

昭和56年度

建設機械と施工法シンポジウム

論 文 集

昭和56年10月16～17日

博 多・福岡センタービル

事務用書籍控

社団法人 日本建設機械化協会

〒105 東京都港区芝公園3丁目5番8号

(機械振興会館) 電話 (03) 433-1501

昭和56年度

建設機械と施工法シンポジウム 論文集

目 次

*印 口述発表者

【土工機械と施工法】

1. 建設機械用ディーゼルエンジンの低騒音化
.....建設省土木研究所 沢田茂良*・境 友昭, 建設機械化研究所 本郷慎一... 1
2. 土工機械の作業時騒音パワーレベル測定方法の研究
.....建設機械化研究所 藤本義二*・西ヶ谷忠明... 5
3. 岩盤掘削におけるリップチップの耐摩耗評価.....愛媛大学 *室 達朗・榎 明潔... 9
4. 低摩擦土工板の開発.....小松製作所 *大柿光司・中島 実・瀬井将公...13
5. 車両の運動とORタイヤの摩耗.....愛媛大学 室 達朗・榎 明潔*・豊高 誠...17
6. ハイドロスタティックドライブトラックローダの特性について
.....キャタピラー三菱 杉村 遼*・森田 出...21

【基礎工事用機械と施工法】

7. 油圧式高周波杭打機の研究開発
.....建設省土木研究所 *樋野親俊, 建設機械調査 川添紀一, 高橋エンジニアリング 田崎靖朗...25
8. 軟岩用拡張式大口径立坑掘削機の開発
.....首都高速道路公団 内藤誠一, 建設機械化研究所*・相沢林作...29
9. 溶岩層を貫くφ2,000の場所打ち杭の施工
.....日本道路公団 吉田 誠, 神戸製鋼所 有川清隆*・宇野英治...33
10. 大深度地中連続壁工法ハイドロフリーズ.....大林組 加藤 実...37
11. 省力化した管渠埋設技術(New Zon-II 工法).....銭高組 岡崎 登...41

【軟弱地盤処理機械と施工法】

12. 一次シラス地盤へのセメント注入と装置.....佐藤工業 久保田清三...45
13. セメント混合攪拌工法における混合土の強度と攪拌法.....愛媛大学 室 達朗*・榎 明潔...49
14. 粉体噴射攪拌工法.....不動建設 中村正邦, 三信建設工業 栗原鎮男, 神戸製鋼所*・青井 実...53
15. 深層混合処理工法における施工機械と施工法
.....竹中土木 杉山一徳*・木村信之・吉永忠義・細見尚史...57
16. 超深度地盤改良(人工不透水層築造)工法の開発.....三井建設*・井上一敏・魚住雅孝...61
17. 大深度ベーパードレーンの施工.....りんかい建設 亀卦川毅一*・長谷川光彦...65

【維持用その他機械と施工法】

18. 特殊施工に不可欠な軽機械の役割……………発 研 松井 勤… 69
19. ローディングクレーンのモーメントリミッタの開発……………油谷重工 森 修… 73
20. 小型油圧ランマの試作……………日本国有鉄道鉄道技術研究所 *長野敏己・高木喜内… 77
21. 側溝清掃機械に関する調査試験 ……建設省九州技術事務所 米村信幸 *中原槻雄・江藤親男… 81
22. 路面たわみ測定機に関する調査試験について
……………建設省九州技術事務所 米村信幸・中村忠義 *畑中隆晴… 85
23. 道路標識板清掃車の開発……………建設省関東技術事務所 滑川 博 *佐々木敏彦… 89
24. 舗装廃材リサイクル機械の現状 ……建設省関東技術事務所 田中康之 *寺井春三… 93
25. 海浜清掃の省力化 ……キャタピラー三菱 *小田部喜三郎・佐藤孝行… 97

【トンネル工専用機械と施工法】

26. シールド工事における材料ロックの自動化……………熊谷組 箭本 実 *前田純一・木内 勉…101
27. セグメント清掃とその周辺機器 ……鶴見製作所 窪 泰人・埜田忠治 *水城文生…105
28. 場所打ちライニング工法……………大林組 山本 進 *牧野雅紀…109
29. NATM 用せん孔機械について……………古河さく岩機販売 三上芳一…113
30. 都市部の軟弱地盤における NATM について……………熊谷組 御手洗良夫…117
31. 長距離小径管推進工法(OHA/M工法)の開発
……………奥村組 三島亨介 *増田正和・園部富士雄…121

【コンクリート工専用機械と施工法】

32. コンクリートポンプ車の騒音低減 ……建設省土木研究所 沢田茂良 *境 友昭…125
33. 旭川ダム水中取水塔基礎プレバックドコンクリート工事における細骨材の
表面水管理方法について……………岡山県 下村 章, 熊谷組 上西 一 *本田 勉…129
34. 自昇式ダム型枠の開発について……………間 組 中内博司 *恵比寿隆夫…133
35. 定置式ディストリビュータブームによるコンクリート打設……………三機工業 横山明允…137

1. 建設機械用ディーゼルエンジンの低騒音化

建設省土木研究所 沢田茂良・*境友昭

建設機械化研究所 本郷慎一

1. まえがき

ほとんどの建設機械の動力源はディーゼルエンジンであり、しかもこれが主たる騒音源になっていることを考え合わせると、建設機械の低騒音化を図る場合、ディーゼルエンジンの騒音低減は最も基本的な対策の一つと考える。

ディーゼルエンジンから放射される騒音のほとんどはエンジンの表面振動に依存しているが、表面振動を発生させる最大の要因は、圧縮、爆発行程でのシリンダ内の圧力変化である。したがって、エンジンの騒音を低減させる方法としては、エンジンの剛性を高めること、シリンダ内の圧力変化を緩慢にすることなど、の方法がある。前者の方法を用いる場合、エンジンコンポーネントの振動の状態騒音寄与量に関する知識が必要であり¹⁾、後者はエンジンの性能に直接影響があるので実施にあたっては実験的にその妥当性を確認する必要がある。

本報告は、*低騒音型ディーゼルエンジン*の騒音低減対策方法と、個々の対策効果について分析した結果を示すものである。

2. エンジン騒音の発生機構と騒音低減対策方法

2.1 燃焼音

燃焼音は、シリンダ内の圧力変化に依存するが、この圧力変化は点火遅れが短い程、またその間シリンダに蓄積された燃料の量が少ない程緩慢になり結果的に騒音は低減する。この対策として、④燃料噴射時期の遅延(タイミングリタード)、⑤燃料噴射パターンの変更がある。④は、シリンダ内の圧縮行程が進み十分に温度が上昇した時点で燃料を噴射して点火遅れの時間を短くしようとする方法、⑤は、燃料噴射ポンプのプランジャ径あるいはスロットルノズルの径を小さくして燃料速度を緩慢にしようとする方法である。

これらの方法は、最も有効な騒音低減対策の一つであるが、反面不完全燃焼、出力低下、排気ガスの悪化、燃料消費率の増加等エンジン性能の低下を惹起するとされており、採用にあたっては慎重な配慮が望まれる。

2.2 ピストンスラップ

ピストンとシリンダの間には通常0.01~0.05mmの半径すきま(ピストンクリアランス)があり、ピストンは一般にピストンピンと直角なスラスト方向のシリンダ壁面に接してすべり運動を行う。しかし、圧縮行程上死点通過直後および排気行程上死点前でピストンに作用するスラスト荷重の方向が変わり、ピストンのすべり面はシリンダのスラスト側から反スラスト側へ移行する。この時、ピストンはこのスラスト荷重によってシリンダ面と衝突し、打撃振動が発生する。この現象をピストンスラップ

ブと呼び、これはまたピストンが反スラスト側からスラスト側へ移行する時にも発生する。

このような打撃力は、ピストンの移行速度に比例し、騒音対策としては、スラスト荷重の変化を小さくすること、運動距離を短くすることが考えられる。前者に関しては、㊸ピストンピンの位置あるいはピストンの重心をシリンダの幾何中心からオフセットすること、後者に関しては、㊹ピストンクリアランスを小さくすること、が一般的に用いられている。(ピストンクリアランスには通常油膜が形成されるが、この油膜の持つ流体粘性抵抗はすきま寸法の3乗に逆比例するとされており㊹の方法が衝突速度の緩和に有効な方法であることがわかる。)

2.3 機械系の振動

シリンダブロックは、エンジンの構成要素で最も大きく、シリンダ内の圧力変化に起因する呼吸振動、ピストンスラップによる振動、あるいはクランクシャフトに起因するねじり振動を生じる。特に一般的なディーゼルエンジンではシリンダブロックのスカート部が振動に関して自由端となっており、この下部に取付けられるオイルパンとともに騒音寄与率の高いコンポーネントである。

シリンダブロックに発生した振動は、間接的あるいは直接的に他のコンポーネントへ伝達され、それらの部位から騒音となって放射される。

この騒音対策としては、㊺部材の剛性増、㊻制振、があり、放射音に対しては、㊼パーシャルエンクロージャ等の対策が考えられる。

3. 騒音低減対策の実際と効果の測定

図-1にエンジン騒音低減対策の概要を示す。図は、機械系の振動に起因する放射音に対する騒音低減対策の概要を示したものであり、燃焼音対策、ピストンスラップ音の対策を含めた全体については、表-1の実験計画にその内容を示す。

3.1 実験計画

個々の騒音低減対策方法が相互に独立な騒音低減効果を持つと考えた時、騒音発生機構として線形モデルを仮定することができる。この場合、任意の騒音低減対策を組み合わせた状態での騒音の強さは、(1)式で示される。

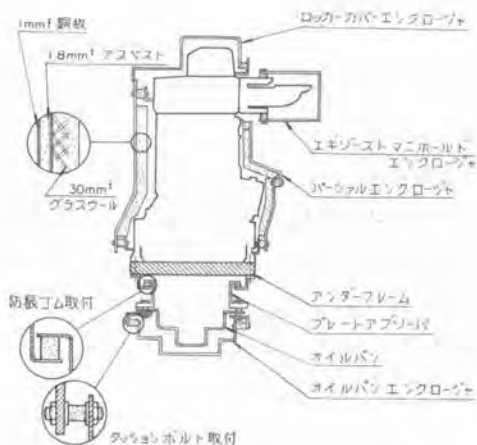


図-1 エンジンの騒音低減対策

$$U = U_0 - C^T \cdot A \cdot K + \varepsilon \dots\dots\dots(1)$$

U_0 : 原型エンジンの音の強さ (Watt/m²)

A : 騒音対策対象の騒音寄与量

K : 騒音低減対策対果比

C : 騒音低減対策効果の選択行列

ε : 観測誤差

験をあわせて実施した。

4. 実験結果²⁾

4.1 騒音低減対策の主効果

表-1の最右欄に各々の騒音低減対策のオーバーオールでの効果を示す。騒音低減効果としては、タイミングリタードが最も大きく、次いで、アンダーフレーム、プランジャ径変更、パーシャルエンクロージャである。ピストンピンオフセットはピストンスラップ音対策として有効な方法とされているが、対象エンジンではその効果が観測されなかった。

図-2は、(1)式の線形重回帰モデルによる実測値と予測値の関係を示すもので、両者は1dB以内の誤差で一致しており、騒音発生機構を線形モデルで近似して十分記述できることがわかる。また、図より、表-1に示される全ての騒音低減対策を講じた場合、約10dBAの騒音低減値が推定される。

4.2 騒音低減対策の周波数特性

図-3は、主な騒音低減対策の周波数特性を示すものである。各々の騒音低減対策は異なった周波数特性を持つが、燃焼音対策となる。タイミングリタード、プランジャ径変更は、ほぼ同じ周波数特性を持っている。これらることより、250Hz, 1,600Hz帯域は燃焼音, 3,150~4,000Hz帯域はピストンステップ音, 4,000~8,000Hz帯域は、機械系振動に依存しているものと推定される。また原型エンジンの卓越周波数は、315, 1,600, 4,000Hz帯域にあり、対象としたエンジンの騒音は、燃焼騒音に支配されていたことがわかる。

5. あとがき

ブルドーザ(10ton級)の定置ハイアイドル時の騒音を60dBA/30mとするためには、ディーゼルエンジン単体の騒音を5dBA低減させなければならないというのが本研究の出発点であった。これらの実験の結果、実用的な騒音低減対策を施した場合、約5dBAの騒音低減が推定され、当初の目的は達せられたものと思われる。

また、騒音対策に伴う、エンジンの性能低下が心配されたが、負荷試験の結果、有意な出力変化、燃料消費率の変化は全く観測されなかった。

参考文献

- 1) 沢田・境* 建設機械用ディーゼルエンジンの低騒音化(1) 土木技術資料 Vol 22 No 12
- 2) " " " " (2) " " Vol 23 No 2

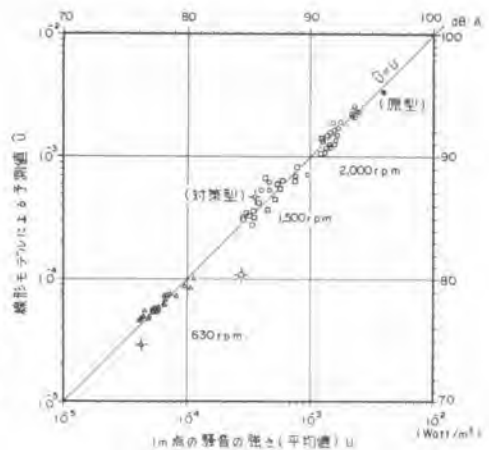


図-2 実測値と予測値の関係

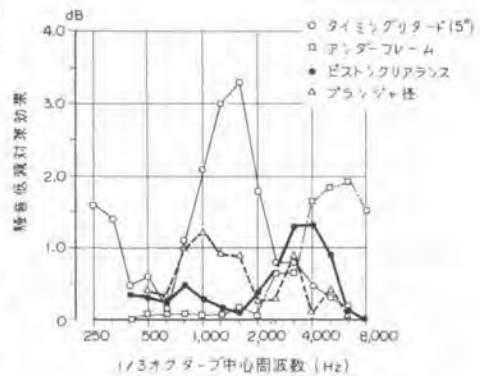


図-3 騒音低減対策の周波数特性

2. 土工機械の作業時騒音パワーレベル測定方法の研究

建設機械化研究所 藤本 義二・*西ヶ谷 忠明

1 まえがき

工事騒音の予測あるいは機械相互間の騒音発生量の比較を行なう場合、対象となる機械の騒音パワーレベルを求めることが必要とされるが、土工機械の騒音パワーレベルは、土工機械が本来走行あるいは施回を伴って作業を行なうものであるから定置状態では正当な評価は不可能であり、作業状態をもって表現すべきである。ところが、作業時の騒音パワーレベル測定については、(1)移動する指向性音源のパワーレベル測定のためのマイクロホン配置とその個数、(2)再現性ある作業(運転)条件の問題、(3)適切な測定場所床面の種類、等々の問題が未解決のために現在のところその方法が確立されていない。また、この問題は最近になってISOにおいてもとり上げられ、TC43 TC127の両委員会において、土工機械の作業時騒音パワーレベル測定方法として、各機種ごとに実作業をシミュレートした、ワークサイクルを行なって、この間の騒音パワーレベルを測定する方法が提案された。本研究は、上記の問題点について検討を行い、土工機械の作業時騒音パワーレベル測定方法の確立に資することを目的として、ISO提案の方法を中心とした測定実験を実施したものである。

2 実験対象機械と騒音計および実験場床面の種類

実験対象機械は、バケット容量0.4 m³の油圧式ショベル、同1.15 m³の単輪式トラクタショベル、同1.15 m³の履帯式トラクタショベルおよび全装備質量11 tのブルドーザの4機種とした。騒音計は精密騒音計を用い、マイクロホンは延長コードの先に取付け、全騒音計を1個所に集中してA特性で計測しデータレコーダに記録した。実験場床面の種類はコンクリート、普通土、砂地の3種について比較を行なった。但しコンクリート上では、単輪式トラクタショベルと走行を伴わない油圧式ショベルについてのみ実験を行なった。写真-1に普通土実験場における油圧式ショベルを示す。



写真-1 普通土実験場における油圧式パワーショベル (実作業)

写真-1に普通土実験場における油圧式ショベルを示す。

3 マイクロホン配置と機械走行方向

ISOの提案するDP6395“土工機械の作業時騒音パワーレベルの測定方法(シミュレートッドワークサイクル)”では、ISO/DIS6393“土工機械の定置時騒音パワーレベル測定

方法³⁾に規定する12個のマイクロホン配置のうちの偶数番のマイク6個を用いて測定するようになっている。今回の実験では図-1に示すISO/DIS 6393による配置を基本として行な

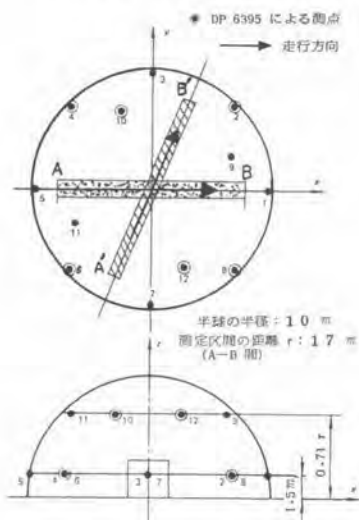


図-1 基本マイク配置と走行方向

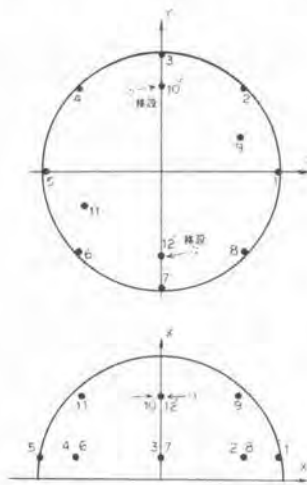


図-2 修正マイク配置

った。また機械走行方向はDP 6395では同図のA→B方向となっているが、この場合は1番と5番のマイクは除いて測定することになる。そこで、マイク12個を測定に加えることのできる走行方向として、A'→B'方向も加えた。図-2のマイク配置はA→B方向に走行したときDP 6395提案の偶数番のマイク6個のうちマイク10番と12番を10'、12'へ移設し、走行方向に対して6個の

マイクが完全に左右対象となるよう修正したものである。なお、マイクは仮想した半球の表面上に配置することになるが、半球の半径はコンクリート上のみ12m、その他は全て10mとした。

4. 機械の運転方法

ISO/DP 6395では、各機種ごとに土砂を扱うことのないシミュレーションの方法が詳細に記述されているのでシミュレーションはこれによることとしたが、シミュレーションは実作業に比較すると負荷の程度が軽く、また、土砂を掘削する場合の騒音の特性も異なることが考えられるので、測定半球内で実際に土砂を掘削、運搬する実作業も行なった。次に各機種毎にシミュレーションの概略を述べる。なお、エンジンは原則的にスロットルを最大位置におく。

(1) 油圧式ショベル(バックホウ)

最大リーチの90%のバケット位置から、溝掘り作業を想定して、アームおよびブームを操作してバケットを手前に引き寄せる。次に溝の縁をこえて90度左旋回を行ないつつブームを上昇して土捨て作業をシミュレートする。逆旋回はブームを下げながら最初の姿勢に戻る。

(2) 車輪式および履带式トラクタショベル

バケットは無積載で運行姿勢の高さに保持し、図-1のA方向から前進し機械中心がB点に達したら停止する。次に後退開始と同時にバケットを最大持ち上げ高さの80~90%の高さまで上昇させ、機械中心がA点を通過してから最初の姿勢に戻る。騒音の測定は機械がA、Bの間にあるとき行なう。走行速度は前後進ともに、車輪式は13km/h、履带式は4km/hを越えず、かつこれに最も近い速度とする。

(3) ブルドーザ

土工板を運行姿勢に保ったまま前後進を行なう。速度は前進時 4 Km/h、後退時 10 Km/h 以下でこれに最も近い速度とする。前進と後退は各々独立したモードとして計測する。

5. パワーレベルの算定

騒音パワーレベル L_{WA} (以下単にパワーレベルとする) は、各マイクロホン位置における A 特性音圧レベルの全測定時間にあたるエネルギー平均値を求め、次式で計算する。

$$L_{WA} = \overline{L_{PAeq}} + 10 \log \frac{S}{S_0} \quad \text{dB(A)}$$

$$L_{PAeq} = 10 \log \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{\left(\frac{L_{PAi}}{10}\right)} \quad \text{dB(A)}$$

但し、 S は測定半球の面積 (m^2)、 S_0 は単位面積 $1(\text{m}^2)$ 、 L_{PAeq} は L_{PAeq} の全測点にあたる平均値、 L_{PAi} はエネルギー平均騒音レベル L_{PAeq} をデジタルに求めるために分割した微小時間々隔毎の騒音レベル (dB(A))、 N は分割の総数を表わす。

6. 実験結果

III マイクロホン配置と音源の移動方向

表-1 は、検討のために選択したマイクロホン配置を示す。検討の方法は、マイクロホン個数全数 (10 個又は 12 個) の場合を基準として、マイク個数を 6 個、4 個と省略した場合のパワーレベルの変化をみるものとする。

油圧ショベルは配置番号 2、4 によって実験を行なったが、両配置に共通して次の傾向が認められた。パワーレベルは、マイク個数を 12 個から 6 個に減じてはほとんど変わらないが、地上高さ 7.1 m の測点を含まない 4 個の配置では、前 2 者の場合より 1 ~ 2 dB 低く評価される。これ

は、実験に供した油圧ショベルの騒音指向性がやや上方にあるためで、このように音源に指向性がある場合はマイクロホンの個数をあまり少なくすることは好ましくない。

油圧ショベル以外の、走行を行なう機械の場合のマイク配置は表-1 の配置番号 1、2、3 を用いた。図-3 はマイクの数とシェミレーションの場合のパワーレベルの関係を示し、CL、WL、BD(F)、BD(R) 軸には、それぞれ履帯式、車輪式トラクタショベル及びブルドーザ (前進) (後退) のパワーレベル差 (マイク全数時と 6 ~ 4 個時との差) を目盛っている。従って、これに囲まれた四辺形が小さく、かつ中心に寄っているものが、どの機種に対しても精度のよい配

表-1 検討に用いたマイク配置

配置番号	マイク個数	全数 (12 又は 10)	6	4
1	ISO/DP 6395			
2	ISO/DIS6393			
3				
4				

● マイクロホン (地上高さ 1.5 m)
○ " (" 7.1 m)
----- 機械走行方向および騒音レベル測定区間
↖ 油圧ショベルの旋回方向

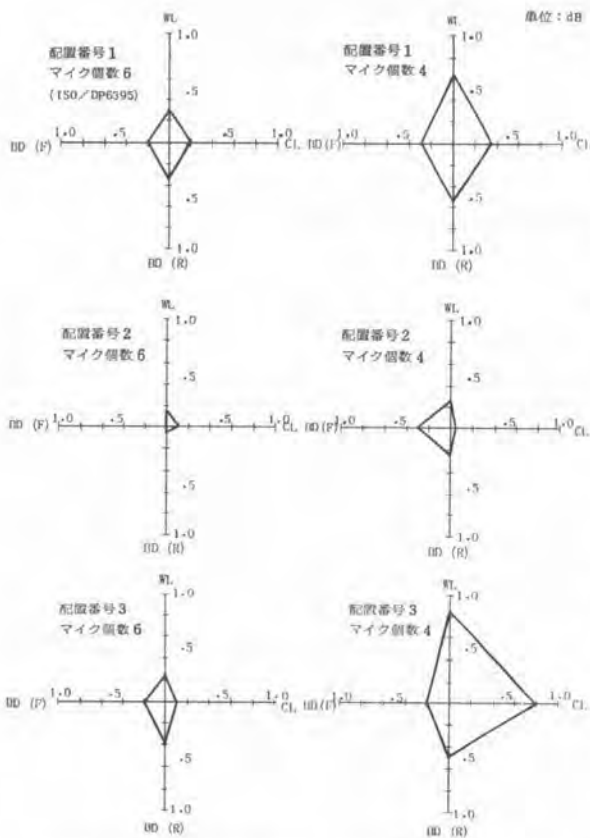


図-3 マイク個数を減じた場合のパワーレベル変化量 (普通土)

d B 以内であり、シュミレーションによって実作業の発生音レベルをはば再現できているといえる。

(3) 実験場床面の影響について

土工機械にとって一般的な作業場所である普通土と砂地上におけるシュミレーション時パワーレベルを比較すると、砂地上では普通土上より約 1.5 d B (A) の吸音効果があること、またブルドーザにおいては特に高速走行する後退時に接地面の緩衝効果が作用し、更に 0.7 d B (A) 低下することが認められた。従って、作業時騒音パワーレベルの測定に砂の床面を使用することは不当に低い測定値を与える結果となり好ましくない。

7. まとめ

ここに紹介できなかった事実も含めて実験結果を総合すると、ISO/DP6395は若干の改正を行なうことにより、土工機械の作業時騒音パワーレベルの実用的な測定方法として採用できるものと考えられる。なお、この研究は(社)日本機械工業連合会を通じて機械工業振興資金の補助を受けて実施したものである。

置であることを示している。図-3から、いずれの配置もマイク全数の場合との差は 1 d B 以内であって特に問題はない。なかでも配置番号 2、マイク個数 6 の場合はどの機種に対しても極めて良い対応を示している。また、配置番号 1、マイク個数 6 は ISO/DP6395 提案のままであるが、この配置も優れている。

(2) シュミレーションと実作業の比較

表-2 はシュミレーション、実作業の両方についてパワーレベルを計算した結果である。同表によって、シュミレーションと実作業のパワーレベルを比較すると、ブルドーザの後退時にシュミレーションの場合が 1 d B 大きい他は、どの場合をとっても両者の差は 1

表-2 シュミレーションと実作業の比較 (普通土)

機種	マイク配置および個数	作業種別	パワーレベル dB (A)	計測時間 s	走行速度 km/h
油圧ショベル	D156393 (12)	シュミレーション	105.0	15.9	—
		実作業	104.0	18.4	—
車輪式トラクタショベル	DP 6395 (10)	シュミレーション	108.6	14.0	8.7
		実作業	108.1	13.2	9.3
履帯式トラクタショベル	DP 6395 (10)	シュミレーション	108.9	41.4	3.0
		実作業	109.1	33.9	3.6
ブルドーザ	DP 6395 (10)	前進	104.4	26.0	2.4
		実作業	103.6	28.8	2.1
		シュミレーション	104.9	8.3	7.4
		後退	103.8	6.3	7.4

注) 両トラクタショベルの走行速度は往復の平均速度で、停止、変速に要する時間も含めて計算した。

3. 岩盤掘削におけるリップチップの耐摩耗評価

愛媛大学 *室 達 朗・榎 明 潔

1. まえがき 岩盤の掘削作業においては爆破工事が制限されることが多く、リップチップ[®]による機械化掘削に対する需要が増大するに至っている。今日、重機械の大型化にともなうかなり硬い岩盤をも掘削の対象とされ、リップチップの耐摩耗性が追究されるようになってきた。ここでは、種々の岩盤掘削現場において使用されているリップチップの耐摩耗性の実態を把握するとともに、チップの摩耗に重要な影響を及ぼす岩盤強度特性および金属材料特性の両面よりリップチップの耐摩耗性を評価することを主眼とした。まず、13種類のリップチップについては、室内における高面圧下での摩耗試験を実施するとともに、16ヶ所のリップング作業現場において現地摩耗試験を行なった結果について報告する。つぎに、リップチップの摩耗寿命を「摩耗に対する岩盤強度指数」および「金属の摩耗抵抗値」によって評価する方法を提案するとともに、耐摩耗対策について検討する。

2. リップチップの金属材料質 使用した13種類のリップチップの金属材料を大別すると、鍛造された特殊合金鋼 STKS 2 や SNCM 8、熱処理された Si-Mn-Cr-Mo 鋳鋼、および高マンガン鋳鋼 SCMnH11 などとなる。ここで使用したチップは、いずれも長さ 375 mm、先端幅 88 mm、初期重量約 15 kg である。表-1 に、新品時の各リップチップについて行なった金属材料試験の結果を示した。試験項目はピッカース硬さ Hv Kg/mm²、ロックウェル硬さ HRC、引張強度 Kg/mm²、伸び %、絞り %、弾性係数 E Kg/mm²、シャルピー衝撃値 Kg/cm² および化学組成である。チップ No.1 は、Ni-Cr-Mo 鋳鋼品であり、その金属組織は焼戻しマルテンサイトである。チップ No.2, No.6 および No.9 は、Ni-Cr-Mo 鍛造品 STKS 2 で焼戻しマルテンサイトである。チップ No.3 と No.4 は、Si-Cr-Mo 鍛造品で焼戻しマルテンサイトであり、No.5 は Si-Mn-Cr-Mo 鋳鋼品で焼戻しマルテンサイトである。No.7, No.8 は、熱処理された Si-Mn-Cr-Mo 鋳鋼品であり、No.10 は高 Mn-Cr 鋳鋼品 SCMnH11 で水焼入を行なったものである。また、No.11 と No.12 は、Ni-Cr-Mo 鋳鋼品で焼戻しマルテンサイトである。なお、ここで標準リップチップとして選定したチップ No.0 は、鍛造された特殊合金鋼であり、その金属組織はベイナイト変態にあり緻密な羽毛状構造を形成している。

3. 室内摩耗試験 図1は、摩耗試験機の概略であり、7.5 KW のモータによって駆動される 400^φ 回転テーブル上に岩石試料(325×325×100mm)を設置し、岩石面上において直径 7mm、長さ 25mm のチップ供試体を摺動させて摩擦および摩耗試験を実施するものである。回転テーブルの最大

No	Hv Kg/mm ²	HRC	引張強度 Kg/mm ²	絞り %	伸び %	弾性係数 Kg/mm ²	シャルピー 衝撃値 Kg/cm ²	化 学 組 成 %							
								C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	P	S
0	448	45.1	156.5	27.8	6.2	20800	5.90	0.27	0.29	0.77	0.61	0.51	0.12	0.02	0.02
1	397	40.9	128.0	45.0	5.7	19557	3.42	0.44	0.33	0.74	0.56	0.63	0.31	0.01	0.02
2	458	46.0	175.8	43.9	10.8	20904	2.66	0.32	0.27	0.84	0.65	0.46	0.18	0.01	0.01
3	429	43.5	171.6	49.0	10.4	20500	3.03	0.31	1.80	0.66	0	0.50	0.10	0.01	0.01
4	502	49.3	174.2	33.7	10.2	20500	1.17	0.33	1.70	0.40	0	2.90	0.95	0.02	0.01
5	480	48.0	141.3	6.5	2.2	21230	1.55	0.28	1.75	1.00	0	1.87	0.37	0.02	0.02
6	443	44.7	174.3	43.1	7.9	19557	2.24	0.32	0.26	0.78	0.42	0.44	0.18	0.01	0.02
7	505	49.3	172.5	—	3.5	20300	1.65	0.29	1.65	1.20	0	1.82	0.38	0.02	0.02
8	465	46.4	142.5	—	4.5	20100	1.10	0.38	0.88	1.02	0	1.20	0.32	0.02	0.02
9	546	52.1	174.9	46.8	14.9	20904	6.30	0.32	0.30	0.87	0.52	0.54	0.18	0.03	0.03
10	225	19.8	82.1	26.2	22.0	20050	8.60	1.14	0.50	12.10	0	2.18	0	0.04	0.01
11	444	44.7	149.0	27.8	9.7	19557	2.89	0.42	0.30	0.72	1.79	0.78	0.19	0.03	0.03
12	443	44.7	147.8	29.4	10.3	20738	2.99	0.42	0.24	0.64	1.71	0.72	0.18	0.03	0.03

表-1. リップチップの金属材料試験結果

出力トルクは 81.2 Kg \cdot m, 回転数 90 r.p.m. である。載荷重は空気圧シリンダーによって与え、本実験においては、岩石とチップ供試体との接触面圧を 250 Kg/cm² までの各段階における摩擦抵抗と摩擦重量を計測した。なお、摺動速度は 141.4 cm/sec (約 5 Km/h) とし、直径 30 cm の同一円周上を摺動させた。試験は、いずれも乾燥状態で行ない、摺動面上の摩擦粉はサンドペーパーにより完全に除去した。岩石試料としては、安山岩を使用した。その物性は、ショア硬さ 70.1 \pm 4.9, 見かけ比重 2.48 \pm 0.02 g/cm³, 単軸圧縮強度 1861.9 \pm 248.8 Kg/cm² である。チップ供試体は、前述のリッパチップ No. 2, No. 3, No. 4, No. 5 および No. 9 から切り出したものである。図 2. および図 3. に、接触面圧と摩擦量, 摩擦係数との関係を示した。摩擦試験中のチップ供試体の岩石との摺動部分は、接触面圧の増加とともに 50 Kg/cm² で赤熱しはじめ 100 Kg/cm² 以上で溶融してくるため摩擦量は急激に増大している。また、高面圧下での高温摩擦領域では、摩擦後の摺動面でのロックウェル硬さが高い程摩擦量が減少していることが判明した。また、低接触面圧下では岩石表面あがりの影響を受けて摩擦係数は高い値を示しているが、50 Kg/cm² 以上の高接触面圧下においては比較的安定した摩擦係数値をとることが図より明らかである。

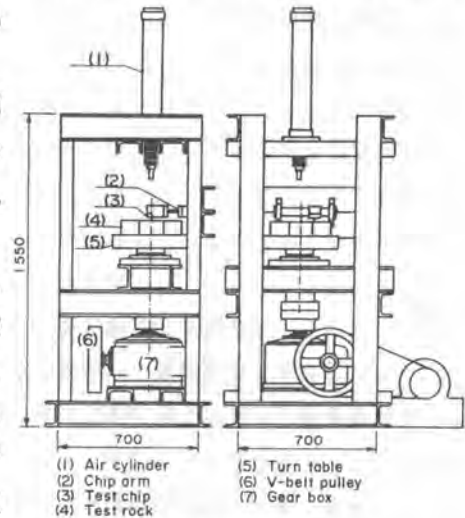


図 1. 摩擦試験機概略図

4. 現地摩擦試験 車輛重量, 機種ともに同一で、最大けん引

力 30 トン級のブルドーザによるリッピング作業を行っている比較的摩擦の著しい 16ヶ所の作業現場を選定し、種々の岩盤を掘削するチップの摩擦重量の経時変化と岩盤特性, 金属材質との関係を調査した。リッパチップの摩擦寿命 T_c は、摩擦重量がリッピング作業時間とともに直線的に増大するとし、限界摩擦重量 7Kg に対して算定した。また、岩盤特性は、岩盤の亀裂係数 C_r , 無亀裂岩石の単軸圧縮強度 σ_{co} , 硬度の高い鉱物の含有量 K_o , および岩石

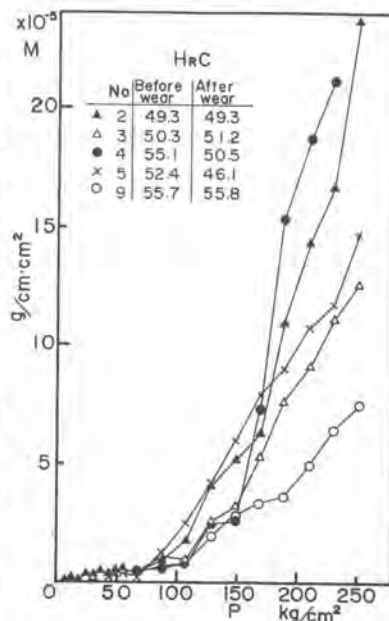


図 2. 接触面圧 P と摩擦量 M との関係

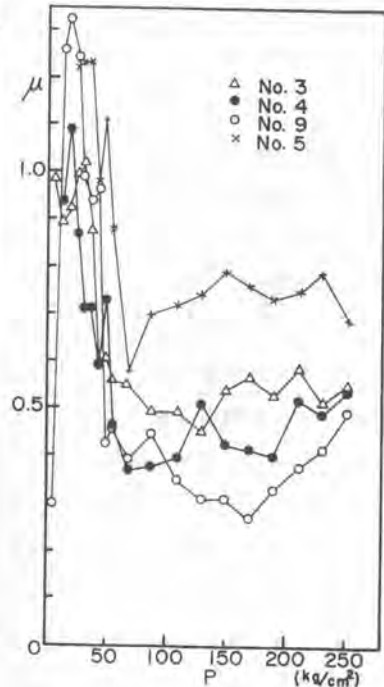


図 3. 接触面圧 P と摩擦係数 μ との関係

の風化程度を表現する見かけ比重、口サンゼルスすりへり減量、吸水量、ショア硬さによって定まる定数 K によって次式で表現される「摩耗に対する岩盤強度指数」 σ_c によってチップの摩耗に影響を与える岩盤の強度を評価することとした。^{1), 2)}

$$\sigma_c = K \sigma_{c0} (1 - Cr), \quad K = K_0^2 (K_1 + K_2 + K_3 + K_4) / \Delta \quad (1)$$

ここに、 K_0 =(石英含有量)+(長石類含有量) $\times 0.5$, K_1 =(見かけ比重)/2.60, K_2 =30.0/(口サンゼルスすりへり減量), K_3 =2.00/(吸水量), K_4 =(ショア硬さ)/60.0

図4は、チップの寿命 T_c (hr) と摩耗に対する岩盤強度指数 σ_c (Kg/cm^2) との関係を両対数紙上にプロットしたものである。图中、黒丸印で示した1ヶ所の作業現場ではいずれも標準リップチップについて試験したものであり、その他は種々の金属材料相互の比較試験を行なったものである。標準リップチップについては、図より明かには、摩耗に対する岩盤強度指数が $43 \text{ Kg}/\text{cm}^2$ で折点を有する2本の直線で表現されることが判明した。すなわち、

$$\text{軽摩耗域 } (0 < \sigma_c \leq 43 \text{ Kg}/\text{cm}^2) \text{ で } T_c = 4.10 \times 10^2 \sigma_c^{-0.33} \quad (2)$$

$$\text{重摩耗域 } (\sigma_c > 43 \text{ Kg}/\text{cm}^2) \text{ で } T_c = 2.40 \times 10^5 \sigma_c^{-2.03} \quad (3)$$

なる式で示され、両者の相関性はきわめて高い。^{3), 4)}

つぎに、金属材料の摩耗寿命に与える影響について調査した結果、発熱による焼もどし軟化抵抗の大きなチップ程寿命が長くなる傾向がある。⁵⁾ また、写真1に示したように、摩耗表面部における金属組織がかなり変化しており、摩耗したチップの表面硬さ HRC がかなり摩耗寿命を支配していることが判明した。

したがって、金属の耐磨耗性を評価するためには、摩耗したチップ表面の硬さ HRC と次式で示す発熱による焼もどし軟化抵抗 R を用いるのが適切である。^{6), 7)}

$$R = \frac{1}{4} \left(\frac{C}{0.31} + \frac{\text{Si}}{1.75} + \frac{\text{Cr}}{4.00} + \frac{\text{Mo}}{1.00} \right) \quad (4)$$

金属材料による摩耗寿命の差異について、5ヶ所のリッピング作業現場I, II, ..., Vにおいて試験をした結果、摩耗寿命と金属材料特性の間で、正の相関係数が最も高くなるのは、摩耗抵抗 R と摩耗したチップ表面の硬さ HRC およびシャルピー衝撃値 CH の相

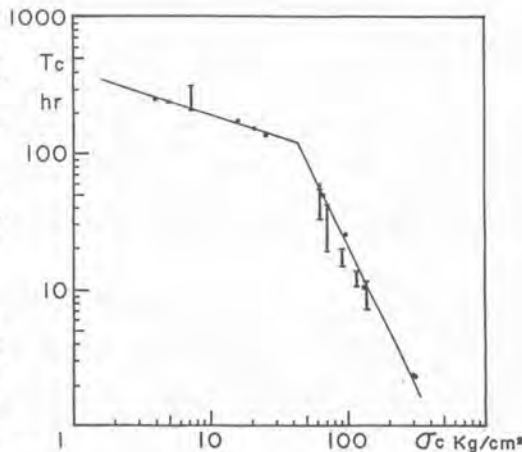


図4. リップチップの摩耗寿命 T_c と摩耗に対する岩盤強度指数 σ_c との関係

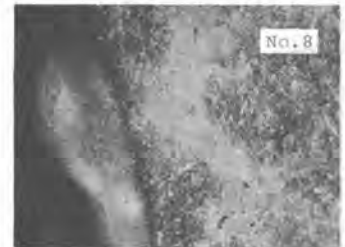
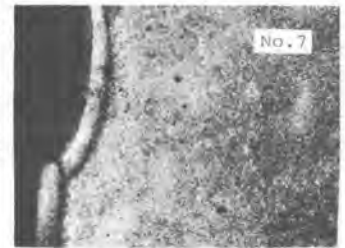


写真1. チップ断面の摩耗表面部における金属組織変化

乗積となることが判明した。表2は13種類のリップチップの発熱による焼もどし軟化抵抗 R、摩耗した表面硬さ HRC および摩耗抵抗値 R・HRC・CH と摩耗寿命の測定結果を示したものである。また、図5に摩耗寿命 Tc と摩耗抵抗値 R・HRC・CH との関係も種々の摩耗に対する岩盤強度指数 σ_c に対して示した。

ここで、岩盤特性の影響を消去してチップの摩耗寿命に与える金属材質の影響のみを把握することは困難であるが、今仮に、標準リップチップの摩耗抵抗値によって各現場での摩耗寿命 Tco を算定し、Tc と Tco との比率と摩耗抵抗値との関係を求めること次式がえられた。

$$Tc/Tco = 3.78 \times 10^{-3} R \cdot HRC \cdot CH + 0.653 \quad (\text{相関係数 } 0.33) \quad (5)$$

このように相関性が小さい理由は、5ヶ所のリップング作業現場を軽・重摩耗域に区別していないこと、およびそれぞれの現場において摩耗機構が全く異なるためと考える。

5. 結論 以上より、リップチップの摩耗寿命は、摩耗に対する岩盤強度指数と金属の摩耗抵抗値の関数として表現することが可能となり、合理的な施工計画を樹立する上で十分な意義がある。とくに、摩耗寿命を支配する要因は金属材質よりも岩盤特性に大きく左右されており、チップの寿命を増大させるためには、予備発破やハイドロブラスト機によるリップング予備破砕によって摩耗に対する岩盤強度指数を低下せしめることは有効な手段である。また、チップの耐摩耗性は、焼入性が優れているとともに発熱に対する軟化抵抗の大きい金属材質が有効であるが、岩盤特性に適合したチップを厳密に区別して使用するべきである。さらに、硬岩掘削に対してはジェット水等による発熱防止を検討することも有益な手段である。

6. 参考文献

- 1) T.Muro ; Characteristics of shape variation of rippertip — from field test —, Memoirs of the faculty of engineering, Fukui Univ., Vol.25, No.1, 1977, pp.1-12.
- 2) S.Hata, T.Muro, Y.Kaneko ; Estimation of Life of rippertip due to wear, Proc. of JSCE, No.268, 1977, pp.119-127.
- 3) 室 達朗;リップチップの摩耗特性, 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, 1978, pp.63-97.
- 4) S.Hata and T.Muro ; Relation between wear life of rippertip and rock mass properties, Proc. of the 6th International Conf., ISTVS, 1978, pp.951-981.
- 5) T.Muro ; Wear Characteristics of Rippertip with regard to Metallic Aspects, Memoirs of the Fac. of Engg., Fukui Univ., Vol.26, No.2, 1978, pp.297-308.
- 6) 室 達朗;岩盤掘削刃の摩耗寿命予測, 愛媛大学紀要第III部工学, 第9巻第3号, 昭和55年3月, pp.335-348.
- 7) 室 達朗;リップチップの金属材質と摩耗寿命, 愛媛大学紀要第III部工学, 第9巻第4号, 昭和56年2月, pp.399-410.

No	R	HRC	R・HRC・CH	Tc				
				I	II	III	IV	V
0	0.321	41.3	78.24					
1	0.519	40.3	71.53		50.47			
2	0.370	42.0	41.34		54.86		7.14	
3	0.564	45.3	77.41		48.75			17.78
4	0.928	48.5	52.66		54.56		11.62	17.64
5	0.685	47.0	49.90		41.64		9.71	14.73
6	0.368	40.0	32.97		33.18			
7	0.678	39.4	44.08	324.07				
8	0.587	31.8	20.53	208.96				
9	0.380	39.0	93.34	212.77		13.81		19.56
10	1.127	27.8	269.44					
11	0.478	44.4	61.34			12.46		
12	0.463	44.5	61.61			10.90		

表2. リップチップの摩耗抵抗値と摩耗寿命

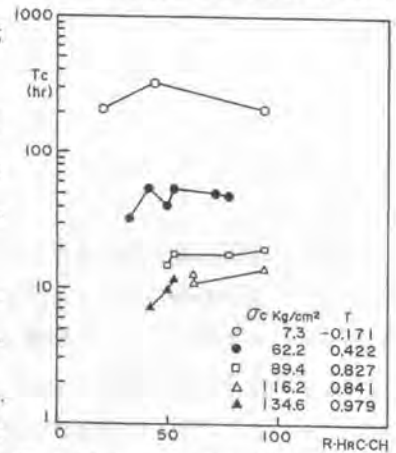


図5. 種々のリップング作業現場における摩耗寿命 Tc と摩耗抵抗値 R・HRC・CH との関係

4. 低摩擦土工板の開発

小松製作所 *大 柿 光 司・中 島 実
瀬 井 将 公

1. まえがき

石油事情の悪化に伴い、建設機械の省エネ化はますます重要性を増している。建設機械の省エネ化には、機械内部の動力伝達効率の向上を図ることも大切であるが、土へ伝えられ消費されるエネルギーの低減も重要で効果も大きい。建設機械が土と接するのは作業機と、その作業機に動らく力を支える足まわりの二箇所である。本研究では建設機械の代表であるブルドーザの土工板について、土とのかかわりあいを改善し、省エネ化を図った。

2 土工板表面の低摩擦化の必要性

図1に示すように、土工板の切刃で新たに掘削された土が湧出部を通過して押し上げられる時、堆積部と土工板表面から摩擦による抵抗 S_1 、 S_2 を受ける。

切刃の前の土はこれらの力によって上から押えられ状態掘削されるので、切刃は特に大きな抵抗を受けると考えられる。したがって S_1 や S_2 の低減を図れば土工板の抵抗の低減が図れ、土工板による掘削の省エネ化が期待できる。特に S_2 を減らせば土工板表面の摩擦損失が減少するので大きな効果が期待できる。 S_2 を減らすには土工板表面の低摩擦化が必要である。

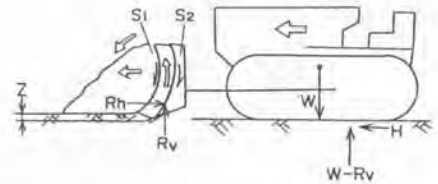


図1 土工板前面の掘削土の動きとブルドーザーが受ける力

3 土工板表面の低摩擦化の方法

土工板表面の低摩擦化の方法には、一般の切削での例を参考にし、次の様な方法が考えられる。

(a) 潤滑による方法

(b) 加振による方法

(c) 低摩擦の材料を貼る方法

これらの方法の土工板への適用性を検討する。土工板表面を潤滑するには、全表面に均等に水や空気などの潤滑材を送るのが難しいばかりでなく、送水や送気のための動力を要し、タンク等の装置も必要となり実用性に乏しい。また地面を陽極、切刃・土工板を陰極にして電圧を加え、土中の水と切刃・土工板表面に集める電気浸透法も考えられるが、所用電力が大きく感電による人体への危険などから実用性は少ない。

切刃の加振による振動切削の例は多く、土工板への適応例も見られ、その効果は実験によって確か

められている。しかし切刃・土工板の加振には特別な動力装置を必要とすること、機械に振動が伝わり耐久性が悪化するなどの問題から実用化されていない。

低摩擦材を切刃に使う例として、農業用プラウにテフロンを焼付けたものがあり、一部で実用化されている。この方法は簡単であり、特別な動力やそのための装置が不要なので、耐久性の高い低摩擦材料さえあれば実用性は高い。

以上のことから土工板の表面に低摩擦板を貼って低摩擦化を行なうことにした。

4. 合成樹脂を張付けた低摩擦土工板

4.1 低摩擦土工板の構造と低摩擦板の特性

低摩擦土工板の構造を図2に示す。切刃の上端と土工板上端の押え板とで低摩擦樹脂板(超高分子ポリエチレン: UPE)をはさみつけている。低摩擦板は土工板前面のRに沿って曲げられているが、この材料は記憶性があり、時間の経過とともに曲げ加工以前の真直な状態に戻ろうとする。弧ABが真直になろうとするとき低摩擦板の両端には大きな圧縮力が生じ、低摩擦板は土工板に押し付けられる。押し付けが充分大きいので、接着剤を必要としない。

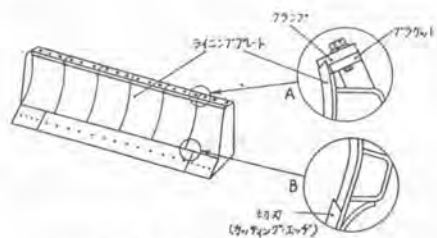
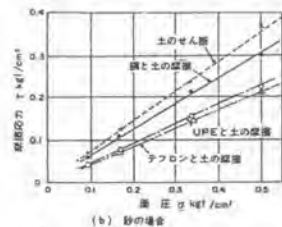


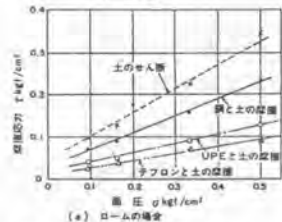
図2 低摩擦土工板の構造

低摩擦板として用いたUPEはエチレンを直鎖状にしたもので、分子量約100万の樹脂を板状にしたものである。代表的な低摩擦材のテフロンと比較すると、

- (a) 廉価でありテフロンの約1/4の価格である。
- (b) 土に対する摩擦特性は図3に示すように、砂の場合ほぼ等しく、ロームの場合僅かに高い。しかし鋼と比べるとはるかに高い低摩擦性を呈する。
- (c) 砂に対する摩擦速度を測定すると、テフロン約0.6倍で摩擦しにくい。



(a) 砂の場合



(b) ロームの場合

図3-低摩擦材の摩擦特性

4.2 低摩擦土工板の性能

低摩擦土工板と低摩擦板を貼らない元の土工板とを図4の装置に取りつけて、一定深さと一定の速度0.4 m/secでロームと砂を掘削した場合の、押土量 Q (m^3)と掘削抵抗 R_h (kgf), R_w (kgf)との関係を測定した。なお実験に用いた土および低摩擦板(UPE)の特性は図3である。実験結果を図5に示すが、どちらの土工板

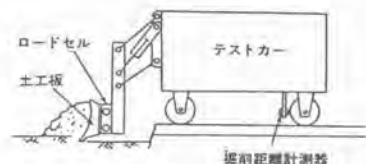


図4 掘削実験装置の概略

についても、水平抵抗 R_h は押土量 Q とともに直線的に増加する。垂直抵抗 R_v はロームの場合 Q とともに直線的に増加するが、砂の場合ははじめに僅かに減少しその後増加する。いづれの場合も、低摩擦土工板の方が R_h 、 R_v ともに低い値を示し、抵抗低減に対する低摩擦化の効果が著しい。

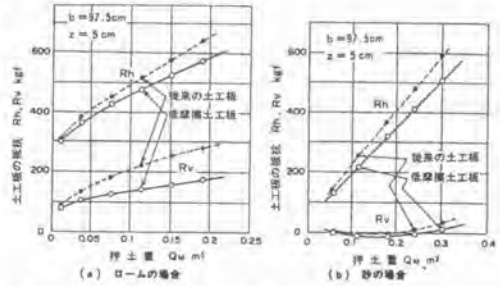
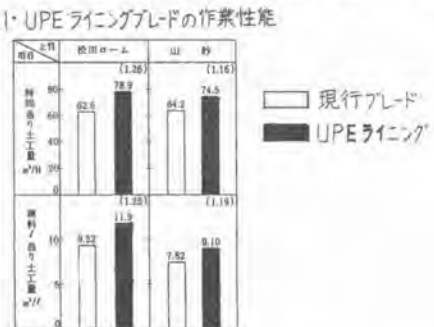


