

昭和58年度

建設機械と施工法シンポジウム

論 文 集

昭和58年10月4～5日

東京・東京ホテル浦島

社団法人 日本建設機械化協会

〒105 東京都港区芝公園3丁目5番8号

(機械振興会館) 電話 (03) 433-1501

昭和 58 年度

建設機械と施工法シンポジウム 論文集

*印 口述発表者

目 次

【土工機械と施工法】

1. 大型建設機械の輸送方法の改善に関する調査 ……建設省中部技術事務所：駒田尚一… 1
2. 大型油圧ショベルの開発 ……三菱重工業㈱：長浜利夫… 5
3. ブルドーザ作業部品の摩耗制御 ……愛媛大学：室 達朗… 9
4. 大形ブルドーザのオペラビリティ
……建設省北陸地方建設局：*本田宣史，建設機械化研究所：藤本義二，門内正信… 13
5. 履帯式車両の接地圧力分布
……建設省土木研究所：伊藤豪誠，*前田孝司，建設省中部地方建設局：太田 宏… 17
6. 油圧ショベルの動的安定性評価 ……建設省土木研究所：堺 友昭，*斉藤英晴… 21
7. 建設機械用エアコンディショニングシステム
……キャタピラー三菱㈱：小田部喜三郎，*郡山義正… 25
8. 比例制御によるラジコンパワーショベル PC 200 R-2 の開発
……建設省北陸地方建設局：杉山 篤，㈱小松製作所：*矢頭徳弘，浅山芳夫，本多 茂… 29

【基礎工事用機械と施工法】

9. ハイシンク油圧ハンマによる施工
……日本コンクリート工業㈱：*渡辺 修，日立建機㈱：内野 徹… 33
10. アースドリル機とその周辺装置の現況 ……日立建機㈱：久住 宏… 37
11. ベントナイト電気付着膜による芯材引抜き工法の現場実験
……㈱竹中工務店：*古川政彦，斉藤勝彦，内崎 巖，落合 実… 41
12. PVC ドレーン工法用簡易打設機械の開発 ……㈱大林組：*八戸 裕，菱河恭一… 45
13. OV ドレーン工法用簡易打設機の改良
……㈱大林組：加藤 実，*小林克己，日本パイリーン㈱：楠原 浩… 49
14. Oval-DM 工法による施工 ……㈱大林組：松尾龍之… 53
15. 泥水循環固化工法及び専用プラントの開発
……㈱熊谷組：秦 昌樹，*豊泉秀雄，園山尋三，鈴木吉和… 57
16. PSS 工法の施工例 ……㈱熊谷組：秦 昌樹，*関口龍一，鈴木吉和… 61

【機械施工の自動化，省力化】

17. コンクリート水平ディストリビュータの開発 ……㈱竹中工務店：*土屋敏明，村井俊夫… 65

18. コンクリート配給機能を有するクレーン（コンディスクレーン）の開発
 ㈱竹中工務店：高橋正明，今井崇賀，*中西一吉… 69
19. 拡底式場所打ちコンクリート杭の QC 工程管理手法を用いた施工ならびに品質管理
 東京建機工業㈱：*高岡 博，井手芳治… 73
20. パソコンによるリフトアップ工事の計測管理 ㈱大林組：笹部昂夫… 77
21. 自走式耐火被覆吹付けロボットの開発 清水建設㈱：*山崎 忍，小池清貴… 81
22. 山岳トンネル工事用ロボットへの一アプローチ
 建設機械化研究所：藤本義二，*上石修二，横沢圭一郎… 85
23. 外壁自動調査機の開発 ㈱竹中工務店：*後藤建二，福田 孜，丹波種生… 89

【仮設備機械と施工法】

24. 砂防工事にかかる施工用機械・設備の開発
 建設省北陸地方建設局：酒井一成，倉島 冠，*青木鉄朗… 93
25. 新しい細骨材の水分調整装置の開発と施工例 大成建設㈱：会田精一… 97
26. リバース工法用泥水処理システムの開発
 日立建機㈱：村上志朗，*村岡 正，阪神土木工業㈱：宇都宮信雄，*川崎恵久… 101
27. 山岳送電鉄塔建設クレーンと施工 日立建機㈱：伊藤一紀… 105
28. 送電鉄塔の高上げ工法
 中部電力㈱：堤 格士，愛知金属工業㈱：辻井隆雄，㈱大林組：*笹部昂夫… 109

【トンネル工事用機械と施工法】

29. 機械式シールド切羽の機械的安定法に関する研究 三菱重工業㈱：波多腰 明… 113
30. 礫連続破碎タイプのクラッシュ付シールドと施工実績
 日立建機㈱：汐崎 実，*太田 誠… 117
31. スロット・ドリル工法（OSD 工法）の開発実験
 ㈱奥村組：*本田裕夫，萩森健治，藤田早利… 121
32. 空圧シールド工法の開発実験 ㈱奥村組：伊藤俊彦，川野善夫，*畑山栄一… 125
33. 硬岩破碎機パワースプリッタの開発 ㈱小松製作所：*武藤教重，中島 実，養安豊彦… 129
34. トンネル内の集じん処理施工（自動逆洗装置付三井ターボフィルタ）
 ㈱三井三池製作所：西村睦郎… 133
35. 省エネ化した連続式機械管渠埋設システム ㈱銭高組：岡崎 登… 137

【舗装用機械・維持用機械と施工法】

36. 路上再生工法用ヒーター車の試作，改良，開発に関する報告 福田道路㈱：平方 治… 141
37. アスファルトフィニッシャのタンバ・パイププレート併用スクリードの開発
 三菱重工業㈱：矢倉 直… 145
38. 開削工法用路盤切削機「ローディックエース」の開発
 ㈱二進：深見紀平，三和機材㈱：*鳥飼光俊… 149
39. 道路工事用機械運営に関する一考察 大林道路㈱：染川 豊… 153

1. 大型建設機械の輸送方法の改善に関する調査

建設省 中部技術事務所 駒田 尚一

1. まえがき

近年、建設機械は、工事規模の拡大、施工環境対策等の要請により、大型化及び高性能化が図られてきた。

建設機械の大型化は、必然的に輸送性の低下につながり、特に輸送の主角を占める道路輸送において、関係法令の規制により分割輸送となる。

従って、建設機械の大型化と分割輸送は切り離せない関係にあるといえる。ところが、現状では、必ずしも満足な状態でない。

この調査は、これらの現状を踏えて、大型建設機械の輸送性を改善する技術開発を目的としたものである。

2. 調査方法

調査にあたっては、各種大型建設機械の内から、輸送頻度が多い50^tクラスのクローラ式クレーン及び杭打機を対象機種に選び、学識経験者・機械メーカー・施工業者・輸送業者・道路管理者等からなる調査委員会を設け、意見を聴取しながら分割輸送の実態、輸送に関する法令等の調査を行い、改善目標をきめ、開発のための技術検討を行ったものである。

3. 改善目標の検討

輸送性の良好な大型建設機械の条件としては、規制のゆるやかな通行条件で輸送できる大きさまで安全、容易に分割できるということである。

3.1 輸送条件

車両制限令で定められた通行条件としては、表-1に示すように4区分となっており、道路管理者が輸送を行う者の申請にもとずき行う通行許可は、積載物を含めた車両の大きさと輸送径路の道路条件によって、このA～Dの通行条件が課せられるわけである。

Aは通行に際して何らの条件も課せられず一番望ましいわけであるが、実態調査の結果等から相当困難と考えられる。Bは通行条件として最も軽度なものであって、これをクリアできれば主要幹線道路の大部分が通行可能になると想定できることから、B条件で輸送できるよう分割を行うことを目標とした。

3.2 分割ユニットの寸法及び重量

B条件をクリアするための分割寸法及び重量について、輸送車両の大きさを含めて検討すると、次のようになった。

(1)重量：車両制限令の「許可限度重量の簡易算定法」により、最も条件の良い車両を用いた場合の

表－1 通行条件の区分

| 区分記号 | 内 容 | |
|------|--|-------------------------------|
| | 重量に関する条件 | 寸法に関する条件 |
| A | 徐行等の特別の条件を付けない。 | 徐行等の特別の条件を付けない。 |
| B | 徐行及び連行禁止を条件とする。 | 徐行を条件とする。 |
| C | 徐行、連行禁止及び当該車両の前後に誘導車を配置することを条件とする。 | 徐行及び当該車両の前後に誘導車を配置することを条件とする。 |
| D | 徐行、連行禁止及び当該車両の前後に誘導車を配置し、かつ、2車線内に他車が通行しない状態で当該車両が通行することを条件とする。 道路管理者が別途指示する場合は、その条件も附加する。 | |

(注)「連行禁止」とは、2台以上の特殊車両が縦列をなして同時に橋、高架の道路等の同一区間を渡ることを禁止する措置をいう。

本表に関連して、通行時間帯について次の制限が設けられている。

- (イ) 通行条件が、Dとなる車両は、夜間(午後9時から午前6時まで)通行とする。
- (ロ) 寸法のうち巾に関して通行条件がCとなり、かつ車両の巾が8mを超えるものは、夜間通行とする。

B条件での許可限度重量は、 37.5^t であり、これから輸送車両の自重 17.5^t を差し引いた 20^t となる。

(2)全幅：車両制限令の「通行条件別許可限度寸法表」より、B条件通行の限度幅は、車道幅員の半分となっており、車道幅員6mの道路が通行できること及び通行時間制限を受けないことを考慮して、3m以内とした。

(3)全高：一般制限値3.8mから輸送車両の荷台高さ0.8mを差し引いた3mとした。

3.3 分割作業工数等

分割ユニットの重量、寸法について重要な問題は、その大きさに作業が容易に行えることである。アタッチメントを含めて、3～4人の作業員により0.5日程度で分割又は組立が行えること、分割ユニット数は少なくすること、車両容量に対応させること、補助クレーン容量は小さくすること等を目標とした。

4 技術検討及び結果

(1)分割ユニット

分割ユニットについては、種々考えられるが、図－1に示すようにサイドフレーム分割方式と上下分割方式について検討し、分割個数が少なく重量配分の良好な上下分割方式をとることとした。

上部旋回体と下部走行体は、油圧シリンダで作動するクランプ装置により、固定又は離脱する方式とし、フロント及びリヤジャッキにより自力で容易に分割・組立・積卸しができ、組立時の芯合せは上部と下部の間に設けたタンバックル装置により微調整を行う方式とする。

| (案1) サイドフレーム分割方式 | | | | (案2) 上・下分割方式 | | | |
|------------------------|----|-------------|------------|--|----|-------------------|------------|
| 装置名 | 図示 | 目標重量 tn | 輸送状態 tn | 装置名 | 図示 | 目標重量 tn | 輸送状態 tn |
| 1 上部旋回体 カーボディ | | 13.0 | 19.0 | 1 アウトリガボックス (クレーン) フロントジャッキ (杭打機) リーダブラケット | | 130+0.5=135 | 19.9 |
| | | 6.0 | | | | 18+1.3=31 | |
| 2 アウトリガボックス | | 15+1.3=28 | 2.8 | | | 20+1.3=33 | |
| 3 フロントジャッキ リーダブラケット | | 20+1.3=33 | 3.3 | カーボディ 2 サイドフレーム | | 60+10=70 | 19.0 |
| 4 サイドフレーム | | 6×2=120 | 12.0 | | | 6×2=120 | |
| 5 カウンターウエイト | | 13.5 3分割 | 13.5 | 3 カウンターウエイト | | 135-20=115 3分割 | 11.5 |

図-1 分割ユニットの検討

②動力伝達方式

動力伝達方式は、実用化されている機械式、油圧式、機械油圧混合式の3方式について検討し、ハウス巾と分割方式との関連で有利となる油圧式とする。

③ハウス幅

ハウス幅は、3 m以内にすることで検討した。ハウス幅に関する要素としては、運転室幅、ブーム又はリーダブラケット取付幅及びドラム、エンジン等のルーム幅である。それぞれの幅を必要最低限の寸法にすることで実現を図る。

④トラックアクスル機構

下部走行体の幅を、輸送時に3 m以内に縮小できるように図-2に示すように、サブアクスルを有する特殊なトラックアクスル機構を採用する。

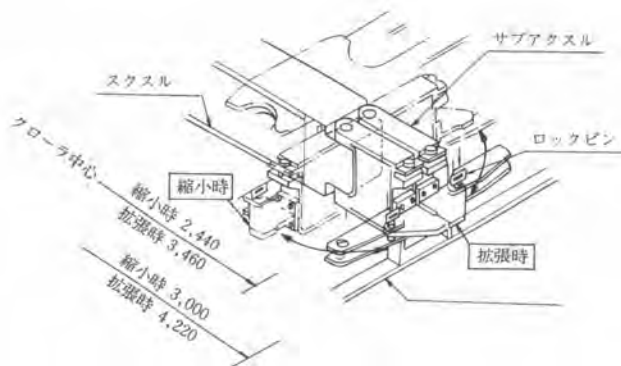


図-2 トラックアクスル機構

(5)リヤービーム機構

リヤービームは、ジャッキを付けたまま3 m以内に格納できるよう図-3に示すように、ビームを並列に配置し、伸縮量を増大させると共に、杭打機の場合リーダーステー支点が旋回中心から同一位置になるよう傾斜させ取りつける機構とする。

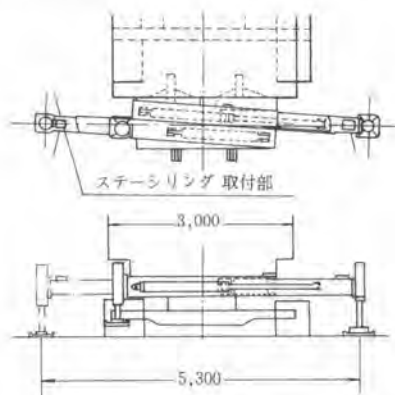


図-3 リヤービーム機構

(6)カウンタウエイト脱着機構

カウンタウエイトは、3分割としガントリー自立用油圧シリンダを利用して、自力で脱着する機構とする。

(7)まとめ

以上の検討結果、これらの新しい分割機構等を採用することにより、改善目標の達成できる見通が得られた。

5. あとがき

この課題は、車両制限令制定以来の難題であって、既に10年余に亘って解決が迫られてきたものである。

今回の調査は、50tクラスのクローラ式クレーン及び杭打機について検討したもので、既存の技術を組み合わせることにより実現を図ったものである。

従って、新しく採用した機構は、超大型機等において実用化されている機構であり、実施に当たっては、「実用新案」、「特許」に抵触することが考えられるため、この調査の主旨に従い内容を十分吟味し詳細設計に当る必要がある。

次にコストの面では、分割、組立、輸送費については低減するが、製作コストが相当アップすることから、一般ユーザへの普及には、機械経費等の配慮が必要と考える。

また、大型建設機械は、分割しない限り輸送は不可能であるというコンセンサスを工事発注者、工事施工業者、輸送業者、メーカーを通じて徹底させることが、分割輸送の改善効果を、より一層高める上で必要であると考えられる次第である。

2. 大型油圧ショベルの開発

三菱重工業(株) 長 浜 利 夫

1. まえがき

石油資源の枯渇の危機感から起きた石油ショックを契機に、世界各国で石油代替エネルギーの確保をナショナルセキュリティの最優先課題として取り上げ、石炭、ウラニウム等の鉱山開発が推進されている。一方、運河、空港、原子力発電所等の大形土木工事も推進されており、いづれにおいてもコスト削減のための努力が続けられているが、その一つとして、建設機械の大形化が有り、一方で新機種の投入により工法の合理化を進めている。

露天掘鉱山の採掘に関しては、電気ショベル(機械式ショベル)が使用されてきたが、1970年代に大形ホイールローダが出現すると、鉱区が小さく、掘削・積込機の移動の多い鉱山では、ホイールローダが、電気ショベルに取って替わった。そして、1980年代には、大形油圧ショベルが登場。電気ショベル、ホイールローダと違った特長を持つ油圧ショベルが、今、露天掘鉱山、大規模工事で注目されている。

この度、三菱重工(株)では、これらのニーズに応え、160トン級油圧ショベルMS1600を開発したので、その仕様、特長と共に、鉱山、大規模土工における掘削・積込機としての特長について従来機—電気ショベル、ホイールローダ—との比較で以下に述べる。

2. 160トン級油圧ショベルMS1600の開発

2-1 主な仕様

表1に主な仕様、図1に概観写真、図2に外形寸法を示す。

表1. MS1600仕様

| | |
|----------------------|--------------------|
| 全装備重量 | 165 ton |
| エンジン出力 | 880 PS |
| 標準バケット容量 | 8.8 m ³ |
| 掘削力 ^{押し/掘削} | 65 ton/65 ton |
| 最大掘削高さ | 14.6 m |
| 最大掘削半径 | 15.7 m |
| 水平押出距離 | 5.3 m |
| 走行速度 | 2.5 Km/h |
| 登坂能力 | 67 % |



図1 MS1600概観図

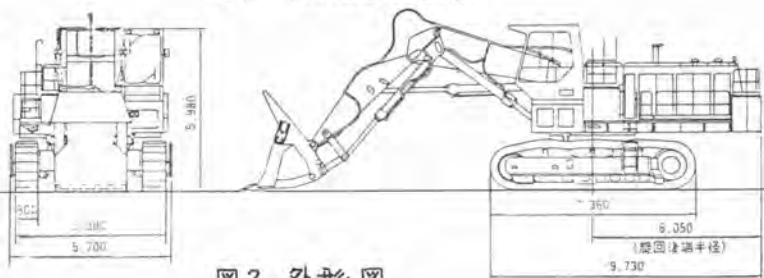


図2. 外形図

2・2 鉱山および大規模工事の採掘部の主機として

鉱山および大規模工事の採掘部分の主機に求められるのは、作業能力は当然のこととして、長期間にわたって高い機能率を維持する信頼性、耐久性と安全性である。

○ 耐久性

高額投資機械としての160トンクラスの油圧ショベルに求められている寿命は、2シフトで10年(約30,000~40,000時間稼働)で有り、本機は、これを目標寿命として設計されている。

○ 生産性

この種の掘削・積込機は、積込対象となるダンプとのマッチングが重要で有るが、MS1600は、32トン~120トンダンプトラックを対象とし、77トンダンプトラックへ5~6回積みで積込み出来る。

○ 信頼性

本機は、当社の油圧ショベル製作22年の経験・技術を集大成したもので、各機器の選定には、仕様、寿命と共に実績を重視した。油圧システム圧は、250kg/cm²と低く抑さえて、280~300kg/cm²の仕様の油機を余裕を持った使い方をすることにより、信頼性、耐久性の向上を図っている。又、後述する安全モニター等の搭載により、予防保全を可能とし、信頼性を高めている。

○ 安全性

キャブの天井迄の高さが約6mという大きな機械なので、乗降、機械上での通行等の安全確保には特に注意し、各種鉱山規格を参考にし、構造、寸法を決めた。又、オペレータと落石の危険から守るため、キャブは、FOPS構造としている。

○ 環境適応性

稼働現場が世界各地になることを考え、標準機で寒冷地から熱帯、高地迄広くカバー出来るよう、冷却装置容量に余裕を持たせると共に、ターボチャージャー付エンジン、クラッチなどを装備している。又、塵埃の多い場所での稼働を考慮して、アレシマライズ形キャブとしている。

2・3 省エネルギー

石油価格の高騰で、工事の採掘コストに占める軽油コストの率も多くなり、燃費の低減はコスト低減のポイントで有る。

○ エンジン

低燃費の直噴、アフタークーラ付高速ターボディーゼルを2基搭載し、エンジンがワガー、片側故障しても、片肺運転が出来る。

○ ポンプ制御

機械を動かすのに必要な量の油を流し、無駄な油を流さないという設計方針で、ポンプの定馬力制



図3 石灰石鉱山で稼働する MS1600

御、全馬力制御、流量制御、HPC(High Pressure Cut-Off)制御を行ない、無駄な油の流れによる熱の発生を抑えて、エネルギーロスの減少を図るシステムとなっている。

○作動油温制御

寒冷地において作動油温が低いと、油の粘性大により、油圧リモコンによる操作の反応が鈍くなると共に、油の管路抵抗も増えエネルギーロスが増大する。MS1600では、作動油を適正温度に常にコントロールするために、作動油クーラファンを油温に応じてON-OFFする機構を取り入れている。

2.4 操作の容易化を目指して —メカトロニクス—

油圧ショベルは、都市土木において、容易に人間の手のような動きが実現出来る機械として、発展してきた。今、鉱山で、その長が注目され、使われ始めた所である。しかし、オペレータの高齢化、熟練オペレータの減少で、各分野で、機械操作の簡略化、精度向上がコンピュータの利用により図られており、工場ではロボットの導入が進んでいるように、建設機械にも操作の容易化が求められている。当社では、このような時代のニーズに対応するため、熟練と奪る複合操作の容易化を図る目的で、マイコンを利用した、掘削・積込制御システムを開発した。

○電子掘削積込制御装置

ローダフロント油圧ショベルにおいて、水平又は傾斜掘削、積込み、復帰の操作は、2〜3の操作が必要であるが、電子積込制御装置を使えば、全て、1操作で行なえる。(図4) これは、ブーム、アーム、バケット角度、及び操作パネルからの信号を入力とし、ブーム、アーム、バケットの幾何学的関係よりマイクロコンピュータが演算し、ブーム、バケットを操作する信号を出力するので、油圧コントロールバルブは、サーボ機構を用いて操作される。又、人間が運転しているわけであるので、本装置を使用中でも、手動優先機能により、スイッチ操作無しで、手動・自動が切り替わる構造としている。

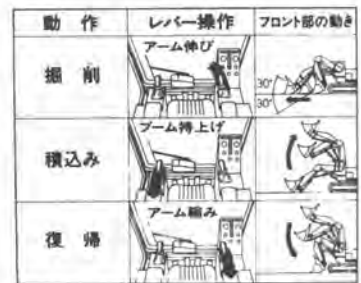


図4. 電子積込制御装置を使用した場合の操作。

○安全モニター

機械の故障の早期発見(予防保全)、日常点検の容易化を狙いとして安全モニターを搭載した。安全モニターシステムは、その状況に応じた警報(情報)が出るようになっており、①すぐにエンジンを停止する、②エンジンを減速してチェックする、③すぐに作業を止める必要は無いが、早い機会に点検する、の3段階に分けて、①では、ブザーと赤色ランプの点滅、②では、赤色ランプの点滅、③では、黄色ランプの点滅、というように、オペレータにすぐ状況がわかるシステムとなっている。点検箇所は、ランプで表示され、緊急停止用のスイッチも備えている。安全モニターを組み込んだパネルは、オペレータがすぐ見やすいよう、人間工学的に配慮されている。

3. 積込機 —油圧ショベル、ホイールローダ、電気ショベル— 比較

3.1 ローダフロント

油圧ショベル、ホイールローダ、電気ショベルの大きさと同容量のバケットを持った機械を比較す

ると、図5のようになる。すなわち、ホイールローダ、油圧ショベル、電気ショベルと重量が各々、倍になっている。これは、各々の機械の掘削方法に起因している。ホイールローダは、前進走行で、車体の犠牲を利用しながら、掘削物へ突込み、走行駆動力で押しながら、バケットを巻き込み掘削する。この掘削は、基本的に地上の手前部分を対象としている。電気ショベルは、低い位置で、掘削物へ貫入を開始し、掘削物のパイルに対して円弧を描くようにしてバケットを持ち上げてバケットを満杯にする。この時、地層に沿わず掘削することが多く、電気ショベルでは、水平方向の掘削は無理で有る。油圧ショベルは、バケット、アーム、ブームの関節が可動で有るため、電気ショベル、ホイールローダより自在性を有する。油圧ショベルは、その構造により掘削物の切羽を弧を描くように掘削することも、水平に掘削することも、どの高さの所の掘削も可能である。又、バケットの貫入力でもこの

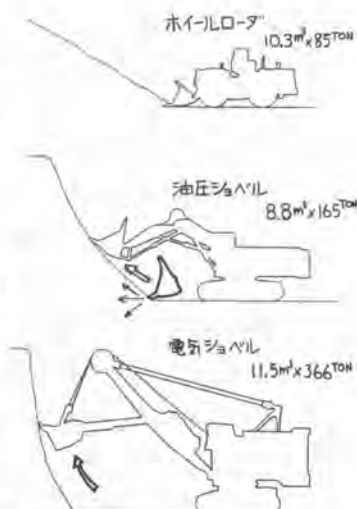


図5 積込機比較

フロントの自在性のために、油圧ショベルがすぐれている。このように、電気ショベルは、その大きさと重量にまかせて掘削物の中を力づくで掘り進めるが、油圧ショベルは、フロントの関節の自在性のために、電気ショベルと同容量のバケットを半分の重量の機械で掘削、積込作業が出来る。

油圧ショベルは、このような特長で、リーチが短いのにモカがわらず、電気ショベルより有利であるといった考え方が一般的で、事実、油圧ショベルの大形化と共に、鉱山分野で新しい市場を開拓している。そして、同容量の電気ショベルは、どんどん油圧ショベルに置きかえられている。一方、ホイールローダは、ショベル系掘削機にない機動性という大きな特長を持っており、移動の多い複数切羽での積込、ロード&キャリア工法など、その特長を生かせる分野で多く使われている。

3.2 バックハウフロント

バックハウフロントは、油圧ショベルの基本形であり、他の積込機にない特長を有している。バックハウフロントは、機体が静止している地面より下を掘削するのが得意であり、都市土木では、溝掘削等に多く用いられてきたが、鉱山でもその能率の良さを最近注目されている。図6のAに示す方法では、



は、旋回、積込の時間が短縮され、容量の大きいローダバケットより、作業量の増加が可能である。又、図6のBに示す方法は、足場の悪い低い所を避けて、ダンアトラックを運行出来るので足場の悪い現場での能率の向上が図れる。

4. あとがき

世界の鉱山開発規模の大形化は、近年著しいものがあり、それに伴い、使用機械の大形化が進んでいる。国内でも、石灰石鉱山、砕石現場、ダム工事、新空港の建設等を中心に大形建設機械導入の計画が進められており、ダンアトラックを32トンから45トン、77トンへと大形化すると共にそれにマッチした大形掘削積込機が望まれている。油圧ショベルMS1600は、この需要に対し十分応えられるもので、国内、海外の鉱山開発、大規模土木工事において大いに活躍、貢献出来ることを確信している。

3. ブルドーザ作業部品の摩耗制御

愛媛大学 室 達 朗

1. まえがき 道路、宅地建設やロックフィルダム用原石山の掘削作業において、岩盤の機械化掘削が多くなってきた。ここでは、施工技術におけるロボット化を目的とし、ブルドーザの作業部品である履帯などの足廻り装置、ブレードやリッパチップなどの掘削装置の土岩による摩耗の機構を解析し、適切な摩耗量に制御していくための方策について考察する。すなわち、スリップ率を算定するためのセンサーの組合せと掘削力を検知するセンサーを開発し、過度なスリップ率と過大な掘削抵抗をこれらのセンサーによって把握し警告するとともに、ブレードやシャンクの位置を自動制御するためのシステム化について記述する。

2. 掘削刃の耐久性 チップの摩耗量は、岩盤の特性および金属材料等によって大きく左右される。まず実際の岩盤掘削現場11ヶ所を選定し、車輛重量45トン級の同一機種種のブルドーザのリッピング作業について、標準リッパチップの摩耗量の経時変化を計測した。それぞれの現場から採取した岩塊について、比重、含水比、吸水率、単軸圧縮強度、ロサンゼルスすりへり減量、ショア硬さ、および超音波伝播速度などの室内岩石試験を行なうとともに、現場のリッピング作業地点での弾性波速度を計測し、

岩盤のきねつ係数を求めた。つぎに、リッパチップの摩耗に対する岩盤の強度を評価する指標として、「摩耗に対する岩盤強度指数 σ_c 」を次式のように定義し、それぞれの作業現場の岩盤特性を定量的に評価した。

$$\sigma_c = K \sigma_{c0} (1 - Cr) \quad (1)$$

$$K = K_0^2 (K_1 + K_2 + K_3 + K_4) / 4$$

ここに、 $K_0 = (\text{石英含有量}) + (\text{長石類含有量}) / 2$

$$K_1 = (\text{見かけ比重}) / 2.60$$

$$K_2 = 30.0 / (\text{ロサンゼルスすりへり減量})$$

$$K_3 = 2.00 / (\text{吸水率})$$

$$K_4 = (\text{ショア硬さ}) / 60.0$$

さて、チップの摩耗量の経時変化は図1に示すとおりで

あり、図中の数字は現場A~Kの摩耗に対する岩盤強度指数である。ここで、摩耗量はチップの初

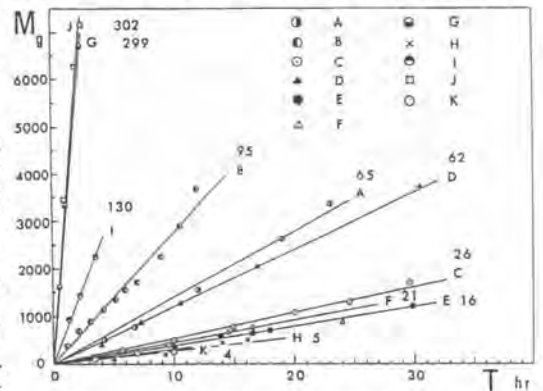


図1 リッパチップの摩耗量Mとリッピング作業時間Tの関係

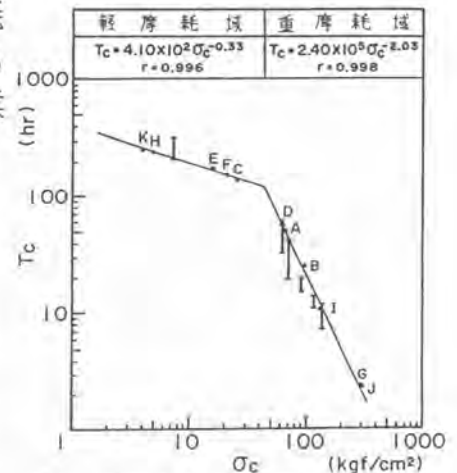


図2 摩耗寿命 T_c と摩耗に対する岩盤強度指数 σ_c との関係

期重量から各計測時においてシャンクから取りはずして測定したチップの重量を差引いた重量変化量である。また、リップング作業時向とは、実際にリップング作業を行なっている往復動の時向であり、ドーピングやプッシングなどに要する作業時向を除いたものである。なお、この試験に供されたリップチップはいずれも長さ375mm、先端幅88mmの鍛造された特殊合金鋼である。金属材料は、引張り強度156.5 kgf/mm²、伸び6.2%、絞り27.8%、シャルピー衝撃値5.9 kgfm/cm²、ビッカース硬さ402、ショア硬さ55.1であり、その化学組成はC:0.27%、Si:0.29%、Mn:0.77%、P:0.018%、S:0.018%、Ni:0.61%、Cr:0.51%であった。

次に、リップチップの摩耗寿命と岩盤特性との関係について述べる。前図より明らかに、チップの摩耗量とリップング作業時向は近似的に直線関係があり、限界摩耗量 $M_C = 7,000\text{g}$ において部品交換するとしてそれぞれの摩耗寿命を算定した。図2は、それぞれの現場におけるチップの摩耗寿命 T_C と摩耗に対する岩盤強度指数 σ_C の関係を両対数紙上にプロットしたものである。図より明らかに、これらの関係は $\sigma_C = 43\text{ kgf/cm}^2$ で折点をもつ2本の直線で表現することができる。すなわち、岩盤を大別して、摩耗に対する岩盤強度指数が 43 kgf/cm^2 より低い部分を軽摩耗領域、それより高い部分を重摩耗領域とすると、

軽摩耗域 ($0 \leq \sigma_C \leq 43\text{ kgf/cm}^2$) において

$$T_C = 4.10 \times 10^2 \sigma_C^{-0.33} \quad (r = 0.996) \quad (2)$$

重摩耗域 ($\sigma_C \geq 43\text{ kgf/cm}^2$) において

$$T_C = 2.40 \times 10^5 \sigma_C^{-2.03} \quad (r = 0.998) \quad (3)$$

が成立した。上式は相関性がかなり高く、リップチップの摩耗寿命を予測する式として高く評価されている。¹⁾

次に、リップチップの金属材料がその摩耗寿命に与える影響について調査するため新たに6ヶ所の現場を選定し現地試験を行なった。なお、金属材料としては、Ni-Cr-Mo 鋳鋼品、Ni-Cr-Mo 鍛鋼品 STKS2、Si-Cr-Mo 鍛鋼品、Si-Mn-Cr-Mo 鋳鋼品、および高Mn-Cr 鋳鋼品 SCMnH11 を使用した。それぞれの現場の摩耗に対する岩盤強度指数に対して各チップの摩耗寿命の範囲を前図に追記した。その結果、高温における耐摩耗鋼を使用したチップ程、重摩耗域における摩耗寿命が長くなることが判明している。また、図より明らかに、リップチップの摩耗を大きく支配するものは金属材料よりも岩盤強度であり、この摩耗に対する岩盤強度指数を低下せしめることが摩耗を制御するための重要な摩耗対策となるのである。

3. 掘削抵抗の計測 岩盤掘削を行なうリップング作業において、リップチップに作用する掘削抵抗は岩盤を構成する岩石の圧縮強度、き裂係数および節理の方向によって複雑な挙動を示し、



写真1 掘削力の計測

また、掘削深さやブルドーザのけん引力特性にも支配されるため容易に計算することは不可能である。ここでは、80トン級大型ブルドーザのリッパチップに作用する力の大きさと方向について計測する方法を示し、ある現場において実測した例について説明する。写真1に示したように、ツャンク上部に軸圧縮力および曲げモーメントを測定するためのストレインゲージを4枚貼り付け、ツャンク表面に発生するひずみよりチップに作用している水平力と鉛直力を算定するのである。なお、キャリブレーションに当たっては、50トン用ロードセルに種々の角度でセットしたツャンクを通してブルドーザの自重を載荷させ、両者の関係を求めた。

次に、実測を行なった岩盤は風化花崗岩であり、弾性波速度は1,005 m/secであった。また、岩石の圧縮強度は360 kgf/cm²、超音波伝播速度は1,761 m/secであったので岩盤のき裂係数は0.67と算定された。なお、この現場の摩耗に対する岩盤強度指数は40.6 kgf/cm²であり、軽摩耗域に属していた。

さて、当現場においてリッパチップの掘削深さを55cmと設定してリッピング作業試験を行なった。図3(a)(b)はそのときのツャンク上部に作用した軸圧縮力と曲げモーメントを実測した結果である。いずれも激しく変動する波形を示しており、極大値においては履帯はスリップを引き起している。これらの測定値をチップに作用する鉛直力と水平力とに換算して表示すると図4のようになり、平均合力は61トンでその作業方向は鉛直下方に向かって水平と74.8度をなしていることが判明した。

以上、押土および岩盤の掘削抵抗はブルドーザ本体の作業部分に貼り付けたひずみゲージにより直接計測することが可能となり、ブルドーザの操縦をより合理的に制御するための新しいセンサーとして使用できる。

4. スリップおよび掘削抵抗の制御 履板のスリップによるシューグラウザの摩耗寿命とスリップ率の関係は、一般に反比例の関係にある。すなわち、履帯全長をL、グラウザの金属密度をρとし、その単位面積単位掘削距離当たりの摩耗量をmpⁿと表わすと、T時間後のグラウザの摩耗長hは次式で与えられる。

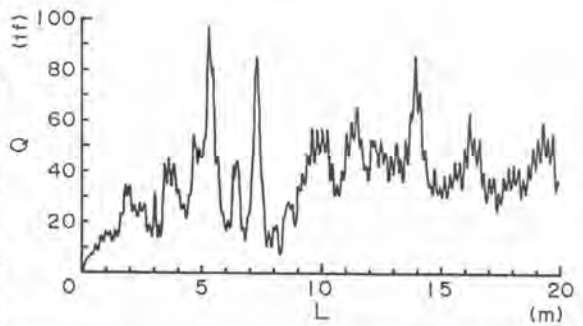
$$h = \frac{V'D}{\rho L} \cdot mp^n \cdot ST \quad (4)$$


図3(a) ツャンクに作用する軸圧縮力Qとブルドーザの走行距離Lとの関係

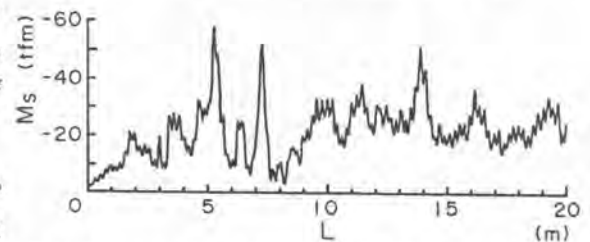


図3(b) ツャンクに作用するモーメントMsとブルドーザの走行距離Lとの関係

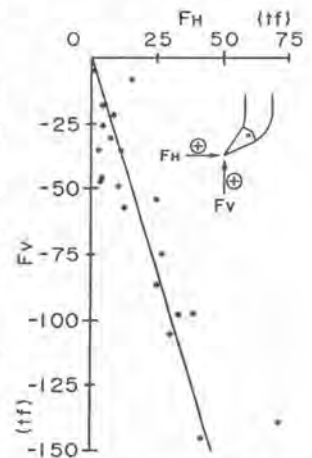


図4 リッパチップに作用する鉛直力Fvと水平力FHの関係

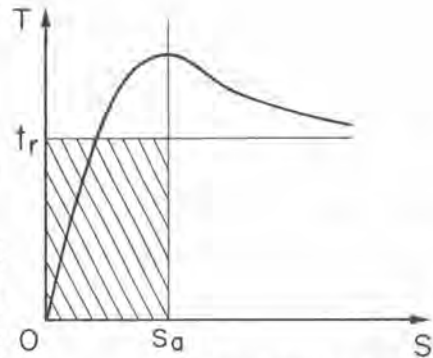
ここで、グラウザの限界摩耗長を h_c 、摩耗寿命を T_c とすると、

$$T_c = \frac{\rho h_c L}{V' D m p \pi} \cdot \frac{1}{S} \quad (5)$$

となるのである。

したがって、スリップ率を極力減少させることがツェーグラウザの摩耗寿命の向上に大いに貢献するのである。

さて、ブルドーザのエンジンより履帯に伝達される有効駆動力 T_i は、スプロケット直前のトルクセンサによって計測することができる。また、スリップ率 S を算定するに必要な



ブルドーザの対地車速度 V および履帯の車体に対する回転速度 V は、ドップラ車速センサとスプロケットの駆動周速度を検出するトルコン出力軸回転センサとトランスミッション変速段位置検出センサによって検出することができる。これらの情報をマイクロコンピュータに入力し、有効駆動力 T_i とスリップ率 S の関係を図5のようにグラフィック表示することができる。また、岩盤におけるリッピング作業においては、有効けん引力 T_4 をツェンクに貼り付けたストレインゲージより直接計測し、マイコンにインプットすると、 T_i - S 曲線とはほぼ同様な曲線をえることができる。この場合、スリップ率 S が S_a を超過しないように制御すべきであり、超過したとき警告ランプで表示するとかりッピング深さを浅くするよう自動制御することも可能である。なお、リッパチップやブレードの摩耗寿命を向上させるため岩盤の掘削力を $T = t_r$ 以下に制御することも可能である。

すなわち、岩盤掘削作業時には

$$T \leq t_r, \quad S \leq S_a \quad (6)$$

なる条件を設定して、種々のけん引力-スリップ率曲線がその範囲を超過したときツェンクやブレードの位置を上昇させて掘削抵抗を減少せしめるよう自動制御することができる。

これらの限界値である t_r および S_a の値は、現場の土質、岩盤特性、機種などを十分に考慮して生産性向上を目指したより合理的な値を慎重に決定されるべきである。

5. あとがき
ブルドーザなどの土工用機械のメカトロニクス化は、レーザ式レベルング装置、ドップラ車速センサや車体傾斜計などを車両にオプションとして設置することから始まり、トルコン回転センサ、リフトシリンダストロークセンサ、ミッションコントローラおよびロードセンサからの情報をマイクロコンピュータで制御して自動変速、油圧シリンダのストロークの自動制御やエンジンの電子制御など車両の一部として適用する可能性が増加してきた。さらに、土工分野ではきわめて重要な相手土砂や岩盤特性に関する情報を十分に考慮した制御システムを確立することにより、エンジン、足廻り装置、および掘削装置との複合制御化から車両全体の制御へと発展していくことを期待する。

6. 参考文献 1) S. Hata and T. Muro: Relation between wear life of rippertip and rock mass properties, Proc. of the 6th Int. Conf., I.S.T.V.S., pp.951-981, 1978.

4. 大形ブルドーザのアベイラビリティ

建設省北陸地方建設局 *本田宜史

建設機械化研究所 藤本義二・門内正信

1. まえがき

アベイラビリティとは、機械やシステムの信頼性と保全性を総合した概念である。1つの故障が全体の機能に著しい影響を与える航空・防衛・宇宙開発などの分野では、早くからこのアベイラビリティの概念が導入され、性能向上に貢献してきている。最近、建設機械の分野に於ても、この言葉が注目されるようになってきており、ISOでもアベイラビリティの定義を国際標準化することが決議され、我国が原案を作成することになっている。このような背景のなかで、建設機械化研究所では、昭和56年度を初年度とする3カ年計画で、建設機械のアベイラビリティの試験方法を策定することを目的とした調査研究を、通産省機械振興補助金により実施している。この報告は、調査研究の過程で実施した現場使用実績調査で明らかとなった大形ブルドーザのアベイラビリティについて述べるものである。

2. 建設機械のアベイラビリティ

建設機械のアベイラビリティについては、その試験方法はもとより定義さえも定められたものはない。信頼性用語(JIS Z 8115)によれば、アベイラビリティとは「修理可能な系、機器または部品などが、ある特定の瞬間に機能を維持している確率」と定め、この値Aを

$$A = \frac{\text{(動作可能時間)}}{\text{(動作可能時間)} + \text{(動作不可能時間)}} \quad (1)$$

として求める場合が多いとしている。

建設機械について、稼働の状態を動作可能時間 U_i と動作不可能時間を D_i と区分して示すと、上式は

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n U_i}{\sum_{i=1}^n U_i + \sum_{i=1}^n D_i} \quad (2)$$

となり、一般には

$$A = \frac{OT}{OT + TTR} \quad \text{又は} \quad \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (3)$$

で示されている。

ただし、OT: 運転時間 (Operating Time), TTR: 修理時間 (Time to Repair)

MTBF: 平均故障間隔 (Mean Time between Failures)

MTTR: 平均修理時間 (Mean Time to Repair)

しかしながら、日常点検や定期整備などの定期保全時間や、部品まちなどの修理まち時間の扱いは定められていない。建設機械のアベイラビリティを高めるには、上式より、故障が少なく、故障時の修理時間が短いこと、即ち信頼性と保全性に優れていることが要求されるのである。

3. 大形ブルドーザ（30～40t級）の現場使用実績調査方法

アベイラビリティの試験方法を定めるためには、建設機械のアベイラビリティが、その使用条件や機械の新旧によりどの様になるのかを把握しておく必要がある。このため、現場で稼働中の機械を選定して、アベイラビリティを調査するための使用実績調査を次の要領で実施した。

- 調査期間 57年9月～58年2月（6カ月間）
- 調査台数 12台（内訳 プッシュ作業、掘削押土作業各2台、リッパ作業、スクレーパーけん引作業各4台）
- 調査様式 日報形式のアベイラビリティ算出用の調査表による。この調査表は、とくに運転予定時間の欄を設けて、実稼働時間との関係を明確にした。
- 機械の選定 30～40t級の2機種ブルドーザを、両機種とも新旧が適宜含まれるよう配慮した。

4. 大形ブルドーザのアベイラビリティ

(1) アベイラビリティの算出方法

建設機械のアベイラビリティは、機械自身の信頼性や安全性の他、現場での機械管理や修理体制、サービス系列の部品在庫や、地域条件などによって、その値が変化する。また、日常点検や定期整備、修理待ち時間をダウンタイムとして扱うかどうかによっても算出した値が異なる。さらに、同一性能の機械であっても、作業条件によって変えることも予想される。

本調査研究では、現場で実際に示された値の他、機械自身の持つアベイラビリティ性能をも求めたいという観点から、次に示す条件を組合せた16通りのアベイラビリティ指数を算出した。

- 条件1. 日報に記載された通りの諸数値を用いた現場における実際のアベイラビリティ（ここでは、Operational アベイラビリティと呼び、A, B, C, Dと大文字で表示）と、記載された修理時間、修理待ち時間などを見直して標準的な値を用いるとともに、消耗品関係の交換は、作業予定時間外に行うべきとの考えで、日報を修正した値で算出した機械固有のアベイラビリティ（Inherent アベイラビリティ、a, b, c, d）
- 条件2. 作業内容や作業条件によって、影響を受けやすいとみられる作業装置の消耗部品にかかわる修理交換を故障として扱った場合と、除外した場合（除外したものを'と表示）
- 条件3. ダウンタイムの内容で4通り
- A, A', a, a' : 作業予定時間内の修理時間のみをダウンタイムとした場合
 - B, B', b, b' : 作業予定時間内外の全修理時間をダウンタイムとした場合
 - C, C', c, c' : 作業予定時間内の修理時間と修理待ち時間をダウンタイムとした場合
 - D, D', d, d' : 全修理時間、修理待ち時間、日常及び定期整備時間をダウンタイムとした場合

すなわち、A, A', a, a'で示される値は、修理待ち時間を含んでいないため、整備員の配備や、部品の補給などが理想的な場合の値である。B, B', b, b'は、ある一定時間の運転を行うためには

全体としてどれだけの修理時間があるかを示す値であり、修理計画で利用されよう。C, C', c, c'は、現場での運転予定時間が、修理や修理まちによって、どの程度ダウンするかを示す値であり、現場での稼働実態にもっとも即した値を示すものといえる。D, D', d, d'は、ある一定時間の運転を行うためには、全体としてどれだけの修理や修理まち点検整備などの機械管理時間があるかを示す値であり、機械の運用管理面で利用されよう。

(2) 稼働実績より求めたアベイラビリティの例

上項の算出方法によって求めたアベイラビリティの例を表-1に示す。機械Ⅰは掘削押土作業を行なっている比較的新しい機械、機械Ⅱはリッパ作業を行なっている比較的古い機械である。

(3) アベイラビリティへの影響要因

各種の要因のうち、掘削押土、リッパ、スクレーバけん引などの作業内容と機械の新旧を取り出して、繰返しのある二元配置による分散分析を行なった。その分析結果を表-2に示す。

表-2より、作業内容による有意差はないが、機械の新旧により、アベイラビリティは有意水準5%で有意差があるといえる。

(4) アベイラビリティと累積稼働時間

図-1, 2は、上項の検討で、影響が大きいことが判明した累積稼働時間とアベイラビリティとの関係を示したものである。図より、大形ブルドーザは、4,000時間程度までの稼働に対しては、95%を超える高い水準のアベイラビリティを維持するが、以降その値が漸減する傾向を示すことがわかる。

表-1 アベイラビリティの例

| | | 全故障を対称とした場合 | | | | 作業装置の消耗品を除外した場合 | | | |
|-------------------------|-------------|-------------|------|------|------|-----------------|------|------|------|
| Operational アベイラビリティ | アベイラビリティ算定値 | A | B | C | D | A' | B' | C' | D' |
| | 機械Ⅰ | 98.3 | 96.5 | 98.3 | 90.4 | 98.8 | 98.3 | 98.8 | 92.1 |
| 機械Ⅱ | 87.3 | 87.3 | 87.1 | 82.5 | 87.3 | 87.3 | 87.2 | 82.6 | |
| Inherent アベイラビリティ | アベイラビリティ算定値 | a | b | c | d | a' | b' | c' | d' |
| | 機械Ⅰ | 99.8 | 97.2 | 99.8 | 91.1 | 99.8 | 98.6 | 99.8 | 92.3 |
| 機械Ⅱ | 89.7 | 88.7 | 89.0 | 83.3 | 89.7 | 88.8 | 89.0 | 83.4 | |

表-2 影響要因の分散分析表

| 要因 | 偏差平方和 S | 自由度 v | 分散 V | 分散比 F | F _{0.05} | F _{0.01} |
|----------|---------|-------|------|-------|-------------------|-------------------|
| 作業内容 A | 2.5 | 2 | 1.25 | 0.11 | 3.14 | 109 |
| 機械の新旧 B | 124 | 1 | 124 | 108.8 | 3996 | 137 |
| 交互作用 A×B | 0.6 | 2 | 0.25 | 0.02 | 3.14 | 109 |
| 誤差 E | 67 | 6 | 11.2 | | | |

図-1 C の値

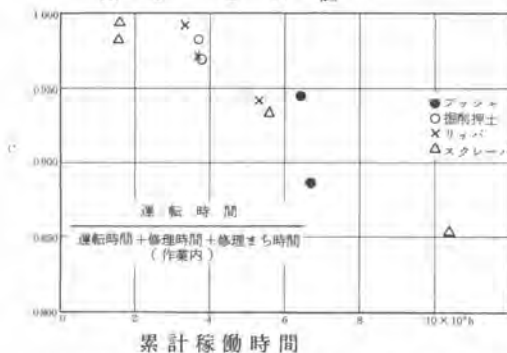
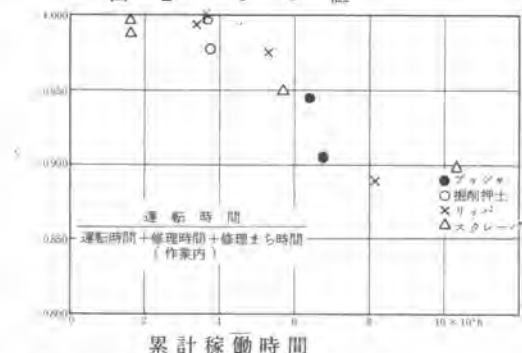


図-2 c の値



(5) 平均故障間隔MTBF, 故障率関数λ(t), 平均修理時間MTTR

作業装置関係の消耗品の交換を除外した故障について、Inherent値を用いて、MTBF, λ(t) MTTRを求める。12台の機械を2,000時間毎の累積稼働時間別に分類して、それぞれの値を算出した。その結果を図-3, 4, 5に示す。

図-3 MTBF

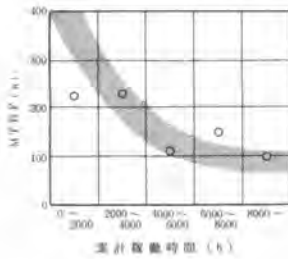


図-4 $\lambda(t)$

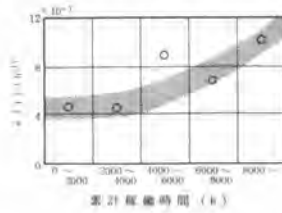


図-5 MTTR

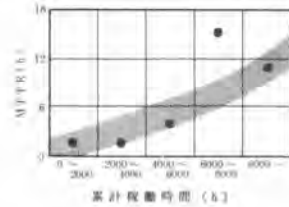


図-3, 4, 5より, 大形ブローザは, 累計稼働時間が大きくなる程, つまり古くなる程, 故障の発生頻度が増加し, しかも故障1件当りの修理時間が長くなることからわかる。

図-3より, MTBFは時間の逆数で近似できることから, MTBFは次式で示される。

$$MTBF = a / t \quad a: \text{定数}, t: \text{時間} \quad (4)$$

$\lambda(t)$ は故障率関数と称せられ, 一般に機械や電子機器では, その故障の発生はワイブル分布に従うとされていることから

$$\lambda(t) = m/a \cdot t^{m-1} \quad m: \text{形状パラメータ}, a: \text{尺度パラメータ} \quad (5)$$

で示され, $m > 1$ は摩耗故障, $m = 1$ は偶発故障, $m < 1$ は初期故障のパターンを示すものである。

図-4をこれと対比すると, この図は偶発故障と摩耗故障の混合ワイブル分布を示しているといえる。

図-5より, MTTRは時間に比例していることから, MTTRは次式で近似できる。

$$MTTR = b t \quad b: \text{定数}, t: \text{時間} \quad (6)$$

(4)式, (5)式を, アベイラビリティの定義を示す(3)式に代入すると, 次式が得られる。

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} = \frac{a/t}{a/t + b t} = \frac{a}{a + b t^2} \quad (7)$$

このa, bの値を実績値で得られたc'の値と合致するように試行的に求めると, 図-6に示したように, Inherent アベイラビリティc'に

$$Y = \frac{700}{700 + X^2} \quad (8)$$

同様にOperational アベイラビリティC'については, 次式が得られる。

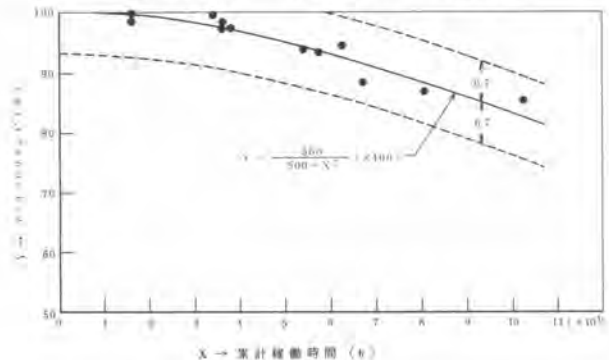
$$Y = \frac{500}{500 + X^2} \quad (9)$$

なお, 図中の点線で示した範囲は, 12台のサンプル値から, 母集団の存在範囲を X^2 -分布, t-分布により, 母平均, 母分散の推定により求めたものである。

5. あとがき

アベイラビリティの試験方法を見出す過程の中で, 明らかとなったアベイラビリティの実態について述べた。本調査研究の御指導を頂いているアベイラビリティ委員会各位に厚くお礼を申し上げる。

図-6 アベイラビリティの推定



5. 履带式車両の接地圧力分布

建設省土木研究所 伊藤豪誠・*前田孝司
建設省中部地方建設局 太田 宏

1. まえがき

建設工事には土工事の占める割合が多いが、施工現場の地盤（土質）の状態は必ずしも良好とは限らず、軟弱地での施工例も多い。履带式車両は、車輪式に比べて不整地の走行性能が良く、泥地などの軟弱地でも、車両の接地面積を広げ接地圧力を低くすることで、走行や作業を行なうことができるため、ブルドーザなどでは現在履带式の車両が数多く使用されている。しかし、これら履带式車両の走行性能に関しては、車両の重心位置・懸架方式・履帯の形状や連結方法など関連した運動が非常に複雑であり、これに地盤を形成する土の力学的な性質も加わり、今だ解明されていない点が多く残されている。

土木研究所では、履带式車両の各種地盤上での走行性能を推定する手法を検討するとともに、軟弱地盤に適した履帯装置の改良を図ることを目的として調査研究を実施している。本報告はこれらの調査研究の一環として、走行性能の重要な要因と思われる履帯の接地圧力に関して、地盤条件や負荷による分布形態の変化などを把握した結果を示すものである。

2. 接地圧力の測定方法

接地圧力の測定方法には、①地盤に埋設した土圧計による方法、②履帯に取り付けた圧力計による方法、③履帯に加わる荷重を測定する方法などが考えられるが、①は地盤の深い位置では荷重分散効果で接地圧力が正確に把握できず、また、浅い位置ではグローサなどの影響及び地盤が軟い場合は、土圧計が移動するため車両との相対位置が変化し正確な接地圧力を測定することができない。②の場合は、グローサなどがあると圧力計と地盤の接触状態が一定とならないことがあり、再現性にとぼしい。このようなことから今回の実験では、③の、地盤からブルドーザの履帯（1枚）に加わる荷重をロードセルで測定し、接地圧力を算出することとした。

3. 調査方法

試験車両には、水中の地盤上の接地圧力も測定するために水中ブルドーザ（小松 D 125-18 B）を使用した。なお、接地圧力の測定前に、ISO 5005 土工機械－重心位置測定方法を参考に、車両前端と後端を交互にクレーンで吊り上げ、車両重量と重心位置を測定した。図-1 に試験車両の重心位置を示す。

接地圧力は、図-2 に示す薄形、長方形のロー

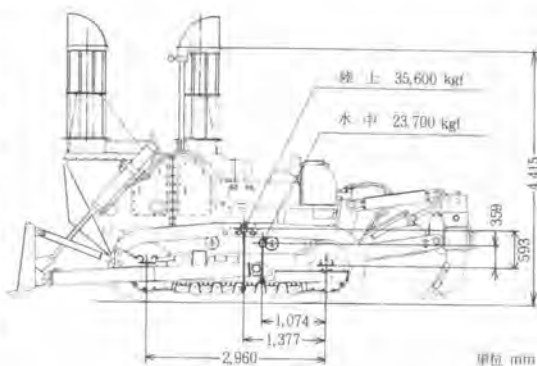


図-1 試験車両の重心位置

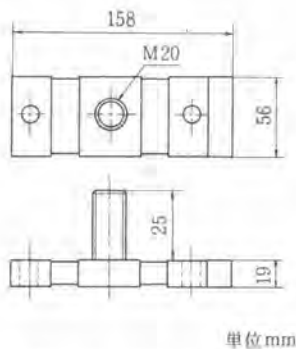


図-2 ロードセル

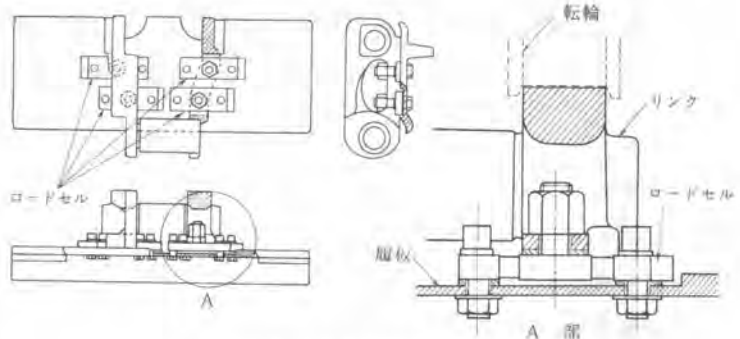


図-3 ロードセルの取付

表-1 試験地盤の土質

| 土質試験 | 地盤 | 砂地盤 A | 砂地盤 B | 粘性土地盤 C | 粘性土地盤 D | アスファルト舗装 E |
|-----------------------------------|--------------------------|-------|-------|---------|---------|------------|
| 湿潤密度 (kgf/cm ³) | | 1.702 | 1.885 | 1.365 | 1.394 | - |
| 乾燥密度 (kgf/cm ³) | | 1.528 | 1.550 | 0.654 | 0.701 | - |
| 含水比 (%) | | 11.4 | 21.6 | 108.7 | 98.9 | - |
| 平板載荷試験 K 値 (kgf/cm ²) | | 9.8 | 3.9 | 2.5 | 1.2 | - |
| コーン指数 (kgf/cm ²) | | - | - | 10.9 | 5.6 | - |
| 一面せん断試験結果 | C (kgf/cm ²) | 0.08 | - | 0.27 | 0.2 | - |
| | φ (°) | 41.6 | - | 24.0 | 24.2 | - |

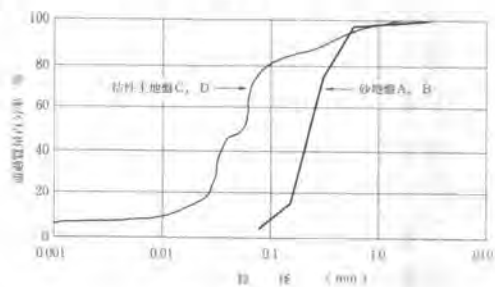


図-4 粒度分布

ロードセル（容量 2t）4 個を使用し測定した。ロードセルは図-3 に示すようにシューボルトの穴を利用して取り付けられたもので、地盤から加わる力は、履板→ロードセル→リンクへ伝わる構造であり、ロードセルの横荷重の干渉は、極めて少ない。この方法で、履板に加わる垂直荷重を測定し履板の面積で除して接地圧力を求めた。

実験地盤とその土質試験結果を表-1 に粒度分布を図-4 に示す。砂地盤 A は、コンクリート製水槽（40m 長×20m 幅×3m 深）内に細砂を用いて長さ 25m、幅 5m、厚さ 0.8m に造成した人工地盤であり、砂地盤 B は A 地盤を水没させたものである。粘性土地盤 C は土木研究所構内の屋外実験場の関東ローム地盤で、粘性土地盤 D は C 地盤の長さ 20m、幅 6m の区間を深さ 0.5m まで掘りおこし、水を加え耕うん機で十分に混合した後ブルドーザ転圧により作成した軟弱地盤である。その他に、岩盤を想定したアスファルト舗装上でも測定した。

実験は、各地盤上で試験車両をできるだけ低速で一定に走行させ、ロードセルを取り付けた履板が試験車両の遊動輪下から駆動輪下を通過するまでの間接地圧力を測定した。さらに、けん引試験として試験車両の後方に制動用ブルドーザを 1 又は 2 台連結し、けん引作業時の接地圧力も測定した。その他、試験車両を断続的に移動させた停止時の接地圧力や、車両の走行速度を変えた実験も行なった。

4. 調査結果

実験の結果、各地盤上ともに遊動輪、駆動輪付近の履板にはほとんど荷重が加わっておらず、主に 6 個の転輪間の履板で地盤と接地していることがわかった。接地圧力の測定は、同一条件で 3 回程度

繰り返し実施しているが、3回の結果を比較しても、分布の形態は同じと言っても良いほど似通っており、接地圧力の再現性は非常に良い結果であった。

図-5に粘性土地盤とアスファルト舗装における接地圧力の測定結果を示す。図から、粘性土地盤の前進時における接地圧力は、転輪付近で大きく周期的な変化を示している。接地圧力分布は、遊動輪の通過後大きくなり第1転輪下で小さなピークを示す。その後も転輪下でピークを繰り返しながら後方へいくに従い増加し、第5転輪から第6転輪の間で最大接地圧力を示した後急激に低下する。後方の接地圧力が大きくなっているのは、車両の重心位置の影響や、地盤が軟いために走行中、車両重量で履板が徐々に沈下し、車両がわずかに傾斜するためと思われる。

アスファルト舗装上の接地圧力は、粘性土地盤より極端で、転輪と転輪の間にはほとんど荷重が加わっておらず、転輪下で接地圧力が非常に大きく、この部分では車量重量と接地面積から算出した平均接地圧の4倍にも達していた。これは、地盤が硬くブルドーザの重量が転輪下の履板だけで地盤に直接支持されるためと考えられる。

粘性土地盤Dは表-1に示したように、コーン指数が約 5 kgf/cm^2 で、これは中型の普通ブルドーザが同一わだちを数回走行するために必要なコーン指数で、試験車両にとっては走行限界となる軟弱地盤である。図-5の各地盤における接地圧力分布を比較してみると、アスファルト舗装、粘性土地盤C、粘性土地盤Dの順に地盤が軟くなるほど転輪下の接地圧力の集中が少なく、均等に分布する傾向を示している。したがって、ブルドーザの接地圧力分布は、硬い地盤上では転輪下に接地圧力が集中するが、車両の走行性が問題となる軟弱な地盤上では、転輪間で比較均等でほぼ台形状の分布となっていると考えられる。

