

昭和52年度

建設機械と施工法シンポジウム

論 文 集

昭和52年10月18～19日

東京ホテル浦島

社団法人 日本建設機械化協会

〒105 東京都港区芝公園21号地1-5

(機械振興会館) 電話 (03) 433-1501

昭和52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. 建設機械の騒音パワーレベル測定方法に関する実験的研究
……建設機械化研究所 * 藤本義二 西ヶ谷忠明 1
2. ブルドーザの騒音対策 ……キャタピラー三菱 * 山崎隆司 小栗匡一 5
3. レーザによるブルドーザのブレード制御装置 ……小松製作所 * 越崎祐司 菅波 隆 9
4. シャローショベルの開発について ……日本国土開発 原 庸道 13
5. 全旋回式ドーザショベル「SH09スイングショベル」 ……小松製作所 松田行信 17
6. 大形油圧ショベル搭載浚渫船について ……日立建機 * 渡辺 正 神谷健次郎 21
7. 無人ダンプトラック運転システム ……小松製作所 若林 洋 25
8. 地下鉄軌道工事に於ける工事用モノレールの使用例 ……京王帝都電鉄 鷹巣征行 東急建設 根岸秀行 29

〔コンクリート・アスファルト機械と施工法〕

9. 三菱シュベイングコンクリートポンプ車ダイヤクリート S 115B ……三菱重工業 木坂 博 33
10. 滑動型枠のスライディングシステムを足場として利用した高橋脚の施工について
……間 組 中内博司 小沢俊明 37
11. 振動転圧機によるノースランブコンクリートの締固めについて ……間 組 中蘭清治 * 松垣光威 41
12. R.C.D.(Roller Compacted Dam) コンクリートによる
大川ダム上流仮締切りダムの試験施工について ……建設省阿賀川工事事務所 志木茂明 * 竹村公太郎 45
13. 大形振動ローラによるアスファルト舗装の転圧実験
……建設省土木研究所 千田昌平 * 中垣光弘 坂井田美晴 49
14. リサイクリングアスファルトプラントの試作 ……日本舗道 * 山岸範幸 鈴木義昭 53
15. 水路造成システムの開発 ……小松製作所 * 和田光召 嶋田英之 57

〔道路維持作業その他〕

16. 交叉点前後における粗面施工の効果について ……建設省中国技術事務所 福永典次 益本 昭 * 池田 勇 61
17. 作業船の位置決め測量方法の検討(光波・レーザ測量装置による実験例)
……竹中工務店 * 山田弘道 菊池公男 川原田 稔 65
18. TST 表層固化処理機について ……竹中工務店 * 石川善弘 中西一吉 69
19. 骨材プラントの濁水処理における凝集剤の使用量と脱水機の処理能力
……建設省北陸技術事務所 土屋雷蔵 中嶋 脩 * 上村 弘 73

〔基礎工専用機械と施工法〕

20. KOBE KC形ディーゼルパイルハンマ ……神戸製鋼所 西村正二郎 * 有光秀雄 77

21. 防音カバー装置付杭打機による施工実績と減音効果について	鹿島建設	菊池建二	81
22. 特殊ビットを用いた低公害杭打工法	間組	山口靖紀 * 恵比寿隆夫	85
23. リバースサーキュレーションドリル工法を応用した拡底ぐい工法(TRKぐい工法)	東京建機工業	高岡 博	89
24. リバース工法による大口径岩盤掘削の施工実績について	日立建機	石川泰昭	93
25. 鋼管矢板井筒の水中切断機の開発	清水建設	*松川喜郎 川崎製鉄 山口銃治	97
26. 小型低公害鋼矢板等圧入引抜機械とその施工方法	住友重機械建機販売	*山本武久 川鉄商事 八田俊志	101
27. 連続地下壁の掘削管理システム	竹中工務店	鈴木昭夫	105
28. ジェットシーム工法	日本国土開発	阿部安秀	109
29. アンカー・グラウトホール用全油圧式クローラドリルの開発	三菱重工業	吉田雄彦	113

〔トンネル掘進機と施工法〕

30. 多段ジャッキ式管圧入装置の開発	奥村組	*三島亨介 畑山栄一	117
31. S.Pブラインド押管の施工実績	日本国土開発	桧皮憲男 小岩則世	121
32. 高精度小口径管推進工法について(アイアンモール工法)	小松製作所	金子賢一	125
33. ブームカッターシールド機による下水道トンネルの築造	東急建設	星野 彰	129
34. 常時加圧自動裏込注入装置	佐藤工業	久保田清三	133
35. 限定圧気式シールド掘削機の開発	三菱重工業	安田 勉	137
36. シールド掘進機用遠隔自動制御システムの開発	日立建機	小野耕三	141
37. 泥水処理装置	三菱重工業	*森田英嗣 柴 時一	145
38. 泥水シールド工法礫層地盤のアクアバッククラッシャについて	大林組	小笠雅由	149
39. 大断面機械化メッセル掘削機の開発	奥村組	*万沢哲雄 伊藤俊彦	153
40. 高圧水を使用したトンネル掘削機の粉じん抑制	鹿島建設	*原田 実 横田依早弥	157
41. ダム工事における開発機械の実用化について(トールジャンボ, キャリクリート)	鹿島建設	金井治雄	161

1. 建設機械の騒音パワーレベル測定方法に関する実験的研究

建設機械化研究所 藤本 義二
西ヶ谷 忠 明

1. まえおき

建設機械の騒音評価法として、騒音源のパワーレベルの大小によつてこれを評価し、できれば騒音の発生度に応じた格付けを行つていくというのが最近の世界的な趨勢であり、ISO/TC127においても種々の試案が提案されている。建設機械化研究所においても、これらの試案の妥当性を検討し、更にはより合理的かつ簡略な測定法の可能性を探る目的で、つぎのような実験を行った。すなわち、車輪式トラクタショベル、履帯式ブルドーザ、油圧式ショベルの3機種を対象とし、それぞれ機体中心及びエンジンを中心とする半径5m及び10mの半球面上に総計49コのマイクロホンを設置して、異つた運転条件下での各機の騒音レベルを精密騒音計で測定し、全測定ならびに各試案に相当する測定データを用いて騒音パワーレベルを求め、その比較検討を行ったものである。

2. 測定対象機械及び運転条件

測定の対象とした建設機械の主要諸元を表-1に示す。

各機種共通の運転条件としては、機械安置状態で変速レバー及び作業装置操作レバーと中文にし、燃料レバーを最高位置においた所謂ハイアイドルリングの状態を採用した。この他に、車輪式トラクタショベルと油圧式ショベルでは油圧回路をリリーフさせた状態、また履帯式ブルドーザにあつては走行装置より発生する騒音の影響を明確にさせるため、車両をジャッキアップし履帯と地面から離して走行装置が空転できるように状態で、変速レバー2速、操作レバー中文、燃料レバー最高位置の条件で測定を行った。なお、上記のように履帯を空転させたときと、実際に土上を走行させたときとの騒音レベルの比較測定も行つてゐる。

表-1 測定対象機械

記 号	WL	BL	HE
機 種 名	車 輪 式 トラクタショベル	ブルドーザ	油圧式ショベル
車 両 形 式	アーチキュレーテッド トラック	タローラ、湿地式	タローラ
全長×全幅×全高(m)	6.9×2.3×3.1	5.0×3.4×2.7	5.74×2.14×2.53
重 量 (t)	9.1	12.8	6.0
機 関 形 式	4サイクル水冷 直列子燃機室式	同 左	4サイクル空冷直噴式
定格出力 (PS)	102	90	41.5
定格回転速度 (rpm)	2400	1750	1800
動力伝達系	トルコン パワースhiftミッション	機械式クラッチ	油圧ポンプモータ
変 速 段 数	F4・R4	F4・R3	—
特 記 事 項	新車 キャノピ、バケット付	中古車 ストレートブレード付	中古車 キャブ、バケットホー付

3. 測定場所及びマイクロホン配置、気象条件等

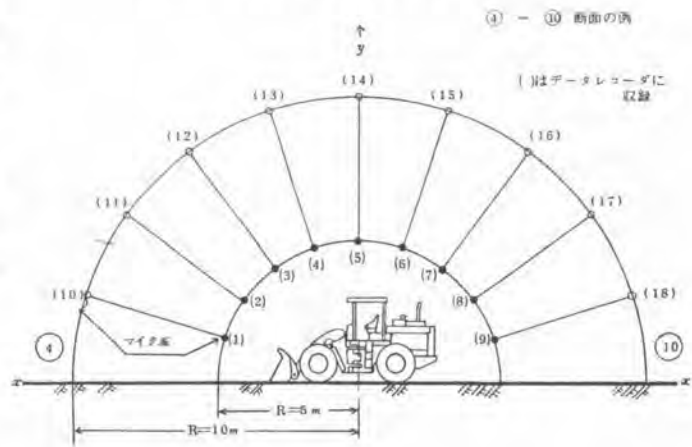
実験は当研究所作業試験場で行われた。この作業試験場は、半径40m以内には音の反射物のない平坦な場所であり、表面は締固められた土砂である。

マイクロホンは鉄パイプ製の二重枠に、半径5m及び10mの内周上に等間隔にとりつけられた。

マイクロホンの取付け位置を図-1に示す。測定はこの枠を機体またはエンジンの中点位置を中心として時計方向に回転させを行い、30°及びの位置での騒音計の読み(A特性、Slow)を記録した。測定に使用された騒音計はリオン製NA-56形精密騒音計で、IEC Publication 179の規格に合格するものである。

なお、測定時の気象条件と暗騒音レベルは表-2に示すとおりであった。

図-1 騒音測定点配置図



4. 実験結果の検討

各測定点における騒音レベルの測定値から、図-2に示すような位置のデータを抽出して次式により平均騒音レベル $\bar{L}_p(A)$ 、騒音パワーレベル $L_w(A)$ 、及び指向指数 $D1$ を算定した。

表-2 気象条件と暗騒音

年月日	天候	気温(℃)	風向	風速(m/s)	気圧(mb)	暗騒音d1(A)
51.8.27	くもり	25.5	SE	2.5	99.5	35~36
51.9.24	はれ	24.0	SE	3.5~4.3	99.9	35~36
51.9.29	はれ	24.5	SW	2.0~2.5	99.2	35~36

$$\text{平均騒音レベル } \bar{L}_p(A) = 10 \log_{10} \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^N 10^{0.1 L_{p_i}} \right)$$

$$\text{騒音パワーレベル } L_w(A) = \bar{L}_p(A) + 10 \log_{10} 2\pi R^2$$

$$\text{指向指数 } D1 = L_p(A)_{\max} - \bar{L}_p(A) + 3$$

4.1 測定半径の影響

ISO 4872 においてはマイクロホンを設置する半球面の半径として、"少くとも被測定物の最大寸法の2倍以上と規定され、またTC127提案のN71~74においては一律に10mと定められている。そこで土工機械の場合の測定半径の影響を検討するため、本実験では被測定機械の最大寸法に近い5mと、その2倍に近くかつN71等の規定値に等しい10mを測定半径に選んで計測を行った。

実験結果によると、測定半径5mと10mの場合のパワーレベルの差は最大1dBであり、その頻度分布は図-3に示すとおりであった。ただし、半径10mの方が大きいものを正としている。これによれば両者の差は±1dBの範囲で0を中心とする誤差曲線に近い分布を示しており、この程度の大きさの機械の場合には5mと10mの測定距離の影響は認め難い。しかし、更に大形の機械の場合を考慮すれば、N71等の提案する半径10mが妥当であろう。

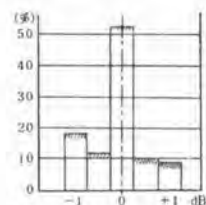


図-3

4.2 測定中心の影響

測定半球面の中心を機体の幾何学的中心の地上への投影点に置く方法と、単一エンジンの機械に対してエンジンの中心に測定面の中心を置く方法の二案が提案されている。本実験ではこの両者の差を明らかにするため、機体中心とエンジン中心の地上への投影点とそれぞれ測定半球面の中心とした場合について計測を行った。

半径10mの場合のパワーレベルについてみると、油圧ショベル及び履帯式ブルドーザの場合、測定半球面の中心の違いによるパワーレベルの差は殆んど認められなかった。ただ、ブルドーザをジャッキアップして履帯を空転させた場合には、エンジンを中心にしたときの方が0.5～1 dB大きくする傾向があった。しかしいずれにしろ誤差範囲であり、車体中心とエンジン中心の水平距離が1～2mの機種では、測定半球面の中心をいずれに置いてもパワーレベルの計算結果には大差がないようである。なお、指向指数についても測定半径10mの場合には両者の間に目立った差が認められなかった。

4.3 マイクロホン配置の影響

ISO 4872 に規定されたマイクロホン配置、TC127N71等に示されているマイクロホン配置、ならびにこれを更に簡略化した図-2のN70-(1)、(2)に相当する位置の騒音レベル測定値を使用して求められたパワーレベルと、全測点49コのデータに基づくパワーレベルとの差を表-3に示す。また、指向指数についての同様の比較表は表-4に示されている。これらの結果を比較してみると、

(1) パワーレベルについては、ISO 4872の方法が最も精度が高いことが明らかであり、N70-(1)、(3)及びN70-(2)がこれについている。後の3巻筒には顕著な差が認められず、パワーレベルに関する限りではマイクロホン数の少ないN70-(2)の配置で実用的には十分であると考えられる。なお、従来の測定例

図-2 パワーレベル測定時のマイクロホン選定位置

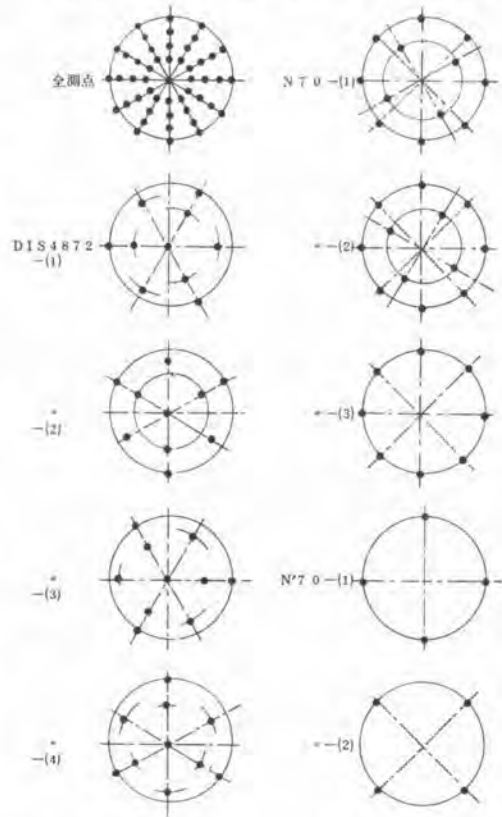


表-3 マイクロホン配置によるパワーレベルの偏差

機 種	条 件	中心位置	DIS 4872-(4)	N70-(1)	N70-(3)	N70-(1)	N70-(2)	備 考
車 輪 式 トラクタショベル	ハイアイドル	車 体	1	2	2	3	2	R=10m
	リリーフ		0	1	2	2	1	*
履 帯 式 ブルドーザ	ハイアイドル	車 体	0	0	-1	-1	0	*
	エンジン		0	0	0	-0.5	0	*
	ジャッキアップ 履帯空転	車 体	0	0	0	-1	0	*
	エンジン		0.5	0.5	0	-0.5	0.5	*
油 圧 式 ショベル	ハイアイドル	車 体	0	-1	-1	-1.5	-1	*
	エンジン		0	-1	-1	-2	-1	*
	リリーフ	車 体	0	0	-0.5	-1	0	*
		エンジン	0	0	-1	-1	-1	*

の最も多いN70(1)の配置についてはばらつきが多く推奨できない。

(2) 指向指数に因しては、比較的指向性の強い車輪式トラクタジョベルの場合には同一水平面上に8コのマイクロホンを配置したN70-(1),(3)の方法がより高い精度を示している。しかし、当然のことながら指向性の低いブルドーザや油圧式ジョベルの場合には、これらの間に大差は認め難い。

4.4 機械の運転条件の影響

機械の運転条件による平均騒音レベル、パワーレベル及び指向指数の変化を表-4に示す。

油圧ポンプリリーフ状態とエンジンハイアイドル時を比較すると、車輪式トラクタジョベルではハイアイドルの方が平均騒音レベル、パワーレベルとも1dB高くなり、油圧式ジョベルの場合には逆にリリーフのときが1dB高くなっている。しかしいずれにしろ両者の差は僅かであり、これらの機種の場合には機械定置、エンジンハイアイドルという条件で代表させても実用上問題はないであろう。

履帯式ブルドーザの場合はこれらとは異り、中高速段階で走行するときに走行装置より発生する騒音がエンジン騒音を上廻ることが予想される。事実、今回の実験結果において機械停止、エンジンハイアイドルの状態と車体をジャッキアップし履帯を2速で空転させた状態では、後者の方が2dB大きいという記録が得られた。また3速の場合には5~6dB高い値が計測されている。従って、履帯式ブルドーザを定置、ハイアイドルという条件で試験することは実際の使用状態を再現したものといふことができない。しかし、実際に機械を走行させながら騒音パワーレベルを求めに必要な測定を行うことは技術的に困難を伴うので、その代案として機械をジャッキアップして履帯を空転させた方法を推奨したい。履帯式ブルドーザを土上走行させた場合と、ジャッキアップして履帯を空転させた場合について、車両の進行方向に垂直な平面内における騒音レベルの比較を表-6に示すが、両者の間にはほとんど差が認められない。

表-4 マイクロホン配置による指向指数の偏差

機 種	条 件	中心位置	D15 48 7.2-(4)	N70 -(1)	N70 -(3)	N70 -(1)	N70 -(2)	備 考
車 輪 式 トラクタジョベル	ハイアイドル	車 体	-4	-2	-2	-3	-5	R=10m
	リリーフ	車 体	-2	-1	-2	-2	-3	*
履 帯 式 ブルドーザ	ハイアイドル	車 体	-1	-1	1	-1	0	*
	エンジン	エンジン	0	0	0	-0.5	0	*
油 圧 式 ジョベル	ハイアイドル	車 体	-1	-1	-1	0	-1	*
		エンジン	-0.5	-0.5	-1	-0.5	-1.5	*
	リリーフ	車 体	-1	0	0	0.5	0	*
		エンジン	0	1	1	1	1	*
		車 体	0	0	1	0	0	*
		エンジン	0	0	0	-1	0	*

表-5 運転条件と測定結果

機 種	運 転 条 件	平均騒音レベル Lp(A) dB	パワーレベル Lw(A) dB	指向指数 D1	備 考
車 輪 式 トラクタジョベル	ハイアイドル	84	112	11	R=10m 車体中心 全測点
	リリーフ	83	111	10	
履 帯 式 ブルドーザ	ハイアイドル	80	108	5	
	ジャッキアップ 履帯空転	82	110	5	
油 圧 式 ジョベル	ハイアイドル	76	104	5	
	リリーフ	77	105	5	

表-6 ブルドーザの定置と履帯空転時の騒音レベル比較

測 点 条 件	各測点における騒音レベル dB(A)										
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	平均	
F ₁	空 転	81	81	82	79	80	81	83	82	81	81
	実 走	82	82	83	81	80	81	83	82	82	82
F ₂	空 転	82	82	83	81	81	82	84	83	83	82
	実 走	83	83	84	82	82	82	83	83	83	82
F ₃	空 転	84	85	85	84	85	85	87	86	86	85
	実 走	87	85	86	84	85	85	85	86	85	85

2. ブルドーザの騒音対策

キャタピラー三菱 山崎隆司
小栗匡一

1. まえがき

今日、建設工事の機械化、大型化が進み、また市街地周辺での工事量が增大するのに伴って、生活環境保護の立場から、建設機械に対する騒音規制が検討されており、フランス、西ドイツなどの欧州諸国では実際に規制されている。一方米国に於いても1981年からの建設機械に対する騒音規制案が発表されている。

これら法規制のもととなる騒音の評価測定方法も、国際的に確立されつつあり、騒音計についてはIEC (International Electrotechnical Commission)にて、測定方法はISO (国際標準化機構)にて統一化の作業が進められている。本稿では、国際的にみれば法規制の概略と、ブルドーザ騒音対策車を開発するのにあたっての試験研究設備の例、及び実際に行われている騒音対策方法とその問題点等について述べてみたい。

2. 主要各国の騒音規制

騒音対策車開発の目標となるのは、まず法規による規制値である。表-1は、建設機械に対して、フランス、西ドイツで現在、適用している騒音規制と、米国EPA (環境保護庁)による規制案である。

フランスでは、エンジン出力を四段階に分け定置周囲騒音についてのみ規制しているが、規制値そのものは、世界的にみて厳しい内容であり、建設機械メーカー各社の騒音対策車開発の目標となってきた。

西ドイツでは、建設機械の種類とエンジン出力の両方で分類し、規制する際の条件も、定置周囲騒音の他に、作業中の騒音、走行騒音についても別に設けている。

米国においても、1981年より建設機械に対し定置周囲騒音を規制しようとしているが、表-1に示す通り、二段階に分けて規制を強めようとしている。

フランス					
	<200 PS	200 PS < <300 PS	300 PS < <500 PS	500 PS <	備 考
定置 7m	80	83	87	90	エンジン定置回転 機位置 計測点 4ヶ所
西 独					
履帯式ブルドーザ	≦150 PS	150 PS <	備 考		
定置 7m	82	85	エンジン回転レベル ハリアイドワゴシステム 計測点 定置 6ヶ所 作業 2ヶ所 走行 2ヶ所		
作業 10m	82	85			
走行 10m	87	89			
履帯式トラックショベル	≦150 PS	150 PS <	走行アシト時速度 履帯式:後進最高速 車輪式:15 km/hr		
定置 7m	81	84			
作業 10m	83	86			
車輪式トラックショベル	≦150 PS	150 PS <	運転車耳元 90dB(A)		
定置 7m	82	85			
作業 10m	81	85			
走行 10m	85	88			
キャタピラークレーン	≦150 PS	150 PS <			
定置 7m	78	81			
作業 10m	81	84			
走行 10m					
米国EPA案					
	1981年		1984年		備 考
履帯式トラック	20 ≦ <200HP	200HP ≦ <450HP	20 ≦ <200HP	200HP ≦ <450HP	エンジン回転レベル 計測点 4ヶ所
定置 15m	77	83	74	80	
車輪式トラックショベル	20 ≦ <250HP	250HP ≦ <500HP	20 ≦ <250HP	200HP ≦ <500HP	OSHHA運転車耳元 現在は、90dB(A)-8dB ≦85dB(A)-16dB程度 については別表
定置 15m	78	84	76	80	

単位: dB(A)

表-1 主要国の建設機械周囲騒音規制

なお国内においても建設機械の騒音について関係当局にて検討作業が進んでおり、通産省機械情報産業局による機械安全化無公害化委員会の建設機械分科会では、諸外国及び国内状況を検討した結果、フランスにおける騒音規制と同程度の暫定的目標値を提案している。その目標値はエンジンハイアイドル、車体最外側より15m地点で履帯式のブルドーザ、トラクタショベルに対して

20 PS 以上	200 PS 未満	74 dB(A) 程度
200 PS 以上	300 PS 未満	77 dB(A) 程度
300 PS 以上	500 PS 未満	81 dB(A) 程度

以上、代表的各国の騒音規制状況でもわかる通り、国によって規制値だけでなく測定条件も異っており、将来国際的に統一された騒音評価測定方法の確立が、重要な意味をもってくるわけである。

ISOのTC43及びTC127においては、今までの法規制で行われているような相対的な騒音測定方法ではなく、機械の発生する騒音の大きさを絶対的尺度で評価できるように、騒音パワーレベルで評価する方法を提案している。

3. 騒音対策車開発のプロセス

3・1 試験研究設備

法規制に対応した騒音対策車を開発するには、まず対象となる機械の騒音を十分把握するとともに、建設機械の過酷な使用条件も考慮しておかねばならない。

建設機械の騒音発生源には、エンジンのほかに、動力伝達機構、作業装置及び油圧機構等があり、ブルドーザなどの履帯式車両では、走行装置より発生する金属どうしの打撃音も問題となる。これらの複雑な騒音発生メカニズムに対し、効果的な対策を施すには、個々の音源を分離評価することが望まれる。そこで建設機械の特殊性も考慮した試験研究設備が、騒音を解析する上で重要なポイントとなってくる。

写真-1では、ブルドーザにエンジンを搭載した状態で排気音を調査しているところ

写真-2は、ブルドーザが走行中に、走行装置より発生する金属どうしの打撃音、即ちトラックリンクとフロントアイドル、キャリアローラ、スプロケットなどとの打撃音を解明することを目的とした足まわりベンチテスト装置である。

このような試験研究設備により求められた騒音源の個別寄与度にもとづいて、各騒音源の低減目標値を定め、逐次騒音対策を実施していくのである。



写真-1



写真-2

3・2 騒音対策方法

キャタピラー社及びキャタピラー三菱が行っている騒音対策は、表-2に示すような内容であるが、現在生産中のものと、将来の新機種にもり込む対策とに分けられる。ただ実際の騒音対策にあたっては、機械のモデルにより、必要とする騒音低減量が異なるし、ブルドーザなどの使われ方、稼働現場の状況、作業対象物等がさまざまなので、それらに合せて設計方法が変ってくる場合が多い。又、騒音対策を施した場合、次に述べるような難しい問題があり、開発に時間と費用のかかる原因となっている。

①防音カバーによるエンジン及びエンジンルーム内の過熱

②電装品などの耐熱性

③騒音対策部品の耐熱性、耐油性、耐久性

④騒音源を遮蔽することによる保守管理とサービシ性の低下

⑤騒音対策部品装着による車両寸法、重量等の増加、これにもとづく干渉、視界の悪化

⑥サクシオンファンを使用した場合に熱風、塵埃が運転席側に侵入するなどの乗り心地の問題

⑦コストの増大

最終的な騒音対策の内容が決定した後も、試作車の段階において、単に騒音低減量を求めるだけでなく、エンジン冷却ファンによる空気の流れの状況を標準車と比較検討を行ない、オーバーヒートとなることを未然に防いだり、あるいは騒音対策部品の個別の騒音低減寄与の程度を周波数成分別に求めておくことが、次のより効率的な騒音対策に結びつけるために大切である。更に試作車の段階で十分に実験動試験を行って、問題点を抽出し改良しておくことは当然行われねばならないが、騒音対策車として顧客に販売した後にも客先の協力を得て、追跡調査を怠らぬことが重要である。

4. 実際の騒音対策車

ここで本年3月、建設省に納入した低騒音形D6C湿地ブルドーザ(全装備重量15.9トン、エンジン出力142PS)次ページの写真-3について紹介したい。この騒音対策車の仕様値としては、

運転者耳元	90 dB(A)以下
定置周囲騒音	ブルドーザ外側より30m地点で65 dB(A)以下
走行騒音	中間速度段にて同じく30m地点で75 dB(A)以下

対象部類	現状の対策	今後の研究課題
エンジン本体	作業条件に合わせてエンジン低速化 弾性支持 エンジンエンタロージ	燃焼状態の対策研究 エンジンプロッタ剛性増加 ピストンスラップ音の低減 近接エンタロージ 振動伝達機構の研究
吸排気系統	大型マフラー 防音材付マフラー マフラー内部形状変更	マフラーの改良 バルブメカニズムの研究
冷却系統	低速大型ファン ファンブレード改良 冷却性能の向上 ラジエーターマルチバズリル ラジエーター吸音材付エアスタブ 冷却空気取入方法の改良	ファンラジエーター周辺の改良 ファンブレードの改良 ラジエーターとエンジンルームの隔離 ファン駆動方法の変更
動力伝達機構 油圧機構	ギヤ精度向上、形状改良 配管類、油圧ホース類の適正取付 弾性支持、防振設計の徹底	振動伝達機構の研究 油圧コンポーネントの低騒音化
トラクタ部分	密封筒形式トラクタリンク アイドラ等のドンピング特性の改良 トラクタローラ配列の変更 トラクタ張り調整	打撃音の低減 防音材料の研究
運転者耳元騒音 音に対して	騒音対策キャブ 運転席周囲の遮音、防振 吸音材付キャノピ	エアコン付騒音対策キャブへ移行

表-2 建設機械の騒音対策

この値は標準車と比較した場合、運転者耳元で9 dB(A) 定置周囲騒音で6～11 dB(A)の低減量を必要とした。この開発にあたっては、キャタピラー社のフランス向騒音対策車に追加対策を実施していったが、特に次のことに留意した。即ちエンジン出力性能を全く変更せず、ブルドーザとしての作業性能を損わないこと、そのほかに前項で述べたオーバーヒート、サービス性の低下等をまねかないように配慮した。実際の対策は表-3に示す内容である。その結果、運転者耳元の騒音で10 dB(A)、定置周囲騒音で最大13 dB(A)の低減効果が得られた。



写真-3

5. 今後の展望

現在行われている建設機械の騒音対策は、吸遮音効果のある防音カバーを取付けたり、大型マフラーの採用等標準車に対策部品を装着することであったが、今後の方向としては、新機種の開発の段階で、標準仕様車に騒音を考慮した設計を行ない、より信頼性のある構造とすることである。そのためエンジン冷却システムの総合的対策のほか、エンジン燃焼音、吸排気機構、ピストンスラップ音、エンジンブロックの剛性増加などについても逐次研究が進むであろう。しかし低騒音化だけでなく、エンジン性能、排気エミッションなどとの関連もあり単純には解決しない。

更に騒音対策車の保守管理の問題がある。ブルドーザなどの建設機械のオペレータやサービスマンは、標準車では機械の油漏れや運転中に発生する異音などに気づき易く、大きなトラブルを未然に防ぐ場合が多いが、この点、騒音対策車は密閉部分が多く、常に注意深い取扱いが必要となり、今後の研究課題の一つとなっている。

このように騒音対策上の種々の改良すべき点が残されてはいるが、建設機械を供給する立場として、社会的要請に応じ、かつ顧客に満足してもらえらる経済的でより耐久性のある騒音対策車の開発に今後とも努力していきたい。

1. エンジンマウンティング弾性支持
2. 防音材付大型マフラー
3. 完全密閉型吸音材付エンジンサイドカバー
4. アンダーガードのシール
5. ラジエータ前面吸音材付エアスタブ
6. 冷却ファン回転の低下
7. 冷却ファンブレードの幅を広く角度も変更
8. ラジエータ形状増大及び銅ファンに変更
9. エンジンフードより冷却風の取入
10. 車体後方燃料タンク下部を密閉
11. 密封潤滑式トラクタリングの採用
12. ダッシュボードの防振支持、吸音材貼付
13. 運転席床に遮音用フロアマット
14. 運転操作レバーにブーツ取付
15. 運転席の防振支持と下部遮音
16. 吸音材付キャノピ

表-3 低騒音形D6C湿地ブルドーザ対策内容

3. レーザによるブルドーザのブレード制御装置

小松製作所 越崎 祐司
菅 波 隆

1. 予えがき

モータグレーダやブルドーザなどの建設機械で行なう整地作業の目的は、与えられた領域全体を計画レベルに仕上げる事である。仕上がり面の良否は、オペレータの基準面に対する高低の判断と、それによつて行なわれるブレード操作レバーの操作に依存している。仕上げ面に要求される均平精度は厳しくなる一方であり、人間の視覚と経験に頼るブレードの操作は極めて困難になっている。

筆者らは、仕上げ精度の向上と作業の効率化を對すると共に、オペレータの疲労を無くし誰でもが良質な整地作業を行なえる様に、レーザを用いてブルドーザのブレード高さを自動的に制御する装置を試作した。本装置は、従来の自動化機械が持っていた欠点を克服する事を目的としており、投光器の整地作業を初めとして、初期設定、仕上げレベルの変更等の操作を簡略化している。

本文ではレーザによるブルドーザのブレード制御装置について、装置の概要と構造並びに性能を説明し、実際に圃場整備作業の整地に使用した結果を報告する。

2. 装置の概要と特長

2-1. レーザレベリング装置について

レーザを基準線又は基準平面として利用するブレード制御装置をレーザレベリング装置と呼ぶことにする。ブルドーザにより一定の区画を所定のレベルに仕上げる場合の各装置の配置は図1に示す通りである。整地作業時には作業範囲外の適当場所に設置した投光器が、所定の高さの水平なレーザビーム平面を形成する。一方、ブルドーザのブレードと端に取り付けた受光器は、ブルドーザの向きとは関係なく常に投光器と対面する様に自動的に制御され、レーザビームを捕捉する。

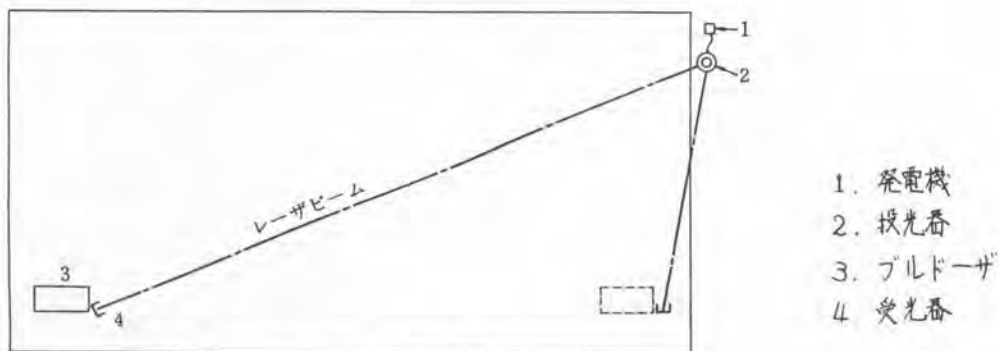
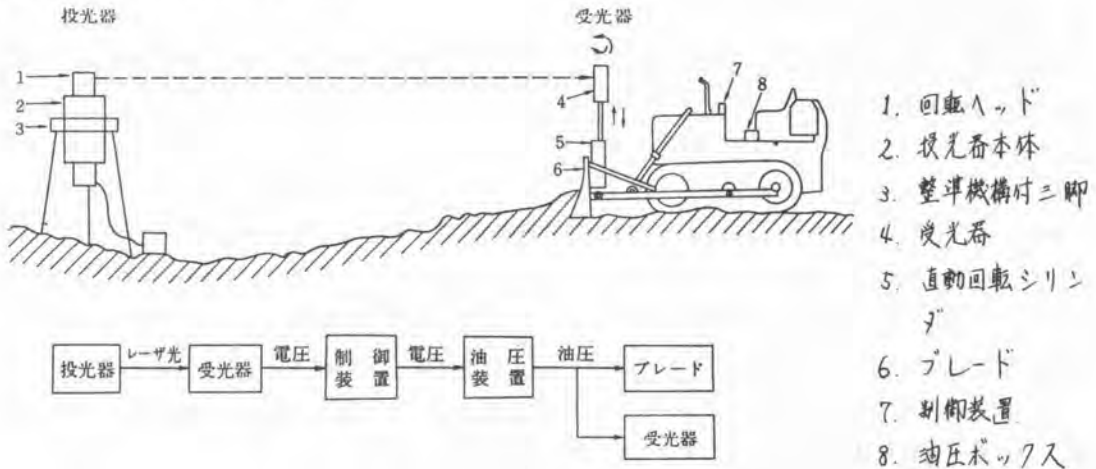


図1. レーザレベリング装置による整地作業の概念図

ブルドーザの制御装置では、受光器からの信号を受けレーザービームが受光器の中心に来る様にブレードの高さを制御する。従って、ブレードはレーザービーム平面と平行に走る事になり水平な仕上げ面が得られる。

実際の作業状態を横方向から見たのが図2である。受光器が自動的に投光器を追っており、作業方向を変更してもブレード高さは変わらない。図2に於て仕上げレベルを変更する場合は、図中5の受光器用シリンダのストロークを変更するだけで良く、運転席から出来る様になっている。図の下の方に本装置の信号系統を示している。



1. 回転ヘッド
2. 投光器本体
3. 整平機構付三脚
4. 受光器
5. 直動回転シリンダ
6. ブレード
7. 制御装置
8. 油圧ボックス

図2 レーザレベルング装置の原理図

2.2. レーザ投光器

投光器は本装置を構成する最も重要な部分であり、仕上げ面の水平度を保証する装置である。投光器主体の外観は写真1に示す通りであり、代表的な性能と特長は次の通りである。

- ① 水平精度は±20秒以内であり半径200Mの円内±20mm以下の誤差である。
- ② 自動補償機構を内蔵しており車輛の通過等により三脚が傾斜してもレーザービームは水平である。
- ③ 自動補償の範囲は±10分あるので、最初の設置作業が楽である。
- ④ 投光器本体をジンバル機構の中に入れており、自動的に鉛直になるので本体を水平にする作業が不要になる。この為に設定時間が極端に短くなり、所要時間は2分以内である。

2.3. ブルドーザ本体側の装置

ブルドーザのブレード高さを制御する為に、部分的に改造を加えている。本体は当社製D-60Pであり各装置を取り付けた外観を写真2に示す。各々について次に述べる。

ブレード上端にある受光器は、作業中レーザービームを捕捉しレーザービームとブレードの相対位置を検出する重要な部分である。受光器の機能と特長は下記の通りである。



写真1. レーザ投光器主体部

- ① 新建で回転するレーザービームを200m以上の距離で確実に捕捉し、レーザービームの位置を映出して制御装置に送る高感度受光器である。
- ② ブルドーザの方向とは関係なく受光器がレーザービームを捕える為の自動追従機構がある。
- ③ 受光器用シリンダのストロークを決定するだけで土高レベルが決る。ストロークは500mm。
- ④ ブレードの位置決め、土高レベルの変更等の操作が全て運転席で行なえる。その為に受光器の駆動に油圧式の自動回転シリンダを使用している。



1. 受光器
2. 受光器駆動用シリンダ
3. 制御装置
4. 油圧ボックス

写真2 本装置を装着したブルドーザ

制御の対象としては、ブレードの高さと同時にチルト角の制御がある。整地作業に於ては要求精度が厳しいので、チルト角度を制御しければ要求を満足する仕上げ面は得られない。本装置はブレードの中心付近に傾斜計を取り付け、ブレードが水平に保たれる様にチルトシリンダを駆動している。又、ブレードに一定の角度を持たせる場合は運転席で任意の角度に設定出来る。

写真4はコントローラである。パネルの上部は受光器を駆動する為のスイッチとレーザービームを捕捉している事を示すランプである。下部はブレード高さの設定ダイヤルとチルト角度を設定するダイヤルがあり、電源スイッチとチルト制御用のスイッチが付いている。



写真3 コントローラ

3. 整地作業データ

3.1. 整地作業の手順

まず図1に示した圃場内にブルドーザを搬入し、

受光器を圃場外の適当な場所に設置する。従来の受光器と異なり、三脚に受光器を取り付けて高さを調節したため、ジンバル固定ネジを締め付けた時点で設定終了である。これが高精度のレーザービーム平面が形成される。

次にオペレータは、運転席から受光器を動作させレーザービームを捕捉する。これで準備が終り、ブレードの高さを任意のレベルに設定し整地作業を行えば所定のレベルの仕上げ面が得られる。

3.2. 整地作業データ例

整地作業の中で最も要求精度が厳しい一つに圃場整備事業に於ける均平作業がある。筆者ら日々作業と佐賀県に於て、本装置を実際の圃場整備現場に搬入し仕上げ作業を行なった。その結果は良好であり、半径200mの円内を±50mmの精度で仕上げるといふ初期の目的を十分に満足している事が実証された。図3は佐賀県での実験例であり田中破線は整地前の地形、実線は整地後の地形である。整地前±10cm以上あった面が整地後は実線と示す様な平坦な面に可、という事が明らかである。

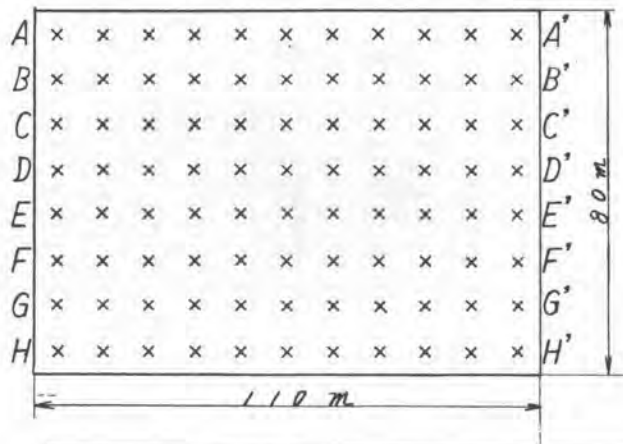


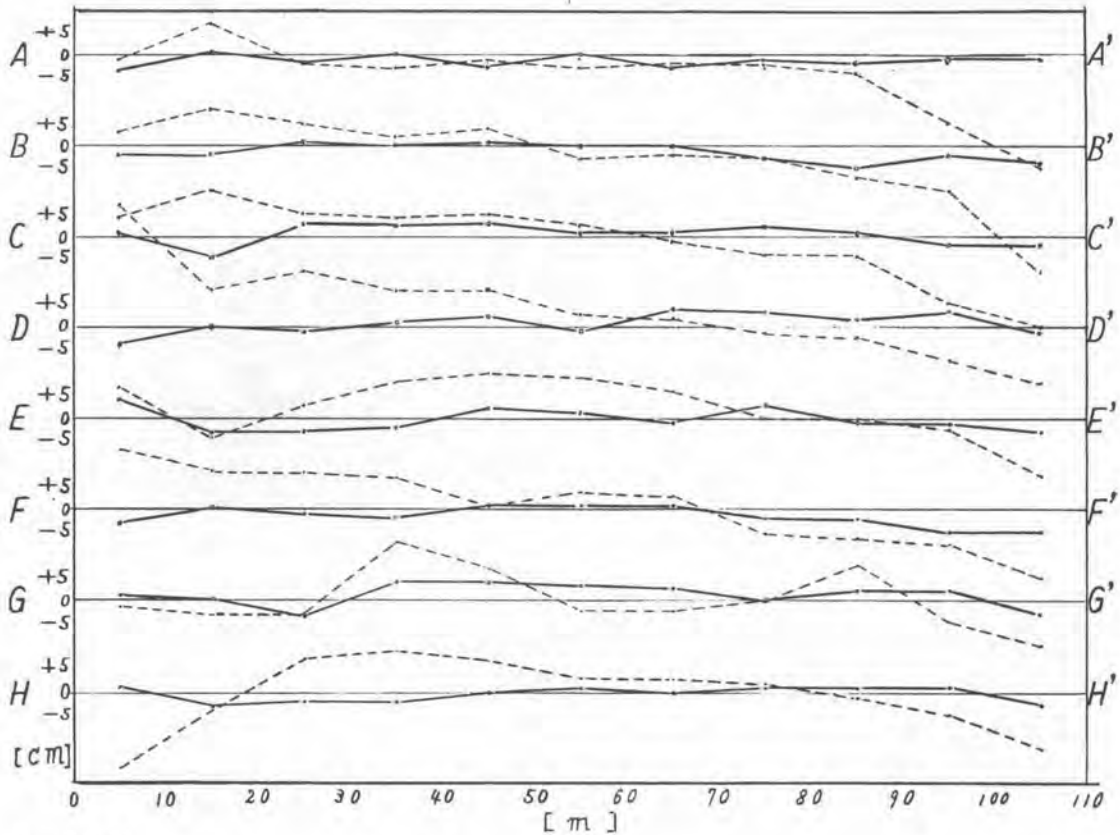
図3 整地データ

左図：平面図と測定箇所

下図：各測定面の断面図

--- 整地前の断面

— 整地後の断面



4. まとめ

レーザを使、ダブルドーザのブレード高さを自動的に制御する装置を試作し、実験と実際の整地作業を行なってきた。その結果は非常に良好であった。今後は本装置を整地作業に使用して作業効率の向上に役立てる予定である。また、投光装置を始めとして多くの部分が他の整地機械にも応用可能であり広く応用分野を拡大していく計画である。

4. シャローショベルの開発について

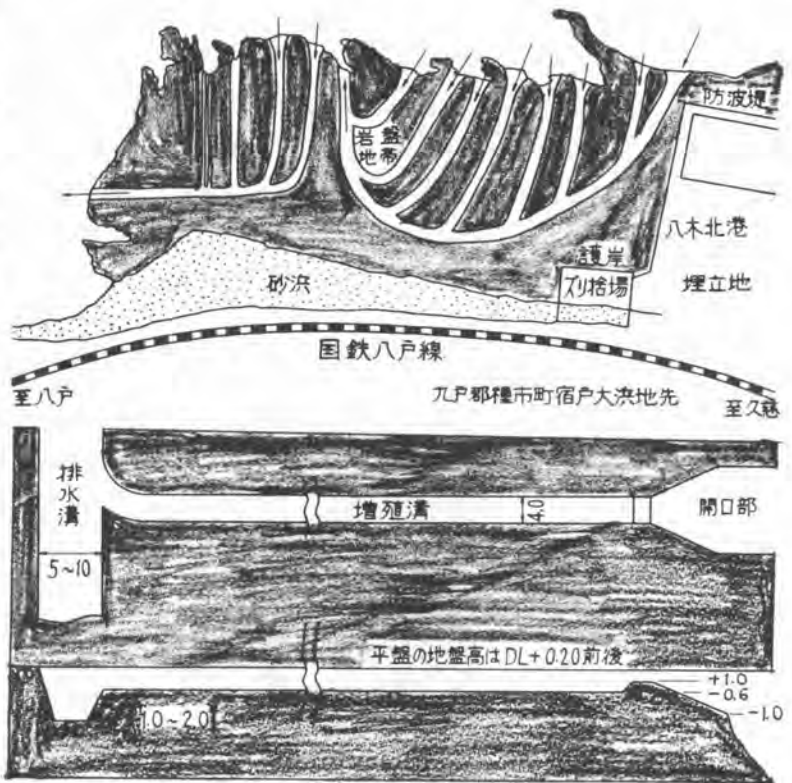
日本国土開発(株) 原 庸 道

1. 開発の目的と経緯

当社が受注・施工している水産土木工事の一つに岩手県種市地区大規模増殖場開発事業がある。種市村近の海岸には、沖出し200m前後の軟岩平盤が点在し、総面積として凡そ120haと云われている。平盤の沖側先端周辺は急斜面になつていて、ウニ、アワビ、コンブ等の宝庫であるが、平盤上は干潮時に露出するため生物が棲息することが出来ず、いわゆる不毛の地になつている。ここに土木的に手を加えて、岩盤上に溝を掘り、波のエネルギーにより、溝内に常時海水の流れを確保することにより、平盤全体を実り豊かな生産の場に転換しようとするものである。

溝の設計は第1図に示すが、溝の底幅4m、深さはDL-0.6m、平盤上の現地盤高は+0.2m前後であるため、満潮時にも水深が浅く、作業船による砕岩は困難である。また陸上建設機械による砕岩も水深から困難であるため、水中ブルドーザを主力機械として計画された。但し、本工事の目的が水産生物の増殖にあり、この付近海域に繁茂棲息する有用藻類や生物の保護のために海水の汚濁については充分な配慮を必要とするものである。従つて工事は海水汚濁対策と、破碎岩搬出に陸上機械を使用するため、潮待施工で設計されている。

第1図 溝の配列と断面



このような条件下にあつて、ブルドーザのリツパのみによる砕岩工では能率は高いが、粉碎される量が多く、潮位の再上昇と共に微細スリが波により攪拌され、沿岸流につて拡散する。

拡散する濁りにも、水産生物にとつてあまり問題にならないものと、直接影響するものに大別されるが、海水中に浮遊する極く軽いものは一朝か、二潮で外洋へ持ち去られ、薄められるため、生物への影響は殆んどないものと考えられる。然しながら、ブルドーザの履帯によつて海水と共に練りあげられたものは重いヘドロ状になり、引波によつて沖合方向へ持ち出され、平盤先端近くに沈降するため、多くの生物が棲息する場を破壊することになりかねない。特に、ウニ、貝類の幼稚仔に対しては大きい影響を与える。このために汚濁拡散防止のシートを設置したり、汚濁の甚しい箇所にポンプを置き、汚泥水の吸取も併用し、公害の防止に努めたことは勿論であるが、岩盤破碎による漁場造成工法の根本対策として

- (1) 水中砕岩大割工法の研究により破碎岩の粉碎を避け、汚染源を極小にする。
- (2) 溝の出来形精度の向上。等の目的から本機の開発に踏み切つたものである。

2 設計について

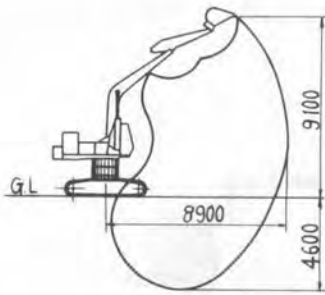
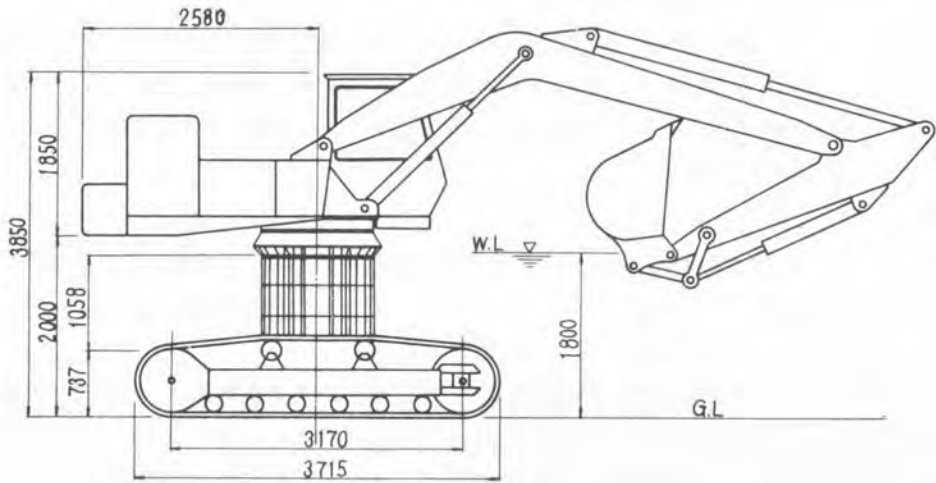
- (1) 設計の基本的考え方。汎用性のない特殊機械は一般に稼働が低く、経済的運用に苦勞するものである。本機についても例外ではない。従つて、以前に開発したシャロー・ブルドーザと同様に、容易に一般工事への転用が出来、而も必要な場合には短期間に台数をそろえることが出来ることを基本条件にし、且つ、量産されているものを活用することにより製作コストの低廉化をはかることにした。
- (2) 以上の基本条件から、市販されているショベルを水中仕様に改装することに方針を決め、考えられるいくつかの改造案の中からトラック・フレームと旋回体を切り離し、中間フレームを入れて再結合する方法の採用に決定した。即ち、旋回体下面の高さによつて作業水深の限界がきまり、要求される掘削能力と、必要な作業水深による機械の安定性の両面からベース・マシーンが決定されることになる。本機の当面の適用現場は種市であり、当現場平盤上の満潮時水深は1.5mであること、対称が軟岩であることからベース・マシーンとして0.6m³級油圧ショベルを選定した。
- (3) アタッチメントとして、普通バックホウバケットの他、砕岩用リツパバケットを備え、更に岩質によつては水中油圧式ブレイカーを使用し得る。このために、アームは油圧パイプを配管したショートアームであり、油圧駆動水中ポンプをセットすれば溝内の微細ズリ、砂泥の掃除も可能である。
- (4) 最も注意せねばならないことは、重心位置が上るための転倒であるが、現場条件、運転条件、輸送条件等を配慮して、前方及び側方の転倒角を30度以上に指定している。その結果、第1表のようになり、傾斜実験でも安全性の確認がなされている。

機械の仕様及び仕様図については次頁を参照されたい。

第1表 転倒角

	設 計 値	測定値による計算値
前方転倒角	43°20′	46°53′
後方転倒角	42°30′	45°01′
運転席側への側方転倒角	34°53′	33°40′
運転席と反対方向への転倒角	34°53′	40°52′

(5) 仕様及び仕様図



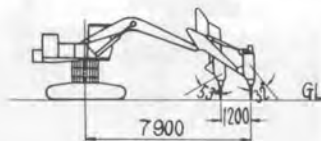
作業半径

仕 様	
バケット容量	標準 0.6m ³ (山積 0.7m ³)
最大掘削半径	8900mm
最大掘削深さ	4600mm
最大掘削高さ	9100mm
全装備重量	19200kg
輸送時全長	9190mm
“ 全幅	2985mm
“ 全高	2792mm
最大水深	1800mm
エンジン定格出力	93PS/2000rpm
ペースマシン	日立UH06D
ロールオーバー保護構造重量	500kg

油圧ブレイカー仕様

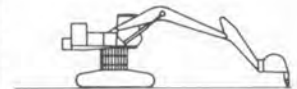
型 式 油谷重工 YB-1000-15-10 水中型
 打撃エネルギー 150kg-m
 本体重量 1050kg
 全重量(ナセル、プラケット含む) 1470kg
 全長(ナセル含む) 2592mm
 幅 340mm
 リリーフ圧 15.5kg/cm²
 打撃数 300 /mm(200L/min)

油圧ブレイカー作動範囲



リジューブメント仕様

型 式 シングルシヤック
 容 量 0.45m³
 幅 800mm
 重 量 1000kg
 作業半径 上 図



3. 能力について

(1) 機械の安定感に関する使用実感

一見、不安定に見える機械であるが、不陸の範囲、程度が小さい場合にはフルスロットルで走行が可能である。不陸部においては、腰高であるから注意を要するが、運転員の習熟にもなつて不安感はなくなくなる。溝への上り、下り走行においてもバケット・アームによる支えと地盤を修正しながら走行するためかなりの運行自由度がとれる。

(2) 輸送について

中間スペーサーを除き、普通形ショベルの形体でトレーラ輸送をする。本体の現場組立には3人で3時間程度の時間を必要とする。

(3) リツパ・バケットによる砕岩工

弾性波速度 $1,822 \sim 1,979 \text{ m/sec}$ の軟岩で砕岩、掘削、積込作業で $10 \sim 11 \text{ m}^3/\text{Hr}$ である。又、砕岩工だけでは $28 \text{ m}^3/\text{Hr}$ の数値を示している。これらは完全に乾出した岩盤上のデータで、溝の長さ 18 m における記録である。その後の実績では現地盤条件の変化もあり $9 \text{ m}^3/\text{Hr}$ 程度の能力と見られる。

破砕片は $0.3 \times 0.3 \times 0.1 \text{ m}$ 程度の大きさのものが大部分で、微細ズリの発生量は5%以下とみられ海水汚濁ははるかに少ない。

(4) ブレーカーによる砕岩工では $4.9 \sim 6.3 \text{ m}^3/\text{Hr}$ で2～3層にわたり破砕する要がある。微細ズリ、粉末の発生量は0.5%以下である。

4. おわりに

海水汚濁対策として、その原因になる砕岩時の微粉発生量が大幅に抑制し得たことは、開発1号機として時間当り掘削能力は別としてまずまずの評価があつてよいものとする。未だデータ不足で、結論は今後の使用に待つところが多いが、自から砕岩、積込、整形を行うことが出来、発生する濁りも少ないことは、運土装置の併用により、潮待作業の要がなくなりコスト低減へ結びつけ得る可能性がありそうである。

(7)

水中掘削中のシャローショベル



ブレーカーによる砕岩（干出時）



5. 全旋回式ドーザショベル 「SH09スイングショベル」

(株)小松製作所 松田行信

1. まえがき

SH09スイングショベルは、従来のドーザショベルに旋回機能をプラスすることによりドーザショベル作業はもちろん新分野の作業への進出を目的として開発されたものである。

その最大の特徴である旋回機能によりドーザショベルに比べ作業性、汎用性が非常に良い。また油圧パワーショベルに比べバケット容量が大きく車速が早い。ため作業量が多く機動性に富んだ車である。

特に林道工事における掘削横込の連続作業、船内荷役(チップ集積など)トンネル工事、地下鉄工事など狭い場所での作業において旋回機能の威力を十分に発揮するものである。

以下SH09スイングショベルの構造、特徴の概要および工事例を紹介する。(写真1)

2. 構造・仕様の概要

本機は全油圧駆動車であり走行、旋回、作業機はそれぞれ独立したポンプで駆動される。

下部走行体を油圧パワーショベル、作業機はドーザショベルと同様の形式をとり上部旋回体フレームと各ユニットの配置は安定性および視界性を考慮したSH09スイングショベル独自のものである。走行はPC付可変容量型の2連プランジヤポンプを用い走行速度はこのポンプの流量制御により、また前後進は圧力油の流路方向制御により行なわれる。(図2)

走行のブレーキは操向ペダルを踏むことにより回路中のブレーキ弁を作動させて車両停止又は操向



写真1 林道工事中のSH09スイングショベル

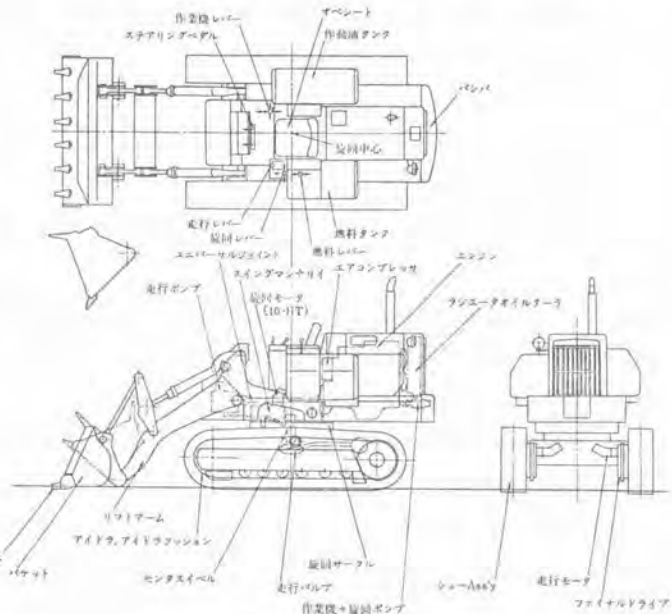


図1 構造図

を行なうが、この他傾斜地での駐車を安全にするため機械式ロック方式の駐車ブレーキを備えている。

旋回は油圧パワーシヨベルと同一の駆動方式であるが旋回サークルについては、ドーザシヨベル並みの衝突掘削作業を可能とするため同クラスの油圧パワーシヨベルの約2倍の負荷容量となっている。

また押土作業、傾斜地での運土作業時の旋回流れを防止するため旋回レバーと連動した油圧操作式旋回固定装置を前後2カ所に設けている。(図1・表1)

3. 特長

3-1 時間当り土工量、燃料当り土工量が多い能率的かつ経済的な車である。

旋回することによりサイクルタイムを油圧パワーシヨベル並みに縮小、バケット容量は同クラス油

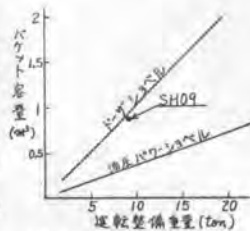


図3 バケット容量の比較

圧パワーシヨベルの2倍もあることから時間当たりの作業量が多い。また当然燃料当り土工量も多く省資源的な車である。(図3)

3-2 操向を切る頻度が少ないため足場を痛めにくい。

90°旋回横込、または180°旋回横込により操向を切らずに横むことができる。またドーザシヨベルのVシェアー横込に比べ走行距離は約半分である。

3-3 運転操作性が良い。

後進のときでも旋回すれば前向きで走行できるため安全でかつオペレータの疲労が少ない。

走行ポンプにはPC付可変容量ポンプを採用、走行負荷が大きくなると自動的に車速が下がり(ポンプ吸収馬力一定)エンストすることなく最大けん引力となるので変速操作が少ない。

走行、旋回、作業機の各ポンプはすべて独立しており完全複合作業が可能であり能率的である。

なお車速段は前後進とも3段となっているが変速レバーを中間点に保持することにより0.7~5 km/hの間で任意の車速が得られる。

リヤエンジンのため前方視界が良く車体安定性も良い。

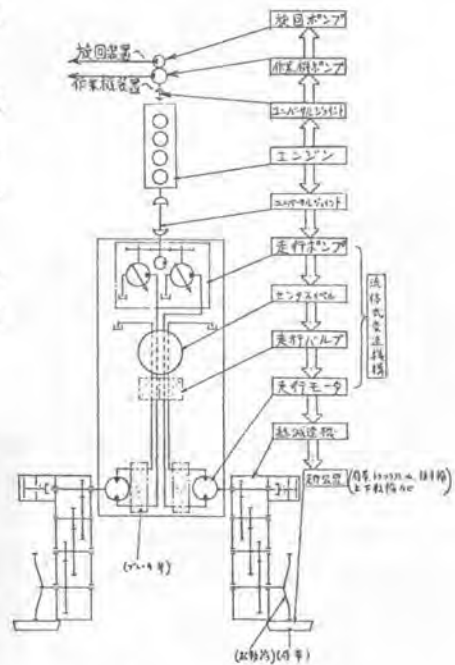


図2 動力伝達系統図

項目	名称・形式	SH09
機	バケット容量 (m³)	0.9
	全重量 (kg)	9,250
	全幅 (輸送時) (mm)	1,970
	タローラ幅 (STD) (mm)	1,970
	本体全長 (輸送時) (mm)	5,128
	本体全高 (輸送時) (mm)	2,274
	上部旋回半径 (mm)	1,699
	旋回半径 (mm)	1,950
	旋回半径 (下部) (mm)	835
	スプロケット中心距離 (mm)	2,100
寸	タローラ全長 (mm)	2,898
	タローラ高さ (mm)	850
	タローラ中心距離 (mm)	1,848
	旋回角 (mm)	303
	旋回角 (kg/cm²)	0.67
	バケット旋回角 (地上) (度)	42
	バケット旋回角 (最高) (度)	50
	ダンピングリフト (前方) (mm)	1,248
	ダンピングリフト (後方) (mm)	1,468
	ダンピングリフト (後方) (mm)	1,180
性	走行速度 (前後進) (km/h)	前進0~0.7 1速0~2.5 2速0~4.0 3速0~5.0
	旋回速度 (rpm)	7
能	最大けん引力 (kg)	7,800
	旋回可能最大傾角 (度)	1.5
	エンジン形式	S4D105
エンジン	シリンダー内径 (mm) × 行程 (mm)	4 × 105 × 125
	総排気量 (cc)	4,320
	定格出力 (ps/rpm)	90/2,400
	最大トルク (kgm/rpm)	32/1,400
	燃費消費率 (g/ps)	185
トータル仕様	トルクライズ (kg)	19.1
	ROP (ROPS)	ベータガード
	掘削バケット (0.9 m³)	
	掘削バケット (1.2 m³)	
	作業用バケット (2.7 m³)	

3-4 安全対策が充実している。

1) 機械式駐車ブレーキの装着

エンジン運転中は駐車ブレーキレバーを操作することにより「ブレーキ」となり、エンジンが停止すると自動的に「ブレーキ」となる。

駐車ブレーキレバーは変速レバロックと連動しているので駐車ブレーキをかけたまま走行するという誤動作がない。

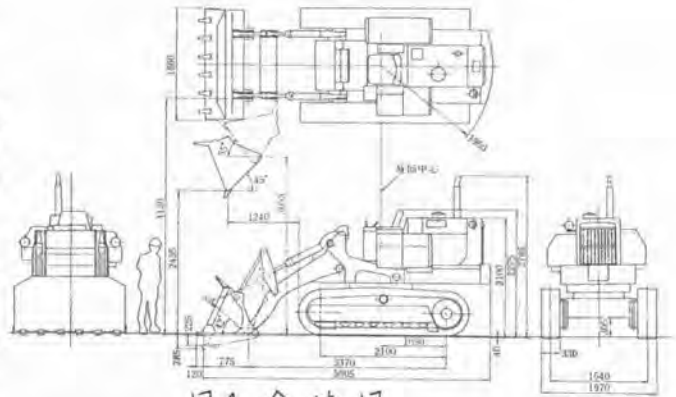


図4 全体図

2) 走行モータにはブレーキ弁を装着しているため逆ステアリング現象がない。

3) 旋回ロックレバーは旋回レバーと連動しているため旋回ロックしたまま旋回するという誤動作がない。

4) 逆操向防止装置を装着しているため180°旋回時でも操向操作は正常運転と同じであり、このとき旋回したことを表示するランプが点灯する。

5) 作業機レバーのロックレバーを装着している。

6) オプションとしてヘッドガード、ROPSを用意している。

4. 各工事における在来工法とSHOQスイングショベルを使用した工法の比較

4-1 掘削積込作業

図5はSHOQスイングショベルとドーザショベルのダンプトラックへの積込形式を比較したものである。

Vシエーフ積込形式に比べ走行距離は半となり操向を切る必要がない。また前後進切操操作も半分となりオペレータの疲労軽減を計るとともにサイクルタイムも約20%短くなる。(90°旋回積込の場合) (図5)

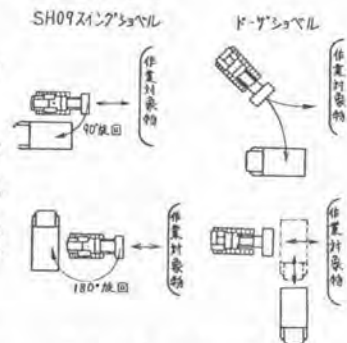


図5 積込形式比較

ダンプトラックへ平均的に積込むためのバケット位置の操作は、

ドーザショベルは走行しながら操向ペダル(またはレバー)にて微操作するがSHOQスイングショベルは旋回レバーの操作により簡単にできる。

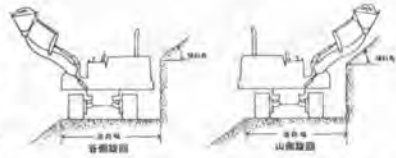
クロスドライブ積込形式はダンプトラックも動かさねばならない。これはダンプトラックの運転手にとってはなほだめんどうなことである。