図5 土工板が受ける抵抗と押土量との関係

4.3 実験における作業量測定

総重量3600kgfのブルドーザに巾2180mmの現行土工板と低摩擦土工板を装着し、掘削距離15m、散土距離7.5mで10サイクルの作業を行ない、掘削された土の元の体積 U (m³)と作業に要した時間 T (h)および燃料消費量 C (Q)を測定した。車速は前進0.78m/sec、後進1.8m/secで土質は、湿ったロームと湿った砂である。実験結果を表1に示す。低摩擦土工板は現行土工板に比べて、ロームの場合26%高い時間当り作業量と、20%低い燃料消費量を示す。砂の場合は16%高い作業量と16%低い燃料消費量を示す。ロームにおいても砂においても低摩擦化によるブルドーザの省エネ効果と性能向上は著しい。



4.4 低摩擦板の耐久性

大きさの異なる種々のブルドーザに低摩擦土工板を装着し実用に供し、その耐久性を磨耗および損傷について調べた。磨耗量についての測定結果を図6に示す。またこの間に生じた最も激しい損傷も実作業に全く影響を与えないことが判った。磨耗速度は礫地以外の普通の土質で使われる場合高々0.002mm/hであり、低摩擦板の板厚を20mmとしてそのうち10mm磨耗したら交換するとすれば、一枚の磨耗寿命は5000hである。

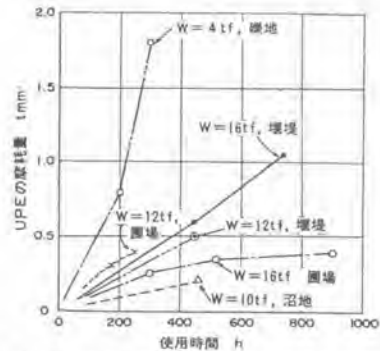


図6 種々の作業現場で使われた低摩擦土工板のUPEの磨耗量

5 低摩擦土工板の効果

5.1 経済性

低摩擦土工板が普及するには、これを装着したブルドーザを使って得られる土工単価が、従来の土工単価より安くなければならない。土工単価は次式で表わされる。

$$\text{土工単価} = \frac{(\text{購入価額}) \times (1 - \text{残存率}) + (\text{修理費})}{(\text{耐用時間})} + \frac{(\text{購入価額}) \times (\text{管理費率})}{(\text{年間稼働時間})} + (\text{燃料費}) + (\text{件費}) + (\text{油脂消耗品費})$$

(時間当り作業量)

低摩擦土工板を使う場合、ブルドーザの耐用時間内で、低摩擦板を1回交換すると、購入価格が(低摩擦板の装着費)の1.9倍だけ増加する。今ブルドーザの耐用時間を10000hとしこれを2とすると、購入価格の増加分はたかだか8%と僅かな額である。これに対し単位作業量当りの燃費の減少および作業量の増加は、15%~25%に達するので、土工単価は低下しユーザ・コストは顕著に減少する。

5.2 その他の効果

低摩擦土工板の効果は省エネによるユーザ・コストの低減にとどまらない。今までのユーザの方々の官能評価を下記する。

- (a) 土離れが良く整地の能率が向上する。
- (b) 土の巻きが良く、後方への荷こぼれが少ない。
- (c) 土工板の食い込みが良い。
- (d) 土工板の突きあげが小さく、車体が安定している。
- (e) 土工板の操作回数が減り、疲労が少ない。

6. まとめ

土工板を低摩擦化することで、ブルドーザの省エネ化を回りユーザ・コストを低減できた。低摩擦土工板は昭和56年1月から販売されユーザの高い評価を得ている。

土工板以外にも、建設機械と土との接点を低摩擦化することで、省エネや性能向上を図れるものが数多くあると思われる。今後も土と建設機械のかかり合い方という観点から性能向上、ユーザ・コストの低減を図っていきたい。

5. 車両の運動とORタイヤの摩耗

愛媛大学 室 達 朗・榎 明 潔

*豊 高 誠

1 まえがき

本研究は不整地でのダンプトラックタイヤの摩耗をタイヤと路面の摩擦仕事の観点から追求するものである。ダンプトラックの走路は、直線区間と曲線区間、傾斜地と平坦地に分けられる。ダンプトラックは、その様な区間の組み合わせで出来ているひとつの走路を、加速したり、減速したりして走行している。本研究は、直線走行および曲線走行を行なう車両の運動モシミュレーション解析、摩擦仕事を求める方法を示す。

2 スリック率と摩擦係数

スリック率は次の様に定義した。

タイヤ回転方向

$$S_{lon} = (v \cos \beta - R \cdot \omega) / (R \cdot \omega) \quad v \cos \beta < R \cdot \omega \quad (1)$$

$$S_{lon} = (v \cos \beta - R \cdot \omega) / (v \cos \beta) \quad v \cos \beta > R \cdot \omega \quad (2)$$

回転に直角の方向

$$S_{lat} = -\sin \beta \quad (3)$$

ただし、 v : 車両速度、 ω : タイヤの回転角速度、 R : タイヤ半径、 β : スリック角。またスリック率と摩擦係数の関係は図2の様は、 $M_{lon} = 0.72 \cdot \sin(9000 \cdot S_{lon} / 34)$ 、 $M_{lat} = 0.72 \sin(9000 \cdot S_{lat} / 34)$ で与えた。タイヤの回転方向と回転に直角の方向の摩擦係数はそれぞれ独立とはなく、図3の様な関係がある。本研究ではこれを楕円としてそれぞれ次の様に計算した。

$$M_{lon} = \pm \{ (0.72)^2 \cdot (M_{lon0})^2 \cdot (M_{lat0})^2 - (0.72)^2 \cdot (M_{lat0})^2 \} / \{ (M_{lon0})^2 \cdot (M_{lat0})^2 - (0.72)^2 \} \quad (4)$$

$$M_{lat} = \pm \{ (0.72)^2 \cdot (M_{lon0})^2 \cdot (M_{lat0})^2 - (0.72)^2 \cdot (M_{lon0})^2 \} / \{ (M_{lon0})^2 \cdot (M_{lat0})^2 - (0.72)^2 \} \quad (5)$$

$$M_{lon} = M_{lat} = 0.72 \sin 45^\circ \quad (M_{lon0} = M_{lat0} = 0.72 \text{ の場合}) \quad (6)$$

これをタイヤの進行方向とそれに直角の方向に分けると次の様である。

$$M_{pm} = M_{lon} \cos \beta - M_{lat} \sin \beta \quad (7)$$

$$M_{psl} = M_{lon} \sin \beta + M_{lat} \cos \beta \quad (8)$$

3 タイヤおよび車両の運動

数値解析に使用したダンプトラックの運動方程式を述べる。式中の添字 i はタイヤ位置を示す番号で、

$i=1$: 左前輪、 $i=2$: 右前輪、 $i=3$:

$i=4$: 左後輪、 $i=4$: 右後輪である。

タイヤに発生する力は、 M_i を各タイヤに作用する荷重として次式で表わされる。

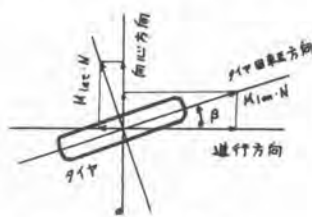


図1 タイヤに発生する力

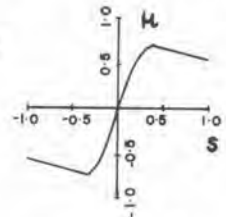


図2 M-S 曲線

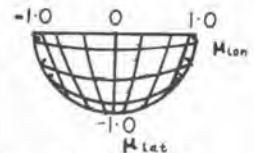


図3 タイヤの回転方向とそれに直角の方向の摩擦係数の関係

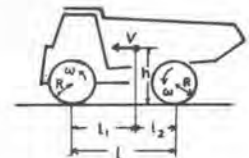


図5 ダンプトラックの略図

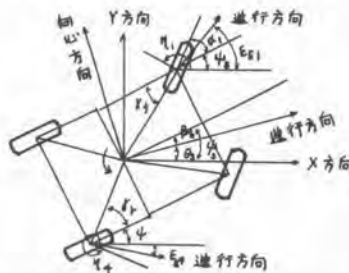


図4 車両の運動

進行方向の力 $P_i = -M_{tot} \cdot N_i$ (9) 向心方向の力 $C_i = -M_{tot} \cdot N_i$ (10)

4つのタイヤに発生する力を車体の進行方向と向心方向に分け、それぞれ方程式を立てる。

進行方向 $\frac{dV_x}{dt} = g \cdot \left\{ \sum_{i=1}^4 (P_i \cos \psi_{s_i} + C_i \sin \psi_{s_i}) - W \sin I \right\} / W$ (11)

向心方向 $\frac{dV_r}{dt} = g \cdot \left\{ \sum_{i=1}^4 (-P_i \sin \psi_{s_i} + C_i \cos \psi_{s_i}) \right\} / W$ (12)

式中の ψ_{s_i} は各タイヤの進行方向と車体の進行方向とのなす角である。I は走路の傾斜角であり、登り勾配を正とし、常に進行方向に傾斜角 I を保つことを仮定している。また W は車両重量である。

各タイヤの回転角加速度は、 M_R : ココリ抵抗係数、 R_i : タイヤ半径、 T_i : 作用トルク、 I_i : タイヤ慣性モーメント、として次式で表わされる。

$\frac{d\omega_i}{dt} = \{ (M_{tot} - M_R) \cdot N_i \cdot R_i + T_i \} / I_i$ (13)

また、車両の旋回角加速度は、左旋回を正として次式で表わされる。

$\frac{d^2\psi}{dt^2} = \left[K_f \{ -P_1 \sin(\psi_{s1} + \beta_s + \delta_f) + C_1 \cos(\psi_{s1} + \beta_s + \delta_f) \} \right. \\ \left. + K_f \{ -P_2 \sin(\psi_{s2} + \beta_s + \delta_f) + C_2 \cos(\psi_{s2} + \beta_s + \delta_f) \} \right. \\ \left. + K_r \{ P_3 \sin(\psi_{s3} + \beta_s + \delta_r) + C_3 \cos(\psi_{s3} + \beta_s + \delta_r) \} \right. \\ \left. + K_r \{ P_4 \sin(\psi_{s4} + \beta_s + \delta_r) + C_4 \cos(\psi_{s4} + \beta_s + \delta_r) \} \right] / J_z$ (14)

ここで、 β_s は車両のスリップ角、 J_z は車体の慣性モーメント、 $K_f = \sqrt{a^2 + b^2}/4$ 、 $K_r = \sqrt{a^2 + b^2}/4$ 、 $\delta_f = \tan^{-1}(b/a)$ 、 $\delta_r = \tan^{-1}(b/a)$ である。

各タイヤに作用する荷重は次の式で表わされる。式中の ± の記号は、 $i=1$ で -、 $i=2$ で -、 $i=3$ で +、 $i=4$ で +、+ である。また添字 j は前輪側を j=2、後輪側を j=1 である。

$N_i = W \left[\frac{(l_j/L) \cos I \pm a_j / (g \cdot L) \{ (dV_x/dt + g \sin I) \cdot \cos \beta_s + dV_r/dt \sin \beta_s \}}{1 \pm \theta_j / (g \cdot b_j) \{ - (dV_x/dt + g \sin I) \sin \beta_s + dV_r/dt \cos \beta_s \}} \right] / 2$ (15)

上: 軸距、 l_j : (l_1 は前輪・重心間の距離、 l_2 は後輪・重心間の距離)、 b_j : (b_1 は前輪軸距、 b_2 は後輪軸距)、 θ_j : ($\theta_1 = 2E_1 b_1 / (E_1 b_1^2 + E_2 b_2^2)$ 、 $\theta_2 = 2E_2 b_2 / (E_2 b_2^2 + E_1 b_1^2)$ 、 E_1 、 E_2 はそれぞれ前輪、後輪のバネ定数)。(11)、(12)より得られる進行方向と向心方向の加速度を X 方向と Y 方向に分けると

X 方向 $\frac{d^2X}{dt^2} = \frac{dV_x}{dt} \cos \theta_s - \frac{dV_r}{dt} \sin \theta_s$ (16)

Y 方向 $\frac{d^2Y}{dt^2} = \frac{dV_x}{dt} \sin \theta_s + \frac{dV_r}{dt} \cos \theta_s$ (17)

である。また各タイヤの X 方向、Y 方向の速度は次式

X 方向 $\frac{dX_i}{dt} = \frac{dV_x}{dt} + \frac{dV_r}{dt} \cdot k_i \cos \psi_i$ (18)

Y 方向 $\frac{dY_i}{dt} = \frac{dV_x}{dt} + \frac{dV_r}{dt} \cdot k_i \sin \psi_i$ (19)

である。ここで θ_s は車両の進行方向と X 方向のなす角、 ψ_i は線分 k_i と直角の方向と X 方向とのなす角である。

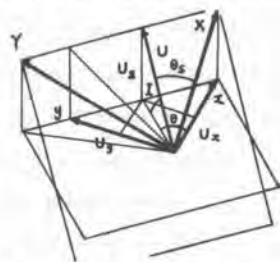


図6 X-Y平面とx-y平面

同々で定義したいくつもの角は以下の標付関係がある。 $\theta_s = \tan^{-1}(V_r/V_x)$ 、 $\beta_s = \psi_s + \theta_s$ 、 $\epsilon_{s_i} = \tan^{-1}(U_{r_i}/U_{x_i})$ 、 $\psi_{s_i} = \theta_s - \epsilon_{s_i}$ 、 $\beta_{s_i} = \alpha_{s_i} + \beta_s + \psi_{s_i}$ (α_{s_i} は操舵角)。また傾面である X-Y 平面と、水平面である x-y 平面との関係は図6の様である。

上述の方程式を解いていく手順は以下の様である。まず車両の位置、姿勢、速度付どから車両および各タイヤのスリップ角、スリップ角を計算する。そして R-S 曲線から、各タイヤに発生する力を求め、それらを運動方程式に代入し、重心の加速度、荷重配分、旋回角加速度などを計算する。そして

これらから Runge-Kutta の積分により次の車向の位置や姿勢を計算する。操舵角とトルクを与えなければ、この手順を繰り返し通時計算していく。

4 摩擦仕事

摩擦仕事は、積分区間ごとに次の式により計算していく。

タイヤ回転方向の摩擦仕事

$$AW_{\text{rot}i} = \sum \mu(x)_{\text{rot}i} \cdot S(x)_{\text{rot}i} \cdot N(x)_i \cdot v(x)_i \cdot \cos \beta_i \cdot \Delta t, \quad v \cos \beta > R \cdot \omega \quad (20)$$

$$AW_{\text{rot}i} = \sum \mu(x)_{\text{rot}i} \cdot S(x)_{\text{rot}i} \cdot N(x)_i \cdot R \cdot \omega_i \cdot \Delta t, \quad v \cos \beta < R \cdot \omega \quad (21)$$

回転に直角の方向の摩擦仕事

$$AW_{\text{rot}i} = \sum \mu(x)_{\text{rot}i} \cdot S(x)_{\text{rot}i} \cdot N(x)_i \cdot v(x)_i \cdot \sin \beta_i \cdot \Delta t \quad (22)$$

5 直進走行

前述の方程式において、 $\beta_1 = \beta_2 = \alpha_2 = 0$ を代入すると直進走行の方程式になる。直進走行では左右輪をまとめて扱っている。また $I=0$ とすれば、平坦地直進走行である。図7、8は平坦地および $I=10^\circ$ の傾斜地での駆動・制動の様子とその時の摩擦仕事を示している。実際のダンストラップは現場においては、駆動も制動も後輪のみで行われている。

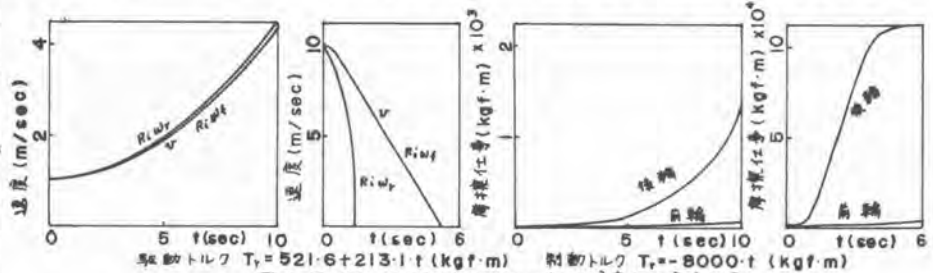


図7 平坦地での駆動・制動による速度変化と摩擦仕事
 駆動トルク $T_r = 521.6 + 213.1 \cdot t$ (kgf·m) 制動トルク $T_r = -800.0 \cdot t$ (kgf·m)

ので、計算でもトルクは後輪のみをみている。図より明らかのように、直進走行においては後輪の摩擦仕事が圧倒的に大きく、前輪は摩擦仕事がほとんどない。また図9は駆動の場合の傾斜角が摩擦仕事に与える影響を示している。

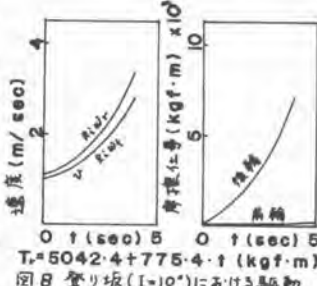


図8 登り坂 ($I=10^\circ$) における駆動
 $T_r = 5042.4 + 775.4 \cdot t$ (kgf·m)

図中の T_{r0} とは等速走行をするためのトルクであり、 $T_{r0} = W(M_R \cos I - \sin I) R_i$ である。

6 曲線走行

3. で述べた方程式において $I=0$ とすれば、平坦地での曲線走行の式になる。図10、11、12、13は傾斜地での駆動の様子からの曲線走行の様子と摩擦仕事を示している。従って内側である左後輪の回転方向の摩擦仕事が異常に大きい。

これはダイファレンシャルギアの影響を考慮してないからであると思われる。図から明らかのように、タイヤの回転に直角の方向の摩擦仕事は、外側の前輪が圧倒的に大きい。また内側の前輪と外側の後輪を比べると、初めのうちは内側の前輪の方が大きい。しかし外側の後輪の方が大きく

W	32000 (kg·w)
h	2.14 (m)
l	3.61 (m)
l ₁	1.82 (m)
l ₂	1.79 (m)
b ₁	3.10 (m)
b ₂	2.47 (m)
R _i	0.815 (m)
I _{1, I₂}	68.0 (kg·m)
I _{3, I₄}	150.0 (kg·m)
J _x	20181.5 (kg·m)
Q _{1, Q₂}	0.97474
M _R	0.02

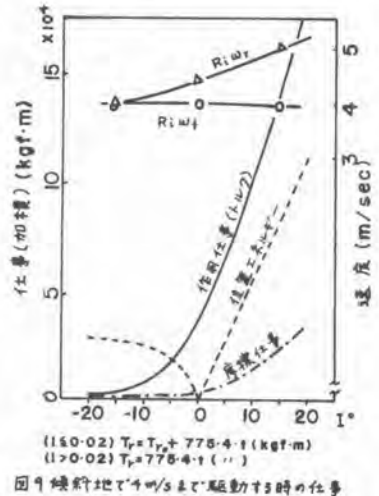


図9 傾斜地で $4m/s$ まで駆動時の仕事
 $(150.02) T_r = T_{r0} + 775.4 \cdot t$ (kgf·m)
 $(170.02) T_r = 775.4 \cdot t$ (..)

なっていく。これはタイヤにかかってくる荷重が外側後輪の方が大きくなっていくからである。スリップ率は、内側の前輪の方が大きい。

7 現場データについて

このシミュレーション解析を行ない、摩擦仕事を求める

にあたって、いくつかの現場条件や車両条件をインプットしなければならぬ。それらの条件はひとつひとつの現場が持っている特徴であり、その特徴を調えるためにはいくつかの現場測定が必要である。

その測定項目を表2に示す。図11タイヤ回転方向の摩擦仕事、図12タイヤ軌道進行方向の摩擦仕事、表中の実車走行試験というのは、現場においてラングトラックを走行させ、直線試験コースにおいては、加速度とスリップ率を、曲線試験コースにおいては、進行方向および向心方向の加速度、スリップ率、タイヤ回転方向のスリップ率、車両の走行軌跡を測定するものである。

8 あとがき

一般に、ある現場におけるタイヤの磨耗量を評価しようとするときは、上述の試験を行ない、走路形状、路面状態、車両条件、走行状態などの、その現場のもっている特徴が調べられたらば、そのデータを上述のシミュレーション解析にインプットすることにより、摩擦仕事の大きさというものを求めることができる。磨耗量と摩擦仕事がどう対応するのかはまだ不明であり、今後研究していくつもりであるが、このシミュレーション解析手法により、現場の特徴と磨耗の程度とが対応づけられ、明確化できる

と思う。そして、その結果、タイヤの耐久性の観点からは、どういった現場を設計すべきかが究明できると思う。今後は摩擦仕事と磨耗量、現場の特徴と摩擦仕事について研究を続けていくつもりである。

参考文献

- 1) 下村正弘, 豊高誠, 櫻明栄, 室達朗; ORタイヤの傾斜地における摩擦仕事について, 第35回土木学会講演概要集(中四国), 4-18
- 2) 豊高誠, 室達朗; ORタイヤの駆動・制動時の摩擦仕事について, 第35回土木学会講演概要集, Ⅱ-237
- 3) 豊昭治郎, 山崎利司, 上田隆; ORタイヤに対する現場磨耗試験(第3報), 第34回土木学会講演概要集, Ⅱ-217

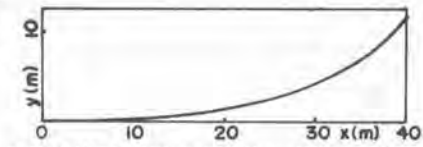


図10 車両の軌跡 $K_2=4 \cdot 0 \cdot t(\text{deg}), (t \geq 2) T=2000 \cdot t, (t \geq 2) T=4000$ (kgf·m) (kgf·m)

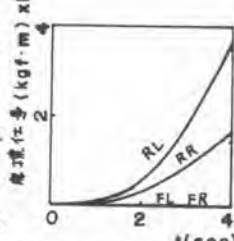


図11 タイヤ回転方向の摩擦仕事

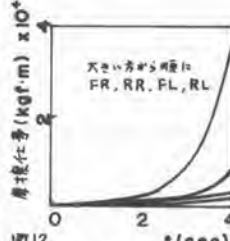


図12 タイヤ軌道進行方向の摩擦仕事

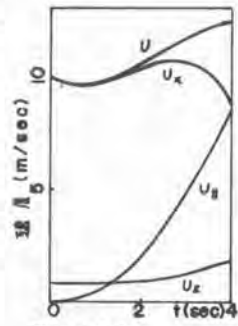


図13 速度変化

路面について	路面粗さの測定(路面の凹凸の測定, 精度測定)
	路面の硬さ(弾性波測定, 平板載荷試験等)
走路について	走路形状(曲率半径, 傾斜角, 距離等)
タイヤについて	空気圧
	トレッドパターン(形状, サイズ, 数等)
	ゴム材質(硬度, その他)
	装着時の状態(接地面積, 接地形状等)
	タイヤ温度
	タイヤ経歴
車両について	車体形状および各サイズ(エルバース等)
	重心位置(空車時, 積載時)
	車両重量, 積載重量
	車体タイヤのバネ定数
M-S曲線について	ゴム片摩擦試験 実車走行試験(スリップ率, 加速度, 30秒拘束等)
走行状態について	走路走行状態(速度変化等)
	タイヤアルファ 1日の往復回数

6. ハイドロスタティックドライブ トラックローダの特性について

キャタピラー三菱 杉村 遼・*森田 出

1. まえがき

このたびキャタピラー三菱は新型トラックタイプローダ Q53の生産を開始しましたが、この車両は全く新しい動力伝達方式であるハイドロスタティックドライブシステムを搭載している。この機会に新しいシステムの紹介を通してハイドロスタティックトラックローダの特性を説明する。



2. ハイドロスタティックドライブ

ブルドーザ、トラックタイプローダといった履帯式の建設機械用トランスミッションとしては第一世代というバキダイレクトドライブトランスミッション、第二世代のパワーツフトトランスミッションが使用され現在に至っている。第三世代として油圧ショベルあるいは農用トラクタに使用されていたハイスタットをベースに本格的に建設機械用として近年ハイドロスタティックドライブが開発された。

図-1に示してあるのはハイドロスタティックドライブの基本回路の一例である。組合せは他にもあるが、この例ではポンプが可変容量でポンプの斜板を動かすと一回転当りの吐出量が変わりモーター出力の回転数、方向が変わる。ポンプは無段階に吐出量を変えられるのでモーター出力も無段階に変わる。トルクコンバータでもこの点は類似しているが、カバーする速度範囲が狭いの

ハイドロスタティックドライブ
容積型ポンプ、モータの組合せ

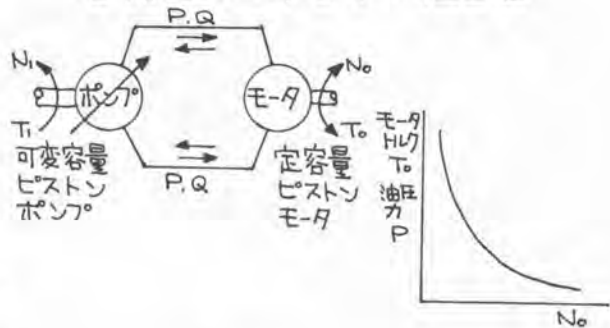


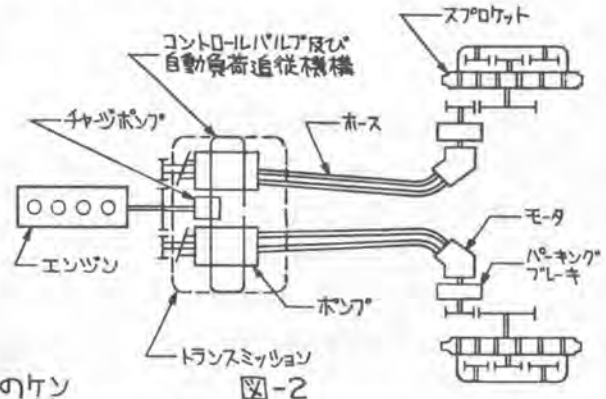
図-1

に比べてポンプとモータの組合せによるハイドロスタティックトランスミッションは全速度域をカバーすることが出来る。入力馬力を一定にすると図-1に示すようにモータトルクとモータ回転数の関係は双曲線状の関係になる。このように全速度域にわたって無段階に速度を変えることが出来るということは、操作性の向上もさることながら効率もよくなり、ハイドロスタティックトランスミッションは理想のトランスミッションと言うことが出来る。

3. ハイドロスタティックドライブシステム

図-2に示すのがQ53トラックローダのハイドロスタティックドライブの概念図である。エンジンからの動力はギヤで分配され並列に設置された2系統のポンプ-モータ系により総減速機からスプロケットへ伝達されるしくみである。トランスミッションとして7のかたまりは2個の可変容量形のピストンポンプともう一つのポンプ、チャージポンプ、コントロールバルブ及び自動負荷追従機構から構成されている。

ハイドロスタティックドライブシステム
トラックローダ



この自動負荷追従機構の開閉により足廻りのケン

引力と作業機の油圧力の両方が同時に要求されるトラックローダのトランスミッションとして7の性能が満たされたと言える。

4. ハイドロスタティックドライブトラックローダの特長

4-1. 無段変速

前後進とも0~10km/hの範囲で無段変速が可能であり、オペレーターは作業に合わせて任意の好みの走行速度を選択することが出来る。

4-2. パワーターン、スポットターン

左右の履帯におのおのポンプ-モータ回路を有するので、従来車のような動力の伝達を切ったの旋回ではなく、動力を伝達したまま左右の履帯に速度差を持たせてのいわゆるパワーターンが出来る。これにより足場をあらすことなくめらかな旋回が可能である。又この特長により下り坂での逆操向も不要になる。

更に左右の履帯を同時に逆方向にまわすことにより3の場旋回が可能である。これにより狭い現場での作業を楽に行うことが出来る。

4-3 負荷に対する自動適従

自動負荷追従機構の採用で、負荷に応じたケン引力を発揮し、車速が自動調整されオペレーターはそれだけ楽に車両を運転することが出来る。

4-4 エンジン最大出力の利用

負荷の変動に対してエンジン回転が制御され、エンジン出力はほぼエンジン最大馬力に維持されるので全速度域にわたってエンジンの最大出力が利用出来る。かつポンプ-モータの効率という点でも自動調整により常にベストギヤの状態にシフトされていることになるので、全体としてのパワーtrainの効率が高いと言える。

4-5 作業装置と足まわりの動力配分改善

自動負荷追従機構により、バケット負荷によって車速、けん引力が調整される。エンジン馬力は作業機の消費した残りのすべてが足まわりに生かされ常に最適な動力配分を実現することが出来る。

4-6 ダイレクトドライブフィーリング

ポンプとモータは閉回路で結ばれており、エンジンとファイナルドライブを剛体リンクで結んだのと同じような働きとなり、オペレータはダイレクトドライブ車に近いフィーリングを感じる。

5. けん引力特性

図-3は制動車をけん引して得られたけん引力と車速の測定結果である。110馬力のダイレクトドライブ車、132馬力のパワーシフト車、112馬力のハイドロスタティックドライブ車を比較したものであるがハイドロスタティックドライブ車では一本の双曲線状の曲線での性能があらわされ、自動負荷追従機構により変速レバーを最高速度位置にセットしたままでシフトダウンしなくとも、負荷に追従してけん引力が増えると自動的に車速を減じてゆくことを示している。このけん引力測定結果に限って言えば、同馬力のダイレクトドライブ車よりは多少下まわるものの、15%程度馬力の大きいパワーシフト車と同等の性能を示している。効率についてはエンジン馬力の何%がけん引出力として有効を示す効率を実測値より推定したものであるがハイドロスタティックドライブ車のけん引効率はダイレクトドライブ車とパワーシフト車の中間に位置している。

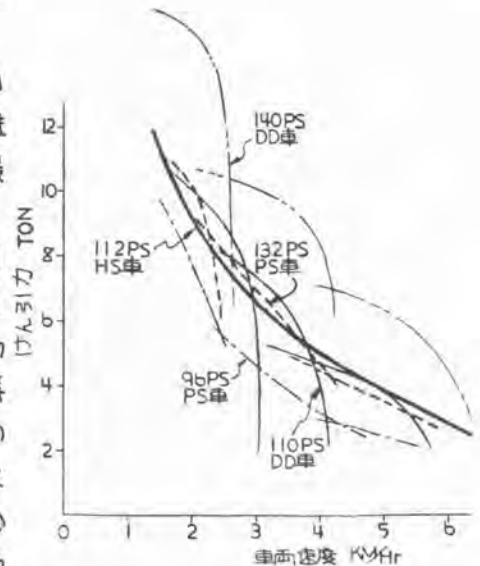


図-3 (社内試験データ)

b. 生産性比較

図-4は時間当りの作業量を示しているが、各種作業の加重平均で112馬力のハイドロスタティックドライブ車が130馬力級のパワーシフト車、140馬力級のダイレクトドライブ車とほぼ同程度の作業を行えることを示している。時間当りの燃料消費量をみると130馬力級のパワーシフト車より大巾に少ないのは当然としても、ダイレクトドライブ車並の時間当り燃費を有すると言える。

又1 ℓ の燃料で何 m^3 の土を運ぶことが出来るかという燃料生産性でみるとハイドロスタティックドライブ車はすべてのパワーシフト車、ダイレクトドライブ車を上まわった値を示している。これは他の要素を差し引いてもハイドロスタティックドライブ車の優位性を示すものと言える。

7. アプリケーションと生産性

さらに作業の種類別に作業生産性をみてみると、図-5に示すように

112馬力のハイドロスタティックドライブ車では整地、埋戻し、及び積込み作業で140馬力級のダイレクトドライブ車を大巾に、さらに132馬力級のパワースト車を上まわるのは、ハイドロスタティックドライブ車のこれらの特長がこのような作業では特に生かされサイクルタイムの短縮として生産性に貢献するからであると言える。特にルーズ積込み作業においては1.8 m^3 バケット付の140馬力級ダイレクトドライブ車に比べて1.5 m^3 バケット付の112馬力ハイドロスタティック車は約1.3倍の高い生産性を示している。ドーング作業では、重量、馬力、接地長等が生産性を決める大きな要因であり、付値を大きく上まわる車両に生産性の面でまさることは困難であるが、ハイドロスタティックドライブ車はギャチェンジの必要がなく地山堀削積込においてモータース上の性能を有していると言える。

8. あとがき

ハイドロスタティックドライブシステムは単にトランスミッションと言うより、最も進歩した動力伝達装置であり、それを搭載したトラックローダは画期的なトラックローダと言える。それはこの車両における操作性の大巾向上、燃料生産性による総合車両性能から理解することが出来る。又この953トラックローダにはエンジン後方搭載、スパーリンケージ、揺動式フロントアイドラ等の特長も兼ね備えている。今後の問題としてはユーザーの御協力のもとに上手な使い方の啓蒙、更にはハイドロスタティックドライブ車に適した工法の開発も重要となる。将来の為にダイレクトドライブ車向けの伝達効率の実現への研究、又ミニコンを利用した制御機構の開発等が必要である。



図-4 (社内試験データ)

アプリケーションと生産性

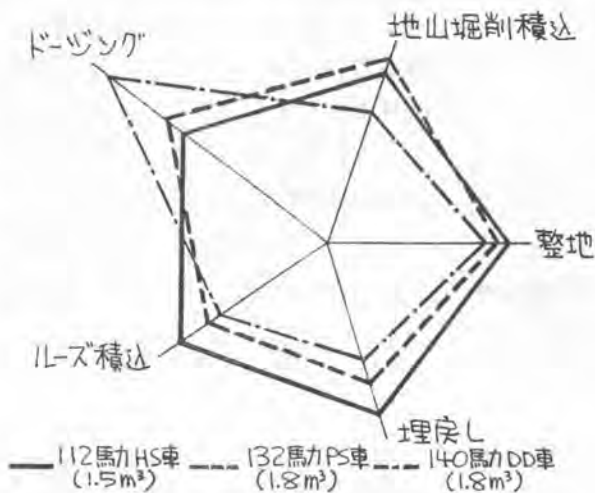


図-5 (社内試験データ)

7. 油圧式高周波杭打機の研究開発

建設省土木研究所*樋野親俊
 建設機械調査川添紀一
 高橋エンジニアリング田崎靖朗

1. まえがき

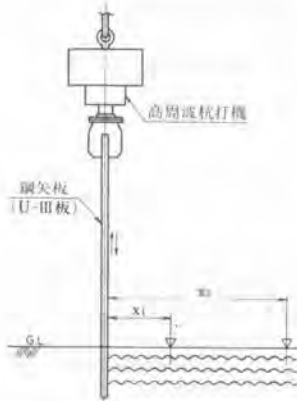
市街地におけるほとんどの基礎、土留工事は、法律による使用上の制約を受けることもあり、公害対策形と称される機械や工法により施工されている。しかし、現在使用されている対策形機械の施工性、経済性について調べてみると、従来形に比較して、かなり劣るものが多く、その改良が急務とされている。

本研究開発は、従来形振動杭打機で問題となっている地盤振動を、高周波の振動を利用することで施工性能を確保したまま低減させようと考え、昭和51年度から研究開発を進めてきた結果、ほぼ実用化の見通しを得たので、ここに発表する。なお、昭和53年度からは、主として油圧式高周波杭打機及び周辺機器開発のハード面を建設機械調査(KK)及び(KK)高橋エンジニアリング、開発方針や杭打実験、理論解析等を建設省土木研究所において、夫々分担して行ってきたものである。

2. 開発の理論的根拠

2-1 高周波振動による地盤振動の距離減衰効果

従来形振動杭打機の振動数10~20Hzを更に高めた場合に、地盤振動の距離減衰量がどの程度大きくなるかを理論的に検討してみた。仮定条件として、杭の打込深さが比較的浅く、表層部に振源があった場合のレーリー波のみを考慮した地盤振動の距離減衰量は、(1)式により求められる。第1項は、いわゆる幾何減衰量を示すものであり、単に x_1 と x_2 のみの関係で決定され、この場合には、倍距離($x_2/x_1=2$)で3dB/DDとなる。次に第2項は、振動が伝搬する過程で、媒体の粘性抵抗等によって生じる内部減衰量であり、単に x_1 と x_2 のみの関係以外に、地盤性状、振動数によって決定されるものである。ここで、 $x_1=7.5$ mとし、 $\eta=0.1$ 、 $V_R=240$ m/secとした場合の各周波数ごとの



の数値計算結果と実測値との比較を図-1に示す。図からも分かるように、振動数を高めると減衰量は増大し、特にその効果は、15m以遠で急激に大きくなっている。また、地盤振動の計量単位である振動レ

$$\Delta L = L_1 - L_2 = 10 \log \frac{x_2}{x_1} + 55 \cdot \frac{f \cdot \eta}{V_R} (x_2 - x_1) \dots \dots \dots (1)$$

ただし、 ΔL : 振動源からの距離 x_1 、 x_2 間における減衰量 (dB)

f : 杭の加振振動数 (Hz)

η : 地盤の損失係数 (通常0.01~0.1程度)

V_R : レーリー波の伝搬速度 (100~300 m/sec)

ベル (VL) は、人体感覚に合わせて $8 \sim 90 \text{ Hz}$ 間で -6 dB/oct の補正が加えられている (図-2 参照) ことから、高周波振動を利用することは有効である。

2.2 高周波振動による杭打性能

高周波杭打機と従来形杭打機との基本的な相違点は、杭を加振する振動数が高いか、低いかだけであり、高周波の振動で杭が打込めるか否かは、振動杭打工法で要求される条件を満たすことができるか否かで決定される。従って、高周波杭打工法でも、杭打性能を決定する第1の要因は、杭振幅の大きさであり、第2義的には杭打機重量が関係すると考えられる。

杭振幅の目安としては、経験的に地盤条件から最小必要振幅量として、砂質土では $A_{0s} = \sqrt{0.8 Ns + 1}$ 、粘性土では $A_{0c} = \sqrt{1.6 Nc + 1}$ 以上のものが必要と言われており、高周波杭打工法についてもこの値を満足することが、必要条件であると考えられる。

ここで、杭打機の必要動力に着目した場合、従来形の作動方式で、起振振動数を $50 \sim 60 \text{ Hz}$ まで上げていくと、(2)式から分かるように必要動力が、数百 kW となり、全く実用的でなくなってしまう。

$$W_0 = 0.3 Q_0 \cdot \left(\frac{A_0 \omega^2}{g} + 1 \right) \cdot A_0 \cdot \omega \times 10^{-5} \dots \dots \dots (2)$$

ただし、 W_0 : 必要動力 (kW)、 Q_0 : 杭打機の起振部重量 (Q_M) + 杭重量 (Q_p) (Kg)

A_0 : 杭振幅量 (mm)、 ω : 角振動数 (rad/sec) ($\omega = 2\pi f$)

f : 起振振動数 (Hz)、 g : 重力加速度 ($g = 9,800 \text{ mm/sec}^2$)

この解決策については、起振部重量 (Q_M) を軽くし、かつ許容できる範囲内に起振振動数 (f) と杭振幅量 (A_0) を小さくすることで、必要動力 (W_0) を極力下げて、杭打性能が低下した分については、杭打機の起振部以外の重量でカバーする方法を試みることにした。

3. 開発内容

3.1 杭打機の構造と主要諸元

起振部の作動機構については、前述のように杭打機全体を振動させる方式のものは、必要動力が著しく大きくなってしまふこと、及び軸受部分や動力伝達機構の耐久限界等に問題があるため、油圧アクチュエータを利用することで、起振部重量 (Q_M) の軽量化を図り、かつ起振振動数については、 $40 \sim 60 \text{ Hz}$ の範囲をねらった油圧式高周波杭打機の製作を行った。この油圧式高周波杭打機とほぼ同

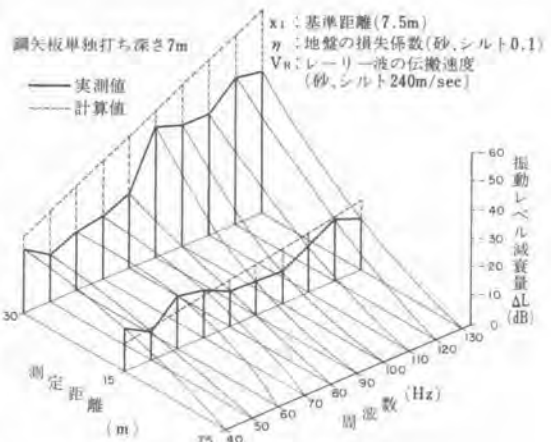


図-1 地盤振動の距離減衰効果

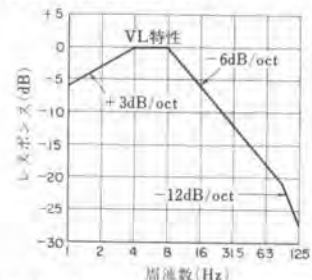


図-2 振動レベルの周波数レスポンス

表-1 主要諸元比較一覧表

請元名称	機種	高周波杭打機	従球形振動杭打機
起振力	ton	0 ~ 28	28.3
必要動力	KW	35 ~ 60 (40 ~ 60Hz)	6.0
無負荷時の振幅	mm	2.5 ~ 1.7 (40 ~ 60Hz)	7.6
偏心モーメント量	kg-cm	—	2,100
回転数(振動数)	rpm (Hz)	2,400 ~ 3,600 (40 ~ 60)	1,100 (18.3)
機械重量(起振部重量)	Kg	4,500 (700)	3,334 (2,770)

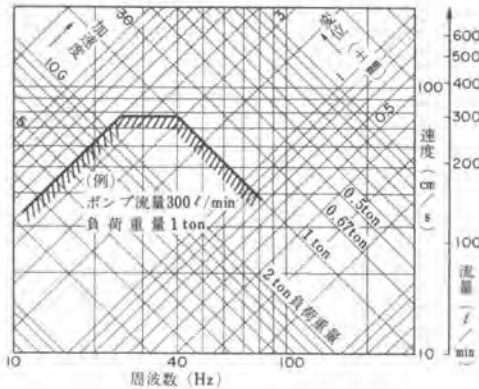


図-3 高周波杭打機の起振特性

程度の性能を有する従球形振動杭打機 (KM2-2000E) との主要諸元の比較を表-1に、起振特性、外観図を図-3、図-4に示す。

3.2 実験結果及び考察

図-5は、土木研究所構内の建設機械屋外実験場で行った油圧式高周波杭打機による打込実験データを杭振幅量の大きさをパラメータに、打込速度を比較したものである。

ここで、杭振幅量 A (mm) を変数に、杭深度 9 m までの平均打込速度 V (cm/sec) との関係を一重回帰式で表わすと、次式となる。

$$V = -2.12 + 2.84 A \quad (r \approx 0.8) \quad (3)$$

これから言えることは、土木研究所構内の地盤条件

で、高周波杭打機により杭を貫入させるには、最低 0.75 mm 以上の杭振幅量が必要であり、また従球形振動杭打機と同程度 (図-6 参照) の貫入特性を得るには、約 2 mm の杭振幅量が必要である。

次に図-6は、同じ実験場で行った各種振動杭打機による打込実験データを基に、杭振幅量と総重量 (機械重量+杭重量) をパラメータにして、打込速度を比較したものである。

ここで、杭振幅量 A (mm) と総重量 Q (ton) を変数に、杭深度 6 m までの平均打込速度 V (cm/sec) との関係を重ね帰直線式によって表わすと、次式となる。

$$V = -7.51 + 0.94 A + 1.5 Q \quad (r \approx 0.8) \quad (4)$$

この式からも分かるように、杭の貫入量の良否を決める要因は、単に杭振幅量のみではなく、総重量にも関係しており、両者の組合せで貫入速度は、決定されるものと思われる。なお、両者単独での関係については、やはり杭振幅量の方が高い相関を持っていることがわかった。

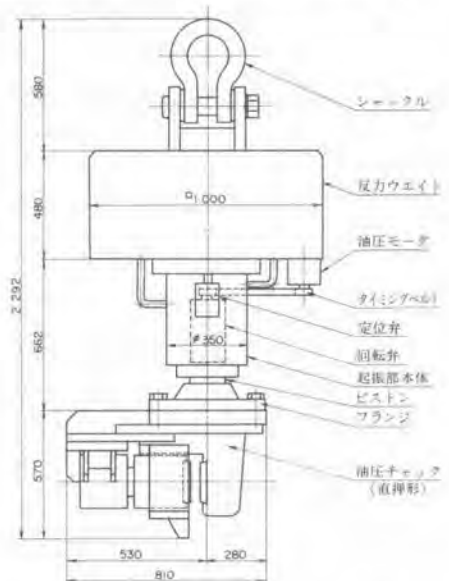


図-4 高周波杭打機の外観図

最後に、従来形振動杭打機 (KM 2-2000E) との性能比較を図-7 に示す。

杭の貫入特性については、ほぼ同程度の能力を示し、杭深度 9 m までを約 3 分で打込みを完了している。

騒音は、杭深度 4 m 付近まではほぼ同レベルであるが、5 m 付近からは、高周波杭打機の方が低下傾向を示し、7~9 m では約 6.7 dB(A)/30m となっている。

地盤振動は、理論通り高周波振動の距離減衰効果が顕著であり、従来形のものに比較して 10~15 dB 小さく、60~65 dB/15m となっている。

4. まとめ

以上、土木研究所構内での実験結果を報告したが、今後は、各種地盤への適応性を把握するためにも、実際の工事現場で試験施工を重ねて、より実用機としての信頼性を高めたいと考えている。

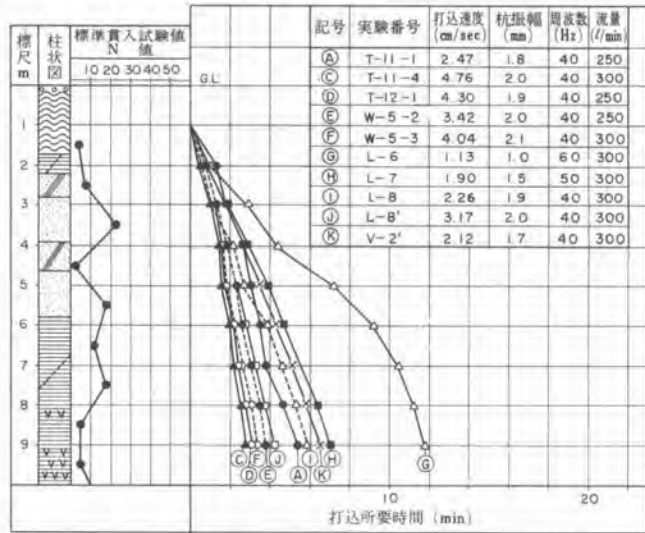


図-5 杭振幅量と打込速度の関係

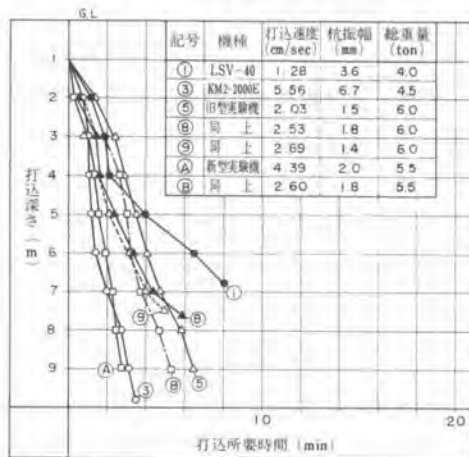


図-6 杭振幅量、総重量と打込速度の関係

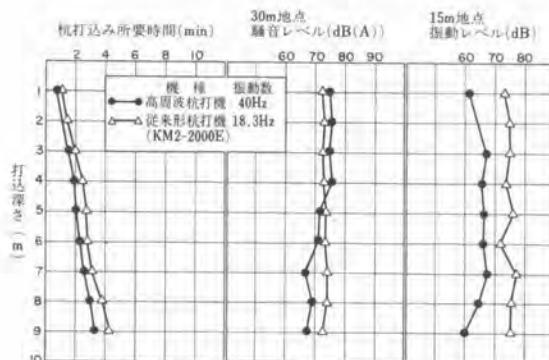


図-7 従来形振動杭打機との性能比較

この報告は、上記のような深い位置で一軸圧縮強度約40MPaの土丹層に対し、外径10mものケーソンを根入れさせるための先行掘削機の開発状況を述べたものである。なお、事業は首都高速道路公団神奈川建設局が担当するが、掘削機の開発は社団法人日本建設機械化協会建設機械化研究所が委託されて実施している、またこの機械は1982年春から隣接する陸上部において、外径6m、内径4mのオープンケーソン沈設の実験工事に供される。

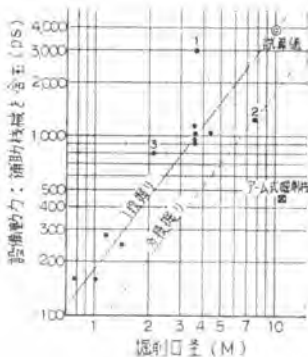
2. 現有立坑掘削機の傾向

日本の大口徑掘削機は、表-1のように各種のものが製作され工事に使われている。しかし、これらの工事記録は一段掘りで口径4.4mまでなので、この方式で直径10mの掘削機を考えると、重量や動力が膨大になり、また掘削面からのズリ排出にからむ諸問題も発生してくると予想される。

表-1 日本の大口徑掘削機主要仕様一覧表

掘削方式	製作会社	形 式	塔へ自走式等	掘削装置			重 量 mmφ t	掘削口径		掘削深さ		駆動装置		原 動 機		
				ボサ ン シ ン プ	モ ー タ リ ン グ	ド リ ブ シ ス テム		一土	一土	形 式	回 速 rpm	トル ク kgm	形 式	定出 電力 ps,kw		
								軟質 石	軟質 石						式	
回	石川島播磨	L-18 (旧L-10)	スキッド	○	○	315	R+PU 20.0	7.0	4.0	650	500	R	0~9	18	UD6又は 電動機	170(145)
		L-36 (旧L-10S)	●	○	○	326	R+PU 26.0	10.0	6.0	650	300	R	0~18	36	UD6又は 電動機	340(280)
		L-48	●	○	○	326	R+PU 30.0	-	6.0	-	300	R	0~9	48	UD6又は 電動機	600(405)
縦	川崎重工	KSD-4	クレーン又は ヤ	○	○	300	65.0	4.1	3.6	-	-	O	0~10	35	水中電動機	(180)
		RRC-350N (RRC-30改造)	(ロッドレス)	○	○	200	18.0	2~3.5	2~3.5	80	80	O	1.7	3.2	*	(60)
		S500R	スキッド	○	○	230	17.0	-	2	300	300	R	0~22	12	エンジン	18T
式	日立建機	S600	●	○	○	300	30.9	6.0	-	300	-	R	0~12	17	*	15%
		MD360	●	○	○	400	(本体) 130	-	3.6	-	300	P	0~10	35	UD10C 又は電動機	(300)
		MD440	●	○	○	457	(本体) 150	-	4.4	-	300	P	0~9	40	電動機	(360)
垂 直 式	神戸製鋼	KPC-4500	●	○	○	250 ×2	110	3.16 ~5.0	3.16 ~5.0	40	40	-	-	-	*	180

注) 1. PU: パワーユニット R: ローラーテーブル P: パワースイベル O: 水中駆動を示す。
2. 掘削口径、掘削深さの岩石は軟質の場合を示す。



(注) 図中の記号は: ● --- 実用機(旧機)
○ --- 同一機(新機)
◎ --- 動力装置値

図-4 岩石用立坑掘削機の掘削口径と設備動力

更に、大口徑立坑掘削機は単体で使用されることはなく、揚泥装置やサービスクレーンを含むトータルシステムで稼働するので、掘削機の構造によっては補助機械が大型になり、海上作業足場上の作業には適さなくなることもある。図-3は以上の傾向をみる目的で工事記録を調査し、補助機械を含むトータルの設備動力を示した。口径10m級の立坑掘削機は一段掘りで計画すると4,000P.S.、多段掘りでも2,000P.S.近い値になり、狭小な作業スペースの場合、総合的作業性が悪くなることが予想される。なお、同図中には今回開発中のアーム式掘削機も示しておいた。