後進時の接地圧力は、実験の結果では前進時よりも変動が激しくなっており転輪下で必ずしも接地圧力が大きくなっていない。これは、前進時は履板が駆動輪により常に後方へ張力を受けているのに対して、後進時は履板が駆動輪から前方へ押し出される形となり、地盤と履板の接する形態が変化することなどによる影響と考えられる。また、後進時の最大接地圧力は砂地盤Aで前進時より14%程大きくなっており、粘性土地盤でも同様の傾向であった。

けん引作業時の接地圧力は、図-6に示すように無負荷走行時と同様に転輪下で大きくなっている。しかし、後方の最大接地圧力はけん引負荷の増加とともに大きくなり、その分布は、車両後方の転輪

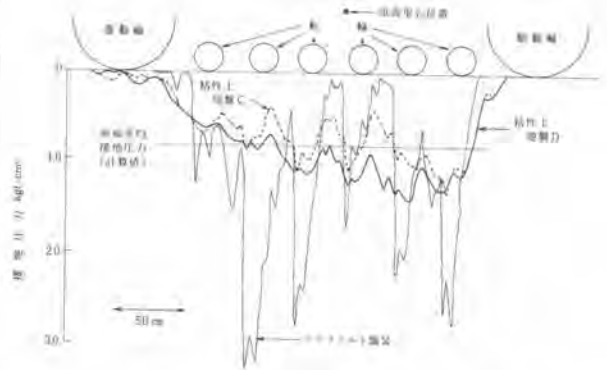


図-5 接地圧力分布（無負荷前進）

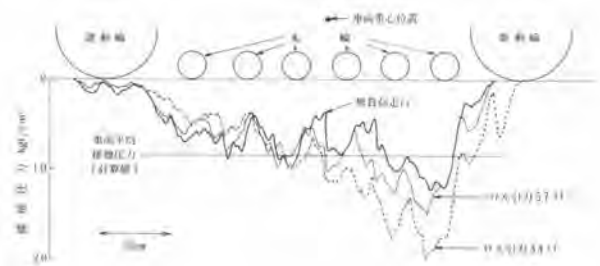


図-6 接地圧力分布（けん引走行）

付近ほど接地圧力が大きくなる三角形状となっていた。これは、履板の沈下やけん引負荷が車両に後方へのモーメントとして働く影響と思われる。しかし、実験時に測定した車両の傾斜角は非常にわずかで、実験で加えた負荷が車両の最大けん引力よりも小さく、車両に余裕があるためか、測定値もばらつき、負荷や車両のすべりなどとの関係は求められなかった。また、接地圧力の前端や後端位置及び接地幅についても同様で、はっきりした傾向は見られず、無負荷の走行時と変わらぬ結果であった。

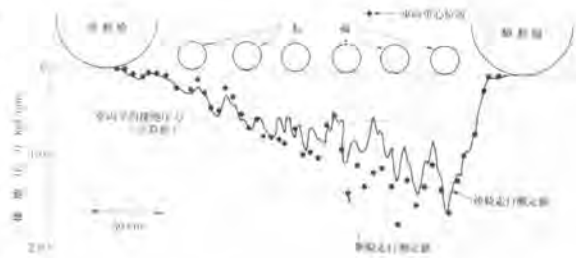


図-7 接地圧力分布（水中走行）

けん引試験の結果からブルドーザの作業時は後方に接地圧力が片寄り、軟弱地などの支持力の弱い地盤上ではこの部分の履板の沈下が増大し、車両のけん引力が著しく低下するものと考えられる。

砂地盤Bにおける水中走行時の接地圧力は、図-7に示すように後方の接地圧力が大きく、けん引走行時と同様に接地圧力の後方への片寄りが見られる。この理由は、試験車両のエンジンルームが水中作業を行えるように密閉構造となっているため、水中ではこの部分の浮力の影響で車両の重心位置が陸上の場合より約30cm後方へ移動しているためと思われる。この結果から重心の位置が接地圧力分布に大きく影響することがわかる。また、図中の点は試験車両を断続的に移動させ、停止時の接地圧力を測定した結果であり、図より断続走行時も車両後方の接地圧力が大きくなっているなど分布傾向は連続走行時とはほぼ同じ変化をしめしこの傾向は、地盤や進行方向が変わっても同様であった。これより、断続走行と連続走行による接地圧力の測定結果は同様のものであるとみなしても良いと思われる。

実験時の走行速度は、無負荷走行時が0.2～0.8 km/h、けん引作業時は負荷の大小により0.2～1.5 km/hであったが、砂地盤Aで速度を0.5～2.0 km/hの間変化させ接地圧力を測定した結果、速度による接地圧力の変化は小さく、実験を実施した範囲の速度では接地圧力分布への影響は少ないようであった。

5. あとがき

ブルドーザの接地圧力分布は地盤の硬さに影響され、硬い通常の地盤上では転輪下に接地圧力が集中している。しかし、軟弱地盤上などでは接地圧力の変動が少なく転輪間で比較的均等な台形状の分布となり、作業時などは、車両に加わる負荷の増加に従い後方の接地圧力ほど大きくなる三角形の分布へと変わることが確認できた。今後この結果をもとに、履带式車両のけん引性能を推定する手法を検討し、さらに、軟弱地盤上での走行性能に優れた履帯装置の改良を行なっていく予定である。

6. 油圧ショベルの動的安定性評価

建設省土木研究所 境 友昭*・斉藤英晴

1. まえがき

油圧ショベルの作業時の安定性（動的安定性）を大きく支配しているのが車体の揺動現象であり、機械の安全性や性能を評価する上での重要な項目の一つである。この動的安定性の良否は、実作業時における運転員の精神的、肉体的な疲労や作業能率に影響を与えることが知られている。^{1), 2)}

したがって、油圧ショベルの動的安定性の評価尺度を構成しようとする場合、Dose としての揺動現象の物理特性と、Response としての揺動現象に対する運転員の心理特性を把握し、両者の関連性を分析する必要がある。本論文は、これらの調査、分析をもとに物理特性から、作業時の揺動現象の良否を定量的に評価する方法を開発したので報告するものである。

2. 調査方法

2.1 揺動現象（物理量）の試験要領に関する実験

油圧ショベルの揺動現象の物理的特性を記述する要因を規定するため、(a)バケット内荷重、(b)バケット降下高さ、(c)機関回転数を要因として、揺動実験を行った。試験は、アームを完全に押し出した状態で、ブームレバーのみを操作してバケットを急降下させ、バケットフットピンがブームフットピンの高さと同じ位になった時にブームレバーを中立点に急速に戻し急停止させ、この時の作業機に生じる慣性力で揺動させる方法とした。

2.2 運転員の意識調査

実作業現場で働く運転員を対象に、油圧ショベル作業に関する意識調査を実施した。調査票は、(1)安定性、不安感に感ずる意識 (2)疲労感に関する意識 (3)操作性に関する意識 (4)作業能率に関する意識の把握を目的として質問を構成した。

3. 調査結果

3.1 揺動物理量の記述

オペレータはフロント部を操作して作業を行うが、この時の慣性力と衝撃力によって車体は揺動する。このように油圧ショベルの揺動は内部力によるものであり、機械の状態量として与えられる。作業時の揺動現象が現場の条件などによって変動しても、油圧ショベルが揺動運動に対して線形であれば、作業中に生じる揺動現象のアンサンブル平均は、機械固有のものであり、一定条件下での揺動の物理量によってその特性を記述することができる。ところで、油圧シ

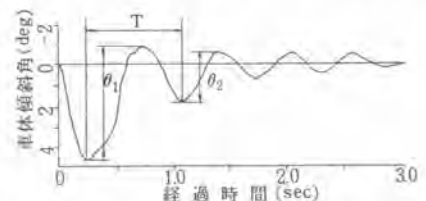


図 - 11 車体のピッチング波形

ショベルの揺動現象は、約3Hz以下のピッチング運動であり、車体の傾斜は、図-1に示すような減衰振動となる。この運動は最大傾斜角(θ_1)、対数減衰率($\ln \theta_1/\theta_2$)、および揺動周波数($1/T$)によって記述できる。

3.2 試験条件の検討

油圧ショベルの揺動現象の物理的な試験要領を作成する上で、揺動現象に影響すると思われるバケット降下高さ(要因B)、バケット内荷重(要因C)、機関回転数(要因D)の各要因について分散分析によりその効果を分析し、試験条件として規定することの必要性について検討した。表-1は各要因の有意性の検定結果を示すものである。バケット降下高さによる有意性は認められず、どの高さより降下しても車体揺動は一定である。バケット内荷重については要因の効果が大きく、また機関回転数については機種によって対数減衰率に有意性が認められる。これらの結果よりJIS³⁾に準拠し、揺動試験における機械の状態を「バケット内荷重は標準荷重、機関回転数はフルスロットル」と定めた。

表-1 分散分析結果

| 機種 | 要因 | 揺動周期 | 対数減衰率 | 最大傾斜角 |
|--------|----|------|-------|-------|
| (0.25) | B | | | |
| | C | ** | | ** |
| | D | | ** | |
| (0.70) | B | | | |
| | C | ** | | ** |
| | D | | | |

**は有意水準 | *で有意

3.3 意識調査の結果

意識調査は、揺動の物理量を把握した油圧ショベルと同一機種を所有する事業所の運転員を対象に郵便調査法により実施した。回答した運転員数は282、このうち有効回答数は203であった。無効回答の内訳は、対象機種外72、質問の大半に答えていないなどによる不良回答が7であった。

3.4 被調査者の属性

意識調査に回答した運転員の年齢、運転経験年数および運転経験台数を図-2に示す。

| | | | | |
|------------|--------|---------|--------|-------|
| 29才以下 | 30~39才 | 40~49才 | 50~59才 | 60才以上 |
| 18.2% | 45% | 28% | 83% | 0.5% |
| (a) 年齢 | | | | |
| 2年未満 | 2~5年未満 | 5~10年未満 | 10年以上 | |
| 8.6% | 19.8% | 31.2% | 40.4% | |
| (b) 運転経験年数 | | | | |
| 1台 | 2~3台 | 4~5台 | 6~9台 | 10台以上 |
| 3% | 24.4% | 30.6% | 22.2% | 19.8% |
| (c) 運転経験台数 | | | | |

年齢構成では30~40歳台が、また運転経験年数では5年以上がそれぞれ全体の7割を占めており、熟練者が対象になっていると思われる。また大多数の運転員が複数の機種の運転経験を有しており、機械の違いによる揺動特性の違いについてある程度の知見を持っているものと期待できよう。

図-2 運転員の属性

3.5 運転員の意識の数量化

意識調査票に表現された運転員の意識は、質問項目に対する肯定、否定といった質的尺度(名義尺度)によって構成されており、それ自体は動的安定性の良否やその順序をあらわしていない。しかし、動的安定性を定量的に評価するには、これら質的尺度を量的尺度に変換する必要がある。このための統計的手法を数量化理論といい、数種の数量化モデルがある。ところで、動的安定性を評価する外的基準は明らかではないが「阻害感(揺動によって運転操作が中断させられたり、車体との一体感が損なわれ精神の安定が乱されること)の大きさ」が運転員の評価基準となっているものと思われる。したがって、このような「阻害感」に関する質問項目を設定した場合、運

転員の反応は日頃乗車している機種が運転員に与える阻害感のマグニチュードの影響を受けていると思われる。運転員の反応がこのような構造を持つとき反応パターンの似ている運転員には互いに近い数値を与え、同時に運転員が似たような反応をする質問項目には近い数値（固有値ベクトル）を与えることにより、動的安定性を量的に評価することができる。このような分析方法をデータが名義尺度で与えられる場合の主成分分析（数量化理論Ⅲ類）という。

本調査では、カテゴリに23問の質問項目を用いて分析を実施したが「阻害感の大きさ」に相当する第1相関軸の固有値（寄与率）は34%であり、この種の意識調査としては良好な結果と思われる。表-2は、この分析に用いた23の質問項目を第1相関軸での固有値ベクトルに相当するトランスフォームド・スコアの大きさに順に並び換えたものである。正のスコアには「むち打ち症になるくらいひどいショックをたびたび受けている」、「法面や均平作業の仕上げに苦勞する」など阻害感を示す項目が、逆に負のスコアには「今の油圧ショベルは体との一体感が得られやすい」、「作業のしやすさの面では満足している」など乗車機種に対する好意的な質問項目が並んでおり、またこれらの並びが阻害感の大きさを意味することは明らかである。このことから第1相関軸が、油圧ショベルの動的安定性の評価を示していることがわかる。表-2に示すスコアによって、各質問項目を量的に扱くと、揺動現象に対する運転員の評価を第1相関軸のスコアとして数量化できる。次に乗車機種に対する直接的な評価と、第1相関軸上での評価量との関係について検討してみた。これは評価量を質問項目に対する選択枝別に集計し、その平均値を算出したものである。これによると、「作業のしやすさに対する満足度」の問に対し「満足（-0.25）、やや満足（0.05）、やや不満（0.22）、不満（0.63）」また「ゆれやショックに対する満足度」の問に対し「満足（-0.30）、やや満足（-0.06）、やや不満（0.11）、不満（0.31）」と各項目に対する満足度と第1相関軸での評価量がよく一致していることがわかる。

表-2 第1相関軸の意味解釈

| 質問項目 | トランスフォームド・スコア |
|-----------------------------------|---------------|
| (1) 作業を1日やるとイキになってしまう。 | 2.2380 |
| (2) 油圧ショベルの作業はイライラすることが多い。 | 1.7190 |
| (3) むち打ち症になるくらいひどいショックをたびたび受けている。 | 1.6893 |
| (4) 油圧ショベルの作業は苦勞な作業だと思う。 | 1.2966 |
| (5) 作業の終わったあとは体がだるくなってしまう。 | 1.2694 |
| (6) ブーム操作を急停止すると車体がガクつくことがたびたびある。 | 1.2055 |
| (7) 車体の揺れがなかなか止まらないことがたびたびある。 | 0.8809 |
| (8) 油圧ショベル作業では肩や腰が凝ることが多い。 | 0.7375 |
| (9) 法面や均平作業の仕上げには苦勞する。 | 0.3116 |
| (10) 車体が大きくゆれると不安になる。 | 0.2526 |
| (11) 車体の揺れやショックが長く続くとおえられない。 | 0.1970 |
| (12) 油圧ショベル作業に車体の揺れやショックはつきものだ。 | 0.1286 |
| (13) 車体が揺れると細かい作業がやりにくい。 | 0.0769 |
| (14) 油圧ショベルの作業は細かい神経を使う。 | 0.0626 |
| (15) 今の油圧ショベルはたいいの作業がこなせる。 | -0.1597 |
| (16) 今の油圧ショベルは体との一体感が得られやすい。 | -0.3548 |
| (17) 今の油圧ショベルは乗りこえがよい。 | -0.3745 |
| (18) 車体が揺れないよう気をつけて操作する方だ。 | -0.3750 |
| (19) 油圧ショベルの作業はそれしきで疲れない。 | -0.3890 |
| (20) 馬力や作業にスピードなどの性能面では満足している。 | -0.5818 |
| (21) 作業のしやすさの面では満足している。 | -0.7239 |
| (22) 揺れやショックについては満足している。 | -0.8757 |
| (23) 総合的には満足している。 | -0.9815 |

対する好意的な質問項目が並んでおり、またこれらの並びが阻害感の大きさを意味することは明らかである。このことから第1相関軸が、油圧ショベルの動的安定性の評価を示していることがわかる。表-2に示すスコアによって、各質問項目を量的に扱くと、揺動現象に対する運転員の評価を第1相関軸のスコアとして数量化できる。次に乗車機種に対する直接的な評価と、第1相関軸上での評価量との関係について検討してみた。これは評価量を質問項目に対する選択枝別に集計し、その平均値を算出したものである。これによると、「作業のしやすさに対する満足度」の問に対し「満足（-0.25）、やや満足（0.05）、やや不満（0.22）、不満（0.63）」また「ゆれやショックに対する満足度」の問に対し「満足（-0.30）、やや満足（-0.06）、やや不満（0.11）、不満（0.31）」と各項目に対する満足度と第1相関軸での評価量がよく一致していることがわかる。

3.6 油圧ショベルの動的安定性と揺動特性との関係

油圧ショベルの動的安定性を運転員の意識から量的に評価することが可能となったが、これらの心理的な評価量と乗車機種の揺動特性や車両諸元などとの関係を把握することが重要な問題である。もし評価量に影響を与える揺動特性を抽出できれば、動的安定性はこれらの物理的に計測可能な揺動特性の関数として示すことができる。ここでは、次に示す9項目の揺動特性と心理的な評価量との相関をステップワイズ重回帰分析により求めた。

x_1 : 最大傾斜角 (deg) x_2 : 対数減衰率 x_3 : 揺動周波数 (Hz) x_4 : ブーム降下速度 (deg/sec)

x_5 : 作業時安定度 (前方) x_6 : 重心高比率 (重心高/接地長) x_7 : 全装備重量 (ton)

x_8 : 作業機重量比 (作業機重量/全装備重量) x_9 : 掘削能力比 (最大掘削力/転倒荷重)

表-3は回帰式に取り入れられた説明変量と各ステップにおける重相関係数を示すものである。ステップ1では最大傾斜角が取り入れられ説明力が最も強い変量であることを示している。ステップ2以降で対数減衰率などが回帰式に取り入れられているが、作業時安定度などは回帰の改善に寄与せず、この分析では無相関と思われる。最終的に得られた重回帰式は次のとおりである。

表-3 ステップワイズ回帰

| ステップNo. | 取り入れた説明変量 | 重相関係数 |
|---------|-----------------|--------|
| 1 | 最大傾斜角(x_1) | 0.3872 |
| 2 | 対数減衰率(x_2) | 0.5772 |
| 3 | 重心高比率(x_6) | 0.6110 |
| 4 | 作業機重量比(x_8) | 0.6242 |
| 5 | 揺動周波数(x_9) | 0.6539 |
| 6 | 全装備重量(x_7) | 0.7118 |

$$Y = -1.127 + 0.0278x_1 - 0.172x_2 + 1.024x_3 - 0.23x_6 + 0.0208x_7 + 0.159x_8$$

この方程式のスコアが正となる時は、動的安定性が標準(スコア0)より劣る機種、また負の時は優れた機種を意味しており、説明変量が動的安定性の評価に与える影響の強さは回帰係数によって決定される。車体の揺動特性に関しては、最大傾斜角が大きく、対数減衰率が小さく、かつ揺動周波数の高い機種ほど動的安定性の評価が劣る傾向にあることがわかる。4名以上の運転員によって評価された機種について、推定式による評価量と運転員による評価量の両者の関係を図-3に示す。大多数の機種は、動的安定性の良否の判断が一致する第1、第3象限に布置されており、動的安定性が揺動特性の評価関数であらわされることがわかる。

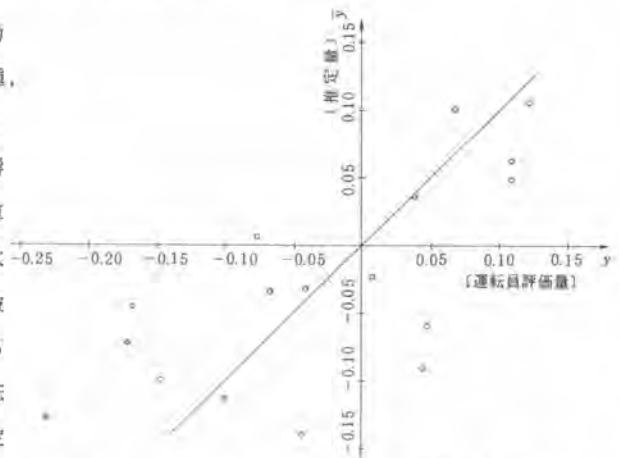


図-3 オペレータ評価量と相定量の関係

4. あとがき

動的安定性の評価関数を線形重回帰方程式で示すとすれば、上記の推定式によって、物理量から心理評価量の推定が可能である。図-3に示すとおり、17機種のうち13機種については、動的安定性に対する運転員の評価と、物理量からの推定量の傾向は一致しているが、まだ十分な推定精度が得られているとは言えない。この原因の一つは、運転員の反応の安定性が十分でないことと考えられ、今年度更に意識調査のサンプル数を増し、推定精度の向上を図るつもりである。

- 参考文献 1)村上：パワーショベル動的安定性の定量的評価方法と理論解析、小松技報(24-2)
 2)吉井、伊藤、清崎：油圧ショベルの動的安定性評価、住友重機技報(27=81)
 3)ショベル系掘削機性能試験方法 J I S A 8 4 0 2^{-J 0 7 8}

7. 建設機械用エアコンディショニングシステム

キャタピラー三菱(株) 小田部喜三郎*郡山義正

1. まえがき

建設機械のオペレータは、1日の作業時間の大半を運転席で過ごすため、運転席の居住性を向上することがオペレータの健康維持および疲労軽減のみならず機械の性能をも左右する重要な要因である。

オペレータ重視のすう勢は、既に国際的な流れとして定着しつつあり、ISO (国際標準化機構)において騒音、振動、操作性、運転室空間等居住性を構成する諸要素について、評価方法を標準化する作業が進められている。キャタピラー

の車両は、機械の生産性、耐久性、サービス性、安全性のみならず居住性の向上についても、きわめて大きなウエイトをおいて研究開発が進められている。

本論文では、キャタピラーのブルドーザ及びローダ用として使われている建設機械用エアコンディショナについて報告する。

2. 建設機械とエアコンディショナ

ブルドーザやローダ等オペレータの居住性は、1970年初めアメリカのOSHA (労働安全衛生法)によるROPS (ROLL-OVER PROTECTIVE STRUCTURE: 転倒時保護構造)やオペレータ耳元騒音規制により大きく変わった。このROPS規制は、従来の日覆キャノピイや全天候型キャブに適用された。特にROPSキャブは、ROPSキャノピイをモジュール化したもので強固な構造の上に耐振性、防音性、密閉性等の向上を計り、従来のヒータのみならずエアコンディショナの装着をも可能にした。国内では、1978年以来超大型の992CローダやD10ブルドーザの市場導入と同時にキャブ、エア



966D ホイールローダ

(キャブ、エアコンディショナ付)

| | モデル | タイプI | タイプII | タイプIII |
|-----------------------|---------|------|-------|--------|
| ワ ン ト | D8~D10 | | | ● |
| | D4~D7 | | ● | |
| | D3 | | | ● |
| ワ ン ト ロ ダ | 983 | | ● | |
| | 953~973 | | | ● |
| | 931 | | | ● |
| | 988~992 | ● | | |
| | 950~980 | | | ● |
| | 920~930 | ● | | |

タイプI:キャブーフ上部搭載型

タイプII:キャブ内上部組込型

タイプIII:キャブ内下部組込型,エアダクト付

図-1 モデル別エアコンディショナの分類

コンディショナを販売標準仕様として発売された。最近、国産化された中型のローダ（966D、950B、973、963）もキャブ、エアコンディショナを標準仕様として装着し、オペレータから好評を得ている。このように建設機械のエアコンディショナは、約10年の浅い歴史にも拘らず多種多様なモデルにマッチさせた設計を行っている。図-1に各モデル別エアコンディショナの装着に関する分類を示す。

3. エアコンディショニング・システム

建設機械用エアコンディショナの必要条件は、夏に冷房、冬に暖房、しかも防塵対策されたキャブ、除湿された新鮮な空気、そしてガラスの曇り防止等である。また多様な作業環境の中から、外気温 -4.0°C から $+4.3^{\circ}\text{C}$ の温度範囲で、年間を通じて、オペレータに快適な運転環境を提供することにある。この事からキャタピラーのエアコンディショニング・システムの設計要件として次の5項目が掲げられる。

(1) エアコンディショナ容量 6300Kcal/hr 以上

一般に冷房能力の設定は、キャブの大きさ、構造、断熱材の使用度、空気の循環方法等によって異なるが、外気温 $+4.3^{\circ}\text{C}$ でも、キャブ内温度を $+2.5^{\circ}\text{C}$ 以下にする。

(2) ヒータ容量 8800Kcal/hr 以上

キャブ内のオペレータは、外気温 -4.0°C 以下でも、防寒着、手袋を必要とすることなく、運転操作ができる。

(3) エアダクト、デフロスタ

エアコンディショナは、キャブ内に均一な冷暖房効果が得られるように、適切なエアダクトラインを配置することと、作業の安全性から前面ガラスの曇り防止用デフロスタが必要である。

また、これ等の吹出口は、位置、方向、風量が調整できることが必要である。

(4) 除湿

除湿機能は、気温が 0°C 以下に下った際、ガラス内面に水滴が発生するのを防止し、またキャブ内が高温で湿度が高い時、冷房と並行して再加熱により、湿度の低減を行ない、快適な環境を維持するのに必要である。

(5) プレッシュライザ

キャブは、一般に防音、防水、防塵対策が施されている為、長時間の冷房又は暖房運転時でも、常に新鮮な空気がキャブ内に導入されなければならない。プレッシュライザ機能は、 $20\sim 30\%$ の外気を、フィルタを通じて導入し、キャブ内の圧力を高め、冷房・暖房の高効率を維持し、常に新鮮な空気を保持する。

エアコンディショナは、多数の部品から構成されており、信頼性の高い部品を使用し、さらにサービシ性の容易さが要求される。次に主要な部品の設計上の留意点を記述する。

(1) コンプレッサ

コンプレッサは、エンジンルームのスペースおよび取付け方法によって異なるが、建設機械には、斜板式コンプレッサを使用し、特にクラッチ部に対する防塵対策に十分配慮を要すること

が必要である。

(2) コンデンサ

コンデンサコイルは、耐摩耗性のスチールフィン構造で、エンジンの冷却ファン又は単独電動ファンによって冷却される。

(3) エアコンディショニングラインズ

ホースラインズは、冷媒のもれ防止の為、Oリングタイプのフィッティングが使用され、また、エアコンディショナユニットが装着されたキャブ、又はプラットフォームを車体から脱着する場合でも、セルフシーリング・カップリングの採用により、ガスの再充填を要しないサービス上の配慮が必要である。

(4) ブロワモータ

ブロワモータは、建設機械用ヘビーデューティの小型で、大容量で、2～3スピードコントロール機構を備える必要がある。

(5) エアフィルタ

プレッシャライザ機能は、フィルタを通じて外気導入および内気循環が行なわれる。

フィルタは、外気導入用としてペーパー型、内気循環用としてフォームラバー型を採用し、それぞれの空気の清浄度を向上させる必要がある。

4. 966Dローダのエアコンディショニングシステム

エアコンディショニングシステムについて、966Dローダに装着した場合を例にとり説明する。本システムは蒸気圧縮式冷凍方式と称し、主要構成部品、④コンプレッサ、⑤コンデンサ、⑥レシーバ(ドライヤ)、⑦エキスパンションバルブ、⑧エバポレータ、⑨ヒータコアそして⑩プレッシャライザ等が、図-2で示されるように配置されている。

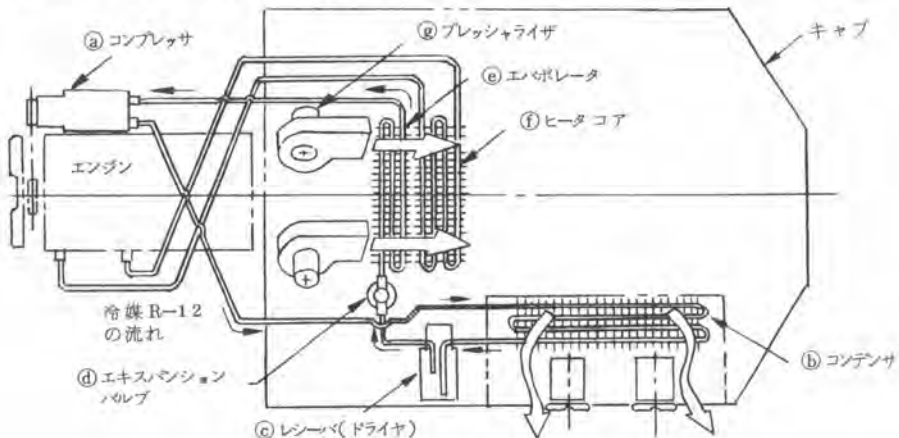


図-2 966Dエアコンディショナ系統図

この密閉された回路へ冷媒を循環させ、C A B内空気からC A B外へ熱を移動させて、冷却を行なうものである。なおエアコンディショニングシステムとして、⑧エバポレータと並行に⑨ヒータコアも暖房用に設置されている。

冷凍方式は次のような順序で行なわれる。

- (1) コンプレッサは、冷媒（フロン R-12）を圧縮し、高温高圧のガスを作る。
- (2) ガス状の冷媒は、コンデンサで冷却され高温高圧の液体となる。
- (3) 液冷媒は、レシーバタンクで一時的に貯えられる。
- (4) レシーバタンクを出た液冷媒は、エキパンションバルブで急激に膨張させられ低温低圧の霧状となる。
- (5) エバポレータに流し込んだ冷媒は、エバポレータ表面の空気から熱を奪って蒸発し、ガス状の冷媒となって、コンプレッサに戻る。この際、外気ならびにキャブ内から吸い込まれた空気は、エバポレータ表面で冷却され、キャブ内へ冷気となり供給される。

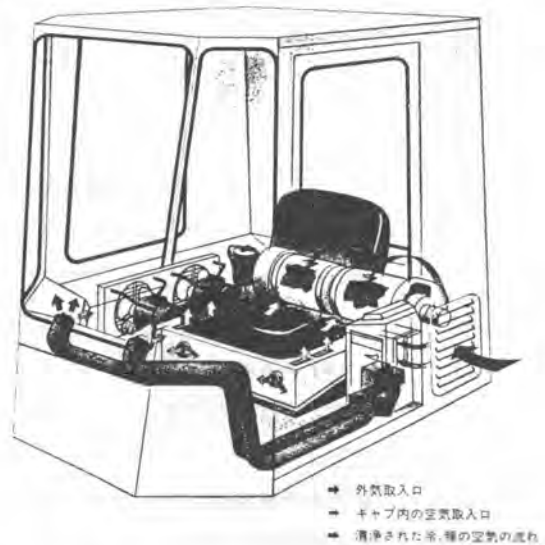


図-3 966Dエアコンディショナ
(運転席付近配置図)

実際の966Dの運転席まわりは、図-3に示すようにキャブとプラットフォームの2つから構成され、エアコンディショナは下側のプラットフォームに組込まれている。

また、この図は、キャブ内空気の循環経路を示しているが、

外気がフィルタでどのように清浄化されているか、静岡県内の碎石現場で、実稼働調査したところ、ダスト数は、キャブ外で平均100個/分に対し、キャブ内では、平均4個/分と一般事務所に近い状態であることが判明した。

また、966Dのエアコンディショナの冷房能力の実測データは、エンジン定格回転で、図4に示すとおりであった。キャブ内温度は、平均化していることが判る。

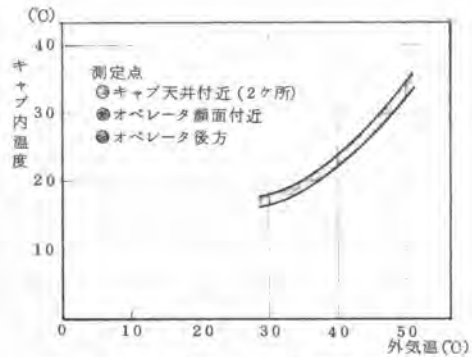


図-4 966Dエアコン冷房能力(実測値)

5. あとがき

キャタピラーのエアコンディショニングシステムは、冷房、暖房、除湿、解氷の機能にプレッシャライズ機能を加えて、キャブ内に常に新鮮な空気が充填するため年間を通じて利用される。

建設機械のエアコンディショナは、機械の種類や大きさによって普及率に差があるものゝ、機械の稼働率や安全性の面からその必要性が今後増々期待される。

8. 比例制御による

ラジコンパワーショベルPC200R-2の開発

建設省北陸地方建設局 杉山 篤

(株)小松製作所 *矢頭徳弘・浅山芳夫・本多 茂

1. まえがき

小松ラジコンパワーショベルPC200R-2は、急峻な現場や作業条件が悪い場所の多い立山連峰の土石流防止用の砂防ダム工事の推進を図るため、建設省北陸地方建設局と共同開発し立山砂防工事事務所に導入した。

現在、転落、落石などの危険を伴う現場や、高温多湿、有害ガスなどの悪環境下での油圧パワーショベル運転が増加しており、このためオペレータの安全性確保、あるいは作業環境改善の立場からラジコンパワーショベルの需要は、今後増大して行くと考えられる。



写真1 バケット作業

写真1 バケット作業



写真2 ブレーカ作業

写真2 ブレーカ作業

2. ラジコンパワーショベルの制御方式

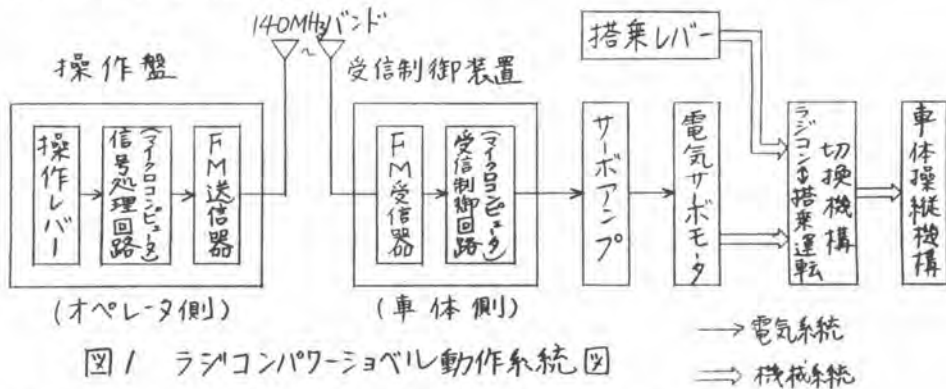


図1 ラジコンパワーショベル動作系統図

ラジコンパワーショベルは図1のような構成となっている。すなわち

- (1) 操作盤の操作レバーの動作指令信号がマイクロコンピュータで処理され、FM送信器から送り出される。
- (2) 受信制御装置では、FM受信器が動作指令信号を受け、マイクロコンピュータで処理され、サーボアンプに送られる。

- (3) サーボアンプは、動作指令信号を増幅し、それを電気サーボモータに送る。
- (4) 電気サーボモータは、ラジコン⇄搭乗運転切換機構と連結しており、ラジコン側に切換わると、電気サーボモータの動きが車体操縦機構に伝わる。
- ゆえに動作指令信号どおりにパワーショベルをラジコン運転することができる。一方、搭乗レバー⇄ラジコン⇄搭乗運転切換機構と連結しており、搭乗運転側に切換わると、ラジコン装置と無関係にスタンダード車と同等の搭乗運転ができる。
- 尚、電気サーボモータは8個装着されており、その制御内容は次のとおりである。
- (1) ブーム High Speed (2) ブーム Low Speed (3) アーム (4) バケット (5) 旋回
 (6) 右走行 (7) 左走行 (8) エンジンスロットル

3. ラジコンパワーショベルの概要

3-1 主任様

ラジコンパワーショベルは、市場で実績の高い、小松PC200-2をベースマシンとしてラジコン装置を付加したものであり、その主要諸元を表1に示す。

本機は、作業機、走行、エンジンスロットル操作の全てにわたり、搭乗運転と同等の操作ができる。また、バケット自動水平保持機構や車体傾斜検出、エンジン異常検出などの安全機能も十分織り込んである。その他、アタッチメントとしてラジコン操作可能なブレーカも用意されている。

(1) 車両

| | |
|-----------|-------------------|
| 運転整備重量 | 19,100kg(バケット装着時) |
| バケット容量 | 0.7m ³ |
| エンジン出力 | 108PS |
| 回転数 | 2,150rpm |
| 走行速度(平坦地) | 3.7km/h |
| 全長 | 9,250mm |
| 全高 | 3,532mm |
| 全幅 | 2,790mm |

(2) ラジコン装置

| | |
|---------|---------------|
| 使用電波 | 無許可微弱電波 |
| 周波数 | 141.92MHz |
| 変調方式 | FM変調 |
| 伝送方式 | FSKデジタル直列伝送 |
| 制御有効距離 | 100m(見通し区間にて) |
| 操作盤重量 | 3kg |
| 操作盤使用時間 | 連続8h |

表1 主要諸元

3-2 操作盤の概要

操作盤は、オペレータの操作指令を電気信号に変換し無線で車体側に送り出す装置で、携帯容易なように小形、軽量化をはかっている。電源は充電可能なNi-Cdバッテリーを使用しているが、徹底した回路の低消費電力設計により、8時間以上の連続使用が可能である。

操作は上面パネルに取付けられた、レバースイッチ、ボリウム、トグルスイッチで行なうが、搭乗操作と同様な感覚で操作できる様に、車体の作業機の操作パターンと同一にしてある。また操作しやすい様に、作業機と走行のレバースイッチを共用するなどパネル面をシンプルにする工夫を行なっている。

信号処理回路は、マイプロコンピュータを中心に構成され、操作指令信号は、操作盤内のFM送信器によって、無許可で使用できる140MHz帯のFM微弱電波に変換されて操作盤前方のアンテナから送信される。

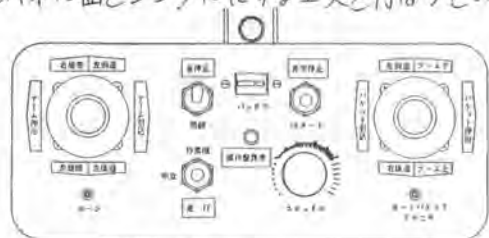


図2 操作盤

4. 特長および機能

4-1 モニタリングシステム

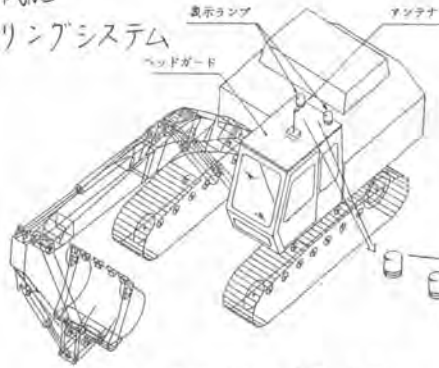


図3 モニタリングシステム

図3の様に、キャビン屋上の二個のランプで作業機の負荷状態、車両の異常がわかる。

4-2 安全システム(フェイルセーフシステム)

以下の状況下ではエンジン停止し、油圧回路を中立にする。

- (1) 妨害電波や雑音などにより乱調が生じた時
- (2) 車体の制御範囲外に出た時
- (3) 電気回路に不具合が生じた時
- (4) オペレータが転倒した時
- (5) 緊急時に操作盤の非常停止スイッチとONにした時

4-3 車に乗っているが如き操作感覚

アクチュエータに電気サーボモータを使用し、図4の様に比例制御を行なっているので、思い通りの複合動作が可能であり、掘削精度は搭乗運転と同等。またタイムラグもほとんど無い。

4-4 ラジコンや搭乗運転ワンタッチ切換機構

(1) 図5の様にスロットルレバー兼用の切換えレバーで容易にラジコンや搭乗運転の切換えができる。

(2) 独自の切換機構により、ラジコン装置と無関係にスタンダード車と同等に操作できる。図6の作動原理を以下に説明する。

(a) ラジコン時には、油圧シリンダーで、電気サーボモータのロックを解除すると同時に、ラジコンレバーをロックする。この状態で動作指令(レバーを引っかく)によって動く電気サーボモータの動きを操作弁に伝達することができる。

(b) 搭乗運転時には、油圧シリンダーでレバーのロックを解除すると同時に、電気サーボモータをロックする。この状態でレバーの動きを操作弁に伝達することができる。

1. 車に乗っているか如き操作感覚

(1) モニタリングシステム

① 負荷の状態がランプの点滅間隔でわかる。

| 負荷の状態 | 無負荷 | 刃先接地 | 過正負荷 | 過負荷 |
|-------|-------|------|------|-------|
| ランプ | 点滅間隔小 | | | 点滅間隔大 |

② 車両の異常がランプ及びホーンでわかる。

| 異常の種類 | 前後・左右どちらでも17°以上傾く | エンジン水温102℃以上 エンジン油圧0.5kg/cm ² 以下 |
|-------|-------------------|--|
| ランプ | 赤点滅 | 赤点灯 |
| ホーン | ピー、ピー | ピー、ピー |

③ ショック衝撃の異常がストップでわかる。

又異常時、エンジン、走行、旋回、作業機が停止する。

| 異常の種類 | エンジン切れ | 操作盤の故障 |
|-------|--------|--------|
| ホーン | 異常音 | 異常音 |
| ランプ | 停止 | 停止 |
| 作業機 | 停止 | 停止 |

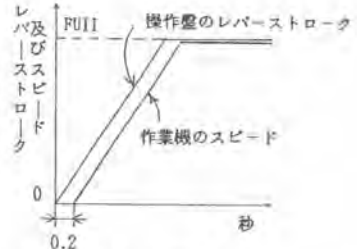


図4 比例制御



図5 ラジコンや搭乗運転の切換えレバー

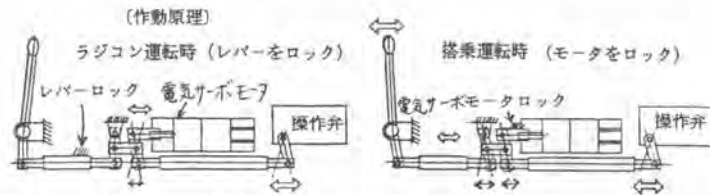


図6 ラジコンや搭乗運転切換機構

4-5 水平保持機能の自動化

図7の様に、バケットを水平に保つたまぶーム、アーム、旋回の操作をすることが出来るバケット自動水平保持機能がある。これはブーム、アーム、バケットの各ピンに角度検出用のポテンシオメータを装着しており、受信器がこの信号を演算処理している。

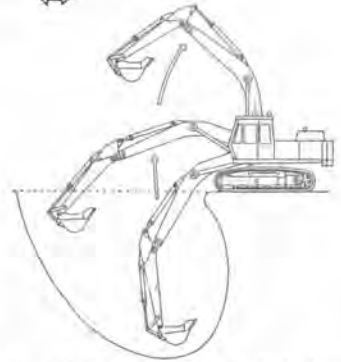


図7 バケット自動水平保持機能

4-6 トラブルシューティングが容易

チェッカーを使用して操作盤、受信器、サーボアンプなどのトラブルシューティングが容易にできる。

4-7 ブレーカ作業もラジコンが可能

小松KBH100-1油圧ブレーカが装備されており、搭乗運転、ラジコン運転とも可能である。

5. 性能テスト結果

ラジコン操作は、電気ターボモータの採用によりファインコントロール性が良く、応答性も問題なく搭乗運転と遜色なく操作できた。

また、ラジコン操作時の制御距離は、ブームの陰にはらなければ100mであり、トラップのホーンなどの異常電波の影響も受けない。

また、ラジコン操作は、搭乗運転と比較して作業量(ダンプ積込み)で若干の減となったが、掘削溝を見るような工夫をしたり、ラジコンによる操作慣れで解消できると思う。

6. あとがき

※上、本機の概略を述べたが、ラジコンパワーショベルの今後の活用方法としてつぎの二つが考えられる。

(1) 危険な現場や劣悪環境などで使用する。(図8参照)

(2) 一人のオペレータが数台のパワーショベルを同時に操作するマルチコントロールに使用する。

このマルチコントロールを十分に発揮するためには、掘削・積込作業や法面作業の自動化技術と確立する必要があり、今後も関係各位のご指導ご協力を得て、研究を進めてゆく所存であります。



図8 施工現場の例

9. ハイシंक油圧ハンマによる施工

日本コンクリート工業(株)*渡辺 修
日立建機(株) 内野 徹

1. 工法の概要

打ち込み杭工法は施工能力、支持力特性にすぐれ、かつ施工管理が容易で、最も経済的な施工法といえる。HYSINCハンマ(ハイシंकハンマ)はラムの落下による打ち込み用ハンマで、従来のディーゼルハンマに代わるものであり、打ち込みに伴う騒音を大幅に低減するとともに、油煙飛散がまったくないクリーンなハンマである。

HYSINCハンマは油圧ハンマであるため、ラムの作動はパワーユニットから送り出される油圧の力により上方に作動させ、ラムの自由落下によって杭を打ち込むものである。

施工機械の姿図を図-1に、ハンマの仕様を表-1及びラムの作動機構を図-2に示す。

なお、このハンマは英国BSP社が基本特許を持ち、日立建機(株)と当社で最初(昭和53年)に実用化したものである。HYSINCハンマとはHitach-Nippon Concrete Hydraulic Silent & Clean Hammerの略称である。

2. ハンマの仕様

ハンマの仕様を表-1に示す。

| 名称 | 型式 |
|-------|---------------------------|
| 杭打ち機 | 3点支持式クローラ型 (吊り能力35t以上) |
| 油圧ハンマ | HNC-65 HNC-80 |

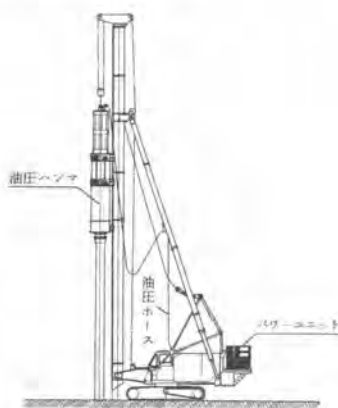


図-1 施工機械全体図

表-1 ハンマの仕様

| 諸元 | | 型式 | HNC-65 | HNC-80 |
|-------------|---------|-----------------|-----------|--------|
| 駆動方式 | | 特許BSP油圧方式 | | |
| ラム重量 | ton | 6.5 | 8.0 | |
| ラムストローク | m | 0.1~1.2 | 0.1~1.2 | |
| 打撃回数 | 回/分 | 70~18 | 70~18 | |
| 最大打撃エネルギー | kgf·m | 7.800 | 9.600 | |
| 総重量(キャップ含む) | ton | ≒13 | ≒15 | |
| ・制御盤 | | | | |
| 方式 | | 電気油圧式 | | |
| 種類 | | 手動および無段可変自動 | | |
| ・パワーユニット | | | | |
| 原動機 | | ディーゼルエンジン | | |
| 出力 | | 12i PS 1,500rpm | | |
| 適用杭 (mm) | コンクリート杭 | 300~600 | 300~800 | |
| | 鋼杭 | 300~800 | 300~1,200 | |

※日立油圧式パイルドライバとの組合せにより
本体の油圧源をこのハンマに使用できる。

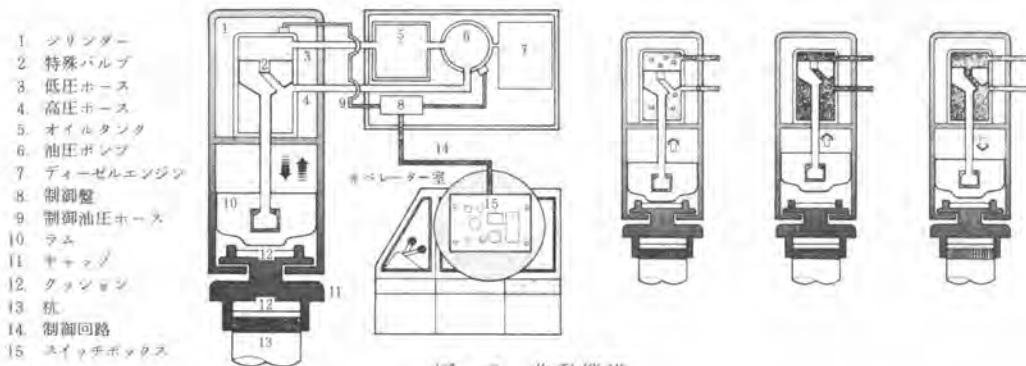


図-2 作動機構

3. 工法の特徴

この工法の特徴を要約すると、次のとおりである。

(1) 低騒音での施工ができる。

油圧ハンマであるのでディーゼルハンマのような爆発音がなく、吸排気口を必要としないため防音カバーの取付けが容易で、杭打ち込み時の騒音を低減できる。

(2) 油煙飛散のないクリーンハンマである。

油圧方式のため排煙が発生しない。

(3) 杭の支持力が確実で大きく、施工管理が容易である。

打ち込み工法であるので支持力発現は確実である。

(4) いかなる杭径にも適用できる。

ラムの落下高さを任意に選定できることで打撃力の調節ができる。

(5) 杭体に発生する打撃引張りずみを抑えられる。

打撃力の調節で、軟弱地盤に長尺杭を打ち込む場合でも、過大な引張りずみを抑えての施工ができる。

(6) 連続打ち込みで作業性がよい。

軟弱地盤であっても油圧駆動方式であるため連続打ち込みができる。

4. 騒音振動の程度

(1) 杭打ち込み時の騒音

このハンマは油圧方式であるためディーゼルハンマのような爆発音がなく、吸排気口も必要としないので密閉構造の防音対策ができる。よって、杭打ち込み時の騒音を低減できる。

このハンマとディーゼルハンマで既製コンクリート杭を打ち込んだ時の騒音の一測定例を図-3に示す。騒音はディーゼルハンマに比べ20~25dB(A)低く、30m離れた地点で75dB(A)程度で環境庁規制値である85dB(A)を大きく下回っている。

(2) 杭打ち込み時の地盤振動

振動においては、支持層での打ち止め時の一測定例を地層構成とともに図-4に示す。このハンマは打ち込み工法であるため、ディーゼルハンマと比較して、ほぼ同一の振動レベルである。このハン

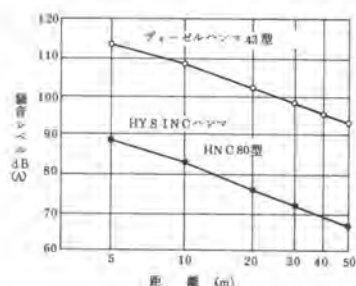


図-3 騒音レベル

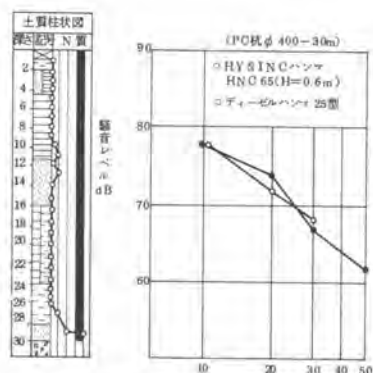


図-4 振動レベル(上下方向)

表-2 実績最大施工深度

| 杭種 | 適応杭径 | 実績最大深度 |
|-----------|------------|----------|
| 既製コンクリート杭 | 300φ~800φ | 600φ-57m |
| 鋼管杭 | 300φ~1200φ | 550φ-70m |

表-3 打ち込み工法の施工能率

(杭長25mの2本継ぎの場合)

| 杭径 | 300φ | 350φ | 400φ | 450φ | 500φ | 600φ |
|---------------|------|------|------|------|------|------|
| 日当り施工延長 (m/日) | 250 | 250 | 225 | 200 | 150 | 130 |

マの大きい特徴は、打撃力を選定して打ち込むことができるため、軟弱地盤のような地層では落下高さを低くして打ち込むことができ、地盤振動を極力小さくすることができる。

5. 杭径及び最大深度

このハンマによる打ち込み杭工法で施工可能深度は、地質構成の要因に影響されるが杭種によって、その実績最大深度は表-2のとおりである。

6. 施工能率

施工能率は施工現場の環境、地盤構成及び杭種などによって大きく影響される。このハンマの施工能率は、ディーゼルハンマとほぼ同じく取扱うことができる。一般例として、杭長25mを対象に杭径別の施工能率を表-3に例示する。

7. 支持力

支持力はこの工法が打ち込み杭工法であるゆえ、静力学的支持力の算定式については、ディーゼルハンマと同じく、各指針・規準・示方書などの取扱いと同じである。

このハンマによって施工した杭の鉛直支持力は、載荷試験によってその支持力確認をしている。その試験結果の実施例を図-5に、また建築分野で用いられている動的支持力の算定式 ($R_d = \frac{F}{5S+0.1}$) による算定支持力と比較したものを図-6に示す。同図中には、比較のために同一条件で行ったディーゼルハンマで施工した杭についても記してある。この結果から動的支持力の算定式における打撃エネルギー (F) は、ディーゼルハンマと同様に $F = 2 \cdot W \cdot H$ を用いても、実用上まったく問題ないことがわかる。

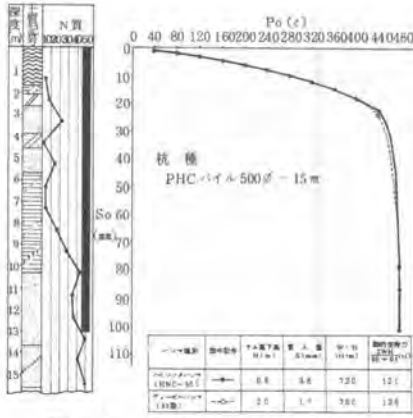


図-5 荷重・沈下量曲線図

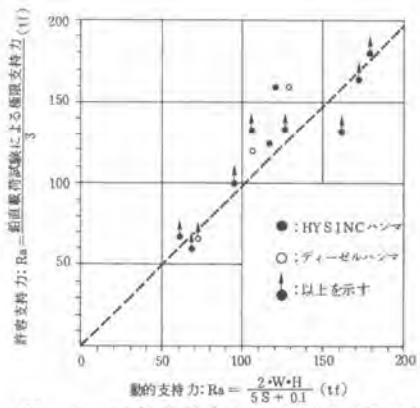


図-6 動的支持力と載荷試験結果の対比

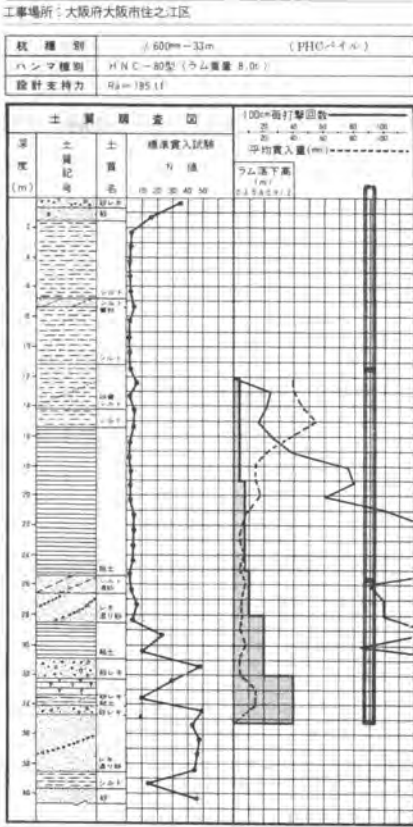


図-7 施工記録

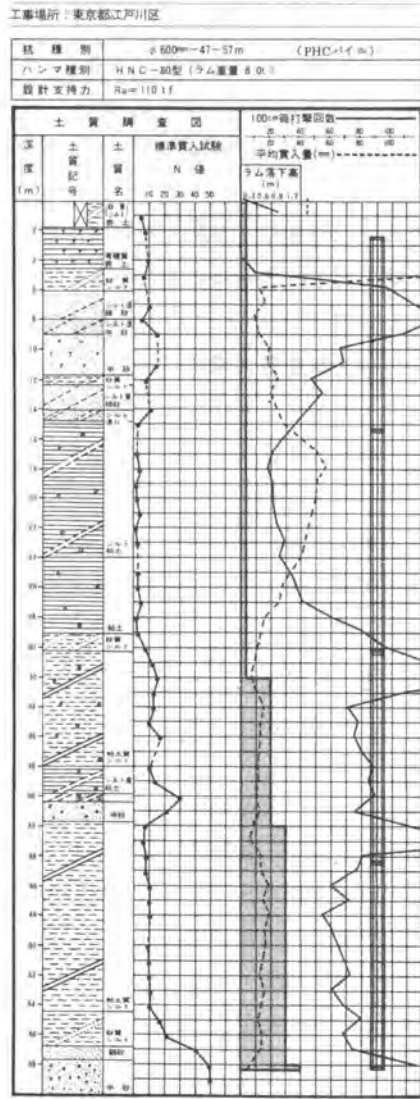


図-8 施工記録

8. 施工例

この工法で施工した、工事件数はすでに400件以上の施工実績となっている。その施工例を図7.8に示す。

10. アースドリル機とその周辺装置の現況

日立建機(株) 久住 宏

1. まえがき

昭和34年にカルウェルド社から導入されたアースドリルは、昭和38年日立建機(当時日立製作所)によって日本の狭あいな施工現場に適応するよう本体の駆動源を利用し、作業半径が小さくかつ1台の機械で掘削と鉄筋等の施工機械の吊り込みができる日本独自の機構を持ったU106機械式アースドリルが発売された。

そして昭和49年に油圧式クローラークレーンに取付けたKH100アースドリルが発売され、機械式から油圧式アースドリルに変遷を遂げた結果、操作性に優れた低騒音、低振動掘削機として建築抗を中心広く普及するようになった。

その後わが社では基礎抗の大径化、長尺化に対応する機種や、油圧ショベルをベースマシンとして狭い現場での掘削作業に適したUH07アースドリルを開発した(オ1図及びオ1表参照)。さらに最近では燃費効率を向上させた省エネ型アースドリルにモデルチェンジしたほか、掘削深度計等の掘削管理機巻の開発や長い間の懸案であった掘削バケットの自動排土装置の開発等操作性や安全性の向上に努めている。

本文ではその概要について述べるものである。



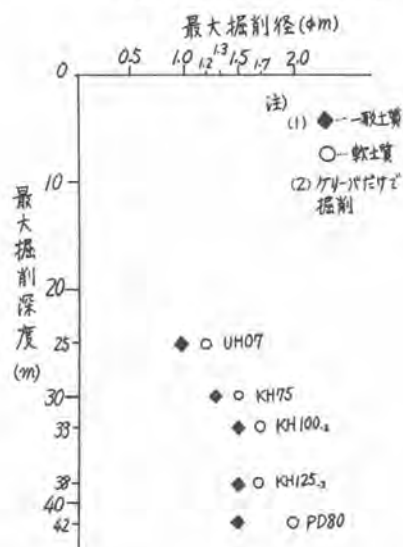
写真 | KH100-2アースドリル

2. アースドリルの最近の技術動向

2-1 燃費効率の向上

オ1表 日立アースドリル仕様表

| 形号 | 式 | UH07 | KH75 | KH100-2 | KH125-2 | PD80 |
|----------------|-------------------|----------|----------|----------|----------|-------|
| 最大掘削径(φmm) | 一般土質(N≦50) | 1000 | 1300 | 1500 | 1500 | 1500 |
| | 最大土質(N≦30) | 1200 | 1500 | 1700 | 1700 | 2000 |
| 最大掘削深度(m) | ケリバ使用時 | 25 | 30 | 33 | 38 | 42 |
| | ケリバ+スタッド使用時 | — | 36 | 43 | 48 | 52 |
| バケット回転径(φmm) | 3,934 | 3,938 | 4,950 | 4,950 | 4,950 | |
| バケット最大巻上力(t) | 5.8 | 10.5 | 12.0 | 12.0 | 13.0 | |
| 最大補助吊り容量(t) | 2.5 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | |
| 作業速度 | 最大バケット回転速度(1/min) | 24/12 | 25/25 | 24/13 | 24/13 | 24/13 |
| | 最大バケット巻上速度(%) | 50/55 | 60 | 60 | 60 | 54 |
| 回転 | 最大バケット巻上速度(%) | — | 43 | 43 | 43 | — |
| | 旋回(rpm) | 5 | 4.1 | 3.8 | 3.4 | 3.3 |
| 最大走行速度(%) | 3 | 1.5 | 1.3 | 1.3 | 1.0 | |
| エンジン馬力(PS/rpm) | 105/1750 | 122/2000 | 122/2000 | 122/2000 | 122/2000 | |



オ1図 機種別掘削能力

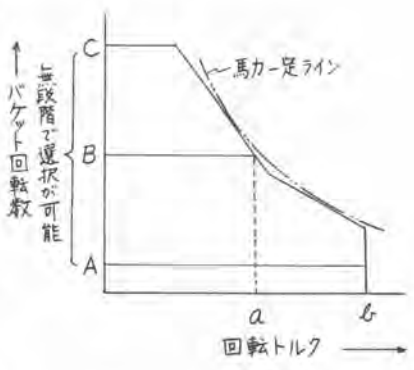
一般にアースドリルではクレーン作業に比べてエンジン回転数を高くして使用する場合が多く、燃料費の運転経費に占める割合は高い。このようなことからエンジンを予燃焼室式から直噴式に変えると共に、油圧回路の高圧・低流量化、油圧ポンプや油圧モータの高効率化、圧力損失の少ないバルブの採用、圧力損失を低減させる油圧回路の採用等により、KH100₂アースドリルを例にとれば約25%の燃費低減を図ることができた。

2-2 操作性、掘削能率の向上

2-2-1 バケット最高回転数任意制御レバーの取付け

アースドリルではバケット回転用油圧源に可変容量型ポンプを採用し、土質に応じてエンジン馬力を有効に使った効率の良い掘削が行えるように、負荷の大きい硬土質を掘削した場合は低回転で、負荷の軽い軟土質を掘削した場合は高回転になるよう自動制御している(オ2図参照)。

またクレーンにスラストカを与えバケットの地盤への食い込み性を増して能率の高い掘削作業を行う点がアースドリルの特徴である。スラストカはクレーンと駆動装置の角穴シャフトとの回転抵抗による摩擦力を利用し、駆動装置を油圧シリンダで押下げる結果与えられるものである。



オ2図 アースドリル性能線図

またアースドリルの掘削において粘土系の軟土質を掘削する場合、負荷が軽いためバケットが高回転となり、掘削刃が地盤に食い込まずに滑る傾向になることがある。すなわちエンジン回転数を落としてバケットを低回転にして掘削刃を食い込ませるようにしても掘削馬力が低下するため、回転抵抗による摩擦力が小さくなって大きなスラストカが与えられず、掘削能率が低下してしまう。また地盤が硬くて掘削刃が食い込まずに滑ってしまうような硬土質においても同様なことがいえる。

このような欠点をなくするため、「バケット最高回転数任意制御レバー」を取付けたもので、このレバーを操作するとオ2図で示すように最高回転数が無段階で選択可能となり、エンジン回転数を落とさずに軽負荷であっても低い回転数でバケットを回転させることができるので、掘削刃を地盤に食い込ませることができ、大きなスラストカも発生して先に述べた問題点は解消される。すなわちオ2図で最高回転数がBになるよう選択した場合、回転トルクが変動してもaを越えない限りバケットは一定の回転数に維持される。そして回転トルクがaを越える負荷状態になると回転数は馬力一定ラインに沿って低下する。