4-2 林道建設

林道建設においては自然環境を破壊しない工法が要求され、現在では削り取った土砂は運搬機械(ダンプトラックなど)または自走にて適当な場所まで運ぶ必要がある。この作業に使用される機械にはブルドーザ、ドーザショベル、パワーショベルなどがある。

ブルドーザは、土の掘削、整地作業には良いが能率的な運土距離は数十mまででありダンプトラックへの積込はできない。

ドーザショベルは、掘削と同時にバケットに土砂をすくい込み運搬することが可能でダンプトラックに積込むことができる。しかし積込の際に後方へ向きなおるための広場が必要となり狭い林道工事ではその広場まで自走しなければならず能率が悪い。また自走時は後向きのため危険である。



傾斜角	15°	25°	35°	45°	55°	65°
1.5m	○	○	○	○	○	○
2.0m	○	○	○	○	○	○
2.5m	○	○	○	○	○	○

図6 林道開設幅と林地傾斜角度

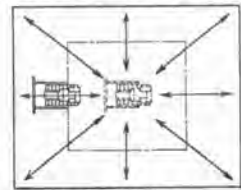
油圧パワーショベルは、上部のみ旋回してダンプトラックへ積込むことが可能であり、掘削高さが高くまた地盤より下を掘削できるという長所がある。しかし短距離の運土(自走)には不向きであり同クラスのドーザショベルに比べバケット容量が小さいため能率が悪い。

以上の理由から一般的には機械の組合せ作業が多い。SHO9スイングショベルは、ドーザショベルと同様強力な掘削作業ができ、短距離の運土および整地作業も可能であり、また上部のみ旋回してダンプトラックに積込むこともできる。走行時オペレータは常に進行方向を向くことができるので安全で能率が良い。(図6)

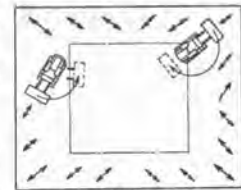
4-3 船内荷役(木チップ)

トリミングドーザは、壁面からかき落したチップを後進しながら中央部へ引出し前進時は引出したチップの低い山を乗り越えて壁面まで行かねばならない従ってチップ移動量の2倍以上の距離を走行することになりチップの粉砕が多くなる。また中央部はすりばら状に低くなっているため急斜面で作業しなければならない。

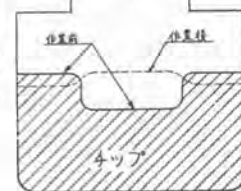
SHO9スイングショベルは、バケットですくい込んだチップを旋回にて中央部へ運ぶため走行距離がトリミングドーザの約半と少なく、操向を切る頻度も約半である。作業は壁ぎわの平坦な所で行なうためオペレータの疲労も少なく酸欠の心配がないので安全である。またリフト量が大きく下からバケットですくい上げるため壁についたチップが落ちやすい。作業量についても同クラストリミングドーザと同等以上である。(図7)



トリミングドーザ



SHO9スイングショベル



船倉断面図

図7. 作業パターン

5. あとがき

以上SHO9スイングショベルについてその概略を説明した。低成長時代を向えた今日より能率の良い機械、より汎用性のある機械が求められているが、SHO9はいくらかでもその期待に答えうる可能性を持った機械であると考えている。

新しい機械でもあり未知なところも多いが、ユーザおよび関係各位からより一層のご指導とご協力を得てより一層の品質の向上および施工法の研究に努力していきたいと考える。

6. 大形油圧ショベル搭載浚渫船について

日立建機(株) 渡辺 正
神谷 健次郎

1. まえがき

従来、湊港の浚渫や船だまり、港湾構造物の灰掘などの、局部的・小規模浚渫工事には、グラブ船やディップ船が多く使用されてきたが、近年、陸上において大形油圧ショベルが用られるに伴い、浚渫船の分野においても、油圧ショベルを搭載した油圧バッフホウ船が使われだしてきた。

油圧バッフホウ船には、油圧ショベルを履帯つきのまゝ台船に載せて仮固定するものと、油圧ショベルの上部旋回体(旋回装置つき)および作業装置のみを、台座を介して台船に搭載するものと2通りあるが、本論文では後者を対象に、当社で開発した油圧バッフホウ船を中心に、その仕様・構造・特徴・稼働実績等を紹介する。



写真-1. UH30バッフホウ船

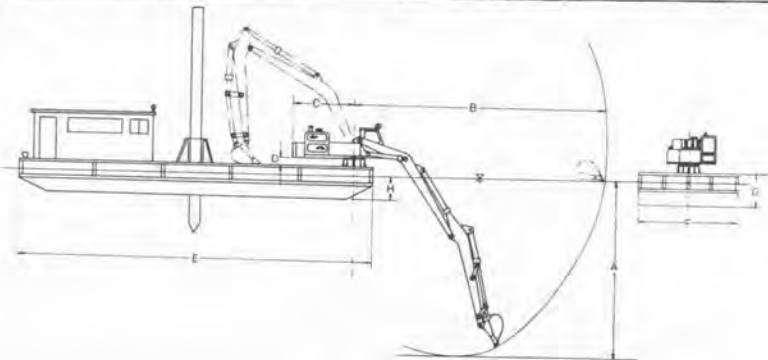
2. 仕様・構造

(1). 仕様

現在、当社が製作している搭載用油圧バッフホウの大きさは、標準バケット容量で1.4^m、2.0^m、3.0^mの3種類であり、表-1にその概略仕様を示す。なお、表-1の中の船体寸法は概略の参考値であり、実際には今迄使用していた台船

表-1. 日立油圧バッフホウ船の仕様



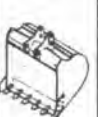


項目	機種	UH 14		UH 20		UH 30		
		標準	ロング	標準	ロング	標準	ロング	
本体仕様	バケット容量	一般用 (m ³)	1.4	1.0	2.0	1.4	3.0	2.2
		炭用 (m ³)	1.2	—	1.6	—	2.6	—
仕様	旋回体重量	(kg)	22,300	23,800	33,200	36,300	48,400	47,900
	エンジン出力	(PS)	200		300		400	
作業寸法	A: 最大掘削深さ	(mm)	7,420	8,870	8,450	10,250	9,560	11,180
	B: 最大作業半径	(mm)	11,700	13,020	13,450	15,250	15,030	16,590
	C: 旋回旋回半径	(mm)	3,160	3,280	3,710	3,880	4,300	4,300
	D: 旋回体後部高さ	(mm)	360		256		470	
船体寸法(参考)	E: 船体全長	(m)	18		24		24	
	F: 船体全幅	(m)	7		9		11	
	G: 船体深さ	(m)	1.8		1.5		1.8	
	H: 吃水	(m)	1.04		1.0		1.0	
	排水量	(t)	100		120		150	



をそのまま使ったり、あるいは、新しい建造する場合でも、多目的用途を考へてより大形のものにする場合もある。

バケツ容量および形状は、用途（浚深さや工賃）によつて当然変へるべきものであり、表-2にその種類を示す。

表-2. バケツの種類と用途

呼称	用途	一線用バケツ	橋梁用バケツ	リッパバケツ	1本爪リッパ
主 要 特 徴	基礎掘削用	河川掘削用	土留掘削用	砂掘削用	砂掘削用
					

(2). 構造

通常、非自航式の鋼製箱型台船の前部に、台座を密着して取付け、その上ク油圧シヨバルの上幹部旋回体（旋回装置を含む）および作業装置を取付ける。上部旋回体と台座とはボルトにより結合する。

- ①. 上部旋回体および作業装置の専所には、海水・塩風による腐蝕の防止処置を施しており、旋回装置は外側から海水等が入らぬ密閉構造で、かつ内側のベアリングや旋回歯車類は、グリースで常時潤滑されている。

バケツの底部や側面には水抜き穴を設け、工砂の洗い込み効率を良くしている。

- ②. 台船の甲板と上部旋回体下面との隙間は、突発整備等必要な時に人間が入れるだけの適当な間隔が保てるようク、台座の高さを考慮している。写真-2ク台座の1例を示す。

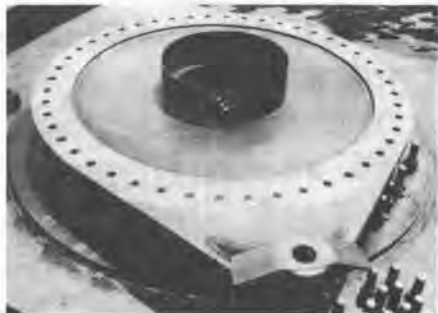


写真-2 台座の1例

- ③. 台船は、錨で位置を固定する方法と、強力なスパートで固定する方法の2通りあるが、油圧バックホウの強力な掘削反力を支えるには、スパート方式の方が適している。（写真-1参照）

3. 特徴

(1). 長所

- ①. 掘削力が大きいので、工砂から軟岩・中硬岩の稜珠まで広範囲ク作業ができる。

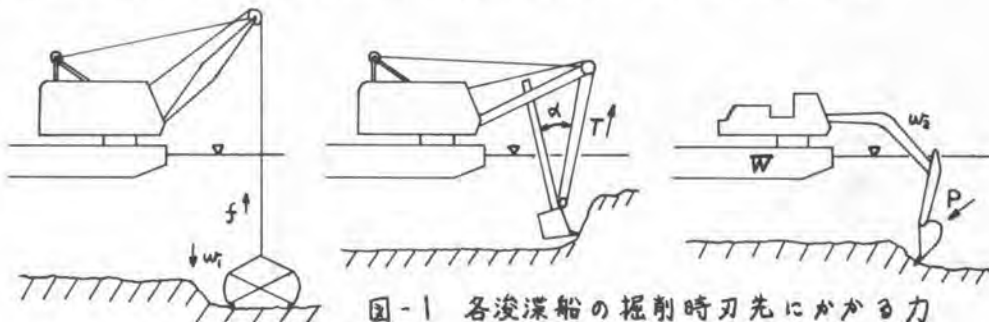


図-1 各浚深船の掘削時刃先にかかる力

グラブ船、ディップ船と油圧バックホウ船との、掘削時におけるバケット爪先への掘削力も大まかに考えてみると、図-1で分かるように、下記のようになり、明らかに油圧バックホウ船の方が大きい。

グラブ船: $(w_1 - f)$
 ディップ船: $(T \sin \alpha)$
 油圧バックホウ船:

$$[P + 1/2 (w_2 + w)] \leq P_H$$

P_H : オーバロードリリーフ

舟のセッティングに相当する力
 具体的な掘削力の比較を図-2に示す。

実例として、標準バケット容量3 m^3 級の油圧バックホウ船でリッパバケットを使い、15 t 砕岩重錘を使わずに軟岩を直接掘削した例がある。写真-3にその軟岩を示す。

②. サイクルタイムが早く、作業能力が大きい。
 作業条件、土質などによって異なるが、土砂混濁で水深3~4 m 、100~120 m^3 ペースに積込む場合の作業能力は図-3のようになる。

大まかに、油圧バックホウ船の作業能力は、バケット容量で約2倍程度の大きさのグラブ船に匹敵する。

③. 水平掘削ができ、掘削深さが正確である。

油圧バックホウ船では、バケットを掘削したい位置に正確にコントロールでき、ガフアームに目盛を付けておくと随時刻深しながら掘削できるので、掘り残しや掘り過ぎが極めて少ない。

一方、グラブ船はロープを介

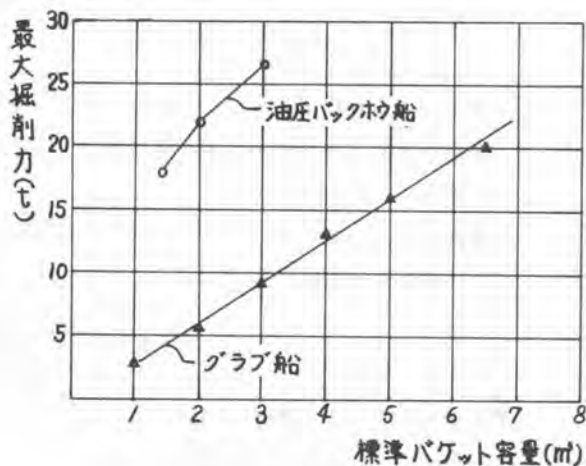


図-2. 各浚渫船の最大掘削力



写真-3. リッパバケットで掘削した軟岩

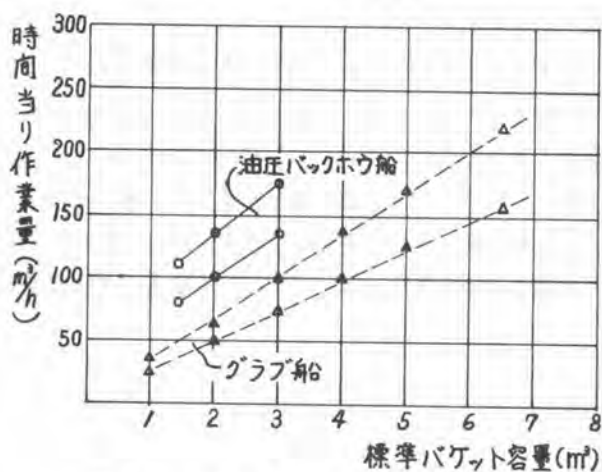


図-3. 各浚渫船の時間当り作業能力

してバケットをコントロールし、かつ、掘削直下のでどうしても振動が凹凸になり易い。そのための余振りを余儀なくされる。

- ④. 操作レバー本数が少なく(2本)、かつ、操作力が軽いので、運転が楽である。
- ⑤. 掘削位置変えのための台船の小移動は、作業装置を使ってできる。
- ⑥. 機械がコンパクトなので

比較的小さい台船です。

迂回、移動も比較的容易である。

表-3に、同じバケット容量の油圧バックホウ船とグラブ船の大きさの比較例を示す。

表-3 油圧バックホウ船とグラブ船の大きさ比較例

	バケット容量	上廻り重量	台船寸法(長×中×深)
油圧バックホウ船	2.0m ³	約33t	24×9×1.5m
グラブ船	2.0m ³ (ハイスライア)	約100t	30×15×2.9m

(2). 送所

油圧バックホウ船は表-1で示した如く、現在のところロープアームを使って最大掘削深さが、標準バケット容量3m³級で約11mであり、水底の水平掘削することも考えると、実用8m位が限度である。

一方、グラブ船は同級のものでも25mまで伸びる。ただし、作業能率を勘案すると、一般には15m位までが実用的と云われている。

4. 納入実績

昭和47年に1号機を納入以来、現在迄当社が製作した油圧バックホウ船は約10台である。それらは、地方港湾や漁港、泊地などの工物、砂礫・軟岩・中硬破砕岩の浚渫工事で活躍している。それらと組合せ使用される土運船は、100m³~300m³級の底艀型バージである。

5. あとがき

全国のグラブ船、ディップ船の年間建造台数は、30~40台と云われるが(そのうち殆んどがグラブ船)、油圧バックホウ船は稀にっただけであり、履帯付きで丸ゴト台船に搭載するケースを含めてもまだまだ少ない。しかし、上述のように油圧バックホウ船は、基本的に優れた特徴を数多く備えており、かつ、掘削深さの点でも、世界ではすでに15mまで届く、標準バケット容量5m³級の大型船も作られているので、将来はグラブ船に代って数多く稼働するようになるかと考へる。

本論文が産業界にとって少しでも参考になれば幸である。

7. 無人ダンプトラック運転システム

（株）小松製作所 若林 洋

1. まえがき

フリートを編成し、定形作業を行なうオフザロードのダンプトラックの全ての運転操作を無人で行ない、省力効果をねらう目的で、本システムを開発した。

本システムは、従来より実験手段や新交通システムへの利用をねらって、国内外で研究された誘導ケーブルによる誘導技術に、車両の制御技術を適用し、それを作業現場にマッチするよう改良を加え、各種安全対策を施してプログラム化を計ったものである。

開発に当っては車両の特性把握の予備テスト、無人装置を装着した実車テスト及びベンチテストを行ない実用性の確認をした。ここにシステムの概要とテスト結果、省力効果の予測などを述べる。

2. システムの設定

システムを設計するに当り、安全性と経済性から実用面を考慮し、次の使用条件を前提とした。

- 1) ダンプトラックの走路、捨場が一定しており、定形作業であること。
- 2) 安全面より、無人車専用路を確保しうること。

またシステム実用上から具備すべき条件として下項を設定した。

- 3) 省力効果を十分なものとするため、積込時、走行、排土など一連の作業を、人間不在の状態でも同時に複数台コントロールできること。

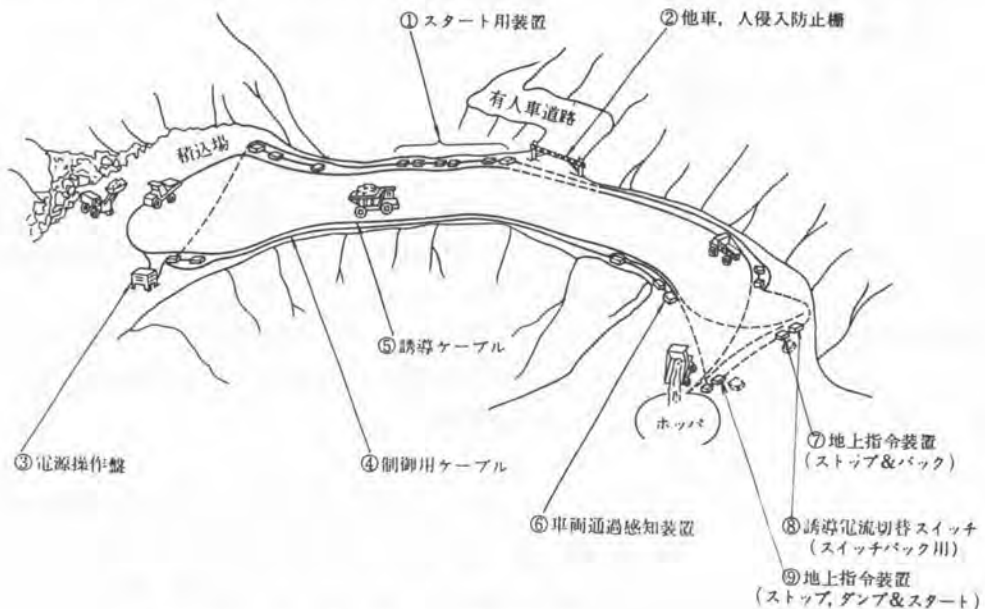


図 1 システム構成図

- 4) 無人運転装置の装着により、オリジナルの車の特性や耐久性を低下させないこと。
- 5) 従来使用しているコースに対して大巾な変更を必要としないし、その維持、運営の面でも負担をかけないシステムであること。
- 6) 安全面に対しては、第三者（人・車・設備など）に対する危害防止、ダンプトラックの保護の両面から十分な対策がとられること。

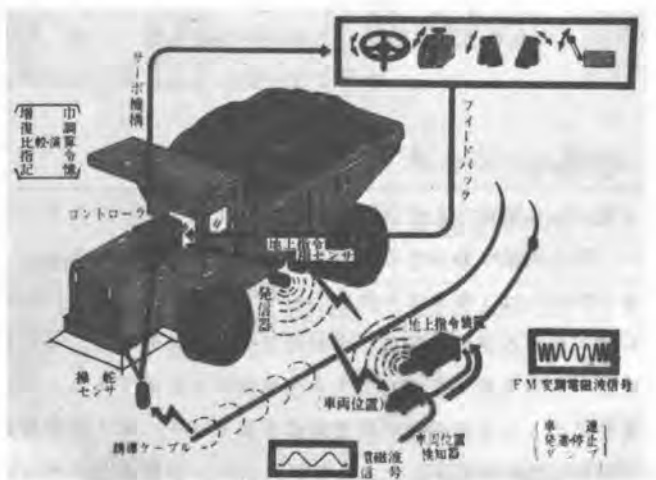


図 2 システム原理図

以上を満足すべき制御方法として、積込場から捨場に至る走路全体をプロセスとし、シーケンス方式のプログラム制御を行う方法を採用した。その場合のシステムは図 1, 2 に図示したが、下記ようになる。

- 1) 走路に沿って誘導ケーブルと地上指令装置を設置し、その地点を通過する無人ダンプトラックに操舵、発進、停止、ダンプなどの指令を電磁波で発信する。
- 2) 無人ダンプトラックはそれを受信して、車載コントローラで信号を判別し、内部指令信号を各サーボ機構を送り、信号受信地点での有人運転と同じ操作が無人車でなされる。
- 3) 安全対策により、危険な場合は無人車は停止するものとする。この場合、システムが混乱しないよう地上装置へはフィードバックがかゝり、後続無人車は停止する。

3. システムの構成

3. 1 操舵制御

ダンプトラックをコースにのせるためには、誘導ケーブル方式が安定した特性と精度を持つ。走路に沿って敷設した誘導ケーブルに低周波電流を流すと磁界が発生し、磁界による誘導起電力は距離に反比例する。従って磁界の強さをセンサで検知し、目標値とのズレをコントローラで検出補償し、サーボモータを駆動し、更に実舵角をコントローラにフィードバックして制御を行うこととした。

特に誘導方法として新たに側線式を採用した。(図 1, 2 参照) これは誘導ケーブルを走路側部に設置することにより、電磁波の干渉を防止し専用路巾の縮少、およびケーブルの埋設不要による移動容易化、道路メンテナンスの容易化をねらったものである。

3. 2 車速制御

ダンプトラックを地点により設定した車速で走行させるためには、前述の各点からの地上指令信号によるが、積込場では、コントローラに走行条件を記憶させたり、ラジコンを併用(図 1 参照)したりして現場への適合を計った。地上からの信号には誤受信防止のため、FM 変調 2 周波混合方式を採用した。車載されたセンサが信号を受信すると、コントローラで判別、指令し、エンジンスロットル

ブレーキ、変速の各操作部を作動させる。なお変速は自動変速機により、負荷に対して最適制御を行ない、ブレーキは減速、一般停止用には低圧回路を、緊急停止用は高圧回路と2系統にした。

3. 3 ダンプ制御

地上よりダンプ指令信号を受信すると、コントローラからシーケンス制御による内部指令をダンプレバー、エンジンスロットル、ブレーキ、自動変速機に送り、ダンプ操作を自動的に行なう。

3. 4 安全装置

- 1) 無人車専用路に人や他車が紛れ込んだ場合に備えて、車載警報ホーン、回転灯の外、コース侵入防止柵（図1参照）やドップラレーダの前方検知などにより無人車を停止させる。
- 2) 操舵系の故障、制御系の異常、岩石乗越しなどで無人車がふらつくとコースアウト（無人車と誘導ケーブルの間隔が規定値を越える）するので、コースアウトセンサにより無人車が停止し、転落や衝突の危険を防止する。
- 3) 無人車どうしの車間距離が接近すると、同地点の地上指令装置にフィードバックがかゝり、後続無人車は自動停止し、正常になると自動発進する。（ATS追突防止装置）
- 4) エンジン水温など8項目の異常に対し無人車停止。（車両異常検知装置）及び安全パンパにより落石など衝突防止やホッパでの転落防止など車両保護を計った。
- 5) 地上、車載各装置の電気回路には保護回路やタイマ回路を設け、誤操作防止を計った。

4. 実車試験とその結果

供試車は小松HD320ダンプトラックを使用し、当社実験場でシステムを組みテストした。（写真1）

- 1) 操舵制御 車速35Km/hでの直進走行性は図3に示すように、コースずれ量は±0.15m以内。ステップ波（0.3m）の外乱に対しても安定した制御を示し、側線式の実用性が確認された。

またセンサの改良により、最小回転半径も有人運転と同じまで小さくすることができた。

- 2) 車速制御 走行時の指令車速に対する実車速を測定したのが図5である。図で分る通り、車速のバラツキは各場合とも指令車速に対し2.5Km/h以下となった。

また停止点のバラツキも±0.2m以内におさまることが分り、ダンプ場での停止点の変動についても心配ないことが分った。

- 3) ダンプ制御、安全装置 各装置とも正常に作動することを確認した。



写真 1

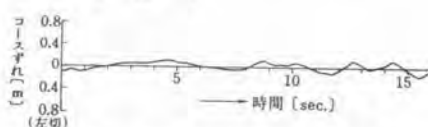


図 3 直線走行試験結果（空荷）

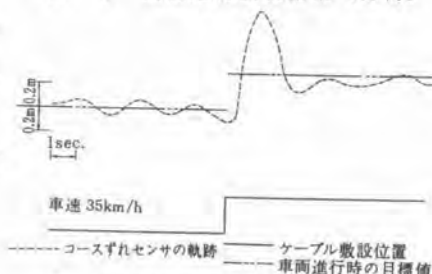


図 4 ステップ応答試験結果（空荷）

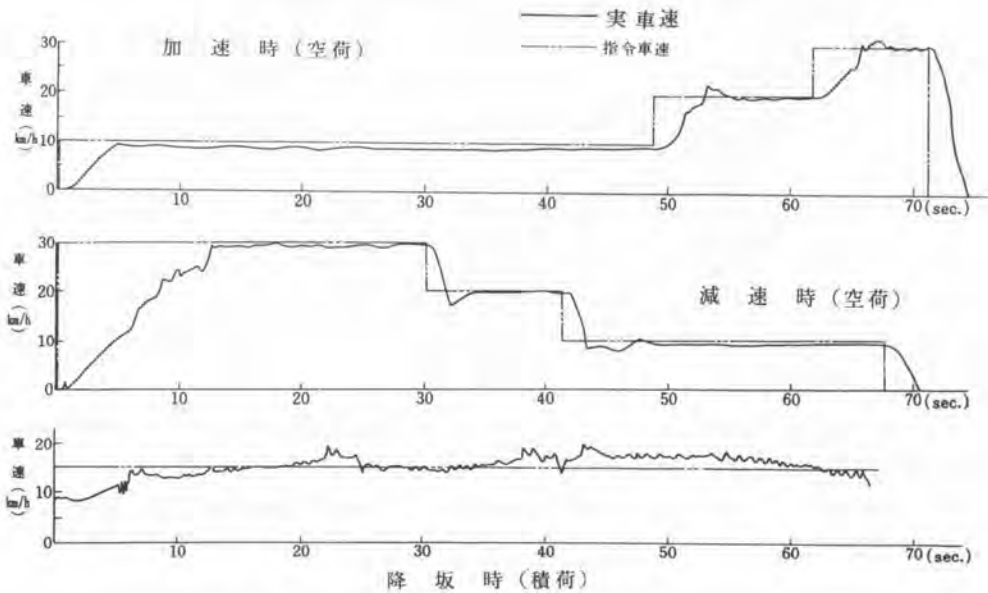


図 5 車速制御試験結果

5. 有人運転との運搬コストの比較

無人運転システム導入により、有人運転と比べ運搬コストがどうなるか、モデルを仮定して計算した。

1) 作業条件 図1による碎石場で、走路片道500m, 1,000mの2種類とし、ダンプトラックは小松HD320, 年間稼働時間は、2,500hとした。

2) 運搬コスト算定 機械保有経費 C_w (償却は15,000h), 機械修理費 G_p , オペレータ経費 C_{op} (機械当り2,500円/h), タイヤ経費 C_t , 燃料、電力料、オイル経費 C_f , 1時間の運搬量 W_h (t/h)とすると

$$\text{運搬コスト } C_w = (C_w + C_p + C_{op} + C_t + C_f) / W_h \text{ 円/H} \dots\dots\dots (1)$$

(1)を無人運転/有人運転で表わしたのが図6である。これよりダンプトラック投入台数3台以上では無人システムの方が有利であり、投入台数が増える程運搬コストが低減する事が分る。

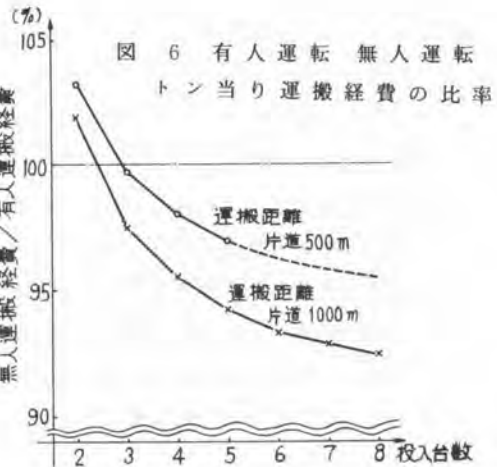


図 6 有人運転 無人運転 トン当り運搬経費の比率

6. あとがき

本システムは鉱山、碎石場など定形作業では実用性があることが分ったが、建設現場へ広く適用させるためソフト面での研究を継続していくつもりである。今後とも各位の御指導御鞭撻を頂き、システムをより良いものとするための努力をしていきたい。

8. 地下鉄軌道工事に於ける 工事用モノレールの使用例

京王帝都電鉄(株) 鷹 巢 征 行
東急建設(株) 根 岸 秀 行

1. まえがき

国道直下に築造された函型ずい道内にコンクリート直結道床を施工する際の工事用材料及び仮設用材料の運搬設備を紹介する。本工事には次のような特殊条件があり、在来製品を改良強化した工事用モノレールを導入することとした。①搬入口が客扱用出入口1ヶ所しかなく、客扱用通路は幅3～4m、高さ2.5mの函型断面で90°～180°の平面屈曲部5ヶ所、勾配は30°の階段部3ヶ所を含めて縦断的にはG・L-20mの昇降など資機材の運搬には極めて厳しい制約がある。②客扱用出入口の面している道路には商店街があり、工事用車両の長時間駐車は難しい。③搬入資機材は、生コンクリート、締結装置、コンクリートブロック、側溝蓋、モルタル、仮設用材、型枠材料、軌道組固め材料、構内運搬車両、雑機械器具など多種多様にわたっている。④特に生コンクリートは、ブリージングの極めて少ないコンクリートであることが構造物の性質上要求され、 $W/C=53\%$ 以下、 $S/A=42\%$ 以下、スランプ $8\pm 2\text{cm}$ と規定されており、コンクリートポンプの使用が不可能である上、品質管理上ベルトコンベヤ、運搬能力上人トロ等は検討の対象となりえなかった。

2. 設備の特徴

①モノレールの単体部材は長さ2.7m重量40kgが標準で、人力による架払いが可能であり、他の部材も同様に軽量で表-1に示す通りである。

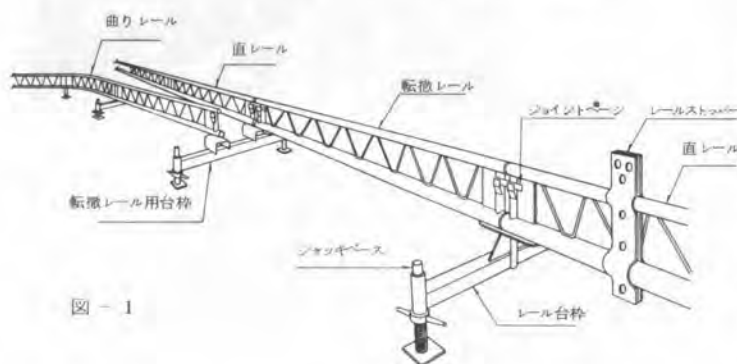


図-1

表-1 重量表

品名	寸法	重量
直レール	2.7m	40kg
台枠	0.4m	24kg
〃	1.0m	27kg
転搬レール	2.7m	40kg
〃台枠	0.4m	30kg
〃	1.0m	32kg
連結棒	0.8m	7kg
曲レール	5MR15°	20kg
〃	10MR15°	42kg
上り勾配用レール	10MR10°	28kg
〃	10MR15°	43kg
下り勾配用レール	10MR10°	28kg
〃	10MR15°	43kg
転倒用ウイシテ		20kg
水平ローラー		10kg
掣ローラー		17kg
補強曲レール	5MR15°	35kg
補強下り勾配用レール	10MR10°	69kg

②階段部では勾配が30度あるので、積載容量0.9m³を確保するためには溢出を防ぐための大形ホッパーを必要とし、更に構内通路は高さ制限があるのでホッパー長さを長くさせざるを得ない、このためホイールベースは標準品1600mmから2228mmとなった。

- ③ 軌道スペースは幅 1.0 m、高さ 0.8 m、走行部スペースは幅 1.75 m、高さ 1.77 m で済むため狭
隘地での布設が可能である。
- ④ 取扱い材料によって同一台車上に、ホッパー或いは荷台を選択できる。



写真-1 荷台



写真-2 ホッパー

- ⑤ モノレールはジャッキベース付のレール台枠（重量 27 kg、幅 1.0 m）に順にはめこむこと
によって直・曲線、勾配を設定できる、その限界である最小曲半径 5 m、最大勾配 30 度を当工
事で使用した。ホッパー 3 両連結及び長いホイールベース台車の使用で強化レールを局部的に
配置した。



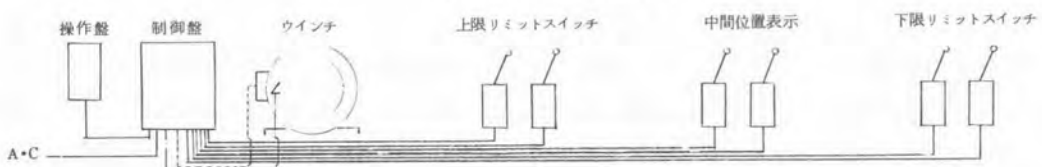
写真-3 30度勾配



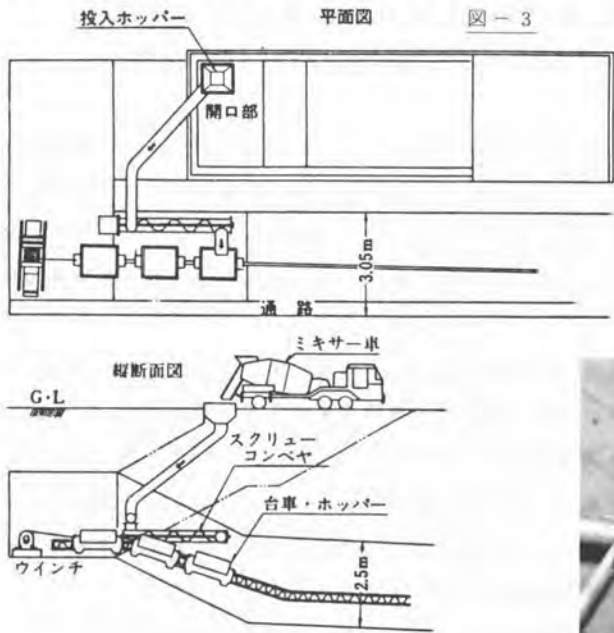
写真-4 5mR部強化レール

- ⑥ 牽引はモーターウインチ方式であり、下降は勾配を設けて重力走行、上昇はウインチによるワ
イヤロープ巻上によるため、各種安全装置を設けた。起動・停止時の衝撃緩和にコンドルフア
起動、ダイナミックブレーキを採用。万一の暴走に暴走停止車を編成。更にオペレータは台車
位置を目視できないのでレールにリミットスイッチを取付け運行の自動制御を実施した。

図-2 配線系統図



(コンドルファ起動) 電動機仕様に対する融通性が高く、始動電流を効果的に制限するとともに、所要トルクを保つことが出来る。単巻変圧器接続で減電圧始動し、加速完了時点でリアクトル接続へ短絡～全電圧運転の経過をとるので、切換え時に電動機回路を開放することがなく、円滑な始動が出来る。

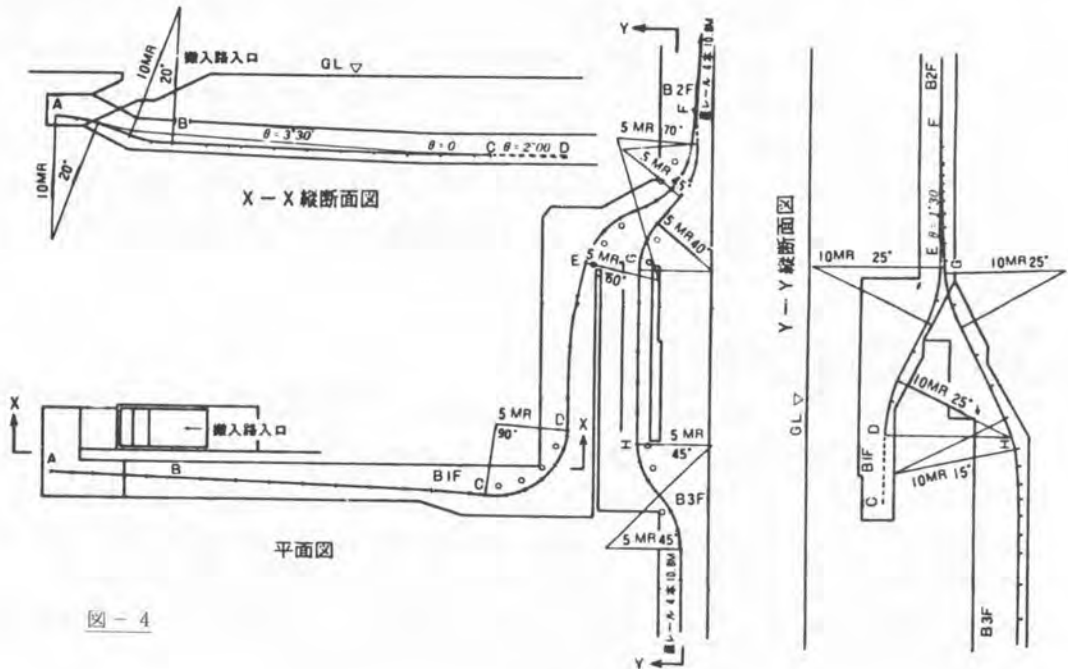


⑦生コンクリートの積み込み場所は、客扱用通路が局部で180度屈曲しモノレールをカーブさせることが出来ない。場所もとらずしかも生コンクリートの品質を考慮してスクリーンコンベヤを設置した。

写真-5 スクリューコンベヤ



3. レール布設図



4. 実績と考察

工事期間	昭和51年12月～昭和52年8月31日（工期末昭和53年5月）
既運搬量	生コンクリート 2,320 m ³ メタルフォーム 420枚、コンクリートブロック 3,916個（137トン） 側溝蓋 3,678枚（140トン）、締結金具 8,900組（62トン）

- ① 図-5、⁴ レール布設図のD点でレールに曲がりが発生した。これは生コンクリートに流動性があり、下り勾配部で急激な移動がホッパー内で起こり牽引ワイヤに衝撃を生ずる為である。更に、急カーブ部でもあり、牽引ワイヤの張力方向がレールに対して斜めとなることもその傾向を強める。対策として、強化レール（レールの調質、焼入、厚肉及びレール中空部の充填材の注入等）を使用した。
- ② ホッパーは、手巻ウインチにより転倒して荷卸しを行う。手巻ウインチに従来のものを使用したため、容量不足と故障で手間がかかった。現在、改良機器を試作中である。
- ③ 生コンクリートのホッパーへの積み込み時間が、予想以上にかかった。理由の1つとして、ミキサー車の排出容量の調節とスクリーコンベヤの搬送容量が合致しないことが挙げられる。又、スランブ8±2cmの為、スクリーコンベヤの排出口付近のホッパー内で山形となり、所定量積むには人力による掻き均しの手間がかかったと言える。
- ④ 当現場は、既成の工事用モノレールとしては前例のない過酷なレイアウトであり、メーカーの指導を上回る仮設（レールのアンカー及び堅ローラーの補強）を施し、安全を重視した。
- ⑤ スクリーコンベヤによる生コンクリートの搬送も使用例が少なく、機器の耐久性に懸念はあったが、スペースに限界があり他に適当な機種が見当らずなお、生コンクリートの品質確保に自信が持てることから設備した。機器の耐久性を考慮して、スクリー羽根を厚肉とし調質仕上げを施した結果、現在の処、機器の補修交換はない。実際に使用して発生した問題点としては、運転中の騒音が構内で反響して相当ひどいものであった。これはケーシングとスクリーの間隙に骨材が入り、すべり或いは破砕が起こった時発生する騒音と思われる。現在、騒音は減少しスムーズな運転となっていることからして、摩耗により、間隙が適量となったと考えられる。

5. むすび

今回の工事用モノレールの使用は、能率面から、積み込み部で手間を要したがほぼ満足するものと言える。保守・管理面も良好で機器のトラブルによる作業中断はない。摩耗部分について、稼働初期に急激なレールの摩耗が特にカーブ部であったが、現在、余り進んでいる傾向はない。更に当現場では9ヶ月継続使用するが、強化レールの研究が進められているので摩耗の進行を現在以上に抑えることが出来ると思う。又、強化レールは重量の増加を抑え、工事用モノレールの本来持つ軽便さを生かすとともに、転用性をも十分考慮した。（尚本件についてのお問い合わせは次にお願います。 東急建設土木技術部 TEL 03-406-5111）

9. 三菱シュビングコンクリートポンプ車 ダイヤクリート S 115B

三菱重工(株) 木坂 博

1. まえがき

コンクリートポンプ車によるコンクリート圧送は、ここ10年来飛躍的發展を遂げてきたが、これはコンクリートポンプ車をもつ建設業に対するコストダウン、省力化、工期短縮という顕著な特長に負うところが大きい。即ち建築においては、多年にわたり実績をもつ、タワーとカート方式がポンプ車の出現と共に姿を消し、今やポンプ車による工法は建築工事の常識ともなっている。また、土木工事においては、機械の改良とポンプ圧送に適した配合が行われるようになり40mm骨材、低スランプ等打設可能範囲が広がり、ポンプ車の重要性はますます増加の一途をたどっている。このようにポンプ工法の普及と高度成長の波に乗ったポンプ車は、全国的に伸長が著るしいものがあつたが、昨今の減速経済下にあつて建設機械業界の環境は、極めて厳しく、機械の増加と工事量の減少は、1台当りの稼働率を低下させ、併せて打設単価の低落傾向にあつて、コンクリート打設業界の採算性は極度に悪化しているのが実情である。

こうした低成長時代の続く中で、ユーザーニーズも当然のことながら変化が見られ、維持費が安くその上で耐久性、保守整備性に優れたポンプ車の出現が強く望まれていた。

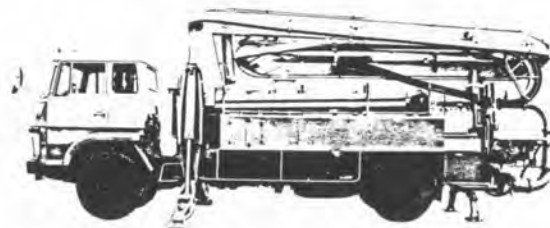
ここに紹介する“ダイヤクリート S 115B”型コンクリートポンプ車(以下D C - S 115 B という)はまさにこの時代の要求にマッチした基本思想の下に開発された、最新鋭のブーム付コンクリートポンプ車である。

以下にその概要と特長につき説明を行う。

2. 概要

写真1にD C - S 115 Bの全体外観を示す。

本機は三菱重工が新しく開発した「シングルロッドカセット方式」のゲートバルブをとう載したピストンタイプのブーム付コンクリートポンプ車である。



〔写真1〕 ダイヤクリート S 115 B コンクリートポンプ車

「シングルロッドカセット方式」のゲートバルブは構造が簡単で消耗部品が少く、整備性を向上させ維持費を低減させると共にコンクリート圧送性能を向上させ、3段屈折スライド付ブームの使い易さと相まつて建築工事から土木工事に至る幅広いコンクリートの打設で建設業界に対し工期短縮、省力化、コストダウンの効果をもたらすものと期待される。

本機の主要目を表ノに示す。

3. 主要構造と特長

(1) コンクリート圧送性能に優れる。

最大吐出量は $70\text{ m}^3/\text{h}$ 、最高圧送圧力（ピストン前面圧）は 41.7 kg/cm^2 の高性能はこのクラス汎用機としては十分な能力を持つ。しかも無負荷時の油圧ロスが少ない三菱独自のパイロット制御方式の油圧切替弁を採用しているため、有効コンクリート圧送圧力が高い。第1図にコンクリート輸送性能を示す。

(2) 維持費の安い経済的なポンプ車。

ピストンタイプのポンプ車を評価する上で最も重要な機構であるゲートバルブに、全く新しいタイプの「シングルロードカセット方式」を採用し、次に示す

優れた特長を有しているため、ユーザーの収益改善に寄与できる。（シングルロードとは作動棒が、従来の2本から1本になったことをいう）

- a) ゲートバルブの消耗部品が従来機種の7種38点から6種26点に減少した（当社機種比）ので、消耗部品の費用が大巾に減少する。
- b) 従来機種に比べ作動棒の外径は40mmから55mmに、開閉弁の板厚は15mmから25mmにそれぞれサイズアップをはかり、また開閉弁及び作動棒の摺動するバルブハウジングの要所には耐摩耗部品が組込まれており、耐久性に優れる。
- c) 従来のゲートバルブは消耗部品の交換、ゲート部品の点検整備はサービス工場で行うことが一般的であつたが、本機では吸入、吐出ともカセット方式のバルブと回転持上式ホツパーの採用により、サービス工場に持ち込むことなくユーザー自身の手で容易に交換整備が可能である。カセットバルブは2分割できるバルブハウジングに耐摩耗性部品がサンドイッチになっているのみで、複雑な調整を一切必要とせず、部品を組み合わせるだけで4本のボルトを締めるだけでよい。
- d) オーバーホールに要す時間もカセットバルブ/セット予備として持つていれば、従来の1〜2日からわずか1時間程度で可能になり、機械の稼働を休止させることなく打設前・打設中

表1 主 要 目

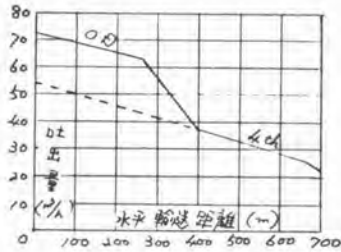
性	最大吐出量	70 m ³ /h (15~70 m ³ /hの範囲で可変)		
	最大吐出距離	水平 垂直	輸送管 100A 輸送管 125A 輸送管 150A 輸送管 125A	
機	輸送管径	100A、125A、150A (アーム使用は100A、125A)		
	管材の最大寸法	100A 125A 150A	25 mm 40 mm (縦 目) 40 mm (電 目)	
	コンクリートスラング貯容容量	5~23 cm		
	(注) 1. 最大吐出量は、一般使用範囲の普通コンクリートをアームで輸送する場合を示す。 2. 最大吐出距離は、一般使用範囲の普通コンクリートを30 m ³ /h 輸送する場合を示す。ただし、垂直は導引配管112 m (水平換算) を含み、吐出量は25 m ³ /h の場合を示す。 3. 管材の最大貯容寸法、コンクリートスラング貯容範囲についても、後の諸条件が要しことが前提条件となる。			
	機 構 造 方 式	ピストン往復水圧式・空圧式兼用		
機	コンクリートスラング数	2 個		
	スラング円径×最大ストローク長	190 mm×1500 mm		
	アジテータ最高回転数	25 rpm		
	ホッパ容量	0.35 m ³		
	ホッパ最大高さ	1330 mm		
	油ポンプ	形 式	定容量ギヤポンプ	
		ポンプ本体最高圧力×最大吐出量	100 kg/cm ² ×640 l/min 125 kg/cm ² ×310 l/min	
	水タンク	アジテータ最高圧力×最大吐出量	90 kg/cm ² ×32 l/min (定容量ギヤポンプ)	
		冷却水	300 l	
	油タンク	洗浄水	500 l	
油		500 l		
シャシ	形 式	三菱 FIP 117 J 8t 車		
	エンジン	形 式	三菱ディーゼル 6D30	
ポンプ	最高出力	実行時 215 PS/2500 rpm・作業時 145 PS/2000 rpm		
	アーム用油ポンプ	定容量ギヤポンプ 280 kg/cm ² ×25 l/min		
機	最大長さ	100A-17.7 m 125A-15.8 m		
	最大高さ	100A-21.2 m 125A-19.3 m		
機	傾斜角	-2°~90°		
	製作方式	30° 全製機 電圧油圧式機構換操作、手動・イレも可 油圧抽出式		
その他	製作方式	コントロールパネルによる集中制御		
	全重量	15200 kg		

あるいは打設終了後でもその日のうちにオーバーホールが可能となつた。

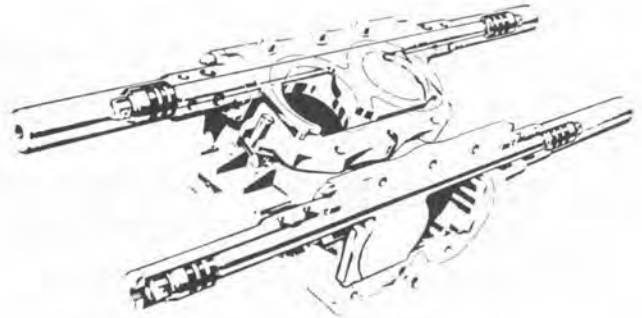
(機械の稼働率の向上)

- e) 作動機の寿命延長の目的でノケ所当りのグリース給脂量が約50%多くなっているにもかかわらず、シングルロッド効果により全体のグリース消費量は逆に25%減少している。

第2図にシングルロッドカセットゲートバルブを示す。



第1図 コンクリート輸送性能



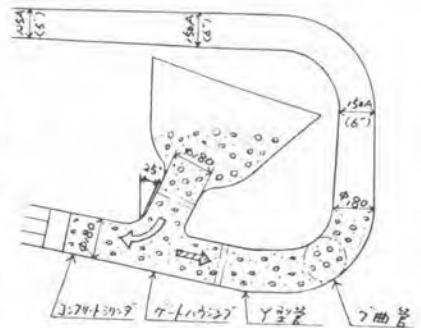
第2図 シングルロッドカセットゲートバルブ

- (3) コンクリートの流動性がよく閉塞がない。

コンクリートポンプ車の圧送性はミキサー車から生コンクリートをホッパーに受けた後、いかにして流動性を保持しながら圧送するかにかかっている。即ち流動抵抗の少ない輸送ラインを得ることが肝要である。流動抵抗の少ない輸送ラインとは

- a) 断面が真円で
- b) 断面変化が少く
- c) 急激な曲りを避けた出来る丈直線

が望ましい。第3図にD.C-S1/5Bの断面変化を示す。ホッパー吸込口は25°傾斜で吸込長さが短く吸入抵抗が少い。従つて40mm骨材の低スランプから建築配合のコンクリートまで滑らかに吸入でき、吸入効率が高くコンクリートの分離がない。また吐出ラインはコンクリートシリンダーからゲートハウジング、Y型管、7"曲り管まで同一の断面(φ180)



第3図 D.C-S1/5B 輸送断面図

であり吐出抵抗が少くコンクリートの分離および閉塞が少い。

- (4) ピストンのストロークが可変である。

ピストンのストロークは、全長1500mmであるが、コンクリートの性状にあわせて、長くしたり短くしたりできるため、低スランプの土木配合、軽量コンクリートの打設に有効である。また、打設終了後はストロークを短くしておけば0.04m³の残コンクリートが減少できる。

(5) コンクリートのシール性能がよい。

ピストンタイプの弱点の一つにゲートバルブの摩耗がある。ゲートバルブが摩耗すれば当然のことながら吐出効率が落ちてくる。D C S / 1 5 Bでは閉閉弁が摩耗しても、閉閉弁はシングルロッドによる片持支持のため、圧送圧力により常にシール面が密着されると共に常時ストッパーに当るセルフシール方式であり、スキマを生じない。又、作動棒の外周部にあるリップ形のゲートパッキンは、コンクリートの外部への漏洩を防ぐ。

(6) 残コンクリートの排出。

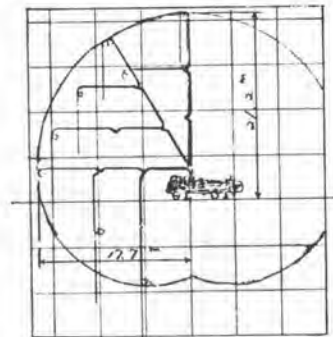
残コンクリートの排出はコンクリートピストンの背面圧を利用して高圧水又は圧縮空気が取り出せる為、打設現場の状況に応じ水洗、空洗の使い分けが出来る。

(7) コンクリート輸送配管。

本機はブーム車であり、通常は車体及びブームに装着された輸送管を通してコンクリート打設が行われるが、ブームを使用しない場合の地上配管への切替は常装備のY型管、絞り管、曲り管をそのまま流用し、ワンタッチで短時間のうちに可能である。

(8) ブーム。

ブームは旋回台とともに左右360°全回転で、仰角は水平-2°から垂直90°までの使い易い3段屈伸スライド付である。第4図にブームの作業範囲図を示す。



第4図 ブームの作業範囲図

(9) 運転操作。

ポンプ運転、ブーム操作、水洗、空洗運転が全てコントロールパネルでできる集中制御方式である。コンクリートの正、逆運転、アジテーターの正、逆操作、ブームの操作は全て電磁弁を使用したスイッチにより行われるが、万一スイッチが故障した場合でも手動操作によつて容易に運転が可能である。

(10) シャシ。

シャシは三菱FP/17J8モ車、パワーラインには10セデフを採用し悪路走行、登坂性能に威力を発揮する。またエンジンは215PS直噴式でコンクリートポンプの高性能の源となっている。

4. あとがき

D C S / 1 5 Bはシングルロッドカセットゲートのとう載による維持費の低減と、コンクリート圧送性能の向上を目ざして開発されたコンクリートポンプ車で、昭和52年2月より発売を開始したが、発売以来各ユーザー層より大きな反響を得ている。低成長時代が続く中で経費節減維持費の低減の重要性を痛感した次第である。コンクリートポンプ車が開発されてきた歴史も浅く、機械として改良、改善の余地は数多く残されている。とりわけ騒音、公害性、安全性については今後共重要課題として積極的に取り組み社会性をもつた機械とすべく努力する必要がある。皆様の御指導御鞭撻を願いたい。

10. 滑動型枠のスライディングシステムを足場として利用した高橋脚の施工について

株式会社 間組 中内博司 小沢俊明

1. まえがき

中央自動車道西宮線日川橋梁の橋脚は高さが33m～35mと高く、これを施工するにあたっては作業に危険がともなう。また、河川内に設けられることから足許が洪水時に流失する恐れがあるなどの問題点があった。そのため、①スリップフォーム工法を利用した吊り足場を使用しての大型型枠工法、②8～9mの長尺鉄筋の使用、③コンクリートポンプ車によるコンクリート打設、などの対策を講じた結果、安全かつ経済的に施工することができた。

本文は、施工足場に滑動型枠のスライディングシステムを利用した吊り足場を使用した高橋脚の施工について述べたものである。

2. 工事概要

工事名称 中央高速道路大和工事
 施工場所 山梨県東山梨郡大和村鶴瀬
 工期 昭和49年4月～昭和50年11月
 橋脚構造 鉄骨・鉄筋中空コンクリート
 吊り足場を使用しての橋脚の施工
 3基 (約33～35m/基)

橋脚の形状を図1に示す。

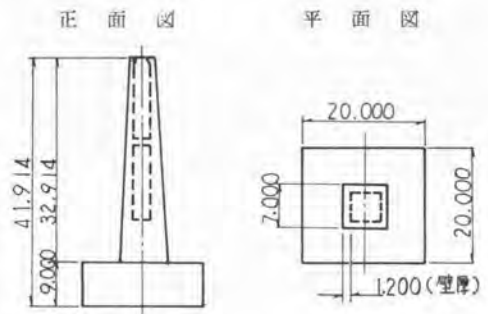


図1 橋脚形状図

3. 主要使用機器

施工足場として、スライディングシステムを利用した吊り足場に使用した主要使用機器を表1に示す。

表1 主要使用機器 (1基分)

名 称	単 位	数 量	摘 要
リフティングユニット	セット	30	外足場24セット、内足場6セット
油 圧 ポ ン プ	台	1	電動
クライミングチューブ	m	1,200	φ48mm ①4.5m 3.0m 2.0m 1.5m
ウ イ ン チ	台	1	複胴型 2t
ホ イ ス ト	台	2	電動 500kg
クローラークレーン	台	1	35t吊り
電 気 溶 接 器	台	1	

4 実施計画および仮設備

4 / 全体計画

本工事の橋脚は高さが33m～35mであるため、型枠、施工足場の選定の良否が、その工期、工費に大きく影響する。本地点の型枠、足場として考えられるのは、次の4種であった。

- ①総足場を使用した大型型枠工法（一般的な方法）、②スリップフォーム工法、③クライミングフォーム工法、④スライディングシステム利用の吊り足場を使用した大型型枠工法

以上の施工法について、①高所作業の安全性、②河川内のための洪水時対策、③本体鉄骨の利用、④工期及び経済性などを検討した結果、④の方法で行うこととした。（図2参照）

吊り足場はスリップフォーム工法で使用するクライミングチューブを鉄骨頂部架台より吊り下げ、スライディングシステムにより上昇させる方式とした。（図2参照）

4 2 型枠

型枠は、高所作業の安全、施工性を考慮して、大型型枠とした。型枠材の選定にあたっては、①取扱いの容易さ、②耐久性、③補修の容易さ、④縮少面パネルの脱着の簡便さ、⑤仕上面の平滑度などについて検討の結果、表面を特殊加工した軽量型枠を採用することにした。

4 3 吊り足場

吊り足場は、4層の作業足場から構成され、型枠の組外し、鉄筋組立などの作業を考慮して、全高6m（3@×2m）とした。リフティングユニットを取付ける最上段は溝形鋼（C125）を主体に上段～下段はすべて山形鋼（E-50）を使用した骨組構造とし、転用しやすいように、4分割とした。緊結はすべてボルト（φ12）を使用し、各足場は全面に足場板を敷均した。

また、躯体に傾斜がついているため、吊り足場の上昇につれ躯体と足場が離れる。このため、最上段のみターンバックル式緊縮装置を取り付け、3段階（約20cm/回）の縮少を行うこととした。

各作業足場上で行われる作業および足場の役割りを以下に示す。

最上段足場：

リフティングユニット取付け、スライド作業
鉄筋組立、型枠吊り上げ操作、コンクリート打設、仮設資材保管。

上段～下段足場：

型枠組外し、排水管の取付け、コンクリートの表面仕上げ、クライミングチューブの取外し、および保管

設備形態を図2に示す。

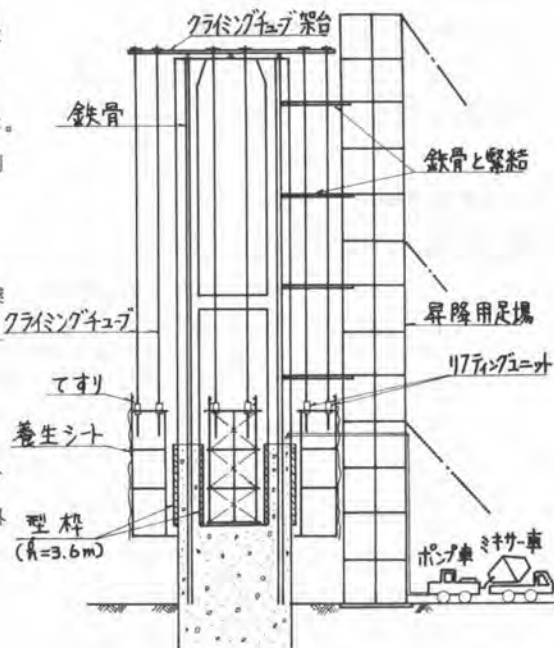


図2 設備形態図

4.4 吊り足場のスライディングシステム（写真/参照）

吊り足場は、本体鉄骨頂部に設けた溝形鋼（ $2\text{C}300\times90$ ）製架台より吊り下げたクライミングチューブに取付け、最上段足場に設置したリフティングユニットにより上昇させる方法とした。

リフティングユニットは、型枠、作業台、積載荷重、作業人員、作業床の水平バランスなどを考慮して、外部吊り足場24基、内部吊り足場6基の計30基使用することにした。ユニットの能力は、6t/基、ストロークはジャッキ頂部のスクリュー調整器より50mm～73mmの範囲で自由に選択できる。吊り足場のスライディングシステムは、1台の油圧ポンプで30基（最大40基）を同時に作動することができ、ポンプのリミットスイッチにより、荷重の調整が行える。

クライミングチューブは、 $\phi 48\text{mm}$ 、肉厚5mmで吊り下げるように開発されたもので、破断強度（継手部）50tを有している。

リフティングユニットは、足場本体、型枠鉄筋および仮設資材などの一時的荷重をすべて支えなければならない。吊り足場の重量は経済性を考えて、できるだけ軽くなるよう設計したので、リフティングユニット1基にかかる荷重は、外足場 $T=0.95\text{t/基}$ 、内足場 $T=1.45\text{t/基}$ で、ユニットの最大能力6t/基に較べ小さいものとなり十分安全であった。



写真/ リフティングユニット取付状況

4.5 その他の設備

クライミングチューブの上部架台への設置、吊り足場の解体、鉄筋の荷揚げなどに使用する設備として、地上に2tウィンチを設置した。また、作業員の昇降用足場は高さ33～34mまで組み、吊り足場への移乗は足場板を利用した渡り桟橋を使用した。

5. 施工

5.1 上部架台の据付け

鉄骨組立完了後、クライミングチューブ吊り下げ用上部架台（ $2\text{C}300\times90$ 、 $l=8\sim12\text{m}$ ）をクレーン（35t吊り）にて、鉄骨頂部に据付けた。上部架台据付位置は位置ずれが生じるとクライミングチューブに曲げが掛かり、リフティングユニットの取付けが困難になる。

5.2 クライミングチューブの取付け

クライミングチューブはパイプレンチを使用して地上で継足し、ウィンチにより上部架台まで引上げナット止めした。チューブを引上げる際のロープとの緊結は、リフティングユニットのクランプヘッドを逆使用して行ったが、この方法は非常に効果的であった。

5.3 吊り足場の組立て

吊り足場の組立は、地上で4分割した足場を仮組し、リフティングユニット、油圧ポンプ、高圧ホースなどの取付および、足場板の敷設を行ったのち、クライミングチューブに取付け、約7mスライドして一体化した。上段～下段の各足場は地上と最上段足場の作業空間を利用して組立て、最上段足

場とボルトで緊結したのち、最下段よりはしごを取付け一層づつ仕上げた。

5. 4 吊り足場のスライド (写真2 参照)

ノロットの型枠、鉄筋、コンクリート作業終了後、吊り足場のスライド作業を実施する。スライド作業にはポンプ操作責任者を1名、パイプの維持管理者を各足場に1名づつ配置した。

スライド時間は、ノストロック2分30秒、施工高さにもよるが、クライミングチューブの取外しも含めて約3時間/4mであった。スライド途中、3回の足場縮小作業を行ったが、最上段足場に取り付けたタンバクル式緊縮装置は非常に効果的であった。

また、スライド時の吊り足場の作業は、最上段足場の構造が堅固であったこと、最下段足場を丸太を用いて躯体とせりあわせたことなどにより、作業中のゆれもほとんどなく、非常に安全性の高いものであった。

5. 5 吊り足場の解体および転用

躯体構築完了後、転用を考え、吊り足場を4ユニットに分解し、1ユニットづつ上部架台に設置した2セウインチを使用して仮吊りした後、リフティングユニットのクランプヘッドをフリーの状態にして、ゆっくり降下させ、足場丸太で補強し地上に自立させた。また上部架台および内部吊り足場は、クローラークレーン(35t吊り)を使用して、次の施工場所へ移した。

5. 6 安全対策

墜落防止、高所作業にともなう精神的な動揺の除去などのために、足場h=6.0m間の躯体とのすきま(40cm)は作業必要空間であったため、命綱の着用を義務づけることにより対処した。



写真2 施工状況

6 工程

1橋脚に要した工程は、高さ33m橋脚で、吊り足場の組立に15日、型枠スライド、コンクリート打設に3ヶ月、吊り足場及び仮設資材撤去に25日、計約4.5ヶ月であった。

なお、ノロット(h=3.0m)毎のコンクリート打設標準サイクルは9日であった。

7 あとがき

スライディングシステムの使用により、高所作業という厳しい作業条件下であったにもかかわらず1人の犠牲者も出さずに順調な施工が行われ、3橋脚の施工を安全かつ経済的に完成できた。

今後も、このような高橋脚の施工は数多くなると思うが、本システムの使用が工事の安全施工という点で十分対処できると思われる。

さらに、本工事を足がかりとして、本システムを飛躍発展させたいと考えている。

11. 振動転圧機によるノースランプコンクリートの締固めについて

株式会社 間 組 中 蘭 清 治
松 垣 光 威

1. まえがき

最近、コンクリートダムの合理的な施工法として、低セメント量、低スランプのコンクリートを振動転圧機（従来のフィルタイプダムの施工ではロック材、フィルター材、砂質系のコア材などの転圧に使用）で転圧締固めたものを使用し建設する方法が考えられる。海外ではすでに2, 3の例もある。

しかしながら、対象としているコンクリートが従来のダムコンクリートよりもほかに低セメント量、低スランプとなることから、その配合、品質、施工性などに不明確な点が多く、具体的計画にあたり、その問題となるところである。にもかかわらず、振動転圧機による転圧に適したコンクリートの配合および転圧機種の選定にあたり、現場試験による確認が必要である。

本文はこれらの問題点を解明する資料を得るために行なった試験工事について述べるとともに若干の考察を加えたものである。

2. 試験概要

試験は試験用ピット内に敷均したコンクリートの振動転圧機による締固め試験を主体としたものとして、コンクリートとしては単位セメント量80~120^{kg/m³}、スランプ0cmのコンクリートを使用した。

