛りは上表-2の通りである。

(表-2) 標準推進歩掛

土 質	砂 礫	硬土(軟岩)	砂質土	粘性土
N 値	40~50	50以上	10~20	5以下
推進速度 (cm/分)	3.0	4.5	6.0	10.0
日当たり推進距離 (m/8時間)	5.9	8.1	9.0	11.2

### 7. あ と が き

ここに紹介したアンクルモール工法によれば、従来、困難または不可能と見做されていた地盤に対しても推進工が可能となり、その適用範囲を大幅に拡大することになったが、まだすべてのケースに無条件で施工できるものではない。最大礫径の限度もあれば最小土被りの限度もあり、これらの改善と共に推進距離も管材の改良と相俟ってさらに延長させる必要もあろうかと思われる。

今後共、ユーザーのご批判を頂きながら改良を加え、よりよい機械をより安く供給できるよう努力して参りたい所存である。

## 27. T・B・M(リーミング時)における インバート併進の設備と実績

(新愛本発電所導水路工事の例)

㈱間組 高津 莊太

### 1. まえがき

関西電力新愛本水力発電所の導水路トンネル工事(全長10.8Km)のうち、4号トンネルの下口3,380mにTBM工法(パイロットリーミング方式)を導入、施工した。本稿では、この工事の際に急速施工を目的として導入した、リーミング掘削時におけるインバートコンクリート併進という新しい試みについて報告する。

### 2. 地質・施工概要

当トンネル(4号トンネル下口)の地質は、アグマタイト質閃緑岩～片麻状閃緑岩を主体とし、一部に晶質石灰岩や花崗岩が存在する。岩盤弾性波速度は、2.7～5.6 km/sec、コアの一軸圧縮強度600～2,000 kg/cm<sup>2</sup>である。パイロット機の本格掘削は昭和57年8月より開始したが、TD700～1,200mの断層破砕帯に遭遇し計画進捗より4～5ヶ月遅れた。しかし、地山の好転により平均月進420m<sup>3</sup>を得るようになり、パイロット機到達時には約2ヶ月の遅れまで挽回した。その後パイロット機及び仮設備の撤去を行ない昭和59年1月にリーミング機を発進させた。リーミング機は破砕帯で多少の遅れはあったが計画通り、順調に進み、昭和59年11月に貫通した。リーミング坑の事前の支保工として、パイロット坑において、長さ4mのFRP製ロックボルトを打込み予備支保工とし、リーミング機の安定した掘進が可能となった。

### 3. リーミング掘削設備

リーミング掘削については、パイロット掘削時に予備支保工が施工されていること、地質については十分把握されている等の事前対策はあったが、工程遅延を取り戻す事、施工品質を保つ事等、今後解決しなければならない問題として次項が検討された。

(A) 掘削とインバートコンクリートの併進方法

(B) 曲線部の連続掘削

(C) 掘削後の早期支保

(D) 集中通信管理

上記の問題点の中で特に(A)項「掘削とインバートコンクリートの併進方法」の解決が最大の焦点となった。その理由としては従来行われてきた掘削とアーチコンクリートを併進させる方法では、アーチコンクリートが完了しなければインバートコンクリートの施工ができず、T・B・Mの急速施工のメリットが十分生かされないからであった。そこで、礫搬出に支障を与えず掘削、インバートコンクリート及びアーチコンクリートを同時に施工する方法として図-1に示す全長150mのトレコンベヤーを考案



写真-1 リーミング機

し、3～4ヶ月の工期短縮を図った。このトレンコンベヤーは、本来の目的である礫搬出と同時に、岩盤清掃、鉄筋組立、インパットコンクリート打設、養生、レール布設等各作業を行えるようにしたものである。その方法として、インパットセメントルをトレンコンベヤーの下で移動できるようにトレンコンベヤーの脚の巾を拡げる必要があり、円形断面で脚の走行位置をレール盤より400mm高く持ち上げる対策として、図-1のb-b断面及び写真-2に示すようにブラケットを側壁に取り付け、スキッドが直接ブラケット上を走行する構造にした。また、レール布設区間や礫積区間ではc-c'断面に示すようにインパットコンクリート肩に特殊レールを布設し、複線が確保できる構造にした。その他自走ユニット及び岩盤清掃用バキュームポンプを搭載した動力台車、倉庫及び休憩室の休憩台車、排水ビット及びスライド機構を設けた設備台車等の台車群以上3タイプの脚部構造とした。また、礫搬送部については各ベルトフレームをピンジョイントにし、フレーム毎に自動調芯ローラを設けたユニバーサルコンベヤーとしたため、R=500mのカーブにおいても150mのトレンコンベヤーは直線

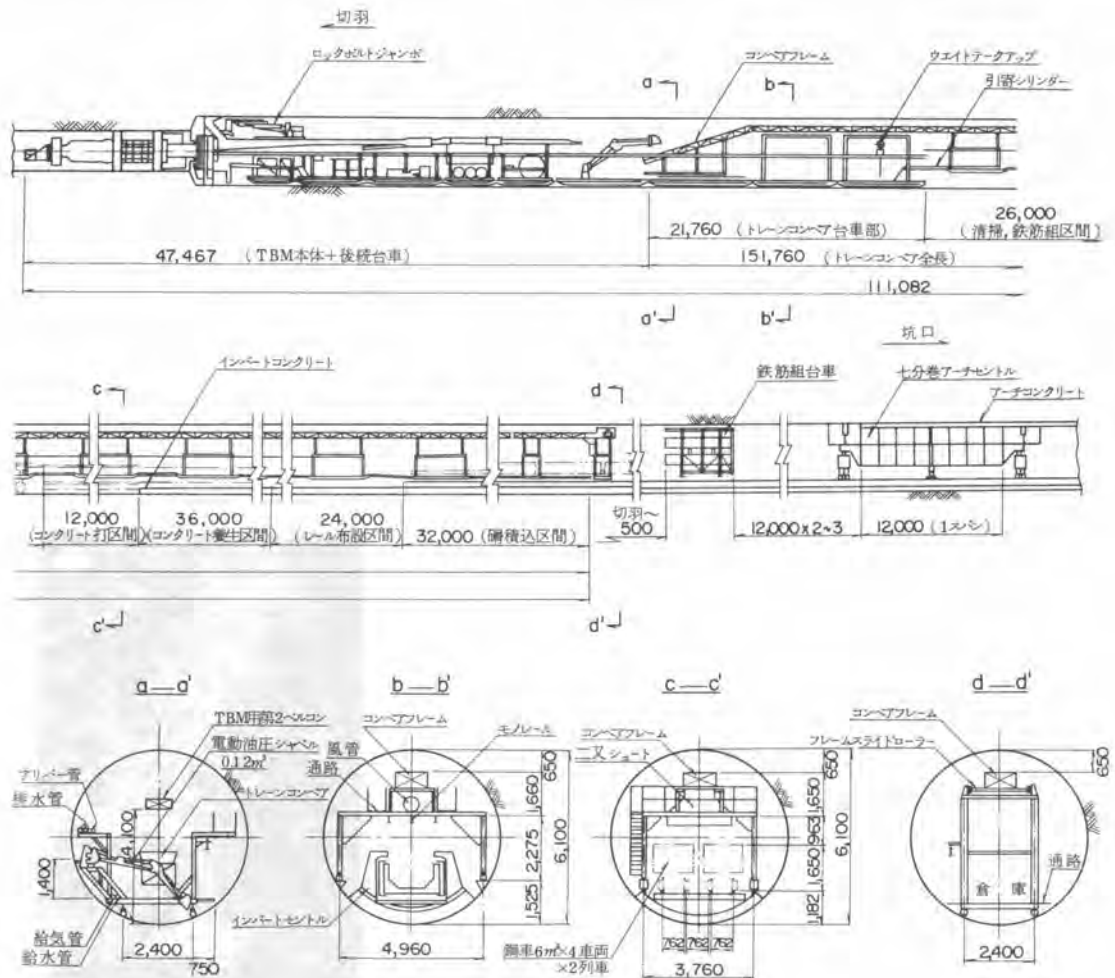


図-1 リーミング坑施工縦断面

と同様に礫搬出をスムーズに行えた。その他にこのトレンコンベヤーの設備として、材料運搬設備、高圧ケーブル盛替用ローラ、安全通路、給気、給排水管、集中通信回路等を設けた。

#### 4. インバートコンクリート及びアーチコンクリート

延長3,380mの長大トンネルの掘削と覆工を工期1年で完了するという急速施工を目標としたので前述したように掘削、インバートコンクリート、アーチコンクリートが独立してしかも併行に施工できるシステムとした。



写真-2 インバートセトルとトレンコンベヤー

インバートコンクリートはスパン $\ell=24m$ のニードルビームで打設長12mのセトルが使用され、1日2回24m打設する。もしこの工程通りでない場合はリーミング掘削に支障を来すため、脱型時間を6時間とし、初期強度を得るため、保温養生をほどこした。また、冬期間は養生温度を高めるためボイラーを設け、混練水を40℃まで上昇させ、脱型時間を守る管理を行った。その結果、掘削進行に遅延することなく、最大408<sup>m</sup>/月を記録した。

アーチコンクリートにおいても計画工程400<sup>m</sup>/月としたため、スパン $\ell=12m$ のスライドセトルと $\ell=6m$ の鉄筋台車を2基づつ用意し、トレンコンベヤー後方400mと800mにセットし、1日2回交互に打設した。しかも、この間、礫出は連続的に行なわれるため、セトルは移動時のみ等三線の外線を使用するがその他の作業では常に複線が確保できるよう脚が拡げられる構造とした。また、常にT・B・Mとアーチセトルは作業連絡がとられており、中央無線室の指示に従って、作業が行なわれた。このことによって掘削に何ら支障を来すことなく、掘削併進時、平均約394<sup>m</sup>/月を記録し、ほとんど当初目的を達成できた。

#### 5. 施工実績

リーミング掘削は平均日進12.9<sup>m</sup>/日、最大日進33.6<sup>m</sup>/日、最大月進414<sup>m</sup>/月を記録し、3,100mを10ヶ月で完了した。掘削実績を図-2に示す。

#### 6. まとめ

φ6.1mの大断面、500mの破砕帯を含め、 $\ell=3,380m$ の長大トンネルを無事パイロットリーミング方式によるTBM施工ができたことから、次に示すTBMのメリットを実証した。

1. 円形掘削による地山の安定。
2. 400<sup>m</sup>/月以上の急速施工が可能である。
3. 発破工法に比較して少ないゆりみ範囲
4. 余掘の減少
5. 軟弱地質に対するパイロット・リーミング方式の適応性

また、本工事で新たに開発され、TBM施工に有効であった技術を整理すると

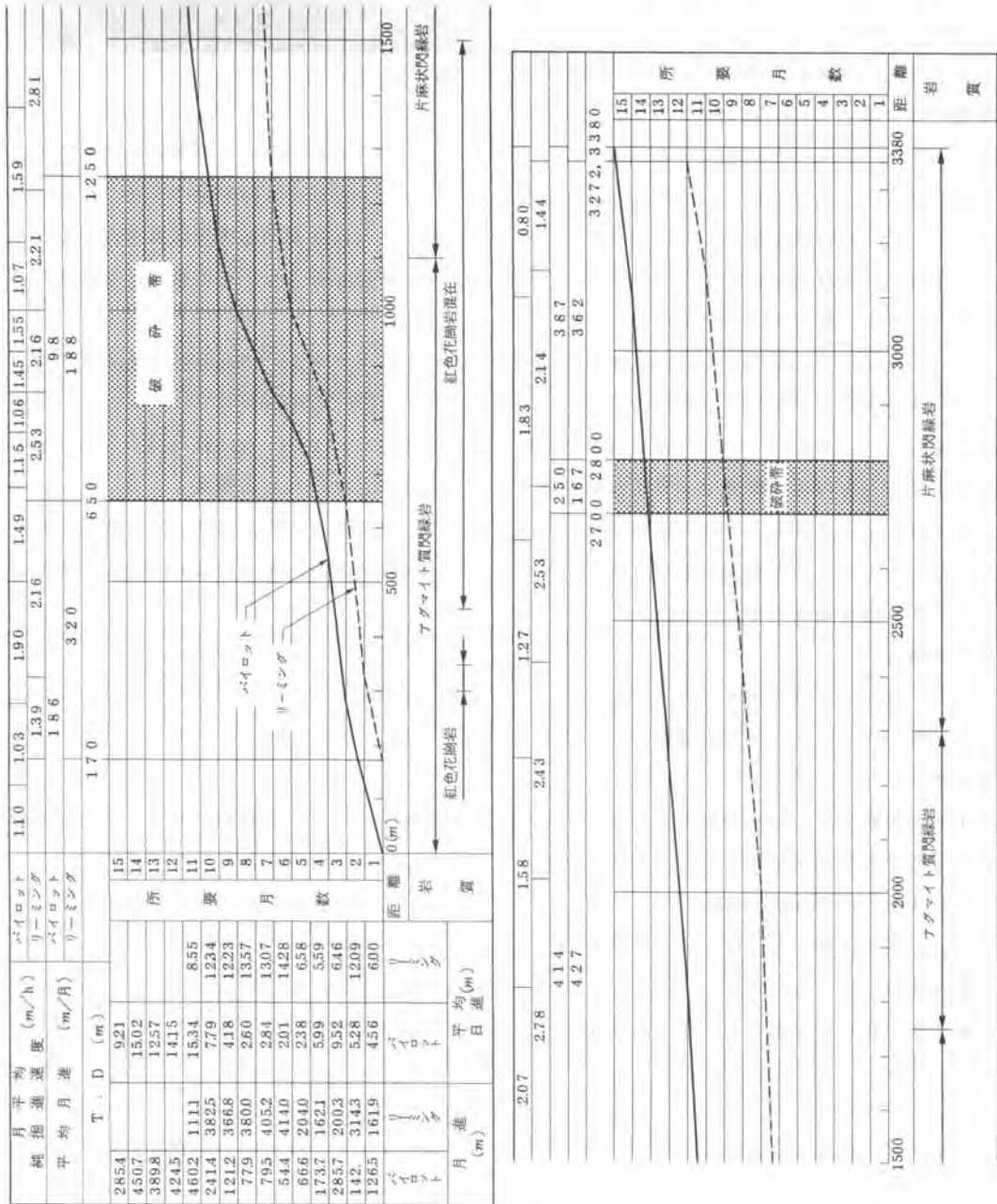
1. ファイバーコンクリート ..... 小空間で施工可能。
2. ユニバーサルコンベヤー ..... R=300mを曲る事ができるベルトコンベヤー。
3. インバート併進トレンコンベヤー ..... 掘削とインバートコンクリートを併進可能にした。

以上のようになる。

今後、TBM施工が見直され、その機会が多くなると推察されるが、TBMの耐久性、カッターの寿命、新しい掘削方法等改良しなくてはならない点が多く、その解決に努力しなければならないと考える次第である。

参考文献

- 1) 「新愛本発電所導水路工事におけるTBM掘削計画」\*建設の機械化\* 巻387号1982年5月
- 2) 「新愛本水力発電所長大導水路トンネルの急速施工」\*土本学会論文集\* 巻355号1985年3月



図一2 バイロットリレーミンク坑掘削実績工程図



## 28. 流体輸送式TBM工法による小断面 トンネルの施工

神戸市 荒木 浩二

(株)大林組 宮本 芳孝・\*古川 斉治

1. はながき

TBM工法は、欧米の安定した岩盤に対し、その性能を發揮し、發達した工法であるが、我が国の断層破碎帯及び湧水が多く、岩質が複雑に変化する地質条件下では、必ずしも定着した工法とは言えなかつた。しかし、オイルショック以後、石油代替エネルギーの一つとして中小規模水力発電が見直されるに伴い、昭和56年よりの通産省の「石油代替エネルギー実用化補助金」の交付を受けて、新エネルギー財団の指導のもとに、全地質に対応でき、高い安全性のもとで良好な作業環境が得られ、導水路トンネルとして最小必要断面と掘削し、経済性を確保できることを目的とした流体輸送式TBMが川崎重工業により開発された。

本稿は、この流体輸送式TBMを用いた汚水幹線築造工事の概要、流体輸送式TBMの特徴及び工事実績について報告するものである。

2. 工事概要

本工事は、加右川上流流域下水道事業の一環として、神戸市北区山田町坂本～中の県道下部に円形管渠を築造するものである。本工事においては、(1)民家に近接しているため発破工法が採用できない。(2)必要断面積が小さい。(3)掘削対象岩層が多様である。(4)急曲線を含む曲線施工区間が長い。(5)湧水がある、といった施工条件を考慮し、急曲線施工が可能となるように改良を加えた上で、流体輸送式TBM工法を採用するに至った。

施工地域は六甲山の北側、西方に位置し、掘削位置の地質は、70～90cmの巨礫を含む、中～良程度の固結度を示す第三紀中新世の堆積岩類(礫岩を主体とする神戸層群)が大部分を占めるが、発進立坑から約200mでは、白亜紀の流紋岩、角礫凝灰岩(有馬層群)及び古生代の粘板岩が出現する。

工事の概要と表-1に、路線縦断面図と表-2上段に示す。

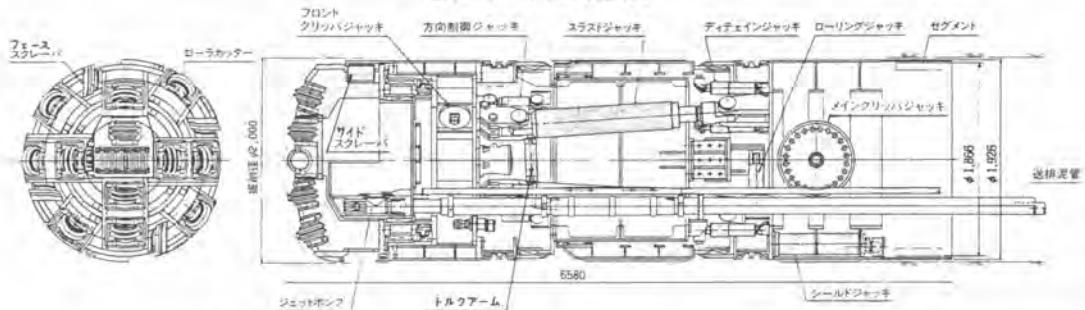
3. 工法及び機械の特徴

本機は、回転するカッターディスクに装着した17個のローラーカッターを岩盤に押し付けて岩を圧砕するトンネル掘削機で、本体は円筒の外殻を持つシールド構造になっている。切削側から掘削を行ない、山留効果を有するカッターディスク、掘削時の振動と防止し掘進方向の案内及び後胴引寄せ時の反力となるフロントブリック、掘削ズリを後方のNo.4台車まで輸送するジェットポンプを装備した前胴部、スラストジャッキにより伸縮部となる中胴部、推進反力を得るメインブリック及びシールド推進時に用いるシールドジャッキを装備した後胴部より構成されている。(図-1参照)また、後続台車には、油圧装置、流体輸送装置、電気設備、運転室等を搭載しており、前胴にてけん引する。

表-1 施工概要

工 事 名	山田汚水幹線布設工事(401)(402)
工 法	流体輸送式TBM工法
掘削延長	(401)1745m (402)1175m
掘削径	φ2000mm
掘削面積	3.14 m <sup>2</sup>
掘削岩量	(401)5479.3m <sup>3</sup> (402)3689.5m <sup>3</sup>
掘進こう配	8.5%
線形(曲線率)	70m ~ 200m R (43%)
土 被 り	県道下 11.0 ~ 29.0m
立坑築造	親くい(HH鋼300)橋板工法
立坑形状	内空10.0m×10.5m 深さ13.5m
中間立坑	内空2.5m×6.9m 深さ20m 11ヶ所

図-1 本体構造図



主要諸元

掘削機本体要目		
外径	径	φ1,950mm
全長	長さ	6,580mm
スラストジャッキ	80T×950ST×250kg/cut×4本	
方向制御ジャッキ	40T×50ST×250kg/cut×4本	
シールドジャッキ	50T×530ST×250kg/cut×4本	
メインクリップジャッキ	215T×100ST×250kg/cut×2本	
フロントクリップジャッキ	30T×70ST×250kg/cut×4本	
ローリングジャッキ	20T×50ST×250kg/cut×2本	
ディチェインジャッキ	1.2T×±30ST×8本	

カッターディスク要目		
型式	式	全断面掘削
掘削径	径	基準径φ2,000mm
回転数	数	0~12R.P.M.
トルク	ク	常用10T-M 最高14T-M
油圧モーター		ダウハツスME750P(減速機付)×2台

油圧ユニット要目		
	カッター駆動用	制御用 推進用
油圧ポンプ	LZ180-10811D-EMS3DR2	R-8.4 R-8.4
常用圧力	180kg/cm <sup>2</sup>	250kg/cm <sup>2</sup> 250kg/cm <sup>2</sup>
吐出量	210ℓ/min	10ℓ/min 10ℓ/min
電動機	3kw×4P×440V	11kw×4P×440V
台数	2台	1台

掘削は、地山の状態が良い場合は、図-2に示すように、TBM本来の方法で行なうが、地山の状態が悪くブリップにて反力を得られない場合は、図-3に示すように従来のシールドと同様の掘削が可能である。本工事の施工条件の一つである急曲線区間は、図-4に示す方法で掘削し、70m Rも難なく通過可能であった。

掘削ズリは、カッターディスクのスリット(主としてサイドスクレーパ及びフェーススクレーパ)から取込され、カッター冷却水と共に吸込口より、ジェットポンプにて約39m後方のNo.4後続台車まで輸送される。ここで、フラッシュャーにて二次破碎を行なうと同時に混入した空気を分離する。その後、泥水加圧シールド工法と同様のシステムで坑外の土砂分離設備に送られる。流体輸送フローを図-5に示す。

流体輸送式TBMには次のような特徴がある。

- (1) シールド構造の採用により、硬岩から破碎帯を含む軟弱層まで幅広い地質の掘削が可能になった。
- (2) 掘削ズリと流体輸送するため、掘削とズリ搬出が同時に連続して行なえ、長距離掘削においても、スリット口輸送に比べ、能率の低下がない。

図-2 掘削順序図(1)



図-3 掘削順序図(2)



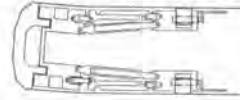
- (3) 掘削の機械化及び流体輸送によるズリ搬出の自動化が成され、省カ化並びに危険防止が計られる。
- (4) 流体輸送方式の採用により、従来のズリ搬出方法による制約を受けず、小断面のトンネル施工が可能となる。
- (5) 前述のように、前、中、後胴の各接続部が中折れ構造になっており、容易に急曲線施工ができる。
- (6) 切羽は隔壁により密閉されており、切羽の崩壊や少々の湧水にも影響を受けない。
- (7) 掘削ズリが水とともにパイプ内を流れるため、粉塵の発生がなく、坑内の空気は清浄に保たれる。
- (8) カッター交換が機内からできる構造のため、カッター交換時も切羽崩壊などにさらされる危険がない。また、必要に応じて切羽に出ることも可能である。

図-4 掘進順序図(3)

カーブ掘削の場合

方向制御ジャッキで前胴を側方向に曲げ、スラストジャッキ(シールドジャッキ)で片押し推進します。

①掘削開始前にカッターヘッドを曲げる。



②スラストジャッキの片押しによりカーブ掘削

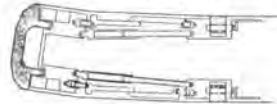
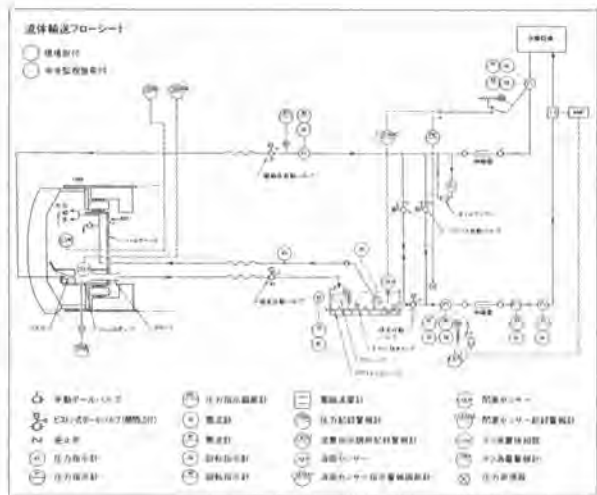


図-5 流体輸送フロー図



#### 4. 施工管理

本工程における掘進管理測量は、坑内の内空が狭く、曲線区間が多いこと等を考慮し、TBM後胴部に4本のターゲットを設け、光波測距機にて測量を行ない、このデータをコンピュータ処理し、TBMの姿勢及び基線からの偏差をディスプレイさせて管理するシステムを導入した。これにより、測量からTBMの姿勢修正までの時間短縮が図れた。

#### 5. 施工実績

初期掘進は、2回の殺取替や機械に不馴れなこともあり、約1ヶ月を要したが、本掘進においては、(その1)工事で最大月進493.1m/日、最大日進30.8m/日と、(その2)工事で最大日進31.9m/日と記録し、本機の特徴及び急速施工性能を発揮できたと考える。実績の細目については、表-2を参考にさせていただきたい。

今後、本機が小断面トンネル掘削機として定着していくには、カッター、クラッシャー等の岩破砕部の耐磨耗性能及び機構の改良によるランニングコストの低減と、また推進、方向制御系の機構の高性能化による操作の簡易化を、そして、機械のメンテナンスを容易にして稼働率の向上を図ることが望まれよう。

