

昭和54年度

建設機械と施工法シンポジウム

論 文 集

昭和54年10月11～12日

東京・国際貿易センター南館

社団法人 日本建設機械化協会

〒105 東京都港区芝公園3丁目5番8号

(機械振興会館) 電話 (03) 433-1501

昭和54年度

## 建設機械と施工法シンポジウム 論文集

### 目 次

\*印 口述発表者

#### 【土工機械と施工法】

1. ホイールローダの横揺れの評価 ..... キャタピラー三菱 高木靖夫 1
2. スクレーパー作業における機械の振動と路面の凹凸について ..... 建設機械化研究所 藤本義二 5
3. 建設機械の安全性評価に関する調査(第二報)トラクタ系建設機械の安全性評価方法の試案  
..... 建設省関東技術事務所 田中康之 徳田光男\* 9
4. 安全面を重視した改良型バッテリーロコ ..... 鹿島建設 鷹野幹雄 宮嶋俊和\* 阪本哲男 13
5. 土砂の空気輸送装置(ソイルポーター)の推進工事でのテスト結果  
..... 小松製作所 大柿光司 奥野 昇\* 角田 博 17
6. 排泥管の閉塞検知装置の開発 ..... 建設省関東技術事務所 福田富生\* 山武ハネウェル 松本良一郎 21
7. 土砂のパイプ輸送における含泥率と沈降限界流速の測定結果  
..... 建設省関東技術事務所 須田光俊 小野寺勇\* 25
8. ミニコンピュータを利用したフィルダムの工事管理 ..... 飛鳥建設 石崎守罔 29
9. 急斜面に架設された「人荷共用多目的インクライン」の計画と実施 ..... 飛鳥建設 渋谷武志 33

#### 【トンネル掘進と施工法】

10. 揺動式シールド機の開発 ..... 鴻池組 岡本義雄 伊藤克彦\* 三菱重工業 安田 勉 37
11. 密閉型シールド機のスクリーコンベヤ脱着装置開発について ..... 飛鳥建設 磯部亮敏 真中 弘\* 41
12. 玉石破碎泥水加圧シールドBS500型ロータリビットクラッシャの開発  
..... 日本国土開発 野村光治 45
13. 玉石混り砂礫層における泥水加圧シールド ..... 清水建設 大村千敏 荒井久雄\* 49
14. クラッシャ内蔵型礫泥水加圧式シールド施工実績 ..... 前田建設工業 小川武記 53
15. 泥水シールド工法における礫連続取出装置について ..... 三井建設 高橋義幸 57
16. 遠隔操作式小径泥水セミシールド工法の施工 ..... 奥村組 三島亨介\* 伊藤俊彦 61

17. 急勾配下水道管路における小口径管推進工法（SMOLE工法）	.....	若築建設	高崎康男*	渡辺組	林 勉	65
18. シールド泥水処理装置	.....	近畿工業		山中義雄		69

**【基礎機械と施工法】**

19. 都市土木における飛島式潜函工法	.....	飛島建設		児玉 透		73	
20. 鋼管矢板井筒用防音カバーの開発とその施工例について	.....	川崎製鉄	佐野忠行	白神義則	古閑桂吾*	77	
21. 建設騒音及び振動の防止並びに排除に関する試験調査							
超高周波振動くい打機による鋼矢板打込み試験	.....	建設省土木研究所	北川原 徹	原 誠*	樋野親俊	81	
22. O J P工法（拡底ぐい工法）	.....			大林組	沼本要七	85	
23. 遊星駆動型拡底掘削機と支持方式によるオープンケーソン工法						89	
.....	.....	建設省土木研究所	千田昌平	村尾好昭*	岩瀬真二	89	
24. S H拡底ぐい工法について	.....	清水建設		坂本和義		93	
25. 東洋式拡底リバースぐい（TFP）工法	.....	東洋基礎工業	稲村利男*	末永 勇	帆秋浩司	97	
26. リバース工法におけるサクショポンプの性能について	.....	日立建機	石川泰昭	網代秀一*		101	
27. 多径間連続橋に用いられた「大口径リバースぐい」の施工	.....	鴻池組	原口和三	磯田広久*		105	
28. 新しい測定器によるスライム測定結果と性能の確認	.....	戸田建設		藤木宗観		109	
29. P. I. P - S - 新しい止水性柱列土留壁	.....	西松建設	吉田 弘*	西 保		113	
30. 4軸ソイルオーガー工法の開発	.....	竹中工務店	谷藤文信*	佐藤光寿		117	
31. ソイルオーガーマシンの攪拌性能に関する模型実験							
.....	.....	竹中工務店	鈴木昭夫*	東藤隆義	星野春夫	斉藤 聡	121
32. 泥水モルタルを利用した山留壁の施工例	.....	清水建設		横山典明		125	

**【環境対策機械その他】**

33. ユニット型トンネル集じん機の開発	.....	間 組	松垣光威	畠山 修*		129
34. 手持式作業機械の騒音振動	.....	建設省九州技術事務所	大城忠士	江本 平*	深田英二	133
35. 建設騒音の予測（パワーレベルの推定）	.....	建設省土木研究所	沢田茂良	太田 宏	境 友昭*	137

36. 水面清掃船（プランクトン処理用）の開発について .....	建設省九州技術事務所	中島甲子郎	平嶋正明	豊福清尚*	141
37. 河床清掃機（クローラ式掘削機）（クローラ式運搬機）の開発 …	建設省関東地方建設局			小池賢司	145
38. リフトクライマーによるリフトアップ・ダウン工法 ……………		大林組		大畠勝之	149

#### 【舗装・除雪等】

39. スチールファイバーコンクリートスプレッドについて .....	大林道路	染川 豊*	酒井重工業	緒方志郎	153
40. 現地再生路盤工法について ……………	鹿島道路	斉藤 実*		黒岩 満	157
41. 舗装廃材の再生プラントの実態調査結果 ……………	建設省関東技術事務所	飯田主税		村松貞夫*	161
42. 市道高速2号線丹後通南工区床版工事防護工施工報告 ……	日産建設	三階資夫	柴田六郎	野崎峰石*	165
43. 小形除雪機の施工性評価について ……………	建設省東北技術事務所	相沢 実	斉 恒夫*	関野広光	169
44. 除雪トラックの安全装置に関する調査試験 ……………	建設省北陸技術事務所	中邨 脩		倉島 冠*	173

#### 【地盤改良機械と施工法】

45. パーチカルドレーンの高能率簡易打設機 .....	三菱重工業	栗野勝介	大林組	小谷克己*	日本パイリーシ	中熊和義	177
46. セメント系安定処理剤スラリーを用いる軟弱地盤改良機械の現状と展望 .....			北川鉄工所	白木 久*		沢口達栄	181
47. 深層混合処理機の機械的性能について ……………	竹中工務店	久木野慶紀*	青柳隼夫	藤井卓美			185



# 1. ホイールローダの横揺れの評価

キャタピラー三菱 高木 靖夫

## 1. まえがき

ホイールローダのタイヤと空気圧は、通常、強度、寿命、接地圧、けん引力等の見地から選定されるが、実作業に於て、ダンプトラックへの積み込みや、土砂の運搬作業で、横揺れ（ローリング、ヨーイング）の不安定さを感じることがあり、それらも考慮して選定しなければならぬ。ここで横揺れに関しては、テストオペレータの感覚に頼るわけであるが、個人差や作業条件、先入感等によって結論が変わってくることもある。テスト条件を決めてこの横揺れを定量的に把握しておけば、データに基づいたより正確な議論ができる。本論文は、横揺れ安定性を評価するテスト方法を種々検討し、タイヤを選定する為の一資料とすると共に、車体ローリング時の挙動を調査したので報告するものである。

## 2. 供試機種、タイヤ

本テストで使用した機種の仕様とタイヤの種類は、表-1、2の通り。

表-2のタイヤ縦ばね定数は、実機での車体の沈みと軸荷重の関係から求めた。又表-2で15.5タイヤの方がトレッドが狭いのは、タイヤ外幅をバケット幅以内に納める為、リムのオフセットが13.00タイヤより内側にある為である。(A)、(C)の空気圧は、標準値である。

表-1 供試ホイールローダ

重量	6160 kg
バケット容量	1.0 m <sup>3</sup>
エンジン出力	68 PS / 2400 rpm
操向方式	ア-ティキュレート
運転席位置	後部車体上
懸架方式	前軸固定 後軸揺動
ホイールベース	2340 mm

表-2 タイヤの種類

## 3. テスト方法

ホイールローダの横揺れに与える要素としては、表-1、2の他に重心高さ、バケット積載状態、バケット位置、走行速度、コーナリング状態、路面状態等があり、

タイヤ	空気圧 kg/cm <sup>2</sup>	縦ばね定数 kg/mm	トレッド mm
(A) 13.00-24-10PR	3.5	64.5	172.6
(B) 13.00-24-10PR	3.0	61.7	172.6
(C) 15.5-25-8PR	2.8	58.4	165.1
(D) 15.5-25-8PR	2.0	46.0	165.1

作業面から考えると、積載方向転換時のローリング、ヨーイング、走行路面の凹凸によるローリング、ヨーイング（特にバケット積載上昇させてダンプトラックに接近する場合）等が、オペレータの横揺れ不安定感として受け取られる。これらを考慮して、テスト方法としては、

- a. オペレータの感覚テスト
  - b. 静的ロール特性を把握する為、バケット積載時のロール剛性調査
  - c. 実作業での横揺れ振幅範囲を把握する為、Vシフト作業を行って、ローリング、ヨーイングを計測又、テスト条件をそろえる為
  - d. バケット積載時スラロームテスト
  - e. 動的ローリングテスト
- の順で行った。

#### 4. テスト

##### (a) 感覚テスト

表-2の各タイヤで、バケットにウエイト2100kgを積載して上昇させ、不整地をF-2で自由走行した所、オペレータ(3名)の評価は以下の様なものであった。

「15.5タイヤ：圧力2.0kg/cmではフラフラして不整地を走行するのは危険である。圧力2.8では多少良くなるが、やはり不安定である。方向転換時、横にふわりと行く感じがする。

13.00タイヤ：圧力3.0kg/cmで、15.5タイヤより安定していて不整地走行でも比較的良い。圧力3.5kg/cmとの差は余り感じられない。

##### (b) 静的ロール剛性テスト

車体に遠心力が作用した時の挙動を調査する為、以下の条件で車体の重心位置の横にワイヤロープをつけ、ロードセルを介して他の車両で横に引張り、各タイヤで車体の傾きと、タイヤの横歪量を計測した。

バケット積載量：2100kg(前後転倒荷重の約50%)

バケット位置：走行位置      アーティキュレート角：0度

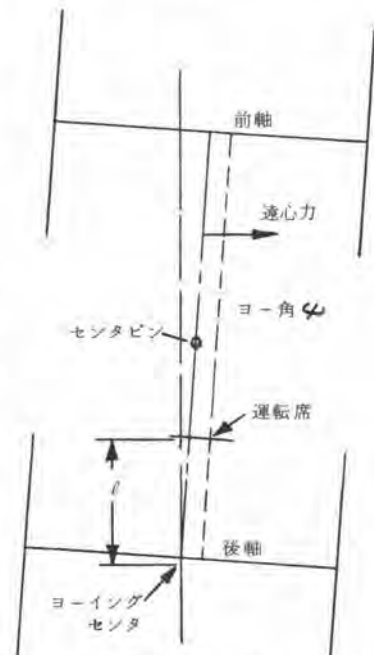
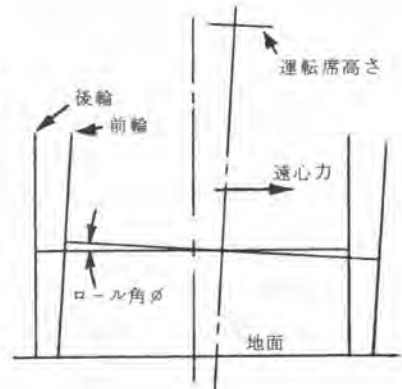
重心位置は、JIS D 6003に準じたが、後部釣上荷重で計算した。

車体の傾きの様子は図-1に示す様に、タイヤの横歪と車軸の傾きは殆んど前軸だけで生じた。これは後軸揺動機構になっていることと、積載している為、重心位置が非常に前軸に近い為である。本テストの結果、ロール角変位は、タイヤ縦ばね定数、トレッドが大きい方が少く、ヨー角変位は、タイヤ幅が広い方が少い傾向を示した。

ここで、運転席での横方向変位 $y$ は、ローリングとヨーイングの合成によるもので、 $y = h\phi + l\psi$ となる。(図-1の記号参照) 本テストの場合、ヨーイングセンタは、ほぼ後軸の位置にあり、 $h\phi/l\psi$ の値は、13.00タイヤで1.8~2.0、15.5タイヤで2.7~2.9、即ち、運転席ではローリング成分による横揺れの方が、ヨーイング成分より2~3倍大きく、ほぼローリングに注目して調査を進めればよいことがわかった。

##### (c) 実作業テスト

土上でV形のローディング作業を設定し、車体の横揺れを計測した。サイクルは、F2前進-掘削積荷-後進-方向転換-F2前進-排土-後進の順である。計測は積分ジャイロを使用し、その出力と前後進レバーからのタイミング信号を、データレコーダに記録し、後で電磁オシロに描かせた。データの一部を図-2に示す。この結果、最大ローリングは、積荷方向転換時に生じ、ロー



ル角は±2°〜±3°の範囲にあることがわかった。しかし各タイヤ間で若干の差は出たものの、運転操作条件、路面条件、ジャイロのドリフト等でデータのばらつきを生じ、結論を出せる程の差は出なかった。

(d) スラロームテスト

ホイールローダの場合、スラロームコースをJ I V A Sに基づいて設定すると走行時ロール角が小さく、測定誤差の範囲になることが判ったので、次の条件でスラロームテストを行うことにした。

バケット積載量：2100kg

バケット位置：最高位置

車速：F2（約13〜14km/hr）

ポール間距離：10m×6本

測定方法は、前項と同じだが、ジャイロはフリージャイロを使用し、装着場所は運転席の直後とした。

データの一部分を図-3に示す。ここで、ヨー角速度を $r$ 、車速を $V$ 、曲率半径を $R$ とすれば、 $R = \frac{V}{r}$ となり、これとデータから最小曲率半径約5mを走行したことになる。

所で、車体アーツィキュレート角が小さければ、車体重心はほぼ車体中心線上にあり、定常円旋回では次の式が成り立つ。

$$\phi = -W/g \cdot h V r \cdot 1/K_{\phi} \dots\dots(1)$$

$$a = V r \dots\dots(2)$$

$\phi$ ：ロール角  $a$ ：横加速度  $r$ ：ヨー角速度

$W$ ：車体重量  $h$ ：重心高さ

$V$ ：車速  $K_{\phi}$ ：ロール剛性

図-3のデータではロール角とヨー角速度の

位相が明らかでない。これは車両がアーツィキュレート式の為、蛇行時は重心部の横加速度とジャイロ搭載部（車体後部）のヨーイングの位相がずれた為で、(1)、(2)式は成り立たない。しかし後部席のヨー角速度が大の時は、重心点横加速度も大きかったものと想定し、 $\phi_{MAX}$ と $a_{gMAX}$ の比（平均値）を計算し、表2の様にまとめた。これは、先のオペレータ感覚と同じ傾向を示すものの、15.5タイヤと13.00タイヤでかなり感じが違うという感覚は説明し切れない。

図-2 実作業テストの横ゆれ

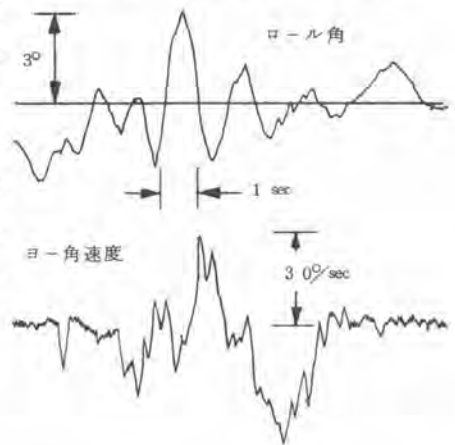


図-3 スラロームテスト

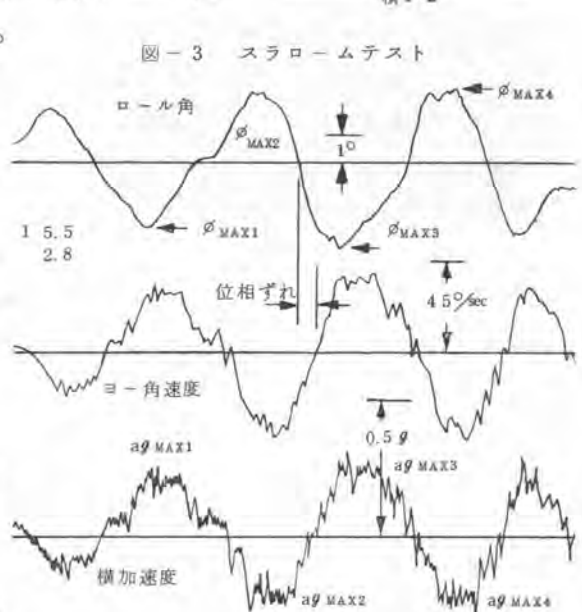


表-2 ロール角/横加速度

タイヤ	圧力	$-\phi_{MAX}/a_{gMAX}$
(A) 13.00	3.5	1.0.9
(B) 13.00	3.0	1.1.3
(C) 15.5	2.8	1.1.3
(D) 15.5	2.0	1.3.6

(e) 動的ローリングテスト

これは車両の固有振動数と振幅に関するテストである。前後共に片輪を高さ15cmの木の台に乗せておき、微速前進して落輪させ、その時のロール振動変位と横加速度をジャイロで計測した。バケット積載荷重2100kg、走行姿勢と、バケット最高位置で行った。データの一部を図-4にまとめた結果を図-5, 6に示す。ここで図-5の様に着地後最大ロール角に明確な差が生じ、先のオペレータの感覚と似通った結果となった。図-5右の台上傾斜角(落輪前の傾斜角)が両タイヤで差があるのは、トレッドと傾斜時の左右への荷重移動によるタイヤ歪の差によるものと思われる。図-6左で、振動の減衰は空気圧の低い方が、又13.00タイヤの方が良い。又、着地後の横加速度は走行姿勢で大きく生じ、13.00タイヤで圧力が低い方が小さく不快感が少い。図-5, 6を総合的に判断すると、13.00タイヤ、圧力3.0kg/cmが横揺れに関しては最も良いことになる。

図-4 動的ローリング  
15.5 2.8 圧 バケット最高位置

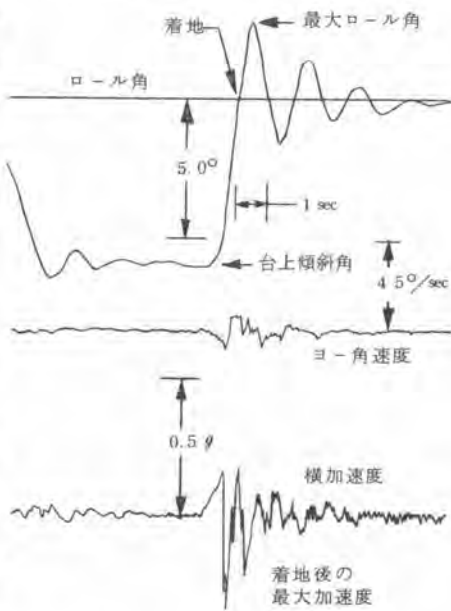


図-5

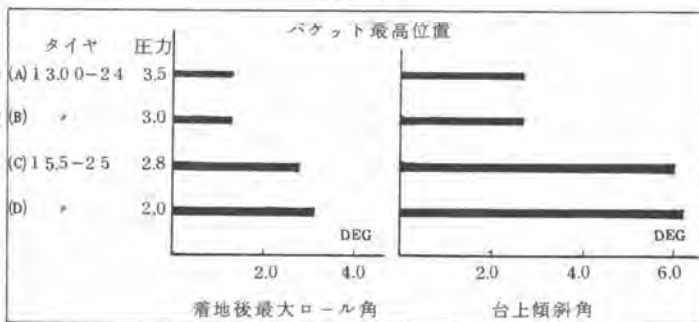
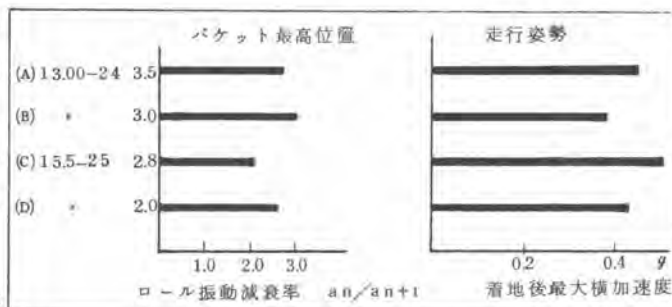


図-6



5. 結論

本調査での結論は次の通り。

- (1) ホイールローダの横揺れは、動的ローリングテストを以ってほぼ感覚に近い相対的評価の一方法とすることができる。
- (2) スラロームテストで、曲率半径が小さなコースを設定すると、アーティキュレート式車両では、ジャイロで検出したヨーレートとロール角の位相差が顕著になり、部分的にはリアでもなくなる。しかしロール角を検出、比較する為には、本テスト程度にシビアな条件が必要である。
- (3) ホイールローダでは、運転席が後寄りにある方が運転席でのヨーイングによる横揺れ振幅が少い。
- (4) 広幅タイヤでは、横揺れ安定性が悪化する場合もある。

最後に御協力頂いたブリジストンタイヤ、三菱自工の方々に謝意を表します。

## 2. スクレーパ作業における 機械の振動と路面の凹凸について

建設機械化研究所 藤本 義二

### 1. 研究の目的及び方法

スクレーパ作業のように1～数kmに及ぶ運搬作業を行う機種にあつては、運搬用走行路面の凹凸が機械本体ならびに運転席上の振動に及ぼす影響を無視することができない。本研究においては、これらの点を明らかにするため被けん引式スクレーパ及びモータースクレーパについて、車体及び運転席上の振動加速度を実測すると同時に、走行路面の凹凸の測定を実施した。

車体の振動は、運転席取付け位置附近の車体フレームの振動加速度で代表させることとし、この部分に圧電形加速度センサーを上下方向に接着剤で固定した。また、シート上の振動計測用としては、圧電形加速度ピックアップを直径250mmの円板上にセットし、その上をスポンジゴムでカバーした測定装置を製作して、これをガムテープでシート上面に固定した。これらの加速度センサーの取付け状況を写真-1に示す。



写真-1 加速度センサー取付け状況

次に路面の凹凸であるが、一般に自動車等の車両の走行路の凹凸状況を調査する方法には、レベルヤプロフィールメータなどを用いて行い直接測定法と、伝達関

数既知の車両を一定速度で走行させたときのバネ上振動を計測することにより路面凹凸のパワスペクトル密度を推定する間接法があるが、今回の調査では測定の便宜上後者の方法によることとした。

実験に使用した測定装置は、写真-2に見られるような農業用小形トラクタでけん引される第5車輪式のもので、その車軸位置に低周波振動測定用の加速度センサーが取付けられている。いま、図-1に示すような周波数応答関数  $A(f)$  なる車輪が不規則な凹凸路面  $X(t)$  上を一定速度  $v$  (km/h) で走行し、

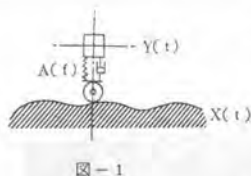


図-1

バネ上質量が  $Y(t)$  なる振動をしたとする。  $X(t)$  及び  $Y(t)$  を平均値0の定常

ガウス確率過程とし、それぞれのパワスペクトル密度関数を  $P_x(f)$ ,  $P_y(f)$  とすると、

$$P_y(f) = |A(f)|^2 \cdot P_x(f)$$

ここに、  $f$  は上下振動の周波数(Hz)で、路面1m当りの凹凸の周波数(路面周波数  $\Omega$ ) と次の関係がある。

$$\Omega = f \cdot \frac{36}{v}$$

周波数応答関数  $A(f)$  の絶対値は、バネ上質量の絶対変位が路面凹凸の何倍になるかを表わすもので、周波



写真-2 路面凹凸測定用第5車輪

数の異なる正弦波の加振実験により求めることができる。本実験においては、写真-2に示したように電気油圧式振動試験台を用いて第5車輪を加振し、その周波数応答特性を求めた。

## 2. 調査対象機械及び調査現場

今回の調査対象機械は履带式トラクタでけん引される被けん引式スクレーバと、車輪式のモータースクレーバで、後者は更に振動吸収ヒッチのついたものとつかないものに分けられる。それぞれの機種と稼働現場を表-1に示す。

表-1 調査対象機械と稼働現場

機 械 名	規 格	工 事 現 場 名 称
モータースクレーバ	山積容量 2.3m <sup>3</sup>	大分市緑ヶ丘団地造成工事
#	# 3.3.6m <sup>3</sup>	千葉県富津市浅間山土取り工事
履带式トラクタと被けん引式スクレーバ	# 2.1.4m <sup>3</sup>	大分市緑ヶ丘団地造成工事

このうち、緑ヶ丘団地造成工事現場は大分市の南西10Kmに位置し、地質は第3紀層の大分層群に属する極めて軟質の泥岩である。工事の概要は、4.2t級のリツバつきブ

ルドーザで起砕した地山を2.3m<sup>3</sup>積みモータースクレーバ6セット、2.1.4m<sup>3</sup>積み被けん引式スクレーバ(けん引車は25.5t履带式トラクタ)3セットのフリートで積み込み、運搬、盛土の各作業を行うもので、工事現場の状況を写真-2及び3に、また各機械の走行路の平面図を図-2に示す。同図において、Aルートはモータースクレーバの走行路を、Bルートは被けん引式スクレーバの走行路を示している。A、B各ルートの区間距離並びに各区間の平均走行速度は表-2に示すとおりであつた。走行路面の状態は、この種の作業としては比較的良好な部類に属すると考えられる。

次に、浅間山土取り工事現場は千葉県富津市南東10Kmに位置し、東京湾沿岸の埋立用土砂を採取している。工事の概要は、固結した細砂よりなる地山を3.3.6m<sup>3</sup>積み大形モータースクレーバ14台で掘削積み込みを行い、

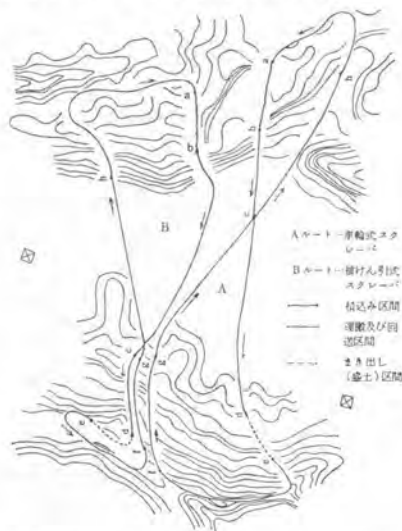


図-2 緑ヶ丘団地造成工事の走行路平面図



写真-3 緑ヶ丘団地土取り場



写真-4 緑ヶ丘団地運搬路の状況







よりにあらかじめフィルタリングする必要があるが、ここではアナログデータをローパスフィルタにかける方法を採用している。

データ解析の結果、運転席上の振動加速度の r.m.s 値としては表-4 に示す値が、車体の振動加速度のパワースペクトル密度関数としては図-5~8 に示すものが得られた。図中の破線は ISO/TC127 に提案されている土工機械用シートの試験のための入力信号のパワースペクトル密度関数である。また、走行路面の凹凸のパワースペクトル密度としては、図-9~11 に示すものが得られた。図中の斜線

表-4 運転席上の振動加速度の r.m.s 値 (鉛直方向、 $m/s^2$ )

機 種	掘削	運搬	捨土	回送	1サイクル
被けん式スクレーパー	0.75	0.54	0.78	0.75	0.69
23 $m^2$ 積みモータースクレーパー	1.15	1.66	2.51	2.29	2.02
33.6 $m^2$ 積みモータースクレーパー(A)	1.24	1.07	1.41	1.64	1.26
# (B)	0.91	1.53	-	1.58	-

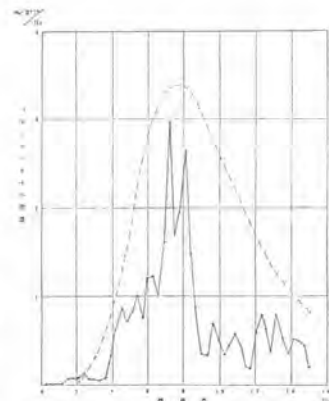


図-5 運転席取付け部振動加速度のパワースペクトル密度 (21.4 $m^2$ スクレーパーをけん引する25t履帯式トラクタ)

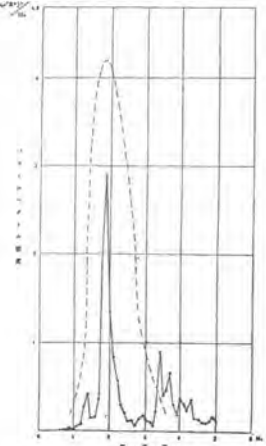


図-8 (33.6 $m^2$ 積みリジッドヒッチタイプモータースクレーパー)

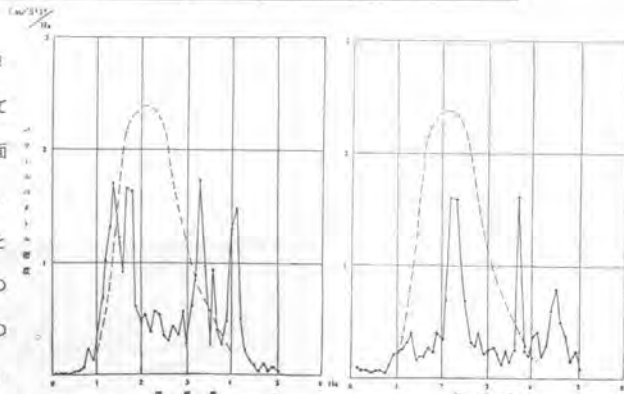


図-6 運転席取付け部振動加速度のパワースペクトル密度 (23 $m^2$ 積みモータースクレーパー) 図-7 (33.6 $m^2$ 積みクッションヒッチ付きモータースクレーパー)

は、ISO/TC108 により提案されている自動車用路面の凹凸の基準で、これにくらべると波長で5 m以上の凹凸がはげしいのが目立っている。

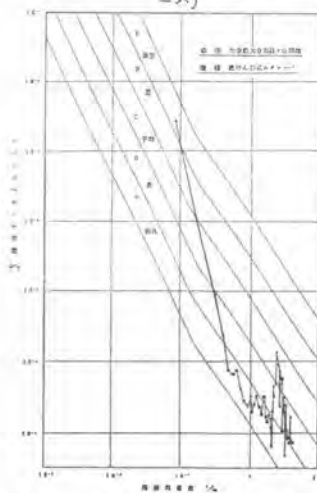


図-9 路面凹凸パワースペクトル密度 (緑ヶ丘団地造成工事Bルート)

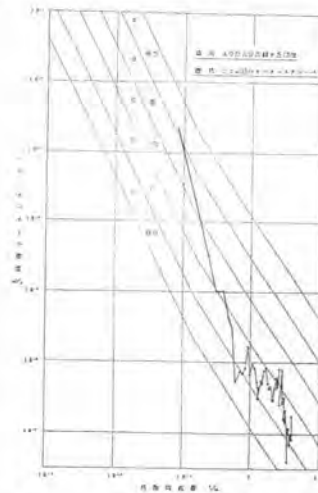


図-10 路面凹凸パワースペクトル密度 (緑ヶ丘団地造成工事Aルート)

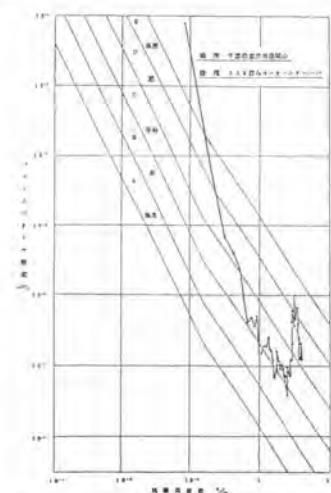


図-11 路面凹凸パワースペクトル密度 (千葉県富津市浅間山)

### 3. 建設機械の安全性評価に関する調査 (第二報)トラクタ系建設機械の安全 性評価方法の試案

建設省関東技術事務所 田 中 康 之  
徳 田 光 男

#### 1. まえがき

建設機械に起因する事故が数多く発生しており、これら安全性に対する事故防止対策、手法等は現在のところ確立されたものがごく一部しかなく、安全性の向上を図るうえで極めて不便であった。

そこで、建設省では、昭和52年から建設機械の安全性の評価方法の開発をすべく調査を行って来た。初年度は、トラクタ系建設機械が関係した事故の分析などを行ないそれを基に機械の安全性評価項目の選定を行った。その結果は53年度建設機械と施工法シンポジウムに第一報として報告した。

昭和53年度は、これらを基に安全性評価項目の各項について、現行法規、基準等文献調査から、数値等による具体的な評価方法を見い出すことが出来たので、その概要をここに紹介するものである。

#### 2. 調査方法

調査は、(財)国土開発技術研究センターに委託し、センター内に有識者で組織する委員会を設けて実施した。内外の関係法規、文献等を参考に各評価項目毎に評価に必要な基準値を求め、それらに対する採点方法の検討を行った。一方オペレータの意見、産業機械に対する人間工学チェックリストによる評価方法、製造会社に対するアンケート調査結果等を参考に具体的な評価方法案を作成した。

#### 3. 評価基準ならびに評価方法

評価対象機械は、ブルドーザ、履带式トラクタショベルならびに車輪式トラクタショベルの3機種(ハンドガイド式は除く)とした。

##### 3-1 評価基準

評価基準の決定に当っては、目的に応じ次の3つの方法を採用した。

(1) 法規、規格等によるもの (2) 実験データ等人間工学文献によるもの (3) 現在生産中の機械の性能値等(傾向、平均値、標準偏差値等)によるもの

また、これらの重要度については、次の順序とした。

①国内法規 ②海外法規 ③規格(JIS.ISO.SAE) ④人間工学文献による基準 ⑤現有機械の調査結果から作成した基準

##### 3-2 評価方法

評価のランクは、次のように行った。

(1) 評価項目またはチェックポイントに対する最終評価の場合 (表-1)

○ 3段階評価(原則) 優良:A 普通:B 可:C

○ 2段階評価

#### 4. 総合評価

##### 4-1 安全項目の重要度

安全項目のウェイト決めは、先ず建設業における死亡事故全事例の分析結果を用い事故の型と関係が深いとみられる安全項目毎に事故件数を数え、その構成割合を参考にウェイト付けを行った。(表-4)

##### 4-2 配点

安全項目のA・B・C・D・評価の配点は、各項目毎のウェイトのAランクでは100%、Bランクは80%、Cランクは60%、Dランクは現行国内法規を満足しないおそれがあるので0%とした。(表-4)

表-4 安全項目と事故の型による安全性評価項目の配点(対象機種:ブルドーザ)

安全項目	評価項目 または チェックポイント	事故の型							安全性評価項目			
		転落 ・ 転倒	はさ み ・ はまれ	轢か れ ・ 当れ	放り 出さ れ	計	割 合 (%)	ウ ェ イ ト (%)	配点表			
									評 価			
A	B	C	D									
① 安定性	左右傾斜限界角	5				5	6.0	10	・	10	・	0
	転倒荷重 / 機械重量								・	・	・	・
	常用荷重 / 転倒荷重								・	・	・	・
	常用荷重積載時荷重分布								・	・	・	・
	制動時前方安定性								・	・	・	・
	操向時左右安定性								・	・	・	・
② 制動性能	サービスブレーキ性能	5		5	2	12	14.2	10	・	10	4	・
	パーキングブレーキ性能		5					・	5	2	・	
③ 安全装置	安全装置		3			3	3.6	5	5	4	3	・
④ 輸送	輸送用装置	20				20	23.7	5	・	5	2	・
⑤ 乗員保護	乗員保護装置	5				5	6.0	5	・	5	2	・
⑥ 情報	視界							12	12	7	5	・
	計器・計器盤	5	3	5	13	15.5	4	4	4	3	1	・
	標識・ラベル							4	4	3	1	・
⑦ 操作性	操作性	5	3	5		13	15.5	20	20	16	12	・
⑧ 環境	騒音レベル		3	5		8	9.5	10	10	8	6	・
⑨ アクセsguard	アクセスガード		3		2	5	6.0	10	10	8	6	・
累 計						84	100	100				

#### 5. 評価結果

試案により現有機械の評価を実施した結果は、表-5に示すとおりである。

国内法規あるいは、国内法規を準用した評価基準による場合  
上記外の評価基準による場合

適合：B 不適合：D  
満足：B 不満足：C

表-1 安定性(履帯式トラクタショベル)の評価表

評価項目	チェックポイント	評価基準	評価			
			A	B	C	D
静的安定性	左右傾斜限界角	30°以上		○		
		30°未満				○
	※ 転倒荷重 機械重量	標準以上	○			
		標準		○		
		標準以下			○	
	常用荷重 転倒荷重	35%以下		○		
35%超過				○		

※  
現状の建設機械調査結果のデータを用い  
標準以上：65%以上  
標準：45~65%  
標準以下：45%未満とする。

(2) チェックポイントに対し個別の評価を行い複合評価にまとめる場合 (表-2)

表-2 視界の評価表

チェックポイント	評価基準	個別評価			複合評価		
		a	b	c	A	B	C
不可視部面積	標準より小さい	○			a,a b,b c,c		
	標準内		○				
	標準より大きい			○			
視界の良否	前方視界 12m 以内	全項目適合	2項目適合	1項目適合下	b,a c,a c,b		
	12m 半径における オスキング 600mm 以下				a,b a,c b,c		
	後方視界 12m 以内						

優良：a  
普通：b  
可：c

3-3 評価基準ならびに評価方法一覧表(一部抜すい)

表-3

区分	安全項目	評価項目	チェックポイント	該当機械	適用基準	評価方法				備考	
						個別	ランク	複合	ランク		
機械系	1. 安定性	1.1 静的安定性	(1) 左右傾斜限界角	TC,TSC	車両系建設機械構造規格2条	30°以上	B	—		TSCは構造規格を準用	
						30°未満	D				
			(2) 転倒荷重 機械重量	TSC, TSW	車両系建設機械構造規格2条	35°以上	B	—			構造規格準用
						35°未満	D				
(3) 常用荷重 転倒荷重	TSC	JIS D 6505 ISO DIS 5998	35%以下	B	—						
			35%超過	C							
※	9 アクセス おしび ガード	9.1 アクセスシステム おしび ガードシールド	(1) アクセスシステム ガードシールド, フェンダ	TC,TSC TSW	ISO 2867 ISO 3457 ISO 2860	各種アクセス、仕様 ガードシールド フェンダ による評価	優良 普通 可	A B C	※人間- 機械系		

(注) TC：ブルドーザ TSC：履帯式トラクタショベル TSW：車輪式トラクタショベル

表-5 機種別 ランク該当比率

数字はランク該当比率(%)

機種別	ランク	A	B	C	D
ブルドーザ	(9機種)	37.5	49.0	31.4	0
履带式トラクタショベル	(10機種)	35.4	59.0	14.9	0
車輪式トラクタショベル	(19機種)	33.3	55.5	32.0	10.7

$$\text{ランク該当比率} = \frac{\text{ランク該当機械合計}}{\text{項目毎の評価対象機械総計}}$$

## 6 あとがき

トラクタ系建設機械の安全性を評価する方法について、各種安全項目に対する評価基準ならびにこれらの安全項目の重要度を勘案した1つの総合評価(試案)の手法を提案したものである。

本評価試案の利用にあたっては、特に次の事項に注意していただきたい。

- (1) この評価方法は、トラクタ系建設機械の安全性について、比較評価の提案であるので、本評価試案により秀れている機械は、相対的に安全度の高いものと云える。
- (2) 提案した総合評価は、平均的と考えられる1つの試案であり、実際の利用にあたっては、評価者が機械の状態、使用工種、評価の目的等に応じて採用する安全項目及びそれらのウェイトを適宜補正して利用されたい。
- (3) 評価基準に国内法規を採用したり、あるいは外国規格等を参考にしているのので、これらが改正の場合は、評価基準の見直しを行う必要がある。
- (4) 機械の現状の平均値を1部分の評価基準に採用しているが、定期的かつ広範囲に現状を調査して、評価基準の見直しをしなければならない。特に今後適切な調査研究をする必要がある。
- (5) 総合評価(試案)結果と事故発生率の関係を今後十分に追跡することによって、総合評価(試案)で紹介した安全項目の重要度および配点の妥当性を更に高めることができる。
- (6) 整備性を評価項目として採り上げていないが、整備時の安全も重要である。今後はSAEのガイドライン等を参考として整備性インデックスの算出方法を調査研究し、利用し易い手法を確立して、安全性評価の一環に加えて行くことも考えるべきである。

以上、トラクタ系建設機械の安全性評価方法の試案をまとめたが、これは我が国初めてのものであり、評価方法自体まで論議の余地を残している。この評価方法を試行することによって、より内容を充実させると共に、更に他の機種についての評価方法も今後確立する予定である。

参考文献 関技第134号 昭和53年度 建設機械の安全性評価に関する調査報告書  
トラクタ系建設機械の安全性評価方法に関する一試案

## 4. 安全面を重視した改良型バッテリーロコ

鹿島建設 鷹野幹雄  
宮嶋俊和  
阪本哲男

### 1 まえがき

トンネル工事における運搬機械として、バッテリーロコが多く使用されているが、最近の工事は長大、急勾配化の傾向を示しており、バッテリーロコによる車両事故の危険性が極めて高くなっている。当社では、バッテリーロコの運転を安全かつ能率よく運行させるために、急勾配型、有線リモコン型及び両端運転台型等のバッテリーロコをメーカーと共同開発し、それぞれ所期の成果を収めている。

### 2 急勾配用バッテリーロコ

急勾配用トンネル工事（シールド工事を含む）においてバッテリーロコの安全対策が問題になっているが、速度の出しすぎや急ブレーキ時における滑走現象等の車両事故を防止するため、当社では6セ及び12セバッテリーロコに過速度検出自動ブレーキ装置を搭載している。

本装置は、走行速度を検出し設定速度を越えると警報を発し、さらに次の設定速度に達すると電磁軌上ブレーキを自動的に作動させるものである。また、急ブレーキによる滑走現象に対しては、動力ブレーキと回生ブレーキとの重畳をなくし、滑走発生率を低下させる方式を採用している。

本装置の主な特長は次のとおりである。

- ① 設定速度は警報及び制動用の2種類があり、各々任意の速度に設定できる。
- ② 電磁軌上ブレーキは、いったん作動すれば、キースイッチを操作しないうちに解放されない。
- ③ 電磁軌上ブレーキが作動中に動力ブレーキを併用すれば制動距離を短縮することができる。
- ④ 滑走による空走距離が少ない。

なお、6セバッテリーロコには速度検出とは別に、停留中の歯止の機構として駐車ストッパーを搭載している。

表-1 過速度検出装置主要仕様

	12セバッテリーロコ	6セバッテリーロコ
検出方式	TG式	光電式
装置形式	搭載型	速度計内蔵型
設定速度	2段可変	2段一定
滑走防止	有	無
メーカー	東芝	神鋼

表-2 バッテリーロコ主要仕様

	12セバッテリーロコ	6セバッテリーロコ
運転整備重量	13.5t	7t
レールゲージ	914mm	762mm
定格けん引力	2,400Kg	1,200Kg
電圧	192V	192V
制御方式	SCRチョップパ	直接抵抗
制動方式	手動回生油圧電磁	手動巻電電磁
バッテリー容量	558Ah	258Ah



写真-1 12セバッテリーロコ



### 3 有線リモコン式バッテリーロコ

鋼車の後押し運転を実施する場合には、誘導員の添乗が労働安全衛生規則により義務づけられている。しかし、現在のバッテリーロコでは、誘導員と運転員の連絡不徹底、誘導員自身の安全確保という点で問題がある。また、誘導員を添乗させるための人件費もみのがせない。

これらの問題を解決する方法として、当初は無線リモコン式バッテリーロコを開発したが、トンネル内での電波の伝播性が悪く、確実な安全運行に問題を残しているため、当初では神鋼電機と共同開発を進めた4セバッテリーロコに有線リモコン方式を採用した。一般にシールド工事に使用している4セロコの列車編成は、2が鋼車2～3両であり、列車編成替えがないため有線による遠隔操作が最適である。

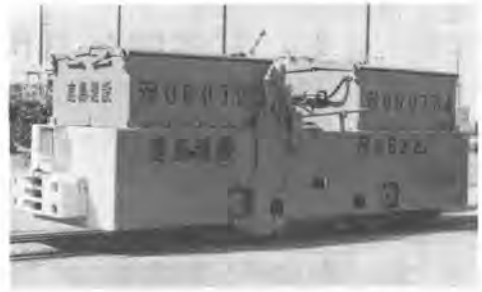


写真-2 6セバッテリーロコ

本機的主要な特長は次のとおりである。

- ① 進向方向の先頭車両に運転者が乗車することにより、前方の安全確認ができ、かつ誘導員を必要としない。
- ② 制御方法は従来の直接制御にかわり、全向接制御としたためメンテナンスが容易である。
- ③ ブレーキは手動ブレーキの他に遠隔操作に適するエアブレーキを搭載している。

遠隔操作時には、手動ブレーキの使用ができず、エアブレーキのみであり、一般のエアブレーキのように、エア圧が作用したときだけ制動するだけでなく不慮のエア圧低下故障が発生した場合にも、バネの力で自動的にブレーキが作動する常用加圧式、非常時及び駐車時減圧式の安全ブレーキシステムを採用している。

- ④ 安全面を重視して設計されている。

a. 遠隔操作ケーブルが断線した場合、直ちにエアブレーキが作動し運転停止となる。

b. リモコン装置の操作ハンドル



写真-3 有線リモコン式バッテリーロコ

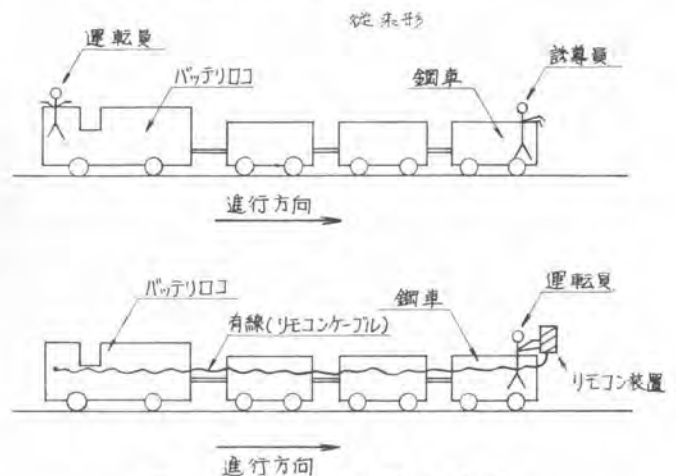


図-1 後押し運転の方法



から手を離れた場合、自動的にエアブレーキが作動するデッドマンシステムを採用している。

c リモコン装置側にも過速度報知器を付けてある。

d 本体運転席とリモコン装置とは、電気的インターロック回路を設けてあり、同時に操作できないようにしてある。

表-3 従来形、有線リモコン改造形と比較

仕様	方式	従来形(BE-4)	有線リモコン改造形
運転室構造		4.3t	5t
全 体 長		2,860mm	3,400mm
全 体 幅		1,100mm	1,100mm
全高(ヒール部)		1,210mm	1,200mm
吊掛けしり力		620kg	600kg
最大増強重量		4m	4m
レベルゲージ		610mm	610mm
ブレーキ方式		手動ブレーキ	手動ブレーキ、27ブレーキ
制 御 方 式		色灯制御	全周接触制御
発電ブレーキ		柳井用(柳井用)	柳井用(色灯制御)

#### 4 両端運転台形バッテリーロコ

従来の大型バッテリーロコは中央運転台形であり、すり運搬時に誘導員の添乗する場所がなく添乗席の確保の問題となり、各現場においても頭を悩ませていた。しかも運転席が横むきのため、運転者は搭載バッテリーに視界をさえぎられて安全性の点でも問題があった。

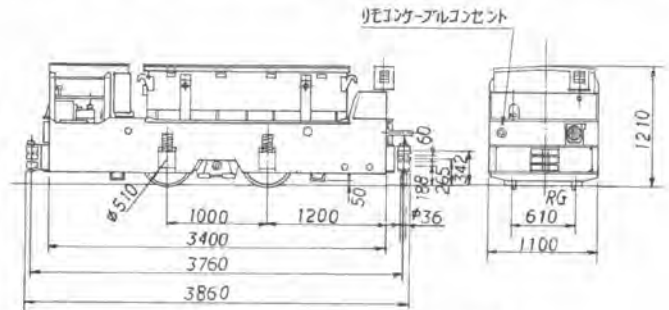


図-2 有線リモコン車(4t)外形寸法

これらを解決するために、トンネル工事用としては我が国初の両端運転台方式のバッテリーロコを東京芝浦電気と共同開発し所期の成果を収めている。

本機の特長は次のとおりである。

- ① 進向方向に向いて運転操作ができ、前方の見通しが良く緊急の場合にも迅速な対応が可能。安全性が従来形より優れている。
- ② 一方の運転台をけん引運転時の誘導員添乗席として、また救急用として利用でき、就労条件の改善や安全性の向上が図られた。
- ③ 停留用手動ブレーキ装置は二つの運転台相互の連動形としているので、締め忘れの防止に効果的である。
- ④ 走行及びエアブレーキは全周接触電気指令式のため、重連形式や遠隔操作式への転換が容易にでき、機関車の運転に幅を持たせることができる。
- ⑤ 両運転台相互間は電気的インターロック回路を設け、両端の運転台で同時に操作できないようにしている。
- ⑥ チョッパ装置及び電磁接触器等の制御装置は、すべて運転室内に収めているので緊急の場合、バッテリー箱を吊り上げることもなく点検修理が可能である。
- ⑦ 過速度検出自動ブレーキ装置を搭載している。



写真-4 両端運転台形バッテリーロコ

5 あとがき

当社では、トンネル工事等における掘削ずり運搬作業の安全運行と能率化を図るため、バッテリーロコの性能向上に努めているが、安全対策の重点は、あくまで運転者への安全教育、作業開始前の点検、定期自主検査等の安全管理体制の強化にあることはいうまでもない。

表-4 従来の形、両端回転台形の仕様

	従来の形(従来の形)	両端回転台(改造形)
総重量(自重)	13.5t	15.9t
全 体 長	4,700mm	6,000mm
全高(レベル面)	2,000mm	1,800mm
全 幅	1,440mm	1,440mm
定額出力	2,400Kgf	2,400Kgf
最小巻線巻径	15m	20m
レベルゲージ	914mm, 762mm	914mm
走行部	走行方向に90°	走行方向に同一
バッテリー	VCE-9P	VCE-9P

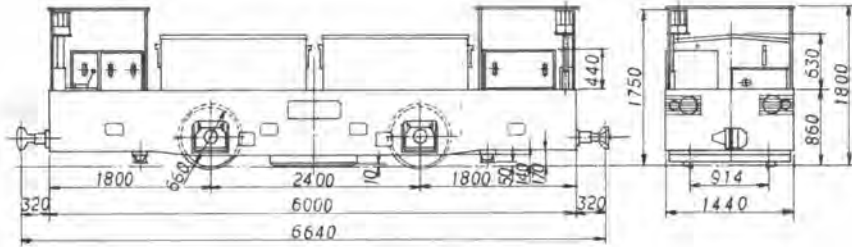


図-3 両端回転台形バッテリーロコ(15t)外形寸法。

## 5. 土砂の空気輸送装置(ソイルポーター)の推進工事でのテスト結果

小松製作所 大 柿 光 司 奥 野 昇  
角 田 博

### 1. まえがき

昨年のシンポジウムにて土砂の空気輸送装置の開発とケーソンへの適用例について報告した。この装置は粘質土でもパイプ一本で搬出可能なため作業空間の狭い都市土木工事に最適である。

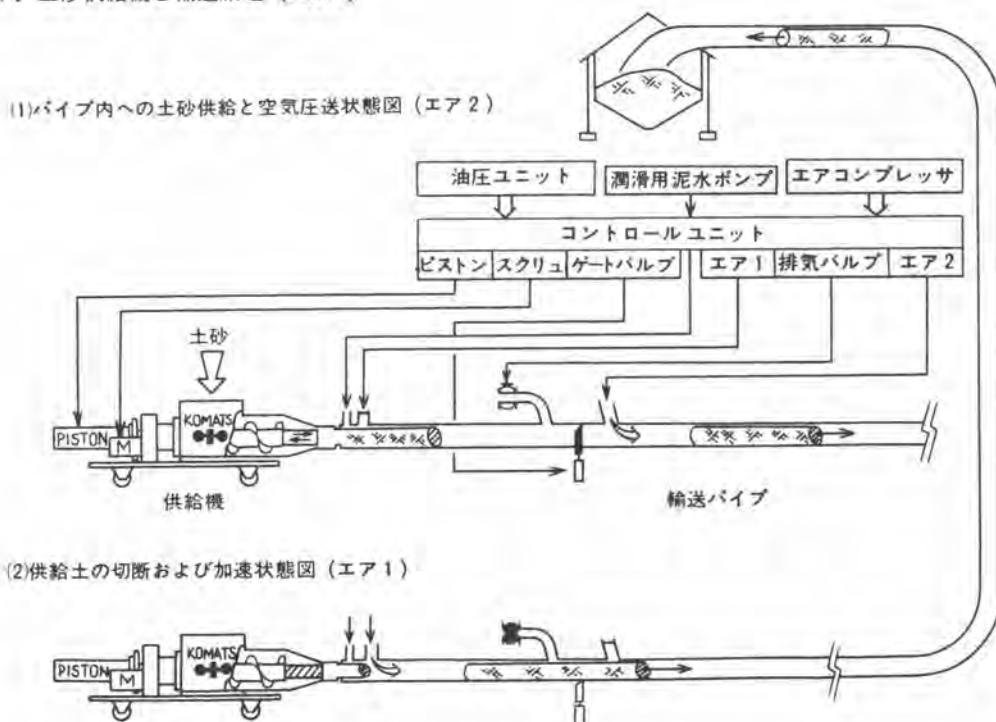
今回は適応範囲の拡大を図るため2件の管推進工事現場にテスト的に用いて成功したのでその結果について報告する。

### 2. 特 徴

本装置の特徴として次の事があげられる。

- (1)一般の往復機械式(ベルコン・トロ・クレーン等)と比べて輸送路にはパイプ一本のみで占有空間が小さく、フレキシブルホースの使用により水平垂直と曲線部でも積替え不要。
- (2)スラリー輸送のような後処理設備が不要。
- (3)従来の空気輸送では不可能とされていた付着性のある粘質土でも輸送可能。
- (4)短所としては輸送量・輸送距離に制限がありレキ分が多いと輸送困難となる。

図1. 土砂供給機と輸送原理 (PAT.)



### 3. 輸送装置と原理

図1に示すように土砂供給機・コントロールユニット・潤滑ポンプ・油空圧動力源の主要装置により構成されており、ピストン・スクリュ・ゲートバルブ・エア1・排気バルブ・エア2の各要素はコントロールユニットによりシーケンスコントロールされる。

### 4. 推進工事への適用

従来の推進工事では掘削土砂をズリトロ（管径により0.1～1 $m^3$ ）に投入し積終わるとウインチにより立坑に引出す。次にクレーンにより立坑上に引上げダンプ上で転倒排出する。同時に空のズリトロとウインチのロープを作業員が切羽先端まで押進め掘削を再開する。以上のようなサイクルを繰り返して掘削・土砂搬出を行なうがこの方式では次のような問題点がある。

(1)立坑スペースがヒューム管長さやジャッキ長さで決るためズリトロを現状以上に大きくできない。

そのため排土速度が非常に遅く実掘削時間を長くとれず効率が悪い。特に推進距離が50～150 $m$ と長い場合とセミシールド機械掘削の場合に掘削能力を生かすことができず低効率となる。

(2)ズリトロの往復のため管内に土砂が推積し貫通後に清掃が必要となる。

(3)クレーン走行の関係でダンプ位置を任意に選べないため一定の立坑敷地が必要。

本装置によれば上記問題点を解決することが可能である。すなわち掘削能力にマッチした土量を連続的にダンプまたはホップまで積替えなしに排出することができ、管内も汚れない。またダンプ、ホップの位置も水平配管により任意の位置に設置できる。

### 5. 現場テスト結果

本装置の推進工事現場テストを機動建設工業㈱、日本国土開発㈱の御協力により実施したので以下報告する。

#### 5-1 テスト概要

表1にテスト概要を示す。

表1 テスト概要

なおこのテストは輸送管として4インチ(φ100)管を用いた試験機で実施したが、スケールアップにより6インチ輸送装置とすれば約2倍の輸送能力が得られると考えている。

#### 5-2 手掘り推進工事

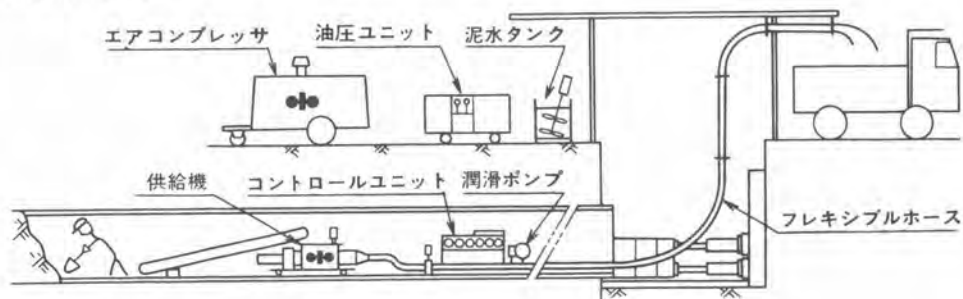
ヒューム管総数31本のうち初期掘進4本分はズリトロ排土で行ない5本目に本装置の土砂供給機とゲートバルブ、エアノズル類を管内に、

油圧ユニット、潤滑ポンプ、コントロールユニットを地上に設置して輸送を開始した。7本目からはコントロールユニット、潤滑ポンプも管内に設置しそのままの状態貫通まで本装置による排土を実施した。

輸送空気圧力は前半で0.6～1.6 $\%$ 、後半1～2 $\%$ 、最高2.8 $\%$ であった。掘進日進量は後半でも低

工事名	浦和市下水道手掘り推進工事	横浜市下水道セミシールド推進工事
施工	機動建設工業㈱	日本国土開発㈱
トンネル内径	φ1350	φ2000
トンネル長さ	77m	150m
総輸送土量	132 $m^3$	600 $m^3$
最終輸送距離	77m(垂直7m含む)	170m(垂直16m含む)
輸送能力	2～3 $m^3/h$	2.5～4.5 $m^3/h$
土質	粘土・ローム	シルト・粘土

図2. 手掘り推進工事



掘削切羽と供給機



コントロールユニット  
と輸送管



垂直輸送部



泥水タンク・油圧ユニット  
とコントロール  
ユニット

図3. 手掘り推進工事写真集

下することなく、ヒューム管1本当たり4.5時間程度のサイクルタイムであった。問題点としては、固い粘土の次に湧水と混合したヘドロ状粘土を投入すると供給機能力が低下傾向にあることと輸送土の排出部固定が不十分で土の飛散があったことなどである。

### 5-3 セミシールド推進工事

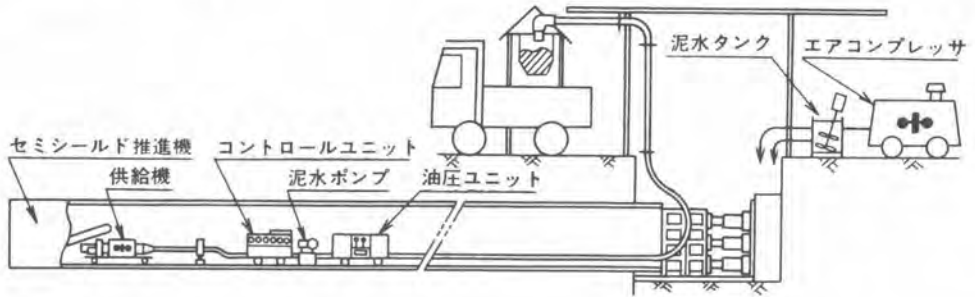
この工事は推進用の土圧バランス式シールド掘進機に本装置を組合わせたものである。機械掘削の場合には掘削機用の油圧ユニット、コントロールユニット3～4体がヒューム管内に設置されるためズリドロの通過は不可能であり、ベルコンの設置もスペースの関係で困難をとめない、落下土砂によるユニット、管内の汚れも激しい。またベルコン、ズリドロの組合せでは掘削機を2分程度稼働させるとズリドロ排土のためストップさせなければならないなどの不都合があった。

ヒューム管総数58本中、初期掘進3本分はズリドロ排土で行ない、4本目より供給機を管内に設置し輸送を開始した。ヒューム管9本目にはコントロールユニット、潤滑ポンプ、油圧ユニットを管



立坑部のフレキシブルホース

図4. セミシールド推進工事



掘削機と土砂供給機



ユニット類



輸送管



立坑部のフレキシブルホース

図5 セミシールド推進工事写真集

内に設置しその状態で貫通まで輸送を実施した。

輸送圧力は初期0.5～1 ㊦、中間で0.5～2 ㊦、後半には1～3 ㊦、最高4 ㊦程度であった。3 ㊦を越えると閉塞の恐れがあるので掘削土の投入を止めマニュアルコントロールで土を排出してからオート運転を再開するようにした。

昼夜稼働時には一日平均6.8 m、最高8 m掘進することができ貫通させることができた。

#### 6. あとがき

土砂の空気輸送装置（ソイルポーター）を開発し、2件の推進工事現場に適用することにより実用性を確認することができた。これは御協力頂いた機動建設工業㈱の林本部長、山崎殿、日本国土開発㈱の和田部長代理、矢萩所長をはじめとする各作業所の皆様の御好意によるところが多く、ここに心から感謝する次第です。



垂直輸送部

## 6. 排泥管の閉塞検知装置の開発

建設省関東技術事務所 福田 富生

山武ハネウエル 松本良一郎

### 1. まえがき

浚せつ等における水を媒介として土砂を管路輸送するとき、管内での土砂の沈降による閉塞の発生は、その回復の手段が管路を切って掃除する以外ないだけに重要な問題である。現実には、長年の経験等から運転操作法によってこれを防いでいるが、計器等でその予知ができれば非常に好都合である。

関東技術事務所は山武ハネウエル（株）と共同で、電磁流量計を応用して土砂の沈降閉塞を検知する方法について実験を行い、所期の目的を達した基礎データを得たので報告する。

### 2. 実験の方法および原理

#### 2-1 装置

土砂の沈降から閉塞を、任意に発生させることのできる150A管径の実験パイプラインに、図-1に示すように、3個の電磁流量計M<sub>1</sub>、M<sub>2</sub>、M<sub>3</sub>と、沈降高さを目視により測定できる透明アクリル管を組み込んだ装置とした。

各電磁流量計の出力は、2ペン式連続記録計に接続し、沈降パターンを記録させ、同時に、パルス出力（V/Fコンバータ付）で積算し、各平的出力 $\bar{e}_1$ 、 $\bar{e}_2$ 、 $\bar{e}_3$ を測定した。

#### 2-2 実験

実験で行ったことは、実験パイプラインを運転することにより、水のみ流送から土砂の混入輸送、土砂の沈降の発生を、連続して行い。この間、立上り（垂直）管に組み込んだ（沈降の発生しない）M<sub>1</sub>で平均流速を求め、水平管に組み込んだM<sub>2</sub>、M<sub>3</sub>で沈降の発生した部分の流速を求め、必要なデータを記録した。

#### 2-3 電磁流量計について

電磁流量計の原理は、管径（D）のパイプに直角に磁界（B）を当え、導電性流体が平均流速（ $\bar{V}$ ）でパイプ内を流れると、BとVにおおの直角の位置に置かれた電極に起電力が発生する。その起電力（E）は、 $E = K \cdot B \cdot D \cdot \bar{V}$ である。とするものである。また、磁界分布の特性として、（1単位の起電力がパイプの任意の点に発生したとき、これが両端の電極に寄与する割合）として、「重み関数」と定義すると、今回使用

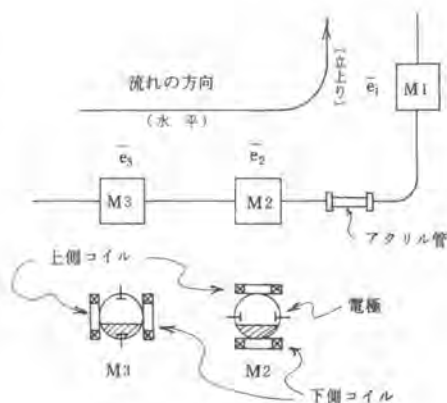


図-1 配管略図

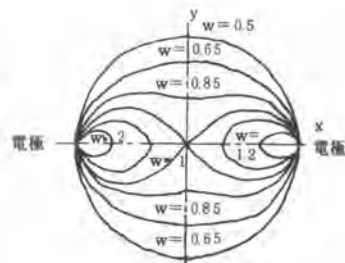


図-2 重み関数



した電磁流量計の値は、図-2に示すとおりである。

図-1において、水平管路に組み込んだ $M_2$ 、 $M_3$ は、沈降時の流速のパターンを得る手段として、検出電極を、前者は管路に対し水平に、後者は垂直に配置した。いま、 $M_2$ において、下側コイルの磁界を弱くし、上側の磁界を強めたものにより、上部断面の重み関数を大きくし、土砂の沈降による流速分布の変動を、より明確に検出しようとするものである。

### 3. 実験結果

#### 3-1 沈降パターン

実験で得られた沈降パターンの1例として、立上り管に組み込んだ $M_1$ (標準型)と、水平管に組み込んだ $M_2$ (上側の磁界を強くしたもの)、の場合を図-3に示す。

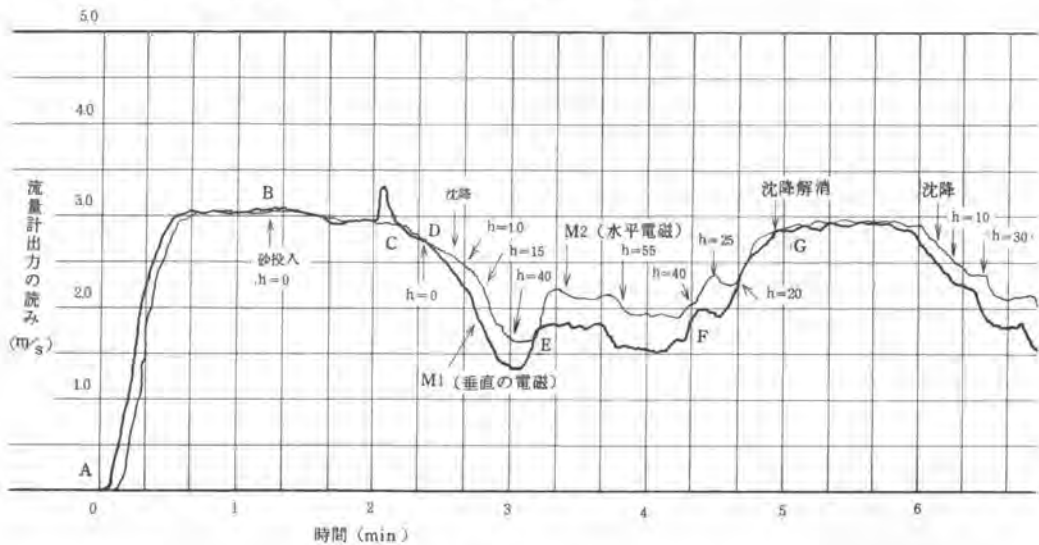


図-3 沈降発生時の流量計出力

図-3のパターン図を説明すると、A点で水のみを流送始め、B点で土砂を投入、混合液とし、C点から流速を下げ始めると、D点付近で土砂の沈降が生じる。以後E点まで流速を下げてゆく過程で沈降が増加すると共に、 $M_1$ 、 $M_2$ の流速計の指示差が広がることが認められる。E点からF点は、流速がほぼ一定であるが沈降が成長しており、F点(沈降高さ $h=60$  mm)付近で流速を上ると沈降が解消し始め、G点で沈降が解消する。G点からは混合液の流送である。

