

昭和61年度
建設機械と施工法シンポジウム
論 文 集

昭和61年10月16～17日
福岡・筥崎宮参集殿

社団法人 日本建設機械化協会

13. 小口径管推進工法における自動計測器の開発
 ……東興建設(株)：*佐久間孝夫, 日本スピードショア(株)：上村克己,
 日立機電工業(株)；小松 信雄… 49
14. 玉石を破碎する小口径管推進工法“S S T工法”
 ……東急建設(株)：鷹巢征行, 原 幸一, *福田澄男… 53
15. 気泡シールド工法のトータル施工システム
 ……(株)大林組：*上田尚輝, (株)熊谷組：北原陽一… 57
16. 小口径管推進工法による配電線の地中化 ……(株)小松製作所：斉藤 博… 61
17. 小口径管推進機の地中位置検出装置 ……日立建機(株)：*村山 健, 緒方浩二郎,
 長澤 潔, 三柳直毅… 65

【土工機械と施工法】

18. ホイールローダ用タイヤの摩耗と路面粗さに関する研究
 ……愛媛大学：室 達朗, *河原荘一郎, 光洋機械産業(株)：高木博人… 69
19. ブルドーザによる層理岩盤の掘削能力に関する研究
 ……愛媛大学：*室 達朗, 日立造船(株)：松永好史… 73
20. 無発破岩破碎機（パワースプリッタBP500）の施工実績
 ……(株)小松製作所：武藤教重, *養安豊彦, 高橋明久, 石田善一… 77
21. 掘削機（コーナパワーショベルPF-5）の施工実績
 ……(株)小松製作所：*吉田正和, 茶川誓志… 81
22. ツーブーム油圧ショベルの施工実績
 ……建設省四国地方建設局：岩澤委式, (株)大境組：*木下豊幸,
 (株)神戸製鋼所：阿曾沼洋治… 85

【コンクリート工事用機械と施工法】

23. パソコンを利用したスリップフォーム工法の施工管理
 ……(株)大林組：曾根隆之, *鶴田賢治… 89
24. 変断面スリップフォーム工法（T T S工法）における姿勢制御管理
 ……(株)竹中工務店：*星野春夫, 鈴木昭夫, 萩原忠治, 仲西 康… 93
25. ダムコンクリート打設におけるタワークレーンの自動化
 ……(株)間 組：伊藤信宏, *鹿山 公, 長谷幸一… 97
26. 長大な塔状コンクリート構造物解体機械化（N O C C工法）
 ……新日本製鉄(株)：猪野 完, 山本孝雄, 堤 宏美,
 (株)奥村組：古田邦夫, 大河澄男, *古長達廣… 101

27. 低公害型鉄筋コンクリート穿孔機械
 オカダアイオン(株)：*武田守治, 鈴木祐次... 105

【建設工事用ロボットと施工法】

28. 捨石ならし機による海中捨石工法
 (株)小松製作所：吉田正和, *村本英一... 109
29. クリーンルーム検査ロボットの開発
 (株)大林組：竹本 靖, 汐川 孝, *西岡利晃... 113
30. 建設工事用ロボットの安全性調査
 労働省：伊藤健一, 北越工業(株)：*田中康之... 117
31. コンクリート床仕上げロボット（サーフロボ）の開発
 (株)竹中工務店：*菊池公男, 大下俊之, 古田周三, 今井崇賀... 121

【各種建設機械と施工法】

32. 長大構造物の移動進水装置 三井建設(株)：*中井 栄, 柴田吉則... 125
33. 全自動クラムシェル浚渫船の開発
 建設省品木ダム水質管理所：小林満男,
 建設省江戸川工事事務所：*小池賢司... 129
34. ガードレール清掃車の自動化 建設省九州技術事務所：佐藤修治... 133
35. ダンプトラック用積載荷重計
 (株)小松製作所：*小柳 覚, 高木和男, 近藤聰毅, 白石隆夫... 137
36. 三次元測量システム（コンパス—L）
 (株)竹中工務店：佐藤光寿, 酒井正人, 三上忠雄, *友松省三... 141

1. 拡幅式地盤改良工法(SWING工法)

成和機工(株)：*切田 重實

ライト工業(株)：西田 紘一・(株)利根ボーリング：寺嶋 力

1. はじめに

拡幅式地盤改良工法は所定の深さまでは小口径で手早く削孔し、対象地盤内でビット本体に格納されたスイングビット(拡幅翼)を開き、固化材を吐出しながら現位地土と充分混合攪拌させて、大口径の改良柱体を形成させる工法である。

本工法は関係各社で構成されたワーキンググループによって、次の事項を実用化の最低条件として、昭和57年から59年計画で開発されたものである。

- (1)翼の開閉が確実で、その状況が地上で把握出来ること
- (2)シンプルな構造で故障が少ないこと、又新規性があること
- (3)混合攪拌が合理的で均一かつ良好な改良効果が得られること
- (4)拡幅率が高いこと
- (5)既存の改良工法に、性能コスト共に十分対抗出来ること

2. 工法の特徴

- (1)経済的で幅広い用途を持っている
- (2)小口径ボーリング管で大口径の明確な改良ゾーンが得られる
- (3)不要な地盤を緩めることなく、必要な地盤だけを改良する
- (4)任意の位置で、確実な強度と止水性が得られる
- (5)地中埋設物直下や既設構造物との接点も施工可能
- (6)作業条件に応じ各種ベースマシンに装着可能
- (7)固化材投入量の調整で、改良強度と幅広く設定出来る
- (8)ジェット併用により有効径を更に拡大出来る



写真-1 SWING機(Ⅱ型)



写真-2 SWINGビット

3. 装置

装置はSWING機と固化材プラントとからなり、SWING機はベースマシンと本体から構成される。本体は2種類あり、I型は原則として大型ボーリングマシンに装着し、回転・フィード機構をそのまま利用するが、II型は小型杭打機等に装着するので、専用スリーブヘッドと操作盤が用意されている。

3-1. 拡幅装置

I型機ではパイロット削孔時は拡幅翼が完全にビット本体に格納されるが、II型機は拡幅翼の一部が削孔ビットを兼ねている。いずれも拡幅翼は一枚の鋼板からなり、両端はウエーヌイベルに内蔵された油圧ジャッキで二重管ロフトの内管を上下させることによって行われる。内管のスライド量と拡幅翼の固

較角は比例しているので、シックストロークを測定することにより肉肉状態を正確に把握出来る。(実際には操作盤に表示される)。送水は内外管を通じてビット本体と拡張翼先端(I型機では削孔ビット)に達する二系統からなり、場合によっては二液型の注入攪拌も可能な構造になっている。

3-2 ベースマシン

I型機に用いるボーリング機はスピンドル内径φ105mm以上のもので、フィードストローク7100mm以上のものが望ましい。II型機ではベースマシンの油圧回路を若干変更して油圧を取り出す必要がある。

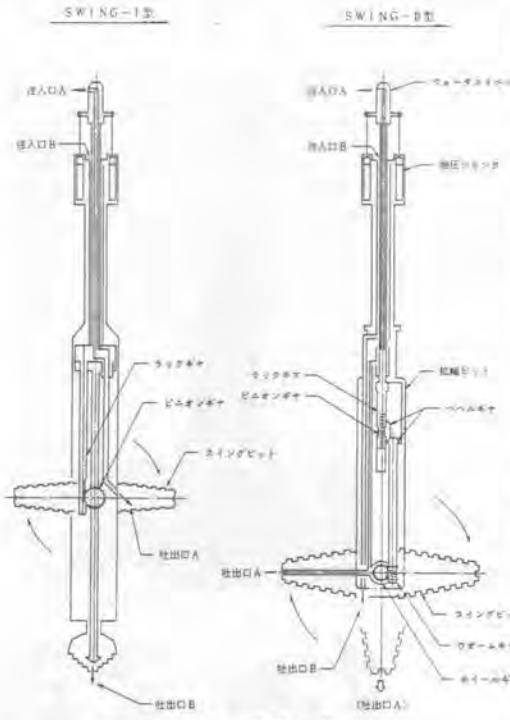


図-1 翼の開閉機構

3-3 フィード装置(II型機)

油圧によるフィード駆動方式で、圧力・温度保証付調整弁により、油温・負荷等が変化しても昇降速度は変わらない。又デジタル表示付なので再現性が良く、各土質に対する最適速度の設定が容易である。これが良質で信頼性の高い改良柱体の造成に大きく貢献している。

3-4 回転装置(スーパールベット)

II型機では油圧チックを備えた専用の油圧駆動回転装置を杭打機のリーダーに取付けるようになっている。初期設定値以上のトルクが発生しないので、過負荷による拡張装置の損傷は生じない。その意味で、I型機のボーリング機も油圧式が望ましい。

3-5 高圧噴射(II型機)

送水保続は200%の耐圧設計になっているので、ジェット併用が出来、1回の噴射で40%の拡張が出来る。噴射圧は一過性で残留圧は生じない。拡張翼の先端に噴射ロッドを継ぎ足せば更に大口径の改良が可能である。最大径φ2mの実績がある。

4. 固化材

工法の開発に並行して専用固化材の研究開発も進められSWING1~3号の三種類の固化材を持っている。1号は通常軟弱地盤用、2号はスラブ切削等に使用する遷延型、3号は高有機質高含水用で、いずれもセメント系固化材である。

5. 施工手順

施工手順は次頁の施工手順図に示す通りである。

- (1)パイロット削孔：閉翼状態で所定深度まで小口径で削孔する。
- (2)開翼：ロッドを回転させながら開翼する。
- (3)拡張削孔：ロッドを所定速度で引上げながら拡張削孔を行う。
- (4)注入攪拌・再攪拌：固化材を注入しながら攪拌混合作業を行う。土質其他の条件により、再攪拌を必要回数繰り返す。
- (5)開翼・引抜き：開翼後、ビットを引上げる。

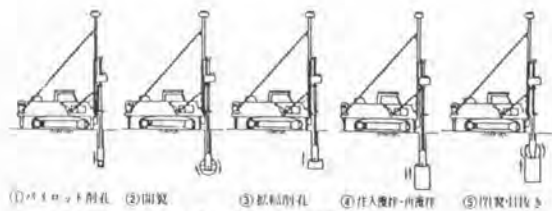


図-2 施工手順

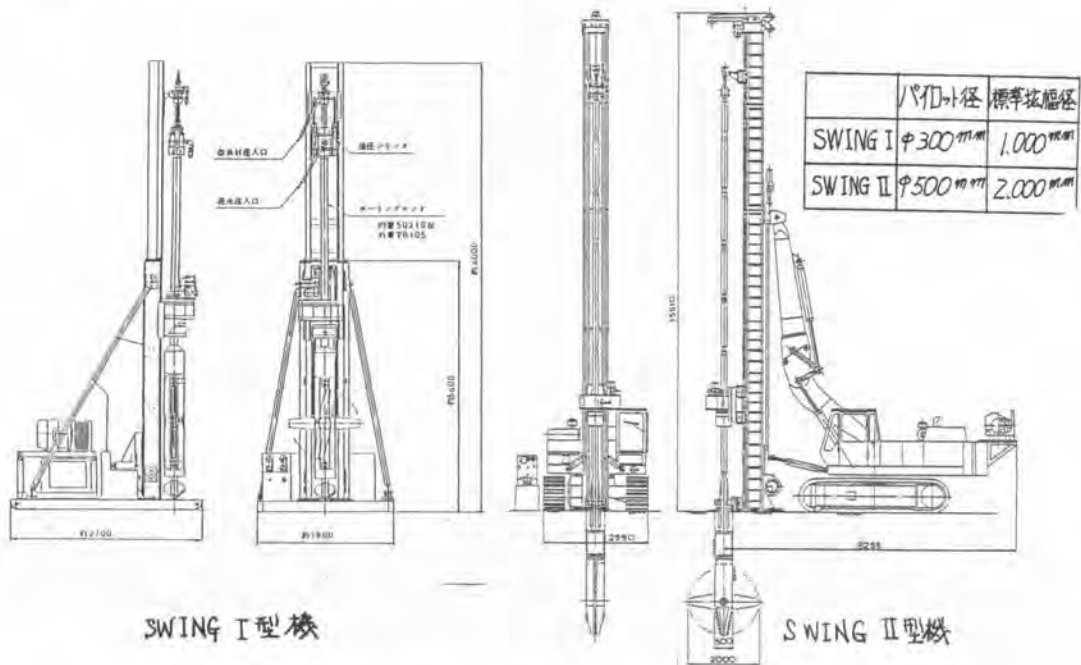


図-3 SWING機 姿図

6. 土質に対する適応範囲と主な用途

粘性土で $N \leq 10$ 、砂質土で $N \leq 30$ の地盤に適応出来、深度100mまで施工可能である。応用範囲は高圧噴射工法のそれを殆んどカバーするが、改良ゾーンが明確で強度も幅広く設定出来ることや、噴射圧で既設構造物に影響を与えたり、土被り圧の不足から地表面を変位させたり、地表へ噴出したりすることがない等の特長を持っているので、応用範囲が更に広がるものと期待している。

主な用途としては、次のようなものが考えられる。

- (1)既設構造物の基礎補強
- (2)地中埋設物の支持補強
- (3)地中梁・掘削底面の補強
- (4)土留工の歯抜け部分の施工
- (5)シールド推進・到達部の切羽防護
- (6)各種止水壁
- (7)盛土の基礎補強及び池上り防護対策

7. 施工例

国道1号線金港橋の下部構造として、支持地盤まで矩形鋼管矢板井筒が施工されるが、将来橋台フーチング面下をシールドが通過するため、その部分はSWING工法で壁状に地盤改良することになった。この工事は地盤改良としては高強度かつ高い信頼性を要求されることから、実施に先立ち改良強度と均質性を確認するため、数通りの施工法で試験施工を行った。又ラップ施工のため、初期強度の発現を抑える必要があり、現場の施工条件に適した遅延型固化材の開発も併せて行った。

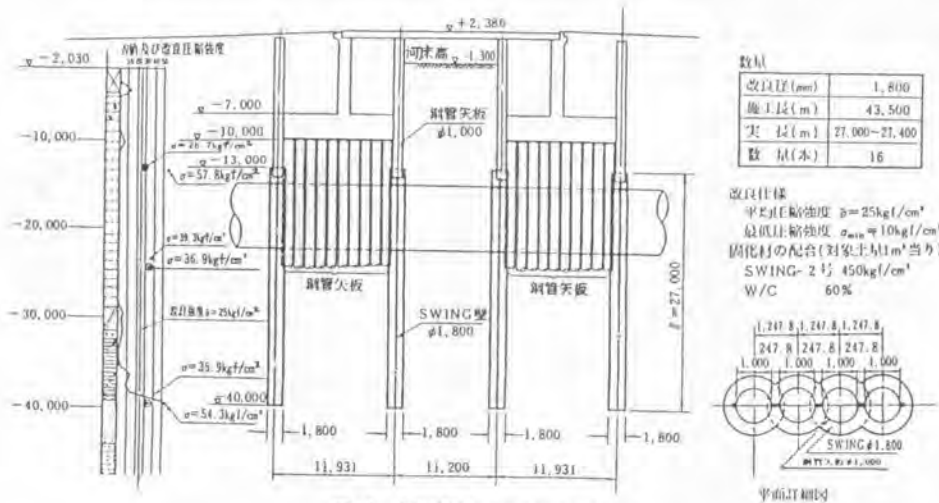


図-4 金港橋架替に伴うSWING工事

その結果、室内強度試験の標準供試体の強度は 58.1 kgf/cm^2 に対し、現場強度は57~70%の範囲に入り、ラップ切削も正確に施工出来ることが判り、最も成績の良好なパターンを選定して本工事に入った。施工はスムーズに行われ、事後のチェック調査も満足すべき結果を得ることが出来た。

8. まとめ

以上で本工法の紹介を終るが、この工法をより完成度の高いものにするため、今後共鋭意努力を進めらるつもりである。なお、この工法の実用化に当っては、これを御採用いただいた建設省横浜国道工事事務所を初めとする関係者の方々の熱心に御指導をいただきました。こゝに厚く御礼申し上げます。

本工法に関するお問合せは筆者又はSWING協会までお願い致します。

SWING協会事務局：東京都千代田区九段北4-2-35. Tel 03-562-2631 事務局長 西田 敏一

参考文献 (1)小寺・川崎・宮崎：松幅式深層混合台形工による地盤改良実験

第19回土質工学研究発表会

(2)池田・川崎・宮崎：松幅式地盤改良工法の開発と現場施工例

土木学会40周年次学術講演会

(3)切田：松幅式地盤改良機 SWING 基礎工 1986 Vol.14, No. 4

2. 軟弱地盤改良工法(VMS工法)

日本舗道(株)：稲田 徹郎

1. まえがき

一般に、構造物を築造する際、その基礎地盤が十分な支持力を有しているかどうかは重要な問題である。支持力が不十分と判定された場合、従来は築造予定地の計画変更で対処してきた。しかし、国土の開発が急速に進展している昨今では、支持力が不十分で軟弱な沖積地、埋立地等の軟弱地盤上でも、経済的条件、社会的条件により、構造物の築造を余儀なくされているのが現状である。

このような時代を背景に、軟弱地盤対策としての地盤改良工法が急速に脚光を浴びてきた。当社は、地盤改良工法の試みの一つとして、埋立地や中層地盤の改良を目的としたVMS(パーチカルマッドスタビライゼーション)工法を開発してきた。

ここでは、VMS工法の概要、施工機械、及びこれまでの適用例を紹介するものである。

2. VMS工法の概要

VMS工法は、図-1に示すようにスラリープラントにて水と混練してスラリー状とした土質安定材(セメント系)を、耐圧ホースにより混合処理機まで圧送し、スラリーを噴出させながら同時に攪拌翼を回転させて土中に貫入し、所定の深さまでに達したら今度は攪拌翼を逆転させながら引抜き、軟弱土中に改良土柱(杭)(写真-1参照)を構築する工法である。

この改良土柱により、地盤の支持力増加、荷重の分散、圧密沈下量の減少を図ることができる。

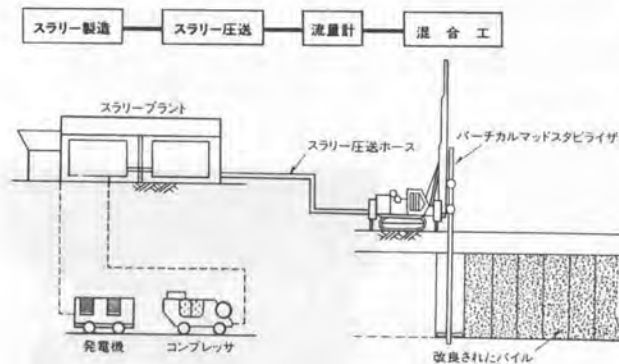


図-1 VMS工法の概要



写真-1 改良土柱の状態

3. VMS工法の施工機械

VMS工法の施工機械は基本的には、スラリー製造プラントとパーチカルマッドスタビライザ(混合処理機)とからなる。

3-1 スラリー製造プラント

スラリー製造プラント(写真-2)には、表-1に示す4種類が用意しており、工事規模等によって機種を使い分けている。

表-1 スラリー製造プラントの種類

プラント種類 装 備	A	B	C	D
スラリー製造能力	25m ³ /H	20m ³ /H	10m ³ /H	4m ³ /H
ミキサー容量	1.5m ³	2.0m ³ ×2	2.6m ³ ×2	2.0m ³
アジテータ容量	2.5m ³	2.5m ³	なし	なし
水タンク容量	4.0m ³	なし	2.5m ³	なし
セメントサイロ	15 m ³	15 t	なし	なし



写真-2 スラリープラント(25m³/H)

3-2 パーチカルマッドスタビライザ

パーチカルマッドスタビライザには、表-2に示すように、①超軟弱地盤用と、②湿地または乾地用とがあり、各々、現場条件や工事内容によって最適機種を選定、使用している(写真-4~10参照)。以下、パーチカルマッドスタビライザの特徴を示す。

- 1) 超軟弱地用機種：フロート構造の履帯を2個または4個装備し、それぞれが走行駆動するため、超軟弱地に於ける走行安定性が高い。2軸または4軸の攪拌装置は、ガイドフレームに沿って横方向の移動が可能で(サイドシフト型と呼称している)、8~10m幅を1パスで施工することができる。対象地盤は、N値5以下である。
- 2) 湿地用機種：小回りのきく比較的小型のベースマシンであり、接地圧も0.38kg/cm²と小さい。攪拌装置には1軸または2軸のものがあり、対象地盤は、N値10以下である。
- 3) 監視装置(共通)：攪拌翼の昇降速度、施工深度、スラリーの注入量及び攪拌軸の傾きは、運転室に設置された計器(速度計、深度計、流量計及び傾斜計)にて監視しながら施工できる。そのうち、スラリーの注入量及び施工深度は、連続的に自記記録される。

表-2 パーチカルマッドスタビライザの種類

項目 対象区分	機 種	履帯構造	攪拌装置		改良深度
			軸数	攪拌翼径	
超 軟 弱 地 用	MSH-25	フロート式2ケ	4軸	φ1000	5m
			2軸	φ1000	10m
	MSH-15	フロート式2ケ	2軸	φ1000 ~1400	5m
	MSH-125	フロート式4ケ	2軸	φ1000	5m
湿 地 又 は 乾 地 用	MSH-10	フロート式2ケ	2軸	φ1000	5m
	KMY-05-2				
	バックホウ(0.7m ² 級)	クローラ式	1軸	φ1000	5m
	KMY-05-1	クローラ式	1軸	φ600 ~1000	15m
	VMH-20	クローラ式	2軸	φ800 ~1000	20m



写真-3 運転室内の監視装置

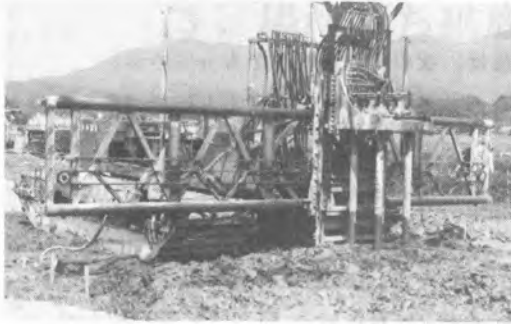


写真-4 MSH-25型(超軟弱地用5m級4軸)



写真-8 バックホウ(0.7m級)KMY-05-1型
(湿地用5m級1軸)



写真-5 MSH-15型(超軟弱地用5m級2軸)

写真-9
VMY-15型
湿地または乾地用
15m級1軸



写真-6 MSH-125型(超軟弱地用5m級2軸)

写真-10
VMY-20型
湿地または乾地用
20m級2軸



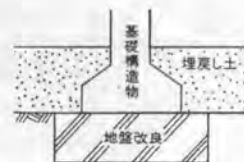
写真-7 MSH-10. KMY-05-2型
(超軟弱地用5m級2軸)



4. VMS工法の特徴

以上のような多種多様な施工機械により、VMS工法は、次のような特徴をもっている。

- 1) 施工条件によって機種選定を変え、土質条件に合わせた安定材の配合により所定の地盤改良が行える。
- 2) 軟弱土を現位置にて固化させるので、新たに砂等を使用せず省資源である。
- 3) 無振動工法であるので、周辺構造物等に悪影響を与えない。また、機種によっては軽量、コンパクトであるので市街地などの狭小地域での施工にも適している。
- 4) 超軟弱地上でも混合処理機の足場としての覆工板、覆土が必要なく直接施工できる。
- 5) 施工深度やスラリー注入量が連続的に自記記録され、容易に且つ確実に施工管理ができる。



a. 地盤の支持力増加

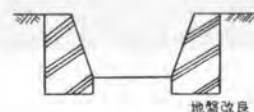


b. 盛土のすべり破壊防止

5. VMS工法の適用例

VMS工法は、圧密沈下の抑制や側方流動の防止対策に有効であり、例えば、以下のような目的で適用されている。(図-2参照)

- 1) ブロック積擁壁及びL型擁壁の基礎地盤支持力の増強対策。
- 2) 人孔、管渠、函渠、越流堤、埋設タンク等の構造物基礎地盤の支持力増加及び沈下防止対策。
- 3) 築堤盛土、道路盛土の円弧すべり防止対策。
- 4) 開削時の切土法面の安定及び土留壁として利用。
- 5) 埋立地に於ける作業機械のトラフィカビリティの改善。
- 6) その他、止水対策や上記の組合せによる適用。



c. 開削の土留壁



d. 盛土の沈下抑制

6. あとがき

以上、地盤改良工法の一工法であるVMS工法の概要、特徴とその適用例を紹介してきた。本工法は、埋立地、超軟弱地で、また市街地や小規模な地盤改良でも、充分満足できる成果を上げているが、今後ともより一層の改善努力を行ってゆく所存である。

図-2 VMS工法の適用例

3. 場所打ち拡底杭工法(OMR/B工法)

(株)奥村組：*増田 正和・清水 俊久

1. 開発経過

場所打ち杭の先端部を機械掘削により拡大し、杭1本当りの支持力を増大させる場所打ち拡底杭工法は、ゼネコン、杭専門業者等により次々に開発され、昭和61年7月現在、15工法が(財)日本建築センターの評定を完了している。これらの工法は、(株)奥村組と丸五基礎工業(株)が昭和55年に開発したOMR工法を含め、その大半の工法がリバースサーキュレーション方式をとっており、そのため広い作業スペースを必要とし、その採用にあたっては一定の制約があった。

そこで、場所打ち拡底杭工法の適用範囲をより広くするため、バケット方式による「OMR/B工法(奥村・丸五バケット式拡底杭工法)」を開発し、昭和80年11月(財)日本建築センターの性能評定を完了した。

以下に、OMR/B工法の概要を述べる。



写真-1

OMR/B杭

2. 特長

OMR/B工法は、杭の軸部を通常のアースドリル機(地盤条件によってはベント機)で掘削した後、杭の先端部をバケット式のOMR/B掘削機で円錐形に拡大し、支持力の大きい場所打ちコンクリート杭を築造する工法である。

この工法は場所打ち拡底杭工法であるから、当然、場所打ち拡底杭工法が一般にもつ、杭の支持力や引抜き抵抗力の増大、掘削土・コンクリート・鉄筋・搬出土などの減少、フーチングの縮小、工期の短縮などの特長を持っているが、他にOMR/B工法独自の主な特長は下記のとおりである。

- i. 拡底掘削機構が上部は上部拡底ビットを外側に押し出し、下部は下部拡底ビットを外側に開ける単純な機構であるため、確実に所定の形状に拡底掘削ができる
- ii. 拡底バケットの拡底ビットを上下2つに分割し、拡底掘削を上部、下部の2段階に分けて行う機構としているため、小さなトルクで拡底掘削ができる
- iii. 拡底掘削の管理は専用の油圧ユニット操作盤で行うが、コンピュータによって拡底掘削の状態をモニターすることもできる
- iv. 排土をアースドリルと同じくバケットで行うため、タンク類などの地上の仮設備が少なく済み、狭い敷地でも施工が可能である
- v. 拡底ビットで拡底掘削した土砂をその都度バケット内に収納する機構としているため、掘削土砂を掘削孔中で攪拌することがなく、土砂のバケット内への収納が容易である
- vi. 軸部掘削に、原則としてアースドリル機を使用するが、地盤の状況によってベント機も使用できるため、ほとんどの地盤に適用できる

3. OMR/B掘削機

OMR/B掘削機は、バケット式による掘削機で、通常、拡底バケット（OMR/Bバケット）バケットの回転装置およびケリーバなどから構成されている。

バケットの回転装置としてアースドリルフロントを使用する場合とロータリーテーブルを使用する場合がある。アースドリルフロントを使用する場合の掘削機の配置を図-1に示す。

OMR/Bバケットは拡底掘削専用のバケットで、上下の拡底ビット、ビット拡翼用油圧ジャッキ、ガイドシャフト、本体シェルなどから構成されている。

OMR/Bバケットは、OMR/B-0712~2030の13機種があるが、各機種とも機構などは全く同じであり、寸法のみが異なる。同一バケットにおける軸部径の変更は、スタビライザーの径の変更により行い、底部径の変更は、拡底翼を押し出すジャッキストロークの調整により行う。

なお、上部拡底ビットは下開き方式であり、下部拡底ビットはスクレーパー方式を採用している。

OMR/Bバケットを図-2、写真-2~4に示す。

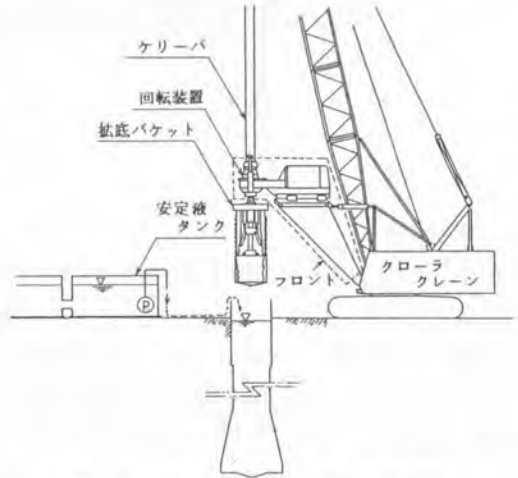


図-1 OMR/B掘削機の配置例

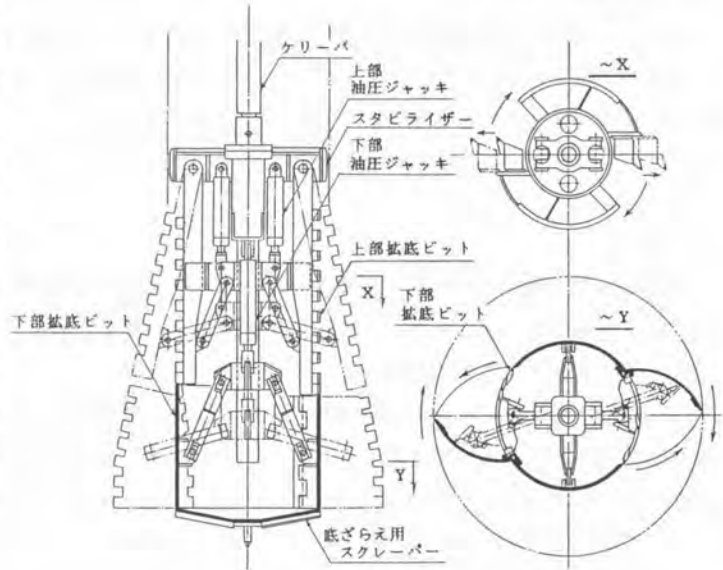


図-2 OMR/Bバケット



写真-2 拡底ビット閉翼



写真-3 上部拡底ビット拡翼



写真-4 下部拡底ビット拡翼

4. 適用杭径

OMR/Bバケットの型式と適用杭径および拡底率の関係を表-1に示すが、軸部径の最小が700mm、最大が2000mm、底部径の最小が800mm、最大が3000mmであり、拡底率の最大値は2.68である。

なお、表-1中の軸部径および底部径は施工径のことである。

また、拡底率とは、底部径から100mmを引いた値から求めた底部面積（有効底面積という）と、軸部面積との比のことである（表-1中の備考欄参照）。

OMR/B杭の支持力はこの有効底面積を用いて算定する。

表-1 バケットの型式と適用杭径および拡底率の関係

バケット型式	軸部径 (d) mm	底部径 (d') mm	拡底率	備考
OMR/B-0712	700~1100	800~1200	1.00 ~ 2.47	<p>拡底率： $\left(\frac{d' - 100}{d} \right)^2$</p>
OMR/B-0814	800~1300	900~1400	1.00 ~ 2.64	
OMR/B-0815	900~1400	1000~1500	1.00 ~ 2.42	
OMR/B-1017	1000~1800	1100~1700	1.00 ~ 2.56	
OMR/B-1118	1100~1800	1200~1900	1.00 ~ 2.88	
OMR/B-1220	1200~1900	1300~2000	1.00 ~ 2.51	
OMR/B-1322	1300~2000	1400~2200	1.00 ~ 2.61	
OMR/B-1423	1400~2000	1500~2300	1.00 ~ 2.47	
OMR/B-1525	1500~2000	1600~2500	1.00 ~ 2.58	
OMR/B-1627	1600~2000	1700~2700	1.00 ~ 2.64	
OMR/B-1728	1700~2000	1800~2800	1.00 ~ 2.52	
OMR/B-1830	1800~2000	1900~3000	1.00 ~ 2.80	
OMR/B-2030	2000	2100~3000	1.00 ~ 2.10	

5. 施工順序

OMR/B工法においては軸部掘削は通常、アースドリル機を使用するが、地盤条件によってはベント機を使用することもある。

軸部掘削をアースドリル機で行う場合の一般的な施工順序を図-3に示す。

なお、図-3の⑨に示すスライム処理の作業は、鉄筋かご建込み後、スライム測定により、孔底にスライムの存在が認められた場合にのみ行う作業である。

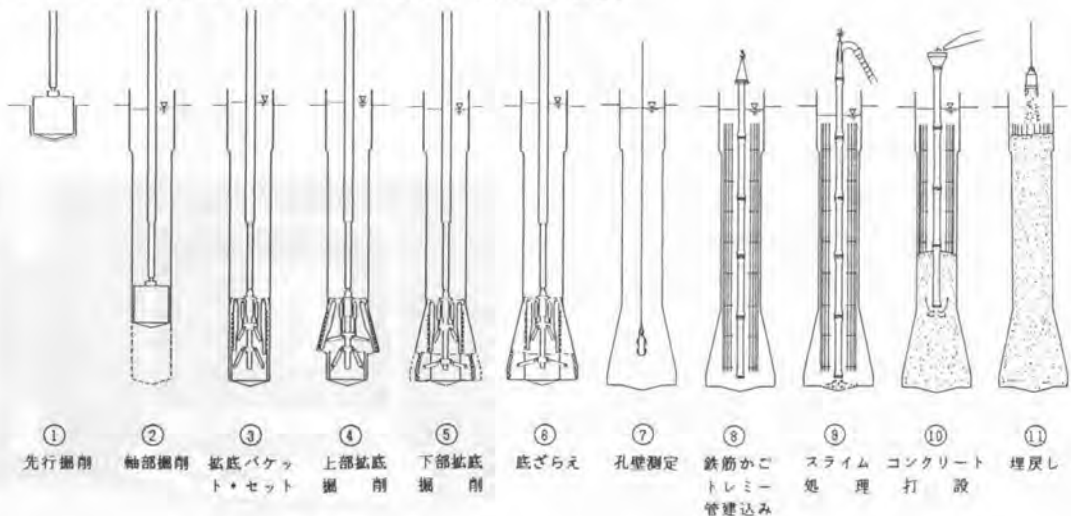


図-3 掘削順序（軸部掘削アースドリル機の場合）

6. 拡底掘削

拡底部の掘削は、図-4に示すように、上部拡底掘削と下部拡底掘削に分けて行う。さらに、掘削土砂の量とバケットの収納量の関係から、原則として上部を1~2回、下部を2~4回に分けて拡底掘削し、1回拡底するごとに拡底バケットを地上に上げて掘削土砂を搬出する。

拡底掘削は、拡底バケットの深さを一定に保ってクレーバを回転させながら拡底ビット用ジャッキを地上部の油圧装置によって作動し、拡底ビットを所定の角度に押し拡げることにより行う。

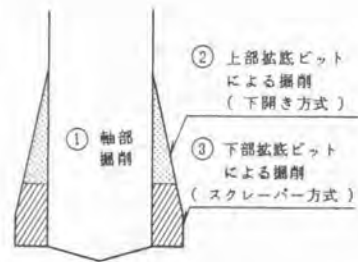


図-4 掘削順序

拡底ビットの拡翼状態は、前出の写真-3、4に示したとおりである。拡底掘削中の拡翼状態の把握は、拡翼用油圧ジャッキへ送る油量を油量計で読み取ることで可能であるが、各掘削段階終了時の油量を検出し、油圧ユニットの操作盤のランプを点灯するとともにブザーを鳴らすことにより各掘削段階終了の確認をすることができる。これは、拡底バケットの各型式における各拡底段階での油量を油圧ユニット内のコンピュータにインプットしておき、チャンネルを切替えることにより、全ての型式のバケットにも適用できるようになっている。また、コンピュータにより、拡底ビットの拡翼状態を写真-5のようにモニターに表示することも可能である。

上部拡底掘削中の掘削土砂は、上部拡底ビットで回転方向に押されながら、掘削断面より下に位置しているバケット内へ落下し収納される。

下部拡底掘削中の掘削土砂は、下部拡底ビットを閉じ込むことによりバケット内へかき寄せられ収納される。

底ざらえ時における掘りくずおよびスライムのバケット内への収納も、下部掘削中の掘削土砂の取り込みと全く同じであり、底ざらえ時には、新たに掘削土砂が発生しないだけである。

また、拡底バケット底面にあるスライムは、拡底バケット底面にある底ざらえスクレーパーによって、拡底バケット設置のたびにバケット内へ収納される。

軸部掘削完了後および拡底掘削完了後、掘削深さを検尺テープで確認する。

スライム除去の確認は、スライム測定具で行う。

なお、下部拡底ビットの鉛直部分の長さを300mmとしているため、拡底掘削完了と同時に300mmの立上り部が形成される。

また、直径が大きい杭などで、立上り部の長さを300mmより大きくする場合は、軸部掘削底面より拡底バケットを浮かせた状態で拡底掘削を行い、拡底掘削終了後、拡底バケットを軸部掘削底面まで下げ、再び拡底掘削を行う。



写真-5 拡底掘削状態のモニター

4. 鋼管杭根入用岩盤掘削機の開発

(株)三井三池製作所：*伊藤 啓之・酒井喜久雄

1. まえがき

近年鋼管杭は、支持する構造物の大型化に伴って、支持力の増大と杭の大深度化、さらに支持効率の向上のために、岩盤に根入れをする工事、拡底してなお一層支持力のアップを計る工事が多くなっている。

三井アクアヘッダは、トンネル工事やシールド工事の掘削機として広く親しまれているロードヘッダの、豊富な技術と経験をもとにして、これを堅形の深い水中で掘削、ズリ上げができるように設計製作されたアーム式水中掘削機である。本機は1979年に開発に着手しその後種々の検討を重ね1982年1月より横浜横断橋の多柱基礎部として、直径10mの橋脚の基礎工事の掘削を行い、高い信頼性を得た。その後小口径の鋼管杭工事用掘削機の開発要望があり、横浜横断橋の実績をベースに、開発を進め小型、軽量で強力な掘削力を有する岩盤根入用拡底掘削機の開発に成功した。

本機の開発により、小口径の鋼管杭はもちろん、コンクリート杭の岩盤根入れ及び拡底工事が可能となった。

2. 仕様

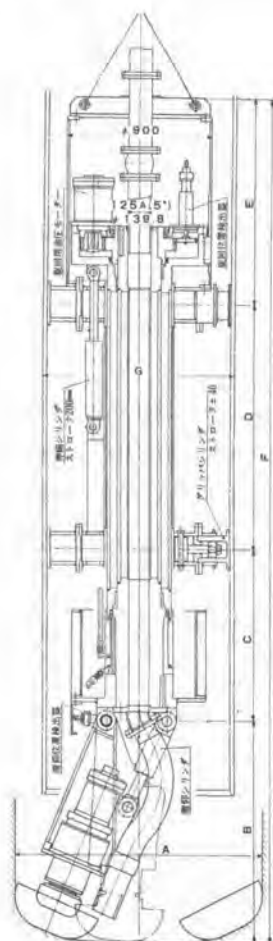
鋼管径800mmから3000mmを下記に示す3機種で対応する様にしている。適応岩強度に対しては、岩盤の根入掘削を配慮して1000kg/cm²（一軸圧縮強度）以上を掘削する様に努力中である。



掘削機本体

主 要 仕 様				
型 式	MAH35-1200	MAH50-2000	MAH50-3000	
適 応 鋼 管 径 mm	φ 800-1200	φ1000-2000	φ1800-3000	
適 応 岩 強 度 kg/cm ² (一軸圧縮強度)	最大 800	最大 800	最大 800	
所 要 動 力 kW	45	75	75	
ド ラ ム 径 × 長 さ mm	φ550×200	φ550×200	φ550×200	
ド ラ ム 回 転 数 rpm	23/28	23/28	23/28	
重 量 kg	4000	6000	10,000	
ス ラ リー ボ ッ プ 動 力 kW	22	22	22	
口 径 mm	125	125	125	
揚 程 m	25	25	25	
吐 出 量 m ³ /min	2.2	2.2	2.2	
※備考 φ3000以上のクラスについては、横浜ベイブリッジ工事にてφ10mの施行実績もある。				

3. 構造



本機は、切削部、グリッパ、旋回部、油圧装置及び制御装置で構成されている。

3.1 切削部

油圧モータによって駆動、減速機を介してドラムを回転させる。ドラムには、硬岩用のピックが10数本取り付けられ、効率良く掘削する様に配列されている。ドラムに過負荷が発生したときは、油がリリースして機械を保護する。掘削時はオイルモータに掛る油圧を見て、常時定格油圧になる様に旋回速度を加減して運転できる。掘削径は俯仰シリンダを操作して行い、旋回機構を加味して孔底全面の掘削を行う。

3.2 グリッパ部

上下2段方式で各々3点で鋼管の内径に油圧シリンダで1点を張り固定される。3点の中2点の脚は鋼管内径寸法に合せた固定式で1点のみ油圧シリンダで張る構造にしている。それで油圧シリンダを張れば、必然的に旋回中心が鋼管中心に合致する。よって掘削孔は鋼管と同一線上となり屈曲の心配はない。又油が抜けることがない様チェック弁をつけて保持している。

3.3 旋回部

機体上方に位置し、3個の油圧モータで駆動する。油圧モータ軸に取り付けた小歯車で大歯車を駆動、回転軸を回転させ、この軸の先に取り付けられた切削部を回す。旋回部分に過負荷が発生したときは油がリリースして保護する。又オイルモータに供給する油量を変えることで旋回速度の変更を行う。

3.4 油圧装置

掘削機とは別置で地上にセットされる。掘削機とは長尺の油圧ホースで連結される。操作は油圧ユニットに取り付けられているコントロールバルブの操作で行う。

主要寸法

型 式	A	B	C	D	E	F	G
MAH35-1200	φ900~ φ1300	1360	940	1200	1300	4800	φ800~ φ1200
MAH50-2000	φ1100~ φ2100	1800	1100	1500	1700	6100	φ1000~ φ2000
MAH50-3000	φ1900~ φ3100	1800	1100	1800	1700	6400	φ1800~ φ3000

油圧ポンプは、切削部用と操作用の2台のポンプが取り付けられ、電動機で駆動している。

3.5 制御関係

機体各部の動きは水中で目視することはできないので、機体の夫々の個所に検出器を取り付け、ケーブルで制御室まで送り各標示器に標示する様になっている。その標示は俯仰角度、旋回角度、伸縮量が標示される。この標示を基準に運転する。この他に駆動油圧を加味して、動力一ばいで稼動する様に圧力計が取り付けられていて、この油圧を見ながら旋回速度を加減して運転する。

3.6 排土装置

ズリは泥水と一緒にスラリーポンプで排出する。その吸込口はドラムの後方に取り付けドラムと同時に、孔底全面を動き効率良く、ズリを吸い込む構造になっている。深度が深くなれば圧搾空気を利用したエアリフトポンプにする事が出来る。

3.7 機体吊り金物

2本のリンクチェーンを利用して機体を吊り下げる。このチェーンを利用して、ズリ用ホース及び油圧ホース、ケーブルに異状引張力が掛らない様に、間隔をおいて吊りチェーンに固定している。

4. 本機の特長

4.1 小口径から大口徑まであらゆる径の掘削が可能

従来のもより、1機種で広い径の施工が可能である。

4.2 掘削機が小型、軽量かつ経済的

小型ドラムによる部分掘削のため、所要推力回転力が小さく、小型軽量となり所要動力も少なくすむ。

4.3 ズリ処理およびスライム処理能力が高い

掘削したズリの吸込口が、ドラムと一緒に移動するので、ズリを効果的に吸込むことが出来る。又掘削後吸込口を切削面全体にわたって移動するので、スライム処理が完璧に出来る。

4.4 ズリによる閉塞がない

ズリの吸込口と切削ドラムが1/3程度オーバーラップしているので閉塞を引き起す大きい塊が吸い込まれない。

4.5 操作が簡単

作業も少人数で運転でき、高度の運転技術が必要とせず、誰でも簡単に操作できる。

4.6 硬岩の掘削が可能

土丹のような軟岩ばかりでなく、ロードヘッダの実績により、硬岩掘削も可能である。

4.7 円ばかりでなく、四角、楕円等任意の断面掘削が可能

4.8 拡巾切削が可能

杭の羽口の下ばかりでなく、外側でも切削可能なため、杭を支持基盤に根入れできる。



切 削 部

5. 掘削試験

東洋建設に納入した1号機でモルタルによる模擬岩盤（一軸圧縮強度400～800kg/cm²）の掘削テ

ストを実施した。

ズリの排出については、22kWのスラリーポンプを使用し、側方に沈澱槽をもうけて循環させた。ズリの排出は、非常に良く、こぶし大の塊が数個残った程度であった。

運転操作については、切削用油圧計を見ながらの操作で、リリーフ圧近くになると、旋回をストップ又は遅くして、油圧動力一ぱいで運転が出来た。

各部の検出器については、期待通り手元の標示器に標示が出来てこれを見ながら簡単に操作ができた。

グリッパについても確実に鋼管内壁での摩擦力で保持できる事が確認された。

ドラムの回転と旋回方向については、ドラム回転が左回転になっているので、本体旋回も左回転させてピック先の切込が小さい量から大きい量になる様にした方がドラムの振動もなく効率良く掘削できた。

右旋回すると、ピック先端が大きい量一度に喰い込む為に振動が発生し良くなかった。

能力については、右旋回は空操作で戻す運動のために $0.58 \sim 0.69 \text{ m}^3/\text{H}$ しか出なかったが、 360° 全転する様に改良する事で2倍の能力は出せるものと思える。

本機の開発にあたり、東洋建設のご助力に感謝すると共に、今後関係各位のご助言をさらにいただき、より良い機械となる様に努力する所存である。



掘削面



操作盤

5. 回転式ケーシングドライバ(CD1500)の開発と施工

日進基礎工業(株)：近澤 禮吉・
日立建機(株)：*久住 宏

1. まえがき

オールケーシング工法は、場所打ち杭工法として重要な工法の一つに数えられている。しかし近年杭工事の大型化、多用化に伴なって種々の施工条件に対応できる新しいオールケーシング施工機の要望が高まってきた。

すなわち、現状の一般的なオールケーシング施工機の主な問題点として下記の点が上げられる。

(1) 環境条件

- ① 騒音、振動の規制と住民意識の変化から、ハンマグラブによる施工がむずかしくなってきた。
- ② 掘削土に水を含む場合、泥が飛散し、周囲の建物を汚す恐れがある。

(2) 施工範囲と施工効率

- ① 土砂を前方に排土するため、狭い現場やコーナ部の掘削が困難。
- ② ケーシングの支持地盤への根入れが困難。
- ③ 転石層および岩層へのケーシングの建込みが困難。
- ④ 湧水が生じる現場では、ハンマグラブの落下衝撃力が緩和され掘削能率が低下する。

(3) 施工精度

ケーシングを揺動させながら押込むため、芯ずれが生じやすい。

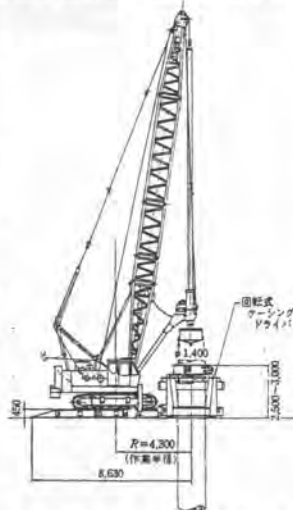
(4) 機械稼働率

オールケーシング施工機として専用機化しているため、1台の機械で種々の杭施工条件に適応できない。

以上の点にかんがみ、日進基礎工業と日立建機は、共同でこれらの問題点を解決する新しいオールケーシング施工機の開発を目指すことにした。そして種々の検討を行って日立CD1500回転式ケーシングドライバを開発し、昭和60年6月最初の実施工で高い評価を得て以来、今まで様々な現場で数多くの実績を上げている。本報は本機の仕様と構造および施工実績について述べたものである。

2. 本機の特長

① 揺動だけでなく、全周回転させながらケーシングの押込みが



図一 CD1500 回転式ケーシングドライバ (アースドリルで中掘りする場合)

表一 主要諸元

部	式	CD1500
ケーシング	適用ケーシング径	スベークなし スベーク使用
		最大 ϕ 1,500 mm 最小 ϕ 1,000 mm
	押込み高 (1500mm)	25 t (75 t)
	引 張 力	130 t
ケーシング	ケーシング回転力	正逆転とも 120 t-cm
	ケーシング回転数	重負荷時 0.6 rpm 軽負荷時 1.2 rpm
	作込みケーシングエントロップ	800 mm
	ロープケーシングエントロップ	200 mm
回転式ケーシング	ケーシング回転方式	地圧ケーシングによる
	ケーシング回転方式	地圧ケーシングによる
ケーシング	ケーシング傾斜角	最大 15°
ポンプ	ポンプ出力	日野 EM100 150 PS/2,000 rpm
	ポンプ吐出量	最大 214 l/min \times 2 270 kg/cm ²
第一ギヤポンプ	吐出量	28.1 l/min
	使用圧力	210 kg/cm ²
第二ギヤポンプ	吐出量	15.6 l/min
	使用圧力	100 kg/cm ²

できるため、硬地盤層、転石層、岩層への建込み容易——掘削条件、作業条件に応じて能率の良い作業ができる。

② 掘削機の自重を生かした回転反力取り装置により、過大なウェイトが不要である。

③ ハンマグラブ装着クレーンまたはアースドリルをケーシング中掘り用掘削機として使用できるため、敷地コーナ部での掘削が可能である（旋回による排土が可能）。

④ アースドリルでも施工できるため、湧水による施工能率の低下がないほか、一般土質における施工能率の向上が図れる。

⑤ 全周回転によってファーストケーシングの建込みが行えるため芯ずれが少ないほか、ケーシングの建込み精度を常時監視するための垂直計の取付けにより、精度の高い施工が可能である。

⑥ ミキサー車案内用傾斜台が不要——回転反力取り装置を油圧シリンダで傾斜させることにより不要となる。

⑦ 掘削孔の近くで掘削状況を把握しながら安全に作業が行えるように、主要な操作をリモートコントロールで行うことができる。

⑧ 中掘り用掘削機が特定のものに限定されないので、オールケーシング施工を必要としない場合、掘削機は他の工事に転用できる点から、機械の稼働率が向上する。

3. 仕様および構造の概要

中掘り用掘削機としてアースドリルを用いた本機による施工全体図を図-1に、掘削状況を写真-1に示す。

3.1 仕様

本機の主要諸元を表-1に示す。

3.2 構造

(1) ケーシングドライバ本体 (図-2 参照)

本装置はベースフレーム、回転駆動装置、バンド装置それにケーシングが垂直に建込まれているかどうかを監視する垂直計で構成されている。

(a) ベースフレーム

本ベースフレームには4本のジャッキシリンダと、これらを独立して作動させるためのコントロールバルブと、その操作レバーが設けられている。そしてジャッキシリンダの取付け位置には、ベースフレームに対し垂直に立脚したポストが設けられている。これは回転駆動装置の昇降ガイドと、ケーシングを回転させた際に発生する回転反力と受け台とを兼ねたものである。



写真-1 掘削状況 (アースドリルの中掘り作業)

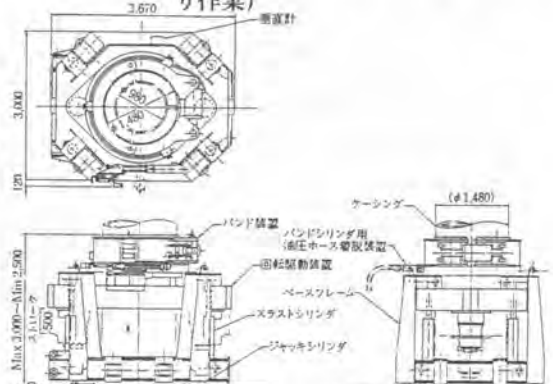


図-2 ケーシングドライバ本体

(b) 回転駆動装置

2個の遊星減速機付き低速大トルク油圧モータに取付けられたピニオンで、外歯付旋回ベアリングを駆動する装置である。旋回方向は正・逆転自在で、かつ自動揺動運転も可能である。回転数は負荷に応じて自動的に変化する。

(c) バンド装置

本装置に取付けられたバンドシリンダを伸縮させることによりケーシングを締付けたりゆるめたりできる。本機はケーシングを全周回転させるが、バンドシリンダへ圧油を供給する油圧ホースを常時取付けた状態にしておくと、油圧ホースが巻きついてしまう。この点を避けるにはバンドシリンダを作動させるたびにホースの着脱を行わねばならない。これを人が手で行うのはやっかいであることから、本機には機械的に着脱を行う半自動油圧ホース着脱装置が取付けられている。

(2) 回転反力取り装置

本装置は2つの機能を有する。1つはケーシングの中掘りを行う掘削機を載荷することで、ケーシングドライバの回転力を受けとめる機能と、もう1つはケーシング建込み後、生コン投入の際本装置を15°に傾斜させ、ミキサ車の案内路を形成する機能である。

