

事務用書籍 控

昭和 55 年度

建設機械と施工法シンポジウム

論 文 集

昭和55年10月17～18日

名古屋・愛知県トラック会館

社団法人 日本建設機械化協会

〒105 東京都港区芝公園 3 丁目 5 番 8 号

(機械振興会館) 電 話 (03) 433-1501

昭和55年度

建設機械と施工法シンポジウム 論文集

目 次

*印 口述発表者

【土工機械と施工法】

1. 省エネとロック積込みを実現した超大型ロックベルトローダ
..... 国土開発工業 野村昌弘 1
2. 大規模直掘掘削工事における揚土用大型ベッセルについて
..... 鹿島建設 室 俊也 肥塚嘉剛 箭野憲一* 5
3. モータグレーダの作業機の自動化 小松製作所 越崎祐司* 早川俊一 和泉一弘 9
4. 超大型油圧ショベルの稼働実績とその将来性 日立建機 泉山泰三 13
5. B. W. E. 掘削性能の予測方法について
..... 大林組 羽生田吉也* 斎藤二郎 後藤真三男 木村 薫 17
6. 大型クローラキャリヤの用途と稼働状況 日立建機 宇壁正晃 21
7. ハイドロブラスト機（リッピング予備破碎機）について
..... 小松製作所 大柿光司 赤沼重威* 中村城治 今村晴夫 加藤 豊 25

【基礎工事用機械と施工法】

8. 日車ミニ杭打機DHJの開発 日本車輛製造 水野幹雄 29
9. OMR工法（奥村・丸五式拡底杭工法）..... 奥村組 角 康弘 清水俊久* 33
10. TKR基礎ぐい工法（リバースサーキュレーションドリル工法を応用した場所打ち拡底ぐい工法）
..... 東京建機工業 高岡 博 37
11. 地下連続壁基礎工法 大林組 中村 靖* 平井正哉 41
12. S-260パイプグラブ工法 住友重機械工業 伊藤茂晴 45
13. 根入式鋼板セル工法の開発
..... 住友金属工業 中山種清・清水建設 梶岡保夫*・東亜建設工業 荻野秀雄 49
14. 埋設物探査機とパイロットオーガー工法
..... 東急建設 鷹巣征行・丸善工業 鳥居 孝 渡辺修司* 53

【軟弱地盤処理機械と施工法】

15. 軟弱地盤中の砂杭造成について 愛媛大学 榎 明潔*・不動建設 田村 徹 57
16. 新しい薬液注入工法と在来工法との比較実験
..... 建設省土木研究所 千田昌平 苗村正三 武田節朗* 61

17. セメント系スラリー混合地盤改良機軸の特性について	北川鉄工所	白木 久	65
18. 機械攪拌方式による地盤改良工法 (MR-D工法) と 2, 3 の実施例	小野田セメント	岩上裕之 鳥越昭彦 古谷俊明 八木格而*	69
19. 噴射注入工法の開発に関する研究について	建設省土木研究所	村尾好昭・建設機械化研究所	荒川秀一* 73

【トンネル、コンクリート工用機械と施工法】

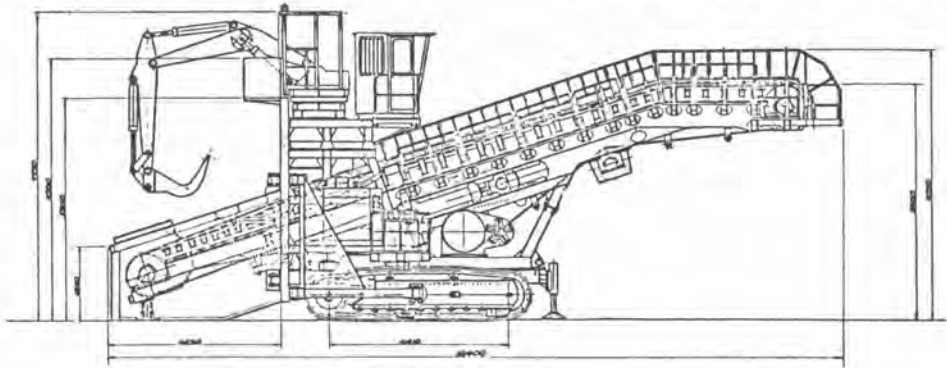
20. 土圧バランス型シールド工法による滞水粗大礫層の掘進	佐藤工業	大泉正夫 桐谷祥治*	77
21. 前面破砕式泥水シールド掘進機の礫層掘削について	三井建設	相場 堅	81
22. トンネル工用湿式集じん機“ハイドロフィルター”の開発	鹿島建設	原田 実* 横田依早弥 古賀幹久	85
23. シールド裏込め連続注入 (CPS) 工法および装置	日本国土開発	小岩則世* 渡辺幹夫 越智義和	89
24. エアバルブシュート工法の開発	竹中工務店	青柳隼夫* 山田弘道 中西一吉	93
25. CL 03 水路造成機	小松製作所	本庄昭司 滝 博之 小橋善郎*	97
26. RCD工法における振動目地切機	大林組	中川 明	101
27. 新しい解体機による新しい解体工法の兆し	渡辺機械工業	大田登志一	105

【舗装、泥水処理、その他機械と施工法】

28. 大型振動ローラによるアスファルト舗装の転圧実験 (第2報)	建設省土木研究所	千田昌平 木村直紀*・日新舗道建設	田村繁雄 109
29. 実用化リサイクルプラント	新潟鉄工所	根本一範	113
30. スクリード拡幅装置の開発に関する報告	新潟鉄工所	後藤文生	117
31. わだち掘れ補修用敷均し機械について	福田道路	石黒由孝 渡辺 健 高野虎之助 中原康次*	121
32. 濁水浄化装置の開発	間組	大谷喜次* 新名順一	125
33. 沈降掻揚濃縮装置を用いた濁水処理	鴻池組	三浦重義* 吉田清司	129
34. 手持式建設機械の振動対策	建設省九州技術事務所	中島甲子郎 江本 平* 今村 勝	133
35. 土工用建設機械の車体振動について	建設機械化研究所	藤本義二 西ヶ谷忠明*	137
36. 雪上トラクタの走行性能について	愛媛大学	室 達朗	141
37. DCM工法用作業船位置決め測量装置の開発	竹中工務店	菊池公男* 山田弘道	145
38. ツーブーム油圧ショベルの開発について	建設省四国技術事務所	須田道夫	149

1. 省エネとロック積込みを実現した 超大型ロックベルトローダ

国土開発工業 野村昌弘



1 ま え が き

この機械は大規模土採工事において、切羽に自走で接近し、ブルドーザ等によって集積する土岩を耐久。クベルトで直接、重ダンプまたはベルトコンベヤシステムへ連続的に積込むことができる超大型自走式ベルトローダで、弊社が長年にわたり土工工事分野で蓄積したノウハウをもとに開発した土岩積込み用機械である。

本機は45t級ダンプトラックに約1分間で積込むことができ、大型ホイールローダに比べて、積込み所要時間を短縮することができる。またエンジン出力は大型ホイールローダの $\frac{1}{2}$ 以下であるため、燃料の大幅な節約ができる省エネルギー型機械である。又運転操作の容易な機械でもある。

本機の使用にあたっては、施工法自体、機械の性能、効率を向上させるように配慮する必要がある。

2 構造及び作動

本機は中央より前方に土止め板（ウイング）があり、これより前方は、土岩の中に埋没する、この下部には、土岩を受け、引き出すロックベルトの先端部分がある。

従来からゴムベルトは岩に弱いとされていた。この欠点を無くするためベルト自体及びその支持装置を研究した結果十分耐えるものとなった。

このロックベルトはゴム材質に耐カッタ性材料を使用し、内部には6mm径のワイヤーロープ120本が入り、厚みも40mm弱と非常に強力なものになっている。機械の実稼働実績で実証されているように安心して使用出来る。

また特に受圧部及び岩落下部のベルト支持ローラーには苦勞し、初期には色々と思考錯誤をくりかえし、実験をし、現在の安定した設計となったのである。

本機の積込み岩は最大辺長1.3mである。許容以上の大塊が投入され、入口につかえると警報ブザーが鳴って運転者に知らせるとともに、エマージェンシーストップがかかり自動停止するようになっ

ている。

次に取り入れられた土岩は、ロックベルトの先端まで達し、重ダンプのベツセルに落下する。

ベルトを駆動する動力は、265 P.S / 1,800 R.P.Mのディーゼルエンジンである。駆動は油圧でオイルポンプ、オイルモーターを使用している。

駆動の制御は自動コントロールされている。土岩の取入れ口の土圧、引出し抵抗、ベルト上の土岩の厚み、岩の割合、比重等から駆動負荷が変動するがこの変動を自動コントロールしてエンジンの出力一定となるようにしている。よってオペレーターは始動、停止だけボタン操作すればよく、複雑な操作は一切必要ない。

よって運転操作は、ロックベルト積込み用、上部運転室で1人のオペレータが、積込む重ダンプを見ながら、始動ボタンと停止ボタンを押すことと、ダンプ待時のエンジンアイドルボタンを押すだけでよい、運転室は冷暖房設備も可能である。

走行装置は無限軌動式となっており全重量120トンを支え、自走できるようになっている。駆動はベルト駆動に使用するエンジンとオイルポンプを電磁切替えによって走行用モーターを駆動する。走行モーターからの動力は減速機、チェーンをへてスプロケットを回転させ、トラックリンクに伝える。

走行用の運転台は下部のエンジンに隣接してあり、走行用レバーを操作して走行する。この運転台にはベルト積込み中の機械の安定を保つアウトリーガの操作レバーもある。その他油圧の各種ゲージも取付けられ、運転中の油圧の状況をすべて把握できるようになっている。

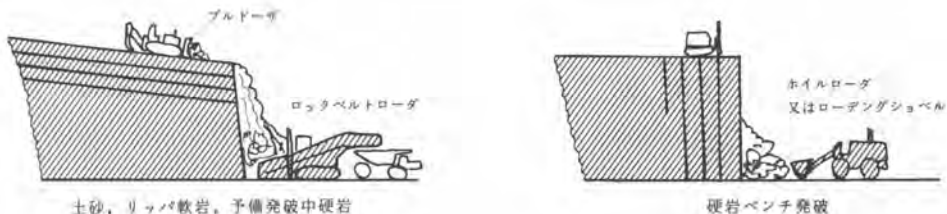
機械が走行するときは、まず、ウイング前方の土岩をなくし、土岩取入れ口カバーと同ベルト部を油圧によって上昇させてから行うようになっている。

オプションのアタッチメントとして上部に土岩整理用バケット、または岩小割用ブレーカーを備えた可動ブームを装着することができる。これは常時使用するものではないが、あると大変便利である。

3 施 工 方 法

本機で積込み作業をするには、切羽7～18m程度の個所に自走 接近し、セツトし、切羽上部で半径70m程度の扇形にブルドーザで堀削、運搬し落差を利用して、機械前に集積し連続に積込む。

このため土質は土砂又はリッパ破碎可能な軟岩、予備発破を使う中硬岩に使用するのが効率的に近い。硬岩で全発破を使用するベンチカット方式では本機の使用は得策でない。



ブルドーザおよびリッパを有効な前傾斜の平面掘削運搬によって、ロックベルトローダに向って集積、落下させることによって大きな能率を得ることができる。ブルドーザは30トン～40トン級、また岩が多いときは70～80トンの超大型を使用するのがよい。ロックベルトローダの連続作業性能は大きいので、ブルドーザ1台当りの作業量は優秀なオペレータによって最大級になるようにする必要があるのである。

本ベルトローダは時間当り作業量が大きいので掘削地盤も急速に下がってゆく。一つの切羽で作業を開始したら、現場管理者は次の土取場の段取りに入り、掘削積込み完了と同時に次の切羽に移動できるようにする。即ち施工する現場全体にロックベルトローダが最大の能率をあげられるよう段取られ実行してゆかなくてはならない。これによって掘削、積込、および重タンブ運搬のコストダウンと省エネルギーを実現することができる。

今までの説明ですでおわかりのように、この超大型ロックベルトローダが今までに開発されなかったのは、施工法[※]と機械[※]の両者がマッチしないと完成しないものであり、現在のようにメーカーは機械を作るだけ、施工者は機械を使用するだけでは生まれないものである。よってより能率を上げるため施工法は現場の一層の努力が必要である。この結果現場全体が活気のある有機体となりうるのである。

本機は重タンブトラックに積込むのみでなく、ベルトコンベヤーに直結することもできる。土砂の場合は、本機の後に自走式トランスファーコンベヤーを置き連続出土できる。また岩の場合は本機の後に移動式モービルクラッシャーを置き、岩を250mmアンターにし、移動式コンベヤーをへてメインコンベヤーに結合することができる。これら関連機械についても当社で開発中である。

4 作業性能

運搬能力(連続) 2,500トン/時、運搬比重1.5で1,660 m^3 /時

45トン重タンブ積込み時間(平均) 48秒～1分15秒

※ ※ 入替待時間 20秒として、運搬積込み能力1,130～2,120トン/時
(作業効率 0.75)

比重1.5として750～1,410 m^3 /時

ホイールローダ992Bは530～950/時、350～630 m^3 /時

992Cは700～1,260/時、460～840 m^3 /時

992Bは重タンブ積込み時間、2分30秒～3分24秒

992Cは ※ ※ 2分57秒～3分33秒

よって積込み比率は992Bに対して1.19～4.02倍

※ 992C ※ 0.89～3.06倍となる。

燃料消費量はロックベルトローダ35立/時に対し992B70立/時、992Cは100立/時

m^3 当り燃料消費量は0.032立/ m^3 に対し992B0.143立/ m^3 、992Cは0.153立/時

以上の結果よりロックベルトローダの作業量と同一の作業量（平均）をホイールローダ 992 B,C で得ようとするに 992 B が 2.2 台必要となる。また 992 C では 1.6 台必要となる。

省エネ比率ではロックベルトローダはホイールローダ 992 B と比較して約 77 %、992 C と比較して 79 %、省エネ化されている。即ち 21 ~ 23 % の燃料で作業できるわけである。

なぜロックベルトローダは消費燃料が少ないか。ホイールローダはバケットに満載したら、機械本体全体が後進、前進しその全重量が運動し、大きなエネルギーを必要とすると同時にバケットへの挿込みエネルギーも非常に大きいものである。エンジン出力（P S）を比較してみると、992 B - 558 P S、992 C - 700 P S に対し本機は 265 P S、この出力も余有を大きくもっている。

本ロックベルトローダの積込み必要エネルギーは、ベルトの回転と、ベルト上土砂の上昇エネルギー及び、ウイング前方の土砂引出し抵抗であり、本体の運動エネルギーは必要ない所に大差を生ずる。省エネは世界的要求である今日、これに答えられる機械であると思う。

5 運転の容易化

ホイールローダ等積込み機械の運転技術は建設機械の内でも非常に高度なものが要求され、オペレーターの経験年数も 3 年以上と云われている。これに対し本機は固定された運転席の中で、始動、停止のボタン操作のみでよく高度な運転技術も経験も必要ない。移動式機械ではオペレーターの生活環境も問題になっているが、女性でもできる運転の職場として発展させてゆきたい。

また本機が作業するにあたっては、1 名のホアマンが、数台のブルドーザの作業の管理をすると同時に、ベルトローダ、重タンブトラックの出入を管理することになる。このホアマンの有能さはどうしても必要であることは当然である。

6 仕様

名 称 ロック・ベルトローダ
形 式 R - B C L - 2500 B

○性能		○全装備重量	120 トン
積込能力（連続）	2,500 トン／時	○動 力	265 P S / 1,800 r.p.m
"（比重 1.7）	1,500 ㎥／時	○コンベア	
積込み岩最大辺長	1.3 m	水平機長×揚程	15.7 × 4.1 m
適合ダンプ容量	32 トン	ベルト速度	21 ~ 41 m / 分
○主要寸法		ベ ル ト	スチールコード入ロックベルト
全 長	18,400 ㎜	○走行装置	
全 幅	12,500 ㎜	形 式	履 帯 式
全 高	7,750 ㎜	駆 動	油圧駆動式
最低地上高	450 ㎜	○オプション	可動ブーム
撤出し高さ	5,900 ㎜		

2. 大規模直掘掘削工事における揚土用大型ベッセルについて

鹿島建設 室 俊也・肥塚 嘉剛
 箭野 憲一

I まえがき

近年、エネルギー関連施設として原子力発電所やLNG地下タンクなどの建設工事が盛んに行われているが、これらの工事では原子炉建屋やタンクが地下に構築されるために、大断面直掘掘削工事が行われる。この直掘掘削工事におけるずりの搬出には、通常クラムシェル、バケット、ベルトコンベアなどの機械設備が用いられている。今般、柏崎刈羽原子力発電所建設工事においては悪天候のもと、短期間に大量のずりを処理するために大型ベッセルと大型クレーンを組合せた揚土搬出方法（以下ベッセル工法と称す。）を採用し、計画を上回る実績を収めたので、ベッセル工法の概要と施工実績を紹介する。

II 工事概要

本工事は発電所のタービン建屋と原子炉建屋の基礎を構築するための掘削工事で、タービン建屋着床盤（EL-212m）までの一次掘削（約1,793,000m³）と原子炉建屋着床盤（EL-40m）までの二次掘削（約167,000m³）に分けて施工した。このうち、二次掘削は写真-1に示すように断面94m×94m、深さ19mの大規模な直掘掘削工事で、ベッセル工法を採用した。

なお、一次掘削にはショベルとダンプを組合せたショベル・ダンプ工法を採用した。



写真-1 二次掘削工事の状況

III ベッセル工法の概要

1. 大型ベッセルの概要

大型ベッセルは板厚6mmの鋼板で作った容器を形鋼で補強した程度の簡単なもので、その構造を図-1に示す。ベッセルに積込まれたずりは転倒用ウィンチで下部の滑車を巻取り、ベッセルの後部をあけることにより放出される。なお、使用台数は2台である。

表-1に大型ベッセルの仕様を示す。

また、以下にその特徴を示す。

- (1) 作業性が土質や天候に左右されない。
- (2) 一回に多量のずりを確実に処理でき

表-1 大型ベッセルの仕様

積込み容量(m ³)	16
形状寸法(m)	5.2×5.2×0.65
重量(t)	8 内訳：ベッセル4、転倒用ウィンチ2.5、吊り金具1.5
ウィンチ出力(Kw)	25
使用鋼材	形鋼 H-200×100 L-200×90 鋼板 SS41 R, 6

る。

- (3) 故障個所が少ない
ために維持管理に手
間がかからない。

2. 施工手順

図-2に掘削・揚土・
搬出作業の状況を示す。

施工は山留用ロックア
ンカーの緊張作業が終
つた後に、次の手順で行
つた。

- (1) ブルドーザでリッ
ピング集土を行う。
- (2) ホイールローダですりをベッセルに積込む。
- (3) クレーンでベッセルを巻上げる。
- (4) ベッセルを転倒させてずりを放出する。

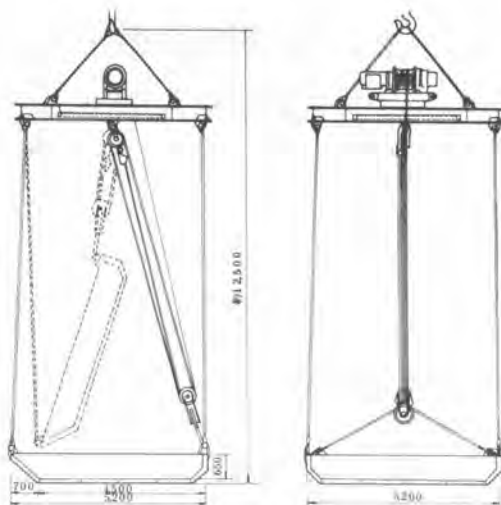


図-1 大型ベッセルの構造

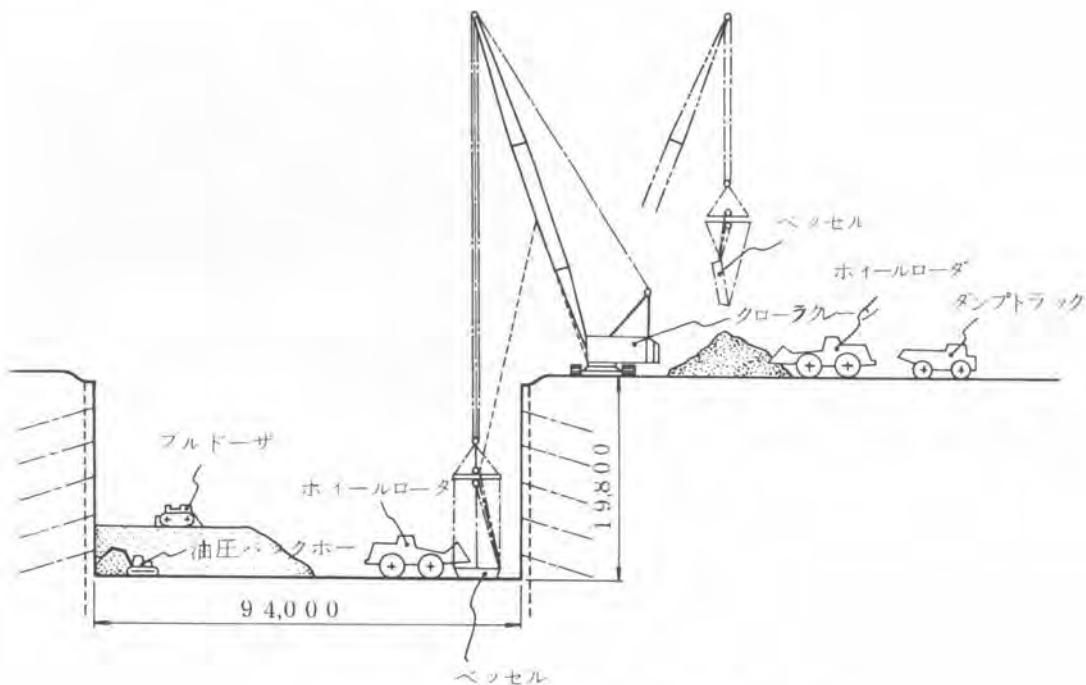


図-2 掘削ずりの揚土・搬出状況

表-2に揚土作業に用いた大型クローラクレーンの仕様を示す。

表-2 大型クローラクレーンの仕様

項目	機種	
	180tクレーン	150tクレーン
製作会社	米国マニトワック社	神戸製鋼
形式	4100 W	PH5170
クレーン能力(t)	180	150
原動機	カミンズNTA-855-B380 315PS/2000RPM	カミンズV903 250PS/2200RPM
燃料タンク(L)	960	400
ロープ巻上速度(m/min)	88	57
作業半径14m,ブーム長36.5m時吊上荷重(t)	約39	約36
機体重量(t)	約162	約134

IV 施工実績

1. 土質

二次掘削における土質は西山層と称する新第三紀層に属する暗灰色の泥岩で、リッピングは容易であるが、粉碎された状態で水を含むとヘドロ状となる。

表-3に西山層の物性値を示す。

2. 施工実績

掘削工事は当初ショベル・ダンプ工法で計画していたが、ベッセル工法は計画を上回る実績を収めた。その理由としては多くの事項が考えられるが、特に悪天候にもかかわらず高い稼働日数を得たことが最大の理由と考えられる。すなわち、ショベル・ダンプ工法では降水時の走行や多量の水分を含んだずりの搬送が不可能であるのに対して、ベッセル工法ではそれほど問題にならなかった。このように作業性が天候に影響されなかったことは、表-4の降水日数、表-5の稼働日数をみても明らかである。

また、ベッセル工法の処理能力は掘削深度によって多少異なるが、平均すると約150m³/h(180tと150tの合計)であった。この値はバケット容量2m³のクラムシエル5台分に相当し、大型ベッセルの特徴である「一回に多量のずりを確実に処理できる。」ことを表わしている。

表-6は掘削深度9mにおけるサイクルタイムを示す。

ずりの放出に要する時間はベッセルに付着した泥土の処理によって変わるもので、今後改良を要する問題と考えている。

表-3 西山層の物性値

項目	平均値	標準偏差
比重(ρ/cm ³)	2.65	0.06
単体重量(ρ/cm ³)	1.72	0.08
含水比(%)	45.7	10.3
間隙比	1.26	0.24
飽和度(%)	96.1	6.1
一軸圧縮強度(kg/cm ²)	23.2	6.9

表-4 降水日数と降水量

項目	年月		
	S54 11月	12月	S55 1月
降水日数(日)	20	23	21
月間降水量(m/m)	296.5	294.5	232.5

表-5 大型クローラクレーンの稼働実績

項目	機種		180tクレーン			150tクレーン		
	年月		S54 11月	12月	S55 1月	S54 11月	12月	S55 1月
稼働日数(日)			5	25	17	0	11	14
拘束時間(時間)			46	343	163	0	193	142
揚土回数(回)			273	2,117	1,039	0	863	879
1時間当りの揚土回数(回/時間)			5.9	6.2	6.0	0	4.5	6.2
1日当りの揚土回数(回/日)			5.5	8.5	6.1	0	7.8	6.3

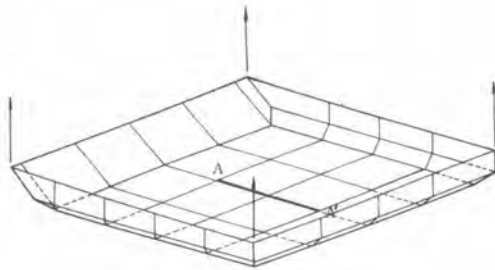


図-3 最大応力の発生場所

写真-2はずりの積込み及び揚土作業を、写真-3はずりの放出作業を示したものである。

3. 強度上の安全性

強度上の安全性を検討するため歪ゲージを用いて応力測定を行った。

測定の結果、形鋼の最大応力は図-3のA-A'部に平積み状態(積込み量:約 $16m^3$)で $940Kg/cm^2$ 、山積み状態(積込み量:約 $24m^3$)で、 $1,400Kg/cm^2$ の引張応力が検出された。両値は一般に適用されている許容応力 $1,800Kg/cm^2$ (短期荷重を考慮)を満足しており、強度的に安全であることを確認した。

V あとがき

今回の施工を通じてベッセル工法が土質や天候に左右されることなく、安全かつ確実に大量のずりを処理できること、及び大型クレーンが従来の荷役作業のみならず掘削作業の主力機械としても使用できることを確認した。

以上、ベッセル工法の実績について紹介したが、今後、さらに改良を加えて一層施工性にすぐれた工法に発展させていく考えである。

表-6 サイクルタイム

作業項目	機種	機種	
		i80tクレーン	150tクレーン
積込み (sec)		129	81
ベッセル巻上げ (sec)		80	94
旋回 (180°)			
放出 (sec)		125	166
旋回 (180°)			
ベッセル巻下げ			
着床 (sec)		34	22
1サイクル当りの所要時間(sec)		368	363



写真-2 ずりの積込み及び揚土作業



写真-3 ずりの放出作業

3. モータグレーダの作業機の自動化

小松製作所 越崎 祐司・早川 俊一
和泉 一弘

1. まえがき

モータグレーダによる整地作業の目的は、作業領域全体を一定の基準に従って精度良く仕上げる事である。仕上げ面の良否は、オペレータによる基準面に対する高低の判断とブレード操作に依存しているため、高度の熟練が要求される。

筆者らは、仕上げ精度の向上と作業の効率化を計ると共に、オペレータの疲労を無くし、誰にでも良質の整地作業が出来る様に、基準面に対する高低の判断とブレード操作を自動化する研究を進めて来た⁽¹⁾。ブレード制御装置として半自動ブレード制御装置⁽²⁾とオートマチックブレード制御(ABC)装置を開発した。

本文では、半自動制御装置とレーザ方式ABC装置の概要を説明し、レーザ方式ABC装置付モータグレーダのイラウでの稼働状況を報告する。

2. 制御装置について

2.1. 半自動制御装置によるブレード制御

モータグレーダのブレードは左右二本のシリンダで制御され、これにより、マブレードレベルとブレードチルト角を決める事が出来る。本方式は左右どちらかのシリンダを半自動操作してレベルを変えた場合、もう一方のシリンダが自動的に制御されて、ブレードチルト角を一定に保つ様にするものである。以下に動作原理およびテスト結果を示す。

(1). 動作原理

図1に自動制御部分のブロックダイアグラムを示す。オペレータが希望する角度をチルト角設定器にセットすると、この値とブレードに取り付けられたチルト角検出器(傾斜計)により、検出された傾斜の信号が比較され、ブレードチルト角度が設定値と一致する様にブレードシリンダが制御される。

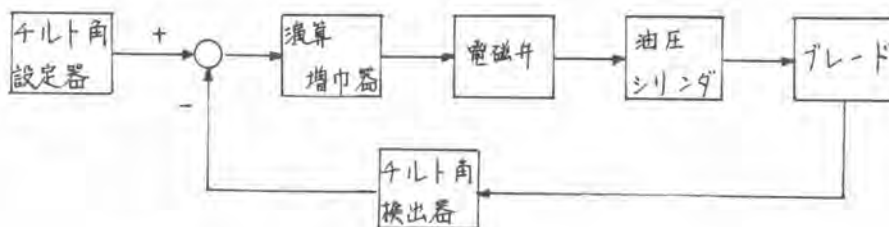
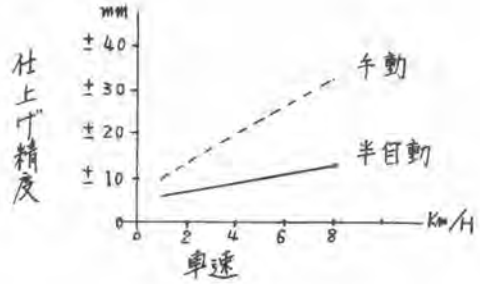


図1. 半自動制御装置のブロックダイアグラム —チルト角制御—

2. 作業の比較テスト結果

作業の比較テストを行った結果の一例を図2に示す。

図2. 半自動制御装置による作業結果



2.2. ABC方式によるブレード制御

半自動制御方式では、ブレードレベルの制御は手動であるが、本方式はチルト角の制御とレベル制御とを同時に自動的に行なう様にしたものである。レベル制御を行なう為の基準としてはレーザーや丁張りを使用するが、ここではレーザーを利用した方式について述べる。チルト角制御については前項と全く同一であり省略する。

1). 動作原理

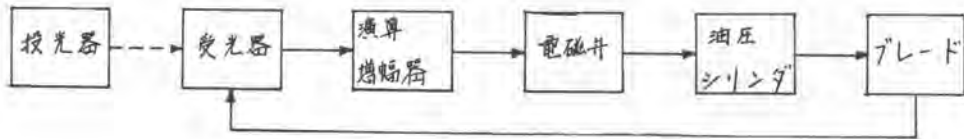


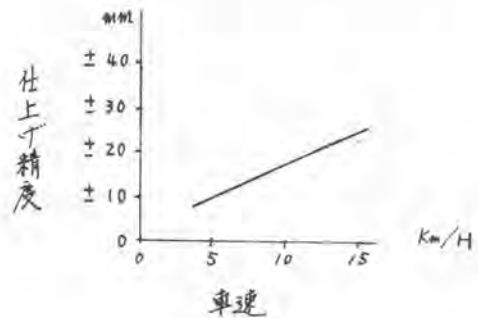
図3. ABC装置のブロックダイヤグラム -レベル制御-

図3はレベル制御のブロックダイヤグラムである。レーザー投光器はレーザービームを回転させながら基準となる平面を形成する。ブレードに装着された受光器でレーザービームを捕え、受光器の中心にレーザービームが入射する様にブレードシリンダが制御される。これによりブレードレベルはレーザービーム平面と平行に保たれる。チルト角制御については図1に示す通りである。

2). 作業結果

図4に車速と路面仕上げ精度の関係の一例を示す。

図4. 車速-仕上げ精度テスト結果



3. イラクに於る稼働状況

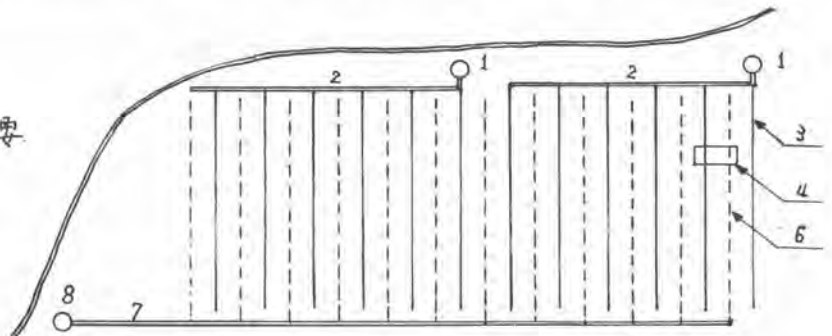
3-1. プロジェクトの概要

現在イラクで進められている農地灌漑プロジェクトの主たる目的は、チグリス川とユーフラテス川の豊富な水質を利用して、塩分を多量に含んだ土壌地に広大な農業地帯を造成する事である。農地灌

灌の基本的なパターンは図5に示す通りであり、平均的面積は40000~120000ドナム（10000~30000ヘクタール）である。田中4部を拡大したのが図6であり、各部の名称と役割は次の通りである。

- ①. 4グリス川またはユーフラテス川の水をキャナルに上げるポンプステーション。
- ②③. 各フィールドに水を供給するキャナル（メインキャナル、セカンダリキャナル）。
- ④. 野菜や牧草を栽培する為のフィールド（図6参照）。
- ⑤. 塩分を含んだ水を集めドレーンに流す地下埋設のゴルゲート管（図6参照）。
- ⑥⑦. 排水を集め川まで運ぶドレーン（メインドレーン、セカンダリドレーン）。
- ⑧. 排水を4グリス川またはユーフラテス川に押し上げるポンプステーション。

図5
プロジェクトの概要



3-2. レーザ利用の現状

広い範囲を高精度に仕上げかつ傾斜をつける為には外部に正確な基準を設ける必要がある。基準としてはレーザが使用されており、実際にはニフのタイプが採用されている。一つはABCであり、他はレーザ基準面とのレベル高低差を表示し、ブレード制御をオペレータが行うインジケータタイプである。各プロジェクトに於る施工法並びに装着する機種によって方式は異なるが、イラクで最も普及しているレーザ応用機種は次の三種類である。

- ①. ABC装置付のモータブレード
- ②. インジケータタイプ装着のモータスクレーパ（エレベータースクレーパ）
- ③. ゴルゲート管理設用のABC装置付トレンチャ

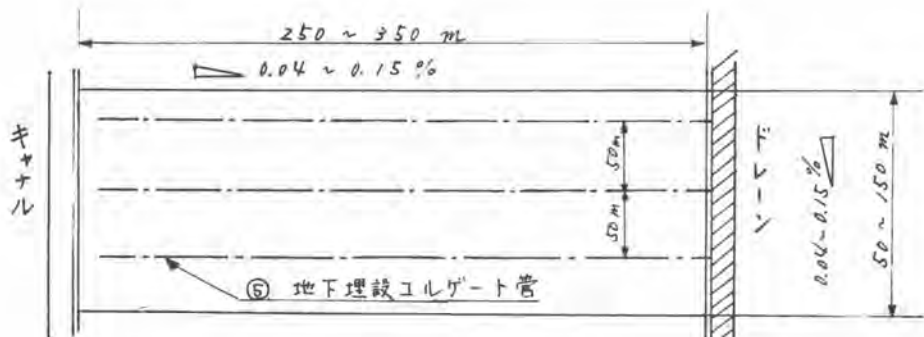


図6. イラクの標準的なフィールド（図5の4部）

イラクに於ける標準的なフィールドの大きさを示したのが図6であり、図中一点鎖線は地下埋設コルゲート管を示している。この広さを所定の傾斜に沿って仕上げ、かつ要求精度が±2 cmである事を考えると、レーザ装置を使用しない施工法による整地作業がいかに困難であるか分かる。

3.3. 施工法

一般的に施工法と使用機械は表面灌漑の整地法⁽³⁾に詳しく説明されている。本文で紹介するのは当社製ABC装置付モータグレーダを使用しているブディメックス(ポーランド)の施工法である。

施工前の土地は土壌地であり、高低差は40 cmから1 m位の所が多い。まずドレーンとチャンネルの位置を決定した後で、両者の間にはさまれたフィールドの荒整地を行なう。作業はモータスクレーパ、ブルドーザ、モータグレーダの組み合せ施工で進められ、所により、ABC付モータグレーダを最初から使用する。仕上げ精度は±10 cmから±20 cm位である。

ドレーンの掘削とチャンネル用盛土部分の締固めが終了した後で仕上げに入る。ABC装置付モータグレーダのブレードレベルを設定し、掘削整地しながら仕上げと基準面の造成を行なう。その基準面を参照しながらモータグレーダやブルドーザで作業を進め、最終的にはABC装置付モータグレーダで仕上げを行なう。

作業距離が長いので荒整地が終っている事もあり、仕上げは周回作業を基本とし常時作業状態で作業する。他の機種は変らないうが、ABC装置車だけの作業日程に応じて二台または三台使用する事がある。作業開始直後の機械を後方から見たのが写真1である。

なお、イラクでは日中の気温が高い為に作業時間が4時～12時と15時～23時となっており、夜間作業では半自動あるいはインジケータタイプによる精度確保が非常に困難である。ABC装置を使用すれば昼夜の区なく精度が確保出来るので作業効率が高く好評である。



写真1. ABC装置を使用した仕上げ作業

4. まとめ

本文ではモータグレーダ用ブレード制御装置とレーザ方式ABC装置のイラクでの稼働状況を中心に報告した。今後は作業効率や精度の向上の為に開発可能な半自動制御装置、広域整地作業や夜間作業にABC装置、という様に各々の特徴を生かして活躍の場を広く行く計画である。

参考文献

1. 越崎他、レーザによるブルドーザのブレード制御装置、建設機械と施工法シンポジウム、1977
2. 初泉他、モータグレーダセミオートマチックブレードコントロール、小松技報、24、4、1978
3. J.C. Marr, Grading Land for Surface Irrigation, Univ. of Calif. 1957

4. 超大型油圧ショベルの稼働実績とその将来性

日立建機 泉山泰三

1. まえがき

世界の諸鉱山では経済性、生産性の向上を追求し、機械設備の大型化を進めてきたが、最近この市場向けに超大型運搬車が続々開発され、それにつれて掘削積込機も超大型機を導入する傾向にある。

日立建機(株)では、この需要動向を踏まえて昭和54年8月に世界最大級の油圧ショベル日立UH50油圧ショベルを独自の国産技術により開発した。本機は、諸鉱山はもとより、より高性能で経済的な掘削積込機の要望の強い石灰石山、碎石場、大型土木工事、石炭の掘削積込、深溝分野等での需要が期待できる。

発売後、国内外において大きな反響をよび、すでに3台がそれぞれ異なる分野で稼働しており、今後引き続き順調に稼働台数がふえるものと考えられる。

以下にUH50の性能、持長及び稼働実績を中心にその将来性についても述べる。

2. 世界の大型掘削積込機

一般に従来、大型鉱山及び石炭の露天掘りでは大型の機械式ショベルやホイールローダが使用されてきた。しかし、最近超大型油圧ローディングショベルが開発され、その性能、経済性が認められるに従い掘削積込機の分野に進出してきている。

近年油圧ショベルの成長は著しく、昭和45年から51年までに総重量100 ton以上の超大型油圧ショベルは世界市場でおよそ160台が鉱山その他の市場に出荷され、それ以降も60台/年以上の生産がされているものと推定される。

表1に総重量100 ton以上の代表的な超大型油圧ショベルと、それらと同級の機械式ショベルおよび大型ホイールローダの主な様を示す。

表1. 自重100 ton以上の超大型油圧ショベルと同級の機械式ショベル、ホイールローダ

メーカー 型式		日立 UH50	O&K RH75	Demag H121	Poclain 1000CK	Liebherr R991	神鋼 1600	Bucyrus 195B	Cat 992C	Le Tourneau L-1200
総重量	ton	157	129	125	167	164	224	327	85	147
原動機出力	PS, kW	800 ps	696 ps	700 ps	792 ps	688 ps	750 kW	600 ps	700 ps	1200 ps
バケット容量	m ³	8.4	7.6	7.5	8.3	7.5	4.6	9.9	9.6	16.8
走行速度	km/h	2.5	2.0	2.6	1.35	2.1	1.36	2.3	23.3	20.9
最大掘削力	ton	62	50	50	91.5	59	64.6	102	66.4	74.4
最大掘削径	m	13.0	12.1	11.3	11.95	13.65	15.1	17.0	—	—

注) 油圧ローディングショベルのバケット容量は、標準容量を示す。

3. UH50 油圧ショベル

当社で開発した世界最大級UH50油圧ショベルについて、その主仕様、構造、特長を紹介する。

3.1 主仕様

表2にUH50の本体及びローダとバックホウフロントの主仕様を示す。

図1にローディングショベル付UH50の各部寸法と作業範囲を示す。

3.2 構造

この級の超大型機になるとユーザにとって設備機率的要素が強くなり、従って作業能力が大きいことのほかに、長期間に亘る稼働率が重要になってくる。そのため各部の信頼性、耐久性を高める配慮と同時にサービス性も考慮した設計思想が必要である。本機はエンジン以外はすべて国産技術でまとめ、しかも各機器、部品等はすべて当社の各種機に使用して充分品質を確認したものをできるだけ多く用い、信頼性、サービス性を高めている。

(1) 上部旋回体

エンジンはカミンズKT1150型2台を横置きに搭載し、分解輸送時の巾を3.5mに収めている。油圧機器は当社の他の大型機で使用して充分実績のあるものを数を増して用い、油圧は250kg/cm²と比較的低い油圧でセッ

トしている。キャブはオペレータシートの他に補助席付きの大型で、内装はウレタンフォーム内張り、エアコン、扇風機付でデフロスタ、ウィンドウウォッシャーを標準装備している。また、ハイキャブ仕様でオペレータの目の高さが地上約5mと高くダンプトラックのバツセル内がよく見える。

その他国内外の安全規格を満たすハットガード付きである。

(2) 下部走行体

トラックフレームは頑かなボックス構造のセンタフレームとサイドフレームをボルト結合した3分

表2. UH50の主仕様

全装備重量	ton	157
エンジン出力	PS	800
旋回速度	r/m	4.5
走行速度	km/h	1.9, 2.5
登坂能力	%	58
油圧力	kg/cm ²	250
ローダフロント		
バケット容量	m ³	84~12
最大掘削半径	m	13
水平押出距離	m	4.85
最大押出力	ton	62
最大掘起力	ton	62
バックホウフロント		
バケット容量	m ³	70~10.6
最大掘削半径	m	15.6
最大掘削深さ	m	9.2
バケット掘削力	ton	50
アーム掘削力	ton	50

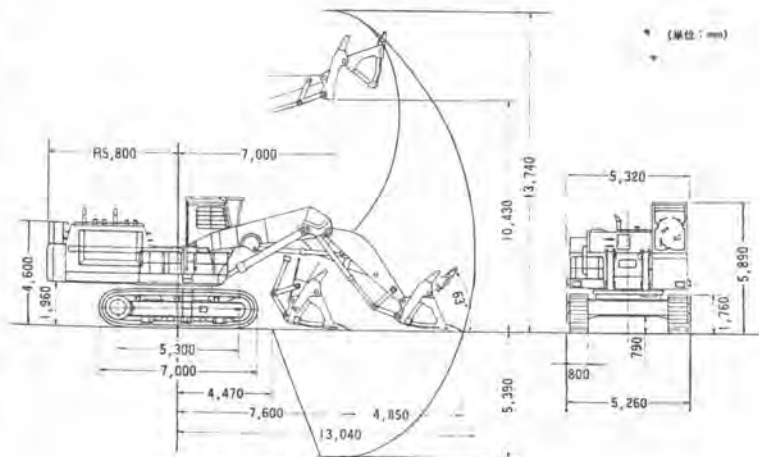


図1 日立UH50の各部寸法および作業範囲

割構造である。走行装置は走行モータを片側2個使用し、駐車ブレーキを備えた2速式である。

(3) フロントアタachment

ローダフロントリンク機構は日立独自の自動水平押し機構であり、アームシリンダを2本にして掘削力を大きくしている。バックホウフロントは、特にピン、ブッシュまわりは掘り荷重に対して充分耐えうる様両持構造としている。フロント各部のピン部はすべてダストシールを入れている。

3.3 特長

(1) 掘削力が大きい。

最大押出力、掘起力が62tonで大きく、特にバケット単位中当りの掘削力が約20%で大きい。

(2) 作業サイクルタイムが短い。

ホイールローダにくらべ上部旋回体の旋回とバケットのダンブで積み込みできるので動作は無駄がなく、掘削力の強さと相まってサイクルタイムが短く、作業が能率的である。

(3) 運転操作が楽である。

運転は写真1に示すようにシートの肘掛けのすぐ脇にある2本のユニバーサルレバーと1つのペダル操作だけででき、かつバケットの水平押しはレバー1本でできる。また、キャブ内騒音も無負荷ハイアイドル時69dB(A)と非常に静かである。



写真1. UH50 運転席まわり。

3. 稼働状況と評価

代表的3種類の現場の稼働状況とその評価について以下にのべる。

石炭露天掘り用ローディングショベルとして米国インディアナ州のピーボデイ社に納入された機械は昭和54年9月より稼働に入った。(写真2) 12m³石炭用ボトムダンブバケツト付で石炭層を直掘りし、150ton コールホーラに積んでいる。同じ現場にDemag121が稼働しているが、これにくらべUH50は作業性、安定性にすぐれ、特に自動水平掘削機構によりクリーンコールを能率よく掘削でき、また150ton ホーラとのマッチングが良いと好評である。



写真2. 石炭掘削中のUH50ローディングショベル

7.0m³バックホウとしてはカナダ、ケベック州のシグレック社に納入され、ダム現場にて稼働している。(写真3) よくしまつた玉石まじりの砂利掘削であり、77ton ダンブに30~35秒サイクルで掘削積込を行っている。

8.4m³一般掘削用バケツト付ローディングショベルとしては米国デネシー州のウエストコール社に納入され、発破をかけた岩石および砂岩の掘削積込にあたっている。時々直掘削も行っており掘削力及びバケツトが大きいので28~35秒サイクルで50tonダンブに2~3杯で積み込みを行っている。

納入後すでに稼働時間は1000時間以上を越し、その間ほとんどトラブルもなく順調に稼働している。これは機械自体の性能、信頼性に加えて納入以前の現地調査及び現場にマッチしたフロント及びバケットの選別、適切な運転指導などの総合力の結果である。

UH50の稼働実績としてはまだ緒についたばかりであるが今後充分フォローしてユーザーの期待にこたえるものにしてゆきたい。

国内においても、具体的に碎石及び石灰石採掘のための需要があり、近く納入される予定である。



写真3 ダム現場でのUH50バックホウショベル。

5. 超大型油圧ショベルの将来性

油圧ショベルは年を追って大型化の傾向にある。これは油圧装置の信頼性が向上したことと、油圧ショベルの特長である操作の容易さ、保守の簡便さ、快適な居住性などが認められてきたことによる。

しかし他の掘削種別機にくらべ油圧ショベルは構造上走行速度がホイールローダにくらべて小さく、また何千トンの自重をもつ超大型機械式ショベルのように大きな掘削半径をうることはできないが、本体重量と利用した大きな掘削力とサイクルタイムが短いため作業能力が大きく、かつ足まわりの損傷が少い。また現場内の小移動が大型機械式ショベルにくらべ容易であるなどの大きな特長をもっているため将来に大きな期待がよせられる。更に油圧装置に対するユーザーの扱い方の向上、メーカー、デラー等のサービス態勢の強化が油圧ショベル全体の信頼性向上につながっている。

将来、超大型油圧ショベルはこの様な多くの特長があるため、益々大型鉱山や碎石現場、大型土木工事等で活躍するものと考えられる。

6. あとがき

近年、ショベルダンプ工法の普及は著しく、しかも経済的見地から掘削、運搬コスト削減を目的に機械は超大型化している。すでに運搬機械としては350tonのリアダンプトラックも紹介されており、超大型油圧ショベル稼働の下地はでき、さらに大きな掘削種別機の開発が要望されている。

我が国でも石灰石鉱山、碎石採掘、フィルダム工事などを中心に運搬機械の大型化による作業能率向上、総コスト削減の努力が行われており、必然的にそれに見合ったより大型の掘削種別機が要求されてきている。

UH50油圧ショベルは国内外の大きな鉱山、骨材、土工、深層分野などで生産性向上、コスト削減に貢献できるものと確信している。

5. B.W.E.掘削性能の予測方法について

大林組 羽生 田吉也・斎藤 二郎
後藤 真三男・木村 薫

1. ま え が き

バケットホイールエキスカベータ（以下、B.W.E.と略す）が、1934年にドイツで褐炭の露天掘用に開発されて以来、半世紀近くになる¹⁾。日本の土木業界が初めてB.W.E.を採用したのは、1965年で、シンガポールのベドック丘陵の土取および海岸埋立工事であった（埋立土量；約2065万 m^3 、工期；4年²⁾）。国内での最近の土木工事における採用例には、鹿島港土砂運搬工事、浅間山開発工事、京急釜利谷開発工事（写真-1）などがあり、B.W.E.の特長とする連続掘削による大量土砂の処理、および低公害性が脚光を浴びた。

さて、他の掘削機械に較べると、B.W.E.の掘削能力は極めて大きく、対象土量も数百万 m^3 以上に及ぶ膨大な工事例が多い。従って、掘削性能を正確に予測して、工事計画に反映することは、かなり重要な事柄となる。本報は、B.W.E.の設計諸元から、その掘削性能を理論的に予測する方法を導き、実機であるC-500, $R_s \frac{150}{0.5} \times 10.5$ （以下、T-150と略す）の2機種への予測例を挙げて、本方法の妥当性を検討した。

2. 予 測 方 法

掘削性能を考える上で、対象機種の形状および機構と土の性状とを関係づけるパラメータが必要である。ここでは、ホイールドラム上に装着される各バケットおよび中間カッタの単位刃先長に作用する掘削抵抗力K値（ kg/cm ）を用いる³⁾。

また、与えられた掘削条件下で、短時間に大量の土砂を掘削しようとする機械の操作方法を見つけ、これを最適制御方法と称して⁵⁾、これに則した掘削をおこなった場合に得られる、ホイールブーム1旋回に着目した単位時間当りの平均地山掘削量 Q_0 をもって掘削性能を表わす。この他、以下の仮定を設けて予測をおこなう。

- イ) ホイールブーム旋回用の原動機容量は、負荷に較べて充分ある。
- ロ) 土量変化率 S_f は、掘削方法、K値によって変ることがない。
- ハ) バケット容積 V_b (m^3) を越えて、積込まない。



写真-1 京急釜利谷土取工事とB.W.E.