3. 新型掘削機の必要条件

図-2に示す多柱式橋脚を施工するには直径10mのオープンケーソン刃口を全断面掘削した後、総推力4,000tonに及ぶ複数台の油圧ジャッキでケーソン頭部を押込む。

このような工事に使われる新型掘削機の必要条件を整理すると次の5項目になる。

- 1) 掘削機の最小格納寸法は、内径7mのケーソン内を自由に通過できるものとする。
- 2) 最大掘削径は外径10mのケーソンに対して1.1mを確保できるものとする。従って拡張掘削量は半径で $(11-7) \div 2 = 2m$ が可能でなければならない。
- 3) 掘削対象岩盤は一軸圧縮強度40MPa程度の土丹とする。
- 4) 掘削面の最大深度は水面下100mとする。
- 5) 作業場所は主塔基礎で5.4m×5.6m、端部基礎で3.4m×5.4mの平面形状をもつバージュ上とする。〔・印は橋軸方向寸法〕

4. 開発の構想と予備検討

前節にあげた5つの必要条件を満たす掘削機の構想とその予備検討の成果を現状の案 図-4で説明する。

a) 岩盤掘削方式とカッタ

ローラカッタで土丹を掘進する場合は目詰りを起し易く、掘進速度を低下させるので、バイトを取付けた形式のものが望ましい。

b) 全断面用ビットと部分掘削用ビット

一段掘りて全断面掘削を考えると、機械重量や設備動力が大きくなりバージュ上の作業に適さなくなるので、軽くて動力が少なくて済む部分掘削用ビットを採用する。

c) 拡張掘削方式

ケーソン刃口直下で半径で2mもの拡張掘削機械は実例もなく、拡張部機械製作上の問題も多いので拡張に有利なアーム型を採用した。

d) ずり揚げと掘削面におけるずりの掻き寄せ

口径1.1mもの大断面掘削のため、ずり揚げは当然逆順環方式になる。また、ずりを吸込口まで掻き寄せる機構は、大口径になるほど困難となり、これが原因となって ① ずりのリカッティング ② カッタの目詰りや急速磨耗 ③ 掘削速度の大巾を低下などを招く。この計画ではブーム先端の掘削部に近接して吸込口を設け問題を解決した。

e) 掘削部の固定法とその位置

ケーソン刃口部付近内側にグリッパを張って掘削部を固定し、アームの移動、伸縮および旋回機構は総てグリッパ部に集中させ、ケーソン上部から油圧操作でリモコンする。水中の掘削部から上方に伸びるドリルパイプは本体の昇降と揚泥だけを受持つ単純なものになる。

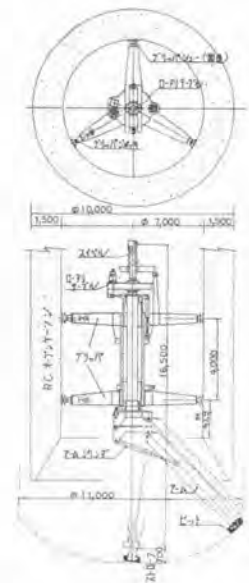


図-4 アーム式水中掘削機本体

f) ビットの運動機構

ブーム式部分掘削では、掘削面に対し半径と円周方向の運動をビットに与えてやらねばならない。開発機では2本の油圧シリンダーで半径方向の動作をさせ、円周方向には油圧モーター駆動のロータリテーブルで図-5のように約360°の交互旋回をさせる。

なお、アーム型の場合、ビットの平面位置は、ブームの俯仰とロータリテーブルの旋回角度を検出し、ミニコンピュータを介して操作盤上のモニタテレビに表示する。また、この回路を使って設定プログラムによる自動運転も可能である。

以上のような予備検討の結果を折込んだものが前掲図-4のφ11mアーム式水中掘削機である。本体だけの原動機出力85kW、重量45tonであるが、ケーソンの圧入装置を跨ぐ作業状態になるため、それらの付属設備は大規模になる。

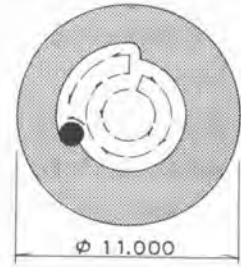


図-5 ビットの旋回軌跡

5. 実験機による土丹の掘削性能

φ11mアーム式水中掘削機本体からグリッパを除いた形の実験機を製作し、水槽内でφ6mの掘削性能試験を行なった。被掘削物は横浜市産の土丹大塊を累似強度のモルタルで固めたものである。実験機は今後グリッパを製作し、現地陸上部でφ6mのケーソン沈設試験工事に、更に将来の本工事にも使用する予定である。

図-6は縦軸に設備モータ容量に対する掘削中のモータ出力の比をとっている。これで見るとアームの旋回用ロータリテーブル能力には充分余裕があるので、全体の掘削性能は掘削ビット（外径856mm、厚さ315mm）を回す55kWの水中モーターの能力で決り、純最大能力は約50%、つまり口径11mの立坑掘削で0.5%程度の値に近づくことが可能とみられる。今後の陸上部試験工事で作業性、掘削性を確かめて行くが、本工事のφ11m掘削でも上記データの1/2、約2.5%程度の掘削速度は確保したい。

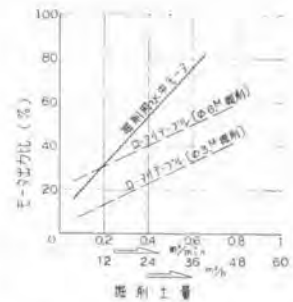


図-6 掘削性能試験成績

6. あとがき

直径11mにも及ぶ大口径で水深80mもの大深度掘削は例がない。我々は、これまで述べた径過を辿って掘削機を開発しているが、今後は試験は試験や研究を重ねながら、このアーム式水中掘削機の実用化に進みたいと考えている。

最後に開発の過程で助言、指導を戴いた各位に謝意を表して報告を終る。

9. 溶岩層を貫くφ2,000の場所打ち杭の施工

日本道路公団 吉田 誠

神戸製鋼所 有川清隆・*宇野英治

1. はじめに

中央自動車道富士吉田線大月～河口湖間は大月ICより桂川流域を富士山麓に向かってたんとそ上し、河口湖に至る高原性の高速道路である。昭和44年に暫定二車線として供用を開始し、今日に至っている。しかしながら、関連道路の改善を含めた四車線化の社会的要請が増大し、昭和53年度より工事着手に踏切り、現在その工事が鋭意進められている。洞谷橋は富士吉田市から東へ約3Kmの富士山麓に位置する橋梁である。基礎杭はφ2000の深礎杭にて設計されていたが、予期せぬ多量の地下水に見舞われ、施工が中断された。本報告は種々の工法の検討結果、深礎工法に代り最近注目を集めている重錘式掘削工法(以下KPC工法と称す)によってφ2000の場所打ち杭を構築した実績について述べたものである。

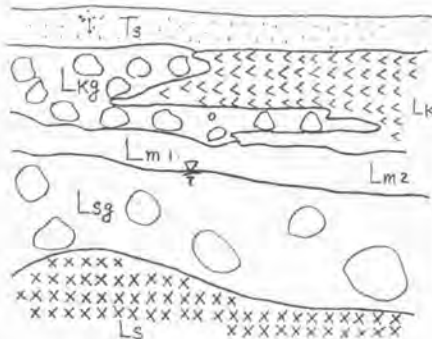


2. 地質概要

地質は富士山の火山活動による3種類の溶岩層により構成されており下層の猿橋溶岩層、中間の大明見溶岩層、上層の剣丸尾溶岩層の各層の間には集塊質泥流堆積物である礫混りローム、火山質砂礫岩が混在する。これらの大部分は地質年代で言えば新世代第四紀沖積層に属し比較的新しい。

又溶岩層は凹凸地形に浴び、流出していることから起伏が激しく場所によっては岩盤状・岩塊・転石状にまたは層厚の薄い帯状になっており正確な地質構造がつかみにくい複雑相を呈している。その模式図を(図2-1)に示す。

この溶岩層・塊は風化作用を



記号	地質名	記事
Ts	砂質土	盛土及び表土
Lkg	砂礫	剣丸尾溶岩層 礫状部
Lk	軟岩	剣丸尾溶岩
Lm2	礫混り粘土	ローム混じり
Lsg	砂礫	猿橋溶岩層 礫状部
Ls	軟岩	猿橋溶岩
Lm1	礫混り砂質土	ローム混じり

図2-1 地質模式図

受けておらず非常に新鮮で一軸圧縮強度が600~1400 kg/cm^2 と強度が大きいが、この岩塊・軽石の間に混在する礫混りローム火山噴砂礫のN値は5~25と固結度が小さい。その代表的な地質柱状図を(図2-2)に示す。

又この熔岩類の地層はフラック・節理がよく発達しさらに火山砂礫・熔岩塊をはさみ極めて透水性の高い地層であることから豊富な地下水が胎動されている。これらの地下水は熔岩類が流出した約谷の平均地形勾配に沿って中1km程度の谷間を地下谷状に流れていてかなりの流速がある。この伏流水は熔岩流の凹地谷間を迂余曲折しながら流下していることから正確な状況をつかむには非常に困難な上に季節・時期により地下水位が大きく変動する現状にある。

3. 工事概要

河谷橋は橋長 $L=142.6\text{m}$ で(図3-1)に示すように「鋼単純合成桁+RC(3径間+4径間)床版橋」にて設計されている。なお基礎はA₁、2橋台、P₁~7橋脚 合計9基であり直接基礎4基、杭基礎5基にて構成されている。杭

は $\phi 2000$ の深礎杭にて設計されており工事数量は(表3-1)に示すとおりである。昭和56年2月工事を開始し、工期は約1年の予定である。

4. 施工法の検討

深礎杭を実際に施工したところA₁、P₁の杭は杭底が浅かったために、水中ポンプで地下水を汲み上げながら施工することが出来たが、P₂、3橋脚(P₄橋脚は深礎工法未施工)の杭については途中まで施工した時

多量の地下水のため工事ストップになった。

4-1 深礎工法と地下水

P₂、3橋脚の各杭は水中ポンプにて最終的に8割の地下水を汲み上げながら人力掘削した各 ± 0 から7°、7°、8°、3°掘削した後、水位が下がらないため工事中断を余儀なくされた。その施工経過の1例を(表4-1)に示す。この施工結果並に施工現場付近のさらに綿密な水理地質調査から次の事が推論された。

- (1) この附近の湧水はGH662~664 m (GL-6.0~8.0 m)付近から湧出している。
- (2) 湧水量は約20%でさらにこれ以外に噴出する地下水量も考えると地下水流動量はルートから

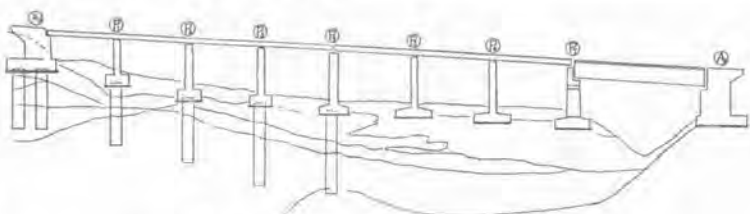
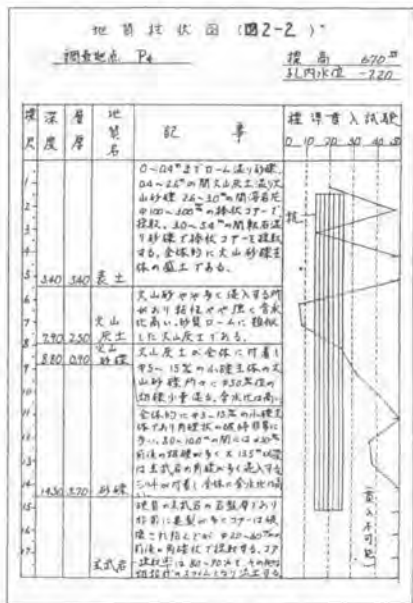


図3-1 河谷橋側面図

項目	A ₁	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅ 、P ₆	計
種別	杭基礎	杭基礎	杭基礎	杭基礎	杭基礎	直接基礎	
杭本数	4	2	2	2	2	—	12
設計長さ	11°	11°	11°	14°	14°	—	
全長さ	44°	22°	22°	28°	28°	—	144°
備考	深礎工法	深礎工法	深礎工法 ① 掘削工法	掘削工法	掘削工法	—	

表3-1 工事数量表

な掘削記録の例を(表5-1)に示す。

5-2 施工上の問題点と対策

(1) 逸水の問題

KPC工法は前述したようにエアリフト方式により、アズリを排出する。従って本現場における地下水の流動がどの程度の影響を及ぼすかが課題であった。しかしながら、逸水はした目のケーシングのスムーズな圧入により、約4割程度の補給水にて施工することが出来た。なお逸水が激しい場合の対策として次の方法が考えられる。

- ① 重錘とハンマーグラブによるドライ掘削
- ② 中間ズリ受けタンクによる方法
- ③ モルタル又はコンクリート等による逸水孔のセメンテーション



写真5-1 施工状況

又場所打ち鉄筋コンクリート杭を構築するためにコンクリートを打設しなければならぬが湧水層におけるコンクリート流出が懸念された。しかし、シートを利用し、問題をなく施工することが出来た。

(2) 大口径重錘による硬岩掘削

一軸圧縮強度が1400kg/cm²程度の新鮮で硬い熔岩を、1800の大口径重錘にて初めて施工したが、順調に掘削が行われ、ほぼ予定通りの掘削能力を得ることが出来た。この熔岩盤は確かに新鮮で強度は大きいけれども、比較的節理が発達しているため、KPC工法のような衝撃式掘削工法に適していたと言えるだろう。

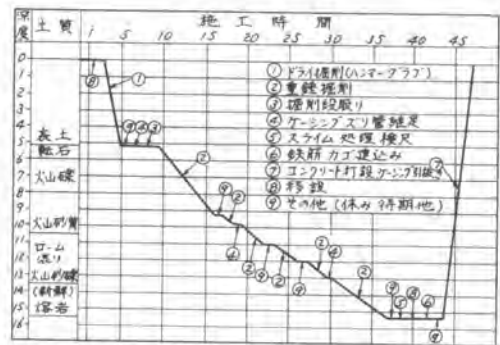


表5-1 掘削記録

(3) 公害その他

騒音については近隣に民家も少なく特に問題はなかった。振動については既設橋脚への影響を考慮して測定を行ないながらKPC工法を施工したがほとんど問題はなかった。又施工面積は既設橋脚と工事用道路に両側をはさまれ、巾約10m程度と狭小であったが、掘削段取り・移送に多少の手間がかかる程度で施工することが出来た。

6. おわりに

本工事では特に今まで深礎工法以外には考えられなかった、軽石・岩を含む複雑な地盤において、2000クラスの場所打ち杭を機械掘削にて施工することが出来た点で大きな意義があると言える。又重錘式掘削工法は現在まで20数件の実績があるが、なおコンパクト化・岩質による重錘刃先の改良・掘削の効率化等の課題はあるが複雑な地盤に充分対応可能な工法として今後期待することが出来るであろう。最後に本工事の施工にあたり、ご指導ご協力下さった秋山土木建物をはじめ関係者各位に深甚なる謝意を表します。

10. 大深度地中連続壁工法ハイドロフリーズ

大林組 加藤 実

1. まえがき

OWS-SOLETANCHE工法は、地中連続壁工法として昭和36年開発、約20年経過し、実績も既に150万㎡を越えているが、近年のエネルギー資源の地下備蓄に関連して、地下タンク建設に必要な大深度地中連続壁の施工技術が望まれていた。これに対し、昭和53年、新たに開発したのがハイドロフリーズで、適応深度が100mであり、玉石層および岩盤であっても単一機械で削孔できる特色を持つ。さらに、地中連続壁相互の接合面に対しても新しい方法を採用し、従来にない止水性を確保している。

この工法は、建築分野で長期構造物に利用する際に必要な日本建築センターの評定も既に取得しており、地下階の外壁や杭体として個別の評定を受けることなく適応できる。

2. 特徴

適応深度 — 100m、120m程度でも可能

壁 厚 — 63cm ~ 150cm 150cm以上の壁厚が地中壁の構造耐力上必要なときは、地中壁の下部止水壁利用の範囲と壁厚を変え、施工することができる。

地 質 — 玉石層、岩盤にも適応することができる。

止水性能 — 地中連続壁相互の接合は、構造上、横鉄筋を接合する必要があるときと、不必要なときを使い分けている。横鉄筋を継ぐ必要のないときには、掘削機 ハイドロフリーズでコンクリート接面に形成される脆弱な不良コンクリートを削除し、(厚さ50~150%) 良質なコンクリート面接合を施し、止水効果を高めている。

精 度 — 構造、止水機能上要求される壁面の精度、例えば、100m深度の削孔に対して10cm以内の曲りに抑えることができる。

施工能率 — 従来の施工機械の1.5倍~2倍の施工能率で掘削ができる。

コンクリ — 大深度であっても、特殊に開発したトレミーパイプを用いて良質なコンクリートの品質 壁体を構築することができる。

環境保全 — 騒音、振動の抑制はもとより、泥水工法全般に云える排泥水の処理や、地下水、土壌の汚染防止に対し、周辺技術の集成につとめ、遺漏のないよう万全の配慮をしている。

3. 詳細説明

大深度地中連続壁の掘削機として開発したハイドロフリーズは、ベースマシンとしてクローラクレーンと専用槽を施工条件に合わせて使い分けている。掘削機本体は、機高16m、自重18tで、下部

に2台のカッターを装着している。揚泥は、カッター上部にセットしている揚泥ポンプとエアリフトの単独あるいは併用で行なう。カッターおよびポンプ騒動は全て油圧である。削孔中、掘削地盤面に作用するスラスト荷重の調整は、掘削機本体頂部に組み込んでいる油圧シリンダーの微小なストローク作動で行ない、硬質地盤や岩掘削での効率アップと曲りの発生を防止している。

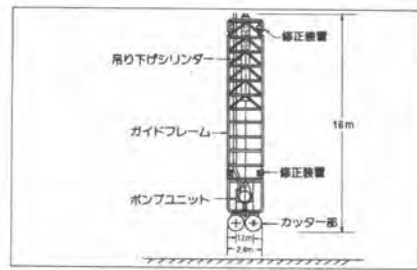
掘削精度の検出には、掘削機本体に取付けた検出器で逐次、微小な変位量をとらえ、常時、その深度での機械位置がどう変動しているか、運転席にある指示装置に表示されるシステムを開発して用いている。精度の高い削孔を行なうためには、こうした削孔状況をとらえる手法の確立と、小さい変位の発生で削孔の軸芯を修正する動作が必要で、ハイドロフレーズには、修正装置を組み込んでいる。

揚泥循環のプロセスでは、新たに開発した土砂分離装置によって排泥土処理を行ない、泥土の含水量を縮減し、かつ、安定液中に含まれる砂分を除去し、スライム発生源を効果的にクリーニングしている。

ハイドロフレーズの写真、機構図、施工順序図を以下に示す。



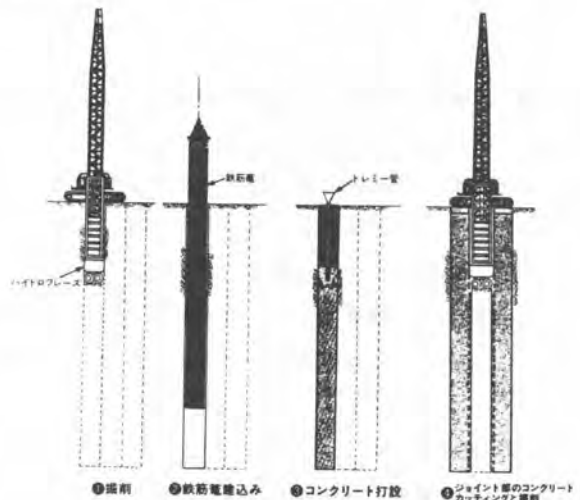
専用槽をベースマシンとしたハイドロフレーズ



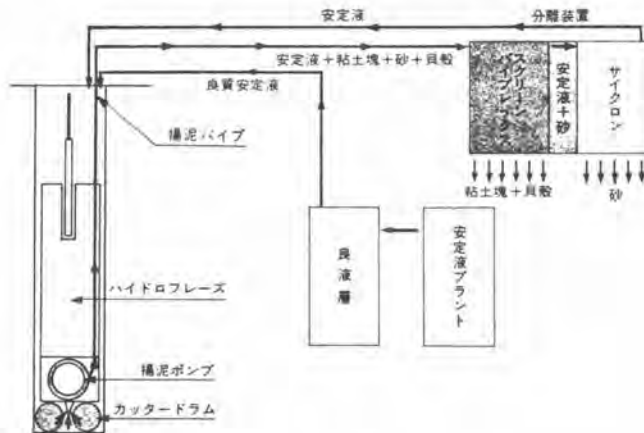
機構図



クローラークレーンをベースマシンとしたハイドロフレーズ



施工順序

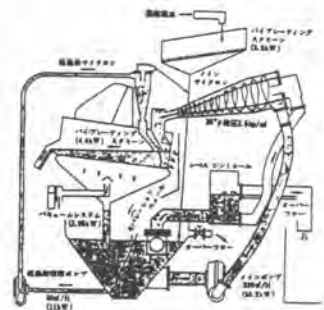


掘削システム

4. 関連装置の概要

(1) 土砂分離装置

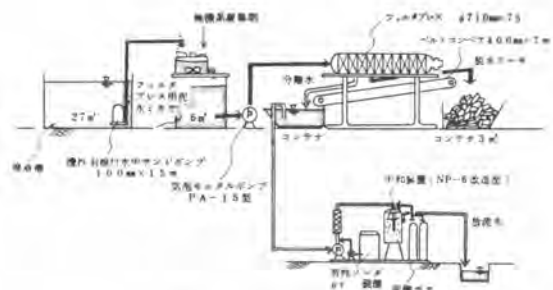
基本的な機構は、大形サイクロンと小形サイクロンを合理的に組合せて、微粒子の分級と濃縮を効率的に行い、二つの振動スクリーンによって脱水を行うもので、特に第二次の脱水スクリーンはその下部にバキューム装置を備えており、強制的に河過水を吸引して脱水効果を上げるようになっている。またスクリーン上では大形サイクロンアンダの粗粒子を下敷きにし、その上に小形サイクロンアンダの微粒子をのせて、微粒子への吸着あるいは微粒子どうしの造粒効果によって、微粒子の高い回収率が得られることを特長としている。なお、能力としては、60ミクロンまでの分級ができ、掘削土のほぼ90%を回収し、その含水率を30%程度にまで脱水することができる。



土砂分離装置

(2) 泥水の廃液処理システム

廃液処理システムの機能は、廃液をまず処理槽内で、特殊な化学薬品で処理したのち、ポンプによってフィルタープレスに圧送し、水と固形物（ベントサイトと掘削土）とに分離し、水は中和したのち下水道へ、固形物は普通土と同様に搬出、廃棄することができる。なお、廃液処理能力としては、 $3\text{ m}^3/\text{Hr} \sim 20\text{ m}^3/\text{Hr}$ のものがある。



廃液処理システム

5. 実施例

ハイドロフリーズを用いた大深度地中連続壁の性能把握・検証を目的に、昭和53年11月から3回の試験工事を実施した。

実施施工としては、昭和55年8月から昭和56年6月にかけて、LNG地下タンクの地中連続壁工事を下記のとおり実施した。

(1) 東京瓦斯(株)袖ヶ浦工場

LNG地下タンク容量 13万KL 1基

地中連続壁形状 内径 7.04m

厚さ 1.2m

深さ 約GL-9.9m

面積 約22000㎡

(2) 東京電力(株)東扇島LNG基地

LNG地下タンク容量 6万KL 2基

地中連続壁形状 内径 5.5305m

厚さ 1.2m

深さ 約GL-9.0m

面積 約16000㎡/基

6. あとがき

大深度地中連続壁工法ハイドロフリーズの概要等について紹介したが、今後このような大深度地中連続壁を利用した地下構造物および建築物の地下階の外壁や杭体ならびに岩盤層における地中壁の構築等に対処し得るものとする。

最後に本工法の開発、実用化に多大なるご援助をいただいた、東京瓦斯(株)、東京電力(株)の両社に感謝いたします。

11. 省力化した管渠埋設技術(New Zone - II 工法)

銭高組 岡 崎 登

1. New Zone (ON-II型) 工法の開発理念

この数年来、各地で機械式管きよの埋設技術が広く施工されるようになってきた。この研究はこれまでの掘削工法では、埋設用地の確保、並びに周辺住民におよぼす振動・騒音、さらには掘削に伴う近傍地盤の沈下が水道公営問題の一つとして厳しく批判されている。

これらの対策として、軟弱地盤を素地として取り組む工学的管きよの埋設技術、特に埋設から埋戻し後の圧密沈下の改良工法に脚光をあてられている。

ところで筆者は、これを解決するためには施工技術の革新にあるとの理念に基づき、昭和48年7月に、機械式連続管きよ埋設技術 New Zone 工法を確立したことは周知の事実である。この間に種々の観測データに基づく実験研究と実践の積み重ねから“左輪工学的”手法を試みながら何往ある。無公害施工を実施してきた。しかしこれまでの施工結果から、推進機の機構によっては製作コストが若干割高となることがメンテナンスに波及し、必然的にもその軽減策が喫緊となり、従来の発想を一変して、“無動力による推進機構”すなわち、New Zone (ON-II型)を開発した。

この工法は、小口管きよの埋設技術として80年代の省資源化にふさわしいと考えている。

2. 住宅密集地での施工に威力

この新工法は、鋼管板などを打ち込み土留したうえで掘削する工程を、天井のないボックス型、つまり“無動力推進機”で進めるのが特色で、従来の土留めの代りを推進機がうけ持つ仕組みで、本機の先端は刃状となっており、掘削機(バックホウ)で掘削しながら、(約50cm)除々に前進させ、所定の深さでパイプを埋設する手法である。

— 音もなければ振動もない。(工法の特長) —

この方法は、騒音や振動の出る工程を変更させるだけでなく、掘削・削土・埋設・埋め戻しの作業を連続的に進める利点があることと、埋設後の圧密沈下の復元効果が85%~95%におよぶことが土質力学的にも有利な工法といえる。

なお、この新工法は、騒音や振動をカットするだけでなく、鋼管板の打ち込み板きよに伴う地盤沈下や土砂の巻き込み、周辺地盤損傷の防止にもつながり、作業の安全確保も図れる一歩の利点がある。

3. 浜松市での実施例を中心として

浜松市水道部で、埋設工事に伴う建設公害を防止するため、機械式管きよ埋設 New Zone (ON-II) 工法を試みた。同市の配水管敷設工事は住宅の密集した、地盤の悪い場所を実施した。

施工上の特色は、 $\phi 1,350\%$ 、 $e=6.0m$ の鋼管と給水管 $\phi 150\%$ 、 $e=4.0m$ を同時に埋設したこと、なお、オープン水路に平行しての埋設作業に伴いながらも、補助工法(注入工法)等は一切、用いられなかったことが特色である。以下に推進機の構造および施工手順を示す。

α) 使用機械と本機の構造, ならびに施工場所の概要

使用機械器具一覧表

名称	形状・寸法	台数	備考
バックホー	UH06クラス 0.6m ³	1台	掘削、けん引用
ベルトコンベアー	ℓ=7.0m	2台	掘削積出し
小型ダンプ	2t車	3台	残土処理
油圧クレーン	5t	1台	ヒューム管運搬 積みおろし
鉄板	PL22mm 1.8×2.7m	10枚	車路用
水中ポンプ	2吋	1台	排水用
舗装切断機		1台	舗装切断用
New Z(ON-II型)機	2.6×3.1×8.855m	1基	(選路式埋設)、土留材
小型トラック	2t	1台	材料小運搬
ソイルコンパクター	2ton	1台	埋戻し土転圧

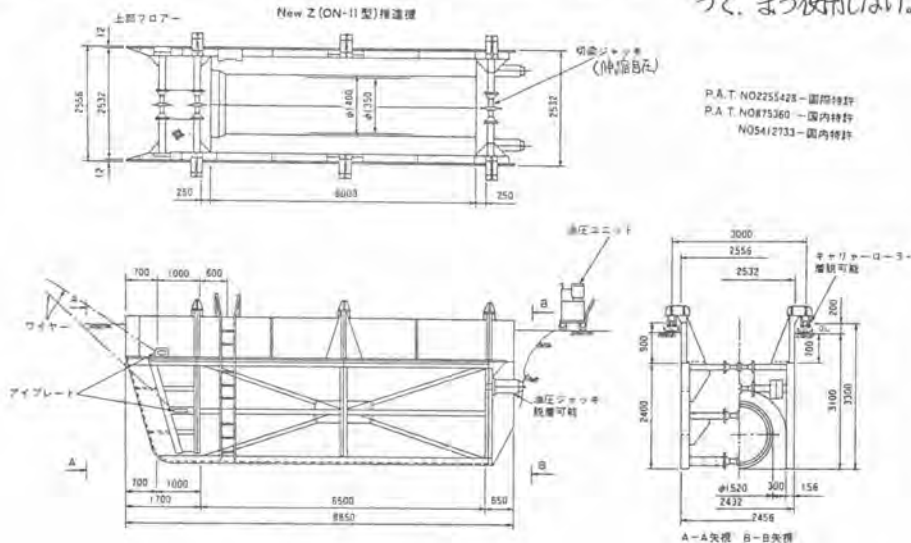


β) 本機の構造と詳細

本機自体は無動力。けんすい方式を使用し、パイプの口をくみ合せ約20%は、切梁ジャッキにより自在方式で、深さ(埋設深さ)については、約5.0mまで可能である。なお、けん引ワイヤーおよび、バックホーに取り付けるフックについては、設計時より、労働基準監督所の認可を必要とする。

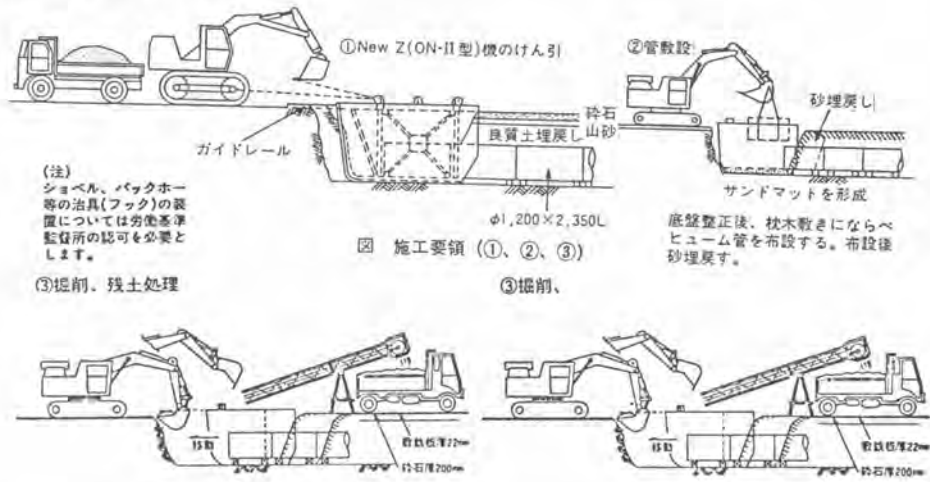
キャリヤーローラーの製作については、あらかじめ若干のアロアランスを考慮にいれ、かつ着脱可能となっている。

後部の油圧ユニットは一定深の場合を想定し、10t推力のものを用意するが、これは予備装置であって、まづ使用しない。



P.A.T. NO2255428 - 国特許
P.A.T. NO875360 - 国内特許
NO5412733 - 国内特許

c) 施工手順とサイクルタイム



管の長さ部分を掘削、残土処理する。 ①、②、③の作業を繰り返しながら管を布設していく。

New Z I型とNew Z (ON-II)型の工事費の比較とサイクルタイム 昭和56年3月現花を対象として

New Z I型とON-II型の工事費の比較(一般例)

区分	New Z・I型 (case 1)	New Z・II型 (case 2)	備 考
直接工事費			
材 料 費	29,780円	29,780円	
労 務 費	16,255円	16,235円	
機械器具経費	65,549円	32,359円	New Z(case 1)は電力料を含む
外 注 費	20,919円	17,500円	New Z(case 1)の場合は電力設備費を含む
計	132,603円	95,894円	

New Z (ON-II)型の作業サイクルタイム(一般例)
作業サイクル 日進 2本/日(4.86m/日)

作業時間	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
掘削、残土処理	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
テールボックスけん引	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
底盤整正	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
管布設工	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
砂埋戻工	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
土留工及び整理整頓	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

本機の構造と施工要領
a) New Z ON-II型機の構造図

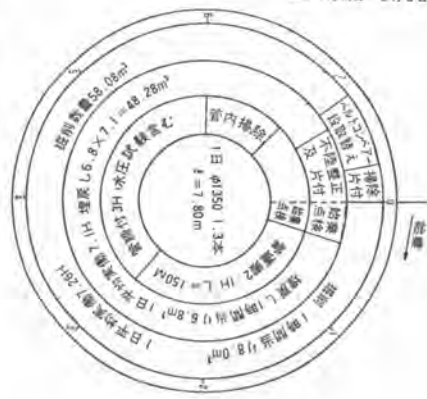
d) 歩掛りと実績

本工法は、パイプの埋め敷、次く後方を水締めするから理
 度し作業を連続的に行うため、従来よりサイクルタイムお
 よの歩掛りを整理して結果を次表に示した。
 1日平均 7.8mと初陣の目的を十分果たしたものの、
 掘削工(掘削手回りの時間ロス)歩掛りが予定以上にのぼつ
 たことが意外に感じられたが、今回の施工ではやむを得ないもの
 と思料した。

以下、次頁に各個別、工種の詳細歩掛りの分析を示した。
 工事着手 56年1月14日から
 完了 56年2月3日まで

機械連続式管渠埋設工事サイクルタイム

56年1月14日 - 2月3日



連続機械埋設工法

56年1月14日～56年2月3日

	1月														2月			合計	数量				
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30				31	1	2
土工 NEW Z内 不陸整正	4	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1		29人	343.20m ²	
土工 刃口箇所 土砂除去	1	1	1	2	2	1	1	1	1			2	1	1	1	1		1	1		19人	712.8m ²	
バックフォア 0.7m ³	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		19台	1105m ³	1日当り実働7.26H
	5	6	4	7	7	8	9	7	9	6	9	9	9	8	9	6	6	5		138H		1H当り8.0m ³	
4 ton ダンプ	4	3	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2		54台	砂・砕石 917.0m ³	1日1台当り7.3H
	20	18	8	21	16	14	27	24	18	27	27	24	27	27	26	21	18	6		396H		1H当り2.31m ³ 搬出	
トラッククレーン16t コーリング 22.5t	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		19台	φ1350.25本	1日当り1.3本 5.7.8H
	2	2	2	3	2	6	2	4	2.5	1.5	2	2	1.5	2	1.5	1.5	2	2	1		41.5H		1日実働2.1H
4 ton 運搬車	1	1	1	1	1	1	1														7台		
	2	1	1	1	1	6	2														14H		
配管工	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		38人	接合26ヶ所	1日当り1.3ヶ所
	4	4	4	3	3	3	3	4	4	3	4	6	4	4	3	10	4	4	4		78H	水圧試験も 含む	1ヶ所締付時間3H
埋戻し工 砂と砕石	2	2	2	2	2	1	2	3	1	1		1	1	1	1	2	1	1	3		34人	917.0m ³	1日当り48m ³ 埋戻し 1H当り6.8m ³ 埋戻し
	8	8	6	6	4	6	6	4	6	4	9	8	9	4	8	16	8	6	9		135H		1日実働7.10H
ペイローダー埋戻し	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		19台	917.0m ³	1日当り48m ³ 埋戻し 1日平均実働3.9H
	4	4	2	3	4	2	3	4	6	6	4	4	4	3	6	4	4	5	3		75H		
ベルトコンベアー 掃除及点検							2	3	3	4	3	3	3	3	4	3	3	2	2		38人	820m ³	
							16	27	24	32	24	20	24	27	32	24	24	16	10		300H		
	バックフォアによる										ベルトコンベアーによる												

—パイプの埋設状況—



4. まとめ.

これまでに述べた本工法は、新しい技術として注目されつつも、概念的には次の3つに要約できると考えている。

- (1) 地山を締め固めて掘進させる技術
- (2) 掘進後、よく水締め、転圧を併用する工法
- (3) 自動制御による幅広い土質をも克服できる技術と、経済性の見地からの体系化。

が重要なことと見料する。さらに、これらの技術より手法を体系化するにあたっては、数多くの至極と多岐にわたる計画に基づいて手取り、それ通りの実地の必要であると考える。



金庫手前の1-マンブル埋

12. 一次シラス地盤へのセメント注入と装置

佐藤工業 久保田 清 三

1. まえがき

南九州に広く分布するシラスは、災害の起きやすい特殊土として知られている。特に注入による一次シラス地盤の改良は困難とされて、調査した範囲では、実施例はほとんどなく、推積した沖積シラス地盤に、ロッド工法とロッドストレーナー工法によって、溶液型水ガラス系CW-3、CW-2Aを注入した実績がある。小野田セメント㈱では、昭和54年8月、鹿児島市星ヶ峰ニュータウン造成地（一次シラス）で、超微粒子セメント-アロフィクス-MCを用いた注入試験を実施した。注入工法は、二重管ロッド工法とダブルパッカー工法によって行なった。その結果、グラウトは注入管口元から漏出が目立ち、ダブルパッカー工法では注入が困難であった。又、二重管ロッド工法では、グラウトのリークを繰り返しながら注入を終った。これは注入材の性能以前の問題として、所定のパッカー効果と注入圧との関係が、一次シラスの地盤改良に適応できなかったものと考えられた。

そこで、ADG工法とアロフィクスMCとの優れた材工両面のタイアップにより、昭和55年7月～8月に同星ヶ峰ニュータウン造成地内で注入試験を実施した。

注入一ヶ月後に注入ヶ所付近を計画的に掘削して、注入効果がどうであるか観察した。その結果、注入材は、蜘蛛の巣状に錯綜した脈状（割裂）注入と、その脈状部から周辺地盤への浸透注入が確認され、一次シラス地盤への注入の実用化の見通しが得られたので、ここにその概要を報告する。

2. 土質

試験場所のシラスは、現地調査を行なった結果、山中式土壌硬度計による硬度測定値は26.5～29.3 mmの範囲であった。これは、建設省の分類による「中硬度シラス」、春山教授の分類による「ふつうシラス」に相当するもので、一次シラスの標準的なものである。

3. 施工概要

削孔は、一般の砂と比べて容易である。含水比の低い地山であるが、削孔水が地山に吸収されることなく、孔内を上昇して地上に排出され、ジャミングがなく、孔壁の急速な崩壊がない。削孔水を多くすると孔壁が荒れるので、削孔水は極力少なくした。しかし、削孔の際、火山弾を巻き込んだと思われるショックと共に、パッカーのゴム部分が破損したことが1回あった。

試験に使用した実際の注入材及び注入量を表-1に示す。計画注入量は、A,Bブロック；注入率50%、Cブロック；1～4ステップ注入率30%、5、6ステップ注入率80%、D,E,Fブロック；注入率30%、と設定した。

表-1 注入量一覧表

区画	*ステップ毎の注入量 (kg)						注入率 (%)	注 記
	1	2	3	4	5	6		
A-1	185	190	188	180	185	180	2194	50% (MC-1)
A-2	50	100	240	400	140		1064	50% (MC-4)
B-1	182	184	182	210			1240	30% (CW-1)W 70% (MC-3)
B-1	180	180	180	180	180	180	2090	50% (MC-3)
B-2	180	180	180	180	180	180	2190	50%
B-3	248	180	164	190	180	182	2220	50%
C-1	268	270	270	272	270	270	2500	30% (MC-4)
C-2	268	270	270	270	270	270	2490	50%
C-3	160	348	270	266	270	270 +130	2704	50%
D-1	244	230	240	270	270 +210		1942	30% (CW-1)W
D-4	130	170	174	170	184	182	1888	50%
E	440	370	370	220	270	270	1400	30% (CW-1)W
F	270	270	270	270	270	248	1320	30% (MC-3)
注入の 総量 (kg)	GL 26	GL 23	GL 30	GL 33	GL 30	GL 35		
							0.31	27,057

複流回転継手は複数の流路の独立が保障され、注入ホース取付部は固定され継手部、スピンドル部は回転する構造になっており、高圧型、中圧型の2種がある。（写真-1、2、参照）



写真-1 複流回転継手

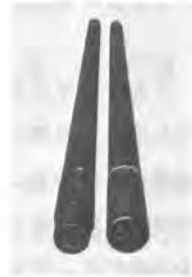


写真-2 SSロッド

5-2 アクアパッカー

アクアパッカーは、両端部は加硫接着され、接着部以外は長さ10mにわたり、水圧によってロッド径(φ60mm)の倍以上(φ110mm以上)も膨らみ、孔壁に追従して常に孔壁に圧着できるため、注入液のリークを完全に阻止できる。さらに、アクアパッカーは地山に左右されることなく、任意の所定位置に自由にセット可能であり、地表面近くの注入もできる。アクアパッカーの圧着圧は実用的には30~40%までで十分であるが、100%まで可能である。

(1) 現場透水試験

アクアパッカーを所定のところにセットして注水し、注水圧、注水量を測定することによって透水性を試験する。

(2) 孔内載荷試験

アクアパッカーを加圧膨張させ、その際の地盤の変形と圧力の関係を測定すると共に、地盤の破壊抵抗を測定する。地盤の変形は、アクアパッカーを膨らませるに要する送水量を測定し、変形に対応する圧力は、その加圧力によって知ることができる。

5-3 アクア注入管先端装置 ADG60φ、ADG50φ

アクア注入管先端装置は、アクアパッカー部とアクアサブ、特殊混合装置、削孔用ビットで構成されている。アクアサブはSSロッドとの継手であり、アクアパッカー部は高圧型、中圧型の2種類がある。（写真-3参照）



写真-3 アクア注入管先端装置

5-4 分流加圧管理装置

分流加圧管理装置は、アクアパッカーの加圧を自動的に加圧できる、空気圧駆動式水圧ポンプである。

図-4に示すような装置で、圧縮空気0.5~7%までの圧力によってアクアパッカーの加圧をコンスタントに作り出すものである。

パッカーの加圧は、地盤条件と注入圧を考慮して、圧力を設定すると、設定圧のまま保持し続ける。もしパッカーからの漏洩、膨張による圧力低下が生じた時

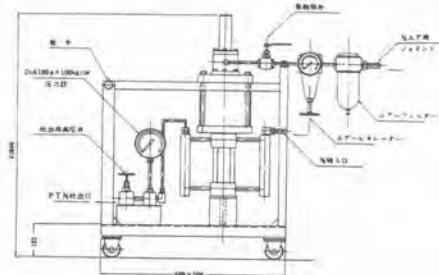


図-4 自動加圧装置

は、ただちに反応して、所定の圧力まで昇圧する。

使用空気量は極少量で、普通のペビーコンプレッサーで充分である。さらに、削孔圧力、注入圧力等を集中的に管理する装置である。

6. 掘削調査

注入1ヶ月後に、注入箇所付近を計画的に掘削して、注入効果を観察した。掘削と調査の順序を図-5に示す。

注入材は縦方向に壁状に割裂注入され、平面上でみれば、放射状、網目状に交錯し、ある範囲まで浸透固結していた。また、注入材は、半径3mの範囲に到達していた。これは、計画した円柱形の直径の4倍の範囲まで注入が及んでいることを示している。

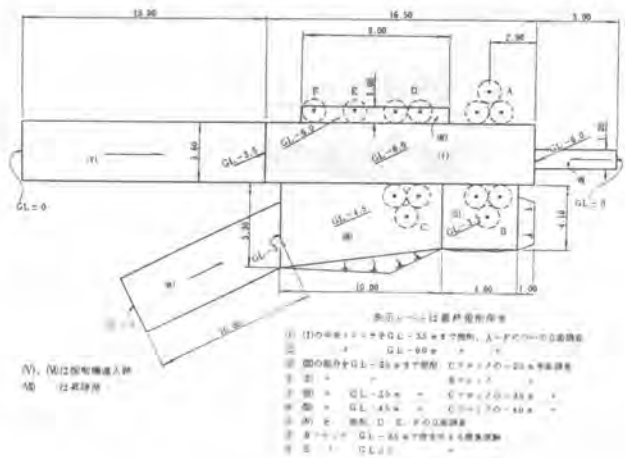


図-5 掘削調査

7. 流水による浸食試験

掘削平面 (GL-2.5m) にごく緩い傾斜を付け、毎分 300 ~ 400 ℓ で総量約 2,000 ℓ の水を流し、強度の降雨時における表面流水状況を再現させた。その結果、表面の注入されていないシラスは、土粒子が運び去られていた。ところが、注入材が網目状になっている所では、周囲に壁を構成し、シラス粒子の流出を防止しているのが認められた。

8. 考察

シラス地盤改良の目的の一つに止水、または、止水壁の形成がある。このためには、複列注入を行ない、必要に応じて複合注入を併用することにより、連続的に遮水帯を形成すれば止水の目的は達成されると考えられる。

今回の試験結果から、注入圧力によって縦の割裂が容易に発生し、注入を可能にしたと思われる。また、注入量を増加したり、注入材のゲル初期強度のあるものを割裂注入し、さらに、浸透注入することにより、止水壁がより強固なものになると考えられる。シラス地盤は、一般に含水比が低く、空隙率が高いが、透水係数は小さいとされ、注入作業において、注入管の周囲の針穴のような隙間でも簡単に注入材が地上に漏出して来るのが通常であった。そこで A D G 工法により今回の試験施工が大きな成果を得ることができた理由として次の様なことがあげられる。

- (1) グラウトの上方へのリークを押えた ; A D G 工法の優れたパッカー効果によって、上方へのグラウトのリークが防止できた。
- (2) 下降ステップ注入 ; 上部より確実に注入施工することにより、下部の有効な注入が可能であった。それは上部の注入施工済の層が、強固なカバーロックの役目を果たしているためである。
- (3) 完全混合する ; 特殊先端装置で、グラウトが完全に混合する。

以上のような特徴をもって、A D G 工法によって、これまで不可能とされていた一次シラス地盤への注入ができたものである。

13. セメント混合攪拌工法における 混合土の強度と攪拌法

愛媛大学 室 達 朗・*榎 明 潔

1. まえがき

セメント混合攪拌による深層軟弱地盤の改良工法は、置換工法や砂杭による改良工法に比べて、土捨て場が不用で、改良面積も小規模ですみ、早期に大きな強度が得られるなどの特色から、既に多数の施工実績を有している。しかし、本工法に関する基礎的研究は遅れており、比較的条件的明確な室内配合試験における強度に関して、コンクリートの水セメント比説のような一般性のある理論は得られておらず、まして、攪拌条件の明確でない実施工における強度の説明は、現状では不可能に近い。

本研究は、セメント混合攪拌工法の基礎研究の端緒として、まず混合攪拌条件を一定にした場合の混合土の強度に影響する因子を、コンクリートで用いられるVoid Theoryの立場から論じ、さらに、模型攪拌装置により攪拌条件を変化させた場合の強度について、攪拌翼が粘土をせん断する機構という観点から考察を加える。

2. 攪拌条件一定の場合の混合土の強度に関する実験¹⁾

(1)実験の装置と条件 固定した減速機付モーター(180r.p.m.)の出力軸の先に取付けたプロペラ状の回転翼(半径6cm)により攪拌容器(φ16×16cm)の中で粘土とポルトランドセメントを混ぜ、混合土をモールド(φ5×10cm)6個に詰め、湿潤養生(20°C,湿度100%)したのち、7日強度 σ_7 、28日強度 σ_{28} を各3個の供試体の一軸圧縮試験で求めた。試料粘土は、

表-1に示すA(高知県日高村で採取した陸成粘土)、B(愛媛県八幡浜港で採取した海成粘土)、C(カオリン)の3種を用いた。また腐植含有量の影響を調べるために、粘土Aの腐植を抽出し、腐植含有量を減らした粘土および抽出した腐植を元の粘土に加えて含有量を増した粘土を調製し使用した。混合は、粘土の含水比(70, 100%), 混合比(粘土の乾燥重量に対するセメントの重量比、10%を中心に1~700%まで11通り)、セメントミルクの水セメント比(1, 0.5)などを組合わせて行った。

(2)一軸圧縮強度に影響する要因 σ_7 と混合比 a_w 、セメント添加率 α (セメント重量/粘土の体積)、水セメント比 w/c [(セメントミルク中の水の重量+粘土の水分の重量)/セメント重量]、喜田等により補正された水セメント比²⁾ $(w-w_c)/c$ (w_c は遠心含水当量)との間には、例えば図-1に示すような相関は認められるが、いずれもばらつきが大きく、これらの指標から σ_7 を推定するのは必ずしも難しい。また混合土の強度に関係する微視的構造についての具体的モデル

粘 土	A	B	C
液性限界 w_L (%)	39.0	62.0	48.5
塑性限界 w_p (%)	26.3	28.2	31.2
遠心含水当量 w_c (%)	32.6	48.8	44.6
pH(H ₂ O)値	7.18	8.40	3.50
強熱減量(%)	6.04	8.99	4.04
有機物含有量(%)	1.54	3.24	0.51
腐植含有量(%)	0.24	0.64	0.05

表-1 試料土の物性

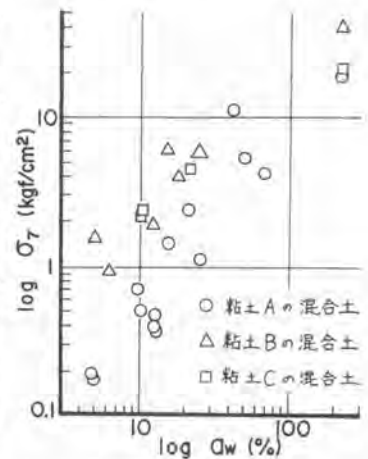


図-1 混合比 a_w と7日強度 σ_7

ルを想定すること困難である。この原因は、これらの指標が混合土の全ての構成成分を評価していないためである。そこで、混合土を表-2に示すようなセメント硬化体が骨格となり、空気・水・粘土が空隙となる多孔体であると考えれば、各構成成分の強度への影響を一応評価に入れることができる。一般に多孔体の強度の対数は、実積率 Γ （骨格の体積/総体積）の対数と直線関係にあるといわれるが、混合土について同様の整理をした図-2において、この関係は認められる。また、セメントミルクのみの硬化体の強度 σ_c が Γ が1に近づいた極端な場合として説明できる。この仮説においては、セメント中の石灰と粘土粒子の両者のポゾラン反応を無視しているが、短期強度が主としてセメントの水和反応によるものと考えられるのは合理的であるし、粘土の種類によっては石灰混合では殆ど硬化しないがセメント混合では硬化が見られることから、反応の主体をセメントの水和に求めることは予自然であると考えられる。本仮説は、表-2中でセメントの硬化に必要な水を $w/c=0.4$ と仮定した点や、混合比がゼロの場合に σ_c が粘土の強度を表わさない点などに改善の余地があるが、実用上は、1,2の簡単な配合試験から十分な精度で任意の配合による混合土の強度を推定し得ると考えられる。

ところで、この仮説によると、粘土の種類によらず $\log \sigma_c \sim \log \Gamma$ 関係は同一になるはずであるが、実際には図-2に見られるように、粘土によって関係が若干異なる。この理由の一つは、人工的に腐植含有量を変えた粘土Aに対する混合試験結果図-3に見られるように、セメント粒子の表面活性を失わせる腐植によるものと考えられる。さらに、粘土の種類によって含まれる腐植の質（セメントの硬化を阻害する程度）が異なるため、必ずしも腐植含有量の多少が強度の大小に直接関係してはいないものと推定される。また、混合土の σ_7 と σ_{28} の関係を図-4に示す。両者の間には、粘土の種類やその他の条件にかかわらず $\sigma_{28} = 1.506 \sigma_7^{1.148}$ が成立し、コンクリート一般に用いられる推定式は適用できないことが判明した。なお、図-2で、実積率は表-2のようにセメントの水

