

昭和53年度

建設機械と施工法シンポジウム

論 文 集

昭和53年10月19～20日  
大阪・建設保証ビル



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53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

#### 【特別講演】

- 土質基礎における若干の問題点について ..... 京都大学教授工博 松尾新一郎 3

#### 【土工機械と施工法】

1. ホイールローダの動的安定性について —急旋回時の転倒問題—  
..... 建設省土木研究所 沢田茂良 太田 宏 \*境 友昭 4
2. 建設機械の安全性評価に関する調査(第一報) 事故調査とトラクタの安全項目  
..... 建設省関東技術事務所 田中康之 \*鎌田政也 8
3. 大型ローディングショベルの施工実績 ..... 日立建機 渡辺 正 12
4. 小松リモルケシステムの開発(大土工量長距離運搬工法) ... 小松製作所 \*上野山 勝 石月言成 16
5. ブルドーザ足廻り部品の耐久性の進歩 ..... 小松製作所 村中尚雄 \*渡辺敏美 20
6. 軟弱瀉土処理施工機械の開発について ... 建設省九州技術事務所 新開節治 \*大城忠士 松尾雄史 24
7. 玉石破碎装置付浚渫機械 ..... 建設省中部技術事務所 鳥山 仁 \*山田信夫 土井芳樹 28

#### 【コンクリート・アスファルト機械と施工法】

8. これからの合材販売用アスファルトプラント ..... 日 工 西川辰男 32
9. 超硬練り、低セメントコンクリートの振動ローラによる締固めについての一実験  
..... 建設省中国技術事務所 福永典次 村上輝久 \*池田 勇 36
- 10 振動ローラによるRCDコンクリートの締固め特性について  
..... 建設機械化研究所 根本 忠 磯上一男 \*藤本義二 40
- 11 コンクリート振動機の振動伝播に関する実験 —棒状振動機による締固め有効範囲の検討—  
..... 竹中工務店 \*落合 実 山田弘道 石井治郎 44
- 12 油圧パイプローチの開発 ..... 鹿島建設 金井治雄 48

### 【建設公害対策・その他】

- 13 戸田式カッター工法の概要 ..... 戸田建設 中山英明 52
- 14 ダム工事などにおけるP20C濁水処理装置の活用について ..... 日立建機 飯田武男 56
- 15 連続固結処理プラントによる廃棄泥水の埋戻し工法 ..... 間 組 加藤太重 \*新名順一 60
- 16 土砂のパイプ内空気輸送装置の開発とケーソンへの適用例 ..... 小松製作所 \*竹内 卓 奥野昇 64
- 17 LNGタンク施工に伴う砂支保工撤去の機械化施工について  
..... 鹿島建設 池田昭彦 \*宗 文平 村山辰雄 68
- 18 New Z 工法の実用化 — 連続式管渠埋設システム — ..... 銭高組 岡崎 登 72
- 19 水面清掃船（ホテイアオイ除去）の開発について 建設省九州技術事務所 大城忠士 \*平嶋正明 豊福清尚 76
- 20 傾動自在型試錐機を用いた深い水深における地盤調査 ..... 中央開発 井之上 宏 80

### 【トンネル工事用機械と施工法】

- 21 京葉線台場トンネルにおける泥水加圧式シールド工法 ..... 日本鉄道建設公団東京支社 矢吹俊一 84
- 22 泥水シールドにおける礫除去装置の比較 ..... 西松建設 小川正雄 88
- 23 (辞 退)
- 24 小口径管ノースパイラル推進工法 ..... 姫野組 野田 彰 92
- 25 長尺(80m)水平鋼管削孔機の実績 ..... 西松建設 長井吉郎 96
- 26 水力せん孔機の開発 ..... 日本国有鉄道鉄道技術研究所 岸本 哲 長野敏己 \*高木喜内 100

### 【基礎工事用機械と施工法】

- 27 大型鉄塔基礎に用いた長尺大径基礎杭の施工 ..... 奥村組 増田俊司 \*喜多健介 104
- 28 (辞 退)
- 29 処理土填充(F.U.S.S. - Fill Up Stabilized Soil)工法による柱列杭式土留壁の施工例  
..... 鹿島建設 平岡成明 108

# 特別講演

## 土質基礎における若干の問題点

京都大学教授 工博 松尾 新一郎

まえがき  
第1話  
今は昔

環境整備(その1)  
第7話  
埋立  
(バンクロック工法)

形態的対策(その1)  
第2話  
石油タンク

環境整備(その2)  
第8話  
埋立改良試案  
(パーシャルドレーン工法)

形態的対策(その2)  
第3話  
鉄塔

環境整備(その3)  
第9話  
(毛細管)  
乾燥工法

時間のファクター(その1)  
第4話  
道路

環境整備(その4)  
第10話  
安定工法  
(イオン交換工法)

時間のファクター(その2)  
第5話  
橋梁

本質的対策  
第11話  
本質的安定工法  
(カリ固定工法)

時間のファクター(その3)  
第6話  
立体交差  
(電気化学的安定工法)

あとがき  
第12話  
土質安定化への  
3つのアプローチ

# 1. ホイールローダの動的安定性について

—急旋回時の転倒問題—

建設省土木研究所 沢田茂良  
太田宏  
境友昭

## 1. まえがき

車輪式建設機械は、高速作業が可能なこと、履带式と比較して足廻りの維持費が安価なこと、また低圧タイヤの開発によって、軟弱地でも使用できるようになったことなどの理由で、最近急速に普及した。しかし、施工の安全面からみると、車輪式建設機械は、その構造上、重心位置が高く、かつ高速にて作業が行なわれるため、旋回中に転倒する危険性が高く、過去に実際の事故も報告されている。



本論文は、高速化やアーティキュレート操向への移行など最近の変化が著しいホイールローダについて急旋回時における転倒問題をとり上げ、静的試験、動的試験、および電算機によるシミュレーションモデルの解析を行なった結果、安定性に関する評価が可能となったので、その成果を報告するものである。

## 2. 調査方法

車両の転倒に関する要因としては、車両重量、重心位置、トレッド、慣性モーメント、タイヤの弾性係数などの車両側の要因、走行速度、旋回半径、路面の状態など作業条件による要因、更には、タイヤと走行路面の摩擦あるいは振動等多くの要因が相互に絡み合っているものと考えられる。

### 2.1 転倒要因の解析

本研究において使用した試験車両の主な仕様を表-1に示す。転倒に関する要因と考えられる車両の慣性モーメント、重心位置、タイヤのバネ係数については、次の方法により求めた。

#### 1) タイヤのバネ係数

車両の左前輪を輪荷重計に載せ、前軸をジャッキアップし、輪荷重を0kg、たわみを0mmとする。徐々にジャッキを下げていき、この時のリム中心における沈下量と、輪荷重を計測し、バネ係数を計算した。タイヤの荷重-たわみの関係は非線形となったので、輪荷重付近におけるバネ定数 $K = 60 \frac{\text{kg}}{\text{mm}}$ を得た。

#### 2) 車両の重心位置

重心の水平位置は、前輪の輪荷重および後輪の軸荷重(後輪は揺動支持のため、両輪接地では、輪荷重が移動しないと仮定)を計測し、モーメントの釣合から求めた。重心高さは、後輪軸を持ち上げ、この時の傾斜(ピッチング)角および前輪のモーメントの釣合

表-1 対象ローダの仕様

対象機械	バケット容量	1.15 m <sup>3</sup>
	重量	7,000 kg
	機関出力	83 ps / 2,200 RPM
	操向方式	アーティキュレート
無線操縦系	送受信系	デジタルプロポーションナル式 6ch+2ch
	操作対象	ステアリング、ブレーキスロットル、トランスミッション、エンジンスタートストップ
	アクチュエータ	油圧シリンダ

から求めた。その結果重心の水平位置は、前後車軸の中心を結ぶ線と、平面の対称軸の交点上にあり、垂直高さは、1,080 mmであった。

### ② 慣性モーメント

急旋回転倒に関与するローリング方向の慣性モーメントを求めた。車両の振動系を、車体重量およびタイヤのパネで構成されるパネ質量系を仮定し、自由振動数1.88/secから重心廻りの慣性モーメント  $I_0 = 684 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{sec}^2$  を計算した。

### 2.2. 静的試験

急旋回時における横方向の遠心力を想定し、車両を、ワイヤロープにロードセルを介して、フリートーガにて横方向に引張り、前輪挙上時の荷重、及び前後輪挙上時の荷重について計測した。なお、安全のため荷重作用方向とは反対側に、アンカを設けて横転を防いだ。測定条件は、バケットの位置をキャリー状態、最大リーチ、最大高さの三条件、車体姿勢角を0°~最大までとし、タイヤの空気圧を標準空気圧(2.5kg/cm<sup>2</sup>)、加圧(3.5kg/cm<sup>2</sup>)、減圧(1.5kg/cm<sup>2</sup>)の三条件とした。

### 2.3. 動的試験

試験コースには、試験車両を試験速度まで加速するための直線助走コースと転倒のための旋回コースを設け、車両が旋回コースに進入したところで、急速に所定の旋回半径(旋回半径をステアリング角で調整するリミットを取付け)で右旋回させた。この時、旋回コース内における車両の動的挙動を撮映するとともに、転倒角、側方加速度、旋回速度を計測し、テレメータを介して、データレコーダへ記録した。試験条件は、バケット荷重0kg、バケット保持位置はキャリー状態、タイヤ空気圧は標準空気圧とし、この条件は不変とした。

試験は、静的転倒荷重試験の結果を基にして、表-2に示す組合せとした。実験条件を3つに区別し、転倒領域は静的試験において、内輪両輪挙上の条件、遷移領域は前輪内輪挙上に相当する遠心力が発生すると考えられる条件、非転倒領域は、これらの荷重に達しない条件とした。

表-2 急旋回試験の実施計画

旋回半径	区分 非転倒領域	遷移領域	転倒領域
5 M	16 km/h	18	20
7 M	20	22	23
10 M	25	27	29
12 M	27	29	31

### 2.4. 電算機によるシミュレーションモデル

急旋回時の挙動を解析的に模倣する手法として、電算機によるシミュレーションプログラムを開発し、実際の挙動と比較した。プログラムは解析的手法によるものとし、シミュレーションモデルでは、次の仮定を設けた。

- ① ステアリングを切っても、重心の絶対座標は変化しない
- ② 旋回中、前後軸の軸荷重は変化しない
- ③ 車両はセンターピンに対して対称な座標を持つ
- ④ 車両の平面座標での軌跡

図-1は、車両の任意の位置における平面座標を示すものである。左前輪の接地位置を  $T_{1,1}$ 、右前輪の接地位置を  $T_{1,2}$  というように定める。重心点の平面座標は、仮定①により、前後輪

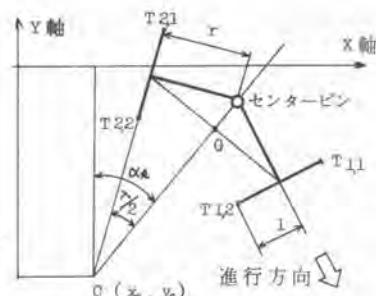


図-1 ホイールローダの平面座標

の中心を結ぶ線と、車両座標系の対称軸との交点に位置する。今、任意の時刻における旋回の瞬間中心の平面座標をC( $x_c, y_c$ )とよくと旋回中心から、前後輪の中心までの距離は、 $R = l \tan \alpha$ として与えられ、各輪の座標は

$$\begin{aligned} x_{T_{i,j}} &= x_c + \{R + l(3-2j)\} \cdot \cos\left\{\frac{\pi}{2} - \varphi_R + \alpha_R(2i-3)\right\} \\ y_{T_{i,j}} &= y_c + \{R + l(3-2j)\} \cdot \sin\left\{\frac{\pi}{2} - \varphi_R + \alpha_R(2i-3)\right\} \end{aligned} \quad \text{----- (1)}$$

重心の座標G( $x_g, y_g$ )は、(1)式において、 $l=0, \alpha_R=0$ として与えられる。

今、車両の運動をステアリングを込めだけ、 $\omega$ だけだけ旋回するといふ解析的手法により、 $\omega$ に近似すると、数学的帰納法により、状態 $2n+1$ において、

$$\begin{aligned} x_{C_{2n+1}} &= x_{C_{2n}} + \left\{R_n \cdot \cos\left(\frac{n-1}{2} \alpha_n\right) - R_{n-1} \cdot \cos\left(\frac{n-1}{2} \alpha_{n-1}\right)\right\} \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} - \varphi_{2n+1}\right) \\ y_{C_{2n+1}} &= y_{C_{2n}} + \left\{R_n \cdot \cos\left(\frac{n-1}{2} \alpha_n\right) - R_{n-1} \cdot \cos\left(\frac{n-1}{2} \alpha_{n-1}\right)\right\} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2} - \varphi_{2n+1}\right) \end{aligned} \quad \text{----- (2)}$$

ここで  $\alpha_{2n+1} = (n+1) \cdot \Delta \alpha / 2$ ,  $\varphi_{2n+1} = \int_0^t \omega dt / R_n$  で与えられ、(1), (2)式より車両の平面運動がシミュレートされる。これを転倒に際する垂直座標におくと、図-2において、重心の位置G( $y_g, z_g$ )はX軸廻りの傾斜角を $\theta$ と置いて

$$\begin{aligned} y_g &= l \cdot \cos \alpha \cdot \cos \theta - h \cdot \sin \theta \\ z_g &= l \cdot \cos \alpha \cdot \sin \theta + h \cdot \cos \theta \end{aligned} \quad \text{---- (3)}$$

また、同様に、各輪の座標が与えられるところから、次のようにX軸廻りの運動方程式が得られる。車両は、後輪駆動で前輪リジットであるため、次の3つの状態に分けられる。

A 四輪接地 ( $0 \leq W/T_{22} < K$ )

$$(I_0 + m h^2) \cdot \ddot{\theta} = \frac{z_g}{R} \cdot v^2 + W \frac{y_{T_{22}}}{2} - K \theta \frac{y_{T_{22}}}{R} + W_f \frac{y_{T_{22}}}{2} - y_g \cdot W \quad \text{---- (4)}$$

B 前輪内輪側上、後輪接地 ( $W/T_{22} \cdot K < \theta \leq \beta$ ;  $\beta: \text{ピトー角}$ )

$$\{I_0 + m(h^2 + l^2)\} \cdot \ddot{\theta} = m \frac{z_g}{R} \cdot v^2 + W \frac{y_{T_{22}}}{2} - y_g \cdot W \quad \text{---- (5)}$$

C 前後輪とも内輪側上 (クレードロック後)

$$\{I_0 + m(h^2 + l^2)\} \cdot \ddot{\theta} = m \frac{z_g}{R} \cdot v^2 - y_g \cdot W \quad \text{----- (6)}$$

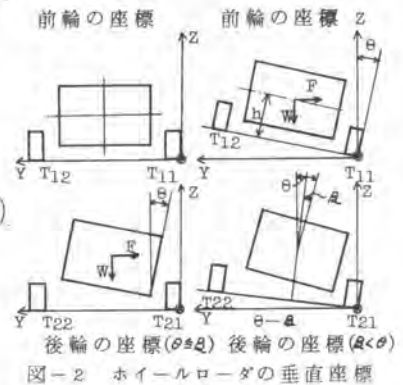


図-2 ホイールロータの垂直座標

(4)~(6)式に必要の入力数値は、(1)~(3)式および機械の諸元によって与えられる。これらの方程式を用いて、解析的に急旋回時の挙動がシミュレートされる。プログラムへの入力条件は、車速を、15km/hから、25km/hスラップまで5km/hまで、ステアリングの切り速度を $\%、\%、\% \text{ rad/sec}$ について行ない、旋回半径は、表-2の条件とした。量子化時間は、平面座標で $\% \text{ sec}$ 、垂直座標では、更にこれを $\%$ に分割して近似した。

### 3. 研究結果と考察

#### 3.1 実験結果

静的試験及び動的試験結果を併せて図-3に示す。図中の④-④線、⑤-⑤線は、静的試験において、車体の屈折角を旋回半径に換算して、前後輪内輪が浮上した時の荷重及び前輪のみ浮上した時の荷重を示す。車体の屈折が大きくなる程（旋回半径が小さくなる程）、転倒に至る荷重が小さくなることわかる。

図中のプロットは、動的試験結果で、旋回半径、旋回速度、遠心力の関係を示すものである。表-1の④に從つて、④-④線を越える領域は転倒領域、⑤-⑤線を越えない領域は非転倒領域、両線分に挟まれた領域は遷移領域である。両方の試験結果は大体一致しており、急旋回時における転倒の予測が静的に可能であることを示唆している。

#### 3.2 電算機によるシミュレーション

図-4は、実際の急旋回転倒における転倒角の経時変化とシミュレーションの結果をプロットしたものである。また、図-3の添字は、車両の最終状態をプロットしたものである。実験では転倒領域にても、車両の傾斜が途中で復元するケースが見られ、が実際には、旋回に入る運動の変化および片輪浮上にもなう駆動力の低下等により、減速が生じるものと考えられる。反対にシミュレーションモデルでは、旋回中にも減速がなく一定速度を保つため、転倒、非転倒の二つの現象しか生じない。このため、シミュレーションの結果は、実際よりも転倒しやすい結果となっている。

### 4. あとがき

ホイールローダの急旋回時における挙動は、本研究を通じて解明され、急旋回時の平面の安定性については、静的試験あるいはシミュレーションモデルには、その傾向が予測できることが確認できた。とくにシミュレーションモデルは、機械の設計段階において、車両の安定性の検討に対して有効であると考えられる。

今後、シミュレーションモデルの改良及び本研究結果から建設機械の安定性に関する試験方法、評価方法を検討する予定である。

実験については、建設機械化研究所の全面的協力を得て実施した。末尾頁から感謝の意を表す。

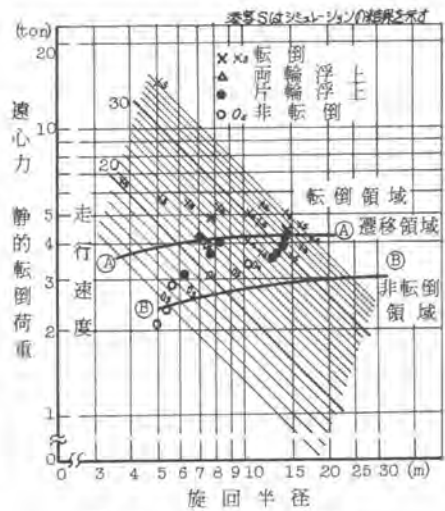


図-3 転倒安定図

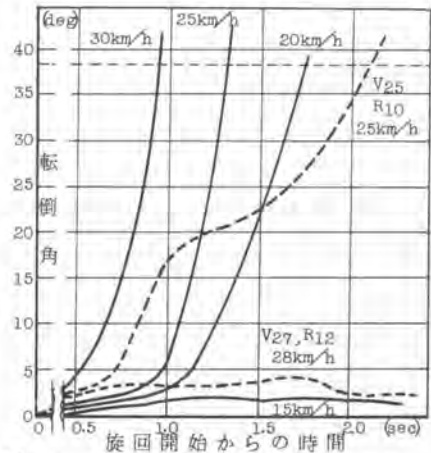


図-4 ホイールローダの転倒シミュレーション結果



## 2. 建設機械の安全性評価に関する調査(第一報) 事故調査とトラクタの安全項目

建設省関東技術事務所 田中康之  
鎌田政也

### 1 まえがき

これまで、建設機械を使用した作業現場での安全に関しては、発注者、施工業者、及び機械メーカー等においてそれぞれ改善策が取られているが、建設機械に起因した事故発生の形態も多面的になり、その死亡者も年間300名を超えるにいたっている。

建設省では使用者の立場で建設機械の安全性を検討し、その安全性の評価方法を確立するための調査を国土開発技術センターに依頼して実施している。昭和52年度は発生した事故を分析し、それらをもとに安全性評価についての基礎資料を得たので報告する。

### 2 建設工事と事故

各産業を通じ昭和51年に発生した労働災害は死亡者数2914人、負傷者数(休業4日以上)330,097人であるが、業種別に見ると建設事業が死亡者で44%、負傷者で31%と高率を占めている。これは労働者1000人当りにすると23.1人となる。

建設事業で発生した昭和51年度の死傷者数105,125人の事故の形を分析すると図-1のようになる。建設機械が関係する死傷者は年間約2,200人発生し、うち10%が死亡している。その発生率を台数、稼働時間を仮定して求めると図-2のようになる。

身近な機械や、建設機械と類似構造の機械と建設機械を既存資料を使用して概略比較した結果、表-1に示す1000台あたりの年間事故率を得た。これらは調査基準がマチマチであるので、単純な比較はさけないが、興味ある内容となっている。

### 3 トラクタ系建設機械の事故分析

建設労働月報に示された事故報告によると昭和50年1月より昭和52年7月まで31ヶ月間に発生した建設事業における死亡事故は



図-1 昭和51年度建設事業内で発生した事故の型

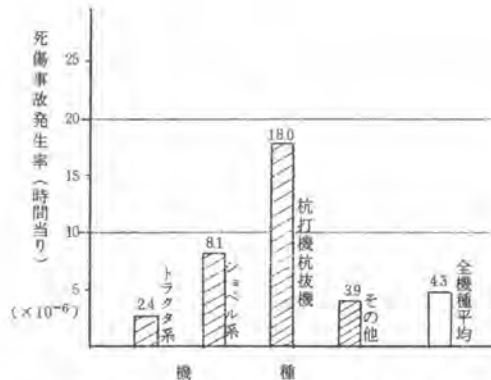


図-2 昭和51年度機種別事故発生率

3,677件のうちブルドーザにかかるもの130件、トラクタショベルにかかるもの113件、計243件を調査対象として分析した。事故報告書を詳細にチェックし直接あるいは間接的な事故の誘因を機械系、人間-機械系、作業環境、その他の4項目に大分類して集計した。但しどれが第一原因かというような評価はしておらず、考えられる原因はすべて列挙しているので事故件数と誘因数の合計は一致しない。以下その結果を示す。

(1) 被災者

オペレーターが176名(72%)と最も多く、次いで作業員62名(26%)、誘導員5名(2%)の順であった。

(2) 事故の形態

転落が最も多く、転落方向の不明なものも含めると114件で49%とほぼ半数を占め、次いで多いのが機械にひかれたもので14%、はさみ、はさまれ、巻き込み、巻き込まれが10%となっている。

(表-2)

(3) 機械の状態

事故時の機械の状態を見ると、表-3のとおりである。ブルドーザについては後進中の事故の多い事と輸送中からむものが多いが目立つ。これに対しトラクタショベルは前進中が最も多い。ブルドーザ、トラクタショベルとも前進、後進中の事故の多いのが共通している。

表-1 産業機械の事故率

機 械 名	調査台数	年間事故件数	1000台当り年間事故率
建設機械	422,776	2,214	5.24
農業用トラクタ	21,505	64	2.98
フォークリフト	300,000	1,121	3.74
旋 盤	7,898	421	53.30
貨物自動車 (営業用)	464,418	19,597	42.20
航空機(国内)	1,429	43	30.09
鉄 道	173,171	3,794	21.91

表-2 事 故 の 形 態

事 故 の 型	ブルドーザ	トラクタ ショベル	計
転 落 ( 方 向 不 明 )	37	29	66
標  か  れ	15	18	33
はさみ、はさまれ 巻き込み、巻き込まれ	17	13	30
車輦の前後方向に転落	17	12	29
転倒(トンボ返り除く)	12	12	24
車輦の横方向に転落	7	12	19
土砂崩れ流され埋没	5	6	11
ト ン  ボ  返  り	5	-	5
落下物が当たる	-	5	5
当たり、当たられ	-	5	5
オペ放り出され	4	-	4
火 災	1	-	1
吹きとばされ	-	1	1

表-3 機 械 の 状 態

機 械 名	機械の 状態	前進中	後進或いは 前進中	後進中	停車して土工板 バケット操作中	駐 車 中 (停車中)	トレーラ等へ積 込卸し、輸送中	点検整備 修 理 中	不 明	計
		ブルド-ザ	件数	23	39	27	2	9	26	2
	構成例	18	30	21	1.5	7	20	1.5	1.0	100
トラクタショベル	件数	37	25	24	9	9	6	3	-	113
	構成例	33	22	21	8	8	5	3	-	100

#### (4) 事故誘因

事故の誘因を機械系、人間-機械系、作業環境及びその他に分けて調査した結果が表-4~7である。

これによれば機械系は比較的少なく、機械プロパーについては問題は少いと考えられる。最も多いのが視界（前、後、側方）であり、前後進時のオペレータと機械の関係によるものが目立つ。又作業環境では軟弱、崩壊によるものが圧倒的で、その他としてはオペレータの技量によるものが多い。

表-4 機械系の主な誘因

誘 因	ブルドーザ	トラクタ ショベル	計
機械の縦横方向安定性	15	8	23
ケン引具、ワイヤロープ等	—	6	6
ブ レ ー キ	5	—	5

表-5 人間-機械系の主な誘因

誘 因	ブルドーザ	トラクタ ショベル	計
前後進時のオペの不注意	52	50	102
後 方 視 界	32	24	56
路肩へ突込みすぎ作業員への異状接近	30	16	46
前 方 視 界	15	29	44
路肩への異状寄りすぎ	23	28	51
側 方 視 界	12	24	36
機械へ異状接近不注意	9	15	24
機械が危険場所への異状接近	14	11	25
機械騒音、周辺騒音	8	7	15

表-6 作業環境の主な誘因

誘 因	ブルドーザ	トラクタ ショベル	計
路肩軟弱、崩壊	42	38	80
道板、荷台、荷の止め方	24	5	29
傾斜地斜め走行	12	4	16
岩石、切株等へ乗り上げ	12	—	12
岩石、切株等への乗り上げ引っかけ	—	9	12
軟 弱 地 盤	4	1	5
立木倒れ、落石	2	1	3
峠 積 雪	1	1	2

#### 4 トラクタ系建設機械の安全項目

こうした事故の解析結果をもとに、トラクタの安全性を考える場合に検討すべき安全項目を抽出した。抽出に当っては次の点を考慮した。

(1) 安全項目を予防安全と、事故が起った場合最少の被害に留めるための2つに分類した。

(2) 予防安全を次の4つに分類した。

- ① 機械系-機械側のみで対処出来るもの。 ② 人間-機械系-人間と機械のかかわりの面から対処すべきもの。〔注〕人間をオペレータ自身とする場合と作業中機械の周囲にいる人に分ける。  
③ 作業環境-現場条件により対処すべきもの。 ④ その他-教育検定により対処すべきもの。尚これらの検討に当っては現場オペレータの意見聴取も行き、参考とした。それらの結果の一部を表-8~9に示す。

表-7 その他の誘因

誘 因	ブルドーザ	トラクタ ショベル	計
オペの技量未熟	39	26	65
オペの不注意	14	17	31
目的外使用	2	20	22
無資格運転	3	4	7
い た ず ら	1	2	3

表－8 機械系の安全項目

安全項目	内 容	オペレータの現状機械に対する認識	検討項目または方策
(1)安 定 性	静的安定性 動的安定性	履帯式：問題有り無し の両意見 車輪式：左右安定性悪 く、後部が軽い	左右傾斜計の装着、重心位置の改良、カウンタウエイトの装着（車輪式）、動的安定性試験方法と評価手法の確立
(2)制 動 性 能	走行ブレーキ 駐車ブレーキ	操作方法を除いて性能 にはとくに問題意識は ない	緊急ブレーキの装着 ブレーキのフェイルセーフ化
(3)走 行 速 度	後 進 速 度	・	
(4)操 向 性 能	旋 回 半 径	・	走行速度と旋回半径（操向ハンドルの回転速度）の転倒限界の表示
(5)耐すべり性能	横方向すべり	傾斜地とくにローム質 土や岩での撒ずりがある。 （履帯式）	法面用すべり止め履板の装置（スパイク、グロウナ形状、リップ等） 耐すべり性試験方法と評価手法の確立
(6)安 全 装 置	駐車中の安全 確保		駐車ブレーキを引かないと降りられない構造、メインスイッチを切る事によりブレード、バケット等が自動的に下降する機能

表－9 人間－機械 作業環境 その他 乗員保護の安全項目

（オペレータの認識、検討項目は省略）

分 類	安全項目	内 容
人間－機械系 （オペレータ）	(1)情 報 (2)操 作 性 (3)負 担 度 (4)環 境 (5)アクセス・ ガ ー ド	視界：前方視界、後方視界、計器類、警報装置、ラベル、連絡方法、照明類 操作レバー、ペダル、誤操作防止、偶発作動防止 操作力と持続性、操作数と操作頻度 騒音、振動、空調、色彩 手すり、ステップ、ガード類
人間－機械系 （作業員）	(1)情 報	警報装置、ブザー類、広報装置、注意喚起灯、車体塗装色、ステッカー、連絡方法
作 業 環 境	(1)仮 設 (2)作 業 準 備 (3)施 工 方 法 (4)連 絡 体 制 (5)輸 送	作業区域の設定、危険場所の標示 作業場所の整正 施工時の注意事項 現場各人の連絡方法 道板、固定方法、取扱い注意事項
そ の 他	(1)教 育 (2)検 定 制 度 (3)適 性 検 査	取扱い説明書、教育機関 教修内容
乗 員 保 護	(1)保 護 構 造 (2)衝 撃 緩 和 (3)火 災 防 止 (4)安 全 装 置	ROPS、FOPS 可撓性レバー、安全ガラス、シートベルト 油もれ防止、不燃性材料 移動式バリケード、触角、救命ネット

## 5 あとがき

この調査では上記の他世界各国及びわが国における建設機械関係の安全法規も調査した。53年度は更にこの結果を受けてトラクタの安全性評価に役立つような具体的内容を持つチェックリストを作成する予定であり、更にその後は機種を変えて調査を進める計画である。

### 3. 大型ローディングショベルの施工実績

日立建機 渡 辺 正

#### 1. まえがき

ローディングショベルが日本で使われ出したのは、昭和40年初めであるが、それは輸入機で、かつ、製鉄所の高炉処理などの特殊用途に限られていた。その後、昭和40年代末頃から国産（採掘品含む）のものが出現するに至り、用途も多方面に広がって行った。

昭和50年度の「シンポジウム」において、当社製大型ローディングショベルを紹介したが、今回は、その後国内・外で数多く稼働している状況の一端を紹介して関係諸賢の参考に供したい。

#### 2. ローディングショベルの概要

##### 2.1. ローディングショベルの特性

バケットが前方向きに移動して掘削積込みする代表的な機械に、機械式パワーショベル、ローディングショベル、トラクタショベルおよびホイールローダの4機種があり、それぞれの基本的作動と特性を表-1に示す。

ローディングショベルは、適応土質範囲が広いこと、掘削力が強く作業能力が大きいこと、耐久性に優れ維持修理費が安く、経済性に優れていることなどにより、世界的に使用されており、日本でも生み出されてきた。

表-1. 掘削積込機の主な特性

	ローディングショベル	機械式パワーショベル	トラクタショベル	ホイールローダ
基本的作動	<ul style="list-style-type: none"> <li>作業機のみ前方移動による掘削</li> <li>バケットフルに掘削</li> <li>上部旋回体のみの旋回による積込み</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>デッパホイスト</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>車体ごと前方に移動して掘削</li> <li>バケットフルによる掘削</li> <li>車体ごと移動（方向変換）して積込み</li> </ul>	
特 性	<ul style="list-style-type: none"> <li>掘削力、大</li> <li>サイクル、早い</li> <li>自重、230<sup>t</sup>以下</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>耐久性、大</li> <li>価格、高い</li> <li>自重、170<sup>t</sup>以上</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>汎用性、大</li> <li>バケット、中</li> <li>自重、42<sup>t</sup>以下</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>バケット、大</li> <li>機動性、大</li> <li>自重、100<sup>t</sup>以下</li> </ul>

##### 2.2. 日立ローディングショベルの概略仕様

表-2にその概略仕様を示す。日立ローディングショベルの主な特長は、バケット水平押し機構（PAT）を有し運転操作が楽なこと、サイクルタイムが早く作業能力が大きいこと、居住性よく運転者疲労が少いこと、信頼性が高く稼働率が高いこと、耐久性に優れ維持修理費が少ないことなどである。

表-2 日立ローディングショベルの概略仕様

	UH14	UH20	UH30
重量(t)	36.0	52.0	73.0
バケット容積(m <sup>3</sup> )	1.6~2.0	2.6~3.5	3.7~4.8
エンジン出力(kW)	200	300	400
最大掘削半径(m)	8.53	9.14	10.70
クォーター高さ(m)	8.80	9.46	11.34
最大掘削力(t)	25.0	30.0	38.0

### 3. 日立ローディングショベルの施工実績

#### 3.1. 用途別稼働割合

発売以降、昭和53年8月までに販売した日立ローディングショベルの国内・外合わせた用途別稼働割合を表-3に示す。

表-3 用途別稼働割合 (%)

	UH20	UH30
鉱山関係	22	59
骨材関係	34	35
土工関係	32	6
その他	12	—

#### 3.2. 代表的施工例

下記例の中で経費面の数値は、使用条件などを平均的に仮設定した当方の試算であり、ユーザの実態をそのまま示すものではないので、御注意いただきたい。

表-4 鉱山業の例

(例-1) A社 鉱山業(土質石灰岩)

発破岩の積込作業に大型ホイールローダ2台を使っていたが、生産量の増大と稼働率の向上、生産コストの低減を目的として、UH30を1台増車した。



写真-1 鉱山で稼働中のUH30

(例-2) B社 砕石業(土質安山岩)

発破岩の積込作業でトラクタショベル3台をUH20×1台に替えて、生産量の増大、修理費・人件費の低減、生産コストの低減を図っている。



写真-2 砕石場で稼働中のUH20

	従来工法	現在工法
施工法	ベンチカット(高さ15m)	同左
と 機 械		
生産量	250,000 ㎥/月	400,000 ㎥/月
機械経費	38,820 円/hr	55,470 円/hr
積込コスト	47 円/㎥	42 円/㎥

表-5 砕石業の例

	従来工法	現在工法
施工法	傾斜採掘	ベンチカット(高さ10m)
と 機 械		

(例-3) C社 道路工事  
(土質砂質ローム, 火山灰)

田土部から盛土部に土砂を掘削運搬する方法として、当初トラクタけん引スレーバを使用したが、土質が軟くぬがって稼働率悪い  
ため、UH30×1台とダンプトラック3台の  
組合せ工法に替えて、現在順調に施工中で  
ある。



写真-3 道路工事で稼働中のUH30

### 3.3. 稼働実績のまとめ

#### 3.3.1. 稼働時間等

ローディングショベルはまだ歴史が浅いため、設計寿命を全うするまで稼働時間が至っていないが、昭和53年8月現在における稼働状況は表-7のとおりである。

#### 3.3.2. 作業能力

色々な作業現場を訪れ、短日時ではあるが作業分析した実測データに基づいて計算した大まかな作業能力を表-7に示す。算定条件として、90°旋回ダンプ積込み、ルーズ土量、時間効率83.5%で示してある。

長期間における実際の作業量は、段取の良否、土質の状態、オペレータの技術、ダンプトラックの配置の良否などに影響されるが、目安としては表-7の60%~90%と考えてよい。

#### 3.3.3. 維持修理費係数(消耗部品含む)

長時間稼働した使入十分なサンプル数のデータではないが、途中経過の参考データとして紹介すると、UH20、UH30とも稼働時間6,000~7,000hrでの維持修理費係数(オーバーホール未実施)が0.14~0.17程度である。また、重作業で9,000hr稼働し、最近オーバーホールした

表-5 (ワブキ)

生産量	22,500効	33000効
機械経費	23530%	10930%
掘削コスト	209%	66%

表6. 道路工事の例

	当初工法	現在工法
施工法と機械	トラクタけん引スレーバ (30t, 24m) × 2組	ローディングショベル UH30(4m) × 1台 ダンプトラック 68t × 1台 32t × 2台
	↓	↓
	盛土	盛土
運搬土量	地山 2000m <sup>3</sup>	地山 4200m <sup>3</sup>
機械経費	35,870%	59,280%
掘削コスト	197%/m <sup>3</sup>	155%/m <sup>3</sup>

表-7 稼働時間等

	UH20	UH30
月間稼働時間	200~300hr	200~300hr
稼働率	93~95%	92~95%

表-8 ローディングショベルの作業能力 (m<sup>3</sup>/hr)

	UH20	UH30
ルーズな土砂	550~630	760~800
地山砂質ローム	500~550	700~750
締った山砂	450~500	600~650
小割発破岩	400~450	550~600
大割発破岩	320~350	460~520

PH20のそれは、0.34(オーバーホール費含む)であった。

#### 4. ローディングショベルを使う場合の適切な施工法

##### 4.1. 切羽の大きさ

切羽の高さは10~15m以下、巾は最低25m以上が能率的である。発破は一回の崩し量ができるだけ多くし、かつ、大塊が出ないようにして、機械の純積込時間比率を多くするよう心掛けた方が終局的に得策のようである。

##### 4.2. 掘削のやり方

発破岩の掘込みや硬土の直掘削には、機械式ショベルのように削り上げる掘り方が適しており、比較的軟い土質では薄板状に削り取るやり方も有効である。いずれの場合も、足場は自分で常に整地しながら作業を進めて行くことが望ましい。



図-1 掘削のやり方

##### 4.3. バケットの種類

ボトムダンプバケットは、放土時間が短く落差も小さく、かつ、小塊が先に落ちるのでバッセルの保護にもなる。また、開口中が塊のフルイの役目も果たす。チルトダンプバケットは、構造が簡単のため容量がやや大きくとれ、放土時間は若干遅いもののダンプ1台当り積込時間は前者とほとんど同じである。

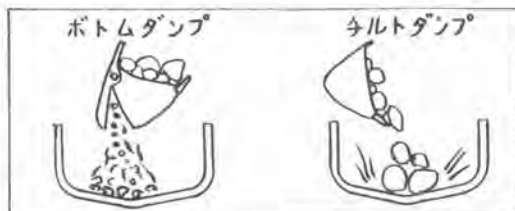


図-2 バケットの種類

##### 4.4. ダンプトラックの大きさの選択

積込回数が4~6杯で山積となるダンプトラックの大きさが最適であり、PH20には20<sup>ト</sup>ダンプが、PH30には32<sup>ト</sup>ダンプが適している。しかし、ローディングショベルのダンプ高さは十分に大きいので、さらに、2段階上の容量のものまで十分積込可能である。

##### 4.5. ダンプトラックの配置

ローディングショベルの片側あるいは両側など配置方法にも色々あるが、いずれにしても掘削し終わったバケットまでの半径が画く円周の接線上に、ダンプトラックの中心線を付けるのがサイクルタイム上もっとも望ましい。

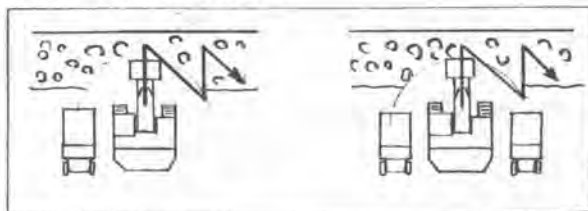


図-3 ダンプトラックの配置

#### 5. あとがき

近年ローディングショベルは、大型のトラクタショベルやホイールローダ、あるいは自重400<sup>ト</sup>程度までの機械式ショベルに代りうる機械として、世界的に注目されており、すでに外国では、自重200<sup>ト</sup>級のものも開発されている。日本においては、まだ機種も少なく実績も少ないが、今後、さらに研鑽を重ね、ユーザの期待に十分沿えるものにして行きたい。



## 4. 小松リモルケシステムの開発 (大土工量長距離運搬工法)

小松製作所 上野山 勝  
石月言成

### 1. まえがき

建設工事における運搬機械の役割は、非常に高く、運搬システムの選択次第で、建設工事の成否が左右されるといわれる。したがって、世界のコントラクタは、高能率運搬システムに、最大の関心を払っている。

当社は、このたび、イランのバンダル・アツバス港湾工事に世界で初めての試みである「小松<sup>\*</sup>リモルケシステム」を、スペインのドラゴス社から受注した。現在、そのシステムが順調に稼働しているので、その概要を紹介する。

(※ スペイン語のREMOLQUEでトレーラの意味である。)