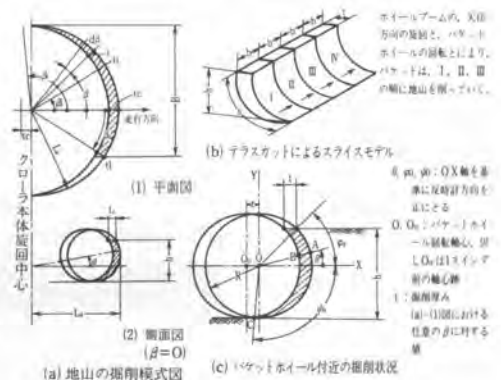


図-1 掘削方法の説明図

ニ) ホイールドラム回転用の原動機容量 N_0 を上廻る掘削は、不可能とする。また、土砂の持上げ動力は省略できるものとする。

ホ) ホイールブームの1旋回をするのに要す時間を掘削時間として、クローラ前進時間などを加算しない。

2.1 掘削抵抗力と原動機容量 N_0 との関係 K値の定義から、掘削時に地山へ接して、まさに切削に関与している刃先長の延長 L_c (m)と掘削抵抗力 P_u (kg)との関係は、次式で表わされる。

$$P_u = 100 \cdot K \cdot L_c = 100 \cdot K (X \cdot b + f_s \cdot t) \quad (\text{kg}) \quad (1)$$

但し、 X は地山に食込んでいるカッタ数、 f_s はバケットファクタ⁴⁾である。 b, t について図-1(b)参照。一方、ホイールドラムの周速を V_s (m/sec)とすると、 N_0 (KW)は式(2)を満足する。

$$N_0 \geq P_u \cdot V_s / 102 = K \cdot V_s (X \cdot b + f_s \cdot t) / 1.02 \quad (\text{KW}) \quad (2)$$

また、ホイールドラム周囲に取付けた n 個のバケットが毎分 M 回の排土をおこない、かつ、カッタ先端における水平方向への旋回速度 V_r (m/min)なる掘削状態において、 V_s, b は、それぞれ、式(3)、(4)で与えられる。

$$V_s = \pi \cdot D \cdot M / (60 \times n) \quad (\text{m/sec}) \quad (3)$$

$$b = (\text{カッタ間隔}) / V_s \cdot V_r = V_r / (e \cdot M) \quad (\text{m}) \quad (4)$$

従って、式(3)、(4)を(2)式に代入すると(5)式を得る。

$$N_0 \geq \pi \cdot D \cdot K (X \cdot V_r / e + f_s \cdot M \cdot t) / (1.02 \times 60 n) \quad (\text{KW}) \quad (5)$$

なお、 e については、写真-2のように中間カッタ付のB.W.E.について $e=1$ 、中間カッタのないもの $e=1$ とする。

2.2 バケットファクタ f_s と X 地山の高さを h (m)、バケットホイール径を D (m)とすると、図-1における φ_0, ψ_0 は、次のようになる。

$$\varphi_0 = \sin^{-1} (2h/D - 1) \quad (\text{rad}) \quad (6)$$

$$\psi_0 = \sin^{-1} (-t/D) - \pi/2 \approx \pi/2 \quad (\text{rad}) \quad (7)$$

さらに、次式へ φ_0, ψ_0 を代入して X' を求めて小数点以下を切り捨てると、 X が求まる。

$$X' = |\psi_0 - \varphi_0| \cdot e \cdot n / (2\pi) + 1 \quad (8)$$

次に、 φ_0, ψ_0, X を式(9)に代入して、 θ_i を求め、さらに(10)式より、 f_s を求める。

$$\theta_i = -2\pi i / (e \cdot n) + \varphi_0$$

$$> \psi_0 \quad (\text{rad})$$

(9)

$$f_s = 1 + \sum_{i=1}^{X-1} \cos \theta_i$$

(10)

但し、 $1 \leq i \leq X-1$

以上の結果、 f_s および

X は、 h/D の函数と

なる。



写真-2 B.W.E. C-500

項目	C 500	T 150
理論掘削能力(ルーズ) m^3/h	2,100/1,860/1,620	720/540
実掘削能力(地山) m^3/h	1,450~850	—
掘削高さ (m)	10	10.5
掘削低さ (m)	-0.6	-0.5
1個あたりの容量 m^3	0.5	0.15
ホイールにつく数	10	8
ホイール外径(バケット先端) (m)	7.8	4.4
1分間の排土回数	70/62/54	80/60
旋回半径 (m)	11	13
旋回範囲 (度)	360	360
付排土アーム旋回範囲 (度)	180	210
旋回速度 (m/min)	6~30	6~25*
旋回方式	(*) 半自動	—
ベルトコンベヤ幅 (mm)	1,400	1,000
ベルトコンベヤ速度 (m/min)	210	210
旋回長さ (m)	20	22
旋回範囲 (度)	180	210
旋回速度 (m/min)	12	—
ベルトコンベヤ幅 (mm)	1,400	1,000
ベルトコンベヤ速度 (m/min)	210	210
上下張高さ (m)	9.75/3.5	—
中心間距離 (m)	6.8	5.2
幅 (m)	2.25	1.3
長さ (m)	7.9	7.5
平均接地圧 kg/cm^2	0.94	1.00
走行速度 (m/min)	7.4	0~6
登坂角度	1:10	1:10
ホイール駆動用電動機 kw	360±45	110/75
変速機構	親子モーター	—
総電圧容量 kw	860	325

*DCワードレオナード *筆者推定

表-1 B.W.E.C-500, T-150諸元

2.3. 掘削土量 掘削対象となる地山の幅を B (m) とすれば、ホイールブーム 1 旋回によって掘削される地山体積 V_0 は、 t_c をクローラ前進量 (m) として、次式のようになる。

$$V_0 = t_c \cdot h \cdot B \quad (m^3) \quad (11)$$

さらに、この旋回に要する時間を Σ (τ_j) (min) とすると、1 旋回当りの平均地山掘削量 Q_0 は、式 (11) で求められる。

$$Q_0 = 60 t_c \cdot h \cdot B / \Sigma (\tau_j) \quad (m^3/hr) \quad (12)$$

Q_0 に対して、ホイールブームの旋回角度 β 、旋回速度の変化と共に、刻々と変化する値 Q_1 がある。

$$Q_1 = 60 V_r \cdot h \cdot t_c \cos \beta = 60 t \cdot h \cdot V_r \quad (m^3/min) \quad (13)$$

また、土量変化率 S_f の状態で掘削している際、バケット容積 V_b (m^3) を越える掘削をしないものと仮定したので、 Q_1 は次の不等式を満足しなければならない。

$$Q_1 \leq 60 M \cdot V_b / S_f \quad (m^3/hr) \quad (14)$$

2.4 最適制御方法 すでに誘導した式 (5)、および (13) と (14) 式の組合せによって旋回速度 V_r と掘削厚み t との関係は、次式 (15)、(16) のように表わされる。

$$V_r \leq -A_0 \cdot t + B_0 \quad (m/min) \quad ; \quad A_0 = f_s \cdot e \cdot M / X, \quad B_0 = 61.2 N_0 \cdot e \cdot n / (\pi \cdot D \cdot K \cdot X) \quad (15)$$

$$V_r \cdot t \leq M \cdot V_b / (S_f \cdot h) \quad (m^3/min) \quad (16)$$

ホイールブームが 1 旋回する間に、短時間に大量の土を掘削する為には、旋回速度を可能な範囲で高くする必要があり、この際、掘削厚み t との関係で式 (15)、(16) によって V_r に制限が加えられる。ホイールブームの旋回およびドラムの回転の増減速型式を、さらに、この条件に考慮することによって、最適制御方法が明らかになる。これに従って、設定された条件 ($D, e, n, N_0, V_b, S_f, B, M; t_c, h/D, K$) について、ホイールブームが 1 旋回するのに必要な時間を求め、式 (12) から 1 旋回当りの地山掘削量 Q_0 を得ることができる。

図-2 に示した例では、後述の C-500, T-150 のように、 V_r, M の有段変速型についての最適制御方法を、 V_r-t 座標で説明している。

3. 予測例

B, W, E, C-500 および T-150 に本方法を適用した結果、それぞれ図-3, -4 の掘削性能曲線が得られた。これら 2 つの機種仕様は、表-1 のごとくである。用いた数値は、次の通りである。

イ) C-500 旋回速度 V_r を作業半径 L_R (m) で除して、旋回角速度 ω_{rj} (rad/min) として用いる。

$(D, e, n, N_0, V_b, S_f, B, M) = (7.8m, 2, 10, 360KW, 0.5m^3, 1.3, 15m, 64)$, $(\omega_{r1}, \omega_{r2}, \omega_{r3}, \omega_{r4}, \omega_{r5}) = (0.492, 0.713, 1.018, 1.323, 1.668)$

ロ) T-150 C-500 と類似タイプであるが、小型。

$(D, e, n, N_0, V_b, S_f, B, M) = (4.4m, 2, 8, 110KW, 0.15m^3, 1.3, 13m, 72)$, $(\omega_{r1}, \omega_{r2}, \omega_{r3}, \omega_{r4}, \omega_{r5}) = (0.308, 0.554, 0.800, 1.046, 1.292)$

各機について、旋回時間の内に、速度切換に要する時間あるいはクローラの前進時間を全く含めない。

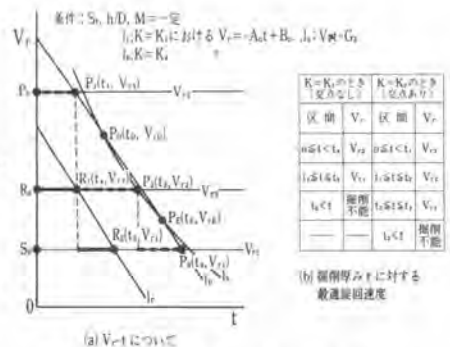


図-2 最適な制御方法の例

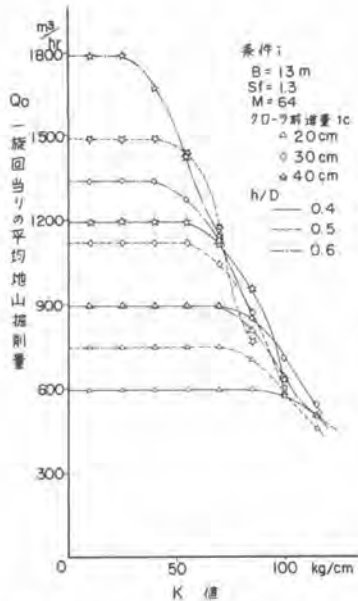


図-3 C-500の性能特性

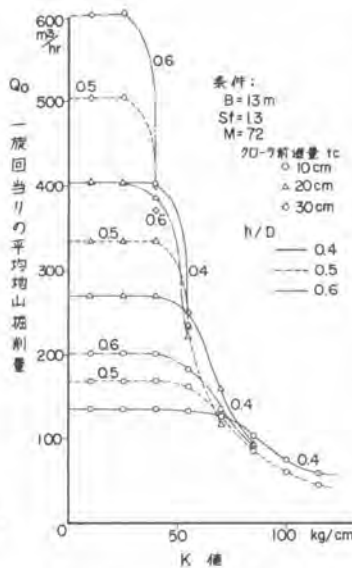


図-4 T-150の性能特性

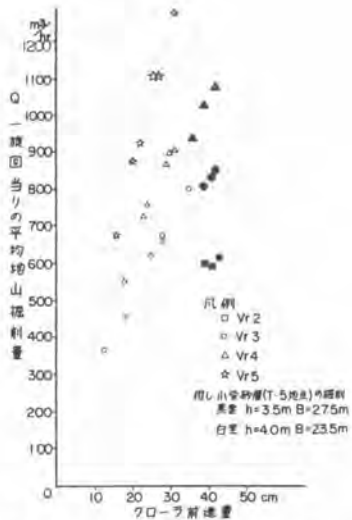


図-5 C-500の掘削実績

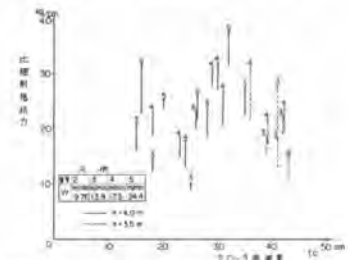


図-6 C-500のK値実測例

4. 実績調査と考察

B.W.E.C-500について、一巡回当りの平均地山掘削量 Q を調べまたホイール回転用の電動機への入力(KW)を計測してホイールドラム出力から、比掘削抵抗力(=K値)を換算した(図-5,図-6参照)。掘削対象土は、第三紀鮮新世に属する小柴砂層で、貝殻をかなり含有し、 $q_u > 10 \text{ kg/cm}^2$ である。また、シルト分からなる極めて硬い白色の薄層が挟在している。このため、電力のピークから算出したK値にバラツキが見られるが、ほぼ $K = 20 \sim 30 \text{ kg/cm}^2$ で、少なくとも 40 kg/cm^2 以下であり、図-3から判断しても、K値が、掘削性能に影響する程の土質ではない。むしろ、地山の掘削幅 B が解析例より広く、 $K < 40 \text{ kg/cm}^2$ における B の最適値 2.56 m に近いこと、土量変化率 $S_f \approx 1.1$ と小さかったことにより、実績値が図-3の性能を上まわったものと推察される。この他、調査対象工事では、地山 1 m^2 を掘削し、さらに約 7 km の輸送をするのに、 $1 \sim 2 \text{ kWh}$ のエネルギーを要することがわかった。

5. 結語

C-500について予測した性能は、調査結果でも満足されるものであった。今後、簡便な試験方法により、あらかじめK値を推定する方法を開発していく必要がある。また、ドロップカット方式についての理論、土砂の積込動力を考慮した本方法も検討していく所存である。さいごに、実績で見られたように、B.W.E.工法は“省エネルギー”に則したもので、今後とも多くの採用が予想される。

参考文献

- 1) 青藤：バケットホイールエクスカベータの応用と問題点，日本機械学会第287回講習会教材，(1968)，pp. 27～36
- 2) 福任，後藤：シンガポール沿岸埋立工事，築工技術 Vol. 1, No. 4, (1968, 9), pp. 65～67
- 3) 和田：B.W.E.における掘削と運搬の力学，建設機械，Vol. 10, (1974)，pp. 89～99
- 4) 宇野：B.W.E. C-500型による掘削実験，コンストラクション，Vol. 10, No. 5, (1972)，pp. 15～22
- 5) 羽生田：バケットホイールエクスカベータの掘削性能について(その1)，大林建設研究所報，(1979)，pp. 111～115

6. 大型クローラキャリヤの用途と稼働状況

日立建機 宇 埜 正 晃

1. 予えがき

ここ数年、山間地、狭隘地と施工区域が大変多くなる一方で、工事内容は、小規模化、多様化する傾向にある。その中で、ノタクエルフ8年頃から企業化されたクローラキャリヤは、トラックやダンプトラックの入れない軟弱地や不整地、また傾斜地での、土砂や各種資材運搬作業の省力機械、合理化機械として、目ざましい進展を見せている。

当初は1t以下の小型から出発したが、ノタクエルフ8年頃から次第に大型化し、性能面、耐久面も向上し、コンクリート二次製品の搬送普及と共に、本格的な土木工事に使用される運搬機械として、その存在価値が認められるようになった。

当社においても、ノタクエルフ7年から自重5.5tのCH40クローラキャリヤを発売したが、この比較的大型のクローラキャリヤについて、工事現場での稼働状況、また使い方を紹介する。

2. CH40クローラキャリヤの稼働仕様

CH40-2の稼働仕様を図1に示す。工年に渡る調査結果から、顧客要求を十分に盛り込み、多用途に使える、扱い易い安全な機械としておこめしている。次に主な特長を示す。

- ・ステークレインを標準装備：車体の安定と吊能力がマツナシ。アウトリガー不要、簡便で安全。
- ・三方用の広いダンプ荷台：後部支柱も回転式で、各種コンクリート二次製品の積込効率入。
- ・Hボトム油圧駆動方式：左右独立回路でスピンターン可、傾斜地でのステアリングも安全確実。
- ・簡単な走行操作：ギヤチェンジ不要、ス本のレバー操作のみ。超激速走行可能、無段変速。
- ・合理的な運転席：方向変換不可の狭隘地用に、後進用座席設置可、前進と全く同一操作で運転。

機械重量	5.5 t
積載荷重	常用 2.5 t
	最大 3.5 t
エンジン出力	4.4 ps / 2,400 rpm
容 量 (平積)	1.53 m ³
台 内寸法	1.9 × 2.3 × 0.35 m
走行速度	0 ~ 5.3 km/h
登坂能力	積載 58 %
シュー幅	600 mm
接 地 圧	空車 0.21 kg/cm ²
	積載 10.30 kg/cm ²
最低地上高	375 mm
クレーン能力	2 t × 1.8 m

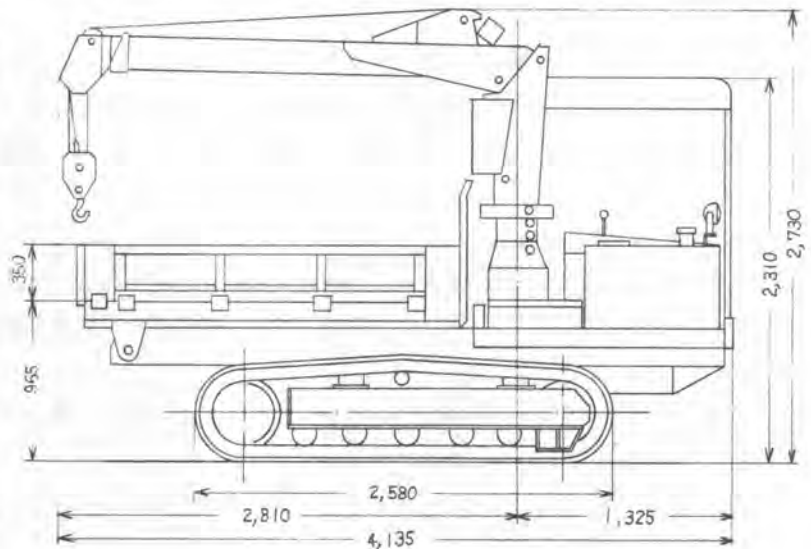


図1 CH40-2稼働仕様

3. 稼働状況

概略があるが、当社出荷機の使用工数に於ける工事、および作業内容を分類して、図2に示す。
 以下、写真にて各種の作業を紹介する。

(1) 圃場整備関係工事 (写真1〜4)

- 軟弱地の上に、工間に傾斜地、狹隘地へと施工区域の拡大を要する圃場整備関係の運搬作業に、全体の60〜70%を最も良く使われている。
- 最も多い作業は、コンクリート工製品の運搬、掘削作業で70%を占める。U字溝、ビューム管などの用排水路関係が主であるが、手積み可能な小形軽量品から、1個2トンの重量品、又長尺ものと多量にわたる。

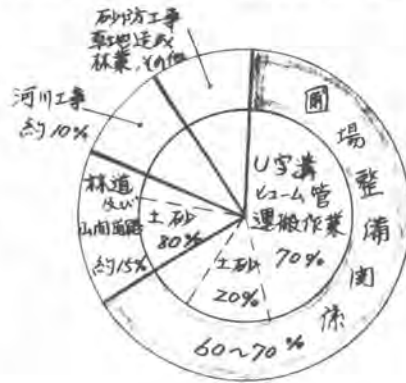


図2. 作業分類

- その他、客土の運搬、道路、骨材用の砂利、

生コンの運搬など、作業の進行に合せ、便利な種々の作業に使用工数が多い。

- 圃場内赤け、工事期間が限られる場合が多いが、平均で80〜900時間の稼働し、小型ショベル並である。作業のピーク時は、月に150〜180時間の稼働を示す。

(2) 林道及び山間地の道路工事 (写真5〜6)

- 狹隘で、傾斜の強い山間の道路工事には、かなり多く使われるとされている。稼働時間も長く、1ヶ月で2000時間を越えるものもある。
- 作業は、削土の排土場などの運搬、道路用の砂利運搬が80%で、その他はコンクリート製品などの運搬である。運搬距離17kmを越えるものもあり、長い。
- 作った道路を傷めず、迅速走行が可能で、軟弱路面への砂利撒き機として使われている。

(3) 河川工事、砂防工事 (写真7〜8)

- これらの工事は、現場ごとに状況が異なり、様々な工事形態にとられるが、登坂力が大きく小回りでき、手から、河川では荒傾斜の堤防登降坂、又、軟弱地河川敷で、砂防工事では狹隘、複雑な地形の中で、各種コンクリートブロック類、土砂、生コン等の運搬に使われている。
- 用水池の沈殿した土砂の搬出、用水工堤の改修にも使用されている。

(4) 牧草地造成工事 (写真9〜10)

- 牧草地は、広い丘陵を造成可能な為、急斜面と軟弱地が連続する。作業は、肥料、土壌改良剤などの資物の運搬が主である。何かに、排水工事用の暗渠資物の運搬に使われる。

(5) その他

- 木材業者では、伐倒した木材のクレーンを利用しての吊込み、積み込み、また、荒傾斜、狹隘な林道からの搬出に使われている。
- 宅地、工場用地造成などに一般工事関係でも資材運搬、積降し、掘削に使われるようになっている。



写真 1.



写真 2.



写真 3.



写真 4.



写真 5.



写真 6.



写真 7.



写真 8.



写真 9



写真 10

4. クローラキャリアによる運搬の利点

従来の不整地での資材運搬方法は、トラック等による個別運搬、ブルドーザーによるソリ台車での運搬、搬入路を仮設したトラック運搬、また、索道、レールなどを設備した運搬方法、種々の方法がとられてきた。

これらに対し、クローラキャリアによる運搬は、次の評価を受けたい。

- (1) 工期の短縮 ○ 多様な資材を一度に多量に運搬 ○ 特別の段取り不要で、いつでも作業可能
- (2) 工費の節減 ○ 種々の運搬設備不要 ○ 路面を傷めず、守直し工事減少
- (3) 人員の削減 ○ 積み降し用人員削減 ○ 専用オペ不要
- (4) 安全 ○ アウトリガー不要で、クレーン作業の安定度大
- (5) 労力の軽減 ○ クレーンの活用で、高令者でも作業可
- (6) 施工可能区域の拡大 ○ 種々の地形、地盤に対応できる。

5. まとめ

軟弱地や不整地、傾斜地での運搬作業、クレーン作業は、工事の中で合理化の最も遅い部分がある。紹介した様に、クローラキャリアは、これらの作業に非常に便利な機械として、受け入れられ、各種工事に使用され始めた。種々の利点を4項に示したが、現時点、具体的な数値での評価の付与は後述で詳しく、全国的には、普及度もまだ低い。

しかしながら、工事に対する多様化し、運搬物もエラ増大し、作業者は不足、また、高令化し、労賃も年々確実に上昇する。こういった中で、クローラキャリアの有用度は、省力、合理化機械として、エラに高まると思われる。本報告が、工事施工面担当の方々に若干でも参考になれば幸いである。

7. ハイドロブラスト機 (リッピング予備破碎機)について

小松製作所 大 柿 光 司・赤 沼 重 威
中 村 城 治・今 村 晴 夫
加 藤 豊

1. まえがき

今日、硬岩盤をリッパで掘削する場合、あらかじめ、ゆるめ発破を行ない、効率よくリッピングする工法が広く用いられている。しかし発破は、振動、飛石など公害、安全面での不安があり法規制が強化され、人家近くではその使用が容易に許可されないケースが多々生じている。将来はますます使用が困難になると予想される。

そのため、発破に代る安全で無公害の岩盤破碎機械が切望されるが、筆者らはリッピング予備破碎機としてハイドロブラスト機を研究、開発している。

ハイドロブラスト機は静水圧により岩盤を破碎するため、安全で無公害な予備破碎が可能である。試験機による施工テストの結果リッパビリティが大幅に向上し作業量および施工コストの面からも機械の実用化の見通しがついたのでその概要を紹介する。

2. ハイドロブラストの特徴と原理

リッピングの難易は主として岩盤中の割れ目によって左右され、割れ目が多くあるほどリッピングし易いといわれている。このような割れ目を人工的に作ろうとするのが予備破碎の目的であり、ハイドロブラストの目的でもある。

発破は周知のように取扱いに細心の注意を要し非常に危険である。また振動、飛石、騒音公害の原因でもあり、法規制がきびしく火薬の管理も大変で安易に用いることが出来ない。

ハイドロブラストはこれらの問題を一挙に解決しようとした機械であり、発破施工に比べ安全、無公害、取扱い容易かつ岩の硬さによって低コストなリッピングの

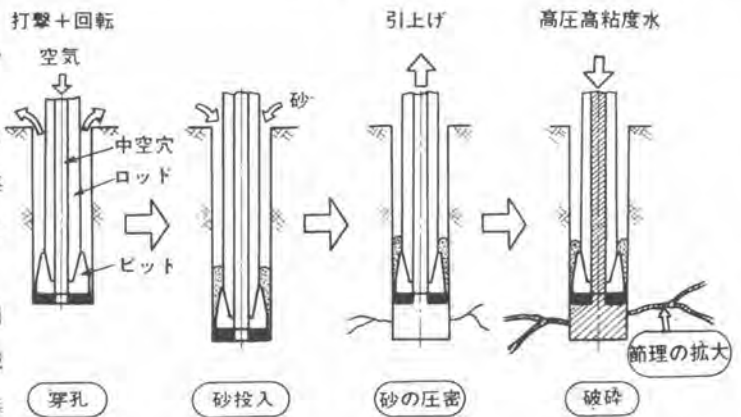


図-1 ハイドロブラストの原理

予備破碎機械である。

ハイドロブラストの原理を図-1に示す。ハイドロブラストとは岩盤中に穿孔した穴に高圧、高粘度水を注入し、岩盤の微細な節理を水圧によって拡大させ、岩盤の強度を大幅に弱める技術（工法および機械）である。

この技術の特徴は、高粘度水を用いて岩盤中の節理、葉理から圧力水が逃げるのを防いだることおよび、粉体（砂やぐり粉、土など）を用いて穿孔部のシールをしたことである。

3. ハイドロブラスト試験機の概要

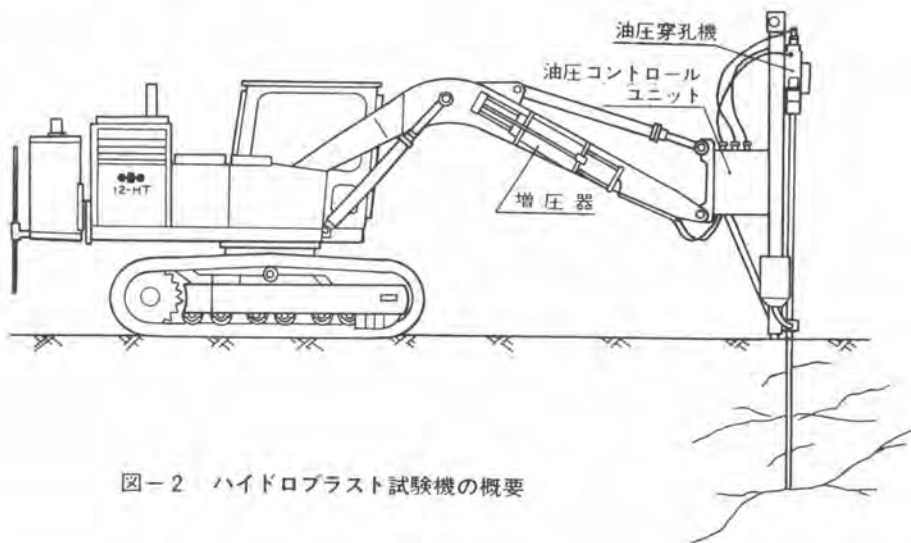


図-2 ハイドロブラスト試験機の概要

図-2にハイドロブラスト試験機の概要を示す。本機は定評ある小松12-HTパワーショベルをベースに油圧穿孔機、ピストン式増圧器等を取付けて改造したものである。

4. 施工テスト

図-3にハイドロブラスト予備破碎機の施工図を示す。施工テストはリッピング困難な岩盤を図-1に示した順序でハイドロブラストを施工し、岩盤の節理を大きくした後にブルによりリッピングおよびドーピングを行なった。

岩盤にハイドロブラストを施工すると岩の内部でバリバリという音がし、岩盤の表面が動く。また一部の水は穿孔した位置から1～2mも離れた所から節理を拡大（0→2～5mm）して地表に出ている。

このことからハイドロブラストにより広範囲の岩盤に破碎が起ったものと推定される。

実験は、凝灰岩（神奈川県宮代Vp2200m/s）、礫岩（神奈川県山北Vp2000m/s）、泥岩（山北

V_p 1300 m/s)、珪岩（栃木県田沼 V_p 2500 m/s）などの現場で行なった。

図-3に示す様に1つの穴で2段階（例0.75 m、1.5 m）にハイドロブラストを施工すると破砕域がさらに広がり、より効果的であることも実験で確かめられた。

表-1に破砕深さ、穴間隔とリッピング深さの関係の一例を示す。礫岩、泥岩のいずれも施工前に比べてポイントは十分深く貫入しリッピングが容易に行なえたことがわかる。

また穴間隔は、地山弾性波速度 V_p 3000～2500 m/s の岩盤で0.7～1.0 m、 V_p 2500～1500 m/s の岩盤で1.0～1.5 m、 V_p 1500 m/s以下の岩盤では1.5～2.0 m位にすれば、ポイント貫入、岩石引き起こしが容易に行なえ、ハイドロブラスト施工深さの9割までリッピング・ドージングができることが実験で確かめられた。

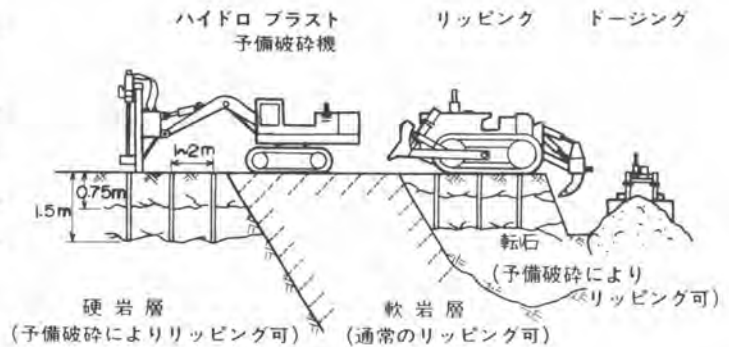


図-3 ハイドロブラスト機の施工図

表-1 破砕深さ、穴間隔とリッピング深さの関係

	施工パターン	ポイント貫入深さ
礫岩	<p>破砕深さ0.5m/1.0m 2段</p>	<p>リッピングパス (m)</p> <p>施工前</p>
		<p>リッピングパス (m)</p> <p>施工前</p> <p>クロスリッピング後</p>
泥岩	<p>破砕深さ0.5m/1.0m 2段</p>	

5. リッパ施工効率の向上

A社（砕石業、栃木県、珪岩）での施工例を見るとハイドロブラストによりひかえめに見積っても次に述べるように施工効率の向上が見込まれる。すなわち時間当り作業量は約2倍、施工コスト約半分、その他ブル消耗部品の耐久性向上（ポイント使用数半減）、オペレータの肉体的、精神的疲労の軽減等である。

図-4に現場の地質分布による施工コスト比の計算例を示す。図は軟岩（ $V_p = 1500$ m/s）

100%の岩盤をリッピング+ドーピングで施工した場合の施工コストを1として表したものである。この図によれば、ハイドロブラスト+リッピング、ドーピング工法は硬岩の割合が70%~20%の岩盤において最も施工コストが低い工法であると言える。

写真-1、-2はリッピング中に現われた巨大転石(石灰岩)をハイドロブラストで破碎して工事期間の短縮をはかった例である。

6 おわりに

ハイドロブラストは発破に比べて安全、無振動でかつ飛石などのないリッピング予備破碎法である。また時間当り土工量の向上、施工コストの低下、ブルドーザの負荷軽減による耐久性向上、ポイント消耗量の減少、オペレータの疲労軽減などの優れた利点もある。岩盤の硬さとその規模によっては 将来ますます規制が強化されるであろう発破工法に代わる有力な破碎手段になると期待できる。(なお本機はテスト段階であり現時点では市販されておりません。)

おわりにテスト実施にあたり快く現場を利用して下さった宮代産商(株)、清水開発(株)、飯田建材工業(株) 各位に深く感謝の意を表します。

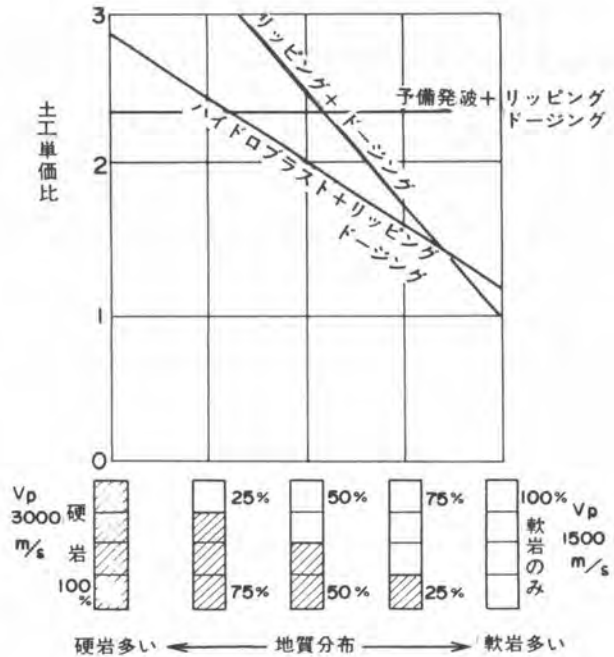


図-4 施工コスト比 (計算例)



写真-1 巨大転石の予備破碎



写真-2 同所破碎後のリッピング

8. 日車ミニ杭打機 DHJ の開発

日本車輛製造 水野幹雄

1. まえがき

市街地における建設工事から、騒音・振動等の公害問題が取り上げられてから、基礎工事技術も、他の技術同様に着実に無公害技術に挑戦して来た。しかし一つの公害を克服せんと開発された技術が次の問題を発生すると云う連鎖現象を生じ、その都度基礎関連業者は、その対策に追い廻されているのが現状である。

例えば、パイプロ・ハンマに代つて用いられた水による掘削工法は、その排泥水処理に、或は衝撃による貫入に代つて開発された圧入工法は、その反力を保持するための機械が大型化し、その搬送や組立方法に新しい問題を発生している。

上記事実を考慮して“より小型で”“より機動性が高く”“尚且安全性が高い”ミニ杭打機 DHJ を開発したので、ここに報告する。

2. DHJ を開発させた社会のニーズ

我々の生活している社会は、より便利な、より豊かな空間を求めて、生活環境の改善、社会資本の充実と一步一步前進している。しかしながら生活基盤の
表 - 1

昭和53年度末公営下水道普及率・実地開通率

	% (箇所)	% (箇所)	
北海道	32 (49)	滋賀県	5 (8)
青森県	10 (9)	京都府	37 (10)
岩手県	7 (7)	大阪府	56 (33)
宮城県	22 (17)	兵庫県	43 (20)
秋田県	6 (5)	奈良県	13 (14)
山形県	10 (12)	和歌山県	2 (3)
福島県	10 (11)	鳥取県	11 (5)
茨城県	8 (25)	島根県	— (4)
栃木県	11 (15)	岡山県	16 (12)
群馬県	19 (12)	広島県	19 (8)
埼玉県	20 (49)	山梨県	19 (15)
千葉県	19 (30)	徳島県	8 (2)
東京都	62 (25)	香川県	12 (9)
神奈川県	32 (24)	愛媛県	10 (9)
山梨県	13 (7)	高知県	4 (4)
新潟県	7 (8)	福岡県	28 (12)
富山県	17 (5)	佐賀県	1 (4)
石川県	12 (6)	長崎県	15 (5)
長野県	10 (12)	熊本県	12 (12)
岐阜県	20 (10)	大分県	9 (9)
静岡県	14 (17)	宮崎県	8 (5)
愛知県	35 (22)	鹿児島県	14 (5)
三重県	8 (5)	沖縄県	29 (9)
福井県	16 (8)	全国計	27% (606)

このような事態に対処するため、昨年8月に策定された新経済社会7ヶ年計画は、昭和54年から昭和60年度までの7ヶ年間に総額240兆円にのぼる公共投資を予定しているが、このうち下水道に対して18兆円をあてることになつている。

この事業とりわけ下水道管の埋設に際して、日常の交通を閉鎖することなく、周辺住民との公害問題がなく、7~10米程度の矢板が打てる機械が要望された。

もう一つ生活環境問題に、昭和30年度後半から続いている人口の都市集中化に対処するための都市再開発の問題がある。即ち市街地域全体についての都市機能の低下をきたしている、土地利用のアンバランスの是正、過密化した木造低層建築物の、高層化、共同化することによつてオープンスペースを確保する等の必要がある。しかもこのことは大都市地域のみならず、地方の中核都市、中核都市にも現れている。

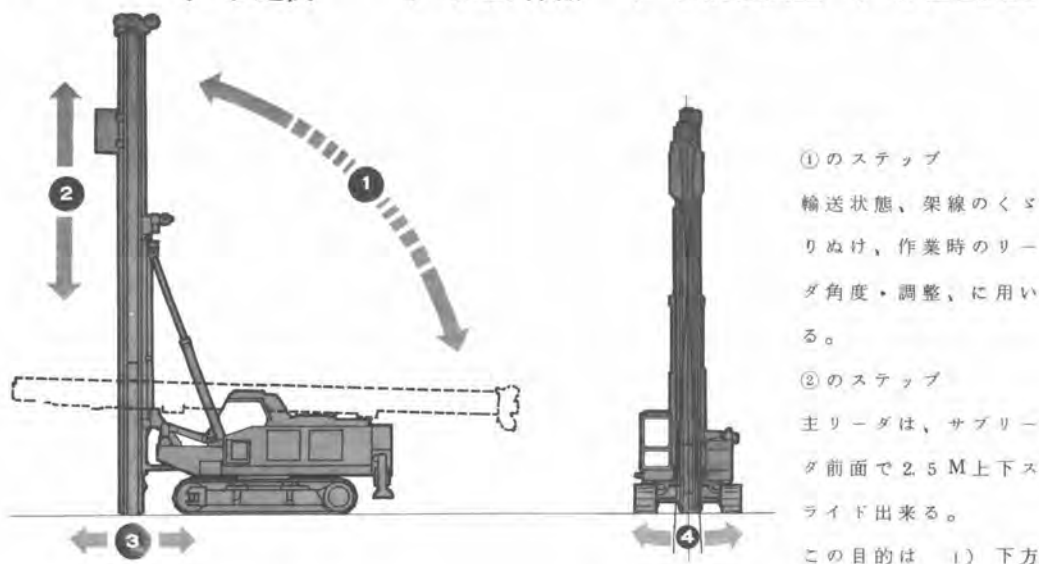
この要請に対処して、既成市街地に、搬入出来、狭い場所に於ても組立出来、高層建築物の基礎工事の出来る機械が要望された。

3. 特長

3-1. 多様な動きをするリーダ

リーダは本機械の特長の基本となるもので、主リーダとサブリーダよりなり、図-1の如き動作をする。

図-1 1ステップ リーダ起伏 2ステップ リーダ上下伸縮 3ステップ リーダ前後調整 4ステップ リーダ左右調整



①のステップ
輸送状態、架線のくゞりぬけ、作業時のリーダ角度・調整、に用いる。

②のステップ
主リーダは、サブリーダ前面で2.5M上下スライド出来る。

この目的は 1) 下方

に押しつけてフロントジャッキとして作用し、作業時の安定を計る。ii) 上方にスライドして(地上より1M)長尺リーダとして稼働できる。iii) リーダ起伏時リーダを前方へ移動し、重心位置を中央に移動させて、安全にトレーラーへ昇降出来る。

③のステップ リーダを前後させることにより、杭心調整が出来る。

④のステップ リーダを左右に傾斜させることにより杭精度を向上させ、3点式杭打機同等の作業が可能である。

3-2. 分解組立が不要で輸送が可能

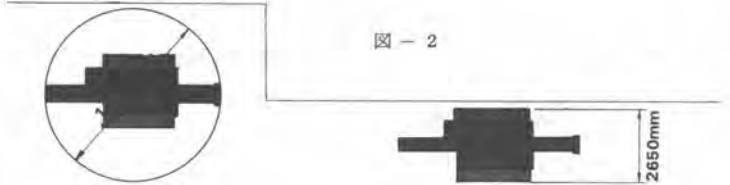
市街地での基礎工事では、搬入、組立、分解の占める費用の割合は、必然的に高くなる。特に作業現場の移動時の分解・組立とそれに必要な補助クレーン等の手配、更には作業時の安全面からも、組立・分解時に他の補助機械の一切不要な杭打機が強く望まれていた。DHJはクンターウエイト、リーダを取りつけたまゝで図-1の如く、トレーラーに安全に昇降ができ、全巾、全長、全高、総重量と全ての面でこの要求を満足している。



写-1 トレーラ輸送状態

3-3. 狭い路地や敷地への搬入・稼働

ビルとビルとの狭い路地や、限られた敷地内での施工、更には、片側通行路線道路における施工を可能にするため、全巾は図-2の如く2650mmと小さい。又クローラには伸縮装置を設け作業現場に合わせて拡張することにより、より安定した作業が可能である。



3-4. 架線下での作業性

市街地に張りめぐらされた電線等の架線の直下での作業、あるいは架線下の移動の必要な工事が多い。DHJはリーダ長さを9.1m~13.9mと変更することが出来る。最短リーダにセット

すれば架線下での作業も可能であり又それ以上のリーダ長さの作業時には、図-3の如く

リーダを起伏させることにより容易に架線をくぐりぬけることが出来る。

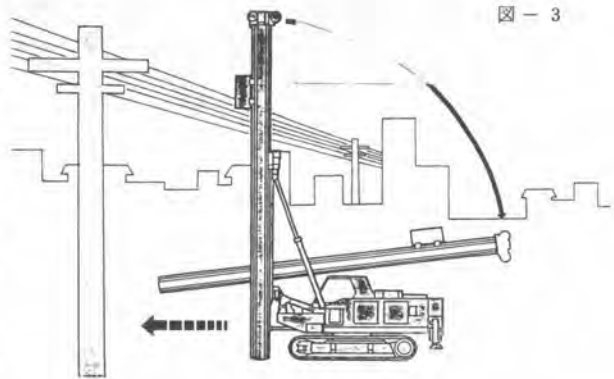


図-4

3-5. 本体の油圧源でオーガ駆動

DHJは運搬・分解・組立の容易性と共に、自己の油圧源で作業装置が駆動出来るよう考慮してあるので、図-4の如くディーゼル発電機が不必要となり更に機動性が高まる。

更に鋼矢板圧入機メーカーの油圧源にも本体のサービスポートより供給することが出来る。

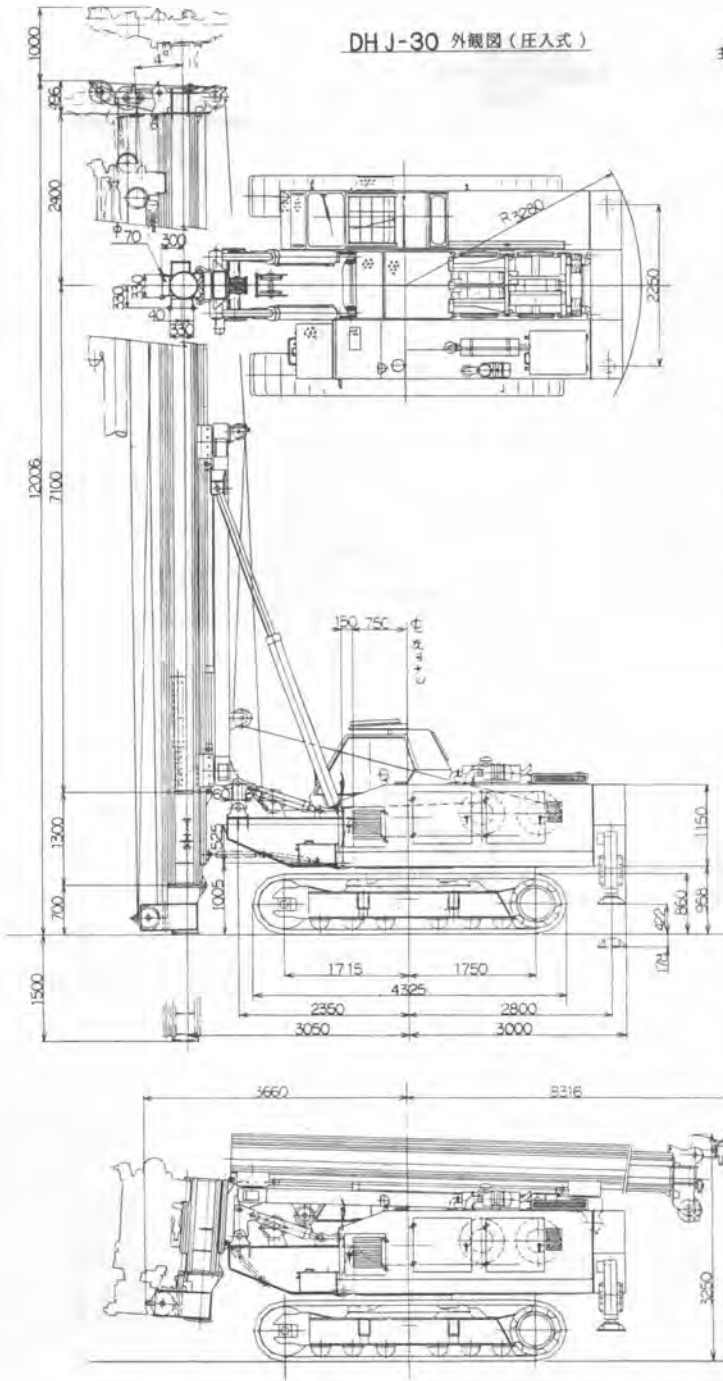
4. むすび

以上DHJの開発のニーズ、及び主としてその適用性について述べたが、開発して日が浅く、色々の点で不足の点もあると思うが、ユーザー各位の御叱正、御鞭撻によつて更によりよい機械とする所存である。



写-2 圧入機取付DHJ

5. 構造



DHJ-30 外観図(圧入式)

主要仕様

1	機械形式	日車DHJ-30
2	主要寸法(本体)	
	全巾(輸送時最大)	2650 mm
	クローラ全巾(輸送時)	3100 mm
	クローラ全巾(作業時)	2650 mm
	クローラ中心距離(輸送時)	2500 mm
	クローラ中心距離(作業時)	2050 mm
	クローラシュー巾	600 mm
	クローラ全長	4325 mm
	タンブラ中心距離	3465 mm
	最低地上高サ	374 mm
	キャブ巾	2635 mm
	キャブ高サ	3015 mm
	後端旋回半径(本体)	3280 mm
	後端旋回半径(リーダ含ム)	6006 mm
	リーダ全長(標準)	12006 mm
3	作業速度	
	ドラム巻上, 巻下速度	52 m/min
	走行速度	1.8 km/h
	旋回速度	2.8 r.p.m
4	エンジン	
	メーカー及機種式	日野EH100
	出力	91ps/2200r.p.m
	燃料タンク容量	250 ℓ
5	その他	
	登坂能力(本体ノミ)	30%
	重量(本体)	22390 kg
	重量(リーダ含ム)	27970 kg
	接地圧(ノミ)	0.61 kg/cm ²

9. OMR 工法 (奥村・丸五式拡底杭工法)

奥村組 角 康弘・清水 俊久

1. まえがき

杭の先端部を機械掘削により拡大し、杭1本当りの支持力を増大させる場所打ち拡底杭工法は、省資源、省エネルギーの社会的要求にマッチした工法として、脚光を浴びている。

(株)奥村組は丸五基礎工業(株)と共同で、新しい拡底杭工法として「OMR工法」を開発し、昭和55年2月(財)日本建築センターの評定を完了した。以下に、工法の概要、実施例などを報告する。

2. OMR工法の概要

(1) 特長

OMR工法は、従来から用いられているリバース工法、アースドリル工法、ベント工法などで杭の軸部を掘削した後、リバース方式による拡底専用のOMR掘削機で杭の先端部を円錐形に拡大し、底面積の大きい場所打ちコンクリート杭を築造する工法である。

この工法は拡底杭工法であるから、当然、拡底杭工法が一般にもつ、杭の支持力の増大、掘削土量、コンクリート打設量、鉄筋量、搬出土量の減少などの特長をもっているが、他に、OMR工法独自の主な特長は下記のとおりである。

- Ⅰ. 軸部掘削にリバース工法、アースドリル工法、ベント工法のいずれを使用した場合にも底部の形状、状態が同じ拡底杭を築造することができる
- Ⅱ. 拡幅機構は、拡幅ビットが12°の角度に固定されて回転しているガイドに沿って押し下げられる単純で強固なものであるため、所定の形状に確実に拡幅でき、管理も簡単である
- Ⅲ. 拡幅ビットの形状によって拡幅掘削完了と同時に300mmの立上がり部が形成され、さらに全断面掘削により、300mm以上の立上がり部を造ることもできる
- Ⅳ. 排土用のみ口が拡底面全面に移動可能な機構になっているため、底ざらえ(掘りくずやスライムの除去)が外周部まで完全に行える

当工法に使用するOMR掘削機(OMR3940)を写真-1に示す。

(2) 施工順序

本工法における施工順序は、軸部掘削の掘削機の種類によって若干異なるが、代表例として、軸部掘削をリバース機で行う場合の施工順序を図-1に示す。



写真-1 OMR3940

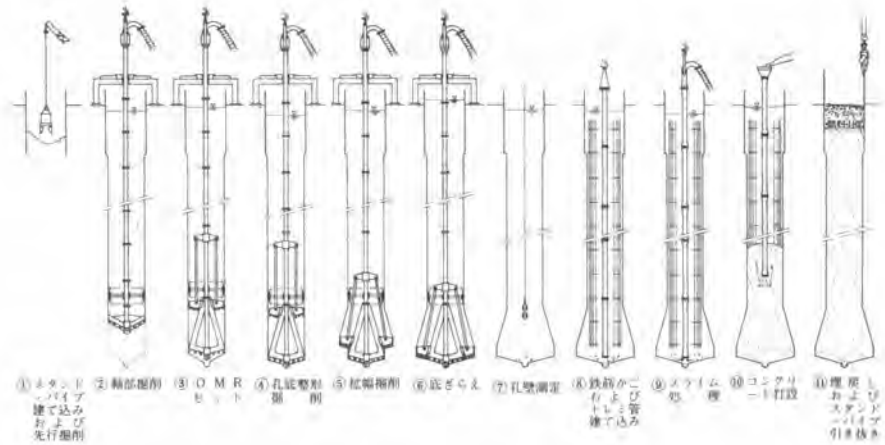


図-1 施工順序（軸部掘削をリバース機で行う場合）

3. OMR掘削機

拡底掘削に使用するOMR掘削機は、リバース・サーキュレーション方式による掘削機で、OMR専用ビットおよび通常のリバース工法に使用するパワー・ユニット、ロータリ・テーブル、スイベル・ジョイント、ケリー・バー、ドリル・パイプなどで構成されている。

OMR専用ビットは、図-2に示すように、拡幅ビット、拡幅ガイド、油圧シリンダ、のみ口移動装置（押し環、受け環、コイルばね、アーム）、スタビライザなどで構成されている。

OMR専用ビットの種類は、OMR1416～3940まで6種類あり、各種とも機構などは全く同じであり、寸法のみが異なる。同一ビットにおける軸部径および底部径の変更は、拡幅ビットの取替え、スタビライザの径の変更などにより行う。

拡底掘削は、孔底整形掘削、拡幅掘削の2工程に分けて行う。

孔底整形掘削は、ロータリ・テーブルによりドリル・パイプを回転させ、底部の孔底整形ビットで掘削整形する。

拡幅掘削は、ビットの深さを一定に保って回転させながら、拡幅ビットを12°の傾斜角をもった拡幅ガイドに沿って油圧ジャッキにより、押し環、押しロッドを介して斜め下方へスライドさせながら掘削する。

油圧ジャッキのストロークの最終段階で、押し環が受け環を下方へ押し付け、リンク・メーションにより排土管先端のみ口は外径方向へ移動させられる。こののみ口の半径方向への往復運動と本体の回転運動により、孔底全面の掘りくずやスライムを吸い上げ

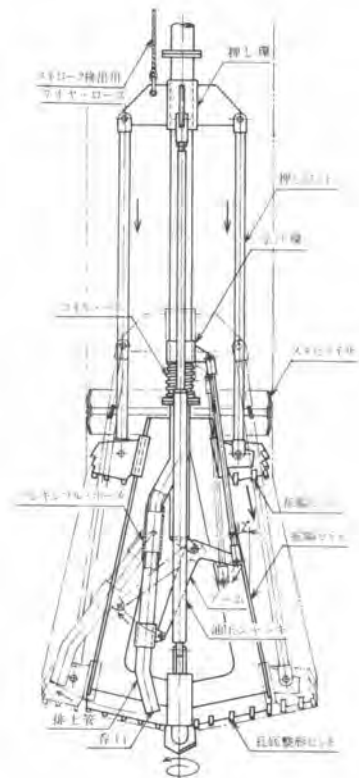


図-2 OMR専用ビット

除去する。油圧ジャッキのストロークは油圧ジャッキの圧力ゲージおよびワイヤ・ロープ式のストローク検出装置により確認する。

4. 日本建築センターの評定

昭和54年8月～12月の期間に、実際の地盤に、実際に使用する規模で試験杭を築造し、載荷試験を含む各種試験、調査によりその品質、性能を総合的に確かめ、それらのデータを取りまとめて、(財)日本建築センターに評定申請を行い、下記のとおり評定された。

(1) 本杭の許容支持力の最大値は、長期250t/m²、短期500t/m²とする。ただし、この最大値は、東京れき層、天満砂れき層等に相当する密実な砂れき層(標準貫入試験のN値が最小限50以上)に支持させた場合に適用するものとする。

ただし、工事の実績を積みかさねさらに資料が整うまでは杭底部の有効径は、公称直径より10cmを差引いた値とする。

なお、許容耐力は、それぞれの場合の地盤条件に応じた支持力及び沈下量について検討を行った上で決定するものとする。

(2) OMR杭に使用するコンクリートの許容応力度及び鉄筋のコンクリートに対する許容付着応力度をそれぞれ次表のように定める。

表一1 コンクリートの許容応力度(kg/cm²)

コンクリートの種類	長期		短期	
	圧縮	せん断	圧縮	せん断
普通コンクリート	$\frac{F_c}{4}$ かつ 8.0以下	$\frac{F_c}{40}$ かつ $\frac{3}{4}(5 - \frac{F_c}{100})$ 以下	長期の 2.0倍	長期の 1.5倍

表一2 鉄筋のコンクリートに対する

許容付着応力度(kg/cm²)

鉄筋の種類	長期	短期
鬼形鉄筋	$\frac{3}{4} - \frac{F_c}{10}$ かつ $\frac{3}{4}(18.5 - \frac{F_c}{25})$ 以下	長期の1.5倍

ただし F_c は設計基準強度で180kg/cm²以上とする。

(3) 拡底部分の形状

OMR杭の拡底部分の形状及び寸法は申込通りとし、OMR掘削機の各機種と軸部径と拡底径との関係は下記のとおりとする。

表一3 OMR杭の寸法

OMR掘削機機種	軸部径(m)	底部径(m)
OMR 1416	1.0~1.1	1.4~2.0
OMR 1620	1.2~1.4	1.6~2.5
OMR 2025	1.5~1.7	2.0~3.0
OMR 2433	1.8~2.1	2.4~3.7
OMR 2839	2.2~2.5	2.8~4.0
DMR 3940	2.6~2.7	3.9~4.0

ただし、

拡底角は12°とする。

立上り部は30cm以上とする。

拡底率 $\left(\frac{\text{有効底面積}}{\text{軸部面積}}\right)$ は3.2以下とする。

5. 相互池袋ビルにおけるOMR工事の実施例

(1) 工事概要

工事場所 東京都豊島区東池袋4-27
 構造 SRC造 14F, B1F, PH1F
 基礎深さ GL-9.75m
 工期 昭和55年5月～昭和56年11月
 杭種別 場所打ち鉄筋コンクリート杭(拡底杭工法)
 杭工事期間 昭和55年6月～昭和55年7月

(2) 地盤

土質柱状を図-3に示す。

(3) 杭の配置および仕様

杭の配置を図-4に、杭の仕様を表-4に示す。

(4) 施工精度

杭の鉛直精度は全て1/300以上を確保していた。

孔壁測定結果の一例を図-5に示す。

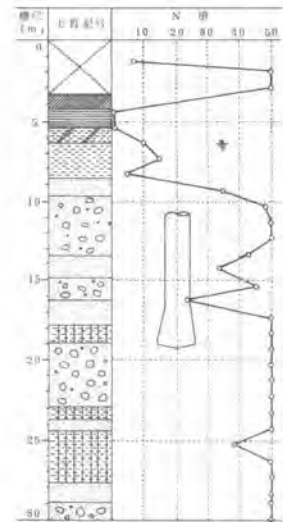


図-3 土質柱状

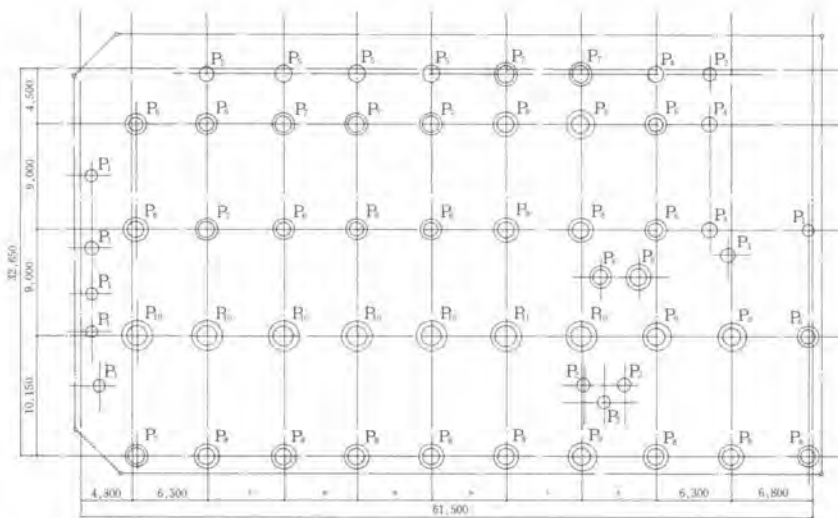


図-4 杭の配置

表-4 杭の仕様

杭記号	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉	P ₁₀	P ₁₁
柱径(φ)	1,000	1,100	1,200	1,300	1,400	1,200	1,400	1,400	1,500	1,200	1,800
柱高(m)	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	18.00	19.00	2.100	2.400	2.600	2.700
杭長(m)	11.95	11.85	9.80	11.85	12.15	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00
本数(本)	5	4	3	3	3	10	7	12	4	6	1
設計支持力(10 ⁶ N)	1184 ~ 2266					1631 ~ 2445					

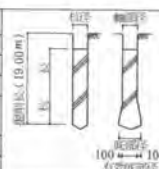


図-5 孔壁測定結果

10. TKR 基礎ぐい工法

(リバースサーキュレーションドリル工法を応用した
場所打ち拡底ぐい工法)

東京建機工業 高岡 博

1 まえがき

TKR基礎ぐい工法は、リバースサーキュレーションドリル工法を応用した工法で、特殊な油圧式拡幅自在なビットを用いて、地盤を掘削するに当たり、くい底部または頭部を拡大して鉄筋、生コンクリートを打設して異径ぐいを造る工法である。

くい頭部より先端まで同一断面のくいを築造するよりは、くいの負担する荷重のかかり方によって不用な断面を節約し、従来の直ぐいに比較して省資源、省力、省廃棄物化をはかり、工期の短縮、工事費の節減を考へた大口径場所打ちコンクリートぐい工法である。

TKRのTは東京建機工業(株)の、Kは拡底、Rはリバースサーキュレーションドリル工法のイニシャルをとった本工法の略称名である。

2 TKR基礎ぐい工法の特長

TKR基礎ぐいにおいては、鉛直耐力を主として設計されるぐいにあつては、くいの底部の先端支持地盤を直径で約1.5倍に削り広げ、拡底リバースぐいを作ることができる。

- (1) 同一鉛直耐力の従来の直ぐいに比較して、コンクリート量、掘削土量、排土処理量、泥水処理量が約1/2に減少する。
- (2) 工事用仮設、スラッシュタンク、沈殿池などの規模が縮小できる。
- (3) 工期の短縮
- (4) くいの鉛直支持力が約2倍に増加
- (5) くい本数の減少

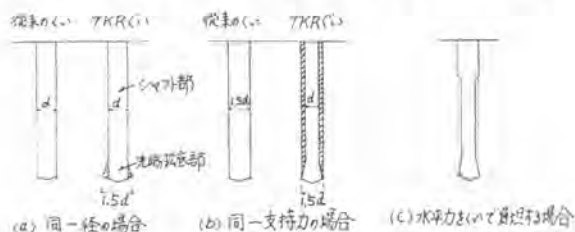


図-1 TKRぐい工法の特長

3 TKRビットの構造および特長

TKRビットはくいの細い部分の径(以下シャフト径という)を掘削するには、TKRビットに組み込まれた固定四翼径で掘削し、拡大部分はリバース機本体に備えられた油圧ポンプより油圧ホース、油圧回路付きスイベルジョイント、ケリーバ、油圧ホース付きドリルロッドを経て、TKRビットの油圧シリンダに油圧を送り、弁を開くごとく、拡翼ビットを下方方向に開いて掘削する。拡大量はあらかじめ地上で所定の径になるようにストッパを固定し、閉閉テストを行なって寸法測定をし準備する。シャフト部径掘削後、拡底ビットを最大に開けば所定の拡大径が得られる。

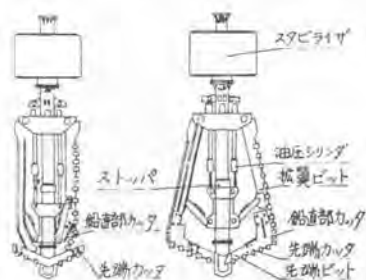


図-2 TKRビット

主な特長を挙げると次のとおり

- (1) シャフト径、拡大径が自由に選抜できる。

(2) 礫石、土丹石、軟岩、各種の堅硬な地盤
 も掘削可能である。

(3) スタビライザと自重が大きいことにより
 高い垂直精度が得られる。

(4) 拡底断面に鉛直部を形成できるので大き
 な支持力が保証される。

(5) 表層ケーシング内、シャフト部、拡大部
 の掘削が連続一貫作業ができる。

(6) 地上の油圧操作盤により容易、確実に拡
 大寸法が確保できる。

(7) 拡大寸法が掘削完了後確認できる。

4 TKR基礎ぐいの設計

TKR基礎ぐいを実用に供するため、また
 評定認可を受けるために『TKRぐい設計指針』と『施工仕様書』をとりまとめ、設計と施工が一体
 となって、はじめてくいの本来の機能が発揮できる。

TKRぐいの設計は、日本建築学会や官公庁で規定する。従来の設計法と本質的には同じであり、
 本指針ではTKRぐいの固有の設計法以外は現行で最も新しいと思われる。建築構造設計基準および
 建築基礎構造設計基準に準拠している。

(1) 使用コンクリートの材質および品質

i 原則としてJASS. 5「レディーミクスコンク
 リート」または「高級コンクリート」による。

ii 設計基準強度は 240 kg/cm^2 以上とし、 270
 kg/cm^2 以上の場合は高級コンクリートを用いる。

iii 水セメント比を50%以下、スランプは 20 cm 以下とする。

(2) 鉄筋の品質、形状

鉄筋は原則として、JIS. G3112「鉄筋コンクリート用棒
 鋼」の規格に定めたものによる。また主筋は異形鉄筋とする。

(3) コンクリートの許容応力度は(表-2)による。

(4) 設計基本事項

i ぐい先端は支持層に通常 1 m 以上貫入させるものとする。

ii ぐい中心間隔は、ぐい頭部の直径を $d \text{ (cm)}$ 、先端拡大部分の直
 径を $d' \text{ (cm)}$ として、 $(d+d')$ 以上かつ $(d+1 \text{ m})$ 以上とする。


iii ぐい先端拡底部の有効断面積は、拡底部の計画断面周囲より 5 cm を差し引いて算定する。

(5) 許容支持力

ぐい体コンクリートの長期許容応力度に最小断面積をかけた値以下で、かつ次の値以下とする。

i 載荷試験を行なう場合は極限支持力以下の値の $1/3$ 。

表-1 拡底ぐいのビット寸法

区分 ビット形式	設計ぐい径		施工ぐい径		備 考
	シャフト径 (mm)	拡底径 (mm)	シャフト径 (mm)	拡底径 (mm)	
0018	900	1200	900	1300	 d: シャフト部径 D: 拡底部径
	-	1300	-	1400	
	1000	1400	1000	1500	
1220	-	1500	-	1600	
	1200	1600	1200	1700	
	-	1700	-	1800	
1424	-	1800	1300	1900	
	1300	1900	-	2000	
	-	2000	1400	2100	
1728	1400	2100	-	2200	
	-	2200	1500	2300	
	1500	2300	-	2400	
2032	1700	2400	1700	2500	
	-	2500	-	2600	
	1900	2600	1900	2700	
2230	-	2700	-	2800	
	2000	2800	2000	2900	
	-	2900	-	3000	
2032	2100	3000	2100	3100	
	-	3100	-	3200	
	2200	3200	2200	3300	
2230	-	3300	-	3400	
	2300	3400	2300	3500	
	-	3500	-	3600	

長 期		短 期	
圧 縮	せん断	圧 縮	せん断
$\frac{1}{4} f_c$ かつ 80 kg/cm^2 以下	$\frac{1}{20} f_c$ かつ $\frac{3}{4} (5 + \frac{f_c}{100})$ 以下	長期に対す 値の2倍	長期に対す 値の1.5倍

表-2 使用コンクリート許容応力度

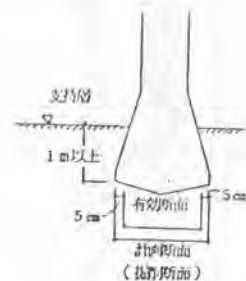


図-3 有効断面

ii 載荷試験を行わない場合は、 N 値50以上の良質な地盤に支持させる場合は $250\text{t}/\text{m}^2$ 。

iii 短期許容耐力は上記値の2倍以上とする。

(6) 許容沈下量は建築基礎構造設計基準による。

(7) 水平耐力

水平力を受けにくいについては、TKRビットを使用して、図-1のようにくい頭部分を所定長さだけ拡大することができる。施工例としては、(表-3)の中に3件実施工されている。

5 TKR基礎ぐいの施工

TKR基礎ぐいは、リバーサーキュレーションドリル工法を応用し、油圧式拡大ビットによって異径ぐいを築造する工法で、一般のリバーサー工法と施工については全く同じである。(図-4)