実験においちはまだ固まらないコンクリートの諸測定、低スランプコンクリートにおけるコンテステンシの測定方法の開発や、低セメント量コンクリートにおけるコアの採取と肉眼観察、強度試験、透水試験などを行なった。

試験用ピットは、巾30~39m、長さ75m、深さ0.7mのものを9箇所作り、約300^{m³}のコンクリートを用いた。また振動転圧機は振動数、重量などが異なる3種類の転圧機を用い、転圧回数とコンクリートの敷均し層厚を変化させ、振動転圧機による締固め効果を確かめることにし、合わせてコンクリートの薄層打継ぎに伴う転圧締固めコンクリートの打継目試験や、目地切試験なども同時に行なった。

3. コンクリートの配合と品質

転圧試験に用いたコンクリートの示方配合を表-1に示す。

表-1 転圧試験に使用したコンクリートの示方配合

自己合 No.	粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランプ の範囲 (cm)	空気量の 範囲 (%)	水セメント比 w/(c+f) (%)	細骨材率 s/a (%)	フライアッシュ 混入率 F/(F+c)(%)	単 位 量 (kg)							
							水 w	セメント c	フライアッシュ F	細骨材 s	粗 骨 材			混和材
											150~ 40mm	40~ 20mm	20~ 5mm	
1	150	1±1	3±1	70	23.5	30	84	84	36	517	854	342	513	0.300
2	*	*	*	*	25.5	*	*	*	*	559	829	332	497	*
3	*	*	*	76.7	28.0	*	92	*	*	609	794	318	477	*
4	*	*	*	71.7	*	*	86	*	*	613	800	320	480	*
5	80	*	*	79.2	34.0	*	95	*	*	736	508	435	508	*

コンクリート配合については試験練りの結果から一応最大粗骨材寸法 150 mm、水セメント比 %C/F = 70%、細骨材率 %a = 23.5% としたが、転圧試験では転圧時の作業性などを観察しながら修正を加え、細骨材率 %a を 23.5、25.5、28.0% と変化させた。なおコンクリートの分離の程度を観察するために粗骨材の最大寸法を 80 mm にしたものについても試験を行った。

試験の結果、今回のコンクリートのスランプは 0 であり、振動式コンシステンシ試験機の改良によるものは 15~25 秒の範囲のものが施工性がよかった。

またコンクリートの諸性質のうち単位体積重量は、標準供試体で 23~24 % ρ であり、コアではこの値より 4~5% 上まわり、つまり、一軸圧縮強度では $\sigma_{91} = 150 \text{ kg/cm}^2$ 以上であり、静弾性係数は従来のコンクリートに較べやや小さく、動弾性係数は $25 \times 10^5 \sim 5.7 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ 、コアによる室内透水試験の値は $1.9 \times 10^{-8} \text{ cm/sec}$ 以下であった。

4. 使用機械

使用機械としては、合理化施工の意味からできるだけ一般的に施工機械を用いることにより、施工機械の有効的な運用を図ることとした。

コンクリートの混練には、通常の 2 ϕ x 2 型全自動式バッチャープラントを使用し、練り混ぜ時間は 3 分とした。

バッチャープラントより実験場までのコンクリートの運搬(運搬距離約 1 km)には、11 種類のダンプトラックを使用し、コンクリートは各ピットに直接ダンプした。コンクリートの敷均しは、自重 5 吨級のブルドーザ(接地圧 0.45 % ρ)を用いて分離が少くしかも層厚が不均等にならないように注意しながら実施した。

コンクリートの転圧には、表-2 に示すような重量の異なる 3 種類の振動転圧機を用いてそれぞれの転圧性能を確かめた。なお型枠付近の転圧には自重 1 ton の小型振動転圧機を使用し、転圧面が一樣になるようにした。また一般にマスコンクリートに必要とされる目地を切断するための目地切機を試作して使用した。この試作機は 15 kW のパイプロバイルハンマの起振機を目地切板に取り付け、その振動を利用して目地切板をコンクリート中に貫入させるもので、目地切板を引玉抜くために 2 本の油圧シリンダを装着しているものである。

5. コンクリートの転圧

1) 転圧エネルギー

振動転圧機で締固めるコンクリートに必要な転圧エネルギーの値を推定する方法は、現段階ではまだ確立していない。表-3 は、締固めエネルギーに関する式により、振動式コンシステンシ試験における振動締固めエネルギーを推定し、土の締固めエネルギーと

表-2 振動転圧機の仕様

型 式	BW 200	CC 41	CH 60	
メーカ	ボマー(西独)	グイナバック(スウェーデン)	同 左	
走行方式	自走式	同 左	被けん引式	
自 重	8000 kg	9200 kg	13400 kg	
起振力	32 ton	20 ton	38 ton	
振動数	2600 cpm	2500 cpm	1500 cpm	
動線圧	105 kg/cm	87 kg/cm	247 kg/cm	
寸 法	全 長	1980 mm	5000 mm	5615 mm
	全 幅	2520 mm	1885 mm	2465 mm
	全 高	2400 mm	2990 mm	2140 mm
	軸 距	980 mm	3440 mm	—
ローラ (径×幅)	前輪	$\phi 800 \text{ mm} \times 950 \text{ mm} \times 2$	$\phi 1220 \text{ mm} \times 1675 \text{ mm}$	$\phi 1620 \text{ mm} \times 2080 \text{ mm}$
	後輪	同 上	同 上	—
エン ジ ン	型 式	4L-912	D3145	F6L-514
	メーカ	ドイツ	キャタピラ	ドイツ
	出 力	56PS/ 2300rpm	125PS/ 2400rpm	110PS/ 1500rpm

比較したものである。

この表では、コンクリートの方が土に較べると土はエネルギーで締固められるという結果が示されている。しかし試験結果では同一転圧機種で土は150~200cm厚を締固めることが出来るのに対し、コンクリートの場合70cm厚でもやや無理があると思われる。採取したコアの状態から見ても層厚50~60cmが適当であった。この原因としてはつぎのことが考えられる。

表-3 '土とコンクリートの締固めエネルギー

	締固めエネルギーを計算する式	計算に使用する値	締固めエネルギー-E	備考
土	$E = a(W_v + F/2)$ E 締固めエネルギー(kg-cm) a: 振動振幅 (突固めにかかわる高さcm) W _v 振動部重量 (突固めにおいてラン重量kg) F: 最大起振力	(モールドφ10cm) a = 50 cm W _v = 2.5 kg F = 0	(モールドφ10cm) 75 kg-cm	JIS A 1210 (突固めによる土の締固め試験方法)参照
		(モールドφ15cm) a = 45 cm W _v = 4.5 kg F = 0	(モールドφ15cm) 202.5 kg-cm	
コンクリート	(上記の土に関する式を流用)	F = 317 kg Q = 0.5 mm W = 5.7 kg $F = \frac{W\pi^2}{900g} a n^2$ W: 重量 63 kg n: 振動数 3000	8 kg-cm	ロストクリークダムにおいて會合コンクリートの供試体成形にあたり振動式コンスタンス試験機を改造して用いたもの

- ① 土の締固めが土粒子の小規模な移動で達成されるのに対し、コンクリートでは粒子の移動距離が大まかというように、締固めの性格がやや異なる。
- ② コンクリート中のペーストが、締固めエネルギーの伝達を阻害している。また従来のコンクリートの締固めに使用されている棒状バイブレータと、本試験の転圧機の振動数を比較すると、前者のほうが後者に較べ5~7倍大きい。この振動数の差はコンクリートの締固め効果に大まか影響を持つ、というものである。この種のコンクリートの締固めには、振幅が小さくても振動数の大きい転圧機が適当であると推定される。

(2) 転圧機種

図-1に圧縮強度と転圧機種の関係を示す。

これによれば、圧縮強度の大きい順にCH60, BW200, CC41となるが、このうちCC41は機械の調子が悪く、転圧効果を十分調査することが出来なかつた。CH60とBW200では、CH60のほうがやや圧縮強度が大きい。採取したコアの表面観察の結果やコンクリートの性質(単位体積重量、圧縮強度、弾性係数)からみてもあまり顕著な差は見られない。したが、実作業では、作業性を考慮して自走式のBW200のほうが有利と思われる。

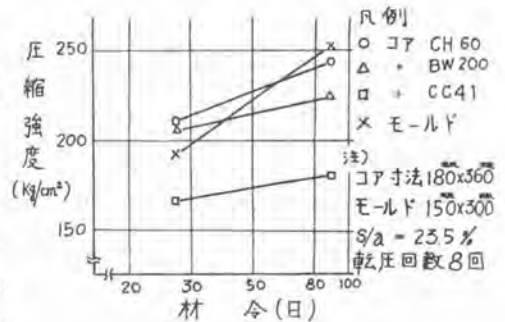


図-1 圧縮強度と転圧機種の関係

(3) 転圧回数

図-2に転圧回数と転圧効果(コアの単位体積重量/モールドの単位体積重量)の関係を示す。いずれの転圧回数でもダムコンクリート標準示方書の基準値2.3%を満足しており、転圧回数4~6回(片道回数、以下同様)の間は転圧回数が増すに従って、やや増加する傾向にあるが、6回転圧後は、

コンクリートの沈下量も少ない。またコンクリート表面は転圧回数が増すに従い、マブリージングが増加する傾向が見られた。

以上より、転圧回数は6〜8回が適当であると思われるが、8回の場合にはやや過転圧となる場合もある。

6 目地切

1層70cmの目地切作業における目地切板の貫入所要時間は20〜100秒²。大体の傾向は転圧完了後の経過時間が増すに従い、マ貫入所要時間も長くなるが、コンクリート転圧完了後の経過時間は3時間程度が適当と思われる。しかしこの時期については、目地充填の施工法やその填充材料によリ、マも変。マくるものと思われる。

また、今回使用した試作目地切機械がもう一応実用に供し得る見通しがついた。

7 あとがき

以上、振動転圧機を用いたノースランプコンクリートの締固めについての実験の概要と結果ならびに若干の考察を述べたが、今回の試験工事から締固めコンクリートの品質や振動転圧機械、目地切機械の仕様について、一応の目安がえられたと考えられている。

しかし、この種のコンクリート打設方法によリ、マダム合理的な施工を行なうためには、材料や施工機械、設備、施工方法ほまだまだ多くの問題を解決しマいかほければならほいと同時に、施工機械の有機的な運用をさらに検討しマ。経済的で合理的なダムの施工法を早急に確立する必要がある。

おわりに、今回の試験工事に際し、御指導をいただいた各位に紙上を借りマ謝意を表します。

(参考文献)

- 1) Robert, W. Cannon: Compaction of Mass Concrete with Vibratory Roller, ACI Journal, Oct. 1974 pp. 506~513
- 2) Tennessee Valley Authority: For Roller-Compacted Concrete, General Construction Specification No. G-48 Division of Engineering Design All Projects
- 3) 国分正胤: ダムコンクリートの経済的施工、大ダムNo. 69, 1974年9月, pp1~12.
- 4) 山住有巧: コンクリートダムの省カ化についてマ-R.C.Cコンクリートの施工マ、第1回ダム施工技術講習会テキスト, (財)日本ダム協会, 昭和52年7月, pp7~17.
- 5) 谷本吾一: 動的締固めの特性, 土と基礎, 工質工学会, Apr. 1974, pp.11~16.
- 6) 阪西徳太郎: R.C.C (Roller Compacted Concrete) についてマ、建設の機械化, 1976年12月, pp.26~40.
- 7) 中藪清治, 松垣光威, 花谷育雄, 沖政和: 振動転圧機により締固めたダムコンクリートに関する2・3の考察, 間組研究年報, 1976年, pp.39~46.

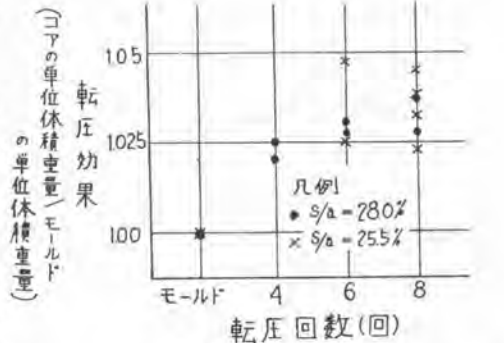


図-2 転圧回数と転圧効果の関係 (転圧機種: BW200)

12. R.C.D.(Roller Compacted Dam)コンクリートによる大川ダム上流仮締切りダムの試験施工について

建設省 阿賀川工事事務所

志水 茂明
竹村 公太郎

1. まえがき

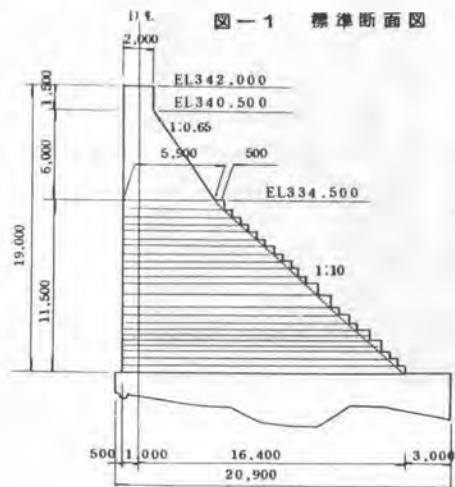
ダム建設の進展とともに従来のようなダムサイトは減少し、地質・地形等の条件により堤体積の大きいコンクリートダムが次第に増える傾向にある。

このコンクリートダムの施工に際して、フィルダムのように施工の機械化及び施工数量の大量化を取り入れ経済的な施工をはかろうとする試みが、イタリア・米国・ソ連等ですでに実施されている。

日本国内でもコンクリートダムの合理化施工について昭和50年頃より建設省を中心にしてダム専門家による委員会等で種々検討されてきたが、昭和51年8月～52年3月にかけて大川ダム上流仮締切りダムを合理化施工をはかるべくR.C.D.Cにより試験的に施工し、十分実用化できる目安をつけることができた。以下その施工内容と施工結果を報告する。

2. 大川ダムの上流仮締切りダムの諸元

型式 直線重力式コンクリートダム
堤高 19 m (基礎コンクリートを除く)
堤頂長 102.5 m
堤体積 約 10,000 m³



3. R.C.D.Cによる上流仮締切りダムの施工方法

- ① バッチャープラントでコンクリート製造
- ② ダンプトラックによるコンクリート運搬
- ③ ダンプトラックよりコンクリートの排出
- ④ ブルドーザーによるコンクリート撒出し
- ⑤ 振動ローラーによるコンクリート締固め
- ⑥ バイブロクターによる目地切り
- ⑦ 目地材挿入
- ⑧ 養生

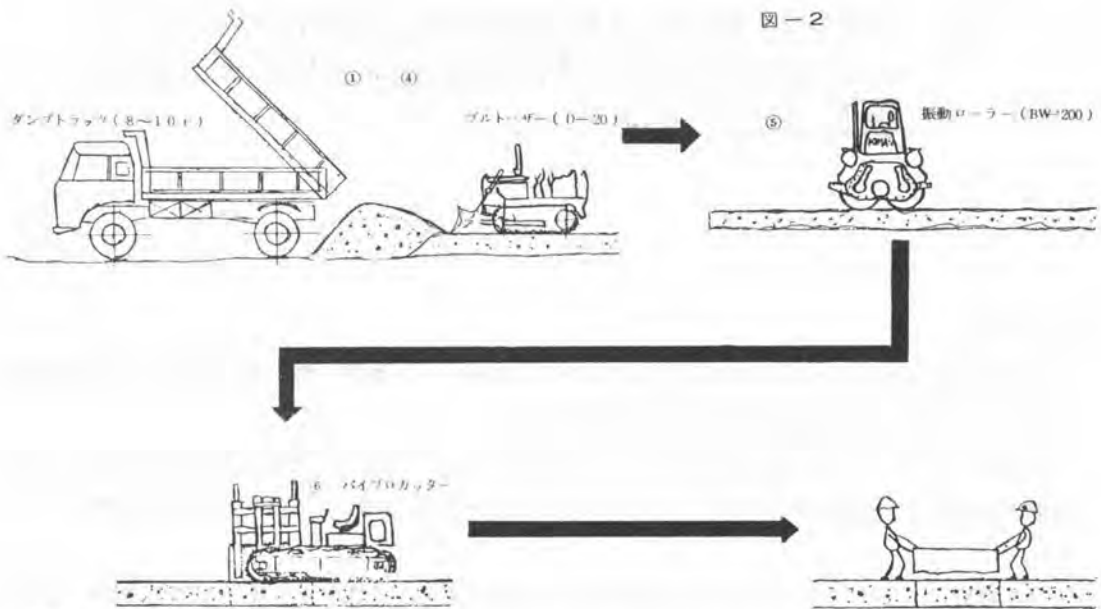


写真-1 施工全容



4. R.C.D.C 施工による試験内容

我国では初めての R.C.D.C 工法による大規模な現地施工であるため、調査項目は多数にわたるがその主な内容はコンクリートの配合、施工条件、止水方法、品質管理等である。

なお仮締切りダム施工後ボーリング総延長 245.5 m によるコア採取を行ない肉眼観察ならびに強度試験、耐久性等の試験を実施している。

4.1 コンクリートの配合

コンクリート打設を連続かつ急速に行なうためには従来のダムコンクリートのようにパイプクーリング等による人工的温度冷却を省略する必要がある。そのためにはセメント使用量を小さくしてコンクリートの発熱量を抑制しさらにダンプトラックによる運搬、振動ローラーによる外部締固めを行うためノースランプの硬練りコンクリートにしなければならない。

R.C.D.C 試験配合、23 ケース内の代表配合表 (1 m³ 当り)

配 記	合 号	G _{max} m/m	スランプ cm	Air %	S/a %	W/C+F %	W Kg	C Kg	F Kg	S Kg	G Kg	備 考
P ₁		80	—	1.5±1	29.2	75	70	96	24	636	1,571	
P ₂		80	—	1.5±1	30.8	80	96	96	24	665	1,526	
P ₃		80	—	1.5±1	32.3	85	102	96	24	694	1,481	
P ₄		80	—	1.5±1	34.0	90	108	96	24	723	1,436	

4.2 施工条件

(撤出し厚さ及び層厚) 撤出し厚さは所定層厚に8%程度の沈下量を見込んだ厚さとし、層厚の差による材料の分離度合や締固め効果を検討するために、層厚及び転圧方法を次の様にした。

1 リフトの層厚 37.5 cm、50 cm、70 cm 1層、70 cm 2層

撤出し、転圧 1層撤出し同時転圧、2層撤出し各層転圧

(転圧締固め) 内部コンクリートは、振動ローラーをダム軸に直角方向に走行させ転圧した。転圧締固めの回数及び振動ローラーの走行速度が、転圧効果におよぼす影響をみるため、次の様に行なった。

転圧締固め回数 無振動1往復後振動3往復、無振動1往復後振動4往復

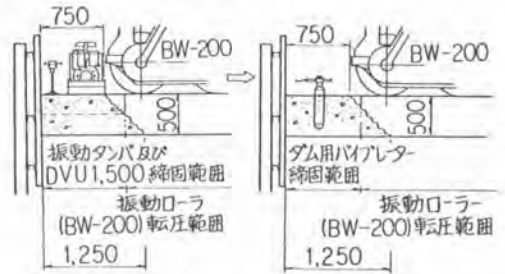
振動ローラー走行速度 1 km/h、2 km/h

外部コンクリート(岩着、上流型枠隙)

については、当初ビプロートDVU-1500を使用して締固めたが、より確実に締固めを行うことから途中からダム用バイブレーターに変更した。

なおコンクリートもより富配合でコンシステンシーの大きいものとした。

図-3



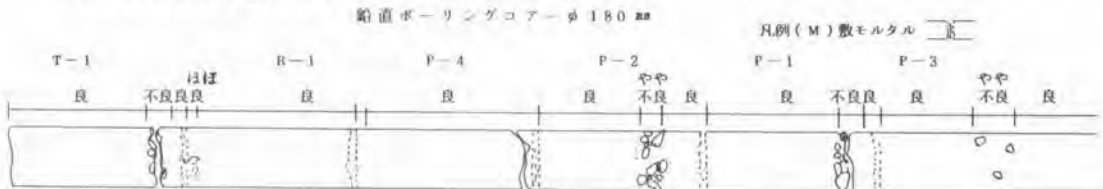
(打継面の処理) 打継面の処理は2種類行なった..... 敷モルタル 敷コンクリート

5. 試験施工の結果

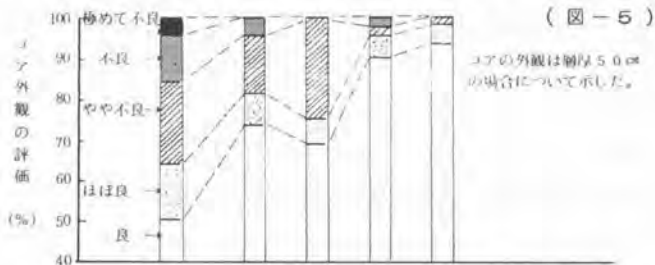
強度・耐久性等コンクリートの品質に注目して当初は、水セメント比を従来のダムコンクリートと同程度の65%で行ったところ大玉の材料分離が著しく均質なコンクリートを得られないことが判明した。

その後材料分離を少なくするため配合面では、よりモルタル量を増加させる方向(W_{C+F} 及び S/a を大きくする)で配合修正を順次行なっていき、 $W_{C+F}=85\% \sim 90\%$ 、 $S/a=32\% \sim 34\%$ 程度までモルタル量を増加させればほぼ材料分離もなく、均質なコンクリート量が得られる事が判明した。施工面では、パッチャープラントにおける材料の投入順序の変更、ウエットホッパー補助シュートの設置、ブルドーザーの排土板の改良等を行ない材料分離の防止に努めた。

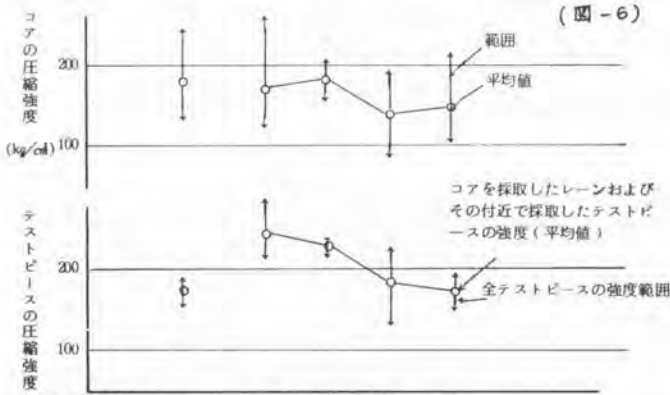
コアスケッチ(図-4)



5.1 配合差によるコンクリートの試験結果



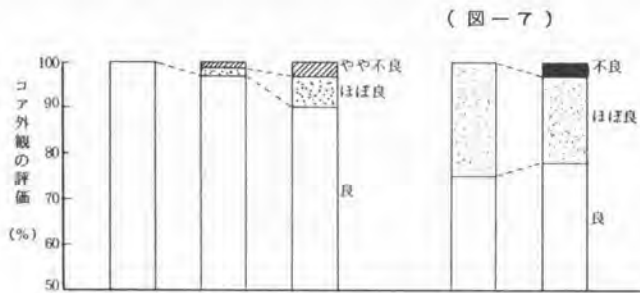
(図-5)



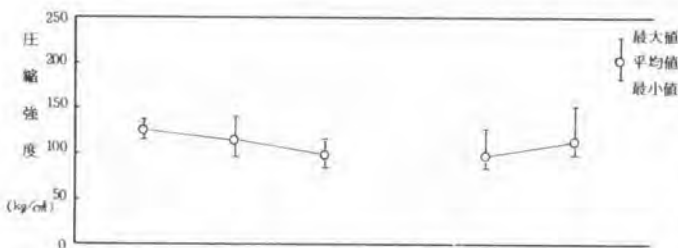
(図-6)

配合	層厚 (cm)	50	50	50	50	50
配合記号	B ₁	P-1	P-2	P-3	P-4	
C+F (kg/cm ³)	120	120	120	120	120	
W/C+F (%)	67	75	80	85	90	
S/a (%)	26.0	29.2	30.8	32.3	34.5	
混和剤	-	-	-	-	-	

5.2 施工条件差によるコンクリートの試験結果



(図-7)



層厚	37.5	37.5 × 2	50 cm	層厚	50	75 cm
配合	P-3 配合			V-3 配合		
転圧速度	1 km/h					
転圧回数	6回					

配合、特にモルタル量を変えた場合のコアの外観評価を見ると、モルタル量 ($S/a=26\sim34\%$, $W/C+F=67\sim90\%$)の増加に伴って、コンクリートの均質性が向上しており、 $S/a=32\%$ 以上になるとコアの90%以上が良好な外観を呈している。

コンクリート強度を見ると、テストピースでは水セメント比を小さくすれば、強度が上昇する傾向を示しているが、実施コンクリートのコア強度では水セメント比を小さくしてもそれ程上昇しておらず、水セメント比の大きい配合でも十分な強度を得ている。

この事により、水セメント比を大きくしても、均質性のよいコンクリートなら所要の強度が十分確保されると判断できる。

配合を同一にして層厚を変えた場合のコンクリートの性状を見る。(図-7) 実施コンクリートのコア外観では、37.5cm, 37.5cm×2, 50cm の順で均質性が良好である事が判る。コアの圧縮強度についてもコンクリートの均質性の向上に比例して、強度増加の傾向を示している。

V-3 配合における50cmと75cmの比較では、圧縮強度は50cmより75cmの方が小さく出ているが、75cmの表面状態を見ると不良部分が6%程度生じており、50cm層に比べ欠陥が生じやすいと考えられる。

13. 大形振動ローラによるアスファルト舗装の 転圧実験

千田 昌平
建設省 土木研究所 中垣 光弘
坂井 田美晴

1. まえがき

比較的小形で高い締固めエネルギーを有する大形振動ローラ（6～15t級）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で、近年高速道路などの大規模な舗装工事に部分的に使用されるようになった。

アスファルト混合物は、土の場合と違って適温状態のうちに所要の締固めを行わなければならない。したがって、振動ローラをアスファルト舗装に適用する場合、材料的条件、施工条件及び振動ローラの機械的条件に微妙に影響される締固め特性をより適確に把握し、常に保証された品質が得られるように施工管理上の諸条件を明らかにしておく必要がある。

そこで、これらの振動ローラによる締固め特性を求めめるため、当研究所構内の舗装用試験ピットを用いて締固め試験を行った。その結果、少ない転圧回数で高い締固め度が得られること、また15cm1層の厚層仕上げにおいても、厚層のため保温性が良く安定した転圧作業ができることなどが判明した。

2. 振動転圧実験

転圧試験を行なった舗装試験ピットは幅8.7m、長さ約60mであり、路盤は30cm厚の粒調砕石路盤とし、10t級振動ローラとタイヤローラで十分に締固めた。平板載荷試験により求めた路盤の地盤係数は $K_{30}=27.0 \text{ kg/cm}^2$ であった。

基層及び表層はそれぞれ4.2m幅で2面に分けて施工した。基層は粗粒度アスコン（アスファルト量4.6%）15cm厚とした。50年度は1面は15cm1層仕上げとし、もう一面は10cmと5cmの2層仕上げとし、層厚3種類の実験を行なった。51年度は15cm1層仕上げのみで実験した。表層は密粒度アスコン（アスファルト量5.6%）5cm厚1層とした。

試験機はタンデムタイプの振動ローラとし、50年度はダイナパックCC20を、51年度は三菱VR7及びダイナパックCC41を使用した。これらの主要諸元を表-1に示す。また比較のためのタイヤローラは渡辺WP15を総重量13.5t、タイヤ空気圧4～5 kg/cm^2 で使用した。

表層及び基層の締固め条件は表-2のように設定した。50年度の実験では、粗粒アスコンの3面及び密粒アスコンの一面に対して、混合物温度と転圧速度を130℃-3 km/h 、130℃-6 km/h 、90℃-3 km/h の

表-1 振動ローラの主要諸元

機 種		三菱 VR-7	ダイナパック CC-41	ダイナパック CC-20
形 式		タンデム型	タンデム型	タンデム型
機 構		後輪振動 後輪駆動	両輪振動 両輪駆動	両輪振動 両輪駆動
重量	自重	6,100	9,200	5,500
	総重量	6,700	9,800	6,280
荷重分布 (kg)	前輪	2,600	4,900	3,140
	後輪	4,100	4,900	3,140
車輪寸法 (mm)	前輪	1,100 ϕ ×675×2個	1,220 ϕ ×1,675	1,040 ϕ ×1,400
	後輪	1,100 ϕ ×1,950	1,220 ϕ ×1,675	1,040 ϕ ×1,400
振 動 数 (vpm)	高振中	0～2,000	0～2,500	0～3,300
	低振中	0～3,000	0～2,500	0～3,300
走行速度 (km/h)		0～9	0～10	0～10

表-2 締固めの条件

機種	層厚 (cm)	混合物温度 (°C)	振幅	転圧速度 (km/h)	振動数 (vpm)	転圧回数 (回)	
基層	CC-20	15	130	大	3	3,300	4,6,8,10
		10	90	—	3	—	—
	CC-41	15	120	大	1	2,500	2,4,8
	VR-7	15	140 120 80	大 (1)	1 4	3,000 (1) 2,000 1,500 1,200	2,4,8
WP-15	15	120	—	6	—	8,16	
表層	CC-20	5	130 90	大	3	3,300	4,6,8,10
		5	120	小	2	2,500	2,4,8
	VR-7	5	140 120 80	小	2 5 9	3,000 2,300 1,500	2,4,8
	WP-15	5	120	—	6	—	8,16

3条件を設定したが、実測の結果は温度、転圧速度とも全般に目標値より低い値になった。残りの表層1面については表面の仕上りを比較するため、一面を前後に2分し、振動ローラ (CC20) とタイヤローラ (WP15) で任意に転圧した。

51年度の実験では、転圧速度、振動数の制御が容易なVR7を使用して、締固め効果と転圧速度、振動数の関係を主として調査し、10級振動ローラとタイヤローラの締固め効果も調査した。混合物温度、速度の調整はCC41の実験を除いて順調であった。

3. 実験結果及び考察

この実験で得られた各機種の締固め度を図-1に示す。この図ではVR7の締固め効果は一つの範囲で示したのに対してCC20は1つの代表例で示しているが、この両者の締固め効果はほぼ同じ範囲で重なっている。CC41は実験の時、機械が不調で予定通りの転圧ができなかったが、7t級の振動ローラよりは高い締固め効果が得られている。WP15の締固め度は転圧回数を2に縮小して示しているが、今回の実験では7t級の振動ローラと同じ程度の締固め度を得るには2倍の転圧回数が必要であった。

図-3は各機種について基層 (15cm) 転圧における架さ方向の締固め度の分布を示したものである。基層15cmでは混合物内部の温度分布は図-3のように中央部と上、下部で大きな差がある。そのため、各機種とも中央部がよく締まっているが、7t級振動ローラの場合、下部の締固め度が上、中部よりかなり低くなっている。また、WP15の場合、転圧回数が

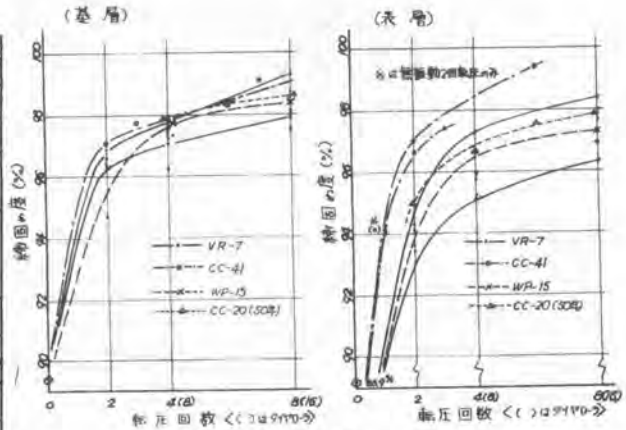


図-1 転圧機種と締固め度

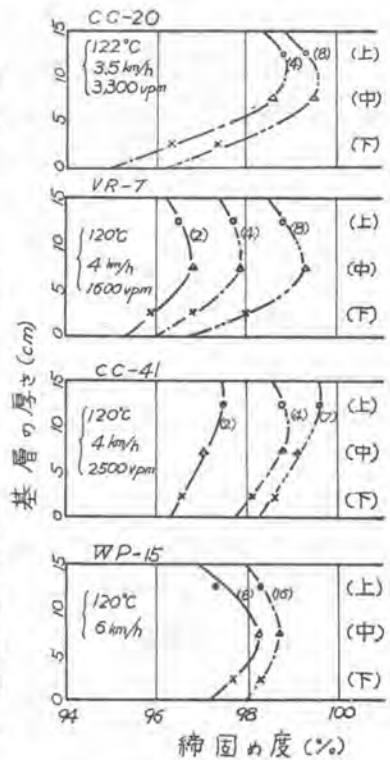


図-2 架さ方向の締固め度の比較

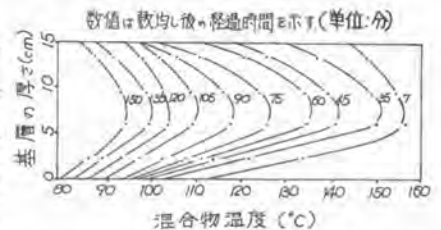


図-3 混合物温度の垂直分布例

多いと、上中下部の密度差が比較的小さく、タイヤローラによる転圧にもミックリフト工法が締固め能力の面で有効であることが伺える。

振動ローラの締固め効果は次式に示すような要因に主として影響されると考えられる。

$$C_e = F(W, f, a, P, v, T) \quad (1)$$

ここに、 C_e : 締固め効果、 W : ローラの重量、 f : 振動数、 a : 振幅、 P : 転圧回数、 v : 転圧速度、 T : 転圧時の混合物温度

Forssblad¹⁾ は振動締固め効果を求める指標として次式を提案している。

$$C_e = \alpha W f a \frac{P}{v} \quad (\alpha: \text{定数}) \quad (2)$$

この式は、締固め面のある地点に加えられる総変位量で与えられる有効締固めエネルギーを表わす T.D.M (Total Downward Movement) と同じような考えによるものである。その T.D.M は次式で表わされる。

$$T.D.M = f \cdot g \cdot t \quad (3)$$

ここに、 t は加振時間で P/v で与えられることになる。

今、50年度の実験結果について、 P/v と締固め度の関係を取りあげ、片対数グラフにプロットすると図 4 のようになる。すなわち、混合物温度の条件別にグループ分けができ、そのグループの締固め度は加振時間の対数と直線関係が見られる。

一方、51年度の VRF の実験結果を同様に、 P/v と締固め度の関係と片対数グラフで示したのが図-5である。この図も図-4と同様に各条件の締固め度は P/v の対数とほぼ直線関係にある。

図-5の(a)は v , f を一定として T を変化させたものである。混合物温度と締固め度の関係は50年度の実験では、温度の高いもの程よく締固まる傾向が見られたがこの図では明らかでない。(b)は T , f を一定として、 v を変化させたものであるが、転圧速度の条件が変わると P/v の対数と締固め度の直線関係が大きく変っている。これは VRF が片輪振動であるため、無振動の前輪の締固め効果が影響しているとも考えられる。(c)は T , v を一定として、 f を変化させたものであるが、振動数 f による締固め度の有意な差は認められなかった。

締固め度とともに舗装の重要な品質である表面の仕上がりについては、転圧区間の短い構内実験だけでは十分な評価はできないが、50年度の実験結果と示しておく。

表層の任意転圧面における平坦性は3mプロフィルメタの規定結果で振動ローラ転圧部が $\sigma = 0.54 \text{ mm}$, タイヤローラ転圧部が $\sigma = 0.90 \text{ mm}$ であった。また、路面

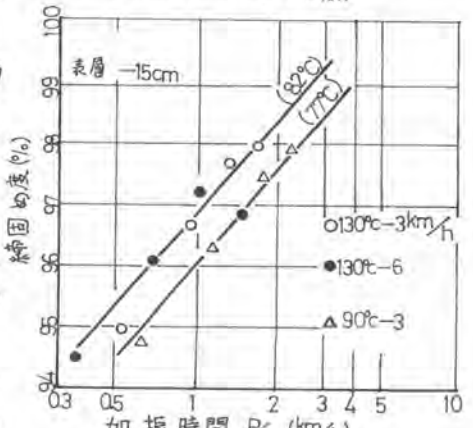
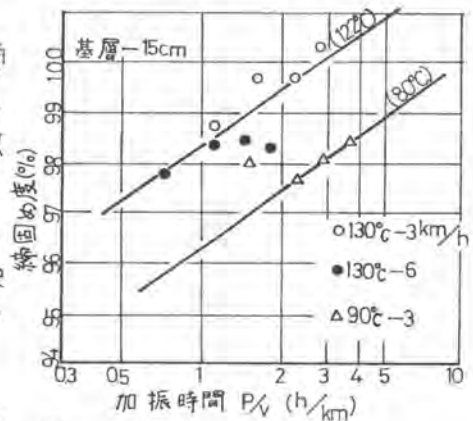


図-4 加振時間と締固め度

粗さは土研式自動路面粗さ計で測定したが、振動ローラ転圧部が平均きめ深さ0.48mmであるのに対し、タイヤローラ転圧部は0.77mmであった。すべり抵抗性はポータブルテスターで判定したが、振動ローラ転圧部のBPNの平均は73であり、タイヤローラ転圧部の平均67よりかなり大きくなっている。

4. 結論

今回の振動ローラ転圧実験から一応次のように取りまとめることができる。

(1) 振動ローラは4回程度の少ない転圧回数で舗装要綱が定めている規格値96%まで締固めることができる。(2) 敷均し厚が厚い程度温度の降下が遅いので適温の状態で十分な転圧ができ、高い締固め度が容易に得られる。しかし、7t級振動ローラで10cm以上の厚層を締固める場合には、下部まで高い締固め度を期待することは問題がある。(3) 締固め度とローラの加振時間 P/V とは関係がありそうだ。しかし、片輪振動のローラの場合は、無振動輪の影響が無視できない。(4) 締固め効果と振動数との関係は認められなかった。(5) 表面の仕上がりについては振動ローラ転圧とタイヤローラ転圧で大きな差異は見出しなかった。

5. あとがき

50, 51年に、2回実施した振動ローラの構内転圧実験をもとに振動ローラの転圧効果について述べたが、今回実験に使用した機種については実際の舗装工事に適用できると思われる。しかし、振動ローラは多種多様なものが製作されているので、これらの全てが適用できるとすることは早計であろう。したがって、今後も振動ローラの性能試験や試験施工のデータを積み重ねて、振動ローラについて一定の評価基準あるいは施工指針が作り出されることが望まれる。なお、今回の実験に関しては、日本建設機械化協会の舗装技術委員会に御指導を得た。ここに厚く謝意を表します。

1) Lars Forssblad "Technical data of vibratory Compactors" Technical Report Res No 820431.10.69

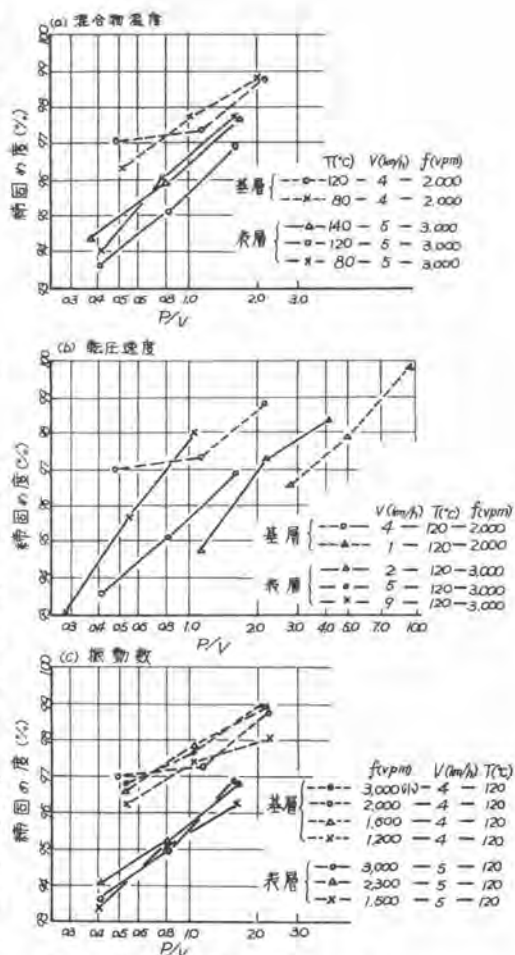


図-5 施工条件と締固め度(VR-%)

14. リサイクリングアスファルトプラントの試作

日本舗道株式会社 山岸 範 幸
鈴 木 義 昭

1 まえがき

この研究は、昭和51年度建設省建設技術研究補助金を受けて、昭和51年6月下旬より52年3月末にかけて行われたもので、年々大量に発生するアスファルト舗装廃材の捨場の問題及び省資源の観点から、アスファルト舗装廃材を加熱合材として再生利用するためのリサイクリング・アスファルト・プラントの試作と配合設計法の創案の2点が主目標であつた。以下にこの2点についての研究概要を述べる。

2 リサイクリング・アスファルト・プラントについて

試作に先立つて諸種の資料、実施例などを調査、検討の結果、廃材再生時の加熱方法に最大のポイントがあると考えられるに至り、主に熱交換器を中心に新しい装置の開発を進めた。

2-1 熱交換器の構造

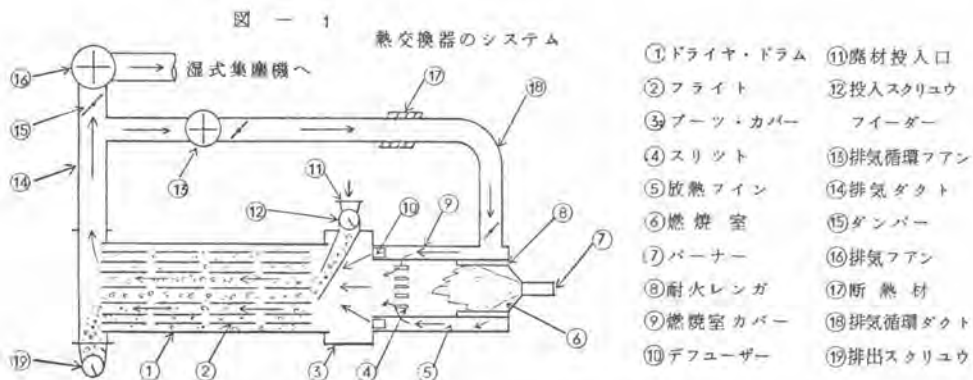
アスファルト舗装廃材を加熱再生するには、なんらかの加熱装置が必要であるが、この加熱装置としては次の事柄を最低満足しなければならない。

- 即ち ① 廃材中のアスファルトの燃焼劣化により合材品質が低下しないこと。
- ② アスファルトの燃焼による SO_x 、 H_2S 等の公害源となる物質の発生がないこと。
- ③ コストが経済的であり、実用的であること。

以上の事柄を勘案して本研究では次のような特徴を持つ熱交換器を開発した。(特許出願中)

- ① 並流式傾斜回転ドラムドライヤ (傾斜角可変型)
- ② 燃焼排気ガス(不活性ガス)循環使用によるドラム入口雰囲気温度調整方式
- ③ 低温熱風雰囲気による直接加熱方式

このシステムの概要を図-1に示す。



図一を参照にしてこのシステムを詳述すると、まず廃材は投入口⑪よりスタリユウフィーダ⑫によりドラム①内に供給され、フライトでかき上げられながらドラム傾斜に従ってドラム出口に進み、この間に所定の温度に加熱されて、排出スタリユウフィーダ⑬によりドラム外に排出される。一方バーナ⑦で燃焼し発生した燃焼ガスは、燃焼室④を通ってドラム①内に噴出され、ドラム内の廃材と熱交換を行い、排風機⑭を通り集塵機を経て大気中に放出される。

この過程に於て排気循環ファン⑮に依り排気ダクト⑱より排気の一部を燃焼室④とそのカバー③の空間に循環し、この空間に配列された放熱フィン⑤より燃焼室④の高熱を奪い（燃焼室の冷却を兼ねる）ある程度温度が再上昇した上でデフューザ⑩及びスリット④より燃焼室④及びブツカバー③内に放出され、ここでバーナ⑦より発生した高温ガスと混合希釈され、アスファルトを燃焼劣化させない温度に調整されてドラム①に入る。このようにして排気ガスの一部を循環使用することによつて次のような利点、効果がある。

- (イ) アスファルトの燃焼劣化を極力少なくする雰囲気温度が自在に調整可能である。
- (ロ) 燃焼済みの不活性化ガスを利用するため、ドラム内でのアスファルト酸化防止に役立つ。
- (ハ) 低温雰囲気による加熱のため、アスファルト燃焼による排煙公害が殆んどない。
- (ニ) 直火でないための熱効率の低下を排気循環によりカバー出来る。
- (ホ) 低温排気ガスで燃焼室の周囲を冷却するため、燃焼室の保護が出来る。

又その他の廃材加熱装置と比較してみると次の利点がある。

- (イ) 燃焼室の改造だけで通常のドライヤが利用出来、排気循環を止めることにより通常の合材も生産が可能である。
- (ロ) 比較的不活性な低温熱風加熱のため、アスファルトの燃焼劣化が殆んどない。
- (ハ) アスファルト燃焼による発煙公害が殆んどない。
- (ニ) 設備費が安く、大量処理が出来るので、コストダウンが出来る。

2-2 プラントの構成

リサイタリング・アスファルト・プラントは次の装置によつて構成されている。

- (1) 廃材供給装置（3ピン式コールドホツバー、40 $\frac{t}{h}$ コールドエレベータ）
- (2) 廃材加熱装置（45 $\frac{t}{h}$ ロータリドライヤ、低騒音型ドライヤバーナー）
- (3) 廃材混合装置（45 $\frac{t}{h}$ 2軸バグミル式コンテナスミキサー）
- (4) アスファルト貯蔵計量装置（65セケトル×2、アスファルトメータリングポンプ）
- (5) 軟化剤貯蔵計量装置（400ℓストレージ・タンク、メータリングポンプ）
- (6) 排気循環装置（280 m^3 循環ファン、特殊燃焼室）
- (7) 排気集塵装置（400 m^3 ベンチユリスタラバ、24 m^3 スラツジタンク）
- (8) 合材貯蔵積出装置（12セキツプ式合材サイロ）
- (9) 電気装置（キュービクル、運転室一式）

2-3 再生合材生産運転実験結果

廃材はクラツシングプラントにより35～5mm、5～25mm、25～0mmの3種類に破碎篩分けし、これらを所定の配合比率で連続的に熱交換器に供給し、所定温度迄加熱し、連続式ミキサーで所

定量の軟化剤とアスファルトを添加混合して再生合材を生産した。

プラントに種々の改造を加えながら数10回に亘つて上記の生産実験をくりかえし行つた結果、プラントの性能として概略次のような結果が得られた。

- | | | | |
|------------|----------|----------------|----------|
| (1) 熱交換器能力 | 30%前後 | (6) 材料ドラム内滞留時間 | 5～6分 |
| (2) 廃材含水比 | 0～4% | (7) ドラム入口雰囲気温度 | 500～600℃ |
| (3) 合材温度 | 140～160℃ | (8) ドラム出口排ガス温度 | 200～250℃ |
| (4) 燃料消費量 | 9～10% | (9) ドライヤ熱効率 | 55～65% |
| (5) ドラム傾斜角 | 15° | | |

又、公害関係についての測定結果は次の通りであつた。

- ① 排煙状態-----目視では、アスファルトの燃焼による黄かつ色の発煙は殆んど認められず、白い水蒸気が主体であつた。
- ② いおう酸化物-----アルセナゾⅢ法によるいおう酸化物の濃度は湿式集塵機出口で平均34PPhmであつた。燃料に軽油を使用したので、このSO_xは軽油中のS分の燃焼により発生したもので、アスファルト燃焼に伴うものは殆んどないと推定される。
- ③ ばいじん量-----湿式集塵機出口におけるばいじん量は平均0.15 $\frac{g}{Nm^3}$ であり、大気汚染防止法上何ら問題とはならない。
- ④ 騒音-----ドライヤバーナーに低騒音型バーナーを使用し、又スクリーン、ホットピン等がないために、騒音レベルは測定結果では通常のプラントに比較して平均13～15dB低い値であつた。

3. 再生加熱合材の配合試験と品質

再生合材の製造工程および配合設計は図-2の手順によつて行なわれるが、当設定値にもとづいて製造された再生合材の諸性状を調査したところ、大略次のようなことが判明した。

3-1 回収アスファルト性状

- ① 軟化剤による劣化ASの再生効果をみるため、各種一般性状試験を行つたが、再生ASは舗装用石油ASの規格をすべて満足するものであつた。特に当軟化剤は低温でのASの脆性を大幅に改良し、伸度試験において充分規格を満足させ、フロース破壊点試験では新規ASをうまわる著しい効果を示した。

② 再生ASは同級のストレートASに比較し多少高粘性となるが、粘度・温度曲線から求められる混合・締固め温度は2～3℃上昇する程度で、作業性はほとんど同等である。

③ 組成分析からみて、廃材中の劣化ASやブローンASなどの酸化したASはアスファルテン分が一般のASに比較し大きくなる。当研究で使用した軟化剤は主にレジンを、芳香族、飽和成分からなるものであり、再生AS中のアスファルテン分は既添加した軟化剤の割合だけ減少

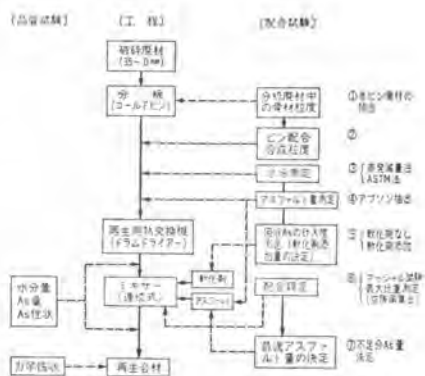


図2 アスファルト舗装廃材の再生利用フローシート

した。なお赤外線分析による劣化の評価も行ったが、再生ASと新規ASの関係は組成分析で得られた劣化程度に近似したものが得られた。また軟化剤自体の赤外線スペクトルもアスファルトとほぼ同等である。

3-2 再生合材の性状

- ① プラントでの連続運転による再生合材の品質のパラッキは、廃材の品質がそれほど大きく変動しない限り比較的小さい。
- ② 再生合材中の水分は0.04～0.20%位まで測定されたが、目視による観察ではブリージングや流動性もなく、混合物の耐久性に関する水浸マーシャル試験においても残留安定度75

%以上の基準値を充分満足する結果を示し、水分の影響はほとんどないと推定される。

また参考までに米国における新規合材中の残留水分の規定を調査したところ、49州のうち40州はなんらかの制限を設けており、1%以下と規定しているのはわずか18州にすぎない。

- ③ マーシャル試験および現場密度からみた再生合材は高密度を示す傾向がある。これらの要因として、新規合材が骨材に短時間のうちバインダーを被覆させたのに対し、再生合材はすでにバインダーが被覆されているものを更によく混練することにより骨材とバインダーとの付着がより密になるからと推定される。

- ④ 低温での混合物の脆性を評価するため、5℃における曲げ強度を測定したが、新規合材と再生合材はほとんど大差ない。

また高温での混合物の流動性をホイールトラッキング試験で観測したが、再生合材は変形率が新規合材の約 $\frac{1}{2}$ となり、流動変形に対する抵抗性で良好な性状を示した。

4. あとがき

アスファルト舗装廃材の加熱再生利用法については、不活性ガス加熱法による再生プラントの開発および再生加熱合材の配合設計法の確立により、基本的な問題についてはほぼ解決した。細部についてはこれらを実際に運用しながら解決していきたい。

表-1 回収アスファルト性状

性状	アスファルト	廃材からの回収As	再生合材からの回収As	60/80ストリートAs
針入度(25℃,100g,5sec)		2.1	6.9	7.0
軟化点(℃)		65.0	50.0	47.5
伸び(15℃)cm		6	100 ⁺	100 ⁺
フロース破壊点(℃)		-6	-19	-7
組成分析	アスファルテン分%	30.4	26.4	15.9
	樹脂+芳香族成分%	65.0	66.7	74.9
	オイル(飽和成分)%	4.6	6.9	9.2
粘度より換算した最適締固め温度(℃)		16.8	14.5	14.2

表-2 再生合材の性状

性状		合 材	80/100ストラス合材/廃材の抽出/骨材使用	再生合材
抽出骨材粒度	〔合成粒度〕			
	2.5mm Pass%	(100)	100	100
	13	(89.2)	92.0	91.2
	2.5	(43.3)	44.1	42.5
	0.6	(28.7)	29.8	26.9
	0.074	(6.9)	7.1	7.9
抽出As% (※使用As%)		(※6.0)		5.79
混合物の水分量				0.15
マーシャル試験	標準密度 g/cm ³		2.379	2.401
	安定性 kg		1350	1340
	フロー 1/100cm		31	34
	48時間水浸残留安定度%		90.1	86.3
	96時間水浸残留安定度%		79.0	84.8
曲げ強度(5℃) kg/cm ²			85.7	101.7
破断歪			0.058	0.061
ホイールトラッキング変形率 ⁻² (60℃, 6.36kg/cm ²) 10mm/min			18.4	11.2

15. 水路造成システムの開発

和 田 光 召
嶋 田 英 之
(株)小松製作所 大阪工場

1 まえがき

当社は、砂漠の緑化をはじめ、乾燥地域の開発に必要な技術開発を行うため、数回にわたり、中近東諸国及びオーストラリア、アメリカなどの調査を続けて来た。これらの調査の結果をもとにして、乾燥地緑化システムからみた諸問題を整理すると、次の様に要約することが出来る。

- 1) 水資源を如何に確保するか。
- 2) 確保した水を如何に効率的に活用するか。
- 3) 如何にして、過剰の集積を防ぎ、土地を改良していくか。
- 4) 経済的に実施するために、現地で得られる天然資源を、如何に有効に活用するか。

これらの諸問題のうち、2)、3)項については、先に当社にて開発を終えた「アスファルト阻水敷設機」があり、今回、それに引き続き、水の輸送途中での漏水損失を防ぎ、水を有効に活用するために、現地で容易に入手できる耐水材料(例えば、砂漠の流砂+アスファルト、あるいは、ソイルセメント等)を使用して、中小水路を経済的にライニングする技術を、システムとして開発して来た。ここにその概要を紹介する。

2 乾燥地域における水路網の概要及び問題点

中近東諸国は、農業基盤を整理し、食糧の自給率至少くも上げるために、長期計画による投資額の相当部分を農業開発に注ぎ込んでいる。イランに例をとれば、オ5次5ヶ年計画により、農業用水確保のため、ダムや主要幹線水路を建設して来たが、昭和53年春から始まるオ6次5ヶ年計画により、全イラン10プロジェクト、約100万haの灌漑施設を建設することになっている。

水路網の基準は、地帯により若干異なるが、概略図1の如くで、その末梢水路の延長距離は、実に10万kmにも達している。

この遠大な計画に対し、従来の工法では、末梢の中小水路の造成は、大半人力に頼っており、このため、未だライニングが行われておらず、水の輸送途中での漏水損失が、35%にも達し、また流水による侵蝕崩壊のため、そのメンテナンスに多大な管理費を必要としている。

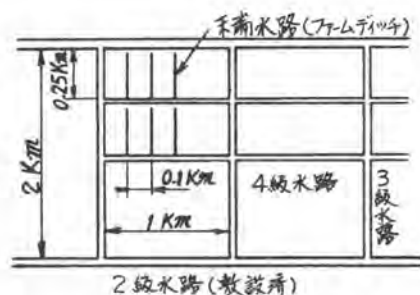


図-1 水路網の基準
(イスラエル地区の例)

3 水路造成システムの概要

以上の問題を、種々の角度から検討し、当社技術研究所にて、基礎研究を重ねた結果、図2に示す

水路造成システムを考へ、中小水路を経済的にライニングするための、2種類のライニング機械を開発した。

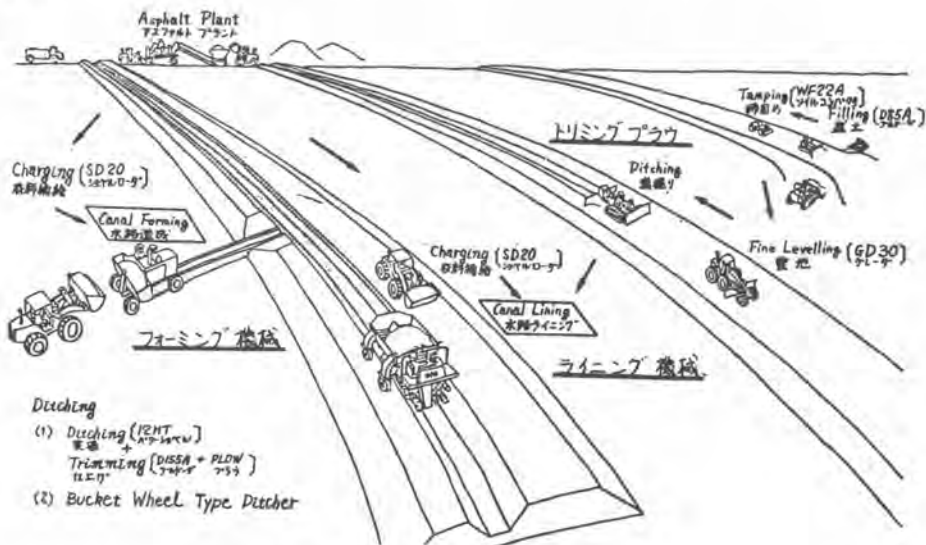


図-2 水路造成システム

即ち、平瀬の小水路には、清掘削工程を省略して、平坦な農地面上に直接ライニング材料を敷設し小水路を造成していく「フォーミング機械」を開発し、中断面水路には、ライニング材料を節約するために、清掘削機、表面にライニングしていく「ライニング機械」を開発した。ライニング方式の場合、前記フォーミング水路と比べて、同サイズの水路では、材料費は約1/2に節約出来る。更に、清掘削工程に於いては、パワーショベル等による荒掘り後の溝の整形用として「トリミングプラウ」を開発し、盛土からライニングまで、全工程を機械化して、水路造成システム全体の作業能率向上を図った。

4 水路造成システムの特徴

本システムは、従来の施工法に比べて、次の様な特徴を有している。

- 1) 水路の全断面一休造成方式で、又、連続打設が可能のため、工期が大幅に短縮出来る。
- 2) 人力による施工を機械化し、省力化出来るため、人件費を大幅に削減出来る。
- 3) ライニングするために、水の漏水損失が5%を、2%以下に押えることが出来る。
- 4) 流水による侵蝕崩壊等のメンテナンスを省くことが出来る。
- 5) 施工地区に於けるライニング材料を使用出来るため、施工コストが有利である。

5 開発機種の仕様諸元と構造概要

5-1 水路造成機の仕様諸元

図3にフォーミング機械、図4にライニング機械の全体図を示し、表1に仕様諸元を示す。造成水路の断面形状は、スリッパフォームの形状を変えることにより、可変であるが、その1例を示す。

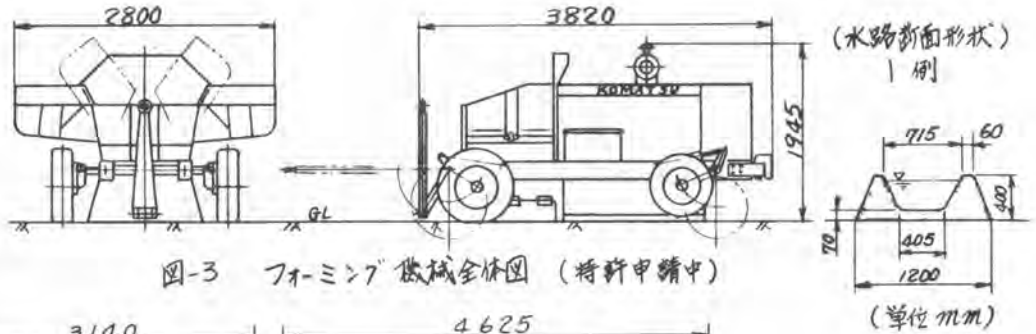


図-3 フォーミング機械全体図 (特許申請中)

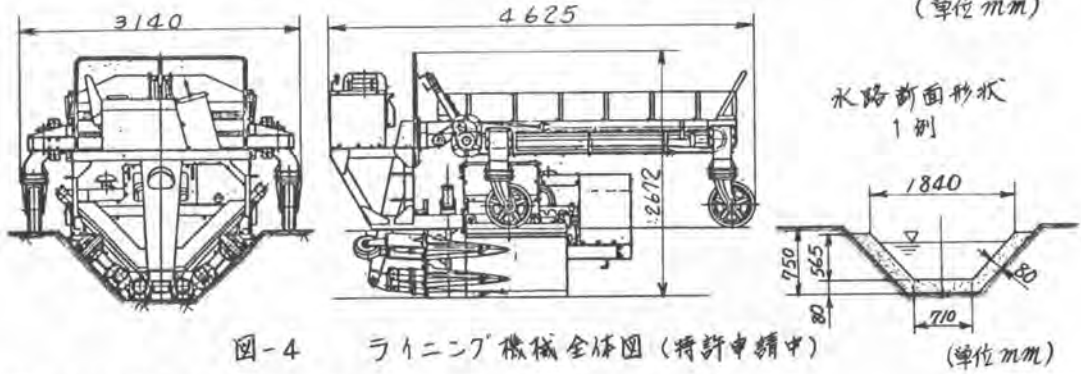


図-4 ライニング機械全体図 (特許申請中)

5-2 水路造成機の作動原理

フォーミング機械、ライニング機械は、作動原理は同じで、ホッパーに受けたライニング材料は、スクリュコンベア部に投入され、スクリュコンベアにより、スリップフォーム内に圧入される。(図5参照)

ライニング材料は、ここで必要な密度まで締められると同時に、そのスクリュスラストの反力を受け、機械は前進し、連続的に水路を造成またはライニングしていく。

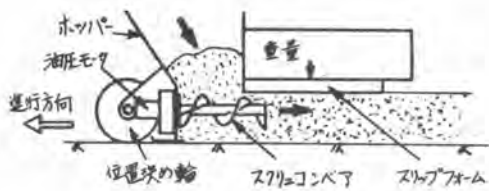


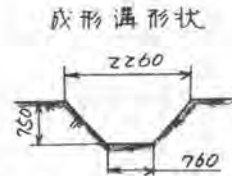
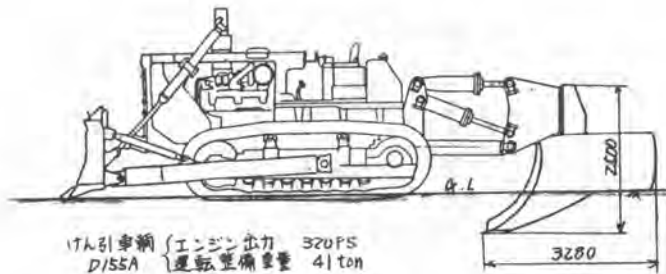
図-5 作動説明図

5-3 トリミングアライの概要

本機は、中断面水路をライニングする場合の前工程として、精度の高い梯形溝を成形するために開発されたもので、その概要を、図6に示す。

表1 仕様諸元

	フォーミング機械	ライニング機械
全長	mm 3,820	4,625
全幅	mm 2,820	3,140
全高	mm 1,945	2,672
運転整備重量	Kg 3,450	6,500
パラスタ重量	Kg 300	800
ホッパー容量	m³ 1.2	2.8
エンジン型式	小松4D92-1B	小松4D92-1B
エンジン出力	PS/mm 35/2450	35/2450
定格造成速度	m/H 30	30
瞬間最大速度	m/H 40	45
環境仕様	熱帯砂漠仕様	熱帯砂漠仕様
水路材料	アスファルト合材 セメントモルタル コンクリート 土	アスファルト合材 セメントモルタル コンクリート



(単位mm)

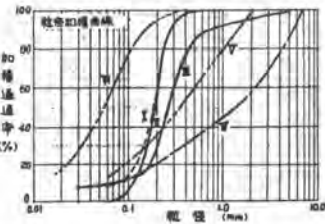
図-6 トリミングプラウ全体図 (特許申請中)

6 施工実績結果

6-1 ライニングテスト

図7にライニングテスト結果を示す。
アスファルト用骨材は、砂漠の流砂を想定し、主に三河砂6号を使用した
が、更に骨材に汎用性をもたせるため
各種の材料でテストした。

- ライニング材の骨材
- I : 三河砂6号
 - II : 三河砂6号 + 丸石(10mm以下)
 - III : 三河砂6号
 - IV : 砂 (コンクリート用の粗砂)
 - V : 砂 (イソノ流砂場の用土)
 - VI : 砂 (粒径2mm以上の3:1:1割合)
 - VII : シルト、細土を想定



本ライニング方式の主目的である漏水
性については、ダルシーの法則が通用
できるものとして、透水係数を算出
した。また、図1より水路の長さ250
m、流量 Q と仮定して、漏水率
を算出すると、透水係数の最も大きい
材料でも、2%以下に収まっております。