2-2-2 スラストシリンダのストロークアップ

前項で述べたように、アースドリルではクレーンにスラストカを与えるため駆動装置を油圧シリンダで押下げるが、当然このシリンダストロークが長い程繰り返回数が少なくて済み能率的である。今回KH100₂、KH125₂アースドリルについて構造を変更し330mmを480mmにストロークアップした。

2-3 クレーン落下による衝撃吸収力の向上

駆動装置の上部には、クレーン降下時にストッパが接触した際、衝撃力を緩和させるためのラバーによる緩衝装置を取付け、更に駆動装置を支持しているスラストシリンダの近くにリリーフバルブを

設け、落下衝撃の際に発生する高圧油をタンクへ逃がすようにしてあり、衝撃吸収力が大きくなった。

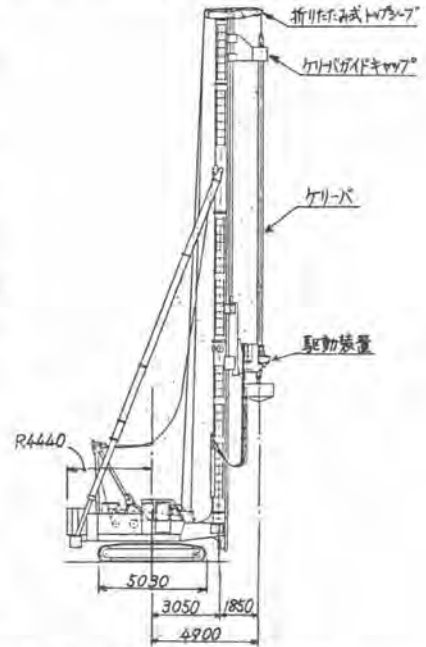
2-4 掘削精度の向上

一般にアースドリルの掘削精度は施工技術に左右されるところが大きい。機械構造面を考えた場合常に掘削中駆動装置の中心が杭心からはずれないという点と、特に掘り始めの浅い深度における精度向上について配慮されたものであることが必要である。

このようなアースドリルとしてオ3図に示す油圧式杭打機に装着したPD80アースドリルがある。

本機の特長は、

- (1) 本体の設置状態に関係なく、バックステーによって垂直度の調整が可能なりーダに沿って駆動装置が昇降するので、駆動装置の中心と杭心とが掘削中常に一致している。
- (2) ケリーバへのスラスト力はスラストシリンダによるのではなく、駆動装置の自重をケリーバにかけるようにすると共に、駆動装置の支持ロープ力を適宜に調整してやれば、支持ロープを下げただけでスラスト力がかけられ、掘削作業が連続的に行える。
- (3) 駆動装置をリーダ下端まで下げられるのでより深く掘削できる。
- (4) 長いリーダを使用することにより、ステムロッドを切り難さずに排土でき、作業能率が良い。
- (5) リーダを高く、ケリーバと駆動装置を巻上げれば、バケットの下方に長尺のケーシングパイプが挿入できるのでオールケーシング施工の際能率が良い。



オ3図 PD80アースドリル

2-5 アースドリル周辺装置の開発 (標準外仕様)

アースドリルの機能向上及び安全管理上の観点から以下に示す装置を開発した。

2-5-1 ドリリングバケット自動排土装置 (写真2参照)

従来ドリリングバケットの底蓋を開ける場合、底蓋を止めているラッチのハンドルを作業者が棒で引っ掛けてまわしラッチをはずしていた。このため作業者がダンプトラックの上に入り、排土作業中のバケットに近づいて作業することになり、きわめて危険であった。

今回開発した自動排土装置はバケットの回転機構を利用したもので、本装置の特長は、

- (1) 運転席での操作によってバケットの底蓋の開閉が行える。
- (2) 地上排土、ダンプトラック上での排土を問わず、任意の高さで排土できる。
- (3) バケットの上まで土がかぶさり、ハンドルがかくれる状態になっても確実に底蓋を開くことができる。

2-5-2 掘削深度計 (写真3)

掘削途中でも現時点の掘削深度を簡便に知ることができる深度計を開発した。これはケリーバを吊り下げているワイヤロープを動力降下によるウインチ操作によって繰り出し、ブームの頂部に設けた

ガイドシーブの回転量及び回転方向を検出し、深度に演算した後表示するものである。

本装置の特長は次の通り。

- (1) デジタル表示計とアナログ表示計とが設けられているため、バケット降下中はアナログ表示計で概算値を、停止した時はデジタル表示計で詳細な値を読み取ることができる。
- (2) 検出開始位置を任意に設定できる。
- (3) ワイヤロープ及びシーブの摩耗による誤差の修正が行える。
- (4) 伸縮式ケリーパイプによるインナ、セカンド、アウト各ケリーパイプの噛み合う深度を演算値にセットすることで、セットした深度に対し3m手前に達した時、マイコンによる演算装置により警報を発するようになっている。この結果噛み合い時の衝撃をブレーキ操作によって押えることができる。
- (5) デジタル表示計に表示された値をプリントできる。

2-5-3 傾斜計

重錘式の傾斜計に代わる電気式傾斜計で、スイッチの切り換えによりケリーパイプまたは本体の設置の状態を表示するようにしたもので、デジタル表示計とアナログ表示計が取り付けられている。傾斜角度を数値として読み取りたい場合はアナログ表示計を、一目にしてケリーパイプまたは本体の設置の状態を知りたい場合はデジタル表示計を見ればよいようになっている。

3. その他の現況

最近ではゼネコンを中心にアースドリルによるオールケーシング施工や杭底杭施工の研究も行われており、アースドリルの用途拡大等をねらった動きも出ている。

また各基礎業者は従来にも増して施工条件に合うようバケット等施工機材の改良を行って、少しでも施工能率を高めようという試みが盛んである。

4. あとがき

以上アースドリルの現況について主な点に絞って述べたが、これらの動向は石油ショックや公害問題等の社会的要求、安全性や操作性及び能率面での施工者側の要求、掘削精度や施工管理面での施主やゼネコン側の要求を背景にしたもので、当然時代の推移や施工法の進歩と共に要求も変わっていくと思われることから、今後もこれらの要求に対応した製品にすべく努力していきたい。



写真2 自動排土装置使用状況



写真3 掘削深度計インジケータ

11. ベントナイト電気付着膜による 芯材引抜き工法の現場実験

㈱竹中工務店 *古川政彦・齊藤勝彦
内崎 巖・落合 実

1. 序

芯材引抜き工法は、減摩材を塗布した芯材（H形鋼）をソイルセメント中に挿入して山止め壁とし、地下階躯体工事完了後、引抜き回収して鋼材の再利用を計る工法である。我々は、その減摩材として従来から使用されているワックスにかわり、ベントナイトを電氣的に付着させる方式を試みてきたが、芯材を実際の建物地下外壁周囲に埋設した現場実験からも引抜き力、作業性の両面において良好な結果が得られたので、ここに報告する。また、それらを従来のワックス方式と比較した結果について述べる。

2. 芯材引抜き工法の概要

芯材引抜き工法は、ソイルバイル柱列工法の中で、芯材（H形鋼）を引抜くための方法手段を講じたものである。ソイルバイル柱列工法と芯材引抜き工法の関連を図-1に示す。

3. 実験目的

本実験の目的は、当方式（ベントナイト電気付着膜方式）が、実施工における長尺H形鋼の引抜きに適用可能か否かを調べるために、実際にベントナイトを電気付着させ、建物地下外壁周囲に埋設したH形鋼を引抜き、その引抜き力と作業性を把握することである。

4. 埋設

4.1 付着条件

ベントナイト液中の電極に直流電圧を加えると、図-2のように負に帯電しているベントナイト粒子は、陽極表面に付着して膜を形成する。この現象を利用してベントナイトをH形鋼表面に付着させた。すなわち、図-3で示す付着槽を陰極、付着槽の中へ挿入するH形鋼を陽極とし、表-1に示す条件で付着した結果、ベントナイト膜はH形鋼表面にほぼ一様に付着した。付着状況を写真-1に示す。

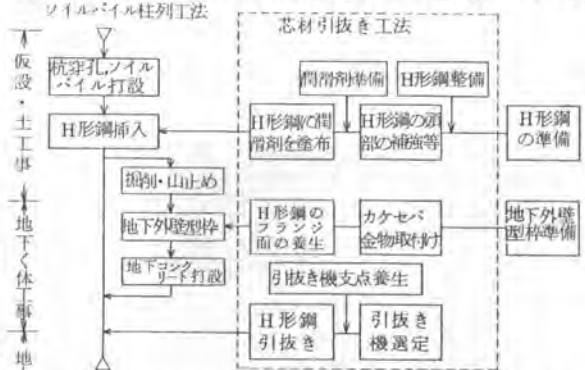


図-1 ソイルバイル柱列工法の芯材引抜き工法の関連

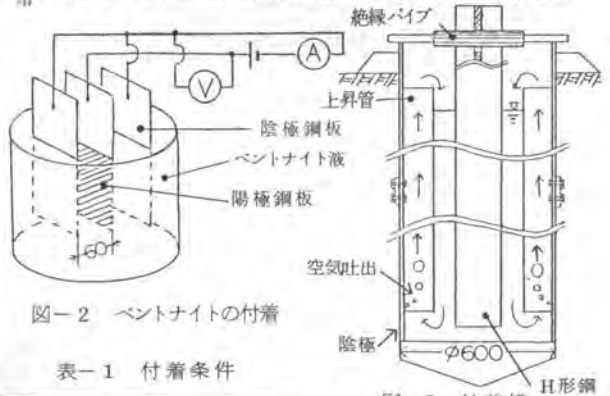


図-2 ベントナイトの付着

表-1 付着条件

| | |
|----------|------------------------|
| ベントナイト | 豊順（赤城印） 2.50メッシュ |
| ベントナイト濃度 | ベ/水=1/3.8 |
| 通電時間 | 5~6 min |
| 電圧 | 30 V |
| 電流密度 | 70~80 A/m ² |
| 膜厚 | 1.5~2.0 mm |

図-3 付着槽



写真-1 付着状況

4.2 埋設状況

試験体はH-350×175×7×11を用い、埋設長さは10.5mである。芯材はソイル1本おきに0.7mピッチで配置され建物地下外壁に沿って、図-4に示す位置に埋設された。埋設状況を写真-2に示す。本数は99本であり、埋設期間は約140日であった。周辺地盤は図-5のように、ほとんどが砂層で水位はGL-1.3mと高かった。

地下躯体工事中露出した芯材のフランジ面は、図-6のように空気入りビニール(エンボス)で養生され、引抜き時には芯材と地下躯体外壁とは、縁が切れている状態であった。

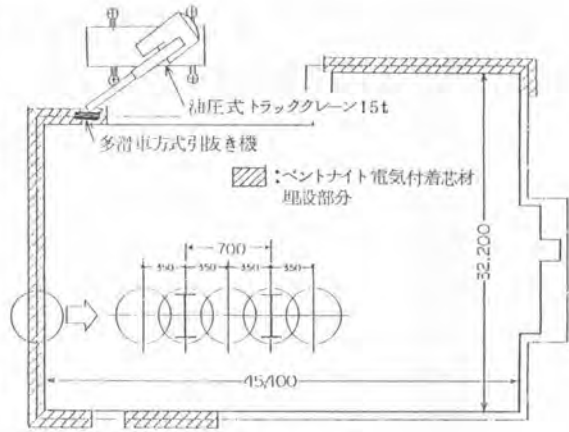


図-4 埋設位置



写真-2 埋設状況

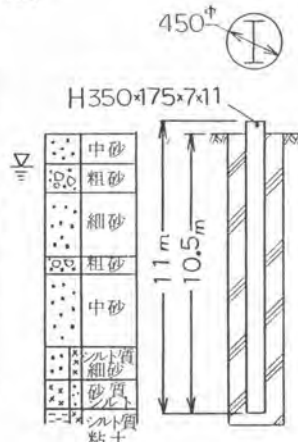


図-5 周辺地盤

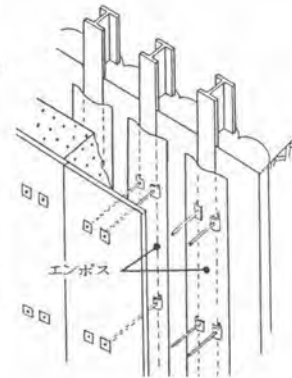


図-6 養生方法

5. 引抜き

5.1 引抜き方法

引抜き機は多滑車方式(オーガストAG-120)であり、油圧式トラッククレーン15tに装備されていた。通常、市街地における引抜き工事の作業環境は非常に厳しく、建物内部の桟橋等から引抜くのであるが、当作業所では敷地状況に恵まれ、写真-3のように建物外部からの引抜きが可能であった。なお、引抜き作業は引抜き機オペレータ1名、相伴クレーンオペレータ1名、手元2名の計4名で行った。



写真-3 引抜き状況

5.2 引抜き本数と付着強度

埋設本数99本に対して、引抜き本数は95本であり、達成率は96%であった。引抜いた95本の付着強度の分布を図-7に示す。引抜き力は引抜き機巻上げクレーンに備え付けのブルドン管式圧力計を読み取って求め、この値を埋設表面積で割って付着強度とした。

5.3 引抜かれた芯材の表面状態

引抜かれた芯材の表面は、全長にわたって湿っていた。芯材に残っていたベントナイトの膜の質は、ベトベトであった。また、ベントナイト膜は数分間乾燥した空気にさらされると、芯材からバラバラと剥れ落ちた。錆の発生もほとんどなく、埋設時の黒皮も残っていた。

5.4 実引抜き時間

各芯材の引抜き始めから、引抜き完了までの時間を測定した結果、図-8のような分布を示した。

芯材1本当りの実引抜き時間の平均は約5分であり、全体の90%が8分以内に実引抜き作業を完了している。

6. 考察

6.1 付着強度の分布について

今回測定したベントナイト電気付着膜方式の付着強度分布を図-9に、ワックス方式のそれを図-10に示す。図-9は図-7から溶接跡が見られた試験体及び反力荷重を与えた試験体などを除く、57本の分布を示している。ベントナイト電気付着膜方式の付着強度は平均値3.02 t/m²、標準偏差0.79 t/m²であり、ワックス方式は平均値3.65 t/m²、標準偏差0.65 t/m²である。両者を比較すると、ベントナイト電気付着膜方式はワックス方式よりも平均値はやや小さく、バラツキはほぼ同じである。

これらのことから、ベントナイト電気付着膜方式の付着強度は、ワックス方式よりもやや小さな値であると言える。

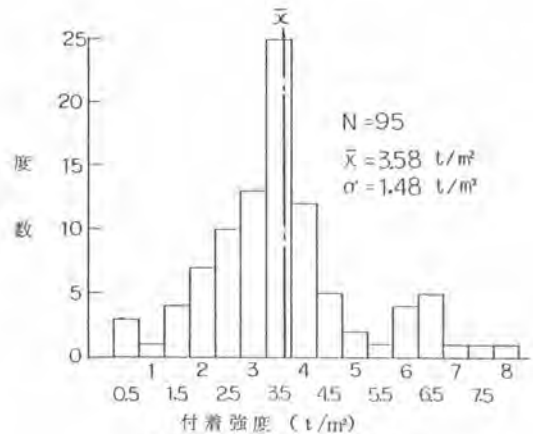


図-7 付着強度の分布

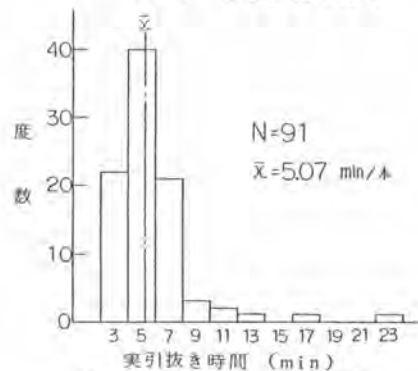


図-8 実引抜き時間の分布

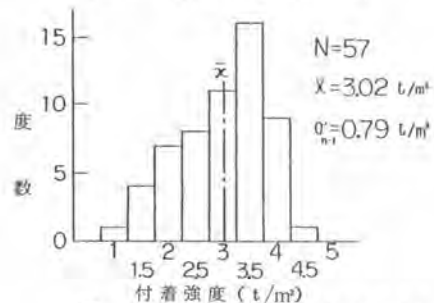


図-9 付着強度の分布(ベントナイト)

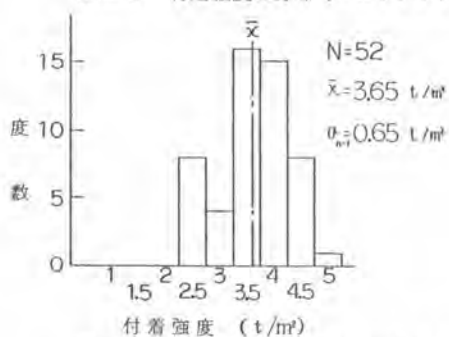


図-10 付着強度の分布(ワックス)

6.2 引抜き工事の作業性について

1日当りの引抜き延べ長さは、400m～500mであった。この値をワックス方式と比較すると図-11のように、ベントナイト電気附着膜方式がやや高い値となる。この原因は、当作業所に駆体外周から引抜き作業用クレーンが接近できるという数地的余裕による要因もあったが、引抜き力が縁切れ後急激に低下するというベントナイト電気附着膜方式特有の性質が大きく寄与していると思われる。

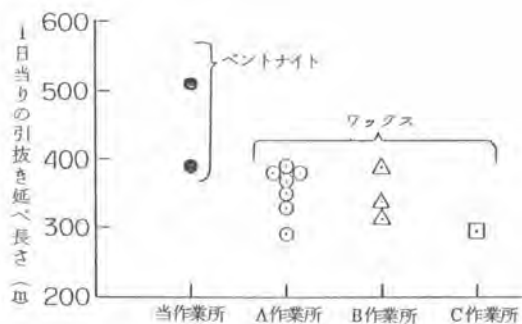


図-11 1日当りの引抜き延べ長さの比較

6.3 引抜き後の芯材の整備について

ワックス方式における減摩材（ハイスライドワックスTAP-2）は、剥れにくく引抜いた芯材の表面にベトリと残っており、再利用のためには除去の手間がかかる。一方、ベントナイト電気附着膜方式では、芯材に附着していたベントナイトをハイワッシャー等で水洗いしたところ、1回で再利用に支障のない程度にベントナイトは除去された。この点もワックス方式に比べてベントナイト電気附着膜方式の利点である。

7. 結論

ベントナイト電気附着膜方式による芯材引抜き工法の現場実験を行うことによって、次のことがわかった。

- 1) ベントナイト電気附着膜方式の付着強度は、平均値 3.02 t/m^2 、標準偏差 0.79 t/m^2 であった。この値は、ワックス方式に比べてやや小さな値であった。
- 2) ベントナイト電気附着膜方式の1日当りの引抜き延べ長さは、400m～500mであり、ベントナイト電気附着膜方式の作業能率は、ワックス方式に比べて高い値となった。
- 3) 引抜き後の芯材は、水洗い程度で次の再利用が可能である。また、錆の発生もほとんどなく、芯材の品質も劣化していない。

以上、ベントナイト電気附着膜による芯材引抜き工法は、従来の引抜き工法に比較しても遜色ないことが確認できた。今後は現場での実施例を重ね、さらに完成された工法にしていきたいと考えている。

12. PVCドレーン工法用簡易打設機械の開発

(株)大林組 *八戸 裕・菱河 恭一

1 まえがき

軟弱地盤改良工法のうち圧密促進を目的とするバーチカルドレーン工法は、従来、サンドドレーン工法を主流に発展してきたが、良質材料の入手難、コスト高あるいはドレーン柱の施工管理上の問題等が内蔵されていることから、近年、人工排水材によるペーバードレーン工法が、急速に需要を拡大しつつある。現在、ペーバードレーン工法には、国内外で、10数種類に及ぶ材料と各種の打設方式が開発されている。材料は、大別すると 水平と鉛直排水機能が同一材からなる単一構造と、芯材とフィルターからなる複合構造に分けられ、材質も、不織布からプラスチック、高分子材まで各種の材料が開発されている。また、打設方式は、振動貫入方式と、静的貫入方式とに大別される。

PVCドレーン工法は、多孔質高分子材を用い、打設方式は、パイロハンマによる振動貫入方式を採用してきたが、このたび、新たに、油圧利用による静的打設機械を開発し、性能試験ならびに簡単な現場試験を実施したので、ここに、その概要を報告する。

2 開発の目的

従来の振動貫入方式の特徴を列記すると以下ようになる。
利点としては、

- (1) 機械全体重量が大きいので、大深度打設が可能。
- (2) 貫入、引抜力が大きいので、比較的締った地盤でも打抜きが可能。
- (3) したがって、長尺で、不均質地盤に対しては、一定の施工能率を維持でき、対象地盤の適応範囲が広い。

一方、欠点としては、

- (1) 超軟弱地盤で、かつ、改良深度の浅い場合には、運搬、組立、解体費を含む機械コストが割高となり、施工単価が高くなる。
- (2) 振動貫入のため、地盤擾乱の影響を生じやすい。
- (3) 振動公害発生の可能性がある。

今回の開発の目的は、以上の従来方式の欠点を考慮し

比較的軟弱で浅い地盤の改良工事に対して、施工スピードの向上と機械コストの低減ならびに、地盤擾乱の影響を最小限に抑えることを主眼としており、そのため、静的貫入方式による簡易打設機を開発したものである。

簡易打設機械の製作にあたって、設計目標値を以下のように設定した。



写-1 従来の振動貫入式打設機

- (1) 対象地盤
 - a). 軟弱～超軟弱地盤 (N値<4)
 - b). 改良深度 1.5 m 以内
- (2) ベースマシン

油圧バックホウ 0.7 ㎡級
- (3) 貫入装置
 - a). 貫入機構 : ベースマシンの油圧源利用
 - b). 貫入力 : 4～5 t / 1 マンドレル
 - c). 貫入ケーシング : φ150 mm、2 連装
- (4) 周辺装置
 - a). 貫入補助装置 : ウォータージェット装置
 - b). マンドレル先端シェアー泥土洗浄装置
 - c). 自動計測装置 : マンドレル深度、ペーパー長検出



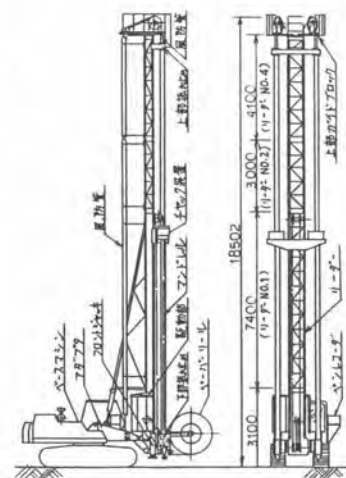
写一 2 簡易打設機械

3 打設機の概要

本機は、0.7 ㎡級の油圧バックホウをベースマシンとした圧入式 2 連装型 PVC ドレイン簡易打設機である。本機の主な構成は油圧バックホウ、リーダ（アダプター、ブラケット）、リーダ前後角度調整用油圧シリンダ付ボックス、マンドレル、マンドレルの油圧式チャック装置、マンドレルの上部振れ止め・下部振れ止め、マンドレル上部ガイドブロック、マンドレル手動ストッパー、フロントジャッキ、ペーパー用リール、油圧バルブスタンド、操作盤およびマンドレル打設深度、リーダ傾斜等の計測器からなる。

図一に本機の全体図を、表一に主要諸元を示す。

本機は図に示すように、リーダがベースマシンにアダプター・ブラケットを介し、また後方はボックスで取り付けられている。マンドレルは風防管を通してチャック装置により掴み・解放されるようになっており、またチャック装置はチェーンドライブで上下に高速・低速の 2 段切換えで昇降するようになっている。したがって、PVC ドレインの打設はマンドレルを通してドレイン先端にコーンを取り付け、マンドレルをチャック装置で掴み、チェーンドライブでチャック装置を下降させるとドレインは地中に圧入されるので、打設深度により 1 回ないし 2 回この動作を行うと最大 1.5 m のドレイン打設ができる。また、引き抜きは打設の逆順序で行う。すなわち、マンドレルをチャック装置で掴んで引き上げる。深度が 7.5 m を越えるときは手動ストッパーをかけてマンドレルの落下防止を行ない、チャックを解放してマンドレル下方に下降させて再びマンドレルをチャックでつかんで引き上



図一 1 PVC ドレイン簡易打設機全体図

げる。これで打設1サイクルが完了する。

本機の開発にあたり特に留意した点を次にあげる。

(1) 可変打設ピッチ

打設ピッチの変更に対応するため、上部ガイドブロック・チャック装置および上下振れ止めの2軸間をピン位置等の調整を行うことにより0.9、1.0、1.1、1.2、1.3、1.4、1.5、1.6mのピッチが任意にできる。

(2) 風防対策

ドレーンの風によるおおりによって生ずる損傷を防止するため、リーダー背面の立ち上り部には塩ビ管をリーダーから支持して設け、マンドレル側にはリーダー頂部の上部ガイドブロック座から円型鋼管をマンドレルの中に懸吊してあるので風による損傷はまったくない。図-2にマンドレル断面を示す。

(3) 先端マンドレル

ドレーン打設において、土質の性状によってはマンドレル内に泥土が入り込み、これが原因でドレーンの伴上り現象が発生する場合がある。この対策は次のようにした。

a) マンドレル先端シュー内へウォータジェットを噴射し、シュー内の泥土等と内部洗浄する。

b) マンドレル先端からウォータジェットを噴射することにより、マンドレル先端を外部洗浄する。さらに、このウォータジェットは表土や中間層が硬く打設が困難な場合でも、容易に打設が可能である。

(4) 施工管理計器

施工管理計器として以下のものがある。

a) 打設記録装置

マンドレルの打設深度およびA、Bドレーン材の送出し長は、それぞれ計測用のワイヤーおよびローラを介してロータリエンコーダにて検出して運転室内の操作盤上のデジタルカウンタに表示されるとともに、運転室外のオシログラフおよびデジタルプリンタに記録される。また、打設本数およ

表-1 打設機主要諸元

| | |
|---------|---|
| マンドレル | φ152.4mm (風防、ウォータジェット装置付) |
| リーダー長さ | 最大18.502m (リーダー3本継ぎ時) |
| ペーパー打設長 | 最大 1.5m (リーダー3本継ぎ時) 1.2m (リーダー2本継ぎ時) 0.75m (リーダー1本するとき) |
| 圧入速度 | 最大 30m/min |
| 圧入力 | 最大 10t (2連) |
| 圧入方式 | 油圧式 |
| 全装備重量 | 25.98t (神鋼K907Bのとき)内リーダー9.06t |
| 平均接地圧 | 0.705kg/cm ² (#) |

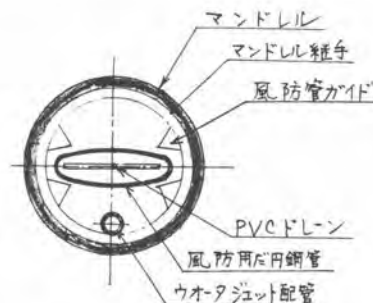


図-2 マンドレル断面



写-3 先端マンドレルからウォータジェット噴射



写-4 管理計器

び打設延長は、リーダに取り付けたスイッチにより自動検出され、上記の各計器に表示、記録される。運転者は、デジタルカウンタを見ながら、打設、引抜きをコントロールし、伴上りをリアルタイムにとらえ、適切な対策をとることが可能である。

b) 姿勢検出器

左右、前後の2方向検出の傾斜計をリーダ下部に取り付け、運転室にて表示することにより、運転者は、打設時のマンドレルの垂直性を管理し、また、移動時の本体姿勢を把握して転倒等の事故を防止する。

5 施工法

標準的な施工順序を図-3に示す。

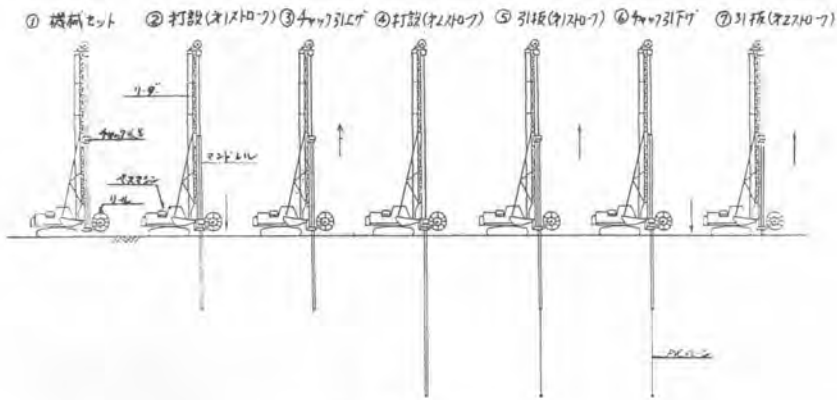


図-3 施工順序図

6 現場試験結果

現場試験は昭和58年7月28日より埼玉県内の某造成地において実施した。土質柱状図を図-4に示すが、現地は約1mのサンドマット上に3.7mのロームが盛土されている状態である。盛土のN値は3~8で、当該層の打抜きが問題とされた。現在、試験結果は整理中のため、本文で報告できないが、約10mの打設深度に対して、貫入時、ウォータジェットを併用した場合、1セット当りの全サイクルタイムは、平均3分30秒であった。(図-5参照) 当該地盤のように厚い盛土層を打抜くようなケースでは貫入力、施工速度共、十分な成果が得られたものと判断される。

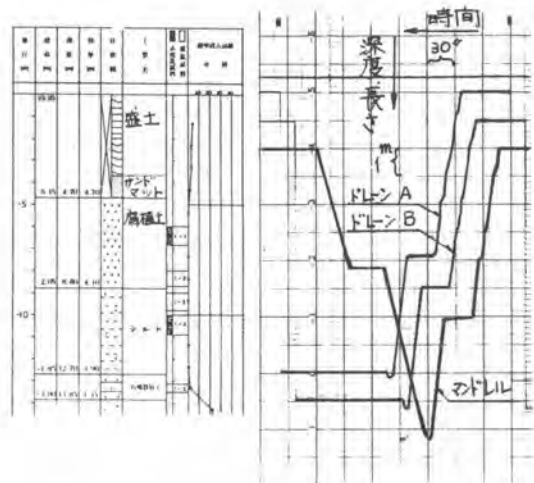


図-4 土質柱状図 図-5 記録紙

13. OVドレーン工法用簡易打設機の改良

(株)大林組 加藤 実・小谷克己
日本パイリーン(株) 楠原 浩

1. まえがき

この報文は油圧バックホウのブームを用いてパーティカルドレーン材(OVドレーン材)を打設する機械の改良について述べたものである。

この打設機は昭和53年6月に試作機を製作して以来、1号機(昭和55年8月)、2号機(昭和56年9月)と改良を加えて来たが今回、少し大型化した機会に各種の改良を行なった。

ここでは主に、改良の主な点の解説と、当機のパフォーマンスの結果などについて報告する。

2. OVドレーン工法用簡易打設機の開発の技術的な問題点

(1) ブームの円弧運動を垂直運動に変換し、ケーシングを垂直に打込むようにした。

油圧バックホウのブームは円弧運動をするが、これを垂直運動にするために図1で示すようなスライダによる分力方式を採用した。

(2) 小さい上下運動で長いケーシングを打設できるように積み送りできるようにした。

油圧バックホウの円弧運動の高さは3~5m程度である。このため、20m程度の深さまでケーシングを打設するには数回積み変える必要がある。

(3) 地盤の攪乱を少なくするためと貫入力を高めるためにケーシング断面を小さくした。

地盤の攪乱はドレーン工法の効果を減少させるので極力小さい断面のケーシングを用いるのがよい。また、断面が大きいと大きい貫入力が必要となるので機械を大型化しなければならない。このため、ケーシングの断面は次の点を考えて外寸法80mm×150mmの長方形断面とした。

① OVドレーン(3mm×100mm)が抵抗なく通過でき、ねじれにくいこと。

② 打込み時に座屈しないこと。

③ 積み送りする際にチャックが容易なこと。

④ 材料の入手が容易なこと。

(4) ドレーン材が風の影響を受けないようにペーパーロールをケーシング上にセットした。

ドレーン材を裸のままたれ下げると強風時に伸びたりからまったりするため打設能率の低下を引き起す。このため、ケーシング直上にペーパーロールをセットして裸部がないように工夫した。

しかし、これによりペーパーロールのセットを地上で行なえないほか、打設長測定計器のセンサー部が上部になって維持管理もむづかしく、機械の重心が少し高くなる欠点もある。

(5) 2本同時打ち方式を採用した。

能率を高めること、機械の走行をできる限り少なくすることおよび機械に偏心を与えないことなどを考慮して2本同時打ち方式を採用した。

3. O Vドレーン用簡易打設機の特長

(1) 機械の重量が小さい。

次のような理由で機械の重量が小さくできる。

- ① バイブロハンマを用いないのでそれ自身の重量はなく、リーダの重量も小さくできる。
- ② 発電機を使用しない。
- ③ ケーシングのどこを掘んでも貫入できるので座屈の点で剛性を高める必要がなくケーシングの断面が小さくできる。

機械重量を小さくすることは軟弱地盤上の施工に適し、サンドマット厚も薄くてよく、サンドマット中に打設するO Vドレーン材の量も少なくなりロスが減る。

(2) 施工能率がよい。

2本同時打ちであること、ドレーン材が軟かいので先端アンカーの装着が早いことおよび貫入速度が速いことなどから他に類を見ない施工能率である。

(3) 無騒音・無振動である。

油圧による圧入方式なので無騒音・無振動である。このため、民家の近くの施工も可能であり、振動による地盤の乱れもなく、ドレーン工法としての効果が高い。

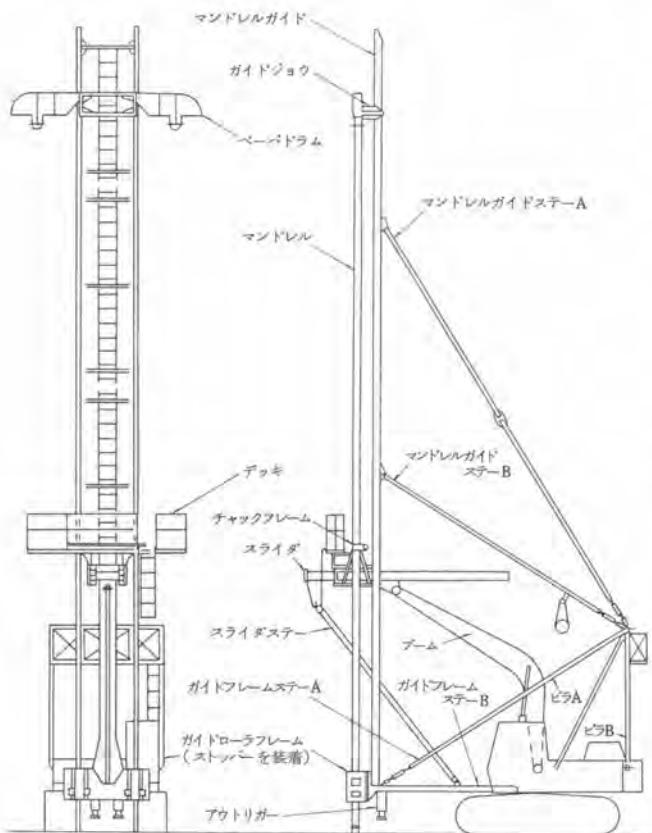


図1 O Vドレーン用簡易打設機と打設方法

打込み方法

1. マンドレルをストッパで固定する。
2. マンドレル内より出たO Vドレーン材にアンカープレートを取付ける。
3. マンドレルを油圧でチャックし、ストッパを外す。
4. ブームを下げマンドレルを地盤に貫入する。
5. チャックを外し、ブームを上げる。
6. 上記3～5を繰返し、所定の深さまでマンドレルを打込む。

引抜き方法

1. マンドレルをチャックでつかむ。
2. ブームを上げ、マンドレルを引抜く。
3. チャックを外し、ブームを下げる。
4. 上記1～3を繰返し、マンドレルを地上まで引抜く。
5. マンドレル先端でO Vドレーンを切断する。

4. O Vドレーン工法用簡易打設機の改良点

(1) 打設深さを20 mまで可能にした。

従来の機械は最大打設深さが13～15 mであったが、15～20 mの要求が予想外に多かったので20 mまで打設できるようにした。これにより、転倒に対する安定性を高める必要が生じ、ベースマシンを18トン級から23トン級に変更した。

(2) 打設間隔が自由に可変できるようにした。

従来の機械は打設間隔を1.4 mに固定し、1.2, 1.3, 1.5, 1.6 mの打設間隔の場合は等面積になるようにそれぞれ1.0, 1.2, 1.6, 1.8 mつつ移動して打設していた。

また1.0 mの間隔の場合は機械の走行方向とブームの平面角度を45°振って打設していた。

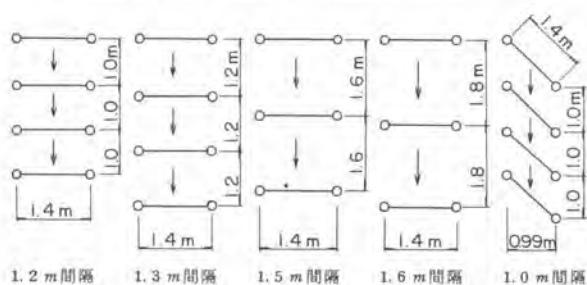


図2 打設間隔の変更

打設間隔を計画通りに行なうためにマンドレル間をボルト結合に、簡単に打設間隔を変えられるようにした。この間隔は1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 2.0 mとした。これにより中間に打設する場合を考えれば0.7, 0.8, 0.9, 1.0と上記間隔が行なえることになった。

(3) 機械の安定性を高めた。

施工時とくに引抜き時に機械が傾くことを防止するためにガイドフレームステーにアウトリガーを装備し、機械の垂直性を保つようにした。また、履帯幅を50 cmから80 cmとし、接地圧も小さくした。

(4) マンドレル先端形状

マンドレルの先端形状には各種のタイプが考えられるが今回実験したのは表1に示すタイプである。マンドレルの先端形状の選定には次のようなことを考慮しなければならない。

① 打込み時(先端アンカープレートでカバーされている)と引抜き時(先端アンカープレートがなくなる)に軟弱土が入りやすく、引抜き時(O Vドレーンの引抜き時に軟弱土が付着する)に軟弱土が出やすくする。

② 先端アンカープレートが打込み時にずれたり、破損しないようにする。

③ 貫入抵抗を小さくする。

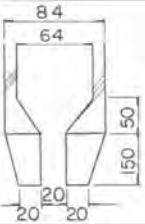

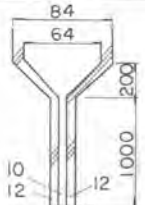
④ 打込み時に座屈しないようにする。

先端の形状は土質によって変わるものであるが羽田沖で行なった実験結果は表1のようになった。



写真1 改良したO Vドレーン打設機

表1 マンドレルの先端形状

| 先端部形状 | 選定理由 | 結果 |
|---|---|--|
|  | <p>先端の開口幅はO Vドレーン材が抵抗なく通過でき、軟弱土が硬くなること。内部に入った軟弱土は鉄筋などで清掃しやすいこと。</p> | <p>軟弱土が入りやすく、ケーシング内に溜まる。O Vドレーン材で脱水状態になり、軟弱土が硬くなる。摩擦力が増大し、ドレーン材が切断しやすくなる。先端アンカープレートがずれやすい。先端部の断面積が大きく貫入力が不足する。</p> |
|  | <p>軟弱土の侵入量には限度</p> | <p>侵入する軟弱土は少なくなる。このため、伴上があるので開口幅をしばりはほとんどなくなる。先端のアンカープレート部分を長くする。先端断面積を小さくし、アンカープレートがずれなくする。</p> |
|  | <p>軟弱土の侵入をさらに減らす。先端断面を小さくしアンカープレートがずれないようにし、砂層への貫入を1 m程度とする。</p> | <p>ヘドロの侵入はほとんどなくなり、アンカープレートに働く力も小さくなり、伴上りもない。N=10の層に1 m貫入できる。ただし、硬い層で先端部が折れ曲ることがある。開口部が狭く長いので最初に通す場合に工夫がいる。</p> |

5. O Vドレーン試験工事での主な調査結果

(1) 1日の打設能力

平均長さ15 mで14日間に3134本打設できた。1日平均335.8 mとなる。

(2) マンドレルの貫入力

荷重計による測定結果では2本のマンドレルの合計で約10 tである。(理論的には9.4 t)

(3) サイクルタイム

機械移動7秒、先端アンカープレート装着13秒、打込み33秒、引抜き54秒でこの和は1分47秒であるが、この他ドレーン材の交換、ケーシングの清掃および機械の大移動などを加えると1サイクルタイム(2本打設)は2.5~4分となる。

(4) ドレーン材の伴上りと伸び

マンドレルの打設深さa、ドレーン材の実際の使用長bおよび計測器の記録した長さCとは色々の条件で異なることが多い。いま仮に、a-bを伴上り量とし、b-cを材料の伸びと仮定すると伴上り量は17 cm、材料の伸びは5 cmとなった。この場合の打設深さは16 mであった。

6. あとがき

機械の改良に当っては各種のトラブルもあったが、欠点はその都度修正し、現在は順調に稼働している。機械の製作に当っては三菱重工業(株)の関係者に、試験工事では運輸省の第二港湾局羽田空港工事々務所および東亜建設工業(株)大井作業所の皆様には大変お世話になった。深謝の意を表す次第である。

14. Oval-DM 工法による施工

(株)大林組 松尾 龍之

1. まえがき

Oval-DM工法は、セメント系スラリーを固化材とする深層混合処理工法であり、混合の均一性向上を目的として長年の開発研究から生み出した楕円形攪拌装置を使用している。

この攪拌装置の開発経緯は、昨年度のシンポジウムにて報告したが、今回、深い掘削のための土留工として本工法を採用し、当初の目的を達成することができたので、以下その実施状況について述べる。

2. 工事内容

近畿大学付属和歌山高校造成敷地内の調節池築造工事では、地盤が旧溜池の軟弱地盤のため、図-1に示すように高さ約10mに及ぶ堤体を盛土した場合、将来沈下、支持力不足が懸念され、掘削による良質土置換工法がとられた。しかし、掘削が最大14.0mになるため、そのままでは掘削できず、隣接溜池との間で何らかの土留対策をする必要があった。

土留対策として、当初、図-2のような

- (1) 溜池の締切り鋼矢板を利用する斜め切梁り方式
- (2) 二重矢板方式
- (3) 深層混合処理工法による地中土留構造物築造方式



図-1 調節池全体工事計画

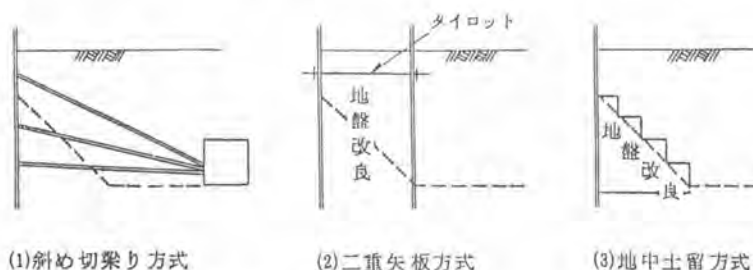


図-2 各種の土留工法

の3つの方式について、施工の確実性、工期、工費、等を総合的に比較検討し、(3)の方法を採用することになった。

3. 改良対策地盤

工事区域の地盤は、風化頁岩の微粒子が堆積した標準貫入試験値が $N = 2 \sim 5$ 程度の極めて粘性に富んだ池底堆積粘性土が主体である。

図-3に対象地盤の土質とN値を示しているが、当区域が谷間を呈しているため、軟弱層の深さは、中央部で $GL-14.0m$ と深く、両端に行くにしたがって浅くなっている。

また、改良区域の左半分には、N値が10以上の礫混り粘土から成る法面崩壊土が堆積しており、中央部分では、この崩壊土が軟弱土の間に介在していた。

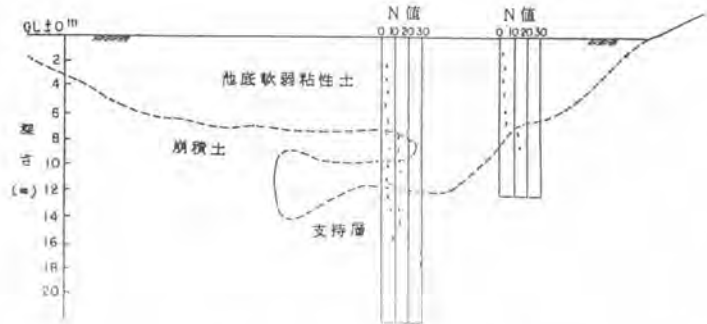


図-3 対象地盤の土質と強度

4. 地盤改良工事概要

Oval-DM工法による地盤改良範囲は、図-4であり、中央部分では、 $N > 10$ の崩壊土層を貫通して下の軟弱土層まで改良した。

また、改良断面は、図-5に示すように掘削法面に沿って階段状とし、さらに支持地盤との密着性を高め、せん断抵抗を十分に期待することを目的として、1列おきに*くし形*に50cmづつ根止まりに差をつけた。

- 改良パイル径 : $\phi 1000$ mm
- 設計改良強度 : $qu = 1.8kg/cm^2$
- 改良長さ : $l = 2 \sim 10.5m$
- 空掘長さ : $z = 4, 6, 9, 12m$
- 造成パイル本数 : 333本
- 改良率 : 65%
- 工期 : 昭和57年12月13日～58年1月7日

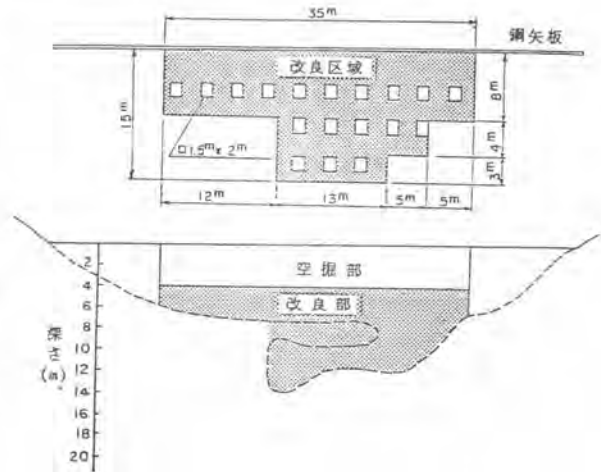


図-4 地盤改良範囲

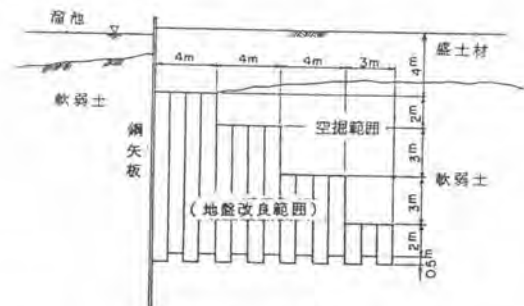


図-5 改良断面

5. Oval-DM工法施工概要

5.1 施工機械

主要な施工機械の種類は、図-6の全体配置図に示す通りであるが、当工事では、工期の都合上2セットの施工機械を投入した。

写真-1は、Oval-DM工法の特徴である混合性能に優れた楕円形の攪拌装置である。

5.2 固化材の配合

使用した固化材は、普通ポルトランドセメントに水を加えたセメントミルクでその配合は

$$\text{水/セメント} = 1$$

である。

また、セメントミルクの添加率は、体積比で20%とした。

5.3 施工方法

パイルの造成方法には、(1)貫入時注入方法 (2)引抜時注入方法 (3)往復注入方法 の3方法あるが、当工事では、(1)の貫入時注入方法を採用し、硬質中間層の掘削を少しでも容易にするのと、パイル先端の根固めを十分行なった。

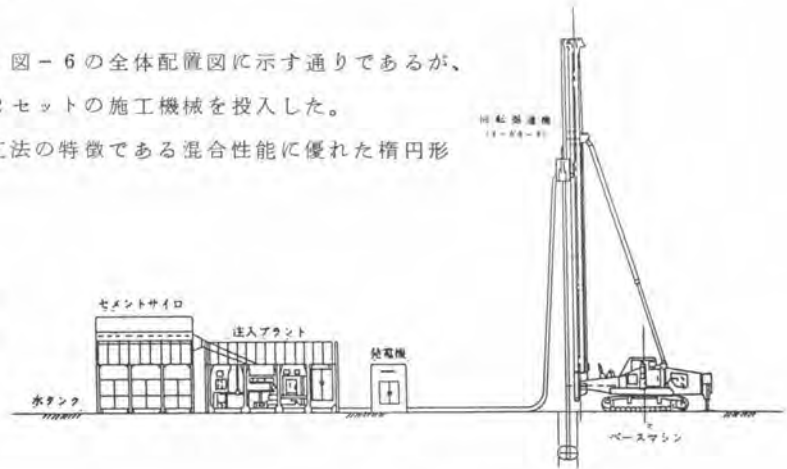


図-6 使用機械全体配置図



写真-1 攪拌装置

6. 施工結果

6.1 改良強度

図-7にチェックボーリングした改良後28日目の一軸圧縮強度を示す。

シルト・粘土から成る池底堆積土の改良強度は、 $qu = 8 \sim 15 \text{ kg/cm}^2$ の範囲に、また崩積土の礫混り粘土の改良強度は、 $qu = 15 \sim 20 \text{ kg/cm}^2$ の範囲に分布している。

6.2 強度分布

次に、これらの改良強度の分布状態を調べるためにヒストグラムにまとめたのが図-8である。

改良強度の値は、 $qu = 5 \sim 25 \text{ kg/cm}^2$ の間に分布しているが、 $qu = 10 \sim 15 \text{ kg/cm}^2$ にモード値があり、また強度のバラツキ程度を示す変動係数(標準偏差/平均値 $\times 100$) $V \approx 20\%$ 程度で、深層混合固結パイルとしては高品質

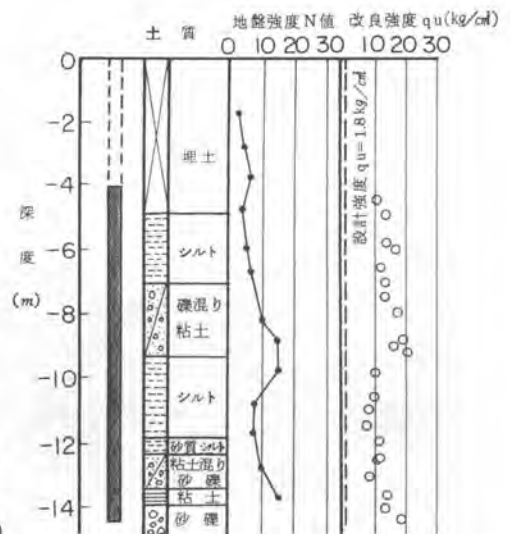


図-7 固結パイルの改良強度

な改良体が得られた。

6.3 掘削時の地盤変位

改良区間の中央部で、鋼矢板と最前列パイルの間に傾斜計を挿入し、掘削時の地盤変位を測定したが、その結果は、図-9の通りである。

測定は、GL-4.0 m の空掘り層を掘削した1次掘削終了後から実施したが、GL-14 m まで掘削した時点で最大4 mmの変位が認められたが、掘削には全く支障なく、良質土に置換することができた。

写真-2は、-9.0 m 付近の掘削状況である。

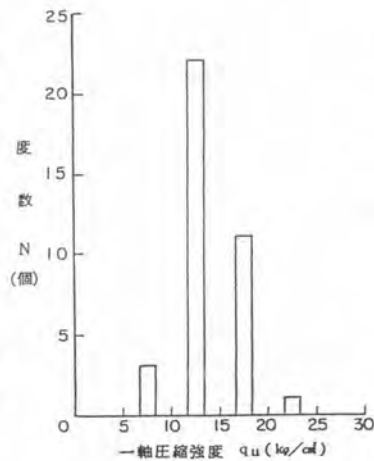


図-8 強度のヒストグラム

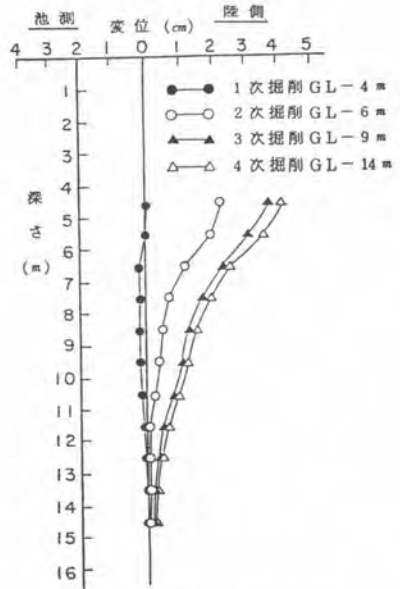


図-9 掘削時の地盤変位

7. あとがき

以上、深層混合工法によって地中土留構造物を造成し、短期にしかも経済的な掘削を実施した工事例について述べた。現在、当工事は、写真-3のように溜池との境界線は築提され、調節池も完成している。

参考文献

- 1) 松尾：深層混合処理工法における攪拌装置の開発研究、57年度建設機械と施工法シンポジウム論文集 PP.37~40



写真-2 GL-9.0 m 付近の掘削状況



(工事中)



(完成後)

写真-3 工事区域の全景

15. 泥水循環固化工法及び専用プラントの開発

(株)熊谷組 秦 昌樹・^{*}豊泉秀雄
園山尋三・鈴木吉和

1. まえがき

近年、泥水の固化技術は、地中遮水壁、アレキラスト式連続壁、泥水固化処理、さらに既成杭の建込み工法等、広い範囲に应用されている。しかし、泥水固化工事の需要の増大、多様化に伴い、さらに一層のコストダウン、泥水固化物の品質の向上、及び施工性の改善が強く求められている。

泥水循環固化工法は、このような要求を満たす工法であり、本工法に使用する大能力の省力化した専用プラントをも合わせて開発した。

2. 泥水循環固化工法

泥水循環固化工法は「溝中の泥水を地上の専用プラントに導き、これに固化材を混合攪拌して自硬性をもつ泥水と成し、これを再び溝中に送り込む操作を繰り返すことにより、最終的に溝中の泥水を自硬性泥水に変換し、硬化反応の進行により固化させる工法」である。

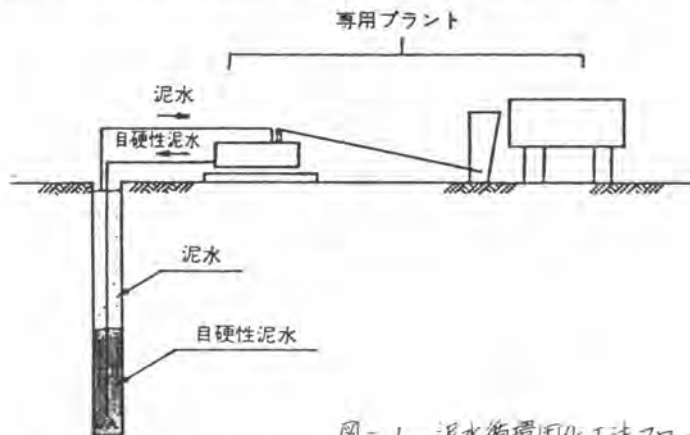


図-1 泥水循環固化工法フロー

(1) 泥水

固化対象泥水は、主にベントナイト泥水及びリバーズ泥水である。また、繰り返し使用による土砂、セメントを多く含む泥水に対しても有効である。

(2) 固化材

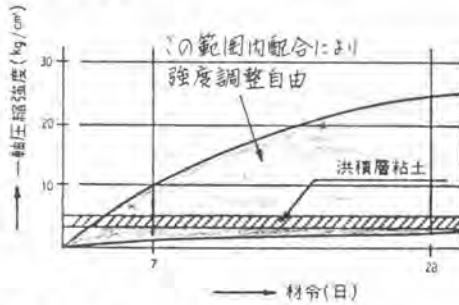
固化材にはセメント系固化材(粉末状のまま使用)または、セメント系固化材とケイ酸ソーダ(溶液)を使用する。

(3) 泥水固化物の物性

泥水固化物の物性は、固化材の種類及び配合量、固化対象泥水の物性、養生条件、材令により異なるが、おおむね次のとおりである。

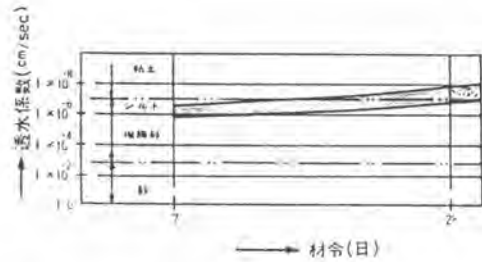
○ 材令と一軸圧縮強度

固化物の強度は循環固化終了後24時間で人が乗れる程度まで固まり、その後も長期に渡り強度が増進する。



○ 材令と透水係数

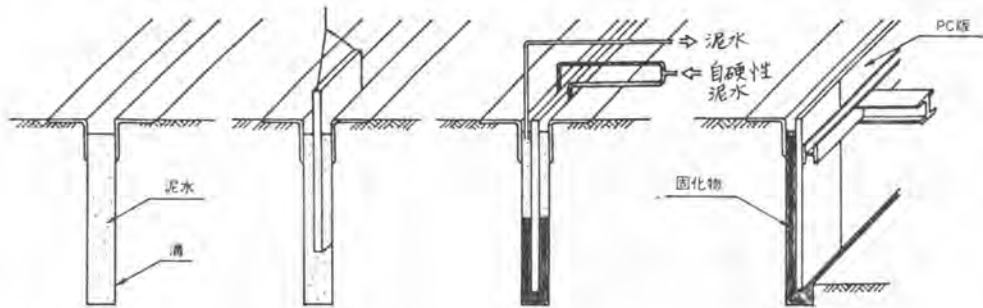
固化物は止水性が高く(透水係数 $K = 1 \sim 10 \times 10^{-7} \text{ cm/sec}$ 程度) 確実に水と遮断する。



○ 比重 1.15 ~ 1.30

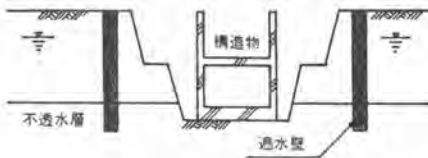
(4) 施工手順

- ① 溝の掘削 ② 溝内へのPC版建込み ③ 循環固化 ④ 根切り後の状態



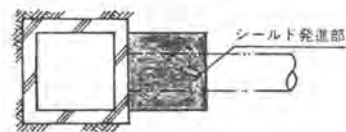
(5) 用途

a. 遮水壁として

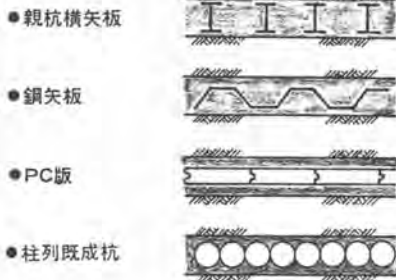


c. 地盤改良に利用して

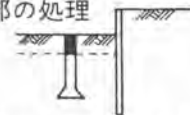
(例) シールド発進部、到達部の防護



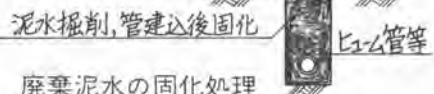
b. 山留壁と組み合わせて



d. 場所打杭空打部の処理



e. ヒューム管理設 (PSS工法)



f. 廃棄泥水の固化処理

g. その他 地下空洞の充填

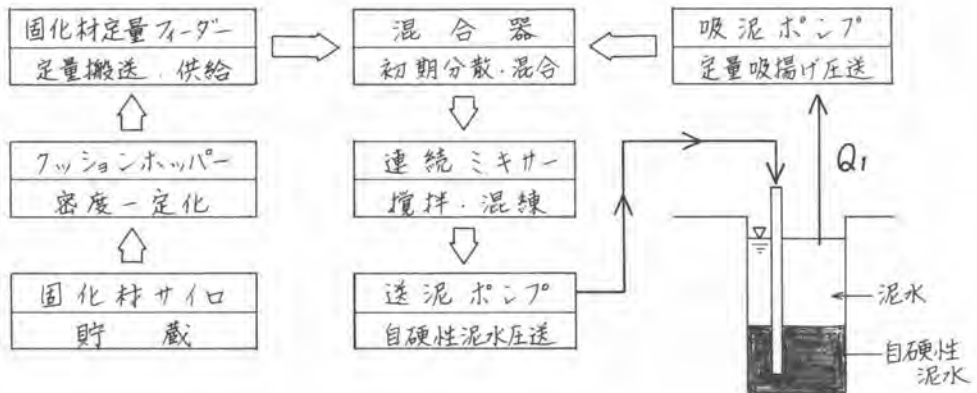
3. 専用プラント

本工法では、所定配合の均質、高強度な自硬性泥水を高効率に製造、吸送泥することのできるファンコントロール集中操作方式の専用プラントを使用する。

(1) 能力

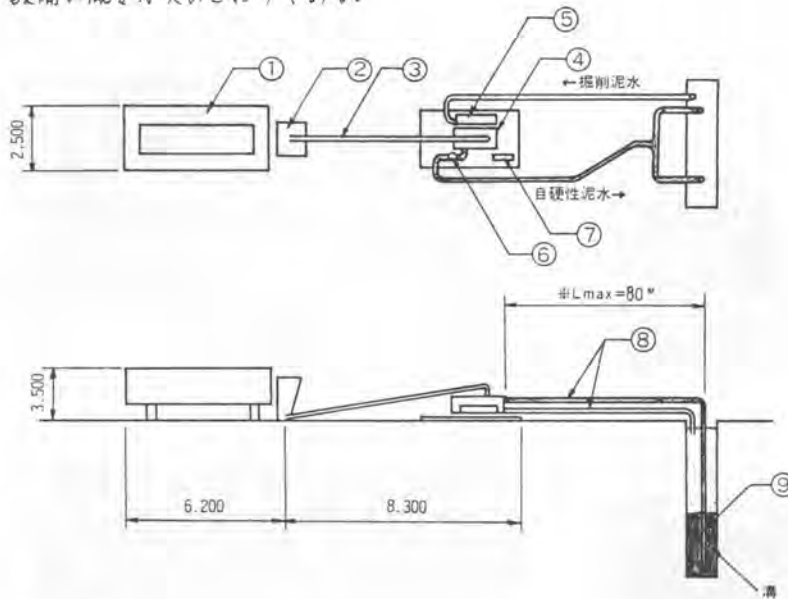
$$Q_1 = 60 \text{ M}^3/\text{H}$$

(2) 機能構成及びフロー



(3) 概要

設備の概要は次のとおりである。



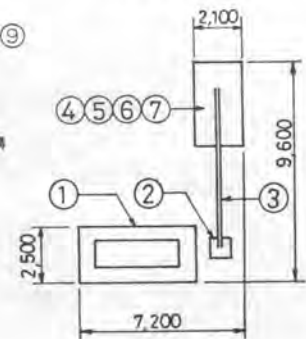
設備の名称

- ① 固化材サイロ(可搬式)
- ② クッションホッパー
- ③ 固化材定量フィーダー
- ④ 連続ミキサー
- ⑤ 吸泥ポンプ
- ⑥ 送泥ポンプ
- ⑦ プラント集中操作盤
- ⑧ フレキシブルホース
- ⑨ 吐出管