その施工順序は、(図-5)による。

(1) 掘削に先立ち、使用するビットの閉閉を実検し、刃先の外径を計測する。(写真-1)

(2) 掘削方式は、拡大ビットを閉じて先端ビットのみで、シャフト部から拡底部までの掘削をすべて特殊ビットで行なう場合と、一般に使用されているリバーサー用のビットにより所定の深度まで掘削したのち底部を特殊ビットで拡大する方法とがある。

拡底部の掘削は、油圧シリンダーの操作で行なうが、この際急激に拡幅することなく、段階的に拡幅することが望ましい。また掘削完了してから最底20分以上の空運転をして、孔底の掘り屑を吸いあげる。

(3) 掘削完了後、拡底検出表示装置により地上にて拡翼ビットの拡大寸法を確認する。必要があれば超音波による孔壁測定器により孔壁状況、垂直精度、拡幅量などを確認する。

6 TKR基礎ぐい工法の実績

昭和52年5月30日、日本建築センターの評定認可より多方面からの数々の照会、およびPR活動の結果TKR

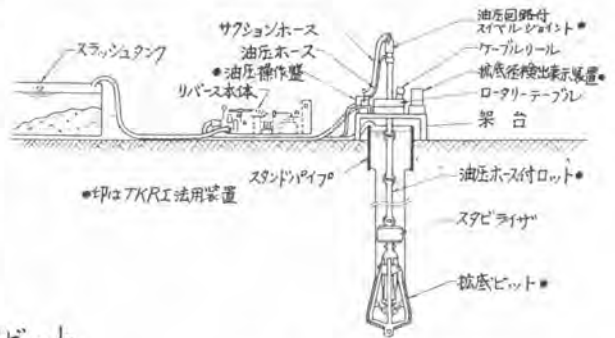


図-4 TKR工法施工図



図-5 施工順序



写真-1 刃先の外径計測

基礎ぐいの機能性、経済性が認められ、以下の如く施工実績が蓄わられた。(表-3)

項目	工事名称	場所	設計監理	数 量			工期
				くい径	深度	本数	
1	東映ハイアール舞鶴新築工事	福岡	(株)池田建設設計事務所	φ900-φ1200~φ1300-φ1800	36	64	53.7~53.9
2	オノ法現出放線線路新築工事	東京	(株)日建設計	φ1000-φ1500~φ1700-φ2500	26	53	53.10~53.12
3	トーア川崎マンション新築工事	川崎	(株)田中構造建築事務所	φ900-φ1200~φ1400-φ2100	42	40	54.1~54.3
4	福岡勤労者福祉センター新築工事	福岡	(株)日建設計	φ1000-φ1300~φ1500-φ2300	30 ⁵	147	54.2~54.6
5	瀧本(株)PDセンター新築工事	東京	(株)K構造研究所	φ1000-φ1500~φ1300-φ1900	65 ⁶	14	54.2~54.4
6	G.S.H.M.新小岩新築工事	〃	新 建 設 (株)	φ1200-φ1700~φ1400-φ2000	45	15	54.3~54.5
7	トーア辰巳マンション新築工事	〃	(株)皇王建築設計事務所	φ1000-φ1500~φ1300-φ1800	51	68	54.4~54.7
9	大和運輸深川校舎新築工事	〃	鹿 島 建 設 (株)	φ1200-φ1600~φ1400-φ2100	65 ¹	60	54.7~54.9
9	トーア平井マンション新築工事	〃	(株)山下建築企画研究所	φ900-φ1300~φ1200-φ1600	56	29	54.7~54.9
10	ウインザハム新杉新築工事	〃	(株)SUM建築研究所	φ1200-1000-1400~1900-1500-2200	48	90	54.7~54.11
11	南港エポックセンター新築工事	大阪	(株)熊谷組	φ1500-1300-2000~1800-1500-2400	68	119	54.8~55.3
12	神奈川会館会館新築工事	横浜	大成建設(株)	φ1200-φ1800~φ1700-φ2800	55	34	54.9~54.12
13	フェリス学院新築工事	東京	(株)間 組	φ1100-900-1200~1900-1700-2200	44 ⁹	109	55.1~55.3
14	グランドメッセ福岡新築工事	〃	安宅エンジニアリング(株)	φ900-φ1400~φ1800-2700	21 ⁴	22	55.1~55.3
15	トーア辰巳マンション新築工事	〃	(株)皇王建築設計事務所	φ1200-φ1800~φ1400-2200	57	26	55.2~55.3
16	西園駅前総合ビル新築工事	〃	日本国土開発(株)	φ1300-φ1500~φ1700-2500	33 ⁵	44	55.3~55.4
17	白金台マンション新築工事	〃	鹿 島 建 設 (株)	φ1000-φ1500~φ1300-2500	32	66	55.3~55.5
19	文教大学図書館新築工事	埼玉	(株)建築モト研究所	φ900-φ1300~φ1200-1700	37	28	55.5~55.7
19	福岡法務合同庁舎新築工事	福岡	法務大臣官庁管理課	φ1400-φ2000~φ2000-3000	31 ⁵	41	55.6~55.8
20	函館市庁舎新築工事	函館	(株)日建設計	φ900-φ1200~φ2100-3000	44	95	55.6~55.9
21	ニル西新井マンション新築工事	埼玉	鹿 島 建 設 (株)	φ1000-φ1400~φ1300-1900	56 ²	88	55.6~55.9
22	浦安A地E号2階地新築工事	千葉	日本住宅公団	φ1400-φ2000~φ1700-2000	56	84	55.8~56.1

表-3 TKR ぐいの施工実績

7 TKR基礎ぐいの応用工法

将来は土木構造物における利用で、水平力のかかるくいはいはくい頭部を拡大したくい(高架橋、橋りょう)、あるいは鉛直荷重と、引抜力のかかるものについては掘底ぐいの利用が構造物の創としては、ポンプ場、処理場、煙突、タワー、防波堤などが考えられる。

8 あとがき

機械掘削によって地盤に孔をうがち孔壁を型枠として鉄筋コンクリートぐいを造る場所打ちぐいは、日本に導入されて

から25年を経過している。この場所打ちぐいの利便と時代の要求とがマッチした場所打ち掘底コンクリートぐいの出現は、まさに時機を得たことは歴史的にも大きなエポックといえよう。

場所打ち掘底工法は、その特性を活かし、今後の発展普及を望んでやまない。実績も亦く各界のご指導を得て、ますます良いものにしていくたいので君たんのないご意見を賜りたい。

(日本建築センター-認定認可番号 BCJ-F108)

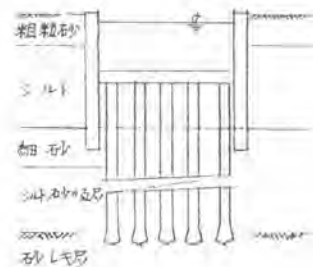


図-6 ポンプ場

11. 地下連続壁基礎工法

大林組 中村 靖・平井正哉

1. まえがき

地下連続壁基礎 (Wall Foundation 以下W.F.と略す)とは、地下連続壁工法を用いて築造した橋りよう、地下タンク、建築物等の基礎の総称である。

これらの適用例をみるに、単位壁体相互を剛結合として一体性を持たせる鉛直継手については、これまで各種の試みが行なわれていたが、実用の域には達していなかった。

このたび、地下連続壁の鉛直継手を開発し、一体性を有した基礎構造を築造することが可能となり、この工法による基礎がケーソンに代わって東北新幹線の橋りよう基礎に採用されたので、その構造と施工法を紹介する。

2. 鉛直継手

2-1 鉛直継手構造

地下連続壁は、単独エレメントの連続体として施工される。各エレメント相互の水平方向の結合方法として、鉛直継手の構造が各種考案されており、大別すると横方向の鉄筋を接続させるものと、接続しないものに分けられる。これらのうち、代表的な継手工法を図-1に示した。この図において、今回用いられた継手工法は、⑦のコ字型継手函体抱き合わせ型であり、その継手構造の詳細を図-2に示した。この継手工法の特長は下記のとおりである。

- ① 水平主鉄筋は函体を貫通して、ラップによって継手鉄筋と接続しており、構造上完全なラップジョイントとなる。
- ② 継手部が函体内におさめられているため、函体に鉄筋固定用型鋼等を取りつけることにより、継手部の鉄筋のかぶりを確保できる。

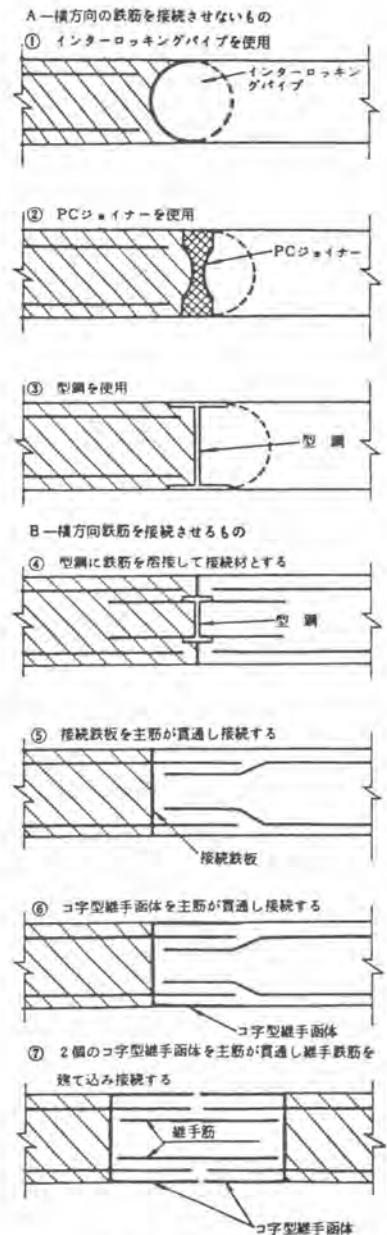


図-1 鉛直継手工法の例

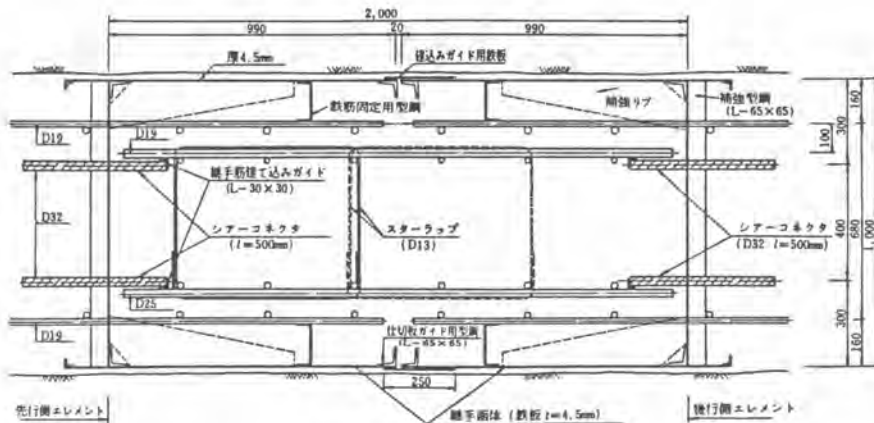


図-2 継手詳細図

- ③ 地中に設置された先行継手函体の掘削側の一面は、強固な仕切板によつて仕切られているので掘削時に土砂やコンクリート打設時にコンクリート等が流入することがない。
- ④ 継手部が四方を鉄板で囲まれているので、安定液の循環によつて溝壁の崩落を心配することなく、また安定液中で水ジェット、エアージェット等で、鉄筋に付着した土砂を洗い落とすことも可能であり、信頼性の高い継手が施工できる。

継-2 施工順序

この工法の施工順序を図-3、図-4に示す。このうち、図-3は、継手一ヶ所の施工順序であり、図-4は、正方形の基礎を4エレメントに分割した場合の施工順序である。

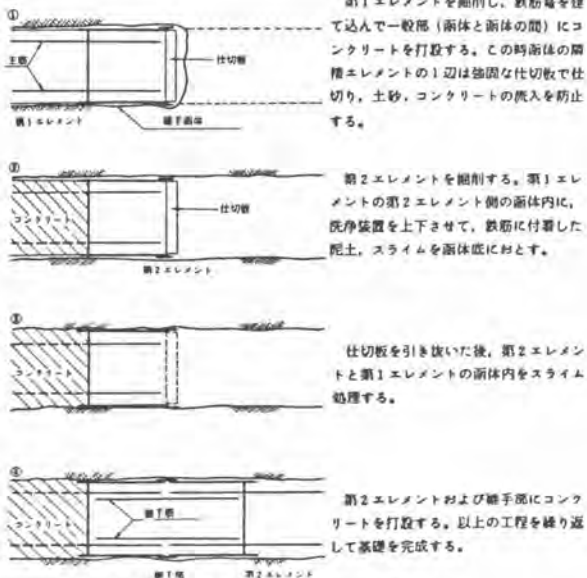


図-3 単一継手施工順序

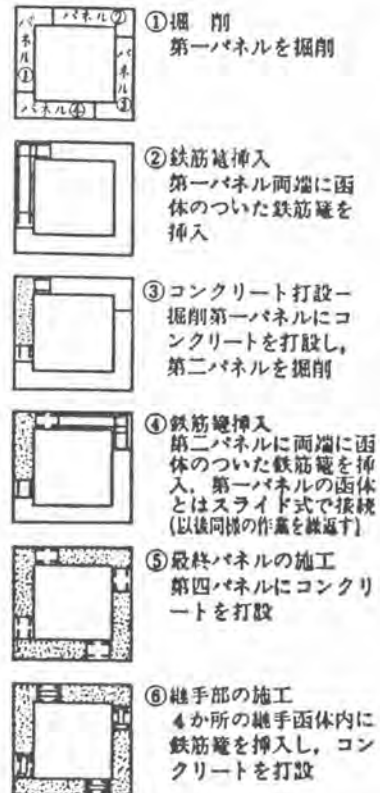


図-4 正方形基礎施工順序

3 工法の特長

この工法による基礎の特長として、次のようなものがあげられる。

- ① 剛性の高い、しかも任意の形状の基礎が造れる。
- ② 構造体が地盤に密着して築造されるので水平荷重に対して抵抗力が大きい。
- ③ 構造物本体として使用できるのみでなく、工事中の仮設土留壁を兼用できる。
- ④ 軟弱層から岩盤まで適用地盤の範囲が広い。
- ⑤ 低振動・低騒音工法であり、社会の要請に適應している。
- ⑥ 既設構造物に接近した施工が可能で、周辺地盤や既設構造物に与える影響が少ない。
- ⑦ 地上からの機械施工であり、同一作業の繰り返しであることから不確定要素が少なく、工期が確定でき、ニューマチックケーソンより工期が短い。
- ⑧ ニューマチックケーソンのように、高圧気下の人力作業はなく、安全な工法である。

4 施工例

東北新幹線飯坂街道架道橋の基礎は、当初、ニューマチックケーソン工法で計画されたが、うち3基が当工法に変更され、施工された。

企業者：日本国有鉄道仙台
新幹線工事局
施工場所：福島県福島市内

架道橋の一般図を図-5に、
基礎の実施工程を表-1に示す。

平面形状は3基とも、正方形であるが、その形状寸法を表-2に示す。

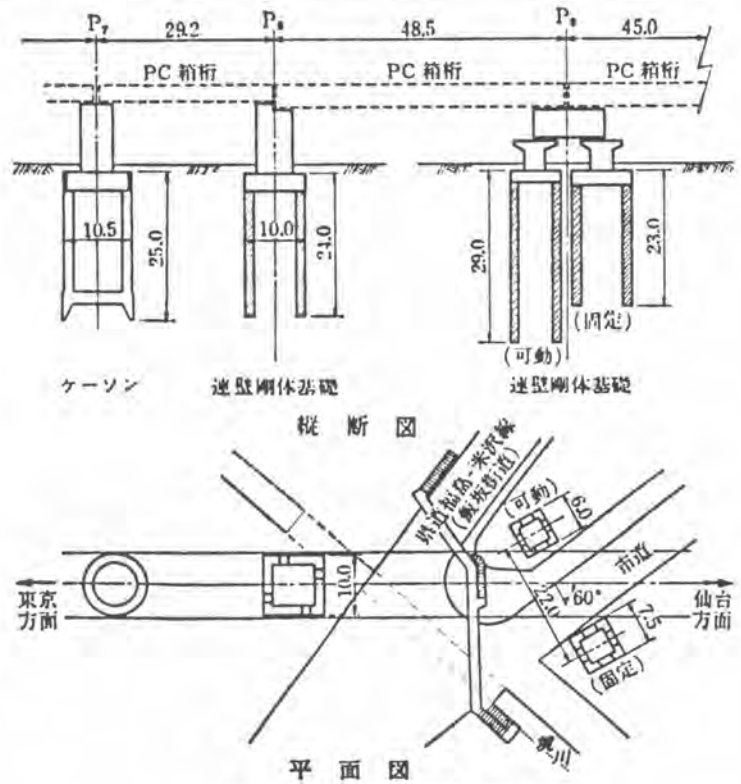


図-5 飯坂街道架道橋一般図

表-1 地下速壁剛体基礎施工工程表

	作業種別	日付						
		7月	8	9	10	11	12	1
P8	準備工	[Progress bar]						
	地下速壁剛体基礎	[Progress bar]						
	水平載荷試験	[Progress bar]						
P9	準備工	[Progress bar]						
	可動型地下速壁剛体基礎	[Progress bar]						
	固定型地下速壁剛体基礎	[Progress bar]						

注1) 地下速壁剛体基礎のみの工程を示す。
注2) P8は水平載荷試験を行ったため、壁体内に各種計器取付工を含む。

表-2 基礎形状寸法

	P8	P9 (可動)	P9 (固定)
平面寸法 (m)	10.0×10.0	6.0×6.0	7.5×7.5
壁厚 (m)	1.5	1.0	1.2
長さ (m)	21.0	27.0	20.5

5 問題点と今後の課題

5-1 鉛直継手構造の改良

- ① 継手函体の改良：今回開発した π ボックス型の継手函体は、鋼板の占める面積が多いので $W.F.$ の特徴である周面摩擦力が低減する恐れのあること、施工時に両函体を閉合させるため施工精度が厳しく要求されること等がわかった。このため、今後のこの工法の普及を配慮し、より経済的で、かつ一般の技能者で容易に施工できる信頼性の高い継手構造として改良型鉛直継手構造（ π ボックス型）を提案したい（図-6）。
- ② 継手構造内の補強：継手構造内のラップジョイントを囲んだスターラップを配筋できないことが構造上の弱点となりうることから、スターラップを配筋するのと同等の効果を生み出す補強方法を現在検討している。
- ③ 安定液中の鉄筋の付着強度試験：適切な重ね継手長を決定するための検証実験として、各種安定液中の鉄筋の付着強度試験を実施している。



(先行掘り出し、継手部コンクリートは先行掘り出しと同様に打設とする)

図-6 改良型鉛直継手構造

5-2 合理的な設計法の確立

今後、 $W.F.$ を設計するには、周面摩擦力の評価の方法を基準化する必要があると考えられる。現在、この件に関する模型実験を実施中であり、その結果が設計法の確立に役立つものと期待している。

5-3 深い基礎への対応

掘削深さは現在 100m まで可能となつているが、横方向に鉄筋を接続した鉛直継手を得るには、深さ $50\sim 60\text{m}$ までが一応限界であると思われる。したがつて、それより深い基礎においては、上部のみに鉛直継手を用い、下部は単位壁体のままとする、いわゆる脚つきケーソン型の基礎も考えられる。

5-4 頂版が深い場合の施工

水中に限らず、頂版天端が地表面から深い所に位置する場合には、仮設の土留材を鉄筋カゴに取りつけて建て込み、頂版および橋脚の施工後、土留材を撤去する等、施工法の検討を進めている。

6 あとがき

地下連続壁工法は、現在多方面で利用され、この工法の技術の進歩はめざましいものがある。しかし、これまでは、連続壁相互の鉄筋をつなぐ技術が未完成であつたために、重要建造物の基礎として本体利用された例は稀であつた。今回この工法をさらに広範囲に利用するために、この継手技術の開発を行ない、新幹線の高架橋基礎に採用され、変位や沈下の少ない基礎が確実に施工できるという良好な結果が得られたことは、今後この工法に対する期待を大いに高めるものである。当工事を通じて得られた各種の成果から、さらに施工技術に改良を加えれば、安全で、工期が短く、そして低騒音、低振動工法としてますます普及するものと予想される。

おわりに、この工法の開発を指導・推進していただいた国鉄関係者各位に深謝する。

12. S-260 パイプクラム工法

住友重機械工業 伊藤 茂 晴

1. まえがき

近年、電力消費の伸びに伴ない送電線は増々、大きく、かつ、遠くになってきている。その送電線鉄塔基礎工事は、従来、立地条件等の制約により、人力に依り行なわれる事が多かった。が、この工事は、劣悪な環境であるばかりでなく、非常に非効率であった。このため、様々な掘削形状に対応でき、位置決めが容易な、10m以上の深掘りが可能な掘削機械の早期間発が、電力会社及び施工業者各位より求められていた。

当社は、この要求を満足する掘削機械として、これまでにない多くの特長を持つ S-260 パイプクラム を開発した。この度、本機を使用して、鉄塔基礎工事を行なったので、その概要を紹介する次第であります。

2. 特長

本工法は、従来、山岳地などで、大形機械の搬入が困難かつ、深層掘削を必要とする現場において、人力に依り、いた基礎工事を、機械掘削を可能としたものである。この結果、工期短縮及び経費節減だけでなく、安全性の向上にも寄与している。以下にその概要を述べる。

2-1 掘削機の特長

本機は、バケット容量 0.4m³ 級油圧掘削機を改造したものであり、その標準機の長所を生かしたままで、パイプクラムアタッチメントを取付けること等により、小形掘削機として、驚異的な掘削深さを可能としたものである。以下に、その具体的な特長を述べる。

- (1) 最大掘削深さ 14.2m と小形掘削機では、他に類をみない作業範囲を可能とした。
- (2) 標準油圧ショベルより、操作ペダルが一増えただけであり、操作が容易であるので、油圧ショベルを運転できる人なら、誰でも運転可能である。
- (3) 伸縮アームがパイプ式であるため、バケットの揺れは最少限に抑えられており、位置決めが容易である。更に桁下などの掘削も可能である。
- (4) クラムシェルバケットは、30° ごとに 360° 回転して固定でき、更に排土板が付いているので、粘土質でも土落ちが良い。
- (5) アタッチメントを容易に、標準のアーム及びバケットに交換して、バックホーとして使用することができる。この為、準備作業が、掘削、排土が1台で施工できるため、余分の機材の搬入は不要となる。
- (6) 旋回誤操作による損傷を防ぐために、安全装置として、旋回フリ〜機構を備えている。
- (7) 山岳地での硬い岩山掘削のために、掘削作業とブレイカー作業の随時交互転換を可能とするブレイカー装着機構を備えている。

- (8) 操作性向上のために、バケットの着地を知らせるブザーを備えている。
 (9) 山岳地などの輸送困難な現場に対しては、1.3t以下に分割して輸送することができる。

2-2 掘削機の仕様及外観

(1) 本機の外観を図1に示す。

(2) 主要仕様

バケット容量	0.18 m ³
全装備重量	14.0 t
走行速度	1.8 km/h (低速)
	3.0 km/h (高速)
旋回速度	10.1 rpm
登坂能力	36 %
エンジン 形式	いすず 6BD1
	定格出力 90 PS/2000 rpm
油圧ポンプ	3速歯車ポンプ
旋回機構	定容量形プランジヤ油圧モータ
走行機構	定容量形プランジヤ油圧モータ
最大掘削半径	7130 mm
最大掘削深さ	14200 mm
最大ダンプ高さ	4260 mm
最大掘削力	2.3 t
接地圧	0.50 kgf/cm ²



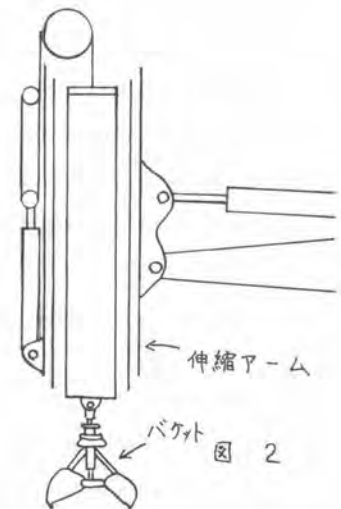
図 1

2-3 掘削機の構造

本機の概略構造を図2に示す。

クラムシェルバケットを取付けている伸縮アームの内筒は、伸縮アームの外側に取付けられている油圧シリンダにより、ロープを介して、昇降する構造である。

硬い地盤を掘削する場合には、クラムシェルバケットの先にブレーカ〜を取付けることができる。



3 施工例

本機を使用して、昭和54年11月より、昭和55年1月迄、鉄塔現場で実際に、基礎を掘削したので、以下にそのデータを示す。

現場： 神奈川県津久井郡津久井湖畔
 新多摩線 3-2 エ区 No. 54 鉄塔
 (山加電業(株)・清水土木 殿 施工)

3-1 施工方法

施工方法は、現場へ分割状態で搬入し、現場で組立後、図1の様設置し掘削を行なった。掘削終了後、現場で分割し搬出を行なった。

基礎工事の掘削は次の手順に依った。

- ① 組掘 ② 周辺整形 ③ 支保工組 ④ ハシゴ取付

本機による施工は、従来工法と比べて、①の組掘及びダンプのみを機械化した。

3-2 データ

(1) 搬入及び搬出

現場への搬入及び搬出は、載荷能力 2t の索道で行なった。

使用デリック 制限荷重 2t 1基
 分割個数 11個 (ブレイカ〜含む)

a) 搬入

所要人員 7名 (デリック操作2名含む)
 所要時間 6時間 (最初の単体移送より 組立完了迄)

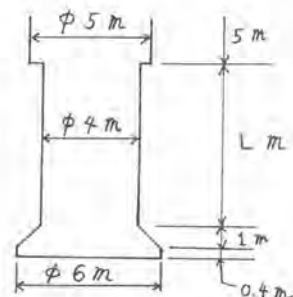
b) 搬出

所要人員 5名 (デリック操作2名含む)
 所要時間 6時間 (分割開始より トラック積込完了迄)

(2) 鉄塔基礎形状

基礎形状は右図に示す様な形である。

	L	工法
A脚	12.1	従来
B脚	8.6	パイプクラム
C脚	8.6	パイプクラム
D脚	12.1	従来



土質は、ボーリング調査結果より、G L下5m以上で、N値 50 以上であった。

(3) 掘削能力

ここで、掘削だけでなく、整形作業、支保工組等を含まれた時間について、従来工法との比較を行なう。径4mの支保工1段分(75cm)に必要な時間等を以下に示す。

a) 土砂の場合

	所要時間	所要人・時間
従来工法	11.4 Hr (100%)	91 M·Hr (100%)
パイプコラム	7.7 Hr (68%)	25 M·Hr (28%)

b) 岩の場合

	所要時間	所要人・時間
従来工法	11.7 Hr (100%)	93 M·Hr (100%)
パイプコラム	9.9 Hr (85%)	31 M·Hr (33%)

尚、岩質はD級岩程度であり、掘削はハッパを併用した。

5. あとがき

以上に見る様に、本機を使用することにより、従来工法に比べて、工期及び人員の節減が可能であることが判る。本工法の最大の利点は、坑内に人が入って作業する時間を大幅に減少させたことにある。その結果として、作業環境の良化も、又、落下等の事故という安全性の良化も、本工法は従来工法に比べて、改善されている。

更に、この施工実績から、土砂であれば、N値50程度でも、ブレイカーを使わずに掘削可能である事が確認された。

尚、本機は、鉄塔基礎に限らず、共同溝などの桁下掘削を必要とされる現場において、有効性が確認されている。

13. 根入式鋼板セル工法の開発

住友金属工業 中山 種 清
清水建設 梶岡 保 夫
東亜建設工業 荻野 秀 雄

1. まえがき

住友金属工業(株)、清水建設(株)、東亜建設工業(株)の三社は根入れ式鋼板セル工法を開発し、昭和54年度運輸省試験研究補助金の交付を受けて実物大セルの打込実験を行い、成功を収めた。以下にこの実験を中心に、その内容について報告する。

2. 工法の概要と特長

鋼板セルは、現地盤を床掘り改良した海底面上に据付ける「置セル式」が一般的である。しかし、置セル式で施工すると、床掘りにより発生する土砂の処分、置換による海水汚濁、床掘改良作業工期の確保等の問題がある。根入れ式鋼板セル工法では、鋼板セルを海底地盤に直接打ち込み、根入れすることにより、これらの問題を解消することができる。

この工法は、あらかじめ造船所や、現場近くのヤードで製作された鋼板セルを起重機船などで築造現場まで運搬し、振動杭打機を中心とした打込装置により極めて短時間で海底地盤中に直接打ち込み入れするというものである。打込装置は、強大な打込能力を得るために数台の振動杭打機をユニバーサルジョイントで連結し、同調運転させるもので、打込補助として、ウォータージェットを併用する場合もある。

本工法の特長は上記問題点を解消したことの外、次のようである。

- ① 鋼板セルは一体構造であり、中詰土砂の流出が無く、止水性にすぐれている。
- ② 鋼板セルの板厚等を任意に選べるので、水深、地盤条件などを考慮して最適な構造とすることができる。
- ③ 鋼板セルは工場製作であるので、品質管理が容易である。
- ④ 地盤改良範囲が縮小でき、根入れ効果によりセル体を小型にすることができる。

3. 打込実験

(1) 実験の目的

今回の実験は、打込装置の性能、打込時のセル強度、鋼板セルの施工性を確認することを主目的としたものである。

(2) 打込場所と土質状況

鋼板セルの打込場所は、周囲を中央防波堤に囲まれた比較的静穏な海域である。(図-1参照)現地盤は護岸築造時にサンドコンパクションパイルによる地盤改良(改良率28.5%)を行っており、改

表地盤の土質状況は、図-2のとおりである。セルの打込は岸壁から10m離れた地点で行った。(図-3参照)

(2) 供試鋼板セル

実験に使用した鋼板セルは直径10m、高さ20mの内筒状で、厚さ8~12mmの薄板を溶接し、縦リブ、横リブにより補剛したものである。縦リブに沿ってウォータージェット用パイプが取り付けられている。

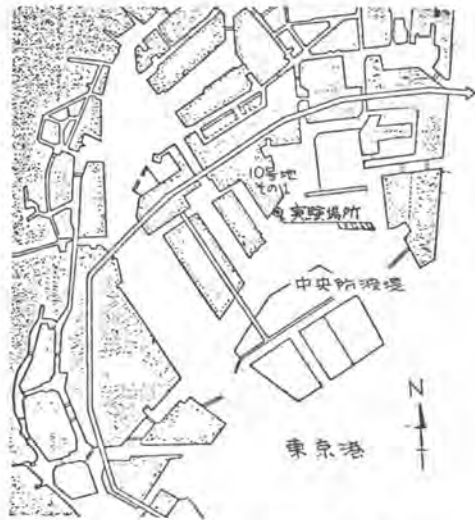


図-1 実験場所

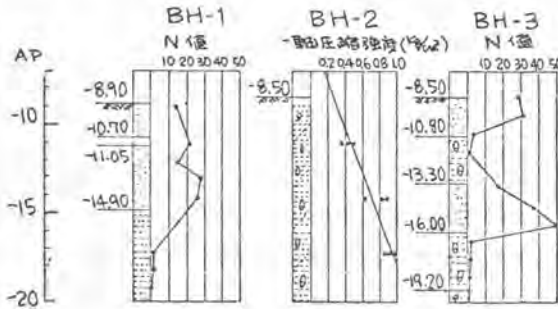


図-2 土質状況

(4) 機械装置

(a) 打込装置と吊り治具

打込装置は振動杭打機によるものを主体とし、補助としてウォータージェットの併用を考えた。振動装置は環状ベースに振動杭打機4台、油圧キック2台を取り付けたものである。振動杭打機は起振機シャフトをユニバーサルジョイント、中間シャフトで連結し、同期運転を可能とした。(図-4参照) また、セル殻が薄肉構造であることを考慮し、振中の5mm以下となるよう、偏心モーター、回転数を調整した。油圧キックは環状ベース下部に30°間隔で振り分けて取り付け、セル殻へのエネルギー伝達の均等化をはかった。環状ベースは直径10m、高さ1m、巾1mの箱形とし、剛性を付けた。また、機械の点検調整の便を考慮、作業足場を取り付けた。ウォータージェットはあくまでも振動装置の補助用として打込時の鋼板セル先端抵抗の大きい縦リブ交差部を全断面さく孔できる程度の能力のものと考え、ノズル口径15mmのものを使用した。吊り治具は打込装置を起重機船に吊り下げる場合の間差し金物で、H型鋼より構成されている。(写真-1参照)

(b) 発電機、ポンプ、油圧ユニット等

発電機、ジェット用ポンプ、水槽、給水ポンプは、600²積鋼台船上に設置した。発電機は振動杭打機用として、600kVA×2台、300kVA×4台(150kWのモーターに付し、600kVAの電源容量。300kVAは2台並列運転のものも2セット使用した。油圧ユニット、油圧ユニット駆動用発電機(80kVA 防音型)



図-3 打設位置

振動杭打機制御盤、起動盤、計測ハウスなどは、起重機船甲板上に設置した。使用船舶機械一覧を表一に示す。

(5) 実験の種類と方法

(a) 鋼板セル、機械装置類の製作および組立

鋼板セル、振動装置の製作および台船、起重機船への機械装置の組立は住友重機械工業造込造船所（横須賀市夏島町）にて行い、その場で一体化し、東京港の実験地まで20海里を回航した。製作組立に関しては独自に寸法検査基準を定めてチェックした。

(b) 実験の種類と測定項目

表一に実験の種類と主な計測項目を掲げる。

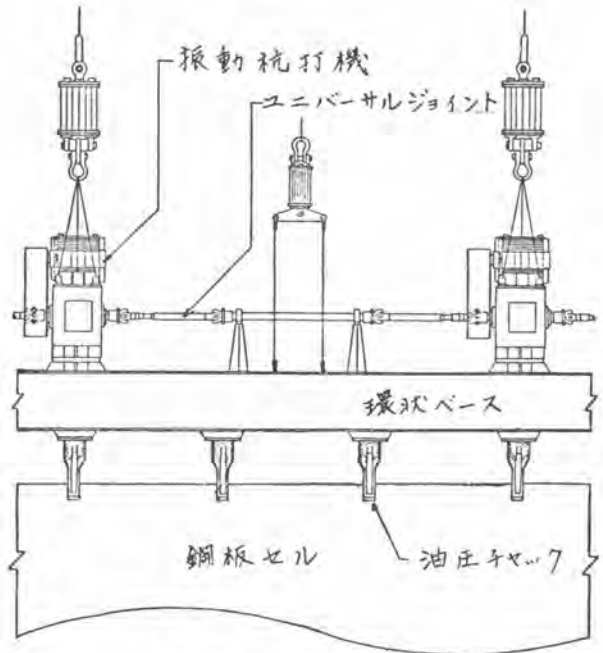


図-4 打込装置

4. 実験結果と考察

(1) 打込装置の能力

環状ベースおよびセル製の各部に設置した加速度計の記録波形から判断して4台の振動杭打機の間隔は完全である。10mの根入れに要する時間は約10分で、平均1cm/minの貫入速度である。このとき振動杭打機は消費電力から判断して定格の70%程度の負荷率である。ウォータージェットの打込効率率は今回の実験では判定できないが、地盤振動の低減には有効である。

(2) 環状ベース、セル製の強度

環状ベースに発生する応力は全般的に小さく、最大で300kg/cm²（せん断応力）である。セル製に発生する鉛直方向の応力は最大値で5,000kg/cm²程度で、強度上問題はなからず。

(3) セルの傾斜

セルの傾斜は約1/200とほぼ鉛直で、アーク部の施工に支障ない程度のものである。

(4) 騒音

振動杭打機とウォータージェットを併用した打込実験において、騒音計測結果によると、騒音

表-1 使用船舶機械一覧

機 械 名	型 式	数 量	仕 操	備 考
振動杭打機	VM2-2500A	4台	150kW, 40Hz	セル打設用
油圧ジャック	VM2-4000	12台	60kW	
油圧ユニット		1台	40kW (25kW)	油圧ジャック用
タービンポンプ	100φ×5段	6台	30kW, 40Hz	ウォータージェット用
水中ポンプ	150φ	2台	19kW	*
水 桶		1台	20m ³	*
電 機	15VFDT-500	2台	600KVA	振動杭打機用
〃	DCA-250-SSA-M	4台	300KVA	〃
〃	DQ300	1台	300KVA	ウォータージェット用
〃	SDE-60	1台	80KVA	油圧ユニット用
起 動 盤		1台		振動杭打機用
制 御 盤		4台		VM2-2500A用
モニタ・パネル		4台	±0E	セル打設用
〃		4台	±0E	セル引抜用
起重機船		1隻	1000tブリ	
台 船		1隻	35m×12m	発電機、ポンプ用
引 船		1隻	2000PS	起重機船用
通 船		1隻	150PS	
管 成 船		2隻	40PS	

は打込みの進行につれて減少する。打込初期においては30m離れた地点で90dB(A)、50m地点で85dB(A)であり、すなわち、打込みが6m以上進行すると30m地点で84dB(A)、50m地点で79dB(A)となる。

(5) 振動

ウォータージェットを併用した場合振動杭打機単体の場合に比べて振動は小さく、その差は約10dBであった。地盤条件が異なるため断面はできないが、ウォータージェットは振動の地盤への伝達を弱める働きがあると思われる。振動加速度は振動杭打機単独の場合、岸壁より5m離れた陸側の地点で97.58cm/sec²が最大であり、震度係数に換算すると約0.1となる。

(6) 海水汚濁

GFP法によるSS測定の結果、ウォータージェットを使用した場合には鋼板セルの外側5mの位置においてわずかながら局所的に濁りが発生し、SSの増加が認められた。しかし、この濁りは直ぐに消失してしまう性質のもので、25m地点ではほとんどその影響はない。なお、振動杭打機単独使用時には濁りの発生は認められなかった。

5. あとがき

施工実験結果から根入れ式鋼板セル工法は打込みが極めて容易であり、薄肉構造でも強度面の心配はないということが証明された。今回行った実験はセル単体の打込実験であり、残された問題もあるが、これにより一応施工の目処がたつと言えよう。



表-2 実験の種類および調査計測項目

計測 および 調査内容	実験の種類			
	1	2	3	4
沈没深度時間	○	○	○	○
ウォータージェットの作動状況	○	○		
振動杭打機の作動状況		○		○
セルの振幅		○		○
セル・環状ベ ースのひずみ、 加速度		○		○
施工精度 (傾斜)	○	○	○	○
地盤振動		○		○
騒音		○		
セルの形状(直 径変化、破損 状況)		○		○
岸壁の安全性 (変位)	○	○	○	○
濁水汚濁	○	○		



14. 埋設物探査機とパイロットオーガー工法

東急建設 鷹 巢 征 行
丸善工業 鳥 居 孝・渡 辺 修 司

1. まえがき

都市の掘削工事においては、各種の地中埋設物を探査・確認する作業が不可欠である。従来は地上から鋼棒を地中に押込んで確認する方法が多用されてきたが、この方法は浅い、軟らかい地盤の場合には可能であるが、堅い地盤や深部の探査は不可能である。また埋設深さが深い場合など、ボーリングマシンによる探査が行われることもあるが、安全性に欠け、コストが高く、機械装置の取扱い、移動に手間じる等、適当な工法とはいえない。

この様な現状から、東急建設(作業指導、現場テスト担当)と、丸善工業(機械設計、製作担当)とによって共同研究開発されたのが、アースオーガー型地中埋設物探査機である。本機は、ハンドアースオーガーを探査作業に取り入れ、省力化を図るとともに深部の探査を可能にし、さらに、埋設物への接触確認を人間の微妙な感覚と重視するという安全性を配慮した地中埋設物探査機である。

さらに本機の掘進性、方向性の良さと安全性、経年性を、これまで開削工法または掘削工法によつていた埋設工事に応用したものが、パイロットオーガー工法で、小型、軽便な装置と精度の高い管埋設が可能にされた。本工法はパイロットオーガーを地中にねじ込み、地中埋設物を探査しながら同時にパイロットオーガーのシャフトをガイドとして動力中空オーガーによって掘削、排土した後、管埋設するもので、管径が50mm～φ300mm、延長15m程度を対象とし、ガス、上下水道、電力、電話、信号機ケーブル等、幅広い埋設工事に対応できる。

▼1m以内での作業。

2. パイロットオーガー工法の特長

① 方向精度の高い管埋設ができる。地中にねじ込まれるパイロットオーガーは、そのシャフトをガイドとして動力中空オーガー穿孔時の掘進精度を高める。またさらに、パイロットオーガーとねじ込む時には、動力中空オーガーがガイドの役割を果たす。このように、パイロットオーガーと動力中空オーガーが互いに拘束し合うことにより、直進性が保たれ、水平、垂直、斜め、どの方向でも精度の高い穿孔ができる。スムーズな管埋設を実現する。



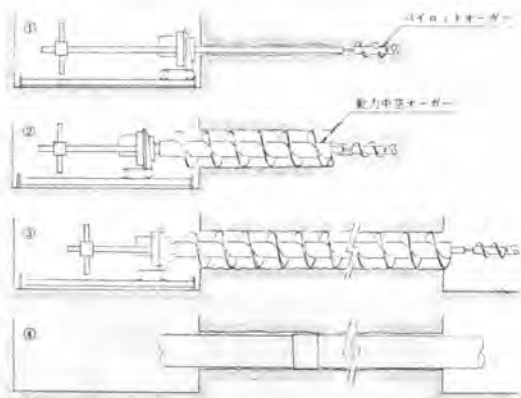
② 安全性の高い工法である。本工法の開発は、埋設物探査機としてのパイロットオーガーを開発するところから着手されたもので、パイロットオーガーは常に動力中空オーガーに先行することによって、既設埋設物や障害物を探査しながら進むため、これまでのように穿孔中に埋設物を傷つけることがなく、交通や周囲の構造物に影響を及ぼす事故を回避することができるといえる。

- ③ 工事コストを低減できる。地表面の掘削が立坑部分のみであるため、山留、埋戻し、舗装復旧等が最小限であり、支障となる埋設物等の防護も掘削工法に比べはるかに軽微である。従って、工期工費ともに大幅に削減できる。
- ④ 低公害で施工できる。掘削が立坑部分のみで、交通障害を最小限に抑えることができ、油圧動力源のため、騒音、振動等の公害発生要素もほとんどない。住宅地や夜間工事でも適応にならない。
- ⑤ 取扱いが軽微である。小型、軽量の装置で、人力で短時間に簡単に移動、据付けができる。またパイロットオーガー、動力中空オーガーにも、継手カウンター付式で、操作が容易である。
- ⑥ 広い用途に利用できる。小管埋設をはじめ、埋設物探査および簡単な地質調査にも利用できる。

3. パイロットオーガー工法の概要

本工法は、シャフトの先端にオーガーを付けたパイロットオーガーと、これをガイドとして周囲を掘削する動力中空オーガーとを組合せ、埋設物探査と掘削と交互にくり返し、安全かつ精度の高い穿孔を行なうものである。

この施工手順は次のとおりである。



▲図1. パイロットオーガー工法手順図

- ① 穿孔が終了した後、パイロットオーガー、動力中空オーガーを引抜き、埋設管を挿入する。

4. パイロットオーガーの構造と機能

本工法のキーポイントは、穿孔を容易にし、的確な埋設物探査の発掘を果すパイロットオーガーにある。パイロットオーガーは、先端部のシャフトが六角棒になっており、この部分に内孔が六角の先端オーガーをほめ込み、自由にスライドできるようになっている。先端部の六角先端オーガーは、シャフトを回転させると一緒に回転するが、障害物に当たった場合は、シャフトだけが上下動



▲パイロットオーガーとφ30mm動力中空オーガー

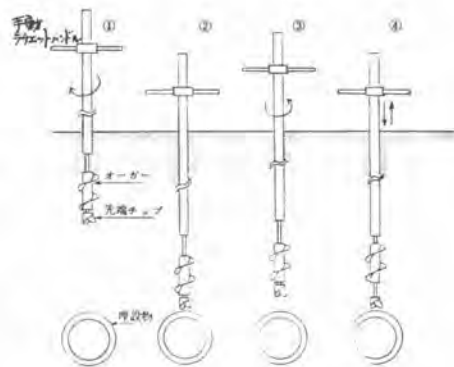
▲パイロットオーガーとφ200mm動力中空オーガー

- ① パイロットオーガーを手動でシャフトハンドでねじ込む。
- ② 動力中空オーガーを駆動させ、パイロットオーガーで穿孔した周囲の上を掘削、排土する。
- ③ パイロットオーガーの中間シャフト、および動力中空オーガーの中間オーガーを順次ジョイントしながら①②の操作を交互にくり返し、所定の長さを穿孔する。



◆先端オーガー六角シャフトが自由にスライドする。

させて探査できるようにしている。穿孔時は、先端チップが土をもみ砕かれ、オーガーは先端チップによつて崩された土の外側にねじ込まれる。穿孔中のオーガーは、土の抵抗を受け、シャフトが回転する限り先行しようとする働きをもっている(図2-①)。この間、手動ラケットハンドル(右写真)を回転させるヒモのトルクを感じ続ける。しかし、先端チップが埋設物にあるとオーガーにかかる土の抵抗が減少し、先行しようとする力が弱くなる(図2-②)。従つて、ハンドルは軽くなり、埋設物の存在を知るこゝができる。この時点でハンドルでシャフトを逆転させ、オーガーを後部に固定させ、埋設物との間隔を確認する(図2-③)。シャフトを上下動させれば、従来の掘削による探査と同様の感覚で埋設物の識別、探査をすることが出来る(図2-④)。



▲ 図2. 探査要領図



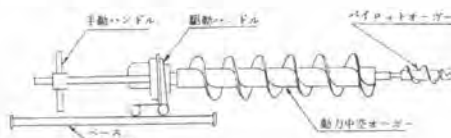
▲ 手動ラケットハンドル(正転・逆転自在)

5. パイロットオーガー装置の構成

パイロットオーガー工法に使用する装置の仕様は次のとおりである。

装置名	仕様	備考
パイロット オーガー	先端 鋼棒径φ20×L1,200~2,700 (先端オーガー径φ50)	現場条件により、長さを選 択します。
	中間 鋼棒径φ20×L400~900	
手動ハンドル	正逆切換ラケット式	パイロットオーガー回転用
動力中空 オーガー	先端 オーガー径φ50~300 ×L400~900	埋設物の存在及び現場条件に よりオーガーの径、長さを 選択します。
	中間 オーガー径φ50~300 ×L400~900	
駆動ハンドル	加圧モード、正逆切換併付 質量14kg	動力中空オーガー駆動用 (エンジン駆動も可能)
パワーユニット	3相、200V、3.7馬、圧力100kg/cm ² 流量25L/min、質量90kg	

・水平穿孔用スライドベアス
・鋭め穿孔用角度保持器



▲ 図3. 装置名称図

▲ パイロットオーガー ジョイント部



▲ 動力中空オーガー ジョイント部

6. 用途

① 小管埋設

本工法は、開削工法によらぬため、安全性、経済性に大きく変換している。特に穿孔精度が高いことが最大の長所である。水平孔と斜め孔とをそれぞれ穿孔し、地中にドッキングさせることも可能である。ここに可撓性のある管を使用することによって、到達立坑を設けることなく、一般家庭への、ガス、水道等の供給管の施工が容易に行える。特に擁壁裏側の配管作業など、擁壁下部の開削が不要となり、極めて安全な施工ができる。

■ 施工例(1)

道路横断下水管(VP250)施工

施工年月：昭和55年8月

施工場所：茨城県日立市

施工に当り、一般部は開削工法が採られているが、交差長内は、地の埋設物が多いことや、交通に支障をきたさないため、本工法が採用された。埋設下水管はVP250。

穿孔延長5.7m、勾配は25%である。

《ポイント》 VP250の外径が267mmのため、動力中空オーガーはφ270mmのものを使用。動力中空オーガーφ50%で穿孔貫通させた後、φ270%で拡大穿孔させた。

■施工例(2)

PE管擁壁内配管及び道路横断管施工

施工年月：昭和54年11月

施工場所：神奈川県横浜市

東京瓦斯(株)と共同でポリエチレン管理

設工事に、本工法と改良テスト中である。

従来のガス管はほとんど鋼管であるが、

最近、腐蝕に対する耐久性があり、可撓性と地震に強い、地上で持合でき施工費も安い、などの点からポリエチレン管が開発され、今後本格的に採用される見通しである。

《ポイント》 この種の擁壁部の配管においては、これより擁壁下部の掘削という危険作業が不可欠であるが、本工法では地中ドッキングが可能となり、安全性の大幅に向上した。当工事では、特に方向精度を重視されたため、水平穿孔用スライドベースの地に斜め穿孔用角度保持器を使用し、正確と期した。

② 埋設物探査

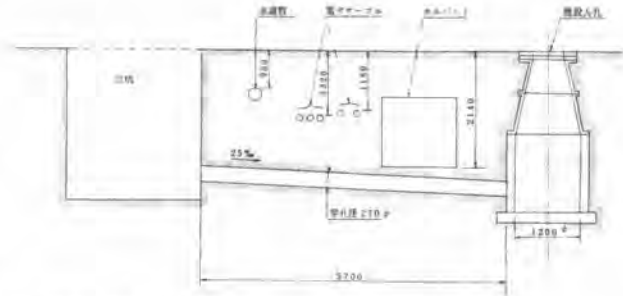
一般に、深さ2.5mまでの探査にはパイロットオーガーのみを使用し、2.5m以上の場合は、φ50%の動力中空オーガーを併用することでより10m程度の探査が可能である。

③ 簡易地質調査

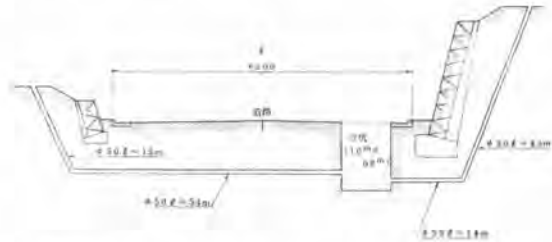
パイロットオーガーの先端カップ、先端オーガーを外し、シヤフトの先端に土壌採取カップを取り付け、動力中空オーガーを併用しながら、必要深度ごとの土壌を採取することが出来る。



▲土壌採取カップを装着したパイロットオーガー



▲図4. 道路横断下水管(VP250)施工図



▲図5. ポリエチレン管擁壁配管および道路横断配管

15. 軟弱地盤中の砂杭造成について

愛媛大学 榎 明 潔
 不動建設 田 村 徹

1. まえがき

砂杭を用いるサンドドレーン工法（以下SD工法と略す）やサンドコンパクションパイル工法（以下SCP工法と略す）は、軟弱地盤改良工法として多用されている。この背景として、Barronのサンドドレーン理論に代表される理論的あるいは実験室的な各種の研究の集積があることは忘れることができない。しかし、これら砂杭工法の現場的・実用的な意味での効果の有無については、未だに多くの議論¹⁾が見受けられる。これらの議論は、内容的にいくつかの要素に関するものに分類できるが、その中で特に研究の遅れているのが、施工の信頼性（砂杭の径、連続性、配置等が設計通り施工されたか）であると考えられる。このような立場から、筆者らは、施工中に砂杭造成の良否を判定できるような指標を考えるとともに、この指標値を他の施工状況と同時に測定することによって砂杭の良否に影響する因子あるいは砂杭施工のメカニズムを調べ、信頼性のある効率的な施工法を見出そうとするものである。本報告は、その第一報として、沖積粘性土地盤における、マンダレル打込み方式の施工の、マンダレル下端から地盤内への砂の排出について述べる。

2. 砂杭造成の良否を判定する指標とその測定法

現在用いられている設計法から考えると、砂杭に要求される品質としては、SD工法ではまず鉛直方向の連続性、次に砂杭配置、杭径となり、SCP工法ではそれらに砂杭強度に関する品質（ ρ 等）が追加される。なお、最近よく用いられる強制置換工法（大径の砂杭を密挿して造成し、軟弱地盤の砂による強制置換を行なう工法）では、杭径（砂量）が最重要視される。したがって、以上の砂杭工法では、共通して杭径に対する要求が強く、鉛直方向の連続性も杭径がゼロでない事だと考えれば、とりあえず杭径を指標に砂杭造成の良否を考えていこう。ところで、マンダレル引抜き工程にて

できる砂杭の径（断面積）は、次に示すように、マンダレル内の砂の表面の位置（マンダレル下端からの高さ） SL と、マンダレル下端の地表面からの深さを常時測定することによって推定できる。すなわち、図-1に示すように微小時間 dt 中のマンダレル引抜き長さ dz 、砂面降下高 dSL 、その間に造成された砂杭断面積 A_s の向には、 $dSL \cdot A_m \cdot r_i = dz \cdot A_s \cdot r_s$ から

$$A_s = \frac{r_i}{r_s} \frac{dSL}{dz} \cdot A_m \quad \text{----- (1)}$$

が成立する。 $\frac{r_i}{r_s} = 1$ の簡単な場合には、 $\frac{dSL}{dz} = 1$ なるマンダレルと同じ断面積の砂杭が得る。 $\frac{dSL}{dz} = 0$ ($dSL = 0$) なる砂杭は切れる。通常、SD工法では砂杭径と同径のマンダレルを用いるため、施工中、常に $\frac{dSL}{dz} \geq 1$ を維持することが必要である。 $\frac{dSL}{dz}$ は砂杭の良否を表わす指標と与えられる。

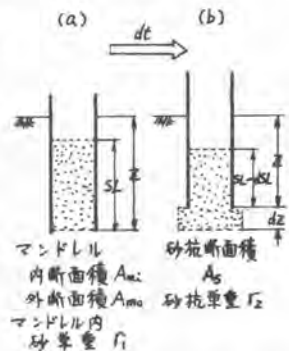


図-1. 砂杭断面積の推定

ところで、 $\frac{dSL}{dt}$ を考える場合、それぞれ有限の ASL, AZ による $\frac{dSL}{dt}$ を用い、この有限増分内では現象が一様であると仮定して検討を加えるのが実用的である。ふつう AZ としては $1 \sim 3m$ がとられるが、押戻し工程をともなう SCP 工法では、1回の引抜き工程の AZ ($2 \sim 3m$) をとると便利である。また、補助的には、マンドレル引抜き速度 $v_L = \frac{dZ}{dt}$ 、砂面降下速度 $v_{SL} = \frac{dSL}{dt}$ を用いることもできる。

マンドレル下端深度 Z の測定は、図-2 (a) のワイヤーをループにする方法あるいは (b) のワイヤーの一端におもりをつける方法のいずれかで深度検出器のプーリーを回転させることで行なわれる。

マンドレル内砂面高さ SL は、図-3 (a), (b) のいずれかの方法で測定される。(a)の方法は最近開発されたもので、砂(自然含水状態)の導電性を利用し、電極錘と砂面の接触状態を電流の断続に変換し、これによって電極錘を吊っている絶縁ワイヤーの巻取り・巻出しを行なうサーボ機構を用いており、砂供給の際にも電極錘の埋没がなため、施工中に何度も砂を供給する SCP 工法で使われる。(b)の方法はかなり古くから SD 工法で用いられてきたもので、ワイヤーの一端に重錘、他端に少し軽いカウンターウェイトをつけることにより常にワイヤーに張力を与え、砂面の降下による重錘の降下を砂面検出器のプーリーの回転に変えている。この場合、重錘は重力により砂面に追従しているだけなので、砂を供給する時に重錘を上昇させる巻上げ装置が砂面検出装置に付加される。(b)の方法では、図-1 の $Z-SL$ を測定していることは、言うまでもない。

図-4 に、押戻し工程をともなう SCP 工法における図-2 (a), 図-3 (a) 方式の測定による記録例を示す。図-4 上段は、マンドレル内に与えた圧気圧、中段は砂面高さ、

下段はマンドレル下端深度である。①はマンドレルを地上にセットしての砂供給工程、②はマンドレルの打込み工程、③はマンドレル内に圧気してマンドレルを引抜く工程で、同時に砂の排出が見られる。④はこの SCP 工法特有の押戻し工程で、同時にマンドレル内を減圧し、砂が供給される。以後は③、④両工程を繰返して、地表まで砂杭が造成される。

一般の SD 工法では、④の工程がないうが、砂の供給が②の打込み工程終了時に全量行なわれ、造成途中では行なわれない。また、圧気も、マンドレル引抜き開始から砂杭造成終了まで連続して行なわれる。

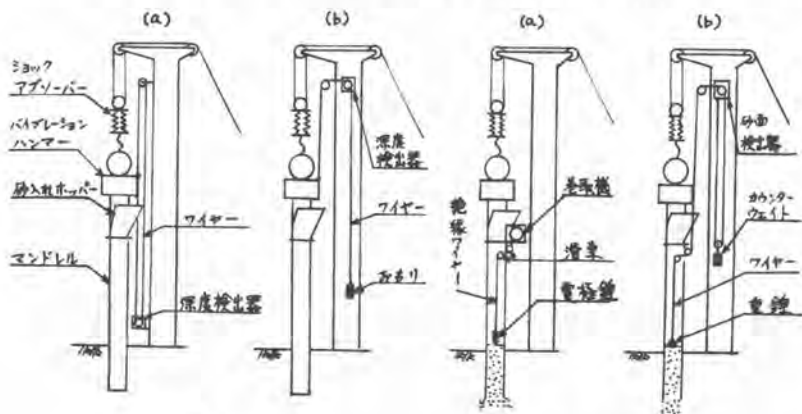


図-2. 深度の測定法

図-3. 砂面の測定法

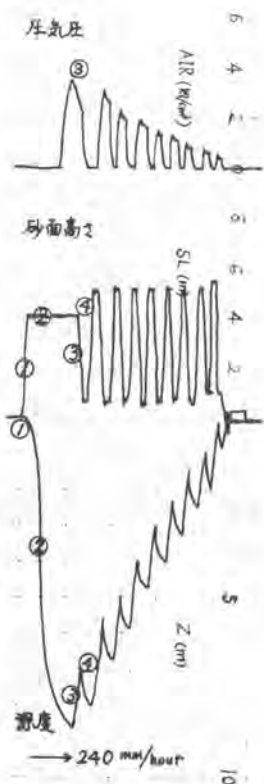


図-4. オシロ例(コンポジット工法)

3. その他の施工状況の測定

通常、砂杭施工においては施工管理のために、前述の SL を測定・記録するが、これ以外に実験的な意味で、図-5に示す項目について測定・記録を行なうと施工状況がより明確になる。

①はマンダレル内の圧気圧の測定で、次節で述べるように、砂の排出に強く関係し、図-4に示すような挙動を示す。②はバイブレーションハンマーによるマンダレルの振動(加速度)測定で、③のバイブレーションハンマーの消費電力測定とともにマンダレルの振動貫入性状を示し、地盤の貫入抵抗と関連する²⁾。またマンダレル内の砂の挙動を推定するのに役立つ。④はマンダレルを吊っているワイヤーの張力測定で、マンダレル自重からこの張力を引いたものが貫入抵抗であると考えられる³⁾。

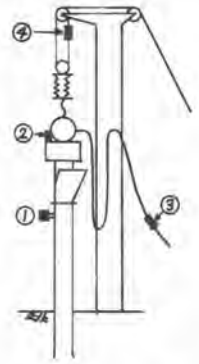
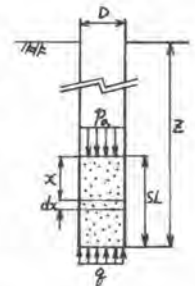


図-5. その他の測定

4. 圧気的作用

砂杭の施工に際して、マンダレル引抜き時に砂の排出を補助するため、マンダレル内に圧気することが行なわれるが、従来、この効果は圧気砂をマンダレルから押抜くためと考えられている。しかし、この説明には、サイロの理論から考えて無理がある。すなわち、図-6に示す管からの砂の押抜き問題を考えると、⁴⁾ 微小厚さ dx 部分のつりあひから次式が得られる。



$$P_a = \frac{D\gamma}{4\mu R} - \frac{D}{4\mu R} \left(\gamma - \frac{4\mu R}{D} g \right) e^{\frac{4\mu R}{D} x} \quad \text{----- (2)}$$

ここで γ は砂の単重、 μ は砂と管壁のまさつ係数、 R は砂の土圧係数、⁴⁾ 図-6. 砂を押抜く圧力 (2)式は γ が小さい時 $P_a = \gamma e^{\frac{4\mu R}{D} x}$ となる。これに実験的な数値 $D=0.4m$ 、 $x \geq 3m$ 、 $\mu R = 0.2 \sim 0.3$ 、かつ $\gamma = 20 \sim 30 \text{ t/m}^3$ (N.C.地盤の $\gamma = 10m$ での支持力) を入れると、 $P_a \geq 40 \text{ t/cm}^2$ となり、現場で実際に用いられているコンプレッサーの能力(通常 7 t/cm^2)をはるかに超えてしまうからである。

そこで、圧気の効果を実際の施工データから調べてみよう。施工に必要な圧気圧か深度とともに増加するのは、図-4に示される通りである。この関係をさらに定量化するための、実験的に個々の工程を分離した緩速な施工を行ない、圧気についてもマンダレル引抜きより早くから与え、引抜き中に圧気圧が低下したら補充して一定圧とした場合の、海底正規圧密地盤における測定結果を、 $\frac{\Delta SL}{\Delta Z}$ をパラメータとして図-7に示す。また、同様の実験施工で、深度 Z をパラメータとして $\frac{\Delta SL}{\Delta Z}$ と圧気圧 P_a の関係を調べたものを、図-8に示す。

一定深度から圧気圧の大きいほど、一定圧気圧から深度の小さいほど、砂がよく排出されることかわかる。

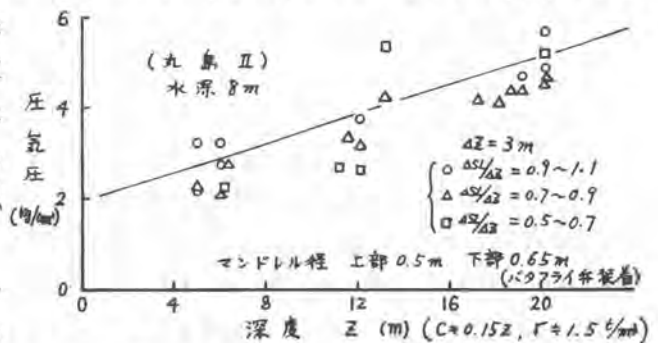


図-7. $\frac{\Delta SL}{\Delta Z}$ をパラメータとした圧気圧と深度の関係

次に、マンダレル内を圧気し、一定圧になつてからマンダレルを引抜くまでの放置時間 t の影響を調べたものが、図-9である。圧力が大きい場合、マンダレル内空間が一定圧になるのに少し時間がかかるため、砂に圧気が作用した正味時間は図中の t より少し長いと考えらるべきであるが、とにかく、圧気放置時間が長いほど砂の排出が良くなることは明らかである。

なお、図-7~図-9の実験施工では、 $D_{50} = 1.6 \text{ mm}$ の粗い海砂(広島県忠の海産)を用いている。

この他に、次の事項が実験施工中に観察される。

i) 陸上施工の場合のごく残部(マンダレルを引抜いてお孔壁が自立するような深さ)を除いて、圧気しないマンダレルを引抜いても砂が排出されない。

ii) 地表でマンダレル内に砂を詰めて、マンダレルを吊り上げると、圧気なしでも砂が排出される。(この場合、バイブレーションハンマーを作用した方が排出が円滑である)

以上から、圧気の効果について、次のような仮説をたてることのできる。

- i) 砂はマンダレル下に空間があれば落下(排出)する。
- ii) 圧気圧力はマンダレル内の砂を透気してマンダレル下端に伝達される。
- iii) マンダレル引抜きによってできた空間を圧気圧力維持し、その空間内にi)によって砂が排出され砂抗ができる。

5. あとがき

施工というむずかしい問題も、施工状況を適当な方法で測定し、適当な指標で評価することにより、土質力学を適用できると考えられる。4節の仮説については、空間維持に必要な圧力や砂中の透気⁵⁾について別途に調べてあるので、別の機会にまとめて発表したい。

参考文献

- 1) 松とえは、「バーチカドレン工法の向題点をさぐる」、土と基礎, Vol. 20, No. 8, 1972.
- 2) 小川・謝・西山: クイの振動貫入と地盤強度の関係, 第9回土質工学研究発表会講演概要集, pp. 913-916, 1974.
- 3) 横・峰岡: 粘性土地盤に鋼管を振動貫入したときの側面抵抗と先端抵抗, 第11回土質工学研究発表会講演概要集, pp. 673-696, 1976.
- 4) 横・西山・伊藤・峰岡: 中空管内部に詰まった砂の挙動, 第13回土質工学研究発表会講演概要集, pp. 897-900, 1978.
- 5) 横・伊藤・峰岡: 粘性土地盤の工圧に関する現場測定, 第13回土質工学研究発表会講演概要集, pp. 893-896, 1978.
- 6) 横・伊藤: 砂中の透気について, 第11回土質工学研究発表会講演概要集, pp. 785-788, 1976.