ライニングテスト

使用材料	テスト時の配合 (重量比)	使用時の材料温度	ライニング時の結果				備考
			密度	20°C 圧縮強度	65°C 圧縮強度	15°C 透水係数	
骨材I+アスファルト	1:0.08	90-110°C	1.50-1.67	0.55-0.70	0.07-0.13	$3.0-3.8 \times 10^{-5}$	
骨材II+アスファルト	1:0.08	130-140	1.50-1.60	0.44-0.49	0.03	$1.4-2.5 \times 10^{-5}$	
骨材III+アスファルト	1:0.08	130-140	1.82-1.94	1.91-2.47	0.07-0.13	$0.3-2.4 \times 10^{-5}$	
骨材IV+アスファルト	1:0.08	120	1.80	—	—	3.8×10^{-5}	モジュールテスト
骨材V+アスファルト	1:0.08	120	1.65	—	—	6.1×10^{-5}	モジュールテスト
骨材VI+アスファルト	1:0.18	120	1.49	—	—	0	モジュールテスト
骨材VII+水	1:0.1:0.1	常温	1.71	9.5	—	$7.9-11 \times 10^{-5}$	

図-7 ライニングテスト結果

また、初期には、数センチの漏水性があったも、やがて水に懸濁している微粒子が詰まり、漏水性は著しく減少すると考えられるため、十分実用に供し得ると判断する。

6-2 トリミングテスト

パワーショベルで荒掘りした後、トリミングプラウで掘削整形テストを実施した。掘土につい
は、まだ研究の余地はあるものの、トリミング効果は十分で、
(仕上げ面粗さ ± 2.5 mm以下) 従来の施工法(パワーショベルで
荒掘りした後、手仕上げ)に比べてユーザコストも低いため、今
後更に研究を進め、実用化の方向にもっていきたい。

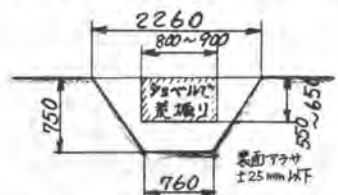


図-8 トリミングテスト (単位mm)

7 あとがき

以上、当社で開発した中小水路造成システムの概要を紹介したが、この技術を基礎にして、更に
大型水路にも取組むべく、大型バケットホイールタイプアディッチャーの開発に取りかかっており、
今後、乾燥地域の灌漑用水路に限らず、すべての地域で活用できる水路造成システムを確立して
いきたいと考えている。

16. 交差点前後における粗面施工の効果について

建設省 中国技術事務所 福永典次
 益本昭勇
 池田勇

1 まえがき

最近の交通量の増大と高速化によつてスリップによる交通事故の多発が問題になり、すべり抵抗を増すための努力がなされている。交差点や曲線部においては安全溝、高分子モルタル塗装等のすべり止め対策も見られるが施工能力、施工経費等の点で一般的に使用されるまでには至っていない。

中国技術事務所では、機械的成形機構により、すべりやすくなつた舗装面のアスファルト分を削り取ると同時に、舗装面に粗面（傷跡）を作り、すべり摩擦を増大させるハンマ式粗面成形機の開発試作を行なつた。本報告は特に、交差点前後における現場施工を行ないその効果についてとりまとめたものである。

2 粗面成形機の概要

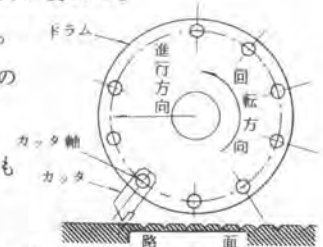
(1) 成形機構 図—1に示すドラムを回転しながら、カッタ（打撃片）を路面に打撃し切削するものである。カッタの先端にはタンダステンカーバイト系の超合金をろう付けし十分な強度及び耐摩耗性を持たせている。また、本機はドラムを回転させるための作業用機関と作業車走行のための走行用機関の2基を搭載している。粗面のピッチは各々の機関回転数を組み合わせることで自由に変わる。



写真—1 粗面の成形作業

(2) 施工上の特徴 本機の施工上の主な特徴は概して次の点にある。

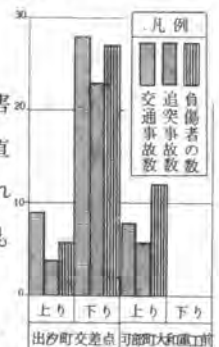
- ① 機械的に粗面を作るため、ヒータプレーナ施工のように舗装面の老化を早めることなく施工ができる。
- ② 成形幅、作業速度が大きいために粗面成形能力が大きく材料費もカッタの摩耗と燃料程度で施工単価が安い。
- ③ シヤシは普通トラクタシヤシ（3t）を使用しているため回送、図—1 粗面の成形原理
回避が容易で交通の渋滞が少なくできる。



3 施工箇所の選定

(1) 交差点を調査対象とした理由 交差点では信号の切変わりや突発的な障害物の発見など、外部の要求により急停止する頻度が多い。この時のすべり摩擦が直接、制動の良し悪しに拘りを持つため異質な効果となつて現われるものと考えられる。即ち、一般的な場所に比べ事故の発生事例が多く粗面の効果が顕著に、しかも早目に知れる特徴が備わつているといえる。

(2) 交通事故の実態 図—2は広島市内の交差点で路面の不陸及び施工性等、総合的に判断して施工箇所に選んだ交差点での事故実態を示したもので、その内容



は、車両の追突によるものが80%強を占めている。また図-3は全国及び広島県下の全事故数のうち交差点で発生

表-1 粗面の成形施工箇所

路線の別	施工箇所の目標地点	上下車線の別
2号	出汐町交差点	下り車線
54号	可部町大和重工前交差点	上り車線

した事故が占める割合を示したもので、およそ過半数以上を占めており交差点がいかに危険であることを示すものといえる。

4 施工と結果

粗面のピッチは、過去の施工例で主として6,9,

12mmの3種類を使い分けているが一般的には9mmの

千鳥配列が多い。当施工では一応、図-4及び写真-2に見られる9mmピッチの千鳥配列で施工した。

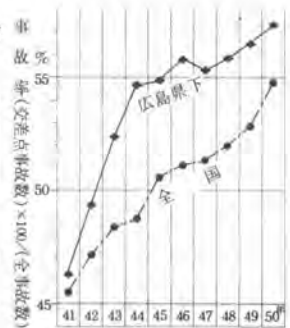
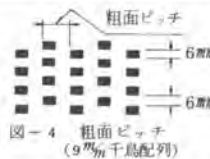


図-3 交差点における事故率

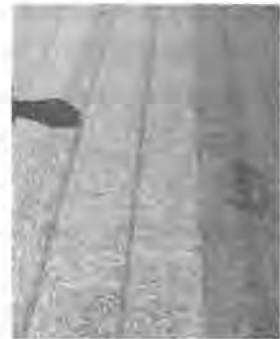


写真-2 粗面の状況

(1) 粗面成形による効果 図-5は当2地点で粗面施工を行う以前と直後について実際に路面のすべり抵抗を測定した結果を示したもので測定は路面を湿潤状態に保つたのち、すべり試験車で行なっている。また表-2は粗面施工によつてアツプしたすべり摩擦の効果比率を(4.1)式から求めたもので、

$$\text{すべり摩擦の効果比率}(\eta) = \frac{\text{粗面成形場所でのすべり摩擦係数}(\mu_2)}{\text{粗面成形場所(在来舗装)のすべり摩擦係数}(\mu_1)} \dots\dots(4.1)$$

そのアツプ率は最高で32%に近い。一般に可部町での効果比率は低い値に留まっているが、これは施工前のすべり抵抗値がもともと高かつたためと考えられる。

(2) 効果の特続性 効果の持続性について追跡評価を試みた。効果比率(η)が1.00の場合は未成形場所と同じすべり抵抗値になったことを意味し粗面成形による効果はなくなつたものとみなす。一評価方法によれば車線区分による差はあるが、その持続期間は表-2下段に示すとおり想定される。

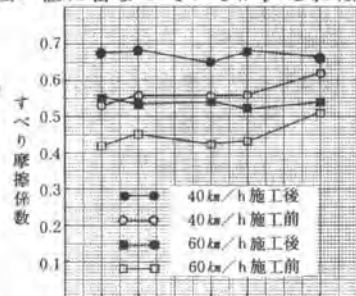


図-5 施工前後の路面状態

(3) 施工前後の交通事故推移 図-6は粗面施工を行う以前の2年間(48, 49)と施工後1年間(50)の交通事故状況を示したものである。この結果によれば、

- ① 交差点前後での交通事故のうち概して7割以上が車両の追突によるものである。
- ② 出汐町交差点の下り車線、大阪側(交差点前方)では粗面施工を行った後の追突事故数(50年)は大きく減少しており粗面の効果が寄与したことが考えられる。
- ③ 粗面施工を行わなかつた交差点内での事故数は、49年に比べ50年は増えているにもかかわらず、追突による事故は横ばいで交差点前方の粗面が制動に多少なりとも寄与したことが伺える。
- ④ 可部町大和重工前交差点の上り車線、三次側では粗面施工を行う

表-2 すべり摩擦の効果比率(η)と持続期間(月)

場所 測定車線	2号 出汐町交差点				54号 可部町
	大阪側		岩国側		三次側
	下り外	下り中	下り外	下り中	上り
40 km/h	23.3	26.4	22.1	15.9	7.0
60 km/h	19.1	31.8	22.6	28.1	6.0
持続期間	9	8	10	10	—

注：温度補正前

以前(48, 49)は事故件数に比べて負傷者が多いことから事故のたびに負傷者が出る確率が高く危険な交差点であったにもかかわらず、粗面施工を行った後の事故は全く起きていない。

などのことが特徴としてあげられる。

出汐町交差点の岩国側では粗面施工後の事故数が、それ以前に比べて増えているがこれは路線バスがバス停から内側車線へと(バスは300m前方から2号線を右折する経路になっている)安全にウイリング

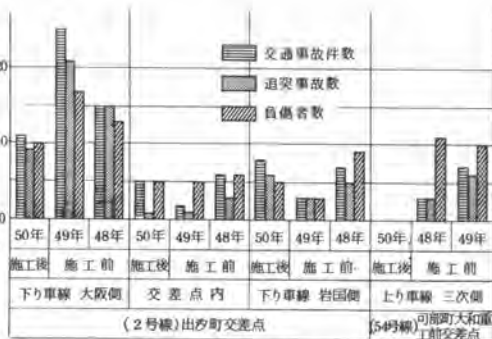


図-6 粗面施工前後の事故状況推移

しやすいよう一般車の停止を禁じたゼブラゾーンが設けられ(50年1月)現地の状況が前年と異つていること。さらに信号の切変わりにともなつて車両が停止線近傍で止まるために誘発される事故と、バスとの出会いで車両が進路変更したり或いは止まつたりするために誘発される事故とでは性格そのものがちがうこと。

などの理由でデータを比較するのに必ずしも同一条件でなく適当でないなどのことが考えられる。

5 考察

(1) 粗面施工の評価 ここを試みた評価は、粗面を成形する以前のすべり摩擦係数が0.400以上の施工結果である。本来、本機によつて粗面が成形される場所は道路線形がカーブとなつてすべり易い場所とか、すべり摩擦係数が0.400以下となつた場所とかを対象として用いられるものであるが、今回の調査結果から施工前のすべり摩擦係数が極端に低いような所での粗面効果は十分に期待できるといえる。しかしアスファルト量が多く流動しやすいような舗装については明らかでない。

(2) すべり抵抗値と車両の制動距離 図-5の結果から、いま自動車が60km/hのスピードから制動をかけた場合に粗面施工を行う前と後とで自動車が完全に止まるまでの制動停止距離を ①空気抵抗を考えない ②しかもすべり摩擦係数は制動中一定 として計算すれば、完全に停止するまでの距離は、

$$S = V^2 / (2.54f) \dots\dots\dots (5.1)$$

(但し、S:制動停止距離(m) V:車速(km/h) f:路面のすべり摩擦係数) となり

(5.1)式を用いて制動停止距離を計算すると施工前に比べ6~24%短縮

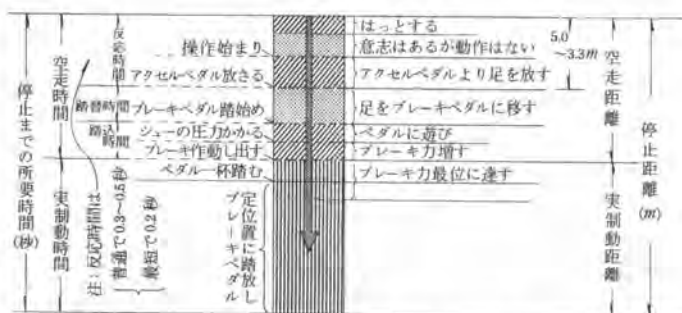


図-7 ブレーキ作動過程の分析

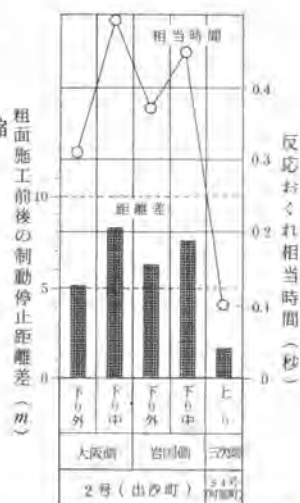


図-8 制動停止距離差と時間の関係

できる。また、運転手が危険を知り反応が始まってブレーキペダル一杯に踏み込むまでの過程は図-7のように分析されるが、普通これらの反応時間は最短で0.2秒、平均的には0.3～0.5秒を要するとされる。図-8は粗面施工前後の制動停止距離の差に相当する反応時間を示したもので概して0.3～0.5秒であることから、仮りに反応の遅い人でその所要時間が普通の人の2倍の時間(0.6～1.0秒)を費やしたとしても車両の追突からは免れる計算になり、事故との関係では確かに効果が期待できるといえる。

(3) 研究実績との対比 路面のすべりに関する過去の解析結果によれば、一般的に交差点でのすべり抵抗値は単路部の約10%程度低い値にあることが確認されている。(交差点 $F_{40} = 0.485 \sim 0.491$ 、単路部 $F_{40} = 0.529 \sim 0.545$)

さらに雨天日事故率との間には、ある限界領域が存在するであろうという考え方に基いて図-9が報告されている。いまこの図に粗面施工前後のすべり摩擦係数の代表的数値(出汐町、大阪側下り中車線)を挿入すれば雨天日事故率は数値的に定かでないが、施工前に比べ大幅に低減することが期待でき粗面の効果が伺われる。

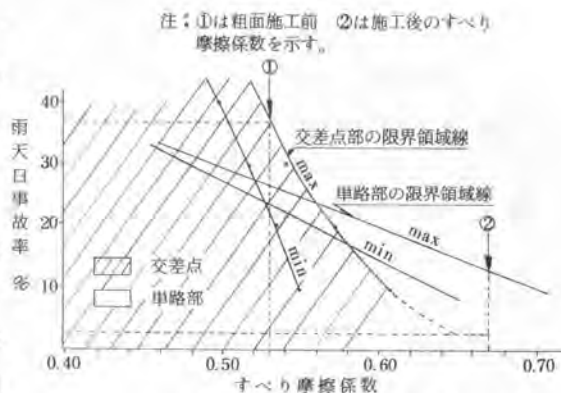


図-9 雨天日事故率とすべり摩擦係数

6 まとめ

以上は国道2号線及び54号線での2箇所についての施工結果である。粗面の効果について特に交通事故との関連においては、運転技術、道路構造、タイヤ及び路面状態等、複雑な要因がからみ合うことから一概に結論づけはできないがしかし、データを見る限りにおいては特に交差点信号手前側の効果は十分にあるといえる。以下、概してその効果は次のとおりであった。

- ① 粗面の施工によつてすべり摩擦係数は最高で32%程度アップした。
- ② 粗面の効果の持続期間は夏場を含めて最低8ヶ月程度は期待できたものと思われる。
- ③ 停止信号手前では2ヶ所とも施工前に比べて車両の追突等の事故が大幅に減少している。
- ④ ブレーキ制動までの反応時間が普通の2倍遅れても粗面によつて追突事故から免かれる計算になる。
- ⑤ 過去の研究実績との対比から、粗面の施工によつて雨天日事故率の低減が期待できる。

など、効果の一端が伺える。

なお、当調査にあたって御指導をいただいた前建設省土木研究所長市原薫博士、並びに首都高速道路公団調査役星野日吉氏に謝意を表するものである。

7 参考文献

- (1) 市原薫著「路面のすべりに関する研究(1), (2)」
土木研究所報告
- (2) 田中康之他著「ブルドーザの操作性に関する研究(2)」
土木研究所資料
- (3) 警察庁編「交通事故統計年表」昭和41年～昭和49年
- (4) 広島県警察本部編「交通統計」昭和41年～昭和49年
- (5) 前田利一他著「機械工学講座自動車」日本機械学会
- (6) 近藤政市著「基礎自動車工学前期編」養賢堂
- (7) 「路面のすべり抵抗について」第25回 中国地建管内技術研究会資料
- (8) 森茂之、池淵一著「舗装の修繕工法のすべりについて」第12回 日本道路会議論文集

17. 作業船の位置決め測量方法の検討 (光波・レーザ測量装置による実験例)

山 田 弘 道
菊 池 公 男
川原田 一 稔

(株)竹中工務店

1. まえがき

近年、臨海地域の海底軟弱土層を壁状に改良固化する深層軟弱地盤改良工法が開発され、実用化の検討がなされているが、改良壁体の連続性を確保するため作業船の位置決めが重要な問題として提案された。この問題を解決するには、海上における作業船の動きを数値的に把握することが必要となった。そこで、種々の測量方法を検討し、光波距離計と当社で開発したレーザ測量装置を利用した方法を採用して実験を行った。

本報告は、その実験についてまとめたものである。

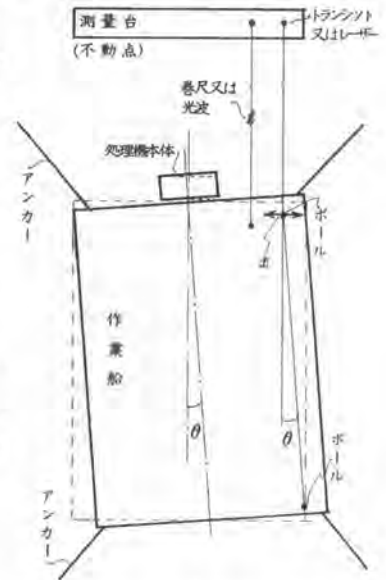


図-1. 測量方法(平面)

2. 本論

2.1 測量方法の検討

作業船の平面上の位置を決めるには、図-1における作業船の前後方向位置 l 、左右方向位置 x 、及び旋回角 θ を知る必要がある。そこで、これら l を測量する方法として次の6種類の方法を検討した。

- (a) 巻尺で前後方向位置 l を、トランシットで左右方向位置 x 、旋回角 θ を測る方法
 - (b) 光波距離計測距部本体を測量台上に置き l を測り、トランシットで x 、 θ を測る方法
 - (c) 光波距離計測距部本体を作業船上に置き l を測り、トランシットで x 、 θ を測る方法
 - (d) 光波距離計本体を測量台上に置き l を測り、レーザ測量装置で x 、 θ を測る方法
 - (e) 光波距離計本体を作業船上に置き l を測り、レーザ測量装置で x 、 θ を測る方法
 - (f) 光波距離計2セットでも、 x 、 θ の3項目を測る方法
- 以上をまとめると表-1のごとくなる。

これらの6種類のうち、巻尺では誤差が大きくまた測量範囲にも限度があること、トランシットによる方法や、光波距離計測距部本体を測量台上にセットする方法では、作業船側で測量結果が不

表-1. 測量方法

項目 方法	l	x	θ
(a)	巻尺	トランシット	
(b)	光波本体 測量台上	同上	
(c)	光波本体 船上	同上	
(d)	光波船上 測量台上	レーザ測量装置	
(e)	光波本体 船上	同上	
(f)	光波距離計2セット		

明であり、自動記録も不可能であること、光波距離計のセットでは θ の読み取り、自動記録等に問題があること、などの理由により(c)の方法を採用することにした。

2.2 実験概要

(1) 実験目的

陸上用の測量装置と海上(特に作業船上)で使用する場合の問題点を把握すること、及び作業船の動きを知ることに。

(2) 実験方法及び測量項目

図-2に示す測量方法によって、次の3項目について測量した。

- 作業船の前後方向位置(l) ----- 光波距離計
- \times 左右方向位置(x) ----- レーザ測量装置
- θ 旋回角度(θ) ----- θ

(3) 使用機器

(a) 光波距離計

図-3のごとく測距部本体、コントロールユニット、反射鏡で構成されており、mm精度の測量が可能である。

- 測距部本体 --- 光の発光部と受光部が一体となって組込まれた視準望遠鏡が中心で、一般のトランシット同様に水平角・高度角の読み取りが可能となっている。また、測尺へのセット方法もトランシット類と同様である。
- コントロールユニット --- 周波数変換器・増幅器・バッテリー等の組込まれたBoxで、表面パネルには測量結果のデジタル表示板・光量レベルメータ・測量スタート鈕・本体との接続コネクタ類がセットされている。
- 反射鏡 --- コーナプリズムでできた鏡で、光は必ず入射方向に反射される。整準台・求心アラケット等と共に構成され、トランシット類と同様の方法で測尺にセットできる。

(b) レーザ測量装置

レーザ発光部・受光部(1)・受光部(2)・記録表示部で構成され、mm精度の測量が可能である。なお、本装置は当社で開発した曲線トンネルレーザ測量装置の一部を利用したものである。

- レーザ発光部 --- 図-4のごとくレーザチューブ・チョップ

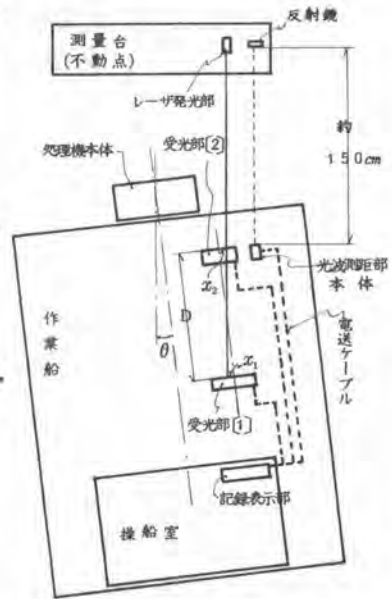


図-2 実験方法



図-3. 光波距離

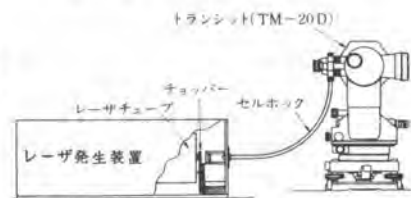


図-4. レーザ発光部

パ・電源安定器を組込んだレーザ発生装置と、トランシット、及び発生装置からトランシットまでレーザ光を伝送するためのセルホック(脱着可能)から成っており、出力は5mWである。

- 受光部(1) 図-5に示すごとくシリコン光電素子による受光板・増幅器・サーボ追尾機構等によって構成され、受光板はレーザ光を追尾して上下・左右に移動する機構になっている。その移動量が電気信号として出力される。

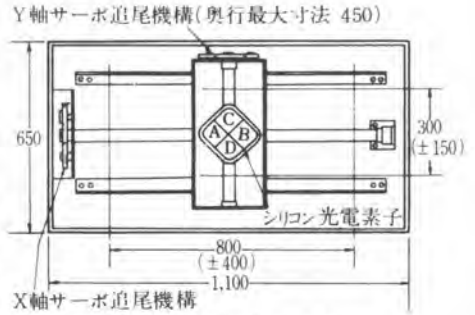


図-5. 受光部(1)

- 受光部(2) 写真-1に示す装置で原理は受光部(1)と同じであるが、左右方向の移動量だけを検出するものである。また、受光板の中心部は後方の受光部(1)にレーザを通過させるためにスリット状になっている。なお受光部(1)と(2)の左右方向移動量 X_1 と X_2 、及び受光部間距離 D をもちいて次の式にて作業船の旋回角 θ が表わされる。

$$\theta = \tan^{-1} \left\{ \frac{(X_1 - X_2)}{D} \right\}$$



写真-1. 受光部(2)

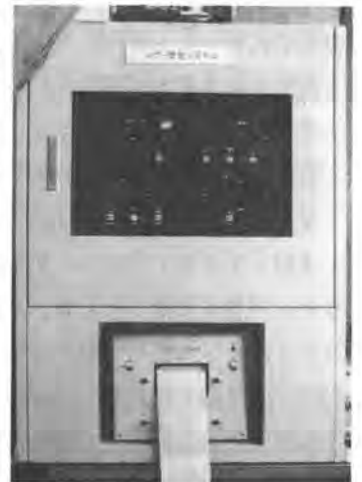


写真-2. 記録表示部

- 記録表示部 写真-2に示すごとく、測量時刻・受光部(1)のデータ X_1 (左右方向)、 Y_1 (上下方向)・受光部(2)のデータ X_2 ・旋回角 θ がデジタル表示されると同時に、下部のプリンターには同数値がプリントアウトされる。

2.3 実験結果

以上の装置を利用して実験をした結果、種々の問題点が抽出された。以下にそれらについて示す。

(1) 光波距離計

本来、光波距離計は不動英間の距離を測量するもので、今回の実験のごとく移動する作業船の上からの測量には問題があることは予想されていた。しかし、実験の結果次の5項目について改造又は機能アップを計れば充分使用可能であることがわかった。

- (イ) 反射光の光量レベルメータを視準望遠鏡内に入れる。
- (ロ) 測量スタート釦を遠隔操作可能とする。
- (ハ) 電源をAC電源より供給する。
- (ニ) 遠隔記録(表示)装置を設ける。



写真-3. 改造光量メータ



写真-4. 遠隔スタート釦
(含時刻、測点セット装置)

(ホ) 測量時刻、測量ナンバーを記録可能とする。

これら5項目のうち(ロ)~(ホ)については比較的容易に改造・機能アップができたが、(イ)項については望遠鏡の形状設計・鋳型設計等の問題があり、時間を要するところから測距部本体の上部に光量メータをセッティングすることにした。これら改造部の一部を写真-3, 4に示す。

この様な改造光波距離計を使用し、再度実験を行った結果、直接操船にも利用できることが確認され、現在実施工においても使用されている。

(2) レーザ測量装置

測量結果が刻々と自動的に記録表示されるために、実験としては非常にメリットがあった。しかし、トンネル用の装置を代用したために

- ・受光板追尾速度が遅い。
- ・受光部(1)が過大である。
- ・表示方法を操船者にもわかりやすくする。
- ・発光部盛替に人手を要す。
- ・直射日光のもとでのレーザー光到達距離に限度がある。

などの問題が明確になった。これらの項目は、技術的にもコスト的にも困難な問題であり今後検討を要する。

(3) 作業船の移動量

レーザー測量装置で施工中の作業船の動きを測量した記録波形例を図-6に示す。(実験用としてアナログ表示)

X_1 は受光部(1)、 X_2 は受光部(2)の波形で左右移動量を示している。

ストローク計の波形は処理機本体の深度を示すものである。 X_1 、 X_2 の波形からわかるように作業船は常に15mmの範囲で左右揺れ(Swaying)と起している。この波形の周期は3~5秒であることから判断し波浪の影響であろうと推定できる。また、光波距離計による前後方向位置を測量した結果からも同様に前後揺れ(Surging)を起していることがわかった。この揺動の影響を省略して全実験のデータを整理した結果、作業船は前後・左右共最大で2.5~3.0cm移動することが確認された。また、旋回角についても一度位置決めした船はほとんど旋回していないことが確認された。

3. まとめ

作業船の位置決め方法、及び実験についての概要について述べたが、要約すると次のごとくである。

- (1) 市販光波距離計は、改造・機能アップを行ない直接操船に利用できるようにした。
- (2) レーザ光の到達距離・測量の自動化、簡易化等、今後の研究課題が大きいに残っている。
- (3) 光波距離計・レーザー測量装置を利用した位置決め方法により、実験的には施工中の作業船移動量を定量的に把握することができた。今後は施工管理用計測機器の開発を行いたいと考える。
- (4) 一度位置決めした作業船の前後・左右・旋回の動きは、非常に小さく施工精度にほとんど影響を及ぼさないものと思われる。

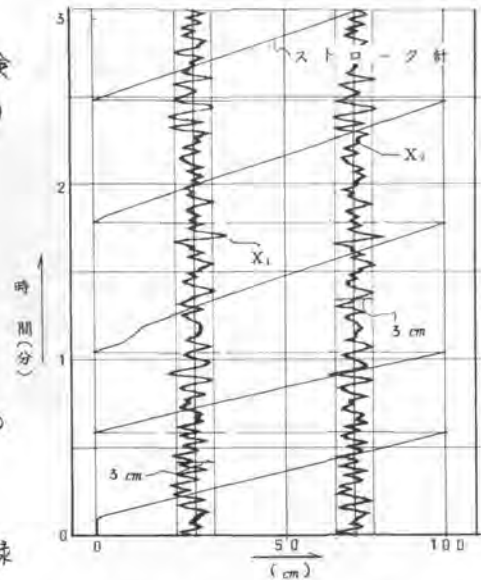


図-6. 記録波形例

18. T S T表層固化処理機について

石川善弘
中 西 一 吉
(株)竹中工務店

1. まえがき

近年、河川・港湾に推積した汚泥が公害問題としてクローズアップされている。推積した汚泥は、微粒子で構成されており、含水比が高くきわめて軟弱であり有機物質および有害物質が含まれていることがあり、その処理・処分は非常に難しい。

汚泥処理方法の一方として、原位置でセメント系硬化材と汚泥とを混合・攪拌し、汚泥を固化処理する方法がある。特に汚泥が厚く推積している場合には汚泥の表層のみを固化処理し、下部に残った汚泥を封じ込めることにより経済的に処理する方法が考えられる。

T S T表層固化処理機は、セメント系硬化材により、汚泥の表層固化処理を行う機械である。以下に概要を述べる。

2. T S T表層固化処理機の概要

T S T表層固化処理機主要諸元を表-1に、全体図を図-1に示す。

T S T表層固化処理機は、水上および軟弱地盤設置を対象に開発され、水上での施工時吃水0.5M、軟弱地盤上での施工時接地圧は0.06 kg/cm²である。

構造的には図-1に示すように、左右に配置された2個の密閉箱形フロートが上部に2本のレールを有するトラス構造のガーターで連結されており、フロートは運搬等を考慮し、主フロート1ヶ、補助フロート2ヶが1組(片側)で構成されている。ガーター上には車輪走行の移動台車があり、台車には、攪拌機ガイドフレーム、油圧ユニット、運転室が装備され、移動台車の横行は油圧モータから

表-1 主要諸元

処理汚泥厚さ		max 2.0 M	
攪拌機	電 動 機	15 ^{KW} × 4 ^P - 2台	
	回 転 数	58/42.5 rpm (スプロック交換)	
	昇 降 速 度	max 6.0 M/min	
	昇降ス	シリンダー	2200 MM
	トロク	チェーンブロック	2200 MM
横行速度		3.0 M/min	
油圧	電 動 機	7.5 ^{KW} × 6 ^P - 1台	
ユニット	使用圧力	140 kg/cm ²	
電 源		AC 440V・60Hz	
重 量		32.8 TON	

駆動で巻胴を回転させ、ワイヤロープを巻取って横行する。その横行移動量は、あらかじめ設定された移動量(12.5mmの倍数)を自動的に検出し所定量横行する。攪拌機は2軸あり、それぞれ単独に電動機、減速機、チェーン駆動で攪拌丹根を回転させ、回転軸は中空で内部にセメント系硬化材が通り、攪拌丹根上に放出される。攪拌機の2軸は上部をフレームで支持され、さらにフレームはガイドフレーム内を油圧シリンダーおよびチェーンブロックで昇降させることができる。

T S T表層固化処理機全体の移動は、陸上(2フロート上)に設置されたワインチにより行う。

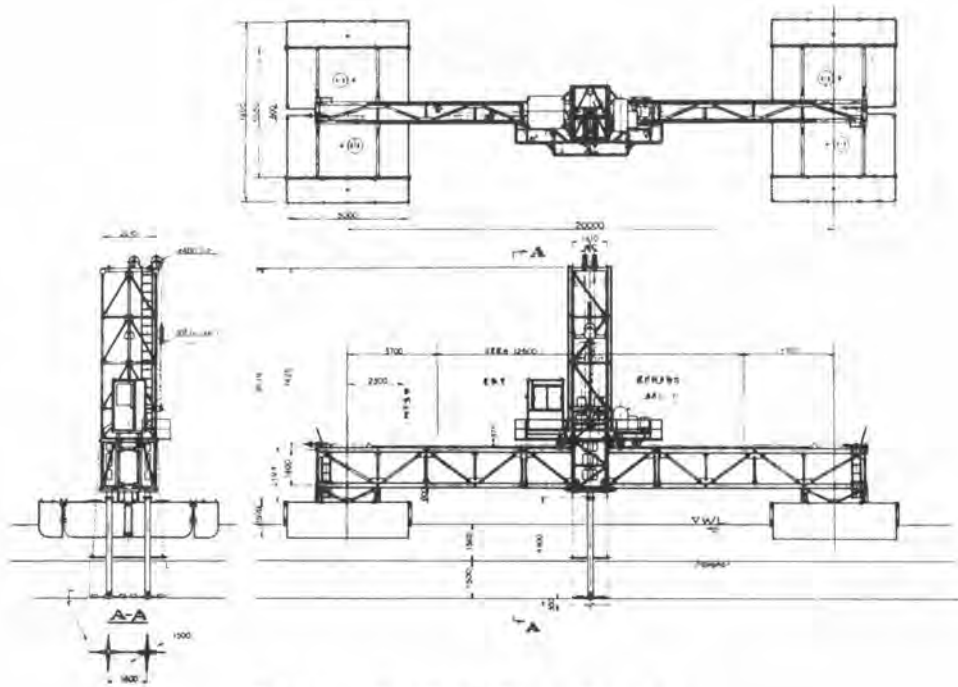


図-1 TST表層固化処理機全体図

3. TST表層固化処理の特徴

1). 所要強度の確保

対象地盤の土性に依じ、硬化材添加率を設定することにより、所要強度の改良土が得られる。

2). 無公害

原地盤をそのままの位置で固化するため、汚泥の没深、除去、投棄の必要がなく、水質汚染のおそれが少ない。

3). 施工範囲の拡大

陸上、海上にかかわらず、施工が可能で特に、従来工法では制約を受けた条件（超軟弱地盤など）での施工が可能である。

4). 省資源・工期の短縮

従来工法のように大量の砂を使用することなく、原地盤を利用し、早期に改良効果が発現されるため工期の短縮が可能である。

4. 施工概要

TST表層固化処理機の施工フローを図-2に、T汚泥処理工事における施工写真を写-1~4に示す。T汚泥の物理的性質を把握するために汚泥を採取し、一連の室内土質試験を行なった。その結果を、物理的性質を表-2に、含水比分布を図-3に示す。

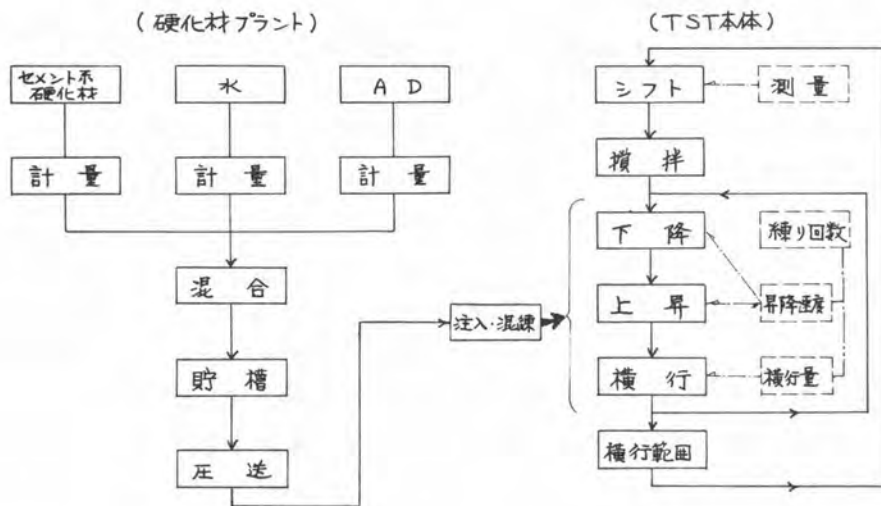


図-2 施工フロー



写-1 硬化材プラント



写-2 TST表面固化处理機
(走行台車)



写-3 施工例-1



写-4 施工例-2

表-2 汚泥の物理的性質

		採取位置 (A)		採取位置 (B)	
深 度		1.0 m	2.0 m	1.0 m	2.0 m
土粒子の比重 (G_s)		2.697	2.727	2.758	2.732
コンシ テンシー	液性限界 (w_L)	95.0 %	138.7 %	199.0 %	105.3 %
	塑性限界 (w_p)	27.5 %	44.4 %	55.4 %	32.6 %
	塑性指数 (I_p)	67.5 %	94.3 %	143.6 %	72.7 %
粒度分布	砂 (74μ 以上)	45.6 %	0.5 %	0.7 %	2.0 %
	シルト ($5\mu \sim 74\mu$)	39.4 %	70.5 %	66.3 %	68.0 %
	粘土 (5μ 以下)	15.0 %	29.0 %	33.0 %	30.0 %
活性度	2μ 以下の粘土含有量	14.0 %	18.0 %	18.0 %	21.0 %
	活性度 (A_c)	4.82	5.24	7.98	3.46
有機物含有量 (重クロム酸法)		2.42 %	3.03 %	2.64 %	2.61 %

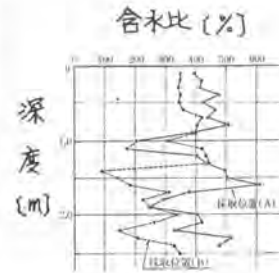


図-3
含水比分布

含水比、硬化材添加率にも影響されるがT汚泥処理工事における処理能力は、実働時間当たり70 m^3 -100 m^3 である。

5. 今後の課題

以上、TST表層固化処理機について述べたが今後の課題としては、

- i). 汚泥(ヘドロ)等とセメント系硬化材の混合・攪拌メカニズムおよび効果の追求・確立
- ii). 固化(安定)処理後における土地利用の時期および用途に対応した設計法(二層系地盤等)の確立
- iii). 固化(安定)処理土の接合方法(前日および一週前位と当日施工とのジョイント)と接合部強度の把握。
- iv). フロートの形状検討(軟弱地盤上を移動するとき、フロート前部に汚泥がかき集められる。)
- v). 周辺未処理部の施工法および施工機械の開発(汚泥の周辺部においては、フロート部分が駅目となり 固化処理できにくい。)
- vi). 有害物質(ガス、臭気等)発生汚泥処理におけるTST表層固化処理機の遠隔操作(無人化)の開発。

等がある。

今回のTST表層固化処理機の開発、製作に際し、御協力頂いた関係者に、厚く謝意を表します。

19. 骨材プラントの濁水処理における凝集剤の使用量と脱水機の処理能力

建設省 北陸技術事務所

土 屋 雷 蔵
中 邨 賢 弘
上 村 弘

1 まえがき

ダム建設工事における骨材生産過程で発生する多量の濁水は、従来から沈澱池における自然沈降による処理、あるいは沈降したスラッジに更に機械的脱水処理を施す等の手段により処理されている。

しかしこの過程で処理能力の向上を図るため、種々の凝集剤を添加しているのが実情である。この中でも有機高分子凝集剤については有害性の議論もあり、使用量はできるだけ少ない方が望ましい。

本報告は、種々の脱水機について、最低薬剤添加量における脱水処理能力と設備規模等について調査を行ったものである。

なお、PACについては Al_2O_3 の原水添加量で示し、有機高分子凝集剤については水分を含まないスラッジ（乾燥スラッジ）に対する比率（%（ds））で添加量を示した。

2. 骨材生産にともない発生する濁水及び脱水処理方式

骨材生産プラントより発生する濁水は、原石の採取場所によって異なり、これらの採取した原石は、破碎、分級、製砂等の過程で多量の水を使用し、原石に混入していた表土や、破碎製砂で生じた微細な石粉を洗浄するので、高濃度の濁水が発生する。

濁水濃度は原石の質、表土処理の良否、水の使用量によって大きく変化するが、一般的には20000～80000ppmであると言われている。今回調査した濁水は、原石を川砂利にて採取したもので40000～50000ppmであった。調査にあたり前処理（沈砂池）にて粗い粒子を自然沈降方式で取り除いた上澄濁水15000ppmを濁水原液として調査した。

なお脱水機に投入される濃縮沈降スラッジの大部分は水であり、これらの水の脱水処理方式としていろいろな方式があるが、本調査では、圧入式、圧入圧搾式、ロール加圧式、真空式及び遠心脱水式の5機種について調査を行った。

3. 脱水処理方式と処理能力

脱水機の能力評価は、脱水スラッジを乾燥スラッジ重量に換算した濾過能力（以下濾過速度と言う）又は回収率（遠心脱水式）で表示される場合が多い。

濾過速度は、単位時間、単位濾布面積当りの排出乾燥重量（ $Kg/m^2 \cdot h$ ）（圧入式、圧入圧搾式、真空式）又は濾布面積の代りに濾布巾を使用した値（ $Kg/m \cdot h$ ）（ロール加圧式）で表示される。

3.1 圧入式

濾枠高さ及び圧入圧力と濾過速度の関係を図-2,3に示す。図-2から濾枠高さを増すと、脱水スラッジの厚さが増加し、脱水能力が低下するため、濾枠の高さは低い程濾過速度を上げる事ができる

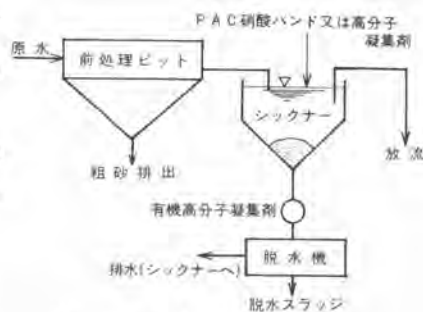


図-1 濁水処理概念

が、高さを低くする事にも限度がある。

また、図-3に示すように圧入圧力の増加にしたがい濾過速度も増加するが、実用的には5~7 Kg/cm^2 でありその時の濾過速度は11~12 $\text{Kg/m}^2\cdot\text{h}$ 程度であった。

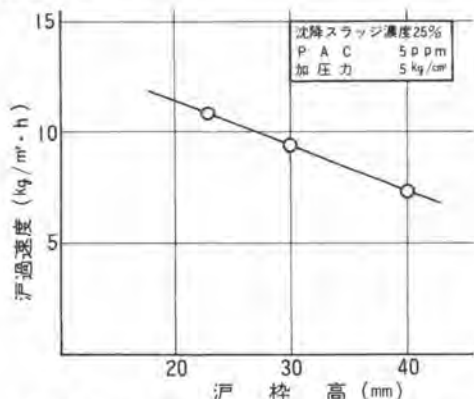


図-2 濾餅高と濾過速度

3.2 圧入圧搾式

サイクルタイム及び沈降スラッジ濃度と濾過速度の関係を図-4に示す。図から沈降スラッジの濃度が濃くなるにしたがい濾過速度が増加する。濃度20%以上では、4.4 $\text{Kg/m}^2\cdot\text{h}$ 以上の値が期待できる。

圧入圧搾式では、バッチ式のためサイクルタイムが長くなると、圧搾時間も長くなるので脱水スラッジの含水率はある程度減少するが、濾過時間が長くなるので濾過速度は低下する。

3.3 ロール加圧式

ロール加圧式では、シクナにより濃縮された沈降スラッジに有機高分子凝集剤無添加では処理が不可能であった。図-5に有機高分子添加量(%(ds))と濾過速度の関係を示した。

沈降スラッジ濃度25%で600~750 $\text{Kg/m}^2\cdot\text{h}$ 程度である。

なお、有機高分子凝集剤の添加量を0.4%(ds)以上にしても濾過速度は余り大きくならない。

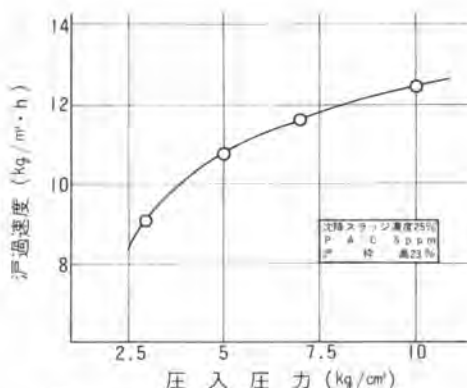


図-3 圧入圧力と濾過速度

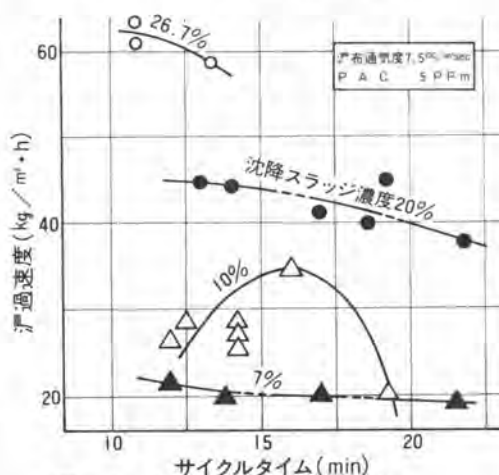


図-4 サイクルタイムと濾過速度

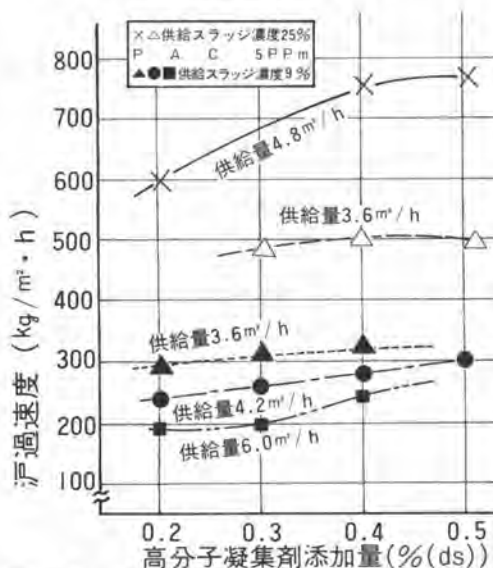


図-5 高分子凝集剤添加量と濾過速度

3.4 真空式

図-6にPAC添加量、真空濾過時間と濾過速度の関係を示す。図からPAC添加量5ppmでは、濾布通気量が粗くても濾過速度が小さいので10ppm以上添加しなければ実用値を得る事ができなかった。

なお、濾過時間3～4.5分間で濾過速度は、1.45～1.95 Kg/m²・hであった。

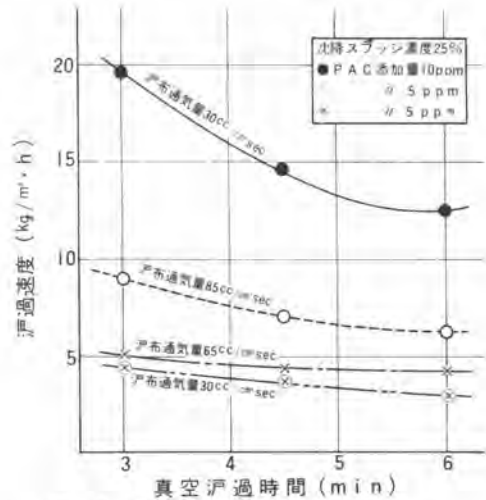


図-6 真空濾過時間と濾過速度

3.5 遠心式

図-7に有機高分子凝集剤添加の有無における沈降スラッジの回収率を示す。

図から有機高分子無添加では、回収率が91～93%であり、スラッジ中の粒径の大きいものしか回収できない(微粒子は濾液と一緒に流出してしまう)が0.1～0.2%(ds)の有機高分子凝集剤を添加する事によって、回収率は急激に増加し、その値は98～99.5%になる。

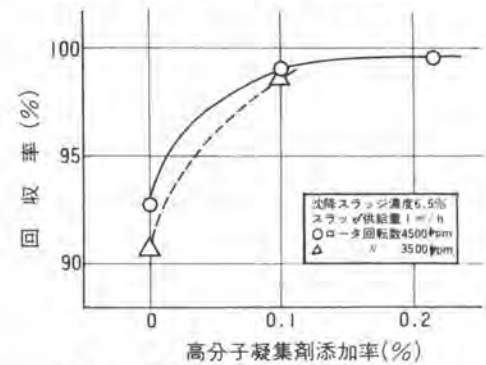


図-7 高分子凝集剤添加率と回収率

表-1 脱水方式と設備条件

5. 濁水処理設備の試算

濁水処理設備を設ける場合、原水の性質、発生濁水量、脱水処理機構等によって異なるが、骨材生産プラントから発生する濁水約40000～50000ppmを前処理沈澱池にて一定時間自然沈降で取り除いた上澄濁水20000～25000ppmについて脱水処理を行うものとして表-1に示す脱水方式別の設備条件における、発生濁水量と設備金額につ

項	目	圧入圧搾式	圧入式	ロール加圧式	真空式	遠心式
薬注量	上澄水用 PAC (ppm)	5	5	5	10	5
	脱水用 PAC (ppm)					
	有機高分子(%) (ds)			0.2～0.4		0.1～0.2
	沈降スラッジ濃度(%)	25	25	25	25	6.5
	サイクルタイム及び濾過時間(min)	15～18	90～100		3	
	脱水圧力(Kg/cm ²)	圧入 5 圧搾 1.5	圧入 5			
	濾枠高さ(mm)		20～25			
	ロータ回転数(rpm)					3500～4500
	回収率(%)					98%以上
	濾過速度(Kg/m ² ・h)	40	10	600(Kg/m ² ・h)	20	
	脱水スラッジの含水率(%)	30	40～45	50	50	50

注) ①沈降速度は、PACを3～5ppm添加で4.5m/hであるが安全率を加味して2m/hとする。
②シクナより引抜く沈降スラッジの濃度調整はシクナの滞留時間を変えることによって決める。

いて調査した結果を、図-8に示す。

濁水処理設備を計画するにあたっては、有機高分子凝集剤使用の可否、脱水スラッジの捨場所、スラッジの有効利用等によって、処理方式を検討しなければならないが、表-2に示す濁水処理設備の適応性から、有機高分子凝集剤の使用できない現場には、圧入式及び圧入圧搾式が適する。有機高分子凝集剤の使用を前提とすれば、ロール加圧式、圧入式、真空式が有効である。

また、脱水スラッジを低含水率にし、再利用（埋立て及び盛土材の一部として使用する）する場合の処理機構としては、圧入圧搾式及び圧入式処理機構が適する。

6. あとがき

有機高分子凝集剤最低添加量における、骨材生産プラントから発生する濁水（川砂利を原石）と濁水処理方式について述べたが、骨材生産プラントから発生する濁水は、原石の採取場所、脱水スラッジの捨場所の有無、脱水スラッジの再利用、凝集剤の可否、処理経費等から最適処理機構を選定しなければならないが一応本調査で、処理機構と処理能力、及び脱水スラッジの含水率、高分子凝集剤最低添加量の目安を得る事ができた。

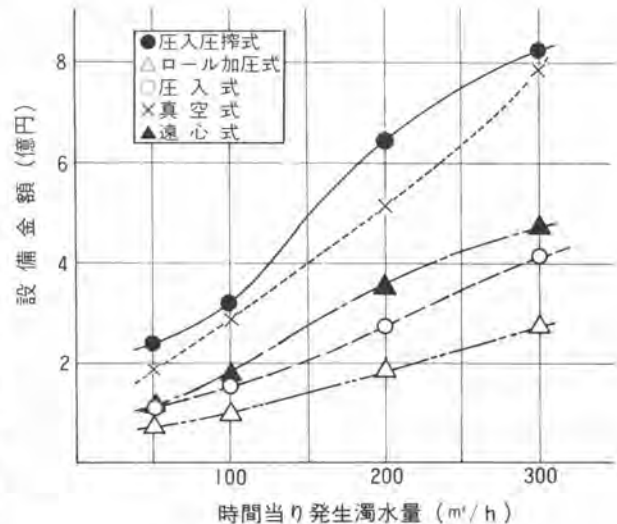


図-8 時間当り発生濁水量と設備金額

表-2 濁水処理設備の適応性

項 目	圧入圧搾式	圧入式	ロール加圧式	真空式	遠心式
脱水機の構造	複雑	簡単	簡単	簡単	複雑(精密)
脱水機本体の保守点検	手間がかかる	容易	容易	容易	困難
脱水機補助機の数	多い	少ない	中程度	多い	少ない
部品寿命	濾布 1000~1500h タイヤラム寿命 500~1000h	濾布 3000~4000h	濾布 1500~2000h	濾布 1500~2000h	スクリーン 1000~2000h
脱水方式	バッチ式	バッチ式	連続式	連続式	連続式
有機高分子凝集剤の必要性	無し	無し(但し能力低い)	必要	必要	必要
遠隔操作	全自動可能	全自動可能	全自動可能	全自動可能	全自動可能
脱水スラッジ含水率	低い(30%)	中程度(40~45%)	高い(50%)	高い(50%)	高い(50~52%)
濾液濁度	低い	低い	高い	中程度	高い
運転経費	安い	安い	高い	中程度	中程度
設備費	高い	中程度	安い	中程度	中程度
濁水処理機構の適応性	有機高分子凝集剤無添加による適応処理機構	○	◎	△	
	有機高分子凝集剤使用による適応処理機構		○	◎	△
	脱水スラッジを再利用するための低含水率処理機構	◎	○		

20. KOBE KC形ディーゼルパイルハンマ

神戸製鋼所 西村 正二郎
有光 秀雄

1. まえがき

近來各種の公害問題が取り上げられている中で、建築土木用機械におけるその対策は工事施行者だけでなく、機械メーカーの主要なる課題となっている。ディーゼルパイルハンマに限りていえば、騒音・振動の問題もさることながら、市街地での使用が困難となり、郊外での使用が多くなっている現在、排気口よりの油煙飛散による田畑・果樹園などの汚染が大きな問題となっている。これに対処するため、作物の成長・収穫時期を外して工事を行う、油煙飛散防止のための養生シートを張るとか、あるいは排気口に油煙収集装置を取り付ける等の方法が講じられているが、いずれにしても工期の制限、養生費の増大、施行能率の低下等の弊害を来している。

一方、海外では米国カリフォルニア州において、1974年の大気汚染法が施行され、ディーゼルパイルハンマにおいては毎1打時の排気煙濃度が規制されるに至り、従来ハンマの使用が困難な状態となっている。この規制法は今後米国全土に施行されていくことが予想される。

KOBE KC形ディーゼルパイルハンマは、油煙飛散・排気煙の問題をハンマ自身で解決すべく開発・製作している機種で、排気煙濃度はその基準となるリンゲルマンケマートNo. 1に完全に適合しており、また排気口よりの油煙飛散もほとんどなく、国内および米国においてその稼働実績をあげつつある。

以下に開発実験結果、稼働結果に基づき、本機の概要を説明する。

2. 構造の概要

KC形ディーゼルパイルハンマの作動原理・基本構造は従来ハンマと同様であるが、排気煙対策を行うために、次のシステム・装置を採用している。

2-1. ノズル噴射霧化方式

従来ハンマでは、アンビル面に燃料とためてラムの衝突によりこれを霧化するという、いわゆる打撃霧化方式が一般的であるが、燃料噴射時アンビル面に燃料を完全に集中させることは困難であり、また打撃霧化後の噴霧粒の分布も均一ではなく、したがって排気煙をクリーンにするには限度がある。その点と考慮して、KC型ハンマでは燃料のノズル噴射霧化を行い、燃料霧化の完全化および



写真-1. 稼働中のKC25ディーゼルパイルハンマ

がその分布の均一化により、燃焼効率の向上を図っている。

燃料ポンプはカム機構により、ラムの上下運動により駆動され、ポンプより吐出された燃料は噴射管を経て、ノズルよりシリンダ内に霧状に噴射される。

2-2. 自動潤滑装置

潤滑油管理の省力化とハンマの作動状態に合った潤滑の確保のために自動潤滑装置を採用している。

給油ポンプは燃料ポンプカムにより駆動され、吐出された潤滑油はラム・アンビル部へそれぞれ分配弁を経て、直量かつ分配注油される。

3. 性能

3-1. 排気煙濃度はリンゲルマンチャートNo.1以下である。

従来ハンマにおいては排気煙濃度は、普通のくい打条件でリンゲルマンチャートNo.3であり、条件の良い場合でもNo.2程度である。目視でも排気煙が明らかにわかる状態である。

これに対してKC形ハンマでは排気煙濃度はリンゲルマンチャートNo.1以下であり、目視ではほとんど透明である。

3-2. 排気口よりの油煙の飛散がない

従来ハンマの排気煙には潤滑油だけでなく、不完全燃焼した燃料が含まれており、これらが広範囲に浮遊して環境汚染の原因となっていた。

KC形ハンマではノズル噴射霧化により、燃料霧化と完全に燃焼効率を向上させたので、不完全燃焼による未燃油は含まれておらず、汚染物の周辺への飛散がほとんどない。

写真-2に従来ハンマとKC形ハンマとの排気色と比較して示す。排気色は、排気口より約30cm離してケント紙を置き、5打撃分について採取したものである。

3-3. 抗打性能

(1). 抗打能力は従来ハンマと同等である。また長時間の連続運転においても抗打能力の低下はなく性能が安定している。図-2にKC25における長時間連続運転時のテストデータを示す。

(2). 従来ハンマでは軟弱地盤において打撃が不十分な場合は、燃料霧化が不完全となるが、KC形ハンマでは、先述のようにノズル噴射霧化を採用していることにより、霧化が常に完全であり、軟弱地盤における起動性・追いつき性能が従来ハンマより優れている。

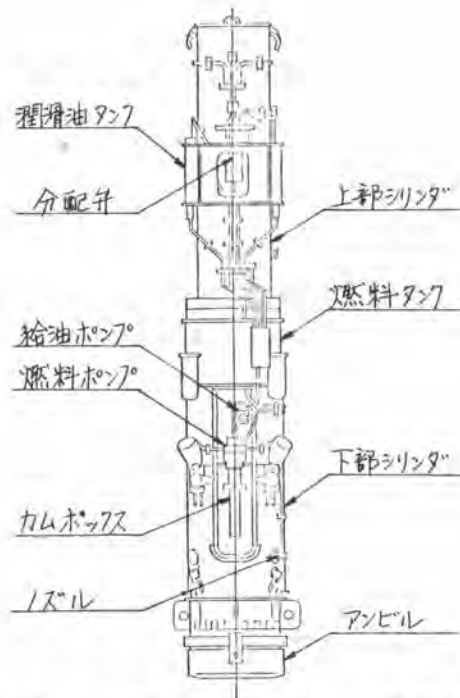


図-1. KC形ディーゼルパイルハンマ概観図



K22 76ストローク 2780 mm



KC25 76ストローク 2550~2700 mm

写真-2. K22 KC25 デビルパイルハンマ排気色比較

3-4. 作業性

(1). 給油脂作業時間

従来ハンマではラム潤滑油タンクへの注油は1日2~3回、アンビル部給油は15分毎に行う必要があるのに対して、KC形ハンマでは1日1回の潤滑油タンクへの給油作業のみであり、通常のくい打では1日当り給油脂作業に要する時間は1時間以上少なくて済む。

(2). 排気煙がグリーンであり、かつ油煙飛散が少ないので、作業環境が良く、作業員の衛生にとって良好である。また自動潤滑装置を採用していることにより、ラム潤滑油注油の際の高所作業が少なくて済み、さらにアンビルへの給油作業がないので、作業員の作業負担が軽減されている。

(3). 燃料吐出量はラックでコントロールされ、ラムストロークの微調節が容易であるので、くい・地盤に依りにくい打作業ができる。

4. あとがき

以上のようにKC形デビルパイルハンマは油煙飛散防止・排気煙対策が解決されているだけでなく、くい打性能、作業性についても従来ハンマと上まわる成果を得ている。KC25, KC35形はすでに1974年以来実用化に入り、国内および米国において稼働実績をあげつつある。またKC13 KC45形についても開発は終了し、近々実用化に入る段階である。

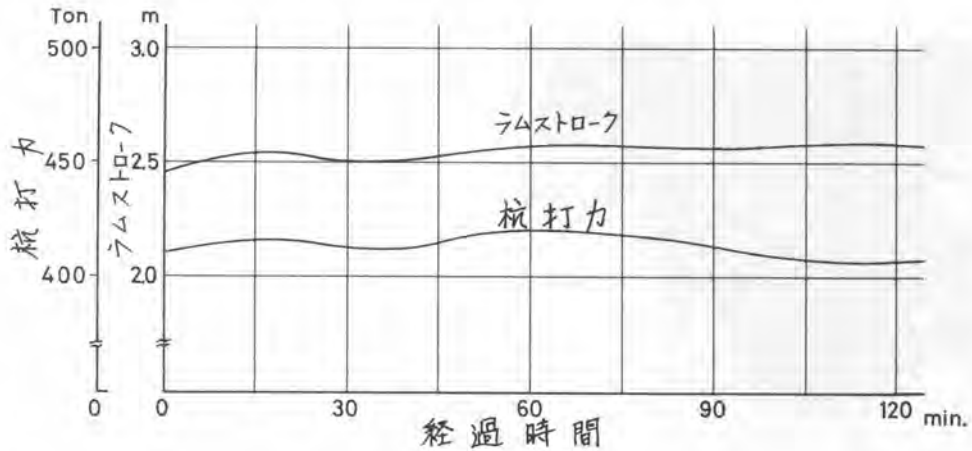


図-2. KC25 連続運転性能

要 目	KC13	KC25	KC35	KC45
本体総重量 kg	3200	5500	7900	11200
ラム重量 kg	1300	2500	3500	4500
打撃回数 回/分	39-60	39-60	39-60	39-60
一打撃仕事量(最大) kg-m	3700	7500	10500	13500
燃料消費量 ℓ/h	3-8	9-12	12-16	17-21
潤滑油消費量 ℓ/h	0.6	1.0	1.4	2.0
燃料タンク容量 ℓ	40	40	41.5	65
潤滑油タンク容量 ℓ	10	15	15	15
	10	15	15	15
冷却水容量 ℓ	80	100	130	250
ラム潤滑油	エンジンオイル SAE 40, 50	エンジンオイル SAE 40, 50	エンジンオイル SAE 40, 50	エンジンオイル SAE 40, 50
アンビル潤滑油	両2シリンダオイル またはエンジンオイル SAE 40	両2シリンダオイル またはエンジンオイル SAE 40	両2シリンダオイル またはエンジンオイル SAE 40	両2シリンダオイル またはエンジンオイル SAE 40
全 長 mm	4695	5101	5125	5460
全 幅 mm	630	780	890	1000
アンビル径 mm	485	590	700	800
ハンマとガイドパイプ 中心距離 mm	370	430	490	580

表-1. KC形ディーゼルパイルハンマ仕様一覧

21. 防音カバー装置付杭打機による 施工実績と減音効果について

鹿島建設株式会社 菊池 建二

1. まえがき

既製杭の打ち込み機械として、機動性と確実な打撃力が得られるディーゼルパイルハンマーは、市街地あるいは民家に近い地域において、その杭打時に発生する激しい騒音と振動のため、殆ど使用できない状態におかれている。当社では東京都新河岸処理場建設工事において、鋼管杭協会が開発した防音カバーをもとにして、ハンマーおよび杭打機リーダ全体を防音カバーで覆った打止め専用杭打機を試作開発して使用した結果、所期の減音効果をあげ、前回工事に於いて苦情が続出して大いに悩まされた近隣とのトラブルもなく、無事杭打工事を完了することができた。

本稿は好結果を得た防音カバー付杭打機とその減音効果の概要について述べる。

2. 工事および杭打機の概要

工 事 名	新河岸処理場建設その19工事
企 業 者	東京都下水道局
工 期	自昭和50年12月18日～至昭和51年12月21日
工 事 内 容	曝気槽12ヶ、第2次殿池5池の一次掘削 基礎杭 RC杭, PRC杭, 450φ~500φ L=15~23m

当現場における、標準的な土層を図-1に示す。

杭打作業はアースオーガで支持層上端まで穿孔し、次に下杭PC杭をディーゼルハンマーで軽く打ち込み、次いで上杭PC杭を溶接して同様に支持層上端附近まで打ち込み、そこまでの1次杭打作業を終了する。次に防音カバー付杭打機で支持層までの最終打ち込みをおこない杭打工を終了する。



図-1 地質柱状図

3. 防音カバー付杭打機の仕様および主構造の機能

(1) 仕様

防音カバーを装着した時の全体組立姿を図-2、写真-1に示す。主要仕様は表-1に示すとうりである。

(2) 主構造の機能

ディーゼルパイルハンマー、タワートップシーブおよびリーダ部を副ポスト(カバー重量の支持構造用)で完全に防音カバー、防音扉で覆いカバー内で発生した音を遮断し、外部に漏れない構造とした。下部一段目と2段目の防音扉は図-3に示す断面

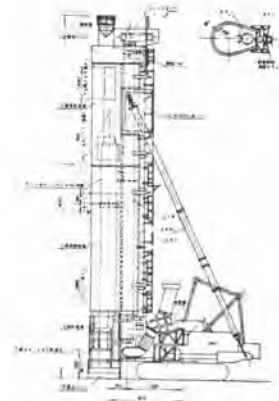


図-2 防音杭打機全体図

表-1 防音カバー付杭打機の仕様



写真-1 防音カバー付杭打機

項目	仕様	
性能	最大打込杭長	8.00 m
	最大打込杭径	φ800 mm
	使用可能ディーゼルバイルハンマー	K-45 クラス
	ベースマシン	70 P 神鋼
	送風機, 風量	278 m ³ /min
	静圧	90 mm A q
	転倒傾斜角(作業時)	8°00
	安定性(＃)	1.436
寸法	防音カバー 全高	18.676 m
	GLよりハンマーキャップ迄の長さ	9.00 m
	タワー最大長さ	17.182 m
重量	防音カバー重量(補助ポスト含む)	7.66 t
	全装置重量	69.77 t

