

# 建設の機械化

1976 **2**  
日本建設機械化協会

臨海工事特集



“くろしお”による

伊勢湾海底配管工事

—新日本製鉄株式会社—



住友・LINK-BELT油圧式クローラクレーン

LS-118RH

最大吊上荷重

50t

稼働が

すぐれた性能が  
いま現場で人気上昇中です。

- ロワー完全無給油式でメンテナンスフリー。
- 作業能率25%アップのS-O-Mコントロール。
- オペレーター本位の伸縮式操作レバー。
- エンジン室から独立した快適な運転室。
- 安全な過負荷自動停止装置を装備。(オプション)
- チョイ巻、チョイ下げ作業は自由自在。
- レバー位置一定の速度でなめらか回転。



住友重機械建機販売株式会社 本社/大阪市東区北浜5丁目22(新住友ビル2号館) TEL 大阪(06)220-9014

“臨海工事特集”

目次

|                     |              |      |
|---------------------|--------------|------|
| □巻頭言 魅力ある港湾の創造を     | 竹内良夫         | / 1  |
| 玉村英夫君を偲ぶ            | 加藤三重次        | / 3  |
| 臨海部土地造成事業の現状        | 馬嶋礼次         | / 5  |
| 関西国際空港計画の現況         | 木戸武          | / 10 |
| 大水深防波堤の要請とその設計概要    | 竹田英章         | / 15 |
| 汚染海域浄化システムの設計研究     | 井村秀文         | / 21 |
| 港湾における環境アセスメントについて  | 川嶋康宏         | / 27 |
| □随想 海洋工事を考える場合      | 寺西弘治         | / 32 |
| 川崎港海底トンネルの建設計画と工事概要 | 小堀恒信<br>重田信衛 | / 34 |
| 六甲アイランドの建設計画と工事概要   | 横山顯二         | / 39 |
| 伊勢湾におけるシーバース建設工事    | 上平孝          | / 42 |
| 伊勢湾における海底配管工事       | 三宅淳達<br>藤野勝  | / 50 |

グラビヤ—伊勢湾におけるシーバースおよびパイプラインの建設

|                                |               |      |
|--------------------------------|---------------|------|
| 長崎空港建設工事をふり返って                 | 義田惟規<br>正木誠之助 | / 57 |
| サントピアマリーナの運河計画                 | 篠崎守           | / 66 |
| 大型フローティングクレーンと海洋工事の近況          | 湯川昇一          | / 72 |
| 建設機械用タイヤの<br>軟弱土に対する走行性能に関する研究 | 藤本義二          | / 77 |

□建設機械化研究所抄報 <No. 114>

|                                  |      |
|----------------------------------|------|
| 330. 兼松エンジニアリング K & E 式バキュームコンベヤ | / 91 |
|----------------------------------|------|

□文献調査

|                                 |                 |      |
|---------------------------------|-----------------|------|
| 高圧ジェットを使用した<br>トンネル掘進機の設計に対する試案 | 広報部会<br>文献調査委員会 | / 92 |
|---------------------------------|-----------------|------|

□統計

|                                   |      |      |
|-----------------------------------|------|------|
| 建設工事受注額・建設機械受注額<br>および建設機械卸売価格の推移 | 調査部会 | / 94 |
|-----------------------------------|------|------|

|      |       |           |
|------|-------|-----------|
| ニュース | (編集部) | / 14 / 20 |
|------|-------|-----------|

|      |      |
|------|------|
| 行事一覧 | / 95 |
|------|------|

|      |            |      |
|------|------------|------|
| 編集後記 | (奥出・林・鈴木満) | / 96 |
|------|------------|------|

◀表紙写真説明▶

“くろしお”による

伊勢湾海底配管工事

新日本製鉄株式会社

伊勢湾における海底配管は直径 1,432 mm という海底配管としては世界最大という大径鋼管を使用し、新日本製鉄が施工した。写真は、新鋭のコンビネーションバージ“くろしお”による作業状況である。

本工事に使用されたパイプは、直径 1,320 mm、肉厚 16 mm のものと、直径 1,432 mm、肉厚 17 mm の大径 UO 鋼管で、伊勢湾中央に建設された正バースから陸上の基地までそれぞれ 2 本、9,200 m の長さにわたって敷設された。

新日本製鉄は、海洋開発のいろいろな分野に鉄の素材からエンジニアリング、設計、加工、施工に至るまで一貫して取り組み、内外に数多くの成果をあげてきているが、海底配管は最も得意とする分野のひとつである。

# 日本建設機械化協会発行図書

(注) \* 印は会員割引あり

|  |     |        |               |        |
|--|-----|--------|---------------|--------|
| 日本建設機械要覧(1974年版)                           | B5判 | 1,024頁 | * 頒価 15,000円  | 〒 800円 |
| 建設機械化の20年—現状と将来—                           | A4判 | 142頁   | * 頒価 1,200円   | 〒 300円 |
| ダムの工事設備                                    | B5判 | 690頁   | * 頒価 5,000円   | 〒 600円 |
| オペレータハンドブックシリーズ1<br>エンジン                   | B5判 | 256頁   | * 頒価 1,200円   | 〒 300円 |
| オペレータハンドブックシリーズ4<br>モータグレーダと締固め機械          | B5判 | 426頁   | * 頒価 2,200円   | 〒 300円 |
| 場所打ちぐい施工ハンドブック                             | A5判 | 288頁   | * 定価 1,500円   | 〒 300円 |
| ころがり軸受の使用限度判定方法                            | B5判 | 170頁   | * 定価 1,400円   | 〒 300円 |
| 「建設の機械化」文献抄録集                              | B5判 | 374頁   | * 頒価 2,500円   | 〒 300円 |
| 現場技術者のための「建設機械と施工法」                        | B5判 | 346頁   | * 定価 2,500円   | 〒 300円 |
| 自走式クレーン安全作業マニュアル                           | A5判 | 170頁   | * 定価 760円     | 〒 300円 |
| 道路清掃ハンドブック                                 | A5判 | 150頁   | * 頒価 1,200円   | 〒 300円 |
| 道路除雪ハンドブック                                 | A5判 | 232頁   | * 頒価 1,600円   | 〒 300円 |
| 仮設鋼矢板施工ハンドブック                              | A5判 | 460頁   | * 定価 2,500円   | 〒 300円 |
| 橋梁架設工事の積算(昭和50年改訂版)                        | A4判 | 140頁   | * 頒価 1,500円   | 〒 300円 |
| 建設機械化施工の安全指針                               | A5判 | 294頁   | * 定価 1,500円   | 〒 300円 |
| 建設機械用語                                     | B6判 | 326頁   | * 定価 3,000円   | 〒 300円 |
| 骨材の採取と生産                                   | B5判 | 700頁   | * 定価 15,000円  | 〒 800円 |
| 地下連続壁工法 <sup>施設</sup> <sub>計工</sub> ハンドブック | A5判 | 528頁   | * 定価 5,500円   | 〒 300円 |
| 建設機械用油圧機器ハンドブック                            | B5判 | 260頁   | * 定価 3,500円   | 〒 300円 |
| 国産建設機械主要諸元表(昭和50年度版)                       | B5判 | 59頁    | 頒価 300円       | 〒 200円 |
| Construction Equipment in Japan 1975       | B5判 | 59頁    | 頒価 700円       | 〒 200円 |
| 橋梁架設工事の手引き(新刊)<br>＜上巻＞ 調査編・計画編             | B5判 | 232頁   | * 定価 3,500円   | 〒 300円 |
| 橋梁架設工事の手引き(新刊)<br>＜下巻＞ 施工編                 | B5判 | 144頁   | * 定価 2,500円   | 〒 300円 |
| 会員名簿(昭和50年度版)                              | B5判 | 76頁    | 頒価 500円       | 〒 200円 |
| 月刊「建設の機械化」                                 | 1冊  | 450円   | 年間 4,800円(前金) |        |

# 橋梁架設工事の手引き

上巻・調査編、計画編  
下巻・施工編

架設機械の開発と橋梁の大型化は従来の架設技術を過去のものとし、工法の改革を迫りつつある現在、本書は架設工事に豊富な経験を有する第一線の専門技術者が結集、2年有余にわたり積み重ねた研究成果を集大成したものである。