#Lは自硬性泥水の粘性、比重により若干異なる。

配置

①と②は180°、③と④は360°取付角度が可変で、敷地形状に対応して、たとえば、右図の如く配置することができる。



4. 特長

- ① 粉体状の固化材と泥水を機械的に強制攪拌するので完全な混練が期待でき、均一で高強度な固化物が得られる。
- ② 均一な自硬性泥水を下部から置換するので充分な改良効果が期待できる。
- ③ 地盤の安定には最適な泥水を使用でき、かつ掘削完了後任意時期に固化作業ができる。
- ④ 同一溝中で深さにより強度の調整が可能である。
- ⑤ 固化処理時、オーバーフローによる廃棄泥水の発生、固化材の無駄が少ない。
- ⑥ 低騒音、低振動で施工できる。
- ⑦ 専用プラントが大能力（60 M³/H）であり、短時間に大量の固化ができる。
- ⑧ 専用プラントはワンマンコントロールによる全自動運転で、施工の省力化が図れる。
- ⑨ 溝深さによる施工の制限は特になく、大深度でも同一設備で施工できる。

5. 開発の経緯

次の順序で工法及び専用プラントを開発し、工事施工を行うに至っている。

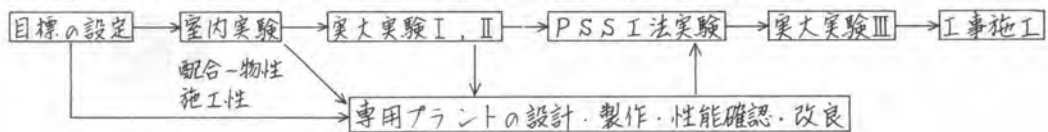


写真-1 専用プラント



写真-2 吐出管等の配置例（PSS工法）



写真 3 PSS工法
ヒューム管の囲りと固化後削削



写真 4 泥水固化壁



16. PSS工法の施工例

(株)熊谷組 秦 昌樹* 関口龍一
鈴木吉和

1. はじめに

管路の埋設工法のうちもっとも一般的な施工法として開削工法をあげることができる。この開削工法は、他工法に比較して容易に施工できる反面、種々の問題点をもっている。特に市街地での工事では土留工法に低騒音低振動の施工が要求されることから、高N値の礫層などでは土留杭の打ち込みが困難な場合が生じたり、打ち込み時に地山が弛められ付近の地盤沈下を伴う恐れがある。また、管路の埋設後においても土留材(特にシートパイル)の引き抜き時に管路周辺の土をもち上げ、管路にキ裂を生じさせる事例も報告されている。また地下水位の高い地域では管路内への漏水が生じる場合もある。

このような開削工法の欠点を補うべく開発した本工法は土留工法としてベントナイト泥水により地山を抑え管路周辺のベントナイト泥水を固化し不透水層を作るもので従来の開削工法では施工困難とされていた土質にも適応でき、止水性に優れた管路を埋設するものである。

2. 工事概要

新潟県頸城村では、同村下吉地区の豪雨による道路側溝の溢水や付近一帯の湛水を解消するために昭和53年度から継続事業として下吉1号下水路工事を進めてきた。

今回の工事は800mm x 1200mmのボックスカルバートを延長111.5mにわたって布設する。このうち泥水固化工法は68.5m(ボックス布設は68m)である。

| | |
|------|-----------------------|
| 工事名 | : 下吉1号下水路築造工事 |
| 施工場所 | : 新潟県中頸城郡頸城村大字下吉新田地内 |
| 発注者 | : 新潟県頸城村 |
| 工期 | : 昭和57年9月 ~ 昭和58年3月 |
| 管渠諸元 | : 延長68.5m (PSS工法施工区間) |
| 管内寸法 | 1200 x 800 |
| 管外寸法 | 1460 x 1100 |
| 土被り | 0.1m ~ 0.29m |

標準断面を図-1に示す。

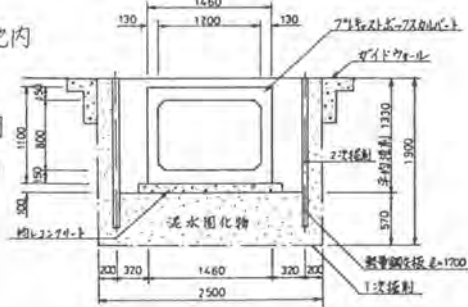


図-1 標準断面

3. 地質概要と周辺環境

当施工区域は一級河川保倉川のかつての氾濫流域であり、図-2の土質柱状図に示すようにN値が2~3程度の軟弱な粘土質シルトを主体としている。しかし表層は工場の廃物を投棄したもので覆われており、この廃物の中には直径0.5m~1mもの鉋サイが転在している。しかもその層厚は深所

で2^mにも達する。地下水位も非常に高く、地表下の65^{mm}～0.85^mとなっており水量も豊富だった。施工場所は上越市に隣接する新興住宅地にあり、図-3に示すように道路の両側には家屋が近接している。この道路の幅員は3^m～3.2^mと狭い。

他社で施工した過去の工事において、周辺家屋に被害を与えているために、地域住民の当工事に対する関心は高く、周辺地盤の沈下は絶対に許されず、騒音、振動も最少限に抑えなければならなかった。

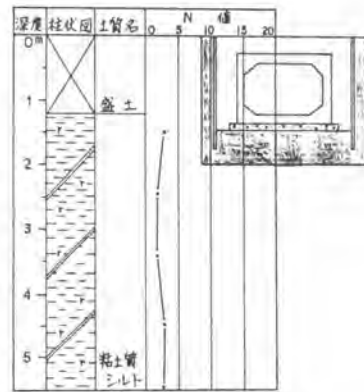


図-2 土質柱状図

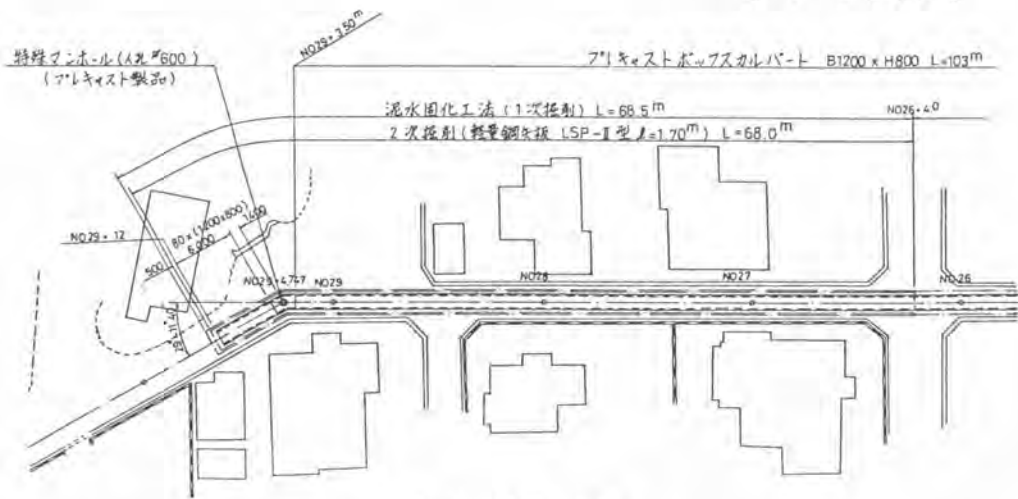


図-3 現場平面図

4. 工法選定の経緯

前述したように先に他社が施工した結果では鋼矢板を無騒音無振動工法で打設したにもかかわらず鋼矢板打設時に大きな沈下が生じた。また掘削、管布設時にも沈下がみられたものである。これらの沈下の主な原因として

- ① 鋼矢板打設機械の重量や走行時、施工時の振動などに地盤が耐えられなかった。
- ② ポンプアップによる地下水位の低下。

などをあげる事ができる。一方作業環境は下記に示すように開削工法で施工するには極めて悪い条件であった。

- ① 道路幅員が狭く(3^m～3.2^m)、民家が道路際まで立並んでいる。
- ② 施工区間のほぼ全域にわたって鉨サイ及び廃物が捨てられている。
- ③ 地下水位が高く水量も豊富である。

のような条件下で低騒音低振動かつ、施工性が確実な工法が施主側から要求され当社で開発したPSS工法がこれらの条件を満足するものとして採用されたものである。

5. PSS工法施工順序

① ガイドウォール構築

工事に先立って図-4に示すガイドウォールを構築した。ガイドウォールの用途は下記の如くである。

- (1) 掘削幅および垂直精度を保つ。
- (2) 掘削時の地表付近の壁面崩壊を防ぐ。
- (3) 軽量鋼矢板建込み時の受台とする。
- (4) 門型フレーシのレールの基礎とする。

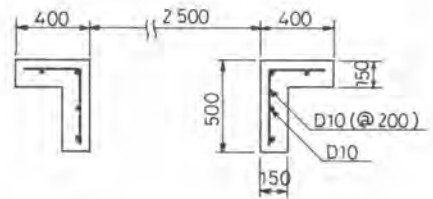


図-4 ガイドウォール

② 1次掘削

幅2.5m、深さ1.9m、長さ3.6m(平均)のトレンチをベントナイト泥水を投入しながらバックホウ(0.18m³)にて掘削した。

③ ベントナイト泥水と自硬性泥水の連続置換

トレンチ内に吐出管(2φ)を4箇所設置し、泥水循環固化工法にて連続的にベントナイト泥水と自硬性泥水に置き換えた。

④ 軽量鋼矢板の建て込み

置換完了後直ちに、軽量鋼矢板(LSP II型 $l=1.7m$)を建て込んだ。建て込みは1枚ずつ人力で行った。

以上②~④を1日で施工した。順次同様に、1日1ブロックずつの進行で全長68.5m(19ブロック)の固化を完了した。

⑤ 2次掘削

軽量鋼矢板の内側を掘削し、直ちに腹起しおよび切梁を設置した。1日当り4mの掘削を行い、その日のうちに均レコンクリートを打設した。

⑥ ボックスカルバートの布設

均レコンクリートの硬化後に、門型フレーシを使用してボックスカルバートを布設し、周囲の空間は山砂を水締めしながら埋めもとした。

以上①~⑥の施工順序を図-5に示す。

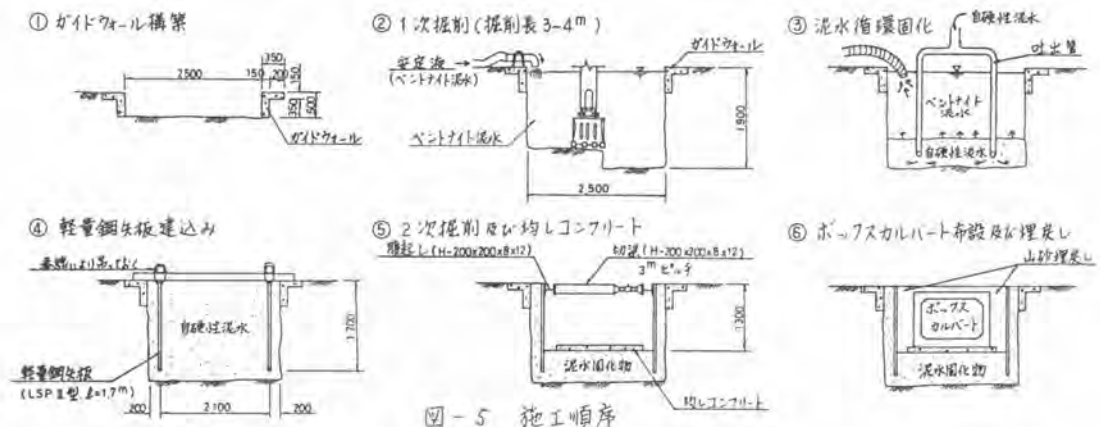


図-5 施工順序

6. 施工結果

ガイドウォール構築後、養生期間をみて、57年11月8日から専用アランの搬入組立を開始し4日間で組立て調整を完了し、11月12日から1日1ブロックのペースで1次掘削固化を行った。

現場の土質は予想された通り、 $4L-1.5m$ まで鉋サイや廃物で埋め立てられていた。その下は軟弱な粘土質シルトとなっており所定の形状に掘削するのに4時間ほど費やした。1ブロックの平均掘削長は3.6mであった。1日の掘削土量は約 $20m^3$ であるが掘削土中には $0.5m^3 \sim 1m^3$ 程度の鉄鉱石が含まれていた。なお掘削はバケット容量 $0.18m^3$ のバックホウで行い、4thダンプにて残土を搬出した。1次掘削、固化作業は順調に進み、12月3日に全ブロック(19)を完了した。

引き続き2次掘削、ボックスカルバート布設を行い58年1月12日に無事埋めもどしまで完了することができた。2次掘削は1日の施工長を4mとして腹起しもそれに合わせ、切梁のピッチは3.5mとした。均れコンクリートは早強コンクリートを使用し、中1日置いてボックスカルバートを布設した。当初心配された1次掘削および2次掘削に伴う騒音、振動の影響は無く周辺に対する地盤沈下の問題も何ら生じなかった。図-6にアランの平面配置図、表-1に現場から採取したテストピースの一軸圧縮試験結果を示す。表-2はベントナイト泥水および自硬性泥水の配合を示す。



図-6 アラン平面配置図

| ブロックNo | 一軸圧縮強度 | 湿潤単位体積 |
|--------|------------------------|------------------------|
| | 材令28日 (kg/cm^2) | 材令28日 (kg/cm^3) |
| No.1 | 15.57 | 1.21 |
| 2 | 16.03 | 1.23 |
| 3 | 16.43 | 1.26 |
| 4 | 8.16 | 1.20 |
| 5 | 10.21 | 1.20 |
| 6 | 13.95 | 1.18 |
| 7 | 8.05 | 1.19 |
| 8 | 12.66 | 1.20 |
| 9 | 9.44 | 1.20 |
| 10 | 11.29 | 1.21 |
| 11 | 11.08 | 1.22 |
| 12 | 8.53 | 1.20 |
| 13 | 8.22 | 1.18 |
| 14 | 8.43 | 1.19 |
| 15 | 8.13 | 1.21 |
| 16 | 15.11 | 1.27 |
| 17 | 13.26 | 1.21 |
| 18 | 12.04 | 1.25 |
| 19 | 14.27 | 1.25 |

表-1 一軸圧縮試験結果

| 名称 | 仕様 | 数量 |
|----|----------------------|------------------|
| 1 | ベントナイト 西尾SK 03 250* | 60 kg/m^3 |
| 2 | CMC TE-D | 0.5-1.0 kg/m^3 |
| 3 | 透水防止剤 ロップワール | 0-4 kg/m^3 |
| 4 | 清水 | 1 kg/m^3 |
| 5 | セメント 高砂セメントB種 | 200 kg/m^3 |
| 6 | 鉄線ソーダ 水ガラス JIS 3号 | 40-60 kg/m^3 |
| 7 | 着色剤 セメント 石炭着色剤 パラフィン | 1 kg/m^3 |

表-2 配合

7. あとがき

当工事は泥水循環固化工法を応用した初めての現場施工で作業環境が悪いこともあって、工事の難行が予想されたが、アランのトラブルも無く、バックホウで掘削ができないような障害物にも当たらず、予定工程を短縮した工期で工事を完了することができた。今後本工法は従来の周削工法では施工困難な土質条件や作業環境をもった現場に適するものと思われ、特に市街地での需要が期待できる。最後に、当工事の施工にあたって頸城村建設課の皆様の御指導、御助言に対し、深甚の謝意を表す次第である。

17. コンクリート水平ディストリビュータの開発

㈱竹中工務店 * 土屋 敏 明・村 井 俊 夫

1. まえがき

この開発は、建設工事の中でも特に人かに大きく頼っているコンクリート打設工事の生コンクリート場の運搬作業を機械化することを目的とした。現在、場内運搬作業はポンプ圧送方式が大半を占めているが、筒先の振り回し、配管盛替等はいまだに人かによって行なっているのが現状で、打設能力限界の大きな要因となっているとともに、躯体品質にも大きな影響を与えている。そこでこれらの問題を解決するために、コンクリート圧送管を油圧駆動により自由自在に移動させる装置（コンクリート水平ディストリビュータ）を開発し、実際に作業所において施工を試みた。ここでは、この開発における目標、経過を示すとともに、試作機の仕様、性能、また作業所における実施例等を紹介する。

2. ポンプ圧送工法の問題点

- (1) ポンプ圧送管の筒先ホース振り回しは重労働作業のため頻度よく移動することができず、コンクリートを適切に分配できない。このため、過量部の生コンをかき均しやバイブレータがけによって不足部へ流し込んでいるのが現状であり、コンクリート打設能力の限界はこれら重労働作業員の肉体的限界によっておさえられている。
- (2) スラブ配筋、設備配管、型枠等の上を多くの作業員が重いホースを持って作業するため、これらが乱され易く、品質を確保するために多数の相伴工が手直しをしてゆかなければならない。
- (3) コンクリート圧送管の切り離し、継ぎ足しによって打設箇所を移動してゆくため、圧送が中断されることが多く、作業能率が低下する。
- (4) 低スランプのコンクリートはワーカビリティが低いため先端ホースは125°以上必要となり、多数の作業員を配置しなければ打設できない。
- (5) 重労働、よごれ作業という環境と、不安定な職場という理由から若い作業員が集まらず、年々高齢化が進むとともに労働者不足が目立ってきている。

3. 開発目標の設定

- (1) コンクリート打設時は、型枠、スラブ筋等に圧送管の振動を与えないようにし、筒先ホースもスラブ筋に接触することなしに移動できるものとする。

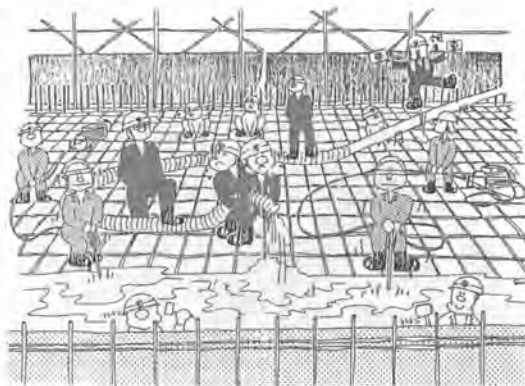


図1 従来のポンプ圧送工法

- (2) 低スランプのコンクリートは乾燥収縮、熱膨張などによるひび割れが少なく高品質であるとい
うことから、目標スランプ値は低めにおさえ、最低8cm、常用15cmに対応するものとする。
- (3) コンクリートはスランプが低くなると前述のように品質が向上するだけでなく、セメント量が
減少し単価が安くなる。しかし、その反面、ワーカビリティが低下するため必要作業員数が増大
し、打設手間のコストアップにつながる。そこで開発装置は、低スランプでワーカビリティが低
いコンクリートでも、同数以下の人員で打設可能なものとし、確実にコストダウンがはかれるよ
うにする。
- (4) コンクリート分配作業の機械化によって、ポンプ車圧送能力程度の打設が可能と思われるため
目標は400~500^{m³}/日、60~70^{m³}/hとし、従来工法の3~5割生産性の向上を目差す。
- (5) 装置を使用する建築物の構造、規模によって要求される仕様、性能は変わってくる。そこで、
過去の工事を調査して最も一般的であったSRC造、7~10階建の建物を対象作業所と仮定して
腕長などの仕様を決定する。

4. 開発装置

開発装置の全体図、格納時姿図を図2、図3に、装置全景を写真1に示す。また、装置の仕様を表1にまとめた。

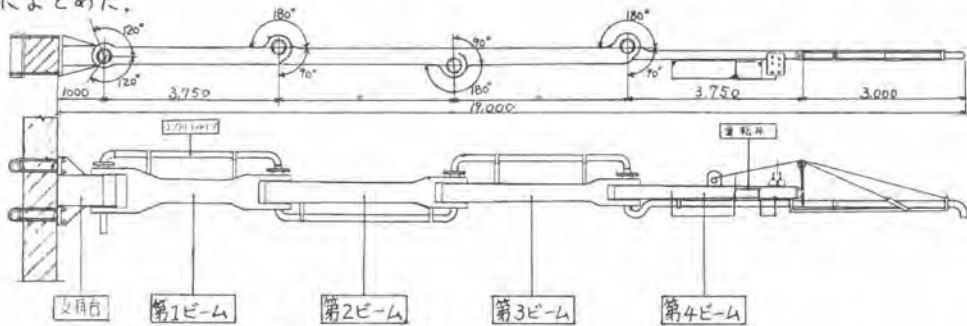


図2 装置全体図

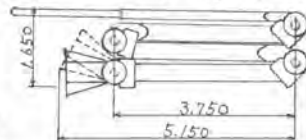


図3 格納時姿図



写真1 装置全景

表1 装置仕様

| | |
|---------|--|
| 構造 | 高張力鋼による箱形構造 |
| 関節数 | 4関節(ℓ=3.75m/関節) |
| ベアリング | フェニール系樹脂ベアリング |
| 駆動方式 | 油圧モータによるウォーム駆動 |
| ビーム回転範囲 | 第1ビーム 左右120° 合計240° 第2~4ビーム 左右交互180°+90°=270° |
| 輸送配管径 | 125φ(5インチ) |
| 操作方式 | 電磁比例レバーコントロール方式 |
| 動力 | 電動機 7.5kW, 200V, 3相 |
| 取付適応柱 | 550φ~750φ(その他は治具使用) |
| 寸法 | 作業時 高1,500×幅1,000×長1,900(油圧ユニット除く) |
| | 格納時 1,500×1,650×5,150(") |
| 重量 | 4.5/3 ^{Kg} (油圧ユニット含む) |

(1) 装置本体

本体は軽量化をはかるため、高張力鋼による箱形構造とし、関節部を4ヶ所備えている。関節部は油圧モーターによってウォーム駆動し、左右交互の回転範囲は非対称となっている。これは格納時に平行に折りたたむためである。先端ホースは小形電動ウインチによって起伏し、壁筋などの障害物をかわすことができる。また、圧送管は先端まで径12.5cmのものを使用し、本体と独立した構造となっているため、いつでも容易に交換ができる。本体の全長は19mで、支持台を固定させた場合、作業可能範囲は約1000m²となる。(図4)

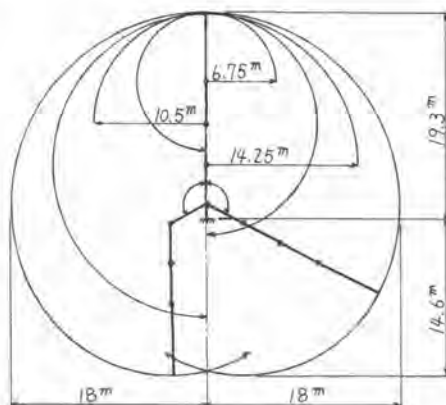


図4 作業範囲図

(2) 運転方法

運転は先端に設けたオペレータ運転席、あるいは遠隔操作用コントロールボックスにて、電磁比例制御弁を動作させる4本のレバーと起伏用の2個のスイッチで行なう。

(3) 動作速度

万一、操作を誤った場合でも作業員に危険のないように各関節部の回転速度を規制し、腕の先端の動作速度を0.6m/s以下におさえている。

(4) 設置方法

装置は本設柱、仮設柱、タワークレーンマスト等に取り付けられるように設計されており、支持台ごと盛り替えて使用する。コーナー部など届かない場所は先端にフレキシブルホースを継ぎ足して打設する。

5. コンクリート圧送実験結果

作業所での実打設の前に装置の性能を確認するため、コンクリート圧送実験を行なった。表2に実験に使用したコンクリートを、表3に実験結果を示した。コンクリート圧送は30%と60%で行なったが、スランブ8cmの低スランブコンクリートも問題なく圧送できた。また、本体の振幅も10cm程度であり、実際にコンクリートを打設する上ではほとんど影響のないことがわかった。取付部最大反力はアームを真直に伸ばした時に、最大たわみは第2関節部だけを90°屈曲させた時に生じた。これらの測定値は、ディストリビュータの取付高さ、取付箇所強度チェックなどの検討を行なう上での重要な基礎データとなった。

表2 使用コンクリート

| 種目 | スランブ |
|----|------|
| 普通 | 8cm |
| | 12 " |
| | 15 " |
| | 18 " |
| 軽量 | 18 " |

表3 圧送実験結果

| 項目 | 測定結果 | |
|-----------|------------|-----------------------|
| コンクリート圧送量 | 30%、60% | |
| 取付部最大反力 | 35kN | |
| 最大たわみ量 | 450mm | |
| 配管抵抗 | 水平換算 25m | |
| 実圧力損失 | スランブ 18cm | 4~5kg/cm ² |
| | " 12cm | 4~7 " |
| | " 8cm | 5~8 " |
| 本体振動数 | 80サイクル/min | |
| 本体最大振幅 | 10cm | |

6. 施工例

開発機を用いて実際に作業所で施工した結果を以下に示す。

表4 工事概要

| | |
|---------|---|
| 工事名称 | Aビル新築工事 |
| 構造・規模 | 鉄骨・鉄筋コンクリート造, B1.F8 |
| 建面積・延面積 | 建: 1,416 m ² 延: 10,722 m ² |
| 建物用途 | 事務所 |
| コンクリート量 | 地下階: 2,910 m ³ , 地上階: 4,220 m ³ |
| 型枠量 | 地下階: 11,000 m ² , 地上階: 21,700 m ² |
| 鉄筋量 | 地下階: 285 t, 地上階: 510 t |
| 鉄骨量 | 地下階: 180 t, 地上階: 440 t |

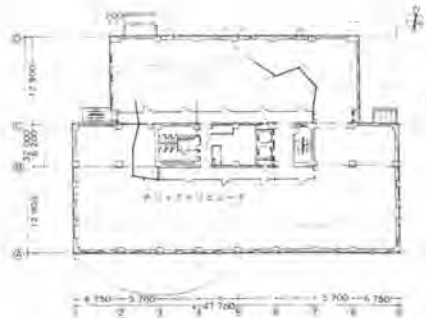


図5 作業範囲図

表5 施工結果

| | | |
|------------|--------------------------------------|------------------------|
| コンクリート打設量 | スランブ 18 cm | 1,482 m ³ |
| | ” 15 cm | 2,096 m ³ |
| | 合計 | 3,578 m ³ |
| コンクリート種類 | 普通コンクリート $f_c = 270 \text{ kg/cm}^2$ | |
| コンクリートポンプ車 | ピストンタイプ 能力 85 m ³ /h | |
| 打設能率 | 総平均時間当り | 49.7 m ³ /h |
| | 総打設工1人当り | 19.2 m ³ /人 |
| 吐出能率 | 70~75% (吐出時間当りの打設量) | |

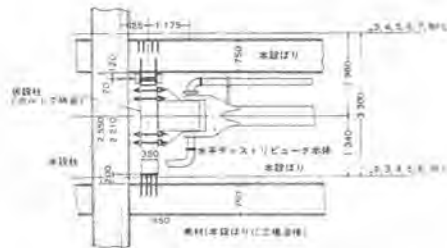


図6 取付要領図

(1) 施工要領

ディストリビュータは図6に示すように、本設梁間にボルトで結合した仮設柱に取り付けて使用した。また、コンクリート打設は1フロアを2日に分けて行なうため、第1日目の打設終了後タワークレーンにて次の打設箇所へ本体を盛り替えることとした。

(2) 施工結果

打設能率は約50%となり、従来のコンクリート打設が30~40%であることを考えると大きな効果のあったことがわかる。また、スランブ15cmの硬練りコンクリートも約2000m³打設したが、打設能率を落とすことなく、同数の作業員で打設することができ、当初の目標通りの結果が得られた。

7. おわりに

この開発は、極東開発工業(株)との共同開発として進めてきており、現在、試作機の応力測定結果、コンクリート打設結果等をもとに、より軽量化を進めた高機能、高性能の実用機を完成させた。今後も、作業所の要求条件を満足させるように改良、改善を加えてゆき、建築工事の生産性向上と施工環境の改善に努力してゆく考えである。

18. コンクリート配給機能を有する クレーン(コンディスクレーン)の開発

(株)竹中工務店 高橋正明・今井崇賀

*中西一吉

1. まえがき

建築工事におけるコンクリート打設工事では、生コンクリートの運搬・打込み方法としてはコンクリートポンプによる配管圧送方式が一般的である。

この方法での問題点は①生コンクリートが吐き出される筒先ホースを人力で振り廻しながら打設するため重作業である。②配筋検査完了後の鉄筋上での作業のため、これを乱すおそれがある。

③コンクリート打設日は現場に設置した揚重クレーンは休止する状態となり、非効率的である。

これらの現状をふまえて“コンクリート配給機能を有するクレーン”の開発を行い、完成した機械が「コンディスクレーン2020」である。「コンディス」とは「コンクリートディストリビュータ」を略したもので、「2020」はクレーンの吊能力2t、作業半径20mという能力を表わしたものである。(以下コンディスクレーンと呼ぶ)

本機は主として傾斜ジブクレーンとして使用し、コンクリート打設工事のときはブームが3段屈曲するコンクリートディストリビュータとなる。なお、コンディスクレーンはコシハラ総業(株)と共同開発を行い、工業所有権(特許1件、実案10件、外国出願2ヶ国)の出願申請を行なっている。

以下にコンディスクレーンの開発について述べる。

2. コンディスクレーンの開発

2.1 ニーズと開発のねらい

図-1に示すように社会ニーズ面からは建設労働者の賃金上昇が顕著で、また高令化に伴う技能労働者不足があげられる。

これらに対応するためコンクリート工事の自動化による合理化をねらいとした。

社内ニーズ面からはコンクリート打設時の配筋の乱れを防止して構造体品質の確保を行う。また定置式クレーンとしての

有効利用を行い、生産性の向上をねらいとした。

2.2 開発経過

昭和56年より調査研究、企画に着手し、以後種々の検討を加え、昭和57年末に試作機械を完成した。現在は当社の作業所において実用化しており、コンクリート工事に多くの成果を得ている。

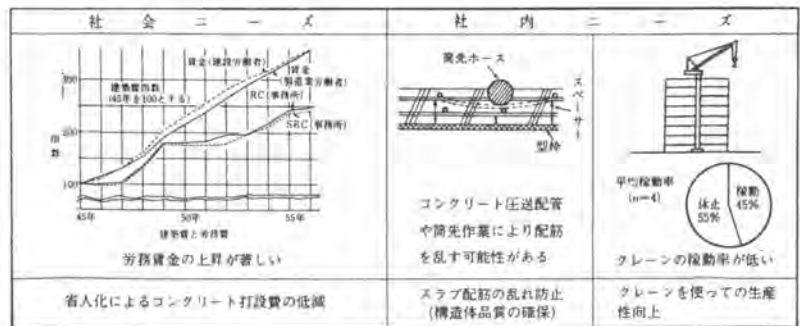


図-1 ニーズと開発のねらい

2.3 調査研究・企画

コンディスクレーンの開発にあたり、次の内容について調査研究を行った。

(1) 現状調査

開発の主眼をブーム関節部の固定方法および配管方法に置き 従来技術によるコンクリート打設設備について調査を行い 新規性について追求した。

(2) 西ドイツSCHEELE社のコンクリートディストリビュータの現地調査

当社の某原子力発電所工事においてはじめて使用したコンクリートディストリビュータの現地調査を行い、開発に活用する基礎資料を収集した。

(3) 法的規制関係の調査

本開発に当たり、関連する法規(クレーン構造規格、クレーン等安全規則他)を調査し、関係官庁の御指導をいただいた。

企画段階では基本構想案をまとめ、評価シートにより絞り込みを行った。また図-2に示す要求性能管理シートを用いて開発機の仕様設定を行い設計に反映した。

| 検討事項 要求項目 (ニーズ) | 特 性 | | | | | | | | | | 要求性能 | |
|-----------------------|-----------------|-----------------|------|------|------|-----|--------|----|----|----|------|--------------------------------|
| | コンクリートディストリビュータ | コンクリートディストリビュータ | 構造機構 | 操作簡便 | 作業半径 | 製作費 | 運転・保守費 | 騒音 | 振動 | 設置 | | |
| Q | コンクリート品質が確保できる | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | 最大コンクリート打設量10m ³ /h |
| | 身体障害・影響を与えない | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | 変形・損傷・腐蝕・風害は少ない |
| | 開始・取得コストが安い | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | 整備コストが安い | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | 整備費率10%以下(年当り) |
| | 施工コストが安い | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | 省人化している | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | オペ1名で可 |
| S | 安全性が高い | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | 監督者の認可を受ける |
| | 誰でも操作できる | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | クレーン特別教育者で可 |
| | クレーン・ボウプの変更が容易 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | オペ1名で可 |
| 機 | 吊能力が体工事に対応可 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | 吊荷重3.0t未満 |
| | 打設範囲が広い | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | R = 20 ~ 30 m |
| | 打設位置の変更が容易 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ボーム付ポンプ車程度 |
| 能 | 打設能率がよい | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ポンプ能力 60~90m ³ /h |
| | 打設高さが高い | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | 自立高さ20~30m |

図-2 要求性能管理シート

3. コンディスクレーン2020の概要

コンディスクレーン2020の概要図を図-3に、仕様を表-1に示す。

本機の主な特長を次に示す。

- (1) 作業所では主として傾斜ジブクレーンとして使用し、コンクリート打設時はブームが屈曲してコンクリートディストリビュータとなる。

表-1 コンディスクレーン2020仕様

| | | | |
|---------|-----------------------------|---------------------|----------|
| 定格荷重 | 2,000 kg | 2,500 kg | 2,800 kg |
| 作業半径 | 20 m | 15 m | 10 m |
| 起伏角度 | 0 ~ 83.6° (クレーン作業時15 ~ 76°) | | |
| マスト自立高計 | 31 m (ベース上) | | |
| 揚 程 | 50 m | | |
| 巻 出力 | 15/1.9 kw | 6/4 P | |
| 上 速度 | 50 Hz 21/2.5 m/min | 60 Hz 25/3 m/min | |
| 起 形式 | 油圧シリンダー方式 | | |
| 伏 速度 | 起伏 (15 ~ 70°) 40 m/min | (70 ~ 84°) 20 m/min | |
| 旋 形式 | 油圧モータ方式 | | |
| 回 速度 | 0 ~ 0.5 rpm | | |
| 油圧原動機 | 22.5 kw (15 kw + 7.5 kw) | | |
| 操作方法 | リモートコントロール(レバー式) | | |

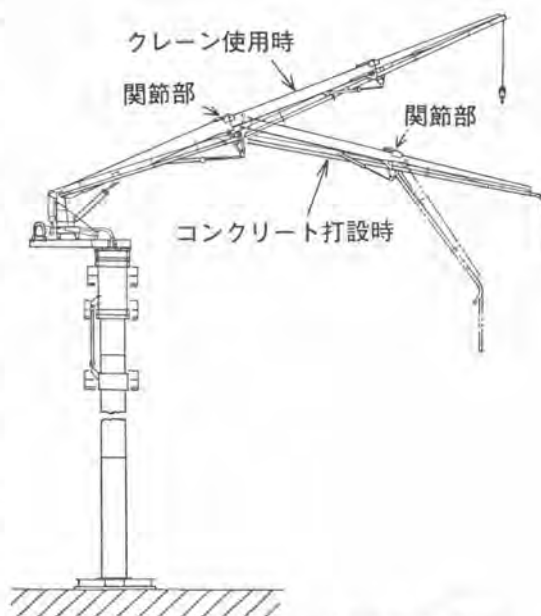


図-3 コンディスクレーン2020概要図

- (2) クレーンとしての使用時には屈曲用の油圧シリンダーに負荷が働かないよう、関節部に固定ピンを設けている。このピンの脱着はすべて自動ででき、はいついていない場合はクレーンとして作動しない安全機構になっている。図-4に関節部固定ピンを示す。
- (3) コンクリート圧送管(125中)をマスト内部およびブームに配管しているため、作業所ではコンクリートポンプ車からマスト下部までの水平配管だけでよい。
- (4) コンクリート打設時はクレーンとして使用しないため、クレーンフックが不要になるので、図-5に示すようにブームの先端部に収納固定する機構とした。
- (5) クレーン使用時の状態からコンクリート打設時の状態への変更は10分程度でできる。
- (6) ブーム屈曲時における巻上ワイヤロープのたるみを吸収するため、カウンターウェイトを取付け、ワイヤロープにテンションをかけている。

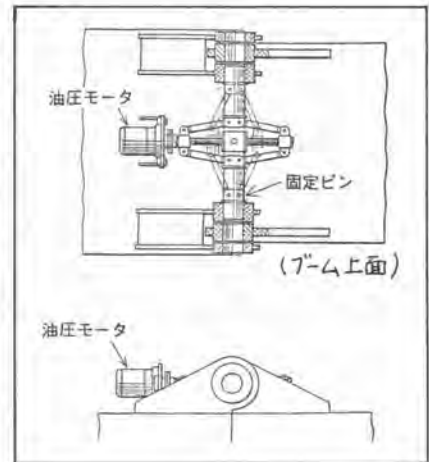


図-4 関節部固定ピン

4. 性能確認実験

コンディスクレーン完成後、性能確認実験を行ったので、その概要を述べる。

(1) 実験内容

コンディスクレーンの性能確認を行うため、表-2に示す内容で実験を行った。

(2) 実験結果

性能確認実験により下記の事項を把握することができた。

- クレーン性能としては、ほぼ設計値を満足するものであった。
- コンクリート圧送時の起伏用シリンダー及び屈曲用シリンダーの負荷はブーム自重、伸縮状態に大きく影響を受けるが、圧送量の変化には影響を受けない。
- コンクリート圧送時のマストたわみ量は、クレーン使用時の無負荷状態(作業半径20m)とほぼ同じであった。
- 筒先ホースの振れ(上下方向)はブーム状態にもよるが、最大でも2~3cmであり、従来のブーム付コンクリートポンプ車に比べ小さかった。

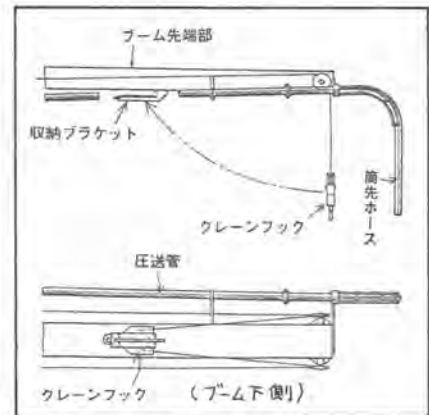


図-5 クレーンフック収納機構

表-2 性能確認実験内容

| | |
|------------------|--|
| クレーン性能に関する実験 | <ul style="list-style-type: none"> 定格荷重および過荷重における起伏シリンダーの負荷状態 上記の状態におけるマストおよびブームのたわみ |
| コンクリート配給機能に関する実験 | <ul style="list-style-type: none"> コンクリート圧送時における各油圧シリンダーの負荷状態 圧送時のマストたわみ、ブームたわみ 圧送負荷の把握 |
| 付属機構の確認 | <ul style="list-style-type: none"> 関節部固定ピンの作動確認 クレーンフック収納機構の確認 |

5. 作業所への適用

コンディスクレーンは当社の工事に於いて使用しており、ハード・ソフトの技術をも含めて今後の計画に反映させる基礎資料を収集している。A工事（図書館）におけるコンディスクレーン設置概要図を図-6に示す。なおコンディスクレーンを建築工事で使用する場合のポイントを下記に示す。

- ① 使用に適する工事はRC構造、あるいはSRC構造の積層工法に適する。
- ② コンクリート打設範囲、揚重範囲を広くとるため、建物内部に設置するのが効果的である。
- ③ スラブのレベル差が多い建物のコンクリート打設に効果的である。
- ④ 設置方法は支持杭上、基礎梁上、仮設受梁上（H鋼）など、どのような設置方法も可能である。

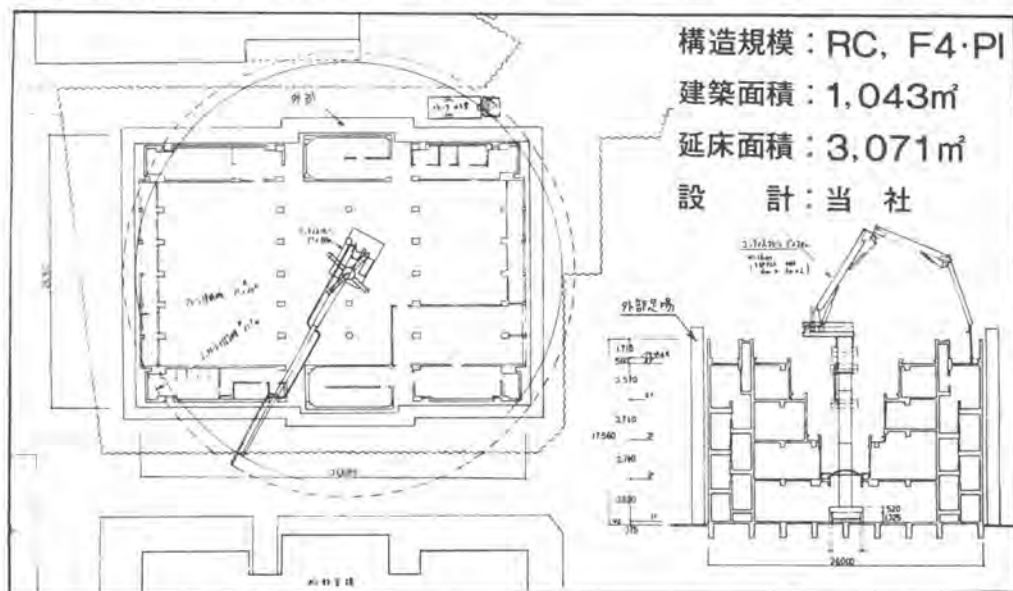


図-6 コンディスクレーン設置概要図（A工事）

6. まとめ

従来のコンクリート打設工事のポンプ車配管工法に比べ、コンディスクレーンを使うことによる効果を下記に示す。

- ① スラブ上での圧送配管段取りが大幅に減少し、筒先でのホース振り廻し作業が無くなる。（配管用仮設足場の大幅減、配筋の乱れ防止）
- ② コンクリート吐き出し口（筒先）の移動が容易に行えるため、打設能率が大幅に向上する。
- ③ コンクリートポンプ車の圧送配管材料、配管手間が大幅に節減できる。
- ④ コンクリート打設時の人員が省人化できる。

以上、コンディスクレーンの開発経過から現状までを紹介してきたが、今後は実施工をふまえ、問題点を抽出し、より完成度の高いものを目指してゆきたい。さらにクレーン機能とコンクリート配管機能を具備した複合機械としての自動化を計ってゆきたい。

19. 拡底式場所打ちコンクリート杭のQC工程管理手法を用いた施工ならびに品質管理

東京建機工業(株) *高岡 博
井手 芳治

1. まえがき

構造物の大形化にともない、より大きな支持力が要求され、これに対応して、堅硬な深い支持層までの掘削と、騒音振動の公害対策工法として発展してきた場所打ち杭が広く用いられている。杭にかかる荷重のかかり方によって杭体に生ずる応力に見あって中間部を細くし、また杭の底部を拡大し、従来の円柱形の直線的な杭にくらべ杭の断面を変化させる拡底式場所打ちコンクリート杭が昭和52年に開発され、コンクリート量、残土、泥水処理量の減少、工事費の低減などの特徴が認められ、最近多く用いられてきた。

拡底式場所打ちコンクリート杭は現在底部の径は最大で4mにおよぶものが施工されている。1本の杭で3,000tもの荷重を支えることができるので、建築の場合は1本の柱を1本の杭で支えることができる。それだけ杭に非常に大きな支持力を期待することになる。したがって、杭としての機能を充分満たすためには、施工の過程から品質の確保は今まで以上に必要となってくる。

拡底式場所打ち杭を建築に用いる場合は、建設大臣の諮問機関である(財)日本建築センターに対し、各種の試験結果をもとにして評定認可をうけ設計指針、施工仕様書、施工の管理体制(施工業者の指定)、評定所見にしたがって設計施工することが義務づけられている。(図-1参照)

最近、建設業とくに建築工事にあつて、製造業などにつづいて品質管理を企業内の諸部門で行い、品質の保持の努力を総合調整して最も経済的な水準において生産する体制(TQC)を取り入れ、各工種にわたりQCサークル活動を現場に展開している。

2. 拡底式場所打ち杭の施工管理手法

(1) 施工工程と品質管理の展開

拡底式場所打ち杭(以下拡底杭という)の施工工程の順序と品質管理の展開を図-2に示す。

杭の建物の荷重を支えるに十分な耐力を確保するための手順は従来の場所打ち杭工法と同様であるのに加えて、支持層の根入れ、拡底径の確保が必要となる。

(2) 品質管理計画-QC工程図

杭の確保すべき品質が明らかになった段階で、これらの品質を満足させるに必要な要因を洗い出し、特性要因図を作り、要求品質との因果関係を明確化し、中骨小骨の要因を点検点とし、チェックリストのチェック項目の対象とする。

管理対象となるべき事柄を施工の順序にしたがって点検すべき項目、管理要点、管理區、チェックの分担、チェックの時期、検査方



写真-1 TKR 拡底ビット
(ビット径 4.1m)

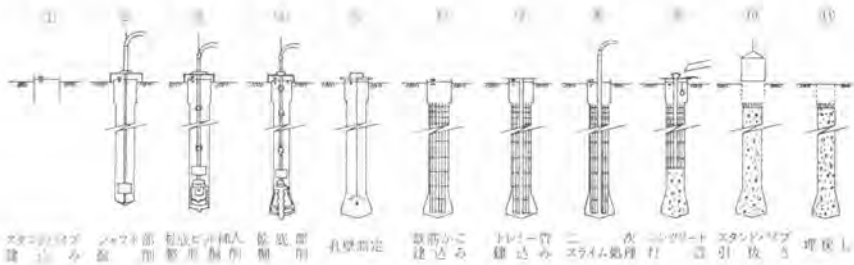


図-1 TKR基礎杭施工順序



法、記録、異常時の処置などをあらわした工程図をQC管理工程図と云い、チェックリストとあわせたものを図-3に示す。

中央に杭を施工してゆく工程、すなわち、作業プロセス順にならべてある。左側の管理項目は、品質管理展開、特性要因図で整理した、単位工程から定める。この単位工程の状態を判断するのが管理要点である。管理値は設計の品質に合致させるべき値を基準として、この値を満足すべき管理要点の値を、プロセスフローをさかのぼり、単位工程ごとに定める。

管理値は施工実績、経験などを参考として定める。チェック、測定の時期、方法、記録、異常時の処置も同様、施工順序にしたがって定める。

図-3 TKR工事標準施工品質管理工程図(4-7シート)

| 管理項目 | 管理値 | 管理 | 検査 | 管理 | 管理 | 管理 | 管理 | 管理 | 管理 | 管理 | 管理 |
|-------|------|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 掘削 | 掘削深さ | 掘削機 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 |
| 2 掘削 | 掘削深さ | 掘削機 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 |
| 3 掘削 | 掘削深さ | 掘削機 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 |
| 4 掘削 | 掘削深さ | 掘削機 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 |
| 5 掘削 | 掘削深さ | 掘削機 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 |
| 6 掘削 | 掘削深さ | 掘削機 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 |
| 7 掘削 | 掘削深さ | 掘削機 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 |
| 8 掘削 | 掘削深さ | 掘削機 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 |
| 9 掘削 | 掘削深さ | 掘削機 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 |
| 10 掘削 | 掘削深さ | 掘削機 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 |
| 11 掘削 | 掘削深さ | 掘削機 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 |
| 12 掘削 | 掘削深さ | 掘削機 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 |
| 13 掘削 | 掘削深さ | 掘削機 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 |
| 14 掘削 | 掘削深さ | 掘削機 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 |
| 15 掘削 | 掘削深さ | 掘削機 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 |
| 16 掘削 | 掘削深さ | 掘削機 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 |
| 17 掘削 | 掘削深さ | 掘削機 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 |
| 18 掘削 | 掘削深さ | 掘削機 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 |
| 19 掘削 | 掘削深さ | 掘削機 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 |
| 20 掘削 | 掘削深さ | 掘削機 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 |
| 21 掘削 | 掘削深さ | 掘削機 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 |
| 22 掘削 | 掘削深さ | 掘削機 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 |
| 23 掘削 | 掘削深さ | 掘削機 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 |
| 24 掘削 | 掘削深さ | 掘削機 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 |
| 25 掘削 | 掘削深さ | 掘削機 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 |
| 26 掘削 | 掘削深さ | 掘削機 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 |
| 27 掘削 | 掘削深さ | 掘削機 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 |
| 28 掘削 | 掘削深さ | 掘削機 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 |
| 29 掘削 | 掘削深さ | 掘削機 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 |
| 30 掘削 | 掘削深さ | 掘削機 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 |
| 31 掘削 | 掘削深さ | 掘削機 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 |
| 32 掘削 | 掘削深さ | 掘削機 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 |
| 33 掘削 | 掘削深さ | 掘削機 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 |
| 34 掘削 | 掘削深さ | 掘削機 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 |
| 35 掘削 | 掘削深さ | 掘削機 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 |
| 36 掘削 | 掘削深さ | 掘削機 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 |
| 37 掘削 | 掘削深さ | 掘削機 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 |
| 38 掘削 | 掘削深さ | 掘削機 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 |
| 39 掘削 | 掘削深さ | 掘削機 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 |
| 40 掘削 | 掘削深さ | 掘削機 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 | 目視 |

チェックの分担は管理要点、管理値に対し、責任の所在を明確にしたものである。

チェックシートは上記の管理項目、管理値を現場でチェックし、QC工程図

で明かにしたチェック方法にしたがって現場で記録する記録用紙である。各管理値に合せ判断し、OK、NOに○印でマークするか、または測定値を記入する。

(3) 品質管理の状態の判断、X-R管理図

作業標準にしたがい、同じ機械を用い、同じ作業をしても、施工結果が生み出す品質の特性にある程度のはらつきが生ずるのが一般である。このはらつきには偶然原因によるものと、機械の機能の不良、土質などの自然現象の変化、作業工程の違いなどにより生じた異常原因によるものがある。

X-R管理図は異常原因によるはらつきを見出し、品質の管理、改善に有効な役割をもっている。拡底杭にあっては基本的には一般の場所打ち杭と施工の工程と管理要点は殆んど同じである。

杭の確保すべき品質のなかで重点管理項目は次のとおりとなる。

- (イ) 杭芯ずれ (ロ) コンクリートの食込み率 (ハ) 杭の垂直精度 (ニ) 杭の根入れ深さ

拡底杭の杭の耐力について最重要な特性として拡底部の拡巾量、形状については、検査項目として超音波測定図などで絶体寸法を検査しチェックシートにて確認記録する。(図-4)



図-4

X-R管理図の作成は杭1本ごとのチェックシートの記録をもとにして、データシートに記入する。施工工程は管理資料で整理した作業プロセス(QC工程図)チェックシート内容と一致した作業標準にしたがって施工し、作業標準は作業員に衆知徹底させなければならない。

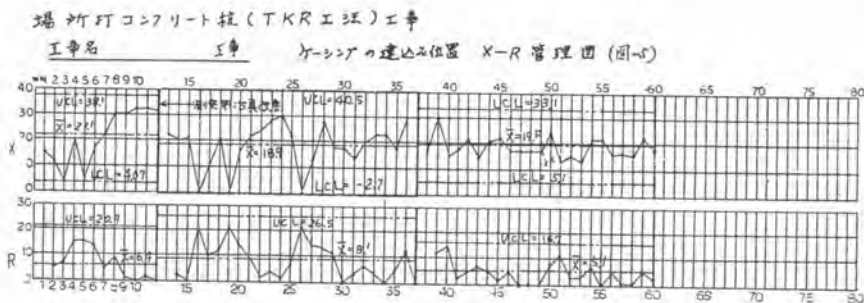
試験杭を含めて1~7本施工し実態をつかみ、管理値との対比、作業標準の再検討を行う。通常7~25本ごとに、UCL、LCLを計算しておき、常に管理の状態、および管理限界の推移を把握しておく。管理図上におけるはらつきが少なく、点のならば方にくせない管理状態にあることを判定する。

はらつきが大きく、異常値がひんぱんに発生するときは、作業標準を守らせたり、管理点の水準の見直しを行う。ひいては作業標準の改定を行う。施工本数が25本程度になったら、重点管理項目ごとに、ヒストグラムを作成し、工程能力指数C_pを求め、良好であればそのまま工程を維持し、不良であれば改善を行う。

X-R管理図について工事の実例について説明する。

(イ) 杭芯ずれ(図-5)

根切り底の杭芯のずれは、施工地盤において施工中は測定ができないため、ス



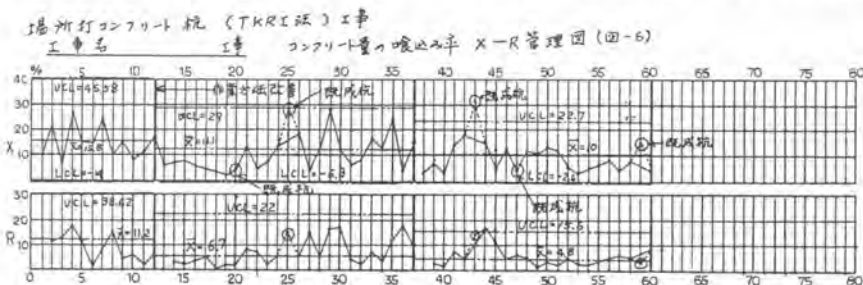
サンドパイプ上端の位置を計測しチェックシート、データシートに記入し管理図を作成する。

根切底の杭頭部の芯ずれは、(ハ)の杭の垂直精度とにより推定することができるが、両者の管理限界を定めておけば、管理値内に入る。始めの12本の結果より、傾斜計、治具の改善を行い、37本までの管理図を検討し、作業方法などを改善して安定した管理状態となった。

(ロ) コンクリートの食込み率 (図-6)

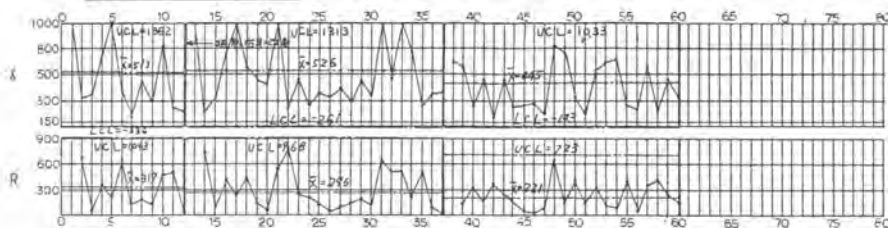
場所打ち杭のコンクリートの食込み率は地質、工法により異なるが、一般に1~12%に標準を設け、設計打設量と実施コンクリート量の比率をもって品質管理を行う。この現場はGL-30m附近

に4m厚の玉石層があったため当初は杭の曲りを生じた。再掘削を行い精度を確保したため、食込み率が大きくなった。



(ハ) 杭の垂直精度 (図-7)

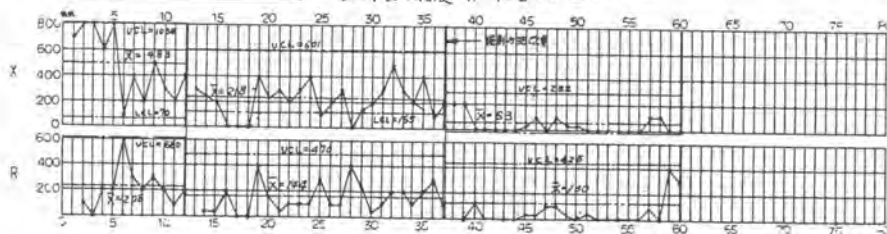
場所打ちコンクリート杭 (TKR工法) 工事
 工事名 _____ 工事 _____ 杭の垂直精度 X-R管理図 (図-7)



13本目より掘削具、作業方法の改善を行ない、(ハ)杭の垂直精度のみを追求せず、水準を見なおし、両者をあわせたもので良好な管理状態を得るようにした。

(ニ) 掘削長の精度 (図-8)

場所打ちコンクリート杭 (TKR工法) 工事
 工事名 _____ 工事 _____ 掘削長の精度 X-R管理図 (図-8)



3. あとがき

最近、建設業界において品質管理の総合的な生産体制 (TQC) を取り入れるようになってきた。場所打ち杭とくに拡底杭の要求される品質に重点をおき、現場におけるQCサークル活動の対象として実施してきた例について述べた。緒についたばかりで全般的に実施されていないむきもあり、今後業界としても、下請業者、現場作業員の一人にいたるまでQC活動に参加させ、品質向上に努力しなければならない。

20. パソコンによる リフトアップ工事の計測管理

(株)大林組 笹部 昂夫

1. まえがき

高層構造物や、屋根などを地上で組み立て、高所に吊り上げる、いわゆるリフトアップ工法では、吊り上げの原動力となるジャッキやウインチの動作状況を正確に計測・制御しなければならないが、その原動力を対象構造物に伝え、移動（吊上げ）を実現する、ロッドやワイヤの張力の計測や、構造物自体の移動中の姿勢の管理も又、安全で正確な工事を遂行する上で不可欠である。

ここでは、オイルジャッキと高張力ロッドを組み合わせたリフトアップ工法での、

① ジャッキ動作 ② ロッド張力 ③ 構造物姿勢

の3要素を自動的に計測し、パーソナルコンピュータ（以後パソコン）の画面にリアルタイム表示を行い、管理の正確を期した実施例について報告する。

2. 工事概要

- 1) 工事名称 : 仙台市民体育館新築工事
施工場所 : 仙台市富沢一丁目
発注 : 仙台市
設計・管理 : 株式会社 日建設計
施工 : 大林組・大木建設JV
工期 : 昭和57年 6月～同59年 3月
内リフトアップ実施
昭和58年 5月25日～同月30日
構造 : スタンド部及びコア部RC造、
屋根 鉄骨造コルテン鋼板葺



図 - 1

建築面積 : 7,044 m²

棟高 : 23.9m

収容観客数 : 約8,000人

リフトアップ対象物 : 上記屋根 吊上重量 1,260 t・面積 6,256.9 m²

リフトアップ工法 : 大林式大容量ジャッキシステム

(油圧ジャッキと全長ねじ付PC鋼棒によるリフトアップ工法)

リフトアップ構台 : Gコラムを主柱とする鉄骨造（仮設）

3. リフトアップの概略

ここで採用した、大林式大容量ジャッキシステムとは前報（昭和57年度 建設機械と施工法シンポジウム論文集）「13. スリップフォーム工法等による管制塔建設」に於て述べた方式と基本には同

じものである。(図 - 2)

4. 在来の計測法

リフトアップでは、大型構造物、重量構造物などを比較的早い速度で吊り上げ(又は下げ)るので、各部分の荷重状態・移動量・変形などを時々刻々計測する事が必要である。

その中で最も重要な、① ジャッキの押出し量 ② 吊上ロッドの張力状況 ③ 構造物の変形の有無、についてみると、在来は一般的に次のような計測・表示法が採られていた。

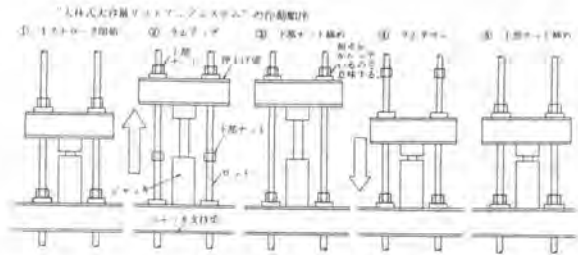


図 - 2

① ジャッキ押出量 : ジャッキのラムの押出し長さをポテンショメータやフォトランジスタ等で読み取り、一定間隔に取りつけたランプの点滅で表示するとか、回転型メーターで表示するとか或はデジタル表示をする、などの方法であるが、それぞれ次のような欠点があった。

すなわち、最初の方法は表示精度(ランプ間隔)に限度があり、次の方法は多数を同時表示した時見にくく、又次の方法は常に表示文字が動くので多数を同時に見ることは無理な上にジャッキ相互間の差を読みとるのが困難である。

② ロッド張力 リフトアップには鋼製ロッドを用いる方法とスチールワイヤロープ(又はストランド)を用いる方法とある。前者の場合は通常ロッドにストレインゲージを貼りつけてその歪値から張力を計算し、回転式メーターや、データロガーで読み取り、プリントアウトさせる等の方法が一般的である。これらの方法もロッドの数が多くなると読み取りに時間がかかり、異常が発生しても処理が間に合わない恐れがあった。後者ではワイヤロープの張力を直接測定するのは困難である。

③ 構造物の変形 今回の工事のように、大きな屋根を4点で吊り上げる場合では、吊り上げ中屋根の水平が確保される事が絶対に必要で仮にも傾斜やねじれが起きてはならない。これを監視するには、水管を用いる方法や、初位置からの上昇量を常時ロータリーエンコーダ等で計測しメータ表示させる方法等が行われている。この方法も測定点数を多くすると上記と同様な欠点があった。

5. 新しい計測法

① ジャッキ押出量 複数個のジャッキの押出し量(ストローク)を表示する方法として棒グラフ式アナログ表示を開発した。その概要は次の通りである。

ジャッキストロークの検出にはロータリーポテンショメータを用いる。表示器側はサーボモータにより着色リボンを上下させる機構



図 - 3

にリニアポテンシオメータを連動させ、両ポテンシオメータの出力値を常時比較し乍らその差を常にキャンセルするようにサーボモータを駆動する。ジャッキストロークは通常 100～200 mm であるが、リボン長さをこれと等しく取れば、ジャッキストロークは常にリアルタイムでかつリアルサイズのミリメートル単位表示が可能である。この方式の各々単位機器は小型なので検出部、表示部共設置が容易で読み取りが迅速に出来、管理上極めて有効であった。(図 - 3, 4)

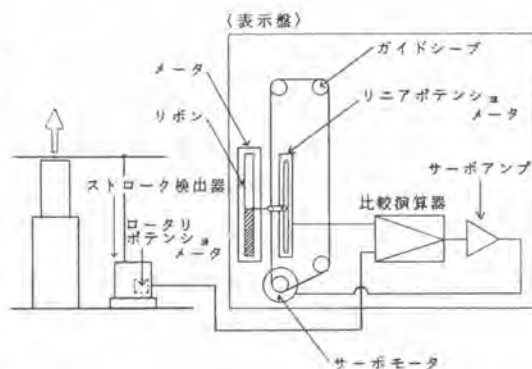


図 - 4

② ロッド張力 ストレインゲージの出力をデータロガーで読みとる所までは在来と同様である。在来はその値を 1 カ所づつデジタル表示又はプリンターに出力させて読んでいたが今回パソコンを利用する事により常時 CRT 上に棒グラフ式に表示させる方法を開発した。データロガーはストレインゲージからの入力を数値に変換して再出力する機能を持つものを用い、その出力をパソコンの G P - I B バスにのせていったんメモリー上にロードし、機械語による高速グラフィック表示を行った。同時に張力管理上限値との比較を行い、上限値オーバーの場合は警報音を発生するようにプログラムした。データの読み取りは、一点につき、使用した機種では 0.08sec。ロッドの本数は 32 本であったから全部で約 2.6sec、パソコン内部処理が 0.4sec 程度かかるので、測定値表示は約 3sec 間隔となった。勿論表示更新は一瞬に行われるので人間の目では常時表示が行われているように見える。データロガーをもつと高速のものを用いれば完全にリアルタイム計測が可能である。(図 - 5, 6)