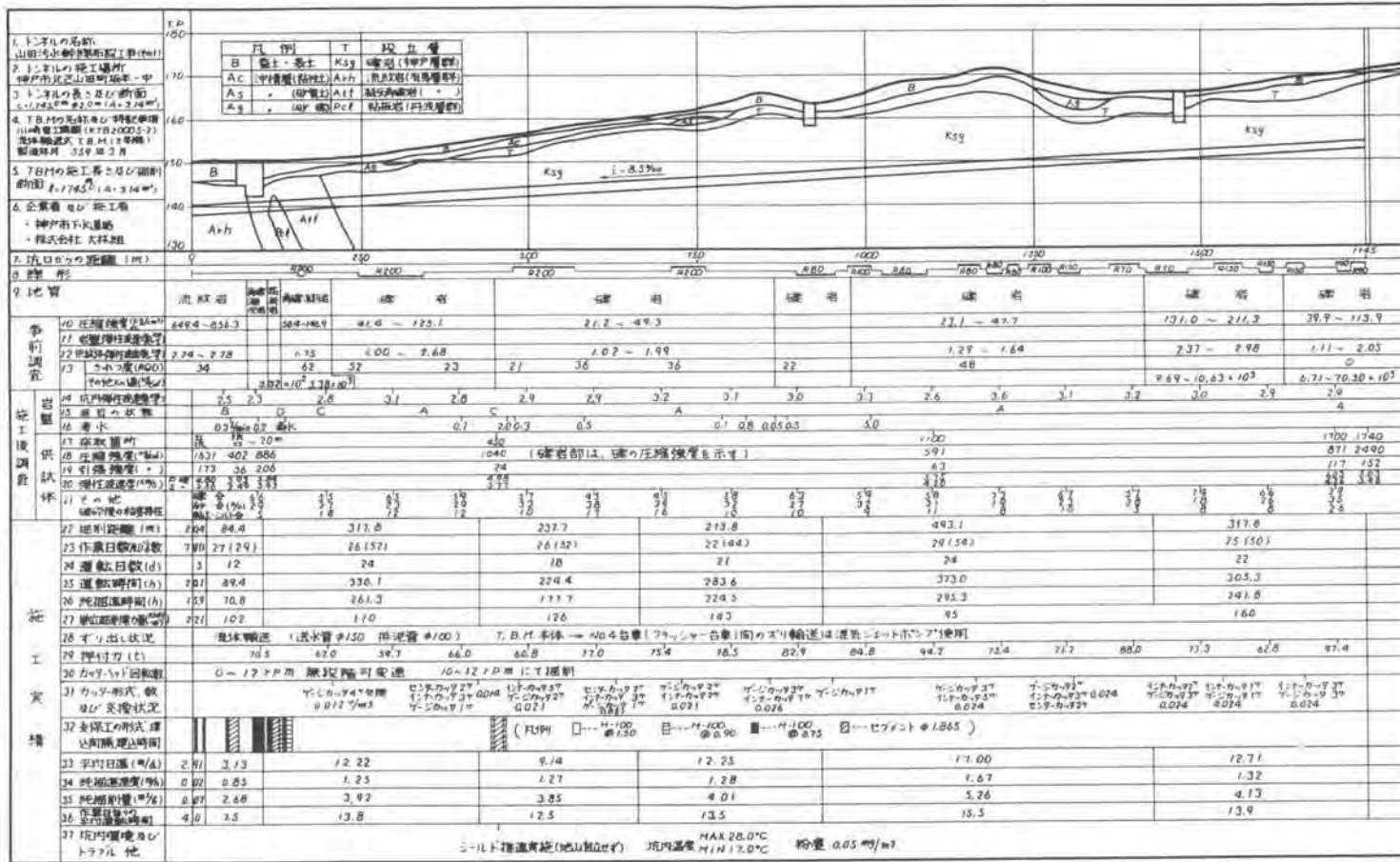
#### 参考文献

村山、白水、杉本：全地質対応形TBMによる小口径トンネルの建設、土木施工 1985.7.11~19

荒木：TBMによる下水道幹線の掘削計画、建設の機械化、1984.10.9~16

(財)新エネルギー財団：中小水力発電技術に関する実務研修会 第3回

表-2 山田汚水幹線布設工事(その1)掘進実績表



作業時間百分率

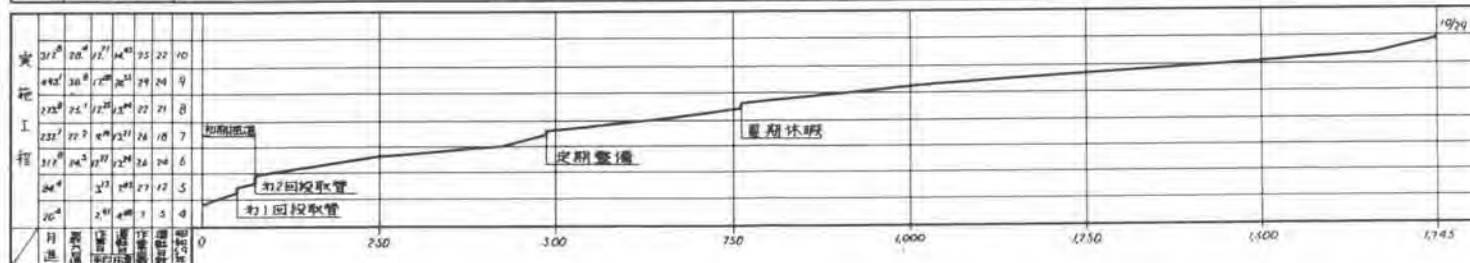
全体 (初期掘進を含む)



打合せ 2.9  
トラブル 2.3  
掘削機交換 4.4



トンネル掘進状況(地山掘削時) 坑内温度 MIN12.0°C 粉塵 0.05 mg/m<sup>3</sup>



## 29. 急傾斜コンベヤによるコンクリート打設工法に関する研究

建設省運ダム工事事務所 五嶋 政 美  
建設省中部技術事務所 \*植 村 靖

### 1. まえがき

建設省においては、コンクリートダムの合理化施工に積極的に取り組んでいる所である。

その一環として、小規模ダムの合理化施工の検討を進めており、その中でベルトコンベヤシステムによる、ダムコンクリートの運搬打設工法を検討している。

これら合理化施工の一環として、運ダムは建設省直轄事業で、櫛田川水系運川（三重県飯南郡飯高町）に建設中（堤高78m、堤頂長280m、堤体積50万 $m^3$ の重力式コンクリート多目的ダム）のダム減勢工にコンクリート打設を、ベルトコンベヤ工法で実施するため、概略打設システムの検討と合わせて急傾斜コンベヤの設計製作を行い、その基礎実験により問題点を確認し、急傾斜コンベヤを中心とする打設システムにより、試験施工を実施したものである。

### 2. 急傾斜コンベヤ

#### 1) 急傾斜コンベヤの選定

運ダムの減勢工は、ダムサイトの地形よりケーブルクレーンの方カバーエリアから外れている、ここに、ベルトコンベヤ工法を採用して試験施工を行うものである。その機構はベルトコンベヤの特色である、連続かつ大量のコンクリートが打設でき、全体的に仮設備が簡単かつ段取替が容易で、打設現場の平面及び高さの変化に対応できる構造でなければならない。

平ベルトのコンベヤで高所のコンクリート打設を行う場合、ベルトコンベヤの傾斜角度の限度により、高い所ほど長いベルトコンベヤが必要になる、短いベルトコンベヤで打設できるようにするためには、急傾斜でも輸送できる構造のコンベヤを開発する必要がある。

以上のことから運ダムでは、急傾斜コンベヤで打設を行うための検討を進めた。

#### 2) 急傾斜コンベヤの機種

平ベルトでは不可能な傾斜で骨材等を運搬する場合、「棧付ベルト」や「ひれ付ベルト」が使用されているが、コンクリートを急傾斜運搬する場合、どのようなものが利用できるか検討した結果次の3機種を調査の対象とした。

##### (1) フレクスベルトコンベヤ

フレクスベルトコンベヤは西ドイツで開発された棧付ベルトコンベヤで図-1に示すとおり、横棧及び耳棧を有するゴムベルトコンベヤである、主として石炭、石灰石、砂利等のバラものの急傾斜運搬に広く用いられ、傾斜角度も最大85度まで実用化されている。ただし、コンクリートの運搬に使用された実績はない。

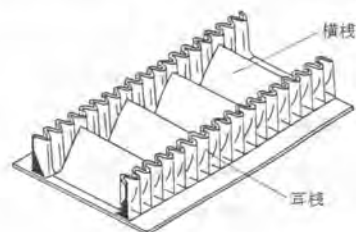


図-1 フレクスベルトコンベヤ

## (2) ラダーコンベヤ

最近開発された急傾斜コンベヤで、シールド工の掘削土運搬等に実用化されている。図-2に示すような構造で、平ベルトと同様のベルトクリーナを使用することができるため、コンクリート運搬の場合も、付着によるロス量を少なくすることが可能である。

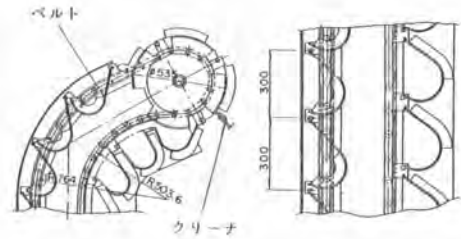


図-2 ラダーコンベヤ

## (3) 平ベルト2枚重ね方式

これは普通の平ベルトを上下2枚重ねにして、その間に搬送物をはさみこみ、運搬する方式である。図-3に示す、我国では石炭や砂の急傾斜運搬として実験が行われた程度にとどまっているが、コンクリートに対しても適用可能であると考えられる。

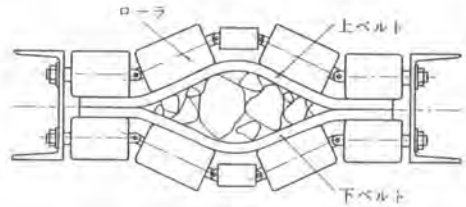


図-3 平ベルト2枚重ね方式

## 3) 急傾斜コンベヤ基礎実験

上記の3機種について以下に示す内容で基礎実験を実施した。

- (1) コンクリートの運搬確認
- (2) ベルトへのコンクリートの付着を除去するためのクリーナ効果
- (3) 運搬されたコンクリートの品質変化等についての確認

## 4) 急傾斜コンベヤ基礎実験結果

フレクスベルトコンベヤはコンクリート、モルタルの搬送は確実でしかも運搬能力が高い。しかし、本コンベヤは形状が複雑なためにクリーニング機構に検討、開発すべき項目が多く、今回は平ベルト式のクリーナの採用が難しいため、振動によるクリーニング方式を採用した。結果はパイプレータを2重に使用しても、クリーニング効果は必ずしも充分ではなかった。このため、使用後はその都度水洗いが必要となり、施工能率を低下させることになる。

ラダーコンベヤはチェーンによる駆動伝達のため、どうしてもベルト速度に限界があり、運搬能力が劣る。構造的にはバケット式であるため、最大150mmの骨材運搬も可能と考える。

ただ、蓮ダムでの実用化になると運搬能力は、60m<sup>3</sup>/hが必要であるため、コンクリート搬送の確実性やベルトクリーナ効果が良好等の利点はあるものの、現場での対応は難しいと思われる。

平ベルト2枚重ね方式はモルタルの搬送も可能で、クリーナの効果が良いことから、コンクリートの付着も少なく、施工性に優れているため、このコンベヤを採用することにした。

## 3. 概略打設システムの検討

試験施工は導流壁及び副ダムを対象とし、1.9mの高さを打設できること及びG<sub>max</sub>150mmのコンクリートを搬送できることを条件に検討した。

急傾斜コンベヤはスプレッダからのコンクリートをチャージコンベヤで受け、さらに2枚重ね平ベルトに移し変えて所定の高さ、位置でコンクリートを打設する。走行装置は重量大で接地圧の関係が

らタイヤ式は難しく、クローラ式とする。傾斜角度は0～60度まで変えることができるほか、旋回も可能な構造となっている。

運搬能力は、バッチャプラントの能力より60m<sup>3</sup>/hとしている。

#### 4. ベルトコンベヤシステムによる試験施工

試験施工に使用したシステムを図-4に示す。

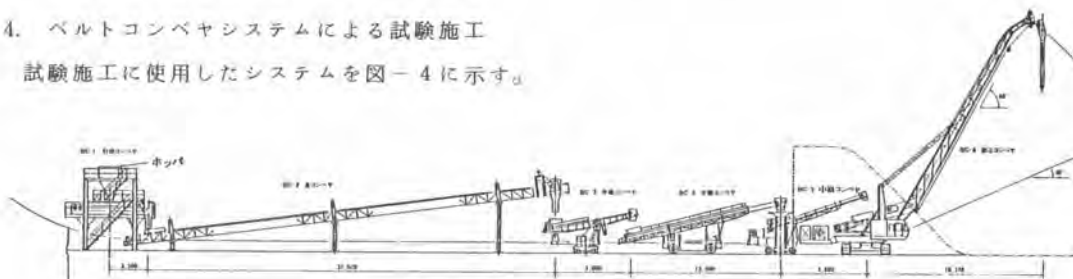


図-4 試験設備

##### 1) 試験施工内容

実際に導流壁を打設する前に、問題点の確認及び調整等を目的としてモルタル(F配合)コンクリートGmax150(A配合)Gmax80(C配合)を運搬して表-1に示す項目及び条件について調査を実施した。

##### 2) 試験施工結果

###### (1) ゲート開度特性

ホッパーのゲート開度特性は本打設の際コンベヤ設備の能力を管理する上で必要であり、また予備試験における運搬能力の調査もゲート開度で行うために実施した。

設計量60m<sup>3</sup>/hの引出量を得るにはゲート開度を、

Gmax150mm(A配合) 300mm

Gmax80mm(C配合) 250mm

に設定した。

###### (2) 運搬能力、荷の移動

BC-6は傾斜角30度、60度ともに仕様のコンクリート運搬能力60m<sup>3</sup>/h(モルタルについては10m<sup>3</sup>/h)が確認できた。また連続運搬途中における10分前後の停止において、コンクリートの滑落、横漏れ等は認められなかった。全体システムを通して問題となるような荷こぼれ、ベルトの蛇行、横ずれ等は見られなかった。

表-1 調査項目

項目	条件	No	運搬コンクリート		BC-6の運転条件		品質調査		
			分類	m <sup>3</sup> /h	角度	シュート		落下高	
ゲート開度特性		1	モルタル	5	2	30	6m	1.5	
		2	"	10	"	"	"	"	
		3	Gmax80	40	4.5	"	"	"	
		4	"	50	"	"	"	"	
		5	"	60	"	"	"	"	
		6	"	40	"	"	"	"	
		7	"	50	"	"	"	"	
		8	"	60	"	"	"	"	
		9	Gmax150	50	4.5	"	"	"	
		10	"	55	"	"	"	"	
		11	"	60	"	"	"	"	
		12	"	50	"	"	"	"	
		13	"	55	"	"	"	"	
		14	"	60	"	"	"	"	
運搬能力、傾斜角と品質の関係		15	Gmax150	"	4.5	30	"	"	○ ①
		16	Gmax80	"	4.5	30	"	"	○ ②
		17	"	"	4.5	60	"	"	○ ③
		18	Gmax150	"	4.5	30	"	"	○ ④
		19	モルタル	10	2	"	"	"	○ ⑤
荷の移動		20	"	"	2	60	"	"	
		21	Gmax150	60	1.5	"	"	"	
シュート長と品質の関係		22	"	"	1.5	"	4m	"	○ ⑥
		23	Gmax80	"	1.5	"	"	"	○ ⑦
		24	"	"	1.5	"	5m	"	○
		25	Gmax150	"	1.5	30	6m	2~3	○
落下高と品質の関係		26	"	"	"	"	"	2~3	○
		27	"	"	"	"	"	3	○ ⑧
		28	Gmax80	"	1.5	"	"	3	○ ⑨
運動開始		29	"	"	1.5	"	"	1.5	
降量C。		30	"	"	1.5	23	"	"	
運送状態		31	"	"	3.0	30	"	"	
シュート操作		32	"	"	1.5	"	"	"	○
ローラ間隔		33	Gmax150	"	1.5	60	"	"	○
68度運送		34	"	"	1.5	68	"	3.0	
小計					52.5				

### (3) 傾斜角度 (BC-6) を増大した時の運搬状態

BC-6の最大傾斜角は、仕様が60度となっているが、この角度が90度まで可能でコンクリート(モルタル)が運搬できれば、将来の機械についての構想をさらに発展することができる。

このことから可能限度最大角度68度でのコンクリート運搬状態を観察した、コンクリートはGmax150mmを使用して搬送したが、異常は認められずに搬送できた。

### (4) 運搬条件と品質の影響調査

BC-6の運搬条件を変えることで品質の変化が考えられるため以下に示す調査を行った。

BC-6の起伏角度変化によるコンクリートの品質変化及び分離状況の観察

三角シュート長さの変化によるコンクリートの品質変化及び分離状況の観察

三角シュート先端より打設面までの落下高さ変化による分離状況の観察

#### ① コンクリートの品質

BC-6の傾斜角度を30度及び60度に変化させ、全長6mの三角シュートを使用し、落下高さを1.5mとした時の打設前(バッチャプラント側)と打設後(シュート出口)における試料の品質試験では、空気量の減少が見られた。しかし、これについてはコンクリートの品質への悪影響はないものと考えられる。

#### ② シュート長による材料の分離

試験に使用したシュートはゴムベルト3枚を組合せて断面を三角形にしたもので一辺の長さは80cmである。

BC-6のヘッドブリーよりシュート先端までの長さを6m、5m、4mの3種類として、Gmax150mm、Gmax80mmのコンクリートの分離状況を観察した。

その結果、シュート長6mの場合は三角シュートによる絞り効果が見られ、分離は見られなかったが4m、5mでは絞り効果が不足して分離しやすい傾向が見受けられた。

#### ③ 落下高による材料の分離

シュート長を6mに固定して落下高さを、2m、2.5m、3mに変化させた時の分離状況の観察では、Gmax150mmは落下高さ2.5mまで、Gmax80mmでは落下高さ3mまで分離の傾向は認められなかった。

## 5. あとがき

蓮ダムにおけるベルトコンベヤ工法は、58年度より検討に入り、60年2月に設備(BC-6)の製作を完了し、引続き試験施工を実施した結果、施工機械の段取替えや操作が比較的容易で、オペレータの習熟度も高く、連携動作も予想以上に順調に行うことができた。

また、コンクリートの品質についての影響も少く、数多くの乗継ぎを行ってもコンクリートの安定した連続運搬打設が充分可能であることを確認した。

しかし、BC-6の軽量化等まだ若干の改良点も残されている。今後は実際に導流壁をこのコンベヤシステムで打設するため、上記の問題点も含めて施工性、コンクリートの品質変化等について追跡調査を実施して諸問題を解決し、このBC-6コンベヤを用いた打設システムを、1日も早く確立させ、蓮ダムでの試験施工の成果が小規模ダムの合理化施工の一助となれば幸いである。



# 30. コンクリートディストリビュータの開発

(株)大林組 菱河 恭一・\* 汐川 孝  
古川 博司

## 1. まえがき

コンクリート打設作業は、建築工事の中でも労働集約的である。中でも従来の配管方式では筒先ホースを振り回しながら打設を行うため重労働であるばかりでなく、床配筋を乱したり、また打設箇所の移動の際には配管段取り替えに時間を要する等の問題があって、その改善や自動化が強く望まれている。

そこで、こうした問題を解消するため、コンクリートの運搬・分配の自動化を目的としたコンピュータ制御運転によるコンクリート打設作業とクレーン作業の複合機能をもつ1台2役のコンクリートディストリビュータを開発し、実用化したので、その概要について述べる。

## 2. 本機の概要

本機の主要仕様を表-1、全体組立図を図-1に示す。また本機によるコンクリート打設作業全景を写真-1、クレーン作業全景を写真-2に示す。

表-1 主要仕様

項目	仕様	
形式	先端ディストリビュータ付 油圧4段屈伸式	
最大長さ	32m	
最大高さ	5.3m(支柱2.5m×5本)	
最大角度	400°(右限)	
ディストリビュータの回転角度	140°	
使用輸送管	125A	
操作方式	自動制御+手動遠隔・機内操作(選択可能)	
自動制御装置	① ブーム先端の任意方向水平直線移動	
	② ブーム先端の定点における垂直上下移動	
	③ ディストリビュータの水平保持	
制御装置	8ビットマイクロコンピュータ+サーボモーター	
センサーによる検出箇所	ブーム角度…4点、旋回スピード…1点	
クレーン	揚 起 重 力	2.7t×10m(R), 1.0t×21m(R)
	巻 取 速 度	2.0/2.4m/min(50/60Hz)
	電 動 機	15kW(4P)
昇 降 装 置	油圧シリンダによるセルフクワイミング式	
油 圧 ニ ュ ー ト	37MPa×60L/min	

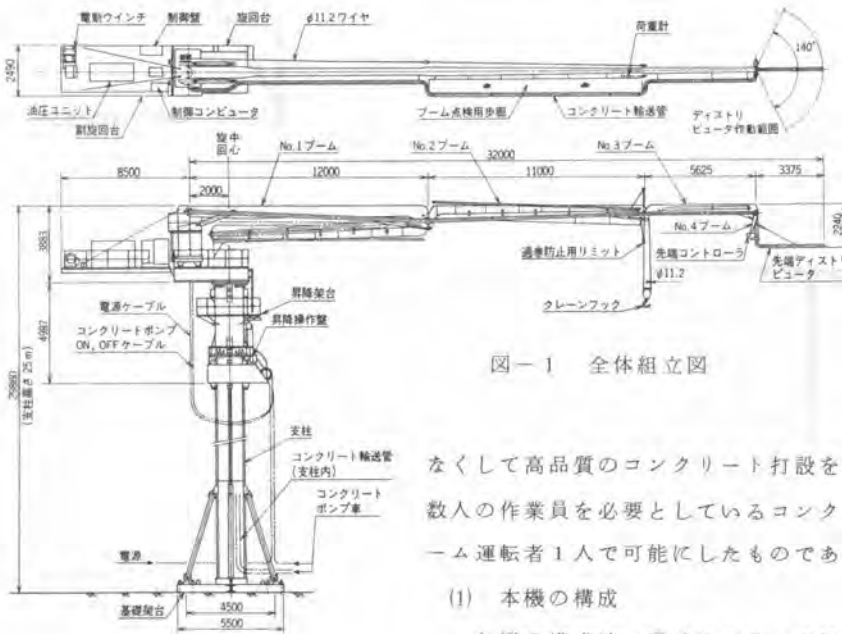


図-1 全体組立図

本機は、メカトロ化により操作性を大幅に向上させたことやブーム先端に設けた水平回転式ディストリビュータ機能が付加したことなどによって、従来の配管方式における先端フレキシブルホースのハンドリング作業を

なくして高品質のコンクリート打設を可能とし、また通常、数人の作業員を必要としているコンクリート打設作業を、ブーム運転者1人で可能にしたものである。

### (1) 本機の構成

本機の構成は、①油圧シリンダにより駆動される4段屈

ブーム、②油圧ユニット、主制御盤及び制御用計算機ユニットを搭載した旋回台、③セルフクライミング装置、及び④支柱よりなっている。コンクリート輸送管は、支柱根元からNo.4ディストリビュータまで径125Aが配設されている。なお、旋回角度は $400^{\circ}$ の有限である。コンクリート打設範囲図を図-2、クレーン性能線図を図-3に示す。

(2) 操作方式

操作方式は遠隔によるリモコンで、有線と無線の2種類があり、あらゆる工事条件に対応可能とした。

コンクリート打設の場合は、自動制御運転モードと手動運転モード、クレーン作業は手動運転モードと3モードがある。これらは使用目的によって操縦装置のSW切換えで行う。



写真-1 コンクリート打設作業全景



写真-2 クレーン作業全景

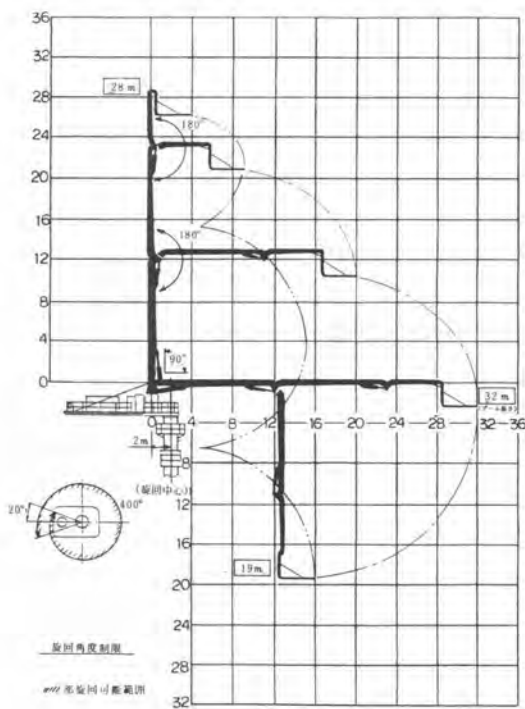


図-2 コンクリート打設範囲図

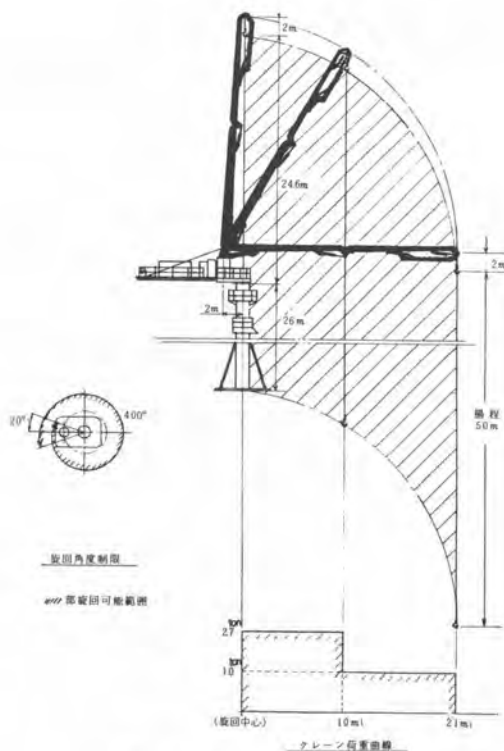


図-3 クレーン性能線図

### (3) 自動制御運転

本機の特長は、コンクリート打設機として初めてマイクロコンピュータと電気油圧サーボを用いて、全長32mの長尺で多関節（5軸）のブームを、自動制御運転ができる。このため、自動コントローラの1本のジョイスティック（5軸であれば通常は5本のレバーが必要）の簡単な操作により、ブーム先端を任意の方向、位置に自在に移動させることができる。図-4にブーム動作説明図、図-5に制御構成図を示す。

この自動制御運転では、次のような制御を行っている。

① 水平移動用ジョイスティックを倒した任意の方向と同一方向へ、ブーム先端の高さを一定に保持したまま、ブームの俯仰及び旋回を自動制御し、直線的に移動する。 $h = \text{一定}$ ,  $(x_0, z_0) \rightarrow (x_1, z_0)$

② 垂直用ジョイスティックの上下の操作により、ブーム先端の水平面位置を保持したまま上下に移動する。 $(x_0, z_0) \rightarrow (x_0, z_1)$