- 本書は個々の架設工事について徹底的に分析し、また、従来の工法に再検討を加え、新たな考察のもとに工学的に体系づけた。
- 調査編では発注のための設計、積算の段階における具体的手法を施工の可否、安全性、経済性の多面から展開した。
- 計画編では施工計画に当たっての検討すべき諸事項はもとより、代表的な工法を例にとり、概要計画および実施計画の具体例を豊富に掲載した。
- 施工編は技術者が日常の実務に活用できるように編集に意を用い、また、現場での携行にも便利のように1冊にまとめた。内容はチェックシートの形式により、手続の実態、形式別、場所別、作業別の手法、注意点、基準、実験項目から主な架設材料の取扱上の要点まで豊富な図表、写真を駆使して平易に解説した。

上巻（調査編・計画編）……………B5版・232頁・3,500円（会員 3,150円）

下巻（施工編）……………B5版・144頁・2,500円（会員 2,250円）

## ＜目次一覧＞

### I. 調査編

1. 工法選定のための調査  
設計図書の見直し、橋梁工事に関連する諸法規、現場調査、現場周辺の環境調査、施工業者選定のための調査、文献の調査
2. 工法の選定  
フローチャートによる検討、架設工法の経済比較、工期の決定
3. 発注者の準備すべき契約書類
4. 示方書・指針等

### II. 計画編

1. 工法選定後の調査  
発注図書の見直し、許可条件の再確認、現場調査
2. 輸送  
陸上輸送、海上輸送、現場内小運搬、参考資料
3. 架設計画書の作成  
架設計画書の種類、架設計画概要書、架設実施計画書、架設計算書
4. 架設計画書の例  
ベント工法架設計画概要書、ケーブル式斜吊り工法架設計画概要書、片持式架設工法架設計画概要書、引出し工法架設計画概要書、

ベント工法架設計画書、ケーブル式直吊り工法架設計画書、ケーブル式斜吊り工法架設計画書、片持式工法架設計画書、引出し工法架設計画書、高力ボルト継手施工要領書、○○○○橋現場溶接施工要領書、PC橋施工計画書(架設桁および自走クレーン車工法)

### III. 施工編

1. 着工時の手続  
発注者への提出書類、関係諸官庁署への申請
2. 架設工事一般  
特記仕様書、現場仮設備
3. 橋梁形式別  
一般的注意事項、I桁・PC単純桁の架設、箱桁の架設、トラスの架設、連続桁の架設、アーチ橋の架設、曲線桁の架設、鋼床版桁の架設、橋脚の架設
4. 架設工法別  
ベント工法、自走クレーン車工法、ケーブルクレーン工法、相吊り工法、ケーブル式直吊り工法、ケーブル式斜吊り工法、片持式工法、引出し式工法、大ブロック工法、架設桁工法、門型クレーン工法、移動ベント工法
5. 作業地域別

道路上または道路近接作業、高速道路上の作業、鉄道近接作業、水上・海上作業、市街地の作業

### 6. 作業別

測量、部材の吊上げ、部材の組立、引出し作業、横取作業、扛上・扛下作業、閉合作業、現場継手の施工、シューの据付け、伸縮装置の据付け、高欄の据付け、排水装置の据付け、橋梁の修理と補強、幅幅（旧橋と一体の構造の場合）

### 7. 安全対策

法令の手続等、安全の推進

### 8. 架設機械

ウィンチ、自走クレーン車、フローティングクレーン、モライヤスタレーン、三脚クレーン（ステフレグクレーン）、ワイヤロープおよび付属品、鉄塔、ベント、サンドル、桁受合具、架設桁、架設用吊り装置、手延機、台車、ローラ、軌条、台船および曳船、ジャッキ、チェーンブロック、溶接機、グラインダ、棧橋、足場、防護工。ガス器具、ボンベ、仮縮ボルト、ドリフトピン、エアコンプレッサ、油圧レンチ、電動レンチ、部材に取付ける仮設備（吊り金具）、吊り筋、ジャッキ受金物

文献

＜申込先＞ 社団法人 日本建設機械化協会 本部および各支部（96頁参照）

〒105 東京都港区芝公園 3-5-8 機械振興会館 電話東京（433）1501 振替口座東京 71122 番

## 機関誌編集委員会

|       |       |                                 |      |       |                           |
|-------|-------|---------------------------------|------|-------|---------------------------|
| 編集顧問  | 加藤三重次 | 本協会専務理事                         | 編集委員 | 鈴木貫太郎 | 首都高速道路公団<br>東京保全部保全課      |
| ＊     | 坪 質   | 本協会常務理事                         | ＊    | 大宮 武男 | 水資源開発公団<br>第一工務部機械課       |
| ＊     | 浅井新一郎 | 建設省道路局企画課                       | ＊    | 新開 節治 | 本州四国連絡橋公団<br>設計第二部設備課     |
| ＊     | 上東 広民 | 建設省土木研究所<br>千葉支所                | ＊    | 塚原 重美 | 電源開発(株)<br>水力建設部          |
| ＊     | 寺島 旭  | 八千代エンジニア<br>リング(株)取締役           | ＊    | 牧 宏   | 日立建機(株)<br>クレーン技術部第一課     |
| ＊     | 石川 正夫 | 日本鉄道建設公団<br>青函建設局               | ＊    | 鈴木 満明 | (株)小松製作所 研究<br>開発本部開発管理部  |
| ＊     | 神部 節男 | (株)間組 常務取締役                     | ＊    | 中田 武  | 三菱重工業(株)<br>建設機械事業部       |
| ＊     | 伊丹 康夫 | 日本国土開発(株)<br>専務取締役              | ＊    | 高橋 九郎 | キャタピラー三菱(株)<br>販売企画部      |
| ＊     | 小竹 秀雄 | 本協会顧問                           | ＊    | 堀部 澄夫 | (株)神戸製鋼所建設機<br>械事業部技術開発本部 |
| ＊     | 斉藤 二郎 | (株)大林組<br>技術研究所                 | ＊    | 戸田 良一 | (株)間組 機材部                 |
| 編集委員長 | 中野 俊次 | 建設省関東地方建設局<br>関東技術事務所           | ＊    | 兼子 功  | (株)大林組 東京本社<br>機械部計画課     |
| 編集幹事  | 田中 康之 | 建設省大臣官房<br>建設機械課                | ＊    | 大蝶 堅  | 東亜建設工業(株)<br>船舶機械部        |
| 編集委員  | 間所 貢  | 建設省道路局<br>有料道路課                 | ＊    | 寺沢 研穎 | 鹿島建設(株)<br>土木工務部          |
| ＊     | 西出 定雄 | 農林省構造改善局<br>建設部設計課              | ＊    | 鈴木 康一 | 日本舗道(株)技術部                |
| ＊     | 合田 昌満 | 通商産業省資源エネル<br>ギー庁公益事業部水力<br>課   | ＊    | 福来 治  | 大成建設(株)<br>機械部計画課         |
| ＊     | 奥出 律  | 運輸省港湾局機材課                       | ＊    | 水野 一明 | (株)熊谷組<br>営業本部土木部         |
| ＊     | 北井 良吉 | 日本国有鉄道<br>建設局線増課                | ＊    | 中尾 秀也 | 清水建設(株)機械部                |
| ＊     | 桜沢 昇  | 日本鉄道建設公団<br>海峽線部海峽線第一課          | ＊    | 三浦 満雄 | (株)竹中工務店<br>技術研究所         |
| ＊     | 平沢 正通 | 日本道路公団東京第一<br>建設局建設第二部技術<br>第二課 | ＊    | 林 茂樹  | 日本国土開発(株)<br>研究部          |

(順不同)

石油危機を契機として我が国経済は低迷を続けておりますが、これに伴って港湾をめぐる諸情勢もまた一段と厳しさを増しております。我々としてはこのような状況変化に的確に対応すると同時に、いたずらに目前の変化に目を奪われて港湾の担うべき本来の役割と港湾整備のあるべき姿を見失うことのないよう心しなければならぬと思います。

我が国の港湾は歴史的にも常に国民経済を支える流通拠点として、また、近代的産業立地の中核的な場としてその機能と役割を果たしてきました。その間、絶えざる流通革新の新しい波に対応し、港湾整備の高度化に努力してきましたが、今また我々は新しい事態、港湾を取り巻く新たな情勢の変化に当面しようとしております。その基本的なものとしては、エネルギー等資源の制約、利用可能な国土空間の有限性、環境保全に対する国民的要望、国民一般の価値観の多様化、大都市問題の顕在化、人口の地方分散化傾向などがあげられます。