#### ユーザより、与えられた条件

この工事で、コントラクタから与えられた条件は、下記のとおりであった。

- (1) 10t級の大岩を、片道35km運搬する。(平坦地走行)
- (2) 堤防上の路面巾14m以内でUターンさせ、海中にダイレクトダンプする。
- (3) 骨材450万トンを、21ヶ月間で、運搬する。
- (4) 気象条件など、現場の環境が厳しく、メカニク、およびオペレータ補助要員など、多人数の確保が困難なので、省力化する。

大型化を



#### 小松リモルケシステム

従来のオフハイウェイダンプトラックの連続長距離運搬では、タイヤのヒートセパレーションの問題で、低速運搬しかできない。次の3項の開発により、このシステムが完成した。

解決策

- (1) この低速運搬によるコストアップを防ぐために、HD680ダンプトラックの約2.2倍の容量を運搬できるように、RD800Dトレーラダンプをけん引させ、大型化をばかり、能率を向上させる。
- (2) B.S. タイヤの協力により、新しく開発した、ウルトラ・ヒートレジスタンスタイヤ(TKPH460)を装着することにより、走行車速を、従来のタイヤより、約35%アップさせる。
- (3) 狭い堤防先端にて、トレーラをUターンし、海中へ、ダイレクトダンプするために、特殊カプラ付トラックWD140Rを開発する。

## 2. 長距離運搬の動向

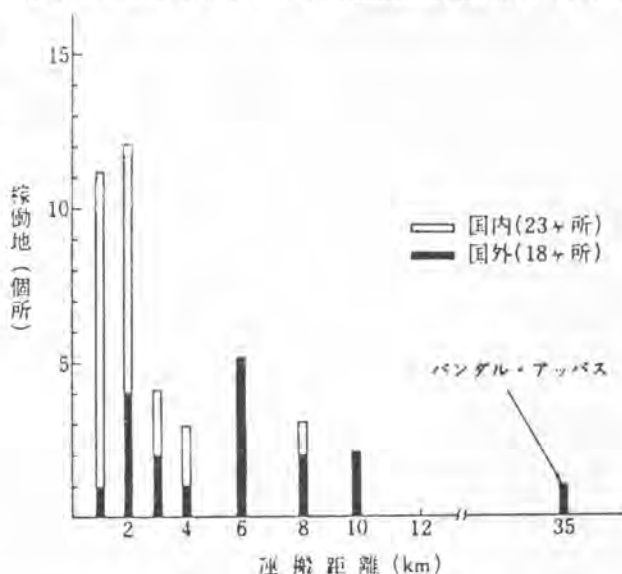
運搬コストには、建設コストに占める割合が高いので、当然のことながら、運搬距離が大きく影響する。従来は、とかく、骨材の採集が容易で、運搬距離の短い地域での開発に工事が集中していた。しかし、今後は、運搬距離が長く条件の悪い建設が多くなる傾向にある。すなわち、運搬距離の長い場合には、従来、オン・ハイウェイ・ダンプトラックを採用していたが、道路条件、運搬コストの点で問題となり、オフ・ハイウェイ・ダンプトラックがクローズアップされてきた。

表1に、国内、海外における小松ダンプトラックが、稼働している現場の運搬距離の調査結果を示す。

現在は、約85%が6km以内であるが、今後は、6km以上の運搬距離が一層化されるであろう。

(本図は、リアー・ダンプの運搬距離を示しているが、ボトム・ダンプの場合には、5~20kmと比較的長い。)

表1 小松ダンプトラックの運搬距離調査結果(片道)



次に、リモルケシステムが、適応する運搬距離の計算結果を表2に示す。

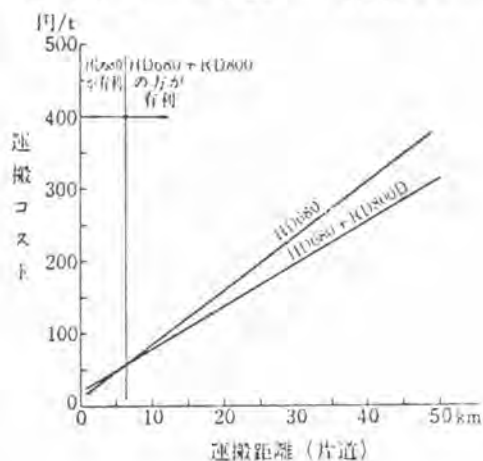
HD680の単車運搬では、エンジン性能からは、空車時最高速は、65km/h・積車時の車速は、32km/hではあるが、長距離運搬では、タイヤ性能TKPH=460から決まり、積車時23km/h・空車時46km/hである。

リモルケシステムの場合は、エンジン性能をフルに使用できる積載量であるので、積車時20km/h・空車時40km/hとなる。

以上の制限車速より、運搬コストを算出すると、6km以上の運搬距離の場合に、リモルケシステムは、HD680単車運搬よりも低い。

表2

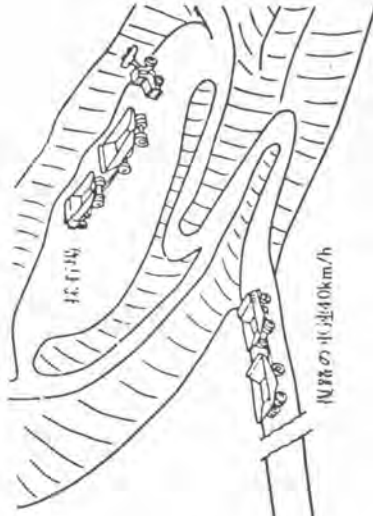
HD680とトレーラ運搬による運搬コスト比較



### 3. バンダル・アッバス 港湾工事

	HD680	RD800D	WD140R
車両重量	47.1	31.0	22.5
最大積載量	6.8	8.0	—
エンジン出力	775	—	230
最高車速	空車時 40, 種車時 20		
タイヤサイズ	24.00-35-42PR 24.00-35-42PR 23.5		

①リモルケへの積込み



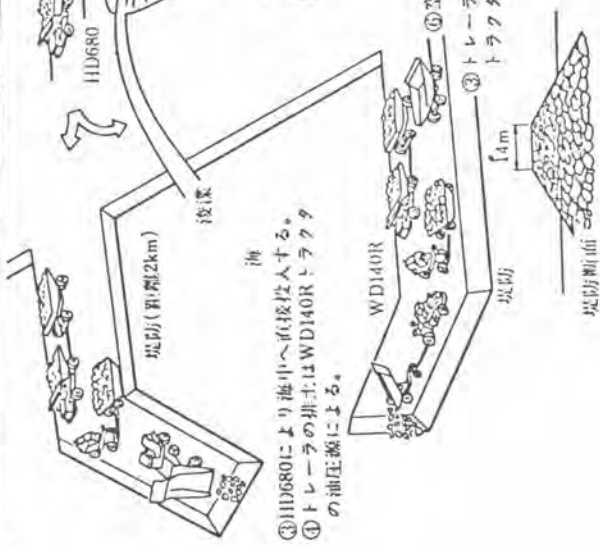
運搬距離…35km(片道)  
坂道最大勾配8%

②リモルケによる運搬  
仕様の車速20km/h



整備工場

後戻



③HD680により海中へ直接投入する。  
④トレーラの排土はWD140Rトラクタの油圧操による。

⑤空のトレーラをHD680と連結する。  
⑥トレーラをHD680から分離しWD140Rトラクタと連結する。

組合せ機械	機 種	台数
運搬機械	HD680 ダンプトラクタ RD800D トレーラ	13 12
トラクタ	WD140R トラクタ	2
積込み機械	7.7m <sup>3</sup> ホイールローダ	3

条件…総運搬量：450万トン  
工 期：21ヵ月

図1 リモルケ・システム

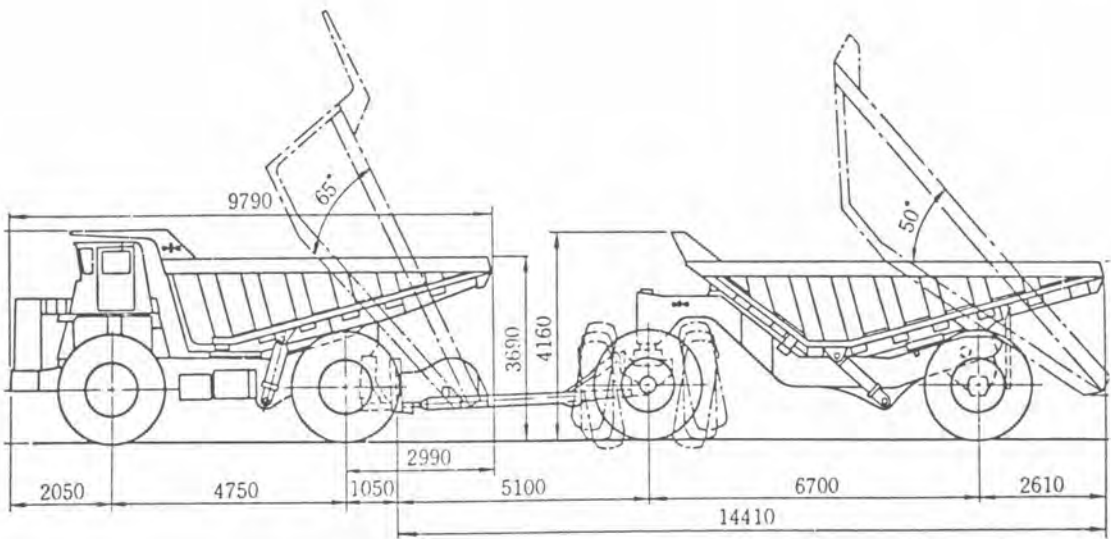


図2 HD680-2 および RD800D-1 の外観図



写真1 リモルケの積荷走行

道路巾 22m と広く、グレーダ、振動ローラ、散水車が頻繁に道路整備するので、道路状態は良好である。

気候は非常に暑く、夏期は、滝岸で 50℃ を越える。また、原石山では 60℃ に達する世界でも最も暑い地域である。



写真2. WD140Rトラクタによる RD800Dの排土作業

連結角度の広い、ボールジョイントカップラにより、トレーを10m 以内で、Uターンさせ、狭い場所での機動性を高める。

# 5. ブルドーザ足廻り部品の耐久性の進歩

小松製作所 村中尚雄  
渡辺敏美

## 1 概要

高い接触面圧のもとで、土砂や岩石との接触によって生じる部材表面の摩耗現象のため、足廻り部品は寿命を終える。足廻りが占める加修費は、平均的には62%<sup>(1)</sup>にも達するため、この寿命改善はメーカーに課せられた重要な課題である。特に最近では活発な海外需要に恵まれ、出荷した多数の大型製品が、未経験な諸条件で使用され、新たな改善課題も生じている。従来は先発メーカーの競合製品に学ぶ例も多かったが、設計知識や多面的な製造ノウハウの向上によって、部品品質も向上し、系列の充実も計られてきた。ここにその一部を述べる。

## 2 リンクピッチ系列の標準化

メーカーのみならず需要家にとっても、製品寸法や品質の標準化は望まれるところで、いづれは世界的な規格が制定されるものと信じる。

図-1はブルドーザ用に開発育成してきた小松の履帯系列を示している。最近ではパワシヨベル製品の需要拡大がめざましいが、この製品群にも系列部品を使用している。この場合には、負荷や摩耗傾向がブルドーザと異なる面があり、無駄のない合理的な設計はいかにあるべきか、製造や部品補給上の問題をふまえて、検討が進められている。

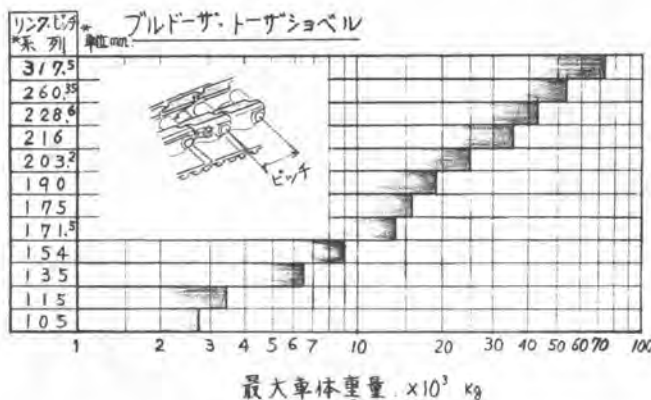


図-1 リンクピッチ系列と許容最大車体重量の関係

を装着する25トン級湿地ブルドーザが販売されている。湿地ブルドーザは走破性が良好なので、汎用性が尊重されており、最近ではパワシヨベルにも湿地履帯を装着することが多い。このため履帯に対する耐摩耗性や強度向上に対する要求もきびしくなっている。

## 3 各論

### 3-1 シュー (履板)

断面形状から分類すると、7通りに分類されるが、製造法からみると、湿地履板と岩盤専用のシューが鑄造品であるが、その他は圧延(ロール)や鍛造品である。次に湿地履板とシングルグロサシューの改良状況について述べる。

#### 3-1-1 湿地履板

最近、ピッチ系列203.5系列

(1) 村中他、日本建設機械協会関西支部摩擦対策委員会研究中間報告(II) S53.3 p32

図-2は、これらの要求に応えるために当社で開発された 水焼入れ用鋳鋼材による製作例であり 軽量と高品質なニューの実用化にも向かい。

### 3-1-2 ヘビーデューティーニュー

ピッチ系列Z03.2以上の機種で、強度と耐摩耗性を同時に要望する現場 向に開発されている。これらは適切な 各部寸法の設定とあいまつて、強靱か つ熱処理性の良好な材料が望まれ、現 状では、図-3の品質のものを製造し 供給している。ラグ溶接時の信頼性を 考慮した、さらに高品質のニューの 開発は今後の課題である。

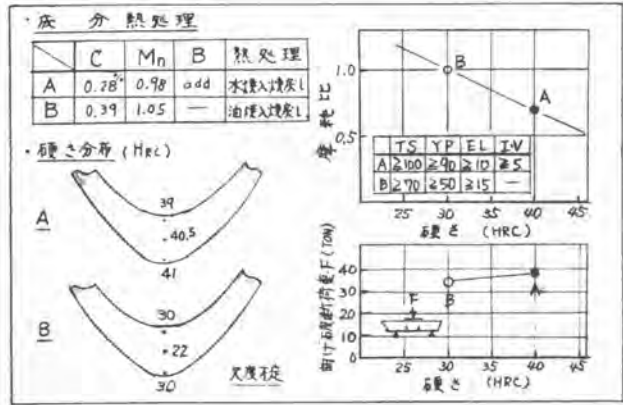


図-2. 湿地ニューの改善例

### 3-2 ニューボルト

現在1/1T相当のボロン鋼ボルトが 主流であり、1部1/3Tクラスのものが 使用されている。

ボルトゆるみは重要な課題として常 に検討の対象となる。ボルトゆるみの メカニズムや対策の考え方は文献(2)(3) にゆずるとして、ニューボルトの場合 には、図-4のような、多くの要因が あり、ボルトの寸法設計や製造品質の みならず、ニュー、リンクなどの関連 部品や、締付力の適切な設定とその管 理能力、使用時の保守等が、統合して成

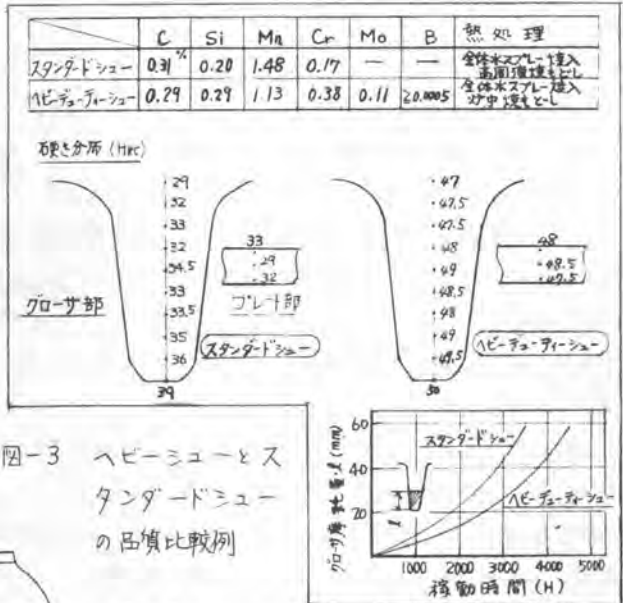


図-3 ヘビーニューとスタンダードニューの品質比較例

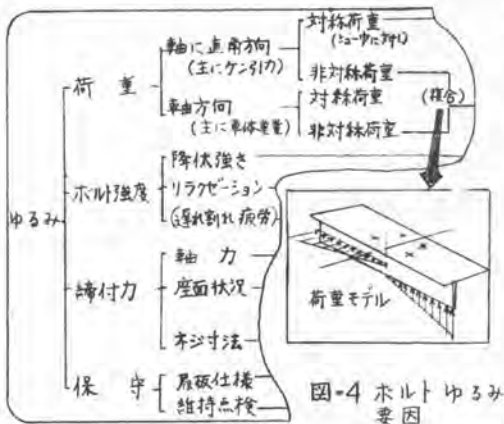


図-4 ボルトゆるみ要因

果をあげている実を強調したい。

### 3-3 リンク

リンクの損傷モードの中で、踏面の摩耗寿命と 摩耗しない現場での剥離寿命は、対策の困難な問 題である。この実の最近の研究状況を述べる。

#### 3-3-1 摩耗寿命の改善

図-5は、大型機種の踏面の摩耗寿命実績を統 括する、摩耗寿命の延長は、摩耗代の増大によつ

(2) 酒井 中みゆの対策(自動車) 機械設計 1978. 9号 147-

(3) 山本, 賀勢, 軸直線運動によるねじのゆるみに関する研究(ゆるみ機構の解明) 精密機械 43-4(1977) 182-

ても達成されるため、リンク各部の強化を行なった上、すでに採用されている。残された方策としては、硬さや硬化層深さの向上がある。アイデアとしては炭化物材料をオーバーレイする等を考えられるが、次に述べる剥離寿命や製造コストとの兼ね合いを考えると、現時点での採用は、むづかしい。図-5は

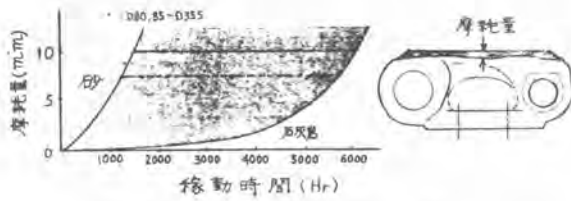


図-4 リンク表面の摩耗実績<sup>(6)</sup>

効果は、寸法諸元と摩耗量の予測計算式<sup>(4)</sup>ともよい相関を示している。供試鋼と類似成分のリンクは、特殊土質へのオプシオンとして出荷している。

### 3-3-2 剥離寿命の改善

足廻り各部の摩耗形態や土質との関係は、文献<sup>(5)</sup>等に表示されているので割愛するが、図-4の石灰岩地では、リンクの寿命は、硬化層の剥離によって、決定的な影響を受ける。剥離を現象面からみると、硬化層より発生するものと、表地との境界部分から生じる場合の2通りが窺える。この延命には、ロー

ラの軟式表袋等の、機械的方式による衝撃力の緩和も考えられる。材質的には介在物が少ない鋼材の使用や、合理的な硬化層分布の設定が望まれる。

硬化層分布の合理的設定に対する、実験解析の結果では、接触による内部剪断応力、 $\tau_{45}$ とその位置での硬さ、Hrの比  $(\tau_{45} / Hr)_{max} \leq * \alpha$  が剥離防止の条件として求められている。これをもとにして決定した 必要硬化層分布の例を図-6に示す。 \*  $\alpha$ ; 定数

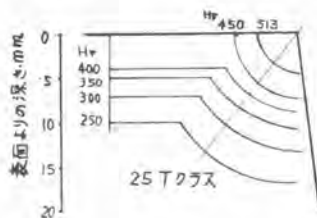


図-6 剥離防止に必要な理論硬化層分布

### 3-4 トラックブッシュ

ブッシュ外径面の摩耗はスプロケット歯面との滑りによるグライディングによって生じ、土質と摩耗量の関係はリンクと同じ傾向を示す<sup>(5)</sup>。内面の摩耗はピンとの滑り接触により生じ、ピッチ延びの原因となる。内面摩耗の防止や履帯騒音の低減に対して、オイルやグリースの封入履帯が用いられ、効果を発揮しているが、外径摩耗が早い場合にはその耐久性の面での利点を十分に生かし切れ

ベンチテスターを用いて、下転輪ローラとリンク材料を人造砂中でグライディング摩耗テストを行なった結果のノ例を示す。硬さが優れた供試鋼は、ベンチ試験でも、実車試験でも良好な耐グライディング摩耗性を示している。この

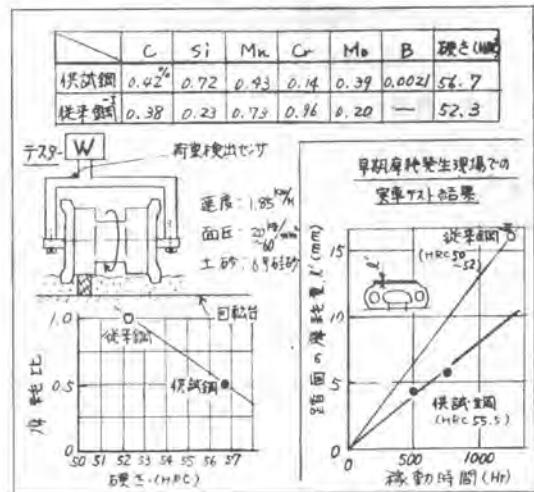


図-5 リンク硬さと寿命試験結果

(4) 日本建設機械比協会技術開発委員会研究報告中間報告(II)

(5) 堀,他 日本建設機械比協会用西支那,摩耗対策委員会研究報告中間報告1973.8.P.37-83





## 6. 軟弱潟土処理施工機械の開発について

建設省九州技術事務所 新 開 節 治  
大 城 忠 士  
松 尾 雄 史

### 1. まえがき

有明海流入河川の下流域に堆積している層厚5～30mの極めて軟弱な沖積粘土は、一般にガタ土（潟土）と呼ばれており、今後、これら河川の改修工事に伴って発生する量（約2400万 $m^3$ ）は膨大なもので、特に中小河川においては、掘削潟土の仮置き、捨て土の用地確保も困難であり、生活環境整備が重視されるようになった今日、種々の条件によりその利用が望まれている。

一方、軟弱地盤の処理工法として浅層、深層に対する各種工法、施工機械ともに改良開発が行われているが、これら装置は大型化の傾向にあり、特に小規模な発生土に適するものは少ない。

そこで、潟土を利用することにより、河川の土木工事の経費節減、並びに河川の維持管理上の問題を解決するため、築堤のかさ上げや腹付け及び高水敷整地等の工事に発生潟土を用いるように、現在人力施工によって行われている一連の処理工法を機械化施工で行う施工法及び施工機械の開発を図る目的で、調査実験を行い、実験装置の製作と施工試験を実施したので、その概要について報告するものである。

### 2. 開発の経緯

潟土処理施工機械の開発に先立って基礎調査により、現場実態調査、類似機械調査、施工システムの検討を行い、小規模工事にも使用可能な汎用機をベースマシンとするアタッチメント方式を骨子とする開発方針をたてた。

- |            |  |
|------------|--|
| 1) 施工能力    | 施工の実態（150 $m^3$ /日前後）より200 $m^3$ /日以上とする。  |
| 2) 施工方式    | 汎用機を本体とするアタッチメント方式、又は小形軽量の散布専用装置による現場混合方式とする。  |
| 3) 添加剤     | 生石灰（粒径5 $mm$ 以下）とする。   |
| 4) 添加剤供給方式 | 連続供給方式とする。   |
| 5) 混合方式    | 本体懸架方式でロータリ型とし、ロータは単軸で2～3回混合とする。   |
| 6) 散布方式    | a. 湿地又は超湿地ブルを本体とし、前部に散布装置を架装。<br>b. ダンプトラックのベッセル上に均等に散布可能な装置。<br>c. 遠隔操作による自走式の散布機構。 |

以上の全体構想及び各装置の検討と基礎実験を行った結果、現場施工方式で最も問題となるのは、生石灰の供給方法であり、連続的に行う場合施工機は常に移動をしておき、また供給装置と散布装置間は少なくとも40～100mの距離が必要であり、スモークングをも考慮すると空気輸送が最適である。しかし、空気輸送を行う場合、入りが容易な生石灰の粒径は5 $mm$ 以下が最小粒度であり、粒度範囲が非常に大きく、真比重が3.2～3.4と大きいため空気輸送に適さず理論的には可能であるが実際には、困難とされている、狩野氏の「粒子径と終速度の関係式」によると球形粒子で真比重3.0の場合

浮遊速度は  $10\mu$   $1\text{ m/sec}$  (ストークスの抵抗法則)  
 $100\mu$   $90\text{ m/sec}$ ,  $1\text{ mm}$   $800\text{ m/sec}$  (アーレンの  $\cdot$  )  
 $3\text{ mm}$   $1,500\text{ m/sec}$ ,  $5\text{ mm}$   $1,800\text{ m/sec}$  (ニュートンの  $\cdot$  )の値で

これらの値以上の速度を持つ気流の中では吹き流されることになるが、混合状態での終末処理(分離捕集)はスモークの発生しやすいものとなるため、許容限度いっばいの低圧と少風量による輸送が必要となる。そこで散布装置と供給装置間40~100mについてセラ式プロータンク方式の模型実験及びフラクソ式の圧送車の一部改造型による試験によって、移動可能な小形の装置による現場輸送の可能であることを確認した。

基礎実験より生石灰の供給、散布方式から、湿地プル(9t)を本体とし前部に架装した散布・分離捕集装置、後部の混合装置及び供給装置より構成した実験装置(図-1)で図-2に示す如き現場試験を行った。

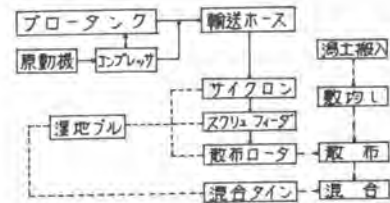


図-1 実験装置フローチャート

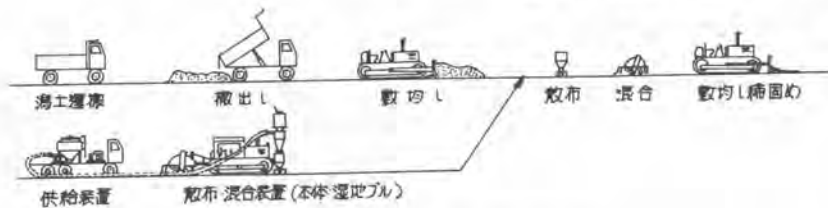


図-2 濁土処理施工フローシート

### 3. 実験装置の機構

#### 3.1 散布装置

本体前部のシャーシフレームに取付けた架台にボルト締めによって装着し、ホッパ部と分離部よりなり密閉型である。供給ホース(塩化ビニール2½B)を介して空気輸送された生石灰は、サイクロン(捲線投入型)によって空気と生石灰に分離され、空気と微粒子は上部のバグフィルタで空気のみを大気中之に放出する、生石灰は、ストックボックスに貯え、引出しフィーダ(ロータリ式)によりホッパに送る、落下点はホッパの中央部であるため、特殊タイプのゲーシング上をスクリュフィーダによってホッパ左右全面に均一に送る、ホッパに定量貯留すると圧密防止用リミットスイッチによりスクリュは停止し、下部の計量ロータにより連続又は断続的に散布を開始するが、供給は散布中も連続して行うことができる。

散布及び横送り等の動力は、本体ブレード昇降用油圧ポンプにより油圧モータを駆動させ、散布量の調節は、油量調整によりロータ回転の制御によって行う。

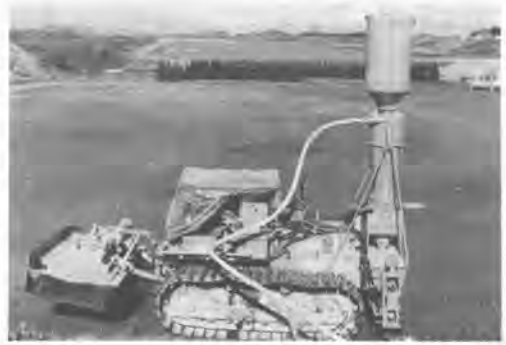
#### 3.2 混合装置

本体後部で3軸リンク支持機構により懸架し、トランスミッションよりP.T.Oでティンの回転を行い、散布した生石灰と濁土を連続的に混合するもので装置の昇降(混合深度の調節及び走行時)は、専用の油圧シリンダ操作による、各操作は運転席よりハンドル又はレバーによって行う。

### 3.3 供給装置

ブロータンクは、フラクソ式の3.8 m<sup>3</sup>入タンクに生石灰を充填し、コンプレッサによって加圧後、排出バルブを開放して2次空気と共に圧送を行う。

コンプレッサ用動力は、電動モータ又はトラックの走行用原動機よりP.T.Oにて取出すか、いずれかである。



### 3.4 主要諸元

<p>○ 散布装置</p> <p>形式・能力 架台支持形、286 m<sup>3</sup>% (生石灰6%供給)</p> <p>散布幅 2150 mm</p> <p>寸法・重量 580×2660×1220 mm、460 kg</p>	<p>○ 混合装置</p> <p>形式・能力 リン支持形、160 m<sup>3</sup>% (300 mm、2回混合)</p> <p>混合幅・回転数 2000 mm、64~114 r/min、40枚</p> <p>寸法・重量 2130×2455×1144 mm、470 kg</p>
<p>○ 分離用集装置</p> <p>形式 撈籠投入形カクロン(0.23 m<sup>3</sup>) 57 kg</p> <p>振揺式バグフィルタ(2.24 m<sup>3</sup>) 97 kg</p> <p>引出しフィーダ(ロータリ式) 41 kg</p>	<p>○ 供給装置</p> <p>形式・容量 ブロータンク式、3.8 m<sup>3</sup>、1.8 %/m<sup>2</sup></p> <p>圧縮機 2.0 %/m<sup>2</sup>、5.8 %/min、22 kW</p> <p>配管 (注) 4B (補) 2/2 (空) 1B</p>
<p>◎ 土工処理施工実験装置本体の積荷状態</p> <p>1. 重量 9,360 kg</p> <p>2. 接地圧 0.272 %/m<sup>2</sup></p> <p>3. 全長×全幅×全高 6,070 mm × 3,020 mm × 5,010 mm</p>	

## 4. 試験結果

現場試験は、筑後川河川敷(2,000 m<sup>2</sup>)及び本明川支川辛造川堤防側帯(1,200 m<sup>2</sup>)にて行い、散布、混合、供給、スモッキング等の調査を実施した。

### 4.1 走行性

走行試験は、掘削溜土の含水比114~162%、コーン指数1以下であったため走行は困難であった。しかし、散布を前面散布することにより走行路の条件が向上し、供給量の関係もあり8~9 mのピストン走行が可能となった。

各条件での走行については、図-3のとおりである。

### 4.2 空気輸送

輸送能力測定は、生石灰のタンク充填率55~90%で加圧、供給を行い測定した。

粉体輸送においては、使用空気量とタンクの大さ及び構造が一定の場合、タンク内の粉粒体の充填量が多い程混合比が大きくなるとされているが、本試験の結果でも、5 mm以下の広い粒度範囲にある場合であっても適用できるものと考えられる。

結果を図-4に示すが、充填率の影響が大きく生石灰

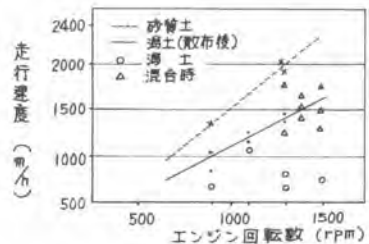


図-3 走行性

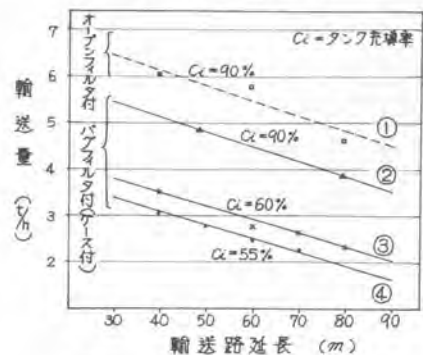


図-4 充填率と輸送量

の粒度分布と供給終末の内圧上昇、2次空気量の変化等の条件が加味されてこの様な着しい差が表われたものと考えられる。

生石灰の粒度分布(図-5)は、1.2mm以下に70~80%が片寄り、タンク内圧1.8%で供給を行うと浮遊量・排出量が多く、端末の立上り部等で閉塞が生じ易いため1.4%前後にダウンした。また、バグフィルタをケース入りの全天候型としたために内圧の上昇があり、オープンフィルタより低下した。なお、①は図-5の別試料による試験であり条件が変化しているが、スモーキングの発生率、供給能力からみても別試料の分布が望ましい。

今回は、生石灰のプロータンクへの投入を関連工事使用のトラッククレーンで行った。

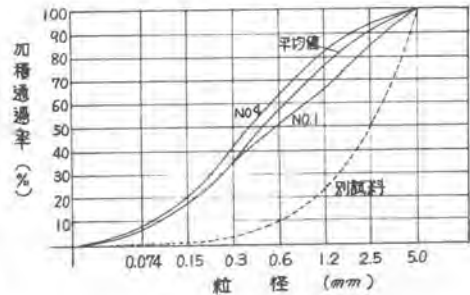


図-5 粒径加積曲線

#### 4.3 散布・混合

散布は、潟土上の走行性から散布量の変動が±10%程度生じた。走行性、混合及び品質管理の面からも散布は前面散布が適当である。

混合は、散布同時混合の場合、スモーキングの発生が多く混合度も低下するため、散布後経過を3~4時間で1次混合し、1区画終了後8~14時間後に2次混合を行うことが望ましい。

スモーキングは、供給関係では極く少量で問題なく、散布時は前面散布、混合時は散布後経過を大きくとることで減少でき、市街地以外では十分使用できる。

処理後の支持力は着しく向上し、8は2日値で3~5、28日値で表層-7.0、10cm-10.5、20cm-8.0、30cm-10.5であり、支持力は混合度により変化しているが混合度は良好であった。

#### 4.4 考察

本調査は、掘削潟土の機械化施工を目的とし、実験装置本体は汎用化されている機種によって実験を行ったが、目的に対して一応の成果が得られたものと思われる。しかし、作業性の向上を図る点では、走行と作業用動力系統の分離が望ましいが、当初の設定条件から一般的な機種を用いることが現場での取組みを容易にするものと考えられる。

処理上の問題点として、1) 散布及び混合装置の地上高の調整法、2) 汎用機における軟弱地盤上での走行抵抗と混合トルクの関係、3) 圧送ホースの本体接続部の形状と材質、4) 生石灰の粒度分布と輸送量の関係、5) バグフィルタの取付位置と風量、風速に対する方式等について検討し改良を行うため現在実験を行っている。

#### 5 あとがき

今回は、軟弱潟土処理施工機械の開発を計る目的で潟土に取組み、基礎実験に始まり模型の製作、現場実験と進めて来たが、現在、処理潟土の信頼性を調査中であり、今後の問題として実機製作に対応できるよう実験装置による現場施工を重ね、簡便な施工機として確立すべく進めて行きたい。

[参考文献] 粉粒体輸送装置 狩野 武 日刊工業新聞社  
軟弱潟土処理施工機械に関する調査試験 昭和50~52年度 九州技術事務所

# 7. 玉石破碎装置付浚渫機械

建設省中部技術事務所 鳥山 仁  
山田 信夫  
土井 芳樹

## 1. まえがき

湖における土砂堆積は計画時の予想をはるかに上廻る速度で進行しているものが見受けられるが、これは湖の機能を損うとともに、上流部の河床が上昇し、少ない降雨でも絶えず災害の危険にさらされ弊害が数多く発生する等、管理上大きな問題となっている現状から、実態調査を行った結果、上流部のダム湖においては、流入地点から500～600m附近まで粒径200mmの玉石が流入しておりその混在率も10～20%と推定され、現在のポンプ浚渫では湖底に残り、浚渫効果の低下とともに玉石層を形成し次期浚渫時の障害となる。

堆積土砂の処理として、ダム湖で特に問題となっている大粒径玉石が混在する土砂を、現用ポンプ船の吸い込み側にて破碎できないか検討した結果、その可能性について目安を得たので、玉石破碎装置付き浚渫機械の模型を作製し、実用化の可能性を得ることを目的に実験を行った。

本報告は、模型実験について中間報告としてとりまとめたものである。

## 2. 実験装置の概要

表-1 模型実験装置の概略仕様

模型実験装置の概略仕様を表-1に示す。その実験装置の決定条件として

- (1) 玉石は、ダム湖の土砂ポンプ浚渫において、80mm以上をカット流入部で除去しているが、粒径80～200mmまでの玉石を浚渫破碎処理するものとして実験機を想定し、その $\frac{1}{3.8}$ の粒径のものを処理できるものとした。
- (2) 口径については、ダム湖で浚渫しているポンプ船が200～ $\phi$ 300mmであるが、玉石の粒径および混入率等から吸い込み側は $\phi$ 350mmが必要と考えられるので、模型としてはその $\frac{1}{3.5}$ とする。
- (3) 破碎能力は、吸い込み土砂のうち破碎を要する玉石の混入率を15%と定め、模型は150 $\frac{g}{h}$ の $\frac{1}{10}$ とした。模型実験フローを図-1、破碎装置構造を図-2、実験設備の状況を写真-1に示す。

玉石破碎装置	
吸込部寸法	巾250mm×開90mm
出口セット	24mm(供給砂利60mm以下)
回転速度	200～500rpm
動力装置	無段減速機付7.5kwVベルト駆動
破碎能力	1.5m <sup>3</sup> /h～24mm
サンドポンプ	
吸込口径	$\phi$ 150mm
吐出口径	$\phi$ 100mm
全揚程	2.0m
吐出量	120m <sup>3</sup> /h
通過粒径	30mm
動力装置	4.5kwVベルト駆動

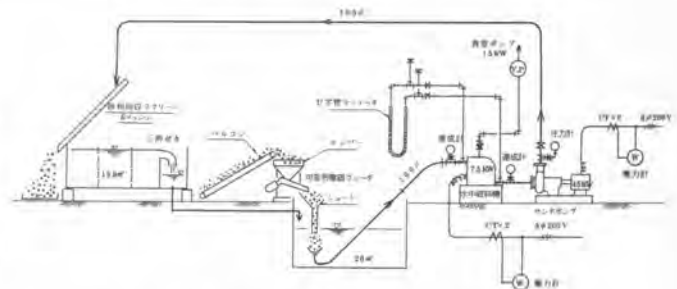


図-1 玉石破碎装置付き浚渫機械模型実験フロー

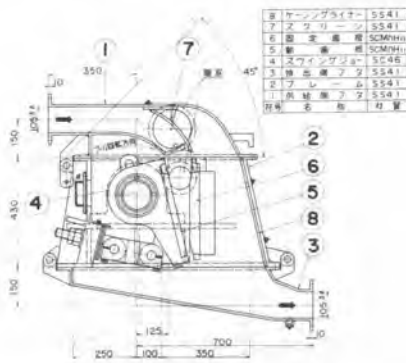


図-2 玉石破碎装置の構造



写真-1 模型実験設備

## 2.1 玉石破碎装置

この玉石破碎装置はジョータイプの破碎機構で、管路中に設けられるように設計製作したもので、主軸とフレームおよびスイングジョーの間はグランドパッキンにより水密構造となっている。破碎装置内に入ってきた土砂は、供給側の蓋に取り付けたスクリーンにより破碎を必要とする粒径のみを咬込部に送り、それ以外のは破碎部をバイパスさせるものとし、その破碎装置の入口と出口は0.73mの落差があり、咬込部、スクリーンによる分離部には視窓を設け内部の状態がわかるように、また、破碎用動力として、出力7.5kwの電動機に直結された無段変速機出力軸より、Vベルト駆動とするようにした。

## 2.2 サンドポンプ

一般のポンプ浚渫船に使用されている横軸片吸込渦巻形のサンドポンプで、吸込口径はφ150mmであるが、吸込管径はφ100mmでありレジューサで接続している。また、動力装置は手持の電動機を使用した。

## 2.3 真空ポンプ

サンドポンプの始動時に吸い込み側管路および破碎装置内に水を滴すためのもので、吸い込み側配管の最も位置の高い装置の入口部より、サンドフィルターを通し真空引きをするようにした。