を有し、バックステー取付部およびトップシーブカバーは図-4に示す断面のとうりである。防音カバー外面に使用したダンブレイ(メーカ神鋼)の特徴は次のとうりである。

構成材は2枚の鋼板の間に樹脂層を設け、振動およびそれによって発生する騒音に対して、自己減衰効果を持たせた複合板から出来ている。図-5(1)で自己減衰特性を示す損失係数[α]を示し、1に近いほどよく板振動音を減衰することを表わしている。図-5(2)に遮音性能すなわち、透過損失(TL)を示し、これは面密度(Kg/cm²)によって決ま

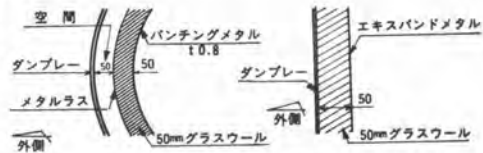


図-3

図-4

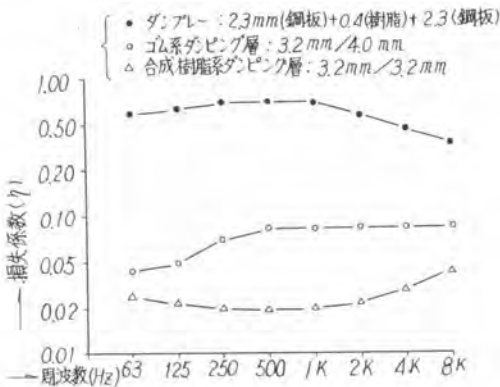


図-5(1) 各材料の損失係数比較 a(20℃)

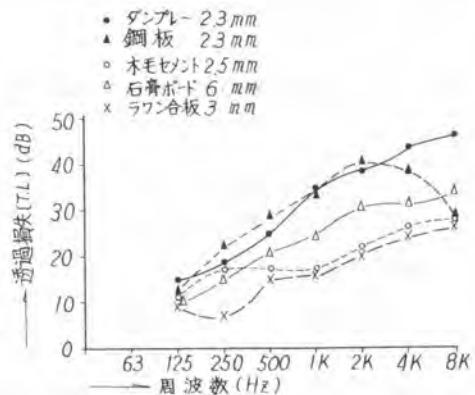


図-5(2) 各材料の透過損失比較

り、ダンブレーは2枚の鋼板で構成されているので高い周波数に対しても良好な遮音性能を有している。

次にこの防音カバーの設計上のポイントは下記の通りである。

(a) 空気音に対する遮音性能は質量則に左右されるため、中空二重の構造とし軽量化を図り金属単板にポーラス材を音源側に取付ける構造とした。

(b) 固体音に対しては、市販の制振板のうちダンブレーが面密度、損失係数、剛性などから最も優れているので採用している。

(c) ハンマー打撃によって発生した振動はリーダポストを介して副ポストやカバーに伝達しないようポスト上端と下端にエアクッションを設けて防ぐ構造とした(鋼管杭協会のアイデア)。次にハンマー内の温度上昇に対しては送風機と換気扇を設け、過熱防止と作動に必要な空気を供給する強制換気方式を採用した。

表-2 施工実績

4. 施工実績

施工実績は表-2に示す通りである。

項目	仕様	数量	単位	摘要
杭本数	φ450~500	1,416	本	φ450 164本 φ500 1,252本
期間		170	日	
休止日		36	々	雨7日, 待期3日, 全休日26日
組立解体		17	々	組立7日, 解体10日
1日当り打込数(平均)		8.1	本	

5. 騒音公害に対する減音効果

(1) 防音カバー使用前の騒音, 振動公害測定
前回工事において騒音, 振動に対して苦情のでた周辺住宅地, 工場の位置において指示騒音計, 周波数分析計, 公害振動計およびテープレコーダなどで測定した結果, 敷地境界から30m付近において, 打止め時の騒音レベルが最も大きく, 85~95ホーンであった。振動公害はGL-4m~6mの中間砂層を打抜く時の振動が72~75dBと最も大きく, 打止時は69dBで指導規制範囲内であった。

(2) 防音カバーの減音効果

図-6は防音カバーの着装の有無に対する騒音レベルの距離的減衰特性を示したものである。この結果, 騒音分布は音源から5~10mまで面音源勾配であり, これより離れると点音源的な減衰となっている。このうち音源から30m地点(GL1.2m)に於ける騒音レベルは97ホーンとなり騒音規制値に対して12ホーン, 東京都の基準値より22ホーン大きくなっている。防音カバーを装備した場合70ホーン前後となり減音量は約27ホーンとなり大幅な減音効果が認められた。防音カバーを装備した場合当地区の昼間の暗騒音55ホーンより多少高いが, ベースマンシンのエンジン排気音や換気ファン騒音などは30m以内の範囲で完全にマスクングされている。図-7は防音カバー周辺における等音線分布(立面)を描いたものである。防音カバーからの放射音の分布が変化しているのは, 杭打作業か打止め時を対象としているので, ハンマーの打撃位置が防音カバーの中央部にあっているためである。

図-8, 図-9に示す通り, 人間の聴感に悪影響を与える中高周波数(500~8kHz)において23~

総日数に対する1日当り打込み本数

$$1,416 \text{本} \div 170 \text{日} = 8 \text{本/日}$$

注 上記実績は第1次打込み(アースオーガ併用の杭打機で支持層上端までの打込み)は含まない。

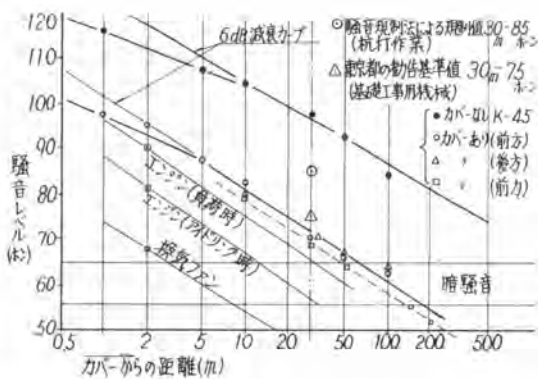


図-6 防音カバーの有無における騒音レベルの距離的減衰

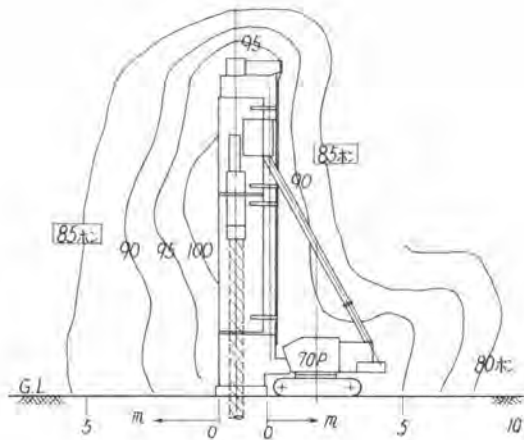


図-7 防音カバー周辺における等音線分布
(立面) (単位ホーン)

NO	記号	測定内容	dB	C	A	備考
1	●	防音カバーなし	100	97		打撃点 GL 6m(5/22日)
2	○	あり	88	70		○
3	△					
4	◇	あり	86	69	70	(7/6日)

測定位置: カバーから30m GL-1.2m * 暗騒音: 5/22日
ハ: マ K-45 ◇: あり 7/6日

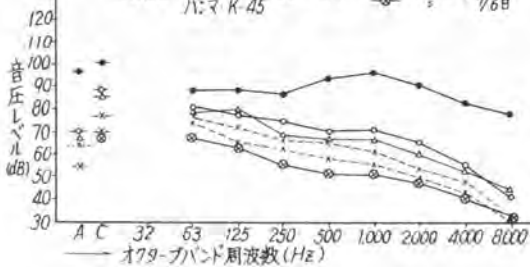


図-8 防音カバーによる減音効果の周波数特性

25dBと大巾な減音効果が得られた。同様に中高周波数領域においても30m地点における減衰効果も大きいことが認められる。

6. むすび

建設公害のうち、騒音対策について企業者および関係者の努力により画期的新機種が採用され、貴重なデータが得られ、今後同様工種に対応することが可能となった。しかしコスト面において多くの問題が残されている。

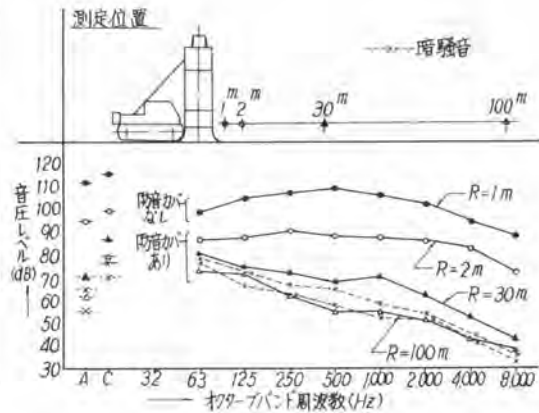


図-9 防音カバーによる減音効果による周波数特性

22. 特殊ビットを用いた低公害杭打工法

株式会社 間 組 山口 靖 紀
恵比寿 隆 夫

1. まえがき

従来、低公害のくい基礎工法として既製ぐいの埋込工法、圧入工法、あるいは場所打ちぐい工法など多くの工法が開発され、実用化されている。

しかしながら、これらの工法の中には低公害に主力をおいたため、構造物を安全に支持するというくい本来の目的に対し疑問をいだかせる工法もあり、また、低公害ではあ、まも、経済性、施工精度、施工速度などのいずれかに弱点を持つものも少なくない。特にくい長が長い場合には施工が困難であるというのがその多くに共通した弱点で、既製ぐいで支持力を確保するため打撃を伴う場合には、くいの細長比が大きいためにぐいが破損するおそれがあり、大きな打撃で打止めることができない欠点があった。

これらの諸問題を克服し、かつ低公害で、しかもくい本来の目的である大きな支持力を期待できる既製ぐい打ち工法として、部分的な抜孔をとり入れた先行ボーリングにより地盤を掘りゆるめ、その中にくいを設置する工法が開発され、都心部における施工で、これまでほとんど例のない全長60mのPCぐい打込み工事に成功した。本文はその工法について、その機構、特徴、施工実績などについて紹介するものである。

2. 施工法の概要

本工法は、アースオーガほどの大きく孔機に簡単な構造をした特殊な抜孔ビット（以下、単にビットと呼ぶ）を装着し、施工するもので、大きくおよび抜孔してもみほぐしを行う領域を任意に形成できるように、地盤の状況に応じたみほぐし領域の設定が可能である。

みほぐした孔に既製ぐいを打込む場合、ボーリング径の小工は部分で打撃時の座底を抑制するとともに、抜孔部の大きな部分で打込み抵抗を減ずるため、騒音振動の低減はもとより、くいの破損をも防止することができ、通常の打込みぐいと同様に大きな打撃力で打止めることが可能である。

(a) 施工順序

施工は以下の順序で行う（図-1参照）

(i) 大きく孔

大きく孔は通常のアースオーガによる掘削と同様で、必要に応じてオーガ先端よりエア、水、バントナイト溶液、セメントミルク、あるいはこれらを複合したものを噴出しながら行う。

(ii) オーガの引上げおよび抜孔

オーガを逆転（反時計方向）しながら引上げると、ビットの爪が開き、その区間を抜孔することが出来る。また、オーガを正転に戻すとビットの爪が閉じまもとの径になる。大きく孔した工はオーガを逆転してあるとまには孔内に留まり、孔壁保持の役目をするが、正転してあるとまには、その大径

分の土が地表に排出される。オーガ引上時には孔壁の崩壊や砂地盤の再締固め防止などを目的としてオーガ先端よりベントナイト溶液などを噴出する。

(iii) くいの挿入

挿入は、土孔形状やくい形状などにより異なるが、開始ぐいの場合はくいとハンマの自重、あるいはくい打ちやぐらの自重を利用した圧入装置により、実行される。所定土孔深さまで沈設することも可能である。

(iv) 打ち止め

支持力を得るため最終数回はハンマの打撃により、打ち込むことを原則としている。しかし場合により土孔拡張部に根固め用セメントミルクを噴出したおま、くい先を支持することもできる。

(b) 残土の処理

本工法は、土孔土の一部の土砂しか排出しないので処理量が比較的少なくなる。排出された泥土はセメントなどで固結し、処理する。

3. 本工法の特長

本工法は従来工法が持つ、「騒音、振動の低減」および「中間層の打ち抜きが容易」などの特長に加え、次のような特長を有している。

- ① 直線性が向上する。所定深さまでボーリングを行ったのち、引上げながら掘孔を行うため孔曲りが自動的に修正され、直線性が良くなる。
- ② くいの中間部を拘束するため打撃時の破損が少ない。
- ③ 生打ちぐいと同程度の支持力が期待できる。
- ④ 大径、長尺ぐいの打込みが可能である。ビットの径を変えることにより、くい径の変更が容易であり、また大径ぐいの施工においても大型機械が不要であるため、従来工法よりも大径、長尺ぐいの施工が可能である。

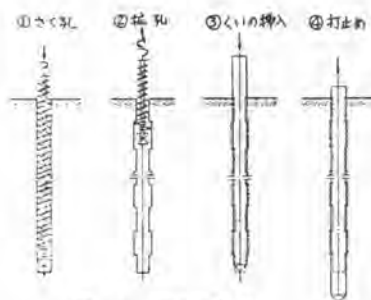


図-1 施工順序図

4. 施工機械

(1) 施工機械の構成

本工法で用いる施工機械の標準的構成を表-1に示す。表中において、掘孔ビット以外は通常のプレボーリング工法に用いられるものがほとんどで、特別な設備は不要である。また施工方法も、アースオーガの先端部にビットを装着するだけほぼ従来の方と同様である。

(2) ビットの機構

写真-1はビットの一例を示すもので、掘孔部の機構は掘削抵抗を減ずるため回転軸にオーガスクリコの羽根と同じ傾斜角でアームを取付け、その先端に掘孔用の爪をピンで結合し、ヒンジ形式にしたものである。爪の開閉は土孔中の周囲の土の締め合いにより、実行されるようにしてある。実際にはビットを時計方向(正転)に回転しながら土孔を行い、引上げ時の任意の位置でビットを

反時計方向(逆転)に回転して爪を開き、掘削を行うもので、引き上げ途中で正逆転をくりがえすことにより、地中に凹凸のある中空部を形成することが出来る。

(3) くいの径とオーガ径、掘削径との関係

くいの径とオーガ径、掘削径との関係は対象地盤によ、異なるため、定量的な表現は今後の研究を待たなければならぬが、大体的目安としてくいの径Dに対し100~200mm程度と考えられている。

表-1 施工機械の標準的な構成

名称	諸元	数量
くい打ちせぐら	回転リーダ付3点支持型	1台
くい打ハンマ	アイセルハンマまたはモリヤン	1台
アースオーガ	320~800mm 11~55 ²⁰⁰ ×2	1台
掘削ビット	640~1500 ¹⁰⁰⁰	1式
グラウトポンプ	吐出圧 10kg/cm ² 以上	1式
グラウトミキサ	600ℓ以上 2槽	1式
コンプレッサ	6m ³ /min, 7kg/cm ²	1台
補助フレーション	15~25 ² (くい径 ¹⁰⁰ 用)	1台
その他	小型ブル、溶接機 ¹⁰⁰	



5. 施工実績

(a) 概要

(i) 一般事項

くいの用途: 工場建屋基礎 土質 図-2参照 施工場所 兵庫県赤穂市

(ii) くいの諸元

種別: ACくい(B種)寸法: 中 600mm×φ90mm×ℓ55~60m(4本継; 15m×3+α) 万本

くい先形状: ペンシル巻、Tfおこのくいの頭部30m区間にはネガティブフリクションを軽減するためアスファルトを塗布している。

(iii) 2く孔深と2く孔径

くいはGL-57m以上の砂層(N>50)に2m程度貫入することを目標とし、先に実施した試験工事の結果を参考にして、2く孔径: 中 470mm(くい径-130mm)掘削径: 中 720mm(くい径+120mm)、2く孔深: GL-50m(7~9m生打ち区間)とし、N値の大きい35~40m、45~50m区間で2くを掘削した。

(b) 施工記録

(i) 打撃回数 直線性、破損について

図-2は代表的な施工記録の一例を示したものである。図には同地点に試験的に打ちこんだ生打ちくい(同一形状)の累加打撃回数曲線を併記した。図より明らかのように、本工法によるくいの総打撃回数は生打ち工法の1/2であった。またくいの直線性および破損状況は、くいの内部を鏡と電灯で観察した結果、直線性に対し2はくい長60mに対しくい内径(実寸約38cm)相当の曲り以下のものが全体の88%で直線性は良好であり、くい内に水や土砂が進入し2くい先が破損したと見られるものが5%(4本)であった。

(ii) 掘削時の2く孔抵抗について

2く孔抵抗の確認方法としては簡易的ではあるが、アースオーガの駆動モータの電流値によ、推定した。正逆転時の電流値の変化は図-3に示すように逆転時が正転時のほぼ2倍で、最大値は200A

を示し、トルクに換算すると約2000 kg-mと推定された。

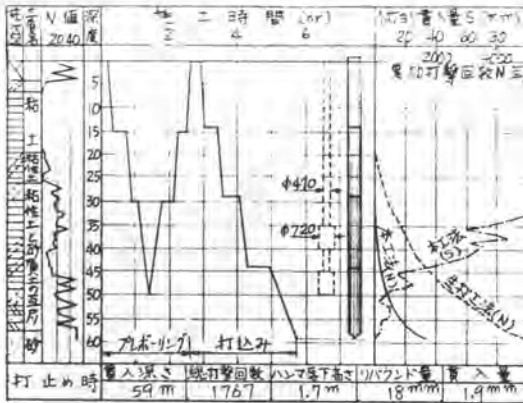


図-2 施工記録の一例

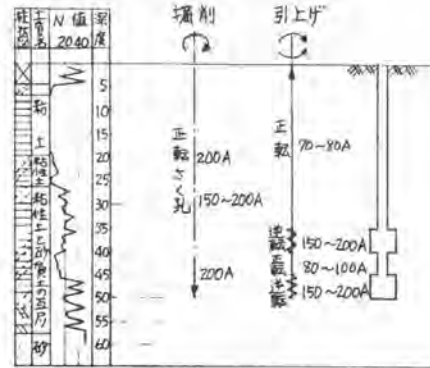


図-3 掘削時の電流変化

6. 施工管理

施工管理は図-4のフローチャートに従って行われた。また本工法の管理ポイントである抜孔（爪の開閉）の確認方法は、現状ではアースオーガの運転員が駆動モータの電流変化をみながら推定しているが、今後は例えば図-5に示すような装置による、掘削抵抗と掘削深さを自動的に記録することも考えられている。

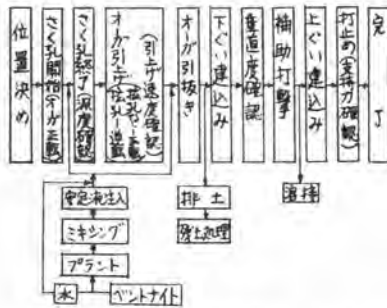


図-4 施工管理フローチャート

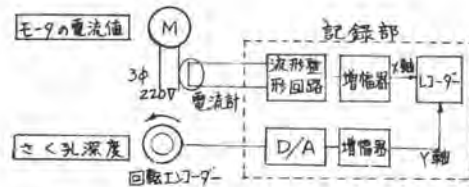


図-5 施工管理自動記録装置

7. あとがき

以上、部分的に抜孔をとり入れた新しい既製くい打ち工法について述べたが、本工法は一般のくい基礎が採用される地盤であれば、その種別、軟硬を問わず適用可能であり、低公害であり信頼性が高いくい打ち工法として有望である。

本工法の最大のポイントは、任意の位置の工を抜孔し、もみほぐすことにより、くいの自由長を任意に選択し、くいの打ち込み時の破損を少なくすることにある。その特徴は施工例で立証された。

施工例ではディーゼルハンマによる打ち止めを行なったが、騒音振動の面で特に問題になるようなことはなかった。条件により、防音カバーの装置あるいはモルタル等による根固め採用により、さらに騒音や振動の低減も可能である。

なお本工法はNHP工法として特許申請中である。

23. リバースサーキュレーションドリル工法を 応用した拡底くい工法 (TRKくい工法)

東京建機工業株式会社 高岡 博

1. まえがき

大口径掘りく機による基礎工法は、最近、とくに大型化の傾向が著しく、そして、大きな支持力が基礎構造に要求され、深い、しっかりした地盤まで到達するよう、くい長も長く、そして、径も太いものが必要となり、したがって基礎にしろる工事費も莫大な額になりつつある。

数年前より東京建機工業株式会社では、リバースサーキュレーションドリル機による特殊拡底ビットを用い、くい頭部、中間部、拡底部とそれぞれ、くい径を異にする場所打ちくい(異形くい)に着目し、基礎にしろる費用を節減するためTKRくい工法を開発した。

TKRくい工法の開発にあたり、大阪市天王寺区小橋町にて、実物大の試験くいをもって、鉛直載荷試験を実施し、耐力、形状、施工性等について試験を実施し、その施工状況と信頼性を明らかにして、昭和52年5月、日本建築センター基礎評定委員会において、慎重審議の結果、TKRくいの許容支持力度 最大値 長期250 t/m^2 (N値50以上の良質な支持層)、くい材コンクリート許容応力度 長期 σ_{Fc} 、 σ_{Ft} 、80 kg/cm^2 以下とし、構造耐力上支障ないものと評定認可された。

2. 工法の概要

TKRくい工法は、一般リバース工法と全く同じで孔壁の維持は静水圧によって行ない、拡底ビット、油圧回路付スイベルジョイント、油圧ホース付ドリルロット、油圧操作盤、拡底径検出表示装置を用いるほかすべて一般リバース工法と同様の施工法である。

施工順序

- i. 鉛直耐力を主とする設計にあっては、くい底部を拡大する。

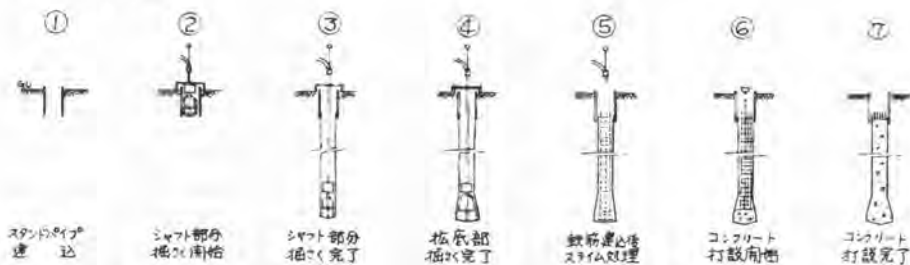


図-2

掘りく順序図 (その1)

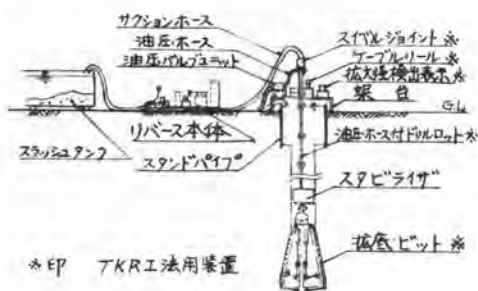


図-1 TRKくい工法施工図

ii. 水平力を主とした設計にあつては、くい頭部を拡大する。

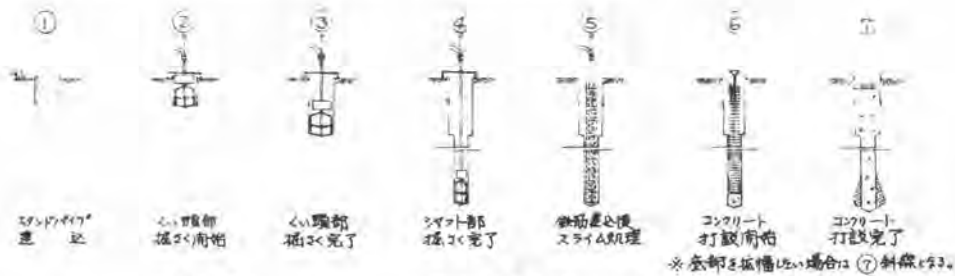


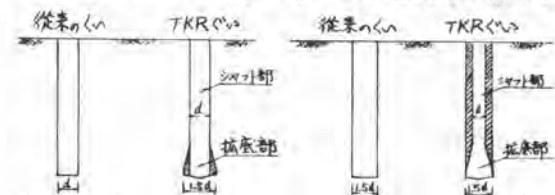
図-3 掘さく順序図(その2)

3. TKRくい工法の特長

大口径リバースくいの先端支持部分を油圧操作による特殊ビットにて、先端支持部分の地盤の径を約1.5倍に削り広げ掘底リバースくいを作る工法である。

1. 先端支持力を、約2倍に増加
2. コンクリート量、掘さく量、排土処理を約半に減少
3. 工期の短縮
4. くい本数の減少
5. 工事費の節減

《同一シャフト径の場合の比較》 《くい先端支持力の場合の比較》



従来のくいと比較して斜傾部分の形成は、従来のくいと比較して斜傾部分の掘さく量だけで先端支持力が2倍に増加する。コンクリート量、排土処理が約半に減少

図-4 左まぐいと掘底くいの比較

4. TKRビットの特長

1. シャフト径、掘底径を自由に選択できる。
2. 礫層、土丹層、軟岩、各種の堅硬な地盤も容易に掘さくができる。
3. スタビライザ付で大自重のビットであるから高い垂直精度が得られる。(自重約4t)
4. 掘底断面に鉛直部があるので、大きな支持力、および強度が保証される。
5. スタンドパイプ内、シャフト部、掘底部の掘さくが一貫してできる。
6. 地上の油圧操作盤により、拡大寸法が正確に確保される。
7. 掘底寸法が地上で確認できる。

5 TKRくいの設計

TKRくいの設計については、シャフト部中900mm、掘底部中1,200mmから、シャフト部中2,300mm、掘底部中3500mmにおよぶものであつて、掘底部径のシャフト部径に対する比は1.33~1.55の範囲にあり掘底部の傾斜角は12°以下となっている。

表-1 掘底くいの設計諸元およびビット寸法

ビット形式	設計くい径		掘底部の寸法							施工くい径		備 考
	シャフト径 (mm)	掘底径 (mm)	傾斜角	β_1 (mm)	β_2 (mm)	β_3 (mm)	β_4 (mm)	傾斜角 (mm)	シャフト径 (mm)	掘底径 (mm)		
0916	800	1,200	7°-27'	430	430	430	430	430	900	1,200	V	
	+	1,500	7°-22'	430	430	430	430	430	+	1,400		
	-	1,000	10°-33'	430	430	430	430	430	-	1,000		
	-	1,500	10°-00'	430	430	430	430	430	-	1,500		
1220	1,200	1,800	8°-22'	477	477	477	477	477	1,200	1,700	V	
	+	1,700	7°-22'	477	477	477	477	477	+	1,800		
	-	1,300	10°-39'	477	477	477	477	477	-	1,300		
	-	1,900	10°-00'	477	477	477	477	477	-	1,900		
1424	1,400	2,100	9°-03'	485	485	485	485	485	1,400	2,000	V	
	+	2,300	10°-54'	485	485	485	485	485	+	2,300		
	-	1,500	10°-54'	485	485	485	485	485	-	1,500		
	-	2,300	10°-00'	485	485	485	485	485	-	2,300		
1728	1,700	2,500	7°-14'	545	545	545	545	545	1,700	2,500	V	
	+	2,300	10°-10'	545	545	545	545	545	+	2,600		
	-	1,800	11°-54'	545	545	545	545	545	-	1,800		
	-	2,500	10°-00'	545	545	545	545	545	-	2,500		
2032	2,000	2,800	8°-58'	577	577	577	577	577	2,000	2,800	V	
	+	3,000	10°-10'	577	577	577	577	577	+	3,000		
	-	2,100	11°-54'	577	577	577	577	577	-	2,100		
	-	2,800	10°-00'	577	577	577	577	577	-	2,800		
2236	2,200	3,200	9°-24'	570	570	570	570	570	2,200	3,200	V	
	+	3,500	10°-54'	570	570	570	570	570	+	3,500		
	-	2,300	10°-54'	570	570	570	570	570	-	2,300		
	-	3,200	11°-04'	570	570	570	570	570	-	3,200		

6 1形式のビットによる掘さく径の変更について

- 1) シャフト径は表-1に示すとおり2種類に変更できる。先端ビット①に取付けてある先端カッタ②を移動(ボルト締め)することによって行なう。先端カッタ②を取替えることにより自由な径を選ぶことができる。
- 2) 拡底径は拡翼ビット③と油圧シリンダ④により上げ、あらかじめセットしてあるストッパ⑤によって所定の寸法を確保する。
- 3) 拡底ビットの下端部⑥が鉛直になっているため、鉛直断面が確保される。この部分の寸法は300mmであるが、このままの形状で掘さくと続ければ鉛直部の寸法は自由に長くすることができる。

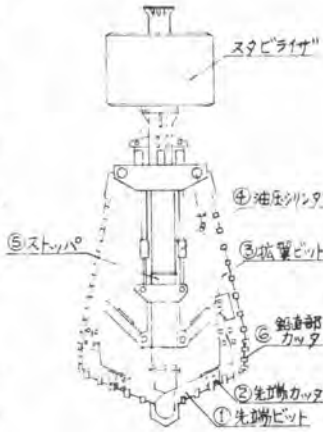


図-5 拡底部規制時



写真-1 シャフト部掘削時

7 拡底部の観察

載荷試験終了後、深礎工法にてTKRぐいを掘り起こし、ぐいの形状、施工精度の測定を行なった。さらに、ぐい本体を地上に取り出し、検査の結果、ぐい底部はスライムもなく良好であることが確認された。(写真-2, 3)



写真-2 試験ぐい下半分(25%)



写真-3 拡底部寸法検測

8 載荷試験

1) 試験要領

TKRぐいの載荷試験を行なった地点の土質は、図-6に示すとおりである。試験ぐいとしては、TKRぐい：シャフト部φ1,250mm、拡底部φ1,800mm、根入長さ15m、比較ぐいとして(アースドリルぐい)：φ1,200mm、根入長さ15mを実施した。

試験ぐいの施工要領は、いづれのぐいも通常行なわれている方法で実施し、支持層への根入は2.5mであり、また上部の約10m間はアスファルト塗布鋼製パイプを用いてフリクションカットを行なって実施した。なお、反力ぐいとして、アースアンカ、φ150mm、12本を利用し、ジャッキは、300t×7基を用いて最大1,900t載荷を実施した。

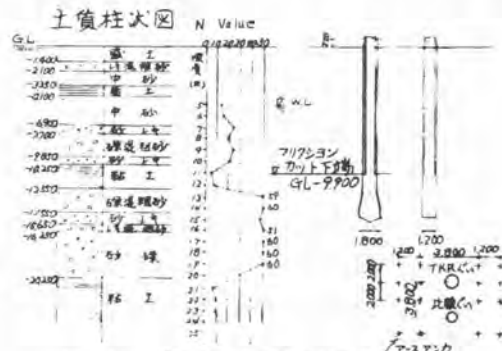


図-6 載荷試験要領図

2) 試験結果

最大荷重 (TKRぐい: 1,900t, 比較ぐい: 1,000t) においても、双方とも極限支持力には達しなかった。

同一荷重量における沈下量は、図-7に示すとおり、TKRぐいが比較ぐいをかなり上まわった。先端支持力度が700t/m²の時、TKRぐいの先端沈下量は、比較ぐいの約1.5倍となっている。地盤を弾性体と仮定しての検討では、この沈下量の差はくい底面積の相違に基づく即時沈下量の差にほとんど等しいことが確かめられた。

なお、くい頭における支持力の判定結果は、表-2のごとくである。ただし、()内は支持力度であって、TKRぐいについては、抜底部の外周より100mmを差引いた1,700mmを有効断面と考慮して算定した値である。また、比較ぐいについては、φ1,200mmの全断面積をもとに算定してある。長期許容支持力度は、極限支持力度の1/3以下、かつ、降伏支持力度の1/2以下として求めた推定範囲が示されている。

以上の結果として、従来のN>50の良質な支持層に支持された場合の長期許容支持力度の上限値250t/m²に対して、より大きな値となっていることがわかる。またTKRぐい築造に使用したコンクリートの設計規準強度 $f_c = 320 \text{ kg/cm}^2$ であって、標準供試体の4週強度は平均329 kg/cm²であり、なお、載荷試験終了後、くい体より採集したコンクリートコア-供試体の圧縮強度試験を行なった結果、(材令103日)の強度の平均値は、中央部、端部(くい中心より33cm離れた位置)とも設計基準強度を満足し $f_c/4 = 80 \text{ kg/cm}^2$ に対しても安全であると評定された。

9 おすい

TKR工法の概要と各種試験の結果を述べたが、本工法は東京建機工業株式会社がりバー工法12年間の経験と、総延長43万mの施工実績から開発したもので、TKRぐいの支持力、強度、精度等が万全、確実であることが日本建築センターにより証明された。この工法を土木、建築工事の基礎に用いれば、TKR工法の特長である、大支持力、省資源、省力化により、基礎工事費の大幅な節減ができる。

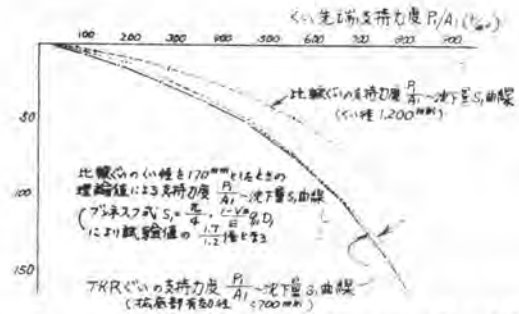


図-7 TKRぐいと比較ぐいの荷重-沈下曲線比較(くい頭)

解析法	極限支持力 P_u (t) (抜底部有効径)	降伏支持力 P_y (t) (抜底部有効径)	
		くい径	くい径
TKR ぐい	LoSP-LoGS	1,500 (6.61)	610 (2.22)
	S-LoGS	1,900 (7.05)	-
	P-LoGS	1,400 (6.17)	-
	VEN d'Arveen (標準)	2070 (9.2)	-
比 較 ぐ い	LoSP-LoGS	750 (6.63)	610 (5.40)
	S-LoGS	800 (2.88)	-
	P-LoGS	697 (6.17)	-
	VEN d'Arveen (標準)	1150 (10.18)	-

表-2 くい支持力一覧表

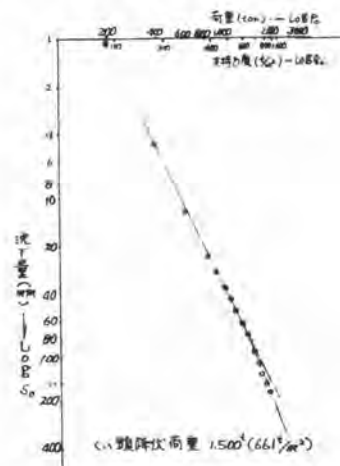


図-8 LoGS0 ~ LoGS曲線
TKRぐい(くい頭部)

24. リバース工法による大口径岩盤掘削の 施工実績について

日立建機(株) 石川 泰 昭

1. まえがき

近年、輸送需要および住宅需要の急増に伴い、各種輸送機関の関連設備や高層ビルなどの建築物は、ますます大形化し、陸上はもとより海上にまで建築されるようになってきている。

この傾向にもない杭基礎工事もより大きな径でより深くかつ硬質地盤または岩盤層まで根入れを必要としている。

このためこれらの杭基礎施工に、リバース工法による大口径岩盤掘削機が国内はもとより海外でも多く採用されるようになってきた。

ことに基礎工が特に難工事とされている香港において地下鉄と海上ホテルの杭基礎工事が昨年の10月より行なわれているので、日立リバースサーキュレーションドリルを応用したその施工機械と現在までの施工実績を紹介する。

2. 大口径岩盤掘削機の特長

香港地下鉄基礎杭施工用としてS300(掘削トルク 3.8t-m)6台とS400-R(掘削トルク 6t-m)7台を使用し、海上ホテル基礎杭施工用としてS500-R(掘削トルク 12t-m)を2台使用している。

表-1に、本格的な大口径岩盤掘削機として製作したS500-Rの仕様を示す。

またS500-Rの特長を下記に示す。なお岩盤掘削の心臓部となるドリルビットの詳細については次項にまとめて記す。

- (1). 岩石最大圧縮強度 2000 kg/cm^2 、最大口径2m中の掘削が可能である。
- (2). ケリースラスト(専用支持架構)の取付けにより大容量のクレーンが不要である。
- (3). ビット荷重と吊り荷重が直読できるため、ビット荷重と掘進速度の調整が容易である。



写真-1 S500-R機械外観

穿孔能力	ビット径	1,067~1,982mm	
	穿孔深さ	50m	
サニタイズ	原動機 出力	57PS/2000r.p.m	
	サクションポンプ 流量(m^3/min)	8.4	
油圧ユニット	原動機 出力	187PS/1800r.p.m	
	主油圧ポンプ	吐出量(l/min)	0~390
		圧力(kg/cm^2)	MAX 240
副油圧ポンプ	吐出量(l/min)	12+28	
ロータリテーブル	回転数(r.p.m)	0~22	
	トルク(t-m)	0~12	
ケリーバ	長さ(m)	4, 2.7	
ドリルパイプ	長さ(m)	3, 2, 1.5, 1	
ドリルカラー(上)	重量(t)×本数	8.1×8	
ドリルカラー(下)	重量(t)×本数	8.5×1	
スタビライザ(上)	形式	ブレードシュー式	
スタビライザ(下)	形式	カンタローラ式	
ローラビット	形式	コウティング式	

表-1 S500-R仕様

- (4). ビット形状がコンケイブ形状であるため、軟石層などへのくい付きがよくほとんど孔曲りしない。
- (5). コントロールユニットですべての油圧リモート操作が可能である。
- (6). 油圧系統に各シリンダの同調回路、逆走防止回路およびクリースラスタへの振削振動伝達緩和回路が組込まれている。

3 大口径岩盤掘削用ドリルビットの持長

大口径掘削機のドリルビットは、従来、バイト形の超硬合金鋼チップを取付けた三翼ビットとツース形カッタを取付けたフラットボトム形のローラビットとを地層の硬さに応じて使い分けていた。

しかし今回の香港の地質は主に花崗岩質（最大圧縮強度 $1,500 \text{ kg/cm}^2$ ）であり、しかも風化している層に未風化の巨大な玉石、軟石が多く介在している為、従来の三翼ビットの他に特殊形状のコンカルカッタを取付けたコンカルビット（図-2）およびコンケイブ形のローラビット（図-3）を使用した。

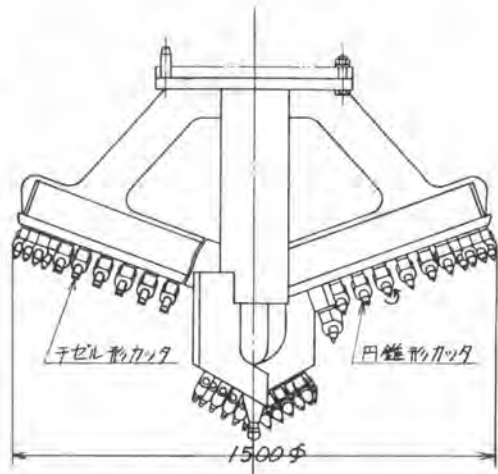


図-2 コンカルビット

円錐形および千ゼル形の超硬合金刃先のカッタをカッタ取付ブロックに回転可にとりつけたコンカルビットで圧縮強度 100 kg/cm^2 以下の上部軟岩層を掘削し、ツース形カッタおよびチップインサート形カッタをコンケイブボトム形のビットボディに取付けたローラビットで下部中硬岩層を掘削した。

本コンカルビットは通常の引き掘削作用のほかに軟岩の破砕および圧壊掘削作用をプラスしたものであり、またコンケイブ形のローラビットは中硬岩層を能率よく掘削すると同時に、軟石層や不均質層および傾斜岩盤部でも滑ることなくくい付きを防止するためのものである。

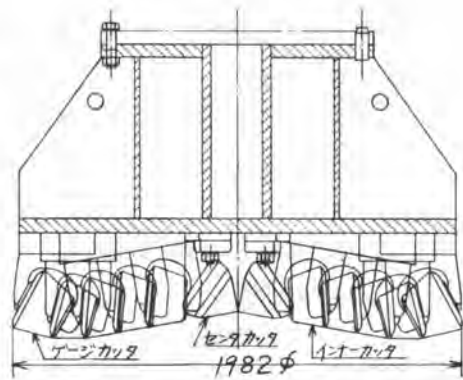


図-3 コンケイブ形ローラビット

本ローラビットのローラカッタには、コマン形カッタをカンチレバー状に支持したものを中心部に取付けにほかに、インナーカッタ・ゲージカッタともシリンダ形のカッタを両端支持したサドル形を使用した。またカッタの刃先はツース形のものに圧縮強度 1000 kg/cm^2 以下の岩盤に使用し、チップ先端が千ゼル形の刃先をインサートしたものを圧縮強度 1500 kg/cm^2 以下の岩盤に適用した。

なお、それ以上の圧縮強度の岩盤にはチップ先端が円錐形のものや半球形のものを用いる。

表-2に一般土質用の三翼ビットおよび岩盤掘削用のこれらのビットの使い分けをまとめて示す。

なお、コニカルビットは今後カッタの耐又性を向上させてさらに高い圧縮強度の岩まで適用できるような工夫が杭の施工コストからして好ましいものと考えられる。

	圧縮強度 (kg/cm ²)						
	5000	200	50	100	150	200	1000 1500
三翼ビット	→ 掘進速度 0.5%~1% で不経済 → 掘進速度 2%~5% で最適						
コニカルビット	→ 0.5%~2.5% で適 → 掘進速度 2%~5% で最適 → ビットカッタが磨耗し不経済						
ローラビット	→ 掘進速度が遅く不経済 → 0.2%~2% で最適						

表-2 各種ビットの最適地質

4. 施工実績

4-1. 施工概要

(1). 香港地下鉄杭基礎工事

杭総本数約2000本、杭径は1.0m, 1.2m, 1.5mの三種類で、深さ20~65mの場所打ちコンクリートリバース杭を施工するものである。地質は玉石、軽石混り風化花崗岩層で、杭の根入れ層は新鮮花崗岩(圧縮強度700~1000 kg/cm²)となっている。

掘削ビットは三翼ビット(ビット荷重2~5t)、コニカルビット(ビット荷重3~7t)、ツース形ローラビット(ビット荷重10~25t)の三種類を使い分けている。

(2). 海上ホテル杭基礎工事

杭総本数約350本のリバース杭による海中場所打ち杭造成工事。杭径は3'-6" (1,067mm), 4'-6" (1,372mm), 5'-6" (1,677mm), 6'-6" (1,982mm)の四種類、深さ19m~35mである。地質は玉石、軽石混り風化花崗岩質で新鮮花崗岩(圧縮強度1000~1500 kg/cm², 表面ショア硬度100)に1~7m深さ根入れしている。このように表面硬度が高く掘削性が悪い花崗岩は日本ではほとんど存在しないものである。

掘削は上部が粘着性のないう海砂層のためローラビットのみで行なっている。

なお、施工はこうした海底岩盤掘削作業に豊富な経験とノウハウをもつ帝石サク井工業株式の施工指導のもとに地元の業者が行なっている。

4-2. 海上ホテル杭基礎工事の施工法詳細と掘削施工実績

ローラビットによる中硬岩掘削例は国内では本四連絡橋の関連工事などで昭和42年頃からあるが、サドル形のチップインサート形カッタを取付けたローラビットによる本格的な実施例の報告はほとんどない。

よってここにこのようなローラビット(図-3)を使用した海上ホテル杭基礎工事の施工法詳細を図-4に示し、現在までに終了した杭径1,982mmの主な施工実績を表-3に示す。

本施工法は海上における場所打ちコンクリートリバース杭を施工するため、図-4に示すようにリバース施工のスタンダードパイプに相当するアウターケーシングを風化花崗岩層まで建込み、その中にインナーケーシングを杭の途中まで建込み、さらに杭の底部まで鉄筋が通る建込みで、その鉄筋がごとインナーケーシングを固定した後、生コンを打設するという特殊なものである。

掘削

パイプ建設

鉄筋コンクリート建設

生コン打設

パイプ建設

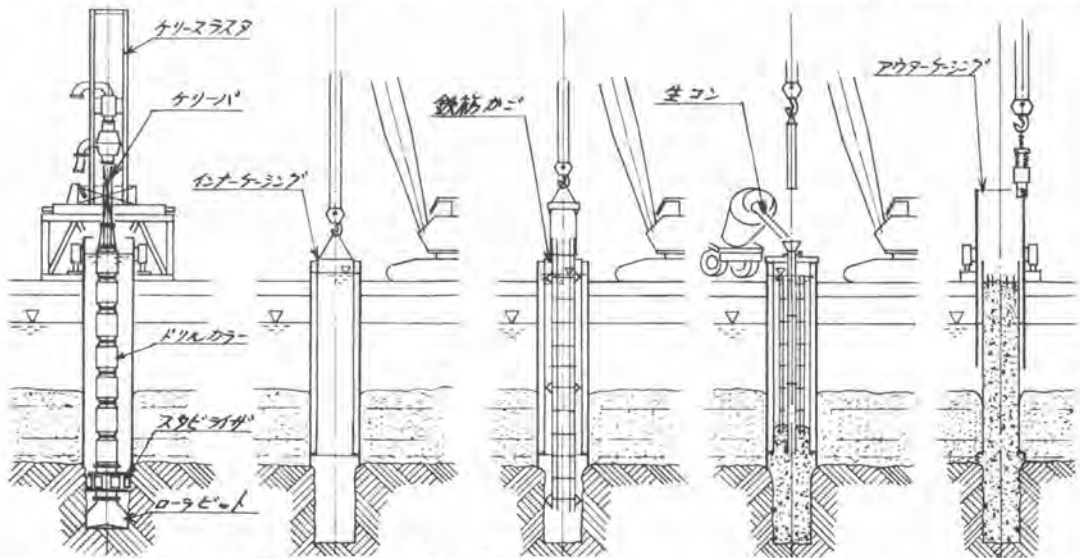


図-4 海上ホテル杭基礎工事の施工法

表-3の杭径1,982mmの掘削条件は下記に示す。

回転数: 8~10 R.P.M

トルク: 2~7 t-m

海砂: 1~4 t
 風化花崗岩: 5~35 t
 新鮮花崗岩: 40~53 t

なお、掘削終了後すべての杭につき超音波測定器により杭径および垂直精度を測定した。

その結果、軟石層や風化花崗岩と新鮮花崗岩の互層および最大

杭NO.	掘進長 (m)			掘削時間 (hr: min)	掘進速度 (m/hr)	杭長 (m)
	海砂	風化花崗岩	新鮮花崗岩 (100~150%)			
1	6.60	1.78	2.15	28:45	0.37	19.83
2	3.02	3.99	0.83	14:55	0.33	20.74
3	5.10	2.69	6.72	66:10	0.22	26.15
4	4.30	3.67	0.61	12:43	0.67	21.58
5	3.87	3.30	0.15	9:20	0.79	20.40
6	3.98	0.48	1.53	10:10	0.59	18.99
7	2.30	1.12	3.28	17:30	0.40	20.06
8	4.03	0.70	1.87	11:20	0.58	19.60
9	2.47	0.42	1.55	8:30	0.52	18.81
10	2.55	2.83	0.64	4:20	1.39	20.62

表-3 海上ホテル杭基礎の掘削施工実績 (杭径 1,982mm)

45°の傾斜岩盤部でも垂直精度1/500以上の精度の高い掘削が施工されていることが確認された。これは前述した本機およびドリルビットの持長によるものと考えられる。

5. あとがき

最大圧縮強度1500 kg/cm², 最大表面シヨア硬度100の花崗岩層で、しかも玉石、軟石が多く介在しているため掘削が困難視されて、香港の岩盤にて、リバース工法による最大約2m中の大口径掘削を順調に0.7mの垂直精度で施工できて、今後の施工の見通しもついた。

今後は本施工で開発したドリルビットの効率向上、耐久性向上などの研究を重ね、ユーザの要望も積極的に取り入れ改良を重ねていく所存である。

25. 鋼管矢板井筒の水中切断機の開発

清水建設 松川 喜郎
川崎製鉄 山口 銑治

1. まえがき

近年わが国においては、橋梁の立地難から河川、港湾等の水域に基礎を設けるケースが多くなってきた。このため基礎工法としての施工性、安全性、強度的信頼性にすぐれた仮締の兼用鋼管矢板井筒や鋼管杭基礎が、数多く採用されている。

これらの施工に際して、基礎構造物の完成と前後して、使用した鋼管矢板、鋼管杭などを水底付近で切断し撤去しなければならぬ。この切断作業には従来主としてダイバーによる酸素アーク切断、テルミット溶断のほか磁石による切削原理を利用した自動切断機などが使用されて来たがダイバー切断では切断位置の水深に限界があること、切断能率が低いこと、切断位置が土中の場合切断不可能であることなどの問題が多く、1才磁石式切断機では切断速度が遅い、厚肉鋼管の切断が難しいなどの難点があった。

そこで筆者らは切断能率が良く、厚肉鋼管の切断が可能な酸素アーク式水中切断機の実用化に関する共同研究を工業技術院四国工業試験所と行い、良好な結果を得たのでその概要を紹介する。

又鋼管矢板に使用される継手管のプレカット工法の欠点とされてきた高止り矢板の継手を切断する継手切断機(磁石式)を開発し切断実験を行ったので合わせてその概要を紹介する。

2. 酸素アーク式水中切断機

2.1 酸素アーク式水中切断機の切断原理および切断装置

酸素アーク切断法は軟鋼製の中空切断棒を使用し、棒と母材の間にアークを発生させて母材の一部を溶かし、そこに切断棒の中空部を通して酸素を吹き付けて、酸素と母材との酸化反応熱により溶断する方法である。アークは鋼材を予熱するのが主な目的であり、切断棒は表面にフラックスを塗布した被覆棒を使用している。このフラックスは切断時のアークの安定、棒と母材との短絡防止などの役目を果たすものであり、水中で使用する際に水に溶けてくずれぬのを防ぐために表面に防水ニス塗布する必要がある。予熱用のアーク溶接棒は交流、直流いすれでもよすが、水中でのアーク電圧を安定させるためス次電圧を高めることが望ましく、普通には切断棒1本につき溶接棒2台をシリーズに接続して用いる。図-1は装置の概略図を示したもので、この装置をワイヤ等を用いて鋼管内の所定位置に吊り下げ、圧縮空気によりシリンダを作動させて3オグリッパで装置を鋼管内部に固定する。

切断棒と母材間のアークのスタートは切断棒の先端にスチール

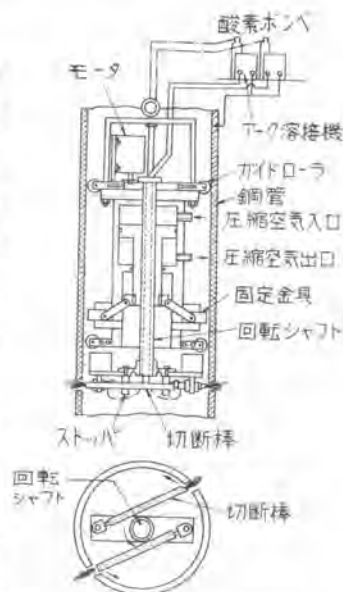


図-1 装置概略図

ウールを取付け、棒を鋳管内壁に接触させスイッチを入れると、スチールウールは一瞬にして溶融しアークが発生する。引続いて棒の中空部分から酸素を供給しながら切断棒を回転して切断が行われる。鋳管の場合内容積が制限されるので、長尺の棒を使用することが出来ないため図-1に示すように二本の棒を180°の相対位置にセットし、シャフトを約180°回転させて切断する方法を採用している。棒の溶融にともなう送りおよび棒と鋳管内壁との接触圧を一定に保持するためトルクマフクエータを使用している。棒径は一般には8mmφ~12mmφを使用するが今回は主として10mmφを使用した。

2.2 切断速度と酸素圧の関係

図-2に示す様な実験装置を用いて121φ×11, 1寸の鋳管を10mmφ及び12mmφの切断棒で切断試験を行い切断速度と酸素圧の関係を求めた。結果を図-3に示す。

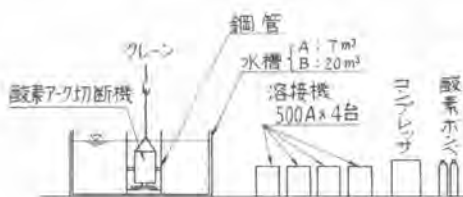


図-2 実験装置概略図

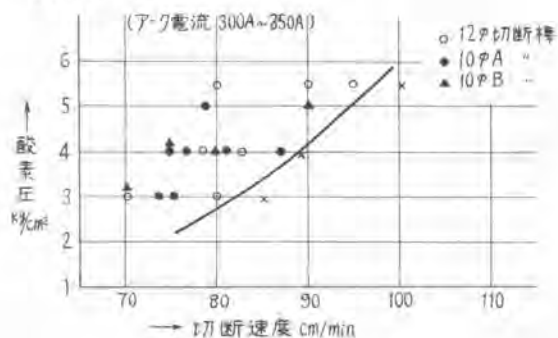


図-3 切断速度と酸素圧の関係

この結果から切断速度と酸素圧にはある程度関係があることが分る。切断棒厚12mm程度の鋳管の切断速度は80cm/min、酸素圧は水深プラス4kg/cm程度が妥当であろう。

2.3 切断棒の偏心および鋳管のひずみの影響

工事現場で鋳管を切断する場合、鋳管内への切断棒の据付誤差および鋳管自体のひずみなどによって、切断棒の回転シャフトから鋳管内壁面までの距離に、同一鋳管でもかなりバラツキが生じるものと予想される。酸素アーク式水中切断棒においては、切断棒を鋳管内壁に一定の圧力で接触させながら旋回する方式をとっているため、上述の距離のバラツキの程度によっては切断棒と鋳管内壁間の接触圧が急変し、うまく切断出来ない部分が生じる恐れがある。

そこで図-4に示すように切断棒を継手方向に25mm偏心させて切断してみた。なお鋳管矢板の継手方向の内径は1201mm、継手管と直角方向の内径は1193mmであった。

図-5は実験結果を示したもので、25mm(鋳管外径の約2%)程度切断棒が偏心するこによって、切断速度は偏心がないときと比べて多少低下しているが、殆んど有意差は認められない。なおこの実験で厚さ1~2mmの薄皮が残った例について、その発生位置を調べたところいずれも短径側であった。この原因としては、鋳管内壁と棒の接触圧がこの部分で上昇し、棒の進行速度が不規則に変化したことがあげられる。

このような薄皮は長さ2~3cm程度でありバイブロンマなどで容易に引抜くことが出来る程度のものであり、実用上、切断効果にはほとんど影響しないものと判断される。

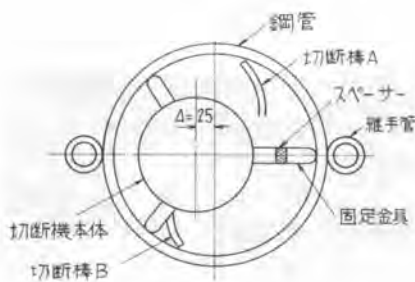


図-4 切断棒と鋼管の配置

2.4 厚肉鋼管の切断

鋼管杭又は鋼管矢板として使用される鋼管の板厚は9~19mm程度が普通で、ごくまれに25mm位のものが使われる。そこで鋼管1219中、板厚16mm、19mm、22mmについて切断し、その結果を図-6にまとめた。

図-6からは、板厚の増加による切断速度の低下を避けるためには、酸素圧およびアーク電流を板厚の増加量に応じて、高くする必要があることがわかる。

尚板厚32mmの鋼管については12mm中の切断棒を使用すれば切断速度50cm/min、酸素圧8kg/cm程度で切断できることが確認された。

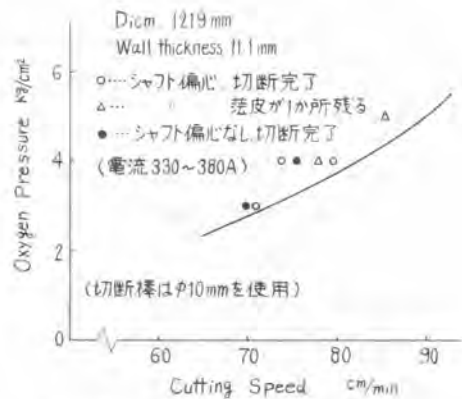


図-5 切断速度と酸素圧

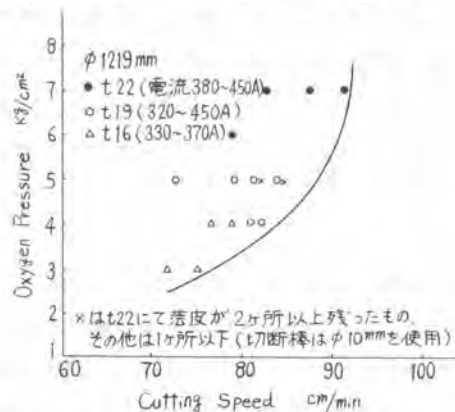


図-6 厚肉鋼管の切断速度と酸素圧

2.5 鋼管内側面にモルタルが付着した場合の切断

鋼管矢板の水中切断が必要となるいわゆる仮締切兼用鋼管矢板井筒工法では、鋼管矢板内の一部に中詰コンクリートを打設するため、鋼管矢板の切断予定位置付近にモルタルが付着していることが多い。

酸素アーク式水中切断機を使用する場合、このモルタルが切断の障害にはなることが予想されるので、図-7に示すように鋼管矢板の内側にモルタルを部分的に付着させて切断を試みた。その結果、通常の切断棒ではモルタル

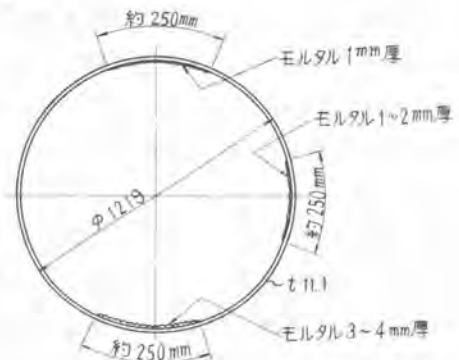


図-7 モルタル付着状況

厚1mmの部分でマーク始動できないこと、モルタル厚1~1.5mmの部分で切断の途中にある場合、写真-1に示す様にモルタル付着部を多少切断した状態でマークが切れること、モルタル厚3~4mmの部分で途中にある場合、棒がモルタル付着部に達した時点でマークが切れること、などがわかった。

以上のことから、モルタルが切断位置全体に付着している場合は切断困難なので、この切断工法を用いる場合、中詰コンクリートの打設時に切断予定位置にモルタルが付着しないように施工するが、切断に先立つてモルタルを除去する必要があると思われる。



写真-1 モルタル付着部の切断状況

2.6 その他

今回の酸素アーク式水中切断機の実用化に関する研究では前述した実験の他、鋼管の溶接部の余盛の影響、鋼管の外側に土砂、モルタルなどが付着した場合の影響、プレカット部に対する適応性、他海域における現場実験等を行った。紙面の関係でこれらの実験結果については報告出来ないが、酸素アーク式水中切断機の実用工の課題点はほぼ解明されたと考える。

3 継手切断機(磁石式)による継手の切断

鋼管矢板の切断を考えた場合、普通継手部の切断が困難なことから切断予定位置の継手部にプレカットをほどこすが、地盤等の関係から所定位置まで打設出来ない鋼管(高止り杭)があることがある。この場合、本管は切断出来るが継手が切断出来ないため、プレカットが有効に使用出来ず結局ダイバー等により切断してきた。そこで今回、高止り杭の継手を従来使用していた磁石式水中切断機を改造し、610mmのカッターを取付けて継手を鋼管内部から切断する継手切断機を開発し、2ヶ所の現場で合計4本の継手の切断実験を行い一応の成果を得た。このときの継手1本当りの切断時間はmin15分、max86分であった。写真-2は切断面を示す。



写真-2 継手の切断面

4 あとがき

鋼管の酸素アーク式水中切断機の概要及び一連の実用化実験の結果について紹介し、又継手切断に関して簡単に紹介した。紙面の関係で紹介出来なかった事項に関しては別の機会に紹介したい。

26. 小型低公害鋼矢板等圧入引抜機械とその施工方法

川鉄商事株式会社 八田 俊 志
住友重機械建機販売株式会社 山 本 武 久

1. まえがき

今まで鋼矢板の埋設工事には、バイプロハンマ、ディゼルハンマ、ドロップハンマ等が利用されてきたが、最近、建設工事の無公害化、環境保全等の要求から、これらの工法では騒音や振動を伴うため工事の制約を受ける状況にある。一方、私達の生活に直接関係のある上下水道、ガス、電気、通信等の環境整備事業が促進されているが、これらの多くは住宅密集地帯か、その近辺にある場合が多く、道路占用中、架線等により機械規模（巾、高さ、重量）の制約を受け、工事の施工が非常に困難になってきている。これらの作業環境のもとで作業が出来るS-40ミニマップは、川鉄商事(株)、(株)マップ工業及び住友重機械工業(株)の協力により開発された機械で、住友LINK-BELT S-40油圧ショベルに鋼矢板圧入装置のアタッチメントを取付ける事により低公害で鋼矢板の圧入、引抜の出来る小型低公害鋼矢板等圧入引抜機械である。

2. 仕様

本体（住友LINK-BELT S-40）

旋回速度 9.5 rpm
走行速度 1.75 km/h
登坂能力 10% (6°)
(前進登坂, 後進降坂)

エンジン型式 HPS-DA120
定格出力 82 PS / 1800 rpm

油圧ポンプ型式 2速ギヤ-式
吐出圧力 140 kg/cm²

燃料タンク 175 l

アタッチメント

リーダ スタンダード 5150 mm
エクステンション 2000 mm
1000 mm
下部リーダ 650 mm

トップシープ 450 mm

アースオーガ モータ 5.5 kW x 2

(200/220V 50/60Hz)

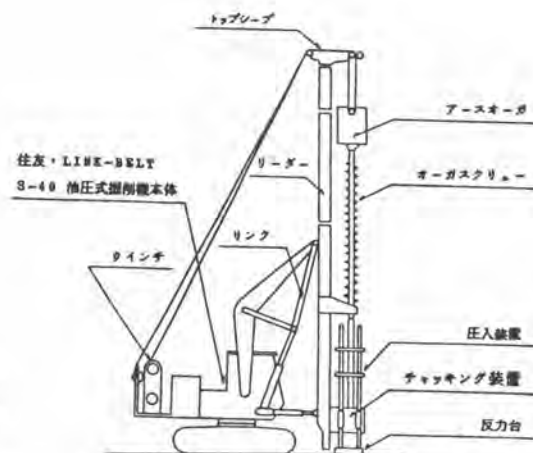


図-1 機械全体図

常用トルク 511 kg-m / 60 Hz 619 kg-m / 50 Hz
 回転数 19.1 rpm / 60 Hz 15.8 rpm / 50 Hz

オーガスフリー 径 中 270 mm
 長さ 2000 mm, 1000 mm

スフリーヘッド 径 中 270 mm
 長さ 500 mm

アンテナジョイント 2000, 2500, 3000 mm (伸縮)

圧入シリンダー 圧入力 24.5 ton x 2
 引抜力 16.8 ton x 2
 ストローク 1000 mm

チャッキングシリンダー
 チャッキング力 最大 50 ton

ウインチ

	モーダ	ロープ引張力	
アースオーガ用	8.1 kW	1000 kg / 60 Hz	1300 kg / 50 Hz
鋼矢板用	6.1 kW	850 kg / 60 Hz	1000 kg / 50 Hz

引抜補助シリンダー (オプション)
 引抜力 11.4 ton
 ストローク 125 mm

全装備重量 16500 kg (500 mm グローサシェー)

接地圧 0.59 kg/cm²

3. 工法

S-40 ミニマップ工法は、鋼矢板を無騒音、無振動で圧入する新工法でアースオーガによる掘削と油圧圧入装置による圧入を連携させて、鋼矢板を静荷重にて圧入する工法である。即ち、鋼矢板のウェブ内側をアースオーガで掘削して鋼矢板の内側の摩擦抵抗を低減し、また鋼矢板の先端部はオーガスフリーが鋼矢板より0.5 m程度先掘して先端抵抗を小さくしつつ油圧圧入装置の中にあるチャッキングシリンダーにより鋼矢板をチャッキングし圧入シリンダーにより圧入する工法である。

4. 施工順序とその機構

S-40 ミニマップを運転施工する時には、工事用電力設備の発電機 (50 kVA 以上) が必要で、スイッチボックスは機械より25 m以内に設置する。

施工順序

1) 機械の移動及び設置

S-40 ミニマップを鋼矢板の法線に沿って仕事のできる位置に移動させ平滑な安定した場所に設置する。

2) 鋼矢板の吊込み

鋼矢板に吊込み用の穴を事前にあけておき、そこにワイヤーを掛け鋼矢板を引寄せ吊込む。

3) 鋼矢板セット

吊込んだ鋼矢板と油圧圧入装置に入れ、チャッキングシリンダーによりチャッキングを行い、前に圧入した鋼矢板とセクションを合わせる。また前に圧入した鋼矢板の吊込み用の穴を利用して本体とアンカーにより連結し反力とする。