(3) 油圧パワーユニット

本装置はケーシングドライバ本体と回転反力取り装置に取付けられている油圧シリンダや油圧モータに圧油を供給するものである。またできるだけ馬力の小さなエンジンで大きな仕事ができるように、各ポンプの圧油を各アクチュエータ間で作業状況に応じて有効に配分しあう油圧制御方式になっている。このため、例えばケーシングを1ストローク押込んだ後チャッキングをし直す、いわゆる盛り替え作業の際は、手動切換えによりスラストシリンダを通常より速く作動させることができるとか、ケーシングの押込み力をあまり必要としない作業状態になった時には、自動的に余分な馬力をケーシングの回転にまわすことができるというものである。

4. 施工方法

本機は自力で移動できないため、ケーシングドライバ本体、反力取り装置それに油圧ポンプユニットを中掘り用掘削機でつり上げて据付け作業を行う。据付け完了後、反力取り装置の上に載ってケー

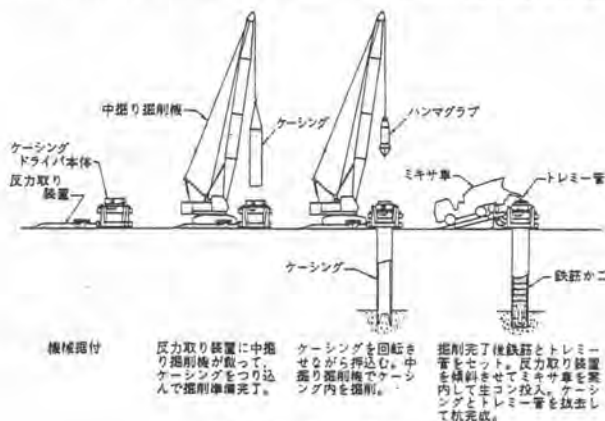


図-3 施工手順

シングのつり込み、中掘り作業を行うことによりスペースを有効に生かした掘削作業を行うことができる。施工手順を図-3に示す。

また図-4で示すように、ケーシング先端に特殊な方法でカッターが取り付けられているので、転石や岩盤であっても容易に掘り抜くことができる。また途中に転石や玉石のある地盤では、中掘り掘削機としてハンマグラブとアースドリルと

を併用して行うのが最も能率が良いが、アースドリルを装着した状態では大きなハンマグラブを使用するのはむずかしい。従って被圧水のない施工条件で、かつ一般土質での掘削においては、図-5で示すようにウェイトのついたアースドリルバケットをクレーンでつり上げ、ケーシングの回転力により掘削を行い、転石や玉石が出たらハンマグラブにつけかえて掘削を行う方法をとっている。

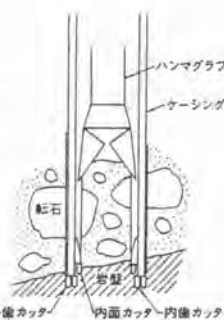


図-4 転石・岩盤の掘削方法 (特許出願中)

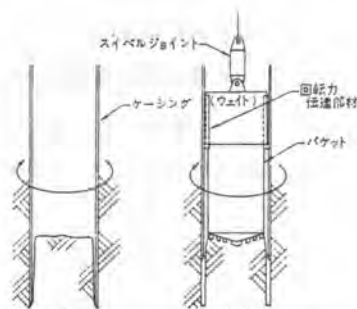


図-5 一般土質の掘削方法 (特許出願中)

5. 施工実績

C D 1500による主な施工実績を表-2に示す。以下番号に付したものは表-2での施工実績番号を示す。

No.1 はC D 1500による最初の施工である。敷地に余裕がないうえ、L字形構造のためコーナー部が多くあり、主としてベント機では施工困難と思われる杭を施工した。ケーシングの建込みは芯ぐるいもなく能率よく行えたが、中掘りはハンマグラブ付KH100(30tづり)クレーンで行ったため中掘り掘削に時間を要し、時間待ちをするケースもあった。それでも同じ現場で稼働したベント機とほぼ同等の1本/日の杭を施工できた。



写真-2 掘り出された岩盤(チャート)

No.2 では初めての岩盤施工ということもあって、試行錯誤を繰返しての施工であったが、予想以上の成果を上げることができた。杭の上部層では1軸圧縮強度870kg/cm²の粘板岩の転石を摘出し、下部層では同1000~1500kg/cm²のチャートおよび珪質粘板岩による岩盤への建込みを行った。また深度2.5~7.5mにわたってすべてチャートという例もあった。この時、掘削始まりは1.5m/h r程度の掘削能率であったものが、最後には0.3m/h r以下に能率が低下した。これはカッターの摩耗や欠損による影響もあったと思われる。写真-2は岩盤として形成していたチャートを掘り出したものである。

表-2 CD1500による主な施工実績

No.	工事名称	施工の種類	施工地	組合施工	杭仕様	杭施工期間
1	愛知新幹線(山田生命ビル)新築工事	建築杭基礎 (オールケーシング工法)	松山市大手町1丁目11番地	大成建設	杭径φ1,500, φ1,300, φ1,200 掘削深 27~34 m 杭本数 45本中18本	S60,6,11 ~7,7
2	内国線南自動車道(豊田)トンネル掘削工事	掘削杭基礎 (オールケーシング工法)	高知県土佐市田町露地	羽田-五洋 共同企業体	杭径φ1,500 掘削深 7.4~8 m 杭本数 8本	S60,7,8 ~7,25
3	新築病院建築工事	掘削杭基礎 (オールケーシング工法)	香川県丸亀市	安成建設工業	杭径φ1,000 掘削深 18 m 杭本数 17本	S60,11,20 ~5,61,1,25
4	福利ビル新築工事	既存建物地下スラブ及び地中梁等物掘削	大 阪 市 天王寺区	大新土木建設	杭径φ1,500 掘削深 5 m 杭本数 17本	S61,1,27 ~2,11
5	田丸丸製紙工場(日)工事	掘削杭基礎 (オールケーシング工法)	香川県丸亀市	興 村 組	杭径φ1,000, φ1,200 掘削深 17 m 杭本数 32本	S61,2,12 ~4,12
6	九州横断自動車道(久)変工工事	地すべり対策調査掘削	宮崎県多良木郡多良木町山内区	三菱・橋本建設 共同企業体	杭径φ1,200 掘削深 28.5 m 杭本数 35本中18本	S61,5,12 ~7,15

6. あとがき

一般都市土木、建築基礎工としても使えるだけでなく、従来の施工機にはない新しいオールケーシング施工機について紹介した。今後さらに施工性、作業性、操作性にすぐれた機械にすべく改良を図っていきたい。

6. 油圧式アースドリル(TH55)の開発と施工

日立建機(株)：久住 宏・有馬 邦彦・*野崎 敏

1. はじめに

近年、都市部における老朽化した建築物の建替えを中心とする都市の再開発が盛んに行なわれるようになってきた。これらのうち狭い敷地に建っていた建物をこわし、同じ敷地に新しい建物を建て直すというケースが非常に多くなってきた。これらの多くは間口が7m、奥行も15m程度と狭い上、都市の中心部に位置しているため、機械の搬入性も悪く、さらに周囲を既存の建物で囲まれているため施工がやりにくいなど、作業環境が非常に悪い。

従来このような現場ではKH100、125油圧式アースドリルでの施工が困難なため、UH07アースドリル、U106機械式アースドリル等で施工が行われてきた。

しかしこれらには次のような問題点があった。すなわち、

- ① 施工能率が悪い。
- ② 作業の段取りに時間がかかる。
- ③ 掘削力が小さい。
- ④ 現場内での機械運搬性が悪い。
- ⑤ 機械の維持費が高い。

以上の点から、狭い現場での作業性を重視したもので、かつ掘削力の大きい油圧式アースドリルを開発してほしいとの要望が高くなってきた。

このような背景のもとに、昭和61年5月(株)三洋基礎の協力を得て、日立TH55油圧式アースドリルを開発した。

本報は本機の特長と仕様それに施工実績について述べたものである。

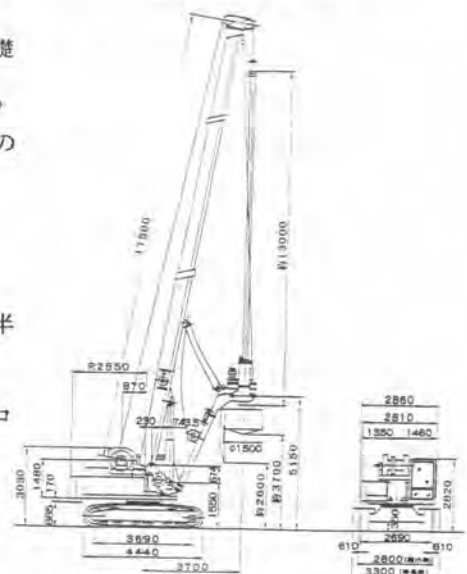
2. 本機の開発のねらい

本機を開発するに当り、次の目標を設定した。

- ① 狭い現場での作業性向上を図るため、作業半径、後端半径をUH07アースドリル並にする。
- ② 入口の狭い現場への搬入を容易にするため、搬入時クローラ巾をUH07アースドリル並にする。
- ③ 掘削能力はKH100アースドリル並にする。
- ④ 組立、分解性に優れたものにする。
- ⑤ 狭い敷地での最大補助吊り能力をKH100アースドリル



写真1 稼働状況



第1図 TH55アースドリル全体図

ル並にする。

- ⑥ 狭い現場では相伴クレーンの搬入がむずかしいため、機材の荷卸し、移動を本機ですべて行うことができるように、アースドリル補助吊りクレーン仕様を設定する。
- ⑦ 都市部での使用を考慮し、低騒音型を標準とする。

3. 本機の特長

本機の特長は次の通り。

(1) 狭い現場での作業が容易

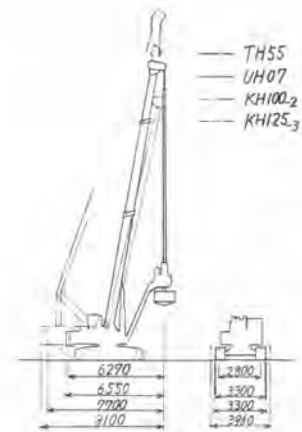
- ① 後端半径2.85m、作業半径3.7m（短尺ケリーバを使用した場合は3.5m）であり、間口7m程度の狭い現場でも作業が可能（第2図、第3図参照）。
- ② 伸縮タイプクローラの採用により、入口が狭い現場でも搬入が容易。
- ③ テレスコピックブームの採用により、高さ制限のあるところでもブームを縮め、短尺ケリーバを使用すれば作業が可能（第4図参照）。

(2) 大きな作業能力

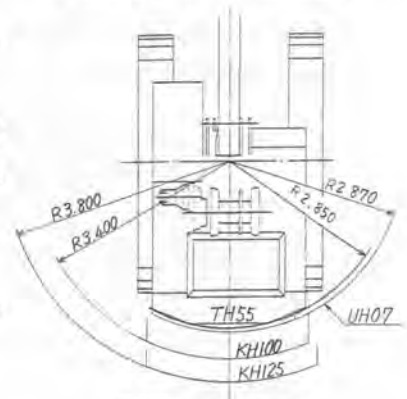
- ① エンジン馬力を有効に活用した油圧自動制御でKH100、125アースドリルと同等の力強い掘削能力。
- ② KH100アースドリル並の掘削径と掘削深度。
- ③ バケット最大巻上力はKH100アースドリル並の10t。
- ④ 最大補助吊り能力はKH100アースドリルと同じ4.9t。

(3) 優れた機能

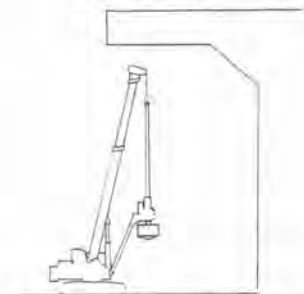
- ① 低騒音型を標準とし、建設省低騒音型建設機械の指定を受けている
- ② 全周6ヶ所に旋回ロックを設け、狭い現場内での機械のセットが容易。
- ③ 4.9tの補助吊りクレーン製造検査（オプション）が設定されているため、相伴クレーンなしに荷役作業が行える。
- ④ 掘削作業半径を3.5m～3.7mの範囲で任意に変えられる装置が取付けられている。また、本装置とブームの伸縮によって本体の設置状況にかかわらず容易にケリーバを垂直にセットできる。



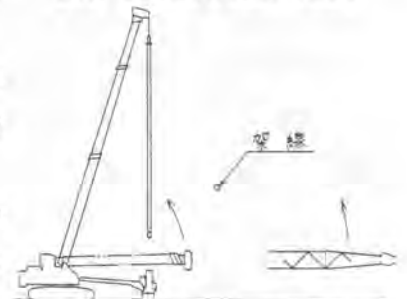
第2図 各アースドリル機の寸法比較



第3図 後端半径の比較



第4図 高さ制限がある場合の作業姿勢



第5図 ブームの組立スペースに架梁がある場合

7. 低粉じん型吹付けコンクリート工法の開発

前田建設工業(株)：関 順一・中村 敏夫・*岡田 正之
三輪 俊彦

1. まえがき

NA TMは我国に導入されてから10年余りを経て、現在山岳トンネルの標準工法として定着しつつある。吹付けコンクリートは、NA TMにおける主要な支保部材のひとつであるが、トンネル内の作業であるという制約から、はね返りや発生粉じんが多いという問題を常に伴っていた。これらの改善をはかるため、筆者らは既に、従来の乾式吹付け工法において添加水に粘性を与えることにより粉じんを低減させる工法(RDR工法-Rebound and Dust Reducing system)を開発し、その有効性について報告している。¹⁾²⁾

今回、「高効率、低粉じん型吹付けコンクリート工法の開発」を研究課題とする、建設技術評価が建設省により公募された。そこで、より一層はね返りと粉じんの低減をはかり、同評価の開発目標を満足するため、従来のRDR工法を改良し、システム化された低粉じん型吹付けコンクリート工法(新RDR工法)の開発を行った。本文は、新たに開発した工法の概要と、効果確認のために実施した現場試験結果について報告するものである。

2. 工法の概要

建設技術評価の開発目標値は、以下のとおりである。

- ①粉じん濃度…… 5 mg/m^3 以下 ②はね返り率…… 25%以下 ③強度…… $\sigma_{28} > 180 \text{ kgf/cm}^2$

これらの他に、十分な初期強度を有し、従来以上の吹付け能力を有することなど、かなり厳しい条件が開発目標として設定された。これらの目標を満足するために、以下に示す改良を実施した。

- ①高分子系増粘剤の改良
- ②空練り材料と混和材料(増粘剤、急結剤)との混合方式の改善
- ③圧送空気圧・空気量の制御

図-1に示すように、本工法は乾式吹付け機、液体急結剤および増粘剤の添加装置、ダブルリン

表-1 システム構成機器一覧

機種	名称	仕様
吹付け機	アリバー260ダブルロータ	最大送り距離 300 m 空気消費量 $12 \text{ m}^3/\text{分}$ 以上
急結剤添加装置	LQポンプ	最大吐出量 2.4 L/分 最大吐出圧 30 kgf/cm ²
増粘剤添加装置	RDRポンプ	最大吐出量 1.5 L/分 最大吐出圧 15 kgf/cm ²
	水量ポンプ	最大吐出量 32 L/分 最大吐出圧 31 kgf/cm ²
ダブルリング	流量計	浮遊式流量計 測定範囲 4~20 L/分
圧送空気制御装置	Y字管付リング	
	エアフィルタ	最高使用圧力 9.9 kgf/cm ²
	レギュレータ	調圧範囲 0.2~8 kgf/cm ²
	流量計	浮遊式流量計 測定範囲 4~20 Nm ³ /分 最高使用圧力 9.9 kgf/cm ²
	スピードコントローラ	制御圧力最大 33.46 Nm ³ /分

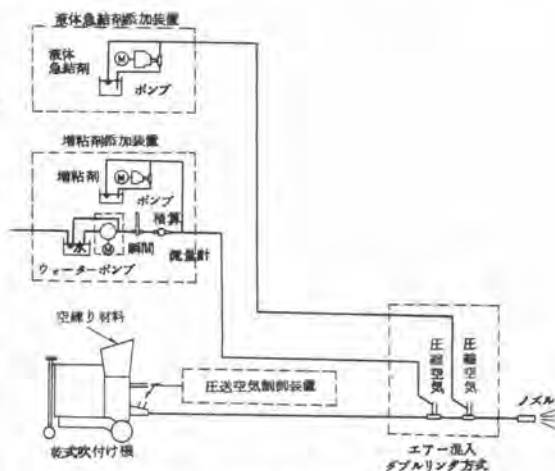
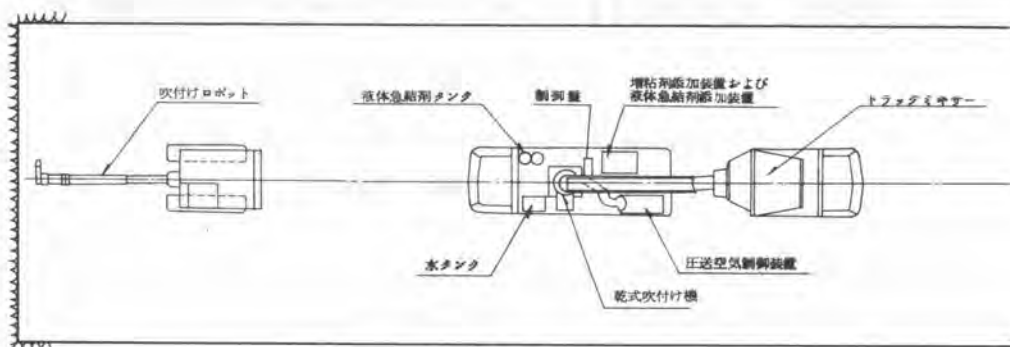


図-1 システム構成図



平面図



側面図

図-2 システム配置例

グ、圧送空気制御装置により構成される。表-1にその構成機器を示す。また図-2にシステム全体の配置例を示す。

(1) 高分子系増粘剤の改良

高分子系増粘剤は、添加水の粘性を高めるとともに、固有の連続性、曳糸性、分子の収縮効果等の特徴を有している。これにより吹付け材料の微小粒子を捕捉して粉じんを抑制するとともに、はね返りを低減することができる。増粘剤の性状を表-2に示す。

(2) 空練りコンクリートと混和材料との混合の改善

添加装置は、図-1で示したとおり液体急結剤および増粘剤添加装置、ダブルリングで構成される。水、混和材料(増粘剤、急結剤)の添加は、吐出量を一定に保てる定量ポンプを採用し

表-2 高分子系増粘剤の性状

外 観	乳白色高粘性液体
粘 度	180 cp (25℃)
P H	6.2
比 重	1.02 (25℃)
成 分 組 成	多価アルコールエチレンオキサイド付加物, 多価アルコール, 総合リン酸塩
マウス急性毒性試験	経口 LD ₅₀ 値 > 61,200 mg/kg
成 分 試 験	フェノール類, カドミウム, シアン, 有機リン等の有害物質を含んでいない。

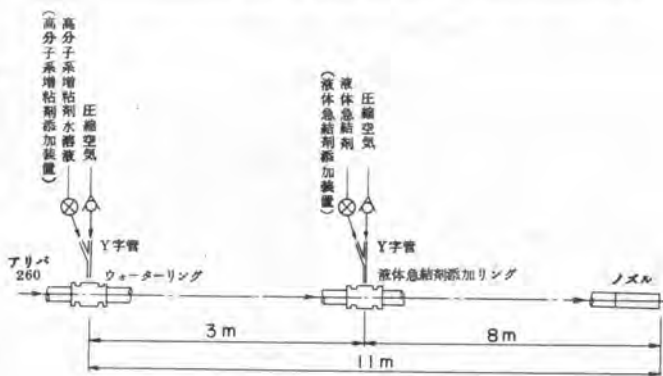


図-3 気流混合方式によるダブルリング

添加量を制御して供給できるものとした。また、流量計を取付け、水の添加状態を監視できるものとした。

増粘剤（水を含む）と急結剤とは各々別系統で添加するダブルリング方式とした。また吹付け材料との混合を良くするため、リング内へ圧縮空気を混入して霧状に噴出させる、気流混合方式を採用した。図-3にダブルリングを示す。

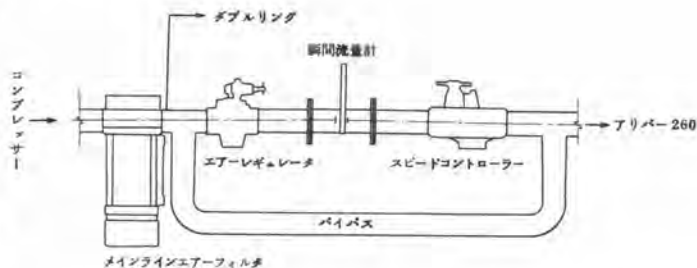


図-4 圧送空気制御装置の概要

(3) 圧送空気圧・空気量の制御

吹付けコンクリートのはね返り・粉じんは、圧送空気圧が高く、空気量が多いほど増加する傾向にある。そこで、吹付け機への供給空気の圧力を微調整できるようにエアレギュレータを、流量を微調整できるようにスピードコントローラを取付けて、所定の空気圧・空気量に調整可能とした。また瞬間流量計によって圧縮空気の供給状態を監視できるものとした。以上の機能を有する圧送空気制御装置を図-4に示す。

3. 現場試験の概要

本工法の効果を確認するために、現場試験を実施した。試験は、2車線道路トンネルの上半断面において、換気設備と集じん機をすべて停止した状態で行った。

吹付けコンクリートの配合は、予備試験結果から最適配合を決定した(表-3)。ただし、増粘剤の添加量については、粉じん量やはね返り率との関係を明らかにするために、数ケースに対して試験を行った。

表-3 吹付けコンクリートの配合

粗骨材の最大寸法(㎜)	水セメント比(%)	細骨材率(%)	単 位 量 (kg/m ³)				急結剤 V _s .C (%)	増粘剤 V _s .C (%)
			水	モメント	細骨材	粗骨材		
13	55	59	198	360	1045	737	8	0~2.4

4. 試験結果

(1) 粉じん濃度

吹付け作業終了直前における吸入性粉じん(7 μm以下)濃度と増粘剤の添加量との関係を図-5に示す。粉じん濃度は、増粘剤を添加することにより大幅に減少し、両者はほぼ線形の相関を示した。この結果、増粘剤添加量が、2.4%以上の場合において、粉じん濃度の開発目標値5 mg/m³以下を満足することが認められた。

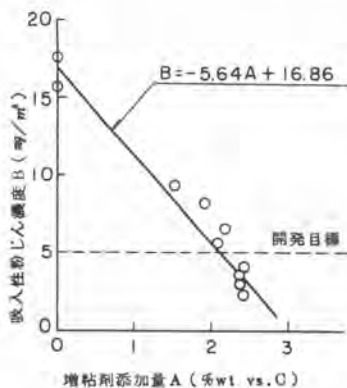


図-5 粉じん濃度と増粘剤添加量の関係

② はね返り

図-6に、はね返り率と増粘剤添加量との関係を示す。これは、湧水がほとんどない1次吹付け終了後の上半アーチ部における試験結果である。はね返り率に対しても、増粘剤添加量の増加に伴い減少する傾向が見られた。粉じん濃度が開発目標を満足する添加量(2.4%)の場合、はね返り率の平均値は、23%となり、目標値の25%以下を満足した。

③ 強度および耐久性

はりの折片およびパネルコアによる圧縮強度試験を実施し、圧縮強度と材令との関係を求めた(図-7)。開発目標の対象となる材令28日強度については、側壁部、クラウン部とも200 kgf/cm²以上の強度を発現し、十分目標を満足するものであった。また初期強度に対する増粘剤の影響は少なく、はく落も全く生じなかった。一般に増粘剤には凝結遅延効果があり初期強度の発現を遅らせる傾向を示すが、今回開発した増粘剤は、添加量や急結剤の種類によっては、むしろ凝結効果が大きくなる特性を示した。

また、凍結融解試験、中性化促進試験、乾燥収縮試験などを実施した結果、増粘剤の有無による差異はほとんど認められず、本工法で用いた増粘剤は、コンクリートの耐久性に対して何ら悪影響を与えないことが確認できた。

④ 施工性および耐久性

吹付け能力については、5 m³/hr程度は十分可能であり、従来の乾式工法と同程度の施工能力が得られた。また、経済性については、従来工法よりも材料費が割高になるが、はね返りの減少や吹付け時間の短縮によって、全体工費はおおむね同程度になることが分った。

5. あとがき

建設技術評価の厳しい開発目標を満足するため、低粉じん型吹付けコンクリート工法の開発を試みた。開発に際しては、機械・材料を含めたシステム化を図り、現場試験によって、その効果の確認を行った。その結果、本工法は十分開発目標を満足し、実施工における有効性をも確認できた。

参考文献

- 1) 関他：吹付けコンクリートの粉じん抑制に関する研究，土木学会第39回年次学術講演会，1984
- 2) 関他：吹付けコンクリートの粉じん抑制剤に関する研究，前田技術研究所報，Vol. 24，1983

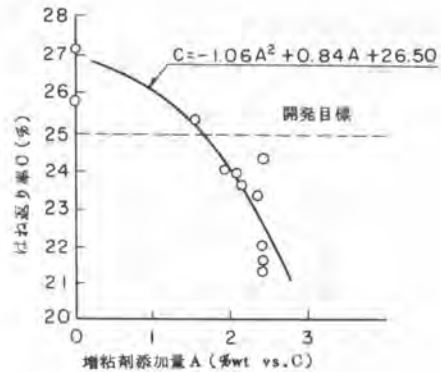


図-6 はね返り率と増粘剤添加量の関係

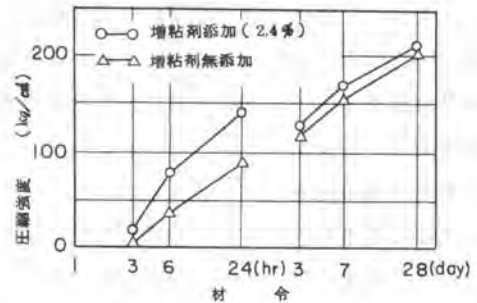


図-7 材令と圧縮強度の関係

8. アブレイシブジェットと膨張性破砕剤を用いた無発破トンネル掘削工法

電源開発(株)：石田 豊祐・和田 嘉朗・
 (株)間 組：*蓮井 昭則・松本 浩一

1. まえがき

従来、トンネルにおける掘削には主として発破工法が採用されてきた。しかし、近年、周辺構造物岩盤、環境に及ぼす影響を極力少なくするために発破工法が採用できないトンネル掘削工事が増加している。今回、膨張性破砕方法とアブレイシブジェットを併用した新しい低振動掘削工法を実用化したロックフィルダム直下でのトンネル掘削工事を全くの無発破で実施し、完了した。

本報告は掘削方法の概要と施工実績について述べるものである。

2. 概要

2.1 工事概要

本工事は福島県南会津郡下郷町にある電源開発(株)の大内ダム(ロックフィルダム; 堤体高 102m、堤頂長 340m、堤体積 4,400,000m³)直下の既設の仮排水路トンネルからバイパストンネルを設ける工事である。大内ダムの盛り立ては既に完了しており、トンネルの掘削予定区間はダムの左岸側基礎深部にあたり、周辺岩盤にはグラウト処理が終了している。そのため、掘削による周辺岩盤への影響を最小限にする必要があり、掘削工法として膨張性破砕方法とアブレイシブジェットを組み合わせた低振動、低騒音工法を採用した。工事概要平面図を図-1に、バイパストンネルの掘削断面形状を図-2に示す。トンネルの掘削断面積は5.38m²と小断面であり、トンネル延長は約69mである。

2.2 地質

トンネル周辺岩盤の地質は、東北地方から山陰地方に広く分布している細粒および粗粒のグリーンタフ(緑色凝灰岩)であり、新鮮で比較的硬質な地層と弱風化したものとの互層である。ロックシュミットハンマーによる一軸圧縮強度は200~1200kg/cm²と広範囲にわたっており、平均は500~600kg/cm²であった。トンネル全区間を通じて湧水はほとんどなく、水滴程度のものが2箇所みられた。

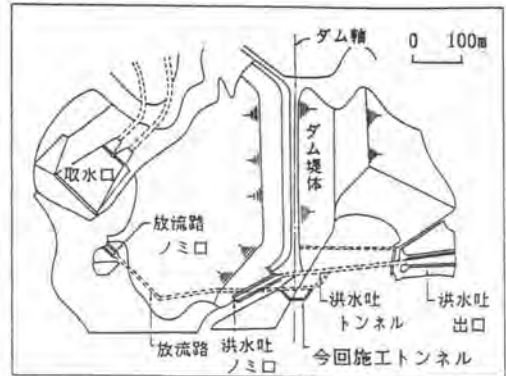


図-1 工事概要平面図

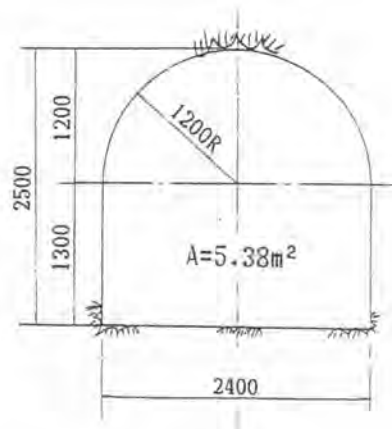


図-2 掘削断面形状

3. 膨張性破砕

3.1 膨張性破砕の促進

膨張性破砕剤を用いた静的破砕は、化学反応による膨張圧力を利用するものであるが、従来の方法では薬剤を充填してから破砕に至るまでに12~24時間かかっていた。本工事では、膨張反応の促進と膨張性破砕剤の突出（鉄砲現象）防止の2つの効果を持つ促進剤（日本油脂㈱）を用い、破砕までの時間を15~30分に短縮した。促進剤は主に生石灰よりなり、水和反応により高熱を発生し、この熱を膨張性破砕剤に加えて、膨張効果の発生を促すものである。促進剤を用いた場合の破砕剤の発熱温度と圧力の測定結果を図-3に示す。

3.2 トンネル掘削への適用

膨張性破砕の大きな問題点に破砕の効果が自由面（膨張の際に拘束を受けずに変形ができる面）の数に大きく影響を受けるということがある。平面ひずみ状態で膨張圧力が作用した場合のFEM解析結果を図-4に示す。この結果より、トンネル掘削に膨張性破砕を適用する場合、切羽1面しかない自由面を何らかの方法で増加させる必要がある。この自由面を増加させる方法としてアブレイシブジェットを使い、切羽にスリット（細溝）を切削し、それを自由面として破砕効果を高めた。

4. アブレイシブジェット

4.1 装置概要

アブレイシブジェットは、高圧水にアブレイシブ（研磨材）を混入して物体を切断するもので、トンネルの掘削工法として適用可能であるが、それだけで掘削するには切断長が膨大となり、時間、コストがかかる。したがって、アブレイシブジェットは膨張性破砕剤と組み合わせ、切羽に自由面を増加させる方法として、工事に用いた。本工事に使用したアブレイシブジェット装置の概要を図-5に、高圧発生装置の諸元を表-1に示す。

4.2 ノズル移動装置

アブレイシブジェットの噴射ノズルを切羽で一定速度で移動させるために、ノズル移動装置を製作し

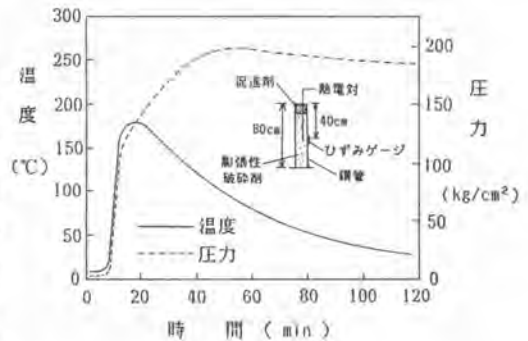


図-3 発熱温度と圧力の測定結果
(孔口より40cm奥の地点)

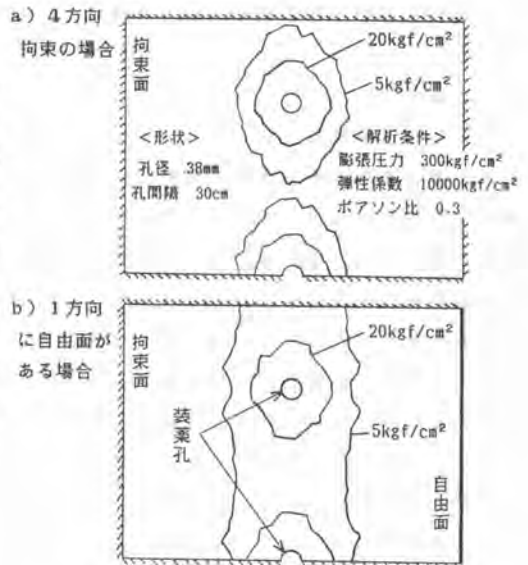


図-4 FEM解析結果（引張応力分布）

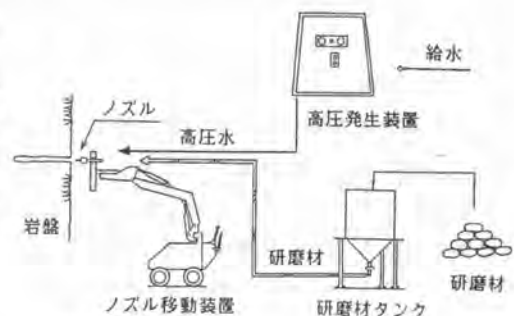


図-5 アブレイシブジェット装置概要図

た。この装置は、小断面トンネル内で切羽の所定位置へのセットが効率よく行えるようにミニブレーカに取り付け、自走式にした（図-5参照）。

5. 施工

5.1 掘削手順

掘削の基本的な手順は以下のようである（図-6参照）。

① アブレイシブジェットによるスリット切削

ノズル移動装置を所定位置にセットし、スリットをいれる。

② 膨張性破砕剤充填孔の削孔、薬剤の装薬

削孔にはトンネル断面が小さいため、レッグドリルを用いた。

③ 二次破砕

二次破砕は、小型バックホー（0.09m³クラス）に搭載したブレーカおよびハンドピックで破砕した。

④ ずり出し

ずり出しはショベルによって仮排水路トンネルまで積み出し、ダンプトラックで搬出した。

掘削の基本的なパターンは図-7に示すものを用い、切羽岩盤のロックシュミットハンマー試験によって得られた一軸圧縮強度から、標準パターンⅠ、Ⅱを使い分けた。

5.2 施工実績

平均的な施工サイクルを図-8に示す。スリットの切削からずり出し終了まで約25時間であり、1サイクルの掘進長は平均53cm、スリットの平均切削長は4.73mであった。

スリット後の切羽状況を写真-1に、膨張性破砕剤充填後のクラック発生状況を写真-2に示す。

5.3 振動・騒音測定結果

振動については、切羽位置から11.4m、16.5m離れた地点で3方向の加速度を、また、騒音については5m、10m、42mの地点で各作業毎に測定した。表-2、3にその結果を示す。これらの結果から、本工事における振動、騒音はかなり小さく、低振動、低騒音であることがわかる。

表-1 高圧発生装置諸元

型式名	JETPAC 40EQ (フロー社)
増圧比	13:1
最高吐出水圧	2800kgf/cm ²
最大吐出水量	21l/min
電動機	440v, 150kw, 60Hz
本体寸法	2464×1320×1219mm
本体重量	1900kg

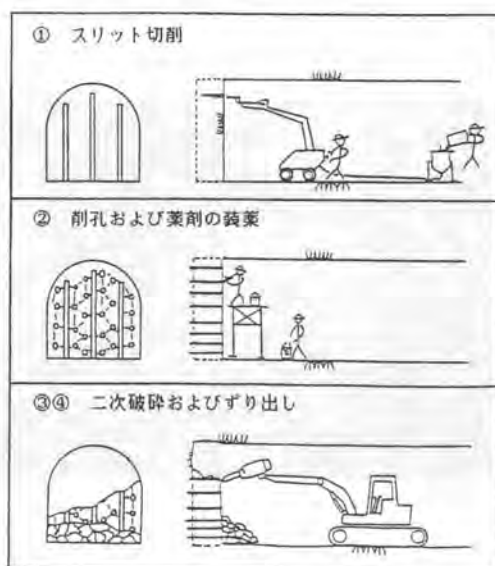


図-6 施工手順

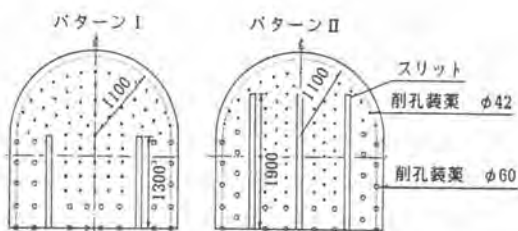


図-7 標準掘削パターン



切削条件
 水 圧 2100 kgf/cm²
 水 量 17 l/min
 研磨材供給量 3 kg/min (カーネット)
 切削速度 5 cm/min
 繰り返し回数 2回

写真-1 スリット切削後の切羽状況



削孔装薬
 削孔径 42mm, 60mm
 本数 69, 26
 装薬量 210 kg

写真-2 クラック発生状況

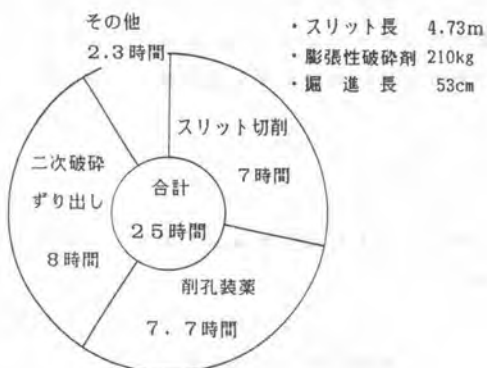


図-8 施工サイクル(平均)

表-2 騒音測定結果

単位: (dB)

切羽からの距離	5m	10m	4.2m
アブレイシブジェット	111	100	93
削 孔	114	108	98
ブレーカ	97	96	89
ハンドピック	109	107	100

表-3 振動測定結果(加速度)

単位: (dB)

切羽からの距離	X方向		Y方向		Z方向	
	11.4 m	16.5 m	11.4 m	16.5 m	11.4 m	16.5 m
アブレイシブジェット	45	32	47	34	54	28
削 孔	40	30	44	30	44	26
ブレーカ	32	28	29	25	29	24
ハンドピック	31	43	30	39	40	36

6. あとがき

本工事では、膨張性破砕工法とアブレイシブジェット工法の2つの工法を組み合わせ、低振動、低騒音でトンネルを無事貫通させることができた。併用工法としては初めてトンネル掘削に適用したため、施工中、いくつかの問題点が生じたが、施工を通じて改善、改良を加え、工法としてほぼ確立されたと考えている。現在、アブレイシブジェットおよび膨張性破砕剤の詳細なデータについて解析中であり、より実用性を高めることができると考えている。

最後に、本工事にあたり、終始御協力いただいた日本油脂㈱、下郷発電所新設工事第一工区共同企業体の諸氏に深謝の意を表します。

9. 小断面トンネルの急速施工システムについて

佐藤工業(株)：今岡 彦三

1. はじめに

近年全国的に、用水及び中小水力発電の開発が盛んに進められているが、それに伴い小断面水路等のトンネルの経済的な急速施工法の開発が各方面より要望されている。

小断面トンネルの急速施工法としては、TBMによるものと、発破工法によるものとに大別されるが、今回当社では、各種施工機械の組み合わせ及び作業方法を比較検討した結果、図-3の様な合理的かつ経済的な、発破工法による小断面トンネルの急速施工システムを確立した。

2. 工事概要

今回当社が急速施工の確立に成功した奈良俣ダム導水路トンネルは、水資源開発公団から計画、発注された、利根川最上流部に建設中の奈良俣ダム建設工事の一部である。導水路は、利根川の支川、濁ノ小屋沢川の余剰水をダム貯水池に導き、利根川の水の有効利用を図るものである。

導水路トンネルは全長約3200m、インバート水平馬蹄形(2R=2.65m)の断面で、最大10m²/Sの流量を導水する予定である。

当社の施工している第一工区はトンネルの上流側で、全長のほぼ半分当たる延長1500m(断面積=8.84~9.16m²)と作業坑、延長107m(断面積=7.16m²)である。

工期 自昭和59年9月~至昭和62年11月

3. 地形、地質

導水路トンネル計画ルート付近の基盤を構成する地質は、水資源開発公団の地質調査資料によれば先ジュラ紀の超塩基性岩及び中世代白亜紀の花崗岩であり、弾性波速度は良好な岩質で概ね4.5~5.0km/Sである。しかしルート中には数ヶ所の破碎帯が存在し、特に超塩基性岩地帯では工区境付近に約190m区間に渡り、変質した破碎帯が存在した。

岩盤の性状は、ボーリングコアによるRQD値が50~60であり、岩片自体は硬質であるがクラッキーな特性を持っている。また割れ目沿いに薄く蛇紋化したり、滑石化や方解石状の白色鉱物を晶出し、割れ目自体がはく離しやすくなっている。



図-2 地質縦断面



4. 施工機械の選定

急速施工に際し、ずり出し方式は軌条方式を採用した。機種選定にあたり、サイクルタイムの短縮及びロスタイムの減少を目標として下記の項目に重点をおいて検討した。

- | | | |
|------|---------------|---------------|
| 検討項目 | ① 削孔時間の短縮 | ⑥ 省力化の推進 |
| | ② 長孔発破の実施 | ⑦ 最適作業環境の維持 |
| | ③ 余掘りの減少 | ⑧ 動力用エネルギーの統一 |
| | ④ ずり積み込み時間の短縮 | ⑨ 安全性の向上 |
| | ⑤ ずり出し回数の減少 | ⑩ 経済性の向上 |

以上の項目に対して検討した結果、下記に示すような機種を選定し、施工にあたった。

図-3 施工システム図

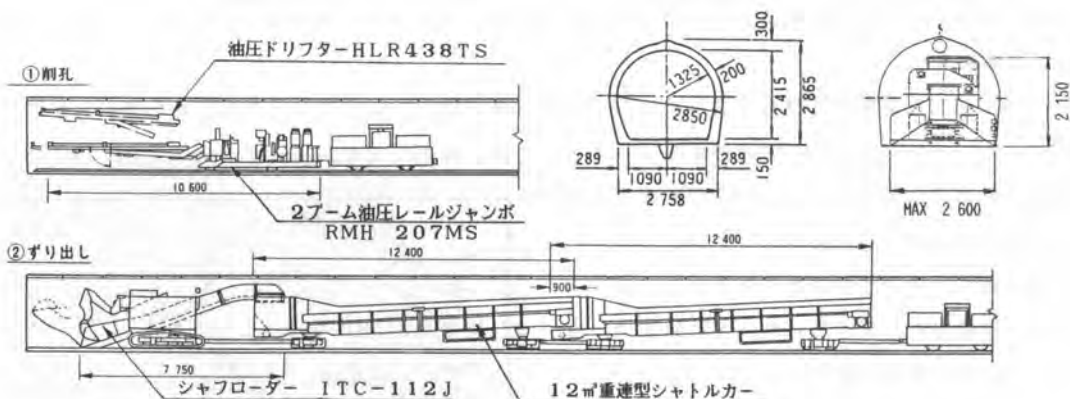


表-1 施工機械 仕様及び性能

削岩機	2アーム油圧レールジャンボ	KEMKO-TAMROCK (RMH207MS)
	油圧ドリフター ガイドシル長 アーム構造 動力	HLR 438TS L=5.245m 360度 BR構造 440V B2.2kw
ずり積機	トンネルエクスカベーター	SCHAEFF (ITC-112J)
	走行装置 積込能力 動力	積込時 クローラータイプ 運搬時 ボントラック 2.0m ³ /分 (公称能力) 440V 37.0kw
ずり運搬機	重連型シャトルカー	
	積載容量 連続排出時間 最小回転半径 動力 バッテリーロコ	12m ³ /台 × 2台 4分/台 R=40m 440V 22kw × 2台 8 Ton
資材運搬機	バッテリーロコ 台車	4 Ton 2台
その他	レールゲージ	762mm

シャフローダー及びシャトルカー



各施工機械の特徴は次のようである。

(1) 削岩機

この油圧削岩機の特徴は純ノミ下りが1.5～2.5m/分と大きく、削孔は最大で3.1mまで可能である。また孔荒れ防止装置(M式マッドブロー)、長孔発破及びスムーズブラスティングに必要な平行削孔機能(ブーム中心より半径3.0m範囲)、余掘りを減少させるルックアウト装置(固定式4度)

等の特徴を有している。削孔は前方の油圧式アウトリガーにてジャンボを固定して行なう。なお、坑内の搬入は、バッテリーロコ（Bion）を使用した。

(2) すり積込機

このすり積込機の特徴は、二種類の走行装置を持ち、坑外へ切羽間の運搬時には、本体底部に装着した車輪にて走行し、切羽におけるすりの積込作業時はタローラータイプに切り替え、自走しながら作業することができることである。すりの積込は、前方のブームによりすりをコンベアー内にかき込み、後続のシャトルカーに連続的に投入する。このため作業性は非常に高い（2 m³/分）。また、かき込み運動だけですりを処理するため、車輛の前後運動が無く安全であり、騒音、粉塵の発生も少ない。これらの機能により、こそく、根掘り等の作業も同一機械で施工が可能であり、タローラータイプのため拡幅部の作業にも有効に作動した。

(3) すり運搬機

シャトルカー使用の利点は、狭いトンネルにおけるすり出し運搬作業において、すり鋼車の入替え作業を省き、一発破すり量を一回で搬出できることである。従って従来の方法に比べすり鋼車の移動、切離し操作や、トンネル拡幅部等が不要となり、すり出し時間も短縮された。なお、シャトルカーの積載容量の算定は、1サイクル進行を1.5 m、すり増加率を1.8倍として算定した。

5. 施工順序

① 削孔

バッテリーロコにて油圧ジャンボを切羽まで搬入し、削孔する。

② 装薬、発破、換気

削孔終了後、直ちに装薬、発破作業を行なう。換気中に油圧ジャンボを坑外へ搬出する。

③ すり出し

すり積機とシャトルカーを搬入し、積込機はタローラタイプの自走に切り替え、積込機の前底部にあるすり積テーブルをトンネル幅員に合わせすり積を行なう。

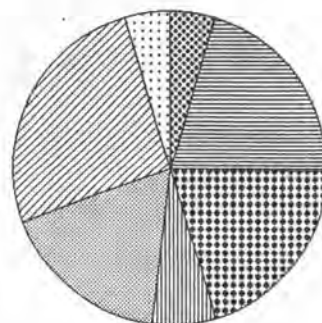
積込終了後、すりと積込機を同時に坑外へ搬出する。

④ 支保工建込

すり積終了後、削孔中に搬入した支保工を建込む。

以上の作業をくり返し掘進するが、1サイクル当りの作業時間は約150分である。

図-4 掘削サイクルタイム

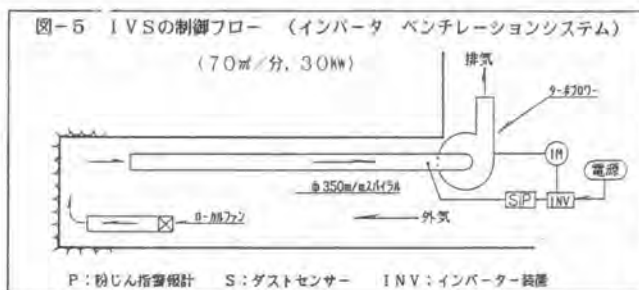


準備	4.7%	7
削孔	20.7%	31
装薬、発破	20.0%	30
換気	6.7%	10
すり出し	17.3%	26
支保工	26.0%	39
その他	4.7%	7
合計	100.0%	150

6. その他設備

換気方式はトンネルが小断面であるため、坑内運行がスムーズに行なえ、視界が良好になる様、排気方式によるインバータ・ベンチレーションシステムを採用、風管はφ350 mmのスパイラル銅管を使用、切羽においては小型の局所型循環ファンを併用した。このシステムは、切羽の粉塵濃度をセンサーにて感知し、その濃度に応じた風量を段階的にコントロールして換気するものである。従って

発破等の粉塵作業後は自動的に換気の運転出力が上昇し、短時間の換気が可能であり、また通常は低出力で運転され、最適作業環境を維持しているため、省エネルギー効果にも優れている。



7. 施工実績

本坑全体については新鮮な岩はほとんど見られず、全区間有支保工タイプにて施工した。

掘削実績は、平均月進L = 209 m/月、最大月進L = 315.6 m/月を記録した。

なお、今回は地山が悪く、全区間有支保工区間となったが、岩質が良好で長孔発破（L = 3.0 m）が施工できれば、なお一層の進捗が得られたと思われる。

- (1) 掘削期間 昭和60年6月21日～61年6月19日（実稼働日 180日）
 (2) 掘削延長 No. 0+08m ～ No. 15+12m（施工延長 1504m）
 (3) 平均日進（実稼働） 1504m ÷ 180日 = 8.36m/日（月平均進行 8.36m ÷ 25日 = 209m/日）
 (4) タイプ別平均進行

タイプ		累計基数	延長 (m)	延長比率	日施工サイクル数	平均日進	平均月進 (25日/月)
香 口 方	A	365基	534.0	35.5%	47.9日	7.43 S/D	278.8 m/月
	B	402基	480.9	32.0%	51.5日	7.81 S/D	234.3 m/月
	C	147基	132.3	8.8%	22.6日	6.50 S/D	146.3 m/月
	D	905基	1147.2	76.3%	122.0日	7.42 S/D	235.0 m/月
吐 口 方	A	7基	10.5	0.7%	1.1日	6.36 S/D	238.5 m/月
	B	91基	108.7	7.2%	14.9日	6.11 S/D	183.3 m/月
	C	264基	237.6	15.8%	42.0日	6.29 S/D	141.5 m/月
	D	362基	356.8	23.7%	58.0日	6.24 S/D	153.8 m/月
全体	1267基	1504.0	100.0%	180.0日	7.04 S/D	209.0 m/月	

- (5) 最大日進 A 9ㄗ ロックドリル 3本 ピッチ 1.5m
 B 9ㄗ H-100 ピッチ 1.5m 1.5 × 10 = 15.0m/日
 C 9ㄗ H-100 ピッチ 1.5m 1.2 × 12 = 14.4m/日
 D 9ㄗ H-100 (H-125) ピッチ 1.5m 0.9 × 10 = 9.0m/日
 (6) 最大月進 昭和60年11月1日～11月30日 315.6m/月

8. おわりに

現在、当工区は、ほとんどの工種の施工を終え、通水を待つばかりとなっている。

当社の開発した小断面トンネルの急速施工システムは、掘削終了までトラブルも無く、非常に合理的でロスの少ない安定したシステムであることが実証された。また従来の工法に比較して、施工面の速さだけでなく ① すり積込時の機械の前後運動、鋼車等の入替、切離し等の作業が少ない。② 坑内での機械の運行回数が少ない。③ 人員の省力化が期待できる。④ 切羽や坑内に不要な資機材が少ない。等のメリットがあり安全な工法であると思われる。

以上施工実績を述べてきたが、今後とも安全で経済的な施工法の開発に積極的に取り組んでいきたいと考えている。

10. ジェットボルト工法の開発

(株)大林組：*八戸 裕・山本 幸信

1. まえがき

NATMやアースネイリング工法に代表される補強土工法は、土砂あるいは岩盤に比較的短い鋼製あるいはFRP製のボルトを設置し、吹付けコンクリート等の表面防護工と組合わせ、トンネル壁面や法面などを安定化させる工法である。この種の工法では、ボルトの設置方法が大きな比重を占める。岩盤等の密実な地盤では、削岩機等で先行削孔し、モルタル等の定着材を注入したのちボルトを挿入、定着するのが一般的である。ただし、粘土や砂のような土砂地盤あるいは崖錐や強風化岩のような崩壊性の地盤では、削孔後孔壁の自立が保たれず、グラウト注入やボルト挿入が困難となり、十分な定着力が得られないケースが多い。このような場合には、ボーリングマシンで削孔したり、特殊な自穿孔ボルトを使用するが、いずれも、品質、作業効率、コスト面で問題となる場合が多い。

ジェットボルト工法は上記のような崩壊性地盤への適用を図る目的で開発したもので、高圧グラウト注入機構を装えた特殊中空ボルトを回転、打撃により打込むと同時に、ボルト先端部よりグラウトを高圧噴射することにより貫入補助とボルト定着を行なう自穿孔タイプの打設システムで、高圧ジェットグラウトによって、周辺地盤も積極的に改良する付加効果をも目的としている。



写真-1 ジェット噴射中

本報文では、開発の概要ならびに2～3の試験実績について報告する。

2. アースネイリング工法の概要

補強土工法は大別すると、盛土に対してはテールアルメ工法、ジオテキスタイル工法、トンネルに対してはNATM工法、切土、根切りに対してはアースネイリング工法（鉄筋挿入工法）が代表的工法に挙げられる。

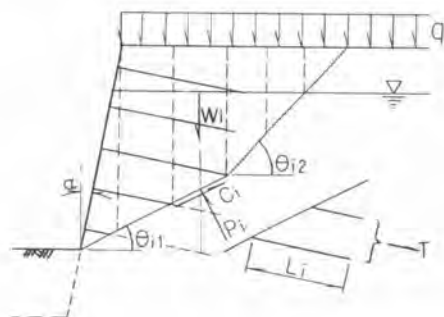
アースネイリング工法は、NATM工法の原理を二次元の法面に拡大適用したもので、自然の土の強度を利用して一体化した補強壁体を形成し、法面の自立を図る工法で、施工的には、法面を安定自立高さ毎に段階的に掘削しながら、表面にコンクリート吹付け等の法面防護と鉄筋等の比較的短い補強棒を多数打込む（ネイリング）という単純作