③ ①, ②の動作中は、No.4ブームが常に垂直、すなわち先端ディストリビュータが水平保持するように制御している。角度 $\theta_4 = \theta_4$

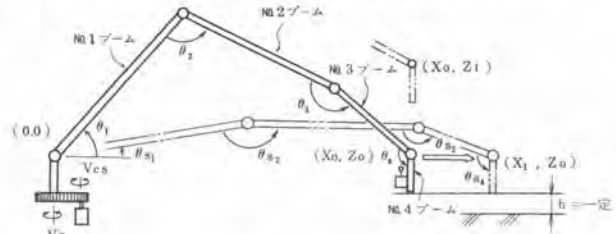


図-4 ブーム動作説明図

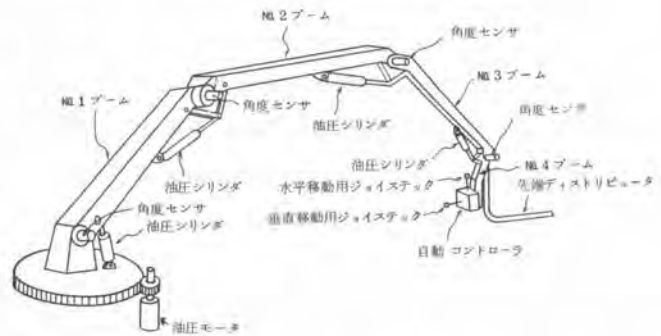


図-5 制御構成図

### 3. 施工実験結果

本機の施工性能を確認するため、都内某建築工事RC造に適用し、各種の調査確認を行った。

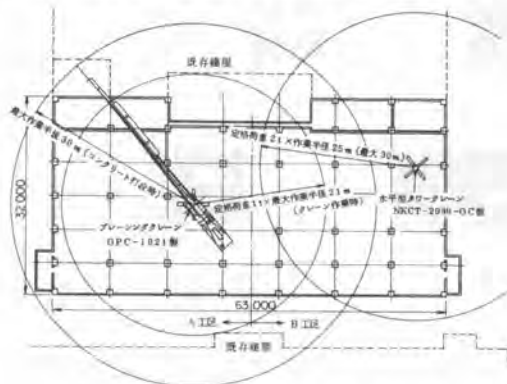


図-6 工事概要

表-2 調査項目及び調査方法

項目	内容	方法
打設能力	コンクリートミキサー車1台毎の打設時間、休止時間、休止理由等を調査する。	0.5分等間隔ワークサンプリング
打設作業工数	①ポンプ操作、配管盛替、ブーム操作の作業グループ（ポンプ工） ②床下でのコンクリート均し、補固め作業グループ（土工 etc） ③床レベル出し、柱上打作業グループ（左官工） ④床下でのコンクリート補固め作業グループ（土工 etc）に分割し、その作業内容、作業人数等を調査する。	1分等間隔ワークサンプリング
稼働率	ブレイジングトレーンのトレーンとしての稼働、分配機としての稼働時間、稼働内容を調査する。	作業日報
コンクリート配管内圧力	ブーム形状変化に伴う管内圧力変動、コンクリートポンプ圧を調査する。	管内圧力計
コンクリート品質	圧送後のコンクリート品質（分離を含める）を調査する。	JASS5に基づく各試験法

建物概要は、建築面積 2,080 m<sup>2</sup>、延床面積 9,900 m<sup>2</sup>、地上 5 階、PH1 階、軒高 21.7m である。図-6 に本機の配置図を、表-2 に調査項目と調査方法を示す。なお、機械的性能については既に工場での検証を得ていたため、ここでは本機と従来の配管方式の作業能率などの比較に重点をおいた。

(1) 施工性能の確認

① 打設能率：図-7 に打設時間の比較を、図-8 に打設時間の内訳を示す。本機の方がブーム移動待ちが13%と低く、今後の締固め待ちなどの改善によって更に打設能率向上が期待できる。

② 作業工数：図-9 に打設作業工数の比較を示す。床上での均し・締固め作業では、本機の方が工数が低減され、今後は更に工数低減の可能性が見受けられる。また、ポンプ操作・配管盛替やブーム操作では、本機の運転者の工数分増加や合図等の増加（CPのリモコン機構の違いから、調査時にはリモコンを使用せず）があるが、今後はCPの選定によりワンマンコントロールの可能性が得られており、省力化が可能である。

(2) 機械的性能の確認

工場における検証及び施工実験の結果により、次の事が確認でき、当初の目的をほぼ達成できた。

① 長尺かつ剛性の低い多関節ブームであるが、圧送中の脈動も小さく、またブームの自動制御も十分安定しており、実用上問題がない。

② 自動制御のため、梁・壁に沿った細かな打設が容易にできる。またブーム運転者 1 人で、先端での打設作業が可能である。

③ 先端部分でのコントロールは、打設状況の確認が十分でき、安全や品質向上に役立っている。

あとがき

本機による打設作業では、従来の方式に比べ打設能率向上や作業工数低減が図れ、品質向上に

についても良好な結果を得ている事が確認できた。今後はこれらの結果を踏まえて改善・改良を進め、更に完成度の高いものにしていく所存である。最後に三菱重工関係各位に深く感謝の意を表します。

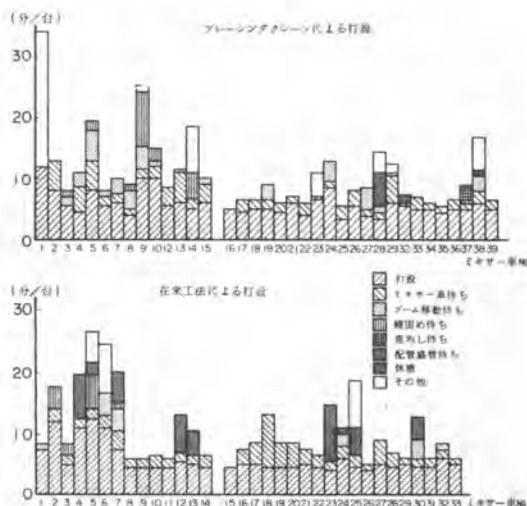


図-7 打設時間の比較

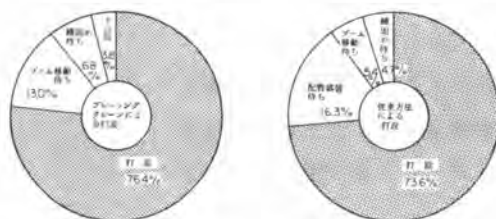


図-8 打設時間の内訳

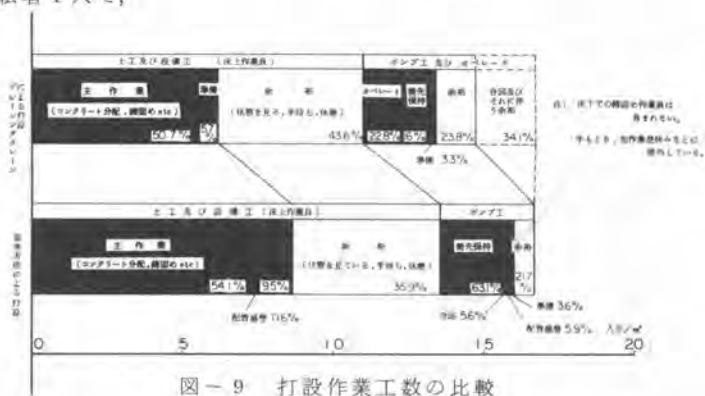


図-9 打設作業工数の比較

# 31. 管被幕工法の施工報告

(株)奥村組 吉川重弘

## 1. まえがき

現在築造されている下水道管渠および電話電気等の管路や洞道地下鉄等のトンネルは、削掘工法、推進工法並びにシールド工法にて施工されているが、どの工法で施工されても、工法の特長性、管材の老朽化、地盤沈下などにより、特に継手部に隙間が生じて、そこから地下水が浸入することは避けられないのが現状である。下水道の場合、浸入水によって終末処理場における処理水量が増え、その費用が高額にのびることが問題とされており、既設埋設管の検査や補修に多額の費用を費しているのが実情である。また、下水道以外の管路等においても、供用目的により差異は有るが、浸入水に対する対策には多額の費用を費している。

これらの諸問題を解決すべく、(株)奥村組、東亜プラウト工業(株)、三井東圧化学(株)、石川島播磨重工業(株)、奥村機械製作(株)の5社は、昭和57年より共同開発に着手していた下水道管渠における地下水の流入あるいは汚水の漏出を防ぐため、不透水性の膜で被覆した管を布設する「管被膜工法」の開発について日本下水道事業団の指導を受け、このたび推進工法の技術開発に成功した。

当工法の施工性、膜の強度および耐久性に関する基礎実験を終えた後、今年2月、玉石混じりの礫地盤において礫破砕式泥水加圧推進工法により、ヒューム管内径φ1100mm、延長124mの試験施工を実施したところ膜の損傷もなく、圧入推力も、礫地盤における従来工法による泥水加圧推進の推力に比べ約4分の1で施工出来た。

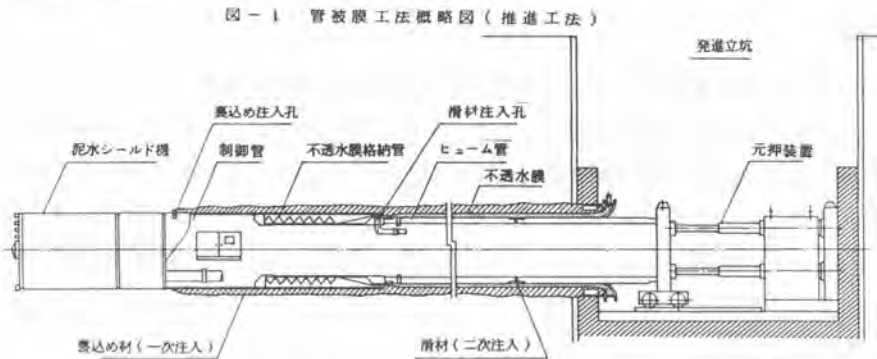
ここに、当工法の概要と試験施工による結果を発表する。

## 2. 工法の概要

推進工法により、ヒューム管(被膜管)を地中に布設するもので次の施工順序で行う。(図-1参照)

- i 発進立坑に泥水シールド機を据付けて発進し、地中に推進する
- ii 泥水シールド機の後部に制御管を接続し、推進させる
- iii 制御管に膜格納管を接続し、推進させる
- iv 膜格納管後端部の外側にある、不透水膜端部と坑口リングに取り付け、さらにエントランスパツキンを取り付ける
- v 膜格納管後部にヒューム管を接続し、発進させる
- vi 管の推進に合わせて、泥水シールド機の後方から裏込め材(一次注入)をヒューム管と不透水膜の間に滑材(二次注入)を注入する

- Vii ヒューム管の接続および推進。注入機の注入作業をくり返して所定区間の被膜管の布設を行う。
- Viii 布設後、二次注入機を所定強度の発現する充填機（三次注入）に置き換えて施工を完了する。なお推進中は泥水圧、一次注入圧、二次注入圧のバランスをとりながら施工し、注入圧力や注入量によって施工管理を行う。



### 3. 管被膜推進工法の試験工事概要

#### (1) 工事概要

被膜管径：ヒューム管呼び径 1,100mm  
 試長：118m  
 土質：砂礫（礫率70%）土被り9~10m  
 地下水位：GL-3~4m

#### (2) 試験目的

- i 泥水推進工法における膜の被膜状態を確認する
- ii 管被膜工法の施工性、実用性を確認する

#### (3) 試験項目

- i 膜格納管からの送り出し状況
- ii 坑口パッキンおよび膜の取り付けの施工性
- iii 裏込め滑材および充填機の注入状態
- iv 管内と坑口の滑材圧力の変化
- v ヒューム管圧入の推力変化

#### (4) 膜材

膜は不透水性および耐久性に優れた材料とし、円筒状のものを折り畳んで膜格納管に収納したものを使用した。膜厚は0.3mmとし、材質はポリ塩化ビニールとする。（物性値を表-1に示す）

(5) 膜の引出し状態の確認

- i 推進中は膜引出し検知装置により、経時的に、また、布設ヒューム管を7本間隔で注入孔から検知棒により被膜状態を確認する
- ii 二次注入圧の圧力保持状況により、膜の破損の有無を確認する
- iii 到達後、格納管から膜を取り出し、残量から被覆長さを確認する

(6) 注入材

裹込め材、滑材および充填材の注入は、一次注入、二次注入、三次注入と呼称し、内容は次のとおりである。

一次注入：仮管より裹込め材を注入し地山のゆるみを防止する

二次注入：膜とヒューム管の間に滑材を注入し、膜とヒューム管との密着を防止するとともに、摩擦抵抗を減少させ、膜の破損を防ぐ

三次注入：推進完了後、滑材と強度を発現する充填材と置き換え、地盤の沈下を防止する

一次、二次注入の注入方法は、シールド掘進速度に応じ、同時に注入を行う

(注入材の配合を表-2に示す)

表-1 膜の物性値

(試験方法はJIS規格による)

項目	単位	方向	数値	備考(試験法)
厚さ	μm	-	300	
膨張率	g/cm <sup>3</sup>	-	1.3	
引張強さ	kgf/cm <sup>2</sup>	MD	248	JIS K 6782
"	"	TD	227	"
伸び	%	MD	346	"
"	"	TD	360	"
引張強さ (ニルモンドルフ)	kgf	MD	8.0	JIS P 8116 常態
"	"	TD	3.5	"
引張強さ (直角度)	"	MD	2.2	JIS K 6782
"	"	TD	2.4	"
破断試験 (チューレン)	kgf/cm <sup>2</sup>	-	6.7	JIS P 8181
耐摩耗性	μl%	-	0.49	JIS P 8126 に準ず
耐熱温度	℃	-	65~90	変形を発生しない温度
耐寒温度	℃	-	-40	"
耐薬品性	液種	-	10	PH1.0に1週間
"	物アルカリ	-	9	PH12に1週間
土中・水中の耐久性	年	-	20年以上	

表-2 注入材の配合

① 裹込め材(一次注入材)

品名	ベントナイト	エクソサンド	ウラゴメル	セメント	水
量	125 kg	300 kg	2 kg	50 kg	-

1kg当り

② 滑材(二次注入材)

品名	ベントナイト	高吸水性樹脂	水
量	110 kg	0.75 kg	-

1kg当り

③ 充填材(三次注入材)

品名	ベントナイト	高吸水性樹脂	セメント	水
量	110 kg	0.75 kg	160 kg	-

1kg当り

(7) 試験施工結果

1) 試験施工結果の要点を次にあげる。

- i 膜は全推進延長118mにわたり被膜されていた
- ii 発進坑口の特種タツキン類は、止水性、施工性ともに問題はなく良好であった
- iii 泥水推進工法の施工に対し、膜被膜による掘進速度、方向修正などに及ぼす影響はほとんどなかった
- iv 推進力は、最大133.9tであり、日本下水道協会式による算定推力の約4分の1であった
- v 施工精度は上下、左右とも±5cm以下の高精度であった。
- vi 礫地盤であったが、泥水の管理、一・二次注入の管理、掘削管理を十分に行うことで、膜の被覆を確実に行うことができた。

2) 切羽水圧と注入機の注入量の実績

切羽水圧と一次注入、二次注入圧・量を図-2に示す

3) 計画注入量と実施工注入量 (表-3を参照)

4) 管圧入力の推力

試験施工の施工長118mにおける推力は図-3に示すとおりである。

図-3に示す試験施工の管圧入推力と、日本下水道協会式による算定推力との比較を次に示す。

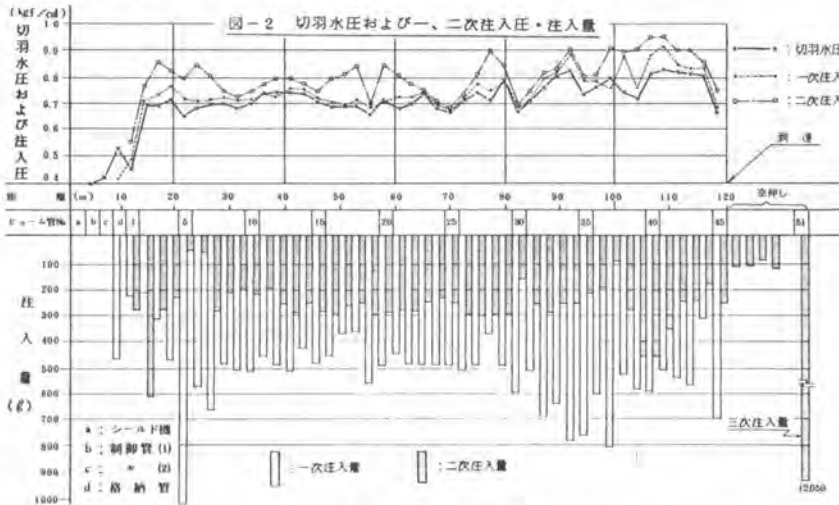
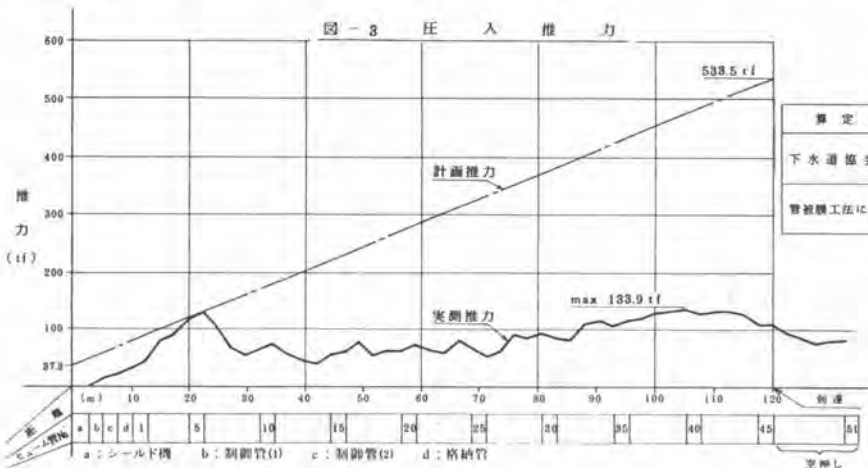


表-3 注入量の比較

	一次注入量 (m³)	二次注入量 (m³)	三次注入量 (m³)
計画注入量	25.96	9.91	11.975
実注入量	24.14	11.975	12.05
実施/計画 (%)	93	121	101



算定方法	推力 (tf)	比率
下水道協会 (株) 式	$F = 533.5$	1
管被膜工法における実測	$F' = 133.9$	0.251

4. あとがき

管被膜工法の推進工法での実用性は、今回の試験施工で実証されたが、今後も引き続き、礫地盤で実証施工を実施し推進力の減小関係、被膜機の強度、安全性を確認し当工法の技術指針を確立して行くことにしている。

また、開削工法、シールド工法における「管被膜」についても開発は進行し、開削工法は試験施工段階であり、シールド工法についても今年10月には開発を完了し実用段階に入れる予定である。

以上



## 32. 中口径塩ビ管埋設機械の開発

(株)竹中工務店 \* 鈴木 昭夫・天海 清志

### 1. まえがき

近年、下水道の普及に伴い幹線から枝線へと、中口径管の施工が広まりつつある。中でも掘削深度3m程度の開削工法は、経済性、施工の確実性などから需要は大きい。公害問題に対して地元住民の理解が得られないと工事できないなどのため、従来工法による施工は困難な条件が増大する傾向にある。本開発機は、上記の問題点を解決するために、①狭い幅員の道路においても交通量を妨げないこと、②急遽施工が行なえること、③低騒音、低振動であること、④掘削溝内に作業者が入らず全て地上からの操作で施工を行なえること、などを目標として開発中のものである。

なお、通産省が定住圏構想の一環として定住圏域の生活環境整備を目的とした研究を推進しており、本開発はその一環として通産省より小規模排水処理機械システム技術研究組合が委託研究補助金を受けて開発を行なっているものである。

以下に開発機概の概要およびその性能実験結果について報告する。

### 2. 開発機概の概要

開発機概は、200<sup>mm</sup>～300<sup>mm</sup>の塩ビ管埋設施工用の掘削機、管布設機、埋戻機およびマンホール施工用の立坑掘削機(推進工法の立坑施工にも適用可)から構成され、その概要を図-1に、主な仕様を表-1に示す。各開発機概は以下のような主要機能を有する。

- ・掘削機-----土留板の外幅までオーバーカット可能な油圧コラムシエルで掘削しながら枠状に組立てた土留板(0.78m×長さm×高さm)をジャッキで所定の深度まで圧入する。
- ・管布設機-----バックホウの腕の先端に取り付けた管締結機で把持した接続管を、山留施工の完了した溝底に取り込み、地上からの遠隔操作により既埋設管と接続する。
- ・埋戻機-----土留板をジャッキで引き抜きながら埋戻土砂を振動コンパクターで圧入する。
- ・立坑掘削機-----平面上をX、Y方向に移動できる油圧コラムシエルで掘削しながら箱形に組立てた土留板(1.8m×長さ2.5m×高さ1m)をジャッキで所定の深度まで圧入する。

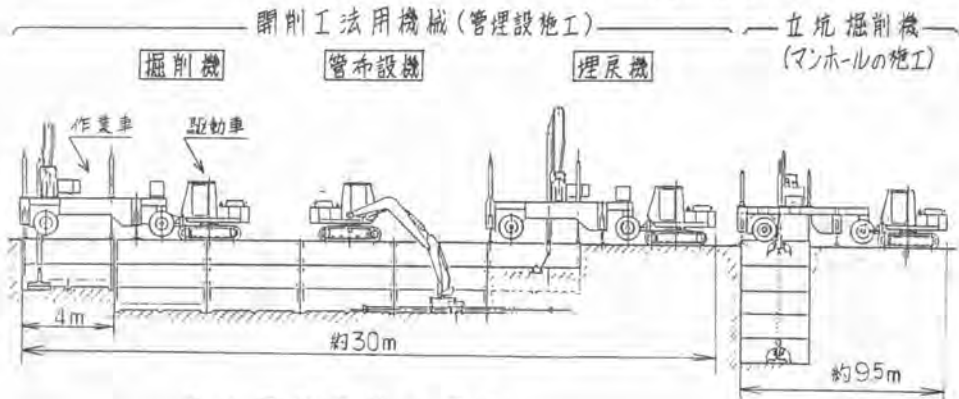


図-1. 開発機概の概要

表-1. 開発機械の主な仕様

機械	項目	最大施工深度	(L×W×H)	重量	出力
掘削機・埋設機		3 m	10.1×2.3×5.9 m	22.4 T	62 PS
管布設機		3 m	5.9×2.2×2.6 m	6.6 T	62 PS
立坑掘削機		5 m	9.5×3.3×6.0 m	21.4 T	62 PS

3. 実験概要

実験測定項目、実験条件、実験規模をそれぞれ表-2、表-3、図-2に示す。

表-2. 実験項目

測定項目	管埋設実験	マンホール埋設実験
施工能率	管埋設用掘削機施工時間 管埋設用埋設機施工時間	マンホール埋設用 立坑掘削機施工時間 マンホール埋設用 立坑掘削機施工時間
騒音・振動	騒音レベル 振動レベル	—

表-3. 実験条件

実験条件	管埋設実験	マンホール埋設実験
使用材料	塩ビ管 (内径200mm)	軽量70L/Aマンホール
埋設深さ	2.35m~2.65m (埋設管中心)	3.15m~3.45m (マンホール底面)
埋戻材料	川砂	
締固め条件	埋戻し層厚 30cm	振動コンパクター
埋設管勾配	5%	
土質および地下水	N値5以下の関東ロームの埋土 地下水はG.L. -10m以下	
場	三和建設成田工場 (成田中野電子工業団地内)	

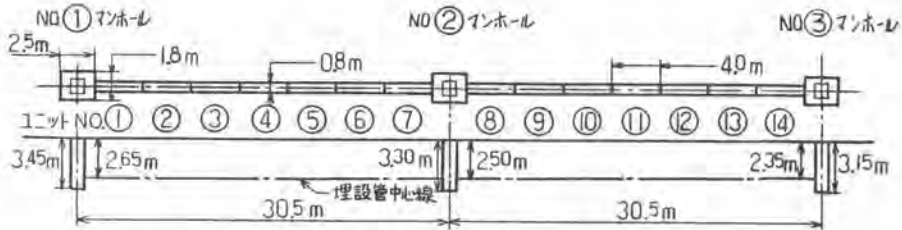


図-2. 実験規模

4. 実験結果と検討

(1) 施工能率

土留板1単位の施工長を1ユニットとして、図-3~7に各作業の施工時間の測定値をユニット毎に示す。また表-4には、開発機械の各作業が機械の改造および習熟により安定した状態の平均施工時間を示す。

記号一覧

- 暴積時間
- 掘削機は厚戻し時間
- 土留板七付は付後時間
- △ 掘削機位置決め時間

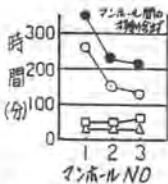


図-5. マンホール掘削機施工時間



図-6. マンホール埋戻機施工時間



図-7. マンホール設置機施工時間

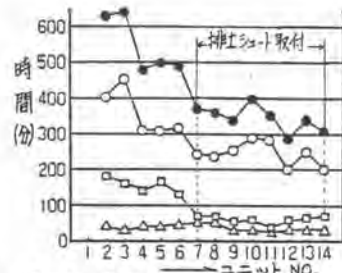


図-3. 管埋設用掘削機施工時間

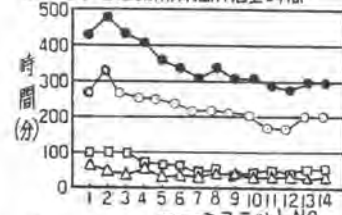


図-4. 埋設管布設機は埋設機掘削機施工時間

表-4の安定した作業状態の施工時間に基づいて、1日の実働時間を7時間とした場合の施工能率を求めると表-5に示すような値となる。なお、マンホールについては、本研究開発の一環として別に開発されたレジコンクリート製軽量プレハブマンホールを使用している。

以上の結果、管理設施工能率は、掘削と埋戻しを同時平行作業として行なえば5.7<sup>m</sup>/日の施工能率の確保が可能である。また、マンホール埋設施工能率は、掘削、設置、埋戻し共々それぞれ約2<sup>m</sup>/日の施工能率が得られることが分った。(但し、マンホール間の機械移動は除く)