4) オーガ掘削と鋼矢板圧入

オーガスフリーを回転させアースオーガの自重と推進力により鋼矢板のウエブ内側を掘削しながら圧入しシリンダーの圧入力で鋼矢板をチャッキングしている油圧圧入装置を押し下げ、シリンダーが最も延長になった時チャッキングを離し油圧圧入装置を圧入シリンダーを縮めることでより上げる。またチャッキングをを行い圧入を繰り返して作業を行う。

5) 鋼矢板圧入完了及びオーガ引抜

以上の操作を繰り返して圧入を完了するにオーガを逆回転させスフリーについた土砂をスコップで取り除きながらオーガスフリーを徐々に引抜きながら埋戻しを完全に行う。

5. 能力

鋼矢板	U形	II, III型	長さ 最長 7m
土質	N値	砂質地盤	30以下 礫の大きさ 50mm以下
施工地盤		水平地盤	

6. 特長

- 1) 無騒音、無振動で施工できる。
- 2) 従来工法では全く困難な場所で施工できる。
 - (1) 狭い場所での工事
 - (2) 架線等による高さ制限を受けられる場所での工事。

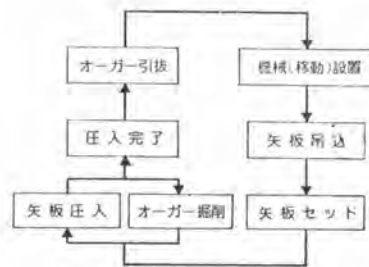


図-2 施工順序

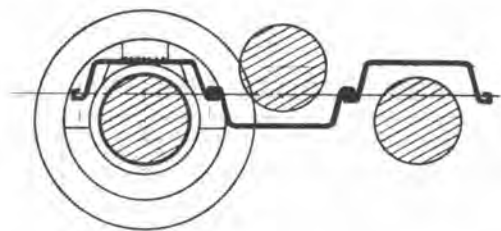


図-3

(3) 搬入路の狭い場所での工事。

- 3) 油圧ショベルの一部を取替えることにより同一機械で鋼矢板の圧入工事や掘削工事を施工することができる。
- 4) 本体が油圧ショベルなので操作が簡単、又コンパクトなため住民に威圧感を与えない。
- 5) 機械が小型であるため燃料、電力、輸送費が少なく済む。

7 騒音、振動

S-40 ミニマップは打撃や振動を与えずに、静荷重で圧入するため、騒音、振動をよさず、S-40 本体も騒音タイプに改良されているため町中での暗騒音60~70 d(BA)と同程度の騒音となり、また振動についても振動速度 0.1 m/sec (補正加速度レベル50 dB) 以下と自動車等の騒音と振動より静かに作業ができるため、工事の制約と受けずに作業が出来る機械である。

身辺をとりまわっている騒音レベル

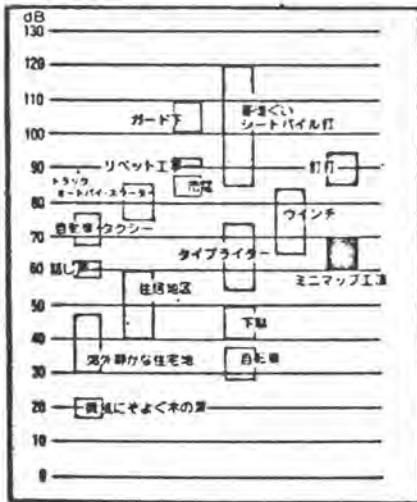


図 - 4

他工法との振動比較

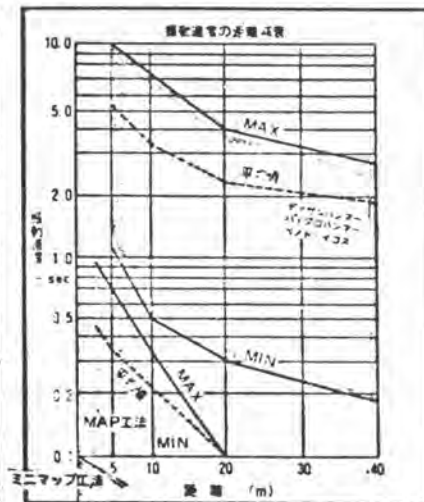


図 - 5

8. あとがき

51年8月発売以来、50数台のS-40ミニマップが稼働し、圧入延べ長さ約300kmの鋼矢板の圧入実績から、市街地での騒音、振動は問題なく工事の制約と受けずに作業ができ、機械規模の別時もなく、搬入路が狭い、人家に密着するシビアな作業環境下でも作業できる機械である。またフロントアタッチメントをアーム及びバケットに取り替えることにより油圧ショベルとしての掘削作業ができる機械である。更に改良を重ねより一層充実した機械に仕上がっている。

27. 連続地下壁の掘削管理システム

(株)竹中工務店 鈴木 昭夫

1. まえがき

連続地下壁工法は、最近では一般的な工法として普及し、壁厚1,200mm、深度50mといった大形工事も出現するに及んでいる。このような工事規模においては、従来の施工管理技術では品質、安全性などの面での信頼性の保証が困難となってくる。

本掘削管理システムは、このような新しい要求に対応する必要から生まれたもので、計測技術を活用した科学的な管理手法により掘削溝を垂直精度良く掘削することにその目的がある。

以下に本掘削管理システムの概要ならびに施工実績例について述べる。

2. 使用掘削機の特徴

使用掘削機はBW掘削機をベースマシンとして、これに高い掘削精度を確保するために必要な改良を施したもので、以下のような特徴を備えている。図-1に掘削機の全体図を示す。

(1) 固定ガイドの延長による鉛直性安定度の向上

掘削機の両サイドに設けられている固定ガイドを延長し、掘削溝内における掘削機の鉛直性安定度の向上を計った。

(2) 掘削方向制御装置取付位置の変更による方向修正の操作性の向上

BW掘削機は掘削機の傾斜修正用として、従来掘削機の頭部(図-1の斜線の位置)に掘削方向制御装置が設けられているが、この位置を図のように掘削ビットに近い所に変更した。これによりビットの偏位を直接修正することができ、従来方式に比べて操作性が向上し、より良好な掘削精度の確保が可能となった。

3. 掘削管理システムの概要

従来BW掘削機では、掘削施工の品質はオペレータ個人の技能に頼っており、工事管理者自身それがそれを適確に把握管理することは難しい状況であった。本掘削管理システムは、計測技術を導入することにより、工事管理者が科学的なデータに基づいてオペレータに適正な指示を与え、オペレータの技能を側面からサポートするものである。

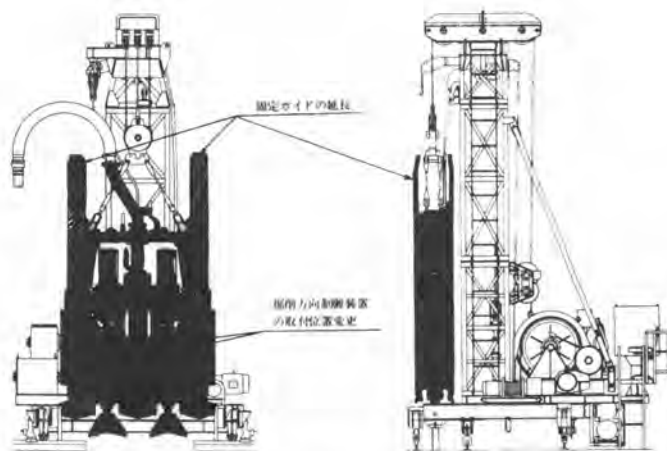


図-1 掘削機全体図

また、掘削終了後は出来上がった溝壁の状態を超音波溝(孔)壁測定器を用いて計測し、その結果を次の掘削にフィードバックする。

以上のように本システムは、客観的なデータに基づいた施工管理を行なうことによりさらに精度の高い連続地下壁を構築するものである。

3.1 掘削時の計測管理

本掘削システムは、ワイヤロープで吊り下げられる掘削機の特徴を活かす意味で、掘削機の吊りワイヤロープの張力を常に一定に保ちながら下げ振りの原理に従って掘削する方式を採用している。このため掘削時常に、①掘削ビット荷重(ワイヤロープ張力)、②掘削機の傾斜(前後および左右)、③掘削深度、の3項目を重要事項として計測管理する。その計測管理システム概要を図-2に示す。各計測データは計測室にて図-3のように自記録表示される。この計測管理項目の中で掘削機の傾斜が管理上のポイントで、計測管理者はこれが常に管理目標精度(1/300~1/350)以内に入るように管理する。管理目標値をはずれた場合には電話連絡によりオペレータに適正な指示を与え、掘削機の偏位が微小範囲のうちに修正掘削を行なう。

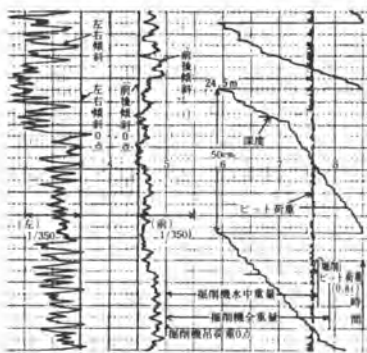


図-3 計測記録例

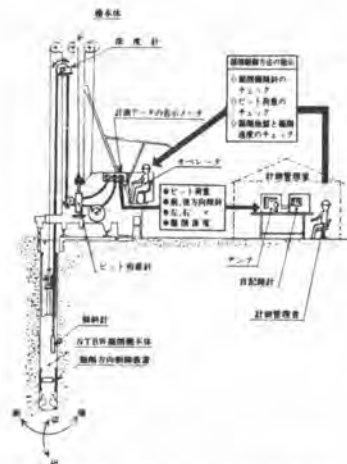


図-2 計測管理システム

3.2 掘削溝壁の精度管理

掘削後常に溝壁の建入精度、平面精度などをチェックし、次の掘削技術に反映させることは施工管理上重要である。このため超音波溝(孔)壁測定器が使用される。

3.2.1 測定原理

掘削溝内を下げ振り方式に鉛直に降下する検出器(振動子)から超音波を壁面に向けて発射し、反射波を受信するまでの時間差から壁面までの距離を連続的に検知して、その凹凸の度合および傾斜状況を測定する。

3.2.2 機器の構成

装置は、①掘削溝中に降下して超音波を送、受信する検出器、②高周波電気信号を発生する発振器および記録器、③検出器の巻上げ、下げを行なうウインチ、の3つの要素から構成される。

装置の概要を図-4に、測定記録例を図-5に示す。

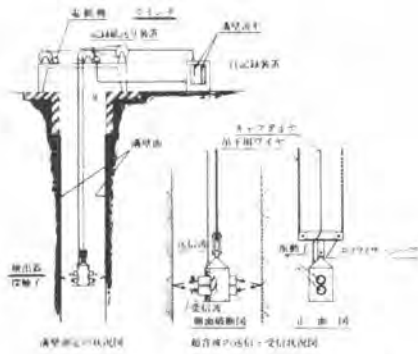


図-4 超音波溝(孔)壁測定器概要図

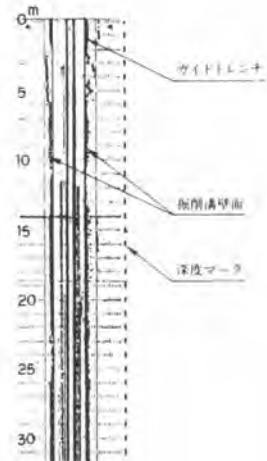


図-5 掘削溝壁の測定記録例

4. 施工実績

4.1 掘削精度、掘削能率およびビット荷重

本掘削管理システムを用いた施工において、掘削精度の分布状況ならびに掘削能率、ビット荷重について作業所別にまとめて図-6、図-7に示す。

目標精度(1/300~1/350)以内で施工された掘削溝壁が全体の約85%以上という良好な結果を得ることができ、従来の施工結果に比較して大きく精度の向上を計ることができた。

また掘削能率についても、本掘削管理による能率の低減は認められず、修正掘削といった後戻りのな作業を未然に防止することにより、全体の施工能率としてはむしろ従来施工を上回った値を確保することができた。

掘削時におけるビット荷重は、N値50以上の硬い砂レキ層においても2t以下で十分掘削可能で、このように必要最小限のビット荷重で掘削したことが掘削機の下げ振り機構を活かし、精度向上につながったものと考えられる。

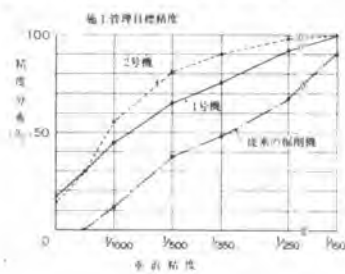


図-6 A作業所
施工実績

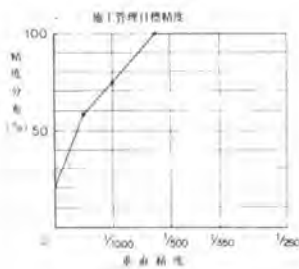
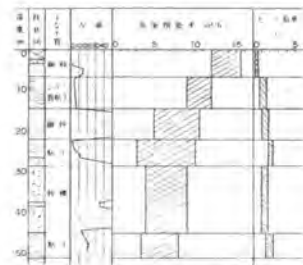
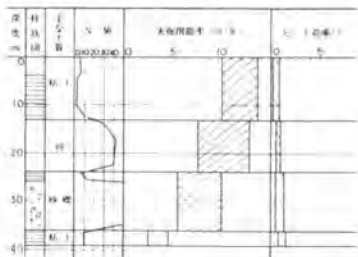


図-7 B作業所
施工実績



4.2 計測記録波形と溝壁の傾斜との関係について

掘削時の傾斜計の記録波形と掘削後超音波溝(孔)壁測定器で測定した結果とについて比較検討を行なった結果、相互の関連状況が4種のパターンに大別でき、これを図-8に示す。この関係図から掘削時における傾斜計の記録波形から掘削溝の傾斜の傾向をかなり明確に把握することが可能である。

掘削管理としては、①のパターンで遂行するのが望ましいといえる。

5. むすび

以上、連続地下壁の掘削管理システムの概要ならびに施工実績例について紹介した。計測技術を導入した科学的な管理手法の採用により、掘削精度の向上および修正掘削の根絶に大きく寄与することが明らかとなった。

本システムによる施工管理の一部において、マイクロコンピュータ等を用いて掘削機

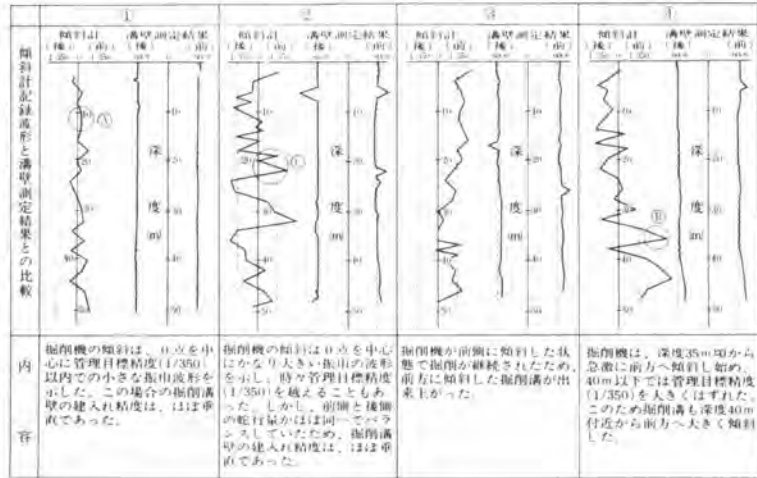


図-8 掘削機の傾斜計記録波形と超音波による溝壁測定結果の比較

の傾斜からその偏位量を算出

する試みが行なわれた。その結果、実用化の可能性ならびにその効果を見い出すことができた。本システムのさらに発展した将来像としては、図-9のように偏位量演算装置を組み込んだ計測機器一式を掘削機のオペレータ席に搭載し、オペレータがこれらのデータを自主的に判断し、掘削制御するシステムが考えられる。このような掘削管理方式の実現により、作業所における計測の省力化およびオペレータの施工品質に対する意識の向上などが期待できるものと思われる。

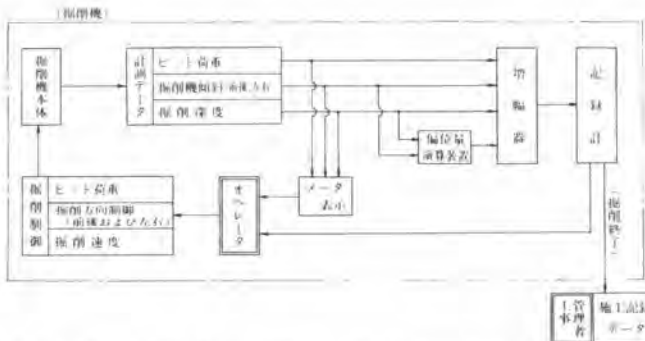


図-9 連続地下壁掘削管理システムの将来像

今回連続地下壁の掘削管理の問題に取り組んだことを機会に計測技術を施工管理に幅広く応用し、建設工事の合理化に貢献していきたいと思う。

28. ジェットシーム工法

日本国土開発株式会社 阿部 安秀

1. はじめに

無振動・無騒音工法として近年非常に多く用いられるようになったPIP工法は、その機動性・経済性等の優れた利点を持つている。しかし、PIP工法を仮設山留め工法として用いた場合、一般的には止水性のある連続柱列杭と言われているが、施工精度により止水性は期待できず湧水量の多い地盤ではそれが最大の欠陥となっている。特に細砂層の地盤では湧水と共に砂が流出し、PIP杭背面に大きな空洞を生じさせ、家屋の沈下、路面の陥没等の災害を起こす原因となっている。従つてこれらの問題に対して事前に何らかの対応策を考えておく必要がある。

現在行なわれている方法として山留背面への薬液注入、ウエルポイント工法などがあるが、いずれの方法も経済性を含めて満足な効果は期待しえない。薬注では土質による注入範囲が限定されておりウエルポイント・デイブウエルを併用する工法では周辺地盤の沈下が避けられない。特に細砂層では砂粒子の汲み上げにより沈下現象が広範囲に及ぶ。最近、超高圧のジェットを利用したUOP工法あるいはジェットグラウトが使用され、従来注入あるいは改良が困難とされていた地層に於いても効果を発揮している。しかし、この種の工法をPIP柱列杭間隙からの漏水に対処させるのは図-1、2に示すように過大な施工になり、PIP柱列杭との組合せによる土留は経済性に問題があり特殊な場合以外には使用できないであろう。

PIP杭間隙の充填は、土留め壁完成後に前述の補助工法を用いるより、杭の形成と同時に間隙を充填する工法が期待される。

そこでまだ固らないモルタル杭中から既成杭に向けてLW又はセメントミルクをジェットグラウトしてPIP杭間隙を充填するジェットシーム工法を開発し、現場実験及び2現場につき施工をおこなった良好な結果を得たので報告する。

2. ジェットシーム工法の概要

通常PIP杭は一本おきに打設され(これを親杭と称する)、親杭のコンクリート硬化後親杭の間の杭(子杭又はモルタル杭)が打設される。ジェットシーム工法は、この子杭モルタル打設後、子杭側から親杭に向けてジェットグラウトを施工し止水壁を形成する工法である。噴射圧により子杭と親杭間の土砂を排除し薬液におき換えるのであるが、ジェット圧により親杭の表面は削られ粗になるた

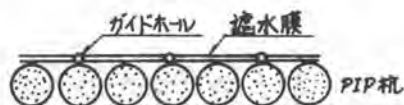


図-1 ジェットグラウトによる止水



図-2 CCP工法による止水



図-3 ジェットシーム工法による止水

め十分薬液と付着し一体化する。また薬液は約15cm程度の杭に相当するため止水壁として十分な強度を有すると判断される。

施工機器の概要及び完成写真を右図に示す。

3、現場実験

工法自体の止水効果とともに注入圧力、ロッドの引上げ速度、薬液の種類などの効果判定のため現場実験をおこなった。

実験は昭和49年11月に東京都江東区の地下鉄10号線の建設現場においておこなわれた。当地の地質状況はG L、

0～1.5mまで表土、-7.5mまで砂層、それ以深は軟弱層が続いている。地下水位は地表下50cm程度であり、上部砂層の止水を目的とした。

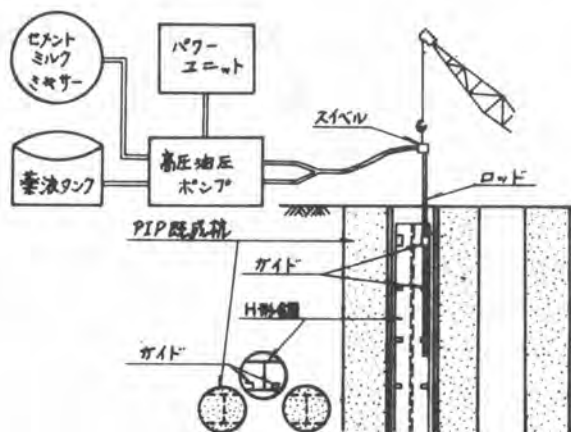


図-4 ジェットシーム工法（模式図）

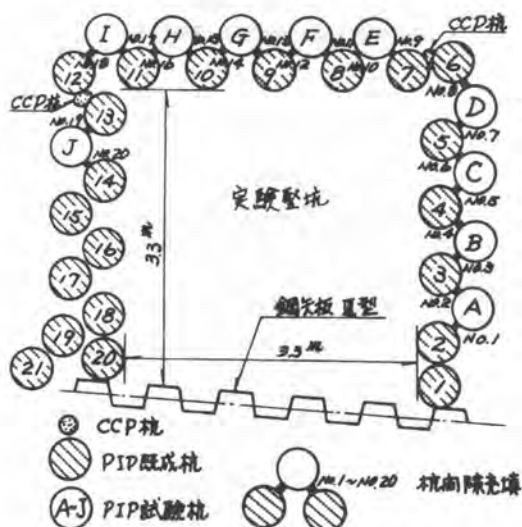


図-5 実験立孔平面図

1) 実験方法

子杭モルタル打設後PIP杭本体のH型鋼にガイドを取り付けて建て込む。ロッドをガイドに沿わせてG L、-7.5mまで挿入する。次に先端から薬液を噴射させながら、ロッドをクレーンによつて引き上げる。引き上げ速度はワオツチマンとクレーンのオペレーターが連絡しあつて管理する。養生後、実験立坑を掘削して観察する。立孔の平面図を図-5に示す。



写真-1



写真-2

実験立孔面のうち2面にジェットシーム工法を施工し他の1面は特に止水を行わず、掘削後両者を比較することとした。試験杭は10本で、グラウト圧力50~200 kg/cm²、ロッド引き上げ速度1.0~2.0 m/分、薬液はLWとセメントミルクの組み合わせで16ケースについて実験を行なった。

2) 実験結果

掘削後の観察の結果、図-5の①~②杭、⑳~㉑杭、㉒杭~シートパイルの間隙からは地下水とともに砂も流出したが、ジェットシーム施工箇所からは1ヶ所滲み出る程度の漏水があつたが、他は全く漏水がなく、止水効果が良好である事が判明した。また注入圧力、ロッド引き上げ速度、薬液の種類による止水効果の差異は認められなかつた。この結果を基に2現場において施工をおこなつたので報告する。

3. 福岡市高速鉄道1号線平和台東工区における施工

施工場所は平和台球場のすぐ横で、片側は重要文化財に指定されている黒田城の掘削りがあり、一方は中低層のビルが立ち並ぶため、止水方法には十分慎重を期する必要がある。PIP杭は止水性を考慮して図-6のようにラップ杭としているが、

PIP杭の施工精度から判断して完璧な止水壁の構築には自信が持てなかつたため、ジェットシーム工法を採用した。本工区での施工概要は次の通りである。

施工期間； 昭和51年8月~52年2月

施工延長； 6190 m

1本当り施工長； 7~10 m

引上げ速度； 1.5 m/分

注入圧力； 100~150 kg/cm²

薬液の注入量； 20ℓ/m

薬液の種類； セメントミルク

+ベントナイト

1日当り施工本数； 6~7本

1日当り施工時間； 2時間

施工状況を図-7に示すが、原則としてPIP杭との並行作業とした。

施工は午前と午後に分け、施工完了のモルタル杭を3~4本まとめて施

工した。1本当りの注入時間は約10分~15分である。本工区の小杭には構造用鋼材が配置されなため、H鋼にロッドを溶接しガイドとした。(図-6、図-8)また施工機器及び資材は4トラック上に設置したが、これはPIP杭打機が2台稼働していたため一日毎に施工場所を移動したためである。現在、掘削が6mほど進行したが漏水は全く認められず、十分な止水効果が得られている。

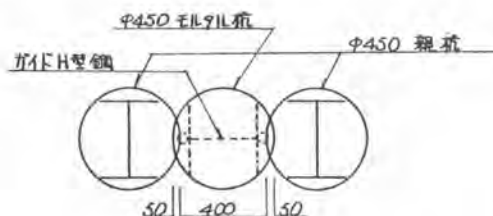


図-6 PIP杭配置図

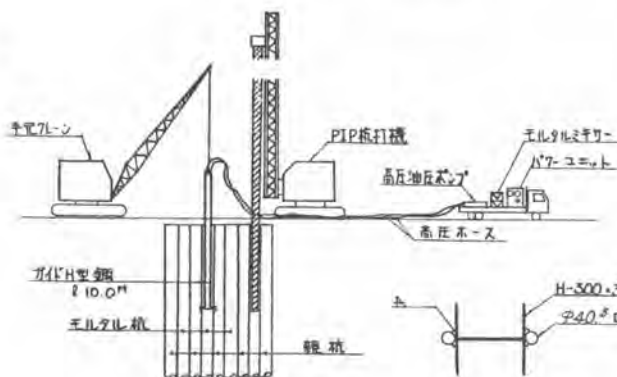


図-7 概略施工図

図-8 ガイドH型鋼

4. 東京都大田区池上付近下水道工事における立坑工事の施工

本工事は下水管人孔部の立坑工事で、本体兼用のBH杭が山留杭として採用されている。地質状況としてはGL、0～-1.2mまでが埋土、GL、-3.5mまでが砂質シルト、その下が細砂という構成である。地下水位は地表面より40cm程度である。現場は住宅地の中の幅員4.0m内外の道路に立坑が配置されるため、漏水による地盤沈下はすぐさま建物の沈下などの被害に結びつく。本工事のBH杭は鉄筋を使用しているため、図-9のようにフープ筋にガイドを溶接し、モルタル打設前にロッドを建て込んでおき、打設後薬液を噴射しながらモバイルクレーンにて引き上げた。本工事の施工状況を以下に示す。

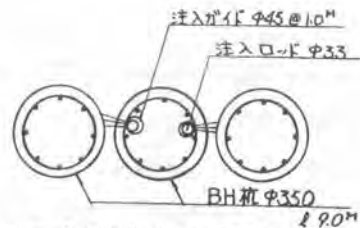


図-9 BH杭施工概要図

施工期間； 昭和52年7月～52年8月

全施工長； 432m 1本当り施工長； 9m

1日当り施工本数； 2～3本

本立坑は現在未だ掘削が開始されていないため、結果は判明しないが十分な止水効果を期待している。

5. あとがき

本工法開発の際には、PIP杭施工機と一体化する案もあつたが、種々検討の結果分離施工を採用している。これはPIP杭の効率を考慮したのと不測の事故における対処が容易と考えられたためである。近い将来においては当分の間山留壁としてPIP杭が多用されていくと考えられるが、PIP杭の最も大きな欠陥となつている止水性において、ジェットシーム工法は経済性を含めて十分効果を発揮するものと確信する。

29. アンカー・グラウトホール用全油圧式 クローラドリルの開発

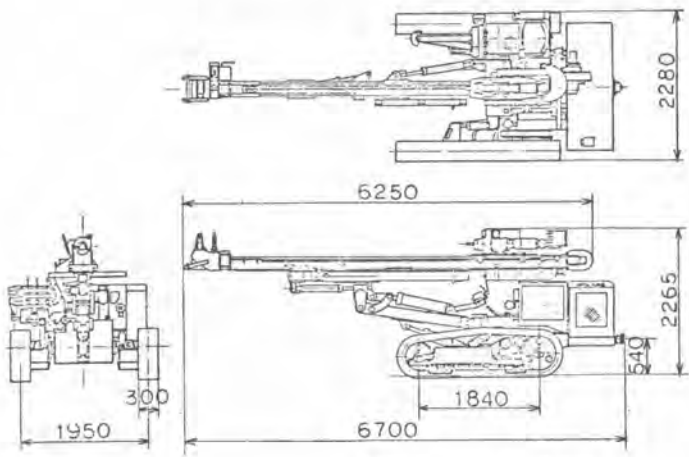
三菱重工 吉田 雄彦

1. まえがき

最近、土木構造物の基礎、トンネル、土留、斜面安定のためのアンカー工法や地盤凝固のための薬液注入工法が多方面にわたって採用されている。これらの工法における穿孔機械として従来よりロータリ穿孔機が使用されてきたが、玉石、砂礫層等複雑な地質での穿孔能力に問題があり、回転力に打撃力を併用することで解決をはかるために、一部では発破用穴あけに使用されている空気圧式のドリフタを搭載したクローラドリルの導入も検討された。ところが、数年前より欧米にて、回転、打撃ともに油圧による穿孔機が開発され、優れた穿孔能力、経済性の向上、騒音等作業環境の改善などの点から、すでに実用化の段階に入りつつある。そこで、当社は、西独フルップ社の、ロータリ・パークッション式の油圧ドリフタを搭載したアンカー・グラウトホール用の全油圧式クローラドリル MCD7を開発したので、ここにその概要を報告する。

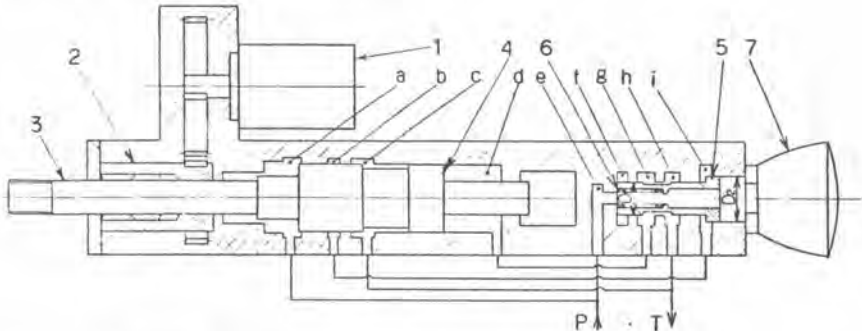
2. MCD7の主要諸元と特長

主要諸元 ()内は湿地車		特長
総重量	7930 kg (8200)	①省エネルギー、低騒音な高性能油圧式ドリフタを搭載。
全長	6700 mm	②強力な押付力、引抜力を発揮するフィード装置。
全幅	2280 mm (2450)	③広範囲な作業姿勢が得られるリンク機構
全高	2265 mm (2300)	④最適の場所で操作できるドリフタ操作台
走行速度	0~5 km/h	⑤ケーシングの切継ぎは油圧式で簡単。
接地圧	0.72 kg/cm ² (0.45)	⑥複雑な地質でも最適の穿孔ができる油圧回路。
履帯幅	300 mm (500)	⑦安定した走行、作業ができる足廻り装置。
適用ケーシング径	90φ (118φ, 132φ)	⑧安心して作業ができるホースガイド付。
フィードストローク	3300 mm	⑨機動力ある自走式のエンジンタイプと市街地での低騒音をはかった電動タイプを用意している。
フィード力	4500 kg	
ドリフタ形式	ロータリ・パークッション独立作動式	
打撃数	1800 bpm	
打撃力	37.7 kgm	
回転数	0~40 rpm	
回転力	400 kgm	
定格出力	75 PS (エンジン形)	
	又は 45 kW (電動形)	



外観図および外観写真

3. ドリフタの構造および作動原理



上図はドリフタの構造概略図である。

1はローテーション用の油圧モータであり、ギヤおよびシャフトホルダ2を介してシャフト3に回転を与える。一方、打撃機構については、4はピストン、5はパイロットプランジャ、6はスプリング、7はアクキュムレータである。以下、打撃行程を順に説明する。

- ① Pポートより圧油がaおよびe室へ送られると、パイロットプランジャは両端の径が $D_1 < D_2$ であるため油圧力がスプリング力に打ち勝って図の状態になる。
- ② いま図の状態に於てaおよびe室にはPポートより圧油が送られ、c、h室はTポートに開口され、さらにd、g室はh室を経てTポートに開口されている。したがって、ピストン4はa室側の油圧力により右方へ移動する。
- ③ ピストン4が移動しb室がa室と開口すると、b室からh室へと圧油がおくられ、パイロットプランジャは左右の受圧面積が等しくなり、油圧力が相殺されスプリング力により右方へ移動して、f室とg室が開口し、g室とh室とは閉じられる。したがって圧油はg室を経てd室に送られる。ピストンのd室側の受圧面積はa室側より大きいため、ピストンは左方へ押し込まれ打撃をする。

④ピストンが打撃により左方へ移動すると、b室とc室とが開閉し、a室の圧油は、b、c室を経てTポートにドレシされる、そのためパイロットプランジは再び①の状態に戻る。
以上の行程を繰り返して打撃が行われる。

4. 油圧回路について

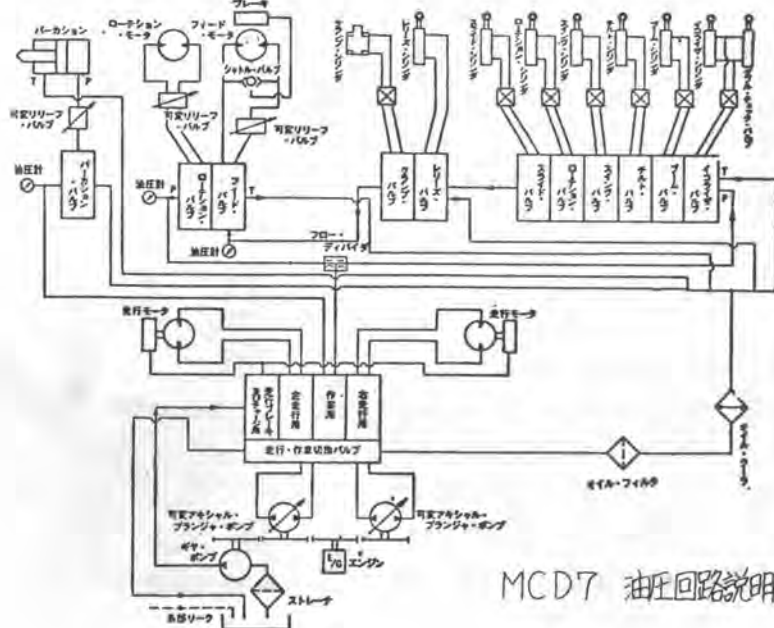
油圧回路については、ドリフタの打撃、回転、送りの圧力と流量が、それぞれ独立に制御できることを重点に考え設計した。

2連の手動可変容量斜軸式プランジポンプを採用した油圧回路は、走行用および作業用の二つの閉回路を有し、切替バルブにより、どちらかの回路を選択する無駄のない設計となっている。

作業用回路の場合、一方のポンプからの送油を分流弁により、ドリフタの回転と送りおよび姿勢制御や油圧セントラライザのシリンダとに分流する。他方のポンプはドリフタの打撃回路用である。また、回転、打撃、送りの回路には、可変リーフバルブと油圧計を備えている。したがって、ドリフタの回転、打撃、送りの流量および圧力をそれぞれ独立に制御することができ、地質に応じた最適の穿孔ができる。また、ケーシングの切継ぎの際、ドリフタの送りのバルブはイン칭ング操作を可能としている。このほか、作業用回路には大型クーラを装備し、どんな過酷な連続穿孔でも作動油のオーバーヒートがない様考慮した。

一方、走行用回路の場合、左右の走行モータと、前述の2連ポンプとが、一対一に対応した油圧駆動で、単に左右のポンプコントロールレバーの傾斜角を変えることにより、0~5km/h迄任意の走行速度が選択でき、また信地旋回も可能で、工事現場の狭い場所でも小廻りがきく。

なお、閉回路用のチャージ用として、ギャポンプを配し、このポンプを利用して、走行時に圧油が走行モータ軸の油圧開放形メカニカルブレーキにおくられ、ブレーキを開放する。



MCD7 油圧回路説明図

5. ツールシステムについて

ケーシング、ビット等のツールシステムについては、各ユーザにより種々の仕様のもが使われており、標準規格がないのが現状である。そこで、MCD7は、3mの長さのケーシング返使用できるように、フィードストロークを3.3mとし、ケーシングの案内装置とネジ切り装置であるセントラライザ装置に、90φケーシング用のツール・ライナーを標準装備とし、このほかに、118φ、132φ用をオプションとして用意して、ツール・ライナーの交換により、これらの径のケーシングにも使用可能にしてある。右下図に参考として、ツールシステムの例を示す。

1 単管式

クロスビット 外返しフラッシング
棄注用ケーシングをそのまま使用し
注入する。



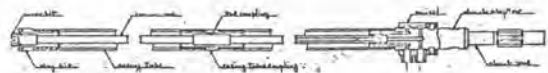
2 二重管式

外管はリングビット、内管クロスビット
中返しフラッシングであり孔壁を荒さな
いためいかなる地質にも適している。



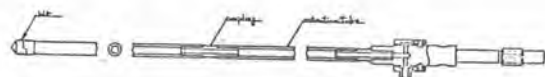
3 二重管式

外返しフラッシング
礫層の場合、孔壁をあらすため、冗曲り
し易いが自立する孔壁の場合は穿孔速度が
早い。



4 単管打込み式 (棄液、水抜き)

ビットはクローネンビット、コーンビッ
トで埋殺し、管内に注入管や鋼棒を入れ
ケーシングはぬきとる。なお、クローネン
ビットの場合は外返しのフラッシング、コ
ーンビットの場合はフラッシングなしであ
る。



6. あとがき

当社が初めて取組んだ全油圧式クローラドリルも発売以来半年を経て、納めた機械はそれぞれ下水処理場建設、河口のポンプ場建設、都市部での地下工事、そして棄液注入工事にと多方面で稼動している

今後とも ユーザ各位の御指導をまおぎ、なお一層、ボーリング作業の効率化に貢献できる機械に育てゆく所存である。



ポンプ場建設工事に稼動するMCD7

30. 多段ジャッキ式管圧入装置の開発

(株) 奥村組 三島 亨 介
畑 山 栄 一

1. まえがき

泥水式推進工法は上下水道工事をはじめ、電力地中線、ガス管きなどの工事に多く適用されるようになってきたが、最近の推進工事をみると、圧入管の大径化、推進距離の長距離化、施工法の機械化など、また工事の施工にあたり工事現場周辺の環境保全への対応など施工法にかけられる期待が大きくなる一歩である。

このような社会情勢に対応するために、過去に施工してきた泥水式推進工法の施工実績にもとづき布設管の圧入方法について新たな開発をおこない、その結果、ロングストロークの多段ジャッキを用いて一押しで管を圧入するようにした多段ジャッキ式管圧入装置を実用化した。

2. 開発の経緯

従来、泥水式推進工法では図-1に示す圧入装置を使用してきた。この装置は圧入ジャッキ（ストローク 800mm、推力 200t）と反力受けの組合わせから構成されている。

管/本を圧入するにはまず圧入ジャッキを組込んだジャッキ台車を井げた反力受け部まで下げ、ジャッキ台車に管をセットし、以後I形反力受けの挿入と圧入ジャッキによる管の圧入を繰り返しておこなう手順となる。

以上に述べた圧入装置を使用した泥水式推進工

法の場合には、施工上、種々の改良が望まれるので、検討の末、次の項目について研究開発をおこなうことにした。

- i. 掘削および作業を中断することなく連続させることにより、工法の安全性と施工性（能率向上、省略化）を向上させる
- ii. 圧入装置を小型化およびユニット化することにより、装置のすえ付け、撤去、運搬作業を軽減させるとともに、立坑寸法の縮小をいかに
- iii. 掘削、土砂搬出、圧入作業の集中管理と自動化をおこなうことにより、工法の安全性と施工性を高める

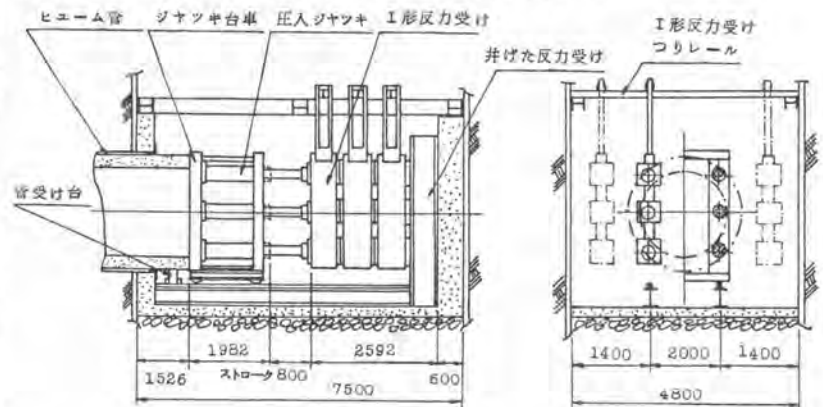


図-1 従来の圧入装置

3. 多段ジャッキ式管圧入装置の構造

管1本分を連続して圧入できる小型化およびユニット化しに圧入装置として、写真-1、表-1、図-2に示すロングストロークの圧入装置を計画した。以下、各部の構造について説明する。

(1) 圧入ジャッキ

ヒューム管1本分を一押しで圧入するには圧入ジャッキのストロークは2800mm(管全長 2430mm, 継手カラー幅 150mm, 管すえ付け余裕 220mm)必要となる。これを1段式の油圧ジャッキとすれば、縮小時のジャッキの全長が長くなり、立坑の寸法が大きくなる。また、製造技術面においても難点があることにより多段ジャッキを採用することにした。



写真-1 多段ジャッキ式管圧入装置全景

全長を短くするためにには段数は多いほうがよいことになるが、多段ジャッキの設計条件として、各段のロッドの伸縮速度と推力などの位置においても等しいこと、運搬および組立などの取扱いが容易なこと、故障率の低いことなどがあげられ、それを満足するには2段式油圧ジャッキが適当と考えられた。

名称	仕様
多段ジャッキ	270t x 2800st 4本
油圧ユニット	油圧ポンプ流量 0~40 l/min 圧力 300 kg/cm ² 電動機 22 kW 1台
ジャッキ支持枠	ヒューム管内径 1500~1800用 1組 ヒューム管内径 2000~2400用 1組
移動あて枠	ヒューム管内径 1500~1800 1台 ヒューム管内径 2000~2400 1台
反力受け	ヒューム管内径 1500~2400 1組

表-1 多段ジャッキ式管圧入装置仕様表

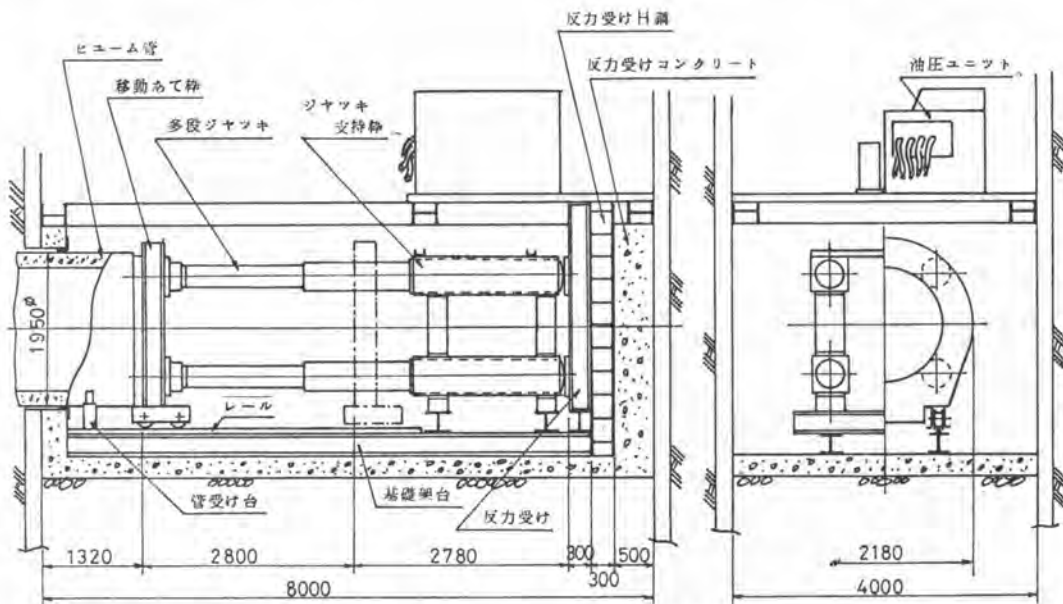


図-2 多段ジャッキ式管圧入装置

圧入ジャッキの基本的な構造は図-3のとおりである。

次にジャッキの作動原理について述べる。A側の配管を通じて圧力油をシリンダ内へ圧送すると、1段目ロッドの加圧面 S_1 と S_2 が加圧され、ロッドの作動する有効面積は $S_1 - S_2$ となる。2段目ロッドの加圧面は S_3 と S_4 であるから、作動する有効面積は $S_3 + S_4$ となる。そこで1段目と2段目の有効面積を等しくすることにより、各段のロッドの伸縮速度と推力を等しくすることができる。

具体的な設計の段階では、次の点について検討をおこなった。

- i. 強度および加工精度面からみた材料の選定
 - ii. 加工、組立て、分解を容易にするため各部を分割する方法
 - iii. ロングストロークのため懸念されるロッドの曲げ耐力および曲げ抵抗の低減方法
 - iv. ロッド表面の損傷、腐食防止用の表面処理方法
 - v. 部品の互換性およびジャッキの転用性を配慮した性能および寸法
- 検討の結果、圧入ジャッキの性能と寸法は次のように決定した。

推力 270t (油圧 300 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ の時)
 ストローク 2800mm (1段目 1385mm, 2段目 1415mm)
 全長寸法 伸長時 5230mm, 縮小時 2430mm

1セットの本数は実績などを参考にして最も使用ひん度の高いヒューム管内径2000mm, 推進距離150m程度の工事を想定し、その場合の総推力を800t~1200tとして4本組(270t \times 4本=1080t)とした。

(2) 圧入ジャッキ用油圧ユニット

以下に油圧ユニットの構造および性能に関する要点を列挙する。

- i. 油圧ユニットの性能は対象とする圧入ジャッキを推力270t, ストローク2800mm, 油圧300 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$, 使用本数6本, 最高伸長速度10 $\frac{\text{cm}}{\text{min}}$ と設定し, 油圧ポンプとモータの機種を選定した
- ii. 油圧ユニットは4本分の圧入ジャッキの操作に必要な油圧タンクとポンプおよびモータ類をケース内へコンパクトに組込んだ小型軽量のものとし, 圧入ジャッキを6本使用する場合は補助タンクを併設する

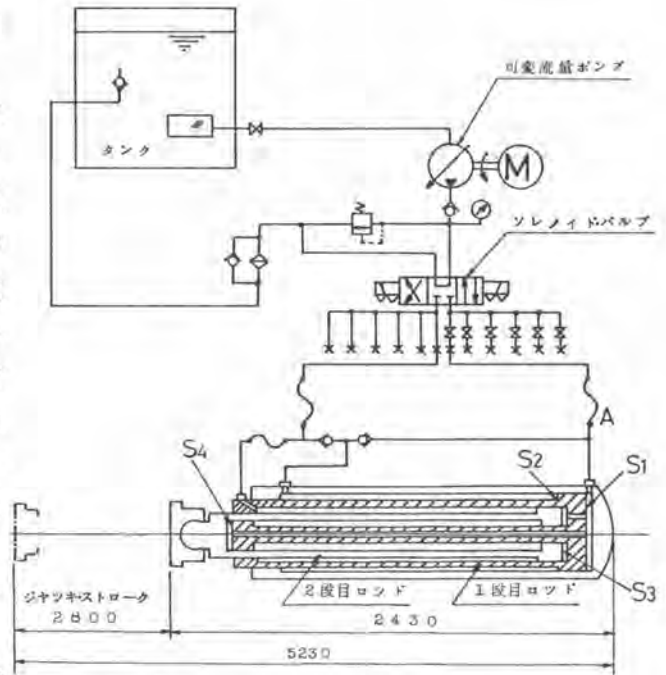


図-3 多段ジャッキ構造図および油圧系統図

iii. 可変流量の油圧ポンプによって圧入ジャッキの伸縮速度を無段階に制御させ、シールドの発進速度と管の圧入速度を同調させる

iv. 運転操作は遠隔操作を可能とし、採集、自動化も可能な油圧操作回路とした

(3) ジャッキ支持枠

圧入ジャッキを1本ごとに支持枠内へ納め、これをつなぎ材で組立てる構造とした。この構造を採用することにより、運搬およびすえ付けを容易にし、工事規模に応じたジャッキの組合せができる。

4. 施工例

(1) 工事概要

埼玉県南部工業用水道事業の一環としての県道東京・川口線および主要市道の元郷新道を横断して350mの区間の道路下に工業用水道管を布設する工事に泥水式推進工法が採用され、多段ジャッキ式管圧入装置を使用した。推進距離は280m、土かぶり厚は7m、土質は軟弱な砂質シルトであった。圧入管内径1650mm、外径1950mmで、施工後、これを鞘管としてその中に鋼管(900mm)を布設するものである。

(2) 施工結果

推進距離が280mと非常に長く、施工前の計算によると、予想される最大圧入力は1100t~1450tになったが、実際には、最大で520tと小さな値となった。

次にこの圧入装置を使用した時の施工を通じて得られた利点について述べる。

- i. すえ付けおよび撤去作業の時間は従来型に比べ30%減となった
- ii. シールドの発進時に一押しで地盤、シールドを推進できたため、従来のようにジャッキの盛替時に起きるシールドの後退(工圧、水圧によるもの)がなくなり、発進時の地盤のゆるみを少なくするのに役立つ
- iii. 圧入作業サイクルは図-4に示すように従来型より12%程度の時間が短縮された
- iv. 圧入ジャッキの空間部に測量器が設置できたので、測量作業が容易になった
- v. 圧入作業時間の短縮により圧入力が低減された

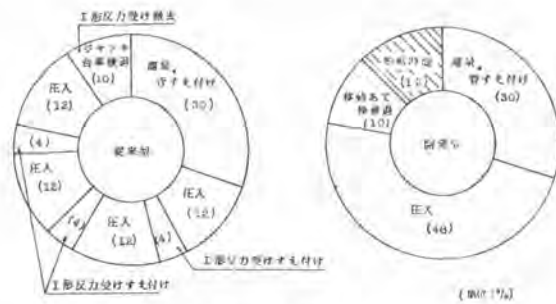


図-4 管1本圧入時の作業サイクル比較

5. あとがき

以上、多段ジャッキ式管圧入装置の構造とその施工例について簡単に述べたが、今後は圧入装置とシールド機、その他機械設備と関連づけて全自動化推進工法として完成させる方向で研究を進めたいと考えている。

31. S.P ブラインド押管の施工実績

日本国土開発株式会社 小岩 則 世
 梶 皮 憲 男

1. はじめに

本工事の施工上の問題点として、対象地盤が軟弱地盤である事と土被りが少ないという事より、切羽の安定性・地表面の沈下・隆起の防止が問題となる。これらの問題点に対処するため、S・Pブラインド押管工法を開発し、名古屋市内神南部幹線下水道築造工事において実施した。

当工法は、ブラインド掘削機の取込口にスクリーオーガーを取付け、切羽前面の土圧計により、スクリー回転数の制御を行う。そして土砂取込量を管理し、切羽の土圧バランスをはかり、切羽の安定性と地表面の沈下・隆起を防止する工法である。今回初めて採用されたが、今後の機械改良と施工管理を目的として、各種測定を行った。測定結果も含め、施工実績を報告する。

2. 掘削機の仕様と特徴

1) 掘削機の構造

図-1 正面図

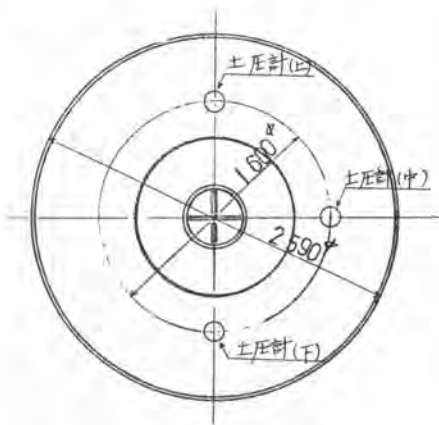
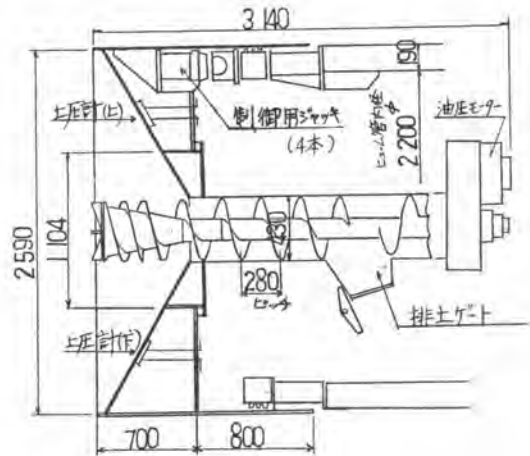


図-2 縦断面図



掘削機の構造として、上図の様にブラインドの開口部にスクリーコンベアを取付け、スクリーの回転数により取込土量を制限する。制御管理は、切羽に取付けた3個の土圧計により、切羽前面土圧を管理し、スクリー回転を操作する事が、大きな特徴である。

推進は、後方の油圧ジャッキによりヒューム管を押し、方向制御は掘削機に設置した方向修正用ジャッキにより行う。油圧は全て、後続架台上の油圧ユニットから供給し、スリ出しは、ベルトコンベアを通し、後続のトロバケットにより排土する。

2) 掘削機の特徴

① 当工法の開口率は、(スクリー表面積) × (回転数) に対応すると考えられ、開口率は任意にかつ簡単に变化できる。故に土質の変化に応じて、適切な開口率が迅速に取れ、土砂取込量の管理がしやすい。

②土圧計により、前面土圧を管理しスクリー
回転数を操作する事により、常に一定の前面抵抗
及び取込量を確保するため、適切な切羽の状態が
維持できる。故に地表面沈下・隆起の防止が可能
である。

③スクリーにより、切羽土砂の芯抜き効果が
期待できるため、地山の流動性が低い場合も普通
ブラインド工法と比べ可能であり、適応土質範囲
が広がる。

以上の特徴が考えられるが、特にブラインド工法
の適応土質範囲を拡げる事と、地表面沈下・隆起
の防止を目標とし、施工管理及び測定を行った。

3. 工事概要

1) 工事内容

①推進工法による内径2200^{mm} 下水管きょ築造工事 ②推進距離 82^m ③土核り: 450^{mm} 土
質: 砂質シルト 水位: G.L.-0.7^m N値: 0-5 ④元押しジャッキ 200^{cm} × 504^{kg} × 800 × 6^本
⑤推進管 内径: 2200^{mm} 外径: 2580^{mm} 厚さ: 190^{mm} 長さ: 2430^{mm}

2) 土質概要

①土質試験結果より(表-3)
自然含水比49%、液性限界
62%で、地山は衝撃を与え
ても流動化しにくい。

②塑性指数は25であり、
粘性土の性質を持ち粘着力
は強い。

③普通ブラインド工法の
適応土質範囲から判断する
と、砂分が多く、粒径が大
きい。又自然含水比も低い
ので普通ブラインド工法に
は、適しているとは言えない。
しかし水仕が、掘削機天端よ
り3.8^mと高く飽和された土層であり、手掘り方式では危険と
思われるので、土質面から考えて当工法を採用した。

図-3 土質柱状図

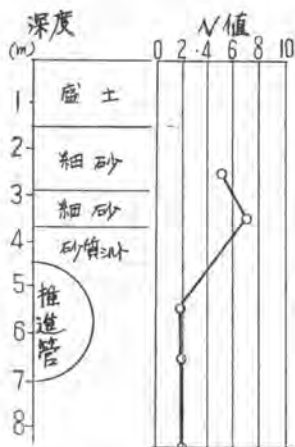


表-1 掘削機仕様

外 径	φ 2 590 mm
機 長	1 500 mm
スクリーコンベア	430 ^{mm} × 280 ^{mm} × 25 ^{mm} T-F ^{mm}
・最大運搬量	57 m ³ /時
・駆 動	油圧モーター
方向修正ジャッキ	80 ^{cm} × 520 ^{kg} / cm ² × 100 ^{mm} × 4 ^本

表-2 パワーユニット

用 途	スクリーコンベア 用油圧ポンプ	方向修正ジャッキ 用油圧ポンプ
ポンプ形式	可変容量プラン ジャー型	定容量プラン ジャー型
最高使用圧力	210 kg/cm ²	520 kg/cm ²
吐出量	90 l/分	0.9 l/分
電動機	30 kW	0.75 kW
台 数	1	1

表-3 土質試験結果

項 目	単 位	結 果
粒 度 特 性	レキ分(2000 ^μ 以下)	% 0
	砂分(75-2000 ^μ)	% 23
	シルト分(5-75 ^μ)	% 39
	粘土分(5 ^μ 以下)	% 38
	最大粒径	mm 0.84
液 性 指 数	液性限界 w_L	% 61.6
	塑性限界 w_P	% 36.9
	塑性指数 I_p	24.7
分 類	三角分類	粘土
	日本統一土質分類	CH
自 然 状 態	土粒子の比重 G_s	2.67
	含水比 w	% 49.4
	湿潤単位体積重量 γ_w	%/cm ³ 1.71
	間隙率 e	1.36
	飽和度 S_r	% 99.3
軸 圧 強 度 試 験	軸圧強さ σ_u	%/cm ² 0.51
	変形係数 E_{50}	% 18

3) 計測内容

計測項目——①推進力 ②スクリー回転数 ③切羽前面土圧 ④土砂取込量 ⑤地表面の沈下・隆起量

計測方法——推進力は、圧力変換器(PG-500kV)を元押しジャッキに取付け、デジタル歪測定器により自動記録を行う。スクリー回転数は、オペレーター席の回転数指示計に表示し運転操作に利用すると共に、ペンオシロ記録計により連続記録する。切羽前面土圧は、3個の土圧計(5% \times cm)を図-1、2の位置に設置する。各土圧計は自動記録されると共に、オペレーター席にも数値が表示されスクリー回転数の操作により、切羽前面抵抗を管理する。土砂取込量は、門型クレーンにロードセル(LV-20T)を設置し、トロバケットごと、重量を計量する。記録は、デジタル歪測定器により自動記録する。地表面の沈下・隆起は、推進管センターの縦断方向に、D16、 $l=1.0$ mの鉄筋を5.0mピッチに打ち込み、毎日レベル測量を行って管理する。

4. 切羽前面土圧計による施工管理

ブラインド工法の実験により土砂取込量が100%の時、前面抵抗は静止土圧に等しい事が発表されている。故に今回の土圧計による管理として、常に静止土圧に等しい様にスクリーコンベアの回転数を操作し土砂取込量を調整する。

前面土圧の範囲として上限は、受働土圧、下限は主働土圧とし、スクリー回転の操作方法は、表-4の様に行った。計器の日安として、土圧計中の値は、主働土圧 $P_1=0.7$ %、静止土圧 $P_2=0.9$ %、受働土圧 $P_3=2.3$ %とした。

スクリー回転数は、計算上、推進速度 $V=60$ mm/分の時、 $9.0^{t.R.m}$ で取込量は100%となる。 $9.0^{t.R.m}$ を中心として、回転数を操作した。

表-4 土圧計とスクリー回転数

土圧計の読み % cm ²	スクリー回転数
主働土圧 $P_1=0.7$	取込量が100%以上であり沈下の恐れがあるため回転数を下げる 土砂取込量が100%であり P_2 の時の回転数を維持する 取込量が100%以下であり回転数を上げて P_2 の圧力にする 地表面隆起の恐れがあり、回転数を上げるが推進を停止する。
静止土圧 $P_2=0.9$	
受働土圧 $P_3=2.3$	

5. 計測結果と考察

1) 前面土圧のバランス

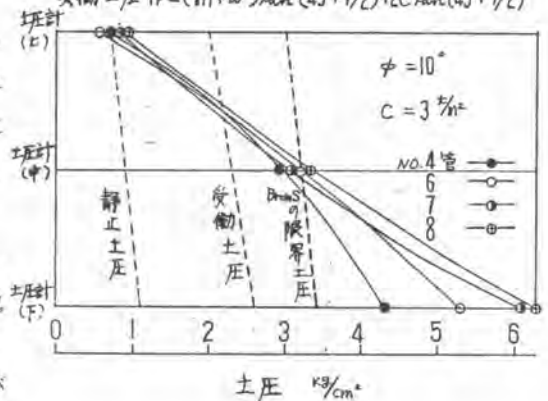
スクリー先端の取込能力不足、及びスクリーの羽に粘土が付着し目詰りを生じた事が原因となり、土砂取込量が不足した。故に切羽前面の土圧バランスが崩れ、地表面の隆起現象を生じた。その現象を解析する。

切羽前面土圧が、土圧(上)1.0%、土圧(中)3.0%、土圧(下)5.8%以上になると、取込量も減少し隆起を生じた。図-4より切羽センター以下はBromsの限界土圧以上であり、センター以下の前面土が

図-4 前面土圧(推進時)

静止土圧 $P_0=0.8(h+w)$ Bromsの限界土圧 $P=P_0+h+7C$

受働土圧 $P_3=(h+w)\tan^2(45+\phi/2)+2C\tan(45+\phi/2)$

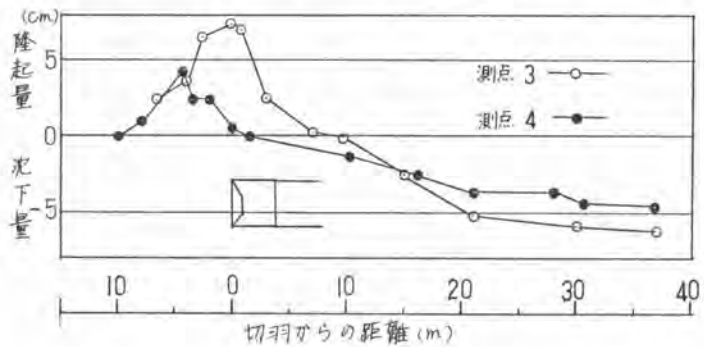


閉塞され圧密脱水を受けている。この圧密土が、隆起の原因と思われる。土圧は、静止土圧状態である所から切羽の上半分は、圧密されていない。故に、土の流入は上半分の限られた部分の土のみが排出され、下半分の土は流動していない。

2) 地表面変位

先行隆起は切羽より前方約8.0mから始まり、切羽上で最大となり約10m後方で沈下が始まる。沈下曲線は、切羽後方10mから28mの間で勾配が大きく、その後はなだらかな勾配となっている。時間的には、通過後11日間で沈下の大半が終了した。

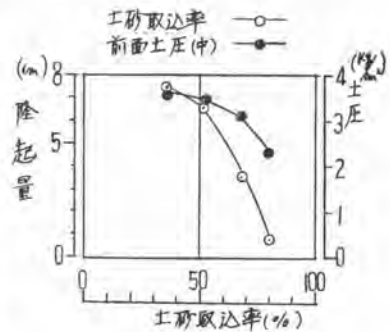
図-5 切羽の進行に伴う地表面変位



3) 土砂取込量と地表面隆起

土砂取込量が80%以下だと隆起が発生し、その時の前面土圧は受働土圧以上である。(図-6) この事により、切羽前面土圧は、受働土圧以内、土砂取込量は80%以上で管理する必要がある。

図-6 取込量と地表面隆起



6. おわりに

以上の結果をまとめると次のとおりである。

- ① スクリュー先端部分の取込能力不足、粘土に対するスクリーユの運搬能力、掘削機のフード角度に問題があり切羽下部の土が排土されず、脱水圧密された。この圧密土が地表面の隆起を生じた。
- ② $\gamma = 2.3$ (土振り/シールド径)程度の場合、隆起に対して切羽前面土圧は、受働土圧以内でバランスをとり、土砂取込量は80%以上にすることが必要である。
- ③ 土質は、ボーリング結果と比べ、砂分が多く(40%)切羽フード内で土の流動が困難であった。又シルト・粘土分は、粘着力が強く(2.0~3.0%)スクリーユの羽に付着し、スクリーユコンベアの閉塞の原因となった。これらの事より、着通グラインド工法とフルメカ工法の中間の適応土質範囲をみつけ、その土質に合ったフード形状とスクリーユコンベアの研究を続けていく必要がある。今後、種々のデータを集積し、掘削機の改良を行いたい。

32. 高精度小口径管推進工法について (アイアンモール工法)

㈱小松製作所 金子賢一

1. まえがき

都市土木における公害問題(交通障害、振動、騒音、地盤沈下、建物の損傷等)は、これに使用する機械の改良は勿論、問題解決のため工法の改善要望が多く提示されている。機械の公害対策として低騒音、低振動なるものが着々と実現しつつあり、また工法においても公害対策を施したものが多くなりつつある。