#### 3-2 $M_1$ と $M_2$ の出力信号比(超電力比)と沈降高さの関係

電磁流量計 $M_1$ と、 $M_2$ の土砂の沈降高さ別の超電力の比を、実測値からプロットした値を図-4及び図-5に示す。図-4は、普通型電磁流量計を水平方向に配管に組み込んだ $M_2$ と、立上り管部の $M_1$ の出力信号比 $\bar{e}_2/\bar{e}_1$ を計算し、沈降高さとの関係を表にしたものである。表からわかるとおり、 $M_2$ 部の沈降高さが増加するにつれて出力比が増加することを示している。ただし、沈降高さ $h=75$  (D/2)を境いに減少していく傾向がある。しかし、 $h=50$  mmでは2.5倍も出力比が増しており十分閉塞検知に利用できることを示すものと考えられる。

また、図-5は、 $M_2$ の上側の磁界を強くした（図-3の場合と同じ）場合についての1例を示すものであるが、図-4に比べ出力比が顕著になることが確認できる。

また、逆に $M_2$ の下側の磁界を強くした場合について実験を行ったが、この場合は、出力比はあまり顕著に表われなかった。

以上、閉塞を検知する場合の磁界分布は、沈降による流速の変化をより感度よくとらえることのできる、上側の磁界を強くする方式が有利となることが確認された。

### 3-3 $M_3$ の挙動

この実験を行ったことから、以前、予想できなかったこととして、電極を垂直方向にして組み込んだ $M_3$ の挙動がある。

例として、 $M_3$ と $M_1$ の出力比と沈降高さの関係を図-6に示す。この図でわかるとおり、電極を垂直にして配管に組み込んだ場合、沈降高さとはほぼ無関係に正しい流速（流量）を示すことが認められた。これは、重み関数の大きな部分と、小さな部分が流速分布とうまく相殺するためと考えられる。

この挙動を利用すれば、今回の閉塞検知の実験で組み込んだ $M_1$ に相当する電磁流量計を、 $M_3$

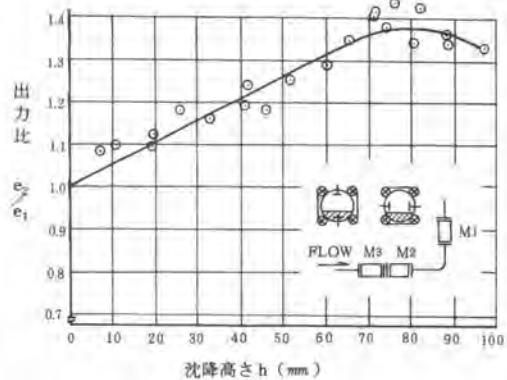


図-4  $M_1, M_2$ の出力比と沈降高さ（標準形）

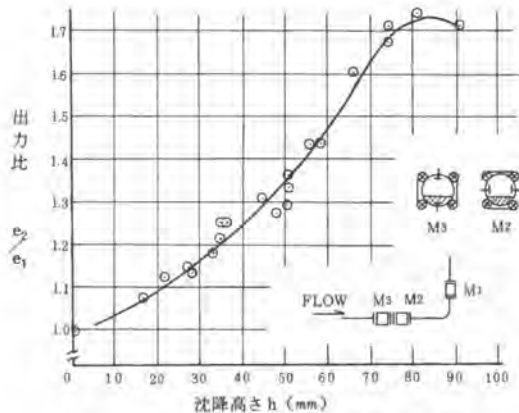


図-5  $M_1, M_2$ の出力比と沈降高さ（特殊形）

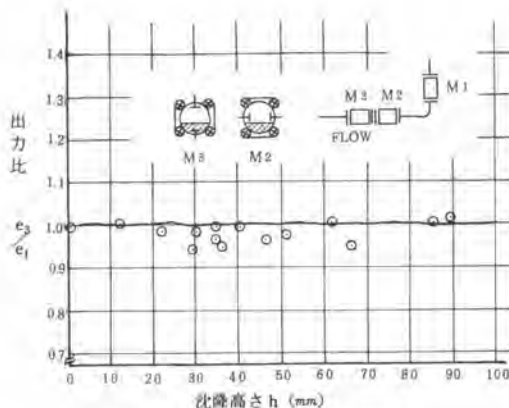


図-6  $M_1, M_3$ の出力比と沈降高さ

に置き換える（立上り管の無い管路でもよい）ことができる。また、一般の利用法として、固形物の沈降の影響のある排水管等の流量の測定には、この方式が有効である。

## 4. 実験結果と理論値の比較

電磁流量計において、管内を流れる導電性流体が電極に与える起電力を  $E$  とすれば、先に述べたとおり、理論的には、 $E = K \cdot B \cdot D \cdot \bar{V}$  で求められる。図-2に示した重み関数を導入した起電力の式は

$$E = 4 / \pi D \iint B(x, y) V(x, y) W(x, y) dx \cdot dy$$

で表わすことができ、ここで、 $W(x, y) = D^4 + 4D^2(y^2 - x^2) / D^4 + 8D^2(y^2 - x^2) + 16(x^2 + y^2)^2$  ,  
 $B(x, y)$  をほぼ均一磁界型として、この式に、実験の  $M_2$  部の土砂の沈降による断面減少による  $V$  の  
 変化を理論計算式で与え、 $M_1$ 、 $M_2$  の起電力を求め、起電力の比として、実験から得られた値と、プ  
 ロットしたものを図-7 に示す。

この図からいえることは、計算値から求  
 めたグラフは、沈降高さ  $h = 60$  までは単  
 調に増加し、そののち急激に減少する。実  
 験データの傾向とよく似ているが、値とし  
 てはほぼ  $1/2$  (1からの差) である。この  
 理由として、計算の条件と実際が、若干異  
 るるため、条件設定をより厳密に行えば実  
 験データに近づくと考えられる。

## 5. まとめ

市販のもの、また、1部改造した電磁流  
 量計を用いた、排泥管の土砂輸送中におけ  
 る閉塞検知について、実験管路による実験、  
 および考察から以下の結論を得た。

(1) 管路の水平部と、立上り部にそれぞれ電磁流量計を組み込んでおき、排送中のそれぞれの出力  
 (起電力) を、出力比で求めることにより、閉塞の挙動を検知することが可能であり、理論値とも比  
 較できた。

(2) 管路の水平部の2ヶ所に、流量計の電極を水平にしたものと、垂直に配したものを、それぞれ  
 組み込んでおくと、(1)と同様な結果が得られることが確認された。

(3) 今回の実験では、なお、次の未知の部分がある。

イ、土砂の性質(粒子、比重等)による流れ、沈降のパターン図の相似性について。

ロ、管径による相似性について。

ハ、アプリケーションでの最適な信号処理方法について。

ニ、最適励磁方式について。

なお、本実験は、閉塞検知の1方式について、しかも基本的な事項についてのみ行ったものである  
 が、閉塞検知の開発に関し、少なからず参考になるものと確信する。

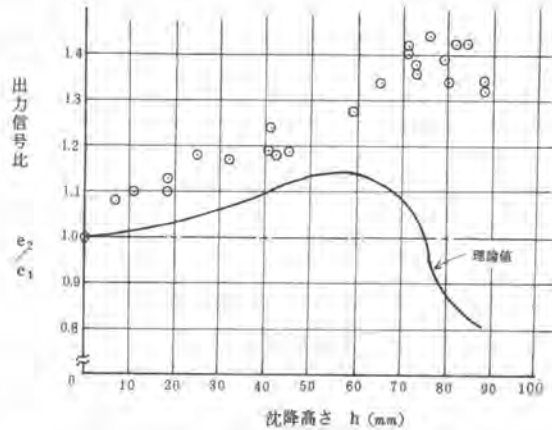


図-7 実験と理論計算の出力比の比較値

## 7. 土砂のパイプ輸送における含泥率と沈降限界流速の測定結果

建設省関東技術事務所 須田 光 俊  
小野寺 勇

### 1. まえがき

土砂のパイプ輸送において、管内流速を設定するためには、流送中の土砂が管底部に沈降し始める管内流速、すなわち沈降限界流速の把握が必要である。沈降限界流速を求める2～3の実験式はあるが、それらは主として単一粒径の砂についてのものであり、普通の土砂を用いた場合と多少異なる。

そこで、関東技術事務所では150 A鋼管を用いた実験管路により粒度分布の異なる4種類の土砂を用いて、含泥率を変えた場合の沈降限界流速の測定を行った。

### 2. 実験装置

本実験に用いた装置を図-1に示す。立上り管の配管角度は30°、45°、90°の3段階とした。

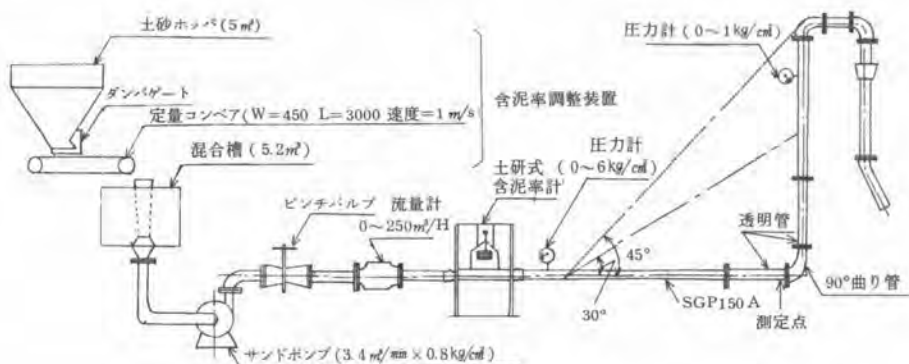


図-1 沈降限界流速測定実験装置

### 3. 実験条件

#### 3-1 実験土砂

本実験に用いた土砂は、利根川水系並びに鶴見川水系でとれた4種類の砂である。土砂別の粒径加積曲線を図-2に示す。

#### 3-2 測定方法

含泥率調整装置により混合液を作り、ポンプ圧送する。ピンチバルブにより流速を操作し、土砂の

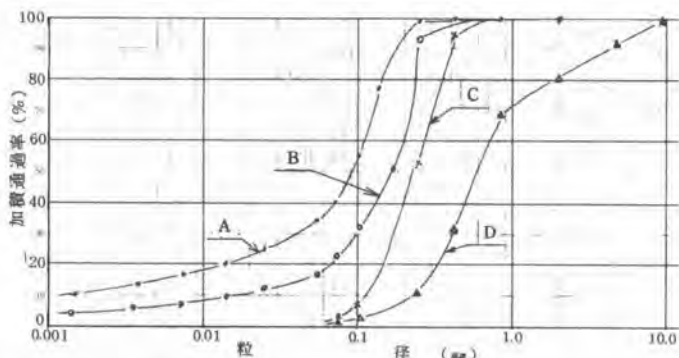


図-2 土砂粒径加積曲線

沈降が生じた時の管内流速を限界流速として求めた。

### 3-3 含泥率

土砂の見掛容積投入量及び混合液の管内流速は常時把握できることから、含泥率（見掛容積） $C_u$  は次のような計算により得られる。

$$\text{容積減少率: } K = V_b / V_a \quad V_a: \text{地上における土砂の容積 (m}^3\text{)}$$

$$V_b: \text{水中での } V_a \text{ の容積 (m}^3\text{)}$$

$$C_u = Q_s \times K / Q \times 100 (\%) \quad Q_s: \text{土砂投入量 (m}^3\text{/min)} \quad Q: \text{管内流量 (m}^3\text{/min)}$$

## 4. 結果

土砂別の含泥率変化に伴う限界流速の測定結果と限界流速を求めるのによく用いられるスモルドウイレフ、Durand 実験式による計算値を図-3～6に示す。

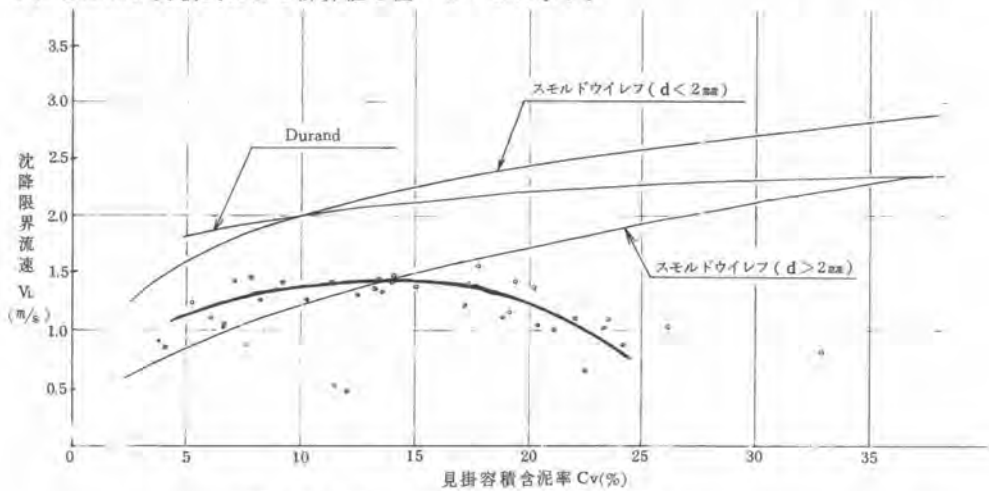


図-3  $V_L - C_u$  線図 (Aの土砂)

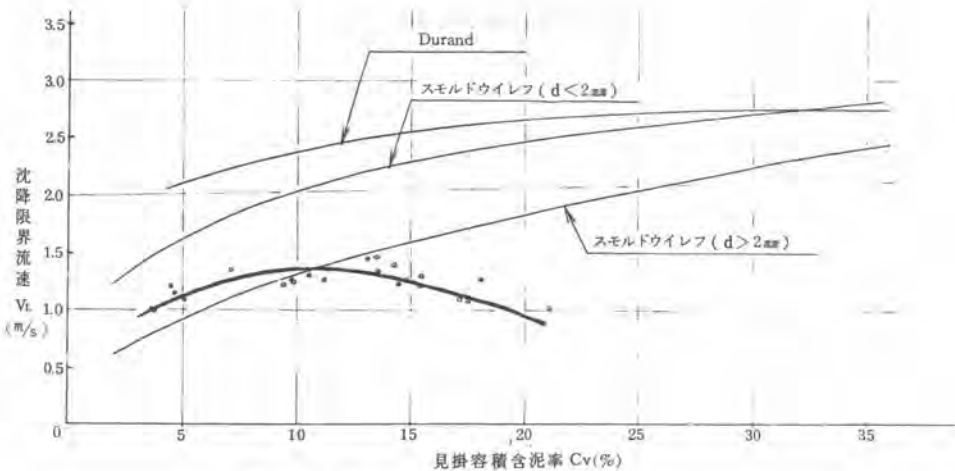


図-4  $V_L - C_u$  線図 (Bの土砂)

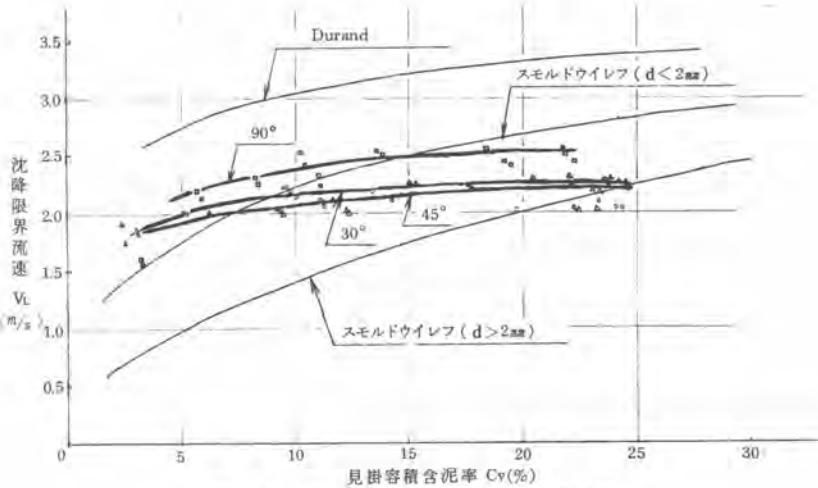


図-5  $V_L - C_v$  線図 (Cの土砂)

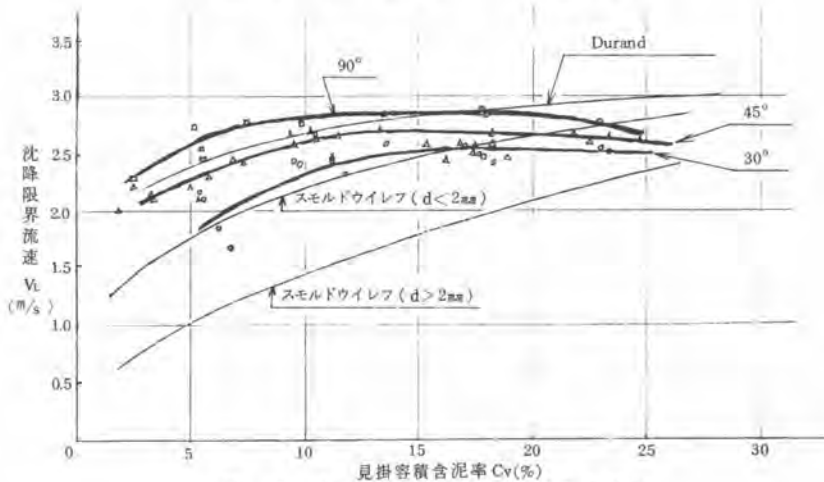


図-6  $V_L - C_v$  線図 (Dの土砂)

全般に含泥率が10~15%までは限界流速も増すが、それ以上の含泥率では若干低下或いはフラットな変化の傾向を示している。その中でも低下の傾向は、A及びBの土砂の場合が大きい。

限界流速値は、粒径の大きな粒子で構成されているDの土砂の場合が最も大きく、粒径の小さな土砂になるに従い限界流速値も小さくなる傾向を示した。また、配管角度が増すと限界流速も幾分増す傾向を示した。

Durand 及びスモルドワイレフの実験式による計算値と限界流速の実測値との比較では、A及びBの土砂の場合10~15%程度までは、スモルドワイレフの代表粒径が2mm以上の場合の式による計算結果に値及び変化の傾向が近似した。また、Cの土砂の場合、値は小さいがDurandの実験式と同様の変化の傾向を示し、Cより代表粒径の大きいDの土砂の場合、含泥率20%程度まではDurandの実験式による計算結果と値及び変化の傾向が同様であった。

なお、各実験式に用いた代表粒径とは図-2において加積通過率50%時の粒径である。

## 5. 考 察

### 5-1 実験式の適応の度合

Durand の実験式  $V_L = F\sqrt{2gD(S-1)}$  (m/s)

F: 代表粒径と含泥率による係数、D: 管内径 (m)、g: 重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)、S: 比重  
 スモルドウイレフの実験式

代表粒径 (d) が 2 mm 以上の場合  $V_L = C^* \sqrt{f_m C (S-1) Dg}$  (m/s)

代表粒径 (d) が 2 mm 以下の場合  $V_L = C' \sqrt{D} \sqrt{\frac{C(S-1)V_{sg}}{\sqrt{d}}}$  (m/s)

$C^* = 7 \sim 8$  (D > 250 mm)  $f_m = 0.3$  (砂利)  $C' = \sqrt[3]{\frac{C(S-1)V_{sg}}{\sqrt{d}}}$

C: 真容積含泥率  $C = 8 \sim 9$   $V_{sg} = (1-C)^2 \left\{ 1 - \left(\frac{d}{D}\right)^2 \right\} V_{s0}$

$V_{s0}$ : 自由沈降速度 (m/s)

代表粒径が小さい土砂 (A 及び B) は、低含泥率の範囲でスモルドウイレフ (d > 2mm) の式が適応し、代表粒径の大きい土砂 (D) では Durand の式がほぼ全般に対し適応するといえよう。

これら実験結果と計算結果の差は、実験式を求めるための実験に用いた土砂はバラツキが少なく、単一粒径に近いものであったことに対し、本実験に用いた土砂は、自然界に存在する複合粒径の土砂であったことの影響によるものと考えられる。

### 5-2 A 及び B の土砂による限界流速の変化

A 及び B の土砂の場合、含泥率 10~15% を境にそれ以上の含泥率では限界流速が低下する結果となった。これはいずれの土砂も全体に細かく、シルト、粘土分が多いためこの細粒群の影響により母液の比重が全体に大きなものとなり、他の粒子の沈降を妨げることによるものと推定される。

### 5-3 液濃度 (含泥率) の現状

現在、液濃ポンプの能力は表-1 に示す細砂の含泥率 10% を基準とし、表-2 に示す各クラス別の管内流速から決定している (運輸省作業船設計基準)。この含泥率 10% は長時間の実作業で、安全性、操作性等が良好な作業を行った結果から平均的な値として割り出された値である。従って短時間では 30% 程度の含泥率で運転されても支障のないことが必要であるとされている。

表-1 土質別含泥率

土質	粘土・シルト	細砂	粗砂	礫 (砂利)
含泥率	12~20%	10~12%	8~10%	4~6%

表-2 クラス別液濃船管内流速

	管内流速
小型船	3.5 m/s
普通型・中型船	4.0~4.5 m/s
大型船	5.0 m/s

## 6. あとがき

本実験は鋼管 150 A のみの管路で行ったことから、管径が異なることによる限界流速の変化の把握も重要となろう。また、本実験に用いた土砂は人力によりほぼ完全に除塵を行ったのであるが、現在この除塵を効率的に行う除塵機の開発を進めている。



## 8. ミニコンピュータを利用したフィルダムの の工事管理

飛鳥建設 石崎守 関

### 1 はじめに

土木工事における施工技術は、建設機械の進歩、新工法・新材料の開発により急速な発展を遂げ、その効果による工事期間の短縮、コストダウンにはめざましいものがあります。これに比し「工事管理」と呼ばれる分野での努力は、その重要性が認識されながらも決して十分とは言えない。

このたび「建設現場の管理担当職員の削減」と「管理の徹底によるコストダウン」を狙いとして、フィルダムの工事現場にミニコンピュータを導入し工程管理、原価管理、品質管理などの工事管理、発注者への各種報告書の作成、測量などの解析を行うシステムを飛鳥建設、三井建設で共同開発し、山形県の寒河江ダムで運用しているためその概要について述べる。

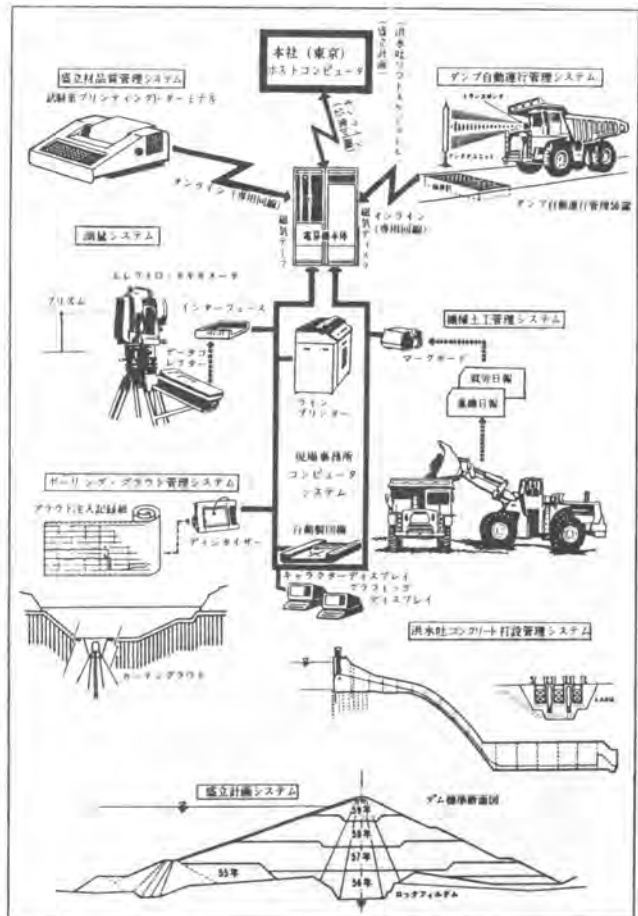
### 2 工事管理へのミニコンピュータ

利用に当って

土木工事における施工計画の決定は工事原価などを規定してしまいうため、制約条件などを十分考慮し、経済性を厳しく追求する計画が要請される。このような計画を作成するには、多数の代替案を迅速に作成し、その中からより最適な計画を選定する方法が考えられる。

またこの計画を実施しても予測できぬ障害に直面し、大幅な計画との差異が発生する。このような場合はその差異の把握及び原因分析をタイムリーに行い計画を変更して行く必要がある。

こうした課題を少ない人員で従来より一層効果的な管理を行うには、現場にミニコンピュータを導入し、種々の情報機器、計測機器との有効利用が図れるならこの課題も解決できるのではないかと考えた。



### 3 システムの概要と導入機器の構成

図-1 フィルダム工事管理システム概念図

本システムは7つのサブシステムにより構成され、利用目的に応じて次の様に分けた。フィルダム  
 工事管理システム概念図を図-1に示す。

機械土工管理として

- ① 盛立計画システム    ② ダンプ自動運行管理システム    ③ 機械土工管理システム
- ④ 盛立材品質管理システム

その他の管理及び現場業務として

- ① 洪水吐打設管理システム    ② ボーリンググラウト管理システム    ③ 測量システム

工事管理へのコンピュータ利用のための機器構成に当っては、現場事務所に設置のミニコンピュータを中核としたダム工事管理用の汎用電子計算機組織とした。写真-1にコンピュータおよび周辺機器を示す。こゝでのデータ処理方式は、第1に現場内設置の計測装置利用はリアルタイム処理、第2に各種日報や測定の解析はバッチ処理、第3に本社の大型コンピュータとはRJE処理とした。

更にデータの入力方法は、極力データ発生源よりダイレクトな入力を基本とした。導入した機器は図-2の通りである。

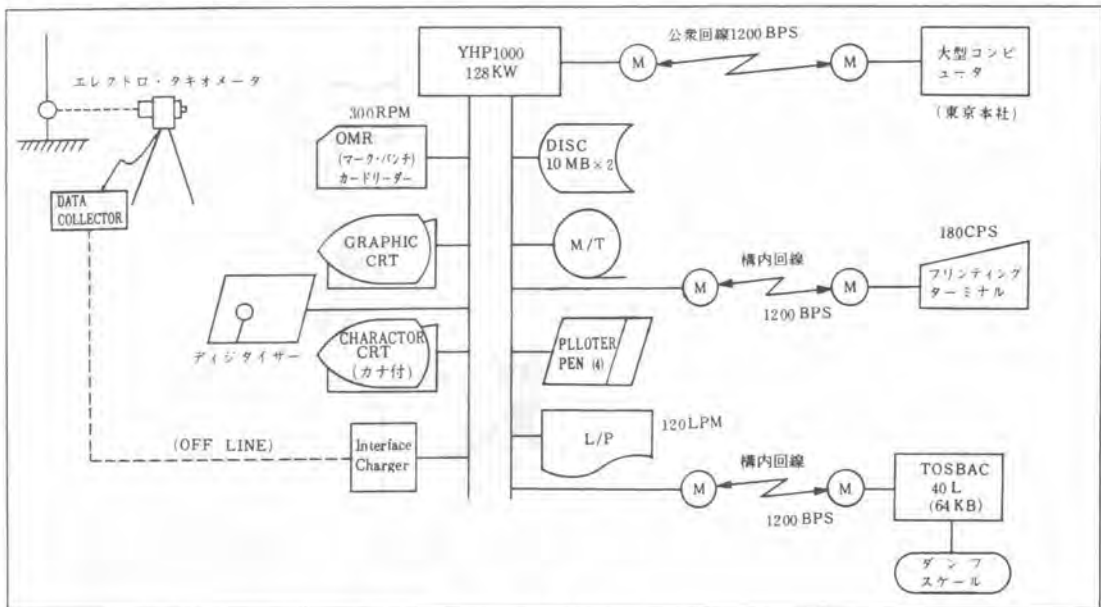


図-2 導入機器の構成



写真-1 コンピュータおよび周辺機器

右からラインプリンター、磁気テープ、コンピュータ本体と磁気ディスク、XYプロッター、グラフィックディスプレイ、キャラクターディスプレイ

### ( 1 ) 盛立計画システム

道路条件，ダンプトラックの性能から，運搬ルート別のサイクルタイムを定時間増加法により算出し，重機の組合せ案を多数作成する。その中から目標にする工程計画および原価が達成できて，最も効果的な組合せを選定して工程計画を作成する。この工程計画通りにコンピュータの中で実験的に盛立て，グラウト等の先行工事，盛立形状制限のため工事の中断がおきないかをチェックする。問題がなければ工程計画，重機計画に必要な帳表，図面を出力する。計画に使用した施工条件は，他のシステムから実績として把握し，変更計画時に利用してより最適な計画の選定に用いる。本システムを利用して計画書作成の省力化，迅速化を図ると同時に計画時の経済性の追求を行う。

### ( 2 ) ダンプ自動運行管理システム

ダンプの積載重量，通過時間などの情報を車輛番号，材料の種別，運搬ルート別にダンプを止めずにしかも無人で計測，集計を行い，検収員の削減，タイムリーな情報の収集による重機管理の徹底，ダンプトラックの損料，燃料などの資源の節約を行う。

この装置は軸重計，トランスポンダ，アンテナユニット，制御器から構成される。軸重計は4個のロードセルより計測する重量計である。トランスポンダは材料の種別，車輛番号を識別する。アンテナユニットはダンプに取付けてあるトランスポンダに質問信号を発射する装置で，これらの情報は制御器にて編集され事務所のコンピュータに伝送される。事務所では盛立現況，サイクルタイム等ダンプの運行状況を瞬時に把握することができ，また月次処理として出来高，重機稼働分析表などを出力することができる。(図-3参照)

### ( 3 ) 機械土工管理システム

主にマークカードの重機日報で情報を収集する機械土工管理システムは，重機のオペレータが記入した日報を直接コンピュータに読取らせ，機械土工の問題点を改善する為の資料を出力する。その資料には計画と実績の差異を分析した工程分析，重機の配置，能力，稼働時間，サイクルタイムを種々の角度から分析した重機稼働分析，必要な管理項目別に原価実績を集計する原価分析資料がある。これらの資料は必要な時に必要な資料をディスプレイ，XYプロッター，ラインプリンターに出力することができる。

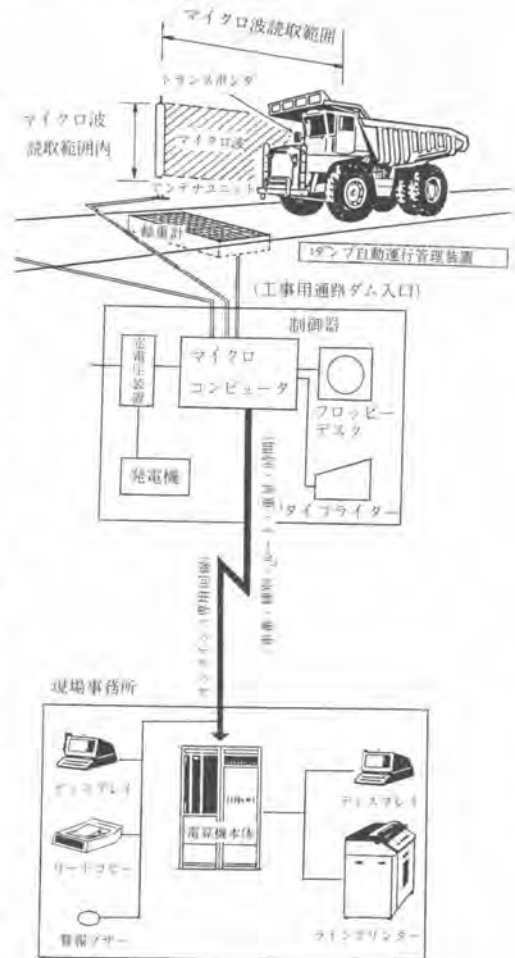
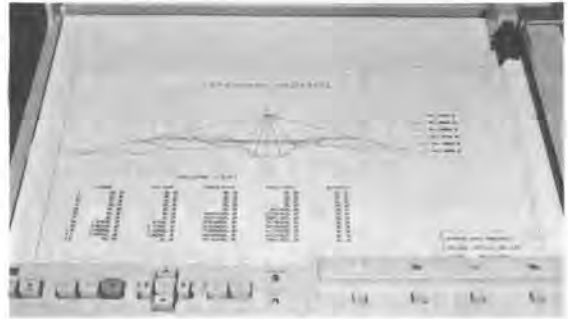


図-3 ダンプ自動運行管理システム概念図

(4) 盛立材質管理システム

土質試験室には現場事務所のミニコンピュータのオンライン端末であるプリンティングターミナルを設置する。盛立材の試験を行いながらターミナルよりデータの入力を行い、試験報告書、 $\bar{x}$ 管理図、ヒストグラムなどを作成しその省力化を図る。



(5) 洪水吐コンクリート打設管理システム

洪水吐のリフトスケジュールは一旦計画して変動が大で、全体計画、月次計画、週計画など他の計画に比しその作成頻度が多く、また全体計画等は多くの日数が必要である。この計画を型枠の数量、形状制限などの施工条件を考慮しながら短時間に作成し、計画作成時間の短縮と多数の代替案より最適なものを選定できるようにした。本システムはオンラインにより本社のコンピュータを使用する。

写真-2 月別盛立実績 (XYプロッター)

(6) ボーリンググラウト管理システム

グラウト自記記録紙のアナログデータを、日報作成などに必要なデジタルデータとして読みとるために、ディジタイザ(座標読取装置)を用いる。入力したデータは日報、月報の作成はもとより、注入効果のための次数別超過確率図、追加孔判定のためのルジオンマップ、単位セメント注入分布図を作成し管理の徹底と日報・月報作成の省力化を図る。

(7) 測量システム

測量機にエレクトロタキオメータ(光波式測距・測角儀)にデータコレクターを組合せ、電算処理で野帳、図面、土量計算書を出力させ基本測量、出来高測量、施工測量を行う。出来高測量を例に当システムの測量手順を図-4に、その結果の出力を写真-2に示す。従来の測量に比しスピードアップ、測量ミスの防止が図れ測量担当者を削減する事ができる。

参考文献

- 1 月刊ダム日本 1979年5月号 P.17~33
- 2 土木学会誌 1979年5月号 P.32~37



図-4 当システムによる測量手順

## 9. 急斜面に架設された「人荷共用多目的インクライン」の計画と実施

飛鳥建設 渋谷 武志

### 1. まえがき

このインクラインは、東京電力㈱が建設を進める中の沢発電所工事（長野県大町市）に於ける導水路、サージタンク及び水圧管路（立坑）工事に使用する急斜面での万能揚重機として計画したもので、その計画概要と実施結果を報告する。

### 2. インクラインの計画

#### (1) インクラインの採用

現地の条件及び使用条件は次のとおりである

##### ① 現地の条件

a) 県道と高瀬川に面し、標高900mから1,200mの急斜面（最大40度平均36度）でしかも一定勾配でない。

b) 斜面は崖錐堆積層である（通常の基礎の施工に問題が生ずる。）。

c) 用地は中5mと限定を受けている。

d) 国立公園の特別地域に指定されており、立体的な工作物は制約を受ける。

e) 寒冷地であり（ $-25^{\circ}\text{C}$ ）、1mの積雪が予想される（積雪対策）

f) 仮設跡地の原形復旧が容易であること。

##### ② 使用条件

a) 工程管理上、重量12tの荷物輸送が可能であること（掘削機-4,200t、生コンフリート-11,000t、ドーザー・ショベル・バッフホウ等の重機、バッテリーロコ・アジテーター等の坑内車輛、水圧鉄管及び支保工等の資材）

b) 人員の輸送が可能であること（導水路、サージタンク及び水圧管路工事の作業員等の徒歩通勤は不可能である）

c) 全延長の途中（上段作業坑）で停車可能であること（安全運転上無線制御が可能であること）  
以上の外に、安全性が高く、かつ保守・管理の面で優れていることが万能揚重機採用の重要な条件となる。

ケーブルクレーン、インクライン及びケーブルフレーンと他の設備の組合せ等、種々検討を加えたが、多目的インクラインを開発することにした。



## (2) インフラインの設計

### ① インフライン設備の概要

インフライン設備は、図-2の通り次の各部より構成されている。ウインチ及びウインチ室、キャリヤーアンカー、インフライン台車及び軌道と寒冷時の軌道内融雪装置である。

### ② ウインチ

仕様：出力	300kW
巻上荷重	8,000kg
巻上速度	180%min
常用ブレーキ	スラストブレーキ
非常用ブレーキ	蓄圧室油圧押しブレーキ
速度制御器	VS方式(制御範囲18~180%min)
保安装置	過巻・過差リミットスイッチが深度計に設置、

速度開閉器(125%設定)、過負荷制御、制動油圧インターロックスイッチ、ブレーキシュー摩耗リミットスイッチ、減速区間速度検出リミットスイッチ、ワイヤーゆるみ検出スイッチ、油圧予備ポンプ装置

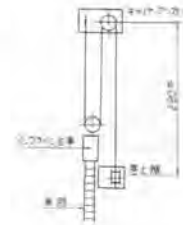


図-2 ウインチ設備

### ③ ウインチ室

ウインチ室は、限られた用地の有効利用を計り、ワイヤーロープ延長上で地下方式とした。屋外変電所工事用トレーラーがウインチ室上部通行可能なものとして設計し、鉄筋コンクリート構造とし、上部覆工は覆工板及びアスファルト舗装した。

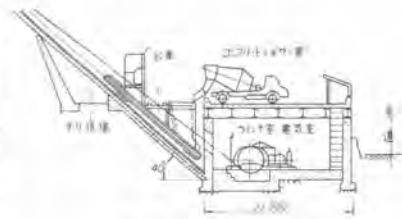


図-3 ウインチ室断面図

### ④ 軌道基礎及び軌道

軌道基礎の斜面は一定勾配でなく(最大40度平均36度)が崖錐堆積層であり、この崖錐層での切取安定勾配が地山表面の勾配と一致している為、斜面での地山の掘削は不可能と考えられ、又、インフライン台車の設計より軌道の縦断勾配変化の分岐角は6度以下の制約が加っている。

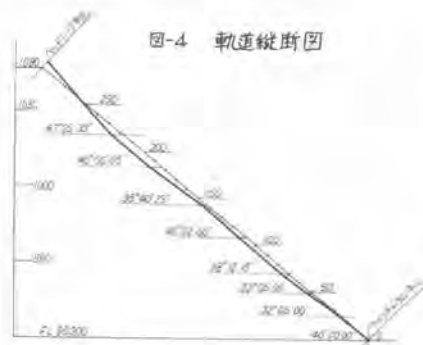
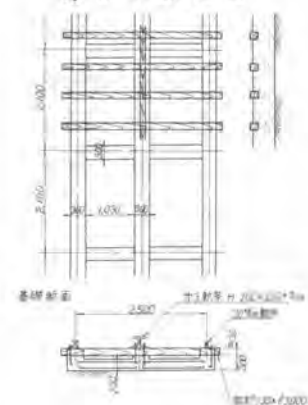


図-4 軌道縦断面図

図-5 軌道断面図



基礎工法については、鋼製栈橋工法、フリーフレーム工法等について、施工の難易性、経済性、工期、原形復旧法及び施工の精度等について検討を加えたが、以上の工法についてはそれぞれ問題があり、現場打の鉄筋コンクリート構造の格子枠工法を採用した。







と判断して、台車上で運転者が無線にて遠隔操作出来る運転制御方式を開発することとした。遠隔方式に何らかのトラブルが発生した場合に備えて、ウインク室内で手動によって運転出来る直接方式も併用することとした。

遠隔方式は、インクライン台車に設置してある操作制御盤で運転者が操作するよう設計した。台車の制御器からFM波が台車のアンテナを通じて発射され軌道の途中に設置した地上アンテナでキャッチし、中間増幅器で電圧強度を上げ同軸ケーブルでウインク室内の受信機に送り込まれる。受信機で電波を選別（巻上・巻下、1ノッチ・2ノッチ）し電動機の制御を行う。制御器の操作ハンドルは巻上・巻下共各1・2ノッチとあり、巻上・巻下1ノッチでは10%速度、2ノッチでは100%速度とした。この



際、急激に2ノッチにハンドルを進めても加速用タイムリレーにて円滑な速度制御が出来るよう設計した。また、減速領域に全速運転で突入した場合、インジケータに取付けてある減速開始用リミットを作動させ、減速用タイムリレーで10%速度に自動的に減速を行い、停止点で停止するにし、減速中の中間速度もチェック出来るよう設計した。

#### ⑦ 軌道敷融雪装置

軌道敷の防雪設備は、スノーシエーター方式が考えられるが、インクライン台車・運搬物の形状・寸法が一定でないので出来る限り軌道敷内はフリーとした。次の融雪方法の面からも検討した。(1) 蒸気 (2) 温風 (3) 温水 (4) 熱線 (5) 遠赤外線ヒーターと5種類について検討したが、工費、保守管理、運転経費の面で遠赤外線ヒーターが有利と判断して採用した。遠赤外線ヒーターは、遠赤外線が1.5~4.5ミクロンの長波を有する電磁波の一種で光と同速度で進み、空気中を透過して物体に当たると熱に変換する原理を利用したものである。軌道両側にレール面より1.5mの位置に遠赤外線ヒーターを設置する。

### 3. インクラインの実施結果

インクラインの工事は、計画通りの施工で昭和53年8月完成、試運転にはチェックリストにより細部に亘って点検実施したが、ほとんどトラブルもなく、そのまま本格運転に入り昭和54年8月、ちょうど1ヶ月が経過した現在、掘削礫4,200㎥、生コンクリート5,500㎥、その他重機・資材についても当初計画通り使用目的を果し、順調な運転を続けている。

従来、インクラインは荷物の運搬目的に重宝を置いて計画し、使用されてきており、古くから（明治初期より）数多くの施工例が見られるが、インクラインによる事故例も数多く見られ、インクラインを使用した経験者はインクラインは危険なものという固定観念をいだいている人も数多いと思われる。今回、これまでに例のない急斜面に人荷共用の多目的インクラインの計画・実施にあたっては安全対策を第1目標とし、又実施に当たっても計画通りの施工を、又日常点検を初めとする管理体制の確立によって、現在迄無事故で運転を続けられている。土木工事等の仮設の揚重機としてインクラインをもう一度見なおしてもいいと思う。

# 10. 揺動式シールド機の開発

鴻池組 岡本 義雄 伊藤 克彦  
三菱重工業 安田 勉

まえがき

日本の多くの都市は、軟弱でかつ地下水位の高い沖積地盤上に発達している。そのため、軟弱な地盤にトンネルを築造する工法としてシールド工法が短期間のうちに著しい発展をとげてきた。特にシールド機においてその発展はめざましく、従来の開放型の手掘りシールドにかわって、閉塞型のブラインドシールド、泥水加圧式シールド、土圧式シールド等が開発され、実用化されている。開放型シールドは、圧気内作業による作業環境の劣悪化、噴発、及び酸欠空気等の発生を伴うほか、軟弱な地下水位の高い砂質地盤では、薬注工法等の補助工法も併用せざるをえず、これらは、建設公害の発生、及び施工費の高騰等につながる様である。これらの問題を解決すべく各種の閉塞型シールドが開発されてきたが、現在の閉塞型シールドにおいても、地盤への適応性や掘削土砂の処理等に問題があり、更に改善しなければならない事項も多い。すなわち、ブラインドシールドにおいては、隔壁を地山に直接密着させるため切羽の安定は確実であるが、軟弱な粘性土地盤しか適応できないこと、泥水加圧式シールドにおいては、泥水処理プラントを設置する必要がある、都市部においては一般に広大な立坑用地の確保が困難であること、及び土圧式シールドにおいては、広汎な地盤土質への適応性が低く、補助工法なしでは掘進が困難な場合がしばしば発生する等の問題をかかえているようである。

こうした背景のもとに、鴻池組と三菱重工業は共同して、軟弱地盤を対象とした現在の閉塞型シールドに比較して、より経済的かつ安全性の高い新型式のシールド機「揺動式シールド機」を開発した。以下その紹介とともにその実験工事について報告する。

## 1. 揺動式シールドとは

揺動式シールドとは、ブラインドシールドの一種である。従来ブラインドシールドの適用地盤は、軟弱な粘性土に限られていたが、ブラインド面盤を揺動させることによって、その適用地盤を大幅に広げ、完全な砂質土層に対してもブラインド施工を可能としたものである。ブラインド工法であるため切羽の安定は、

$$(\text{シールドの推力}) = (\text{切羽土圧} + \text{水圧})$$

を保持することによって計ることができ

従来補助工法なしでは施工が非常に困難とされていた地下水位の高い沖積軟弱地盤に対して特に優れた安全性と経済性を発揮する画期的な工法である。その基本構造を図-1に示す。見方をかえると、

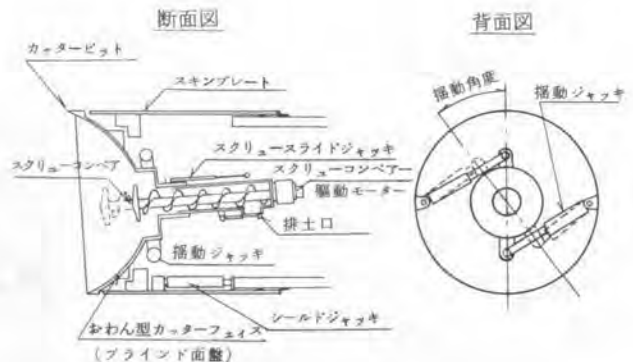


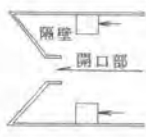
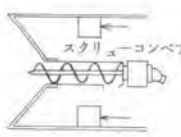
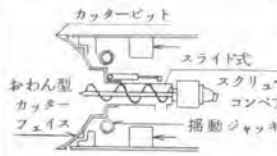
図-1 揺動式シールド基本構造図

泥水加圧式シールドがちょうどリバーズ機を横向きにしたものと考えられる様に、揺動式シールドは、ベント機を横向きにしたものとも考えることができる。

## 2. 揺動式シールドへの発想の過程

ブラインドシールドより揺動式シールドへの発想の過程を表-1に示す。

表-1 揺動式シールドへの発想の過程

	1. ブラインドシールド	2 機械式ブラインドシールド	3 揺動式シールド
構造図			
掘削機構	推力により隔壁を地山に押しつけ、開口部付近で地山を塑性流動化させ開口部より取り込む。	ブラインドシールド開口部へスクリューコンベアを取り付け、推進力により塑性流動化した切羽地山を機械的に取り込む。	1.カッタービットによる地山との縁切り 2.揺動により地山を剪断破壊し塑性流動化させる。 3.スライド式スクリューコンベアで掘削排土
特長	開口率10%程度が切羽安定上限度である。 従って、極めて流入抵抗が小さい土質、すなわち砂分を含まない、軟弱粘性土のみ適用が可能である。	スクリューコンベアにより通常のブラインドシールドの開口率を実質的に増加させブラインドシールドの適用土質を拡大したものの。	推力及びかわん型カッターフェイスの揺動により、地山を二次元的に剪断破壊するため、地山の流入抵抗を極めて小さくすることができる。又、スライド式スクリューコンベアによって、土質に適合した先端位置をとることができるため、適用土質は幅広いものとなる。

こうした発想のもとに考案した揺動式シールドの実用化に先立ち、その揺動の効果を確認するため模型実験機を製作し、実験工事を行なった。

## 3. 実験工事の概要

### 3-1 実験装置と方法

実験装置は、直径72cmの模型実験機を、直径4.9mの実験土槽内に約2.0m貫入できるものとした。(写真-1、図-2参照)対象地盤は、沖積軟弱地盤を想定し、砂、粘性土、砂-粘性土互層の3種類とした。粒度特性は、砂の場合、砂分95%、均等係数は2.8、粘性土の場合粘土-シルト分98%であった。地盤の締固めは、砂の場合、パイプレーターを使用し、粘性土の場合、荷重を載荷し圧密させた。シールドの土被りは、1Dに



写真-1 実験装置全景写真



掘進不能となる。カッターフェースを揺動させた場合(写真-4)は、前方の地表面はほとんど変状がみられず、シールド先端部分に切羽のセン断破壤土が盛り上がるのみで掘進を続行することができる。

### 実験 II

切羽下部の地山に着色礫を埋め込み、土砂の流入径路を観察した。(図-4) 切羽面の着色礫の分布状態を写真-5に示す。揺動により切羽下部の土砂は、切羽上部へ上昇しているのが観察される。

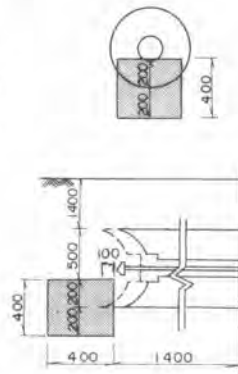


図-4



写真-5

### 3-3 掘削機構の理論的考察

切羽面の応力状態は、鉛直応力、水平応力及び揺動によって与えられるセン断応力の三者によって表現することができる。この状態をモールの応力円で表わしたものが図-5である。すなわち切羽地山にセン断力を与えることによって、主動状態よりは大きな水平力で受働状態よりは小さな水平力で切羽地山を塑性流動化して掘進できることがわかる。図-6は、縦軸に水平応力を、横軸に地山変位をとって地山の状態を表現したものであるが、自然状態に近い推力(静止土圧)を用い、揺動セン断力により切羽部のみの塑性流動化を計ることによって、地山全体としては比較的安定した状態を保持したまま、シールド掘進が可能となることを示すものである。

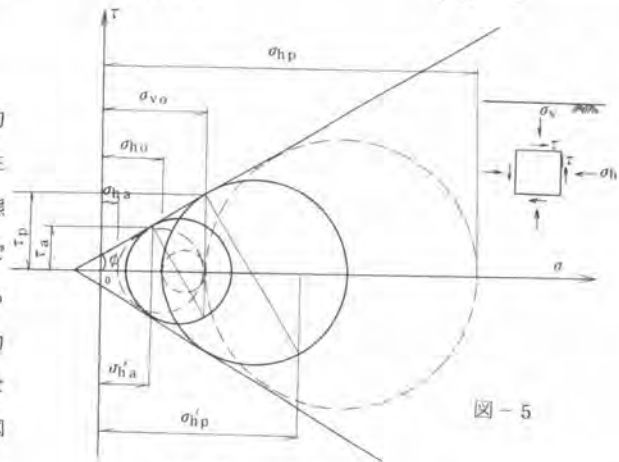


図-5

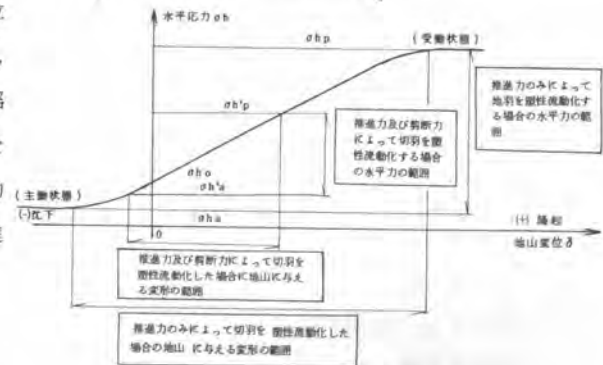


図-6

### まとめ

切羽の土砂は、砂質土の場合、カッターフェースの揺動によって塑性流動化し、切羽下部の土砂は上昇して切羽上部の土砂と混合し

カッターフェース内に充満して切羽の安定を保ちつつスクリーコンベアへ取込まれる。また粘性土の場合、ブラインドシールド的な状態で取込まれることがわかった。

- ここに、 $\sigma_{ha}$  : 推進力のみによる場合の主動水平応力  
 $\sigma_{hp}$  : 推進力のみによる場合の受働水平応力  
 $\sigma_{ha}'$  : 推進力に剪断力を組み合せた場合の主動水平応力  
 $\sigma_{hp}'$  : 推進力に剪断力を組み合せた場合の受働水平応力  
 $\sigma_{ho}$  : 自然状態の水平応力

# 11. 密閉型シールド機のスクリーコンベヤ脱着装置開発について

飛島建設 磯部 亮 敏  
真 中 弘

## 1. まえがき

東京都下水道局発注による環八幹線その10工事は、東京都大泉、練馬、石神井各排水区の一部約2657haから発生する汚水量約240000 ㍻を新河岸処理場へ流入させる環八幹線（延長13.2km）の一部2,830mを施工するもので、

### 工事概要

工 事 件 名	環八幹線その10工事
工 事 場 所	東京都練馬区春日町、錦、早宮、北町
工 期	昭和五十四年二月十六日～五十五年十月二十九日
概 要	仕上り内径3,500mmの流入管渠築造工事で、発進立坑より、上流1,200m、下流1,630mのシールドトンネル工事であります。

施工場所は、東京の北西部に位置し、地質は武蔵野台地の東縁部、豊島台と呼ばれる標高35m前後のゆるやかなローム台地であり、ローム層の下の火山灰を除けば、砂層及び粘土層が優勢に発達し、二つの不透水層によつて区分され、各帯水層ごとに間隙水圧は異なっている。トンネル切羽断面は、東京礫層、砂層、粘土層にまたがっています。

社会環境としては、通称富士街道という、狭益（上流）な道路の上に交通量が多く、路上からの作業は出来ない路線であります。

## 2. スクリーン・コンベヤ脱着装置の目的

当装置は上流の密閉型シールド機に取付けた装置であり、

- ① 切羽面にスクリーン・コンベヤで搬出不能な大礫出現時の除去。
- ② 坑内よりの切羽面への先行注入時。
- ③ カッターヒット、スクリーン・コンベヤのスクリーンの修理、交換時。

に必要となるものであり、従来シールド機本体やセグメントグラウトホールより数個のチェーンブロッタを利用して調節しながら脱着していたものを、早く、安く、確実にこなす目的、具体的に示すと、

- ① 脱着時間の短縮、
  - ② 脱着作業員の減少、
  - ③ 脱着作業の軽減による安全性の向上、
  - ④ 作業員の労働意欲低下の防止、
- を主目的に開発した。



3. 開発に際しての留意点と装置の仕様

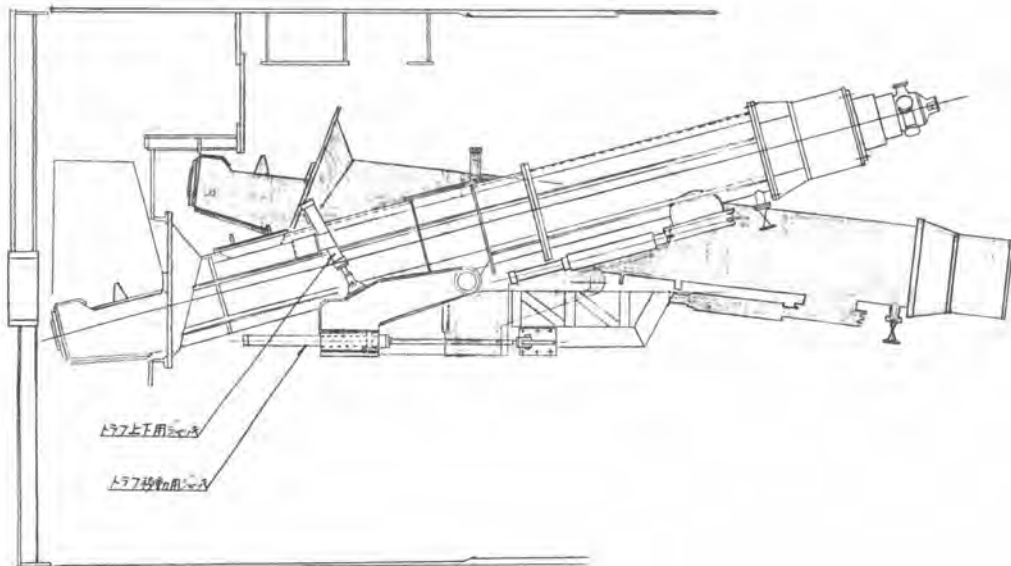
- ① スクリュー・コンベア、7.8(t)とロータリー・ホッパー2.0(t)の合計9.8(t)の重量物を気密を保持して正確に脱着させねばならない。
- ② 脱着作業時の狭益場所に於ける安全性の向上。
- ③ 限ぎられた空間内に収まる装置であること。
- ④ 脱着作業時間の短縮。
- ⑤ シールドパワーユニットの一部を兼用出来ること。
- ⑥ 比較的安い設備投資で収まること。

の条件を満たす設備として、

名 称	仕 様
トラフ移動用ジャッキ	4 t , 1,000st × 140 ㎜ × 2 台
トラフ上下用ジャッキ	4 t , 400st × 140 ㎜ × 2 台
電動機	5.5 kw × 4 p × 200 v , 50 Hz 1 台
油圧ポンプ	F G 6 - 1 1/2 , 7.5 l / min × 350 ㎜ , 1 台

を装備し、脱着はスクリーコンベア組立脱着図参照のこと。

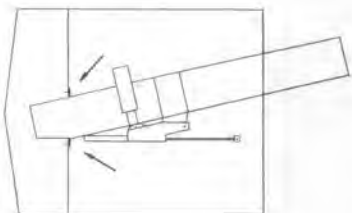
スクリーコンベア組立脱着図 s.150



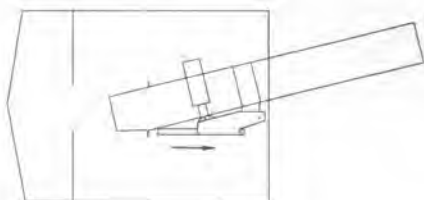


#### 4. スクリューコンベア着脱方法

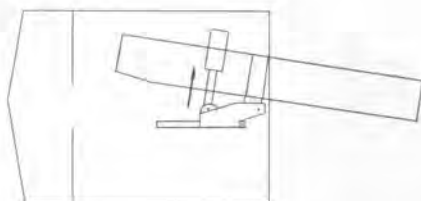
スクリューコンベア取外しは、先ず隔壁とスクリューコンベアを取付けてあるボルト外しを行ない次にトラフ移動ジャッキにて水平に引出しを行ない、最後にトラフ上・下ジャッキにて押し上げ所定の位置に収める。取付けは取外しの逆手順にて行ないます。ここに取外しの手順を略図で示すと次のようになります。



① 矢印部のボルト取外し、



② 矢印の方向にスクリューコンベアを引出し、



③ 矢印方向にスクリューコンベアを押し上げる。

#### 5. スクリューコンベア脱着装置の効果

この装置により取付ボルトを取り外し、又は取り付けるだけであとはジャッキ操作だけでスクリューコンベアの脱着が出来、

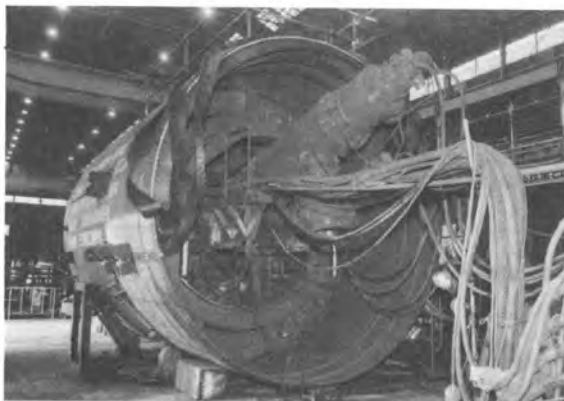
- ① 従来一日掛りで行なっていた仕事が、着脱各々約30分でできるようになり飛躍的時間の短縮となつた。
- ② 従来4人前後掛っていた作業員が一人で行なえるようになった。
- ③ シールド機のパワーユニットを兼用することにより比較的経済的に装置の取付けが行なえた。他に当初目的とした事柄がほとんど満足できたと思つている次第です。

#### 6. 今後の展望

今後各方面から要望されるであろう、安全性の向上、機械化による省力化、経済性の問題を身近な事柄から解決し、将来建設業に於ける無人化施工が出来る事を確信している次第である。

## 7. 追記

なお、この工事は現在施工中であり、工事完了時点で経過報告が発表できる機会があれば皆様に発表する予定です。



スクリューコンベア全景



スクリューコンベア脱状況

## 12. 玉石破碎泥水加圧シールドBS500型 ロータリビットクラッシャの開発

日本国土開発 野村光治

### 1. 開発の経過

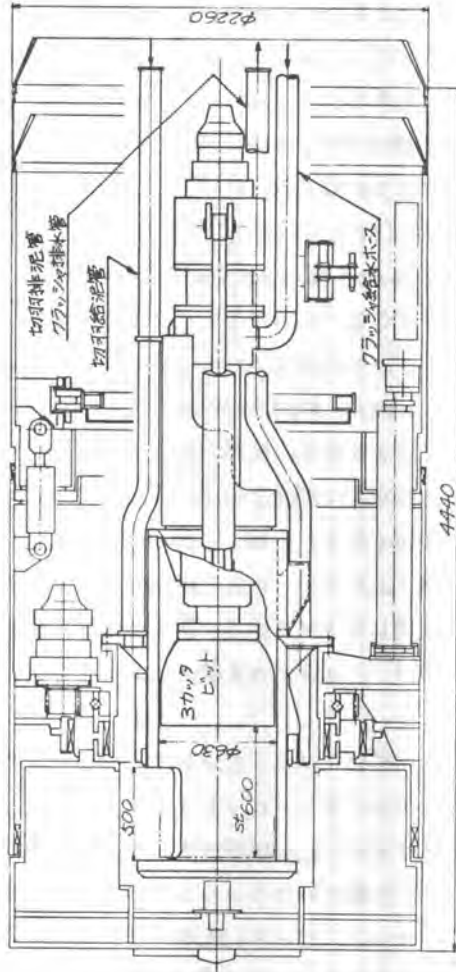
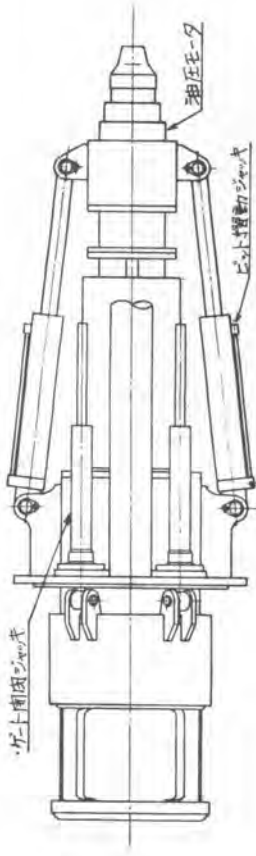
最近のシールド工法は軟弱地盤から礫層まで広範囲の地層で適用され、その技術の進歩はめざましいものがあります。又、各地の流域下水道工事の進展にともない玉石混りの渾水礫層を泥水加圧シールドで施工する工事も多くなってきています。しかしながら礫層において粗大礫に遭遇するとこの処理は困難をきわめ種々の問題が発生してきます。これまでに施工されたゲート方式、トロンメル方式、水中破砕方式、ロータリバルブ方式等の玉石処理方法は人力による選別取出しか、又は坑内に設置した破砕機によるものであり、処理可能な礫の大きさも250～300mmぐらいまでで通用できるシールド機の外径も3,000mm以上と大きいものであります。

当社では、52年のはじめから粗大礫に対処できる礫シールドの開発を進めてきましたが岩盤掘削用のロータリービットに着目して、これを利用した破砕機を考案し、52年11月に径216mmの3カッタービットを使用して100～150mmの玉石を堅型で破砕する基礎実験を、ロータリービットのメーカーである(株)セキサクの協力を得て実施した。その結果、玉石でもビットで押し付けて回転させることにより全て20mm以下に破砕でき、実用化の見通しが得られました。そして実際の破砕機は、外径250mm(仕上り内径1,500mm)のシールド機本体に直接取付けられること、介在する礫の大きさは300～500mmで地山毎当り3～5個であること、これらの礫を全て破砕して4吋管で直接流体搬送できること、というきびしい条件を設定し、基礎実験のデータから設計を行いました。実機は3カッタービットの径610mmで横型となり500mmまでの玉石を破砕するものであるので、その破砕能力と必要動力、機械各部の耐久性、問題点の抽出と対策、操作方法等をきまめなければならぬ。そこで53年8月に実機を製作して同年9月から11月にかけて破砕実験を行いました。この実験では試料の粒径等に関係なく全て30mm以下に確実に破砕ができ、閉塞することなく礫の排出ができることが確認できましたが、一部機械の不具合が見い出され、又、カッタートルク(1,400kg-m)の不足が指摘されたので、これら機械の不具合を改良し、且つ、玉石破碎泥水加圧シールドの送排泥システムを装備して54年4月に第2次破砕実験を開始した。実験は約2ヶ月を要し5月に全て終了しておりますが、これまでの実験の結果、当所の目的が達成できる機械装置であることが確認されております。

### 2. BS500型ロータリービットクラッシャーの構造及び仕様

今回開発したロータリービットクラッシャーはBS500型でその原理はロータリービットのツールで礫に衝撃力を与え圧裂破砕を生じさせるもので、その構造は厚肉の壁をもった内径630mm、容量0.19m<sup>3</sup>の横形のフラッシングシリンダー(破砕室)の中に3個の円錐形のロータリービットを組合せた3カッタービット(通称トリコンビット)を入れて回転撹動させるようになっている。図-1に構造と仕様を示します。礫はシリンダーの前上部にある500mm×500mmの投入口から入り

図1. BS500型ロータリビットワッシャー



仕様	
名称	ロータリビットワッシャー
型式	国産 BS500型
破砕量	φ630 <sup>mm</sup> x 620 <sup>mm</sup> , 0.19 m <sup>3</sup>
ビット	使用ビット 37x9ビット, 24x320-VH5
	押付力 53.2 <sup>ton</sup>
	トルク 最大 2260 <sup>kg-m</sup>
	回転数 0~36 <sup>rpm</sup>
	推進速度 最大 500 <sup>mm/min</sup>
	駆動油圧モータ 2.260 <sup>kg-m</sup> x 210 <sup>kg/cm<sup>2</sup></sup> x 1台
	揺動シャフト 46.5/266 x 600 x 350 <sup>mm</sup> x 2本
	パワーユニット
	回転用 136 <sup>kg</sup> x 210 <sup>kg/cm<sup>2</sup></sup> 55 x 4 <sup>F</sup> , 2台
	揺動用 75 <sup>kg</sup> x 350 <sup>kg/cm<sup>2</sup></sup> , 11KV 4 <sup>F</sup> , 1台
	破砕カッター付スライド方式
	押付力 35.2 <sup>ton</sup>
	開閉速度 閉 800 <sup>mm/min</sup> , 開 3,400 <sup>mm/min</sup>
	開閉シャフト 17.6 <sup>ton</sup>
	パワーユニット ビット揺動用と兼用



・3カッタービットの回転推進によって破碎され、循環水によりフラッシングシリンダー後部の底にある排出孔から排出される。投入口にはゲートがあり油圧ジャッキ（閉切力35t）により閉閉される。ビット回転軸の最後部に軸受を介して油圧モーター（2.260kg-m x 36rpm）を取付け、フラッシングシリンダー本体と油圧ジャッキ（ビット推進力53t）で結んでいる。破碎屑を排出搬送するための循環水はスイベルジョイントからビット回転軸（中空軸になっている）に入り3カッタービット本体にある3ヶ所の孔から破碎中の礫にふきつける。水量は排出管径の沈降限界流速以上にして破碎屑を3カッタービット本体の内部を通過させ、フラッシングシリンダーの排出孔より流出させて搬送する。3カッタービット本体は礫が30mm以下に破碎されないと自分の内部を通過できないように隙間規制をしています。