## 2.4 水槽および砂利回収スクリーン

水槽は、吸い込み側に2.0mを地中埋設し、吐出側に13.8mを地上に置きそれに傾斜角45°で砂利回収スクリーンを設け、水槽内は整流板と三角ゼキを備え流量測定ができるようにした。

## 2.5 砂利供給装置

ベルトコンベヤで供給した砂利はホッパにストックされ、可変形電磁フィーダで引き出し、シャートにより水槽へ落下させ、吸い込管に設けたホッパで受け水とともにサンドポンプで吸い上げる方法とした。

## 3. 実験内容

### 3.1 サンドポンプの性能試験

サンドポンプの性能を把握するため、全揚程、流量、電動機入力、ポンプ回転数について測定した。

### 3.2 玉石破碎装置の損失水頭

ポンプの吸込み側管路に破碎装置を設ける場合、その損失をどれだけにおさえられるかということが重要な問題である。実験は管内流速にして約4%以上で行ったが、これは一般的に粒径200 $\mu\text{m}$ のものを吸い上げるに5%程度の流速が必要であることから実施した。損失水頭は、水のみによる場合と破碎をすべく砂利を15%混入した時の損失を、破碎装置に取り付けたU字管マンメータで測定した。

なお、本実験として、玉石破碎装置の最適回転速度、所要動力の測定および原石粒度と破碎粒度についてふるい分試験を行った。

## 4. 結果と考察

### 4.1 サンドポンプ性能

玉石破碎装置の損失水頭を測定する前にサンドポンプの性能試験を行った。その結果を図-3に示す。結果として、当初計画の性能は十分満足しているが、流速5%が必要とのことから考えると多少能力不足ということもいえる。

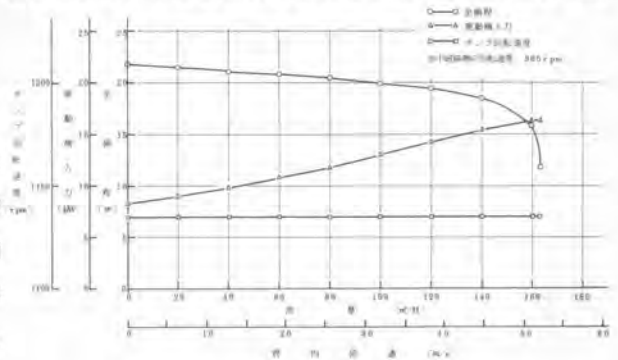


図-3 サンドポンプ性能

### 4.2 玉石破碎装置の損失水頭

#### (1) 水のみによる場合の損失水頭

玉石破碎装置の回転速度をパラメータとして、各流量（バルブ調節）における圧力損失を測定し、その時の破碎装置出入口流速をも含めてこの関係を図-4に示した。また、流量と流速における吸込み側の諸損失および揚程の関係を図-5に示す。吸込全揚程はU字管マンメータでの測定値で、吸込実揚程は実測値であり破碎装置の損失水頭は図-4の値を示し、130%以下は仮想線である。吸込管路損失は吸込全揚程から、吸込実揚程と破碎装置の損失を差引いたもので、図から吸込全揚程の中で管路損失の占める割合が大きく、配管の設計には十分留意することが必要である。

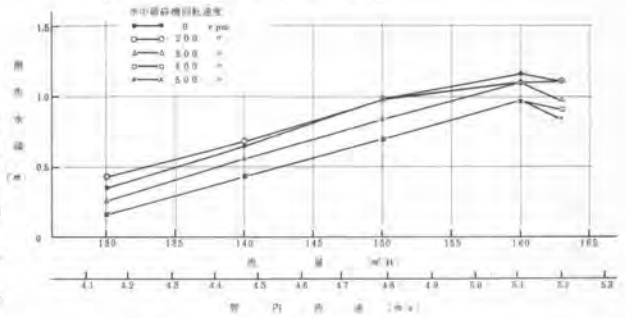


図-4 玉石破碎装置の損失水頭

なお、損失は、300 $\mu\text{m}$ で流速5%において水柱値約1mであった。

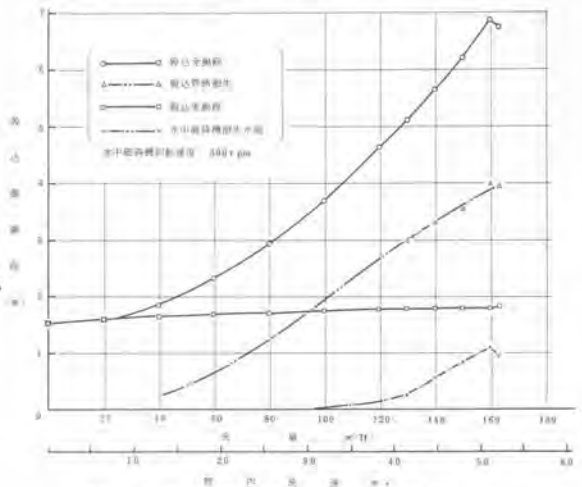


図-5 吸込側諸損失水頭及び揚程

## (2) 破砕時の損失水頭

砂利を破砕している状態での損失水頭の測定は、流量をバルブで調節することは困難であるため、含石率を変化させた場合の損失を測った。破砕する砂利の混合割合を15%とし、回転速度300 rpmとしたもので、結果を図-6に示す。本図は、含石率と損失水頭を表わしたもので、含石率が高くなると損失は低下している。これは、図-7に示すように全流量が含石率の増加により減少しており、両図を見比べてみると、大部分が全流量の減少による損失の低下と思われる。

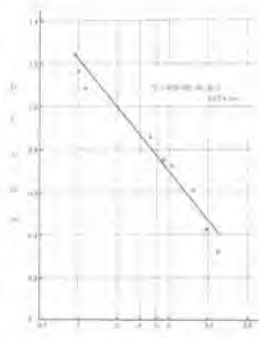


図-6 含石率変化による損失水頭

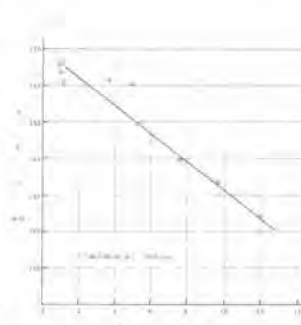


図-7 含石率と全流量の関係

## (3) 最適回転速度

回転速度を変えた場合の破砕能力、電動機入力、減速機効率、伝達効率を、図-8に示す。破砕する砂利の混合割合を15%一定条件のもとに0.05 m<sup>3</sup>の試料を破砕処理する時間と電動機入力を測定し、これにより求めたものである。この結果、処理能力および電動機入力からみても、回転速度は300 rpmが最適であった。

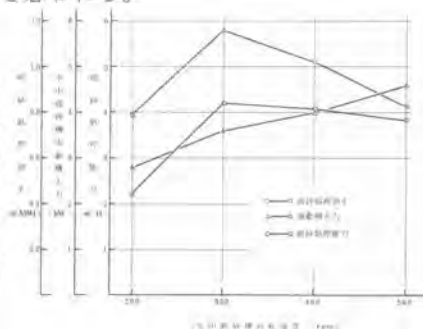


図-8 破砕装置の最適回転速度

## (4) 所要動力

玉石破砕装置の所要動力は電力計で測定した電動機入力に、電動機効率、減速機効率、伝達効率を掛けたものを軸入力とした。所要動力は含石率にほぼ比例して上昇し、含石率（全流量比）12%において軸入力が5.5 kWであった。

## (5) 原石粒度と破砕粒度

原石および破砕粒度の関係を図-9に示す。原石試料は川砂利の2.5~4.0 mmと4.0~6.0 mmの2種類を破砕前後においてふるい分試験を行った結果、原石粒度の大きいほど効果が表われ、破砕粒度の分布が多少細い方に移動するが、概ね同じような分布をしている。

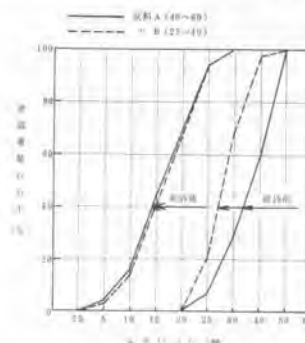


図-9 原石及び破砕粒度の関係

## 5. まとめ

玉石破砕装置の実験結果をまとめると、次のとおりである。

- (1) 破砕装置の損失水頭は、装置の出入口部流速5%のとき1 m程度であり、現用のポンプ船での検討余裕吸込水頭1.9 m以内で、実用機として採用できるものと思われる。
- (2) 破砕装置の最適回転速度は300 rpmで、所要動力は含石率にほぼ比例して上昇し、流水抵抗等による動力の増加はなく、一般の破砕機と同じと考えてよい。
- (3) 流水中での破砕効果についても問題は認められない。

今後、当装置の実用化についての実験を実施していく予定である。



## 8. これからの合材販売用アスファルトプラント

日工西川辰男

### 1. まえがき

元来アスファルトプラントは、材料の入手から舗装までの流れ作業の中の一部であり、「同じ混合物を連続的に、いかに効率よく生産し舗装現場に出荷していくか」という考えで作られた装置である。そこでアスファルトプラントは過去において自動化、大形化、公害対策などで大きく変化してきたが、その考えは現在も変っていない。しかしながら混合物の需要構造は変化し工事用のほかに合材販売が多くなってきた。ヨーロッパにおいてもこの傾向が進み合材販売用に作られたアスファルトプラント(写真1)が実在している。このような傾向を考え、ここに「これからの合材販売用アスファルトプラント」について記す。



写真 - 1

1975年西ドイツに作られた合材販売用  
アスファルトプラント

### 2. 合材販売用アスファルトプラントの考え方

合材販売はユーザの要求する配合比の混合物と量を、アスファルトプラント(以後プラントという)の流れ作業の中でその都度生産しなければならない。そのために従来のプラントでは次のような不都合が生じている。

(a) ドライヤの断続運転による熱損失が大きく重油消費量が多い。図1はドライヤの断続運転回数と重油消費量の関係を示したものである。

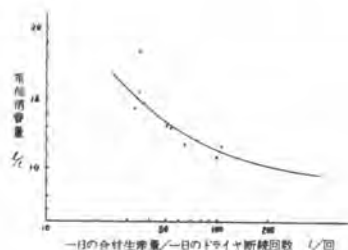


図 - 1

ドライヤ断続運転と  
重油消費量の関係

(b) 断続運転による各装置、特にドライヤ関係の寿命が低下する。

(c) 客の顔を見てからトラック積込みまでに5~10分の時間を要する。

(d) トラック待ちのため、稼働率の低下をきたし、プラント時間当りの能力に対して一日の生産量が伸びない。

(e) 骨材の乾燥加熱と計量混合のアンバランスによる計量待ちおよびホットビンオーバーフローが起こり、混合能力、計量精度の低下がある。

以上の欠点は客に対するサービス欠如と混合物のコストアップ、および品質低下を招くこととなる合材販売用プラントでは、このような欠点を取り除き「客に対するサービスと、企業利益の追求上どうあるべきか」の基本的思考により計画されたものであり、客の要求に対応した出荷と生産をおこな

うために、骨材の乾燥加熱と計量混合を、大容量ホットビンを開けて分離する考え方からできあがっている。混合物の粒度管理は、材料の貯蔵を最大公約数的の共通粒度で維持管理することによりおこない、その組合せにより各種混合物の生産を行う。

またプラント工場全体のトータルシステム化を進め、省力化と品質管理に重点をおく。

### 3. 特長および利点

#### 3・1 ドライヤ乾燥能力と計量混合能力

従来のプラントと違い、ドライヤの乾燥能力は一日の出荷量と稼働時間からトラック待ち時間に関係なく決められる（一日の出荷量／一日の稼働時間＝ドライヤ時間当り能力）。

計量混合能力は単位時間当りに希望する出荷量により決められる。大きくすればドライヤ能力に関係なく瞬発力を発揮することができる

（単位時間当り出荷量／単位時間当りバッチ数＝1バッチ混合能力）。

#### 3・2 ホットビン容量

ホットビンの容量が特に大きいのがこのプラントの特徴であり、次の項目などから容量を決める。

(a) 瞬発的な出荷能力と、その持続時間をどの程度にするか（計量混合能力×持続時間－ドライヤ乾燥能力×持続時間＝ホットビン容量）。

(b) 出荷のアンバランスに対して、ドライヤ乾燥骨材をどの程度吸収するか（トラック待ち時間×ドライヤ乾燥能力－ホットビン残量＝ホットビン容量）。

(c) 夜間工事などでドライヤを回さずに何トン程出荷するか。この場合はサイズ別のビン容積比と出荷混合比の違いを考慮する必要がある。

(d) ビン数およびその容積比は、日常多い混合物の配合比から決める。

以上のような考えから、ホットビン容量はドライヤ乾燥能力の1～2時間分程度がよい。

ホットビンに貯蔵した骨材温度の低下を防ぐため壁面に保温装置を施す。

ホットビンの容量が大きいので、骨材供給とドライヤバーナ燃焼を関連づけた自動レベル制御をおこなうことができる。また貯蔵時間中に骨材中の残留水分の蒸発が起こり、含水率の低減と均一化がおこなわれるのは品質管理上好ましいことである。図2はドライヤ出口骨材含水率と300トンホットビン出口骨材含水率の実測値である。各テストピースともホットビン滞留時間は約一時間であつた水分脱気による骨材の温度低下は4～5℃であつた。

#### 3・3 ドライヤ連続運転

ドライヤの連続運転は断続運転に比べ大きな燃費の節減になり、これに比例してドライヤ関係の寿命延長にもなる。

また稼働率がよい分だけドライヤ関係が小さくてすみ、イニシャルコストの低減と対公害についても有利である。

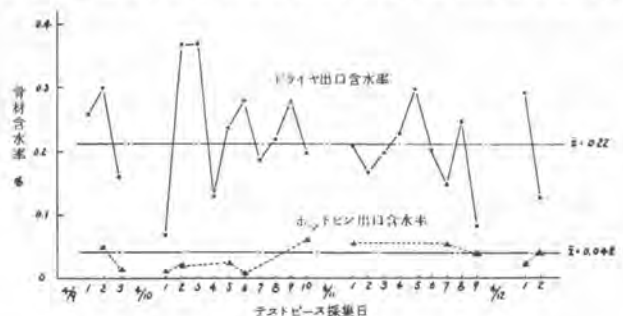


図 - 2

ドライヤ出口骨材含水率とホットビン出口骨材含水率

### 3・4 瞬発力

一定時間内により多くの混合物を出荷する瞬発力のほかに、小口需要、トラック毎の配合比の変更などにも敏速に対応できる。

### 3・5 夜間出荷

夜間出荷、少量出荷が見込まれる場合は、前もつてホットビンに貯蔵しておけば、計量混合のみで出荷でき、夜間の公害対策と人件費の節約になる。

以上、多くの特長および利点はホットビンの大形化によるコストアップより価値が大きく、客に対するサービス向上と企業の利益につながるものである。

このプラントに合材サイロを併設すれば、合材サイロのメリットをこの上に付加するものであり、合材販売の営業活動を一層有利にする。

## 4. CNAP-1600形合材販売用アスファルトプラント

日工では始めに、1968年大容量ホットビンアスファルトプラント(写真2)を製作した。当時はまだ合材販売は少なかったが、画期的なプラントとして業界の注目を浴びた。また製作と同時に特許を出願し1967年に特許「第854599号」として認められた。このプラントは納入以来、現在も順調に稼働を続けている。今回完成した、CNAP-1600形合材販売用アスファルトプラント(写真3)は、これらの経験を生かし、その上に新しい技術を加え現在の合材販売システムに合ったプラントにした。



写真 - 2

1968年に作った300tホットビン  
合材販売用アスファルトプラント

### 4・1 主要諸元

ドライヤ乾燥能力	含水率6%で96t/h
ミキサ容量	1,600kg
基準合材混合能力	1,600kg×80回=128t/h
ホットビン容量	100t
瞬発能力	128t×3時間
合材混合時間率	75%
トラック待ち時間率	25%
バグフィルタ	NBFU-100×2基
スクリーン	1,200×3,600mm 3.5段
計量装置	ロードセル式
骨材4種累積	1,600kg×5kg
石粉ダスト累積	300kg×1kg
操作方式	電子計量システム
設定	デジタルまたは数字式カード



写真 - 3

CNAP-1600形合材販売用  
アスファルトプラント(大成道路仙台合材工場納入)

アスファルト筒別	200kg×0.5kg
表示	デジタル

トラツタスケール      ロードセル式      40t

#### 4・2 ユニット式バッチタワー

今回完成したユニット式バッチタワーは、本格的な建築美を誇るツートンカラーによるニューデザインで、従来のプラントイメージから大きく変容をとげている。中でも外装材（サンドイッチパネル）を工場内で各ユニットに組込み現地で積み上げるだけでバッチタワーを完成する工法は、コンクリートバッチャープラントでも経験のある日工独特の技術である。また、これは工場内でユニット毎に組立調整された機能を直接現地に搬入するので、組立開始から稼動までの工期を約10日間に短縮することができた。

バッチタワーの室内環境、すなわち温度、粉塵、悪臭、照明などについても十分配慮をしている。

#### 4・3 ホットビンの保温

170℃に加熱した100トンの骨材を24時間貯蔵した場合約5℃以上の低下が生じないように、ホットビン壁面にサーモフロロン（面状発熱体）を特殊な技術で張り付けている。サーモフロロンはスイスで開発され、ヨーロッパでは1969年から一般住宅の暖房用に施工され、開発期間も含めて十数年の実績を有して信頼性が高いのが特長である。今回採用したサーモフロロンは抵抗素子用マトリックスに特殊耐熱バインダを用いているために耐熱性、耐薬品性、耐候性などの外的要因に対する抵抗性が非常に優れている。また絶縁体には耐熱250℃のポリイミドフィルムを使用している。

これはほかに合材サイロ、アスファルトタンクなどにも実用化されている。

#### 4・4 計量操作盤

このプラントに採用している電子計量システムは、1975年にオランダのフィリップス社の技術供与によつて開発した新しいシステムである。これはロードセルを使つて、荷重に比例した電気信号を直接正確に検出することにより自動制御を繰返す、世界で最も進んだ計量システムである。この内容は昭和50年度の建設機械と施工法シンポジウム論文集に「アスファルトプラントにおける新しい計量システムと低公害システム」で紹介したとおりである。

#### 4・5 制御管理機器

制御機器としては、ドライヤバーナおよびバグフィルタ自動制御装置、骨材供給制御装置、ホットビン温度およびレベル制御装置がある。

管理機器としては、重量記録計、温度記録計がある。ほかにロードセル式トラツタスケール用の操作盤がある。これらを遠隔操作室に収納して、ワンマンコントロールによるプラントの運転管理をおこなう。

### 5. あとがき

以上、これからの合材販売用アスファルトプラントの考え方と、これに基づいて今回完成した、ONAP-1600 合材販売用アスファルトを紹介致しました。

今後もユーザーニーズにそつた製品開発を進めてゆかねばならないと思つています。ユーザー各位の一層の御指導御鞭撻をお願い致します。

最後になりましたが大成道路株式会社社の御協力に対し、紙面をお借りしてお礼申し上げます。

# 9. 超硬練り,低セメントコンクリートの振動ローラによる締固めについての一実験

建設省中国技術事務所 福永典次  
村上輝久  
池田勇

## 1. まえがき

コンクリートダムの施工法を新しく見直しする傾向は世界的なものとなりつつある。すでに諸外国では、経済性や施工性を高めるための新しい提案と実施が試みられている。我国では、中国地建島地川ダムを国内における合理化施工法の提体第1号として本格的打設に着手する運びとなった。本報告は打設で使用する超硬練りコンクリートの締固めについて新工法を実用化することを目的に試験を実施したので、これらの結果をとりまとめたものである。

## 2. 調査概要

中国技術事務所構内に傾胴式コンクリートプラントを仮設して島地川ダムに使用する配合のコンクリートを混合し、振動ローラによる屋外試験、並びにこれに付随する室内でのコンシステンシー等の試験を実施した。

### 2.1 コンクリートの基本配合

提体内部に使用するものと同配合とした。転圧機械の走行性と作業性の観点から、超硬練りゼロスランプとしているのが大きな特徴といえる。

表-1 島地川ダムコンクリート基本配合

粗骨材の最大寸法 (mm)	水セメント比 (W/C+F) (%)	フライアッシュ比 (F/C+F) (%)	細骨材率 (S/A) (%)	スランプ (mm)	空気量 (%)	水 (W) (kg)	セメント (C) (kg)	フライアッシュ (F) (kg)	細骨材 (S) (kg)	粗骨材 (G) (kg)	混和材 (kg)	
												C+F=120
B種コンクリート(内電)	80	79.2	30	34	0	25±0.5	95	84	36	756	1474	0.21



写真-1 屋外試験状況 (ボマーク B 型 - 200)

### 2.2 締固め機械と施工試験条件

締固めには振動ローラを用い1機種に限定して試験を実施した。

表-2 締固め機械と施工試験条件

機械名……振動ローラ 起振力……16,000kg 速度第1速……1km/h 振動ローラ  
 メーカー……ボマーク社 振動数…… $\frac{2600 \text{ rpm}}{2300 \text{ rpm}}$  第2速……2km/h (ボマーク BW-200)  
 総重量……8000kg ローラ径×ローラ幅……800×950mm 第3速……3km/h 速度 1.0km/h

締固め仕	転圧回数		
	6	8	10
1層打	35	○*	○
2層打	70	○	○

## 3. 試験方法及び結果

### 3.1 VC値 (Vibrating Compaction Value)

図-1は各種測定法の適用範囲を示したもので、RCD「Roller

注: 1) 速度 1.0km/hは、速度段第1速フルロットルに相当する。  
 2) 転圧回数は無振動1往復を含む回数を示し、往復1回が転圧回数2回に相当する。  
 3) \*印はS/A=31%の2種類の配合で行った。

Compacted Dam」コンクリートの場合は超硬練りのため一般コンクリートのようなスランプによる品質管理ができない。そこで、振動台式コンシステンシー試験でコンクリートに振動を与え振動を開始した時から表面全面にセメントペーストが浮かび上がるまでの時間(秒)をVC値と呼び表示するVC試験が行われる。なお、試験機には道路協会型、大川ダム型、中国地建で特注した中技型等の振動台

表-3 屋外試験コンクリートのVC値

転圧回数	1層打				2層打	
	6回	8回	10回	8回 S/A31%	8回 S/A31%	10回
VC値	20秒	19~33秒	14~35秒	10~27秒	40~57秒	1層目 14~55秒 2層目 25~37秒

注: 試験は振動数 4,000rpm、モールドφ24×20mm、偏心アスの位置A-6で実施している。

式試験機がある。



写真-2 道路協会型



写真-3 大川ダム型



写真-4 中枝型  
(特許出願中)

### 3.2 振動ローラによる締固め表面の沈下

レベルを使用して測定した結果、1層打及び2層打の中で第1層目の最大沈下量は8.5㎝、第2層目は9.3㎝であった。6回転圧までは漸増するが、それ以上はほぼ横ばいとなることから目標とする35㎝仕上がりとするには、その敷き均しを44~45㎝程度とする必要がある。

### 3.3 コンクリート強度とRIによる“締固め前後の密度”

測定対象範囲が表面下20㎝程度とやや浅い難点はあるが、転圧直前及び直後のRI密度を測定した。4回転圧程度までは、ほぼ直線的に密度増加し、目標とする設計基準値2.3t/m<sup>3</sup>を満足する。また硬化後の密度は、RI密度を0.4%程度大きめに測定された。なお強度は、6~10回の転圧では回数の違いによる圧縮強度の差は認められず、大半  $\sigma_{91} \geq 150 \text{ kg/cm}^2$  以上である。

### 3.4 締固めコンクリート表面の推移

施工試験の代表的な転圧表面推移とその状況を写真-5~8に示した。



写真-5 ダンピングした硬練りコンクリート

軽径の大きい骨材はダンピングによって側方に分離する傾向を見受けれる。



写真-6 2回目転圧後の表面状況

粗骨材の周囲は以降転圧の進行につれて徐々にセルタム分が充填されていくが、この段階では粗い。手前はRI密度計検出器



写真-7 6回目転圧後の表面状況

4回で部分的ブリージング及びウェーピング現象が表れはじめる。6回で表面が全般的にブリージングする。



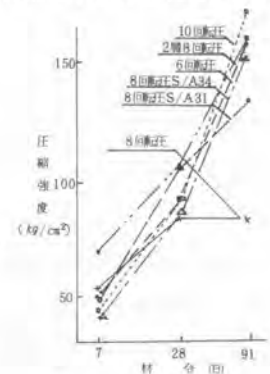
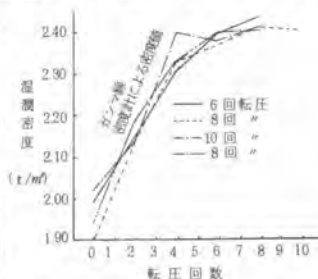
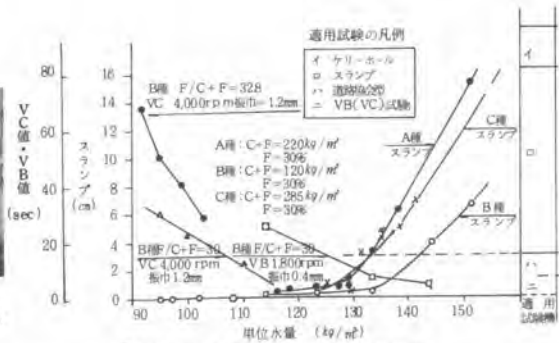
写真-8 7回目転圧後の表面状況

1部分でローラによるこねかえし現象を見受けれる。

### 3.5 締固め振動加速度の測定

加速度と締固めの関係については、土の締固めを例にとれば砂のような粘性の非常に少ない土に振動を与えると土の中の密度差によって砂が対流現象を生じ、全体が流動性を帯びて流体的挙動を呈するようになるといわれ、この現象は振動の加速度によって大きく支配されせん断強さが低下し土粒子の位置移動が容易となり、あわせて密度増加することが実験的に裏付けられている。(図-4, 図-5)

(古見喜八郎, 星野光之著, 土の締固め — 表面締固めを中心とした技術紹介 — より抜粋)



### 3.5.1 ローラと各層の締めめ加速度

本試験では前振動輪及びコンクリート層内に加速度計を設置して振動ローラ締めに関する鉛直方向の振動加速度を測定し、表-4の結果を得た。

層内の加速度は、転圧回数による差は認められないが、前振動輪は4~5回転圧までは漸増し、それ以上はほぼ横ばいの傾向を示した。

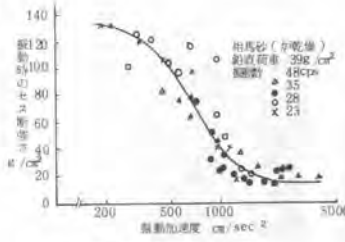


図-4 振動加速度とセン断強さ

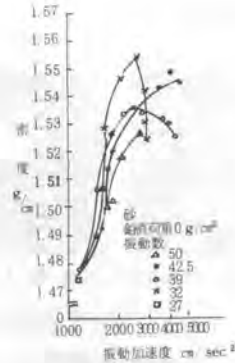


図-5 振動加速度と密度

表-4 締めめ振動加速度 (ピーク値両振幅)

測定値 (G)
振動輪 23.20 ± 1.53
上層 21.56 ± 4.02
中層 17.59 ± 3.42
下層 7.82 ± 1.31

注: 確率 95%信頼限界を示す。

### 3.5.2 Total Downward Movement (T.D.M)

表面式振動機による施工条件を与える1種の指数としてT.D.Mが考えられている。今、この考え方を振動ローラに応用するには若干問題があるが、加速度及び沈下量の測定結果からT.D.Mの分布状況を求めた。ローラの場合は接地幅が少ないためと、施工速度が早いために一般の表面式振動機に比べてかなり小さな値となっている。

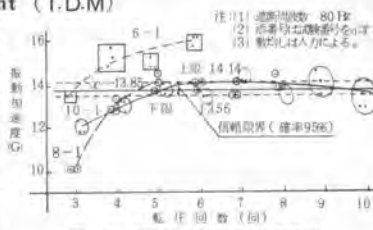


図-6 振動輪の加速度と転圧回数

表-4 締めめ振動加速度 (ピーク値両振幅)

測定値 (G)
振動輪 23.20 ± 1.53
上層 21.56 ± 4.02
中層 17.59 ± 3.42
下層 7.82 ± 1.31

注: 確率 95%信頼限界を示す。

### 3.6 加速度とVC値についての室内試験

図-8は中技型VC試験機を用いて、コンクリート内の加速度とVC値の関係を試験した結果を示したものである。その結果:

- ① コンクリート内の加速度とVC値の関係はかなり顕著な相関を示す。
- ② 2G程度の加速度では長時間経過してもブリージングが起こらない。
- ③ ブリージングの起こりやすさは20G程度が最も早く、その時のVC値は概ね30秒で、その目標を満足する振動は表-5のとおり試算される。

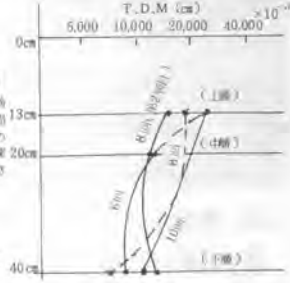


図-7 T.D.Mの分布状況

なお、20G程度以上になると逆の現象を示しているが、これは試料の上に載荷した附加荷重が試験機そのものの振動に追随しきれなくなり飛び跳ねが著しく起こるためと考えられる。

### 3.7 附加荷重がVC値に及ぼす影響

試料の上に載荷する附加荷重の違いがVC値に及ぼす影響について試験を行った結果を図-9に示す。その結果、

- ① 載荷附加荷重はVC値に及ぼす影響が大きく、無載荷より20kg載荷の方が極端にVC値は低い。
- ② 附加荷重が大きいほど、VC値は早くなるが図で跳める限り余り荷重を附加しすぎてもVC値の迅速化には余り効果的でなく、20kg程度が適当と思われる。

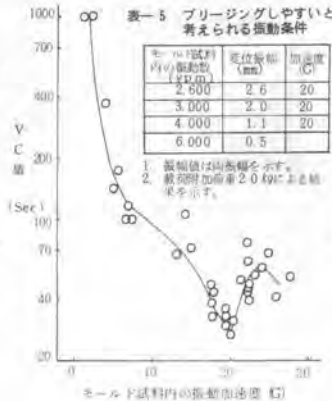


図-8 資料内の加速度とVC値

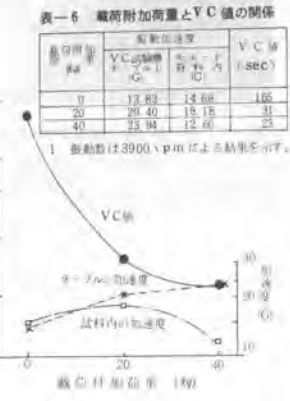


図-9 附加荷重とVC値の関係

### 3.8 締固めに関する運動エネルギーの比較

V C 試験機及び振動ローラで、コンクリート層内の任意の1点に与えられた締固めのための上下方向の単位質量当たり吸収運動エネルギーを図-

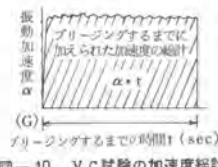


図-10 V C試験の加速度総計

10及び図-11に示した概念から求めた。マクロ的に眺めて、振動ローラで締固めた場合の単位質量当たり吸収運動エネルギーは、V C 試験での加振時間 (V C 値) の  $\frac{1}{5} \sim \frac{1}{16}$  秒に匹敵している。しかし、振動ローラと V C 試験時の附加荷重の割合は、静止状態の圧力値でローラ転圧の方がおよそ70倍程度大きいので、前述の附加荷重が V C 値に及ぼす影響の結果などを総合すると実際にはローラ締固めの上記値  $\frac{1}{5} \sim \frac{1}{16}$  よりもエネルギー的に若干有利な方向へ移動するものと考えられる。

### 3.9 透水試験

通常、岩盤内で行うルジオンテストを屋外試験で打設した2層打コンクリートの透水性のは握のために参考までに実施したものである。実際のダムの場合と違って2層打のみの薄層であり、試験方法に問題があると思われ、次に示す結果となったが一試験的な域を出ないものと考えられる。

① コンクリートのルジオン値は、 $1.2 \ell / \text{min} / \text{m} / 10 \text{kg} / \text{cm}^2$  以下、透水係数も  $10^{-10}$

$\text{cm} / \text{sec}$  の位より低い。ローラが連結しない中央部でのルジオン値は、転圧部分より悪い。しかし、実施工ではオーバーラップしながら万遍なく締固めるので問題はないと考えられるが一応、施工に当たっては注意する必要があると思われる。

### 4. あとがき

以上は、振動ローラ1機種についての一部分的な試験結果である。本報告が大規模コンクリート構造物を施工するうえで若干なりとも参考になれば幸いである。

最後に、本試験を行うにあたり、いろいろ御指導をいただいた(前)建設省土木研究所地質化学部長 柳田力氏、並びに建設省島地川ダム工事事務所等、関係者各位に感謝の意を表す。

### 5. 参考文献

- 1 山川尚典 著、コンクリート舗装の機械化施工法に関する研究報告書、建設省土木研究所 昭和33年3月 水盛峰雄
- 2 コンクリートダムの合理化施工に関する研究報告書 建設省関東地方建設局 (財)国土開発技術研究センター 昭和50年3月
- 3 大川ダムのコンクリート合理化に関する調査資料 建設省北陸技術事務所 昭和52年3月
- 4 島地川における R C C 概要書 建設省島地川ダム工事事務所 昭和52年1月
- 5 コンクリートダム合理化施工技術資料 株式会社間組 ・昭和52年3月
- 6 R C D コンクリート試験結果中間報告 建設省中国技術事務所、建設省島地川ダム工事事務所 昭和52年9月

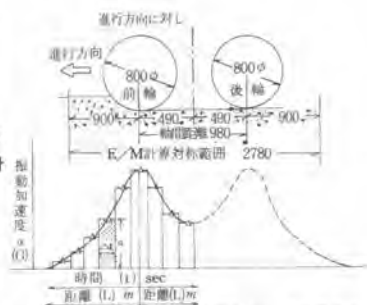


図-11 加速度総計の図式解法(ローラの場合)

表-7 単位質量当たりの吸収運動エネルギー  $\left( \frac{\text{kg}}{\text{kg} \cdot \text{sec}^2} \right)$

① V C 試験の場合

測定結果	加速度(G)	E/M
振動数 (vpm)		
4020	22.30	77.6
4020	17.84	47.6
4020	21.41	77.6
平均	20.52	67.6

注: モールド形状  $24\phi \times 20\text{cm}$   $20 \text{kg}$  載荷による。

② 振動ローラの場合

位置	層打			
	1層	8回	10回	8回(準2層打)
上層	2.1649	1.2793	1.8768	0.5706
中層	0.1997	2.4640	1.6443	0.4812
下層	0.1847	0.3883	0.3846	0.5300

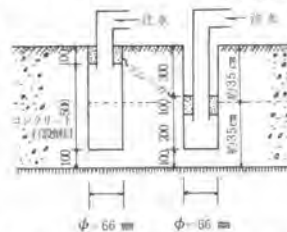


図-12 ボウリング孔とバック位置の関係

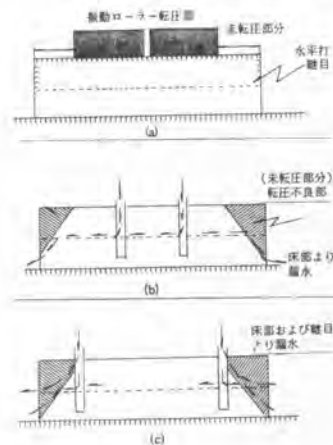


図-13 漏水の推察図



# 10. 振動ローラによるRCDコンクリートの締固め特性について

建設機械化研究所 根本 忠  
磯 上一 男  
藤 本 義 二

## 1. まえがき

この報告は、昭和49年度から建設省が中心となつて推進している「コンクリートダム合理化施工に関する研究」の一環として、昭和52年度に当研究所が(財)日本国土開発技術研究センターの依頼を受けて実施した「RCDコンクリート締固め実験」結果の一部を、関係方面の御了解を得てここに発表させていただくものである。

RCD工法とは、コンクリートダムの合理的な施工法として、低セメント量、低スランプのコンクリートをフィルタイプのダムや道路の路盤材の締固めに用いられているような大型の振動ローラにより締固めたものをもつてダム本体を築造しようとするもので、間もなくコンクリートの打設が開始される建設省の島地川ダムでは我が国で初めてこのRCD工法が採用される筈である。

しかし、RCD工法の対象としているコンクリートは従来のダムコンクリートにくらべてはるかに低セメント量、低スランプであることから、その配合、品質、施工性などに不明の点も多く、特に振動ローラによる締固め作業に関しては、生コンクリートの硬さや撤出し厚さ及び振動ローラの性能諸元並びに締固め回数等の締固め度に及ぼす影響をあらかじめ解明しておく必要がある。

この実験は上記諸条件のうち、主として振動ローラの性能すなわち振動輪の重量、起振力、振動数、締固め速度等とRCDコンクリートの締固め度との関係を明らかにすることを目的として行われたもので、コンクリートの配合及び撤出し厚さを一定とし、振動ローラの種類並びに締固め回数を変えた実験が行われている。

## 2. 実験の概要

実験はテストピット(長さ1.5m,幅3.5m,深さ0.5m)内に敷均らされたRCDコンクリートの振動ローラによる締固め試験を主体としたもので、低スランプコンクリートのコンシステンシをあらわすVB値の測定や、実験毎のコンクリートの性質のバラつきを消去するための標準締固め機による大型供試体の作成、振動輪及びコンクリート中の振動加速度の測定などがあわせて行われた。

### 2.1 コンクリートの配合

実験に用いられたRCDコンクリートの示方配合を表・1に示す。粗骨材は富士川産の川砂利で、粒度調整のため砕石を一部混入している。

なお、コンクリートの製造は最寄りの生コンプラントで行われ、ダンプトラックで運搬された。

表1 コンクリートの示方配合

粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプの範囲 (cm)	空気量 の範囲 (%)	水+セメント比 $\frac{W}{C+F}$ (%)	フライアッシュ比 $\frac{F}{C+F}$ (%)	細骨材率 $\frac{S}{G}$ (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )							
						水 W	セメント C	フライアッシュ F	細骨材 S	粗骨材G			水和剤
										5mm / 2.5mm	20mm / 4.0mm	40mm / 100mm	
80	0	—	79	0	347	95	120	0	793	665	222	591	—

2.2 実験用振動ローラと振動条件

現在市販されている自走式の大型振動ローラ（機械重量5～11トン）の中から、表.2に示す5機種を選び、締固め効果に関係すると思われるトータル線圧（単位締固め幅当りの自重と起振力の和）及び振動数等を勘案して試験時の振動条件を同表のように決定した。

表.2 振動ローラと振動条件

機 種	トータル線圧(kg/cm) (起振力TON×振動輪の数)	振 動 数 cpm		
サカイ SV90	103(17×1)	1,700	2,500	
ボマーダ BW200	103(8×4)		2,500	
ダイナパック CC41	93(10×2)		2,500	
サカイ SV100	90(13×1)		2,600	
サカイ SV100	76(10×1)		2,600	
ダイナパック CC41	63(5×2)		2,500	
ダイナパック CC20	59(5×2)			3,000