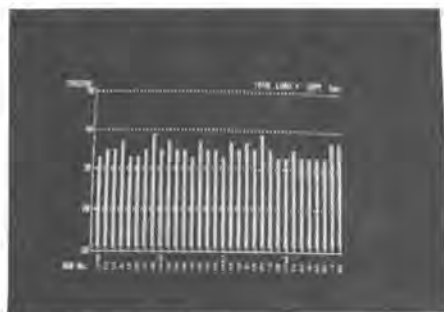


図 - 5

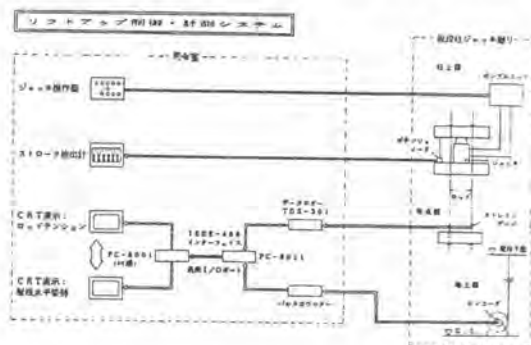


図 - 6

③ 構造物の変形 ここでは姿勢・揚程計測と呼び換えることにする。すなわち、今回は 1 F 床面上の四隅にステンレスワイヤを巻いたドラムを設置し、ワイヤの端を屋根に結ぶ。屋根の上昇に伴ってワイヤが引き出されドラムが回転するから、その回転量をロータリーエンコーダによりパルスに変換して送出しこれをパルスカウンタで受けて積算値を求める。その値を②と同様パソコンで読み込み、この場合は平行四辺形の図形表示とした。同時に各点の揚程の実数値をデジ

タルに表示するので現時点での高さを直読する事も出来る。こうすると、屋根が変形した場合、ねじれや傾斜の程度に応じて平行四辺形が変形し(図 - 7)規定値以上になると警報音も発生するので、CRT画面を漫然と眺めているだけでも歪の管理は充分可能である。

又この計測は②の計測と同一のパソコンを用い割り込みによりプログラム切換を行ったので、同一画面で任意の時にロード張力と屋根の姿勢計測を自由に切換えて見る事が可能で、設置場所も節約出来た。



図 - 7

(この図は人工的に歪状態を作り表示させたもの)

上述のような計測法を採用した結果、リフトアップ全体の制禦は非常に楽になりかつ精度が向上したので、系全体のコントロールは1人で行うことが可能となった。

6. 今後の開発目標

今回の計測システムで、集中管理に組み込まなかった要素として、油圧関係のものがある。次回には、この油圧値域はポンプ駆動用モータの電流値等の計測も含めて集中管理する予定である。又、今回は計測・表示方法についてはかなり改良が出来たと思っているが、判断・制禦はマニュアルで行った。この部分の自動化は理論的には充分可能であるが、コスト面でやや問題があったためと、やはり判断部分は人間が行う部分を残しておく必要があると考えたためである。しかし、緊急の場合の停止などは機械的に行った方が早いから、今後はその部分を自動化してゆく方針である。(図 - 8)

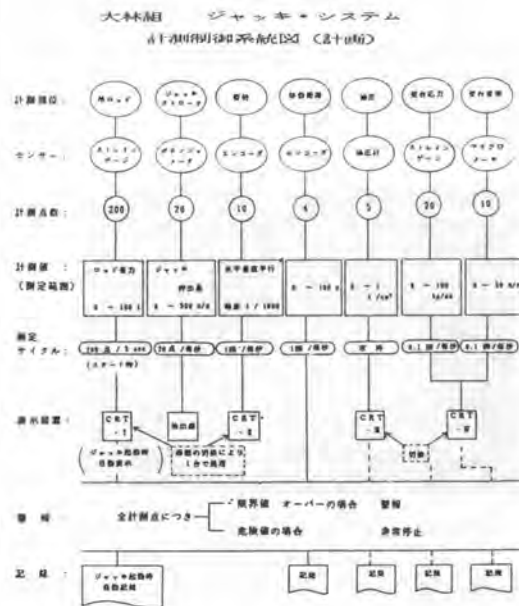


図 - 8

以上

21. 自走式耐火被覆吹付けロボットの開発

清水建設㈱*山崎 忍・小池清貴

1 まえがき

オフィスビル等の鉄骨構造物では、火災時の温度上昇に伴う鉄骨の強度低下を防ぐため、鉄骨に耐火被覆を施すことが義務づけられており、その工法としては半湿式ロックウール工法がコスト、作業性の面から現在主流となつている。この工法は、地上階に設置されたプラントからロックウール（岩綿）とセメントスラリーを作業階まで個々に圧送し、吹付け作業者が持つノズル部分で一体化させ、吹付けることで鉄骨に耐火被覆を形成させる方法であるが、吹付け時に飛散するロックウール粉塵で喉を痛めたり、皮膚に搔痒感を起こす等、その作業環境は極めて悪い。また、作業員の慢性的不足、技能格差による吹付け厚さのバラツキが大きいという問題も生じており、作業の機械化、ロボット化への要望が多く現場から出されていた。

これを受け当社では昭和57年10月、在来工法の吹付け作業を代行する耐火被覆吹付けロボットSSR-1（SHIMIZU Sive Robo-1）を開発し、現場での実作業に適用した。その結果、ほぼ従来と同じ品質を確保できたと同時に作業者をロックウール粉塵下から解放することができた。しかし、従来と同じ品質とはいうものの、熟練作業者の技量との間にはまだ差があり、また作業能率、ロボットの機動性、操作性の上でも多くの課題が残された。当プロジェクトではこの実績と反省をふまえ、このSSR-1に大巾な改良を加え、自己位置の検出から補正までを自動で行なう判断機能をもつた自走式耐火被覆吹付けロボット、SSR-2を開発した。本稿では一連の開発経緯とSSR-2の概要について紹介する。

2 SSR-1の概要と問題点

2-1 SSR-1の概要

SSR-1のロボットシステムは在来工法の人間によるノズル操作を代行し、自走機能により連続かつ自動的に耐火被覆吹付けを行なうもので、吹付けを代行するロボット本体、自走式けん引車、ロボット本体を制御するCRC制御盤、ロボットの動力源となる油圧ユニット、そして、吹付け、走行、停止の一連の動作を制御する付帯制御盤で構成される。

ロボット本体には熟練作業者がノズルの操作を直接教え込むダイレクトテイーチング方式の塗装用プレイバックロボットを利用している。このロボットは電気・油圧サーボによる6軸制御で、動作範囲は、垂直方向に約2m、水平方向に約3mである。ロボットを制御するCRC制御盤には2台のフロッピーディスクが備えられており、テイーチング時のノズルの動作情報、材料のON/OFFタイミングがすべてこれらに記録される。制御方式としてはCP/PTPの双方が使用できる。

このSSR-1で特筆すべき項目は走行システムであり、500kg近いロボットを床面に飛散・堆積するロックウールに左右されずに移動させ、所定の停止位置を検出して精度よく止まらせるため

にはどう制御すべきか、この2点が開発の焦点であつた。ロボットの走行形態はロボットをアルミ製の台車に搭載し、それをけん引させる方式とし、けん引車にはバッテリーにより駆動する電磁誘導方式の自走けん引車を利用し、作業床に敷設した誘導ワイヤ（3.5 K H Zの交流使用）に沿つて走行させ、あらかじめ停止位置に設置した金属板を近接センサで検知して止まる方式とした。その結果、ロボットの位置決め精度は±20mmを得た。

またロボット本体およびけん引車の動作命令を制御する付帯制御盤にはプログラマブルコントローラーを使い、走行、停止、吹付けの動作をシーケンシャルに制御することで、自動かつ連続的な吹付けを可能にした。

2-2 適用の結果と問題点

SSR-1を現場工事に適用した結果、ロボットは人間に代わり吹付け作業を連続かつ自動で行なうことができ、作業者は完全にロックウール粉塵下から解放されたが、下記のような問題があらたに出てきた。

- (1) 位置決め精度の不足と材料（ロックウール）供給の不均一性のために、テーチングしたものとプレイバックしたものとで品質（厚さのパラッキ）に差が生じる。
- (2) ロボットの位置決めはすべて床に出されたスミがもとになつてゐるため、スミ出し誤差や作業床のロックウールの堆積状態によりロボットの停止位置がずれ、品質に影響する。
- (3) ロボットの位置決め段取り（スミ出し、誘導線、停止用金属板の設置）に時間がかかる。
- (4) 走行形態がけん引式のため、機動性に欠ける。

3 SSR-2の概要

3-1 SSR-2に付加された機能

前述諸問題を解決するためSSR-1に大巾な改良を加え、更に実用度の高いロボットとして生れ変わったのが、自走式耐火被覆吹付けロボット SSR-2である。

SSR-2は基本的にはSSR-1と同様のシステム（図-2）をもち、ロボット本体、CRC制御盤、油圧ユニットは部分的な改良を施こしているが外観上は転用した形となつてゐる。本機の最大の特徴は自走機能と自己位置の検出、認識から補正までを行なう判断機能にある。

(1) 自走機能

ロボット本体自重を約100kg軽減させ、本体下部に走行装置を組込んだ。後輪油圧駆動、前輪固定でロボット本体用油圧ユニットを駆動源としている。

また走行架台の四隅に油圧のアウトリガーを備えており、これらを伸張し、車輪を浮かし、その場でロボットの走行方向を90°換えられる機能を付加した。

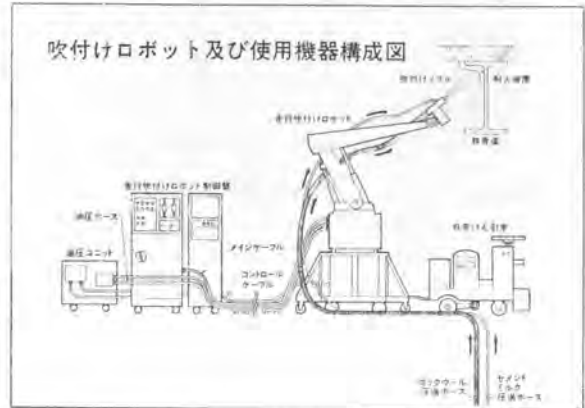


図-1 SSR-1の構成機器



写真-1 SSR-2の外観

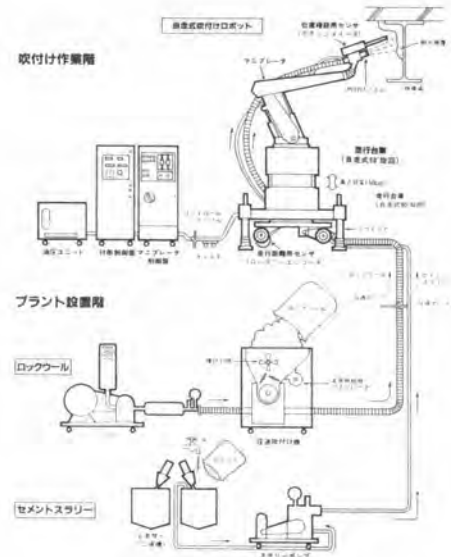


図-2 自走式吹付けロボット (SSR-2) と使用機器

ロボットの移動は、新規に製作された付帯制御盤にて制御される。制御方法は、走行距離を入力し走行距離をロボットが自動計測し、入力データと一致した時点で止まる数値制御方式で、停止精度はSSR-1にくらべ大巾に向上し $\pm 2 \text{mm}$ となつた。

(2) 判断機能

ロボットは吹付け前に自己位置の確認を行なう。これはロボットアーム先端に取付けられた位置確認装置のロッドを吹付け対象である梁に押しあて、その時のロッドスロークを検出するもので、検出はロボット中心から等振分けのウェブ部分2ヶ所と、梁フランジ下面の計3ヶ所で行なう。この動作によりロボットは対象物を基準に自己位置のズレ(梁に対する前後・上下方向の距離および角度)を認識、そのデータを付帯制御盤で演算処理して、位置の自動補正を行なう。

(3) その他

材料(ロックウール)の供給機にパイププレートと攪拌羽根を取付ける事により、材料の安定供給をはかると共に、ロボットアームシリンダの軽動化をはかりテーチング時のアーム操作を円滑にして、吹付け品質を向上させている。



写真-2 駆動系を旋回させるSSR-2

3-2 S S R - 2 の特長

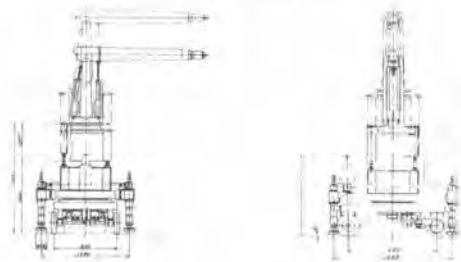
- (1) 吹付け対象から自己位置を認識し、自動補正する機能により、高い精度で位置決めが行なえる。
- (2) 走行、停止、位置決めの一連の動作は付帯制御盤へ入力データで数値制御されるため、段取りが短時間で行なえる。
- (3) 材料の安定な供給と高い位置決め精度により、熟練工と同等の吹付け品質が得られる。
- (4) けん引式から自走式になり、直角移動が可能となり機動性が向上した。

表-1 S S R - 2 の仕様

| | | |
|---------|------------------------------|---|
| 走行装置 | 駆動方式 | 油圧 |
| | 走行速度 | 低速 1.2m/min、高速 6m/min |
| | 停止精度 | ±5mm |
| | 駆動方式 | 油圧 |
| | 旋回角度 | ±102.5°(手動) ±90°(自動) |
| | 旋回速度 | 低速 0.4rpm、高速 2rpm |
| 旋回精度 | ±0.5° | |
| 駆動方式 | 油圧 | |
| 昇降速度 | 200mm/min | |
| 昇降精度 | ±1mm | |
| 可 変 高 さ | 最大 500mm | |
| 新 旧 方 法 | 走行距離と位置位置をプログラムすることによる自動走行方式 | |
| 位置補正機能 | 位置補正精度 | 精度 ±5mm |
| | 位置補正方法 | ロボットアームの先端に取付けた位置補正センサ(ストローク200mm)によりロボット自身の位置を検出し、補正する自動位置補正方式 |
| 自 由 度 | 5(旋回の旋回、前後、上下、手置の上下、左右、回転) | |
| マニピュレータ | 繰 り 造 り 精 度 | ±5mm |
| | 駆 動 方 式 | 電気・油圧サーボによるCPおよびPTP制御 |
| | 総 操 縦 重 | CP(4-1)28分 PTP:3800ポイント |
| その他 | 重 量 | 805kg(マニピュレータ335kg、走行装置470kg) |
| | 寸 法 | 全長:1750mm 全幅:1350mm 全高:2800~3000mm |
| | 安 全 装 置 | チーフスイッチによる緊急停止装置 光学式障害物検出装置 回転灯による警告装置 |

表-2 吹付けロボット主要変更部分

| | | SSR-1 | SSR-2 |
|---------|---------|--|---|
| 走 行 | 走行方式 | 牽引車により牽引 | 自走方式 |
| | 誘導方式 | 電磁誘導方式 | 自己補正方式 (コンピュータによるプログラム制御) |
| | 速 度 | 最高 60m/min | 高速 6m/min 低速 1.2m/min |
| | 旋 回 力 | 最小回転半径 1.2m 鉛蓄電池 | 同一位置で 90° 旋回 油圧 (ロボット本体の油圧ユニット使用) |
| 精 度 | 停止精度 | ±20mm | ±5mm |
| | 直 線 性 | | $\frac{5}{1,000} \times \text{走行距離 mm}$ |
| 大 小 寸 法 | 自 由 度 | 1自由度 | 3自由度(X-Y+昇降) |
| | 重 量 | 1,025kg ロボット 450kg 走行台車 250kg 牽引車 325kg | 805kg — ロボット 335kg 走行台車 470kg |
| 位 置 制 御 | 大 小 寸 法 | 長さ 3.60m ロボット 2.08m 牽引車 1.72m 幅 1.84m 高さ 2.40m | 長さ 1.750m 幅 1.350m 高さ 可変 2.50 ~ 2.00m |
| | 位 置 制 御 | すみ出しして誘導ケーブルを貼りその上を移動、停止、修正なし 誘導ケーブルの上に鉄板を置き接近センサで制御 | アームの先端につけた位置補正用センサで壁をタッチし自己補正 コンピュータによるプログラム制御 走行センサーとコンピュータで制御 |
| 走 行 距 離 | | * | 走行センサーとコンピュータで制御 |



4 あとがき

SSR-1という過程を経て開発された耐火被覆吹付けロボットSSR-2は、建築業界でもまれな、移動する足と判断する頭を合せもつたロボットである。58年8月でその実績は2現場となったが、建物の形状、構造部材の形状は多岐にわたり、ロボットの能力を十分発揮できる対象はまだまだ少ないのが現状である。ロボットには一層の柔軟性と多機能性が求められており、今後更に改善、改良をかさね作業所ニーズに合致したものに仕上げていく予定である。

22. 山岳トンネル工事用ロボットへの 一アプローチ

建設機械化研究所 藤本義二・*上石修二・横沢圭一郎

1. はじめに

産業用ロボットに代表されるようなメカトロニクスの急速な進展と共に、建設工事の分野においても作業能率向上あるいは安全性向上等を目的とした研究開発が行われるようになり、一部では既に実用の域に達したものも出現しつつあるが、更に様々な工種において建設工事の特殊性を考慮した実用機の出現が期待されている。

こうした状況の下で建設機械化研究所が昭和57年度に実施した「建設機械のロボット化研究委員会」(委員長：大林東京理科大教授)の調査研究¹⁾において、山岳トンネル工事を検討対象として、ロボット化をめぐる諸問題を整理するとともに概念設計例を示したのでこれを紹介する。

2. トンネル工事と安全性

トンネル工事では、土木、機械、電気、化学(含火薬)を始めとし最近ではエレクトロニクスなど他の分野の技術をも総合して活用し、しかも自然を相手にするため、土木工事特有の災害ばかりでなく、非常に多種類の災害が生じる。例えば、異常出水、湧水、ガス爆發、坑内火災、湧出ガス中毒、落盤、発破災害など、いったん発生すると大災害になりかねないものから、建設機械による傷害、墜落、崩落・落石による傷害、感電や転倒などのようなものまで、様々な種類の災害が発生する危険性が存在している。

統計資料によると死亡災害の45%程度が土砂崩壊、落盤および建設機械等によるもので、トンネル掘削時の切羽付近の災害防止が特に必要と考えられる。

3. 問題領域の検討

本テーマの問題領域を明確にするため、ロボット化を促進する要因と阻害する要因にわけて図-1、2を示す。

4. 作業分析

1) 施工法

山岳トンネルの工事は、その施工方法により①既設導坑先進工法、②側壁導坑先進工法、③上部半断面先進工法、④全断面掘削工法、⑤NATMに分けられる。これら工法の中で最も新しく誕生したのがNATMである。NATMに対し、①から④の工法

図-1 トンネル工事の自動化促進要因



は総称して在来工法と呼ばれている。

在来工法とNATMの施工順序には大きな違いはなく、両工法の差異が顕著に見られるのは、地山を支保する支保工の内容の違いにおいてである。

2) 作業分析

NATMを用いたトンネル工事で行なわれている作業について、大項目、細目別に分け、それぞれの作業前に与えられるべき情報と加工対象物、作業後に発生する情報と物、並びにこれに必要な機械、器具および人の動作に関して分析を行った。

図-2 トンネル工事の自動化阻害要因



5. 概念設計例

実際のトンネル工事では、どの工事も同一条件下にはないこととなるが、ここでは施工法としてNATMを用い、①ショートベンチカット工法、②タイヤ方式、③発破工法を考慮し、安全性向上を目的とした山岳トンネル工事用ロボットの概念設計を試みる。本概念設計では、トンネルを作るプロセス(構法)は従来と変わらないものとし、工法は現在の技術の発展の延長線上にあるが、構成要素に対しては高度なメカトロニクス技術を導入する。

1) 機能の抽出

トンネルを作るための基本となる機能は、どの工法でもほぼ同じである。ただ異なる点は、ひとつひとつの機能をどのような技術(手段、設備、方法)で満足させているか、また、派生した問題点をどのような方法で解決しているのか、といった2点である。

トンネル工事の基本機能を抽出すると、現段階でのトンネル工事では、

- ①岩をくだす
- ②ザリを運び出す
- ③トンネルを支保する

の3つに分けられる。

2) システム構成要素と機能レベル

トンネル工事システムの構成要素の分類は、右図に示すような一般のシステムと同一の要素が考えられる。(図-3)

トンネル工事システムをサブシステムに分けると、図-4のようになる。

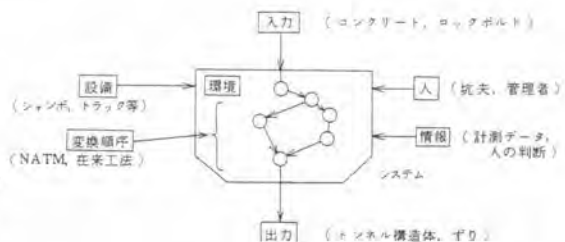


図-3 システムの構成要素

このシステムを構成する機能に対して、レベル1, 2, 3を設定することとする。

レベル1：現在の技術で十分実現が可能

レベル2：現在の要素技術を使用すれば実現可能だが経済的に問題がある

レベル3：ロボットの知能化、自律化の研究、センサ技術が進歩すれば実現可能

また、レベル分けについては観点をえて、開発するロボットの形態、関係から以下の3つのレベルにも分けることが考えられる。

レベルⅠ：単機能ロボットによる個別作業

各サブシステムごとにロボット化し、他と独立している。つまりサブシステムの種別だけロボットがある。

レベルⅡ：単機能ロボットによる協調作業

各サブシステム間の境界がはっきりと区別できなくなり協調作業・併行作業ができる。

レベルⅢ：多機能ロボットによる協調作業

複数のサブシステムの機能を持ったロボットが協調作業を行う。このレベルが発展すると1台のロボットでトンネル工事の全作業が実行されることになる。

3) 概念設計例

① 支保工ロボット (レベル2)

本概念は現状の技術をさらに発展させた実現可能なレベルであり、かつ、ロボットの構成としては機能が少なく単純な作業用のロボット (穿孔ロボット等) をいくつか組み合わせで使用するというものである。(図-5)

- | | |
|-----------------|--------------|
| ① 吹付ノズル | ⑥ 吹付用ポンプ |
| ② 手首 (3自由度) | ⑦ ロックボルト供給装置 |
| ③ アーム | ⑧ レーザビーム |
| ④ ロックボルト用ドリルビット | ⑨ レーザビームデテクタ |
| ⑤ ロックボルト | ⑫ 操作面 (後面) |
| ⑩ 距離センサ | ⑬ 距離センサ |
| ⑪ 材料コンテナ | |

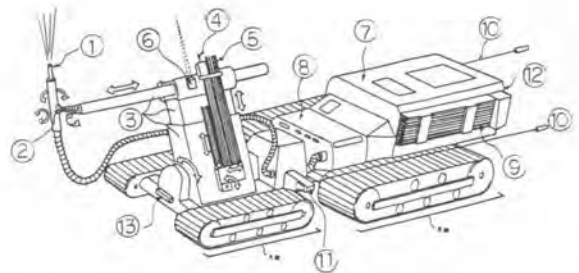
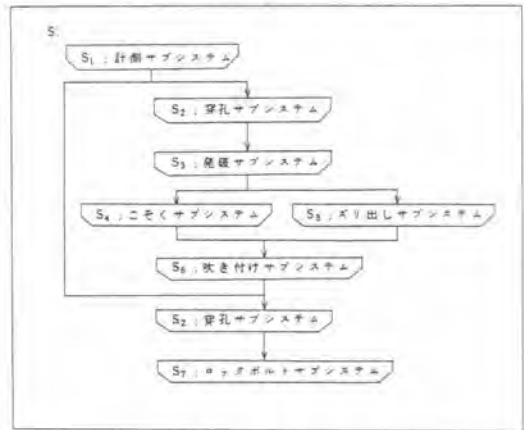


図-5

図-4 トンネル工事のサブシステムへの展開



② 掘削：支保工全自動トンネル施工ロボット（レベルⅢ）

トンネルを掘削するための機器は現在と同一であるが、一台のロボットにすべてを搭載したものが、図-6に示すものである。

- ① ボット
- ② 火薬装填メカ
- ③ ドリル
- ④ 吹付メカ
- ⑤ 吹付メカがリアー
- ⑥ ベンチ
- ⑦ タンク
- ⑧ 取り集めアーム
- ⑨ 取り出しマタ

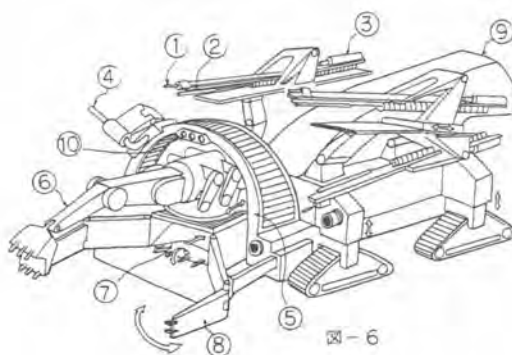


図-6

③ 無人トンネル施工ロボット（レベルⅤ）

図-7は、完全に無人化し、巻破工法を使用しない理想のトンネル施工ロボットの概念設計例である。

- ① 情報収集アンテナ
- ② エアーカーテン発生器
- ③ エネルギー波照射装置
- ④ 吹付アーム
- ⑤ 超音波センサー
- ⑥ 余剰土砂輸送用管
- ⑦ エネルギー波
- ⑧ 超音波センサー（巻厚チェック用）
- ⑨ 掘込み口
- ⑩ スタビライザー
- ⑪ 土砂の処理プラント

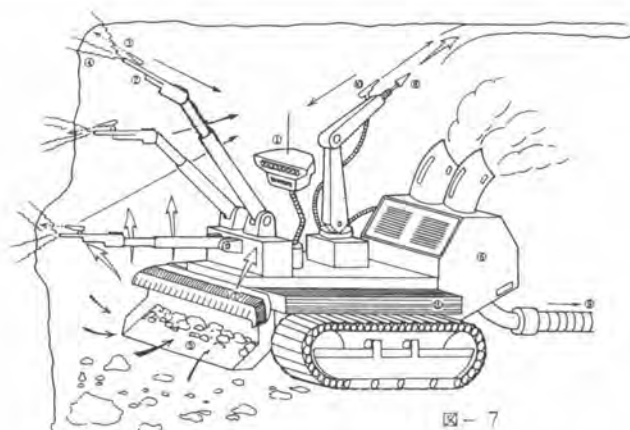


図-7

4. おわりに

以上、山岳トンネル工事を前提とした建設作業の自動化、ロボット化について山岳トンネル工事における施工手順とそれに関連する多くの事項について分析を行うとともに、山岳トンネル工事に用いるロボットの概念設計を試みた。これらの成果を具体化していくためには、未だ多くの問題点があり、ひきつづき調査・研究を行う必要がある。

1) 建設機械化研究所「建設機械へのロボット技術応用による安全性対策に関する調査報告書」（1983.6）

23. 外壁自動調査機の開発

(株)竹中工務店 *後藤建二・福田 孜・丹波種生

1. まえがき

地上からの遠隔操作により、壁面を登攀しながら、建物外壁面の施工状態を確認する調査機の開発を行った。①タイル付着状態の確認方式として、連続加振・振動測定方式を採用し、欠陥部での固有振動数の変化により、欠陥箇所の検出を行う。②壁面走行方式として真空吸着式・遠隔操作方式を採用し、通常のタイル外壁では、高さ30mまで自己の吸着力だけで垂直面の登攀が可能であり、さらに電源ケーブル設置場所を盛替えることにより、30m以上の高さも可能である。③横行、施回等も地上からの遠隔操作で実施できる。これらの機能を備えた当調査機は、足場、ゴンドラ等が不要であるため、従来の調査方式に比較して、コスト、作業の安全性、迅速性、データ再現性等の面で改善を図ることができた。

2. 開発の経緯

外壁タイルの付着状態については、従来から人手による打撃検査が用いられ、タイル付着の良否もハンマー打撃音を人間の耳で判断するものであり、調査に当ってはゴンドラ設備、足場組みが必要であった。そのためコスト、安全性、美観上、建築主の営業面などから問題があり、新しい調査方法が望まれていた。

当初、技術部として機器が壁面へ吸着する方法、壁面の登攀方法、異常タイルを検出する方法について、独自に開発することを目指した。このうち、調査機が壁面へ吸着する方法としては、機器を密閉式として内部の空気を外に出して内部を負圧にすることにより吸着する方法を開発し、異常タイル検出方法として連続加振・振動測定方式を開発した。そしてこの両者を組み合わせた機器（特許

申請中）を昇降装置により移動させるようにした。しかし昇降装置を使用することは、コスト面、運搬面、屋上障害物などで問題が多かった。そこで地上から壁面を登攀しながら調査する方式の開発に入り、製作面で三和テッキ㈱の協力を得た。当初モルタル面のような壁面しか登攀できなかった走行機を、タイル面でも登攀できるように開発し、加振器およびセンサーとFM電波送信装置を内蔵させると共に地上での受信および記録装置を開発した。

また停電、機器故障時の落下防止装置（屋上からの安全ロープと命綱用SSロリップを使用）を取り付



（壁面を調査中の走行機）



（走行機姿図）

けて、安全性を高めた。調査に当っては、地上に操作装置と判別報知装置からのブザーとランプおよび走行機の位置を確認しながら、測定用紙に異常箇所を記入していく方法である。

3. タイル付着状態の確認

タイル表面を加振すると、加振用車輪とタイル表面との間に微細な連続的の跳躍現象が発生する。タイル表面は跳躍の振動数・加振用電動機の回転数を基本波成分とした高調波振動（基本となる振動数の2, 3, 4, 5, ……倍、即ち整数倍の振動成分を高調波という、HARMONICS）および打撃される表面の振動を伴った広範囲の周波数成分で励振され、結果としてタイル固有振動数が強調された振動を示す。表面跳躍の現象下で、異常部タイル部分の検出が可能である。

4. 壁面登攀の原理

(1) 吸着の原理

図1において排風機を運転すれば、機内は負圧となり、ボディは壁面に吸着される。この吸着力の一部をゴム製気密用スカートの押付用に配分し、残りは駆動用押付力を発生する機構とし、安定した壁面登攀を可能とする。

(2) 登攀方式

登攀用動力として左右独立の2個の電動機を備え、それぞれ減速機を介して、左右のキャタピラ（無限軌道履帯）に動力を伝達し、壁面登攀用の牽引力を発生する。スカート先端と壁面の密着度を改善するため、スカート部と本体部との間に軟質塩ビ製の隔膜を設けている。スカート内部に4か所の補助車輪（キャスター付き）を設け、スカート先端の過大な変形を制限し、スカート摩耗防止と摺動抵抗の減少を図っている。

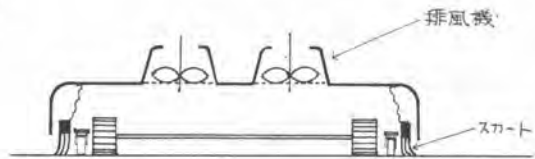


図1 断面概念図

(3) 壁面凹凸と登攀能力

キャタピラ接地面に発生する牽引力から走行抵抗を差し引いた残りが有効牽引力となり、本体自重と積載荷重（ケーブル重量）を上回れば、壁面登攀が可能である。走行抵抗はスカート摺動抵抗が大部分である。一方本機の排風機は、図2の特性を有しており、目地その他壁面の凹凸により空気流量は変動し、その結果、真空度、即ち吸着力が決まる。吸着力が前述条件を満足する範囲では、安定に壁面を登攀できることとなる。

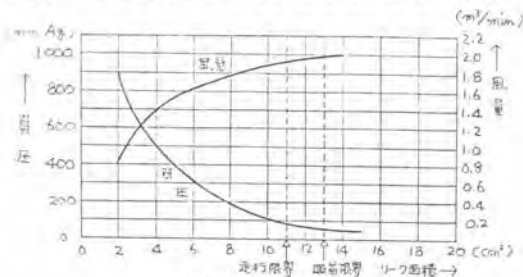


図2 排風機の特長図



走行機姿図

5. 調査機の性能

(1) 走行機

本機は重量・容量・消費電力の面から工業用高速ターボブローアを2台取り付け、垂直な壁面に吸着し、登攀中に壁面タイルを連続的に加振しながら、表面の振動波形を検出し、送信機により地上部の判別報知装置へ送信をする。使用時は安全ロープを接続し、停電その他異常時には、ロリップによって安全ロープに固定され落下を防止する。外形寸法(864×513×230)、自重(20kg)、積載荷重(6kg)、速度(上昇5~7m/分、下降10m/分)、電源(AC100V、20A)

(2) 判別報知装置

・振動特性設定作業 — センサー(振動ピックアップ)を被測定タイルに貼りつけ、加振機にてタイルを加振し、センサーの出力を前置増幅器を通じて周波数分析器のレベルコントローラーを各周波数毎に摺動させ、正常部タイルと

異常部タイル(浮き、剥離)の固有振動数の区分を確認する作業を本調査の前に実施する。

・判別報知装置

周波数分析器のレベルコントローラーをセット(異常部の検出状態)し、走行機より送信された信号中の異常部周波数を選別受信し、モニタースピーカーにおいてブザーを鳴らすと共に、赤ランプを点灯する装置となっている。測定者は、このブザーと赤ランプにより測定用紙に記入する。また測定時の波形等を録音し、オシログラフにより再確認できる装置である。

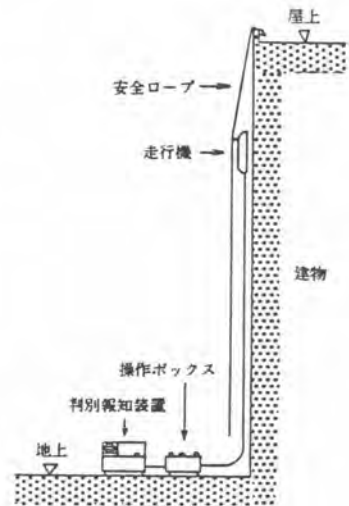


図3 調査概要図

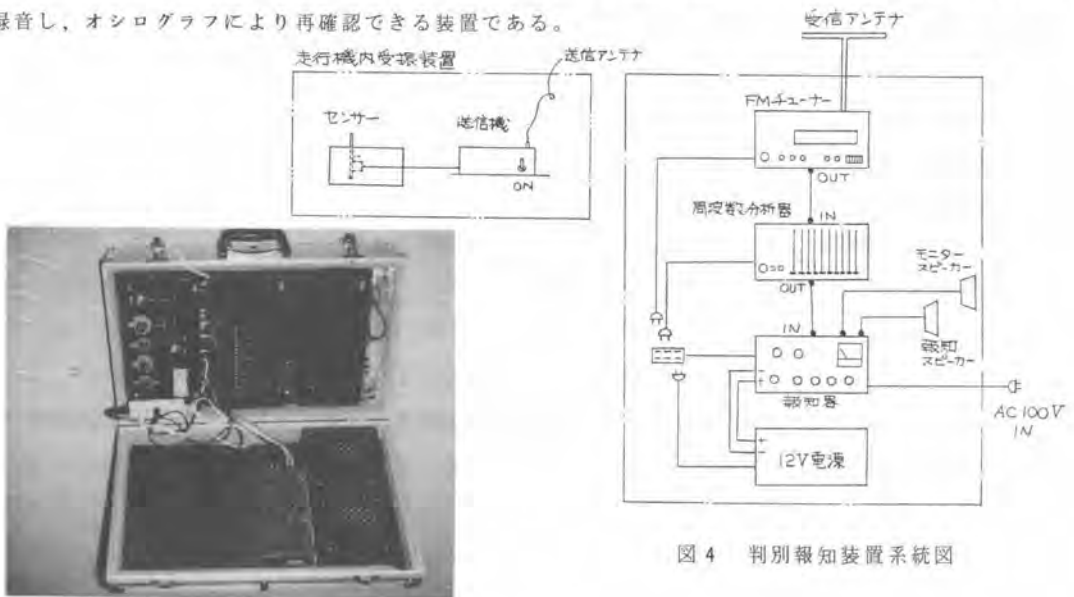


図4 判別報知装置系統図

・操作装置— 走行機のプロア用手元スイッチへ電源を供給すると共に、上昇下降、および左右へ横行するためのコントローラーとスイッチを装備し、それらを操作することにより、登攀をコントロールできる。さらに走行機の加振器のON、OFFも操作できる。



操作装置

6. 実用化での効果

(1) 従来との調査方法との比較

表1に従来との比較を示すが、以下の特徴があげられる。

- ①すべて、地上からの遠隔操作のため、調査者の高所作業がなくなり、安全性が確保される。
- ②機械による測定のため、精度の信頼性が長時間確保される。人が調査する場合、長時間にわたると、疲労等により、測定結果のバラツキが予想される。

(2) 総合効果

- ①調査費の低減②安全性③短工期④データ-の再現性による正確性⑤営業上支障とならない⑥美観を損なわない。

7. まとめ

当調査機による調査では、外壁タイルの付着状態の概要を短期間に、しかも低コストで把握できるため、調査結果によって、さらに詳細調査を行うのか、足場を組んで補修工事を行うのか、そのための予算はどの程度なのかなど、建築主に対して早期に判断材料を提供することができる。また今後の進め方として、

マイコンとXYプロッターを組み合わせてタイル異常個所の自動製図ができるようにしたり、走行機に自動高さ検出装置の開発等の研究を進めている。

| 項目 | | 方法 | 新手法 (加振式) | 他社向形機 (打撃式) | 従来方法 (ゴンドラ) | 従来方法 (足場組) |
|----------|----------|----|--------------|----------------|----------------|---------------|
| 適用 時期 | 施工中 | | — | — | — | ○ |
| | 竣工直前 | | — | — | — | ○ |
| | 定期検査 | | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 不具合発生時 | | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 対象 形状 | 庇、パラダ有 | | △~○ | × | × | ○ |
| | 柱型有 | | △~○ | △ | ○ | ○ |
| | 窓有(凹凸無) | | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 建物周囲敷地状況 | | ○ | ○ | ○ | ○ |
| コスト | | | ○ | △~○ | △ | × |
| 安全性 | | | ◎ | ◎ | △ | ○ |
| 測定期間 | | | ○ | △ | △ | × |
| 測定 精度 | 感度 | | ○ | △~○ | ○ | ○ |
| | 間隔 | | △ | × | ○ | ○ |
| | 信頼性 | | ○ | ○ | △ | △ |
| 天候(特に風) | | | △ | × | △ | ○ |
| 周辺環境(騒音) | | | ○ | × | ○ | ○ |

注) ◎ ○ △ × は各項目における相対的な優劣判定

表1 他の調査方法との比較

24. 砂防工事にかかる施工用機械・設備の開発

建設省 北陸技術事務所 酒井一成・倉島冠^{*}・青木鉄朗

1. まえがき

砂防工事を大別すると溪流工事、山腹工事、地すべり防止工事、飛砂防止工事等がある。このうち施工条件が最も厳しい溪流工事（砂防ダム工）を対象に、作業員の安全確保、省力化、工期の短縮、工費の低減を図るため昭和45年より北陸地方建設局において、各種の機械開発を行ったので、その概要について紹介する。

2. 砂防工事の施工環境

北陸地方建設局管内の直轄砂防事業は、7水系8流域で行なわれている。これらの河川は荒廃が著しく土砂流出の抑制等を図るため年間約100箇所、工事が施工されている。

砂防対象流域は日本の屋根と呼ばれる急峻な山岳地帯であり、工事箇所が年々山間奥地に移り、作業環境がきびしくなっている。一方、これらの流域は国立公園等の指定地域であることが多く、自然環境の保全が高まるなかで、森林保全・山地荒廃の原因となる行為が制限され、その規制が厳しくなり、工事用道路の建設が困難なことなど、工事の施工に制約を受けている。

また、最近の建設工事に共通する問題として、労務者不足と作業員の高齢化により、安全の確保・省力化等から機械化施工が必要とされている。

3. 開発した建設機械

① 砂防ダム用コンクリートポンプ

山間奥地の砂防ダム工事のコンクリート打設には、ケーブル・クレーンやトラック・クレーンが使用されている。トラック・クレーンは、施工現場までの搬路の確保、機械の設置場所の確保等により適用できないところがある。この点、ケーブル・クレーンは、山間を利用して架設するため、打設の範囲がケーブル（ダム軸）に沿って広くとれることや、工事用資材運搬にも利用出来る等の利点がある。反面、架設に多くの日数と労力を要し、架設工事に伴う自然環境を損うこと、濃霧時における視界性等にも問題がある。そこで、ケーブル・クレーンに代りコンクリートポンプによる打設の可能性を探るため表-1に示す仕様の機械を開発し導入した。

本機の使用実績は、立山砂防工事事務所管内の工事において、稼働延時間1500時間、延コンクリート打設量28,500^m³である。施工量・輸送距離等の性能は、仕様に示す成果を得られたが、コンクリートの連続輸送には問題がないが、輸送を中断した場合また急傾斜の下方向輸送には、管内閉塞が発生することや、いったん閉塞すると、閉塞箇所の探知・復旧作業や打設の位置換に多くの労力を要した。

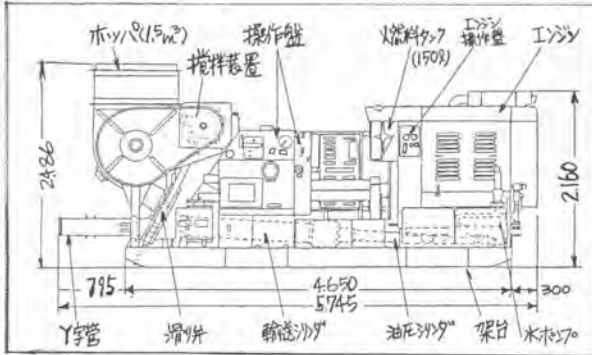


図-1 全体図

表-1 主要諸元

| 項目 | 規格 |
|-----------|---|
| 形式 | 横型複列単動油圧ピストン式 |
| 最大吐出量 | 20 m ³ /h |
| 最大輸送距離 | 200 m (水平距離) |
| コンクリート配合 | 砂防ダム用コンクリート 最大粗骨材寸法 スランプ 80 mm 5 cm |
| 寸法 | 長さ5.74×幅1.75×高2.48 m |
| 総重量 | 9,300 kg |
| 機関出力 | 14.6 PS / 1,800 rpm |
| ポンプ・ストローク | 220 mm × 1,400 mm |
| 吐出量制御方式 | 油圧ポンプ流量制御 |
| 吐出管口径 | 200 mm |

今後、コンクリートポンプを砂防ダム工事の適用性・信頼性を高めるには、輸送管の軽量化・配管作業の簡易化等の改善とコンクリートの骨材分離を考えると最大粗骨材寸法の検討が必要である。

(2) 無線操縦式油圧ショベル

ダム堤体基礎・側壁部等の掘削作業は、転落、落石などの危険を伴う。このため、オペレータの安全確保や作業環境の改善することを目的とする。無線遠隔操作が可能な油圧ショベルを開発し、昭和57年度、立山砂防工事事務所に導入した。本機の特徴は次のとおりである。

- ① 掘削作業における、ブーム・アーム・バケットの動作や旋回・走行の操作はレバーの操作量に比例して、微操作から最大出力時までを比例制御システムにより行ない、自動複合操作も可能となっている。
- ② バケットの土砂こぼれを防止するため、自動的にバケット姿勢を水平に保持するマイコン制御機能を有している。
- ③ 掘削時におけるバケット負荷に応じて、点滅間隔を4段階に表示する表示灯を装備している。
- ④ 車体が制御電波範囲外にはずれた場合や転倒、電気回路の異常、緊急時等には自動的に停止する。

表-2 主要諸元

| 項目 | 規格 |
|------------|-------------------------|
| 運転整備重量 | 19,100 kg (バケット装着時) |
| バケット容量 | 0.6 m ³ (平積) |
| エンジン出力 | 10.8 PS |
| 回転数 | 2,160 rpm |
| 走行速度(平たん地) | 3.7 km/h |
| 寸法 | 9.25 × 3.53 × 2.8 m |
| 使用電波 | 無許可微弱電波 |
| 周波数 | 141.92 MHz |
| 変調方式 | F M変調 |
| 伝達方式 | P S Kデジタル直列伝送 |
| 受信方式 | 水晶制御二重スーパーヘテロダイン |
| 制御有効距離 | 100 m (見通し区間にて) |
| 操作盤重量 | 5 kg |
| 操作盤使用時間 | 連続8 h |
| 周囲温度 | -20℃～+50℃ |

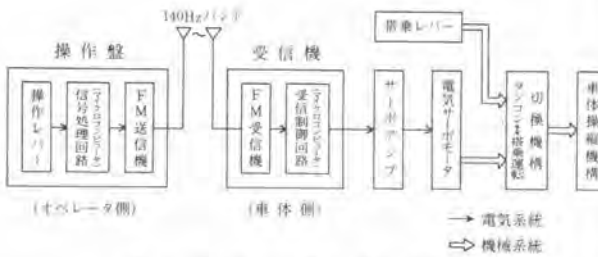


図-2 ラジコン・システムブロック図

(3) 建設機械の分割

自然環境を保護するため、既設の狭隘な工事用道路を使用することが多く、建設機械の搬入・搬出には毎年解体・組立が行われている。これには、多額の費用や長期間費やしていることから、分解・組立の容易な分割型機械を開発した。

分割条件は、管内で特に制約の厳しい黒部工事事務所管内の工事現場を対象として、許容最大寸法と単体重量を次のように定めた。

許容単体寸法 縦 1.5 m × 横 1.5 m × 長さ 4.0 m 以内

単体重量 2,000 Kg 未満

(3-1) コンクリートプラント (1.0 m²級)

砂防ダムの工事現場が年々山間奥地に移り、コンクリートの供給が平地からの運搬がむずかしく、現地生産が実施されている。現在、これらの地域では写真-1に示すような設備が設置されているが、架設日数・費用が多く、ミキサ容量も0.5～0.75 m²級の小容量で、かつ、各材料供給・計量作業は手動操作により行い、能力が小さいものである。そこでコンクリート製造能力2.0 m²/h、ミキサ容量1.0 m²級設備で分解の容易な構造とした。本機の仕様を表-3に示し主な特徴は次のとおりである。

- ① ブロック間の継手や連結部の接合はノックピンとし、取付ボルト本数を少なくした。
- ② 各材料の計量は、自動計量方式(個別計量)とし、半自動制御(中央運転操作)機能を有している。
- ③ 建屋の外壁はカラー鉄板をパネル化し、外装張り作業は内側組付により取付られる。



写真-1 現状プラント

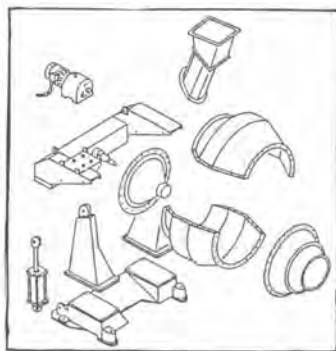


図-3 ミキサの分割方法図

本機の分割数は、本体83個、セメントサイロ52個、材料供給コンベア49個、総数184個からなっている。

昭和58年3月に黒部工事事務所管内に設置し、使用した結果コンクリート練りませ試験・製造能力・コンクリート品質等は、仕様値を満した。

表-3 主要諸元

| 項目 | 規格 |
|---------------|------------------------------|
| 製造能力 | 2.0 m ² /h以上 |
| 建屋 | 鉄骨構造地形3階建 |
| 建屋敷地面積 | 8.0 m ² 以内 |
| 高さ | 13.5 m |
| ミキサ形式 | 可傾式 |
| 練上容量 | 1.0 m ² ×1台 |
| 電動機出力 | 11 kW |
| 材料計量方式 | 個別計量方式 |
| 表示 | デジタル表示 |
| 操作方式 | 半自動制御方式 |
| 制御盤 | 中央操作盤(壁掛型) |
| 機器制御盤 | セメント受入用、各ベクトコンベア用 |
| 材料供給設備 | |
| 骨材、砂・バラストコンベア | 運搬能力 120 t/h × 3台 |
| セメントアウトエレベータ | 30 t/h × 1基 |
| 水供給ポンプ | 吐出量 500 ℓ/min |
| 集塵機 | 処理能力 3.0 m ² /min |
| 電源 | 三相三線式 200 V/60 Hz |
| 設備総重量 | 568 t |

(3-2) トラクタ・ショベル(履帯式1.9 m²級)

年々工事の効率化が要求され、機械が大型化される現状から、砂防工事に使用するトラクタショベルの大型化を考慮して、1.9 m²級の分割方式を検討した。

トラクタの走行駆動方式に、機械式(ダイレクト・ドライブ)と油圧式(ハイドロリック・ドライブ)の2方式があるが、分割に適する油圧式を選定し、分割構想を検討した。

図-3に分割全体図を示す。

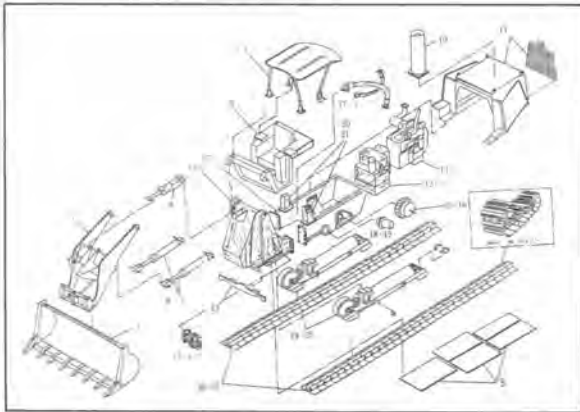


図-4 分割型トラクタ・ショベル全体図

(4) コンクリート締固め機械

砂防工事の締固め作業は、人力施工で行なわれている。既に、大規模ダム工事では、締固め専用機械が使用されているので、これらに基づき砂防ダム工事に適した機械を開発するため、作業方法、工事規模等を検討して、市販のミニバックホウをベースとする締固め装置をバケット部に装着した。

表-4に仕様を図-5に締固め装置図を示す。本機の特徴は次のとおりである。

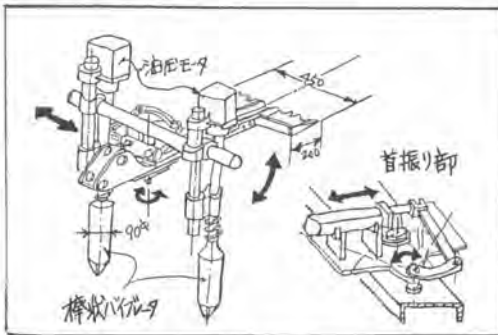


図-5 締固め装置図

(5) その他の機械

砂防ダム工事における、輸送の合理化、作業環境の改善、安全確保をはかることから急坂路の機械輸送に用いるインクライン(20t)、ケーブルクレーンのバケット位置標示装置(ランプ点灯)、コンクリート打継ぎ面の処理装置等を試作した。

4. むすび

砂防工事は、山岳地域の自然条件の中で、機械運搬を始めとした多くの困難を克服しながら実施することが必要とされている。このような条件において、機械化施工をはかるため、各種の機械開発を試みたが、今後、さらに改善・改良を進めて行きたいと考えている。

留意事項

- 1 車体及び動力伝達機構等が、ブロック毎に単体許容寸法・重量範囲内に納り、機能低下がないこと。
- 2 ブロック間の解体、組立時の作業が容易であること。
- 3 分割状態の容姿が、運搬時に転倒し損傷等の恐れがないこと。
- 4 構造的に、新たに、改良、改造が必要となる箇所の検討
- 5 現状機械に比べて、作業能力・操作性・故障頻度・修理費等がどの程度影響するかを検討。

| 項目 | 規格 |
|----------|-------------------------|
| 運転整備重量 | 約 1.32 ton |
| 全長×全幅×全高 | 6.4×2.34×3.37 m |
| 履帯中心距離 | 1.75 m |
| 履帯幅 | 0.45 m |
| 後進圧 | 0.82 kg/cm ² |
| 出力 | 152 ps / 2200 rpm |
| 変速方式 | 油圧駆動 |
| バケット容量 | 1.9 m ³ (山積) |

- ① 本体エンジンによる油圧パイプレック方式であり、電動式に比べ送配線作業がなく、作業が容易である。
- ② 掻き均し板の装着により、型枠周辺部へのコンクリート敷並し作業が容易である。
- ③ 装備重量が1.5 tonと軽量であり、コンクリート投入機で吊上げできる。

表-4 主要諸元

| 項目 | 規格 | 項目 | 規格 |
|-----------|--------------------------|--------|-------------------|
| ・機 体 | ホウ 0.05 m ³ 級 | 振 動 | 油圧駆動型 |
| ・運転整備重量 | 1.5 ton | 公称標準 | 800 mm |
| ・機 関 | 4サイクル・ディーゼルエンジン | 振動体長さ | 510 mm |
| ・定格エンジン出力 | 10 ps / 2000 rpm | 振 動 数 | 10000 rpm (遊星歯車式) |
| ・作業最大半径 | 3.1 m | 最大振幅 | 2.5 mm (無負荷時) |
| ・後進圧 | 0.82 kg/cm ² | 数 量 | 2本 |
| ・輸送時寸法長さ | 2.69 m | きりし板 | 450 mm × 200 |
| ・輸送時寸法幅 | 1.35 m | 設置斜面角度 | 左右各40度 |

25. 新しい細骨材の水分調整装置の 開発と施工例

大成建設(株) 会 田 精 一

1. はじめに

土木・建築工事に使用されるコンクリートには、細骨材として砂などの細粒材が用いられる。その砂に付着する水分は、降雨・日照・湿度等の影響を受け砂の重量比で約0～15%のバラツキの幅が出来る。特に野積みされた貯蔵状態に於いては、表面部分から内部に至るに従って、多種、多様に変化するとともに、その変化の程度も著しい。

一方コンクリートは水・セメント比などで管理されている事からして配合される砂の付着水分のバラツキはその強度・流動性に重大な影響を及ぼす。

現在、バッチャープラントでの表面水量の管理方法としては、赤外線・静電容量・中性子など各種の水分測定装置が試みられているが各バッチ毎の表面水量を正確に測定する方法はまだ開発されていない。又、今日、計量機器の精度そのものについては相当に向上しているが砂の表面水のバラツキによって各バッチ毎の砂の重量にも設定重量との差が大きいことが明らかにされている。

本論文は、細骨材の表面水に起因するコンクリートの品質変動を無くすることを目的として、バッチャープラントなどに供給する細骨材の表面水を、あらかじめ所定の値に調整する装置の開発および施工例について報告するものである。この装置は、運動エネルギーを利用し、全細骨材の表面水を連続的に高効率かつ経済的に調整することが出来、山砂の泥分除去及び海砂の塩分除去についても併せて有効であることが確明されている。

2. 水分調整装置の原理

新しく開発された水分調整装置の原理は、表面水を含む細骨材に速度エネルギーを与え、これをライナーあるいはローラなどに衝突させた時の慣性力の相違を利用するものである。すなわち、衝突時の衝撃力により、細骨材の表面水のある量はライナーあるいはローラなどの板面に沿って移動し、又板面から反発し落下する細骨材の表面水は、細骨材の種類、粒度および速度エネルギーなどに応じて一定量となることを利用したものである。なお、ライナーあるいはローラなどの板面に沿って移動した水分は、外部へ排出される。又、この時に山砂の泥分および海砂の塩分も水分と共に外部に排出される。

エネルギーを与える方法により、現在2種類の装置が開発され市販されている。回転円板を用いて遠心力を利用するA法と回転円板周辺のブレードにより速度エネルギーを与えるB法による装置である。装置の概要を図-1および写真-1に示す。

A法は、回転円板のインペラ中心部に細骨材を供給し、それをインペラ周辺部に配置した分散片を介して細骨材を飛散させる。速度エネルギーを与えられた水分を含む細骨材は、インペラより適当な距離をとったライナーに衝突し、その際に水分などはライナー板面に沿って流れ、又、細骨材は反発して、それぞれ分離する方法である。

B法は、並列に設置した同時回転するインペラとドラムの微小な隙間に、細骨材を上部より幅方向に均等に投入して、インペラ周側部に設置したブレードにより細骨材に速度エネルギーを与える。そして、この細骨材を複数の回転ローラに衝突させることにより、細骨材からA法と同様に水分を分離する方法である。

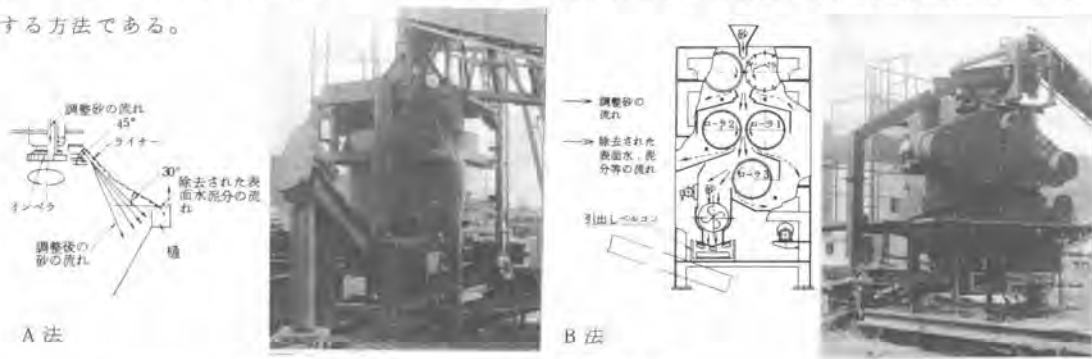


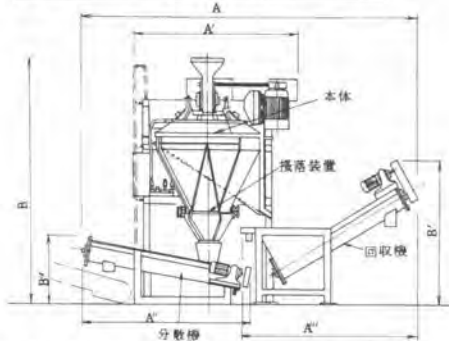
図-1及び写真-1 水分調整装置概要

3. 水分調整装置の機械仕様

水分調整装置は、1時間当りの砂の水分調整能力が10 m³、20 m³および40 m³のものが完成されている。その機械仕様を、A法、B法それぞれについて表-1に示す。なお、それぞれの装置には、付属装置として、散水装置および流量計がセットされている。

A法仕様

| 形式 | SCT-10 | SCG-20 |
|-----|-----------------|----------|
| モータ | 本体インペラ 11kW 6P | 22kW 6P |
| | 本体播落装置 2.2kW 4P | 2.2kW 4P |
| | 調整砂分散機 5.5kW 4P | 5.5kW 4P |
| | 排出砂回収機 2.2kW 4P | 2.2kW 4P |
| | [209] | [299] |
| 重量 | 3,300 kg | 3,500 kg |



B法仕様

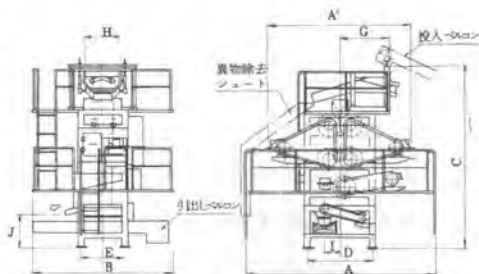
| 形式 | SCK-10R | SCK-20R | SCK-40R | |
|-----------|-------------------------|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 形状 | フレーム | タテ 1920 ヨコ 2100 タカサ 2550 | タテ 4300 ヨコ 3000mm タカサ 3990 | タテ 4300 ヨコ 3800mm タカサ 4050 |
| | インペラ | 外径 φ265 巾 670mm ブレード高15 | 外径 φ500 巾 800mm ブレード高20 | 外径 φ500 巾 1600mm ブレード高20 |
| | ドラム | 外径 φ265mm 巾 670 | 外径 φ500mm 巾 800 | 外径 φ500mm 巾 1600 |
| インペラ, ローラ | ローラ1 | 外径 φ265mm 巾 670 | 外径 φ500mm 巾 800 | 外径 φ500mm 巾 1600 |
| | ローラ2 | 5.5kW 4P | 11kW 6P | 18.5kW 6P |
| | ローラ3 | 5.5kW 4P | 11kW 6P | 15kW 6P |
| | ローラ4 | 3.7kW 4P | 5.5kW 6P | 7.5kW 6P |
| スタレーバ | — | 1.5kW 4P | 1.5kW 4P | |
| 投入フィードパイプ | 0.08kW 4P 2個 | 0.16kW 4P 2個 | 0.32kW 4P 2個 | |
| 引出ベルコンモータ | 1.5kW 4P (スクリュ-コンベア) | 1.5kW 4P | 2.2kW 4P | |
| 重量 | 2,000kg | 7,000kg | 11,000kg | |

寸法表 (単位mm)

| 形式 | SCT-10 | SCT-20 |
|------|--------|--------|
| A | 4,050 | 4,050 |
| A' | 1,985 | 2,300 |
| A'' | 1,750 | 1,750 |
| A''' | 2,400 | 2,400 |
| B | 4,000 | 4,000 |
| B' | 2,000 | 2,000 |
| B'' | 900 | 900 |
| 本体巾 | 1,640 | 1,930 |

寸法表 (単位mm)

| 形式 | SCK-10R | SCK-20R | SCK-40R |
|----|---------|---------|---------|
| A | — | 4,300 | 4,300 |
| A' | 1,920 | — | — |
| B | 2,190 | 3,090 | 3,890 |
| C | 2,550 | 3,990 | 4,050 |
| D | 800 | 1,460 | 1,460 |
| E | 780 | 970 | 1,770 |
| F | 16 | 30 | 30 |
| G | 920 | 1,125 | 1,250 |
| H | 620 | 740 | 1,490 |
| I | 200 | 350 | 350 |
| J | 270 | 700 | 700 |



4. 調整後の砂の特性

a) 表面水率

水分調整装置を通過させる前の表面水率を横軸に、又、縦軸には通過後の表面水率を採ってプロットした例を図-2に示す。調整することにより、表面水率の変動が小さくなる。例えば、図中に破線で示すように、調整前の表面水率が6.2%から12.9%の範囲のバラツキの川砂は、調整後の表面水率が5±1%の範囲に調整することができる。