混合前	混合後の状態	重量	体積
空気		0	V_a
セメントミルク	セメント粒子	y	$y/Gc \rho_w$
	セメントと石灰粘土	$0.4y$	$(0.4-0.024)y/\rho_w$
	余剰水	$(\theta-0.4)y$	$(\theta-0.4)y/\rho_w$
粘土	粘土間けき水	wy/ρ_w	$wy/\rho_w \rho_w$
	粘土粒子	y/ρ_w	$y/\rho_w \rho_w G_s$

表-2 混合土の構成成分

セメント硬化体
セメント混合土

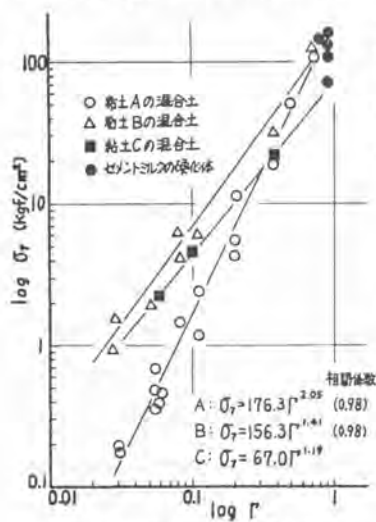


図-2 実積率 Γ と一軸圧縮強度 σ_c

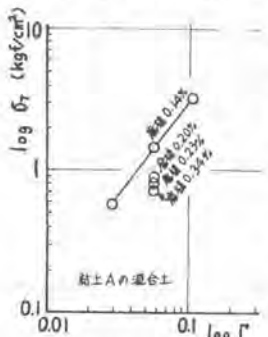


図-3 腐植含有量の差による σ_c の変化

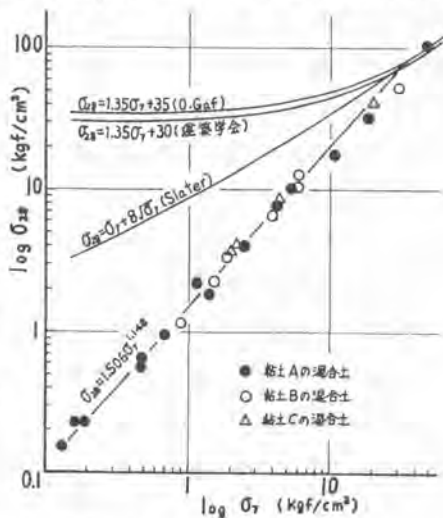


図-4 7日強度 σ_7 と28日強度 σ_{28}

和が終了しているとして求めたが、腐植や材令の影響を考慮することも今後の課題である。さて、セメント硬化体の材令による強度増加の原因は、大別すると、水和物の量的増加と、質的变化によると考えられ、前者は混合土の含水比の低下をともない、後者はともない。図-5は、混合直後の含水比 w_{a0} と28日養生後の含水比 w_{a28} の差と、 $\log \sigma_c$ の関係を示したものであるが、含水比の低下、すなわち水和物の量の増加が強度増加を促していることが明らかである。ところで、表-2から、ある材令での含水比からそのときの実積率を求めると式が導かれるが、高温乾燥による現在の含水比の測定法では、測定中に水和反応が進む可能性があること、また含水比の測定精度が十分でないなどの理由から、その解析は次の機会に行ないたい。

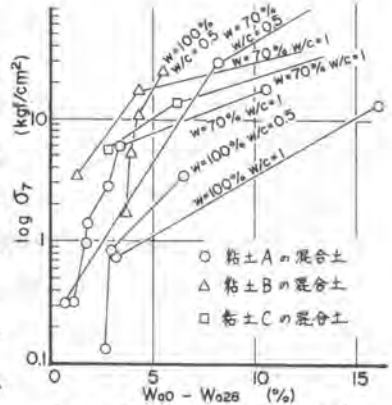


図-5 含水比差と $\log \sigma_c$ の関係

3. 攪拌条件と混合土の強度に関する実験⁴⁾

(1) 実験の装置と条件 実験は、攪拌混合、サンプリング、養生、 σ_c の測定から成る。攪拌混合は図-6に示す装置を用いた。すなわち、モーターAの出力軸端に取付けた翼(半径8.5cm)を容器の底縁まで貫入したのち、回転させながら昇降台を降下させることにより、下部のシリンダーから降下量に応じたセメントミルクが注入管より試料内に注入される。昇降距離は、モールド(φ5×10cm)より長い13cmとした。攪拌条件は、翼の回転数 N (r.p.m.)、昇降速度 v (cm/min)、翼の枚数(標準は軸の両側2枚)、段数(標準は1段)、さらに台の昇降を繰返す回数を、表-3のように変化した。このうち、C、Gはそれぞれ107.4 r.p.m.、70 r.p.m.で、他は全て127 r.p.m.とし、 v を変えている。攪拌終了後、容器内に薄肉の塩化ビニールパイプを挿入することによってサンプリングし、これをモールドに移したのち、2.と同様の養生、一軸圧縮試験を行なった。使用した粘土は表-1の粘土Aを含水比70%に調整したもので、セメントミルクは、重量混合比 $a_w = 21.5\%$ 、 $w/c = 1$ である。

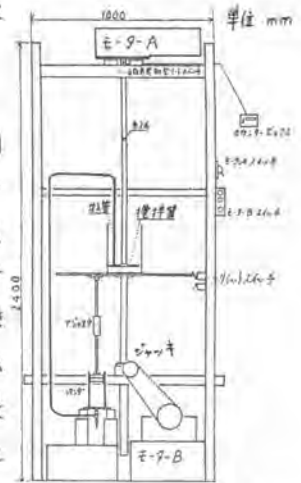


図-6 攪拌注入実験装置

(2) 実験結果と考察 攪拌翼が粘土中を回転するときのせん断面で、セメントミルクと粘土の混合が行なわれると仮定すると、単位体積中のせん断面の面積が大きいほど混合が十分に行なわれ、混合土の強度も大きいと考えられる。したがって翼1枚の回転面積の倍を S (せん断は翼の上下面で生じる可能性がある)、被攪拌体積を V として、 S/V を指標に、強度 σ_c との関係を調べてみる。なお、以下の図中においては、一攪拌混合で得られた7枚試体の強度の平均値、± σ (分散)の範囲、最大値と最小値の範囲を、それぞれ、記号、実線、破線を示した。

また、昇降速度 v が7cm/min以下の実験(表-3中のF, G, H)では、攪拌混合中に試料表面へのセ

		σ_c (kgf/cm ²)											
		3	9	6	6	7	9	10	20	20	20	28	37
		A ₁₂	B ₁₂	C ₁₂	D ₁₂	E ₁₂	F ₁₂	G ₁₂	H ₁₂				
基本タイプ	1段2枚												
	1回	1段2枚											
		2段2枚	(1) 9.4 cm	B ₂₂ ^W									
			(2) 7.1 cm	B ₂₂ ^W			E ₂₂ ^W	F ₂₂ ^W					
			(3) 4.7 cm	B ₂₂ ^W			E ₂₂ ^W	F ₂₂ ^W					
			(4) 3.1 cm	B ₂₂ ^W			E ₂₂ ^W	F ₂₂ ^W					
	(5) 2.4 cm	B ₂₂ ^W											
	3段2枚	(6) 3.1 cm							F ₃₂				
3回	1段2枚								3B ₂			3F ₂	
5回	1段2枚								5B ₂			5F ₂	
7回	1段2枚								7B ₂				

表-3 実験条件一覧表

メントミルクの浮出しが見られたため、翼の混合比は低下していたと考えられる。

図-7に標準タイプ1段2枚1回攪拌で、昇降速度および回転数によってS/Vを変えた場合の、 $\sigma_7 \sim S/V$ 関係を示す。

前述の理由でF, G, Hのデータを無視すると、この場合にはS/Vの増加にしたがって σ_7 が増加していると考えられる。

また、図-8は、台の昇降の繰返し回数による σ_7 の変化を調べたもので、繰返し回数の増加によるS/Vの増加に対して、 σ_7 の増加が見られる。

一方、翼の段数や枚数によってS/Vを増加させても、

図-9に見られるように、 σ_7 の増加は見られない。

このような結果の得られた理由としては、翼と土の共回りが考えられる。すなわち、一度せん断された面は、土中の弱面として存在するため、つぎにその面の近傍で翼を回転させても、翼の上下面がせん断面とならず、その弱面がせん断されるため、みかけ上のS/Vが増加してき、翼のS/Vは増加しない。また、2枚の近接した翼がある場合には、その間に土を挟んだまま回転する共回りも考えられる。

4. 結論

(1) 混合土の強度と実積率の間には、両対数グラフ上で直線関係が見られる。

(2) 腐植含有量を増すと、強度が低下する。

(3) 混合土の σ_7 と σ_{28} の間には、 $\sigma_{28} = 1.506 \sigma_7^{1.148}$ という関係が使用した3種類の粘土すべてで成立した。

(4) 攪拌混合条件については、台の昇降回数に相当する繰返し回数を増すが、単純な翼での1回攪拌で昇降速度を下げるか、翼の回転数を上げることが強度増加に有効で、翼の段数や枚数を増しても効果はなかった。これは、翼と土との共回りによるものと考えられる。

ただし、低い昇降速度の場合には、注入したセメントミルクの浮出しに注意する必要がある。

参考文献

- 1) 室・榎・藤井：セメント混合土の圧縮強度について、土木学会第36回年次学術講演会（投稿中）。
- 2) 馬場崎他：セメント系硬化剤による累層混合処理工法に関する研究（その9）、第15回土木工学研究発表会講演集、pp.713 ~716。
- 3) 近藤達一：多孔材料、技報堂、1975年、pp.165 ~174。
- 4) 室・榎・中西：累層セメント混合工法における攪拌と強度の関係、土木学会中国支部第33回一般講演会、pp.388 ~389, 1981。

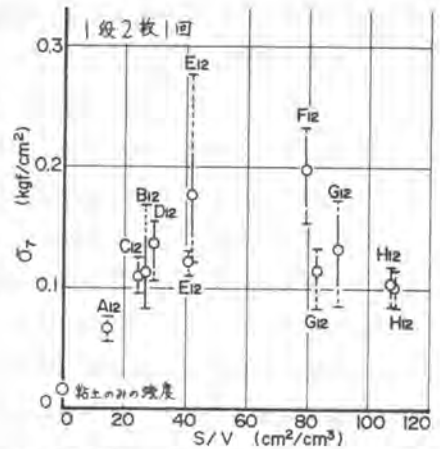


図-7 S/Vと σ_7 の関係(標準タイプ)

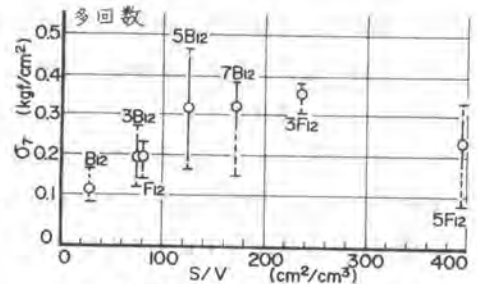


図-8 S/Vと σ_7 の関係(多回数)

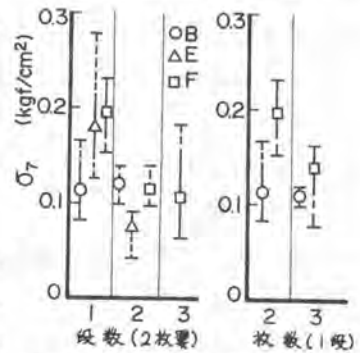


図-9 翼の枚数や段数の影響

14. 粉体噴射攪拌工法

神戸製鋼所 *青 井 実

不動建設 中 村 正 邦

三信建設工業 栗 原 鎮 男

1. ま え が き

最近の土木、建設工事の大型化、多様化にともなって、軟弱地盤の改良技術には、高度な要求がなされる傾向となっている。地盤を改良するには、サンドドレーン工法や、サンドコンパクション・バイル工法のような、物理的な改良原理にもとづくものと、生石灰やセメントなどの化学的改良材を、土中に添加混合することにより生ずる化学反応を利用した化学的な原理にもとづくものに大別できる。後者に属するものには、最近、多用されてきた深層混合処理工法などが含まれる。ここに紹介する粉体噴射攪拌工法は、生石灰やセメントなどの化学的改良材を、粉粒状のドライなままの状態、空気輸送により軟弱地盤中に噴射・供給し、原位置で強制攪拌混合することにより地盤の固結化を図る工法で、大きな改良強度が、早期に得られる化学的な改良原理にもとづく工法である。

この工法は、建設省総合技術開発プロジェクトの一環として、建設省土木研究所と、その委託を受けた(社)日本建設機械化協会・建設機械化研究所が中心になって開発した工法で、数次にわたる試験工事を経て、実用化に入った新しい工法である。

2. 改良原理と特長

改良材は、地上に設けた改良材供給プラントの改良材吹込機から、圧縮空気とともに、ホース、攪拌軸中空部を経由して、攪拌翼の付け根部から、翼の回転によって生ずる空隙部に向かって吐出される。この土中での空隙は、回転数を大きくとると、空隙の増大にともなって負圧が生ずると考えられ、通常の空気圧縮機で得られる圧力で、攪拌翼軌跡全面に改良材が均一に散布・供給されることになる。

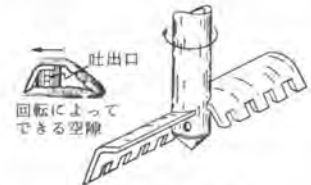


図-1 噴射攪拌翼

吐出された改良材と空気は、圧送中の配管径にくらべて大きな空隙部に入るため、改良材の搬送が困難な流速となり、改良材と空気の分離が促進され、さらに、土中の水分によって、回転による空隙部に改良材が付着し、空気のみが軸のまわりから地上に放出されることになる。攪拌軸の形状は、土中部での空気の通過を良くするために、パイプにフィンのついたものや、角形のもの採用されている。

以上のような原理にもとづくこの工法は、次のような特長をもっている。

①改良材はドライな状態であれば、種類、性状を問わない。セメント、石灰、スラグ、砂など地盤の土性と改良目的に応じて、選択することができる。

②改良材がドライであるため、地盤中に余分の水を加えることなく、土中の含水比を相対的に低下させることができる。したがって、設計強度を同一にするならば、スラリー使用の場合とくらべて、改良材の使用量を少なくすることができる。図-2は千葉県市川粘土における現地施工の改良効果例

で 80 kg/m^3 で十分な効果をあげている。

③改良材を面的に散布し、同時に攪拌面の水分に付着させるため、改良材の供給にバラツキがない。このことから、少い攪拌回数で、均一な高い強度の改良効果が得られることになる。

④水を全く使用しないため、施工場所の条件に左右されず、泥排水の処理なども不要である。

⑤施工後の表層の盛りあがりが少ない。このため、ビート層などの改良についても、改良材の量をふやして、置換工法に近い形で処理することができる。図-3は埼玉県与野市のビート層改良実験工事の結果で、セメント 500 kg/m^3 、砂 200 kg/m^3 を添加して、平均含水比 53.0% の超軟弱な地盤を改良した結果を示したものである。

⑥改良材のハンドリングは、空気搬送によるクローズド・システムを採用しているため、粉塵発生の恐れがなく、天候に左右されずに作業が可能である。

⑦改良機本体からガイドパイプが除去できるため、土による貫入、引抜抵抗が大幅に低減され、施工能率の向上につながる。

以上が本工法の特長である。この工法は、改良原理、対象とする施工深度などから、深層混合処理工法の一分野と考えられ、適用工事も、すべり防止、沈下防止、ヒービング対策に活用されると考えられる。

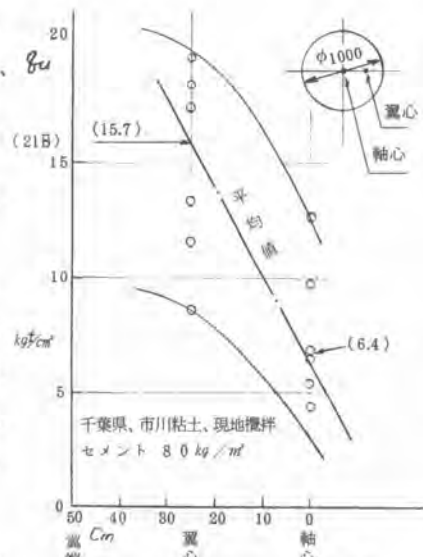


図-2 現地攪拌混合における効果例

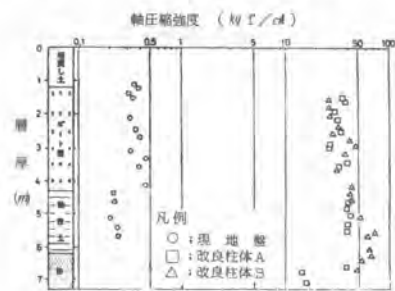


図-3 ビート層改良効果

3. 施工システムと機器の仕様

全体の施工システムは、図-4に示すように、改良機本体、ベースマシン、改良材吹込装置、改良材サイロ、空気圧縮機などから構成される。改良機本体は、軟弱地盤中に、貫入、引拔を繰り返す、改良材の供給、攪拌、混合を行う作業の中心となる装置で、攪拌翼、攪拌軸、駆動装置、スィベルジョイントなどから構成されている。

攪拌軸の軸数から、単軸型と2軸型とに分類され、単軸型は、軽量、小型の利点を生かして改良深度 10 m 程度まで、2軸型の場合は、機動性があり大型である特長を生かして、 10 m 以上の、

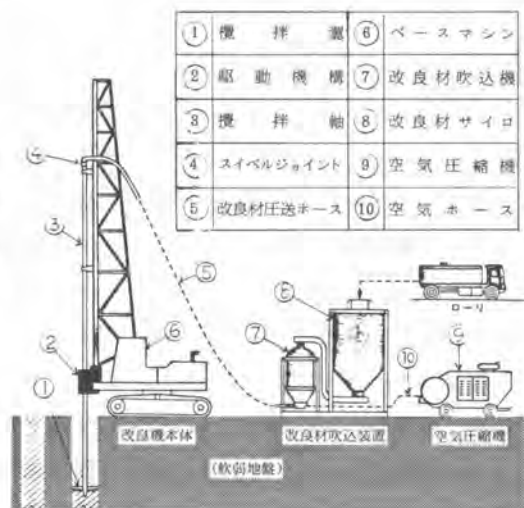


図-4 噴射攪拌工法、施工システム図

改良深度に適用するのが望ましい。

改良材吹込装置は、粉粒体の改良材を工中に安心供給するための、空気を用いた切り出し、搬送装置で、本工法のなかで重要な役割を果たしている。吹込装置の原理を図-5に示す。フィード、ホイールと称する多数のポケットを有するロータリーテーブルの回転と、圧縮空気によって、改良深度によって変化する土水圧に打ち勝って、定量供給を行うことが可能な構造となっている。改良材の切り出し機構は、ホッパーとともに圧力チャンバーに収納しているため、粉塵の発生なども皆無である。

改良機本体を塔載するベースマシンは、単軸型においては、小型、軽量、ハンディの特長を生かして、油圧ジャッキによる簡易式の移動装置を備えている。2軸型は、大規模施工を対象にしているため、専用のクローラタイプのベースマシンと一体になっている。ベースマシンのエンジン動力から攪拌動力も含む、すべての動力を、運転室のレバー操作1本で取りだせる集中制御方式を採用している。

空気圧縮機は汎用のもので十分で、一般的な目安としては、攪拌翼直径 $\phi 1000\text{ mm}$ のもので、改良材の投入量 80 kg/m^2 、改良深度 20 m 程度までは、圧力 $4\sim 5\text{ kg/cm}^2$ 、空気量は $5\sim 6\text{ Nm}^3/\text{min}$ の空気源が必要であろう。

図-6、表-1に単軸型の全体外形図と概略仕様を、図-7、表-2に2軸型の外形図と仕様を示した。

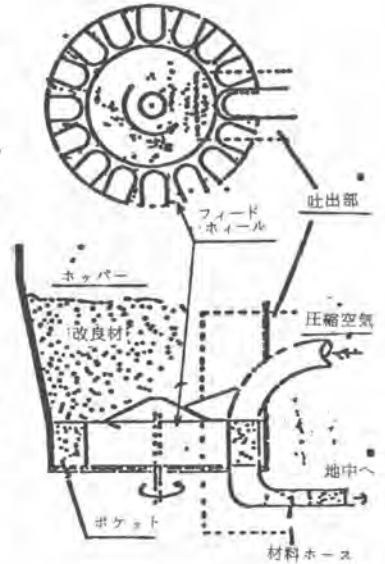


図-5 改良材吹込装置の原理

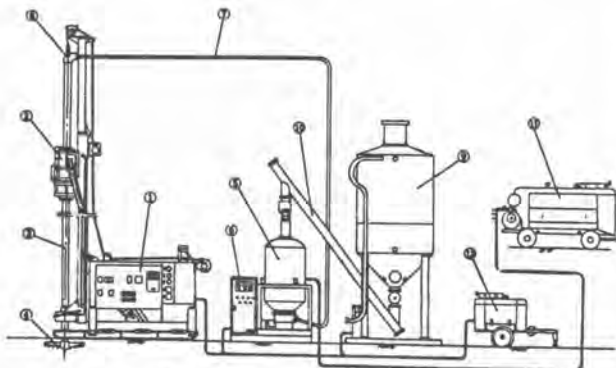


図-6 本工法の単軸機

表-1 単軸型の仕様

No	名称	規格
1	単軸式本体	DJM-30型, 30 kW
2	攪拌動力	0~62 rpm, 450 kg \cdot m(最大)
3	攪拌軸	$\phi 82.6\text{ mm}$
4	攪拌翼	$\phi 800\text{ mm}$
5	改良材吹込装置	2000 E型, 3.7 kW
6	操作盤	
7	改良材圧送ホース	2B
8	スィベルジョイント	
9	改良材サイロ	15~20 t
10	スクリーンコンベヤー	
11	空気圧縮機	100PS, 10.5 m^3/min
12	発電機	75 KVA

施工管理は、化学的な改良原理にもとづく他工法と同様に、改良材の定量供給と、攪拌混合の均一性を確認することに要約される。改良材の搬送に圧縮空気を採用しているため、常時、空気の圧力と流量を、監視、制御する必要があるが、最近になり施工実績の積みあげとともに、特に土水圧に対抗しての改良材空気搬送理論が明確になりつつあることから、近い将来には、マイコンによる自動制御が可能となろう。

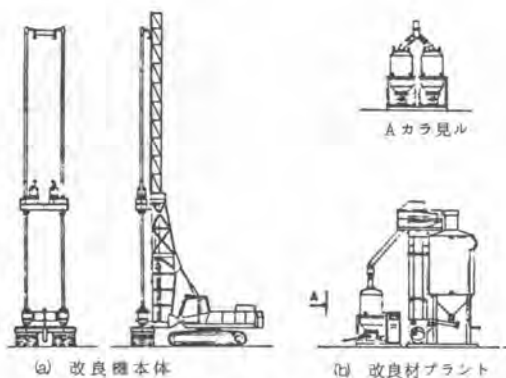


図-2 本工法の2軸機

表-2 2軸型の仕様

No	名称	規格
1	攪拌動力	20~60rpm, 1000 kg-m (最大)
2	攪拌軸	φ127mm × 2本
3	攪拌翼	φ1000mm × 2本
4	軸間距離	1800 ~ 2000 mm
5	改良深度	15 m (標準)
6	貫入・引抜速度	0~4 m/min
7	攪拌動力	油圧モータ(エンジン駆動)
8	専用ベスマシン	5090×3220 ^{mm} (全長×全幅)
9	履帯巾	900 mm
10	接地圧	0.50 kg/cm ²
11	エンジン出力	155 PS (定格)
12	改良材サイロ	20 t
13	改良材吹込装置	2000E型 × 2台
14	改良材吐出能力	50~150 kg/min
15	改良材圧送ホース	2B × 2本
16	空気圧縮機	100PS, 10.5 m ³ /min × 2台

4. 施工実績

本工法の開発の歴史は新しく、現在までの施工実績は、表-8のように7例にすぎない。(81年8月現在、施工中のものを除く)しかし、これらの工事例は、標準的な粘性土の他に、有機質土、ピート層、砂質シルトなどの、あらゆる軟弱地盤に対して改良材の種類、配合施工条件を変えることにより、有効な効果が得られたことを示している。とくに、最近実施した、千葉県・市川における2軸型の試験工事では、同一地盤に対して、改良材の種類、配合量、吐出方法、攪拌条件などを変化させて施工を行った。この結果については、紙面の関係もあり、改めて別の機会に報告したいと考えている。

5. あとがき

最初に述べたように、本工法は建設省の総合技術開発プロジェクトの成果として誕生した工法であるが、現在この工法のレベル向上と発展を目的として、噴射攪拌工法研究会が結成されて活動している。今回のシンポジウムの発表にあたって、建設省土木研究所、建設機械化研究所、研究会メンバーの各位から、適切な助言と資料をいただいた。紙面をかりて御礼を申し上げます。

表-8 噴射攪拌工法・実験一覧表

No	実験名	実施時期	攪拌翼	対象土	改良深度
1	スプリー噴射攪拌実験	53.1	φ600 ^{mm} 1段翼	シルト質ローム γ _t =1.6 t/m ³ w=60~65%	2.5 m
2	粉体噴射攪拌基礎実験 I	53.11	同上	同上の攪拌試料	3.0 m
3	同上基礎実験 II	54.3	φ600 ^{mm} 2段翼	シルト質ローム γ _t =1.6 t/m ³ w=60~65%	3.3 m
4	熊谷バイパス地盤改良試験工事	55.1	同上	粘土 γ _t =1.6 t/m ³ w=60%	6.8 m
5	屋外実験	55.7	φ800 ^{mm} 1段翼	粘土・有機質 γ _t =1.6 t/m ³ w=180%	6.0 m
6	与野市・中央通り緑地盤改良試験工事	56.2	同上	ピート層 γ _t =1.05 t/m ³ w=530%	7.0 m
7	千葉県・市川サービスセンター試験工事	56.5	φ1000 ^{mm} 1段翼	粘土・砂質シルト γ _t =1.7 t/m ³ w=50%	12.5 m

参考文献 ①噴射注入工法の開発に関する研究報告書、(社)日本建設機械化協会、55年8月

②千田昌平、噴射注入工法の開発、建設省概要報告書、55年9月

③兼松陽、粉体材料の気送による新地盤改良工法、建設機械、1981年8月

④千田昌平、村尾好昭、粉体噴射攪拌工法の開発、橋梁、1981年5月

15. 深層混合処理工法における 施工機械と施工法

竹中土木 杉 山 一 徳・*木 村 信 之
細 見 尚 史 吉 永 忠 義

1. まえがき

最近の港湾工事は構造物が大型化する傾向を示すとともに、建設用地も水深深くしかも軟弱層の厚い地盤への進出を余儀無くされている。このような地盤上に港湾構造物を構築する場合、従来工法では自然環境保全、公害防止などの点から排出土砂の処分や良質砂の採取、供給が困難となっている。そこで、従来工法に較べ水深、大深度の地盤改良への適用性が高く、省資源、低公害を可能とする工法として開発されたのが深層混合処理工法であり、海底軟弱地盤への本格的な活用が始まっている。

2. 深層混合処理工法の現況

深層混合処理工法は、生石灰、セメントモルタル、セメントスラリーなどの硬化材と深層の軟弱土を混合処理井を用いて攪拌・混合し、原位置で所定の強度が得られるように地盤改良する工法である。生石灰を用いる工法としてはDLM工法(Deep Lime Mixing Method)があり、セメントまたはセメントモルタルを用いる工法としてはCMCI工法(Clay Mixing Consolidation Method)がある。また、セメントスラリーを用いる工法としてはDCMI工法(Deep Chemical Mixing Method)がある。同じくセメントスラリーを用いる工法としてデコム工法、デミック工法、ボコム工法などがあり、それらを総称してCDM工法と言っており、CDM研究会として諸活動を行っている。なお、運輸省各港湾建設局では深層混合処理工法を総称してDMM(Deep Mixing Method)と言っている。本稿では筆者らが研究、開発の一部を担当してきたDCMI工法について以下に述べる。

3. DCMI法の概要とその開発経緯

DCMI法は、スラリー状のセメント系硬化材と海底の軟弱な粘性土や緩い砂層を多軸式深層混合処理井によって原位置で攪拌・混合し、種々の形状の改良土からなる複合地盤を形成することを主目的として開発された工法である。図-1は着手から現在に至るまでの開発経過をまとめて示したものである。

混合処理井に関しては、まず昭和49年から4軸模型実験井を用いた室内ピット実験が行われた。昭和50年にはこの模型実験井を延伸した実験井を用いて陸上実験を行った。次いで、陸上実験で得たデータをもとに実用1号井を完成させ、これを用いて海上実験工事を東京港において昭和51年に実施した。この実験工事が評価され、セメント系硬化材を用いた深層混合処理工法による初めての海上実工事が昭和51年に、東京港廃棄物処理場中仕切護岸地盤改良工事として実施された。次に、1号井の性能をさらに高めた2号井を完成さ



図-1 DCMI法の開発経緯

せた。運輸省第二港湾建設局により、港湾構造物の基礎としての適否を検討するための試験工事が横浜港において実施され、この試験工事に2号舟が使用された。試験工事に対しては詳細な調査が実施され、その結果2号舟の採用が認められ、昭和52年に横浜大黒埠頭岸壁地盤改良工事として着工した。昭和54年7月には、1号舟、2号舟の多くの経験とデータを基にして3号舟を製作し、これを装備した本工法の専用船である第三竹中号が完成し、現在横浜港で稼働中である。

4. DCMI法の施工

DCMI法の施工機械、施工方法および施工管理方法の概要を以下に述べる。

4.1 処理舟の性能

DCMの施工機械は当社の保有しているもので3舟あり、表-1にその機械仕様を示す。DCM処理舟は処理舟本体と、この処理舟を駆動させるための油圧ユニットより構成されている。処理舟の構造は上部に8台の油圧モーターがあり、減速舟を通じて8本の軸を回転させるようになっている。回転軸の下端は掘削攪拌羽根に連なり、先端に3枚の掘削羽根が、その上段には攪拌羽根が2段（各段とも2枚）取付けられている。セメントスラリーの吐出口は掘削攪拌羽根の上端に本体鋼管にそって設置され、先端固化時には油圧ジャッキによって掘削羽根の上端まで押し下げることができるようになっている。処理舟によって1回あたりの改良面積、最大改良可能深度、攪拌および掘削軸トルク等が異なるため、施工方法、施工能力を十分検討し処理舟を選定すべきである。また、本工事着工前には必要な試験工事を実施し、改良効果を調査し処理舟のその地盤に対する特性を把握する必要がある。図-2にDCM3号船の一般図を示す。

4.2 施工方法

本工法の施工順序は
 ① 位置決め ② 掘削貫入 ③ 先端固化 ④ 攪拌混合引抜 ⑤ 完了、刃先点検 ⑥ 転船 である。施工の主要項目について以下に述べる。

i) 位置決め 改良位置への本船位置決めは、従来DCM1、2号船において、光波距離計とトランシットを用い測量台上の基準点から行ってきたが、位置決め時間の短縮、測量人員の削減、精度の向上をはかり、作業船位置決め測量システムを開発した。この測量システムは自動視準の光波距離計

表-1 処理舟の機械仕様

項目	1号機	2号機	3号機
型式	油圧駆動4軸式2連型	油圧駆動4軸式2連型	油圧駆動4軸式2連型
寸法	39.0m(有効長)×30.0m	47.0m(有効長)×38.0m	52.0m(有効長)×40.0m
重量	141t	160t	305t
出力	トルク 2,250kg・m×30r.p.m 1,430kg・m×40r.p.m 753kg・m×50r.p.m 578kg・m×60r.p.m	2,250kg・m×30r.p.m 1,430kg・m×40r.p.m 753kg・m×50r.p.m 578kg・m×60r.p.m	4,000kg・m×30r.p.m 3,140kg・m×40r.p.m 2,970kg・m×50r.p.m 3,700kg・m×60r.p.m
動力	1,150kW	1,150kW	1,080PS×4台
処理面積	4.26m ² (3.01×1.58)	4.26m ² (3.01×1.56)	5.74m ² (3.49×1.63)
最大深度(海床面下)	30m	30m	40m
掘削力	30m ² /hr	30m ² /hr	40m ² /hr
ミキサー	2m ² ×2台	2m ² ×2台	2.6m ² ×2台
アシナード	20m ² ×1台	20m ² ×1台	20m ² ×1台
アウトポンプ	250ℓ/min×4台	250ℓ/min×4台	250ℓ/min×4台
モニター	220t	200t	300t
動力	180kW	180kW	200kW
総寸法	45.0×19.2×3.75m	43.2×24.0×3.2m	47.5×28.0×4.6m

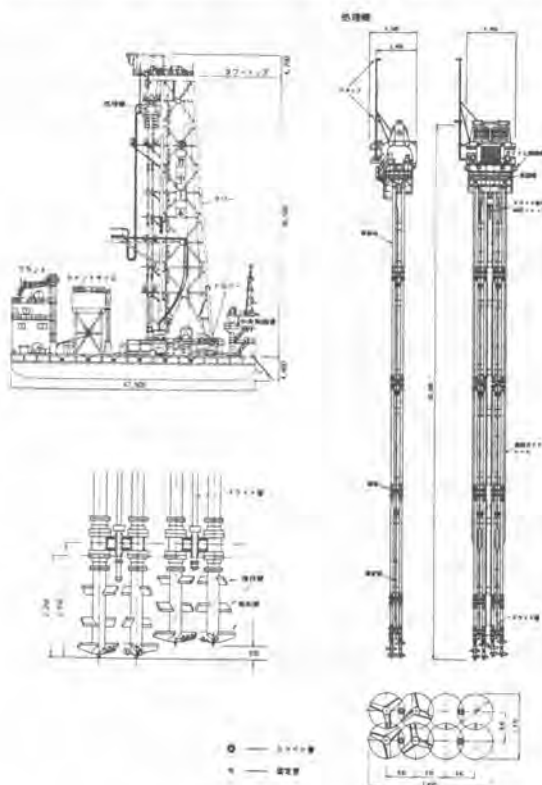


図-2 DCM3号船

3台、グラフィックディスプレイ付パーソナルコンピュータ、光波距離計データを計算機に入力するためのインターフェイス(I/F)およびスイッチボックスより構成される。位置決め方法は、対岸に設置した発光部を常時自動視準しながら距離測量を行い、I/Fを介して作業船の中央制御室に置かれた計算機に距離データを送り、作業船の現在位置を計算した上で、あらかじめセットした設計位置と対比しながら所定位置にシフトするものである。現在DCM船はこの測量システムを用い位置決めを行っている。

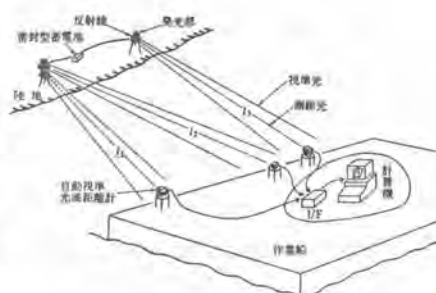


図-3 作業船位置決め測量概要図

図-3に測量システムの概要を示す。

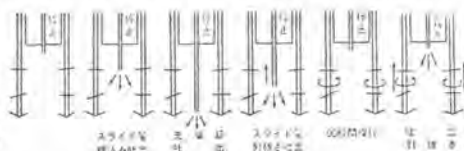


図-4 先端固化模式図

ii) 貫入引抜・先端固化 改良方法は、まず処理材を掘削方向(正転と称す)に所定の回転数で回転させ、所定の速度で貫入を行い、砂刃等の地盤の堅さに応じて回

転数、貫入速度を調整しながら貫入する。次に処理材の先端が所定の深度に達した所で以下に述べる先端固化(定着)作業を行い、その後セメントスラリーをスライド管より所定量吐出しながら回転軸を攪拌方向(逆転と称す)に回転させ、攪拌混合しながら引抜きを行う。先端部の固化方法は、スライド吐出方式で処理材が先端まで達した時一旦止め、スライド管を押し込んで先端部にセメントスラリーを吐出させ攪拌を行う方法をとっている。図-4にその模式図を示す。引抜速度および回転数は改良土の強度に大きく影響し、現場の条件にあわせて最適な値を使用しなければならない。実施例では攪拌時の回転数をDCM船では40~60r.p.m.、引抜速度1.0 m/minで実施し良好な改良結果を得ている。貫入時の速度については、処理材の安定性(垂直性)を確保する速度を保つのと同時に、未改良土をできるだけほぐした状態にするのが望ましく、一般に1.0~1.5 m/minで実施している。

iii) 施工能力 サイクルタイムの算定は次式によって求められる。

$$C_t = t_1 + t_2 + \frac{l_1 + d}{V_{i1}} + \frac{l_2}{V_{i2}} + t_3 + \frac{l_2}{V_{o2}} + \frac{l_1 + d}{V_{o1}} \quad \text{----- (1)}$$

ここに C_t :改良杭1本あたりのサイクルタイム(min) t_1 :攪拌翼刃先チェック時間(min)
 t_2 :船のシフト時間(min) t_3 :先端固化処理時間(min) V_{i1} :粘性土の貫入速度(m/min)
 V_{i2} :砂刃の貫入速度(m/min) V_{o1} :粘性土の引抜速度(m/min)
 V_{o2} :砂刃の引抜速度(m/min) l_1 :粘性土部の改良長さ(m) l_2 :砂刃への定着長さ(m)
 d :改良土部上端の土被り厚(m)

1日あたりの標準作業能力は次式によって求められる。

$$N = \frac{60 \times T \times E \times \eta}{C_t} \quad \text{----- (2)}$$

ここに N :1日あたりの改良本数(本/日) T :1日あたりの運転時間(hr) E :現場作業効率 η :実作業時間率

iv) 定着深度の確認 定着深度については、平均的な支持地盤の深度を想定した設計断面を基準とするが、実施工での支持地盤は一定でないため、事前に定着の判断基準を設定する必要がある。判定基準は、事前にボーリングを実施している場所の周辺で試験施工を実施し、貫入速度・回転数・トルク・荷重の変化より総合的に判断して決定する。

v) ラップ幅 改良杭同志の適合性を確保するため、杭と杭をオーバーラップさせて施工している。ラップ幅は、船体位置決めによる誤差、施工中の船体・処理杭の動揺を勘案して決定する。通常のリップ幅は25cmを基準として施工している。また、設計ブロックの一体化を確保するため、最短时间内でラップするよう配慮し各杭の施工順序を決定している。

4.3 施工管理項目

DCM工法の施工管理は、処理杭およびプラントの計測器のデータを制御室に集め、集中コントロール方法にて行っている。使用している管理計器類は次のものである。① 処理杭深度計 ② 回転数計 ③ 貫入引抜速度計 ④ 掘削攪拌駆動油圧計 ⑤

処理杭荷重計 ⑥ 硬化材吐出量計 ⑦ 傾斜計

5. あとがき

本稿では深層混合処理工法について、特にセメントスラリーを用いる工法(DCM工法)を中心に工法の概要、施工特長ならびに施工法について述べた。DCM工法は工期の短縮、資源の有効利用、環境保全の立場などからみて従来の地盤改良工法に較べて多くの利点を備えており、今日の社会的要請に応える工法として期待されているものである。

特に本工法で得られる改良土の強度を十分に利用し、経済性を高める目的から壁状、格子状など特定の形状の改良を行うことが本工法の特長の一つとして考案されている。そして、各地の実工事においても特定の改良形状の特長を生かした部分改良が実施されている実状にある。現在、施工実績の積重ねに伴い、設計法、施工特長、施工法、施工管理手法ならびに使用硬化材などについて多角的に研究が進められている。

<参考文献> 1) 千田, 村尾: 深層軟弱地盤改良工法の現況, 基礎工, Vol.7, No.3, 1979 2) 土橋: 深層混合処理工法について, 日本鋼構造協会, 第3回関西地区研究会テキスト, 1980 3) 杉山, 川崎: 深層混合処理工法, 土木学会誌, Vol.65, No.8, 1980 4) 杉山, 北脇, 森本: セメント系硬化剤による海底軟弱地盤改良工法, 土木施工, Vol.21, No.5, 1980 5) 山田, 菊池, 川原田: 作業船の位置決め測量方法の検討(光波・レーザ測量装置による実験例), 建設特種と施工法シンポジウム論文集, 1977

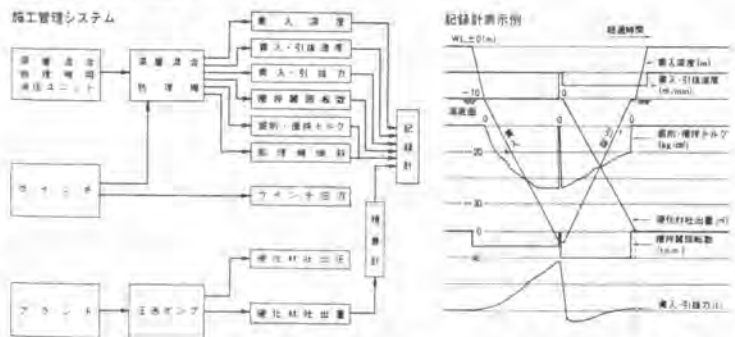


図-5 測定記録フローチャートと表示例

図-5に測定記録のフローチャートおよびその表示例を示す。

16. 超深度地盤改良（人工不透水層築造） 工法の開発

三井建設*井上一敏・魚住雅孝

1. まえがき

従来の地盤改良工法は、比較的浅い軟弱地盤の強度を増加させることを目的に行うことが多かった。しかし、大規模地下構造物等の技術の開発が進むにつれ、今まで考えられなかった超深度の地盤改良や、N値は高いが透水係数の大きな砂層を地下水を遮断するため、不透水性の人工地盤に造り替えてしまう等の特殊な地盤改良工法の開発が望まれるようになった。

一方、軟弱地盤の改良工法は、浅層、深層に対して各種工法があり、その一つに高圧噴射攪拌工法がある。これは、水あるいは薬液を超高圧噴流として地盤中に噴射させ、その運動エネルギーによって切削し、その切削部分に固結材を混合あるいは、置換えにより固結化をはかるものである。この高圧噴流にエアを連行させ、動圧の減衰防止をし、高圧噴流水の飛距離を伸ばすことにより硬い地盤に適用でき、造成径もまた大きくできる特長がある。

しかしながら、更に深度が大きく且つ硬い地盤への適用を可能にする為には、鉛直精度の良い先行ボーリング、超高圧噴射切削の確実さ、固化材の確実な置換、改良効果の確認、さらにこれら一連作業の効率化を行わなければならない。

そこで、高圧噴射切削にリバースサーキュレーション工法を応用した噴射置換方式深層地盤改造工法を開発し、実験施工を行ったのでその概要について報告する。

2. 開発経緯

深層の地盤改良に噴射攪拌工法を用いる時、土質によって有効噴射距離が変動すること、噴射距離内に存在する礫などの異物により欠損部や未閉合部ができること、また固結材の注入量の把握および改良範囲の確認ができないこと、更に先行ボーリングの精度および施工能率等施工管理上種々の困難がある。

上記の点に検討を重ね、高圧噴射切削と、リバースサーキュレーション工法を併用した新しい工法の超深度地盤改造工法の開発方針をたてた。

その要点は

- 1) リバース方式による先行ボーリングは、可能な限りの小孔径で削孔を行う。リバース方式により、鉛直精度の良い先行ボーリングが期待できる。
- 2) 先行ボーリングが所定深度に達したら、高圧噴流を横方向へ噴射し、ノズルを回転上下動させ切削し、同時に切削土砂をリバース方式により地上に排出し、深層地盤内に拡大空疎部を形成する。切削土砂を排除することにより高圧噴流の到達距離を伸ばし、改良範囲を大きくできる。
- 3) 排土された拡大空疎部を、リバースパイプに取付けてある小型超音波センサーにより、地上にてその信号を処理するマイクロコンピュータによって状況を把握する。

- 4) 形成した空隙部分に固結材を充填する。完全な空隙部への固結材置換方式であるため、注入量の計量ができ、ロスが少ない。
- 5) 先行ボーリングから固結材の充填まで連続施工とする。

この工程を平面的に複数孔連続して施工することにより、所定の深さに所定の範囲の人工改造地盤を作ることを目的とする。施工順序を図-1に示す。

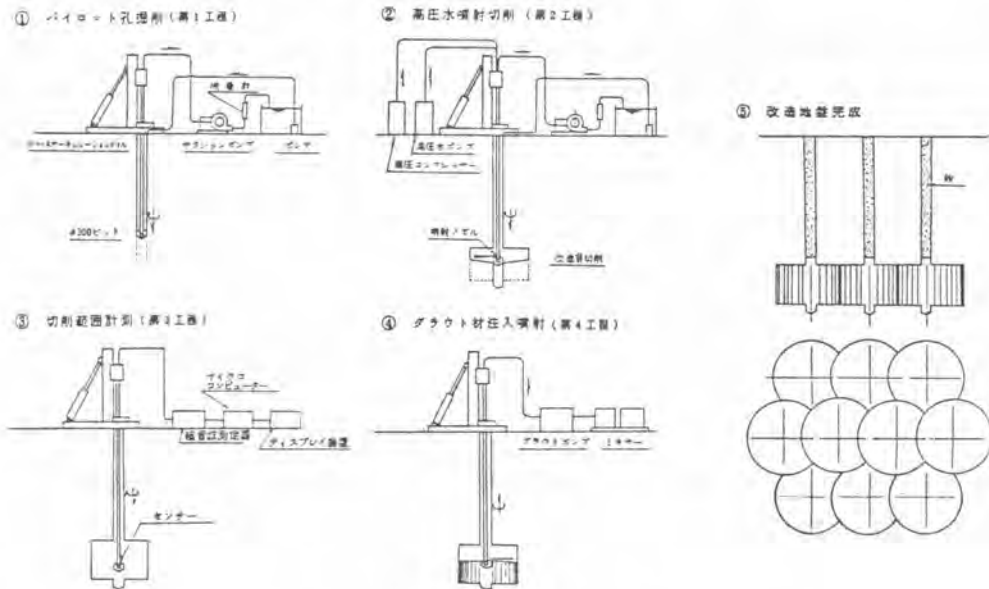


図-1 施工順序

以上の構想のもとに各装置の検討と基礎実験を行った。今回の方式でまず第1に問題となるのは、リバース方式による小孔径の先行ボーリングである。従来の噴射攪拌工法は、通常のボーリングマシンを用い、削孔は正循環方式であり、そのときの削孔径は150φ以下である。それによる改良範囲あるいは施工時間、能率もおのずと限界があり、また深度が深くなるとケーシングチューブを使用する必要がある。よって施工機械としてリバースサーキュレーションドリル S200 をベースマシンとして改造し、全体の施工能力を損わない条件で可能な限りの最小孔径の先行ボーリングを計画し、段階的に掘削実験を行ない、最終的に孔径300φを可能とし、孔壁の安定性も問題なかった。

第2の問題は、噴射切削土の排土で、高圧水噴射ポンプは、150HP、75ℓ/min、750MPaを2台並列で使用し、超高圧水は、耐圧スイベルジョイント、超高圧ホースを介してリバースビット部に取付けられた2連のノズルより横方向にある角度をもたせ噴射し、切削および切削土砂の排出が効率よく行われるよう実験検討を重ねた。(図-2、図-3)

空隙形成状況の測定は、先端ビット部に取付けた超音波センサーよりの信号を、それを処理するマイクロコンピューターを内蔵する制御部に入力し、各々の深度における形状をブラウン管に表示し、且つX、Yプロッターに記録する。これらのデータは、フロッピーディスクに記憶され、空隙部形成後、体積の算出を行い、固結材の注入量を求める。更に、これらのデータの集積により、連続して構



図-2 高圧水噴射ノズル



図-4 グラウトノズル



図-3 高圧水噴射

築された複数孔の一定深度における連続性を平面図に書き出すことができるように計画した。

形成した拡大空隙部への固結材の充填は、グラウトノズル（図-4）より横方向へ高圧噴射注入できるとともに、モルタルあるいはコンクリート等の固結材を使用する場合は、リバースパイプを用いてのトレミー方式による充填も可能である。

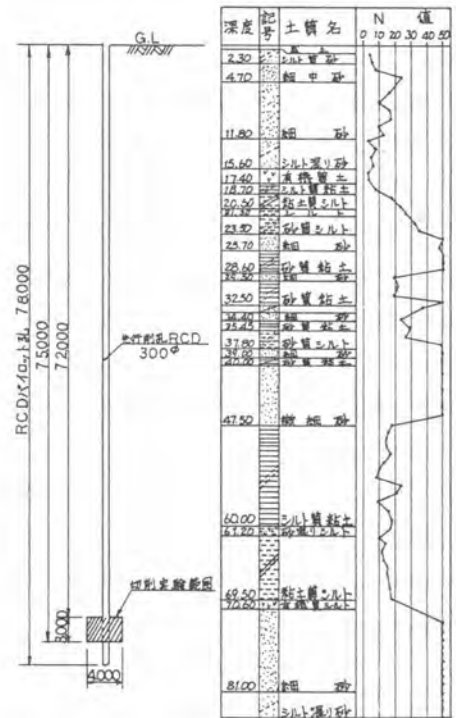


図-5 土質条件

3. 実験結果

現場実験は、図-5に示す如き地盤で、改良層は、GL-7.2~7.5mのN値50以上の細砂層とした。孔径300φの先行ボーリングは、削孔時間10Hr、削孔精度1/800であった。削孔後、高圧噴射ポンプを接続し、噴射拡大切削に切替えた。噴射圧は段階的にテストし、最終600kPa/φで切削を

行った。切削と同時にリバース方式により、切削土砂を吸上げ、地上の沈澱バックへ排出した。切削、排土とも順調に行われ、拡大切削範囲は、直径4 mに達し、完全な空洞を形成することができた。超音波測定結果の縦断を 図-6 に 横断を 図-7 に示す。第1孔にセメントミルクを高圧充填し、引続き隣接して第2孔および第3孔の地盤改造を行った。

その連続して構築した改造地盤の一定深度における連続性を平面図に書き出したものが 図-8 である。

この超深層の人工地盤のボーリングコアサンプリングの結果、改造前の透水係数は、 $2.93 \times 10^{-8} \text{ cm/sec}$ であったのが、改造後は、 $5.7 \times 10^{-8} \text{ cm/sec}$ 、圧縮強度 100 kg/cm^2 となり改造効果が優れていることが実証された。

4. あとがき

今回開発した地盤改造工法の特長は、置換方式の噴射工法で、他の正循環方式とは逆のリバース工法による切削土排出方法を採用していることである。従来工法が有効径を確認する方法がなく、使用固結材が粘性の低い液体を使用しているのに対し、当工法は、超音波測定により排出された部分（有効径）が確認でき、なおかつ粘性土あるいは他のあらゆる不透水材、固結材が使用できる利点がある。