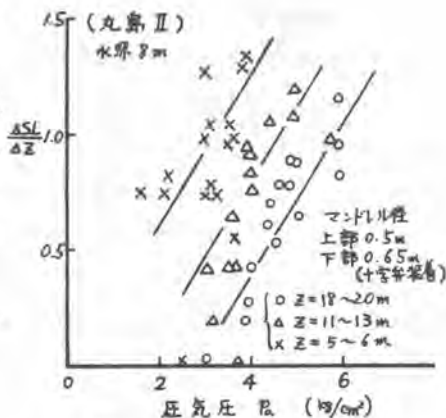


図-8. $\frac{\Delta SL}{\Delta Z}$ と圧気圧 P_a の関係。(正味パラメータ)

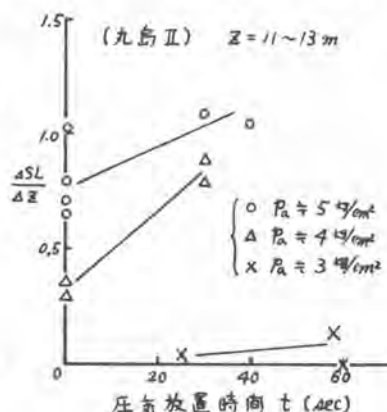


図-9. $\frac{\Delta SL}{\Delta Z}$ と圧気放置時間 t

16. 新しい薬液注入工法と在来工法との比較実験

建設省土木研究所 千田昌平・苗村正三
武田節朗

1. まえがき

薬液注入工法は比較的簡便でかつ経済的な地盤改良工法として都市土木工事を中心にさかんに利用されてきている。しかし昭和49年に薬液による地下水汚染事故が発生したことより建設省では「薬液注入工法による建設工事施工に関する暫定指針」を通達し、実施現場や使用薬液を規制し、地下水監視を義務づけている。このような背景に対応して、在来工法の問題点を把握し、注入範囲外に薬液が流出することなく確実に地盤を固結し、しかも作業性や経済性、安全性に優れた工法の開発が望まれている。そこで筆者らは在来工法の注入効果を確認するために注入実験を行なうとともに、新しい工法として瞬結性薬液と長いゲル化時間の薬液を合理的に組合わせた複合注入工法と、水ガラス系注入材の硬化剤として炭酸ガスを使用する工法を提案し、その注入効果や施工性について在来工法と比較実験を行なった。その結果良好な注入効果を得たので、ここにその概要を報告する。

2. 実験

2.1 実験方法

本実験では薬液注入工法の主要目的の1つである止水性を取り上げ、その効果を比較するため各種注入工法により止水壁を造成し、固結形状及び透水係数の調査を行なった。注入地盤は図-1に示す長さ8m×幅4m×深さ4mのビットに図-2のような粒度分布の試料土をビット天端までまき出し、棒状振動機により水中振動締固めを行ない造成した。さらに押え盛土として1m余盛りを行なった。

2.2 実験条件

各注入工法の地盤条件及び注入条件を表-1に示す。注入実験は実用されている注入機材を用いて、ロッド工法、2管ロッド工法、ダブルパッカー工法の在来工法に加え、前述した新工法の複合注入工法と炭酸ガス工法について行なった。注入時の地下水位はビット底面から3mの高さとし、ビットのコンクリート壁と固結物とのすき間から地下水が漏水しないようにコンクリート壁の直近で少量のシール注入を行なった。注入孔ピッチが注入効果に及ぼす影響を明らかにするためにケース(2)では0.8m、ケース(3)では1.0mに注入ピッチをと

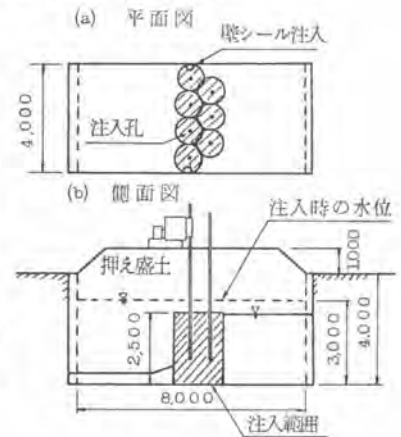


図-1 注入地盤

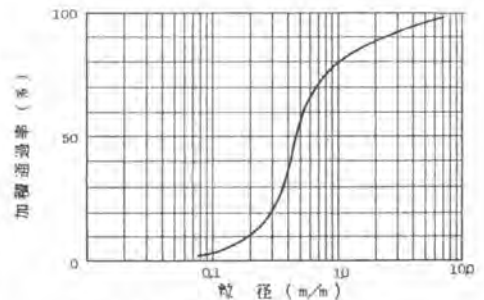


図-2 試料土の粒度分布

り、その他の条件は同一とした。

2.3 新工法の注入原理

複合注入工法は2重管ロッドでボーリングを行なったのち、まず瞬結性の注入材による1次注入を行ない注入管周辺に注入材の逸脱防止のためのパッカーを形成するとともに水みちや粗い地層を充填する。次にゲル化時間の長い浸透性の良好な注入材を用いて1次注入により均質化された地盤中にストレーナー方式により2次注入（本注入）を行なう。このように限定された範囲内で土の構造を破壊することなく土粒子の間隙に注入材を均質に浸透させることによつて確実な効果を得ようとするものである。図-3に複合注入工法に用いる注入管先端部の構造と作動原理を示す。図-3(a)はボーリング時の各バルブの位置を示す。注入はスチールボールを内管内に投入し内管を閉塞したのち図-3(b)のように内管からゲル化時間の長い注入材を、また外管から瞬結性の硬化剤（今回の実験では酸性シリカゲルを用いた）を送り瞬結パッカー注入を行なう。続いて図-3(c)のようにゲル化時間の長い注入材をストレーナの吐出口より地盤に注入する。次に、炭酸ガス工法は水ガラス系注入材の硬化剤として炭酸ガスを用いたもので、在来工法に比べて安全性、経済性に優れている。特に安全性については地中に未反応の炭酸ガスが残っても時間の経過とともに気化するため地下水の汚染が少ない。

表-1 地盤条件と注入条件

実験ケース	注入工法	硬化剤	ゲル化時間	注入圧力	注入量	注入ステップ	地盤条件	
							分類	permeability
(1)	ロッド	エチレンカーボネイト 重炭酸ソーダ	3~4分	2.0 MPa	2.830 L	0.5 m	Bpu	50 %
(2)	2重管ロッド	瞬結性 重炭酸ソーダ	5~8分	*	2.250	0.2	*	40
(3)	*	*	*	*	3.080	*	*	46
(4)	*	*	2.5分	8 MPa	4.230	*	*	*
(5)	ダブルパッカー	グリコキサール エチレンカーボネイト	40~50分	12 *	6.060	0.33	*	30
(6)	複合注入	瞬結性 シリカゲル グリコキサール エチレンカーボネイト	4~5分 13~15分	20 *	2.616	0.5	*	45
(7)	炭酸ガス	炭酸ガス	-	8~10	2.800	0.2	*	*

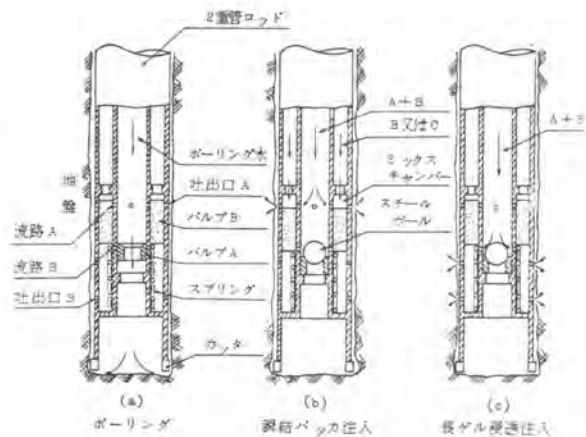


図-3 複合注入工法の注入管先端部

管からゲル化時間の長い注入材を、また外管から瞬結性の硬化剤（今回の実験では酸性シリカゲルを用いた）を送り瞬結パッカー注入を行なう。続いて図-3(c)のようにゲル化時間の長い注入材をストレーナの吐出口より地盤に注入する。次に、炭酸ガス工法は水ガラス系注入材の硬化剤として炭酸ガスを用いたもので、在来工法に比べて安全性、経済性に優れている。特に安全性については地中に未反応の炭酸ガスが残っても時間の経過とともに気化するため地下水の汚染が少ない。

3. 実験結果

各工法による固結形状を写真-1~4及び図-4~6に示す。また止水壁の透水係数、固結土量などを表-2に示す。止水壁の透水係数は壁が計画どおりの厚さを有するものとし、止水壁の前後の水位の変化から、その透水量を求め算定した。注入地盤の透水係数は $1.0 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$ 程度であったが、ロッド工法のケース(1)及び2重管ロッド工法のケース(2), (3)は、1列目の注入後 $1.0 \sim 3.5 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$ に、さらに2列目の注入後 $5 \sim 8 \times 10^{-4} \text{ cm/sec}$ 以下になった。また2重管ロッド工法のケース(4)及びダブルパッカー工法のケース(5)では2列目の注入後透水係数が $2.0 \sim 2.5 \times 10^{-4} \text{ cm/sec}$ とかなり減少した。複合注入工法及び炭酸ガス工法は1列の注入しか行なわれなかったが、地下水位の

変化が非常に少なくほぼ完全な止水壁となっていた。

次に固結形状を比較すると、ロッド工法の固結物は写真-1及び図-4に示すように、固結物に高低差があり、また下部で大きく広がっていた。この下部の広がりには注入材がビット底面にあたって滞留し、固結したものと思われ、実際の現場においては改良範囲外に逸脱する分であると思われる。これらのことより止水壁としての効果はあまり期待できない。2重管ロッド工法のうちケース(2)の固結形状を写真-2及び図-5に示す。図のように固結物の形状は非常に複雑であり、また写真-3に示すように固結物には脈状注入が多数発生した。その脈状注入の両側に固結物が得られ、この工法の



写真-1 ロッド工法



写真-2 2重管ロッド工法

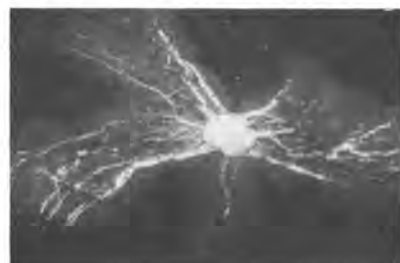


写真-3 2重管ロッド工法の脈状注入



写真-4 ダブルバッカー工法

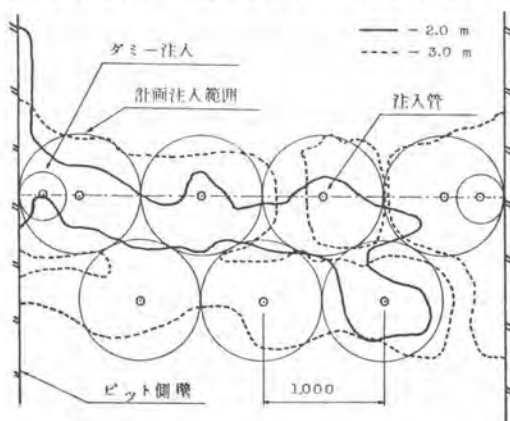


図-4 ロッド工法の固結形状

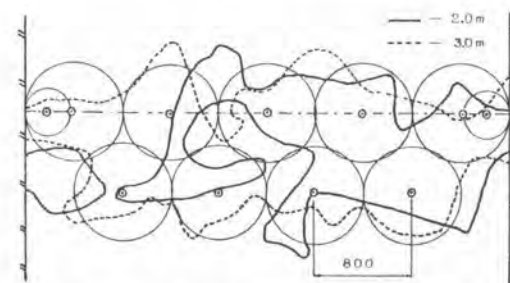


図-5 2重管ロッド工法の固結形状

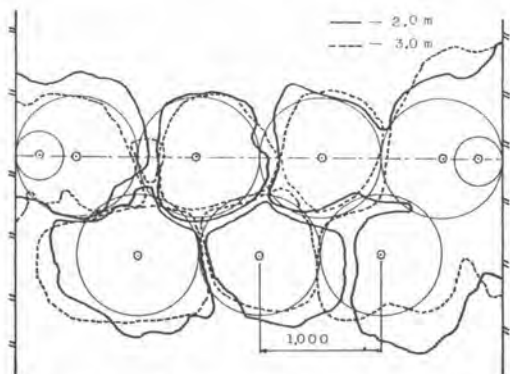


図-6 ダブルバッカー工法の固結形状

特徴である脈状注入ののち浸透固結といった固結機構が確かめられた。この脈状注入は、特に各列の注入孔の間を連続して走っていたが、一部注入管の近傍で注入材が浸透していない部分がみられた。ダブルパッカー工法によるケース(5)の固結物の形状を図-6に示す。固結物はほぼ連続しており固結物の大きさも概ね計画どおりで止水効果は期待できる。なおこの工法による固結物は写真-4のように筋がみられるが、これは地盤の不均一性によるものではなく注入工法の特徴によるものと考えられる。複合注入工法の固結形状を図-7に示す。固結物はビット側壁に近い所では壁に沿って下方に広がっているが、中央付近ではほぼ計画どおりの厚みで形成されており、単列注入であったがほぼ完全に固結物が連続していた。炭酸ガス工法も単列注入であったが、図-8のように固結物は連続していた。しかし、固結形状は2重管ロッド工法と同様に凹凸があり、瞬結性注入材を用いる工法の固結特性が現われていた。

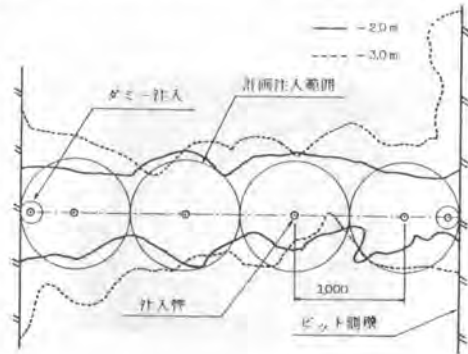


図-7 複合注入工法の固結形状

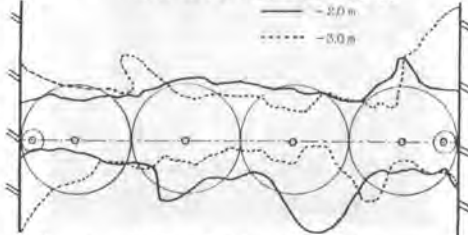


図-8 炭酸ガス工法の固結形状

表-2 透水係数と固結土量

実験ケース	注入工法	注入量	固結土量	増率率	透水係数	
					単列	複列
(1)	ロッド	3930 l	10.6 m ³	70%	$10 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$	$6.0 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$
(2)	2重管ロッド	3350	14.5	51	3.5 *	5.0 *
(2')	*	3980	13.2	67	1.5 *	6.0 *
(4)	*	4250	11.5	63	5.0×10^{-4}	2.0 *
(5)	ダブルパッカー	6060	199	52	2.8 *	2.5 *
(6)	複合注入	2616	-	-	測定不可	
(7)	炭酸ガス	2600	-	-	*	

4 まとめ

各工法別の止水効果を比較するとロッド工法は計画注入範囲外へ注入材が逸脱し、また固結物の高さも予定の高さに達していないなどのことより十分な止水効果は期待できないと思われる。2重管ロッド工法では固結物に一部未固結部分があり、また脈状注入による固結の偏向により単列注入だけでは十分な止水効果は期待できない。しかし注入列を増すことにより各列の固結物が互いに補い合いある程度の止水性は高まるものと思われる。また注入孔ピッチによる注入効果の影響は、今回の実験においては顕著な差はみられなかった。ダブルパッカー工法は固結物の形状が計画注入範囲とほぼ一致しており止水壁として十分な効果があるものと思われる。複合注入工法はダブルパッカー工法とほぼ同程度の止水効果が得られた。またその作業性についても2重管ロッド工法と同様の迅速性を有し優れた工法であると考えられる。今後試験施工などを通じて注入地盤に応じた注入量や瞬結性注入材と長いゲル化時間の注入材との比率、注入管の耐久性などの調査を行ない注入設計法を確立していく予定である。炭酸ガス工法は硬化剤に炭酸ガスを用い安全性、経済性に優れた工法であり、その止水効果も2重管ロッド工法とほぼ同程度のものとなった。なお今回の実験では注入深度が浅いため低い圧力で注入を行なうことができたが、高い圧力を必要とする場合、定量の炭酸ガスを供給する注入モーターの構造について今後検討を重ねていく必要がある。

17. セメント系スラリー

混合地盤改良機械の特性について

北川鉄工所 白木 久

1. はじめに

近年、セメント系処理材による地盤改良工法が国内各地で採用され実績が増加している。もともセメント系スラリー-地盤改良工法は超軟弱地盤(ヘドロ地)などで仮設的に使用されたのが最初のころみであったが、機械の構造、施工方法などの工夫をすれば粘性軟弱地盤においても有効であろうという考えが現在では本工法の主流となり、特に海底軟弱地盤の改良工事において威力を発揮している。仮設工事としての地盤改良から本工法用の永久構造物の一部として設計が行なわれるようになると、施工体の品質の均一性がより重要となり、特に施工機械にその性能が要求される。施工機械の選定を誤ったり、施工方法が適切でないところから発生したり、施工前にみよったり、ボーリエが結果が著しく悪いといったことになる。したがって、施工機械の選定に当たっては現場の状況の詳細にわたって把握し、その現場に適合した機械を選定すると共に機械の特性を知って、その現場の状況にマッチした施工方法により工事を行うべきである。筆者は各種の実験や工事の立会経験により、機械の特性を中心にして施工機械選定の基準と施工上の留意点について述べる。

2. 混練度合について

施工目的にもよるが単なる支持力増強の目的で行う単粒施工の場合(評価はN値による)を除いて施工体に剪断強度や曲げ強度を期待する場合が普通であり、この場合はより均一なる施工が要求され、施工結果のチェックもボーリエグによって行なわれる。施工機械のパワーが不足したり、施工方法が適切でないところからボーリエグの結果、随所に未改良土を介在したり、改良土と未改良土が層状になったりすることがある。また攪拌翼径が大きくなると別ハイツ吐出し、軸吐出だけでは処理材の直径方向の分布を均一にするのは困難となる。

筆者が経験した混合不良が発生したケースとその原因および対策について述べる。

- | | |
|---------------|--|
| 1) 改良強度不足 | 添加量が少ない。(室内配合と現場配合の違い) |
| 2) 随所に未改良土を介在 | i) 原地盤強度が高い程発生する。ii) 回転数不足(パワー不足)
iii) 昇降速度が適切でない。iv) 攪拌機構造上に問題がある。 |
| 3) 層状改良 | i) 原地盤強度が高い程発生する。ii) 羽根角度不足(パワー不足)
iii) 昇降速度が適切でない。 |
| 4) 中間砂質地盤の施工 | 施工方法の変更 |
| 5) 表層砂質地盤の施工 | 施工方法の変更 |

表-1に大型室内実験により得た施工体の強度を示し、写真-1~5に施工条件を変えて施工した施工体の横断面写真を載せた。

3. 接合方法と接合強度について

支持力増強の目的のみで行う単粒施工の場合を除いて施工体と盤状、型状またはブロック状で計画

した場合は施工体と施工体の接合

表-1 大型室内実験による施工体の施工条件と改良強度

施工(ラップ施工)を要する必要がある。接合具合については実工事の場合斜ボ-リ-ングによるフェック工もあるが、接合面に比較して資料数が少なく、おべての接合面を数本の斜ボ-リ-ングで推定しているのが現状であろう。

実験No	接合時間	回転数 rpm	昇降速度 %/min	吐出方法	羽根地斜角	回転方向	改修性	改良部	接合部		
ア	40hr	150	0.75	内側吐	⊖	⊖	0	0	0	1.605	*
イ	"	"	"	"	⊖	⊕	0	I	0	1.734	0.441
エ	"	"	"	"	⊖	⊖	I	I	I	1.373	-
ウ	"	"	"	"	⊖	⊕	I	0	0	1.655	0.867
エ	"	60	0.6	"	⊖	⊕	I	0	0	1.112	0.572
セ	"	60	0.3	"	⊖	⊕	I	0	"	2.448	*
ソ	"	150	0.75	"	⊖	⊖	I	I	"	4.480	0.360
カ	2hr	"	"	"	上⊖	⊕	I	0	0	2.107	
キ	"	"	"	内側吐	上⊖	⊕	I	0	"	2.900	1.550
ク	"	"	"	吐出	下⊖	⊖	I	I	"	2.870	1.295

注記)

- ⊕ 羽根の傾斜角 オキ
- ⊖ " スイ
- 0 羽根の回転方向 既設部に対して吐出方向
- I " " 巻込方向
- E-1は接合してない。
- * 接合したた成形時にラップが入り割れ、曲げ強度は2/3程度である。
- セ-2は加重 原地盤重量の 2%
マ-1は W/C = 0.8
原地盤含水率 80~100%
" 単位体積重量 1.55 T/m³
" 1軸圧縮強度 90.8~0.05 %

筆者が大型室内実験において接合条件を種々変えて接合具合をフェックしたところ、接合条件によって著しくその接合強度が異なり、ある条件では未改良工と遜み込む場合もある。また接合時の時間が経過するほど接合強度は低下

する傾向にあり、110ワ-予足におよぶ場合もある。さらに攪拌機の軸剛性についても長工に対して極端に低い剛性であれば攪拌羽根が被接合体より逃げ結果となり、順次続ける施工体が倒壊しとなる。表-1に大型室内実験より得た接合部強度を併記し、写真-1~5に接合状況を示した。

4. 攪拌機力について

攪拌機の持つ110ワ-(トルク)は攪拌機の性能を決定する最大要因の一つである。地盤到達粘着力(C値)や接合中、接合時間、着地盤強度(N値)や吐出方法、到達深度、昇降速度、回転数などにより同一羽根径であっても必要動力(トルク)が異なってくる。

一般に粘性土地盤の場合、トルク予足による回転数の極端な低下は混合具合が悪くなるので得策でない。その場合は昇降速度を下げトルク予足に対応するまでであろう。

また一般にセ-2マ-1-吐出直後の負荷トルクは無吐出原地盤攪拌トルクより小さくなるが、ある時間の経過後の繰り返しにおいては大まかな地盤もあり、貫入吐出における深度の深い施工には注意を要する。

砂質地盤の場合(表層、中間層、着床層)は一般に負荷トルクが大まかなるがその場合は回転数を下げ対応する方が効果が大きい、とくに砂質地盤では施工体が大まかなる傾向



写真-1



写真-2

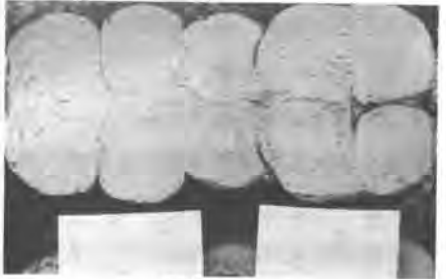


写真-3

があるので添加量を多少増やせばよくなる。

地盤抵抗トルクは機械工現場へ適用検討する際重要な検討要素となるが、筆者は次式を活用している。

撹拌トルク = 撹拌翼トルク T_1 + 撹拌軸トルク T_2 + その他の抵抗トルク T_3

それぞれトルク算式は次の通りである。

$$\text{撹拌翼トルク } T_1 = \frac{\theta c D^4 H \sqrt{\cos \theta} n}{200 \alpha S} \text{ (kg-m)}$$

C : 地盤粘着力 kg/cm^2 , D : 撹拌翼直径 cm , H : 撹拌翼高さ cm , θ : 撹拌翼傾角 $^\circ$, n : 翼枚数, α : 添加係数
 β : 撹拌係数, S : 地盤鉛直係

$$\text{撹拌軸トルク } T_2 = \frac{\pi \alpha' d^2 l c}{200 \nu S} \text{ (kg-m)}$$

α' : 撹拌軸直径 cm , l : 地盤貫入撹拌軸長さ cm
 c : 地盤平均粘着力 kg/cm^2 , ν : 回転係数

その他の抵抗トルク T_3 = 軸受部抵抗トルクなど合計したものである。

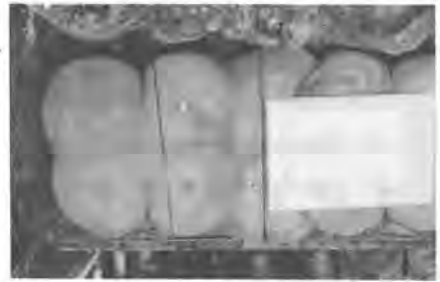


写真-4

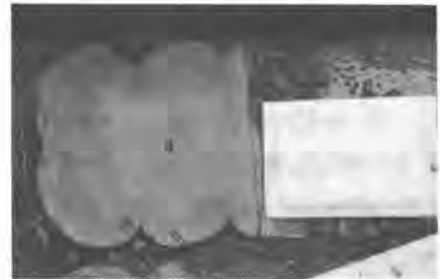


写真-5

5. 貫入、引抜抵抗について

施工に先んじて、施工地盤における貫入抵抗をあらかじめ推定し、存着具合を予測する必要がある。また、撹拌機昇降ウイエ子の能力を決定するに際して引抜抵抗を予測する必要がある。一般に、地盤強度が高い場合や、貫入吐出にて施工した場合、貫入、引抜抵抗共に大きくなる傾向がある。しかも工中に貫入する撹拌機の非回転部分の周囲面積が広いと抵抗が大きくなる。したがって回転部分を停止した状態での貫入および引抜抵抗は相対的に大きくなる。筆者が実験資料と実験データにより算出した貫入および引抜抵抗計算式を示すので参考にしたい。

貫入抵抗 $R_0 = R_T + R_B + R_W + R_s$ (Ton) 引抜抵抗 $R_U = R_T + R_B + R_W - R_s$ (Ton)

周辺抵抗: $R_s = C' (P_{AR} + A_{ss}) (H - H_0) T_m$ 先端抵抗: $R_T = \frac{1}{1.5} A_T \left\{ \gamma c + \left(\frac{1}{2} \gamma N_c + \gamma h \gamma_f \right) \right\} T_m$

土中浮力: $R_B = 1.56 \gamma' A_s (H - H_0) T_m$ 水中浮力: $R_W = \gamma' A_s H_0 T_m$

H : 撹拌軸先端深度 m , H_0 : 水深 m , C' : 地盤撹拌後の粘着力 T/m^2 , A_{AR} : 回転軸周辺長さ m

A_{ss} : 固定軸周辺長さ m , γ : 回転軸影響係数, A_T : 撹拌機先端面積 m^2 , γ : $\frac{\text{固定軸周辺長さ}}{\text{軸周辺長さ合計}}$

γ_c : 地盤コーン支持力 T/m^2 , γ' : 原地盤潤滑単位体積重量 T/m^3 , N_c, γ_f : 支持力係数, h : 存着深さ m

γ' : 水単位体積重量 T/m^3 , A_s : 軸断面積 m^2 * は存着時に加算する項目である。

6. 各種施工機械における留意点

地盤改良施工機械を製作計画したり、実工事現場への適用検討を行うには種々の検討要素があるが、特に以下に述べるものは重要要素であるから慎重に検討すべきである。

1) ヘッド上地盤改良機(フオート型) 写真-6

2) フオート接地圧 --- フオート接地圧は最大許容値で 0.04 kg/cm^2 であり、これより低くなるよう

配慮すべきである。参考にフロート沈下量の計算式を記載しておく

$$\text{沈下量 } h = \frac{W}{BLn + 2c(B+L)} \text{ (m)}$$

W: 振棒重量 T_m , L: フロート長さ m , B: フロート幅 m

γ : ハトリ口単位体積重量 T/m^3 , C: ハトリ口粘着力 T/m

ii) フロート牽引力 --- フロートの移動はワイヤが使用される
の牽引力は次式で表わされる。 θ : フロートのカフトアングル

$$\text{牽引力 } R = 2(B+L)hc + BLc + 4BCh\sqrt{\cos\theta} \text{ (} T_m \text{)}$$

iii) スリ-フーズト能力 --- 次式で表わされる。

$$\text{スリ-造能力 } Q_p = Qc \left(\eta + \frac{1}{3.15} \right) m^2/h$$

Q: 地盤改良能力 $\%h$, C: 処理棒添加量 T/m^2 , η : 水処理棒重量 c

2) 陸上地盤改良機 (フロ-型) 写真-7

i) フロ-接地圧 --- フロ-の通行可能な表土地盤であるが
その下部は軟弱地盤であり許容限度がある。通常の接地圧は0.3~
0.7程度であるが、高い時は鋼板を敷いて施工する = ヒトである。

ii) 全体安定性 --- ほむじの振棒が重心の高いもので、予安定
土を増やすので、最大安定傾斜角度なども検討すべきである。

iii) スリ-フーズト能力 --- i) - ii) ハトリ口地盤改良機と同様
である。

3) 水上(海上)地盤改良機 (海床深層軟弱地盤改良機) 写真-8

i) 気象、海象条件 --- この振棒は水上に浮いておるため船
体の動揺が、施工時、悪天候時に問題となり、最悪時には振棒
の損壊を招く恐れがある。

ii) 全体安定性 --- i) で述べた通り、これはやはり重心の
高い振棒であり、船体動揺を中心に検討すべきである。

iii) 地盤改良能力とコスト --- この振棒で最も動
力を消費する部分は攪拌機である。したがってこの駆動方法に
よっては多量のエネルギーロスが発生しおる。一般に油圧
式より電動式の方が省エネルギー機とされている。

7. おわりに

セメント系処理材による各種の地盤改良機を製作し実験と実工

事のデータを参考に述べたが、土地が相手話しゆえ、全ての現場において、また地盤条件において適
用できるかという疑問であろう。また開発途上の振棒であるため、製作された振棒のうち最高の性能
をもつものが最高に良い振棒とされる = ヒトであり、場合、存着についての土質的孝を統一して載
く = ヒトが必要かと思う。実工事にあつては算出された数値より10~20%上の振棒を投入し工事に余裕
をもちたせる = ヒト必要な = ヒトかと思う。



写真-6



写真-7



写真-8

18. 機械攪拌方式による地盤改良工法 (MR-D 工法)と2,3の実施例

小野田セメント 啓 上 裕 之・鳥 越 昭 彦
古 谷 俊 明・八 木 格 而

1. まえがき

軟弱地盤を対象とする地盤改良工法には、改良固化材を対象に注入して行う注入工法、高圧噴射により混合攪拌を行う噴射攪拌工法、機械力による機械攪拌工法などが実施され、改良目的、改良対象土の性状により、これら工法の選択が行われている。

特に砂質分の多い地盤では機械攪拌工法が、改良精度(出来形)が良く、経済的に高強度の改良体が得られる。砂質地盤の地盤改良を行う場合は、他の土質の場合にくらべて、比較的N値(標準貫入試験値)が高く、又、砂質土特有のジャーミング現象が発生するなどから、貫入能力の大きい施工機が必要であり、これら施工上の問題から砂質地盤の地盤改良については機械攪拌方式はあまり取り組みが行われていなかった。

筆者等は機械攪拌方式として以下に述べるMR-D工法による地盤改良についての報告する機会を与えられたので、工法の概略と実施例を紹介する。

2. MR-D工法の概要

本工法はセメント系固化材をミキサーでスラリー状となし、圧送ポンプで攪拌軸先端まで、圧送吐出させながら原土と攪拌混合し、強固な改良杭を造成し、地盤改良を行うもので、改良杭径はN値20～30までの砂質地盤に於ても施工が可能である様に80.0%を標準としている。

MR-D工法によつて造成された改良杭は、深さ方向、直径方向のいづれについても強度のバラツキが少い。

本工法の特徴としては、

- 1) オーガ方式で打設するので、無振動、無騒音の施工が可能である。
- 2) 低圧でスラリーを吐出させるため、周辺の変位の問題がない。
- 3) 支持層まで打設すれば、支持力の増加、沈下阻止に有効である。
- 4) N値20～30程度の砂質地盤でも能率良く施工可能である。
- 5) 砂質分の顕著な地盤では経済的に高強度が得られることから、5m程度迄の開削工事では簡単な切ばり、腹起しを行うだけで土留壁としても役立ち、またラップさせて施工すれば止水効果も期待される。

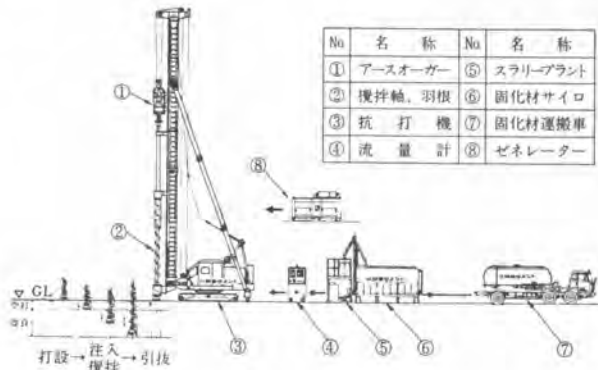
3. 施工機組合せ

標準的な施工機配置を下図に示す。

- ① アースオーガ
D-80H
(80 Ps・60 KW)

② 攪拌軸及攪拌羽根

- 貫入能力を上げるためと混合効果を上げるためにスパイラル羽根とし、攪拌径φ800mmとしてある。
- 軸のズレ込み、曲りを防止するため、中間部及び下部に振れ止めを取付けてある。



No	名称	No	名称
①	アースオーガ	⑤	スラリープラント
②	攪拌軸、羽根	⑥	固化材サイロ
③	杭打機	⑦	固化材運搬車
④	流量計	⑧	ゼネレータ

③ 杭打機

吊り上げる施工機部分（アースオーガ、攪拌軸、振れ止めなど）の重量が10～15tonあるため、安定性を考えて40t級のクローラ型を使用する。

④ 流量計

0～500ℓ/min、耐圧30MPa、口径2Bベンレコード方式

⑤ スラリープラント

下記の機器を装備したものである。

- (1) 固化材の記録装置付計量器
- (2) 水計量器
- (3) ミキサー及びアジテータ
- (4) 圧送ポンプ 0～600ℓ/min 油圧式

⑥ 固化材サイロ

通常は基礎工事の不要な横型サイロを使用する。（容量 20t、30t、50t）
固化材の供給は圧送車⑦より行う。

⑦ 発電機

オーガ、プラントを合せて220～300KVA

⑧ 管理装置

スラリー流量計	}	自記々録
固化材使用量記録計		
打設深度計		

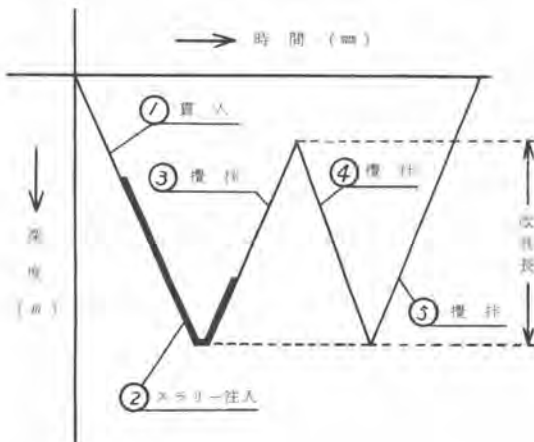
4. 施工について

1) スラリー濃度

W/C = 0.5 ~ 0.7 程度が適当である。

2) 施工方法

打設パターンを1例を下図に示す。



①貫入（正転）

②スラリー注入

所定量が注入完了するまで続ける。

③引上げ攪拌

④貫入攪拌（正転又は逆転）

⑤引上げ攪拌（ ）

比較的砂分の多い地盤では④、⑤を省略し、①→②→③の施工パターンで充分なる改良効果が得られている。

施工時に特に注意すべき点は次の通りである。

(1) 空打ち部分が長い場合のスラリー注入開始時期の決定

改良天端から注入開始すると通常は改良柱の天端が0.5 m ~ 1.0 m 上がる事が多い。従つて改良天端 - (0.5 m ~ 1.0 m) の点から注入を開始することにより、改良柱の天端を計画高さに合せることが出来る。

(2) 攪拌軸の回転方向の決定

攪拌羽根がスパイラル羽根となっているため、正転の場合は土及び固化材がかき上げられ、送転の場合は押込まれる。

従つて、混合効果を上げるために、この組合せを適宜選定する必要がある。

3) 改良杭の出来形

(800 + (80 ~ 100)) mm φ

4) 施工能率

200 ~ 250 m / 日

5. 実 施 例

1) 工事件名：青森市八重田合流1号線管きよ敷設工事

改良目的：山留めならびに遮水のための連続壁として、側壁、底盤部を6mまで改良。

地 盤：中砂～粗砂の砂質地盤

工 期：昭和50年12月～昭和51年3月

2) 工事件名：下田郵便局庁舎新築工事

改良目的：地耐力増加として15.0m迄改良

地 盤：細 砂 層

工 期：昭和54年3月～昭和54年4月

3) 工事件名：福井郵便局庁舎新築工事

改良目的：地耐力増加として11.4m迄改良

地 盤：中 砂 層

工 期：昭和54年9月

19. 噴射注入工法の開発に関する研究について

建設省土木研究所 村尾好昭
建設機械化研究所 荒川秀一

1. まえがき

この研究は、建設省総合技術開発プロジェクトの一環である「新地盤改良技術の開発」の主題のひとつで、建設省土木研究所の委託により社団法人日本建設機械化協会が昭和52年度から3ヶ年にわたって進めてきたものである。

噴射注入工法は、スタビライザーによる表層地盤安定処理とDLM, CMC等の深層混合処理との中間、いわゆる中層部分の処理をめざしたもので道路や陸上基礎など一応2～6mの地盤改良を対象としている。噴射注入工法の従来工法にない大きな特徴は、地盤改良材をスラリーなどに加工することなく、粉体材料のまま地盤内に噴射注入攪拌し容易に地盤改良ができることにある。

研究の最終年度には、過去2年間に実施した成果を基に実用実験機を試作し、試験工事の施工によってその性能を確認し、今後の実用化に対する見通しを得たので、その概要について報告するものである。

2. 試験工事概要

2.1 試験工事内容

工事名：熊谷バイパス地盤改良試験工事

工事期間：昭和55年1月13日～昭和55年3月27日

工事場所：埼玉県行田市堤根地先

工事内容：盛土基礎と橋台背面基礎の地盤改良

2.2 土質

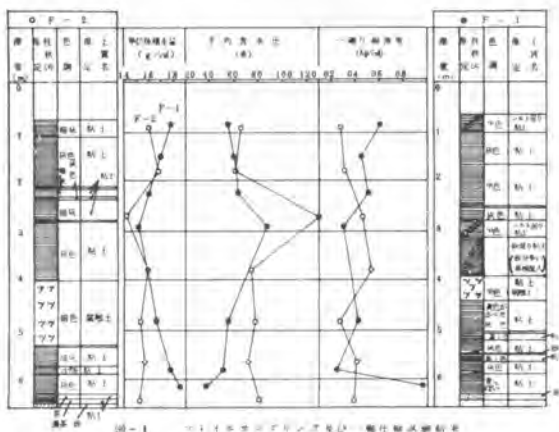
図-1に土質調査結果を示すが、深さ6～7mまで軟弱な粘性土地盤である。

2.3 試験条件

表-1の条件で施工する。施工機械の標準噴射条件を表-2に示す。

3. 施工機械と付属設備

噴射注入実用実験機は写真-1、図-2に示すようにスワンプクローラをベースマシンとして、先端のリーダーに2軸の攪拌機本体をセット、スワンプクローラ架台上中間部の両サイドに攪拌軸の回転と材料搬送機（プロマート吹込機）のフィーダー回転動力を発生する発電機、改良材を搬送するコンプレッサ



一の2機種を載せ、後部両サイドにプロマート吹込機、中央にホッパーを塔載し噴射注入装置全体を構成している。

図-3に攪拌翼、表-3に施工機械一覧表を示す。

表-1 試験条件

試行	工種	改良材	材料	吹込機数	混合機	混合機
1	2軸	セメント	粉体	4	4	6
2		生石灰		4	4	6
3		(50:50) 生石灰		4	4	6
4		(50:50) 生石灰		4	4	6
5	単軸	セメント	粉体	4	4	6
6		(50:50) セメント		4	4	6
7	CMC	(50:50) セメント	粉体	20	4	6
8		(125:75) セメント		20	4	6
10	2軸	セメント	粉体	5	2	6
計				4	122	

表-2 標準噴射条件一覧表

項目	工種	
	2軸・単軸	単軸
噴射翼径	540	540
噴射翼径	600	600
吐出口径	40	40
ノズル回転数	60	60
吐出量	45~50	45~50
吐出圧	2~8	8.0
エアー流量	5~7	-
ノズル吹込距離	1.0	1.2



写真-1 噴射注入実用実験機

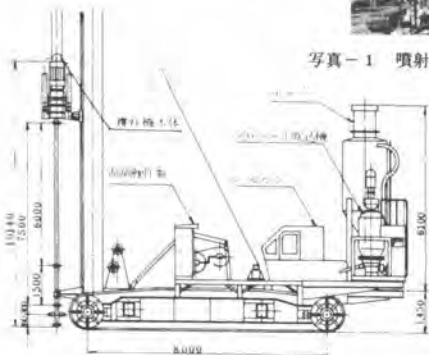


図-2 噴射注入実用実験機

4. 試験工事施工実績(2軸, 単軸方式)

4.1 施工方法

施工は改良材を粉体の状態で軸先端のノズルより噴射、攪拌翼により攪拌し軟弱土と改良材の混合柱体を造成するものでこの施工順序を図-4に示す。

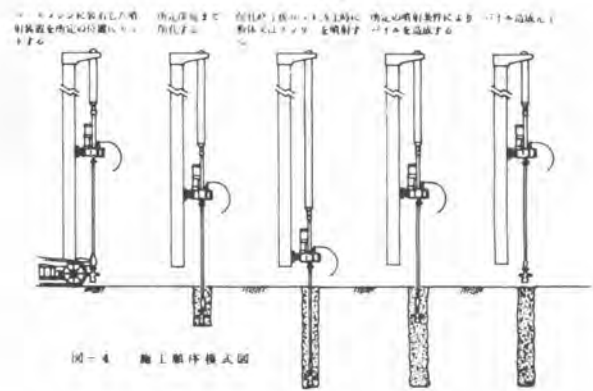
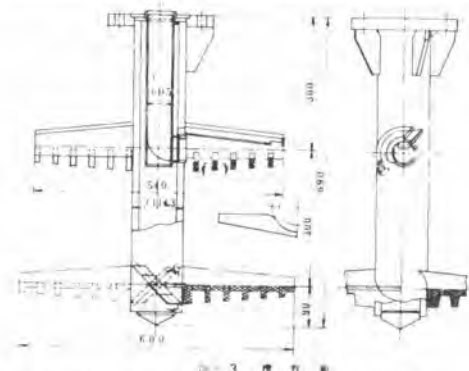
4.2 施工記録

4.2.1 施工日数と時間の分布

各条件毎の施工日数と施工本数を表-4に示し、セメントを材料とした平均サイクルタイムを図-5に示す。

表-3 施工機械一覧表

機械名称	仕様	性能
スワンプローバ	型式	TC52-01-01
	全長	9600 mm
	主軸全高	5000 mm
	寸法	3430 mm
	履帯幅	2000 mm
	エンジン	8000 mm
	全体重量	76500 kg (噴射注入装置を含む全重量)
	接地圧	0.245 kg/cm ²
	機械全長	10140 mm
	全体重量	45000 kg
攪拌機	型式	2軸2段2枚特殊羽根
	直径	φ600 mm
	厚径	900 mm
	軸径	100A
	材料	軸内にセメント用送用装置として50Aの潤滑を配置する
	回転数	60 rpm
	駆動トルク	520 kg-m
	台数	2
	電動機仕様	500V三相誘起機、フランジ型
		37 kW, 6P, AC 220V, 60Hz
改良材貯蔵設備	ホッパー	容量 4 m ³
	ロータリー	回転数 5 1/2 rev/min
	駆動機	0.4 kW, 4P, 全閉外扇形
	二方向切換	台数 2
	ホッパー	容量 5 1/2 m ³
	駆動機	0.4 kW, 4P, 全閉外扇形
	台数	2
	型式	800E
	ホッパー容量	0.8 m ³
	空気消費量	5~7 m ³ /min (at 4kg)
吐出能力	30~120 kg/min	
機械寸法	1990 mm × 1150 mm × 2030 mm	
電圧	40 A	
電流	10 A	
長さ	20 m (両側金具付)	
台数	2	
コンプレッサー (北越)	型式	PDR 600S
	吐出圧力	7.0 kg/cm ²
	吐出量	17 m ³ /min
	全備重量	4750 kg
交流発電機 (北越)	型式	SDJ-150S
	出力	125/150 瓩
	回転数	1500/1800 rpm
	電圧	50/60 Hz
電流	400/440, 200/230V	
全重量	3650 kg	



4.2.2 就業人員

職種別の1日当たり作業人員を表-5に示す。

表-5 作業人員

職種	業務	人員	計
2軸	供品運 (位置設定)	1	5
	ベースマシンオペレータ	1	
	プロマート吹込機操作	2	
	攪拌機操作	1	
単軸	供品運	1	5
	掘削機オペレータ	1	
	プロマート吹込機操作	1	
	材料ホース	1	
	材料投入	1	

表-4 施工能力

工種	作業	数量	日数	平均施工本数/日	記 事
2軸	1	セメント	5.5	本日 60日 $108 \div 5.5 = 20 = 10$	1. 開始日と終了日は、0.5日単位とし、2週間があっても、施工した日は、1日とした。
	2	生石灰	7	$108 \div 7 = 15 = 8$	
	3	スラグ+砕石	6.5	$108 \div 6.5 = 18 = 9$	2. 砕石+セメントは、身時で吐出が出来なかったため1日10時間施工したのみで、後はセメントに変更した。
	4	砕石+セメント (セメント)	4.5	$108 \div 4.5 = 24 = 12$	
単軸	5	セメント	12.5	$108 \div 12.5 = 9$ 本/日	
	6	スラグ+砕石	7.5	$108 \div 7.5 = 15$	

注

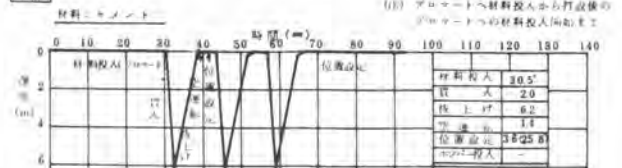


図-5 平均サイクルタイム

(注) プロマートへ材料投入から打設後のプロマートへの材料投入開始まで

(注) その他時間 3分
1) の後は、別の試験機にて実施

4.2.3 噴射注入実験機の性能 (2軸方式)

施工管理として①攪拌軸回転数、②打設深度、③打設速度、④改良材吐出量、⑤時間の5項目をペン書きオシログラフに記録した。この記録を基とした実験状況を次に述べる。

- (1) 攪拌軸の回転数は大部分が64 rpmであった。
- (2) ノズル貫入速度は攪拌機本体の自重(4.5 t)により2~6 m/minの範囲で容易に貫入した。
- (3) ノズル拔上げ速度は目標1 m/minに対し0.62~1.20 m/minであったが、ベースマシンのオペレータが慣れるに従ってほぼ予定通りの値を出すことができた。
- (4) プロマート吹込機は30~120 kg/minの吐出能力を有しており、今回は45~50 kg/minを目標にした、ほぼ予定通りの吐出量が得られた。
- (5) セメント粉体を材料とした場合、材料ホース長が60 mでの施工を確認した。
- (6) スモーキングは貫入時のコルク栓使用、抜上げ終了時は土被り30 cm程度の位置で空吹きで防除が可能であった。
- (7) 施工時の攪拌トルクはGL-1 m程度は含水比が低いため貫入トルクが大であるが、-1 m~-6.5 m間のトルクは定格トルクの50%程度である。生石灰がセメントに比べ約50 kg-mトルクが大きいのが反応効果の差により生じたものと思われる。

4.3 効果確認試験

ダッチコーン(2 t)による杭間、杭芯の静的貫入試験と、デニソンサンブラーによって採取した試料による一軸圧縮試験を実施した。セメントと生石灰の結果を図-6、7に示すが何れも処理効果が認められる。

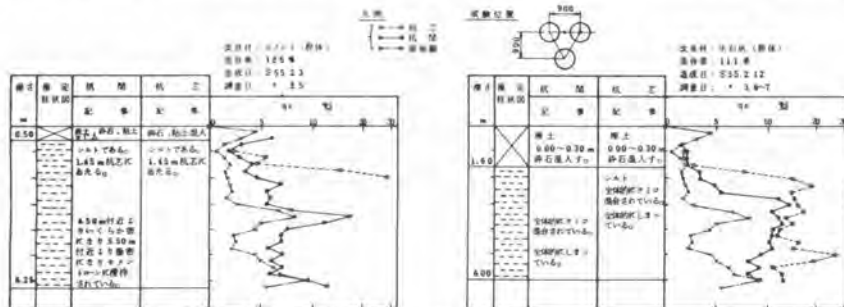


図-6 静的コーン貫入試験結果(2軸)

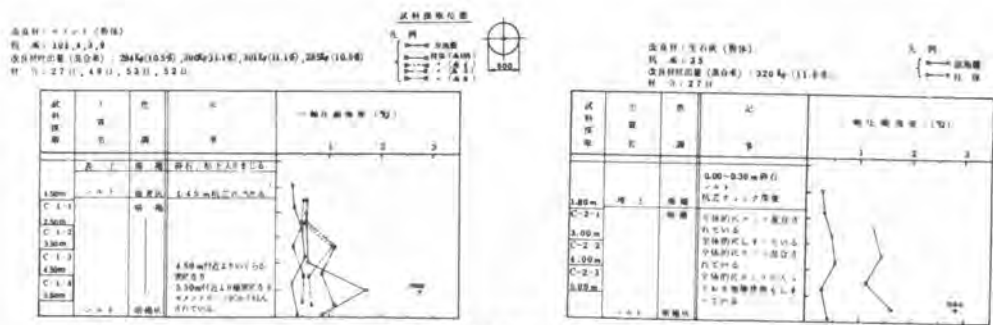


図-7 改良土試験結果（2軸）

5. 考 察

これまでの実験や試験工事によって明らかになってきた噴射注入工法の特徴は、

- (1) 改良材を粉体のまま地盤内に直接噴射注入するもので、効果をあげるため攪拌を併用している。
- (2) 地盤の改良形態としては多柱状に改良され、一種の複合地盤となるものと考えられるが、1本の柱体自体の改良度と柱間隔の程度によって、地盤全体の改良の程度を調節することができる。
- (3) 改良材の地盤内への噴射注入は圧縮空気によって行い、スラリーなどのように水分を必要としないし、粉体混入により、かえって地盤内の含水比を相対的に低下させることにもなる。
- (4) 地盤改良材の種類は、その最大径が約5mm程度以下で乾燥状態であればセメント、生石灰、消石灰、排脱石膏、鉍砕スラグなど、地盤の性質と改良の目的に応じて使用できる。
- (5) 施工に際して、噴射注入攪拌は打撃や振動によることがないので原則的には低騒音、低振動工法である。
- (6) 改良材の混合率を高めていくと、柱体自体の強度を増すことができるので、そのような場合には一種の場所打杭としての施工を期待することも可能である。

等をあげることができ、将来の展望は、非常に明るいものがある。

他方、噴射注入工法の今後の問題点は、機械装置に関するものとして(1)改良深度、(2)改良径、(3)動力の種類、(4)多連注入の程度など、施工方法に関するものとして、(1)改良材の最大径と水分、(2)スモッキング、(3)改良柱体上端と原地盤の差などが考えられ、これらに対する検討も必要である。

6. あとがき

噴射注入工法の開発に関する研究は最終年度にいたり、実験機の試作と、それを使用した試験工事によって、一応の成果と実用化への目途をつけることができた。

この間、「噴射注入工法の開発に関する研究委員会」の中瀬委員長を始め各委員の皆様の御指導、をおあぐことができ、さらに研究の過程で、佛神戸製鋼所、三信建設工業㈱、電気化学工業㈱の多大なる御援助、御協力をいただいた。ここに厚く謝意を表する次第である。