## (2)騒音と振動

図-8に開発機械の騒音と振動の測定位置を示す。図-9は、測定距離毎に騒音の最大値をプロットしたものである。各測定距離で騒音の最大値は全て機械の後方で測定された。主たる音源は、駆動車のエンジン、作業中の各機械の始動・停止時と発生する衝撃、振動コンパクタ、油圧ユニット内のソレノイドバルブなどである。

図-10には振動の最大値を示す。管布設機が発生する振動は45dB以下であった。各測定距離で機械後方で測定された振動が最大となったが、他の測定方向との差はほとんどなかった。また、振動の主たる発生源は、駆動車のエンジン、作業車の動作の始動・停止に伴う衝撃、振動コンパクタなどである。

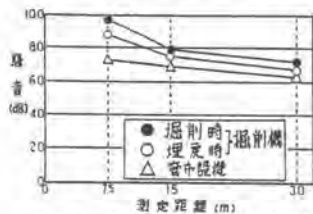


図-9. 騒音測定値(最大値)

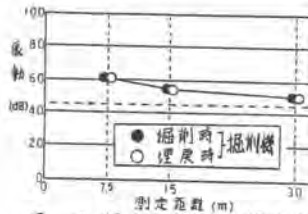


図-10. 振動測定値(最大値)

表-4 安定状態での平均施工時間

作業内容	施工時間	備考
管理設用掘削機施工時間	296分	NO.12,14ユニット
埋設管布設および管理設用土留置施工時間	292分	NO.12,13,14ユニット
マンホール掘削機施工時間	213分	NO.3マンホール
” ” 埋戻機施工時間	200分	NO.3マンホール
” ” 設置機施工時間	240分	NO.2,3マンホール

表-5 1日当りの施工能率

作業内容	施工能率
管理設用掘削機施工	5.7 <sup>m</sup> /日
埋設管布設および管理設用土留置施工	5.8 <sup>m</sup> /日
マンホール掘削機施工	2.0 <sup>m</sup> /日
” ” 埋戻機施工	2.1 <sup>m</sup> /日
” ” 設置機施工	1.8 <sup>m</sup> /日

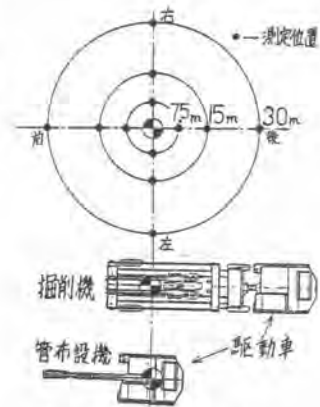


図-8. 測定位置

## 5. 他工法との比較

### (1)施工能率

図-11に開発工法と他工法の掘削から埋戻しまでの管理設施工能率(マンホール部を除く)を示す。各工法とも工賃条件、掘削深度、掘削幅、作業時間などが全く同一の条件ではないが、施工能率の概略傾向の比較は可能と考える。

今回の実験で用いた開発機はまだ幾つかの改善の余地を残しており、必要な改善策を施すことにより8<sup>m</sup>/日(実作業時間7h)程度の施工能率の確保が可能と思われる。

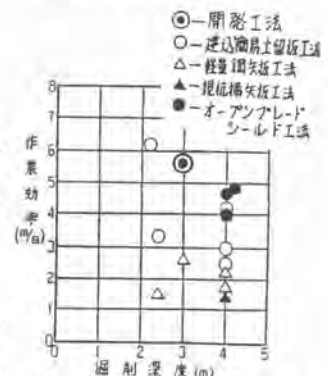


図-11. 各種工法の管理設施工能率

(2)省人化効果および作業性

表-6に各工法の作業人数を示す。開発工法では従来工法と比較して3~4人の省人化効果を期待できる。また、開発工法は従来工法と比べて機械化が進んでいるため、肉体労働が少なく苦渋作業が軽減される。これは、近年土木工事作業者の高齢化が進み若年層を得にくい現状を考えると、今後の施工方式に適合していると言える。

(3)作業区間の省スペース

開発工法の作業区間は、図-1に示すように約30mであるのに対し、軽量鋼矢板工法が約100m、建込簡易土留板工法は約50m程度を必要とする。開発工法では、70~40%程度の省スペースを図ることが出来る可能性がある。

(4)騒音と振動

図-12に開発機械および掘削工事に多く用いられる建設機械の騒音と振動を示す。

開発機械の騒音レベルは最も小さい部類に属し、アースオーガーとはほぼ同等である。振動レベルはアースオーガーより更に小さい値となった。開発機では、油圧ラムシエルによる静的な掘削方式であることや、ラムシエルバケットおよび振動コンパクタなどの振動発生源を重厚な土留板で覆っていることが理由として挙げられる。現状の施工機種の中で最も低公害な施工が可能であると言える。

(5)安全性

開発工法が従来工法と比較して安全性に優れる点は、掘削と平行して支保工の完成した土留板を機械で圧入するため、①掘削時域内での作業がなくなる、地山崩壊による人身事故の心配がない、②土圧に変化を生じさせず作業時間が短かく、周辺地山を乱さない、などである。

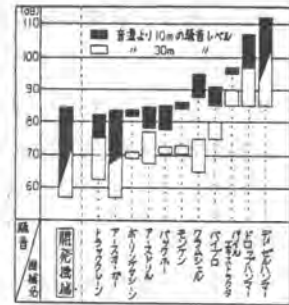
6. おさげ

開発機による管の埋設性能実験を行った結果、従来の建込簡易土留板工法などとは比べて同等以上の施工能率を有し、3人程度の省人化を図ることが分った。また、作業区間長、騒音・振動、安全性などの面でも従来工法と比べてメリットのあることが分り、開発当初の目標をほぼ達成することができたものと言える。しかし、今後更に能率の向上を図るためには幾つかの点で改良、工夫をするのが望ましい事項もあり、これらの事項を解決しながら今後の社会ニーズに合った工法を育て上げたいと考える。

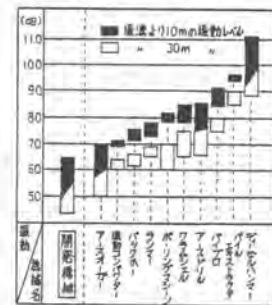
最後に通産省産業機械課ならびに実験に御協力頂いた久保田鉄工(株)、三和機械(株)の関係各位に謝意を表します。

表-6 各工法の作業人数

工法名	作業人数
○ 開発工法	5人
● 建込簡易土留板工法	8人
○ 軽量鋼矢板工法	8人
○ 親杭掘矢板工法	9人
○ オープンピット工法	7人



騒音の比較



振動の比較

図-12 開発機械と各種建設機械の騒音と振動

### 33. 石積ロボットの開発

東急建設(株) 鷹 巢 征 行

#### 1. はじめに

近年、建設業界では、技能労働者の慢性的不足や一般労働者の高齢化（建設省調査では56年普通作業員の平均年齢47.1歳）のため労働生産性の停滞や労働災害の多発に直面しています。

東急建設では、このような状況に鑑み社内アンケート調査を行ったところ、現場ではロボット化ニーズが極めて高いことが判かりました。その結果、ナトム用吹付ロボット、支保ロボットなどを開発し適用してきましたが、今度「石積ロボット」の開発に至りましたので以下ご報告致します。

石積作業は、ブロックの運搬据付、コンクリートの運搬流込、裏込栗石の運搬投入、裏型枠の据付撤去、水抜パイプの取付、目地、機械補助作業を含め人力に依存することの多い工種といえます。これ等の作業のうち、人力の依存度が高くしかも過酷で危険と判断される作業はブロックの運搬据付です。この作業は、ブロック1個の重量が60kg、集積場所から1個ずつバックホーのバケットに積み込み、据付場所では石工の作業がしやすいように仮置きする原始的な作業です。

石積ロボットは、このブロックの運搬と据付を代替しようとするもので、作業員の過酷で危険な作業を取り除くとともに、従来1パーティ4名を2名にすることができます。

現在、石積ロボットは、東急田園都市線の沿線の宅地造成現場を中心に適用し実証中です。

#### 2. テーマ性

テーマは、現場ニーズ調査から提起されたものについて価値判断するのは当然のことです。

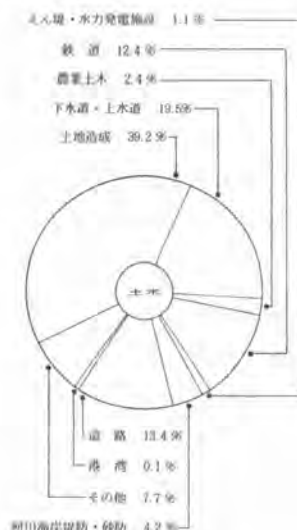
東急建設の56年度完成工事高の工種比率（第1表）の第1位が土地造成であり、ウエイトの高い工種がもっともコストダウンに貢献すること、得意分野のため社内にノウハウの蓄積があること、開発品のテスト現場にこと欠かないことなどの理由からテーマ性が評価されました。さらに、宅地造成工事のうち擁壁工事に圧倒的に工費がかかる点からも評価されました。

さて、擁壁工事のうち石積擁壁が顧客ニーズも高く、必然的に宅地の大部分が石積で施工されています。これは、日本人のお城の石垣願望の根強さからくるものなのでしょう。建物が無い宅地でもっとも目につくのは、石積の出来映えであり、これが即商品価値に結びつくので、手造りで丁寧なものが要求されます。

石積には、画一的な形状や雑な仕上りは不適當で、機械化施工に有利な大型のブロックでは顧客を満足しきれず、我々の志向も従来の石積ブロックを活かす形の機械化を狙

第1表

○ 56年度完成工事の工種比率



うこととなります。

石積擁壁の施工をみると、掘削、裏込栗石、コンクリートなどバックホームを主体に機械化がすすんでいます。しかし、石積ブロックの運搬はバックホーのバケットを利用した積込、積卸し作業を人力に頼っており、(写真-1,2) 60kgものブロックを足場の悪い処で取扱うので腰痛やケガにつきまわっている実状があることは前述の通りです。

さて、この作業がロボット化できたとして、作業員の過酷危険作業からの回避は実現できますが、コストアップ要因が残されることとなります。そこで、現状作業のデータを取りロボット化による新しい作業方法を検討した結果、省力化によるコストダウンの見通しがついたので開発に着手することとなりました。



写真-1



写真-2

### 3. 石積ロボットの機能

#### 1) バックホー作業の兼用

石積ロボットを使わない石積作業において、バックホーは、基礎掘削、裏込栗石の運搬、石積ブロックの運搬、生コン運搬などの作業を行っています。石積ロボットを専用機とした場合には、重機が2台錯綜するとともにインシヤルコストのアップにつながります。また、石積ロボットの機能として運搬、据付を完全自動化する考えがありますが、石積ブロックの製品寸法のバラツキと据付ベースとなるコンクリート面の不陸のため、ロボットで正規の位置を出しても据付け補助者が必要となり省力化メリットが出せません。

そこで、バックホー作業と兼用の石積ロボット作業のできる装置をデザインしました。

#### 2) 運搬・荒据付

石積ブロックの積み方には、谷積布積の2種類があり、真物と切物の配列も3種類(A, B, C)あり、現場条件によって正規の配列に沿って石積ロボットで荒据付する場合と石積ブロックを反転し、幅をせまくして1度に数多く運搬する場合があります。運搬する場合の数は5個(300kg)まで可能としました。

#### 3) 各種ブロックへの対応

JISにあるコンクリート積みブロックは、控長が350mmに統一されているため、控長方向で掴めばすべてのブロックに対応できることとなります。

#### 4) 凹凸に追ずいできる把持

J I Sによるブロックの許容誤差は面で+5, -3mm、控長で+10, -5mmと規定されており、数多く(最大5個)掴む場合に考慮を必要とします。特にスプリットン(商品名)を使用する場合には注意が必要です。これは自然石に近い面をつくるために、ブロック成形後に面に矢を入れて半割するため特に凹凸が多い。従って、この凹凸に追いついて出来る分割形のフィンガーとクッション材を設け、人でいえば掌の機能をもたせました。

#### 5) 安全機構

作業の安全を目的につくった機械により事故を起こすようなことがあってはなりません。石積ブロックの落下には安全機構が必要です。運搬中の下方、側方への落下防止に把持部はテーパ形状の採用と、スプリング付サイドバーの取付けを施しています。

把持状態の確認は圧力センサーを設け運転席で確認できるようにしました。

また、据付場所で、把持を解放する際に、擁壁面側に石積ブロックが落下しないよう把持装置には固定板と可動板を組合せ、可動板のみ動く構造としました。

#### 6) 盛土、切土石積擁壁への適応

一般に、盛土の場合は段階的に盛土しながら石積を行うので石積擁壁の裏側に重機を配置し、切土の場合は石積擁壁の面側に重機を配置します。この時、5)項で述べたごとく把持装置の固定板が常に擁壁面側に位置するよう反転自在構造としております。

#### 7) 装着の容易性

重機のアタッチメントとして単独で使用する場合、運転席の操作レバーに油圧回路をとりますが、兼用機の場合、時に頻繁に2つの作業を交替させるには別途の油圧回路を用いる必要があります。また、汎用性を持たせるには、パワーユニットを専用に設けてアッセンブリとする方が油圧回路上無理もなく重機への装着も容易です。

### 4. 石積ロボットのメリット

#### 1) 危険・過酷作業の解放

第2表

石積工法における在来工法と  
新工法の比較表

凡例  
 黒 : ブロック運搬工  
 赤 : 水バケ水拭パイプ工  
 緑 : 積戻工  
 青 : 製砂工  
 白 : コンクリート打設工  
 黄 : 裏込積石工  
 紫 : モルタル工  
 橙 : 目地工

作業	0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0
1. 基礎掘削											
2. 基礎コンクリート打設											
3. 基礎コンクリート養生											
4. 基礎コンクリート養生撤去											
5. 基礎コンクリート養生撤去後											
6. 基礎コンクリート養生撤去後											
7. 基礎コンクリート養生撤去後											
8. 基礎コンクリート養生撤去後											
9. 基礎コンクリート養生撤去後											
10. 基礎コンクリート養生撤去後											
11. 基礎コンクリート養生撤去後											
12. 基礎コンクリート養生撤去後											
13. 基礎コンクリート養生撤去後											
14. 基礎コンクリート養生撤去後											
15. 基礎コンクリート養生撤去後											
16. 基礎コンクリート養生撤去後											
17. 基礎コンクリート養生撤去後											
18. 基礎コンクリート養生撤去後											
19. 基礎コンクリート養生撤去後											
20. 基礎コンクリート養生撤去後											
21. 基礎コンクリート養生撤去後											
22. 基礎コンクリート養生撤去後											
23. 基礎コンクリート養生撤去後											
24. 基礎コンクリート養生撤去後											
25. 基礎コンクリート養生撤去後											
26. 基礎コンクリート養生撤去後											
27. 基礎コンクリート養生撤去後											
28. 基礎コンクリート養生撤去後											
29. 基礎コンクリート養生撤去後											
30. 基礎コンクリート養生撤去後											
31. 基礎コンクリート養生撤去後											
32. 基礎コンクリート養生撤去後											
33. 基礎コンクリート養生撤去後											
34. 基礎コンクリート養生撤去後											
35. 基礎コンクリート養生撤去後											
36. 基礎コンクリート養生撤去後											
37. 基礎コンクリート養生撤去後											
38. 基礎コンクリート養生撤去後											
39. 基礎コンクリート養生撤去後											
40. 基礎コンクリート養生撤去後											
41. 基礎コンクリート養生撤去後											
42. 基礎コンクリート養生撤去後											
43. 基礎コンクリート養生撤去後											
44. 基礎コンクリート養生撤去後											
45. 基礎コンクリート養生撤去後											
46. 基礎コンクリート養生撤去後											
47. 基礎コンクリート養生撤去後											
48. 基礎コンクリート養生撤去後											
49. 基礎コンクリート養生撤去後											
50. 基礎コンクリート養生撤去後											

#### 2) コストダウンの可能性

石積作業が現在行われている形になるまでには、長い年月を経てきました。歩み板と一輪車(ネコ車)による運搬作業からバックホーへ、雑割間知石の成形作業から石積ブロックの工場生産へなど変

ってきています。長年の経験から安定した擁壁としての実績には重みがあり日本人の石垣願望とともに定着したものとなっています。それだけに、改革には困難が予想されます。第2表にあるように石積ロボットを使用すると作業員は4名から2名になります。この表は、8つの現状作業を測定し平均化したもので、石積ロボット導入後の予想作業を表示してあります。上記の通り実現するとコストダウンが可能になり石積ロボット導入にはずみがつくはずですが、ただ、現在のところ数少ない現場への適用を終了したばかりで結論を出すには至っておりません。

### 3) 今後の問題点として残されている点

石積作業は、1つのパーティが石積工事だけを請負ってあるく形態をとり一家意識が強く「省力化」に抵抗があること。バックホーは当社の保有でなく、他の作業（主に掘削）と並行し現場内を歩きまわるケースも多いこと。石積ブロックを工場から運搬し積み卸す時、石積ロボットに合った置き方を協力してもらうこと。等があります。



写真-3



写真-4

## 5. おわりに

新商品の開発は、ロボットにかかわらずまずどのような潜在化したニーズを掘り起こすかが重要です。今回のケースでは、社内の現場の第一線の技術者へのアンケートという形で顕在化してみました。

アンケート調査を通して感じたことは、産業用ロボット化時代を反映して建設ロボットへの期待も想像以上に大きかったということでした。

ところで、出来上がった形のものが第一線技術者のイメージに合ったロボットになったのか、いささか泥くさくスマートさに欠けているような気もします。一方、現状の技術レベルからすると「マニュアルマニピュレータ」形ロボットが現実的な対応として評価してもらいたい気もしています。

建設ロボットの最大の問題は、基準点がとりにくいことにありますので、今後ロボットの位置姿勢認識システムが開発されれば、コンピュータを駆使した高度なロボットが次々に出現することになります。

ただし、運転手を不用にするだけのものだけでなく、ロボット化のメリットが最大限に発揮できる施工法の開発が必須条件になると考えます。



## 34. ブロック張り機械の開発

建設省北陸技術事務所 村 松 敏 光

\*阿 部 英 明

三菱重工業(株) 瀧 本 恭 三

### 1. はじめに

法面等の保護工として、工場で製造されたコンクリートブロック（二次製品）を使用するコンクリートブロック張（積）工が、施工性、経済性等に優れていることから、河川・道路・宅地造成工事等広く普及している。

コンクリートブロック製品は、もともと人力施工を目的に規格化されたものが多く、1個の重量が30～60kgと人間が取扱う範囲内で考えられており、1㎡当り8～11個で組合せられるため1工事に使用される数量が膨大となり、多くの作業員と工事日数を要する人力施工依存度の高い工種であり、かつブロックを高所や傾斜地で取扱う作業が多く作業員にとっては、重労働作業となっている。

このため、ブロック等の取扱い中に起因する労働災害の多い工種でもある。また近年建設労働者が高齢化しているため、施工の機械化を図り作業員の重労働からの解放、作業の安全性確保及び省力化の声が聞かれる。そこで、ブロック張（積）工の実態調査を実施し、ブロック張り機械の開発試作を行ったのでその概要を報告する。

### 2. ブロック（積）工実態調査

昭和57年度の建設省各地方建設局における施工量は、間知ブロック630千㎡、平ブロック48千㎡、連接ブロック348千㎡で総施工量1,026千㎡であり、これに県、市町村の施工量も含めると年間相当数の施工量となる。またこのうち主に使用されている間知ブロックは、J I S A 5323 コンクリート積ブロックとして規定され重量により区分されている。面形状が長方形と正方形とがあり、計17種類に区分されている。調査の結果、長方形（面寸法420×280mm、400×25mm）、正方形（面寸法300×300mm）が多く使用されていた。

### 3. 開発機械の概要

#### 3. 1 機械化施工の範囲

機械化施工には、ブロックを短時間に多数効率よく運搬し、極力人力を省き、据付・固定することを開発目標とするが、機械ですべてを施工する方法と機械と人力補助作業を組み合わせる2つの方法が考えられる。前者の方法による機械化が望ましいが、ブロック据付時の高さや間隔、並べ方の調整作業にきめ細かな作業が要求され、出来形寸法を十分満足する精度を保つことは非常にむずかしく、問題点も多い。一方後者の方法は、ブロック据付作業を人力で行い、機械は据付が容易な状態で、仮置場から運搬すれば良く、機械の構造や操作性、安全性、施工能力等から開発効果が高いと判断されるので、機械化施工への第1ステップとして、後者の方法に使用する機械の開発を実施する。

### 3. 2 基本条件とベースマシン

機械の開発を行うにあたり、バックホウとクレーンをベースマシンとして検討を行い、バックホウではアタッチメントを装着し、クレーンでは、簡易な吊り金具を使用する2つの方法で行うこととした。

### 3. 3 ブロック把持装置の仕様

バックホウをベースマシンとしたブロック張り機械は、土工用に使用したバケットとアタッチメントのブロック把持装置を交換するもので、バックホウの油圧を利用してブロックをつかむ機構とした。

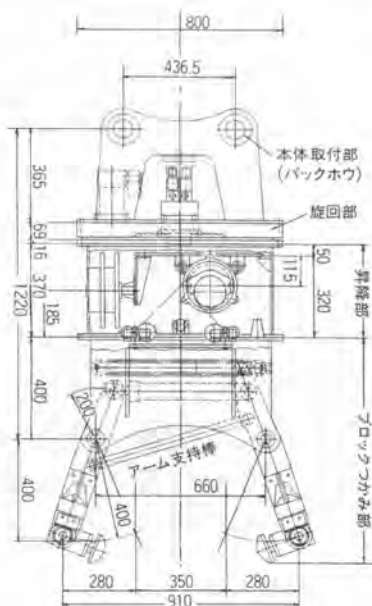


図-1 ブロック把持装置全体図

ブロック張り機械の把持装置の構想図及び全体図を図-1、図-2に示し、仕様諸元を表-1に示す。

機械の汎用性を大きくするため、ベースマシンの改造を極力少なくするよう油圧システムを一系統として電磁コントロールバルブでつかみ部を制御する方式とした。

ブロック把持装置の標準的なつかみ方を、写真-1に示す。

パターンA、B、Cは1個つかんだ場合を示し、パターンDには、3個つかみのパターンを示した。また、3個つかみの際のアームは、1個つかみのアームにブロック2個分の補助アームを取付けることで対応している。

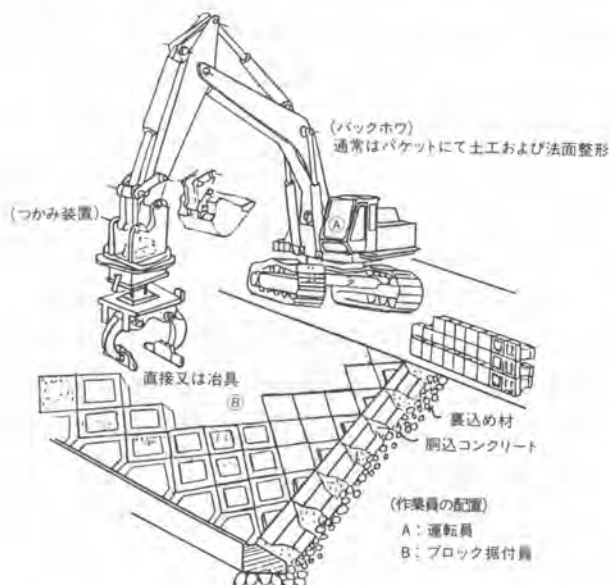


図-2 機械の構想図

表-1 仕様諸元表

実 験 機		
項 目	仕 様	
寸法・重量	全 長 × 幅	1710 × 970 mm
	重 量	単数860、3個つかみ1000kg
ブロック つかみ装置	把 持 力	400～1600 kgf
	開 口 幅	10～570 mm
	ア ー ム 数	2 本
	ブロック把持数	1個又は3個
旋回装置	動 作 方 式	片アーム又は両アーム可動可能
	形 式	油圧モータ駆動平衡車式
	旋 回 範 囲 / 速 度	360度 / 12 rpm以下
昇降装置	形 式	スライド機構付油圧モータ1M2D
	ストローク / 速度	2m、/ 30m/min以下
	ワイヤ数/ラインブロード	2本 / 500kgf / 1本当
本 体 機		
形 式	三菱MS180-3	
バ ケ ッ ト 容 量	標準0.7m³	

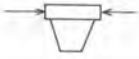
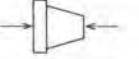






	パターン A	パターン B	パターン C	パターン D
				
ブロックつかみ状況				

写真-1 ブロック把持装置の標準つかみ方

### 3. 4 ブロック簡易吊り金具

ブロック簡易吊り金具は、クレーンで吊り下げ間知ブロック3～4個を据付付近まで運搬するもので、その開閉の動作は、作業員の手動により行う簡易構造の吊り具である。

ブロックをつかむ際と、ブロックを置き吊り具を抜き取る場合の操作は、作業員が簡単に行える構造のものである。ブロックを3個運搬する吊り具を図-3に、4個運搬用吊り具を図-4に示す。

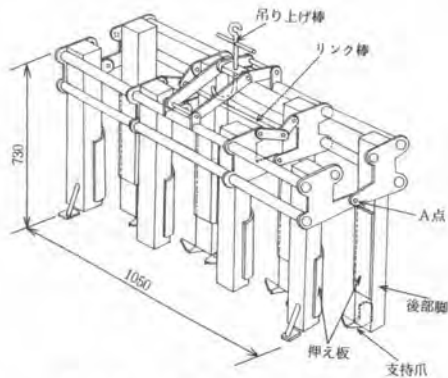


図-3 3個吊り金具全体図

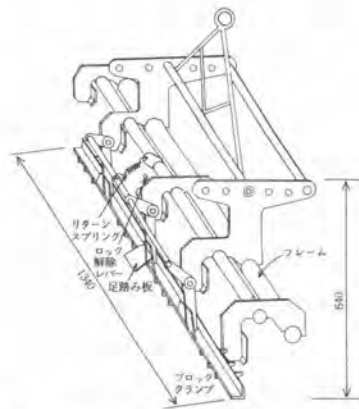


図-4 4個吊り金具全体図

## 4. 開発機による作業試験

試作を行ったブロック張り機械を、実際に作業現場に持ち込み機能確認等の目的で試験を行った結果を次に示す。

### 4. 1 サイクルタイム

ブロック把持装置の操作に要する1サイクル動作は、仮置きされたブロックをつかみ、ブロック据付作業員の手元まで運搬する作業までであり、本機の機械化施工の範囲である。













作業内容、ブロック把持数毎のサイクルタイム測定結果は表-2に示したとおりで、各パターンに

より条件が異なるため、比較は困難であるが、把持や運搬に多くの時間を要していること、法上作業は法下作業より視認性が良いため作業が行いやすい等のことが判明した。

#### 4・3 作業能力

ブロックの据付作業は人力作業であり、その手元までの運搬を機械化することとしており、機械の作業能力は石工の据付作業能力以上が求められる。現地調査を行い石工の作業能力を測定した結果と機械のサイクルタイムの測定結果を比較すると、張工の1個つかみの場合のみ若干能力不足と考えられる。その他の作業