### 3. 実験装置

実験装置の使用機器と配置を図-2に示します。実験機は、ロータリービットフラッシャーの先端に泥水加圧シールドの水圧室に相当するホッパーを設けて試料の投入を容易にし、専用ベースにボルトで固定されて破碎時の振動にもさしつかえないようになっております。

### 4. 実験結果

破碎実験は15種類の配合による試料で合計87回行った。使用した礫は10~460mmで、全部で約29t破碎した。これらの実験の結果、試料の粒径と配合に関係なく全て30mm以下に確実に破碎できる。

4(B)送排泥管で閉塞することなく循環排出ができる。破碎時間は30mm以上の破量とその中の100mm以上の破混入率に比例するが、投入試料300kg当り1分30秒~3分10秒で、平均2分である。破碎後の粒度分布は各試料とも大差はなく、平均で5mmが50%、10mm以下が75%、25mm以下で97%である。などが明らかになり所期の目的を十分に達成できることが確認され、機械の必要動力、能力、操作手法等もわかり、耐久性が推定でき機械装置の信頼性が高のられた。

図-3、図-4にビット回転数36rpm、トルク2.2t-m、循環水量1.68m<sup>3</sup>/minのときの各試料の破碎時間と破碎前後の粒度分布を示す。

図3. 破碎時間

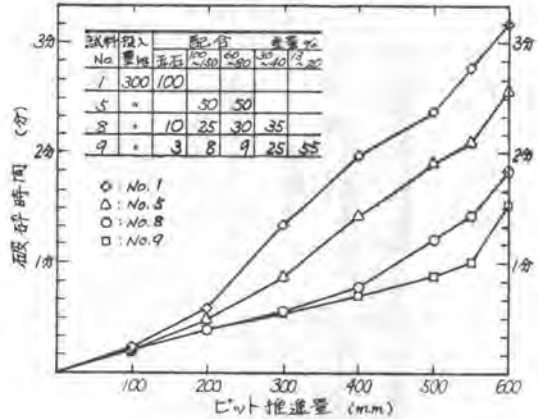
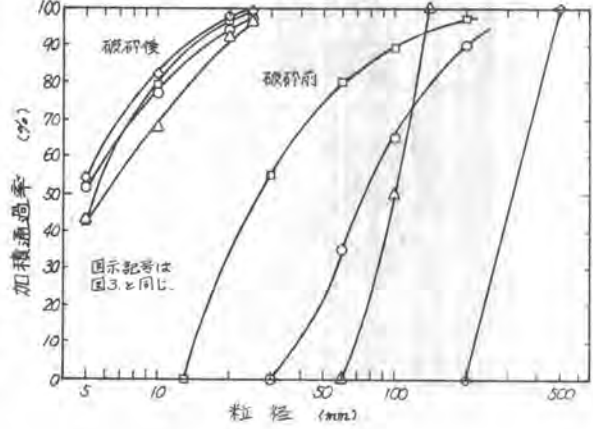


図4. 破碎前後の粒度分布



# 13. 玉石混り砂礫層における泥水加圧シールド

清水建設 大村 千敏  
荒井 久雄

## 1. まえがき

本工事は、松江市とその周辺地域の下水道整備事業に伴う管渠建設工事の一端であり、泥水加圧シールド工法による施工である。近年この工法も一般化され、礫層にまで拡大使用されている。

本工事の場合、パイプ輸送に大なる支障となる粒径300mm以上（最大580×290×200mm）の巨礫を多数混入する極めて粗雑な地層に対し、本工法を採用するところに大なる意義があり、全国的にも例のない工事である。昭和53年1月に掘進を開始し、54年8月20日現在1045リング、日進3.5R/日の掘進実績である。また、既にカッタービットの交換を4回、実施している。

本書は、工事の現状を、主として礫処理の立場から、その概要を紹介するものである。

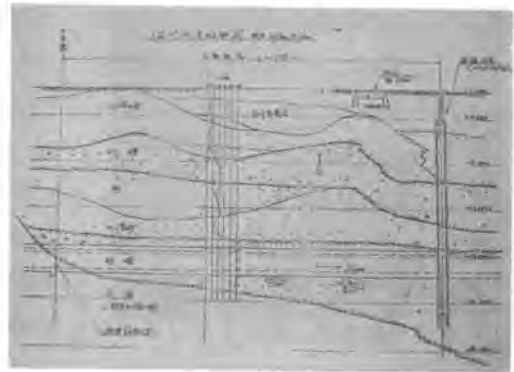
## 2. 工事概要

発注者	島根県
工事名	宍道湖流域下水道東部2号幹線管渠建設工事（その1工区）
工事概要	シールド径 2900mm、仕上り内径 2000mm 工事延長 L = 1050m
工事場所	島根県八束郡東出雲町出雲郷 ~ 松江市竹矢町
地質概要	

地質概要は、図-1の如くである。掘進対象地盤は、N値>50の極めて粗雑な玉石混り砂礫層であり、粒径50mm以上の礫は、全量の47%（100mm以上 29%、100~50mm 18%）で300~400mmの巨礫は、1m<sup>3</sup>に約1個、最大600mm大の玉石は、20m<sup>3</sup>に1個の割合で確認されている。また、地下水は非常に豊富で、かつ、間隙水圧（1.8~2.0kg/cm<sup>2</sup>）と高く、極めて透水性（ $h = 1.5 \times 10^{-1} \text{cm}^2/\text{sec}$ ）に富む地層である。

なお、発進立坑（最小内々寸法6m×7m×深さ20m）は、ニューマチックケーソン工法を採用している。また、管渠は、土被り、17m、縦断勾配は、1/1000、セグメントは、スチール製を採用している。

図-1 地質概要図





### 3. 工法の選定に当って

前項に述べた如く、掘進対象地盤は、地質的に条件が非常に悪く、また、管渠上部は、山陰唯一の交通動脈、国道9号線が走っている。さらには、国道沿線は、民家、工場等が密集しており、そのため、上部からの各種補助工法の施工環境が非常に悪く、切羽自立等を完全に期待する薬注工法は、施工的に無理がある。また、圧気工法は、地質的にその効果は期待できなく、透気試験では、 $1.4 \text{ kg/cm}^2$ 以上は、漏気がひどく、送気量のみ膨大となる結果が出ている。

さらに、ディープウェルによる地下水位低下工法について、揚水試験を試みたが、揚水量に見合う地下水位の低下は期待できず、国道及び周辺家屋への悪影響が十分に予想される結果となっている。

以上の如く、掘進対象地盤について、切羽の自立、地下水位の低下等に対し、各種補助工法を検討し、合わせて、現地試験を試みたが、諸々の悪条件のもとに、これらは十分に、その効果が期待できないことが判明した。

その結果、補助工法を全く必要としない、近年、礫層にまで拡大使用されてきた泥水加圧シールド工法に的をしぼり、綿密に検討を加えたが、礫のサイズから勘案すれば、直感的に、この工法は、不適切と判断せざるをえなかった。しかしながら、他工法に比し、経済性、安定性の面で優れているため、各大手シールドメーカ、専門技術者とも十分検討を加えて、どりにか行けると言う結論を得ることができたため、この工法の採用に踏み切った次第である。

### 4. シールド機械および後続設備機械について

シールド機械の設計に際し、最大の問題点は、巨礫の取込みである。従来のセンター支持、アジテータ方式の場合、過去の実績から推察すれば、最大250mmが取込みうる最大の礫径である。今回、300mm以上の巨礫を多数混入するところから、まず、その処理に際し、次の如く種々、機械構造に改善を加え、従来の型式と全く異質のものとした。

- ① スリット幅は、最大、450mmとして、300mm大の巨礫が容易に取込みうる幅とした。
- ② カッターの駆動方式を周辺支持方式とし、常用、22tm（最高32tm）とし、同種径のシールド機に比し、パワーアップを図っている。
- ③ ビットは、母材を超合金とし、チップは、超硬チップを採用して、取換え可能なピン結合としている。

- ④ 掘進不能事態（転石および機械の大トラブル等）を予想し、シールド機をあらかじめ、ハルクヘッドおよび切羽面に出られる構造とした。

- ⑤ 礫の送り出しを従来のアジテータ方式より、バケット方式とし、玉石除去機をシールド機中央に設けることにした。ここで200mm以上の巨礫を除去し、これ以上の土砂は、玉石除去機下の振

図-2 シールド機械図

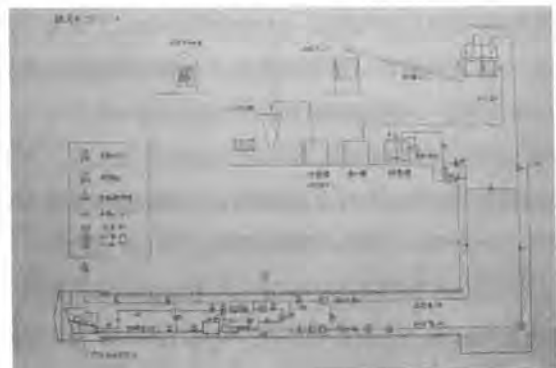


動スクリーンにより、ふるい落され、泥水と共にパイプ輸送する。

- ⑥ 小口径シールドにもかかわらず、泥水クラッシャーを採用し、中間礫処理の一翼を担わせる。粒径50～200mmの大粒径礫も非常に多く、これらはパイプ輸送が困難であるため、これらの処理方法として、泥水クラッシャーを採用することにした。
- ⑦ 200～50mmの礫は、排礫管10Bを通過して、泥水クラッシャーまで、泥水と共にパイプ輸送される。ここでは、50mm以上の礫は、全て、50mm以下に破砕され、排泥管6Bを通過して、地上に設けられたサンドコレクターまで泥水輸送される。ここで、砂分以上とシルト分を含む泥水とが分級され、前者は、含水比20%以下で残土処分され、後者は、循環泥水として、再利用される。
- ⑧ 送泥ポンプ $P_1$ 、排泥ポンプ $P_2$ 、 $P_3$ 、 $P_4$ 、 $P_5$ 、 $P_6$ を設置しさらに、排礫管10B内の流速を限界流速以上に保持するため、循環ポンプ $P_{01}$ 、 $P_{02}$ を設置する様にした。なお $P_2$ 、 $P_{01}$ は可変速とし、その他のポンプは定速としている。また、排泥ポンプのインペラは、礫による閉塞を極力防止する意味で、2枚羽根を採用している。
- ⑨ 礫輸送に伴なり、排泥パイプの摩擦を考慮し、排泥パイプは、SGPを使用し、厚肉とした。

以上の如く、主要問題点に対し、万全の対応策を検討し、掘進に踏み切った。

図-3 泥水フローシート



## 5. 掘進状況

昭和52年1月に掘進を開始したが、日進量が通常の場合に比し、極めて低い状況下であり、初期掘進1.8R/日(実働)、本掘進で、3.5R/日(実働)である。

礫状況は、大半が50mm以上であり、この内粒径300～400mmの巨礫が1リングにつき1～3個、粒径500～600mmの玉石が30リングに1個の割合で、確認されており、シールド分以下の細粒土は、極めて微量である。したがって、1リング掘削に際し、これら多数の巨礫のため、玉石除去機を1～2回、開放して巨礫を除去する必要があり、1リング連続して掘削できることは、まず不可能である。また、カッターは常に高トルクを使用しており特に、400mm以上の巨礫に遭遇した場合、カッターは停止するか、掘進スピードが著しく低下(0.5～1.0<sup>m</sup>/sec)し、カッターを左右交互に、5～10回転し、玉石の周辺を徐々に小割りにして、かろうじて取込んでいる状況である。

写-1 礫取状況



また、礫輸送に伴なり、排泥管の閉塞が、常に発生しており、1リングにつき1～2回、多い場合で5回という実績である。この様な礫による閉塞は、皆無にすることは難しいが、バンド部の角度およびその個所を最小限にし、あるいは、排泥流速の調整、掘削中におけるバイパス回路切換運転等により、極力防止している。

以上の如く、日進量増加に対して、大なる阻害要因が多く、掘進と共に、これらに費やす時間を最少にすべく、種々の工夫、改善を積極的に試みているが結果として、3.5R/日(実働平均)が限界である。

また、現在まで、1045リングの掘進実績において、ビットの交換を既に、4回実施している。さらには、カッターフェース周辺の摩耗が著しく、ビット交換と同時に、その補強も実施してきた。これら作業は、極めて危険を伴ない特にカッターフェース周辺補強は、作業員が直接切羽面に出なくてはならず、そのためには、当礫層の地盤安定に対して、二重管瞬結工法による薬液注入を実施し、さらに湧水防止に対し、圧気(0.5kg/cm<sup>2</sup>)を併用することにし、作業の安全に万全を期した。

写-2 巨 礫



## 6. おわりに

以上の如く、現在までの掘進において、礫処理に伴なり、幾多のトラブルに悩まされながらも、幸いにして、工法の変更に至る致命的な大トラブルには、遭遇してなく、除々にではあるが、日進 3.5 R/日前後で常に前進している。

本報告書は、現時点では、中間報告にすぎないが、粒径 300 mm 以上の巨礫を多数混入する極めて粗雑な礫層に対し、小口径シールドにもかかわらず、玉石除去機の設置、泥水クラッシャーの採用、送排泥方式の種々の工夫等により、掘進可能としたことは、非常に意義が大きく、泥水加圧シールド法に新しい1ページを加えたものと確信する。

# 14. クラッシュ内蔵型礫泥水加圧式 シールド施工実績

前田建設工業 小川 武 記

## 1. まえがき

泥水加圧式シールド工法は、数年来急速に採用され、特に小断面シールド工法においては、主流をなしている感がある。

西部4号幹線第8工区公共下水道築造工事は、武庫川流域公共下水道整備計画の一環で、伊丹市野間の山陽新幹線高架橋側道下に下水道幹線を築造するものである。この地域は、伊丹段丘礫層で形成されており、山陽新幹線高架橋の基礎は、高架橋の基礎としては数少ない、基礎杭なしで伊丹礫層へのフーチング基礎となっており、その深度も2.50m前後である。

当工区に泥水加圧式シールド工法が採用されたのは、図-1のように管渠築造位置が土被3.8m～4.3m、高架橋基礎から5m～6mと近接しているため、工事施工に伴う地下水位低下による、高架橋基礎地盤の圧密沈下防止が目的であった。又新幹線運行管理の上から工事に伴う高架橋の管理基準は橋脚の沈下3mm以内、橋脚の傾斜2分以内とされていた。この施工条件の下に、クラッシュ内蔵型礫泥水加圧式シールド掘進機により、予定の掘進を完了したので、以下にこれを報告する。

## 2. 工事概要

発注者 伊丹市下水道部

工事名 西部4号幹線第8工区公共下水道築造工事 図-1 高架橋とシールドとの相対位置図

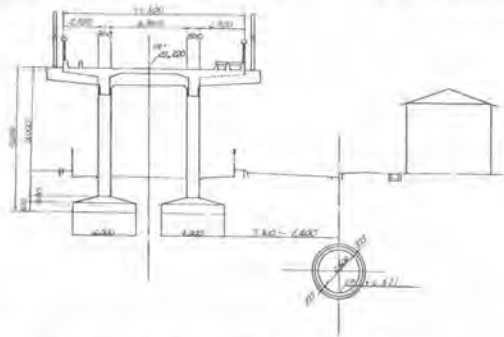
施工場所 伊丹市野間地先

施工延長 510m・200R・2ヶ所

土被り 3.8m～4.3m

シールド外径  $\phi 3500$ mm

仕上り内径  $\phi 2600$ mm



## 3. 地質概要

当地区は伊丹段丘地帯で、表土の下に若干の沖積粘土層があるが、GL-1.5m位から8～9mの層厚で伊丹礫層が形成されている。ボーリング調査のデータによると、シルト粘土分は7%～13%と少なく、その大部分を砂礫分で占め、最大礫径は400mmを記録している。しかし、事前調査のボーリング孔径が、 $\phi 86$ mmであったので、マシン設計に当り、より確実な土質資料を得る目的で、 $\phi 1000$ mmの大口径削孔機により、土質調査を行った結果、50mm以上の礫が45%以上、最大礫径300×225mmが確認されたので計画礫径は、採取礫径の2倍とし600mm×450mmを想定した。また透水係数は $2 \times 10^{-1} \sim 10^{-2}$ を記録しており、N値は50以上である。本シールドはこの礫層を掘進するものである。



するものであり、モーター回転による偏心運動を前後方向の往復運動に変え、スイング・ジョーに伝え圧縮破碎するものである。しかし今回考案した油圧ジャッキを使用したジョー・クラッシャーは、油圧ジャッキストロークによる荷重をスイング・ジョーに伝え破碎するため、打撃回数は電動モーター駆動に比較し $\frac{1}{6}$ 前後と少なくなり、能力的な低下が考えられた。しかし、この不利点は、ジャッキ力、ストローク長の調整で補うとともに、岩石の弱い性質である圧裂引張強度及静的荷重での破碎機構を持ち、連続的に破碎可能なジョー・クラッシャー構造とした。

#### 4-2-1 ジョー・クラッシャーの構造及作動方法

前述したように、地質調査の結果、最大礫径を600mm×450mmと想定したので、供給口寸法は巾700mm×開500mmとし、クラッシャージャッキの能力は、礫がやゝ風化され、圧縮強度1000 $\frac{kg}{cm^2}$ 程度の花崗岩が主体であることが確認されたので、常用48t×2台(油圧210 $\frac{kg}{cm^2}$ )、最大80t×2台(油圧350 $\frac{kg}{cm^2}$ )とし、ジャッキ・ストロークは100mmとした。

打撃回数は1分間30回とし、パワー・ユニットは高压、低压を使用し能力、回数の増大に努めたクラッシャーの備及チークプレートの材質は、マンガン合金とし、歯形の形状は波形にし、ピッチ45mm歯高12mm、谷と山を合わす構造とした。計画最大粒径は排泥管径を6Bとしたので70mmであり、セッティング寸法は35mmまで可能であったが、歯の摩耗を考え30mmでセットした。

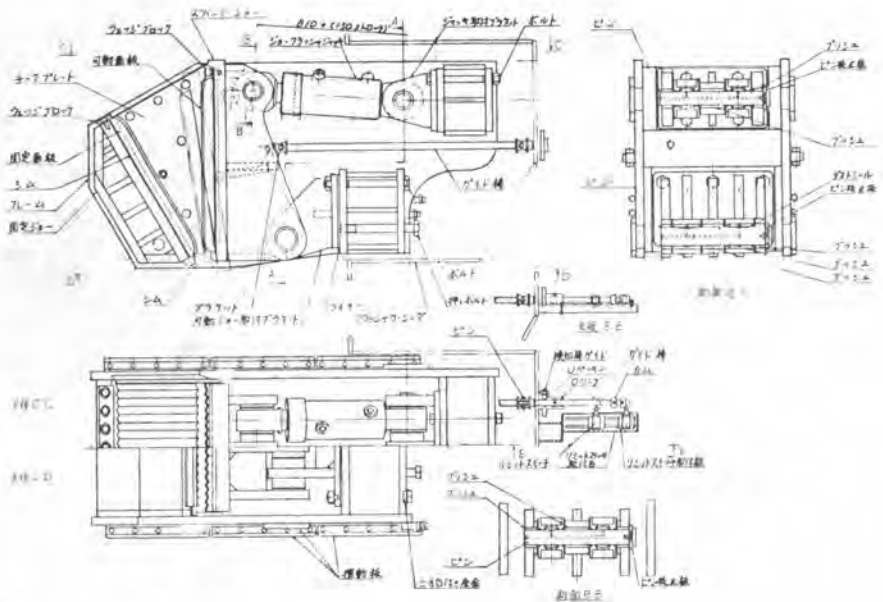
作動方法は検知棒による、リミット・スイッチとタイマーを併用し、クラッシャー内礫の、破碎抵抗が大きくジャッキが完全に伸びきらない時は、タイマーにより自動的に戻る構造とした。

図-4 クラッシャー構造図

#### 4-2-2

##### 工場試験

クラッシャーの製作に当っては、実機大の予備クラッシャーを製作し、工場内テストを行い、破碎能力、構造、セッティングによる最大粒径の確認等を水中条件、ドライ条件で行い、本機の製作に対処した。



#### 4-3 カッタービット及カッタースリット



カッタービットの取付形状として、従来カッタービットを取付けるスポークが、カッターフェース面板と同一面に有る機構が多く、地山を切削し土砂を取込むのが一般的である。しかし、本機はスポーク部をカッターフェース面板より40mm前面に出し、これにカッタービットを取付ける機構としたため、礫の取込が容易になり、トルク抵抗の減少が得られた。

カッタースリットの最大開口巾は、想定最大礫径、600mm×450mmの礫を取込める機構としたが、立坑掘削中に530mm×230mmの礫が、シールド掘進対象地盤から確認された。

しかし、掘進中は大礫取込不能による、掘進不可能になる事態はなかった。

## 5. 輸送制御

一般に排泥管の最大通過粒径は、8Bで90mm、6Bで70mmとされているが、作業性、経済性を考慮して、排泥管は6B、送泥管は8Bとした。また排泥用スラリーポンプは、2枚羽根構造を採用した。掘削量の管理は、誤差の少ない送水流量と排泥流量の差(偏差量)にて行った。

## 6. 施工実績

### 6-1 掘進実績

掘進の施工実績は、1日当り最大10リングを記録したが、礫量の変化、マシンの修理等により、月間当りは、150リング～160リングであった。また掘進に伴う、クラッシャー作動による振動はほとんど感じられなかった。

写真 対象地盤からの採取礫及破碎状況



### 6-2 裏込注入及新幹線高架橋への影響

本工事施工に当り、新幹線高架橋への影響を皆無にすることは、基本目標であり、泥水及切羽水圧の十分な管理による切羽崩壊の防止と、瞬結型発泡モルタルの早期注入を入念に励行した結果、沈下及傾斜量は計測誤差の範囲内であった。



### 6-3 マシン及泥水輸送機器の修理

掘進に伴うマシンの修理は、カッタービットの交換2回、クラッシャーの歯板及ジャッキ交換1回、スラリーポンプは、インペラ及フロントライナーの交換をP<sub>2</sub>ポンプで2回、P<sub>e</sub>ポンプで1回行った。

## 7. おわりに

大礫を多く含有する対象地盤での、泥水加圧式シールドでは、如何に合理的に礫を処理するかが大きな研究課題である、今回使用した機構が、今後の礫対策に貢献できれば幸と存じます。尚工事施工に当り御指導賜りました、発注者及関係各位に感謝の意を表します。



# 15. 泥水シールド工法における礫連続取出装置について

三井建設 高橋 義幸

## 1. まえがき

シールド工法は、圧気その他の補助工法を併用した。手掘式の時代からセミ機械式の時代を経て、密閉型の機械掘が主流を占める時代になりつつある。密閉型機械掘シールドは大きく分けると、泥水加圧式と土圧バランス式シールドに分類され、それぞれ改良が加えられ広範囲の土質に適応するようになりつつあるが、大形玉石を含む帯水礫層の施工に問題を抱えている。

特に土圧バランス式シールドでは、礫をカッター室内に一杯にすると流動性がないためカッターが動かなくなることと、スクリーコンベアを通過する玉石の大きさはスクリー径の約 $\frac{1}{3}$ であることなどの大きな難点がある。

近年泥水加圧シールドで礫層を施工している例が多くなっており、種々の礫取装置が考案され施工されているが、いまだ難しい問題を抱えているようである。

ここでは、トロンメルをシールド機内に取付、更に礫連続取出装置を取付けて施工した、礫泥水シールド工法を紹介する。

## 2. 工事概要

工事件名	古川幹線その8工事
工事場所	港区南麻布2丁目
発注者	東京都下水道局
施工延長	1057m
掘削径	4930φ
セグメント外径	4800φ
仕上り内径	4000φ
土被り	5m~24m
線形	R=150m, R=200m

## 3. 地質概要

シールド掘進に問題となる礫の分布は、東京礫層では50~70%が礫で、最大径は発進立坑で250φmm、回転立坑で150φmm、中間点で300φmm~350φmmが掘進中確認された。

また、東京礫層上部で崩壊性が非常に強い。地下水は古川河川水位よりも若干高くなっており、動水勾配をもって伏流しているものと考えられる。帯水層(東京礫層、下部東京層)の透水係数は、発進立坑部で $K=1.0 \times 10^{-2} \sim 7.84 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$ であって、全般に非常に高い透水性を示している。



本機は、排泥口を10<sup>φ</sup>配管にしているが、これ以上の物が出た時に対応して、カッター室のアジテータ下部にゲートを介してベッセル(礫溜)装置を配備している。

	処理方式	設置場所			連続性	
		隔壁内	シールド 器内	シールド 接方	バッチ式	連続式
機械分離式	固定スクリーン	○	○	○	○	
	移動スクリーン	○			○	
	トロンメル		○	○	○	○
ベッセル式	沈降溜槽	○			○	
ロータリーバルブ式	チェーンコンベアと スクリーン	○				○
篩分方式	水中篩分方式			○		○
	切羽で破砕					○

表-1 礫処理方式の分類

合で、セグメント外径4000φ以上、後続台車設置の場合でセグメント外径3300φ以上必要である。

### 5. 礫連続取出し装置付トロンメルの構造

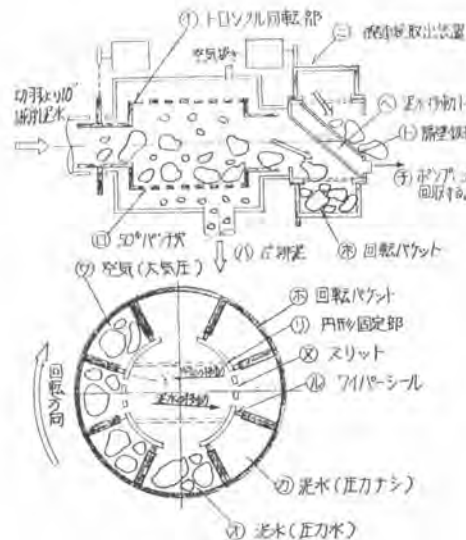


図-3. 礫連続取出し装置

周辺支持方式のシールド掘進機の長所を主とし、排泥管を下り勾配に配管し、更に短いため、大容量の循環泥水を必要としない。そのため、崩壊性の切羽の掘削にも、地山を乱すことなく、安定した掘削ができる。

以上の特徴をまとめると

- 1) 排泥管が短く閉塞がおこりづらい。
  - 2) 循環泥水が普通で切羽を乱さない。
  - 3) 連続に礫を取出すので、作業能率が良く、更に切羽の安定維持が保てる。
  - 4) 構造がシンプルでトラブルが少ない。
- しかし、この装置の欠点としては、あまり小口径のシールドに設置できず、機内設置の場合

掘削時に排泥水は10<sup>φ</sup>の管を通り、トロンメルで流体輸送され、①のトロンメル回転部で礫50<sup>φ</sup>以上と以下に分級して、50<sup>φ</sup>以下の礫は②の6<sup>φ</sup>排泥管より泥水とともにポンプにて処理プラントへ流体輸送される。

50<sup>φ</sup>以上の礫は③の礫連続取出し装置に移動し、④の回転バケットに投入され、回転バケットが回転することにより大気中に放出される。

泥水と大気は⑤の隔壁鉄板と⑥の円形固定部で仕切られ、⑦の回転バケットのシール枚(ワイパーシール)にて泥水の漏を防いでいる。⑧の圧力をもった泥水は、左側に回転することによりスリットの部分で礫と泥水は分離され、⑨のトイを通過して右側の空のバケットに泥水のみ移動し空気と置き変わる。右側のバケットに移った泥水は再び泥水圧中に入り込む。ワイパーシールより漏れて、礫とともに泥水が出てくるような状況のときは、④の部分よりポンプにて強制的に再びトロンメルに戻すような安全サイドの設備もある。

## 6. 施工実績

碟連続取出装置は第1号機であるため諸々の問題点が発生して改良を重ねた。当初より予想されたことであつたが、砂分の多い層であつたためワイパーシールの摩耗がはげしく、分級された碟と土に泥水の漏れることが多かつた。当工事においては、ポンプにて強制的にトロンメルに返送する方法により解決したが、2号、3号機はそのポンプを設置せず、漏水を防ぐように改良されて実績があると報告されている。

掘削地山に50 $\phi$ 以上の碟が45%以上という箇所もあり、従来のバッチ式のトロンメルでは、2%位しか掘進できないと予想されるどころで8%と、碟連続取出装置の効果は充分に発揮された。碟層における最大掘進リング数は14%と記録し碟連続取出装置の成果はあつたと判断される。

カッタービットは、初期掘進時が碟層と泥岩の互層であつたため、超硬チップとハードフェーシングを交互に取付けだが、36R掘削した時点で半数交換した。その後、ビットの構造を改良したが、200R~300Rで交換を要した。また、カッターフェースも摩耗がはげしく、400R位で穴があき、補修した。排泥管、排泥ポンプの摩耗も相当あり、200R~300Rで排泥管のバンド部、ポンプのインペラーを交換した。

切羽の安定は泥水圧とカッターフェースで固める工法ではあるが、大型玉石を取り入れるため、スリットが大きく、崩壊性の地山では危険であり、泥水圧である程度切羽を安定させるよう考慮せねばならない。しかし、砂層のようにマッドフィルムを作り泥水圧で切羽を自立させることは理論的にも不可能であるが、碟と碟の間隙に介在する砂に濃い泥水が侵入して、マッドフィルムを形成し碟の噛み合い力を強めることにより切羽を安定させると考えるべきであろう。

碟層においては、一般に比重1.2、粘性30 sec以上が必要であるといわれているが、現実にはそれ以上の濃度が要求される場合も多く、当工事でも比重1.3以上の赤泥水を使用した箇所もあつた。

いずれにしても泥水の濃度のみで切羽を完全に自立させることは難しいと判断し、途中でスリットの形状、寸法を改造し、できるだけ開口率を小さくして、それ以後、安定した掘削を可能にした。

シールド機隔壁よりトロンメルまでの間は約1mの10 $\phi$ 管で配管されている。循環泥水は排泥6 $\phi$ 管に合わせた流量(3 $\text{m}^3/\text{min}$ )で、10 $\phi$ 管の部分においては限界沈降流速を完全に克服しているが、その10 $\phi$ 管が短かく、3 $^\circ$ の下り勾配で設置されているため、流体輸送上の問題はなかつた。大型玉石層において、これほど少量の循環泥水で掘進できたことは、設備費が安いばかりでなく切羽の維持の点からしても大きな成果といえる。

## 7. あとがき

以上、大型玉石を含む滞水碟層を泥水加圧式シールド工法で施工した例を紹介してきた。大型玉石、碟を処理する方法は各種開発され施工実績も多いが、本工事においてはシンプルであること、切羽の安定を配慮した機構であることを目指し開発し、改良を重ねて掘削を完了した。そして現在は、6650 $\phi$ の同機種の新機種の泥水シールド機を製作中である。

一応の成功をおさめたが、まだまだ実績を浅く改良を要する点も多くある。多くの方々の御意見、御指導をお待ちしております。

# 16. 遠隔操作式小径泥水セミシールド工法の施工

奥村組 三島 亨 介  
伊藤 俊 彦

## 1. まえがき

都市における下水道整備の進展とともに、最近では内径600mm~800mmの小径の管路工事の需要が増大している。これらの工事は地盤を溝状に掘削し、管を敷設する工法で施工されることが多いが、道路交通障害や地下水位の低下、騒音、振動などの公害の発生をともなう場合が多いので、これに代る工法の開発が待たれていた。

今回、このような障害や公害に対して優れた施工法として広く用いられている泥水推進工法を小径管の敷設向きに改良した無人化泥水推進工法を開発し、現場施工を行なったところ好結果を得たのでその概要を紹介する。

## 2. オカムス工法の概要

この工法はOCAMS/PS工法と称し、オカムス工法と呼称している。これまでの泥水推進工法では、シールド機の操作や測量などの坑内作業があるため最小内径は900mmであった。オカムス工法では、これらの作業を遠隔監視、遠隔操作により無人化することで小径化を図ったものである。

機械設備は図-1に示すように、泥水シールドで掘削し、掘削した土を地上から送る水と混合してスラリー搬出を行いながら、後続のヒューム管とともに立坑の圧入装置で圧入し、ヒューム管を敷設する泥水推進工法を基本にして、シールドの掘削状態、スラリー搬送の状態、シールドの基準線に対

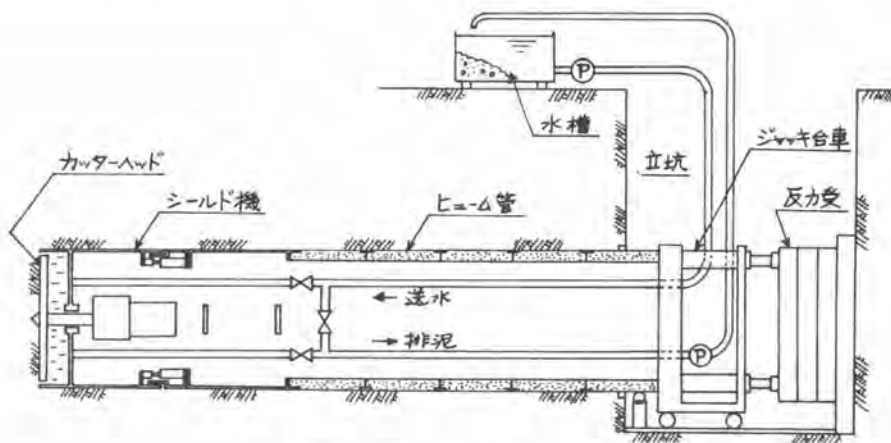


図-1 泥水推進工法

する偏位、傾きの状態などを地上の集中管理盤に表示し、ここで遠隔操作するようになってい  
る。以下にこの工法の主要な機器の概要を説明  
する。(写真-1 参照)

### (1) 泥水シールド機

機体は図-2のように、掘進方向の修正をし  
易いように前後に分割されており、前部には機  
械部分、後部には油圧ユニット、測量装置など  
が配置されている。この両者はシ  
ールドジャッキで連結され、屈曲  
できる構造になっており、前部の  
向きを変えることで方向を修正す  
る。

カッターヘッドで掘削された土は  
排土口(スリット)からカッター  
ヘッドの裏側に取込まれ、水と攪拌  
されてスラリー化し、排泥管で搬  
出される。

切羽の土砂を崩壊させないように掘削するためにカッターヘッドも切羽に押付ける。また切羽部の水  
圧を地下水圧より高くなるように維持する、さらにスリットに設けられているフラップ式ゲートで  
スリットからの土砂の取込み量を調節する。

測量方法は、前部機体の軸芯に取付けてある光源と立坑のレーザーの2種のスポットを後部機体に  
ある2枚のターゲットで受光し、テレビカメラでターゲットを撮影する。片方のターゲットが受光可  
るときには他方ははね上げておくことによって、合計4個のスポットが得られ、これらの位置をテレ  
ビで読取り、シールド機の偏位、傾きを求める。また、これとは別にピッチング計、ローリニゲ計を  
取付けている。

### (2) 圧入装置

シールド機および後続のヒューム管を地中に圧入するための圧入装置は立坑に設置されている。こ  
の装置は油圧ジャッキを組込んだジャッキ台車と反力受けから成り、シールド機が最適の掘削状態に  
なるように圧入速度を調節する。

### (3) 環流設備

シールド機から送られたスラリーは地上の水槽で分離され、水は送水ポンプで再びシールドに送ら  
れる。切羽の水圧を一定値に維持するための可変回転数のポンプを用い、回転数を自動制御している。

### (4) 遠隔監視、操作装置

遠隔監視、操作を行う集中管理盤は地上に設置し、そこでシールド機、圧入装置、環流設備の稼働  
状態と測量の結果を監視し、総合的に最適な掘進状態になるようにこれらの機器を操作する。



写真-1 シールド機および集中管理盤

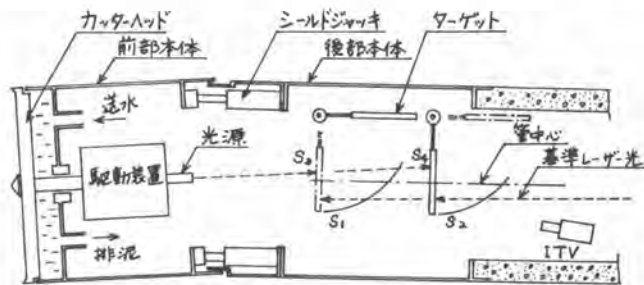


図-2 泥水シールド機



監視、操作系統を図-3に、監視項目を表-1、操作項目を表-2に示す

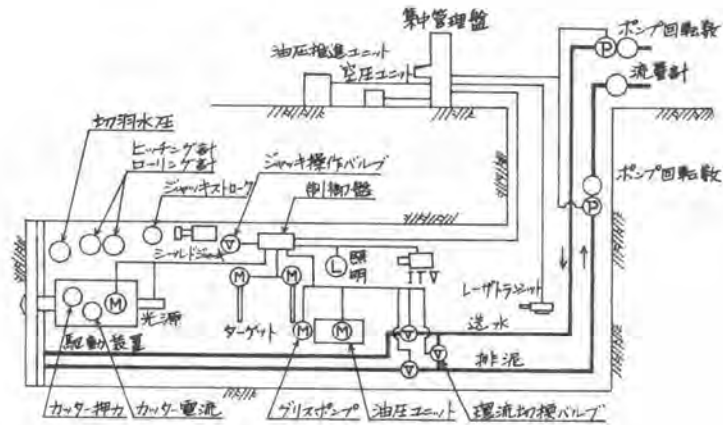


図-3 監視、操作系統

表-1 遠隔監視項目

No	監視項目
1	カッター電流
2	カッター押カ
3	切羽水圧
4	送水圧
5	排泥流量
6	送水ポンプ回転数
7	排泥ポンプ回転数
8	環流切換バルブ開閉
9	シールドジャッキストローク
10	ヒッチゲージ
11	ローリング
12	シールド偏差傾き(TV)

表-2 遠隔操作項目

No	操作項目	内容	No	操作項目	内容
1	操作電源	入/切	12	排泥ポンプ回転数	0~1800RPM
2	カッター	正転/逆転/停止	13	送水バルブ	開/閉
3	油圧ポンプ	運転/停止	14	排泥バルブ	〃
4	シールドジャッキ1	押/引	15	バイパスバルブ	〃
5	〃 2	〃	16	ジェット送水	運転/停止
6	〃 3	〃	17	ターゲット	上/下
7	〃 4	〃	18	ITV	ズレ、ピント
8	ゲートジャッキ	開/閉	19	推進油圧ポンプ	運転/停止
9	送水ポンプ	運転/停止	20	推進速度設定	
10	排泥ポンプ	〃	21	推進ジャッキ	押/引/停止
11	送水ポンプ回転数	0~1800RPM	22	非常停止	

### 3. 施工結果

#### (1) 推進工

推進工事は幅5~7mの道路の下に約5mの深さで、道路と平行に内径800mmのヒーム管を敷設するもので、発進立坑から一方に84m、他方に75mの延159mを施工した。掘進部の土質はN値が約11の締ったシルト質砂であり、地下水位は地表下0.5mであった。

推進工は1日20時間作業で行い、サ1スパンを13日、サ2スパンを12日で完了した。平均掘



工速度は5.6m/日であった。この施工速度は通常の泥水推進工法と比べて若干低い。これは立坑からのシールド機の発進において、前部本体発進後に後部本体の接続を行う段階的な発進法であること、信号用ケーブルなどの配線作業に手間を要したことやこの工法による最初の施工なので機器の点検などに慎重に作業をしたことなどによるものである。

推進期間中には地表の沈下やその他の周辺部に与える影響はほとんどなかった。

## (2) 施工精度

1スパンの測量結果を図-4に示す。掘進計画線に対する蛇行量は許容範囲に入っており、ほぼ満足できる結果であった。

一般に小径シールド機は掘削径に比べて機長が長い。そのため方向修正の性能が問題になることがあり、また、この現場の土の強度がかなり大きい。そのため、方向修正が心配されたが容易に修正できた。これはシールド機が前後に分割されており、前部本体で修正をやる構造になっていること

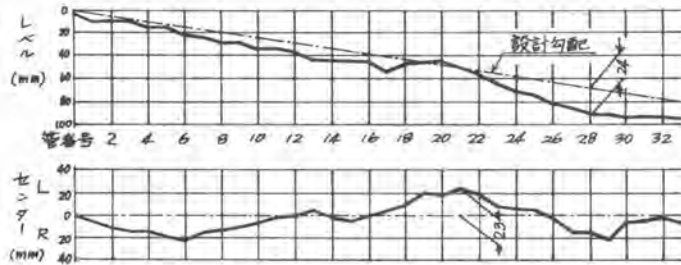


図-4 測量結果

と修正性能の向上につながっていると考えられる。また、集中管理盤でシールド機の姿勢を常時監視して、蛇行すると即座に修正できることがこの工法の大きな特徴であり、蛇行を小さくできた大きな要因であった。

## (3) 機器の操作、取扱い

機器の移動状態や測量結果も1か所で総合的に把握でき、状況に応じた対応を即座に行うことができたので、最適な掘進状態を保つことが容易であり、また、各機器の誤操作や操作のタイミングのずれなどによるトラブルを防ぐことができた。

推進作業は作業員の他に技術者が1人で行うことができた。また作業内容は集中管理盤での監視、ボタン操作なので比較的容易に習熟できた。

施工中は大きなトラブルは発生しなかったが、信号ケーブルの破損など補修可能なところの故障があった。シールド機内に人が入ることは困難であり、また、かなり高度に計装されているので機器に故障が発生した場合、ただちに修理できないことがありうる。したがって準備の段階で機器の点検を充分に行うことが重要である。

## 4. あとがき

泥水推進工法は地盤の沈下や公害の発生が少なく、施工精度や施工能率の面でも管敷設の最も優れている工法である。今回の施工実績をもとに今後さらに小径化、長距離化をめざした施工法の確立にとり組みたい。

# 17. 急勾配下水道管路における 小口径管推進工法（SMOLE工法）

若築建設 高崎 康男  
渡辺組 林 勉

## 1. はじめに

近年、市街地において、都市再開発、環境整備事業の進展に伴ない、上下水道、ガス、電力、通信用地中管路構造物が数多く施工されている。これらの地下工事の多くは、輻輳する道路交通事情、騒音・振動対策、沿道家屋に及ぼす影響などから、在来開削工法に代つてシールド工法、推進工法が採用され、また、それらの施工技術、施工機械についても積極的な開発が進められている。

市街地における地中管路建設工事は、対象とする地質が比較的軟弱なテヌウ積層またはコウ積層であり、土質や地下水あるいは工事区域の生活環境などを施工場所によつては、かなり難しい施工条件で工事が実施される。従つて、最近とくに注目されるようになってきた騒音、振動、地盤沈下によるいわゆる建設公害から、生活環境上の要素をも十分に考慮した工法、機械の開発が望まれている。

ここに紹介する小口径管推進工法（SMOLE工法）は、このような複雑多様な施工条件に対応するものとして開発されたもので、次にSMOLE工法の概要とその特徴および埋設装置の仕様についてのべる。

## 2. SMOLE工法（スモール工法）

### 2.1 SMOLE工法の概要

本工法は、管径φ250㎜～φ600㎜の小口径管をSMOLE埋設装置（以下SMOLE機）を使用して、発進坑から到達坑までの管路を高精度に圧入する推進工法である。SMOLE機は、掘進台、油圧ユニット、操作盤、先導管、誘導管、レーザー発振器より構成され、発進坑に設置された掘進台から先導管、誘導管を到達坑まで掘進させ、貫過後誘導管をガイド管としてヒューム管等の埋設管を推進させて埋設する工法である。

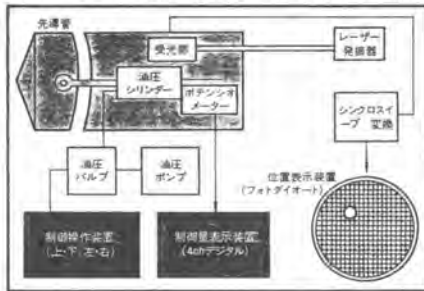
図-2.1 SMOLE機によるヒューム管埋設



誘導管の先端に連結する先導管は、方向制御装置を内蔵し、発進坑にセットされたレーザー発振器

の光束を先導管内受光盤から地上の操作盤の位置表示計に連続的に感知されて方向修正装置を作動させるので、埋設管の施工精度は極めて高い。

図-2.2 目標感知および制御機構



このようにして、管路の位置の計測、方向修正はすべて地上からの遠隔操作によつておこなわれ、貫通後先導管および誘導管は、ヒューム管を推進させながら順次到達坑から回収される。

先導管先端のカッターと掘進機の圧入で取り込まれた土砂は、スクリーユコンベアによつて発進坑に排出され、ダンプトラックで土捨場まで搬出する。

## 2.2 S M O L E 工法の特徴

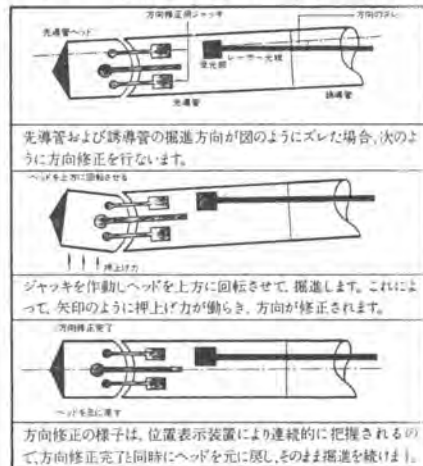
本工法の特徴として次の事項があげられる。

- 1) S M O L E 機は、低騒音、低振動であるので工事に伴う公害による影響が少ない。また、発進・到達坑は従来工法に比べて小さく、路上交通への障害も少なくすむ。
- 2) 方向制御装置を備えているので下水管路勾配(通常千分の1単位)のような高い精度が要求される場合にも十分対応できる。ちなみに、方向制御装置をもたない鋼管圧入工法の場合は、施工精度  $1/100 \sim 1/200$  と言われている。その場合には、延長 20m として誤差は  $\Delta = 20m \times 1/200 = 100mm$  となる。
- 3) 地層の傾斜や土質が粘土、シルトの互層になつているような地盤でも、土砂を取込む推進方式であるので、比較的巾広い土質条件に対して適用できる。
- 4) 操作装置に、推力伝達、方向制御、目標感知などの計器類が組み込まれたワンマンコントロール方式であるので、操作が簡単で少ない人員で作業ができる。
- 5) 人家の密集地、狭隘な道路などで開削工法による管路の埋設が施工できないような地域においても、また、工事区域の沿道家屋や地中埋設物へ影響を与ることなく施工ができる。

## 2.3 S M O L E 機仕様諸元表

S M O L E 機	寸法・能力	S M O L E 機	寸法・能力
本 体	3,300×2,000×1,600 mm	スクリーユ回転力	1,000 kg-m
本体総重量	3.5t	スクリーユ回転数	0~25 R.P.M
推 進 力	200t(100t油圧ジャッキ2基)	施工可能延長	60 m
ストローク長	380mm	N値の極限(推定)	30
管 径	φ250~φ600mm	推 進 精 度	上下左右 20mm
管 中 心 高	750mm	方 向 修 正 角 度	3°

図-2.3 先導管および誘導管の方向修正



### 3 S M O L E 工法の実施例

本工法によるこれまでの実施例としては、都内およびその周辺地域において10数件の主として下水道管埋設の実績があるが、それらの中で最近、都下水道技綱埋設現場において極めて厳しい施工条件で一部路線をS M O L E 工法によつて実施し、良好な成績を収めて無事完了したので報告する。

#### 3.1 工事概要

図-3.1に示す下水管路系統図の48、51路線、No.38人孔からNo.4人孔までの管径300mm、区間延長45m、推進長41mとNo.4人孔からNo.5人孔までの管径600mm、区間延長28m、推進長22.8mの2路線がS M O L E 工法によつて実施された。

No.4人孔附近、道路際の国交・重文に指定されている大円寺本堂および五百ら漢などは、建立以来200年を経過したものであつたが、工事による影響は全くなく、また、埋設管に併行していた水道管、ガスパ、電力管などえの支障もなく工事を終ることができた。

#### 3.2 地形および地質

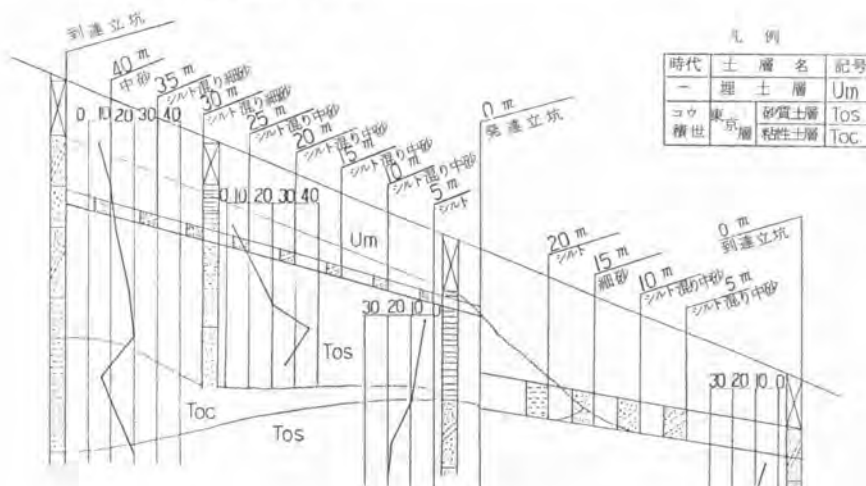
施工区域の地形は、武蔵野面と下末吉面に囲まれたチユウ積台地部で、目黒川に向つて急傾斜面をなし、道路(通称行人坂、幅員6m、勾配10%)面下に埋設する管路勾配は100%となつている。

下末吉面の地質構成は、上部より関東ローム層、東京層であるが、道路面下の地中には前述の各企業管路が埋設されたために、最上部の関東ローム層はほとんど欠落し、埋戻砂層の下に直接東京層(砂質土層と粘性土層の互層)が堆積している。(図-3.2参照)

図-3.1 S M O L E 工法施工区間

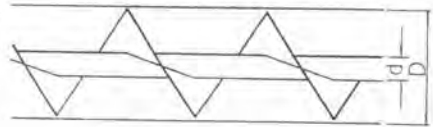


図-3.2 土質断面図



その他、計画管路に支障する各企業埋設物の移設は工事着手前におこなわれたが、なお予期せぬ障害物の有無を確認するために小口径の水平ボーリング探査をおこなつた。

地中障害物のうちでSMOLE機で取込み可能な礫、垂藤などは、理論的には、右図に示すように、スクリーコンベア通過径 $D'$ は、 $D' < \frac{1}{2} \cdot (D - d)$ となる。



### 3.3 施工結果

地下埋設物の状況から、48路線はNo.4入孔を発進立坑として施工した後、逆押しで51路線の施工をおこなった。

掘進圧入による先導管の変位状況は、図-3.3に示すごとくであり、上・下、左・右共に極めて高い施工精度が得られた。

また、推進力、スクリートルクの状況は図-3.4に示すとおりである。

施工期間中の騒音、振動の各測定結果は表-3.1に示してあるが、いずれも、都条例で規制されている基準値以下であり、SMOLE機の騒音の発生源である油圧ユニットは、推進力が80t前後で測点A（油圧ユニットより10m）において最大60ホーンであった。

なお、隣接する大円寺境内の放生池の水位観測もおこなったが、何ら異常は認められなかった。

表-3.1 騒音・振動の測定結果

測点	場所	管径mm	騒音(ホーン)	振動(dB)
A	大円寺境内 (油圧ユニット横10m)	300	58	22
		600	60	23
B	油圧ユニット横3m	300	64	25
		600	73	25
C	先導管真上付近	600	—	35

② 表中の測点位置は図-3.1参照

### 4. おわりに

本施工例は、とくに施工条件で、極めて厳しいものがあつたが、SMOLE工法を採用することによつて当初の目的を達成することができた。その他の実施例においても、在来の小口径管推進工法では施工不可能な土質条件の下で工事がおこなわれ、すべて無事完了している。このように、SMOLE工法は、今や各方面から注目を集めており、小口径管推進工法が、今後幅広い分野で用いられる可能性を示したものと見える。なお、本工法は現在、施工実績を積み上げている段階であるが、SMOLE工法をより良いものとして完成させるように、更に改良を重ねてゆくつもりである。

写真-3.1 誘導管の接続(φ600mm)



図-3.3 計画線に対する方向誤差(φ600mm)

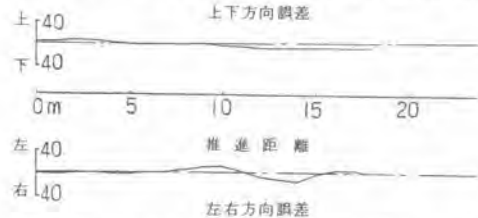
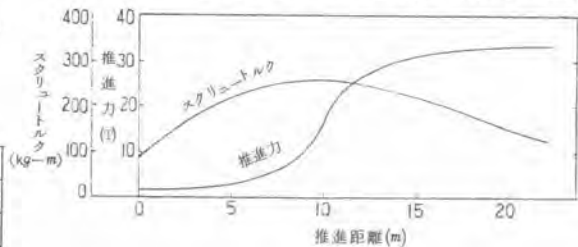


図-3.4 推進距離-トルクおよび推進力(φ600mm)



(kg-m)

## 18. シールド泥水処理装置

近畿工業 山中 義雄

### 1 まえがき

本装置は、泥水加圧シールド工事等における泥水の処理を目的としたシステムである。すなわち、切羽から泥水と共に地上に送り出されてきた掘削土砂を泥水より分離排出する装置と、再び泥水を循環使用するための泥水比重調整装置及び附帯設備より構成されるシステムである。このような装置においては、

- 1 効率良く土砂と泥水を分離する
- 2 分離された土砂を取扱い容易にする
- 3 泥水を再使用に適した性状にする

という機能の他に、掘削現場の環境から

- 4 公害の源とならないこと
- 5 据付面積の小さいこと

等が、装置の備えている条件として掲げられよう。以下に本泥水処理装置の概要について述べ、諸氏の御検討を仰ぐ次第である。

### 2 本装置の構成と機能

#### 2-1 固体分離排出装置

掘削土砂は、排泥水として3段傾斜型脱水器①の中段に投入される。(図1参照)中段網は下段網の保護網としての役割を果たし、粘土塊の網への引っ付きを防ぐために、循環槽③泥水を水洗スプレーしている。中段及び下段網によつて礫と荒砂を除去された排泥水は、循環槽に流入し、ポンプによりサイクロン②に圧入される。約200メッシュ以上の固体はサイクロンで分



写真1

級され、かつ60～70%の濃度に濃縮された状態で脱水篩上段に供給される。上段網では篩機の振動に伴ない固体が凝集し、通常のふるい分けと全く逆の作用によつて脱水排出される。この様子を写真②に示す。

脱水篩は、直線振動を行なう二軸不平衡重錘形振動篩機であり、その特長である強力な振動力によつて脱水を実行する。また使用環境を考慮してギヤレス方式、エリゴによる弾性支持



写真 2

方式を採用し騒音の発生を極力低下している。液体サイクロンの内面は、ウレタンライニングを施しアベックスバルブの調節は軽量交換方式である。

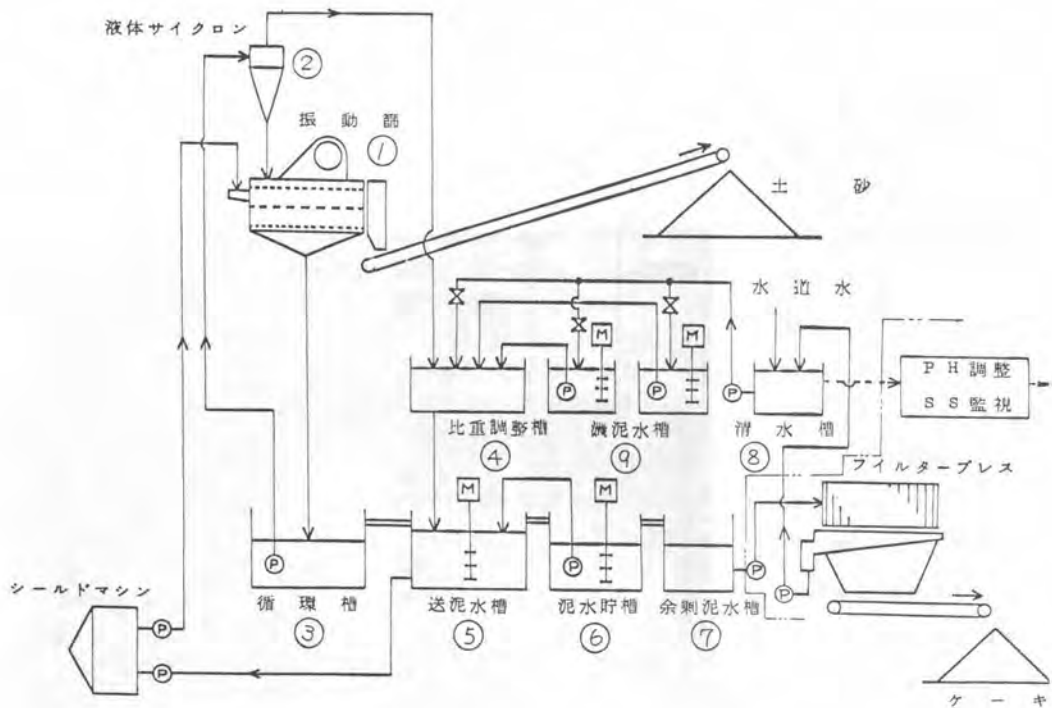


図 - 1 フローシート



## 2-2 泥水比重調整と附帯設備

約-200メッシュ以下のサイクロンオーバーフローは、比重調整槽④に流入し、ここで清水あるいは濃泥水を加えられて比重調整の後、送泥水槽⑤を経て切羽へ送泥される。比重調整は、エアージ方式により液比重を測定し、設定点より高い場合は清水希釈ポンプを作動し、低い場合には濃泥水ポンプを作動する方式であり、自動、手動共に可能である。

循環槽、送泥水槽、泥水貯槽⑥、余剰泥水槽⑦は槽上部を連結されて、水位の安定と余剰泥水の自然な流れを形成している。すなわち、循環槽、送泥水槽どちらかの水位が上昇すれば、一方の槽に流入してその水位を保ち、両槽共高水位になれば、泥水貯槽に溢流するのである。一方泥水貯槽からはポンプに依つて泥水が常時送泥水槽へ返送されており、送泥水槽の水位の低下に対応が計られている。これら3槽共高水位になると泥水貯槽より余剰泥水槽へ溢流が始まり、余剰泥水としてフィルタプレス等の工程を受けることになる。

## 3 掘削土砂の分離回収について

固体分離排出装置においては、最終的にサイクロンによつて分級粒子径が決定されるが、以下の理由によつてサイクロン分級粒子径以下のシルト、粘土も回収される。

- 1 粘土層の場合、掘削泥水が粘土塊として脱水篩の中段及び下段より分離回収される。
- 2 粘土、シルト、砂の混合物の場合、砂が粘土、シルトを伴つて排出される。
- 3 シルト層の場合、砂に近い粒子径のシルト粒子がサイクロンで捕集される。すなわち、サイクロンの50%分離粒子径が約30 $\mu$ mに設定されており、微粒子も捕集される。

これらの理由によつて回収された土砂中には、かなりの量の-200メッシュ粒子も含まれ、その程度は掘削現場の土質に大きく依存する。図-2に分離回収土砂の掘削土砂に対する割合の目安を表わす。横軸は掘削土砂中のシルト、粘土含有率である。

## 4 操業例

本装置の操業例についてその概況を以下に示す。

- 操業仕様
- ・ シールド外径  $D$  : 3,270 mm
  - ・ 掘進速度  $V$  : 0.05 m/min
  - ・ セグメント長  $L_s$  : 900 mm
  - ・ 送泥水量  $Q$  : 1.26 m<sup>3</sup>/min
  - ・ 送泥比重  $G$  : 1.20
  - ・ 処理量 平均8リング/日

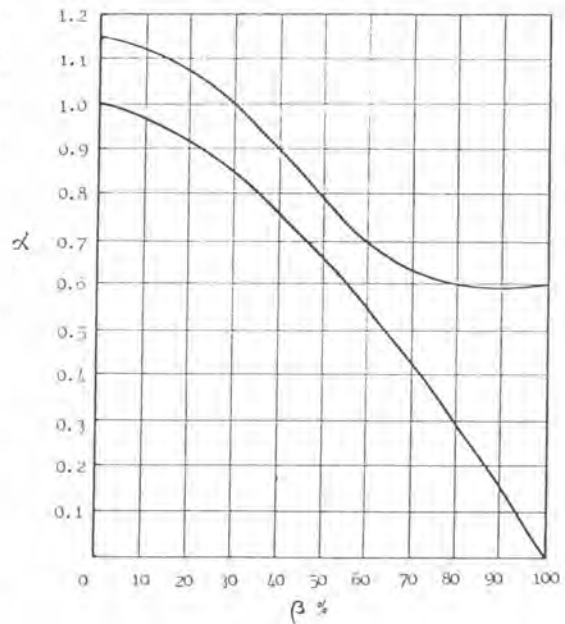


図-2

- ・稼働時間 20時間/日
  - ・処理時間 2時間/リング
  - ・粒子真比重  $\rho = 2.502$
  - ・土砂含水率  $m_0 = 29.3\%$
- 粒度分析
- ・礫分 (2mm以上) 1.9%
  - ・砂分 (2mm~74 $\mu$ m) 78.6%
  - ・シルト分 (74 $\mu$ m~5 $\mu$ m) 15.4%
  - ・粘土分 (5 $\mu$ m以下) 4.0%

以上の仕様のもとに施行計画が成された。計画のバランスシートを図-3に示す。

初期計画で余剰泥水の発生が予測されたが、実操業においては余剰泥水の発生は無く順調な操業が実施され、濃泥水を添加混合して比重調整をする頻度も少なくなつた。これらは、送泥水比重が初期計画よりも小さく(平均値として1.132)、比重調整に使用される濃泥水量が少なく済み、送泥水量とバランスしてきた事、及び初期計画の分離土砂含水率に較べて、実分離土砂の含水率が約4%高かつた事等に起因するのではないかと考えられる。本掘削現場は、南九州のシラス系土質であり、多孔質石質の中に表面水以外の水分が保有され、排出土砂含水率は平均的に31%と高かつたが、タンブによる搬送になんら支障はなかつた。送泥水中の固体の粒度分析の結果は+200メッシュの割合は1.6%であつた。尚、実操業データに基づき土砂排出量(乾量)と掘削土砂量(乾量)を比較すると本掘削現場においては、分離回収土砂の掘削土砂に対する比率はほぼ1となつた。

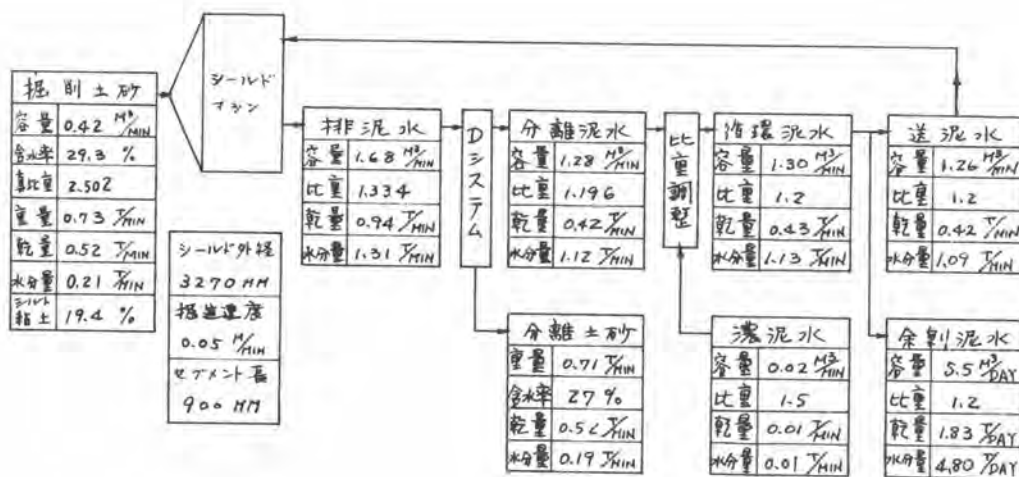


図-3 バランスシート

## 5 おわりに

以上本シールド泥水処理装置の概要について報告したが、各現場に応じて色々な操業上の問題があるものと思われ、従つて各現場に応じた改良も必要とならう。御使用者の皆様との充分な話し合いの中で、更に改良を加えてゆく所存であります。皆様の御教示をお願いする次第であります。

## 19. 都市土木における飛鳥式潜函工法

飛鳥建設 児 玉 透

### 1. まえがき

都市がますます過密化する中で、都市土木工事も、狭い作業用地で、振動・騒音などの公害に対する規制等に制約されながら、交通やガス・水道などの都市機能をそこなわずに施工することが、技術者に課せられた要求である。

これらの諸条件下、地下深く進行しつつある都市土木工事に於いて、最近のシールド工法の立坑築造工事では、路面規制をせずに完全路下での作業が、増加する傾向にある。

当社は、この条件を満足すべく技術開発と安全向上・工期短縮とを総合的に研究し、深度の増加に対応出来る立坑築造工事の一環として開発着手した。完全路下で可能な、飛鳥式潜函工法をここに紹介する次第である。

### 2. 現在迄の実績

#### (1) 東京電力株式会社発注

工事件名と工期 北武蔵野果鴨線管路新設工事第12工区 S50109～S5A1220  
ケーソン規模  $71\text{m} \times 168\text{m} = 1193\text{m}^2$   
深度 GL-321m

#### (2) 東京都下水道局発注

工事件名と工期 環八幹線立坑設置その1工事 S52111～S54215  
ケーソン規模  $108\text{m} \times 213\text{m} = 23004\text{m}^2$   
深度 GL-3825m

以上の2件で施工し、まえがきの通り非常に良好な成績を取ることができたのでここに、開発の理由・利点等を述べる。

### 3. 開発の理由

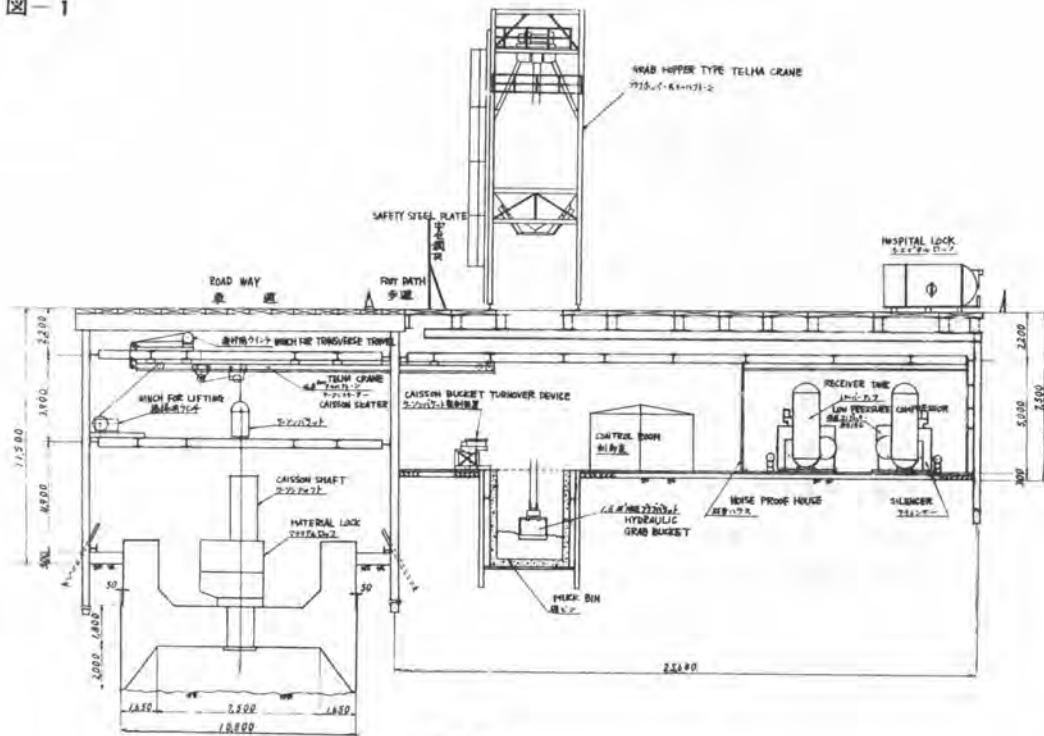
従来都市土木に於けるケーソン工法は、完全路下式という前例が殆ど無く、又ロック自体も路下式としての使用に適したものではない為、改造を考えた。