なお、本工法は特許および実用新案出願中である。

20. 土圧バランス型シールド工法による 滞水粗大礫層の掘進

佐藤工業 大泉正夫・桐谷祥治

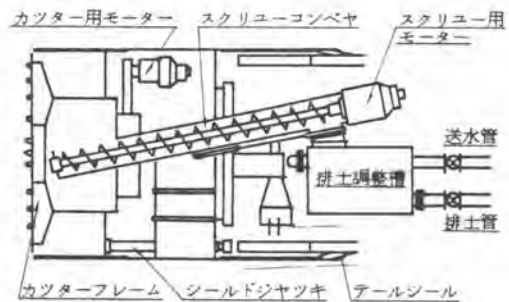
1. まえがき

近年、地方都市において下水道の整備が急速に進められている。これらの地方都市は、河川の流域に発達している例が多く、施工対象地盤は粗大礫を多く含む滞水礫層という、シールド工法にとつて非常に困難な地質条件である場合が多く、これらに対応できるシールド工法の開発が急務となつている。本報告は、最大礫径350mm、60mm以上の礫含有率が20%を越え、礫間充填物が少なく崩壊性の高い滞水粗大礫層における土圧バランス型加水式シールド工法の施工例を紹介するものである。

2. 土圧バランス型加水式シールド工法

シールド掘進機の基本構造を図-1に示す。

本工法における切羽の安定は次のようにして得られる。切羽地山よりカッターフレーム内に取り込まれる土砂の量（掘削土量）とスクリーコンベヤの排土口から排出される土砂の量（排土量）とを調整することにより、カッターフレーム、スクリーコンベヤ内に土砂を充填する。さらに排土調整槽へ圧力水を給水し、排土調整槽内を一定



第1図 土圧バランス型加水式シールド掘進機

圧力に保持する。これにより、切羽地山の土圧・水圧とのバランスを図り、切羽の安定を保持する。

掘進管理は、シールド掘進機各部、流体輸送設備、および地山の状況など種々の計測を行ない、これらのデータをフィードバックすることにより、地山の変化に即応した最適な状態で掘進できるよう、裏込め注入管理まで含めたトータルシステムを採用して行なっている。

3. 滞水粗大礫層でのシールド施工上の問題点

シルト・粘土分等の礫間充填物が少ない崩壊性の高い滞水粗大礫層は、地下水の処理を適切に行なっても自立性を得ることが困難な場合が多く、切羽の崩壊に起因して地表面陥没を引き起す可能性がある。このような地盤では、安全上および作業能率上から機械掘りシールドを採用することが望ましいが、切羽の安定保持、粗大礫の掘削に伴う周辺地山の乱れによる切羽の崩壊等の問題に加えて、粗大礫の取り込みに限界があつたり、礫処理のための掘進の中断を余儀なくされる等多くの問題がある。このため、各種の補助工法を用いて切羽の安定を確保したりえて、開放型の手掘りシールドを採用する例が多かつた。しかし、手掘りシールドは安全面、作業能率面で不利なばかりでなく、各種の補助工法を用いる必要があるため、周辺環境に影響を与えることによる社会問題および作業員に対する労働環境問題が生じている。一方、従来の泥水シールド工法も、崩壊性礫層の場合の切羽の安定確保に難点があり、大径礫の掘削と取り込み、および泥水流による地山の覚乱や泥水の逸水による地下水汚染などの問題がある。このように、崩壊性の高い滞水粗大礫層は、シールドを施工する上で最も

困難な地質状件の一つといえる。

4. 施工例

4-1 工事概要

本工事は、豊川流域下水道事業・東部幹線小坂井第一シールド工事と称し、延長約730mの区間に仕上り内径3000mmの管渠を布設するものである。路線途中で、東海道本線、飯田線、名鉄本線等の主要幹線鉄道の盛土下を横断しなければならず、これらの鉄道運行に影響を与えることのないように十分な安全施工の配慮が必要である。

地質は、上部より沖積層、新期洪積層、古期洪積層の3層で構成されており、シールド通過断面付近は主に新期洪積層である小坂井礫層となつている。

小坂井礫層は、礫間を埋めるシルト・粘土分等の充填物が少なく、自立性に乏しい礫層である。礫分は非常に多く、60mm以上の礫含有率が20%を越え、最大径350mmの大径礫をはじめ200mm以上の粗大礫も数多く含まれている。地下水は近くに干潮河川（豊川放水路）があり、非常に豊富に滞水している。透水係数は $10^{-1} \sim 10^{-2} \text{cm/sec}$ 程度である。

4-2 施工検討

施工法の選定に当り、検討を要した点を以下に示す。

a) 海岸に近いため、大量の地下水を汲み上げると、地下水中の塩分が濃くなり、農作物に

被害をおよぼす恐れがある。また、圧気を用いた場合、地下の塩分を地上に押し上げ、同様の結果を招く恐れがある。このため、圧気および地下水位低下等の補助工法を用いることなく、切羽の安定を確保できる工法でなければならない。

b) 重要構造物である国鉄、私鉄の3鉄道線下（1日当りの列車運行本数約600本）を横断するが列車運行に支障なく安全にかつ効率的に掘進できる工法でなければならない。

c) 滞水粗大礫層、シルト質細砂層、シルト層と複雑に変化する互層地盤に対して十分に適応できる工法であること。

d) カッターディスク、カッタービット等シールド機が十分な耐久性を持つていること。

e) 掘削排土する礫量が非常に多く、しかも礫径が大きいため、これらを効率的に処理できること。

以上のように地盤条件、施工環境ともシールド工法にとつて非常にきびしいものであり、工法の選定に当り慎重に検討を行なつた。工法の選定に当つては、従来より礫層において実績のある手掘り式、泥水加圧式、土圧バランス型の各シールド工法について、当工事への適応性を検討した。



図-2 路線平面図

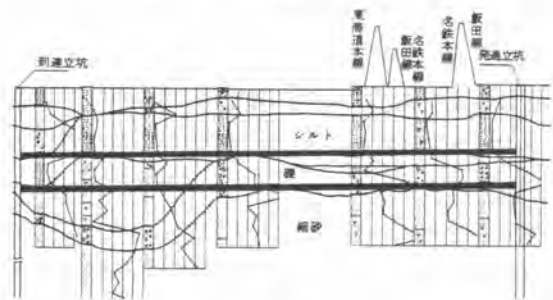


図-3 地質縦断面図

手掘り式シールド工法は、切羽が開放されているため、大径礫などの切羽障害物に対して最も容易に確実に対処できる工法であるが、切羽地山が自立することを必要とする。しかしながら、前述のように圧気、地下水水位低下工法は塩害を招く恐れがあり使用できず、また薬液注入のみで当該礫層の切羽を自立させることは、経済的および環境保全の面から問題がある。以上より、手掘りシールド工法を採用することは、非常に困難であると判断した。

泥水加压式シールド工法は、送泥水の圧力、濃度、粘性などにより切羽の安定を確保する工法であり、礫層での施工実績も多い。しかし、崩壊性の高い砂礫層では、泥水管理のみで切羽を安定させることが困難な場合もあり、補助工法を併用する例が見受けられる。特に、当工事では発進立坑の連続壁施工時に泥水の逸水や孔壁の崩壊等が見られ、当地盤条件では泥水管理のみで切羽の安定を確保することは困難であること、および地下水を汚染する可能性のあることが想定された。また、大径礫を取り込むためのスリット幅の拡大、取り込んだ礫による送泥水圧力の脈動、あるいは管閉塞による切羽水圧の異常など、切羽の安定保持上の問題も多い。このように、泥水加压式シールド工法を当地盤条件に適用するには、解決すべき問題が数多く残されており、採用を見送らざるをえなかつた。

そこで、近年開発され、崩壊性の滞水砂層や砂礫層でも採用され、その有効性が高く評価されている土圧バランス型加水式シールド工法を採用することとした。しかし、当工区は粗大礫の含有率が非常に多いため、本工法を従来と同様の形で適用した場合、礫の処理に多くの時間と労力を費やすことが予想されたため、新たな試みを取り入れて対処することとした。

一つは、従来の切削ビットに加えて、新たに開発した礫割り用ビットを採用したことである。これは図-4に示すように半円形をしており、その周面に粒状の超硬合金チップを肉盛りしたもので、カッター前面で大径礫を破砕することをねらったものである。

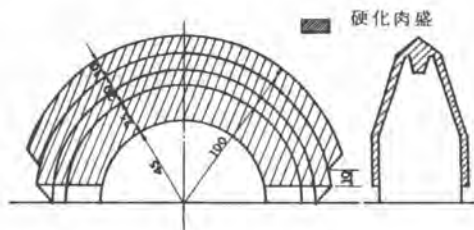


図-4 礫割り用ビット

もう一つは、排土調整槽からの連続礫取り出し装置である。これは、排土調整槽の後部に回転ドラム式のバケットを接続することにより、加水圧に変動を与えることなく連続的に流体系から礫を分離除去・排出するものである。また、排土調整槽内での礫分級効率を上げるため、振動スクリーンを採用している。(図-5)

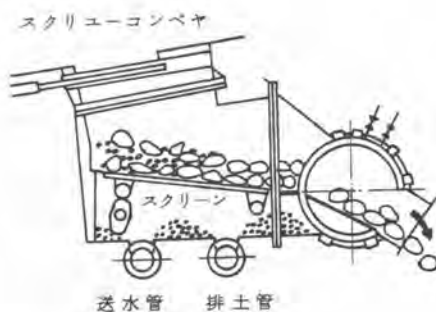


図-5 連続礫排出装置

4-3. シールド機主要仕様

シールド機は外径 3940mm 、機長 5315mm 、総推力 1600T である。カッタートルクは、砂礫層での切削抵抗を考慮して $136\text{T}\cdot\text{m}$ と従来のものより大きなものを装備した。カッタースリットの中は、最大礫径から判断して 300mm とした。スタリューコンベヤは、搬出可能最大寸法が

270mm×400mmの能力を持つ、羽根径710mm、羽根のピッチ440mmのものを使用した。テールジールは、裏込め注入の効果を上向きさせるため二段配列とし、内側は交換可能なものとした。

4-4 施工実績

掘進実績を図-6に示す。以下に各区間における掘進状況と特徴を記す。

1) 初期掘進

発進部の防護として4m間をソレタシユ工法で地盤改良した。切羽は完全に自立しており、トラブルもなく発進を完了した。初期掘進区間は後続台車の関係から当初55リングまでを計画していたが、35リングを過ぎた頃からポンプに過大な負荷がかかる傾向となつたので、当初計画を変更して41リングで段取替を行なつた。

2) 鉄道横断部

前述のように、これらの鉄道は旅客、貨物輸送の大動脈であり、列車運行の安全を確保して掘進しなければならない。この区間は、発注者、鉄道管理者の指示により、信頼性の高いソレタシユ工法による地盤改良を行なつた。

このため、推進速度が10～15mm/minと低下し、

また、間隙水圧も下がり、薬液効果が顕著に表われ、切羽はほとんど自立しているものと判断された。一部区間では、掘進に長時間を要したこともあり、一時はビットの破損か、あるいは機械本体の性能上の低下かと危惧したが、本工法の多用性の利点を生かすことにより無事に鉄道下部分を通じた。すなわち、この区間は切羽が薬液注入により自立していると判断し、カッターフレーム内の土砂の充填度を下げるにより、カッターへの負荷を減じて掘進した。

3) 一般部

薬液注入区間を通過後の一般部では、推進速度も30～35mm/minに回復し、順調に掘進できた。また、到達前のシルト層の区間においても、シルトの塊による排土調整槽内の閉塞が懸念されたが砂礫層よりも若干早く掘進でき、無事に到達することができた。

5. あとがき

崩壊性帯水粗大礫層というシールド工法にとつて非常に厳しい条件のもとで、土圧バランス型加水式工法を採用し、本工法の有効性を確認するとともに、数多くの貴重な資料を得ることができた。また、粗大礫対策のための新しい試みである、礫割り用ビットおよび連続礫排出装置も一応の成果をあげることができた。現在、シルト分がほとんど無く、崩壊性の非常に高い海浜性の粗大礫層を本工法で施工中である。ここでは、トラツシヤを用いることにより順調に掘進が行なわれている。これらの実績を踏まえ、さらに完成されたシールド工法を目指して研究、開発を進めていく所存である。本報告が、今後ますます増大すると思われる同種工事に対して参考となれば幸いである。

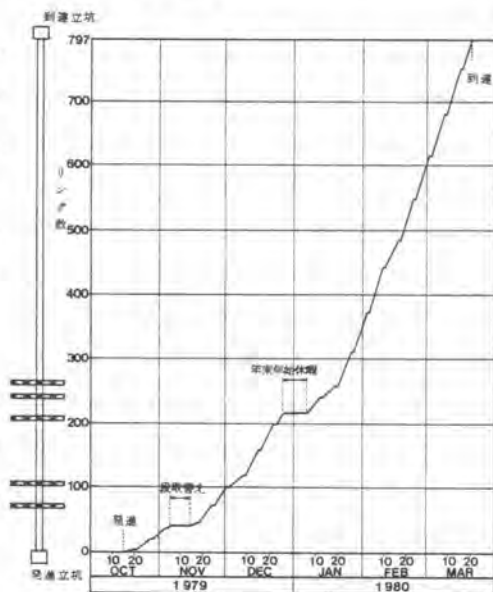


図-6 掘進実績

21. 前面破碎式泥水シールド掘進機の 礫層掘削について

三井建設 相 場 堅

1. まえがき

最近めざましいシールド工法の進歩に伴い、泥水加圧式シールド工法も適応土質の範囲を拡げ崩壊性の高い、大径礫層へまで拡大しその施工が一段と進んできている。

その中で、掘削に対する礫処理問題について各種装置が考案され、改良が重ねられている。その構造に於いて、切羽前面で直接破碎（一次破碎）する方式と礫を直接取込も非破碎方式とに大別されるが、今回、前記の方式を採用した泥水加圧式シールド機（ディスクカッター付ドーム型）に、更にウオータークラッシャー装置と取込れた二次破碎及びスラリー輸送システム等を組込んだ後方設備を設置し、施工した結果の実績と問題点について紹介する。

2. 工事概要

工事場所 神奈川県川崎市高津区坂戸地内
～北見方地内

発注者 川崎市下水道局

施工延長 $l = 809.5 \text{ m}$
($102 + 707.5 \text{ m}$)

シールド機外径 $\phi 2474 \text{ mm}$

セグメント外径 $\phi 2350 \text{ mm}$

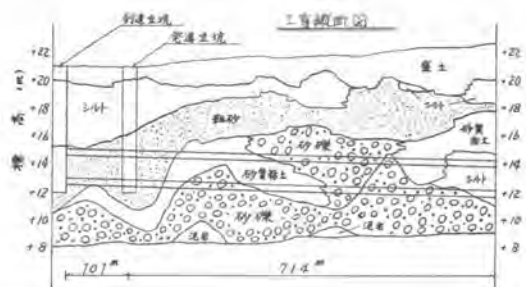
仕上り内径 $\phi 1650 \text{ mm}$

土被り 約 $6.5 \sim 8.0 \text{ m}$

地下水位 $GL - 1.5 \text{ m}$

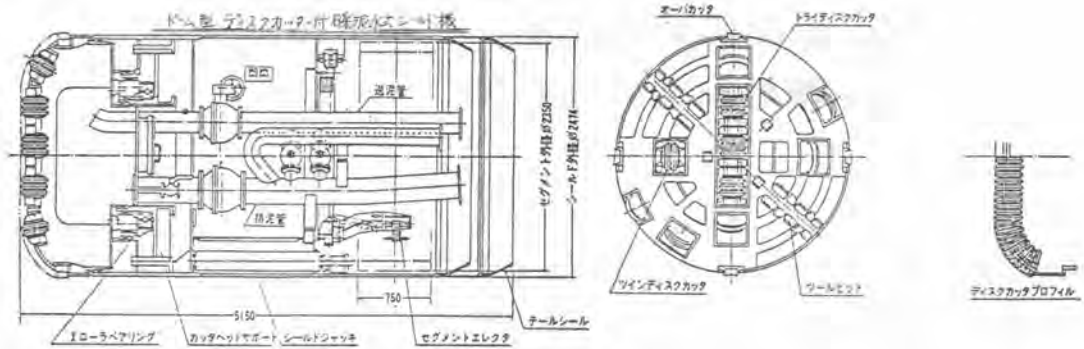
土質 砂、シルト、砂礫

線形 $R = 150 \text{ m}$ $R = 300 \text{ m}$
 $R = 600 \text{ m}$ $R = 1500 \text{ m}$



3. 地質概要

東京の武蔵野台と神奈川県の多摩丘陵の間には、多摩川が東南東の方向に向かって流下し、この多摩川の流域には、 $2 \sim 4 \text{ km}$ の中で低地が広がっている。当工区は、この低地部に位置しており地質は、第3紀三浦層群が基盤をなし、その上に洪積層の保土ヶ谷礫層が分布している。多摩川の河川堆積物の玉石混り砂礫層及び砂層到達付近のベント調査結果では、 $\phi 300 \sim 400 \text{ mm}$ 程度の礫が確認されている。



4. ディスクカッター付ドーム型泥水シールド機による大径玉石の一次破碎

玉石混り大径礫層での掘削は、従来ツールビットによる切削破碎や掘り起し等によって、切羽地山と纏め易く、ビット類の破損も多大であった。又、スリット内に取り込めない礫が、カッターヘッド前部に残り掘進不能になる場合があった。本機は、礫破碎掘削を目的とし、ディスクカッターを前面及び、外周部へ取付けなるべくカッターヘッドをドーム型にすることにより、外周部の礫に対する押付け効果を期待し、切羽反力が出た時点でディスクカッターで一次破碎させるものである。破碎後の礫は、充分取込も様スリット開口は円周方向に設け、ディスクカッター及びツールビットを取付けてある。更に、自立性の悪い砂層掘削の崩壊防止に、従来はスリット中を制限し、カッター面板と切羽地山に押付ける方法を取っていた。しかし、自立性の高い地山の場合、開口率が小さく取込み不足がちな。本機は、ドーム型カッターヘッドのスリット部に山留リングと設け、同心円で切羽を分割し、上部からの土砂流入を防止する棚構造にした。従って、開口率もある程度大きくすることが出来た。一次破碎礫は、流体輸送されるが、排泥管口や坑内排泥管で閉塞することがあり、今回取込み最大礫を通過出来る10Bの排泥管を二次破碎装置手前まで取付けた。

5. 水中クラッシャーによる二次破碎

シールド機先端のディスクカッターで、一次破碎された礫は、10B排泥管より循環バルブ装置を通り、更に、連続破碎する水中クラッシャーで30~40%アンダーに二次破碎され、分流器に入り、4B坑内排泥管を通して、坑外の泥水処理アラントへとスラリー輸送される。

○当現場使用時の機械的損耗について

一次破碎の礫を30~40%アンダーに再破碎(4B排泥管閉塞防止)することにより、摩耗ははげしくクラッシャーの動歯、固定歯共、反転使用したが更に、各マー一回づつ交換した。又、動歯については、摩耗による肉盛加修等を行ない変形礫の通過防止を計った。これは、二次破碎礫が均一なるクラッシングが出来ぬ場合、排泥管での第一の閉塞原因となる為である。

名称	仕様	単位
型式	KC-250	
アード寸法	250×200	%
駆動機	15kW, 8P, 50Hz(400V)	
回転数	330	r.p.m
処理能力	10mm act - 40%/H	

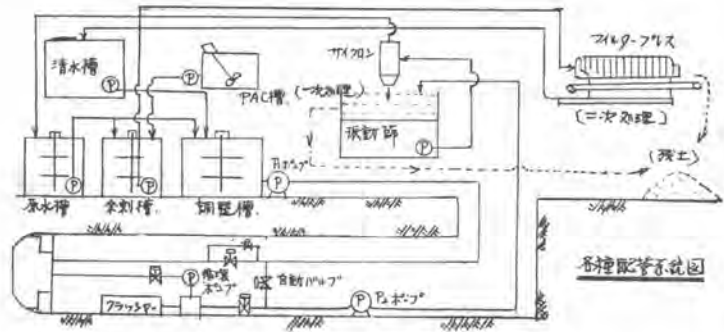
6. 礫を含むスラリーの連続輸送設備と泥水処理

砂礫層における泥水の切羽安定効果と維持する為、作泥設備で管理基準に基づいた比重、粘性の調整を行ない送泥ポンプより切羽へ送泥加圧し、掘削土砂とを混合させる。

その後 シールド機内より坑内二次破碎装置まで確実に輸送する為、排泥管を 10ϕ にし、それ以降は、 4ϕ で坑外に排出した。坑内断面が小さく、後続設備の長さ約93mと通常機械掘りの数倍の長さとなった。又、地上処理設備に送られる排泥水は、振動篩により礫、砂分を除去し、残った泥水は、管理基準に基づき値に調整し再利用した。又、粘性土等の場合は、余剰泥水が多くなり、二次処理装置（フィルタープレス）にて、脱水処理する際、脱水効果を上げる為、PAC等を使用した。一方、礫層に入った直後からの配管材、ポンプ持込部、振動篩の金網等の損耗が多くなった。今後坑内配管計画は、破碎後の礫量増加に対応出来る配管径にする必要がある。



- ① 循環バルブユニット
- ② シールド機用バルブユニット
- ③ コンプレッサー
- ④ 異径材受槽
- ⑤ 循環ポンプ
- ⑥ 圧電台車
- ⑦ フラッシュャー
- ⑧ PACポンプ
- ⑨ 自動異径起動盤
- ⑩ 異径ポンプ
- ⑪ ケーブル台車
- ⑫ 循環ポンプ
- ⑬ シールド機用電気盤
- ⑭ 自動異径起動盤
- ⑮ 異径ポンプ
- ⑯ PACポンプ
- ⑰ 伸縮管
- ⑱ 自動バルブ
- ⑲ 異径材受槽
- ⑳ 伸縮管
- ㉑ 伸縮管
- ㉒ 伸縮管
- ㉓ 伸縮管
- ㉔ 伸縮管



7. 滞水礫層における泥水安定液管理

当工事の土質に合せた泥水管理基準を設定する為、室内実験及び他工事の報告書等を充分検討の上、泥水による目詰り効果及び、浮力を得ることを主目的とし、一般の泥水管理基準より高い比重、粘性値とした。又、礫層における泥水は、湧水等の影響により、稀釈される為所定の粘性を保持させる上で、当工区ではCMCを多量に使用したが、管理基準値より低い液比重1.35粘性30sec前後の値となった。又砂層、粘土層については、管理基準値を保つことが出来た。

配合例(3M ³ 当り)		
材料	数量	備考
焼結粘土	1500kg	液比重1.35
バグタイト	25kg	粘度40msec

泥水管理基準		
工種	比重	粘度(msec)
砂層	1.30~1.35	30~35
礫層	1.30~1.40	35~40
粘土層	1.20~1.25	25~30

8. 防音設備

発進基地周辺は、第2種住宅地域であり、アパートも多く泥水処理プラントの振動騒音を防止する必要があった。当現場では泥水処理プラント全体を防音パネルで覆い、振動篩等は、別途防振防音装置を取付け万全を期した。これら実施効果で、昼夜連続作業に対する地元の苦情は一切聞かない。

9. 施工実績(①掘進状況について)

当工区は、発進立坑より上流100m、下流700mと、二度の発進とする為、シールド機の再投入及び初期掘進段取り等に時間を要した。砂礫層では、最大掘進量10%を記録している。N値の高い締った土質区間では、推進力マカッターヘッドが、切羽地山に押付けられ、マカッター回転不能となっ

たが対策として、推進速度を遅くした。この間の能力が低下し、殆どの状態であった。尚、大径礫層区間で、二次破碎装置、排泥用スラリーポンプ、一次処理の振動篩等の部品交換頻度と多く、掘削速度が低下した。（掘削実績表参照）

(2) 実施工によるシールド機の各対策と問題点)

a) ドーム型カッター面板への影響

崩壊性の高い砂層に対する外周部からの取込みが充分であり、方向修正もカッター回転方向と推進ジャッキで正確に出来、操向性は良好であった。この要因は、掘削面に沿って、ドーム型面板が滑る為、推進用ジャッキの操作だけで推進方向の修正をすることが出来たとと言える。計画時に懸念された取残し掘削土への乗り上げ、それによる上向き現象の発生もなかった。

b) ディスクカッターの効果

破碎用ディスクカッターの効果は、直接確認することは困難であるが、充分な効果はあったと考えられる。隣接他工区で施工中にRに数個の大径礫が存在した為、掘削中断して取り除いている。同様な土質の当工区でも大径礫の存在は充分考えられたが、大径礫による掘削不能はなく安定した連続掘削にて貫通させることができた。

c) 山留リングの効果

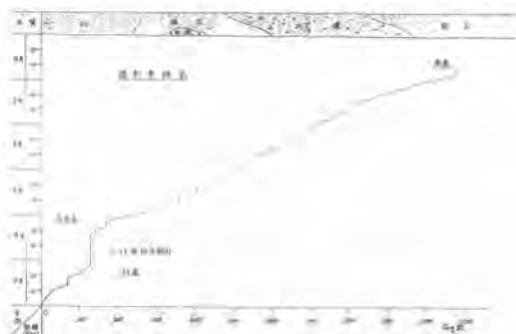
崩壊性地山の掘削においても理論掘削量に相当する掘削量で掘進でき、地山流入現象による掘削面の崩壊や地表面沈下はほとんど起きていない。カッタースリットに取付けた山留リングは、同心円で切羽を分割し、棚構造とすることで、上部の土砂流入現象を防止し、又地下水の移動を泥水圧で止めることで安定した山留効果があったものと考えられる。

d) 地質の変化に対する掘削性

緩い土質に対して、カッター面の押付力とスリット構造の効果により安定した掘削が出来た。しかし、一部締った土質では、掘進が低下した。この原因は、締った地山に破碎用ディスクカッターが食い込み、一部面板が押付けられた掘削用ビットで切削されずカッター面板の摩擦抵抗が大きくなり、カッター回転トルク不足となったものと考えられる。あるいは、円周スリット最外周部が閉塞を起し、取込み不足となり同様な現象が起きたものとも考えられる。この為、推進速度を遅らせ面板押付力を軽減し、掘削した。

10. あとがき

以上、大径礫層掘削の工法として、前面破碎式泥水シールド機、並びに適応後続設備を計画設備し、施工した経緯と実績等について紹介説明したが、今後、更にこれらについて改良が加えられ、より優れた、より安定した工法及び装置等が開発されるものと期待し、この報告が、将来への資料となれば幸と考える。



22. トンネル工事用湿式集じん機 “ハイドロフィルター”の開発

鹿島建設 原田 実・横田 依早 弥
古賀 幹 久

1. はじめに

トンネル工事では、さく孔、発破、ずり出しなど粉じんを発生する要因が多い。とりわけ最近では、NATMのコンクリート吹付けやブーム式掘削機による中硬岩掘削といった施工法の急速な普及により、粉じんが発生する工法がふえて作業環境の悪化に拍車をかけている。こうした粉じんは、視界を悪くして作業性や安全性を損うばかりでなく、人体にも有害でけい肺病の原因となる。

粉じんによる健康障害の防止については、これまでも労働安全衛生規則などで規制されていたが、昭和54年4月「粉じん障害防止規則」が労働省令で制定され、トンネル工事に対しても粉じん対策が義務づけられた。同規則では対策として、発生源の密閉化あるいは湿潤化、換気及び集じん機の設置をあげている。しかしトンネル内では密閉化のための囲い、湿潤化のための使用水量には制限があり、また従来の換気に対応しようとする膨大な風量が必要となる場合が多い。このためトンネル工事においては集じん機を積極的に利用しようという方向にあり、トンネル工事に適合した集じん機の開発が望まれていた。

トンネル工事用集じん機は、小型、高性能及び安全であり、保守が容易で高湿度状態でも使用でき、また低コストであることが求められる。今回紹介する湿式フィルター型集じん機「ハイドロフィルター」はこのような条件を満足することを目標とし、基礎実験の結果をもとに試作・実用化したものである。

本報文は、集じん機の機構、形状・寸法、性能試験結果及びトンネル工事のNATMのコンクリート吹付け粉じんに適用した結果の作業環境の改善の効果を紹介する。

2. 集じん機の機構

湿式フィルター型集じん機の概略構造を図-1に示す。この集じん機は、四角錐型スプレー、ハニカム状のプラスチック製フィルター、波形ミストエリミネータ及び下部の貯水槽から成る。

フィルターには上部からスプレー水が与えられ、一方粉じんを含んだ空気がフィルター下部から垂直に上昇する。このときフィルター中の水はその落下方向と逆向きの空気の流れにより

妨げられて、フィルターは十分に水を含んだ状

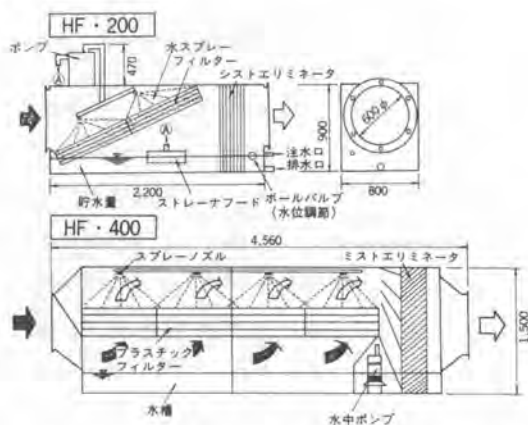


図-1 湿式フィルター集じん機の形状・寸法

態になっている。このフィルター中を粉じんが通過する際、粉じん粒子は水滴あるいは水膜との慣性による衝突、拡散による付着などにより捕集され、下部の貯水槽に落下し沈殿する。貯水槽の上澄水は水中ポンプにより再循環してスプレー水として供給される。また沈殿した粉じん（ヘドロ状）は、1～6カ月に1度ダスト取り出し口から排出する。本集じん機の諸元を表-1に示す。

3. 性能試験の結果

(1) 集じん効率の測定方法

図-2に性能試験の装置を示す。性能試験では、圧力損失、スプレー吐出水量などの測定とともに試験用粉体としてタルクを用い集じん効率の測定を行った。タルクはフィーダにより定量供給されるが、微細な粉じんを発生させるために凝集粒子を圧縮空気のジェット噴流により分散し、粉じん拡散室（ 6 m^3 ）で粒径の大きなものを沈降させた。また集じん機の入口側、出口側にはダクトを設け、そのダクト内で粉じんの測定を行った。粉じん濃度はローボリュームエアサンプラ、粒径分布はカスケードインパクタによって測定した。

(2) 測定結果

集じん機の処理風量と集じん効率の関係を図-3に示す。処理風量 Q を大きくすれば集じん効率 η は良くなり、 $Q=440\text{ m}^3/\text{min}$ のとき $\eta=99\%$ であった。 Q を大きくした場合、フィルターを通過する風速が増すため水滴あるいはフィルター中の水膜に対する粉じん粒子の慣性力が大きくなり、集じん効率が良くなるものと考えられる。さらに風量を $450\text{ m}^3/\text{min}$ 以上に増すと、ミストエリミネータでカバーしきれず水滴が集じん機の出口側から飛散するとともに、集じん効率も低下した。したがって、性能の安

表-1 湿式フィルター集じん機の諸元

項目	単位	HF-200型	HF-400型
処理風量	m^3/min	200	400
圧力損失	mmAq	70	200
循環水量	ℓ/min	40	50
大きさ	高さ mm	1,370	1,500
	長さ mm	2,200	4,560
	幅 mm	800	910
重量	本体 Kg	300	800
	貯水量 Kg	500	800

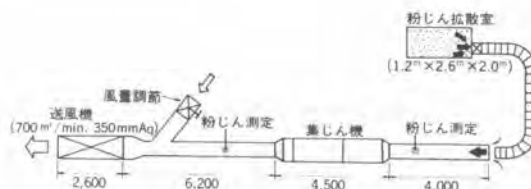


図-2 性能試験の装置概要

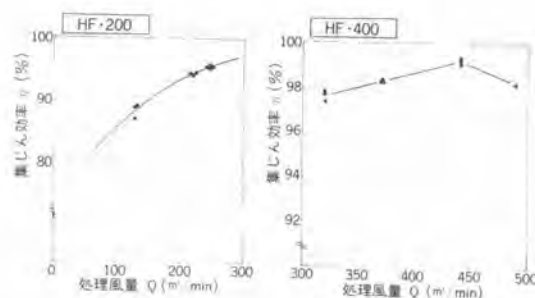


図-3 処理風量と集じん効率の関係

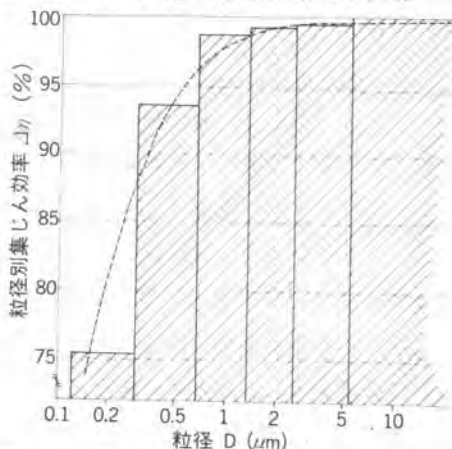


図-4 粉じん粒径別集じん効率 (HF-400)

定性を考慮すれば $400 \text{ m}^3/\text{min}$ が適切な処理風量である。

また、粉じん粒径別の集じん効率 $\Delta\eta$ については、各種の集じん方式による集じん機でも一般に粒径が小さなものほど集じん効率が低下する。本機の場合は図-4に示すように $5 \mu\text{m}$ より大きい粒子では $\Delta\eta = 99\%$ 以上であるのに対して、 $0.3 \mu\text{m}$ より小さい粒子では $\Delta\eta = 75\%$ 以下となった。なお、使用したタルク粉じんの集じん機入口側の平均粒径は $4.4 \mu\text{m}$ であり、出口側では $0.14 \mu\text{m}$ であった。

4. 集じん機の適用方法

集じん機を掘削切羽やNATMの作業周辺で適用する場合の設置方法を図-5に示す。

集じん機による循環処理方法としては、吸出しあるいは吹込み循環方式がある。吸出し方式では、切羽で発生する粉じんを効果的に吸引するために吸出しダクト口を切羽から $3 \sim 4 d$ (d : ダクト径) 以内に設置するが、そのような設置が困難な場合には吹込み方式となる。吹込み方式では粉じんを効果的に拡散し希釈するために吹込みダクトを切羽から $5 De$ (De : トネル径) 以内に設置する。

一方、換気との組合せで適用する場合は送気式と排気式の組合せがある。送気式は、坑外の新鮮空気をダクトを通して切羽で放出するため、切羽には新鮮空気が供給され、汚染空気が坑外に排出される。したがって、送気式との組合せは、切羽後方への粉じん拡散防止に効果的である。このときの集じん機の処理風量 Q_2 は送気量 Q_1 より大きい方がよい。また、排気式では切羽での粉じんの吸引効果が悪いため、一般に局所送気を行うが、切羽後方で粉じん発生量が多く、除じんした空気を切羽に送る場合に適する。

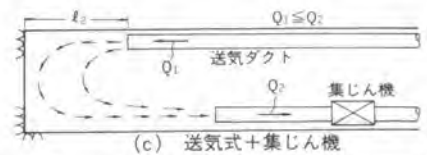
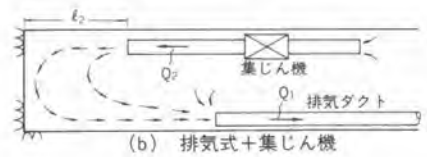
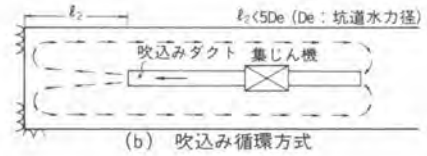
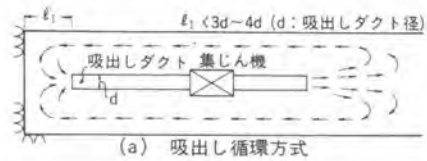


図-5 掘削切羽における集じん機の設置方法

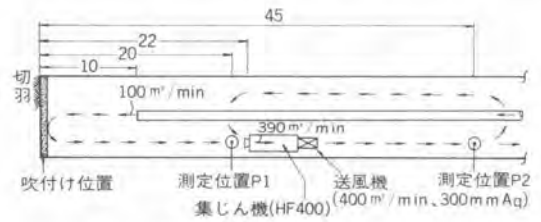


図-6 補助坑における集じん機の設置状況



写真-1 設置状況 (右側: 切羽, NATM工事中)

5. トンネル工事への適用効果

(1) 集じん機の設置状況

恵那山トンネル工事の補助坑では、飯田方坑口から2000m点以奥の300m区間でNATMが採用され、この区間で集じん機が使用された。補助坑は、断面積24m²であり、全断面掘削されている。吹付機械はメナディエGM-76であり、吹付けにロボットが使用されている。吹付け時の粉じんは、主に吹付けノズル及び吹付け面から発生するが、吹付機械の周辺、急結剤の添加作業の周辺からも多少発生する。

集じん機は図-6に示すように、その吸込み口が切羽から20m後方に設置されており、また換気用ダクトの吹出し口が切羽から10m後方にある。各々の風量を測定した結果、換気風量は、100m³/minであるのに対し集じん機の処理風量が390m³/minであった。したがって、集じん機の処理風量のうち、290m³/minは再循環していることになる。

(2) 作業環境の改善効果

集じん機を運転あるいは停止させて、作業環境の粉じん濃度を集じん機の後方に設けたP2点（図-6参照）でハイボリュームエアサンプラ（3紙式重量濃度計）により測定した結果、

a. 運転時： 1.25mg/m³

b. 停止時： 12.20mg/m³

となり、作業環境が1/10の濃度に改善された。なお、吹付け時の粉じん発生量は、集じん機の停止時における粉じん濃度と換気風量の関係から1,200mg/minとなる。

また、図-8は集じん機の運転時における粉じん濃度の経時変化をデジタル粉じん計（光散乱式相対濃度計）によって測定し、重量濃度に換算したものであり、集じん機の出口側における濃度は入口側に比べて約1/10となった。

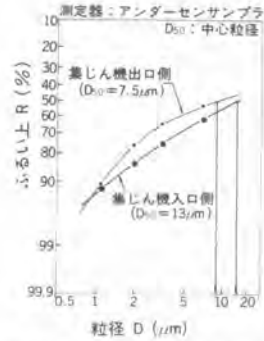


図-7 コンクリート吹付け粉じんの粒径分布

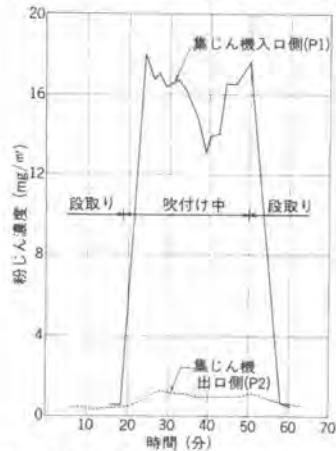


図-8 粉じん濃度の経時変化

6. おわりに

今回、試作機を実際のトンネル工事へ適用する場合、特に問題になったのは小型化についてである。大幅に小型にすると送風機動力（送風圧力）の増大や集じん効率の低下にも大きく関係するため、実現場での適用経験をしたことによって実用機としての見通しがついた。現在、標準化を目標に、トンネル断面積に合せた各種の処理風量による機種についての集じん機の主要諸元を作成中である。

また、集じん機をトンネル工事に適用する場合、換気との組合せが重要であり、模型実験によりこの適切な組合せ及び効果的な粉じんの吸引方法については実験的な研究を行っており、その結果は次の機会に報告する予定である。

23. シールド裏込め連続注入(CPS)工法 および装置

日本国土開発 小岩 則世・渡辺 幹夫
越智 義和

1 まえがき

シールド工事に附帯する裏込め工法について、新しく開発した上記の方法について記す。

シールド機とセグメントの外径差によるテールボイドの発生は、地盤沈下の大きな原因の一つとみられており、その適切な充填が重要視されている。

連続注入工法は形成されるテールボイドの状態を勘案して、地山をできるだけ乱さずに、しかも十分な充填を行えるように構成されていて、装置は半自動運転されるようになっている。

施工結果からみると、地表面沈下量はかなり改善され相応の成果が得られたものと考えられる。さらに施工性の面も改善され裏込め注入工全体としての工事費が、従来の方法と比べて遜色のない域に達することができた。

2 システム

シールド機が推進すると、テールシールド部には負圧の空隙が生じ周囲の地山を呼び込み易い状態となっている。裏込め充填を十分に行うためには、ボイド発生に遅れることなく連続的に裏込め材を送り込むことが必須の条件である。このときボイドを構成する地山の境界層は脆弱か、性状が不均一と想定されるので、高い圧力での注入は極力避けねばならないことである。

注入された裏込め材が確実にボイド部に吐出され、かつ流動性が良く全般にゆき渡ることも大切なことであり、一度充填された裏込め材はゲル化するまで逸散しないことも必要である。

図-1に概要を示した。裏込め材原料のうち現地発生土はブラインドシールド機の隔壁部分から採取し、その他のセメント、けい酸ソーダ、洩れ防止材、水は外部から補給する。地山からの採取土は直ちに粉砕機にかけられ、固有の粘性土強度を破壊しながら加水してスラリーとする。これを連続ミキサでセメントと混合し、ソイルモルタルとしてモルタルタンクに貯留する。このとき必要に応じて発泡スチロールボールを混合させることができる。ソイルモルタルは2台のモルタルポンプによつて、吐出口としての注入機へパイプ圧送される。

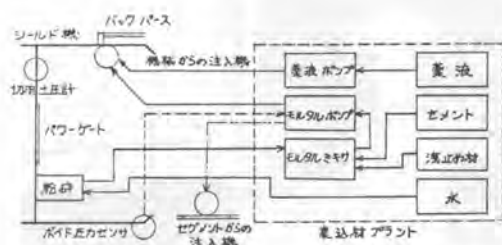
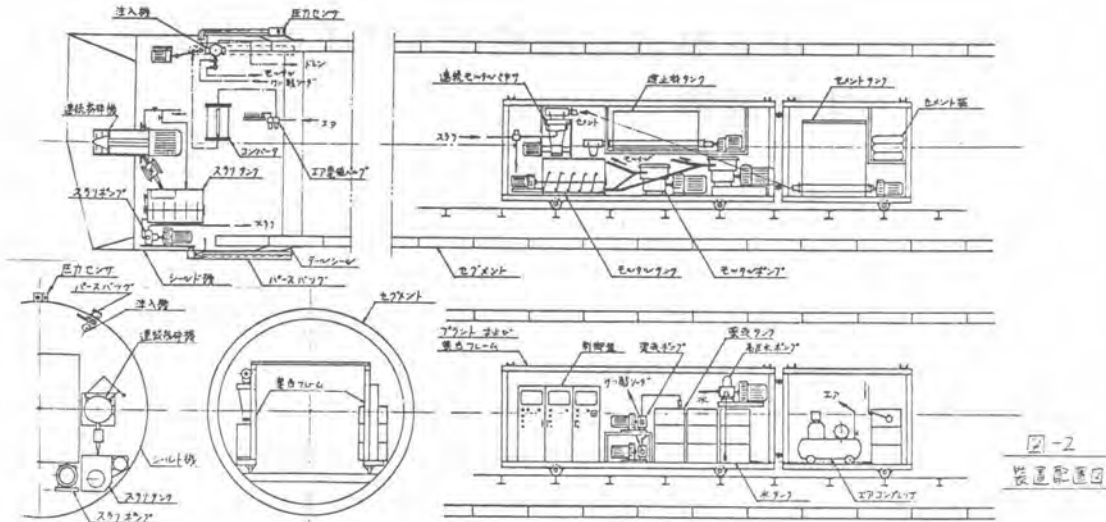


図-1 フロー・アロク図

注入機は2種類あり、シールド機体に取り付けるタイプとセグメントのグラウトホールに接続するものである。シールド機取付注入機から吐出された裏込め材はモルタル通路を経由し、ボイド直上に誘導される。けい酸ソーダは原液を注入機までパイプ圧送し機外に出る直前に噴射攪拌されるようになっている。この工程は全て継続して運転されるようになっており、モルタルの貯留時間を短縮してモルタルが凝固することなく圧送できる。



3. 装置の説明

全体として連続注入の目的を果すため、各構成機器は図-2に示す配置となつている。大別して2ヶ所に集約されており、その一つはシールド機に取付けられる部分であり、ほかはシールド機後方約1.5mの位置にある。前部に收容される主なものは、粘土粉砕機、粘土スラリータンク、スラリーポンプの粘土スラリー製造および送出部分がシールド機下部にあり、ボイド圧検出センサ、モルタル注入機、パースバック関係部分がスキムプレートの内外に取付けられている。

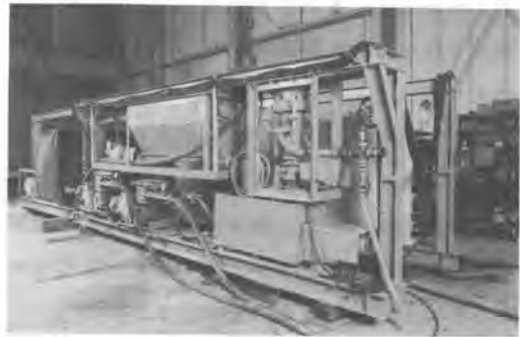
後部のプラントは、2つの巾の狭い集合フレームにまとめられ、土砂搬出用トロレールを狭んで左右に向き合せて配置している。この中にはモルタル製造部とモルタルポンプおよび原料タンクと運転操作盤、けい酸ソーダ送出ポンプ等がおかれている。

前部シールド機取付部と後部プラントとは数本のパイプと電装コードで結ばれており運転操作はプラントの制御盤で行えるようになってゐる。

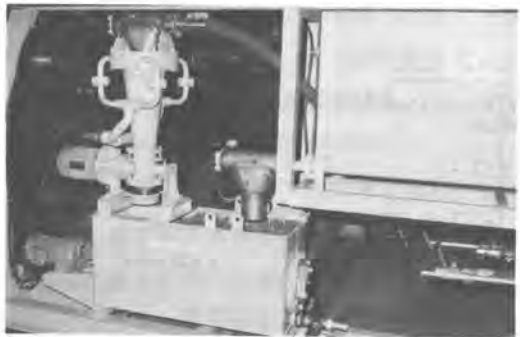
シールド機の注入機吐出口は横断図から、みられるように左右15°の2ヶ所、シールド機長さ方向ではテールシールから2.5mの位置に開口している。パースバックは吐出口を覆うように配置され、約30cm前方のアンカに取付けられている。

ボイド圧検出センサは中央上部テールシール直上に受圧面をおき、指示計は上下限圧設定器もち制御盤内に組込まれている。

パースバックは収縮するチューブと屋根形の保



写-1 プラント全景



写-2 モルタル連続ミキサ

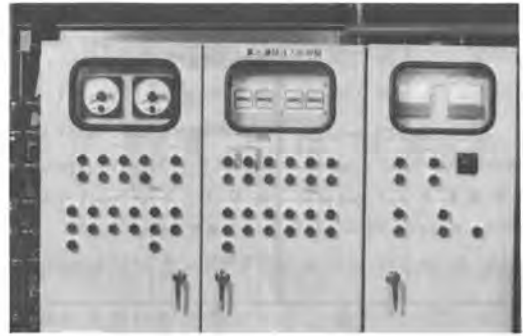
護板とから構成され、裏込材が吐出していないときモルタル通路が周囲の地山によつて押し潰されないようになっている。

コンバータはパースバッグを膨張収縮する作動水を圧送および戻し入れを行うもので空気圧で作動する。

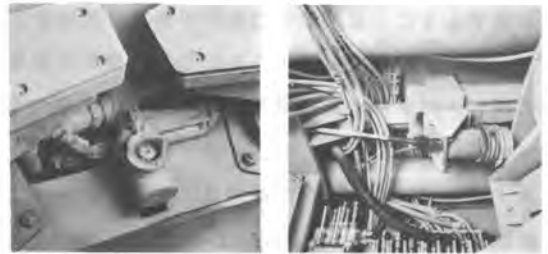
粉砕機はシールド機の中段右側の最前部に採土口が開いている。粉砕部は4翼ロータ2段と附属の翼車2段が同軸に取付けられており、モータ軸と直結している。高圧水は粉砕部と送出部に噴出され、あらかじめ設定された水量を加えて所要のスラリが製造され、下に配置した泥水スラリタンクに落トさせる。

泥水スラリタンクに接続されている泥水スラリポンプはモルタルミキサの需要に応じて適時に、定量圧送するようになっている。

プラント部にあるミキサの構造は、上部にロート状のスラリ誘導部とその上部中央に、セメント



写一三 制御盤



写一四 注入機



写一五 パースバッグと圧力センサ部

注入方式	連続、低圧、ボイド内圧とリンク
注入量	最大 70ℓ/mm
注入箇所	シールド機体、またはセグメント
裏込材配合	無段階設定
制御	半自動
材料補給	粘土スラリ：現地採取、セメント 添加材、薬液：搬入
附属設備	瞬結材注入装置
寸法	プラント 巾450×高1,980×長8,650×台2 その他機内組付部
重量	3,770kg
電源	200V 2.5線

図一三 OPS 主仕様

受入部があり、ロート下部には4翼2段の攪拌ロータが縦軸にとりつけられモータ駆動されている連続的に製造されたモルタルは、下のモルタルタンクを径由して2台のスクイーズ式モルタルポンプに送られ、さらに注入機へと送られる。タンク内では発泡スチロールボールを混合させることができる。

注入機はモルタルを機外に吐出させるもので、モルタルホースの接続部に開閉バルブをもち、さらにけい酸ソーダ噴射バルブを内蔵している。機内には少しの裏込材の淀み箇所が残るので攪拌機が組込まれており、モータ駆動されて注入経路の閉塞を防止している。

正規の運転状況においては、制御部の全運転ボタンを押すことにより、各機器は設定された範囲内で作動を継続する。但し洩れ止め材とけい酸ソーダの添加工程は独立操作系となっており、状況に応じて任意運転を行う。

粒 砂 分	120 ~ 130%	単位体積重量 γ_s	1,597 ~ 1,671 t/m ³
度 シルト分	60.0 ~ 70.0%	間 隙 率 e	1.669 ~ 2.057
性 粘 土 分	17.0 ~ 20.0%	一軸圧縮強度 p_u	4.99 ~ 6.82 t/m ²
液性限界含水比 w_L	36.5 ~ 42.6%	変形係数 E_{50}	320 ~ 596 t/m ²
塑性指数 IP	16.6 ~ 19.9%	粘着力 c	2.25 ~ 2.40 t/m ²
土粒子の比重 G_s	2.751 ~ 2.773	せん断抵抗角 ϕ	2.0 ~ 3.0°
含水比 w	60.9 ~ 78.1%	液性指数 IL	14.6 ~ 27.4%

図-4 土質状況

C : kg	150	スラリー比重	1.3
S : kg	450	単位体積重量	1.41
W : kg	780	テーブルフロー(m)	1.9
硫酸ソーダ: kg	150	σ_1 : kg/cm ²	0.7
残止材: 体積%	5	σ_3 : #	2.2
W/C: ×100%	52.5	σ_7 : #	4.3
W/CtS: ×100%	13.0	σ_{28} : #	9.2

図-5 実施配合と裏込材性状

4 施工と実績

工事内容は道路下、土被り約7.5mに下水道を築造するもので掘削外径は4.3~4.6mであり、坑道中心は、ほぼ直線である。施工地盤は沖積層に属し、対象部は貝殻混りシルト質粘土となつていてN値は0である。図-4の土質状態からシールド機はブライント型が採用されており、極めて順調に施工された。

この工事は前期、後期の2つがあり、延長それぞれ約600mの掘削区間であつた。前期において連続注入装置の試用を経て、一部改造を加え後期工事に供用したものである。

図-5に裏込材の性状を示し、図-6に沈下のカーブを示した。この図はシールド機推進軸上に設定した基準点を計測したものであり、沈下量とシールド機先端部位置との関係を示す。カーブ①②は連続注入工法でけい酸ソーダを使用した場合を示し、③④は同じ方法でけい酸ソーダを使用しないケースを描いている。さらに⑤⑥は従来通りの裏込方式即ちシールド機掘進後、数リング後方セグメントからの注入の場合を表わしている。連続注入のケースが全体として優つていることがわかる。

特にシールド機先端附近のカーブ勾配がやや急になる部分即ち一次沈下が従来工法では大きいのが、連続注入工法では大巾に改善され、明瞭な区切りが付き難くなつていのが特徴的である。

図-7にはシールド工事1セグメントリング施工の裏込注入関係作業のサイクルを示した。

5 あとがき

シールド工事で採取後捨土される現地発生土を活用、構造材料として実用できることは有意義であつた。裏込め注入作業がシールド機掘進サイクルとの組合せによつて、裏込め施工の経済性は装置償却費の割高さにもかかわらず、従来方法と似たものと算出されている。

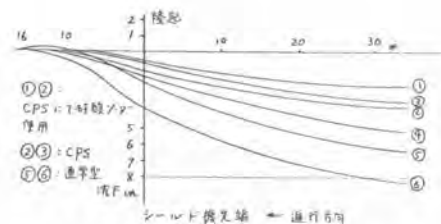


図-6 地表自沈下量とシールド機位置との関係

リングの作業サイクル	10	20	30	40	50	60	70
シールド機関係作業	掘進	掘進	掘進	セグメント組立			計測 掘進準備
裏込注入装置関係作業	正入	注入	注人	材料供給 点検 整備	休 止		注入 掘進準備

図-7 シールド機とCPSの作業サイクル

24. エアバルブシュート工法の開発

竹中工務店 青柳 隼夫・山田 弘道
中西 一吉

1. まえがき

近年、建設工事の大型化に伴ない大規模構造物の地下部分は大量のコンクリートが打設される傾向にある。このような場合、水和熱によるコンクリートのヒビ割れが問題となり、低スランプコンクリートの打設要求が強まっている。現状での打設方法はコンクリートポンプ車が多く使用されているが打設落差が大きい場合にはコンクリートの分離および低スランプコンクリートを圧送しにくい等の問題点がある。このような背景から、垂直打設についてコンクリートの自重を利用し、かつ落下によるコンクリートの分離を防ぐエアバルブシュート工法（A V工法）を開発した。

本報告は、A V工法の概要ならびに実施例について述べたものである。

2. A V工法の概要

2.1 工法の特徴

- ① コンクリートを分離することなく打設できる。
- ② 低スランプコンクリートの打設が可能である。
- ③ シュートの打設能力は $130\text{ m}^3/\text{h}$ 程度である。
- ④ シュートはユニット化され、組立・設置・解体が容易であり、打設深さに合ったシュートの組合せが可能である。
- ⑤ シュート下端に旋回シュートを装着すると打設範囲は半径 8 m 位（深さ 25 m ）である。
- ⑥ 使用機器はバルブを加圧するためのペーコンプレッサー（ $0.1\text{ m}^3/\text{min}$ 程度）だけである。
- ⑦ 打設コストは工事規模等により異なるが、従来のポンプ工法より安価である。

2.2 打設原理

A V工法の打設原理を図-1に示す。

フレキシブルホースをバルブ加圧により閉じ、コンクリートを投入するとバルブ上部に滞留する。（①～②）

バルブ内圧（P）と滞留高さ（H）が釣り合うまで滞留し、さらにコンクリートを投入するとコンクリートの自重によりバルブを押し拡げて流下する。（③～④）

この③～④の過程を繰返し、コン

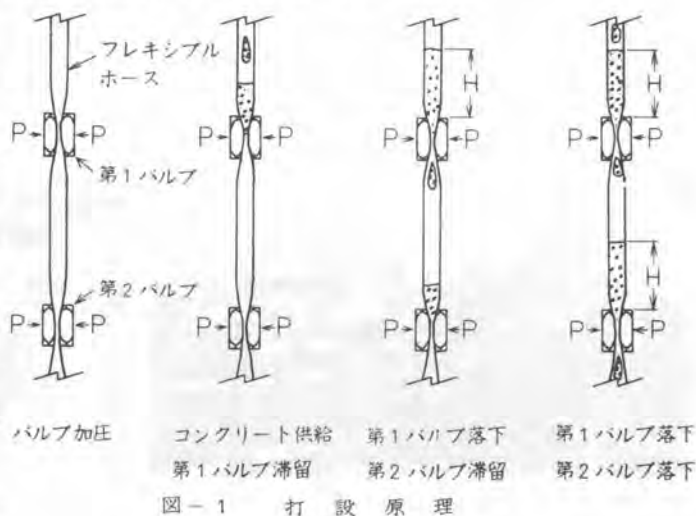


図-1 打設原理

グリートをバルブ上部に滞留させ、コンクリートの流下高さを制限することにより分離を防ぎ下方へ搬送する。

2.3 シュートの構成

シュートの概要を図-2、写-1に示す。

① 投入ホッパー

② シュート本体

バルブを装着した天然ゴム系の内径200mmのバルブホースとスパイラル鋼管とからなる。バルブには図-3に示すように2分割の鋼製ケーシング内に4つのエアチューブが配設されている。また、バルブは6~8m間隔に配置する。

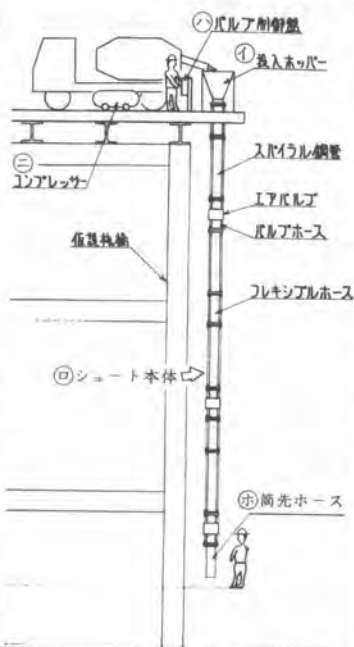


図-2 シュート概要



写-1 シュート概要

⑫ バルブ制御盤

バルブ内圧を遠隔で設定圧に制御する。また、閉塞時にはレバー操作で強制排気を行ない閉塞を解除する。

⑬ コンプレッサー

⑭ 筒先ホース

軟質塩ビ系フレキホースまたは旋回可能な斜めシュートを必要に応じて接続する。

シュートの設置方法は現場の状況に応じて、

① 仮設鉄橋のハネ出し架台に設置する。(写-2)

② 仮設鉄橋の覆工板を外し設置する。(写-3)

③ 躯体開口部に設置する。等がある。

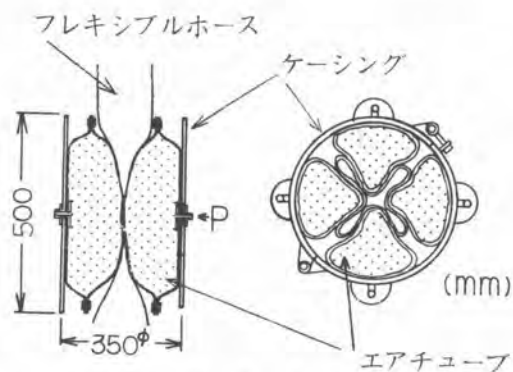


図-3 バルブ概要



写-2 ハネ出し架台に設置



写-3 鉄橋上に設置

3. AV工法の施工実績

AV工法によるコンクリートの運搬、打設の実績は表-1に示す5現場約12,000 m^3 である。

3.1 打設方法

打設方法を大別すると次の2方法がある。

① AVシュートの筒先に旋

回可能な斜めのシュートを接続し、直接打設部位へコンクリートを流し込む。(図-4, 5)