2.3 実験条件と実施要領

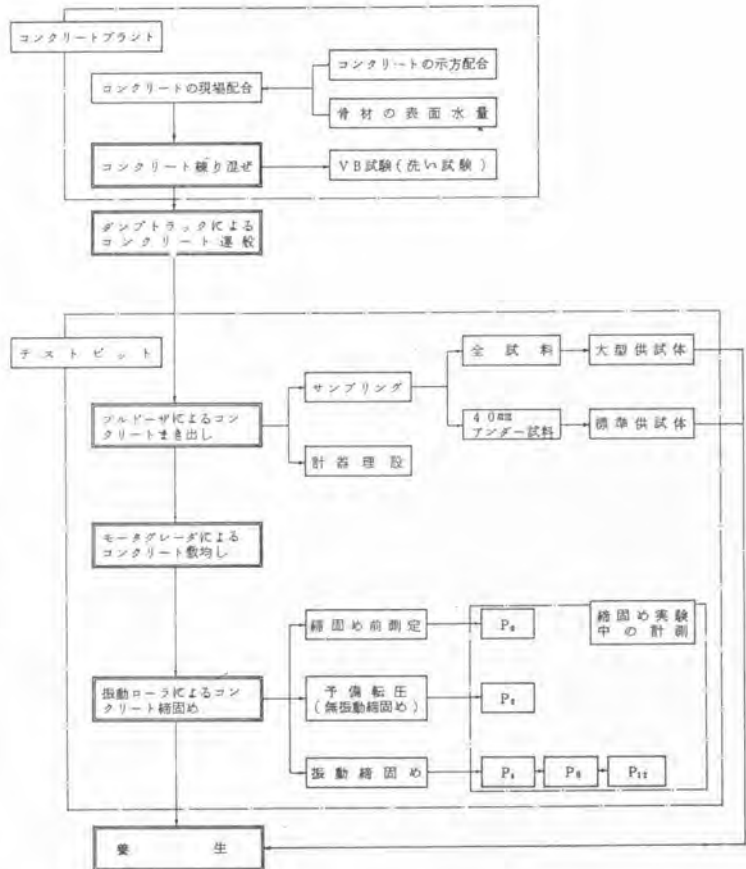
コンクリートの配合は前記の1種類とし、締固め厚さは原則として仕上り50cmとした。また、振動ローラの締固め速度は1km/hに統一し、締固め回数は、予備転圧として無振動2回、振動締固めは12回までとした。ここで、締固め回数とは転圧輪の通過回数をいう。従つて、両輪振動の機械の場合には1往復で4回締固めを行つたことになる。

締固め実験中には、振動輪及びコンクリート中の振動加速度をはじめ、締固め速度、表面沈下量、R1による密度及び水分の計測等が行われた。

締固め完了後のコンクリートは直ちに養生マットで覆い、適宜に散水して湿潤状態を保持した。

コアの抜き取りはコンクリート打設後28日経過してから行い、水中養生後材令91日で密度及び圧縮強度等の測定を行つた。コア寸法は直径180mmを原則とし、比較のため密度用として直径300mmのものも若干抜き取つている。なお、打設後のスラブの温度変化についても計測が行われた。

図.1 締固め実験のフローチャート



注 P<sub>0</sub>はコンクリートまき出し後の状態、P<sub>1</sub>は、予備転圧（無振動2回締固め）後の状態を表す。また、P<sub>2,4,12</sub>は振動ローラの振動輪の通過回数4,8,12回後の状態を表す。

## 2.4 大型供試体

この種の実験ではたとえ十分な品質管理が行われたとしても、実験毎にコンクリートの性質がある程度変動することはどうしても避けられない。そこでこの実験においてはこのような変動の影響をできるだけ少なくするため、各実験毎にその実験に用いられたものと同じコンクリートを一定のエネルギーで締固めた供試体を作成し、その密度及び圧縮強度を基準としてローラによる締固め度及び強度を評価することにした。具体的には、内径500mm、高さ450mmの円筒形モールドにコンクリートを詰め、これを上から加振機（重量230kg、振動数1,870回分）で締固めるもので、締固めの時間は60秒である。

## 3. 実験結果とその検討

### 3.1 コンクリートの密度と圧縮強度

締固められたRCDコンクリートからランダムにサンプリングされたコアの密度と圧縮強度の関係を図.2に、また大型供試体の密度と強度を基準としてあらわした締固め度と圧縮強度比の関係を図.3に示す。実験の範囲ではいずれも直線的な関係が認められるが、後者の方が相関がよいようである。

### 3.2 ローラの振動条件と締固め効果の相関

コンクリートの配合や撤出し厚さ、締固め回数及び速度等の条件を一定にした場合に、振動ローラの振動条件すなわち静線圧や起振力、振動数、振幅などがRCDコンクリートの締固めにどのような影響を持っているのかということは最も興味のあるところであるが、これらの振動特性は相互に関連していることもあつて、今回の実験結果からはそれぞれの振動条件単独には締固め効果との明確な相関は認められなかつた。すなわち

(1) 起振力単独では締固め度との相関は認められなかつた。ただし、同一機種同一振動数の場合には起振力が大きくなれば（加速度、振幅も大となり）締固め度は大きくなる。

(2) 振動数単独では締固め度との相関は認められない。ただし、同一機種同一起振力の場合には振動数が小さい方が（振幅が大きくなり）締固め度は大きくなる。

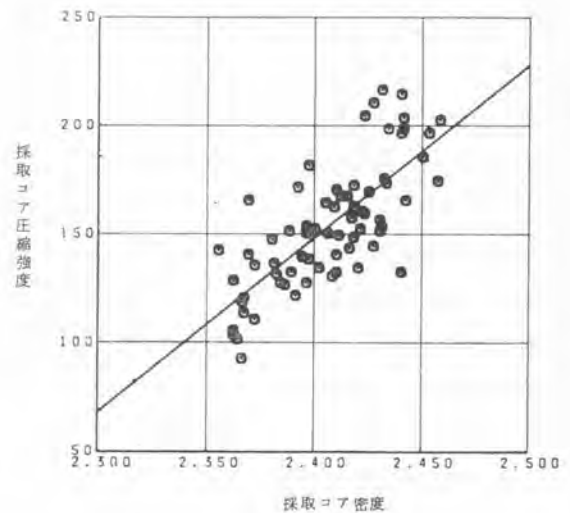


図.2 採取コア密度と圧縮強度

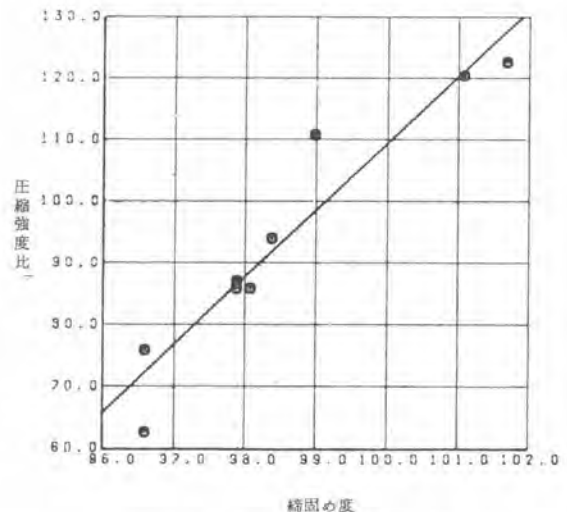


図.3 締固め度と圧縮強度比

(3) トータル線圧単独では締固め度との相関は認められなかつた。

(4) 振動輪加速度単独では締固め度と良い相関は示さなかつた。

以上のように個々の振動条件単独ではRCDコンクリートの締固め度とは相関が認められなかつたが、これらを総合した締固めエネルギーと締固め度には強い相関のあることが明らかとなつた。

振動式締固め機の締固めエネルギーの表現法としては種々のものが考えられるが、次の4者について検討した結果を図.5～8に示した。

(a) TDM (Total Down Movement)

TDMとは、コンクリート舗装の分野でロードフィニッシャの振動締固めにおいて締固め効果を示す1つの経験式として用いられているもので次式で与えられる。

$$TDM = \frac{n \cdot a \cdot L}{V} = n \cdot a \cdot t \quad (\text{cm})$$

ここで、 $n$ : 振動数 (epm),  $a$ : 振幅 (cm),  $V$ : 締固め速度 (cm/min),  $t = L/V$  (min) なお、振動輪の接地長さ  $L$  は右図で近似した。

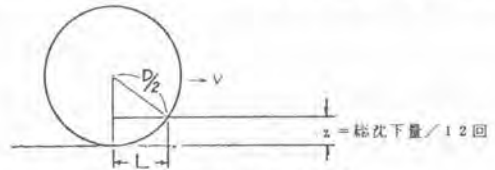


図.4 振動輪の接地長さ

(b) 振動系の運動エネルギー

$$T = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot a^2 \cdot \omega^2$$

ただし、 $m$ : バネ下質量 (kg・s<sup>2</sup>/cm),  $v$ : 振動速度 (cm/s),

$a$ : 振幅 (cm),  $\omega$ : 角速度 (rad/s)

(c) 谷本の式 (谷本喜一「土の締固め機構と締固め機械の理論」昭和35年9月)

$$E_1 = a \left( W + \frac{F}{2} \right) \quad (\text{kg} \cdot \text{cm})$$

ここで、 $a$ : 振幅 (cm),  $W$ : 振動部重量 (輪荷重) (kg),  $F$ : 起振力 (kg)

(d) 谷本式の修正式

谷本の式は時間のファクターが入っていないので、締固め時間を考慮した締固めエネルギーとして谷本の式を次のように修正したもの考えた。

$$E_2 = E_1 \cdot \frac{V_0}{V} \cdot \frac{n}{n_0} \quad (\text{kg} \cdot \text{cm})$$

ここで、 $V_0$ : 基準締固め速度 = 1 ka/h,  $V$ : 実験時締固め速度 (ka/h),

$n_0$ : 仮の基準振動数 = 2.600 epm,  $n$ : 実験時振動数 (epm)

これらの中では、(b)と(d)式が比較的良好な相関を示している。

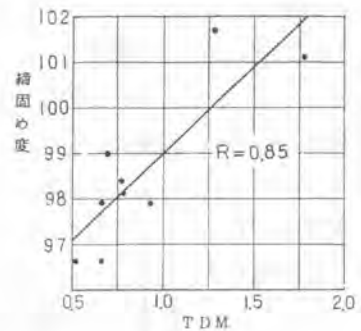


図.5

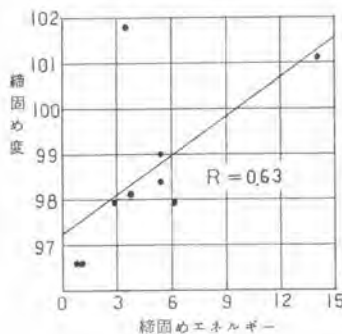


図.6

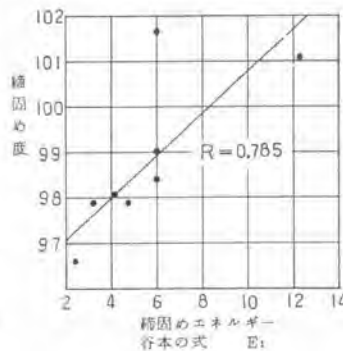


図.7

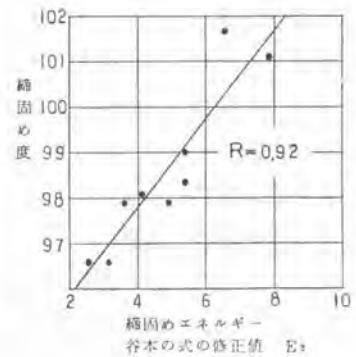


図.8

# 11. コンクリート振動機の振動伝播に関する実験

—棒状振動機による締固め有効範囲の検討—

竹中工務店 落合 実  
山田 弘道  
石井 治郎

## 1. まえがき

近年、コンクリート構造物の品質向上を計る一手段として、なるべく低スランプのコンクリートを打設しようとする気運が高まっている。コンクリート構造物の品質確保には、材料としてのコンクリートが、強度、耐久性などの要求性能を満たしていることと、施工面では打込まれたコンクリートが構造体としての信頼性を得るよう、運搬、打込み、養生などが適正に行なわれることが要求される。特に施工面の打込みにおいては、コンクリートが固練りになるほど密実な充填することが難しくなる。そこで、従来以上にコンクリート振動機による締固めの重要性が増すとともに、振動機の適切な使用方法、締固め有効範囲などの見直しが必要となってきている。

本稿は、棒状振動機の締固め性能調査を目的として、(1)無筋のマスコンクリート中の振動伝播、(2)振動機によるコンクリートの締固め効果について実験を行ない、締固め有効範囲及び締固め効果の評価方法を検討したものである。

## 2. 無筋のマスコンクリート中における振動伝播

### 2.1 実験の目的及び概要

コンクリート中における振動伝播の基本的な特性を把握する目的で、鉄筋及び型わくの影響を排除した無筋コンクリート中において振動の減衰状態を検討した。

実験は、図-1に示す型わくにコンクリートを打込み、振動機を所定位置にセットした後に振動を加え、コンクリート中に設置した一軸加速度計により振動加速度を検出するものである。

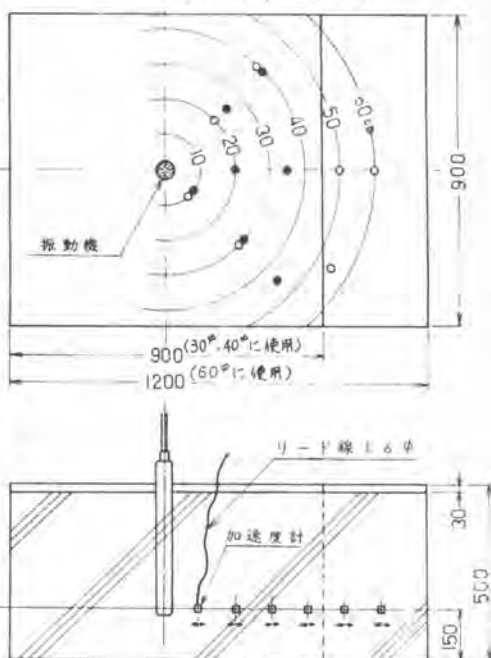
実験に使用したコンクリートは、表-1に示す調合の普通コンクリート2種類(スランプ $^{\circ}$ 8cm, 18cm)とした。振動機は、振動筒の外径が30~60mmのモータ内蔵形及びフレキシブル形を使用した。表-2に振動機の仕様を示す。

### 2.2 実験結果と考察

図-2に40mm $\phi$ 振動機を用いた場合の、スランプ $^{\circ}$ 8cmにおける加速度測定データの一例を示す。

図-2において、加速度は振動開始直後に最大値を

- 30 $\phi$ ・40 $\phi$ 振動機実験時
- 60 $\phi$ 振動機実験時



(注)  $\rightarrow$ は加速度計検出方向を示す  
図-1 加速度計配置図

示し、10~15秒目で徐々に減少して、その後定常状態となる。このことから、コンクリートの振動締固めは10~15秒の間に行なわれ、密度及び組織が均一になることにより定常状態に落ち着くものと思われる。

コンクリートの締固めが15秒目までの間に行なわれることから、締固めに有効な振動加速度を0~15秒の平均値とみなし、この平均加速度と振動源からの距離との関係を機種別に整理したものが、図-3である。これによれば、コンクリート中の振動加速度は、振動源から遠くなるにつれて指数関数的に減少していることがわかる。同一距離における加速度を比較すると、モータ内蔵形の方がフレキシブル形より大きい値を示しており、同一振動機構では太径振動機ほど大きくなっている。次にスランプ別の振動伝播性状を比較すると、同一機種においてスランプ8cmの方がスランプ18cmに比べて小さい加速度を示しており、低スランプほどコンクリート中における加速度の減衰が大きいことがわかる。

表-1 コンクリートの調査

スランプ (cm)	水セメン ト比 (%)	細骨材料 (%)	単位数 (kg/m <sup>3</sup> )				空気量 (%)
			セメント	水	砂	砂利	
18	63.5	48.1	295	187	863	949	4
8	63.5	47.3	258	164	892	1012	4

(注)粗骨材の最大寸法は25mm

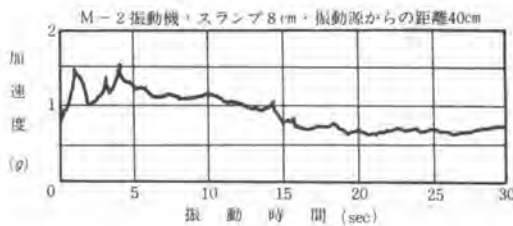


図-2 加速度測定例

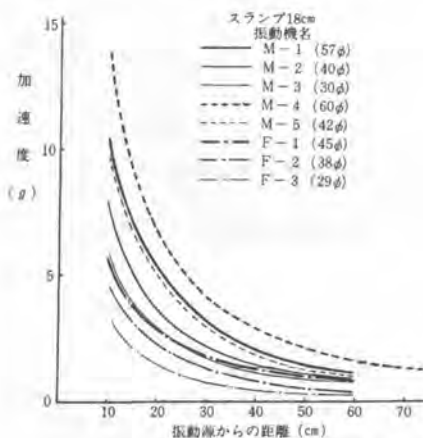


表-2 振動機仕様

区分	振動機名	振動筒 外径×長さ (mm) (mm)	振動数 (vpm)	振幅 (mm)	容 加速度 (g)
モ ト ア 内 蔵 形	M-1	57×483	12000	0.8	120
	M-2	40×410	12000	0.8	120
	M-3	30×385	12000	0.8	130
	M-4	60×482.5	9000	1.6	145
	M-5	42×396.5	9000	1.4	130
フ レ キ シ ブ ル 形	F-1	45×472	9000	1.1	100
	F-2	38×497	9000	1.0	84
	F-3	29×465	9000	0.8	72

(注)空無負荷空中運転時の実測値

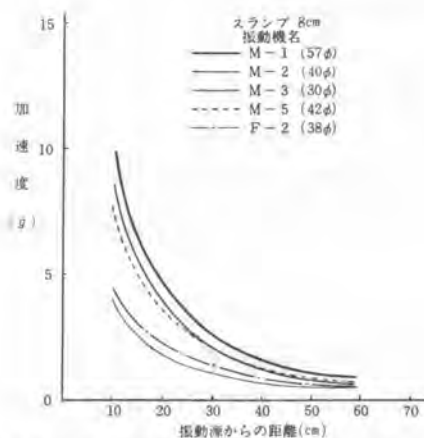


図-3 振動源からの距離と加速度との関係

### 3. 振動によるコンクリートの締固め効果

#### 3.1 実験の目的及び概要

振動とコンクリート締固め効果との関係を知る目的で、外部振動機を据付けた図-4に示す振動台を用いて型枠中のコンクリートに振動を与えて、締固めに必要な加速度の大きさを検討した。振動の大きさは、振動台上のウェイトを増減することにより調整し、各実験毎に型枠上端に据着した加速度計により検出した。

コンクリートは表-1に示す調合の普通コンクリート2種類(スランブ8cm, 18cm), 振動機は振動数9000rpmの型枠振動機とした。

締固め効果は高さ15cmにカットしたテストピースの表面空隙率で評価した。表面空隙率は次のように定義する。

$$\text{表面空隙率 } \alpha = (V_2 / V_1) \times 100 \\ = (1 - V_3 / V_1) \times 100 \quad (\%)$$

ここで  $V_1$ : 要充填空間の容積 ( $V_2 + V_3$ )

$V_2$ : 表面に生じる空隙容積

$V_3$ : 要充填空間に占めるコンクリートの容積

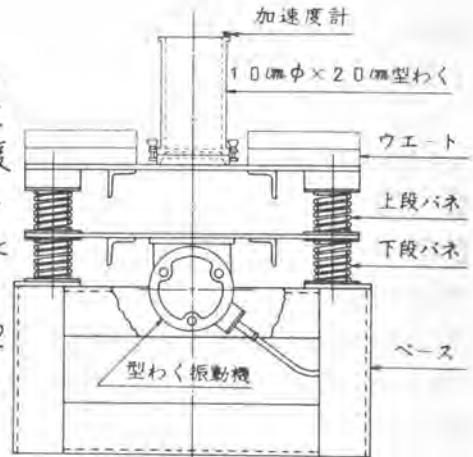


図-4 振動台概略図

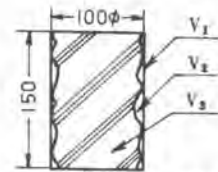


図-5 テストピース断面

#### 3.2 実験結果と考察

振動時間5秒, 10秒の場合の、表面空隙率と加速度との関係を図-6に示す。表面空隙率は加速度の増加に従って減少し一定値に近づく。グラフの水平部分は表面空隙率が変化しないことを示し、このグラフの折点に対した加速度A, B, A', B'を締固め有効加速度の下限値とした。

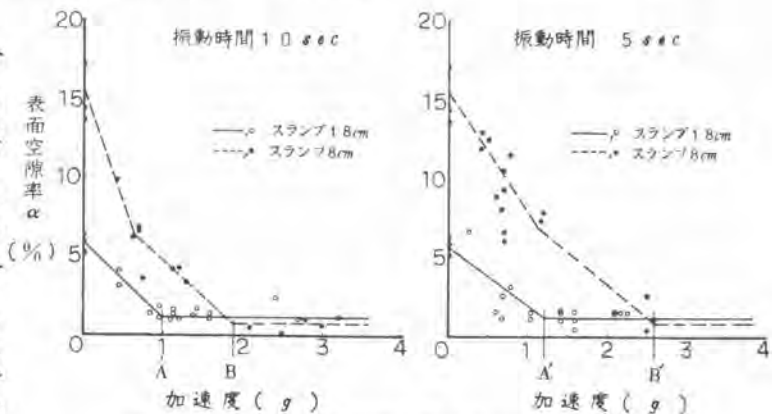


図-6 加速度と表面空隙率 $\alpha$ との関係

図練りコンクリートほど、また振動時間が短いほど、締固めに必要な加速度が大きくなることが見られる。

#### 4. 振動機の締固め有効範囲

2, 3節の結果より締固め有効範囲を次のようにして求めた。振動時間10秒における締固め有効加速度下限値(図-6のA, B)に、コンクリート施工上の変動要因による安全率1.3倍を乗じた値(スランブ8cmで1.3g, スランブ18cmで2.5g)を締固め有効加速度とし、図-3の振動源

からの距離と加速度との関係図に重ねたものが図-7である。締固め有効範囲は、加速度減衰曲線と締固め有効加速度との交点に対応した距離で示される。図-7より、スランプ8cmにおける締固め有効範囲は、スランプ18cmの場合に比較して40~65%に減少していることがわかる。スランプ18cmにおける各振動機の締固め有効範囲は、モータ内蔵形で振動筒外径の10~12倍、フレキシブル形で7~9倍であった。

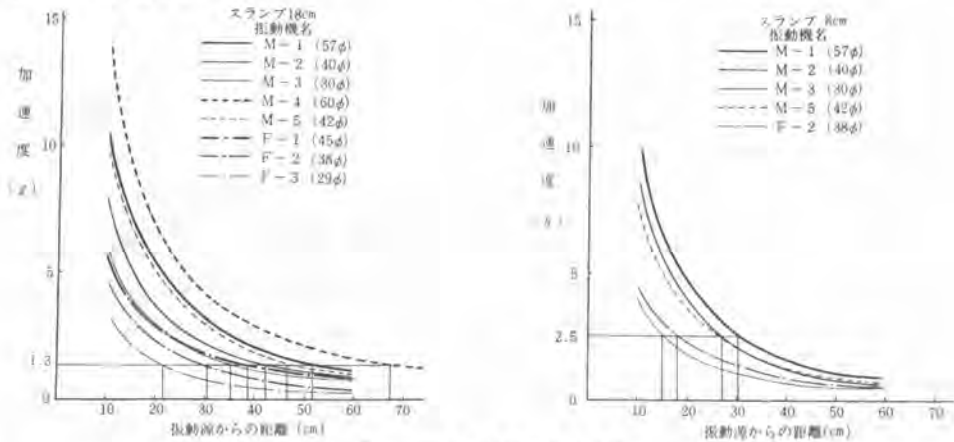


図-7 振動機の締固め有効範囲

## 5. 結論

以上、コンクリート中における振動機の締固め性能について要約すると次のとおりである。

- 1) コンクリート中の加速度は、振動開始時では大きく、10~15秒まで徐々に減少し、密度及び組織が均一になることにより定常状態となる。このことからコンクリートの締固めは15秒までの間に行なわれるものと考えられる。
- 2) コンクリートの締固め効果を表面空隙率で評価した結果、締固めに必要な加速度は、振動時間10秒において、スランプ8cmで1.3g、スランプ18cmで2.5g以上である。
- 3) 上記の締固め有効加速度に基づいて締固め有効範囲を設定した結果、スランプ18cmでは、モータ内蔵形で振動筒外径の10~12倍、フレキシブル形で7~9倍であり、モータ内蔵形の方が締固め効果が高い。
- 4) 加速度の減衰は、固練りコンクリートほど大きく、スランプ8cmにおける締固め有効範囲はスランプ18cmの場合に比較して40~65%に減少する。

今回の実験より市販棒状振動機の締固め有効範囲、締固め所要時間を明確にすることができた。今後の課題として、施工時において振動機による締固め作業が困難な部分での締固め方法の検討を進めて行く予定である。

### 参考文献

- 1) “三密コンクリートバイブレータ締固め試験報告書” 建設機械化研究所 昭和43年
- 2) 神山一、遠藤博之“振動締固め中の軽量コンクリートの振動伝播性状” 材料 第18巻、第185号、昭和44年
- 3) 坂本信義、岩崎訓明“がた練り人工軽量骨材コンクリートの振動締固めに関する研究” コンクリート Vol.17, No.4, 1977
- 4) 横山平彦“コンクリートの充てん性について” コンクリート Vol.5, No.10, 1967



## 12. 油圧バイブロリーチの開発

鹿島建設 金井 治 雄

### 1. まえがき

従来、コンクリートの締固めに使われるバイブレーターは、空気動式、又は、電動式である。ダムコンクリートは一般に電動式が使われ、締固め能力アップに周波数変換機を用いて、高周波電源を得て使用している。

当社では、さき、ダムコンクリート締固め機械として、この電動式バイブレーターを装着したバイブロリーチ（腕が遠くまでのばせる）を開発し、実用化した。近年、建設機械が油圧化されているなかで、油圧式バイブレーターの開発・国産化に着手し、今回さらに、油圧機構によってダムコンクリートの締固め作業が、円滑・容易に品質よく行えるベースマシン本体装置を開発し、油圧式のバイブロリーチを実用化した。

この開発機械は、鹿島建設(株)と林バイブレーター(株)、鈴木技研工業(株)の共同開発で、ここに、その概要を紹介する。なお本機は、特許申請中である。

### 2. 油圧バイブレーター (HIB 150型)

#### (1) 概要

本機は、ダムコンクリート締固め機械に取付けて使用するよう、特別に設計・製作した、バイブレーターで、油圧モータを駆動源として、高い振動数と強力な遠心力を発生し、かつ苛酷な使用に耐えられる堅牢なバイブレーターである。

#### (2) 仕様

本機の主な仕様は、表-1 のとおりである

#### (3) 特徴 および 構造

- 1) ベースマシンの駆動用油圧ポンプと共用して、バイブレーターの油圧モータを駆動することが出来る。
- 2) 油圧モータは、ギヤケース、前後フレームに特殊軽合金を使用し、高速・振動に耐えられるギヤモータである。
- 3) 軸受は、高振動・重荷重に耐えられるよう、保持器と特殊合金とをもち、高速での熱膨張による焼付と防止するためスキマをとり、調整してある。
- 4) 軸受潤滑は、高振動・重荷重に耐えられるよう、油潤滑とし、 $MoS_2$  剤を添加した油を使用する。



写真-1 油圧バイブロリーチ

用し、潤滑性をよくし軸受寿命を増大を図る。

- 5) 振動部は、特殊鋼管を使用し、特に尖端部分には耐摩耗ハードフェンシング処理を施して耐久性を考慮する。
- 6) 防振装置として、振動体継ぎ手と振動体との間に同径物防振ゴムを介して防振処理を行う。また、ベースマシン本体の油圧機構によって強制的にバイブレーターをコンクリートの中に挿入するので、バイブレーター取付け上部と中間に各々防振ゴムを介して装置させ、取付け部の損耗を減少させるとともに、オペレータに不快感を与えないよう考慮する。
- 7) 振動部の接続は、ネジによって接続し、分解組立が容易になるよう設計する。

表-1 油圧式バイブレーターの仕様

項目	仕様
振動体概寸法	150 x 600 mm
振動数	max 8,000 v.p.m
挿入深	max 2.8 mm
油量	16 l/min
油圧	150 kg/cm <sup>2</sup>
油圧ホース接続口径	pt 3/8 B
概重量	47 kg

### 3. グーム機構 および ベースマシン本体 (A10601)

#### (1) 概要

本機は、ダムコンクリートの締固め作業がスムーズに、しかも、迅速よく行えるよう次のような機能を有している。

- 1) ベースマシン本体は全油圧式とし、バイブレーターの油圧ユニットを兼ねている。
- 2) 足廻りを湿地タイグのフローラー式とし、全旋回式にする。
- 3) ダムコンクリートの1バケット当たり6m<sup>3</sup>を対象として、アーム・グームのリークを4mとする。
- 4) 油圧式バイブレーターを4本搭載し、作業能率をよくするため、4角状態、あるいは、1列状態に配列可能にする。
- 5) バイブレーターは、1本〜4本と作業状態に合わせて任意にコンクリート中に挿入可能な単独スライド式で取付けられる。
- 6) コンクリート中に垂直方向だけでなく傾斜方向からも挿入可能にする。
- 7) バイブレーター取付け部は、上下・左右に首振可能にする。
- 8) バイブレーターの振動数とコンクリートの締固め状況に合わせて、3,000 ~ 8,000 v.p.m 間任意に調整可能にする。
- 9) 動力は、ダムコンクリート型構内の狭い場所の作業のため、排気・騒音・振動等を考慮して、電動方式にする。



写真-2 コンクリート締固め状況

(2) 機械の構造と性能

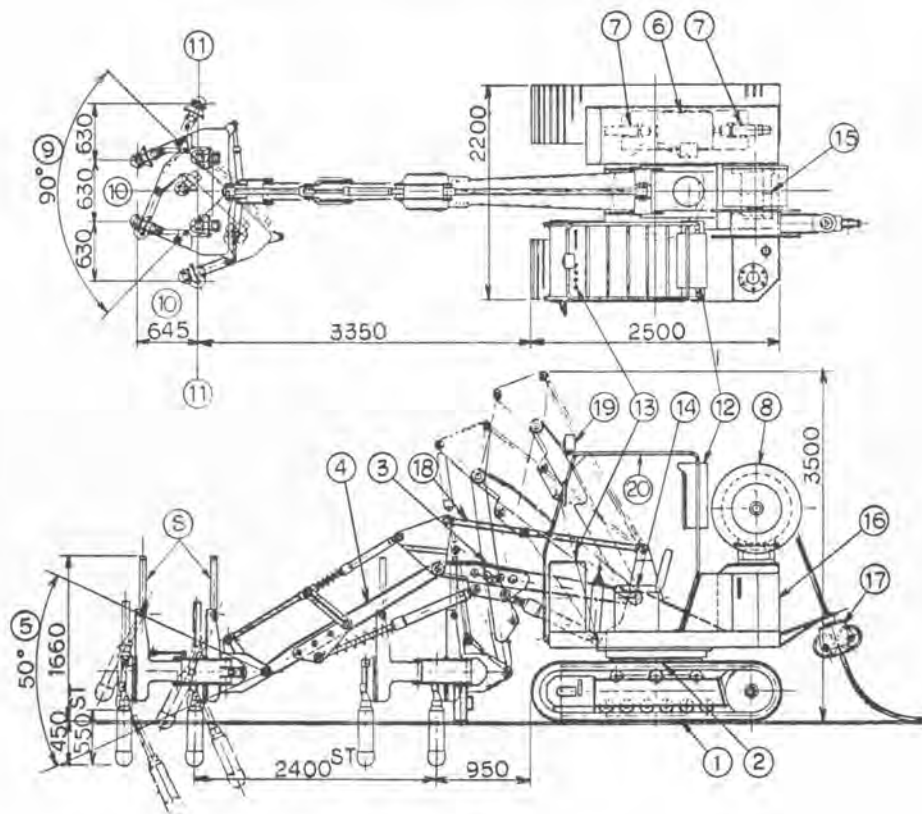
本機は、図-1、と示すようにベースマシン本体は、パワーショベル(三菱エンボ-掘地タイプ)を改造したもので、足廻り走行①、旋回機構②、ブーム③、アーム④、および先端部上下首振り⑤、は従来のパワーショベルの操作系統・機能をそのまま利用した。

動力源は、ベースマシン旋回部の電動機⑥、および油圧ポンプ3連スズ⑦、を搭載し電源は広範囲の作業が可能にように、30m巻取りケーブルリール⑧、を使用している。

油圧式バイブレータ4本を搭載した先端部は、左右に首振り⑨、可能になっていて、狭い場所や型枠のコーナー部に有効に作業できるようになっている。また油圧式バイブレータは、手動でセットポイントと操作することにより、4角⑩、あるいは、1列⑪、に配列可能としてあり、コンクリートの打設状態に適応できるようになっている。さらにバイブレータ装着部分には、上下スライド機構⑫、をもち任意の位置と本数のバイブレータと換装させ、コンクリート中に挿入できる構造としてある。

操作機構は電気系統の操作制御盤⑬、を有し電動機⑥、および油圧ポンプ⑦、と駆動させるようになっており、油圧系統は、すべて手動切戻操作弁⑭で単独操作、複合操作が、オペレータ席⑮より容易に出来るようになっている。

図-1 油圧バイブローラー



特に油圧式バイブレーター用弁駆動切換弁は、切換弁レバーの傾斜角度で作動油流量を調節可能なようにノック間隔を設けて、油圧式バイブレーターの任意の振動数を得ることが出来るようにしてある。

その他、オイルクーラー⑤、オイルタンク⑬、ケーブルガイド⑰、平行リンク⑱、ヘッドライト⑲、ヘッドカバー⑳、を装備している。



写真-3 バイブレーターの配列

#### 4. 油圧バイブローリ-チの仕様

本機の仕様は、表-2. に示すとおりである。

表-2 油圧バイブローリ-チの仕様

項目	仕様	項目	仕様
格納時全高	3,500 mm	バイブレーター回転数	3,000 ~8,000 v.p.m
格納時全長	4,500 mm	バイブレーター上下首振	50°
作業時全高	4,800 mm	バイブレーター左右首振	90°
作業時全長	7,500 mm	バイブレーター作業ストローク	2400 mm
全ヤ	2,300 mm	バイブレーター上下ストローク	550 mm
旋回半径	5,300 mm	電動モーター定格出力	22kW 4P
旋回速度	2.5 r.p.m	油圧ポンプ	ギヤ型 3連 2T
走行速度	0.6 km/h	全装備重量	6,700 kg
登坂能力	58 %		
接地圧	0.25 kg/cm <sup>2</sup>		

#### 5. おまけ

本機は施工実績が少ないうえ、発想開発（初期）の機能と発揮しており、ほぼ満足できるものとなっている。しかし、今後の施工実績とともにより、

1. コンクリートの締固め作業サイクルに対する適応性
2. 機械構成部の簡素化、機械重量の軽量化・小型化
3. 操作方法の容易性 および 居住性

等々の検討・改良を加えて、新機械の開発にさらに努力してゆく所存である。



## 2.3 作業性と特長

本工法は、振動、粉塵は全くなく、騒音は70ホン(A)以下であるが、簡単な防音装置を取りつけることで5~10ホン(A)下げることができる。

作業性はきわめてよく、安全で運搬が容易である。しかし解体スピードは機械および部材の条件によって異なるが、作業の日程と機械の台数によって自由に調整できる。又建物の内部から部材の切断ができることから最小限の仮施設設で済むことも大きな特長である。切断には水と電気あるいは動力用燃料を必要とする。

工事費については、切断計画図にしたがって正確に見積ることが出来る。従来のブレーカー工法、其の他に比してやや高くつくが、本工法の特長のメリットを差引けば十分に現状工法として適用できる。

## 2.4 実績

現在までの主な実績を表1表に示す。

表1表

解体建物	発注者	規模	工期	解体建物	発注者	規模	工期
電々公社大南々電話局	電々公社	RC % 延582㎡	47.12~48.3	国際電々小山送信所	国際電々	RC % 延246㎡	51.6~51.9
東海銀行 竹ノ塚支店	東海銀行	RC耐震壁 <sup>1,300</sup> 延3,800㎡	48.10~48.11	済生会病院	前橋市	RC % 延850㎡	52.1~52.2
川崎市井田病院	川崎市	RC擁壁H45 L67	49.4~49.5	お茶の水駅	国鉄	RC % 24㎡	52.3~52.3
南東銀行 本店分室	南東銀行	RC % 延489㎡	49.3~49.4	川崎市堤根ごみ焼却場	川崎市	RC % 延123㎡	52.3~52.3
緑区役所	名古屋市	RC % 延540㎡	50.3~50.4	大蔵省本庁舎屋上	本庁舎	RC耐震スラブ525㎡	52.6~52.8
久留米大学附属病院	久留米大学	RC % 延453㎡	50.4~50.5	川崎市大島清掃場	川崎市	RC % 延1,300㎡	52.12~53.3
大阪市立高芸学校	大阪市	RC % 延846㎡	51.4~51.4	東電横浜西口変電所	東京電力	RC % 延730㎡	53.5~53.6
肥後銀行 福岡支店	肥後銀行	RC % 延330㎡	51.4~51.5				

## 3. 切断機

### ●TAC-S型



スラブ、梁上端専用機で連続切断が出来ます。  
最大切断深さ230%。

### ●TAC-H型



壁、柱の下部を水平に切断する機械です。  
最大切断深さ150%ですが、壁体でゲブル配筋の場合は両面から切断して切離しをします。

### ●TAC-R型



コンクリート面にガイドレールを取付け、それに沿って切断できる。  
最大切断深さ100%。

### ●TC-Z型



階段面にR型と同じ様にガイドレールを取付け、それに沿って階段面を切断します。  
最大切断深さ240%。

#### •TC-SS型



S型と同じく、ス  
ラブ、梁上機専用  
機で、ガソリンエ  
ンジンで駆動。  
最大切断深さは  
450mm。

#### •TC-H型



専用の小型クローラーに搭載して  
建物内を自由に移動し、柱、壁  
や柱の水平連続切断がおこな  
います。  
最大切断深さ220mm。

#### •TAC-O型



どんな方向でも自由に切断  
できる万能型です。新に、  
フォークリフト、ショベル  
クレーン等にも、取付ける  
ことができます。  
最大切断深さ160mm。

#### •TC-V型



壁をたて切りし、梁倒や梁  
下端を切断します。  
最大切断深さ230mm。

### 4. 解体要領

本工法の採用は次の条件を考慮して定める。

(1) 解体現場への電力および給水の供給が必要。(2) 解体部材の搬出方法(吊おろし、廃棄、再利用、処分先)を計画する。(3) 大型基礎などマスコンの形状寸法によつては他の工法との併用を考慮する。

#### 4.1 事前調査

(1) 竣工時の設計図書、工事記録などにより調査する。特に各部材の形状(厚さ・仕上り等)と配筋状態を調査する。(2) 仮設物、養生施設のほか、解体に必要な諸機械のスペースおよび、搬出部材の一時ストックヤード、仮設道路などの状況を調査する。(3) 工事現場周辺の環境条件と交通規制を調査する。(4) 地下埋設物などの有無を確認する。

#### 4.2 解体計画書の作成

事前調査およびカッター工法採用の条件が満足したら、先づ安全を全提としてひとつも解体能率が高くなる様に、最小切断量で解体部材が運搬可能で最大になる切断位置と切断長さを算出する図面を作成する。たとえば開口部を利用した解体部材の吊上げ能力から1日の切断量を求め、切断機の台数を計画し工期を設定できる図面を作成する。これによつて使用機器の計画、労務計画、工程計画等をたて解体施工計画を立案する。解体計画図には切断位置および切断長画などから各部材の吊上げ順序、部材の搬出方法、処理にいたる工程計画と現場におけるストックヤード、仮設道路、建設建物の配置などおよび吊りあげ用機械の作業範囲を明示する。

#### 4.3 仮設計画

(1) 仮囲い、仮設建物の計画。(2) 作業足場は特殊の場合以外は必要としないが、養生シートなどを必要とする場合は最小限に計画する。(3) グレード冷却用水、電力設備は集中的に各階に計画する。

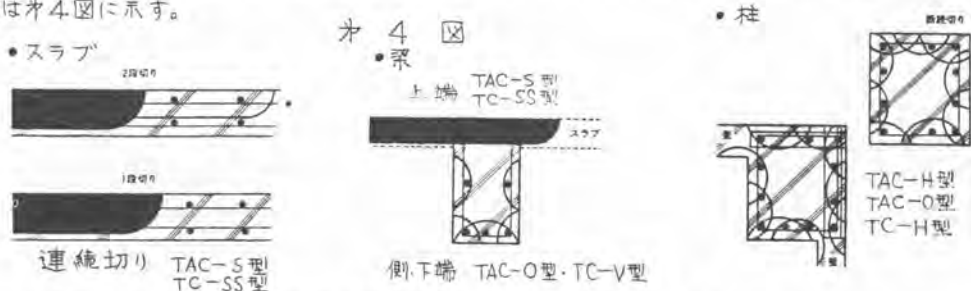
#### 4.4 安全対策

(1) 工事現場周辺に騒音規制がある場合や、病院、住宅街などの中では必要に応じて防音カバーを

取付ける。(2) 切断中の部材については、予めサポート等で支持し、作業時の安全を確保すると共に、第三者への不測の事故がおきないように計画する。(3) 地下又は基礎については必要に応じて山止め等を計画し安全に十分注意する。(4) 排水は沈殿槽など状況に応じて適切に事前計画をする。