又、実際のパッチャープラントにおいて調整装置を用いて砂の表面水率を管理した管理グラフを図-3に示す。なお、この場合表面水率の測定に中性子水分計および絶乾法を用いた。

b) 細骨材の粒度

調整装置内で速度エネルギーを与えられた細骨材は、衝突時に細骨材粒子が破砕され、又、水とともに微粒子が排出されて、粒度が大幅に変化することが懸念される。しかしながら図-4に示すように、大幅な粒度変化がないように、与える速度エネルギーを設定している。

c) 海砂の塩分除去

海砂の表面水を調整すると、塩分も除去できる。図-5に示すように、調整前の表面水率が多いなど除去効果も大きい。この例では、15%の表面水率の海砂で約60%に塩分を除去できた。図-6は、図-5の結果に基づいて、クラシファイヤを併用した場合の塩分除去能力の試算例である。陸上での海砂の含水率を5%、したがって、塩分濃度が0.15%の海砂について、まずクラシファイヤでの散水量を、海砂重量に対して10%から30%に変化させて塩分を除去した後、水分調整前の含水率を15%と仮定して表面水を8%に調整した結果である。少量の水分の補給により、連続して効率よく塩分も除去できることを示す例といえよう。又、水分調整装置は、塩分に限らず山砂や陸砂などに多く含まれている泥分についても、同様な除去効果がある。

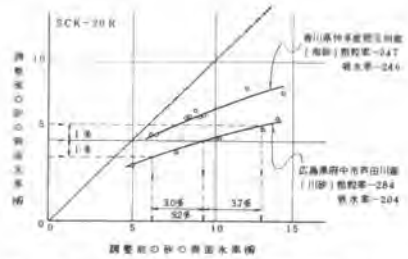


図-2 水分調整前後の細骨材の表面水率

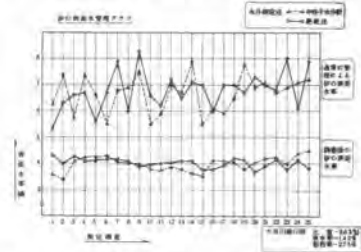


図-3 表面水管理グラフ

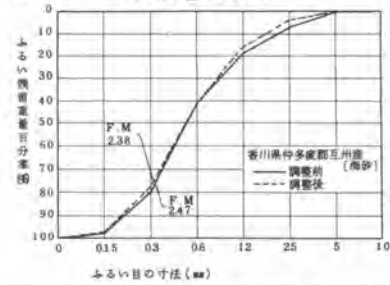


図-4 水分調整前後の細骨材の粒度

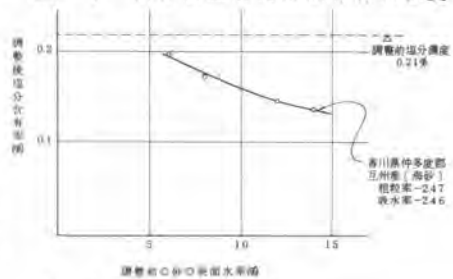


図-5 海砂の塩分除去

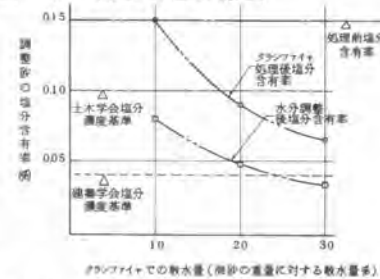


図-6 クラシファイヤを併用した場合の塩分除去

5. 施工例

細骨材の水分調整装置は、昭和53年に開発され、今日迄に、トンネル吹付けコンクリートを主体として土木工事の現場プラント、建築工事の現場プラント、コンクリート2次製品工場およびレデーミクストコンクリート工場などに、20数台が実用化されている。

これまではSECコンクリートにおける骨材の表面状態の管理に不可欠のものとして実用化されてきたが、骨材採取業における細骨材の精製、及び、一般のコンクリートにおける品質のバラツキの低下を図る有力な装置として注目されている。水分調整の管理成績の施工例を図-7および図-8に示す。図-7は、四国電力伊方発電所事務所別館の工事の例で調整能力が20

m³/Hの結果である。細骨材は、大分県鶴崎産の粗目の山砂と福岡県志摩産の細目の山砂を混合して、JASS5の1級品に合格するようにしたものである。比重は2.51、粗粒率は2.78、吸水率は2.23%であった。調整した砂の表面水率は、ほぼ5±0.5%の範囲になった。打込み量が1900m³のSECコンクリートに用い、ブリージング量が0.15cc/cm以下と高級コンクリートの目標をはるかに下回る高品質な、品質変動の小さいコンクリートの製品に役立った。図-8は、

㈱アルファ、ホーム江別工場におけるタイルを打込んだ即時脱型化粧用コンクリートブロックの製造に用いられている細骨材の結果である。北海道勇払産の海砂で、比重は2.67、粗粒率は2.65、吸水率は1.94%のものを、調整能力が20m³/Hで調整した。表面水率が4.3%で、管理幅が±1%の範囲に収まっている。品質と耐久性の向上を目的としたSECコンクリートの製造に用いられている。㈱大生生コン富良野工場での稼動状態を写真-2に示す。調整砂を用いた品質の安定したコンクリートを製造販売している。

最後に、水分調整に要する費用は、SCK-40Rの装置を使用し、一般的な細骨材を調整する場合、装置償却費は約50円/m³、ブレードなどの消耗品費約95円/m³、電力費約15円/m³、合計160円/m³の費用となり、コンクリートm³に換算すると100円以内の費用となる。

6. おわりに

細骨材の表面水を所定の値に連続的に調整する装置の開発と施工例について報告した。この装置は熱エネルギーを消費することなく、短時間で多量の細骨材の水分を円滑かつ高能率に調整ができる。バラツキの少ない高品質コンクリートの製造には不可欠な装置であるといえよう。又、表面水の調整だけでなく、泥分の除去ができるとともに、海砂中の塩分の除去も従来の方法に比べて少量の水の添加により効果的に行うことができる。

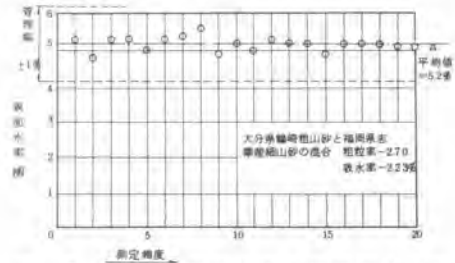


図-7 調整後表面水率の管理図(山砂)

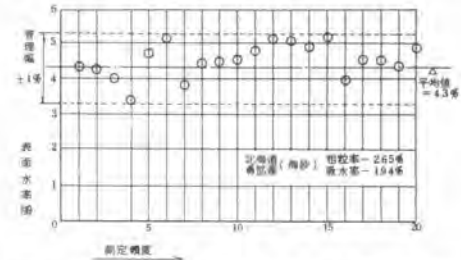


図-8 調整後表面水率の管理図(海砂)



写-2 生コン工場稼動状態

26. リバース工法用泥水処理システムの開発

日立建機(株) 村上志朗*・村岡 正
 阪神土木工業(株) 宇都宮信雄*・川崎恵久

1 まえがき

近年、場所打杭工法や地下連続壁工法などの工事から排出される廃泥水は産業廃棄物としての扱いを受けるようになり、その運搬方法や投棄場所なども厳しく制限されてきている。そのためこの廃泥水の処理を出来る限り現場内で完全処理する方式が望まれてきている。

一方、場所打杭工法、連続壁工法などの問題点として、循環水の比重上昇に伴う掘削スピードの低下があげられる。本システムの開発目的は、上記問題点の解決を含めて、以下の効果を狙ったものである。

- 1) 掘削中の循環泥水中から機械的に粗粒固形分を除去し、掘削効率を上げ、かつ連続壁工事等のベントナイト泥水については、粗粒子の除去により泥水の劣化を防止する。(図-1)
- 2) 掘削循環泥水中から粗粒子固形分の除去により、廃棄泥水中の固形分を減少させ、泥水処理の最終工程であるスラッジ脱水時における負荷を減少させることにより脱水機の小型化あるいはスラッジの完全脱水化を図る。(図-2)
- 3) 掘削中の粗粒固形分の回収率を上げるとともに、回収物の含水率の低下を図り、極力残土扱いとすることにより産業廃棄物となる汚泥の減少を図る。(表-1)

上記の目的に添って、従来の廃泥水のみを対象とした処理装置ではなく、掘削中の全濁泥水の処理を対象とした泥水処理システムを考案した。(図-7)

システムは一次処理装置と二次処理装置から成り、一次処理装置は振動フルイ、サイクロン、分級脱水機で構成され、二次処理装置はシックナーとベルトプレス脱水機で構成されている。

以下、本システムの基本的な考え方を紹介(特に一次処理装置を主として)、ベントナイト泥水を採用したリバースサーキュレーションドリルの施工現場で試験を行い、泥水中のシルト・細砂の回収・脱水に効果があったのでその稼働実績を報告する。

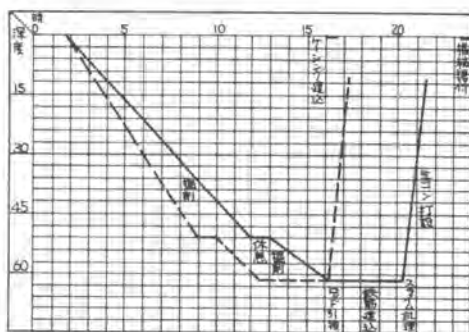


図-1 リバース工法施工サイクルの一例

実線(—): 実測線
 点線(---): 一次処理装置使用後の予測線

図-2 一次処理系統図及びバランスシート



表-1 掘削終了後の排泥水(S320リバースの例)

| 孔径 2m ^φ , 深度 50m, 全掘削容量 157m ³ | | |
|--|----------|----------|
| | 一次処理装置あり | 一次処理装置あり |
| 泥水比重 | 1.1 | 1.05 |
| 孔中の残土量 | 25.9 t | 12.6 t |

2. 一次処理装置としての分級機


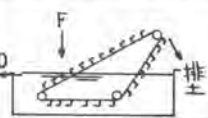
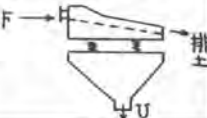
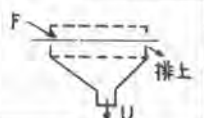
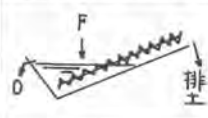
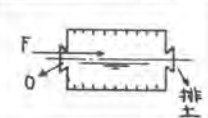
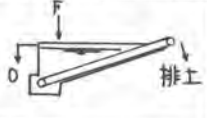
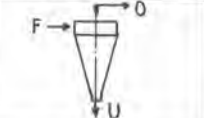
場所打杭や連壁工事泥水の一二次処理装置としては、各種の分級装置が採用されている。

一方、これらの泥水工法で発生する泥水中の粒度構成は地層を垂直に掘削することから、一般的にシルト・粘土・砂・礫と広範囲にわたり、杭一本にフイてみても安定した粒度構成は期待出来ない。

ところが、分級機とは、ある粒子群の中から着目した粒子をその物理的性質によって分離する操作を云うものであり、分級装置とはその目的を達成するためのものである。粒子の性質には粒径(大きさ)の他に形、比重、色、電気的性質等があるが、粒径による分級はもっとも広い応用分野を持ち、一般に分級と云えば、粒径に着目したものである。

表-2に代表的な分級方式一覽を示した。それぞれ一長一短があって、どれを選択するかは決定しにくい。いずれにせよ各装置が分離可能な粒径は決っており、ある種の単一分級装置をもって、広範囲かつ不安定な粒度構成と特性とする基礎工事泥水中から粗粒子を定量的に除去することは至難のことである。

表-2 各種分級機

| 方式 名称 | 沈殿ピット方式 | | スクリーン方式 | |
|----------|---|---|---|--|
| | クラムシェル式 | バケットコンベア式 | 振動スクリーン | ロータリースクリーン |
| 構造図 |  |  |  |  |
| 分離粒径 | 0.1mm以上 | 0.1mm以上 | 1mm以上 | 5mm以上 |
| 設置面積 | 大 | 大 | 中 | 中 |
| 長所 | ◦設備が簡単である。 | ◦大量の土砂処理が可。 | ◦大量の土砂処理に最適。 | ◦大量の土砂処理が可。 ◦設備費が安い。 |
| 短所 | ◦クラムシェル等が必要。 ◦連続処理が不可。 ◦排土の含水率が高い。 | ◦設備が大聖化する。 ◦排土の含水率が高い。 | ◦金網の耐食性に問題あり。 | ◦大粒径のみの処理で細粒回収不可。 |
| 方式 名称 | 次殿分級方式 | | | 遠心沈降方式 |
| | スパイラル分級機 | ロータリー分級機 | ベルト分級機 | サイクロン |
| 構造図 |  |  |  |  |
| 分離粒径 | 0.2mm以上 | 0.2mm以上 | 0.05mm以上 | 0.02mm以上 |
| 設置面積 | 中 | 中 | 中 | 小 |
| 長所 | ◦設備が簡単である。 ◦維持費が安い。 | ◦設備が簡単である。 ◦維持費が安い。 | ◦設備が簡単である。 ◦維持費が安い。 ◦排土の含水率が低い。 | ◦大容量の処理に適。 ◦微細粒子の回収可。 |
| 短所 | ◦大容量処理に不適。 | ◦大容量処理に不適。 | ◦大容量処理に不適。 | ◦圧入ポンプが必要で電力が大変。 ◦後処理装置が必要。 |

3. 従来方式と問題点

リバース掘削泥水の処理を困難にしている泥水特性の一つに水量が大容量であることが挙げられる。(日立S320-6-8 $\frac{m^3}{min}$, 日立S450-10-12 $\frac{m^3}{min}$, 日立S600-18-20 $\frac{m^3}{min}$) とこれが表-2に示した分級装置の中でもこの様な大容量の泥水を処理出来るものはスクリーン方式とサイクロンのみであり。比較的細粒の分離が可能な他の分級機については、大容量の処理には不適という短所がある。このことが、従来方式に上記二方式が採用されている理由である。

一方表-3に翼形ビットによるリバース掘削土砂の粒径と、それらの粒径分離に適する従来方式の分級装置を示した。①のシルトまじり粘土層においては、翼形ビットの掘削機構から、シルトそのものの単一粒径は小さいが、掘削土砂としての見掛け粒径が大きいため、振動スクリー

表-3 リバース掘削土砂の粒径と適用分級機(翼形ビット掘削)

| No. | 地 質 | 粒 径 | | 分 級 機 | | |
|-----|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------|---------|-----------------|
| | | 真の粒径 | 見掛の粒径 | 振動スクリーンのみ | サイクロンのみ | 振動スクリーンとサイクロン併用 |
| ① | シルトまじり粘土層 | 0.074 $\frac{mm}{以下}$ | 20~70 $\frac{mm}{程度}$ | ○ | × | ○ |
| ② | 粘土まじりシルト層 | 0.074 $\frac{mm}{以下}$ | 0.074~20 \frac{mm} | △ | × | △ |
| ③ | 細砂・シルト層 | 0.005~1 \frac{mm} | 0.005~1 \frac{mm} | × | △ | × |
| ④ | 細砂層 | 0.074~1 \frac{mm} | 0.074~1 \frac{mm} | × | ○ | △ |
| ⑤ | 粗砂層 | 1~2 \frac{mm} | 1~2 \frac{mm} | △ | ○ | ○ |
| ⑥ | 砂・礫層 | 1 $\frac{mm}{以上}$ | 1 $\frac{mm}{以上}$ | ○ | × | ○ |
| ⑦ | 礫層 | 2 $\frac{mm}{以上}$ | 2 $\frac{mm}{以上}$ | ○ | × | ○ |

ンのみで分離可能である。また⑤の粗砂層は粒径が1~2 \frac{mm} 位で振動スクリーン、サイクロンも含めあらゆる分級装置でも一番分離しやすい範囲である。従来方式の最大の問題点は、この①と⑤の中間にあたる②~④の地層掘削時に発生する土砂分離が出来ないことにある。(図-3)

一般に振動スクリーンの網目は、機能性、経済性からみて1 \frac{mm} が限界である。従ってこの②~④層においては振動スクリーンのみによる分離は効率的でない。一方、サイクロンの分離粒径は種々の条件はあるものの、表-2に示す様に0.02 \frac{mm} 程度は可能であるからこの②~④の地層の範囲でも分離は可能である。しかし、従来方式の振動スクリーンとサイクロンの組合せ方式は、サイクロンで分離し縮したものを振動スクリーンで水切りするシステムであるため、粗砂の含まれない②~④層の様々微細粒子単体の場合はせっかくサイクロンで分離しても下段の振動スクリーンにて網目を通過してしまい、粒子の捕集効率が非常に悪くなる。

4. 一次処理装置の検討

一次処理装置の開発にあたっては、前3項の問題点を念頭に以下の項目にポイントを置いた。

- 1)最終目標は②~④層の効率的な分離方法を解決すること。
- 2)振動スクリーンは①及び⑥⑦層の粗大粒子の除去のため不可欠である。但し5 \frac{mm} 程度以上の粒径分離を目的とした小型のもので良い。
- 3)大容量泥水の瞬時的処理が必要であるため、サイクロンも不可欠な分級装置である。



図-3 振動フルイによるシルト混り粘濁層の掘削土砂分離状況

4)サイクロンの後処理装置に要求される理想的要件は、サイクロンの分離可能粒径0.02mm程度の微細粒子の分離が可能で脱水が出来ること。現有の分級装置において、上記条件を満足するものには、振動スクリーンと重力式沈降分級機が考えられる。このうち振動スクリーンは前項に述べた理由から1mm程度が限界であり、実用的でない。そこでサイクロンの後処理装置として沈降分級方式を採用した。(図4～図7)

以上を整理してシステムをまとめると、

- ①まず大容量の掘削泥水は振動スクリーンに供給し、5mm以上の大粒径土砂の分離を行なう。
- ②振動スクリーンのアンダーホールド受水槽に受け、高圧ポンプでサイクロンに供給し、シルト・細砂の濃縮を行い、アンダーフローとして取り出す。
- ③粘土粒子を含んだサイクロンオーバーフローは掘削循環泥水として掘削孔に戻流する。
- ④サイクロンのアンダーフローは再度沈降水槽に受け、水槽内でシルト・細砂と粘土分の洗浄分離をし、シルト・細砂は次段させ、粘土分はオーバーフローとして取り出し掘削孔に戻流する。
- ⑤沈降水槽下部に堆積したシルト・細砂は水切りコンベアにのせて脱水しながら槽外に排出される。

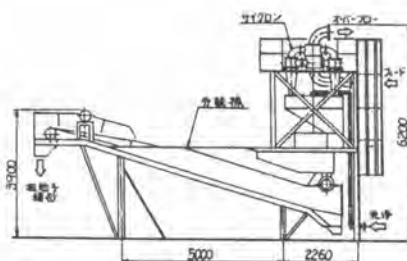


図-4 分級脱水機外形図(特許出願中)

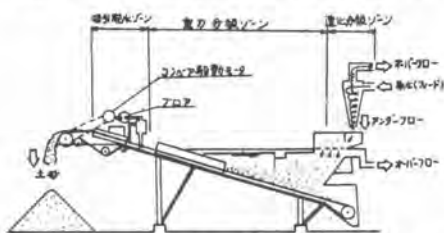


図-5 一次処理装置(分級脱水機)処理プロセス



図-6 泥水処理システム設置状況

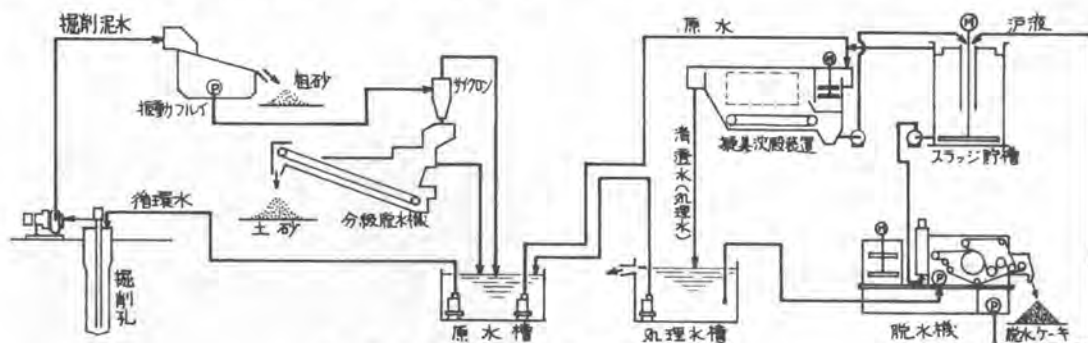


図-7 リバース工率泥水処理フローシート

5. あとがき

本システムは、大阪地区のリバース工率(ベントナイト泥水使用)において、3ヶ月にわたる実稼動試験を行ない、微粒子の回収・脱水に顕著な効果があったので、現在現場に適用し易い可搬性に富んだコンパクトな実用機に改良しつつある。

27. 山岳送電鉄塔建設クレーンと施工

日立建機(株) 伊藤 一 紀

1 まえがき

近年、発電ソースの多様化、環境保全、全国電力需給バランスの関係などで大容量電力を効率よく遠隔送電するため275～500KV級の超高压送電線建設が次々に行われ、大形鉄塔を山岳地で建設するケースが非常に増えてきている。この鉄塔の大形化と山岳地建設工事の増大に伴い、能力がより大きく、一層安全にしかも能率よく作業が行える本格的なクライミングクレーンの開発が要望されるようになった。

そこで当社ではこれらの要望に応えるべくCT65およびCT45鉄塔建設用クライミングクレーンを開発し、昭和55年に東京電力奥清津秩父線に搬入した。

本機はマストを下から継ぎ足してクライミングを行う地上せり上げ式の全旋回式ジブクレーンであり、その後開発された姉妹機CT36も加えてすでに20台以上を納入して各地で確実に実績を上げつつあるので、以下に本機の概要と稼動状況について紹介する。

2 クライミングクレーンによる鉄塔の建設

山岳地の鉄塔建設現場は急峻な地形が多く、クライミングクレーンは分解された形でヘリコプターまたは索道によって現場に搬入される。鉄塔敷地は急斜面が多いが、本機は写真-1および図-1に示すようにその中央部に設置される。設置場所を水平にカットし、その上にクレーンの架台ベースを置いて本機を据付ける。地盤状況によっては基礎コンクリートを打設した上に架台ベースを置く場合もある。クレーンの据付は一般にはデリックを用いて行われる。

鉄塔部材が搬入されるとまず本クレーンにより鉄塔の組立て順序に従って仕分け作業を行う。次に本機を用いて鉄塔の主体である塔体を順次組立ててゆく。塔体が組上るに応じてクレーンのマストを下から継ぎ足してクレーン自身のクライミングを行い、その作業高さを増してゆく。このクライミングの際にクレーンのマストと組立てたばかりの鉄塔主材の間に水平支線ロープを張り、このロープによってク



写真-1 CT45クライミングクレーン

レーン自体を塔体で支える形をとる。このようにして塔体の組立てが頂部まで完了すると、最後に送電線を吊り下げるための腕金を取付けて鉄塔は完成する。鉄塔の組立てが完了した後は本機はジブを直立させて下降姿勢をとり、マストを下から順次取外しながら塔体の中を下降する。据付時の高さまで下降したら鉄塔を利用して滑車などにより解体し、撤去する。なお山岳地で資材の横もち作業あるいはクライミングクレーンの組立、撤去作業に写真-2のES50(2t×25m)が便利である。

3 クライミングクレーンに必要な条件

前述の鉄塔組立て工法にマッチしたクレーンであるために必要とされる主な条件は次のようなものとなる。

- (1) 急峻な現場での高所作業である鉄塔組立て作業を安全に能率よく行えること。
- (2) 100mを越す高揚程クレーンなので頻りにクライミングを行う。そのためクライミングおよび水平支線取付作業が容易にかつ能率的にできること。
- (3) マストはマストガイドと水平支線を介して鉄塔に支持されるので、水平支線の張力をできるだけ小さくおさえること。また水平支線を張る位置は鉄塔側から制約されるので、マストガイドはマストのどの位置にきても差し支えないこと。

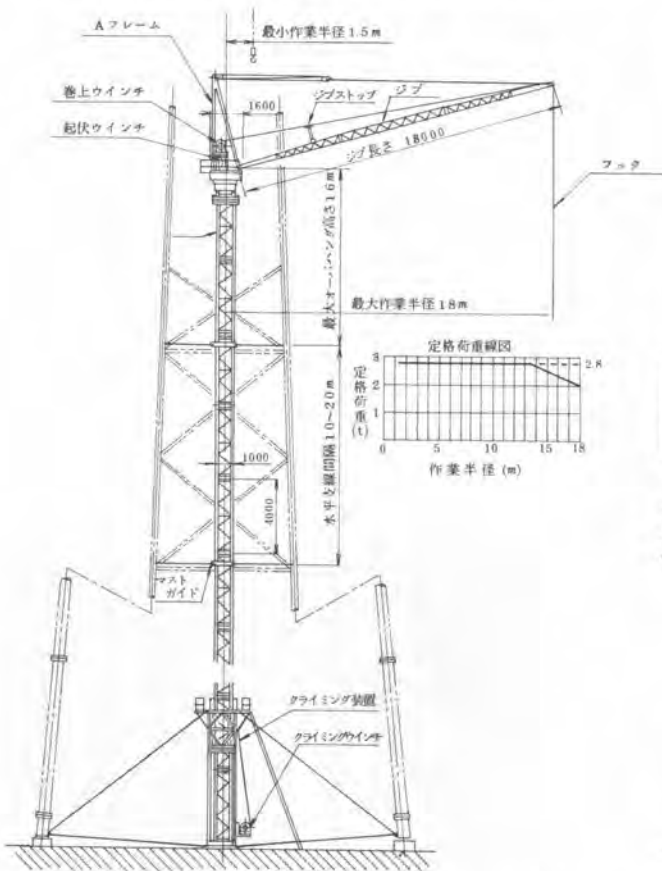


図-1 CT36クライミングクレーン全体図



写真-2 日立ES50ジブクレーン

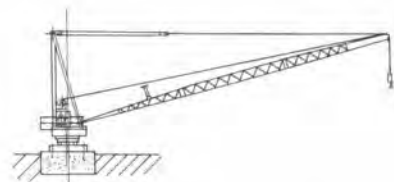


図-2 CT36補助作業姿勢

- (4) クレーンは鉄塔組立後塔内を下降させるため、下降姿勢の水平断面寸法は極力小さくすること。
- (5) ヘリコプター、索道などによる現地輸送や山岳傾斜地での据付に便利な分割重量および形状とし、しかも全体の軽量化も図ること。

以上の諸条件を満足するものとして、日立CTシリーズ鉄塔建設用クライミングクレーンの主な仕様、構造は次のとおりである。

4 主な仕様

CT36およびCT45鉄塔建設用クライミングクレーンの主な仕様を表-1に示す。

5 主な特長

- (1) 本機は全旋回式の電動ジブクレーンで、有線遠隔操作により地上または機上のどちらからでもスムーズな運転ができる。

表-1 CT36, CT45の主な仕様

| | | CT36 | CT45 |
|----------------------------|--------------|----------------------|-----------|
| つり上能力 〔定格荷重(t)×作業半径(m)〕 | | 2.8×13.5 | 4.0×12 |
| | | 2.0×1.8 (1.8×2.0) | 2.15×2.1 |
| ジブ長さ(m) | | 1.8(2.1) | 2.1 |
| 地上揚程(m) | | 114(134) | 117(169) |
| 最大オーバーハング高さ(m) | | 1.6 | 1.6 |
| 自立高さ(m) | | 21.7 | 21.8 |
| 巻上 | フック速度(m/min) | 2.0/2.4 | 3.0/1.5/3 |
| | ロープ径(mm)×掛数 | φ10×2 | φ12×2 |
| | 電動機出力(kW) | 1.2/1.6 | 1.5/3.5 |
| 起伏 | ロープ速度(m/min) | 3.3/16.5 | 4.2/5 |
| | ロープ径(mm)×掛数 | φ10×10 | φ10×12 |
| | 電動機出力(kW) | 6/3 | 10/1.2 |
| 旋回 | 速度(rpm) | 0.5/0.25 | 0.2 |
| | 旋回角度(度) | 720 | 無限 |
| | 電動機出力(kW) | 1.5 | 1.5 |
| クミリング | 速度(m/min) | 0.92 | 0.85 |
| | 電動機出力(kW) | 5.5 | 1.2 |
| マスト全長(m) | | 100(120) | 100(152) |
| 水平支線 | ロープ径(mm) | φ16 | φ20 |
| | 取付間隔(m) | 1.0~2.0 | 1.2~2.4 |
| 本体下降時寸法(m) | | 1.6×1.6 | 2×2 |
| 輸送時最大重量(t) | | 1.0 | 1.8 |
| 電 源 (V/Hz) | | 200/50 | 200/50 |

()内はオプション仕様を示す。

- (2) 作業速度は鉄塔作業の特性に適合し円滑な複合動作のできる速度となっている。また巻上・起伏共2段もしくは3段変速となっているため高揚程で大きな作業範囲の荷役を能率よく行い、しかも高所における部材組付けや位置合わせが安全にできる。

- (3) モーメントリミッタ、荷重と各作業速度の関係のインターロックをはじめ、各種の安全装置を備えるなど厳しい条件での作業の安全を期している。

- (4) 大きなモーメント荷重の作用する上部のマストには部材にボックス構造を採用して十分な強度と剛性を持たせてあるので、水平支線はトラス節点に限らずどの位置にも取付けることができ、支線取付作業が安全かつ迅速にできる。また下部マストにはほとんど垂直荷重のみ作用するため構造を簡単にして軽量化を計っている。

- (5) マストはピンジョイントを採用しているためボルトジョイントのようにトルク管理を必要とせず、マストの着脱が簡

単・迅速に行え、かつ安全である。

(6) 旋回体は下降時の寸法をCT45では2m角、CT36では1.6m角におさめてあり、開口寸法の小さな鉄塔にも対応できる。

(7) より小形のCT36はさらに多様な用途にも対応できるよう、架台支持方式を支線支持の他に基礎支持もできるよう構造となっている。(図-2 参照)

(8) 本クレーンは支線ロープの伸びを考慮した弾性支点を有する連続梁の計算方式を確立してこれをマストに適用することにより、より正確な支線張力を求められるようにしている。さらに適用する鉄塔の開口寸法が小さく、従って支線ロープの伸びをあまり期待できないCT36についてはマストガイドの支線取付部にウレタンゴムを使用して支点のバネ常数を下げて、支線張力をいっそう小さくする工夫を施している。

(9) ヘリコプターおよび索道輸送に便利な分解単位重量および寸法におさめている。

6 稼動状況

CT65×1台およびCT45×2台が昭和55年岳南建設に納入され、東京電力奥清津秩父線第3工区で初使用されたのを皮切りに、その後続々と納入されて各地で活躍中である。従来のデリック工法に比べ安全性が高く、組立員の数も少なくすみ、また塔組時間も約半分になるなどの高い評価をいただいている。今日までの主な稼動実績を表-2に示す。

表-2 CTシリーズの主な稼動実績

| 区分 | 線名 | 稼動台数 | 稼動期間 | 備考 |
|------|---------|-----------------------------|--------|------------------|
| 東京電力 | 奥清津秩父線 | CT65×1台、CT45×2台 | 55/夏～冬 | 500KV 奥清津-新秩父間 |
| 同上 | 房総線 | CT45×2台 | 56/春 | 500KV 立体交差による建替え |
| 同上 | 下郷線 | CT45×10台 | 56/春～秋 | 500KV 下郷-新栃木間 |
| 同上 | 新新潟幹線 | CT65×1台、CT45×12台 CT36×1台 | 57/春～ | 500KV 柏崎-奥清津間 |
| 中部電力 | 西部西尾張線 | CT45×1台、CT36×1台 | 57/秋～ | 275KV 西部-西尾張間 |
| 同上 | 伊勢幹線 | CT45×1台、CT36×5台 | 58/春～ | 500KV 伊勢-西部間 |
| 関西電力 | 御坊幹線 | CT45×2台、CT36×2台 | 57/秋～ | 500KV 御坊-信貴間 |
| 同上 | 東近江幹線 | CT36×1台 | 58/春 | 500KV 横南-南京都間 |
| 海外 | ベンガラデシュ | CT45×1台 | 57/夏 | ジャムナ河橋断鉄塔 |

7 おわりに

山岳地における送電鉄塔の建設用として当社がCTシリーズの1号機を世に送り出してからすでに3年が経過し、納入台数も20台を超えて実績も確実にあがりつつある。今後さらに改良を加えると共にUHV送電線建設など数々のご要望に応じてゆきたい。

最後に、本機の開発に当たりご指導、ご協力をいただいた東京電力、中部電力、岳南建設をはじめ関係各位に心からお礼を申し上げます。

28. 送電鉄塔の高上げ工法

中部電力(株) 堤 格士 愛知金属工業(株) 辻井隆雄
(株)大林組 *笹部昂夫

1. まえがき

人工密集地域に於ける建家の高層化、或は交通の立体化、又は山林地帯に於ける樹木の成長などにより、既設の送電線の離隔距離が不足となり、そのため送電線の高さを上げる必要が増加している。このような場合の対策として、従来は仮工事をを行い送電線を迂迴しておいて鉄塔を建て替えるなどして送電線の高さを上げていたが、この仮切廻しは工事費が高く又、都市や近郊などでは用地の手当てが困難など種々問題があった。

又、切廻しには停電時間が必要であり、時期的にも制約があるなどソフト面でも問題が多かった。これらの情勢を背景として、近年各電力会社や協力業者の間で、既設鉄塔をそのまま改造して高上げる工法がいくつか検討され開発されては来たが、特殊なジャッキを必要としたり、仮支線を必要としたりなど不満の点も残されていた。そのため、中部電力ではかねて種々の工法の検討研究を行っていた。

一方、大林組は以前からリフトアップ工法で数多くの経験を持って来たが、中部電力ではこの点に注目し、これら施工例の中でも特に、前報(昭和57年度 建設機械と施工法シンポジウム論文集)の“18. 押し上げ工法による大型鉄塔架設”工法が、検討の結果この送電鉄塔の高上げに応用可能であろうとの見通しを持つにいたった。それ以後 中部電力と愛知金属工業株式会社は大林組の技術協力を得て、仮切廻しなしで、しかも鉄塔の強度や形状はそのまま架線した状態で鉄塔を任意の高さまで安全かつ短期間に高上げ出来る工法の開発に取り組み、先日試験工事に成功した。図-1は高上げ工事中の写真である。



図 - 1

2. 工法の概要

この工法は高上げすべき送電鉄塔のすぐ外側に仮設の架構を組み、この架構により当の鉄塔をしっかり把握し、又架構の四隅上部に油圧式のジャッキを設置してこのジャッキの伸縮により鉄塔を押上げるものである。押し上げられる鉄塔は当然基礎とは切放されるが、仮設架構により四周から支持されているので転倒等の心配はなく、架線もそのまま上昇することが出来る。

所定の高さに迄押し上げられた鉄塔の脚部には、上昇分に見合う新材を継ぎ足して既設基礎に再び接合する事となるが、高上げに伴って基礎の耐力が不足となる場合は高上げに先立って既設基礎に必要な補強を施しておく。

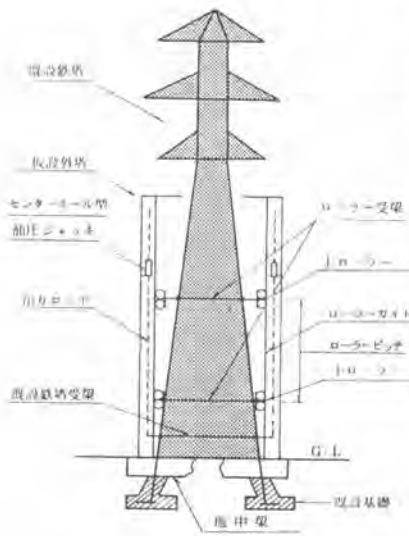


図 - 2

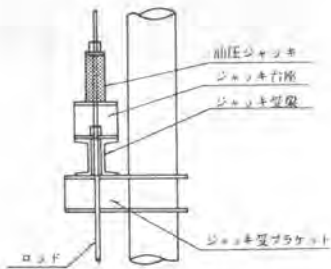


図 - 3

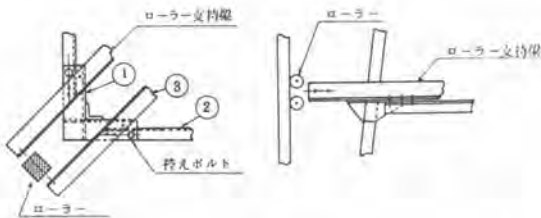


図 - 4

ジャッキは通常のプレスジャッキ又はセンタホールジャッキを用い、押し上げは全ネジ異形鉄筋のロッドを介して行うがこれらの主要部材はすべて市販品又はリース品で充分であるから、工事費は低廉で済むのが本工法の特色である。

3. 本工法の機構

高上げ対象の鉄塔とその外側に仮設架構（以後外塔と略）を立てた状態の断面略図を図-2に示す。トーンをつけた部分は既設の高上げ対象送電鉄塔を示す。この例では高上げ後鉄塔の基礎耐力が不足するので外塔基礎も兼ねてX型の地中梁を設置し補強を行っている。

図-3はジャッキの据付方法を示す。この例ではセンターホールジャッキのケースを示している。

図-4は送電鉄塔本体にかかる水平力即ち架線の水平角による転倒モーメントや工事中の風圧、地震等の水平力を宙吊り期間中支持するためのローラーの取付方の概念図である。ローラーの数は水平力の大きさによって1個又は2個設ける。又鉄塔自体や仮設外塔の建入誤差を考慮してローラーの後はバネ支持としておく方が良い。

これらの図から明かなように、送電鉄塔を押し上げるのはジャッキが直接押すのではなく、ジャッキは仮設外塔上部に設置し、このジャッキからロッドを下げ、このロッドの下端で送電鉄塔の脚部を把握する。ジャッキを動作させてロッドを引き上げると送電鉄塔が押し上げられる機構になっている。次に高上げの手順を図-5によって説明する。

① 高上げ前の状況を示す。但、図上では省略されているが、電線は架けられたままである。

② 基礎補強用の地中梁施工および新材接続用のバット取付け。

③ 仮設外塔建込み

ジャッキ据付、油圧配管、油圧ポンプ設置、ロッド取付、ストレインゲージ取付、配線、鉄塔脚根がらみ梁取付。ロッドはこの梁を吊り上げる事になる。ローラーおよびローラー支持梁取付。

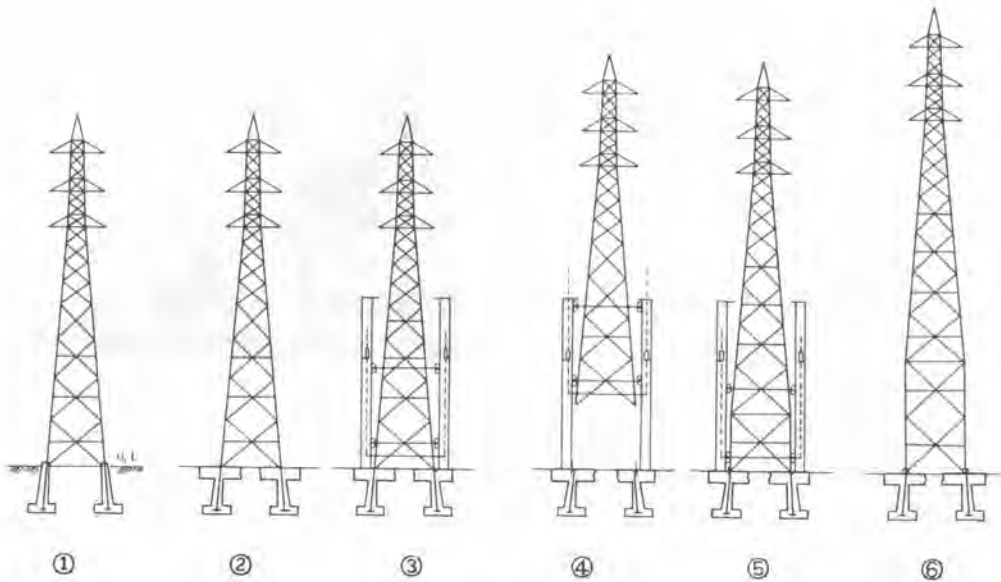


図 - 5

④ ロッド緊張

送電鉄塔脚部切りはなし。

リフトアップ。ジャッキのストロークは10～20cmであるから、ジャッキ操作はリフトアップ高に必要な回数繰返される。この間ローラーは外塔内側に密着し回転しながら上昇する事によって塔の転倒を防止する。

⑤ 新材組立て。上昇によって出来た空間に新材を組み立てる。

更に上昇を行う場合はいったん新材を基礎に定着し、根がらみ梁、ロッド、ローラーの盛替えを行う。

⑥ 再高上げ後、外塔・リフトアップ装置等一式を撤去し工事を完了する。

4. 本工法の特徴

- a. 経済性： 本工法は通常工法に比較し、仮切廻しが不要などのため非常に経済性にすぐれている。又他の高上げ工法と比べても材料等がすべて汎用部品であるので工事費は安価である。基礎工法はケースバイケースで変化するが、鉄塔内部に設ける場合に比べると簡単である。
- b. 安全性： 作業用の人員は地上及び外塔のしっかりした足場上でのみ作業し、高所での無足場作業や活線近接作業がない。装置にかかる荷重やジャッキのストローク等はすべて計器により監視し乍ら作業が行える。仮設外塔が送電鉄塔を外側より保持しているので安定した高上げが出来る。
- c. 迅速性： 仮切廻し用地交渉始め繁雑な仮工事が無い。活線高上げが出来るなどのため工事が速く完了する。

- d. コンパクトさ：外塔・ローラー装置等に十分な強度があるので支線が不要で用地が狭くてすむ。
- e. 大型化： 大型鉄塔の建設に応用可能である。

などの特徴がある。

従来、送電鉄塔工事は建築鉄骨工事などと異り、不安定な足場上での作業をよぎなくされていたが、この工法を応用することによって、将来安定した足場上で定常作業的に鉄塔の建設を行うことが可能になり安全性の向上に有益であろうと思はれる。

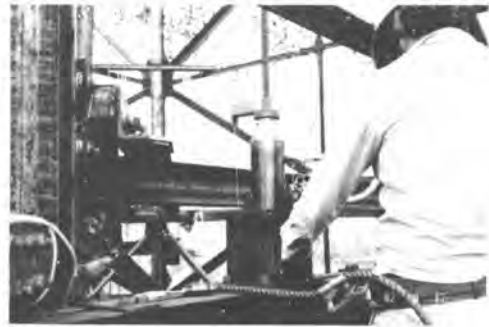


図 - 6

5. あとがき

外塔の仮組みを含めて試験工事は前後3回実施した。そのなかには、ページ数の関係で省略したが、ウインチによる水平加力試験も含まれている。試験工事を終了段階での結論では、外塔の強度・ローラ機構の働き・作業の安全性や操作性等についても実際に作業を行った人達の意見も調べ、充分実用出来る事が証明出来た。

ただ、図-7に見られる通り高上げ完了後の鉄塔の姿は今回の方式では新材継ぎだし部分が鉛直となるため、在来の送電鉄塔のイメージと違うという意見があったので、実験終了後に、外塔の設計を一部改良して、柱脚を拡げた姿とすることが出来るようにした。

当初にも述べたように、この工法開発は前報・「押しあげ工法による大型鉄塔架設」から発展したものであり送電鉄塔においても、高上げのみでなく、超高圧送電鉄塔の新規建設工事に充分応用が可能である。

これらの新規考案部分は、今後の実験課題である。



図 - 7

(以上)

29. 機械式シールド切羽の 機械的安定法に関する研究

三菱重工業(株) 波多腰 明

1. まえがき

ロータリカッタを有する機械式シールドで切羽全面を一気に掘削する時、カッタフェースと地山との間には間隙が生じ、土粒子はそれまで受けていた位置的拘束から解放され移動する。自立性の欠如した切羽では土粒子移動の領域が切羽前方および上方に急激に広がり、その領域が地表にまで至れば沈下公留を引起す。また切羽における弛みは裏込注入で一時的に回復できるが、その後の圧力消散に伴って結局は地盤変位の残留を許してしまう¹⁾。こうした拘束解放による切羽崩壊を抑制するため、圧気工法や現水工法などが採用されるが、いずれも地盤条件の制約があったりして必ずしも完璧な公留手段であるとは言い難い。

本報は機械式シールド切羽の崩壊性を機械の仕様あるいは掘削様式によって低くさせ、切羽安定に寄与できるのか、できるとすればどのような仕様・様式を採用すべきなのかを、掘削によって形成される切羽形状に着目して追求しようとする研究のうち、基礎実験結果の報告書である。

2. 実験装置と実験方法

切羽の崩壊性は土質、地層構成、土被り、地下水の存在など種々の因子に左右され、また本来三次元的に考察されるべきものであるが、今回は非粘着性土質を対象に地下水の影響を除外し、二次元問題として扱った。実験に供した装置を図-1に示す。模擬土には二次元特性に優れ、しかも再現性の見込めるアルミ挿填層体(φ3mmとφ5mmを2対3の割合で混合、見掛比重2.1、アルミ棒の比重は2.72と土粒子比重に近い)を用いた。シールドのフェースは6ブロックに分けられており、最前端的の各ピースは交換可能である。各ブロックは単独にまたはグループで、あるいは全体でスライドできるようにしており、掘削による切羽ボイドの形成はこのスライド機構によってフェースの所要部分を後退させ行った。対象とした切羽形状および掘削様式のパターンは表-1に示す9種類であり、各ケースについて次に示す方法でデータを採取した。

(1) 土粒子挙動領域の大きさおよび変位量

1台の固定したカメラで、カメラの光軸と直角な平面上を移動する物体を異なった時点で2枚の写真に撮り、この写真を物体の移動方向が左右の眼を結ぶ線と平行に並べて奥視すると、物

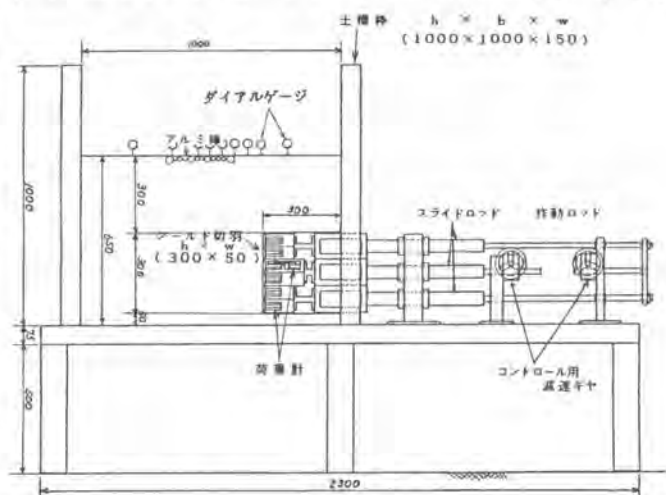


図-1 実験装置

体の移動距離に応じて見掛け上の視差が生じ、その物体の像は同じ画面内の静止物体に対して比高があるように見える。この効果を抑制し、擬似土としてアルミ棒積層体を側面から写真撮影（カメラはハッセルブラッドMK70）し、解析図化機（プラニコンP-100）にて実体視による比高評定を行い、データを計算処理して自動製図機により等変位量線図（鉛直・水平方向）および変位ベクトル図を作成した。

(2) 表面沈下量

擬似土地表面にダイヤルゲージを9個配設し、沈下量分布を計測した。

(3) 切羽土圧

分割されたフェースのブロック各々に荷重計（11.4 kN USAインタフェース社製）を設置し、前面荷重を0.5 g単位で計測し土圧に換算した。

3. 実験結果と考察

3.1 変位領域の大きさおよび表面沈下量

各ケースについてフェースを表-1内に示す破線のごとく2.00 mm後退させた時得られたアルミ棒の鉛直方向等変位（等沈下）線を図-2に。またより端的な比較のために0.4 mmの等変位線を簡略化して重ね合わせたものを図-3に示す。これらを見るとケース2および

| | 掘削様式 | 切羽形状 | シールド形式 | パラメータ | CASE No |
|------|------|-------------------|--------|---------------------------------------|---------|
| 単一切羽 | 全面掘削 | 垂直単一平面 (従来形) | | | 1 |
| | | 傾斜単一平面 (スラント形) | | $\theta = 7^\circ$ | 2 |
| | | 単一曲面 (ドーム形) | | $r_D = r_c$ | 3 |
| 分割切羽 | 全面掘削 | 二段中央先進 | | $r_D = r_c/3$ $r_c = r_c/3$ | 4 |
| | | 二段周辺先進 | | $r_D = r_c/3$ | 5 |
| | | 単一中央先行 | | $r_D = r_c/3$ | 7 |
| 部分掘削 | 部分掘削 | 周辺拘束 (貫入形) | | 崩壊性の大きい非圧密地盤では推進抵抗が大なるためテストアイテムに加えない。 | |
| | | 分割掘削 (多軸カンタ形) | | | |

表-1 供試切羽形状と掘削様式のパターン

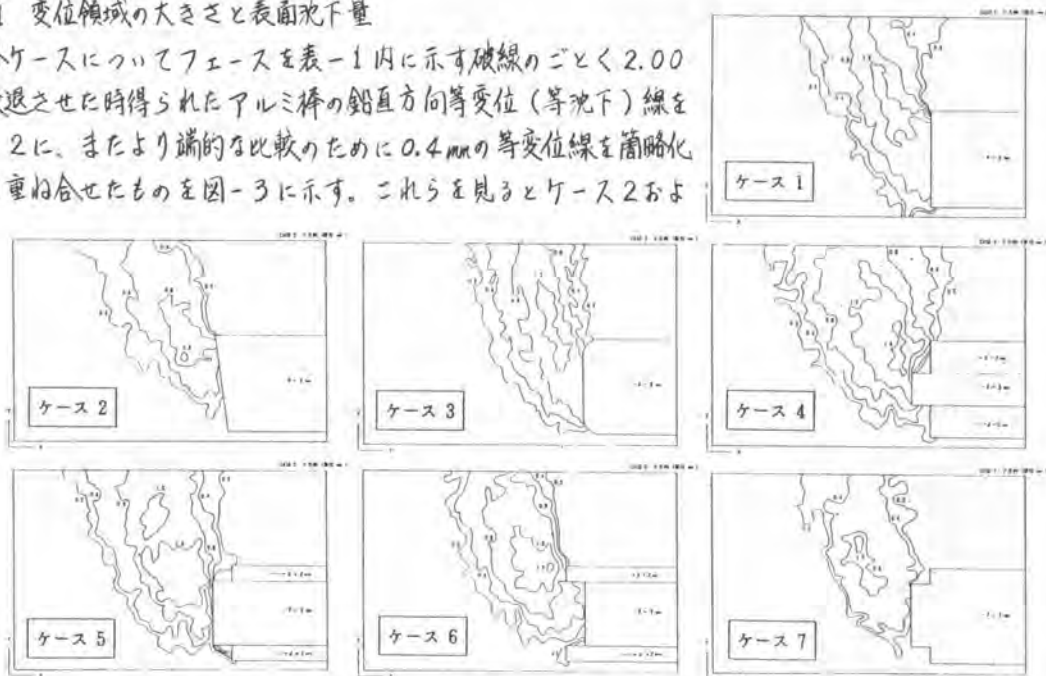


図-2 写真測量による鉛直方向等変位線図（フェース後退量2mm）

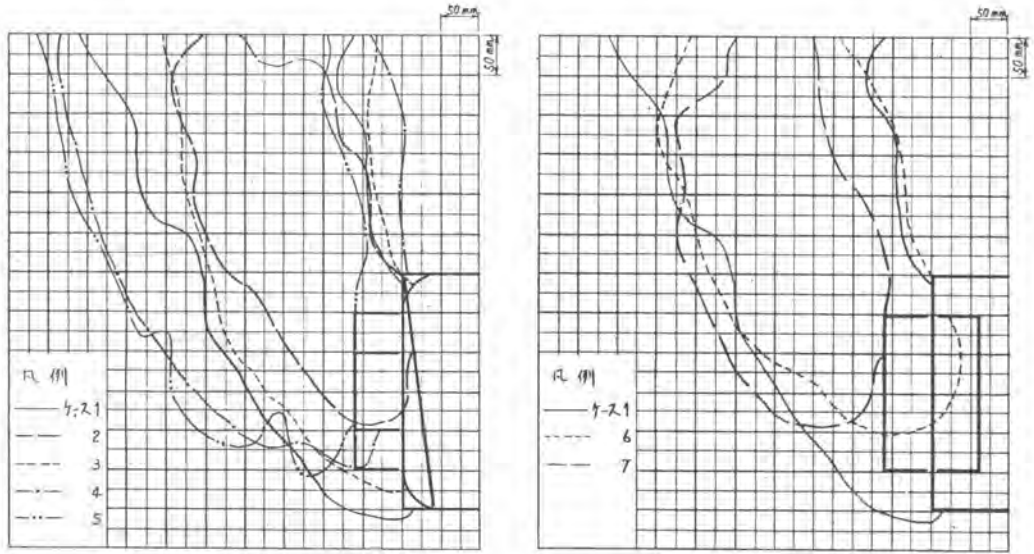


図-3 0.4mm等沈下領域の比較 (フェース後退量 2mm)

がケース7に領域縮小効果が認められる。図-4は同じくフェース後退量2.00mmの時の表面沈下量測定結果である。ケース2における沈下量の小ささが目につき、ケース4, 7の沈下も他に比べてやや小さく観測された。

3.2 崩壊抑制効果の評価

各ケース切羽の崩壊性を比較するため図-3から0.4mm沈下領域の面積、切羽上端から上方への広がり、前方への広がりを、図-4から最大沈下量と表面沈下面積をデータ化しさらに切羽移動前にフェースの受けていた平均土圧が移動後の程度低減したかのデータを加え、ケース1のデータを正六角形で表わすレーダ図として図-6を作成した。極かれる六角形が中心に収束するほど切羽の安定性が高いと評価できる。

ケース2のスラント切羽は崩壊抑制効果が大きい。これは既に切羽山留力の解析において明らかにされているように、土塊のすべるモーメントの低下に起因しているものと思われる。ケース7の単一中央先行形切羽も六角形の大きさが小さく、崩壊抑制効果がある。このケースでの土圧計測では外側上部フェー

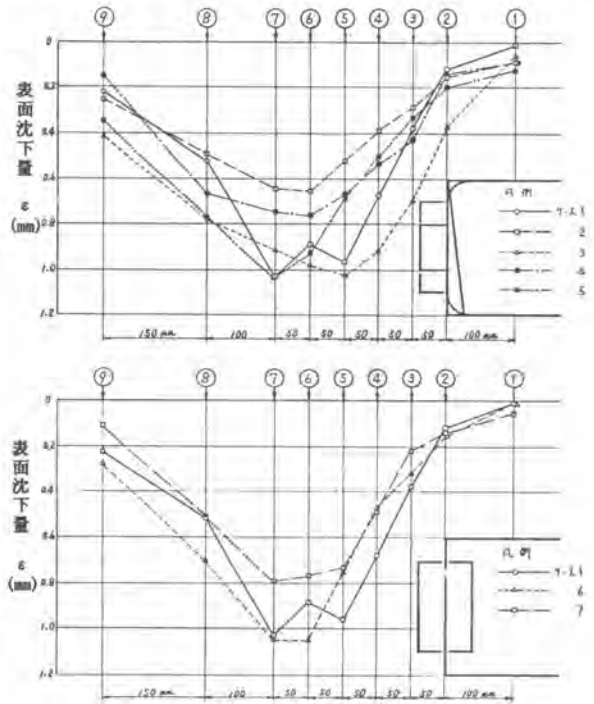


図-4 表面沈下量比較 (フェース後退量 2mm)

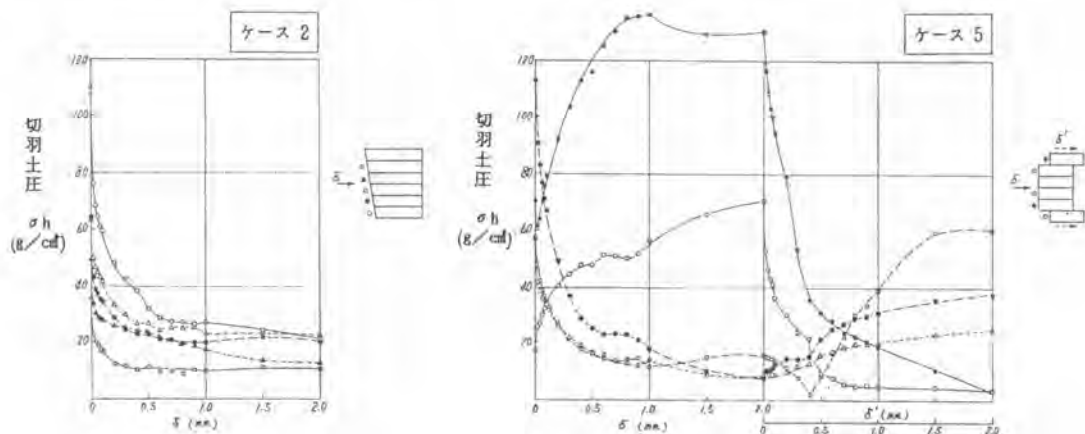


図-5 フェース後退による切羽土圧変化の測定例

スで受ける土圧値が後退後もほとんど低減せず、突出した中央部の側面が棚の効果を發揮しているものと考えられる。ケース4, 5はいま少し崩壊抑制効果をもつのではないかと思われたが、図-5に示すように肩代りして上昇した土圧が一気に低下する際、大きな地盤変形を起すことが明らかになった。

4. あとがき

今回取り組んだ実験だけでは切羽崩壊の機械的抑制策を見極めたとは勿論言えない。例えばケース4, 5において発生する肩代り土圧の解放をなせしめぬ形態の摸索や三次元検証も今後の課題である。いずれにしても切羽形状や掘削様式が切羽の安定性に関与することがわかったことは大きな成果であり、引続き研究を進める所存である。

実験に当り多大な協力を戴いた(財)大阪土質試験所および御指導賜った京都大学名誉教授村山朝郎博士に深く謝意を表す次第である。

参考文献 1) 平田武弘他: 土圧系シールドによる軟弱地盤の挙動特性, 第18回土質工学研究発表会 2) 村山朝郎他: 都市地下工事の進歩と問題点 P49~52, 土質工学会関西支部 1971年

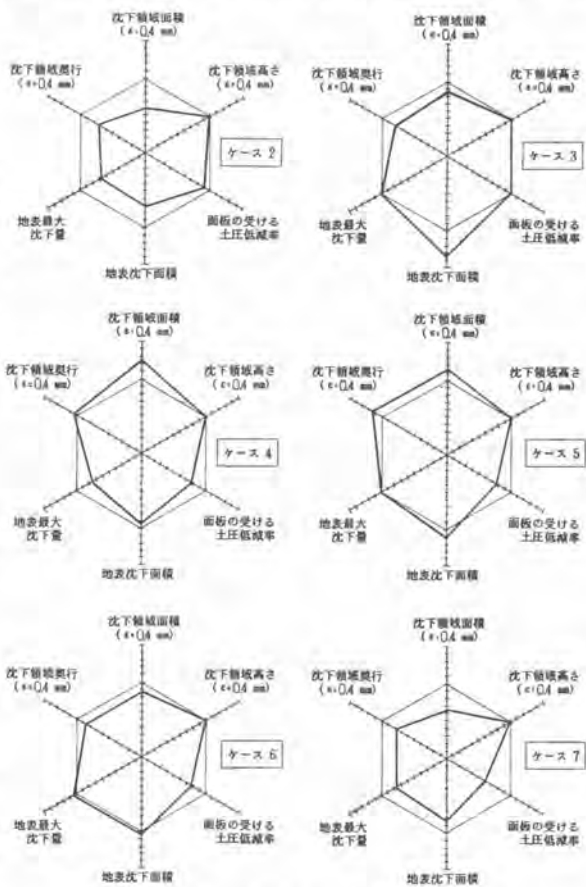


図-6 切羽崩壊抑制効果の比較

30. 礫連続破碎タイプの クラッシャ付シールドと施工実績

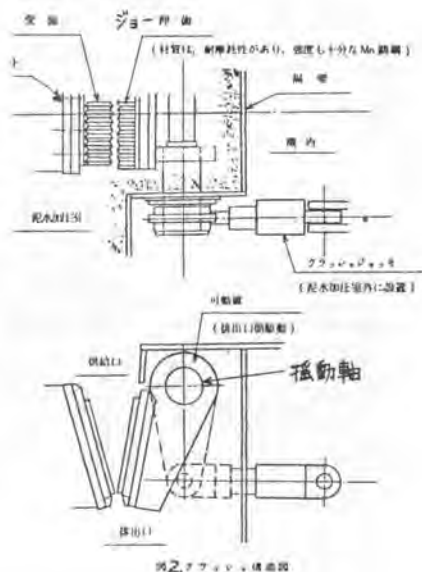
日立建機(株) 汐崎 実*太田 誠

1. まえがき

最近、砂礫層用の泥水シールドが急増している。特に、大礫層では、切羽保持の必要上、高能率掘進性能が重要視され、連続的な礫処理装置の開発と、耐久性向上が強く要望されている。日立建機では、この度、独自の機構を採用した機内クラッシャを開発し、各種性能試験を行なった結果、優秀な性能を確認したので、以下に詳細を報告する。

また、このクラッシャを内蔵する、2.682m^φ泥水シールド2台が、東京都下水道局妙正寺川上幹線(大日本土木殿施工)で採用され、良好な掘進実績が得られたので、併せて報告する。

図-1に、クラッシャ付泥水シールドの全体図を示す。



| シールド機本体 | | エレクトロニクス | | コッター | | アジレーサー | |
|---------|---------------------|----------|----------------------|-------|------------------------|--------|----------------------|
| 外径 | 2682mm | 回転速度 | 2 r.p.m | 回転数 | max 25 r.p.m | 打撃数 | 320/min |
| 機長 | 4870mm | 回転角度 | ±200度 | トルク | 最大(120%時) 51.1m | 回転数 | 20 r.p.m |
| シールド径 | 80°×1080°×B° 350° | 1P径 | 1.2°×320°×2° 140° | 油圧E-7 | 1200kgm (at 200%時) 4.4 | 油圧E-7 | 180kgm (at 100%時) 1日 |
| 中径径 | 60°×60°×2° | 2P径 | 1.2°×150°×1° 140° | 油圧E-7 | 200kgm (at 200%時) 2.0 | 油圧E-7 | 40kgm 190°時 1日 |
| 掘削径 | 7°×300°×1° 140° | 油圧E-7 | 180kgm (at 200%時) 1日 | 電動機 | 55kw 4P 400° 30° 10 | 電動機 | 15kw 4P 400° 30° 10 |
| スクリュー径 | 1.2°×130°×2° | シールド径 | 80° | | | | |
| 油圧E-7 | 10kgm 320°時 1日 | | | | | | |
| 電動機 | 11kw 4P 400° 30° 10 | | | | | | |