このような情勢変化に対応していくためには臨海空間の活用が重要な鍵になると考えており、そこで、その核となる港湾のもつ本来的機能を新たな思想の基に発展させねばならないと痛感しております。



## 魅力ある港湾の創造を

竹内良夫

このため、運輸省としては昭和51年度を初年度とする第5次港湾整備5カ年計画を策定したいと考えており、この計画では次のような基本的考え方を柱としております。

まず第1は、物資流通の場としての港湾の機能を拡充し、物価の安定等国民経済の向上に努めることであります。四面を海に囲まれ、資源の多くを海外に依存する我が国にあっては、外国貿易の拠点となる港湾の重要性は言うに及ばず、石油危機以降の経験に鑑み、国民生活に直結する輸入資源の安定供給を確保するための備蓄機能を有する港湾の整備が不可欠であります。一方、内航海運による輸送実績は国鉄、トラックを含む陸上輸送量に匹敵する現状にありますが、最近における陸上輸送の混雑と渋滞、或いは省エネルギー、低公害、省力輸送への社会的要請を考えると、内航海運の役割を積極的に評価し、海陸一体となった総合交通ネットワークの形成が必要であります。

第2は、地域振興並びに地域住民の生活の基盤としての港湾の機能を開発し、国土開発に地域特性と均衡をもたらすことであります。これには地場産業の振興、新産業の導入の基盤となる港湾の整備、離島、辺地

## 巻頭言

などにおける地域社会のコミュニティの中心としての港湾の形成が考えられます。

第3は、安全の確保と万全な防災対策であります。航行船舶の増加、石油・LNG等危険物輸送量の増大、船舶の大型化、高速化、フェリー輸送の普及など海上輸送形態が変わるとともに、海難事故の発生による被害は船舶だけにとどまらず、港湾及び背後都市における人命、財産など広域に及ぶ危険性をはらんでおります。この点を重視し、既存施設の総点検も含めた安全確保のための施策を展開しようとしております。例えば、東京湾、大阪湾、瀬戸内海など通航船舶隻数の多い地域では、湾外にシーバース等の原油受入れ施設を整備し、パイプライン輸送を行うという計画、我が国沿岸部を航行する船舶、或いは操業中の漁船に対し緊急時の安全な避難の場を提供できるよう全国的な配置、規模について総点検を行うなどであります。

そして第4は、環境改善の一環として、快適な港湾及び海洋環境を実現することであります。急激に成長した我が国の都市は各種のひずみを顕在化させ、安全かつ快適な都市環境の創造に苦悩しております。我々は港湾は単に貨物が出入りし、物の生産が行われる場であるにとどまらず、地域社会の重要な一部として都市機能をもつ多目的空間であると捉え、港湾及び臨海空間を理想の都市づくりの核として有効活用していくことが重要であると考えております。そして、その快適な都市形成のためには積極的に支援したいと考えております。

我が国の海岸線は2万9,000 kmを越す長いものですが、物理的に港湾立地に適したところは限られており、新規開発適地に枯渇しているのが現状です。しかも、この海岸線や海面に対し、港湾開発、海洋レクリエーション、水産業、鉱物資源採取、自然保護等々、種々の要請と利権が重複し、かつ交錯しております。このような状況の中で港湾を創造していくには、周到なプログラムに基づき、総合的な事前評価を行い、計画に対する国民や地域住民の意識を正しく把握、理解し、その要請に的確に対処してこそ、真に豊かで魅力ある港湾を築くことができると確信しております。

—運輸省港湾局長—





玉村英夫氏の遺影  
明治43年10月29日生 65才  
昭和50年11月20日逝去

## 玉村英夫君を偲ぶ

社団法人 日本建設機械化協会専務理事

加藤三重次

玉村英夫君が昭和50年11月20日に急逝された。あまりにもとつぜん彼の訃にせし、われわれ一同はみな愕然とした。ふだんあれほど健康に注意し、元気にゴルフに親しみ、碁を楽しんでいた玉村君が、とつじよとして幽明境を異にするとは、いったい誰が想像し得たであろうか。これからは二度とあの温容に接することができないのだと考えると、まさに断腸の思いがする。

玉村君との最初の出逢いは、戦後間もない昭和23年頃のことと記憶する。当時私は経済安定本部建設局において公共事業の運営に携わっていたが、かねてから建設事業合理化の一つの手段として、建設工事施工の機械化を積極的に推進したいと考えていた。幸い23年度予算から建設省に建設機械整備費を工事費から切りはなして新規に設けることができた。そして24年度からは港湾、農地開発にもそれを及ぼそうと努力していた。この時農林省の機械予算の担当官として接触したのが玉村君であった。

すでに玉村君は戦時中満洲拓殖会社で機械開墾を実施しており、終戦後その体験をもとに食糧増産のため農地開発機械化を推進するため農林省に復帰していたのである。僅かずつではあるが、農林省、運輸省の機械整備費は実現し、順調に育っていったことは大方の御承知の通りである。

昭和 24 年 3 月建設機械化協会が設立された。建設機械化運動の中心団体として官民を問わず建設機械化に熱意あるものの同志的結合によって生まれたものである。

玉村君は農林省を代表し、本運動のそもそもの初めから有力な同志の一人として参画し、大きな柱の一つとなった。じらい四半世紀に亘り、幹事、理事、顧問として終始一貫本協会の発展に尽した功績は洵に大きいものがある。

もちろん、本務としての農地開発機械化については、その方面の第一人者であり、指導に教育に大きな足跡を残したことは万人のみとむるところである。社会に出て以来 30 年間、農地開発機械化推進に一生をかけて貫き通したことは、ある意味では幸福な人生であり、本人も有意義な一生を送ったことに満足して瞑目されたことと、固く信ずるものである。

私は建設機械化運動を通じて知り合い、30 年近い間親交をあつくし、その円満な人格、誠実な人柄に接し得たことを心から嬉しく思っている。

玉村君、安らかに眠りたまえと衷心より祈る。

#### 故 玉 村 英 夫 氏 略 歴

|            |  |                       |   |
|------------|--|-----------------------|---|
| 昭和 6 年 3 月 | 旧制第 4 高等学校卒  | 昭和 30 年 10 月          | 農地開発機械公社業務課長に任命<br>(就任期間中九州支所長、東北支所長をそれぞれ兼務)          |
| 9 年 3 月    | 東京帝国大学農学部農業土木科卒                                      | 36 年 1 月              | 公団服務規程第 35 条により昭和 36 年 6 月 30 日まで休職、業務課長を免じ業務課勤務を命ぜらる |
| 7 月        | 農林省農事試験場   | 7 月                   | 復職  |
| 10 年 1 月   | 現役兵として輜重兵第 7 大隊入営                                    | 37 年 4 月              | 農地開発機械公社職員を辞職<br>北海道農地開拓部総務課勤務<br>同職を辞職               |
| 11 年 1 月   | 満期除隊(陸軍軍曹)   | 38 年 1 月              | 東京農地事務局関東地方農業機械管理<br>所長に任命                            |
| 2 月        | 農林省農事試験場復職   | 39 年 10 月             | 同職を辞職   |
| 12 年 2 月   | 同上 退職  | 40 年 3 月              | 株式会社拓和設立・取締役  |
|            | 満洲拓殖株式会社入社(昭和 12 年<br>8 月機構改革により満洲拓殖公社と<br>なる)       | 41 年 7 月              | 多摩コンサルタント株式会社設立・<br>取締役                               |
| 12 月       | 任陸軍輜重兵少尉即日(予備役)編入                                    | 50 年 11 月             | 農用地建設協業組合設立・理事長                                       |
| 20 年 8 月   | 終戦により満洲拓殖公社解散(この<br>間東安地方事務所開拓課長、開拓部<br>農林課長を歴任)     |                       |   |
|            | 行政院善後救済総署東北分署 留用<br>(日籍技術員として満洲に残留)中<br>国政府          |                       |   |
| 22 年 7 月   | 留用解除   |                       |   |
| 8 月        | 佐世保上陸  |                       |   |
| 10 月       | 農林省農業機械管理所嘱託   |                       |   |
| 23 年 3 月   | 農林省開拓局資材課技術補佐員に任<br>命(政令第 56 号第 3 条により嘱託<br>事項は自然消滅) |                       |   |
| 9 月        | 同職を免ぜらる  |                       |   |
|            | 任農林技官開拓局資材課勤務  |                       |   |
| 24 年 6 月   | S 24 法律第 153 号農林省設置法に<br>より農地局資材課勤務                  |                       |   |
| 25 年 4 月   | 建設部機械課勤務   |                       |   |
| 29 年 5 月   | 同職を辞職  |                       |   |
|            | 北海道農地開拓部開拓計画課長に任<br>命                                |                       |   |
| 30 年 10 月  | 同職を辞職  |                       |   |
|            |  |                       | <教育関係>  |
|            |  | 昭和 23 年 5 月~25 年 10 月 | 明治農業専門学校講師  |
|            |  | 25 年 11 月~27 年 3 月    | 茨城県立農科大学講師  |
|            |  | 27 年 4 月~36 年 3 月     | 東京大学(土木機械施工法)<br>講師、非常勤                               |
|            |  | 29 年 10 月~32 年 9 月    | 東京大学大学院数物系研究<br>科、農業工学課程授業担当<br>講師                    |
|            |  | 44 年 4 月~45 年 6 月     | 東京農業大学農学部教授   |
|            |  | 45 年 7 月~50 年 11 月    | 東京農業大学農学部講<br>師、非常勤                                   |