図-1 施工順序図

業のくり返してある。(図-1参照)

設計的には、地盤、崩壊形態等の諸条件によって最適な設計手法を選定する必要があると思われるが、基本的な設計思想としては、ネイリングによってせん断および引張補強された領域の土塊が、あたかも一体化した疑似擁壁のような働きをするという現象に基づき、この補強土壁体が仮定し得るい



かなるすべり面に対しても安定を保つという考え方に従う。すなわち、図-2において、ある掘削段階で、法尻とネイル背面を通る任意の角度のすべり面を仮定し、想定すべり面に対し、土塊のすべり力、すべり面の抵抗力およびすべり面以深のネイルの定着力の釣り合いから補強土壁体の安定を検討する。これらの安定解析は、各掘削段階毎に、あらゆる仮想すべり面に対して試行し、必要最小安全率を満たす合理的なネイリングの仕様を求めるものである。

図-2 設計概念図

3. ジェットボルト工法の装置

打設機構はセメントミルク等のグラウト材をジェットボルト先端のノズルより高圧噴射する際のジェット削孔効果およびボルト後端に加える削岩機の回転、圧入、打撃エネルギーの相乗効果によってボルトを効率良く地盤に貫入定着するものである。

本工法に使用される装置は、(1)ボルト打設機械、(2)高圧グラウト注入機械、および(3)ジェットボルトの3つに分かれる。

(1) ボルト打設機械

通常は掘進速度および注入圧力を一定に制御してボルト打設を行う。しかし転石を含む砂レキ地盤や風化地盤等堅い地盤にはボルト後端に打撃を加え貫入を補助する。従って孔壁自立が難しい土砂地盤や崩壊性地盤に対しても作業効率及び定着効果についても極めて効果的である。

機械種類としては軟弱地盤でも走行可能な湿地タイプのクローラ式機械と、法面の途中に据え付けて作業するのに適したスキッドベース式の法面専用機械とがある。(図-3参照)

(2) 注入機械

注入グラウトシステムは最高使用圧力 200kg/cm^2 の無段変量二液形高圧4連プランジャーポンプを中心とし、ミキサー、計量機、グラウト流量計等を組合わせたプラントとしている。またプラントは通常は施工場所毎に組立てられるが、施工範囲が広く移動が必要なところではトラックマウントとし機動性を高めている。図-4に本工法のプラントシステム、図-5にトラックマウント状況

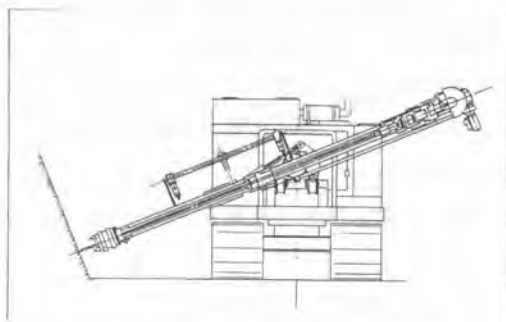


図-3 ジェットボルト打設機

を示す。

グラウト材料としては、用途、目的、施工条件等に応じて適宜選定するが、標準として以下のものを使用する。

イ) 法面、土留、下向きボルト…ロングゲル

セメントミルク； $W/C=1.0\sim 0.75$

ロ) トンネル、上向きボルト…ショートゲル

A液：セメントミルク

B液：硬化促進剤

配合： $A/B=1.0$

(3) ジェットボルト

ジェットボルトには大きく分けて2種類あり、1つは自穿孔型ジェットボルト、他方は転用型ジェットボルトである。

自穿孔型は文字通り注入・打設～定着の作業を1工程で行い、ジェットボルトはそのまま定着ボルトとなる。転用型はジェットボルトによる削孔注入後引抜き、替わりに注入された孔へ汎用ボルトを挿入するものである。

前者は上向ボルト打設あるいは瞬結性グラウト材を使用する場合に適し、後者は一般の法面に対し使用するのを原則としている。

図-6に標準的なジェットボルトの構成を示す。

以上(1)～(3)の装置を効率的に作動させる為、新機能として自動的に一定圧力で注入できる定圧注入機構およびジェットボルトの自動脱着装置、さらに打設機上でグラウト注入を制御できる遠隔操作機構も備えている。

4. ジェットボルトの効果

ジェットボルトの主な効果としては、

- 土砂地盤、崖錐等の崩壊性地盤に対して効率的な打設が可能であること。
- 先行削孔方式に比べボルトの定着効果が高いこと。
- ジェットグラウト作用によってボルト周辺域の地盤改良ができること。

等である。これらの効果について、2～3の試験施工を基に以下に概略を述べる。

(1) 土質への適応性

試験施工の地盤としては、A：風化泥岩、B：崩積粘性土、C：砂礫、を選定し、ボルトの種類、先端ノズル形状、注入圧力、グラウト吐出量、打設機の給進圧、打撃圧等、種々の条件の組合せの

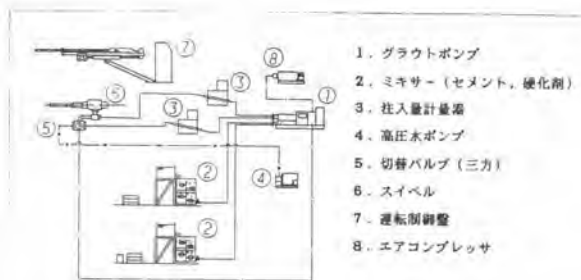


図-4 プラントシステム

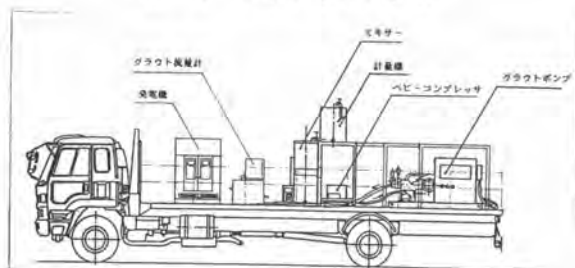


図-5 プラントトラックマウント状況

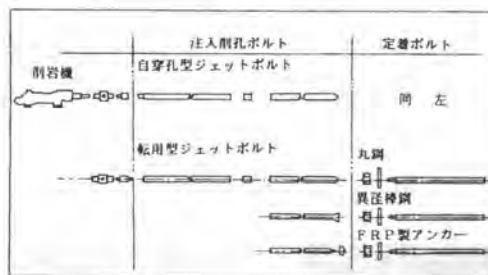


図-6 ジェットボルト構成図

11. 非セグメントによる直か打設覆工技術の開発

(株)銭高組：岡崎 登

近年、シールド工法の自動化ならびに、コンピュータによるシールド機械の制御、さらにはコンクリート吹付ロボットに代表されるような打設作業の機械化など、シールドトンネルの技術革新にはめざましいものがある。特に都市トンネルのように土被りが少く、軟弱未固結な土質を対象とする施工分野においてもその安全性・経済性の向上を図るべく種々の工法が開発・完成されている。

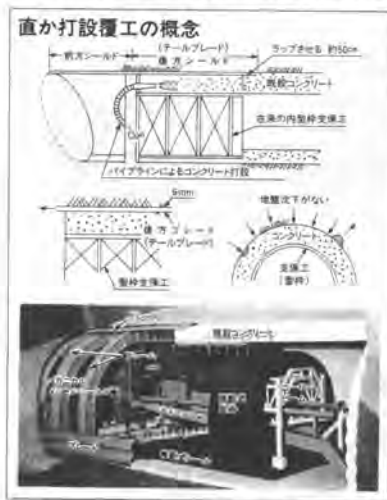


このような地層に対しては各種のシールド工法が採用されているが、いずれも、地山を大きく乱し、かつシールドの反力体である高価なセグメントを必要とするが、なんと建設費の37~40%を占めるなどの欠点があった。

昭和45年、筆者はこのシステムの有効性を早期に着目、最たるネック技術となる地山を乱さず同時に覆工技術と可能としたシールド推進機の開発研究に着手した。その間施工実験をもとに、安全・効率ならびに工費の節減を企てた装置と工法の改良を重ね、一貫した作業システムが可能な自推式シールド推進機を開発・実用化したものである。

1. 自推式シールド機の開発理念

1.1 自推式シールドの特徴



従来のシールド工法は鉄製の円筒を土の中に打ち込む際に、後方セグメントを支えにして切頭部分の抵抗および周辺地山の摩擦を振り切って押し込みながら、中の土を取り出すという考え方に対して、従来一体構造であったシールドの円筒を何枚かの矢板に分割したと考えると、一体構造のものを押し出す時に比べて、こうして分割した割合が小さいほど推力ですむことになる。そこで数個に分割したメッセル矢板、またはこれに代る支持枠(サポーティングフレーム)に取り付けることにより周辺地山の摩擦と機械本体内部の自重を利用しながら、自推式におきかえたことが新しい発想とよっている。

1.2 なぜ直かにコンクリート覆工が可能なのか

本機は、フレームとメッセル矢板から構成されており、推進に際しては反力体(セグメント)を必要とせず自推能力を兼ねている。すなわち、本体はフロント部分とテール部分に分割され、ジョイントはピン構造で連結されており、フロント部はフレームで支えられる個々のメッセル矢板は油圧シリンダで継いでいる。そこでテール部分を利用して覆工コンクリートを打設、テール部の矢板は一時的に外型枠の役割をはたす付組となっている。従って機体自体が、自推しながら同時にコンクリート打設覆工作業を連続的に可能としたものである。

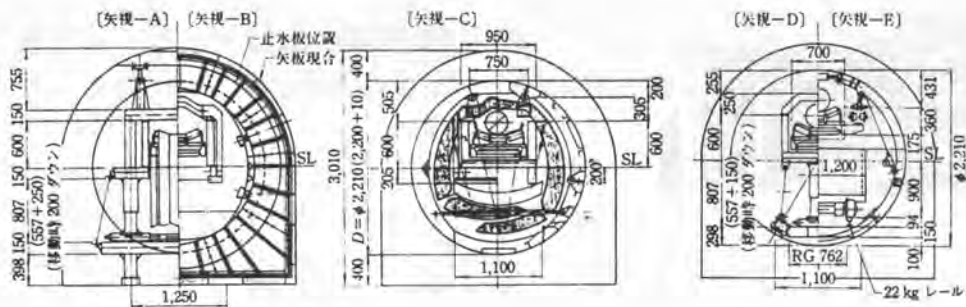
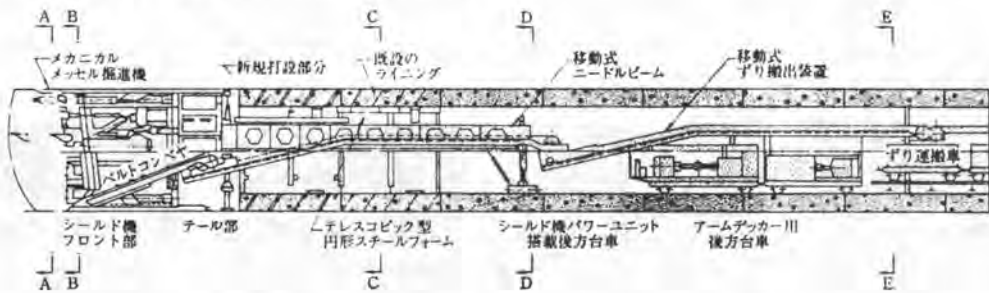
以上開発理念を要約すると。

- (1) 本機械およびシステムを用いることによって、地山に密着した直の打設コンクリート覆工を可能にしたことにより、 Δ 20~ Δ 5%の工事費を軽減することができる。
 - (2) 坑内は、鋼鉄板とフレームおよび、覆工コンクリートが連続しているから崩落がなく、安全に施工を推進することが可能である。
 - (3) 覆工コンクリートと地山のボイドが少ないから、土被りの小さい力前でも地表面の影響が少い。
 - (4) 円形、馬蹄型、扇型等、断面が自由に選べる。
 - (5) 軟弱地盤から、礫層に至るまで適用性が大きい。
 - (6) 本機械システムは、全油圧方式でワンマンコントロールで効率的である。
- 作業手順と直の打設覆工コンクリートの関係を示すと。

2. 直の打設覆工システム

2.1 掘削機構と直の打設手順

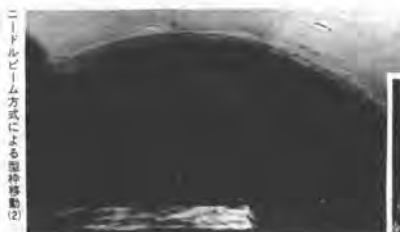
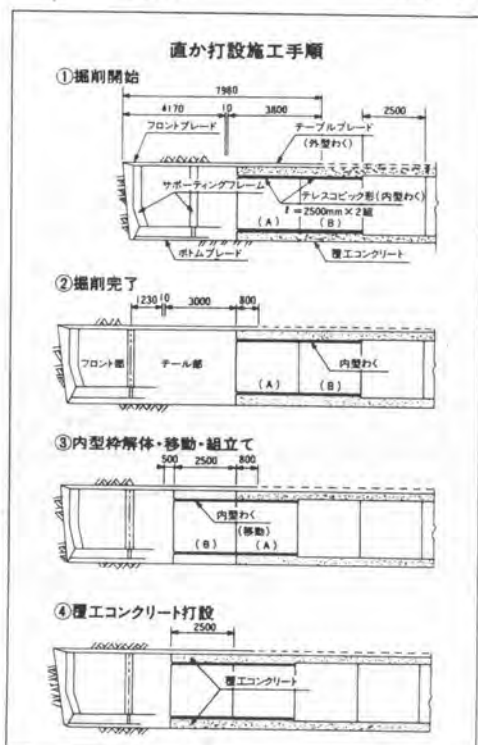
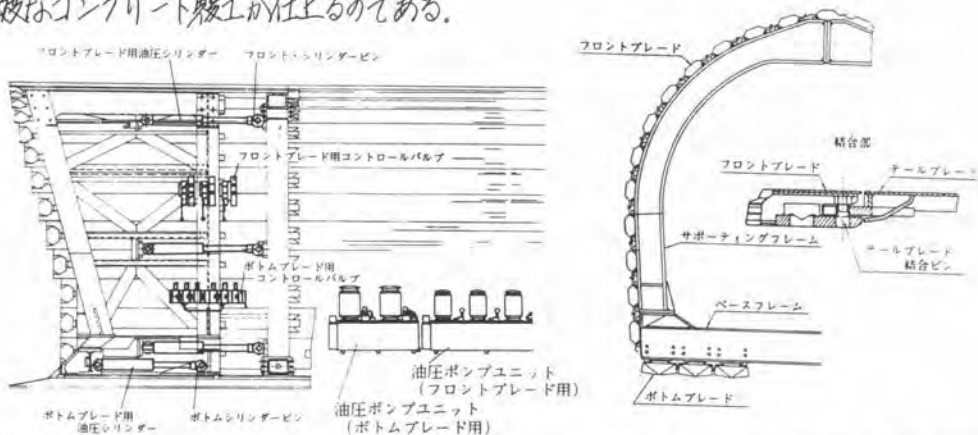
自掘式、メカニカルメッセル掘削機の前面部分にショベル用(chiselling)のみ状ブレードを用いて至石を崩すことが可能な油圧機構を設け、さらに掘削機(Hydraulic Excavator)を装備し、掘削された土砂は連続的にコンベヤによって集められ、トレンアッセンブリの先端で土捨運搬車に積み込まれる。なお、掘削機は下図に示すように、ブレードが受ける周辺土圧のフリクションをサポートフレームと、プッシングフレームと交互に置きかえる仕組みによって、「足とり虫」が進むように土中を無限に掘削し進んでいくことができる。



2.2 直の打設施工手順と基本

直の打設覆工手順の中で基本となるのは、シールド機のテール部分は地山と、外枠の役割をはたすのと同じに、土圧をガッシリと支え、しかも打設コンクリートに外圧がかかるように構造となっている。

ことが重要である。従ってフロント部の支桌はピン構造で連結され、後方は部分はずいで打設された覆工コンクリートに托しているから、シールドの前進と平行して直ぐ打設コンクリート覆工が可能である。この時点ではあくまで後方の直ぐ打設部分にはもちろん推進のための推力は加わらぬので、高強度のコンクリート覆工が仕上がるのである。



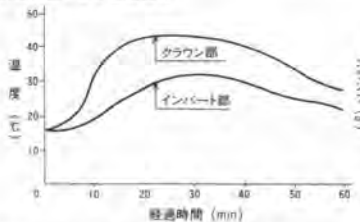
2.3 直か打設のポイント(型枠脱型時の関係)

打設後7~8時間後にブレードを数cm移動させ縁を切っておくことが重要である。従って、夜令7時間で掘削が開始できると同時に外型枠を前方に移動し、2ストローク目(夜令約9時間)から覆工インクリートに序々に土圧を受けることになるが、内型枠で十分に支持されているため、座屈しない程度の強度が保証されているればよいことになる。

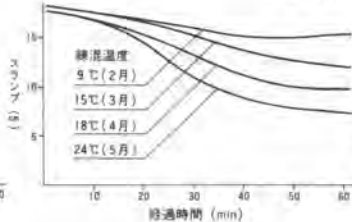
筆者らの実験では、打設完了後7~8時間でブレードを引抜き、土圧を受け始める9時間後には、打設インクリートの圧縮強度は、目標値の30~40kg/cm²が得られている。

■ 施工中の生コンクリートの特性

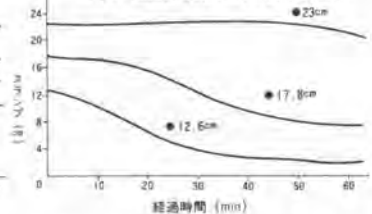
■ 測定位置による温度変化



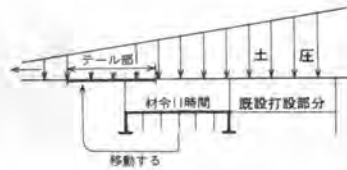
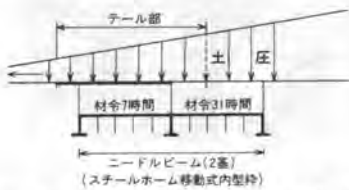
■ スランプの特性



■ コンクリート配設計時に於けるスランプ試験値の比較



■ 型枠脱型時と直か打設の関係



■ 通常サイクル



2.4 打設インクリートの養生

直か打設の場合初期硬化強度は、養生に大きく影響されるから、特に冬期間は早期強度発現のため放射器・重し幕等による保温に注意することが重要である。これまでの実験からするとクラウン部の硬化時の水和熱温度は、夜令24時間で40°C~50°Cになっている。

従って、インバート部分より高い位置では強度発現が大きいから、内型枠はプレスヒックを組むとするのが有利である。

3. 結 論 在来工法と比較検討の結果を以下に要約したものである。

■ 在来工法との比較

項 目	進 行 1日2方	推進のための 反 力 体	コンクリート ライニング 面が打設可否	経 済 性 ($l=500$ を対象)	備 考	
					備	考
在来メッセル 工	平均2.1M	矢板支持率	不可 能	87 %	推進にあたり、油圧シリンダー及び矢板支持枠の張り替またはジャッキアップが必要。	
在来シールド 工	平均7M	セグメント	不可 能	100	推進のための反力体(セグメント)が必要。また、セグメント自体スラストを受ける充分な強度必要。	
メカニカル メッセル工法	2.5M 5M	なし (シールドの一部)	可 能	75-80	直接シールド内にコンクリート打設し得る。推進のためのスラストは全くかからない。従ってセグメントは土圧に耐える軽量構造。	
	7M以上	なし (シールドの一部)	可 能	85	支保工または、軽量セグメントをシールド内に組み立て推進する。テールブレード不要。	

■ 覆工コンクリートの配合例

粗骨材最大寸法 (mm)	目 置 スランプリング (cm)	目 置 空 気 量 (%)	W/C (%)	S/A (%)	単 位 量 (kg/cm ³)					
					W	C	骨 骨 材		混和剤	
							細砂	粗砂		木骨 (25%)
25	12	3.5	50	41.9	165	330	455 297	531	523	1,650 cc/m ³

C: 早強ポルトランドセメント

材令 12h 50kg/cm²

12. シールド工事における直打ちコンクリートライニング工法

鉄建建設(株)：熊井 文孝

1. はじめに

従来のシールド工法は、シールド機によって掘削し、そのテール部でセグメントを組立て覆工し、地山とセグメントの間のテールボイドにモルタル系裏込注入材を充填するものである。

一方、直打ちコンクリート工法はセグメントと裏込注入材に変えて掘削機後部で直接コンクリートを打設する方法である。

ここで述べる直打ちコンクリート工法は、シールド機の掘進と同時に内型枠と地山との間で妻枠の移動によって形成される部分へテールボイドを生ずることなくコンクリートを連続的に打設し、コンクリート圧力で土圧・水圧に対抗(図-1参照)させると共に、地山に密着することによって地盤沈下(図-2参照)を最小限におさえる方法である。

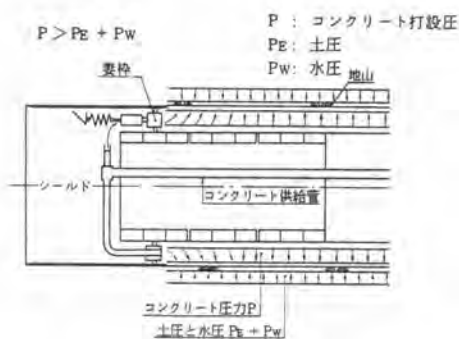


図-1 コンクリート打設圧



図-2 沈下の進行モデル

2. 覆工の考え方

(1) 直打ちコンクリートによって形成される一次覆工コンクリートを、山岳トンネルで一般的に用いられている吹付けコンクリートや矢板と同様に考えて、不定形材料としてコンクリートを地山に密着させ、H型支保工で地山を安定させる(H Beam-Extruded Concrete Lining: H-ECL)。

(2) さらに、この後方でH型支保工を二次覆工コンクリートの補強材として、鉄骨鉄筋コンクリートを形成し構造体とする二重セル構造(図-3参照)である。

従って、(1)では、コンクリートが地山に密着するので地盤反力を積極的に評価でき、軸力が増加し曲げモーメントが小さく(図-4参照)できる利点があり、コンクリート覆工厚の検討上有利となる。又、一次覆工コンクリートを仮設構造物と考えることができるので、覆工厚さも薄くてよいので経済

的である。

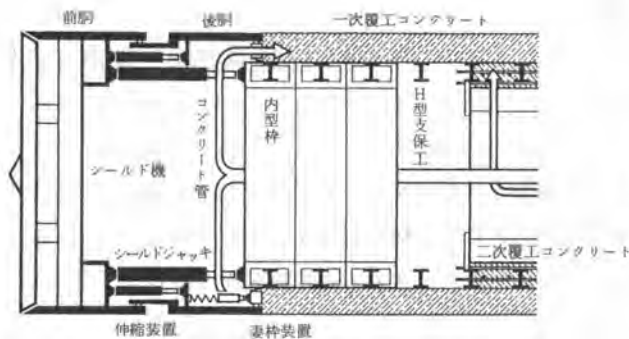


図-3 H-E-C-L概念図

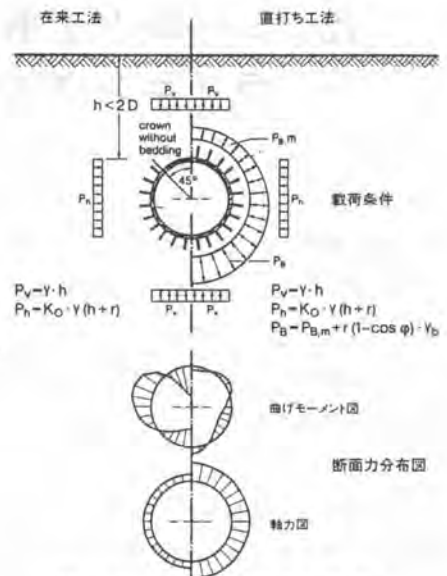


図-4 載荷・断面力比較図

3. 機械及び設備の特徴

- (1) 掘進機の推力は内型枠とコンクリートの摩擦力によって反力を得る。従って内型枠は相当の剛性を有する構造となる。
- (2) 一次覆工用内型枠の数は、(1)で述べたように推力に十分な摩擦力を有する型枠長か、又は、所要脱型強度が得られる養生時間が確保できる型枠長の両方を満足するもので、これらを打って返しして使用する。
- (3) 内型枠は、リング毎に各ブースを脱着装置で一体に脱着移動される。
- (4) 掘進作業とコンクリート打設作業は並行して行うが、作業は各々を分離させるためにシールド機を掘進部（前胴）とコンクリート打設部（後胴）の二つに分離して、伸縮可能な機構としている。
- (5) コンクリートにはコンクリート打設圧調整装置によって妻枠を移動させ、一定の圧力が硬化するまで保持される。
- (6) シールド機後方台車の一部にコンクリートプラント台車を設け、ドライ状態でコンクリート材料をコンテナ車によって運搬し混練する。
- (7) セグメント置場や裏込注入プラントヤードは必要ないが、骨材置場及びセメントサイロ置場等のヤードが必要となる。
- (8) 二次覆工型枠は、一日の掘進量に見合う長さを標準とし、1日1回コンクリートを打設する。
- (9) 二次覆工コンクリートの打設は従来の方法と同様である。

4. コンクリートの特徴

直打ちコンクリートに使用するコンクリートは次のような性質を有する。

- (1) コンクリートは長時間流動性を保ち、打ち継ぎ目の生じない配合である。
- (2) 型枠脱型時に所定の強度が得られるように、早期強度の発現する配合である。
- (3) 覆工コンクリートはプレストレスされるので圧縮強度が高くなり、又、ひび割れのない水密性に富んだコンクリートである。
- (4) コンクリートは妻枠に取り付けられた打設孔（円周上に複数個）から定量づつ打設されるので均一なコンクリートが期待できる。
- (5) スチールファイバーを使用することによって曲げ引張強度を高く評価することが可能である。

5. 掘進及び覆工作業

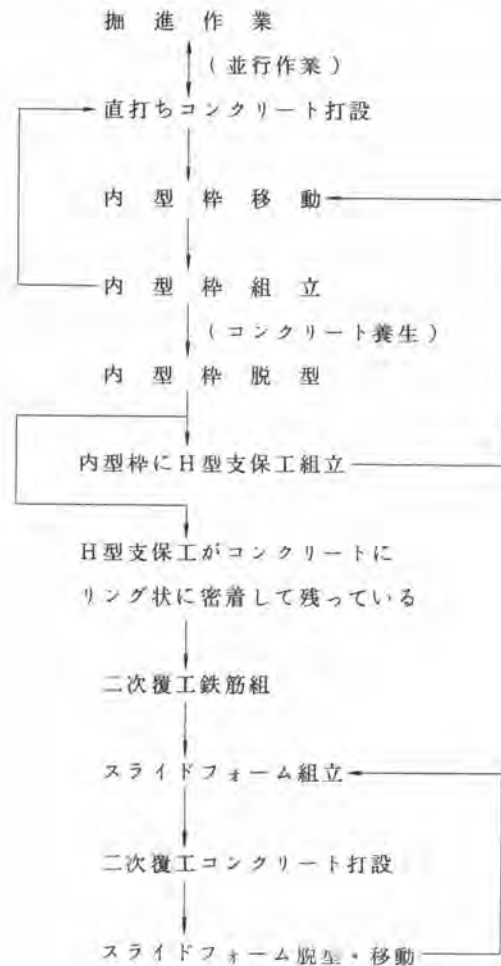
直打ちコンクリート工法では、従来工法でのセグメント組立て及び裏込注入の作業がなくなり、かわりに直打ちコンクリート打設のために内型枠に関する、脱型・内型枠へH型支保工の組込み・移動・組立て等の作業が生じる。これらをフローで示すと次のようになる。

a 切羽（前胴部）

b 掘進機テール（後胴部）

c 一次覆工内型枠最後尾
（所要強度発現）

d 二次覆工コンクリート



6. 進行及び経済性

この直打ちコンクリートライニング工法は掘進と同時にコンクリート打設が可能であるため、セグメント覆工方式と比べても進行は変わらない。しかも、二次覆工を切羽付近で連続的に施工するので全体工程は早くなる。又、直打ちコンクリートの材料とセグメントを比較しても安価であるので総合的にコストは有利である。

7. おわりに

新しい直打ちコンクリートライニング工法について、その特徴や手順について述べてきたが、この工法はフランスのリヨン地下鉄等、ヨーロッパではすでに数例が実施されている。この技術について当社は西独・ホップティーフ社と技術提携を行って、安全性や施工性について充分検討を加えてH-ECL工法を発表した次第である。

コンクリートを直接地山に密着させ、コンクリートが硬化するまで圧力を保持するので地山を乱すことがなく環境に与える影響が確実に少い直打ちコンクリート工法が今後発展するよう努力する所存である。

13. 小口径管推進工法における自動計測器の開発

東興建設(株)：*佐久間孝夫・日本スピードショア(株)：上村 克己
日立機電工業(株)：小松 信雄

1. はじめに

近年、地下埋設工事において、地下埋設物の幅そうする中での工事、主要幹線道路や軌道の横断、狭隘な道路下での工事、施工時における騒音、振動などの問題が生じてきており小口径推進工法の採用が急増している。一方、小口径管掘削機も、方向修正装置の開発などにより、最も精度を要する下水道の施工にも適用されるようになり、さらにその適用は拡大してきている¹⁾。しかしながら、施工の簡易さ、適用土質への対応の拡大、施工時の沈下防止対策(安全施工)、推進距離の増大などこれから解決すべき種々の問題を抱えている。これらの問題の一つとして、掘削状況を判断し、状況に応じた方向修正を行う施工の自動化の問題が上げられよう。

ここでは、まず施工時における、掘削機の自動計測について基礎データおよびいくらかの施工実績が得られたので、報告する。本装置は掘削機内にコーナーキューブプリズムが設置されるのみで電気系のもは立坑内に置かれるため計測時の管理が容易であるという特長がある。

2. 計測の方法

本装置は、推進する管の上下左右の変位量を計測し、方向修正を行うのに必要な情報を表示する。図 1 に示すように推進機後方にレーザー追尾装置が設置され、コーナーキューブプリズムが推進機先端部にとりつけられた構成となる。レーザー追尾装置が作動を始めると、発射されたレーザービームは掘削機の中空軸を通してコーナーキューブプリズムに入射する。推進機先端部が上下左右に変位した場合、追尾装置は自動的にレーザービームの発射方向を変化させ、追尾の原理については、3の測定の方法の項で述べるが、常にコーナーキューブプリズムの中心に入射させる。この時、レーザービームの発射方向を示す2つの角度(水平方向、垂直方向)が制御装置から出力され、この値から推進機先端部の変位量が算出され、表示する。

ただし、追尾装置と、コーナーキューブプリズムとの距離は、ここでは外部から入力されなければならない。この方法としては、たとえば、埋設した管の本数と管の一本当りの長さなどから求め、計算機に入力する。

測定結果は表示部にグラフィック表示されプリンターに記録される。

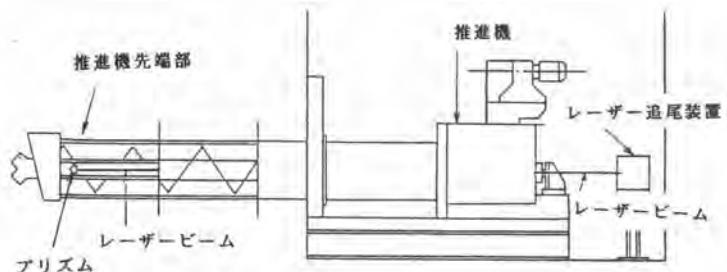


図 1 自動計測装置の構成

3. 測定の原理

図 - 2 に追尾の原理の模式図をしめしてあるが、追尾装置内部にはレーザー発生装置があり、レーザービームは 2 軸（水平面内回転、垂直面内回転）回りに回転するミラーによって、空間の任意の方向に発射される。また、移動体には、コーナーキューブプリズムを設置する。

まず、図 - 2 (a) のようにレーザービームがプリズムの中心に入射した状態から追尾が始められる。次にプリズム (= 移動体 = 推進機先端部) が移動し、図 - 2 (b) の状態になると、レーザービームはプリズム中心からずれた点 (A 点) に入射する。すると、プリズムの性質により、反射光は入射光と反対の点 (B 点) から、追尾装置側に戻ってくる。この光を集光レンズを介して、光センサーで検出し、どのセンサーに入光したかを判断することによってミラーを回転させる。この回転は、プリズムの中心にレーザー光が入射するまで続き、そこで停止する (図 - 2 (c) の状態)。このように、プリズムの動きを追いかけて、レーザーが移動していく。即ち、追尾が行われる。以上のアルゴリズムを図 - 3 に示す。²⁾

4. 実験

測定の基本的手段がレーザー光を用いるものであ

り、プリズムからの反射光を光センサーで検出することからまず、測定周囲の環境条件の及ぼす影響について実験を行った。実験は地上に 100 mm φ の中空のオーガーを並べこの中をレーザー光を通し、管内壁の反射、測定範囲 (限界) について実験した。コーナーキューブプリズムは実効径 55 mm φ のものを使用している。管内壁の反射については、乾燥時はほとんどなく、管内壁が水に濡れたときあるいは管底に水がたまったとき目視では明らかに反射光がみられたがセンサーはコーナーキューブプリズムからの反射光と管内壁からの反射光とを識別することを確認した。これは、光強度が異なるためと見られる。測定範囲 (限界) は管内壁が乾燥している時で、± 45 mm で、管内壁が水に濡れているとき

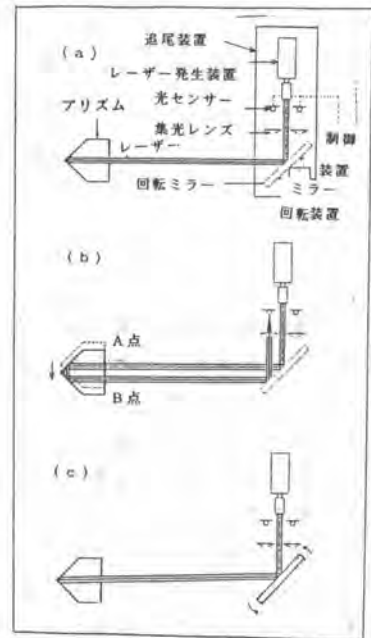


図 - 2 追尾の方法

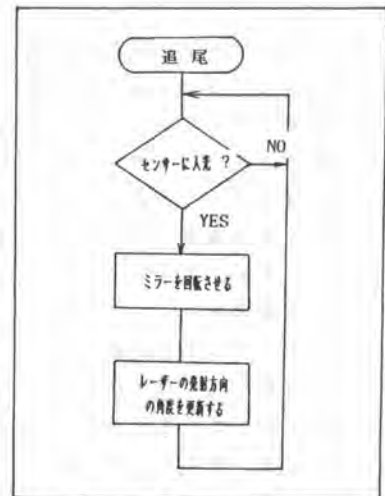


図 - 3 追尾のアルゴリズム

はこれより -2.3 mm 測定範囲が狭くなる。これは、管内壁が水に濡れているときコーナーキューブプリズム側あるいは測定器側でレーザー光が鋭角に反射しこの散乱光をセンサーが識別できなかったためとみられる。

以上の予備実験でこのような環境条件下で計測可能との結論を得られたので測定装置の精度の追求を行った。

測定器は 1 秒間に約 100 回の測定を行う。この値をコンピューターを用いて平均化するのであるが、平均化する前のデータがどれぐらい誤差を含むかについてまず実験を行った。実験では記録を行う都合上約 2 秒(およそ 200 サンプルング)ごとに 1 回、生のデータを出力させた。

また、各距離においてコーナーキューブプリズムを一定距離だけ水平方向に移動させ 40 個のデータを記録した。この実験は地上(屋外)で行っているため環境条件などが現場とは異なることは考えられる。測定距離は 6, 12, 47, 84 mで行っている。これらの結果を図 4 に示す。図は横軸が測定距離で縦軸は標準偏差 σ である。ここでは、 3σ を基準としている。図に示されるように、約 ± 10 秒の誤差となっている。ここに示される理論値は回転ミラーのモーターのパルス値から計算したものである。実験値は理論値内にほぼおさまっている。ここでは、 ± 10 秒という誤差であるが測定値を平均化することにより、回転ミラーのモーター 1 パルスに相当する角度(± 4 秒)までは容易に精度向上が可能であると考えられる。

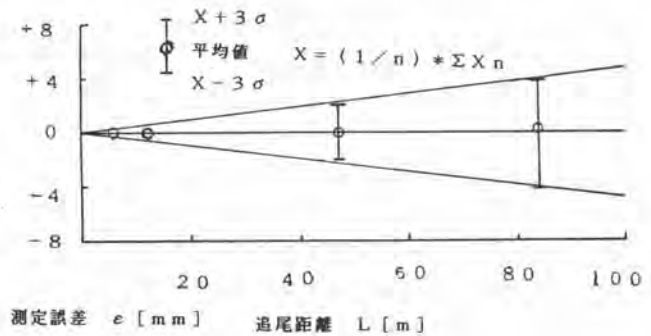


図 4 追尾距離と誤差



図 5 管内検査器

表 1 工事の概要

工事名	山科排水区 安祥寺系統 西野(その8)
場所	京都市山科区西野広見町地内
施工方法	オーガー掘削管推進工法
管径	φ406.4mm鋼管(本管VUφ250mm塩ビ管)
推進距離	49.25 m
土質	レキ混り砂
土被り	8.4 m
施工主	京都市下水道局

表 2 セオドライトとの比較(勾配)

推進距離 (m)	装置の値 (mm)	セオドライト (mm)	推進距離 (m)	装置の値 (mm)	セオドライト (mm)
0.5	20.0	20	26.5	-141.3	-141
2.5	11.2	13	28.5	-160.2	-160
4.5	7.0	6	30.5	-173.9	-175
6.5	1.8	-1	32.5	-190.0	-192
8.5	-2.6	-3	34.5	-206.6	-207
10.5	-10.1	-5	36.5	-220.9	-219
12.5	-20.7	-22	38.5	-231.5	-225
14.5	-34.3	-34	40.5	-239.8	-236
16.5	-47.7	-48	42.5	-251.1	-247
18.5	-62.7	-61	44.5	-262.4	-251
20.5	-81.4	-80	46.5	-283.7	-281
22.5	-101.1	-102	48.5	-303.2	-263
24.5	-120.0	-121			

次に、現場で管内検査を行った。これは、二工程方式（初めに輔管を掘削し、そのうち本管を施工する方式）における輔管の施工精度を検査したものである。表一 1 に工事の概要を示す。検査方法は立坑内に測定器を置き図一 5 に示されるような管の出来高精度測定器を用いて行った。この管の精度測定器は、底部を左右に拡げられるようになっており（調整可）、また、コーナーキューブプリズムを支える棒も上下に調整するようになっており、300 mm φ 以上の管の測定に使用できる。セオドライトで測定を行うときは、コーナーキューブプリズムの代わりに目盛板が取り付けられる。この時は、目盛板の下部に重りが取り付けられ、ベアリングで回転するようになっている。（下部が左右にぶれても目盛板は常に垂直になるように作られている。）

測定はまず立坑内に装置を水平に設置し、レーザーの発射点と法線とを合わせ孔口中心に管の精度測定器を置きこの点を基準点とした。

結果を表一 2～3、図一 6～7 に示す。表一 2、図一 6 は勾配で、表一 3、図一 7 は蛇行である。勾配、蛇行とも 2 mm 以下の誤差と見られる。この誤差の原因としては測定時における振動などが考えられるが、ほぼ満足される値であるとみる。

5. おわりに

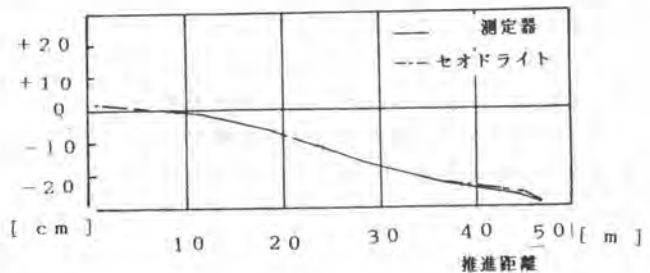
ここで開発した自動計測器は小口径管工法のうちオーガー掘削形式のものを対象として行っているが、40～60 mm φ のコーナーキューブプリズムの取り付けられる物であれば他の工法でも使用可能である。現在、施工実績を積み重ねており、皆様方のご協力をお願いする次第である。

<参考文献>

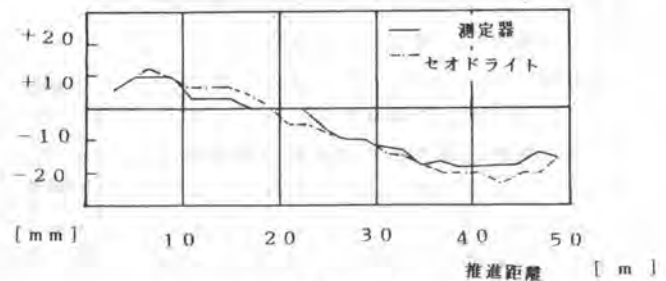
- 1) たとえば、野上：「オーケーモール工法」について、建設機械、Vol.21, No.2, 1985, pp.53-61
- 2) 津村、橋本：レーザー利用による移動体空間通信装置、システムと制御、Vol.29, No.4, 1985, pp.39-41

表一 3 セオドライトとの比較（蛇行）

推進距離 (m)	装置の値 (mm)	セオドライト (mm)	推進距離 (m)	装置の値 (mm)	セオドライト (mm)
0.5	5.0	5	26.5	-10.0	-10
2.5	5.0	5	28.5	-10.0	-10
4.5	9.1	10	30.5	-12.0	-14
6.5	12.7	10	32.5	-12.8	-15
8.5	10.1	10	34.5	-17.8	-18
10.5	6.6	3	36.5	-16.5	-20
12.5	6.6	3	38.5	-18.3	-20
14.5	6.7	3	40.5	-18.1	-20
16.5	4.5	0	42.5	-17.8	-23
18.5	1.3	0	44.5	-17.6	-20
20.5	0.4	-5	46.5	-13.2	-20
22.5	-0.6	-5	48.5	-15.0	-15
24.5	-5.9	-8			



図一 6 セオドライトとの比較（Y軸、勾配）



図一 7 セオドライトとの比較（X軸、蛇行）

14. 玉石を破碎する小口径管推進工法 “SST工法”

東急建設(株)：鷹巣 征行・原 幸一・*福田 澄男

1. はじめに

現在、下水道などの埋設管敷設工事には各種の小口径管推進工法が盛んに採用されている。しかしながら対象土質が砂礫層、特に、大きな玉石などが混在する地層における施工は非常に困難を極め、たとえば破碎可能な礫の大きさに制限があったり、玉石が取り込める径まで推進管径を拡大することにより施工してきたのが実状であった。当社では昭和57年よりこの課題に取り組み、一般土質はもちろん、大きな玉石が存在する地層であってもそれら障害物を能率よく確実に破碎し、かつ高精度の

推進を可能とした小口径管推進工法「SST工法」
(Super Striker Tunnelling Method) を開発した。

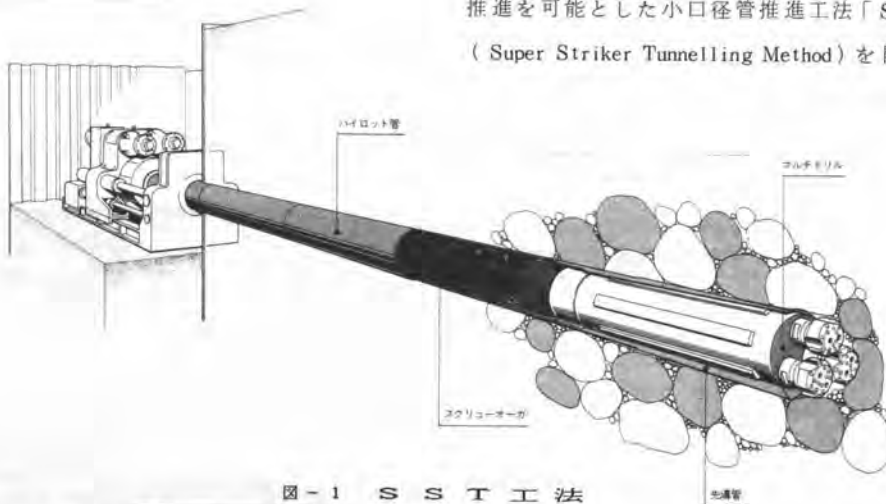


図-1 SST工法

2. SST推進機の構造

2-1 推進機本体

推進機本体は、外管ドリルヘッド、内管ドリルヘッド、トラベルフレームの3つからなる。

外管ドリルヘッドは外管(鋼管φ350mm)をその外周でチャッキングし、さらに2台の油圧モーターにより減速機を介して回転させる(0~7r.p.m)構造となっている。この外管ドリルヘッドは、左右2本の油圧シリンダー(総推力50ton)によりトラベルフレーム上を前後にスライドする。また通常推進時(直進時)には外管を回転させながら押し込むが、方向修正時には外管を揺動させながら推進する。そのため外管ドリルヘッドには2つの近接スイッチを設けており、その揺動範囲(角度および位置)を自在に設定可能とした自動揺動装置を装着している。

内部ドリルヘッドは、スクリーオーガを連結し、回転(0~25r.p.m)と外管と同様2本の油圧シリンダー(総推力11ton)にて前後へのスライドをさせる。内管ドリルヘッドの回転軸の中心は中空構造となっており、エアースイベルを介して送気された圧縮空気の供給路になると共に、推進中の先導管の変位検出測量用の視準孔を兼ねている。

トラベルフレームは、左右2本のスライドレールをもち、この上を外管および内管ドリルヘッドがスライドする。最前部には4つのガイドローラーがあり

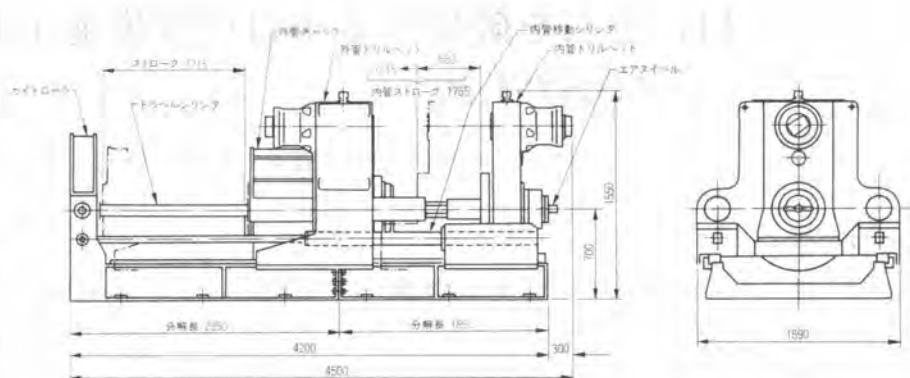


図-2 推進機本体

これにより外管を保持する構造となっている。さらにトラベルフレームは前後に2分割が可能である。

推進機本体は全て油圧駆動でありその操作は主にコントロールパネル上での遠隔操作であるが、本体部分にも数種のスイッチを設けてあり必要に応じて操作位置を切換えることができる。

2-2 掘削器具

掘削器具は、先導管とパイロット管から成る外管、およびマルチドリルとスクリーオーガから成る内管から構成されている。また拡孔推進時には拡孔ビットが用いられる。

先導管は内径と外径の断面を偏芯させており先端部分では肉厚の部分と肉薄の部分の差が最も大きくなる形状とし、これにより方向修正を行なう。また前後2分割の構造で、前部先端には超硬チップが埋め込んでいるが、チップ摩耗した際も容易に交換可能である。先導管に後続するパイロット管(φ350mm)は溶接にて接続していく。



写真-1 到達状況
(先導管+マルチドリル)

マルチドリルは圧縮空気の供給により前後運動を行なうダウンザホールドリルを3本組み込んだ構造となっている。

超硬チップを埋め込んだ先端のヘッドは約40mmのストロークをもちこれによりいかなる大きさの礫、玉石であっても破砕していく。またマルチドリルの中心部には発光ダイオード内蔵のターゲットが装着してあり、このターゲットを後続するスクリーオーガの中空軸を通して推進機本体後部のトランシットにて視準する。また圧縮空気の供給もこの中空軸を用い行なわれる。なお普通土の掘削にあたってはマルチドリルに代わりオーガビットを用いる。

拡孔ビットは敷設する本管と同じ外径をもたせてあり、パイロット管貫通後に到達立坑にて取り付ける。拡孔掘削前面には超硬チップが埋め込まれまた掘削土取込用のスリットが設けられている。このチップの形状、材質は土質に応じ普通土用から岩盤用まで使い分ける。拡孔ビットには、スラストベアリングを組み込んだスイベルジョイントが接続され、拡孔ビット本体は回転させ引き込むが敷設本管は回転させない構造となっている。

3. 工法の特長

- ① オーガ先端に取り付けたマルチドリルのヘッドがそれぞれ毎分1,000回以上の前後運動による打撃をくり返し、掘削前面の玉石や流木などの障害物を容易に破碎し掘進していく。破碎された掘削土はマルチドリルの外周と先導管内面との隙間（15mm程度）を通過し、さらに後方のスクリーオーガにより推進機本体まで排土される。したがって前面に存在する玉石などがいかなる大きさであってもそれらはすべて15mm以下に破碎された状態で排土される。
- ② 傾斜をつけ偏芯断面をもたせた特殊な先導管によるシンプルな方向修正機構を採用しているため砂礫層などの硬い地盤であっても確実な施工精度が得られ、また故障などのトラブルがない。
- ③ 特に砂礫層などでは推進力の増大が予想されるが、本工法はパイロット推進の後に拡孔推進を行なう二工程方式を採っているために、ヒューム管、鋼管などの敷設本管に加大な力を加えることなく、亀裂、座屈などの損傷を与えない。また拡孔推進時の排土も全て発進立坑側へ行なわれるので

図-3 施工手順

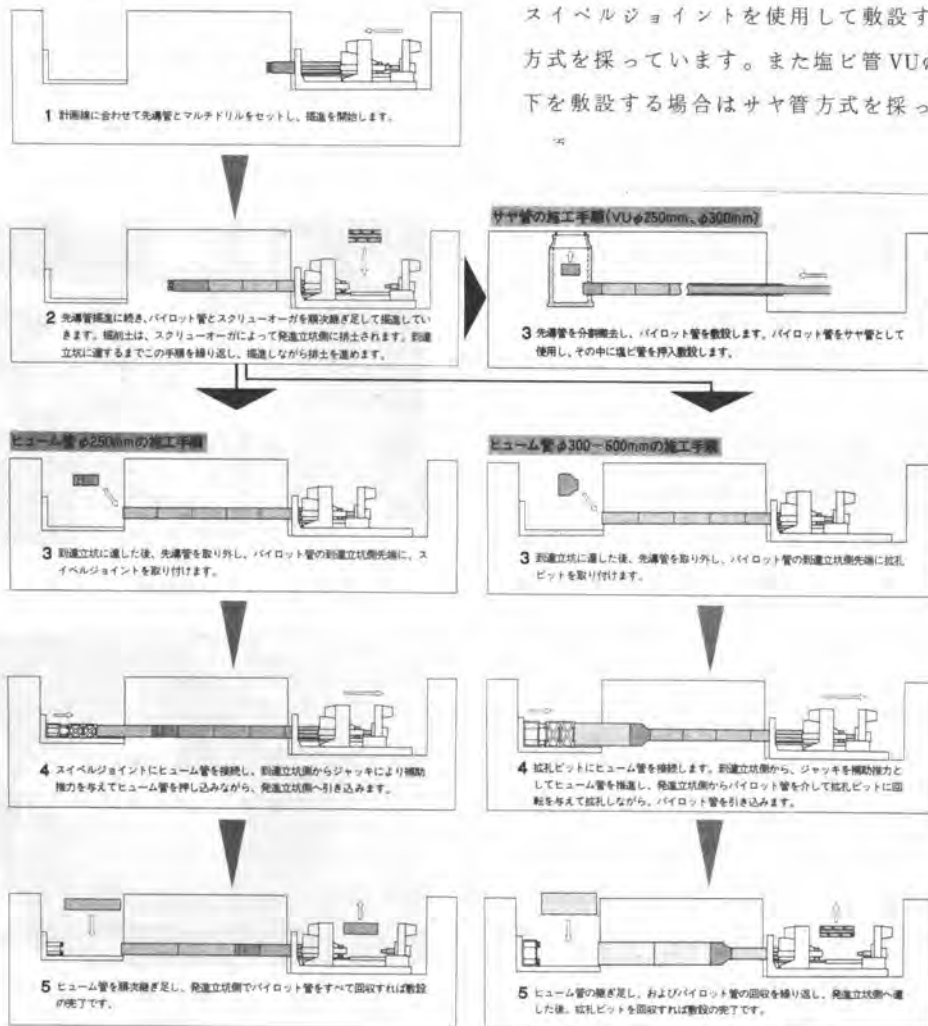


表-1 工法仕様

工法名	S S T 工法 (Super Striker Tunnelling Method)	
方式	高精度二重管回転推進式	
推進機	形式	F S - 1 0 0 B
	名称	高精度2重管回転推進機
適応土質	玉石混り砂れき : マルチドリル 一般土質 : オーガドリル	
推進用ビーム管	φ 250mm : (パイロット管 + 置換) 方式 φ 300 ~ 500mm : (パイロット管 + 拡孔) 方式	
掘ビ管	V U φ 250 以下 : さや管方式	
推進長	標準 50 m	
方向修正方式	先端偏孔管方式	
排土方式	(オーガ + エアー) 方式	
立坑寸法	発進側	5,800 × 2,800 以上
	到達側	4,000 × 2,000 以上