表-2 サイクルタイム測定結果

作業区分	作業内容	ブロック 把持数	把持パターン → 仮置状態	サイクルタイム測定値 (Sec)					時間当り能力 (個/h)
				把持	運搬	設計	リターン	5回の平均 合計タイム	
張工	法上作業 	単数		-	-	-	-	44	81.8
		単数		-	-	-	-	33	109.1
		複数		-	-	-	-	48	(×3) 225
	法下作業 	単数		14.6	13.4	9.4	8.8	46	78.1
		複数		-	-	-	-	58	(×3) 185.2
		単数		10.3	14.3	10.0	10.6	45.3	79.6
積工	法上	複数		-	-	-	-	52	207.7
		単数		12.0	12.3	13.0	10.3	47.6	75.6
	法下	単数		12.6	12.3	9.6	7.6	42.3	85.1
		単数		-	-	-	-	-	-

内容においては、いずれも十分対応ができる。ウインチ操作時は、作業員との共同作業となるため、両者の意志伝達や手順、作業区分を明確化する等、安全面からの配慮も必要となり、作業能力の低下につながるが、これは、複数個の運搬での対応でカバーすることとする。

#### 5. あとがき

コンクリートブロック張(積)工における現況調査を行い、施工量や施工順序・方法・使用機械等の基礎資料をとりまとめ、機械化施工を行うにあたっての機械化の範囲を定め、機械の開発にあたった。

小型で形状が複雑なブロックを1個および複数個(現在は3~4個)つかみ取る試験機の製作を行い、護岸および擁壁工事現場で施工性や機能確認試験を実施した結果、機械化施工が可能であることが判明したが同時に次に掲げる問題点の解決が必要である。

- ① ブロックを整列状態にする手続
- ② ブロック把持装置の構造の簡素化
- ③ 操作性の改善(複合操作や一部自動化)
- ④ ウインチ機構使用時の作業員との意志伝達

以上の問題の外に試験機操作時の各々の動作の微調整が必要となることやブロックのつかみポイントや仮置場所に制限を受けるため従来のショベル掘削作業に比較して、熟練を要し個々の運転技能の差が作業能力の差に表われる。

これらの問題を重点に改善を行い機能の向上を図り施工性や安全性を高めなければならない。一方簡易吊金具については、ブロック数量の多数化と合わせて、形状寸法の異なるブロックもつかめる調整機構の取り入れ等に努めたい。また、整列方法についても検討し、作業能力増加についても合わせて進める予定である。

## 35. 自動壁面目荒し機の開発

清水建設(株) 中村 修・牧野 総一  
梶岡 保夫・\*小峯 富夫

### 1. まえがき

コンクリート面の目荒し作業は、コンクリートの打ち継ぎ部には必要不可欠な作業であり、種々の実例があるが、補修工事にみられるように、比較的小規模なケースがほとんどであった。

このたび、東京瓦斯(株)袖ヶ浦工場の地下式貯槽工事において、大規模なコンクリート壁面の目荒し作業が必要となり

- ① 施工スピードの向上
  - ② 均一な品質の良い目荒し処理
  - ③ 省力化による作業員の危険・苦渋作業からの解放
- を目的とした、目荒し処理機械の開発に着手することとなった。

### 2. 本体組込み地下連続壁工法による地下式貯槽工事

本体組込み地下連続壁工法は、従来の仮設地下連続壁とは異なり、地下連続壁を仮設壁でなく貯槽の本体構造物として利用するものであり、次の順序で施工される。(図-2)

- ① 結合筋を埋め込んだ地下連続壁を施工する。
- ② 貯槽内部を掘削する。(1段 2.5m 毎)
- ③ 地下連続壁と後打ちコンクリート壁の一体化をはかるために、地下連続壁面を目荒し機にて目荒し処理する。
- ④ 所定の深さまで②～③を繰り返す。
- ⑤ 底部コンクリートを施工する。
- ⑥ 後打ちコンクリート部の結合筋を連続壁面部の結合筋につないでいく。
- ⑦ 後打ちコンクリートを施工する。
- ⑧ 所定の深さまで⑥～⑦を繰り返す。

このようにして、地下連続壁と後打ちコンクリート壁が一体化され、本体構造物として完成される。

### 3. 自動壁面目荒し機の開発

#### 3.1 開発目標の設定

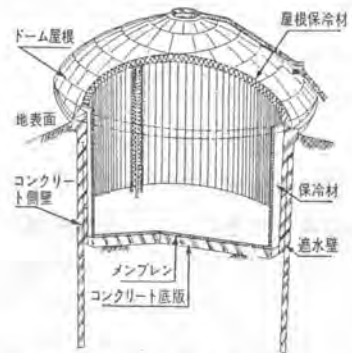


図-1 地下式貯槽全体図

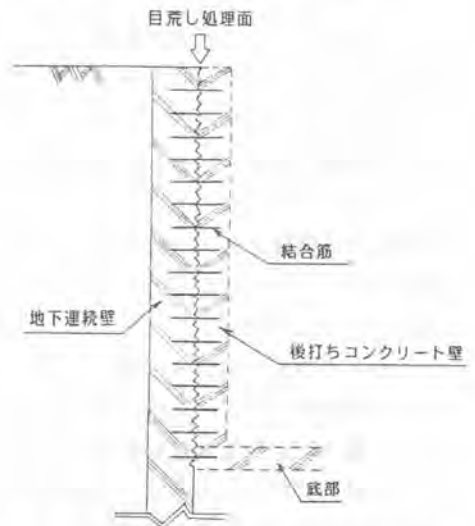


図-2 本体組込み地下連続壁工法概略図

開発にあたり、現場ニーズを盛り込んだ開発のねらいを検討し、開発目標を設定した。(表-1)

### 3.2 目荒し処理機械の選定

現状の目荒し処理機械は、表-2に示すようなものがある。各機械の性能評価を行なった結果、スパイクハンマを候補として選定し、基本性能の確認試験を行なって採用を決定した。

スパイクハンマは、十数本のチゼルをエアでランダムに作動させることにより、強力な打撃力を発生させ、目荒しを行なうものであるが、打撃反力が小さいという特徴を有している。

### 3.3 装置の設計

品質機能展開を行ない、施工能率の向上と安全性の確保を重点として各部機構を検討した。

その結果、油圧ショベルに鋼製フレームを取り付け、このフレームの中をハンマが上下左右に動きながら目荒しを行なうという案をとりまとめた。

#### (1) ベースマシンの選定

ベースマシンに必要な条件として、

- ① 軟弱地盤に対応できる。
- ② 作業半径が小さい。
- ③ 装置を駆動させるための油圧回路が分岐できる。

を満足する機種として、油圧ショベルIII-04(湿地タイプ、ショートリーチ)を選定した。

#### (2) フレームの設計

フレームの主な検討項目は、

- ① 限られたスペースの中を、ハンマがX軸、Y軸方向に効率的に移動できるフレーム機構。
- ② 狭いスペースの中で、各機器とハンマ移動用チェーンの適正な取り付け。

開発目標の内容	
施工能力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高強度コンクリートで所定基準の目荒しが可能</li> <li>・施工スピードは32㎡/日以上(6時間稼働)</li> <li>・結合部部のはつり出しが可能</li> <li>・地下連続壁に損傷を与えない</li> </ul>
施工条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地下連続壁の曲率に対応できる</li> <li>・作業者の高所作業を無くす</li> <li>・自動・遠隔操作が可能</li> <li>・油圧ショベル等に装着が可能</li> </ul>
コスト	・人力によるはつり単価以下
開発期間	・7か月

表-1 自動壁面目荒し機の開発目標

目荒し方法	主な機種	備 考
打撃による方法	ビックハンマ	エアにより1本のノミ状ハンマを作動させ打撃する
	ビシャンビット	先端に複数のチップが付いた角型ビットを電動ハンマ等に付け打撃する
	スクャブラ	先端に複数のチップが付いた数本のビットをエアにより作動させ打撃する
	スパイクハンマ	十数本のチゼルをエアにより作動させ打撃する
	ブラストラック	直径1mm程度のスチール球を高速投射し、粉砕する
削り取りによる方法	床面剥離機	円板型カッタ複数枚を回転させ削りとる
	ロードブレーナ	大型の円板型カッタ複数枚を回転させ削りとる
水ジェットによる方法	ウォータージェット	高圧水をノズルから噴射し切削する
	アブレイシブジェット	高圧水とけんまざいをノズルから噴射し切削する

表-2 目荒し処理機械

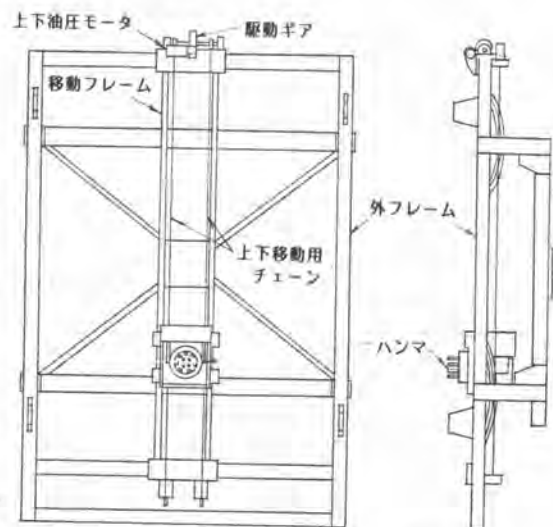


図-3 フレーム及び駆動装置

- ③ フレームを壁面に押しつけた時の緩衝材としての板バネの採用とその取り付け。
- ④ フレームを回転させるためのローテーション機構、及びフレームを壁面に平行にセットするための首振り機構。

であり、その結果図-3に示す鋼製フレームを製作した。

### (3) 駆動装置の設計

装置は、単純化をはかり、次のように構成した。

- ① 駆動部分は上部に配置し、ハンマの上下左右の移動にはチェーンを使用した。
- ② ハンマは移動フレームとともに左右に移動されるので、移動フレームが滑らかに動くよう、フレーム上部の油圧モータにワイヤを組合せ、フレーム下部も同時に駆動する方式を採用した。
- ③ 電磁弁等の付属機器類はユニット化し、ショベル本体に取りつけた。

### (4) 制御の考え方

フレームを壁面に押し付けた状態でハンマが所定パターンではつりながら移動するように制御するものとし、プログラマブルコントローラによる制御を採用した。

制御機器は、一括して制御盤内に格納し、ショベル本体に取り付けた。

図-4 ははつりハンマの移動パターン例を示したものであり、本方式の特徴は次の通りである。

- ① 自動運転ができる。
- ② 簡単なプログラムの変更で、ハンマの移動パターン、移動距離および打撃時間を変更することができる。

### 3.4 装置の概要

本装置は、図-5に示すように、本体部と走行部から構成される。本体部には、エアハンマ、油圧駆動装置などが組み込まれたフレームを搭載し、走行部には、制御盤のほか、油圧系とエア系の制御機器を収納したユニットを搭載している。

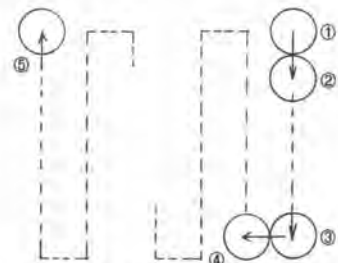


図-4 はつりハンマの移動パターン例

(作動順序)

1. ①の位置で操作ボタンを押すとハンマは一定時間打撃後、②の位置に移動する。
2. 以後打撃と移動を繰り返す。
3. ③の位置で打撃後、ハンマは④の位置に移動する。
4. 以後このパターンを繰り返す、⑤の最終位置で打撃後、終了ブザーが鳴る。

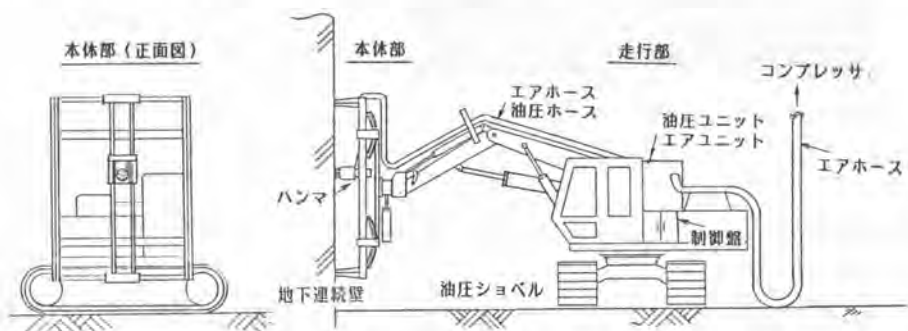


図-5 自動壁面目荒し機装置の概要

ハンマ作動用の圧縮空気は、地上に設置されたエアコンプレッサからエアユニットに送られ、エアユニット内の電磁弁を介してエアハンマに供給される。また、圧縮空気の一部は電磁弁を介してエアシリンダに供給される。このシリンダは部分的な深廻りの必要な時利用される。

#### 4. 施工

ハンマ打撃時間とハンマ移動ピッチを変え、目荒し処理時間を測定した結果を表-3に示す。打撃時間 8秒における平均施工能率は、結合筋部のはつり出し作業を含めるとい条件のもとに、約10 $\text{m}^3/\text{h}$ であることが確認された。これは人力の15倍程度の高能率である。

##### 4.2 目荒し品質

目荒し品質は、所定の検査基準に基づいてチェックされたが、結果はすべて基準内におさまっていた。

図-6は検査項目の一つであるはつり深さ平均値のヒストグラムであり、検査基準 $X = 5.0\text{mm}$ を十分クリアしていることがわかる。

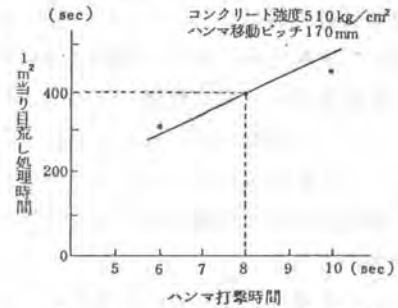


表-3 目荒し処理時間の例



図-6 はつり深さ平均値のヒストグラム



写真-1 現場で稼働中の自動壁面目荒し機



写真-2 目荒し処理後の壁面状態

#### 5. あとがき

自動壁面目荒し機は、このたびの地下式貯槽工事において実用に供され、所期の目標を達成し、大きな効果を得ることができた。

本機は、目荒し作業が極めて高能率に行なえる反面、粉塵、騒音など更に検討すべき問題も残されており、今後、実績を積み重ねながら逐次改良を加え、解決していきたいと考えている。



## 36. ハイドロカタ工法と施工

(株)大林組 加藤 実・\*登坂 知平

### 1. はじめに

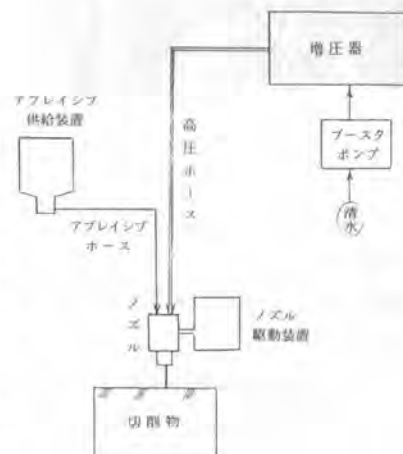
従来、トンネル工事等の岩盤掘削には爆破による方法、市街地のコンクリート構造物の解体工事には油圧破碎機やブレーカを用いる方法が採用されている。しかし、これ等の方法では騒音や振動が発生し、安全施工、公害問題で施工条件に数多くの制約を受け、無公害で安全な他の工法を要求されることが多い近年の情勢である。そこで当社では、これ等の問題を解決する方法として、超高压ウォータージェットを利用して切断を行う方式に着目し、米国ハイドロホース社より“ハイドロカタ”を導入、昭和58年度より性能実験および現場実施工を繰返し実用システムを確立した。

水ジェットによる切削の原理としては、水ジェットの衝撃、キャビテーション、間隙水圧、研磨効果などが挙げられる。水ジェットの速度を次第に高めて、300m/sec付近を超えるとその切削作用が顕著に変化し、研磨効果が次第に主要なものになってくる。大気音速にほぼ等しい上記衝撃速度を超えるとさらに研磨効果を増し、比較的硬い岩石の切削が可能となるが、切削対象物を鉄材にした場合、7,000～10,000 kgf/cm<sup>2</sup>の高压ポンプを必要とすると言われ、水ジェットのもっている研磨効果だけではその切削は極めて難しい。そこでハイドロカタ工法は、秒速350～550 m/secと言う高速のジェット水と研磨材をノズルの先端で混合し、噴射するいわゆるアブレイシブジェットで、あらゆる被切削物に対して切削可能である。これは、高速のジェット水流がアブレイシブ(研磨材)の加速媒体として動き、かつ潤滑や冷却効果があるため、硬岩や特殊金属のようなち密な物質でも切削可能で、水ジェットのみの場合と比較して切削能力も増大し、より厚い材料が切削可能となった。

図-1 全体システム図

### 2. 装置の構成

ハイドロカタ工法の基本システムを図-1に、また、表-1にはこれ等の各装置の概略仕様を示す。ジェット水には清水を使用し、大径の粒子を濾過後、プースタポンプによって5 kgf/cm<sup>2</sup>程度に加圧し、増圧機へ供給する。増圧機は油圧シリンダを介して4ヶの高压シリンダを交互に作動し、2800 kgf/cm<sup>2</sup>の加圧水を発生させる。この加圧水は、高压ホース又は高压管を通してノズルへ到達する。一方アブレイシブはアブレイシブ供給装置により、任意に設定された吐出量を排出する。アブレイシブの輸送は高速ジェッ



ト水流によって生ずる負圧を利用し、ホースによってノズル内へ流入する。ノズル内へ流入したアブレイシブは高速ジェット水流により加速され、ジェット水流と共に被切削対象物へ噴射される。

アブレイシブの輸送は、負圧を利用する他に、加圧方式による輸送を行う場合もある。

ノズル装着装置は、任意の形状に切削を行うため、ノズル本体を移動させる装置で、レール固定式ノズル装着装置（写真-1）油圧ショベルを改造し、特殊ブームを取付けたクローラ式ノズル装着装置（写真-2）、XY切断用ノズル装着装置等がある。

写真-1 レール固定式ノズル装着装置



表-1 各装置の概略仕様

装置名	仕 様	
	油圧ポンプ用モータ	
増圧機	200V / 400V 75kW 最高加圧水 2,800 kgf/cm <sup>2</sup>	
ブースタ ポンプ	ポンプ駆動モータ 200V 2.2kW 吐出圧力 12 kgf/cm <sup>2</sup>	
アブレイシ ブ供給装置	モータ 200V 0.2kW ホップ容量 90L 吐出量 0~6 kg/min レール固定式 走行モータ 200V 0.2kW	
ノズル装着 装置	壁面追従装置 50W クローラ式 走行、旋回モータ 11kW スライドモータ 0.2kW 壁面追従装置 50W XY切断用 X方向用モータ 0.2kW Y方向用〃0.1kW × 2台 壁面追従装置 50W	

写真-2 クローラ式ノズル装着装置



### 3. 切断能力

切断能力は、下記に示す項目が主因子となって決定される。

- (1) ジェット水の圧力及び水量
- (2) ノズルの移動速度

(3) アブレイシブの種類や量

(4) ノズル効率

アブレイシブジェットによって大きな切削能力を得るには、ジェット水をより高圧にし、水量を増す。すなわち、被切削体に対して大きな切削エネルギーを噴射し、効率の良いアブレイシブを選択し適量の供給を行うことによって得ることができる。この他にノズルの効率も重要な因子である。

切削実験は、オリフィスを複数装着したノズル（図-2 ノズル装置模式図-A）とオリフィス1ヶのノズル（図-3 ノズル装置模式図-B）の両者を使用して行っている。

図-2 ノズル装置模式図-A

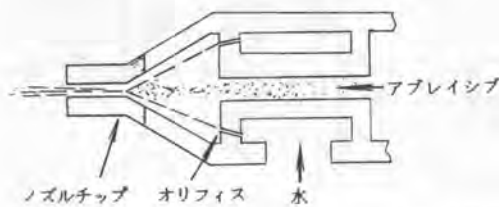
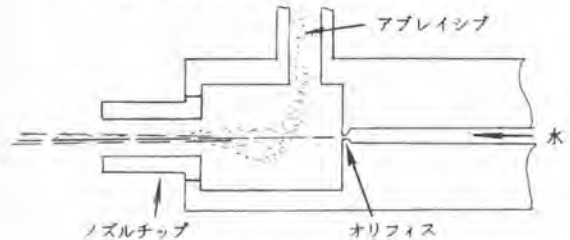


図-3 ノズル装置模式図-B

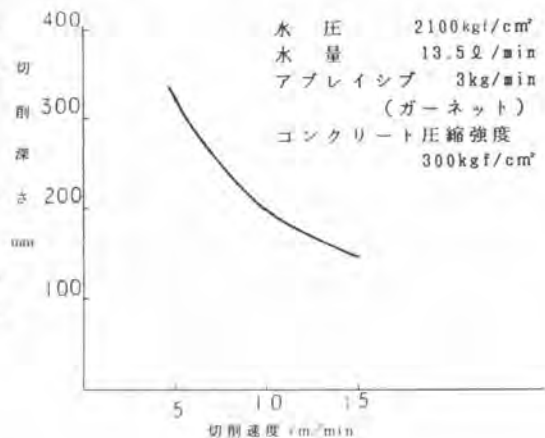


前者のノズルは、ノズル中心軸に沿ってアブレイシブを噴射すると同時に、その周辺よりジェット水を噴射して、水とアブレイシブを混合噴射するタイプで、後者は、ノズル中心軸に沿って噴射するジェット水の周辺よりアブレイシブを吹き込み、水とアブレイシブを混合噴射するタイプである。このうち前者のタイプは、アブレイシブ量が比較的少ない量でも切削性が良い特徴を持っているが、ノズルの構造が複雑で機械工作が難しい。一方後者は、機械工作が容易で、比較的小型にできるという長所があるが、アブレイシブジェットの切削効率に大きな影響を持つ。水とアブレイシブの混合性は前者に比較して劣るようである。

ノズルの効率を高めるには、上述の水とアブレイシブの混合性の他に、ジェットのもつ動エネルギーの損失を極力少なく、取束性のあるジェット流を遠方へ飛翔させる構造を求めることである。これまで幾度かの切削実験を行ない、複数のオリフィスを装着したノズルと、単数のオリフィスノズルの両者の利点を取り取束性の良いノズルを製作し、施工現場に適用し好結果を得ている。

図-4 に切削速度と切削深さの1例を示す。切削速度を 5cm/min、10cm/min、15cm/min と変えた場合の切削深さ比は、およそ 1 : 0.6 : 0.5 と減少率は次第に少なくなる傾向を示し、単位時間当切削面積比では 1 : 1.2 : 1.4 と次第に効率を上げている。

図-4 切削速度-切削深さの1例



#### 4. 現場施工例

##### (1) 連続地中壁の切削 (写真- )

大阪市水道局発注、三軒冢～千島第二幹線下水管渠築造工事、シールドマシン発進立坑の連続地中壁にシールドマシン発進口開削を行った、鉄筋コンクリート、主筋D-32ピッチ100mm、配力筋D-25mmピッチ200mm、切削水圧2100kgf/cm<sup>2</sup>アブレイシブ量最大2kg/min、切削水量7.5ℓ/minで切削を行った。

写真-3 連続地中壁の切削

##### (2) NATMサイロット壁の切削 (写真- )

日本鉄道建設公団発注、北総開発鉄道栗山トンネル(矢切)工事、サイロット吹付コンクリート壁を342mmにわたって切削した。当該トンネルは地山が、土被りの薄い砂山であり、サイロット壁取り壊し時に大きな衝撃を加えることは、構造物および周辺地山に悪影響を及ぼすと考えられたためハイドツカッタにより切削を行った。



吹付コンクリートは、壁厚250～800mm

(C=380kg/m<sup>3</sup>) 支保工 H-125、切削水圧2100kgf/cm<sup>2</sup>、アブレイシブ量最大3kg/min 切削水量7.5ℓ/min、で切削した。

本例は、切羽での掘削と平行作業という難作業で、運転期間も1ヶ月余に及んだが大きなトラブルもなく完了、さらに被切削面の凹凸面に対する壁面追従装置の製作、アブレイシブ高所輸送等、多くの施工ノウハウを得た。

##### (3) その他の施工例

某ビル改築に伴う地下壁の切断工事を店内営業中に実施、又某シールド発進立坑連続地中壁の切断等がある。

写真-4 NATMサイロット壁の切断



#### 5. おわりに

これまでの切削実験、実施工の繰返しにより、ハイドロカッタ工法は充分に実用価値することが実証された。現在切削能力の向上を目的に改良実験等を行っているが、今後、コスト面も含めてシステム全体の能力アップをめざし、種々の改良を計画中である。

## 37. 節理岩盤に対するリッピング特性に関する研究

愛媛大学 \*室 達 朗・河 原 莊一郎・松 永 好 史

1. まえがき リッパ工法は、ブルドーザの後端に取り付けたシャングの先端に位置するリッパチップによって岩盤を掘削するものである。この機械化掘削における利点は、まず安全であること、他の作業を停止させる必要がないため作業全般におけるロスタイムが少ないこと、岩盤の母体を痛めることがほとんどないこと等があげられる。リッパチップにはブルドーザのけん引力によって強大な掘削力が与えられる。しかし、重機におけるチップの摩耗損傷は掘削力が大きい程著しく増加する<sup>1)</sup>。一般に、亀裂の多い岩盤では亀裂の発達方向によってリッパチップに作用する掘削力および掘削速度は変動することが知られている<sup>2)</sup>。そこで、掘削力が岩盤の節理の方向、すなわち走向と傾斜に対してどのようなリッピング特性を示すかを現場実験を行なって調査した。同一の岩盤の2地点において、45トン級ブルドーザの走向方向に対する掘削方向を種々に変化させることで最大、最小の掘削力を必要とする方向を計測した。写真1は、ブルドーザ後端のリッパチップによる岩盤掘削力の測定状況を示したものである。