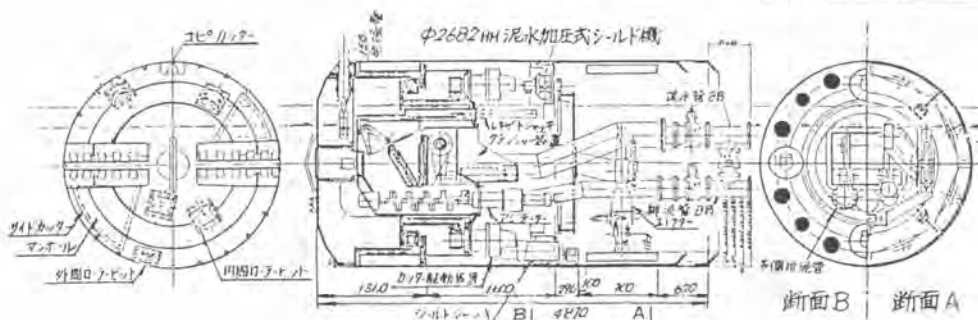


図-1. クラッシャ付泥水シールド全体図

2. クラッシャの構造と特長

図-2に、クラッシャの構造図を示す。本機は、次のような特長を有する。

2. 1. クラッシャジャッキの泥水室外設置

クラッシャジャッキとジョー歯を隔壁で仕切り、これを貫通する揺動軸によって、動力を伝達する。往復運動シールをやめ、回軸軸シール構造としたので、土砂摩耗が少なく、信頼性が高い。

2. 2. 排出口側駆動方式

押歯の上部に支点(揺動軸)を設けているので、排出口に近いほどストロークが大きく、礫はけが良い。セッティング、ストロークの調整は、泥水室外のストロークアジャスタで行ない、排出口の開きは、最大150mmまで可能である。礫のかみこみ位置が、礫径の大きいほど上部になり、レバー比によって、ジャッキ力が増幅されるので、大礫でもジャッキ力に余裕がある。

2. 3. コンパクトで処理能力を大巾にアップ

油圧回路にロジック弁を採用し、また、排出口側駆動方式の採用で、ジャッキを小形化したので、高速処理が可能となった。この結果、2.682m²シールドに内蔵できるクラッシャとしては、最高の処理能力(10t/h)に、大巾にアップできた。

3. クラッシャの計画上の要点と、性能試験の結果

クラッシャの計画上の要点を挙げながら、開発品の性能試験の結果を説明する。

3. 1. 地山の条件と、クラッシャの仕様の関係

(1) 最大礫径 $D_1 \times D_2 \times D_3$ (cm) \Rightarrow 供給口寸法 (A×B) の決定……写真-1参照

(2) 一軸圧縮強度 γ (kg/cm²) \Rightarrow 破砕力 P の決定 ……写真-2参照

最大礫を破砕するのに要する破砕力 P は、下式で表わされる。

$$P = \alpha \cdot \gamma \cdot D_2^2 / 1000 \quad (t)$$

ここで、 α はジョー歯の形状係数で、0.06。これから、ジャッキ容量が決定される。

(3) 産物最大礫径 D_5 \Rightarrow 開セッティング S_0 。

破砕前後の粒度分布を図-3、写真-3に示す。このデータから、産物最大礫径 D_5 は、開セッティング S_0 の約2倍である。また、 S_0 オーバーの礫含有率は5%以下である。

(4) 地山の礫の粒度分布 \Rightarrow 必要処理能力 T_0 。

想定される最大礫径 D_1 と産物最大礫径 D_5 の間の寸法の礫の含有率 G (Wt%) を求め、次の式から必要処理能力 T_0 を決定する。

$$T_0 = A \cdot v \cdot \frac{60}{100} \cdot \gamma \cdot \frac{G}{100} \quad (t/h)$$

ここで、A: シールド断面積 m^2

v: シールド掘進速度 cm/min

γ : みかけ密度 t/m^3

G: 礫径 $D_1 \sim D_5$ の間の礫の含有率 Wt%



写真-1. 供給口寸法 630×300 (実験機)



写真-2. 最大礫の破碎状況

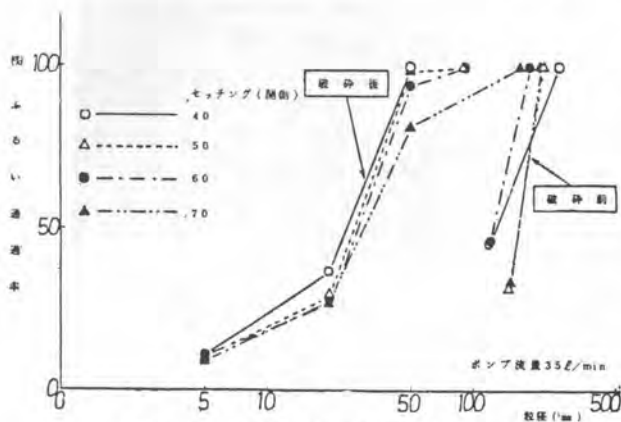


図-3 破碎前後の粒度分布



写真-3 産物の粒度分布

3. 2. クラッシュヤの処理能力 T (t/h)

ジョークラッシュヤの処理能力 T は、次の Harsam の式から計算される。

$$T = \frac{3 \cdot u \cdot (2 \cdot S_c + u) \cdot e \cdot f \cdot n \cdot \delta \cdot K}{G - S_c} = f(u) \cdot n$$

ここで、 u : ストローク

$f(u)$: ストローク u とクラッシュヤの形状による係数

n : 打撃数 回/min

図-4 に、処理能力を示す。処理能力は打撃数に比例し増大する。クラッシュヤの計画に際しては、 $T > T_0$ とすればよい。

3. 3. 動力 L (kW)

クラッシュヤジャッキの油圧 p と流量 Q から下式で求める。本機は、排出口側駆動方式を採用しているので、クラッシュヤジャッキが小形でよく、動力消費も小さい。

$$L = \frac{p \cdot Q}{612}$$

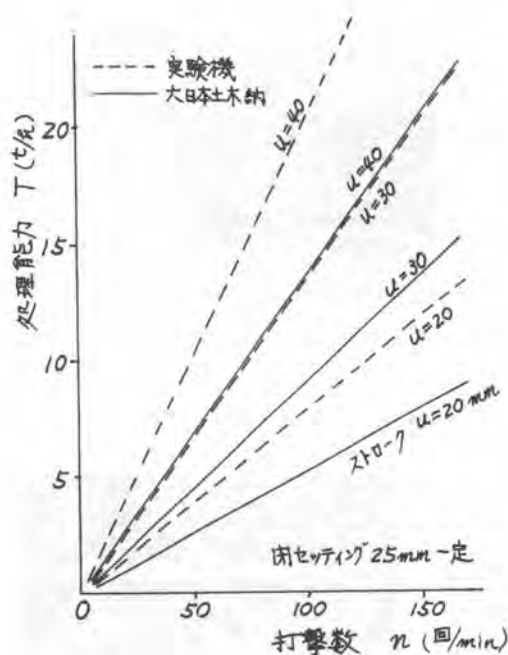


図-4 打撃数と処理能力の関係



写真-4 ローラカッター



写真-5 ジョー歯

4. 掘進実績 (大日本土木殿施工)

| | |
|-------------|--|
| 地質と 施工延長 | シルト・粘土 18%, 砂 27%, 礫 55% の武蔵野礫層で、最大径 250 mm の礫が混在する。上流 1637 m (掘進中)、下流 914 m (掘進完) |
| 礫処理能力 | ローラカッター 5 個により一次破碎し、スリット (巾 100 mm) を通過する礫を機内クラッシュャに取り込む。クラッシュャのセッティング 35 mm、ストローク 25 mm、打撃数 100 回/min で掘削した。クラッシュャ油圧は、ほとんど 50 kg/cm ² 位で余裕十分。アジテータは、当初、礫がひっかかって、頻繁に停止したが、羽根を切断した結果、このトラブルは解決した。掘進は、計画通り進行しており、順調である。 |
| 耐久性 | 1 km 掘進後の点検時、ローラカッターの磨耗は、最大 10 mm (写真-4)、ジョー歯の磨耗は、最大 10 mm (写真-5) であった。 |
| 振動・騒音 | クラッシュャによる機内の振動・騒音は、泥水等により吸収減衰されるので問題ない。 |
| 分解・再組 立性 | シールド内の作業空間が狭いので、クラッシュャ自重を支えながら抜出せるよう、抜出が이드をつけた。1 km 掘進後の点検時、分解・再組立に各々 2 昼夜を要した。 |

5. あとがき

大礫の連続処理という課題に対し、ひとつの解答が得られたものと確信する。開発機種ということで、終始、特別の御指導と御協力を賜った大日本土木の関係各位に深く御礼を申し上げるものである。尚、より詳細については、下記報文を参考にされたい。

プロジェクトリサーチ講演会テキスト ('83. 7), 30 頁, 浅野・内田

31. スロット・ドリル工法(OSD工法)の 開発実験

(株)奥村組 *本田裕夫・萩森健治
藤田早利

1. まえがき

最近のトンネル工事は市街地付近や既設構造物下で施工するケースが増えており、従来の発破工法による施工では発破時の振動、騒音により公害問題が生じるため、発破振動の低減あるいは無発破による掘削工法の開発が課題とされてきた。

とくに、無公害といわれる無発破掘削工法については、現在でも各種の技術がみられるが、一軸圧縮強度が 1000 kgf/cm^2 をこえる硬岩については施工能率およびコストの両面に多くの問題があり硬岩掘削に適した施工技術がないのが現状である。

当社では、数年前からその技術開発に取り組み、発破振動公害の問題を解消できる新しい無発破トンネル掘削工法としてOSD工法(Okumura Slot Drilling)を開発し、基礎実験により性能を確認したので、工法の概要について報告する。

2. OSD工法の概要

当工法はOSD機(溝掘削機)で坑道周縁部および切羽面にスロット(溝)状の自由面を形成し、自由面で区切られたブロック内に高圧水を供給することによって岩盤を大割り破碎することを基本としている。自由面の形状、間隔、高圧水の供給方法などは岩盤条件に応じて選択し、2次破碎は油圧ブレーカーを使用するが、必要によっては大割りしたブロックの状態で搬出することも考えられる。

この工法の最大の特長は、坑道周縁部にスロットを掘削することにより、圧縮強度 1000 kgf/cm^2 以上の硬岩についても掘削形状を規制できることにある。過去の無発破工法の実績、テスト結果¹⁾²⁾³⁾

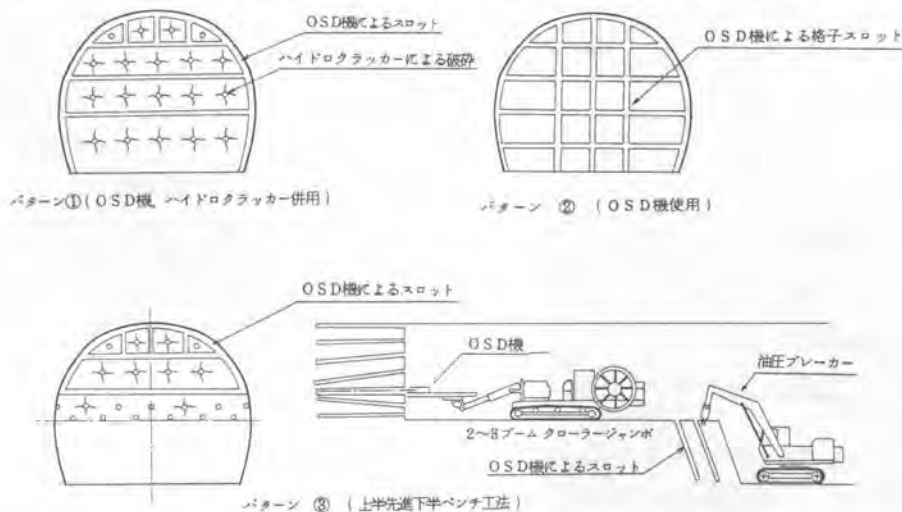


図-1 OSD工法

では、圧縮強度 1000 kgf/cm^2 以上の硬岩に対しては、掘削機単独では掘削断面の整形が困難で、別途に断面形状を局部的に修正できる工法を併用する必要がある。

また、この工法はブレイカーが最大能力を発揮できる垂直打ちを上半切羽にても可能にしている。

一般的な施工手順を図-1で説明する。まず坑道周縁部のほかに適宜間隔に水平方向のスロットを削孔してブロックに区切り、その最上部だけ鉛直のスロットを削孔して格子状に小ブロック化する。各ブロックには円形孔を削孔してその孔内に超高压ポンプにより高压水を供給して岩盤を大割りする。つぎに油圧ブレイカーにより最上部のブロックから順次下方のブロックを小割りしながらずり搬出を行なうものである。

3. OSD機

OSD機は溝状の自由面を形成するため開発したもので、その構造は写真-1、図-2に示すように、5本のドリル・ロッドに1台の油圧ドリフターで打撃および回転を与えることができる。

ドリルのビットは前後方向に交互に、しかも削孔が互いにラップするように配置してあり、これにより円形孔がラップして連続したスロットが削孔できる。各ドリルは片端を固定したパイプで保持させ、さらに各パイプを互いに連結することによりスロットの曲がりやねじれを防いでいる。OSD機の仕様を表-1に、削孔したスロットを写真-2に示す。

このOSD機は、小型軽量のため、従来の油圧ドリフターと同様にクローラージャンプ、ガントリージャンボに搭

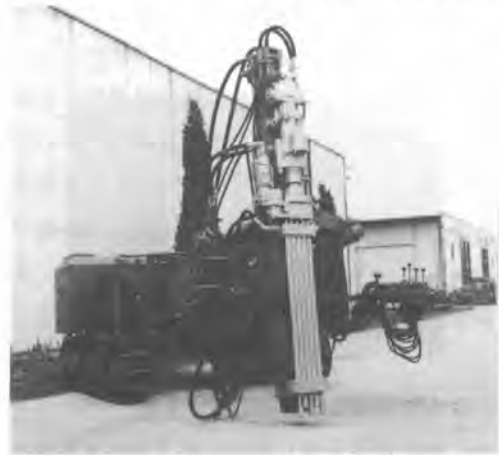


写真-1 OSD機

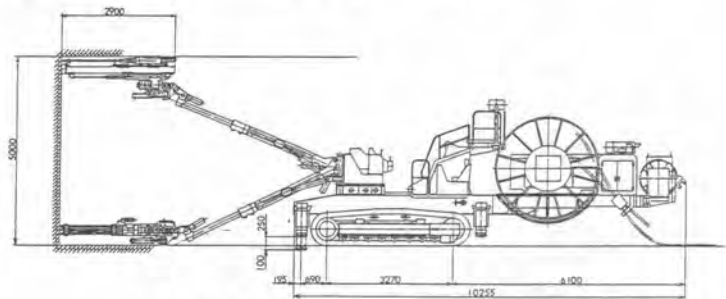


図-2 OSD機 (2ブーム・油圧ジャンボ搭載)

表-1 OSD機の仕様

| 名称 | 仕様 |
|---------|---------------------------|
| 寸法 | 全長2887、全幅485、全高505mm |
| 重量 | 7t (ベースマシンとして HCR 260使用時) |
| ドリフター | 油圧式ドリフター HD-280 |
| 使用圧力 | 130 kg/cm^2 |
| ロッド回転数 | 200~300r.p.m. |
| 打撃数 | 3000回/min |
| 使用水量 | 70ℓ/min |
| フィード長 | 1500mm |
| ビット | B.G.52mm クロスビット |
| ロッド | φ30mm、シャンク部 25mm 六角 |
| ベース・マシン | HCR・260、2~3ブーム油圧ジャンボ |



写真-2 スロット

載して使用できる。

1号機により、稲田花崗岩（一軸圧縮強度2000 kgf/cm²）にスロットを削孔する実験を行なった。その結果、幅52 mm、長さ250 mm、深さ1000 mmのスロットを平均22 cm/minの速度で削孔することができた。

また、現在スロット削孔深さ1500 mmのみ下り30 cm/minのさらに高性能のOSD機の開発と、いろいろな岩質を対象とした削孔試験を進めている。

4. 高圧水による岩盤破碎

現在当社は、高圧水による岩盤、コンクリートの切削、破碎の研究を進めている。

高圧水による岩盤切削としてはWJB工法（Water Jet Blasting）を採用し、OSD工法には高圧水による岩盤破碎法を併用することとして密閉型と開放型の2種類の方式を岩盤条件に応じて使用する。

密閉型は、ハイドロ・クラッカーと称しており、鋼製ロッドの外周を袋状の特殊ゴムで

覆い、高圧水で膨張させて岩盤を破碎する。耐圧は2000 kgf/cm²で径、長さは任意に選択できる。

開放型は、高圧バッカーをボアホール入口に装着し、高圧水を岩盤内のき裂に注入し、き裂の伸長により岩盤を破碎する。開放型は耐圧1000 kgf/cm²であり、長孔用に適している。

破碎時間短縮のため、両型とも複数孔に同時に高圧水を供給する方式を可能にしており、そのために一部のボアホールで水漏れや、ハイドロ・クラッカーの破損が生じても全体の高水圧を維持できる装置として特殊圧力保持バルブを開発した。

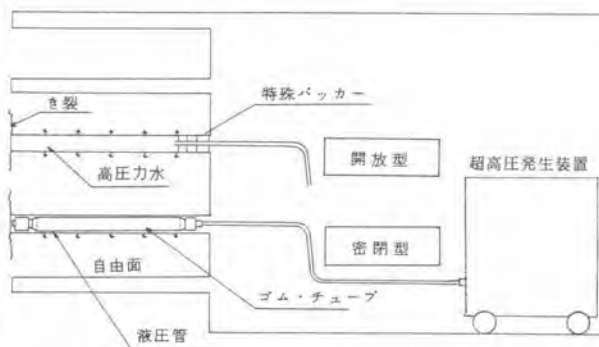


図-3 高圧水による岩盤破碎方法



写真-3 ハイドロ・クラッカー



写真-4 ハイドロ・クラッカーによる破碎状況

5. OSD機の用途

OSD機は、上記の無発破トンネル掘削工法以外にいろいろな用途が考えられる。また現状の機種を機能アップして、削孔できるスロットの深さ、幅を増大することができれば、さらに用途がひろがる。これらの用途をつぎにあげる。

(1) トンネル外周部をスロット削孔することにより、発破振動の低減と壁面の仕上げ掘削に利用 (図 - 4)



図 - 4

(2) トンネル外周部をスロット削孔し、そのスロットにトンネルライニング材をてん充する薄肉覆工法に利用 (図 - 5)

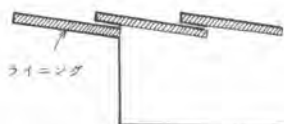


図 - 5

(3) 既設トンネルの拡幅に利用 (図 - 6)

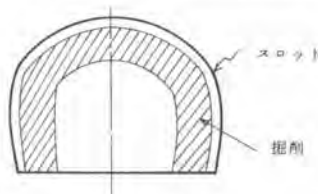


図 - 6

(4) ビットの周囲をスロット削孔した後、内部をブロックに切り取りする小断面ビットの掘削法に利用 (図 - 7)

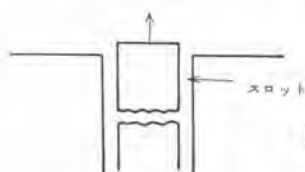


図 - 7

(5) ダム堤体などのシャ水壁の築造に利用 (図 - 8)

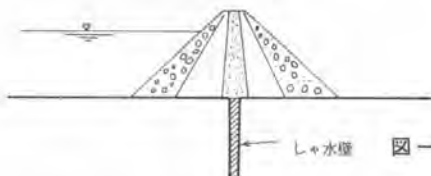


図 - 8

(6) コンクリート構造物の解体に利用 (ハイドロ・クラッカーも同様に利用)

6. あとがき

当工法は、実験室および工場における岩石の削孔、破碎実験は終了しており、2ブームの実用機を製作し、現場実験の準備を進めている。現場実験においては断面積40㎡の上半における無発破掘削の能率、コストが計画と一致するかを検証するとともに、硬岩掘削におけるOSD機の耐久性の検討、高圧水破碎のシステム化を行なうもので、その一部は発表会で報告する予定である。

また、OSD機は開発の初期段階にあり今後、性能向上のため改良、高圧水併用削孔、自動化、小型化などの問題が残っており、併用の破碎工法についても完全な自由面を利用することによって種々の方式が考えられる。

当工法は建設工事にもなう公害問題の解決に役立つ技術であるため、早急に工法を完成させて広く技術公開することとしている。さらに、無発破掘削以外の利用法についても技術開発を進めたい。

おわりに、当工法開発に協力を頂いた、古河さく岩機販売(株)、(株)星野研究所、奥村機械製作(株)に感謝の意を表する。

- 1) 「硬岩の低振動・低騒音掘削に関する調査報告書」、(社)日本トンネル技術協会、1978. 2
- 2) 「原子力発電所増設工事における無発破掘削工法について」、電力土木、1978. 5
- 3) 「静的破碎剤CRSスプリッターによるトンネル掘削適用性試験報告書(第1報)」、日本ロックエンジニアリング(株)、吉沢石灰工業(株)

32. 空圧シールド工法の開発実験

(株)奥村組 伊藤俊彦・川野善夫・*畑山栄一

1. まえがき

手掘り式から始まったシールド工法は、より安全、より急速な施工法を求めて機械掘り式が登場し、さらに広範囲な土質条件に適応するための技術開発が進められている。現在、機械掘り式には多種多様な工法があり、その中でも泥水シールド工法が最も多用されている。この工法は切羽の安定性に優れ適用地盤の範囲が広いが、その反面、泥水処理を必要とする。そのため、最近では掘削土砂を地山と同じ状態で取り出せる土圧シールド工法の採用される機会が多くなってきた。しかし、土圧シールド工法は泥水シールド工法より適用地盤の範囲が狭く、透水性の高い砂地盤などでは切羽の安定性が劣り、崩壊をおこす恐れがある。

そこで、泥水処理もなく、土圧シールド工法よりも適用地盤の範囲が広い施工法を確立するため、新しい工法として空圧シールド工法（OPMS工法：Okumura Pneumatic Mechanical Shield）の研究開発を行ってきた。空圧シールド工法は基本的には限定圧気機械掘りシールド工法に属するが、従来の圧気工法に比べて切羽地盤への漏気量を低減し、安全性を高めた点に特長がある。

工法の開発は、まず個々の問題点を解決するために基礎実験を行い、つづいて工法の信頼性と実用性を確認するために実際の施工条件および規模で実験を行った。本報では工法の概要と実験結果の内、切羽漏気量、切羽圧気圧の変動、漏気範囲について述べる。

2. 空圧シールド工法の概要

従来の圧気工法は、透水性の高い地盤では漏気量が多く、酸欠公害や噴発事故の恐れがある。本工法は機械掘りの限定圧気シールド工法であるが、シールド機（OPMS機）に次のような構造と機能を備えることにより、切羽地盤への漏気量を低減し、また、切羽の安定を高め、崩れやすい地盤を安全に掘削することができる（図-1参照）。なお、OPMS機はカッターヘッドの支持方式の違いにより、センターシャフト支持と周囲支持のタイプがある。

- i. カッターヘッドは密閉式を採用し、切羽への漏気面積を減らすとともに、切羽土圧と平衡させて切羽地盤の安定をはかる
- ii. 掘削土砂を取込むスリットにはゲートを設け、スリットの開口面積を調整できるようにする
- iii. スリット部など切羽地盤へ漏気する部分には漏気防止材（ベントナイト液などの目詰め材）を噴霧する装置を設け、漏気防止材の噴霧により漏気部分の通気性を低下させる
- iv. センターシャフト支持方式のOPMS機の場合はカッターヘッド外周にシールを設け、シール部には漏気防止材を注入して、外周部からの漏気量を低減させる

掘削土砂の搬出はスクリーコンベヤと排土タンク車の組合せによる排土システムを用いた。

掘削した土砂は圧気の効果によりOPMS機に乾いた状態で取り生まれ、スクリーコンベヤによ

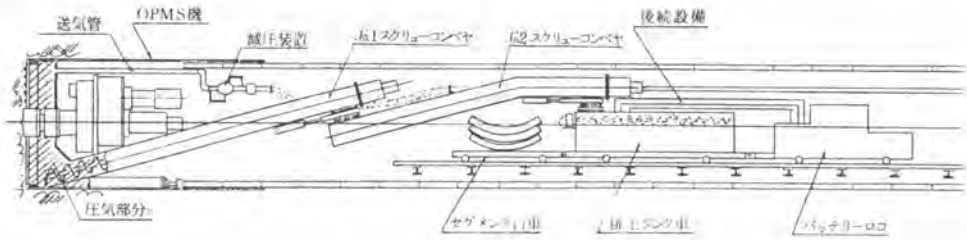


図-1 空圧シールド工法概要

り後方にある排土タンク車に積み込まれる。

スクローコンベヤと排土タンク車の内部は切羽部分と同様に圧気しており、土砂を等圧下で移動し、積み込みを行う。この排土システムにより、これまでトラブルの多いロータリーバルブなど、大気中に取り出すための機器が不用で、切羽部分の圧気保持上の問題を解決した。

掘削が終るとスクローコンベヤと排土タンク車の接続部にあるゲートを閉じて空気を遮断し、排土タンク車を切り離し、タンク車を坑外に運び出して土砂を排出する。

3. 実験

(1) 実験内容

| | | | |
|-------|----------------------------------|--------|--------|
| OPMS機 | 外径 3070 mm × 長さ 4600 mm (図-2 参照) | | |
| セグメント | 外径 2950 mm × 幅 900 mm | 掘進実験延長 | 27 m |
| 掘進線形 | 直線 | 土かぶり | 9.6 m |
| 地下水位 | GL - 4.6 ~ 4.9 m | 土質 | 砂および砂礫 |

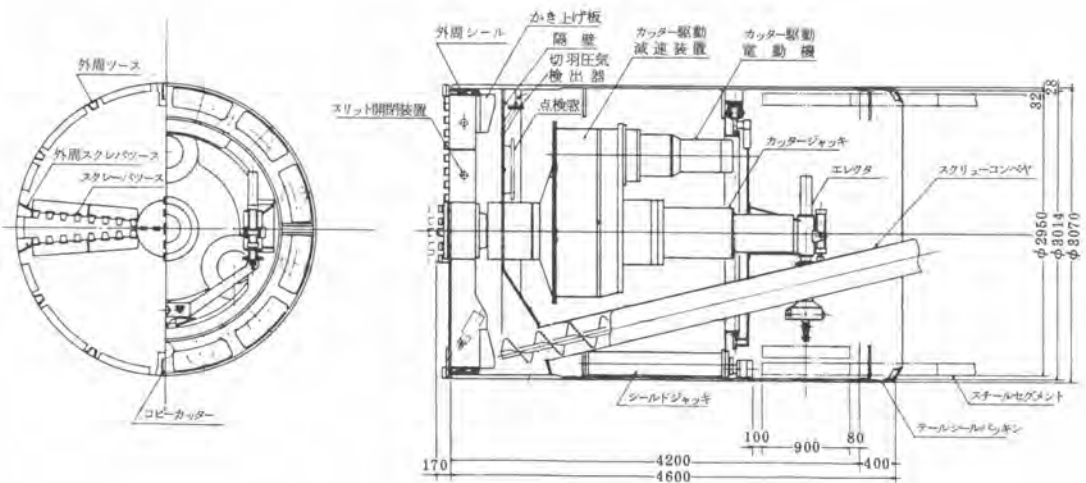


図-2 空圧シールド機

(2) 土質概要

掘削断面は図-3に示すように洪積砂層である。この砂層は細砂，中砂，粗砂が主体であり，局部的に礫の混入が4~16%みられ，均等係数が1.9~6.7，含水比が17~20%，間隙比が0.5~0.6%である。砂層の上部は砂礫層である。この砂礫層はシールド機底部より0.8 m上から6~7 mの層厚をなしている。礫径は30~50 mm，礫分は27~50%，細粒分は14~19%，均等係数は45~131である。地下水位はこの砂層内で自由水面を形成し，その上部は不飽和層である。現場における透水試験および透気試験結果を表-1に示す。

表-1 透水，透気係数

| 土質 | 透気係数 k_a | 透水係数 k_v | k_a/k_v |
|-----|---|---|-----------|
| 砂礫層 | $1.5 \times 10^{-3} \text{cm}^2/\text{s}$ | $1.1 \times 10^{-3} \text{cm}^2/\text{s}$ | 136 |
| 砂層 | $4.5 \times 10^{-3} \text{cm}^2/\text{s}$ | $4.7 \times 10^{-3} \text{cm}^2/\text{s}$ | 95 |

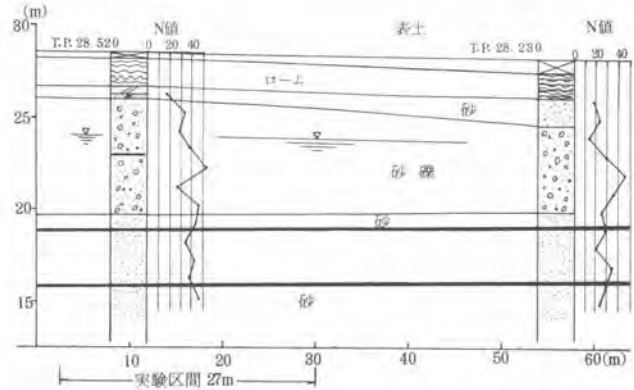


図-3 土質縦断面

(3) 実験結果

a. 漏気量

圧気圧はシールド機底部の地下水圧と同圧の0.75~0.78 kgf/cm²に設定した。この時の切羽への漏気量は0.5~1.4 Nm³/minとなった。

本工法の切羽漏気量の低減効果を確認するにはカッターヘッドが無いオープン圧気工法の場合の切羽への漏気量を知り，比較することが望ましい。ここではカッターヘッドを後退させ，スリットゲートを全開することによって，それに近い状態ができると考えた（開放型テストと呼ぶ）。このテストは途中で中止したため，定常状態の値（乾燥過程終了時の値）を知ることはできなかったが，図-4に示すように開放型テスト前の漏気量が0.9 Nm³/min，カッターヘッド後退後約180分で3.4 Nm³/minの漏気量となった。また，透気試験の結果から求めた開放型の漏気量は4.9 Nm³/minとなった。このことからOPMS機のカッターヘッドは開放型に比べて70~80%の漏気低減効果があることが確認できた。



写真-1 掘進状況

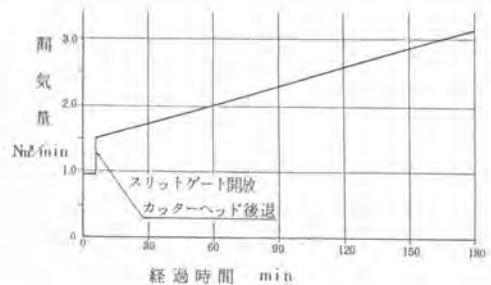


図-4 開放型テストの漏気量

掘削土砂の含水比は、自然含水比 17.5～20% に対して 15.5～17.5% であることから、本工法の圧気は地盤の間隙水を適当に排除した状態を保っており、切羽地盤への漏気量が少ないことの裏付けになると考えられる。

b. 切羽圧気圧

切羽（隔室内）圧気圧の変動は図-5に示すようにほとんどなかった。これは、切羽地盤を緩めることなく安定した状態で掘削できたこと、および、掘削土砂の排土方法として従来のロータリーバルブの代りに排土タンク車とスクリーコンベヤの組合せを採用したことによる。

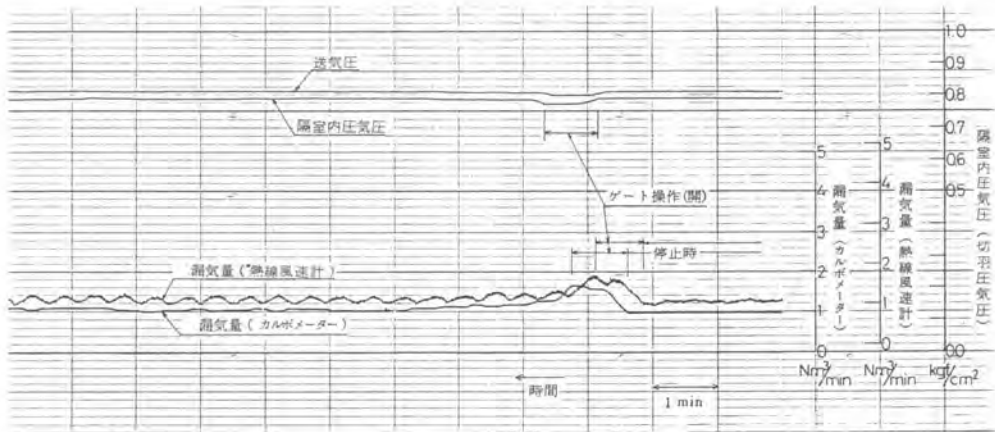


図-5 掘削時の漏気量と圧気圧の状態

c. 漏気範囲

漏気範囲は各観測孔の水位変化の測定結果から推定した。圧気開始直前に測定した水位を基準にして変化量を求め、各々の変化量を切羽からの距離別にまとめた結果を図-6に示す。環境変化（揚水や降雨等）による地下水位の変化が±10 cm程度であることから、±10 cm以上の水位変化がある距離を求め、この距離を切羽からの漏気範囲の距離と考えると、OPMS機のカッターヘッドでは11 m以内、開放型テストでは17 m以内となり、漏気影響範囲は約35%減少したと考えられる。

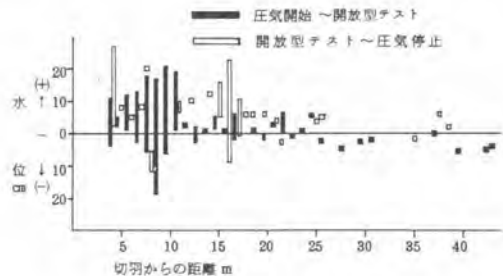


図-6 観測孔の水位変化状況

4. あとがき

今回の実験により、低漏気性や切羽圧気圧の変動の解消などに好結果の資料が得られ、空圧シールド工法の実用性および信頼性が確認できた。今後は施工実績を積み重ねてさらに完全な施工法としたい。

33. 硬岩破碎機パワースプリッタの開発

(株)小松製作所 *武藤教重・中島 実・養安豊彦

1. まえがき.

鉱山および道路建設、宅地造成などの一般土木工事に於いて岩の破碎作業は多く見うけられるところである。これまでは、これらの岩破碎には、発破が広く用いられていたが、近年都市化の進展と共に民家近くでの工事が多くなってきたこと、また原子力発電所建設など、無振動が要求される工事が増加してきたことに伴って無公害で安全性の高い硬岩破碎機のニーズが高まってきた。当社は、かかる市場の動向を



いち早くとらえ、無公害な硬岩破碎機の研究にとり組み、この度パワースプリッタの開発に成功した。今回そのパワースプリッタの性能および製品の特徴について紹介する。

2. 現状の岩破碎方法とその問題点について.

現在用いられている岩破碎方法についてその特徴、を表1にまとめてみた。

| 使用する力の種類 | 使用可能な機材 | 適用される岩の硬さ | 破壊の円滑性 | 安全性 | 低公害性 | 騒音 | 浮石の発生 |
|----------|----------|-----------|--------|-----|------|----|-------|
| 急速に膨脹する力 | 岩盤、爆薬、火薬 | 軟一硬 | 円滑 | △ | △ | ○ | 多 |
| 化学的膨脹する力 | 凝固剤 | 軟一硬 | 円滑 | △ | △ | ○ | 多 |
| 振動力 | 振動錘 | 軟一中 | 円滑 | ○ | ○ | △ | 多 |
| 掘削力 | リッパ | 軟一中 | 円滑 | ○ | ○ | △ | 多 |
| 打撃力 | 元カハン等 | 軟一中 | 円滑 | ○ | ○ | △ | 多 |

①発破すなわち爆薬による急速に膨脹する力を利用する方法は、その威力の大きさから岩の種類を問わぬ最も確実な破碎手段であり、作業量も大きく古くから広く利用されてきた

(表1) 主な岩破碎方法の分類

しかし前にも述べたように、近年発破の出す、振動、騒音、飛石などの高い公害性が問題となり、作業環境によっては使えなくなってきた。

②化学的膨脹材が、凝固する時の低速な膨脹力を利用する方法は、確実に安全で無公害な岩破碎手段となりうるが膨脹材が高価であること、気温の影響を受けて凝固に1~2日の時間を要すること、更に破碎力も今一つ不足で硬い岩盤などでは使えないといった問題があり、広く普及するに至っていない。

③掘削力を利用したリッパ工法および、打撃力を利用した大型ブレード工法

リッパ工法は、その作業量の大きさ即ち経済性の高さから、かなり普及しているものの岩が硬くなると掘削力が急激に低下し、硬岩での施工が不能となりうること、また狭い所では経済的に使用しにくいという欠点があるため普及も限られたものとなっている。

打撃力を使うブレードに於いても、これは狭い所で使いやすい点がかわれ、重宝に使われてはいるが、これも十分な破碎能力を得るには、超大型のブレードを必要とするため、振動、騒音上

の問題が生じてきている。

3. パワースプリッタ施工とその施工能力について

以上述べた種々の方法を考えてみると安全で無公害な、しかも発破にとってかわる経済性の高い岩破砕方法は見当たらないのが現状である。従って当面岩を予め弛める予備破砕の助けを借りリップパもしくは、ブレーカにて二次破砕するのが最も有効な硬岩破砕方法といえる。

ところで岩を破砕する手段として膨脹力を使う手段が有効であることは、前にも述べたところであるが、これは膨脹力が岩盤中に引張応力を広範囲に生じさせることができ岩の引張り強度が圧縮やせん断強度より、はるかに低いという性質をうまく利用しているためである。

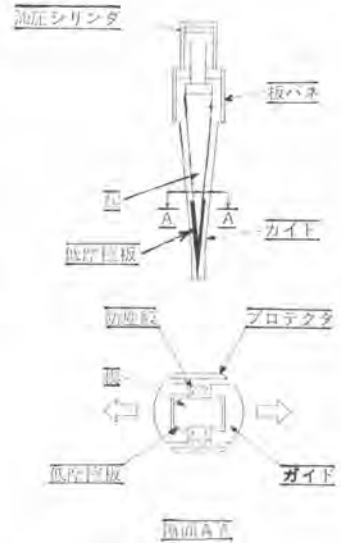
しかも膨脹速度が高くなると安全性無公害性を損ねてしまうので膨脹速度の遅い手段が必要である。この様な考え方からパワースプリッタは、その破砕手段としてドリルであつた穴を油圧クサビで拡張することにより岩にゆるやかな引張り破断を起させようとするものである。

図1にヨリパワースプリッタクサビ装置の構造概要を示す。

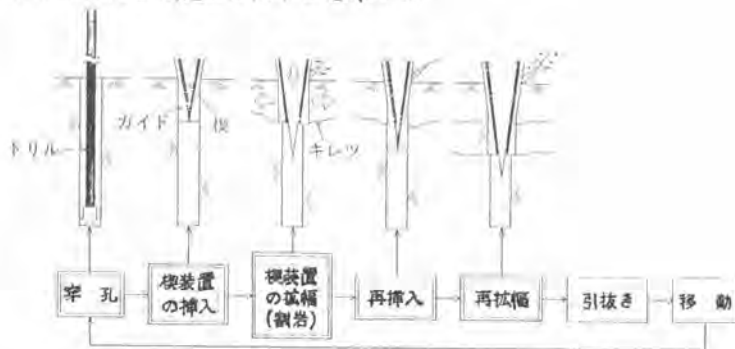
また、図2は、パワースプリッタによる施工システムを示したものである。

次に

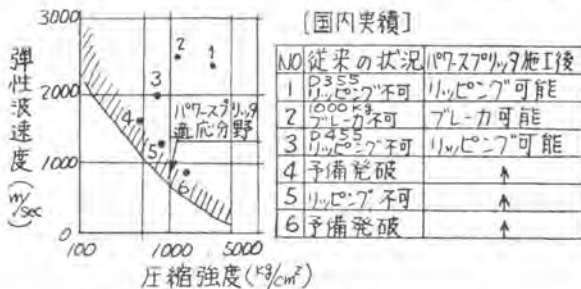
パワースプリッタの
施工能力について
図3、図4に示す。



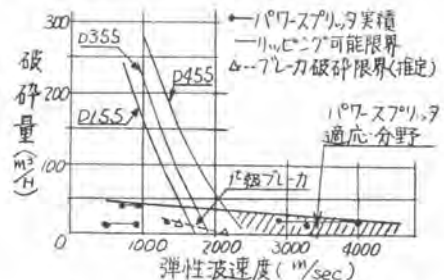
(図1) 楔装置の構造概要



(図2) パワースプリッタ施工サイクル



(図3) パワースプリッタ岩破砕性能



(図4) リッパ・ブレーカとの破砕量比較

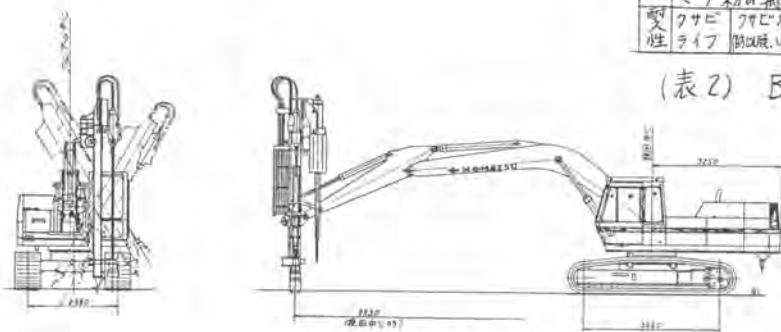
図3は、岩種に応じ圧縮強度、弾性波速度で表現) パワースプリッタ施工が、可能な対象領域を示したものであり、図4は、弾性波速度を横軸に、リッパ、ブレーカとの作業量比較を示したものである。これより、パワースプリッタは、リッパ、ブレーカに比べ、硬岩に於ける有効な岩破砕法といえる。

4. 小松パワースプリッタBP500の構造と特徴

本体は、0.9㎡クラスのパワーショベルと同一であり、そのアーム先端に油圧ドリフタと油圧クサビ装置をマウントしたガイドセル装置が、また後部にはコンプレッサ、ダストコレクタ等の切粉排出装置がユニットとして装着されている。表2に小松パワースプリッタBP500の主な仕様を、また図5にその全体図を示す。

| 品名 | 項目 | 単位 | パワースプリッタ |
|------|--------------|-------|------------|
| 車格 | 運転整備重量 | ton | 29.5 |
| | エンジン出力 | PS | 140 |
| 作業性能 | クサビ | TON | 415 |
| | クサビ/ドリフタ挿入深さ | mm | 925-10,500 |
| | 作業最大作業深さ | mm | 6,980 |
| | 作業最大水平作業幅 | mm | 4,050 |
| | 作業最大垂直作業高さ | mm | 7,050 |
| 走行性能 | 必要人員 | 人 | 1 |
| | 走行速度 | km/h | 3.2 |
| | 最大登坂能力 | 度 | 30 |
| 環境性 | 全旋回 | - | 可 |
| | 同田振動(4.5m) | dB | 54 |
| 変性 | 同田騒音(30m) | dB(A) | 82 |
| | クサビ | クサビ | 2,000 |
| 変性 | クサビ | クサビ | 1,500 |
| | クサビ | クサビ | (500) |

(表2) BP500の仕様

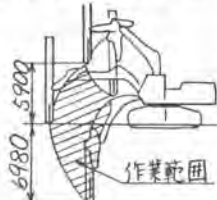


(図5) BP500全体図

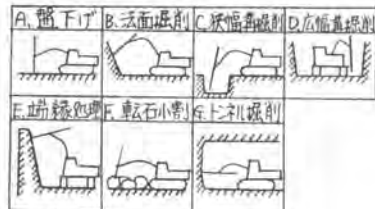
【特徴】

(1) パワーショベルのブーム、アーム、リンク機構を採用しているため、作業範囲が広く、またあらゆる工事への適応性が高い。(図6、図7)

あらゆる工事への適応性が高い。(図6、図7)



(図6) BP500 作業範囲



(図7) パワースプリッタの適応工事例

(2) アームとガイドセル装置をオフセットさせることにより、水平打も可能である。

これによりトンネル掘削も可能である(図8)

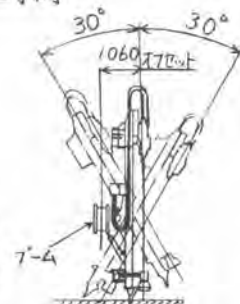


(図8) BP500 水平作業範囲

(3) ガイドセルが左右30度スイング可能、構造である。(図9)

これによりi)単体の傾斜補正が可能である、

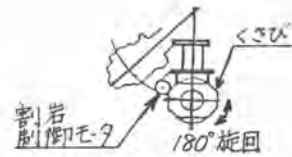
ii) 横向斜打施工も可能である。



(図9) ガイドセルスイング

(4) 割岩方向制御装置付である。

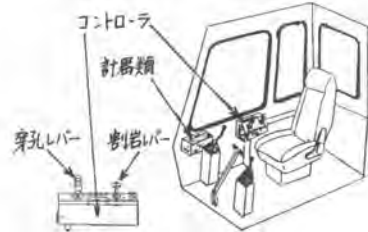
キャビン内より岩の目に沿った方向にフサビ装置を旋回させ、割岩方向を自由に制御できる。(図10)



(図10) 割岩方向制御装置

(5) 運転操作が容易である。

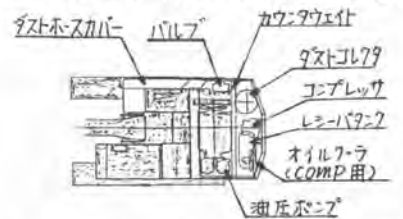
位置合せから穿孔、割岩まで全作業キャビン内よりコントロール可能であり、しかも穿孔割岩操作がモノレバー化されており、初心者でも容易に操作を覚えられる。(図11)



(図11) キャビン内レバー配置

(6) コンプレッサ搭載車である。

くり粉排気用のエアプロコンプレッサを搭載しているため、あらゆる現場で稼働性に優れている。(図12)



(図12) コンプレッサレイアウト図

(7) パワーショベルのブーム、アームリンク機構を採用しているため、ガイドセルを組替えることにより、バックホーから、ブレーカ、ドリル(本掘り)に至るまで広い用途に使える。(図13)

作業機を組替えることにより、下記の作業が可能となる。
(アタッチメントとして準備)



(図13) BP500の汎用性

小松パワーサプライBP500の構造上の特徴を示したが、これ以外にも実績のある油圧システムおよび足廻りなど数多くの小松の技術が盛り込まれている。

5. あとがき。

以上パワーサプライを開発するにあたり、その考え方や機械の特徴、能力を中心に紹介してきたが、パワーサプライが安全で無公害な、しかもあらゆる種類の硬岩に適用できる、硬岩破砕手段の一つであることが御理解いただけるものと思う。

しかし、その能力を十分に発揮してゆくには、岩の種類別に、その施工法を確立してゆくなど多くの課題が残されている。今後はパワーサプライを使われるユーザー様と一体となって更に効率のよい機械に作りあげてゆくべきものと考えている次第である。

34. トンネル内の集じん処理施工

(自動逆洗装置付三井ターボフィルタ)

㈱三井三池製作所 西村 睦郎

1. まえがき

トンネル工事の掘進現場における、切削、発破、ズリ出し時には多量の粉じんを発生させている。一方、最近のトンネル工事におけるNATM工法の隆盛に伴いコンクリート吹付や様々の機械掘削の普及により粉じん障害による作業環境の悪化は著しく、「じん肺」や「けい肺」等作業者の健康に重大な影響を与えている。その意味でも、作業環境の整備は坑内作業者の健康保持にとって重要な問題であり、それと共に粉じんによる作業性の悪化という面では作業者のみならず企業者にとっても重要な問題と考える。

従来、これ等粉じん対策として、一般的には換気によって粉じん濃度を許容値以下に抑えることか、あるいは湿式集じん機やフィルタ式の集じん機を設置し、更に換気を徹底する方法がとられてきた。しかしながらこれ等の方法では換気のみで対処するには多量の空気を必要とし、また集じん機については性能面で特に「じん肺」の原因になるといわれている $7\mu m$ 以下の吸入性粉じんの除去に問題があったり、あるいはメンテナンスを頻繁に行わなければ初期の性能を維持できない等、坑内作業現場への適応性に欠けるといわざるを得ない状態であり、小型で高性能、かつメンテナンスフリーの集じん機を要望する声が高まってきた。

その様な背景のもとに弊社においては、西独ターボフィルタ社と技術提携を行い本格的な乾式集じん装置を国産化し粉じん障害に対し十分な成果をうることができたのでその概要を以下紹介する。

2. 粉じんの許容濃度

人間の目にみえる微粒子の大きさはおよそ $10\mu m$ 以上であるが、呼吸時鼻腔のせん毛運動等で $5\mu m$ までは排除でき、かつ $1\mu m$ 以下の極微粒子は呼吸と共に体外に排出され体内に蓄積されることはない。したがって $1\sim 7\mu m$ の粉じんが人体で処理できず「じん肺」の主原因になるといわれている。

しかし、日本産業衛生学会の粉じんの許容濃度に関する報告によれば、じん肺の病理学的研究から、かなり大きな粒子も肺内の病変部にみられると報告されている。このことから「じん肺」の進展状況と、ばく露濃度の関連性をあらゆる資料をもとに検討を行った上で粉じんばく露を25年間とした時の許容濃度を吸入性粉じんと総粉じんに分けて規制されている。

参考までに第2種粉じん（石灰石、セメント他）の許容濃度は、吸入性粉じん $1m\varphi/m^3$ 、総粉じん $4m\varphi/m^3$ である。

3. 構造と機能

集じん装置の定義は、ガス流、または大気を含む固体粒子を気体から捕集して、これを分離する装

置のことを集じん装置または除じん装置というが、JISでは集じん装置という言葉で統一されている。この集じん装置を稼動して含じん空気を吸込み、装置内に流入させ、さらに清浄空気として排出するための装置。すなわちファン、ダクトなど付属機器を含めて集じん装置と呼ばれることもあるが普通に集じん装置といえば、これらの付属機器は除外している。

集じん装置を集じん作用によって分類すると、およそ次のようになる。

- | | |
|--------------------------|-----------------------|
| (1) 重力集じん装置 (重力沈降室式) | (5) 洗浄集じん装置 (スクラバ) |
| (2) 慣性力集じん装置 (邪魔板式、屈曲管式) | (6) ろ過集じん装置 (バッグフィルタ) |
| (3) 遠心力集じん装置 (サイクロン) | (7) 電気集じん装置 |
| (4) 音波集じん装置 | |

三井ターボフィルタは、ろ過集じん機である(写真①)。含じん空気は清浄空気の吐出側に接続さ



写真 ①

れたファンによりろ過室内へと吸引され、多数の円筒形フィルタの外側から中を通り抜けるときに粒子をフィルタの外側に分離付着させて清浄な空気となり、外部へ放出される。

しかもフィルタの外側に付着した粒子は、自動的かつ連続的に圧縮空気の衝撃により払い落される。

尚、払い落されたダストは、チェーンコンベヤ等で自動的に回収しロータリバルブから排出される。

本機は、ろ過装置部・逆洗装置部・ダスト回収装置部より構成されている。

3.1 ろ過装置部について

円筒形のフィルタは、耐燃性で、静電気をもたない特殊フェルトで作られており、またフィルタの取扱いを容易にするため数箇の円筒形フィルタを一つの枠に取付けたフィルタカートリッジとしている。フィルタカートリッジを収納するろ過室は、狭いスペース内での内部点検作業を考慮して両側にそれぞれ扉をもうけている。この扉はクサビで取付けられており簡単に取外しができる(写真②)。

3.2 逆洗装置部について

圧縮空気による払い落としシステムは、エアタンク・払い落としサイクル制御装置・ダイヤフラムバルブ・エア噴射パイプから成っている。

圧縮空気は、空気流路と逆向きに円筒形フィルタ内に噴射させてフィルタ全面に微動を与え、定時間ごとに順序よく自動的かつ連続的に払い落すものである。

圧縮空気源は、坑内で使用されているものから分岐してホースで簡単に引込むことができるが、その設備がない場合は、集じん機へ専用コンプレッサをつけることも可能である。

3.3 ダスト回収装置部について

本装置は、かき板を組込んだチェーンコンベヤ・ダストを排出口の方へ送るスクリーコンベヤ・自

動的に外部へ排出するロータリバルブから成っている（写真③）。



写真 ②



写真 ③

4. メンテナンス

坑内作業現場で使用されているフィルタ式集じん機の運転保守について特に作業者の手をわずらわすのは、フィルタの交換とダストの排出を頻繁に実施しなければならないことである。この作業が煩雑なため十分な保守をせずろ布に目詰りを起し吸引風量を減少させたままで形式的に運転しているケースも見受けられる。

これは、作業環境および作業能率にも影響し作業者にとっては由々しき問題であり、メンテナンスフリーの集じん機が熟望されるゆえんである。

三井ターボフィルタは、メンテナンスに対しても使用者の要望を十分配慮した集じん機である。

4.1 フィルタの交換について

小さい直径のろ布円筒内側に螺旋の保護材を入れており、またろ布の固定についても強固に緊張させすぎてもろ布を傷めない配慮もしている。なおかつろ布の清掃（払落し）も自動的に出来ることから、ろ布自体の寿命も従来のものにくらべ相当延びて長期間の使用が可能となっている。

フィルタの交換についても、ろ過室の両扉を外し更にフィルタカートリッジを固定している両端のボルトを外すことにより左右どちら側からでもカートリッジごとに交換ができる。

尚、フィルタの交換時期は、ろ過室の外側にもうけてあるマノメータに示される差圧により判断する。またろ布が損傷していないかなどを点検する場合は、屋根の点検ふたを外して清浄空気路底部の粉じんの付着状態を見る。異常に付着している箇所があればその箇所のフィルタカートリッジのみ取出して調査すればよい。

4.2 ダストの排出について

逆洗装置により払い落されたダストは、チェーンコンベヤ、スクリーンコンベヤで送られ自動的にロータリバルブから排出されるため人手を必要としない。

したがって、半年に1回程度（定修時に）は、コンベヤの両側へこぼれ落ちたダストを除去するだけで保守は十分である。

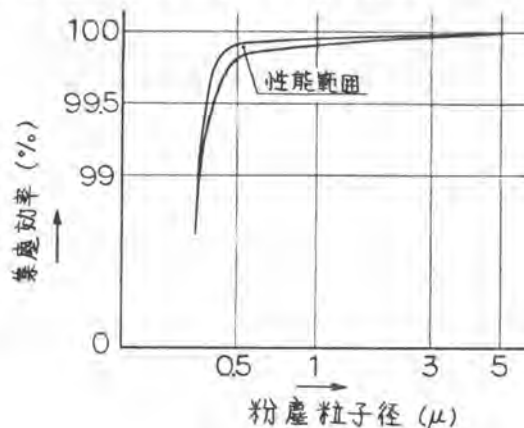
5. 性能および実施例

集じん装置の能力を評価したり、集じん効果を判定する時は、集じん率が最も問題となる。これは、その装置に単位時間に流入する固体粒子量に対する装置が捕集した粒子量、または装置から排出された粒子量の百分率である。ところが実際には粒子量のかわりに流入ガスの固体粒子濃度と排出ガス粒子濃度を測定して集じん率を求めている。

集じん率が高ければそれだけ排出ガスは清浄化したことになるが、現実には100%になる集じん機はない。集じん装置の能力を評価するものに部分集じん率というものもあるが、これは対象粒子群の各粒度範囲について、それぞれどの程度の捕集性があったかを表わすものである。

三井ターボフィルタにおいては、全集じん率（平均集じん率）は99.99%（吸込口でのダスト濃度 200.0 mg/m^3 が吐出口で 0.2 mg/m^3 ）と高効率を示し、部分集じん率についても特に人体に害をおよぼす $1\sim 7\text{ }\mu\text{m}$ の粉じんについては、99.85%以上という捕集効果を得ている。

右のグラフは、JIS8種ダストによりテストした粒度分布ごとの集じん率を示す。



集じん機はいかに性能がよくても単体のみではその成果はあがらない。含じんガスをいかにして本体まで確実に誘導し吸引させることができるかで集じん装置としての効果が評価される。

三井ターボフィルタの使用例として、発じん源近くまでダクトを延ばし粉じんが拡散する前に集じんする方法、また排気（清浄空気）でエアカーテンをして粉じんを後方に逃さないようにした方法などがある。

集じん機の設置には、定置（固定）と可搬（移動）がある。坑内作業現場では自由に移動させることが多く一般的には、トラックに載せる、そりに載せてけん引する、台車に載せてレール上を移動させる等の方法が多く採用されている。

6. おわりに

坑内作業環境においても、最近ますます粉じん障害に対する防止規制および実施についてきびしい指導がなされる傾向にあり、今後ますます作業環境の清浄化を図るべく集じん効果の改善に努力していきたい。

35. 省エネ化した連続式機械 管渠埋設システム

榊 高組 岡 崎 登

1. 省エネ化した新しい連続式管渠埋設技術

1980年代は、「管渠埋設の時代」といわれている。高性能の新型工法の発表、新しい分野への開拓、実用化に関する問題提起が目まぐるしく展開されている中で、都市土木工事を大きく変貌させた一つの工法として、省エネ化した連続式管渠埋設技術がある。

従来までの推進工法に対する考え方は、後方部分に反力をとって先端遮蔽物を管渠に伝達しながら推進するものに対して、New Z工法(ON-I型)は各個に推進できる鋼矢板によってシー



巨大ボックス・カルバートの埋設状況

ルドを形成し、推進のための反力は周辺土圧、および機械本体内部によって掘進するもので、他の推進工法に比較して設備、および工法が簡単で経済的な場合が多い。

2. 省エネ化した New Z (ON-II型) 工法とは

—無動力化した大型推進機構の開発理念—

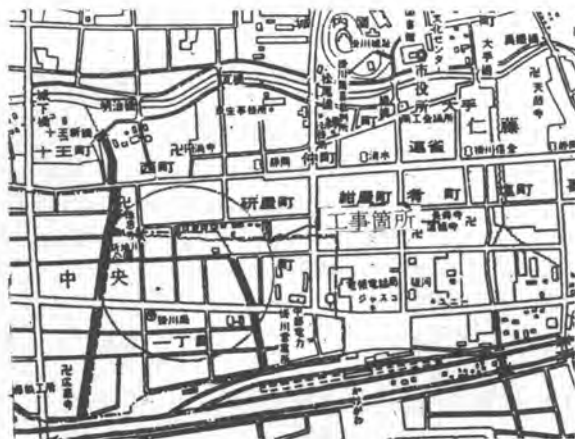
今回の開発目的は、大型ボックスカルバート(幅4.0m×2.1m物)を埋設することである。このため推進機の自推能力に対して周辺摩擦力がどの程度作用するかによって推力機構は大きく変わる。一方、この推進機の製作コストを如何に軽減させるかを第一義に考え、これまでのNew Z (ON-II型)浜松市で実施したものを、実績を分析し、これまでに採用されていた開削技術で、仕様の不備に着目し、独創的な改良開発を試みた。この点すでに、



New Z (ON-II型) 工法、模型を用いて

紹介しているこれらの応用技術であるが、その主なる特徴は、

- ① 大型ボックスカルバート4m×2.1m物が十分埋設できる。
- ② 切羽部分の面積が大きいため、推進機自体で切羽を支えるよう工夫されている。
- ③ 周辺地山の状況に応じて、滑性剤が射出し、本機



掛川市中心部と工事箇所

の自推をスムーズにしている。

④ 方向制御のため、特殊なシリンダーが着脱可能である。(曲線部90°に対応可能)を主眼におき改良開発に専念した。

3. 巨大ボックスカルバート埋設に挑戦

この工事は、掛川市下水道事業、置田川下水道築造工事の一環で、治水対策が主目的である。この工事場所は掛川市駅前通り商店街に面した住居地域である。埋設路線側には、聖マリア保育園、村上医院、プロパンガス販売所があり、国鉄掛川駅に近く通勤往来者が多く、埋設予定路面幅員も5.5mと極めて狭少な幅員である。

この附近一帯の地質は、砂質粘性土層で、N値にして0～2、地下水位は、路路面下-0.5～0.26mと高く、施工条件としては厳しい現況下に対応せざるを得なかった。



現場見取図

更に、終点工区105m間は水路ぎわに直接平行し、この間の推進にあたっての掘削から、埋設時間、排土と神経をすりへらしながら、漸次対応しながらも日進6mの進捗を示していることは、今回の施工が一つの成果である。

工事概要と使用数量

工事名 昭和57年度都市下水道事業置田川下水道築造工事

発注者 掛川市役所

請負金額 115,800,000

工期 自昭和57年10月29日～至昭和58年3月8日

施工場所 掛川市中央町地内

工事の目的 掛川市置田川の治水対策として、3,000×1,650、2,800×1,650のボックスカルバートを埋設する。

工事内容 New Z (ON-II型) 工法

機械連続式管渠埋設工法

3000×1650×1000 Boxカルバート178m

2800×1650×1000 " 110m

延長 延長ℓ=288m

発進立坑 1ヶ所

中間立坑 1ヶ所

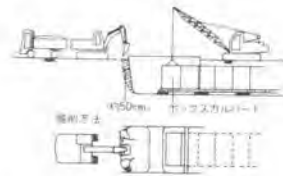
到達立坑 1ヶ所

職員構成 所長 立松 淳

工事 小田 規夫

埋設担当 飯山 孝治 (山本組)

① 掘削と埋設作業の概要



② ブレード移動および埋戻し



オープンブレード工事 使用機材一覧表

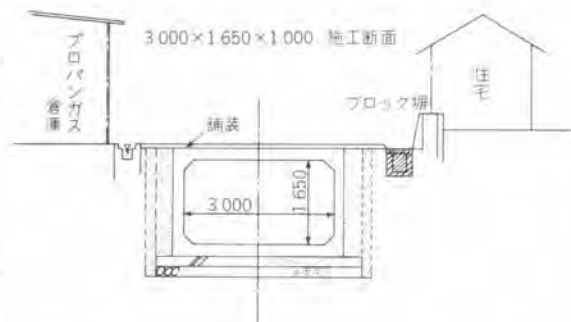
| 機 械 名 | メーカー名 | 型 式 | 性能 | 台数 |
|-----------|---------|----------|----------|-----|
| 発電機 | 小 松 | EG55S-1 | 45/55kVA | 1 |
| クローラークレーン | 日 立 | U106AL-2 | 25t | 1 |
| バックホウ | 三 菱 | MS120-2 | 0.45m³ | 1 |
| ホイローダー | 三 菱 | WS-400 | 0.6m³ | 1 |
| リフト | T C M | FVD-70 | 7t | 1 |
| 大型ダンプ | — | — | 11t | 1~2 |
| 小型ダンプ | — | — | 2t | 1~2 |
| ランマー | Robin | EC10B | 80kg | 1~2 |
| 水中ポンプ | TSURUMI | LB-400 | 2'100V | 1~3 |
| 投光器 | — | — | 500W | 5 |
| スズラン灯 | — | — | — | — |