敷設管内を汚したり傷を与えることがない。

- ④ 推進機は全油圧駆動であるため、土質に応じた最適なトルク、回転数、推進速度を任意に設定でき効率の高い掘進を可能にすると共に、機械や各構成部品に無理な力を加えることがないため故障などのトラブルを最小限に抑えられる。
- ⑤ パイロット管貫通後、到達立坑にて必要管径の拡孔ビットを取り付ける方式のため、最小のツール構成で施工可能である。
- ⑥ パイロット推進中のマルチドリル先端では掘削土量と後方に排土される土量とのバランスが保たれており、常に地山を押えつけた状態で掘進するため地山を弛めることがない。

4. おわりに

「S S T 工法」による実施工にはいったのは昭和60年の8月であり今日までわずか一年程であるが、この間約20件の施工を経験してきた。まさに、礫、玉石層などを克服する工法が待たれていた感がある。当初開発に携わってきた我々でさえ実際の地山での施工には多少の不安があったものの、現在までいかなる地層であっても推進してきたマルチドリルの偉力についてはさらに自信を深めることができた。

しかしながら「S S T 工法」は、より一層の改良、改善の余地をもっていることも事実であり、我々としてはさらに高性能な小口径管推進工法として発展させていく所存である。

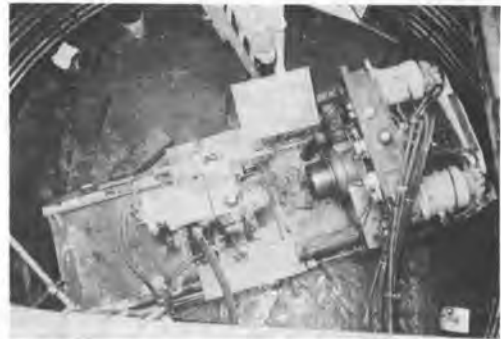


写真-2 推進状況



写真-3 到達状況 (既設1号人孔)

15. 気泡シールド工法のトータル施工システム

(株)大林組：*上田 尚輝・(株)熊谷組：北原 陽一

1. まえがき

気泡シールド工法は、切羽あるいはチャンバ内に、特殊起泡材により作られた気泡を注入しながら掘進する工法で、注入される微細なシェービングクリーム状の気泡が、掘削土の流動性と止水性を向上させ、かつ、チャンバ内での掘削土の付着が防止できるため、切羽の安定を保持しつつ、スムーズな掘進が可能になる。しかも、排出土中の気泡は条件によっては自然消泡するが、自然消泡しない場合は特殊消泡材の散布により消泡されるため、排出土が気泡注入前の状態に戻り、後処理が容易である。

当工法で施工された工事は、17件(S. 61年5月現在)を数えており、それらの掘削対象地盤は帯水砂礫層から粘性土層までの広い範囲であり、いずれも良好な施工実績をあげている。

これには、気泡シールド用に開発されたトータル施工システムが次のような点で大きく寄与していると考えられる。

- イ. コンピュータを含めた自動制御機能を導入して、掘削地山に応じて設定された気泡混合率（気泡注入体積／掘削土砂体積）、発泡倍率（気泡体積／起泡材体積）を保持し気泡を注入する。
- ロ. 施工システムの大部分を自動化し省力化をはかると共に施工管理が容易である。
- ハ. 気泡注入状況やシールドマシンの各種データを連続記録することにより施工管理が行いやすい。

本報文では、気泡シールド工法で重要なファクターとなるトータル施工システムの概要ならびに施工例の一部について報告する。



写真-1 気泡

2. トータル施工システムの概要

気泡シールド工法のトータル施工システムは、大別して①起泡材作成設備、②気泡注入設備、③消泡設備に分けられる。図-1にシステム図の1例を示す。

1) 起泡材作成設備

施工にあたっては、土質別に適切な起泡材を選定するが、起泡材には起泡剤の水溶液であるAタイプと起泡剤に起泡添加剤を加えた水溶液であるBタイプがある。

図-1の作成設備は、Bタイプの起泡材を作成するものであるが、添加剤散布装置、起泡材溶解槽、同貯留槽、坑内圧送ポンプおよび材料のストックヤードからなる。図-1では、地上基地に設備されているが、5mクラスのシールドでは、後続台車に組み込まれた例もある。

Aタイプの作成設備は、写真-2に示すようにコンパクトに後続台車に組み込まれており起泡材を自動で作成し貯留タンクに圧送する。

2) 気泡注入設備

図-1に示すように加圧されたエアと起泡材は、それぞれコンプレッサー、注入ポンプによって気泡制御装置に送られる。気泡制御装置によって流量をコントロールされた加圧エアと起泡材は、発泡装置によりシェーピングクリーム状の気泡となり切羽あるいはチャンバ内に注入される。写真-3に示すように注入ポンプ、起泡材貯留タンク、気泡制御装置は一般には後続台車に組込まれる。

3) 消泡設備

一般的には、作成設備は地上基地に設置し、作成された消泡材は坑内の消泡材タンクに送られる。タンクより消泡材ポンプで送られた消泡材は排出される気泡土に散布ノズルにより噴霧される。



写真-2 起泡材作成設備（台車右側）



写真-3 気泡注入設備台車

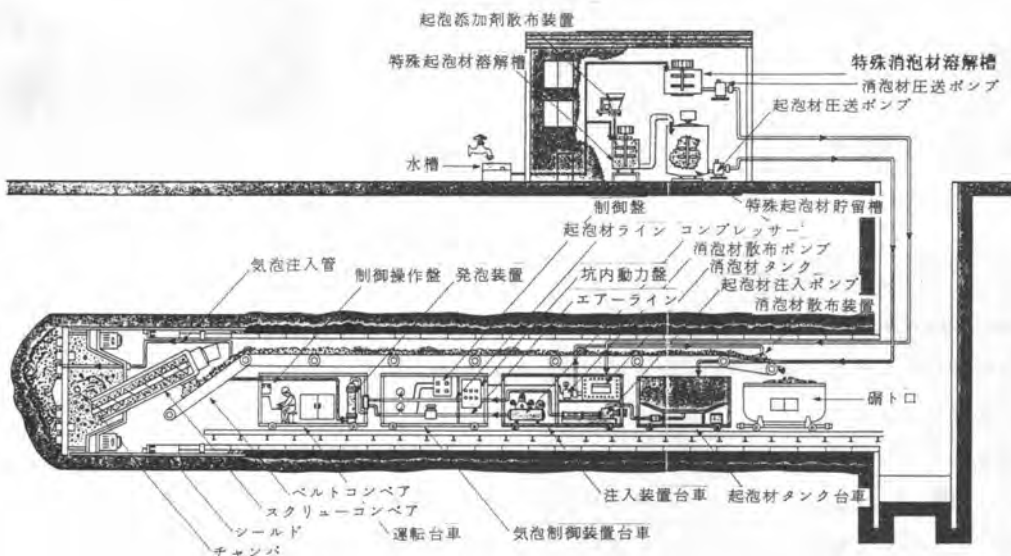


図-1 気泡シールド工法トータル施工システム図

3. 気泡自動注入（気泡注入設備）

1) 気泡作成例

図-2に気泡の注入量を地山1m³当り370ℓ（気泡混合率37%），発泡倍率6倍，チャンバ内圧力1.2kgf/cmとした場合の気泡標準作成例を示す。

気泡混合率=気泡注入体積/掘削土砂体積，発泡倍率=気泡体積/起泡材体積

エアは圧縮性流体であるのでチャンバ内の体積が大気圧下での体積と等しくなるように圧力換算され注入される。

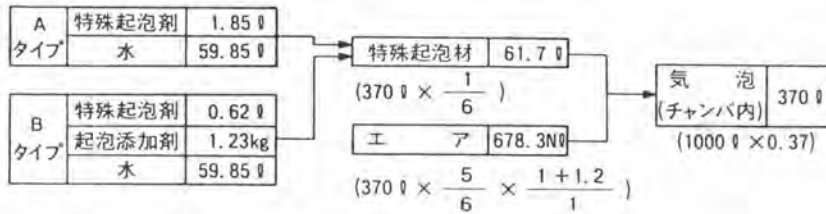


図-2 気泡標準作成例

2) 自動制御

図-3に自動制御のフローの1例を示す。設定された気泡混合率，発泡倍率をチャンバ内で保持するように起泡材流量，エア流量を制御する。（図-2参照）

- ①シールドマシンの掘削開始信号で自動運転モードに切替わる。
- ②ジャッキスピードを検出し掘削土砂量を演算する。
- ③気泡混合率より気泡注入量を演算する。
- ④発泡倍率よりチャンバ内での起泡材量，エア量を演算する。
- ⑤土圧を検出してチャンバ内でのエア量を大気圧下での体積に圧力換算する。
- ⑥起泡材量，エア量の演算値と実流量が等しくなるように各々単独でフィードバック制御を行う。

また，カッター圧が設定値以上になった場合には，設定された割増気泡混合率で注入する事が可能である。

3) 記録装置

以下の6項目を連続記録し気泡注入の管理を行なっている。

- ・気泡注入量 ・ジャッキスピード
- ・エア流量 ・土圧
- ・起泡材流量 ・カッター圧力

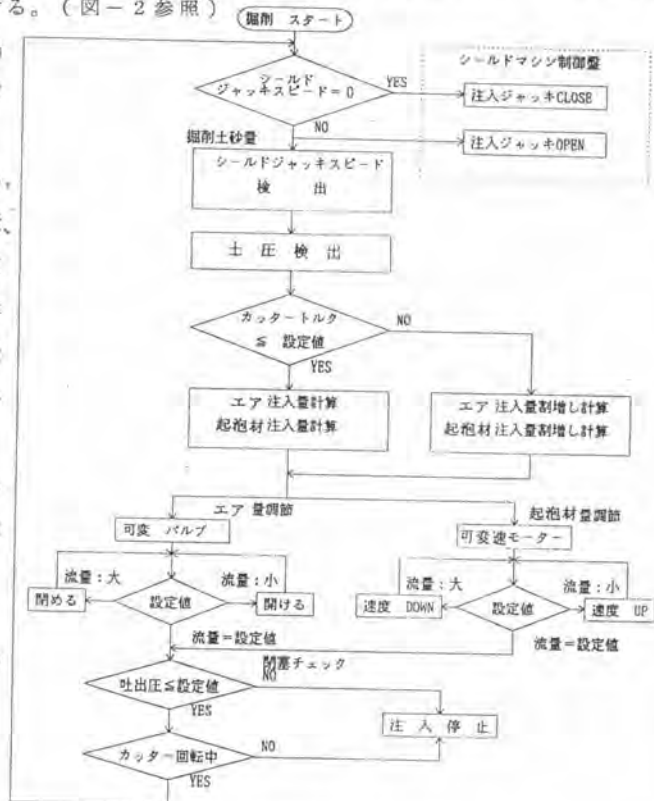


図-3. 気泡自動注入制御フロー図

4. 施工例

1) 工事概要

本工事は、仕上り内径 $\phi 2,400\text{ mm}$ 、延長 $1,012\text{ m}$ で土被り約 3 m のシールド工事である。シールドマシンは外径 $\phi 3,280\text{ mm}$ の削土密閉式土圧シールド機である。

2) 施工実績

① 気泡注入

起泡材はAタイプのものを選択した。気泡注入は初期掘進時より実施し、チャンバ内土圧、カッター圧の変動が設定値以内で、かつ、排土砂の性状を確認しながら気泡混合率を変化させた。結果的には気泡混合率は $30\sim 40\%$ であった。気泡混合率は 145 リングまでは 40% に設定し、それ以後は 30% に設定したが、図-4より気泡注入は正常に行なわれていたことが判る。

② マシン負荷

平均掘進速度 4 cm/min でカッタートルクは最大値の 60% 以下、スクリーコンベアトルクは最大値の 30% 以下である。

③ その他

チャンバ内土圧管理値は、ほぼ設定値以内で管理出来た。土砂の取り込み過ぎもなく地表面沈下も土被りが小さいにもかかわらず少なかったことから切羽の安定は確保されたと考えている。

また、排出土のスランプは $3\sim 4\text{ cm}$ で含水比は砂層の場合 20% と自然含水比 25% と比べ低くなっている。したがってダンブに山積でき普通残土として取扱うことができた。

5. おわりに

気泡は閉回路の中で作成されそのまま切羽やチャンバ内に注入される。泥土等を注入する場合、大気圧下で作成した泥土の品質を検査する事が出来るが、気泡の場合には圧力下で設定した気泡混合率発泡倍率を保持するように起泡材流量、エア流量をコントロールしているので大気圧下で簡単に検査することは出来ない。この気泡シールド工法のトータル施工システムは、この問題を解決し気泡シールド工法の普及に大きく寄与したと考えている。

最後に、開発にあたり、関係者の御協力を頂いたことを感謝致します。

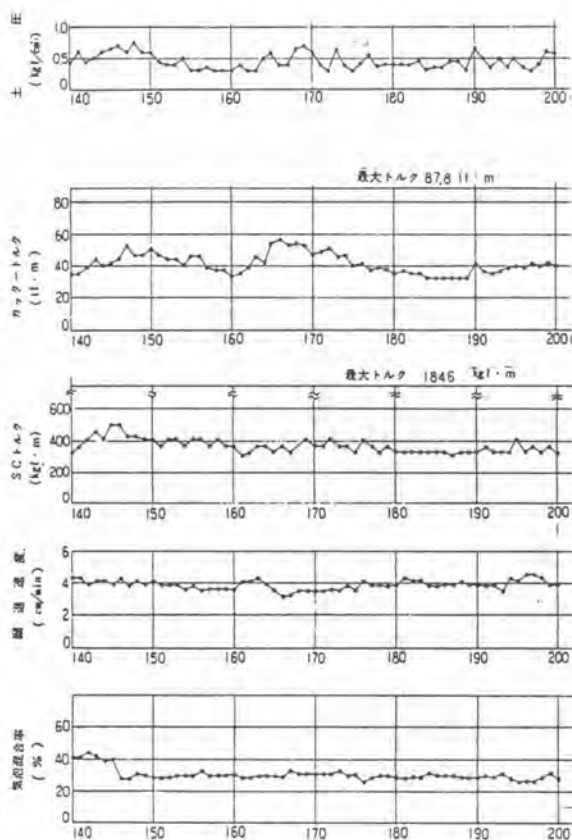


図-4 掘削記録の一部

16. 小口径管推進工法による配電線の地中化

(株)小松製作所；齊藤 博

1. まえがき

現在、都市域での配電は経済的に安価な電柱設置によるものが主であるが、都市防災機能の強化、都市景観の向上等の観点より架空配電線の地中化促進が求められている。

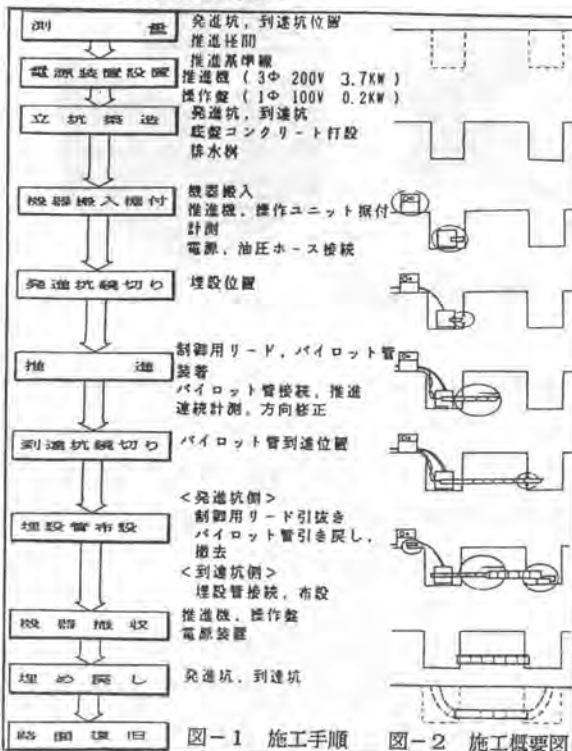
架空配電線の地中化については、全国モデル都市でキャブシステムを実施中ではあるが、基本的には開削工法であり交差点等の道路横断への適用には厳しい制約条件が課せられる。また現行の小口径管推進工法では、施工費用、特に大きな立坑と作業占有面積により仮設費が高くつくという問題点がある。

そこで都市域の架空配電線の地中化を促進するため、狭い市街地、交通遮断のできない広い交差点や歩道下で、 $\phi 75 \sim \phi 150$ の小口径管を、簡易で、掘削面積・作業占有面積の縮小、かつ低コストで推進埋設可能な工法システムを開発した。以下にその概要と施工実施例を紹介する。

2. 工法の概要

2.1 工法システム

本工法は推進工法の中の圧入2工程式に属するものであり、施工手順を図-1に、施工概要図を図-2に工法仕様を表-1に示す。



項目	仕様
立坑	発進到達立坑とも 長さ1.75m × 幅1.5m
適用土質	粘質土、砂質土、礫質土
N値	0 ~ 30
推進距離	最大 50m
埋設深さ	最大 4m
埋設精度	± 30cm 以下
適用管径	$\phi 75 \sim \phi 150$
埋設管屈曲半径	最小 R30m
騒音	50dB以下 (機側から30mの地点)
振動	60dB以下 (機側から10mの地点)

表-1 工法仕様

2.2 機械仕様

機械は基本コンポーネントと延長パーツより構成され各々の仕様について表-2に示し、全体構成写真を写真-1に示す。

基本コンポーネント	
装置	諸元
先導装置	寸法 (外径×全長) 106mm× 1,120mm
	重量 56kg
	先端ヘッド 推力 5.0ton
	ストローク 170mm
元押し装置	寸法 (全長×全幅×全高) 最小 1,460mm× 660mm× 最小 422mm
	重量 650kg
	元押しジャッキ 推力 47ton
	ストローク 200 mm
	速度 420 mm/min
	チャック力 90ton
	管中心高さ 最小207 ~最大 507mm
	操作盤

延長パーツ	
器材	諸元
パイロット管	寸法 (外径×有効長 ×全長) 101.6mm× 800mm× 865mm
	重量 12.8kg/本 ジョイント形式 角ネジ Oリングによるシール付
油圧ホース	寸法 (内径×外径×全長) 6.3mm×15mm×10m
	重量 4.0kg/本 ジョイント形式 セルフシーリング付 ワンタッチカブラ
電気ケーブル	寸法 (外径×全長) 10.8mm×10m

表-2 機械仕様

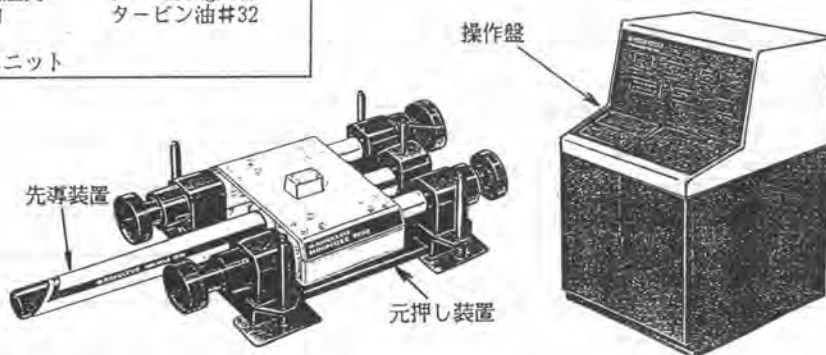


写真-1 全体構成

2.3 方向修正

先導装置に組み込まれている方向修正用の操向機構は、狭小なスペースでかつ信頼性を高めるため油圧で回転伸縮可能にした楔状の先端ヘッドが 推進時に傾斜面でうける土圧アンバランスを利用したものである。先端ヘッドの操向方向、本体のローリング角、ピッチング角は、本体に内蔵されたセンサーで電気ケーブルを通して、発進立坑側の操作盤の計器盤に表示され、リアルタイムでの操向操作を可能としてある。このため方向修正をタイムリーに行なえることができる。

2.4 位置計測システム

従来の小口径管推進工法で採用されているレーザトランシット等による光学的な管内ターゲット測量による本体位置計測は、本工法の如く極小な管推進工法には物理的に不可能であり、かつ直線のみならず曲線施工を可能にするためにも従来にない位置計測システムが必要となる。

本工法に採用した位置計測システムは上下方向、左右方向で異なり、その概略を表-3に示す。

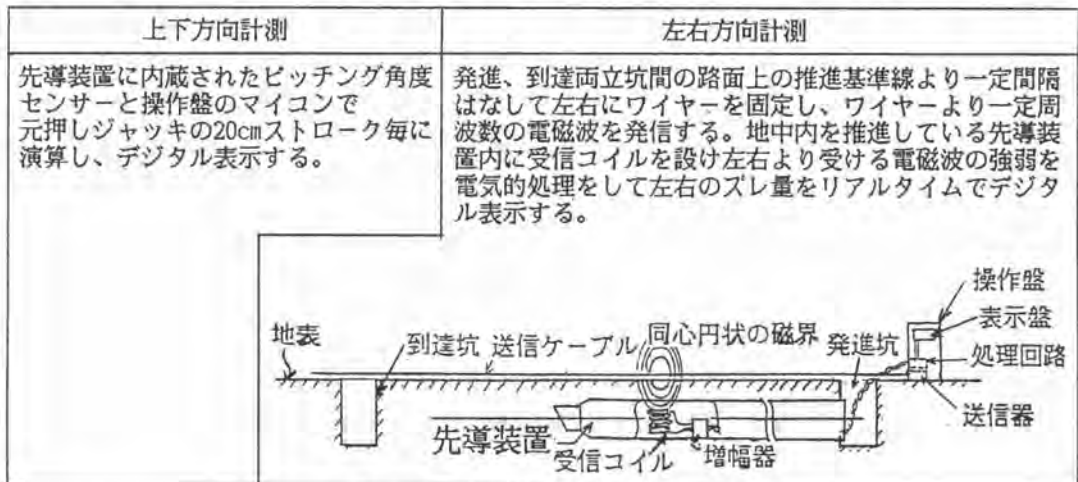


表-3 位置計測システム

3 施工実績

3.1 フィールドテスト

機械の開発にあたっては最終目標は、実施工での機械性能、作業性、安全性、経済性をトータルで総合判断を下すものであるが、その前に、フィールドテストにおいて機械、工法がねらい通りのものであるかを検証した。検証内容と結果を図-3、表-4に示す。

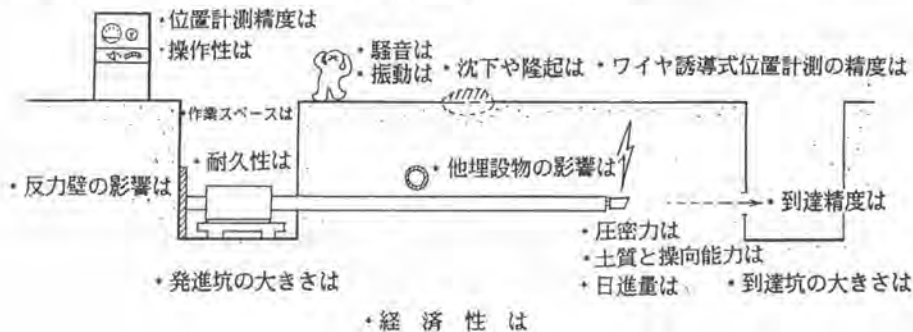


図-3 検証内容

項目	分類	検証
立坑	立坑の寸法	最小1.25m × 1.75m
	側壁の強度	推進時の側壁移動 5mm 以下
推進機	圧密力	粘土質(N値 0~10) の必要推進力 10t 以下
		砂礫質(N値30~40) の " 20t "
	操向能力	蛇行するが適正なヘッドの使用により調整可能。土質によるヘッドの選定や操作の熟練が必要。
	埋設精度	1、2孔共 到達点で±30cm

項目	分類	検証
位置計測	操作盤計測精度	35m 地点断面測定誤差 (1目盛10cm)
騒音振動	騒音振動	45 dB以下 (30m 離れて)
		60 dB以下 (10m ")
地盤	変位沈下	1孔挿入後の土壌変位 0.6mm (最大)
		2孔 " " 2.0mm (最大)

表-4 検証結果

3.2 実施工例

フィールドテストでの検証結果を基に実施工に適用可と判断し、今年5月より配電線の地中化工事に投入し良好な結果が得られた。施工例を図-4に示す。

NO	項目	実証試験 (I)	実証試験 (II)	実証試験 (III)
1	場所	石川県七尾市	富山県富山市	石川県金沢市
2	工事期間	S61・5・13～S61・5・14	S61・6・5～S61・6・8	S61・8～
3	推進分類	直線推進	円弧推進	直線推進
4	土質	粘土	乱れ コンクリートブロック 粘土	
5	N値	1	5～10	
6	推進距離	8m	14m	25m
7	土被り	3.5m	2.4m	2.5m
8	埋設管本数	6本(2本同時埋設×3回)	3	2
9	パイロット管押力	1.0ton	11.0ton	
10	パイロット管引力	2.0ton	15.0ton	
11	埋設精度(到達ズレ)	左 5.0cm : 上4.3 cm	右10cm : 上30cm	
12	現場状況	ブロックガバト及び電々管路下埋設 	上下水道管下埋設 	電々(光ファイバ-)管路下の 国道8号線下埋設

図-4 実施工例

4 あとがき

以上、小口径管推進工法による配電線の地中化に関し、工法と機械の概要、実施工例について述べたが、まだ開発してまもないものであり、今後施工実績を増やしてソフト、ハードの両面で充実したシステムをめざしていく所存である。

また本システムは配電線の地中化に適用を狙ったものであるが、シリーズ化多様化を計って通信、上下水道、ガスその他の分野への適用を図って行きたいと考えている。

なお、本機の開発にあたっては共同で実施し、フィールド、実施工場所の提供等の多大な御協力を頂いた北陸電力㈱に、末尾ながら深く感謝する次第である。

17. 小口径管推進機の地中位置検出装置

日立建機(株)：*村山 健・緒方浩二郎・長澤 潔・
三柳 直毅

1. はじめに

近年、通信管、ガス管、下水枝管等を地中に埋設する作業が増加している。この作業を非開削で行なうため、現在φ800mm以下の小口径管推進工法が実用化されている。

精度良い推進を可能とするには、推進機の地中位置を正確に検出する必要がある。しかし従来より採用されている管内空間を利用したレーザ光基準方式は、管の極小口径化及び、曲進施工に対応できない。また、ジャイロスコープを用いる方式は、推進機の角速度変化が地球自転の $\frac{1}{10} \sim \frac{1}{100}$ 以下であり現状では精度が不足する。

本研究では、誘導磁界を用い土を媒体として推進機的位置を検出する方式について検討した。本方式は、土の含水比や空洞、岩石等による不連続性の影響を受けなため高精度な位置検出ができる。

2. 位置検出方式

図1に検出装置の概略を、表1に目標仕様を示す。地表の目標線に沿って電流ケーブルを配置し、地中に磁界を形成する。この磁界を推進機側に設けた複数の受信コイルで検出し位置と姿勢の情報を得る。本システムでは、特に水平方向位置Xの検出に重点を置いているが、深さYとヨーイング θ_y も検出可能である。また本方式では、推進機位置が連続的に計測できるので曲線施工を含めた自動方向制御へ対応できる。

図2は、受信コイルを取りつけた位置検出ユニットの外観である。この位置検出ユニットを推進機の後部に接続する。

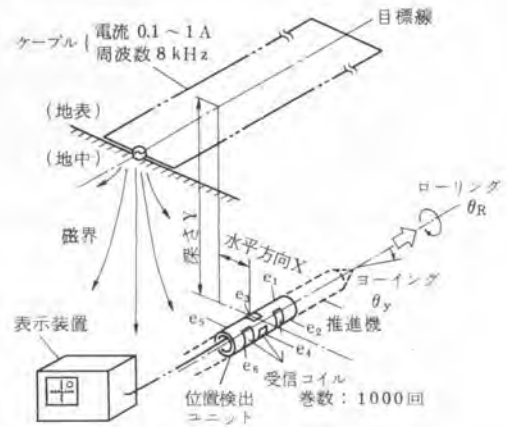


図1 検出装置概略

表1. 目標仕様

項目	仕様	
推進機径	φ100~800mm	
推進深さ	2 ~ 5 m	
施工精度	±100mm	
位置検出精度	水平方向	±10~50mm
	垂直方向	±10~50mm

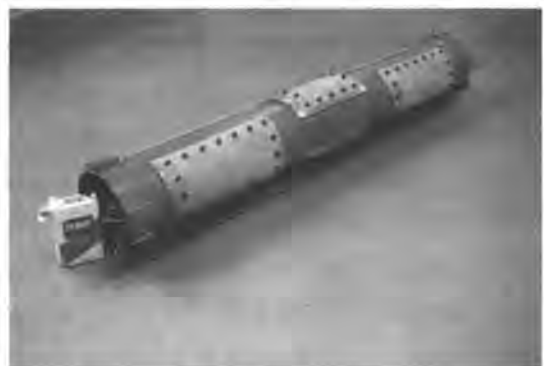


図2. 位置検出ユニット外観

3. 位置検出装置の試作

ケーブルが形成する磁界は、電流周波数が低いいため静磁界の式が使用でき、磁束密度の水平方向成分 B_x は次式で表わされる。

$$B_x = \frac{1}{2\pi} \cdot I \cdot Y \cdot \left[\frac{1}{\left(X - \frac{W}{2}\right)^2 + Y^2} - \frac{1}{\left(X + \frac{W}{2}\right)^2 + Y^2} \right] \dots (1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} I : \text{ケーブル電流 (A)} \mu : \text{土の透磁率 (N/A}^2) \\ X, Y : \text{水平及び深さ位置 (m)} \end{array} \right.$$

図3に計算結果を示す。深さが増すに伴い磁界が低下するが、水平方向位置 X が ± 0.3 m 以内ではほぼ比例関係が成り立つ。

図4に受信コイルの設置方法を示す。推進機は磁性、導電性をもつ鋼管で構成されることが多く、管内部は磁気遮断される。また、管径が $\phi 100$ mm 程度になるとモータ等の駆動部、配線等により管内部のスペースが狭くなる。そこで、受信コイルを管の外周面に設置した。感度を上げるために受信コイルのループ面積を大きくし、かつ推進の抵抗増とならないようにコイル断面を管外周面の曲率に一致させて薄形化した。

受信コイルの出力 e は、一般に次式で表わされる。

$$e = k \cdot 2\pi f \cdot S \cdot N \cdot B_x$$

$$\left\{ \begin{array}{l} k : \text{実効比透磁率 (-)} \\ f : \text{電流周波数 (Hz)} \\ S : \text{受信コイルのループ面積 (m}^2) \\ N : \text{巻数} \end{array} \right.$$

実効比透磁率 k は、管材質による磁性、導電性の影響により変化する。図5に、管がエポキシ、STK 41、SUS 304 の場合の受信コイル出力を示す。

STK 41 の鋼管は、導電性により出力低下するが磁性体であるため磁束が集中し SUS 304 よりも出力低下が少ない。本試作は、STK 41 を用いた。

なお、使用受信コイルの巻数は 1000 回、ループ面積は 60 cm^2 とし、ガラス繊維入りのエポキシ材で作成した。

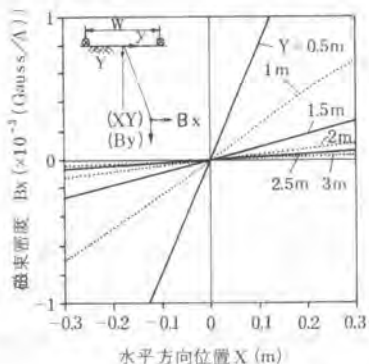


図3 磁束密度 (計算結果)

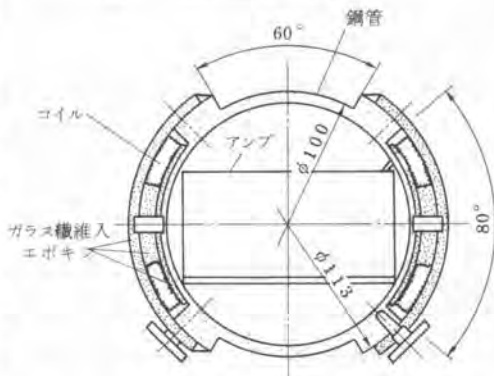


図4 受信コイルの設置

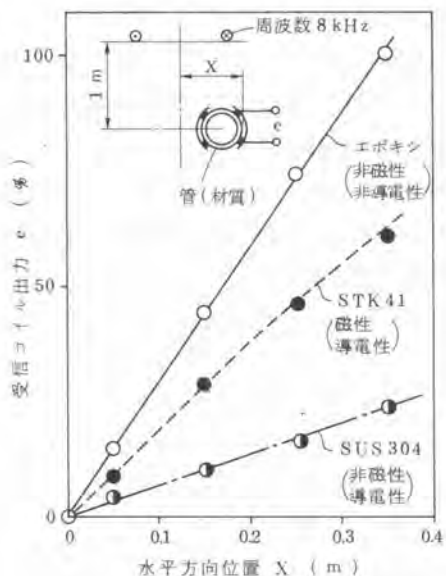


図5 管材質と受信コイル出力

4. 実験結果

4.1 空中での実験

図6は、深さ2mにおける各受信コイルの出力を示す。但し出力は全て500倍の増幅器を介した後の実効値である。

左右対称に設置したコイルの出力 e_1, e_2 及び e_3, e_4 は、水平方向の磁界を検出したものであり、位置 X に対してほぼ比例関係が成り立つ。一方、上下方向に設置した受信コイルの出力は、深さ方向磁界に対応しており水平方向に対する変化が少ないので深さ検出用として用いる。

図7は出力 e_1, e_2 の生波形である。2つの信号の出力レベルと位相を判別し位置と方向を検出する。そこで水平方向位置 X は、次式により算出した。

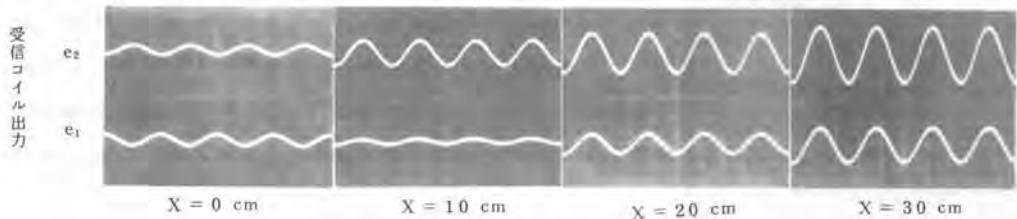


図6 各受信コイル出力

図7 受信コイル出力波形

$$X_{i, i+1} = A_1 \frac{\bar{e}_i - \bar{e}_{i+1}}{|\bar{e}_i - \bar{e}_{i+1}|} \cdot \frac{\bar{e}_i + \bar{e}_{i+1}}{\bar{e}_i - \bar{e}_{i+1}} + B_1 \theta_R \dots \dots (3)$$

- ここで
- $X_{i, i+1}$: 演算出力 (cm), $i = 1$ 又は 5 , \bar{e}_i : 受信コイル出力の実効値 (Vrms)
 - A_1 : 位置出力のための補正係数 (cm), θ_R : ローリング角 ($^\circ$) < 傾斜角計で検出 >
 - B_1 : ローリング補正係数 (cm/ $^\circ$)

式中 $\bar{e}_i - \bar{e}_{i+1} / |\bar{e}_i - \bar{e}_{i+1}|$ は位相の判別、 $\bar{e}_i + \bar{e}_{i+1} / \bar{e}_i - \bar{e}_{i+1}$ は深さやケーブル長手方向位置による出力レベルの変化を補正するものである。

図8は実際の位置 X と (3) 式による実験値の差を誤差として表わしたものである。再現性は 1 cm 以下、 ± 20 mm の範囲では直線性も ± 2 cm 以下である。 ± 30 cm になると磁界本来の非直線性により本演算方式では十分補正できないが本質的な問題にはならない。

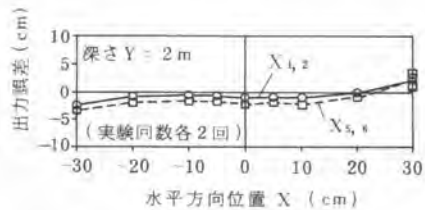


図8 水平方向検出特性

ヨーイングに関しては、2組の受信コイルの差を用いて、同様の精度 (約 1°) で検出できる。深さ Y の検出に関しても、図6中の e_3 と e_4 の差信号を用い、数 cm 以下の検出分解能が確認できた。



図9. 地中実験風景

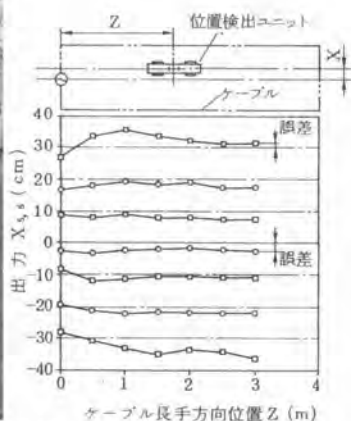


図10 地中深さ1.3 mにおける
水平方向位置検出特性(I)

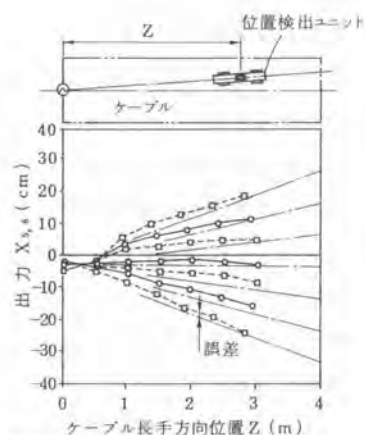


図11 地中深さ1.3 mにおける
水平方向位置検出特性(II)

4.2 地中での実験

図9に地中実験風景を示す。深さ1.3 mの位置で位置検出ユニットを地中に挿入し位置と出力の関係を示した。図10は、ケーブルに沿って位置検出ユニットを平行に移動させた場合の特性である。一点破線が実際の位置検出ユニットの位置、プロットは実験値 $X_{s,s}$ である。 ± 20 cmの範囲では、位置検出の誤差は ± 2 cm以下である。また出力がマイナス側に出る傾向は、図8の空中実験結果と一致し等価性が確認できた。

図11は、ケーブルに対して斜めに進行した場合であるが、位置検出誤差は同様に ± 2 cm程度である。従って、ケーブルを直線に配置した状態で曲線施工へも適用できる。

5. 検討

上記のように一般の土中環境下では、 ± 2 cm程度の位置検出が可能であることを実証できた。しかし、土中に磁性、導電性を有する既設物がある場合には、精度補償ができない。図12は、 $\phi 140$ mm、厚さ10 mmの鋼管が受信コイル近傍に存在した場合の受信コイル出力の変化を実験したものである。この程度の障害物であれば、受信コイルから50 cm離れると影響を受けないことから実用範囲は広いと考えられる。障害物は土中よりむしろ地表面にある場合が多いが、本位置検出方法では受信コイルとの距離が長いいため影響が少なくなるメリットもある。

6. まとめ

小口径推進機の地中位置検出装置を試作し、実施工に適用可能なことを確認した。今後、実施工にて検出精度を含めた信頼性を確認し、各種掘進機へ適用する。

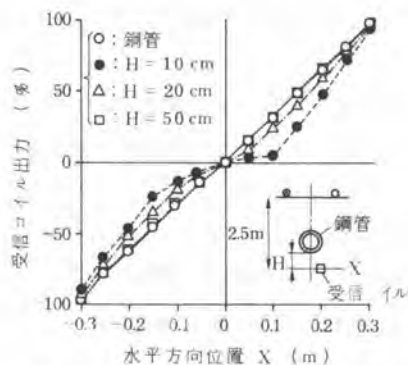


図12. 障害物(鋼管)の影響

18. ホイールローダ用タイヤの摩耗と路面粗さに関する研究

愛媛大学：室 達朗・*河原莊一郎
光洋機械産業(株)：高木 博人

1. まえがき 走路の表面粗さがタイヤの摩耗に与える影響を調査するため室内摩耗試験を実施し、タイヤゴムと石灰岩の碎石との接地圧のみならず晴天（乾燥）時と雨天（水浸）時のタイヤゴムの摩耗に与える影響を定量的に調べ、基礎的なデータをえた。さらに、爆砕された石灰岩の積込み作業を行う2機種ホイールローダに使用されているORタイヤ45/65-45について、それらの摩耗履歴曲線¹⁾を現地で調査するとともに、稼働路面の表面粗さ等の走路特性を調べた。

2. 室内摩耗試験 (1) 供試体 タイヤゴム試験片として実際に使用されていたORタイヤ21.00-35より直径30mm、高さ50mmの供試体を切り出し、新品および再生品の計4種類について摩耗試験を行った。相手材料は種々の粒度からなる石灰岩碎石をセメントで固結し、表面粗さ±2.06, ±1.89および±1.46mmの走路面(路面I, II, III)をもつブロック(34x34x12cm³)である。

(2) 実験装置と方法 写真1に実験装置²⁾の供試体摩耗試験部分を示すように、ゴム試験片に作用する垂直荷重および摩擦抵抗力をそれぞれロードセルで計測した。垂直応力は15.0 kgf/cm²まで空気シリンダーによって載荷させ、摺動速度2.12 km/h(58.9cm/s)を与えた。摺動半径は25cmで、同一円周上を摺動させるために発生するゴム摩耗粉は試験後除去した。摩耗量は摩擦熱による材質変化を避けるため100℃以上の温度上昇がないよう平均5秒間の摩擦による重量変化を計測した。また、試



写真1 室内ゴム片摩耗試験機

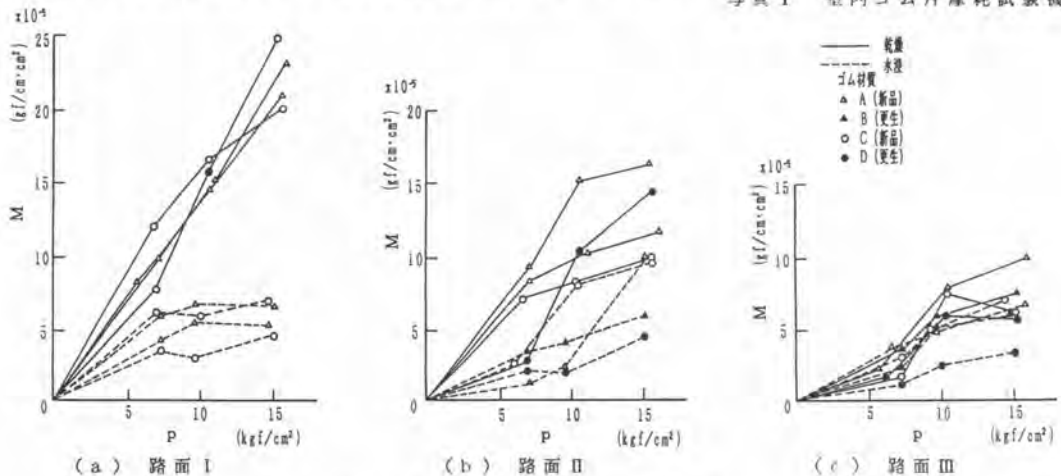


図1 摩耗量Mと接触面圧pの関係

験条件は乾燥と水浸状態において実施した。

(3) 実験結果と考察 ゴム試験片の摩耗量と接触面圧の関係を図1(a)(b)(c)に示す。一般に、摩耗量は接触面圧の増加とともに増大するが、路面が粗い程、また乾燥状態にある方がより増大することが判明した。一方、摩擦係数と接触面圧の関係は図2に一例を示すように、乾燥状態において高接触面圧では摩擦係数が減少している。これは、高面圧においてゴムの摩耗粉が摺動面に付着したためである。水浸状態においては、摩擦係数はハイドロプレーン現象により低面圧で減少しているが、高面圧では噴射水による摩耗粉の除去のために乾燥状態における程は低下していない。なお、石灰石のショア硬さは35.1であり、ゴム硬度は材質A:67.6, B:59.0, C:66.2, D:59.4であり、ゴム材料の平均密度は1.12

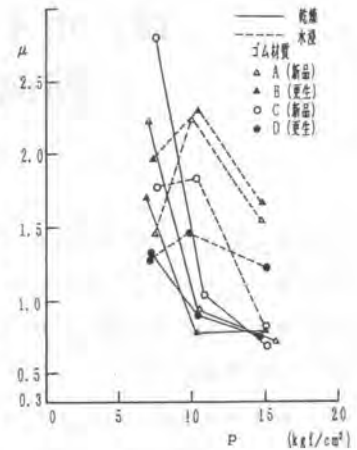


図2 摩擦係数 μ と接触面圧 P の関係(路面I)

g/cm³である。走路面I, II, IIIの路面粗さについてパワースペクトル密度解析²⁾を行った結果を図3に示す。ゴム試験片の摩耗重量に与える路面粗さの影響は、ゴム片長3cmに対して路面周波数0.3c/cmのパワースペクトル密度 S との相関性が最も高いことが判明した。従って、タイヤゴムの摩耗重量 M (g/cm²・cm)を接触面圧 p (kgf/cm²)と路面周波数0.3c/cmに対するパワースペクトル密度 S (cm²/c/cm)について重回帰分析した結果、次式をえた。

$$M = k p^{1.03} S^{2.63} \quad (R = 0.83)$$

ここに、 k は乾燥状態で1.342、水浸状態で0.645と与えられる。なお、ゴム材質による影響は殆んど見られなかった。

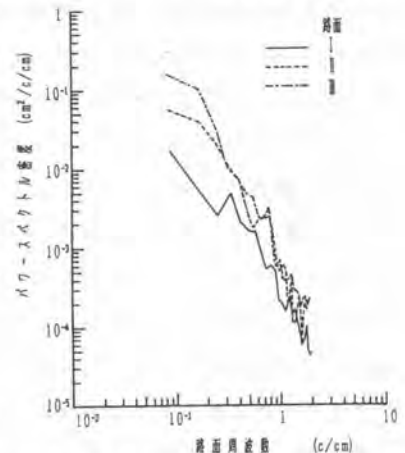


図3 路面粗さのパワースペクトル密度解析(室内実験)

3. 現場特性 ホイールローダによる積込み作業現場は露天掘の石灰岩鉱山であり、高さ15mのベンチカット切羽において爆砕された石灰岩の重タンブトラックへの積込みを行うため6台のホイールローダが稼働している。当現場での平均年間降雨日数は18.4%であり、その降水量は最高1491mm/月にも達している。7.7m³ホイールローダ用タイヤ37.25-35-30/36PRについて調査した昭和49年から11年間の廃棄タイヤ計21本の廃棄内訳は、図4に示すように、新品および更新タイヤを含めて完廃率38.1%が最も多く次

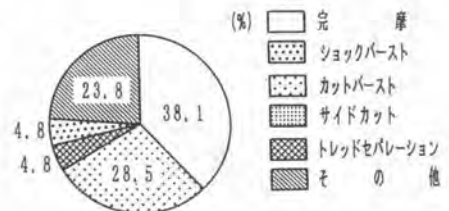


図4 廃棄タイヤの内訳 (7.7m³ホイールローダ用タイヤ37.25-35-30/36PR)

いでカットバーストによる廃棄が28.5%となっている。また、タイヤの平均摩耗寿命は5212±1264SMHであり、近年次第に寿命は増加しており最高7682SMHにも達している²⁾。積込作業地は石灰岩盤上にあり、バケット・ショベルによって平滑に整備し転石の除去に努めている。この石灰岩および岩盤の力学定数は、ショア硬さ35.1、一軸圧縮強度433kgf/cm²、ロサンゼルスすり減り減量34.0%であ

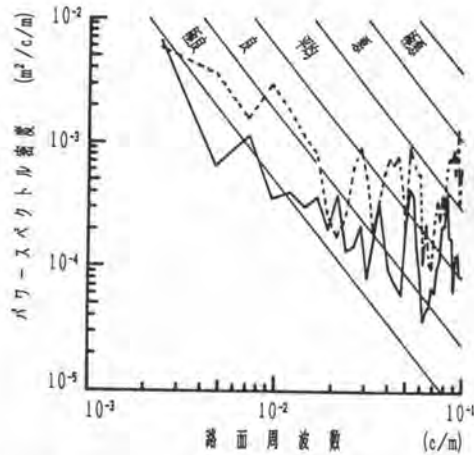


図5 路面粗さのワースペクトル密度解析(現場)

り、路盤の縦波伝播速度1042 m/s、き裂係数0.88である。ORタイヤの走行路面の粗さは7m区間を5cm間隔で基準スチール棒を用いてノギスで計測した結果、±10.7mmとなり、ワースペクトル密度解析を行った結果を図5に示す。また、タイヤ接地長に相当する50cm区間での表面粗さは±3.86mmである。

4. ホイールローダ用タイヤ 調査対象とした2種類のホイールローダ3機種およびタイヤの諸元を表1に示す。空車および実車重量、前後輪左右タイヤへの荷重配分は現地において実測したものである。図6(a)(b)は、ORタイヤ45/65-45-50PRについてホイールローダ9.1m³と12.0m³の摩耗履歴曲線を示したものである。次に、ORタイヤの摩耗速度とタイヤ荷重との相関性を求めるため図7を作成した。タイヤ荷重としては空車と実車時の平均値をとっている。全体的には摩耗速度 M_d (mm/SMH)とタイヤ荷重 W (tf)の間には顕著な相関性は見られない。一般に、前輪輪重が後輪より大きいにも拘らず、後輪タイヤの方が摩耗速度は増大している。写真2に示すように、前輪ステアリングであるため前輪タイヤの横スリップが少ないこと、および後輪タイヤの積込み時の横スリップや掘削時の空転スリップの増大によるものと考えられる。なお、タイヤの接地圧を現地測定した一例を図8に示す。摩耗速度を支配する要因は、タイヤの接地圧、トレッド幅、空気圧、路面粗さおよび

表1 ホイールローダの機種

機種(バケット容量)	9.1 m³	12.0 m³	
空車重量 (tf)	89.9	103.1	
前輪	左 (tf)	26.2	29.6
	右 (tf)	26.6	29.7
後輪	左 (tf)	19.4	21.7
	右 (tf)	17.7	22.1
実車重量 (tf)	105.5±0.4	129.3±4.1	
前輪	左 (tf)	38.8±2.7	50.8±5.0
	右 (tf)	39.6±2.1	50.9±3.8
後輪	左 (tf)	14.0±2.3	13.9±2.7
	右 (tf)	13.2±2.3	13.7±2.9
軸距 (m)	4.83	5.64	
前輪軸距 (m)	4.50	3.73	
後輪軸距 (m)	4.50	3.73	
タイヤ	45/65-45-50PR		
標準空気圧 (kgf/cm²)	5.5		
使用空気圧 (kgf/cm²)	6.0		
外径 (mm)	2730		
幅 (mm)	1146		
トレッド幅 (mm)	1030		
トレッドCR (mm)	2000~		
初期溝深さ (mm)	115.3		

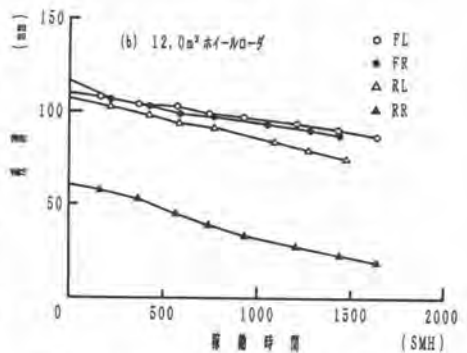
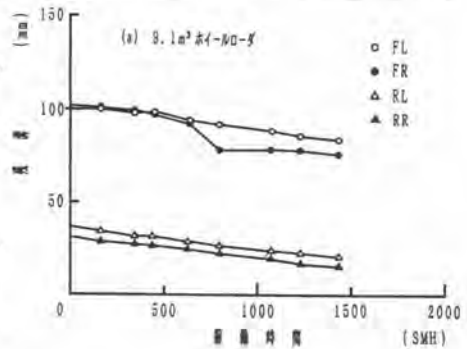


図6 ORタイヤ 45/65-45-50PRの摩耗履歴曲線



写真2 12.0m³ ホイールローダ

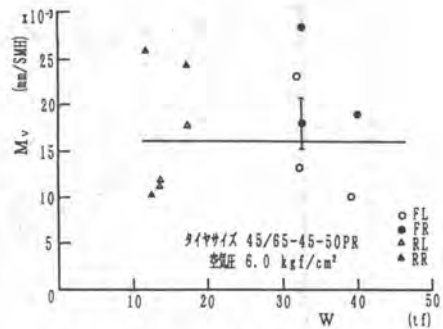


図7 O R タイヤの摩耗速度 M_u と荷重 W の関係

スリップ量等が考えられ、今後より多くのデータを集積し説明する所存である。

5. 結 論 ホイールローダ用タイヤのゴム試験片に対する室内摩耗試験の結果、ゴム片と石灰岩碎石との摩擦係数は乾燥状態の高面圧において摩耗粉の発生とともに低下するが水浸状態では高面圧において乾燥状態におけるよりも増大する。ゴム片の摩耗重量 M ($gf/cm^2 \cdot cm$) は、接触面圧 p (kgf/cm^2) と路面周波数 S ($cm^2/c/cm$) の関数として次式で与えられる。

$$M = k p^{1.05} S^{2.63}$$

ここに、 k は乾燥状態で 1.342、水浸状態で 0.645 である。

ホイールローダ用タイヤの摩耗速度は、スリップ量、トレッド幅、接地圧、路面粗さおよび空気圧等の影響を受けるが、本調査ではタイヤ荷重、接地圧および接地面積において高い相関性は見られなかった。

なお、現地調査において御協力いただいた日鉄鉱業㈱、西川タイヤ加工所の関係各位に謝意を表す。

6. 参考文献

- 1) 三又正信：OR タイヤの摩耗特性，摩耗対策委員会研究成果中間報告書（Ⅱ），日本建設機械化協会関西支部，pp.129-142，1978.
- 2) 室達朗，松永好史：建設機械作業部分における肉盛・溶射金属の耐摩耗性，テラメカニクス 5号，pp.60-66，1985.
- 3) 藤本義二，西ヶ谷忠明，飯盛洋：中距離土工機械の走行路面凹凸のパワースペクトル解析，建設の機械化，第 374号，pp.50-56，1981.
- 4) 相馬三三：鳥形山鉱山の重土工機械の概要と稼働実績，建設の機械化，第 422号，pp.23-28，1985.