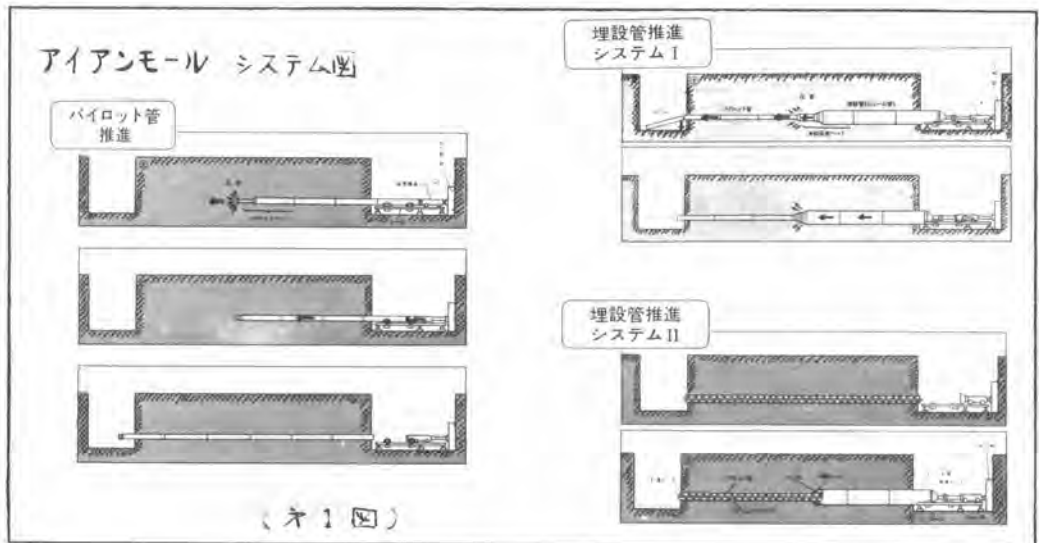
また公害問題とは別に現工法では土質、および環境条件から施工困難な地域が多くある。このように公害問題、および施工技術の面より解決すべき問題が山積している。ここに紹介する高精度小口径管推進工法(アイアンモール工法)は以上問題を解決するため開発されたものである。

2. アイアンモール工法の概要

2-1 アイアンモールシステム (ネ1図)

施工のステップは、まず方向修正装置をもったパイロットヘッドにてパイロット管(外径216^{mm}鋼管)を発進立抗より到達立抗まで精度良く(到達点上下誤差 ±20^{mm}以下)圧入し、次にこのパイロット管をガイドにヒューム管等の埋設管を推進させる。

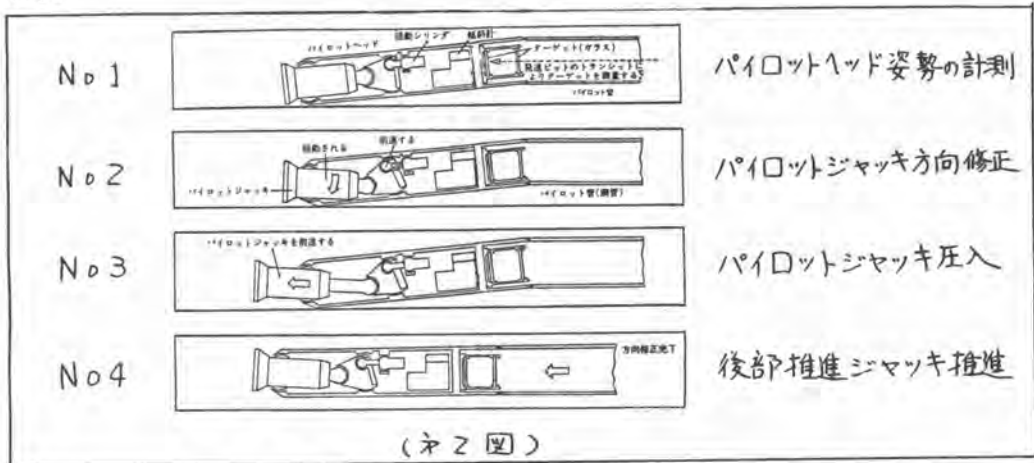
埋設管の推進には土砂を圧密していくシステムⅠ工法(多段圧密ヘッドを用いる無排土工法)および土砂を掘削排土していくシステムⅡ工法(掘削ヘッドを用いる有排土工法)とがあり、工事条件によって選択される。



2-2 方向修正の方法 (ネ2図)

図中パイロットヘッドの位置、および傾きはパイロットヘッド内にある、2枚の照明付ターゲットを発進立坑内のトランシットによって計測することにより知ることができ、さらに上下方向の埋設精度を良くするため、パイロットヘッドの傾斜を電氣的に検出する装置を有している。

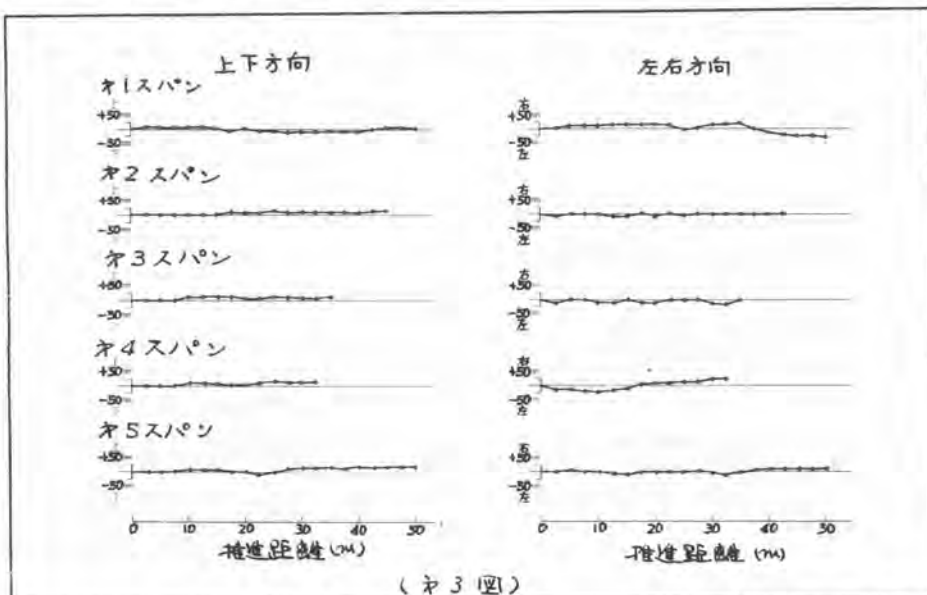
パイロット管推進に続く埋設管推進時は、パイロット管によってガイドされるので方向修正は不要である。



3. 施工例

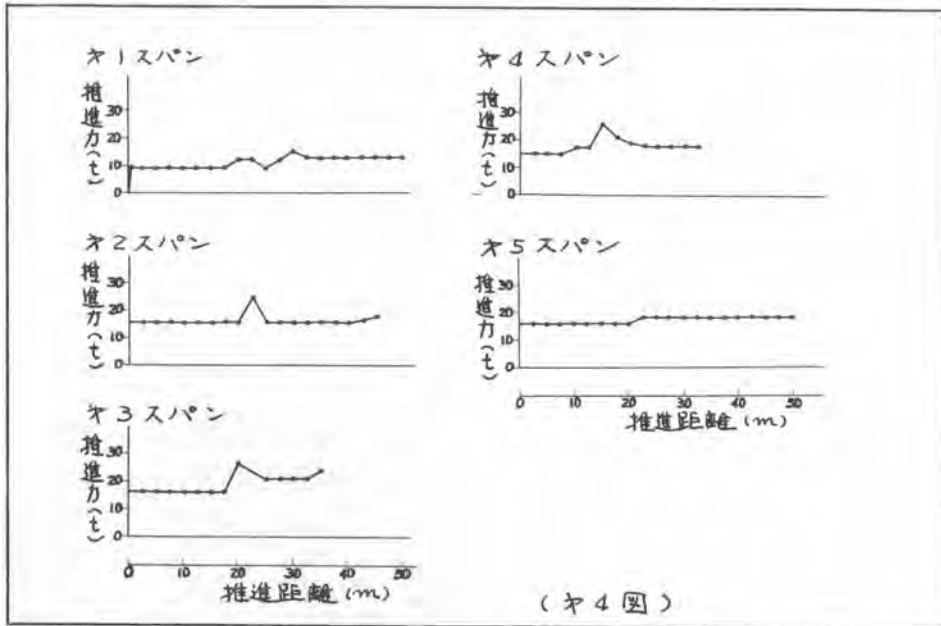
本施工例は佐賀市片田江通り(国道208号線)の場合で、車道部幅員9.0m内で2車線を確保するため、立坑幅は最小寸法の2mとして³できるだけ歩道に寄せたため2車線を確保することができた。施工箇所は水位が高かったが、止水工法、地下水位低下工法、薬注工法等を行って必要がなかった。

3-1 パイロット管推進結果 (ネ3図)



3-2 ヒューム管推進力 (オ4図)

パイロット管貫通後、多段ヘッドを装着しヒューム管を推進したが、土質の軟弱(N値0.シルト)であったため、多段推進は不要で単に後部推進装置のジャッキでヒューム管を押し込むことができた。ヒューム管の推進精度はパイロット管のそれとほぼ一致し高精度であり、また道路舗装面の変位はなかった。



4. 施工実績

発注者	工事名	期間 年/月	延長 (m)	管径 (mm)	シス テム	土 質 他	特 記
久喜市	県道大宮～栗橋線 下水道横断工事	50/7	37	400	II	関東ローム 土被り3m	
西武建設	西武ユネスコ村前 上水道サヤ管工事	50/8	15	400	II	関東ローム 土被り2.5m	
芦屋町	高浜町第1幹線に伴う 污水管先行工事	50/12	24	350	II	軟弱砂 土被り4.2m	
佐賀市	都市計画橋路水ヶ江～ 新郷線Ⅱ-Ⅱ-4号 污水管布設工事	51/2	237	250	I	シルト 土被り1.2m	最大スパン 5.6m
厚木市	公共下水道工事 南毛利処理分区その2	51/5	104.75	250	I	ビート混り粘土質シルト 土被り8.3m	
佐賀市	水ヶ江～新郷線 污水管圧入工事	51/5	99.5	250	I	シルト 土被り1.7m	
厚木市	都市計画事業 小結川処理分区 枝線工事第2工区	51/12	32	250	I	腐植土 土被り8.5m	

発注者	工事名	期間 年/月	延長 (m)	管径 (mm)	シス テム	土 他 質	特 記
東京都	品川区北品川2丁目 東品川1丁目枝線工事	51/11	24 12	600 350	II II	シルト 土被り2.0~3.5m	
横浜市	金沢地先埋立1号地 昭和幹線築造工事	52/4	398.7 48	500 450	II II	軟弱砂 土被り4.5~7.2m	
上尾市	公共下水道春日西水管線 第1区第3区築造工事	52/3	470.5	400	II	砂質土シルト 土被り2.4~4.5m	最大スパン 5.6.6m
日本住宅公団	土浦市給食センター 排水工事	52/3	50	250	I	関東ローム 土被り3.5m	
東京都	世田谷区用賀 国道246往所	52/3	38	350	II	関東ローム 土被り4m	
佐賀市	国道34号 その1	52/3	234	250	I	シルト 土被り3.2m	
日本住宅公団	埼玉県杉戸市 杉戸団地下水道	52/4	181	250	I	腐植土 土被り1.5m	
八千代市	千葉県八千代市	52/5	31.5 49	300 300	I II	腐植土 土被り2.7m~4.2m	河川横断

発注者	工事名	期間 年/月	延長 (m)	管径 (mm)	シス テム	土 他 質	特 記
小松製作所 技術研究所	技術研究所内 下水道工事	52/6	86	250	II	砂質土(礫まじり) ローム 土被り1.3m~2.5m	
地崎工業	千葉県八千代市 下水道工事	52/7	29.3 79.1 110.5	250 350 400	II	ローム 砂質土 土被り3.8m~5.11m	
矢作建設	東京都品川区 西五反田下水道工事	52/7	140.6 51.6	400 450	II	シルト 土被り1.74m~3.48m	上下2段 推進
山内建設	東京都世田谷区 下馬下水道工事	52/7	49.5 91.5	600 400	II	凝炭質粘土 土被り1.67m~5.41m	
新川工業	厚木市公共下水道 枝線工事(第3区)	52/8	426.5	250	I	腐食土 土被り2.35m~3.98m	
厚木市役所	厚木市公共下水道 枝線工事	52/8	281.5	300	I II	腐食土 土被り3.2m~3.8m	

5. あとがき

以上、アイアンモール工法の概要とその施工実績について述べてきた。佐賀市の場合には軟弱地の例であるが、本工法はN値20までの通常の土質においては適用可能であり、施工実績表に示す土質において良好な精度で管理設を行なってきた。今後更に実績を重ねた下水道管理設をはじめ、種々の管理設工事に尽力されている方々の少しでもお役に立てればと考へ報告した次第である。これまでアイアンモール開発に多大なる御協力、深い御理解をいただいたご実工事に採用された発注者の方々に深く感謝する次第である。

33. ブームカッターシールド機による 下水道トンネルの築造

東急建設 星野 彰

1. まえがき

近年の市街地土木の地下管路施設の築造工事において、軟岩・中硬岩を対象土とする場合、発破の使用は極めて問題の多い処である。加えて日本の地層は、変化が多く軟弱層に遭遇することも多い。ここに紹介するブームカッターシールド機は、こうした“岩山”を発破の使用なしに高い掘進能率で施工出来る上に、軟弱層では手掘り掘進方式が出来る可変型シールド機である。

機構的には、開放型シールド機に、トンネル掘削機ブームカッター R H - I J のカッティングブーム機構を搭載したセミメカニカルシールド機の一つである。

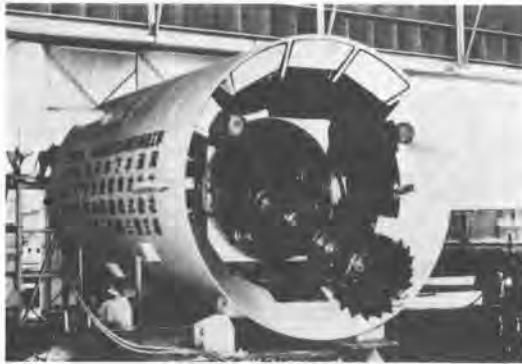


写真 - 1

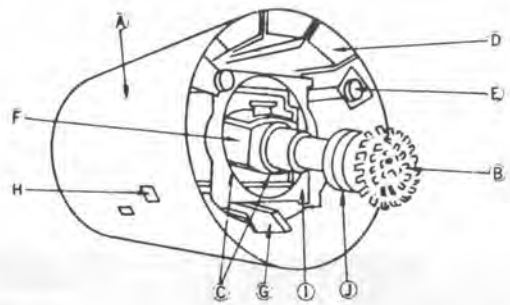


図 - 1

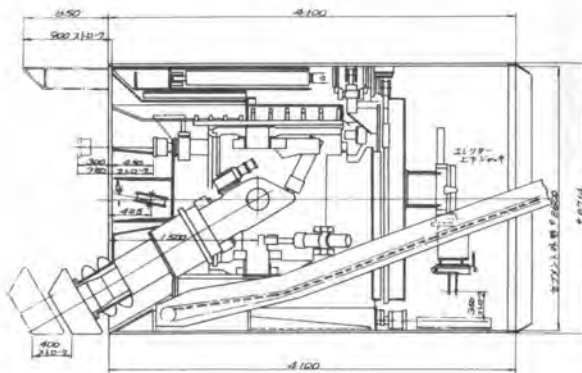


図 - 2

- ① シールド機本体
- ② カッターヘッド 後方より見て時計の針の方向に回転する
- ③ プロファイルリング およびガイドリング 円形のガイドにより掘削範囲を制限する。リングの形状寸法を変えることにより任意の掘削断面を設定出来る
- ④ ムーバブルフード
- ⑤ フェースジャッキ
- ⑥ カッター電動機部
- ⑦ すり取入口 チェーンコンベヤーにより後方へ送り出す
- ⑧ グリッパージャッキ 機体固定用
- ⑨ ジンバルボッタス
- ⑩ ギヤリングスクロール

2. 機械仕様

①カッティングブーム

カッティングブームは、ジンバル（羅針盤）ボックスにトラニオン方式に組み込まれており油圧ジャッキによりスライドレ、前後進（40cm）する。

プロファイルリングを交換することにより任意の掘削断面が選択される。

カッティングブームは、切削負荷が増加し切削用電動機の回転数が低下すると、停動トルクが急増するように設計・製作された“高トルクモーター（停動トルク／ノーマルトルク＝3倍）”

と、高トルクの状態がある時間接続する様に設計された“特殊電磁石方式（電磁石＋油圧オリフィス）制御装置”との組み合わせにより強力な粘り強い切削力を発揮する。

②カッターヘッド

カッターヘッドは、土質に応じ種々な型式が考えられているが、頁岩・砂岩に対しては写真-2のタイプのもが使われる。



写真-2

③シールド本体

一般解放型シールドと大差はないが、グリッパージャッキ（15t×2本）と、方向修正用のスキッドジャッキ（25t×2本）を装備している。

④電気油圧装置

シールドジャッキ、カッティングブーム、コンベヤなどの通常の操作装置の他に、硬岩切削時にカッティングブームが振動したり逃げたりするのを防止し、常にピックを“岩石”に押しつけ、

表-1 掘削機の主な仕様

(1) シールド機本体部	
シールド外径	φ2714mm
全長	4100mm
スキンプレート厚	32mm
シールドジャッキ	80t×900st×8p 油圧350kg/cm ²
フェースジャッキ	18t×750～900st×2p 岩部=750 土砂=900
ムバブルフード	34t×900st×3p 油圧300kg/cm ²
グリッパージャッキ	15t×100st×5p 175×300mm
スキッドジャッキ	25t×80st×2p 300×500mm
チェーンコンベヤ	350B×160H×7M
全重量	28.5t
(2) ブームカッター部	
カッター電動機	65P(49kW)×4p×550V×60HZ
カッターヘッド	φ900mm×280mm
カッターピック	バイオネット、シェブロン、ピック 44コ
カッター回転数	43r.p.m
ブーム上、下ジャッキ	23.7t×320st×2p
ブーム左、右ジャッキ	23.7t×340st×2p
ブーム前、後ジャッキ	13.3t×400st×2p
重量	12t、(内ジンバルボックス 6t)

円錐台状の台座に切削歯（ピックと呼んでいる）が正面から見るとダブルクロソイド状に、側面から見るとダブルスパイラル状に配置されており、ピックは常に切削面に直角に働くように配置されて、切削時にどのピックも遊ばない様に配慮されている。又、ピックはワンタッチジョイントのバイオネット方式になっており、摩耗に伴い簡単に交換出来る。

カッターブームの切削エネルギーを十分に発揮する様に特殊電気油圧装置（D H オーバーセンターバルブとリリーフバルブの組み合わせ）が組み込まれている。

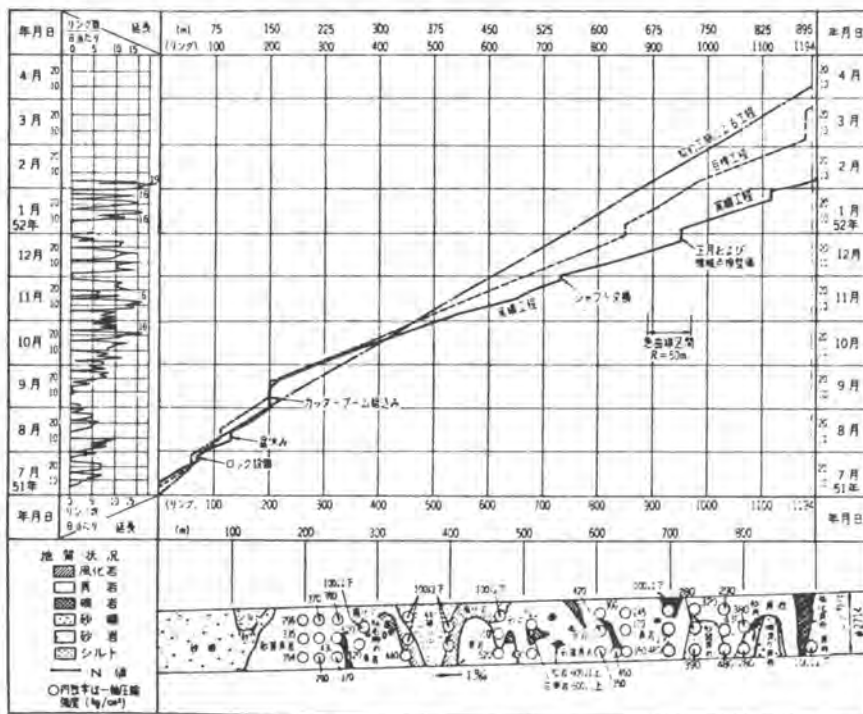
⑤ズリの積み込み運搬

ギャザリングスクロール方式を採っており、運搬用コンベヤはスクレーパーチェーン方式を採用して、シールド底部に埋込んだ型をとっている。

3. 実績性能

福岡市下水道局発注による下水道工事、香椎汚水幹線(3)築造工事に当ブームカッターシールド機(φ2.714m)を使用し、一軸圧縮強度100~800kg/cm²の“岩山”——、硬軟頁岩、砂岩層、珪化の進んだ松岩や転石状の花崗岩を含んだ硬質砂岩層、細粒砂岩と礫岩の互層などの地層を掘進し、日進最高14.25m、平均4.5mの掘進速度が得られている。工事の進捗状況及び岩の一軸圧縮強度は表-2に示した通りである。

表-2 掘進・進捗状況



ブームカッターシールド機の岩の切削能力は、一軸圧縮強度500kg/cm²程度までの“岩山”では、実施工上、ほとんど切削能率の低下が感じられない。また、軟弱粘土層、軟岩、中硬岩のいずれの場合も、平均日進量に大差がでていない。これは、切削に要する時間が短い(10~15分/リング)ためである。

ピッケの消費量については、地層の構成によりかなりバラツキがあり、きわめて把握しにくい。一様な岩であれば摩耗するが、転石状や互層の場合「欠損」状態となる。一応の目安を表-3に示す。

表-3

岩 質	ピッケ消費量(本/m ²)
頁岩・砂岩 一軸圧縮強度：100~500kg/cm ² 程度	0.02~0.3
頁岩・砂岩が主体で礫岩を含む場合 一軸圧縮強度：400~600kg/cm ² 以上	0.45
花崗岩・玉石等が転石状に露呈する 一軸圧縮強度：800~1,000kg/cm ² 程度	0.7~0.9

4. ブームカッターシールド機の得失

“岩山”を手掘りシールド(発破併用)で掘進する場合と比較して、以下のよう考える。

- ①一軸圧縮強度600~800kg/cm²程度までの岩が発破を使用せず掘削可能であり、恐らく“岩山”ではいかなるシールド機よりも掘進速度が速い。
- ②風化~半風化の岩は、部分的に風化の著しい部分があることが多いが、こうした場合に対処しやすく、極度に悪い場合は手掘り方式ができる。
- ③発破併用の場合は、削孔・発破・後ガスの処理・ズリ処理・ピッケによる切羽の整形など切羽処理に時間を要し、日進量におのずと限界があるが当機によれば、相当な日進量が期待できる。
- ④余掘り量がきわめて少なく最小限ですむ。又、曲線掘進が容易である。
- ⑤発破による振動・地山のゆるみがない。
- ⑥工事費の面からみると(あくまでも概算の域を出ないが)手掘りシールド(発破併用)でφ3.0m、L=500~600m程度の場合で当機を使用した方が、少し割高となると考えられるが、前述の様なメリットと、振動・騒音などの公害的要因が少なく、又、掘進工期の短縮が期待できることなどを考慮すると、決して高いとはいえないと考えられる。
- ⑦R10-IJ用のカッターであれば、比較的小径(シールドタイプのもので、φ2.3m、推進の場合でφ2.0m程度)のシールドにも搭載できる。
- ⑧メカニカルシールドなどと比較すれば、ブームカッターによる手掘りシールド的な感覚で受けとめてよく、掘進精度はずっと高い。
- ⑨当ブームカッターは、硬質粘土・軟岩・中硬岩(一軸圧縮強度600kg/cm²まで)の土質に適し、砂、礫などでは問題がある。600kg/cm²以上の岩や・互層・礫石などに対しては切削は可能であるが、ピッケの消費量と切削速度などからくる経済性を考慮すべきである。

5. 結 語

以上、ブームカッターシールド機の概要について記述してみたが、当機は単に“軟弱層”と“軟岩・中硬層”を掘り分ける可変型シールド機として有効であるだけでなく、対象土が軟岩・中硬岩である一般トンネルにも適応性があると考えられる。発破の使用が限定される場合などの軟岩・中硬岩のトンネル築造の一助となれば幸いである。

34. 常時加圧自動裏込注入装置

佐藤工業株式会社 久保田 清 三

1. まえがき

シールド工法は、不安定な地盤中トシールド機械を押し込み、トンネルを掘るので、地盤沈下はさける水なり性質を持つている。この地盤沈下を如何ト最少限度ト、止めるかが大なる問題トある。

特ト、シールド機械と共にテールボイドによる応力解放の生じる弾性および塑性沈下の影響は裏込注入の施工法によつて大きく左右されてゐる。この水を、最少限度ト押さえるための、掘進中のテールボイドは裏込注入材が常時加圧され注入充填がさ水なけ水はなすなり。このため、突進ト裏込注入を行なう装置を開発した。この裏込注入装置は設定した注入圧力の上限値、下限値によつて、注入圧力を自動制御し、注入流量管理、注入稼働時間の記録をする。

注入ポンプは特殊ポンプを使用することによつて、注入状態を突進ト掌握し、地盤沈下等ト肉すト技術的解析を容易トさせず。その結果、比較的土被りが浅く、地下水値の高し、砂質土と粘性土との互層の施工と、さりと軟弱粘性土への河川横断の施工であったが、無気圧で行なう管橋管理工の問題も満水になると、作業環境のよシ施工が出来ず。以下ト本装置の突進結果を報告する。

2. 工事概要

土圧バランスタイプシールド工法と共に開発された常時加圧自動裏込注入装置は江東区豊洲、塩浜の両工事トあつて突進した。

表-1ト示すやうな地質で、豊洲トあつては、交通量の多い道路下で、重要地下埋設物が存在してゐる。さりと地上トは貨物線軌道が横断してあり、ビル構造物が接続してゐる悪条件下での施工であった。

塩浜トあつては、非帯ト軟弱粘性土の地盤中ト河川横断があつ、近くトは橋台、橋脚が接続し、護岸基礎杭直下での掘進とソつた悪条件下での施工であった。

表-1 工事概要

項目	施工例	豊洲シールド	塩浜シールド
シールド工事期間		0851.1~0851.6	0852.3~0852.4
目的		下水道	下水道
工法		土圧バランスタイプシールド工法	土圧バランスタイプシールド工法
シールド外径		2,870mm	2,870mm
仕上り内径		2,000mm	2,000mm
施工延長		532.1m	112.5m
土被り		55~65m	23.0m
最少回半径		R=100m	R=0
土質	上半	砂質土	粘性土
	下半	粘性土	
N値	上半	1~14(平均5)	1~3
	下半	0~3	
含水比	上半	29~37	48~72
	下半	48~62	
74%以下 (%)	上半	18~37	71~93
	下半	55~88	
74~42% (%)	上半	44~80	71~30
	下半	8~44	
42%以下 (%)	上半	2~20	0
	下半	0~2	
透水係数	上半	2.8 x 10 ⁻³	5 x 10 ⁻⁷
	下半	4.8 x 10 ⁻⁶	
地下水値		GL-14~18m	GL-18~30m
施工条件		重要地下埋設物直下。鉄道軌道直下。地上構造物の接続	河川の横断。護岸基礎杭直下。橋台、橋脚の接続

3. 常時加圧自動裏込注入装置

常時加圧自動裏込注入装置は図-1に示すように、注入方法は、まず、セグメント組立中に坑外で採つた注入材を運搬車ト入れて、後続台車ト搭載した注入ポンプまで運搬し、注入ポンプを逆回転させて注入材を運搬台車トポンプ自身のホッパー吸込機、一時貯える。シールド推進と同時にポンプを正回転させてテールシールドで注入材を注入する。

3-1 注入圧力自動制御装置

この装置は注入ポンプの吐出側ト圧力プロテクタを取付け、水トよつて作動するコンタクト接点付圧力計ト上限値、下限値を設定し、注入ポンプの起動、停止を自動的ト制御する。

シールド推進と同時に注入ポンプが作動し、注入を開始する。推進が停止して、注入圧力が上限値ト達するとポンプが停止し、再び推進すると注入圧力が低下

して下限値ト下るとポンプは起動し、注入材は常時加圧さ水ト注入さ水る。

注入圧力の設定値はテールシールドの破損、セグメントスキャンレートのはらみ、セグメントの浮上り等を考慮して上限値1.5 MPa、下限値0.5 MPaと設定しF。

3-2 裏込注入ポンプ

このポンプは、正回転トよる吐出、逆回転トよる吸込ト別々ト行なえる一軸スクロウポンプで、ポンプ上部トは注入材を一時貯えるホッパーを取付け水トいる。ホッパーは後続台車ト搭載して、注入距離を常ト一定トしている。

注入ポンプの仕様は表-2に示す通りトある。

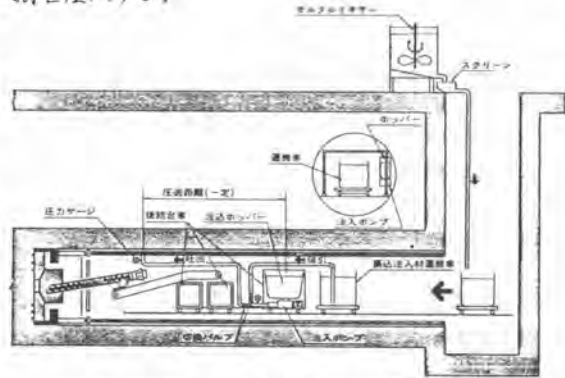


図-1 常時加圧自動裏込注入装置

表-2 注入ポンプの仕様

名称	電動機変速機付一軸ト
吐出量	0.5 ~ 4.0 m ³ /hr
吸引量	0.25 ~ 2.0 m ³ /hr
吐出圧	3 MPa
出力	3.7 kW

4. 裏込注入材

裏込注入材は現場条件ト適するよう次の条件を設定しF。

- ① 強度 $\sigma_{30} > 1 MPa$
- ② 流動性 P. ロート 15 ~ 20秒
- ③ 収縮率 3% 以下
- ④ 材料分離 認めら水存りモウ

表-3 裏込注入材の配合表 (1 m³当り)

シリカ	砂	セメント	水	発泡剤	空気量	70値	圧縮強度
200目	200目	200目	375L	1250 ^g	40%	15~18分	0.70 MPa

室内および現場実験で種々の配合を上記条件トつり

検討した結果、表-3のようト配合を用りF。なお、テールシールドセグメントジョイントの止水トは、砂を多く使用した場合ト方が、効果は大トある。

5 常時加圧自動表込注入の実績と沈下量

土圧バランス型シールド機の外径2.87m, セグメント外径2.75m, テールホイドは片側の隙間60mm, フリング(90cm)当りの設計注入量は0.47m³である。地盤沈下量を減少させるための表込注入量は設計数量より増すことである。しかし、注入量の増加は注入圧力を上げることに伴って、セグメントのばりや浮上りによる組立精度、作業性等が非常に悪くなる。以上のようなことから、注入圧力上限値を決定した。

5-1 豊洲シールド

地盤状況は、軟弱な沖積地盤で表土(埋立土:層厚1.0~3.0m)の下は粘性土層と砂質土層の交互層である。全地域で連続した水平状の分布を不層構成となっている。

シールドは土被り5.5m~6.5mのシールド外径の2~3倍となっており、泥/砂質土層および泥/粘土層を掘削する。

砂質土層はN値1~14(平均5)、自然含水比29~37%のシルト質の細かい微細砂であり、粘性土層はN値0~3、自然含水比48~62%の非常に軟弱な、地域的に砂分を多く含む。

埋設物はシールド天端上1.5mの位置に高圧ケーブル(6万k.V.A)の横断をはじめ、ガス、水道管も平行している。また貨物線の軌道が工事路線を横断している。

このための各関係当局より地下埋設物は20mm以下の沈下量、軌道部の沈下量を9mm以下に抑えるための軌道部通過前後1.5mの範囲の注入圧力上限値を1.5%から1.8%に上げて

注入量を増し沈下量を抑える方法とした。表込注入の実績を表-4に示す。この結果、軌道部では最大7mmの沈下を抑えることが出来た。その他の測定4所の平均沈下量は1.5mmで施工が出来た。

図-2はトンネル直上での最終的地表面沈下量の縦断面図を、図-3は地表面沈下の横断面図を示す。

5-2 塩浜シールド

地盤状況は、軟弱な沖積地盤で表土(埋立土:層厚3.6m~3.8m)の下は軟弱な粘性土層で、全地域で連続した水平状の分布を不層構成となっている。

シールドは土被り約2.3mのシールド外径の約8倍となっており、泥/粘土層を掘削することに伴う。

表-4 表込注入実績

設計注入量	実注入量	注入率	注入圧
267.93m ³	358m ³	134% (軌道部) 171%	軌道部付近 上限1.5% 上限1.8% 下限0.5% 下限0.5%

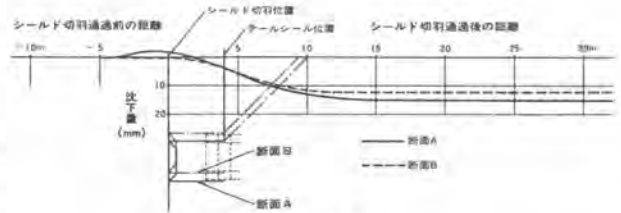


図-2 地表面沈下(縦断)

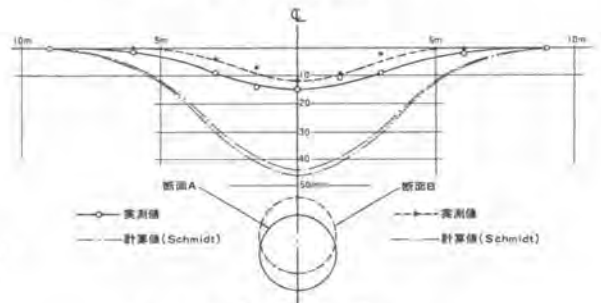


図-3 地表面沈下(横断)

表-5 表込注入実績

設計注入量	実注入量	注入率	注入圧
59.22m ³	69.2m ³	113%	上限1.4% 下限0.5%
0.47m ³ /9.20	平均0.537/m		

掘削延長の約45%は運河横断である。N値は1~3、自然含水比48~72%の非常に軟弱なシルト層があり、地質的には、砂分を25%程度含むT11。

シールド通過路は、刃見運河(幅2.8m)を横断する。この運河の給橋橋台、橋脚が近接し、運河護岸の基礎杭(シートパイル)直下約1.8mのヒコウを通過する。このような地盤中を掘削し、周辺構造物に影響を与えず施工を行なった。

表-5に表込注入の成績を示す。地表面流下の測定結果は図-4、図-5を示すように、最終流下量は12mm~15mmと非常に少ない。

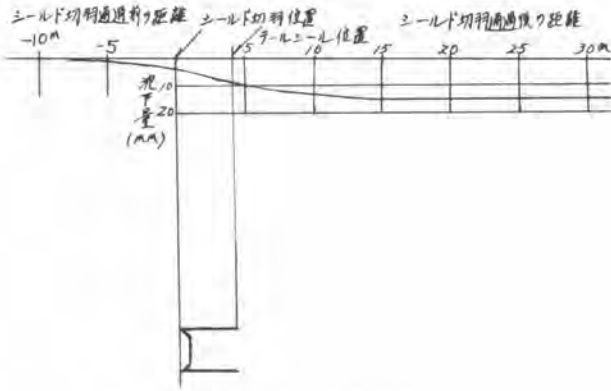


図-4 地表面流下(縦断面図)

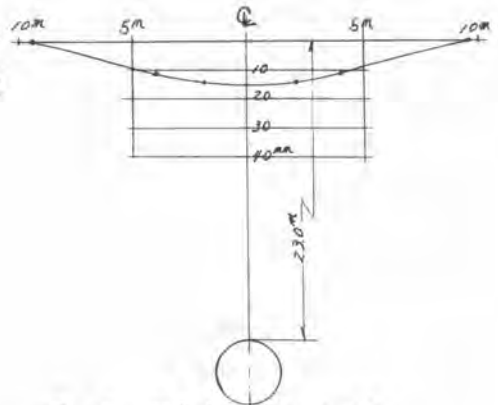


図-5 地表面流下(縦断面図)

6. 常時加圧自動表込注入装置の特徴

この装置の特徴は次のようにあげることができる。

- ① 注入ポンプと使用台車を搭載しているのが注入距離が一定となり、注入効率を向上し、注入材の適用範囲が広く出来る。
- ② 掘進と同時にチールニールまで注入されるので地盤流下を抑えるのが効果的である。
- ③ 同時注入であるので坑内への漏水が少なく高圧気密施工を容易にする。
- ④ 注入圧力自動制御装置が確実に行えるので注入作業の手間を省ける。
- ⑤ 注入ポンプは振動、騒音が少なく、騒動は全くない。
- ⑥ 低圧注入の下の地山を介さずチールニール、セグメントジョイントパワキンを破壊することはない。
- ⑦ ポンプ、ホース等流漏、修理が簡単である。

7. あとがき

土圧バランス型シールド工法と常時加圧自動表込注入装置の採用によって、報告(下)の軟弱なゼロメートル地帯の地盤で地表面流下量が理論計算値より小さく施工出来た。以上のように、如何に表込注入が地表面流下を抑えることに役立つ重要性と、さしと再認識を促す。

35. 限定圧気式シールド掘進機の開発

三菱重工業(株) 明石製作所 安田 勉

1. まえがき

シールド工法は1818年フランスのブルーネルが考案したものと云われ、最初の工事はブルーネルが設計したシールド掘進機(以下シールド機と略称する)によるもので、ロンドンのテムズ河底トンネル用であり1825年着工以来18年目の1843年に完成した。しかし当時は圧気工法が開発されていなかつたため工事は非常に難渋なものであつたと記録されている。

この圧気工法はコックレーンが1830年エアートルックの特許をとり、圧気とエアートルックが初めて工事に用いられたのは1839年フランスのシャロン炭山の立坑掘削のときであつたと云われている。トンネル工事に最初に用いられたのは1879年ニューヨークとアントワープであり、この工事が初めてシールド工法に地山安定処理工法としての圧気工法を採用したものと云える。

わが国では1926年東海道線丹那トンネル水抜き坑用シールド工法に圧気工法を採用されたのが初めてであり、最高 1.4 kg/cm^2 の圧気をかけた。初の本格的シールド工事と云われている1943年の関門トンネル門司側海底部では実に 2.5 kg/cm^2 の圧気をかけ、海底への漏気を防ぐため海底へ粘土ふとん工を施したと記録されている。このように滞水層などの悪条件土質を掘削する場合、地山安定処理工法が採用され、この工法で最も多用されているのが圧気工法であり、現在シールド工法の約75%が採用しているが、この工法はトンネル全体圧気となるため種々の欠点がある。即ち圧気下作業の健康上の問題がとり上げられ、昭和52年1月7日公布の労働安全衛生法施行令が改正実施されるなど規制が強化されたこと、また作業能率、圧気下作業員の不足などの問題があるが、これら欠点は広く知られているため省略する。ここで考えられたのが圧気が必要な切羽部分のみを圧気する限定圧気式シールド工法であり、このシールド機が完成すれば全体圧気工法の欠点を全て解決する画期的工法となる。このため過去何度か試みられたが実用化に成功し、一般工法化される可能性のある結果は得ていない。この最大の原因は切羽の圧気室より大気側へ掘削土砂を排出する装置の気密性と砂礫排土による寿命、粘性土の付着防止など苛酷な条件が未解決なためである。従来この排土機構に試みられたのはロータリフィーダ型が多く、気密性と寿命に対する構造的な問題が一般実用化を阻害していたとも云えよう。この解決のために、ロータリフィーダ型と全く異なる泥水加圧式シールド工法の排泥管系に用いられる苛酷条件下のボールバルブの水密性に着目し、この構造を応用したシールド機外径5mクラスの排土装置を完成させ、試験装置によるテストを重ね高圧気に対する気密性、寿命などで好結果を得たので今後の限定圧気式シールド機の一般実用化の一助にせられたいと考え、この試験結果を紹介する次第である。なお、本試験に用いられた排土装置と同一装置を装備した外径5.25mの限定圧気シールド機が昭和52年8月末、東京都水道トンネル用として発進した。

2. ボールバルブ型気密排土装置の概略構造と気密排土原理

図-1がボールバルブ型気密排土装置（以下排土装置と略称する）をシールド機に装備した限定圧気式シールド機の全体図である。圧気部分は排土装置と隔壁より前方であり、圧気部の切羽でカットヘッドにより掘削された土砂はホツバに投入され排土装置により大気側へ排土され、後方へベルトコンベアにより搬出される。機能上この排土装置は苛酷な条件で使用されるため、ホツバと排土装置の間には非常用ゲートバルブを備え、万一のトラブルに対処している。

図-2に排土装置の概略構造及び作動原理を挙げる。駆動モータにより回転するボールとケースの間には上部シールと下部シールの2本のメタルシールを装着し、圧気室の気密を保持している。従つてボールコア位置が②の時は下部シールが、④の時は上部シールのみで気密を保持し、その他の状態の時は両シールが気密を保持している。従つてボールコア内の気圧は①～③が圧気状態、④以降は大気圧となる。

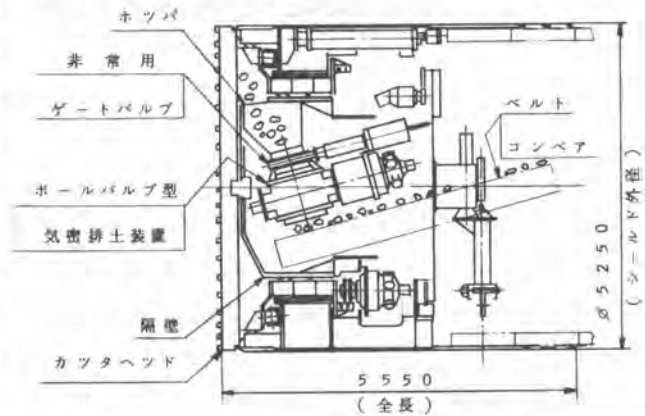


図-1 ボールバルブ型気密排土装置を装備した限定圧気式シールド機

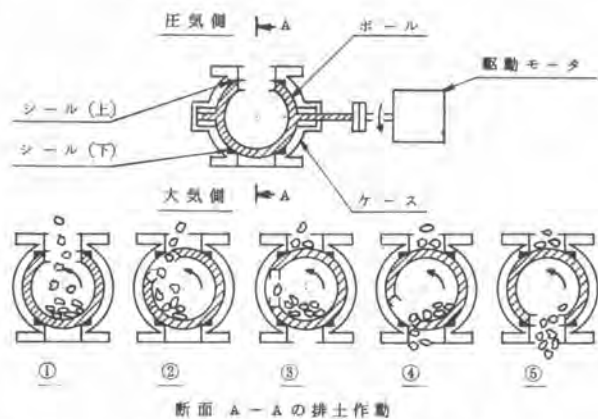


図-2 ボールバルブ型気密排土の作動原理

次にこの排土装置にボールバルブ型を採用したことによる特徴を挙げる。

- (1) ロータリフィーダのように円筒形でなく球形体であるため、1本のメタルシールによる気密保持が可能である。また土砂との摺動によるシールの摩耗隙間からの漏気はシールがスプリングによりボールへ押し付けられる構造のため防止できる。
- (2) ボールとケースの間に付着した粘性土がシールの役目を果たし、気密保持を助ける。
- (3) ボールコア入口部硬度、形状の検討により砂礫による摩耗寿命を延ばすことができる。

3. 試験装置と試験用土砂

3.1 排土装置仕様

回転数	$N = 0 \sim 14 \text{ r.p.m}$	q ; 1 m 掘進に要する切羽断面容量
装備トルク	$T = 3 \text{ T} - m$	η ; 排土効率 (砂質の場合)
ボールコア実容積	$Q = 0.12 \text{ m}^3$	A ; 掘削による切羽土砂の膨張係数

排土能力 (シールド外径 5.25 m で 1 m 掘進の場合)

$$1 \text{ m 掘削時間} = q \times A / Q \times N \times \eta = 21.6 \times 1.3 / 0.12 \times 14 \times 0.9 = 19 \text{ min}$$

$$\text{最大排土量} = Q \times N \times 60 = 0.12 \times 14 \times 60 = 100 \text{ m}^3 / \text{Hr}$$

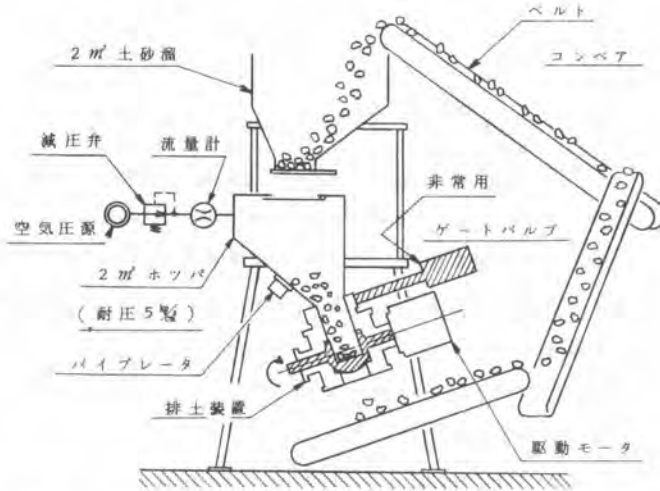


図-3 ボールバルブ型気密排土試験装置概略図

写真-1 排土試験中の同装置

3.2 試験用土砂

試験用土砂は

- (1) シルト質粘土) 表-1 参照
- (2) 砂
- (3) 礫 (平均径 10 mm)

について空気漏れ量, シール摩耗量, 排土効率などについて試験を行った。

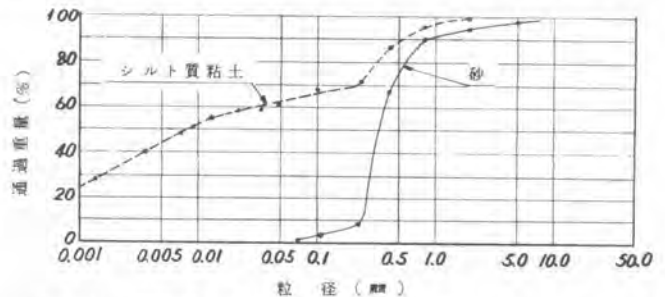


表-1 試験用土砂 (シルト質粘土, 砂) の粒径加積曲線

4. 試験結果と考察

4.1 空気漏れ量試験

空気漏れ量の測定はアニューバ流量計によるもので, 上下部の両シールがシールした状態, 即ち図-2のボールコア位置③のボール静止状態の測定結果である。排土中は排土効率が加算されるためデータ採取は不能であった。この空気漏れ量は累積回転数にほぼ比例的に増加しており, シールの摩耗限界の15万回転時は約 $4 \text{ Nm}^3/\text{min}$ 程度と推定され, 実用上支障ないと考える。また空気圧力 1 kg/cm^2 のときと 3 kg/cm^2 のときの漏水量の差が少

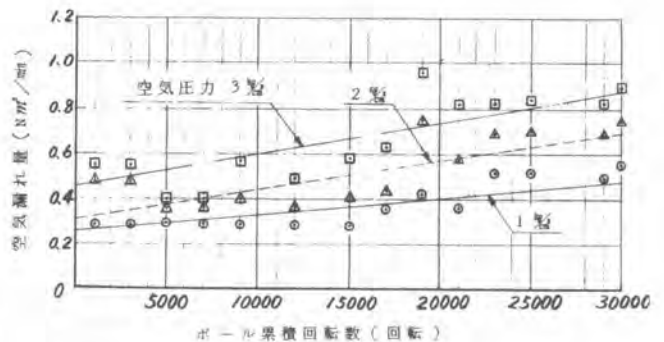


表-2 排土装置累積回転数と空気漏れ量

す。

いことは、この排土装置の構造が気密排土に適しているためと云えよう。

4.2 シール摩耗量

表-3は土砂排土の寿命に関するデータで、シールを押し付けているスプリングの伸び量を測定した値である。

上部シールの摩耗量は挙げてないが、3万回転後の摩耗量は0.6mmで下部シールの約半分であつたことは下部の土砂排出側

が苛酷条件であることを示した。なお、ボール累積回転数3万回転は外径5mクラスのシールド機の掘進距離約100mに相当し、シールの摩耗限界が5mmであることからシールは400~500mの掘進に耐えるものと想定される。試験的に径50~60mmの礫を投入し、ボールコア端部とシールの間に噛込ませたが簡単に破砕し、シールの損傷も認められなかつた。

4.3 排土効率

排土効率とはボールコア部容積と排出土砂の見かけ容積の比である。

表-4、表-5でボールが低速回転時に100%以上を示しているのは圧気により土砂がボールコア内に圧

密され、反転してボールコア部が大

気側へ解放されたとき、即ち排土される時土砂が膨張するためである。当然高速回転時は低排土効率となり、ボール径にもよるが実用上はボール外周速で30m/minが限界であると云える。なお含水比の高いシルト質粘土の高速回転時の効率は急激に低下しているが、これは上部のホツバ、ボールコア内壁にシルト質粘土が付着し、効率を低下させているためである。この対策として種々の方法を試みたが最も有効な結果を得たのはバイブレータによるものであつた。

表-5の含水比13.3%は排土実用限界と受けとられるが、これは工場内試験であるため、シルト質粘土塊が乾燥し、含水比を高くするための散水も土塊内部に浸透せず均等な含水比を得られなかつたため、実際の地山の含水比で云えば30~40%程度、即ち機械掘りシールド機で掘進可能な程度の含水比のシルト質粘土までは排土効率を低下させずに排土可能と考える。

5. あとがき

シルト質粘土、砂、礫による排土装置の累積回転数3万回転は外径5mクラスのシールド機の掘進距離約100mに相当し、この時点での空気漏れ量は圧気3kg/cm²で1Nm³/minと非常に気密性にすぐれた結果を得ることができた。この排土装置が今後の限定圧気式シールド機の実用化の一助になれば幸いである。

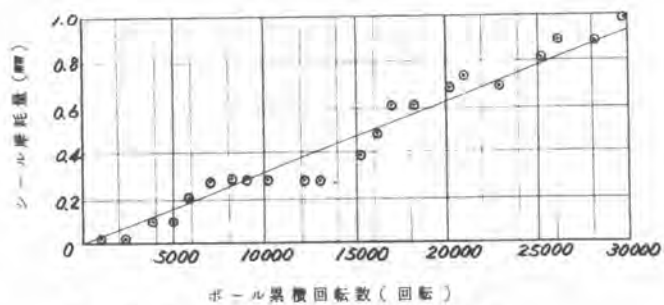


表-3 累積回転数と下部シール摩耗量

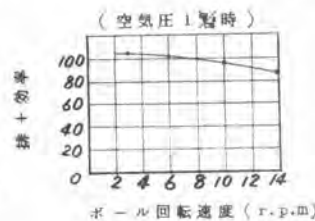


表-4 砂の排土効率

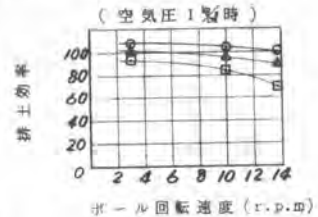


表-5 シルト質粘土の排土効率

36. シールド掘進機用遠隔自動制御システムの開発

日立建機 小野耕三

1. まえがき

最近軟弱地のトンネル施工が増大している。軟弱地施工の問題点は切羽からの湧水を止めながら軟弱地盤を隆起も陥没もさせずに掘る点にある。このため圧気や薬注が補助工法として併用されて来たが、主として環境問題に関連してその使用が段々に制約されつつある。そこでそれら補助工法の使用を最小限に出来る工法として図1に示すような回転カッターにより掘削した土砂を密閉されたチャンバ内に充満させ加圧状態を保ちつつチャンバ内の土砂をスクリーコンベア等の排土機構で排土するタイプのシールド機が注目されている。こうした一連のシールド機を密閉加圧式シールド機械と総称することにする。日立建機では密閉加圧式シールドに対し、

- (1) チャンバ内土圧を直接計測し管理する事により切羽の崩壊を防ぐ。(土圧計測・制御)
 - (2) 掘進中の操作を極力自動化してオペレータの負担を軽減し同時に操作の信頼性を向上させる。(自動運転)
 - (3) より良い環境条件の場所で全操作が可能にする事によりオペレータの居住性・安全性を改善する。(遠隔制御)
- 等の特長を附与し、同種シールドの性能を飛躍的に向上させる事を目的とした遠隔自動制御システム「ハイラック」

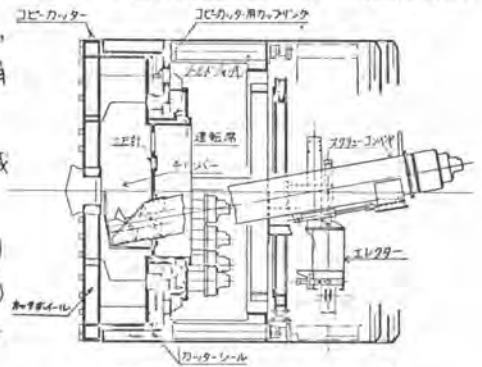


図1 密閉加圧式シールドの一例

(HIRAC; Hitachi Remote and Automatic Control System)を完成し、既に実機に適用し全ての実施例に於て満足すべき性能と信頼性を確認したので、ここにそのシステムの概要を報告する。

2. HIRACシステムの構成と概要

HIRACシステムは次の各装置、機構より構成されている。

- (1) 土圧検出表示装置
- (2) 切羽安定制御装置
- (3) 遠隔制御装置
- (4) 全自動掘進制御機構
- (5) 掘進方向表示装置

以上がHIRACシステムの全構成であり

その操作盤面を図2に、システム全体の構成を図3に示す。このシステムを全遠隔制御ハイラック(HIRAC-F)、図3の*印部分を省略した上記(1)(2)を基本とし(3)(4)(5)の一部の機能を付したものを準遠隔制御ハイラック(HIRAC-S)と呼ぶ。

HIRAC-Fシステムでは全遠隔制御のため後方台車の任意の場所に操作盤、制御盤を設置する事によ

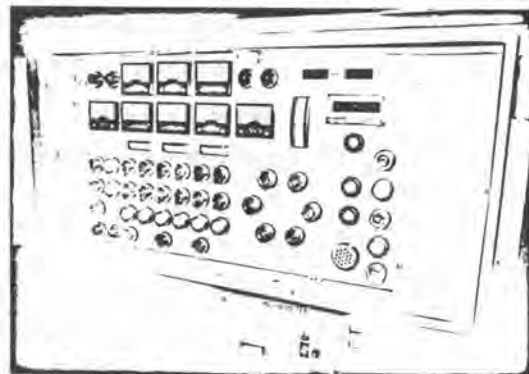


図2
ハイラック
システムの
操作盤面
(HIRAC-F)

り、その場所で全てのシールドの掘進動作が可能である。またHIRAC-Sでは油圧方向切換弁の操作が従来のメカニカルシールドと同様本体内に於ける直接手動操作のため操作盤のみ本体内に設置する必要がある。他の部分は任意の位置に設置可能である。

なおこの遠隔自動制御システムHIRACを装備した当社の密肉加圧シールドを特にCPシールド(Controlled Soil Pressure Shield)と呼ぶ。

3. 土圧検出表示装置

本装置は図3の土圧検出器、動歪計及び操作盤面上の土圧表示計より構成されている。この中で特に重要なものは土圧検出器である。市販の土圧計はほとんど土木工学上の要求から、静止又は極くわずかな変動しかしない地中の土圧測定用として設計されているので、土砂と土圧計との相対すべり速度が数%以上の状態の土圧をしかも長期にわたって測定せねばならない本システム用土圧計としては市販品が使えなかった。そこで次のような土圧計の開発が必要であった。

- (1)土砂の種方向のすべり運動があっても正確に垂直応力が検出できること。
- (2)長期にわたる土砂との摩擦により表面が磨耗しても性能に何らの影響もないこと。



図4 土圧検出器

- (3)掘進を開始したら土圧計への荷重は除去出来ないで長期間安定した特性であること。
- (4)防水性や機械的強度がシールドの現場環境に適したものであること。

本土圧計は、上記の条件に於ける土圧計測に経験の深い東京大学にその開発を委託した。

密肉加圧式シールドではチャンバ内土圧を適正に管理しながら掘進することが切羽を安定に保つるに必須の事なのでシステム全体に占めるこの役割は大きい。図4に本土圧計の外観を示す。

本土圧計は歪ゲージ式を採用しており増圧器として動歪計が必要だが、これにも(3)の理由で長期安定度が要求される。この点を特に考慮して設計されたプラント計装用動歪計を採用している。

4. 切羽安定制御装置(特許出願中)

本装置は図3の左右ストローク検出器、スクリュコンベア回転検出器、速度演算器、アナログ演算器、シーケンス制御器より構成され本システムの主要部を占めている。

図5により切羽安定制御の原理を説明する。掘進速度を v 、シールドの断面積を A とすると掘進土量 V_1 は、

$$V_1 = A \int v dt \quad \text{---(1)}$$

スクリュコンベア回転を N 、その一回転当りの理論排土量を B 、排土効率を η とすると排土量 V_2 は

$$V_2 = \eta B \int N dt \quad \text{---(2)}$$

チャンバ内の土砂の等価体積弾性係数を K とし初期土圧値を P_0 とするとチャンバ内土圧 p は、

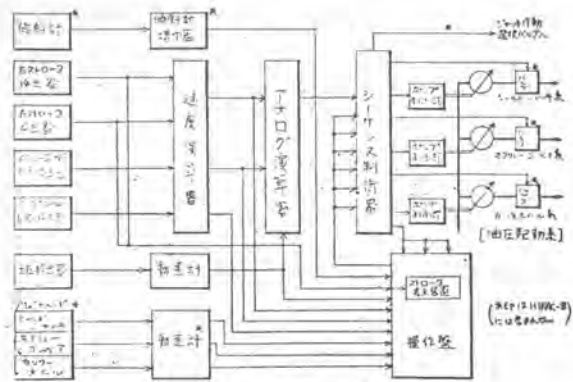


図3 HIRACシステム全体構成図

$$P = P_0 + K(\bar{V} - \bar{V}_0) \quad \text{--- (3)}$$

$$= P_0 + K(A\bar{V} - \eta BN) dt \quad \text{--- (4)}$$

実際の施工中のデータの解析によって、(3)式のKは必ずしも定数でない事がわかってゐる。しかしながら本制御の動作を考える為の近似式として充分有効なものである。

(4)式よりある時点での土圧Pの変化分を、

$$\Delta P = K(A\bar{V} - \eta BN) \quad \text{--- (5)}$$

そこでVが与えられたときにNを式

$$N = (A/\eta B)V \quad \text{--- (6)}$$

に従って制御すれば土圧変化分は0となり土圧Pを一定に保つ事が出来る。A, Bは機体の設計により定まる定数であるが η は土質, 土圧, 回転数などにより変化する。そこで η を定数として(6)式に従って制御しても実際の \bar{V} と \bar{V}_0 は等しくならず土圧は一定値を保たず増減する。そこでチャンバ内土圧 P を検出し、目標土圧 P_0 と比較し $P > P_0$ のときは η に相当する演算器内の係数 η' (これを便宜土制御係数と呼ぶ)を減少させ、 $P < P_0$ のときは η' を増加させるように構成されている。そのため掘進速度 v とスクリュコンベア回転 N は $P = P_0$ となる時点で最終的に釣り合い、そのときの制御係数 η' は実際の排土効率 η にほぼ等しくなっている。

本制御の本質的に良い点は、 η の変化や定数A, Bの設定誤差等があつても、真の土圧Pが P_0 に等しくなるように η' の修正という形で補正するので、誤差が累積して行くという欠点がない点である。

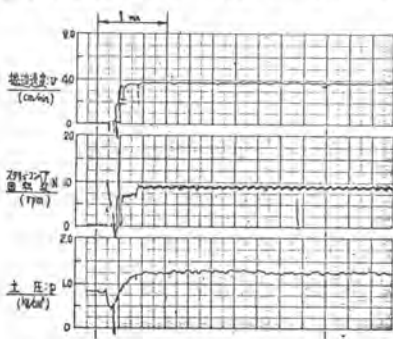


図6 自動掘進データ例

そこで P_0 として掘進量に見合った分だけ切羽より土砂を過不足なく取り出している状態の地山の静止土圧に設定しておけば、種々の外乱の影響を全く受けずに切羽を常に安定に保つ事が出来る。また排土量測定や地盤の測定のみによつて排土量を修正する方法と比較すると数リング掘進して初めて修正されるのに対して、本制御では数mm掘進する間にPの変化としてフィードバックがかり自動的に排土量が修正されるので切羽を安定に保つという点では格段の感度と精度を持っており今迄の施工例でもそれが実証されている。

図6は切羽安定制御による自動掘進データの一例で、掘進速度 v の変化に対してスクリュコンベア回転 N が自動追従し、土圧Pが停止時の値より目標値へ変化しその後一定に保たれている。

5. 遠隔制御装置

シールド掘進中の全ての操作を、本体内で直接操作するのではなく後方台車上の任意の位置に設置された操作盤より出来るようにしたものが本装置である。図2に示すようにチャンバ内土圧, 掘進速度, スクリュコンベア回転, カッタ回転, 各ポンプの吐出量比率, 各ポンプ油圧, ローリング角, ピッチング角, 左右ジャッキストローク, スクリュコンベア累積回転などが表示され、全ての操作が押ボタンによる遠隔操作が可能になっている。各ポンプ吐出量は電氣的にコントロールモードにて調節可

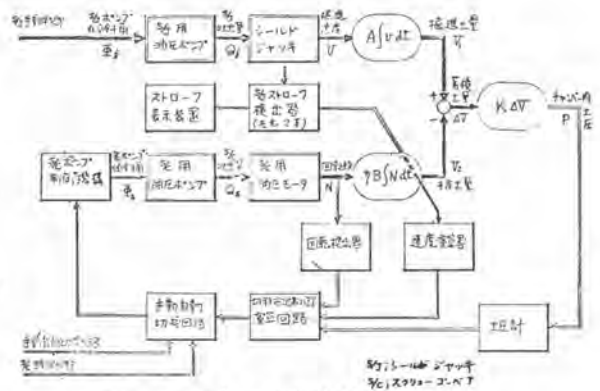


図5 切羽安定制御系統図

能になっており、各油圧切換弁は電磁弁操作になっている。万一の制御系の故障に備えて以上の全ての操作は手動による従来通りの直接操作も可能なように考慮されている。

6. 全自動掘進制御機構

前述の切羽安定制御ではチャンバ内土圧を一定に保つべくスクリュコンバア回転の自動制御を行っている。これに加えて掘進速度を所定の一定値に保つ掘進速度自動制御機構、カッタの回転方向をローリング角の限界値にて自動反転させローリング角を一定範囲内に保持するローリング角自動修正機構を設け、以上三つの自動制御系に相互に必要なインタロック機構を設けた上で順序立てて運転制御するのが全自動掘進制御機構である。このシステムでは目標土圧、目標掘進速度、カッタ用ホニア吐出量、作動ジャッキを設定し自動掘進ボタンを押すだけで上記全ての自動機構がシーケンシャルに作動し、所定の土圧を保ちながら掘進した分だけ排土制御し、ジャッキ作動本数も途中で変えても一定の掘進速度を保持し、所定範囲内のローリング角を保つ自動運転が行なわれる。

7. その他の附属装置

今述べた以外には掘進方向や機体の姿勢を表示する掘進方向表示装置がある。それは左右のシールドジャッキストロークをmm単位でデジタルで表示するストローク表示装置、ピッチング角、ローリング角表示装置より構成されている。ストローク表示装置は左右の差が一目でわかり掘進方位角が直感的にわかるようになっている。

また稼働データをペンレコーダや打突式レコーダにて自動記録する自動記録システムを設けることにより施工の工学的解析を行ったり、稼働状況管理が適確に行なえる。その他、地上の現場事務所より今述べた全ての操作や自動制御が可能な地上遠隔制御システムもある。これら二つのシステムはオプション仕様である。

8. HIRACシステムの特長

- (1)切羽の安定施工とその施工精度の飛躍的向上。
- (2)自動運転や各種安全機構によりオペレータへの負担が軽減され操作の信頼性が向上した。
- (3)それに加えてより良い作業環境で楽な操作が可能となり、オペレータの居残性・安全性が向上。
- (4)施工の信頼性向上と掘進方向の適確な修正が可能となり、施工の迅速化が可能となった。
- (5)全ての信号が電気信号なので稼働データが簡単にとれ、施工の工学的解析と稼働状況管理が容易となる。

9. あとがき

本システムの実用化により従来比較的小悪環境条件で感に頼って作業する面が多かったシールドの施工が作業環境条件の向上と科学的な施工管理が可能となった。本システムをより一層改良し、シールド施工に携わる関係各位の要望に応えるべく、今後も努力を重ねていく所存である。

末筆ながら土圧計の南隆と土質工学上の技術指導の面で絶大なる御尽力と御指導を東京大学工学部 千々岩教授、畑村助教、竹内助手の皆様より賜りました。ここに心から謝意を表する次第です。

また本システムのオナーズを積極的に御持用いただき、数々の有益な御助言を賜りました大豊建設 殿関係者各位に厚く謝意を表する次第です。

37. 泥水処理装置

三菱重工業(株) 明石製作所 森田英嗣
栄 時一

1. まえがき

建設工事に伴って発生する泥水の処理では、工事規模、排水及び捨土における制約、泥土の性状、設備価格、設備所要面積、等々の条件を考慮に入れて設備選択が行われるが、ここでは大径の泥水式シールド工事に供して好成績をおさめた泥水処理装置の一例について紹介申し上げる。