写真1 掘削力測定中のブルドーザ

2. 岩盤特性 実験を行なった現場は、愛媛県中予の砕石場であり、岩質は和泉砂岩である。和泉層群は大阪府、三重、奈良、和歌山、徳島および愛媛の各県に分布する白亜紀後期(約1億~6400万年前)の推積岩で構成された岩盤である<sup>3)</sup>。実験は山を切りくずした所で平坦な地点を選び、岩盤の走向と傾斜をクリノメーターを用いて数ヶ所において測定した。走向は岩面が水平面と交わる線の方向であり、傾斜は岩面が水平面となす最大傾斜角である。その結果、現場Iにおいては走向は $N(53.8 \pm 5.1)^\circ E$ の方向に、傾斜は $(87.3 \pm 3.1)^\circ S$ の方向に卓越しており、現場IIにおいては走向は $N(79.0 \pm 15.0)^\circ W$ の方向に、傾斜は $(59.6 \pm 10.2)^\circ S$ の方向に卓越している事がわかった。また、現場の岩盤の状態をより詳しく知るために、現場より採取した岩塊について室内岩石試験を行ない、表1にその

表1 現場岩盤特性

みかけ比重 G	$2.62 \pm 0.02$
真比重 $G_s$	2.75
自然含水比 W(%)	$0.33 \pm 0.06$
吸水率 W'(%)	$0.66 \pm 0.10$
ショア硬さ Hs	$102.3 \pm 3.3$
超音波伝播速度 $V_1$ (m/s)	$5133 \pm 88$
弾性波伝播速度 $V_2$ (m/s)	$533 \pm 74$
きれっ係数 $C_r = 1 - (V_2/V_1)^2$	0.99
サンゼルスすりへり減量 U (%)	30.9
弾性係数 E (kgf/cm <sup>2</sup> ) $\times 10^3$	$(274 \pm 118)$
ポアソン比 $\nu$	$0.22 \pm 0.02$
単軸圧縮強度 $\sigma_{co}$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$3249 \pm 513$
圧裂引張強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	$158 \pm 30$

結果を示した。写真2は現場I、写真3は現場IIの走向・傾斜の様子を示したものである。表1におけるきれつ係



写真2 現場Iの走向・傾斜(方向①)



写真3 現場IIの走向・傾斜(方向①)

数  $C_r$  は、現場I、IIで計測した弾性波速度の平均値で算定したものであり、この現場においては  $C_r = 0.99$  とかなり亀裂の入った岩盤であることがわかる。

3. リッパチップの掘削力の測定 走向・傾斜の異なる現場I、IIで45t級ブルドーザを用い掘削深さを約65cmと設定してリッピング作業を行ない、リッパチップに作用する掘削力の大きさを走向に対して種々の掘削方向で測定した。

計測方法は図1に示すようにリッパチップを取り付けているシャंक上部に4枚のストレインゲージを貼り付け、軸圧縮力(A)(B)、および曲げモーメント(C)(D)を別々に測定した<sup>4)</sup>。その後、リッパチップに作用する鉛直方向力  $F_v$  と水平方向力  $F_H$  を算定しチップに作用する合力を求めた。

なお、キャリブレーションに当たっては、50tf用ロードセルに種々の角度でセットしたシャंकを通してブルドーザの自重を載荷させ、軸圧縮力とひずみ、および曲げモーメントとひずみの関係を求めた。図2(a)(b)は、一例として現場Iで走向との方向③でリッピング作業試験を行なったときの軸圧縮力と曲げモーメントの実測値である。かなり変動しているが軸圧縮力と曲げモーメントはよく対応していることがわかる。この場合のリッパチップに作用する鉛直方向力  $F_v$  と水平方向力  $F_H$  の分布

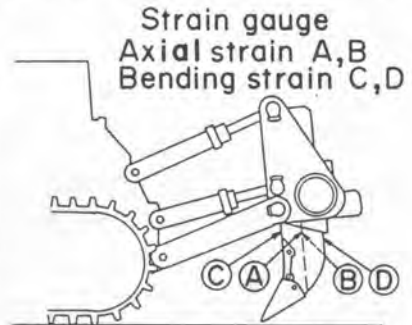


図1 ストレインゲージ貼付図

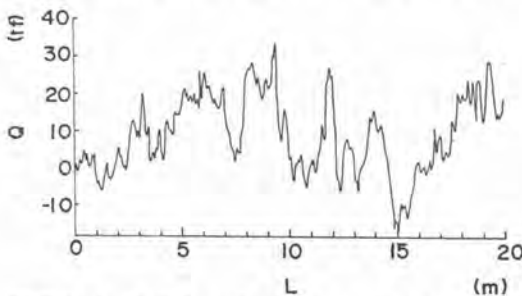


図2(a) 軸圧縮力Qとブルドーザ走行距離L

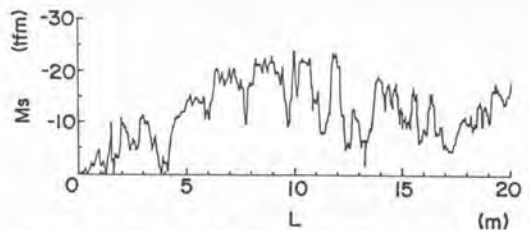


図2(b) モーメントMsとブルドーザ走行距離L

図を 図3 に示す。  
この図よりリッパチップに作用する力としては水平方向力  $F_H$  よりも鉛直方向力  $F_V$  の方が大きく、合力は上方から下方に向かって水平と  $66.1^\circ$  をなして作用していることがわかる。

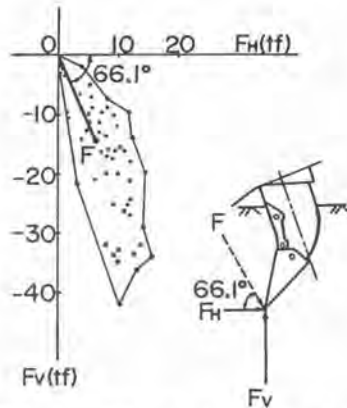


図3 リッパチップに作用する鉛直方向力  $F_V$  と水平方向力  $F_H$  の関係

#### 4. 岩盤の走向・傾斜と掘削力の関係

走向と傾斜を測定した水平岩盤において走向に対する掘削方向を指定して掘削力を測定した。現場Ⅰにおいては ① 走向と平行に掘削、② 走向と直角に掘削、③、④ 走向に対して  $45^\circ$  の方向に掘削、という4ケースにおいて実験を行なった。現場Ⅰの岩盤の傾斜の値が  $87^\circ$  とかなり立っており、鉛直面とみなし掘削方向には傾斜の影響はないものとして取り扱った。現場Ⅱにおいては走向だけではなく傾斜の影響も考慮に入れ、図に示した ①～⑧ の8方向において実験を行なった。岩盤の走向・傾斜と掘削方向・掘削力についての関係を 図4 (a)(b) に示す。現場Ⅰの傾斜の影響がないとしたものは走向方向に比較的大きな掘削力を必要とし、走向と直角方向には小さな掘削力であった。現場Ⅱの傾斜の存在が影響するとしたものは走向方向には小さな掘削力であり、走向の直角方向には大きな掘削力を必要とした。図4 (a)(b) に示す太線の掘削力は合力  $F$  の平均値であり、細線で囲んだ部分は標準偏差の上下のバラつきを示したものである。この図から掘削力がかなり変動していることがわかる。

5. 考察 岩盤の亀裂の発達方向を層理面の走向と傾斜のみによって判断することは困難であり、写真4 に示すように各層理面においても交叉する種々の節理面が存在する。従って、岩盤の力学的異方性が層理面または層理面に存在する節理面のどちらに支配されるかは不明である。ここでは、リッピング作業方向の水平岩盤上の弾性波速度を測定した。その結果を表2 およ

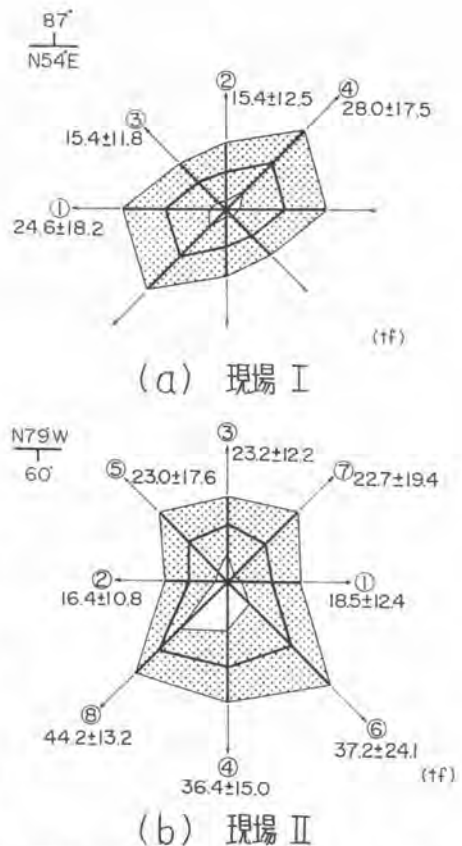


図4 岩盤の走向・傾斜に対する掘削力  $F$  の掘削方向による変化



写真4 岩盤の節理状況

び図5(a)(b)に示すが、現場Ⅰ、Ⅱとも掘削合力と弾性波速度の大きさは各リッピング作業方向に対してよく対応していることが判明した。現場Ⅰでは層理面の走向と時計回りに

表2 現場弾性波速度  $V_2$

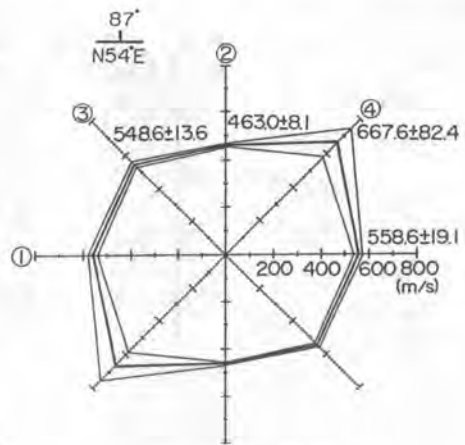
現場	掘削方向	$V_2$ (m/s)
Ⅰ	①	$558.6 \pm 19.1$
	②	$463.0 \pm 8.1$
	③	$548.6 \pm 13.6$
	④	$667.6 \pm 82.4$
Ⅱ	①②	$451.0 \pm 41.0$
	③④	$579.0 \pm 26.7$
	⑤⑥	$582.0 \pm 36.4$
	⑦⑧	$617.1 \pm 80.5$

45～90度において掘削合力は最小となっている。一方、現場Ⅱでは層理面の走向方向の掘削合力が最も小さい。この傾向は、リッピング作業方向に層理面が逆目である方が順目であるよりも掘削合力は若干大きくなる事象とともに著者らが先に行なった室内掘削実験の結果<sup>5)</sup>とよく一致している。

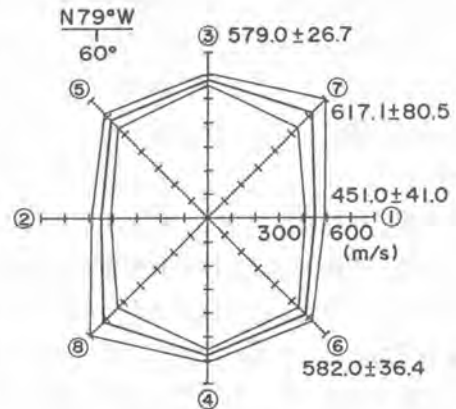
6. まとめ 節理岩盤をリッピングする際の掘削合力の大きさは、掘削方向の弾性波速度とよく対応しており、節理の発達した岩盤では層理面の走向・傾斜の力学的異方性に及ぼす影響はあまり顕著でなかった。しかし、一般に亀裂係数が小さく、層理面の発達が節理面の数と比較して優性である場合には、層理面の走向方向にリッピングした方が掘削力は最も小さくなることが判明した。

参考文献

- 1) 室達朗, 松永好史; リッパチップの掘削力とハードフェーシング効果について, テラメカニクス, 第5号, pp.32-36, 1985.
- 2) J. Hornung; Materialbedingte Einflüsse auf den Gewinnungsvorgang des maschinellen Reißens von Fels, BAUMASCHINE und BAUTECHNIK, Heft 1, pp.14-18, 1976.
- 3) 大草重康; 土木地質学, 朝倉書店, pp.144-153, 1972.
- 4) 大柿光司; 新しい力の検出法の開発, テラメカニクス, 第2号, pp.5-7, 1983.
- 5) 室達朗, 河原荘一郎, 松岡伸明; 節理岩盤の掘削力に関する実験的考察, 土木学会第40回年次学術講演会講演概要集, 3, 1985.



(a) 現場Ⅰ



(b) 現場Ⅱ

図5 リッピング方向に測定した弾性波速度



## 38. 積込機選定に関する一考察

(株)小松製作所 則 包 憲 三

### 1. 建設業界の現状

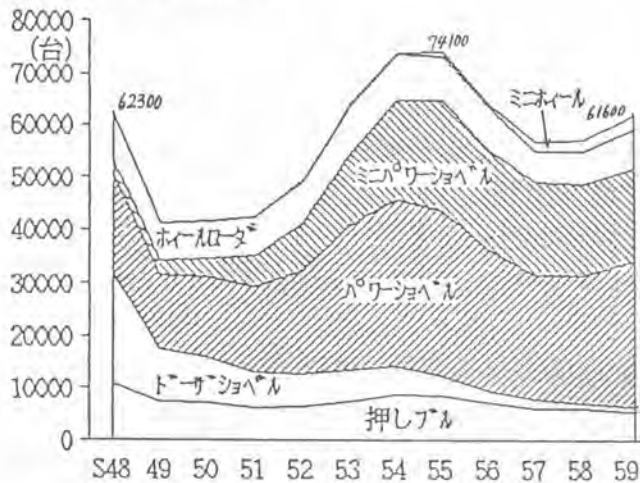
高度経済成長の波りのり発展してきた建設業界も、世界的な経済の停滞による事業量の減少傾向で厳しい状況にあります。

もちろん、長期的にみれば建設作業は、これから大いに期待のそでる分野であります。当面このような経済環境に大きな変動は考えられず、効率化によるコスト低減のニーズがますます強くなることが予想されます。

このような背景をもつ建設機械の一つの方向として、労働者の高齢化と技術労働者の慢性的な不足を補うため多様化された小形パワーショベルの要求が大きくなる一方、鉱山・砕石業等にみられるように大形パワーショベル導入によるコスト低減が普及しつつあり、全般的にパワーショベル化の傾向がますます進行しています。

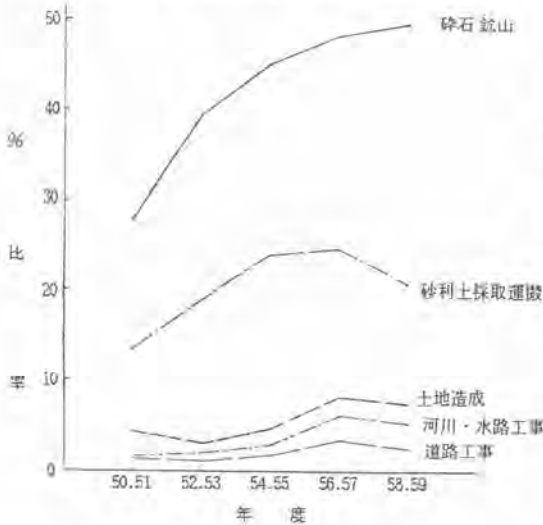
また従来多用されてきた従破工法が公害防止面から次第に制約され、それを補うための強力な大形機械の要求もあり、建設機械の大形化、小形化の分極化傾向は今後もお進むことが予測されます。

### (1) 汎用機(四商品)の全国総需要の変遷



昭和48年のオ一次石油ショックの影響は大きく、49年より4年間続いた。54年55年はこれまでの最高の需要があったものの日本も世界不況の影響を受け57年58年は総需要の低下をまねいた。その間、パワーショベル化がますます進み汎用機の73%がパワーショベルになった。なお汎用機の総需要台数は大きく変化しているものの、これ以外、後台数は全建設機械生産台数の72%程度でありその割合は殆んど変っていない。

## (2) 業種別大形機械需要の変遷



左表は業種別の大型機械導入の変遷を示したものです。大型機械導入が顕著な業種は鉱山・砕石業、砂利土採取業です。

これら業種の工事内容を見ると覆土機、掘削機、運搬機を大型化することにより、効率を上げコスト低減を計っている代表的な業種と云えます。

## 2 低成長経済時代の施工法

高度経済成長期はすでに過ぎ、低成長時代の現在に見合う土木施工はどうあるべきかを考える場合、その前提条件として

- (1) 予算の増減に柔軟に対応しうるものであること。
- (2) 施工の初期投資を少なくすること。

が、その一例として上げられますが、それらの対応策としては、

- (1) 汎用機を活用すること。
- (2) 機械を基点として施工法、設計法の改良・開発をすること。

が考えられます。その結果ダム施工の事例で云うならばRCD工法ダムの開発が上げられます。

この工法は建設者主体で開発され、大川ダム、島地川ダム等での試験施工をふまえて、現在玉川ダム、真野ダム等の工事で実施されています。

この考え方を土木工事一般に押し広げると“機械を基点として施工法、設計法を研究する”と云うこととなります。

従来は、目的に対して機械を考えていく一意的思考でしたが、機械を基点として施工法が適切かどうかを考えていく、即ち目的から機械を探す思考方法と機械から施工法を探す思考をミックスさせながら、しかも汎用機を適切に使用する施工法を求めていくのが、低成長時代の施工法への考え方と云うこととなります。

一方工事の請負形態をみるとJV形態が多くなり、また工事の請負規模もだんだん小さくなる傾向にあり、工期的にも短縮されているため、特殊機械を港注製作すると工期的にも費用的にもペイできない場合が多くなっています。

従って、初期投資を少なくでき、すぐ入手できる汎用機を使う傾向にあります。

### 3 建設業界の展望

建設業界は今後ますますコスト削減の意識が高まり、効率化によるコスト削減がますます重要視され、  
は確実であります。その方向として汎用機を使う割合がますます高くなり、その中でもパワーショベルの使用割合が今後とも高くなること予測されます。

汎用機需要の変遷からも解かるように、多機能をもったパワーショベルを使って使用台数を減らし、パワーショベルにアタッチメントを装着し機能を付加することによって人夫を減らすことによる効率化が表面化していると考えられます。

今後 更にコスト削減するためには、汎用機の中でも特にパワーショベルの持っている機能を十二分に認識し、いかに現場にマッチした段取りのよい施工法を採用し、パワーショベルを上手に運転（オペレータの運転技術の向上）するのが重要になってきます。

このような状況から今後の効率化によるコスト削減をまとめてみるに次のようなことが云えます。

- (1) 最適機種種の選定。
- (2) オペレータの運転技術の向上。
- (3) 現場にマッチした段取りのよい施工法。
- (4) 性能のよい機種の選定。
- (5) 省力・省人化・機能の付加。

これらを解決して効率化を図りコスト削減を  
考えていくと云えます。

### 4 掘削機選定に関する一考察

#### (1) 汎用機の使用機能について

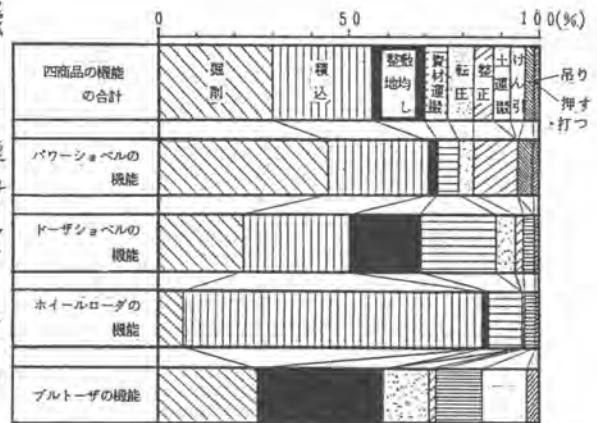
右図は各工事（8工事）、732現場の汎用機  
3366台の使用機能を調査したものです。  
各工事に於けるパワーショベル、ドーザショベル、ホイールローダ、ブルドーザの各機種のどんな機能が使われているか、四商品合計ではどうか、またその割合はどうかについてまとめたものです。

この結果によると四商品合計の使用機能では55%が掘削積込の機能でありパワーショベルのみをみると71%がその機能です。

そこで、掘削積込作業をいかに効率よく行なうかが大きなポイントと云えます。従って、まず掘削積込作業を行なう場合の機種選定がコスト削減を計るために大変重要になってきます。

#### (2) 掘削積込作業の現場

掘削積込作業が多い工事としては砂土採取工事、道路工事、碎石・鉱山工事等があげられます。掘削積込作業に使われている機種はホイールローダ、ドーザショベル、パワーショベルのバックホー（PS系）、パワーショベルのローディング（PS系）がその主な機種です。これらの各機種の使われている作業条件及びその効率（Y, Δ, C, ⊙）を整理したものを次の表です。



②掘削・積込み機能表

作業条件 \ 機種	ホイール ローダ	ドーザ ショベル	PSL/S	PSB/H	備 考
平面での大量積込み。 (掘削を伴わない場合)	○	○	○	○	・碎石、鉱山等の製品の積込み。 ・他の機種で掘削・集土したものの積込み。
平面を掘削しきからの積込み。	×	○	○	○	・碎石業などの爆落石現場での土場を平らかに掘削しながらの積込み。
切羽やノリ面の掘削積込み。	×	△	△	○	・切羽の根切りを伴う積込み。 ・切土ノリ面の掘削を伴う積込み。
水路、溝等の掘削積込み。	×	△	△	○	・平面より下部の掘削積込み。
平面で大塊の多い場合の積込み。	△	○	○	○	・大塊が多く積込み時大きな力を要する積込み。

(3)掘削積込み機種の機種選定の考え方

掘削積込みの作業条件別機種別の作業量計測データや各機種の持つ掘削力、積込能力が効率よく発揮される作業条件等を考え合せた結果、次のように基本的な考え方をまとめました。

積込機械	作 業 条 件
・ホイールローダ (均込積込機)	掘削力を必要としない均込積込作業 ----- 1. 鉱山、碎石業のオープンシュートした原石の積込 2. ダム工事の堤体基礎掘削の残土をオープンシュートしたものの積込み 3. ブルドーザでの掘削集土(集石)したものの積込 4. 鉱山、碎石業の製品積込
・ドーザショベル ・パワーショベル (ローディング ショベル) (2次元掘削積込機)	G/Lの掘削が必要な積込作業 ----- 1. 鉱山、碎石のベンチ工法で切羽の根切りを伴う積込 2. 露天掘業の大塊の多い表土をブルドーザで集土したものの積込 3. 大塊が多い爆落石など掘削力が必要な積込
・パワーショベル (バックホー) (3次元掘削積込機)	切羽やノリ面など傾斜面の掘削を含む積込作業 ----- 1. 鉱山、碎石業の切羽部の掘削積込 2. 一般土木のノリ面の掘削積込 3. ゆるめ発破後のバックホーローディングでの積込

5 おわりに

全土工の処理量、土質条件、時間当り処理量、稼働時間等により別の見方による機種選定が必要なる場合も生じてくると考えますがパワーショベルがあまりにも多種多様に使われ効率的にみて必ずしも得策でない作業現場も多く見られる現在この基本的な考え方が一つの参考になり効率化によるコスト削減に寄与できれば幸甚です。なお現場にマッチした段取りのよい施工法、オペレータの運転技術の向上など今後とも研究してまいります。

# 39. 建設機械の運転員に伝達される 振動測定法に関する一試案

建設省土木研究所 \*多田和弘・豊田 実

## 1. まえがき

近年、建設機械に関して施工能力や耐久性の向上のみならず、良好な作業環境の確保に関する要求も高まってきた。このうち、耳元騒音の低減、ワークスペースの適正化などについては早期より改善が図られた機種も登場しているが、運転員に伝達される振動の低減について関心が払われるようになったのは、ごく最近のことである。しかしながら、建設機械から運転員へ伝達される振動の定量的な定義付けが未だあいまいであり、従って振動の測定方法、評価方法も定まったものが無いのが現状である。そこで建設省土木研究所では(社)日本建設機械化協会の協力を得て“建設機械オペレータ振動対策委員会”を設置し、その活動の一環として“建設機械オペレータ振動測定要領(案)”を作成し、今後建設機械の運転員の作業環境を定量的に把握する必要の生じた際に活用してゆくこととした。

本報告は、最近の振動の測定・評価に関する国際規格の動向、および上述の“建設機械オペレータ振動測定要領(案)”の概要を報告することにより、関係各位の御意見・御批判を仰ぎ今後の検討の参考にしてゆこうとするものである。

## 2. 振動の測定・評価に関する規格類

機械等から人間に伝達される振動の測定・評価については、全身振動と局所振動でその考え方が大きく異っている。まず全身振動に関するもので、建設機械の振動の測定評価の参考になる規格類とし

表-1. 振動の測定評価に関する規格類の概要

	全身振動に関するもの				局所振動	
	ISO 2631	ISO 7096	JIS C 1510	JIS Z 8735	DIS 5349	JIS C 1511
適用範囲	車両、諸機械から伝達される全身振動の測定評価法。	土工機械用シート の振動伝達特性の測定 評価。	地盤振動、作業環境 振動の測定用計測器 について。	地盤振動の測定法に ついて。	手持工具から手に伝 達される局所振動の 測定評価法。	手持工具の振動測定 用計測器について。
計測器	対象：1~80 Hz。 感覚補正回路（鉛直、 水平）など。	ISO 2631に準ずる ディスク状ピックアップ を規定。	対象：1~90 Hz。 水平方向感覚補正回 路がISOと3 dB異 なる。	—	対象：8~1000 Hz。 感覚補正回路など。	対象：8~1400 Hz。 他は概ねDIS 5349 に準ずる。
データ処理	3方向の各々の感覚 補正加速度の実効値 の二乗和の平方根を 求める。	感覚補正加速度の実 効値（エネルギー平 均）を求める。	—	感覚補正加速度の80 dBレンジを求める。	3方向のうち、最大 となる方向成分の4 時間換算。感覚補正 等価振動加速度。	—
データ表示	$10^{-6} \text{ m/sec}^2$ を基準 加速度とするdB表示 または $\text{m/sec}^2$ 。	ISO 2631に同じ。	$10^{-5} \text{ m/sec}^2$ を基準 加速度とするdB表示。	JIS C 1510に同じ。	ISO 2631に同じ。	JIS C 1510に同じ。
評価法	許容騒音基準を示す。 （図-1参照）	加速度 $1.25 \text{ m/sec}^2$ 、 伝達率 2.0 を越えて はならない。	—	—	参考として、振動レ ベルと振動障害発生 確率を示す。 （図-2参照）	—