タイヤサイズ 45/65-45
空圧圧 6.0 kgf/cm²
接地圧 $p=7.40$ kgf/cm²
タイヤ荷重 $W=42.9$ tf
真の接地面積 $S=5800$ cm²



図8 タイヤ接地面積実測例

19. ブルドーザによる層理岩盤の掘削能力に関する研究

愛媛大学：*室 達朗・日立造船(株)：松永 好史

1. まえがき 宅地造成地、碎石場およびアースフィルダムの原石山等における岩盤掘削にはブルドーザによるリッピングおよびドーピング作業からなる機械化掘削工法が多く採用されている。掘削性能を向上させるためには、層理岩盤の走向、傾斜に対して掘削方向を適切に選択することが重要である¹⁾。ここでは、2ヶ所の岩盤掘削現場を選定し、リッピング作業時のチップに作用する掘削力と掘削量の掘削方向による変動を測定した。その後、単位掘削仕事量当たりの掘削量で表される掘削効率が最大となる掘削方向を求めた。さらに、所定の掘削区域内でのリッピング作業後ドーピング作業を行った場合の全体の掘削量、および単位時間当たりの掘削作業量で表される掘削能力の掘削方向による変動について試験し、総合評価を行うこととした。また、種々の不連続性岩盤について、リッピングによる掘削力とともに岩盤の破壊領域がどの程度の深さにまで達しているかを求めるためFEM解析を行った結果について述べる。

2. 現地掘削試験 リッピングおよびドーピングを行っている2ヶ所の現場A、Bにおいて掘削試験を実施した。表1は各現場より採取した岩石に対する室内岩石試験および岩盤試験を実施したものである。現場A、Bは写真1、2に示したように、層理面の発達した節理やヘアークラックなどの不連続面を有する岩盤である。現場Aの層理間隔は数10cmで、層理面と交叉する節理が数cmの間隔で入っており亀裂係数は最も高い値を示している。現場Bでは層理間隔数mに及び層理間の節理は比較的少ない。なお、いずれの現場もリッピングに際して予備発破は行っていない。

表1 岩盤および岩石の力学特性

(1) リッピング試験 岩盤の走向方向に対して掘削の方向を種々に変化させ、リッピング作業時のチップに作用する掘削力の大きさおよびその作用方向¹⁾を測定するとともにリッパチップ通過

現場名	A	B
見かけ比重 G	2.62 ± 0.02	2.68 ± 0.01
真比重 G ₀	2.75 ± 0.01	2.75 ± 0.01
自然含水比 W (%)	0.33 ± 0.06	0.02 ± 0.01
吸水率 W' (%)	0.66 ± 0.10	0.10 ± 0.01
ショア硬さ H ₀	102.3 ± 3.3	35.1 ± 2.4
無亀裂岩石に対する超音波伝播速度 V ₁ (m/s)	5133 ± 88	2988 ± 441
岩盤の縦波弾性波速度 V ₂ (m/s)	533 ± 74	907 ± 20
亀裂係数 C _c	0.99 ± 0.02	0.91 ± 0.03
ロサンゼルスすりへり減量 U (%)	30.9	34.0
一軸圧縮強度 σ _{c1} (MPa)	318.4 ± 50.3	42.4 ± 13.1
弾性係数 E ₁ (MPa)	(5.37 ± 2.31) × 10 ⁴	(1.97 ± 0.98) × 10 ⁴
ポアソン比 ν ₁	0.22 ± 0.02	0.17 ± 0.02
引張強度 σ _{t1} (MPa)	15.5 ± 2.9	3.8 ± 1.0
岩盤の変形係数 E _d (MPa)	121.7 ± 40.1	342.2 ± 291.8
岩盤の一軸圧縮強度 σ ₂ (MPa)	54.1 ± 8.6	8.5 ± 2.6
岩盤の引張強度 σ _{t2} (MPa)	4.0 ± 0.6	0.6 ± 0.1
走向 (度)	N (53.8 ± 5.1) E	N (76.8 ± 18.6) E
傾斜 (度)	(87.3 ± 3.1) S	(64.6 ± 17.0) N



写真1 現場Aの走向・傾斜



写真2 現場Bの走向・傾斜



写真3 リッピング作業状況

後の掘削断面積を実測した。写真3は計測中のリッピング装置を搭載したブルドーザである。現場Aでは自重441kNのブルドーザを使用し、リッピングの方向を①走向と平行 ②走向と直角 ③走向と時計回り $\pi/4$ および④走向と時計回り $3\pi/4$ の4通りとした。掘削方向別の平均掘削合力を図1に示す。その平均値は204kNであり、それぞれの掘削合力の作用方向はブルドーザの進行方向と逆に鉛直下方側で水平と49.4度をなしている²⁾。現場Bでは自重500kNのブルドーザを使用し、リッピングの方向を走向と各 $\pi/4$ をなす①～⑧の8通りの方向において掘削試験を行った。掘削方向別の平均掘削合力は同図に示しており、その平均値は519kNである。また、掘削合力の作用方向の鉛直下方に水平となす角は24.3度である²⁾。

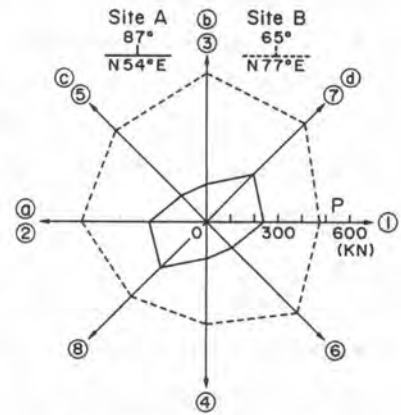
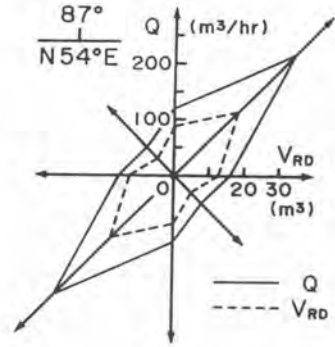


図1 掘削合力Pの分布

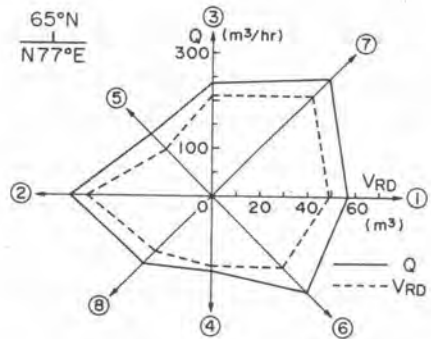
(2) ドージング試験 各作業現場において、7m×7mの岩盤掘削区域内で所定のリッピング回数を定め等間隔にリッピング作業を行い、その後ブレードによって岩盤の破壊領域を完全に掘削するドージング作業を行った。同時にリッピングおよびドージング作業時間を測定し、両者の和を全作業時間とした。ブレードによる掘削後の地盤高を計測し、初期地盤高との差より掘削量 $V_{RD}(m^3)$ を算定し、全作業時間(hr)で除した値を掘削作業能力 $Q(m^3/hr)$ とした。現場Aにおいては、リッピング回数を5回とし4通りの掘削方向に対してドージング試験を行った。図2(a)はリッピング後ドージング掘削したときの V_{RD} と Q の関係を各リッピング方向に対して示したものである。両者とも走向と時計回りに $3\pi/4$ をなす掘削方向に対して最大値を示すことが分かる。なお、リッピング時の掘削深さと比較してドージング掘削による掘削深さは殆んど増大していない。現場Bにおいては、リッピング回数10回とし8通りの方向に対してドージング試験を行った。図2(b)は同様に V_{RD} と Q の分布を示した。この場合、両者とも走向と時計回りに $3\pi/4$ をなす⑦の方向において最大値を示した。以上、各リッピング掘削方向でのドージング掘削の方向は同一方向をとした。なお、写真4はリッピング作業後のドージング掘削の様子を示している。



写真4 ドージング掘削状況



(a) 現場A



(b) 現場B

図2 ドージング掘削量 V_{RD} と掘削能力 Q

3. 掘削性能 各現場において直径10cmのボーリング孔を削孔し、ピストン型孔内載荷試験³⁾を実施して得られた貫入係数より各掘削方向での岩盤の変形係数 E_d を求めた。図3はそれぞれの現場における E_d の分布を示したものである。現場Aにおいては、 E_d の最大となる方向④において V_{RD} と Q は最大値を示している。

現場Bにおいても、高い E_d の値を示す⑦、②、①の方向において V_{RD} と Q は増大している。

次に、リッピング後ドージングしたときの掘削量 V_{RD} をリッピング距離で除した値 V_{RD}/P を求め、掘削効率として V_{RD}/P と単位掘削仕事量との比 V_{RD}/P で表現することとする。図4は、現場A、Bにおける V_{RD}/P の掘削方向別の変化を示したものであり、現場Aにおいては E_d の最小値を示す①の方向に掘削効率は最大値を示しており、一方現場Bにおいては走向方向①、②および走向と時計回りに $3\pi/4$ をなす⑤の方向において掘削効率は卓越している。このように、現場Bにおいてはリッピング掘削力が増大する方向であっても E_d が高い値をとる場合にはリッピング深さ以上に岩盤は破壊されておりドージング深さを増大させることになる。

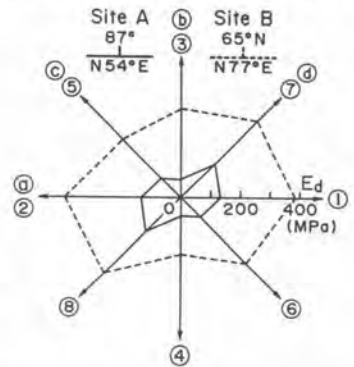


図3 岩盤の変形係数 E_d の分布

4. FEM解析 鉛直方向 500cm、水平方向 500cm、節点総数 179、要素数 309のモデルについて非線形材料の大変形問題として R.von Misesの降伏条件を用いた平面ひずみ状態においてFEM解析を行った。弾性係数 E およびポアソン比 ν は岩盤試験として実施したピストン型孔内載荷試験より求めた E_d および P 、 S 波から求めたりを用いた。岩盤の圧縮強度 σ_c は各現場の亀裂ブロック数より Müller⁴⁾の式を用いて算定し、今津⁵⁾の式より引張強度を推定した。リッパチップの地表面からの掘削深さは実際の値をとり、すべて60cmとして、掘削合力 P と破壊域の到達深さから算定した掘削量 V_{RD} を算定した。岩盤の E_d を500MPaまで50MPa毎に、また岩盤の圧縮強度を10から40MPaまで変

化させ、ポアソン比 0.3とし掘削力の水平となす角を $\pi/4$ とし荷重制御によって算定した。図5は掘削効率 V_{RD}/P と岩盤の変形係数 E_d の関係を示しており、 V_{RD}/P は E_d および σ_c が増大するとともに減少している。また、同じ σ_c をもつ岩盤に対しては $E_d \leq 200\text{MPa}$ 以下の岩盤では E_d の減少とともに V_{RD}/P は著しく増加するのに対し、それ以上の E_d を示す岩盤では V_{RD}/P に与える E_d の影響は少ない。なお、図6に示したように、リップングによる破壊領域の到達深さ d は E_d が増加するとともに増大しており、実測結果とよく一致している。以上、リップング掘削による岩盤の破壊によるゆるみ領域を的確に予測することはトンネル底盤、地下空洞基盤および建造物基礎の建設においてきわめて重要である。

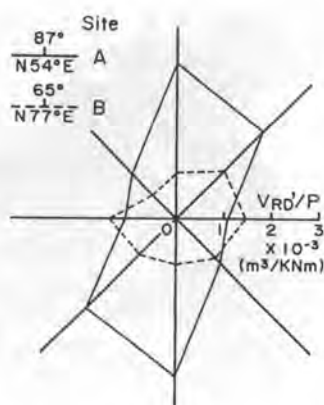


図4 掘削効率 V_{RD}/P の分布

5. 結論 2ヶ所の掘削現場試験とFEM解析の結果、

層理岩盤における機械化掘削性能を向上させるための土木工学上有益な二・三の知見をえた。まず、岩盤の変形係数が比較的小さい約200MPa以下の岩盤では変形係数の減少とともにリップング後ドーピングを行う場合の掘削効率は著しく増加し、その掘削効率は最小の変形係数を与える方向において最大となる。一方、変形係数が200MPa以上では掘削効率に与える変形係数の影響は少なく層理構造に支配されること。掘削能力は、一般に岩盤の変形係数が最大となる方向において最大値をとること、およびリップングによる岩盤のゆるみ領域は変形係数の増大とともに深部に達することが明らかとなった。

6. 参考文献

- 1) 室達朗, 河原荘一郎, 松永好史: 節理岩盤に対するリップング特性に関する研究, 昭和60年度建設機械と施工法シンポジウム論文集, pp.147-150, 1985.
- 2) 室達朗, 深川良一, 河原荘一郎: 岩盤掘削におけるリップビリティの評価, 愛媛大学工学部紀要, 第XI巻第1号, pp.329-341, 1986.
- 3) 高昭治郎, 室達朗, 深川良一: 亀裂岩盤に対する機械化掘削性能の向上, 第18回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, 土木学会岩盤力学委員会, pp.81-85, 1986.
- 4) Müller-Salzburg et al.: Dreidimensionale spannungsumlagerungsprozesse im bereich der ortsbreust, Rock mechanics, Suppl.7, pp.67-85, 1978.
- 5) 今津雅紀: 岩盤物性におけるデータベース化の試み, 第17回岩盤力学に関するシンポジウム講演論集, 土木学会岩盤力学委員会, pp.71-75, 1985.

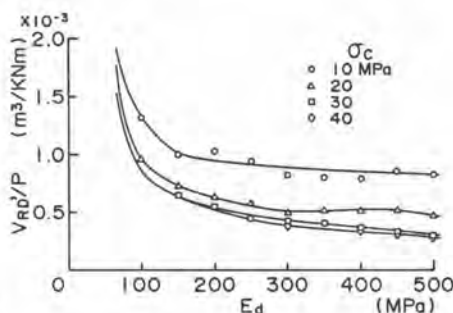


図5 掘削効率 V_{RD}/P と変形係数 E_d の関係

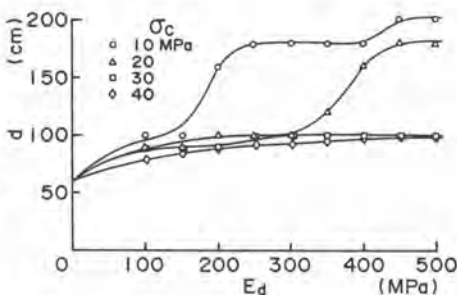


図6 破壊領域 d と変形係数 E_d の関係

20. 無発破岩破碎機(パワースプリッタBP500)の施工実績

(株)小松製作所：武藤 教重・*養安 豊彦・高橋 明久・石田 善一

1. はじめに

岩の破碎工法として発破工法が一般的であるが、近年 都市化の進展と共に振動・騒音・飛石などの公害・安全面から 民家・道路・重要構造物に近い作業環境では使えなかつてきている。パワースプリッタ BP500 は かかる市場ニーズに応じた無発破岩破碎機であり、発破のかけられず、リッパブレイカから異なる硬岩を安全に、かつ 無振動・低騒音で、しかも他の無発破工法に比べ経済的に予備破碎する機材である。

昭和 59 年発売以来、幾度の改良を重ねることにより、道路工事・宅地造成・ダム工事等の一般土木分野を始めとして鉱山分野でも広く使用されるようになり好評を得ている。今回、今までの施工事例をもとにパワースプリッタ工法について施工実績を報告する。

2. パワースプリッタの割岩システムと構造概要

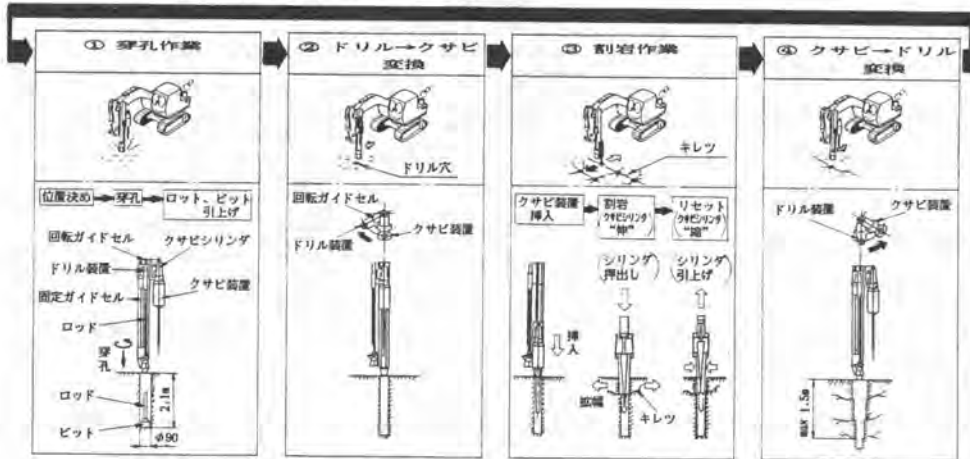


図1. パワースプリッタの割岩システム

パワースプリッタの割岩システムと図1に示す。所定の穴を穿孔後、油圧クサビを挿入し、油圧により穴の中で油圧クサビで岩を振幅・割岩するもので、穿孔から割岩まで全作業をキャビン内よりワンマンオペレーションで可能である。

油圧クサビの構造を図2に示す。BP500の油圧クサビの寸法を列記すると次のようになる。

(1) クサビ摺動面に摺動材(低摩擦板)を介させて、

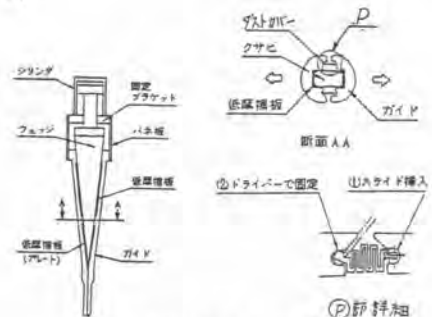


図2. 油圧クサビの構造

摺動面のかぶり・焼付防止を計っている。

(2)摺動面をギャスイルで潤滑し、摩擦係数の低減と摺動面の洗淨を行っている。

(3)左右ガイドの合わせ面に蛇腹式のダストカバーを装着し粉塵の侵入防止を計っている。

このような摺動面の摩擦係数低減・維持に最大の注意を払っており、これに足り絶えず 500トンのような大きな割石力を維持している。

3. 施工実績

3.1 主要施工実績

表1のBP500の主要施工実績を示す。一般土木分野では、道路新設・拡幅工事が圧倒的に多く、次いで構造物基礎掘り、宅地造成関係に使用されている。特に山陽自動車道、本四架橋工事では各地で採用され実績をあげている。

碎石・石灰山分野では安全・保安上からの購入動機が強く、民家・道路・鉄道・学校等と隣接する鉱山の端縁処理用として採用されており、企業のイメージアップ効果と好評である。

3.2 適用工事について

パワースクリューは様々な工事分野で使用されているが、以下に2つの適用工事例を紹介する。

(1) 工事例-1

当工事は本四連絡橋尾道・今治ルートに直結する尾道大橋の延伸工事で使用された事例である。延伸区間では従来の2車線を供用のまま、新規に山側を掘削・拡幅するため発破が使用できず、機械掘削とTFの組み合わせである。

(A) 工事概要

工事名 尾道大橋延伸山波工事 (広島県尾道市)
 工期 昭和60年10月～昭和61年1月
 工事内容 既設道路拡幅に伴う法面掘削工
 石種 花崗岩 (γ = 4.000%)

(B) 破砕結果

当現場の石は掘削が発達した花崗岩であったが、非常に硬くBP500と2トン級ブレーカを組み合わせる作業であった。

表1. 主要施工実績 (一般土木分野)

工事時期	工事名	工事場所	施主
S59.3 (59.1~61/6)	黒岡山宅地造成工事	兵庫県 播磨郡太子町	阪神不動産
S59.3	岡山商科大グラウンド造成工事	岡山県	岡山商科大
S59.4	市道拡幅工事	広島県東広島市	東広島市
S59.11~61.7	多治見市小名田東部土地区画整理事業	岐阜県多治見市	多治見市
S60.3~9	本四架橋工事	岡山県児島	本四公団
S60.8~9	播但有料道路規格JIC工事	兵庫県姫路市	道路公団
S60.6~12	安芸府中道路工事	広島県広島市	広島市(道路公団)
S60.10~61.1	尾道大橋延伸山波工事	広島県尾道市	道路公団
S61.1~5	山陽自動車道 武田山ジャンクション工事	広島県広島市	道路公団
S60.11~61.3	国道175号線バイパス工事	兵庫県西脇市	建設省
S61.2~3	山陽自動車道電野高架橋工事	兵庫県電野市	道路公団
S61.2	山陽自動車道 道ロサービシリア造成工事	岡山県倉敷市	道路公団
S61.3	東播用水工事	兵庫県	兵庫県
S61.3	岡山県立美術館 地下駐車場工事	岡山県	岡山県

(他約30箇所)

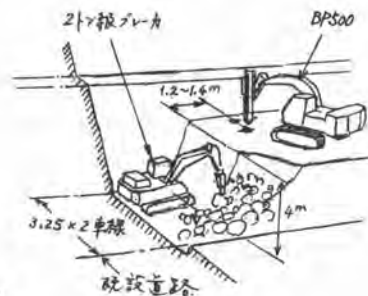


図3 作業状況

作業はBP500が図3の様に後述した方法、ブレーカで割岩部を小割りして、ベンチを造成してゆく方法と採った。施工ピッチは1.2~1.4m、施工角度は70度としたが、法際は自由面が少なく、力の施工ピッチを0.5m程度まで縮めざるを得なかった。また、水平方向に節理が発達してはいたが、2回目以降の割岩が不十分で割岩深さは0.7~1.0mであった。当現場の様には水平方向に節理が発達した岩盤では、穿孔深さ・フサビ挿入深さを浅くし、サイクルタイムを短くして作業量とアッパする工夫が必要であるが、一般的にフサビは根元まで挿入可能であり、この場合15~20%見込られる。

(2) 施工事例-2

当工事は橋脚下部工に適用された事例で、法面掘削工(A部)と橋脚基礎の床掘り(B部)と施工した。背後の山に基盤があるため当初計画ではブレーカによる機械掘削の予定であったが、硬くておぼり荒い岩質のためブレーカ掘削が不可でBP500採用となった。

(a) 工事概要

工事名 山陽自動車道竜野高架橋工事 (兵庫県竜野市)
 工期 昭和61年2月~3月
 工事内容 橋脚新設に伴う法面掘削並に橋脚下部工
 岩種 輝緑凝灰岩 ($V_p=3.500$ m/s)

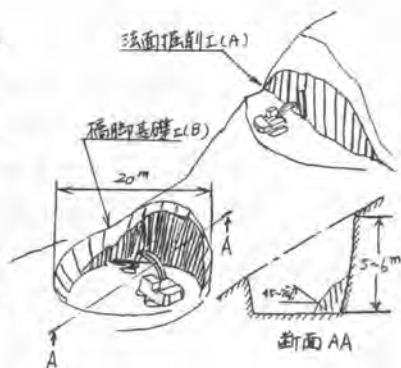


図4 施工状況

(b) 破砕結果

当現場は超硬岩に当る最も硬い種類の岩であり、二次破砕用として1.6トン級ブレーカと組合せられた。BP500の施工条件としては施工ピッチ0.5~0.7m、施工角度45~70度という厳しい作業であった。当現場の場合、穿孔時間が2分50秒~3分20秒と済み、時間当たり割岩本数が9本/Hで施工できたため、上記条件下においても法面掘削工で10m³/H、橋脚下部工で6m³/Hが可能であり、全作業1ヶ月で完了することとなった。この種の工事形態

はBP500にとって最も厳しい使い方の一つであるが、当現場の場合、地形的な制約条件が重なり、位置合わせの時間と要しているため以上の様な結果となった。

(3) 施工事例-3

本例は宅地開発に使用された事例で、当現場の北西側に隣接して既設の入居済の住宅地があり、硬岩部の掘削に岩破が使用できず、当初80トン級ブルドーザによるリッピング工法の予定であったが、リッピングだけでは十分な割岩ができず工期が伸び、BP500が導入された。

(a) 工事概要

表2 破砕結果

岩種	—	花崗岩 ($V_p=4000$ m/s)
工事量	m ³	1,500
作業時間	H	140
割岩本数	本	1,600
時間別作業量	m ³ /H	11

表3 破砕結果

	単位	法面掘削工	橋脚下部工
岩種	—	輝緑凝灰岩 ($V_p=3500$ m/s)	
工事量	m ³	1,000	500
作業時間	H	100	85
割岩本数	本	900	800
時間別作業量	m ³ /H	10	6

工事名 多治見市小石田東部土地区画整理事業 (岐阜県多治見市)

工期 昭和59年11月～昭和60年7月

工事内容 宅地造成における盤下げ工

岩種 珉岩 ($V_p = 2,700 \sim 4,000 \text{ m/s}$)

表4. 破碎結果 (一部)

BP500 作業量	作業面積	m ²	1295
	作業時間	時分	19:50
	穿孔数	本	286
	作業量	m ³	1009
ブルドー ザ作業量	時間当り作業量	m ³ /H	51
	リッピング時間	時分	5:8
	ドーピング時間	#	2:47
	R&D時間当り 作業量	m ³ /H	113

1b) 破碎結果

当現場は中硬岩で脆裂進展が小さく、施工条件として施工ピッチ 1.5 ~ 2.0 m、施工角度 70 ~ 80 度と好条件で作業でき、時間当り作業量は 51 m³/H である。しかし、ブルドーザによる二次破碎量は BP500 施工後では当初予定に対し約3倍に当る 113 m³/H であるように、そのため、BP500 を2台投入することによりブルドーザの稼働率向上を計った。

土木工事における BP500 の代表的な適用工事を紹介したが、それ以外に (1) 下水道掘削・管渠設工事に用いる溝掘削、(2) ダムの堤体掘削、(3) 転石小割、(4) 鉱山の残壁の端縁処理等多方面で使用されており、今まで発破がかけられず残していた工事も無公害で機械掘削が可能になったと高く評価されている。

4. 施工能力について

以上述べた様に BP500 の施工能力は岩種・岩強度 (弾性波速度)、工事形態、二次破碎機の種類・能力等により大幅に異なる。BP500 の破碎能力を岩強度別・工事形態別に整理すると大旨図5の様になる。盤下げ作業では作業量は岩強度の影響が大きい、法面掘削・溝掘削作業では岩強度の影響よりむしろ自由面の影響が大きいことがわかる。

しかし、穿孔速度は岩の弾性波速度より圧縮強度に比例すること、地形上の制約および作業形態により位置合わせ等に時間を要すること等により、時間当り作業量は大きくばらばらになっている。

また、二次破碎機の選定に当たっては、作業エリアの広さにもよるが、一般に硬岩で割岩後の脆裂幅の大きい現場ではブルドーザを用いて自由面を随時形成する方が根切りが十分に行え有利である。目の多い岩や風化が進んでいる岩で、中硬岩と軟らかい岩の場合にはリッピングの方が有利である。

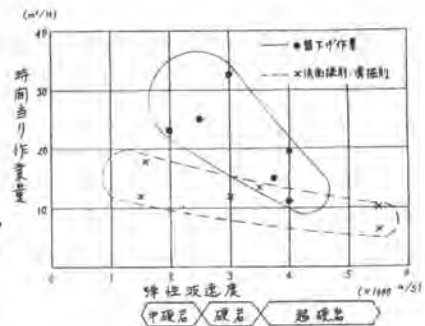


図5 岩強度と作業量の関係

5. 今後の課題

BP500 パワーストリックが市場導入されて2年余経過し、多方面で御使用頂いている。また、トータル施工を始めとして通用工事分野の拡大と作業量アップを強く要望されている等、パワーストリック工法に対する関心は高い。当社としても多方面で効率的かつ経済的に硬岩破碎が可能となる様今後も研究を進めてゆきたい。

21. 掘削機(コーナパワーショベルPF-5) の施工実績

(株)小松製作所：*吉田 正和・茶川 誓志

1. まえがき

パワーショベルは、近年では総ての工事分野で広く使用されるようになってきている。その中で主に、都市土木分野におけるユーザーニーズとして、

- ① 狭い作業現場での作業性の向上。
- ② 人夫等による付帯作業を少なくしユーザーコストを低減する。

があげられている。

この要求に対応するため(株)小松製作所では、(ユーザーコストの大幅低減：目標20～30%低減(掘削作業において))新しい製品、コーナパワーショベル(PF-5)を開発し、良好な施工実績が得られた。

以下、コーナパワーショベルの特長と施工実績について、報告する。

図-1は、コーナパワーショベル(PF-5)の概観図である。



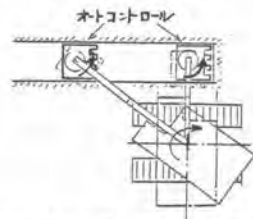
図-1 コーナパワーショベル概観図

2. コーナパワーショベルの構造と特長

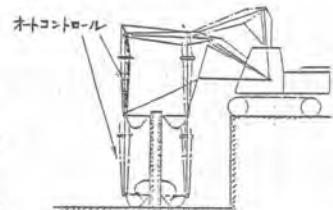
従来のパワーショベル作動の機能に対して、下記3項目の機能を追加し、人間の手の動きに近うけるような機械とした。

- ① 2ピース・ブームの採用により、作業範囲を拡大する。
- ② アーム(バケットも含む)が360°エンドレスに左右共、回転する。
- ③ これらの動きがマイコンにより、自動制御可能とし、操作性向上を計る。(図-2参照)

また、従来よりのパワーショベル機能の低下は無くし、さらに小松独自の省エネシステム、および作業内容・条件により最適なモードが選定出来るモード切替システム等が、おりこまれている。



車体旋回によらず、バケット刃先角を一定に保つ



第一、第二ブームの角度変化によらず車体に対するアーム角を一定に保つ

表-1に主要諸元、図-3に外形寸法を示す。

(STD)

(オプション)

図-2 コーナパワーショベル用自動制御装置

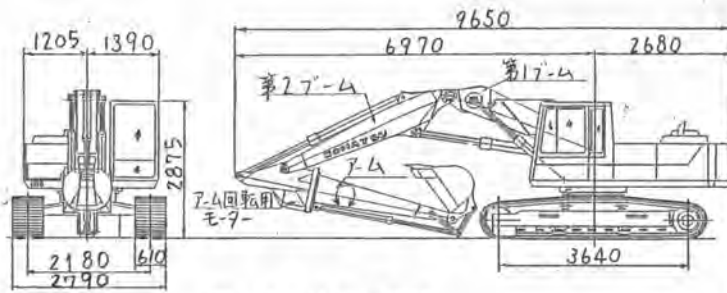


図-3 外形寸法図

主要諸元

諸元	単位	コーナ P S	
運転質量	kg	19,800	
バケット容量	m ³	0.55	
エンジン出力	PS	120/2100	
最大掘削高さ	mm	6,550	
最大掘削半径	mm	9,850	
最大掘削長さ	mm	9,230	
ブーム中心距離	mm	3,260	
加-ブ中心距離	mm	2,180	
車速	km/h	3.4	
回転速度	車体	rpm	13
	アーム	rpm	7

コーナパワーショベルの機能が特に生かされる作業を下記表-2のA~Hに示す。(この時の各作業における作動箇所を下記表内に示す。)

表-1

コーナパワーショベルのメリットの出る作業

	A	B	C	D	各作業時における作動箇所★
作業内容	建築基礎根切り作業 	側溝掘作業 	掘壁工事 	法面整正作業 	
作動箇所	①②③ ④⑥	①②③ ⑦	①②③ ④⑥	①②③ ④	
作業内容	取土の掘削 	路床掘削 目地切り線 	マス堀作業 	傾斜地作業 	
作動箇所	①②③ ④	①②③ ⑦	①②③ ④⑥	①②③ ⑦	

表-2

また2ピースブームにしたために作業範囲は、同レベルのパワーショベルと比較すると表-2* D'において45°方向で36%アップ(7200mm/5300mm)する。* A, D'等において垂直方向の作業範囲は、垂直深さ3.5mで約5倍(3350mm/650mm)アップする。

3. 施工実績

表-3に、コーナパワーショベルの施工実績を示す。都市工不分野の中でも特に、建築等の基礎マス掘り、根切り作業や、溝掘削等に顕著にメリットが現われた。

主要施工実績 (都市土木分野)

	工事名	工事場所	工事形態	コスト比較		備考
				従来工法	コーナパワ	
1	名古屋駅前高速道路工事	名古屋	橋柱基礎根切り作業	1	0.8	詳細: 施工事例 1
2	二階建鉄骨倉庫建築	浜松	基礎用マシ掘り作業	1	0.5	
3	ケーブル埋設溝工事	京都	マンホール掘削	1	0.5	
4	宅造上下水管理設工事	天竜市	主管枝管用溝掘削	1	0.4	詳細: 施工事例 2
5	宅造工事	天竜市	道路側壁排水溝掘削	1	0.9	
6	宅造工事	天竜市	擁壁作業	1	0.7	

表-3

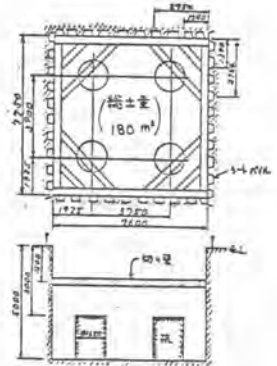
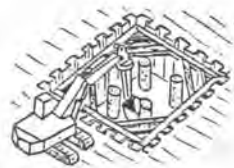
(1) 施工事例-1

工事概要

工事名 : 名古屋駅前高速道路基礎工事

工事内容 : 橋柱基礎根切り作業

(図-4参照)



(図-4)

本現場は、メイン道路わきで作業現場が狭く、道路上でパワーショベルが動き廻れない状況である。この現場の作業は、マニュアルによるレバー調整が頻繁に有り、レバー保持状態を長く作業することは少なかった。(自動化とホブグの操作は、ほとんど使用されなかったが、アーム回転(手動)は十分に効果を発揮した。)

従来工法によるミニパワーショベル(PCI0クラス)も穴の中では、重たすぎる(走行、旋回共)作業量が非常に小さく、また、排土した土が自分の前にたまり前進出来なくなることが多い。

今回、コーナパワーショベルによる作業時、ミニパワーショベルも使用したが、現場の切り梁の配置を修正すれば、ミニは、不要であった。施工実績とミニを除いた時の施工(推定)を表-4に示す。

項目 \ 工法	従来工法			J-IPS 工法 (今回実績値)				J-IPS 工法 (予測)		
	0.7m PS	ミニPS	人夫	コーナPS (肋掘 / 隅掘)		ミニPS	人夫	コーナPS (肋掘 / 隅掘)		人夫
J-IPS 比率	1			0.8				0.75		
機械土量比率	54%	43%	3%	62%	24%	11%	3%	62%	35%	3%
必要時間 H	1.2	9.7	6.1	1.5	1.5	2.5	6.1	1.5	2.2	6.1
			3.0				3.7			
作業量 m³/H	158	8	1	123	28	8	1	123	28	1

表-4

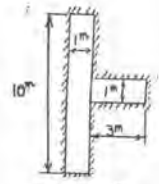
(2) 施工事例-2

工事概要

工事名 : 宅造、上下水管理設工事

工事内容 : 主管、枝管用溝掘削

(図-5参照)



(図-5)

深さ 1.3m

22. ツーブーム油圧ショベルの施工実績

建設省四国地方建設局：岩澤 委式・

(株)大境組：*木下 豊幸

(株)神戸製鋼所：阿曾沼洋治

(1) 概 要

従来から山間部における林道等の工事は、一般土木工事とは異なった厳しい作業条件と制約のもとで進められてきた。

その特徴は、急峻な傾斜地と道路の幅員が極端に狭いところで工事が行われる点にある。(大境組が施工した林道等の工事では、巾員3mのものが80%、4mのものが20%となっている。)

林道等の工事の切土工事では、その大半に岩盤掘削が含まれ、破碎装置(ブレーカ)のついた重機が一般の掘削用重機とは別に必要であるが、このように狭いところでは重機の入替時の交差が難しく、休車中の重機の待機場所の確保もままならない状況にある。

又一方では、一台の重機で数種の用途の異なるアタッチメントを用意し、必要に応じてアタッチメントを交換しながら工事を進めることも広く行われているが、交換作業が面倒で時間がかかるばかりではなく、交換作業をする場所が狭いことも、更に能率の悪いものになっている。

特に仕上がりに高い精度を求められている側溝掘削工事においては、その特殊性から、ブレーカとバケットをひんばんに交換しなければならず、時間あたりの作業量が一段と悪いものとなっている。

以上のように林道等の工事で使われる重機には小回り性能や1台で多機能を兼ね備えたものが求められており大境組においても油圧ショベルの後端部形状の改善や伸縮式ブーム、更にツーブーム式の油圧ショベルのアイデアを模索中であった。

一方、建設省 四国地方建設局と油谷重工(現、神戸製鋼所グループ)では、昭和54年度から狭隘な山間部の法面切土作業の合理化を主目的に油圧ショベルの多機能化を目指した「ツーブーム油圧ショベル」の共同開発に取組み、同年高松で開催された建設機械展示会に試作機を参考出品するに至っていた。

本機は、2つのブームにそれぞれ異種の作業装置を取り付けたもので、複数の作業を1台の機械で行えるため、稼働率、省力化、高効率化等に関して、大巾な向上が期待されるものであり、先に述べた林道等の工事で求められていた機械と合致するものである。

そこで、早々本機の試験施工を大境組の現場で実施し、多機能の優秀性と共にその性能、操作性等について、実地で確認した。

その後、大境組では、実際に昭和56年に1号機を、57年に2号機を購入し、工事に投入して好成績をあげ今日に至っているので、ここに本機の施工実績についての概要をご紹介します。

(2) YMT 15型ツーブーム油圧ショベルについて

本機は0.45 m³級油圧ショベルをベースにして、上部フレームのメインブーム脇にサブブームを設け、それぞれ別々のアタッチメントを装着し、1台の機械で同時に2台分の機能を持たせようとするもので、運転席から油圧系統を切換えることにより簡単に使い分けすることができる。アタッチメントの組み合わせには油圧ブレーカとバケット、リッパとバケット、締固め機とバケット、コンクリート解体機とバケットの組合せの他、多くの応用が可能である。

(主なる仕様)

項		数 値	項	数 値
全 装 備 重 量		14,000 kg	本 体 全 高	2,600 mm
バ ケ ッ ト 容 量		メイン 0.4 m ³ サブ 0.25 m ³	後 端 旋 回 半 径	2,150 mm
油 圧 ブ レ ー カ	重 量	1,100 kg	ク ロ ー ラ 全 長	3,350 mm
	打 撃 エ ネ ル ギ ー	200 kgf-m	〃 全 幅	2,590 mm
	打 撃 数	460~ 480blow/min	最 低 地 上 高	485 mm
エ ン ジ ン	名 称	三菱6DS70C	シ ュ ー 幅	610 mm
	定 格 出 力	86 ps/2000rpm	接 地 圧	0.40 kg/cm ²
輸 送 時	全 長	7,400 mm	走 行 速 度	2.6 km/h
	全 高	2,600 mm	旋 回 速 度	12.0 rpm
	全 幅	2,600 mm	登 坂 能 力	35° (70%)

(3) ツーブーム油圧ショベルの使用実績について

本機は林道等の工事における様々な作業にその偉力を発揮するが、ここでは比較的使用頻度の高い法面切土作業におけるブレーカーとバケットの組み合わせの場合について説明する。

(引用するデータは昭和55年6～7月に実施した模擬作業試験で得られたもので、そのデータは最終頁に示す。)

イ) 岩質・硬度にもよるが、作業時間は進入路の長さが短い時はツーブームも従来方式も大差ないが、距離が長くなるにつれ時間が大巾に短縮された。これは、バケットとブレーカの切替時間がかからない為で、時間当たり作業量も当然大きくなった。

ロ) 又、ツーブームの場合現場の状況に即応して任意に交換ができるが、従来方式では時間がかかることから交換の頻度にも相当の差が生じた。

ハ) これらを費用換算したのが次表である。(単価は55年当時のもの)

項	方式	ツープーム式	1台でアタッチ交換	2台の入替
時間当り作業量		10.19 m^3/h (100%)	6.53 m^3/h (65.4%)	7.72 m^3/h (80%)
燃費(油脂含)		58,385 円 (100%)	68,147 円 (117%)	71,445 円 (122%)
運搬費(30 km)		66,000 円 (100%)	52,000 円 (78.8%)	104,000 円 (157.5%)
作業切回数		34 回 (100%)	11 回 (32%)	8 回 (23.5%)

また、模擬作業試験終了後、実際の林道工事現場で試験施工を実施したが、その結果、岩質により異なるが、平均作業能力 8.87 m^3/h となり、ほぼ模擬作業試験結果に近いものであった。

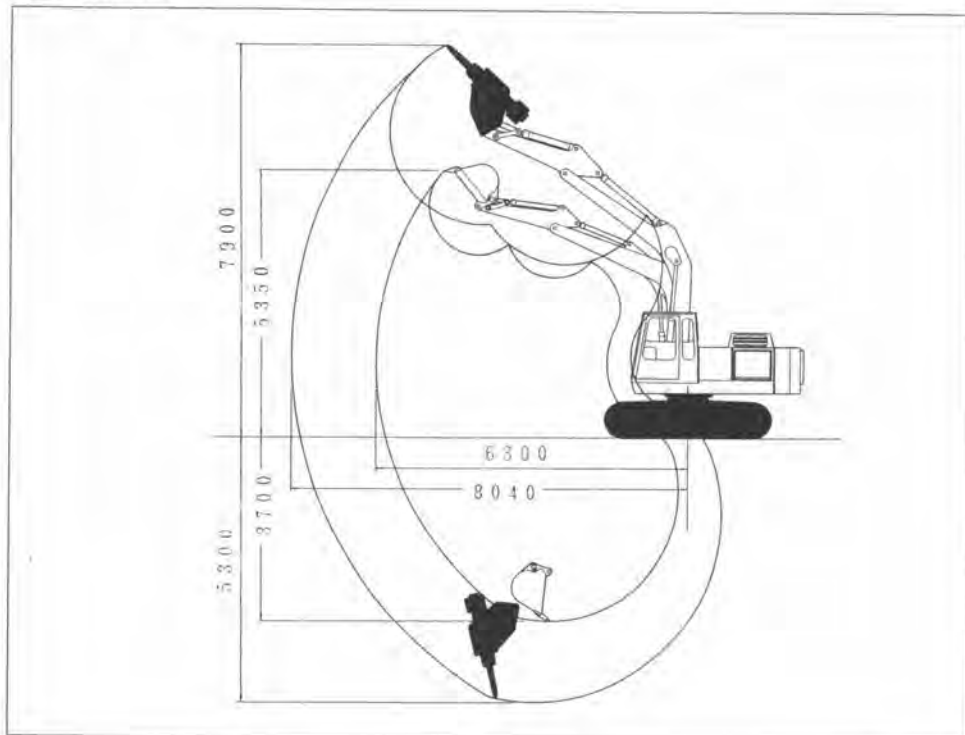
(4) 次に本機の課題について記述する。

イ) メインブームとサブブームの作業範囲が異なる(サブブームの作業範囲が小さい)ことから最遠位置では作業を同期させることができず、同じサイズのブームとすることが望まれている。

ロ) 量産品でない為、価格が割高であり今後コストダウンについて工夫する必要がある。

以上、林道等の工事におけるツープーム油圧ショベルの施工実績をご紹介したが、この種工事に携わる皆様方の合理化、省力化にいささかなりともご参考になれば幸いである。

作業範囲図



法面切土作業試験成績表（模擬作業試験，昭和 55 年 6 月～7 月）

調査項目		施工条件 方式	進入路 巾 (5 m) × 延長 (50 m)		
			ツープーム式	1台でアタッチ交換	2台の入替
岩 質 (硬度 = N 値)			40 ~ 50	40 ~ 120	40 ~ 120
作業 時間	実 作 業	ブ レ ー カ 作 業 (時間, 分)	1 H 17 M	4 H 42 M	3 H 20 M
		バ ケ ッ ト " (" , ")	4 H 23 M	3 H 58 M	5 H 11 M
	ブ レ ー カ ・ バ ケ ッ ト 交 換 時 間 (" , ")		—	2 H 05 M	0 H 40 M
	作 業 待 時 間 (" , ")		—	0 H 01 M	—
	そ の 他 (" , ")		0 H 30 M	0 H 12 M	0 H 09 M
	計 (" , ")		6 H 10 M	10 H 58 M	9 H 20 M
ア タ ッ チ 交 換 頻 度	ブ レ ー カ と バ ケ ッ ト の 交 換 回 数 (回)		34	11	8
	1 回 当 り	ブ レ ー カ (分)	4.8	47.0	50.0
	平均作業時間	バ ケ ッ ト (")	13.2	39.7	51.8
ダ ン プ 運 搬	6 t ダンプトラック運搬回数 (回)		19	29	21
	積 込 作 業	平均ショベル旋回角度 (度)	130	190	147
		1 台 当 り 積 込 時 間 (分)	8.6	3.4	5.0
		" " 回 数 (回)	18.6	9.2	10.6
作 業 量	総 作 業 量 (m ³)		62.85	71.62	72.07
	1 時 間 当 り 作 業 量 (m ³ /h)		10.19	6.53	7.72
機 械 運 転 時 間	ツープーム油圧ショベル (時間, 分)		6 H 10 M	—	—
	0.45 m ³ ブレーカ付ショベル (" ")		—	8 H 52 M	3 H 36 M
	0.4 m ³ 級ショベル (" ")		—	—	5 H 44 M
	6 t ダンプトラック (" ")		4 H 30 M	4 H 00 M	5 H 15 M
燃 料 消 費 量	ツープーム油圧ショベル (ℓ) (本)		67 - 2	—	—
	0.45 m ³ 級ブレーカ付ショベル (") (")		—	114 - 5	43 - 3
	0.4 m ³ 級ショベル (") (")		—	—	47 - 3
	6 t ダンプトラック (") (")		8 - 02	13 - 02	12 - 02
気 象	天 候		曇 , 晴	晴	曇 , 雨 , 晴
	気 温 (°C)		25°, 27°	30°, 26°, 29°	26°, 25°, 29°

23. パソコンを利用したスリップフォーム工法の施工管理

(株)大林組：曾根 隆之・*鶴田 賢治

1. はじめに

スリップフォーム工法は、鉄筋の組立て、コンクリートの打設の進行に伴って、高さ90～150cmの対向する型枠を上方に滑動させて、打ち継ぎ目の少ない、一体性のコンクリート構造物を作る工法で、現在では、壁厚や直径を変化させる事のできるスリップフォーム装置が各国で開発され、超

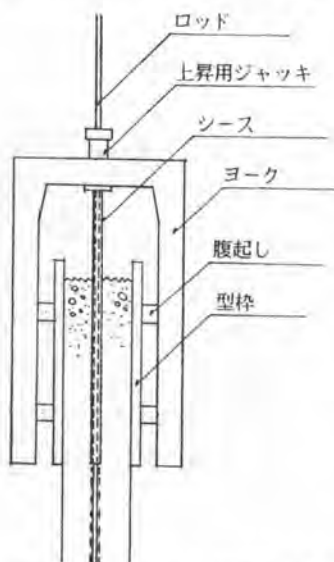


図1. スリップフォーム工法の原理図

2. パーソナルコンピューターの活用対象

スリップフォーム工事の具体的な施工手順は、煙突やサイロ等のような構造物の種類によって多少異なるが、基本的には、以下の手順に従って工事は進められる。

- ① スリップフォーム装置の上昇に先行して、配筋作業を行なう。
- ② スリップフォーム装置と一体化された型枠内にコンクリートを打設する。(深さ20cm程度)
- ③ 型枠下端のコンクリートが自立できる圧縮強度に達したかどうか確認する。
- ④ スリップフォーム装置を上昇させる。(上昇量25mm/回)
- ⑤ ①～④の作業を繰返す。

仕様書によって要求される品質を確保するためには、各作業ステップにおいて、それぞれ十分な工事管理を行うことが必要となる。中でも特に重要と考えられるのは、精度管理と、施工を安全かつ確実にを行うためのコンクリート若令強度管理とであろう。そこで今回は、この2つの工事管理について、パーソナルコンピューターの活用を試みた。

高煙突、電波塔、クーリングタワー、高架水槽、石炭サイロ、石油掘削用や貯蔵用のプラットフォーム等の海洋構造物等にも、適用されるようになってきている。このスリップフォーム工法は、在来のどの型枠工法よりも、施工速度が早いという特徴をもっている一方で、短期間に作業が集中するために、作業員が多数必要になるという作業管理上の問題や、若令コンクリートの強度の確保及び確認という品質管理上の問題をもっている。そこで、当社では、これらの問題の解決にあたって、パーソナルコンピューターの活用を試みた。その結果、一応の成果をあげたので、スリップフォーム工法の施工管理におけるパーソナルコンピューター利用の一事例としてここに報告する。

3. 精度管理システム

3-1 精度管理業務

スリップフォーム工事中には、スリップフォーム装置自体が、日照や風等の様々の要因による影響を受けるため、構築物そのものも、複雑な挙動を示しながら施工されている。従って、出来上がりとしての精度を確保するためには、工事中の精度をリアルタイムに計測し、その計測結果に基づいて装置の制御を行うという、精度管理業務が重要となっている。

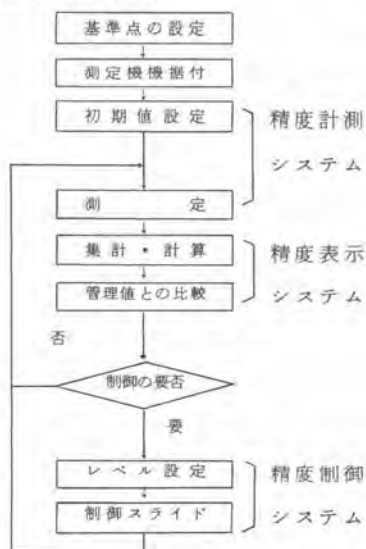


図2. 精度管理の業務フロー

3-2 精度計測システム

地上部の2つの基準点に設置したレーザー鉛直器から、レーザー光を鉛直上方に照射し、スリップフォーム装置上に設置してあるX-Y方向変位検出装置(受光ターゲット)で、このレーザー光を受け、X方向、Y方向の変位量をそれぞれmm単位で計測している。

又、装置の絶対高さについては、ワイヤーリール方式のロータリーエンコーダーを使用した高度計によって計測をしている。

3-3 精度表示システム

精度測定システムによって計測されたデー



写真1. 司令室のパーソナルコンピューター

現在、スリップフォーム工法における精度管理に関しての基準等は特に定まっていない。そこで、当社においては、次の測定項目についてそれぞれ、管理値を設定し管理している。その中で、(1), (2), (3), (8)について、レーザー光とパソコンを連動させた精度管理システムを開発し、実施した。

- | | |
|----------------|------------------------|
| (1) 中心位置の変位 | (6) 各ヨーク位置での壁厚 |
| (2) 装置のねじれ、回転量 | (7) 各ヨーク位置での内外勾配 |
| (3) 装置の絶対高さ | (8) 各ヨークのレベル |
| (4) 半径の誤差 | (9) その他スリップフォーム装置の変位量等 |
| (5) 真円度 | |

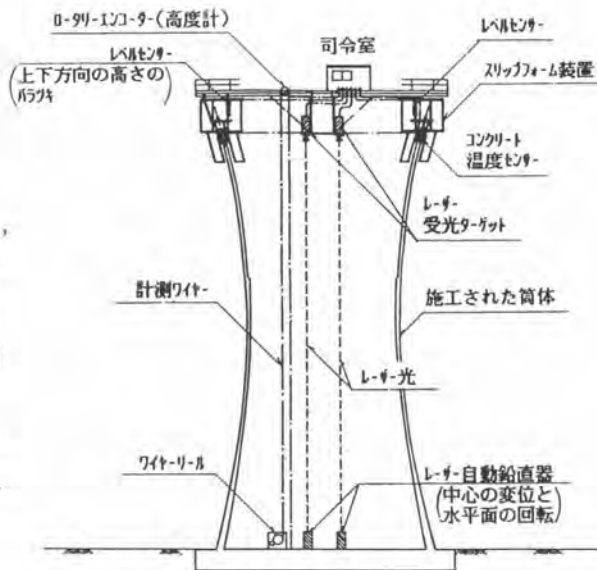


図3. 精度管理システムの概要図

データは、司令室に設置されている8ビットのパソコン(NEC PC8000)にオンラインで送られ、中心位置の変位量、スリップフォーム装置の回転量等の計算が行われ、その結果は、リアルタイムでCRT(画面)に表示される。そして、あらかじめ設定されている管理基準値と比較検討することにより、修正制御作業の要否が決定される。