本システムの特徴は微細粒土の分離脱水に遠心分離機を使用していることである。この遠心分離機を水処理<清澄な水の分離を目的とする>より泥処理<含水率の低い土粒子群の分離を目的とする>を優先して機能させることにより、脱水効果を高めるとともに処理能力を大巾に増大させることができた。

なお、本システム開発に当って実施した遠心分離機脱水試験についても紹介する。

2. 泥水処理の基本的考え方

本システムのフローダイヤグラム及び主要目を図-1、表-1に示す。

本システムの泥水処理に対する考え方は

- 1) 切羽から排送されてきた泥水は粗粒土分を1次分級装置で除去し調整槽に貯える。この粗粒分を除去した泥水は微細粒分を多く含む難戸過性のもので再び切羽に圧送して掘進に利用する。
- 2) 余剰となつた泥水は泥水貯槽に貯え遠心分離機に定量供給して微細粒土を分離脱水する。
- 3) 遠心分離機から出る分離水は凝集沈殿槽にて清澄化して、必要に応じて希釈水として再利用し原則として水を系外に排出しないクローズドシステムとする。

表-1 主要目

項目	仕様概略
1次分級装置	サンドキック 有効水面積 18m ²
調整槽	□5000×4000 ^H _{mm} 有効容量 90m ³
泥水貯槽	□5000×4000 ^H _{mm} 有効容量 90m ³
遠心分離機	(三菱-バド) LBM605相当品
凝集沈殿槽	φ3000×4300 ^H _{mm} 有効容量 15m ³
処理水槽	3000 ^W ×8000 ^L ×3100 ^H _{mm} 有効容量 60m ³

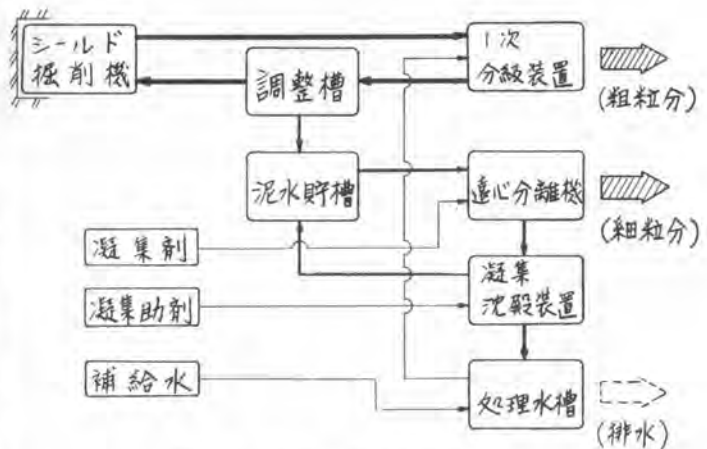


図-1 フローダイヤグラム

3. 泥水処理の実績

工事場所 千葉県市川市

工事概要 トンネル掘削断面：5800φ，トンネル延長：800m

掘削期間：851/4～851/9 地盤の土質：シルト粘土層

1) 平常運転時の計測

シルト混り砂層，砂層

工期をとおしてみると処理対象とする泥の性状が変化しており従つてケーキ含水比，分離水濁度が常に一定しているものではないが，平常運転中の或る時点で計測した諸数値及びその時に取り出したケーキについて粒径分布を表-2，図-2に示す。

表-2 計測諸数値

1次分級装置				遠心分離機				凝集沈殿槽			
流入泥水量	m ³ /H	198		流入泥水量	m ³ /H	40		流入泥水量	m ³ /H	33	
〃 比重	—	1.257		〃 比重		1.156		排出スリ-濃度	wt%	12.8	
〃 濃度	wt%	33		〃 濃度	wt%	21.6		処理水濁度	PPm	86	
分離ケーキ含水率	wt%	29.1		ケーキ含水率	wt%	45		PAC使用量	PPm	50	
通過液濃度	wt%	29.9		ケーキ量(wet)	t/H	18.2					
〃 比重	—	1.213		高分子注入量	wt%	0.08					
				分離水濁度	PPm	132					
				遠心力	G	500					

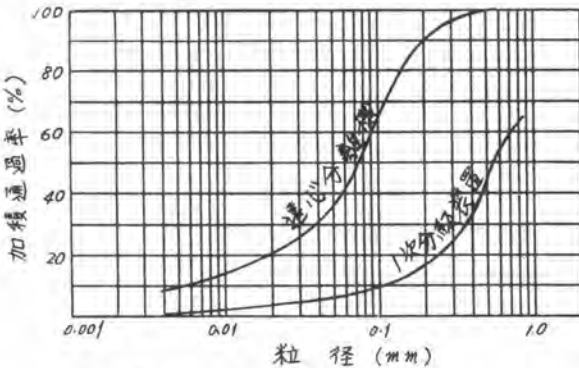


図-2 分離ケーキの粒径分布



写真 遠心分離機からでたケーキのダンプ積載状態

2) 性能試験時における計測

本運転にさきだち現場で実施した遠心分離機脱水試験の成績を表-3に紹介する。この試験では遠心分離機に供給する泥水の流量，泥水濃度，薬注量を変化させ分離ケーキの性状変化を調べた。その時の対象土の粒径分布を図-3に示す。

表-3 遠心分離機脱水試験成績表

計測項目	テストNO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
泥水流量 m^3/h		35	35	35	26	26	45	60	70	70
泥水濃度 $wt\%$		21	21	21	21	21	15	15	10.2	10.2
ケキ含水率 $wt\%$		47.4	47.6	44.0	51.7	54.6	52.1	49.1	49.1	48.7
分離水濃度 ppm		48	26	2600	171	110	120	1880	1018	470
ケキ量 (wet) $\frac{kg}{h}$		16.1	16.1	15.1	13.0	13.8	15.5	19.4	14.7	14.9
回収率 $\%$		99.9	99.9	90.8	99.9	99.9	99.6	89.4	99.1	99.6
薬注率 (対SS) $\%$		0.095	0.066	0.047	0.096	0.067	0.13	0.097	0.1	0.073
遠心力 G		500								

4. 遠心分離脱水の特性

本システム開発に当り実施した遠心分離脱水試験 (三菱-バード IBM 405 を使用) 結果を紹介し、遠心分離機の脱水特性について考察を試みる。

(1) IBM 405 による脱水試験では2箇所から採取した資料を対象に試験計測をしているが諸数値及び泥水の性状は表-4、図-4のとおりである。

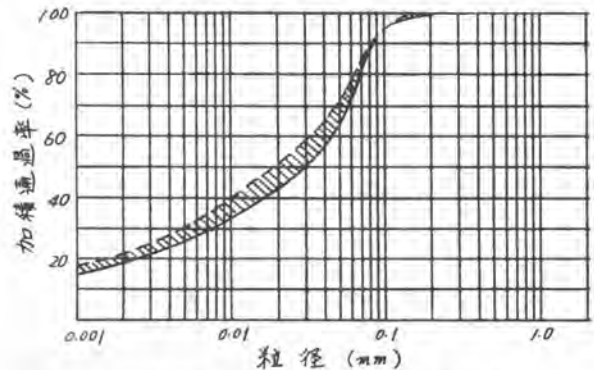


図-3 泥水中の土粒子粒径分布

表-4 計測諸数値

項目	泥水種別	テストNO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
泥水流量 m^3/h			5.3	8.0	10	13.3	13.3	10.0	12.5	12.5	12.5	13.3	13.3	12.8	13.3
濃度 $wt\%$			12.8	15.2	15.2	15.2	18.6	18.6	16.9	16.9	15.8	15.2	15.2	15.6	16.0
ケキ含水率 $wt\%$			45.6	44.5	44.1	42.4	36.1	38.3	42.2	39.9	38.6	42.2	45.9	39.6	44.5
分離水濃度 ppm			58	107	25	91	100	211	91	25000	44800	140	162	100	146
回収率 $\%$			99~	99~	99~	99~	99~	99~	99~	88.6	78.3	99~	99~	99~	99~
ケキ量 (wet) $\frac{kg}{h}$			1.36	2.42	3.0	3.87	4.38	3.4	3.72	3.48	2.77	3.86	4.12	3.66	4.22
薬注量 (対SS) $\%$			0.16	0.18	0.18	0.18	0.16	0.07	0.17	0.04	0	0.18	0.18	0.17	0.17
遠心力 G			1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	560	1000	560

項目	泥水種別	テストNO.	14	15	16	17	18	19	20
泥水流量 m^3/h			10.7	13.3	13.3	13.3	8.7	8.7	4.5
濃度 $wt\%$			10.2	15.2	15.2	15.2	19.6	17.9	17.9
ケキ含水率 $wt\%$			51.5	51.5	54.4	52.7	50.9	49.4	63.7
分離水濃度 ppm			160	13800	15380	31840	4870	29300	1680
回収率 $\%$			99~	92.8	91.2	81.6	98.3	88.2	99
ケキ量 (wet) $\frac{kg}{h}$			2.41	4.27	4.45	3.85	3.89	3.0	2.5
薬注量 (対SS) $\%$			0.27	0.18	0.18	0.09	0.13	0.07	0.15
遠心力 G			1000	1000	560	560	560	560	560

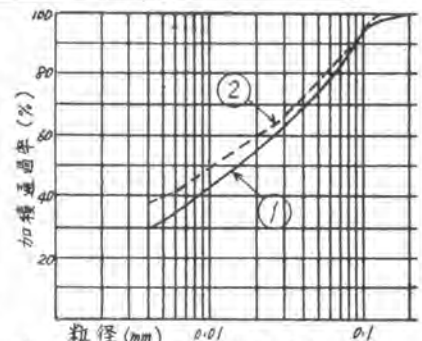


図-4 泥水中の土粒子粒径分布

2) これまでの分離脱水試験から遠心分離機の脱水機能について図-5に示すような性向があることが推察できる。

即ち泥水供給量を大きくとる方が分離ケーキの含水率が低くなりしかも処理量は増加するという泥水シールド向きには極めて都合のよい性向をもっていること。その他ケーキの取扱い性ということも別にすれば薬注率の低い方が分離ケーキの含水率は低い値を示すことも特徴である。

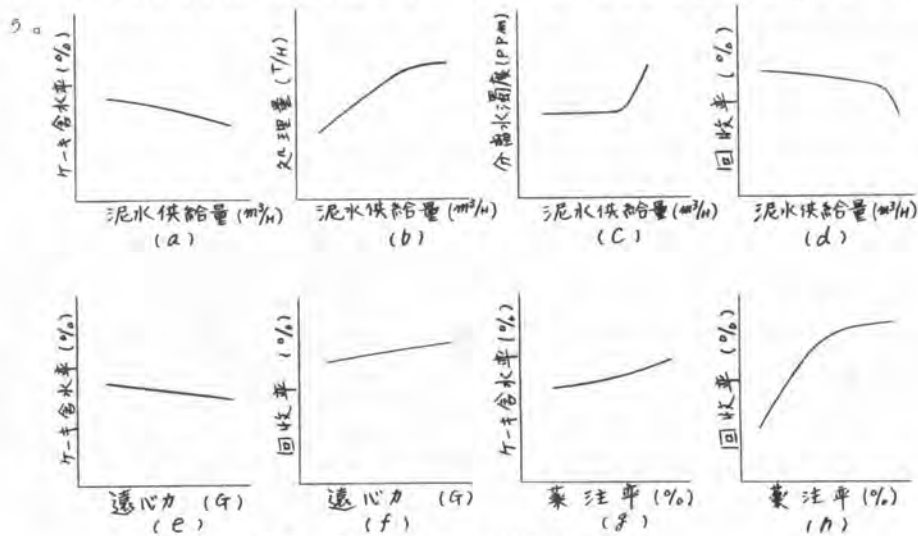


図-5 遠心分離機の脱水特性

5. 遠心分離機を組み込んだ泥水処理装置の特徴

- 1) 土粒子の粒径変動及び泥水濃度の変動に対して安定した処理能力を有する。
- 2) 大きい遠心力を利用して固液分離を行うため、凝集剤の使用量低減がはかれる。
- 3) 小形機械で大きい処理能力を有することから泥水処理プラントが小形化され、据付面積を小さくすることができる。
- 4) 連続方式であり、運転の自動化が容易なことから運転管理が簡単で省力化できる。
- 5) 条件次第で無薬注運転を行うなど機敏に操作を対応させることができる。

6. あとがき

遠心分離機は従来から脱水性能について高い評価を受けながら、やゝもすると処理能力が小さいと見られがちである。しかし、まえがきに述べたようにこれを泥処理として機能させる場合、さきの計測値に見られるように大きな処理能力を引き出すことができる。

泥水処理設備計画に当っては作業条件等を充分考慮し機器選択をしなければならないが、脱水機の種類では他の機種（フィルタープレス、ベルトプレス等）と並べて遠心分離機についても検討されると有効ケースも多かろうと考える。

38. 泥水シールド工法礫層地盤のアクアパックス クラッシャーについて

(株)大林組 機械部 小 笹 雅 由

1) まえがき

最近市街地におけるトンネル掘削としてシールド工法が多くなってきた。最近特に泥水シールド工法による実績が急増している。土木学会トンネル工法委員会が昭和52年トンネル標準示方書(シールド編)を制定するに当り機械掘りシールドの中に泥水シールド工法をとりあげている。従来の手掘シールド工法、機械掘工法は大部分圧気圧と薬液注入との併用により行なわれてきた良い面もあるが、新しい泥水工法の場合の長所としては掘削土砂はパイプラインにより流体輸送するので坑内の作業環境がより改善される。しかし礫層地盤による泥水工法には礫対策に問題がありこれに関連して工期の延長、坑内の複雑化、二重運搬設備及び人員増、等の問題が生じてくる。この問題を解決するために考案した「大径れき処理輸送システム」は、排泥管の途中にロータリー式アクアパックスクラッシャーを組み込み大径れきを管の外に取り出すことなく水中で破碎し、スラリー輸送しようとするものである。

2) 概要

流体輸送するには粒径の3倍の管径が必要だとされ、それ以下なれば閉塞等の障害が懸念され流量、流速等は大きくなるものとなるため、現在使用されているものは掘削機にトロンメル、礫溜装置を取りつけ、約50%以上の礫を除去方法がとられている。礫は装置内に溜められるため一定の或る容量以上になれば礫を取り出し、ザリトロ、コンベヤーを通して坑外に搬出する設備が必要となる。



写真-1 アクアパックス、クラッシャー

アクアパックスクラッシャーは輸送管中、閉回路方式により排泥管で搬出可能な形状まで連続破碎するので、掘削した礫は泥水とともに水圧室より連絡管、又は水中コンベヤによりアクアパックスクラッシャーに投入する。輸送管は大径礫が排出可能な大径管を使用し、管内に沈着しないための流速を循環泥水に与える。掘削した土砂はアクアパックスクラッシャー投入前にポンプ通過径までの礫はスリット型式の分級機によつて分級する。(特許出願中)大型シールドの場合は直接にアクアパックスクラッシャーを取付けることが可能となり、大径管が不必要になる。

3) 機械概要

アクアパツクラツシヤは、内接形のロータリ式を機構とし、ロータを偏心運動さすことにより、外筒とロータ間にて破碎しているため次の特長を有する。

- ① 機械サイズに対して処理能力が大きい。
- ② 外筒内に破碎室を構成しているので、機密性を持たすことが容易。
- ③ 破碎による容積変化が無く、非破碎室に泥水が流れることにより、脈動や圧損が少ない。
- ④ 円筒であるため、セグメント内に有効的な配置が出来る。
- ⑤ ロータリ式のため振動が少ない。
- ⑥ 嚙込角度が鋭く、出口セットに対する破碎物の限界サイズは大きくとれ、高機械のコンパクト化がはかれる。普通クラツシヤは一次二次クラツシヤを使用し破碎するが、この式では1台ですむ。
- ⑦ 水中クラツシヤのため1台の機械で一次破碎と分級をこますことにより、二次破碎とを1台の機械で出来る。

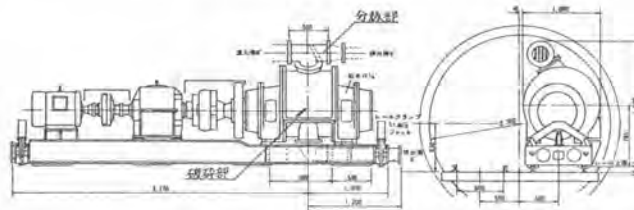


図-1 アクアパツクラツシヤ図

4) 実験結果

1号砕石、割栗石、掘削予定地の発生礫に対し破碎実験を行ない、破碎能力、粘度、圧損等を調べる。② 1号砕石(60~80%) ③ 割栗石(100~200%) ④ 発生礫(最大200%)

実験に用いた試作機はトラム寸法 750%×600%巾、電動機45kw-4P、ロータ回転数115 R.P.M.のもので、実験のフローシートは下記に示す。(各岩石の硬さも)例えば割栗石を6.7%の泥水に約8 $\frac{1}{2}$ 投入し破碎した結果、50%以上の礫は、投入量の5%しか無く、30%アンダが70%を占める。

1号砕石についても同じような結果が得られた。発生礫に対しては30%アンダが92%となり、150A管のスラリー輸送に対し何ら問題はない。表-2 実験結果一覧表は破碎時の電流変化と流量変化で電流値は、無負荷時の2~3倍の値を示している。しかし発生礫に対しては殆んど電流変化はおこっていない。圧力計による破碎時の変動はG-1で $\pm 0.03 \frac{kg}{cm^2}$ 、G-2で $\pm 0.04 \frac{kg}{cm^2}$ と変動は少なく、輸送変動は生じていない。破碎中騒音(0 $\frac{m}{m}$ -85ホーン 5 $\frac{m}{m}$ -65ホーン)にいたつてもあまり気にならない。結果として、破碎機での閉塞、スラリー輸送等に何ら支障が無く、破碎時の掘削断面に対する影響も無しと考えられ、礫処理システムとして十分使用出来る。

5) 実掘削結果(別表-2)

掘削断面積72 $\frac{m^2}{m}$ 、延長768米の泥水シールド工事に対し、A P O 16×24を設置し、礫層地盤を掘削した。別紙に地層縦断面図、地山粒度および回収土砂の粒度分布、破碎前後の粒度分布図を示す。(表-3 表-4)



図-3 実験フローシート

表-1 岩石の硬度

試料項目	一軸圧縮強度	プロシヤンツ	シェア-モジュ
八ヶ岳の地盤	1032 kg/cm ²	891	1.01
現場発生片石	1053	901	81
1号砕石	1119	1180	63

地層縦断面図によるとシルト混りの砂礫層で礫分50～60%、主として40～50%で、場所によつては最大礫200～230%の礫が存在しているのを40%アンダに破碎している。破碎後の回収土砂で約35%破碎量が有つた。予想以上に粒度が大きかつたため、連絡管等にて2～3の詰りを生じたが、クラツシャにおいて、定格65Aに対し20～30Aと過負荷の状態になることはなく、レール上に置いているだけで振動も殆んどなかつた。掘削スピードにおいては、最大 $7 \sim 8 \text{ cm/min}$ 記録している。セグメント数では6時から22時迄14時間で1クリンクの記録があつた。本機にて問題となつた部分は、発生礫が SiO_2 を90%以上も含むチャート質であるためロータライナの摩耗が早く、刃の交換、あるいは肉盛を行なつたことである。この問題も普通クラツシャでも言われる様に破碎比を今回はスペースの問題で約 $1/7$ であつたが、やはり $1/2 \sim 1/3$ にすれば摩耗も少ないと思う。

実験の種類	岩石の種類	投入量 (kg)	抽出量 (kg)	ブラスター電圧 (A)		消費電力 (W/min)			ポンプの電流 (A)	吐出量の目数	管内圧 (kg/cm ²)	
				子機	母機	三相の平均	三相の最大	三相の最小			G-1	G-2
ケースI-1	1号砕石	100	100	56	59							
・ -2	割葉石	75	100	56	150							
・ -3	1号と割葉	75	100	56	120							
ケースII-1	1号砕石	28	95	65	145	6.6	6.7	2.0	105	閉	0.9	0.65
・ -2	・	56	95	65	145	6.6	6.7	1.0	105	閉	0.91	0.65
・ -3	・	125	92	60	148	6.6	6.7	0.0	104	閉	0.95	0.6
・ -4	割葉石	20	97	62	140	6.85	6.75	0.0	106	閉	0.95	0.65
・ -5,1	・	40	—	60	145	6.85	6.7	1.8	106	閉	0.97	0.65
・ -5,2	・	40	95	65	215	6.85	6.7	3.3	106	閉	0.95	0.65
・ -6,1	・	93	96	62	215	7.15	7.0	1.0	106	半閉	0.91	0.65
・ -6,2	・	81	94	60	273	7.15	7.05	2.5	106	半閉	0.91	0.65
・ -7	1号と割葉	26	83	62	185	6.75	6.7	1.4	105.5	閉	0.92	0.65
・ -8	・	80	94	62	182	6.85	6.6	1.6	105	閉	0.98	0.62
・ -9	塊状発生片	150	100	60	75	6.85	6.7	1.6	106	閉	0.92	0.65
ケースIII-1	1号砕石	100	94	60	185	6.6	6.7	0.8		閉	0.95	0.65
・ -2	塊状発生片	150	100	60	65	6.6	6.7	1.7		閉	0.95	0.67

表-2 実験結果一覧表

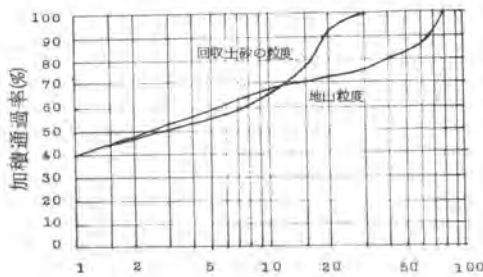


表-3 地山粒度および回収土砂の粒度分布

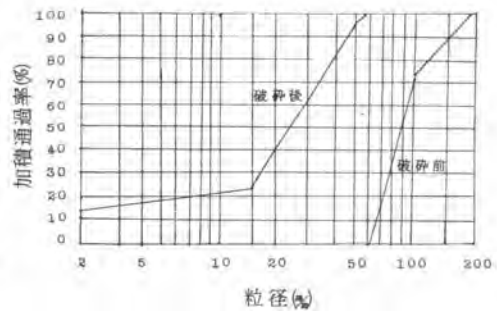


表-4 破碎前後の粒度分布

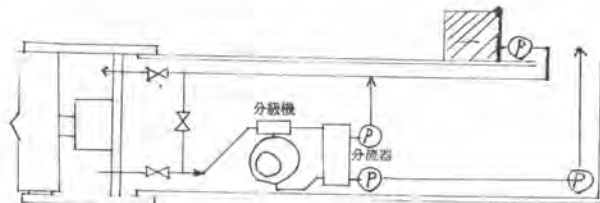


図-4 系統図

6) おわりに

以上述べてきたようにアクアバッククラツシヤにて礫層地盤においての掘削を可能にらしめ、システムの単純化、工期の短縮を計ることができる。又アクアバッククラツシヤは普通シールド特に砂層地盤掘削にもスラリ輸送として、又海洋掘削リバースサキュレーションシステムとコンビで使用出来ることを確認し、機械本体の製作、実験に協力された光洋機械産業株式会社(03-294-1281)に感謝の意を表します。

39. 大断面機械化メッセル掘削機の開発

萬 沢 哲 雄
伊 藤 俊 彦

1. まえがき

最近の土木工事は機械化が進み、トンネル掘削についても近代化されているといわれているが、軟岩または土砂トンネルについては、いまだ人力に依存する従地工法が多いようである。

従地工法の一つで1954年頃西ドイツで開発されたメッセル工法は、崩落しやすい軟岩や土砂地盤を安全に掘削できる工法として、数年前、我が国に導入されて以来、道路、鉄道、上下水道などのトンネル工事に用いられている。このメッセル工法を機械化および省力化した改良工法がOSA工法（Okumura Sliding Armour）で、地下鉄工事のような大断面から上下水道工事のような中小断面まで幅広いトンネル施工に使用でき、特に鉄道や道路下の横断トンネル工事に適している。

本報告の機械化メッセル掘削機（OSA機）は当工法に使用する機械であり、以下に本機の概要とその施工例を述べる。

2. OSA機の概要

(1) 構造

従来のメッセル工法では、メッセル支保枠の盛替えに手間がかかり、また盛替え時にはメッセル矢板の鼻下りや矢板継手部にずれが生じやすいなどの欠点がみられる。そこで、このような欠点をなくすため、図-1に示すようにOSA機の構造は特殊鋼矢板と支保枠と交互に推進してトンネルを掘削する自走式の掘削機になっている。OSA機はいわば外殻と分割したオープン・シールド掘削機とも

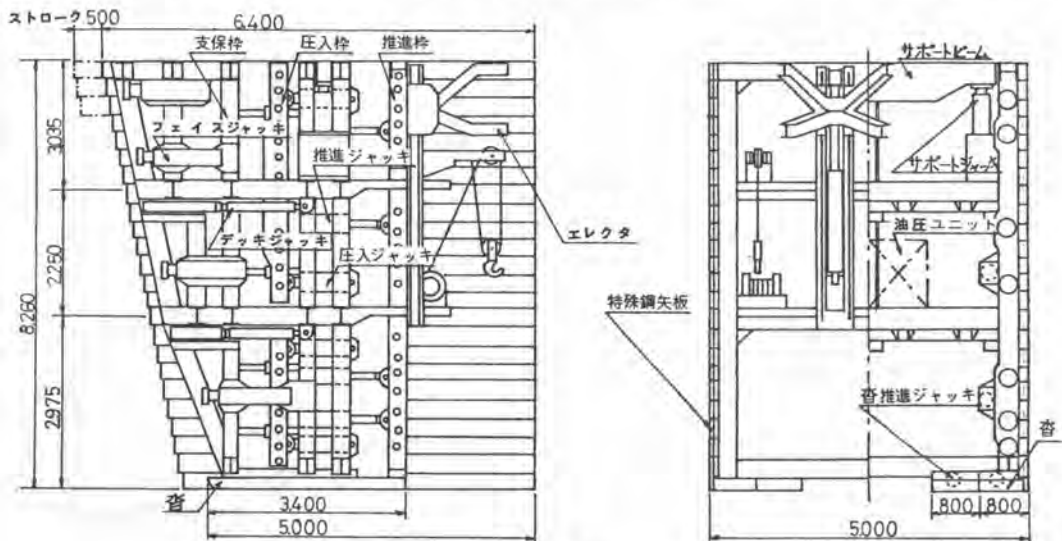


図-1 OSA機(5000x8260)構造図

いえるが、シールド掘削機のように推進反力とセグメントに支持させるものではなく、特殊鋼矢板の外周面に生じる土圧摩擦力を推進反力とし、特殊鋼矢板の圧入と支保枠の推進とを行うようにしたものである。

(2) 作業順序

作業は4段階に分かれており、これらの作業を繰返すことによりOSA機は「尺取り虫」のように地中を掘り進むことができる。次に作業順序にしたがって説明する。

A. 特殊鋼矢板の圧入(図-2参照)

圧入しようとする特殊鋼矢板(1枚~数枚)を圧入枠にピンで連結し、圧入枠と圧入ジャッキで構成された圧入装置によって順次切羽に圧入する。残りの特殊鋼矢板は推進枠にピンで連結し、これらの特殊鋼矢板にかかる土圧で圧入する特殊鋼矢板の圧入反力を支持する。

b. 掘削

断面や土質に応じて手掘りまたは機械掘削で行う。

C. 支保枠および推進枠の推進(図-3参照)

特殊鋼矢板と推進枠をピンで連結し、推進枠と推進ジャッキで構成された推進装置で支保枠と前進させる。次に連結ピンを抜き、推進ジャッキを縮めて推進枠を引き寄せせる。

d. トンネル支保工の組立ておよび土止め

特殊鋼矢板のテール部でトンネル支保工をエレクターで組立て、支保工の外周部は土止矢板で覆う。特殊鋼矢板が前進して土止矢板が特殊鋼矢板から外れたら支保工と土止矢板との間に楔を打込み、地山に土止矢板を密着させ、トンネルの崩れを防ぐ。

(3) OSA機の特徴

- i. 支保枠の形状を変えることによって矩形、馬蹄形、円形など、用途に応じて形状を施工できる。
- ii. シールド工法に比べてセグメントが不要のため、工事費が割安である。
- iii. 機械化されているので作業が省力化でき能率もよい。
- iv. 余掘りが少ないので地盤沈下が非常に小さい。
- v. 剛性の高い特殊鋼矢板と支保枠を使用しているため、安全に作業できる。
- vi. 構造が簡単なので容易に操作でき、そのため熟練工と必要としない。

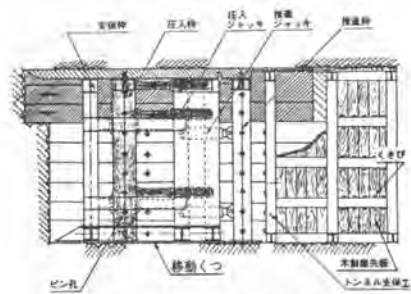


図-2 特殊鋼矢板の圧入図

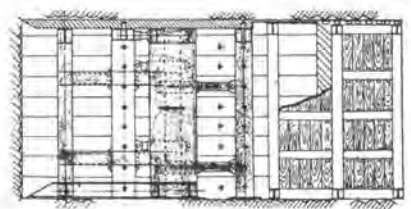


図-3 支保枠の圧入図

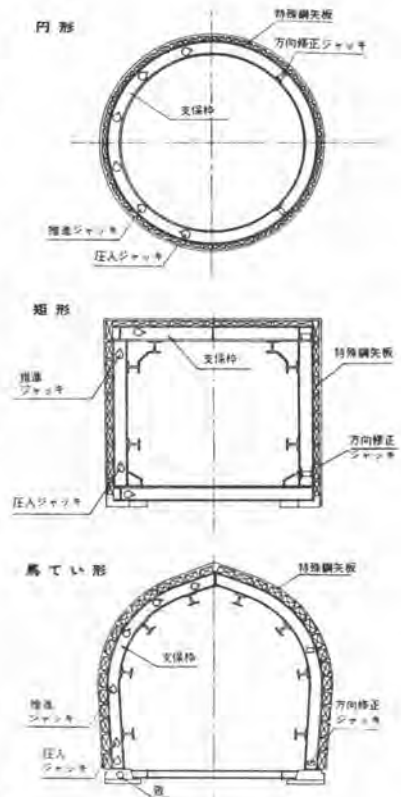


図-4 OSA機の断面形状図

3. 大断面トンネルの施工法

鉄道、地下鉄、道路トンネルおよび鉄道踏切の立体交差工事などの大断面トンネルをOSA工法で施工する場合は、断面を分割して掘削し、直接躯体を築造する。

なお、道路、鉄道の直下めりまたは地上に構造物がある場所で工かぶりが浅いトンネルの施工には、既成構造物の防護のためにトンネル上部へ防護用のパイプルーフを設けて、トンネルをOSA機で掘削する。図-5はその施工順序の一例を示したものである。

4. 施工例

(1) 工事概要

この工事は東北自動車道因見インターチェンジから国鉄東北本線を横断して国道4号線に至る福島県道小坂一藤田線改良工事のうち、東北本線横断部の立体交差工事である。東北本線は1日約230本の列車が運行される東北の大動脈であるため、工事は列車の運転に支障を与えてはならないので軌道の防護工にパイプルーフと併用してOSA工法で施工した。

工事名：桑折藤田間小坂二道橋新設工事

工事場所：福島県伊達郡因見町地内(図-6参照)

発注者：国鉄仙台鉄道管理局

工事期間：昭和50年12月6日～昭和52年6月18日

工事内容：パイプルーフ工(OHA工法施工)

鋼管 外径355.6mm×肉厚11.1mm

圧入延長 952m(7m×56本)

構築工(OA工法施工)

内空断面 高さ5.1m×幅12.0m

延長 16m

OSA機掘削断面 幅5.0m×高さ8.26m

掘削延長 30m(15m×2本)

(2) 工質

パイプルーフの施工場所は昭和37年頃の複線化工事で礫混りロームを盛土が施工され、その際、旧構造物がそのままの状態が埋込まれており、これらの構造物が鋼管の圧入時に障害となった。

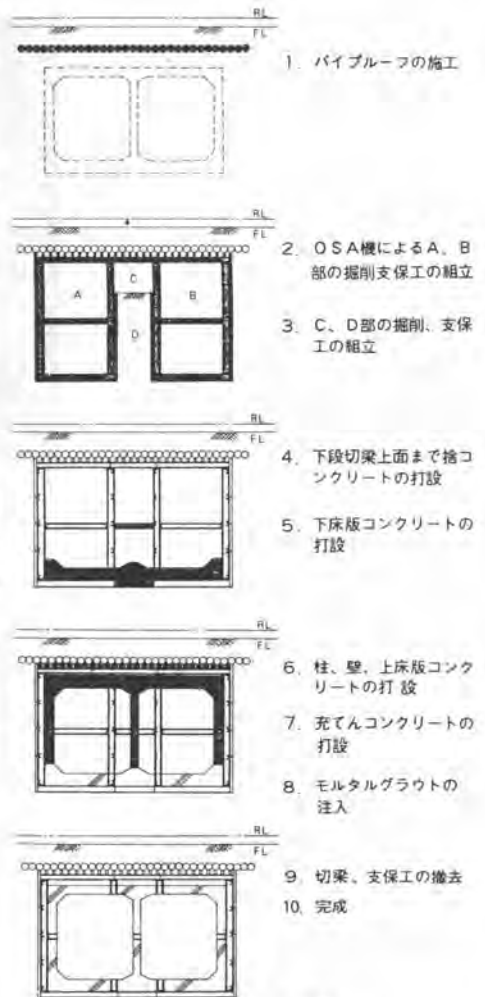


図-5 施工順序図



図-6 施工位置図

OSA機の掘削断面の土質は図-7に示すとおりである。当初のボーリング調査は支保工の支持地盤にあたるRL-9.6m付近ではN値12~15の粘土層と判定していたが、実際には50cm程度高植土層があり、地耐力の不足のため碎石に置換えた。

(3) パイプルーフの施工

鋼管の圧入は土がぶりが13cmと浅いため、鋼管をそのまま圧入すると鋼管先端で土を押し軌道に変状を与える恐れがあるので、鋼管を回転させて圧入する方式で行った。

この結果、軌道に変状を与えることなく、誤差も0.35% (60/7000) 以内の精度で施工できた。

(4) OSA工法の施工

パイプルーフを施工した後、幅5m、高さ8.26m、重量110tのOSA機で、ミ道橋断面を図-7に示すようにA.B.C.D.Eの順序で掘削した。

トンネル支保工は300×300×10×15H鋼を使用し、OSA機に装備した吊りビームとエレクタを組み立てた。OSA機全景と写真-1/にその主要諸元を表-1/に示す。

OSA工法の進捗は0.45~0.6m/日で、左右の施工誤差は50mmであった。軌道の沈下はA部掘削時に出水があり、OSA機が少し沈下したため軌道に8mmの沈下がみられたので、直ちに軌道修正を行い、列車の運行に支障なく工事を施工した(写真-2参照)。

5. あとがき

本機は現在まで数件の施工実績と研究を重ね、中小断面においては方向修正も可能となった。大断面についても曲線施工のできる掘削機へと研究中である。



写真-1 OSA機全景

掘削断面	500mm
掘削力	最小 20t
掘削速度	10 t
掘削速度	毎分間で 1.4cm/sec (24cm/sec)
掘削圧入速度	50t×500st 8本
掘削圧入速度	2.5cm/sec
掘削圧入速度	50t×500st 8本
掘削圧入速度	16.7cm/sec
掘削圧入速度	30t×750st 8本
掘削圧入速度	30t×900st 2本
掘削圧入速度	1本の割合 270cm/min
掘削圧入速度	30t×500st 8本
掘削圧入速度	23cm/min
掘削圧入速度	70t×300st 4本
掘削圧入速度	120cm/min
掘削圧入速度	ピストンポンプ式 最大716-ハンドレゾルベント
掘削圧入速度	20t/min
掘削圧入速度	200kg/cm ² セット圧300kg/cm ² 応用 210 kg/cm ²
掘削圧入速度	22mm/5 P/E 種全地外鋼 870PPM50112
掘削圧入速度	500
掘削圧入速度	500V 3φ 30HZ
掘削圧入速度	復調ファン (上段デッキに据付)
掘削圧入速度	15kwOH
掘削圧入速度	土砂搬出用ドーザー
掘削圧入速度	BS-305型 0.3m ³ 8t
掘削圧入速度	エレクタ
掘削圧入速度	揚力 8t

表-1 5000 X 8260 OSA機諸元表

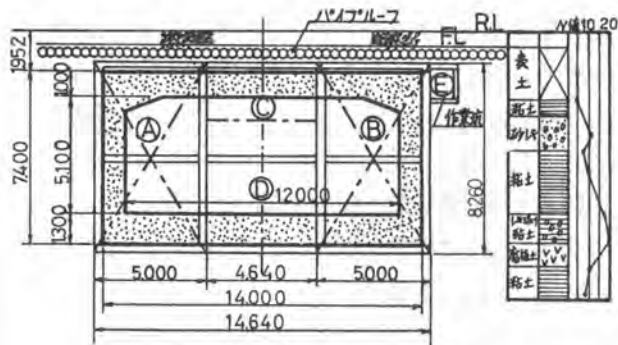


図-7 施工断面と土質柱状図



写真-2 OSA機による掘削完了状況

40. 高圧水を使用したトンネル掘削機の粉じん抑制

鹿島建設株式会社 原 田 実
横 田 依早弥

1. はじめに

部分断面掘削用のブーム式トンネル掘削機が中硬岩以下を対象として使用されるようになり、その性能向上によってかなりの硬さまで掘削可能となったが、それに伴って粉じんの発生量が増大し作業環境の改善を迫られている。

本報文は、ブーム式トンネル掘削機で掘削中に発生する粉じん対策として、その発生源での抑制を目的とした高圧水ジェットおよびスプレー法を取り上げ、その効果的な仕様および使用条件を決定するために行ったモデル実験と実際に適用した現場実験の結果概要について述べる。

2. 掘削中に発生する粉じん濃度

ブーム式トンネル掘削機（以下、掘削機という）は、その先端の回転カッターヘッドに取り付けられたバイト（あるいはピック）により切削するものである。粉じんは切削部から岩石と共に発生し、その発生量は掘削量すなわちバイト個数、切削深さおよびカッターヘッド周速に比例するが、実際には岩の種類、硬さなどの影響が大きく、特に割れ目の少ない硬岩掘削時において著しい。

図-1に掘削中の発生粉じん濃度の測定結果例を示す。切羽から10m以内の粉じん濃度は $120\text{mg}/\text{m}^3$ もあり、時には $300\sim 400\text{mg}/\text{m}^3$ にも達することがある。なお、これより後方5m付近に送風機を設置し、吸込運転（ $300\text{m}^3/\text{min}$ ）している。

また、図-2に粉じんの粒度分布の分析結果例を示す。この結果、粒径は $0.5\sim 5\mu$ （一般の浮遊粉じん； 10μ 以下）と微細なものが多く、中心粒径（幾何重量平均粒径）が 1.5μ と小さい。このような発生粉じんは、掘削機のオペレータが操作位置から掘削面が全く見えないほどになり、作業性、安全性を著しく低下させている。

3. 高圧水による粉じん抑制の方法

(1) 高圧水ジェット法

高圧水ジェット法は、図-3に示すようにバイト先端の切羽面に吐出圧力 $10\sim 30\text{kg}/\text{cm}^2$ の高圧水を与え、切羽面および切削された岩石・岩粉をすみやかにぬらして粉じんを抑制しようとするものであ

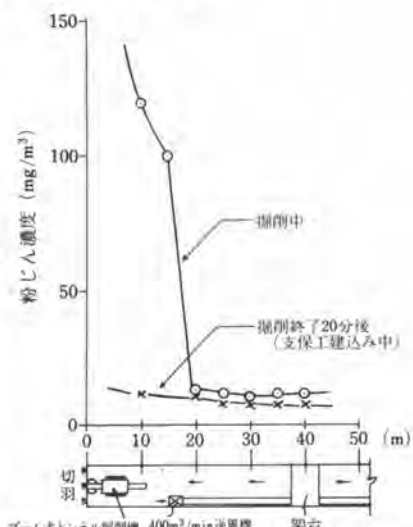


図-1 トンネル延長方向における粉じん濃度の測定結果例

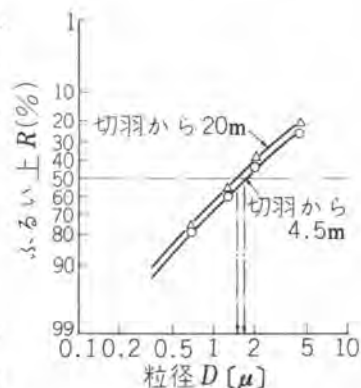


図-2 掘削時の粒度分布

る。抑制効果は、ジェットの水流量、速度に大きく関係し、この値を大きくするほど効果的である。しかしトンネル工事では、水流量および高圧ポンプの使用に制限を受けるため、これを考慮した適切なジェットの使用法を見つける必要がある。

高圧水ジェットは、噴射軸上動圧の距離減衰が著しく、その関係は

$$\left. \begin{aligned} \ell_1/d_n = 0 \sim 90 \text{ のとき, } P/P_0 &= (d_n/\ell_1)^{0.07} \\ \ell_1/d_n = 90 \sim 600 \text{ のとき, } P/P_0 &= (d_n/\ell_1)^{\alpha + \beta(\ell_1/d_n)^2} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (1)$$

ここに、 $\alpha = 0.088$ 、 $\beta = 4.6 \times 10^{-7}$ 、 P_0 ：ノズル吐出の動圧、 P ：軸上平均動圧、 ℓ_1 ：ノズル出口からの距離、 d_n ：ノズル径

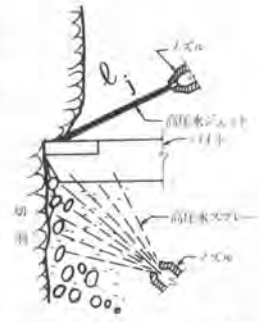


図-3 高圧水ジェットと高圧水スプレー

となり、抑制に効果的な動圧として $P = 5 \text{ kg/cm}^2$ 以上とし、 $P_0 = 20 \text{ kg/cm}^2$ とした場合、 $\ell_1/d_n = 500$ となり 1.0ϕ のノズルであれば $\ell_1 = 500 \text{ mm}$ 以下で使用することができる。

(2) 高圧水スプレー法

高圧水スプレー法では、水滴の速度を早くして粉じん粒子に衝突させることを目的とするから、ポテンシャル流として、水滴粒子の捕集効率 η_r と慣性パラメータ ϕ の関係は、 $\eta_r = \{ \phi / (\phi + 0.24) \}^2$ で示される。スプレーノズルから高圧水で噴射した場合の水滴径 δ は、 100μ 前後と小さいため、ノズル出口から離れるに従って速度減衰が大きく、捕集効率が異なってくる。従って、 η_r をノズル出口からの距離 ℓ_2 の変数として $\eta_r(\ell_2)$ で表わすと、水滴がガス流に対して相対的に x 移動すれば、高圧水スプレーの抑制効率 η は次式で表わすことができる。

$$\eta = 1 - P_i, \quad P_i = \exp \left\{ - \int_0^{\ell_2} [k \cdot \eta_r(\ell_2) \cdot G] / \delta \right\} \dots \dots \dots (2)$$

ここに、 P_i ：通過率、 G ：水ガス比、 k ：スプレーの形状係数

高圧水スプレーは、水滴粒子の速度が大きいために慣性パラメータが大となる効果と、水滴が速くまで飛ぶために ℓ_2 が大きくなる効果とにより、少量で高効率な抑制が期待できる。

4. モデル実験

(1) 実験方法

実験に使用した掘削機はロードヘッダ (MRH-S 40C 型) であり、主な仕様はカッターヘッド周速 11 m/sec 、バイト数 30 個、カッター電動機 37 kw 、総重量 15 t である。掘削供試体は、圧縮強度が $100 \sim 200 \text{ kg/cm}^2$ (材令 2 週間) のコンクリートであり、大きさが $4 \text{ m(W)} \times 2 \text{ m(D)} \times 2 \text{ m(H)}$ である。掘削は図-4 に示す掘削機、供試体を包囲する 240 m^3 のチャンパー内で行い粉じん発生に対する外乱の影響を防いだ。

高圧水ジェット法は、カッターブームの周囲に取り付けた 10 個のノズルからバイト先端の切削面を狙って噴射し、この吐出圧力は、高圧ブランチャーポンプの使用により約 20 kg/cm^2 まで得られるようにした。一方、高圧水スプレー法では、スネーク式スクリーポンプの使用により脈動の少ない高圧を加え、 400ϕ 風管内で噴射し、けい砂 (幾何平均粒径 1.7μ) を含んだ空気の内風速を 3.0 m/sec に調節した。

図-5 に使用したジェットノズル、スプレーノズル (噴角 $50 \sim 60$ 度の充円錐型) の各種口径別の吐出圧力と吐出水量の関係を示す。抑制効果はローボリュームエアサンプラ、粒径分布はアンダーセン

サンブラによって測定した。

(2) 高圧水ジェット法による実験結果
図-6に吐出圧力

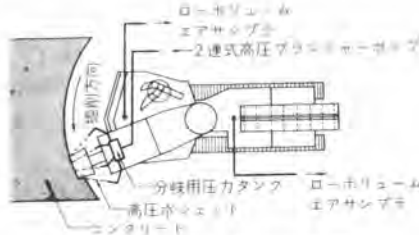


図-4 モデル実験の概要

力20kg/cm²における

ジェットノズル径と抑制効率の関係を示す。この結果、ノズル径 d_n は大きいほど抑制効率が良く、これは(1)式に示すよう

に d_n が大きいほど動圧の距離減衰が小さくなり、また、吐出水量が d_n の2乗に比例して多くなるためである。このときの効果的な距離としては $l_j = 40 \sim 50$ cmであったが、この距離はノズル個数、ノズル径によって多少異なってくる。図-7は $l_j / d_n = 420$ のときの吐出圧力と抑制効率の関係を示し、圧力減衰 P / P_0 は(1)式から0.35、すなわち吐出圧力が20kg/cm²のとき、掘削面でのジェットの平均動圧は7kg/cm²となり、このときの抑制効率は70~80%であった。

以上の結果から、ジェットにより少水量で抑制効率を高めるには、ノズルをできるだけ掘削面に近づけて噴射するのが良く、また吐出圧力は10~20kg/cm²が必要である。

図-8はアンダーセンサンブラにより測定した部分抑制率の結果であり、粒径の小さなものの方が良く抑制されている。これは一般の集じん法(ろ過、洗浄、電気集じんなど)には見られない特異な現象であり、この理由としてはジェットの抑制原理が粉じん発生面、すなわち掘削面および掘削した岩石、岩粉をすみやかにぬらすことであり、このとき小さな粒子ほど発生面から離れる速度が小さいので、発生面に噴射された水に捕集されてしまうためと考えられる。

(3) 高圧水スプレー法による実験結果

高圧水スプレーによる抑制効率 η ($= 1 - P_1$)は、図-9に示すように、吐出圧力 $P_0 = 5$ kg/cm²のとき27%であるのに対し、 $P_0 = 20$ kg/cm²では63%であった。図-10は、口径0.8, 1.0, 1.4, 2.0φの4個のノズルを使用して、吐出水量 Q_0 と抑制効果の関係を示したものである。水ガス比 G と通過率 P_1 の関係は(2)式で示され、 $Q_0 = 1$ L/min(このときの水ガス比は 0.43×10^{-4})を基準としたときの理論値(k , $\eta_r(L_n)$ がノズル径の影響を受けないとして計算)を破線で示した。 Q_0 が5 L/minを超える点から理論値との差が大きくなり、これ以

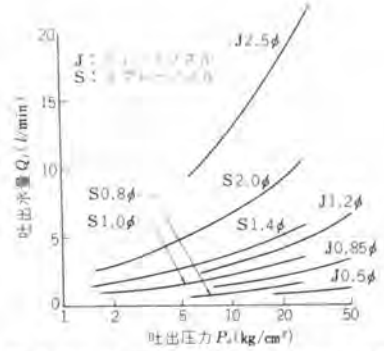


図-5 ジェットおよびスプレーノズルの吐出水量

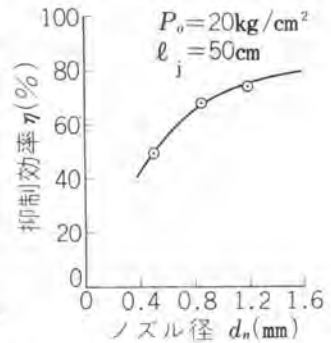


図-6 ジェットノズル径と抑制効率の関係

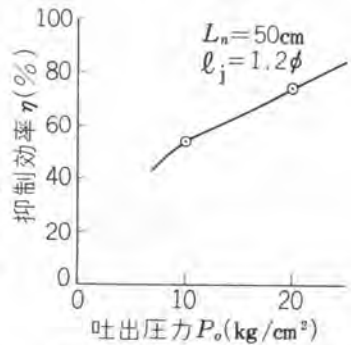


図-7 ジェット圧力の効果

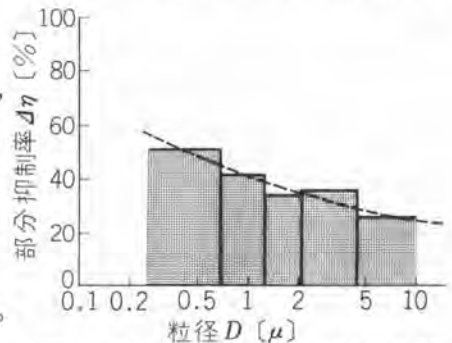


図-8 高圧水ジェットの部分抑制率

上のノズル径の増大による水量の増加は効果的でない。

一方、吐出水量を2.5 l/minに一定としてみた場合、図-9および図-10から $P_0 = 5 \text{ kg/cm}^2$ のとき $\eta = 27\%$ 、 $P_0 = 15 \text{ kg/cm}^2$ のとき $\eta = 40\%$ となり高圧水スプレーの効果が見られる。

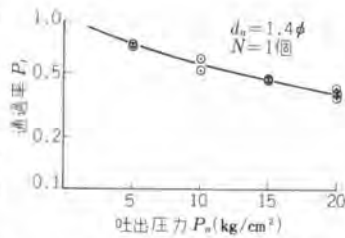


図-9 スプレー吐出圧力の効果

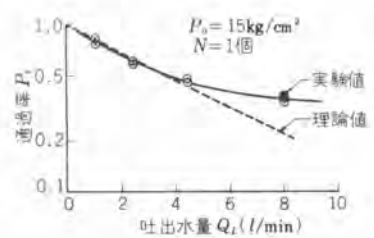


図-10 スプレー吐出水量の効果

5. 現場実験

現場実験では、モデル実験で得られた結果をもとに、高圧水ジェットおよび高圧水スプレーを併用した方法を実際のトンネル工事現場へ適用し、その効果について調

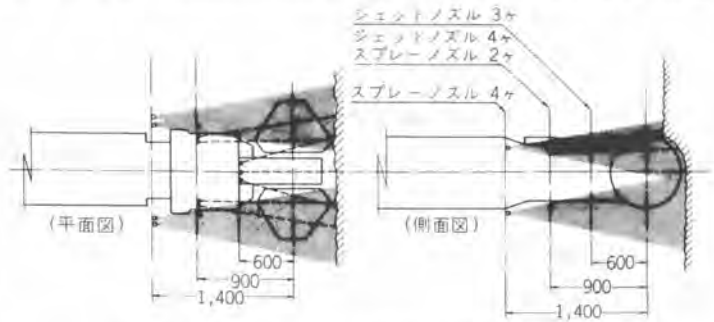


図-11 カッターヘッド部のノズル取付状況

べたものである。掘削機はアルビネマイヤー (AM50) で、この主な仕様はカッター周速 3 m/sec 、バイト数90個、カッター電動機100kw、総重量が23tである。

表-1 掘削時の抑制効果(抜粋)

高圧水の使用方法は、掘削面に対してジェット、浮遊粉じんに対してはスプレーを効果的に与えるために、カッターブームの上側にはジェットノズル(25φ)、下側にはスプレーノズル(2.0φ)を各々取り付けて噴

水噴射の有無	粉じんの重量濃度(mg/m³)				抑制効果(%)
	1	2	3	平均	
無	176	305	143	208	-
有	45	39	44	43	79

射するものである(図-11参照)。水の噴射は高圧ブランジャーポンプを使用し吐出圧力を 10 kg/cm^2 、ノズル13個の総水量を 130 l/min とした。

表-1に高圧水ジェットおよびスプレーの噴射有無に対して各々3回にわたってハイボリュームエアンプラで測定した抑制効果を示す。平均重量濃度から計算した抑制効率は“約80%”に達し、高圧水による粉じん発生源対策が効果的であった。

6. おわりに

今回は、掘削機の稼働時に発生する粉じんの抑制法として、高圧水ジェット法および高圧水スプレー法の組み合わせを取り上げて実機に適用した結果、抑制効率が80%であり効果的であることが判明した。しかし、掘削時の粉じん濃度は非常に高く(水噴射後でも $40 \sim 50 \text{ mg/m}^3$ ある)、もっと高濃度になることも予想されるため、掘削時の作業性を考慮すれば、さらに高効率の対策方法の適用が必要である。現在は、この発生源近傍での抑制法に加えて、切羽付近に設置できる合理的な局所集じん装置について検討中である。次の機会には粉じん抑制法の最適システムについて紹介する予定である。

41. ダム工事における開発機械の実用化について (トールジャンボ, キャリクリート)

鹿島建設株式会社 東京土木本部 金井 治 雄

1. はじめに

従来、ダム工事において堰堤掘削中、法面の崩落や落石飛来などにより発生した事故の犠牲はあまりにも大きかった。これは地山条件、設計条件のほか、安全施工が大きな課題であった。

当社では、こうした過去の貴重な体験にもとずいて、掘削法面の対策を第一義的とする、堰堤掘削の安全施工法の機械開発を期して、トールジャンボおよびキャリクリートを発想開発し、実用化した。ここに、その概要を紹介することとしたい。

2. 機械の開発概要

(1) トールジャンボ

堰堤掘削のベンチカットにおいて、掘削法面に対するロックボルト、ラス張り、モルタル吹付けなどの法面保護工事は、後向き作業となり、従来、急斜面・高所を命綱にたよる危険な作業となっている。ここで、こうした法面作業が、掘削ベンチ上から後向きに少なくとも2ベンチ高さ(10~15m)まで常に安全に作業でき、しかも不陸あるベンチ上を走行可能な移動足場機の開発を期して、作業用足場とロックボルト用ドリフターを先端に取り付けた伸縮可能なクレーンブームを、32オクラスブルドーザーに載架することを発案試作し、背の高いジャンボ“トールジャンボ”と名づけた。本機の使用例として主なものは、

a. ロックボルト、モルタルアンカーなどの法面保護工で掘削時から時間が経過し、掘削ベンチから遠くなつてから、法面の風化や、ゆるみなどで法面保護工を必要とすることがままある。このような場合などは、足場を設置する必要もなく、高所削孔もできるので、特に威力を発揮する。

b. 法面のモルタル吹付けも、命綱にたよる危険な作業であるが、掘削ベンチ毎に順次トールジャンボを使用して施工することにより、危険な高所作業を減少させることができる。

c. 山岳道路の新設、拡中などの法面造成・保護工においても、また、河床における大塊転石割などにも、機動性があり有効容易に施工ができる。

(2) キャリクリート

従来、法面保護工のモルタル吹付け作業は、材料の運搬、貯蔵と混練り、および、吹付け機械の据付けなどに相当な取組と設置面積を要し、施工場所の移動にともないこれらの設備も



写-1 トールジャンボの作業姿勢

その都度、移動しなければならなかった。殊に、掘削掘削ベントリ盤の如く、たえず設置場所が、変化するほか、発破時の退避、ベントリ掘削作業との暗黙、ケーブルクレーンの稼働範囲などの種々制約を受ける場所においては、その施工に問題点が多かった。

ここで、これらの制約を解決する対策として、掘削材の受材槽と、灰付け機械を一体化し、移動可能な装置としたキャリクリートを発想開発した。このキャリクリートは現場内を、掘削ベントリ盤の状況に合わせて適所に、容易に牽引移動できる。これは、前項のトルシヤンボとの組合せで、モルタル灰付作業を効率よく行える。

3. 機械の性能・仕様

(1) トールシヤンボ

本機は図-1および写真-2に示すとおり、ベースマシンに32T級大型ブルドーザー（小松D-155）を使用し、リツパの取付部を利用して、旋回台（全旋回式）①を装置、これに2段伸縮の主ブーム（20Tハイトロクレーン用）②と、その先端に操作台③を取付けた。更に操作台にはドリフター④を装備したオートフィードセル⑤と、作業台⑥をそれぞれ取付けたエクステンションブーム⑦を架装してある。

本機の走行は、ブームレスト⑧に主ブームをセットしてブルドーザー本来の操作で運転し、据付は、排土板⑨と旋回台に取付けたアウトリガー⑩で本体を水平に支持する。主ブームの起伏、伸縮、旋回および上部操作台の水平調整は、運転席操作台⑪で行い、ドリフターおよび作業台の

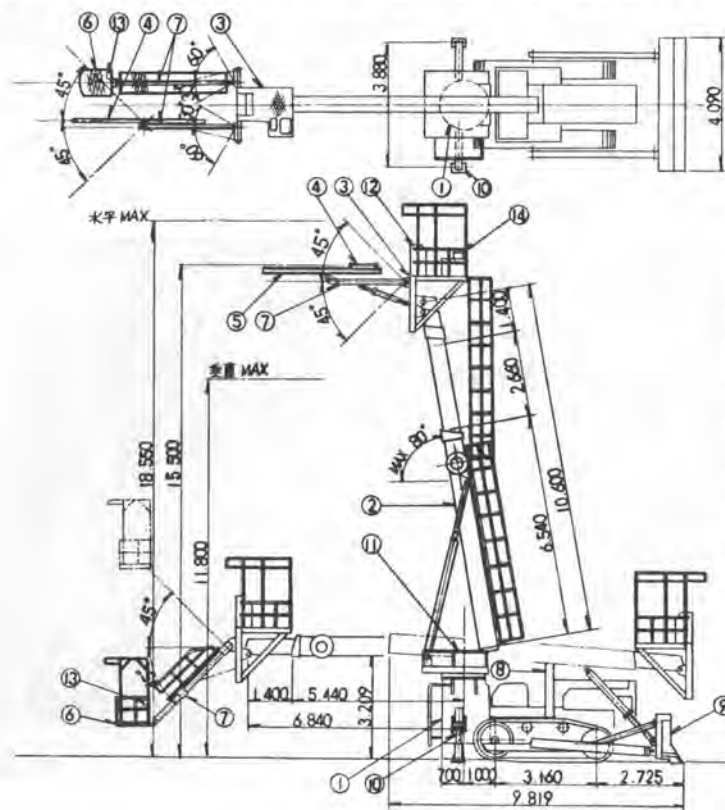


図-1 トールシヤンボ

- ① 旋回台
- ② 主ブーム
- ③ 操作台
- ④ ドリフター
- ⑤ オートフィードセル
- ⑥ 作業台
- ⑦ エクステンションブーム
- ⑧ ブームレスト
- ⑨ 排土板
- ⑩ アウトリガー
- ⑪ 運転席・操作盤
- ⑫ 上部操作盤
- ⑬ 乗作盤
- ⑭ 油圧装置

操作は、上部操作台⑫でコントロールされる。

また作業台には操作盤⑬が取り付けられてあり、作業の状況に合わせて容易に単独操作ができる。油圧関係は、アウトリガーおよび主ブーム運動順序での操作機構は、ディーゼルエンジンで駆動される本体の油圧装置を利用し、その他のシリンダーはエアモーター駆動の油圧装置⑭で操作する。本機の仕様は、表-1のとおりである。ここで、主な安全装置をあげると、



写-2 トールシャンボ

ア、主ブームの作業範囲制限装置として、起状、伸縮、旋回の各機構にそれぞれリミットスイッチを設け、電氣的に操作バルブを動作させる安全装置を備えている。

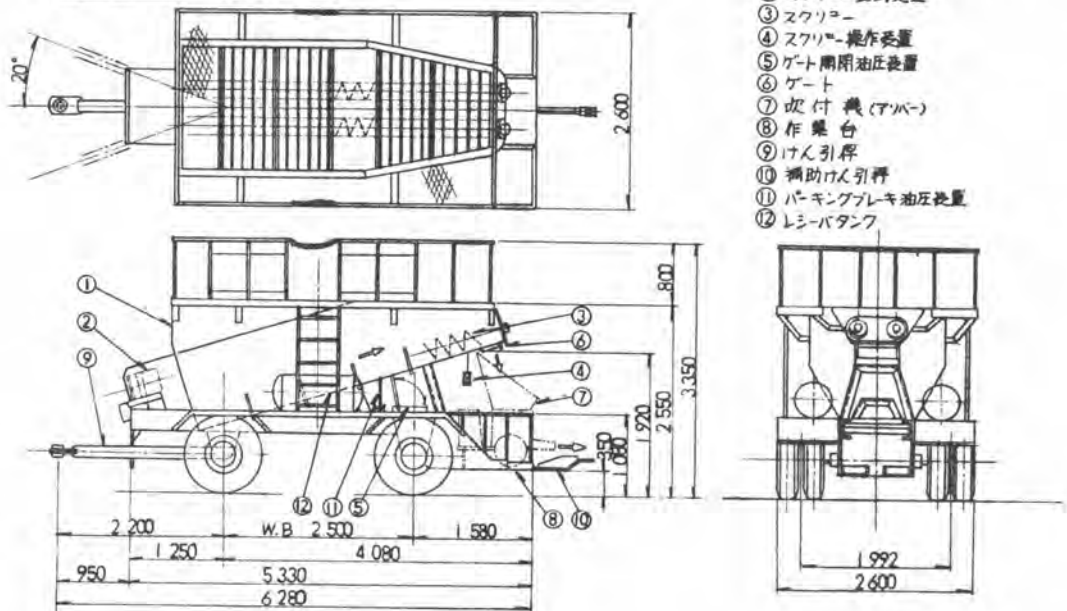
イ、通路および手摺の設置として、操作台の搭乗には主ブームの背面に2段伸縮式のタラップを作業台にはエキステンションブーム上部に歩廊をそれぞれ手摺付で設置してある。

(2) キャリクリート

本機は図-2および写真-3に示すとおり、タイヤ式の台車に受材用ドラム①を搭載し、電動装置②により駆動されるスクリー③を底部に設けてある。材料の引出しは、操作スイッチ④でスクリーを回転させるとともに、油圧装置⑤を手動操作することにより、ゲート⑥を開閉し、吹付機（アパー）⑦に材料を供給する。すべての操作は、作業台⑧で行う。

本機の移動には、けん引桿⑨、⑩を用い、パーキング油圧装置⑪で停止する。台車にはレシーバタンク⑫を取付けてあり、給気、給水用使用する。本機の仕様は表-2のとおりである。

図-2 キャリクリート



4. 使用実績の問題点と改良および今後の課題

(1) トールジヤンボ

a. 作業台および、ドリフターのブームを主ブームの側面に折込める構造とし、走行姿勢をコンパクトにした。

b. アウトリガを2段動作により折りたためる構造とし、機動性が高まった。

今後の課題としては、

a. 運転員 作業員に対する居住性の向上

b. 吹付作業の機械化

c. 垂直削孔範囲の拡大

d. 新工法の開発、安全に高所作業が行える本機構を採用した新工法の開発



写-3 キャリクリート

(2) キャリクリート

a. スクリューとドラムケーシングの間隔を調整(10mm) 残材料を極少量とした。

b. 材料送り量の調整(スクリュー回転 10rpm)とし、吹付機の能力とのバランスを計った。

c. メンテナンスの簡易化、グリースを集中給油方式とした。

今後の課題としては

a. 機械重量の軽量化

b. 清掃方式の簡易化

c. スクリューを無段変速機構とし、材料の送り出し量を調節可能とする

5. むすび

これら新機械の開発は、ダム工事における掘削掘削の安全作業に実質的な効果を挙げることでできた。今後共に先ず安全施工、安全作業を主眼とした新機械の開発に積極的に取り組んでいく所存である。

表-1 トールジヤンボ仕様

	仕 様	備 考
全長備重量	48,500 kg	
全長(走行時)	9,520 mm	
全幅()	4,130 mm	
全高()	6,400 mm	
ベースマシン 機 種 型 式	ブルドーザ D-155A(小松)	○走行速度 平地: 6.8 km/h 傾斜地: 3.7 km/h ○登坂角 13度 ○傾斜角 6度
削 岩 機	FY-110(東洋)	
主 ブーム	K-200(ユニック)	ハイドロクレーン 20tブーム駆用
削岩機ブーム	TYCJ(東洋)	
作業台ブーム 定 員	TYCJ改(東洋) 2 名	

表-2 キャリクリート仕様

	仕 様	備 考
ドラム容量	5 m³	
全 長	6,280 mm	
全 幅	2,600 mm	
全 高	3,350 mm	
スクリュー	φ 300	17° 10rpm
排 出 量	最大 25 m³/h	排出口 500×300mm
モーター	11 kW×4P	
吹付機 型 式	アリバ600 セミ式	レジバタンク 0.26×2 階
吹付能力	4~5 m³/h	最高使用圧力 7 MPa
材料送り距離	300m(長)×100m(高)	車輛 1000-20-4PR×8
エア消費量	8 m³/min	
モーター	44 kW	
重 量	6,100 kg	