て ISO 2631 (全身振動の測定評価法), ISO 7096 (土工機械用座席の振動伝達率測定法), ISO 5007, 5008 (農業機械及び農業機械用座席の振動伝達率測定法), JIS C 1510 (振動レベル計), JIS Z 8735 (地盤振動レベル測定法)を, 局所振動に関するものとして ISO/DIS 5349 (手から伝達する振動の測定評価法), JIS C 1511 (手持工具用振動レベル計), 労働省通達 基発 207 号 昭 54. 7. 11 (工具振動レベル測定法)を挙げるができる。これらの詳細は, 過去にも種々の雑誌<sup>1)</sup>等で頻繁に紹介されているため省略することとし, その概要および最近の改正点を表-1に示す。

### 3. 建設機械オペレータ振動測定要領(案)

オペレータ振動対策委員会では, 振動の測定評価に関する ISO, JIS などの規格を検討, 整理し, 建設機械から運転員へ伝達される振動の定量的な定義付けを行なうと共に, 測定機器, 測定方法等を規定し, 実際にブルドーザ, 履带式トラクタショベル, 車輪式トラクタショベル, 振動ローラ, プレーカ, レッグドリル, ハンドガイド振動ローラ, 振動コンパクタ, タンパについて振動測定を実施し, データの再現性などを確認, 問題点を検討した上で, "搭乗建設機械オペレータ振動測定要領(案)", ならびに"建設工事用手持工具等オペレータ振動測定要領(案)"<sup>2)</sup>を提案した。これら要領(案)は, 各々本文とその解説より成っており, 提案の方針は次の通りである。①振動の周波数範囲, 感覚補正は, JIS C 1510, 1511 によることとし, 従って振動計測に用いる計器も同 JIS 規格に準ずる。②搭乗建設機械用の振動加速度計は ISO 7096 によることとし, 建設工事用手持工具への加速度計の取り付けは本測定要領(案)の定めるところによる。③振動加速度の単位は  $10^{-6} \text{m/sec}^2$  を基準加速度とする dB 表示とする。④測定時の建設機械等の条件は本測定要領(案)で定めるところによる。⑤変動するデータの処理は ISO 2631, DIS 5349 が定める通りエネルギー平均を採ることとする。ここで本測定要領(案)の概要を表-2に示す。

なお, 本測定要領(案)は, 実験場等における性能試験と並行して振動測定を実施することを念頭に置いて作業条件を決定しているが, 実際の作業場における振動の実態を測定する場合は, 表-2中の"作業条件"の項を除いて適用すれば良い。

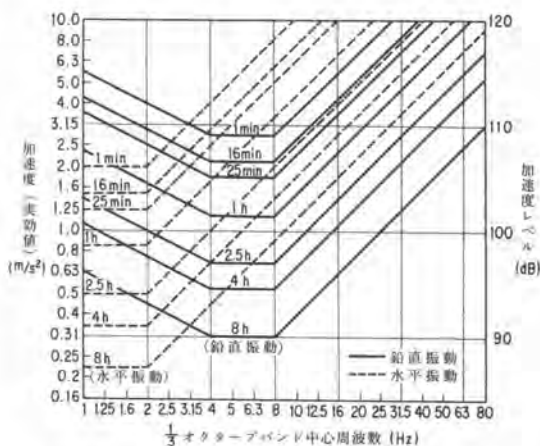


図-1. ISO 2631による全身振動暴露基準(鉛直方向)

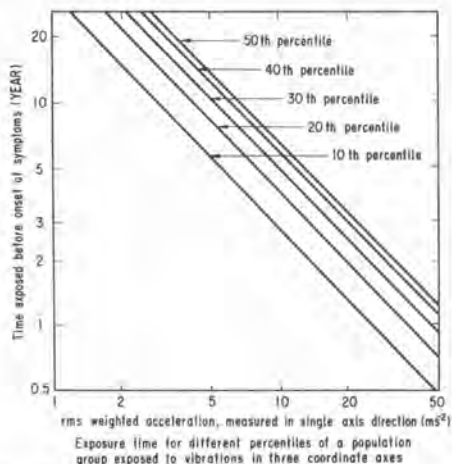


図-2. DIS 5349による局所振動評価の参考資料

表-2. 建設機械オペレータ振動測定要領(案)の概要

名称 項目	搭乗建設機械オペレータ振動測定要領(案)	建設工事用手持工具等オペレータ振動測定要領(案)
適用範囲	<ul style="list-style-type: none"> <li>搭乗建設機械の運転席における振動の測定に用いる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>手持工具、ハンドガイド機械のハンドル部の振動の測定に用いる。</li> </ul>
用語の意味	<ul style="list-style-type: none"> <li>振動レベル(VL)</li> <li>等価振動レベル(VL<sub>eq</sub>)について</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>工具振動レベル(VL<sup>h</sup>)</li> <li>等価工具振動レベル(VL<sup>h</sup><sub>eq</sub>)について</li> </ul>
測定機器	<ul style="list-style-type: none"> <li>加速度変換器及び増幅器 JIS C 1510を満たすもの。</li> <li>振動感覚補正回路 JIS C 1510に従う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>加速度変換器及び増幅器 JIS C 1511を満たすもの。</li> <li>周波数補正回路 JIS C 1511に従う。</li> </ul>
測定方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>測定箇所及び振動測定軸 座席上及び座席取付部における直交3軸方向。座席上の加速度変換器は、直径200mmの弾力のある円板中央に取付け、座席上に固定する。(X:前後, Y:左右, Z:鉛直)</li> <li>機械の状態 JIS D 6504, 同6505, 同6507 JIS A 8801に規定される“運転整備状態”及び“作業時負荷状態”とする。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>測定箇所 標準的にハンドルを保持した時の手の位置又はその至近点に加速度変換器を確実に固定する。</li> <li>振動測定軸 直交3軸方向とし、一軸はハンドル握り部軸方向へ、他の一軸を機械長軸又は、ハンドル中心線方向へ一致させる。 (Y:左右, Z:機械長軸またはハンドル中) (心線方向: X:Y, Z軸に直交)</li> </ul>
作業条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>ブルドーザ 平坦土道走行時(中間速度段で前後進)及び掘削運搬作業時。</li> <li>履帯式トラクタショベル 平坦土道走行時(中間速度段で前進)及びV方式積込作業時。</li> <li>車輪式トラクタショベル 平坦舗装路走行時(中間速度段で前進)及びV方式積込作業時。</li> <li>振動ローラ 土道走行時(中間速度段で前進)及び前後進による転圧作業(2km/h, 最大起振力で)。 ※測定時間は、走行時については、安定した走行の行なわれている間とし、3回以上測定をくり返す。作業時については、5サイクル以上の全作業時間を測定時間とする。 ※オペレータ体重は60~70kgfとする。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ブレーカ 供試体:コンクリート又は花崗岩。 標準的な使用条件で。</li> <li>レッグドリル 供試体:花崗岩。 標準的な使用条件で(レッグ角30°)</li> <li>振動ローラ、振動コンパクト、タンバ まき厚20cm以上の砂または土の上での締固め作業。 速度2Km/h, 最大起振力で。 ※測定時間は、安定した作業の行なわれている間とし、3回以上測定する。</li> </ul>
データ処理方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>測定結果は、走行時、作業時別々に全測定時間中の等価振動レベルで示す。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>測定結果は、測定時間中の等価工具振動レベルで示す。</li> </ul>
報告すべき事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>被測定機械の型式、諸元等</li> <li>シート型式</li> <li>測定年月日、場所</li> <li>測定結果</li> <li>測定計器の型式等</li> <li>データ処理方法</li> <li>路面の状態、運転条件、オペレータ体重</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>被測定機械の型式、諸元等</li> <li>測定年月日、場所</li> <li>測定結果</li> <li>測定計器の型式等</li> <li>データ処理方法</li> <li>供試体の種類等</li> <li>運転条件</li> </ul>

#### 4. 測定要領(案)による振動測定例

##### 4.1 搭乗建設機械の振動測定例

測定要領(案)の適否の検証のため表-3に示す機種を対象として種々の条件下において振動測定を実施した。その結果各機種に共通して次の傾向が認められた。①走行時は各シーケンス間でのデータの変動は1dB程度と小さい。②作業時は各ワークサイクル間での変動が2~3dB程度あるが、数回の測定値のエネルギー平均値を採ることにより安定したデータが得られると判断される。③オペレータの体重が大きく変わった場合、座席上の測定値が3~4dB異ってくる。④トラクタショベルの作業対象物が土と碎石の場合は同一の結果であるが、径10cm以上の玉石の場合、5~10dB振動が大きくなる。⑤速度段が1段増加する毎に2~3dBの振動レベル上昇が見られる。以上の点を考慮して測定要領(案)の標準作業条件を決定した。ここで、標準とした条件における測定結果の一例を表-3に示す。

表-3. 各種建設機械の振動レベル

機 種 名		振動レベル(dBV <sub>req</sub> あるいはdBV <sub>eq</sub> )						
		座席取付部			操 縦 上			
		X	Y	Z	X	Y	Z	
掘 削 機	ブレード式 (11t)	走行時	90	94	99	92	97	94
	掘削作業時	93	93	98	96	96	97	
装 置	履带式トラクタ ショベル(21m <sup>3</sup> )	走行時	87	86	97	90	88	90
	作業時	101	93	100	99	95	98	
建 設 機	車軸式トラクタ ショベル(14m <sup>3</sup> )	走行時	82	84	90	88	86	95
	作業時	98	94	100	101	95	102	
機 械	車軸式トラクタ ショベル(23m <sup>3</sup> )	走行時	96	91	95	107	101	101
	作業時	98	96	99	115	106	104	
等	振動ローラ (4t)	走行時	-	-	-	80	93	88
	転圧作業時	-	-	-	-	79	91	85
		マシンドル部						
		X	Y	Z				
建 設 工 事 用	ブレーカ (30kg)	109	109	127				
	” (40kg)	112	-	126				
手 持 工 具	レグドリル (20kg)	125	125	127				
	” (30kg)	121	121	127				
等	ハンドガイド 振動ローラ (700kg)	105	107	102				
	振動コンパクタ (950kg)	120	114	112				
等	振動コンパクタ (80kg)	117	113	116				
	タング (80kg)	122	112	123				

##### 4.2 建設工事用手持工具等の振動測定例

いわゆるハンドガイド機械についても同様の目的で振動測定を実施した。測定の対象とした機種と測定要領(案)で標準とした条件下での測定値が表-3中に並記して示してある。以上の種々の条件下における測定結果から次の点が明きらかとなった。①ブレーカ・レグドリルの場合、空気圧が5kg/cm<sup>2</sup>から7kg/cm<sup>2</sup>に上昇すると工具振動レベルは2~4dB上昇する。②供試体がコンクリートと花崗岩の場合では最大となる方向の工具振動レベルは変化しない。③振動ローラ・振動コンパクタ等では、3回程度転圧すると、その後工具振動レベルは変化しない。④土・砂地盤上のいずれの場合も工具振動レベルは同程度である。

なお、表-3に示す測定値は、本測定要領(案)に示すような充分管理された条件下におけるものであり、施工管理等の異なる工事現場での実測値<sup>3)</sup>とは異なる場合もあるので注意を要する。

#### 5. あとがき

今回提案した“建設機械オペレータ振動測定要領(案)”が、今後各方面でのオペレータ振動の測定の際の一助となれば幸いである。さらに問題点等御意見が寄せられることを望む次第である。また、末尾ながら“オペレータ振動対策委員会”委員各位に感謝の意を表する。

参考文献 1) 山崎和秀/振動の人体への影響/騒音制御1979. 6 など

2) 多田, 豊田他/建設機械の振動対策に関する調査試験/土木研究所資料2024号

3) 萩原, 泉川他/土工機械の振動に関する調査試験/第36回建設省技術研究会報告



# 40. エレクトロニクスを利用した建設機械に関するアンケート調査報告

建設省土木研究所 樋下 敏雄・\*江本 平  
持丸 修一

## 1. はじめに

本調査は、建設省で実施している総合技術開発プロジェクトの1つ「エレクトロニクス利用による建設技術高度化システムの開発」における研究の一環として、昭和60年2月に実施したものである。建設機械の自動化に関するアンケートを行うことにより、エレクトロニクスを利用した建設機械に対するメーカー及び需要家の意向を把握しようとしたものである。

## 2. 調査概要

エレクトロニクスを利用した建設機械としては、過去5年間に製作導入されたもの及び現在製作・導入を検討しているものを対象にした。

調査は、メーカー向けと需要家向けの2つに分けて行った。調査項目としては、メーカー向けではエレクトロニクスを利用した建設機械の製作、製作の目的、メカトロ化の欠点、メカトロ化するとメリットの多い機種、開発の阻害要因、開発上障害となっている技術、需要家向けでは、導入実績、エレクトロニクスを利用した建設機械に期待すること、導入に当って優先する条件、気になる点、欠点、メカトロ化すべき機種、施工上困っている点等をあげた。

## 3. 調査結果

### 1)メーカー向け

#### ①エレクトロニクスを用いた建設機械の製作(図-1)

約7割が、既に製作したかあるいは製作中、研究中であり、約2割強は製作の意向がない。製作しない理由としては、ニーズがない、技術的に無理等が多かった。

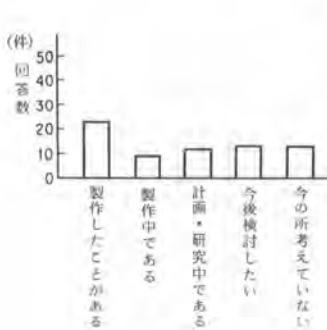


図-1

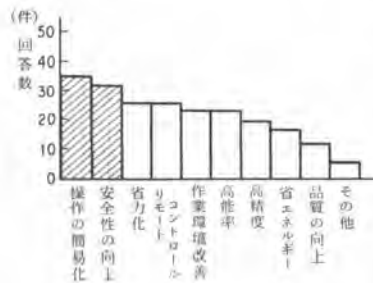


図-2

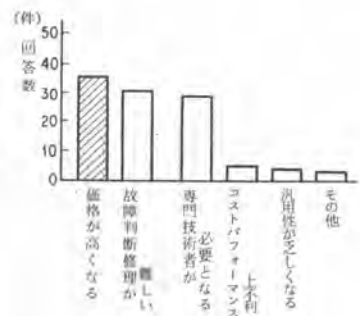


図-3

② エレクトロニクスを利用した建設機械を作る場合の目的（図-2）

操作の容易性（72.5%）、安全性の向上（60.8%）、省力化（52.9%）、リモートコントロール（51.0%）を挙げた回答者が各々過半数を占めた。その他では単純作業の回避等が挙げられている。

③ メカトロ化した場合の欠点（図-3）

価格のアップ（68.6%）、故障問題（58.8%）、専門技術者が必要（56.9%）が多く、他は少なかった。その他では環境悪化（振動等）が挙げられている。

④ メカトロ化するとメリットの多い機種（図-4）

大分類では、土工機械、コンクリート機械、削岩機等が多かった。小分類では、シールド掘進機（23.5%）、ショベル（21.6%）、コンクリートポンプ（21.6%）、グレーダ（19.6%）、地下連続壁施工機械（17.6%）、コンクリート吹付機（17.6%）等が多かった。

⑤ エレクトロニクスを利用した建設機械の阻害要因（図-5）

費用、時間、手間を要す（62.7%）、需要不明確（52.9%）、メンテナンス体制が不十分（47.1%）が多い。

⑥ 開発途上障害となっている技術（図-6）

センサーを挙げた回答者は70.6%に上る。次いで環境対策（43.1%）、ノイズ対策（41.2%）、が多い。

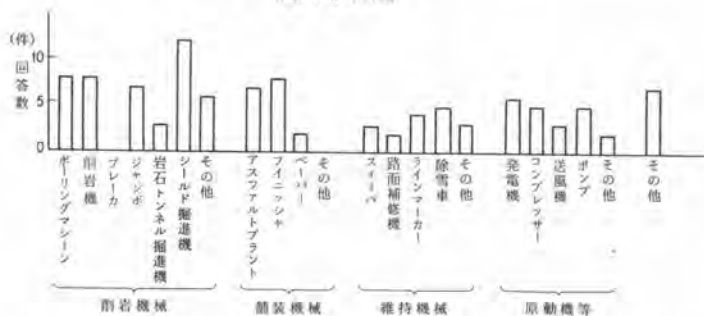
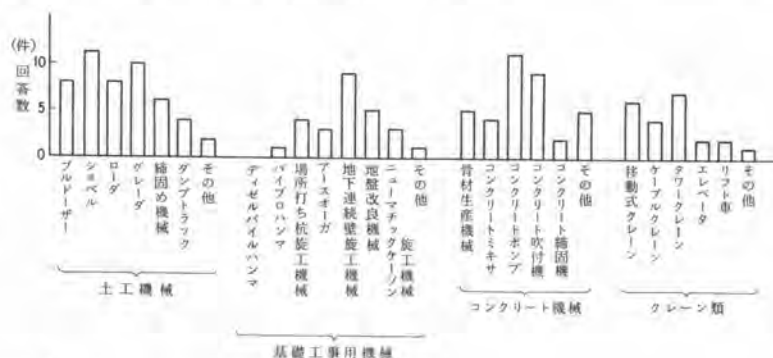


図-4

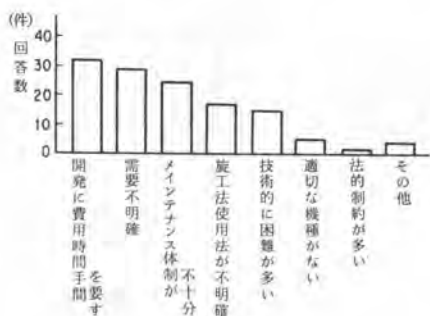


図-5

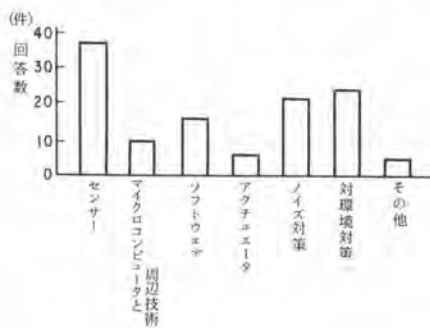


図-6

## 2) 需要家向け

### ① 導入した実績・希望 (図-7)

約7割が、既に導入しているか、あるいは導入意志があり、約3割は当面あるいは将来とも導入しない意向である。導入しない理由としては、採算性を挙げたところが多かった。

### ② エレクトロニクスを利用した建設機械に期待すること (図-8)

安全性の向上、及び省力化は、7割強の回答者が挙げている。以下、高能率、高精度、操作の容易化、作業環境改善、品質の向上の順となっている。(49%~36%) その他では単純作業の回避等が挙げている。

### ③ 導入に当って最も優先する条件 (図-9)

採算性を挙げた回答者が60%、性能を挙げた回答者が25%であり、稼働率、価格を挙げた回答者は少なかった。

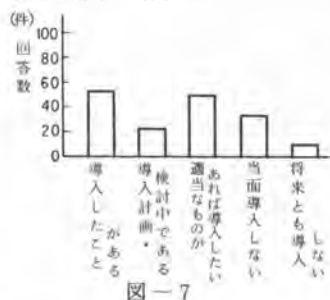


図-7

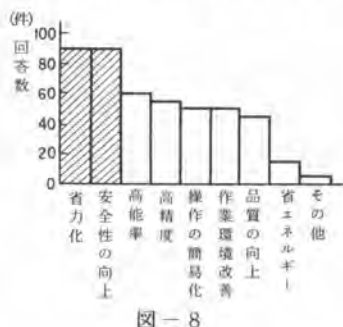


図-8

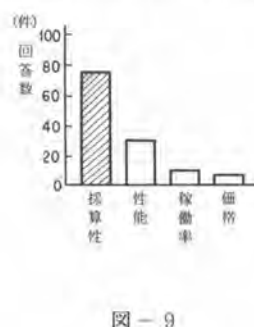


図-9

### ④ 導入に当って気になる点 (図-10)

施工条件とのマッチ (68.5%)、故障の発生 (60.5%) を挙げた回答者が多い。その他では、積算基準との関係、損料の取扱い等制度上の問題も多かった。

### ⑤ 現在のエレクトロニクスを利用した建設機械の欠点 (図-11)

価格が高い (58.1%) を挙げた回答者が過半数を占める。他の欠点は、22.6%~35.5%とあまり差がなかった。

### ⑥ バックホウを例にとった希望する自動化レベル (図-12)

完全自動化(⑤)、無人化(②、④)よりも、操作の容易化(⑧)、安全対策(①)を挙げた回答者が多く、③、①は各々約6割が挙げている。その他では、汎用性、多機能等を挙げたものが多かった。

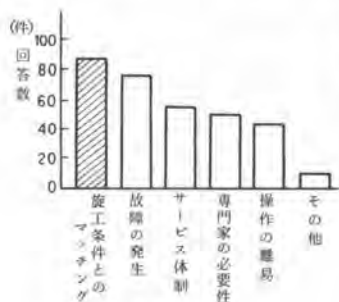


図-10

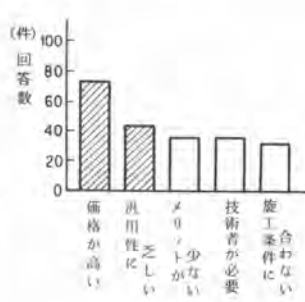


図-11

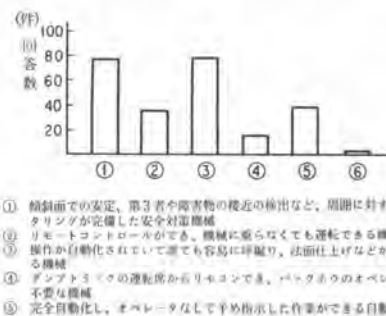


図-12

- ① 傾斜面での安定、第三者や障害物の接近の検出など、周囲に対するモニタリングが完備した安全対策機械
- ② リモートコントロールができる。機械に近づくなくても運転できる機械
- ③ 操作が自動化されていて誰でも容易に操縦し、法面仕上げなどかくなる機械
- ④ デンプラ3モードの運転席からリモコンで、バックホウのオペレータが不要な機械
- ⑤ 完全自動化し、オペレータなしで予め指示した作業ができる自動機械
- ⑥ その他

メカトロ化することによってメリットの多い工種（図-13）

土工、トンネル削岩を挙げた回答者が多かった。内訳をみると、土工の掘削（58.9%）、トンネル工の削岩（46.0%）が多く、法面工の法面仕上げ（39.5%）、舗装工の舗設（36.3%）、土工の平面仕上げ（29.8%）、トンネル工の吹付け（32.3%）といった仕上げ作業が次いでいる。その他、コンクリート打設（39.5%）、計測（33.1%）等が多かった。

⑧メカトロ化すべき機種（図-14）

大分類では、土工機械、舗装機械、削岩機等を挙げた回答者が多かった。小分類ではブルドーザ（51.6%）、フィニッシャ（49.2%）、シールド掘進機（40.3%）、グレーダ（37.9%）、ショベル（33.9%）、アスファルトプラント（32.3%）、コンクリート吹付機（30.6%）の順になっている。

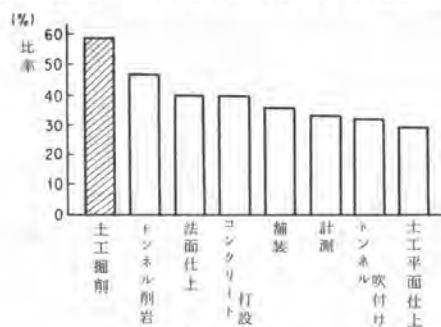


図-13

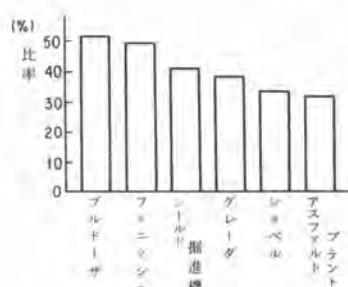


図-14

#### 4. 需要家の回答とメーカーの回答との比較

- 1) エレクトロニクスを利用した建設機械に期待すること（需要家）又は作る場合の目的（メーカー）についてみると、需要家では、安全性の向上、省力化（73%）が多いのに対し、メーカーでは、操作の簡易化（72.5%）が多く、それぞれ施工面、機械の機能面に重点をおいた答となっている。
- 2) エレクトロニクスを利用した建設機械の欠点については、需要家では、「汎用性に乏しい」（35.5%）が多かったのに対し、メーカーでは、「専門の技術者が必要」（56.9%）が多くなっており、それぞれ、機械の現場での使用面と機械の製作面、管理面に重点をおいていることがわかる。
- 3) メカトロ化すべき機種としては、需要家では、ブルドーザ（51.6%）、フィニッシャ（49.2%）、シールド掘進機（40.3%）、あとグレーダ、ショベル、アスファルトプラントとなっており、メーカーでは、シールド掘進機（23.5%）を筆頭に、ショベル、コンクリートポンプ、グレーダ、地下連壁、コンクリート吹付機となっている。需要家では、土工機械、舗装機械が多い。メーカーは特にはっきりした傾向はみられず、自動化すべき機種について模索していることを反映していると思われる。

#### 5. あとがき

個々の建設機械の持つべき自動化の機能については、今後の調査にまたなければならないが、今回の調査は、自動化に関する意識調査として有用であったと思われる。終りにアンケートに御協力頂いた需要家、メーカーの方々に感謝いたします。