それ故、完全路下式ロックの開発、研究を始めた訳であるが、その時の主たる条件、問題点について従来法と比較対照し、検討した結果を表-1に示す。

表 - 1

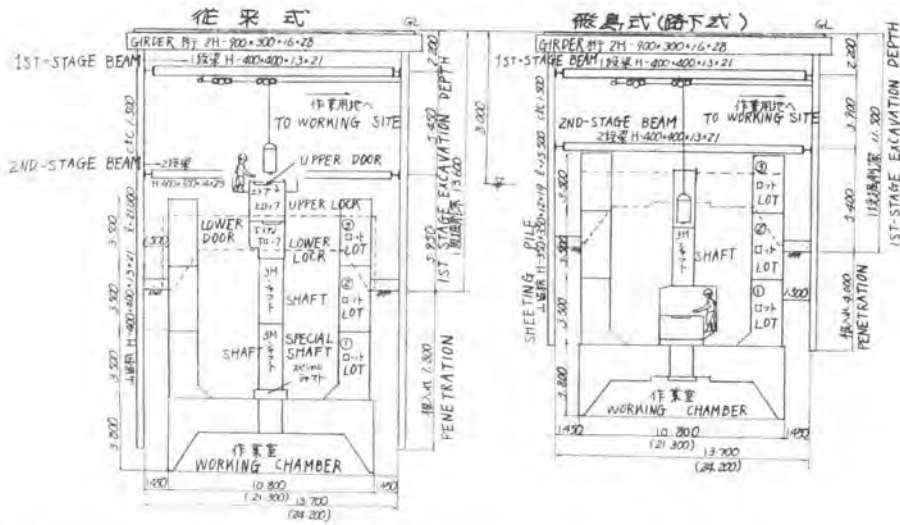
問題点	項目	飛鳥式潜函工法	従来式
(1)立地条件	①材料搬出入	民地内覆工下におろし坑内トローリーに依って水平に運搬する。(図-1参照)	地上より直接投入する。
	②コンクリート打設	民地内覆工上にコンクリートポンプ車を設置し、坑内配管をし打設する。	シュート打設可能である。
	③構築工及び構築解体工	上記のトローリーを走らせ、トローリーを利用してシャフトのつけ外しをしなければならない。但し、ロックのつけ外しはなく、シャフトのみ。	三脚デリック等を使用して地上より出来る。
	④掘出し	車道下より民地の掘ピン内へトローリーを利用して横取りする。	直接ダンプもしくはホッパーへ搬出出来る。
(2)地下水		ロック高が低い為、1段掘削が浅く出卒且つ地下水の影響が従来と比較して受けにくい。(ロック高1.6m程度可能)	半路下式が多い為地下水の影響は殆ど無視出来た。しかし、完全路下とすると、ロック高分だけ、1段掘削が深くなり、必然的に湧水の多い地盤に刃口を掘付けることとなる。
(3)施工上	①仮設の過大化減少 ②近接家屋への井戸枯れ影響	図-2参照の通り 仮設材(杭・切梁等)の断面が従来と比較して小さくなり、なお且つ1段掘削深度も浅くなる。 1段掘削深度が浅くなることにより、井戸水の影響を少なく出来る。	

図 - 1



断面図

図-2 従来ロックと路下式ロックの比較図 No.2 (3ロット沈下)



4. 路下式マテリアルロック (耐圧 4 kg/cm<sup>2</sup>)

従来のロックが高さ約4～4.5mに対し、当ロックは1.6mで圧気状態が作れる。理由は図2のように下ドアを作業室天井に設け、作業室スラブの通行口(φ1.2m)部分を下ロックとして活用した訳である。(図-2参照)

上ドアも従来のヒンジドア方式ではアースバケット吊ワイヤーの偏芯が余儀なくされたが、当ロックのドアは中割れ方式の為、吊芯と同芯に出来た。

従来式と路下式との比較写真 (右側：路下式)



以上のマテリアルロックの開発により、従来のロックを使用する場合と比較して下記の如く、数々利点が挙げられました。

(1) 1段掘削深が浅くなった。(約4～5m)

この為 ① 土留、杭材の断面が小さくなり、施工的・経済的にも満足する結果となった。

② 切梁支保工材も、間隔が小さくなり、従って断面が小さくなった。

③ 刃口据付深さも浅くなり、地下水の影響も減少し、薬液注入を併用して十分に防止出来た。

(2) 機装工が大巾に安全施工となる。

それは、① ロックの取外しの手間が省け、重量物取扱いによる災害発生頻度が減少となる。  
つまり、シャフトの取付けだけの手間だけである。

② シャフトの横揺れが大巾に減少する。

③ ロックの取外しが一回ごと無い為、不等沈下防止用のボットムドアーが不必要となる。

つまり、下ドアーがその役目を兼ねられる。

(3) 掘出し作業中に於ける安全性向上

① ロックが1番下に取付いている為、作業室内の潜函夫に落下する土塊等は、ロックによって遮断される。

② 逆にロックテンダーにはねる恐れが想定される為、カーテンウォールを取付ける。

(4) ロックテンダーの作業性について

① 誤操作範囲が、ロックと作業室との短距離の為、少ない。

② 従来のロック以上に安性設備を万全に整えた。(省略)

## 5 路下式マンロック

マテリアルロック同様に、作業室スラブ上に取付け、シャフトを定していく様にした。ロック自体は、ホスピタルロック同等以上の設備を設け、安全向上を計った。

(1) 入函者は大気下でシャフト内を下降し、加圧后即作業室に入坑出来る。

また、坑内より退避する場合は、即時マンロック内に入函し減圧体制が出来る。

(2) その他 メディカルロック、暖房設備等を設け、環境の向上を計った。

## 6 掘出しに於ける自動化

ロックテンダーを中心とした形で、作業室とロックテンダー間は、ロックテンダーの手動とし、ロックテンダーより地上迄をシーケンスクントローラーの導入により自動化に成功した。

## 7 むすび

現在迄の路下ケーソンは、完全路下での実例も少なく、半路下式が多く、特殊なロックを使用した実績は、当社の北武蔵野管路工事が初めてであります。

我々建設業界も次第に機械化されて来たが、建設公害、省資源、省力化、安全施工の問題から、今後は、一つのロックの考案だけでなく、電化、エレクトロニクス化により、労働集約型産業から知識型産業へと産業構造が求められております。

この課題を次第に発展させるべく努力の一つとして、今回の飛鳥式潜函工法とシーケンサーの組み合わせの成功を、尚一層の能率、安全性の向上を計り、今後の路下式ケーソンに反映したいと考えております。

## 20. 鋼管矢板井筒用防音カバーの開発と その施工例について

川崎製鉄 佐野 忠行  
白神 義則  
古閑 桂吾

### 1. まえがき

近時ディーゼルハンマーによる鋼管杭や鋼管矢板の打設に伴う騒音、振動が建設公害の一つとして大きくクローズアップされている。特に騒音に対する苦情が圧倒的に多く都市部はもちろん地方においてもその施工に著しい制約を受けている。

橋梁の新しい基礎工法として注目されている鋼管矢板井筒工法は一般に水上で施工されることが多く、その施工場所がある程度民家から離れており直接騒音規制法の指定区域の適用は受けないが、大口径鋼管矢板を大型ハンマーで支持層深くまで連続打設するためその発生騒音は大きく、付近住民を刺激するケースが増えている。ディーゼルハンマー用の防音カバーとしてはすでに鋼管杭協会においてきわめて有効な全体カバー方式の防音カバーの開発に成功し、現在数種の協会型（J A S P P 型）防音カバーが実用に供せられているが、陸上での単杭施工を対象としているため鋼管矢板井筒工法のような連続した鋼管矢板の水上施工に使用することは施工性および経済性の面から困難である。

今回われわれが開発した防音カバー「K-2」型は鋼管矢板井筒工法の施工条件を十分に考慮し、同工法への適用を可能にした騒音低減対策工法である。本稿では「K-2」型の構造概要、特徴およびその施工例について紹介する。

### 2. 「K-2」型の構造概要および特徴

#### 2・1 構造設計の基本目標

現在一般に使用されているJ A S P P型防音カバーを鋼管矢板井筒の水上施工に用いる場合、次の諸点で実用が困難と考えられる。

- 1) カバー重量、カバー寸法が大きいためカバーを装備した杭打機の安定が悪く、装着可能なハンマーおよび施工可能な杭径が限定される。
- 2) カバーの開閉機構が観音開き方式でありカバー開閉のため広い作業スペースが必要となる。したがって杭間隔が近接している鋼管矢板の打設には不適當である。また隣接矢板が高止りした場合にはカバーの開閉が不可能となり施工できない。
- 3) カバーが開閉可能な2枚の扉で構成されているため開扉時に強風を受けるとカバー扉が変形しやすく、扉の合わせ部に空隙を生じ漏音する可能性がある。
- 4) 陸上施工の場合20dB(A)以上の優れた遮音性能を有するが、水上に設置された棧台上での施工の場合棧台面以下の漏音対策が困難なため防音効果の低下が予想される。

防音カバー「K-2」型は上記の問題点を解決することを基本目標とし、カバーの軽量化、作業性の向上、施工管理が容易で安全であること、10dB(A)以上の防音効果が得られることなどを構造および防音設計の重点項目とした。



## 2・2 構造概要

「K-2」型はクローラ型3点支持杭打機に装着されるもので図-1に示すように、カバー本体はディーゼルハンマー部を囲みその打撃音、排気音を遮音するハンマー部カバーと、杭体部を囲みその振動音、共鳴音を遮音する杭体部カバーにより構成されている。各カバーの構造、機能の概要は次の通りである。

### 1) ハンマー部カバー

カバー形状は円筒形で骨組構造にはアルミ材を多用し軽量化を図っている。壁体構造は図-2に示す通りである。カバーはリーダー上部からワイヤーにより3点で吊下げられ、リーダーに取付けられたウイングカバーのガイドに沿って昇降自由である。カバー内部の換気はカバー上端に取付けられた排風機により強制換気される。ハンマー部カバーにはハンマー位置確認装置、カバー内部点検窓、温度測定器および消火用設備などの安全管理装置が装備されている。



図-2 カバー壁体部の構成

### 2) 杭体部カバー

伸縮可能なジャバラ式で昇降板、ジャバラ式防音シートおよび収納箱で構成されている。ジャバラは音の透過損失の大きい特殊繊維で作られている。昇降板はハンマー部カバーと杭体部カバーをセットするときのジャバラの吊上げ部材であり昇降板を介して両者は一体となる。ジャバラはハンマー部カバーの下降とともに縮小し打込終了後は収納箱に折りたたんで収納され容易に杭打機から分離できる。

## 2・3 工法の特徴

「K-2」型の主な特徴は次の通りである。表-1に「K-2」型の主要性能を示す。

- 1) カバーの軽量化、分割化を図っているため大口徑鋼管矢板の打設が可能である。
- 2) スライド方式なのでカバーの開閉スペースがいらすきわめてコンパクトで、杭間隔の近接している鋼管矢板の打設が可能である。
- 3) ハンマー部カバーは円筒形の一体構造で風圧に強い。
- 4) カバーの組立、解体が容易である。
- 5) 各種の施工および安全管理装置を装備している。

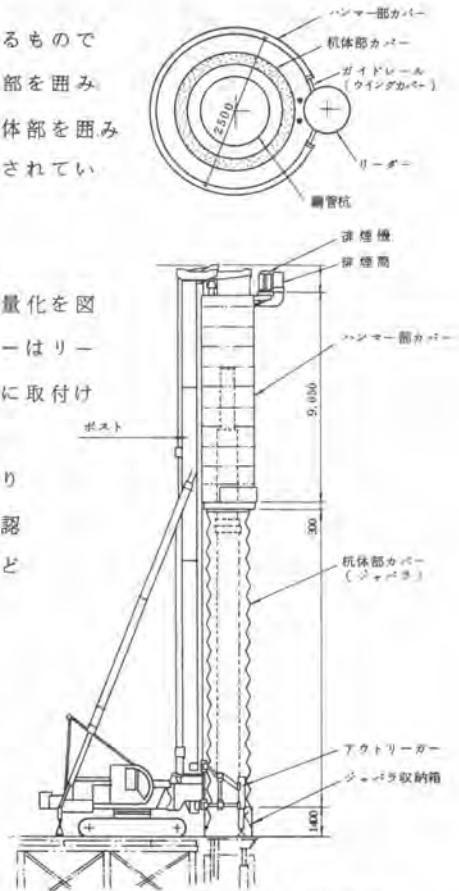


図-1 「K-2」型全体図

装着杭打機	日車D-408S
装着可能ハンマー	最大D80クラス
カバー重量	約9.5t
カバー寸法	図-1
減音効果	約15dB(A)
適用杭径、杭長	最大1,200A, 最大15m
作業条件	1.5m/sec以下

表-1 主要性能

### 3. 騒音測定試験とその結果

「K-2」型の防音効果を調査するために実際の杭打作業と同じ条件下で試験施工を行ない騒音測定を実施した。測定要領および測定結果の概要は次の通りである。

- 1) 測定場所 川鉄倉庫(株)大阪南港サービスセンター敷地内
- 2) 測定年月日 昭和51年11月18日
- 3) 測定条件
  - イ) カバー全開
  - ロ) カバー全閉
  - ハ) 杭体部カバーのみ開
- 4) 測定機器 指示騒音計, 精密騒音計
- 5) 施工条件
  - ハンマー MB-70
  - 試験杭  $\phi 1,117.6$  mm

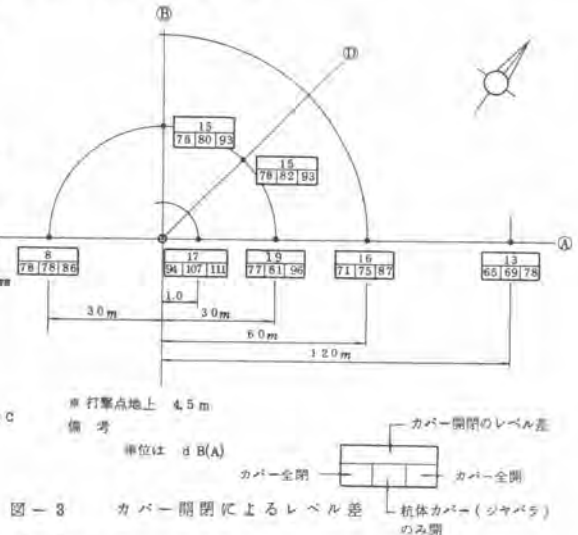


図-3 カバー開閉によるレベル差

#### 6) 騒音結果と考察

- 天候 晴のち曇
- 風向, 風速 N~NW 2~7 m/sec
- 気温 14~18℃
- 湿度 43~65%

暗騒音 ④-30m地点 58dB(A)

騒音測定結果を図-3, 図-4に示す。

図-3より、カバーの全開、全閉による騒音差は、8~19dB(A)あり、平均でも約15dB(A)の減音効果を示している。

図-4より、カバーの全開、全閉によるレベル差は低音域では5~6dB、中音域では10~12dB、高音域では20~30dB低下しており、高音域での減音量が卓越していることを示している。

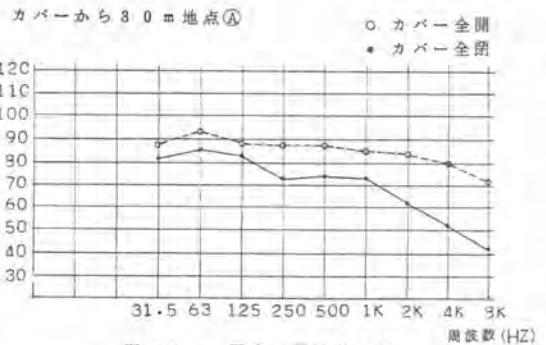


図-4 騒音の周波数分析

### 4. 施工例

「K-2」型は昭和51年に開発されて以来、昭和52年の西宮大橋下部工事を初めとし、大和川第1工区下部工事および大和川第2工区下部工事に採用されるなど、鋼管矢板井筒用防音カバーとして着実に使用実績を増しつつある。

ここでは「K-2」型の施工例として大和川第1工区下部工事の施工概要について紹介する。

#### 4.1 工事概要

大和川橋梁は中央支間355mの長大斜長橋で、その下部工には井筒外径30m、深さ63.3mという超大型鋼管矢板井筒基礎が採用されている。当現場では杭打設地点より約150m~300mの間に小学校、中学校などの公共建物、市営住宅、公団住宅などの住居地域があり、河川工事とはいいながら騒音公害の発生が十分予想されたため、本工事に先立ち試験施工が実施された。

a) 工事内容

工事名 大和川第1工区下部工杭打工事

施工者 清水建設・株木建設共同企業体

(杭打施工-川崎製鉄)

使用杭 鋼管矢板  $\phi 1000 \times A \times 63.3 \text{ m}$  113セット

鋼管杭 "  $\times$  " 28セット

工期 昭和53年5月15日～昭和54年1月20日

b) 使用機械

杭打機 日車 D-408S, 住重 LS118RH

防音カバー 川鉄 「K-2」型-2台

ハンマー 神鋼 K-80, 三菱 MB-70

4.2 試験施工

防音カバー「K-2」型を用いて井筒内部の鋼管杭の試験打ちを行なった。騒音測定結果の一例を図-5に示す。

カバー無しの場合は気象条件、施工条件等を異にする他工事での測定値であるため具体的数値での比較はできないが、あきらかに防音カバーの効果が認められる。また、音源の高低により音源の高い所では騒音レベルは高く音源が低くなると騒音レベルも低下する傾向がみられる。

4.3 本工事の施工

試験施工の結果、本工事には「K-2」型が低騒音工法として採用されることになった。本杭の打設は河川内に設置された栈台上で2台の防音杭打機により行なわれた。栈台面から下の漏音対策としては栈台を利用して防音シートを吊下げ井筒全体を遮へいた。写真-1に施工状況



写真-1 施工状況

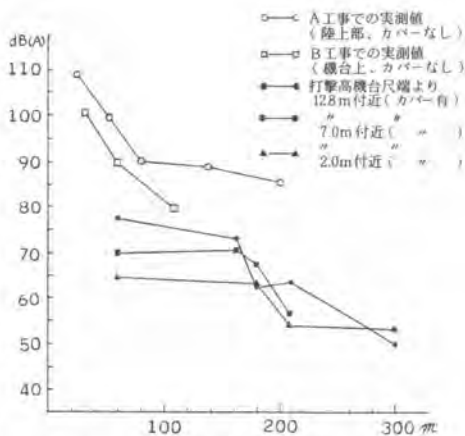


図-5 カバーの有無による騒音レベル差

を示す。工事期間251日のうち、防音カバー2台の供用日数は275日、運転日数は202日であった。防音カバーを使用した場合杭の鉛直度や杭頭の座屈、ハンマーの落下状態が裸打ちのように目視管理できないこと、長時間連続打設するとハンマーが過熱し効率が低下するとともに火災発生の危険を伴うことなどの諸問題に対し、「K-2」型は施工および安全管理面で種々の対策を調整しているが、更に万全を期すためハンマーの打撃回数、杭の貫入量、カバー内温度等の管理目標を設定し厳しい施工管理を実施した。

5. あとがき

当カバーは低騒音工法としてわが国で初めて鋼管矢板井筒の水上施工への適用を可能にしたものであるが、開発されて日も浅く今後さらに防音性能の向上、施工管理装置の開発・改良、井筒内部共鳴音対策など新たな創意工夫により本工法が一日も早く確立されることを期待するものである。

## 21. 建設騒音及び振動の防止並びに排除に関する 試験調査 超高周波振動くい打機による鋼矢板打込み試験

建設省土木研究所 北川原徹原 誠  
樋野親俊

### 1. まえがき

建設工事騒音、振動に対する苦情の大半は、基礎工事用機械が原因となって発生しており、騒音規制法、振動規制法でも、これらの機械を使用して行う建設作業が規制の主な対象とされている。

このような背景もあり、基礎、土留工法については、騒音、振動対策工法、機械と称されるものが既に数十種類以上も開発されており、今日の市街地における基礎、土留工事は、これらの対策工法、機械に頼って施工されていると言っても過言ではない。

しかし、現在の対策工法、機械のほとんどは従来のものに比して、かなり施工性が劣り、また、施工費用のかさむものであり、今後、更に技術開発や改良を行う必要がある。

建設省では、この中で最も早期に開発が望まれているもののひとつとされている、仮設用鋼矢板の打込み、引き抜き機械について調査、試験を行っており、昭和55年度はアクチュエータに切換バルブと制御機構を内蔵した油圧式超高周波振動くい打機を試作し、以下のような各種試験を行っている。

### 2. 試験目的

振動バイルドライバによるくい打ち工法は比較的、低騒音で施工能率が良いこと等の理由により鋼矢板の打込みに多く使用されてきたが、最近では、振動公害防止の観点から市街地での使用は、大幅に制限されている。

本試験は任意の周波数、起振力、振幅が得られる油圧式の振動くい打機を試作し、鋼矢板に与える振動波形と矢板の打込み、引き抜き能力、周辺地盤への振動伝搬、減衰特性さらにはくい打機の耐久性等の検討を行い、超高周波振動くい打機の開発の可能性をあきらかにすることを目的とするものである。

### 3. 試験方法

試験に使用した油圧式超高周波振動くい打機の外観を図-1、仕様を表-1に示す。くい打機の起振方式はアクチュエータに切換バルブと制御機構を内蔵したバイブシル方式を採用している。この機構は図-2に示すようにバイブシルの主要部は、回転型切換弁と油圧シリンダとからなっており、TコPを油圧ホースを介して油圧ユニットに接続し、切換弁を油圧モータで回転させることにより、交差油圧を発生し、ピストンが振動する。本機により、ピストンが振動しながらドリフトした場合は、



写真-1 鋼矢板打込み試験



#### 4. 試験結果

鋼矢板の振動打込みに必要な最少振動量は、地盤の弾性圧縮量より大きくなければならず、この値は砂で約5mm、粘土で約5mm程度(N値15の場合)とされている。油圧式の起振機が一般に流量の関係で周波数が高くなるほど振動が小さくなる。このため、本試作機は周波数を矢板の共振周波数まで高めることにより、矢板の共振効果を利用して振動の減少を補うものである。試験においてこの現象を調べた結果は図-5に示すとおり、加速度は先端で2~3倍程度の増加が見られた。

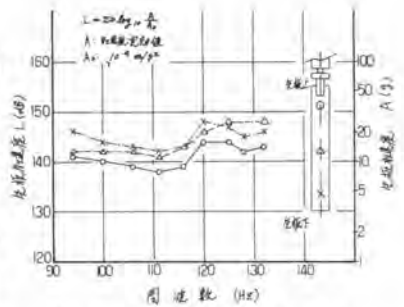


図-5 周波数と矢板加速度

次に、単振打ちにおける周波数別の打込み深さと地盤振動の関係を図-6、7に示す。地盤振動は打込み深さが深くなるほど増加する傾向を示している。これは振動が発生する部分が長くなるためと考えられる。周波数120 Hzの場合、振動は15m地点から急激に低下し、20、30mでは振動が感じられない値までに低下しており、中層地においても、いわゆる無振動型として十分施工できることを考えられる。

図-8に各周波数ごとの地盤振動の距離減衰効果を示す。実線は7.5mを基準にした実測による振動

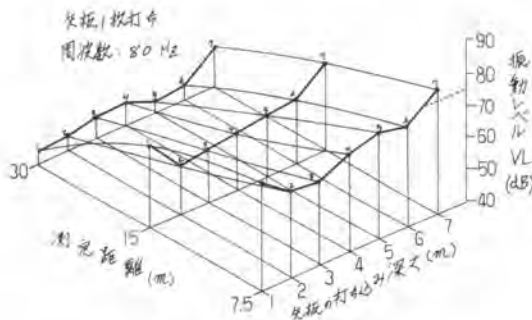


図-6 矢板の打ち込み深さと地盤振動

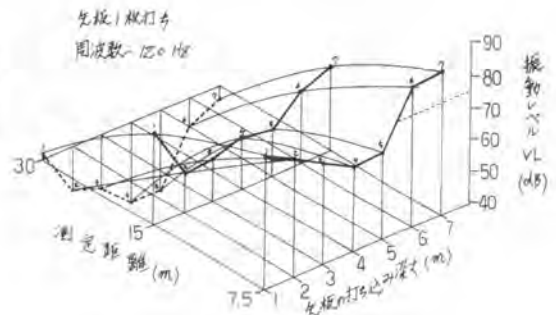


図-7 矢板の打ち込み深さと地盤振動

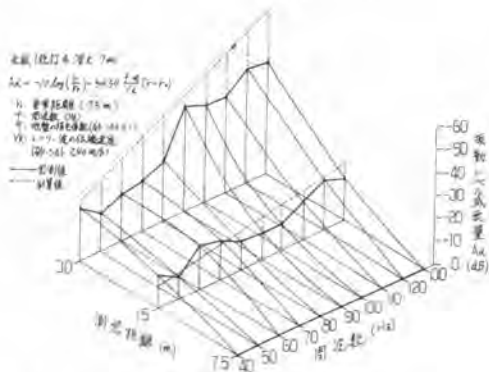


図-8 地盤振動の距離減衰効果

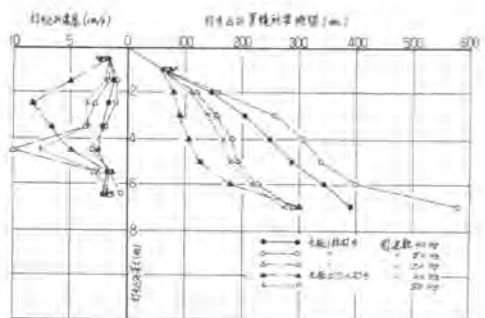


図-9 周波数と矢板打ち込み時性



レベル減衰量、点線は振動の伝搬をレーリー波で仮定した場合の計算値である。

施工能率に大きく影響をおよぼす矢板の打込み特性を図-9に示す。この結果と前年度に行なった従来の振動パイルドライバによる試験結果は、ほぼ同じと思われる。能力的にもそれほど問題がないと考えられる。また、セクション打ちの方が単独打ちより、打込特性や地盤振動に関しよい結果を得ている。これはセクション打ちが試験機の自重を全部矢板にのけることができ、また、矢板の横バラが少ないためと考えられる。

次に、矢板の打込み時の騒音は打込み深さや周波数によってそれほど変化がみられなかった。これは起振機部をカウンタウエイトで被った防音構造となっていることや矢板の共振効果がそれほど大きくないので矢板から発生する騒音レベル自体が小さいためと考えられる。騒音の発生場所は主に油圧キック部のがたつき音と考えられる。

次に、参考資料として建設省

の総プロで開発を進めている鋼管杭打込み用の超高周波振動くい打機(起振力50t)による鋼管杭(φ=406mm, l=30m)の打込特性を図-10に示す。この杭の打込みにおいては、今後、載荷試験を行いどのような支持力機構となっているか調べなければならないが、かなり深い支持層まで、速く速度で打込めること、確認されている。

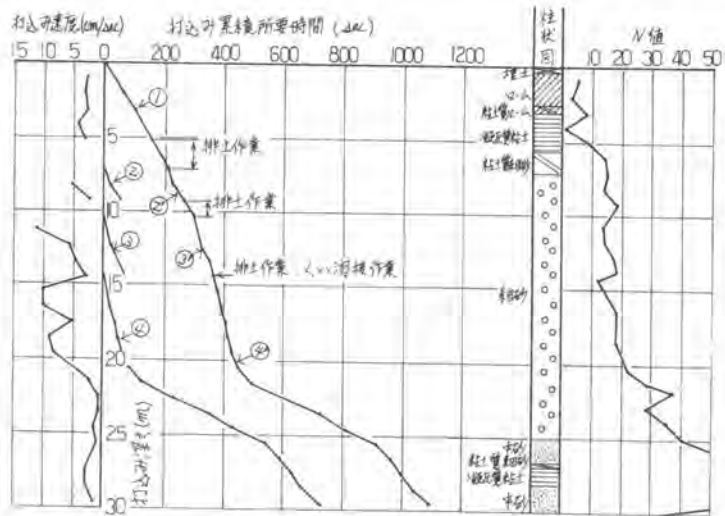


図-10 鋼管杭打込み特性

### 5. あとがき

昭和53年度までに各種の調査、試験を行った結果、油圧式の超高周波振動くい打機は、従来の振動パイルドライバに比較して打込力は大きく、しかも地盤振動の対策効果は顕著なものであることまでは確認された。

しかし、今後、実用化を図るためには、機械の耐久性を高めること、確実に振動を矢板に伝達するキックを開発すること及びクレーン等の油圧系を併用可能とするため起振機の効力効率を高めること等の各種の課題が残されている。

これらは、騒音対策方法と併せて、今後、早急に解決し、一日も早く、使用機を完成させたいと考えている。



## 22. O J P 工法（拡底ぐい工法）

大林組 沼 本 要 七

### 1 まえがき

近年、沖積層の厚い場所での構造物の大型化に伴って、基礎構造、特に場所打ちぐいはより大きい支持力を持つものが要求されるようになってきた。これに応じて開発され、また近年の省資源、省廃棄物の時代の要請にも応える「拡底ぐい工法」は、今後ますます需要を増す工法として注目されている。

いっぽう、又ぐいの大型化に伴って材料も高強度化しいわゆる1柱1本という形で用いられるケースが多いため不完全なものは全く許されなくなっており、従ってできうる限り精度の高い信頼性の高い工法で施工される必要があるといえる。

### 2 工法の概要

O J P 工法（OH BAYASHI JUMBO PILE）は、筒身部をベント掘削機によって削孔し、先端部を筒身部の径の1.5倍から2倍に拡大した支持力の大きい場所打ちコンクリートぐいを施工するものであり、その工法順序と特長は次の通りである。

#### (1) O J P 工法の施工順序概要

- ① 筒身部をベント掘削機によって、孔壁を安定させながら支持地盤まで掘削する。
- ② 設計上要求される強度をもつ支持層に到達したことを目視確認する。
- ③ 削孔した孔中にポリマーまたはベントナイト泥水をみだし、拡底部分のケーシングのみを引き抜く。
- ④ 拡底専用機をセットし拡底ビットをロータリー駆動装置で駆動させ、泥水工法によって孔壁の崩壊を防止しつつ切削拡底する。
- ⑤ 切削した土砂は泥水と共に駆動軸兼用のパイプ中を通してエアリフト工法で吸い出す。
- ⑥ 拡底作業完了後、ビットを空転させながらスライム除去を行なう。
- ⑦ 超音波測定装置で拡底部の形状を測定、確認する。
- ⑧ 鉄筋かごを入れ、トレミー管でコンクリートを打設しながらケーシングを引き抜く。

次頁の図-1は、O J P 工法の施工順序と機械使用状況を示したものである。

#### (2) O J P 工法の特長

O J P 工法は拡底ぐい一般のもつ、支持力の大きさ（同径のぐいの2～3倍）や、掘削土量・コンクリート量・排土量などの省資材が可能となる、などの特長を有しているが、O J P 個有の特長としては筒身部がベントのケーシングで保護されたドライ掘削であるので次のようなものがある。

- ① 孔壁が安定しており、掘削精度も向上する。
- ② 支持地盤までドライな状態で掘削できるので、支持地盤に到達したことを目視確認できる。

- ③ 施工中周囲の地盤の移動変形を防ぐことができる。
- ④ スライム量が少ない。
- ⑤ 泥水処理量が少ない。

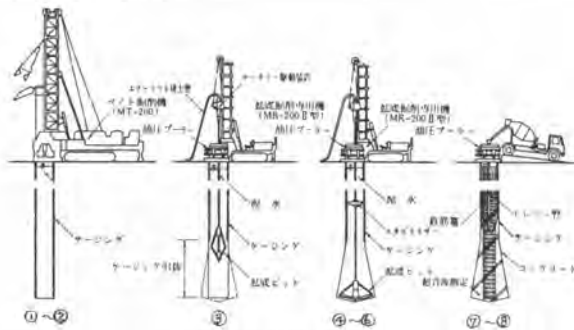


図-1 OJPの施工順序

### 3 OJP工法の機械装置

- (1) **ベントマシン本体** オールケーシング掘削および先端掘削に市販の大型ベントマシンに若干の改造を加えたものを使用する。
- (2) **拡底掘削機** ベント掘削機に改造し、拡底装置のアタッチメントを取りつけ、一貫して拡底掘削を行なうものと、これとは別のタイプの拡底掘削だけを行なう専用機がある。これはアタッチメントの着脱による時間のロスをなくし、スベアのケーシングを用意すれば、ベント掘削と拡底掘削さらにコンクリート打設が並行作業となり工期の短縮をはかる目的で実用化されたものである。
- (3) **拡底ビット** 先端を拡底するビットは、かさのように除々に開きながら回転するもので、ビットの開閉は油圧駆動によっている。ビットに回転駆動を加えるロッドは地上のベースマシンに取り付けられたロータリー駆動装置によって回転される。このロッドは、掘削土砂をエアリフトによるリバースサーキュレーション工程で、地上に排出するための吸い上げパイプの役目も兼ねている。
- (4) **自動制御装置** 拡底部分を所定の円錐形とするため、ビットの開き角度とビットの掘進の関係は自動装置によって正確に保たれる。この機構は手動に切り換えることも可能である。
- (5) **超音波測定装置** 超音波の発信装置を掘削孔の中央（ポリマーおよびベントナイト泥水中）に吊りおろし、孔壁面における超音波の反射を利用して孔壁の掘削状況、崩壊状況を測定し、地上にある自動記録装置で読みとる。

OJP工法に使用する機械装置としては以上のような構成となっているが、図-2～図-4に詳細を示す。

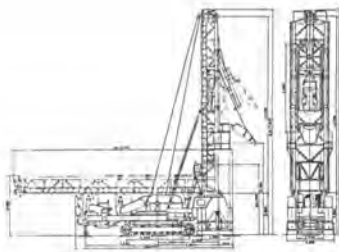


図-2 ベノ穿孔機三菱MT-1型

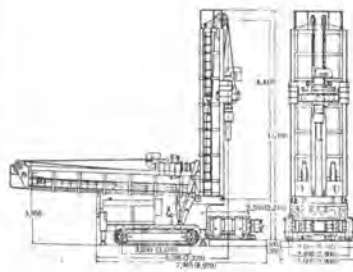


図-3 拡張機特殊用機

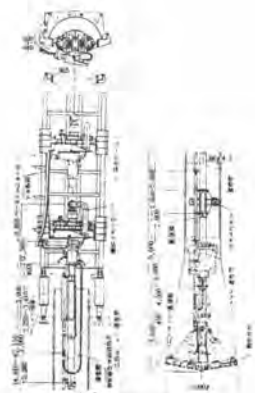


図-4 拡張機特殊機

#### 4 OJPの一般認可条件

OJP工法については、建築基準法第38条にもとづき審議された結果、昭和46年8月に評定を受けたが、その際の一般認可条件は次のとおりである。

1) 本工法によって造成された大口径くい(ピア)の許容耐力の最大値は、拡底部の最大断面積に対して長期 $250 \text{ t/m}^2$ 、短期 $500 \text{ t/m}^2$ とする。

ただしこの最大値は、標準貫入試験の打撃回数が $N=50$ 以上の東京礫層にくい底面を設置した場合のものであり、これと同等以上の耐力を有する地盤に対してのみ採用することができる。

また許容耐力は上部構造および地盤条件に応じた支持力、沈下量の検討を行なった上で決定するものとする。

2) 工事の実績を積み、施工制度が向上し、資料がととのうまでは、拡底部最大面積の算定に当っては、公称径 $3.0 \text{ m}$ に対して $2.80 \text{ m}$ を、公称径 $4.0 \text{ m}$ に対して $3.80 \text{ m}$ を有効径として採用する。

3) コンクリートの設計基準強度 $F_c$ は $240 \text{ kg/cm}^2$ 以上とし、許容圧縮応力度は設計基準強度の $\frac{1}{4}$ 以下、かつ $80 \text{ kg/cm}^2$ 以下とする。

#### 5 ケーシング径と拡底部径の組み合わせ

図-5に基本的組み合わせを示しているが、次頁の実施例、実績表にみるとおり多様な形への対応が可能となってきた。



図-5 形状の基本的組み合わせ

## 6 大阪駅前第4棟ビルにおけるOJPの実施例

### (1) 工事の概要

構造規模	B4F, 25F, PH2F
建築面積	6,634.34㎡
延床面積	9,879.835㎡
くい工事	拡底くい総本数 166本
工期	昭和54年3月～54年8月

### (2) 採用の経過

OJP工法の特長の所で記した、くいの信頼性の高さ、特に③の点に着目され、採用された。

### (3) 拡底くいの形状と種類

当ビルの場合、逆打工法の採用による上部構真柱支持の関係と、くいの水平抵抗力をもたせる必要があることから図-6のような多種類の形状となったが、ビットの改造を行なうことにより解決した。

### (4) 施工精度

拡底部どおしのクリアランスおよび、外周山留壁と拡底部のクリアランスがそれぞれ300mm、150mmという厳しい掘削条件を克服した。

### (5) 施工体制

開発以来14件の実績を生かし、経験者によって施工体制を組織し、くい工事の細部から施工システム全般にいたるまでの詳細な管理テーブルにもとづいて、めん密な品質管理、施工管理を行なった。

## 7 OJP工法の実績

表-1はOJP工法が開発されてから現在にいたる迄の施工実績をまとめたものである。

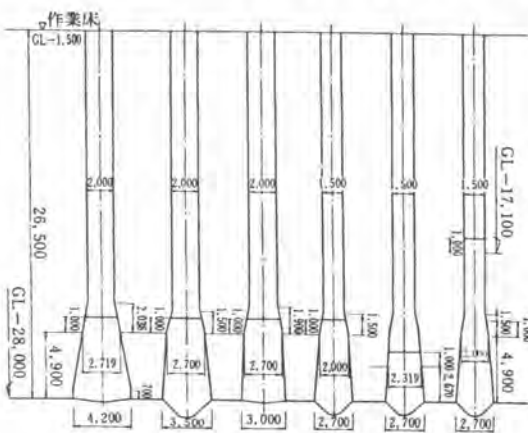


図-6 拡底くい形状図

表-1 OJP工事実績一覧表

No.	工事名称	場所	設計	工期	拡底部径mm	掘削深m	本数	先端許容耐力(抜動)
1.	主崎の島 第二ビル	東京	足田設計事務所 平沢建築設計事務所	45.12-46.2	1,500 3,000	31.2	20 15	250 t/m <sup>2</sup>
2.	三和東京ビル	東京	日建設計	46.9-48.10	1,500 3,000	28.0	40	250 t/m <sup>2</sup>
3.	興銀本店ビル	東京	村野高建築事務所	46.9-48.10				
4.	商業資料ビル	東京	日本設計事務所	47.6-47.8	1,500 2,000 3,500	34.0	45	200 t/m <sup>2</sup>
5.	日本JIMビル	大阪	戸部建築設計事務所	47.12-48.1	2,000 3,000	33.0	28	1,494 t/本
6.	日生館本ビル	熊本	大林組	47.12-48.2	1,500 3,000	21.0 29.0	26	1,300 t/本
7.	住友3Mビル	東京	日建設計	48.1-48.2	1,500 2,000	26.0	20	1,000 t/本
8.	丸の内ビル	東京	大林組	48.4-48.6	1,500 3,000	36.0	24	250 t/m <sup>2</sup>
9.	宝町ビル	東京	安井建築設計事務所	48.6-48.7	1,500 2,000 3,000	22.0	15	250 t/m <sup>2</sup>
10.	尼崎市総合文化センター	尼崎	山下考即設計事務所	48.8-48.9	1,500 3,000	37.5	18	1,280 t/本
11.	帯人肥後橋ビル	大阪	帯人建築組	50.10-50.12	2,000 3,000	28.9	28	1,383 t/本
12.	サンマン 東京ビル	東京	日建設計	50.11-50.12	1,500 2,000 2,800	20.0	11 6	250 t/m <sup>2</sup>
13.	東洋紡ビル	大阪	大林組	53.7-58.8	2,000 2,000 4,200	33.6	20 24	250 t/m <sup>2</sup>
14.	石鉄サンパビル	大阪	安井建築設計事務所	53.12-54.2	1,500 2,000 3,000	32.0	12 8	250 t/m <sup>2</sup>
15.	大阪駅前第4棟	大阪	村野高建築事務所	54.3-54.8	1,500 2,000 2,000 3,500 4,200	28.0	106	250 t/m <sup>2</sup>

## 23. 遊星駆動型拡底掘削機と支持方式によるオープンケーソン工法

建設省土木研究所 千田 昌平 村尾 好昭  
岩瀬 真二

まえがき

これまで国内外を問わず長大橋の大型基礎の多くにケーソン工法が採用されているが、50mを越すような支持層の深い地盤に大型の基礎を構築するのに、在来工法のまま適用することは困難な場合が多い。一般にニューマチックケーソン工法は作業員の作業可能限界気圧から約40mが限度と言われている。一方、オープンケーソン工法は深さとともに増大する壁面摩擦力及び施工の確実性に問題が残る。

そこで、在来工法に比べより安全で確実かつ経済的な工法開発を目的として、ケーソン支持装置とケーソン内掘削専用の遊星駆動型拡底掘削機によるオープンケーソン工法を提案し、掘削機の試作及びそれによるケーソン沈設実験を行なった。



写真-1  $\phi 3.5$  m型掘削機

### 1 掘削機の構成及び作動原理

掘削機はリバース機のアタッチメントとしてドリルパイプに取付けられ、図-1に示すような遊星掘削機構になっている。作動原理は次のとおりである。

- (1) まず、在来のリバース機のロータリテーブルによりドリルパイプに回転を与える。
- (2) ドリルパイプに直結している太陽輪とセンタービットはドリルパイプと同一回転をする。
- (3) 産業機械用の高圧タイヤで構成している3組の遊星輪は、ケーソンに回転方向が拘束されている固定輪の内側を自転しながら公転し、この遊星輪と同軸に取付けられている遊星ビットも共に自転公転する。
- (4) 遊星アームは遊星輪の公転と同一回転速度に減速されて回転する。
- (5) 遊星アームには拡底カッターが取付けられて

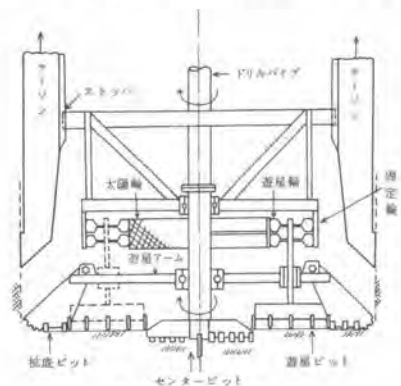


図-1 掘削機の構造

表-1 各ビットの負荷分布

項 目	センタービット	遊星ビット	拡底ビット	備 考
(1)公転1回当り 回転数 (rev)	2.6	4.4 (自転)	1	
(2)単位時間当り ビット荷重 (kg/cm)	$3.4 \times 10^3$ W	$6.3 \times 10^3$ W	$6.3 \times 10^3$ W	※:全ビット 荷重 (kg)
(3)単位トルク (kg-m)	$0.30 \alpha W^{1.5}$	$0.35 \alpha W^{1.5}$	$3.46 \alpha W^{1.5}$	$\alpha: 0.05 \sim 0.10$
(4)公転1回当り 掘削エネルギー (kg-m)	$4.8 \alpha W^{1.5}$	$9.8 \alpha W^{1.5}$	$21.7 \alpha W^{1.5}$	全機 $36.3 \alpha W^{1.5}$

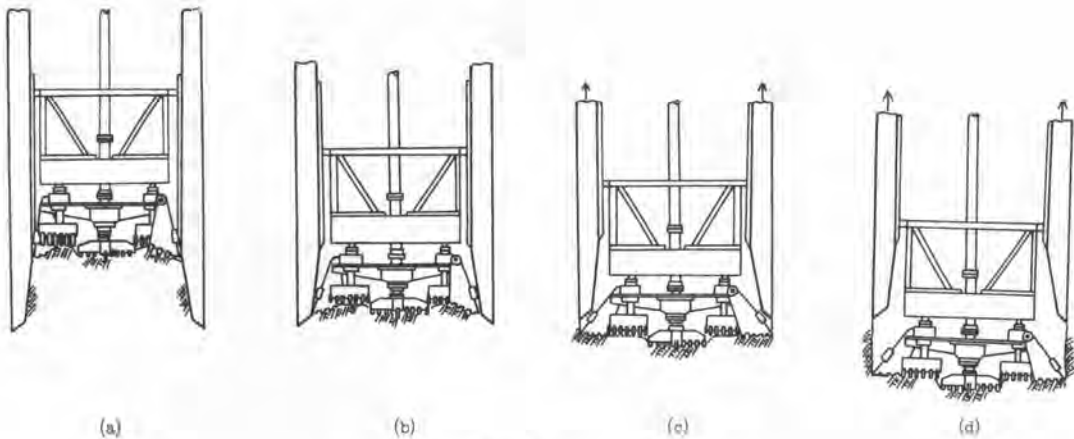


図-2 掘削順序

おり、ケーソン刃先下に達したときにイコライザ付のバネによって開くようになっている。

(6) また、遊星アームには、集土板が取付けられており、遊星アームの回転により掘削土砂がピット中央のずり吸込み口付近にかき寄せられるようになっている。

(7) 掘削土砂はリパース機同様に泥水逆循環方式により排出される。

本工法の一つの特徴は、拡底カッタでケーソン刃先下を掘削している間はケーソンが自然沈下しないように、上部の支持装置によりケーソンを保持するところにある。

すなわち、ケーソンは刃先金物から連結されるPC鋼棒によってケーソンを木口から吊り金具によって横フレームを介して保持した状態で掘削を行う。ケーソンのかさ上げ時には掘削機をケーソン内部に引き上げたのち、ケーソンを着地させて木口の吊り装置を開放し、その上に構築する。PC鋼棒はケーソンのかさ上げ毎に継ぎ足され、全体の張力が、完成時のケーソンの重量を十分支持できる容量のものにする。

施工順序を図-2によって述べる。

掘削地盤が軟かいとき、掘削開始時には図-2(a)のようにケーソンが地山にめり込んだ状態になる。この状態からでもケーソン上部を保持し、掘削機に回転を与えると拡底カッタはケーソン壁に拘束されて閉じた状態で内部を掘削し、同図(b)の状態から(c)、(d)と進む。地盤が硬い場合には(b)の状態から掘削が始まることになる。ケーソンの沈設方法には二つの方法が考えられる。すなわち、図-2(d)のように一定ストロークを掘削したのち、ケーソンを所定量下げるもの、及びロータリテーブルをケーソン上に設置し、同図(d)の相対位置を保持しながらケーソンを下げながら掘削する方法である。前者において、一定ストローク掘削後のケーソンの沈下は同図(b)又は(c)の状態までは下げないようにする。また、後者において、ケーソンの沈設速度は掘削機の負荷及び循環泥水の排出を良好に保つ状態で行なう。

## 2 掘削負荷分布

センタービット、遊星ビット、拵底カッタそれぞれの作動が異なり、掘削負荷も複雑に分布する。そのためいくつかの仮定のもとに各カッタに作用する掘削負荷を求め、在来型である単軸の翼型ビットと比較してみる。

まず、公転1回転すなわち拵底カッタ1回転当りを基準に考え、遊星機構を構成する各部寸法から各カッタの回転数を求めると表-1の第1項のようになる。

次に、各ビットについて図-3に示すように同一円周上にあるカッタを半径方向に集めそれらが、1回転1パスの掘削を行なうように配置してあるものとする。この場合、遊星ビットは公転1回転の間に自転4.4回転しながらドーナツ部を均等に1パスで掘削するものとする。したがって、公転1回転に対してセンタービットだけが、2.6回転することになる。このようにセンタービットと外周部の公転数が異なる場合でも、公転1回転したときの掘進量はいずれのビットも等しくならなければならないなら、静的な場合と掘削時では各カッタに分布するビット荷重は同じにはならないことになる。計算過程は省略するがビット荷重分布の結果だけを示したのが表-1の(2)項である。表の値は図-3に仮定した分布の幅1cm当りのビット荷重分布率を示したものでWはこのときの全体にかかるビット荷重である。このビット荷重分布から掘削トルクの分布率を示したのが表-1(3)項である。これは次によって求めたものである。単位幅のカッタを考える場合、図-4に示すように背分力 $w_d$ が与えられたときの主分力 $f_c$ を次式で表わす。

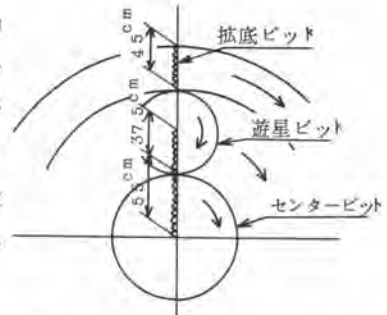


図-3 計算上のカッタの分布



図-4 カッタに作用する背分力と主分力

$$f_c = \mu W d$$

ここに、 $\mu$ は掘削抵抗に関係するもので切削摩擦係数とも呼ばれている。ここでは、一般の削孔において経験上、掘削トルク $T$ はビット荷重 $W$ に対して、 $T \propto W^{1.5}$ の関係にあることから、 $\mu = \alpha \sqrt{Wd}$ とおき、 $\alpha$ を定数として表わしたものである。

各カッタのトルクから公転1回転当りのエネルギーを求めたのが表-1の(4)項である。これを合計すると $36.3 \alpha W^{1.5}$ となる。これに対して同じカッタの条件で在来型の翼型ビットで掘削するときの値を、本掘削機と回転当り掘進量を同じにする条件で求めてみると、掘削トルクは、 $7.7 \alpha W^{1.5}$ となり1回転当りエネルギーは $485 \alpha W^{1.5}$ となって本遊星型掘削機よりも約3割強の掘削エネルギーを多く必要とする計算になる。これまでの経験から掘削地盤の $N$ 値が10~20のところでは定数 $\alpha$ は0.05~0.10の値となる。

### 3 沈設実験と結果

まず $\phi 2.5$  m型機を試作し、S-200リバース機を使用し、外径2.5 m内径2.0 mの工場製作のP0ウエルを11.2 mまで沈設した。 $\phi 2.5$  m型機を $\phi 3.5$  m型(写真-1)に改造し、S-300を使用し、外径3.5 m内径2.8 mの現場打ちケーソンを18.0 mまで沈設した。実験時にはビット回転速度、



ビット推力、掘削トルク、掘進速度を測定した。しかしながら、実験は全く初めての形式の掘削機及び工法に関するものであるため、各部作動の確認、改良点の抽出などが主になって、掘進特性を求める結果を得るに至っていない。したがってここではこれまでの実験を通して得られた本機及び工法の特徴をとりまとめている。

- (1) 遊星駆動方式であるため正常掘削状態では各ビットにかかる負荷バランスがよくスムーズな回転が得られるとともに、実験の地盤程度ではサクシヨンポンプ能力がクリティカルになるほどで、良行な状態では正味掘進速度 $2.5\text{ m/h}$ が得られ、S300型級で径3.5 mの掘削としてはかなり高能率となっている。
- (2) ロータリテーブルをケーソン上面に設置し、ケーソンを油圧シリンダで保持する方式を行ったため、掘削とケーソンの沈設を同時に行うのに、ロータリテーブルの油圧計で制御できることが確認できた。
- (3) 本工法はプレファブのP.O.Uエルにも、現場打ちのケーソンにも適用できる。
- (4) 沈設深度10 mを越したところで、ケーソンの周面摩擦が増大したが、地盤に対するフリクションカッタの厚さや、泥水のケーソン外周への廻り込み、拡大幅の設定が要点となることが明らかになった。
- (5) 掘削の初期には掘削抵抗が不均一になることがあり、掘削機に横ぶれが起る。このことは掘削ビットのスムーズな開閉を阻害する。しかしながら、下部にガイドのある本遊星掘削型機では、ガイド構造及び掘削機構の改良により問題は容易に解決するものと考えられる。

以上のほか、ケーソン支持方式が基本である特徴から水上施工において築島を必要としないこと、施工初期の曲り矯正が容易であること、大型の特殊な機械を必要としないこと、施工時の騒音振動が小さいことなどの特徴があげられる。

写真-2はケーソン刃先下の掘削状況を示したもので掘削ビットによりケーソン外周とほぼ同一サイズの掘孔がなされていることがわかる。この場合はケーソンは上部に支持されている。

#### あとがき

以上は、筆者らが開発した遊星掘削機構を有するケーソン専用の掘削機と工法の概要を紹介したものである。掘削機については現在、これまでの実験によつて得られた結果をもとに改良及び補強を行い、実験機から実用機にして本工事へ適用する予定になっている。今後更に実績を積み重ね省エネルギー時代の工法にふさわしい工法となるように育てていきたいと考えている。



写真-2 刃先下掘削状況

## 24. SH 拡底ぐい工法について

清水建設 坂本和義

### 1 まえがき

昭和33年のベント・ホーリングマシン、昭和35年のカルウエルド・アースドリル、昭和37年のザルツギエッター・リバーサーキュレイションドリルなどの国内導入に端を発し、今日場所打ちぐい工法が盛んに行なわれている。その理由のひとつは騒音・振動などの建設公害の対応策として、またひとつには構築物の大型化に伴なう基礎ぐいの大口径化の要求に対応するためと思われる。

従来拡底ぐい工法は欧米各国のベント、カルウエルド、ワトソン、マックアルパインなどの各社でベントホーリングマシン、アースドリル、アースオーガーなどにアタッチメントとして拡底機を取付けて実施していたことが文献に記載されている。この方法を我国に適用する場合、地盤の性状、設計の荷重および適用の寸法などが異なっているためにそのままの機械、形状とその施工法では、適当でないと思われる。

SH 拡底ぐい工法は、我国の軟弱な地盤や設計の荷重などより考慮にいれ、リバーサーキュレイションドリル工法を応用した機械、拡底ぐいの形状および施工法について検討と開発を完成させたものである。

このたびは財団法人日本建築センター基礎調査委員会（委員長 工学博士 横並昭）の評定を取得したのと機会に本誌に本誌を借りてSH 拡底ぐい工法の概要を紹介する次第であります。なお本工法に使用されるSH 拡底機は、日立建機株式会社との協力により製作したものである。

### 2 概要

本工法は場所打ちコンクリートぐい工法的应用工法のひとつで、特殊な拡底装置（以下SH 拡底機と称す）を用いて、ぐいの先端部、すなわちぐいが支持地盤に貫入してあるあたりをある定められた傾斜角度で末底がり状に拡底振削してぐいの支持力を大幅に増加させるものである。一般に支持力は支持地盤の強度で決められており、ぐい機としての鉄筋コンクリートにはかなり応力的に余裕がある。このことに着目し支持地盤に貫入する部分の直径をそれより上部（以下軸部と称す）の直径に比して大きくし、地盤の強度と鉄筋コンクリートの強度のバランス設計したものである。

施工は、最初にケーシングパイプを建設し、従来のリバーサーキュレイションドリル等と併せて軸部径で支持地盤まで掘削する。次にリバーサーキュレイションドリルの先端部に自重で拡底するSH 拡底機を取付け、拡底振削を行なう。次にスライム処理を行ない機械を引揚げたのち、超音波測定器によりぐいの形状を確認したら、鉄筋がごとく建設す。次にコンクリート打ち込み用レミ-管を設置し、最終的にスライム処理を行ないコンクリートを打ち込む。最後に天端部の養生を行ないケーシングパイプを引抜いて作業を完了する。拡底振削時の状況は、拡底機出力計とロータリーターナルの圧力計の変化で知ることが出来る。（図-1 SH 拡底ぐいの施工順序 参照）

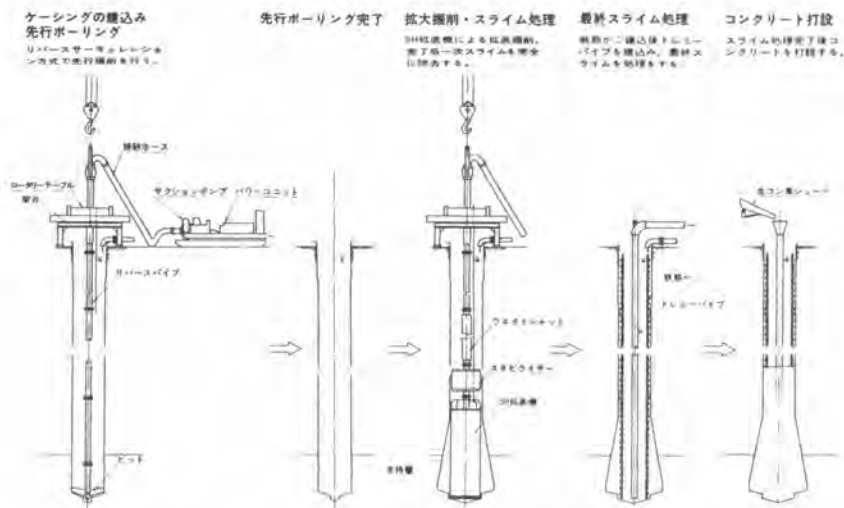


図 - 1 SH拡大ぐいの施工順序

### 3 設計標準の概要

#### (1) 設計方針

SH拡大ぐいが建築構造物に利用されるときは、建築基準法、同施行令、告示および(財)日本建築センターの評定報告書に従い、土木構造物に利用される場合には、土木学会コンクリート標準示方書(同解説)に従い、なお各監督官庁の定めるところの仕様書に従い設計方針とたてるよう設計標準と設けて実施している。

#### (2) ぐいの支持力

許容支持力の最大値は、長期  $250\text{t}/\text{m}^2$ 、短期  $500\text{t}/\text{m}^2$  とし、この最大値は、標準貫入試験のN値が50以上の良質な支持層に適用される。なお許容耐力は、それぞれの場合の地盤条件に応じた支持力をなげに沈下量について検討を行って、うえで決定される。

#### (3) ぐいの応力度

使用するコンクリートは、設計基準強度  $F_c = 320\text{kg}/\text{cm}^2$  以上、水セメント比55%以下、スライプ  $20\text{cm} \pm 1.5\text{cm}$  とし、許容応力度は表-1に示す。

表-1 コンクリートの許容応力度および鉄筋の許容付着応力度(%)

コンクリート許容応力度				異形鉄筋の許容付着応力度 $f_a$	
長期		短期		長期	短期
圧縮 $f_c$	せん断 $f_s$	圧縮 $f_c$	せん断 $f_s$	$0.75 F_c$ かつ $(1.35 + \frac{F_c}{2.5}) \times 0.75$ 以下	長期に対する 値の1.5倍
$\frac{1}{4} F_c$ かつ 80%以下	$\frac{F_c}{40}$ かつ $0.75 \times (5 + \frac{F_c}{100})$ 以下	長期に対する 値の2.0倍	長期に対する 値の1.5倍		

#### (4) ぐいの配筋他

場所打ちコンクリートぐいと同等に扱い、主筋は最低も本以上、かつ軸節断面種の0.4%以上としており、水平力、引張力については、別途計算の上、配筋を決定している。

#### 4 S H 掘 底 機

本機は、リバーササーキュレイションドリル機のアタッチメントの形式をとり、その掘削性能は、リバーササーキュレイションドリル機の回転トルク、吊り上げ荷重およびサクシヨンポンプの吸揚能力により決定される。一般に回転トルクは、 $\phi 1,000$  mm、吊り上げ荷重 20 ton、吸揚能力 60~100 m 程度であり、その範囲内で掘削地盤の強度と対応した刃先荷重と一回転当りの刃先喰込寸量とを設定する。

掘底機構は、(図-2) S H 掘底機作動状況に示すように鉛直方向の荷重により自動伸縮できる構造となっている。

掘底掘削時の機械の構成は、(図-3) S H 掘底機概略図に示すように、S H 掘底機は上部からケリバー、リバーパイプ、ウェイトシャフト、スタビライザーを介して吊り下げられる。S H 掘底機は、中心部に回転力伝達と摺動可能なリバー管を有し、しかもそのリバー管下部は、掘削土砂の排出能力を一定にするため、重構造とし、吸揚が高さを一発としている。掘削用ウイングは、本体ニエル部とリバー管からタイロッドの間にピン挿合してあり、リンクの機構は、刃先荷重は、掘削当初と掘削完了近くで比較的大きく異なるようにできている。本体ニエルの底部は、掘削時の掘削水の防止と反力を確保するための抵抗板と底部カッターを有している。

掘底掘削はまず先行ホーリングが小径孔内に S H 掘底機を組み立てば、孔径まで降下させる。次にロータリーテーブルの回転作用による S H 掘底機の回転とサクシヨンポンプによる排水作用と行ないながら徐々に全体を降下させる。降下に従って底部カッターの作用と S H 掘底機自体の自重により底部形状を一定の形に仕上げていく。次に底部抵抗板に反力が増加してくると、巻戻の作用により掘削ウイングが徐々に掘削作用を止め、掘削掘削に入る。掘削掘削の完了は、S H 掘底機の深さと上端のケリバー、リバーパイプ、ウェイトシャフト、スタビライザーの長さの関係が変化する量を検出して確認すると共に、回転トルクの値が変化すると計器で読み取るミヒによって行なわれる。

今後現在の工法を更に合理化するため、底部抵抗板および底部カッターの性能の見直しをするミヒによつて、先行ホーリングを兼用できる S H 掘底機とするミヒが案としてあるが、現在の施工体制から考えておこなうには、現状の形で行なっている。

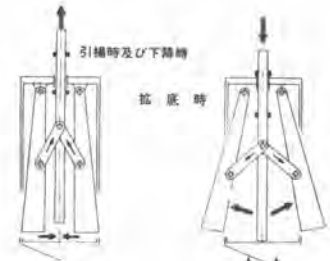


図-2 S H 掘底機作動状況

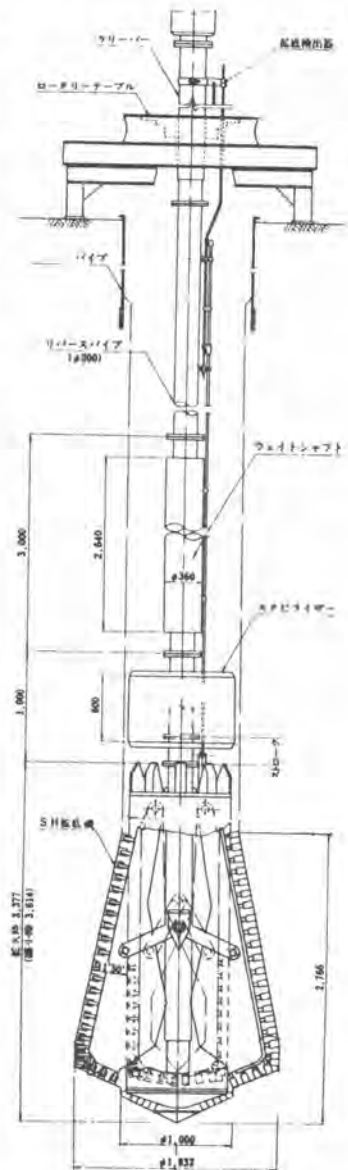


図-3 S H 掘底機概略図

### 5 実績その他

先行ボーリングしたあとの抜底掘削の掘削土量は、軸部径1.0mで約0.3m、軸部径1.2mで約0.6mであり、その形状は、図-4超音波測定による形状例に示すように若干大きめに掘削されている。

図-5土質柱状と抜底形状図に示す2例についてその抜底掘削の時間は、細砂層で約30分、砂礫層で約60分程度であった。SH抜底機は1本当りの荷重が従来の場所打ちぐいほくらべて2倍以上あるため、高い精度の抜底形状および高強度コンクリートが要求される。特に先行ボーリングの時点における孔の垂直精度の確保は後工程に大きく響くこととなる。

SH抜底機は、耐久性と高強度を要求されることから材質を高張力鋼を使用し要求性能を満足させ、ウイングの刃先については、摩耗時の交換性を考慮して取付と容易にした。特に最大抜底径を掘削する刃は、周速が軸部は比べて2倍近くその摩耗は、はげしきようである。

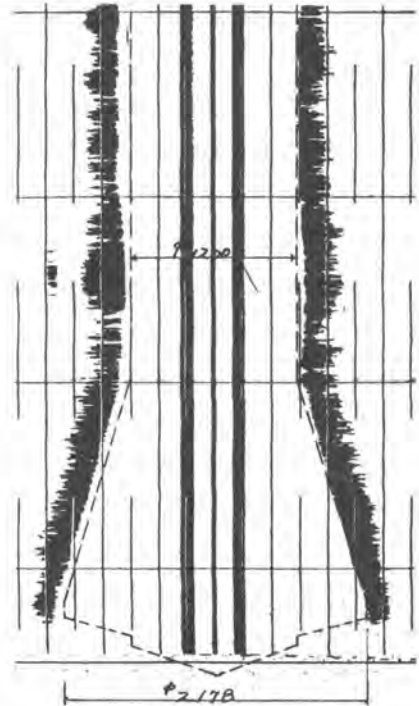


図-4 超音波測定による形状例

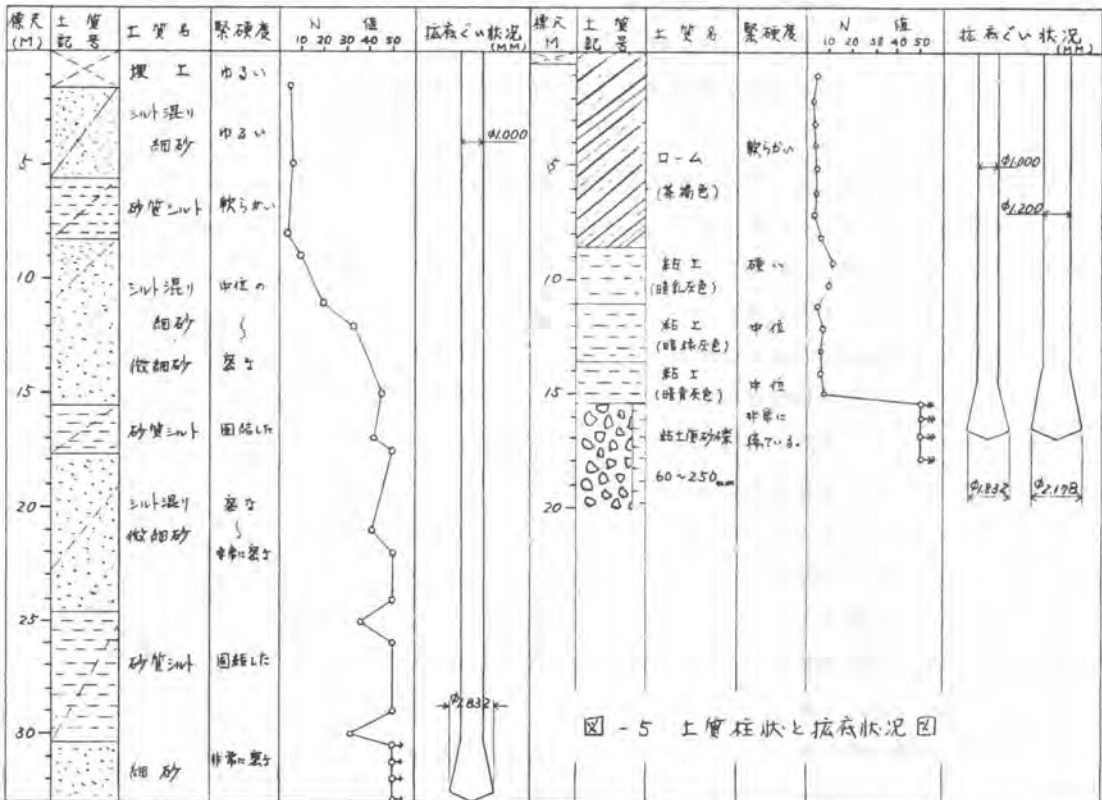


図-5 土質柱状と抜底状況図

## 25. 東洋式拡底リバーズぐい(TFP)工法

東洋基礎工業 稲村利男 末永 勇  
帆秋浩司

### 1. まえがき

支持杭の底部を拡大して鉛直支持力の大きな杭を施工する拡底工法は、深礎工法ばかりでなく機械掘り工法でもいくつか行なわれている。当社も、昭和49年よりリバーサーキュレーション式の拡底工法の研究・開発に着手し、既存のリバーズ掘削機に拡底ビットと言う組合せでは無く、リバーズ掘削機そのものから新規に設計し、なおかつ自動制御により拡底掘削も行なえる掘削機の開発を行なってきた。昭和51年に1号機が完成し、新横浜・新砂野・佐倉等での掘削実験を重ね、昭和53年9月に日本建築センターの評定を受け、現在まで数現場の施工実績を積み、さらにスライム処理機等も研究・開発・改良中である。