以上において、超深度地盤改造工法の概要を述べてきたが、人工不透水層造成のみならず、大型地下構造物の直接基礎地盤、基礎杭の支持地盤の造成等への応用を検討したい。

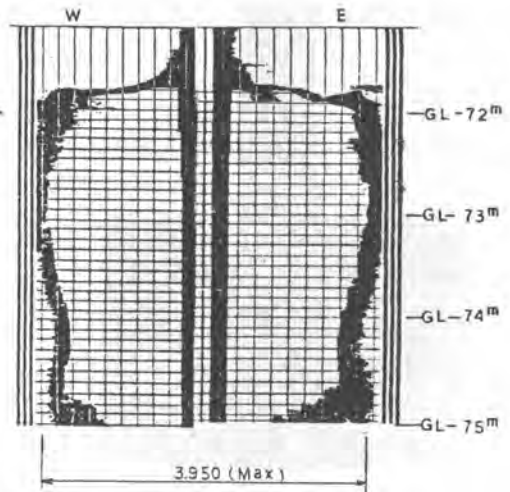


図-6 拡大空隙部縦断面

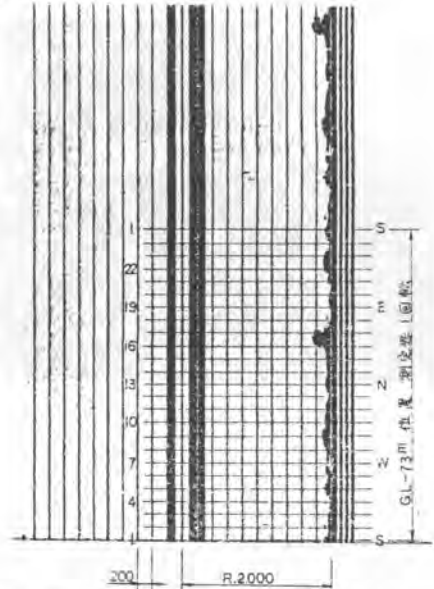
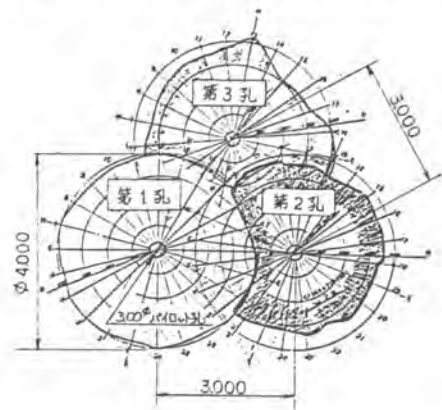


図-7 拡大空隙部横断面 (GL-73m)

図-8 群孔実験結果 (GL-73m)



17. 大深度ペーパードレーンの施工

りんかい建設 亀卦川 毅 一・*長谷川 光 彦

1. まえがき

軟弱地盤の改良工法としてサンドドレン工法をはじめとするパーティカルドレン工法が各方面で採用されているが、その中でもペーパードレン(カードボードドレン)工法が施工性が良く、工費が安くしかも圧密効果が高いということで急速に普及してきた。

施工実績が増えるに従い圧密の理論的解析も進み、またドレン材の改良研究、打設機械の開発等も盛に行われるようになり世界各国で多種多様のものが製作され、施工規模も次第に大型化されてきている。

昨年、インドネシア、ペラワン州に於ける埠頭用地造成工事に際し、層厚50mに及ぶ軟弱地盤層の改良が必要となり、種々検討の結果キャッスルボードを使用したペーパードレン工法を採用することになった。これまでペーパードレンの打設深度はせいぜい30mが限度であったので新たに長大深度用の打設機を開発を行うこととなり、国内において試験機を製作、打設試験を行った上改良を加えた実用機を製作現地搬入し施工を行った結果、好成績を取めることができたのでここにその概要を報告する。

2. 打設機の概要

本機は、ドレンボードを内装した鋼管マンドレルをバイプロハンマーにて軟弱地盤中に打込み、所定の深さに到達したらマンドレルのみを引抜きドレンボードのみを地中に残置する機能を有するものである。

本機の主要諸元を表-1に、全体図を図-1に示す。

表-1 打設機主要諸元

リーダー長さ	53.00	m
マンドレル長さ	48.25	m
最大打込深さ	45.50	m
バイプロハンマー	VM2-4000	
ベースマシン	PD 9	
走行時全装備重量	85.2	t
走行時平均接地圧	1.13	Kg/cm ²

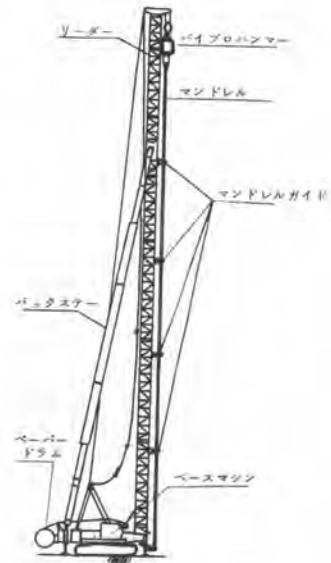


図-1 打設機全体図

3. 施工法

軟弱地盤上に打設機が走行し得るようまた排水層として敷砂を施工する。

- (1) 打設機を据え、ドレンボードを挿入したマンドレルを所定の位置に置く。
- (2) マンドレルの上端に接続されたバイプロハンマーを起動し、直立したガイドリーダーに沿って所定の深度まで打込む。打込状況はドレンボードの繰り出し長さを打設深度計により計測し、デジタル表示すると共にレコーダにも記録する。
- (3) 打込が完了したらマンドレルを引上げる。ドレンボードには先端にアンカーが取付けられており地中に残置される。
- (4) マンドレルの引上げが完了したら、ドレンボードを切断し、打設機を移動して次の打設位置に移動し、ドレンボードにアンカーを取付けマンドレルに装着し打込みを開始する。

改良区域内のドレンボードの打設が完了したら、順次載荷盛土を行い地中の水分をドレンボードを通じて地上に排水して圧密を促進させる。

4. 本機の特長

- (1) ドレンボードが露出しないようマンドレルを使用しているため、ドレンボードを傷めることなく大深度まで打込むことができ、ドレン透水性能を十分発揮することができる。
- (2) マンドレルの打設には、バイプロハンマーを使用しているため、大深度の打込み、引抜きを迅速に行うことができる。
- (3) ドレンボードには、ケミカルボードを使用しているため、大深度においても長期間に互り優れた透水性能を維持することができる。
- (4) ドレンボードの断面が小さいので、マンドレルも小断面とすることができるので、原地盤の乱れを少なくすることができる。
- (5) ドレンボードの巻取ドラムにはバックテンションをかけボードの余分な繰出しを防止するとともにボード走路には案内といやスプリング式押え板等を設け風によるボードのはらみから生ずる切断やからまりを防止している。
- (6) 打設記録計は、振動防止箱に入れ、振動による故障を防止し正確な記録を行うことができる。

5. 施工実績

5-1 工事概要

工事名	ベラワン港建設工事	
施工場所	インドネシヤ共和国	ベラワン
改良面積	約252,000㎡	
改良深度	図-2 ドレン打設数量 表-2	

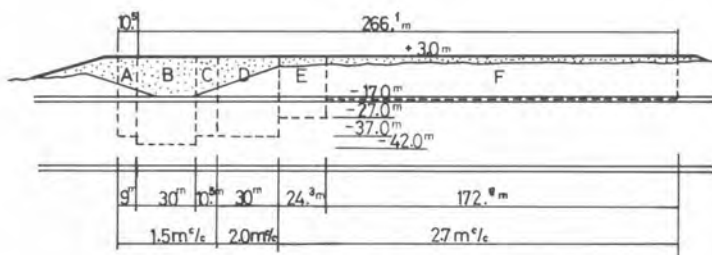


図-2 改良区域断面図

表-2 打設数量

深度(m)	本数(本)
4.5	13,818
4.0	15,451
3.0	3,186
2.0	22,302
合計	54,757

土質 改良区域土質柱状図を図-3に示す。

実際の施工では、地表下19~21m位の個所に殆んど腐っていない木や火山弾を含む固い火山灰層があることが判明した。

5-2 使用機材

- (1) 打設機 大深度打設機 5台
- (2) ドレンボード キャッスルボード

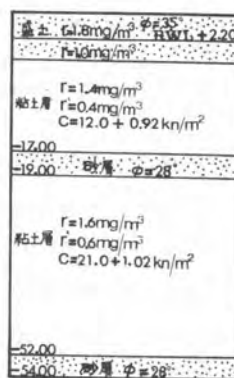


図-3 改良区域土質柱状図



写真-1 打設機全景



写真-2 現場打設状況

5-3 施工実績

(1) 打設能力

各ゾーン別の打設実績を表-3に示す。

表-3 打設実績 (中間報告)

項目 \ ゾーン	A	B	C	D	E	F
打設深度 m	4.0	4.5	4.0	4.0	3.0	2.0
打設ピッチ m C/C	1.5	1.5	1.5	2.0	2.7	2.7
打設本数 本	1959	9013	2947	4399	2461	16374
打設時間 h ; m	254 ; 17	1327 ; 49	383 ; 25	615 ; 05	249 ; 36	1187 ; 24
打設能力 分 / 本	7' 47''	8' 50''	7' 48''	8' 23''	6' 05''	4' 21''
" 秒 / m	11.7''	11.8''	11.7''	12.6''	12.2''	13.1''

(2) 問題点と対策

- ① 当初、改良層の中間に当初予測した以上の固い層があり、しかも埋木、火山弾等が含まれていたため打込が非常に困難な箇所があったが、ハンマーに余力を持たせていたので打抜くことができた。
- ② マンドレル引抜時の“ドレン共上り”はマンドレル先端およびアンカーの形状を実験により適当なものを選定したので問題とならなかったが、硬い地盤にあった場合は打抜きに時間がかかりその間にマンドレル内に泥土の侵入があり共上りを生ずることがあった。この防止対策としてアンカー形状を引抜き難い形状とするほか泥土の排出が容易にできるようなマンドレル先端の取付け要領を簡便なるものとした。
- ③ 打設速度が早く、また中間砂層が厚いことなどから、マンドレルの摩耗が予想以上に大きかったが、マンドレル材(鋼管)の肉厚を増すことで解決した。
- ④ 本機は機体重量が大きいので、接地圧低減のため鉄板マット等を敷設する予定であったが、海寄りの特に軟弱な地盤以外では必要がなかった。
- ⑤ 当初、パイロハンマーの横振れがみられたが、ふれ止めの取付位置をハンマーに接近させることにより解決した。リーダー、バックスターの振動は予想よりはるかに小さく使用上全く問題がなかった。

6. あとがき

以上大深度ベーパードレン打設機の概要ならびに施工実績について述べたが、打設後の地盤圧密状態については施工後日が浅く発表するまでに至らなかった。機会を改めて発表することゝしたい。

本工事は単なる軟弱地盤層ではなく、固い地層をも混えた地盤の改良工事であり、しかも大深度であることから大深度打設機の開発各機業の改良に苦慮したが幸い大過なく打設を完了し予期以上の成果を挙げる事ができた。今後更に改良を加え大深度地盤改良工法として確立していく所存である。

18. 特殊施工に不可欠な軽機械の役割

発 研 松 井 勤

1. まえがき

時代の進展と共に土木建設業界においても、労力不足の限界が文明を抽出し、きわめて高能力、高性能な重機の用発が進み、ひいては人力ではとても至難な工事が驚くべき短時間のうちに、しかも合理的に進捗するに至ったことは衆知の事実であり、更に各メーカーとも一層新技術の用発のため懸命の努力を払われていることは同業の至りに存じます。

従来、大型建設重機の蔭に隠れて、とめく取り合われていたが、軽機械が近來富く工法の変革によって、脚光を浴びている事実も注目していただきたいと思います。

こゝで取り上げる軽機械は、コンクリートに対する①コア・ドリル、②ウォール・カッター等、コンクリートカンターについて機械性能及びその施工法等を述べ、施主、施工者を含めて広く業界の認識と同時に理解を深めていただきたいと思います。

2. 工法の変革と変遷

工法の変革と申しますのは、従来とことごとく研く(研り)工法によって施工されてきたコンクリートに対する用刃、用削の施工法が、次に述べるような諸欠陥をもっていることと、ダイヤモンド・コア・ドリル及び、コンクリート・カッターの機械性能が著しく向上し研工法の諸欠陥を完全にくつがえすことが出来る状況下でこれら軽機械の汎用性が昇ってまいりました。ただ工事現場の実態によっては、研工事をすべて否定するものではありません。場所的条件、経済性の両面から研工法にゆだねざるを得ない場合も多々あることは否定しませんが、研工法の諸欠陥として次のものが挙げられます。

- (1) 用刃、用削箇所の過大と周辺クラック波及の悪弊
- (2) はつり部の後仕舞の手間と経費の負担が過大
- (3) 研機械稼働時の騒音と作業者の肉体的蓄積疲労からくる労働災害の蔓延
- (4) 工事現場周辺に設置せるコンピューター及び精密機器等に与える打撃振動から受ける悪影響
- (5) その他

こうした諸問題を取り除くために、用発された軽機械が、その特性を充分に生かし得る状態まで向上した今日、加速度的に伸びている事実からして、更に一層積極的に前進することは明白であります。

参考までに、ダイヤモンドコアドリルによる工事の厂史的推移について一例をあげれば、昭和45年当時99%研工事に依存していたものがその後徐々にこれら機械に移行しつつ、昭和50年当時で機械依存度が15%程度まで押し上げられ、こゝを境にして急速に伸展振りを示し、その後僅か5、6年の間に機械依存度80%と実に4倍以上に膨れ上がった、市場で稼動し、更にこの数年で、ハンドカッター、ウォールカッター等ダイヤモンド工具を対象とした軽機械が平行して用発された猛烈な勢いで市場に普及しつつあることを加えて考へれば、研工事の凋落ぶりが充分納得いただけると思います。

3. こゝで取り上げる軽機械は、亦三次産業とも云いゆる特殊工事の分野で活躍する次の予実のうち

①と②について述べてみます。

① ダイヤモンドコアドリル --- a. 定置式 b. 手持式

② ウォールカッター --- a. 定置式 b. 手持式

③ 道路カッター

①のダイヤモンドコアドリルは打突的のみで、テストコアの抜き採り機として、官公庁の試験機、又は検査機としての役割を負う機であり、コンクリート製造業者の方針のためのテストピース抜き取り機として生かされたものであったが、これらの役割だけにとめておいたならば、ダイヤモンドコアドリルの伸長も今日的解題はみることが出来なかつた筈であります。コアを採取したあとに出来る穴から、逆に穴を必要とする場合の穿孔機としての利用が着目され、日進月歩、土木建設更には電機機の基礎ボルト用穿孔機とその利用層が拡大され、今日では大手の製鋼所においても高炉の炉体センサー挿入用用孔にも大いに使用されるに至りました。こうして着しい普及の伸展にもないこれらのダイヤモンドコアドリルによる穿孔の専門業者が全国主要都市に可成りの勢いで増加しており、箇の独立企業体として榮々と活動しているのがお判りいただけると思います。しかしながらこれら専門業者のみで用孔工事のすべてが完全に消滅出来る段階はすでに通り越して、ダイヤモンド工事のニーズはそれを上回るか上廻っているため前述の管工設備、土木、電設等の業者自作が自家用機として求められているわけがあります。

①まず、このダイヤモンドコアドリルは名に示す通り、コアビットにダイヤモンド焼結成形のものを用い、コンクリート用孔部に鉄筋鉄骨の内蔵されたものごあっても目的の場所から目的の穴を、しかも美麗に貫通することが可能であって、更には極めて短時間に、周辺に傷つけることなく穿孔出来るすぐれた性能をもっていること、そのエ打撃騒音の皆無でモーターの回転周動(エンジンタイプもあるが、現状市場ではほとんどモータータイプが圧倒的)と切削音の若干が耳に伝わる程度で、研工法欠陥の中に取り上げない作作的問題等はいささかも発生する要因はありません。このコアドリルは、①-aの定置式の機機として、原則として被切削物の穴位置に合致した状態でアンカー固定をするため、固定完了後の切削作業そのものは送りハンドルの操作のみで極めて軽作業のため肉体的疲労が少ないなど、コンクリートに対する穿孔機としては最も適切な機機として業界での役割は大きく拡大されつております。ダイヤモンドコアドリルの機機形は、開発当時の試験機時代からは可成りの変遷を経て可搬式の軽量化して割増機機としての形状に玉割されたことは否めない事実であり、国産機の量産化によって、価格も低廉に普及し拍車をかけたことと云っても過言ではないと思います。

はつり工法がすべて人によるため技能の功拙によつて1日の作業量に大きな開きがあるのは逆に、ダイヤモンドコアドリルは操作技術はきつめて単純で、機機メーカーの装置の精度と作業者の目的場所のアンカー設定の良否だけで作業能率の良否が判然とします。ただここでダイヤモンドビットの良否及び、被切削物とコアビットの材質の適合性も当然切削の可否にもつながりますが、現状ではダイヤモンドの材質選定はユーザーで指定するとこまで進歩はしていないのが実情であり、ダイヤモンドを熟知して選定するにはかなり専門的な研究の積み上げがないと無理であり、マシンメーカーとダイヤモンドメーカーとの相互研究によつて一般的に最大公約数の中にユーザーにま荷しているのが実情であります。

ダイヤモンドビットもサーフェイスタイプから更に研究が進みイングリビットが開発されるに及んでダイヤモンドの価格安定と、人工ダイヤモンドによる切削の安定化から機械普及の助けになっていることは事実であります。逆言すれば機械の普及は普及によってダイヤモンドメーカーの技術研究が長足の進歩しつつあるとも言えます。いずれにしても現状ダイヤモンドメーカーとマシンメーカーは完全に企業として分離せる状態相互の相乗効果を挙げているのが実情であります。ダイヤモンドビットと被切物との適合性等についてはこの紙数限りがあるため余り言及できません。

さて、ダイヤモンドコアドリルは一般的に、ポールベースクラックを装着し、キャリアジグケースにモーターを装着し、機械を構成しております。モータースピンドル先端にダイヤモンドを取りつけて切削進行するわけであるが、ダイヤモンドチップはそのシャンク(台金)の内径側には①、外径側には②として最小限のクリアランスを保持して、側圧を排除しつつ切削するもので、チップの中には必ずコアが残る被切物でなければコアドリルとしての利用が不能であります。硬い土穴を開けるのにコアドリルを使用して試みても、ビットの回転回転によってビット、チップ内のエッジコアとして残らず、チップ及び圧接面とで切削進行を阻止し穴貫通が不能であります。そのためコアドリルの使用には被切物は必ずコアとして残るものでなければ意味がありません。従って被切物は原則として、セメント製品、コンクリート建築物、又は岩盤、窯業製品、石膏が一つの条件となります。

ダイヤモンドは熱変性(焼損)に敏感なため、切削作業時は必ず注水の必要があり、ダイヤを常にクーリングし、尚切削性を良くするためスピンドルセンターから冷却水を吐出しチップ内を通って押し下がり、水が切削面の切り粉をチップ外周を通って外に排出する機構を備えておく必要があります。又、このスラッジ排出が完全に近いほどダイヤ面の切削進行に大きな効果をもたらします。従ってクーリング効果だけを考慮してチップ外周から水をかけてダイヤ焼損を避け、切削効果を期待するのは誤りでスラッジ排出の機能を無視すると切削の効果は極端に低下し、作業不能となる場合もあり得ます。ことこのほどにダイヤモンドはその機能を十分に発揮するためには単純に割り切れない性質をはらんでいると云えましょう。いずれにしても、近來急成長の土木分野でのダイヤモンド工具による装置の発展と伸長の裏に、多分に不鮮明の裏を含みつつ、日進月歩社会的にその必要性の度合が昂まっていることは否めない事実であります。

前述の固定式ダイヤモンドコアドリルの普及も加速度的に増大してはおりますが、現在一般市場に広く採用されているハンマードリルに超硬ビットを装着してコア穿孔を予持ちで施工する工法も正統穿孔工法の中の一つとして徹底無試の工法とは云えず、有筋穿孔の面において、しばしば難題をもちよしている現状から、ダイヤモンドコアドリルによる有筋穿孔の面でハンディタイプのダイヤモンド穿孔機のニーズが切望され、今年になってはじめて市場に出現するに及んで注目を集めております。

このハンマードリルにとって替るべきハンドコアドリルは、そのなりに機械的に完成された性能を有していなければコアドリルとして使用が不能となります。ハンドコアドリルとしての最低必要条件とは次の如くであります。

- (1) 機械条件が被切物に対して水平、又は垂直に保持されるためのベースを有すること。
- (2) スピンドルより軸芯に対して給水可能な構造であることを。

以上述べた通りダイヤモンドコアドリルは多くの長所と特徴をもちながら一定の条件が課せら
れていることを忘れてはいけません。これらの条件が一面、新工法にはない短所と云えなくはないのであ
ります。

この特殊工法の岩盤大口径掘削の一例を写真にて紹介させていただきます。本機は他のいかなる
残機、工法によっても掘削不能もしくは、きわめて非能率な硬岩盤に対して試みた大口径直接式自動
穿孔機の実例であります。



大口径直接式自動穿孔機(実機)
ダイヤモンド100φ 4連式 100φ 2200mm
自動送りモーター 0~140mm/min 1台



大口径穴完成図

② 次にウォールカッターについて紙数の関係上簡単に述べますと、ウォールカッターはダイヤモン
ドコアドリルの発祥から遙かに遅れて、わが国で取り上げられるようになったのはこの数年前からで
あって、しかも国産機として市場に出たのは約3年前からであります。ウォールカッターもコアドリ
ルと同様の目的で開発されたもので、掘削部切削に砂を避けるねらいからであります。鉄筋コンクリ
ート建の増設等の際旧建物を破ることによって老朽化を早めることにもなり、ウォールカッターに
よる局部切削によって周辺保護を目的として普及の度合が著しいものがあります。

このウォールカッターの動力源としては、電動、空圧、油圧とありますが、それぞれ切削刃物とし
てはダイヤモンドを使用しております。ウォールカッターは
壁面カットを目的とした残機のため、カッティング作業時案内
レールを壁面にアンカー固定の必要がありますが、前作業とし
てアンカー固定を終えれば切削作業そのものは極めて軽作業
にて進めることができます。後処理の必要も全くありません。

こうしたウォールカッターの急速な実用化から更に進んでト
ンネルアーチ部の防水のための溝切残等にも著しい前駆がみら
れるに及んでおります。

たゞ、将来の大きな課題として、水圧カッター、レーザー光
線カッター等、実用化のための研究もどこかで進められている
ことは否定できません。



電動ウォールカッター=100T20A

19. ローディングクレーンのモーメントリミッタの開発

油谷重工 森 修

1. まえがき

荷役作業を行なうにあたっての機械は、トラッククレーン、クローラクレーン等ロープ式のクレーンが万能であり主役であるが、形状の似たものの荷役に使用するには無駄が多くまた危険でもある。

すなわち長尺物の積込みにかかる人員は、機械のオペレータ、玉掛員2名、それに合図員1名と4名が1組で作業するのが普通であり、オペレータ1人で荷を掴み、積込みが出来れば3名の省力ができる。

近年土木作業に使用するパワーショベルの発達と普及につれて、その作業性の良さに着目し、先端のバケット部分に種々のアタッチメントを取り付け、土工以外の作業にも多く使用されはじめている。

当社ではそのアタッチメントの一つとしてクレーン作業の省力化と安全のために特殊な組み具を製作しているが、荷役を目的とするために労働安全衛生法に基づくクレーン等安全規則に適合する新型の“過負荷防止装置”(モーメントリミッタ)を開発し、移動式クレーンとして労働基準局の製造検査に合格したものが各地で使用されている。

なお、ローディングクレーンとは、アームが折れ曲がり、直接荷を掴み荷役するクレーンで、一般のロープ式クレーンと区別するために呼称したものである。

2. 定格荷重曲線

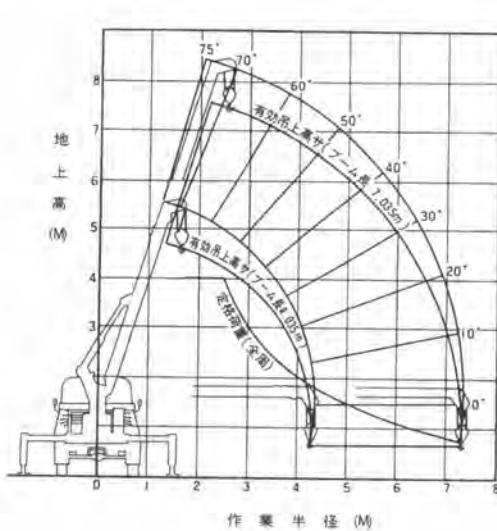


図-1 ロープ式移動式クレーン

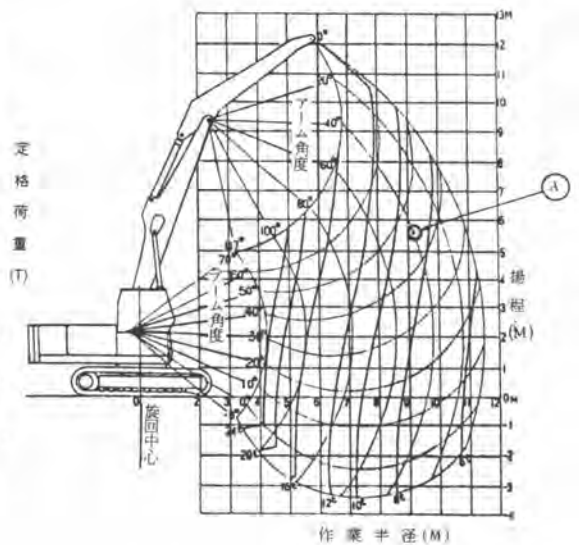


図-2 ローディングクレーン

図-1にロープ式移動式クレーンの定格荷重曲線を示す。

ブームの長短や伸縮はあってもブームの重量重心の移動量による吊上荷重の変動は少なく、曲線は単純な2次曲線である。

図-2にローディングクレーンの定格荷重曲線を示す。

アームが折れ曲るために、アーム先端における荷重は無数に発生し、一般のクレーンのように1本の2次曲線では表わされない。したがって図を見易くするために各单位荷重曲線をそれぞれ縦方向に表わし、ブーム、アームの各角度における定格荷重はそれぞれの交点を見ればわかるようにした。1例を示すと図の中の④はブーム角度水平から上方向45°、アーム角度は最伸時から40°折れ曲り点その時の定格荷重は9t、作業半径は約9.2m、揚程は約5.5mである。

此の図は、目視できる角度計から定格荷重を確認するためのもので見易い位置に貼付しているが、「過負荷防止装置」のML制御器に記憶しているものと同等のものである。

3. モーメントリミッタ装置の概要

本装置は荷重検出器(ロードセル)ブーム角度検出器、アーム角度検出器、ML制御器、表示器および各機器間接続ケーブルで構成している。

各検出器で検出された信号は、すでにML制御器にインプットしてある計算上の荷重、作業半径と比較演算して90%以上になった時に表示器に「予報ランプ」(黄色)が、同じく100%以上になった時に「警報ランプ」(赤色)が点灯し、警報音(ブザー)も同時に発し、転倒の危険を予知する装置で、モーメントリミッタ(ML)又は「荷負荷防止装置」と呼称されているものである。

4. 機器の配置

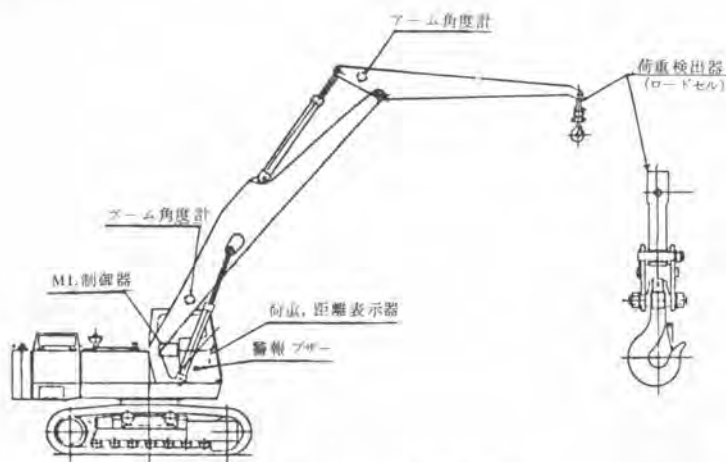


図-3 機器の配置

図-3に主要機器の取付位置を示すが、荷重検出器(ロードセル)以外は、機械の大小にかかわらず同一のものである。

5. 機器の構造と作動

以下に各機器の概略構造と作動を示す。

(1) 荷重検出器（ロードセル）（図-4）

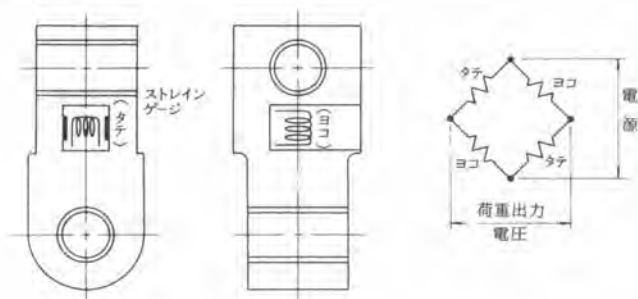


図-4 荷重検出器

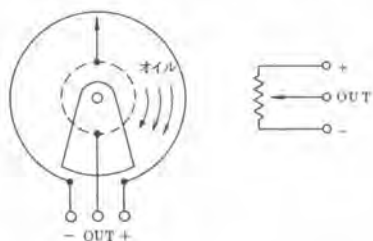
アーム先端と吊り具との間にピン止めし、吊り上げた荷重による最少の伸びをML制御器に伝え、荷重に変換して表示器に数字（デジタル）で表わす。

従って荷重検出器には吊り具と吊り荷の合算重量がかかる。

荷重検出器本体は、ステンレス製で発錆に強く、接続するピン穴には焼入れブッシュを挿入し、繰返しかかる荷重による摩耗を最小限におさえ、作業の性質上引張荷重、圧縮荷重、回転荷重等にも耐えるよう強固に製作している。

荷重を検出するストレインゲージは、本体の中間を削り込み四方に貼付しており、荷重による微小な歪を電気抵抗に変換し、ブリッジ接続による電圧値をML制御器に伝える。

(2) ブーム角度検出器、アーム角度検出器（図-5）



低トルクの精密ポテンシオメータを用いた重垂式角度検出器で、大地に対する角度を検出する。

ブーム、アーム等の急激な起伏により発生する振動を除去するためオイルダンパを用い、重垂と接続するポテンシオメータの動きは電気信号（電圧）としてML制御器に伝えている。

図-5 ブーム、アーム角度検出器

(3) ML制御器（図-6）

モーメントリミッタの頭脳であり、主要回路はマイクロコンピュータシステムを用い、主として次の働きを行なう。

(3-1) 記憶装置（メモリー）

クレーンの吊上性能をブーム、アームの角度の各5°飛びの作業半径と、その時の定格吊上荷重をすべて数字で記憶しており、すなわち図-2で示した定格荷重曲線を数字で換算したものをすべて記憶している。

(3 - 2) 荷重信号入力回路

荷重検出器からの信号を増巾しML制御器にインプットする。

(3 - 3) 角度信号入力回路

角度検出器からの信号を増巾してインプットするが、重垂の機械的振動は電氣的に除去している。

(3 - 4) 演算回路

演算回路は本装置の主要回路で、マイクロコンピュータを使用し、定格荷重の計算、予報、警報の判定、表示器の制御を行なっている。

メモリ制御回路のプログラムメモリよりプログラムが送り出され、そのプログラムの内容で入出力回路からデータを読み取り、または出力し、適時性能記憶メモリより性能を読み出し、計算を行なっている。定格荷重は、性能記憶メモリに表の形で記憶されており、その中間は比例配分により求める。従って吊上げた荷重が、記憶している定格荷重の90%以上になった時に予報ランプが点灯し、100%以上になった時には警報ランプが点灯し、ブザーを鳴らすよう信号を発する。

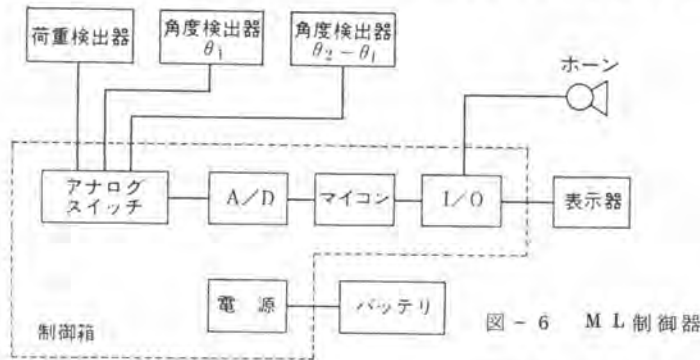


図 - 6 ML制御器

(4) 表示器



図 - 7 荷重表示器

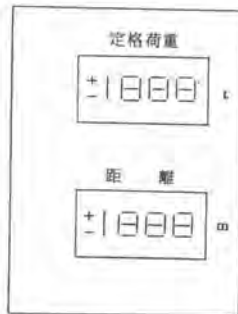


図 - 8 定格荷重表示器

表示器は運転席の見易い位置に取付けているが、すべてデジタルで表示し直射光のもとでも、夜間でも見えるように高輝度のバックマントイプを使用している。図 - 7 の荷重表示器は吊上げた実荷重を表わし、図 - 8 の定格荷重表示器は、吊上位置における計算上の定格荷重を、距離表示器は、吊上げた実荷重の位置を表示する。これにより、実荷重と定格荷重との差を判別し、余裕をもって作業することができる。

6. あとがき

本装置を開発して以来、高熱のインゴット荷役や、木材荷役等に使用されているが、安全であること、省力できること、作業速度が速いこと等の特長があり、アタッチメントを変えて今後ますます多様化することが考えられている。

20. 小型油圧ランマの試作

日本国有鉄道鉄道技術研究所 *長野 敏己

高木 喜内

1. まえがき

我々は過去にノリ面の締固め機として板バネを用いた締固め機「テニコン」を開発した。これは小型で打撃振幅が大きく締固め力の強いものであったが、今回は線路下のバラストの締固めなどに用いることのできる油圧振動を利用した締固め機を試作した。現在、小型の締固め機械として振動プレート、ランマなどが用いられているが、狭隘な場所の締固めに対しさらに小型の要求が多く、とくにガス管、水道管、通信ケーブルなどの埋設工事にその要求が多い。

従来の機械振動の締固めに対し、振動の油圧化によって構造は簡単化し、小型化が可能になり、締固め力は強力で、低騒音化が可能になった。

予めおことわりしておきたいことは以下に述べる試作機はいずれも他の目的に試作した油圧発振機を転用したものであるから締固め機械としてこれらが最適諸元を有するとは言い難く、不備の事柄も多い。

2. 油圧ランマの試作

(1) 試作1号機

試作1号機を図1に示す。中央部の油圧発振機、その前後にバランスウェイトを取付け、油圧ピストンに締固め板を設けた構造のものである。

諸元	
発振機	
ピストンストローク	15mm
振動数	0~100Hz
重量	10kgf
油圧ランマ	
本体の大きさ	
中 長さ 高さ	
	8cm × 23cm × 20cm
締固め板	
中 長さ	
	14cm × 30cm
全高	25cm
全重	30kgf



図1 油圧ランマ試作1号機

(2) 試作2号機

試作2号機を図2に示し、本体の構造概要を図3に示す。構造的には1号機と同じであるが、発振機が若干大きいので、全体の重量を市販のランマ程度、60kgfとした。ランマとの大きさの比較を図4に示す。



図2 油圧ランマ試作2号機

諸元
発振機

ピストンストローク 20 mm

振動数 0 ~ 60 Hz

重量 15 kgf

油圧ランマ

本体の大きさ

中 長さ 高さ
10 cm x 30 cm x 26 cm

締固め板

中 長さ
20 cm x 40 cm

全高 33 cm

全重 60 kgf

前傾角度 10°

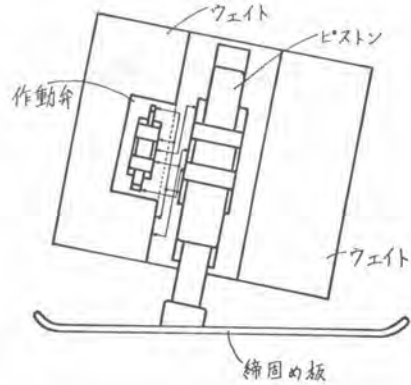


図3 油圧ランマ試作2号機の構造

本機と明知製作所のランマ、60kg級、80kg級との締固め比較を行なった。その結果を図5に示す。試験の結果から、本機の振動振中は小さいにもかかわらずその締固め力はランマと遜色ないことがわかる。振動振中を大きくすればランマより遙かに小型で、ランマより強い締固めが得られるものができよう。またランマの前傾角度15°に対し本機が10°であるが、振動数が高いので較圧速度はランマと同程度を有する。図6は締固め時の振動圧のオシログラムで、安定した作動を示している。



図4 ランマと油圧ランマ試作2号機

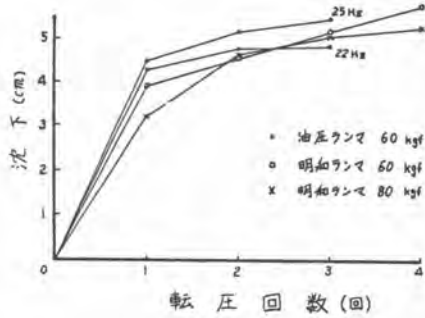


図5 締固め比較

(3) 試作3号機

本機は中央部に作動弁があり、その左右にシリンダ部を有するもので、2本のピストンが同調する共振機である。図7に試作3号機を示し、図8に構造概要を示す。

諸元

共振機

- 2ピストン同調, 波形変化型
- ピストンストローク 40 mm
- 振動数 0 ~ 40 Hz
- 重量 60 kgf

本体の大きさ

巾 長さ 高さ
9 cm x 44 cm x 30 cm

締固め板

巾 長さ
23 cm x 55 cm

全高 39 cm

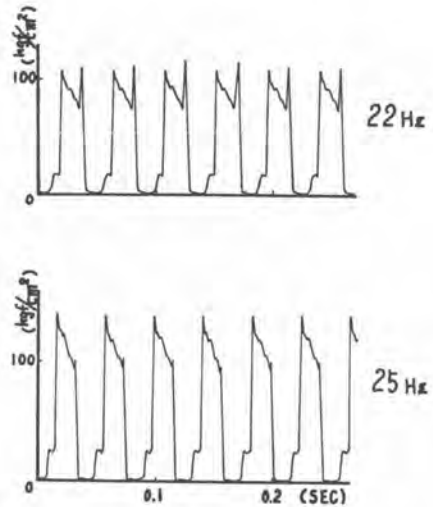


図6 振動圧のオシログラム

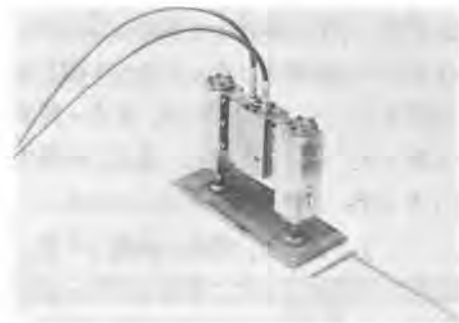


図7 試作3号機

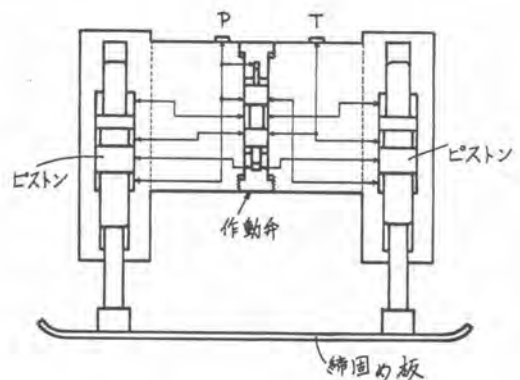


図8 試作3号機の構造

図9は左右のピストンをフリー状態にして振動させた波形を示すもので、上図は上下同速の振動状態を示し、下図は上下動が非対称の振動状態にあることを示す。締固め時は比較的低速で、土に締固め変形の時間的余裕を与え、復路は早く帰るようにしたものである。この波形の変化は作動弁の調整によって任意に変えることができる。

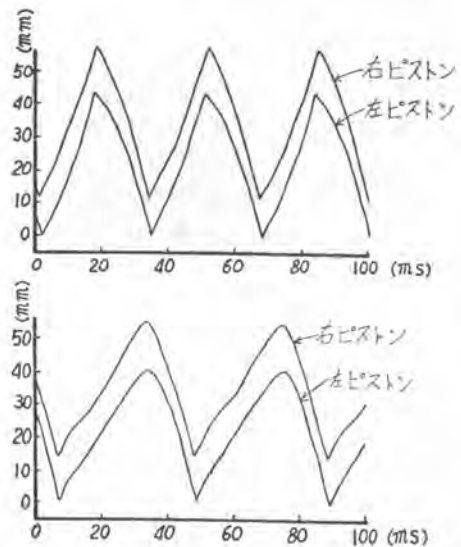


図9 2ピストンの振動波形

3. あとがき

まえがきで述べたように、いずれの試作機も他の目的に試作した登振機を転用して、小型の締固め機として利用できるかどうか試作してみたもので、試作のための試作といった程度のものであるが、試験の結果、作動は安定しており(図6)、締固め力もランマと同程度を有しており(図5)、実用化には改良すべきことが多いが、従来の締固め機械と比較して、格段の小型化、強力、低騒音など有利な点が多い。部品数が少ないのでほとんどこれられることもなかろう。勿論、本機の作動には油圧源を別に必要とするが、最近の小型の掘削機は油圧化しているのでこれらの油圧源を利用すれば良い。

最近のガス管理設時の締固め不足によるガス洩れ事故、また最近は環境規制で掘削土の処理、埋戻しの山砂の入手が年々困難になっており、掘削土の再処理、再利用が問題になっているが、これの解決にはまず小型で狭隘な箇所でも良く締固まる機械の出現が先決事項であらう。図10は本機を埋設管の埋戻土の締固めに利用する場合の構想図である。本体部は10cmで充分であるから、最小中10cmの溝の締固めも可能にならう。

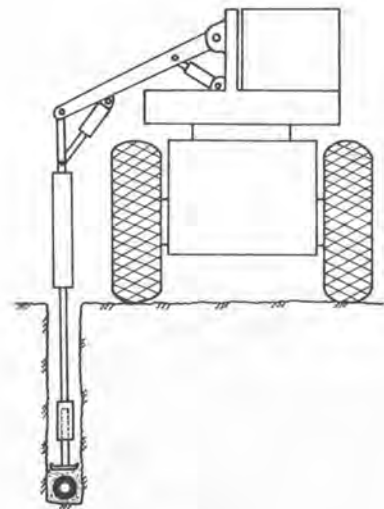


図10 埋設溝の締固め

21. 側溝清掃機械に関する調査試験

建設省九州技術事務所 米村 信幸・*中原 楓雄
江藤 親男

1. はじめに

道路側溝のなかで有蓋側溝や管渠に堆積した土砂の清掃作業は、蓋を全部取除きオープン状態にして清掃する方法と、10~20m間隔に蓋を1~2枚取除くか又は溜ますを利用して、有蓋のまま水ジェット式排水管清掃車と真空吸込式側溝清掃車のペアで清掃する方法が一般的に行われている。

(しかし、前者は人力に頼る部門が多く非能率であり、後者は機械を利用し能率的には優れているが(1)大型車2台を使用するため狭い道路では交通障害になる。(2)水ジェットで清掃したエ砂を溜ますで流さねばならぬので多量の水を必要とする。(3)多量の汚濁水や汚泥を運搬処理しなければならぬ。などの問題がある。

そこでこれらの問題を解決するため昭和54年度は、有蓋側溝清掃の実態を把握するためアンケート調査を行うと共に、現有側溝清掃用機械の適応性に関する調査及び各地建で行われた側溝清掃関係の調査試験資料の収集を行った。昭和55年度は、走行吸込み試験用の実験機(アタッチメント)を製作し、橋内の試験用側溝において、機能及び清掃試験を実施したので、その構造、性能について報告するものである。

2. 実験機の概要

実験機は、昭和54年度の調査結果を基に検討した結果、清掃機の清掃対象範囲を①L型側溝、②清掃幅300~400mm、③堆積厚200mmまで、④最大連続清掃距離15mに限



図一 自動推進吸込みアタッチメントによる清掃方式

定し、蓋を取除かず、溜ます等から真空吸込式側溝清掃車の吸込口を側溝内に推進させ、堆積土砂を吸上げる自動推進吸込み方式(図一)とし、自動推進装置を真空吸込式側溝清掃車のアタッチメントとして製作することにした。

2.1 実験機の主要諸元

(1) 本体	推進力	400kg以上
全長 1.350m	操作方法	電磁弁手動操作
全幅 267mm	(2) 油圧ユニット	
全高 340mm	電動機	3.7kw=4P
重量 1.26kg	油圧ポンプ吐出量	30l/min
前進速度 2m/min	定格圧力	170kg/cm ²

2.2 機構

機構は、油圧シリンダで側溝側壁に反力を取り、油圧の推力シリンダで掘削ブレードと吸込口を押し掘削吸込みを行う方式で、推進は各油圧シリンダの伸縮を交互にくり返して行うしくみである。

本体は、図-2に示すとおり前部フレームと後部フレームで構成され、前部フレームは前方に土砂の掘削ブレード及び漏斗状吸込口とジェットノズルがあり、その後方下部に吸込管、上部にグリッパーシュー張出し用の固定シリンダを備え、後部フレームは、中央部に押し出し用シリンダ、その後方に後部グリッパーシュー張出し用固定シリンダを備えている。また、前部フレームと後部フレームは、押し出し用シリンダのロッドが前部フレームに連結しているため、ロッドの伸縮により滑動できる構造になっている。

2.3 作業サイクル

- 1) 後部フレーム固定シリンダで側壁にグリッパーシューを押し付け、後部フレームを固定する

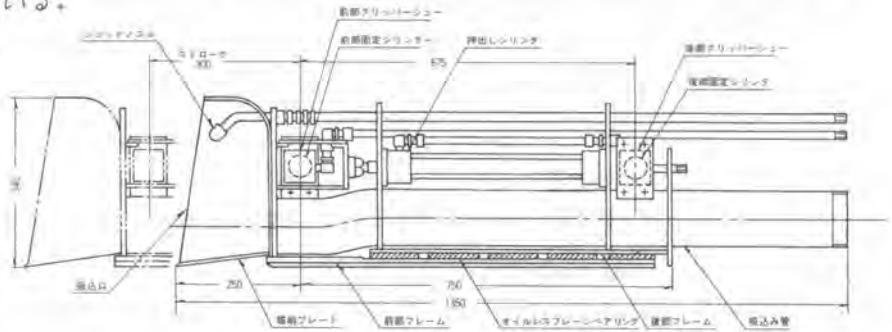


図-2 実機機 (アタッチメント) 概要図

- 2) 押し出しシリンダで前部フレームを前方に押し出した後、堆積土砂を掘削し、吸込管から吸込む。
 - 3) リストロック (300°) の吸込み作業が終了すると、前部グリッパーシューを張出し、前部フレームを固定する。同時に後部グリッパーシューを引込め後部フレームを自由にする。
 - 4) 伸長した押し出しシリンダのロッドを縮め後部フレームを引込める。
- 以上が1サイクルの作業で、これを繰返しながら清掃していくものである。

3. 機能及び清掃試験

試験調査は、事務所構内の試験用側溝 (図-3) を使用して、① 推進力、固定力、作動速度等に関する機能試験と、② 堆積土厚や含水比を変えて、真空吸込式側溝清掃車 (FP-06B型) による作業試験を実施した。

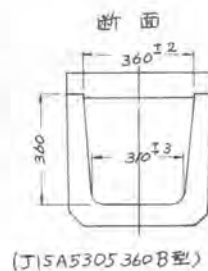


図-3 試験側溝

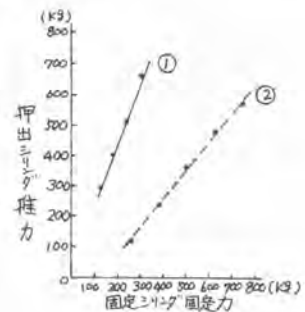


図-4 推力及び固定力実測値

3.1 機能試験

図-4は押し出しシリンダの推力と固定

シリンダの関係を示すものである。①は固定シリンダ先端のグリッパーシューが直接側溝コンクリート面に圧着した場合、②は工砂を介して(かみ込んで)圧着した場合である。図からグリッパーシューと壁面の間に工砂をかみ込めると推力が小さくなる事がわかる。表-1は押し出しシリンダロッドの伸縮時間と前進速度を示すものである。各部の作動及び推進機能は良好で

あつたが、推力が増大した場合の固定リングロッドの曲りやフレーム摺動面へのエ砂のかみ込みなどの対策が必要と思われ、

表-1. 押し出しリング伸縮時間及び前進速度測定値

セット油圧 (kg/cm^2)	押し出しリング作動時間 (sec) $\phi=300\text{mm}$		前進速度 (sec/m)
	伸張	短縮	
7.0	1.2	1.3	14
6.0	1.3	1.4	14
5.0	1.5	1.6	14
4.0	1.8	2.2	17
3.0	2.8	3.3	27

3.2 清掃試験

試験条件及び試験結果を表-2に示す。試験用の堆積土には、細粒土(為土)及び砂質土(まさ土)を使用し、下記の状態で試験した。

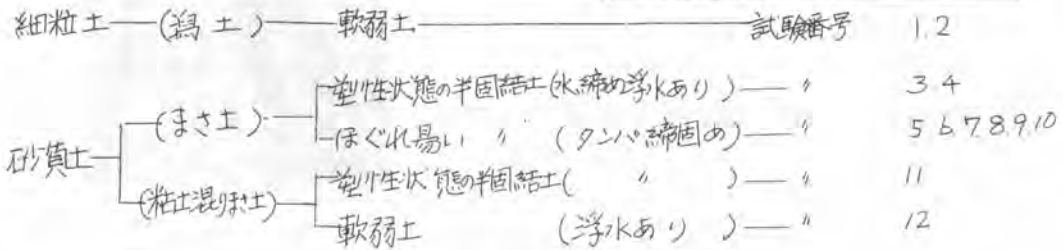


表-2. 清掃試験一覧表

試験番号		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
試験条件	土質名	細粒土(為土)		砂質土(まさ土)								砂質土(粘土混りまさ土)			
	平均含水比(%)	137.3		24.9		14.8								16.4	29.0
	乾燥密度(t/m^3)	1.06		1.91		1.86								2.06	2.08
	締まり具合 kg/cm^2 コンプレクソメータ $q_c=$	—		0.48~1.31	0.7~2.09	1.96~5.88	1.57~4.18	4.10~8.10	5.58~15.25	3.14~5.93	2.35~4.27	2.66~3.40	—		
	堆積厚(mm)	100	200	100	200	100	200	100	200	150	150	100	100		
	清掃距離	1.5										6	4.5		
その他	—		浮水20mm				—				コーラ瓶他混入	—	浮水20mm		
	清掃推進力(kg)	332~345	345~357	443~492	689~714	357~443	480~517	369~431	492~554	431~492	492	492	369		
試験結果	吸込管押し出し速度 $\phi=300$ (秒)	3.5	4	欠測	欠測	5	9	5	11	4	5	6	3.5		
	1サイクル所要時間(秒)	17	19	77	92	13	18	11	18	14	16	19	12		
	1m当り清掃時間($\text{秒}/\text{m}$)	5.1	5.3	103	290	4.1	7.2	3.3	7.0	3.8	6.3	欠測	3.5		
	堆積土回収率(%)	96.6	97.3	86.8	89.8	89.1	94.3	92.4	94.4	92.4	95.4	71.8	93.9		
清掃状態	良好	良好	吸込み不良 清掃困難	吸込み不良 清掃困難	良好	やや良好	良好	やや良好	良好	吸込み良好 異物閉塞 3回	吸込み良好 異物閉塞 1回	吸込み不良 清掃困難	良好		

清掃時の所要推進力は、吸込みが良好な場合330~440kg、やや良好な場合480~550kgで軟弱土より固結土ほど大きく、また堆積量が多いほど大きくなっている。なお、吸込み不良の4では推力が700kg以上となり、吸込口の前進すると堆積土を

表-3 清掃状態 堆積厚別の清掃速度

清掃状態	堆積厚(mm)	1m当り清掃速度($\text{秒}/\text{m}$)	1時間当り清掃距離(m/h)
良好及びやや良好な場合	100	3.3~5.1	109~71
	200	5.3~7.2	68~50
困難な場合	100	103	3.0
	200	290	1.2

そのまま前方へ押し出す状態であった。

清掃状態が比較的良好なときの清掃速度は、33～72%で、この時の土砂回収量から1時間当り吸込量を求めると、2.1～4.7%となりベースマシンの吸込能力とおおむね一致する。