3-4 精度制御システム

中心位置の変位の修正制御作業は、自動レベル管理システムを利用して行われる。

この自動レベル管理システムは、各ヨークに配置した水盛連通管のレベルセンサーと、司令室に設置



写真2. レベルセンサーと自動レベル管理装置 ととなる。

4. コンクリート若令強度管理システム

4-1 システムの概要

スリップフォーム工事中には、装置の自重や積載荷重は、ジャッキやロッドを介して、地上で支持されている為、型枠内部のコンクリート自重が自立できるだけのコンクリート強度が発現した時点で、装置の上昇ができる。この時の必要なコンクリート圧縮強度は、安全率を2、型枠内部のコンクリート高さを1.0 mとした時、 $F_c = 0.23 \times 2 = 0.46 \text{ kg/cm}^2$ 以上の強度が必要となる。この若令強度の確認にあたっては、従来は、型枠下端のコンクリートを指で押ししたり、鉄筋棒を上方より突きさしたりあるいは、テストピースでの圧縮強度試験による方法で行なっていた。しかしながら、システム



図5. 若令強度管理システムの構成

SLIP FORM ACCURACY CONTROL SYSTEM

DATE:85/12/12 TIME:15:48:42 NAME:1

ワイヤオフ

ワイヤ (H)	36.175 m
ワイヤ (X 1)	6 mm
ワイヤ (Y 1)	-9 mm
ワイヤ (X 2)	12 mm
ワイヤ (Y 2)	4 mm
ワイヤの長さ (A)	1.58 m
ワイヤの長さ (ML)	9 mm

インサートワイヤ

インサート (X)	-9 mm
インサート (Y)	-8 mm
インサートの長さ (B)	163° 3' 54"
ワイヤの長さ (A)	8° 6' 52"
ワイヤの長さ (A')	1.493 m
ワイヤの長さ (B')	1.503 m

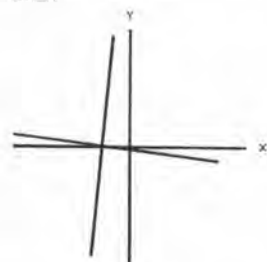


図4. 精度管理システムのCRTへの表示例

された自動レベル管理装置により構成されており、この自動レベル管理装置は、各ヨークに据付けられている上昇用ジャッキのソレノイドバルブとつながっており、任意のレベルで、ジャッキの作動を停止できる。従って、自動レベル管理装置のレベル値を変更することによって変位の修正制御ができることとなり、さらに全体のレベルを傾けたままでの上昇も可能であり、ピサの斜塔のような塔状構造物も簡単に施工できるこ

的な工事管理を行う上で、これらの方法は、いずれもいくつかの問題点をかかえているため、当システムにおいては、経過時間（T）と仮想養生温度（ $\theta^{\circ}\text{T}$ ）との積である積算養生温度（ $T^{\circ}\text{T}$ ）によって初期圧縮強度（若令強度）を推定する方法をとっている。

4-2 コンクリート温度の計測

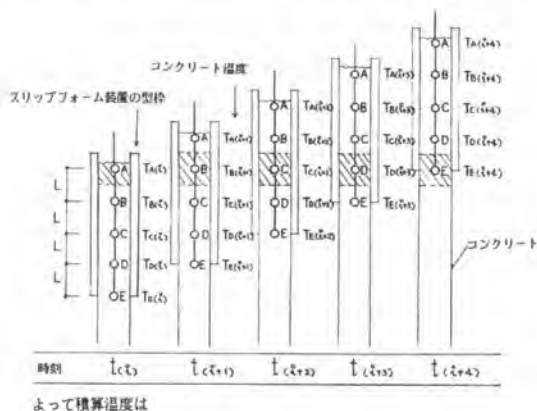
コンクリートの温度計測にあたっては、当社が独自に開発した、写真3に示すような熱電対方式による多点式温度センサー（10cmピッチで14ヶの温度センサーを取付けてある）をスリップフォーム装置のヨーク部に取付け、リアルタイムの温度計測を行っている。さらに、このコンクリート温度データは、司令室に設置された16ビットパソコン（NEC PC9800）にオンラインで入力され、各温度センサーのレベルでの積算養生温度が計算されるようになっている。



写真3. ヨークに取付けられた温度センサー

4-3 積算養生温度の算定

温度センサーの位置がスリップフォーム装置の上昇によって変化するため、ある高さにおけるコンクリートの積算養生温度は図7に示すような方法で算定される。そこで当システムでは、パソコンの内部



$$T \times \theta = \frac{T_{c(i)} + T_{c(i+1)}}{2} \times (t_{c(i+1)} - t_{c(i)}) + \frac{T_{c(i+1)} + T_{c(i+2)}}{2} \times (t_{c(i+2)} - t_{c(i+1)}) + \frac{T_{c(i+2)} + T_{c(i+3)}}{2} \times (t_{c(i+3)} - t_{c(i+2)}) + \frac{T_{c(i+3)} + T_{c(i+4)}}{2} \times (t_{c(i+4)} - t_{c(i+3)})$$

図6. 積算養生温度の算定方法

5. おわりに

ここに紹介した2つのシステムにおいては、パソコンを実際の現場内に持ちこんだが、今後はパソコン通信等により、常設機関と工事現場とをオンライン化し、工事管理部門のCRTに直接表示したり、あるいは、見積システムや実施予算管理システム等の他のシステムとリンクさせたりすることも重要な課題となってくると思われる。

時間機能と精度管理システムにおける高度計のデータとを使用し、自動計算させている。

4-4 コンクリート若令強度の推定

積算養生温度からコンクリート若令強度を推定する場合、コンクリートの種類によって推定値は異なる。そこで、工事毎に必ず試練りによる強度試験を行い、その試験結果をもとにして回帰分析手法等により、関係式を求め、この関係式をパソコンに入力することにより、推定値をCRT画面に表示している。

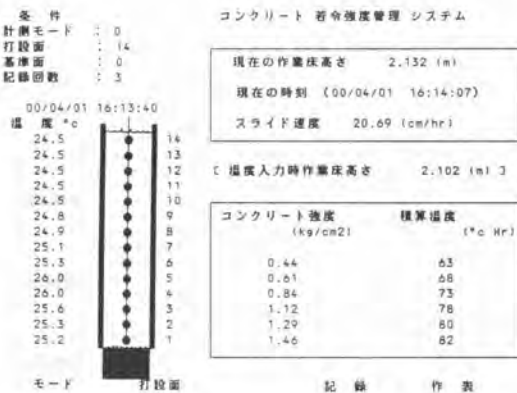


図7. 若令強度管理システムのCRTの表示例

24. 変断面スリップフォーム工法(TTS工法)における姿勢制御管理

(株)竹中工務店：*星野 春夫・鈴木 昭夫・萩原 忠治・仲西 康

1 まえがき

当社はスウェーデン、インターフォーム社より全面導入した塔状構造物の施工技術「変断面スリップフォーム工法」をもとにTTS工法(Takenaka Tapered Slipform method)を確立している。

今回、変断面矩形通信タワー施工にTTS工法を採用し、工期の短縮、高い矩体精度等の成果を上げることができた。本報告は、その工事概要を述べるとともに、施工管理に使用した姿勢制御管理用測定装置(以下姿勢測定装置と呼ぶ)の開発と工事への適用結果について述べたものである。

2 工事概要

通信タワー概要を表-1、工事概要を図-1に示す。通信タワー外形寸法は変化しないが、壁厚がGL+14.7m~GL+58.5mの間で70cmから30cmまで変化する変断面構造物である。通信タワーの高さ80.5mに対して、TTS工法は下部ステージより上の64mについて施工を行った。TTS装置の概要を図-2に示す。ヨーク数は12とし、それぞれのヨークに上昇ジャッキ(ストローク25mmに設定)を設置して平面的には図-1のように配置した。

TTS工法によるスリップ工事の工程を、計画工程と実施工程とを比較して表-2に示す。本工事は作業所全体工程のクリティカルパスとなっておりできるだけ短工期とする必要があった。作業は午前8時より午後6時(一部午後5時まで)までの昼間のみとし、計画工程は他のスリップフォーム工事の実績をもとに、上昇速度を1.8m/日と設定した。それに対して実施工程では、平均上昇速度2.37m/日、最大で3.2m/日が得られ、計画工程45日に対して10日

表-1 通信タワー概要

構造	R/C 造
高さ	GL+80.5m
外形寸法	5.5m X 5.5m (一定)
壁厚	70 cm (GL+0m - GL+14.7m)
	70 - 30 cm (GL+14.7m - GL+58.5m)
	30 cm (GL+58.5m - GL+80.5m)

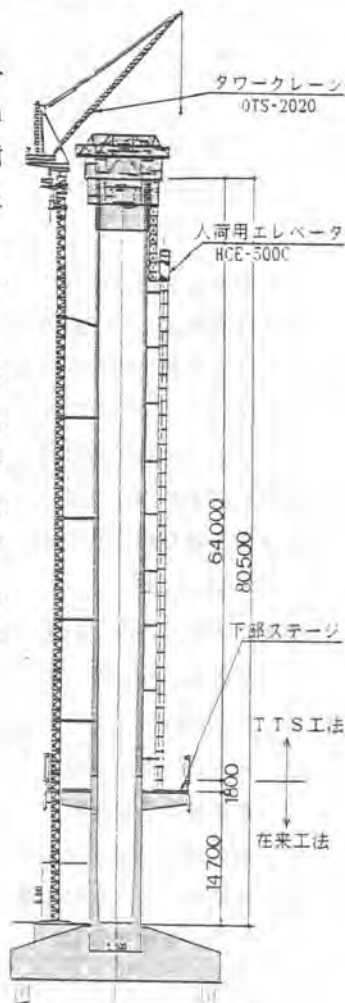
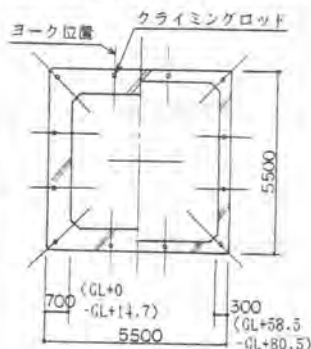


図-1 工事概要

間短縮し35日で終了することができた。工期短縮の要因としては次の4点が考えられる。

- ① コンクリート管理にパソコンを使用し、データを的確に施工ヘフィードバックした。
- ② 回転シュートによるコンクリート打設がスムーズであった。
- ③ 事前に装置の仮組みを行い問題点を改善したためトラブルを防止できた。
- ④ 施工精度が良好であり大きな修正操作を必要としなかった。

表-2 スリップ工程表

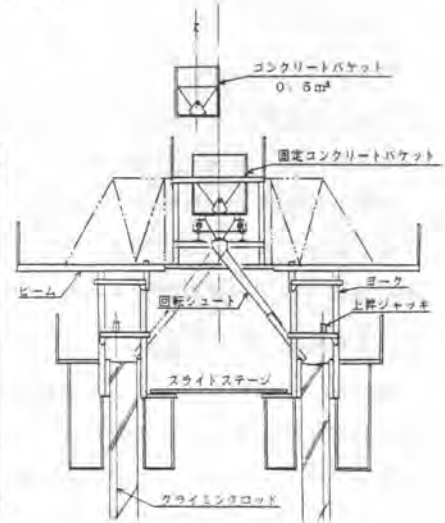
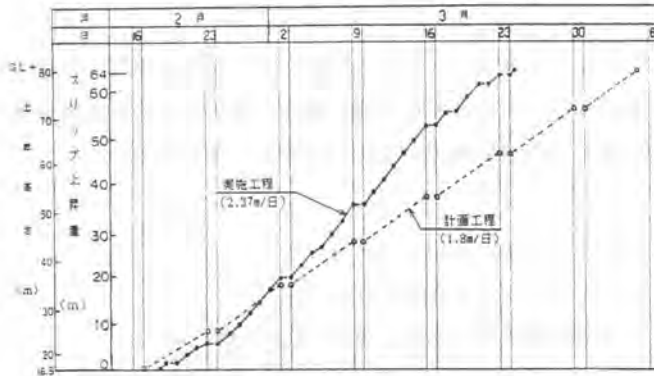


図-2 装置概要

3 姿勢測定装置の開発

装置の姿勢測定は2台の垂直レーザーと、装置上に装置芯に対して点对称に設置した2ヶ所のターゲットを使用して行った。従来は、オペレータが2ヶ所のターゲット上のレーザースポットのずれ量を目視して装置の水平変位および回転の有無を判断する方法であったが、今回測定を自動で行い表示記録する装置を開発して本工事に適用した。

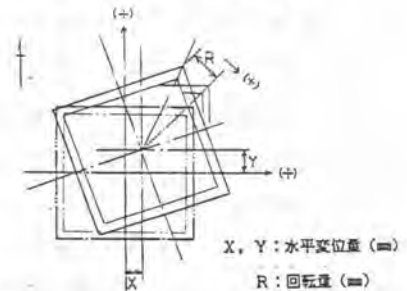
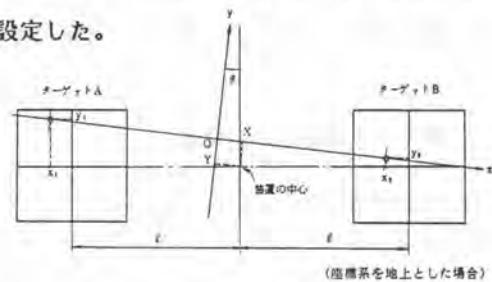


図-3 変位置、回転量の定義

3.1 開発目標

開発に当たり、測定装置の要求性能を次のように設定した。

- ① 変位置、回転量および高さ測定が行える。
- ② 測定精度は±2mm以内とする。
- ③ オペレータが直接見ることができ専任の測定要員を必要としない。
- ④ 測定操作を簡単なものとする。
- ⑤ 停電時、エラー発生時にデータ消滅等のトラブルを起こさない。
- ⑥ 安価でコンパクトなものとする。



$$X-Y \text{ 変位} \quad X = \frac{y_1 + y_2}{2} \sin \theta - \frac{x_1 + x_2}{2} \cos \theta$$

$$Y = \frac{y_1 + y_2}{2} \cos \theta - \frac{x_1 + x_2}{2} \sin \theta$$

$$\text{回転角度} \quad \theta = \tan^{-1} \frac{y_1 + y_2}{2} \frac{y_1 + y_2}{-x_1 + x_2}$$

図-4 レーザーターゲットの読みからの算出

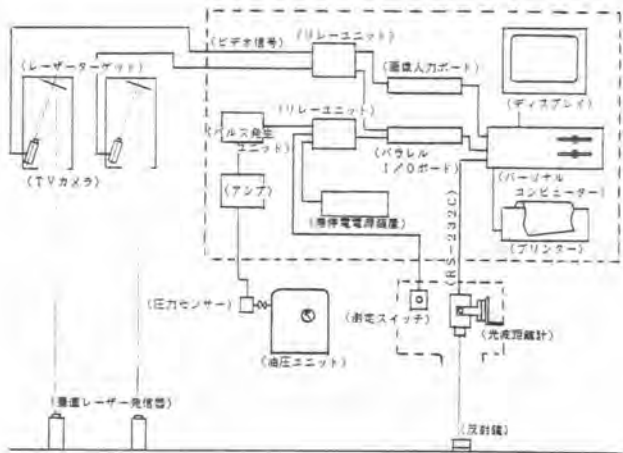


図-5 姿勢測定装置の構成

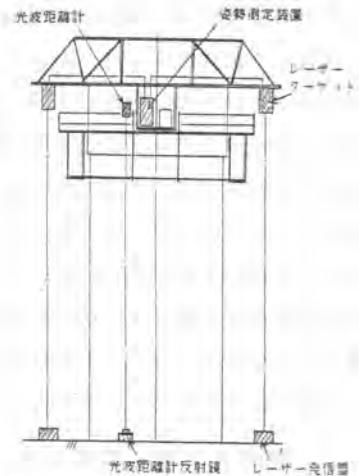


図-6 スリップフォーム工事への適用

3.2 姿勢測定装置の概要

図-3に変位置、回転量の定義を示す。回転量は軀体のコーナー部（中心より3.9m）の、回転方向へのずれ量とした。レーザーターゲットの読みから変位置、回転量への算出方法を図-4に示す。次に、姿勢測定装置の構成を図-5、仕様を表-3に示し、スリップフォーム工事への適用を図-6に示す。また、プログラムのフローチャートを図-7に示す。

変位置、回転量の測定はジャッキアップごとに自動的に行うが高さ測定は光波距離計の視準がずれて測定できなくなる可能性が有ることから、視準を確認した上でスイッチを押す方式とした。

測定画面の表示例を図-8に示す。測定値の数字表示とともに装置芯の変位の傾向を把握するため当日分と合わせて前日分のデータをカラーでアナログ表示させた。

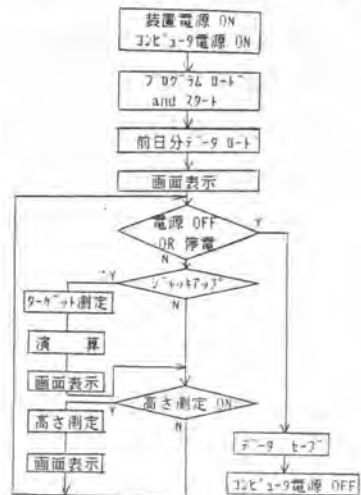


図-7 プログラムのフローチャート

4 姿勢制御管理結果

姿勢制御管理は姿勢測定結果をもとに各ジャッキのストロークを調整することで行った。TTS装置は柔軟な構造を有しており、調整操作に敏感に反応するという特徴

表-3 姿勢測定装置の仕様

測定項目	精度	備考
水平変位 X		
水平変位 Y	± 1 mm	ジャッキアップ毎に自動測定
回転		
高さ	± 2.5 mm	手動により測定開始

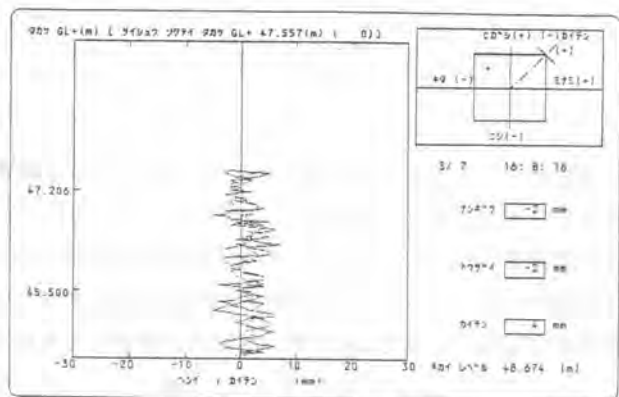


図-8 測定画面の表示例

があるため管理限界は特に設けず常に0を目指して調整操作を行った。

測定データの一部を例として図-9に示す。ジャッキアップごとの変位量の変動は比較的大きく、最大で5mm程度生じている。全データをヒストグラムとして図-10に示す。ほとんどの測定結果が変位量で3mm以内、回転量で2mm以内となっており精度の高い管理が行なえたことが分かる。

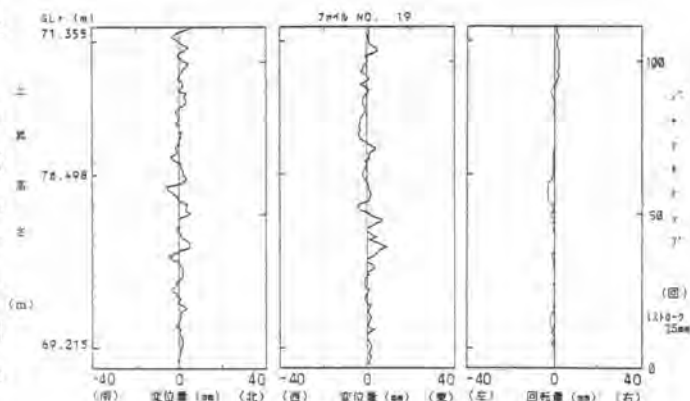


図-9 測定データ例

また、軀体芯の垂直精度は、型枠下端の位置で決まるのに対し、測定値は装置上部の変位量、回転量を表すもので、これは軀体芯の動きを事前に予測するものと考えられる。そこで軀体芯の垂直精度の傾向を把握するため、測定データを1mごとに平均した結果を図-11に示す。図-11では変位量で最大約4mm、回転量で最大約6mmとなっており、実際の軀体芯の精度はこれ以上のものが得られているものと考えられる。

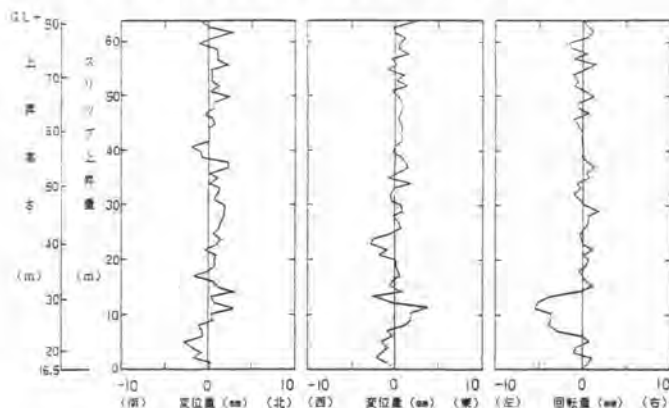


図-11 測定結果(1mごとの平均)

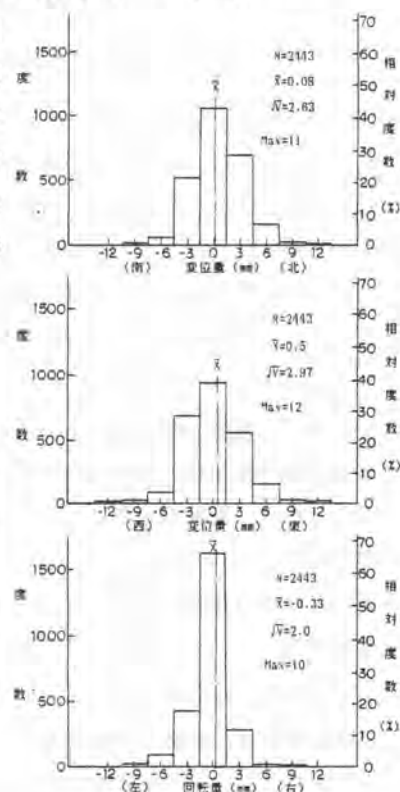


図-10 測定結果

5 あとがき

変断面矩形通信タワー工事におけるTTS工法に姿勢測定装置を開発して適用した結果、推定軀体芯精度が水平方向で4mm以内、回転については6mm以内(コーナー部の回転方向への移動量)と高い精度を得ることができた。姿勢制御管理が順調な結果、工事全体もスムーズに行われ10日間の工期短縮につながった。また過酷な環境の中でも大きなトラブルはなく測定可能であったこと等から姿勢測定装置は、開発当初の要求性能をほぼ満足し目的を達したものと考えられる。

共同研究者 渡辺健二 北沢 宏 木谷宗一 落合 実 井ノ口浩一
宮口正夫 森 俊雄 上浦直樹 山田弘道 東藤隆義

25. ダムコンクリート打設における タワークレーンの自動化

(株)間組：伊藤 信宏・*鹿山 公・長谷 幸一

1. まえがき

最近、コンピュータの利用技術の進歩には目覚ましいものがあり、建設業においても設計計算、事務処理等には広く利用されているが、施工面に目を向けると、機械の組合せが工事毎に変わることや使用環境等の制約もあり、施工システムとしてはあまり利用されていないのが現状である。

筆者らは、このような状況を踏まえ、エレクトロニクス技術をダム施工に適用した「ダムコンクリート施工自動化システム」の開発を進めており、本稿では東北電力新水ヶ瀬ダムにおける適用例を紹介するものである。

2. ダムの施工概要

新水ヶ瀬ダムは、東北電力の本道寺・新水ヶ瀬発電所計画の一環として建設中の重力式コンクリートダムである。ダムの諸元は、堤高34m、堤頂長372m、堤体積116,000m³であり、堤高に比較して堤頂長の大きいことが特徴である。

ダムコンクリートの打設は、走行式水平ジブクレーン(定格荷重6.0t、最大作業半径35m)と固定式ジブクレーン(定格荷重9.5t、最大作業半径75m)の2基を利用している。今回の自動化は、固定式ジブクレーンとトランスファーク方式の組合せで実施した。

3. 開発上の留意点

自動運転システムを現場で実用化していくためには、現場の作業フローにシステムの操作方法を適合させる必要があり、本システムでは特に下記の事項に留意して開発を行った。

a) クレーン操作以外の作業との組み合わせ

コンクリート打設作業のフローを図-1に示す。図中①、②の作業を円滑にするため、これらの作業の開始、終了等をコンピュータに認識可能な信号として検出し、クレーンの自動化システムに組み込む。

b) 状況確認と運転モード切換え

従来のクレーンの運転は、信号手とオペレータ間の音声による相互確認で行われて来たが、自動化した場合、運転中はコンピュータがクレーンを管理するためオペレータの直接的な管理下から制御が離れる。したがって、作業員とシステムの間は常にチェック可能な状態にしておく必要がある。

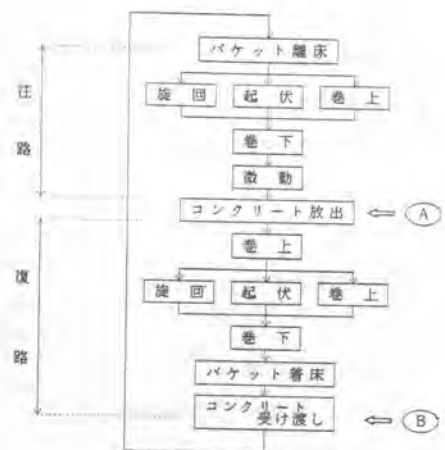


図-1 作業フロー

4. 2 自動運転の手順

自動運転モードにおけるクレーンの運転操作手順を以下に示す。

- ① 打設サイトで、作業状況に応じて移動目標点指示を行う。
- ② 入力された指示信号は各転送装置を経て、打設制御コンピュータに転送される。
- ③ 打設制御コンピュータは、この指示を受けて制御に必要なデータの呼び出しを行い、計算処理を実行

した後に処理結果を制御コンピュータに転送する。

- ④ データ転送完了と同時に、打設サイトの入力装置に対しては始動許可を知らせる。
- ⑤ 打設サイトにおいては作業員が作業進行状況を判断したうえでスタートボタンを押す。
- ⑥ 入力装置で入力されたスタート信号は、打設制御コンピュータで最終判断を行ない、制御コンピュータに駆動指示が出される。
- ⑦ 制御コンピュータは前記転送データを基に駆動管理を実施する。この駆動管理は回転検出器より出力された信号をリアルタイムで処理し、制御データと比較・演算することにより行なわれる。また、駆動状況は打設制御コンピュータに管理用データとして転送される。打設制御コンピュータは、運転状況の変化に応じて各制御部に指示信号を転送する。

5. システムの安全対策

自動運転システムを現場へ展開するためには、手動運転と同等以上の安全性の確保と利用者に対する信頼性の確保が重要であり、特に以下の事項を重点実施した。

a) 作業員とのコミュニケーション

打設サイトからの指示に対してコンピュータがどのように動作しているか、打設サイト入力装置への表示はもちろん、全作業員が確認出来る大型表示装置をクレーンの機上に設けている。

表-1 ブロック別機能表

ブロック	機 能	設 置 場 所
打 設 制 御 コ ン ピ ュ ー タ	<ul style="list-style-type: none"> ・入力されたコンクリート打設点に対するバケットルート計算（最速ルートの選定） ・制御データの計算 ・全体システムの管理 ・作業日程の作成、集計、出力 	クレーン 運転室
制 御 コ ン ピ ュ ー タ	<ul style="list-style-type: none"> ・回転検出器の信号処理 ・メインコンピュータの演算結果に基づくウインチの回転数制御 ・動力制御回路への速度指令出力 	クレーン 運転室
動 力 制 御 盤	<ul style="list-style-type: none"> ・制御コンピュータにより指定された速度に対する電流、電圧制御 ・各種リミットスイッチの監視 ・作業半径と旋回速度の相互制御 	クレーン機上
回 転 検 出 器	<ul style="list-style-type: none"> ・ウインチの回転数を検出するセンサ ・今回のシステムに対して巻=32mm、起伏=24mm、旋回=110mm（旋回半径75mの場合）の分解能を有する 	ウインチ室
表 示 装 置	<ul style="list-style-type: none"> ・自動運転中のコンクリートの打設点、配合の表示 	クレーン機上
デ ー タ 転 送 装 置	<ul style="list-style-type: none"> ・データの転送及びデータチェック 	打設サイト クレーン機上
入 力 装 置	<ul style="list-style-type: none"> ・作業の開始、終了指示 ・打設点、配合指示 ・コンクリートの放出指示 ・クレーンの微動 ・非常停止 	打設サイト



写真-1 自動運転状況

また、バケット移動の開始、コンクリート放出作業など、安全確認が必要な作業は、マン・マシン方式を採用し指示の照合を行ったうえで始動させている。

b) 指示信号の保全

指示信号、駆動データの転送ミスはシステムの安全性、信頼性を損い、事故につながるのでデータ転送のミス防止には十分な対策を講じている。

たとえば、起動時にはシステム自体の自己チェックを行った後に自動運転動作に入り、運転中の通信は従来の反転照合、パリティチェックの他に、用途に応じてサムチェック、アンサーバック方式を併用し、さらに一定時間連続して通信エラーが発生した場合、非常停止動作に自動的に移行するようにしている。

c) 非常停止操作

上記の手段により、安全性に対しては十分な配慮を施したが、無条件な停止動作（非常停止）は万が一に備えるために必要であり、本システムでは同時に、自動運転、手動運転、遠隔運転装置から並列に動作可能としている。

6. まとめ

本システムは、現在、実証テストを進めながら実用化を進めている状況であるが、システム導入によるメリットは、

- ① 自動化により機械と人間との接触作業が減り安全性が大きく向上した。
- ② 従来、オペレータの技量に左右されていた生産性が均一化された。
- ③ 省力化が推進された。

であると判断している。

最後に、本開発を進めるに当り御協力頂いた関係各位に対して厚くお礼を申し上げます。

参考文献

- ① 千田慎逸，鹿山公：ダムコンクリート施工自動化システム，土木施工，vol.27, №2 pp.77～84, 1986
- ② 長野匡純，鈴木隆三：ダムコンクリート施工自動化システム，ダム日本，№501, pp.39～54, 1986
- ③ 松沢泰男，伊藤信宏，鹿山公，長谷幸一：ダムコンクリート施工自動化システムの開発，建設の機械化，№437, pp.22～28, 1986



写真-2 運転状況表示画面



写真-3 指示入力装置

26. 長大な塔状コンクリート構造物解体 機械化(NOCC工法)

新日本製鉄(株)：猪野 完・山本 孝雄・堤 宏美・
(株)奥村組：古田 邦夫・大河 澄男・*古長 達廣

1. まえがき

最近のめざましい技術革新に伴い、戦後建設された様々な構造物(設備自体が老朽化したもの、および設備が旧体化し社会のニーズに適さなくなったもの)が解体されている。

塔状コンクリート構造物についても同様で、特に鉄筋コンクリート造の煙突についてはプラント設備のコンパクト化、あるいは“無煙化設備の建設”等により近年次々と解体されている。

今回、高さ70m近い煙突の解体について、技能者不足という社会的ニーズもあるが、危険を供う高所作業を無くし、低振動・低騒音で、ある程度の風雨あるいは夜間でも作業ができるより安全な無足場工法(機械化施工; NOCC工法)を確立し、併せて工期の短縮・省コストを図ったので以下報告する。

2. 機械化施工の背景

R C構造物の解体は、従来より油圧・空気圧・カッター・膨張剤・火薬等の破砕力が利用されてきている。

特に“煙突解体”のような塔状構造物について言えば、一般の建物の解体とはかなり条件が異なり周囲に空地がある場合と空地がない場合とでは解体工法が全く異なる。

周囲に十分な空地がある場合は脚部をVカットし、頂部をワイヤーで引っ張って倒壊させる工法がよく採用され、また、空地の制約がある場合、または、倒壊時の振動・騒音にも制約がある場合は煙突外周に煙突の高さと同じ足場を組み、上部からブレイカーや膨張剤等により解体する工法が採用されている例が多い。

今回施工した工事は新日本製鉄株式会社八幡製鐵所3号コークスA炉の煙突解体工事であり、(写真-1)に示すように、煙突の外周が非常に狭隘な場所で、しかも煙突に近接して振動をきらう設備が操業しており、工期的にも種々な条件から40日という短期間の制約があるという特異な条件の基に行う工事であった。

このため、施工能率の向上を第一に解決しなければならないという観点から「圧砕機」を用いて、上記条件を克服する工法の開発を迫られ、種々検討した結果、モニターテレビを使用した遠隔操作を利用し、所定の位置にクレーンをセットし円筒形の駆体を常に法線方向に圧砕機をセットできる旋回装置を取りつけるアイデアを採用し、詳細なシステムの構成に取りかかった。

試作機の完成後、種々テストを行ない動力系統、電気系統及び吊下げ時のバランス等改良を重ねて本工事に取りかかった。

(写真-1) 施工状況



3. NOCC工法

NOCC工法とは、圧砕装置（旋回装置にセットした油圧圧砕機）をクレーンで吊下げ、圧砕部をテレビカメラで撮像し、地上のモニターに映出された画像情報を基に、遠隔操作によって長大な塔状コンクリート構造物を無振動・無騒音で解体する工法である。

本工法は、解体する構造物の高さ、形状、周辺の空地等の条件により使用するクレーンと圧砕装置の能力及び機種を選定できる。ここでは、高さ70m級のRC煙突を対象として、本工法の概要及び主要仕様を（図-1）、（表-1）に示す。

本工法の構成は、（図-1）に示すように、メカニカルクレーン、油圧ユニット、集中制御管理システム及び主要部分である圧砕装置（油圧圧砕機）に大別される。

3-1 メカニカルクレーン

メカニカルクレーンの機種選定は、吊荷重、解体物の高さ、作業半径から決定されるが、施工時のフトコロの深さも重要な選定条件となる。本工事の場合、解体物の高さ70mに対し、作業半径を20mとすれば、127m吊メカニカルクレーン（ブーム長86m）のものを選定した。

クレーンの運転室には、テレビモニターを設置し、レシーバー型送受信器を介して集中制御管理室のオペレーターの指令でクレーン操作を行なった。

3-2 油圧ユニット

圧砕機を作動させるための油圧ユニットは、油圧ショベル1.0tクラスを使用した。油圧弁の開閉、エンジン出力の調整はエアー制御機器により集中制御管理室からの遠隔操作で行なった。

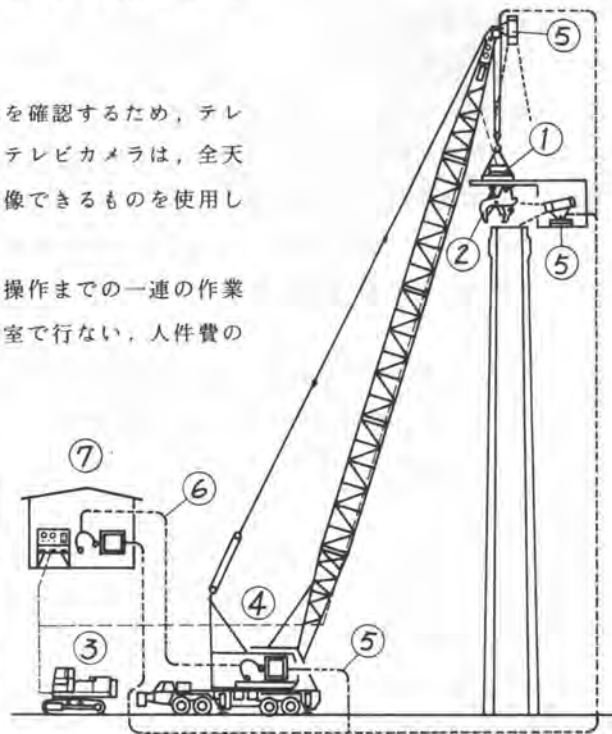
3-3 集中制御管理システム

圧砕装置のセット及び高所部の解体状況を確認するため、テレビカメラを2台使用した（図-1参照）。テレビカメラは、全天候型・カラーズーム式で、任意の角度を撮像できるものを使用した。

圧砕装置のセットから後述する屑処分の操作までの一連の作業を、モニター情報を基に全て集中制御管理室で行ない、人件費の削減に努めた。

（表-1）

名 称	仕 様
1 圧砕装置	旋回速度 1rpm 総重量4200kg
2 油圧圧砕機	ニブラ SRC-800W
3 油圧ユニット	圧力210kg/cm ² 吐出量210ℓ/分
4 メカニカルクレーン	127t吊 ブーム長86m
5 テレビカメラ, モニター	全天候型, カラー16inch
6 通信設備	レシーバー型送受信器
7 集中制御管理室	総合操作盤



（図-1）

3-4 圧砕装置

圧砕装置は(図-2)に示すように、上部旋回台、油圧圧砕機、鉄筋カッター、破砕屑落下防止バケット、レンガ先行破砕装置で構成されている。

圧砕装置の機構を圧砕機のセットから、屑処分に至る作業手順に従って以下説明する。

(1) 位置決め

圧砕機を常に煙突の法線方向にセットするために、上部旋回台の駆動装置により圧砕機を取付けた主軸を回転させる。主軸は、油圧作動油及び操作線が軸内を貫通するため、ロータリージョイントで接続した。

(2) 圧砕、鉄筋切断

圧砕機は、油圧圧砕機として市販されているものを種々テストし、ニブラ(油谷SRC-800W)を採用した。

RC煙突のため、圧砕時に鉄筋を切断する作業も必要のため、鉄筋カッター(縦筋・横筋)

を装備した。実作業において、この鉄筋カッターが圧砕機のセット及び作業効率の面で大きな役割を占めるものであった。

(3) 破砕屑の押込装置と落下防止バケット

本装備は、破砕屑を煙突外に落下させない目的で装備したもので、破砕屑押込装置は、コイルバネとゴムの弾性を利用し、破砕物が圧砕された瞬間に破砕屑を煙突内部に押込む働きをさせる。

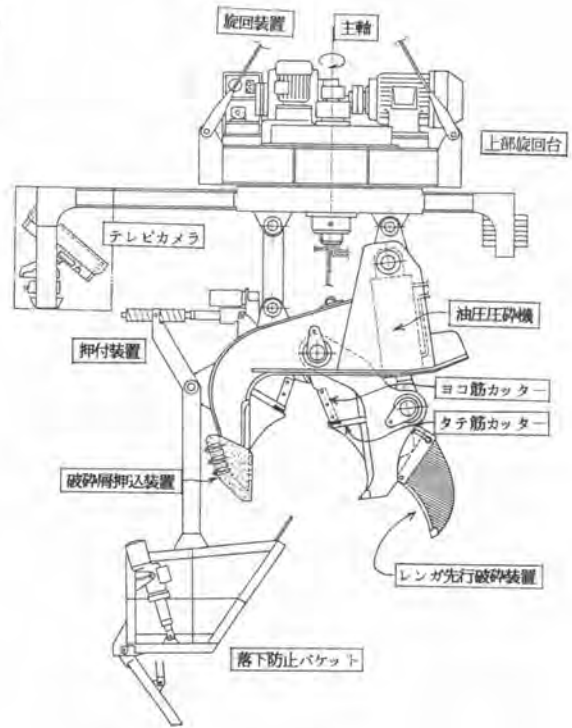
落下防止バケットは、煙突外部に落下する破砕屑を受け止めて煙突内に処分する働きをさせる。また、煙突外周曲面に密着できる型状(接触部にはゴム板を使用)とし、煙突とのスキマが全くない状態とし、圧砕機の動きに連動して常に落下防止バケットを煙突外面に押しつける働きをする押付装置を装備した。

(4) レンガ先行破砕装置

煙突内部に積みあげられた耐火煉瓦は、圧砕機のセットの障害となり、施工能率に大きな影響がある。このため、圧砕に先行してレンガを破砕する装置を装備した。

(5) その他

上部旋回台の方向を一定に保つため、タグラインを使用した。タグラインの鋼索は、トルクモーターを使用した巻取装置によって常に一定の張力を加えるようにした。



(図-2)

4. 施工実績

4-1 施工

被破碎物の形状、数量を(表-2)に示す。

解体開始時は軽微なトラブルが発生し、施工速度が伸びなかったが種々改善を行ない、オペレーターの熟練とあいまって次第に能率が向上し、機械搬入から片付けまでの作業を25日で行なうことができた。

また、落下防護工を構造的に剛性の大小別に実際に煙突下部に設置し、比較検証した。これにより、今後の落下防護工の計画に大いに役立てることができた。

4-2 工期

NOCC工法と従来工法(足場+人力斫り)を実作業日数で比較すると(表-3)の通りである。

雨日と休日を含めた総所要日数で比較すると、従来工法で約50日に対し、NOCC工法では32日と約35%の工期短縮が達成できた。

4-3 落下量

煙突外部に落下した屑の重量及び個数を毎日の作業終了時に測定した結果、煙突外に落下した破碎物は全体の2%に抑える事ができた。今後は、この2%の落下物の絶無を期すことにしたい。

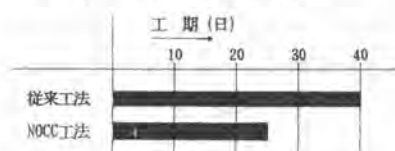
4-4 飛散範囲

破碎屑は(図-3)に示すように、煙突外面から最大6mの範囲内で飛散落下は納まった。但し、風速が大きい日は、親指大の屑が6mを超えるケースも見受けられた。

(表-2) 諸元

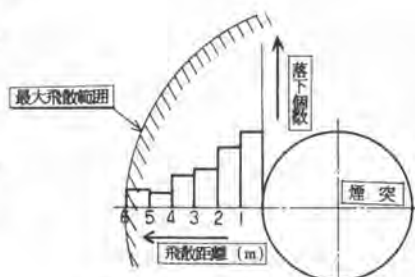
煙突高さ	7.0m	
頂部外径	3.6mφ	
基部外径	7.0mφ	
解体物	鉄筋コンクリート	260m ³
	煉瓦	280m ³
	計	540m ³

(表-3) 実作業日数



(表-4) 飛散物

	コンクリート	煉瓦	落下重量
煙突内	9.6%	100%	9.8%
煙突外	4%	0%	2%



(図-3) 飛散距離

5. あとがき

従来の塔状コンクリート構造物、特に煙突に関しては倒壊工法、足場工法で代表される2例が主として採用されているが、前者は転倒する方向に煙突の高さ以上の空地を必要とし、倒壊時に土砂・破碎片等が周囲に飛散し、同時に振動も発生する等、安全性・公害の面で問題を多く含んでいる。後者の工法は煙突と等しい高さの足場を必要とし、人力によるはづり作業(高所作業)となるため工期が長くなり安全面で好ましくない工法といえよう。

今回、今までにない工法(NOCC工法)で施工を行なった例を報告したが、なによりも高所作業の絶無という安全面、工期の短縮、省コスト、それに低振動・低騒音で工事が順調に終わったことによりNOCC工法の有為性が確立できたことがわかった。

今後は、飛散落下物(微細粉)の絶無、安価な圧砕機の吊上げ方法の開発等を課題として更にNOCC工法を進めていきたい。

27. 低公害型鉄筋コンクリート穿孔機械

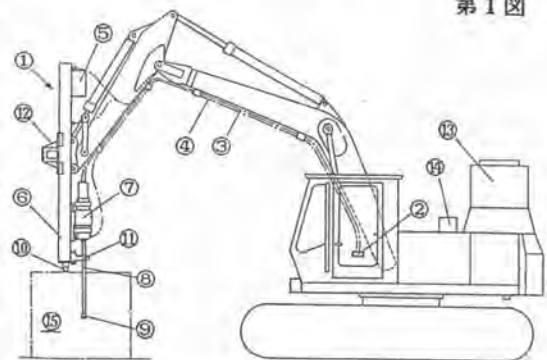
オカダアイオン(株)：*武田 守治・鈴木 祐次

1. 概 要

騒音や振動の公害問題に係る法的規制から、鉄筋コンクリート建造物の解体作業では、サイレントクラッシャー等の、圧砕による工法が採用されている。しかしながら、クラッシャーの開口幅や破砕力の関係から、基礎等の比較的大きな鉄筋コンクリートの塊は、圧砕することが困難であり、クサビを利用した割岩機、或は静的破砕剤が使用されていることは周知の通りである。割岩機や静的破砕剤を用いるための下穴は、手持ち式さく岩機で穿設され、鉄筋部分の穿孔ではビットが鉄筋に食い込んで、作業者はさく岩機を支えきれなくなる危険性を伴い、相当の熟練者でも穿孔不能な場合があり予定通りの穿孔は極めて困難であった。さらに、作業者は振動病に直面している状態で、騒音や振動の公害問題も解決されない。又、クローラードリルでも鉄筋穿孔を試みたが非常に困難であった。

今回開発したサイレントドリルは、油圧により駆動される低公害（低騒音・低振動・低粉塵）にて鉄筋コンクリート構造物の鉄筋とコンクリートを同時に切削する穿孔機械であって、油圧ショベルのアーム先端に、アタッチメントとして装着するとともに、その駆動油圧源を油圧ショベルの油圧系統に依存するように設計したものである。その開発目的は、運転席からのワンマン操作で、鉄筋とコンクリートを同時切削し、作業者の労働条件の改善及び騒音と振動に係る公害問題の改善にある。

第1図は、サイレントドリルを、油圧ショベルに装着した図であり、アームの先端のサイレントドリルは、ガイドシェル上に、回転部がスライド可能に取り付け、その回転部に接続されたロッド先端には、ビットを備えている。これらの機構はガイドシェルに取り付けた油圧シリンダで、直接フィードされるが、チェーン等を使用した倍送り機構を採用することで、サイレントドリル全長を短くする事が出来、有効穿孔長が長い場合に有利



第1図

各部の名称 ①サイレントドリル本体、②電子コントローラ、③信号・動力用線、④油圧及びブロー用配管、⑤油圧制御機器、⑥ガイドシェル、⑦回転部、⑧ロッド、⑨ビット、⑩フートバット、⑪ロッドホルダ、⑫ブラケット、⑬ウオータタンク、⑭ウオータポンプ、⑮被穿孔物

である。又、回転や送りを制御する油圧制御機器は、ガイドシェル後部に搭載されている為、油圧ショベルに新設される駆動用油圧配管は、往復回路の2本で良い。即ち、破砕機を使用するための配管が、既に油圧ショベルに備えてあれば、その配管がそのまま利用できる。

表1

2. 特 徴

- 2-1 油圧ショベルの運転席から、ワンマン操作が出来て、穿孔機を直接手で触れる事が無く、作業者の労働条件を著しく改善出来る。
- 2-2 鉄筋とコンクリートを同時に穿孔を行うために、センサーにより鉄筋切削状況を検出し、穿孔条件を自動的に設定制御する。
- 2-3 穿孔時には打撃を使用しておらず、回転のみの切削穿孔であるため、騒音や振動が極めて少なく、静かな穿孔が出来て、振動や騒音公害に有利である。
- 2-4 あらゆるメーカーの油圧ショベルに装着する事が可能であり、油圧ショベルのアーム先端及びバケットリンクの2本のピンで取り付けが可能である。
- 2-5 ウェット穿孔用のウオータータンクを、油圧ショベルに搭載しているために、機動性が良好であり、粉塵の発生と切削騒音を防止している。
- 2-6 鉄筋コンクリート構造物解体だけでなく、浅い水中や人が近づくにくい高温等の場所での穿孔さらに銑鉄や鑄鉄等の鉄塊や石灰石への穿孔も可能である。

3. 概略仕様

表 2

機 種	穿孔径	穿孔長	全長	重量
SD40E	φ40～48	1000mm	2860mm	450Kg
SD50E	φ40～60	1500mm	3290mm	600Kg

適合油圧ショベルは、SD40Eで60ℓ/min、SD50Eで80ℓ/minの流量を満足させる事が必要である。（この仕様は、断りなく変更する事があります）

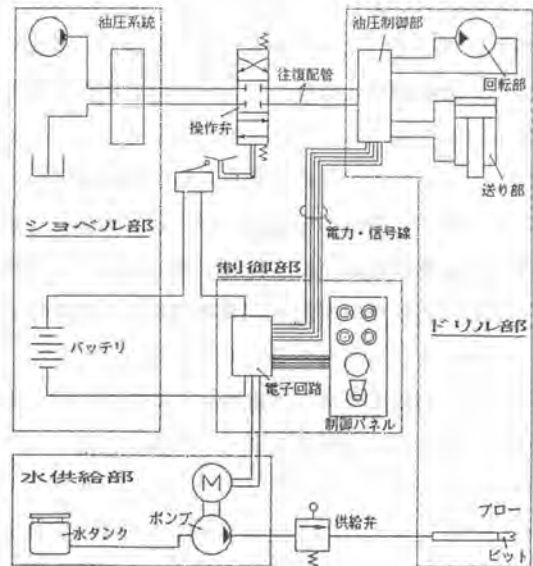
4. 制御方法

この様な機構により、鉄筋とコンクリートを同時切削する場合に、ビット形状とそのビット形状に合致した、回転数とフィード量を選択する必要があり、基本的には、鉄筋の切削速度とコンクリートの切削速度の差を、その状況に応じて制御しなければならない。それには、制御油圧機器の油圧的な変化を、センサーによって電気的变化に変換し、電子コントローラーに入力した結果において、電子コントローラーから油圧制御機器に制御信号としてフィードバックされ適正な切削条件を選択する。この手段については、アナログ制御、或はデジタル制御等の方法があり、アナログ制御ではサーボや比例電磁式の油圧機器が使用される。デジタル制御を行う油圧機器は、まだ数少ない状況であるが、油圧機器を制御する方法として、パルス幅またはパルス数があって、4ビットコード等に直接対応させて制御する方法も考えられる。4ビットコード（BCDコード）に対応させる基礎的な方法としては、例えば流量制御を行う場合、四つのビットに対応させた流量制御弁を設け、各ビットに対応する流量制御弁の設定流量を、1：2：4：8の割合で設定する事で16進コードに対応し、流量は16段階に制御される。これはごく一般的なデジタル技術であり、その他の方法としては、ステッピングモーター等を使用して、バルブスプールを移動し、差動トランス等で位置を検出制御するなどの方法があり、いずれもフィードバックループを有するメカトロ技術を使用する事が必要である。

5. 回路構成

第2図は、油圧及び電気系統等を示すの基本的な回路であって、図の様に、シヨベル部・ドリル部・制御部・水供給部に大別される。シヨベルから供給される油圧は、操作弁を介してドリル部の油圧制御部に入力され、この油圧制御部の出力側は、回転部及び送り部が接続されている。回転部や送り部は、制御部から油圧制御部に、接続された電力・信号線でフィードバックされる電気的な制御信号で油圧的に制御が行われる。制御部とは電子コントローラーであり、その電源はシヨベルのバッテリーから供給する。制御部の前面パネルには送り速度を選択する手動スイッチが設けてあり穿孔開始の座繰り時に使用されるものである。

第2図



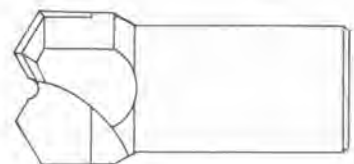
6. 操作状況

実際に穿孔作業を行う際には、油圧シヨベルを操作する事によって、被穿孔物にサイレントドリルを案内し、油圧シヨベルのジャッキアップにより、フートパットを被穿孔物に安定固定させる。次いで、運転席内の操作ペダルを踏み、油圧シヨベルよりサイレントドリルへ油圧を供給すると、ビットは回転しながら被穿孔物に向かって前進するが、穿孔開始時にはビットの安定性がなく、ビットが逃げた場合には、油圧シヨベルで押さえているガイドシェルが移動し、ビットが横滑りする際に異常な力が作用して致命的な損傷を生じる場合がある。このため、前記スイッチを手動にして座繰りを行い、ビットが安定した時点でスイッチを手動から自動に切り換えると、鉄筋コンクリートに対応する穿孔状態になり、電子コントローラーパネルの青色LEDが点灯して、通常の穿孔状態を表示する。コンクリート穿孔中に鉄筋を切削した場合は、センサーが油圧制御部の油圧変化を検出し、電気信号として電子コントローラーに入力され、前述の様に穿孔条件の制御が自動的に行われる。この時にはパネル面の鉄筋切削を示す赤色LEDが点滅して作業者に鉄筋切削中であることを表示し、鉄筋切削の終了時点では、前記の制御プロセスにより、通常穿孔に自動的に復帰して、青色のLEDが再び点灯する。水制御部にあっては、ウォータータンク内の水を電動ポンプにより、ロッドを介してビットの先端から噴射させる。これは、切削中の切削粉を穿孔より飛散させずに排出し、切削音を低減させる事とビットの冷却を目的としており、さらに油圧シヨベルの機動性を有利にしている。