臨海工事特集

## 臨海部土地造成事業の現状

馬嶋 礼次\*

## 1. ま え が き

わが国は四面を海で囲まれ、国土面積が 37 万 km<sup>2</sup> と狭隘なうえに山地や丘陵が多い。このため都市活動に適した平坦部が少なく、かつ、1 億 1,000 万人という膨大な人口を擁している。このような要因がわが国の都市配置の基礎となり、主要な都市が内湾、内海をはじめ海岸地帯に存在している。これらの都市は積極的に臨海部に土地を造成していろいろな利用にあててきた。すなわち、工業のための臨海工業用地や都市の過密緩和、公害防除、環境の改善等に資するために必要な用地や住宅用地等のいわゆる都市再開発等用地の造成である。それらの土地は地域経済の振興や国民生活の向上安定に重要な役割を果たしている。

以下、臨海部土地造成事業の推移や現状ならびに若干の展望を行うこととする。ただし、ここでいう臨海部土地造成事業は大部分が埋立地であるが、港湾に隣接する周辺部分の内陸造成を含めたものである。

## 2. 臨海部土地造成事業の推移

昭和 29 年度から 50 年度（見込み）までに港湾管理者等の地方公共団体が事業主体となって臨海部に造成した面積（事業費換算面積）の実績は表一のように約 4 万 8,400 ha であり、その内訳は工業用地 4 万 ha、都市再開発等用地 8,400 ha である。地域別には関東を筆頭に東海、近畿と続き、いわゆるこの 3 大集積地域での造成

\* 運輸省港湾局開発課補佐官

が 3 万 ha を越え、全体の約 62% 強を占めている。

工業用地の造成の推移を昭和 31 年度以降 5 年ごとに区切って地域別にみると、表一2 のように上記の 3 大地域とも最近ではそのシェアが減少してきており、特に近畿において著しい。また、表一3 は 3 大湾、瀬戸内海といった海域別に推移をみたものであるが、40 年代になって大阪湾、瀬戸内海のシェアの減少が大きく、その他海域の占める比率が著しく増大している。

わが国の工業は国内資源が乏しいため海外から原材料を輸入し、これを加工、製品化して外国へ輸出し、あるいは国内需要にあてるといふ産業構造、貿易構造をとってきた。このため輸送条件に恵まれ、かつ消費地に近い大港湾周辺に工業が集中的に立地し、京浜、中京、阪神および北九州のいわゆる四大工業地帯が形成された。さらに、近年ではその外延部や全国の拠点開発の戦略として計画された新産業都市、工業整備特別地域等の臨海工業地帯の開発によって飛躍的に発展した。

これらの臨海工業地帯の形成は新規工場の建設または大規模な工場拡張を行うためのまとまった土地の入手方法として、従来から埋立という手段がとられてきたが、近年の港湾技術の進歩によって波浪が大きく、漂砂の激しい海岸に水路を掘込んで港湾を建設し、極めて生産性の低い広い地域を臨海工業用地として蘇えらせる方法もとられるようになった。そして、臨海部に建設された工場は、例えば、基幹産業である石油精製業や鉄鋼業等を中心に最も近代的なレイアウトと設備が整備され、わが国は世界有数の工業国となった。

一方、港湾管理者等の地方公共団体は 30 年代後半からの高度成長に伴う企業の急速な用地需要に対応して、工場誘致を通じて地域開発を進めるため積極的に土地造成を進めてきた。

ところで、戦後の地域開発の制度的な動きについてみると、昭和 25 年、国土総合開発法が制定されたが、特定地域計画が全国計画、都県計画等に先行した形で進められた。ようやく 37 年に至り全国総合開発計画が策定されたが、これはわが国経済の高度成長が著しく、大都市への人口、産業の過度の集中がもたらす弊害が顕著となり、都市の過大化防止と地域格差の是正が大きな課題となり、これを解決するため拠点開発方式の構想が打ち

出された。

この時期における立法のうち、昭和36年の低開発地域工業開発促進法、37年の新産業都市建設促進法、39年の工業整備特別地域整備促進法はいずれも工業の地方分散による開発をねらいとするものである。特に15の新産業都市、六つの工業整備特別地域あわせて21個所が指定されたが、新産業都市の松本諏訪地区を除く20個所が臨海部に位置することは、当時のわが国の重化学工業化のなかで、港湾の建設と臨海工業地帯の形成が地域開発の推進力として最も期待されたことを示している。

表-1 地域別臨海部土地造成実績

| 地域  | 工業用地<br>(昭和29年度<br>～50年度) |       | 都市再開発等用地<br>(昭和36年度<br>～50年度) |       | 合計     |       |                  | 備考         |
|-----|---------------------------|-------|-------------------------------|-------|--------|-------|------------------|------------|
|     | ha                        | %     | ha                            | %     | ha     | %     | うち<br>内陸造成<br>ha |            |
|     |                           |       |                               |       |        |       |                  |            |
| 北海道 | 419                       | 1.1   | 569                           | 6.8   | 988    | 2.0   | 600              | 苫小牧        |
| 東北  | 3,736                     | 9.3   | 118                           | 1.4   | 3,854  | 8.0   | 2,415            | 塩釜, 秋田, 新潟 |
| 関東  | 12,584                    | 31.5  | 5,629                         | 67.0  | 18,213 | 37.6  | 3,977            | 鹿島         |
| 東海  | 6,120                     | 15.3  | 187                           | 2.2   | 6,307  | 13.0  | 103              |            |
| 北陸  | 1,249                     | 3.1   | 30                            | 0.4   | 1,279  | 2.7   | 988              | 伏木, 富山, 金沢 |
| 近畿  | 4,944                     | 12.4  | 912                           | 10.8  | 5,856  | 12.1  |                  |            |
| 中国  | 3,290                     | 8.2   | 265                           | 3.2   | 3,555  | 7.3   |                  |            |
| 四国  | 2,682                     | 6.7   | 160                           | 1.9   | 2,842  | 5.9   | 279              |            |
| 九州  | 4,974                     | 12.4  | 526                           | 6.2   | 5,500  | 11.4  | 98               |            |
| 沖縄  |                           |       | 7                             | 0.1   | 7      |       |                  |            |
| 全国  | 39,998                    | 100.0 | 8,403                         | 100.0 | 48,401 | 100.0 | 8,460            |            |

- (注) 1. 事業費に対する換算面積である。  
2. 50年度は造成見込みである。  
3. 備考欄は内陸造成の主要なものを示す。  
4. 民間事業を含まない。