### 2. 特長

本工法は泥水の逆循環によって掘削土砂の排出を行なう為、基本的にはリバーズ工法である。従って、リバーズ工法の特長である大口径・大深度掘削が可能である事や、拡底杭により直杭に比べて支持力が2～3倍大きく得られ材料費・施工費の節約が行なえる事はもちろんであるが、その他に掘削機本体を始めとして以下の様ないくつかの大きな特長がある。

#### 2-1 掘削機の特長

従来のリバーズ掘削機は、排土を地上部のサクションプンプにより行ない、掘削ビットの回転は地上部に設置したロータリーテーブルによって行なう方式のものがほとんどであったが、本TFP機は掘削機本体内に排泥水用高性能水中ポンプと掘削用モーターおよびビットの油圧拡張機構を内蔵しており、掘削土砂を押し上げ方式によって排出し地上部の制御盤にて自動制御で拡底を行なえる



写真-2 T T 0 6 1 0 機制御盤



写真-1 T T 0 6 1 0 機本体及び吊



ようにしてある。機械は、現在TT1016・0811

・0610・0305の4機種ある。

写真-1にTT0610機本体及び槽を、

写真-2にTT0610機制御盤を、

写真-3に同XYレコーダーを、

図-1に掘削機本体の断面図を、

表-1にTFP機の主な性能を、  
示す。

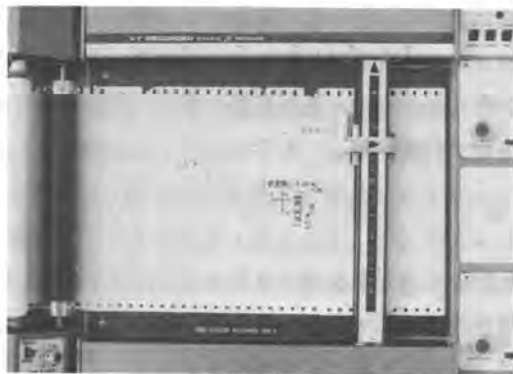


写真-3 XYレコーダー

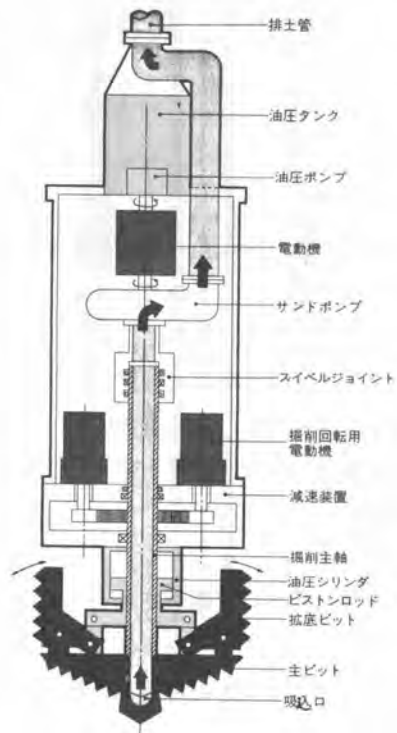


図-1 掘削機断面図

表-1 TFP機の主な性能

形式	TT-1016	TT-0811	TT-0610	TT-0305
一般適用土質	軟土～硬土質、N値0～50以上			
掘削径	軸部径 1,200～4,100mm 拡底径 1,200～4,100mm	軸部径 1,300～4,200mm 拡底径 1,300～4,200mm	軸部径 1,200～3,800mm 拡底径 1,200～3,800mm	軸部径 900～2,700mm 拡底径 900～2,700mm
掘削深度	標準深度 50m 最大深度 100m			
掘削角度	0°～30°			
ビット回転数	1.5～10 r.p.m	2.5, 5 r.p.m	2.5, 5 r.p.m	3.6 r.p.m
最大掘削トルク	10 t・m	8 t・m	6 t・m	3 t・m
本体重量	16 t	11 t	10 t	5 t
本体寸法	φ1,100 × 8,264mm	φ1,160 × 6,387mm	φ1,100 × 6,052mm	φ800 × 5,286mm
口径	250mm (排土) 190mm (吸込)	250mm (排土) 190mm (吸込)	250mm (排土) 190mm (吸込)	200mm (排土) 150mm (吸込)
吸上可能固形物	150mm	180mm	150mm	100mm
サイド・ポンプ吐出量	8 m <sup>3</sup> /min (揚程 12m)	10.5 m <sup>3</sup> /min (揚程 12m)	8 m <sup>3</sup> /min (揚程 12m)	5 m <sup>3</sup> /min (揚程 12m)
主電動機動力 (サンド・ポンプ用)	132kW	55kW-6P	37kW-6P	22kW-4P
掘削用動力		(15kW-4P / 12kW-8P) × 2台	(11kW-4P / 9kW-8P) × 2台	(7.5kW-6P) × 2台



## 2-2 TFP工法の特長

### イ. 自在径杭の施工が可能

油圧駆動の拡張ビットによって、拡張杭はもちろん設計条件に合わせて杭上部あるいは中間部の拡張等が可能であり、合理的・経済的な杭の施工が行なえる。

### ロ. 高い掘削能力

従来のリバース工法が地上サクションプンプ方式であるのに対して、本工法では水中ポンプ方式（デリバリータイプ）である為揚泥能力が極めて高く、70mを越えるような大深度でも能率良く掘削できる。また、掘削回転トルクおよびビット推力が大きい為、N値50以上の締った砂層・土丹層・砂れき層の掘削にも威力を発揮する。

### ハ. 自動制御装置による拡張形状の確認

地上部における制御盤の簡単な操作のみで、軸部および拡張部の正確な掘削が行なえ、施工記録および拡張部の掘削形状が掘削と同時にペン書きレコーダーによって描かれるので、確實で正確な施工管理が容易に行なえる。

### ニ. 高い垂直精度

掘削機本体が重い事と、スタビライザーを使用している事と、回転反力を地上部でとっていてビットのみが回転し本体・排土パイプは回転しないと言う事により、非常に高い垂直精度が得られる。

### ホ. 高能率な槽

走行自在なクローラ・タイプのTFP専用槽の使用により、掘削およびその他の段取りが能率的に行なえる。また、垂直精度もさらに高くなる。

## 3. 施工概要

本工法の施工概要を図-2に示す。

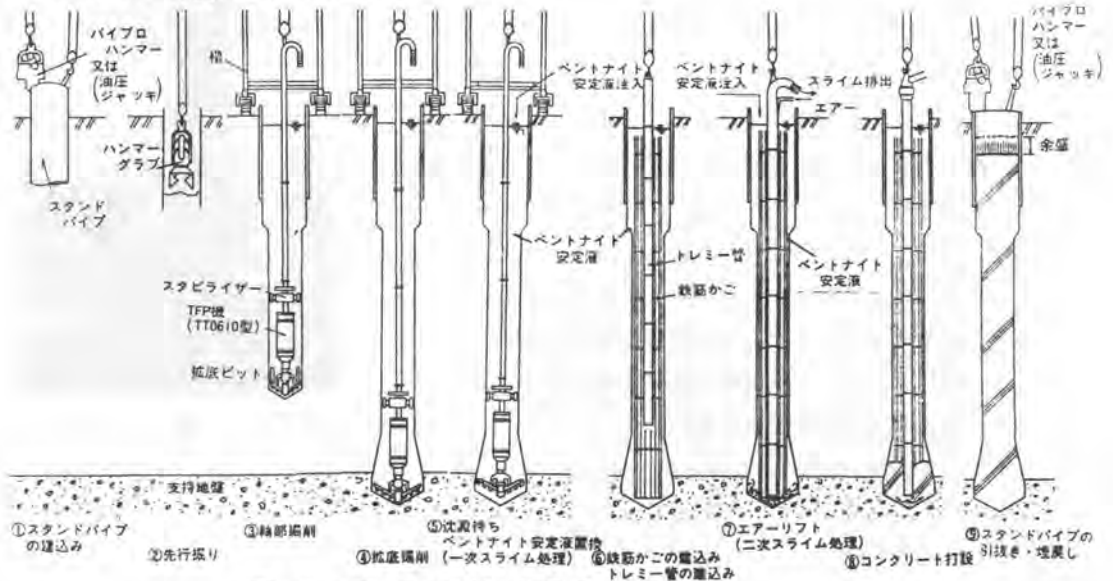


図-2 TFP工法施工概要図

#### 4. 実績

本工法の施工実績を表-2に示す。

表-2 TFP工法 施工実績

工事名	軸部径 (%)	拡底部径 (%)	掘削 深度 (m)	支持層 土質	施工 本数 (本)	垂直 精度	施工場所	施工年月
私学共済 新湯島会館	φ1500	φ2200	43.5	砂礫	23	1/200 }	東京都	昭和53年12月
	φ2100	φ3200					文京区	昭和54年2月
クレール川口	φ1200	φ1600	37.0	礫混り 細砂	21	1/250 }	埼玉県	昭和54年2月
	φ1500	φ2600					川口市	昭和54年3月
板橋コープ	φ1800	φ2200	15.0	中砂	36	1/259 }	東京都	昭和54年5月
		φ3800					板橋区	昭和54年6月
南 グリーンハイツ (1)	φ1400	φ2100	5.50	細砂	45		東京都 江東区	昭和54年7月
	φ1800	φ3000	6.40					施工中
南 グリーンハイツ (2)	φ1400	φ1800	5.50	細砂	37		東京都 江東区	昭和54年7月
	φ1800	φ3000	6.40					施工中
南 グリーンハイツ (3)	φ1500	φ2300	5.50	細砂	14		東京都 江東区	昭和54年7月
	φ1600	φ2600	6.40					施工中
東武西新井 東口店舗	φ1300	φ1700	42.0	砂礫	33		東京都 足立区	昭和54年7月
	φ1400	φ2200						施工中

写真-4に佐倉市で実験を行なった時の掘り起こし杭を示す。

#### 5. まとめ

本TFP工法は、TT1016・TT0610型機及びそれによる施工径・コンクリートの許容応力度・許容支持力等に関して、昭和53年9月にBCJ-F151として、日本建築センターの評定を受けている。また、現在TT0305型機は申請中であり、TT0811も近々申請の予定である。

なお、現在一次スライム処理法として最も確実と思われるベントナイト安定液置換法を行なっているが、水槽が十分に必要となり狭い現場では施工しにくい等の欠点がある為に、一次スライム処理はポンプの空廻しのみとして、二次スライム処理でスライムを完全に処理できるようにスライム処理機を開発中である。

さらに、今後TFP工法を機械的にも工法的にもより良いものとする為に、現在種々改良研究中である。



写真-4 掘り起こし杭

## 26. リバース工法におけるサクショ ポンプの性能について

日立建機 石川 泰 昭 網 代 秀 一

### 1. まえがき

リバースサーキュレーションドリルは騒音・振動が少ない場所打杭施工機械として各種基礎工事に採用されている。最近では東京湾環状道路、本州四国連絡橋など公共土木工事での掘削口径 $2m$ を超える大口径場所打杭の施工、及びLNG・石油備蓄用地下タンクや超深度曝気設備等の建設計画での掘削深さ $100m$ 級の施工が増加する傾向にある。一般にリバースサーキュレーションドリルによる施工としてはサクショポンプによる掘削方法が採用されており、 $0\sim 50m$ 程度の深度では掘削能率が良いが $50\sim 60m$ 以上の大深度になるに従って掘削能率の低下が無視できなくなっている。土の硬さと掘削口径のみにより掘削速度を算出する方法が一般化されており、この方法によると $50m$ 以下の浅い杭の場合には問題ないが、 $50m$ 以上の大深度の杭になると実際の速度とくい違いが出る場合が多いようである。これは深度により能率が低下しないという前提によるものであるが、掘削速度はビットによる掘削能力のほかにサクショポンプによる掘削能力があり、これを加味して決めるのが妥当と考えられる。ここでビットによる掘削速度はビット荷重、ビット回転数に比例し、掘削口径、土の硬さに反比例する。一方サクショポンプによる掘削速度はポンプ揚水量に比例し、掘削面積に反比例する。即ち $50m$ 以上の大深度になると後者の速度が前者の速度より小となる。結局サクショポンプによる掘削能力が実際の速度となる。また同様な事が $50m$ 以内の深度であっても軟弱土質を掘削する場合はサクショポンプによる掘削能力が実際の速度になることが考えられる。以上のような現状に鑑み、現在最も多く使用されているS320と同一ポンプを使用した高トルク形のS450<sup>※</sup>を現場測定を行った。本報告ではこの結果のうちの軟弱土質におけるサクショポンプ掘削能力を取り上げてこれによる掘削速度の変化を明らかにしたい。また今回 $100m$ 級の大深度の杭の能率化とS320のシース化を考えたS450リバースサーキュレーションドリル(以下リバースと云う)を開発し同じ現場においてサクショポンプ性能を測定したのでこの点も併せて報告する。本測定に使用したS450リバースを写真-1に示す。

### 2. サクショポンプ性能の理論解析

#### 2-1. サクショポンプによる揚泥原理

サクショポンプによる施工は図-1に示すように、ビットによって掘削される土砂 $R$ を掘削速度とすれば掘削土量 $V =$



写真-1 S450外観

$\pi D^2 R / 4$ ) によって比重の高まった泥水がサクションポンプによって吸い上げられ、沈殿槽に送り込まれ、泥水中の土砂を沈殿させ、比重の低下した泥水をまた掘削孔へ戻すという順序の繰り返しでなされる。今この掘削土砂量が沈殿池で沈殿される土砂量に等しいとすると、沈殿土砂量  $V_s$  は

$$V_s = (\rho_1 - \rho_2) Q_{d1} / (\rho_2 - \rho_1)$$

$Q_{d1}$ : 土砂分を含んだ理論揚水量 [  $\text{m}^3/\text{min}$  ]

となる。これからサクションポンプによる

揚泥能力つまり理論掘削速度  $R$  は

$$R = \frac{24(\rho_1 - \rho_2)}{\pi D^2(\rho_2 - \rho_1)} \times Q_{d1} \times 10^2$$

----- 2-2 式

$R$ : 掘削速度 [  $\text{m}/\text{hr}$  ]

$D$ : 掘削口径 [  $\text{m}$  ]

$\rho_2$ : 含まれる土砂の見掛け比重  
(地山比重)

$\rho_1$ : 揚水比重

$\rho_2$ : 循環水比重

となる。このように  $R$  は  $Q_{d1}$  に比例するが、リバースのポンプの特性上  $Q_{d1}$  は掘削深さによって漸減し、

$$Q_{d1} = C \times l_s^{-0.12} \quad (\text{図-2 及び 図-3 の理論値参照}) \quad \text{----- 2-3 式}$$

$C$ : 定数

$l_s$ : 掘削深さ [  $\text{m}$  ]

で表される。従って理論掘削速度は、厳密にいうと掘削深さ  $l_s$  が増大するに伴い  $Q_{d1}$  に応じて漸減することになるが、大局的にみると問題にするような減少程度ではない。

## 2-2. サクションポンプによる最大掘削深さ

サクションポンプの性能は全揚程と揚水量から決まるが、そのうち全揚程  $H$  は吸込揚程  $H_s$  と吐出揚程  $H_d$  との和で表される。リバース工法においては一般に吐出配管は掘削中変化せず、吸込側のみが変わる(掘削するに従って吸込負荷が大きくなる)ためこの吸込性能の検討が重要なポイントとなる。ここに吸込揚程  $H_s$  [  $\text{m}$  ] は、

$$H_s = f_1 \frac{v^2}{2g} + f_2(l + l_s) + f_3 \frac{v^2}{2g} + f_4 l_s + (\rho_1 - \rho_2) l_s \quad \text{----- 2-4 式}$$

$f_1$ : 吸込口抵抗損失係数

$f_2$ : バンド管抵抗損失係数

$v$ : 流速

[  $\text{m}/\text{sec}$  ]

$h_s$ : 吸込実揚程

[  $\text{m}$  ]

$l$ : サクションライン長

[  $\text{m}$  ]

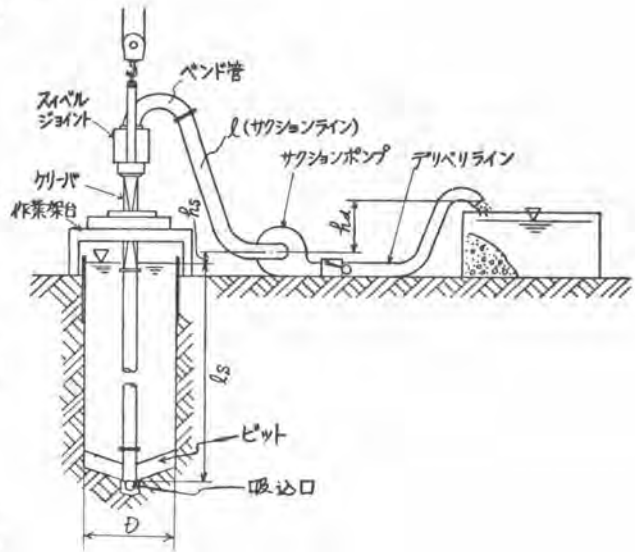


図-7 サクションポンプによる揚泥状態図

S; 直管7m当り管摩擦損失水頭 [m]

$$S = \lambda \times \frac{1}{D} \times \frac{V^2}{2g} \quad \text{-----2-5式}$$

$\lambda$ ; 摩擦損失係数

$D$ ; ドリルパイプ内径 [m]

で表される。ここでサクションポンプの限界吸込揚程(ポンプの吸上能力)は約9mであることからこの2-4式により掘削深さ $h_s$ の限界が理論的に求められる。

### 3. 現地測定結果

本測定に使用したS450とS400<sup>仕</sup>バースの仕様比較を表-1に示す。サクションポンプとしては、S400<sup>仕</sup>の口径200mm<sup>φ</sup>に対しS450は口径250mm<sup>φ</sup>のポンプで流量12m<sup>3</sup>/min<sup>×</sup>全揚程/3mの仕様である。本測定を行なった現場は高知県鏡川大橋下部工事である。杭径2.5m<sup>φ</sup>、深さ50mをS450及びS400<sup>仕</sup>バースを用い8本掘削した。現場の地層はG1より2/m深さまではN値≒5のシルト層、21~29.5m深さはN値≒5~10の粘土質シルト層、29.5~39m深さはN値は50~150(換算値)で200~400mm<sup>φ</sup>の玉石が介在するしまつた砂礫層、39~47.5m深さはN値≒10の粘土質シルト層、それ以降はしまつた砂礫層である。このように大部分の地層がシルト・粘土質のため掘削中の循環水比重は最大1.15にもなり、リバー工として厳しい条件である。尚、掘削中のトルクは砂礫層(ロービットを使用)を除き1.3~2.3t-mで回転数は4~7rpmであった。

表-1 仕様比較

		S450	S400H
穿孔能力	径	0~4.5m <sup>φ</sup>	0~4m <sup>φ</sup>
	深さ	100m	70m
サクショ ンポン プ	揚水量×全揚程	12m <sup>3</sup> /min <sup>×</sup> 13m	8m <sup>3</sup> /min <sup>×</sup> 13m
	口径	250mm <sup>φ</sup>	200mm <sup>φ</sup>
トルク		8t-m	6t-m

3-1 サクションポンプ揚水量

S450のサクションポンプ性能測定方法はサクションポンプ吐出口に設置した電磁流量計で直接揚水量を測り、サクションポンプの入口と出口それぞれ吸込圧と吐出圧を検出する圧力センサを設けて各々記録する方法とした。図-2に2-3、2-4式を利用し本現場の条件として $f_1 = 0.5$ ,  $f_2 = 0.34$ ,  $\alpha_1 = 1.13$ ,  $\alpha_2 = 1.1$ ,  $l = 16.5$ ,  $D = 250$ ,  $g = 9.8$ ,  $\lambda$ はDARCYの公式を用いて算出した理論揚泥曲線及び実測した揚水量、吸込圧と掘削深さの関係を示す。これから実測値は理論曲線とはほぼ平行であるがその絶対値は今回の施工では約70%となった。ここで $Q_p = Q$ (実測値)/ $Q_{th}$ (理論値)とおくと $Q_p$ は取扱う流体を泥水として理論解析した $Q_{th}$ に対し、実際の $Q$ が非ニュートン流体を流動させて掘削物を吸い上げるために減少する割合である。他の現場で測定したS320の場合は、掘削条件による影響もあるが、掘削深さに対する実際の揚水量の低下度は

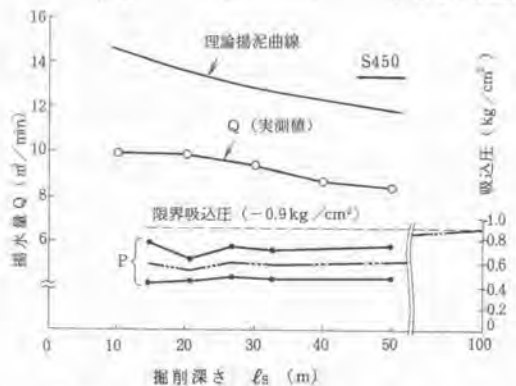


図-2 揚水量と吸込圧



S450より多少大きい。

### 3-2 掘削速度

図-3に2-2式に本現場の条件を代入し算出した理論掘削速度曲線及び実測したS450とS400の掘削速度と掘削深さの関係を示す。これから実測値と理論曲線と比較すると掘削深さに対する実際の掘削速度の低下度は深さが深くはるほど大となり、その絶対値は50~70%とばらばら。これと前述の $\eta$ を比べると $\eta$ の80~100%になっている。これを $\eta_s$ と称す。理論上は $\eta_s = 100\%$ になるはずであるが現実

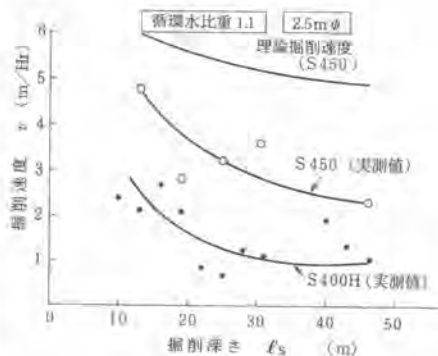


図-3 掘削速度

は、更に、効率が低下していることとなる。これは正味掘削量と掘削量との比ともいうべきものであり、掘削深さが深くはるほど掘削深さに対する正味掘削量が低下することを示している。従って、2-2式の理論掘削速度に前述の $\eta$ と $\eta_s$ を加味したものが実際の掘削速度となる。結局、今回の地層条件においては、図-3に示すようなS450及びS400の掘削深さに応じて掘削速度がかなり減少している。また今回の測定ではS450はS400の約2倍の能力が出ている。ちなみにS400の場合、深さ20mに対し深さ50mでは速度は約半に落ちており、S450の場合は約半とばらばら。以上は50m以内の深度でかつ軟弱土質を掘削することで得られた結果であるが、同様のことでは50m以上の大深度になると地質にかかわらず生じてくるのが当然考えられる。

### 3-3 掘削深さ

図-2において吸込圧 $P$ は掘削深さ50m付近で $0.45 \sim 0.65 \text{ kg/cm}^2$ であり、これから吸込限界揚程 $0.9 \text{ kg/cm}^2$ に到達する点を推定すれば本現場の条件におけるS450の場合には最大掘削深さとして約100mまで十分可能といえる。尚、他の現場で測定したS320の実用最大深さは約70m(循環水比重1.1)程度であった。

### 4. おおげさ

サクシオンポンプの性能から理論掘削速度は掘削深さに関係なくほぼ一定といえるが、今回軟弱土質における実際の速度 $\eta$ を測定し検討した結果、掘削深さ20mと50mでの掘削時間が1.5~2倍違うことがわかった。これより50m以上の大深度での杭は50m以内の杭に比べ同様に掘削時間が1.5~2倍違うことが推定される。従って、リバーズの最近の傾向である深さ50m以上の大深度の杭や、50m以内でも軟弱シルト、粘土層を掘削する場合には、単に孔径、土質(N値)のみでなく、掘削深さに応じたサクシオンポンプの掘削速度の変化を加味した能力算定を工事計画に導入することが必要となる。またS450の深さ50mまでの吸込圧の測定結果からその最大掘削深さは実用上100mも十分可能と推定され、今回のS450実用機の完成を機に、このような大深度リバーズ杭の実績が今後数多く積み重ねられることを期待している。本報告は最近の一現場におけるデータであり、今後さらにデータを蓄積し広範囲に解析を進めていきたい。

## 27. 多径間連続橋に用いられた 「大口径リバーズぐい」の施工

鴻池組 原 口 和 三  
磯 田 広 久

### 1. まえがき

首都高速道路公団では、東北自動車道岩槻インターチェンジと、都心を結ぶ幹線道路、葛飾-川口線を計画し、現在各工区で工事中である。このうち足立区舎人町地区の、KT-38工区(その2)で橋長が510Mに及ぶ12径間連続桁高架橋が計画された。これはその規模において我が国初の試みと言える。従来都市の高速道路高架橋の構造形式としては、単純桁橋が多く、まれに3径間程度のものが用いられてきた。これらの構造においては、床版ジョイント部が多く、そこで発生する騒音や振動、あるいは床版への衝撃力などが原因となって、車輛の走行性や周辺環境などに悪い影響を与え、同時に、橋梁の維持補修などの管理面においても、種々の問題をひき起しているようである。このような問題を解決すべく今回橋長510M、平均スパン長42.5M、下部工に鉄筋コンクリートを用いた多径間形式の12径間連続橋が計画された。本高架橋の構造上の特徴として基礎を含む下部工が上部工と一体となって変位することを、積極的に許容する必要が生じ、基礎ぐいは鉛直耐力よりも水平方向へのたわみ性を期待する上で大口径リバーズぐいを使うことになったものであるが、各橋脚は1~2本のぐい本数しか配置されないで、これらのぐいは、高い施工精度が要求されることとなり、とくに、鉄筋籠の構造や高強度のコンクリート打設などに、特別の工夫が必要であり、通常行われているようなリバーズぐい施工法では、実施出来ない面が続出した。今回この特殊なリバーズぐいの施工にあたり、新しい機械を製作し、大型の重機を増援、又リバーズ機も大型なものを投入、なおかつこれに附帯する諸製作金物など細部にわたり、特別製作したものが多数必要となった。この施工実績についてここに報告する。

### 2. 工事概要

工事名称	首都高速道路、葛飾・川口線KT38工区(その2)下部構造新設工事
工事場所	東京都足立区入谷町1171番地
工 期	着工 昭和52年4月1日、竣工 昭和53年2月28日(リバーズぐいのみ)
ぐい仕様	リバーズぐい、ぐい径3M-30本、ぐい径2.5M-8本、掘削長4.0M~4.4M
主要材料	主筋D51-42本重ね継手、副筋D22両端フック付、力骨L-100@2M、 コンクリート $\sigma_c = 350 \text{ kg/cm}^2$ , $S = 18 \text{ cm}$ , $C = 40.0 \text{ kg/m}^3$ , $W/C = 42.3\%$ , $G = 25\%$

高架橋下部工の計画とその特徴を記述すれば次のようである。下部工に鉄筋コンクリートを用いた多径間形式高架橋の設計上もっとも重要な問題は、温度変化による上部工の伸び縮みによって、下部工にもたらされる水平反力と、地震時の上部工水平反力とをいかにバランスよく処理するかにかか



っている。本高架橋では、下部工に大口径場所打ちくいを、パイルベインツ的に使用し、かつ図-1に示したように各橋脚に対しくいの径と、使用本数をそれぞれ変化させることによって、上記の相異なる性質の上部工水平反力の分散支持をおこなうことにした。

図-1 平面及側面図

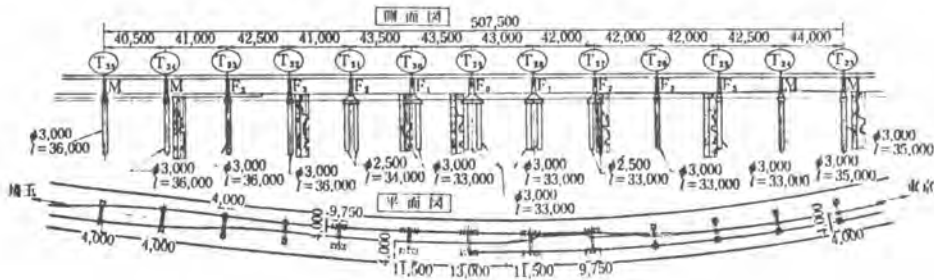


図-2 断面図

### 3. 大口径リバースくいの施工

施工の順を追って当工事における特色と対応した施工方法及施工機械について説明する。

#### 3-1. スタンドパイプ建込み

パワージャッキ (HC 480 T), 圧入力 100 トン, 引抜き力 480 トン, φ 3.2 M 用) をもちい、 $l=9$  M のスタンドパイプ (重さ 16 トン) を、ハンマーグラブで中掘りをしながら圧入する。

#### 3-2. 掘削

掘削機 (写真-1) は、リバース機のトルクに負けず、尚  $GL+1.5$  M, φ 3.2 M のスタンドパイプを跨ぐ形式に、特別製作した。精度よく掘削出来るよう、スタビライザーを取付けた三翼ビット (写真-2) を回転させ掘削する。リバース掘削の方法は通常の場合と同様であるが、水頭圧 2 M を保つ為、給水ポンプは液面リレースイッチ方式の自動開閉装置によって、水圧降下による事故のないよう対策した。又泥水比重はアースロックシステムにより泥水処理を行い、不良泥水を処分することで、常に適正な範囲にあるよう管理した。掘削精度についての測定は、装置と共に後述する。

#### 3-3. 鉄筋加工及建込み

大きなモーメントを受けるくいである為、主筋 D 51, 副筋 D 22 と籠の自重が大きいため、これのつり上げ時や、小運搬・仮置き

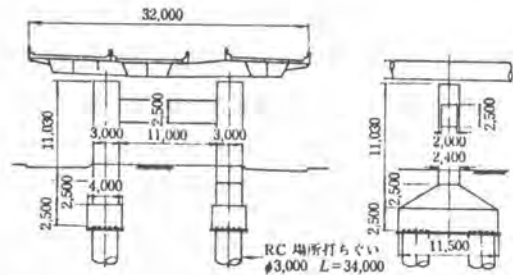


写真-1 掘削機

の時に変形しないよう、山形鋼を組立ての定規とした。この定規に合うような、油圧式の組立機械を

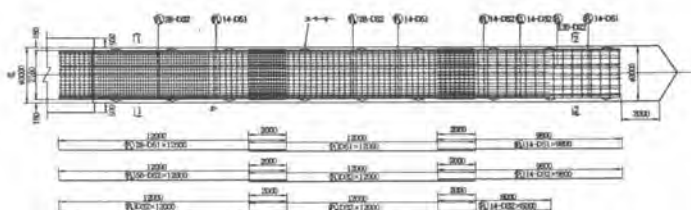
製作し良い成果を得た。(鉄筋加工図、図-3参照、鉄筋加工機 写真-2ピット及スタピライザー 写真-3)、またフープ筋D22の両端には、フックが必要となり主筋に巻きつけてから、主筋を反力としてフックをつける小型の油圧式ベンダーを考案製作して用いた。掘削孔に籠を建込む際、全重量が、50トンを超え、かつ宙吊りとなる仕様の為、吊込み機を製作しこれも良い成果であった。



写真-3 鉄筋加工機



図-3 鉄筋加工図



### 3-4. スライム処理

大型くいである為掘削完了から生コン打設開始迄2~3日を要したので、スライムの沈澱も多い、一般に行われるトレミーでのポンプサクションのみでは、大口径くいの全面にわたる沈澱物吸引が出来ない。ここでは、トレミー先端に折りたたみ出来る攪拌腕をつけ、別途開発した電動ロータリーで、トレミーを回転させ沈澱物を攪拌または削り取る機構を併用し、ポンプサクションでスライムの除去を行った。この方式を行う為、鉄筋籠は孔底より一定量上方で止っている必要があり、この部分の籠は吊り上げた状態とした。尚スライム処理完了の目安としては、検尺による他、循環水の供給分と排出分の比重が、同じになることを規準としたが、これは孔内泥水を全て一様に入れ替えた事となる。

### 3-5. 生コン打設

パワージャッキと鉄筋吊り槽を隔て、生コン車がトレミーに届く足場を製作し、トレミーホッパーに直接流し込むような方法をとった。生コン打設方法自体は、通常と全く変りないが、スランプの管理と車の到着ピッチとは、厳重な打合せが必要である。

## 4. 施工精度と工程

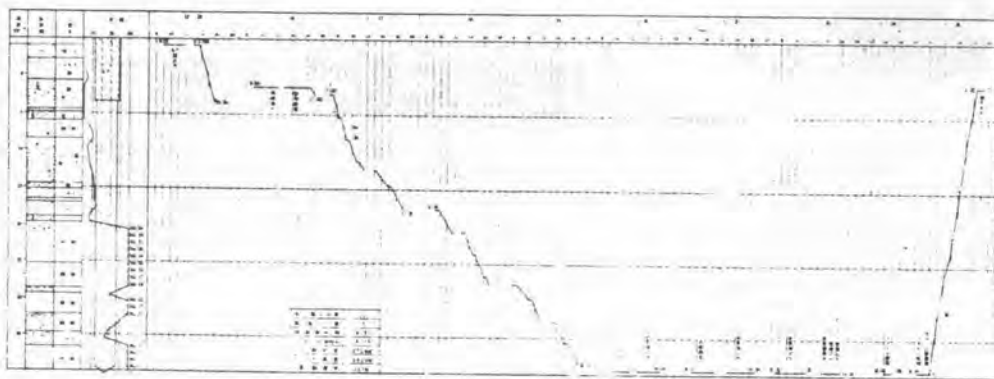
### 4-1. くいの鉛直精度

掘削が完了した都度、超音波孔壁測定機（ウォールキャッチャー、TAN70型）で測定した。大口径測定用の為、超音波周波数を一般では、25ヘルツ前後であるのを、75ヘルツの長波を採用し、 $\phi 3\text{M}$ でもはっきりと正確に測定できた。全体の傾向をまとめたものが図-4であるが、1/300を超える曲りはなく、スタビライザーや櫓による鉛直精度向上の為の成果は現れている。

#### 4-2. 施工サイクルタイム

代表的な施工実績を図-5に示すが、掘削時間、鉄筋建込み時間、その他の工程全てにつき、一般的なリバースくいの施工により、大規模なことが、お判り頂けると思う。

図-5 代表的な施工実績



#### 5. 水平載荷試験

鉄筋コンクリート構造の下部工をもつ多径間連続橋においては下部工の剛性とリバースくい地盤をも含めたくいの剛性が、その設計に鋭敏に反映するため、詳細設計に先立ち、現位置にて実物大のくいを施工し、載荷試験をおこなって、荷重～変形特徴を調べることにした。 $\phi 3\text{M}$ のリバースくいを2本打設し、その内の1本を試験くい、他を反力くいとして、 $\pm 300$ トンまでの交番反復水平載荷試験をおこなった。

図-5 交番反復水平載荷試験結果



#### 6. あとがき

都市土木の特長である施工場所の制限の多い所で、大型機械を駆使し種々の検討を行いながら工事を進め、無事に良い成果を以って竣工した。標準的な一本当りの工程は、8日程度である。

今後同様工事の施工について、何らかの参考となれば幸せである。

## 28. 新しい測定器によるスライム測定結果 と性能の確認

戸田建設 藤 木 宗 観

### 1. はじめに

地下連続壁工法によって構築される本体構造壁、あるいは場所打ちコンクリートくいの先端支持力は、掘削溝(孔)底に沈積するスライム処理の良否によって大きく影響を受ける。そのため、構築物に基礎としての機能を期待する工法でのスライム処理と、その効果に対する確認は、一連の施工管理の中で最も重要となる。

一方、掘削溝(孔)底に沈積するスライム性状は、掘削地層、掘削方法、掘削土砂搬出の方法、安定液の管理方法などの影響を受けて複雑と成る。そのため、既往の技術レベルでの正確なスライム測定は難しく、これまでの精度の低いスライム測定に、数多くの疑問と不安を感じながらも、ほかに代わる適切な確認方法を見出せないまま、重錘を主流とした施工管理が一般的となっている。

昭和51年6月より、このような問題を背景に開発が進められたスライム測定装置は、予備調査ならびにこれに伴う諸実験を経て同年12月特許を出願し、その後、試作装置による各種測定実験を重ねその成果が確認されたので、昭和52年2月、TN式スライム測定装置の完成を機に一般紙上公開するに至った。TN式スライム測定装置の開発経緯は以上によるが、その後、本装置を用いた施工管理に新たな論議を生みつつも、順次、実績を重ねつつあることから、以下、TN式スライム測定装置について紹介するものである。



写真-1 TN式スライム測定装置

### 2 スライム測定装置の概要

#### 2-1. 特長

- (1) 測定器に接続された検知重錘の電極が沈積したスライム面に達すると、測定器のランプが点滅すると同時に警報ブザーが鳴る構造。したがって、その点の深度を付属メジャーによって測定することにより、沈積スライム上面位置を正確に計測することができる。
- (2) 本測定器には、アルカリバッテリーが内蔵されているので、交流100V電源のないところでも使用可能である。

#### 2-2. 測定器の作動原理

本測定装置は(図-1、2参照)、スライム測定器と、コードリールに接続された検知重錘よりなり、その原理は安定液と沈積スライムの電気抵抗値の変差を感知し、値が一定差以上になると作

動する機能を備える。まず、検知重錘の電極で、溝(孔)内安定液の電気抵抗値を感知し(図-2参照)、測定器を通して、ブリッジ回路を安定させる。次に検知重錘の電極がスライムに触れるとブリッジ回路のバランスがくずれて、ランプが点滅すると同時に警報ブザーが鳴る構造。

### 2-3. 定格

- (1) 電源電圧。AC100V±10% 50~60Hz
- (2) 使用温度。-10℃~±45℃
- (3) バッテリー-22セル標準DC26.4V  
連続測定時間。約4時間(充電100%)  
(メーターランプ OFF)  
充電時間。完全放電(100%放電)後の場合、  
約1.5時間  
充電温度。0℃~45℃
- (4) 測定深度。標準7.0M

### 2-4. スライム量の算出

スライム量の算出は図-2に示すように考え、下式による。

$$h = H - H_1 + 10 \text{ (mm)}$$

記号

- h : スライム厚さ (mm)
- H : 掘削深さ (mm)
- H<sub>1</sub> : スライム検知重錘による感知点深さ (mm)

### 3. 新しい測定装置の性能

スライム測定装置の性能確認は、すでに東京電

力千歳変電所工事(東京都)の地下連続壁(BW工法)、基礎くい施工(RRC工法)をはじめ、戸田建設が戸田式地下連続壁構造工法(TOSS-D工法)の開発に関する一連の実験工事として、成田市野毛平工業団地内(千葉県)に施工した地下連続壁(BW工法)、基礎くい(リパース工法)などの各種測定実験を通して実施され、従来の測定方法に比較して高精度の結果が実証されている。

戸田建設が、TOSS-D工法開発実験工事で実施した従来の重錘型(図-4)と、TN式スライム測定装置(図-3)によるスライム測定結果の比較は図-5に示す。従来の方法にくらべてかなり測定精度が高いことがわかる。

●スライム測定器(TN-S-1型)

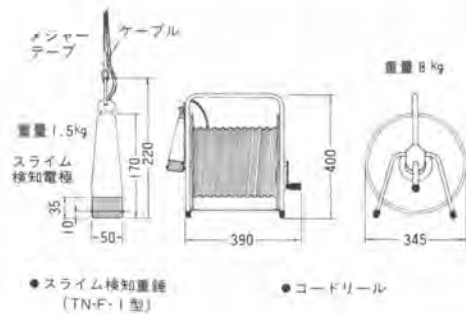
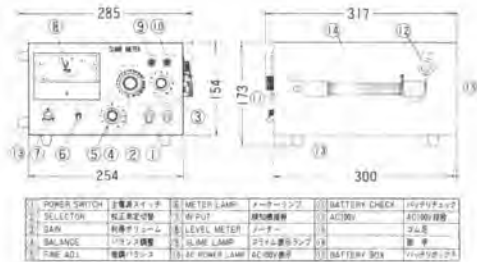


図-1 TN式スライム測定装置

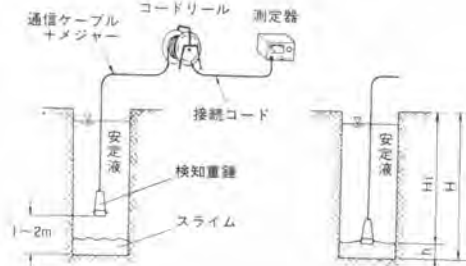


図-2 測定システムとスライム量の算出

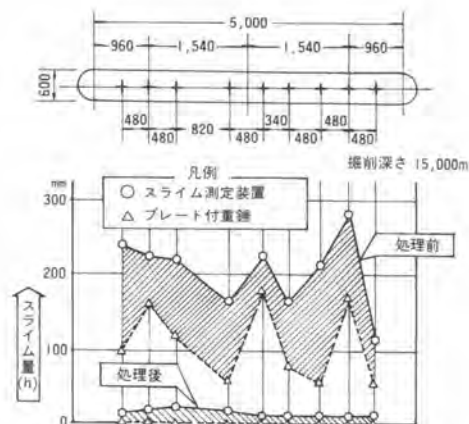
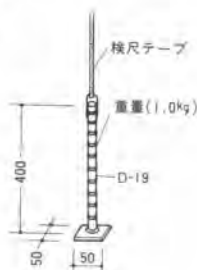
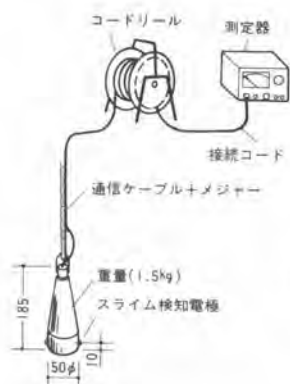


図-3 スライム測定装置

図-4 プレート付重錘

図-5 スライム除去効果の確認

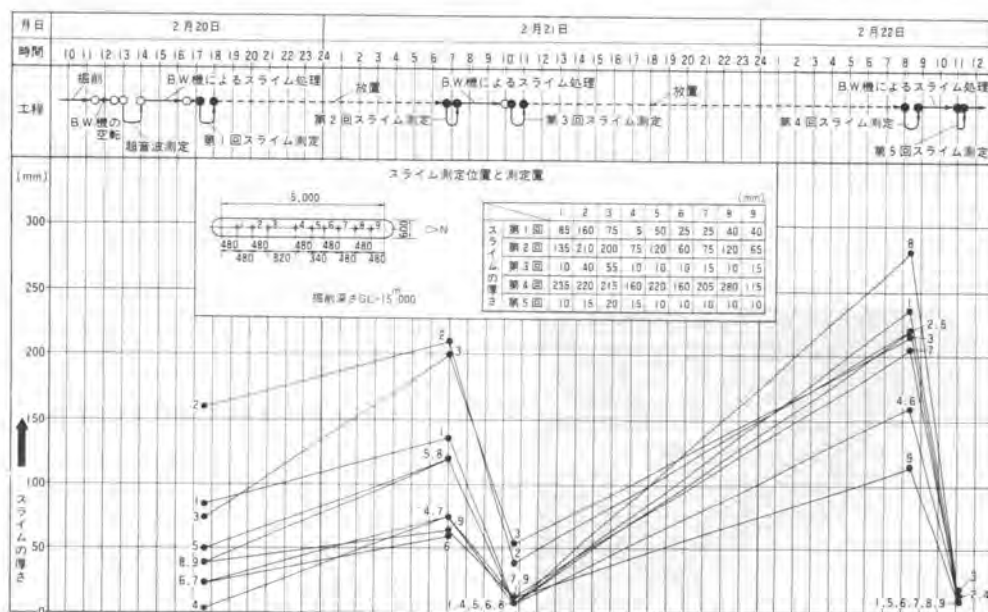


図-6 構造実験壁に於ける作業工程とスライム量の関係

#### 4. スライム厚さの測定と性能の確認

スライム厚さの測定は、TN式スライム測定装置を用いてスライム処理の前後に行った。測定的位置、測定箇所、測定値等については図-6 構造実験壁に於ける作業工程とスライム量の関係に示す。また、性能の確認は計画地盤中に施工された地下連続壁、(幅600mm、長さ5m、深さGL-15m)の切り出しにより、先端部に残存挟雑となったスライム厚さを実測し、その結果から既往の掘削機によるスライム処理効果と新たに開発したTN式スライム測定装置の性能確認を行った。測定は図-8に示す測定箇所を選定し、壁厚600mmに対して側面よりおのおの100mm、200mm、300mm入った所の挟雑スライム厚さをスタールによって実測した。実測の結果は図-9、10、11、各々に示す。



以上、測定の結果、局部的にスライムの残留も見られるが、全体的に10mm以下と少なく、コンクリート打設前のスライム測定値にはほぼ一致し、TN式スライム測定装置の測定性能の正確さを実証させた。また、既往の掘削機によるスライム処理についても、先端コンクリートの品質、形状から判断して、その効果は十分かつ有効であったことが推定出来る。

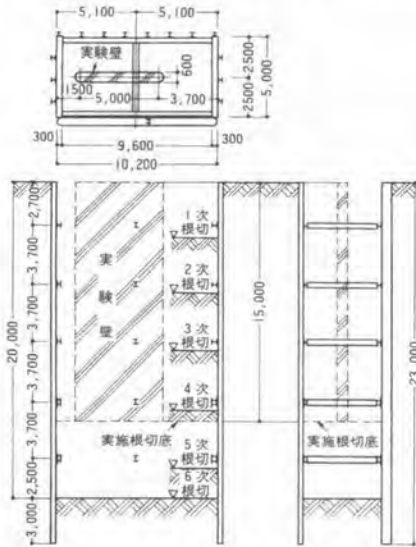


図-7 根切山止め計画図



写真-2 壁体先端の掘削状況

あとがき

以上スライム計測の新しい方法として開発されたTN式スライム装置について紹介した。本器は取扱いも簡単で、きわめて精度の高いスライム測定が可能である。そのため、これまでの精度の低い測定結果をもとに種々問題とされたスライムの有害性について、その許容度に新たな論議を生み、結論に至るまで幾つかの曲折を経ることが予想される。

しかし、溝(孔)底に沈積するスライムの実体为本器の出現によって少しでも明らかになれば、さらに効果的なスライム処理方を考案する動機ともなり、より信頼度の高い構築物を得る結果となろう。

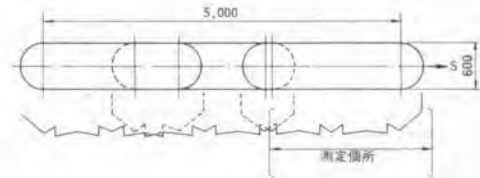


図-8 残留スライム測定位置

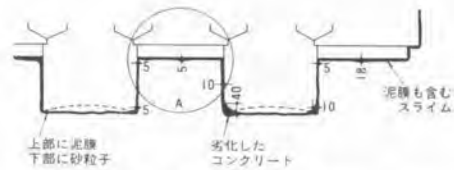


図-9 実験壁先端状況(側面から100mm)

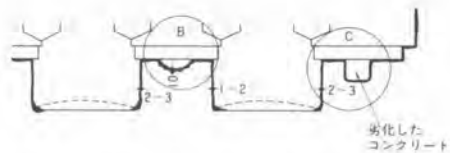


図-10 実験先端状況(側面から200mm)

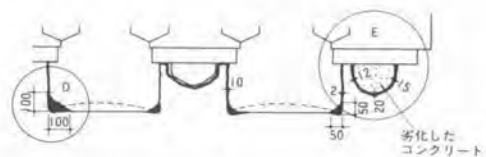


図-11 実験壁先端状況(側面から300mm)

## 29. P.I.P-S—新しい止水性柱列土留壁

西松建設 吉田 弘  
西 保

### 1 まえがき

従来 of P.I.P 工法は、無振動、無騒音の場所打ち杭工法として数多くの施工実績をもってきた。特に市街地などの交通など環境条件の厳しいところで、泥水を使用しないなどの特色を発揮してきた。しかし、P.I.P を柱列土留壁として用いる場合、杭相互間の接触が充分でないときがあり、止水性に難点があった。

P.I.P-S 工法はこれらの欠点を補うために開発された工法である。P.I.P 工法の無公害、経済性などの長所を残して、これに、無振動、無騒音工法の M.I.P 工法 (Mix-in-place-pile) を組み合わせ、廉価で無公害の止水性の柱列土留壁工法である。

今回、後記する削孔装置を製作し、試験施工を行ったところ良好な結果を得たので、工法の概要および試験施工の結果を紹介する。

### 2 P.I.P-S 工法とは (Packed-in-place-pile-stop)

P.I.P 工法の杭間接触が不十分となる原因は、杭の垂直精度と杭相互間接触面積の多少による。垂直精度は地質に関係するが、一般に  $1/100 \sim 1/200$  程度であり、際に既設杭のある時は、それが柔い時はその杭に引き寄せられ、それが堅くなるとその杭から離れる傾向があつて、既設杭がある時の垂直精度は悪くなる。従来から、杭間の止水性を向上させる柱列土留壁の方法には、

- (イ) 杭を離して打設し、杭間を薬液注入などで地上から止水して行う方法。
- (ロ) 杭を離して打設し、杭間に千鳥状に杭を施工して接触面積を大きくして行う方法。
- (ハ) 杭を離して打設し、杭の中間杭打設時、オーガーを引き上げるときに、地中で隣の杭に高圧のペーストジェットを行うことで止水を図る方法などがある。

(イ)の方法によるときは、薬液注入の費用を別に必要とし、工期を要し、しかも薬液による土壌汚染の可能性もある。(ロ)の方法によるときは、杭間に打設する杭が両側杭に接触せず、逐に止水を薬液注入にたよる例が屢々である。(ハ)の方法による時は、杭間に大きな栗石などのある時には、両側にジェットしたペーストが隣接杭へ栗石に妨げられて到達せず、これが原因となって止水性の保持が出来ないなどの問題点があった。これらを解決するために考へられた工法が

- (ニ) 杭を離して施工し、杭間に中間杭打設時に、杭間よりいささか小径の杭を削孔し、オーガーを揚げる時にオーガーの刃の一部を拡大させて両側の杭に接触、重なり合わせるようにし両側の杭の一部を削ってオーガーの揚上させて杭を製作する工法である。

この方法によるときには、(イ)のように薬液注入を行わないので経済的であるし、両側の杭を削るので杭間接触面積が大きく、(ハ)の方法などに較べて止水効果は高い。

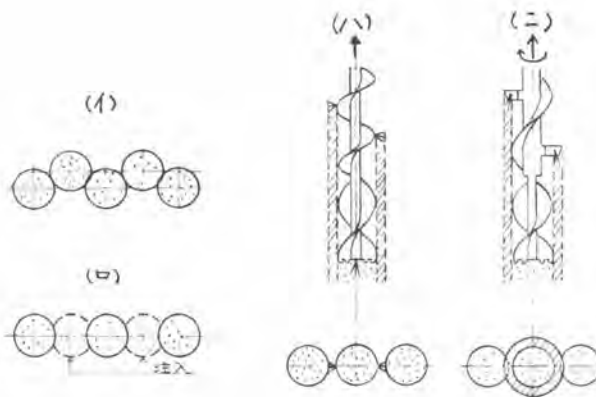


図-1 止水性PIP工法の種類

### 3 P.I.P-S 工法の施工法

施工法の詳細は、径45cmを例にとると、

- (a) オーガー径 $\phi$ 45cmより若干大きい間隔(約50cm)でP.I.P杭を打設する。
- (b) 間隔をあけて打設した先行くらの間を、 $\phi$ 45cmのオーガーで削孔する。
- (c) オーガーが所定の深度まで削孔が完了した時点で、地中で拡大刃を開く(拡大径75cm)。
- (d) オーガーヘッドよりモルタルを、拡大刃よりセメントペーストを吐出させながら、回転させてオーガーを引キ上げる。この操作で、拡大刃は両側の杭を削り、P.I.P杭の周囲にP.I.P杭(セメントペーストと地山のソイルコンクリートで外径が75cm)が形成される。
- (e) 打設された杭に鉄筋籠、または形鋼を挿入する。

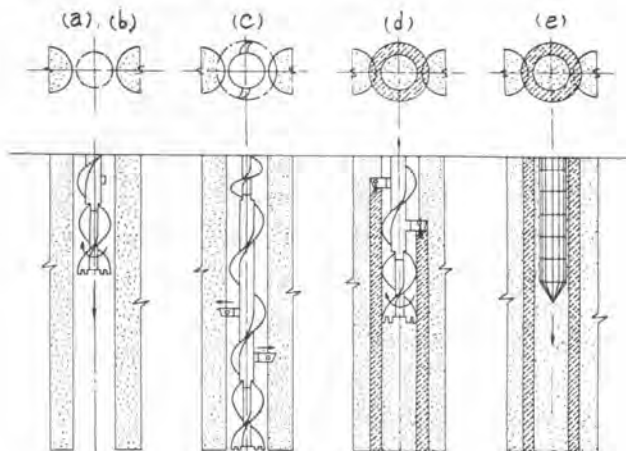


図-2 施工順序

### 4 機械装置

杭間を正確に切削し、揚上時に硬化した両側の杭を削り、そして周囲にソイルコンクリートを形成させる機構を製作した。機構仕様の概要は次のごとくである。

- (a) 拡大刃は、地中で自在に開閉が可能である。両側杭が 15 cm 程度削りとれて、しかもモルタル強度が  $\sigma = 300 \text{ kg/cm}^2$  程度まで切削可能な拡大刃とする。拡大刃からセメントペーストが吐出できてソイルコンクリートが周囲に形成されるような構造とした。
- (b) 中空軸オーガーは、従来の P・I・P オーガーと異なり、P・I・P のモルタルと、ソイルコンクリートのセメントペーストが通過可能で、これに加えて、拡大刃開閉用の油圧管を設備できる構造とした。
- (c) オーガーが廻転させるドリルモーターは、従来の P・I・P 工法のものとは異なり、3 重スィーベル（モルタル、セメントペースト、油圧）を装着した。
- (d) 拡大刃が両側杭を切削、あるいは接触した事を確認する計器を設備した。止水性を向上させるために必要である。

## 5 施 工

上記の意図を実現させて、杭間の止水性、杭の施工精度を確認するために施工実験を行った。

期 間；自昭和 53 年 11 月 至昭和 54 年 1 月

場 所；千葉県市原市八幡浦、西松建設出張所内

地 質；土質柱状図のように、地表から -3.5 m までは埋土で N 値は 0~5、-3.5 m から -8.0 m までは細砂または、中砂で N 値は 10~25 である。地下水位は地表下 -2.5 m である。

施工規模；止水性と杭と杭の接触性を確認するために平面的に円形の立杭を築造することとした。

立杭中心径；3.12 m

立杭深度；7.00 m

杭 長；11.0 m

杭 径；4.5 cm

拡大杭径；7.5 cm

施工方法；方法は P・I・P 杭普通径杭と P・I・P 杭の中間に P・I・P-S 杭（拡大径杭）を施工する場合、P・I・P-S 杭と P・I・P-S 杭の中間に P・I・P-S 杭を施工する場合などを行って、施工性、止水性および精度を比較した。

拡大の方法は、オーガーが所定の深度に達した時に拡大、引き上げ切削の方法で統一した。



写真-1 拡大刃  
外径 75 cm (拡大時)

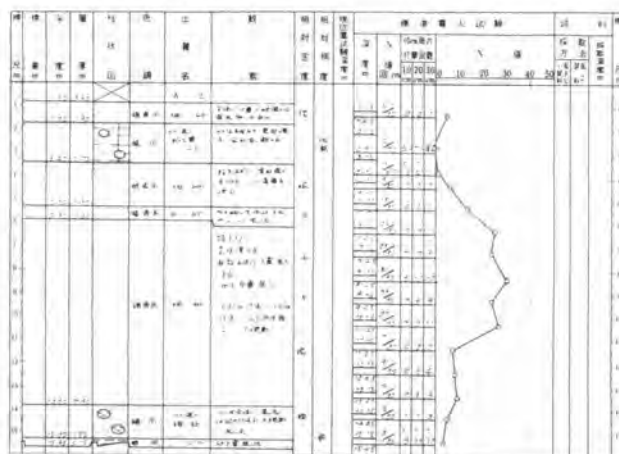


図-3 試験立杭地質柱状図

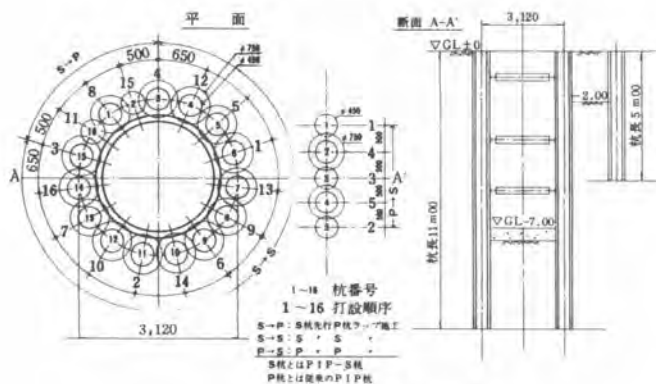


図-4 試験施工図

## 6 施工結果および考察

施工後立坑内部を堀削して杭の精度、止水性を施工法と比較した。堀削は-6.0 mまで行って底版コンクリートを打設した。モルタル、ソイルコンクリートは夫々の深度から試料を採集して試験した、深度2.5 m、4.5 mの圧縮強度は、ソイルコンクリート部分で106 kg/cm<sup>2</sup>~295 kg/cm<sup>2</sup>、P.I.P部分で203~417 kg/cm<sup>2</sup>であった。埋土部分ソイルコンクリートの圧縮強度にはムラがあった。

杭の接触具合と施工方法の関係は、P.I.PとP.I.Pの中間にP.I.P-Sを施工する方法が最も精度が良かったが、他の施工方法でも特に漏水することはなかった。

杭と杭の中間にP.I.P-S拡大杭を施工する時、拡大刃が両側杭を切削することを確認する器具の確認を行った。

これは、オーガーマーターの負荷電流を自記記録したものであって、図は切削時の負荷電流値と時間の関係を示したものである。この記録によると接触回数が30秒当り16.5回で33回/分の定格回転数とよく一致している。負荷電流値は上昇したが概ね定格電流値内におさまり異状はなかった。

オーガラの引き上げ速度は50 cm/分で、33回接触を行う。1回転で高さ1.5 cm、平均巾1.5 cmを切削することとなる。

## 7 おわりに

P.I.P-S工法の開発の目的は、泥水を使用しない低騒音、無公害の止水性の良い柱列土留工法の完成である。止水性、施工性に就いては確信を得たので、今後は経済的な開発に一層の努力を払いたい。機械、工法など多大の援助を頂いた三和機械(株)に深謝する。



写真-2 P.I.P-Sの接触状況

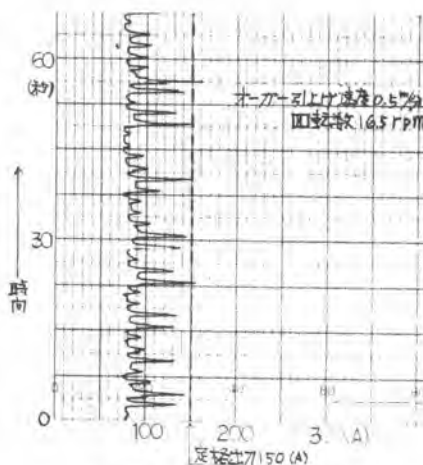


写真-3 P.I.P-Sの負荷電流

## 30. 4軸ソイルオーガー工法の開発

竹中工務店 谷 藤 文 信  
佐 藤 光 寿

### 1. まえがき

わが国における山止め壁造成の柱列工法の歴史は、昭和29年、アメリカからプレパクトの技術が導入され、アースオーガーによる掘削し土詰めセメントミルクを混合・攪拌するMIP工法、その後、32年に開発されたオーガー中空軸からモルタルを注入しながら、下方から掘削土砂と置換えるPIP工法などの場所打ち杭工法を主流にして、昭和35年頃より場所打ち杭を連続させる柱列山止め壁工法として本格的に採用されるようになり市街地における建設公害の問題と併せて急激に需要が伸び、施工技術も多くの実績とともに一段と進歩してきている。ここでは4軸ソイルオーガー機と4軸ソイルオーガー工法の概要について紹介する。

### 2. 竹中式オーガーパイル工法と竹中式ソイルパイル工法

竹中式オーガーパイル工法は、昭和32年、無騒音・無振動による場所打ち杭工法として鋼管の中をアースオーガーで穿孔し、オーガーマシンの自重を利用して鋼管を押し込み、その後、鋼管内の土砂を排土して、無筋または鉄筋コンクリート杭を造成するものとして開発された。その後、アースオーガーマシンは鋼管にも動力を与えるように改良し、かつ、回転方向はオーガとは逆方向として施工能率の向上、および杭の掘削精度の向上に成果を挙げた。

竹中式ソイルパイル工法は、竹中式オーガーパイル工法と並行して開発されたもので、オーガーマシンによる地盤中に、その位置の土壌とグラウト液を混合して、杭や地中壁を造成するものである。そしてソイルパイルまたは、これに鉄筋・鉄骨・コンクリートパイルなどを芯材として造成した、複合体のものまで含めて総称している。このソイルパイル柱列の施工は、従来、1軸によるソイルオーガーマシンで1本ずつ繰返して施工を行っていたが、これを4軸ソイルオーガーマシンにより、同時に4本のソイル壁を施工する4軸ソイルオーガー工法をこの度開発した。以下に本工法について、その概要を述べる。

### 3. 4軸ソイルオーガー工法

#### 3-1 4軸ソイルオーガーマシン

4軸ソイルオーガーマシンは、壁厚に応じて杭心のピッチを400~600mmまで5段階に変えることができ、それぞれ450~650φmmの刃先を使用しオーガーラップさせることにより、柱列の止水性能は完璧を期することができる。4軸ソイルオーガーマシン駆動部は、2軸のオーガーを1台の電動機で駆動する方式を

表1 4軸ソイルオーガーマシン仕様

穿孔軸数	4軸(2軸に分割可能)
壁厚(杭径)	450, 500, 550, 600, 650mm
壁幅	1,600, 1,800, 2,000, 2,200, 2,400mm
穿孔深さ	4軸-18m, 2軸-28m
オーガー型式	TS-752, (2分割可能) 55kW 4/8P-2台
機型式	KH-180-70S型(回転リダー)
全重量	約85t
平均接地圧	1.14kg/cm <sup>2</sup>



採用している。それぞれの2軸駆動装置は個々にフレーム内に納められており、それらのフレームを分割することにより、2台の2軸ソイルオーガーマシンとして使用することができる。

4軸ソイルオーガーマシンの仕様を表-1に示す。

### 3-2. ベースマシン(杭打ち機)

4軸ソイルオーガーマシンのベースマシンは、4軸ソイル柱列および2軸ソイル柱列の施工、コーナー部の施工などを考慮し回転式パイルドライバー(KH180-70S)を採用している。4軸ソイルオーガーマシンを回転式パイルドライバーに架装した状態を図-1に示す。KH180をベースマシンとした場合、4軸式でGL-18mの穿孔が、2軸式でGL-28mの穿孔が可能である。

### 3-3. 施工法と管理

#### a. 穿孔順序について

穿孔方法には大別して二つの方法がある。図-2に示すように1ユニット飛びに穿孔し、その後、それらのユニット間を穿孔する飛び石施工法と、図-3に示すように隣のユニットへ順次移動して穿孔する連続施工法とがある。従来の1軸マシンによるソイル柱列の施工はほとんど飛び石施工であるが、4軸ソイルオーガーマシンでは穿孔軸が4軸であるため、1軸に比較してソイルロッドの剛性が高まるとにより連続施工が可能となった。

図-2 穿孔方法Ⅰ(飛び石施工法)

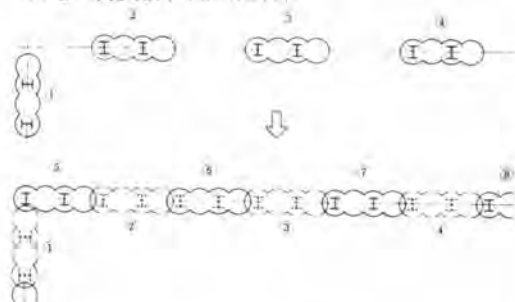
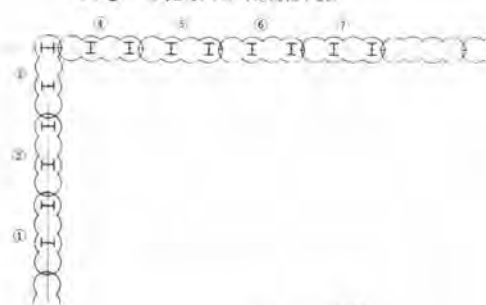


図3 穿孔方法Ⅱ(連続施工法)



#### b. 近接障害物との接近距離について

4軸ソイルオーガーマシンの大きな特徴の一つとして隣接建物などの既設障害物に対し近接してソイル柱列の施工が可能であることが挙げられる。図-4に示すようにオーガーマシンの前面と穿孔軸心間寸法は、240mmと非常に小さい。