表-3は清掃速度を清掃状態、堆積厚別にまとめ、1時間当り清掃距離に換算したものである。

なお表中の困難な場合は、吸込口をスイッチバックして清掃した場合である。

堆積土砂の性状別吸込み状態は、試験番号5～10のように乾燥して、ばらばらにほぐれやすい状態、あるいは、1.2.12のように水を多く含んで流動性のある場合は、良好な結果を得られたが、(写真-1)3.4や11のようにその中間の塑性状態では吸込みが困難で対策が必要と考えられた。また、粗大異物吸込み試験では、吸込管の閉塞が吸込口で2回、ホース中間部と接続部で各1回発生した。

本試験での土砂回収率(回収量/堆積量)は、清掃困難な場合を除き89%以上であった。したがって側溝の機能回復という清掃目的は十分達していると思われる。(写真-2)

しかし、これはあくまで構内試験のデータで、作業量も少なく十分な資料とはいえないので、さらに実験を積重ね、現場での試験も十分行う必要があると考えられる。

4 まとめと今後の計画

実験機の試験結果から基本的には清掃機として使用できる見通しが得られたが、①塑性状態の堆積土砂の清掃、②小型軽量化、③ホース類の取扱いや操作面の簡略化、④粗大異物対策などについてはなお調査研究の必要が認められた。

このため昭和56年度は、更に施工上、構造上の問題点を検討し、実験機を改良した2号機を製作のうえ、構内及び現場試験を行う予定である。



写真-1 清掃状況

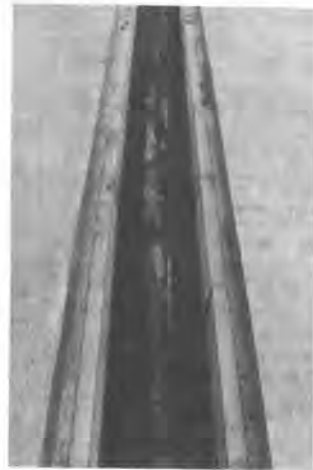


写真-2 清掃後の残土

22. 路面たわみ測定機に関する調査試験について

建設省九州技術事務所 米村 信幸・中村 忠義

*畑 中 隆 晴

1. まえがき

道路整備の進展に伴い、道路の維持管理は、効率的な路面性状の把握が要望されるようになった。

近年路面のたわみ量を測定して舗装の評価を行おうとする試みが、アメリカのASSHOの道路試験、カナダのP、P、R値、フランスの中央土木研究所(LCPC)で開発されたデフレクトグラフによる路面管理等によって行われている。

現在、路面性状調査のうち路面むづわれ、わだち掘れ、縦断凹凸等は、写真機等の計器を架装した測定車を用いて連続的に計測しているが、たわみの計測はベンケルマンビームで行われている。

ところでわが国では、道路維持修繕要綱でアスファルトオーバーレイ厚の設計や、セメントコンクリート舗装の維持修繕工法の選定等にたわみ量が使用されている。

ベンケルマンビームたわみ量の測定は、平板載荷試験やCBR試験に比べて取扱いが容易で、長距離の路面管理には最適の方法であるため数多く利用されている。しかし現在使われているベンケルマンビームの測定方法は人力施工であるため、したがって測定スピードにも限度があり安全性の点でも問題が多いとされている。

そこで、たわみ測定機の機械化及び高速化、安全性をはかるため、フランスの中央土木研究所で開発され西欧諸国で実用化されている連続式路面たわみ測定機(デフレクトグラフ・ラクロー03形)を昭和54年度末に導入した。

本報告書は測定機の紹介と性能試験結果をとりまとめたものである。

2. 路面たわみ測定機の諸元及び測定機構

2.1 路面たわみ測定機の主要諸元

(1) 形式	デフレクトグラフ・ラクロー・LPC・03形	軸距	5,500mm
		空車重量(コンクリートバラストを除く)	9,600kg
(2) 性能		(4) 各部構造	
測定速度	2.1~3.2 Km/h	シャーシ形式	メルセデスベンツ1619KO/55形
載荷荷重(後輪の軸荷重)	10t	機関名称	OM40形ディーゼル機関
たわみ測定範囲	0~4mm	総排気量	9,570cc
測定精度	±2/100mm	最高出力	192PS/2,500r.p.m
(3) 要目		変速機	8速シフトメッシュ70→44
全長	8,920mm	(5) たわみ測定装置(MAP03形)	
全幅	2,500mm	測定箇所	後車輪の左右2箇所同時測定
全高	3,665mm		左右の間隔1.8m

たわみ測定範囲	0~4mm
測定精度	±2/100mm
測定間隔	約5m
(6) 制御・記録装置	
形式	MH-200PT形
紙送りスピード	3種可変(測定1周り) 15, 15.55mm
記録紙のたわみ拡大率	最大100倍
たわみ曲線記録距離	1.8m
記録紙	幅270mm×長さ13m
記録幅	1チャンネル当最大100mm
稼働温度範囲	+5°C~+50°C

(7) キーボードインターフェース装置	
形式	MH-200用
入力(MH-200用)	左右知能L400mV
出力(キーボード)	左右知能VASC ii code 0~4003桁
データ範囲	日付, 道路No, 車線, スタート地点, 温度, 軸重, その他, 車象, 左右知能のたわみ量
(8) テーパパンチ装置	
形式	FACIT 4070
パンチ速度	1~75mm/79-1/秒
パンチホール形状	8トラフ ISO

2.2 路面たわみ測定機の測定機構

測定機構は下記のとおりである。

構造概要を図-1に示す。

- (1) 本機は車体下部に組込んだ測定ビーム(図-2)により、2.1~3.2km/hの速度で走行しながら間欠的に約5m間隔で変位(たわみ)を計測する。
- (2) 本機のシステムは、図-3に示すように測定フレームの左右に取付けられている2本の測定ビームの先端が路面に接触して後車輪の荷重による路面の変位を検知し、この変位を計器ボックス内の差動トランスで電気信号に変えてペンレコーダーに記録する。
- (3) 本機の測定サイクルは、図-4に示すようにタイヤがB点にくると、測定が開始され後車輪がC点に来たとき最大変位が記録され、そしてC点をすぎると後オリミットスイッチの働きで測定が終了し、D点まで来ると測定ビームは、けん引装置によって前方の測定開始位置C'まで車速の2倍の速度でけん引され、前方のリミットスイッチの働きでC'点になるようにセットされて次の測定開始を待つ。このようにして、荷重(後輪)が1.8mに接近した時点から通過するまでの路面の変位を約5m間隔で連続して記録する。

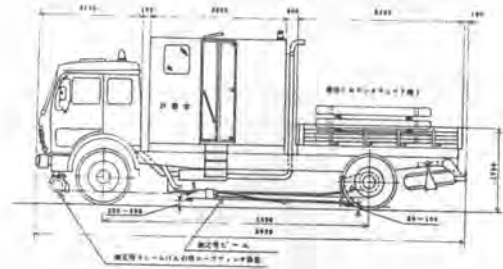


図-1 路面たわみ測定機構造図

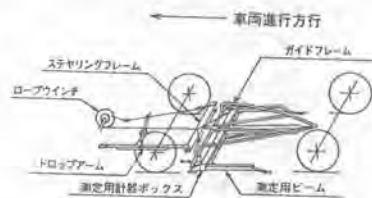


図-2 測定フレーム装置

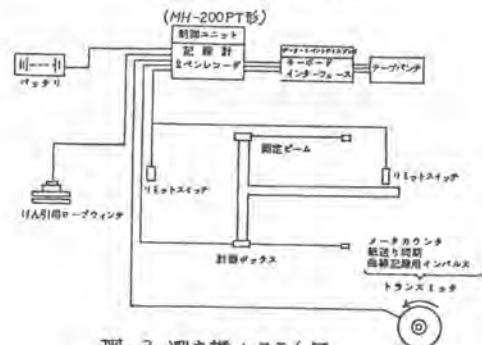


図-3 測定機システム図

3. 路面たわみ測定機性能試験内容

路面たわみ測定機のたわみ測定作業性、測定精度等を調査し、さらにベンケルマンビームで計測したたわみ量との相関を求めめるために性能試験を行った。

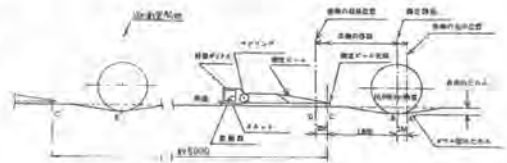


図-4 測定サイクル図

3.1 性能試験実施箇所

- | | |
|--------------------------------|---------------------------------|
| (1) 当事務所構内 | (2) 久留米東バイパス(2.0km～3.5km地点下り車線) |
| (3) 国道210号(9.0km～10.4km地点下り車線) | (4) 曾根バイパス(下り車線0.55km) |

3.2 性能試験項目

- (1) 最大たわみ量(mm) (2) 舗装路面の温度(°C) (3) 気湿(°C) (4) 回転半径(m) (5) 測定速度(km/h)
 (6) 測定距離 ※ (4)～(6)は路面たわみ測定機のみ行う。

以上の測定結果は、100m区間ごとに集計し、たわみ量については、最大、最小、平均、標準偏差を求めた。

4. 性能試験結果

4.1 距離測定輪の測定誤差、計測作業中の速度及び測定ピッチ

- (1) 路面たわみ測定機の距離測定輪の誤差は、表-1のとおり-0.56%～0.17%と良好な結果であった。
 (2) 計測中の速度は全体的に計画速度よりも遅かったが、これは道路に勾配が緩やかであったためと路面の摩擦係数が大きかったためと思われる。
 (3) 測定ピッチは、測定速度が遅くなるほど長くなっているが、これは測定フレーム装置がけん引ロープの位置より開放される時点での測定フレームの慣性力によるものと考えられる。

表-1 距離測定輪の測定誤差、計測作業中の速度及び測定ピッチ

測定箇所	項目	実測距離	距離表示	距離表示誤差	計画速度	測定走行速度	測定ピッチ
久留米東バイパス		1,505.45m	1,497m	-0.56%	2.7 km/h	2.57 km/h	—
曾根バイパス (800R.M)		558.18m	547m	-0.21%	2.1	1.71	5.40m
(900R.M)		558.97m	558m	-0.17%	2.4	1.91	5.55m
(1,000R.M)		558.97m	558m	-0.17%	2.7	2.12	5.69m

4.2 曲線走行測定(構内As舗装)

路面たわみ測定機の計測可能な最小回転半径を調査するために実施したものであるが、結果は表-2のとおりで、仕様書とおり(R=25m)であった。

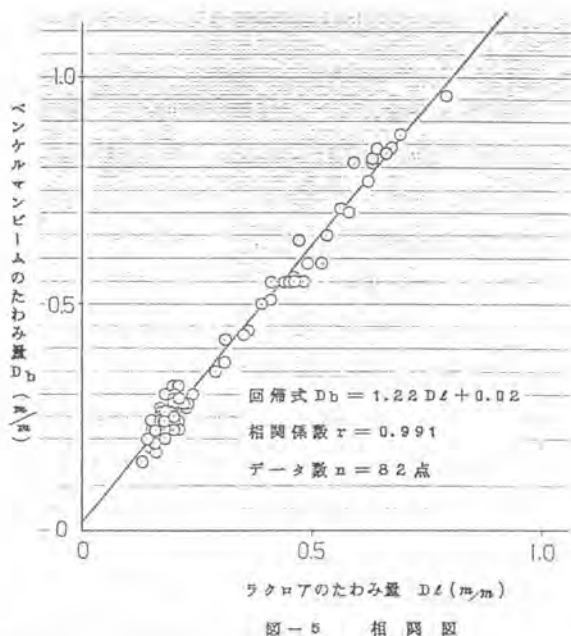
表-2 曲線走行測定結果

回転半径(R)	計測の可否	測定ビームの状況
25m	可	異常なし
23m	否	測定ビームが後車輪に接触
20m	否	測定ビームの横すべりが発生

4.3 路面たわみ測定機とベンケルマンビームとの相関

路面たわみ測定機とベンケルマンビームとの測定結果の相関を検討するために相関係数及び回帰

直線を求めたが、その結果は図-5に示すとおり有意な相関があることが判明した。また路面たわみ測定機のたわみ量がベンケルマンビームのたわみ量より小さくなる傾向にあるのは、測定ビームが短いためと、後車輪より最大1.8m離れた所から後車輪までの路面の変位を計測するため、後車輪の影響で計測開始時点ですでに路面のたわみが発生しているためではないかと考えられる。



4.4 路面たわみ測定機の作業性

路面たわみ測定機の作業性は、表-3のとおりで路面たわみ測定作業のスピード化、合理化、安全化がはかられることがわかった。

表-3 路面たわみ測定機及びベンケルマンビームの作業性

	測定量	構成人員
路面たわみ測定機 (2.7km/h, 6h稼働)	3,240点/日	運転手1人+計器操作員1人+現地調査員1人+保安要員2人=5人
ベンケルマンビーム	124点/日	運転手1人+測定要員4人+合図1人+保安要員=8人

5. あとがき

本性能試験の結果下記の結論が得られた。

- (1) 路面たわみ測定機のたわみ量とベンケルマンビームのたわみ量とは、有意な相関があることが判明した。(舗装構成の種類毎や温度についての検討は行っていない。)
- (2) 曲線半径25m以上の道路で測定作業を行うことができる。
- (3) 路面たわみ測定機の操作は簡単であり、測定スピード2.1~2.7km/hで連続して長時間の測定作業が行える。
- (4) 路面たわみ測定機によって路面のたわみ測定作業のスピード化、合理化、安全化がはかられることが判明した。

以上のまとめは昭和55年度本機の性能試験結果である。

今年度も本機の性能測定を引きつづいて行うとともに舗装構成、路面の温度等の条件を変えてベンケルマンビームとの相関を調査する予定である。

23. 道路標識板清掃車の開発

建設省関東技術事務所 滑川 博・*佐々木 敏彦

1 まえがき

道路案内標識は、自動車等から発生する煤煙や、ホコリなどで汚れが進行するので、その機能を保持するうえから、定期的な清掃作業が必要となっている。

従来これらの作業は、リフト車のブーム先端のゴンドラに作業員を乗せて人力で行なっているが、交通量の多い道路での清掃作業は、作業員の危険性が非常に高い。そこで、清掃作業を機械化することにより、高所に人が乗ることなく安全な清掃作業ができることを目的として、標識板清掃車の開発を行ったものである。



写真-1 標識板清掃車

2 基礎調査

現在道路に設置してある標識の設置状況について調査を行った。設置されている標識の形式は、反射式、外照式、内照式の3種類が主で、このうち反射式が大半を占めている。また、標識の設置形式は、内形式、片持式、添架式に大別でき、板の取付方法は固定式と吊下げ式が代表的である。これらの設置状況からみて、機械清掃の場合を想定すると、固定式が最も作業が容易であると考えられ、照明設備を有するものは、清掃装置との干渉や、板の構造などから、効率的な作業が望めないと判断した。従って設置数が最も多い固定形の反射式を清掃対象とした。又、現地調査より、標識板の大きさは、 $2.5\text{ mH} \times 2.5\text{ mW}$ が一番多く、最大でも $3.5\text{ mH} \times 3.5\text{ mW}$ である事を考慮して洗浄装置の検討を行うとともに作業は原則として夜間行われるので、その安全対策や、清掃に使用する洗浄水が、歩行者、通行車輛などにかからぬよう可能な限り飛散しない構造とし、洗浄後は、板面の水滴を除去出来るような装置とする。

3 基本構想

標識板の機械清掃は、自走式の専用機とし、一般トラックシャシを改造して、清掃装置を架装するものとした。清掃車は、洗浄装置、昇降装置、操作盤、発動発電機、水タンクなどで構成される。洗浄装置は、乾式と湿式について検討を行って、洗浄効果の優れている湿式とし、機構については、ワイパー式、ディスクブラシ式、洗浄水噴射式、円筒ブラシ式などについて検討を行った結果、回転円筒形ブラシ式を採用することにした。また、洗浄装置の昇降に使用する昇降装置は、操作性と位置検

出の容易な方法を検討した結果、パンタグラフ式とした。操作については、有線遠隔操作と直接操作の2方式のできるものとし、安全機構や自動制御装置を組み入れることとした。

清掃方法は、標識の下に清掃車を停止させて、昇降装置にて洗浄装置を上昇させ、ブラシを標識板の上端にセットして、ブラシを回転させながら下降することにより清掃を行うものである。

4 基礎実験

洗浄装置については、データ等がないので、その基礎的な要件を知るため、次に示す事項について基礎実験を行った。

- (1) ブラシの材質と清掃能力及適応性
- (2) ブラシの回転数と下降速度の関係
- (3) ブラシの接触量と接触圧力との関係
- (4) 洗浄水の量と清掃との関係
- (5) 洗浄水の飛散防止、回収、ふきとりについての調査

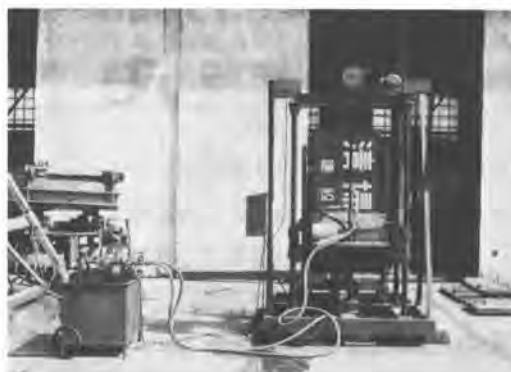


写真-2 実験装置

5 実用機の概略図及概略仕様

実用機の仕様等は、実験結果、標識板の形状、及び標識設置位置を考慮して決めた。図-1に概略図、表-1に概略仕様を示す。

6 作業手順と洗浄装置の追従性

- (1) 作業手順を次に示す
 - a. 清掃車を標識板の下へ停車させる。
 - b. アウトリガーにて荷台を水平に調節する。
 - c. 旋回装置で洗浄装置を90°旋回させ、昇降装置にて洗浄装置を標識板上端まで上昇させる。
 - d. 赤外線反射センターにて、標識板と洗浄装置の平行度を検出する。
 - e. ブラシを標識板に一定量接触させ、洗浄水を噴射し、ブラシを回転させて下降させ、洗浄開始とする。
 - f. ブラシが標識板下端に達したら、洗浄水の噴射とブラシ回転を停止させ洗浄終了とする。
 - g. 標識板が大きい場合は、洗浄装置を横移動させ残りの面を同様に清掃する。
 - h. 最後に洗浄装置をもとの位置に戻して清掃完了とする。
- (2) 標識板に対する洗浄装置の追従性

標識板には、普通3～5%の傾斜がついているので、清掃作業時には洗浄装置を下降させながら前進させる必要がある。前進は、洗浄装置が一定量下降すると行なわれブラシが板面に一定量押しつけられると停止する。

図-1 標識板清掃車の概略図

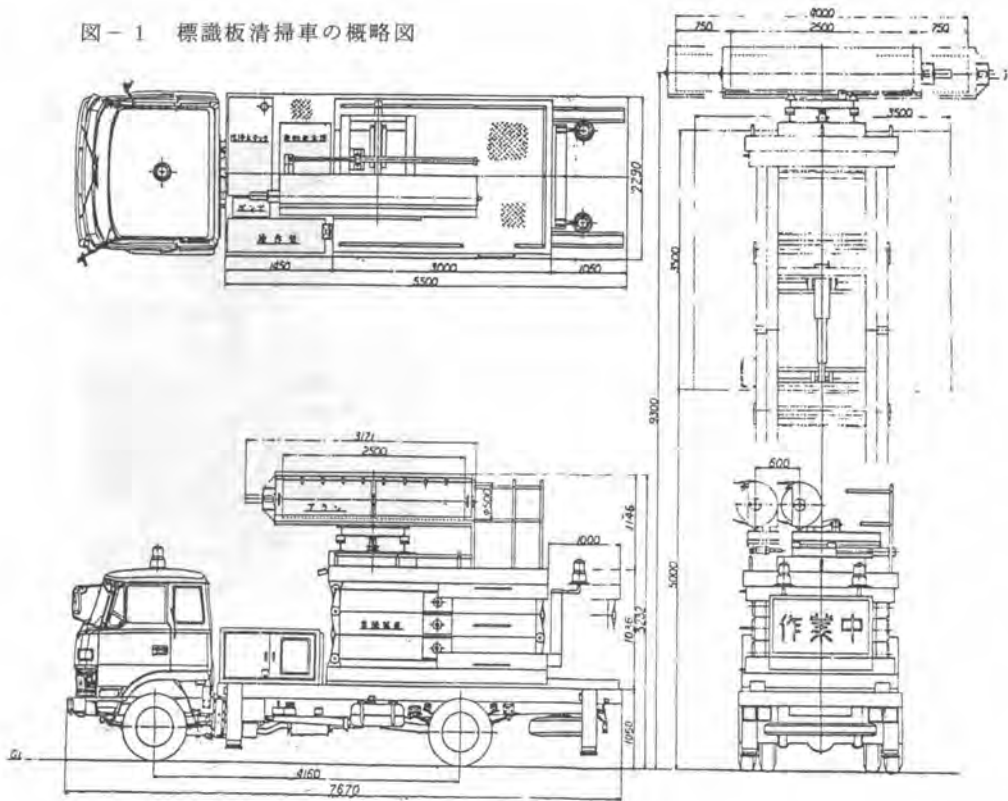


表-1 標識板清掃車の概略仕様

形 式	自走式、パンタグラフ昇降式	ブラシ回転数	400 rpm
性 能		前移動量	600 mm
最高速度	110 km/h	横移動量	左右750 mm
清掃巾	4,000 mm (横移動含む)	旋 回 量	120度(10度/sec)
清掃高	4,300 mm (ブラシ高9.3 m)	各 部 構 造	
作業速度	4,000 mm/min	シャ ー シ	三菱ふそうK-FK115H
要 目		機 関	三菱6D14型ディーゼル機関
全 長	7,670 mm	最大出力	155 PS/2,900 rpm
全 巾	2,290 mm	昇降装量	3段パンタグラフ式
全 高	3,232 mm (作業時高9.6 m)	昇降前移動量	1000 mm
車両総重量	7,965 kg	アウトリガー	4脚、単独式
乗車定員	3名	発動発電機	出力5KVA 200V-14.4A
洗浄装置		照明装置	DC24V-70W
ブ ラ シ	ナイロン(線径0.2 mmウエーブ付)	作業表示器	内照式

7 性能試験

標識板清掃車を使って、構内に設置した標識板（ $3.5 \text{ mH} \times 3.0 \text{ mW}$ ）を清掃した時の所要時間（清掃車停止～清掃～清掃車発車）を表-2に又、その時の写真-3を示す。

面積	直接操作時間	有線遠隔作業時間
4 m^2	8.00 m^{s}	11.48 m^{s}
5	8.24	12.12
6	8.36	12.30
7	8.54	12.48
8	9.12	13.12
9	9.30	13.30
10	9.48	13.42

表-2 清掃面積と作業時間



写真-3 性能試験状況

作業員は、2名とし清掃装置を一回横移動させて全面を清掃している。このデータは、人力施工に比べやや早く、清掃コストも人力施工並と予想される。

8 標識板清掃車の走行及び作業時の姿勢を写真-4, 5に示す。



写真-4 走行姿勢



写真-5 作業姿勢

9 おわりに

本機は、現在、道路の工事事務所で稼動中であるが、初期の性能を十分発揮しており、維持作業の安全施工に役立つ事を期待する。なお、製作計画から今日に至るまで数々の御指導と御協力をいただいた関係者の皆さまに深く感謝の意を表します。

24. 舗装廃材リサイクル機械の現状

建設省関東技術事務所 田中康之・寺井春三

1 まえがき

建設工事で発生する舗装廃材は環境保全の面などから投棄が困難となっているが、他方資源のリサイクルの観点からもその再利用が検討され、ここ数年来、技術開発が進み実用化されている。

建設省では舗装廃材の再生利用技術の向上とその普及を図るため、これらリサイクル機械について昭和53年度から3ヶ年間、(社)日本建設機械化協会に委託して実態調査を実施した。

2 舗装廃材の発生量と再利用状況

表-1 舗装廃材の発生量と再利用状況

国内の主要道路における道路維持修繕工事及び主要都市の道路占用工事からの廃材発生量と再利用状況を表-1に示す。年度毎の廃材発生量はほぼ一定しているが、再利用率は年度毎に増

年度	発生量 (m^2)	再生路盤材 (m^2)	再生合材 (m^2)	再利用計 (m^2)	再利用率 (%)
52	1,362,000	730	5,370	6,100	0.45
53	1,537,000	19,770	19,230	39,000	2.50
54	1,605,000	41,470	32,530	74,000	4.60
55	1,630,000	53,380	58,620	112,000	6.90

加しており、再生合材は昭和55年度までの累計生産量で約470,000 ton となっている。これらの再生合材の主な用途としては、駐車場、道路占用工事の仮復旧等の簡易的な舗装及び地方道の舗装に用いられ、国道においては一部試験舗装が行われている。

3 リサイクル機械の分類

リサイクル機械を生産物と生産方式等により分類すると図-1のとおりとなる。これらの機械を通常用いられている用語で分類すると「再生アスファルトプラント」「路盤材再生プラント」及びまだ国内では用いられていないが、「路上再生処理機械」の3種類となる。

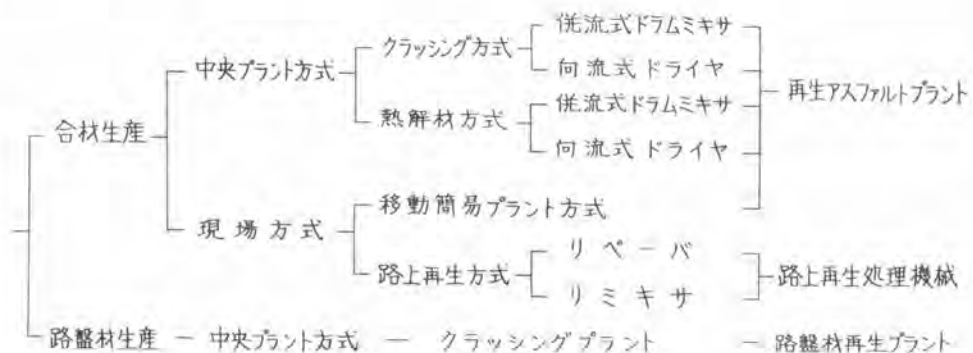


図-1 舗装廃材リサイクル機械の分類

構造となっている。なおドラムミキサは加熱と同時に混合も行うので別にミキサーを必要としないこと、またそのまま新規合材も生産できることなどが特徴となっている。

4.3 消費エネルギー

合材再生に要するエネルギーはプラント方式により多少異なる。新規合材生産エネルギーが約22万Kcal/t₁に対して熱解材式ではやや多く、クラッシャ方式では3～5万Kcal/t 少くなっている。なおこの計算には再生利用されているアスファルトの発熱量を含んでないが、これは約50万Kcal/tに相当するのでこれを考えると舗装廃材リサイクルの省エネ効果は大きい。

4.4 品質について

再生合材は配合設計に基き不足するものを補足して生産するので所定の品質が得られる。昭和54年度に代表的プラント数社について試験した結果では、舗装要綱を満足していることが判った。

その1例として図-5に再生率40%でのマーシャル試験値を示す。

なお現場試験舗装においては経年変化も含めて調査しており、現在までの所、新規合材との差異は認められないとの報告がなされている。

図-5 再生合材のマーシャル試験



凡例 Δ 再生材だけの値
 ○ 製品の値
 ■ アスファルト舗装要綱の基準値

4.5 再生アスファルトプラントの運営管理

4.5.1 プラント用地

再生アスファルトプラントは安定した運転を行うためには広い廃材ストックヤードと解材設備の面積が必要で、全敷地面積の比較では一般のプラントの2～3倍必要とされる。また再生アスファルトプラントは廃材発生地と再生材使用地に近いことが必要なため都市周辺に設置されることが望ましく、用地の確保が難しい。

4.5.2 再生費

再生アスファルトプラントは廃材の受入れ時に、廃材中の不純物の量や、廃材の大きさに厳しい制約をつけて無料で受入れているが、一部のプラントでは処理費をとるところもある。

再生合材の価格は、新規合材に比べてわずか値引きしているところもあるが、再生率が100%でない場合は新規合材並みとなっているようである。再生合材の生産費は開発途上のため、設備、労力とも割高であり、まだプラント稼働率が低いことなどのためその運営に苦慮しているのが実状と考えられる。しかし再生アスファルトプラントは一般のプラントに比べて材料費が安価となるので、今後稼働率が上昇してくれば有利となることが予想される。

5 路上再生処理機械の国内における適応性

路上再生処理工法（サーフェスリサイクル）は経済性の高い工法として主に欧州諸国で広く用いられている。これに使う機械は舗装路面を加熱切削し、発生材を敷均して、その上に新規合材を舗設するもので「リベーパー」と呼ばれ、また加熱切削したものと新規合材とミキシングを行いながら舗設する「リミキサ」がある。

これらの機械を国内で使用した場合先づ問題となるのは表-2に示すように機械が大きく、重量が重いため車輛制限令に抵触する部分があることである。その他、高圧ガス取締法、消防法等も制約条件となる。

同機は路面より約35mm程度まで再生処理することから国内施工量としては、わだち掘れ量で21~35mmの路面を処理するものとする、国内道路性状調査の結果から約37%がその施工範囲となる。

品質についてはまだ資料が少ないが、リベーパーと同形式の加熱機による切削試験などが行われており、アスファルトの劣化が少ないこと、骨材破壊が少ないことなどが報告されている。

また在来工法のカットオーバーレイとエネルギー及び施工費の試算における比較においても有利なことが確認されている。

これらのことから国内道路条件に合った路上再生処理機械を開発する必要があり、本調査においても、国内の道路規模と使用機械の検討及び各装置の構造、性能等について概略検討を加えた。

6 おわりに

舗装廃材のリサイクルは環境保全と省資源に役立ち、再生合材の品質もその使用に十分に耐えられることが判明した。今後も廃材のリサイクルは進むものと考えられ、その用途もこれまでの簡易的なものから本格的な道路舗装として使われるようになると予想されるが、そのためには基準類の整備が必要であろう。

表-2 主要諸元と国内法規

三項関係項目	機 種	グェルトダグ リベーパー	フューゲル スーパー 1700ARRP	ストラバード パウAG, 同改	カトラー R110
道路法・車両制限令					
1 全 長(≦ 12m)		13.2m ×	8m ○	10m ○	14.63m ×
2 全 巾(≦ 2.5m)		2.77m ×	2.5m ○	-	3.35m ×
3 全 高(≦ 3.8m)		2.95m ○	2.75m ○	3.05m ○	2.74m ○
4 総 重 量(≦ 20t)		30t ×	17.5t ○	27.5t ×	27.67t ×
5 軸 重(≦ 10t)		20t ×	クローラ	約13t ×	約13t ×
6 軸 荷 重(≦ 5t)		10t ×	クローラ	約6.5t ×	約6.5t ×
7 最小回転半径(≦ 12m)		規定9.5m ○	○	-	-
8 カタピラを有する自動車の制限		○	×	○	○
道路運送車両法・保安基準					
上記 1~8については同じ					
1 接地圧	タイヤ150kg/cm ² カタピラ 5kg/cm ² 以下	300kg/cm ² ×	2kg/cm ² ○	-	-
2 走行装置					
検 査 装 置					
制 動 装 置					
3 燃料装置					

(略号) ○ 適合
 × 不適合
 - 詳細がわからず不明

25. 海浜清掃の省力化

キャタピラー三菱 * 小田部 喜三郎・佐藤 孝 行

1. まえがき

我が国の高度経済成長にともなう発展は目覚しく、我々の生活は豊かになった反面周囲の環境は急激な悪化をしいられ、人間生活の糧としてある美しい自然を代償として失ないつつある。都会に近い海浜はどす黒く汚れ、おびただしい量の雑多なゴミがたぐせらに散乱している。夏期の海水浴シーズンともなれば海水浴場は人出に比例して排出されるゴミの量が増加されるのは言うまでもない。このように汚染の度合、汚染の速度が増していく現状に対し、きれいな海をよみがえらせるためには海浜清掃の機械化による省力化をはかっべく必要があると考えられる。



写真-1 汚染された海浜

2. 海浜清掃の現状

環境庁水質保全局のデータによれば全国の海水浴場の数は826箇所、その内年間利用者が4万人を越える大きな海水浴場は395箇所である。調査によれば海浜清掃機の在籍台数は全国で2万台、機種別では車輪式ローダの3~9トン級が主で在籍台数の大半を占めている。1台の清掃機が3箇所程度の海水浴場を受持ち清掃を行う場合もあり、機械施工による所は年間利用者4万人以上の海水浴場395箇所の20%程度と推定され、その多くは土地の人達の無料奉仕や、自営体に委託された清掃業者の人力に頼っている。清掃の頻度は海水浴シーズンの前後1回づつ、そして台風の後、片付け程度が現状で汚染の度合、汚染の速度が増していく状態に追いつかないのが実状である。

3. 既存の海浜清掃機

(1) 施工例



写真-2
CAT 920 ビーチレーキ付



写真-3
WS3 ビーチレーキ、ビチクリーナ付

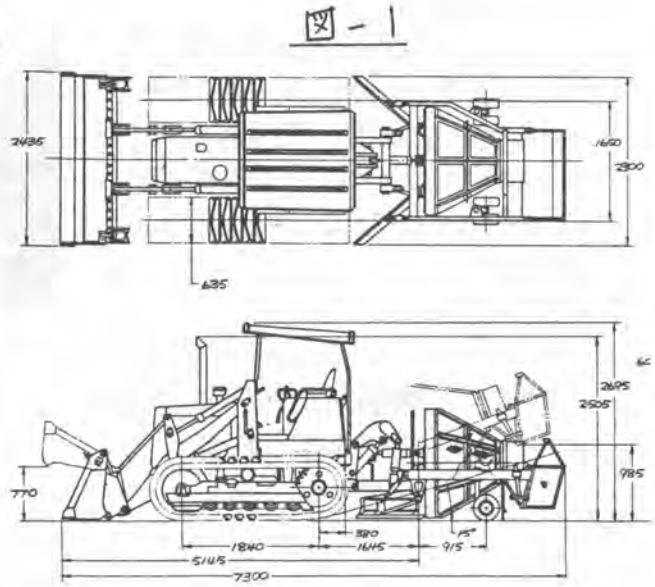
(1) 主要仕様

図-1はCAT 931B海浜清掃機の
の外観と主要寸法を示す。

総重量(kg) 8500
 定格出力(ps) 66
 走行速度(km/hr)

F-1	0~2.9
2	0~5.5
3	0~10.1
R-1	0~3.1
2	0~5.9
3	0~10.8

最大けん引力(kg) 13300
 登坂能力(度) 30



(2) 構造の概要

a. マルチパスバケット形ビーチレキ

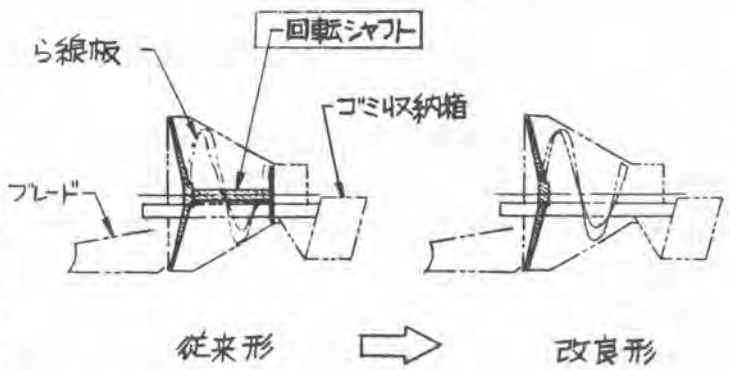


このビーチレキは清掃幅2435mmである。
 流木や岩石、古タイヤ等の大きなゴミへの適応性と
 清掃の補助作業に焦点を合わせ強固な構造とした。
 これは砂の中に埋れた流木や岩石の掘り起し、
 一般土作業の掘削、積込等にも使用できる。
 強固な構造、耐久性として汎用性を持っているこ
 とが特徴である。

写真-5

b. ビーチクリーナ

図-2はビーチクリーナ
 の内部構造を示す。ビ
 ーチクリーナは外観上、従
 来のものとはほとんどかわ
 らないが従来のものの欠
 点であった布きれ、ロー
 プ等のからみ付きをなく
 するためセクタ内の回転シャフトを必要としない構造に改良した。そして砂の分離、ゴミの送り出し等の性能との関係を考慮してビニールが網目に入ばり付かないよう最適な回転速度を設定した。セクタの回転速度は0~60rpmの範囲で調整することができる。



従来形 → 改良形

このビーチレキは清掃幅2435mmである。
 流木や岩石、古タイヤ等の大きなゴミへの適応性と
 清掃の補助作業に焦点を合わせ強固な構造とした。
 これは砂の中に埋れた流木や岩石の掘り起し、
 一般土作業の掘削、積込等にも使用できる。
 強固な構造、耐久性として汎用性を持っているこ
 とが特徴である。

C. ラバー製履板

写真-6のラバー製履板は現場稼働の際の舗装道路を傷つけることなく自走できるのはもちろん、車輪式ローダで問題となっている作業中のけん引け不足、機動性に欠ける、傾斜地走行ができない等の不具合も解消される。



写真-6

(3) 性能試験結果

表-3、表-4はビーチレーキとビーチクリーナの時間当り清掃面積の比較試験結果である。

表-3 ビーチレーキ作業性能比較

	CAT 931B	CAT 920
総重量(kg)/馬力(PS)	8500/66	9300/82
清掃幅(mm)	2435	2606
レーキ間隔(mm)	50	38
平均掘削深さ(mm)	150	50
平均清掃速度(*m/H)	1.80	1.92
清掃面積(m ² /H)	2280	2600

表-4 ビーチクリーン作業性能比較

	CAT 931B	CAT 910
総重量(kg)/馬力(PS)	8500/66	8050/66
清掃幅(mm)	2300	1250
平均掘削深さ(mm)	100	50
平均清掃速度(*m/H)	0.94	1.20
清掃面積(m ² /H)	2160	1500

表-5 砂地走行けん引け比較

表-5は海浜砂地に於ける最大けん引けの比較試験結果である。

	CAT 931B		CAT 920	
総重量(kg)/馬力(PS)	7600/66		9300/82	
F-1	4705 kg	シュースリップ*	1680 kg	タイヤスリップ*
F-2	4705 kg	シュースリップ*	1815 kg	タイヤスリップ*
F-3	3025 kg	トルコンストル	1815 kg	トルコンストル
トラクション係数	0.62		0.20	

5. まとめ

表-6はCAT 931B 海浜清掃機がどのようなことに着眼点を置き、どのような改良がなされているのか従来のものと比較してまとめたものである。

この表で従来の車輪式ローダに較べ道路走行時における機動性が劣っていることがわかるが、その他海浜清掃作業に於いては履帯式ローダが有利であると言える。

CAT 931B 海浜清掃機はゴミへの適応性、清掃精度、清掃幅および深さ、海浜への適応性、補助作業への適応、舗装路面の保護等、従来のものの欠点や不具合を改善すべく製作されたと言える。

b. あとがき

日本の海岸には大きなものから小さなものまで、あるいはからみ付きやすいもの等、雑多なゴミが散乱している。その上日本の海岸は傾斜地が多いことも特色である。CAT 931B 海浜清掃機をさらに日本の実状に合ったものとするため今後ともユーザーの皆さまの意見をとり入れ、研究を重ね、完成していきたいと考えている。

清掃機 適応性	従来形		
	CAT 931B レーキ付 クリア付	CAT 910 レーキ付 クリア付	CAT 920 レーキ付
ゴミへの 適応性	からみ付きやすい物		
粗大ゴミ			
あらゆるゴミ			
清掃精度			
清掃速度			
清掃幅/深さ			
海浜への適応性			
補助作業への適応			
道路走行時の機動性			

■ 優位
□ 適応性有

表-6

26. シールド工事における材料 ロックの自動化

熊谷組 箭本 実・*前田 純一
木内 勉

1. まえがき

この研究は シールド工事（圧気工法の採用）において バッテリーロコが材料ロック通過に際しての安全性の向上と省力化を目的として 完全自動化による無人通過システムを開発したものである。材料ロックの自動化は

- (1) ロック通過時の運転手の事故防止。（無人化）
- (2) ロック内およびロック前後でのバッテリーカーの暴走事故防止。（自動制御）
- (3) ロックマンが不要となる。（省力化）

等の目的のほか、将来のシールド工事の自動化（無人化）システムの一環として、役立つものと思われる。

2. 自動ロック設備

自動ロック設備は、ロック本体、送排気設備、牽引設備からなり、これらは自動操作盤によって制御される。設備の概要は次の通りである。

- (1) ロック本体（ $\phi 3000 \times 16000$ ）

ドアの開閉を自動的にかつ円滑に行うために、ドア開閉装置を改良し、かつロック内の牽引装置を有している。（図-1 図-2 参照）

- (2) 送排気設備

送排気は電磁バルブ開閉装置により自動的に行う。

- (3) 牽引設備

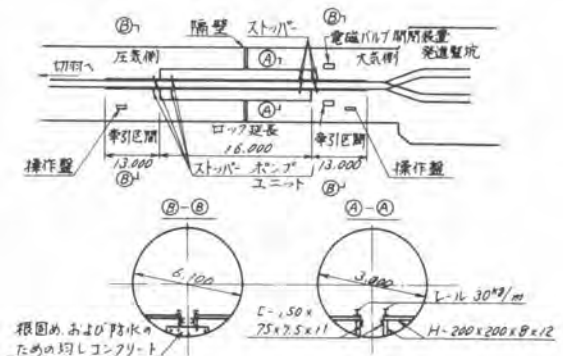
ロック内（ 16^M ）とロック前後 13^M 区間が自動牽引区間であり、特殊な軌条設備と自動停止装置（コトッパー）が必要となる。（図-3参照）

なおバッテリーロコの牽引は牽引車で行い、バッテリーロコと牽引車はジャッキにより連結される。

- (4) 自動操作盤

材料ロックの操作はすべて自動操作盤で制御される。牽引からロック通過の一連の操作はすべてリミットスイッチにより連動した一連の操作となっている。

なお 作動中止の場合は手動に切替えることにより通常のロック操作を行うことができる。



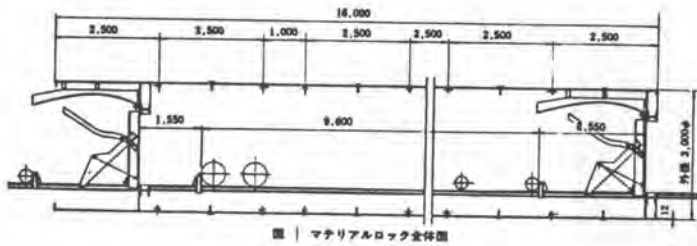


図1 マテリアルロック全体図

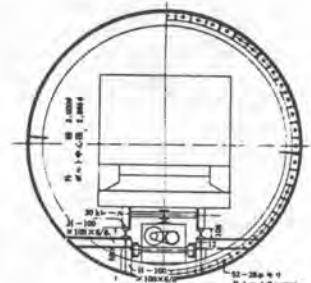


図2 マテリアルロック断面図

3. 材料ロックの機構

材料ロックの自動化システムは次の通りである。

大気側 圧気側ともに、それぞれロックの手前までは人力による運転を行い、自動牽引区間の開始の位置で停止する。そしてその運転手が操作盤のスイッチボタンを押すことにより牽引からロック通過が順次自動操作されてゆくものである。

ロックの自動操作手順は次の通りである。(図-4参照)

(1) 工程その1 (大気側)

a	ロック手前まで人力運転して来て、所定位置に停止する。このときストッパー⑤ ₁ ～⑤ ₂ は、閉じた状態となっている。	d	大気側牽引車(以下Aという)のジャッキが上がり、1両目トロ台車(以下Mという)と連結する。
b	スイッチボタンを押す。	e	ストッパー⑤ ₁ が開く
c	ストッパー⑤ ₂ が開く。		このとき 大気側の扉は開いた状態である。

(2) 工程その2 (大気側からロック内へ)

a	牽引車Aは ロック至近位置まで牽引移動することにより 2両目トロ台車(以下Kという)はロック内に納まる。	c	Aのジャッキが下がる。 このあとのAの位置は、次の工程が始まるまでは そのままである。
b	Bのジャッキが上がりKと連結する。		

(3) 工程その3 (ロック内)

a	Bはロック内を圧気側寄りいっぱいの位置まで牽引作動する。これで全両車がロック内に納まる。		
---	--	--	--

(4) 工程その4 (ロック内)

a	大気側扉が閉まり ロック内に送気されると同時に、次の作動が開始され送気中に終了する。	d	Bのジャッキが上がりMと連結する。
b	Bのジャッキが下がる。	e	ストッパー⑤ ₂ が開く。 この時点で 送気がすでに完了した状態になっている。
c	BはこのときKの下に位置しているので、Mの真下まで戻る。		

(6) 工程その5 (ロック内から圧気側へ)

<p>a 圧気側の扉が開く。</p> <p>b ストッパー⑤が開く。</p> <p>c Bは再度圧気側寄りいっばいの位置まで牽引移動する。これでKが圧気側へ出る。</p> <p>このとき圧気側牽引車(以下Cという)はロック側いっばいに位置しており、Kの真下に位置している。</p>	<p>d Cのジャッキが上がり、Kと連結する。</p> <p>e Bのジャッキが下がる。</p> <p>このあとのBは圧気側寄りの位置に次の工程が始まるまでは、そのままである。</p>
--	--

(6) 工程その6 (圧気側)

<p>a Cは全車両がロックから出るべき所定の位置まで牽引する。</p> <p>b Cのジャッキが下がる。</p> <p>c ストッパー⑤～④が同時に閉じ次の工程が始まるまでそのままである。</p> <p>これで自動化による工程が終了する。</p>	<p>d 圧気側にいる運転手が引継ぎ切羽へ向かう。</p> <p>このあと 次の工程が開始されるまでは、Cの位置はそのままであり、ロックの扉も開いたままの状態である。</p>
--	---

以上をもって、大気側から圧気側へのロック通過工程が完了する。なお圧気側から大気側への通過も同様な手順で行なわれる。

4. 施工実績

城東共同溝のシールド工事(シールド外径 $\phi 6870$ 、延長 1000M)において自動ロックを使用したのがその結果について 従来のロック(手動式)と比較して述べる。

(1) 設備について

a ロック本体の大きさは変わらないが、ロックを含めてロック前後の大気側、圧気側にそれぞれ牽引区間の軌条設備が必要であり、仮設備のためのスペースが広範囲となる。

b 従来のロック以外に次の設備が必要となる。

電気設備	配電盤および操作盤
機械設備	ポンプユニット、電磁バルブ開閉装置、ストッパー、牽引車
その他の設備	牽引軌条設備

(2) 安全性について

a ロック通過時の災害は絶滅することができ、設備の第1の目的を達成することができた。

(3) サイクルタイムについて、

a ロック通過の所要時間の平均3分45秒となり、従来のロックと比較してやや長くなった。しかしシールド掘進作業全体のサイクルから見ると、ほとんど影響はない。

(4) 経済性について

- a ロック設備の製作費は従来のロックより割高となる。
- b 専任のロックマンは不要となる。
- c 前記の省力化により 製作費の割高はカバーできる。

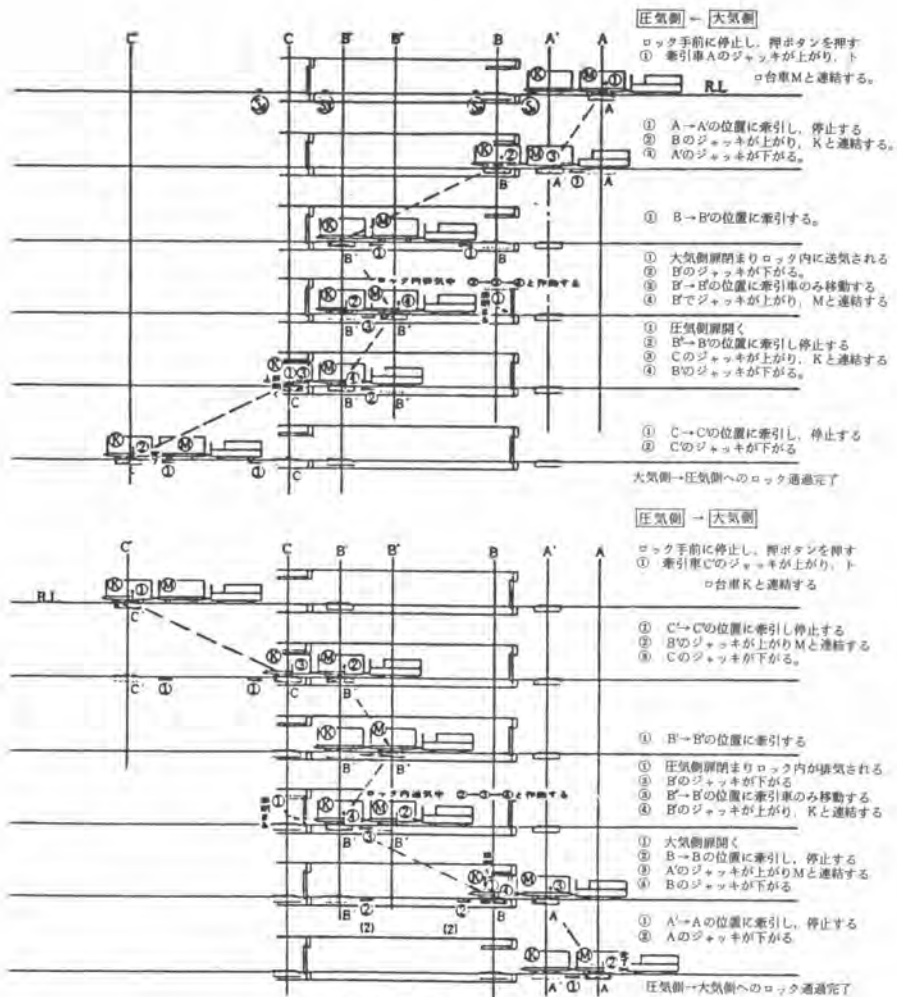


図4 自動ロック作動要領図

(6) 維持管理について

■ 材料ロックの自動操作は トロ台車の停止位置関係、圧気圧の関係等が、相互にリミットスイッチによる連動操作とされているため、日々の保守管理が非常に重要である。

6. まとめ

圧気工法の採用において避け難いロック出入における運転手の災害防止、および省力化を目的とした自動ロック設備は、ロック通過の完全自動化を計るため開発設置したもので、安全施工と省力化という目的は十分に達成された。そして、多少の改良点があり、サイクルタイムや経済性において考慮すべき点はあるが、総合的にみた場合、これらの点を十分に補うだけのメリットはあると考えられ、今後、シールド工事の自動化（無人化）システムの一環として、役立つものと思われる。

なお、本装置については 特許申請中である。

27. セグメント清掃とその周辺機器

鶴見製作所 窪 泰人・埜田 忠治

*水城 文生

1. まえがき

下水道 電力、共同清等、シールド工事は全国各地で盛んに行なわれて居ります。今回弊社に於いて開発しましたセグメント清掃機は、こうしたシールド掘削工事の際に伸縮管付近及びセグメント裏込め注入時の洩れた泥水、セメントミルクが台車レール下に堆積した泥土を流体輸送方式にて排除しようとするもので、開発以来多くの現場にて御使用頂き、高い評価を受けて居ります。こうしたインバート清掃作業は、従来人介戦術で堆積した泥土をスコップで袋に詰め、これを台車に積んで抗外へ運搬する方法で行って来ました。その後、真空ポンプを利用した流体輸送がスタートした訳ですが、この際を通りの方が生まれました。一つはシールド構内に直接機械を持ち込み、堆積した泥土を真空ポンプの吸引力を用いて一度バケツに納め、これを構外へ排出する方法か又は一度吸引した土砂をポンプにて揚送するものが派生するに至った。他の方法としては発進抵抗に装置を設置した真空機械と掘進時に使用した送排泥管とを接続して清掃作業先端約1000m程度の距離を連続清掃する事が出来る方法の二つがあります。前者の特長は清掃場所に於ける吸引力が強く、高い作業性が得られる反面後方へ泥水を送る方法に難点がある他、作業段取りとして足場板及び完了区間の配管を作業区間から取り外す際に狭い場所での作業性、安全性の面にも難点がある様に想われ、又後方圧送に際しての機トラブル発生の要因と成り易かった。これは狭所に於ける作業性を高める為に機械を小型化する事を優先した事が事故の起因とも考えられます。後者の場合の特長は狭いシールド構内へ機を入れずに後方に設置した装置に送排泥管を接続するだけでよく、先端作業場所への状態はサクションホースにて作業が出来る軽便な物として作業性、安全性面を従来の装置をはるかに上回る性能が得られるに至った。