表-2 地域別年次別臨海工業用地造成実績

| 地域別 | 31年度～35年度 |       | 36年度～40年度 |       | 41年度～45年度 |       | 46年度～50年度 |       |
|-----|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
|     | ha        | %     | ha        | %     | ha        | %     | ha        | %     |
| 北海道 |           |       | 111       | 1.0   | 168       | 1.3   | 140       | 1.1   |
| 東北  | 138       | 6.0   | 500       | 4.3   | 1,612     | 12.1  | 1,442     | 11.5  |
| 関東  | 336       | 14.5  | 2,844     | 24.4  | 4,927     | 37.1  | 4,463     | 35.7  |
| 東海  | 593       | 25.5  | 1,864     | 16.0  | 1,903     | 14.3  | 1,739     | 13.9  |
| 北陸  |           |       | 177       | 1.5   | 467       | 3.5   | 605       | 4.8   |
| 近畿  | 460       | 19.8  | 2,713     | 23.2  | 1,322     | 10.0  | 426       | 3.4   |
| 中国  | 401       | 17.3  | 1,510     | 12.9  | 640       | 4.8   | 724       | 5.8   |
| 四国  | 104       | 4.4   | 507       | 4.3   | 1,077     | 8.1   | 978       | 7.8   |
| 九州  | 290       | 12.5  | 1,444     | 12.4  | 1,171     | 8.8   | 1,985     | 16.0  |
| 沖縄  |           |       |           |       |           |       |           |       |
| 全国  | 2,321     | 100.0 | 11,670    | 100.0 | 13,287    | 100.0 | 12,512    | 100.0 |

(注) 表-1の(注)と同じ

表-3 海域別年次別臨海工業用地造成実績

| 地域別   | 年度 | 31年度～35年度 |       | 36年度～40年度 |       | 41年度～45年度 |       | 46年度～50年度 |       |
|-------|----|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
|       |    | ha        | %     | ha        | %     | ha        | %     | ha        | %     |
| 東京湾   |    | 480       | 20.7  | 2,210     | 18.9  | 2,646     | 19.9  | 2,384     | 19.1  |
| 伊勢湾   |    | 449       | 19.3  | 1,766     | 15.1  | 1,868     | 14.1  | 1,714     | 13.7  |
| 大阪湾   |    | 431       | 18.6  | 2,146     | 18.4  | 595       | 4.5   | 103       | 0.8   |
| 瀬戸内海  |    | 702       | 30.2  | 3,404     | 29.2  | 2,418     | 18.2  | 2,517     | 20.1  |
| その他海域 |    | 259       | 11.2  | 2,144     | 18.4  | 5,760     | 43.3  | 5,794     | 46.3  |
| 全国    |    | 2,321     | 100.0 | 11,670    | 100.0 | 13,287    | 100.0 | 12,512    | 100.0 |

(注) 表-1の(注)と同じ

その後、40年代に入っても、わが国経済は依然高度成長を続けたが、人口流出地域における過疎現象等地域的課題はますます深刻化し、交通通信ネットワークと大規模開発プロジェクトを整備方式とする新全国総合開発計画が44年に策定された。48年後半からは石油危機によるインフレ等もからんで土地利用の混乱、地価の高騰等が生じたが、土地を巡る問題を解決し、健康で文化的な生活環境を確保し、均衡ある国土の発展と環境の保全を図る見地から昭和49年6月に国土利用計画法が制定された。

また、新全国総合開発計画も計画策定後の過密過疎問題、土地問題、環境問題等の深刻化に伴い、計画の総点検を行うこととなり、有限な資源、環境、土地、水等を前提とした望ましい生活環境の目標を設定し、この目標の達成を図るための基本計画として、60年を目標年次とする第3次全国総合開発計画を策定する作業が国土庁で進められているが、そのなかで今日までの工業開発のあり方についての見直しが行われ、今後の方向が示されようが、工業の地方分散化の方向は変わらないものと考えられる。

次に土地再開発等用地についてみると、この用地は臨海部土地造成事業のうち、工業用地以外の目的のために供される用地を総称したものである。港湾都市においては工業用地以外の用途にあてるための用地需要が年々大きくなってきているが、例えば、流通施設用地、交通施設用地、道路、下水処理場、ごみ焼却場等のための公共用地、公園、緑地用地、都市内に散在する公害型中小企業の移転用地および住宅用地等にあてるためのものである。

この都市再開発等用地の昭和36年度から50年度(見込み)の地域別実績は、表-1に示されるように関東が約5,600haと圧倒的に大きく67%を占め、次いで近畿の11%であり、大都市周辺のシェアが極めて高い。表-4はこれを5カ年ごとに区切ってみたものであるが、関東の比率は漸減傾向にあり、東北、東海、近畿、中国、四国の占める割合が増加している。表-5は海域別にその推移をみたものである。

昭和49年9月現在で、港湾管理者等が造成工事中のものおよび50年以降5カ年間に着工したいとしている計画についての利用目的を調査した資料によると、流通施設用地10.1%、業務施設用地13.8%、公共用地25.5%

％、公園緑地用地 14.9％、準工業用地 10.9％、中小企業移転用地 12.1％、住宅用地 13.4％となっており、全国的に見て公共用地の占める比率が高く、その他の用途は 10～15％の範囲内である。しかし、地域別には背後都市圏の土地利用の性格や開発の熟度により都市再開発等用地に求められる用途はいろいろであり、その比率も大きく変わっているが、海面を利用する土地の造成は都市整備の有力な手段と考えられ、物理的にみても既存の都市地域では都市発展や再開発のために広大な用地を用意することは困難であるので、この種の用地造成の要請は今後一層強くなるものと考えられる。

### 3. 臨海部土地造成事業の最近の特色

臨海部土地造成事業は埋立が主体であるが、その基本法である公有水面埋立法は大正 10 年に制定されたもので、以来 50 年以上にわたり、なんらの実質的な改正を経ないまま埋立の基本法としてわが国の土地造成に大きな役割を占めてきたものである。しかしながら、最近の社会情勢の変化に伴い、環境保全、埋立土地利用の適正化、埋立の利権化の防止、利害関係人との調整等の見地から改正の必要性が高まり、昭和 48 年 9 月、同法の一部を改正する法律が成立し、翌 49 年 3 月から施行された。改正の骨子は、出願事項の縦覧、埋立免許基準の明確化、埋立地内に関する権利の移転または設定の規制、埋立地の用途と異なる利用の規制、追認制度の廃止および環境庁長官との調整等である。

また、瀬戸内海については、瀬戸内海がわが国のみならず世界においても比類のない美しさを誇る景勝地であることや、国民にとって貴重な漁業資源の豊庫であるとの認識にたって昭和 48 年 10 月「瀬戸内海環境保全臨時措置法」が議員立法で制定されたが、同法 13 条に基づき、昭和 49 年 5 月に「埋立についての規定の運用に関する基本方針」が定められた。これによれば、関係府県知事は埋立の免許にあたっての具体的な留意事項として

① 海域保全上、自然環境保全上、および水産資源保全上の各見地からそれぞれ十分配慮されたものであることの確認

② 水産資源保護法、自然公園法、自然環境保全法、および文化財保護法等で特に定める地域等についての埋立は極力さける。

③ 大阪湾奥部、播磨灘北部等の 6 海域については公害防止、環境保全に資するもの等の留意項目に適合しない埋立はできるだけさけるように配慮することとしている。

埋立免許申請をするまでに終えなければならない重要な事項は環境アセスメントと公有水面に関し権利をもつもの、特に漁業権者から埋立についての同意を得ること

表—4 地域別年次別都市再開発等用地造成実績

| 地域別 | 36年度～40年度 |       | 41年度～45年度 |       | 46年度～50年度 |       |
|-----|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
|     | ha        | %     | ha        | %     | ha        | %     |
| 北海道 | 316       | 20.6  | 181       | 7.0   | 72        | 1.7   |
| 東北  | 1         | 0.1   | 12        | 0.5   | 105       | 2.4   |
| 関東  | 1,123     | 73.3  | 1,748     | 67.7  | 2,758     | 64.3  |
| 東海  | 2         | 0.1   | 14        | 0.5   | 171       | 4.0   |
| 北陸  | 2         | 0.1   | 10        | 0.4   | 19        | 0.4   |
| 近畿  | 34        | 2.2   | 316       | 12.2  | 562       | 13.1  |
| 中国  | 7         | 0.5   | 24        | 0.9   | 233       | 5.4   |
| 四国  | 7         | 0.5   | 46        | 1.8   | 107       | 2.5   |
| 九州  | 40        | 2.6   | 232       | 9.0   | 255       | 6.0   |
| 沖縄  |           |       |           |       | 7         | 0.2   |
| 全国  | 1,532     | 100.0 | 2,583     | 100.0 | 4,289     | 100.0 |