② 垂直運搬にAVシュートを用い、下部での水平運搬にはコンクリートポンプで打設箇所へ圧送する。(図-6)

表-1 打設実績

	工事内容	打設部位	打設量 (m^3)	打設落差 (m)	打設方法
A	建築工事	耐圧版他	2,900	2.6	AV横引き
B	建築工事	耐圧版	200	1.6	AV横引き
C	駅舎工事	後打躯体	1,800	2.4	AV+ポンプ車
D	建築工事	躯体	350	1.6	AV+旋回シュート
E	下水道工事	耐圧版他	7,000	3.1	AV+ポンプ車

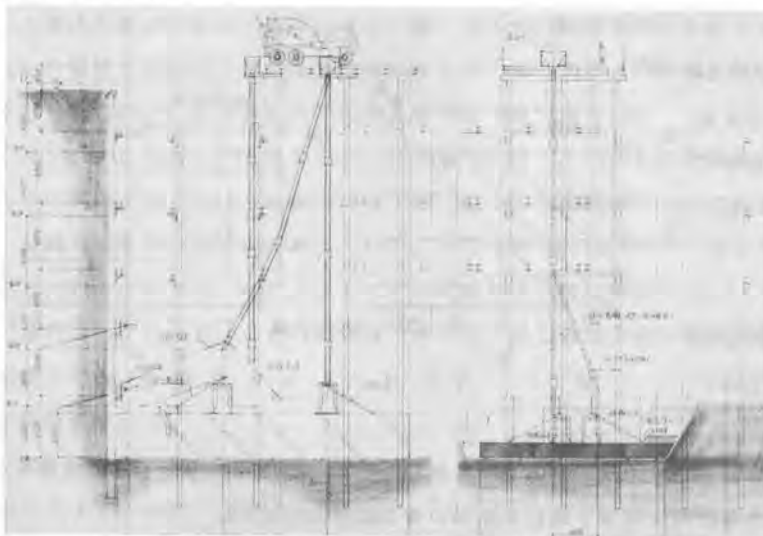


図-4 A作業所

図-5 A作業所

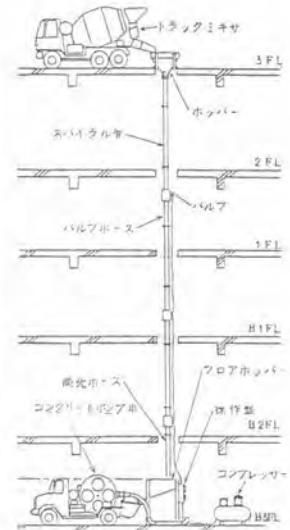


図-6 C作業所

3.2 打設能率

AVシュート自体の打設能力は図-7に示すように132~140 m^3/h であるが、現場における打設能率は施工条件により異なる。そこでコンクリート打設作業時間を表-2に分類し、各打設能率を求めて図-8に示す。

ポンプ車併用(C, E)の実打設能率はポンプ能力の約6割であった。

直打設(A, B)では単位面積当りの打設量が多い程打設能率は高い。

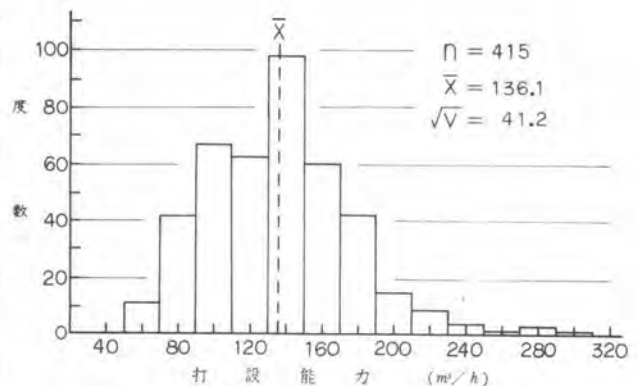


図-7 シュートの打設能力

表-2 作業時間と打設能率

総打設作業時間(B)	実打設(B ₁)	CON投入, 筒先盛替え ミキサー車誘導
	実打設関連(B ₂)	バルブ調整, 水洗片付
	整備・修理(B ₃)	日常整備, 故障修理
	休 止(B ₄)	休憩, 待機
打設能率	実打設能率	打設量/実打設時間(B ₁)
	総打設能率	打設量/総打設時間(B)

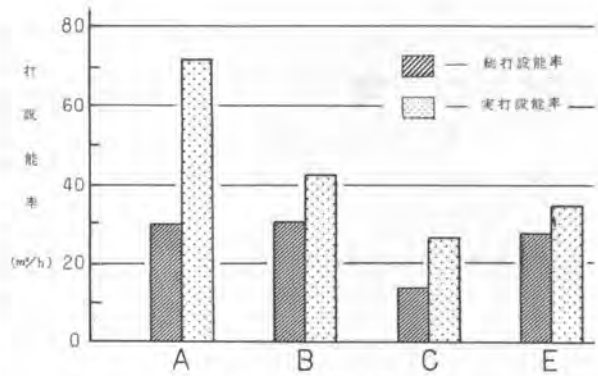


図-8 打設能率

3.3 コンクリート品質

トラックミキサからの荷卸し時とAVシュート筒先でのコンクリート品質の変化を図-9に示す。スランプの変化は0.4~1.0cm、空気量の変化は-0.2~-0.6%の範囲であり、JASS5を満足している。

4. むすび

以上、地下コンクリート打設を目的としたエアバルブシュート工法(AV工法)について述べた。

本工法は、原理確認, 基礎実験, 多くの現場実験を積み重ねて今日に致っているが, まだ改善すべき点も多く残されており今後さらに研究開発を進め本工法の普及に努力したい。

おわりに、今回の発表に致るまで多大な御協力を戴いた関係者の方々に感謝の意を表します。

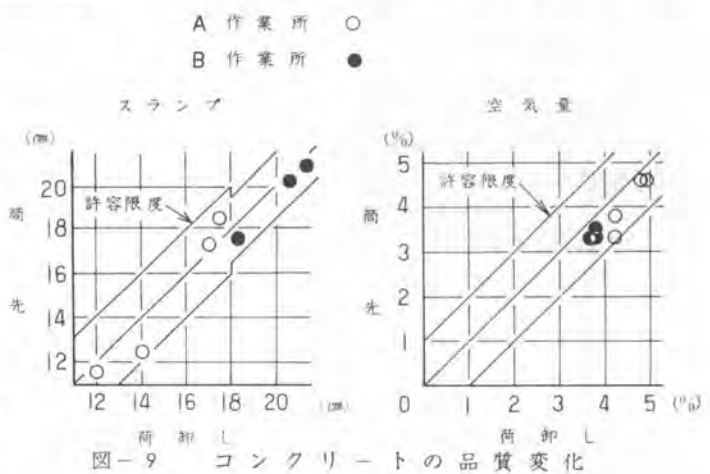
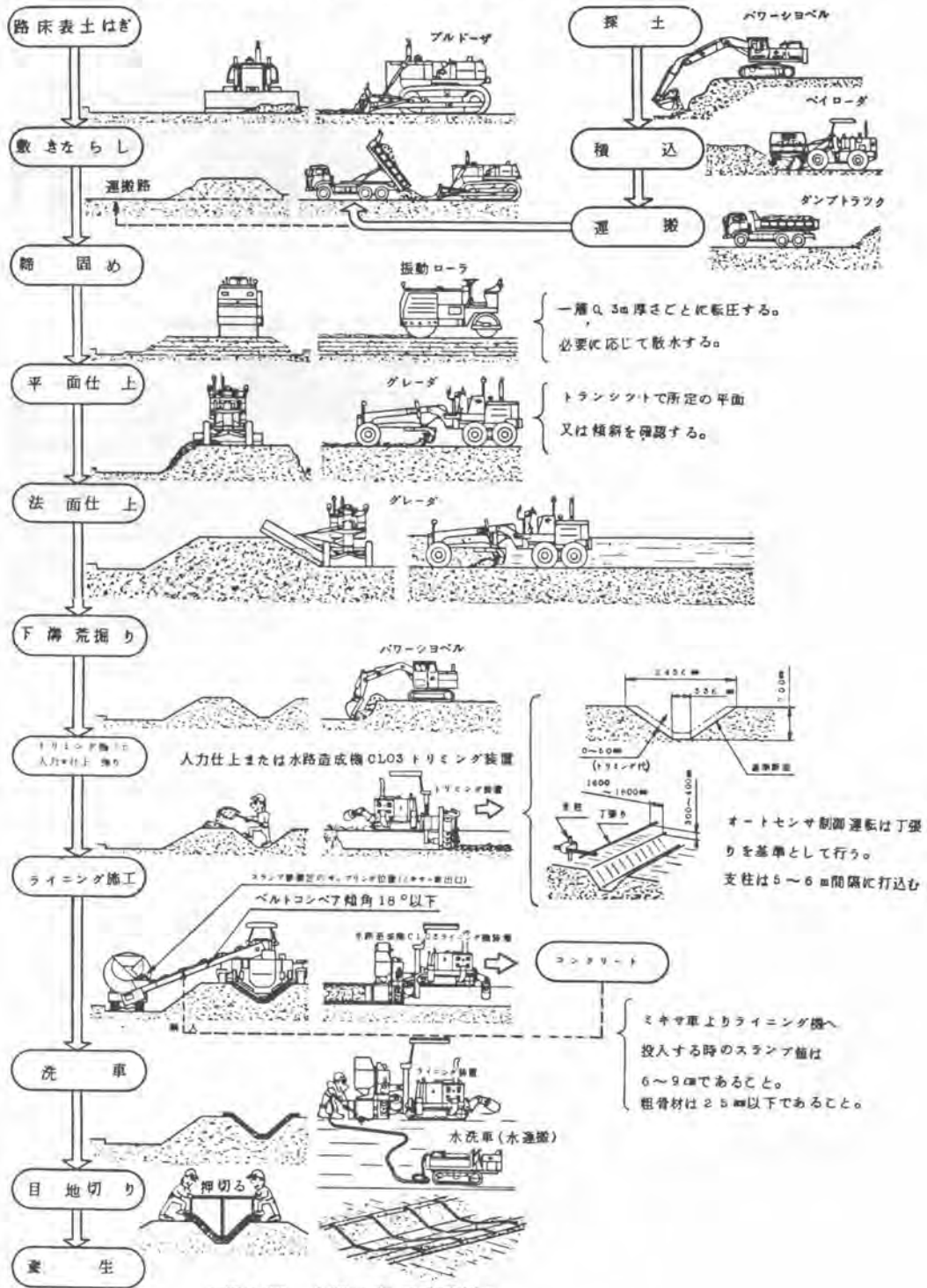


図-9 コンクリートの品質変化

4. 水路の施工手順

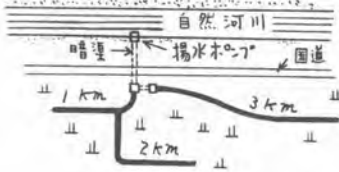
C L O 3 水路造成機を投入した場合の施工手順を第 3 図に示す。



5. CLO3 施工例

第4図は水田灌溉のためCLO3によりトリミング仕上げした後、コンクリートライニング施工した水路配置図を示す。この水路は自然河川より

〔第4図 CLO3 施工水路例〕



電動揚水ポンプでポンプアップした水を水路へ導き 稲作に供するためのもので総延長6 kmで480 haの水田を灌溉する。

マンシングの計算式によるこの水路の通水量は第2表〔第2表 勾配と通水量〕

水路勾配	通水量 m^3/sec
$\frac{1}{1000}$	0.534
$\frac{1}{2000}$	0.379
$\frac{1}{3000}$	0.310
$\frac{1}{4000}$	0.273
$\frac{1}{5000}$	0.241

に示すごとくであるが本施工例水路では $1/3000 \sim 1/4000$ の勾配を採用している。

〔第5図 水路施工中のCLO3〕



〔第6図 施工後の水路〕



6. あとがき

以上CLO3コンクリート水路造成機についてその概略を説明した。本機は開発以来日も浅く施工実績も少ないが 施工の省力化 工期の短縮という面ではユーザの要望に十分応じられる機械であると確信している。一般にコンクリート処理機械はアスファルト関連機械等と比較すると研究の遅れている分野と言われ未知の部分も多いが 今後さらに施工実績を重ね ユーザおよび関係各位からご指導とご協力を得たうえで品質の向上を計っていきたいと考えている。

26. RCD工法における振動目地切機

大林組 中川 明

1. まえがき

こゝで紹介する振動目地切機は、建設省中国地方建設局島地川ダム工事事務所におけるRCDコンフリートによるダム合理化施工において、コンフリート打設後、振動ローラにより悪圧締固めを行い、その後また固まらないコンフリートに横断目地を施工するために開発された機械である。以下はその開発の経過と現在迄の使用実績を披瀝するわけである。

2. 島地川ダムの概要

島地川ダムは山口県のはるか中央部を流し、瀬戸内海へ流入する佐波川の支川、島地川の上流部に建設者により建設される多目的ダムで、洪水調節、流入の正常な機能の維持および都市水道(水道・工業用水道等)の供給を目的とし、山口県新南陽市大字高瀬に位置している。

ダムおよび貯水池の諸元は第1表のとおりである。

第1表 ダムおよび貯水池の諸元

型 式	重力式コンクリートダム	集水面積	32.0 km ²
高 さ	90.0 m	湛水面積	0.83 km ²
長 さ	240.0 m	総貯水容量	20,600,000 m ³
堤体積	300,000 m ³	有効貯水容量	19,600,000 m ³

3 RCD工法(Roller Compacted Dam Concrete)

RCD工法とは、従来の内部振動機によってコンフリートを締め固めるのではなく、超硬練りのコンフリートを振動ローラによって締め固めるレーザシステムのコンフリート打設工法をいう。島地川ダムにおいては、堤体の上流部3m、下流部2mおよび岩着部を除いた内部コンフリートをレーザシステムでまき出し、コンフリートの打設は1リフトの厚さを50~70cmの薄層まき出し施工を行った。なお、この内部コンフリートは骨材の最大粒径(80mm)、S/A(34%)、フライアッシュセメント(120kg/m³)、水(105kg/m³)、スランブ(0)、の超硬練り、貧配合のいわゆるリーコンフリートである。

この施工についてのコンフリートフローは次のとおりである。

R.C.D工法によるダムコンクリートの打設順序



4. 振動目地切機の概要および構造

前述のとおり、島地川ダムにおいては、内部コンフリート打設がレーザシステムであるがため、従来のブロッツシステムとは違って、上下流方向に空枠以外の箇所にも横断目地が必要と becoming。

この施工にあたって開発されたのが当該機械である。

開発にあたっては、建設省中国地方建設局島地川ダム施工における特記仕様書の諸元(第2表)の

諸条件を基本とし、大林組と小松製作所が共同で、よりコンパクトで作業能率を良くし、施工性等を検討し入で設計に入った。また、ベースマシンについては汎用性のあるもので、目地切機のアタッチメントを取外し他は他の工種においても使用出来るものとした。しかし、島地川ダムにおける前後機械が13.5tを吊るケーブルブレイクであるため、重量的な制約があり、運搬整備重量を13t未満という条件も設計時に考慮した。

表2 特記仕様書における振動目地切機の諸元

型式	自走型 振動圧入式
全機重量	13t以下
振動数	1,600 Vpm以上
切断径	750mm

試作機が出来上がった時点で、次に述べる試験方法で、起振力、ブレードの振幅等のテスト。そして、大林組東京機工場におけるコンクリートの目地切りの実験施工等を繰返し実施して、特記仕様書の諸条件以上のものと判断し、使用実用化に至ったのである。

本機は、小松製作所の油圧パワーショベル2-HTをベースマシンとし、目地切機本体のアタッチメントを装着し、ベースマシンの油圧源を利用して全油圧駆動により作動する。

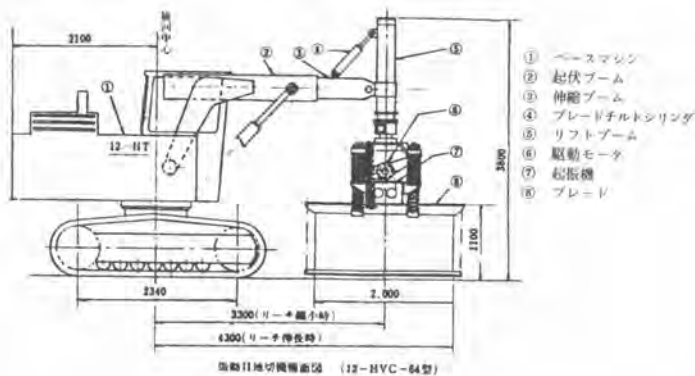
主ブーム(起伏ができ、且つ伸縮可能)の先端にはテレスコープ型のリフトブームを装着し、ブレードを上下させ、押し込むようになっている。このブレード(中2,000mm×高さ1,100mm×厚16mm)の上部には油圧駆動の振動機を設け、ブレードに振動を与え、リフトブーム内の油圧シリンダの押し込みでコンクリートの中にブレードを圧入する構造とした。なお、現場の作業性を考え、ブレードは180度旋回可能とし、垂直性の調整にはチルトシリンダを設け、リフトブームは伸縮可能とした。

5 仕様

仕様については表3、側面図については次に示すとおりである。

表3 振動目地切機仕様

名称/型式	12-HVC-振動目地切機
形 式	パワーショベル用アタッチメント
最大回転速度	11,500rpm
1分間重量	1,800kg
(作業機重量)	2,500kg
エンジン出力	90PS
最大回転力	1,700kg
全 幅	2,600mm
全 高	2,300mm
性 能	
材料強度	117kg
制動距離	18m
走行速度	10-2.5km/h
最大出力	25kW
最大圧	6.4kg/cm ²
配 力	6,400kg
振 動	1,600Vpm
切 込	9.5m
切 込	2,000mm
振 動	600mm
アタッチメント	3,000kg以上
作業環境	
作業半径(アタッチメント無し)	1,300mm(アタッチメント中心)
(アタッチメント有り)	4,300mm
作業半径(アタッチメント無し)	1,300mm(アタッチメント中心)
(アタッチメント有り)	4,300mm
アタッチメント重量	190kg
アタッチメント	900mm



6 試験方法および測定結果

試験については、次に述べる各種のテストを行い、その測定結果によって振動目地切機の性能の良否を判定し、今後の使用時における参考資料とした。

6-1 起振力およびブレードの振幅の試験方法

小松製作所サービス開発センターにて次に示す試験を実施した。

ベースマシンの油圧モーターより駆動し、ロードセル（共和電業製、LU-10TE型）の読みを記録した。また、ブレードの振幅の試験を併せて行い測定した。器具はポテンションメータ（緩測器研究所製、LP-100F型）を使用した。

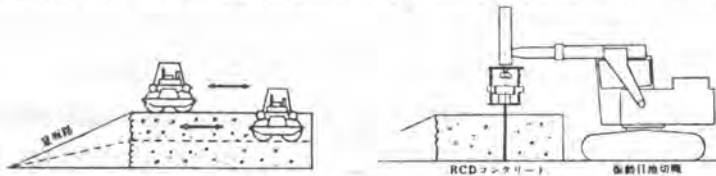
- 試験
- 起振力 — a. 装置重量のみの場合
 - b. シリンダ押込力を加えた場合
 - 振幅 — a. ブレード吊り上げの場合
 - b. ブレードを押し付けた場合

項目	条件	
	シリンダ加圧なし	シリンダ加圧
起振機回転数 rpm	1,870	1,860
起振力	上げ kg	7,200
	下げ kg	10,500

項目	条件	
	ブレード吊り上げ時	ブレード押し付け時
シリンダ推力 kg	0	1,980
起振機回転数 rpm	1,850	8,600
振幅 mm	6.5	3.0

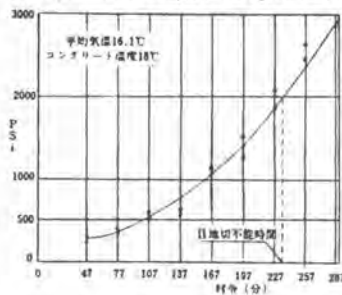
6-2 目地切り実験施工

前記試験を繰返して実施し、初期の能力が達成し、振動目地切機の試作機が出来上り、現場と同等のRCDコンクリートの示方配合に基づきコンクリートを混練し、目地切りの実験施工に入った。実験の概要は、振動目地切機の切歯能力、施工性等の把握を目的としたものである。

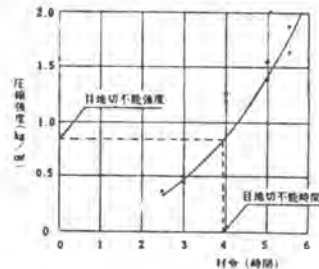


- 試験
- プロクター貫入抵抗試験
 - 圧縮強度の時間変化測定（コンクリートの初期状態における圧縮強度）
 - 目地切り時間の計測
 - 振動目地切機の能力

プロクター貫入試験と振動目地切機



圧縮強度と振動目地切機



振動目地切機の能力

試験時間	油圧 ブレード上下 シリンダ圧力 kg/cm²	エンジン 回転数 rpm	振動数 [起振機] VPM	起振力 [起振機] kg	ブレード押し 込力 kg	目地切 位置 時間 mm/sec	経過時間 [一層目転圧] min	目地切 場所	備考	
11:10										
	一層目転圧終了時									
12:20	40-70 平均55	2520	1812	6820	2595-3415 平均3020	700/165	130	1		
12:45	50-76 = 60	2470	1782	6590	2845-3445 平均3145	700/87	155	3		
14:15	50-60 = 55	2500	1818	6890	2445-3145 平均2795	700/153	185	5		
14:25	50-60 = 55	2500	1800	6740	2445-3145 平均2795	570/204	195	2	一層目切断不可	
14:45	50-70 = 60	2500	1770	6520	2445-3145 平均2795	450/270	215	7	*	
15:15	50-70 = 60	2500	1782	6590	2645-3445 平均3045	550/190	245	4	*	
15:45	50-60 = 55	2500	1800	6740	2445-3145 平均2795	450/184	275	6	*	

6-3 考察

振動目地切機の能力については、振動数、起振力およびブレード押込力等、コンフリート切断時における能力は、公称能力以上に出ており、切断可能な時、切断不可能な時も共に大きなバラツキは見られなかった。また、施工性については、主ブーム内に伸縮ブームが併設されているため、ブレードが前後方向に1,000 mmの調整が可能であり、目地切り方式もブレードおよびブームが全回転が可能であるため、跨溝、側溝両方式が出来るようになっており、全般的にコンパクトにまとめられる機械である。

7 稼働実績

前述の実験により確信を得たので、昭和53年9月13日より島地川ダムにおいて稼働に入った。島地川ダムの横目地は、ダム軸に対し直角に位置し、各ジョイント(J2~J16)毎に入れるようになっていた。

目地切り方法は、内部コンフリートをブルドーザ(わ-53A)にて所定の層厚に敷出し、その後振動ローラ(8号、起振力32t)により敷圧される前に、目地の切断作業に入る。振動目地切機は、目地線に対し、状況に応じて平行あるいは対向に位置し、目地材0.27mm厚の亜鉛引鋼板の先端を折り曲げ込みものをブレードに添えて振動圧入する。なお、当初の目地切り方法は、振動ローラにて所定の回数と方法で敷圧された後に目地の切断作業を行っていた。

振動目地切機の稼働実績については次のとおりである。(昭和53年9月~昭和55年4月)

項目	目地厚	目地幅	目地長	目地体積	目地重量	目地率	目地数	稼働日数	稼働時間
1号機	130 ^{mm}	666 ^{mm}	2108 ^m	2930 ^{m³}	90 ^t	5.925%	112	298日	全日数708
2号機	69 ^{mm}	350 ^{mm}	1081 ^m	2475 ^{m³}	109 ^t	4.085%	85	155日	* 478日
計	200 ^{mm}	1,016 ^{mm}	3,189 ^m	5,405 ^{m³}	200 ^t	10.010%	197	453日	* 1186日

1回のコンフリートのまき出しは約200^{m²}で、目地切作業は1回当たり、15~20分で終了し、拘束時間が長時間にわたったので、稼働率が低かった。

延目地切り長さとは箇所当たりの目地切り長さについては下記のとおりである。

$$\left. \begin{array}{l} \text{延目地切り長さ } 500\text{mm厚} = 21.655\text{m} \\ \text{700mm厚} = 9.651\text{m} \end{array} \right\} 31.306\text{m}$$

$$31.306\text{m} \div 1,016\text{mm} = 30.8\text{m/H}$$

この実績についての数値は、今後の目地深さ、作業段取り等の改善により、50^{m²}/Hまでの向上が可能と判断している。

8 あとがき

以上、振動目地切機についての概要を述べたが、内部コンフリートは昭和55年4月28日を以て打設を終了しました。現場における本機の稼働中は機構的なトラブルもなく、無事竣工を果したのであります。今後は、より以上の効果を上げ、機械の適応性を充分にいかし、稼働率を向上させるよう向一層の努力をしています。終りに本機用途にあたり、ご指導、ご協力いただいた多くの関係諸氏に感謝いたします。

27. 新しい解体機による新しい解体工法の兆し

渡辺機械工業 大田 登志一

1. まえがき

コンクリート構造物の解体に於ける公害対策機は、今日迄数多く生みだされて来ているが、今後の解体を支えていく解体機、又、解体工法の方角を普及型という観点から、とらえてみたい。

2. 発端

建設機械の騒音や振動が、巷間とりざたされ出したのは、何時だったであろうか。つい最近迄、使用されていたスチールボールやエアブレーカーが騒音や振動の源として都市の解体から姿を消したのは何時であったらうか。そして、それらに変わる解体機械は登場したのであろうか。

昭和43年に騒音規制法が、それより遅れる年、8年、昭和51年に世界で唯一の振動規制法が制定され都市の解体に大きな変革をもたらす事となった。

特定建設作業の規制に関する基準(騒音規制法関係)

特定建設作業の種類	騒音の大きさ	作業ができない時間		1日当りの作業時間		同一場所における作業時間		日曜休日作業
		1号区域	2号区域	1号区域	2号区域	1号区域	2号区域	
1. くい打機若しを使用する作業	85ホンを超えないこと	午後7時 午後9時	午後10時	10時間を超えないこと	14時間を超えないこと	連続6日を超えないこと		禁止
2. さく岩機を使用する作業	75ホンを超えないこと	午後9時 午前6時	午前6時	10時間を超えないこと	14時間を超えないこと	連続6日を超えないこと		禁止

特定建設作業の規制に関する基準(振動規制法関係)

振動の大きさ	作業が出来ない時間		1日当りの作業時間		同一場所における作業時間	日曜休日作業
	1号区域	2号区域	1号区域	2号区域		
75dBを超えないこと	午後7時 午前7時	午後10時 午前6時	10時間を超えないこと	14時間を超えないこと	連続6日を超えないこと	禁止

東京都条例に定める指定建設作業

1. くい打機、くい抜機若しくは、くい打くい抜機を使用する作業又は穿孔機を使用するくい打設作業
2. ビよう打機又はインパクトレンチを使用する作業
3. さく岩機又はコンクリートカッターを使用する作業
4. 空圧圧縮機を使用する作業

— 日本工業出版「建設機械」78. 8. 「環境公害対策の現状と展望」より抜粋。 —

低騒音・低振動解体機の発端は、昭和46年、(株)竹中工務店-油圧式コンクリート破壊機(T.S.B)。そして翌昭和47年(株)大林組-油圧ジャッキ式コンクリート破壊機(C.O.W)。同年、戸田建設(株)-戸田式部材別カッターであり、建設業界各社に於いて開発され、その後も多くの解体機が製作された。

大阪府条例に定める特定建設作業

1. 騒音に係る特定建設作業

- (1). コンクリートカッターを使用する作業
- (2). 鋼球を使用して建築物その他の工作物を破壊する作業
- (3). さく岩機を使用する作業

2. 振動に係る特定建設作業

- (1). ブレーカーを使用する作業
- (2). 鋼球を使用して建築物その他の工作物を破壊する作業
- (3). 舗装版破砕機を使用する作業

-「建設機械」78. 8. 「環境公害対策の現状と展望」より抜粋し、-

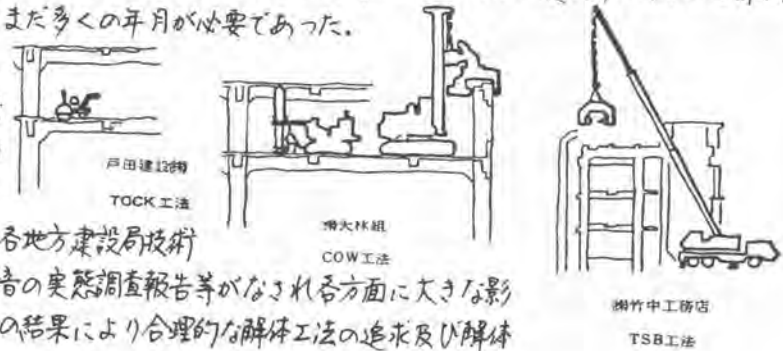
(株)竹中工務店(T.S.B)については、日本工業出版「建設機械」78年6月号に掲載されており参照願いたい。この解体機は、コ字形のフレームの一端に鋭角のミニチゼルを付した座を他端に油圧ジャッキを取付けジャッキの先端には同様の鋭角のチゼルをセットしたものでミニチゼルとチゼルとの間に解体物を、はさみ込んで破碎する方式のもので通常はクレーン等によって吊り下げて使用する解体工法で定置式クレーンや大型クレーン等及び他の多くの解体機の併用を必要とする。

(株)大林組(C.O.W)については、当協会発行の「建設の機械化」76年10月号及び日本工業出版「建設機械」78年6月号に掲載されており参照願いたい。構造は竹中式と同様であるが水平部材の解体用として突上げ式の垂直支持型のシリンドラーを有した機種が特徴である。この機種は、アサヒジャッカーとして商品化されている。

戸田建設(株)(T.O.C.K.工法)については、当協会が発行している「建設の機械化」76年10月号及び日本工業出版「建設機械」75年1月号に掲載されており参照願いたい。この解体機はモーターにダイヤモンドブレードを取付け回転させ解体物を切断する方式のもので部材別(垂直部材-壁、柱、水平部材-スラブ、梁)に用意された解体機を用い有筋コンクリート構造物を切断する工法である。形状は道路用のコンクリートカッターを思い浮かべて頂ければ想像に難くないと思われる。この工法によって合理的な解体を行うには、幾つかの種類の切断機のセットが必要であると同時に解体部材の吊り上げ移動に大型クレーンやパワーリリーフ等を又、搬出材に大きさの制限がある場合には小割用としてブレーカー等の破碎機も必要となる。これらの解体機の大半は自社請負工事に於いて使われたに過ぎず騒音規制に対する実験的な試みであった様に思われる。目的の解体については、疑問符が付される様に思われる。当然普及型には、まだ多くの年月が必要であった。

これら解体機の登場によって、建設省大臣官房建設機械課に於ては低騒音、低振動の施行法及び建設機械に

関する実態調査や建設省の各地方建設局技術事務所に於ては建設機械騒音の実態調査報告等がなされ各方面に大きな影響を及ぼす事となった。その結果により合理的な解体工法の追求及び解体



機の開発に更に拍車がかけられる事となった。

3. 現在

現在に於ても決定版は残念ながら見当らないが構造的には油圧シリンダーの押し力を利用し、油圧掘削機のアタッチメント化した解体機が今後の方向を示唆している様に思える。それら解体機群には、油谷重工業(株)-ニブラー、(株)神戸製鋼所-ペンチヤー、渡辺機械工業(株)-スマッシャー、(株)三五重機-TSフラッシュヤー、日本ニューマチック工業(株)-N.P.K圧砕機等があげられる。これらの解体機は汎用性の高い油圧掘削機(バックホウ)のバケットと交換し取付けられる様にしており、油圧掘削機も掘削機のポンプより取出し利用している。又、解体機のは様も掘削機の大きさを考慮した形で0.4㎡クラス、又0.7㎡クラス、0.9~1.0㎡クラスとバケット容量に応じた大きさ、破壊力、重量等バランスさせている。又、これらの解体機の出現により掘削機も長いフロントアタッチメントが作られたり、予備の油圧源をセットしたり互いの向上に役立つ様な配慮がなされるに至った。これらの解体機を用いた新しい解体工法は「特定指定地域」内に於ける解体、病院や学校、防音壁等の設営が出来ない様な近接建物の一方を解体する場合や印刷所、精密機械工場が隣接している場合等従来の工法では、騒音、振動、粉じん等の障害の為、解体出来ずに残された建物の全解体、及び増改築の為の部分解体を可能としたのである。しかし、現時点に於ては、充分とはいえず中には、商品化されていないものもかなり有り、それを用いた解体工法も模索中といえる。がその中にも今後の方向を見出す事が出来る。例えば、地上定置型解体工法-ロングアーム方式(汲み)や降下移動型-エスカレ

コンクリート構造物解体工法

分類	工法	騒音	振動	経済性普及度
油圧機械による取りこわし	油圧による圧壊方法	○	○	○ ○
	ロックジャッキによる方法	○	○	○ ○
	カッターによる方法	○	○	△ ○
外部からの機械的衝撃による取りこわし	ブレーカ、ピッケルハンマーによる方法	×	○	△ ○
	重錘による方法	×	×	○ ○

コンクリート構造物解体工の騒音振動防止対策工法

工法名	騒音	振動	備考
解体工法(大林式)	75dB(A)/10m	無	鉄筋コンクリートの地上構造物
戸田式カッター解体工法	67dB(A)/30m		階高5m以下 揚重機が搬入可 のこと
ダンプダンプを使用した解体工法	65dB(A)/10m	無	

調査対象地域の騒音対策内容と騒音レベル

機種名	対策工法名	dB(A)	普及型dB(A)
コンクリート取壊し対策型	油圧ジャッキ式(アサヒジャッキ)	約76	スチールボール(1.5~2t)
	油圧圧縮式(COW-Y他)	約70	約81
	油圧割裂式(ダンプC3.C5)	約68	
	カッター式(TAC-S他)	約77	

しかし、現時点に於ては、充分とはいえず中には、商品化されていないものもかなり有り、それを用いた解体工法も模索中といえる。がその中にも今後の方向を見出す事が出来る。例えば、地上定置型解体工法-ロングアーム方式(汲み)や降下移動型-エスカレ

-タ-方式(傾斜)等の解体工法が、それである。

地上定置型解体工法とは、掘削機のフロント(ブーム、アーム)を特殊型にしたもので地上にて最上階より階下迄解体しようという工法である。油谷重工(株)が開発した特殊フロントは、25mにも及ぶものもある。これを使用するとすれば地上6~7階迄の建物の解体が可能となる。但し人間の有効視界、解体効率及び安全性を考えると地上4~5階迄、しかも広いスペースの空地を有する。例えば学校、病院等の解体が最適と思われる。この解体工法の問題点は、解体機

油谷重工
ニブラー



神戸製鋼所
バンチャー



周辺機械工業
ニブラー



三井重機
TSクラッシャー



日本ニューマチック工業
NPK 圧砕機



の特性と作業者の可視界限と安全性にある。解体機の特性とは方向に係りなくどこからでも、はさみ込む、くわえ込む等の出来る自由度の高さ、及び両刃可動という。この特性の高い解体機を用いると作業者の可視界限を補足する役割を果たす。又、作業者の可視界限とは物が、はっきり判別しにくくなる最大範囲で、これを越えようと安全な状態で物を捕捉する事が難しくなり、ワイヤレスマイクや平元業内作業者の必要が生れ非常に不安定な作業となる。又、安全の面からは解体物の落下防止に対する細にかつ十分な配慮が望まれ、万一の場合に於ても影響を受けない作業位置、スペースの確保が必要である。スペースの確保は、フロントアタッチメントの交換に於ても必要となる。

降下移動型解体工法とは、大型解体機と小型解体機とを使い分ける事によって解体する方法で0.4m²クラスの掘削機、解体機の組合せを階上に上げてしまひ解体しながら、ガウ(解体くわ)を敷きつめ下りエスカレーターに乗ることく階下へ順次移行する解体工法で高層部分は全ての解体をこのクラスで行い0.7m²クラス以上の掘削機、解体機の組合せで広く範囲内からは内部のみ解体し外壁、柱を残し降りて来る。残された外壁、柱は、力の強い開口幅の大きい0.7m²クラス以上の解体機を用いて解体する。この工法の特徴は、上層階は機動性のある小型機で外壁、柱は、パワーのある大型機で解体を行うという事にある。これを満足させる為には、自由度の高い最少の揚重機で吊り上げられる軽いもの、そして限られたスペースの中で400~600%の平均的な幅の柱、梁等を破壊可能な小型解体機が必要である。大型機は、出来る限り大型である事が望ましい。が解体規模、請負単価に、めあつた設備投資によって決定される事にならう。

4. 未来

いづれの解体機、解体工法にも一長一短があり、周辺技術-油圧機器、特殊鋼、掘削機等の開発、向上によって解体機も工法もより合理的な安全な品質の安定したものと改良開発されていくであろう。

28. 大型振動ローラによる アスファルト舗装の転圧実験（第2報）

建設省土木研究所 千田 昌平・木村 直紀
日新舗道建設 田村 繁雄

1 まえがき

近年、道路舗装工事量の増大に伴い、比較的小型で高い締固めエネルギーを有する振動ローラが、アスファルト舗装において路盤から表面仕上げにいたる一連の締固め作業に適用できるほか、少ない転圧回数で高い締固め度が得られるということに関心を集めている。しかしながら、我が国においてその施工例は少なく、振動ローラによる締固め特性は必ずしも明らかにされていない。

そこで、土木研究所では大型振動ローラによる転圧特性を調べるために、昭和50年度より振動転圧実験を行ってきた。前回の報告では主に実用機による振動転圧実験について報告を行ったが、今回は振動締固め条件と締固め効果の関係について考察を行うために、実験用振動ローラを製作し、構内転圧実験を行ったのでその概要を報告する。

2 振動転圧実験の概要

実験ヤードは図-1に示すように20m×3m×10cmのアスファルト安定処理路盤上に1m×1m×10cmの小ビットを計6個設け、それを実験転圧面として繰返し使用した。実験には、施工条件および機械的条件による締固め特性を調査するために、表-1および図-2に示すような実験用振動ローラを用いた。この実験用振動ローラは実験条件である転圧速度、振動数、起振力等を任意に設定できるようにしてある。アスファルト合材は粗粒度アスコンを用い、舗装厚は10cmと一定にした。実験条件は締固め特性を考察できるように転圧速度、転圧温度、転圧回数、振動数、起振力を変えて約90条件とした。なお、敷ならしは手引きとし、無振動で2回転圧したのち、所定の実験条件で転圧を行った。転圧後の締固め度は各条件毎に3本のコアを採取し、パラフィンコートによるかさ密度により測定した。

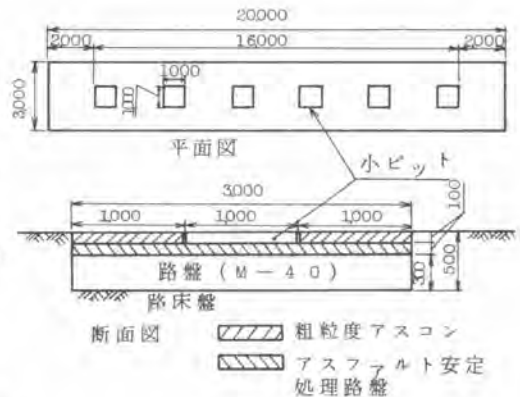


図-1 実験ヤード

表-1 実験用振動ローラの仕様

総重量	>350 Kg	前輪	2470 Kg	後輪	2880 Kg
自重	4880 Kg	前輪	2000 Kg	後輪	2880 Kg
前輪	鉄輪：振動輪	1000mm×800mm	×1個		
後輪	タイヤ：走行輪	730mm×200mm	×2個		
速度	前後進とも無段変速	0～8 Km/h			
起振力	0～4500 Kg				
振動数	0～3000 vpm				
静線圧	25～30 Kg/cm				
動線圧	28～37 Kg/cm				
走行用機関	3相モータ	200 V	110 A	4 P	
起振用機関	3相モータ	200 V	80 A	2 P	

3 実験結果および考察

3.1 施工条件と締固め効果

施工条件として、転圧回数、転圧速度、転圧温度を取り上げる。

(1) 転圧回数

転圧回数と締固め度の関係を図-3に示す。転圧温度は80℃のグループと120℃および140℃のグループに分けることができ、両グループとも転圧回数に比例して締固め度が高くなっている。また、転圧回数の増加による密度の収束状態を把握するために55回転圧を行った結果、転圧温度が80℃以上は締固め度は約99%以上期待できるが、60℃における転圧では締固め度の伸びは期待できないことがわかった。

(2) 転圧速度

転圧速度と締固め度の関係を図-4に示す。この図は直接転圧速度と締固め度の関係を示したのではなく、加振時間 n/v （ n ：転圧回数、 v ：転圧速度）と締固め度の関係を片対数グラフで表してある。これから、 $\ln n/v$ と締固め度の間には相関があることがわかる。図より速度が遅い（ n/v において n を一定にした場合、 n/v は大きくなる）ほど締固め度が大きくなっている。これは、転圧速度が遅

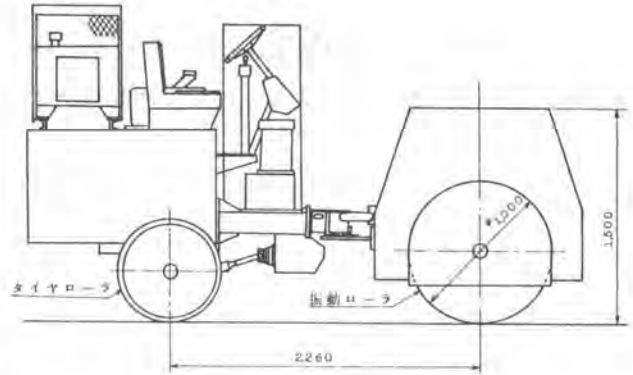


図-2 実験用振動ローラー

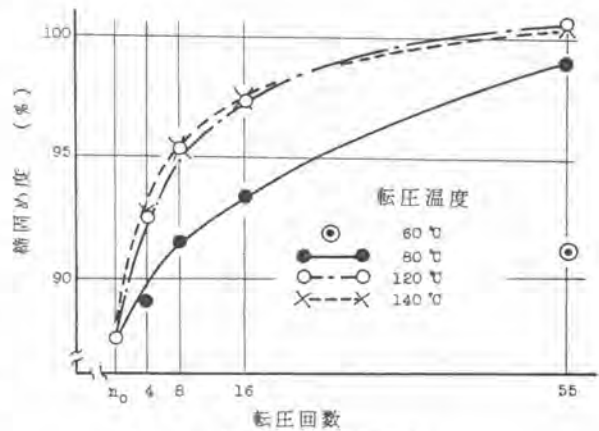


図-3 転圧回数と締固め度

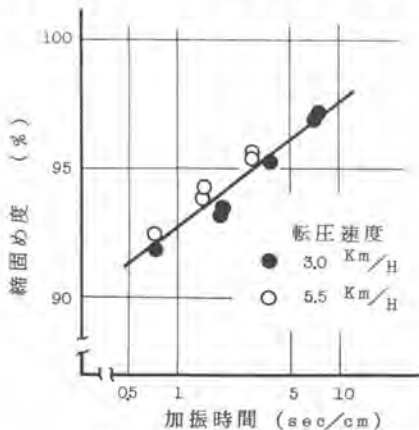


図-4 加振時間と締固め度

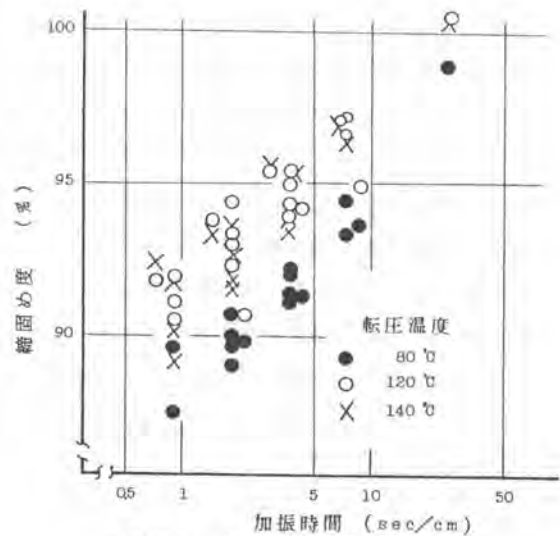


図-5 加振時間締固め度

いほど同一地点を加振している時間が長くなるので、その分だけ仕事量が大きくなり締固め効果が上ることを示している。

(3) 転圧温度

転圧温度をパラメータに加振時間と締固め度の関係を図-5に示す。また、マーシャル締固め試験による温度と締固め度の関係を図-6に示す。この両図でわかるように高温部(120℃~140℃)では締固め度にあまり差は見られないが、それ以下になると温度の低下とともに締固め効果は期待できなくなる。

3.2 機械的条件と締固め効果

機械的条件として、振動数、振幅を取り上げる。

(1) 振動数

図-7に振動数をパラメータに転圧回数と締固め度の関係を示す。振動数の影響について、一般には1,000vpm程度では静的ローラとほとんど差は認められず、2,000~3,000vpmに振動数を上げた場合に急激に締固め効果が表われると言われている。今回の実験でも、振動数の増大とともに締固め度は上がるが、高い振動数における差はあまり認められない。

(2) 振幅

一般には振幅が大きいほど締固め効果が大きいと言われており、今回の実験でもその傾向は見られた。しかしながら実作業中において、直接振幅の変動をとらえる良い方法がないこと、振幅のみを変化させる方法がないことから、振幅の影響について詳細に説明することはできなかった。

3.3 振動締固めエネルギーと締固め度

これまでに締固め効果を表わす指標として多くの式が提案されているが、Porsbladは次式を提案している。

$$C_e = \alpha \cdot W \cdot f \cdot a \cdot \frac{n}{v} \quad \text{----- (1)}$$

ここで、 C_e : 締固め効果、 α : 定数、 W : ローラ重量、 f : 振動数、 a : 振幅、 n : 転圧回数、 v : 転圧速度 である。

この式は締固め面のある地点に加えられる総変位量を表わすもので、次に示すT.D.M (Total Downward Movement) と同じ考えによるものである。

$$T.D.M = f \cdot \frac{a}{2} \cdot t \quad \text{----- (2)}$$

ここで、 t : 加振時間 $t = b \cdot (n / v)$ 、 b : ローラの接地長さ である。

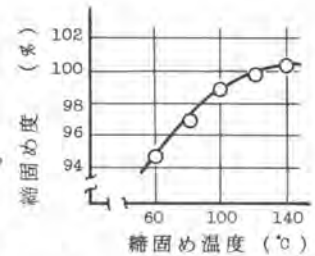


図-6 締固め温度と締固め度

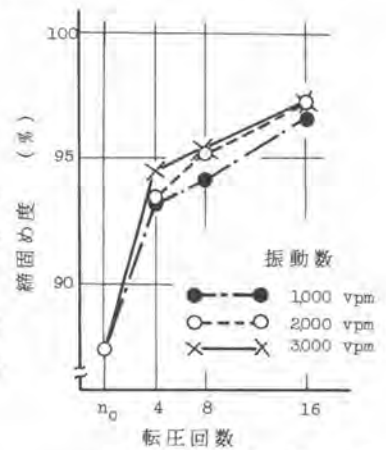


図-7 振動数と締固め度

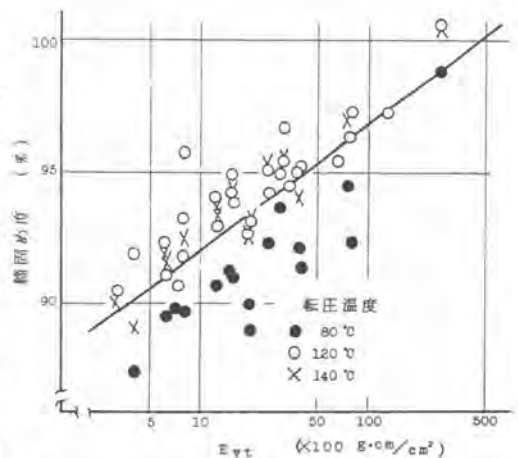


図-8 単位転圧面積当り総エネルギーと締固め度

また、締固め効果と良い相関を示すものとして締固めエネルギーの概念から次に示す締固めエネルギー式がある。

$$E_v = 2a \left(W_v + \frac{F}{2} \right) \text{ ----- (3)}$$

ここで、 E_v : 締固めエネルギー (g·cm)、 a : 片振幅 (cm)、 W_v : 振動体重量 (g)、 F : 最大起振力 (g) である。

(3)式は1振動当りの振動締固めエネルギーを表わしている。そこで加振時間 (n/v) と単位時間当りの締固め回数、すなわち振動数 (f) およびこれらの要因と (3)式の積を単位転圧面積当りの総エネルギーとして (4)式で表わしてみる。

$$E_{vt} = 2a \left(W_v + \frac{F}{2} \right) \cdot \frac{1}{B} \cdot f \cdot \frac{n}{v} \text{ ----- (4)}$$

ここで、 E_{vt} : 単位転圧面積当りの総エネルギー (g·cm/cm²)、 B : ローラ幅 (cm)、 f : 振動数 (pps)、 n : 転圧回数、 v : 転圧速度 (cm/sec) である。

(4)式の振幅については、現在のところ実験中の値を直接測定する良い方法がないため、起振体に加速度計のピックアップを取り付けて得られた加速度から、振動波形を正弦曲線とみなし、それを2回積分した値を用いて計算を行った。図-8は今回の実験結果について、 E_{vt} と締固め度の関係を示したものである。図では80°のグループと120°および140°のグループに分けることができる。そこで先に示した図-6より $Cd \propto \ln(T)$ の関係を得たので温度の影響を補正したものが図-9である。(4)式および図-9より締固め効果を上げるには、締固めエネルギーを大きくとれば良いことになる。しかし、表面仕上げ上、路面の平坦性やヘアークラックが発生する恐れがあることなどから、一般には振幅は0.4~0.8mm、振動数は2000~3000vpmが適当な範囲にあるように思われる。

4 まとめ

今回の実験および前回の報告より主な点をとりまとめると次のようになる。

- 1) 振動ローラによる締固め効果は、 $E_{vt} = 2a \left(W_v + \frac{F}{2} \right) \cdot \frac{1}{B} \cdot f \cdot \frac{n}{v}$ で表わされる単位転圧面積当りの総エネルギーと良い相関を示す。
- 2) 締固め効果を上げるには転圧温度はできるだけ高い方が望ましいが、120°以上であれば転圧温度による差はほとんどなくなる。
- 3) 本文に述べていないが、振動ローラ転圧による表面の仕上りについては、平坦性、すべり抵抗性、路面粗さなどの点で在来工法と比べて大きな差は認められなかった。

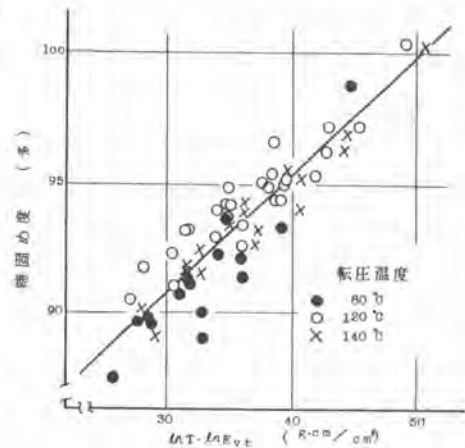


図-9 $\ln T \cdot \ln E_{vt}$ と締固め度

29. 実用化リサイクルプラント

新潟鉄工所 根本 一 範

1. まえがき

アスファルト舗装廃材を、加熱アスファルト混合物（以下「合材」という）として再利用する為の研究は、産業廃棄物処理、省資源の観点から盛んに行われ、既に実用化され、後述報文3）に報告されている如く、一年後の供用性も新合材と同様に評価されている。現在わが国で行われている再生利用方法を、一次処理の方法から大別すると、概ね次の様に分類できる。

- a) 熱利用解砕式（スチーム、温水などの熱媒体を用いるもの）
- b) 機械力破砕式（主として、クラッシャーを用いて機械力で一次処理するもの）

このうち、当社が採用したスチーム利用のリサイクルプラント（合材再生プラント）について、その開発経過をここに報告する。

2. スチーム利用の考え方

廃材が熱軟化する性質を利用して、水蒸気により解砕分離する方法は、特許公告昭51-29886「アスファルトコンクリートの再生法」に示されているが、次の観点から水蒸気を利用することが有効であると考え、実際にもその効果は確かめられた。

- 1) 熱軟化による解砕分離の為、廃材中の骨材を破砕することがなく、元の粒度への復元性が高い。
- 2) 水蒸気は常圧で100℃付近で取扱えるので、解砕中にアスファルトを劣化させることが無い。
- 3) 一次処理の段階で、騒音・粉塵を発生することが少ない。
- 4) 解砕後、適切に装置を用いて、熱軟化しない異物を機械的に選別・除去することが可能である。
- 5) 温水式に比べ、解砕材の含水比が小さく、解砕材のコーティング状態が良好である。
- 6) 乾燥・加熱工程に移す際、スチーム凝縮水がアスファルト皮膜の表面を覆っている為、アスファルトの過熱劣化を防止する効果がある。

3. パイロットプラントによる予備試験

本プラントの基本的な構想は、①スチームにより、廃材を内部骨材を破砕することなく、わずかの機械力で細分できる程度まで熱軟化させる。②軟化した廃材を小さな機械力で細分する。この際、できるだけ含水比を小さくする。③細分された廃材（「解砕材」と呼ぶ）をアスファルトを劣化させることなく乾燥・加熱する。以上の構想に従い、パイロットプラントを製作し、種々条件を変化させて試験を行った結果、次のような結論を得た。

(1) スチームボックス（水蒸気利用の熱交換器）に関して

- ① 廃材とスチームの熱交換に関しては、スチームの吹込み圧、ボックス内圧力と、加熱効果との関係は、有意な相関がみられず、したがって常圧下の操作を行わせるほうが有利である。

- ② 次段階でわずかな機械力で粗分する為には、廃材温度は平均 70℃程度になっていればよい。
- ③ 境膜伝熱係数は、 $\alpha = 60 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{℃}$ 程度である。
- ④ 廃材 1 ton 当りの必要蒸気量は、50 kg / 廃材 1 ton 程度である。

(2) ドライヤに関して

- ① アスファルトの省化を起させない熱源の初温(熱風温度)は 500℃以下である。
- ② 上記条件での熱風と材料との平均総括伝熱係数は、 $\beta = 13 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{℃}$ 程度である。

4. スチームボックスの現状

パイロットプラントによる予備試験の結果、スチーム利用に関しては次の様に決定した。

- 1) 熱交換は凝縮を伴う伝熱が有利であり、飽和蒸気に近い状態でスチームボックスに供給する。
- 2) スチームボックスは大気開放口を有し、ボックス内のスチームの対流が盛んになるよう考慮する。また圧力容器には該当しない構造とし、容易に扱えるようにする。
- 3) ボイラーは、使用に当り資格を必要としない、伝熱面積 10 m² 未満、最高圧力 10 kg/cm² 未満のものを用いる。(市販されているものでは相当蒸発量 1500 kg/h 級のものまである。)

実機のスチームボックスの概要は、図-1の如くで、1基当りの容量は、掘削現場から持ち込まれる通常の廃材寸法(約 500 mm² × 200 mm²)を投入して約 15 ton であり、3基併設している。

加熱効果は、廃材寸法、特に厚さにより異なるが、上記通常寸法のものであれば、約 40 分のスチーム加熱で軟化排出される。

各ボックスでの加熱時間は約 40 分であるが、3基の組合せサイクルチャートにより、1基当り約 25 分のサイクルで順次排出されるようになっている。

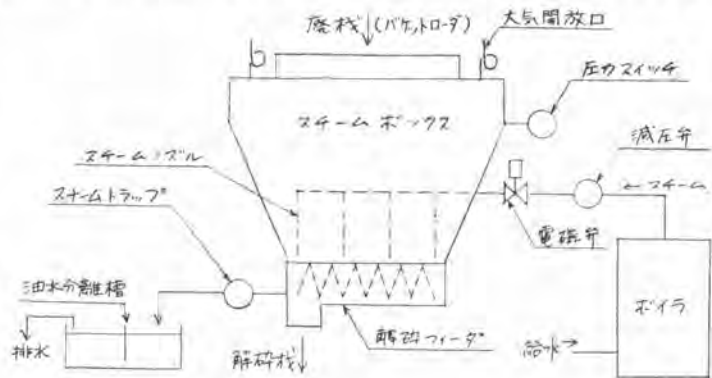


図-1 スチームボックスの概要

実機設計に先立ち、廃材の厚

さと熱軟化時間の関係を調べる為、図-2の如き実験装置で、コアの一面を高温側に接触させ、コアの各部における時間と温度上昇の関係を調べて、温度伝達率 a を求めた。

実験の状態は非定常熱伝達として扱うものであり、前進差分階差式

$$\theta_{n+1}^p = a \cdot \Delta t \cdot (\theta_{n+1}^p + \theta_n^p) / (\Delta x)^2 + \{ 1 - 2a \cdot \Delta t / (\Delta x)^2 \} \cdot \theta_n^p$$

を用いて a を求めると、30℃のり 85℃の間で、平均的に $a = 2.2 \times 10^{-3} \text{ (m}^2/\text{h)}$ と算定された。廃材の比熱を、 $C = 0.22 \text{ kcal/kg} \cdot \text{℃}$ 、比重量を、 $\gamma = 2300 \text{ kg/m}^3$ とすると、熱伝導率は、 $\lambda = a \cdot C \cdot \gamma$ より、 $\lambda = 1.1 \text{ kcal/m} \cdot \text{h} \cdot \text{℃}$ となる。

上記で得られた a を用いて、非定常熱伝達に於けるシュミットの図式解法により、廃材の温度変化を求めてみると、図-3のようになる。但し、廃材の初期温度を 10℃、廃材表面温度を 100℃、

廃材を厚さ x の平板とした場合である。

x を0.1 m, 0.15 m, 0.2 mとした場合には、廃材の中心部がアスファルトの軟化点に近い50℃に上昇するまでの時間は、

$x = 0.1$ mの場合 約22分

$x = 0.15$ mの場合 約49分

$x = 0.2$ mの場合 約88分

となる。

計算値に対する実機の測定では、厚さ0.15 mの物が約20分で、0.2 mの物が約40分で深部まで軟化しており、所要時間は半分以下となっている。この相異は、廃材表面付近は加熱中に変形し、くすれてくるので、計算では x を一定としたが、実際には減少してくる為と思われる。