#### 4.5 部材切断方法と解体順序

切断は鉄筋部分を最小のエネルギーでおこなひ、コンクリートを切断する事が主目的ではない。切断方法はオ4図に示す。



クレーンの能力や運搬制限(最大巾25m、長さ10.5m、重さ6ton/枚)を考慮して、解体の順序は原則として部材別に1階ごとに安全を保持し乍ら切断する。切断された部材は直ちに吊上げる。強風時、雨天時はできるだけ作業を中止することが望ましい。吊上げ作業には必ず玉掛け有資格者をつけ、作業中の安全を期する事は勿論である。吊上げ金具、ワイヤーなどの玉掛け用具は検査、強度、疲労など定期的に点検することが重要である。

#### 4.6 切断機と台数の決定

切断長さの集計は切断計画図に従う。切断用ブレードは従来の舗装切断用のものでは使用できない。鉄筋とコンクリートのように複合材についての検討をおこなった結果特殊ブレードを開発した。切断機械とプレート能力はオ2表に示す。以上の資料にもとづいて機種と台数を計画する。

#### 4.7 解体部材の搬出と処理

(1) 搬出計画は1日当りの解体能率、クレーンの吊り上げ工程、ストッパヤードの貯蔵量、処理先までの巨離と時間等を十分検討して定める。(2) 解体部材の処理は再利用か廃棄かにより、処理先の受入れ能力を調べて、解体部材のまゝ、まよいか、加工小割を必要とするかを検討する。

オ2表

機 種	切断	切断	能力	ブレード	機 種	切断	切断	能力	ブレード	備 考
	部位	深さ(cm)				能率(%)	部位			
TAC-S	スラブ	23	30	200	TC-SS	スラブ	20	60	200	1.当表は標準的な数字であり現場の状況によつて多少の変動があります。 2.TC-SSはガソリンエンジン、他はモーターにより駆動します。
TAC-H	壁	15	20	150			30	50	170	
	柱		15	100			40	40	170	
TAC-O	壁	16	15	150	45	30	150			
	梁		10	100	TC-V	壁	23	40	150	
TAC-R	梁	10	10	100		梁	30	100		
	柱		5	100	TC-H	壁	22	30	150	
						柱	15	100		
					TC-Z	階段	24	15	80	



# 14. ダム工事などにおけるP20C濁水処理装置の活用について

日立建機 飯田 武男

## 1. まえがき

ダム建設工事より発生する汚濁水としては、骨格プラントやバッチャープラントからの沈降濁水を主として、その他、ダムサイトの関連作業に起因する汚濁水がある。これらダム工事より発生する濁水を処理する装置はダム工事の規模、濁水性状、ダムサイトの地形等…によって決まり、従来からも様々なものが設けられてきた。一方、河川の生活および自然環境、また水質保全の見地から年々処理水等に対する法や条令による規制は厳しくなって来ており、これら処理装置の高性能化が望まれている。本稿は、ダム工事用に移送容易でコンパクトなP20C濁水処理装置と納め好成绩をおさめたので、本機の構造および稼働実績について以下で紹介するものである。

本機は処理量 200 m<sup>3</sup>/hr 原水濁度 36,000 ppm の原水を処理水濁度 100 ppm 以下、pH 6~8、排出土砂含水率 45% 以下として処理するものである。

## 2. 本機の特長および構造

本処理装置の全景写真および仕様を図1、表1に示す。

本機の特長としては

- 1) 浄化性能の優れた横流れシッフナーを採用し、また上昇流型シッフナーの利点であるスラッジブランケット機構を備えている。これにより高濃度および低濃度濁水の処理も可能としている。
- 2) 処理装置は2系列(100 m<sup>3</sup>/hr × 2)で、これによって各装置(シッフナー、薬注装置、脱水機、pH調整装置)をユニット化し分解輸送が出来るものとし、現地据付期間を短縮した。(据付期間 6日間) また将来の移設も容易に出来る。  
図1の全景写真に示すごとく、本機は2階建式でこれにより設置面積を従来のものに対して1/3~1/4 にすることが出来た。
- 3) スラッジの脱水処理は連続脱水式であるベルトプレス式を採用した。
- 4) 運転操作は中央制御盤で行い、各機器の自動運転と共に原水濁度、流入量の変動に対応して薬注量を自動的にコントロールする装置を備えている。
- 5) pH調整装置は安全性、操作性の優れた炭酸ガス中和方式を採用した。



図. 1

図2にP20Cのフローシートを示す。

本処理システムは管桁プラント等から排出された原水を前処理として沈砂池に入れ、ここで粗粒子(砂分)を沈積させ原水槽を通して原水ポンプによりシッフナーに送る。この間シッフナーでは無機系凝集剤、有機系凝集剤を添加し、急速攪拌、緩速攪拌を行って濁水を沈降分離し、清澄水をシッフナーからpH調整装置へ、また下部に沈積したスラッジは脱水工程に送る。これら操作はスラッジレベル界面計等により自動的に行なわれる。また緩速攪拌部には濁水濃度の低い濁水に対応するためのスラッジブランケット機構を設けてある。次にpH調整装置に導かれた清澄水は反応槽で炭酸ガスを吹き込まれ、強制分散攪拌によりpH調整処理されて放流、および再利用工程に送られる。一方、脱水工程に導かれたスラッジは筒形凝集槽で再度有機系凝集剤を添加し、攪拌機構によって造粒し脱水機へトフィードされる。脱水機はろ布走行式のベルトプレス脱水機で、脱水されたケーキはコンベアにより機外に排出される。

表1 P20C仕様

処理能力	水量		
	200 m <sup>3</sup> /hr		
	原水水质	SS	36,000 ppm
		pH	平均 11, 最大 12
処理水水质	SS	100 ppm 以下	
	pH	6 ~ 8	
	ケーキ含水率	45 wt% 以下	
脱水機	ベルトプレス型	6D = 2台	
薬剤溶解槽	無機系凝集剤	1 m <sup>3</sup> × 2	
	有機系凝集剤	8 m <sup>3</sup> × 2	
pH調整装置	炭酸ガス中和方式		
電源容量	125 KVA		
電源	200V 50 Hz		

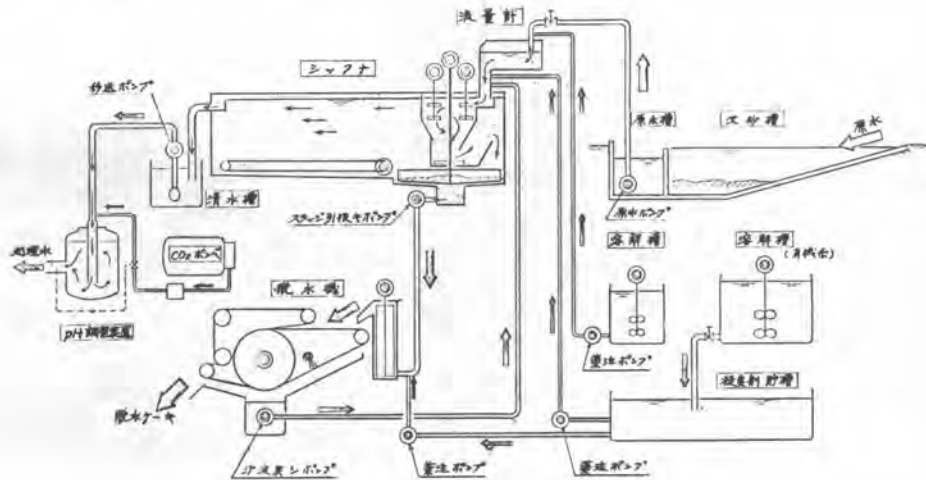


図2 P20C フローシート

### 3. 稼働実績

本機は、北海道札幌土木現業所、美唄ダム建設工事現場に本年5月設置され、管桁プラント洗浄水、バッチャープラント洗浄水、コンクリート養生洗浄水、ボーリングプラント排水処理用として、現在順調に稼働中である。本機の稼働は1日6~10時間、年1,000時間として年間使用される予定で、総濁水処理量は600,000 m<sup>3</sup>である。

表.2は原水濃度、処理水水質、凝集剤の添加量等について測定した実績を示す。

表.2に於いて、原水濃度のAは沈砂池流入口、Bは沈砂池オーバーフロー部での測定値である。

また図.3はA、Bに於ける原水の土粒子粒径分布例である。

図.4は脱水ケーキコンベアにより搬出され堆積した状態の写真である。

表.2 稼働実績値

項目		測定No.	1	2	3	4	5	6	7
原水	原水量		180 <sup>m<sup>3</sup>/h</sup>	190	190	190	190	190	190
	濃度	A	35,000 <sup>ppm</sup>	38,000	40,000	42,000	49,000	57,000	40,000
		B	30,000 <sup>ppm</sup>	28,000	35,000	38,000	45,000	48,000	30,000
凝集剤 添加量	硫酸バク		90 <sup>ppm</sup>	65	65	65	65	52	33
	高分子 (AP217)	一次	4 <sup>ppm</sup>	3.7	3.1	3.1	3.1	2.3	2.2
		二次	8 <sup>ppm</sup>	8.4	9.7	12.8	12.2	10.3	8.1
処理水 水質	SS		11 <sup>ppm</sup>	7	7	33	10	29	48
	透視度		26 <sup>cm</sup>	30以上	30以上	13	27	10	10
	PH		6.5	6.5	6.5	6.8	6.6	6.9	6.5
脱水ケーキ 含水率		45.6 <sup>%</sup>	45.9	44.3	44.7	45.1	42.9	41.2	

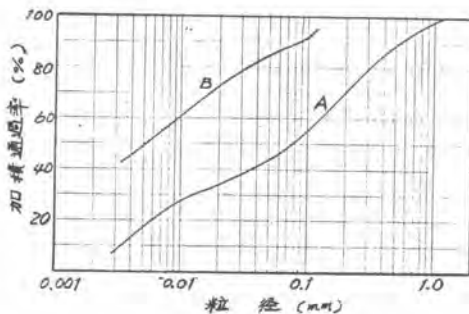


図.3 原水土粒子粒径分布例



図.4 脱水ケーキ堆積状態

尚、排出土砂は近くの土捨て場に堆積処分され、また処理水は河川に放流ないしは洗淨用水として再利用されている。

本装置の運転操作員は一人で、凝集剤の溶解および各機器の監視を主に行っている。

表.2の稼働実績値から

- 1) 原水濃度は沈砂池流入口で 35,000 ~ 57,000 ppm、沈砂池オーバーフロー部で 28,000 ~ 48,000 ppmと変動しており、また 10,000 ~ 15,000 ppmの粗砂(砂分)が沈砂池で処理されている。

- 2) 無機系凝集剤の添加量は硫酸バンドで 100ppm 以下である。
- 3) 有機系凝集剤の添加量は一次凝集用(沈降分離)として 4.5~5ppm, 二次凝集用(脱水処理)として 10~15ppm である。
- 4) 処理水水質については、SS 30ppm 以下、pH 6.7~7.1, また脱水ケーキ含水率は 42~45% である。

#### 4. あとがき

近年、地域開発の一環をなす治水と用水を目的とする多目的ダム、省資源の見地からの電力用ダムの建設が全国的に計画され、またトンネル工事、河川改修、都市土木に於ける基礎工事や泥水シールド等の工事も多くなっており、これら濁水処理量の増大と、一方これにより公害関係の法規制も再厳しくなるものと予想される。処理装置としては高性能化、省力化とともに、ランニングコストの低減を計る等の要求は更に強くなるものと考ええる。

本稿で紹介した P20C 濁水処理装置はこれらの要望に十分応えられるものと確信しているが、今後更に処理性能の向上を計り、また薬注装置の完全自動化等によりランニングコストを低減化していきたいと考える。

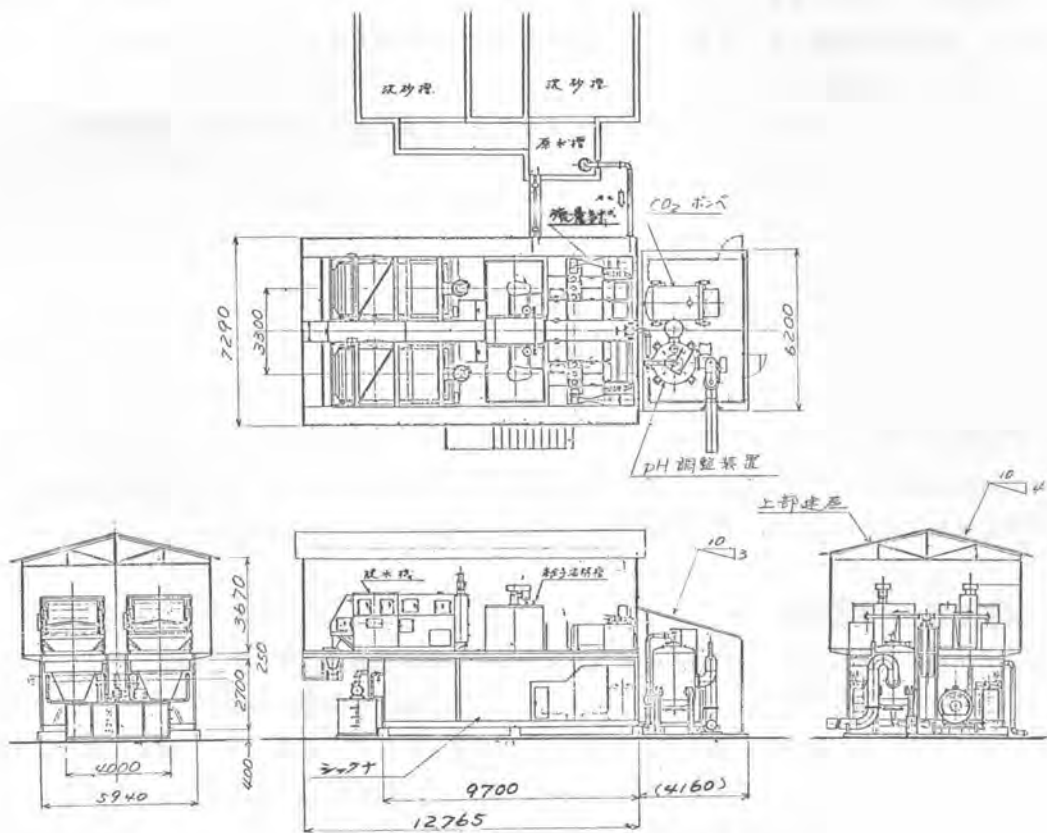


図 5 P20C 濁水処理装置全体図

# 15. 連続固結処理プラントによる廃棄泥水の埋戻し工法

間 組 加 藤 太 重  
新 名 順 一

## 1. まえがき

泥水を使った掘削工事に伴って発生する廃棄泥水は、一般に産業廃棄物として取扱われており、勝手には投棄できず、認可された捨場までバキュームカーやコンテナ車にて運搬処理しなければならない。しかし、環境保全の面から、特に市街地では、捨場の確保が困難になってきている。そのため、バキュームカーやコンテナ車による直接投棄方法に代るものとして、廃棄泥水に薬品（凝集剤）を加え、機械的な方法で清澄水と脱水ケーキに分離する方法や廃棄泥水に固結材を加え、固結処理する方法などが用いられるようになってきたが、これらの処理工法を実施するさいにも、現場条件、廃棄泥水の発生量・性状、処理コストなどの多くの問題が残されているのが現状である。

以上のような処理工法はいずれも廃棄泥水を工事現場から搬出処理するものであるが、環境保全、建設工事費のコストダウンの見地から考えると、廃棄泥水の有効利用が望まれる。当社では、廃棄泥水を固結処理し、良質の埋戻し材などとして有効利用することにより、固結処理工法に大きな付加価値を与え、相対的に処理コストを安くし、従来の処理工法の問題を解決する工法を開発した。（リサイクルリングソイル工法という）

本文は、リサイクルリングソイル工法による埋戻し工法の基本システムとそのため連続固結処理プラントについて、実施例にもとづきまとめたものである。

## 2. リサイクルリングソイル

リサイクルリングソイルとは廃棄泥水または廃棄泥水と掘削土砂の混合物（以下、高含水比泥土という）に固結材を添加・混合した流動性の充填材料で、充填後は固結する。掘削土砂を混合する目的は2つある。その1つは、廃棄泥水単体を固化するより掘削土砂を混合し、単位体積重量を大きくしたほうが固結材の添加量が少なく経済的になることと、埋戻しのさいの置換性が良くなるためである。他の1つは、泥水工法による掘削土砂は一般に高含水比で取扱いにくく、コンテナ車で運搬処理しなければならないため、掘削土砂も廃棄泥水と一緒に処理することを考えた。

## 3. 固結処理土の強度特性

高含水比泥土を固結処理し、処理目的に応じた強度（一軸圧縮強度、 $q_u$ ）を得るためには、高含水比泥土の性状、固結材の種類・添加量と経済性について検討する必要がある。

固結材としては、一般にセメントが主体で、高含水比泥土の性状、処理目的に応じて添加剤が加えられる。例えば、数時間～1日程度で $q_u = 0.5 \sim 2 \text{ kg/cm}^2$ とする場合には、固結材としてセメントに水ガラスを加えたもの、排脱セッコウ、その他のものがある。材令3日以上で $q_u = 0.5 \sim 2 \text{ kg/cm}^2$ とする場合には、セメント系固結材単体で一般には目的が達せられる。

ここでは、固結材にセメント系B材を使用した場合の固結処理土の強度と高含水比泥土の性状(特に、単位体積重量,  $\gamma_t$ ), 固結材の添加量および材令などの関係について以下に示す。

### 3.1 高含水比泥土の性状と強度

$\gamma_t$ と $q_{u28}$ の関係を図-1に示す。

仮りに目標強度 $q_{u28} = 1 \text{ kg/cm}^2$ とした場合,  $\gamma_t = 1.1 \sim 1.2 \text{ g/cm}^3$ では固結材の添加量(以下, Cという)が110~150  $\text{kg/m}^3$ であるのに対し,  $\gamma_t = 1.3 \sim 1.5 \text{ g/cm}^3$ では固結材の添加量 $C = 50 \sim 80 \text{ kg/m}^3$ となり, Cを1/2程度にできる。したがって, 廃棄泥水を直接固結処理するより掘削土砂を混合して処理したほうが経済的になる。

### 3.2 材令と強度

A現場の高含水比泥土について,  $\gamma_t = 1.39 \text{ g/cm}^3$ で,  $C = 40 \sim 100 \text{ kg/m}^3$ の場合に材令と $q_u$ の関係を図-2に示す。

$\gamma_t$ が1.4程度で, Cが40~60  $\text{kg/m}^3$ 程度では材令による $q_u$ の増加はあまり期待できない。図-2を用いれば, 任意の材令における固結処理土の $q_u$ が推定でき, 掘削, 運搬などの施工時期の目安を得ることができる。

### 3.3 固結材の添加量と強度

図-2を基に, Cと $q_u$ の関係を図-3に示す。

$\gamma_t = 1.39 \text{ g/cm}^3$ の高含水比泥土をセメント系B材で固結処理した場合, 材令1日程度では, Cによる $q_u$ の差はみられない。また,  $C = 50 \text{ kg/m}^3$ 以下では材令5日以降の $q_u$ の増加はほとんど期待できない。

## 4. 固結処理土による埋戻し工法の実施例

泥水を使った掘削工事に伴って発生する廃棄泥水を盛土材や埋戻し材として利用するためには, 目的に合った諸条件を満足し, かつ経済的でなければならない。

廃棄泥水は一般に, 単位体積重量が1.1~1.3  $\text{g/cm}^3$ で, 多量的水分とシルト・粘土分とからなる。そのため, 廃棄泥水を固結処理する場合, 多量の固結材が必要となる。しかし, 掘削土砂を廃棄泥水に加えることによってCを少なくでき, 経済的となり, また, 環境保全の面からも望ましいこととなる。

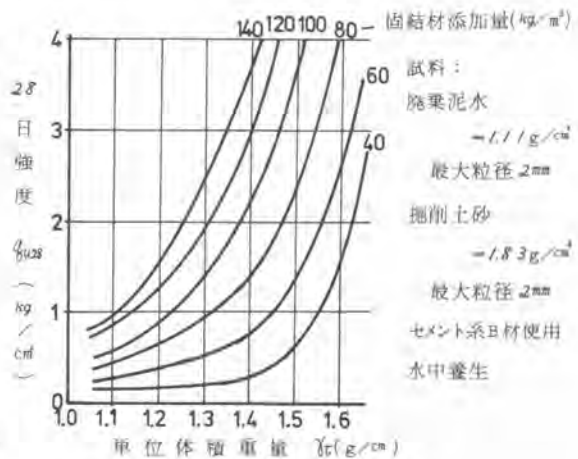


図-1  $\gamma_t$ と $q_{u28}$ の関係

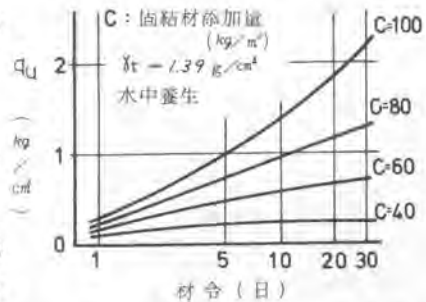


図-2 材令と $q_u$ の関係

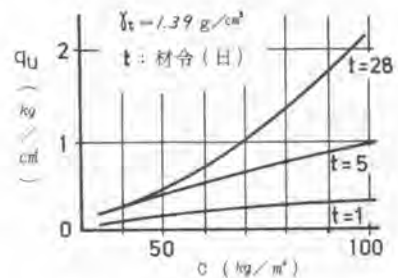


図-3 Cと $q_u$ の関係

ここでは、都内のA現場（逆打ち工法により大規模な地下構造物を建設）において、廃棄泥水を埋戻し材として利用した実施例を示す。

#### 4.1 構真柱固着工法

リバース工法によって掘削した孔内に構真柱を建込み、逆打ち工法で地下構造物を構築するさい、構真柱の周囲の埋戻しは、従来、碎石、山砂、特に強度を必要とするところ（

例えば、連続地中壁に隣接する箇所）には貧配合モルタルなどの材料が使用されてきた。しかし、これらの材料で埋戻した場合、建込み孔内の安定液の劣化、構真柱の曲がり、埋戻し部の掘削施工の困難さおよび廃棄泥水の処分という環境保全上の問題があった。本現場では、この埋戻し材料として、リバース掘削による廃棄泥水と掘削土砂の混合物にセメント系B材を添加・混合したりサイクリングソイルを使用した。（構真柱固着工法という）

図-4に構真柱固着工法の基本フローシートを示す。

本工法による施工の結果、上記の従来の埋戻し工法の諸問題をすべて解決した。

#### 4.2 連続固結処理プラント

本現場で構真柱固着工法を実施するため、連続固結処理プラントを開発し、使用した。

ここで用いられた連続固結処理プラント、HRS-30型プラントは廃棄泥水と掘削土砂に適切な固結材を添加・混合し、練り上ったりサイクリングソイルを圧送、打設するための設備で、処理能力30t/hとして製作されたものである。その基本システムは図-4に示した。

プラントの全景を写真-1に示す。

プラントの仕様を表-1に示す。

本プラントでは、廃棄泥水、掘削土砂および固結材（粉末）をペースト状にしたものの計量・混合・圧送が連続的にできるよう自動システム化されている。計量および混合はバッチ式で、0.5m<sup>3</sup>/バッチであり、標準運転で1分/バッチである。計量方法は重量計量で、その計量範囲は

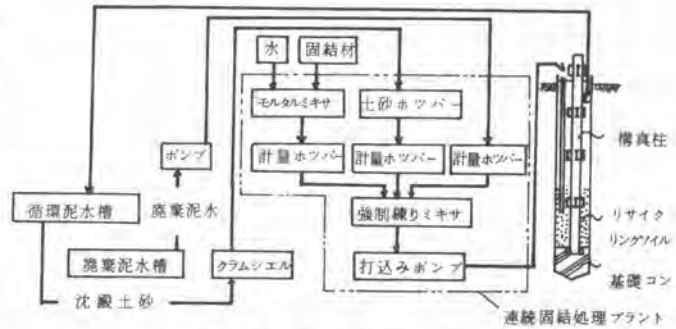


図-4 構真柱固着工法の基本フローシート



写真-1 連続固結処理プラント（HRS-30型）

表-1 固結処理プラントの仕様

HRS-30			
処理能力	30 M <sup>3</sup> /H	設置面積	約 52 M <sup>2</sup>
総設備電力	100.7 Kw		

#### 主要機器

名 称	仕 様	設備電力
1 ミキシングプラント	強制練り、0.5 m <sup>3</sup> /B	26.3 Kw
2 コンクリートポンプ	スクイーズ式、30 m <sup>3</sup> /h	37
3 コンプレッサー	7 Kg/cm <sup>2</sup> × 630 l/min	3.7
4 モルタルミキサー	500 l × 2	22
5 水中ポンプ	φ25, φ50, φ80 × 1台	11.7
6 圧 送 管	φ150 mm	

、廃棄泥水（ $\gamma_c = 1.05 \sim 1.25 \text{ g/cm}^3$ ）と掘削土砂（ $\gamma_c = 1.4 \sim 1.6 \text{ g/cm}^3$ ）を混合し、その混合物の $\gamma_c$ を1.3～1.5程度とし、さらに、固結材を50～200 kg/m<sup>3</sup>の範囲で添加できるものとなっている。また、計量設定値は連続的に容易に変更することができる。

### 4.3 施工

施工諸元を図-5に示す。

埋戻しは2～3日に1本の割合で行なった。リバース工法によって掘削施工中に発生した廃棄泥水と50mm以上の玉石をスクリーンで除去した沈殿土砂をそれぞれベツセルに貯留しておき、埋戻し材として利用した。廃棄泥水と沈殿土砂の混合割合および固結材の添加量は、廃棄泥水の発生量の実績を基に、あらかじめ配合試験を行って決定した。さらに、施工中に実際に発生した試料による配合試験結果やリサイクリングソイルのサンプリングによるチェックの結果より、必要な場合には配合設計を修正した。

当現場では、廃棄泥水をほとんど場外に搬出することなく、埋戻し材料として利用した。リサイクリングソイルの打設速度25～30 m/hで、1本の埋戻しに3～4時間を要し、約2,000 m<sup>3</sup>の埋戻しを行なった。

### 4.4 施工結果

埋戻し施工後、約3～4ヵ月後に掘削を開始し、現在、GL-10 mまで完了しているが、構真柱の曲がりおよび掘削施工上、問題なく順調に施工されている。

写真-2に埋戻し部の掘削状況を示す。

### 5. あとがき

固結処理工法に関して、ここでは構真柱建込み孔の埋戻し材としての1利用例を示したが、リサイクリングソイルのもつ、流動性、固結後の強度を任意にできること、良好な止水性などの特性を利用すれば、その適用範囲はかなり広い。

当社では、泥水工法を用いる現場内で、発生した廃棄泥水を有効利用する多くの応用工法（例えば、場所打ち杭上部の空打部の埋戻し、シールドの裏込注入材、連続地中壁H鋼ジョイント部の止水性を向上する埋戻し材としての利用など）を開発している。

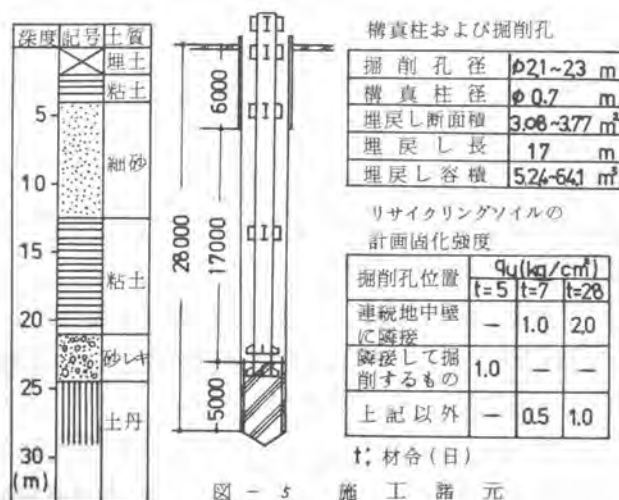


図-5 施工諸元



写真-2 埋戻し部の掘削状況



# 16. 土砂のパイプ内空気輸送装置の開発とケーソンへの適用例

小松製作所 竹内 卓  
奥野 昇

## 1. まえがき

最近の都市土木の発展には目ざましいものがあり、特に掘削法の進歩・専用掘削機が多様化は工事形態そのものに質的变化を及ぼしている。しかし、低公害・急速施工を目的とした進歩にも一定の限度があった。それは掘削土砂の搬出・輸送法が古からの往復機械（バルコン・トロ・フレンダンプ等）に依存しておりその能力向上も上限にきているためである。またそれらの機械では輸送経路に柔軟性がなく曲線あるいは高低差の複雑な経路では輸送が困難、また返路も必要で占有空間が大きく狭い場所でのズリ出しに不便、輸送距離と比例して輸送量が減少する、搬送土砂の落とす水粉塵が多く公害問題となるなどの欠点を有している。

これらの欠点を解消するものにスラリまたは空気を用いたパイプ輸送がある。近年シールドトンネル・連続壁工事等で泥水を用いた土砂のスラリ輸送が行われているが後処理設備が大きくなるなどの問題を残している。また空気輸送では穀物・セメント等の乾燥粉粒体については実用化され歴史も長い。掘削土のような付着性のあるものでは従来不可能とされていた。

ここで紹介する空気輸送法は原則として掘削土をパイプ内径よりやや小径に圧密・成形し、表面を少量の泥水により潤滑して圧縮空気によりパイプ内を輸送しようとする方法で、実験室テストを経て態谷組製の柳協力のもとにニューマチックケーソンからの掘削土の搬出に適用を試み成功したのでその概要を報告する。

## 2. 輸送装置と原理

本システムの主要装置は図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・油空圧動力源から成り立っている。土砂供給機はスクリュヒピストンにより土砂を輸送管中に圧入する装置である。コントロールユニットは図2に示すように各要素のシーケンスコントロールを行う。

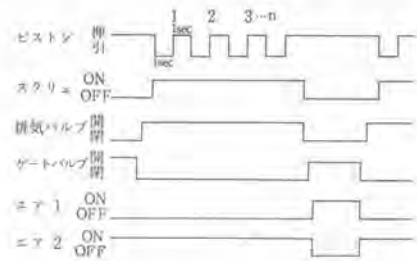


図2 作動タイムチャート

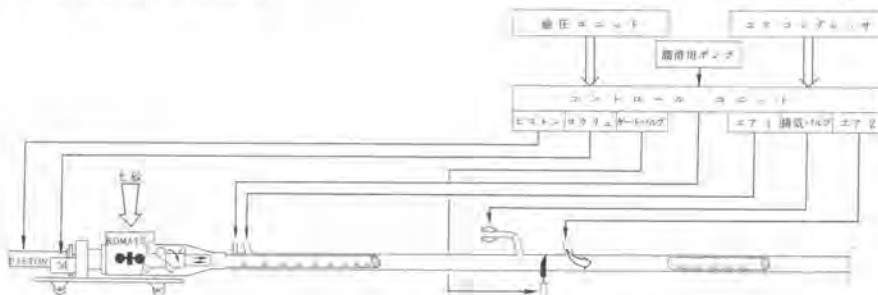


図1 土砂供給機と原理図

### 3. 輸送形態

本システムによる掘削土の輸送形態は成形・液性・粒状プラグの3形態に分類される。

#### (1) 成形プラグ

普通土質で含水比が塑性～液性境界の間の土で圧密成形可能な場合である。この形態の輸送が本システムで最も望ましく、輸送圧力も低く安定した輸送状態を保持できる。

#### (2) 液性プラグ

含水比が液性境界以上で流動性が高いと圧密成形できずに潤滑状態が悪いためパイプ内面に付着土が残り輸送圧力は高い状態の輸送になる。

#### (3) 粒状プラグ

砂の場合には、パイプ内に常に一定量の砂が残留し積った状態で輸送される。曲線部では輸送圧が高くなる。砂のパイプ内への圧入抵抗は大きく供給機能力が低下の傾向がある。

### 4. 輸送量と輸送距離

プラグ単体の輸送に必要な空気圧力・空気流量は土質と輸送形態その他の条件を定めれば求めることができる。実際の輸送時には距離の伸長に従いパイプ中のプラグ数が増加して行くので輸送圧力が許容圧力に達するとプラグ供給のサイクルを遅らせてパイプ中のプラグ数を一定に保つようにする。そのため

中距離(100m程度)までは輸送量は一定だが、長距離になると輸送量は減少する。4インチ管を用いたテスト機での輸送量と距離の関係を図4に示す。

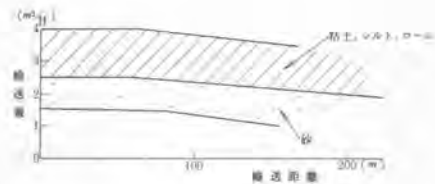


図4 4インチ管テスト機での輸送量-距離

### 5. 特長

本システムの特長として次の事柄があげられる。

- (1) 従来の往復機械・カアセル輸送・スラリ輸送のような容器の返路・泥水後処理が不要。
- (2) 輸送路にはパイプ1本のみで占有空間が小さく経路にも柔軟性があるのでベルコン・トロを通せない場所でも排土可能である。
- (3) 土砂はパイプ中に密封されるため落とほれ粉塵がなく安全で騒音も低い。
- (4) 中距離までは輸送量が減少しないので工期短縮できる。
- (5) 操作がオートマチックで、水平垂直の曲線部でも積替えがなく目的の場所まで輸送できるので省人化が可能。

以上のような特長を有するため掘削土砂搬出に問題のある各種土木工事(推進・シールド・ケーソン・その他狭路地工事)に有効である。

## 6. ニューマチックケーソンへの適用

従来のニューマチックケーソンの排土方式は、作業室内で潜函夫が掘削レバケットに積込んだ土砂をシャフト及びエアロックの開閉を経て外部に排出される。この排土方式には次のような問題点がある。

- (1) エアロックの開閉時の漏気音。(騒音公害により昼夜作業が不可能となることが多い)
- (2) エアロック内のバケットの排出、挿入時の圧力調整作業による排土効率の低下。
- (3) バケット(積込時以外)が常に作業員の頭上であり危険。

この排土方式の問題点を解決する手段として、空気輸送システムの適否を実際の現場で実施確認した。

システムを図5に示す。各装置の配置は制御装置、油圧ユニット、ポンプ、圧縮機をステージに、土砂供給機は作業室内とした。油・空圧管、泥水管、各種配線及び輸送管の一部は函体製作時に装着した。輸送管はシャフトと側壁の間を通して、バージ船の中央まで配管した。本システムを適用するに当たり、特に注意を払ったのは、作業室内圧気の漏気防止である。対策としては駆動源の異なるバルブ(油圧・空圧)及び手動バルブをシステムに加えた。システムの据付は、函体が水面下9mの位置で行い、1ロッド分の11.7mまで間、輸送テストを実施した。尚テストは、従来の排土方式と並行で行った。

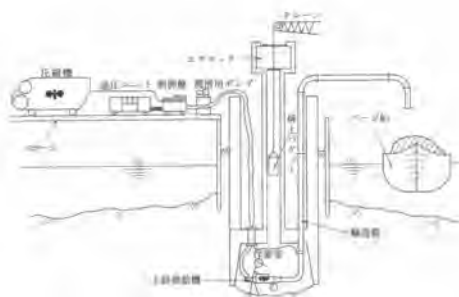


図5 ニューマチックケーソン用システム図

輸送テストを実施した。尚テストは、従来の排土方式と並行で行った。

## 7. テスト概要

- (1) 現場 : 大阪市西区土佐堀5-86  
阪神高速道路船津橋導入路
- (2) 施工 : 熊谷組阪神湊橋作業所
- (3) 輸送土質 : シルト、粘土質シルト
- (4) 作業室圧力 :  $0.8 \sim 1.0 \text{ kg/cm}^2$
- (5) 総輸送土量 :  $32 \text{ m}^3$  (1ロッド  $\div 82 \text{ m}^3$  (バケツで  $50 \text{ m}^3$  排出), ロッド直径  $6 \text{ m}$ )
- (6) 輸送距離 :  $28 \text{ m}$  (水平  $12 \text{ m}$ , 水平  $16 \text{ m}$ )
- (7) 輸送圧力 : シルト  $0.4 \sim 0.6 \text{ kg/cm}^2$ , 粘土質シルト  $0.2 \sim 0.4 \text{ kg/cm}^2$
- (8) プラグ速度 : 平均  $5 \sim 6 \text{ m/s}$  (1プラグ 約  $\phi 100 \times \ell 1600$ )
- (9) 消費空気量 :  $3 \text{ m}^3/\text{min}$
- (10) 輸送能力 :  $3 \text{ m}^3/\text{h}$  (4インチ輸送管)

本テストは、短期間であったが、技術的には圧気下の連続垂直輸送システムとしては(a)~(d)の理由により、ニューマチックケーソン工事に十分適用可能であることが確認できた。

(a)効率のよい排土(エアロックの開閉がなくなる)

(b)排出音が小さい(昼夜作業が可能となる)

(c)安全性の確保

(d)省人化が可能(エアロックの開閉作業員が不要)



① 油圧ユニット・コントロールユニット・潤滑ポンプ



② 輸送管



③ 排出土



④ 函内の土砂供給機



⑤ 函内輸送管とノズル・バルブ類

### テスト写真

#### 8. あとがき

圧縮空気による土砂のパイプ輸送装置を開発し、ニューマチックケーソン現場テストにより実用化のめどを付けることができた。これはひとえに熊谷組㈱の安田所長をはじめ阪神凌橋作所の皆様に負う所が多く、ここに心から感謝する次第である。

# 17. LNGタンク施工に伴う砂支保工撤去の機械化施工について

鹿島建設 池田 昭彦  
宗 文平  
村山 辰雄

## 1. はじめに

LNG（液化天然ガス）は無公害エネルギーとして注目をあび、各地に貯蔵タンクの建設がおこなわれている。LNGは貯蔵温度が $-162^{\circ}\text{C}$ という超低温であるため、地上式タンクの場合、タンク基礎のコンクリートスラブは地上面との間に数10cmの断熱空間をはさんで地上面から浮かせた形で鋼管杭により支持された構造になっている。

コンクリートスラブ施工のための型枠支保工は、従来の鋼、あるいは木構造では作業空間の高さが極度に低いため、コンクリート打設後の撤去が非常に困難である。そこで盛砂を大部分の支保工材として利用する方法を採用したが、盛砂の撤去については過去の施工例をみても莫大な労力と日数を要していた。本工事では空気輸送工法を採用し、好結果を得たのでその概要についてのべる。

## 2. 工事概要

工事名 関西電力（株）姫路LNG施設建設工事

企業者 関西電力株式会社

工期 自昭和51年10月 至 昭和53年9月

工事内容 LNGタンク基礎（図-1）

80,000KLタンク基礎 直径64m、スラブ厚平均1.07m 3基  
 （1基当り、鋼管杭 $\phi$ 660.4 638本、コンクリート3,440 $\text{m}^3$  盛砂1,800 $\text{m}^3$ ）  
 40,000KLタンク基礎 直径46.7m、スラブ厚平均1.07m 1基