(注) 表—1の(注)と同じ

表—5 海域別年次別都市再開発等用地造成実績

| 地域別   | 36年度～40年度 |       | 41年度～45年度 |       | 46年度～50年度 |       |
|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
|       | ha        | %     | ha        | %     | ha        | %     |
| 東京湾   | 1,119     | 73.0  | 1,739     | 67.3  | 2,574     | 60.0  |
| 伊勢湾   | 1         | 0.1   | 6         | 0.2   | 170       | 4.0   |
| 大阪湾   | 29        | 1.9   | 374       | 14.5  | 645       | 15.0  |
| 瀬戸内海  | 35        | 2.3   | 118       | 4.6   | 377       | 8.8   |
| その他海域 | 348       | 22.7  | 346       | 13.4  | 523       | 12.2  |
| 全国    | 1,532     | 100.0 | 2,583     | 100.0 | 4,289     | 100.0 |

(注) 表—1の(注)と同じ

である。

前述のように、わが国の経済発展はめざましいものがあり、これに伴って産業構造の高度化、国民所得の増大等望ましい現象をもたらしたが、その反面、短期間における急速な工業化、都市化現象により、大気汚染、水質汚濁、騒音等の公害の発生と自然環境の破壊が進んできた。このため各種の開発行為に対する環境アセスメントの必要性が認識され、強調されるようになった。昭和 47 年 6 月の「各種公共事業に係る環境保全対策について」の閣議了解を契機として環境事前評価を行うことへの要請は一段と高まってきた。

環境影響評価はまず環境の現況を把握し、次の開発行為に伴う環境影響予測を行なったものと、適切に設定された確保すべき環境保全水準との関係で環境影響を客観的に総合評価することである。

埋立に伴う環境影響評価は、埋立免許の出願に先立って埋立の実施主体が行うものであるが、埋立のもたらす環境保全上の問題点としては、第 1 に、水面が陸地化されるという物理的变化により惹起され、自然の生態系の破壊、景観の損傷等の自然環境の破壊、海潮流の変化による周辺海域の水質の変化があり、第 2 に、埋立作業による汚濁水に伴う水質の変化がある。さらに第 3 に、埋立地ができた後に当該埋立地に立地する工場等の事業活動等によりもたらされる大気汚染、水質汚濁、騒音等の公害の発生の問題がある。この場合、大気、水、生物等の環境に及ぼす影響の程度と範囲、その防止対策等につ

いて代替案の比較検討を含めて事前に予測と評価を行うことである。

環境影響の予測のために収集すべき情報の範囲については、中央公害対策審議会防止計画部会環境影響評価小委員会が昭和49年6月に行なった「環境影響評価の運用上の指針について」の中間報告があるが、この報告は環境影響評価を行ううえでの留意事項、評価項目等について基本的な考え方を示している。内容面の指針については調査項目、調査内容等が広範囲にわたる新規の大規模工業開発に係るものを想定して検討が行われたものであり、この環境影響評価項目の中から埋立地の規模、用途、埋立の場地的特異性等を十分考慮してその埋立に必要な調査項目、範囲および期間を取捨選択することになる。

次に漁業補償であるが、漁業権は共同漁業権、区画漁業権、定置漁業権の三つに大別され、都道府県知事から原則として漁業協同組合に免許される。このほか、知事または農林大臣の許可に基づく許可漁業や入漁権の制度もある。

補償方式としては、昭和37年閣議決定された「公共用地の取得に伴う損失補償基準要綱」が一般的である。補償交渉は消滅や制限の面積、当該水域での漁獲高等にもよるが、最近では妥結までに長期間を要するケースが多い。また、従来は埋立に関連する区域のみの部分補償が可能であったものが、全面補償でないとなれば解決が困難な場合も出てきている。最近の大きな補償の例としては、東予港西条地区で330haの工業用地造成のために約800haの漁業権消滅が行われた。このため、5組合に対し60億円の補償費が支払われることになったが、支払方法としては現金40%、交付公債60%とし、昭和49年12月の漁業補償締結時に補償額の10%、昭和50年8月埋立免許取得後90%という方式がとられた。また、苫小牧港では14,900haを全面一括消滅するもので、昭和47年9月に漁業補償の基本的考え方を関係17漁業協同組合に説明して以来約3カ年を要し、ようやく妥結の見通しがついた状況である。

また、埋立工事に伴う公害防止の問題があるが、一般に埋立方式としては、

① ポンプ船によって直接埋立地へ土砂を搬送する工法

② バケット船、グラブ船等で浚渫し、土運船で埋立地内に捨土するが、ポケットに捨土し、ポンプ船で吹込む工法

③ 陸土を運搬して埋立てる工法等が主なものであるが、通常は①のポンプ船によるものが最も多く採用されている。

わが国のポンプ船の保有隻数は最近では400隻に及び、総馬力数も70万馬力に達している。そのうち8,000

馬力以上の超大型ポンプ船が17隻を数え、浚渫深度、排送距離とも飛躍的に増大している。また、カッターレスポンプ船と大型サンドキャリアを組合せて遠距離より良質の土砂を運搬埋土する工法も採用されている。海底面下の深い地点に良質砂があるときは高深度海砂採取工法がとられることもある。

埋立地周辺に適当な海底土砂がなく、陸土を利用する場合の工法としては、パワーショベル、モータスクレーバ、ベルトコンベヤ、ダンプトラック等を用いて直接山土を掘削運搬して埋立てる場合や、掘削した山土を大型プッシュバージで埋立地まで運搬する方式、あるいは水搬送工法が用いられることもある。最近では埋立総土量のうち、山土の占める割合が漸増傾向にある。一般に山土採取跡地は住宅用地等として一体的な計画が行われ、利用されている。

施工に伴う公害についての留意事項としては、浚渫地点での濁り発生を少なくすること、濁りの拡散防止、埋立地点での余水処理方式、また、これらの汚濁防止監視体制、ポンプ船稼働時の騒音対策、陸土の場合にはダンプトラックの騒音対策、運搬路面の汚れの防止対策が必要であり、専用運搬道路の敷設を行う場合もある。また作業時間の制限を行うことも必要となる。

#### 4. 臨海部土地造成事業の今後の見通し

わが国の海岸線は流通の場、工業生産の場、都市再開発の場、レクリエーションの場、漁業の場等として利用されているが、今後とも生活水準の向上を期待するならば、現在以上の海岸線の有効利用をはかっていかなければならない。これは工業のための用地を含めてさらに適正な臨海部開発を継続して実施する必要があることを示している。

今後の臨海部開発に関する基本的な考え方はおおむね次のようになる。

① 昭和50年代は工業開発のみならず、わが国の約2万9,000kmの海岸についてそれぞれの地域の自然的、社会的、経済的諸条件を勘案して多角的な利用が確保されるよう開発を進める。

② 地域住民の福祉および自然環境保全上重要な海岸部については保全していく。

③ 今後大幅に需要が増大すると考えられる既成都市および港湾の再開発ならびに海洋性レクリエーションに必要な用地造成についてはこれを積極的に進める。

④ 工業用地の造成については地域住民の合意に基づいた地域開発構想に従って進めるが、具体的には、巨大都市地域、瀬戸内海における基幹産業の新規立地を排し、地方都市ないしは未開発地域における工業開発に重点をおいて進めることを原則とし、この場合においても

単に工業用地の造成のみでなく、地域の均衡ある発展が確保されるよう内陸部も含めた多角的な土地利用に十分配慮して進める。

工業の敷地生産性は年々増加傾向にあり、今後も生産性の上昇が見込まれるが、しかし、従来よりも工場敷地は面積的に余裕をもたせる必要が生じてくる。例えば、工場立地法により敷地面積に対する生産施設面積率、緑地面積率および環境施設面積率等が義務づけられることとなったこと、また、臨海部の開発が機能面を重視しながら進められたことに伴い、自然環境の喪失、景観の悪化、各種公害の発生、港湾地帯の就業者の休息地の欠除等環境面での諸問題が惹起されることとなった。このため今後は臨海部土地造成の中で緑地を積極的に取り入れることが必要である。工場等からの騒音緩和、大気汚染浄化、防火、防爆等のための緩衝緑地、地区内の労働、生活環境の向上、景観の改善、環境の美化等のための環境保全緑地、あるいは関係者に安らぎの場、簡単な運動のできる休息緑地等の整備も必要となってくるため、同じ機能を果たすことにおいても従来よりも広い面積の用地が求められることになろう。