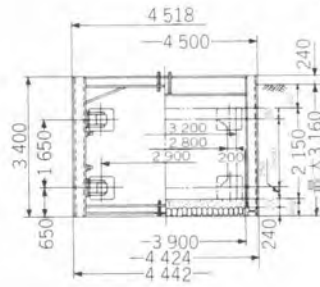
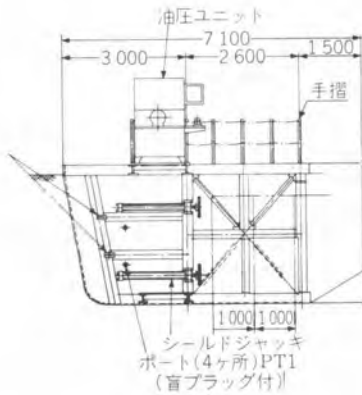
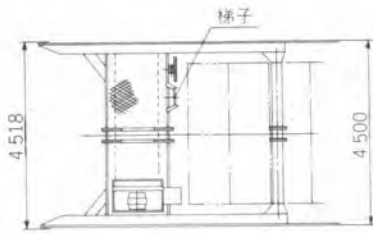
主要資材表

| | | |
|-----------|-------------------|---------|
| ボックスカルバート | [内径] | 178本 |
| | 3,000×1,650×1,000 | 12本 |
| | 2,800×1,650 カーブ用 | 94本 |
| | 2,800×1,50×1,000 | |
| 基礎築石 | | 210m³ |
| 基礎コンクリート | 164B | 210m³ |
| 埋戻材 | 山砂利 | 1,000m³ |

主要工種数量表

| | | | |
|-----------|---------|---------|---------|
| 掘削工 | 3,380m³ | ボックス布施工 | 277 |
| 残土処分 | 3,380m³ | 舗装工 | 1,392m² |
| 埋戻し工 | 1,000m³ | 発進立坑 | 1ヶ所 |
| 基礎築石工 | 210m³ | 中間立坑 | 1ヶ所 |
| 基礎コンクリート工 | 210m³ | 到達立坑 | 1ヶ所 |

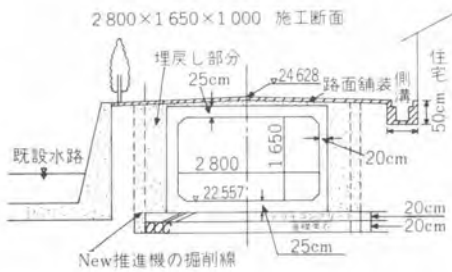




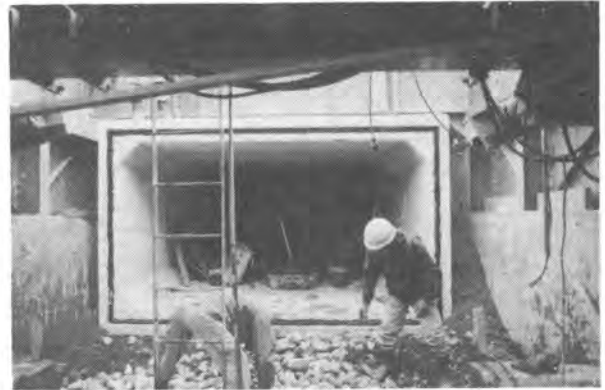
↑ボックス・カルバートの目地作業

設計仕様

- 機械全高：3400 mm
- 機械全長：7100 mm
- 機械最大幅：(上部) 4518 mm
(下部) 4442 mm
- 油圧装置：シールドジャッキ
20 t × 1500 ST × 4 本
：ユニット
AC 220V × 60 Hz
× 7.5 kW × 4 P × 1 台



ドライコンクリート
(160-0-40N)
配合 セメント量160kg
砂 1041kg
砕 石1049kg



↑床付けに際し、栗石の敷均し状況

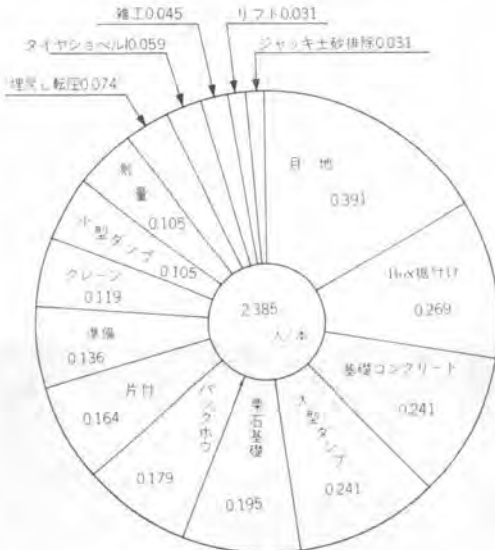


↑ボックス・カルバートを定位置に吊り降した状況



埋設後の埋戻し作業

巨大ボックスカルバート(4.0m×2.0m×1.0m)据付け
1本当りの歩掛り



ただし、1日の据付本数を50本とする。

New Z (N-II型)工法
4.0m巨大ボックスカルバートの埋設サイクルタイム



4. 施工上のノウハウ

この工事を直接担当した立松 淳所長と小田規夫社員(名古屋支店土木部)に工事中での問題点及び施工での「ノウハウ」などについて述べてもらうこととした。

この工事を完了してみて、大きくは3つに要約できるかと思われる。その第一点は、巨大ボックスカルバート(4.0m×2.1m)と機械式埋設(New Z 工法)では日本でも初めてのケースであるということ。第二点は、道路幅員が5.5mと狭少なうえに、沿道にはプロパンガス貯蔵庫、保育園、病院と幅狭した環境条件のもとで作業を無事完了したということ。第三点としては、地山の変化が著しく、不均一な地耐力(ボックスカルバートの支持力)で据付に苦労したという。この三点が、従来施工(New Z 工法)を体験したものよりも大きく異なっていたことを強調している。

次に、施工実施中の問題点としては、現場環境が厳しいうえに絶対に住民に迷惑をかけないようにと神経を使ったうえに、地山が不均一な土質であった。例えば、初期発進の時点ではN値0~3という軟弱な粘土層かと思うと6~7m進むとN値4~5と変化し、従って、ボックスカルバートの位置決めがむづかくなるのである。この点がすなわち「ノウハウ」に属するもので、施工者が培われた知人ぞ知るであろう。彼らにこの辺をズバリお答え願ったところ、この施工現場はカルバート据付後2~3時間後には30t以上もあるクローラークレーンが埋設物に載るとい、このために若干の沈下を予測しあらかじめ布設高さを基準面より5mm~20mmを地山と布設時間等を考慮に入れてセットするのがコツだ……と答える。

このあたり、理解に苦しむ点もあるが、これだけは体験者のみが見る数値で、基礎の転圧、盛土の圧縮その他種々の条件が加味されるからである。一応この問題一つをとらえても、彼らなりに過去に実施した、浜松、島田とNew Z 工法で体験した数値をQC手法で分析し、彼等なりに施工時間と圧密の関係を研究している。どうも結果的には常日頃培われた経験値を思い浮かべながら、2~3回繰返し実施し、この差を疑で感じとる以外にないと思う。なお、今後施工済の個所での周辺地盤の影響範囲等についても十分調査研究を繰返し実施しながら一歩づつ前進するものと期待している。

なお、今回工事の実施にあたり、本工法の採用と施工に対し、種々の御指導をいただいた掛川市土木部関係者ならびに、施工にあたった名古屋支店土木部、現地の立松淳所長、技術担当者、多くの社員諸氏に感謝の意を表します。

36. 路上再生工法用ヒーター車の 試作、改良、開発に関する報告

福田道路(株) 平 方 治

1. まえがき

近年 路上再生工法が脚光を浴びている状況下で、当社においても数年前から研究に着手してきた。アスファルト混合物は 200°C を越えるとアスファルトの劣化が激しくなること、混合物の転圧温度が 90°C 以上必要であることを考慮して基礎実験を鋭意積み重ねた結果、小型ヒーター車の組合せによって、舗装体の表面温度と 200°C 以内に抑え舗装体表面下 4cm の混合物の温度を 90°C 程度にするノブの加熱システムを実証した。その加熱システムを基本として施工し易いコンパクト化した施工機械の組合せということを主目的として試作、改良を重ねた。尚、リパーバについては総重量 8ト 、全長 5.5m 、舗設幅 $2.3\text{m}\sim 3.8\text{m}$ という軽量小型化がなされた。

ここでは、それらの過程で重要となった舗装体への加熱方法を中心として、当社が採用した加熱システムの紹介とその加熱システムを用いたリパーブ工法の実施例を紹介するものである。

2. 連続加熱と断続加熱について

室内実験の結果図-1に示すように連続加熱した場合約2分で表面が燃え始めた。しかし、5分経過しても舗装体表面下 $2\text{cm}\sim 4\text{cm}$ は、それ程の温度上昇が望めないことがわかる。また、図-2に示すようにアスファルトが劣化したアスファルト混合物を締固めた場合同じ締固め度を得るためには針入度の低下した方が、より高い締固め温度が必要となる。また同じ温度では締固め度が低下する。

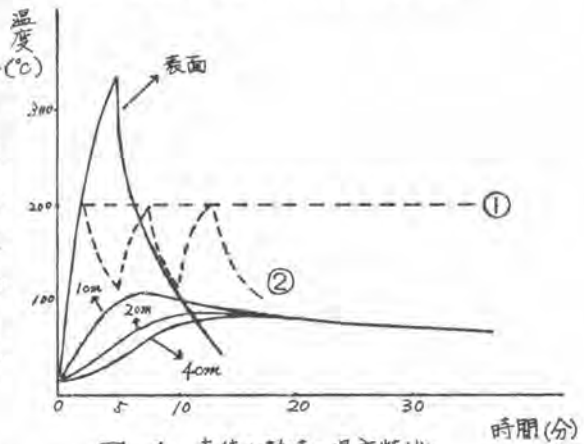


図-1 連続加熱時の温度特性

以上の2点を考慮して極端な劣化が生じ始める 200°C を図-1に示すように破線①のように一定保持する方法と破線②のように何回か断続的に加熱する2通りの方法が考えられる。

今回は、後者②の方法を検討した。

3. 加熱システムの検討

②の断続加熱システムを検討するために次述べる実験を行った。

実験方法

図-3に示すように、舗装体の内部温度を測定するために温度センサーを予め舗装体に埋設しておいた。

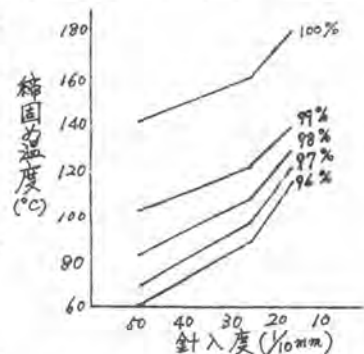


図-2 細粒度ビットアスコン(BF)の締固め特性

次に、LPG赤外線ヒーターのヒーター部を着火して定常状態とした。

図-4. 写真-2に示すように路面ヒーター車も速度V%、ヒーターの発熱体と舗装体表面の距離をXcm、LPGの供給圧をP%、 cm^2 として温度センサーが埋設されている舗装体のU点に加熱する。

その際、ヒーター車がU点を通過する直前と直後に赤外線温度計で表面温度を測定し、ブルースモークの発生の有無を観察した。

また、6点打点式自記温度記録計により経過時間と舗装体表面下1cm、2cm、4cmの温度の経時変化を測定した。今回は予備実験結果からXを10cmとしPを1.5%とした。

実験結果をまとめると表-1のとおりである。

断続加熱時間の時間の総和(t)と各測定位置での上昇温度(ΔT)との関係は、図-5に示したように0から

6点打点式自記温度記録計

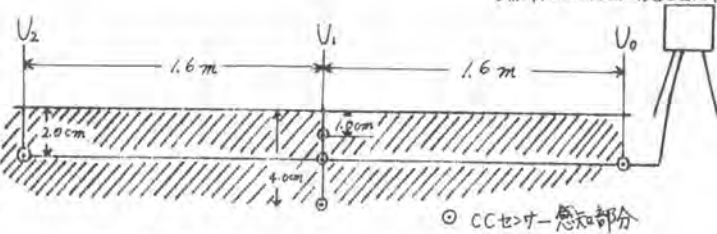


図-3 舗装体のCCセンサー埋設横断面

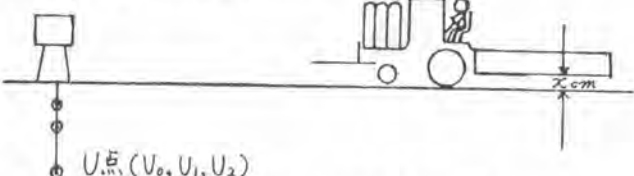


図-4 舗装体温度特性測定



写真-1 実験風景

表-1 実験結果一覧表

| NO | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|----|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 条 | X cm | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 |
| | P % | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.25 | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
| | V % | 16.5 | 11.0 | 8.3 | 5.6 | 4.7 | 3.2 | 2.7 | 4.4 | 1.8 | 2.6 | 2.2 | 1.6 | 1.94 | 1.45 | 1.3 | 1.20 | 0.94 |
| | t min | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.6 | 0.7 | 1.0 | 1.1 | 1.6 | 1.8 | 2.7 | 3.2 | 3.5 | 4.7 | 4.8 | 5.6 | 5.8 | 6.5 |
| 件 | T °C | 39.0 | 47.0 | 49.0 | 54.0 | 38.0 | 48.0 | 52.0 | 32.0 | 63.0 | 37.0 | 39.0 | 31.0 | 19.0 | 50.0 | 31.0 | 35.0 | 42.0 |
| | K °C | 22.0 | 22.0 | 22.0 | 22.0 | 22.0 | 24.0 | 24.0 | 28.0 | 24.0 | 24.0 | 27.0 | 20.0 | 16.0 | 27.0 | 18.0 | 28.0 | 25.0 |
| 結 | 表面温度 | — | — | — | — | — | — | — | 195.0 | — | 185.0 | 190.0 | 200.0 | 196.0 | 190.0 | 149.0 | 205.0 | 225.0 |
| | 白色煙発生 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 有 | 無 | 無 | 有 | 有 | 有 | 無 | 有 | 有 |
| | ブルースモーク | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 有 |
| | ΔT °C (1cm) | 9.0 | 10.0 | 14.0 | 18.0 | 24.0 | 34.0 | 27.0 | 40.0 | 52.0 | 46.0 | 62.0 | 80.0 | 65.0 | 76.0 | 72.0 | 97.0 | 94.0 |
| | ΔT °C (2cm) | 6.0 | 5.0 | 8.0 | 10.0 | 14.0 | 25.0 | 27.0 | 22.0 | 40.0 | 23.0 | 39.0 | 52.0 | 51.0 | 52.0 | 58.0 | 63.0 | 53.0 |
| | ΔT °C (4cm) | 1.0 | 6.0 | 3.0 | 5.0 | 7.0 | 9.0 | 10.0 | 10.0 | 13.0 | 11.0 | 18.0 | 35.0 | 29.0 | 34.0 | -4.0 | 46.0 | 39.0 |
| | ΔT °C (1cm/F) | 1.4 | 2.8 | 2.8 | 3.2 | 3.0 | 4.7 | 4.4 | 5.2 | 5.9 | 5.8 | 8.7 | 5.2 | 9.6 | 15.4 | 31.4 | 17.6 | 13.0 |
| 界 | ΔT °C (2cm/F) | 1.4 | 2.8 | 2.8 | 3.2 | 4.4 | 4.6 | 5.2 | 6.2 | 8.0 | 10.4 | 10.4 | 14.4 | 16.8 | 32.0 | 19.4 | 20.8 | |
| | ΔT °C (4cm/F) | 1.4 | 7.2 | 6.8 | 7.2 | 8.0 | 9.0 | 8.0 | 7.2 | 10.0 | 11.2 | 10.4 | 14.2 | 18.8 | 21.2 | 34.4 | 23.2 | 24.6 |
| | $\Delta \Delta T$ °C | — | — | — | — | 5.8 | 5.0 | 5.2 | 7.4 | 5.4 | 5.0 | 6.4 | 4.8 | 5.8 | 6.6 | 4.6 | 7.2 | 5.6 |

X……発熱体と舗装体表面距離

P……LPG供給圧

V……速度

t……断続加熱時の加熱時間の総和

T……舗装体表面実験前温度

K……外気温

ΔT ……舗装体表面下1.24cmの温度上昇

ΔT ……舗装体表面下がヒーターの熱に達した時間

$\Delta \Delta T$ ……最後のヒーター通加線ヒーター値に到達するに要した時間(4cmF)

2分程度では、舗装体表面下1cm、2cm、4cmの特性はほぼ直線的な関係にある。

2分以上では温度上昇が低下してゆるやかなカーブを描く。

またその値が5分近辺からほとんど内部は、温度上昇が望めなくなる。

その値が1.8分で白色煙の発生が認められ、6.6分ではブルースモークが見られた。

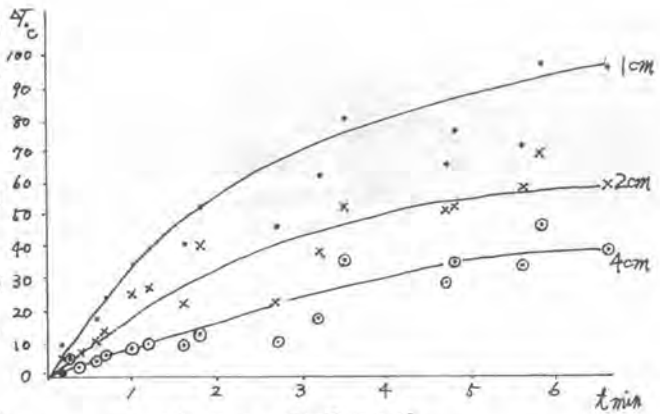


図-5 尤-AT 特性曲線

以上より舗装体表面下2cm~4cmの温度上昇の効率から判断すると5分以下にした方が効率的である。

ブルースモークの発生から見ると6.6分が限度である。

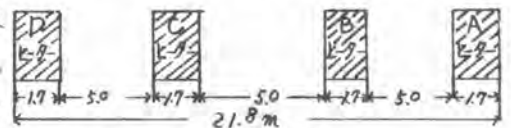
これらのことから②の加熱方法の必要加熱時間を5分と仮定した。

室内実験の結果からその値が約2分で白色煙が発生した点と舗装体表面を燃やさず内部を上昇させるヒーターの速度が約1分以上必要になる点を考慮するとヒーター長は、2m以下となる。

しかし、舗装体表面を燃やさないことを考えてヒーター、ユニット1組の長さを1.7mとする。

前述の5分の仮定と作業効率も考えてヒーター速度を1.5 $\frac{m}{min}$ とすると全長7.5mのヒーターが必要となる。

全長7.5mを1.7mで除すると約4.5組のヒーター



ユニットが必要となる。ここで4組のユニットをA、B、C、Dとする。

さらに、ヒーター、ユニットの長さは2m、幅38cm、供給熱量42万 $\frac{Kcal}{h}$ であり舗装体表面下4cmが、ヒーター通過後、ほぼ4分でピーク値に到達したことからヒーター速度を1.0 $\frac{m}{min}$ ~1.5 $\frac{m}{min}$ とすればユニットとユニットの間隔は4m~6mとした方がよいことがわかる。平均値5.0mを間隔とする。

以上のことから全長21.8mのヒーター車が想定される。図-6にヒーター、ユニットの配置を示した。しかし、ユニット2組で白色煙が発生した点よりBとCを分離した方が舗装体表面を燃やさなくて済むことが推定される。

いわゆるBとCの間は、舗装体表面が燃えそうになったら間隔をわけて表面からの熱の放射をし易くする。逆に、BとCの間の熱放射の激しい時は、間隔を縮める。

また、4組のヒーター、ユニットを使用した実験の結果では、最後のヒーター通過後、ほぼ6分で内部4cmがピーク値をとるとし、

その値を保持することを考慮すれば、Dとリバーの間には、新規石材を積載した4トンダンプが充分入る。

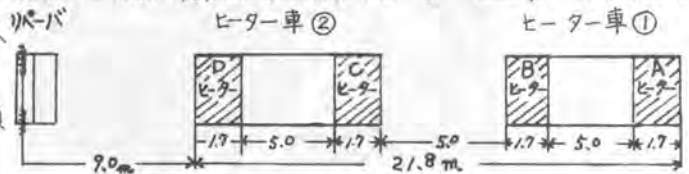


図-7 加熱レイアウト

以上で加熱システムの検討を終るが



写真-2 開発されたヒーター車①

図-7に加熱のレイアウトを示した。

このレイアウトをもとにして写真-2、表-2に示したヒーター車2台が開発された。

このヒーター車2台を使用して測定した温度特性を図-8に示した。

舗装体の表面温度を第1ヒーターで146°C、第2、3、4ヒーターで、ほぼ170°C一定を保持している。舗装体表面下4cmは88°Cまで上昇している。また、針入度の低下は表-3に示すようにあまり低下していないことがわかる。

4. 実施工について

建設省、県土木倉せて4現場5000m以上をこの加熱システムを採用した路上再生工法の内のリペア工法で実施した。

ほとんどブレスモークの発生を見ることなく良好な加熱がなされた。

5. 効果

舗装体表面を200°C以内で保持して、舗装体内部の温度も極力上昇させる1つの加熱方法が実証された。

また、このことから現場に対処し易いように小型化された。分割されたヒーター車が開発された。

今後、路上再生工法を前向きに検討して行きたい。

最後に御協力下さいました方々に深く感謝致します。



写真-3 実施工風景 国道17号線

表-2 ヒーター車諸元

ヒーター①

| | |
|------|------------------------------|
| 重量 | 7,000kg |
| 寸法 | 全長×全幅×全高 9,000×2,400×2,500mm |
| 加熱装置 | 方式 LPG赤外線方式 |
| 能力 | 816,000cal/H |
| エンジン | 加 熱 巾 2,400~3,340mm |
| 出力 | 32PS/1,600rpm |

ヒーター②

| | |
|------|------------------------------|
| 重量 | 7,200kg |
| 寸法 | 全長×全幅×全高 8,200×2,400×2,500mm |
| 加熱装置 | 方式 LPG赤外線ヒーター |
| 能力 | 880,000cal/H |
| エンジン | 加 熱 巾 2,400~3,530mm |
| 出力 | 38PS/1,800rpm |

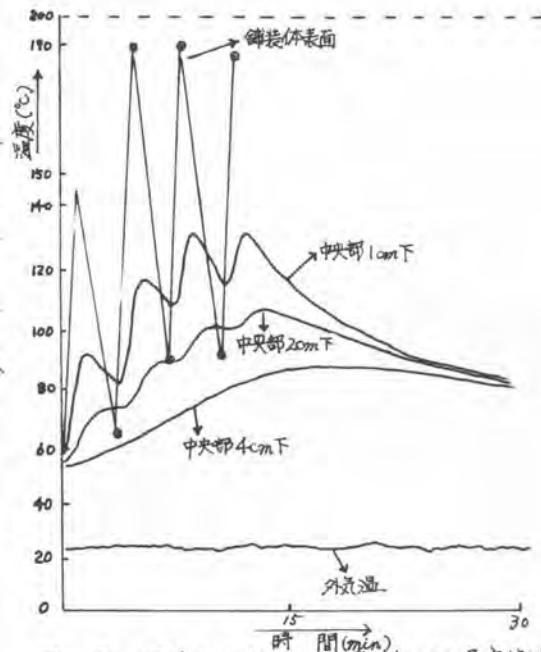


図-8 開発されたヒーター車2台による温度特性

表-3 細粒度ギョップアスノン(13F)のヒーター加熱によるアスファルトの変化

| ヒーター速度 | 試料の採取位置 | 針入度(%mm) | |
|-----------|---------|----------|-----|
| | | 加熱前 | 加熱後 |
| 1.0 m/min | 0~2cm | 50 | 43 |
| | | 42 | 36 |
| | | 31 | 28 |
| | 2~4cm | 50 | 47 |
| | | 42 | 38 |
| | | 31 | 29 |
| 1.5 m/min | 0~2cm | 50 | 45 |
| | | 42 | 37 |
| | | 31 | 29 |
| | 2~4cm | 50 | 48 |
| | | 42 | 39 |
| | | 31 | 30 |

37. アスファルトフィニッシュのタンパ・バイブレータ併用スクリードの開発

三菱重工業(株) 矢倉 直

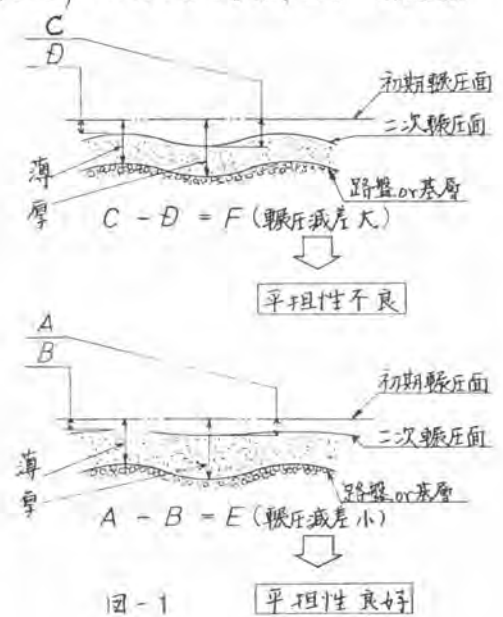
1. まえがき

道路を走行する場合路面が平坦なしかむ緻密であればあるほど安全かつ快適に走行出来ると同時に車輛の損耗をも少なくすることは出来、道路の共用性が向上する。これら平坦性向上への要求は、道路交通の高速化に伴ってさらに厳しくなってきたり舗装技術の変遷も表層のすべり、水たまりぬれ、すりへり等に対する抵抗性と共に平坦性保持を重点に進められた。また、アスファルト舗装工法における平坦性の良否は、路盤及びローラー転圧工程とフィニッシュの運転技術等にも左右される。主に、フローティングスクリードのレベルニング性能の良否と初期転圧時の締固め度不足からくる二次転圧時の転圧減差の大小に起因し特に年々増加傾向にあるオーバーレイ薄層工事に於ける平坦性及びは上り性の確保は、道路舗装関係者の最大のニーズである。そのため均質、高密度の予備転圧性能を有したスクリード装置が要求されて来た。

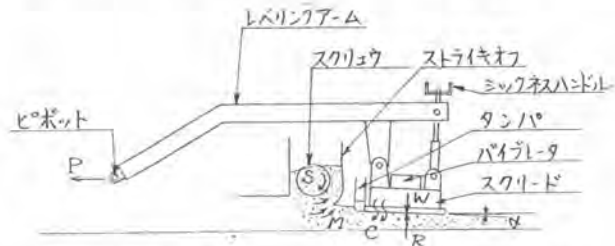
従来のタンパ式スクリード(以下、Tスクリードと称す)あるいはバイブレータ式スクリード(以下、Vスクリードと称す)等、その締固め形式は、単一式のものでは、フィニッシュ敷き終えたあとの初期転圧が充分確保出来ないため敷き終えた後のマコダムローラー等、二次転圧段階で転圧減差が大きく路盤の凹凸状況に類似した施工面となり、特に平坦性向上への対応に欠ける傾向があった。また薄層施工の中には、最大骨材粒径が、舗装厚の1/2を、越える舗装や、積雪寒冷地に用いられるゴッド粒度や、細粒度混合物の3cm層を、基準とした舗装等厳しい舗装条件が増加して来ている。これら被圧縮性の小さい舗装では、スクリードの作業角が負の角を成す、いわゆる“つまみ込み”“前突込み”の状態となりスクリードの不安定なフローティング状、平坦性、は上り性を阻害する原因となつてくる。本旨とは、年々増加傾向にある薄層工事に於ける、平坦性及びは上り性能の向上を図ったタンパ・バイブレータ併用スクリード(以下、T-Vスクリードと称す)と、それら搭載機を紹介するものがある。

2. 平坦性及びは上り性向上への対応

アスファルト舗装道路の耐久性を施工面から考えた場合、分離、引きずりのない均一な敷きならしを行い、その舗装混合物を十分締め固める事は極めて重要な要素である。しかしその舗装面に影響を与える要因は非常に多い。例えは混合物については、骨材の最大粒径、粒度、アスファルト量、温度等が



の主なものとあり 施工条件によりは 舗装厚 舗装速度 また機械的にはスクリーン面圧、タンバの形状と振動数、パイラレータの振動数と振動強度さらにスクリーウの設置位置や回転速度等が挙げられる。スクリーン装置には、前項に記載した T式スクリーンとV式スクリーン あるいは両者を併用した、T・V式スクリーンがある。T式は、粗骨材の骨格構造に強い混合物や粘着性の強い混合物、V式は、骨材の内部摩擦角が小さく粘性流動にまさった混合物に強く適応性が強い。これらの効果は、スクリーン面圧の大小に対するタンバの突固め力とパイラレータの振動力の比で決まる。一方、スクリーン装置の転圧システムの中でタンバ式にあつては、タンバによる突固め、パイラレータ式にあつては、ストラライキオフによる本格的締固めの予備転圧の役目をし得る。このためタンバ及びストラライキオフの締固めが高すぎるとスクリーンベースの作業角が小さくなる不安定なフローティング状態となり、逆に締固めが、低すぎると緻密な仕上げ面の得られ難くなる。図-2に示す様に、スクリーンは、混合物の種類・舗装厚・舗装速度等の舗装条件に合致した作業角を成して諸力の平衡するこゝによりその能力を発揮する。したがって路盤設計高さに平行して作られ諸力が完全に平衡した状態にあればそれ自身路盤凹凸を修正しつつ平坦な舗装体を成形出来る。ゆえに自己レベルシ性能を有している。また舗装条件によつて任意に決まる作業角は主としてスクリーン部に導入される混合物の被圧縮性に関係



- | | |
|-----------------|-----------------------|
| α : 作業角 | W : スクリーン自重 |
| P : けん引力 | C : タンバ or パイラレータの振動力 |
| M : 合板の剪断抵抗 | R : 混合物の反力 |
| S : スクリーウの回転トルク | |

図-2 フローティングスクリーンに働く諸力の平衡

して決り被圧縮性の小さいものは、作業角も小さく、さらに被圧縮性の小さい舗装条件になると、負の作業角を成す(図-3)いわゆる”つまみ立ち”“前突込み”の状態となり、フローティングを不安定にし平坦性を阻害する。

このような現象は、粘調な混合物を薄く施工する場合とが、舗装厚に対する最大骨材粒径比が大きい施工の時に見られる。この不安定なフローティング現象を少なくするために今日のスクリーンは、面圧を増大しタンバ及びストラライキオフの予備転圧機能を舗装条件に適合出来るものとし得る。

舗装面に影響を与える多くの要因を十分に考慮し製作された欧州製の輸入大型フィニッシャは、T・Vスクリーンが主である。T式・V式の改良を兼ね備えた下V式スクリーンは初期転圧性能に優れており、ベースパーバ兼用可能等の特色や利点を数多くもっている。しかし零層舗装の施工に於て高公差ならし密度が得られ易い反面、長層な薄層の施工に於てタンバ能力が大きすぎるとフローティングが安定しないなど機械条件設定が難しい一面がある。したがって高公差ならし密度を得る目的で下V式を採用する場合には、薄層舗装とスクリーンのヒットに複雑かつ微妙な調整を要することなくまた、施工厚さの変化に対しともタンバ・パイラレータのバランス調整を必要としスクリーンが必要である。

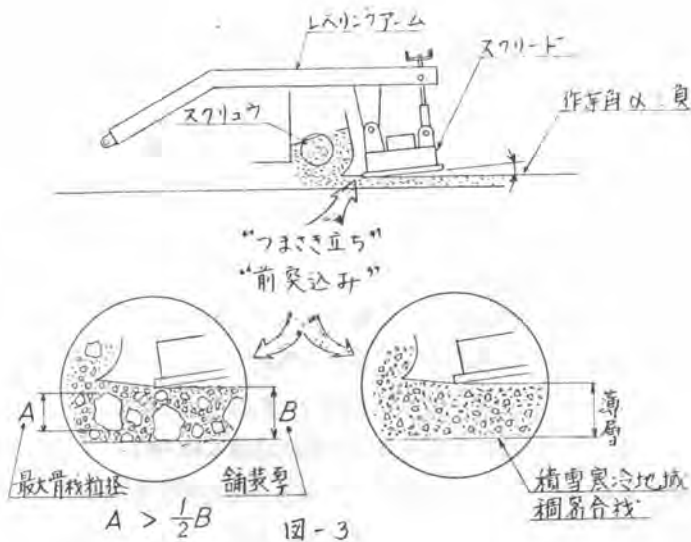


図-3

3. 当社T-V併用スクリードの概要

前項に述べた薄層施工時に於けるニーズを満足させるものとして、当社独自のT-V併用スクリードを以下に紹介する。図-4。5に当社T-Vスクリードと西改采の代表的T-Vスクリードの構造概略図を示す。西改采T-Vスクリードと大きく異なるところは、T-Vスクリードの前面に装備したストライキオフがある。西改采のものは、固定式カバーを装備しているにとどまらず、初期転圧能力に優るというタンバ能力が、大き過ぎるがゆえに、長層薄層施工では、タンバロバイテレータの微妙なバランス調整が必要であり、国内の多種多様な合板種に、積雪寒冷地へ使用される稠密合板等に対して、スクリードへの合板流入がスムーズに行えない等の欠点をもっているに対して、当社のもは、バイテレータスクリードを改良したうえでストライキオフを、装備し、多様な合板に対してオールマイティに施工出来る様、可傾調整可能としている。これらストライキオフ付T-V併用スクリードの利点を要約すると以下の通りである。

- (1). 被圧縮性の小さい薄層施工においても混合物に対するストライキオフのメカニズムによりT-Vのバランス調整を必要とせず、緻密な舗装面を得る。
- (2). ストライキオフの準備転圧機能と充填・締固め度、90~92%を確保、転圧後の平坦性向上を図れる。

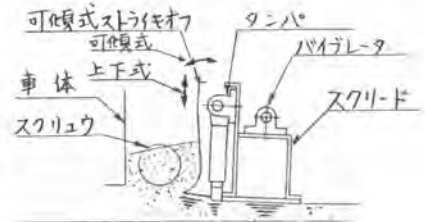


図-4 当社①V併用スクリード

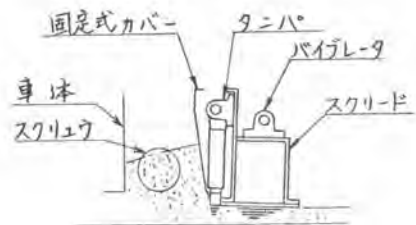


図-5 西改采の①V併用スクリード

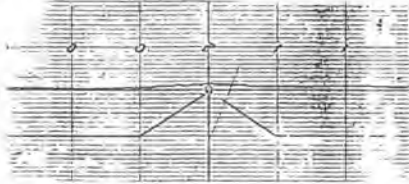
4 結果

前記に紹介した当社T-Vスクリードによる実施工結果を下記に示す。

実験 1

- 使用合材 : 細粒度アスコン13F
舗装厚 : 敷きらし 3.5 cm
舗装速度 : 2.5 %/min
使用機械 : MF45VS-TV型
- 平坦性 $\sigma = 0.3$ mm (2層仕上げ)
 - 初期転圧時の締固め度 92%

以上条件の整った施工に於ては、平坦性 $\sigma \leq 0.5$ を確保する好結果を獲得した。



実験 2

- 使用合材 : ガーフェイスⅡ (93Top)
(道路公団東北自動車占川~盛岡間
使用と同配合)
舗装厚 : 敷きらし 4.5 cm
舗装速度 : 2.2 %/min
使用機械 : MF90TV型
実施取組み : 建設機械化研究所
データー出所 : MF90 性能試験報告書
- 平坦性 0.46 ~ 0.72 mm
 - 初期転圧密度 90.4 ~ 91.5 %
 - 仕上り 均一良好

均質・高密度の予備転圧性能を有したT-Vスクリードの研究は、当初は、昭和47年に始まったが、今日までに、MF90TV型(最大中負9m)や、近年急増してきた、油圧押縮式スクリード装着機・MF45VS-TV型等に搭載、良好な平坦性能と仕上げ性能を発揮している。

5. 今後の課題

我が国の表層混合物は、その用途、交通条件、気象条件に適合出来る様、その標準配合でも多種多様なものがあり、それら混合物の相違から来る施工性は、地域性と有した骨材・砂・フイー等の配合特性にも支配されてさらに多種多様化されたものとなってあり、増々薄層施工条件が増えつつある中でさらにオールマイティな施工性を有するフローティングスクリードの開発が必要とある。

38. 開削工法用路盤切削機

「ローディックエース」の開発

(株)二進 深見紀平
三和機材(株)* 鳥飼光俊

1. 序言

近年、道路関連工事に対して騒音、振動などの公害防止対策をはじめ交通規制の問題からコストパフォーマンスの高い工法が強く望まれてきた。ここに紹介する開削工法用路盤切削機「ローディックエース」は道路開削工事におけるコンクリートカッター及びブレーカ作業に替る、低騒音、低振動、高差施工の舗装路盤切削機である。

現在、ガス、電気、電話、上下水道管などの埋設工事のほとんどが開削工法により施工されている。

従来、舗装路盤の開削工法はアスファルトコンクリートやコンクリート舗装部をコンクリートカッターで目地切りを行い、ブレーカで小割りし、油圧ショベルでほぎ取った後、いったんアスファルトなどにより仮復旧舗装しておき、工事の進行にともなって舗装部を再びほぎ取りながら工事を進める工程であり、工期が長くかかっていた。ローディックエースはこの工程の内目地切り工程、小割り工程、仮舗装工程を省略短縮するために開発したものである。

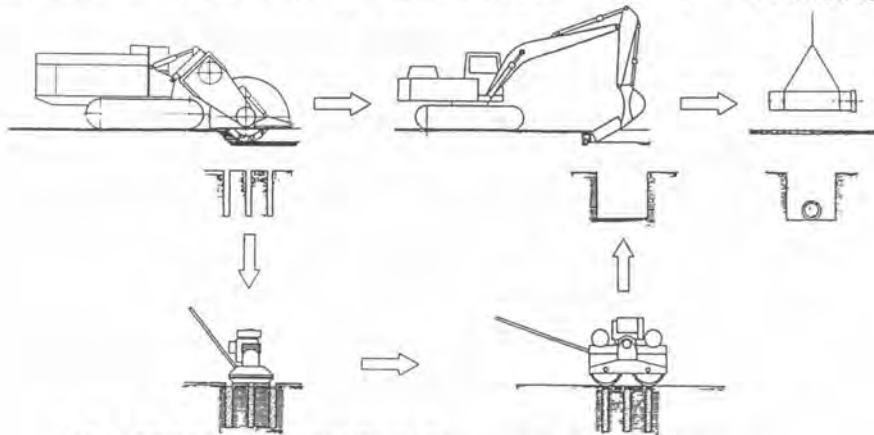


写真1 ローディックエース全景

2. ローディックエース工法の概要

工法図

●開削溝巾に相当する範囲内に複数本の切削溝を入れる。 ●掘削機により路盤を搬去し開削を行う。 ●管埋設を行う。



●本工事が後日の場合は、切削ズリを溝に埋め戻し、ランマにより転圧する。

●合材により養生を完了する。

本工法は工法図に示すように予定開削幅に応じて脱着可能な1枚〜3枚のカッターディスクにより必要深さ（一般的に舗装全厚）まで複数の溝を切削する。このとき全断面にわたって切削しないのは、実績からも複数本の溝を入れるだけでショベルによる取壊しが可能であることから省エネルギーという上でも必要最小限の切削に止めていることと、仮復旧する場合の合材使用量の節約という2つの理由による。その後、ブレーカを使わずに直接ショベルにより舗装を取壊すが、本工事が暖日になる場合は、溝上に残った切削ズリをいったん埋戻して転圧し、さらに表面部分だけをアスファルト合材により仮復旧しておき、工事の進行にともなって仮復旧部と切残し部分を同時に取壊しながら工事を行うものである。



写真2 切削状況

本工法の特徴

1. 低騒音、低振動である。

機側15m地点：70 dB 以下

2. 切削スピードが速い。

アスファルトコンクリートの場合、幅50mm、深さ400mmの切削溝3本を最大50m/Hrで切削する。但し舗装条件、及び夏期と冬期等では若干異なる。

3. ワンマンコントロールである。

ローディックエースの操作は有線リモートコントロール方式を採用しており、オペレーター1人で任意の位置から運転操作することができるようになり、死角をなくしたため安全性が高い。

4. ブレーカ等による小割作業が不用である。

ローディックエースによる切削後の路盤取壊し作業は、油圧ショベルによる掘り起し作業だけで取壊しがらは適当な大きさとなるため、ブレーカなどによる小割り作業が不用となり静かな施工ができる。

5. 仮復旧作業が容易である。

仮復旧は、切削溝部に切削ズリを埋戻し、溝表面部のみを舗装するため、容易かつ短時間で施工でき、仮復旧完了部から交通を開放できる。

6. 切削水による路面の汚染がない。

ローディックエースに使用する水は、カッタービット冷却・粉塵防止のためであり水量が少なく済むため路面を汚染しない。

7. 工費のコストダウンが図れる。

切削深さ25cm以上の場合は約40%のコストダウンができる。

ローディックエース施工実績

| 年月 | 場所 | 切削深さ | 切削距離 | 工事概要 |
|----------|-------------|-----------------|-------|-----------|
| 昭56年 9月 | 首都高速代々木インター | アスコン 25 cm | 180 m | 電線管理設工事 |
| 昭56年 10月 | 大森 産業道路 | アスコン 40 cm | 970 m | 水道管交換工事 |
| 昭56年 12月 | 江東区 清州橋通り | アスコン 40 cm | 300 m | ガス管理設工事 |
| 昭57年 2月 | 埼玉県 越谷-松伏間 | アスコン 30 cm | 135 m | 電線管理設工事 |
| 昭57年 3月 | 新宿区 明治通り | アスコン 35 cm | 180 m | ガス管理設工事 |
| 昭57年 5月 | 江戸川区 北小岩 | アスコン 25 cm | 100 m | ガス管理設工事 |
| 昭57年 7月 | 府中市 栄町 | アスコン 25 cm | 340 m | ガス管交換工事 |
| 昭57年 8月 | 新宿区 東外堀通り | アスコン 35 cm | 220 m | ガス水道管交換工事 |
| 昭57年 10月 | 横浜 旧国道16号線 | アスコン 40 cm | 75 m | 電線管理設工事 |
| 昭57年 12月 | 保土谷 国道1号線 | アスコン 35 cm | 80 m | ガス管理設工事 |
| 昭58年 5月 | 世田谷区 宮坂 | アスコン 25 cm | 700 m | 道路改良工事 |
| 昭58年 7月 | 世田谷区 目黒通り | コンクリート 35 cm | 70 m | ガス管理設工事 |
| 昭58年 7月 | 世田谷区 淡島通り | コンクリート 35 cm | 120 m | ガス管交換工事 |
| 昭58年 8月 | 世田谷区 世田谷通り | アスコン 35 cm | 300 m | 下水管埋設工事 |

ローディックエースの実績としては、現在までのところ上表に示す通りである。開発されてからの期間が浅いこと、本工法の知名度がまだ低いため稼働実績としては10数現場ではあるが、管理設工事はもちろんのこと、道路全幅にわたる切削工事、またコンクリート路盤の切削工事の実績があり、多用途に使用できることを示している。

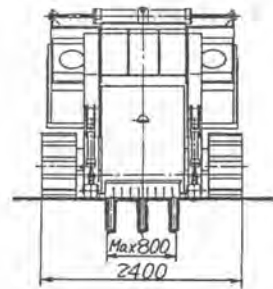
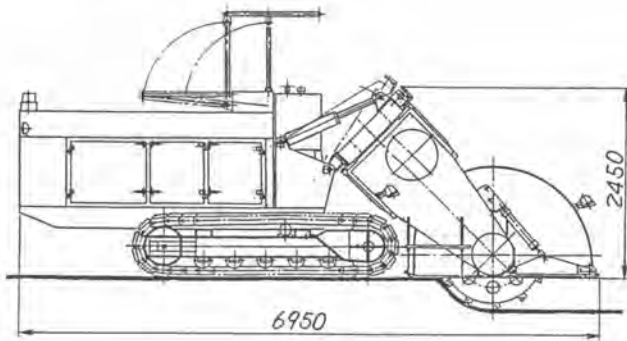
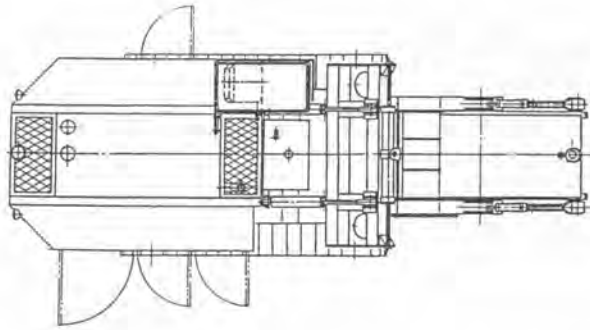
3. 機械仕様

仕様を右表に示すが、本機は切削幅50mmのカッターディスクを3枚まで装着でき、各ディスク間距離は50mmピッチで変更できるようにになっている。またカッタービットの交換はワンタッチで、機械の下へもぐり込まずに立つたままの姿勢で行えるようになっている。

本機の開発の過程で課題となったカッタービット配列、及び形状は工場内における数々の実験、また現場試験を通して決定された。また騒音源となっているエンジン音についてはエンジンカバー内側の全面に対し、吸音材を貼り付け、吸・排気口等は全部機械の上面にもって来るよう設計され、周囲に直接音が伝わりぬよう配慮がなされている。作業中の超低速走行については超低速・高トルク油圧モータ+減速機の採用により常に一定の喰込み量が得られ、安定した切削走行ができるようになっている。

主仕様

| | |
|-------|-------------------|
| 全長 | 6950 mm |
| 全幅 | 2400 mm |
| 全高 | 2450 mm |
| 全装備重量 | 11.8 TON |
| 切削幅 | 500~800 mm |
| 切削深さ | 最大400 mm |
| 作業速度 | 0~260 m/Hr |
| 自走速度 | 約 900 m/Hr |
| 登坂能力 | 15度 |
| 定格出力 | 182 PS/1600r.p.m. |
| 操作方式 | 有線リモコン方式 |



ローディックエース外観図

4. あとがき

以上 ローディックエースの工法、及び機械の仕様等について述べたが、まだ試験機から実用機になったばかりであり、改良すべき点もあるし、より一層の低騒音・低振動化、カッタービットの長寿命化等、検討の余地は残っているので、施工実績の増加にともない順次解決していかねければならない。経済性・省資源・公害対策の面からも、本工法に寄せられる期待は大きく、引続いて努力していきたい。

最後に本工法の開発にあたって、工事現場を提供していただいた各社の協力があつたこととここに付記し感謝の意を表するものである。

39. 道路工事用機械運営に関する一考察

大林道路(株) 染川 豊

1. まえがき

建設の機械化が進められ、工事が殆ど機械化施工されている現状において、各社にとって「工事用機械の保有率が程保有するか」は、一つのキーポイントである。当社において現在三年計画が策定され、その中で機械の購入計画も含まれているが、検討が行なった主要工事機械の内、紙数の制限もありSA-41アスファルトミキサーととりあげ考察したものである。

2. 損料(使用料)実績と修理実績

当社現有のSA-41アスファルトミキサー(輸入クローラー全自動3.0×4.8^m)13台について昭和48年から昭和57年迄の実績の検討を行なったが、修理実績については、基準年と57年度に比し57年度修理費に換算するために「建設の機械化」誌の調査部会

統計の「建設機械卸売価格の推移」の物価指数
表-1の換算係数を当該年度の修理費に乗じた。

表-1 57年度修理費への換算係数

| 年度 | 48年度 | 49年度 | 50年度 | 51年度 | 52年度 | 53年度 | 54年度 | 55年度 | 56年度 | 57年度 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 換算係数 | 1.53 | 1.27 | 1.18 | 1.14 | 1.10 | 1.08 | 1.04 | 1.01 | 0.99 | 1.00 |

表-2は損料日実績(昭和48~57年)

表-2 SA-41 アスファルトミキサー損料日実績(昭和48~57年)

表-3は各年度修理費に表-1の係数に乗じた修正した修理費実績(昭和48年~57年)である。

表-4並に表-5は表-2並に表-3が年度毎で整理しているものを購入後の経過年数で整理したものである。

| 社 番 | 購入年月 | 48年度 | 49年度 | 56年度 | 57年度 |
|-----------|------|------|------|------|------|
| 02-03-001 | 40.8 | 121 | 93 | | |
| 02-03-002 | 42.3 | 49 | 70 | 27 | 46 |
| | 45.9 | 250 | 174 | 60 | |
| 02-03-002 | 40.4 | | | 56 | 91 |
| 02-03-013 | 53.6 | | | 68 | 174 |

表-3 SA-41 アスファルトミキサー修正修理実績(昭和48~57年)

| 社 番 | 購入年月 | 48年度 | 49年度 | 56年度 | 57年度 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 02-03-001 | 40.8 | 2,685 | 1,633 | 955 | |
| 02-03-002 | 42.3 | 1,215 | 1,636 | 460 | 4,026 |
| 02-03-003 | 45.9 | 770 | 1,125 | 1,072 | 1,950 |
| | 45.11 | 1,623 | 573 | 2,031 | 689 |
| | | 393 | 1,100 | 755 | 1,713 |
| | | | | 1,000 | 1,270 |

表-4 同上 購入後の経過年数に対する損料日実績(昭和48~57年)

| 社 番 | 9年目 | 10年目 | 11年目 | | |
|-----------|-----|------|------|----|--|
| 02-03-001 | 121 | 93 | 51 | | |
| 02-03-002 | 99 | 45 | 84 | 4 | |
| | 48 | 60 | 82 | 60 | |
| | 76 | 39 | 34 | 48 | |
| | | 31 | 55 | 81 | |

当社の損料は供用日損料であるので、原則としては発送から入着迄の供用日損料でなければならぬが、現今の厳しさから損料全額徴収は必ずしも必ずしもそれは実行されていない。

然し協会損料表にある供用日損料に比し、はるかに稼働が良くない実態だけは承知してほしいと思っている。図-1に購入後の経過年数に対する年間修理費を示す。

表-5 同上購入後の経過年数に対する修理費実況 (48~57年度)

| 社 番 | 9年目 | 10年目 | 11年目 |
|-----------|-------|-------|-------|
| 02-03-001 | 685 | 1,633 | 1,470 |
| 02-03-002 | 560 | 1,026 | 2,603 |
| 02-03-003 | 6 | 103 | 1,902 |
| | 1,281 | 2,031 | 689 |
| 02-03-012 | | | |
| 02-03-013 | | | |

図-1 購入後の経過年数と年間修理費

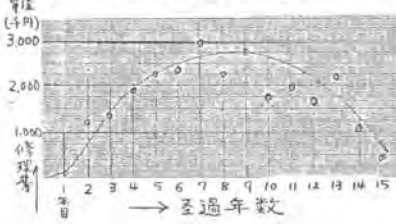


図-3 購入後の経過年数と年間損料日数

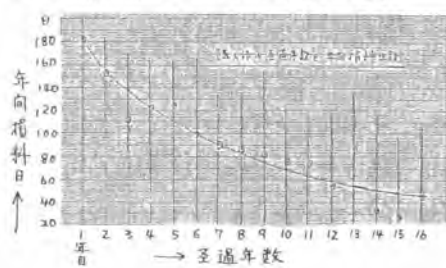
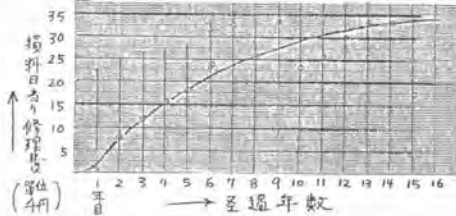


図-2 購入後の経過年数と損料日当り修理費



3. 購入後の経過年数と損料日当り修理費

表-4並に表-5より購入後の経過年数に対する損料日当り修理費を求めたものが図-2である。又図-3は購入後の経過年数と年間損料日数との関係を示す。但し最近購入した13号機の実績よりも解る如く最近の稼働は低下している。

4. 購入後の経過年数と累計修理費

図-1に購入後の経過年数に対する年間修理費を示したが、経過年数がたつにつれて稼働が少なくなり、それにつれて修理費も少なくなっている。古くなるにつれて修理費は増すはぶであり、事実図-2に示す如く損料日当り修理費は増加している。

図-2の損料日当り修理費に、図-3の購入後の経過年数に対する当該年度の年間損料日数を乗じればその当該年度の年間修理費が求まる。一方前述の図-1に求めた年間修理費もあるので、この両者の平均を当該年度の年間修理費として累計修理費を求めたものが表-6である。

表-6 SA-41 アスファルトミキサーの経過年数と累計修理費 (修理費の単位:千円)

| 経過年数 | 1年目 | 2年目 | 3年目 | 4年目 | 5年目 | 6年目 | 7年目 | 8年目 | 9年目 | 10年目 | 11年目 | 12年目 | 13年目 | 14年目 | 15年目 |
|-----------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| a 図-3より求めた年間損料日 | 180 | 154 | 136 | 122 | 110 | 99 | 90 | 83 | 75 | 68 | 63 | 59 | 55 | 51 | 48 |
| b 図-2より損料日当り修理費 | 2.0 | 7.5 | 12.0 | 15.0 | 18.0 | 21.5 | 23.5 | 25.5 | 27.5 | 29.0 | 30.5 | 31.5 | 32.5 | 33.0 | 33.5 |
| c 年間修理費 (a×b) | 360 | 1,155 | 1,632 | 1,830 | 1,980 | 2,129 | 2,115 | 2,117 | 2,063 | 1,972 | 1,922 | 1,859 | 1,788 | 1,683 | 1,608 |
| d 図-1より求めた年間修理費 | 150 | 750 | 1,450 | 1,900 | 2,250 | 2,500 | 2,650 | 2,750 | 2,750 | 2,650 | 2,450 | 2,150 | 1,750 | 1,300 | 700 |
| e 平均年間修理費 $(\frac{c+d}{2})$ | 255 | 963 | 1,541 | 1,865 | 2,115 | 2,315 | 2,383 | 2,434 | 2,407 | 2,311 | 2,186 | 2,005 | 1,769 | 1,492 | 1,154 |
| f 累計修理費 | 255 | 1,218 | 2,759 | 4,624 | 6,739 | 9,054 | 11,437 | 13,871 | 16,278 | 18,589 | 20,775 | 22,780 | 24,549 | 26,041 | 27,195 |
| g 累計損料日 | 180 | 334 | 470 | 592 | 702 | 801 | 891 | 974 | 1,049 | 1,117 | 1,180 | 1,239 | 1,294 | 1,345 | 1,393 |

5. 耐用年数と累計修理費

整備費は図-4に示す如く運轉時間と共に次第に増加するわけであるが、整備費累計額と経済的耐用時間即ち耐用年数の間には図-5に示す如き関係がある。

伊丹氏の「建設機械の運営管理と経費の算定資料」昭和51年版 P45 に

$$R(x) = f \cdot P \left(\frac{x}{X}\right)^{1+\frac{1}{f}} \dots\dots\dots (1)$$

こゝに

$R(x)$: 運轉時間 x までの累計整備費

P : 購入費

f : $f = R(x)/P$ (協会損料表にて $f=0.8$)

図-4 運轉時間と整備費累計の関係

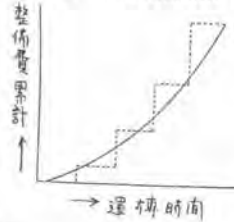
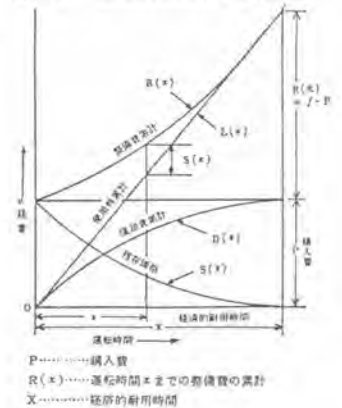


図-5 建設機械使用料算定の基本関係図



(1)式に SA-41 アスファルト圧縮機

57年度価格を 27,000 千円と仮定し、 $f=0.8$

と代入すると、図-6に示す如き累計修理費曲線を得る。

先に表-6にて求めた当社の SA-41 アスファルト圧縮機の経過年数と累計修理費を図に表はすと図-7に示す如くなる。

これよりすると耐用年数は 15~17 年位になりそうである。事実 1 号機は 17 年向使用したし 2 号機も或程度稼働している。

図-6 SA-41 アスファルト圧縮機 累計修理費 (協会損料表による計算による累計修理費)



6. 当社工事機械の年間管理費

協会損料表によるとアスファルト圧縮機の年間管理費は購入価格に対して年間 7% を計上している。27,000 千円のアスファルト圧縮機の年間管理費は 1,890 千円である。年間損料は

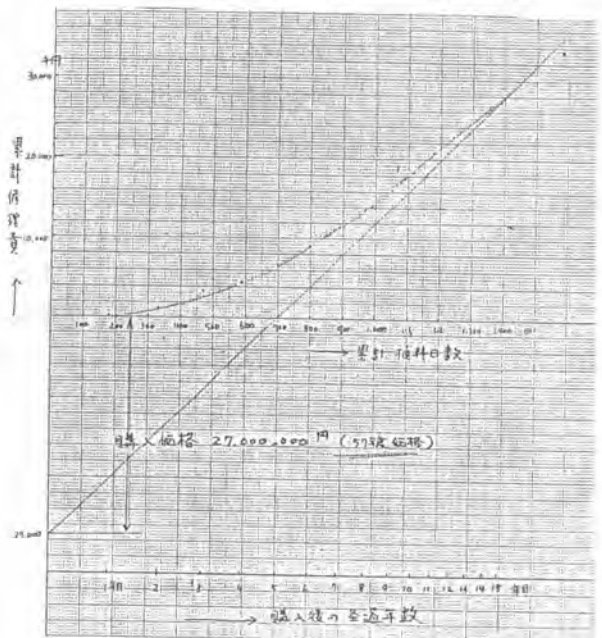
$$27,000 \text{ 千円} \times (0.9 + 0.8 + 0.07 \times 6) \div 6 = 9,540 \text{ 千円/年}$$

依って損料に占めるアスファルト圧縮機の年間管理費率は

$$1,890 \div 9,540 = 0.198 \div 0.20$$

表-5に当社の工事機械の収支実績(53~57)を示すが、これより管理費率を求めると

図-7 当社 SA-41 アスファルト圧縮機 累計修理費



当工事機械の管理費の損料に占める率は

$$\text{管理費率} = 865,110 \div 2,535,060 \approx 0.34$$

今管理費の中に社外工事機械の管理費が $X\%$ があると仮定すると

$$\text{管理費率} = 865,110 \times \frac{3}{4} \div 2,535,060 \approx 0.256$$

協会損料表に比し

$$0.256 \div 0.198 \approx 1.29 \approx 1.3 \text{ 倍である。}$$

表-5 工事機械 収支実績 (53年度～57年度) (単位千円)

| | 損料額 | 修理費 | 減価償却費 | 管理費 | 合計 |
|------|-----------|-----------|---------|---------|-----------|
| 53年度 | 412,445 | 196,695 | 142,959 | 140,347 | 499,801 |
| 54年度 | 458,441 | 227,331 | 167,948 | 151,917 | 607,196 |
| 55年度 | 349,727 | 226,873 | 228,123 | 165,305 | 620,301 |
| 56年度 | 485,154 | 237,940 | 199,976 | 185,536 | 623,252 |
| 57年度 | 629,293 | 255,208 | 246,523 | 222,005 | 723,236 |
| 計 | 2,535,060 | 1,144,047 | 985,129 | 865,110 | 2,994,286 |

7. 当社SA-41アスファルトフィニッシャーの日額損料実績

今当社のSA-41アスファルトフィニッシャーの損料が、いかに程についているか調べてみる。

表-6に示す如く 15年向使用した場合

損料日合計は 1,393 日で 累計修理費は 27,195 千円である。

従って今日額損料実績を $X\%$ とし、損料に占める管理費率を 0.256、償却費率を 0.95 とすると

$$\text{収入} = X\% \times 1,393 \text{ 日}$$

$$\text{支出} = \frac{27,000,000 \text{ 円} \times 0.95}{\text{償却費}} + \frac{27,195,000 \text{ 円}}{\text{修理費}} + \frac{(X \times 1,393) \times 0.256}{\text{年間管理費}}$$

$$\text{収入} = \text{支出} \text{ とし } X \text{ を求めると } X = 50.989\% \approx 51.000\%$$

8. 協会損料による SA-41アスファルトフィニッシャーの日額損料

協会損料表によると 全自動輸入クローラー 30x48mm アスファルトフィニッシャーの基礎価格 26,600 千円 耐用年数 6 年、運轉時間 900 h、運轉日数 150 日、供用日数 230 日、組立修理費率 80%、年間管理費 7%、運轉 1 時間当り 6,140 円、供用 1 日当り 16,800 円、運轉 1 時間当り換算値 10,500 円であり

$$\left. \begin{array}{l} \text{運轉時間を含んだ供用日損料} \quad 40.826\% \\ \text{運轉時間を含んだ運轉日損料} \quad 53.640\% \end{array} \right\} \text{と なっている。}$$

当社の供用日損料が 51,000 円/日 (10年向実績) であるので協会損料の $\frac{51,000}{40.826} \approx 1.25$ 倍と なっている。

9. 当社SA-41アスファルトフィニッシャーに関する考察

協会の耐用年数 6 年に対し、15 年向と使用し、修理費も協会が 6 年向で累計修理費 0.8 P に対し 当社は 15 年向にて大略 1.0 P の累計修理費と修理費は安くである。管理費は 1.3 倍と高く なっているが 最終的に日額損料は耐用年数が 2.5 倍であるにもかかわらず 割高となり 1.25 倍と なっている。この原因は協会の算定の稼働日が高いことによる。

協会損料表は実態にあわせて改正が行なわれるべきであることと強調したい。

機械部の検討としては これらの結果と社外賃借工事機械と比較し、保有すべきか賃借すべきかの検討にある。また SA-41アスファルトフィニッシャーは社外賃借機械がよいので、ここでは言及しない。

我々の検討した一部を述べ「道路工事用機械運営に関する一考察」にかえる次第である。

(終り)