このように敷地境界ギリギリに止め壁の施工が可能なのは、市街地における地下階の敷地面積を有効に利用でき、都市部での工事には大きく威力を発揮する。

図-1 4軸ソイルオーガーマシン架装図

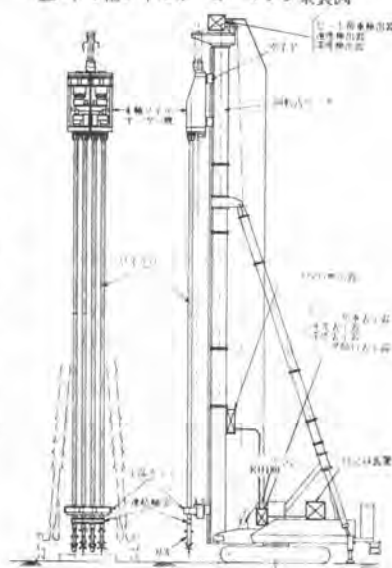
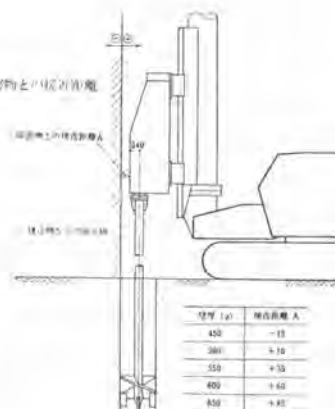


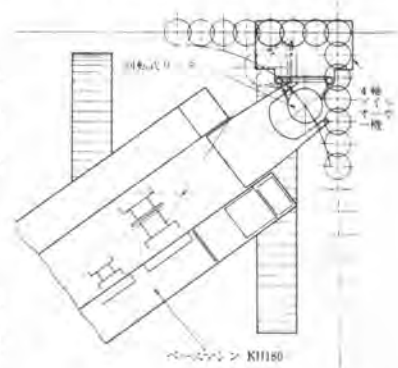
図-4 近接障害物との接近距離



### C. コーナ部の施工

コーナ部の施工は、ベースマシンの旋回と回転式リーダの回転を組合せることにより行なう。この回転式リーダは、右回転45度、左回転45度の計90度の回転角度をもっている。また、オーガマシンの接近寸法（障害物と杭心距離）が240mmと微小であるため、鉤の手に隣接建造物がある場合にも、図-5のよう施工可能である。

図-5 コーナ部分の施工



### d. 施工管理について

図-1に示すようにリーダトップ部に設置された検出器により ①穿孔深度、②貫入・引抜き速度、③ビット荷重、④傾斜角等が検出される量値にそれぞれメータ表示される。

オペレーターはこれらのメータ表示値より、杭の打ち止め深度の確認、穿孔精度、地層とビット荷重および速度との適応、ミキシング時の引抜き速度の制御および安全などの施工管理ができる。

また、これらの検出される値はペンタイプの自記録装置により記録され、根切り時に確認できる山止め壁の品質と対応させ、施工品質の向上へフィードバックさせている。

## 4. 4軸ソイルオーガ工法の施工実績

表-2 山止め壁規模

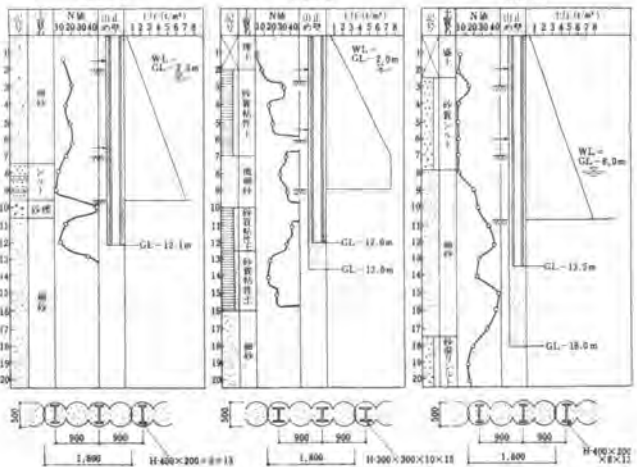
### 4-1. 山止め計画と規模

3件の施工実施作業所の、山止め壁の規模を表-2に、土質柱状図、N値山止め壁にかかる工圧および山止め壁の概要を図-6に示す。また、4軸ソイルオーガ工法の採用理由をみると、その重要度の順位に差はあるが、止水性・コスト低減・工期の短縮の点が共通している。

項目名	A	B	C
幅員(m)	900	900	300
壁厚(m)	12.1	13.6	16.15
壁周長(m)	190.4	111.9	171.3
埋面長(m)	1,577	1,120	2,000
柱本数(本)	266	224	282
1軸×1軸数	74	62	98

図-6 山止め壁の概要

B作業所での山止め壁において山止め芯材の根入れ深さと、ソイルパイルの根入れ深さとに1.6mの差が生じている。この理由として、GL-7m以深の高い根圧水の防止策としてGL-12.5m以深の砂質粘性土の不透水層へ根入れを計画し実施した。同様にC作業所においてもGL-17.4m以深の砂混りシルト層の不透水層へ根入れを計画し、芯材よりも深いソイルパイルの施工を実施し良好な結果を得ることができた。

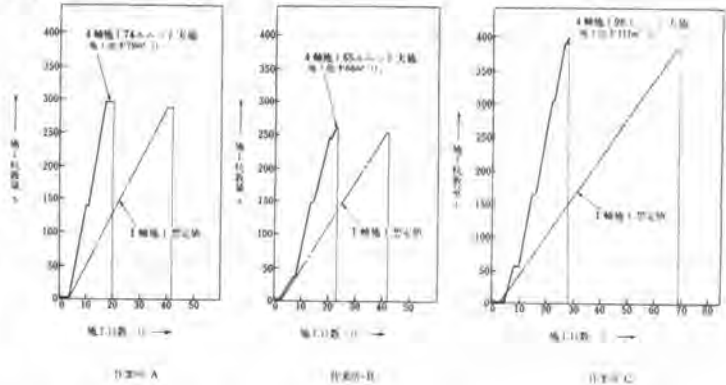


## 4-2. 施工実績

前述の3作業所における施工の結果、山止め壁の止水性、コストの低減、工期の短縮など、作業所の要望事項についてすべて達成することができた。

ここでは工期（施工能率）について説明する。図-7に4軸ソイルオーガー工法による工期短縮の結果を示す。A作業所において1軸オーガーマシンを使用して施工する場合の想定値

図-7 工期短縮の比較



(当社施工実績より)によると42日(組立・解体・休日含む)かかると思われる工期が、4軸ソイルオーガー工法で実施した結果、20日で完了し、施工能率79㎡/日および工期短縮率52%となった。B作業所においては施工能率66㎡/日で、1軸の想定値42日が4軸の実施結果、23日となり短縮率45%であった。C作業所においては施工能率111㎡/日で、1軸の想定値69日が4軸の実施結果、28日となり、短縮率57%となった。

3作業所のうち、特にC作業所の施工能率が111㎡/日と高い理由としては、4軸施工時の機械仕様(max G L-18m)と作業所の穿孔深さが一致した結果といえる。

このように当社比較では4軸ソイルパイル柱列の施工は、従来の1軸ソイルパイル柱列の施工に比べて、工期を約半分に短縮することができる。

## 5. 工法の特徴

- ① 従来の1軸ソイルオーガー工法に比較して、約50%の工期短縮ができる。
- ② 壁厚に応じて杭径、杭ピッチを自由に調整できる。
- ③ 運転席に設置されている計測装置により、掘削状況を管理して施工精度、安全性が確保できる。
- ④ 約15%のコストダウンが可能である。

## 6. おまけ

以上4軸ソイルオーガー工法について記述した。4軸ソイルオーガーマシン開発の成巧により、当初の目標は十分に満足することができた。しかしながら、建設公害・資源の有効利用などに対応べく、今後の課題として、各機器の無騒音・無振動化の促進、芯材などの回収を考慮したトータル的な山止め工法の開発が挙げられる。

# 31. ソイルオーガーマシンの攪拌性能に関する模型実験

竹中工務店 鈴木昭夫 東藤隆義  
星野春夫 斉藤 聡

## 1. まえがき

ソイルオーガーパイル工法は、当社において多くの実績を有する柱列式山留工法であるが、最近では施工環境の変化に伴って高能率化、有人化、低公害化等同工法の合理化促進に対する要望が高まってきている。このためには施工機械の能力アップを計る一方、施工品質を向上、安定させるために機械と地盤との係り合いの問題の解明が必要となってきた。

本実験は、模型攪拌機により土とセメントミルクとを実用機と類似した方式で攪拌し、この時の機械的攪拌条件と改良土の一軸圧縮強度およびセメント含有率のバラツキ度合の関係について検討を行なったものである。

## 2. 実験概要

### 2-1 実験方法

攪拌対象試料としては、砂およびシルトを用い、 $267.4 \times 700$  の容器に充填し、振動台にて所定時間加振し締固めを行なった。ここで、砂については飽和度  $S_r$  を 100% とし、間隙比  $e$  を 0.63~0.65 に調整した。またシルトにおいては、単位体積重量比を 1.60~1.63% となるように混入空气の排除を十分行なった。この攪拌対象試料を国-1に示す実用機の約 1/2 スケール(攪拌羽根寸法)の実験装置にて、深度当りの注入セメントミルクを一定に保ちながら、回転数、穿孔引抜速度の各種組合せにおける往復攪拌(穿孔時正回転、引抜時逆回転)を行なった。

攪拌後の試料は、容器ごと恒温室にて封緘養生とし養生 28 日において、国-2に示すような位置より供試体を採取し、一軸圧縮試験(ひき込み速度  $0.625 \text{ mm/min}$ )を行なった。またセメント含有率のバラツキ度合はカルシウム分析試験(原子吸光法)により求めた。

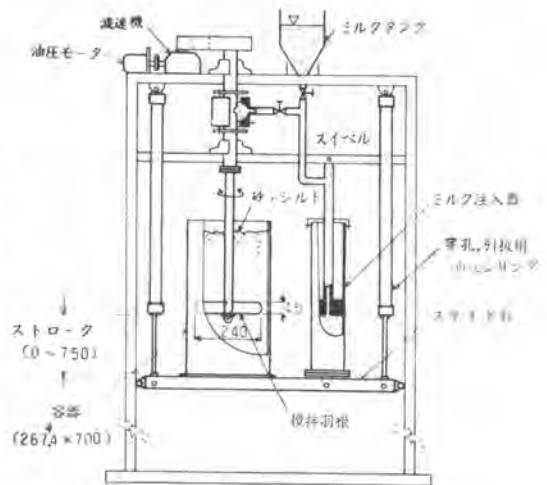


図-1 実験装置概要

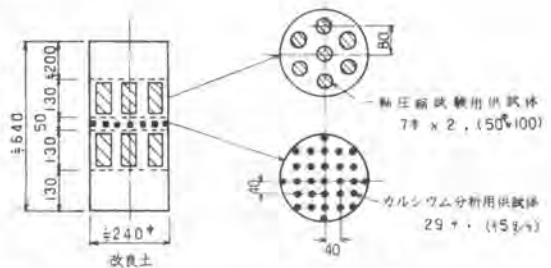


図-2 改良土中の供試体採取位置

## 2.2 実験条件

攪拌用試料の砂は、東京都中央区築地の4.L-10.7<sup>m</sup>より、シルトは、東京都江東区豊洲の4.L-27<sup>m</sup>より採取したものを用いた。表-2に、これらの試料の物理的性質、図-3に、砂の粒径加積曲線を示す。

実験条件は、表-1に示す組合せとした。セメントミルクの注入率(表-1の注を参照)は、20%、40%の2種類に設定した。なお、セメントミルクの材料として、セメントは小野田の普通ポルトランドセメント、ベントナイトは豊順洋行の250<sup>号</sup>を用いた。

表-1 実験条件

項目		条件				
割合 (重量比)	セメント:ベントナイト:水	1 : 0.15 : 1.2				
	砂	1 : 0.24 : 2.4				
	シルト	1 : 0.24 : 2.4				
注入率 P (%)		20, 40				
機械的 攪拌 条件	穿孔引板速度 回転数 V (cm/min) N (r.p.m.)	25	5	10	20	40
	10			○		
	20		▲	△○	●	●
	40	△	▲	△○	△●	○
	60		▲	△○	○	○
	80	△ <sup>※</sup>	▲	▲●	▲●	●

注) ○は砂、△はシルトを示す。  
●、▲はカルシウム分析を実施した。  
注入率 P =  $\frac{\text{セメントミルク体積}}{\text{総体積}} \times 100 (\%)$   
※は注入率20%の場合のみ実施した。

表-2 試料の物理的性質

物理定数		試料名	
		砂	シルト
土粒子比重	G <sub>s</sub>	2.67	2.75
自然含水比	w <sub>n</sub> (%)	14.3	63.7
液性限界	w <sub>L</sub> (%)	—	53.0
塑性限界	w <sub>p</sub> (%)	—	27.1
塑性指数	I <sub>p</sub> (%)	—	25.9
粒度分布	砂分 (74~200 <sub>μ</sub> ) (%)	99.0	13.4
	シルト分 (5~74 <sub>μ</sub> ) (%)	1.0	53.6
	粘土分 (5 <sub>μ</sub> 以下) (%)	0	33.0

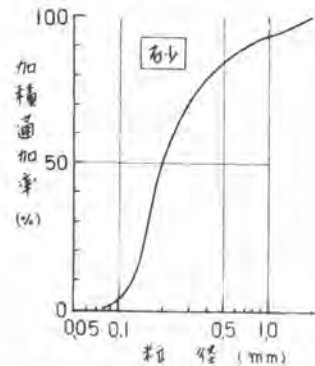


図-3 砂の粒径加積曲線

## 3. 実験結果

### 3.1 一軸圧縮試験結果

攪拌羽根の回転数N、穿孔・引板速度V、セメントミルクの注入率Pと一軸圧縮強さ $\bar{\sigma}_u$ の関係を図-4、5に示す。ここで、一軸圧縮強さ $\bar{\sigma}_u$ は14本の供試体の平均値を用いた。

図-4は、砂についての結果を示したものである。砂の場合本実験条件の範囲においては、一軸圧縮強さ $\bar{\sigma}_u$ は、各セメントミルクの注入率Pと、それとほぼ一定の値に収められる傾向を示した。ただし、V = 40 cm/min において、N < 40 r.p.m. で急激に $\bar{\sigma}_u$ は低下する傾向を示した。

図-5は、シルトについての結果を示したものである。シルトの場合本実験条件の範囲においては、一軸圧縮強さ $\bar{\sigma}_u$ が一定の値に十分収められる状態に至らず、Nの増大と共に $\bar{\sigma}_u$ が増加する傾向が見られ、特に注入率P = 40% においてこの傾向が顕著なでている。

上記の結果の比較から、シルトの場合、砂に比べてより大きな機械的攪拌エネルギーを必要とすることが推定できる。

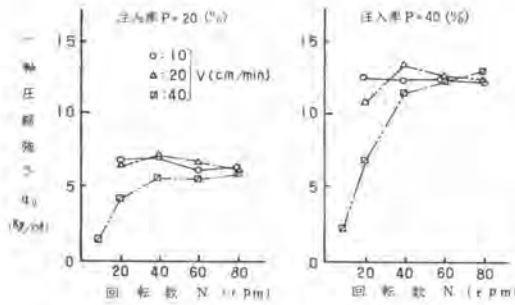


図-4 N, V, Pと $\bar{\sigma}_a$ の関係(砂)

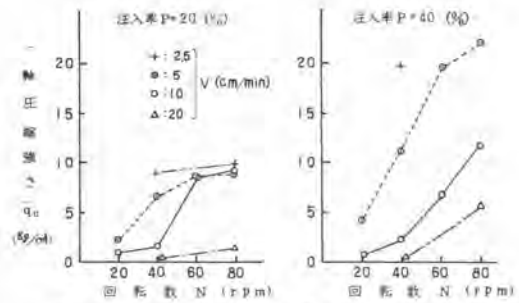


図-5 N, V, Pと $\bar{\sigma}_a$ の関係(シルト)

### 3.2 カルシウム分析試験結果

カルシウム分析より求めたセメント含有率  $C_{ca}$  のバラツキ度を標準偏差  $\sigma_{ca}$  にて表わし、攪拌条件と  $\sigma_{ca}$  の関係を図-6, 7に示す。この結果、機械的攪拌条件の向上(せん断回数増加)から従って、 $\sigma_{ca}$  は一定の値に収束する傾向が認められ、特にシルトの場合この傾向が顕著にてている。

## 4. 実験結果の検討

### 4.1 単位深度当りのせん断回数と一軸圧縮強度の関係について

一軸圧縮試験結果の図-4, 5に基づいて、(4)式により単位深度当りのせん断回数(往復攪拌)  $S$  と一軸圧縮強度  $\bar{\sigma}_a$  の関係を求めて、それぞれ図-6, 7に示す。

$$S = 2 \cdot \frac{N \cdot M \cdot Z}{V} \quad (\text{回/cm}) \quad \text{----- (1)}$$

$S$ ; 単位深度当りのせん断回数 (回/cm)

$V$ ; 穿孔・引抜速度 (cm/min)

$N$ ; 回転数 (r.p.m)

$M$ ; 一段当りの羽根枚数 (本実験  $M=2$ )

$Z$ ; 羽根長さ (本実験  $Z=1$ )

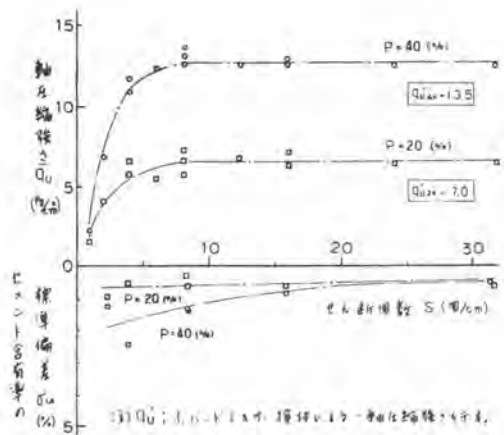


図-6 S, Pと $\bar{\sigma}_a$ ,  $\sigma_{ca}$ の関係(砂)

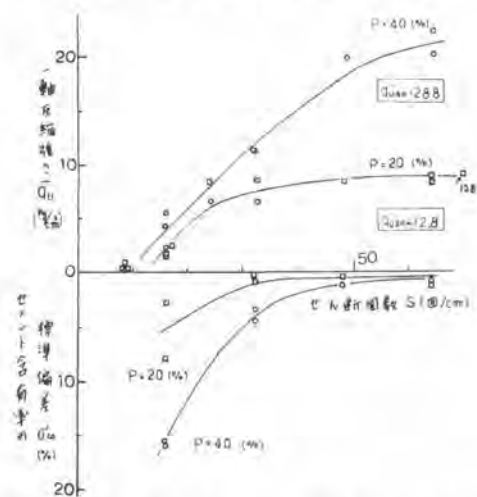


図-7 S, Pと $\bar{\sigma}_a$ ,  $\sigma_{ca}$ の関係(シルト)



図にみるように、一軸圧縮強さ $\bar{\sigma}_u$ は、単位深度当りのせん断回数 $S$ により整理できる見通しを得ることができた。砂、シルトともに $S$ の増大に伴って $\bar{\sigma}_u$ も向上するが、砂においては $S=8\sim 10$ 回/cm、シルトにおいては、 $S=50\sim 60$ 回/cm程度でその上昇の割合は鈍化し、ほぼ一定の値に落ち着く傾向を示した。

#### 4.2 攪拌効率の検討

ホバートミキサーによる、10分間攪拌して得られた改良土の一軸圧縮強さ $\bar{\sigma}_u$ を基準として、(2)式による攪拌効率 $\eta$ を表わす。

$$\eta = \frac{\bar{\sigma}_u}{\bar{\sigma}_u} \times 100 (\%) \text{----- (2)}$$

$\eta$ ; 攪拌効率 (%)

$\bar{\sigma}_u$ ; 模型機による改良土の一軸圧縮強さ ( $\text{kg/cm}^2$ )

$\bar{\sigma}_u$ ; ホバートミキサーによる改良土の一軸圧縮強さ ( $\text{kg/cm}^2$ )

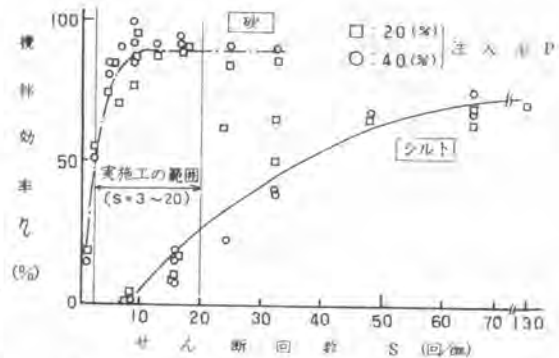


図-8 Sと $\eta$ の関係

図-6,7の結果から、(2)式により求めた攪拌効率 $\eta$ を図-8に示す。攪拌効率 $\eta$ は、砂、シルト

とも注入率 $P$ による差はあまりなく、それぞれはほぼ同一の曲線として表わされ、単位深度当りのせん断回数 $S$ の増加に応じて上昇する傾向を示す。しかし、砂とシルトではその上昇傾向は大きく異なる。砂の場合 $S > 8$ 回/cmで一定の値に達し、 $\eta_{max} \approx 90\%$ となる。また、シルトの場合は $S > 60$ 回/cmで一定値に達し、 $\eta_{max} \approx 70\%$ となる。

なお、実施工における単位深度当りのせん断回数の範囲を従来の施工実績より推定して同図に示した。この範囲においては、砂の場合十分な攪拌状態が確保されているものと推定されるが、シルトの場合は、攪拌のレベルとしては向上の余地を多く残していると言えらる。今後の実用機の性能検討等においては、この間についても考慮する必要があるものと思われる。

#### 5. おわりに

本実験結果より、機械的攪拌条件と改良土の一軸圧縮強さ $\bar{\sigma}_u$ 、あるいはセメント含有率のバラツキ度合 $\sigma_{cu}$ 等について、一定の傾向を見いだすことができた。ソイルパイル工法の合理的な施工を目指す上で一つの糸口を得ることができたものとする。今後は、実用機による確認試験を踏まえた上で、本実験結果を実施工に生かしていきたいと思う。

#### (参考文献)

- 1) 軟弱地盤深層混合処理工法について(その2),(その3) 1977年,1978年 奥村組技術研究所年報
- 2) スタティックミキサーによる室内混合固化実験について、第13回土工学会研究発表会、

五洋建設

## 32. 泥水モルタルを利用した山留壁の施工例

清水建設 横山典明

### 1. まえがき

建設現場から発生する土砂などは、臨海地域の埋立や宅地造成などの事業が飽和状態になり、その処分地が不足し、特に大都市において大きな社会問題になっている。また、市街地での建設工事では、振動や騒音のみでなく周辺地盤の沈下および隣接構造物の変位などの悪影響をおよぼさない工法の選定が必要である。

これらの問題を解決するために、掘削残土や廃棄ベントナイト安定液などの現場発生土を泥水化した後、これにセメントを混合した材料（以下泥水モルタルと言う）を開発した。そして、既存杭撤去後の空洞部の埋戻し、ベント杭など場所打ち杭の空打ち部の埋戻し<sup>(1)</sup>などの材料に適用してきた。これらの結果から泥水モルタルは、従来の材料を使用する場合の技術的問題点を解決し施工的にも極めて良好であり、しかも経済的に優れていることなどが明らかになった。

本文は、泥水モルタルの用途と実績およびプラントについて述べたのち、近接施工の掘削において、隣接構造物に変位を与えない工法として、H鋼を併用した泥水モルタルによる山留を施工し、良好な結果を得たのでその施工概要について述べるものである。

### 2. 用途と実績

泥水モルタルは、その主材料が単純であるために配合を自由に変えることができ、固結した泥水モルタルの性質を用途に適合させることが可能である。したがって泥水モルタルは、極めて広範囲な利用方法がある。泥水モルタルには、以下に示すような用途が考えられる。

#### ①埋戻し

- 既存杭撤去後の空洞部埋戻し
- 各種場所打ち杭の空打ち部埋戻し
- 山留壁と本構造物の空洞部埋戻し

#### ②遮水壁

- 遮水壁 …… 泥水モルタルのみ
- 山留め兼用遮水壁 …… H鋼、鋼管などと泥水モルタルの併用

#### ③中詰（充填）

- ジャンクションの中詰 …… 鋼管矢板など
- トンネル、シールドの空洞部充填

実績一覧表（1979年8月1日現在）

目的	配合条件 (材令28日)	実績容量 ( $m^3$ )	場所	備考
埋戻し	一軸圧縮強さ $qu=0.5-2kg/cm^2$	10,000	東京都	枕引抜き
埋戻し	一軸圧縮強さ $qu=0.5-2kg/cm^2$	4,500	東京都	ベント杭空打ち部
埋戻し	一軸圧縮強さ $qu=0.5-2kg/cm^2$	1,360	東京都	PIP空打部
遮水壁	一軸圧縮強さ $qu=2-4kg/cm^2$ 透水係数 $k=1 \times 10^{-7} cm/sec$ 以下	1,100	千葉県	
埋戻し	一軸圧縮強さ $qu=2-5kg/cm^2$	40	東京都	枕引抜き
埋戻し	一軸圧縮強さ $qu=0.5-2kg/cm^2$	8,000	大阪府	ベント杭空打ち部施工中
山留め	一軸圧縮強さ $qu=8-10kg/cm^2$	700	東京都	H鋼との併用
山留め	$qu=5kg/cm^2$	1,300	神奈川県	H、SP鋼管杭の併用

#### ④地盤改良

なお、表-1は、1979年8月現在での実績を表したものである。

### 3. 泥水モルタルプラント

泥水モルタルプラントは、泥水の作製、泥水とセメントの混合(モルタルミキサー)および圧送の3部門から構成されている。泥水モルタルの作製順序は、現場発生土と水を作泥槽に入れバックホーでこね返し所定の比重に泥水を作製し、1.5m<sup>3</sup>

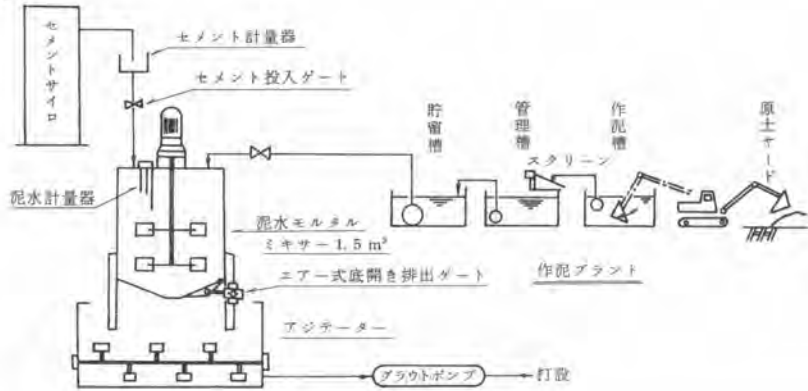


図-1 プラントの模式図

容量の高速ミキサーに送りセメントと混合した後、アジテーターに送る。これらの関係を模式図として、図-1に示す。

#### 3.1 泥水作製方法の検討

泥水の作製方法は、開発当時に種々の調査・実験を実施した。例えば、①パンミキサー、②サンドポンプ、③ミキサー車、などを利用した、泥水作製実験を行なった。また、④粘土解こうミキサーの作製および実験、⑤バックホーの利用による実験も実施した。これらの結果から、バックホーを利用して、作泥槽の中で泥水を作製する方法は、原始的な方法であるが、機械的トラブルがなく、作製能率も良好であり、極めて経済的な方法であることが明らかになった。

#### 3.2 泥水モルタルミキサーの特徴

泥水モルタルミキサーは、①能力45m<sup>3</sup>/H(max)を目標にする、②自動制御システム化する、を基本的考え方として新しく作製したのであり、その仕様を表-2に示す。このミキサーの特徴は、①泥水モルタルの排出は、空気圧による底開き方式である。②ミキサー内の乱流が少ないので、計量レベルの検出精度が高い。③2段羽根方式を採用したので、混合・攪拌効率が低い。④泥水投入口が大口径なので、投入時間が少ない、などである。

表-2 ミキサーの仕様

容 量	1.5 m <sup>3</sup>
外形寸法	直径14m、高さ315m
重 量	2.7 <sup>t</sup>
能 力	45 m <sup>3</sup> /H(max)
モーター	11KW ギャード モーター

### 4. 山留壁の施工例

#### 4.1 施工現場の地盤

施工現場(以下M現場という)の地盤は、GL-22mまで丸の内地下谷を埋めた有楽町層と呼ばれている都内でも有数の軟弱地盤である。この軟弱地盤は、シルト層で構成されており、単位体積重量は、

$\gamma_t = 1.4 \text{ g/cm}^3$  であり深度に関係なくほぼ同じ値である。また、 $N$  値は、0 であり、一軸圧縮強さは、深度と共に大きくなっており、その範囲は、 $q_u = 0.4 \text{ kg/cm}^2 \sim 2.0 \text{ kg/cm}^2$  である。GL-22 m 以深は、 $N$  値 50 以上の良く締った砂であり、下部東京層と呼ばれている地盤である。

#### 4.2 山留の目的と施工条件

この山留は、シールド工事の発進立坑に伴い施工するものである。この山留工事は、図-3 に示すように隣接現場（以下 D 現場という）と極めて近接しており、また、地盤が軟弱なために D 現場の地中連続壁に変位などを与える可能性が大きかった。そこで、① 振動・騒音が少ない、② 周辺地盤に沈下を生じない、③ 地中連続壁に変位などを生じない工法を選定するために種々の検討および実験を実施した。そして最終的工法決定のために間ゲ

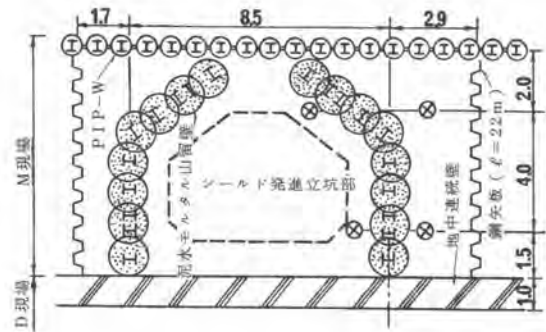


図-3 発進立坑平面図

キ水圧、地盤変位、および D 現場の地中連続壁の挙動を測定しながら、① 杭と杭のラップが可能であるため遮水性にも優れている泥水モルタルと、② 実績のある注入モルタルを使用する杭を各 2 本比較実験をした。この現場実験の結果、泥水モルタルの注入による地中連続壁への影響は、極めて少ないことが明らかになり、泥水モルタル（H鋼を併用する）を使用する柱列山留壁工法に決定した。

#### 4.3 泥水モルタルの配合決定

泥水モルタルの目標とする力学的性質は、既往の山留計算の結果および類似工法の施工例を参考にして、① 一軸圧縮強さ  $q_u = 8 \text{ kg/cm}^2 \sim 10 \text{ kg/cm}^2$ （材令 28 日）、曲げ強さ  $\sigma_b = 3 \text{ kg/cm}^2 \sim 5 \text{ kg/cm}^2$ （材令 28 日）、② 透水係数  $k < 5 \times 10^{-4} \text{ cm/sec}$ （材令 28 日）、③ 杭をラップさせるために材令 3 日～5 日で原地盤と同程度（ $q_u = 0.5 \text{ kg/cm}^2 \sim 2.0 \text{ kg/cm}^2$ ）の強度とすることなどとした。

以下に一軸圧縮試験と透水試験のみについて、その方法と結果について述べる。

○一軸圧縮試験 一軸圧縮試験の試料は、直径 5 cm 高さ 10 cm のモールドに詰め 20°C の恒温室で各材令まで養生をした。この試料を土の一軸圧縮試験（JIS-A1216）により実施した結果を図-4 に示す。

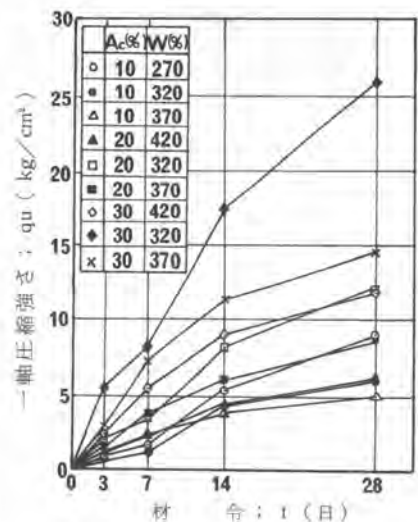


図-4  $q_u \sim t$  の関係

○透水試験 あらかじめ直径 10 cm、高さ 10 cm の透水円筒に泥水モルタルを流し込みビニールでシールをした後、20°C の恒温室で水中養生をした。そして、材令 28 日でのこの円筒ごと透水試験機にセットして、透水試験（JIS-A1218）を実施した。図-5 は、セメント重量混合比別に、透水係数 ( $k$ ) と泥水の含水比 ( $w$ ) との関係を示したものである。この図から、透水係数は、セメント重量混合比が

大きい程、また、泥水の含水比が小さい程、小さくなって  
いることが判る。

これら室内実験の結果から、目標とする力学的性質を具  
備する配合は、泥水の含水比  $w = 370\%$  程度 ( $r_t = 1.15 \text{ g/cm}^3 \sim 1.16 \text{ g/cm}^3$ ) にし、セメント重量混合比  $A_c = 20\%$   
と決定した。

#### 4.4 山留壁の施工方法と結果

山留壁の施工順序は、ロッドレスリバース機により直径  
1219mm の削孔を行ない、H鋼 (400×400×13/21、長さ  
31m) を挿入した後、泥水モルタルを注入した。

同じようにして、3本おきに行ない、すでに注入した隣  
りの杭の泥水モルタルが自立する程度に固結したところ、こ  
の固結した泥水モルタルを削り取りながら削孔した。なお、  
均一な泥水モルタルを作製するためには、管理槽での泥水  
の含水比を一定にすることが必要であり、マッド  
バランスで単位体積重量  $r_t = 1.15 \text{ g/cm}^3 \sim 1.16 \text{ g/cm}^3$   
の範囲になるように調整した。

このようにして、D現場の山留め自動計測システ  
ムで測定しながら16本の杭を約1ヶ月で構築した。

工事着手まえに問題点とした、隣接するD現場  
の地中連続壁の変位もなく工事を終えることがで  
きた。杭と杭のラップは、写真-1に示すように  
一体となっており遮水性も良好であった。

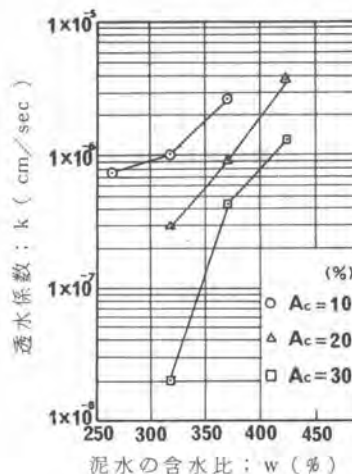


図-5 K~Wの関係



写真-1 掘り中の山留壁

## 5. あとがき

泥水モルタルとH鋼を併用する山留工法は、軟弱地盤における山留工法として極めて有効な工法で  
ある。また、泥水モルタルは、いわゆる資源の再利用であり、掘削残土などの処分地が不足している  
現状からも意義のある材料であると考えている。今後も引き続き用途の拡大と応用工法の開発を考え  
ていきたいと考えている。

### <参考文献>

- (1)横山典明ほか：現場発生土を再利用したベント杭空打ち部の埋戻し例，第23回土質工学シンポジ  
ウム (1978.11)
- (2)横山典明ほか：現場発生土を利用した材料(泥水モルタル)の適用その1，第14回土質工学研究  
発表会 (1979.6)

### 33. ユニット型トンネル集じん機の開発

間 組 松 垣 光 威  
畠 山 修

#### 1. まえがき

従来より、トンネル工事における種々の工種から発生する粉じんの浄化対策については、その発生量を減らす方法、および発生した粉じんを回収浄化する方法の両面から検討がなされてきている。

一方、最近のトンネル工事においては、吹付け工法を併用するNATM工法が広まりつつあり、それに伴って多量に発生する粉じんが問題となり、作業環境の改善が迫られている状況にある。この浄化対策のうち、発生した粉じんの回収浄化方法としては、種々のタイプの集じん機が開発されトンネル工事への適用がなされてきているが、一般に装置が大きく狭いトンネル内のスペースを多大に占有し作業の障害となること、集じん機自体の集じん効率は高性能であっても拡散した粉じんの回収効率が悪くトンネル全体の浄化につながらないことなどの問題があり、現実の工事現場において集じん機が設備され良い結果を生んでいない例は少ないようである。



写真-1. ユニット型集じん機

ユニット型トンネル集じん機(写真-1参照)は、このような現実的な問題に対応する必要から生まれたものであり、今回その1号機が完成したので以下にその概要を報告する。

#### 2 構造の概要

本機は次の点を基本として開発した。

- ① トンネル内の発生粉じんの拡散を防ぎ、その回収効率を良くするために、集じん装置と換気システムの一部にとり入れらる。
- ② 装置の小型化を図るために、その横断面寸法を集じんに必要な基本流速を得られる程度の最小限の大きさにし、さらに単体重量を軽くする目的でユニット化する。  
なお、本機の集じん機構造は次の順序で行なう湿式タイプのものである。
  - ① 含じんガスを送風機により吸込ダクトを通して集じん槽へ吸引し、集じん槽へ導いた含じんガスを、水スプレーにより洗浄集じんする。
  - ② 洗浄集じん後、水気を帯びた粉じん粒子を、じゃま板により慣性力集じんする。
  - ③ 慣性力集じん後、フィルターによりろ過集じんを行なうと同時に水切りした浄化空気を連絡した排気ダクトより開放する。



この結果、処理風量が150<sup>m</sup>3/minで、1ユニット当りの外形寸法が高さ700mm、幅700mm、長さ2000mm、重さが50kg程度のユニット型トンネル集じん機が開発できた。図-1に本機の概略的構造をフローシートで示す。

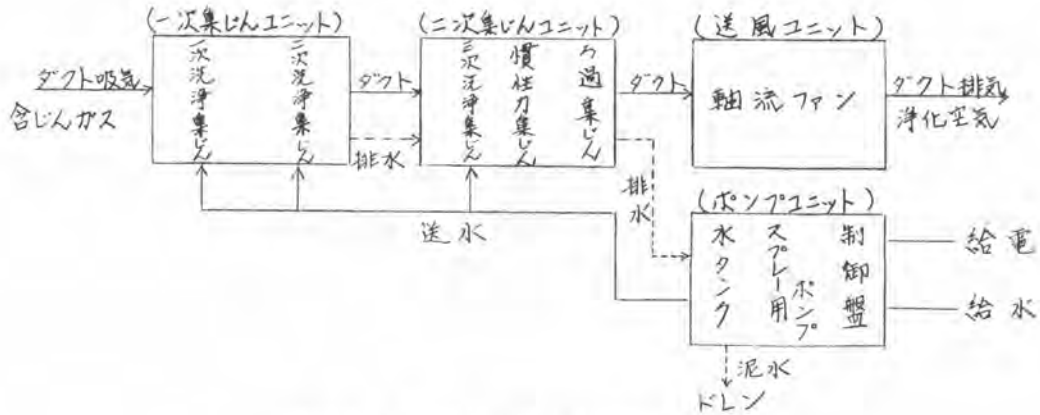


図-1 集じん機の構造(フローシート)

集じん機と換気システムとの組合せは、換気システムを送風系とし、坑口から新鮮な空気をダクトを通して切羽方向に送風して、切羽付近のトンネル内の空気の流を坑口より切羽方向とすることにより発塵粉じんの拡散を防ぐようにする。さらに集じん機の吸込ダクト口を切羽付近に設け、含じんガスの回収効率を良くすることをねらっている。図-2に集じん機と換気システムとの組合せを概念的に示す。

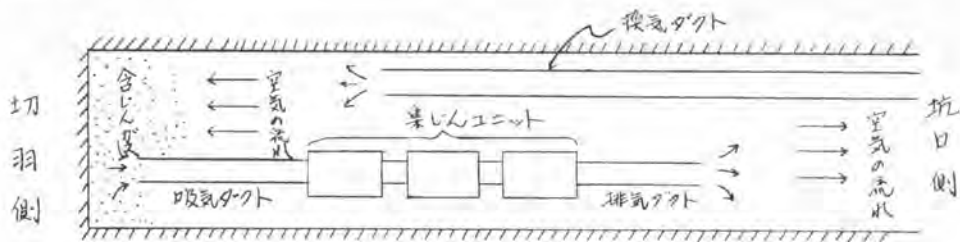


図-2 集じん装置と換気システムとの組合せ

### 3. 特長

本機は、以下のような特長を有している。

(1) 汎用性が高い。

- ① 据付現場の状況に応じて、ユニットの配置が自由にできる。
- ② 粉じんの種類、および量によりユニットの増減が可能である。
- ③ 送風ユニットは、通常の換気用ファンにそのまま転用できる。

(2) 小型、軽量である。

- ① 小型でトンネル内の作業空間を余り専有しないので、作業の障害にならない。

- ②装置がユニットに分かれており単体重量が軽いので、移動が比較的容易である。
- (3) 集じん効果が高い。
- ①排気システムの一部であることを基本としているので、トンネル全体の浄化効率が高い。

#### 4. 仕様諸元

本機的主要仕様諸元を表-1に示す。

表-1 本機の仕様諸元

項目	仕様諸元	項目	仕様諸元
分類	洗淨集じん、慣性力集じん、ろ過集じんを組合せた集じん装置	各ユニット外形寸法	H 700 <sup>mm</sup> × W 700 <sup>mm</sup> × L 2000 <sup>mm</sup>
名称	ユニット型集じん機	1次集じんユニット	700 × 700 × 2000
用途	石粉およびセメント粉じん回収	2次集じん "	700 × 700 × 2000
処理风量	150 m <sup>3</sup> /min	ポンプ "	700 × 700 × 1950
圧力損失	200 mm H <sub>2</sub> O	送風 "	670 × 550 × 2060
洗淨集じん装置 スプレー水量	400 l/min	各ユニット重量	
" 圧力	4 kg/cm <sup>2</sup>	1次集じんユニット	350 kg
補給タンク容量	480 l	2次 "	350
慣性力集じん装置 方向変換角度	125度	ポンプ "	350
" 回数	1回	送風 "	410
ろ過集じん装置 ろ過面積	2.62 m <sup>2</sup>	接続ダクト口径	
ろ材の種類	ポリビニールホルマール系	吸気側ダクト	φ 400 mm
		排気側 "	φ 400
		所要動力	
		スプレーポンプ動力	6.5 kW
		送風機 "	5.5 kW × 2台

#### 5. 性能試験結果

本機の性能試験結果を図-3に示す。

##### (1) 試験用ダスト

JIS 6種 普通ポルトランド  
セメント

##### (2) 測定器

熱線風速計 1台

デジタル粉じん計 2台

##### (3) 測定結果

処理风量 153 m<sup>3</sup>/min

圧力損失 214 mm H<sub>2</sub>O

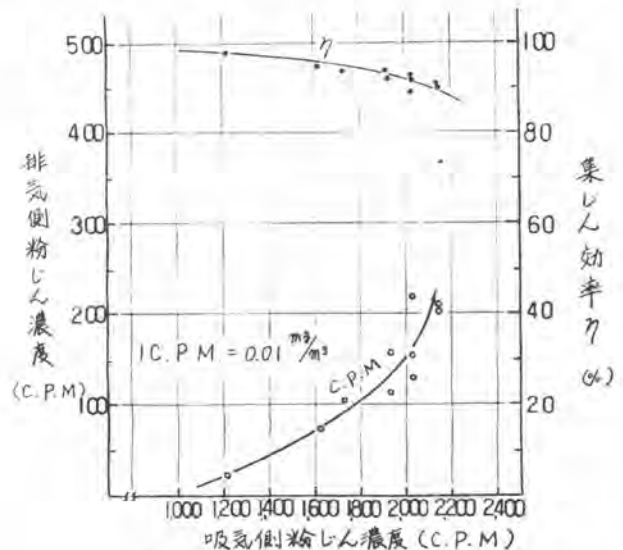


図-3 集じん特性曲線

## 6. 今後の課題

フィルターによるろ過集じん機構は、粉じんの処理量(時間)の増加に伴いフィルターの目づまりを起し、性能(集じん効率および処理風量)の低下が懸念される。現在のところ、付着粉じんの払落し機構としてバイアレータの設備を検討しているが、今後は、ろ過集じん機構に代る集じん機構を検討し、維持管理が容易な集じん機を開発してゆく必要があると思われる。

## 7. あとがき

本機は、集じん装置をトンネル内の換気システムの一部にとり入れることにより、トンネル内全体の浄化を目指して開発を進めているものであり、各ユニットの小型化、軽量化について、さらに改良の余地があると思われるが、石粉やセメント粉じんなどの浄化については一定の成果が得られたと思う。今後はSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、COなどの浄化方法についても開発を進めて行きたい。

なお、本報文の報告に当っては、当初現場における実績データを基に述べた予定であったが、現場の都合により、未だそのデータが得られていない。したがって本機を用いた現場実績データについては、次に発表の機会を得た時に報告したいと考えている。

## 34. 手持式作業機械の騒音振動

建設省九州技術事務所 大城 忠士 江本 平  
深田 英二

### 1 まえがき

近年、手持式作業機械の振動によって発生する振動病が問題になってきている。関連する産業分野は、林業、鉱業、鉄工業、建設業などで、関係工具として、チェーンソー、草刈機、さく岩機、ブレーカ、振動コンパクタなどがあげられる。建設工事においても、さく岩機、ブレーカ、振動コンパクタ等各種の手持式作業機械が使用されているが、これらの作業機械に関しては、騒音振動レベルの把握はもちろん防振対策についても十分な検討がなされていない。そこで、当事務所において建設工事に使用されている振動を伴う手持式作業機械について騒音、振動レベルの測定調査を実施したのでその実態を報告するものである。

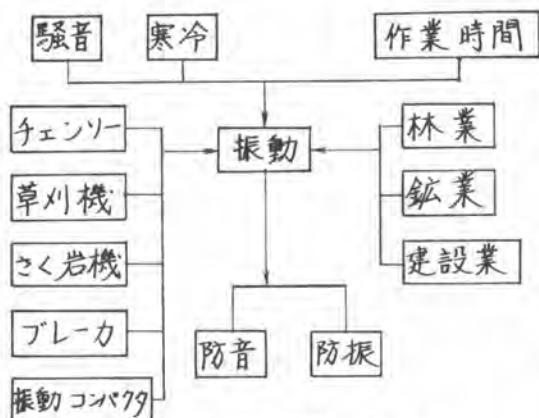


図-1 振動による影響



写真-1 騒音振動測定状況

### 2 調査概要

#### 2.1 調査対象機種

表-1のとおりである。

表-1 調査機種

機械名	型式	機種	機械名	型式	機種	
さく岩機	圧縮空気式	9	振動コンパクタ		4	
〃	エンジン式	3		タンパ		4
ブレーカ	圧縮空気式	5	草刈機	肩掛式(エンジン)	9	
〃	エンジン式	1		〃	肩掛式(電動)	2
〃	油圧式	1		〃	ハンドガイド式	2
ピックハンマ		4	計		44	

## 2.2 測定方法

振動の測定には3台の手持式振動工具用振動計を使用した。振動を検出するための振動ピックアップは、圧電式のもので(加速度に比例した電圧が発生する)3方向同時測定用を用いた。ピックアップの取付は、作業者のハンドルを把持する場所にホースバンドで固定する方式をとった。振動は振動加速度レベル(VAL)と人体感覚補正をした振動レベル(VL)で測定した。振動加速度レベルは、

$$VAL = 20 \log \frac{A}{10^{-5}} \quad G = \frac{A}{9.8}$$

A: 振動加速度の実効値  $m/s^2$

で表わされる。

測定データは、レベルレコーダ及びデータレコーダに収録し、併せて実時間分析器を用いて周波数分析を行った。

騒音は、作業者の耳元において、騒音計で測定した。

## 3 調査結果

測定結果を図-3に示す。

測定方向は、原則として上下、前後左右の3方向とした。図-3に示す振動の測定値は、この3方向の測定値の最大値である。

### 3.1 さく岩機(ハンドハンマ)

計測は、さく岩機、ブレーカ、レッグドリルとも、橋梁のコンクリート析に対する作業について実施した。

さく岩機の振動加速度レベルは、137~147 dB (7.2~22.8G)、振動レベルで、124~132 dBであった。振動は、主にピストンとスチールの打撃及びビットとコンクリートの打撃によるものである。なお、空気式とエンジン式のレベルの差はほとんど認められなかった。

### 3.2 ブレーカ

振動加速度レベルは、130~160 dB (3.2~102G)であったがハンドルにゴム被覆をしたもの、本体とハンドルの接続部にゴムを使用した(ナイトハルト機構)ものは、130~134 dB (3.2~5.1G)とゴム被覆していない機種に比べ低い値であった。騒音は、103~107 dBであった。

### 3.3 ピックハンマ

振動加速度レベルは、ハンドルがゴム被覆のもので132~135 dB (4.1~5.2G)、ゴム被覆していないもので157~164 dB (72.2~161.7G)の結果を得た。騒音は、100~117 dBであった。

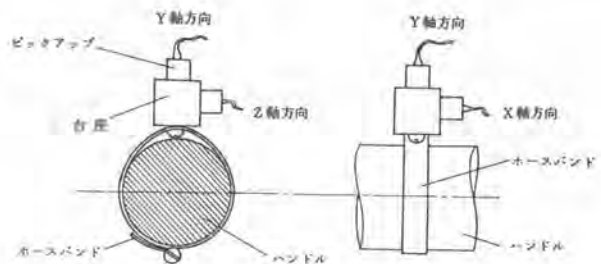


図-2 ホースバンドによるピックアップの固定

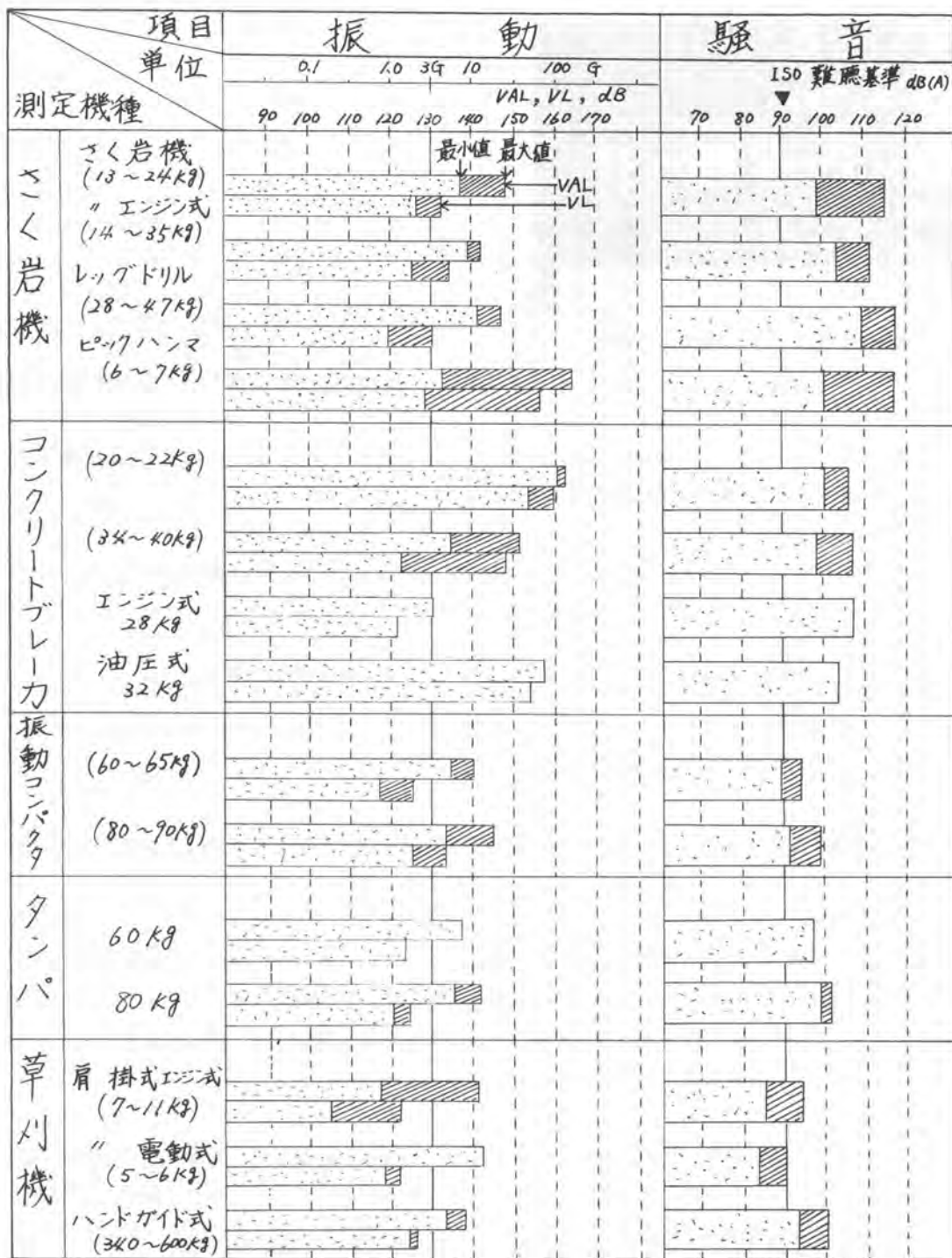


図-3 手持工具の騒音振動





写真-2 ピックハンマの振動波形

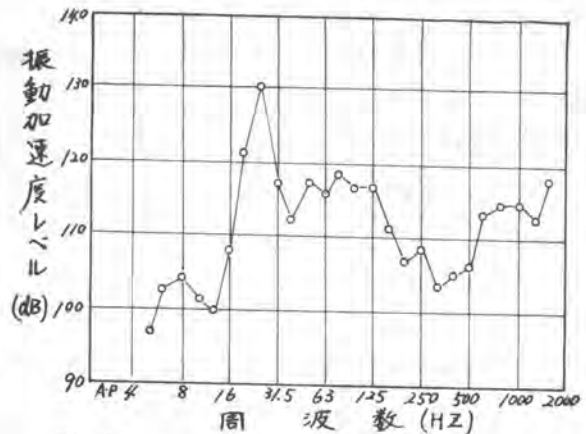


図-4 ピックハンマの振動周波数分析

写真-2は、ピックハンマの振動加速度の時間に対する波形である。図-4は、その周波数分析を行ったもので、25 Hzに卓越周波数がみられる。

### 3.4 レッグドリル

脚(レッグ)Kより反かをとり水平方向にさく孔するレッグドリルは、振動加速度レベル143~146 dB (14.4~20.4G)、騒音111~117 dBであった。

### 3.5 振動コンパクタ

振動加速度レベルは134~145 dB (15.1~18.1G)、騒音レベルは89~91 dBであった。測定は整地された土の上で行ったが、振動コンパクタは、作業中ハンドルを強く把持する必要がないので、人体に伝わる振動は少ない。

### 3.6 タンバ

振動加速度レベルは、137~140 dB (7.2~10.2G)、騒音レベルは97~102 dBであった。測定は土の上に小石を敷き、その上で作動させて行った。

### 3.7 草刈機

ハントカイト式は、振動加速度レベル133~138 dB (4.6~8.1 dB)、騒音93~101 dBであった。エンジン式については、防振構造のものも多く、振動加速度レベルで117~141 dB (0.7~11.4G)で騒音で85~94 dBの結果を得た。電動式は、振動加速度レベルで142 dB、騒音レベルで83~90 dBであった。

## 4 あとがき

振動工具のうち建設工事に関係の深いものを取りあげて騒音振動の現状を調査したが、振動は測定の方法(ピックアップの取付方、取付位置等)によりその値が多少変わる恐れがあり、各機種ごとに測定方法を規定する必要があることわかった。また、現在防振のために防振ゴムを使用することが一般的な方法となっているが、リモコン方式にするなどさらに改善の余地が残されていると考えられ、今後この方面の検討が望まれる。

# 35. 建設騒音の予測(パワーレベルの推定)

建設省土木研究所 沢田茂良 太田 宏  
境 友昭

## 1 まえがき

建設工事に伴って発生する騒音を事前に予測することは、騒音が周辺地域に影響を及ぼす範囲の判定や騒音対策技術の検討を行うための有力な手段となる。建設騒音を予測するには、まず工事に使用される建設機械のパワーレベルを把握しておくことが必要となってくる。建設機械の騒音のパワーレベルの測定方法としては、ISO/DIS4871 に基づく方法があり、機械のパワーレベルをかなり正確に把握することができる。しかしながら、この方法を建設機械に適用する場合、機械の定置状態でしか測定できないことや、莫大な労力を必要とするなど問題となる。

本報告は、建設省の各地方建設局技術事務所にて調査した道路建設工事、橋梁建設工事、河川水門及び区工事、築堤工事及び建築工事等300余現場における約4,000件に及ぶ騒音測定データから推定した建設機械に関する騒音のパワーレベルを統計的に解析し、建設機械の機種、規格、作業状態、方向及び測定方法等の諸要因の効果について明らかにしたものである。

## 2 建設機械騒音のパワーレベル

### 2.1 騒音のパワーレベルの推定式

建設工事現場で測定された実測値には、機械の稼動条件の違い、機械の個有差、測定点を含む音場の違い、規格の違い、あるいは測定方法、測定要領の違いによつて様々な値をとるため、実測値から基準レベルを推定する場合、変動要因を解析しなければならない。

建設機械の騒音が点音源の減衰に従うことは既知のことであるが、測定値から最小自乗法を用いて検定した結果、ここで用いるデータについても点音源の減衰に従うことが立証された。これより、建設機械が音響的に点音源と看做し得ることから、個々の測定値が全て騒音のパワーレベルを推定する独立した値として取扱ひ得る。よつてパワーレベルの推定は、点音源騒音の理論減衰式

$$WL = SL + 20 \log R + B \dots\dots\dots (1)$$

によつて可能である。しかし、個々の測定値は、建設機械側の要因として③建設機械の騒音指向性、④建設機械の種別および規格、⑤建設機械の稼動条件、また測定方法の要因として、⑥聴感補正回路、⑦騒音計の動特性、⑧平均値、 $L_{0.5}$ あるいはピーク値等のデータの取まとめ方などの原因によつて異なつた値を示し、測定値から騒音のパワーレベルを推定する場合は、これらの原因を分析し区分しなければならない。

騒音に対して、各々の変動要因は独立して寄与すると仮定して騒音のパワーレベルの構造を

$$WL = P_0 + kX + S(x) + P_d + P_h + P_t + A(t) + A(R) \dots\dots\dots (2)$$

$P_0$ : 基準となるパワーレベル ( $X = 0$  のときの値)

- $x$ : 規格の呼び値 ( $k$ は回帰式の比例定数)
- $S_{(k)}$ : 回帰式の直線回りの残差
- $P_d$ : 指向性による方向差
- $P_h$ : 聴感補正回路による差
- $P_t$ : 平均化回路の時定数による差
- $\alpha_{(t)}$ : 変動係数 (時間軸に対する分布関数)
- $S_{(R)}$ : 残差の分布 (予測時のパワーレベルの精度)

また、規格と騒音のパワーレベルが無関係である場合は、 $K = 0$ であるから

$$W_{I(M)} = P_d + P_h + \alpha_{(t)} + S_{(R)} + P_m \dots\dots\dots (2)$$

として示す。但し  $P_m$  は平均パワーレベルである。また、パワーレベルWLのサファイツクスMは、機械の種類、作業条件を示すもので表-1, 2に示すコード順に相当する。

## 2.2 各要因の解析方法

### (1) 反射、回折の補正

建設機械の騒音が点音源と看做せることから、実測値に含まれる反射、回折等による誤差は、(1)式を用いて分析できる。即ち、反射が想定される場合の実測値は(1)式による推定値より高い値を示し、また回折が想定される場合の実測値はこれと逆の関係にあり、これらの要因による実現値の差数は、(1)式からの推定差として分析され、工事現場の音場と照合して妥当性を有するものであれば推定差を補正して、要因の寄与量を推定するとともに、実測値からその影響を除いた。

なお、反射の影響を受けていると推定される実測値は全測定数の6.4%、またその統計値は2.3dB ± 1.7dBであった。回折の場合は、全測定数の2.5%、また回折の行路差dとの関係では、騒音の損失レベルをLとして、 $L = 2.24 \log d + 6.6 \text{ dB}$  の関係が見出された。

### (2) 指向性による差

建設機械の騒音のパワーレベルが(2)式で示されるように線形構造をとる場合、個々の要因の影響の度合は、対象とする要因の因子のみが異なる実現値の平均値の差として示されることから、各方向の測定値を  $L_{di}$  ( $i = 1, 2, 3, 4$ : 前左後右の方向を示す) その平均値を  $\bar{L}_d$  とすると、指向性による差  $P_d$  は、

$$P_{di} = (L_{di} - \bar{L}_d) + N(0, \sigma_d^2) \dots\dots\dots (3)$$

で示される。ここで  $N(0, \sigma_d^2)$  は  $(L_{di} - \bar{L}_d)$  が各測定現場で異なつた値となる時の分散を示すものである。これより、 $(L_{di} - \bar{L}_d)$  を各測定現場のデータについて平均したものが  $P_{di}$ 、その分散が  $\sigma_d^2$  として計算される。

### (3) 聴感補正回路及び動特性による差 ( $P_h, P_t$ )

指向性による差の分析の場合と同じ手法に依ることができるが、騒音測定の場合  $P_h, P_t$  の因子は、いずれも2因子である (聴感補正回路は、 $\gamma = A$  または  $0$  と  $A$  特性、動特性は、Fast と Slow の2因子) ため、常用される方の因子 (聴感補正回路では  $A$ 、動特性では Slow) を基準として、他の

因子の影響の差を求めた。即ち、C特性とA特性の差を  $(P_{hc} - P_{ha})$  とおくと、

$$P_h = (P_{hc} - P_{ha}) + N(0, \sigma_h^2) \dots\dots\dots (4)$$

また、動特性では Fast 及び Slow の測定値を各々  $P_{tF}, P_{tS}$  とすると、

$$P_t = (P_{tF} - P_{tS}) + N(0, \sigma_t^2) \dots\dots\dots (5)$$

となり、(2)と同じ手法によつて分析される。

(4) 変動係数  $\sigma(t)$  の分析

騒音測定値の取まとめは、その騒音の時間変動のパターンに応じて JIS-Z-8731 に定められており騒音の時間変動が正規分布に従うとすれば、次の手法によつて時間変動を表示することが可能である。即ち、

$$\sigma(t) = N(0, \sigma_{time}^2) \dots\dots\dots (6)$$

とおけば、90%レンジの上端値と平均値の差は、 $L_{05} - L_{mean} = 1.64 \times \sigma_{time}$ 、また80%レンジ上端値は  $L_{10} - L_{mean} = 1.28 \times \sigma_{time}$  で示され、これより(6)式の  $\sigma_{time}$  が計算される。また、平均値のみの測定データしかない場合定常騒音と見做し  $\sigma_{time} = 1.0$  とした。

(4) 規格とパワーレベルの関係

建設機械の大きさ(規格)と騒音のパワーレベルの関係を

$$WL = k \cdot X + P_0 + S(r) \dots\dots\dots (7)$$

の1次回帰式で示し、最小自乗法で解析した。相関関係に有意性がない場合は、 $k=0$ として、規格と騒音のパワーレベルは独立とした。

2.3 騒音のパワーレベルの周波数構成

実測値のスペクトルを  $1/3$  オクターブバンドのA特性スペクトルレベルに換算し、また(1)式を用いてこれからパワースペクトルレベルを推定した。周波数構成では、機種と作業条件以外は変動要因とならないと仮定し、機種、稼動条件ごとに平均スペクトルパターンを(2)式の基準レベルまたは、(2)式の平均パワーレベルと、そのオールパスレベル値を一致させることによつて、建設機械の騒音パワースペクトルレベルを計算した。

2.4 騒音のパワーレベルの推定の手順と推定結果

建設機械の騒音のパワーレベルの変動要因の分析は、計算機を用いて行い、その計算手順は図-1のフローチャートに示すとおりである。

騒音のパワーレベルの推定と変動要因の解析結果を表-1、また騒音のパワーレベルの周波数構成を表-2に示す。なお表は、53機種について分析したうちの代表的な20機種について示したものである。

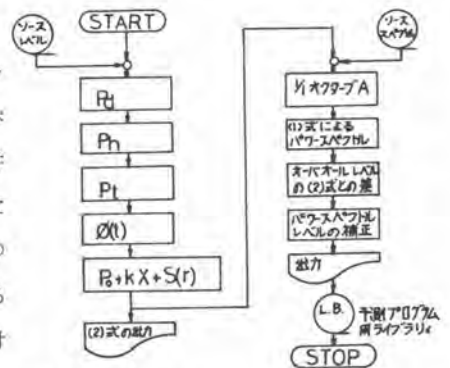


図-1 計算手順のフロー

表-1 建設機械騒音のパワーレベルの推定値

機械名	コード/規	規格 (X)	規格との関係		指向性			聴感 補正 (F-0)	動特性 (F-0)	時間 変動率	平均 パワーレベル	偏差 (S <sub>p</sub> )	
			$P_0 + kX$	残差	前	左	後						右
ブルドーザ	101	ton	—	—	-1.3	1.8	-2.3	0.1	—	0.3	1.0	110.3	4.4
油圧ショベル	202	m <sup>3</sup>	102.9+7.3X	7.3	-0.4	0.6	0.5	-0.7	—	0.4	3.5	106.4	7.4
ホイールローダ	302	m <sup>3</sup>	—	—	—	—	—	—	—	—	1.7	110.6	1.1
クローラクレーン	503	ton	92.0+0.1X	4.3	2.7	-0.7	-1.7	1.2	—	0.4	2.2	97.1	5.0
ディゼルハンマ	601	ton	—	—	-0.3	0.9	-1.7	0.5	—	4.8	2.0	126.4	9.6
振動ハンマ	602	SW	108.8+0.1X	4.0	-0.5	0.9	-0.5	0.4	—	0.7	2.5	113.7	4.2
アースオーガ	603	cm	92.6+0.3X	6.7	2.0	2.5	-6.1	2.5	—	0.1	1.0	110.2	9.4
ベント掘削機	605	cm	75.9+0.4X	5.0	-0.8	0.3	1.4	-1.1	—	—	1.0	113.4	6.4
ドーナツオーガ機	607	cm	71.2+0.4X	1.7	-0.5	-0.8	0	1.4	6.0	0.6	1.0	102.2	2.7
中掘工法(既)	612:613	kW	—	—	-1.4	0.4	0.3	0.5	—	—	1.0	96.2	4.1
鋼矢板対策工法	611	kW	—	—	-2.3	1.5	—	0.7	—	—	1.0	110.2	3.9
ドロップハンマ	615	ton	—	—	0.9	0.4	-1.9	0.7	—	1.5	1.0	121.2	1.6
鋼矢板圧入工法	631	kW	—	—	0.1	0.7	-0.1	-0.6	—	1.5	1.0	99.7	2.7
コンクリートブレーカ	803	kg	—	—	0.3	-0.2	-0.3	—	—	2.7	1.0	113.8	8.1
ロードローラ	901	ton	—	—	—	0.5	—	-0.5	—	0.3	1.0	102.3	2.9
振動コンパクタ	904	ton	71.7+16.8X	1.4	-0.1	0	0.2	-0.1	—	0.3	1.0	99.2	8.8
振動ローラ	905	ton	104.3+1.2X	3.9	—	0.2	—	-0.2	—	0.4	1.0	108.5	5.3
コンクリートカッター	945	cm	—	—	-0.8	0	-1.1	0.9	—	0.8	1.0	113.8	3.9
路面修正機	946	cm	—	—	-3.2	2.1	1.1	—	—	0.6	1.0	105.6	1.1
空気圧縮機	951	cm <sup>3</sup> /min	—	—	-1.4	2.0	0.4	0.3	—	0.9	1.4	104.8	2.7