このような点を加味しながら、今後の臨海部土地造成事業をみると、昭和 51 年度から 55 年度の 5 年間の造成必要面積は港湾管理者等の計画の積み上げ結果も勘案して工業用地 1 万 2,000 ha、都市再開発等用地 9,000 ha、合計 2 万 1,000 ha 程度となり、過去の実績に比較して都市再開発等用地が大幅な増加となる。

さらに、長期の見通しについては現時点では新全国総合開発計画の改訂作業が進行中のことでもあり、前提となる経済フレーム等が明示されていないが、今後 10 年間で（昭和 51 年度～60 年度）に必要な臨海部土地

造成面積について推計した試算によると、工業用地 4 万 ha、都市再開発等用地 2 万 6,000 ha、あわせて 6 万 6,000 ha となる。これらの試算数値を過去の造成実績と比較すると、やはり都市再開発等用地の需要が極めて大きいものとなっている。臨海工業用地については 50 年代から 60 年代にかけて基幹工業の新規立地が特に石油を中心として、苫小牧東部やむつ小川原地域など掘込式港湾周辺部に展開するものと考えられ、工業用地造成に占める埋立の比率は減少傾向をたどることも考えられる。

そのほか、一般廃棄物、産業廃棄物等各種廃棄物の埋立処理場が必要となる。

## 5. あとがき

いろいろな問題点が指摘されながらも臨海工業地帯の開発が大幅に進められた結果、わが国経済は著しく発展し、国民生活水準の向上がもたらされた。これからは高度成長から安定成長時代へと移行するとしても適正な経済成長率は確保しなければならず、そのためには臨海工業用地はさらに必要であり、また、都市再開発等用地は既存都市地域での用地取得難もあって海にその場が強く求められると考えられる。

国土が狭く、資源に乏しく、しかも大人口をかかえるわが国にとって、それぞれの地域の発展によって住民の福祉の向上を目指し、豊かな環境に満ちた国土づくりを進めるためには今後とも新しい社会要請をふまえたうえでの臨海部の適切な利用をはかっていくことが不可欠であろう。

## 図 書 案 内

建設機械理解のための基本・必携の本格的用語集

# 建設機械用語

B 6 判 326 頁 頒価 3000 円（会員 2700 円）送料 300 円

申込先  社団法人 日本建設機械化協会

東京都港区芝公園 3 丁目 5 番 8 号機械振興会館内

電話 東京 (433) 1501 振替口座東京 7112 番

臨海工事特集

## 関西国際空港計画の現況

木戸 武\*

### 1. はじめに

万博の次の大規模プロジェクトとして、関西の地域社会に新空港が登場してすでに8年余の歳月が経過した。その間、石油危機をはじめとして内外とも社会・経済情勢の変動は激しく、価値感の多様化にみられるように社会は混迷の度合を深めているように思われる。

このような中で運輸大臣は、新空港の規模および位置に関する航空審議会の答申資料を携えて去る7月23日、大阪府、兵庫県および和歌山県を歴訪し、資料の検討と今後の調査への協力について要請した。これを契機として新空港計画も新たな段階を迎えたわけであるが、今後この事業を円滑に推進していくには関係地域と政府機関はもちろんのこと、国民各層の理解と協力を得ることが必要である。ここでは計画の経緯、答申の概要、今後の進め方について述べ、関係者の方々の理解を賜うることの一助としたい。

### 2. 航空審議会答申の概要

昭和49年8月13日、航空審議会は新空港の規模および位置について次のように運輸大臣に答申した。

『関西国際空港は大阪国際空港の廃止を前提としてその位置を大阪湾南東部の泉州沖の海上とし、当面その規模を海上の国際空港として最小の単位となる長さ4,000メートルの滑走路1組（少なくとも300メートルを隔てた2本の平行な滑走路）に、長さ3,200メートル以上の補

\* 運輸省航空局飛行場部関西国際空港計画室長

助の滑走路1本を加えたものとするのが望ましい。ただし、空港の精確な位置は現地を詳細に調査したうえで決定されるべきである』

またその際、答申に関する建議も行なっているが、いずれも学識経験者17名と関係行政機関の職員8名、計25名の委員で構成された関西国際空港部会（審議会の専門部会）で調査し、審議されたものである。

答申は主文と説明書から成っている。答申主文は前述のとおり伊丹（大阪国際）空港の廃止を前提として新空港の規模と位置を示し、簡潔な理由も添えている。答申説明書は答申主文に示した理由を総論（審議の基本方針、新空港の必要性、新空港と環境保全、新空港の規模の各章）と各論（新空港の位置の1章）に分け、さらに詳しく説明している。

以下、答申説明書の内容を紹介することによって答申の基本的な考え方を明らかにしていく。

#### （1）審議の基本方針

近年、経済活動か環境保全かという問題がいわれられていることに関連して審議会は、「国民が努力と英知を傾注して環境保全のための総合的な対策を講じるならば、経済活動による適正規模の経済成長とこれに伴うさまざまな行為は自然や人間の環境を破壊することなく、福祉や文化の向上、つまりは国民生活の健全な向上に資することができる」ということを基本的態度としている。

次に、空港とその周辺地域の「調和ある発展を図ることが強く要求され」ており、「とりわけ、関西国際空港の建設は、……大阪国際空港の騒音対策という関西地域での局地的な課題と、関西地域での航空交通の拠点の設定という課題をあわせて解決しようとするプロジェクトであるだけに、一層その要請の度合は強く、構想の段階から周辺地域社会との調和を図ることが極めて大切」であることを第2の基本方針としている。

なお、審議の進め方に触れて、「本審議会は、新空港の必要性の確認から出発し、その合意を得たのち、公害のない空港建設の可能性に進み、次に、本題である規模及び位置を審議するという過程をとる」ことにし、「部会その他の会合を合わせ50回近くも会議を開催し、現地調査、聴聞会も含め、極めて慎重な審議を行った」



ことを述べている。

## (2) 新空港の必要性

新空港の必要性については、航空輸送の重要性と公共性、伊丹空港の現状と問題点等に言及したのち、新空港の建設が必要となる主な理由として、①伊丹空港の抜本的な騒音対策として、②関西地区における航空輸送需要の増加に対処するための2点をあげている。

航空輸送の重要性については、交通一般の不可欠性を述べたうえで、各種交通手段のなかで、航空輸送は「1回の輸送量はそれほど大きくはない。けれども、他の輸送機関に比べ最も大きな時間距離短縮効果を発揮する特性を有しているので、特に、長距離輸送区間を中心として重要な機能を果たしている」ことが強調されている。さらに、「近年航空が広く国民各層に利用され」、「もはや航空は、かつての時代のように特殊の階層の人々の特定の目的のためのみの交通機関ではなく、一般国民の足となって」おり、「国民一般の生活や福祉の向上に結びついている」という点から、航空輸送の公共性について述べるとともに、空港も航空輸送と同様に公共性を有することを説明している。

伊丹空港の現状と問題点については、同空港の沿革および国際、国内輸送分野における同空港の果たす役割の重要性、さらに離着陸回数の増加とジェット機比率の増加等によって空港周辺において「現在では騒音が深刻な問題となっている」ことについて説明している。また、「空港周辺住民の生活や環境を保護」すべきこと、同空港の重要性から「今後ともこれを代替できる新しい空港が完備されるまで、公共用飛行場としての機能を果たしていかなばならない」ことを問題点としてあげている。そして、これらの問題の抜本的な対策は、「できるだけ早く関西国際空港を建設することである」が、「新空港の建設には少なくとも10年近くの歳月を要する」ので、その間、国は昭和48年12月に告示された「航空機騒音に係る環境基準」を達成するために同空港において低騒音大型機の導入、空港周辺の土地利用計画の推進および航空機の運航方式の変更等の対策を総合的に講ずるべきであることを提言している。