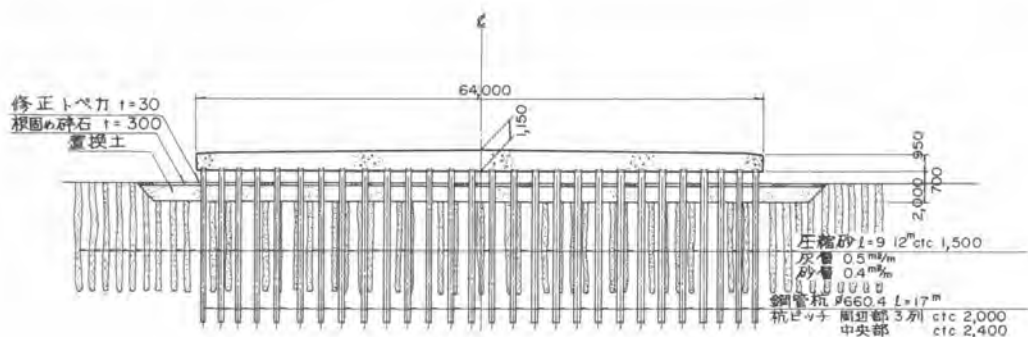


図-1 地上式LNGタンク基礎の形状

### 3. LNGタンク基礎の施工について

地上式LNGタンク基礎（高床式コンクリートスラブ構造）の施工順序を示すと次のようになる。

- (1) 地盤改良工
- (2) 置換土工
- (3) 根固砕石工
- (4) 修正トベカ舗装
- (5) 盛砂（砂支保工）
- (6) 鋼管杭打設工
- (7) 外周部支保工
- (8) 盛砂整形、底型枠
- (9) 鉄筋組立、外型枠
- (10) コンクリート
- (11) 砂支保工、型枠撤去

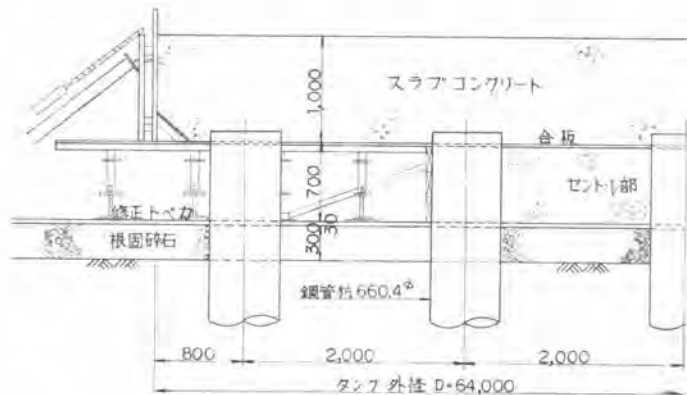


図-2 型枠支保工計画図

上記施工順序のうち、ほとんどの作業については過去の施工例もあり特筆すべき点はないが（章印が今回の工夫した点ではあるが）、最後の項目にある砂支保工の撤去の方法について新工法を採用したので以下にのべる。

### 4. 砂支保工の撤去について

#### (1) 型枠支保工

スラブコンクリートの支保工は一般的には鋼製枠やバタ角等の角材を使用するのが通例であるが、直径64m、高さ70cm以下の隙間ではコンクリート打設中にトラブルがあっても点検は勿論のこと補修も困難である。また、この支保工の解体となると前述のように非常に困難である。

従って、当工事に於ても過去の施工例にもあるような盛砂を支保工として使用する計画を図-2のように行った。すなわち、外周から内側へ2.5mの範囲は解体が容易なことで、美観上、通常の鋼製支保工とし、残り内側直径59mについては全部盛砂を支保工とした。

#### (2) 撤去の方法

撤去の方法については次のようなものが考えられる。

- (イ) ウォータージェットによる排砂方式
- (ロ) 人力による排出方式（ベルトコンベアー併用）
- (ハ) 空気輸送機を使用する方法

上記、3方法のうち、(イ)については過去にも施工例がある。この方法は直径20m程度までなら工法としては可能であると思われるが欠点は大量の工事用水を必要とし、それに伴う集水（砂）設備、ならびに排水用2次設備を備えなければならない。また、改良された地盤を大量の水で乱す恐れがある等、経済性、工期を考えた場合不利な点が多い。(ロ)については直径5m～10m程度なら可能であると思われるが直径が大きくなればなる程困難となり今回のような直径64mにもなれば多大の労力を要する。そこで本工事では、(ハ)の空気輸送機を利用した排砂方式を採用した。

(3) 空気輸送機について

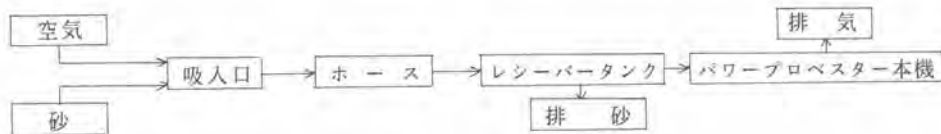
現在開発されている空気輸送機（バキュームコンベアー）については今まで水や汚泥の吸引が主目的であった。ドライな砂を連続的に大量吸引出来るか否かについては、初めてのことであるので綿密な調査と実験をおこなった。すなわち、80,000KLタンク1基当たり、砂量 $V=1,800m^3$ 、含水比4～5%、N値20程度で吸引距離が40mの条件を満足し、なおかつ、単位時間当りの吸引量が最大になるものを求めることであった。主な機種種の調査内容は次の通りである。

1. パワープロベスター (ルーツブロアー方式)	仕様	型式	出力	静圧	風量	公称能力
		AD-15000S	202 PS	-450 mmHg	82 $m^3/min$	15 $m^3/H$ (砂)
2. A 機 (サクシオンバキューム方式)	仕様	型式	出力	圧力	風量	公称能力
		正圧ブロアー	238PS(178 <sup>kw</sup> )	-6,350 mm水柱	199 $m^3/min$	40 t/H
3. B 機 (真空ポンプ方式)	仕様	型式	真空ポンプ 排気量	真空度	電動機	吸引揚程
		6 B 50	3.3 $m^3/min$	700 mmHg	7.5kw	8 m
4. C 機 (エアージェット式アウトサイドフィルター方式)	<p>◎ドライな砂の吸引が可能で能力も大である。◎一般に使われているフィルターを使用しないでサイクロン式浄化ユニットを設置しているので能率の低下や故障の原因となるものが少く、又連続運転にも耐えられる。</p> <p>◎本体機とレシーバータンクがセパレートされておりレシーバータンクの予備があればさらに作業効率をたかめることが出来る。</p> <p>◎2重フィルターシステム（バッグタイプ、湿式スクラバー）となっており用途に応じて切換えを行う。◎連続運転を行った場合、フィルターの透過率が悪くなり能力が低下する恐れがある。◎吸引能力は大であるが、前記パワープロベスターのようにレシーバータンクがセパレートされていないので連続運転をした場合、作業効率がおちる。</p> <p>◎水中攪乱ポンプ内蔵の吸い込みタンクと真空ポンプの組み合わせで吸引する方法であるが、吸い込みタンクまではある程度ドライな砂でも吸引出来るが、本機から以後の運搬には流体輸送となり砂と水との分離槽を必要とする。</p>					
5. D 機 (真空ポンプ方式)						
6. E 機 (ルーツブロアー方式)						
等があるが、いずれも吸引能力としては2.0 $m^3/H$ ～3.0 $m^3/H$ 程度のものが多い。						

以上の結果から、パワープロベスターと、A機が共に能力としてはすぐれたものと考えられる。当工事の実験結果から、現場への適用性、経済性を勘案の上パワープロベスター機を採用した。

5. 施工実績

(1) パワープロベスター機のフローシート



(2) 稼動状況

図-3, 図-4, に示すように、FP6600Sタイプ(レーザータンク内蔵)を3台、AP-15000Sタイプを1台配置し、外周より10m~15mの吸引距離の比較的短い場所の砂を小型機で、中心部は大型機をそれぞれに使用した。

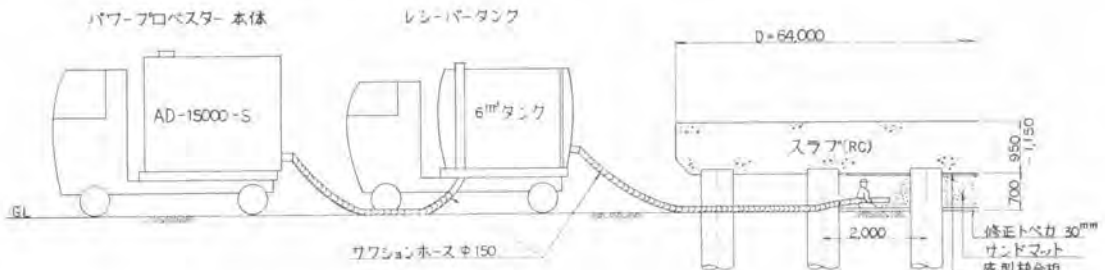


図-3 パワーブロベスター機による砂支保工の撤去図

(3) 実績

パワーブロベスター機、大型1台、小型3台の組み合わせで、1基当り約20日間で砂支保工の撤去が出来た。従来の方法に比べると10日~20日間の短縮となる。又、砂の撤去量については大型機で $6.2m^3/H$ であった。

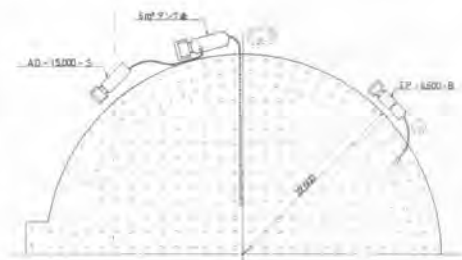


図-4 砂支保工撤去機械の平面配置図

(4) 施工結果について

本工法の採用により得られた利点は次の通りである。

- (イ) ドライな状態で施工出来るので地盤を乱さない。
- (ロ) 仕上り盤に舗装をしているので砂だけを撤去することが出来、施工管理が容易であった。
- (ハ) 作業性がよく、清潔で安全な施工出来る。
- (ニ) 仮設備の必要がなく、経済的とも言える。
- (ホ) 省力化、と工期の短縮出来る。

6. むすび

空気輸送機(バキュームコンベアー)は、近年さかんに開発されているが、道路清掃や汚泥処理運搬等ごくわずかな分野でしか使用されていなかった。当、土木工事で初めて使用して好結果を得ることが出来た。今後、土木工事の分野では土砂の掘削、運搬作業等、巾広い活用が期待される。

なお、機種を選定にあたっては、各機械メーカーの御協力を戴いたことに感謝する次第である。

以上



# 18. NewZ工法の実用化 ——連続式管渠埋設システム——

銭高組 岡崎 登

## 1 緒 論

過密化された都市集積による土地の高度利用と、振動・騒音による建設公害を重視した考えのもとに、より安価で最も安全な方法で管渠の埋設を実現させるべく独自で開発、これをNewZ工法と称し50年12月「建設の機械化」誌で提唱したことは周知の事実である。

これまでの開削施工による周辺地盤の沈下が沿道公害問題の一つとして厳しく批判されるようになった原因は、埋め戻し後の圧密沈下にあると考える。

こうした地表物件の沈下による被害を未然に防ぎ、損害を避けるためには、第一に沈下の規模とその分布をあらかじめ予測することが重要である。次には施工技術の革新にあると言えよう。シールド工法、管渠埋設技術等、両者共通して言えることは、最終段階における施工の良否に決定づけられている。現況からして、土質試験に基づいた理論によって有効な沈下予想をたてることは、まづ困難であり、不可能である。

すなわち、現地での観測データはその地域、地区での判断と一つの指針としては理解されるが、未だこれの観測資料すら十分に収集されて

いない現況にある。

一方、掘削地表面上の諸点での沈下測定値であって、掘削施工の進行に伴った時間的変位と地質の環境変化に対する諸条件、つまり降雨量、湧水、バイプロ等による振動、振幅からなる膨潤性地圧現象にかかる要因などを掌握することはナンセンスと考えるべきであろう。

例えば、山形県東根市での従来の開削工法で軟かい塑性粘土中では、鉛直側面をもった深い掘削(約6.0m)で底面スベリが生ずる限界の深さを超えて行うことは不可能であることはよく知られている。

また、極めて固い粘性土中でも側面の膨潤性地圧現象にともなって周辺の沈下が認められている……。上述のような観測データから、「NewZ工法」の実用化を体系づけるために、側面土圧がおよぼす買入力の実験結果を基に理論解析と、これに基づく過去の埋設技術の経験の積み重ねを踏えたりえて買入推力の算定から施工指針を作成し、このたび広島市下水道工事で実用化したものである。

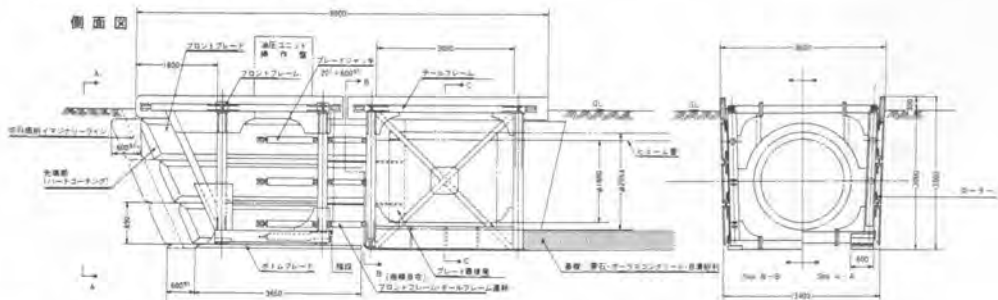


図-1 UZスーパー推進機の概要図(国際特許Publication No225428・Eng・No7416876)



### 3.2 ブレード貫入による地山の挙動(実験1)

推進機の設計に当って、まづ貫入応力度を算出することは重要である。(実験1)により応力度の変化状況を図-3に示す。

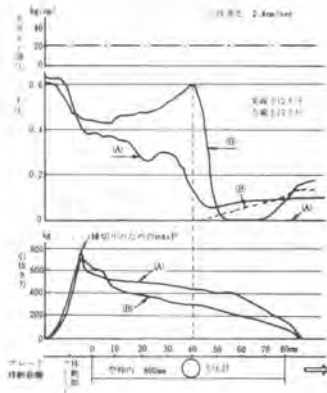


図-3 ブレード貫入時の測定記録

砂質ローム層で約6 $\frac{1}{m}$ の土圧が及ぼす貫入力Pは800kg(max)に及んでいる。つまり瞬間的には、

$$P = \frac{1}{1000} \times 535 \times 800 = 42.8 \text{ t}$$

約40tの推力を必要とするが、実際にはシリンダーの許容圧力は250kgで十分可能な結果を得た。

以下、高圧式油圧ユニットからシリンダーの圧力を考察すると、

ボトムブレード

$$F_1 = \frac{1}{1000} \times 1226 \times P$$

フロントブレード

$$F_2 = \frac{1}{1000} \times 63.6 \times P$$

(P:油圧ゲージの読み)

表-3 ユニットA-ZER

圧力	容量	ボトムブレード(t)	フロントブレード(t)
0		0	0
50		6.1	3.2
100		12.2	6.4
150		18.4	9.5
200		24.4	12.7
250		30.0	15.8

### 3.3 貫入理論値の検討

前述3.2の結果と理論値からの応力度を対比する。

#### 1) 理論貫入応力度

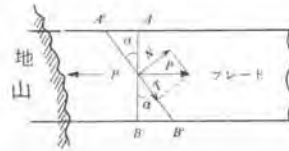


図-4

$$N = P \cos \alpha \dots \dots \dots (1)$$

$$\bar{T} = P \sin \alpha \dots \dots \dots (1)$$

$\sigma = A B$  に働く引張力(応力)

$\sigma' = A' B'$  に働く引張力(応力)

$s = A' B'$  に働く剪断応力とすれば

$$P \cos \alpha = \sigma \frac{A}{\cos \alpha} \quad P \sin \alpha = S \frac{A}{\cos \alpha}$$

$$\sigma = \frac{P}{A} \cos^2 \alpha = \sigma \cos^2 \alpha$$

$$s = \frac{P}{A} \sin \alpha \cos \alpha = \frac{P}{2A} \sin 2\alpha$$

すなわち

$$\sigma = \sigma \cos^2 \alpha \dots \dots \dots (a)$$

$$s = \frac{\sigma}{2} \sin 2\alpha \dots \dots \dots (b)$$

よって 垂面応力 $\sigma'$ は

$$\sigma' = \sigma \cos^2 \alpha = 208 \cos^2 60^\circ = 52 \text{ kg}$$

剪断応力は

$$s = \frac{\sigma}{2} \sin 2\alpha = \frac{208}{2} \sin 120^\circ = 91 \text{ kg}$$

2) 上記ブレードに加わる垂面応力と剪断応力の関係から要約すると

(詳細部式の誘導は省略した)

これまでに計画した実験および理論貫入値からして、刃口1.2cmで内部応力に十分耐え得ることが証明できる。

つまり、換言するとN値 $\div 60$ 程度で油圧推力20tジャッキで貫入は容易である。但し、フレームの接触低抗は別途考慮するものとする。

### 3.5 曲線部の施工（図-5）

UZスーパー推進機での機械操作のみで曲線施工を行う手法として、片側の矢板を一体として地山に貫入しフロント部後方を振らせ地山の微小なゆるみを利用してカーブセティングを行う方法で一応  $R=300m$  迄は可能である。

本機の場合は、フロント部とテール部 Box の連結極小部分のひずみを利用するもので理論と仕組を示すと、

$$B = \sin^{-1} \frac{600 \times \sin \alpha}{2200} = 0.2$$

$$\therefore R = \frac{0.6 \times 360}{2\pi \times 0.2} \approx 172m$$

理論上、 $R \approx 172m$  は可能で貫入ストロークの相関関係を表-4に示す。

## 4 結 論

施工者の立場から経験した、土質並びに推進機の製作上から主要なポイント等簡単に取纏めておく。

まず、概念的にいえることは、過密化された都市内で住民意識の変革に伴われながら、旧河川内で湧水等に影響されかつ掘削設置深度で栗石、軟岩に遭遇されながらも、急曲線Sカーブを克服し、短期間にその目的と成果をあげ得たことは今後の施工で十分実用化と応用性をもった工法であることを立証した。

### 4.1 土質学上からみた重要な二つの経験

1) 砂質粘性土を対象とした地山に湧水地下水が複合した場合の埋設技術として最も重要なことは、時間的経過に伴って発生する膨張性地圧現象を極力最小限にとどめながら本機を前進させ、埋設・埋戻し作業を連続的に行うことが重要である。すなわち、水の透水速度（土粒子間を通過する流速）より若干はやめに掘削することによって切羽の崩落現象を未然に防ぐことができる。

2) 粘性土（N値0~2）の軟弱地盤下でのヒ

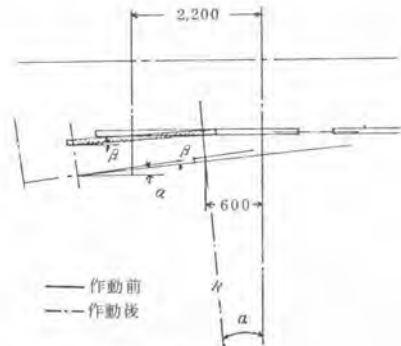


図-5

表-4

S (mm)	600	500	400	300
R (m)	172	143	114	86

ーピング阻止対策として、即栗石の敷設効果は十分その効を奏し予期しない状況下でも適応し得ることを立証した。

### 4.2 推進機の設計並びに製作上からみた主要なポイント

1) 側部スキンプレーットの貫入を容易とするための3点支持ローラーは推力の効率化が期待できた。また先端部のハードコーティング処理加工は不慮の軟岩、礫層にも十分な威力が発揮できた。

2) フロント部と後方テール部をBoxにしたことが本機の重量軽減と相俟ってフロント推力の効果を高めた。

3) 設計に際して、今後予想される地山のフリクションによる土圧（粘着係数）をとるかによって後方Boxの前進をスムーズに稼働させる鍵になる。

4) 急曲線施工を対象とした場合での連結方法として伸縮性の連結ジョイントを開発することによって更に容易に急曲線施工が可能となることを立証した。以上からして、今後の各種用排水路の施工から、パイプラインの施工技術に飛躍的進展をみせたことに意義があった。

## 19. 水面清掃船(ホテイアオイ除去)の開発について

建設省九州技術事務所 大城 忠 士  
平 嶋 正 明  
豊 福 清 尚

### 1. まえがき

最近、河川や湖沼等の富栄養化がすすみ各地で「ホテイアオイ」などの水草が異状発生し、河川  
の管理や流域の環境衛生に悪影響を与えている。熊本工事事務所管内の加勢川においても、この「  
ホテイアオイ」が橋脚や用水堰などの河川構造物周辺に異状繁茂し河川管理上の障害となっている  
。この「ホテイアオイ」の除去作業は、従来、人力による部分的な排除作業を繰返してきたが旺  
盛な繁殖力のため除去作業に困難をともなっている。そこで、これらの水草の除去システムを確立す  
ると共に浮遊塵芥の除去に適した河川維持管理用の水面清掃船「みどり号」を開発製作したもので  
本機の開発の経緯、主要構造及び信頼性について報告するものである。

### 2. 水面清掃船開発の経緯

#### 2.1. ホテイアオイ除去作業の経緯

ホテイアオイ(和名 タイワンナギ)は、南アメリカ原産の多年生草で熱帯地方では広範囲に分  
布しており、日本では九州や伊豆などの温暖地方で繁茂し、生育条件が良好である7~8月には、  
1株が1000株にも増殖するという恐るべき繁殖力をもつ害草である。

このホテイアオイは熊本市江津湖(加勢川上流208ha)及び直轄河川の緑川水系加勢川に異状  
発生し、熊本県及び熊本市は昭和37年度より江津湖に大量に発生したこの水草の除去作業を自衛  
隊の勤員や地元関係者による期成会の手によって続けているが、人力作業は徹々たるもので一箇所  
の排除作業が一週間に及ぶことがあった。こうした官民一体となった除去作業にもめめめらず生  
育環境が最適の条件であり旺盛な繁殖力をもっているため毎年発生しており適応除去機械の開発が  
強く要望されてきた。

#### 2.2. 開発のための基礎調査

開発機の作業性、航行のための諸条件について  
現場の実態を調査し開発機設計の資料とした。

(1) 加勢川は、川幅約30mの小河川で、ほと  
んどが未改修で蛇行部が多く開発機は、小形軽量  
が条件である。

(2) 水深は、0.5~3.0mで杭木や転石など航  
行の障害となる箇所が多い。

(3) 橋梁の桁下高さは、1.7mで橋脚間は5.6  
m、流速0.15~0.2m/sである。

(4) 岸辺は、雑草や竹類が密生している。



写真-1 橋脚に繁茂したホテイアオイ

(5) ホテイアオイの量は、表-1のとおりである。

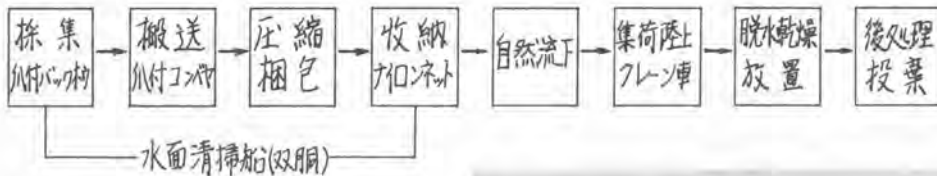
表-1 ホテイアオイ重量(%)

(6) 爪付チェーンコンベヤによる水草の搬送を模型により実験し、搬送状況、搬送能力、掻上げ爪の形状などについて調査し設計仕様を決定した。

明通回数 任意状況	1	2	3	4	5	平均
大(草丈60~70)	14.1	13.4	19.6	14.4	18.5	15.94
中(草丈35~60)	10.7	10.3	9.2	7.8	7.9	9.18
小(草丈20~35)	7.3	5.1	6.6	5.7	5.6	6.06

### 2.3. ホテイアオイ処理機構の検討

処理方法について、水上及び陸上からの除去を検討したが、陸上からの処理は河川附近がほとんど民有地であり、又陸上機械の搬入路もなく困難である。従って、水上から処理するとして船体方式とし、本体は浸水性及び安定性の優れている双胴船形式として、自航により船体腹部に装備した鋼製網かごに浮遊する塵芥を収集する機能を備えることとした。処理機構のフローを下面に示す。



### 3. 水面清掃船の仕様、諸元

本水面清掃船は、自航式双胴船形式で前方に全旋回式の水草かき寄せ採集装置、中央部にチェーンコンベヤによる搬送装置、ホッパー、圧縮梱包装置並びに収納装置を装備し、推進は2基のスクリュによる。動力は、船舶用ディーゼルエンジンで各部は油圧駆動である。その他、運転室、操作盤、附属設備を装備するものである。

#### 3.1. 各部構造

##### (1) 動力装置

- a) 機関 水冷船用ディーゼルエンジン  
形式 日産ディーゼル SD226形  
連続最大出力 40PS/2600<sup>r.p.m.</sup>
- b) 油圧機器 機関から減速機を介して2個のくし形油圧ポンプを駆動し発生油圧により推進機、採集装置、搬送装置の油圧機器を駆動する。

##### (2) 船体

- 形式 鋼製全溶接水密構造 双胴形  
全長8.0m 深さ1.0m  
全幅3.0m 平均吃水0.5m



写真-2 水面清掃船全景

##### (3) 採集装置

- 形式 油圧シリンダによるリンク機構  
かき寄せ。(水ジェット併用)  
バケット形式 鋼製網目形レーキ付  
寸法 幅700<sup>mm</sup>×深さ240<sup>mm</sup>  
最大吊上荷重 300<sup>kg</sup>(作業半径1.9<sup>m</sup>)  
かき寄せ時間 /サイクル20秒

##### (4) 搬送装置

- 形式 爪付チェーンコンベヤ  
コンベヤ幅 740<sup>mm</sup>  
速度 0~20<sup>min</sup>可変形  
航行時は、水面上300<sup>mm</sup>に格納できる。

(5) 圧縮梱包装置

形式 ハーベラ THB2000  
処理能力 ホテイアオイ 12<sup>1</sup>/<sub>h</sub>  
エンジン 水冷ディーゼル 11<sup>PS</sup>/2200<sup>rpm</sup>

(6) 収納装置

a) 水草収納 収納袋 縦幅1.2<sup>m</sup>×長1.8<sup>m</sup>  
1袋当り容量120<sup>kg</sup>(12<sup>m<sup>3</sup></sup>)

b) ゴミ回収 航行により網目ご自然流入

(7) 推進装置

形式 船内外機形 チルトアップ可能  
駆動方式 油圧モータ 140<sup>kg/cm<sup>2</sup></sup>  
正逆転及び高低速回転可能  
推進機 2基×最高回転数910<sup>rpm</sup>  
外径500<sup>mm</sup>×ピッチ270<sup>mm</sup>

(8) 運転装置

操船及び採集装置の運転席は、船首の旋回台上に設け、船体中央部右側の操作盤に機関、搬送装置、圧縮梱包装置、その他装置の各操作レバー及び計器類を取付け各装置を操作する。

運転席は、FRP製とし水面上高5.17<sup>m</sup>より上部は脱着可能な構造で橋梁通過を可能としている。

(9) その他の装置

水ジェット用渦巻ポンプ、操船用ウインチ、夜間航行用照明器具、船体吊上金具、FRP製3人乗作業船、収納袋曳船ロープ、簡易フェンスなどの水草除去用具一式及び小型船舶法定備品を装備している。

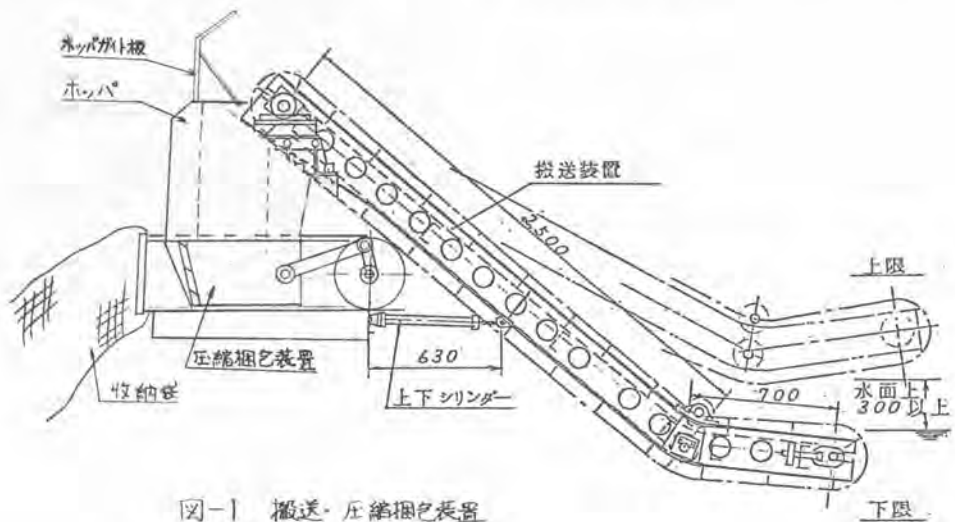


図-1 搬送・圧縮梱包装置

3.2. 性能

ホテイアオイ処理能力	700 <sup>kg</sup> / <sub>h</sub> (9 <sup>kg/m<sup>2</sup></sup> の密生度において78 <sup>m<sup>3</sup></sup> / <sub>h</sub> )
航行速度	最高速度 11 <sup>km</sup> / <sub>h</sub> 巡航速度 9 <sup>km</sup> / <sub>h</sub>
計画満載吃水	0.5 <sup>m</sup>
総重量	6.4 <sup>t</sup> (7ポート装着時 7.04 <sup>t</sup> )
総トン数	3.3 <sup>t</sup>
操縦資格	小型船舶操縦士 4種免許
最大搭載人員	5名 (除去作業員 3名)

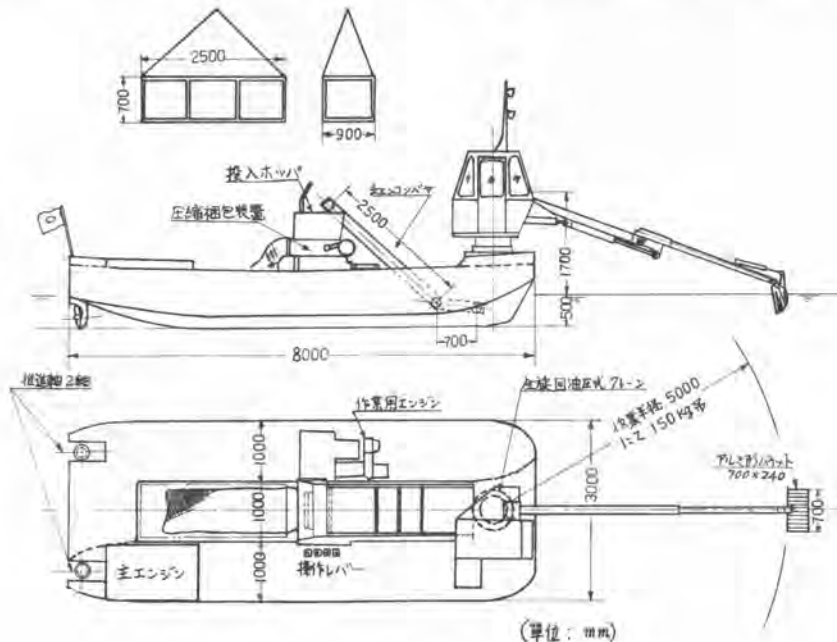
#### 4. 水面清掃船の特徴及び施工性

- (1) 水深の浅い小河川を対象として各装置を小形コンパクトにまとめて、かき寄せ採集から袋詰梱包までの一連の作業を船上で行い圧縮梱包した水草は自然に流下させ効率よく除去作業ができる。
- (2) 吃水が約5mと浅く、最大リーチ5.0mのバックホウタイプの爪付網形バケットにより、岸辺に繁茂した水草も確実に採集し除去することができる。
- (3) 作業中の船体安定性を良くするために双胴船形式として、脱着可能なフロートを装備している。
- (4) 水草の除去及び浮遊塵芥の回収作業など多目的として、オールシーズン化を図っている。
- (5) 船体の大きさは、陸上輸送を考慮してトレーラによる輸送ができる構造である。
- (6) 操舵及び航行性については、作業を主体とした設計により軽量化しているため小河川での航行は困難性がともない熟練を要する。
- (7) 本年度に、圧縮梱包システムを根本的に改良するので、大幅に除去能力が向上し、省力化及び除去経費の節減が期待できる。

#### 5. あとがき

河川の管理上障害となる水草や塵芥を一掃するには、公德心の向上と河川の根本的な改修により富栄養化を防止することが先決であるが、早急に解決できるものではない。

旺盛な繁殖力をもつホテイアオイの除去方法は、発生初期の株数が少なく草丈の短い時点において徹底的に取除くことが大発生を抑制し経費節減の方法である。その意味から水面清掃船「みどり号」の開発は大きなメリットと言える。反面、施工体制の確立や採集後の後処理など今後の問題点も多いが関係事務所の協力を得て本機を稼働し、更に実用性について解明する予定である。



水面清掃船「みどり号」一般図



## 20. 傾動自在型試錐機を用いた深い水深における地盤調査

中央開発 井之上 宏

### 1. まえがき

現在深い水深の地盤調査は、鉄骨槽、鋼管槽、円筒式足場、海底着座型ボーリングマシン、SEIP等で実施されているが、水深30m以上ともなると、その方法は限られてくる。

そこで考察され実用化されたのが、傾動自在型試錐機で、台船足場の機動性を生かすと共に動力の伝達装置を工夫して、波、潮流、風、等の影響を少なく出来るようにしたものである。

この傾動自在型試錐機をもちいた傾動自在型工法は、調査場所に於ける諸条件、すなわち、波、潮流、風、海底地形地質、水深、等により種々の組合せが可能で、確実、迅速、安全、かつ低コストで実施出来る。

以下、傾動自在型試錐機の構造、この試錐機を用いた工法、成果等について述べる。

### 2. 傾動自在型試錐機の特徴

原理的には、通常のボーリング機械の場合、原動機と試錐機が一体となって掘進を行なうが、この試錐機の場合原動機と試錐機とを分離させ、原動機によって生じた回転運動を、その中間に取付けた傾動自在装置を経由して、試錐機本体に伝達するところにある。

すなわちこの装置により、波、潮流、風、等による上下左右の動きに対して、円滑に回転を伝えたとえ水深が30mを越えようとも、試錐機本体が外管又は内管を通じて海底に固定されている為陸上又は槽の場合と同じ成果で削孔およびサンプリングを実施出来る。

傾動自在装置による動力の伝達方式は、図-1、2に示した如くユニバーサルジョイントとスプライン継手によるものと、油圧ポンプにより油圧モーターを回転させ行うものとに分けられる。

従って前者は、その構造からいって、水深は浅く海象条件の比較的緩やかな範囲に適用し、一方後者は、大型の台船で水深が深く、又より困難な海象条件の場合に適用する。

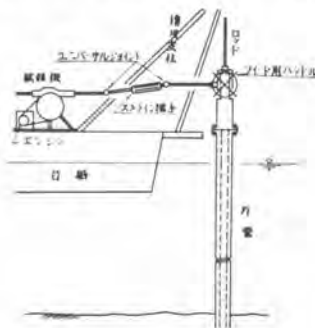


図-1 傾動自在40型

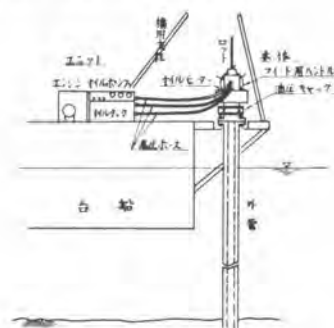


図-2 傾動自在OD-70, 120型

表-1 機種と機能

機種	機能	
	スピンドル内径	操 作
傾動自在 40型	44%	ロッド以外の掘進用具は、全て本体を取外してから挿入する。尚取外しは人力でも可能。
〃 OD-70型	73%	標準貫入試験(JIS規格)だけのボーリングの場合、本体上部より器具の挿入は可能。又不攪乱試料採取等が必要な場合、本体を取外して行なり。
〃 OD-120型	118%	固定ピストン式及びデニソン型サンプラー、標準貫入試験器、 $\phi=114\%$ までのコアチューブ、等は、本体上部より挿入可能。



写真-1 本体側操作盤



写真-2 掘進中

表-2 傾動自在型試錐機の性能

機種	主軸トルク	回転数	ストローク	油圧保持力	巻き揚能力	油圧ポンプ力	エンジン馬力	本体重量
傾動自在 40型	50kg・m	0~60 rpm	30cm	ホルダーによる	500kg	—	5馬力	90kg
〃 OD-70型	100kg・m	0~100 rpm	30cm	600kg	900kg	0~140kg/cm	25馬力	250kg
〃 OD-120型	100kg・m	0~100 rpm	30cm	750kg	900kg	0~140kg/cm	25馬力	350kg

### 3. 傾動自在型試錐機を用いた工法

#### (1) 適用範囲

- a 水深 2 m ~ 60 m
- b 潮流 2.5 ノット以下
- c 波高 1.3 m 以下
- d 海底土質 粘土から中硬岩
- e 海底地形 起伏地も可能



写真-3 ユニット側

#### (2) 台船仮設

台船は調査場所の諸条件に応じて、2 t ~ 5 t 程度の自航船や、3 t ~ 200 t の台船を使用する。その時のアンカーは、自航船で 30 kg ~ 100 kg、非航式の台船で 500 kg ~ 1000 kg、ロープ及びワイヤーは、50 m ~ 200 m 位が、標準である。

又水深 30 m 以上の場合、作業用として 7 t 吊程度のクレーンを必要とする。

#### (3) ボーリング用外管について

海象条件に合せたパイプのサイズと形式になるが、一応の目安として水深 20 m 以上は二重管方式で、外管 8 インチ 内管 4 インチ位となる。

又このパイプは、台船とは独立して自立させねばならない為、4 点張りの上部アンカー、4 点張りの下部アンカーを必要とする。



写真-4 小型台船



写真-5 大型台船

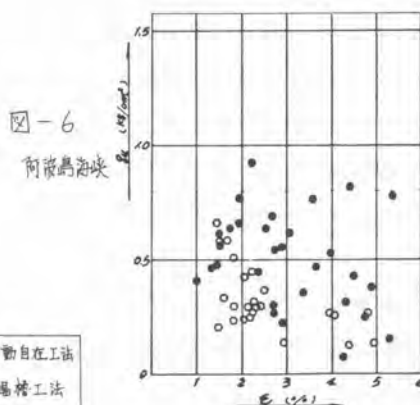
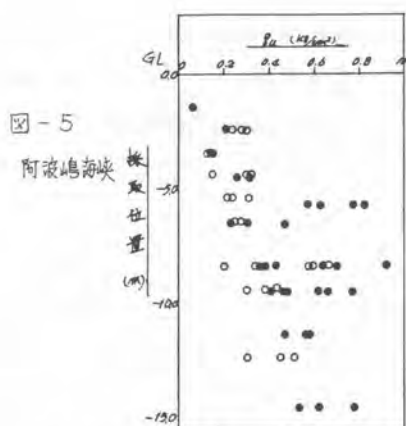
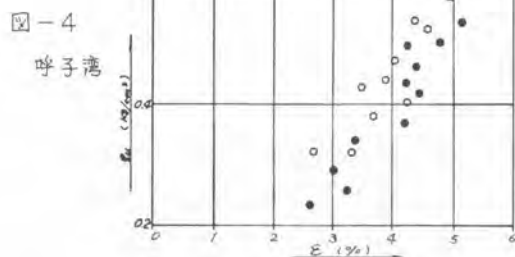
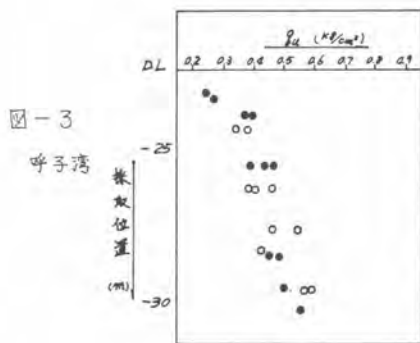
### 4 成 果

本工法により地盤調査を行なった例は数多いが、ここではその内 2 ケ所に於ける例を報告する。

表-3 は実施ケ所とその時の海象条件で、図-3 図-4、図-5、図-6 は構工法と傾動自在工法の結果を比較したものである。この結果をヒズミ重で見ると 2 ~ 5 % と少ないが、一部貝ガラ片や砂混入等の影響で 5 % をオーバーしているケ所も認められる。

表-3 実 施 例

条 件		場 所	
		呼子湾 佐賀県	阿波島海峡 広島県
海象条件	潮流	1.5 ノット	2.0 ノット
	波高	0.5 m ~ 1.5 m	0.4 m ~ 1.2 m
	潮位差	2.0 m	4.3 m
	風速	3.0 m ~ 5.0 m	4.0 m ~ 8.0 m
	風向	南西多し	北西多し
地形地質	水深	D L - 20 m	D L - 35 m
	海底地形	傾斜地	傾斜地
	海底土質	緩い砂	緩い砂