2. 機製作に当るその着眼点

上記の二つの方式の中から、機製作に当る後者を選び製作に当った。又後方へ設置する事に対して送排泥管(通常4^φ程は6^φ)を通して吸引するため、適正な吸気量(過大な吸気量では吸気量自体の圧損が発生する)を決める事と、充分なる真空度が得られる様な事から水封式真空ポンプを採用し、さらに吸引した泥水、特にセメントミルクの硬化したものをタンク外へ排出する事が最も重要な要素であるため、硬化したものを水中ポンプ下方に取り付けられた攪拌羽根車を粉碎する事をトラブルを防ぐ事を考えた。又作業性を考慮し連続運転に対して十分なる配慮を行う事により、使い易い機とする事を多くの現場を頂いた御意見をもち込んで居ります。

3 構造及び特徴

本機の構造は図1に示す様に、真空ポンプ、水中サンドポンプ、真空ポンプ用の冷却水タンク、セパレートタンク、吸気タンク、そして操作盤とから構成されています。

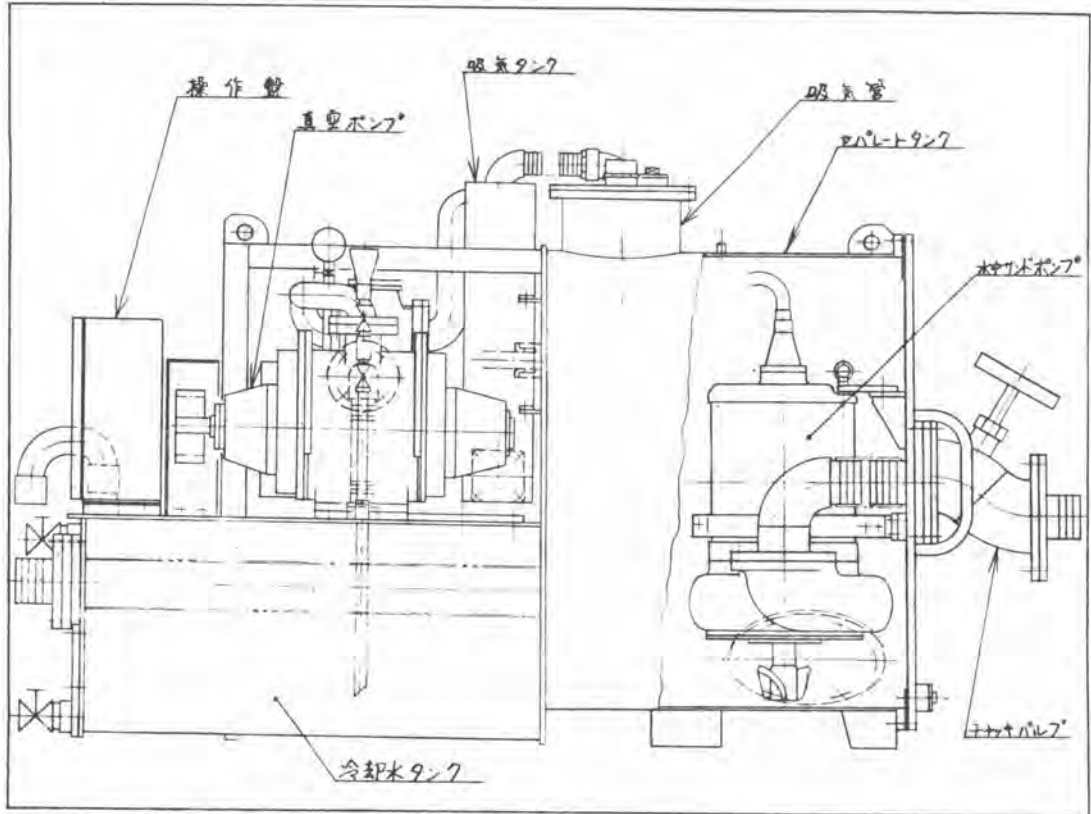


図1 構造断面図

本機内の流体の流れは、図2に示す様な流れとなります。真空ポンプの運転により、吸気タンク、セパレートタンク、吸水管の順で真空となり吸水管の先端より回収物(泥水、ヘドロ他)を吸引します。吸引された回収物は、セパレートタンク内に入り重力により気液分離され、土砂、ヘドロ等を含んだ液体のみ水中サンドポンプによって、タンク外の任意の所まで排送されます。

又、分離された気体は吸気タンクに入り飛沫を最小限におさえ真空ポンプに入ります。真空ポンプの排気水は冷却水タンクに入り、気体のみタンク外へ排気します。液体は冷却水タンクの冷却水(清水)により冷され再び真空ポンプの循環水として真空ポンプに入ります。

この一連の動作が連続して行われます。

次に真空ポンプ、水中サンドポンプはセパレートタンク内に装備された電極棒で、セパレートタンク内の水位により運転、停止が自動的に行われる様になっています。これは水中サンドポンプの排送量より、真空ポンプによる吸引量の方が多くなると場合などセパレートタンク内の水位がより真空ポンプへ泥水が入りこむ危険がある時(図3のAに水位が到達した時)、真空ポンプを停止させ、水位が下ると再び真空ポンプの運転を開始します。(図3のCの水位で再運転)

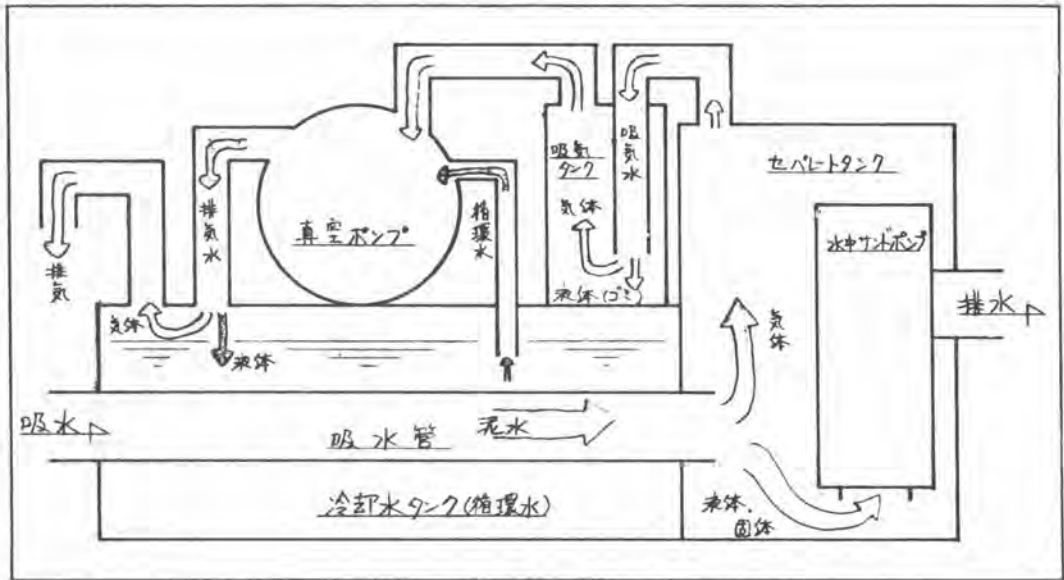


図2 装置内の流体の流れ

又、スーパーゼーションによる水中サンドポンプの異常摩耗の防止や、安定排送の為水中ポンプは設定水位の範囲(図3のa~dの範囲)でのみ運転するようにしています。真空ポンプと排水ポンプを組合せた装置が一番問題となるのは、真空ポンプへの泥水の流入防止対策と連続的な吸水、排水です。前者の問題は、図1の吸気管によって飛沫を最小限におさえ、吸気タンクで異物を沈殿させる事によって、又、水位上昇時は真空ポンプを停止させる事によって真空ポンプを保護しています。

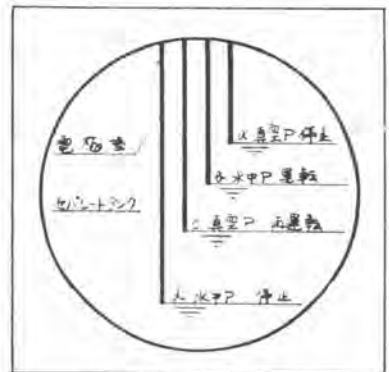


図3 水位による運転状態

後者の問題は、水中サンドポンプをセパレートタンク内に装備し、排出側にバルブを付けたことにより、連続的な吸排水を可能にしました。

装置の仕様

真空ポンプ	$\left\{ \begin{array}{l} 7.5 \text{ kW} \times 1750 \text{ LPM} \text{ 液封式真空ポンプ (Vベルト駆動)} \\ \text{最大真空度 } 740 \text{ mmHg} \quad \text{最大吸入量 } 3.8 \text{ m}^3/\text{min} \end{array} \right.$
	$\left\{ \begin{array}{l} 11 \text{ kW} \times 1450 \text{ LPM} \text{ 液封式真空ポンプ (Vベルト駆動)} \\ \text{最大真空度 } 710 \text{ mmHg} \quad \text{最大吸入量 } 5.7 \text{ m}^3/\text{min} \end{array} \right.$

真空ポンプ2機種使用

排出ポンプ(水中サンドポンプ) 11 kW x 4 P

最大揚程 19 m 最大吐出量 3.2 m³/min (5 m時)

重量 1200 kg 寸法 幅 1170 mm、高さ 1320 mm、長さ 2200 mm

4 実施例

表 1 実施例

工事名略称	真空ポンプ出力 (kW)	シールド径 (mm)	吸泥管輸送 距離(m)	吐出揚程 (m)	備考
A 下水工事	7.5	1850	500	0	片番 50R
B 雨水幹線工事	7.5	4150	400	11	片番 20R
C 下水道幹線工事	7.5	2500	600	0	片番 35R
D 下水道幹線工事	11	2500	1000	0	片番 50R
E 下水道幹線工事	11	2000	485	0	片番 40R
F 下水道幹線工事	11	2150	800	0	片番 50R
G 幹線下水工事	7.5	1900	440	10	
H 下水工事	7.5	1850	600	0	下勾配 4‰
I 下水工事	7.5	2300	900	0	上勾配 $\frac{1.5}{1000}$
J 下水工事	11	2200	740	2	上勾配 $\frac{4}{1000}$

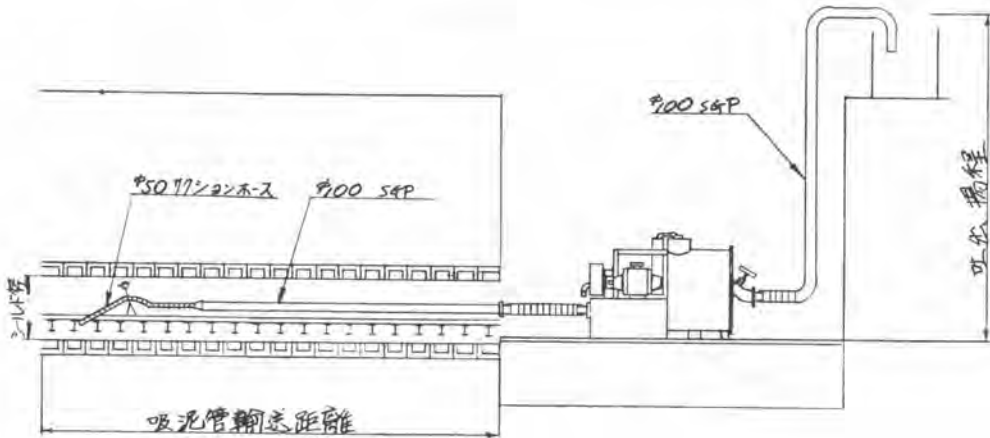


図 4 現場フローシート

5 考察及び今後の方針

上記の実施例より、真空ポンプ7.5kWで吸泥輸送距離600m下勾配4‰を考慮しますと、十分性能を発揮したものと考えます。又、真空ポンプ11kWで吸泥輸送距離1000m、処理量片番50R（シールド径2500φ）は、当初の目的を満足するものであり、現場に於ても十分期待できるものと考えます。今後は本機を小型化し（シールド径の半分に納まる寸法）掘進中に於ても、切羽ヘド口の吸取排除や伸縮管接続作業の泥水排除などの作業が行える装置の開発を考えております。

28. 場所打ちライニング工法

大林組 山 本 進・*牧 野 雅 紀

1. まえがき

昨今、シールド工法は、市街地における上下水道・電力あるいは地下鉄のトンネル築造方法として、数多く用いられ、その主流を占めている。これは、同工法が適切な施工法・補助工法の選択により、工事中地上に及ぼす影響を少なくすることができるためである。しかしながら、地盤沈下による家屋や既設埋設物への被害が少なからず発生しており、地盤沈下の防止に関する抜本的な解決方法になりえていないのが現状である。また、シールド工事の増加に伴い、効率的な施工、即ち、工期の短縮、工費の低減、等はより一層追求されなければならない問題である。このような観点から、セグメントを使わないシールドのライニング工法として開発されたのが、場所打ちライニング工法である。

本報告は、場所打ちライニング工法の概要・実機を使用したの現場実験の方法・結果を述べたものである。

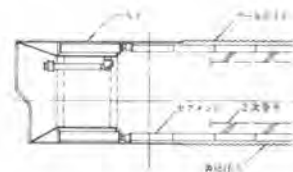
2. 場所打ちライニング工法の概要

本工法とセグメントを用いた場合の施工法の比較を図-1に示す。本工法は従来のセグメント工法のセグメント組立時に、テール内に鉄筋を組み、所定の巻厚を確保してテール内に型枠を組み、テールプレートと型枠の間にコンクリートを打設し、妻型枠兼用のプレスリングを介してまだ固まっていないコンクリートに推力を伝達し、高圧でプレスしながら、この反力を利用してシールド機を前進させる。この時切羽の掘削はセグメント工法と同様の方法にて行なうが、シールド機の推進によって生じるテールプレート厚相当のテールポイドを、瞬間的にフレッシュなコンクリートで充填でき、テールポイドに起因する沈下問題を解消できる。また、セグメント工法での一次覆工、裏込注入、二次覆工の三工程を一度に施工できる。このような施工を行なう場所打ちライニング工法はセグメント工法と比較して次のような利点を持っている。

(1) シールドの推進と同時に発生するテールポイドを瞬間的にフレッシュなコンクリートで充填できるのでテールポイドに起因する地盤沈下がない。(一般にテールポイドに起因する沈下量は全沈下量の40~50%、大きい場合には80%程度である。)

(2) 一次覆工・裏込注入・二次覆工の三工程を一度に施工出来るので全体工期を短縮出来る。

セグメント工法



場所打ちライニング工法

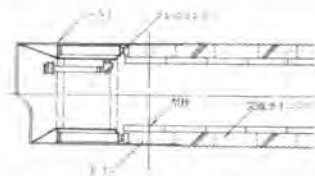


図-1 施工法比較図

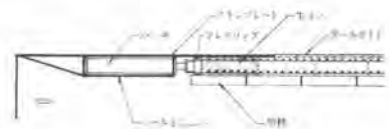


図-2 プレス工程詳細図

3.2 第1次現場実験

実験目的のうち主なものを次に示す。

- まだ固まっていないコンクリートをシールドジャッキでプレスしながらシールド機を前進させる。
- 型枠コンクリートに発生するひずみ・応力を計測する。
- プレスコンクリートの品質の確認をする。

施工方法を図-6に示す。シールドトンネルを約10m直線にて掘削し、そのうち8回(8Ring×0.75m/Ring=6.0m)を覆工厚250%の無筋コンクリートで場所打ちライニングを行った。掘削ヤズリ出しは通常の手掘りシールドと同じ方法で行った。実験方法と結果を次に示す。

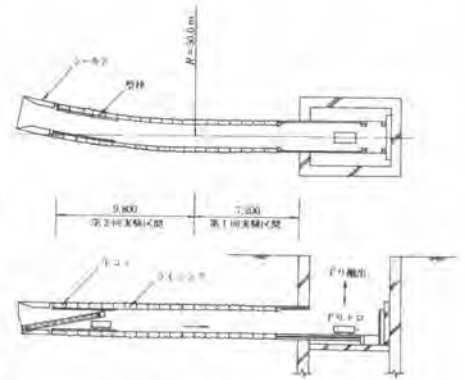


図-6 場所打ちライニング施工図

- (1) ジャッキ操作 — 全部のジャッキをプレスリングに固定した場合と下半分を固定した場合の2ケースを行った。その結果後者の方が、操作が容易で施工性が良かった。
- (2) コンクリートの打設量管理 — 型枠天端の圧力計で行った。測定の結果、圧力計の示度が2撃程度で100%充填できた。
- (3) コンクリートプレス力の管理 — シールドジャッキの油圧計(圧力変換器を油圧回路の途中に取付け自動記録とした。)と型枠天端の圧力計の読みで行った。その結果、最初コンクリートは圧密状態を呈し、シールドは前進しない。圧力計が最大値8撃程度になった時点から前進をはじめ、その後低下して4~5撃程度で保持される。
- (4) 地表面の沈下測定 — レベル測量により、掘削開始1週間前から終了後1週間経過まで毎日行なった。その結果、測量誤差と思われる1~2mmの変動であった。
- (5) コンクリートの品質管理およびその他の計測 — ライニングから採取したコアの平均圧縮強度は380撃で現場養生の供試体の強度に比べ20~70%高く、標準養生のそれと比べて10%程度高くなっている。また打継部から採取したコアの平均圧縮強度は360撃であり、また外観検査でもクラック等は発見出来ず、一般部と大きな差異は認められなかった。まだ固まらないコンクリートをプレスすると、型枠には600撃程度の応力が発生した。コアの採取長は27~30cm(設計巻厚25cm)であり、この結果からもテールボイドがコンクリートによって十分充填されていることがわかった。

3.3 第2次現場実験

実験目的のうち主なものを次に示す。

- ライニングの有筋化
- 曲線施工($R=50m$)
- ライニングの品質確認

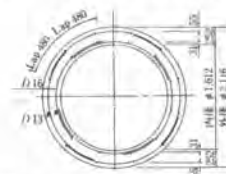


図-7 鉄筋組立断面図

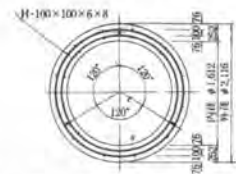


図-8 鉄骨組立断面図

第二次実験は一次実験に引続いた区間において行なった。(図-6参照)曲線半径 $R=50m$ 、施工延長 $8.25m (= 0.75m/Ring \times 11Ring)$ の線形を覆工厚250%、R.C.およびS.R.C.構造の場所打ちライニングで施工した。ここでは、主にライニングの品質、計測結果について報告する。

(1) ライニングの有筋化 — ライニングは、鉄筋（主筋D-16, etc. 150）と鉄骨（H-100×100, etc. 750）を使用した。図-7.8に配筋断面図を示す。配力筋は、プレスリングに孔をあけておき、そこに通した。これは配力筋の継手長を確保するためのものである。鉄筋組立に要した時間は40分程度、鉄骨は20分程度であった。

(2) 曲線施工 — 曲線施工は曲線半径R=50mとし、型枠はテーバー型枠を用いた。シールド機を所定の曲線に進める方法は種々考えられるが、この実験では①抵抗板の挿入、②余掘り、を採用した。推進は最初全ジャッキで行い、しばらく進んだ後に片押を行った。推進管理は型枠の定点とシールド機の定点の相対距離を把握し、行った。曲線は設計曲線に対して3cmの誤差で施工出来た。

(3) ライニングの品質 — ライニングの強度について、実験結果を表-2に示す。コアの強度は、現場養生の供試体と比べ1.3～1.9倍の値であり、いずれも標準養生を上回っている。また位置的には、左右で大差なく、一般に下端で高い傾向にある。縦断方向では、プレスリング近傍のNo.4のコアと最遠端部のNo.3のコアの強度差も殆んどない。したがって、ライニングの強度はジャッキの片押しあるいは余掘へのコンクリートの流動による悪影響が見られず、均一で緻密なコンクリートを得られることが判明した。なお、曲線施工のためにシールド外側に最大15cm程度余掘りを行ったが、この部分にもコンクリートは完全に充填されていることが、コア採取長および目視観察より十分確認出来た。

(4) プレス圧力の伝達 — 図-9に推進時のプレス圧力の経時変化を示す。この実験ではプレス圧力は9.5～23.6kg/cm²であった。圧力のピークが発生するのはシールドと既設ライニングの縁が切れる直前、すなわちシールドが動き出す直前である。プレス圧力の伝達結果を表-3に示す。前リング打継部でのプレス圧力の伝達率は50%程度であった。

4. あとがき

本実験によって所期の目的を達成することが出来、本工法の施工法の基礎が確立出来、有筋化・曲線施工も十分可能であり、ライニングも高強度で緻密な品質を有していることが確認出来た。今後さらに、各種の条件下の研究・開発を続けて行く予定である。

（参考文献）山本 進他、場所打ちシールドライニング工法に関する研究（その1）～（その4）

表-2 コンクリート強度プレス状況

No	コアの位置 (平均径、径差)	現場養生 供試体 (No.1)	コアの位置 (No.2)	コアの位置 (No.3)	コアの位置 (No.4)	備考
No.1	4.70 (4.60)	23.6 (23.1)	11.2 (10.8)	+	3.1-17.0 (16.2) 4.4-22.0 (21.2)	二層時のコア 不動体数0%
No.2	3.89 (3.71)	25.0 (24.1)	11.0 (10.5)	-	3.1-17.0 (16.2) 4.4-22.0 (21.2)	不動体数30%
No.3	3.17 (3.04)	24.8 (24.0)	11.5 (11.0)	53	3.1-17.0 (16.2) 4.4-22.0 (21.2)	不動体数0%
No.4	3.35 (3.23)	23.9 (23.1)	11.0 (10.5)	10	3.1-17.0 (16.2) 4.4-22.0 (21.2)	不動体数1%

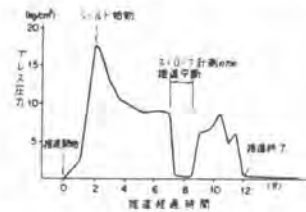


図-9 プレス圧力の経時変化

表-3 経過時間に伴う
プレス圧力伝達率

経過時間	プレス圧力 (kg/cm ²)	土圧計 (kg/cm ²)	伝達率
0'-0"	1.7	0.8	73%
0-30	4.5	2.5	56
1-0	0.4	4.5	-
1-30	16.0	8.7	54
2-0	11.2	6.0	54
2-30	8.9	4.3	48
3-0	5.8	2.9	50

29. NATM用せん孔機械について

古河さく岩機販売 三 上 芳 一

1. まえがき

NATM工法は、我が国に於ても広く使われはじめているが、泥岩、砂れき層、荒れた地山等で、その長所が特に発揮されるに拘らず、この様な地山のロックボルト孔のさく孔は、さく岩機でもオーガでも困難なことが多い。この度NATM用穿孔機を開発し、その使用実績も集つたので、概要を述べる。

2. 穿孔機の概要

写真1のように、台車に油圧さく岩機を搭載したものであるが、さく岩機・制御関係・附属装置に特色がある。打撃数は800～3100rpmに可変であり、打撃力も可変である。回転数は0～1500rpmで高速回転が出る。最大トルクは30kg-mで強力である。フィードは速度及び押付力が調整可能でロッドの突込みによる「たけのこ」発生防止している。

ロッドにくり粉が付着し(いつき)、くり粉が出なければ穿孔不可

能になる。ロッドにスパイラルフープを付けても、フープにくり粉が付着すると排出の効果はなくなってしまう。これを防止するためには、くり粉がこねられる前に速やかに強力ブローで排出すること、及び打撃の衝撃と高速回転で振り払うことで対処している。ロッドの継ぎ切りのために油圧ロッドキャッチャーが設けてあり、ロックボルト挿入等のための作業用ケージが装備されている。この機械で切羽のさく孔も勿論可能である。



写真1

3. 成田新幹線トンネル(泥岩・砂質土互層で水分多し)

このトンネルは、地表には道路等が通っており土覆りが薄く、NATM工法を採つたが、泥岩・砂質土の互層で水分があり、従来のオーガやさく岩機でさく孔すると1m位でくり粉が詰つてさく孔困難となり、時間と労力をかけて作業していた。第1表は本機によるさく孔データで、深さ9mの

孔を9分程度で仕上げている。 岩質の変化が多くても孔壁が荒れず、14時間後も孔が安定していた。 孔壁を滑らかにするためさく岩機を前後進させ1孔平均14回の孔掃除を行い、それを含めてさく孔速度は1400mm/minであった。

第1表 成田新幹線トンネルのデータ

さく孔長：9000mm (3本継)
 ロッド径×長さ：φ32mm×3000mm
 ビットゲージ：φ34mm

岩質：泥岩・砂岩の互層
 ブロー圧力：5~6.5 kg/cm²

さく孔長	さく孔方向 (±°)	打撃数 (b.p.m)	回転数 (r.p.m)	フロー量 (m ³ /min)	純さく孔時間(sec) 孔掃除()内回数 の時間を含む	ロッド継時間 (sec)	総さく孔時間 (sec)	摘要
9m	水平 0°	800	1500	3.2	270 (15)	150	420	
	0°	1000	1500	3.2	240 (12)	180	420	
	斜上 +30	800	1500	3.4	390 (12)	130	520	
	+20	1000	1500	3.5	450 (17)	210	660	
	下向 -90	800	1500	3.0	250 (21)	110	360	
	-90	1000	1500	3.2	340 (20)	110	450	
	斜下 -70	800	1500	3.0	520 (10)	250	770	水多し
	-70	1000	1500	3.0	550 (14)	105	655	"
	-45	800	1500	3.5	410 (10)	140	650	"
	-30	1000	1500	3.5	470 (9)	110	580	"

4. 有馬ダム洪水吐トンネル(チャート・粘板岩の互層で破砕帯が多く、玉石がある)

有間ダムは、埼玉県管多目的ダムであるが、洪水吐導流部が47°の斜坑になつている。 当所は上記の硬な地山のため、「たけのこ」が多発し、さく孔困難なところであるが、本機によりほぼ順調に作業が出来た。 写真2は斜坑入口部でロック

写真2

ボルトさく孔中のもので、第2表はそのさく孔データである。 9m、6m、3mの深さの孔をブローでさく孔し、さく孔平均速度6000~9000mm/minであった。 ビットに逆刀を付けたことも有効な秘訣である。



第2表 有間ダムのデータ

さく孔長：9m, 6m, 3m
 ロッド径×長さ：29六角×3000mm
 ビットゲージ：φ55mm

岩質：チャート粘板岩の互層、破碎帯
 主石あり
 ブロー圧力：4.0～5.5 kg/cm²

さく孔長	さく孔方向	打撃数 (b.p.m)	回転数 (r.p.m)	ブロー量 (m ³ /min)	純さく孔時間(sec) 孔掃除()内回数 の時間を含む	ロッド継時間 (sec)	純さく孔時間 (sec)	摘要
9m	水平	3100	280	2.8	735 (5)	120	855	
	*	*	280	3.0	680 (3)	140	820	
	*	*	280	2.6	740 (5)	235	975	ロッドキャッチャ不調
	*	*	250	2.8	670 (5)	245	915	*
6m	斜上向	3100	280	2.9	425 (1)	150	575	
	*	*	250	3.2	445 (4)	120	565	
	*	*	280	3.2	480 (3)	180	660	
	斜下向	3000	250	3.0	440 (3)	170	610	
	*	3000	250	3.1	420 (4)	50	470	
	*	3100	280	3.2	205 (1)	60	265	
3m	斜上向	3000	250	3.1	210 (0)	—	210	
	*	3000	250	3.1	195 (1)	—	195	
	*	3000	250	3.1	195 (1)	—	195	

5. 新榎トンネル(泥岩・凝灰岩の膨脹性地山)

所削膨脹性地山で、水分を含んでおり、孔詰りを起しさく孔困難な地山である。本機により、はじめブロー方式で回転・打撃・フィールドの諸元を変え、ビットを変え一応実用の段階に到つたが、その後湿式さく孔を試み、孔荒れや地盤の泥濘化が、許容し得る程度であり、さく孔速度が2倍になるので、現在湿式さく孔を行つている。第3表は湿式さく孔のデータでさく孔速度は、1500～1700 / minである。データによると、孔方向が水平に近づくにつれ粉排除が尙不充分で速度が遅くなつてゐることが判る。

第3表 新潟県新榎トンネルのデータ

さく孔長：4m, 2m
 ロッド径×長さ：φ32mm×2000mm
 ヒットゲージ：φ34mm

岩質：泥岩, 凝灰岩の膨張性地山
 (含水性)
 注水圧：10~11 kg/cm²

さく孔長	さく孔方向(±°)	打撃数 (b.p.m)	回転数 (r.p.m)	注水量 (ℓ/min)	純さく孔時間(sec) 孔掃除()内回数の時間を含む	ロッド継時間 (sec)	総さく孔時間 (sec)	摘要
4m	上向+90	800	1500	15	120 (3)	110	230	
	斜上+75	800	1500	17	127 (3)	150	277	
	+60	1000	1500	17	131 (2)	180	311	
	+45	1000	1500	20	150 (4)	100	250	
	+30	1000	1500	25	170 (3)	190	360	
	横 +15	1000	0~1500	27	165 (4)	160	325	
2m	上向+90	800	0~1500	20	52 (1)		52	
	斜上+75	800	0~1500	25	56 (1)		56	
	+60	800	0~1500	25	63 (1)		63	
	+45	1000	0~1500	30	77 (2)		77	
	+30	1000	0~1500	30	90 (2)		90	
	横 +15	1000	0~1500	25	91 (2)		91	

6. あとがき

従来さく孔困難な地山で、成果を挙げているが、地山の変化は多く、それに合せた対策を考える必要があると思う。尚、本報についてはサンフランシスコで開かれた「T B A M」トンネル掘さくと採鉱会議で発表された。

30. 都市部の軟弱地盤における NATMについて

熊谷組 御手洗 良 夫

1. まえがき

我国に初めて新オーストリアトンネル工法（NATM）が導入されてから数年を経過したが、この間にいろいろな研究、実験が行なわれ、その結果施工上の工夫あるいは改良が加えられ、一層合理的の工法となり、今日ではNATMがトンネル工法の主流となる趨勢にある。

当初NATMは山岳トンネル工法として膨張性地山、軟岩、中硬岩へと適用され、すばらしい成果をあげ、相当悪い条件のもとでも安全性の高い施工が可能である事を実証してきたが、最近ではその適用範囲を都市部における軟弱地盤あるいは砂層へと拡げつつある。

本報文は、都市部における軟弱地盤へのNATM適用の一例として、日本住宅公団が多摩ニュータウン開発の一環として施工中の三沢川分水路整備工事（A-1工区）の尾根ルートにおけるNATMの施工実績をまとめたもので、NATM施工、切羽安定のための補助工法である垂直縫地工法、そして新しい吹付け工法（C&Vショットクリート工法）について述べるものである。

2. 工事概要

東京都稲城地区の多摩ニュータウンは、日本住宅公団により現在開発中であるが、その開発の一環として施工中の三沢川分水路整備工事（A-1工区）は三沢川本流の治水の安全度向上と多摩ニュータウン開発により増大する雨水対策のための放水路トンネル構築工事である。この工事のうち尾根幹ルート雨水管渠合流工は34mの本流部（84 m^2 ）と円型立坑より約30mの支流部（48 m^2 ）とが30度の角度をなしているY字合流部のトンネル部と深さ約15m径11.4mの円型立坑からなる工事である。



図 - 1

3. 地質

この地区は多摩川の右岸に沿って発達した多摩丘陵地にあたり、地形的には全体的にみて丘陵地であるが、局部的にはかつての武蔵野面あるいは多摩面に相当すると考えられる段丘面の形跡が認められる。施工箇所は稲城砂層からなる丘陵地の小さな谷部に位置しており、地質構成は地表から、表土（埋土）、沖積粘性土層、沖積礫層、稲城砂層となっている。

トンネルの切羽に出てくる地質はほとんど稲城砂層であり、トンネル天端より上部はN値が20以下、トンネル構築部はN値が30～50位となっている。

地下水はGL-1.4m付近にあり、施工箇所が沢となっている事を考えあわせると、施工時に相当

な湧水量がある事が懸念された。

4. NATM施工

吹付けコンクリートとロックボルトを主要な支保部材とするNATMはこれまでにいろいろな悪条件のもとで採用されその施工効果、安全性は十二分に実証されているが、本工事のように土被りが浅く地下水位の高い軟弱地盤に適用するにあたり、次のような解消すべき問題があった。

- (1) 土被りが約5mと薄く、かつ地質的にも表土、粘性土および細砂と非常に軟弱であるため地表面の沈下あるいは掘削時の切羽の不安定が懸念される。
- (2) 地下水位がGL-1.4mと高く、施工時の湧水あるいは砂層の粒度分布が悪いために流砂現象の発生が懸念される。

これらの問題を解消するために(1)については垂直縫地工法を、(2)についてはディープウェル工法を補助工法として採用した。又この区域は将来約13mの盛土を施す計画があり、盛土がトンネル構造物にあたえる影響も考慮する必要があった。

4-1 トンネル部の施工

本流、支流、合流部の標準支保パターン図を図-2～図-4に示す。パターンロックボルトの打設は肩の部分約45°附近までしか行なわないが、それより上部は垂直縫地の中心に入っている鉄筋(φ32mm)を支保工に連結させ、掘削後はロックボルトとしての効果を発揮させる。

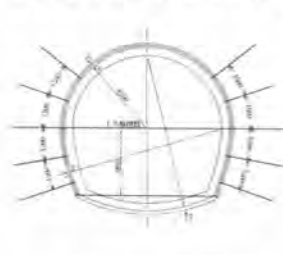


図-2 本流部標準支保パターン

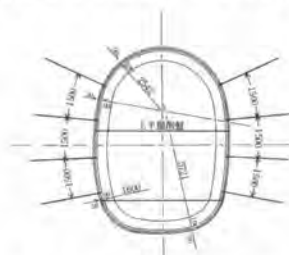


図-3 支流部標準支保パターン

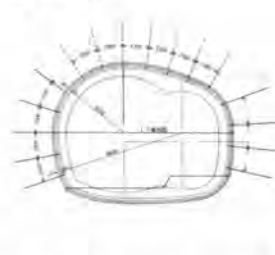


図-4 合流部標準支保パターン

掘削の順序は、(1)支流部上半 (2)本流部上半 (3)下半 (4)インバートの順に行なった。掘削は上半部では地山が軟弱であるため人力掘削でリングカットとし、ベルトコンベアでずり出しを行なった。下半掘削はロードヘッド(MRH-S45)により掘削しベルトコンベアで礫出しを行なった。掘削にあたり切羽の安定時間がどの程度であるかという事が重要であるが、一間ごとに切羽に出てくるように施工した垂直縫地が相当効果を発揮し、切羽の返りは皆無に近かった。垂直縫地の効果とは別に、更に切羽における作業の安全性を向上するためにエキスパンド矢板を製作し、天端近くの掘削面に掘削後直ちにセットした。



切羽状況

- 掘削後 (1)メタルラスの取付け (2)一次吹付け (3)支保工建込み (4)二次吹付け
(5)核(へそ)の掘削 (6)ロックボルトの打設

といった順序で施工した。合流部では最大約 15 m のスパンの切抜げを吹付けコンクリートとロックボルトだけで支保しながら施工したが、何の支障もなくスムーズな施工が可能であった。

4-2 立坑の施工

立坑は鋼製支保工を使わずに吹付けコンクリートとロックボルトだけで施工した。立坑本体掘削に先だち、掘削時の不測の事態に対処するために、円型立坑周辺に約 1.5 m ピッチで H-150×150 ($\rho=17.1 \text{ m}$) を打ち込み掘削面の安定をはかった。杭打機 (30 ton クラス) に変速機を取付けアースオーガ ($\phi 300$) で削孔し、引上げながら貧配合のモルタルを填充し、H-150×150 を建込んだ。掘削は、一掘進を 1.5 m とし地表面よりバックホウ (0.4 m³ クラス) で掘削可能な深さ (約 5 m) まで掘り、それより下部はすでに到達している支流部にずりを落とし搬出した。地下水はディープウェルを行なっていたので水位は低下していたが、立坑の一部湧水箇所があり、初め吹付けコンクリートの作業は難渋した。しかし、湧水の集中排水あるいは壁面にモルタルを塗りつけ、迅やかに吹付けコンクリートを施す等の対処をして無事に施工を完了した。



立坑掘削

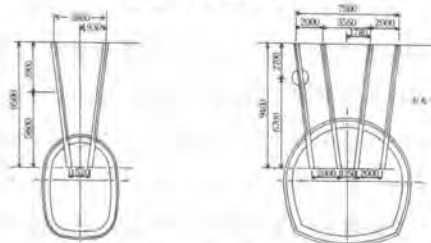
4-3 垂直縫地工法

垂直縫地工法はトンネル坑口附近やトンネル被りのうすい場所等地質的に悪条件の所での切羽安定のために、地表よりボーリングを行ない、そのボーリング孔に必要に応じた太さのボルトを挿入して、トンネルを掘削する事によって影響を受ける地山を、地表から事前に補強し一時的或いは最終的に地山の安定を保つ工法である。今回の工事では、トンネル被りが約 5 m と非常に浅く、又地質も表土、粘性土、細砂等軟弱であるため、掘削後吹付けコンクリートあるいはロックボルト施工までに地山の安定が保たれるかどうか懸念される。そのために事前に地表から垂直縫地工を行なうことになった。この地区は将来盛土を施す計画であるが、垂直縫地の鉄筋ボルトが盛土荷重を受けてトンネルライニングにアクティブに働く可能性があるため、ボルトは 2 本を途中でカップラーで接合し、工事終了後上部のボルトは撤去可能な工夫をした。施工手順は、

- (1) 削孔は $\phi 300$ のトラック型式のアースオーガーによって行ない、傾斜を $5^{\circ} \sim 7^{\circ}$ にしてセットした。
- (2) 削孔後アースオーガーの中空孔を通して発泡モルタル ($\rho_{25} = 15 \text{ kg/cm}^3$) を注入しながらオーガーを引抜き所定の高さまでモルタルを注入する。
- (3) $\phi 32$ のボルト (ネジコレ) 2 本継ぎを孔の中心部に挿入する。
- (4) ボルト挿入後、モルタルの上部の孔は山砂で埋め戻す。



垂直縫地施工状況



図一五 本流部垂直縫地配置図 図一六 支流部垂直縫地配置図

5. C & Vショットクリート工法

NA TMの普及に伴い吹付けコンクリートの施工が増えて来、非常に良い成果をあげているが、吹付けコンクリートは粉塵が多く作業環境を悪化させるといった難点がある。この粉塵の問題と吹付けコンクリートの品質管理を改善すべく開発されたのがC & Vショットクリート工法（CはClean, VはViscous（粘り気のある））である。当現場においてC & Vショットクリート工法の試験施工を行なった。図-7に吹付けコンクリートの系統図を示す。この図からわかるようにC & Vショットクリート工法は従来の吹付けシステムにポリエチレンオキサイドである『CAVE』の水溶液を添加する所が違う所である。

吹付けコンクリート材料の計量はコンクリートモービル（CM-250型）を、吹付け機はセミ湿式コンクリート吹付け機（アリバー260型）を使用した。表-1に吹付けコンクリートの標準配合を示す。

普通の吹付けコンクリートとC & Vショットクリート工法との比較のために粉塵量測定、はね返り量測定、一軸圧縮強度試験を行なった。それらの結果を表-2～表-4に示す。室内試験および現場試験の結果をまとめると、C & Vショットクリート工法は次の様な特徴を有する。

- (1) 従来の吹付けに較べて、粉塵量は $\frac{1}{5} \sim \frac{1}{10}$ に減少し、はね返り量も少なくなる。
- (2) 今までの吹付け装置をそのまま使用できる。
- (3) 分離、ブリージングの少ない高品質の吹付けコンクリート施工が可能で、品質管理が良くなる。
- (4) 「CAVE」の混入による吹付けコンクリートの強度低下はない。

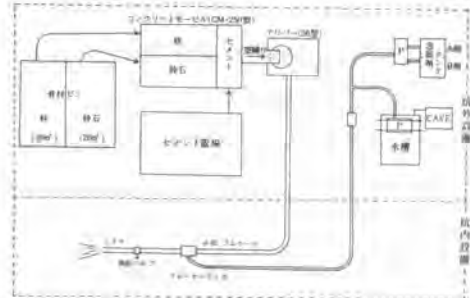


図-7 吹付けコンクリート系統図

表-1 吹付けコンクリート標準配合

セメント C (kg)	砂 S (kg)	砂用 G (kg)	水 W (kg)	W/C	S/A	スランプ (cm)	最終 C 14%	最大寸法
360	1050	879	151	4.2	5.5	5~8	14.4	15

表-2 粉塵量測定結果

種類 項目	PEO混入 コンクリート			普通 コンクリート
	20 cps	40 cps	60 cps	
カウント数	524	368	177	1439
粉じん量 kg/m ³	15.7	11.0	5.5	47.1

表-3 はね返り量測定結果

種類 項目	PEO混入 コンクリート			普通 コンクリート
	20 cps	40 cps	60 cps	
吹付け量(m ³)	5.75	5.67	5.93	4.05
はね返り(%)	25	23	31	35

表-4 一軸圧縮強度試験結果

種類 項目	PEO混入 コンクリート			普通 コンクリート
	20 cps	40 cps	60 cps	
7日強度 kg/cm ²	231	247	211	198
28日強度 kg/cm ²	266	278	252	243

6. あとがき

都市部での土被りが浅く軟弱地盤のうえに地下水位が高いといった悪条件のもとで、NA TMは十二分にその効果を発揮し、成功をおさめた。この成功はNA TMの合理的施工性もさることながら、ディープウェル工による地下水の処理と切羽安定のための垂直縫地工とに因る所が大である。又新しく開発したC & Vショットクリート工法を採用し作業環境改善に大いに効果をあげた。本工事では、いくつか新しい試みが行なわれ、都市部の軟弱地盤へのNA TMは安全性の高い施工が出来ることが実証されたとともに今後の都市部でのNA TMの可能性を大いに拓けたといえる。

31. 長距離小径管推進工法（OHA/M 工法） の開発

奥村組 三 島 亨 介・*増 田 正 和

園 部 富士雄

1. まえがき

大都市周辺や地方都市の下水道網充実への動きにともなって、近年急速に増えつつある小口径管推進工事に対して各種の施工法が開発されているが、種々の施工条件に対して未解決の部分が多くみられる。当報告は、当社開発による水平オーガー型式の小径管推進工法に次のような改良点を加味させた OHA/M 工法 (Okumura Horizontal Auger / Mini) に関するものである。

- Ⅰ. より小口径の管の施工
- Ⅱ. 高精度の施工
- Ⅲ. 長距離の施工
- Ⅳ. 推進機の小型化と立坑の縮小化
- Ⅴ. 工事費の低減

工法開発は、まず工法を中心となる小径管推進機（以下 OHA/M 機と略称）の設計・試作を実施し、ついでその性能確認と工法の確立をはかるための実験施工を行った後、推進工事の施工に採用した。以下にこれら一連の開発結果について述べる。

2. 工法および推進機

(1) OHA/M 工法

ヒューム管の敷設の場合を例にとり図-1 に示す仮管方式を説明する。まず発進立坑内に推進機本体を据付け、オーガースクリューで切羽地山を回転・掘削しながら先導管と仮管を推進させ、掘削土砂はスクリューにより後方の発進立坑に排出する。仮管を接続しながら到達立坑まで推進作業を行い、仮管の推進が終れば次に仮管の後部にヒューム管を接続し、圧入装置でヒューム管を前方へ押し仮管とヒューム管とを置換えることによりヒューム管の敷設が完了する。

通常ヒューム管の外径にほぼ等しい外径の先導管と仮管を使用するが、先導管および仮管の外径とヒューム管の外径が異なる場合でも施工法の工夫により施工可能である。例えば外径差が大きくヒューム管と仮管の間で段差ができる場合は、管の置換え時に管径差により生じた空隙を充填材で埋める方法を採用。

また本工法によりパイプルーフ工事などの鋼管の推進も可能である。すなわち先導管を鋼管先端に装置させ鋼管をオーガースクリューのケーシングとし推進を行う。

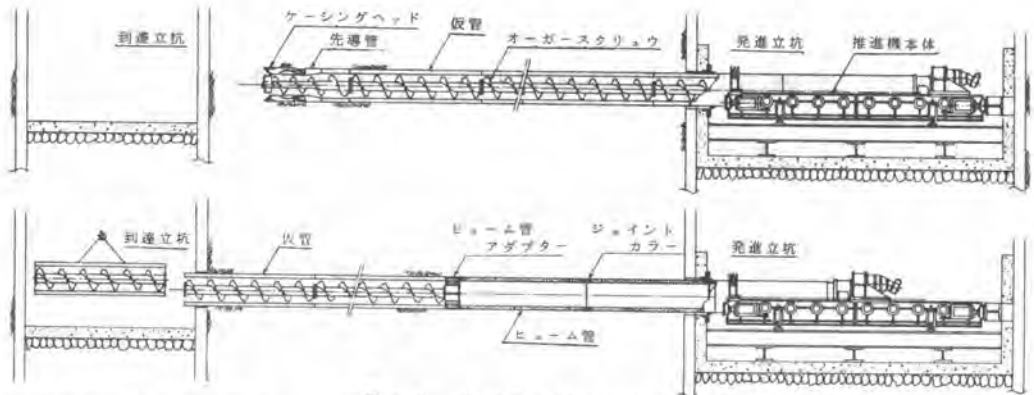


図-1 OHA/M工法によるヒューム管の推進

(2) 先導管の測量と方向修正

小口径管の長距離・高精度施工には測量と方向修正は非常に重要であり、これが工法の優劣を決めるといっても過言ではない。そこで先導管を所定の方向へ精度良く推進するためには、測量および方向修正が常時行える方法が必要と考え図-2のような測量装置と方向修正装置を考案し製作した。

測量と方向修正の方法を同図により説明する。

- I. 推進機後方の管の中心線上にテレビカメラを装着したトランシットを据付ける
- II. トランシットを介してテレビカメラでターゲットの位置を読取り、それを運転席のテレビ受像機に写し出し推進計画線からの先導管の位置ずれを読取る
- III. その結果を見て運転者は先導管に内蔵された方向修正ジャッキを作動させ先導管の向きを変える
- IV. そのときの先導管の首振り状態は角度検出器で検出しそれを運転席の角度指示計に表示する。

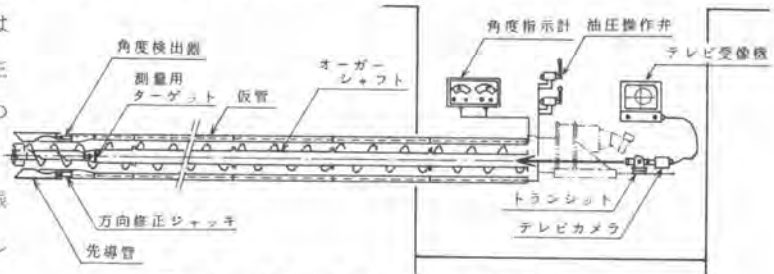


図-2 測量装置および方向修正装置

この装置と方法によれば、運転者は管を推進しながら常に先導管の位置ずれと首振り状態を把握できるので、狂いが小さいうちに方向修正を行い、また方向修正の結果を確認することにより高精度の長距離推進が可能になる。

表-1 OHA/M機仕様

(3) OHA/M機

本機は、推進機本体、先導管、仮管、オーガースクリューおよび油圧パワーユニットなどからなる。同機の開発には前章で述べた改良点を織込み、特に機械構造の簡素化と小形化を配慮し、そのうえで小口径管の長距離・高精度推進という施工条件に適した機械になるように設計した。表-1に機械仕様を示す。性能的には100mの推進を可能にするため、

機体寸法	4.8m(長)×1.8m(幅)×1.1m(高)
駆動方式	全油圧駆動
圧入力	200ton
圧入速度	1.5cm/min(max)
オーガトルク	2500kg・m
オーガ回転数	12rpm(max)
動力	48kW(37kW+11kW)
適用管径	ヒューム管250~500φ、鋼管350~700φ
適用土質	粘土、シルト、砂、80φ以下の礫層 N値5.0以上の土質でも施工可能

従来の推進工事の実績を参考にして圧入力とオーガータルクを決め小形で強力な機械にした。

OHA/M機の全景を写真-1に示す。写真中の先導管は上下・左右への方向修正が可能なように首振り機構を備え、4本の方向修正ジャッキと同ジャッキを働かせたときの首振り状態を把握するための角度検出器を備えている。仮管は工法の項で説明したように敷設本管の推進に先立って推進するもので掘削土砂排出用のスクリュウのケーシングの役目もし、1本の長さはヒューム管と同じ2.43mである。

油圧パワーユニットは圧入ジャッキやオーガースクリューの回転などの駆動源であるが、市街地での施工を考慮して防音対策を施してある。



写真-1 OHA/M機

3. 施工例

(1) 性能確認実験

OHA/M機の方向修正の性能、掘進性能および作業性などを調べるため、実験施工を行ったのでその概要と結果を述べる。

a. 実験概要

実験期間 昭和56年1月6日～1月17日

土質 N値0～5の砂質シルト

土被り 2.3m

推進距離 33.3m

b. 実験結果

実験結果を図-3に示すが、図から分るように方向修正は良くできることが確認された。到達の手前で上向きの変位が大きいのには変位が大きくなるまで放置し急激な方向修正の可能性を試したためである。

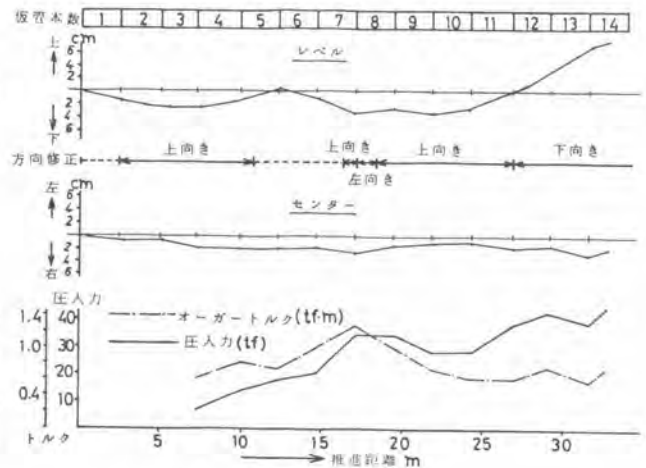


図-3 実験結果

(2) OHA/M工法による推進工事

実験の結果からOHA/M機の実用性を確認したので、必要な改造を施した後、第1回目の工事として千葉県印幡郡印西町で下水道管の推進工事に投入し施工した。以下にその概要を述べる。

a. 工事概要

工事名称 印西町都市計画第2号下水道(手賀沼流域関連公共下水道)公事

工期 昭和56年1月～3月

工事場所 千葉県印幡郡印西町大森字中ノ口

工事内容 φ400ヒューム管推進およびφ530鋼管推進、延長330m、7スパン(図-4参照)

土質 砂(図-4参照)