6. 刃先工具（ビット）

鉄筋とコンクリートの同時切削の成功には、ビット形状や材質等を無視する事は出来ない。鉄筋コンクリートの切削を目的として開発したビット形状は、第3図に示す様に、断面W型形状をなしており、カッティングポイントを側面に備えている回転切削型ビットであって、その先端には超硬合金を使用している。

第3図



7. 被穿孔物

一般的にあって、ビットの摩耗は SiO_2 （シリカ）の含有量に関係しており、鉄筋コンクリートの切削においても同様である。したがって、 SiO_2 含有量の多いコンクリートでは、穿孔時におけるチップ摩耗が早くなり、ビットの研磨回数が増加する結果となる。実作業にあっては前述の様に、鉄筋とコンクリートの切削速度の差から、切削する鉄筋の太さ及びその数が、単位当りの穿孔時間を決定し、コンクリートに含まれる粗骨材の含有が、単位穿孔長当りにおけるビットの摩耗量を決定する。このため、前記の要素が1日の総穿孔長を決定する大きな要因となり、ビットの研磨時期や寿命を予測する事が困難になる。岩切削であっても同様の結果であり、岩穿孔の場合は岩の種類によってビットの摩耗状態が異なり、実質的に穿孔可能な領域が限定される結果である。

この事から、石灰石の穿孔実験を行ったところ、一般的な鉄筋コンクリートと比較して、ビットの摩耗は殆ど確認する事が出来ず、この場合の穿孔速度としては、ビットゲージφ40において、毎分1m程度であり、問題なく穿孔する事が出来た。さらに、コンクリート内の鉄筋が切削出来るという実績から、ショベルのカウンターウエイトを破砕する目的の穿孔実験を、スクラップの業界から依頼され、φ40のビットゲージで鑄鉄への穿孔実験を行った結果、その穿孔速度は毎分10cm程度であり、一般的な工作機械に劣らない穿孔速度を得ることが出来て、ビットの摩耗も石灰石同様に殆ど確認する事が出来ない。スクラップのリサイクルという考え方は、鉄鋼関係のノロ処理等にもあって異物が含まれる鑄鉄への穿孔も試みたが、その状況は鑄鉄と同様な結果であって、穿孔速度やビットの摩耗も大差がない。この場合、鑄鉄や鉄鉄の切削専用機にするならば、現W型断面のビット形状をV型のビット断面形状に変更する事が必要である。

この結果において、コンクリートに鉄骨が含まれている場合、鉄骨への穿孔角度にもよるが、鉄骨に対して直角に穿孔するならば、鉄骨を含むコンクリートを、問題なく穿孔する事が出来ると予測される。これは、ビットゲージに対して鉄筋が細いため、コンクリート内のビットが、鉄筋を切削する条件は一定でなく、多くの穿孔状態が予測されるが、コンクリートに内装される鉄骨を穿孔する場合は、鑄鉄や鉄鉄の穿孔と同様な状態になるために、むしろ鉄筋切削時よりも安定した穿孔状態が得られると考えるからである。鉄筋コンクリートの穿孔速度やビットの摩耗は、鉄筋の量や粗骨材で決定され一概に平均する事は非常に困難である事を前に述べたが、工事実績から実作業における平均穿孔速度を予測すると毎分25cm程度であり、ビットの研磨は6~7m毎程度であろう。

尚、サイレントドリルの工事実績では、次の様な一連の施工システムを採用したので紹介する。

- ① 鉄筋コンクリートの穿孔 サイレントドリル ビット径 φ40・φ44・φ46・φ48
- ② 穿孔へのクラック発生 静的破砕剤・クサビ式割岩機・拡張式割岩機・特殊火薬
- ③ 鉄筋コンクリートの小割 サイレントクラッシャー
- ④ コンクリートガラ処理 PCP（リサイクル）現場の仮設材に使用・トラックによる搬出

以上の事から、サイレントドリルは、油圧ショベルに装着して用いられ、さく岩機における打撃を無くし、回転のみで鉄筋コンクリートを、切削状況に応じて自動制御を行いながら、切削する機構であるために、作業者は、油圧ショベルの運転席から操作する事が出来、開発目的である作業者の労働条件の改善が達成され、騒音及び振動を低減し、粉塵を飛散防止という目的も達成する事が出来た。

28. 捨石ならし機による海中捨石工法

(株)小松製作所：吉田 正和・*村本 英一

1. まえがき

小松製作所は、これまでに水中ブルドーザ、海底調査潜水機などの水中機械の開発を行ってきたがこのたび大型海洋工事において、永年懸案であったケーソン等の基礎マウンド造りにおける捨石ならし作業のロボット化に成功し、この度、量産1号機が完成し、五洋建設㈱に納入した。

この水中捨石ならし機は、8脚歩行式で、これまで潜水夫が潜って行っていた海中作業を全て海上から遠隔操縦で行なうもので、30mの水深でも作業することができる画期的なロボットである。ここでは、本機のシステム構成と本機を使用した捨石ならし作業工法について紹介する。

2. システム構成 (図-1参照)

水中捨石ならし機全体システムは、海底で作業するならし機本体と海上の支援装置

およびこれらを結び本の給電ケーブルから構成される。海上支援台船上には、電力を供給する発電機、電力を各機器に配電する受電盤、本体を運転操作する操作車、給電ケーブルを巻取、繰出すケーブルウインチ、フロートタンクに空気を供給するエアコンプレッサなどの支援

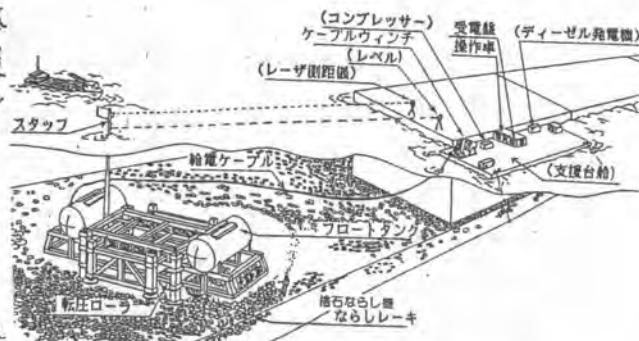


図-1 捨石ならし機海中作業図

装置が搭載される。これら支援装置は、現場条件に応じて既設ケーソンあるいは陸上に設置することも可能である。

3. 特長

- 1) 有線遠隔指令で自動歩行、自動姿勢制御、有線遠隔操縦で一連のならし作業など全ての一連の動きをコントロールしている。
- 2) 人による作業がむずかしいとされている大水深での広域ならしを短期にできる。
- 3) 時間当たりのならし面積が大きく、費用の軽減がはかれる。
- 4) 仕上げ面が均一で高い精度がえられる。
- 5) 仕上げ面の計測記録装置をもうけているため、正確な位置、深土の連続記録を残します。
- 6) 本体にフロートタンクを装備しており、自力で沈没・浮上が可能であり、現場内での移動や回航ができる。



写真-1

4. 性能と仕様

4-1) 性能

- 1) 最大作業水深 30 m
- 2) ならし精度 ±5 cm
- 3) 作業能力 40 m³/h
 捨石の大きさ 30~100 mm/個
 捨石捨込凹凸高さ ±50 cm
- 4) 使用時間 水中連続

4-2) 仕様

本体	水中重量	25.2 ton
	水中重量	62.8 ton
	全長	17 m
	全幅	10 m
	全高	6.2 m ※
	前後ストローク	2.0 m
	スライドストローク	1.25 m
	歩行速度	25 m/h
	ならしストローク	10 m
	最大ならし深度	10 m/10
	最大ならし力	20 ton
	レーキ幅 × ピッチ	5.0 m × 0.24 m
	ローラ幅 × 外径	4.0 m × 1.0 m
	最大牽引力	20 ton
	水平制御精度	ならし時 ± 0.14 度以内 歩行時 ± 1.8 度以内
	主電動機	形式 油浸形中電動機 出力 55 kw

操作項目	操作方式	
	有線遠隔操縦	無線遠隔操縦
	自動歩行	自動歩行制御
	自動レベル調整	自動レベル調整
	レーキ・ローラ操作	レーキ・ローラ操作
ケーブル	形式	電動油圧制御
ワイナ	容量	500kg × 12m / 10
制御	構造	クロロアレン
ケーブル	適合ケーブル	適合ケーブル
	外径 × 長さ	φ 42 mm × 200m
受電機	電圧	3 φ × 440V 150kVA

※スタンプ高さ除く
表一

5. 各機器の仕様・構造

1) ならし機本体 (写真1図-2参照)

本体は、本体脚フレームと移動脚フレームで構成され、油圧シリンダで駆動されるスライド装置により、前後左右スライド可能な構造となっている。各フレームは油圧シリンダで上下に伸縮する4本ずつの脚を有し、交互に着地させて自重を移し、交互にスライドして尺取虫のように前後左右に歩行移動する。(図-3参照)

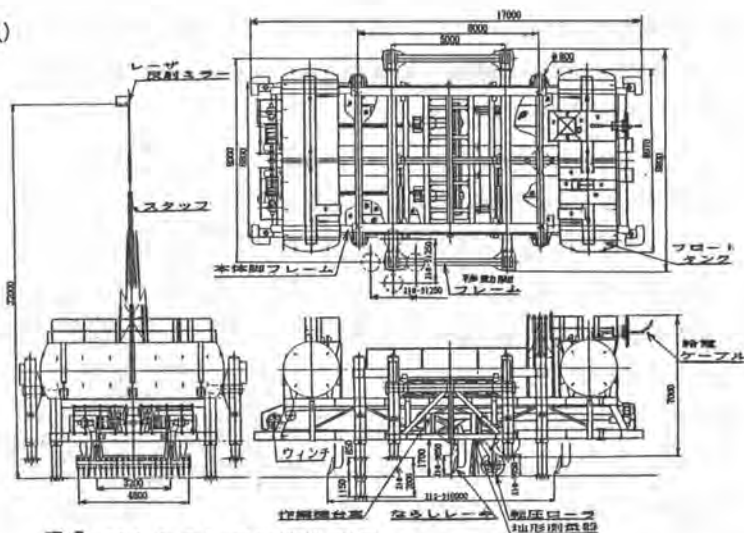


図-2 捨石ならし機 本体外形図

2本のスライドシリンダの片側を動作させて、旋回が可能である。

本体脚フレーム内部には、作業機台車が搭載され、この台車にレーキ・ローラが昇降可能に取り付けられている。

作業機台車は本体メインフレームをガイドレールとして前後に水平送りされる。駆動は油圧モータ式のけん引ワイナで、ワイヤロープを巻取る方法で行なわれる。

台車下面には超音波地形測量器を取付けてあり、台車を走行させると、捨石面高さを計測できる。(図-4参照)

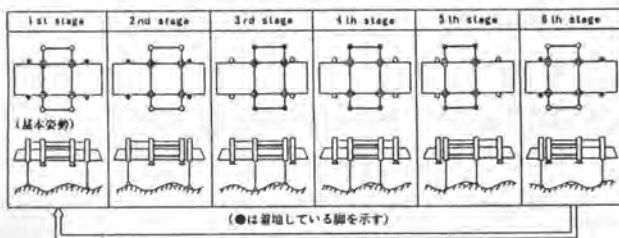


図-3 歩行動作図

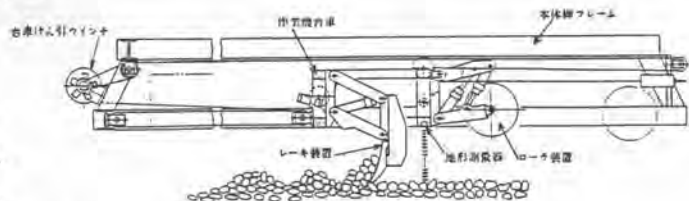


図-4 作業機台車構造図

本体の前後部のフロートタンクに、エアコンプレッサから、エアホースを通して給気することによって、本体を自力で浮上させることができる。

海面まで突出したスタッフ先端には、レーザ測距用のレーザ反射ミラー、レベル計測用の高さ目盛。本体の方位計測用のインジケータが取り付けられている。

本体の駆動は、電動油圧駆動方式であり、各動作の油圧、流量はコンピュータと電磁比例制御弁によって最適な値に制御され、スムーズな作動と動力の低減をはかっている。(図-5参照)

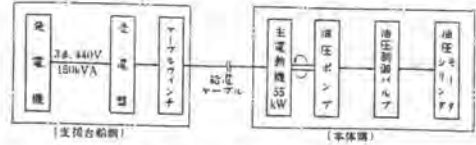


図-5 動力系統図

2) 操作車

ならし機本体を遠隔操縦する操作車と本体の制御装置は給電ケーブルを通してデジタル多重伝送方式により操作。表示のための信号をやりとりする。車には姿勢および作動状況を表示する表示パネル。レーキとローラの作業軌跡と地形測量結果を表示するXYレコーダ、本体の運転を行うための操作パネルが装着されている。(図-6参照)

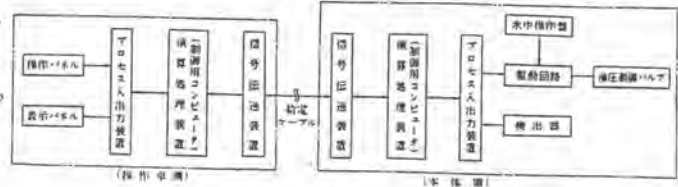


図-6 制御系統図

・操作パネル操作項目

- ①自動歩行 ②手動歩行 ③作業機 ④入切・非常停止

・表示パネル表示項目

- ①歩行モニター ②作業機モニター ③OKモニター ④警報モニター

・XYレコーダ表示項目

- ①ならしレーキ先端上下軌跡 ②転圧ローラ下面上下軌跡 ③地形測量結果(断面地形)

3) ケーブルウインチ

巻胴、操作盤、油圧ユニット、ヒールコンペンセータで構成される単胴形電動油圧駆動ウインチである。ヒールコンペンセータはアーム、バネ、ガイドシープで構成され、船の揺れなどを吸収して、給電ケーブルに過大張力の発生するのを防止する。巻胴軸両端にはスリッパリングを用いており、巻取り繰出し中にも送電ができるようにしている。

4) 発電機

発電機から三相440Vの電力を受け、電圧調整を行って、本体、操作車、ケーブルウインチの各機器へ配電する。各機器で漏電または過負荷が発生した時、安全保護用の自動緊急遮断装置付きである。

6. 捨石ならし作業工法

捨石ならし作業は次の作業手順で行なう。(図-7参照)

1) 本体沈設

本体を海面に浮かせて、タグボートで作業現場まで曳航し、フロートタンクの排気バルブを開放して、捨石マウンド上に沈設、着地させる。支援台船に搭載して移動した時は、クレーン船で本体を吊って海面に降ろし、沈設する。



図-7 作業手順

2) 歩行移動

スタッフを視準して本体位置と方位を求め、歩行移動させ、ならし地点まで本体を誘導する。歩行は進行方向と歩行数を操作卓スイッチで設定することによって、 $\pm 1^\circ$ 以内の水平姿勢を保持しながら、コンピュータ制御で自動歩行する。本体の方位がずれた場合も、自動操作で1度ずつ旋回する。

3) レベル調整

海面上に突出したスタッフを、レベルで視準して本体の水深を求め、ならし高さが施工計画画面と一致するように、着地脚を伸縮して本体のレベル(水深)を調整する。レベル調整は自動化されており、卓から調整量をデジタル指令することによって、水平を保持したまま自動レベル調整される。

4) 精密水平

ならし作業に先立って本体を精密水平($\pm 0.14^\circ$ 以内)に自動調整する。調整により傾斜ならしもできる。

5) ならし前地形計測

レーキ、ローラを上げたまま、台車を走行させ地形測量器で地形を計測し、XYレコーダに記録する。

6) レーキならし (図-8.9 参照)

レーキを作業高さまで下げ、ならし力20tで水平送りして計画より高い捨石の山を押してならす。石が少い時は上から順次スライスカットするようにして、数回に分けてならす。

7) ローラ転圧 (図-8.9 参照)

レーキならし後、転圧力20tのローラで計画より上に突出している石を押え、均一に仕上げる。

8) ならし後地形計測 (図-10 参照)

ならし完了後の捨石面地形を前述5)と同じ方法で計測記録する。このデータにスタッフから読み取った本体水深値を加算して、仕上りの検測データが得られる。波浪や潮流などの影響を受けずに、断面地形を得られるので、船を使った検測方法に比べ、短時間に高密度・高精度のデータが得られる。

9) 浮上・回収・運搬

所定の区域のならし作業が完了したら、フロートタンクにエアホースを接続して、エアコンプレッサから空気を供給し、本体を浮上させる。浮上後、給電ケーブルを本体側で切離してケーブルウインチに巻取る。本体は支援台船上に回収または海上を曳航移動する。

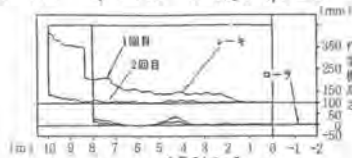


図-8 レーキ、ローラ作業記録

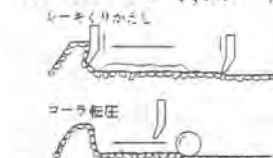


図-9 レーキならしとローラ転圧

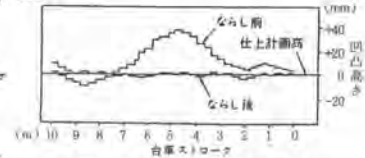


図-10 超音波地形測量記録

7. あとがき

本機は、試作機の陸上ならし実験、その後五洋建設㈱の協力を得て各地で海中実験を実施した。この結果、延べ作業日数145日という短期間で22700 m^2 のならし作業を完了し、仕上りも $\pm 5cm$ 以内という精度で、施工精度・作業量とも当初計画どりの性能であり、操作性・信頼性も良く、量産化に致ったが、今後も改良を重ねていくとともに、本機の技術を生かして、今後さらに海洋土木工事のロボット化を推進すべく、開発を継続する所存である。最後に本機の開発にあたり、ご指導・ご協力いただいた関係各位の方々に深く謝意を表します。

29. クリーンルーム検査ロボットの開発

(株)大林組：竹本 靖・汐川 孝・
*西岡 利晃

1. はじめに

高い品質を要求されるクリーンルームでは、施工に際し各種の性能検査が不可欠であり、日常の運転管理においても頻繁な環境測定が必要である。ところが、これらの作業は多くの時間と人手を要し、自動化が求められている。本文では、これらの作業を人手に代って遂行するロボットの開発に関して述べる。

2. クリーンルームの検査・測定と自動化

2.1 クリーンルームの検査・測定

完成時の性能検査に関しては、垂直層流方式を主な対象として細かい規定があたえられている。¹⁾これには、浮遊微粒子（塵埃）を計測する清浄度測定の他に、リークテストや気流のテスト等が含まれている。クラス100あるいはそれ以上の清浄度を要求される垂直層流方式では、完成時の（従って無負荷）単なる清浄度測定の結果からでは、そのような高い性能を実現しているか否かを判定するのが困難だからである。

日常の清浄度管理は、清浄度を実現する上でハードの設備の性能と同程度に重要なファクターである。²⁾多くの費用と人手をかけて、日夜環境のモニタリングが行われている。

2.2 検査・測定の自動化

システム天井を構成するHEPAフィルターやその支持枠からの、汚染空気の漏れの有無を判定するリークテストは、写真1に示すように、非常に無理な姿勢を強いる苦渋作業であり、自動化の要求が強い。フィルター単体のリークテスト用の自動測定装置は、フィルターメーカーにより開発され、工場検査用に用いられている。

システム天井用のものとしては、フィルター支持枠に、装置を釣り下げるタイプのものが開発されている。フィルター1枚ごとに人手により盛り替えが必要であることと、釣り下げに不向きなシステム天井に使用できないことから普及がはかばかしくないようである。

日常の環境測定（モニタリング）も、人手に代えて機械により自動化すれば、最大の発塵源である人間を減らすことができる。これは、今後のクリーンルームのFA化にも応えるものである。モニタリングの自動化としては、無人移動装置による移動測定の他に、多数の固定した測定位置のデータを遠隔地で集中監視する多点遠隔集中測定が考えられる。クリーンルームでは、データに細かい密度での分布が必要であり、多数の測定点がある。清浄度では、計器が高価なこともあって、人手による移動測定がもっぱらであった。最近は、費用もそれほどかさまない多点遠隔集中装置も市販されている。³⁾

これは、連続測定ができる利点はあるが、測定点が固定されること、多点といっても限りがあることなどから移動測定に代るまでには至



写真1 人手によるリークテスト

っていない。移動測定に関しても、軌道方式では本来の作業に支障があり好ましくない。

無軌道移動車によれば、環境測定だけではなく、リークテストもこなすことができる。無人搬送車にパーティクルカウンターを搭載したものが開発されているが、* 環境測定だけの単機能のためかそれほど使われていないようである。

検査の自動化によるメリットとしては以下のものがあげられる。

- ① 省力化（苦渋作業の削減）
- ② 発塵量の低減
- ③ 測定精度の向上

3. 自走型クリーンルーム検査ロボット

3.1 ロボットの作業機能

クリーンルームの検査測定作業の分析から（表1）、作業機能は以下の2つに整理できる。*

- ① リークテストのように室を平面的に全面走査する。
- ② 室内の幾つかの点でサンプリングを行う。

以上の2つの機能を満たすためには以下の機構があればよい。

- ① センサーをある範囲で走査する機構
- ② 任意の位置に移動する機構

更にクリーンルームでの使用という条件に従い、以下に示すような清浄化対策を採用する。

- ① 発塵量を少なくするためリモート操作

② 発塵量の少ない材料、機構

③ 発塵量を人間の約1/10に低減する。

3.2 ロボットの概要

開発したロボットの概要を写真2、3と図1に示す。プローブ（センサー）走査機構と測定器（パーティクルカウンター）を自走台車に搭載するもので、プローブ走査機構、自走台車とも2つのタイプを開発した。

表1 調査実験項目

調査対象	調査・実験項目
適用対象	クリーンルーム構造、形式、規模 HEPAフィルター構造、形式、サイズ
測定作業	リークテストの測定方法・動作測定・リーク判定基準etc 清浄度テストの測定方法・測定量・測定器etc その他の測定項目・方法・測定器etc
移動機能	クリーンルーム床構造とその施工精度（段差、目違い傾斜） 走行性能（直進・操舵性能）に関する調査・実験 位置決め方法
その他	構成部品の発塵量 クリーンルーム内でのラジコン特性



写真2 OCCR1
(XYテーブル型)



写真3 クリムロ (CRIMRO)
(多関節アーム型)

3.3 リークテスト時の作業性

研究用クリーンルームを用いてリークテスト時の作業性を評価した。結果を図2に示す。クリムロは、作業の無人化と作業速度の15%向上をもたらすことが判明した。

4. まとめ

クリーンルームでのほとんどの検査や測定を行うロボットを開発した。

研究用クリーンルームでの試験により、とくに多関節タイプのクリムロは、実用性が高いことが判った。

今後、クリムロを実際のクリーンルームで運転して性能確認等を行う。

表2 クリムロの主な仕様

項目	仕様
1. 機能	自動によるリークテストおよび環境モニター マニュアル（遠隔操作）によるリークテストおよび環境モニター
2. 構成	1) ロボット本体 ① プローブ走査部（多関節アーム） ② 走行台車（2輪駆動、換気、マーク追跡） 2) 無線コントローラ 3) 計測器（直流駆動パーティクルカウンター等） 4) 電源（バッテリー、連続2～8時間） 5) 重量 230kg 6) 寸法 台車部：1000 ^L × 750 ^W × 895 ^H ロボット全高：1590（プローブ除く）
3. 性能	1) プローブ走査部 ① モード：多関節アームによる同一高さでの平面XY走査 多関節アームによる同一位置での高さ変化 ② リークテスト範囲：X < 700, Y < 1500, 1560 + α < H < 2000 + α αはオプション（≤1000） ③ 速度 (Max) 80mm/s ④ 精度 : ≤ 2mm 2) 台車 ① モード：前進・後退および定地旋回 ② 速度 (Max)：自動：18m/min, マニュアル：38m/min ③ 精度 ±50mm 3) ラジコン ① 通信方式：140 MHz 帯微弱電波による双方向通信（免許不要） ② 機能 : コマンド送着及びロボットからのメッセージ受信 ③ フェージング対策：ラジコンからの直接波及びレピータからの中継波による周波数ダイバーシティ採用
4. 制御	1) プロセッサ：8088+8087 3セット 2) センサー : 視覚 : CCDカメラ2台 パンパ; リミットスイッチ 赤外線反射型近接スイッチ プローブ; リミットスイッチ

(文献)

- 1) I. E. S. Recommended Practice Tentative "Testing Clean Rooms" IES-RP-CC-008-84, T. November 1984
- 2) 日本空気清浄協会編；クリーンルーム運転管理指針（案）JACA No-14A-1984
- 3) 石塚・吉川・沼田；クリーンルームモニタリングにおけるセンサーセパレート方式とコンビネーションの比較、第3回空気清浄とコンタミネーションコントロールに関する技術研究大会予稿集、日本空気清浄協会、1984/2、P115
- 4) 今福・小林；測定ロボットによる自動モニタリングシステム、BE建築設備、1986/7、P44
- 5) 汐川・西岡；クリーンルームにおける検査作業の自動化（その1、リークテスト用検査ロボットの開発）、建築学会大会梗概集、1986、8（投稿中）
- 6) 西岡；クリーンルーム検査ロボットの開発その1、リークテストの自動化、空調衛生工学会学術講演会、1986、10（投稿中）

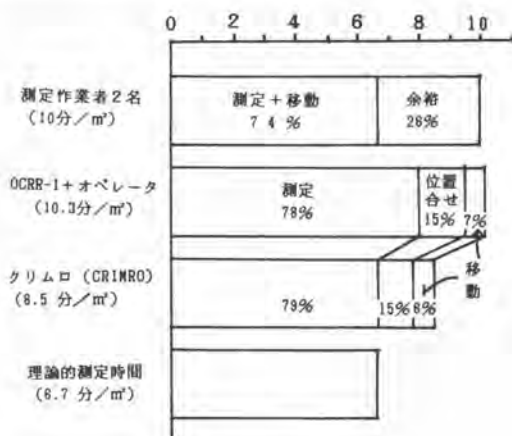


図2 作業能率の比較

30. 建設工事用ロボットの安全性調査

労働省：伊藤 健一・北越工業(株)；*田中 康之

1. まえがき

近年建設機械の自動化が急速にすすみ、建設工事用ロボットといわれる機械も増加している。産業用ロボットでは、その急増と共に一部で労働安全上の問題が生じているが、建設工事用ロボットについては、まだ歴史も浅く安全上どのような問題が潜在するかも明確でない。そこで労働省では(社)日本建設機械化協会に委託して、現在使われている自動化された建設機械の安全性について調査を実施した。同協会は委託をうけて「建設機械自動化安全対策委員会」を組織し、調査を実施した。調査は2年間実施される予定で、初年度に当たる昭和60年度は、自動化建設機械のメーカ・ユーザに対し、郵便アンケートを実施し、自動化建設機械の安全性に関する問題点を調査したので、その結果を報告する。

2. 調査の方法

過去に行なわれた建設機械の自動化アンケート調査(第1回55年,第2回59年)の回答のなかから安全性に影響のありそうな自動化建設機械のユーザ及びメーカの211事業所を選び、アンケートを実施した。主な質問項目は、機械仕様、設計製作に当つて安全上考慮した点、使用上の安全指針、故障、事故例などである。アンケートは昭和61年1月に実施し、回収率は42%で89件の回答を得た。(内有効回答79件)

3. アンケート結果

(1) 工種、機種と自動化の内容

回答を工種別・機種別に分類すると第1,2表のようになる。

第1表 工種別件数

№	工 種	件 数
1	土 工	13
2	クレーン類	10
3	基礎工・地盤処理	13
4	シールド	6
5	コンクリート工	8
6	削孔・削岩	8
7	吹付工	9
8	その他	12
	計	79

第2表 主要機械の件数

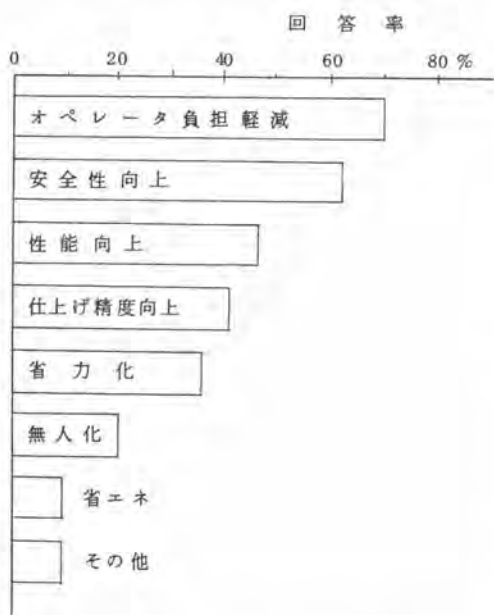
機 種	件 数
吹付ロボット	8
トラッククレーン	7
油圧ドリルジャンボ	6
油圧ショベル	5
シールド	4
締固機械	3
深層処理混合機	3
エレクションシステム	3

これらの機種での自動化の内容を調べたのが第3表である。

最も自動化の進んでいる自動走行もしくは全自動操作でも完全無人化はされておらず、ワンマンコントロール式をとっているものが多い。全自動操作や一部自動操作の中には操作手順に従って動くといった単純なシーケンス制御に近いものも含まれていて件数が多くなっている。要素制御は、圧力・流量といった機械の状態を制御するもので、プラント類や基礎工事用機械に多い。リモートコントロールは油圧シヨベル・ローダの大半を占める。リミット制御は所定作業範囲外へ出た時、停止・警報するもので、クレーン類に多い。その他の中には溶接ロボット・仕上精度向上・モニターなどが含まれる。

(2) 自動化の目的

これら自動化機械の目的をマルチアンサで聞いた結果が第1図である。オペレータの負担軽減をあげたものが最も多いが、これには操作の簡易化と、悪い労働環境からの解放の2つの意味があると考えられる。次いで安全性向上、性能向上、仕上げ精度向上と続くが、省力化・無人化は低位に甘んじている。このことは、建設工事用ロボットは、経済性の向上よりは、労働環境の改善を主目的としたものが多いことを示している。



第1図 建設機械の自動化の目的

第3表 自動化の内容別件数

自動化の区分	件数
自動走行	4件
全自動操作	16件
一部自動操作	21件
要素制御	11件
ラジコン	9件
有線リモコン	5件
リミット制御・警報	8件
その他	5件

これを工種別に見ると、土工・クレーン・コンクリート工では労働環境の改善、逆に基礎工やシールドでは性能向上が主力となっていて、岩石工や吹付けでは両者が並んでいる。

(3) 製作時安全上考慮した点

自動化機械の製作に当つて、安全上特に考慮した点は第2図の通りで、これもマルチアンサである。最も多いのは、異常時の機械停止で、これは自動化機械に必要な当然の機能といえよう。次いでほぼ同率で故障時のフェイルセーフ・操作ミスのパックアップ・安全度・各部強度などが続く。安全度・各部強度といったものは一般の建設機械でも当然考慮されている項目であるが、逆に自動化機械に特有と考えられる電気ノイズ対策やソフトバグ(プログラム上の間違い)は比較的低い率になつている。工種間の

差異はあまり見られないが、土工・クレーンでフェイルセーフを重視していることが目立つ。

(4) 機械の稼働と故障

これら自動化建設機械の稼働状況はゼロ時間から、同一機種で累計で18,700時間というもの（シールド機械）まで色々である。テスト段階のもので200～500時間、実用に供されている機械では1,000時間を越える十分な実績を持つ機械も少なくなく、機種によつては完全に実用期に入つたと見られるものもある。

（クレーン・リモコン土工機・基礎機械・シールド掘進機・油圧ジャンボなど）稼働時間と共に故障もかなり報告されている。故障欄に無記入のものも少ないが、「なし」は13件、自動化とは直接関係ないとみられる故障が15件あり、自動化に関連する主な故障

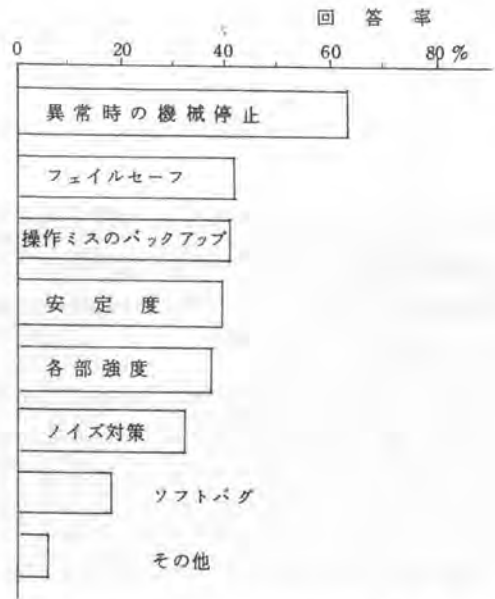
例は第4表の通りであつた。最も多いケーブル断線は、リモコンケーブルが多く、建設現場で安心して使用できるケーブルの開発が望まれる。CPUの故障にはソフトエラーも含まれるとみられる。電磁弁の故障は、自動化機械以外でもよく起きており、自動化に関連するものかどうかは不明である。振動や湿気による故障は「建機独特」といえよう。全般的に記述が簡潔で、その原因やもたらされた結果が不明なものも多く、再調査する必要がある。

第4表 自動化関係の主な故障件数

故障内容	件数
ケーブル断線	5
CPU, ICの故障	5
電磁弁類の故障	2
振動によるハーネスショート	1
アンプ故障	1
エンコーダ故障	1
湿気によるコンソール故障	1
プリント板損傷	1
リモコン不調	1
電気系統故障	1
誤動作	1

現場の様子を把握しづらい2件、漏電2件が多くその他は次のように色々な項目があげられている。

操作ミスに該当するもの——リモコン操作の失敗、ウインチ操作ミス、衣服がリモコンスイッチに触



第2図 製作に当たって安全上特に考慮した点

故障例を機械的部分と電気的部分に分けて見ると、前者の15件に対し後者は20件と多いことが注目され、相変わらず建設機械では電気部分が泣きどころとなつているようで、今後のメカトロ化では、故障対策が一つのポイントになることか予想される。

(5) ヒヤリ・ハット事例

事例が記入されていたのか29件、なしもしくは関係なしは23件、無記入が27件で、かなり多くの事例があつたと言えよう。記入されたものうち自動化と関係のないものが14件、関係ありそうなものが24件あつた。事例の中で最も多いのが作業員との干渉で4件、次いでリモコンで

れ作動、プログラムの選定ミス、オペが馴れて警報無視など。

故障に類するもの——コンピュータ故障、センサー不良、ソフトエラー、マニプレータの誤動作、
 絡線による誤動作、ショートによる暴走、電設バルブにゴミが入り止まらないなど。

その他——ジヤンボで自動/手動切替え時ブームが干渉した、電圧降下による停止、移動時の警報
 が必要など。

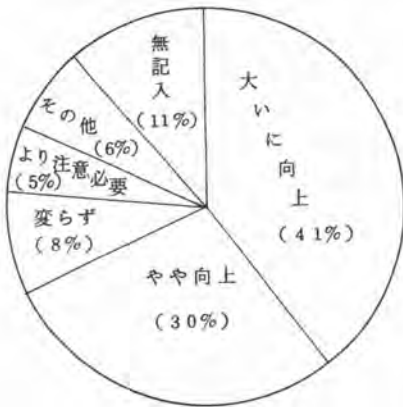
(6) KY（危険予知）活動での指摘事項

報告された事例の中には、現場関係（足場・落下防止ネットなど）、一般的安全項目（踏乗点検・
 合図など）、機械の一般的事項（感電防止、接触防止など）が多かつたが、自動化に関係するものと
 しては次のような項目があつた。

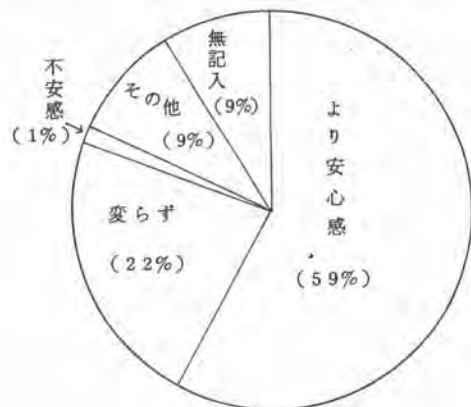
故障した時危険、作動区域内立入禁止、ノイズによる誤動作、リミットスイッチの2重化、非常停
 止スイッチの設置（2件）、スイッチが水に弱い、2台の自動化機械が動く場合のハサマレ防止、
 「自動運転中」の表示を、リモコンは現場が見づらいなど。

(7) オペレータ・作業員から見た安全性

自動化建設機械を導入したことによつて現場の安全性がどう変つたかを、オペレータと現場作業員
 から聞いた回答が、第3図、第4図である。全般的には現場の安全性はかなり向上しているといえる



第3図 オペレータから見た現場の安全性



第4図 周辺作業員の安心感は

が、第3図でより注意が必要と答えたのは振動ローラの斜面仕上げと吹付ロボ、溶接ロボの各2件、
 第4図で不安感を示したのは溶接ロボで、これらを更にくわしく調べる必要がある。

(8) ロボット導入について考慮すべき点

オペレータやメカニックに対するロボット教育の必要性をあげたのが23件と最も多かつた。次い
 で多かつたのが周辺作業員との関係で17件あり、今後の問題点となることが考えられる。
 その他非常停止（4件）、耐久性向上（4件）などが目立つ。

昭和61年度はこうした意見をふまえた上で、更にくわしい調査を行ない、自動化建設機械を製作
 するに当つて考慮すべき点、現場へ導入するに当つて考慮すべき点、使用上の注意などについてとり
 まとめる予定である。

31. コンクリート床仕上げロボット(サーフロボ)の開発

(株)竹中工務店：*菊池 公男・大下 俊之・古田 周三・今井 崇賀

1. まえがき

「高齢化」、「熟練工不足」といった問題が、生産にたずさわるあらゆる業種において叫ばれて久しい。製造業においてはそれらの問題を解決すべく自動化、ロボット化がいち速く導入され、生産性の向上、コストダウンにまでつながった数多くの成功事例が見られるが、建設業ではその難しさも加わり、やっとロボット化が始まった段階と言えるに過ぎない。今回開発した「サーフロボ」は、コンクリート床の直仕上げ作業をロボット化したもので、昭和60年11月に試作機として完成し、現在各作業所での実施工を通じ、施工性の確認を行っている。

本報告書はサーフロボの概要、施工結果の一部について報告するものである。

2. サーフロボの要求性能の設定

表-2.1は、コンクリート床直仕上げ工事の現状調査結果をまとめたものであり、これに基づいてサーフロボの性能が設定された。

最も重要なのが仕上げ精度であり、熟練工なみか同等以上の精度が要求される。

表-2.2は、当社および日本建築学会標準仕様書における床仕上げ工事に対する唯一の標準値である。しかし、この値はレベル出しの時点で決定される値であって、仕上げ工事に入ってから修正はほとんど不可能である。そのため、サーフロボに対する要求精度は、標準値とは別個に設定される必要があり、我々は大きなうねりの中の小さな

凹凸の個数と振巾を熟練工の最終金ゴテと同等以上にするように設定した。

施工能率については、従来に対し2人の左官工の省人化の可能な能力として、100 m²/h(3回仕上げ)を設定した。サーフロボの要求性能をまとめたものが表-2.3である。



写真-1 サーフロボ

表-2.1 現状調査結果

項目	調査結果					
仕上精度	マクロ ± 3mm/1m					
	ミクロ					
	不可	悪	普通	良	普通	悪
	-0.2	-0.1	0	0.1	0.2mm	
1日当延床面積	400 ~ 1000 m ²					
左官人員	4 ~ 10人					
仕上面積	100 m ² /1人・1日					
延左官作業時間	8 ~ 20時間					

表-2.2 仕上がり平たんさの標準値

コンクリートの 内装仕上げ	平たんさ(凹凸の差)(mm)		
	日本建築学会	当社	
		甲種	乙種
打放しコンクリート仕上げの場合。又は仕上げ厚さがきわめて薄い場合。その他良好な表面状態が必要な場合	3m につき 7以下	3m につき 5以下	3m につき 7以下
仕上げ厚さが7mm未満の場合。その他かなり良好な平たんさが必要な場合	3m につき 10以下	3m につき 8以下	3m につき 10以下
仕上げ厚さが7mm以上の場合。または下地の影響をあまり受けない場合	1m につき 10以下	1m につき 10以下	1m につき 10以下

3. サーフロボの概要

3.1 概要

図-3.1にサーフロボの概略を、表-3.1に主な仕様を示す。サーフロボは、「本体」、「制御盤」および「操作盤」より構成される。

4枚1組の羽根を左右の履帯のまわりにコンクリートの硬化度に応じた押付力で各々逆回転させ、コンクリート面を仕上げながら走行する。仕上げ羽根が左右の履帯回りを逆回転するため、回転トルクが相殺され、走行の直進性が確保でき、バランスのとれたロボットにすることができた。

また、このサーフロボは、操作性を考慮して、CFRP、アルミ材の採用による軽量化(130kg)、無線によるリモートコントロール化を計っているのも大きな特徴である。

表-2.3 サーフロボの要求性能

項目	要求性能
仕上精度	ミクロ的:0.15mm以下
施工能力	300 m ² /h
重量	110 kg

表-3.1 主な仕様

本 体	寸 法	巾 1,980×長 1,050×高 970
	重 量	100 kg
	走行速度	0~6 m/min
	羽根回転数	0~50 rpm
	羽根寸法	250×100×8枚
	羽根角度	6°~10°
制 御 盤	寸 法	700×300×240
	重 量	30 kg
	電 圧	3相 AC200V
無 線	送信周波数	45 MHz
	送信出力	微弱電波
	変調方式	FM方式

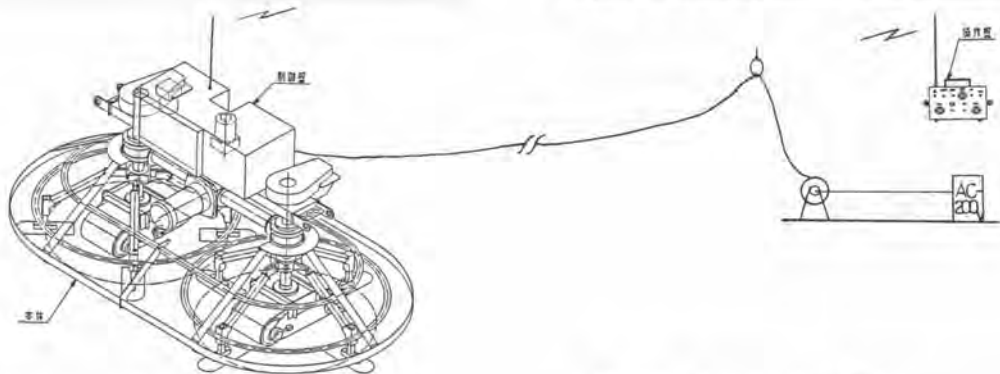


図-3.1 サーフロボ概要図

3.2 サーフロボの構成

3.2.1 本体

本体の走行は履帯式で、左右の履帯は各々独立に速度を制御することも可能である。方向転換は、8枚の羽根を反力にして上下用モーターにより本体を上昇させ、任意の角度だけ方向転換した後、着地して終了する。履帯には、最終仕上げ時のコンクリートの履帯への付着を防止するため、円錐台状の多数の穴をあけた他、履帯全体にキリ状に噴霧して適当な湿り気を与える等の工夫もされている。

仕上げ羽根の回転は、減速機付電動機より、ベベルギアで減速して左右の羽根を同時に回転させる構造としており、回転数は0~50r.p.mの可変速が可能である。コンクリートの硬化度に応じた角度と厚さを持った仕上げ羽根の使用により、高精度の仕上げ面が期待できる。羽根の交換は、迅速に行えるようにピン構造とした。

また、羽根押付力の調整は荷重センサーで押付力を検知し、羽根上下用モータにより常に設定押付力になるように制御される。

なお、本体の外周には、タッチセンサーが装備され、突起物、さし筋等への衝突を防止している。

3.2.2 制御盤

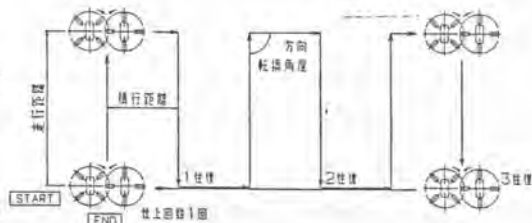
羽根回転モータ、羽根上下用モータ、走行用モータ、方向転換用モータ等の起動停止制御を行うもので、押付力を表示するためのデジスイッチ、羽根回転数調整ボリューム、履帯への噴霧スイッチ等も装備している。

3.2.3 操作盤

羽根の回転、走行、押付力、噴霧等の運転、停止、ボリューム調整を、無線操作するものである。

3.3 操作方法

サーフロボは、自動運転と手動運転が可能であるが、通常は自動運転で操作される。



図—3.2 自動運転方法

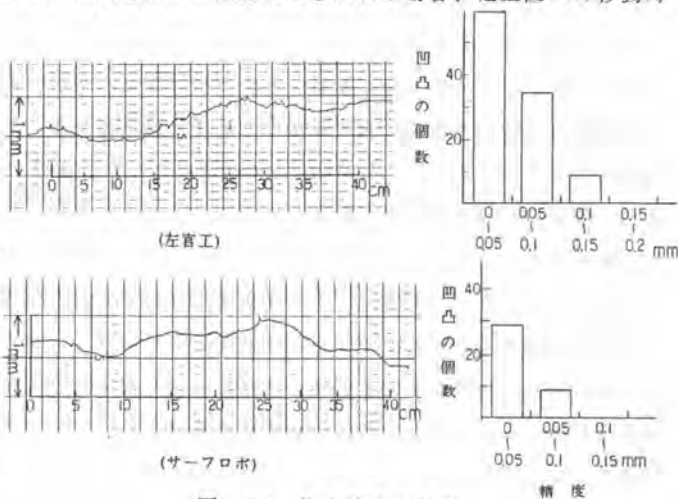
制御盤表面のデジスイッチにより自動運転条件として、1) 走行距離、2) 横行距離、3) 方向転換角度、4) 往復回転数、5) 仕上げ回数の5条件を現場の敷地に応じて任意に設定する。

サーフロボは、打ち込まれた設定条件の基に、図—3.2の走行パターン通りの動きを全て自動的に行う。このため、オペレータは、自動運転中は押付力の調整、左右走行に差が生じた時の調整だけを行えばよい。ただし、仕上げ場所が変形で、自動運転では非能率と思われる場合、他工区への移動時に手動運転方法が用いられる。

4. 施工結果

4.1 仕上げ精度

図—4.1は当社のA作業所における仕上げ結果の1例を示す。30cm(ピータイトルの寸法)内では、約1mm以内のうねりであり、問題とするうねりの中の小さな凹凸の個数と精度は、同図に示す通りである。当作業所は上物がじゅうたんであるため、さほど仕上げ精度は要求されず、部分的に0.15~0.2mmの仕上げ箇所も見られた。



図—4.1 仕上げ精度の比較

4.2 施工能率

図—4.2は、サーフロボによる仕上げ面積とサイクルタイムを示したものである。これをまとめると表—4.1になる。サーフロボによる仕上げで最も重要なことは、仕上げに入るタイミングの判断である。図—4.2を見て分かるように、A、E工区は4回仕上げをしているが、これは、3回目の仕上げに入る時期がやや早過ぎたため、要求仕上精度が得られず、さらに硬化させた後、4回目の仕上げをした状態である。

今回の施工結果より、1工区の仕上げ面積を100m²とした

表—4.1 (A)作業所施工結果

総仕上面積	425 m ²
開始～終了時間	817 分
稼働時間	334 分
移動時間	82 分
養生(修理含)時間	401 分
1回当りの仕上げ時間	19.6 分
総面積/(稼働+移動)	61.3 m ² /h
人 工	オペレータ:1人 左 官 工:2人
1回当りの仕上げ面積	142m ² /1人・1日

場合、1回あたりの仕上げ時間は移動時間を含めて約20分、それに要する人数はオペレータ1人、左官工1人で十分可能である。

4.3 操作性

(A)作業所は市街地に立つホテルで、敷地面積も狭く、約7m間隔に間切り壁用のさし筋で工区割されている上、階段回り、設備配



図—4.2 (A)作業所施工サイクルタイム

管用スリーブ等の突起物がある等、サーフロボにとっては必ずしも適した現場とは言えなかった。

しかし、作業所には、

①設備配管用スリーブを埋め込むことによって、フラットな床を形成した。

②サーフロボの水平移動のために、オペレータ側のさし筋を約1.5m抜いた。

以上の2点について配慮してもらい前項に述べた仕上げ精度、サイクルタイムを得る事ができた。

4.4 問題点と今後の対策

サーフロボは、昨年末試作機として完成したもので、これまで6ヶ月間に渡り延べ5000m²の実験施工を行った。その結果、特に夏場における施行速度に問題のあることが分かったが、これはサーフロボの足回りの問題を含めて実用段階での解決は容易である。また、ロボットというイメージからの駆動源としてキャブタイヤ、最終的に150kg弱になった重量は、機動性の面で欠けており、今後の課題として検討の余地が残されている。

5. あとがき

今回のサーフロボの開発は、土間専門者に挑戦するような開発であった。数現場で専門業者と接触しながら実験施工を行ったが、当初は無線でトラブリ、足回りでトラブリの失敗の連続であった。その都度、彼らの強烈な批判をあび、開発の苦しみを味わされた。一方では、重労働、深夜作業からの解放を期待する声も聞き、開発の必要性を痛感した。

最近、建設業において「ロボット化」が急ピッチで“試行”され、その成果が新聞発表されている。いずれも、ニーズ調査より比較的ロボット化しやすく、短期間で開発出来そうな作業を設定している。このため、システマティックなロボット化を避け、単作業的なロボット化が目立つ。今回のサーフロボもそのうちの1つであるが、このような開発は今後も、各ゼネコンから次々に発表されることであろう。しかし、これらは、開発した「ゼネコン」とそれを使用する「施工業者」とは全くの別会社であり、また施工業者が数社のゼネコンの下請けである場合の多い請負体制の下では、単にPRの為、他社に優位性を保つための開発に終わる可能性も秘められている。そうならないためには、各ゼネコンの努力はもちろん、今後ゼネコン同士の協力が最も重要になってくるのではないだろうか。それがゼネコンが生き残る1つの道でもあり、今始まったばかりのロボット化が、「来るべく21世紀の生産システム」へつながる道でもあるように思える。

32. 長大構造物の移動進水装置

三井建設㈱：*中井 栄・柴田 吉則

1. まえがき

マレーシア電力省が、マレー半島の東海岸に位置するトレンガヌ州パカ地区に建設した火力発電所工事における施工報告である。

この発電所は、近隣の石油掘削油田から産出される石油随伴ガスを利用した発電所で、その工事で10万KW×6基のガスタービン発電施設が建設され、その後ガスタービン発電所の余熱を利用した10万KW×3基のスチームタービン発電所が建設された。

この建設工事の内、取、放水管路を沈埋工法で施工した。

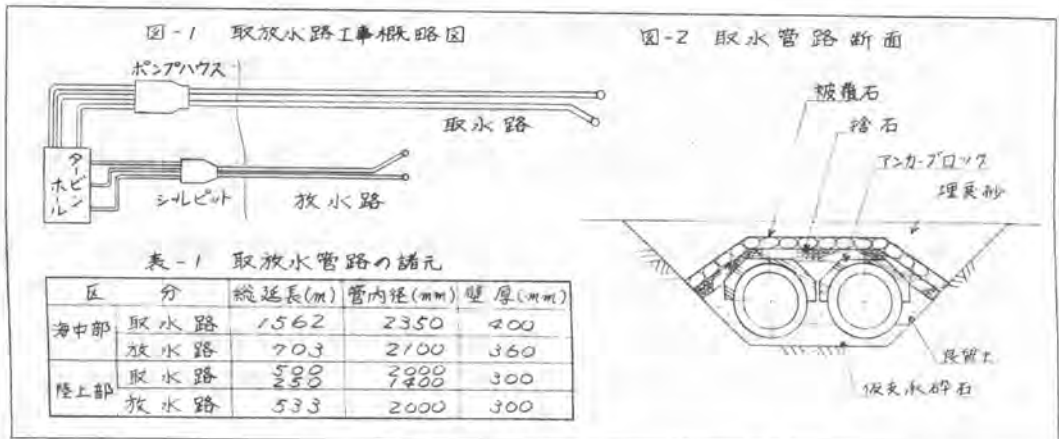
この取、放水路工事の構造は、鋼、コンクリートの合成管で、現場内に製作ヤードを建設し、プレキャストブロック工法によって60mの長管を製作し、海中に順次布設していったもので、その構造施工法において、新しい技術を随所に取り入れて施工したので、ここにその大要を紹介する。

2. 取、放水管路の概要

取、放水路工事は、図-1に示すように海中部と陸上部に、それぞれ取水路と放水路工事があり、各諸元は表-1に示す通りである。

布設される管路の標準断面は、図-2に示す。海中部の管路は、原海底面を浚渫したトレンチ内に布設する。その後、浮上り防止のためのアンカーブロックをかぶせ、良質土で埋戻しを行った後、流出防止用捨石と被覆石の投入を行い、原海底面まで砂で埋戻して完成する。