# 41. 建設機械用荷重センサの開発と適用例

日立建機(株) 緒方 浩二郎・\*高田 龍二  
成 沢 順 市・大 山 正 三

1. 緒言 建設機械のメカトロ化の進展に伴い、クレーンの吊荷重検出、油圧ショベルの掘削力検出など、機械に加わる外力の検出が必要になるケースが増加している。このようなケースでは、既存の機械に大幅な改造を施さずに装着できる荷重センサであることが望ましい。そこで建設機械に限らず多くの機械がピン結合を用いており、伝達される力はすべてピンを通ることに着目し、ピンそのものを荷重センサとすることを考えた。すなわち、1) 外形は通常のピンと同じで、2) ピンの強度は落とさずに、3) 回転の中心となる、力を伝達する等のピンとしての働きを損なわずに、4) ピンそのものが荷重センサになっている、というものである。これをピン形ロードセルと呼ぶことにする。

従来、ピンに作用する力を検出するには、力の流れる部分の剛性を低くして、ひずみ感度を高くするという方法がとられていた。しかしこれではピンの強度低下という問題点があった。それに対してひずみ増幅機構を内蔵し、ひずみを高感度に検出できる構造を実現して、ピンの強度低下がほとんど問題とならない構造を実現した。この構造は東京大学工学部畑村洋太郎教授の御考案によるもので、著者らが同氏の御指導の下に開発をすすめたものである。

## 2. 基本原理と構造<sup>1)</sup>

ピン形ロードセルは図1のように、機械部品どうしでピンを介して伝達される力の大きさと方向を検出する。ピンが力を受けた時の変形は、剪断力による剪断変形と曲げモーメントによる曲げ変形とがある。荷重状態が図1のような時に、荷重の大きさが一定でも圧力分布が変化すると、剪断変形は変化しないが曲げ変形は変化する。そこでピン形ロードセルは剪断変形のみを検出する構造とした。剪断変形を検出する機構として図2のような直交2軸方向に積層した平行平板構造を利用した。平行平板構造は平板をたわませる方向にのみ剛性が低いので、図2の構造ではXY面内の任意の方向の力をX・Y2方向の分力として検出でき、従って力の大きさおよび方向が検出できる。図3は平行平板構造を利用したピン形ロードセルの基本構造で

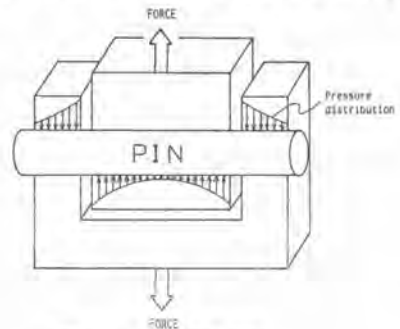


図1 ピンの荷重状態

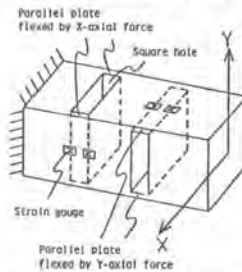


図2 平行平板構造の積層

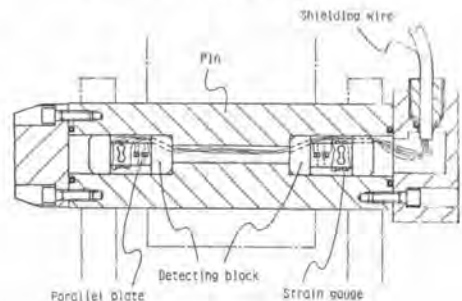


図3 ピン形ロードセルの構造

ある。ピンの軸心に穴を設け、中に検出ブロックを挿入してピンと一体になるように結合させたものである。この構造ではピンの外径はいじらずに、中心部に穴をあけただけなので、ピンの強度低下はほとんど問題にならない。

以上のような構造で剪断変形をいかに増幅して検出するかを図4で説明する。ピンが力を受けて $\delta$ だけ変形したとすると、検出ブロックも $\delta$ だけ変形する。ところがこの変形量 $\delta$ は検出ブロック全体で一様に生じるのではなく、剛性の低い平行平板部に集中して生じる。つまりピンでは幅 $L$ の間で生じた変形が、検出ブロックでは丸穴の径 $d$ の間に集中するのである。従ってピン自体のひずみ量は微小であるにもかかわらず、平行平板部のひずみ量は拡大されており、高精度の検出が可能になる。また曲げ変形に関しては、平行平板が軸心に近いため元々曲げによる影響が小さい。さらに4枚のひずみゲージでブリッジを組むことにより、曲げ変形による出力をキャンセルするようにしている。以上のような原理により曲げ変形を検出せず、剪断変形のみを増幅して高感度で検出することができる。

図3の構造の2方向荷重検出用ピン形ロードセルの仕様を表1に示す。

### 3. 性能試験結果

ピン形ロードセルの性能試験の結果を図5に示す。ピン形ロードセルはX・Y2方向の力を検出するのであるが、a)はX方向に力をかけた時、b)はY方向に力をかけたときのX、Yそれぞれの出力である。たとえばa)では検出方向のX出力が出力し、干渉出力であるY出力はほぼ0である。非直線性1.5% R.O.、ヒステリシス0.7% R.O.の性能を得た。

X・Y2方向の出力を合成することにより、加えられた力の方向と大きさがわかる。検出した力の方向と実際に加えた力の方向が一致するかを試験した方向分離性能試験の結果を図6に示す。図の細線が実際に加えた力の方向、太線がロードセルで検出した力の方向を示す。方向分離の誤差が $1.5^\circ$ 以下と極めて良好な結果を得た。

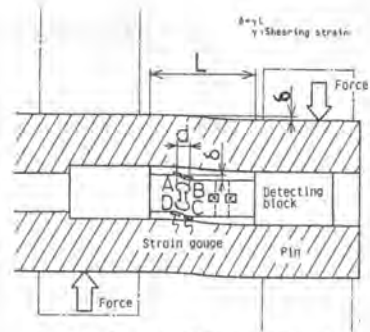


図4 ピン変形の増幅機構

表1 試作ピン形ロードセルの仕様

Pin diameter	50 mm
Detecting block diameter	18 mm
Rated capacity	100 kN (10 tonf)
Rated output	0.75 mV/V

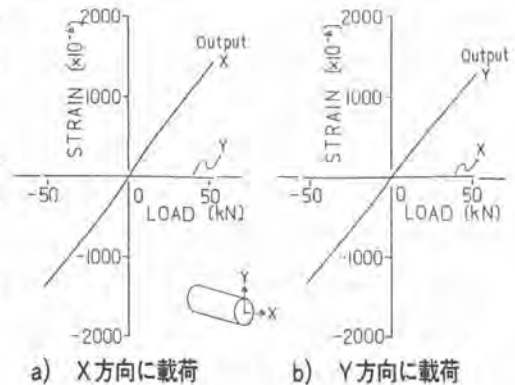


図5 ピン形ロードセルの性能

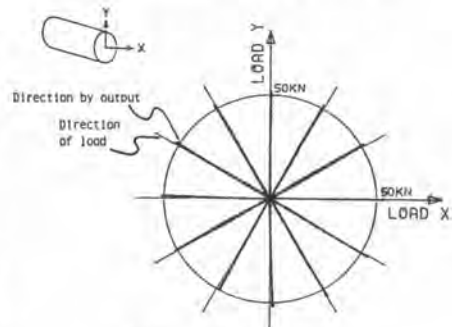


図6 方向分離性能試験

#### 4. 実機への適用例

##### 4.1 クレーン仕様油圧ショベル用荷重計

クレーン仕様油圧ショベルとは、油圧ショベルのバケットの代わりにグラップル、リフマグ等の吊り荷装置を取りつけた機械である。クレーン等安全規則に適合する、過負荷防止装置（モーメントリミッタ）の荷重検出器として、ピン形ロードセルを適用した。図7にクレーン仕様油圧ショベルを示す。グラップルを吊っているピンにピン形ロードセルを適用して吊荷重を検出する。表2に本機に適用したピン形ロードセルの仕様を示す。

従来、油圧シリンダ圧力で吊荷重を検出する方法があった。しかしながら摩擦の影響で精度が悪い。シリンダのストロークエンドでは測定不能等の問題点があった。ピン形ロードセルで荷重をダイレクトに検出することにより、これらの問題点が解決され高精度の過負荷防止装置を実現した。また、ピン形ロードセルはもともと機械構造の一部であったピンそのものがロードセルになっているので、ロードセルを取りつけるための新たなスペースが不要である。本機の場合、その分揚程を高くすることができた。

##### 4.2 超大型クローラクレーン用荷重計

吊り上げ能力8400KN×30mの超大型クローラクレーン（米・ランプソン社製）の過負荷防止装置の荷重検出器として、ピン形ロードセルを適用した。図8にクレーンの概略を示す。ブーム先端のブーム起伏ロープ係合ピンにピン形ロードセルを適用して、ブーム起伏力を検出している。表3に本機に適用したピン形ロードセルの仕様を示す。

本機は日立運輸により国内に導入されたものであるが、国内法規により過負荷防止装置の装備が義務づけられたものである。ロード

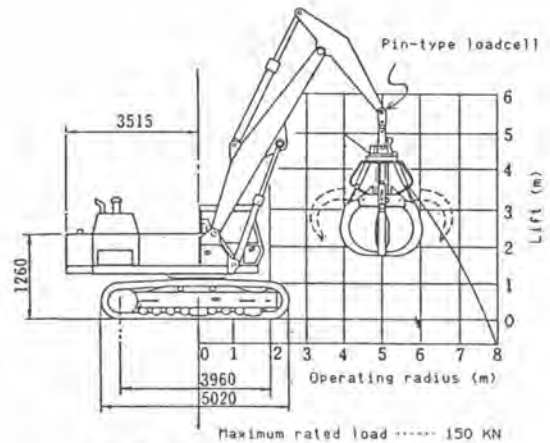


図7 日立UH16アーム型クレーン

表2 アーム型クレーン用ピン形ロードセルの仕様

Pin diameter	80 mm
Detecting block diameter	30 mm
Rated capacity	200 kN (20 tonf)
Rated output	0.75 mV/V

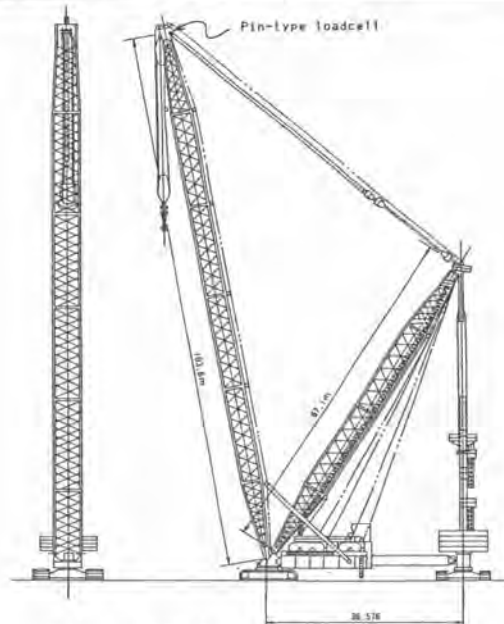


図8 HU46000クローラクレーン（日立運輸）

表3 HU46000用ピン形ロードセルの仕様

Pin diameter	204.4 mm
Detecting block diameter	35 mm
Rated capacity	5000 kN (500 tonf)
Rated output	1.5 mV/V

セルのピンを交替するだけで装着できるという特徴を生かして、本体をほとんど改造せずに過負荷防止装置を装備することができた。

#### 4.4 油圧ショベルの掘削抵抗測定実験

油圧ショベルの掘削バケットの2本のピンにピン形ロードセルを適用して、掘削時にバケットが土から受ける掘削抵抗を測定した。実験の概略を図9に示す。実験には表1のピン形ロードセルを使用した。

一例として、通常のパケットによる掘削と内面にテフロンを貼った低摩擦パケットによる掘削とで、掘削抵抗を比較した結果を図10に示す。これはロームを掘削した時のものである。低摩擦パケットでは掘削抵抗が低減されることがわかる。このようにピン形ロードセルを用いると、今まで容易に測定できなかった力も測定できるようになる。

#### 5. 結言

機械部品のピンとしての、回転の中心となる力を伝達する等の働きを損なわず、ピンの強度低下もほとんどなしに、ピンそのものを2方向ロードセルにしたピン形ロードセルを開発した。従来機械をほとんど改造せずに装着でき、従来容易に測定できなかった力を測定できるようになった。

今後、ピン形ロードセルの既成の機械に適用しやすいという特徴を生かして、建設機械・産業機械・ロボット等多方面での活用が期待される。

おわりに、ピン形ロードセルの開発期間中、熱心に御助言、御指導を賜った東京大学工学部畑村洋太郎教授に、本欄を借りて厚く御礼申し上げる。

#### 参考文献

- 1) 畑村, 高田: 機械学会日立地方講演会論文集 (昭59-9), 97.
- 2) 畑村: 機誌, 86-774 (昭58-5), 476.

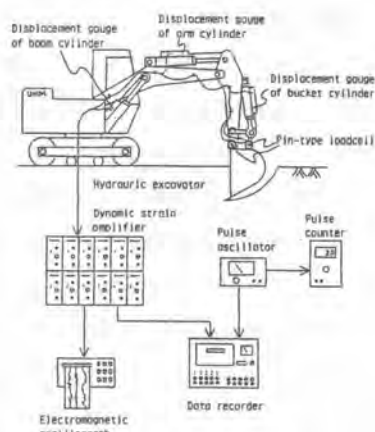


図9 土の掘削実験システム

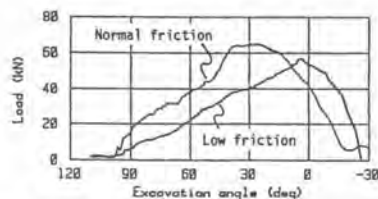


図10 通常バケットと低摩擦バケットの掘削抵抗



## 42. 豪雪時における除雪機械の稼働特性と信頼性について

建設省北陸地方建設局 布目健三・\*中森良次

### 1. ま え が き

北陸地方は世界的豪雪地帯であり、「38豪雪」を契機に除雪機械の整備強化が計られ、「56豪雪」、「59豪雪」においては、除雪機械の威力が再認識されるとともに、除雪機械の信頼性に関する問題についての認識も高まってきた。

本報告は、除雪機械の稼働実態を把握するとともに、信頼性の評価を行うため、(アベイラビリティ：故障を修理できる系を考えたとき、その系が規定の時点で機能を維持している確率)アベイラビリティ調査を行ったもので、その概要を説明する。

### 2. 調査方法

#### 2・1 稼働実態調査

北陸地建管内の全除雪工区を対象に、昭和55年度から59年度までの除雪日報により稼働時間、降雪量、除雪延長等について集計を実施した。

#### 2・2 アベイラビリティ調査

除雪機械のアベイラビリティ指数を試算するため、地建内の除雪機械のうち除雪トラック24台、除雪グレーダ41台、ロータリ除雪車29台、薬剤散布車16台、小型除雪車10台、計120台について故障頻度、修理内容及び修理時間等を調査し、集計整理した。

### 3. 調査結果

#### 3・1 豪雪年における除雪機械の稼働状況

過去5年間における1km当り稼働時間と、年平均累計降雪深の関係を図-1に示した。一般に1km当りの稼働時間は、累計降雪深に比例して多くなる。

しかし、機種構成は各年度で異なる。例えば、ロータリ除雪車では55・58・59年度の豪雪年では10h/km以上の稼働であり、全機種の約20%の稼働をしめるが、平年雪の56・57年度では約10%と少ない。

これとは逆に、薬剤散布車は豪雪年ほどそ

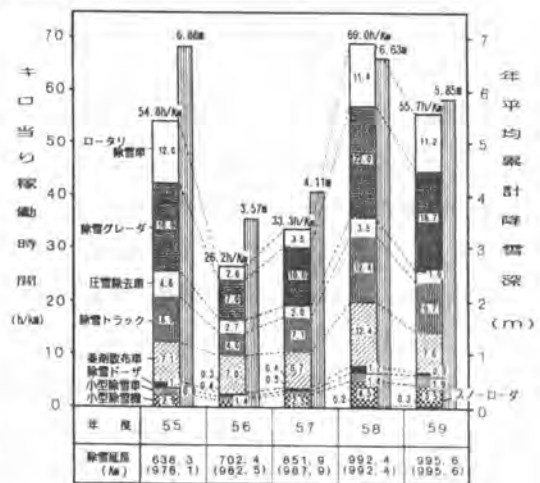


図-1 各年度におけるキロ当たり稼働時間と年平均累計降雪深の関係

の稼働時間割合が小さく、平年雪では比較的高い割合となっている。

除雪グレーダ及び除雪トラックにおいては、各年度の構成比に差は見られず、除雪グレーダで30%程度、除雪トラックで18%程度である。以上から豪雪年では拡幅作業に従事する時間割合が増えること、薬剤散布作業は、降雪による影響は少なく、ほぼ一定の作業時間であることがわかる。また累計稼働時間（全機種合計）と累計降雪深

の日変化を図-2に示した。

### 3・2 機械別稼働時間特性

各工区別の累計降雪深とキロ当たり稼働時間の大きいのは、除雪グレーダ及びロータリ除雪車であり、これは圧雪除去、路面整正及び拡幅作業が重点的に行われているためと推測される。

一方除雪トラック、薬剤散布車は、前者ほど稼働時間は伸びておらず、路側堆雪の発達による拡幅作業のロータリ除雪車への切換えや、薬剤散布時期の固定化などの理由によるものと思われる。

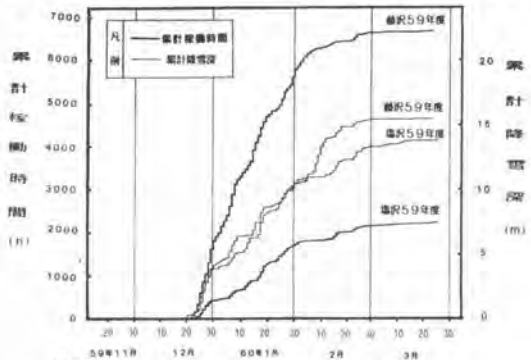


図-2 累計稼働時間と累計降雪深の変化

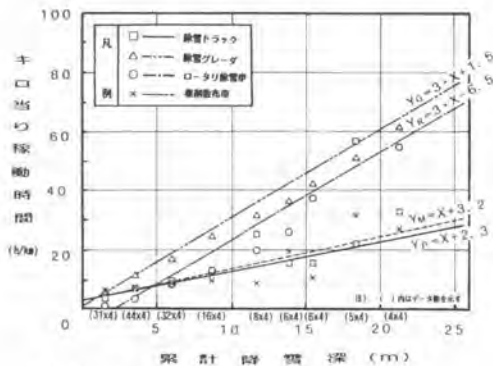


図-3 累計降雪深とキロ当たり稼働時間の関係



写真-1 ロータリ除雪車拡幅作業

### 3・3 除雪機械の故障実態

昭和59年度に実施した除雪機械のアベイラビリティ調査から、機種別の故障内容等について集計した。図-4・1～4・3に各機種別の故障箇所、1台当り修理時間と1台当り故障回数との関係を示した。また、図-5には各機種の修理作業場所と、1台当り故障回数の分布を示した。これによれば、故障頻度は除雪グレーダが1台当り11.4回と最も多く、小型除雪車、ロータリ除雪車、除雪トラックの順に小さくなっており、薬剤散布車は0.8回と少ない。これらの故障は、通常の故障がほとんどであり、事故、取扱い不良によるものは少なかった。

故障箇所としては、除雪トラック、ロータリ除雪車のシャーピン、除雪グレーダのカッティングエッジなどの除雪装置が多く、各機種の故障回数の50～90%を占めている。特にロータリ除雪車、小型除雪車において、この傾向は顕著である。

1台当りの修理時間は、除雪トラック、除雪グレーダ及びロータリ除雪車で各々約16時間を要しており、このうち最大の時間を占めているものは、故障頻度の高い除雪装置類である。

一方、修理作業場所について集計すると、除雪トラックや除雪グレーダでは、除雪基地が最も多いが、ロータリ除雪車及び小型除雪車は現場内での修理が多い。

以上から、除雪機械の故障の大半は作業時において発生しており、その箇所はシャーピンやカッティングエッジなどの消耗部品を含む除雪装置類であること。

除雪グレーダ及び除雪トラックにおいては、除雪基地に戻って修理を行うケースが多いが、ロータリ系の除雪車においては、作業の特性上から現場内での修理が多く、かつ修理時間も1台当り6～12時間と基地内や工場での修理と比較して長くなっている。

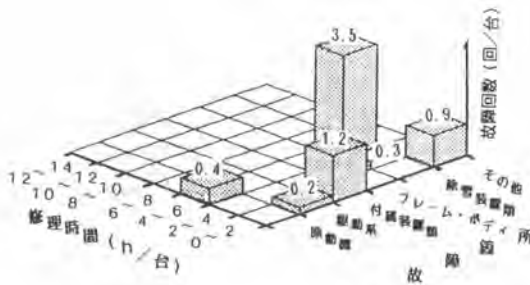


図-4.1 除雪トラックの故障箇所・1台当り修理時間と故障回数の関係

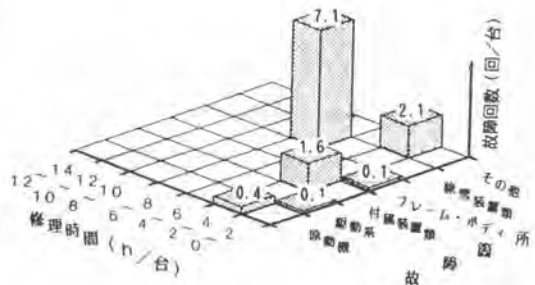


図-4.2 除雪グレーダの故障箇所・1台当り修理時間と故障回数の関係

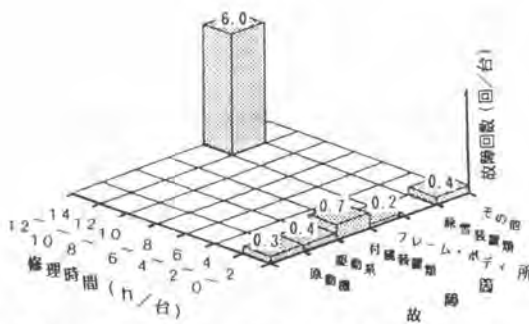


図-4.3 ロータリ除雪車の故障箇所・1台当り修理時間と故障回数の関係

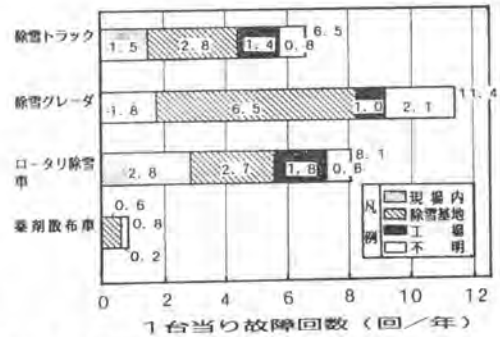


図-5 機械別修理作業場所と1台当り故障回数の分布

### 3.4 除雪機械のオペラビリティ

建設機械の分野においてもオペラビリティの概念が徐々に浸透しつつあるものの、算定方法については特に基準がないため、ここでは除雪機械の信頼性を評価する指標として、オペラビリティ指数を以下のように定義して故障、修理及び運転時間等の調査結果より試算することとした。即ち、オペラビリティ指数は作業予定時間に対する実際の運転（稼働）時間の比として

$$A_i = \frac{T_o}{T_o + T_r}$$

ここで  $A_i$  : アベイラビリティ指数

$T_o$  : 作業予定時間内で実際に運転（稼働）した時間

$T_r$  : 作業予定時間内で修理に要した時間（h）

アベイラビリティ指数の全体的な分布を見ると、ほぼ0.85～1.0の範囲にあり、大部分は0.95以上の信頼性があると言える。

この中で薬剤散布車はその機構から作業中の修理を必要とする故障がなく、稼働時間の変化に伴うアベイラビリティ指数の変化は見られなかった。

また、除雪トラックや除雪グレーダはアベイラビリティ指数の変動が大きく、一様な傾向は把握し難い。これは、故障が経年変化により発生しやすくなるのではなく、その作業特性による突発的な故障が多いためと思われる。

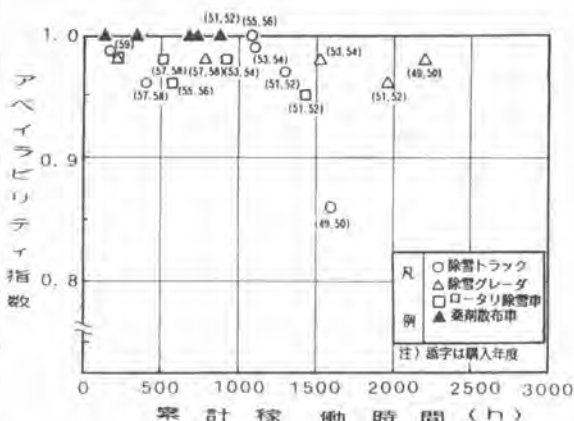


図-6 累計稼働時間とアベイラビリティ指数の関係

これに対し、ロータリ除雪車は、除雪装置類が除雪トラック、除雪グレーダより複雑であり、作業特性による影響より経年変化による影響が多いため、他機種に比べ、アベイラビリティ指数が累計稼働時間の増加とともに減少する傾向にある。

#### 4. ま と め

- 1) 除雪機械の故障回数は1台当り6.5～11回/年、修理時間は7.8～11.6時間/年（薬剤散布車を除く）である。（カッティングエッジの取替え時間を含む）
- 2) 除雪機械のアベイラビリティ指数は、全機械で0.98である。
- 3) 豪雪年になるほど日当りの稼働時間が増加するので、信頼性を阻害する原因を取除き、修理時間を短縮する対策が必要である。

#### 5. あ と が き

今回の報告は、過去5年間の除雪機械の稼働時間及びアベイラビリティの初回とりまとめを実施したが、これ以後稼働に関しては、各機械のおかれている各条件を数量化することにより、より精度の高い稼働予測を実施したい。また、アベイラビリティに関しても稼働集計と同様にとりまとめることとし、両者を除雪機械の配置基準見直し、除雪機械開発、改良及びオペレータの技能向上のための資料としたい。

建設機械と施工法シンポジウム論文集（昭和60年度版）

---

昭和60年9月10日 印刷

昭和60年9月18日 発行

不許

複製

編集  
発行所

社団法人 日本建設機械化協会

東京都港区芝公園3-5-8  
（機械振興会館内）

電話（03）433-1501

振替口座 東京 7-71122番

---

印刷所 株式会社 東 神 堂

東京都千代田区神田司町2-14