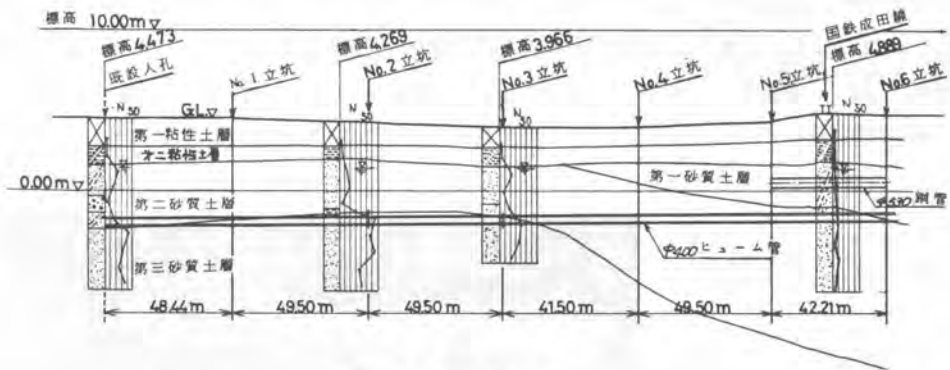


図-4 現場縦断面

b. 施工方法

施工方法は、前述した仮管方式によりヒューム管を敷設するものである。また鋼管の敷設の方法も仮管推進完了後、仮管の後から鋼管を溶接により接続しながら押し抜き、置き換えた。

写真-2に施工状況を示す。

c. 施工結果

現場の土質は実験のときとは全く異っていたが、施工精度、施工能率ともに良い結果を得ることができた。

土質が非常に硬い所では、方向修正の効果が若干劣ったが、あまり方向が狂わないうちに修正することにより精度良く施工できた。先導管の測量軌跡の例を図-5に示す。

反力受けの設置や機械の据え付けなどの段取り作業は昼間作業（8時間）で、仮管の推進とヒューム管の置換えの作業は昼夜作業（8時間×2）で行い、1スパン（約50m）を平均1週間で施工することができた。



写真-2 施工状況

4. あとがき

以上紹介したように、実験および工事を通じて、本工法により小口径管推進工事を精度よくまた能率よく施工できることを確認できた。

今後は、より長距離の施工をはじめ種々の施工条件に対応できるよう研究をすすめて小口径管推進工法の充実を図るべく努力していきたいと考える。

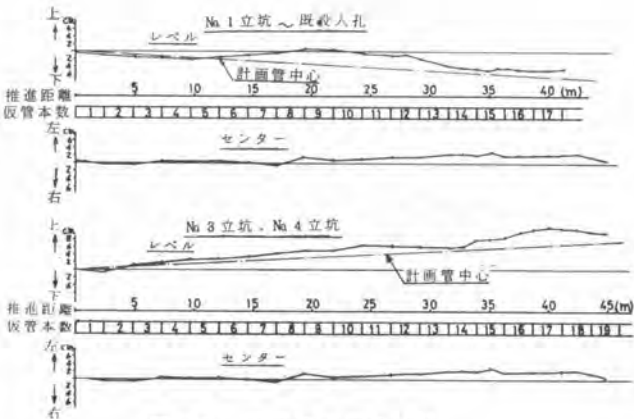


図-5 先導管の測量軌跡

32. コンクリートポンプ車の騒音低減

建設省土木研究所 沢田茂良* 境友昭

1. まえがき

ピストン式コンクリートポンプ車の騒音は、衝撃性騒音で、またそのレベルも高く、特にコンクリート工事が比較的住居地域で施工される機会が多いことなどを考えると、騒音低減対策の緊急度が高いと言える。にもかかわらず、今までコンクリートポンプ車に対する騒音低減対策が検討された事例は皆無に等しく、当然のことながら、騒音低減対策を検討する上で必要な、騒音発生機構、各音源の騒音寄与量に関する研究報告も見当たらない。

本論は、ピストン式コンクリートポンプ車（I P F 100B）の騒音低減を目的として実施した、騒音発生機構、騒音寄与量の解析結果について報告するものである。

2. 騒音寄与量

2.1 騒音寄与量解析の実験計画

コンクリートポンプ車の騒音は大きく分けて、①エンジン、②油圧ポンプ、③オイルクーラ、④コンクリートポンプ装置、から発生し、④は衝撃音であるが、他は定常音である。

各コンポーネントが発生する騒音が相互に独立のエネルギーを持つと仮定した時、発生する騒音のエネルギー Y は、

$$Y = (A)^T \cdot (X) \dots\dots\dots (1)$$

である。ここで、 (X) は、コンポーネントが発生する騒音のエネルギーベクトル、 (A) はコンポーネントの稼動状態を示すもので、ベクトル (A) の要素は、対象コンポーネントが稼動している時1、停止している時0のダミー変数によって構成される。

表-1は、(1)式の考え方を基にした騒音寄与率解析のための実験計画を示すもので、表中の数字はダミー変数 a_{ij} である。実験番号1はエンジンハイアイドル、4は無負荷最大運転である。

表-1 騒音寄与率解析の実験条件

実験番号 コンポーネント	ハイアイドル 1	2	3	無負荷最大運転 4
エンジン	1	1	1	1
油圧ポンプ	0	1	1	1
オイルクーラ	0	0	1	1
コンクリートポンプ	0	0	0	1

(1)式は、線形重回帰モデルに相当するから、各コンポーネントの騒音寄与量は最小自乗法により、

$$\bar{X} = (A^T \cdot A)^{-1} \cdot A^T \cdot Y \dots\dots\dots (2)$$

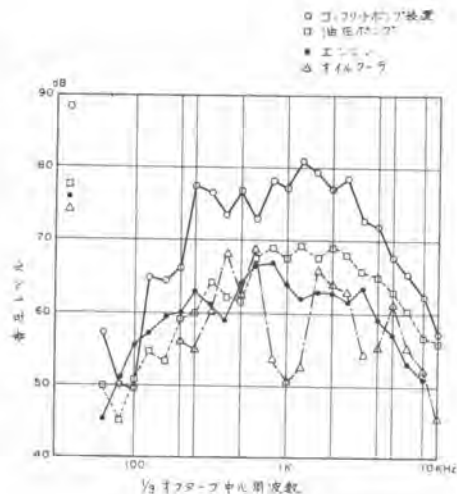
として与えられる。

2.2 騒音寄与量の推定

図-1は、各コンポーネントの騒音寄与量の周波数特性を1/3オクターブバンドで示したものである。オーバオール値での騒音の寄与率は、コンクリートポンプ装置が、84.2%、油圧ポンプ7.6%、

エンジン5.0%, オイルクーラ3.3%で、コンクリートポンプ車の騒音を支配しているのは、コンクリートポンプの騒音であると言って良い。また、この騒音は間欠的な衝撃音であり、その他の定常音より約8dBA高いことから、騒音低減対策の優先順位は、このコンクリートポンプ装置から発生する騒音が第一位であると判断して良い。

また、図から、油圧ポンプの騒音は、エンジン騒音より高周波音であり、オイルクーラの騒音は400Hzと630Hz帯域に、油圧ギャモータおよび油圧ポンプに起因する高レベルの成分を含んでいることがわかる。



3. 騒音の発生機構と騒音対策

3.1 調査方法

コンクリートポンプから発生する衝撃音の第一の原因は、主油圧シリンダがストロークエンドでストッパに衝突する時の衝撃振動であり、次いで、吸入吐出弁が弁座に衝突する時の振動である。騒音の発生の原因は、この衝撃によって機械の各部が励起され振動エネルギーの一部を空中放射音に変換していることであるから、この衝撃信号の伝送時間、周波数特性を調べることによって、いわばインパルス応答法に類した考え方で音の発生機構を知ることができる。

表-2は、騒音発生機構解析のための実験の測定項目を示すものである。コンクリートポンプ車騒音発生系の基本的な信号となる、主油圧ポンプの圧力、ストッパの振動、および騒音のモニタ点(左側7m点)は常に測定した。

表-2 騒音発生機構解析の測定項目 ○印; 測定項目

測定項目 実験番号	ストッパ		四方弁	主シリンダ 油圧		油圧ポンプ			吸入吐出弁		7m点 騒音		
	近接音	振動	振動	振動	左	右	近接音	振動	油圧	近接音		振動	油圧
1	○	○	○		○	○		○					○
2		○						○	○	○	○		○
3	○	○		○	○	○		○					○
4		○						○	○	○			○

3.2 各信号のタイムシーケンス

無負荷最大運転時の衝撃信号の発生時刻に着目した場合、主シリンダのストッパ部の振動が常に第一番目であることから、表-3はストッパ部の振動の立上りを0として、その他の信号の立上り時間の遅れの測定結果を示したものである。表は1/1,000秒単位で最大、小数点2桁まで示しているが、実際的な読取精度は、200~300μsecである。

表-3のタイムシーケンスに対し、空気中の音波の伝播速度を340m/sec、金属中のそれを5,200m/secとして考察すると次のような事象が推定される。

- ㊸ 四方弁の振動は、ストッパの振動ではなく油圧回路の切替時の油圧変化あるいはスプールの動きに依存している。
- ㊹ 7m点の騒音は、ストッパ近傍から発生しており吸入吐出弁の着座振動の寄与率は小さい。

◎ 吸入吐出弁近傍音は、 表-4 各信号の時間遅れ(単位 1/1,000秒)ストップ信号基準

ストップ部の衝撃信号が
コンクリートホッパを励
起することによって発生
しており、弁の着座振動
の寄与率は小さい。

部位	ストップ近接音	四方弁振動	7m点騒音	主ポンプ圧	左シリンダ圧	右シリンダ圧	弁駆動油圧	弁座振動	弁座近接音	主ポンプ圧	左シリンダ圧	7m点騒音		
状態	近接音	振動	騒音	瞬立ち	立上り	圧力	圧力	1次	2次	近接音	圧力	圧力	騒音	
(右シリンダ)	0.63	2.5	25.3	3.4	9.1	3.4	1.3							
(左 "	0.93	2.5	24.4	3.1	9.4	5.6	3.1	57.5	0.63	58.8	1.9	4.7	2.2	26.3
(右 "	0.63	2.8	26.6	4.1	8.4	3.8	2.2	53.9	0.63	65.8	1.3	3.9	-	25.8
(左 "	0.63	2.8	25.6	3.1	8.7	5.6	3.7	61.1	0.75	62.3	1.4	4.8	1.7	26.1
(右 "	0.63	1.9	26.3	3.7	10.6	5.0	2.5	50.6	0.63	63.1	1.3	4.4	-	26.3
(左 "	0.78	0.9	25.5	4.5	9.2	2.5	4.2	63.5	0.68	64.1	1.3	4.1	1.6	25.4
(右 "	0.75	2.8	25.9	4.7	9.1	3.8	2.8	53.1	0.63	64.4	1.3	4.7	-	25.6
(左 "	0.63	2.5	25.0	3.8	8.8	3.8	3.8	58.1	0.63	58.75	1.3	4.2	2.1	25.4
(右 "								54.1	0.63	67.2	1.3	4.7	-	25.3
平均	0.7	2.3	25.6	3.8	9.2	4.3	3.0	56.5	0.65	63.1	1.4	4.4	1.9	25.8
標準偏差	0.11	0.7	0.7	0.6	0.7	1.13	0.95	4.4	0.04	3.0	0.2	0.34	0.3	0.4

3.3 ストップ振動音の発生機構

ストップ部で根源的な振動が発生しているのは事実であるが、ストップで発生する振動は図-2に示すように2,500Hz,5,000Hz帯域にピークを持つ信号で、ストップ近接位置あるいは7m点で観測される騒音の周波数構成とは著しく異なっている。また、ストップ自体の面積は小さく、これらの点からみて、ストップ自体が発音体となっているのではなく、これに連結された表面積の大きいコンポーネントが発音体となっていると考えるのが妥当である。この視点から見ると、ストップ近接音の周波数構成は、むしろシリンダの振動のそれとよく似ており、また当然のことながら、7m点の騒音にも近く、ストップで発生した衝撃振動が、これに連結されている主シリンダあるいはコンクリート輸送シリンダへ伝達され、そこから騒音となって放射されていると考えられる。特に、押し行程を終了したコンクリート輸送シリンダは薄肉中空鋼管となっており、大音響の発音体としての資格を十分に備えている。

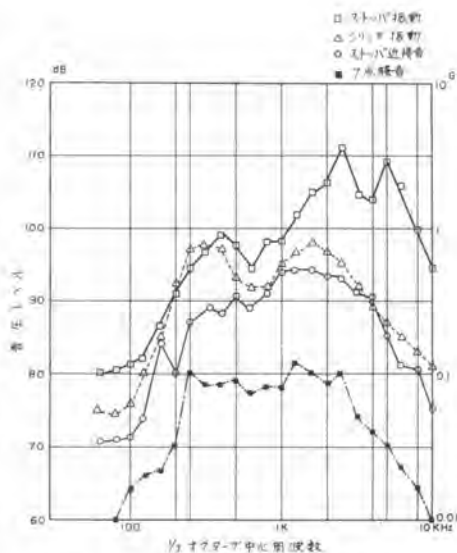


図-2 振動と騒音の関係

3.4 吸入吐出弁の騒音発生機構

吸入吐出弁の近接音を支配しているのは、表-3から判断して、ストップ部の衝撃であると判断できる。また、吸入吐出弁自体から発生する騒音は、ストップ振動から約70msec遅れた弁駆動シリンダ油圧の立上りに起因するもので、ストップ振動に起因する騒音より約6dB低い。これより更に約150msec遅れて弁着座に起因する音が発生するが、これは前者より約10dB低い。

3.5 定常音の発生伝播機構

3.5.1 油圧ポンプの騒音

図-3は油圧ポンプの騒音の伝播を近接音と7m点間のパワー伝送比で示したものである。周波数

が高くなることによって伝送比が低減し、即ち油圧ポンプで発生した騒音は伝播経路で遮音されていることがわかる。

3.5.2 油圧回路の騒音

四方弁上での振動は、ストップ振動から2.3 m sec遅れて発生するが、この時間は、ストップ振動が四方弁に達する時間よりはるかに遅く、油圧ポンプの圧力変化が四方弁上の振動より1.5 m sec遅れて発生していることを考え合わせると、①ストップ振動が四方弁へ伝達する経路で振動遮断されていること、②四方弁上での振動は油圧の切替によって発生していること、がわかる。また、弁駆動用アキュムレータが作動する時、ストップ振動から300msec遅れて、約84dBA/7 mの騒音が発生している。

4. 騒音低減対策方法

コンクリートポンプ車の主な騒音は、主シリンダがストップに衝突する時の打撃振動に依存しており、また打撃によって発生する騒音のエネルギーは打撃速度の2乗に比例することから、最も有効な騒音低減対策は、主シリンダとストップの衝突速度の低減であることがわかる。図-4は、主シリンダの移動速度を低減させた時（主シリンダの速度とコンクリート吐出量は比例関係にある）の騒音の低減を示すものであり、上述の関係が良く示されている。また、作業能力を落さないためには、主シリンダの速度をストロークエンドで急速に減速することが必要である。この対策として、

- ① シリンダ供給油圧の切替えを早くし衝突を回避すること。
 - ② シリンダのストロークエンドに油圧クッションを挿入し、速度低減を図ること。
- があり、また衝撃音の主な発生源が、主シリンダあるいはコンクリート輸送シリンダであるから、
- ③ 主シリンダあるいはコンクリート輸送シリンダに対するパーシャルエンクロージャを用いることができる。①、②の対策は吸入吐出弁駆動シリンダに対して用いることが可能である。

5. あとがき

油圧回路に起因する騒音等、一部発生機構が解明されていない点を除いて、騒音発生機構がほぼ解析され、具体的な騒音低減対策を講じることが可能となった。主騒音源である油圧シリンダについては、①～③の対策によって、ストップ振動に起因する騒音を低減させることが可能であると思われるが、騒音低減対策の次のステップとして、④油圧回路、⑤機械外板からの放射音、⑥油圧ポンプ音、⑦エンジン音に対する対策を考える必要がある。

なお、①～③の対策については、現在設計中であり、また部分的エンクロージャを用いて騒音低減を図る予定である。

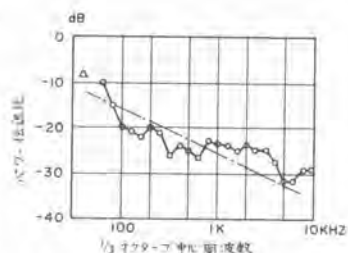


図-3 油圧ポンプ音の伝送

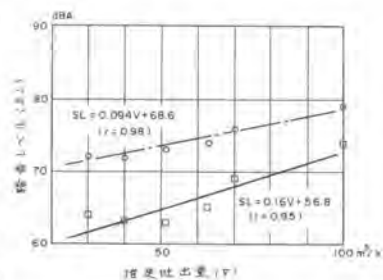


図-4 吐出量と騒音レベルの関係

33. 旭川ダム水中取水塔基礎プレバッキングド コンクリート工事における細骨材の 表面水管理方法について

岡山県 下 村 章， 熊谷組 上 西 一・*本 田 勉

1. まえがき

プレバッキングドコンクリートの品質は施工方法により大きく影響されるが、なかでも注入モルタルのコンシステンシーはその支配的要素である。プレバッキングドコンクリート工法は本四連絡橋工事でその大量急速施工法について研究開発が進められ、モルタル管理もコンピューター制御による全自動モルタルプラントにて行われている。しかし注入量が小規模な場合や、工事が短期間の場合、また現場にプラントヤードが十分に確保できない場合など、全自動プラントの採用が経済的に見合わない場合も多々あると考えられ、こうした場合簡易なプラント設備で、かつモルタル品質の確保が要求される。当現場では連続ミキサーの採用によりプラント設備を簡易化し、またサンドコントローラーを用いて砂の表面水率をあらかじめ一定とすることによりモルタルのコンシステンシーを確保し、注入を順調に行うことができた。

2. 工事概要

昭和29年完成の岡山県旭川ダムでは、洪水調節能力および都市用水供給能力の増大を目的として、貯水池内の未利用水1800万 m^3 を放流できるよう新たに水中取水塔による表面取水設備を施工中で、言わばダムの再開発として注目される工事である。表面取水設備は高さ45.39mの取水塔、延長195.1mのトンネルおよび放流能力25 m^3/sec の放流設備から構成される。取水塔のうち基礎部は外径 m の鋼製外板と放水トンネル内張と取り合う内径3 m の内部取水管とからなる円筒構造であり、高さは取水塔の自立が可能な規模として7.89 mである。総容積約1200 m^3 の基礎コンクリートはプレバッキングドコンクリート工法により打設された。

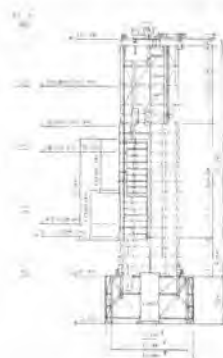


図-1 取水塔構造図



図-2 仮設備平面図

3. モルタルプラントの検討

旭川ダムでは山間部のため地形的に広いプラントヤードの確保が困難である。またモルタル注入は注入速度を30m³/日として連続20時間の打設となるため、従来よく用いられる手動のバッチ式簡易プラントではモルタル品質のバラつきは避けられず、トラブルの発生も予想される。そこで

- (1) 生コン工場でモルタルを製造し、ミキサー車にて現場へ運搬、使用する方法
- (2) 現場に設備が簡易なモルタルプラントを設置する方法

の2案について検討した。生コン工場案については、近隣の工場を使用することによりモルタル供給は可能であり、また運搬後のモルタル品質も確保できると判断されたが、万一の生コン工場での故障発生や運搬経路の交通遮断等の場合に対応するため、現場に予備プラントが必要と考えられ、それより予備プラント能力を拡大して現場プラントする方が得策と判断された。

3-1 連続ミキサーの適用

プラントヤードが小さく、モルタル品質の確実なシステムとして連続ミキサーの適否を検討した。連続ミキサーの材料供給精度は計量チェックの結果、生コン工場のJIS規格を上回るほどで十分信頼

できるものであった。したがって各材料は定量供給されるが、このうち砂の表面水量の変動に起因して、単位水量が変動要素となる。いま表面水率が±1%変動すると、示方配合から $W/C+F$ も±1%変動する。 $W/C+F$ の変動がモルタルのフロー値に与える影響を示す一例が図-3であって、 $W/C+F$ が小さいほどその影響は顕著である。当現場の示方配合による試験練りの結果からは、フロー値を所定の範囲内とするためには、砂の表面水率の変動は±1%内となるよう管理されねばならないことが明らかとなり、通常の曝気乾燥等でこの範囲内に収めるのは困難と考えられる。したがって確実な表面水管理手段を構ずる必要がある。

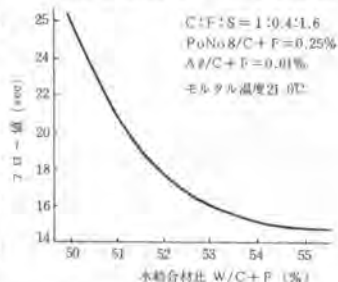


図-3 W/C+Fとフロー値の関係
[羽場,大垣,松尾1970]

本四連絡橋の全自動プラントではバッチミキサーが使用されており、ここでは砂の表面水は1バッチごとに急激に変化することはないという考えのもとに、10バッチごとの平均フロー値から水と砂の計量値を自動調整する方法をとっている。しかし連続ミキサーにおいては、フロー値の測定結果から給水量を補正するという受動的な対応では廃棄モルタル量の増大は避けられず、また砂の表面水変動に対応して連続的に給水量を調整するのも極めて困難である。そこでむしろ能動的な対応策として、あらかじめ砂の表面水率を一定にコントロールする方法を検討した。

3-2 サンドコントローラーの導入

サンドコントローラーは図-4のような構造で、上部から投入された砂にインペラーの羽により速度エネルギーを与え、反射板に衝突させることにより、砂から表面水および泥分を分離させて砂の表面水率を一定にする機械である。ただし処理後の砂の表面水率は主として砂の粒度に支配され、既応の実績では保水性の良い細砂で10%程度、保水性の劣る粗砂では5%程度となるもので、現在のサンドコントロー

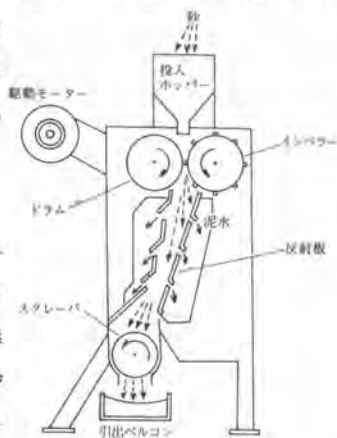


図-4 サンドコントローラーの構造

ラーではこの値は任意には設定できない。本施工で使用した細砂（鳥取県東産産、FM=1.60）に対する表面水の処理性能試験結果は図-5のようであった。すなわちサンドコントローラーに投入される処理前の砂の表面水率が10~15%であれば、処理後の表面水率は10.6±1%の範囲内となる。したがってストックヤードに野積された砂に対して、サンドコントローラーへ投入する前にベルコン上で散水して表面水率を12.5±2.5%としてやれば、処理後の砂の表面水率の変動幅は所要の±1%内に管理できるわけである。

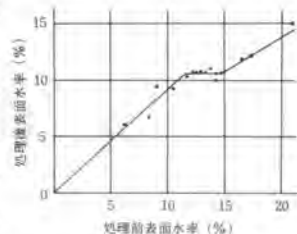


図-5 サンドコントローラーの散水処理性能

一般にブレバックドモルタルに使用される砂はFM=1.4~2.2の細砂であって、非常に保水性が良いため、表面水率がある値を越えると十分に脱水できなくなる。図-5に示すように、今回の細砂ではその限界値は15%であって、このため散水量を12.5±2.5%の表面水率内となるようコントロールする必要がある。このことは逆に、散水量をあらかじめ12.5%にセットしておけば、表面水率の変動幅が±2.5%まで許されることを意味しており、言わばサンドコントローラーの導入により砂の表面水率の許容変動幅が2.5倍に拡げられたことに相当する。ただし、現在のサンドコントローラーの性能では、この細砂に対しては2.5倍に拡げるのが限界である。

この結果散水量のコントロールがポイントとなるが、±2.5%の変動幅で散水量を流量計を用いて人力管理することは十分に可能と判断された。

モルタルプラントの設備を図-6に示す。プラントヤードはこの設備で1,600㎡程度と、生コン工場における予備プラントと同程度で済み、ダム下流右岸に敷地をわずかに造成することで解決可能となるので、この現場プラント案の採用に踏み切った。

モルタルプラントにおける品質管理は表-1に示す要領で行なった。

またモルタルの示方配合を表-2に示す。

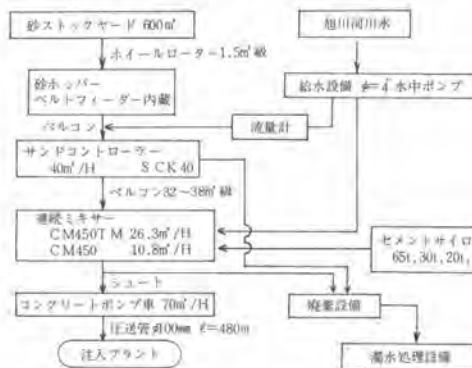


図-6 モルタルプラント設備フロー

表-1 モルタルプラントの品質管理項目

試験項目	管理値	標 準	意 義
砂の表面水率	散水12.5±2.5% 処理後10.6±1%	30分毎	ホ、フマコシカク
フイロ	15~20%*	安定まで連続 30分毎、40㎡毎	P ローター ストロブコック
ブリーディング率	3%以下	100㎡毎	メスクリンダー
膨 脹 率	4~7%		
オ ン ン ン 比 率 率 率	計標値 160kg/m³	σ ₁₀ , σ ₅₀ , σ ₁₀₀ 毎 30t σ ₁₀₀ , σ ₅₀₀ , σ ₅₀₀₀ 各 3t	

表-2 モルタルの示方配合

フロー値 (mm)	量				W/C (%)	W/C+F (%)	G/F/C+F (%)	粗 骨 粒	
	W (kg)	C+F (kg)	S (kg)	G F610A ₂ (g)				寸法 (mm)	変換率 (%)
15~20	396	825	825	8250	60	46	1	80~150	50

4. 施工実績

モルタル注入は連続21時間で行われ、注入量は528㎡であった。注入量から逆算した粗骨材空隙率は4.4%となる。

サンドコントローラーの稼働実績および処理後の砂の表面水率を図-7に示す。注入当日は好天に恵まれたため野積砂の表面水率の変動は大きくなく、サンドコントローラーの威力を十分に発揮するに

は至らなかったが、それでも野積砂の4±2%に対し、処理砂の表面水率は10.6±1%に収まっており、それゆえ連続ミキサーにおいて給水量を調整することなくフロー値を15~20secに収めることができた。図-8は連続ミキサーの稼働実績とフロー値の変動である。連続ミキサーはその性能上、運転開始直後はフロー値が安定せず、モルタルを廃棄しなければならなかったが、運転開始より1~2分経過すれば安定したモルタルとなることが確認できた。

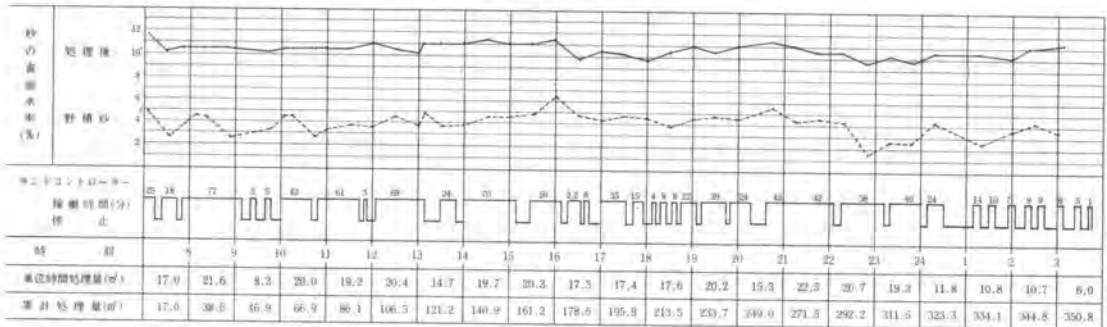


図-7 サンドコントローラーの稼働実績

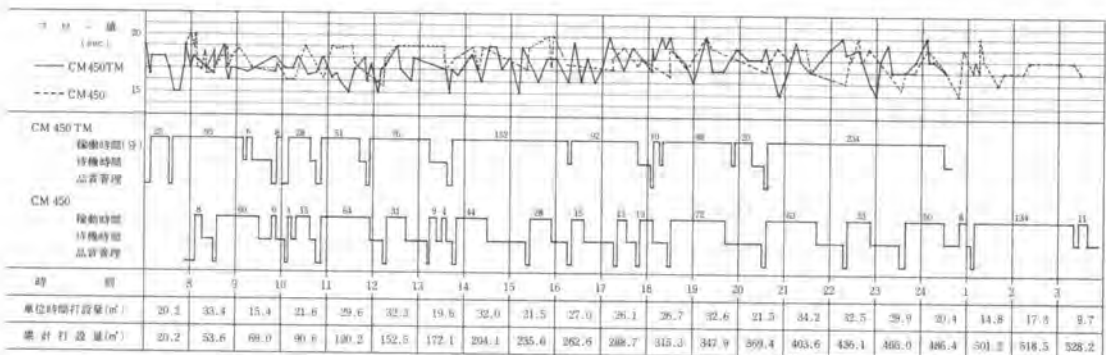


図-8 連続ミキサーの稼働実績

型わく内のモルタル打上り高を図-9に示す。

モルタル上昇高はほぼ均一で、流動勾配も最大1/4程度であり、極めて良好な注入が行えたことを示している。

モルタルおよびプレバクドコンクリート供試体の圧縮強度は表-3のとおりで、いずれも目標強度を上回る値が得られた。

5. あとがき

表面取水設備工事は昭和58年の完成をめざして現在も施工中であり、本報告ではこのうち取水塔基礎のプレバクドコンクリート工について、と

くに砂の表面水管理手法を中心に述べた。工事の全容については、竣工後にあらためて御報告する機会を持ちたいと考えている。

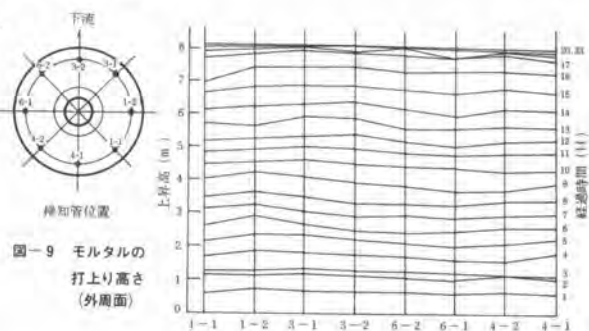


図-9 モルタルの打上り高さ(外周面)

表-3 供試体の圧縮強度

供試体寸法(mm)	σ_c (kg/cm ²)	σ_{90} (kg/cm ²)	σ_{45} (kg/cm ²)
モルタル	177	273	
コンクリート		137	

34. 自昇式ダム型枠の開発について

間 組 中 内 博 司・*恵比寿 隆 夫

1 ま え が き

コンクリートダムの施工の合理化については、すでにRCD（ローラーコンパクトダム）をはじめ、多方面において鋭意すすめられている。

たとえば、コンクリートの打設に用いられる型枠のスライド作業は、高所作業になることもあり熟練工数名によりホイールクレーンをその都度スライド現場に設置して、行われている。

しかし、建設業界の労務事情は、年々未熟高齢化の傾向にあり、特に型枠のスライドのように危険を伴う上に精度の要する作業においては問題が大きいといえる。

筆者らは、このような状況に対する一改善案として、以下のような開発目標をかかげ、自昇式ダム型枠の試作を行った。

本型枠は現在、ダム現場で実験をすすめている際中であるが、これまでの結果では、ほぼ開発目標を満足する可能性が確認されたため、今回その概要を発表するにいたった。

開発の目標

- (1) 熟練工でなくても操作できること。
- (2) 小人数で操作できること。
- (3) スライドに要する時間が短いこと。
- (4) 安全施設が整っていること。

2 構造の概要

本型枠は図1に示すように従来のスライド型枠に、自昇機能を有するスライドばた（以下Sばたと呼ぶ）を取付た構造となっている。

その仕様は表1の通りである。

Sばたは以下の3つの機構を有している。

2-1 パネルのはぐり機構

図2に示すように、パネルをスライドする前に、コンクリートに埋め込んだ面木（通常パネルに等辺山形鋼を溶接して面木の代用としている場合が多い）を完全に脱型しなければならない。そのため、パネルの頭部を約150mm持ち上げる必要がある。

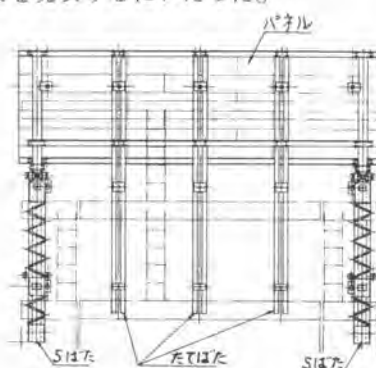


図1

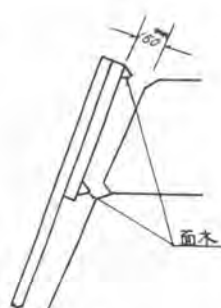


図2

表1 自昇ダム型枠の仕様

1 外形寸法	6,000 × 6,000 ^φ (mm)
2 型枠面積	10 (m ²)
3 勾配	1:0.5
4 スライド長さ	Max. 800 (mm)
5 電源	200(V) × 37(kw)
6 動力	油圧 (35t/cm ²)
7 積重量	2,000 (kg)
8 操作要員	3 (人)

持ち上げる方法として以下の4案をあげ、基礎実験を行ってその優劣を調査した。

- (1) すべてのたてばたのシーボルトを一担ゆるめ、何らかの方法でパネルを持ち上げる方法。
- (2) たてばたをパネルの下端部で折れ曲るようにする方法。
- (3) 中央部のたてばたとパネルの間に、持ち上げ分に相当する空隙をあらかじめ設けておく方法。
(この場合コンクリート打設時には、空隙部にクサビを持ち込み側圧をたてばたに伝える必要あり)
- (4) たてばたの下端部を3重管にして、最外管をコンクリートにアンカーボルトで固定し、その中の2重管を下端部で最外管とピンで結合し、そのピンを支点として2重管を上方に動くようにする方法。

実験の結果(4)以外は、スライド時の反力が充分にとれない、操作が複雑になる、パネルの剛性が弱くなる、などの弱点が認められたため採用を見合せた。

以下(4)の方法についてのべる。Sばたは図3に示すようにたてばたの下端部において、フレーム管①、外管②、油圧シリンダー③はピン④でくし差し状に結合されている。

一方、たてばた上端部ではフレーム管と外管とは鉛直方向に約100mmの空隙が設けてある。さらにフレーム管の頭部には門型の枠⑤(以下スウィング枠と呼ぶ)をはめ、枠の下端部を外管とピン⑥で結合してある。

フレーム管はコンクリートにアンカーボルト⑦2本で固定されている。

パネルを持ち上げる場合はスウィングボルト⑧を回転することによって、スウィング枠が上方に動き、外管をピン④を支点として持ち上げられる。

このようにすることによって(1)～(3)の弱点を補い、パネルの持ち上げが可能となる。

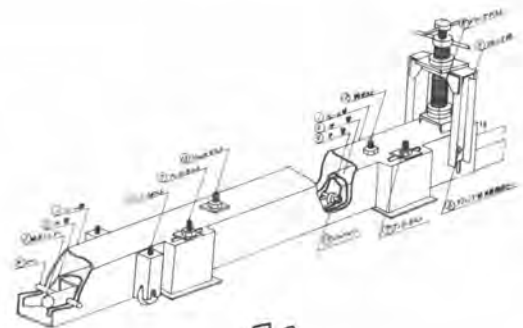


図 3

2-2 パネルのスライド機構

図3に示すように中管⑨は油圧シリンダーのロッドとロッドピン⑩で結合されているので、油圧シリンダを作動することによって中管は⑩を支点として伸び、パネルをスライドする。

なお、本スライド機構は油圧クレーンのブームに用いられているものと同類である。

2-3 Sばたの移動機構

図3に示すフレーム管をコンクリートに固定しているアンカーボルト⑦を抜きとり、ローラボルト⑪と押ボルト⑫をしめ込んで、フレーム管をコンクリート面より数ミリはなし、油圧シリンダーをちぢめることによって、Sばたを移動する。

3 操作手順

図4～6にしたがって本型枠の操作手順を説明する。

- (1) ジャッキボルトをゆるめる ($J_1 \sim J_5$)
- (2) シーボルトを抜きとる ($S_1 \sim S_3$)
- (3) フィックスボルトをゆるめる (F_1, F_2)
- (4) スウィングボルトをしめこみ、パネルを持ち上げる。 (SW_1, SW_2)
- (5) 油圧シリンダーを伸ばしてパネルをスライドする。
- (6) スウィングボルトをゆるめ、パネルをコンクリート面に付ける。 (SW_1, SW_2)
- (7) たてばたにシーボルトを入れしめつける。 ($S_3 \sim S_5$)
- (8) Sばたの固定ボルトを抜きとる ($U_1 \sim U_4$)
- (9) ローラボルトと押ボルトをしめこみ、Sばたをコンクリート面よりはなす ($R_1R_2P_1, R_2R_3P_2$)
- (10) 油圧シリンダーをちぢめてSばたをスライドする
- (11) ローラボルトと押ボルトをゆるめ、Sばたをコンクリート面に付ける ($R_1R_2P_1, R_3R_4P_1$)
- (12) Sばたに固定ボルトを入れ、しめつける ($U_1 \sim U_4$)
- (13) フィックスボルトをしめこみ中管を外管に押しつける。
- (14) ジャッキボルトをしめこみパネルの傾きを調整する ($J_1 \sim J_5$)
- (15) ダミーボルトを入れる ($D_1 \sim D_5$)

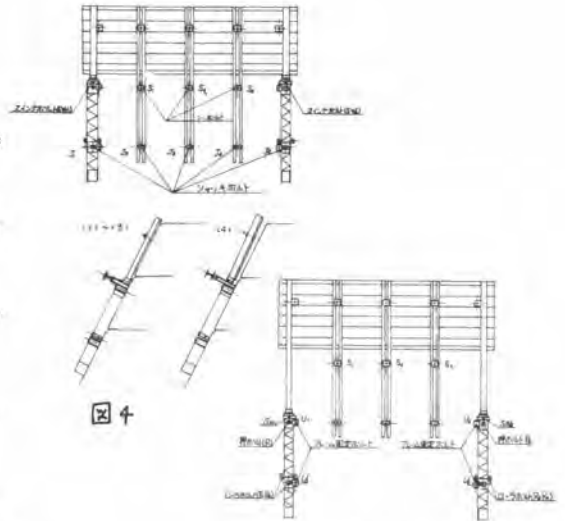


図 4

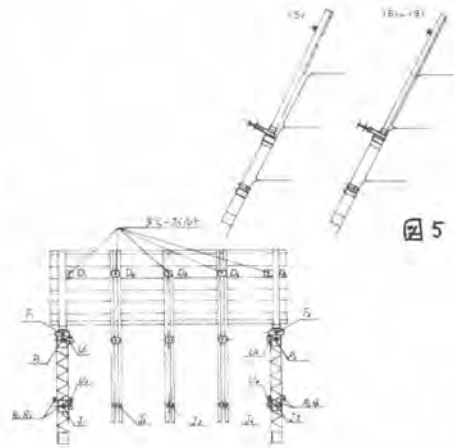


図 5



図 6

4 実験結果と考察

4-1 実験結果

実験は北陸地方のダムで昭和56年4月～10月にわたって実施した。実験の様子は写真1～3に示す通りである。操作は熟練大工1名、普通大工2名に指導員1名を配置して行った。

実験結果は以下の通りである

- (1) パネルのスライドおよび微調整が容易である。
- (2) 足場囲りの安全施設が完備しているので安心して作業ができる。
- (3) スウィングボルトの回転が容易でない。
- (4) フィックスボルトの回転が容易でない。
- (5) ボルトが多く操作がめんどうである。

4-2 考 察

実験結果の(3)(4)についてはネジ部の防塵防水方法を行っていなかったため、グリーンカット時の汚水がネジ部に浸入し、油切れの状態になったこと、ネジの形状の選定が不十分であったことなどが考えられる。

さらにネジのハンドルを一字型にしたことも操作のしにくい原因となったようである。

これらの改良策として図7に示すような方法を考えている。

- (1) スウィングボルトをセンターホール型油圧ジャッキに変える。
- (2) フィックスボルトのネジを2条ネジに変えさらにボルトの頭を六角にする。
- (3) ローラボルトと押ボルトをネジによる押し込み方式からカムレバーによる方式に変える。
- (4) Sばたを固定している上下2本のアンカーボルトの間に長孔のガイドを設け、移動の際、下端のボルトのみを抜き、上部はナットをゆるめるだけにする。
- (5) すべての操作ボルトの頭を同一形状にする。

5 あとがき

今回は1台の試作でしかも完成度も低く、操作員の不慣れなこともあって、操作時間は約40分と目標の約1.5倍を要した。

今後、改良を加え、打設ブロック(巾15m)の上下流面に本型枠を2台ずつ計4台使用してランニングデータを採取する予定である。

また設備費については従来比約3倍になるような試算結果が出ており、この運用方法については今後の検討課題である。



写真1

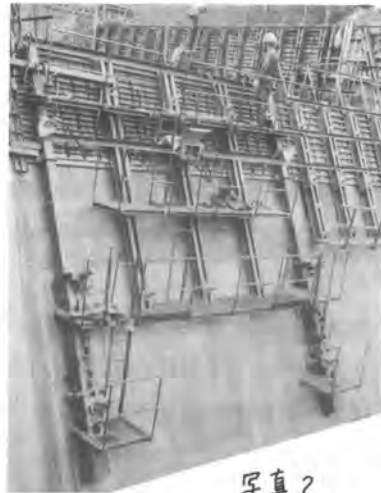


写真2

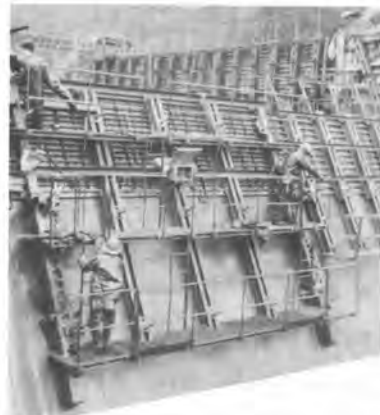


写真3

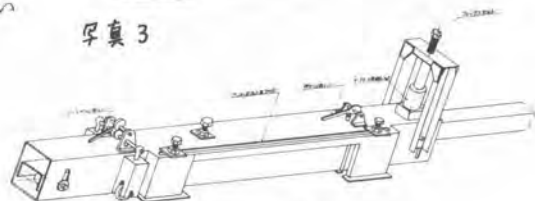


図7

35. 定置式ディストリビュータブームによる コンクリート打設

三機工業 横山 明 允

1. はじめに

近年ヨーロッパではコンクリートを大量に使用する構造物、例えば原子力発電所建物、海上石油探掘り格、橋脚・サイロ、大規模ビルディング、などのコンクリート打設に多くの定置式ディストリビュータブームが使用されています。従来このような構造物のコンクリート打設にはタワークレーンとバケットを使用する工法が採用されていましたが、定置式ディストリビュータブームが開発されその使用が大幅な現場の省力化・合理化を可能とし、又、トータルコストを低減するというメリットが建設会社に認識され、現在ではこの定置式ディストリビュータブームをコンクリート打設工事に使用することが一般化して来ています。そこでこの定置式ディストリビュータブームについて以下に紹介します。

2. ヨーロッパにおける定置式ディストリビュータブーム出現の背景

従来のコンクリート打設工事はタワークレーンとバケットを使用する工法が用いられて来ましたが、多くの作業員が必要とされる、高所でのコンクリート打設能力が低下する、柱・桁などがコンクリート打設作業の障害となる、コンクリート打設用のみに大きな容量のクレーンが必要となるなどのことで建設工程の合理化が限界となつて来しました。

そこで次にポンプ車によるコンクリート打設工法が登場し、当初大量にコンクリートを打設する構造物を主体に使用され、タワークレーンとバケットを使用する工法に比べかなりの合理化が進められ、普及しました。しかしこの工法は配管をしその先端にフレキシブルホースを使用するという方法のため、異なる場所、異なる階へのコンクリート打設には配管替えが必要となり、その作業に多くの人手と作業時間を必要としました。

この欠点を補うブーム付ポンプ車が次に開発され、コンクリート打設工事は非常に合理化され、ブーム付ポンプ車によるコンクリート打設工法が一般化し、ポンプ車は全てブーム付となる迄に至りました。しかしこのブーム付ポンプ車によるコンクリート打設は、大きな構造物に対してブームの届く範囲がその作業面積の3分の1程度であり、又高い構造物の上迄届かないという不便さがあります。

この不便さから、ブームの作業範囲を拡げ、更に高さにも影響されない方法として、定置式ディストリビュータブームが大量のコンクリート打設を必要とする大きな構造物に対し開発され、使用され、その便利さから一般建築物へ普及して来ています。

又、この定置式ディストリビュータブームの使用範囲を高吐出圧力を持つコンクリートポンプが広くしています。即ち、より高い場所で、よりコンクリートポンプより隔れた場所で定置式ディストリビュータブームを効果的に使用するには、それだけ高い吐出圧力を持ったコンクリートポンプが

必要です。今ヨーロッパのコンクリートポンプの吐出圧力は $60 \text{ kg/cm}^2 \sim 130 \text{ kg/cm}^2$ が一般的で更に厳しい条件で定置式ディストリビュータブームを使用するために、高性能コンクリートポンプの開発が進められています。

3. 定置式ディストリビュータブームの構造と設置

定置式ディストリビュータブームの一般的な構造は、3段又は4段に折り畳み可能なブーム部、回転するターンテーブル部、ベースフレーム部、駆動装置部及び現場へ設置するための架台部分とから構成され、ブーム、ターンテーブル、ベースフレーム、駆動装置はセットとしてメーカーにより数機種が標準化されており、架台は現場の据付条件に合わせ、標準部材の組合せを使用したり、専用部材を製作しています。(図1参照)

現場内での設置位置は、コンクリート打設時間の短縮が全工程を短くし、トータルコストを低減するという理由から最も経済的にコンクリート打設が出来る場所が選定され、コンクリートポンプと配管で接続されます。

設置方法は、独立した架台への設置、構造物への設置、セルフクライム装置を使用する設置、バラストを使用する仮設的な設置、タワークレーンや門型クレーン上への設置、など多くの現場に適応し得る様に種々の標準的な場合が用意されていますが、何れの方法とするかは建設計画の段階において設置方法、設置場所、運用方法及び各場合における打設コストなどを十分検討し決定します。

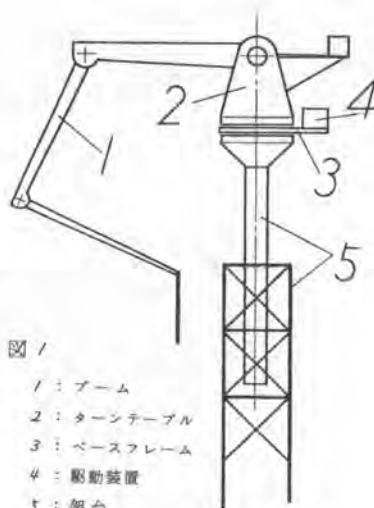


図1

- 1: ブーム
- 2: ターンテーブル
- 3: ベースフレーム
- 4: 駆動装置
- 5: 架台

4. 定置式ディストリビュータブームの特長と経済性

定置式ディストリビュータブームを使用する工法は、従来の配管方式に比べ次の様な一般的な工法上の特長を持っています。

1. コンクリート打設作業用の足場や配管用のサポートなどの仮設機材を少く出来る。
2. 配管やフレキシブルホースによる配筋の乱れを少く出来る。
3. 配管替えやコンクリート打設のための準備時間を短縮することが出来る。
4. コンクリート打設を連続的に出来るため、コンクリートポンプのトータル効率が向上する。
5. 複雑な配筋のある場合でも効率よくコンクリート打設が出来る。
6. 作業者は先端フレキシブルホースを振り回す重労働から開放され、又作業人数を少く出来る。
7. コンクリート打設位置に自由性が生れる。
8. 大量コンクリート打設の場合に懸念されるコールドジョイントの問題の解決が出来、良質のコンクリート打設が出来る。
9. バイブレータによるコンクリートの横流し打設を防ぐことが出来る。
10. 作業の安全性が向上する。

これらの特長がコンクリート打設のトータルコストを低減し、良い品質のコンクリートを保証することになります。

そこで、1つの実例として、配管方式と定置式ディストリビュータブーム方式について、コンクリート打設時間に関する比較データを以下に示します。

＜ミュンヘン・ヒゴパンタビルディングの建設におけるコンクリート打設時間の比較＞

○全コンクリート打設量 60000 m³

○コンクリート打設能力

	1階床	天井及び梁	柱及び壁
配管方式	20 m ³ /hr	17.5 m ³ /hr	10 m ³ /hr
ブーム方式	30 m ³ /hr	25 m ³ /hr	20 m ³ /hr

但し、配管方式はベンド部分800m、垂直部分400m、水平部分2000mの配管替えが考慮され、ブーム方式は29m水平リーチのブーム2台、設置架台4ヶ所、160回の移設作業が考慮されています。

○コンクリート打設所要時間

	1階床(12000m ³)	天井及び梁(32000m ³)	柱及び壁(16000m ³)
配管方式	600 hr	1830 hr	1600 hr
ブーム方式	400 hr	1280 hr	800 hr

配管方式の合計作業時間4030時間に対し、ブーム方式は作業時間2480時間であり38%の作業時間短縮となっており、特に柱・壁を打設する場合に有利です。

○マン・アワーでの比較

	合計作業時間	作業人員	合計マン・アワー
配管方式	4030 hr	10 men	40,300 m・hr
ブーム方式	2480 hr	8 men	21,960 m・hr

ブーム方式には160回の移設時間1,920時間が含まれていますが、配管方式に比べ46%のマン・アワーを減少することになります。

5. 使用実例

定置式ディストリビュータブームは数多くの現場で使用されています。その1つの例を原子力発電所の現場での使用台数をあげると次の様になります。

カルカ原子力発電所(西ドイツ) 4台(26m×3, 2.2m)

カールリツヒ原子力発電所(西ドイツ) 3台(40m, 3.5m, 2.6m)

グンドラミンゲン原子力発電所(西ドイツ) 10台(41m×2, 3.5m×5, 30m, 2.6m×2)

サンアルバン原子力発電所(フランス) 6台(42m, 33m×3, 27m×2)

カテノン原子力発電所(フランス) 6台(33m×3, 27m×3)

この他オフショアプロジェクト(オランダ)では5台(35m×5)が、又一般建物の建設では、現場について2~4台が使用されています。

我国においても本四大鳴門橋の建設現場で4台(27m, 21m, 10m×2)が、又関電高浜原子力発電所で4台(33m×2, 27m, 19m)が使用されており、特に大鳴門橋の現場では、従来の配管方式に比べコンクリート打設時間を50%短縮するという結果を得ています。

6. おわりに

最近、我国においても前述の様に大型建設工事のコンクリート打設に定置式ディストリビュータブームが使用され始めましたが、今後のコンクリート打設工事の合理化・省力化、或は労働事情を考慮する時、この定置式ディストリビュータブーム工法の導入がトータルコストの低減に役立ち、又大型建設工事への導入から一般建築物へと普及して行くことと思います。又、定置式ディストリビュータブーム工法の導入が従来の建設工法を変え、新しい工法を生み出すことが期待されます。この過程において三機工業の定置式ディストリビュータブームが皆様のお役に立つことが出来ると確信しております。

参考：三機-シエ-レ定置式ディストリビュータブームの機種、仕様

型式	M10	M17	M21	M27	M33
水平リ-チ(m)	10	16.5	20.5	26.5	32.5
電動機(kw)	—	7.5	13.5	15	18
配管	125 (150)	125			
マウント	手動	チューブラカラム			