陸上部の管路は、合成管のインナーのコンクリートのみ打設した状態で布設現場に横持ちした後、溶接で鋼板シリンダー部分を連続的に継ぎ、その後、合成管の外側のコンクリートを現場打設して完成する。



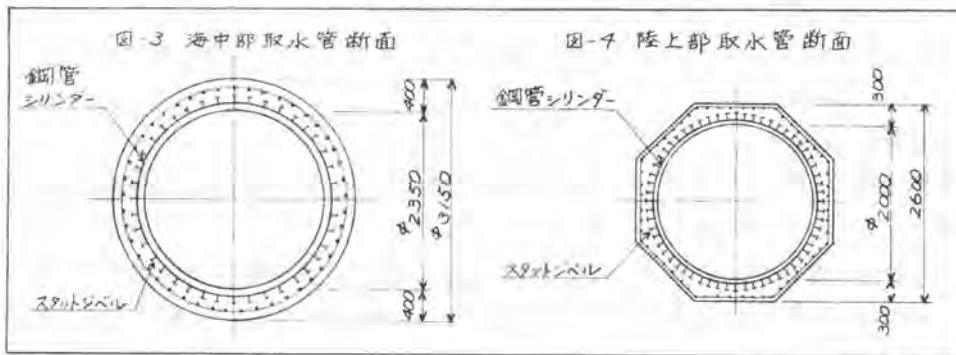
3. 管の構造と施工法の選定

3-1 管の構造選定

ここで採用した管の構造は、図-3に示すように4%厚の鋼板シリンダーをコンクリート壁内に埋込み、コンポジットさせた合成管構造である。本構造方式の選定に当っては、第一に、管の材質選定があるが、今回は次の2点からコンクリート管を採用した。

- (a) 取、放水管路は、定期点検時に海水を排出するので浮力に対して管体の重量が必要である。
- (b) 鋼管構造では、腐食が懸念された。特に、英国系のコンサルタントが設計を担当しているので、コンクリート構造物に対する信頼感が強く、諸外国ではコンクリート製の取、放水管の実績が多い。

次に、コンクリート管だけではその水密性が十分でないことが懸念され、特に本計画の取、放水管路は、前述したように定期点検時に排水するので、高い水密性が要求されており、鉄筋コンクリート構造ではその要求に答えられないと判断し、コンクリートの中にシールと引張り構造部材の目的で、鋼板シリンダーを埋込み合成管構造としたものを採用した。



3-2 施工法の選定

本工事の施工法の選定に当って特別に配慮したポイントは、次の通りである。

(a) 管の現場製作

管の製作は、建設現場付近に管製作設備を建設し、そこで管を製作することにした。大口径のコンクリート管の製造プラントは、マレーシア国内には勿論なく、近隣諸国にもない。特に、鋼板シリンダーをコンクリート内に埋め込んだ工場製品としては、フランスのBONNA、PIPEがあるが、空体積の大きなものは輸送コストが割高となるため、現場での製作方法を選定した。

(b) 60mのSTRING長

本工事は、海中取水管を海底に迅速、かつ確実に布設することが重要な課題である。この課題の解決策として第一に、海中取水管のSTRING長を長くすることがあげられる。すなわち、海底におけるジョイント回数を少なくして、1回の布設で管路の布設延長を増大させることである。しかしながら、管の構造あるいは施工性などからも、STRING長に限界があり、今回は60mを選定した。

選定の過程で配慮したポイントは、下記の通りである。

(イ) 管の構造上、安全に進水、沈設のできる長さ。

(ロ) 進水時、曳航時、沈設時に、取り扱いが容易である長さ。

(ハ) 沈設完了後、不等沈下の影響などによって、管の長さ方向に異常な応力を発生させない長さ。

(C) プレキャストブロック工法による管の製作

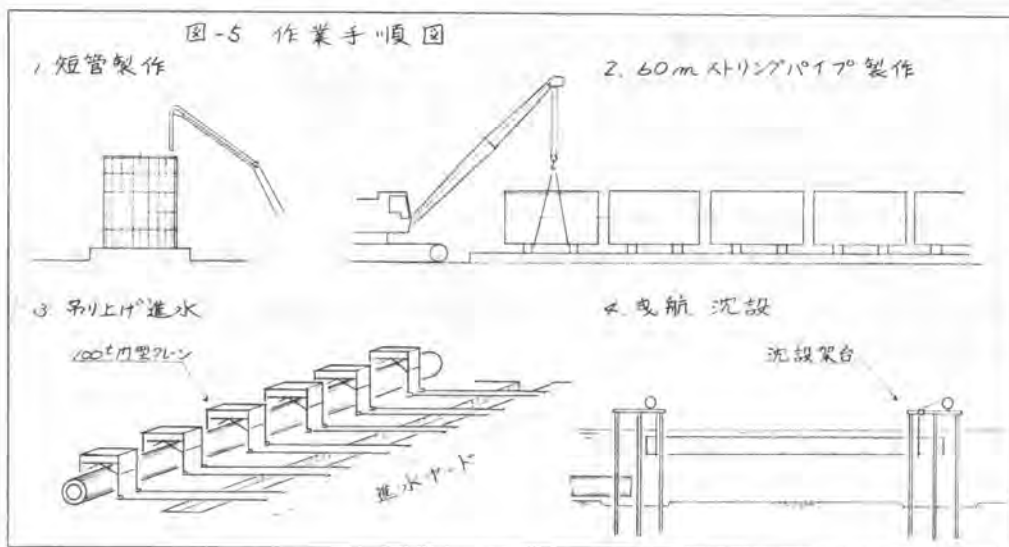
60m管の製作は、プレキャストブロック工法を採用した。これは、長さ4mの短管を製作し15ブロックを継いで60mのストリングにするものである。日本国内とは違った施工環境の中で、能率的、且つ品質管理の行き届いた管を製作するためには、作業を分割し、繰り返し作業のできるプレキャストブロック方式が適切であると判断し、採用した。また、鋼板シリンダーとコンクリートを一体させるために、スタットジベルを使用した。

(d) 油圧連動式100トン門型クレーンによる吊り揚げ進水

60mのストリングとした場合、管体重量は約530トンにも及ぶ。この管体を海へどのように進水させるかが問題であった。特に、コンクリート管の場合は、超重量物となるだけでなく、扱いによっては管体にひび割れの発生が懸念されたので、油圧連動式の100トン門型クレーン6基で管体を吊り揚げ、移動進水させる方式を採用した。

(e) 浮力を利用した曳航、沈設

進水された管体は、ストリングの両端に設けた仮バルクヘッドによって海面に浮かせ、沈設現場まで曳航し沈設した。管体重量が大きいままであると、施工性が悪く、沈設のための設備が過大となるので、浮力を利用した沈設方法を採用し、沈設作業は、海上に60mピッチで架設した沈設架台を利用した。この沈設架台の使用によって、波浪、潮流の影響を受けずに管体を沈設することができた。



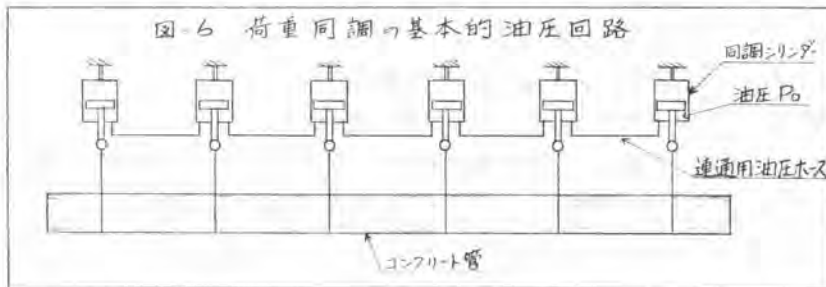
4. 同調装置の構造

全長60m、重量530トンの長管を、6点吊りで行うため、管にひび割れや、破壊を発生させぬ様に均等に吊る事が要求される。

荷重の不均等が発生する要因としては、

- (a) 各ウインチの機械的性質に起因する巻き上げ、下げスピードの違い。
- (b) クレーンの静止時、及び横移動時に、地盤沈下及び走行レールの不陸により発生する吊点位置の変位がある。

これらの問題点を解決するために、油圧連通管を利用した荷重同調装置を設けた。(図-6)



コンクリート管は、同調シリンダーのロッド側に吊り下げるわけであるが、この荷重は、同調シリンダーロッド側に発生した油圧 P_0 により受けとめる。各同調シリンダーロッド側は、連通管により通じているため、各ロッド側に発生する圧力 P_0 は均一となり、均等荷重で吊ることができる。また、連通管であるため、シリンダーの吊点が上下方向に移動しても、ピストンが自動的に上下して、吊荷重を変動させない。

5. 同調機構の応用例

コンクリートの長大重量物の移動、吊り上げとして

- (a) PC桁の横移動、及び多点吊り(2点以上)による桁架設。
- (b) ケーソンの横移動、及び進水。
- (c) 浮き防波堤の移動進水。

等が考えられる。

また、大型鉄鋼構造物等を工場内又は陸地奥部から接岸ヤードまでの運搬も可能である。大型クレーン船によるトーナメント吊り、又は多点吊りをする場合も、この理論を応用すれば、均一荷重による吊込み作業も可能である。

33. 全自動クラムシェル浚渫船の開発

建設省品木ダム水質管理所：小林 満男・

建設省江戸川工事事務所：*小池 賢司

1 まえがき

この浚渫船は、ダムに堆積した沈着物を受渫することを目的として開発したものであり、自動化することによつて省力化と受渫能力の向上を目的として開発したものである。

品木ダムは、群馬県の北西部長野県との県境に位置し、上流に活火山草津白根山がある。この山嶺から流れ出る河川は、いずれも強酸性であり、特に中腹にある草津温泉から流れ出る湯川は水量も多く、水質はPH2.0と強酸性を示し、鉄・銅はもとよりアルミ・ステンレス、も腐蝕させる河川である。これらの強酸性河川を人工的に中和して水質改善を行なつてゐるのが、建設省品木ダム水質管理所である。中和の方法としては、石灰石の原石を微粉碎し44μ以下まで粉碎して河川に投入し、河川の流れを利用して攪拌と中和反応を進め、ダムを沈積池とし上澄水を放流し中和を終了する方法である。

このような、中和事業は昭和39年から継続して現在に至つており、年間の石灰石使用量は、21,000トンから28,000トンである。ダムには、中和反応によつて発生する、中和生成物と流入土砂が105万m³堆積しこれを浚渫する必要が生じ今回専用浚渫船を開発したものである。

2. 設備の全体計画

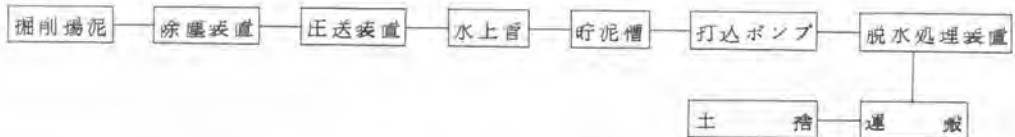
今回専用の浚渫船を開発した目的は、①使用場所が山間部であり運搬組立が容易なもの。

②浚渫対象物が微粒子で平均粒径44μ以下で、一度攪拌すると沈降分離が困難である。

③浚渫土を固化する場合には、固化剤を10%程度混入し、一定期間養生しなければならず性質が脆大となると共に捨土量も増加する。などの問題がありこれらの点を解決する必要があつた。

ダムに沈積している中和生成物は、長期間に渡つて層状に圧密沈降したもので理想的な状態に圧密されており、この状態で掘削するのが最良の方法と考えられた。

浚渫設備の全体は、次のような流れで処理する計画である。



浚渫船の作業工程は、クラムシェルにより掘削しドラム式スクリーンによつて異物を取除くと共に浚渫土を攪拌して流動性を持たせ、圧送ポンプによつて陸上へ送るものである。

本船は、使用場所である現場までの輸送方法について検討した結果、分割式とし下記のように分割できるものとした。各部の寸法及び重量は次のとおりである、側部船体2m×10.5m×1.5m重量7,000kg中央部船体3.5m×9m×1.5m重量9,300kgなどで船体6分割、その他、10分割合計16分割とした。又、現地での組立は水上において行なうものとした。

3 掘削機の自動化

掘削機の自動化については、これまでも何回か試みられてきたが実用化されたものはまだない。今回の作業場所は、ダムの堆積物であり対象物が均一で土質の変化が少なく、流木や異物が比較的少ないなど、自動化するには好条件な場所であった。この外に自動化する必要性として、水面下の目視できない場所の掘削であり、目標となるものがなく掘削位置の決定が難しく効率よく平坦に作業するのが困難である。単純作業の繰り返しでオペレーターの疲労が激しく、オペレーターの確保が困難である。など自動化が期待されていた。

自動化の方法としては、バケットの掘削位置を決定しその時の旋回角度・ブーム角度・アーム角度を計算し、各掘削位置毎に数直化して、掘削持ち上げ、旋回、排土までの一連の動作を自動化したものである。本機は、次のような機能を持っている。

1) 設定作業範囲の変換を、一定の順序に従い自動掘削する機能

深さ方向の作業範囲は、0.5~5m エクステンション有の場合は、5m~10mとなっている。

2) 掘削ポイント間隔(A, B, C)を容易に変更することができる。



半径方向(A) : 0.5mまたは1.0mの2段階に設定可能

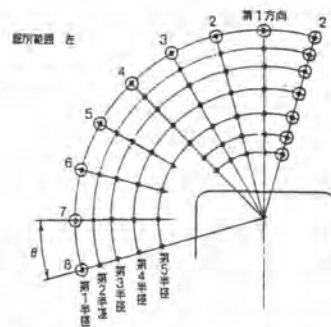
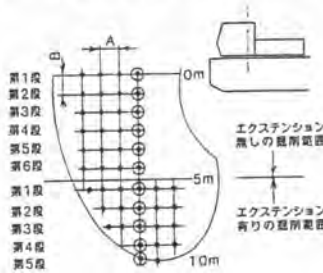
深さ方向(B) : 0.5mから0.1m間隔で0.9mまで5段階

旋回角度(theta) : 13°から1°間隔で17°まで5段階に認定可能

3) 掘削機を定められた位置に精度良く停止させるため、検出器の誤差は4分の1度以内とした。

各方向別の誤差は、バケット深さ方向に55mm、半径方向に26mm、旋回方向に180mm以内となり十分な精度が得られた。

4) 掘削機を自動運転する場合、作業の進行状態を的確に知る必要があるが、CRTによる表示では高画となるため図のような表示を行なうものとした。



5) 安全性に関する機能

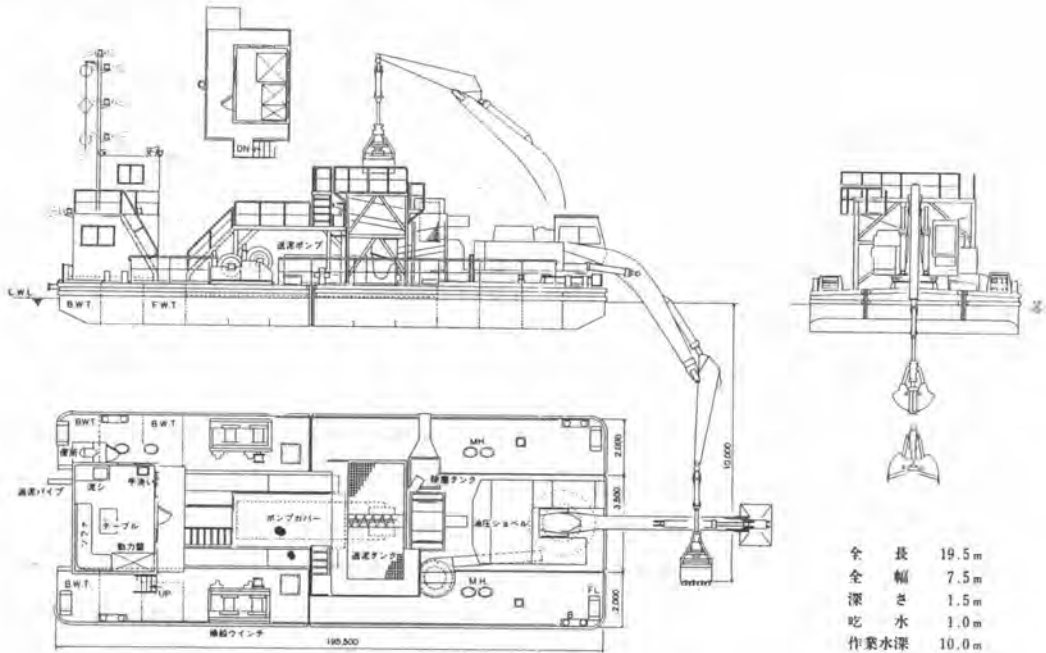
①非常停止時は、掘削機内のパイロット油圧のアンロードとエンジン停止を行なう。

②旋回方向の移動については、角度検出エンコーダと、近接スイッチを併用して系統とし安全

性を確保した。

③誤操作、二重操作を防止するため、自動運転操作盤にキースイッチを設け、手動操作時には遠方の自動運転操作ができないよう考案した。

4 仕様および一般配置図



浚渫船《草津》一般配置図

概略仕様

<p>1. 船式 油圧クラムシェル搭載非航法浚渫船</p> <p>2. 浚渫能力 最大浚渫深度 10.00m ダンプポンプ高さ 4.22m ダンプポンプリーチ 6.26m 最大浚渫角度 120°</p> <p>3. 船体主要寸法 L×B×D-d 19.5×7.5×1.5m-1.0m</p> <p>4. 乗組人員 3人</p> <p>5. 総重量 94.6t</p> <p>6. 各部構造</p> <p>1) 油圧クラムシェル バケット容量 クラムシェル 0.8m³ バックホー 1.2m³ 最大揚力 16t 旋回速度 9.5rpm 機関形式 水冷4サイクルディーゼルエンジン(三菱6D22CT) 定格出力 190PS/1,750rpm 掘削方法 シーケンス制御</p> <p>2) 油尾タンク 一次スクリーン面寸法 W2,000×(L)4,000×(H)100 二次スクリーン面寸法 (φ)1,400×(W)700×(H)140 最大処理能力 60L/H 寸法 (L)4,850×(W)4,875×(H)4,650</p> <p>3) 汚泥ポンプ ピストン最大前圧 45kg/cm² 吐出量 60L/H 最大油尾距離 600m</p>	<p>口径 125A</p> <p>主油圧ポンプ 可変アランジャー形 補助ポンプ 定容量ダブルベーン形 主油圧ポンプ電動機 45kW 補助ポンプ電動機 22kW 寸法 (L)5,806×(W)11,360×(H)2,050</p> <p>4) 積船ウインチ 形式 油圧電動駆動式 ロープ速度 10m/min ロープ張力 4,000kg ロープ径 6×F(29)IWRC20mm 巻取長さ 150m ドラム径×数量 550mm×2 数量 2基</p> <p>5) 附属ポンプ 給水ポンプ 30m³/h×20m 400V 3.7kW 洗浄ポンプ 15m³/h×20m 400V 2.2kW 清水ポンプ 2m³/h×15m 100V 0.4kW ビルジポンプ 2m³/h×15m 400V 0.75kW 燃料ポンプ 1.5m³/h×5m 400V 0.75kW 汚物ポンプ 1m³/h×10m 400V 1.5kW</p> <p>6) 各種タンク バラストタンク 4.0m³ 清水タンク 2.2m³ 燃料タンク 2.7m³ 汚物タンク 0.8m³</p> <p>7) 操作室 1階 (L)4,000×(W)3,000×(H)2,200 動力盤一面 休憩所一式</p>	<p>2階 (L)2,800×(W)2,000×(H)2,100 自動制御操作盤 一面 機器操作盤 一面 ウインチ操作盤 一面</p> <p>8) 船内電源電圧 A C 400V、200V、100V 50Hz</p> <p>9) 照明装置 投光器 500W 3灯 作業灯 60W 1灯 壁付灯 60W 6灯 室内灯 20W 3灯 非常灯 10W 4灯</p> <p>10) 水上管 油尾管 STGP36-SCH40 口径 125A 長さ 5.5m 数量 45本 スリーブホース 口径 125A 使用圧力 20kg/cm² 試験圧力 30kg/cm² 許容最小曲半径 1,200mm 数量 54本 コード 外皮：低密度ポリエチレン 内装：炭素スチロール 数量 45組 電力ケーブル 3PNCT中心×100mm² 3本 数量 600m</p>
---	--	--

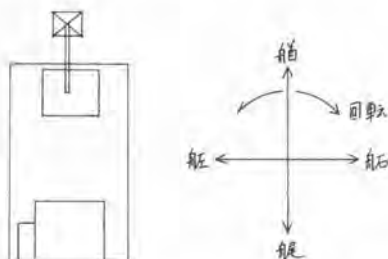
5. 組立及び試運転

工場製作完了後、直ちに現地へ運搬し組立が行なわれた。船体部の組立に2日間、上部機装品である。操作室、掘削機、送泥タンク、圧送ポンプ、ウインチ等は、5日間で組立が完了。その後油圧配管、送泥配管、電気配線に3日、合計8日間で組立は終了した。

本船の作業時の固定方法は、ダム湖で水深が有りスパットによる固定方法が使用できない。この為、油圧ウインチにより、湖岸に設けたアンカーに固定する方式とした。

当初は、掘削時の反力によりワイヤーロープが伸縮し、船体の移動量が大きくなり作業が困難かと思われたが、実測値は次の表の通りであつた。

移動方向	船体方向		船舷方向		回転方向	
	前	後	右	左	正転	逆転
移動値	7.6 ^m	7.1 ^m	2.8 ^m	2.9 ^m	3.3'	4.8'
平均値						
最大値	25.9	22.8	21.6	2.19	1°15'	2°2'



試運転場所は、水深1mの場所で、掘削機の機能と自動運転の機能を調査した。各部調整と作動速度の調整、プログラムによる運転を行なつた。このプログラムは、14,000ステップ以上からなり、機能チェックに2日間をかけ綿密な試験を行ない機能の確認をした。

次に試験結果を示すと、①自動運転時の掘削1回当たりのサイクルタイムは、5.5~6.7秒の範囲である。②サイクルタイムは、作業半径、作業深度の違いによるほか、土質によつて異なる。

クラムシエルの元填効率は、93%となり一般的に言われている60~80%よりかなり高い率となつている。これは、障害物が少なく、超軟弱なヘドロ質であつた為と思われる。又クラムシエルバケットにカバーを収付、引上げ時に流失しないよう対策したことによる。

前記のように、浸透能力及各部の機能も正常に動き、十充使用できる事が確認された。

6. あとがき

最初に自動運転により作業に入る時は、予定通りに動いてくれるかどうか緊張して見守つていたが、一連の動きは正常に作動してくれた。次に自動で運搬運転を行ない、船体近くを掘削した時には、やはり緊張し、バケットが船体に触れるのではないかと心配したが無事終了して安心した。

自動運転と手動運転を繰り返している内に、自動化の効果がより鮮明に表われ、オペレータが必要な場合は、塵埃や異物が多い場合だけで、作業の大半は自動運転であつた。

この他、高濃度のヘドロを長距離圧送する為、圧送圧力が不足するのではないかと心配したが通常状態では、5~6 kg/cm²閉塞直前で5.9 kg/cm²であり十分な圧力であつた。

除塵装置は、ほぼ正常に機能したが、木の葉や異物、玉石の重が多いと、分離できず閉塞することが、しばしば発生し、今後改良する必要があるがあつた。今後も各方面において自動化、ロボット化が進められると思うが、今回の自動化が今後の発展に少しでも役立てば幸いである。

34. ガードレール清掃車の自動化

建設省九州技術事務所：佐藤 修治

1. まえがき

現在、産業界ではロボットをはじめとするメカトロニクスの導入が目覚ましく、建設機械においてもメカトロ化の必要性が盛んに言われている。また、建設作業における施工の安全性、作業環境の改善、経済性などが追求されている。設置したものをいかに維持管理していくかということも重要な課題である。

このようなことから、道路に設置してあるガードレールの維持管理に着目し、ガードレール清掃作業の自動化を行った。その結果、オペレータのワンマン化、清掃速度の向上、安全性の向上、居住性の改善が得られたので紹介する。

2. 開発機（自動追従式ガードレール清掃車）の概要

写真-1に開発機の側部全景写真を示す。また自動清掃作業装置の平面及び側面図を図-1に示す。

- (1) 4 t積トラックシャシに清掃作業装置、ガードレールと車両の間隔測定装置、散水装置、油圧装置を搭載している。
- (2) 動力はシャシのエンジンよりP.T.Oを介して取り出している。
- (3) 清掃作業装置は図-2のように、ガードレールに対し傾斜（後退）したブラシアームを、コイルスプリングと油圧シリンダを介してシャシに搭載している。

車両とガードレールの間隔が350 mm～850 mmの間であれば自動追従を行う。

車両とガードレール間隔の変動が小さい場合はコイルスプリングで追従し、変動が大きい場合はブラシ出し入れ油圧シリンダで、あわせて追従するようになっている。油圧シリンダは

ブラシアーム角が30°になるように制御される。



写真-1 開発機の側部全景

- (4) ガードレールと車両の間隔測定装置は超音波センサで距離を検知し、指針式表示器で表示する。(但し、この検知距離で直接自動追従の制御を行うものではない)

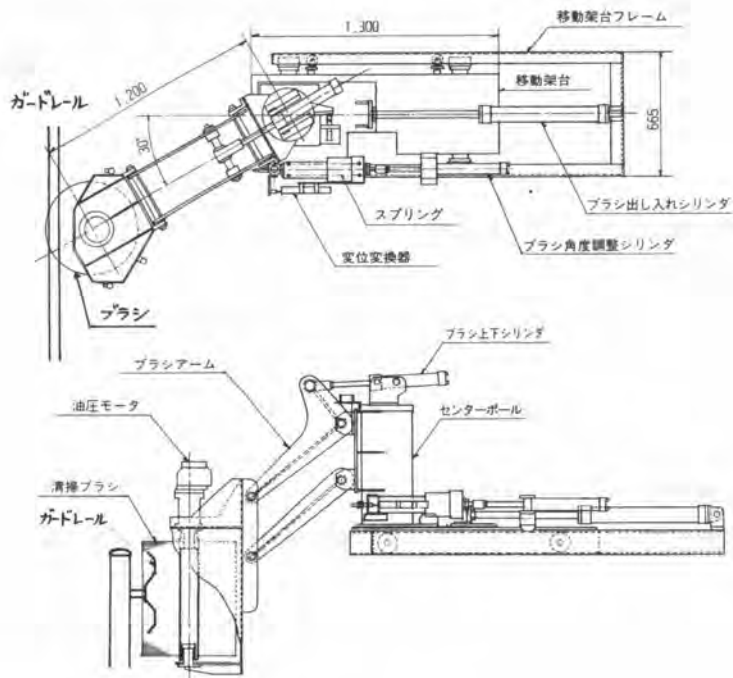


図-1 清掃作業装置

3. 開発機の特長

(1) 清掃効果

清掃ブラシの接触圧力がほぼ一定であるので清掃効果は均一、良好である。

(2) 清掃速度

従来機の2倍以上(3 km/hr)が可能であり、清掃時間が短く交通に与える影響が少ない。

(3) 安全性

車両がガードレールから離れすぎた場合、またガードレールに切れ目がある場合は危険防止のためブラシ回転及び散水が停止する。また車両がガードレールに近づきすぎた場合は警報が出るようにし、危険の防止をはかっている。

(4) 運転及び操作

運転操作はワンマンで行える。

操作は運転席において自動スイッチの入切だけでよいので簡単である。疲労も少ない。なお、自動追従範囲は指針式表示器に示されているので走行運転も容易である。

4. 自動追従方式の説明

2の(3)における、車両とガードレール間隔の変動が大きい場合(変位量 $\pm 15\text{mm}$ 、またはブラシアーム角 $\pm 3^\circ$ を越える場合)で、間隔が狭くなった場合について説明を行う。

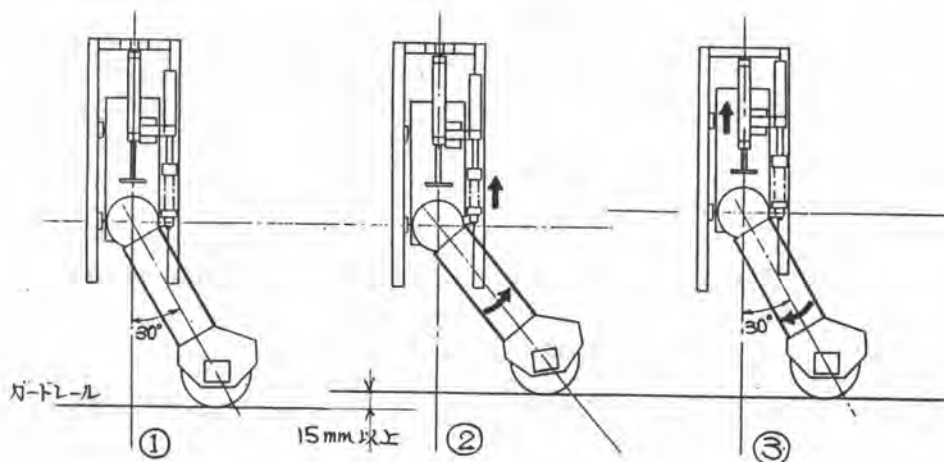


図-2 自動追従方式の説明図(車両とガードレール間隔の変動が大きく、間隔が狭くなった場合)

- ① ブラシアームがガードレールに押し付けられると、ブラシアーム角 30° で所定のブラシ押付圧力が得られる。
- ② 車両がガードレールに近づくか、もしくはガードレールが張り出した場合はコイルスプリングが縮み、ブラシアームは後退することにより追従する。
- ③ スプリング縮み量が一定値(15mm)以上になると、油圧シリンダが縮み、ブラシアーム角が 30° になっところで停止する。

以下①～③を繰り返す。なお間隔が広くなった場合はスプリングと油圧シリンダの動きが逆方向になり追従する。

5. 清掃効果

清掃試験状況を写真-2に、試験結果の1例を図-3、4に示す。試験結果をまとめると次のとおりであった。試験は熊本工事事務所管内の国道57号線で実施した。

- (1) ガードレールは古い部分が多いため、清掃効果は拡散反射率よりも光沢度にあらわれている。(拡散反射率は白さ、光沢度はつやを示す尺度と考えてよい)(図-3)
- (2) 清掃速度は小さいほど清掃効果はよい。とくに光沢度にその傾向が著しい。(図-3)
清掃速度は直線路で 5 km/hr 、カーブでも国道級であれば 3 km/hr で十分な清掃効果が得られる。
- (3) ブラシアーム油圧シリンダ出し入れ速度は 50 mm/sec において清掃効果が最も良い。(図-

4) これ以上の速度で清掃効果が低下するのは、速度が大きくなると、ブラシアームの慣性力が大きくなり、ハンチング現象が生じるためと考えられる。

(4) 開発機と在来機の清掃効果の比較を図-5に示す。両者は清掃箇所、清掃年度が異なるため厳密な比較はできないが、開発機の方がすぐれていることが分かる。

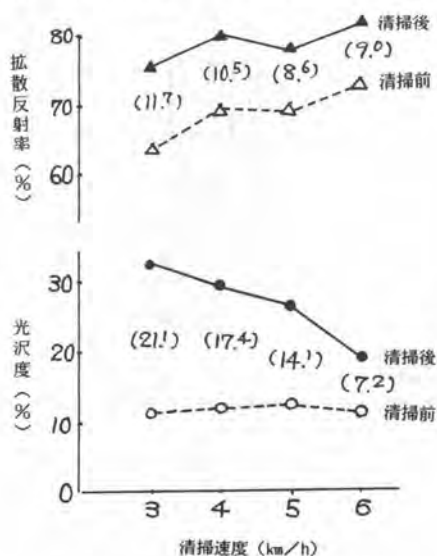


図-3 清掃速度と清掃効果の関係

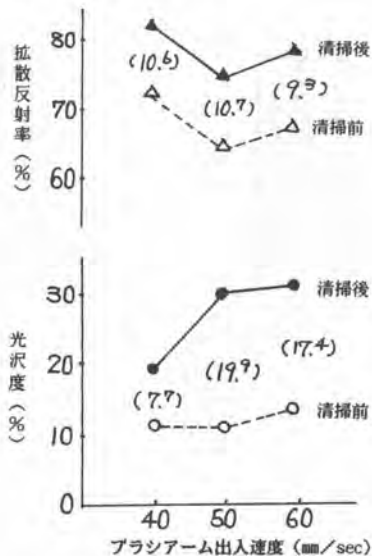


図-4 ブラシアーム出入速度と清掃効果の関係

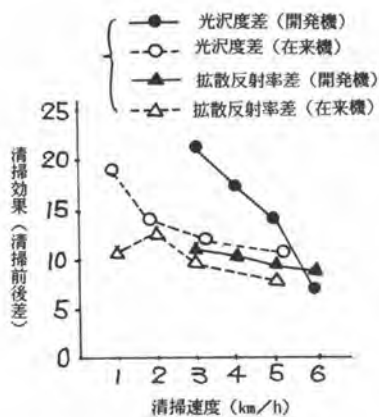


図-5 開発機と在来機の清掃効果



写真-2 清掃試験状況

6. まとめ

清掃試験の結果、自動追従性、清掃効果とも良好であった。また異なる現場で180時間近く作業を行い耐久力を試験し、十分現場使用に耐えることが分かった。

今後は、今回の自動化の技術を他の方面へ応用していきたい。

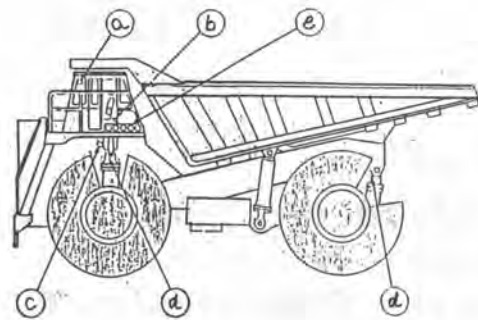
③、ボディフロート検出スイッチ、パークインク検出スイッチは、各々、バッテリーが上がったか否か、駐車中か否かを判断する為に用いており、サイクルタイム等を算出するタイミングを計っている。

④、外部表示ランプは、積載重量のレベルを積込機オペレータに知らせる為に装着している。

⑤、パイロードメータコントローラは、圧力センサの値から荷重値を演算、表示する。

⑥、パイロードプリンタは、1サイクル毎のパイロードメータコントローラより送られてくる荷重データを記憶及びプリントアウトするものである。

図2に、各構成部品の取付位置を示す。



- Ⓐ: パイロードメータコントローラ
- Ⓑ: パイロードプリンタ
- Ⓒ: 傾斜計
- Ⓓ: 圧力センサ
- Ⓔ: 外部表示ランプ

図2 構成部品の取付位置

3. 計測原理

3.1 計算方法

次の順序で計算を行っている。(図3)

- ①、圧力の圧力センサ出力(前後輪とも)をA/D変換器(8bit)を通し、前輪、後輪別々に加算する。
- ②、前輪、後輪それぞれ加算されたデータにサスペンション断面積を掛ける。
- ③、上記乗算結果に、傾斜計出力により決まる傾斜補正係数を掛ける。(前後輪別々)
- ④、上記補正後の値を加算する。使用しているCPUは8bitであるが、四則演算は16bitで行っている。

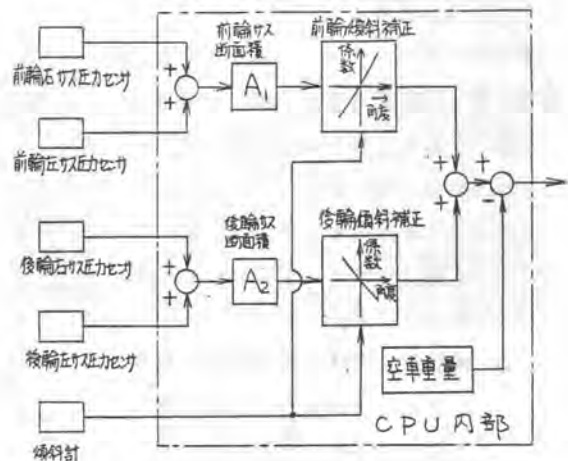


図3 ブロックダイヤグラム

- ⑤、荷重表示値の計算は、(荷重表示値)=(積載時の荷重)-(空車時の荷重)を行っている。
 空車時の荷重の測定(キャリアレシジョンと呼んでいる。)はパイロードメータを車体に装着
 直後、及び月に1回程度実施すれば十分である。

尚、この空車時の荷重は、EEPROMを用いて、電源断後データが消えるのを防いでいる。

3.2 サスペンションに加わる荷重の計算

図4は当社製 hidroニューマチックサスペンションである。

圧力センサを用いて、図中斜線部の圧力を検出してサスペンション1本当りの荷重を、 $\frac{\pi}{4} \cdot A_0^2 \cdot P$ で算出している。Pは斜線部の圧力である。

実際には、ミール部の摺動抵抗による影響を少なくする為に、上式Pのサンプリング間隔及びその演算方法に工夫を凝らしている。

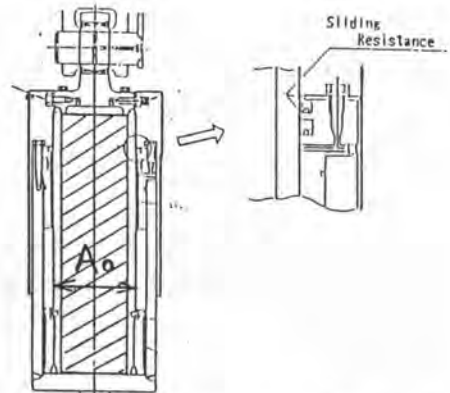


図4 hidroニューマチックサスペンション

3.3 傾斜補正

サスペンション支荷部のリンク機構等の影響により、傾斜地での荷重表示値と平坦地でのそれとは大きく異なる。

従って、車両が傾いた場合には傾斜角を検出し傾斜角の大きさにより、前輪荷重値と後輪荷重値にそれぞれ傾斜補正係数を掛け修正している。

4、故障診断機能

万一、故障が生じた場合には、故障内容及び故障箇所を荷重表示部にエラーメッセージとして表示し故障によるダウンタイムを少なくしている。(図5)

故障内容及び故障箇所は次のとおりである。

- ①、圧力センサ回路断線
- ②、圧力センサ回路短絡
- ③、圧力センサ精度不良
- ④、圧力センサ電源短絡
- ⑤、外部表示ランプドライアリレ-電源短絡
- ⑥、傾斜計回路断線
- ⑦、傾斜計回路短絡

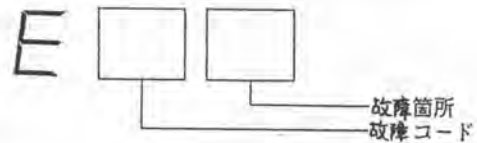


図5 エラーメッセージ

5、システムの拡張について

本パイロードメータシステムの拡張の一例として、図6の機械管理システムがあげられる。この機械管理システムも当社が目下開発中であり、ほぼ完成段階に達している。またこのシステムの特徴は、情報の媒体として、ICカードを用いており、中央処理装置により運転日報、稼働実績総括表、油圧燃料費実績表等の帳表類がほとんどここに作成可能な点である。

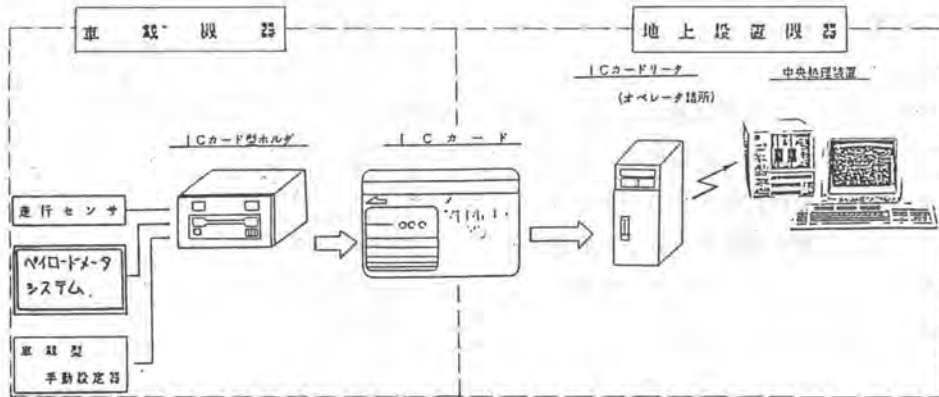


図6 機械管理システム

6、パイロードメータの主要諸元

①、システム全体

- 計測精度 : $\pm 5\%$ 以内 (於 $\pm 5^\circ$ 以内の傾斜地)
- 周囲温度 : $-30^\circ\text{C} \sim +60^\circ\text{C}$
- 供給電圧
 コントローラ及びプリンター : $+20 \sim +30\text{V (DC)}$
 圧力センサ : $+15\text{V (DC)}$

②、コントローラ

- 計測範囲 : $0 \sim 255 \text{ TON}$
- 寸法 : $W 202 \times H 50 \times D 207$

③、プリンタ

- プリント機能 : 年月日, 時刻, サイクルタイム, 積載重量, 累積積載重量
- 寸法 : $W 202 \times H 60 \times D 210$

④、圧力センサ

- 定常圧力範囲 : $0 \sim 200 \text{ kgf/cm}^2$
- 許容最大圧力 : 400 kgf/cm^2
- 圧力検出精度 : $\pm 0.5\%$ フルスケール (於 20°C)

《参考文献》

- *1 : 油圧ショベルの動力系の電子制御 (建設機械と施工マシナリウム S.59年) 和泉鋭徳, 他
- *2 : Xカトロニクス の現状 (建設の機械化, S.61年) 石野好胤, 他

36. 三次元測量システム(コンパス-L)

(株)竹中工務店：佐藤 光寿・酒井 正人・三上 忠雄・
*友松 省三

1. まえがき

コンピュータなどで設計された設計情報を測量機と接続したパソコンにデータダウンロード、複雑化・高度化の建設工事現場におけるポイント設定作業(墨出し・杭芯出し等)の省力化と迅速化および精度の向上を同時に実現した三次元測量システム「Compass-L」を、(株)竹中工務店と日本光電子工業㈱の共同で開発・実用化した。

このシステムは、本来地形の情報等を図面に置きかえるために用いられる測量機(電子測量機)と、各種設定機能と設定点データを有するシステム連算処理部(コンピュータと教習ソフトウェア)を組合わせることにより、ポイント設定作業の簡便化を計ったものである。

2. システム概要

2.1 開発経緯

本開発は、鉄骨面エアードーム新築工事の特殊性と問題点の解決を目的に着手したものである。当建物は、延床面積115,221㎡、地上6階、地下2階からなる31,700㎡の空気膜構造屋根をもつ、多目的競技場である。

主要構造部材の構成は、節点数17,774、部材数13,440のかなり、図-1のごとく平面上全く規則性をもたない放射線を基として配置され、同一寸法の廻り芯間距離、平行となる廻り芯、直交する廻り芯の関係は全く存在しない。また、立体的においても平面展開同様に規則性をもつことなく節点が展開されている。

これらは、設計作業上CADシステムをはじめホストコンピュータからパソコンに至るまでの電算機を高度利用することによって、空気膜構造のもつ特殊な形状と多目的競技場としての形状とのスツの異なる要因の合成と、多くの機能を高密度に集約することが可能となった結果である。

この位置構成の特殊性から、三次元的に墨出し作業を可能とする測量システムの開発を行った。

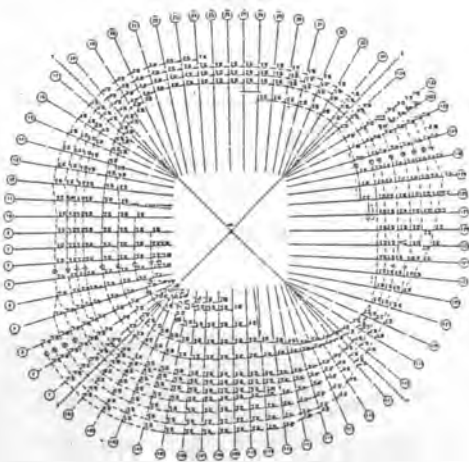


図-1 廻り芯図

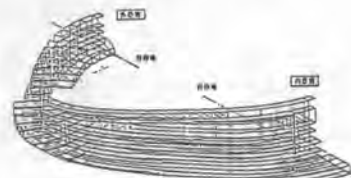


図-2 スタンド構造図

2.2 システム構成

Compus-Lは、パソコンとトータルステーション(電子測量機)のハードウェア、および独自のソフトウェアから構成され、建物の規模・形状にガガわらずシステム内に設計情報を組み込むことによって、測量区域内における自身の位置(機座点)をある既知点をもとにその場で計算し、求める既定点を自動的に指示するものである。

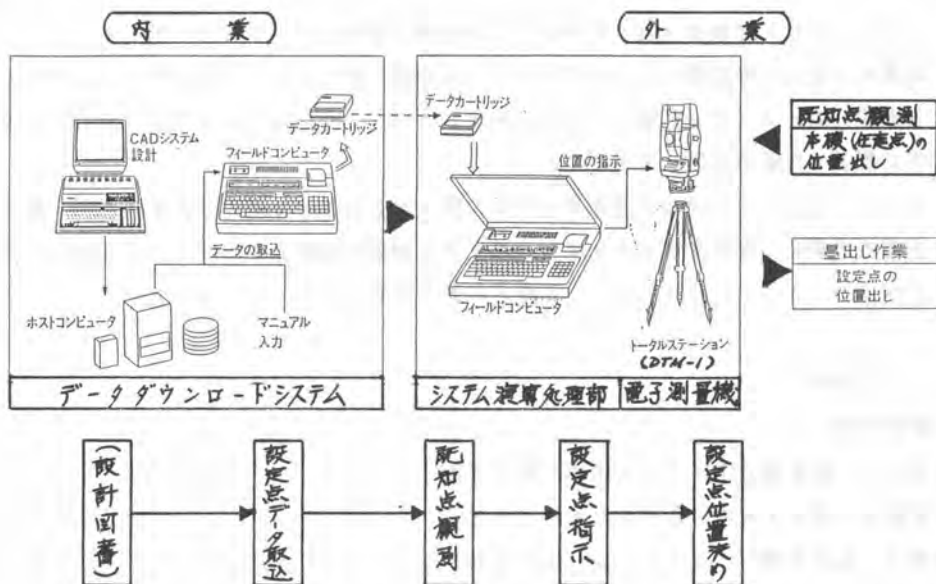


図-3 "Compus-L"による測量(墨出し)のフロー図



写真-1 システム構成機器と設定作業

表-1 電子測量機(DTM-1)仕様

	値	正像
望遠鏡	全長	176mm
	有効径	45mm
	倍率	30X
	視野	1'24"
	分解力	2.5'
	最短合焦距離	1.3m
測距部	測距範囲	1素子プリズム1,600m(気象良好時) 3素子プリズム2,300m(気象良好時)
	精度	±(5+5ppm·D)mm
	表示	3999.999m 単位:1mm(トラッキング時)1cm
	測距時間	連続測距約5秒 トラッキング測距約0.5秒
測角部	測角方式	光学式インクリメンタルエンコーダーによる電気的読み取り(周視方式)
	目盛盤直径	82mm(水平・高度共)
	最少読取値	1'(水平・高度共)
	高度修正範囲	自動(補正範囲±5)

(国土院認定/国トランス)

2.3 基本機能

(1) 設定点データの取込み機能

CADシステムやパソコン上の設計位置情報を引継ぐことができると共に手入力も可能である。

(2) 電子測量機の任意位置への設定

工事の邪魔にならない任意の場所を選り、電子測量機を据えつけると、自動的に本機の位置が算出され、据えつけ、据え替え時に於ける電子測量機の求心作業は一切不要である。

(3) 設定点の指示表示機能

設定点の三次元的な位置求めを行うための指示がシステム演算処理部に表示される。作業者は、この表示をみながら、設定点の三次元的な位置求めをかんたんに行うことができる。

2.4 特長

- ① 必要な演算はすべてパソコンで処理されるので現場での計算業務や高度な測量技術を必要としない。
- ② 既設の障害物・工作物の位置、地地の形状などを即座に算出して、設計業務や施工管理に利用できる。
- ③ 設定点を直接に視準できるため、従来方式による累積誤差の発生が少ない。
- ④ 掘出し作業上の各段階での情報を保存管理しやすくより。
- ⑤ 作業可能範囲が2,000m位までと広いため、従来困難であった起伏の激しい地形、水上、空中などの測量にも簡単に対応できる。
- ⑥ 地形、工作物の形状、移動の把握が、従来の手法では測定点並に絶対に移動することのない点を設定する必要があったが、本システムでは影響のない場所に戻り点を設けることにより簡便・確実に把握できる。

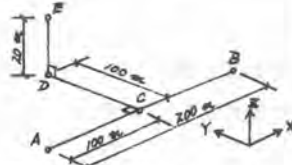
3. 開発改善目標と達成成果

項目	開発・改善目標	達成成果
1) 作業性	<p>従来の手法による下記作業工数の削減を計る。(従来面エアドーム実績)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・3名/班 ・引張点移動 3時間/1点 ・設定点位置出し 10~15分/1点 <p>(1日当り設定作業) 20~30点/班 (1人/日当り) 〃) 7~10点</p> <p>※引張点移動は1日当り複数回、計算業務に要する時間は存在しない。</p>	<p>測量作業員は従来の3人から2人に削減でき、スピードも約3倍にアップできた。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2名/班 ・引張点移動 15分/1点 ・設定点位置出し 5分/1点 <p>(1日当り設定作業) 60点以上/班 (1人/日当り) 〃) 30点以上</p> <p>※引張点移動に測約はほとんどない。</p>
2) 作業操作性	<p>一般掘出し技能者の能力・知識・感覚の範囲内であること。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・測量技術の知識・覚悟を必要としないシステムとした。 ・操作を単純にし、ディスプレイはすべて日本語とした。

3) 精度評価

従来方式による測量機器組合せによる累積誤差を大幅に向上するものとする。

(仮定条件による机上精度比較)



条件
・A点及びA-B線は未定測点
・電子測量機はA点のE点位置精度
・水準(機械式定規値誤差 ± 0.1)
・横断面精度の値とする。

従来方式

組合せ測量機器

- ① セオトライト (JIS, 区画C) ... $\pm 20''$ (区画誤差)
- ② ノートレベル (JIS, 区画B) ... 自動補正 $14''$
- ③ 鋼製定規 (JIS/級) ... 長さの精度 $\pm 0.1 \text{ mm}/10 \text{ m}$

E点 設定精度
(X方向) $\pm 3 \text{ mm}$ (Y方向) $\pm 12 \text{ mm}$ (Z方向) $\pm 14 \text{ mm}$

国土地理院 検定/概トランジット (DTM-1) の活用により下記のごとく大幅な精度向上が計れた。

三元測量システム・DTM-1

① 測量精度による誤差
・水平角精度 ($\pm 20'' \sim \pm 4''$)
・距離角精度 ($\pm 20'' \sim \pm 4''$)

X方向 $\pm 2 \text{ mm}$
Y $\pm 2 \text{ mm}$
Z $\pm 4 \text{ mm}$

② 直線視分解能 ($5.4''$) 及び
クロスヘア/倍率誤差

X方向 $\pm 1.5 \text{ mm}$
Y $\pm 1.5 \text{ mm}$
Z $\pm 2 \text{ mm}$

③ 測距精度 $\pm (5 + 5 \text{ ppm} \cdot D)$
mm による誤差

X方向 $\pm 1 \text{ mm}$
Y $\pm 1 \text{ mm}$
Z $\pm 1 \text{ mm}$

測量精度を考慮した精度
(距離精度 $\pm 0.1 \text{ mm}/10 \text{ m}$ 以内)

E点 設定精度
(X方向) $\pm 4.5 \text{ mm}$ (Y方向) $\pm 4.5 \text{ mm}$ (Z方向) $\pm 7 \text{ mm}$

※従来方式において本システム値に近付けるためには、高度な測量技術者による多大な労力を要し、精度の分散を要すると懸念される。

(総合精度評価実例)



高度な性能を有する測量技術者により従来の電子測量機 (DTM-1) で基準点 (K-1~K-3) 及び直線上の設定点 (S1~S4) を正確に設けた。
この各点のデータをシステム制御部に代入し、本システムの機能により、基準点観測点間の距離誤差を求め、各設定点のデータを修正し、設定作業によりズレを補正することによって総合精度評価を行った。

位置	基準点	本機座標			設定点	誤差 (mm)		
		X	Y	Z		X	Y	Z
A	1, 2, 3	-30374	59027	1254	S1	-1	0	-1
					S2	-1	1	0
					S3	-2	1	-2
					S4	-1	2	0
					S5	-1	2	-1

4. あとがき

基本的な部分における開発は完了しているが、さらに完成度を高めるために耐硬性の向上、ソフトの応用許容拡大の検討を行っている。また一般建築物への水平展開を実施(4件)・計画(3件)中であり、今後は土木・測量分野へも展開を考えたい。

建設機械と施工法シンポジウム論文集（昭和61年度版）

昭和61年9月25日 印刷

昭和61年9月30日 発行

不許

複製

編集
発行所

社団法人 日本建設機械化協会

東京都港区芝公園3-5-8

（機械振興会館内）

電話（03）433-1501

FAX（03）432-0289

振替口座 東京 7-71122番

印刷所 株式会社 東神堂

東京都千代田区神田司町2-14