表-2 建設機械の騒音のパワースペクトルレベル

機械名	コード/規	オクターブ dB(A)	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
			Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz
ブルドーザ	101	110.1	52.2	86.0	93.7	97.0	100.8	105.3	104.4	103.6	95.1
油圧ショベル	202	102.2	48.5	79.7	90.8	96.3	99.7	102.2	99.2	94.8	87.8
ホイールローダ	302	107.5	48.5	89.5	88.0	97.0	100.0	107.5	104.5	98.5	98.0
クローラクレーン	503	101.9	45.0	68.9	78.3	87.4	92.9	92.2	88.4	82.4	75.0
ディゼルハンマ	601	128.7	80.3	89.5	99.0	108.6	118.7	123.4	120.1	114.3	105.1
振動ハンマ	602	110.9	68.2	87.1	90.8	98.0	102.9	110.4	108.5	103.5	94.5
アースオーガ	603	105.4	79.2	90.2	93.7	100.7	99.2	105.2	104.7	99.2	91.7
ベント掘削機	605	115.7	57.1	84.9	95.6	104.9	108.3	109.1	104.4	99.3	86.9
リバス掘削機	606	103.1	54.9	76.7	85.6	93.4	96.0	100.2	94.4	87.4	—
中掘工法(既)	613:612	95.7	55.2	72.2	78.2	86.5	89.5	92.5	85.5	79.2	70.9
鋼矢板対策工法	611	104.7	60.4	89.4	88.4	92.4	95.4	102.4	96.4	89.4	80.4
ドロップハンマ	615	121.2	63.8	80.8	92.3	106.2	115.8	117.0	114.6	109.4	97.8
鋼矢板圧入工法	631	99.7	62.9	84.9	92.4	92.9	91.9	91.9	91.4	86.4	80.9
コンクリートブレーカ	803	113.8	68.0	89.0	94.7	100.1	105.7	109.8	107.9	104.2	96.6
ロードローラ	901	102.3	51.7	76.7	86.5	98.7	94.2	96.7	90.7	85.7	77.5
振動コンパクタ	904	99.2	48.5	67.5	82.0	90.3	90.5	93.5	90.3	94.0	—
振動ローラ	905	108.5	60.3	83.7	92.8	100.2	102.9	104.0	99.8	94.6	85.4
コンクリートカッター	945	113.8	59.0	79.2	93.1	101.7	104.6	107.7	105.7	109.6	98.1
路面修正機	946	105.6	63.3	84.7	94.1	96.5	98.4	101.7	97.5	89.8	81.2
空気圧縮機											

3 あとがき

本調査にて推定された建設機械の騒音のパワーレベルは、ライブラリーとして計算機に登録され、建設工事騒音の予測プログラムの入力として用いるものである。建設工事騒音予測プログラムは、ラプラスのポテンシャル方程式によつて解く方法を開発し、予測精度、出力方法について現在調査中であり別の機会に報告するつもりである。

## 36. 水面清掃船(プランクトン処理用)の 開発について

建設省九州技術事務所 中 島 甲子郎 平 嶋 正 明  
豊 福 清 尚

### 1 まえがき

近年、ダムや湖沼では、水質の富栄養化により動植物性のプランクトン(主にペリデニウム等)が季節的に異状発生し湖沼を汚濁しており、濁水の長期化などの問題と共にその防止対策の検討が強く要望されている。そこで、その対策の一環として、ペリデニウム等のプランクトン除去システムの検討を目的として、長毛ろ過装置と遠心分離機によるプランクトンの濃縮試験装置を備えた水面清掃船の製作を行ったので、構造、性能について報告するものである。

### 2 ダム湖の現状

松原ダムは、昭和45年12月に湛水を開始したが昭和49年頃から4月になると貯水池上流端のよどみにコーヒ色に変化した縞模様が見られるようになった。その後、経年とともに増大し、毎年3月中旬頃に上流のよどみ部に発生したコーヒ色の縞模様が次第に大きくなりながら下流部に拡大し4月中旬になるとダムサイド全面が赤褐色化するようになった。原因は水中に生息する動植物性プランクトンで、調査の結果、主体はペリデニウムで水深1.2m以浅の所に発生していることがわかった。



写真-1 水面清掃船全景

#### 2.1 プランクトンの性状

種 類	ペリデニウム(和名 ウズオヒムシ)
大 き さ	20 $\mu$ ~ 40 $\mu$
固 体 数	55.4 $\times 10^6$ 個/ℓ 調査時の最大
P H	.11
湖水のBOD	発生中 変化なし
〃 D O	〃 〃
〃 S S	68 P P m 調査時の最大
性 質	好気性

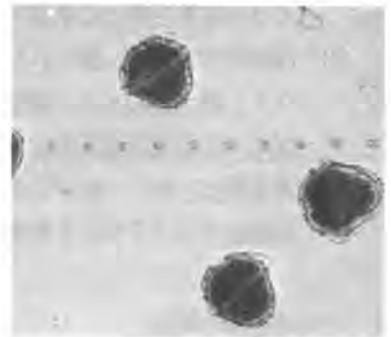


写真-2 ペリデニウム(x450)

#### 2.2 プランクトンの発生時期

発生期間	3月中旬 ~ 4月中旬 9月中旬 ~ 10月中旬
〃 時間	AM10時頃 ~ PM4時頃 ピークは、PM2時頃 (この時間帯でも、水温、気温、降雨等により発生しない時もある)。



### 2.3 プランクトンの生息水深

表面から1.2m位までに最も多く、水表面に漸次濃く発生する。

### 2.4 処理希望水量

ダムサイト 200m×200m×水深0.2m 8000m<sup>3</sup>

## 3 水面清掃船の開発

### 3.1 開発に関する基本的な考え方

- (1) プランクトンの発生は、特定期間の日中に急速に発生しており、朝夕は目視できない。
- (2) 処理水量は、ダムサイトのみとしても(200m×200m×水深0.2～1.2m) 8000m<sup>3</sup>～48000m<sup>3</sup>となり、これを短期間に回収処理するとすれば莫大な設備と費用が必要となる。
- (3) プランクトン群の移動や発生箇所の変動を考えると、処理後の水域の清掃(除去)効果に疑問が残る。
- (4) プランクトンに関する資料不足で、実態の掌握が難しい。
- (5) 水処理の専門業者でも、このプランクトンについては、性状、除去方法ともあまり研究が進んでいない。

以上の(1)～(5)を検討した結果、不明確な要素が多く、パイロット機を製作して調査を続けることにした。

### 3.2 開発機としての条件

- (1) 薬品(殺虫剤、凝集剤など)を使用せず、機械的に回収除去できること。
- (2) 水上において、採集から最終濃縮までの一連の作業を行い、最終濃縮液はできるだけ濃度の高いものとする。
- (3) 施工対象物は、ペリデニウムとする。また、稼働率の向上を図る目的で、浮遊する塵芥も回収できる装置を備えた構造とする。
- (4) 回収処理区域は、限られた区域とし、採集は発生初期の部分的なものや、また、帯状のプランクトン群も回収でき、採集水深は0.6mまで選択できる機構とする。
- (5) 湖水への処理済還元水は、環境基準(松原ダムはSS25PPm以下)に適合すること。
- (6) 各装置は、総トン数5t未満の小型船舶に架装できるものとする。
- (7) 処理能力は15t/日を目標とする。

## 4 水面清掃船の構造

### 4.1 構造概要

水面清掃船(プランクトン処理用)は、全鋼板溶接構造の自航式双胴船形式で、船体前方にポンプによるプランクトン採集装置、船体中央部に一次濃縮処理装置、並びに、二次濃縮処理装置を装備し、各装置は油圧駆動である。

図-1に構造概要図を示す。

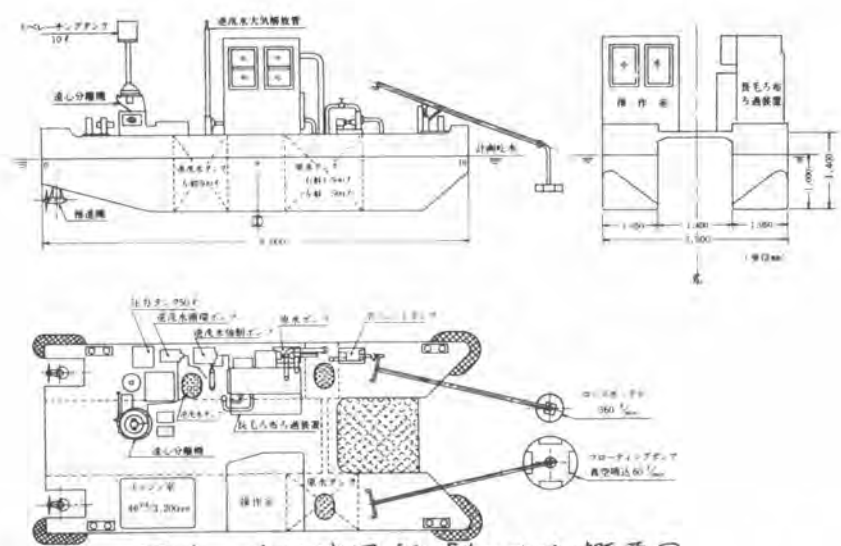


図-1 水面清掃船「まつかぜ」概要図

4.2 採集濃縮装置

採集濃縮装置は、採集ポンプ、長毛ろ布ろ過機、遠心分離機等から構成されている。

図-2にフローを示す。

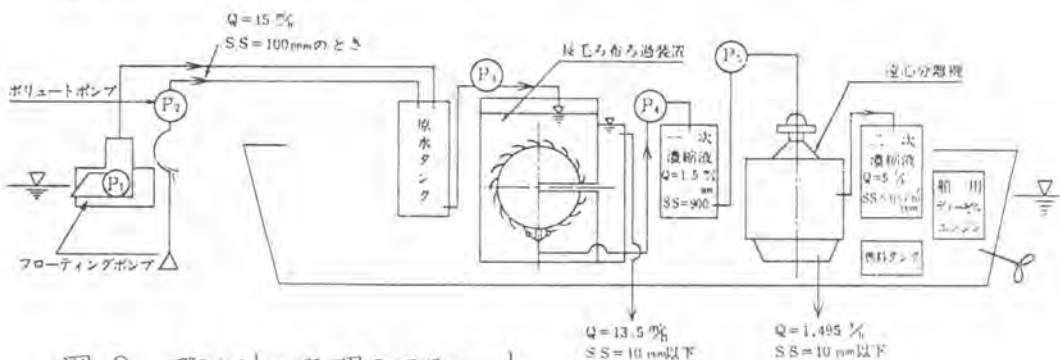


図-2 プラントン処理のフローシート

4.3 仕様、諸元

- ・ 形式 鋼製自航式双胴形 プラントン、浮遊産廃採集処理式
- ・ 速度 巡航速度 4km/h 最高速度 6km/h
- ・ 処理能力 処理水量 15m<sup>3</sup>/h 湖水への還元水は、SS25PPM以下
- ・ 人員 最大搭載人員 5名 作業員 3名
- ・ 操縦資格 小型船舶才4種免許
- ・ 総トン数 4.63t (製作重量9.4t、運転時重量14.0t)
- ・ 主機関 直立4サイクル水冷船用ディーゼルエンジン 出力46PS/3200rpm
- ・ 推進装置 船内外機形 径400mm×ピッチ400mm×3枚 2基
- ・ 採集装置 (a)フローティングポンプ 60ℓ/min×6m 水面浮上真空吸込式  
(b)自吸式ポンプ 360ℓ/min×12m 採集水深可変0.6m形

○一次濃縮装置(図-3に原理を示す)

形式 長毛ろ布ろ過回転ドラム式

処理能力 8.3 $\text{m}^3/\text{h}$  ~ 20.8 $\text{m}^3/\text{h}$

○二次濃縮装置

形式 整形遠心分離機

処理能力 2.3 $\text{m}^3/\text{h}$

重力の加速度 7600 $g$  / 7400 $\text{rpm}$

○水タンク

原水タンク 2000 $\text{l}$  逆洗水タンク 500 $\text{l}$  船体付

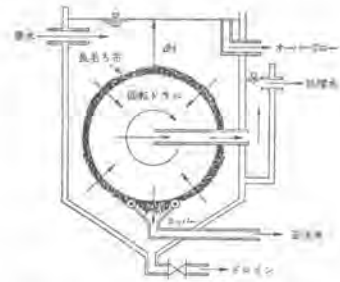


図-3 長毛ろ布ろ過装置

#### 4.4 調査結果と考察

(1) フローティングポンプは、表面水を確実に吸引し、また、波に対する追従性もよく問題ないが、接近するとプランクトン群の目視が難しくなるのでこの方法によるプランクトンの採集は余り望めないようである。

表-1 SS分析結果(単位PPM)

サンプリングNO	原水	一次処理	逆洗水	二次処理	スラッジ	濃縮度
6	9.9	6.9	44.2	5.0	12100	0.8/1000
7	7.1	6.9	43.8	1.9	4710	1.5/1000
3	31.2	21.0	336.0	13.9	8360	3.7/1000
7'	31.6	16.8	514.0	13.5	20300	1.5/1000
12	26.3	17.3	204.0	9.7	60500	9.7/1000
13			186.0	12.7	22600	

(2) 一次及び、二次濃縮装置の処理水量は、湖水のSS濃度に影響されるが今回の試験では、発生量が30PPM程度と少く(本機の設計条件は、68PPM)、各装置の性能を十分把握することはできなかった。(しかし表-1に示すとおり処理水質は環境基準以下で、また、最終濃縮液もペースト状となり排出量も3.2 $\text{g}/\text{h}$ 程度で比較的に良好な結果を得ることができた。

処理水を、SSとフロロフィルで調査したが、相関があり、SSの濃度で水質の良否を評価することができる。

#### 5 あとがき

プランクトン処理試験用として、処理能力15 $\text{m}^3/\text{h}$ のパイロット機を製作し薬品などを使用せず物理的にプランクトンを回収しスラッジとして取出す一連の機構について各種の試験を行い成果を得ることができた。しかし、本格的にダム湖水を浄化するとなると処理水量は膨大なものとなり陸上設備によるスケールアップは勿論のこと、各種の後処理関係の設備が必要となるので、効果や経費について慎重な検討が必要である。また、プランクトンの発生に関係の深い窒素やリンなど栄養塩類の分析調査及び発生源の調査を行い発生を積極的に抑制する方策の検討など今後の課題と言えよう。

春季のペリデニウムに続いて夏季にはアオコの発生も予測されるので今後は、パイロット機によるプランクトン回収実験を続けると共に、アオコ回収に対する本船の適応性の調査を行う予定である。なお、さらに頭初から予定されていた浮遊塵芥の回収装置を架装し機械の稼働向上を図り湖水清掃のパイオニアとしてその役割の一端を果したい。

## 37. 河床清掃機(クローラ式掘削機) (クローラ式運搬機)の開発

建設省関東地方建設局 小池賢司

### 1. まえがき

都市河川には、岩石類のほか周辺から投げ捨てられたさまざまな廃棄物が堆積しており、現在、浚渫工事が計画されている鶴見川においても厂史的な地域性から、その傾向は特に著しい。このような現場状況の中で採用された浚渫工法として、ポンプ浚渫船による掘削と、パイプラインを用いた土砂輸送がすでに決定されている。本工法の採用に伴い、浚渫作業効率の増大を図るため大きな影響を与える岩石やコンクリート片、葦の根などの障害物を、作業前に取り除くことが必要となった。

建設省関東地方建設局では、昭和53年度、建設機械整備費を用いて、こゝら障害物の収集、運搬作業の機械化を図るため河床清掃機(クローラ式)を開発した。

本報告は、開発機械の概要を中心に、開発の経緯と試験施工を一部実施したので紹介する。

### 2. 開発の経緯

鶴見川は、流下能力が500 $\%$ 程度で常に水害の危険があり、将来、計画流量を1000 $\%$ とするため約550万 $m^3$ の浚渫が予定されている。しかし、当面の危険な状況に対処するため、緊急改修計画(950 $\%$ )が策定され昭和58年頃に改修することを目標に、約320万 $m^3$ の浚渫工事が着工された。実際には、年間流出土量を約20万 $m^3$  見込め必要があることから、年間80万 $m^3$ ～90万 $m^3$ 浚渫を実施しなければならない。

そこで、河口付近は、グラブ浚渫船 + 土運船方式で年間20～30万 $m^3$ 、河道内は、ポンプ船 + 排砂管方式で年間50～60万 $m^3$ 浚渫することとなった。

こゝら浚渫工事の具体化に伴って、河道内に転在している障害物の処理が問題となり、処理機械開発の要望が高まった。

処理機械の基本構想をまとめるにあたって検討した主な事項は次のとおりである。

#### (1) 現場条件

##### 1) 地盤が悪い

岸边付近には、岩石類の転在した固い地盤があり、また、軟弱な面やハドロ状の河床が広がっているなど、水中での作業も含めて走行条件は多様である。

##### 2) 水深が浅い

河川全体の水深が浅く、最大値をみても、起鼻より2km地帯で2m、6km地帯では1mであり、こゝれより上流部では1m以下となっている。

##### 3) 橋梁桁が低い

河口から7km上流までに、鉄道橋、道路橋、水道橋などの橋梁が約20橋あり、桁下の高さは水面上

2.0m のものが最も低く、他のものも3m前後のものが多い。また、橋脚と橋脚間の間隔も狭く、最少のものは約10mの間隔もある。

#### 4) 増水時間が早い

河川流域の定地開発が進み、降雨時の流量の増加が早く、3〜4時間位の連続降水により急激に増水するため、作業中の避難や係留に問題がある。

#### 5) 除去対象物が多種多様である。

ア) 岩石類 : 特に、岸辺付近に転在しており直径30cm程度のもが多い。

イ) コンクリート片 : 護岸用ブロックに使われたものが多く、希に1m角のものもある。

ウ) 木杭 : 両岸の旧堤防跡に、15〜20mm径の木杭が多数打込まれており、長さは3〜4m程度で、1km間に約2,000〜4,000本程度あるといわれている。

エ) あし的水草 : 高水敷には、作業に障害となる多数のあしが発生している。

## (2) 機械化の条件

前述の現場条件をもとに、処理機械の基本構想をまとめると次のとおりである。

1) 水中の浅瀬部、陸上部を作業範囲とするため、台船タイプよりも水陸両用型が適しており、ヘッド上の走行を想定して接地圧を $0.1 \text{ kg/cm}^2$ 程度とする。

2) 水深が浅く、橋梁桁下も低いため、吃水は1m程度、水面上2.8m以下で合計高さを3.8m以下にする必要がある。また、橋脚間隔より、中は10m以下とする。

3) 水深の関係から、水中の移動は自航または自走式をなければならぬ。

4) 増水時間が短いため、走行速度をできるだけ早くする。

5) 多種多様な障害物を除去するため、作業内容に応じた特殊なバケットを装備する。

以上の条件から、第1案として水陸両用タイプ、第2案として特殊グラブ船が考えられたが、広大なヘッド面や浅瀬部を考慮して、最終的には水陸両用タイプに決定した。

## (3) 施工方法

水陸両用型バッフホウを想定すると、収集した岩石類を運搬するために、陸上運搬の場合は岸辺付近に、また、バージ船による場合は、河川の中央付近に一時的堆積をしなければならぬ。このため、浚渫作業の前処理には、掘削機と、運搬機を組合せた、セットの作業形態とするため、両機を同時に開発することとした。

## 3. 河床清掃機(フローラ式)の概要

水陸両用型の掘削機及び運搬機として、それぞれ1台を製作したもので、構造は左右のフローラに履帯を装着し、フレームに固定し、上部にバッフホウタイプの掘削機を架装したものと、運搬用に荷台を架装したものとなった。両機の一般配置図を図-1、2に示す。

各部の主要構造は、次のようなものとなっている。

### (1) フローラ

フローアは、縦 15 m、巾 19 m の扁平な構造となっており、水上ではフローアとなって浮力が作用する。フローア内部は、4分割構造となっており、万一浸水の場合にも安全に対処できるよう配慮されている。また、フローア面を履帯が高速で回転するため十分な強度をもたせてある。

(2) 機関及び駆動装置

搭載機関は出力 170 PS とし、これに直結された 2 連式油圧ポンプによって発生した油圧は分配弁により各部に分配される。走行は、起動輪に油圧モータを直結して行い、各ローラは、長時間無給油で泥水内でもその使用に十分耐えうる構造を有している。

(3) その他

作業装置として、掘削機には各種のバケット(4種)、運搬機にも2種のバケットを装備している。また、補助装置として、3本6本切換えウインチを装備し、補助的作業に使用している。

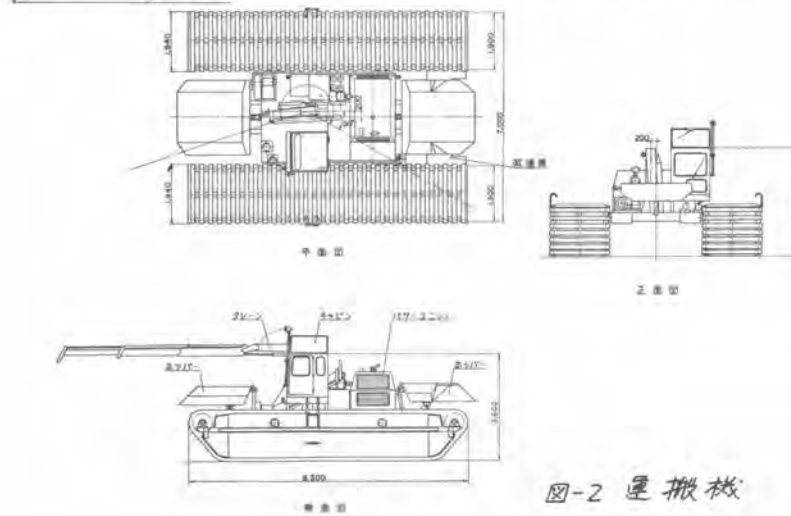
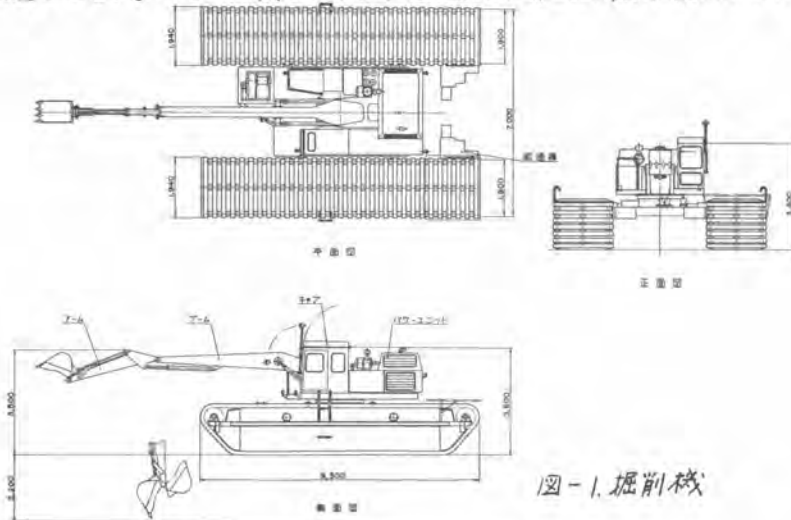




表-1. 河床清掃機仕様

項目	掘削機	運搬機	項目	掘削機	運搬機
1. 主要寸法			履帯寸法(LxW)	1900×150mm	1900×150mm
全長	9300mm	9300mm	履帯数	128枚(1台分)	128枚(1台分)
全幅	2100mm	2100mm	ピッチ	304.8mm	304.8mm
全高	3600mm	3600mm	5. ウィンチ		
最低地上高	1800mm	1800mm	形式	全油圧単胴式	全油圧単胴式
接地長	2500mm	2500mm	最大巻上荷重	6 <sup>0</sup> /3t	6 <sup>0</sup> /3t
履帯幅	1900mm	1900mm	巻上速度	4.6m/min	4.6m/min
吃水	1100mm	1100mm	ワイドローラー長さ	50m	50m
重量	34t	32t	6. 油圧装置		
70寸寸法(LxWxH)	9000×1900×1500 <sup>mm</sup>	9000×1900×1500 <sup>mm</sup>	(1) 油圧ポンプ		
7ポート容量	42m <sup>3</sup>	42m <sup>3</sup>	形式	可変容量705=220	可変容量705=220
2. 性能			吐出量	210%min, 280%max	210%min, 280%max
最大掘削深さ	2.2		標準回転数	1600RPM	1600RPM
最大掘削重量		5000kg	台数	2台	2台
接地圧	0.12kg/cm <sup>2</sup>	0.11kg/cm <sup>2</sup>	(2) 油圧モーター		
走行速度(陸上)	5km/h	5km/h	形式	可変容量705=220	可変容量705=220
。(ハド口)	約3 <sup>0</sup>	約3 <sup>0</sup>	最大トルク	203kg-m	203kg-m
。(水上)	約2.8 <sup>0</sup>	約2.8 <sup>0</sup>	常用回転数(高/低)	715/365RPM	715/365RPM
最大安定傾斜角	40 <sup>0</sup>	40 <sup>0</sup>	減速機	平歯車平動切換	平歯車平動切換
登坂能力	30 <sup>0</sup>	30 <sup>0</sup>	台数	2台	2台
3. 機 肉			7. 作業装置		
形式	V84キワル(予)	V84キワル(予)	形式	1段屈折式	2段伸縮1段屈折式
出力・回転数	170PS, 1600RPM	170PS, 1600RPM	ブーム	6000mm	
4. 走行装置			アーム	3000mm	8300mm
トラックフレーム	鋼板溶接構造	鋼板溶接構造	レンジグラフ	開口巾 1430mm	開口巾 1430mm
トラックリンク	ローラ42 <sup>0</sup>	ローラ42 <sup>0</sup>	特殊グラフ	横巾 1500mm	
履帯形式	箱形歯用式	箱形歯用式	レキバケット	0.500 <sup>0</sup>	
履帯材質	HITEN60, 45 <sup>mm</sup>	HITEN60, 45 <sup>mm</sup>	標準バケット	0.4m <sup>3</sup>	7 <sup>0</sup> 7 <sup>0</sup> 4 <sup>0</sup> tyt0.5m <sup>3</sup>

4. 試験施工結果

限られた条件の中で、しかも数少ないデータをもとに試験結果を整理すると次のとおりであった。

表-2. 試験施工結果

試験項目	結 果	試験項目	結 果
1. 草の除去作業	63~70m <sup>3</sup> /h, 8~11m <sup>3</sup> /h	4. 杭除去作業	12~14本/h 但し、杭太さ: 100~150mmφ 杭長: 2.5~3m. 使用70.4x4x4 掘削機: 標準バケット 運搬機: オレンジグラフ
2. 運搬作業	約50m <sup>3</sup> /日 (但し160m以内)	5. 走行テスト	<掘削機>   <運搬機>
3. 掘削作業	<掘削機>   <運搬機>	1) 河床陸部	約 1.7kg/h   約 1.7kg/h
1) 陸部	87m <sup>3</sup> /h   (グラフバケット)	2) ハド口部	約 3.6 <sup>0</sup>   約 3.8 <sup>0</sup>
2) ハド口部	106 <sup>0</sup>   3.5m <sup>3</sup> /h	3) 水中(低)	1.1~1.9 <sup>0</sup>   1.3~2.2 <sup>0</sup>
3) 水中掘削の可否	レキ形バケット掘削可。   グラフバケット掘削可。	4) 水中(高)	1.5~3.1 <sup>0</sup>   1.4~3.0 <sup>0</sup>

5. あとがき

本機は、現在鶴見川で稼働中であるが、初期の性能を十分発揮しており、今後、広い分野にわたる使用にも適応できる見通しが立った。最後に、導入計画から今日に至るまで数々のご指導とご協力をいただいた京浜工務所はじめ関係者の皆さまに深く感謝の意を表します。

## 38. リフトクライマーによるリフトアップ・ダウン工法

大林組 大 島 勝 之

### 1. まえがき

リフトアップ・ジャッキダウン工法は国内では万国博お祭り広場大屋根の建設工事（昭和44年）—リフトアップ工法—およびその解体工事（昭和53年）—ジャッキダウン工法—において脚光を浴びた。従来より種々の工事分野で用いられており、今後も巾広い利用が期待できる。

当工法は、建築・土木各分野において本設工事・仮設工事を問わず用いられており、かなり広い概念をもつものであるが、リフトアップ工法を一般的に定義づければ“地上等で構造物の一部またはその大部分をあらかじめ完成させ、これを油圧ジャッキなどの吊上げ装置を用いて、所定の高さまで吊り上げあるいは押し上げる架構法”であり、この逆がジャッキダウン工法と云えよう。

当工法の主役はアップ・ダウン機械装置にあり、通常油圧ジャッキが用いられている。当シンポジウムの主旨に沿い、以下この油圧ジャッキを主にリフトアップ・ジャッキダウン工法についての調査研究の概略を報告する。

### 2. アップ・ダウン機械装置の機能と分類

#### 2-1 油圧ジャッキについて

当工法を構成する要素は次の3点に大別される。

- a 荷重をアップ・ダウンさせる原動力としての油圧ジャッキ（油圧ラム）
- b 荷重と油圧ジャッキとをつなぐ“吊り材”機構
- c アップ・ダウン荷重の反力をとる架構

現在、当工法で用いられているジャッキシステムには種々のものがあり、当工法専用のジャッキや通常のプレスジャッキ、さらにはFR鋼材緊張用ジャッキ等があるがリフトアップに限ると、基本的には、“押し上げる”方式と“引張り上げる”方式およびこれらの“混合”方式というとなることができる。

いずれにしても、原理的な機構は図2-1に示すとおりである。すなわち、図の例で

は、ジャッキは定位置にセットされ、その上下2ヶ所に吊り材を支持する機構があり、この両者が交互に荷重を受け持ちながら“尺取虫”的に荷重を上昇させていくことになる。ジャッキダウンの場合は、この逆方向の動きとなる。

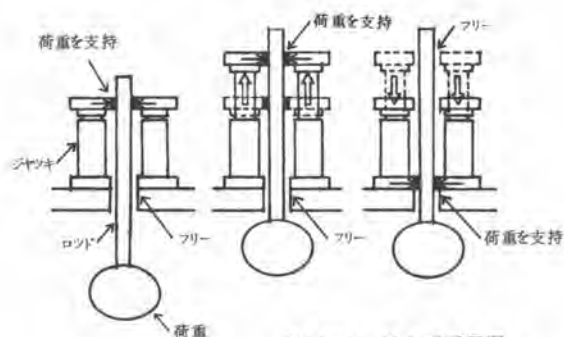


図2-1 吊上げ原理図

当工法専用の“リフティングジャッキ”や“クライミングジャッキ”と呼ばれるジャッキにおいては、この上下の荷重支持機構は“グリッパ”又は“コレット”等と呼ばれジャッキ機構の一部として組み込まれ、その荷重支持の納りは吊り材の形状と一対になり、その切換も自動的に行なわれるようになっている。

また、P O鋼材緊張用ジャッキにあつては、P O鋼材が吊り材として用いられ、荷重支持機構も内蔵されている。しかしこの場合には、荷重支持の切換に工夫が必要となり、現在、限られたシステムしか実施されていない。

通常のプレスジャッキを用いる場合には、吊り材を別途用意し、これに相応した荷重支持およびその切換システムを備え付けることが必要となる。いずれにしろ、どのジャッキシステムにあつても原理図で示したように、荷重をアップ・ダウンする原動力となる油圧ジャッキそのものは共通の要素でいわゆる分離型両動油圧ラムが多く用いられている。

## 2-2 吊り材と荷重支持方式

現在用いられている吊り材およびその支持方式を挙げると概略次のとおりである。

- a ワイヤー（ストランド） 楔定着（ウエッジ方式）
- b 丸ロッド 楔定着
- c 角ロッド 楔定着
- d ねじ付鋼棒（スピンドル） ナット定着
- e ステップ付ロッド（円形、四角） 楔ブラケット、爪定着
- f スリット、ピン穴付吊り材 コッターピン、ノックピン定着
- g その他

これら各システムには以下に述べるような長所・短所があり、対象工事に応じては優劣がつくが、各方式共油圧ジャッキシステムと一対をなすものであり、選択の自由度はきわめて少ない。

吊り材としてワイヤー（ストランド）や丸ロッド、角ロッドを用いる場合、表面にネジや凹凸がない為、その定着（荷重支持）には楔を用いる方法がとられるが、この場合、楔がくい込んできくまでに若干の“スベリ”が生じるのを防ぐわけにはいかない。これはP O緊張工事でのセット量、プラインといわれているものと同じで、ジャッキストローク当り数ミリメートルというオーダーではあるが累積されると大きくなる為、各ジャッキ部（吊り材部）での上昇・下降量のコントロールには注意が必要となる。また上下の支持の切換時、完全に行なわれないと大きくすべるといつたトラブルも起こり得る。

これに対し、ナット、楔ブラケット・爪、コッターピン等で機械的に定着する方式では、このスベリという問題は生じない。

また別の観点からみると、ワイヤー、丸ロッド、角ロッド、ねじ付鋼棒といった吊り材の場合だと任意の位置で定着できるのに対し、ステップ付ロッドやスリット・ピン穴付吊り材のように、あるピッチで定着部が設けてある場合だと、その所定の定着部以外のヶ所では定着できない。この為、アップ・ダウン最終時点で本設構造物に接合する場合等、納りに工夫を要する。

さらに別の面からみると、ワイヤー吊り材の場合、所要揚程あるいは下降分の長さを用意すれば、途中でのジョイントヶ所は無くなる。これに対し、ワイヤー以外の吊り材では、その取扱い上ある単位長さのユニットをジョイントし、所定の長さを得ることになる。これは工事に応じて任意の長さが得られ吊り材の転用という面からは有利ではあるものの、このジョイント部の強さで吊り材全体の耐力が決るのが普通で、一般部の吊り材全断面積を有効に使えないという点および安全確実なジョイントを形成する為の作業およびその保守管理が重要となってくる点は短所となってくる。

また揚程が数10mを超え、100m、200mと大きな場合、殊に風を直接受ける戸外に設ける場合、ねじれ、揺れによるジョイント部のゆるみに対しても慎重に対処しなければならないといった不利な面もある。

### ② リフトクライマージャッキ ( L I F T - C L I M B E R )

このジャッキは A B B Y G G I N G 社 (スウェーデン) によつて開発されたもので、図 3-1 に示すように、シリンダーをはさんで2組のグリップを有する油圧ジャッキで、このグリップが荷重を支えるセンターホールジャッキの一種である。現在、世界各地で種々のアツプ・ダウン工事に活躍している。

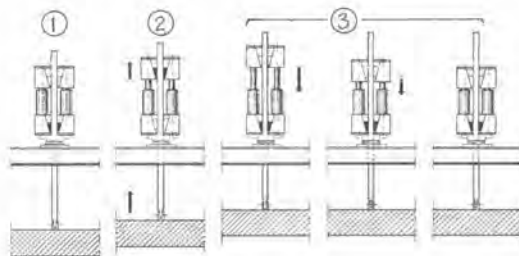
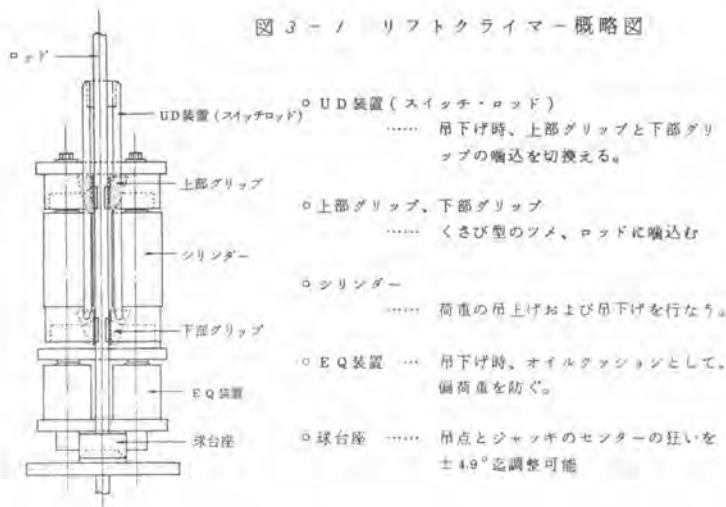


図 3-2 アツプ機構図

- ① 上部および下部のグリップが、ロッドに啗着している。
- ② シリンダーに油圧を送ると、上部グリップがくさび作用により、ロッドに噛込み、ロッドを吊上げる。
- ③ 1行程 (約10cm) 吊上がった所で、油圧を逆方向に送るとピストンが下がり、同時に上部グリップはロッド面を滑って降りる。一方、下部グリップがロッドに噛込み荷重を支持する。

表 3-1 リフトクライマー仕様

型 式	角ロッド 寸法 ㎜	能力 t		作動油圧 ㎏/㎠
		(1)	(2)	
2510-40	40	16	12	110-80
2510-40-UD	40	16	12	110-80
2510-40-UD-EQ	40	16	12	110-80
2510-50	50	25	18	170-120
2510-50-UD	50	25	18	170-120
2510-50-UD-EQ	50	25	18	170-120
2510-65	65	42	32	175-130
2510-65-UD	65	42	32	175-130
2510-65-UD-EQ	65	42	32	175-130
2510-100-UD	100	100	75	160-120
2510-100-UD-EQ	100	100	75	160-120

型 式	ワイヤー径	能力	作動油圧
2510-40-W	27	10	70
2510-40-UD-W	27	10	70
2510-40-UD-EQ-W	27	10	70

表 3-2 油圧ポンプユニット

型 式	吐出量 l/min	常用油圧 ㎏/㎠	モーター		タンク l
			動 力 kW	油 量	
	HP				
20,120	20	120	4,0	35	
35,120	35	120	7,5	65	
70,120	70	120	15,0	165	
2.17,160	17	160	5,5	65	
2.32,160	32	160	11,0	85	
2.55,160	55	160	18,5	165	

備)

(1) 溶接ロッドの場合

(2) ボルトジョイントロッドの場合

このジャッキの概要・性能は上図・表に示すとおりで、次のような特徴がある。

- a アップ・ダウン両機能を有し、その切換も簡単である。表 3-1 中、UD の記号はこれを意味している。
- b ジャッキの使用法として、定置・移動両方式が可能である。従つて工事に応じて、作業のしやすいように選択することができる。
- c アタッチメントの切換で吊り材として角ロッドとワイヤーの両用が可能である。現在は、最も汎用性に富む一機種のみであるが、この吊り材としてのワイヤー方式の有利さを生かした最も代表的な施工例として、0 N タワー（カナダ）の展望台型棒ステージのアップ・ダウン工事がある（揚程 330 m、総重量 350 t）。
- d ジャッキ底部に EQ 装置（ロードイコライザー）を組み込めるようになっており、複数台のジャッキを使用する場合にも各ジャッキへかかる荷重が等しくなるようになっている。
- e ジャッキ底部に球台座が組み込めるようになっており、吊り点とジャッキの芯の狂いを調整しロッド・ジャッキに曲げが加わらないようになっている。調整角度は  $\pm 4.9^\circ$ 。
- f アップ・ダウン時荷重を支持している上部グリップ部で万一スベリが生じても、必ず下部グリップがきき、落下しないよう安全装置が組み込まれている。

#### 4 おわりに

当ジャッキは、我が国へは昭和 49 年に導入され、超高煙突のフルー（鋼製、FRP 製）の吊上げに始まり、体育館、スタジオの鉄骨屋根の吊上げ、さらには鉄骨屋根、建物鉄骨の構引工法等、その活用分野を広げつつある。比較的小容量のジャッキではあるが、小型、軽量、群管理の容易さ等の長所を生かし、さらに種々の分野での活用が期待できるものである。

## 39. スチールファイバーコンクリート スプレッダについて

大林道路 染川 豊  
酒井重工業 緒方 志郎

### 1. まえがき

スチールファイバーコンクリート舗装が最近国内外で注目を受けている。その施工に当り、スチールファイバーコンクリートを舗設巾に敷き拡げる必要があるが、施工厚が薄い場合、ひきずり現象が起り、従来の施工機械にては施工出来ない。

本機は薄層スチールファイバーコンクリートの施工用機械として開発したもので、従来の酒井アンマシ3048型を改造し、薄層舗装において施工可能ならしめたものである。

尚本機は重量も軽く安価であり、且つ運搬も容易であるので、小規模コンクリート工事に於けるコンクリートスプレッダーとしても、充分活用される。

### 2. スチールファイバーコンクリートとは

セメントモルタル及びコンクリートに短繊維（スチール、ガラス、ポリプロピレン等）を比較的少量（容積で2%以下）混ぜると、その物性を大巾に改善できる。

特にスチール（市販品寸法0.5%φ×30%長程度）はひきわれ拘束能力が大きく、スチールファイバーコンクリートと称し、道路や空港舗装、各種オーバーレイ及び補修用材料として国内外で大きな注目を集めている。

### 3. スチールファイバーコンクリート舗装

スチールファイバーコンクリート舗装は下記の如き特徴を有する。

- (1) 優れた強度特性（引張強度は普通コンクリートの1.6～1.8倍、曲げ強度にて1.7～2.5倍）
- (2) 優れた疲労特性
- (3) 優れた耐衝撃性、耐摩耗性および耐熱性
- (4) 薄層断面およびオーバーレイにおける優れた耐荷能力
- (5) 施工は普通コンクリート舗装の場合と同様で、連続鉄筋およびFRCコンクリート舗装に較べて容易である。

### 4. スチールファイバーコンクリート・スプレッダー

#### 4-1 主要仕様

名 称	酒井アンマン型	スチールファイバーコンクリート・スプレッダー
総重量	4200 Kg	
全長×全巾×全高	5,395%×4,600	～2,600%×1,595%
施工巾	20～40 m	



施工厚	10 ~ 250 mm
施工速度	前進 1.9 ~ 3.7 km/h
	後進 4.5 km/h
エンジン	いずゞ 2A B I 型
	(水冷・ディーゼル)
	出力 25.5 PS
	(2800 r.p.m. にて)
	総排気量 1184 C.C.
登坂能力	30 度
接地厚	0.6 kg/cm <sup>2</sup>



写真 1

#### 4-2 本機の特徴

- (1) 小型で軽量 しかも 可搬式であり 現場間の移動には最適である。
- (2) 運転操作は ワンマン・コントロール式である。
- (3) 施工中 施工厚の調整が容易であり 特に施工技術を必要としない。
- (4) クローラー式のため 型わく および レール等は不要である。又接地圧が低いため 既設路面を損傷しない。
- (5) 薄層舗装においても 三次元運動の振動板の作動によつて ひきずり現象は発生しない。

#### 4-5 構造概要

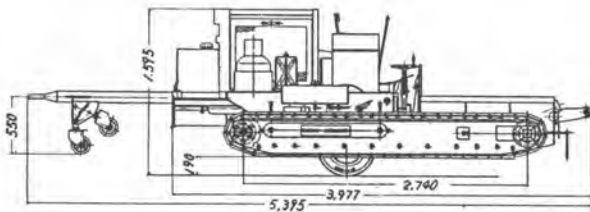
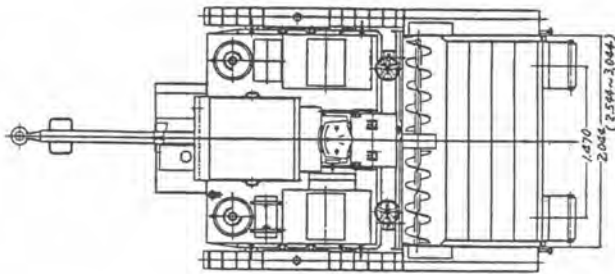


図 1

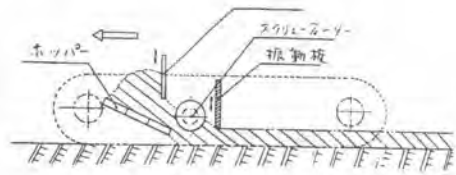


図 2

構造概略は図1および図2に示す。

本機の前部ホッパー(脱着式)に スチールファイバーコンクリートを受け、ホッパーの後部部に位置するスクリーフーダーによつて 規定の施工巾に敷きひろげられる。又このスクリーフーダーは左右単独にも作動し 供給量の調整は運転席のスイッチによつて任意に可能な構造である。

スクリーフーダーの後部部には 敷きひろげられたスチールファイバーコンクリートを締め固める役目をする振動板が装備され 三次元運動(上下、左右、前後運動)の働きによつて 規定の施工厚にひきずり現象を起さないで 締め固められる。

この振動板の三次元振動の作動を図-3は示すが、振動は油圧モーター駆動による偏心円運動にて行はれ、自由に使用条件にマッチした作業が可能である。

施工巾を標準巾2 mから拡幅する際には 移動用車輪を降し 車体を浮かし、附属の電動インパクトレンチを使用して 履帯フレームサイドのシャフトを回転することにより 施工巾を変えることが出来る構造になつている。

尚現場間の移動の時には 移動用車輪を油圧シリンダーを押し下げることにより 小型トラック等で いつ いたる場所にも自由に運搬可能である。

## 5. スチールファイバーコンクリート・スプレッターの施工例

### 5-1 施 工 例 ( 1 )

施工月日 昭和52年10月

施工場所 札幌市中央区南3条西10

施工主 札幌市

施工仕様	①	施工巾	3 m × 厚さ 3 cm
		延長	51 m
		面積	153 m <sup>2</sup>
②	施工巾	3 m × 厚さ 5 cm	
	延長	80 m	
	面積	240 m <sup>2</sup>	



写 真 2

### 配 合 表

ス ラ ン プ (cm)	空 気 量 (%)	水 セ メ ン ト (%)	細 骨 材 比 (%)	フ ァ イ バ ー 量 (%)	単 位 重 量 (kg/m <sup>3</sup> )						
					W	C	S	G	フ ァ イ バ ー	CSA	混 和 材
8±1	4±1	44.5	60.0	2.0	196	400	1.003	645	150	1	40

### 試 験 結 果

	曲げ強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	引張強度 (kg/cm <sup>2</sup> )
48 h	44.2	—	—
4 日	58.4	—	—
7 日	62.0	298.0	30.3
28 日	65.0	362.0	40.7
48 h	40.8	—	—
4 日	65.5	—	—
7 日	50.2	351	46.8
28 日	62.0	426	27.4

5-2 施 工 例 ( 2 )

施工月日 昭和53年12月  
 施工場所 神戸市垂水区玉津町枝吉  
 施工主 神戸市  
 施工仕様 A地区

B地区

施工巾	2.9 m	施工巾	2.9 m
施工厚	1.5 cm	施工厚	1.5 cm
延長	8.0 m	延長	6.0 m
面積	23.2 m <sup>2</sup>	面積	17.4 m <sup>2</sup>

スチール ファイバー コンクリート 示方配合

粗骨材最大寸法 m <sup>3</sup> /m	水セメント 比%	スランブ(cm)		空気量%		細骨材 率%	セメントの 種類	単 位 量 (kg/m <sup>3</sup> )						
		プラ ラ ン ト	現 場	プラ ラ ン ト	現 場			水	セ メ ン ト	細 骨 材	粗 骨 材	鋼 織 維	減 水 剤	膨 脹 剤
25	37.7	8 ±1.5	5 ±1.0	5 ±1.0	4 ±1.0	65.0	普通 セメント	173	414	1,011	544	157	1.15	45

スチール ファイバー コンクリート 試験結果

項 目 工 区 別	コンシステンシー						空気量%				コンク リート 温 度 °C	曲げ強度 (kg/cm <sup>2</sup> )				洗 い 試 験  sp量%
	スランブ(cm)				沈下度(sec)		プラント		現場			材令7日		材令28日		
	プラント		現場									現場	標準	現場	標準	
	n	$\bar{x}$	n	$\bar{x}$	n	$\bar{x}$	n	$\bar{x}$	n	$\bar{x}$		n	$\bar{x}$	n	$\bar{x}$	
A地区	19	8.6	19	5.5	3	7.2	15	5.4	14	4.6	18.2	73.7	65.5	-	85.0	2.1
B地区	7	7.6	7	4.7	2	7.3	7	5.1	6	4.1	17.1	64.9	84.0	-	97.2	2.1

6 あとがき

本機はスチールファイバーコンクリートの薄層舗装の場合のスプレッターとして開発したものであるが、重量も約3.5トンと云う軽量であり、施工時は履帯式であり、移動用型枠を必要とせず、工事の段取りが非常に容易であり、又運搬も移動時にタイヤを油圧にて押し下げることにより容易にできる。小規模コンクリート工事等には、本機とローラーフィニッシャーとの組合せにて簡単な段取り並に工費にて施工出来ると思われる。

又本機に振動板をひきずり索引させ、フィニッシャーをも兼用させる等も今後の改造点と思われるが、今後の本機の中広い使用を願うものである。

最後に本機の開発にあたり、酒井重工K区に非常に御協力いただいた。特に技術課の緒方氏のアイデアにより酒井アシマン3048機の改造を採用したものであることを附記し御協力に感謝するものである。

## 40. 現地再生路盤工法について

鹿島道路 齊藤 実  
黒岩 満

### 1. まえがき

従来のアスファルト舗装の打換工法は、老朽化したアスファルトコンクリートを撤去し、路盤を補強あるいは補充した後、その上に新しくアスファルトコンクリートを施工するものである。しかし最近では、発生するアスファルト廃材の処分場所が年々遠のく一方、公害問題等の多くの制約を受けているばかりでなく、省資源、省エネルギーの観点からも技術的に解決すべき課題を残していた。

この問題をいくらかでも解決する為に、発生したアスファルト廃材をプラントで再生する方法も行なわれているが、プラントの建設に多大の費用がかかるのみでなく、廃材のプラント迄の運搬、再生材の現場迄の運搬が依然として残る為、抜本的な解決策とはなっていない。

そこで、補修現場で既設のアスファルトコンクリート（以下アスコンと略す）を路盤材と共に粉砕し、同時に混合を行なつて路盤を構築する、現地再生工法の実用化が強く望まれていた。この工法は廃材処理のみならず、路盤を再生強化する上からも、今後ますますその改良が期待できる。

当社では、これ迄に数多くの試験施工を行ない改良を重ねた結果、多能スタビライザの採用と相まつて現地再生工法を実用化し、ここに現地再生路盤工法と名付けて、目下各地で施工中であるので、その概要を紹介するものである。

### 2. 工法の概要

#### (1) スーパー・スタビライザ

本工法は、既設アスコンを切削、粉砕し、しかも粒状材料である路盤材と共に攪拌混合する機能を有したスタビライザの機械能力に負うところが大きい。当社で採用したスタビライザは、タイヤ走行式のMPH100型ロード・スタビライザであり、数回の試験施工の結果、アスコン厚10cm程度迄の舗装であれば何ら問題のないことが確認できた。

ロード・スタビライザの主要諸元、粉砕、攪拌システムをそれぞれ表-1、図-1に、また外観および切削刃（ビット）の状況を写真-1、写真-2に示す。

#### (2) 安定処理添加剤

現地再生路盤工法を施工するような舗装にあつては、アスコン層が破壊していると同様、路盤も

表-1 MPH100主要諸元

性	攪拌幅	mm	2,000
	攪拌深さ	cm	重荷重用 40 中荷重用 50
	作業速度	m/min	破碎 1.5~2 混合 8~10
寸	全長	mm	8,610
	全幅	mm	3,050
	全高	mm	2,570
	重量	kg	13,160
機	関出力	PS / rpm	304 / 2,100
走	行型式		タイヤ式
走	行速度	km/h	0~23

相当の損傷を受けているケースが多く、噴泥現象等により路床土が混入している場合もある。従つて、既設舗装を、粉碎、攪拌した再生路盤材は材質的にも粒度的にも相当のパラッキを有するものであり、通常は強度増進のため、各種の安定処理添加剤を混入するが多い。

添加剤としては、石灰、セメント、アスファルト乳剤及びカットバックアスファルト等があるがそれぞれ一長一短があるので、選定に際し種々の安定処理試験を必要とする。新しい添加剤も各種開発されており、その一例にセメント系添加剤のクリーンセットがある。セメントを主成分としながらも、石灰と同様粘土鉱物との間にポズラン反応を起こすので、粘性土分の多い粒状材料にも使用できる。またセメント処理の欠点である収縮クラックの発生をも防止するので、多岐に亘る材料を改良の対象とする現地再生路盤工法には適した添加剤といえる。

### 3. 施工手順

本工法の標準的な施工手順を、表-2に示す。添加剤としてクリーンセットを用いる場合には、舗装要綱のセメント安定処理土の一軸圧縮試験方法に準じて配合の検討を行なう。一軸圧縮強度は添加量により異なるが、その一例を図-2に示した。

スタビライザのアスコン破砕性は優れており、再生路盤材の粒度は比較的連続したなめらかな粒度となる。図-3に一例を示すが、図中の2本の破線は、上側が舗装要綱に規定している上層路盤に用いる粒調碎石(M-40)の粒度上限値であり、

下側の破線が下層路盤に用いる切込碎石(C-40)の粒度下限値である。スタビライザの作業速度は、アスコン厚、路盤の材質等により異なるが、破砕・攪拌で2~4m/分程度(アスコン厚5~10cm)、混合で7m/分程度である。また、スタビライザの切削刃の買入を容易にするために破砕開始地点に開口部を設ける場合もある。締固めは、処理厚が比較的厚くなるので、大型振動ローラーの使用が必要となる。

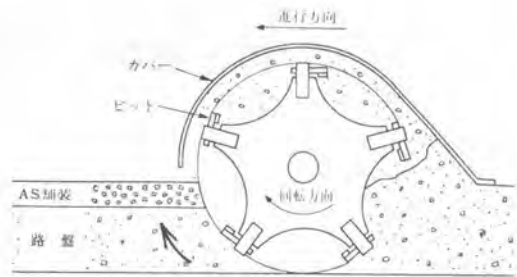


図1 粉砕・攪拌システム



写真-1 ロード・スタビライザ外観



写真-2 切削刃(ビット)状況

表-2 標準的な施工手順

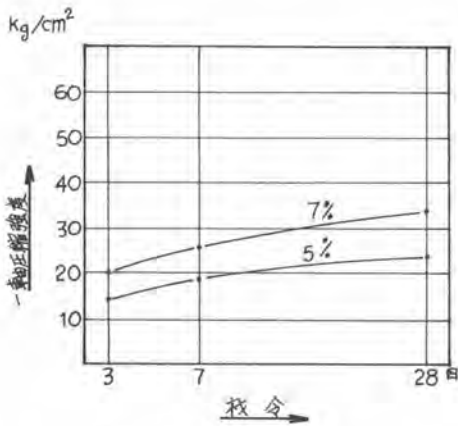


図-2 一軸圧縮強度

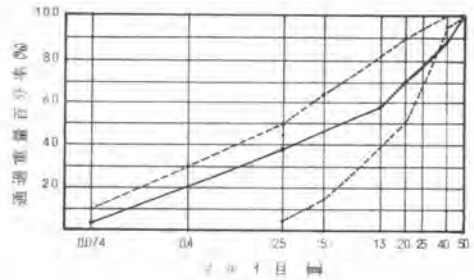


図-3 再生路盤材の粒度分布

4. 概算工事費

本工法の経済性を確認するため、下記のような条件のもとでの、現地再生路盤工法と一般打換工法との概算工事費の比較を行なった。

(1) 比較の条件

- a) 路床土の設計CBRを3%, 交通量の区分をⅠ交通程度とした。(図-4参照)
- b) 計画高は、両工法とも既設舗装と同一とする。すなわち、再生路盤工法ではアスコン3cmに相当する部分は残土処分するものとし、一般打換工法では舗装全厚40cmを残土処分する。
- c) 規模は巾員7mの県道程度で、施工面積は3000m<sup>2</sup>とする。また片側交通規制で、1日の間に掘削から交通解放までを行

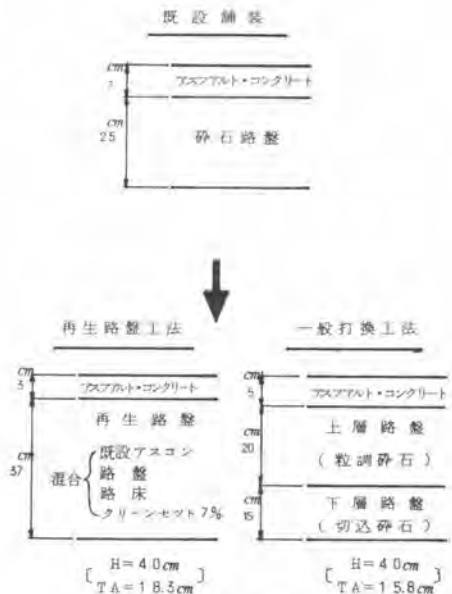


図-4 舗装断面



なり。

(2) 施工法

現地再生路盤工法の作業工程を図-5に、また一般打換工法の作業工程を図-6に示す。

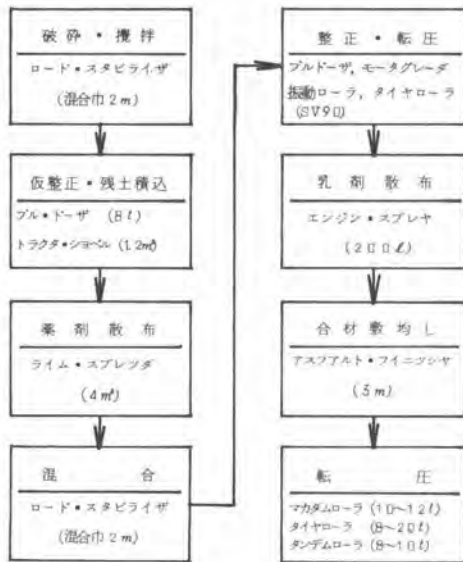


図-5 現地再生路盤工法作業工程

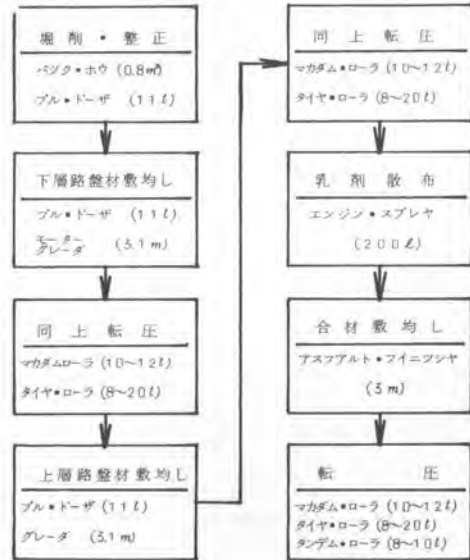


図-6 一般打換工法作業工程

(3) 概算工費の比較

あく迄標準的な施工法、施工条件下での比較ではあるが、現地再生路盤工法を採用することにより、一般打換工法に比較して約30%の直接費の節減が可能となる。また、計画高の調整が可能であるような施工条件下では、さらに残土処理費の節減が可能となる。同様に工程においても40%程度の工期の短縮が期待できる。

5. むすび

以上、現地再生路盤工法の概要を紹介してきたが、開発されてまだ日が浅いので、改良すべき点もあるし、構造設計についても若干検討の余地は残っているものの、施工実績の増加に伴い順次解決されていくものと思われる。

経済性・省資源・公害対策の面からも、本工法に寄せられる期待は大きく、今後ますます需要は増加していくものと確信する。



写真-3 施工状況(破砕)

# 41. 舗装廃材の再生プラントの実態調査結果

建設省関東技術事務所 飯田 主 税  
村 松 貞 夫

## 1. まえがき

道路工事から発生するアスファルト廃材は、環境保全等の面から捨場に困る事例が増加している。その対策の一つとして省エネルギー、省資源の面からも再生利用することが考えられ、ここ数年来、各方面での試験、研究が進められ実用化されつつある。しかし、その実態は必ずしも十分把握されていないので建設省では（社）日本建設機械化協会に委託して現在わが国で稼動中もしくは建設計画中の処理プラントについて、処理システムなどの実態調査を実施した、その結果をここに報告する。

## 2. 舗装廃材再生処理プラントの分布

建設工事から発生する廃棄物は、関東地方建設局の調査によると首都圏（東京都、埼玉県、神奈川県、千葉県）の昭和50年度の全建設工事（公共土木工事、民間土木工事、建築工事）における発生量は42百万 $m^3$ で、その内コンクリートやアスファルト廃材は350万 $m^3$ であり、昭和51～60年の10年間にほぼ46百万 $m^3$ のコンクリートやアスファルト廃材が発生すると予想されている。それらの投棄場所難と資源有効利用の両面からアスファルト廃材などの再生処理の気運が高まり試験調査が進められてプラントの設置が行なわれている。現在わが国で稼動中もしくは建設計画中の再生プラントは図-1に示すよ



図-1 再生プラント設置分布

うな分布である。再生プラントの多くは廃材の発生量の多い大都市近くに集中し、首都圏では8ヶ所、中部地方で3ヶ所、近畿地方では5ヶ所あり、北海道では札幌市に数ヶ所計画されている。再生プラントは生産する材料によって2種類に分けられアスファルト合材プラントが13ヶ所、路盤材専用プラントは6ヶ所、合計19ヶ所となっている。

## 3. 再生プラントの一般的処理フロー

路盤材専用プラントは、機械破碎方式がとられ、1次破碎にはジョークラッシャ、2次破碎にはインパクトクラッシャがそれぞれ用いられているのが一般的である。1次のジョークラッシャの大きさの選定は供給される廃材の大きさ（500×500mm程度）の影響を受け、供給口寸法は大きいものでは610×1200mmのものを使用している。

加熱合材プラントの一般的処理フローは図-2に示すとおりである。

ダンプトラックで搬入されたアスファルト廃材は一旦ストックヤードでストックされ、トラクタショベルやバックホウでグリズリにかけられ、ほぼ50mm以下の路盤材や土砂の混っているものはそのまま路盤材にされ、オーバサイズは、機械破碎あるいは加熱解材されて2～3種類にふるい分けてストックされる。この再生された骨材を計量配合してドライヤで加熱し、添加剤を加えてミキシングして再生加熱合材となるのが一般的な処理フローである。

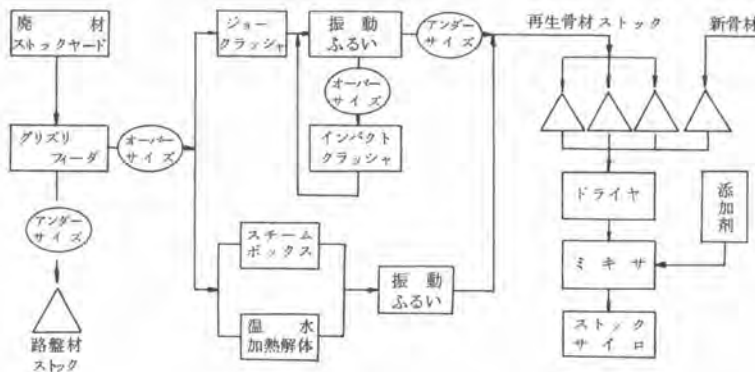


図-2 合材プラントの一般的な再生処理フロー

#### 4. 機械設備

##### 4-1 廃材の破碎、解材

セット寸法50～120mmのグリズリで選別されたアスファルト廃材は、機械破碎の場合は路盤材専用プラントの場合と同様に1次破碎にジョークラッシャ、2次破碎にインパクトクラッシャを用いているのが一般的である。特殊な例としてはロールクラッシャを用いている例もあり、また夏期アスファルトが軟化しクラッシング能率が低下するのを防止する方法としてクラッシャ投入用のベルトコンベア上で窒素ガスを吹付けアスファルトの温度を下げる設備をもっている所もある。

廃材の塊を加熱してアスファルトを軟化させて、アスファルトを被覆した状態の骨材に解材する方式にはスチームボックス方式と温水解材方式とがある。

スチームボックス方式は、廃材を入れたスチームボックスにボイラで発生した100℃よりわずかに高い温度の蒸気を直接吹込み解材する方式であり東京と北海道の2ヶ所で採用している。

温水解材方式は80～100℃の温水の入った解材槽に蒸気を吹込む温水加熱の方式で横浜と小牧にあるプラントで採用している。これら加熱解材方式は骨材が破碎されることがないので当初の粒度分布が保たれることと騒音、振動及び粉じんなどに対する公害の心配が少ないのが特色といえるが



写真-1 加熱解材のスチームボックス

一方廃材に付いていた泥分を洗った濁水の処理に力を入れなければならない。

#### 4-2 ドライヤ及びミキサ

再生アスファルト合材を生産する上で特に研究開発の重要な工程は、骨材の加熱工程と混合工程である。国内の再生合材プラントの運営している各企業とプラントメーカはドライヤと添加剤についての調査研究を進めている段階である。

アスファルトの付着している再生された骨材は、ドライヤ内部で加熱され炎にあるとアスファルト分が焼け、劣化を起し、またドライヤから出る煙が公害となる。在来のアスファルトプラントは、向流式といって骨材の搬入口とバーナの位置がドライヤをはさんで左右にあり骨材の流れと炎や煙の流れとが向い合う流れとなっている。一方併流式ドライヤは骨材の投入口はバーナ側にあり、炎や煙との骨材の流れが同一方向で加熱する方式で、



写真-2 ドラムミキサ方式のプラントの1例

最近米国のアスファルトプラントの主流となっているドラムミキサ方式が用いられている。併流方式は燃焼室で700℃、ドライヤ内部で400℃、排気温度200℃程度の温度分布にし、ドライヤ内部では炎が直接骨材にふれないようなパイロコンを設けることによって、アスファルトの付着した骨材のアスファルト分の燃焼、劣化を防止し、さらに再生された骨材が3%程度の水分を持っているとその水分がドライヤ内部で蒸気となってアスファルトの燃焼、劣化の防止に役立つといわれている。

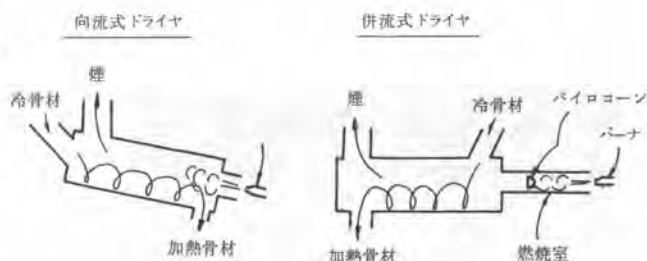


図-3 在来ドライヤとドラムミキサの比較

現在わが国で稼動中もしくは建設計画中の再生合材プラントの75%以上が併流式ドライヤ方式をとっており再生合材プラントのドライヤとしてはこの方式が適した処理方式といえよう。ドラムミキサはドライヤ内部で合材のミキシングができる方式であるが現在わが国の再生合材プラントではアスファルトや添加剤を入れて2輪バグミルミキサで混合している。また新しい骨材と再生材を7:3程度の割合で混合できるように在来プラントを改造したものもある。

#### 5. プラント運営

再生プラントの敷地は、廃材のストック量を多くするためには出来る限り広い敷地の確保が望ましいが、廃材の多く発生する都市近郊における敷地の確保は難しい。現在操業中の再生プラントの敷地は平均的には7,000~12,000㎡程度で、ストックヤードも1,000~2,000㎡と狭く、廃材の受入れ、製品の出荷量のアンバランスに対応するのに苦慮している所が多い。

プラントの建設には、都市近郊の高い用地費の上に、開発途上にある再生プラントは価格も高く、再生合材プラントは30～40t/hで約1億円、70～80t/hで約2億円と生産能力10t/h当り2.5～3千万円程度であり、路盤材専用プラントでは生産能力10t/h当り1～1.4千万円である。これら再生プラントで働く従業員数は10～12名と多い、これは通常の合材プラントに比べ再生合材プラントではアスファルトの抽出試験、含水量など品質管理に意を注いでいるためと考えられる。路盤材専用プラントではそれらの要員がないためか従業員数も少なく4～8人で作業しているのが現状である。

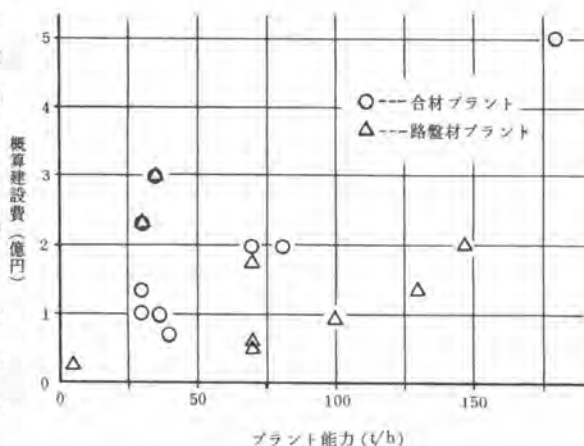


図-4 再生プラントの建設費

これらプラントの稼動状況は比較的稼動率の高いところでも昭和53年に年間33,000t、ふつう年間7,000t以下と少ない出荷量でとても採算のとれないのが現状である。



写真-3 舗装廃材のストック

## 6. あとがき

今回の調査は定置式の再生合材プラントと再生路盤材プラントの所在地、規模、機械設備、運営の方法等の実態調査を実施したが、現在まだ開発途上であり添加剤の種類やドラムミキサの燃焼室の構造など明らかにされない面もあり今後さらに調査を続け舗装廃材対策に役立てたい。

最後に本調査に御協力頂いた舗装廃材再生装置調査委員会の委員各位とプラント運営をされている企業の方々に厚く御礼申し上げます。

## 42. 市道高速2号線丹後通南工区 床版工事防護工施工報告

日産建設 三階資夫 柴田六郎  
野崎峰石

### 1. まえがき

高架橋床版工事の防護工架設及び撤去作業における墜落災害は、各社ともその絶滅に努力しているが、防護工架設及び撤去作業は、従来より危険な高所作業がほとんどである。作業員の技能の優劣に左右される面が強く、都市における高架橋工事の需要とあいまって災害の増加の傾向にある。

しかし、人命尊重と安全優先の理念は理由がどうであれ、如何なる場合にあつても、これをおろそかにすることは許されない。不安全行為を取り除いて常に安全な作業を進め、且つ安全教育を徹底して、災害を未然に防止しなければならない。

この度、名古屋高速道路公社発注による「市道高速2号線丹後通南工区床版工事」の施工現場に於いて防護工架設及び撤去作業を、足場吊り上げ工法「パーフェクト工法」を採用し施工した。

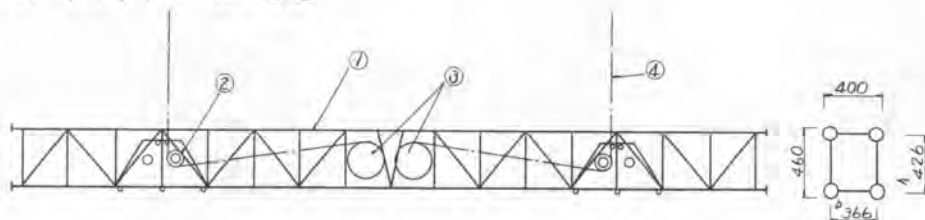
### 2. 工事概要

工事名 市道高速2号線丹後通南工区床版工事  
発注者 名古屋高速道路公社  
工事場所 自名古屋市南区丹後通5丁目、至南区要町5丁目  
工期 自昭和52年9月12日、至昭和54年1月6日  
工事延長 高架橋(単純合成桁)4448m(14連)、床版工8.625<sup>m<sup>2</sup></sup>  
防護工一式(13.107<sup>m<sup>2</sup></sup>) その他。

### 3. パーフェクト工法

当工法は防護工組立及び解体作業を安全な地上でするのがその特長であり、高所での作業は吊り上げ用ワイヤ位置の確認と繰り込みのみであり、従来より危険な高所作業がほとんどであった防護工架設及び撤去作業をほとんど地上で行って作業し多くの不安全行為になる前提を取り除き、また、現場員の精神的負担を少なくするだけでなく、工事現場の作業員を災害から守ることと合せて、才三者に対しても災害を及ぼす危険もなく、且つ能率的である、また、従来工法では防護工架設及び撤去作業による足場材料の損傷が激しかったが、当工法では地上での組立、解体作業であり、損傷を低減することが出来る。

### 4. パーフェクトビームの構造







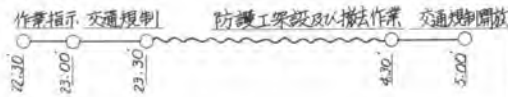
防護工	B'	全面シート	全面板張	夜間施工
〃	B	〃	〃	〃
+	C	〃	全面金網	〃

防護工	B	全面シート	全面板張	合板足場板	夜間施工
〃	C'	〃	〃	合板パニヤ	〃
〃	C	〃	全面金網	〃	〃

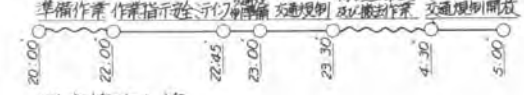
防護工の施工断面が設計よりかなり大きくなっているが、床版型枠支保工材を横移動して打設した床版上へ人肩にて小運搬するため、高欄部分フリー打設作業等を考慮して断面を決定した実施作業サイクル

### 計画作業サイクル

作業時間は23:00~5:00(深夜作業)と定められていた。



一夜の作業量が交通規制等により規制をうけるので20:00~22:00まで基本占用帯内で準備作業を進めておき22:00~22:45まで作業打合せ安全ミーティングを実施し作業に入った。



### 公害(騒音)問題

深夜の作業でもあり且つ近隣住民の高速道路建設反対運動の激しい区域に位置していた。

騒音は従来工法よりすくないが、防護工の地組の際、単管及びフランプジメの音、防護工を桁に足場チェーン等で吊る時のチェーンの音、作業員の話し声等近隣住民に影響をおよぼした。防音シートを掛けたり、ブロッフサイン等努力したが、根本的解決策は見いだせなかった。

### 騒音等防止策

### 安全管理計画

新しい工法を採用するので、夜間照明 作業標準、器具及び作業方法の点検等の基準を作成し具体的に実施しなければならない。

新しい工法でもあり、作業標準は、安全衛生規程に基づき具体的に作成し、実施した。

各器具及び各作業方法の点検は、点検事項等を作成それに基づいて、万全の体制をとった。

### 安全管理策



防護工地組状況



防護工吊り上げ状況



防護工吊り上げ固定状況

8. 防護工の架設及び撤去作業実施工程表

架設番号	月	10	11	12	53	1	2	3	8	9	10	11	12
S 240							3,15,16,21,22 23, 24	12, 18 20, 23					28, 9, 10
S 241~S 242							12, 16, 14, 21 22	8, 9, 10 11, 12				6, 8, 14	
S 243							21, 7, 8, 21	12, 6, 7				12, 15	
S 245							31, 7, 10					31	28
S 246~S 247			29, 6, 8, 9, 12		28, 30						16, 17		
S 248~S 249			28, 29, 1		17, 18, 20					18, 19, 21			
S 250~S 251		19, 23	18, 18	22, 5	19, 21, 22							12, 13	
S 252~S 253		20, 22, 23, 24	12, 27, 28, 11 14, 15						28, 29, 31, 4, 7				

9. 防護工の架設及び撤去作業人集計

職種	月	10	11	12	53	1	2	3	累計	53	8	9	10	11	累計
保母警備		18人	36人	24人	12人	68人	2人	160人	6人	18人	12人	36人	76人	76人	
電気		14	25	17	11	31	2	100	4	12	8	22	46	46	
とび		38	71	47	28	117	8	329	14	60	24	83	181	181	
雑工		19	22	30	19	103	50	234	29	17	36	73	155	155	
ユニーフ車		6台	11台	7台	6台	15台	0	45台	0	6台	12台	14台	32台	32台	
フーフリフト		6	9	7	6	15	0	43	2	6	5	11	28	28	
パーフェクトピム(4セト)		24セト	36セト	28セト	24セト	60セト	0	172セト	8セト	24セト	20セト	44セト	96セト	96セト	

注: 防護工仮設,  
S 52. 10 ~ S 53. 3  
防護工撤去, S 53  
8 ~ S 53. 12.