加熱軟化した廃材は、スチームボックス下部に設けられたスクリュー状のフィーダーで解砕され、排出される。解砕は、骨材を破砕することなく行われ、スチームボックスから排出される材料は、アスファルトでコーティングされた状態を保っている。

スチームボックスの運転実績としては、次の様なデータを得ている。

- ① スチーム使用量：40～50kg/廃材1トン当り
- ② ボイラー燃費：4～5t/廃材1トン当り
- ③ 排出時解砕材温度：70～80℃
- ④ 解砕材含水比：3～5%

スチームボックスから排出された解砕材は、アスファルト軟化点以上に昇温しているが、付着水分の作用で粘着性は小さく、ほぼ冷骨材に近い性状のものとして扱うことができる。

5. ドライヤ

スチームボックスから排出された解砕材は、ドライヤへ供給され、水分除去、加熱されて再生される。ドライヤは、熱効率、設備費、保守整備性を考慮し、加熱中にアスファルトを劣化させることを最小限とする為、熱風直接加熱方式で、並行流形の回転円筒ドライヤを採用した。(図-4)

ドライヤドラムの構造はドラムミックプロセスに近いものであるが、熱源として熱風を供給している点が異なる。ドラムミックプロセスでは、骨材中の水分がアスファルトの劣化を防ぐ作用をしていると考えられているが、本装置においても、スチーム解砕過程で材料に水分皮膜が形成される為、無水状態で廃材を加熱する場合に比べ、急加熱による熱劣化が起り難い。また、ドライヤへ投入され

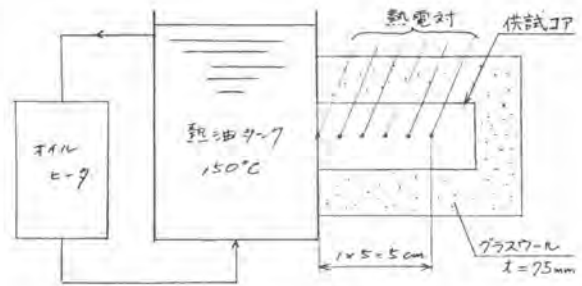


図-2 コア内の温度変化の測定

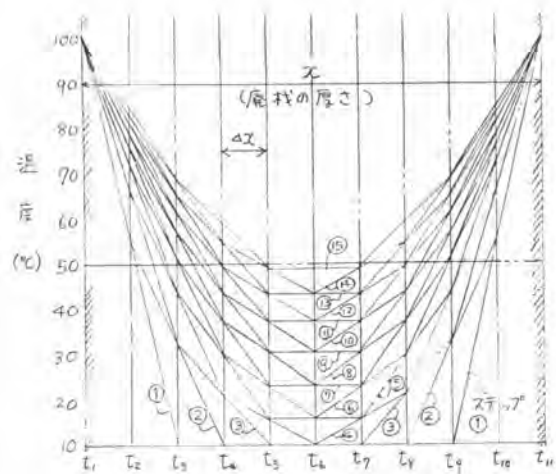


図-3 廃材内の温度変化

る際に、材料が70～80℃に予熱されている為、最終加熱温度差昇温される間の熱伝達が緩やかで、劣化を少くして均一加熱を行うには有利な状態といえる。

フライトは、アスファルト反膜を持つ材料を効果的にボール状に分散させる為、通常の骨材ドライヤより、浅く幅

の広い形状でほぼフラットなものを採用した。ドラム内には、アスファルトコーティングされた材料が投入されるので、ドラム内壁、フライトへのモルタル分の付着が懸念されたが、ドラム外壁を保温材で覆って材料の急冷を防止した為、1時間以上の連続運転を行えば、付着層は周期的に脱落する現象が見られ、10～20mm以上には成長しないことが確認された。実用的にはドラム内の清掃は必要ない。

バーナー燃焼制御は、合材温度及び投入解砕材量によって制御し、ハイリミッターによって、熱風温度が高温設定温度を越えないようにしている。

ダストの処理には簡単な湿式スクラバを設けているが、ドラムを通過した排ガスは、ドラム端部に設けたディスチャージホップ兼ロックアウトボックスで急激にそのスピードを落とし、ドラム内で発生したダストをディスチャージホップ内へ落下させる様にした。ダストはコーティングされた比較的粗い粒子である為、排気ダクト側へのダスト流出はほとんど見られず、湿式スクラバ通過後の煙突測定孔におけるダスト測定では、0.05～0.08 g/Nm³という結果が得られた。

ドライヤの運転実績としては、次の様なデータを得ている。

- | | |
|---------------------|---------------------------|
| ① 入口熱風温度 : 400～500℃ | ② 排気温度 : 180～200℃ |
| ③ 入口材料温度 : 70～80℃ | ④ 出口材料温度 : 160～170℃ |
| ⑤ 入口材料含水比 : 3～5% | ⑥ 燃料消費量 : 10～11 t/合材ton当り |

6. まとめ

本プラントの構成に於いて再生プロセスの中心は、スチームボックスとドライヤであり、各々の設計方針、実状は前述した通りである。その他の装置としては、合材の品質の要求に応じ、スチームボックスとドライヤ間に篩分け装置を設けたり、ドライヤの後にバッチ式ミキシングタワーを設置したりしている。紙面の都合上、合材の品質や舗装施工実績まで言及することができなかったが、スチーム式リサイクルプラントで生産した合材により施工した下記の報文等を参照されたい。

- 1) 「施工技術」第10巻第7号 「アスファルト混合物再生利用法」
- 2) 「道路」1978-No.11 「再生アスファルト混合物による補修工事報告」
- 3) 「舗装」1980-No.6 「再生アスファルトコンクリートの試験施工と追跡調査」

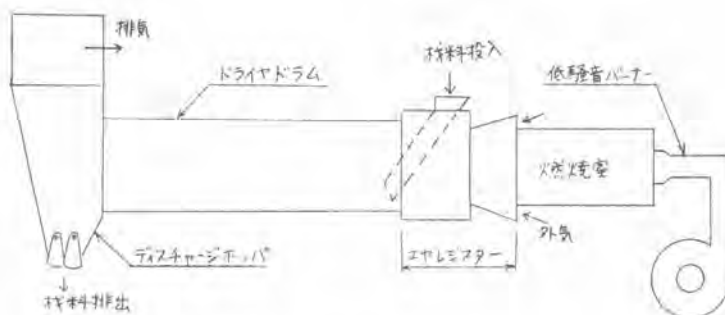


図-4 ドライヤ

30. スクリード拡幅装置の開発に関する報告

新潟鉄工所 後藤文生

1. まえがき

アスファルト混合物の機械施工の歴史は、昭和の始めに米国において、アスファルト混合物の敷き均しにスプレッタを用いた事に始まる。その後、昭和10年頃に至つて、今日の世界のアスファルトファイニツシャの原型であるフローティングスクリードを有する機械が開発された。我国においても、昭和25年頃から本格的な機械施工となり、国産のアスファルトファイニツシャは、昭和30年頃から出始め、昭和35年には、本格的な生産が始まつた。以後、モータリゼーションの急速化に伴い、工事規模が増大し、また多くの有料道路、高速道路の建設が進み、開発当初の原型を残した中で、アスファルトファイニツシャの大型化が進んできた。しかし、今後は生活道路的な道路、種類のには、国内の約70%をしめる市町村道が、重点的に整備される傾向にある。このような道路は特に道幅が一定でなく、カーブも多く舗装しにくい道路も多い。一方舗装精度の高度化は、これからも要求される。また一方建設機械の全般的な傾向として、使いやすさという点が重要視されてきている。このような環境の中で、従来のフローティングスクリードの原型をある程度くずし、舗装精度を維持した中で、道路の多様化への対応の容易化、省熟練、省力化、効率化を目的としたスクリード拡幅装置〔デュアルマット (DUALMATT) 及びラクステンション (LUXTENSION)〕を開発した。すでに、本装置はそれぞれ実用化されている。ここでは従来のスクリードの問題点を考えた中で、本装置の特徴を紹介する。

2. 従来のスクリードの問題点

国内で使用されているスクリードは、最も一般的な固定型スクリードと、その本体スクリードに、スクリードワイドナーを装着したスクリードに分けられる。

2-1 固定型スクリード

固定型スクリードは、現在の最も一般的なスクリードで、幅の広い道路を舗装する場合は、図-1の如く、本体スクリードの横に補助スクリードを、ボルトアップ等で取り付け、施工幅に応じている。本スクリードはフローティングスクリードの原型であり、このスクリードで施工した舗装精度は、理論的に一番安定したものである。しかし、補助スクリードの取り付けには多大な時間と労力を必要とし、しかもその取り付けにおいては、かなりの熟練を要する。また舗装幅の微調整は不可能であり、トレーラ本体を動かすオペレータも、かなりの熟練を要する。また施工途中の施工幅の変化に対しては、人手による手まきが行われ、効率が低下するばかりでなく、その仕上げには、かなりの熟練を要する。

2-2 スクリードワイドナー

スクリードワイドナーは固定型スクリードの主に本体スクリードのデフレクタの前に取り付けられシリンダにて伸縮自在となつている。(図-2)

このスクリードワイドナーを装着したスクリードを使用すれば、施工幅を容易に変える事が可能となり、舗装前後の補助スクリードを取り付けるわずらわしさから解放され、しかも施工中においても、施工幅の微調整が可能である。しかし、このスクリードワイドナーの敷き均し部は、ブレード1枚であり、締固め効果もない事から本体スクリードと、スクリードワイドナーでの敷き均し部では、舗装精度に差が出やすい為、その取扱いにはかなりの熟練を要する。

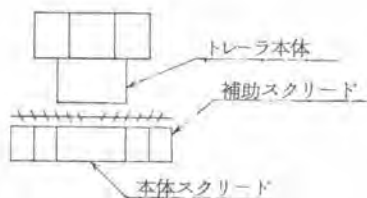


図-1 固定型スクリード

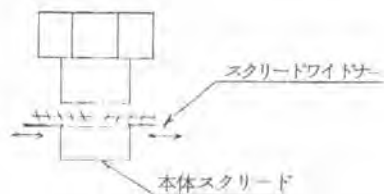


図-2 スクリードワイドナー

5. 新開発スクリード拡幅装置

3-1 概要

従来のスクリードの問題点をカバーすべく、図-3、図-4の如き、2種類のスクリード拡幅装置を開発した。その1つはデュアルマットと称し、2本のスクリードユニットを前後に位置させ、前のスクリードは左へ、後のスクリードは右へ動く構造としたものである。もう1つはラクステンションと称し、従来のスクリードの本体スクリードの後部に取り付けるものである。デュアルマットの1本のスクリードユニットは、従来のスクリードユニットと同等の機能を有し、ラクステンションは敷き均し部をストライクオフ構造とし、加熱も単独に行え、締固め効果も期待できる構造となっている。これにより、舗装前後の補助スクリードの取り付けの労力と熟練度は必要なくなり、舗装幅の変化に即座に対応出来る。また舗装精度も、デュアルマットの場合、全面均一であり、ラクステンションの場合は、本体スクリードに近いものが得られる。

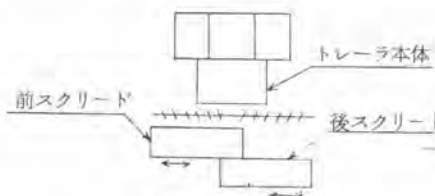


図-3 デュアルマット

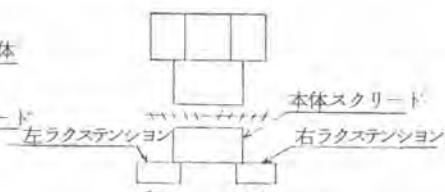


図-4 ラクステンション

3-2 デュアルマット

3-2-1 構造

図-5の如く、レベリングアームの後部に、メインフレーム1があり、中央部に上下可動の補助フレーム2がある。メインフレーム及び補助フレームに、従来のスクリードユニットと同等の機能を有するスクリードユニット2個が、ガイドパイプ3により支持されている。このスクリードユニットは、シリンダ4により、前スクリードユニット5は左へ、後スクリードユニット6は、右へそれ

ぞれ伸ばす事が出来る。これにより敷き均し幅は2.5m～4.5mまで可変となる。クラウンの操作は、前記補助フレームをクラウンコントロール7により、上下させ0～4%まで調整できる。後スクリードユニットへの最終アスファルト混合物供給調整はその前にあるゲート8により行われる。また舗装厚を大きく変える場合は、大シツクネスコントロール9により行いが、通常の作業時に調整する事はほとんどない。通常作業時の厚さ調整は、ピボットシリンダ10をスクリード部にあるスイッチにて操作する。舗装厚を大きく変えた場合等発生する前スクリードと後スクリードの段差は段差コントロール11により調整を行う。締固め機能はパイブレータ方式を採用し、前後スクリードユニットそれぞれ単独に、パイブレータ装置が有り、回転数、偏心ウエイトを変化させる事により締固め能力を調整できる構造になつている。加熱装置はプロパンガスを使用し、ボタンスイッチによる自動点火方式を採用した。

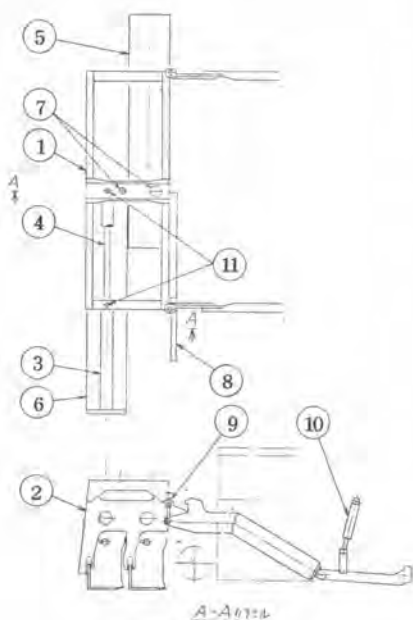


図-5 デュアルマット

項目	仕様
総重量	10500kg
機関出力	58ps/1800r.p.m.
舗装幅	2.5～4.5m(油圧伸縮式)
舗装厚	10～250mm/2.5m幅 10～150mm/4.5m幅
作業速度	1.67～9.81m/min
ホツパ容量	7ton
フィーダーコンベヤ	2連式
スクリード装置	
クラウン	0～+4%
振動装置	
振動方式	油圧式
振動数	1500～3000r.p.m.
加熱装置形式	プロパン式

表-1 NF220V-DM 主仕様

3-2-2 実績

本デュアルマットは、デュアルマットを装着した新機種NF220V-DM(主仕様は表-1)として、共同開発会社である、日本舗道殿にて実験動中であり、すでに、耐摩耗特殊混合物を含む各種アスファルト混合物を施工し、初期の目標性能は確認され、好評を得ている。

3-3 ラクステンション

3-3-1 構造

図-6の如く、本体スクリードの後部に、ストライクオフ構造のラクステンション1を装着し、それをシリンダ2により伸縮自由な構造となつている。その支持方法は、本体スクリードからブラケットを取り出し片側2本のガイドパイプ3、4により支持されている。その支持部は弊社独自の方式を取つている為、支持長さが長く、伸縮時の精度が向上し拡幅量も広く取れるようになつている。

またラクステンションとガイドパイプの固定は、操作の容易なワンタッチロック 5 を設けたので本体スクリードからの確実な振動伝達を行える構造となつている。本支持方式と、ラクステンション自体ストライクオフ構造とした事、またプロパンガスにて加熱できる構造とした事により、本体スクリードに近い仕上り面と締固め度が得られる。仕上りの調整はラクステンションストライクオフ部の角度及び上下高さを容易に変えられる構造としている為、舗装中での微調整も可能である。

またラクステンションは本体スクリードの後部に有る事から、縮時にも本体スクリードの仕上りに影響を与えず、特に精度の高い舗装を要求される施工においては、補助スクリード取付施工可能としている。

3-3-2 実績

本ラクステンションは、現在販売中の NF130V 及び NF220V に装着（その仕様は表-2 参照）し、約 70 台の実績があり、各地で好評を得ている。



図-6 ラクステンション

項目	NF220V-LT	NF130V-LT
総重量	10100kg	8750kg
機関出力	58ps/1800r.p.m.	38ps/1800r.p.m.
舗装幅	2.5~4.7m (油圧伸縮式)	2.5~3.7m (油圧伸縮式)
舗装厚	10~250mm/2.5m幅 10~130mm/4.7m幅	10~150mm/2.5m幅 10~100mm/3.7m幅
クラウン量	0~3%	0~3%

表-2 NF220V-LT NF130V-LT 主仕様

4. あとがき

新開発のスクリード拡幅装置は使用者のニーズに接近すべく製作されたものであり、各地で好評を得ている。本装置の開発に当たり、日本舗道殿、福田道路殿より、多大なる御指導と御協力を得た。本稿を借りて御礼申し上げます。また今後も使用者のニーズにマッチした機械の開発に努力する所存でありますので、使用者並びに関係各位の御協力をお願い致します。

31. わだち掘れ補修用敷均し機械について

福田道路 石 黒 由 孝・渡 辺 健
高野 虎之助・中 原 康 次

1. まえがき

近年の道路舗装は自動車台数の急速な伸びとその大型化に伴い、舗装の破損が著しく、かつ広範囲にわたって発生してきている。その結果、道路の機能を確保するための維持修繕工事もその頻度や量を増加させてきており、この傾向は今後も変わらず、なお一層顕著になるものと予想される。

そのため、舗装に使用される混合物の品質面や舗装構造などから、耐久性があり破損の発生しにくい舗装を作り出す研究が続けられてきているが、それと同時に現在供用中の道路をいかに経済的にかつ効率よく維持管理していくべきかという課題も重要性を増してきている。

そのような情勢の中で、アスファルト舗装のわだち掘れに対する経済的な補修工法のひとつとして最近、わだち掘れ部分を埋戻す工法が提起され、実際に試みられてきた。

その施工にあたり試作・開発を行ったわだち掘れ補修用機械について、ここでその経緯を述べてみたい。

2. わだち掘れと埋戻しによる補修工法

一般に、わだち掘れの発生原因としては、

- アスファルト混合物の安定性不足
- 冬期間のタイヤチェーン・スパイクタイヤによる摩耗
- 道路の車線規制による荷重の集中化
- 交通重量の予想以上の伸びと大型化
- 舗装体の老朽化

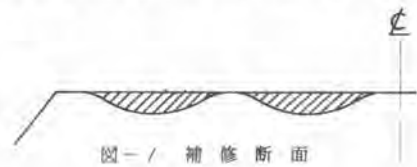
などが挙げられている。

しかし、現在積雪寒冷地においては、比較的流動を起こしやすい耐摩耗性アスファルト混合物が舗装に使用されてきたことと除雪体制の強化に伴う道路の無雪化及びスパイクタイヤの普及により、ひびわれを起こしている箇所は少なく、流動及び摩耗による変形だけが多く見受けられる。特に、タイヤチェーンやスパイクタイヤによる摩耗変形がかなり大きなウェイトを占めており、ひと冬越しただけで1～3cm程度の変形が生じることも珍しくない。

わだち掘れが大きくなると、通行車輛の走行性に悪影響をもたらすばかりでなく、変形部に雨水などが溜り、フロントガラスへ飛散して視界を妨げたり、道路沿いの家屋や歩行者などに泥水をはねたりして、安全面や環境面でも問題を引き起こすことになる。これらに対処するため、わだち掘れだけでなく、ひびわれなど他の破損状態も考慮して、表面処理、切削による不陸整正、切削オーバーレイ、全面打換などの補修が実施されてきた。

しかし、増大する維持修繕とそれに必要な費用、又交通量の多い幹線道路にわだち掘れが多いことを考慮すると、より経済的でかつ短期日で補修を完了し、直ぐに交通開放できる補修工法の開発が望まれた。そこで、埋戻しによる補修工法が考え出された。

この方法は、図-1のように、変形による凹部に混合物を充填し、センター側・車線中央部・路肩側の相対的な凸部に合わせて路面を修正する工法である。



3. わだち掘れ補修機械の製作経緯

(1) 人力による施工

この埋戻しによるわだち掘れの補修は、初め人力によって施工を行った。しかし、それではいろいろな問題が起きてきた。

(i) 施工量

人力では1日当たりの施工量が限られ、補修区間が長くなるにつれて工事日数が延び、経費が大きくなるばかりでなく、交通量の多い道路上で作業するため危険性が増し、又車の流れを長期間阻害することになる。

(ii) 補修形状の特殊性

第一に、薄層であるため混合物の温度が低下しやすく、敷均し作業に時間がかかり過ぎると一次転圧温度が下がり、締固め不足に陥りやすい。第二に、埋戻す厚さが位置によって変化するので、敷均す時に余盛を調節しないと仕上がりが平らにならない、図-2。又それ故に、敷均しに時間がかかることになる。第三に、埋戻す幅が狭いのに対して、距離が長く、ダンプから路面に混合物を卸す際に不必要な箇所にも卸してしまい、路面を汚しやすい。

(iii) 平坦性・表面の一樣性

補修形状の特殊性と人力でまき広げることにより、表面にムラが生じやすく、平坦性も良好であるとはいえない。

(iv) その他

区間が長くなると作業員にとってかなりの重労働となる。

人員を多く必要とする。

(2) 施工の機械化

人力施工では以上のような欠点が多かったために、現場からそれらを解消しより良い施工を行えるような機械化施工の要求が強まってきた。

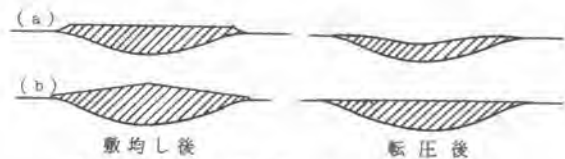


図-2 敷均し断面と仕上り

舗装機械としてアスファルトフィニッシャーがあるが、図-2-bのような補修形状の特殊性などからそれを使用せず人力にたよったわけ

であるので、まずブレードを自由に操作できるモーターグレーダーの使用を検討した。しかし、グレーダーは機動性があり能力的には優れているものの細かな調整ができず、手直し作業をかなり必

要とし、又わきへはみ出た混合物を処理する人員も要するので、機動性が逆に作業の安全性を大きく損ってしまいます。いろいろ検討の結果、既製の機械では利用できるものが見当たらなかった。

そこで、新たにネックとなっている補修形状に合わせた装置を製作し、一回の走行で敷均しを完了させることを考えた。その概略は図-3に示すような、混合物がわきへ出るのを防止するエンドプレート、路面を傷つけないためのスキー、標準の補修形状に合わせた幅と形のブレードから構成される。これをグレーダーに装着して施工することを考えたが、そうすると埋戻し量に合わせて適量の混合物を变形部分にだけ連続的に卸していく機械が必要になってしまう。そこで、フィニッシャーとの組合せが検討されたが、大型機械を2台も使用することや施工速度の違いでロスが多いことなどマイナス面の方がかえって大きいため、いっそのこと取付け方法を工夫して直接フィニッシャーに専用ブレードを装着することにした。

(3) 専用ブレード付アスファルトフィニッシャー1号機

当初、2本のわだち掘れの内路肩側の变形が大きく、水はね防止など沿道環境の改善を主目的としたため、1本のわだち掘れだけを補修する装置を製作した。この装置はフィニッシャーのスクリーンを取外し、そこへ専用ブレードを取付けるもので、一般の舗装作業と兼用できるように脱着可能なアタッチメント方式とした。その構造は図-4に示す通りで、ブレードのエッジ形状はより变形に対応させて台形とし、フィニッシャー本体の動きによって浮き上がらないようにスプリングで下へ押し付けるようにした。

施工例を写真-1に示す。

(4) 専用ブレード付アスファルトフィニッシャー2号機

1号機がかなりの成果をあげ、この補修工法の施工機械としての評価を得たので、補修地区が増えたのを契機に2号機を製作した。その際、専用ブレードの脱着をより簡単にするため、スクリーンを外さずに済むように改造した。図-5に示すように、スキーを後へ伸ばし、そこにスプリングを付け、その上にスクリーンを乗せる構造とした。又ブレードのエッジ形状は滑らかな円弧状とし、敷均し面を良くするため丸棒を溶接した。さらに、わだち掘れ1本用と2本用の両方の装置を製作し、2本同時施工の場合、わだち掘れにはさまれた部分に混合物が落ちないように、図

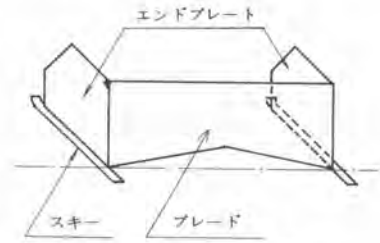


図-3 専用ブレード略図

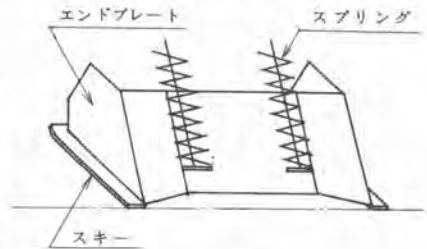


図-4 専用ブレード略図



写真-1

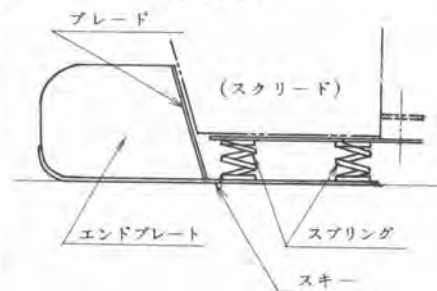
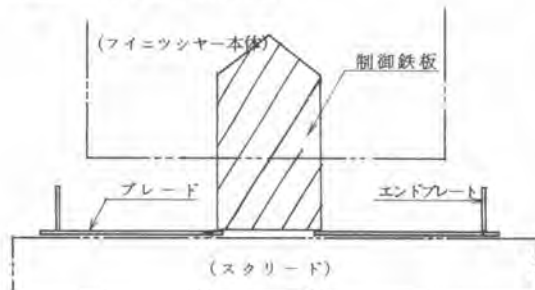


図-5 専用ブレード略図

一6に示す制御鉄板を別に作り、いっしょに引張りながら施工できるようにした。

一方、使用するフィニッシャーは片側だけ動かしたり、混合物の送り量を左右調節したりすることのできる、パーフォーダーが2連式で左右別駆動式の機種を採用した。

施工例を写真一2に示す。



図一6 2本引用配置図



写真一2

4. 結果

このわだち揺れ補修用機械を使って施工することにより、人力施工で問題となった点はほぼ改善され、経済的な補修をより能率的に行うことが可能となった。

施工量は1日当たり20～30トンであったものが、平均70～80トンとなり、工事期間が大巾に短縮された。型にはめて敷均すので、両端のすり付け部分を手均しするだけになり、時間がかからずすみやかに締固め作業に入ることができ、その結果、一般の舗装と同程度の締固め度を得ることができた。又、連続的に敷均せることとスプリングによって両端を路面に接することにより、平坦性が良くなり、表面のきめも密になり一様に滑らかに仕上がるようになった。

人力による施工箇所は両端部からはがれやすく、すでに破損している所が多く見られるが、昨年この補修用機械で施工した箇所はひと冬越した現在でも依然として良好な路面状態を維持している。

5. あとがき

以上のように、埋戻しによるわだち揺れの補修をその施工機械の面から述べてきた。この補修工法をより発展させるためには、施工機械をより改善することはもちろんであるが、同時に、使用する混合物の品質を改良することも必要である。ここで、使用した混合物の代表的な配合例をあげておまじとする。

細粒度ギャップアスコン(5F)

フルイ目	通過重量百分率					
	5 mm	2.5	0.6	0.3	0.15	0.074
予定粒度	100-95	70-55	60-45	40-25	20-10	13-7
合成粒度	93.8	59.5	52.9	26.3	10.9	9.0

マーシャル試験結果

密度 (g/cm^3)	安定度 (kg)	フロー値 ($1/100cm$)	空隙率 (%)	飽和度 (%)	スティフネス (安定度/フロー値)	アスファルト量 (%)
2.347	830.8	30.3	3.9	81.0	27.4	7.3

※60-80ストア
テハイドロ0.3%
添加

32. 濁水浄化装置の開発

間組 大谷喜次・新名順一

1. まえがき

建設工事に伴って発生する濁水は、環境保全の面から法規制または地域住民の要求により、濁水処理が義務づけられるようになってきた。そのため、骨材プラント、バッチャープラントをはじめ、トンネル掘削、場所打ち杭、地下連続壁、泥水シールド、その他の工事中に発生する濁水処理する設備を設置しなければ工事ができなくなっている（表-1 参照）。

濁水処理設備は、一般に、濁水浄化設備、スラリー（凝集沈降物）の脱水設備、中和設備の三つの設備からなる。ここで、脱水設備としてはフィルタープレス、中和設備としては炭酸ガス中和または酸中和設備が一般に使用されている。しかし、浄化装置としては数多くのタイプのものがある。しかし小型でかつ可搬型で汎用性の高い装置がない。従って、処理性能が良く、汎用性が高く、かつ転用性が良くして経済的な濁水浄化装置の開発のニーズが一段と高まってきた。そのため、わが社はハザマックHCT（濁水浄化）装置を開発した。

本文は、ハザマックHCTの構造、性能について概要を述べたものである。

2. 浄化装置開発のポイント

ハザマックHCT装置の開発ポイントを以下に示す。

- ① 汎用性——原濁水のSSが高いものから低いものまで、処理水のSSが20ppm程度に浄化できる設備とする。
- ② 小型化——フロックフィルターとスラリーの返送などにより、浄化効率を大幅に向上させる。
- ③ 転用性——組立て、解体が1～2日ででき、トラック輸送が可能なようにユニット化する。
- ④ 耐久性——構造がシンプルで故障が少なく、丈夫であること。
- ⑤ 安価——製作費が安く、維持管理に手がかからないこと。

3. ハザマックHCT装置の構造と仕様

構造概要図を図-1に示す。

表-1 濁水の処理項目

工種	処理項目	濁水	凝集	中和	油分
		浄化	脱水	処理	処理
1. 山岳トンネル		○	○	○	○
2. ダム（岩盤洗浄付外構内）		○	○	○	×
3. 骨材プラント		○	○	×	×
4. バッチャープラント		○	○	○	×
5. 場所打ち杭		○	○	○	×
6. 地下連続壁		○	○	○	×
7. 泥水シールド		○	○	×	×

*1 河川の放流標準を満足するように浄化する。

*2 凝集沈降物を脱水して二次公害を防ぐ。

*3 河川の放流標準を満足するようにpHを中和処理する。

*4 濁水中に混入した油分を吸着分離除去する。

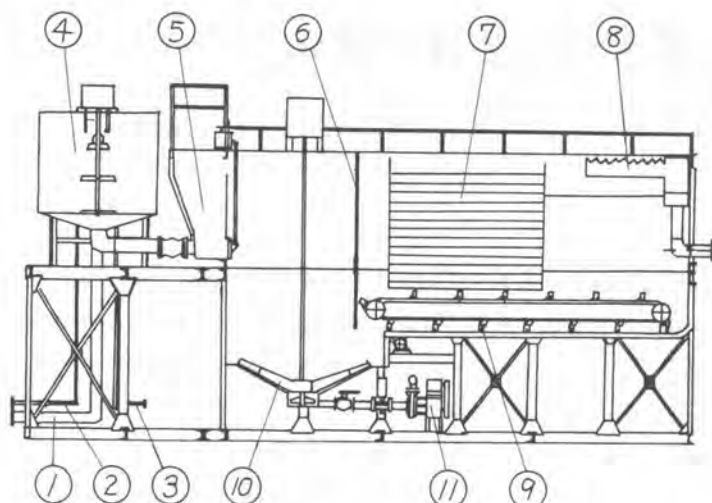


図-1 構造概要図

No.	名 称
1	原水供給管
2	高分子注入管
3	スラリー-返送管
4	2次混合槽
5	フロックフィルター槽
6	整流板
7	傾斜板
8	トラフ
9	チェーンコンベヤ
10	集泥レーキ
11	スラリー引板ポンプ

主な仕様を表-2 に示す。

表-2 ハザマック HCT 仕様

項 目	仕 様
全 長	8800 mm
全 幅	2000 mm
全 高	4700 mm
重 量	10 ^t
浄化形式	特殊沈降分離方式
処理濁水流量	120 m ³ /h
濁水の SS	1000~50000 ppm
構 造	4分割現場組立方式



写真-1 ハザマック HCT 外観

4. 特長

① ユニット組立て方式による転用性の向上
 ハザマック HCT 装置は転用しやすくするため、現場組立てユニット方式になっている。本体は4分割されており、各ユニットは工場で製作された精度の高いものであるため、現場において簡単にボルト結合で組立てることができる。各ユニット及び付属部品は 8^t または、11^tトラック3台に搭載し、現場へ搬入することができる。搬入・組立ては1日で完了し、従来の1週間程度かかる現場組立て



写真-2 組立て状況

装置に比べ、短期間のうちに濁水処理を開始することができる。

② フロックフィルター槽による浄化効率の向上

トンネルからの濁水のように、SSが低く、粒径の小さい濁水を効率よく処理するためには、微小なフロックをできるだけ短時間のうちに沈降させることが必要である。

従来、薄い濁水(SS≤1000ppm)には、クラリファイヤ型の沈降槽がよく用いられており、それは微小なフロックをフロックの中で沈降させようというものである。この考え方を利用して、ハザマックHCT装置では、ある程度フロックが成長した段階で、このフロックフィルターを形成させ、その中に微小なフロックを通すことによって、吸着、フロックの成長を促進し、沈降槽になるべく微小なフロックが流入しないようにしている。フロックフィルターの形成状況はフロックフィルター槽側面の観測窓により観察することができ、必要によりフロックフィルター槽下部のゲートを開いてフロックフィルターの界面高さを調整する。



写真-3 フロックフィルター槽

写真-3にフロックフィルター槽を示す。

③ スラリーの返送による浄化効率の向上

一般に、薄い濁水の場合(数百ppm)の浄化処理では凝集効率が低く、かつ処理単価が高くなる。ハザマックHCT装置では、浄化槽より引抜かれたスラリーをスラリー槽から2次混合槽に所定量返送して、原濁水に混合することにより見かけのSSを増加して浄化効率を高める機構にしている。

浄化の効率はSSで3000~10000ppmが良好であり、約5000ppmにスラリー返送ポンプの流量を調整する。この方法により、例えば原水のSSが200ppm程度の濁水でも処理水のSSは20ppm程度に浄化でき、かつ20~40%の凝集剤が節約できる。

④ 浄化効率の向上による小型化

浄化槽の水面積は、凝集フロックの沈降速度に反比例する。従来のタイプでは、処理水を50ppmにするためのフロックの沈降速度は25m/h程度にしなければならぬ。例えば、処理量を120%とすると、水面積は約48㎡となる。最低48㎡程度の浄化槽の大きさが必要となる。ハザマックHCT装置では上記②③に示したように微小フロックに対する浄化効率が良いので、沈降速度を10%程度に設定することができる。従って、従来のタイプに比べて1/4程度の水面積となり、小型化が可能となった。

⑤ 特殊な集泥装置によるスラリーの濃縮化

沈降したフロックのスラリーはなるべく濃縮した状態で引抜くことが脱水設備の効率を高めることになる。ハザマックHCTでは、特殊な集泥装置によって、スラリーに回転運動を与え、かつ集泥効率の向上でスラリーを多量に貯留でき高密度なスラリーを排出することが可能となった。

5. 現場試験結果

試験結果を表-3に示す。

表-3 現場試験結果

濁水の pH	6.8	
含有土粒子の真比重 G_s	2.71	
含有土粒子の粒度	最大粒径	0.84 mm
	D ₆₀ (通過率60%の粒径)	0.029 mm
	D ₁₀	0.011 mm
	74 μ 以上	1.7%
	74 μ 以下	83%
濁水処理量 濁水のSS 処理水のSS	備考	
120 m ³ /h 1000 ppm 5 ppm以下	→トンネル工事中のような濁水濃度の低い場合に適用。 →骨材プラントのような濁水濃度の高い場合に適用。	
120 " 35000 " 8 "		
120 " 60000 " 10 "		

* 一般の河川への放流規率は50ppm以下。

濁水処理量Qと処理水のSS、スラリーの含水比との関係を図-2に示す。

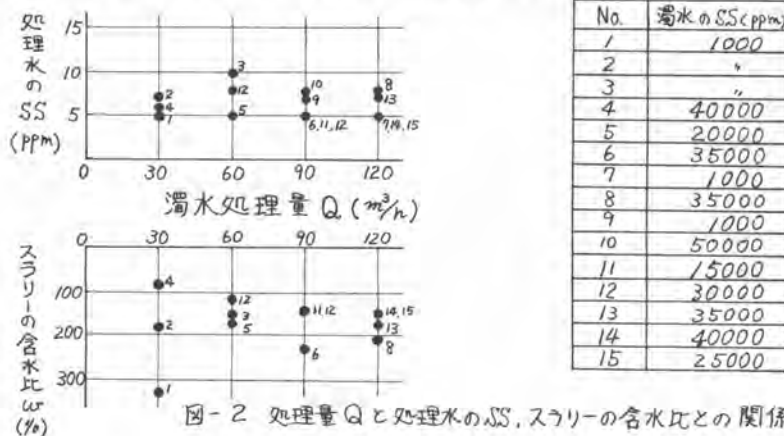


図-2 処理量Qと処理水のSS、スラリーの含水比との関係

これらの結果より、濁水処理量30~120 m³/h, SS 1000~50000 ppmに対して、安定した処理性能が得られ、ハザマックHCT装置の汎用性についてほぼ満足できる結果が得られた。

6. あとがき

建設工事中の濁水処理規制は今後ますます厳しくなることが予想される。それに伴って各工事現場ごとに異なった濁水処理設備を設置しては濁水処理費用のコストダウンは難しい。汎用性の高い濁水処理設備を使用することが今後重要になるとと思われる。ハザマックHCT装置を使用したプラントは、現在、数カ所で稼働しており、今後これらのデータを検討してさらに建設工事の濁水処理に適用し易い、実用的な機種に改良していくつもりである。

33. 沈降掻揚濃縮装置を用いた濁水処理

鴻池組 三浦重義・吉田清司

1. まえがき

建設工事に伴って発生する汚濁水を分類してみると、表1のとおりで、土粒子固形分の多い濁水と、高濃度の泥水とに大別できるが、これらの汚濁水は環境保全、水質汚濁防止の立場からそのまま放流することは好ましくなく、適切な排水処理を行う必要がある。

一般に建設工事における汚濁水の水質汚染源として挙げられるものには、土砂分懸濁物質（SS）およびセメントまたは地盤安定注入薬剤にもとづく水素イオン濃度（pH）ならびに使用機械類からもれた鉱油（n-ヘキサン）などがあり、その他に重金属のような問題となる物質は有害ヘドロの処理工事を除いた一般建設工事で発生することは、ほとんどないと思なされている。

また処理設備としては、多くの製造工場や事業場などにみられるような耐用年数の長い完全な固定処理プラントを設置する必要はなく、工事期間が短期であり装置の運転管理に習熟した作業者の確保を期待しにくい建設工事の特殊性に対応して、運搬移動据付が簡単で駆動部分が少く運転操作も容易な、しかも発生する多様な汚濁負荷変動にも追従性に富み、コンパクトでユニット化されたものが望ましい。

ここでは建設工事汚濁水の清澄化を主体に開発した沈降掻揚濃縮装置による濁水の処理について述べる。

2. 濁水の処理方法

現在一般的に行われている処理方式の一例を図-1に示した。大きく分けて、前処理、微粒子分離、後処理となり、このうち沈砂池による重力のもとでの自然沈殿、または機械分級装置を用いた分離操作で、粗大粒子を予め除去しておく前処理をうまく行うことによつて、その後の微粒子分離の負荷を大きく軽減することができる。また後処理では、分離清澄水がアルカリ

表-1 建設工事で発生する汚濁水の分類

濁水の発生する工事	ダム工事 トンネル工事 道路工事 地下鉄開削工事 土地造成 など
泥水の発生する工事	地下連続壁 場所打ぐい 泥水加圧シールド など

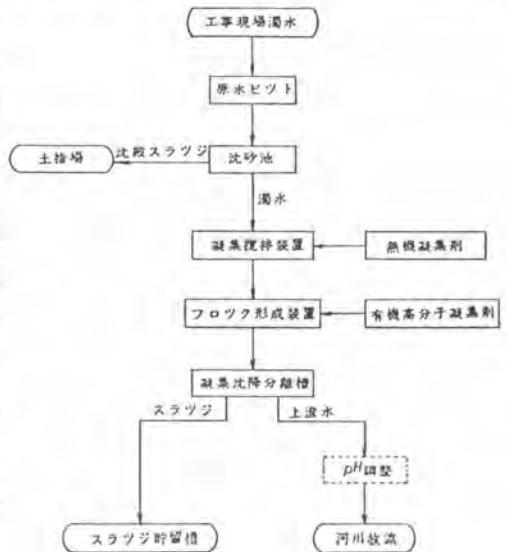


図-1 濁水処理フロー

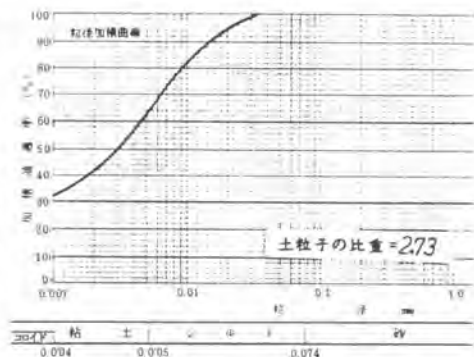


図-2 試料濁水の粒径

性的場合にPH調整を行い、また低濃度濁水の沈降スラツジ量はそれ程多くないからそのままスラツジ貯留槽内に堆積させておくが状況によっては機械脱水することを、必要とする場合もある。

3. 沈降播揚濃縮装置

微粒子分離の処理過程では、濁水に無機凝集剤および有機高分子凝集剤を最適濃度添加して凝集反応とフロツク形成を行わせ、分離槽内で上澄水とスラツジとに沈降分離する。ここに対象とする濁水はその時間当り発生量は多くても懸濁物は微粒子であり、さらにSSはそれ程高くはないからSSを河川放流が可能な数十PPm程度にまで低下させる凝集フロツク形成機構に重点をおき、しかも上澄水の分離能力が大きく、運転操作が簡便でコンパクトな凝集沈降分離槽が要求される。

試料とした濁水の粒径分布は図-2に示した。また一般に発生濁水のSSは数千PPmのものが多いので、1000PPmに稀釈して試料とした。

まずPACを(AI₂O₃として)5, 10PPm添加したときの形成フロツクの平均的な沈降速度を示すと、図-3のとおりであるが、これにアクリルアミド高分子凝集剤を1PPm追加して再び攪拌し、フロツクをさらに成長させてやると著しく沈降速度が増大した。

しかしSSが1000~3000PPm程度の低濃度濁水では、形成フロツク個々の沈降速度差によつて、大きなフロツクの小フロツクへの追突が起りつつ、いわゆる凝集性自由沈降の状態では沈降が進行し、上部清澄層と下部フロツク集合層との間に明瞭な界面を示して沈降する界面沈降の状態は示さない。そして大部分のフロツクが槽底に沈積し終つた後にも、上部の分離層中には大粒フロツクにまで成長しなかつた微小フロツクが残留したままであり、これらの微小フロツクが緩い速度で沈降を続ける状態が観察される。

凝集沈降分離槽のうち、上昇流式フロツクブランケット型グラリアイヤーでは、これらの微小フロツクはブランケット層中のフロツク群表面に接触合体して除去され、上昇した分離水は清澄なものとなるが、横流式長方形沈降槽では処理量を大きくするため水平流速を早くすると、微小

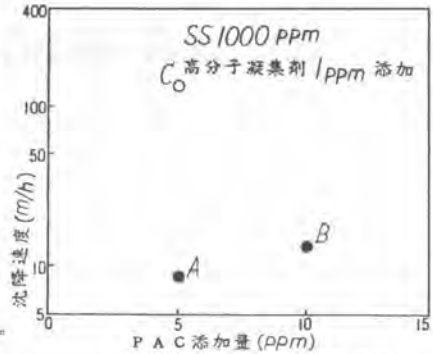


図-3 フロツクの沈降速度

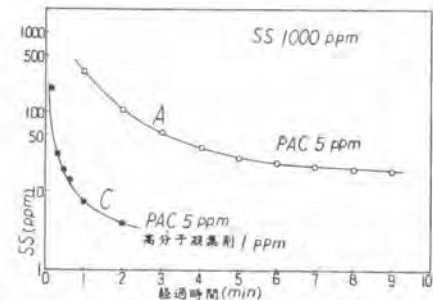


図-4 上澄水SSと経過時間の関係

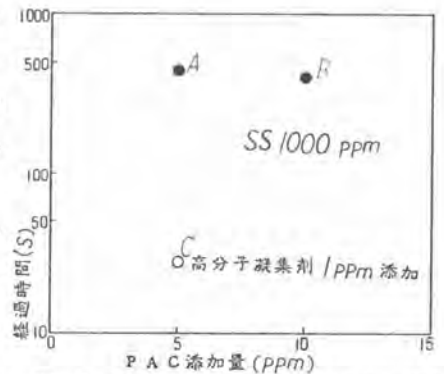


図-5 凝集剤添加量とSS20PPmに至る経過時間との関係

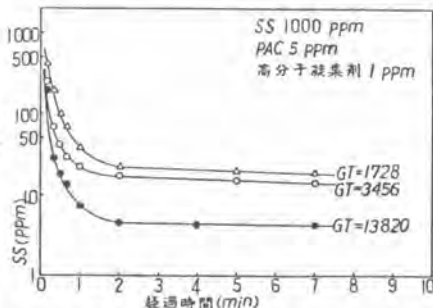


図-6 上澄水SSと時間の関係

フロツクはキヤリーオーバーして、分離水のSSが高く
なり、清澄化効率の悪いものとなる。

そこでこの上部に残留する微小フロツクに着目し、フ
ロツク成長反応終了直後からの時間と水面下20cm部分
のSSとの関係を測定してみると図-4となり、これか
ら水面下20cmの部分のSSが20PPmにまで清澄化する
に要した時間を求めた結果、図-5が得られた。

つまり低濃度濁水に凝集剤を添加して沈降分離清澄化
させる処理方式では、大部分のSSを沈降速度の大きい
フロツクに成長させても、上部に微小フロツクが取り残
されて浮遊している限り、処理効果は悪く、横流式沈降
槽の効率は低下することとなる。

従つて微細な粒子が相互に衝突合一して凝集しフロツ
クを形成してゆく過程で、すでに成長した大きなフロツ
クに微小フロツクを合体させるための衝突機会を多く与
えてやるのが好ましく、このためには濁水に凝集剤を
添加して十分よく攪拌混合し、さらに高分子凝集剤の特
徴である架橋吸着性のよいことと、フロツク強度が大き
く成長しやすい性質を積極的に生かすことに配慮する必
要がある。とくに有機親水性SSにくらべて、無機性土
粒子SSでは適切なイオン性の高分子凝集剤を選択して
組み合わせ使用すれば、微小フロツクの取り残しを少なく
して緻密で大型のフロツクにまで成長させることができる。

しかし高分子凝集剤によるフロツク強度の大きいこと
にも限界があり、過攪拌を与えるとフロツクの破壊にもと
づく上澄水の濁りが再び現われるようになってくる。

図-6には攪拌強度指標としてのGT値と水面下20
cm部分のSSの時間的变化を示したが、これよりSSが
20PPmになるまでの沈降速度を求め、図-7のE曲線

が得られた。すなわち沈降速度を28 m/h程度とするための攪拌条件はそれほど
狭いものではないことがわかつたから、沈降速度としてこの値を用い、200 ml/l
の濁水処理用横流式沈降槽の大きさを求めてみた。

いま、E：SSの沈殿除去率、V：粒子の沈降速度、Q：流量、A：沈降槽の水
平面積、Q/A：表面負荷率、とすれば、槽内の水平流速が一樣で、渦乱や偏流が
起つていない理想的長方形沈降槽では(1)式の関係となる。

$$E = \frac{V}{Q/A} \quad (1)$$

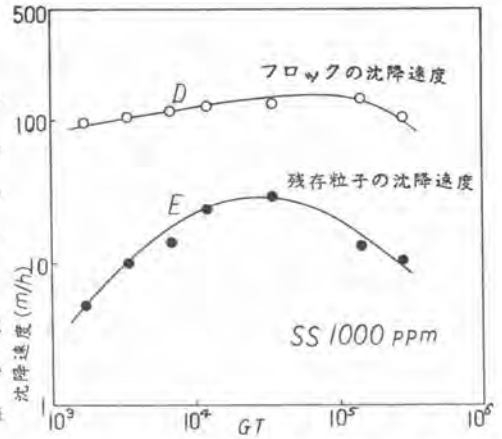


図-7 GTと沈降速度との関係

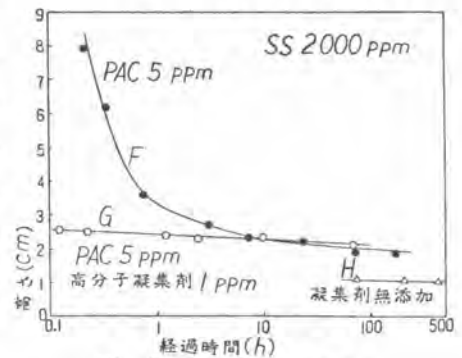


図-8 沈降スラッジの高さ

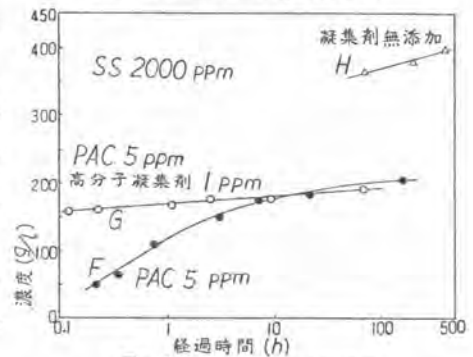


図-9 沈降スラッジの濃度

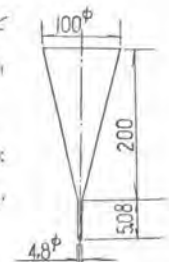


図-10 ファンネル形沈降槽

V として $V \approx 28 \text{ m/h}$ ならば $E=1$ であるから、 A は 71 m^2 となる。しかし実際の槽内滞留時間は公称の $40 \sim 60 \%$ 程度とみて、槽の所要水平面積をこの2倍とし、槽の幅に対する長さの割合を3倍にとるとすれば、有効沈降部分の長さとして 65 m 、幅は 22 m と算出された。

以上は低濃度濁水の処理として清澄水分離を主体としたものであるが、つぎに槽底に沈降したスラッジについて測定してみたところ、図-8および9の結果が得られた。PACだけを用いたものではスラッジの沈降濃縮が起つているが、高分子凝集剤を併用し十分な攪拌のもとに緻密なフロツクに成長させた場合は、沈降直後からスラッジ濃度の高いものとなっており、圧縮沈降現象はほとんど認められない。従つて沈降スラッジの濃縮はあまり重要でないことがわかった。

しかしながら高分子凝集剤併用によるスラッジの流動性を図-10の粘度計で測定した結果、図-11に示したように著しく流動性が悪く、上部清澄水の水圧を利用したバルブ開閉による抜き出しでは取出し困難なことが知られ、フライトコンベヤーによる掻揚方式とした。またフロツク強度が大きく水切れのよいことから、水面上に出たフロツクの掻揚速度を緩くして、できるだけ濃縮するよう考慮した。濁水処理量として $200 \text{ m}^3/\text{h}$ の沈降掻揚濃縮装置の概略を図-12に示した。

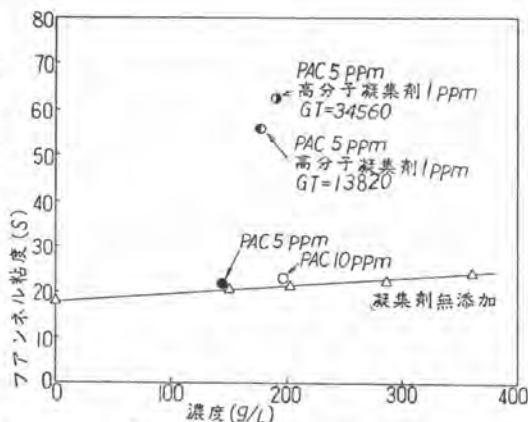


図-11 沈降スラッジの流動性

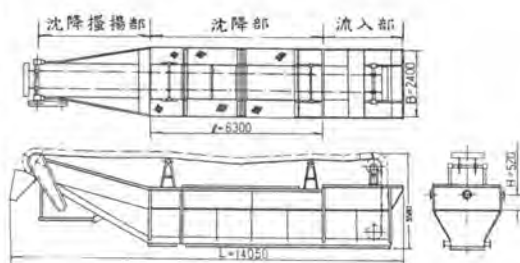


図-12 沈降掻揚濃縮装置

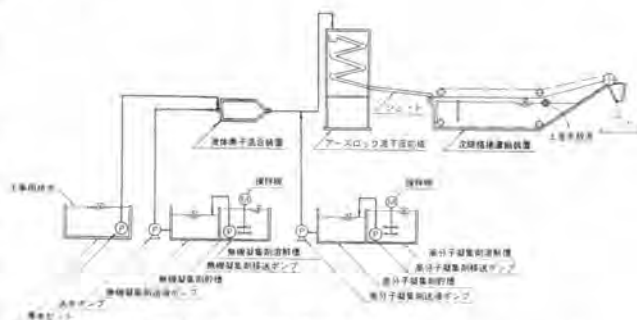


図-13 沈降掻揚濃縮装置を用いた濁水処理フロー

4 濁水処理フロー

コンパクトな横流式長方形沈降槽による土粒子濁水処理では、高分子凝集剤併用によつて、できるだけ微小フロツクの取り残しを少なくして、密実で大きなフロツクにまで成長させるために攪拌条件が重要であることを述べたが、この条件を満足させるためには、流体素子混合装置による無機凝集剤の混合と、流下反応塔により高分子凝集剤を混合しフロツク形成と成長を行わせる組み合わせ方式が有効であつた。

図-13には地下鉄開削工事で発生した濁水の処理用に開発使用したフロツク形成装置、ならびに沈降掻揚濃縮装置など一連の濁水処理方式のフローを示した。

34. 手持式建設機械の振動対策

建設省九州技術事務所 中島 甲子郎・江本 平
今村 勝

1. まえがき

近年、手持式作業機械の振動による人体への悪影響が問題になってきている。建設工事においても草刈機、さく岩機等各種の手持式作業機械が使われているので、これら手持機械の騒音振動レベルの把握と、振動軽減対策に関する調査を実施した。

昭和52～53年度は、騒音振動レベルの実態把握(結果を図-1に示す)に努めたが、昭和54年度はコンクリートブレーカを対象として、動吸振器の応用方式、ゴム緩衝方式、台車方式等10機種別の防振対策機を試作し、それにメーカーの対策機1機種を加えた11機種について防振効果などの調査を行った。

本報文は、その中から動吸振器を応用したものを中心に特長的な対策について報告するものである。

2. 測定方法

測定は、局所振動の測定方法を定める専門委員会の「手持動力工具の工具振動レベル測定方法」に関する報告(S54.6.7)を基にして、ピックアップをハンドル把持部中心にホースバンドで固定する方式を取った。

振動は、振動加速度レベル(VAL)と振動レベル(VL)で測定した。

$$VAL (dB) = 20 \log \frac{A}{10^{-5}} \quad (A: \text{振動加速度の実効値 } m/s^2)$$

$$VL (dB) = VAL \text{ を人体感覚に補正したもの}$$

測定に使用した計器は下記のとおりである。

- | | |
|---------------|--------------|
| ① 手持工具用振動レベル計 | VM 17 |
| ② ピックアップ(3方向) | PV 32 |
| ③ レベルレコーダ | LR-03, LR-04 |
| ④ データレコーダ | R-81 |
| ⑤ 実時間分析器 | SA-23 |

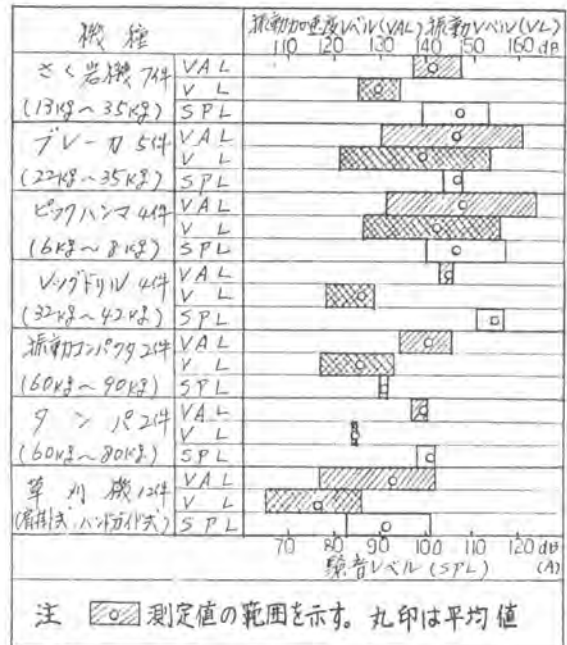


図-1 機種別の騒音振動

3. 複合動吸振器方式

ブレーカ本体に直接動吸振器を取付けたもので、図-2において質量 m 、ばね定数 K の、工具とは別の振動系をとりつけ、外力の円振動数 ω が $\omega = \sqrt{\frac{K}{m}}$ のとき振動工具に相当する m_1 の振動エネルギーを関係のない m の振動エネルギーに移しかえる原理を応用したものである。なお、ブレーカの基本振動数 ω が変動するのでそれに適応させるために、固有振動数の異なる動吸振器を二重に組合せた複合動吸振器を取付けている。

調査は、ブレーカ本体と並列に取付けた併軸型(写真-1)とヘッドの上を取付けた同軸型を試作し、それぞれについて実施した。

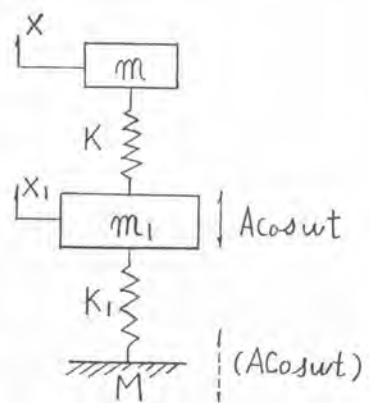


図-2 動吸振器

4. スプリング動吸振器付ハンドル方式

ブレーカ本体の上にスプリングを介して別の新ハンドルを設け、その上に単一型動吸振器を取付けたものである。(写真-2)図-2についていえば、 m 及び K の動吸振器の下に m_1 の新ハンドル、 K_1 の緩衝スプリング、 M が本体相当となる。本体が $A \cos \omega t$ の強制変位を行うと仮定すれば次の式が得られる。

$$\begin{aligned} m_1 \ddot{X}_1 &= -KX_1 - K_1X_1 + K_1A \cos \omega t + KX \quad \dots\dots\dots (1) \\ m \ddot{X} &= -KX + KX_1 \end{aligned}$$