● 傾動自在工法  
○ 足場槽工法

## 5 あとがき

傾動自在 40型 試錐機による地盤調査は、昭和30年後半頃より行なわれ数々の実績を収めて来た。

しかし最近の海洋構造物の巨大化に伴い水深が深く、又海象条件のきびしい場所に於ける地盤調査に対する要望がここ数年来特に高まり、これに応えるべくODタイプ(オイルモータードライブ方式)ボーリングマシンの開発が行なわれた。

今後浅い水深から非常に深い水深に致る範囲を、試錐機の型式及び台船の規模を変えて有効に利用する事が、これからの海洋開発時代にマッチするものとする。

## 参考文献

瀬古 隆 三 他

「台船と傾動自在装置による海底土の乱さない試料採取」

土のサンプリングシンポジウム 土質工学会 昭和51年

井之上 宏 他

「深い水深に於ける地盤調査法の一例」

第13回土質工学研究発表会 土質工学会 昭和53年

# 21. 京葉線台場トンネルにおける泥水加圧式シールド工法

日本鉄道建設公団東京支社 矢吹俊一

## 1 まえがき

都市における鉄道網の発達とともに、施工条件の厳しい超軟弱地盤地帯におけるトンネルの建設が避けられなくなり、技術的にも種々の問題が生じている。たとえば、地盤泥下中の地盤や、将来、地盤泥下を生じる可能性のある地盤、あるいは、河川や運河等の水底下の軟弱地盤中にトンネルを建設する場合には、設計、施工における諸問題を解決していかなければならない。

このような一例として、現在、建設中の京葉線台場トンネルにおける泥水加圧式シールドトンネルについて紹介したい。日本鉄道建設公団では、すでに昭和45年、京葉線羽田トンネルの水底下軟弱地盤においてトンネル外径 $\phi 7.10$ 、掘削延長 $950$  mの大口径泥水シールドの施工実績をもっているがここに紹介する台場トンネル工事は、外径 $\phi 7.50$ 、延長 $1,430$  m、しかも着しい地盤泥下中の軟弱地盤に建設されるシールドトンネルの施工例である。

## 2 工事概要

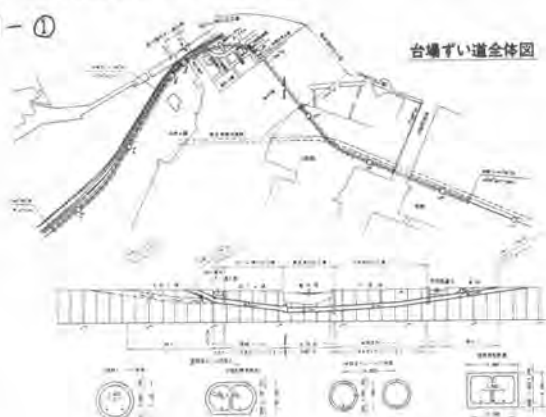
京葉線は、東京湾岸の川崎市から羽田空港、大井ふ頭などを経て東京港および千葉港を通り千葉県木更津市に至る延長約 $100$  kmの鉄道新線であり、武蔵野線および小糸線とともに東京外環状線を形成する重要な路線である。

このうち、台場トンネルは、図-①に示すように大井ふ頭に新設された東京貨物ターミナルから地下に入り、品川ふ頭を通って東京港を直角に横断、13号地付道で東京湾岸環状道路路下を斜めに交差し有明面運河底を越えて有明駅付道や地上に達する延長約 $2.3$  kmのトンネルであり、塩浜へ大井ふ頭間の羽田トンネルとともに、水底部分を主体とする特異なトンネルである。

トンネルの計画にあたっては、各区間ごとの地形、地質、支障物件、船舶航行等の施工条件と合せシールド、掘削、ケーソンおよび開削等の様々なトンネル工法を採用し、現在その大部分の区間で工事施工中である。ここに紹介する13号地付道工事は、単線並列シールドトンネルとし、地質条件その他から泥水加圧式シールド工法を採用し、昭和50年4月、着工以来、順調に進捗し、本年9月末には、下り線 $1,430$  mの掘削が完了する見込みである。

## 3 設計上の特徴

図-①

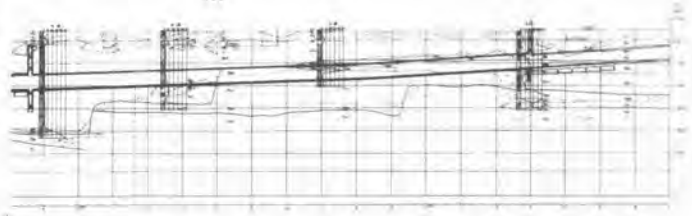


### (1) 工法の決定

この付近の地質は、全般的にきわめて軟弱な沖積粘性土層であり、地下水の吸上げによる間隙水圧の低下および埋立による荷重増加の影響により、沿線各地で地盤沈下が進行中である。特に13号地面

部付近は、隅田川河口に形成された三角州上に新しく造成された埋立地であるが、現在着しい地盤沈下が進行中であり、地上部では年々、トンネル下端部で7mmに及び、トンネル完成後60年間の推定沈下量は、トンネル下端で最大1m（全沈下量2.2m）に達する。又中央部より東部付近に至つては、洪積粘土、砂および砂礫の互層と極端

図-② 地質縦断面図



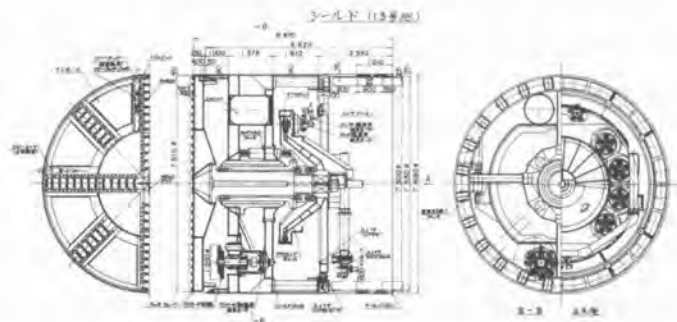
な違いをみせている。このため、硬軟両地層の境界付近においては、地盤の不平等沈下により、トンネルに大きな縦断変形を生じ、その曲率半径は、約560mになるものと推定される。

このような厳しい設計条件に対応する工法として、種々比較設計の結果、シールドトンネルとし、セグメントリング間に伸縮継手を用いてトンネル縦断方向の剛性低減を図り、軌道および電車線の保守上、内空断面を40cm拡大し、トンネルの沈下に対応させた。又、シールドについては、硬軟両極端の地質に対処でき、工費の点でも他の案よりも低廉であるため、泥水加圧式シールドと決定した。

### (2) シールド機械

図-③ シールド機械図

前述のごとく、本トンネルは、地盤沈下中の沖積粘性土およびシルト質土、洪積砂礫層という硬軟2種の両極端な地質を掘進する必要があり、このため、カッターヘッドを摺動可能とし、カッターヘッドに開閉装置を取付けるとともにカッターヘッドとスクリュープレートとの隙間をできるかぎり



せなくして、その他、羽田トンネルでの経験からカッターヘッドの形状、チールシール等種々の改良を加えた。

### (3) セグメント

硬軟両地層の境界付近をとおる不平等沈下の曲率半径に出来るだけ近づけるため、曲げ剛性の最も低いこと、内空断面を出来るだけ大きく確保するため、桁高の少ないこと、圧密沈下によるネガティブリクシオンにも耐えられること、伸縮継手の取付に支障がないこと、以上のようなことからフラットタイプのコンポジットセグメントを採用した。

(7) 伸縮継手

地盤の不均沈下によるトンネル縦断方向の曲率半径は、560mに達し、模型実験の結果から合成セグメントにおいても600mであり、特別な対策を講じないかぎり、トンネルの破壊は避けられない。

柔結合継手は、地盤沈下に従って進むとともに、地震時の曲げ・せん断力および軸力（押し引き）に十分耐力があり、水密性および耐久性に優れた機能を有するものとなければならない。また、当然のことながら、施工性と無視することは出来ない。これらの基本条件を考慮のうえ、継手の開発方針としてシールドジャッキ推力を利用して、セグメントリング間に挿入してゴムガスケットに所定の圧縮歪を与え、この圧縮歪によつて

図-④ セグメントリング間伸縮継手工配置図

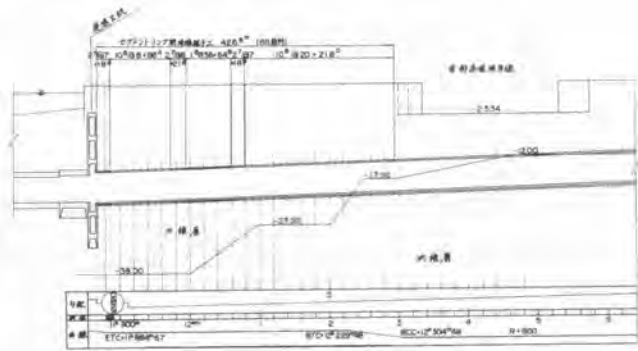
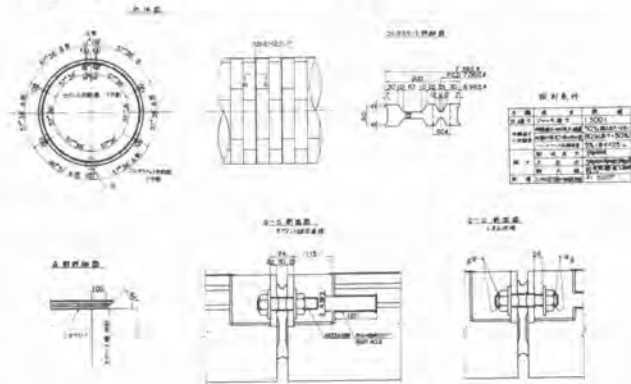


図-⑤ セグメントリング間伸縮継手工構造図



トンネルの縦断変形により生ずる継手部の伸縮を完全に吸収することとして、地盤沈下解析、地震応答解析ならびに模型実験から図-④、⑤に示す形状、挿入位置を決定した。

施工法については、ゴムガスケット/リング分をセグメントと同様、7分割とし、接合位置をセグメント継手位置と若干ずらせて取付けることとし、ガスケットは、シールド同様あらかじめセグメント側面に接着剤で貼り付け、セグメント組立と同時に組み込み、シールドジャッキにより所定の厚さに圧縮する。この際、ジャッキの推力は、1500t以上とし、ゴムガスケット30mm以上圧縮した後、締付ボルトナット間を正確に圧縮量30mmに合わせて荷重を解放する。その後、セグメントの移動が完全に落ち着き、締付ボルトの荷重状況をみながらボルトナットの間隔を2mm拡大する。

4. 施工状況

工事は、薬液注入(LW)による地盤改良と立坑圧気を併用しての発進であったが、立坑周辺地山の極端な軟弱性の上、立坑そのものの不斉沈下のため、充分な薬液注入が出来ず、非常に困難をきたしたが、関係者の努力により無事発進することが出来た。その後、作業員の熟練度の向上とともに、工事の順調に進み、現在、およそ100R程度であるが、この間の稼働日当りの平均進行は、5.1R(5.5m)となっている。

この間、沖積層においては、泥水圧による浮力ならびに、裏込注入による地山の流動変形等によりセグメントが浮上し、機械の操作、施工基面の保持に問題があった。裏込注入は、当初し周辺地山の

地盤強化をも含せて考慮していたため) 注入機を硫酸ソーダ3号を主体として、目標硬化時間を1分前後に設定した。このため 注入機が、硬化するまでにセグメント下端へ廻りこみ、地山を押しつけるから硬化するため、セグメントは、必然的に押し上げられる。その後、注入圧をさらに落とす(スリッパ)とともに、硬化時間を45秒と定め、気温、液温による硬化時間の変化に対しても硫酸ソーダの品質を変えらるることによって対処した。

泥水処理設備は、大別して一次処理、二次処理の二つに大別されるが、一次処理は、砂分により、二次処理は、シルト分の量によりその能力が決定される。そして、クラッシュファイア、サンドコレクター等の一次処理設備は、連続的に運転されるため、その能力は比較的余力があるが、二次処理設備は、シックナにおける薬品による微粒子のフロック形成さらには、フィルタープレス等の断続的な脱水処理など、その処理能力は、時間的な拘束を受ける。本工事の場合、泥水処理能力は、泥水流量約370%から、50分と計算される。(この場合、シルト分の脱水率は、40%前後を目標とした。) したがって、シールドの掘進サイクルタイムは、この泥水処理設備の能力によって決められた。

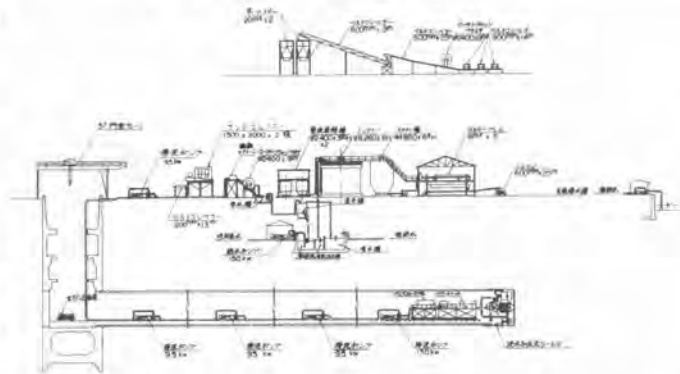
一方、洪積層の掘削にあたっては、当初予想を上回る大きさの礫(φ300mm)の出現による排泥口の閉塞、送水ポンプの機能障害、泥水室内の土砂泥濁によるカッター旋回の起動困難が生じた。この閉塞に起因して送排泥流量のバランスがくずれ、水圧が一時的に急上昇し、切羽を不安定させた。

そのため、除礫装置の取付時を処理した。さらに、掘進延長1000mを越えるころから、送水ポンプの能力不足、シールド機械や泥水輸送設備の負荷状態が一様になると共に、各所に障害がおきるようになった。泥水加圧式シールドについては、かなり長大トンネルであり、設計上は、十分な能力をもちながら、実際には、種々の問題点を引きおこしている。しかしながら、このような地盤条件の中で、大口径、大延長の工事としては、充分満足の結果であると同僚者一同自負してよいと思う。

### 5. あとがき

以上、京葉線与場トンネルに於ける泥水加圧式シールドトンネルの設計並びに施工について、ごく簡単に報告させていただいたが、工事の詳細については、工事終了後、各種データの整理、解析が終了した時点で機会があれば紹介したい。

図-⑧ 泥水処理設備全体図



坑内状況写真





## 22. 泥水シールドにおける礫除去装置の比較

西松建設 小川 正雄

### 1. まえがき

従来泥水式シールド工法は、圧気工法の適用不可能な噴発の可能性のある砂層、軟弱な粘土、シルト層で、普通工法では地盤沈下の防止のために、多量の薬液注入を必要とする地層において採用されてきた。しかし礫の多い地層での泥水式シールド工法の採用は困難とされてきた。今回泥水式シールド工法の施工範囲の拡大を図るべく、宍道湖流域下水道東部1号幹線建設工事で、礫層での泥水式シールド工法を採用したが、この際使用した二種類の礫除去装置について比較検討をおこなう。

今回採用した礫除去装置は、トロンメル方式と水中クラッシャー方式の二種類である。前者は径124cmの円筒の中に50mmの粒径以上の礫を溜め、約0.8m<sup>3</sup>で満杯になれば、それを人力で外部へ移すという作業を繰り返す方法であり、後者は排泥管内を輸送されてきた礫を35mm以下の粒径に破碎させ、そのまま流体輸送にて坑外へ排出させる方法である。施工計画の段階では、水中クラッシャーはまだ開発途上で、今回の使用に間に合うかどうか問題があったので、工程計画はトロンメル方式を使用すべく計画をたてた。しかし工事途中243リング頃より水中クラッシャーを使用することができた。

### 2. トロンメル方式

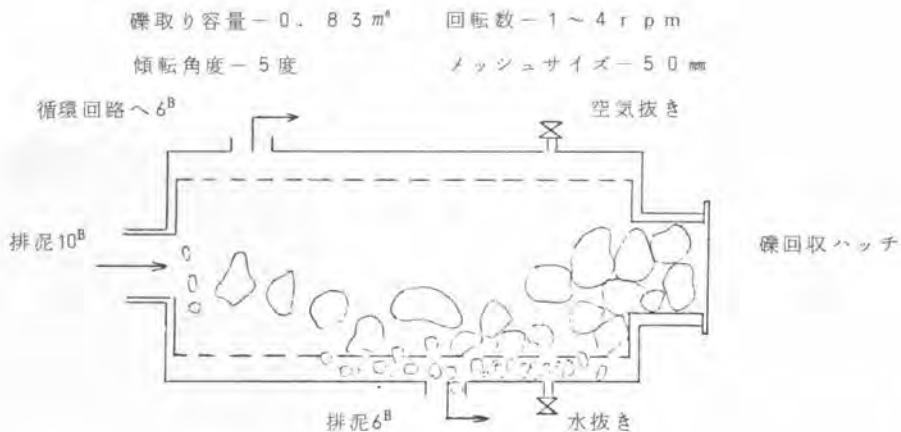


図-1

今回図-1を使用し525リングの掘削をおこなった。1480回の礫除去をおこない、631.07m<sup>3</sup>を処理した。すなわち1リング当りでは2.82回、1.202m<sup>3</sup>となる。表-1より291リングから318リングまで(以下Aと呼ぶ)と379リングから460リングまで(以下Bと呼ぶ)とを比較してみると、A及びBは1リング当りの礫除去回数は同じであるが、礫排出量は35%程度Bの方が多いのにもかかわらず、所要時間はAの約半分で処理されている。

このように礫除去の所要時間は、切羽の地質により大きく左右される。粘着力の強いシルト・粘土

表-1 切羽状況と曝除去実績表

リングNo	リンク数	切羽状況	切羽土粒子分類			乾砂量(t)	曝除去回数 (回)	曝除去容量 (m³)
			シルト分	砂分	礫分			
0 / 50	50		4.6	3.4	2.0	565.6 12.83 R	100 2.00 R	27.25 0.545 R
51 / 200	150		6.5	2.3	1.2	182.6 12.14 R	386 2.57 R	123.3 0.822 R
201 / 240	40		1.6	2.5	5.7	458.0 11.45 R	201~242 IC曝取使用 149 3.54 R	97.44 2.32 R
241 / 290	50		3.5	2.8	3.9	659.0 13.19 R	267~290 IC曝取使用 69 2.87 R	30.00 1.25 R
291 / 318	28		3.5	3.7	2.8	331.0 11.84 R	87 3.11 R	25.2 0.90 R
319 / 378	60		5.0	4.1	2.9	761.8 12.64 R	168 2.80 R	49.02 0.817 R

表-2

交換回数	稼働リンク数	交換を要した原因及び状況	溝口ヒット
1	15	軸受部シールの破損 シルトによるディストリビューターの目詰まりにて流量低下	50mm
2	9	軸受部シールの破損 泥木によるディストリビューターの目詰まりにて流量低下。偏平な礫による配管の閉塞及びポンプインペラー部分の故障	50mm
3	17	軸受部シールの破損 ポンプの摩耗、トグルプレート脱落	50mm
4	24	軸受部シールの破損 ポンプの摩耗、トグルプレート脱落	30mm
5	39	軸受部シールの破損 ポンプの摩耗、トグルプレート脱落により100mm程度の隙にてパイプ閉塞	30mm
6	55	軸受部シールの破損 ポンプの摩耗、タンションボルト折損	30mm
7	44	軸受部シールの破損 ポンプの摩耗、トグルプレート脱落	30mm
8	1		30mm

が多いと、トロンメル容積の30%程度でメッシュの目詰りをおこし、礫除去をおこなわなければならない。又メッシュの目詰り粘土を除去するために高圧洗浄ポンプを使用するので、当然所要時間は長くなるわけである。(所要時間が一時間近くかかることもしばしばあった。)この逆に粘土、シルトのない礫地質の場合は、容量一杯まで溜めることができ、その排出もトロンメルを傾動することにより自然落下で排出し、人力を節約することも可能である。当然所要時間も短時間ですむ。

メッシュの目詰まり対策として図-2のように一部改造をおこなったが、粘土の目詰まりに対しては効果はなかった。

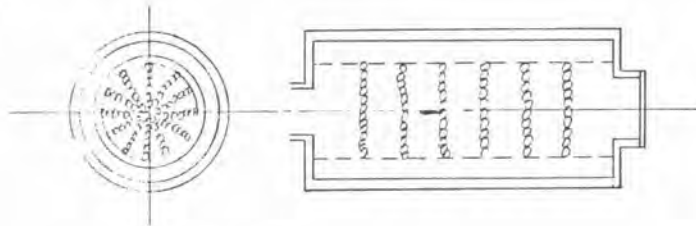


図-2

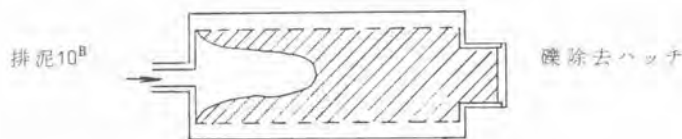


図-3 粘性土の溜まり方

以上のトロンメルの特徴をまとめてみると

- 1) 礫除去装置以降の排泥ラインでのトラブルがない。排泥ラインでの流量低下がおこった場合一般的に礫除去装置内の清掃をおこなうことにより流量低下は解消される。
- 2) 掘削は連続的におこなうことがむずかしく、1リング掘削の途中で必ず除去装置内の礫の処理又は高圧ポンプでの清掃が必要である。
- 3) トロンメルから坑外までの礫搬出設備を別に必要とする。
- 4) メッシュサイズの変更ができない。
- 5) 大きな故障によりトロンメルの搬出を必要とする場合、困難である。
- 6) 礫を別に除去するので、乾砂量測定による掘削土量の予測が困難である。

これらの理由により、トロンメル機種を選定は慎重におこなわなければならない。又粘着性の強い地質地層での使用は、避けるべきであろう。

### 3. 水中クラッシャー方式

水中クラッシャーによる礫処理は次のようにおこなう。

シールドで掘削された礫を含む掘削泥水をフィードボックスに流入させ、スクリーンによってスクリーン目以上の礫と、スクリーン目以下の礫とに分級し、スクリーン目以上の礫はクラッシャーによって小破碎される。クラッシャーの構造は、図-4に示す①の固定歯板と動力によって揺動する②の可動歯板との間で、物をかみ砕くように礫を破碎するシングルトル型クラッシャーである。また、

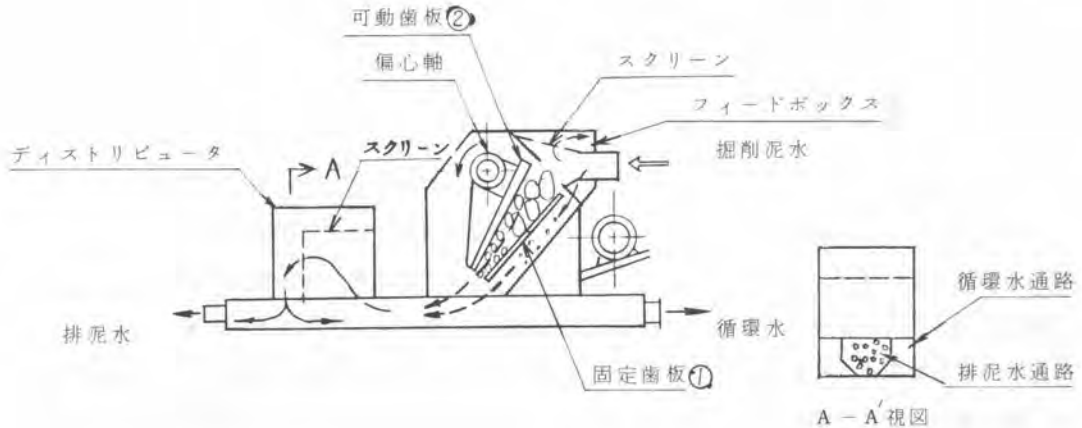


図-4 水中クラッシャー

大礫をクラッシャーまで流送するため、後部にディストリビューターを設け、切羽とクラッシャー間を泥水循環させ流速流量を確保した。この方式により今回204リンクの掘削をおこなった。204リンク距離掘削の結果は表-2のような状態で、7回クラッシャーの入替えをおこなった。

表-2のとおり8台のクラッシャーを改造修理して交換した。8台目のクラッシャーは到達間近で交換したため、考察の対照から除外した。203リンクで7回の交換は、1台平均で29リンクの寿命となる。交換の主な原因は軸受部のシールの破損である。今回1~2回の交換は同機構のものを使用し、3回目以降は改良した機構を使用した。(現場の都合により一次改良品で使用)当社は引き続き改良すべく研究中であり、二次工事以降にもこれらを採用する予定である。その他の種々のトラブルに関しては、そのつど現場にて改良改造を重ねた。

8回も交換しながら使用した理由は

- 1) トロメルに比較し、掘削が連続的にできるという最大のメリットがある。
- 2) 坑外への機械の搬出も比較的容易である。
- 3) 人件費もトロメルに比べ必要としない。
- 4) ズリ搬出設備が不用である。
- 5) 乾砂量測定による土量予測ができる。

しかし欠点としては

- 1) 排泥設備、特にポンプの摩耗が激しく部品費が普通の2倍程度必要とする。
- 2) 排泥ラインが閉塞を起こした場合、パイプライン全長にわたり原因調査を必要とする。

機種を選定にあたっては、地山の地質を把握し、粒径、礫量、掘削速度等より選ぶ必要がある。

まとめ

クラッシャー、トロメルはそれぞれ能力、故障率、パイプラインとの関係などに一長一短はあるが、故障率を除けば一般的にクラッシャー方式が泥水シールドの省力化、自動化の目的に合致している。今後は、これらの故障、原因を追求して改良し、泥水シールドが砂利層をも突破可能な万能シールドに完成するよう、その適応を広げていきたいと考えている。

今後とも、諸賢の御指導を強くお願いする次第である。

## 24. 小口径管ノースパイラル推進工法

姫野組 野田 彰

### 1. まえがき

当発表は、小口径管推進工法の一つである「ノースパイラル工法」に関して、その工法概要と、施工例を示し、小口径管布設工事にたずさわる技術者諸兄の御参考に供するものであります。

近年、環境整備その他の理由により、上下水道管・都市ガス管・電力・電話ケーブルなどの地下埋設工事が増加し、その施工法は、種々の条件によって異なるものの開削工法が減少し、シールド工法および推進工法が増加しており、それらの技術も急速な進歩をとげております。しかしこれらの工法の内にあつて小口径管の推進工法は多くの需要があるにもかかわらず、施工精度の問題、施工可能な地盤の問題、使用管の問題など種々の未解決の問題が有り輸管工事の一部で施工が行なわれているにすぎない現状でありました。これらの問題と取組み小口径管推進専用の工法として開発された工法が「ノースパイラル工法」であります。同工法は未だ完成された工法ではなく、改良を重ねつつ施工を行なっていますが、今回の施工例でも当初の目的は十分達したと考える故に、その工法概要及び施工例をここに報告するものであります。

### 2. 小口径管推進工法の問題点

昭和49年2月「作業の安全確保のために、労働省との協議の結果、人力掘削による推進工事における最小管径は原則として内径800耗以上が好ましい。」との建設省見解が示されて以来、設計必要断面にかかわらず施工断面は原則として内径800耗となり非常に不経済であり、小口径管推進工法の必要性がますます増大しました。

小口径管推進工法には従来《生押し方式》、《水平掘削方式》が有りさらに最近、《圧密方式》ならびに《ノースパイラル掘削方式》などが有ります。

※従来の、《生押し式推進工法》は、残土搬出をすることなく後部ジャッキによりやみくもに推進する最も原始的な方法で、実用に供される事は少ない。

※《水平掘削方式推進工法》は、推進管体内部に連続したオーガーステムを挿入してその回転によつて、掘削及び残土運搬を行なうものであります。

同工法による施工速度は非常に速いが、使用管が鋼管に限られ、しかも施工精度が極めて低いため下水道本管等の施工には適さない。さらに適合地盤の中が狭く転石にはとくに弱く、立坑長さも8m以上必要である点なども弱点の1つである。

※近年開発された《圧密式推進工法》は、先端に推進用ジャッキを装備し、全ジャッキを用いて圧密推進ならびに方向決定を行ない後続の管を後部より圧入する方式であります。

同工法は残土搬出する必要がないために、対象土質が均一な圧密地盤の場合は威力を発揮します。しかし砂地盤や礫まじり地盤など非圧密地盤ならびに圧密土質においてもN値の高い地盤では施工で

きないほか、小口径推進工事にありがちな障害物（転石・ガラ・地下埋設物など）に対して全く対応策がなく、もしそのような障害物に遭遇した場合はそのスパン全体が施工不能になる難点がある。

※《ノースパイラル推進工法》は、一般の手掘式推進工法において管内作業員の行なう切羽掘削作業ならびに残土搬出作業を“ノースパイラル掘削機”を用いて機械的に行なう工法であります。

同工法では掘削作業・残土搬出作業が連続関連作業となるために他の小口径管推進工法に較べて、推進速度が遅く、手掘式推進工法のそれとほぼ等しい。

しかし先端の掘進機内に設けられた方向修正装置により方向修正をしつつ推進するために施工精度は高くまたヒューム管（J S W A S , A - 2 に準じたもの）を直接推進施工できるために下水道本管布設工事にも採用されています。さらに対象地盤はほぼあらゆる土質で施工可能であり、障害物の排除も比較的容易で立坑長さも5 m程度で良いために市街地での施工にも適している。

### 3. ノースパイラル工法の概要

ノースパイラル工法の概要は（図-1）に示す通りであります。

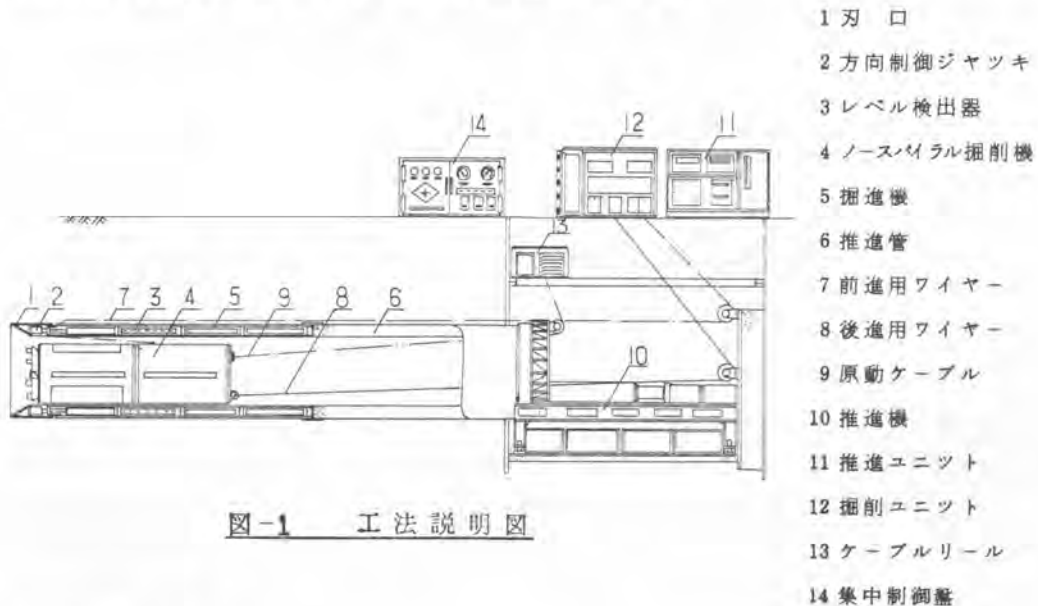


図-1 工法説明図

#### ※装置および作動

手掘式推進工法において管内作業員が行なう切羽掘削、残土搬出作業をノースパイラル掘削機④によって行なう。ノースパイラル掘削機は切羽掘削を行ない、その残土は全機の残土ポケット内に貯留する。掘削完了後同掘削機は推進管体内を走行し立坑内で残土排出を行なう。ノースパイラル掘削機の作動は立坑外にセットした掘削ユニット⑫が司る。また同掘削機と連動して掘削するに従って後部の推進機⑩により推進管⑥を圧入する。これらの全体作動は集中制御盤⑭で行なう。

掘進機⑥内に装備したレベル検出器③により連続的にレベルを測定し、さらに測量器による測量結果で設計方向と差異が有る場合は掘進機内部の方向制御ジャッキ②を用いて刃口①の冠着角度を変えて方向修正を行なう。

#### 4. 施 工 例

工 事 名 南津守地内下水管渠築造工事（その2）  
工 事 場 所 大阪市西成区南津守地先

##### 4-1 工事概要

本工事は、大阪市西成区南津守地内の排水を良好にするために大阪市下水道局より発注された工事で、図-2に示す通り西成第1698号線と既設人孔1の間約65Mにわたり内径450耗の下水道本管を布設するものです。本工事施工箇所は人家密集地で巾約3.5Mの生活道に接して家屋が有るために施工には殊に注意を要する現場であります。

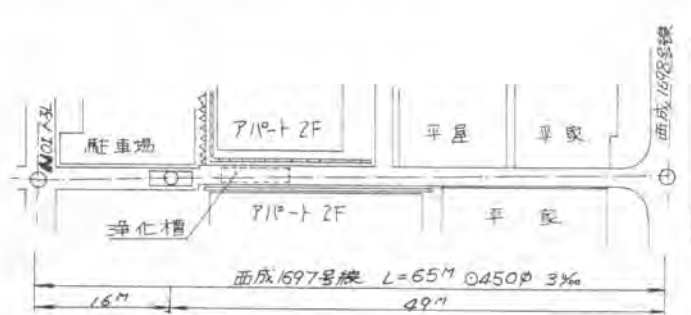


図 2 平 面 図

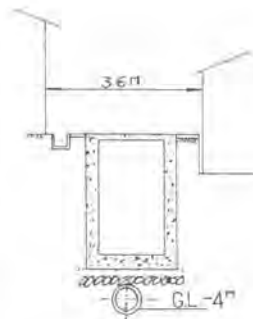


図 3 横 断 面 図

##### 4-2 工法の選定

本工事は既設人孔1への流入管路であるために布設管底高さが制限される上に、当路線中央部の浄化槽基礎深さも考慮しなければならぬ。この点を検討すると、内径600耗以下の小口径推進工法でのみ施工が可能となる。前述の通り小口径管推進工法には種々の工法が有るが本工事は下水道本管布設工事であるために、水平ゾンタルオーガー方式による施工は不可能である。次に圧密方式による施工を検討すると、対象地盤が非圧密土質であり、しかも埋立地であるためガラなどの障害物の存在のおそれがあり全方式には不向きな土質条件である。また浄化槽下部通過の際は基礎栗石を排除しつつ推進する故に圧密方式は採用し難い。以上の考察の結果、ノースパイラル工法によつて、内径450耗ヒューム管を布設することに決定した。

また土質調査の結果、水位がGL-1.5Mで切羽面より水と共に土砂が流入し切羽崩壊の危険があり近隣家屋への影響を考慮に入れて補助工法としてカーテングラウトを伴うウエルポイント工法を採用した。

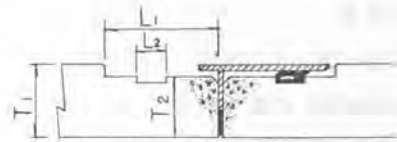
##### 4-3 施 工

先づカーテングラウト工を施工した後、ウエルポイントを打設し、揚水量を少量に押えて運転し、徐々に水位を下げる方法で家屋への影響を皆無に施工した。

推進に当っては、使用ヒューム管は図-4のようにJ S W A S - A 2に準じて設計製作し、止水も下水道協会型を採用した。なおヒューム管内面からの化粧目地に代る方法として20号角のラテックススポンジを使用した。

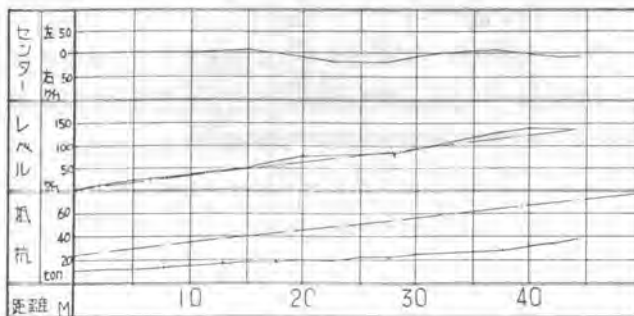
余掘による切羽面崩壊を防ぐために、掘進機内のカッター用ストツパーを調節して掘削面を刃口斜面板後部で止めて安全を期した。又浄化槽下部の基礎梁石部通過の際は推進速度を極端に遅くし、刃口上部の崩壊を防ぎつつ丁寧な施工を行なった。ウエルポイントによる水位低下及び上記の様な切羽面保護対策により切羽面の崩壊を完全に防止することが出来た。

下水道本管布設工事で最も重要である施工精度を保つために、掘進機内に装備したアナログレベル検出器のデータを十分に検討し遅滞なく修正装置を作動させて垂直精度の確保に努めた。また1.5 mないしは2.5 m推進ごとに、測量機によりレベル・センターを測量した。以上のように方向修正に関しては、先づレベルを優先し、次にセンターの修正を行なった。その結果は表-1の通りでレベル・センター共に下水道本管として十分に許容誤差内で施工できた。



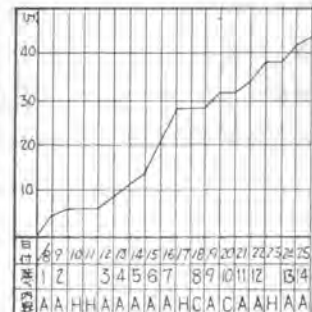
T<sub>1</sub> 67<sup>mm</sup> T<sub>2</sub> 58<sup>mm</sup>  
L<sub>1</sub> 100<sup>mm</sup> L<sub>2</sub> 26<sup>mm</sup>

図-4 ヒューム管



—— 設計      - - - - 施工

表-1



A: 推進 C: 機器整備 H: 休日

表-2

施工の結果、日進量は表-②に示す通りである。実績動作業日進量は  $43/14 = 3.07 \text{ m/日}$  で  $43/140 = 0.37 \text{ m/h}$  である。日進量では最大6.5 Mから最少1.8 Mで大きな異差があり、本工法における推進速度は土質により大きく左右される事を示している。

## 5. あとがき

今回の施工例は、立地条件・土質条件等多くの難問をかかえた現場であったが、ノースパイラル工法を採用する事により当初の目的を達成することが出来た。なお当施工例の後に宇土市において、内径450号ヒューム管を1スパン60 mの長延長推進も成功している。以上の様に小口径管推進工法においてノースパイラル工法は1つの分野を開拓しつつある工法であると考えここに報告いたしました関係諸兄から有益なる御助言をいただきなお一層の技術向上を図りたいと考えております。



## 25. 長尺(80m)水平鋼管削孔機の実績

西松建設 長井 吉郎

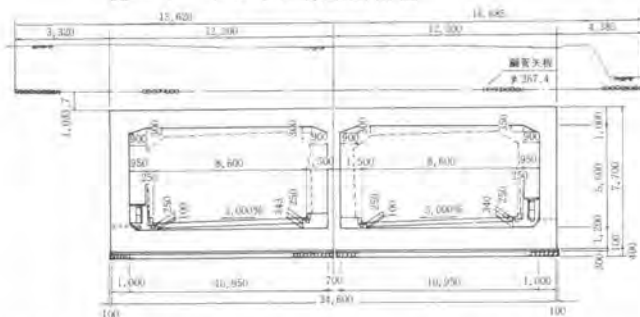
### 1. まえがき

圧入鋼管の圧入方向をコントロールし、正確に長尺80mを施工した水平鋼管削孔機の実績についての報告である。

### 2. 工事概要

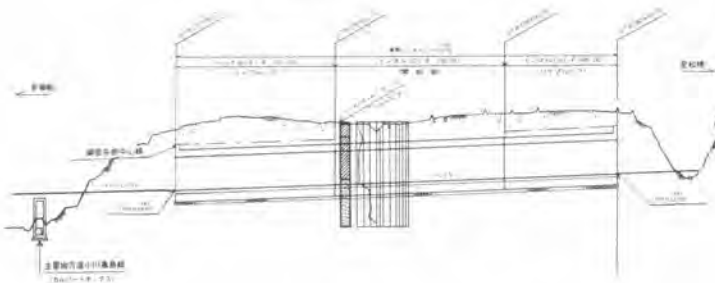
当工事は、図-1でみるとおり比較的なだらかな台地で、地層は表面から1m前後が黒ボク、3m前後迄が赤ボク、10m前後迄が灰土で、全体として火山灰土で形成されている台地下に、土かぶり3m前後に、高さ7.7m、巾24.8mの大断面トンネルを構築するものである。したがって、施工途中の地表の沈下、地山のゆるみを防止するため、延べ17200mのパイプーフをAトンネル(L=120m)とBトンネル(L=85m)の上部に設置した。