10. 防護作業実績

名称	単位	m <sup>2</sup> 掛	損料	単価	金額	摘要	
保母警備(警)	人	0.018		16,875	304	13,500 × 1.25	A=495
電気	人	0.012		15,938	191	8,500 × 1.5 × 1.25	
架設	人	0.0395		15,938	749	8,500 × 1.5 × 1.25	A=1631
雑工	人	0.031		10,313	320	8,250 × 1.25	
ユニーフ車	台	0.006	30,000		180	20,000 × 1.5	
フーフリフト	台	0.0053	22,500		119	15,000 × 1.5	
パーフェクト	セト	0.021	12,500		263	25,000 × 1/2	
足場板(400×20,240)	枚	0.69	5.15		3.56	使用日当り損料15%	B=469
足場(175×40)	m	1.95	0.35		0.69		
フーフリフト用	台	0.75	0.30		0.23		
単管ジョイント	台	0.12	0.30		0.04		
足場チェーン	本	0.25	1.70		42.5	現場当り損料50%	
金網	m <sup>2</sup>	0.21	60		12.6	50%	C=80.0
シート	m <sup>2</sup>	1.03	75.5		77.8	50%	
合板(12×12)	枚	0.09	500		45.0	50%	
番線	kg	0.012	86		1.03	100%	
釘	kg	0.009	120		1.08	100%	
夜間交通処理施設	式				322.30	管理費・消耗品費含む	C=322.30
防護工管理費	人	0.00002			0.17	使用日当り	B=0.17

11. 夜間施工原価

$$A + A' + (B + B')X + C + C' = 495 + 1631 + (4.69 + 0.17)X + 180.01 + 322.30 = 2628.01 + 4.86X \text{ (m}^2\text{当り)}$$

各材料の損料については当社及びリーヌ業社損料算定表によった。また労務費については昭和52年9月現在当社規定によった。材料の現場内小運搬は、歩掛りに含めてある。

12. むすび

パーフェクト工法の橋梁部門への初めての進出でもあり、工事施工と同時に防護工の構造 作業場所、労働時間、作業員の確保等いろいろ問題がありました。しかし昭和52年10月本格的に工事を開始。無事工期限内に工事を完了することが出来ました。難儀な環境であったにもかかわらず、まったく無事故であったことは幸いであった。今回の貴重な経験を基に防護工のフレキシブル化及び移動方式等を開発し、名古屋道路公社監督員立会のもとに試験施工し、実用化の日がまたれている。

参考資料

橋梁架設工事における足場工および防護工基準とその積算 社団法人 日本橋梁建設協会。

## 43. 小形除雪機の施工性評価について

建設省東北技術事務所 相 沢 実 斉 恒 夫  
関 野 広 光

### 1. ま え が き

現在、歩道除雪は各地で試行的に実施されているが、この結果をみると条件さえ許せば車道専用車による施工が能率的であるが、歩道や歩車道境界構造が必ずしもこれらに適合する構造ではなく施工範囲の多くは小形除雪機（ハンドガイド形）への依存度が大きいものと云える。これら小形除雪機による歩道除雪は東北地建の場合、従来から建設省開発のSC-3形によって施工されてきたが、機械価格、能力の問題もあって今後の施工延長の伸びに対応がむずかしい面をもっている。

このような現状からSC-3形の性能改善と低廉化を目的とした新型の小形除雪機（SC-4と仮称、ハンドガイド形）を開発した。一方、民間開発のものも多く生産されており各地で保有も延びてきている。これら民間開発型の多くは製造コストの低いことが特長であり財政的にはメリットは大きい。建設省新規開発SC-4もあわせて、これらを幹線歩道に投入した場合の施工のあり方、問題点などを検討するために数社の機種を対象に性能試験によって評価考察を行ったものである。

### 2. 施工性試験

#### 2-1 試験の方法

この試験は、昭和54年3月、山形県月山地区で実施したもので、試験条件をすべて同一にし、JIS D6509（ロータリ除雪車性能試験要領）に準じた方法で行われた。雪質は、かなり湿った「ざらめ雪」で自然積雪の段切り、全断面施工である。試験に用いた機種は、すべてハンドガイドで表-1に示す。

表-1 試験機の概略仕様

機 種	SC-4 30PS	SC-3D 29PS	A-28.5PS	B-20PS	C-18PS	D-15PS
機 械 型 式	ワンステージ オーガカッタ	ワンステージ オーガカッタ	ツーステージ	ツーステージ	ツーステージ	ツーステージ
除 雪 幅 (mm)	1,000	1,000	1,100	1,100	1,100	1,100
除 雪 高 (mm)	700	700	710	710	710	650
機関出力(PS/RPM)	30/3,600	29/3,000	28.5/3,000	20/1,800	18/2,400	15/1,800
寸 法 (長さ×高×幅)(mm)	2,500×1,900 ×1,000	3,110×1,980 ×1,000	2,200×1,580 ×1,140	2,220×1,580 ×1,140	2,250×1,600 ×1,100	1,885×1,900 ×1,100
構 造	ゴムクローラ 機械式走行	鉄グロウサ 油圧走行	鉄グロウサ 機械式走行	鉄グロウサ 機械式走行	ゴムクローラ 機械式走行	ゴムクローラ 機械式走行
重 量 (kg)	750	1,350	650	580	620	450

今回開発のSC-4形については、写真-1に示した。

#### 2-2 試験結果

テスト結果は、表-1の機種をSC-4、30PS級、20PS以下級に分類して解析した。図-1に除雪断面積と除雪速度の関係を示したが、この値は当局オペレータが事前に習熟運転を行い、各種の断面で施工して安定した作業状態のみを抽出して整理解析を行った結果である。



写真-1 SC-4形テスト機

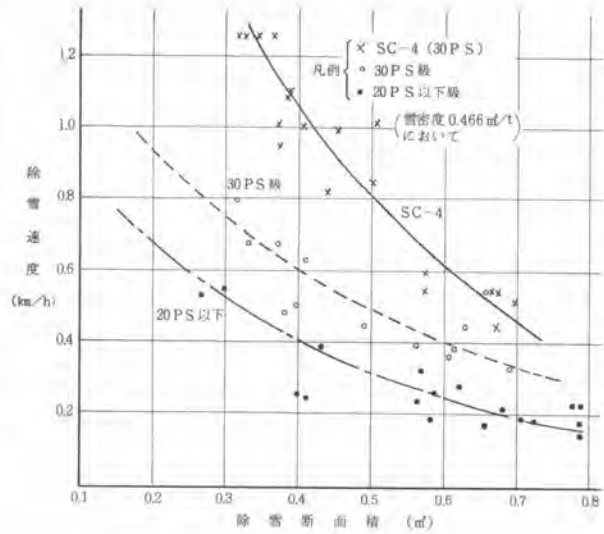


図-1 除雪断面と除雪速度

図-1の結果から、管内において作業頻度の多い50cmと将来の施工を考慮した20cmについての、機種毎に期待できる性能値を整理すると次表-2のとおりとなる。

表-2 性能期待値

項目	機種	SC-4 30PS		30PS級		20PS以下級	
		0.5	0.2	0.5	0.2	0.5	0.2
除雪高さ(m)		0.5	0.2	0.5	0.2	0.5	0.2
除雪幅(m)		1.0	1.0	1.0~1.1	1.0~1.1	1.1	1.1
除雪断面積(m²)		0.5	0.2	0.5~0.55	0.2~0.22	0.55	0.22
最大除雪速度(km/h)		0.80	1.25	0.50	0.92	0.28	0.65
最大除雪量	(m³/h)	400	250	262	193	154	143
	(t/h)	184	115	120	89	71	66
最大除雪高さ(m)		0.7		0.71		0.71	

注) 1. 数値は全断面の場合を示す。

2. 除雪量(t/h)は雪密度0.46 t/m³(テスト時)として算定した。

### 3 評価と考察

#### 3-1 除雪能力について

除雪能力の評価は、施工体制の差異もあってテスト結果だけで論ずることはできないが、除雪現場からの要求として、車道除雪から歩道への堆雪、自然積雪などから云って除雪高さ50cm程度の施工能力を要求する意見が多い。このような要求をふまえて今回テストの評価指標として

- ① 歩道1km、積雪50cmを施工するに要する時間
- ② 歩道1km、積雪20cmを施工するに要する時間、とした。

この条件は、通園通学路1kmを通学時間帯の何時間前に施工を開始するかの指標ともいえる。積雪深は、最もシビアな条件(50cm)と、軽負荷条件(20cm)を比較条件とした。

表-3 能力評価 (1 Km 施工に要する時間)

条件	機種	SC-4 30PS	30PS級	20PS以下級
①の条件 (50cm)		1. h 15'	2. h 00'	3. h 35'
②の条件 (20cm)		0. h 48'	1. h 05'	1. h 32'

試験結果からいえば、SC-4形が優れており、50cmと20cmの差が少ない。ハンドガイド式では速い速度での除雪は操作上の追従がむずかしく、速度1km附近が限界で、これ以上の速度アップは安全面で問題となってくる。これをメカニック面で改善するとすれば、いたずらにコストアップをまねき好ましくないものと考えられ、今後の施工基準の考え方等も最高で1km程度が妥当なところである。結論的には、将来歩道除雪体制の整備によっては15~20PS級の使用も効果的ではあるが、現体制では30PS級が適応した機種といえる。

### 3-2 施工コストについて

施工コストは、前出図-1の結果から試算し、施工積雪深50cm、20cmについて、それぞれ右図-2に示した。この施工経費は、 $m^2$ 当り単価の傾向を示したもので、機械損料、労務費、燃料費で算出した。

この結果からみる限り、いずれも除雪高が大きいほど除雪経費が低減する傾向にあり、現状の施工体制では30PS級の使用が適応した機種となる。ただし軽負荷(20cm)ではテスト回数も少なく、舗装路面での負荷テストも今後の必要なテストと思われる。本来は、20PS以下級のような負荷が変化してもコストに影響してこない機種が望ましい姿である。

どの程度の負荷で最も効率のよい除雪能力とするかは、除雪体制のからみもありむずかしい面をもっているが、体制、機械両面からの今後の研究課題となる。

### 3-3 投雪機能について

投雪の必要距離は、どの程度あればよいかは現場施工条件によっても要求性能が違って画一的には決められないが、飛ばすことだけに設計点をもっていくと投雪消費馬力が意外に大きくなり、とくに小形のエンジンでは回転速度が急激に低下し機械全体の機能をそこなう結果となる。

さらに、飛び過ぎによる施工上の弊害や高速での雪飛散による安全性からも今後検討を要する課題である。

図-3は投雪距離と除雪能率( $m^2/PS \cdot H \dots$ 馬力当りの時間当り施工量)の関係を示したもので、この結果からも飛ばすほど能率低下が大きい。一般的には、歩道施工では投雪は5m程度あれば十分なので20PS級の歩道施工では投雪をおさえ施工量の増大に対処する必要がある。

### 3-4 操作性について

歩道除雪施工について、とくに操作性の中で重要な点については次のとおりである。

- ① 運転視界については、殆どどの機種はオーガケーシング上端高さで支配されているが、SC-3形についてのみボンネット上面によるため死角範囲が大きく今後改善が必要である。他機

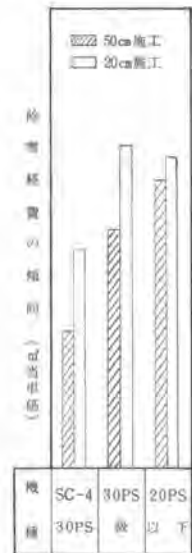


図-2 施工コスト比較



種については、良い結果を示している。

- ② シュート操作については、SC-3形（油圧モータ）以外はすべて手動ハンドル式であるが、作業時はかなり頻りに操作が行われることから動力化が望ましい。今後、コスト面も含めて直流電動機方式などによる方法も検討していくことが望ましい。
- ③ 操作レバーについては、レバー数がいずれも9～10本と数多く、きわめて繁雑である。今後、施工の安全性や円滑さを増す必要からワンレバー・多アクション式などの検討が残されている。
- ④ 機動性については、無負荷時走行が1.6～4.5km/hの

値であったが、3km/h程度は確保したい値である。また、接地圧は0.15kg/cm<sup>2</sup>附近のものがとくに雪上走行性は良好であったが、履帯の力点については施工時の浮上りなどからも慎重な検討が必要な事項である。

以上の改善は、いずれもコストアップの問題もからむ事項であるが、安全上、能率上からも是非実現されるべき必要課題である。

### 3-5 考 察

今回のテスト結果を総合すると

- ① 施工コスト、除雪能力面は現状の体制下では30PS級が適している。施工体制の変化、または小馬力形に合わせた施工基準作りによっては20PS級の使用も有効となる。ただしこの場合でも投雪、操作方式、能力のあり方などをユーザとしてはメーカー側に十分な情報提供などの必要がある。
- ② 投雪性能については、投雪距離の伸びは施工の多様性を示すセールスポイントの一つとなるが、歩道施工ではむしろ投雪距離をおさえて、その余力を除雪能力に向けることが妥当な設計ポイントである。
- ③ 機動性、施工性の重要要素である足廻りについては、各機種とも良好で、とくに小形農用機械を原点とした開発パターン（農用機械のパーツが多く使われている）が多いようで、今後とも農用機械に注目することが必要である。
- ④ 一般にゴム製履帯など農用機械の部品が使用されていることから部品補給も容易であろうと推定されるが、反面農用機械はモデルチェンジが頻りに行われ、かつ耐用寿命も短いといわれており、小形機の更新時期の検討や今後の部品ライフの改善、補給策も検討課題となる。

### 4 あとがき

今回の評価試験は、国産機種の一部を実施したにすぎないが、この中で建設省開発SC-4は良い数値を示しており構造的にも幹線歩道用としての一つの基本モデルを示し得たものと思っている。

終りに当って、今回のテストで機械の提供や技術的アドバイスをいただいた関係の方々に対し御礼申しあげる次第である。

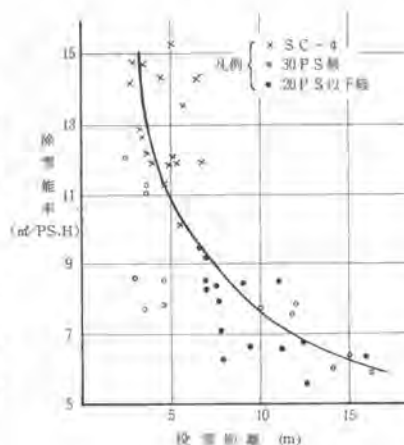


図-8 投雪と除雪能率

## 44. 除雪トラックの安全装置に関する調査試験

建設省北陸技術事務所 中 邨 脩  
倉 島 冠

### 1. まえがき

除雪トラックは作業速度が速いこと、価格が低廉であること等の理由から、初期除雪、拡幅除雪を主体に利用度が高い。しかしながら車道幅員即、除雪必要幅員となっている現在の除雪形態においては、作業時における路面及び路側部の道路構造物への接触事故は避けられない傾向にあり、除雪プラウ及びトラックフレーム本体に損傷を及ぼし、ひいては除雪作業の効率化を妨げている。これら接触事故による損傷防止策としては、これまでに数種の安全装置が採用されているものの、道路条件、除雪条件、障害物等によっては完全に機能を果していない場合が多く、衝突という特殊な条件下における効果が十分把握されていなかった。そこで、衝突時の荷重伝達機構の解明を計ると共に、既存の安全装置の効果チェックを行い、除雪トラック製作上の資料を得る目的で調査試験を実施した。

### 2. 調査内容及び結果

#### 2-1 除雪トラック衝突による破損発生の実態調査

過去の例から、感覚的な破損状況はわかるが、その程度、箇所等具体的な点については十分把握されていない。そこで、52、53年度の北陸地建管内の除雪作業時における破損発生の実態調査を行った結果を図-1に示す。

除雪プラウ左端及び道路構造物縁石の関係が全体の50%以上と多くなっている。

本調査試験はこれらの関係を主体に行った。

#### 2-2 除雪プラウ在来安全装置の実態調査

現在までに試作考案された安全装置の種類、

設計資料等を収集すると共に、メーカー社に依頼してプラウ安全装置の設計に関する考え方、得失等について調査した。

プラウの安全装置機構は下記のとおりに区分される。

- (1) スプリングまたはダンパによりプラウ全体が反転または上下に移動する。
- (2) スプリングまたはシャープピンにより分割したプラウが反転または上下に移動する。
- (3) スプリングまたはシャープピンによりプラウの刃先または一部が反転または引込む。
- (4) スプリングまたはゴムにより衝撃力を緩衝する。

在来安全装置の傾向は、スプリング式及びシャープピン式が多く、また、それぞれに欠点がある。スプリング式はガタが生じやすく苛酷な除雪作業に不向き等の欠点があり、シャープピン式は復元に手間がかかる等の欠点がある。また、現場サイドでは安全装置の完全なものは不可能と考えており、効果の度合、コスト等の比較から機構の簡単なものを望んでいる。

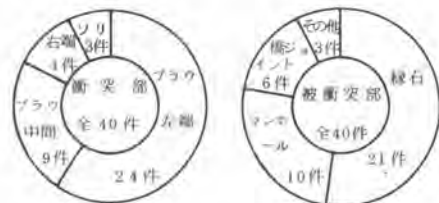


図-1 プラウの衝突状況 (52.12~53.2北陸地建管内)  
(53.12~54.2)

## 2. 3 試験車概要

### (1) 試験車

除雪トラック本体は、現在一般的に利用度の高い200PS級、260PS級2機種を用いた。

- 1) 200PS級、ボンネット型、カウンタウェイト積載状態、全重量10.7t
  - 2) 260PS級、キャブオーバー型、カウンタウェイト積載状態、全重量13.2t
- (2) 試験用プラウ

シャーピン付エッジ反転式プラウの概要を図-2に示す。

#### 1) プラウ先端荷重検出装置

プラウエッジ部に荷重検出装置取付台を設け、これに歪ゲージを4箇所貼付けた検出部を取付け、歪量を計測し垂直荷重を算出した。

#### 2) プラウ押腕に伝達される荷重

プラウ左右押腕シャフト根元に歪ゲージを4箇所貼付け、緩衝スプリングの有無による荷重を測定した。

#### 3) トラックフレーム応力

破損例の多くはフレーム先端より後方約3,700mm付近から進行方向右側に変形しているため、この範囲内で応力の大きい箇所をピックアップし歪ゲージを貼付け歪量を計測し応力を算出した。

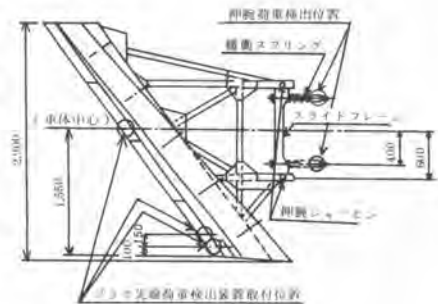


図-2 試験用プラウ

## 2. 4 衝突試験

### (1) プラウ衝突時における衝撃力の伝達機構の解明

プラウ左端100mmの位置に衝突した場合においてトラックフレーム及び押腕に大きな荷重、応力が発生して、トラックフレームについてはサイドプレート直後で最大応力が発生している。また図-3に示すように、ベースマシンによる各部荷重の差はほとんどなく、いずれの荷重、応力共にプラウ先端荷重と比例関係にあり、緩衝スプリングによる伝達系における軽減量はごくわずかである。また、同図より、フレーム許容応力を $15 \text{ Kg/cm}^2$  (抗張力 $45 \text{ Kg/cm}^2$ 、安全率3)とすれば限界荷重はプラウ先端荷重5.5t、左押腕荷重9.7t以下でなければならない。換言すれば除雪プラウ設計荷重を前述荷重とし、それ以上の荷重が発生した場合には、トラックフレームが破損しないように、除雪プラウ側の安全装置の機能が働くか、または、プラウが破損し被害を軽減する方が得策である。

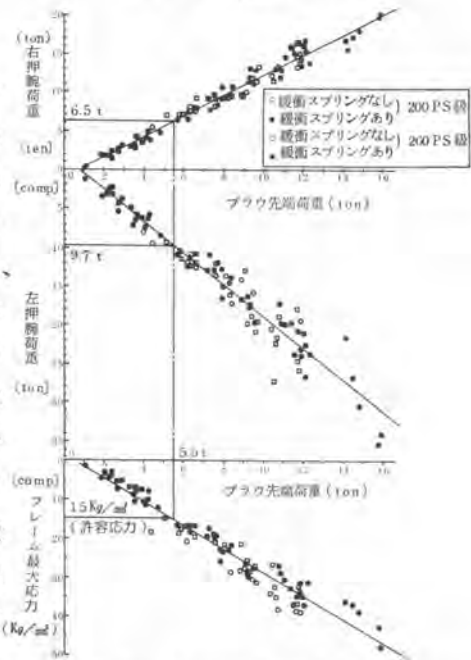


図-3 先端荷重と左右押腕荷重、フレーム応力の関係

## 2.5 ブラウ安全機構各部の強度及び有効性

### (1) カuttingエッジのシャープピンの有効性

カuttingエッジのシャープピンは、除雪ブラウが障害物に衝突した場合にシャープピンが切断され、カuttingエッジが反転し障害物を回避するものであり、シャープピンはカuttingエッジ1枚当たり2本で、切断径11mmと14.5mmの2種類の試験を行った。

図-4に200PS級除雪トラックのエッジシャープピン切断時の押腕荷重を示す。いずれの場合も低速時に若干大きな荷重が発生し限界荷重を超えているが、高速時では、除雪ブラウの慣性力でシャープピンが切断され、衝撃荷重が小さくなり効果が期待できる。またシャープピン切断径は小さい程損傷防止上有利であるが、除雪作業との兼ね合い、交換のわずらわしさから損傷防止上許される範囲で大きくとるべきである。従って、通常の除雪作業速度(10~40km/h)とフレームの強

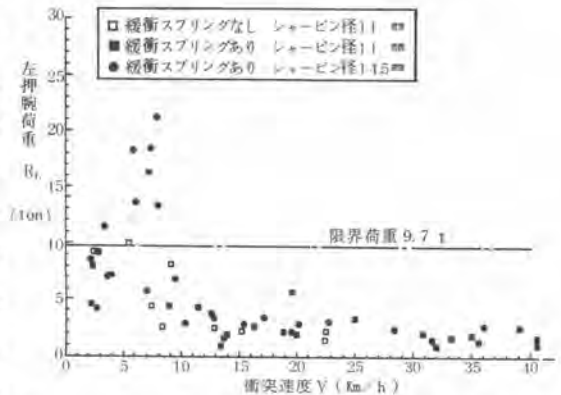


図-4 エッジシャープピン切断時の荷重(200PS級)

さを合せ考えると、発生頻度の少ない場合は、若干限界荷重(9.7t)を超えても特に影響はなく、シャープピン切断径は14.5mmがほぼ適切である。

### (2) 緩衝スプリングの有効性

低速域においては、緩衝スプリングを伝達系に挿入することにより、スプリングのエネルギー吸収によって荷重そのものが軽減されるが、速度が速くなるにしたがって押腕荷重は上昇し、前項で示した限界荷重をオーバーする。従って、通常の除雪速度において不動な障害物に衝突した場合には、緩衝スプリングによる大幅な荷重の軽減は期待できない。しかし、縁石等の障害物に対してブラウ左端の接触量が浅い場合には、スプリングのたわみによってブラウ推進角がより傾きブラウが右へ逃げて衝撃荷重を回避する効果が期待できる。

### (3) 押腕シャープピンの有効性

押腕にシャープピン径14mm(設計切断荷重9.2t)を挿入している。左押腕荷重10~13tでシャープピンは切断し、ブラウのスライドフレームが移動し(移動時荷重は小さい)ストロークエンドに達すると再び荷重が大きくなる。この場合押腕シャープピンの有無による差はわずかであり、損傷を防げるものにはなり得ない。

### (4) 縁石接触試験

除雪時に縁石側面への接触は多々あり、軽微な接触によって復元性のない安全装置が破損するようでは、連続除雪が困難となる。ここでは、無雪時に縁石側面に20~30度の角度で進入しブラウ左端が接触した場合のトラックフレーム応力を図-5に示す。その結果、フレーム許容応力15kg/mmを超えるものはなく、除雪作業において、縁石等に軽く接触しても、連続除雪に支障はない。しかし、進入角度が大きくなった場合には、フレーム許容応力以上になると思われ

るので、確実に作動する安全装置が必要である。

## 2. 6 実作業試験

冬期国道において、除雪作業中における荷重及び応力の測定を行った。

### (1) 連続除雪試験

除雪断面積 0.3～0.7 m<sup>2</sup>で前面には押雪量 0.2～0.8 t 程度をかかえた状態で幅除雪作業を連続して行い、5秒間以上同程度の荷重を示した場合のフレーム応力最大値を読み取った。結果を図-6に示す。

除雪負荷条件によるバラツキは大きい、除雪トラックに損傷を与えるほどの値ではない。しかし、除雪速度が上昇し、前面抵抗が大きくなると、トラックの動力不足から除雪速度に限界を生じ、200PS級では除雪速度に対するフレーム応力の傾向を見出すことはできなかった。

以上実作業試験の結果は、200PS級除雪トラックの荷重、応力であって、当然、重量、出力が大きければ、その大きさに見合った実作業がなされると考えねばならない。従って、54年度260PS級についても同様な実作業試験を行う予定にしている。

## 3. まとめ

- (1) 本試験結果より、除雪トラックのフレーム許容応力を15 kg/cm<sup>2</sup>とした場合の、衝突時に受けることができる限界荷重は、ブレード先端荷重5～6 t、左押腕荷重9～10 t、右押腕荷重5.5～6.5 tである。
- (2) 本試験に使用したブレード安全装置の効果については、上記荷重がオーバーした場合にシャープインが切断し、障害物を回避できるエッジシャープイン反転式が有効であり、シャープイン切断径は14.5 mmでよいことが判明した。即ち、破損実態からみて、構造物（緑石、マンホール、橋ジョイント）の衝突事故に対し除雪トラックの損傷防止とオペレータの安全確保が可能とみられた。
- (3) 除雪トラック本体（200PS級、260PS級）の違いによるシャープイン効果、フレーム応力には大きな差はみられず、ほとんど同様な傾向を示した。

## 4. あとがき

以上実車を用いて試験を行った結果が、除雪トラックの製作面及び現場サイドでの作業時における参考となることを期待する。なお、今後、除雪作業の効率化を計るため簡易交換式ブレード（ワンタッチブレード）及び道路構造物の衝突事故に対して、確実に働く安全機構の開発が必要となってくる。

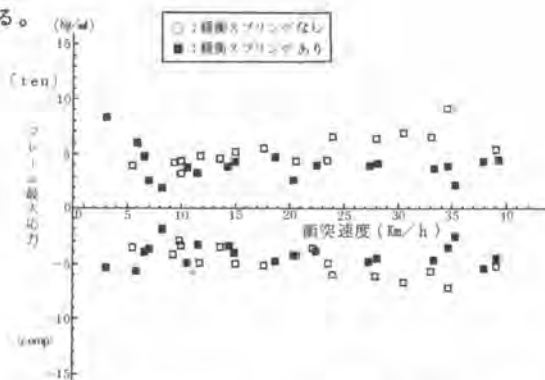


図-5 緑石接触時のフレーム最大応力(200PS級)

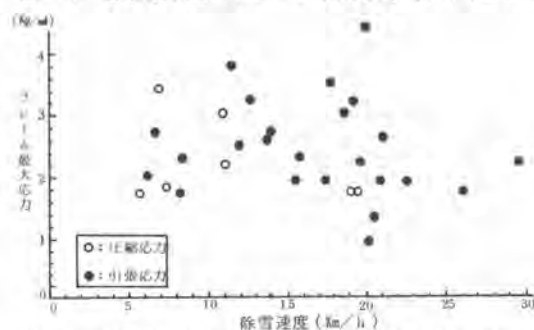


図-6 連続除雪時におけるフレーム最大応力(200PS級)

## 45. バーチカルドレーンの高能率簡易打設機

三菱重工業 粟野勝介  
大林組 小谷克己  
日本パイリーン 中熊和義

### 1 まえがき

この報文は油圧バックホウを用いてバーチカルドレーン材を打設する機械について述べたものである。この打設機は通常のバックホウに簡易アタッチメントを装着するだけで、無騒音、無振動に近い状態で、高能率に作業が行なえる。

バーチカルドレーンの歴史はサンドドレーンから始まったが、7年程前、土質工学会において、サンドドレーン工法の効果について論議されたことがある。この論議中、効果がないとされた理由については次のようなことがあげられる。

- (1) サンドドレーンを打ち込むことにより周辺地盤が乱され、透水性が低下する。
- (2) サンドドレーンが切断したり、断面が小さくなることが多い。
- (3) 透水性にすぐれ、目詰まりしにくい砂（良質の砂）を使用していない。
- (4) 上・下部の排水層が完全でない。
- (5) その他

ペーパードレーン工法はスウェーデンにおいて1937年、チエルマンが開発した工法で、日本には1963年に導入された。この工法は、砂に代るドレーン材としてペーパーを板状にし中心部を空洞にし、その空洞を通水ゾーンとして利用したドレーン材を打設する工法で、この特長は、

- (イ) ドレーン材の断面が小さいので打設ケーシング（マンドレル）を小さくすることができるため、周辺地盤の乱れを少なくすることができる。
- (ロ) ドレーン材はある程度の引張強度を持っているので切断しにくく、また、もし切断した場合は施工時にわかるので打直しができる。
- (ハ) 工場で生産される材料なので均質のドレーン材であり、集水（周辺土から水を集めてドレーン材に引込むこと）と排水（集められた圧密水を上、下部排水層に導く）とを独立に行なえるので、透水性がよく目詰まりしない材料を使用することができる。

などの特長があり、サンドドレーン工法の主な欠点を補うことができる。このため、次第に普及してきており、工事費が安く、能率のよい機械の開発が望まれていた。我々は近年普及のめざましい油圧式バックホウに目をつけ、この機械によるペーパードレーンの打設を計画し一応の成果をおさめたのでここに報告するものである。

### 2 当機械の特徴

- (1) 油圧式バックホウの主油圧を利用して打設するため、バイプロハンマや発電機などが不要なこと、およびケーシングのどこをつかんでも買入することができるため剛性を大きくする必要がなくケーシングの断面を小さくできることなどから機械の重量を小さくできる。このため、軟弱な



地盤上でも施工できること、サンドマットが薄くてよいこと、さらにサンドマットが薄いので使用する材料のロスが少なくてすむなどの利点がある。

(2) 施工能力がよい

装置がシンプルで操作が簡単なこと、打設スピードが速いこと、および振動を加えないためケーシングにヘッドロが侵入しにくいので引抜き時の伴上りがないので失敗が少ないことなどの理由で非常に高能率である。

(3) 無騒音、無振動である。

油圧方式なので、無騒音、無振動であるため民家の近くでも施工できる。また、振動による周辺土の乱れが少ないので圧密時間も短かくてすむ。

(4) 買入力は大きくない。

機械の全重量が小さいこと、およびバランスが悪くなることなどの理由により、買入力は大きく取れず  $N > 10$  の場合は施工できない。

(5) 深い層の改良はできない。

主に引抜力不足により  $15\text{ m}$  以上の深さの打設はできない。



### 3 開発における諸問題と解決方法

(1) 円弧運動へ変換する必要がある。

油圧バックホウのアームは円運動をするが、打設に必要なのは垂直運動である。この運動変換には各種の方法があるが本機は図で示すようにスライダによる分力方式を採用した。加えて、スライダ・ホルドステイを使用することにより、機械の力を無理なく分散(分力)させ、故障も少なく、操作も簡単にし、かつ、能率を向上させることができる。

(2) 小さい上下運動で長尺のドレーン材を打設しなければならない。

油圧バックホウの円弧運動の上下高さは  $5\text{ m}$  程度である。したがって  $15\text{ m}$  の深さまで打設するには数回掘り変える必要がある。このため、油圧チャックによる掘り送り方式を採用した。この方式により  $15\text{ m}$  程度の打設は簡単で、しかも掘り位置によっては買入力も大きくなる。

(3) 貫入力と引抜き力の不足を補う必要がある。

地盤の強度が大きくて貫入力不足するのは、サンドマットがよく締ってしまった場合や途中で砂層が存在する場合である。よく締ったサンドマットは貫入できないので別のバックホウでトレンチ掘りなどする。また、途中の薄い砂層の場合は、地上のすぐ上でケーシングを掴み座屈を防止する。この場合アームの根元で貫入するようになるので貫入力が大きくなる。引抜き力を大きくする場合も同様である。

(4) ケーシング内へのヘドロ侵入を防止しなければならない。

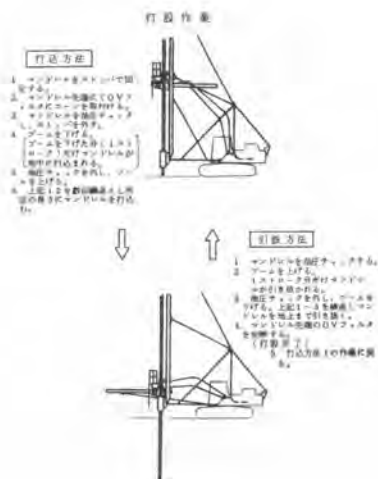
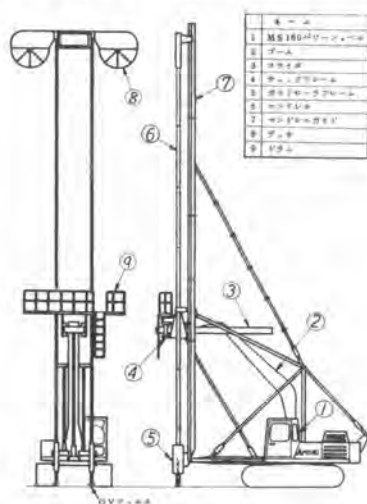
ドレーン材打設の際、ケーシング内へヘドロが侵入すると、ドレーン材とケーシングに粘着力が働いて伴上りの原因になる。また、このヘドロはドレーン材の目詰まりの原因ともなると考えられるので極力これを防止する必要がある。このために、打設の際、先端には薄い鉄板による先端処理を施す。鉄板はドレーン材の切断の保護にもなり、貫入時に折れ曲ってケーシング先端に密着するような形になりヘドロの侵入も少なくなる。不織布製のドレーン材ならば少し折曲げて余裕を持たせば先端を閉そくすることになりヘドロはケーシングに侵入しない。

(5) ケーシングは掴みやすく、貫入抵抗の小さいものでなければならない。

土に接する面が最小で断面係数を大きくするには円形のケーシングが好都合であるが、チャックによる掴みをよくするためと、ケーシング内でドレーン材が余裕がありすぎにより切断などしないように長方形断面のケーシングを採用した。

(6) ドレーン材は風による影響を受けないようにする必要がある。

ドレーン材を裸のまま下げると風の影響で切断したり、からまったりして能率の低下を引き起す。このため当機ではドレーン材のリールをケーシングの最上部に固定する方法を採用した。このことにより、ケーシング内にドレーン材をセットするのも便利であり、風の影響も全く受けなくなった。ただし、本機の安定が多少悪くなるので、軽いドレーン材を使用したり、長さを制限することで解決した。このため、本機では主に不織布製の軽いドレーン材（OVドレーン）を使用し、長さも1巻200mを標準とした。



#### 4 工事例 千葉県柏市の某宅地造成工事の例-

##### 4-1 工事の特長

- (1) 軟弱層は比較的浅く砂層シームも少ない。→大きを買入力不必要
- (2) サンドマット用の良質の砂がない。→水平ドレーン材使用
- (3) 民家に接近した部分がある。→油圧方式を採用
- (4) 盛土厚が薄いので将来の増加荷重による沈下が大きい。→大気圧工法によるサーチャージ

##### 4-2 表層処理工

湿地帯で表層の地耐力がないので、敷布工法により表層処理を行なった。また、サンドマット用の良質の砂がないので関東ロームを用いた。このため、透水性が悪いので水平ドレーン(OVフィルター)の30cm)を1.2m間隔で敷設した。(排水量不足は20m間隔に設置したφ150mmの盲暗渠により補った。)また、関東ロームは地耐力が不足するので、小型のものや超湿地タイプのドレーン打設機が必要であった。

##### 4-3 使用ドレーン材

次の理由によりOVドレーン材を採用した。

- (1) 機械の特徴から軽量のドレーン材が好ましい。(30g/m)
- (2) ケーシング先端からのヘドロ侵入を少なくするには不織布がよい。
- (3) 透水性がよく、目詰まりしにくい材料が必要である。
- (4) 上部排水層との接続が容易である。(ホッチキス接続)

##### 4-4 打設能力

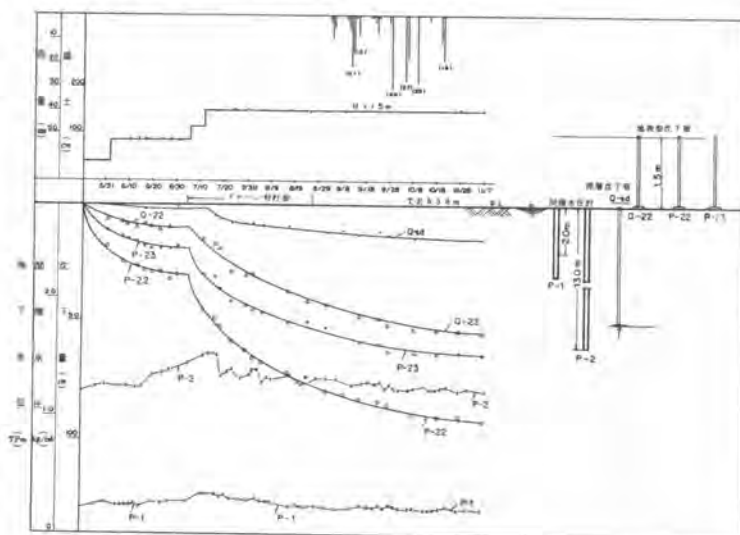
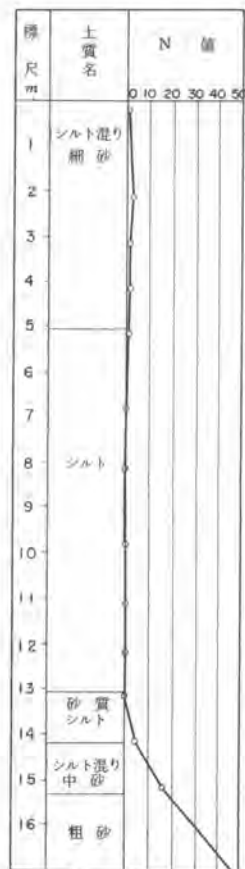
- (1) 1日平均打設延長: 2000m (総打設延長: 24万m、打設日数: 100日)
- (2) 1日最大打設延長: 6500m (作業時間: 10時間)

##### 4-5 効果測定結果

沈下量と間隙水圧の測定結果は右図のようになった。沈下量、間隙水圧とも11月の初旬には終値に近づいており、OVドレーン打設完了の8月20日頃から数えて約3ヶ月で安定を示している。

##### 5 おわりに

施工に自信がもてたので現在3号機も計画中である。



# 46. セメント系安定処理剤スラリーを用いる 軟弱地盤改良機械の現状と展望

北川鉄工所 白木 久 沢口 達 栄

## 1 はじめに

地盤改良工事における対象地盤の地盤条件は、年毎に悪化の傾向をたどる方向にある。これは、陸上工事、海上工事の区別なく、むしろ四方が海で囲まれた日本の、現在まで続いた活発な経済活動からみて、当然発生した時代の社会的環境変化であろう。この社会的環境変化の要請に、ほぼ対応して満足に発展している軟弱地盤改良技術のひとつが、これから紹介する — 軟弱地盤の改良に安定処理剤を用い、軟弱土と共に混合攪拌して化学的にこれを強化する — 軟弱地盤改良機械である。

本稿では、実用化段階に移り、多数が稼動状態にある、セメント系安定処理剤スラリーを用いる軟弱地盤改良機械の混練メカニズムと使用の現状を、更に用途から分類して陸上用と海上用の夫々を紹介し、今後の展望をあわせて述べる。

## 2 混練メカニズム

改良地盤を工学的に評価するとき、力学的な強度の増加が特定部分にかたよることなく、改良箇所全体が平均した強度増加になることが好ましい。換言すれば、バラツキの少ない、均一な改良地盤であることが望まれる。

混練メカニズムは、かゝる問題解決のかねめであり、混合性能、攪拌性能および安定処理剤の節約におよぼす影響が大きい。この混練メカニズムの概要を紹介し、軟弱地盤改良機械理解の一助に供したい。

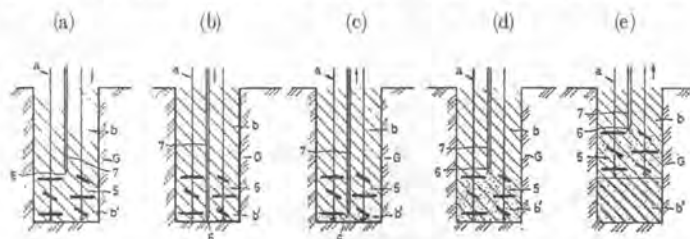
### 2-1 杭状施工をするための混練メカニズム

軟弱地盤中へ安定処理剤を供給し、周辺軟弱土と共に混合攪拌し杭状硬化層を施工する作業で重要な事項は、●支持層に到達した杭状硬化層であること、●平均した改良強度増加であること、●安定処理剤が有効に損失なく使用されることがあげられる。各々についての具体的技術を次に説明する。

#### 2-1-1 安定処理剤供給装置の工夫

支持力の充分なる発揮と沈下を防止するためにも杭状硬化層は、支持層に到達すべきである。これには、攪拌部分へ合理的に安定処理剤を供給するよう努めなければならない。第1図に攪拌翼5と安定処理剤供給管7を独立状態にて作動させる例を示す。この例の特徴は、安定処理剤供給管7の供給口が攪拌翼の上限位置から下限位置まで移動できるので、攪拌部分

への安定処理剤供給が良好となり上述目的が達成できる。しかし、安定処理剤供給が供給口位置に片寄ることから、供給された安定処理剤を攪拌部分全域へ均等に混



第1図 杭状施工の攪拌翼と安定処理剤供給管の作動状態

させるには、相当の攪拌時間を必要とする傾向にある。

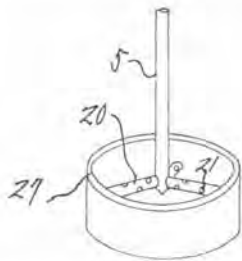
第2図の攪拌翼は、内部が中空になっており、中空回転軸の供給路から供給される安定処理剤を矢印方向へ案内し、攪拌翼壁面に明けられた多数の噴出口より外方へ放出することで上述傾向の改善をはかった。これらの工夫により、支持層に到達した平均的改良強度の杭状硬化層が施工可能となつた。



第2図 中空構造攪拌翼

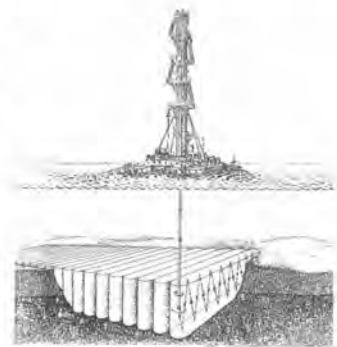
### 2-1-2 安定処理剤節約の工夫

安定処理剤の節約は、混練メカニズムと無関係ではあり得ない



第3図 規制筒攪拌翼

。第3図は、攪拌翼20先端に規制筒27を設ける例で、安定処理剤が噴出口21から外方へ噴射される時、その到達距離を、規制筒で規制することにより、攪拌部分域外への流出を防止し、かつ安定処理剤供給量を確実に保ち、これの節約をはかるに有役な工夫である。この規制筒は、別な効果として杭状硬化層の外径をそろえる利点、回転軸5の貫入指向方向を安定させる利点をもつ。



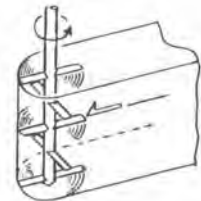
第4図 壁状施工の状態

### 2-2 壁状施工をするための混練メカニズム

杭状硬化層を並設して壁状にする施工法は、杭と杭との間に部分的な未改良部隙間を生じ、平均した改良強度増加が望めない。第4図は、壁状硬化層を海底の堆積軟弱土中に施工している状態の斜視図で、この混練メカニズムを次に説明する。

#### 2-2-1 攪拌翼の移動軌跡

攪拌効果をあげるには、攪拌翼のもつ運動エネルギーを最大限に利用すべきである。この攪拌翼のもつ運動エネルギーの、エネルギー伝達の経路を、攪拌翼の移動軌跡から分類すると次のようになる。



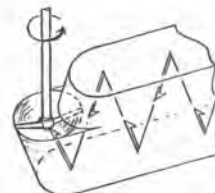
第5図 1次元移動

##### (1)攪拌翼を1次元方向へ移動する

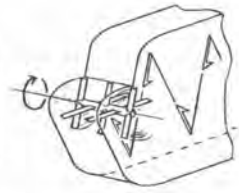
回転する垂直攪拌翼(水平攪拌翼)を、所定指向方向へ直線的に第5図のように移動する。

##### (2)攪拌翼を2次元方向へ移動する

回転する垂直攪拌翼(水平攪拌翼)を昇降させながら所定指向方向へ折れ線的に第6図(第7図)のように移動する。



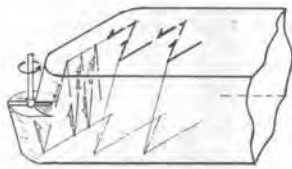
第6図 2次元移動



第7図 2次元移動

##### (3)攪拌翼を3次元方向へ移動する

回転する垂直攪拌翼(水平攪拌翼)を、昇降を繰返ししながら、ジグザグ運動をくわえて所定指向



第8図 3次元移動

動させ、未処理部分の発生を解消する具体例である。

### 2-2-2 用いる安定処理剤の工夫

ここに紹介する軟弱地盤改良機械は、セメント系安定処理剤をスラリー化して使用できる構造に製作してある。スラリー化は、●安定処理剤の供給装置が単純で、かつ遠距離圧送が容易である。●軟弱土とのなじみが良く、混合攪拌性に優れている。●安定処理剤の供給量把握が簡単、正確である。●連続供給ができるなどの長所をもつ。第10図にセメント系安定処理剤の反応プロセスを示す。

### 3 軟弱地盤改良機械の現状

セメント系安定処理剤をスラリー化するには、スラリー化のための生産プラントがある。このプラントの能力規模の大きなものは、時間当たり140 $m^3$ ぐらいのスラリーが製造できる。一方、軟弱土へこのスラリーを供給し、両者を混合攪拌するための軟弱地盤改良機械の能力規模として大きなものは、時間当たり300 $m^3$ の軟弱地盤を改良することができる。これら機械の国内保有台数を参考までにあげれば、陸上用としては、約40台弱（うち深層用が20台弱）、海上用は、10台強が稼働状態にある。代表的な機種の概略仕様を写真に併記すれば、次のようである。



写真-1 陸上表層機と同攪拌翼

表-1 要目

攪拌翼径	
	1600 $\frac{mm}{mm}$ ×6×2
改良巾	10 m
改良深度	3 m
定格出力	80KW
総重量	42TON
接地圧	0.04Kg/cm $^2$



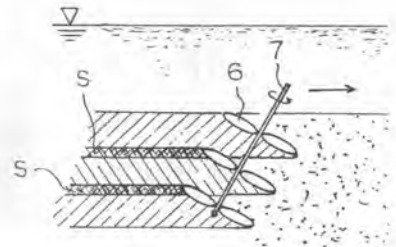
写真-2 陸上深層機

表-2 要目

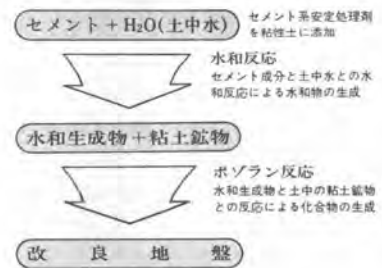
攪拌翼径	
	1000 $\frac{mm}{mm}$ ×2
改良面積	1.5 $m^2$
改良深度	22 m
定格出力	300 KW
総重量	75 TON
接地圧	0.27Kg/cm $^2$

方向へ第8図のように移動する。

以上に説明した攪拌翼の移動軌跡で重要なことは、いかに未改良部分を生じないようにすかにある。第9図は、攪拌部分の必要量を重合させた重複部分Sが形成されるようして攪拌翼を



第9図 重複部分(S)の施工例



第10図 安定処理剤の反応





写真-3 海上深層船



写真-4 海上深層船



写真-5 海上深層船



写真-6 海上深層船



写真-7 海上深層船



写真-8 海上深層船

表-3 海上深層船の要目

UNT; m

	船体寸法(長×巾×深)	塔高(m)	攪拌翼径	改良面積	改良深度	駆動源
写真-3	28×15×2.1	34.5	2000×1 <sup>m</sup>	3.1 <sup>m</sup>	-26	電動式
写真-4	46×25×4.5	55.9	2000×2	7.0	-50	油圧式
写真-5	60×30×4.5	67.4	2000×4	12.0	-60	電動式
写真-6	60×28×4.0	67.4	1620×4	7.5	-60	電動式
写真-7	24×12.5×2.3	42.3	1200×2	2.0	-32	油圧式
写真-8	44×21×3.5	57.0	1200×2	2.0	-37	電動式

#### 4 軟弱地盤改良機械の展望

セメント系安定処理剤スラリーを用い、軟弱地盤を化学的に強化する軟弱地盤改良機械の今日発展の源は、生活基盤や産業基盤の改

善にあつた。この改善努力は、国民の願ひであり、これからも確実に進めなければならない。港湾の整備拡充、海上空港の建設、備蓄施設の建設など、軟弱地盤改良機械の前途は明るい。

#### 5 おわりに

研究、投資の重複排除に努め、利害を譲り合つて将来の困難に立ち向う勇気を持ち、過とう競争を避け、軟弱地盤改良機械の性能向上と自動化をはかることが、依頼される新工法に発展させる理であろう。紙面の都合で省いた、軟弱地盤改良機械の問題点や構造の詳しい説明および施工した工事の概要などは、スライドを使用して補充する。

# 47. 深層混合処理機の機械的性能について

竹中工務店 久木野 慶 紀 青 柳 隼 夫  
藤 井 卓 美

## 1. まえがき

近年、港湾地域における軟弱土層の地盤改良工法として、セメント系硬化材と軟弱土とを機械的に攪拌、混合して軟弱土層を硬化改良する軟弱地盤改良工法が登場し、深層混合処理工法と呼称されている。当社においてはDCM工法（深層混合処理工法；Deep Chemical Mixing Method）として数年前より開発を争がけ、おでに実用化の段階に至っている。本報告はこのDCM工法深層混合処理機の機械的性能に關する種々の検討結果を開発の過程における模型実験と、実際の工事に用いられたDCM深層混合処理機の施工結果に基き報告するものである。

## 2. 本論

### 2.1 DCM深層混合処理機の基本構造

DCM深層混合処理機の基本構造は図-1および写真-1に示すように、下部に掘削および攪拌羽根を兼ねた4本の回転軸を互に逆方向に同期して回転させ、最上部に減速機および駆動装置を兼ねている。硬化材（グラウト状）は羽根の上部のパイプまたは軸の先端部より吐出される。

### 2.2 模型実験

#### 2.2.1 装置および地盤

図-1にDCM実験機の概要を示す。図-2に実験対象地盤の地盤調査結果を示す。



写真-1 DCM実験機

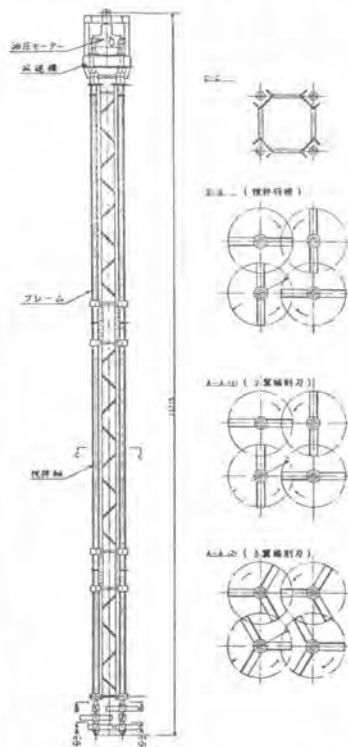


図-1 DCM実験機

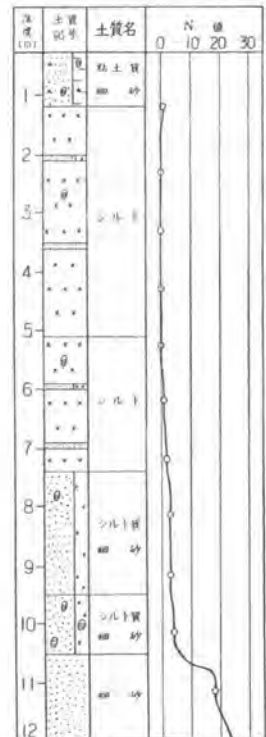


図-2 ボーリング調査結果



## 2.2.5 実験結果

図-6に機械負荷の測定結果の例を示す。この例では羽根形状を種々変えた時の軸トルクおよび貫入力、引抜力について示してある。軸トルクは地盤強度に対応して大きくなる。また羽根形状が複雑になるほど大きくなる。引抜時は貫入時に地盤が乱されているため貫入時より小さくなる。貫入力および引抜力は概ね深度に対応して大きくなるが軸トルクとは若干異なった傾向を示す。羽根形状による差は軸トルクほど大きくない。全般的な傾向を地盤の状況と対比させて表-1に示す。

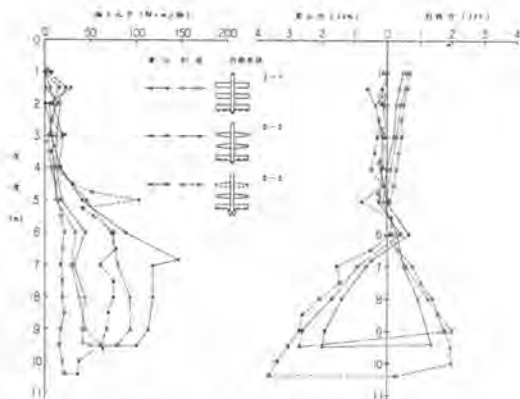


図-6 機械負荷の測定結果  
(羽根形状による比較)

表-1 地盤との対応

対象地盤	軸トルク		貫入力	引抜力
	貫入時	引抜時		
G.L. -1.2~-5.5 (軟シルト)	10~20 kg-m/軸	20kg-m/軸以下	貫入量に関係なく一定 0.15~0.5 ton (フレームの貫入抵抗は非常に小さい)	引抜と共に増加。 0.5 ton 以下
G.L. -5.5~-10.5 (砂質シルト)	90~120 kg-m/軸	40~45 kg-m/軸	1m当り約1 ton の割合増加。 9mで最大2.5 ton	1m当り0.5 ton の割合減少。 9mで最大2 ton

## 2.3 DCM深層混合処理機の機械的性能

### 2.3.1 DCM深層混合処理機

DCM深層混合処理機の概略を表-2、図-7に示し、架装船に架装された状況を写真-3に示す。DCM深層混合処理機は模型実験で得られた機械的性能の結果をもとに昭和51年に1号機と2号機を製作した。軸数は実験機の4軸タイプを2連にし8軸とした。また羽根の構成は実験の結果から掘削翼を3翼一段とし、攪拌羽根は2翼2段とした。実験では4本の軸を支えるフレームはトラス構造であったが実用機は剛性等の関係からパイプ構造となっている。2号機では硬質土層に定着させるために軸トルクと重量を大巾なアップを計り、また先端固化的なため特殊なスライド管方式先端固着装置を装備している。

表-2 概略仕様

項目	1号機	2号機
全長	38.7m	46.9m
有効長	32.5m	38.0m
羽根径	860φ	860φ
軸数	8本	8本
処理面積	4.2m <sup>2</sup>	4.2m <sup>2</sup>
トルク	935kg-m	2250kg-m
回転数	40~80rpm	30~60rpm
重量	70t	140t

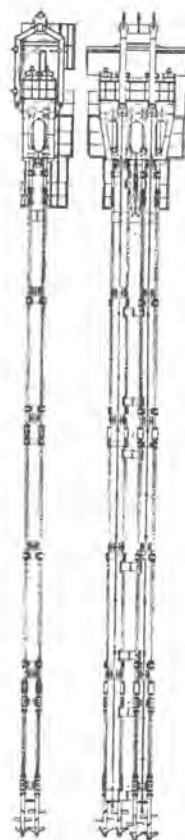


図-7 DCM深層混合処理機

### 2.3.2 実施工における機械的性能

図-8に1号機、図-9に2号機の実際の施工時におけるトルクおよび貫入・引抜力の測定結果の例を示す。1号機は東京港、2号機は横浜港での施工例である。これらの結果を実験の項で述べた図-6と対比してみると概略の傾向は似ていることがわかる。実験の場合は地盤構成が複雑であったのでトルク、貫入引抜抵抗と深度との関係は複雑であったが、実際の施工では地盤が層厚の極めて厚い均質なシルト、粘土層であって、しかもほぼ正規圧密状態に近い土層であると考えられるのでこのような単調な増加、減少の傾向を示すものと考えられる。トルクは深層混合処理機の掘削、攪拌羽根部分の掘削、攪拌の抵抗であり、貫入引抜抵抗の大部分は処理機の構造体部分の抵抗である。従ってトルクは貫入時に自然地盤を掘削する抵抗の分だけ引抜時より大きいトルクとなって現れる。ただし引抜時にはセメント系硬化材の混合が行われるので、このようなシルト、粘土ではそのアルカリ性雰囲気によって若干土の強度が増加するため貫入時に要する攪拌のトルクは引抜時のトルクよりもやや小さい。貫入引抜抵抗は貫入時に大きく引抜時に小さいが、掘削貫入の過程で羽根の攪拌により土が流動化された状態となっているので処理機の構造体部分に働く浮力的な抵抗が考えられこのような状態になるものと考えられる。

### 3. あとがき

以上深層混合処理機の機械的性能について述べてきたが、まだこの工法自体新しいものであり機械的の向題も不明な点が多い。今後さらに多くの研究開発を重ね、施工実績を踏えてさらに完成された深層混合処理機としたい。



写真-3 DCM深層混合処理機と架装船

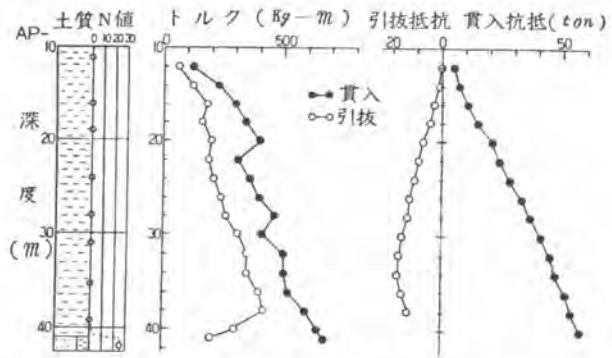


図-8 トルク・貫入引抜抵抗 (東京港)

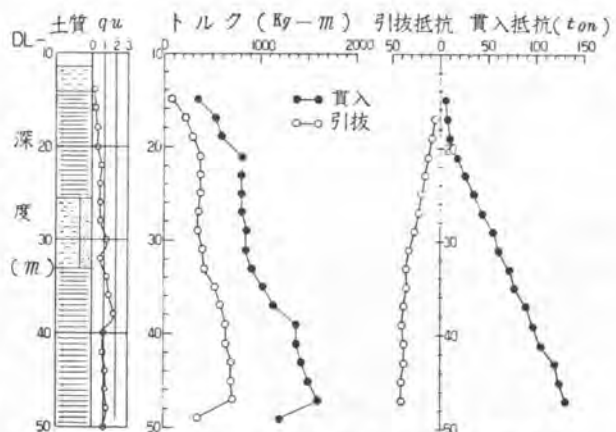


図-9 トルク・貫入引抜抵抗 (横浜港)