$X_1 = a_1 \cos \omega t$ $X = a \cos \omega t$ として、防振効果 V を求めると

$$V = 20 \log \left| \frac{A}{a} \right| = 20 \log \left| \frac{K}{K_1} \cdot \frac{1}{1 - \frac{K}{m\omega^2}} + 1 - \frac{m_1\omega^2}{K_1} \right| \quad \dots\dots\dots (2)$$



写真-1 空圧式ブレーカ用動吸振器(併軸型)



写真-2 スプリング動吸振器付



写真-3 十字ハンドル式

となり、動吸振器をはずし支持スプリングのみの場合を考えると $m=0$ において 式(2)は

$$V_0 = 20 \log \left| 1 - \frac{m_1 \omega^2}{K_1} \right| \dots \dots \dots (3)$$

となる。式(2)において $\frac{K}{m\omega^2} = \frac{\omega_0}{\omega} = 1$ の場合防振効果は無限大となり、式(3)においては

$$\frac{m_1 \omega^2}{K_1} = \frac{\omega^2}{\omega_1^2} > 2 \rightarrow \omega_1 < \frac{1}{\sqrt{2}} \times \omega \text{ の時 } V_0 \text{ は正となり } K_1 \text{ のスプリングが小さいほど}$$

防振効果は大きいということになる。調査はブレーカの基本振動数に合わせるため動吸振器の固有振動数を 17.5 Hz ($m = 0.148 \text{ kg}^2/\text{m}$ $K = 1.8 \text{ kg}/\text{mm}$) にセットし、ハンドル支持スプリングを各種取かえて行った。

5. その他の対策機

動吸振機方式以外の対策機は、既製ハンドルと十字方向に8個の防振ゴムを介して新ハンドルを取付け把持部もゴム被覆し、作業性を抜きにして防振効果を追求した十字ハンドル(写真-3)と、ハンドル部と本体の間にエヤースプリングをおいた空気膜式等について行った。

6. 測定結果と考察

表-1は、各機種種の測定結果をまとめたものであるが、以下各対策機について述べる。

6-1 複合動吸振器付

未対策機に比べて、併軸型、同軸型とも約5 dB 低減したにとどまった。動吸振機を直接本体に取付けても効果はあまりないようである。

6-2 スプリング動吸振器付

未対策機に比べ、VALで30~40 dB、VLで40~50 dBの防振効果が得られた。本体と新ハンドルの間にスプリングを入れてだけで約70dBの効果があり動吸振器を付加することにより更に約10 dBほど効果が上がった。

支持スプリングのばね定数をかえた場合、式(3)ではばね定数 K_1 が小さいほど防振効果が上がるこ

表-1 防振機種(ブレーカ)の測定結果

機種種		項目	振動加速度	重力の加速度	振動V _レ V	
			V _レ V VAL dB	G (9.8m/s ²)	VL dB	
複合動吸振器付	20kg級	併軸型	160	1.02	153	
		同軸型	160	1.02	158	
スプリング動吸振器付	新吸振器付	スプリング 0.27kg/mm	132	4.1	118	
		0.81 "	126	2.0	113	
		20kg級	142 "	128	2.6	114
	スプリングのみ	の場合	4.03 "	127	2.3	115
			0.27 "	142	12.9	119
			0.81 "	133	4.6	122
			20kg級	142 "	131	3.6
		4.03 "	131	3.6	122	
		ゴム付ハンドル式(硬さ50)	132	4.1	124	
		十字ハンドル式	127	2.3	123	
		空気膜式(T社製)	133	4.6	129	

とになっているが、測定結果は必ずしも一致しなかった。これは調査中の押付力の違いや、打撃数の変動等の影響によるものも考えられる。図-3は、ハンドル支持スプリングのみの場合と、動吸振器付の場合の周波数 VAL 分析であるが、動吸振器は低周波帯域全般にわたって効果があることがわかる。

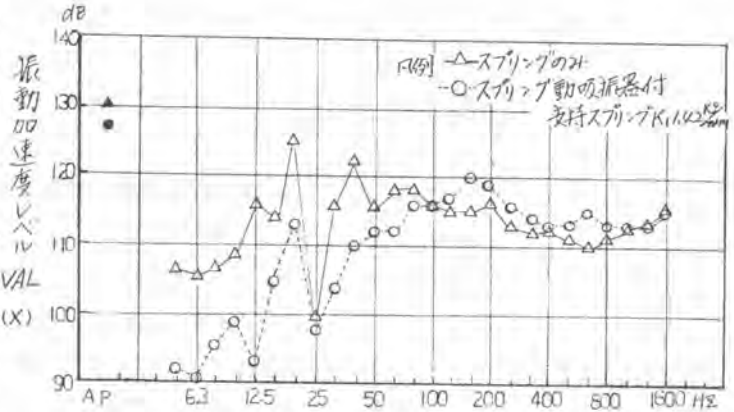


図-3 スプリング動吸振器付の周波数分析

本対策機は、今回の調査において最もすぐれた防振効果を上げたが

- ① 新ハンドルに、空気作動用レバーを連動させる
- ② 新ハンドル把持部をゴム被覆する
- ③ 元のハンドル部の改良をはかる

などによって、さらに使いやすくなり実用化が期待出来るものと考えられる。

6-3 その他の対策機

- ① 十字ハンドル式は、VALで127dBに低減したが作業性を犠牲にした割には人体感覚の高い周波数帯域の効果が小さくVLの値は下がらなかった。
- ② 空気膜式は、VALでは6-2項の支持スプリングのみの場合と同じような結果となったがVLの値はそれにおよばなかった。

この他の対策機も含めて全体的にいえることはVALの132dB、VLで124dB程度までは把握部を厚いゴムで被覆しただけで下げることができると、3G以下 (VAL 129.4dB) VLで115dB程度までとなると、なんらかの機構上の対策が必要と考えられる。

7. おすび

今回の調査においてコンフリーブレーカの防振対策については、スプリング動吸振器付ハンドル方式をはじめ一応の成果を得たものと考えられるが、その実用化及びその他の手持式作業機械の対策等を今後の課題に残している。また、専門委員会報告に規定されていないいくつかの測定方法についていろいろ摸索してみたが不十分さはいなめず、調査結果の正確な解析をするために、測定方法の統一的確立の必要性を痛感した。

調査にあたっては、大同工業大学の兼田先生、久留米工業大学の山口先生および中村先生の御協力をいただき、深謝の意を表します。

35. 土工用建設機械の車体振動について

建設機械化研究所 藤本 義二・西ヶ谷 忠明

1. 調査研究の目的

ブルドーザ、モータスクレーバ、ローダ等の土工用建設機械は必然的に不整地を走行しながら作業を行うものであるが、このときの振動負荷の実態を把握することは、運転員に対する振動伝達の防除並びに車体の強度設計上極めて重要な課題である。本報告は、機種、規格の異なる多数の建設機械について実際の工事施工時の振動加速度を測定し、これをパワースペクトルの形にまとめたもので、ISOに提案されている運転席振動の評価のための基準入力との比較を行ったものである。

2. 調査研究の方法

車体の振動は、運転席振動の評価との関連を考慮し、座席取付部で代表させ鉛直方向の振動加速度を測定した。加速度変換器は200 PC/Gの感度をもつ圧電型ピックアップを写真-1に示すように、当該個所に接着剤で固定した。振動計はチャージアンプ振動計を使用し、出力をデータレコーダに記録した。記録されたデータはFFTの手法を利用したデジタル・シグナルアナライザを使用し、パワースペクトルを求めた。アナライザでの処理過程を図-1に示す。

振動加速度データは、エリアジング防止のためのアナログ・ローパスフィルタを通過した後、12ビットのA/D変換器でデジタル信号に変換される。次に、設定した分析周波数帯域に応じたデジタルフィルタが作用し、フィルタリングされたデジタル信号はFFTをベースにしたハードウェアで高速演算処理される。分析周波数帯域は、モータスクレーバの

み0~25 HzとしてX-Yプロッタには0~6 Hzの範囲を出力し、その他の機械の場合は0~50 Hzを分析し、0~16 HzをX-Yプロッタに出力した。各々の場合の分析帯域の設定を表-1に示す。また、データの

長さは、モータスクレーバの場合は3サイクル、ブルドーザは5~8サイクル連続、ホイールローダは12サイクル連続、ダンプトラックは2サイクル分を取り込み平



写真-1 ピックアップの取付

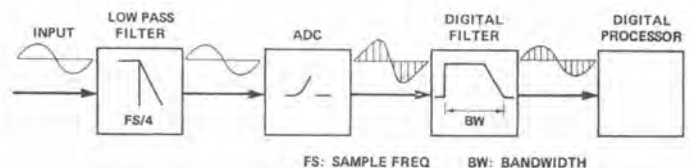


図-1 データ処理の流れ

均化処理した。

表-1 分析周波数帯域の設定

	分析周波数幅 BW (Hz)	サンプリング時間 T (s)	周波数分解能 Δf (Hz)	時間間隔 Δt (ms)
モータスクレーバ	25	10.24	0.0977	10
その他	50	5.12	0.1953	5

3. 調査対象機械および調査現場における作業形態

調査を行った機械と調査現場名を表-2に示す。調査対象機械は振動計等を取付けた後、当該現場の作業工程に従って通常の作業形態で運転することを原則とし、作業場所、サイクルタイム等に特別の配慮は加えていない。

モータスクレーバは富津市浅間山の土取り工事現場を除いていずれも宅造現場で、サイクルタイム、走行距離ともに似通っていた。図-2はモータスクレーバのサイクルタイム内訳を百分率で表わしたもので、実線で示した富津市浅間山のデータは運搬が上り勾配、回送が下り勾配で他のものと逆の走路勾配をとっていた。

キャタピラー三菱秩父センターにおけるブルドーザは、ブレード幅の溝を機械全長の4倍の長さ

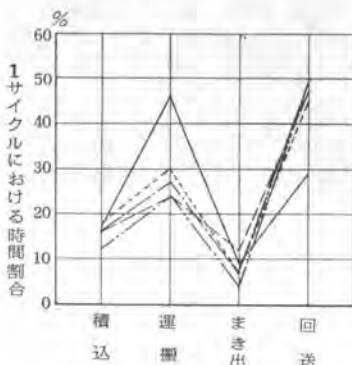


図-2 モータスクレーバのサイクルタイム内訳

表-2 調査対象機械と調査現場

機 種	番号	規格	台数	調 査 現 場	備 考
モータスクレーバ	1	23.0 m ³ (山積容量)	1	厚木市厚木ニュータウン工事現場	ツインエンジン
	2	#	2	#	#
	3	#	1	大分市緑ヶ丘団地造成工事現場	ツインエンジン
	4	33.6 m ³	1	富津市浅間山土取り工事現場	#
ブルドーザ	1	7.2 t	1	キャタピラー三菱秩父センター	溜地覆板
	2	10.1 t	1	#	#
	3	13.8 t	1	#	#
	4	16.0 t	1	#	#
	5	21.0 t	1	#	#
	6	22.6 t	1	#	溜地覆板
	7	31.6 t	1	#	#
	8	42.1 t	1	#	#
	9	86.0 t	1	#	#
	10	17.1 t	1	厚木市厚木ニュータウン工事現場	溜地覆板
	11	42.1 t	1	江田島土砂採取場	#
	12	50.9 t	1	#	#
ホイールローダ	1	1.0 m ³ (山積容量)	1	キャタピラー三菱秩父センター	#
	2	1.4 m ³	1	#	#
	3	1.7 m ³	1	#	#
	4	2.1 m ³	1	#	#
	5	3.1 m ³	1	#	#
	6	4.0 m ³	1	#	#
	7	5.4 m ³	1	#	#
	8	9.6 m ³	1	#	#
	9	0.6 m ³	1	建設機械化研究所作業試験場	ビードレストイヤ
	10	2.3 m ³	1	#	#
ダンブトラック	1	45.4 t	2	江田島土砂採取場	#
	2	46.0 t	2	#	#

を目標として掘削し、その先に機械全長の2倍の距離だけ運搬して元の位置に戻ること繰り返す作業を行った。厚木ニュータウンでのブルドーザは、モータスクレーバがまき出した土砂の均し作業中のものを測定した。江田島土砂採取場のブルドーザは、風化花崗岩をり。ピングしては排土板で押しする作業を繰り返したものである。

ホイールローダは土砂を対象として

J I S D 6 5 0 5 に規定された作業試験方法のうちのV方式を模して運転したもので、ストックパイルからすくい込んだ土砂はダンブトラックを想定した位置にダンブし積み上げた。

ダンブトラックは、江田島北部の風化花崗岩の山で、発破およびブルドーザのリッパで起砕した土砂をベルトローダまたはホイールローダで積み込み、約870mの距離を運搬しほぼ同一のコー

スを回送するもので、サイクルタイムは約6分でそのうち積み込みは約1分30秒であった。代表的な現場での機械の作業状況を写真2～5に示す。



写真-2 厚木ニュータウン工事現場



写真-3 江田島土砂採取場



写真-4 キャタピラー三菱秩父センター



写真-5 江田島土砂採取場

4. 測定結果

測定結果は、パワースペクトルとして機種毎に全データを同一スケール上に出力した。図-3～図-7はこれを示すもので、各ドットがパワースペクトルの値を示している。

図中の破線は、ISO/TC127/SC2に提案されている運転席振動の評価のための基準入力であり、これは例えば電気油圧式の振動台に建設機械の運転席を固定し、加振するときの標準入力としようとするもので、運転席取付部にこのパワースペクトルで規定される振動を負荷したときの、オペレータが着座したシート上の振動加速度の測定値を規準値と比較することにより評価しようとするものである。従って、この基準入力はそれぞれの機械を実際に現場で使用したときの運転席取付部の振動を代表するものが規定されるべきで、ISOではこれを4種類に区分してあり、モータスクレーパーはクラス1、車輪式ローダおよび車輪式トラクタはクラス3、履帯式トラクタ、履帯式ローダおよびグレーダはクラス4とされている。なお、クラス2は前軸サスペンションまたは振動吸収ヒッチを有するモータスクレーパーとなっている。

図-3に示すモータスクレーパーはISO提案の区分ではクラス1に属するものであるが、測定値はISO提案値に比較的よく一致している。

ブルドーザはISO提案の区分ではクラス4に入るが、ISOでは規格別の分類は無く小型機から大型機まで同じ値が基準入力とされている。ところが調査結果では、小・中型機(図-4)と大型機(図-5)では明らかにパワースペクトルの形が異っており、小型機は大型機に比較してより

大きな振動負荷を受けている。一方、大型ブルドーザではISO提案値ほどの振動負荷にはなっていない。

図-6はホイールローダの測定結果で、一例だけとび出た値があるが、これは1.0mの小型機の場合である。これを除くとパワースペクトルの形は非常によく収れんしていて、ホイールローダの振動の主成分がほぼ3Hzにあることがわかる。従ってISO提案値ほど周波数帯域を広くとる必要は無く、むしろクラス1のような形が適当であると考えられる。

ISOではダンブトラックに関する振動評価のための基準入力は提案されていないが、ダンブトラックの測定結果を車輪式車両への入力とされるクラス4と対比したものが図-7である。ダンブトラックは単一の現場で2機種各2台ずつ測定したのみであり、他の現場でのデータを重ねるとこの値は当然変わるであろうが、概ねホイールローダとよく似た結果となっている。ダンブトラックの振動評価のための基準入力を考えるとすれば、この場合もクラス1のような形が適当と思われる。

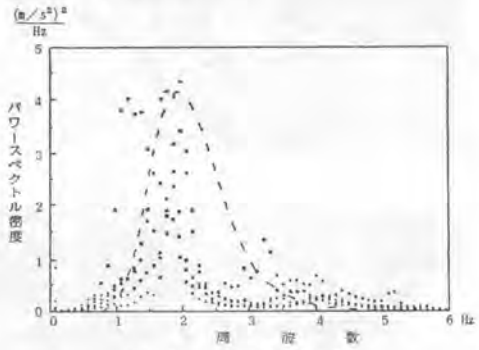


図-3 モータスクレーバ

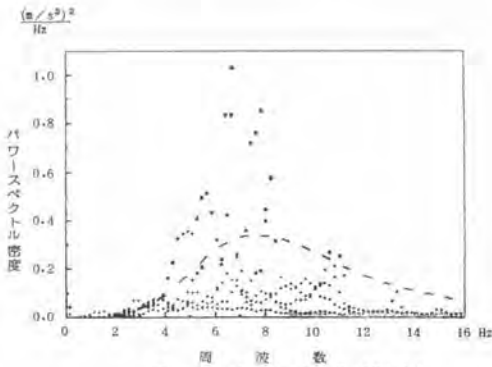


図-4 ブルドーザ (7~17トン)

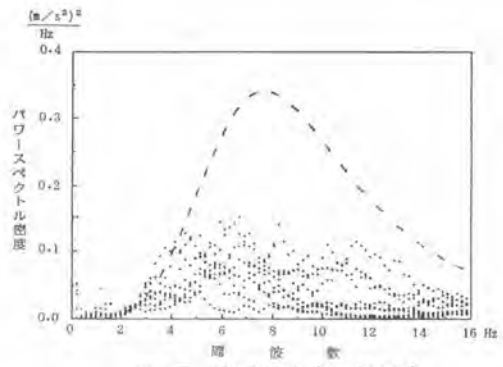


図-5 ブルドーザ (21~86トン)

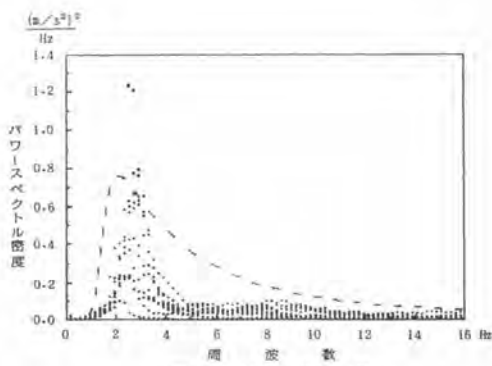


図-6 ホイールローダ

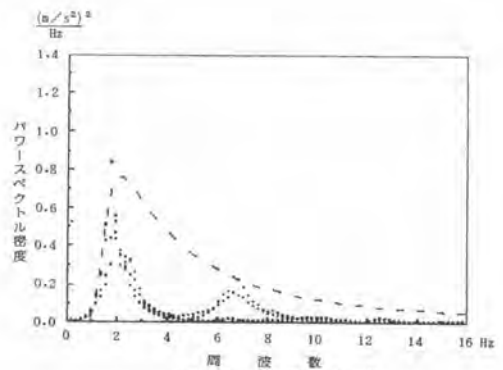


図-7 ダンブトラック

36. 雪上トラクタの走行性能について

愛媛大学 室 達 朗

1. まえがき

履带式雪上車のけん引性能を評価するためには、まず積雪の動カ学的挙動として圧縮およびせん断変形特性について解析し、その後、積雪面上を走行する雪上車の運動機構、車輛の構造特性と積雪の力学特性との相互作用から最大けん引力を算定する必要がある。まず、雪上車の沈下にもなう積雪の圧縮変形エネルギーと積雪の構造特性との関係を明らかにすることを目的として、種々の新雪および硬化雪について矩形板載荷試験を行った。試験温度は -13°C であり、 $7.6\text{ cm} \times 7.6\text{ cm}$ の矩形板を使用し、載荷速度 3.7 mm/sec のひずみ制御型として試作した試験機を使用した。つぎに、履帯下の雪のせん断強度と変形特性を明らかにすることを目的として、種々の新雪および硬化雪について現地試験用として開発したベンコンによる貫入試験とせん断試験を行った。すなわち、頂角 30° 、高さ 36.5 mm と 69.9 mm の2種類のベンコンを使用し、貫入速度 3.7 mm/sec 、せん断速度 1.89 mm/sec と 3.49 mm/sec においてベンコンに作用するロードとトルクを計測し、雪のせん断変形特性を明らかにした。

つぎに、雪上車の通過によって攪乱されていない新雪および硬化雪で構成された積雪面上を気温 -13°C で走行するたわみ性履帯を有する履带式雪上車のけん引性能を算定するために、雪上車の積雪面走行時の運動についてエネルギー解析を行った。すなわち、エンジンからの入力エネルギー、足回り部分の沈下と履帯のスリップによる雪の変形などによるエネルギー損失、およびけん引による仕事エネルギーとの間に成り立つエネルギー平衡方程式を組み立て、けん引力とスリップ率との関係を求めた。さて、これらのエネルギー解析の結果より、種々の積雪深度を有する場合から積雪深度無限大に至る積雪面上を走行する雪上トラクタの履帯の沈下量を冷凍室で実施した矩形板載荷試験から推定し、鉛直方向のそれぞれの圧縮変形エネルギーを算定するとともに、ベンコンによるせん断試験からえられる応力変位曲線より雪のせん断変形エネルギーし、ある実車の一例として、自重が 3630 kg の小型雪上車を選定し、新鮮な降雪直後の雪、粒状体の新雪および硬化雪で構成された種々の積雪面上のけん引力特性について理論的に算定した結果について述べる。

2. 積雪の矩形板載荷試験¹⁾

6種類の雪試料 A・B・…・F を実験に使用した。すべての雪試料は、天然の降雪より冬期外気温 0°C 以下で採取した。試料雪 A, B, D, F は -13°C の冷凍室にしばらく保管した後、粉砕機により人工的に粉砕して粒度を調整した人工粉状雪である。また、試料雪 C と E は新鮮な降雪であり、降雪後ただちに冷凍室に搬入し試験に供した。平均粒径は $0.43 \sim 0.60\text{ mm}$ 、均等係数は $1.32 \sim 1.92$ であった。これらの試料は、すべて口径 2 mm のふるいを使用し、一定の落下高 13 cm よりふるい分けて内容積が $7.6\text{ cm} \times 45.7\text{ cm} \times 27.4\text{ cm}$ の透明なブ

ラスチックの箱に充てんし試験に供した。写真1に実験装置を示す。枠組中央に、昇降速度 $3.70 \sim 74.08 \text{ mm/sec}$ のテーブルがあり、その上に試料箱が設置されている。また、枠組上部には試作した回転可能なロードセルとトルクセルを設置し、矩形板の載荷試験およびベンコーンによる貫入およびせん断試験に使用した。載荷板の形状・寸法は、 $7.6 \text{ cm} \times 7.6 \text{ cm}$ の正方形板を選定し、また、載荷速度はひずみ制御とし、すべて一定速度 3.7 mm/sec で行った。図-1および図-2は、それぞれ新雪および硬化雪に対する矩形板の貫入抵抗と貫入深さとの関係を示したものである。新雪においては、いずれも貫入抵抗は初期圧縮過程において弾性的挙動を示しており、貫入深さがある値に達すると増加勾配が減少し塑性降伏してくる。また、貫入抵抗は断続的なこぎり波形を示しているが、雪の圧縮変形領域が雪試料箱の底辺に達すると、貫入抵抗は図に示したように急激な増加現象を呈した後破壊



写真1 冷凍室内の実験装置

によって減少する突起現象を呈し、その後急激な増加を示してくる特性がみられた。本実験においては完全な拘束状態ではないが、この突起現象を呈する矩形板の貫入深さに対して雪の密度はすべて臨界密度に達したと判定できる。一方、硬化雪の初期圧縮過程で顕著な弾性的挙動を示しており、その後貫入量がある値に達すると塑性的挙動を示してくる。また、鉛直方向のすべり面上でのせん断強度もかなり大きく塑性域に達してからも貫入抵抗は放物線的に増大していく。

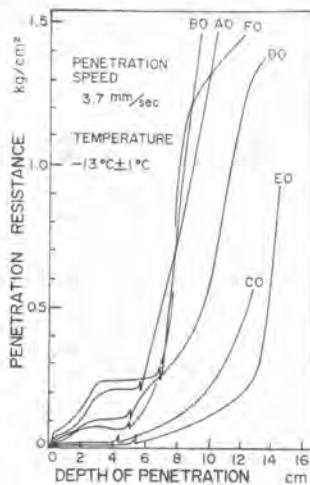


図1 新雪に対する矩形板載荷試験

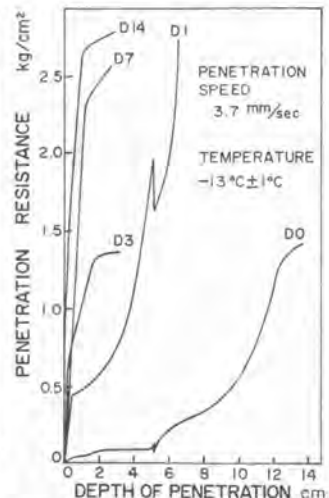


図2 硬化雪に対する矩形板載荷試験

3. 積雪のベンコーン試験²⁾

ベンコーンの貫入速度は 3.7 mm/sec 、回転速度は 1.75 r.p.m. として実験に供した。まず、矩形板による載荷試験終了後、矩形板をとりはずしベンコーンを新しく設置して貫入試験を行い貫入抵抗と貫入深さとの関係を求めた。図-3は、雪箱にゆるく堆積させた初期密度の異なる種々の新雪および硬化雪に対するベンコーンの貫入試験の結果である。一般に、コーン指数はベンコーンが試料雪の中に完全に貫入するまで貫入深さとともに増加するが、さらに貫入させると降伏点に達しその後はほぼ一定の残留強度を示している。また、せん断変形特性は剛塑性体挙動を示しせん断応力 τ と変形量 X の間には $\tau = \tau_0 \exp(-2X)$ なる関係が成立した。またベンコーンによるせん断試験はすべて雪の正規圧縮領域で実施できるのでせん断応力 τ と垂

垂直応力 σ の関係は、図-4に示したようにクーロンの破壊基準式 $\tau = c + \sigma \tan \varphi$ が成立することが明らかとなった。

4. 積雪面走行時のエネルギー解析³⁾

一般に、雪上トラクターの走行時のエネルギー平衡方程式は次式で表現することができる。

$$E_1 = E_2 + E_3 + E_4 + E_5 + E_6 \quad (1)$$

ここに、 E_1 は、雪上トラクターの移動走行時の有効な入力エネルギーであり、所定のエンジン定格出力からギヤ-マスプロケット部分の摩擦による機械的なエネルギー損失部分を差引いたものとして与えられる。さて、履板が雪上トラクター本体に対して1トラック長 D 相対移動したときの入力エネルギー E_1 は $s D T_1$ で与えられる。 E_2 は、鉛直方向の雪の圧縮変形エネルギーとして $E_2 = s T_2 D (1-s)$ で与えられる。雪上トラクターの走行による積雪面の圧縮沈下による締固めエネルギー損失として矩形板の載荷試験の結果より算定することができる。図-5は、雪上トラクターの1トラックに作用する諸力 $T_1 \sim T_6$ を表わし、スリップ率 S は、雪上トラクターの走行速度 V とトラックリングの移動速度 V' の比より $S = 1 - V/V'$ で与えられる。

つぎに、 E_3 は履帯と積雪面との間のスリップによって発生する雪のせん断変形エネルギー損失として、ベンコンによるせん断試験の結果より算定することができる。

スリップエネルギー E_3 と積雪面のせん引抵抗力 T_3 との関係は $E_3 = 2 T_3 S D$ で与えられる。 E_4 は雪上車のけん引力仕事エネルギーとして $E_4 = 2 T_4 (1-s) D$ で与えられる。つぎに、 E_5 は履帯上部の側面摩擦エネルギーであり雪上トラクターの移動走行にともなってトラクター本体に付着した雪と自然積雪との間に発生する側面摩擦

抵抗力 T_5 による摩擦エネルギー損失のことである。一方、 E_6 は雪上トラクターの移動走行にともなって履帯とシューグローサとの間に圧雪締固められた雪と自然積雪との間に発生する側面摩擦抵抗力 T_6 による摩擦エネルギー損失のことである。これらのエネルギー解析を行った結果、けん引力 T_4 とスリップ率 S との間に次式が成立することが明らかとなった。

$$T_4 = \frac{1}{1-S} T_1 - \frac{S}{1-S} (T_3 + T_6) - (T_2 + T_5) \quad (2)$$

5. 履带式雪上車のけん引性能⁴⁾

積雪深度が無限大の場合と有限の場合について冷凍室で行った矩形板載荷試験の結果から雪上トラクターの履帯の沈下量およびトラクターを支持する積雪の鉛直方向の変形エネルギー

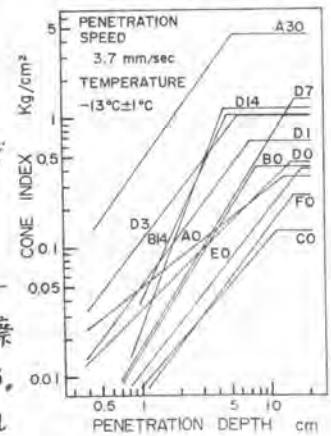


図3 ゆるく堆積した新雪および硬化雪に対するベンコン貫入試験の結果

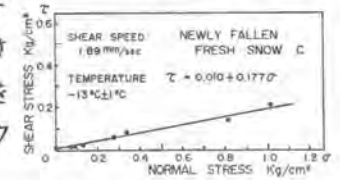


図4 ベンコンによるせん断試験結果の一例

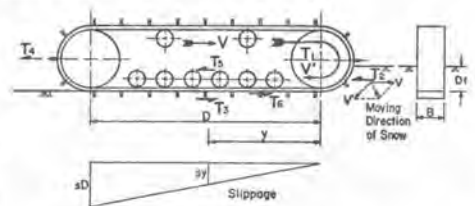


図5 雪上トラクターの1トラックに作用する諸力

を算定することができる。図6はここ一例として選定した小型雪上車の諸元を示したものである。この雪上トラクターのけん引力とスリップ率の関係は、前述のエネルギー方程式より式(2)を用いて算定することができる。図7は12種類の新雪および降雪直後の雪、粒状体の新雪および硬化雪が、積雪深度27.4 cmで堆積した積雪面上を走行する場合のスリップ率によるけん引力の変化を算定した結果である。この場合、トラクターの平均最大接雪圧は平均接雪圧の4倍として 0.346 kg/cm^2 で与えられるので、すべての新鮮な降雪直後の雪と粒状体の新雪に対しては履帯下の雪の密度はそれぞれの雪の臨界密度を越えていることが判明した。そのため、鉛直方向の履帯下の雪の圧縮変形エネルギー損失はかなり大きくなるが、積雪のけん引抵抗力は締固めにより十分増加している。したがって、雪上車のけん引力は、これを積雪面のけん引抵抗力から算定するとスリップ率0において最大値をもちスリップ率の増加とともに減少することが判明した。そのため、実際のエンジン出力から算定される履帯の有効張力が積雪面の最大けん引力を越えない限り、雪上車はスリップすることなく、そのけん引力は履帯の有効張力から算定することができる。図8は、一例として、積雪深度121.9 cmと無限大の種々の雪で構成された積雪面上を走行する雪上トラクターのけん引力と圧縮変形エネルギー損失量との関係を示したものである。図より明らかに、すべての雪の種類および積雪深度に対して雪上トラクターのけん引力は圧縮変形エネルギー損失量に比例して減少していきことが判明した。

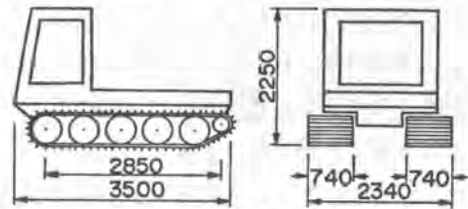


図6 小型雪上車の諸元

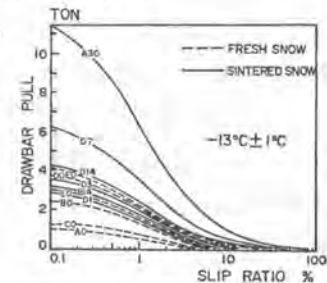


図7 種々の積雪面上の履带式雪上車のけん引力とスリップ率の関係

6. あとがき

-13°Cの低温において種々の新雪および硬化雪で構成された積雪面上を走行する履带式雪上車のけん引性能について、積雪の矩形板載荷試験およびベンコンセン断試験の結果に基づいて、積雪面走行時のエネルギー解析を行った。その結果、履带式雪上車のエンジン馬力が比較的小さい場合には、一般にスリップすることなく、いかなる積雪深度に対してもそのけん引力 D.B.P. は履帯下の積雪の単位面積当たりの圧縮変形エネルギー E_n の増大とともに減少し、 $D.B.P. = T - 2BE_n$ (T :履帯の最大有効張力, B :履帯幅)で与えられることが判明した。

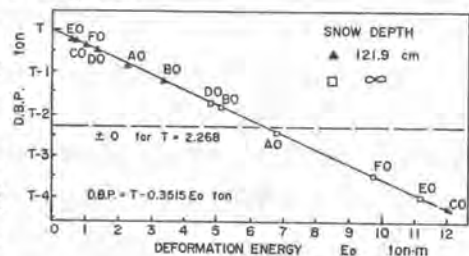


図8 積雪深度121.9 cmおよび無限大の新雪積雪面上を走行する履带式雪上車のけん引力と積雪の圧縮変形エネルギーとの関係 (T は履帯の最大有効張力)

7. 参考文献

- 1) 室達朗他, 1980: 積雪の矩形板載荷試験, 雪氷42, 1, 17-24.
- 2) 室達朗他, 1980: 積雪のベンコン試験, 雪氷42, 1, 25-32.
- 3) 室達朗他, 1980: 履带式雪上車の走行性, 雪氷42, 2, 93-100.
- 4) 室達朗他, 1980: 履带式雪上車のけん引性能, 雪氷42, 2, 101-108.

37. DCM工法用作業船位置決め測量装置の開発

竹中工務店 菊池公男・山田弘道

1. まえがき

本研究は、海上作業船の位置決めの測量に関し、船上から無人で、高精度かつ迅速に位置決めできる測量システムの開発について述べたものである。

我が国の港湾地域の多くの地盤は、軟弱な粘性土層の発達が著しく、その層厚は数十メートルに達する場合もまれではない。このため、多くの港湾工事において何らかの形で軟弱地盤の地盤改良対策が講じられてきた。

DCM工法は、この軟弱地盤をそのままの位置でセメント系の硬化剤と攪拌混合、硬化させ、上部荷重を支持できる地盤に改良する工法である。本工法においては、柱状改良体を連続させ、一体化した改良土の壁体を造成するため、作業船の位置決めにおいても従来にない正確さが要求された。

従来の作業船の位置決めは、トランシット、ジャイロコンパス等による方法であったが、それらの方法には測量精度が満足できない、人間と時間がかかる、測量台の設置が必要である等、多くの制約があった。

当社では昭和51年以來、作業船の動揺特性、移動速度、固定性能および光波距離計の測量上の問題等に関する基礎的実験を行った。その結果、昭和54年6月に自動視準光波距離計3台とCRTディスプレイを備えたパーソナルコンピュータを用いた作業船位置決めの測量システムを確立した。

本報告は、その測量システムの概要と施工結果についてまとめたものである。

2. 本論

2.1 測量概要

図-1に作業船位置決めの概要を示す。本測量システムは自動視準光波距離計3台、CRTディスプレイ付パーソナルコンピュータ、光波距離計データを計算機へ入力するためのインターフェイス(I/F)およびスイッチボックスより構成される。

自動視準光波距離計は位置決めの時間の短縮、測量人員の削減、精度の向上のために開発したもので、対岸に設置した発光部を常時、自動視準しながら距離測量を行う。光波距離計はI/Fを介して作業船の中央制御室におか

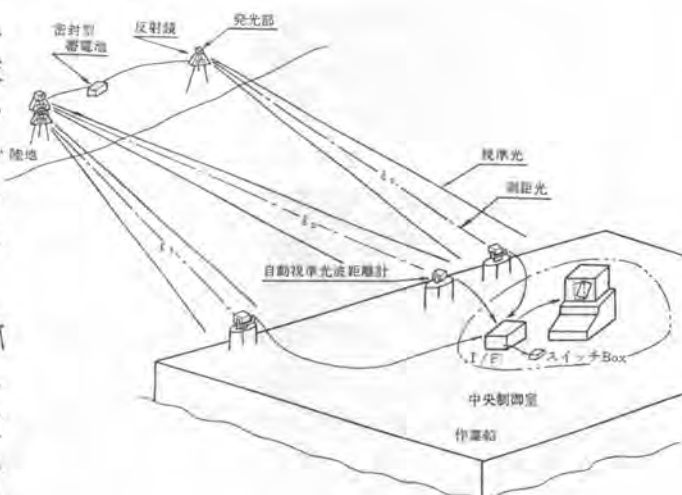


図-1. 作業船位置決め測量概要

れた計算機と連動しており、自動的に連続的な距離測量ができる。計算機では光波距離計から送られた3辺距離データをもとに作業船の現在位置を計算し、CRTディスプレイに予めセットした設計位置と対比して図示する。操船者はこのディスプレイを見ながら作業船を設計位置に位置決めする。

2.2 測量原理

光波距離計3台を用いた測量原理を図-2に示す。光波距離計は作業船上のP, Q, Rの各々の位置に固定される。今、作業船の2点P, Qを位置決めのべき最終位置 O_1, O_2 に合致させることを考える。 a, b および g は光波距離計、反射鏡の設置位置によって決まる定数で c, d, e, f は施工位置によって決まる定数である。以上の定数を用いて求まる O_1, O_2 の位置をそれぞれ原点とし、P点の O_1 からの変位量を (x_1, y_1) 、Q点の O_2 からの変位量を (x_2, y_2) とする。 x_1, y_1, x_2, y_2 はP, Q, RからのA, Bに対する3辺距離 l_1, l_2, l_3 を計測することによって次式より算出される。

$$x_1 = c + l_1 \sin \nu$$

$$y_1 = e - l_1 \cos \nu$$

$$x_2 = d + l_3 \sin \epsilon$$

$$y_2 = f - l_3 \cos \epsilon$$

$$\text{ただし、} l_3' = \sqrt{l_2^2 + g^2 - 2 \cdot l_2 \cdot g \cos \theta}$$

$$\cos(\pi - \theta) = \{l_2^2 + (b-g)^2 - l_1^2\} / 2 \cdot l_2 \cdot (b-g)$$

$$\nu = \frac{\pi}{2} - \alpha - \beta + \gamma$$

$$\epsilon = \frac{\pi}{2} - \gamma - \beta - \gamma$$

$$\cos \alpha = (l_1^2 + l_2^2 - b^2) / (2 \cdot l_1 \cdot l_2)$$

$$\cos \beta = \{l_2^2 + (a/\cos \gamma)^2 - l_3^2\} / (2 \cdot l_2 \cdot a/\cos \gamma)$$

$$\sin \gamma = a \sin \beta / (l_3 \cos \gamma)$$

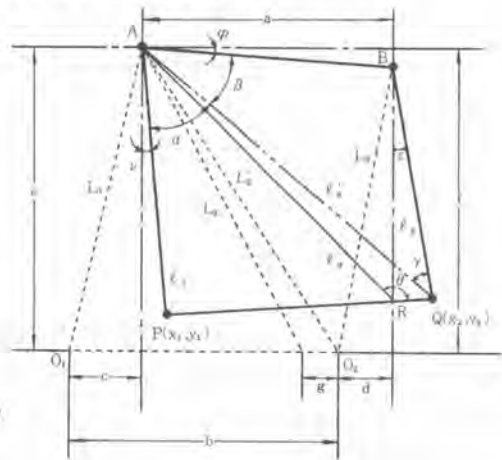


図-2 測量原理

2.3 自動視準光波距離計の原理

図-3に自動視準光波距離計の原理を示す。

光波距離計は一般測量機器の一つであり、同図の距離測定部と反射鏡から構成されている。距離を測るには、距離測定部と反射鏡はあらかず一定時間(数秒)視準している必要があるが、船のように常時ゆれているものの上においた場合、互いの光軸はずれてしまう。そこで、

この距離測定部が常に、反射鏡を追うような自動視準光波距離計の開発が必要となった。

反射鏡上部に取付けた発光部からは、レーザーダイオードを発光源とする視準光が船の方向にある拡がり角度で投光する。距離測定上部に取付けられた受光部では上記の視準光を受光板に結像する。結像位置が受光板の中心位置にくるようにサーボ追尾機構により距離測定部を上下左右方向に回転動作させ、光波距離計は作業船の動きに従い、常時発光部を視準し距離測定可能な状態を保持する。なお、3台の光波距離計を区別するため、視準光はおのおの異なった周波数で変調された発光源

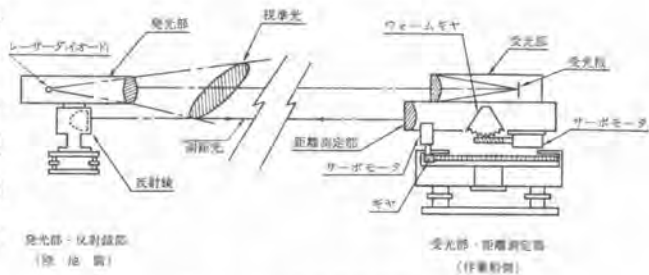


図-3 自動視準光波距離計原理

を用いている。このため、太陽光線などの自然光にも影響されることなく、正確に発光源を視準できる。

2-4 測量装置

写真-1は本測量システムに用いられる装置一式である。写真-2, 3, 4はそれぞれ、中央制御室におかれた操船用の計算機、作業船に設置された自動視準光波距離計、測量台の反射鏡、発光源である。また、各装置の主な仕様を表-1に示す。



写真-1. 作業船位置決め測量装置

2-5 施工結果

本測量システムの第1号機は横浜港の工事に用いられ、引き続き第2号機が九州伊万里湾の工事で稼働中である。以下、この第2号機によるデータの一部分について報告する。



写真-2. 中央制御室の計算機

2-5-1 表示例

図-4は計算機のCRTに表示されたものをハードコピーしたものである。設計位置と点線で、現在の作業船の位置を実線で示し、同時に設計位置からの変位量と数値表示、矢印で作業船の操船する方向を指示してある。操船者はこの表示を見て、操船する大きさと方向を把握する。

2-5-2 位置決め精度

図-5に位置決め精度の分布を示した。3台の光波距離計の120mにおける標準偏差はそれぞれ0.5, 0.6, 1.3mmで、本測量システムとしての位置決め精度は、表示値 ± 2 mmと考えられる。しかし、2mmは無視しても精度上問題がないの



写真-3. 自動視準光波距離計の取付状況

で、表示値を位置決め精度とした。図-5は2日間のデータより位置決め回数の分布を調べたもので、全体の80%以上は ± 2 cm以内に位置決めされている。なお、現場では ± 3 cmを管理

項 目		仕 様
自動視準光波距離計	発 光	視準光発光源 レーザダイオード50mW
		発 散 角 垂直・水平とも $0 \sim \pm 5^\circ$
		視準有口径 50mmφ
		光学変調周波数 3KHz, 6KHz, 10KHz
		電 源 バッテリー(DC12V)
	受	追従精度 $\pm 0.016^\circ$
		追従速度 270°/min
		自動視準範囲 垂直: $\pm 5^\circ$, 水平: $\pm 18^\circ$
		視準有口径 50mmφ
		電 源 AC100V 50/60Hz
距離測定部	形 式 SDM-1C	
	測定距離 最大1Km	
	測定精度 ± 1 cm(1Km)	
	測定所要時間 5秒/回	
	表示・出力 デジタル6桁	
計 算 機	形 式 9845A	
	容 量 64Kバイト	
	表 示 CRTグラフィックス	
	プリンタ 最大480行/分	
	電 源 AC100V 50/60Hz	



写真-4. 反射鏡・発光部の取付状況

限界値としているため、図-5の分布は母集団の分布とも考えられる。

2-5-3 位置決め時間

図-6は位置決め時の測定結果である。1日の施工回数は10~20回であり、それらの平均値をプロットしたものである。

本測量身システムの開発時の目標値は5分であった。図-6から、操船者が本測量身システムに習熟するに伴い、位置決めの時間が徐々に短縮されている様子が分かる。習熟(1週間)後の平均位置決めの時間は4.8分で目標値を上回っている。なお、標準偏差は1.6分であった。

2-5-4 測量身員

本測量身システムの特徴の1つに測身の無人化があげられる。従来の位置決め方法ではトランシットで行う場合、最低2人の測量身員が必要であった。今回のシステムでは自動視準光波計を用いているため、測身の無人化を計ることができた。ただし、対岸に設置した自動視準用の発光源の方向調整、天候の変動時の光波距離計の光量調整等、本システムの管理には多少の労力を要した。

3 結論

DCM工法における作業船の位置決め方法として開発された自動視準光波距離計による測身システムを横浜港、伊万里湾の2現場に2機種用いた結果、充分実用に供することが分かった。以下、これまでの施工結果をまとめると次のようになる。

- (1) $\pm 3\text{cm}$ 以内の位置決め精度を確保することができた。(80%以上は $\pm 2\text{cm}$ 以内である)
- (2) 位置決め時間は約5分で従来方法に比べ、非常に短時間で済んだため、施工能率に大きく寄与した。
- (3) 測身の無人化が計られたため、コストの低減と測身員の作業環境の改善に大いに役立った。
- (4) 天候に左右されることなく位置決めできたため、施工能率があがった。

今後は本測量身システムが精密機器で構成されるため、潮風、熱、振動等による耐久性の問題について調査、検討を加えると共に、機器のメンテナンス体制の充実化、他分野への応用を計りたい。

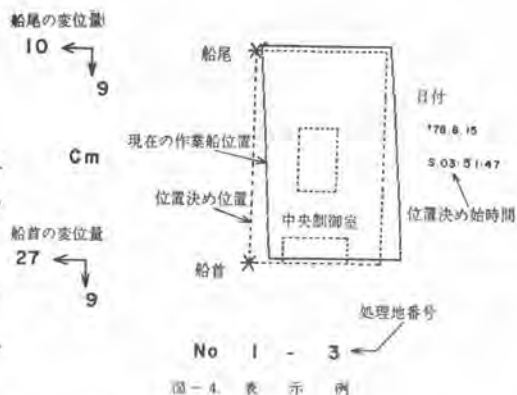


図-4 表示例

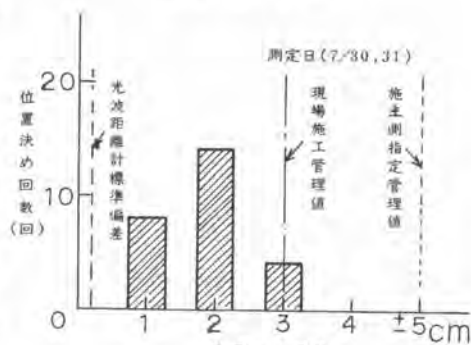


図-5 位置決め精度

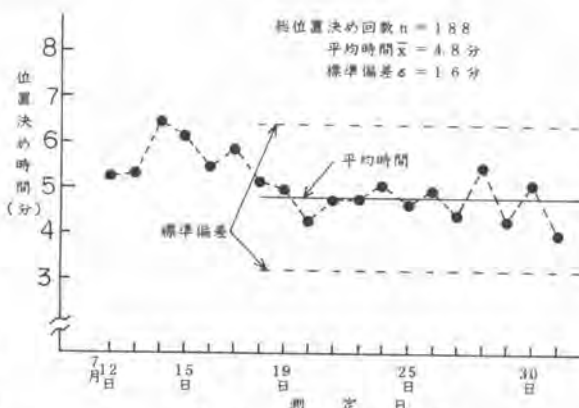


図-6 位置決め時間

38. ツーブーム油圧ショベルの開発について

建設省四国技術事務所 須田道夫

1. まえがき

最近の土木工事の施工状況を見ると、油圧ショベルを「ツルハシ」や「スコップ」同様の手軽さで各種の目的に利用されているようですが、1種類の作業装置では施工困難な作業が多々あり、別の作業装置と取替えながらの作業や、異った作業装置を持つ他の機械との併用作業では作業能率や経済的な面で問題がある。

そこで、建設省四国地方建設局では法面切土作業の施工能率向上と省力化を図る目的で、1台の機械に大型ブレイカとバケットの両方を装備した「ツーブーム油圧ショベル」を考案（現在実用新案申請中）し、その実用化のための試験を油谷重工（株）と共同で実施中です。

試験は昭和54・55年度の2ヶ年計画で実施しているが、初年度に実験用機械の製作及び各部の機能等について構内試験を行い、今年度はその実験用機械による作業試験を実施して、実用化への結論を得る予定です。したがって、今回は昭和54年度に実施した試験結果を中心にその概要を紹介したいと思います。

2. 実験用機械

今回開発しようとする「ツーブーム油圧ショベル」は、主に小規模で多数の機械を投入することが困難な狭隘な現場を対象にするものであり、機械はできるだけ小型であることが望ましい。しかし、作業の目的から少なくとも600kg級油圧ブレイカが装着できるものが必要であるため、実験用機械は市販の0.45m³級油圧ショベル（油谷YS450L）をベースに改造し、メインブームに0.4m³級、サブブームに0.3m³級のものを組合せた。その主な改造内容は次のとおりであり、また、その概要図は図-1のとおりである。

(1) サブブーム取付フレーム新設。

(2) カウンタウエイトの交換。

サブブーム取付によるカウンタウエイトの重量アップ。なお、サブフレーム新設により取外した燃料タンク及びバッテリーはカウンタウエイト内に収納した。

(3) 油圧切換バルブの新設

メイン・サブの油圧回路切替用6連式コントロールバルブを新設。

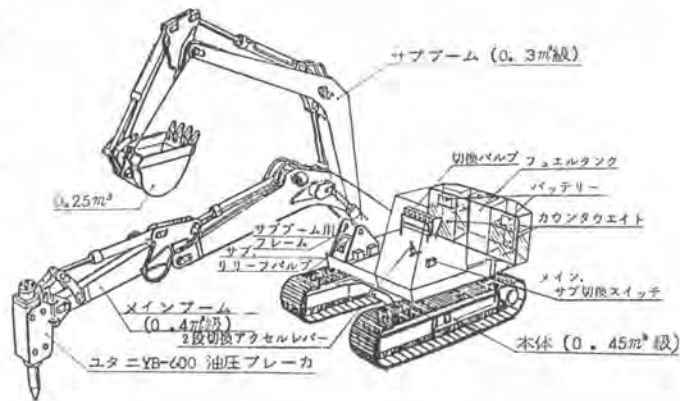


図-1 実験用機械の構造概要図

(4) サブブーム用リリーフバルブ新設

ショベル本体の作動用油圧 250 kg / cm²に対し、サブブームは 200 kg / cm²であるため、サブブーム用リリーフバルブを新設。

(5) エンジンコントロールレバーの設置

サブブームの作動速度を抑制するため、エンジン回転数を制御する 2 段切換レバーを設置。

(6) 油圧切換バルブ操作装置の新設

(3)の油圧切換バルブを運転席よりワンタッチで操作できる操作装置を新設。

このようにして製作した実験用機械の総重量は約 14ton で、標準機より 2.5 ton 重くなった。

3. 構内試験

構内試験は各部の応力、各装置の機能、定置性能、操縦性などについて試験をしたが、その主な結果は次のとおりである。

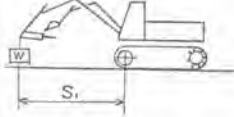
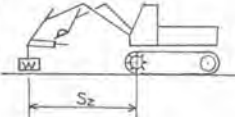
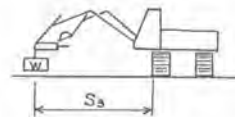
(1) 各部応力試験

応力試験はサブブーム取付フレーム近辺を重点的に、通常の最大荷重状態（長期荷重）と衝撃荷重時（短期荷重）について実施した。その結果、衝撃荷重を加えた場合の一部に許容応力を多少越える箇所があったが、あまり大きな問題点は見当らなかった。

(2) 転倒モーメントの試験

この試験はツーブーム油圧ショベルが転倒状態になる場合の最大モーメントを調査するもので、水平なコンクリート版上でメインブーム先端にウエイトを吊り、ブーム及びアームを除々に伸ばして、転倒状態になる時の水平距離と荷重から転倒モーメントを算出した。その結果は表-1 に示すとおりで、同型の標準機と比べて安定性は問題ないと考えられる。

表-1 転倒モーメント試験結果

姿勢別 測定項目		各 姿 勢 別 測 定 値		
		ブーム 前向き	ブーム 後向き	ブーム 横向き
ウエイト重量 (W)	kg	2,750	2,750	2,750
水平距離 (S)	mm	4,800	4,600	3,500
転倒モーメント	t.m	13.20	12.65	9.63
※参考 (0.45m ² 標準機)	t.m	12.10	11.40	10.45
測定時の姿勢				

(3) 作業装置の作動速度及び掘削力試験

ブーム及びアームの作動速度及び最大掘削力の試験を行った結果、いずれも標準機とほとんど差がなく、また、メインブームとサブブームの切換速度は約 3 秒で、作業上の支障はないと思われる。

(4) 旋回速度試験

水平な地面上で上部旋回体を左右それぞれ連続5回転させた時の所要時間を測定し、毎分回転数を算出して標準機との比較を行った。その結果、標準機が10.5～11r.p.mであるのに対し、本機は約8r.p.mで12～14%遅くなっていた。これは上部旋回体の重量が約2.5tonアップしたことにより、旋回モータの負荷が大きくなったためと考えられる。

(5) 走行速度試験

平坦な地面上で20mを走行するのに要する時間を測定して走行速度を算出した。その結果、前進後進とも約2.4km/hであり、標準機の2.6km/hに比べ5～6%劣る。これは、やはり重量アップによる影響と考えられる。

(6) 最大けん引力試験

平坦な地面上でロードセルの一端を固定し、他端をけん引するときの最大けん引力を調査した。その結果、メインブーム使用状態（エンジン回転数2000r.p.m）で7.9ton、サブブーム使用状態（同1,660r.p.m）で7.5tonであり、標準機の7.0tonより7～13%大きい値となった。これは、標準機が最大けん引力を発揮した時点でスリップしていたが、本機はスリップしなかったことから、標準機は自重が小さいため走行モータの最大出力時まで至っていないものと思われる。

(7) 運転席よりの視界調査

実験機を平坦なコンクリート面上におき、メインブーム及びサブブームを持ち上げ収納状態にして、まず、運転席から見た地表面上の可視範囲を調べたが、サブブームは完全にメインブームの陰に隠れているため、標準機と何ら異なることはなかった。

次に、サブブームの垂直作業面の可視範囲を実測並びに地表面上の可視範囲から想定して作図すると図-2のとおりとなった。すなわち、メインブームを収納してサブブームで作業をするときにその作業点が十分に見えるかどうかということであるが、図に示すとおり、運転室の窓枠以外にメインブームの油圧ブレーカの一部が視界内にあり、やゝ障害になると考えられるが、その程度は僅かであり作業は十分可能と判断される。

(8) 掘削作業試験

ツープーム油圧ショベルの作業性能を把握するためには、各種の条件下である程度長時間の作業を実施しなければならないが、今回はその前段階として、新しく追加したサブブームで十

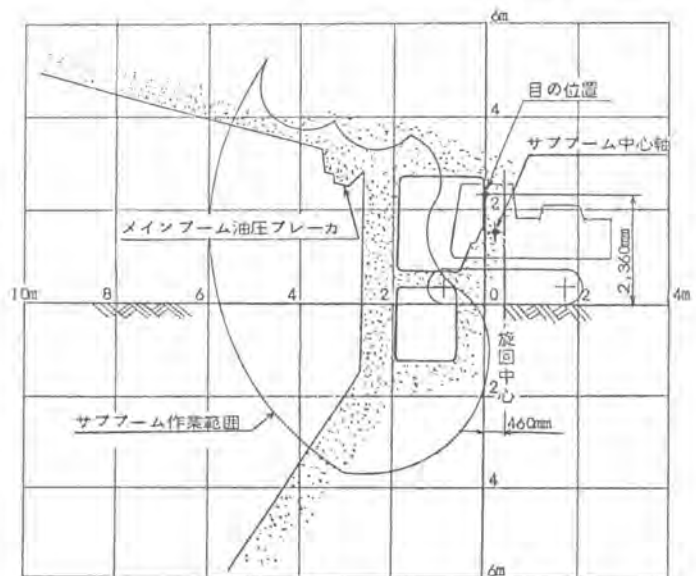


図-2 運転席よりの視界（サブブーム作業面）

分作業が可能かどうかをチェックするための溝掘り作業を実施した。試験は地面に巾約0.8 m、深さ約1.0 m、延長約18 mの溝を掘り、サブブームと同型の標準機であるYS300(0.3 m³級)型との比較をした。ツブーム油圧ショベルはメインブームとの取付間隔の関係上0.25 m³バケットを使用しているため、時間当たり作業量は標準型の11%減であった。また、サイクルタイムは共に13秒/回程度で差はなかった。このことは今後さらに検討を加え、標準機と同等のバケットが取付可能となれば作業性能も標準機並みになると考えられる。

4. まとめ

今回実施したツブーム油圧ショベルの試作及び構内試験の結果を要約すると次のとおりである。

- (1) ツブーム油圧ショベルは従来の標準型機械と構造上大巾に変わるものでなく、アタッチメントも標準型のもので互換性があり、量産品を利用できるので価格的にも割安になると考えられる。
- (2) サブブーム取付けによる強度上及び安定性に関する問題は特に考えられない。
- (3) 重量増により旋回速度及び走行速度はややダウンするが、使用上特に支障はないと思われる。
- (4) サブブームで作業する場合の視界は、当初懸念されていたような大きな問題はなく、現状でも十分作業は可能である。
- (5) サブブームのバケット容量がやや小さく、今後検討が必要と思われるが、補助的作業であれば特に問題はないと思われる。
- (6) その他、掘削力や作動速度、けん引力等についても特に問題点はなく、一般的に良好な結果が得られ、今後の作業試験結果をみなければわからないが、実用化した場合、現在の標準機と同様に十分使用できるものと考えられる。

5. あとがき

このツブーム油圧ショベルの開発は2ヶ年計画で実施しているが、初年度の今回の結果では十分実用化の可能性があることがわかった。しかし、今回は構内における基礎的な機能及び性能のチェックを実施したのに留まっており、実用化への最終的な結論を得るには、各種の作業条件下で作業試験を実施するほか、ある程度長期にわたる実作業を行って、その問題点及び適応性について検討する必要がある。

そこで、昭和55年度には本機を用いて各種作業条件における模擬作業試験を行うほか、実作業に供用して、その適応性及び問題点について検討する予定であります。

なお、このツブーム油圧ショベルについては、今回、油圧ブレーカとバケットの組合せのみについて試験を実施しているが、これらのアタッチメントを他のもの(例えばバケットと振動締固機、バケットとコンクリート破砕機等)と取替え組合せることにより、多種の作業に適用することが可能と考えられ、その適用範囲も広いものと考えられる。