図-1 トンネル標準断面図



トンネル天井部に中央、両端に3本のガイド管を設置する。

図-2 縦断面



### 3. 既往資料の調査

いずれの工法説明も手段と結果のみが示され、手段から結果にむすびつく途中説明がないが、概して許容方向誤差は1%以下となっている。当現場に指示された許容誤差は0.5%以下であり、圧入延長は120mと80mである。したがって、あらかじめ種々の圧入工法の試験施工をおこなって、考えられる全ての誤差要因を解明淘汰したうえで本工事に着手することに決定した。

#### 4. 考えられる方向誤差要因の解決方法と試験施工の結果

##### a 溶接による誤差

鋼管延長80mの場合、単位鋼管8m×10本で構成される。そのため、鋼管はたがいに同一直線上に溶接しなければならない。

先頭管に変位が生じた場合でも、先頭管に対し一直線上に溶接すべきである。仮に変位した先頭管に後続管を計画軸センターにセットして溶接した場合、2本の管はくの字状の管体となり、わん曲の最も大きな原因となる。したがって先頭管の圧入は慎重におこなうべきである。又先頭管が変位したので引き抜いて再圧入をして修正を試みたが、修正は困難であった。一度あいた穴は元の土質条件に復元することはほとんど不可能である。

##### b 圧入鋼管の断面係数、及び管厚による誤差

上載荷重に対する断面係数及び管厚は充分強度がある。管厚6mmの圧入管を24m圧入した時の点間誤差は1%であった。しかし管に振れを生じていたのでその振れ角より、先端にかかる偏荷重のトルクモーメントを逆算し、圧入長60mの先端に同一のトルクモーメントを乗じた場合、同一振れ角以下にとどまるための管厚は、管厚12.7mmが必要となった。

結論として鋼管のわん曲は、たわみと振れの複合原因に起因するものと思われるが、管厚の決定はそのうちの許容振れ角によって決定されるべきものと考えられる。

##### c 圧入管先端にかかる偏荷重による誤差

試験施工の結果、先頭管先端を45度に斜めに切断加工することと、オーガストロークを併用することで管先端上下の抵抗差は、ある程度コントロール可能となった。ただし、測点間誤差が0.25%以下でなければコントロール効果が少なく、若干ブレーキがかかる程度である。したがって常に観測し、測点間誤差が0.25%以内で手当をすれば充分効果がある。管先端の左右の抵抗差の調整の方法実験は特におこなわなかった。

##### d 圧入管先端にかかる左右の抵抗差の誤差

圧入途中時、誤差調整をおこなう方法が発見できないので、高精度で設置するガイド管の圧入試験をおこなひ、残余の鋼管はガイド管のジャンクションで誘導することで、正確に全体の鋼管群を圧入することとした。

###### d-1 ガイド管試験

資料調査による工法として、あらかじめ小口径の削孔をおこなってピアノ線を通し引き込む工法を試みたが、ピアノ線を通す小口径ボーリングそのものに誤差があり、正確ではなかった。しかし、削孔した穴を正としてピアノ線を通し、ピアノ線で鋼管を前方に誘導する方法と、背面から掘削しながら推進する方法を併用することで、誤差0%に近い精度( $\epsilon=60\text{m}$ )に管を圧入することができた。

###### d-2 ガイド試験

単管を回転させながら、削孔、推進する工法であるが、回転により破壊された土が、回転に伴って周辺土質に不均等な破壊、例えば上部に空隙を起し、管回転時には管全体及び管内部のオーガーが偏心回転して、掘削が不可能となった。

d-3 ガイド管試験

延長30m程度迄は0.25%の精度を保持することが可能となったため、長さ30m地点に方向修正ビットを設けジャッキで正確な方向修正をおこない、長さ50m地点で同様の修正を再びおこなった結果、全延長点間誤差0.25%以内のガイド管の圧入が可能となった。

e 測点間誤差を0.25%以下に保持

圧入鋼管の単位長は8mであるので、8m溶接設置時に測量観測をおこなってチェックをおこない、処置を採った。

f ジャンクションによる誤差

鋼管を互いに結合するジャンクションには種々の方法がある。ある種類は圧入に大推力を必要とし、ある種類は推進時に裂け、ある種類は一方向に回転する傾向がある。

当社は長年の経験と実験から、推力を必要とせず、裂けず、かつ施工後に継手に止水注入の容易な図のごときジャンクションを採用した。

図-3 鋼管矢板標準断面図

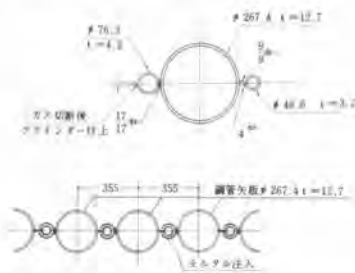


図-5 鋼管圧入水平ボーリングマシン

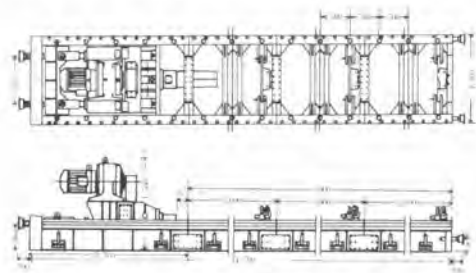
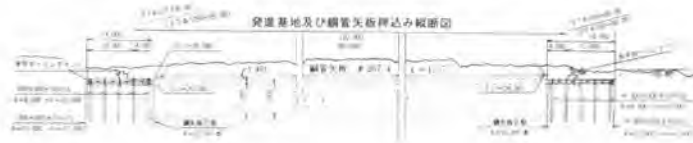


図-4 発進基地及び鋼管矢板圧入縦断面図



g 方向誤差要因の解決

実験の結論として、次の仕様の構造機械を製作することとなった。

- 1) 推力中心軸と反力中心軸は、同一直線上になければならない。
- 2) 推力の大小は高精度圧入時には特に要因とはならない。
- 3) 圧入機械は、左右両回転で前後30cm程度のストロークの効くものでなければならない。

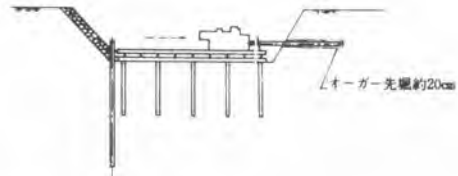
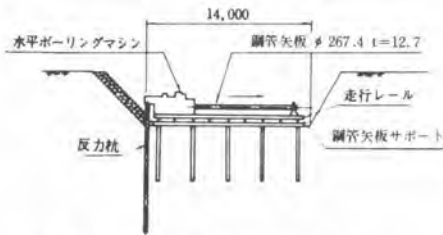
5. 以上の試験施工の結果をふまえて本工事の削孔計画をおこなった。

計画；トンネル天井部の各々中央と両端に3本のガイド管を設置し、それを基準とした左右に鋼管をジャンクション連結させて水平削孔をおこなう。Aトンネル平面長120mは両立坑から60mずつ施工し、中央でドッキングする方法をおこなう。Bトンネル80mは一部分80m片側立坑から施工し、一部分は40mずつ両立坑から施工することにした。

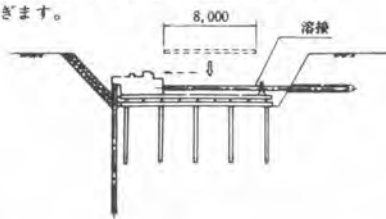
方法：図に示す方法にて、機械セット、オーガ削孔、鋼管圧入をおこなった。

図-6 鋼管矢板圧入施工順序図

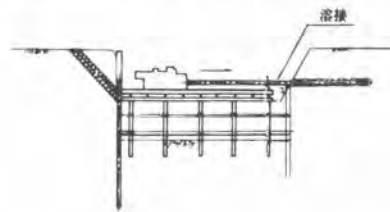
- ①鋼管内にアースオーガーをあらかじめ挿入して機械にセットします。
- ②オーガーにて削孔しながら同時に鋼管を圧入します。



- ③1本(8.0m)終了したら、アースオーガーを挿入してある次の鋼管矢板をつなぎます。



- ④順次鋼管矢板を圧入していきます。



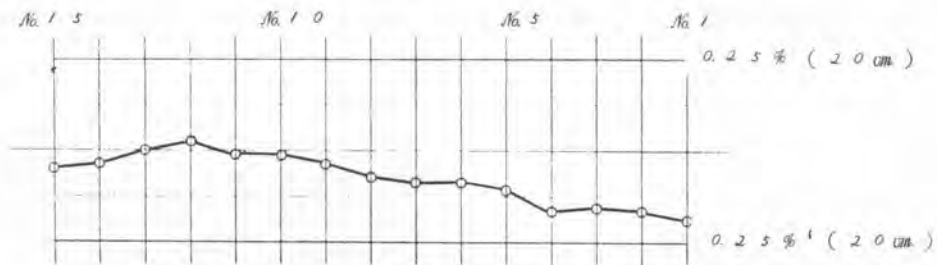
まとめ

以上の配慮から機械を設計し、圧入方法を計画したので、指示の誤差0.5%以内で施工を完了することができた。

距離80m施工の誤差の状態は表-2のごとくである。

表-2

誤差実績表(施工長80m)



今後、特殊構造物の下に大断面トンネルを掘削する場合は、屢々水平鋼管圧入工法が採用されるであろうが、本実績は前述の地質距離に最も適合した方法、接手、機械であって、何れの地質、例えば砂利層などにそのまま適合するとは考えられない。この場合は地質、施工単位延長などを勘案し、機械、鋼管径、方法などを決定する必要があるであろう。その時に、本論文がそれらの予測、実験の進め方の一助ともなれば幸いと考えている。

今後共より大きい発展のために、諸賢の御指導をお願いする次第である。

## 26. 水力せん孔機の開発

日本国有鉄道鉄道技術研究所 岸 本 哲  
長 野 敏 巳  
高 木 喜 内

### 1. まえおき

国鉄では高圧水を用いた応用開発を進めており、我々の研究室では高圧水による岩石掘削の理論研究、高圧機器（ポンプ、ノズル、回転接手および周辺機器）、水力併用岩石掘削機などの開発を行なっている。今までに岩石切削試験、カッターおよびビットとの併用効果試験、高圧水を併用したさく岩機の開発、現場試験を行なってきたが、さらに今後のトンネル掘削のN.A.F.M化に対応して向課題のオーツである小孔径、長孔の急速せん孔に高圧水を用いるべく鋭意努力中である。

本文では我々の開発した水力併用さく岩機と現在開発中の水力せん孔機の概要について述べる。

### 2. 水力併用さく岩機

実際のトンネル工事において、亀裂面を有する岩石の掘削が容易なことは経験的に知られていることであり、人工的に亀裂面を作ることができれば岩石掘削は容易になり、さらに最適の亀裂面を作れば最も効率的な掘削が可能になる。図-1に示すようにあらかじめ岩石に高圧水で切溝をつけ、ビットで破砕した結果、破砕量は切溝の面積に比例して増加することが判明した。これを先行切削効果と称する。現用のさく岩機は破砕ずりの搬出、粉じん防止、ビットの冷却効果を目的として低圧水を掘削面に送りこんでいるが、この低圧水を高圧化し、ビットの掘削に先行して切溝をつければ、上記の目的にプラスしてのみ下りの向上も得られる。

掘削に関して言えば、現用のさく岩機の噴射水、特に長孔せん孔時の $10 \sim 25 \text{ m}^3/\text{min}$ 程度の噴射水は、

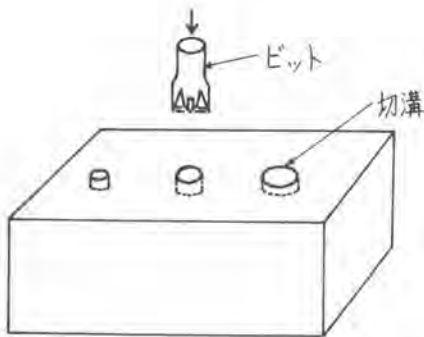


図-1 先行切削溝の破砕効果試験

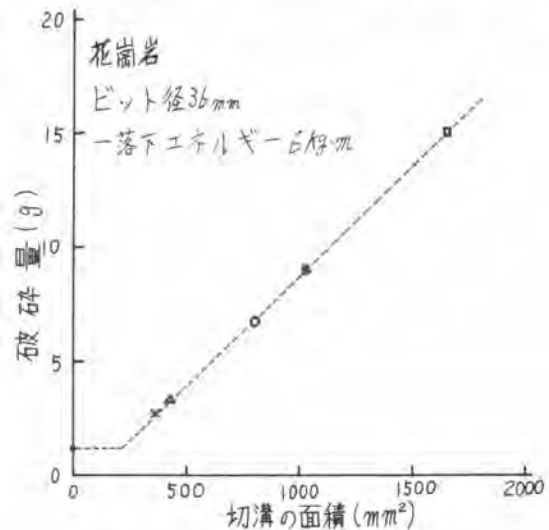


図-2 先行切削溝の破砕効果

破砕粉を掘削面から排除し、常に新しい岩面をビットで破砕せしめる洗浄効果を有する。これをさらに高圧化していくと、ビットの打撃で生じた岩石の亀裂面に水圧が作用し、積極的にはぎ取る洗掘効果を生じる。ビットに併用した例では、岩石の圧縮強度の半分程度で洗掘効果が発揮されるようになる。さらに一歩高圧化して噴射水圧が岩石の圧縮強度を越えると前述の先行切削効果を有するようになる。この先行切削効果を最大限に発揮させるには、外周に切溝をつけるのがよい。また高圧水を併用することによりビットの磨耗、トルクの減少にも効果がある。

図-3、図-4はレグドリルに高圧水を併用した水力併用さく岩機である。ポンプの吐出圧力は $1000\text{kg/cm}^2$ であるが、ゴムホースの耐用性より $500\text{kg/cm}^2$ で現場試験を行なった。試験の結果50%のみ下り増加率が得られた。

図-5はリーダースにさく岩機とポンプを搭載した水力併用さく岩機で、図-6にその概要を示す。主な諸元はポンプ吐出圧力 $3000\sim 4000\text{kg/cm}^2$ 、ビット径 $38\text{mm}$ 、1スル $\phi 3\sim \phi 4\text{mm}$ のボコ外周を切削するべく配置され、試験の結果約2倍のみ下りが得られた。



図-3 中央噴射型



図-4 外周噴射型



図-5 水力併用さく岩機

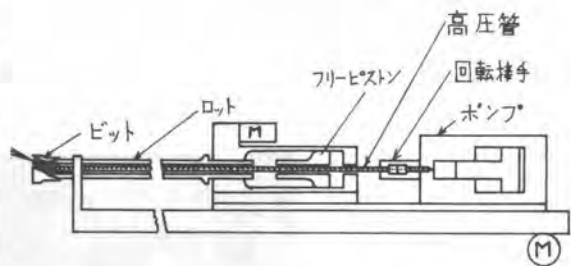


図-6 水力併用さく岩機

### 3. 水力せん孔機の用途

アメリカの地盤ではルーフボルトが毎年1億本以上挿入されており、天井の悪い所でのレジンの有効性は認められているが、高価なため孔径を $25\text{mm}$ 以下にすべく研究開発が進められている。日本で

も近年トンネルの施工法としてNATMが大きく取り上げられ、従来の鋼製支保からロックボルトと吹き付けに代わろうとしている。ロックボルトの問題点の一つにボルト挿入の小孔径、長孔の急速せん孔がある。現用のさく岩機は、空気式、油圧式にかかわらず打撃によりせん孔する方式であるため30mm以下の孔径のせん孔は困難であり、非効率となる。一般的に高圧水を単独で破砕に用いる場合、高圧水はエネルギー消費型であるため、破砕は非常に早いけれども大孔径への適用は得策でない。しかし孔径30mm以下において、前述したように現用のさく岩機のせん孔は困難かつ非効率となるざるを得ないのに対し、高圧水は孔径が小さくなればなるほどエネルギー的に効率的に有利である。25mm以下の長尺せん孔ともなれば高圧水以外に当面良い手段は思い浮かばない。

図-7は水力せん孔機のせん孔模式図で、掘削ヘッドに設けたノズルより高圧水を噴射し、掘削ヘッドの回転により回転切削し、せん孔する。図-8に代表的な掘削ヘッドの例を示す。また図-9は基礎試験の状況写真である。従来はノズル等に問題があって実用化のめどが立たなかったが、最近の技術の進歩により耐圧、耐久性にすぐれた小型のノズルの製作が可能となり、小孔径、長尺せん孔の可能な水力せん孔機の開発が可能になった。花崗岩において孔径30mmでせん孔速度30cm/minが得られる。これは従来のさく岩機のみ下りとほぼ同等である。また砂岩で100kgのエネルギーを投入してせん孔速度30cm/min、別の例として同じく砂岩で70cm/minがある。このように高圧水を用いることにより急速せん孔が可能で、孔径が小さくなる程高圧水は有利である。

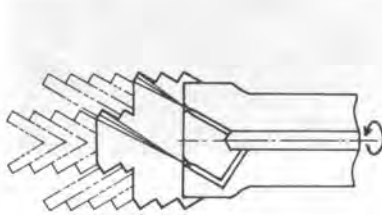


図-7 せん孔模式図

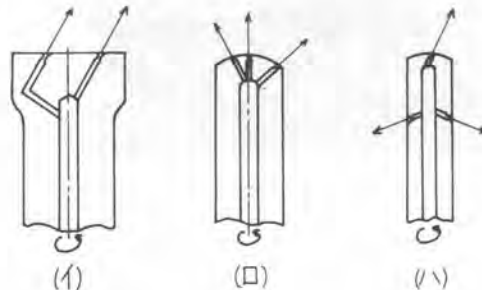


図-8 掘削ヘッド



図-9 せん孔状況

高圧水によるせん孔は、せん孔速度を調整し、せん孔壁に切溝をつけたり、任意箇所を抜孔したり  
抜き直すことも自由に行なうことができる。

小孔径、長尺せん孔におけるもう一つの問題はジヤミングである。従来のさく岩機においてはジヤ  
ミングをさけることは不可能であるが、高圧水を用いる水力せん孔機においては、ノズルより噴射す  
る高圧水により切削破砕するので、孔曲りは生ぜず、円一子(円)に示す掘削ヘッドによれば、引  
抜く時に  $30 \sim 300 \text{ kg/cm}^2$  で噴射しながらクリーニングすることにより、ジヤミングの問題は容易に解決  
されよう。

#### 4. あとがき

以上において高圧水を用いた水力せん孔機の概要について述べてきたが、実用化にはポンプ、回転  
接点の高効率化を図るとともに最適な掘削ヘッドの開発を進める必要がある。現在高圧水の応用開発  
は世界的気運にあり、2年毎の国際シンポジウムも過去4回開催され、日本も主力メンバーとして参  
加している。国内においては「日本液流ジェット研究会」の準備委員会が発足したところである。広  
範な応用の可能性を有する高圧水および高圧技術の進歩発展のため大方の参加、協力を望む次第であ  
る。



# 27. 大型鉄塔基礎に用いた長尺大径基礎杭の施工

奥村組 増田俊司  
喜多健介

## 1. まえがき

近年、建設工事の省力化、急速化、経済化に関する技術革新が飛躍的に進んでいるが、その大半は新工法あるいは新機種の開発により成し遂げられてきた。とりわけ機械あるいは設備の大型化が目ざましく、従来の観念では到底不可能であったことが今や可能となってきている。

ここに紹介するベノーク工法を用いた工事例もその一つで、荒川を横断する大型送電鉄塔を渇水期内に完成するため、その基礎に直径3.0 m（下部2.5 m）、長さ約40 mの場所打ち段付杭を施工し、いわゆる1柱/脚式の基礎形式を用いることにより工期を短縮したものである。

以下、この段付杭の施工を主に報告する。

## 2. 工事概要

### 2.1 工事内容

工事名 東京電力南葛線増強工事  
 工事期間 昭和52年11月～同53年5月  
 工事場所 埼玉県戸田市美女木 荒川遊水敷内  
 工事内容 送電鉄塔基礎工 2基

表-1 基礎杭の工事内容

	形状・寸法	底3.2	底3.3
場所打ち段付杭	φ3,000, φ2,500	←37m, 4本	←39m, 4本
上半部(ベノーク)	φ3,000	←22m	←24m
下半部(リバース)	φ2,500	←15m	←15m

図-1に示すように計画河床面がGL-5 mと深いので、工期および経済性の面からフォーチングを要しない基礎形式を採用された。

### 2.2 土質

図-1に併記したとおりGL-30 m付近まではゆるい砂層と軟弱なシルト層で構成され、支持地盤はGL-36 m（底3.2ではGL-34 m）以深に存在する砂礫層である。

表層部の砂は跨型用としても使用されていたもので、細粒分の含有が小さく崩壊性が強い。また、シルト層は現在も圧密中の軟弱層である。

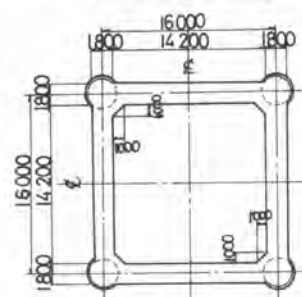
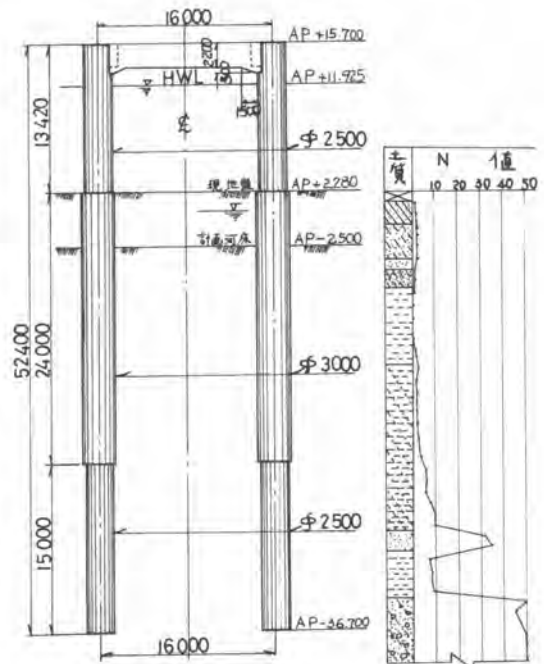


図-1 底3.3基礎寸法図

### 2.3 施工条件

11月から翌年5月の高水期のうちに鉄塔組立までを完了する必要があるため、そのため基礎杭工事および躯体工事を3月末までに完成しなければならなかった。

図3-2の施工地点はゴルフ場内にあるため、ゴルフアーに迷惑をかけないように占用面積をできるだけ少なくし、また、搬入路を含め仮囲いおよび防護ネットの設置が必要であった。

### 3. 採用した工法

1柱ノ脚式基礎において要求される杭の施工精度は非常に高く、設計どおり確実に仕上げるため、その施工には万全を期す必要があった。

段付杭を施工する方法として、リバース機などのロータリー式掘削機を用いて、その翼長を変えるなどの方法も考えられたが、段付部の中心精度について若干の未解決事項を有するうえに、掘削ビットの吊上げ・吊下し時の壁面接触の問題があった。

そのため、この工事では上半部にオールケーシング工法であるベノーク工法を採用し、下半部はリバース工法を採用した。この場合、リバース工法による段付部の施工には、ケーシング内面をガイドとするスタビライザーを使用した。

### 4. 施工機械設備

#### 4.1 ベノーク機

ベノーク工法は、ベント工法におけるチューピング装置と掘削装置を分離したもので、この工法により直径3.0mまでのオールケーシング杭を施工できる。

ベノーク機（BENOKU 3000）の構造を図-2に、性能を表-2に示す。

表-2 BENOKU3000 性能表

種 別	性 能
掘 削 能 力	250t/m
引 抜 き 能 力	400t
押 込 み 力	250t
全 重 量	32.7t

ベノーク工法の特徴を次に記す。

- ① 施工スペースが小さくてすむ。
- ② 装置の分割・組立が容易で、分割してトラックで輸送できる。
- ③ ビット内への据付けが容易で、条件に応じた適当な掘削機を使用することにより施工できる。
- ④ ベント工法と同じく杭の信頼性は高い
- ⑤ 施工速度はベント工法とほぼ同じである。

つぎに、3000φベノーク工法の施工要領を図-3に示す。揺動反力は反力受フレームを通じて、ハンマ・クラブを操作するクローラークレーンで支持している。またケーシングは縦リブおよび横リ

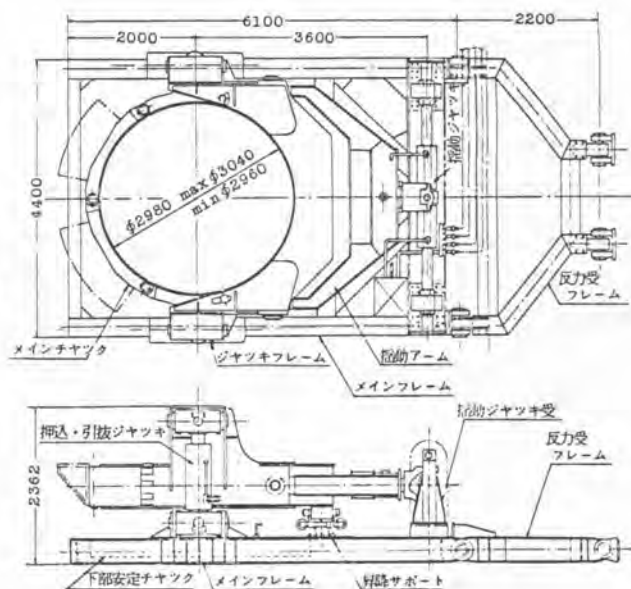


図-2 BENOKU3000組立図

ブで補強された二重鋼板構造を用い、チェーンの連結は特殊な縦ピンを用いたフランジ接合方式としている。

#### 4.2 その他の機械・設備

リバース機は日立S-300を用い、掘削ビットはφ2500mmの四翼ビットを使用した。

また、泥水プラントは杭1本あたりのコンクリート量が約240m<sup>3</sup>であることから、プラントの総容量を400m<sup>3</sup>とし、自然沈殿方式とした。

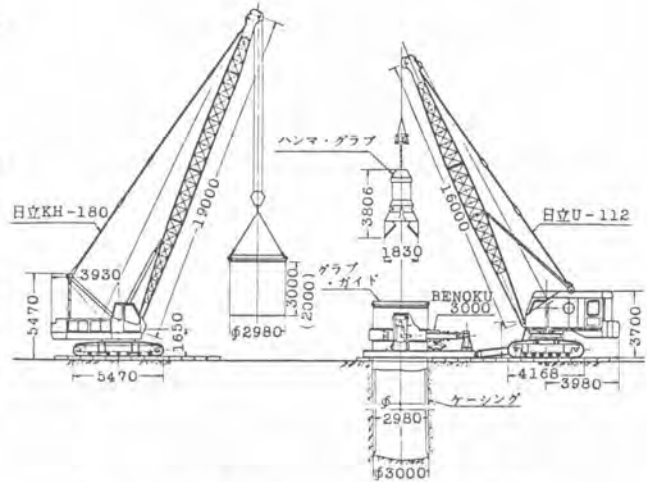


図-3 3000φベノーク工法の施工要領図

### 5. 工事計画

#### 5.1 機械設備の配置

Ⅱ-3-2 基礎施工時の配置を図-4に示す。ゴルフ場内での施工面積を最小限に抑えるため、掘削土砂はその都度場外に搬出した。また、表層地盤が軟弱であることと地表面をできるだけ乱さないという両面から、重機の走行範囲にはすべて鋼製覆工板を敷いた。

#### 5.2 地盤改良

地表部のゆるい砂については、掘削時のジャミングを防止する目的で杭の周囲にMIP杭を施工した。また、極軟弱なシルト層は施工性と杭の水平抵抗を確保する目的を兼ねて、杭中心から6mの範囲を生石灰杭で改良した。

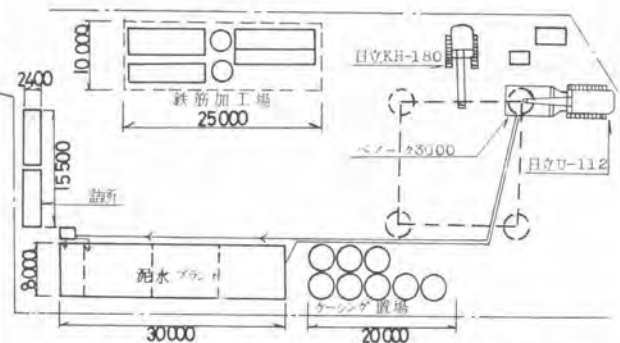


図-4 Ⅱ-3-2 基礎施工時の機械・設備の配置

### 6. 杭の施工結果

#### 6.1 施工方法

1) ベノーク機の据付；50tクレーンと35tクレーンの相吊りて所定の杭芯に据付けた後、ケーシングを7.5m分セットした。

2) ベノーク掘削；ハンマ・グラブを用い図-3の要領で行った。生石灰で改良した部分はドライで掘削できたが、未改良部分はリバース掘削の段取りも兼ねて注水し、水中掘削とした。



写真-1 リバースの施工(中央がベノーク)

3) リバース掘削：リバース掘削時のケーシングの揺動は6時間ごととし、ケーシング周囲の水平移動量を3～5cmに制限した。

4) コンクリート打設：ポンプ車を用いて打設し、打設に伴って逐次ケーシングを引抜いた。

## 6.2 掘削

ベノーク部はφ2000用ハンマ・グラブを用いて掘削したが、その掘削速度は平均で2.5%<sub>H</sub>～3.0%<sub>H</sub>、最大8.4%<sub>H</sub>であった。掘削時の揺動トルクは120tm～250tmであり、250tmの能力を有するこの機械にはまだまだ余裕があり、難なく施工できた。

リバース掘削においては、粘性土の掘削ビットへの付着と、玉石による詰りがあり、掘削能率は悪かった。

掘削終了後、溝壁測定器を用いて孔の形状を測定したが、段付部に若干の肌落ちが認められた以外は何ら異状がなく、その後の作業を容易に行えた。

## 6.3 施工に要した時間

所要時間は杭によって多少異なるが、平均的には表-3のとおりであった。ただし、表中の値は休憩時間を除いた純作業時間である。

表-3 杭の施工に要した時間

(単位：日)

鉄塔番号	ベノーク掘削			リバース掘削			鉄筋建込	トレミー吊込み	コンクリート打設	合計
	段取	掘削	計	段取	掘削	計				
鉄32	7.3	8.6	15.9	2.6	9.3	11.9	5.1	1.7	9.4	44.0
鉄33	8.3	10.6	18.9	2.8	11.6	14.4	4.9	1.8	11.2	51.2

表-4 実施工程表

鉄塔番号	52年		53年					
	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	
鉄32	準備	仮道路	地盤改良	基礎杭	鋼体(柱)	鋼体(梁)	鉄塔組立	仮道路撤去
鉄33	仮道路	地盤改良	基礎杭	鋼体(柱)	鋼体(梁)	鉄塔組立	鉄柱付	

## 6.4 施工工程

当工事の施工工程は表-4に示すとおりである。

## 7. あとがき

以上、当工事の施工の概要を記したが、紙面の都合上、十分な説明を加えるには至らなかった。当社は、このBENOKUについて、3000型、2500型、2000型、1200型の4機種を有し、用途に応じて活用しているが、直径2.0m～3.0mの施工延長はすでに4000mを越えている。なかでもN値50以上の玉石混り砂礫層において、直径3m、長さ21mの杭を施工したのは特筆に値する。

最後に、当工法の改良に厚意ある御指導を頂いた各位に深謝するとともに、本報文が今後の基礎工事に関し何らかの参考になれば幸いである。

## 〔参考文献〕

- 1) 榎 泰敏；φ3000揺動式オールケーシング杭の施工(ベノーク工法)、建設の機械化、1977.8
- 2) 安部 勇、竹内 幹雄；ベノーク3000を使用した大型鉄塔の設計と施工、柳井村組技術研究年報第3巻、昭和52年8月
- 3) 飯村 耕作、竹内 幹雄；大口径オールケーシング(ベノーク)杭の設計と施工、橋梁と基礎、昭和53年12月(予定)



写真-2 コンクリート打設

# 29. 処理土填充(F. U. S. S-Fill Up Stabilized Soil) 工法による柱列杭式土留壁の施工例

鹿島建設 平岡成明

## 1 まえがき

処理土填充工法〔以下FUSS(ファス)工法と言う〕とは、改良しようとする地盤を一度掘削して、地上で設備されたプラントで強化剤を確実に混合し、所定の強度、単位体積重量をセツトし、注入(打設、填充)する工法である。この工法の特長は

- ① 改良土が地上で管理混合されるので、均一のものできる。
- ② 改良範囲が自由に選択できる。
- ③ 改良された土の強度が大きい。
- ④ 長深度の施工が可能である。
- ⑤ 既設構造物への影響が少ない。
- ⑥ 現場発生土を骨材として利用する省資源工法である。
- ⑦ 無公害である。
- ⑧ 応用工法が多い。

このような特長をもつFUSS工法の応用例として柱列杭式土留壁を施工し、良好な結果を得たので報告する。

## 2 施工法の概要

リバーシ工法で削孔した孔内に親杭となるH鋼を挿入する。同時に、リバーシ削孔で発生した泥土をスラリー化し、強化剤を加えてソイルモルタルを作り、孔内に打設して杭を作る。これを連続して施工し一体となった柱列杭式土留壁を作成するものである。

### (a) 施工順序

施工は右図(図-1)の順序で行う。

### (b) 削孔

この工事の場合、リバーシ工法なので一般的であり省略する。ただし、削孔土をスラリー化して使用するたの、マッドスクリーンで分離し、スラッシュタンクにストックするようにした。

### (c) H鋼挿入

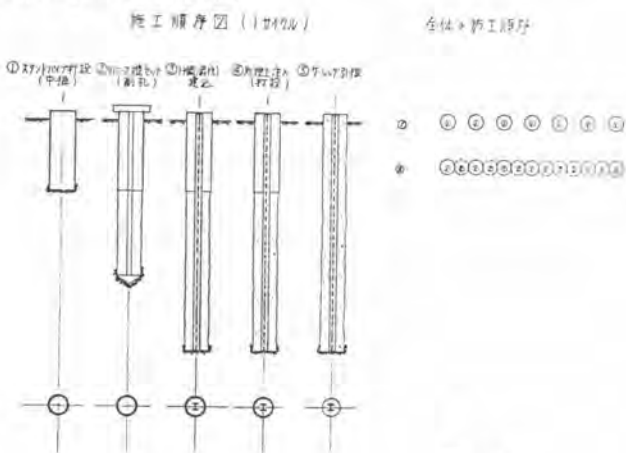


図-1

H-588×300×12×20を使用し、長さが25~30mと長く、挿入建込の関係で2~3分割とし、現場溶接継手は45度V型開先加工とし、半自動溶接とした。

#### (d) 処理土填充

一次スラリーミキサーで含水比200%のスラリーを作り、これに二次ミキサーで1m<sup>3</sup>当たり150kgのセメント又はセメントバチルスを混合してできた処理土をコンクリートポンプで圧送し、二重レディー管(特許工法)により打設した。品質管理として

- 単位体積重量の測定 随時
- フロー値の測定 随時
- 一軸圧縮試験 1日 1本施工ごと
- 3日 1本施工ごと
- 7日 1本施工ごと
- 28日 1本施工ごと

標準配合表

	硬化材(%)		シルト (%)	水 (%)	スラリー濃縮 (%)	単位重量 (kg/m <sup>3</sup> )
	セメント	セメントバチルス				
配合1	120	—	405	809	962	1387
配合2	—	120	400	801	952	1387

を行い、品質の確保につとめた。

### 3 工法の特長

土圧、水圧は親杭のH鋼で持たせ、処理土は土圧、水圧をH鋼に伝える役割を果たしているものである。

従来のP、I、P等の柱列式土留壁との違いは

- ① 現地発生土を用いるので
  - 残土搬出、処分が少なくなる。
  - 従来のセメント、モルタル、コンクリート等を使用しないので経済的である。
- ② 強度は適正なものができる。
  - セメントモルタル等のときは、不必要に大きかった。
  - 強度の発現がゆるくなりしているから、リバーシ工法で削り取れるようにできるのでラップが完全にできる。
- ③ リバーシ工法で施工することができるので
  - 大径のもの及び長尺ものが可能である。
  - 大型H鋼を挿入できる。また、1穴で複数のH鋼を入れることが可能である。

### 4 施工機械

コンパクトで、能力が大きく、精度が良く、安価であることが理想であり、このために基本的考え方として

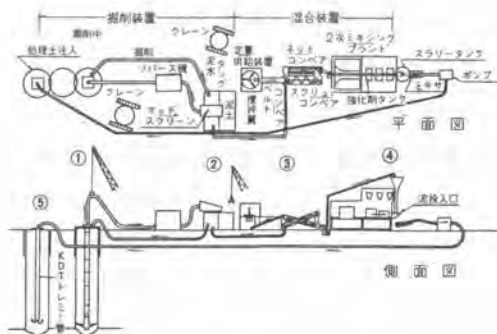
- 連続計量、混合方式の採用

ということ、機械の選択を行った。

この方式の機械で実績のあるアメリカのコンクリートモービル社と技術提携しているスゴウ工エンジニアリングと共同で開発した試験機で施工したが、部分的改造はあったものの所期の予定どおり30

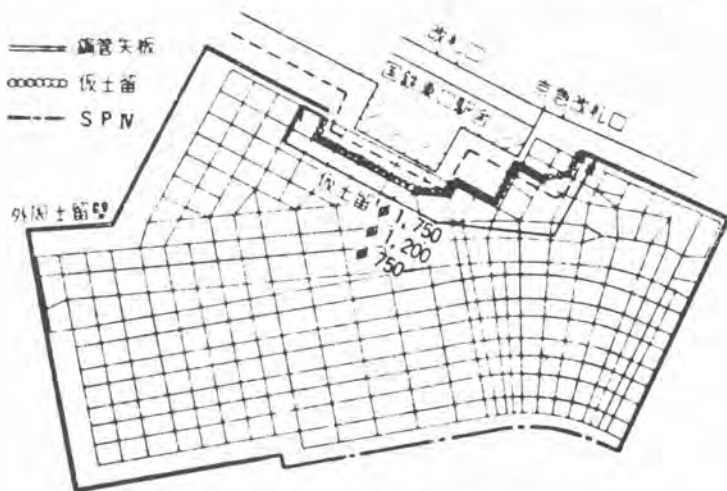
～50%の混合能力を有するもので、充分使用上満足できるものであった。ただし、当現場ではセメントパテルス（石灰+アルミナ+石膏）を強化剤として使用したため、セメントだけの場合より機械装置が大きくなり、複雑であった。小さい現場とか、セメントのみでない場合はなるべくセメントのみを強化剤として用いたほうが得策のように思われる。

図-2 プラント図



### 5 施工実績

横浜駅東口地下街工事の外周土留壁は鋼管矢板を採用しているが、現在使用中の横浜駅東口駅舎を一部取り壊さないと着工できないので、駅舎を避けた位置に土留を行い、掘削、構築を施工することになった。この土留にFUSSを用いた土留壁を下図の範囲に施工した。（図-3）



柱列杭式仮土留壁施工平面図

図-3

#### 施工数量

Φ 1750	l = 30~25 <sup>m</sup>	56本
Φ 1200	l = 30 <sup>m</sup>	11本
Φ 750	l = 26 <sup>m</sup>	8本
		計75本



写真-1 完成した柱列杭式土留壁

#### 6 あとがき

地下街の掘削も進み、土留壁が顔を出してくるたびに、生れてくる我が子の顔はどんな顔か心配すると同様掘削の進むごとに土留壁を見たものですが、設計どおりにできており安心した次第である。

将来は、本工法の応用として、どんな土でも利用できるような機械の改良を行い、土留壁や基礎杭では生コンを使用せず、現地発生土を強化して使用することを目標としたい。

なお、本工法は特許及び実用新案出願中である。