新空港の能力および大阪国際空港の廃止問題については、「伊丹空港の機能を代わって受け持つ能力を備えた新しい空港を建設する必要がある」こと、「新空港の機能が十分に発揮されるようになった時点で廃止することを前提とする」ことを明示している。また、新空港の必要性の第2の理由に関連し、「今後の国民所得水準の向上、国際間の交流の活発化等を背景として、関西地区における航空輸送需要は依然として伸び続けることが予想されるが、現在のところ、経済情勢の見通し全般についても見直しが求められているので、航空輸送需要の予測

も定量的な把握が難しい。しかし、いずれにしても、伊丹空港をめぐる諸情勢の緊迫や新しい空港の建設には相当の期間を要することを考えれば、需要の予測のためにいたずらに時日を空費することを避け、制約を受けない新空港は早急に建設されるべきである」と述べている。

## (3) 新空港と環境保全

この章には、「公害のない空港の建設は可能か」という副題が付けられている。この副題は、

① 新空港の位置を陸側から5km程度隔てた海上とするならば環境保全面で期待どおりの効果が得られるのか。自然環境面へ新たな種類の影響が生じないのか。

② 海上空港の建設は技術的に可能かどうか。という2通りの意味を持っている。

第1の環境の問題については、①航空機の騒音、②航空機の大気汚染、③関連自動車交通による騒音、大気汚染、④潮流の変化と水質の汚染、⑤埋立土の採取の各項目について詳細な検討がなされ、次のような結論が導かれている。

種々の調査、実験、計算により①、②、③については環境基準に適合することが判明した。しかし、大気汚染に関しては、総量規制の観点からも論ぜられる必要があり、国と地域社会との協議の過程で地域の環境保全計画を考慮して検討されるべきである。④の潮流の変化については、影響はゼロではあり得ないが、潮流のパターンを変えるほどのものではない。水質の汚染についても、空港の寄与率は小さいが、瀬戸内海浄化の方針に沿って空港からの排出を極力少なくするよう努力すべきである。最後に、土砂採取については地域の総合計画に従った土取跡地利用計画と組合せることが最善であり、空港に対する地域の理解と協力を得る必要がある。

第2の建設の問題については、①空港用地を造成する工法の比較、②海陸連絡交通施設としての橋梁と海底トンネルの比較、③空港完成後の維持の問題、④空港施設の分離の是非について詳細に検討した結果、「建設技術面については、どの候補地でも各地点に応じた工法を採用することにより、現在及び近い将来の技術水準で海上空港の建設は可能である。特に、空港用地の造成はいろいろの点を検討した結果、埋立法を主体とするのが最適と思われる。また、実施時に解決しなければならない問題もあるが、どのような設計が最適であるかは候補地によって異なる」と述べているように、用地造成工法としては埋立、干拓、棧橋、浮体の4工法(図-1参照)の得失を比較した結果、経験が豊富で最も施工が確実である埋立法が望ましいとしている。

## (4) 新空港の規模

新空港の規模に関しては、滑走路の本数、空港用地の

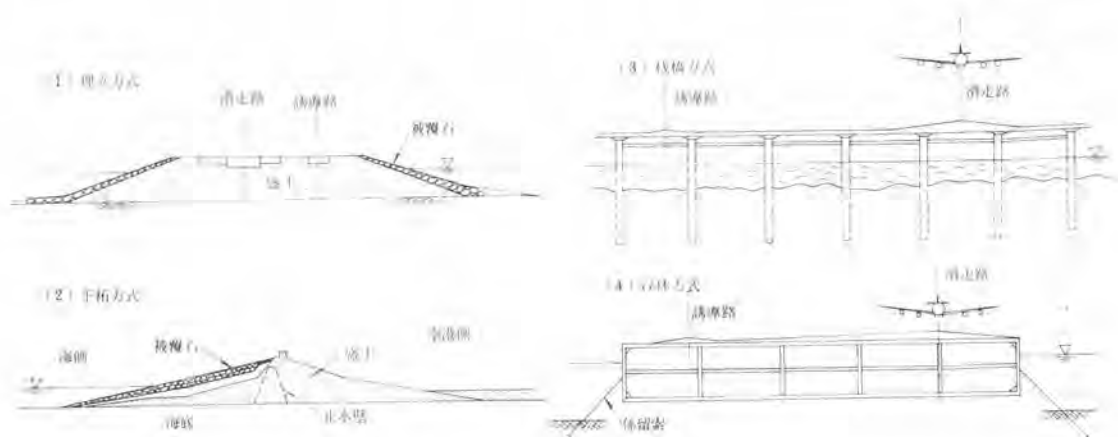


図-1 海上空港の建設工法

面積という点と、供給処理の所要量の点の二つが検討されている。

前者の問題については、①新空港が伊丹空港の機能を代わって受け持つこと、②航空輸送需要については、信頼性のある見通しを立てることは容易でなくなっていることを考慮して決定し、その結論は答申本文のとおりである。その結果、少なくとも年間 15 万回の航空機離発着処理能力を確保できることとなり、滑走路も含めた新空港全体の面積規模はおおよそ縦 5 km、横 2 km のほかに横風用の滑走路分を含めて面積 1,100 ha 程度(図-2 参照)が必要とされている。

次いで、供給処理の問題については、航空機燃料、用水、電力、都市ガスの供給および下水、廃棄物の処理について検討した結論として、「これらの量は関西地区全体の量に比べれば極めて小さいが、今後の需給の逼迫が予想されること等から、地域全体及び新空港周辺地域における需給バランスについて検討することが必要である」と述べている。

### (5) 新空港の位置

この章は、①候補地の比較方法、②新空港の候補地、

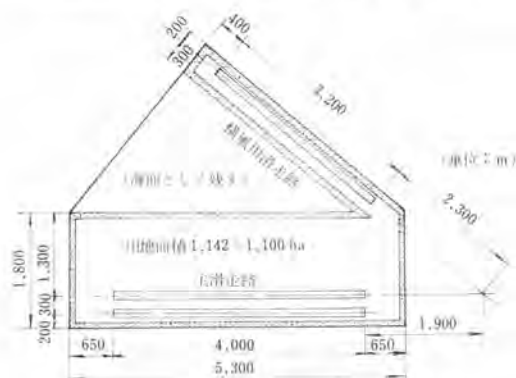


図-2 空港用地の形状と面積(泉州沖候補地)

③候補地の項目別比較、④候補地の総合比較の各節から構成されている。

候補地の比較方法では、「新空港の位置を選定する場合、まず第1に新空港が備えるべき条件を選定し、各候補地について条件の充足の度合を検討する必要がある」ことから、次の7項目に基づいて候補地の比較を行ったことが述べられている。

- ① 航空機の発着が安全であること(管制、運航)
- ② 空港が利用者にとって便利な位置にあること(利用者の便利さ)
- ③ 建設が容易であること(建設)
- ④ 公害の少ないこと(環境条件)
- ⑤ 既存権益との摩擦が少ないこと(既存権益との調整)
- ⑥ 周辺地域の将来の発展と調和がとれること(地域計画との整合)
- ⑦ 空港設置の地域に及ぼす効果が大きいこと(開発効果)

候補地の決定は、後述するように、候補地別、選定条件別に部会委員による投票によって行われた。

候補地については、関西地区の地形特性、人口の集積状態から、「審議の初期の段階で空港の候補地は海上に求めざるを得ないとの結論に達した」こと、審議会として、①泉州沖、②神戸沖、③播磨灘、④淡路島(図-3参照)の四つに候補地を限定するまでの経緯、そして、これらの比較、検討のなかで、最終的に淡路島を候補地比較から除外したことが述べられている。

第3の候補地の項目別比較では、先の選定条件ごとに泉州沖、神戸沖、播磨灘の各候補地の詳細な比較が行われている。最後の候補地の総合比較では 25 名の部会委員中、政府関係委員以外の 17 名によって行われた投票の結果が明示されている。

投票の第1は、候補地の選定条件(比較項目)7項目

に各委員が総点 1,000 点を各自の判断により重要さの程度に応じて配分することである。そして、各委員の配布点を項目ごとに合計し、配分率を求めて、各比較項目の重要度とする。この結果は「利用の便利さが約 20%、管制、運航と建設の合計が約 30%、それ以外の環境条件等周辺地域との係りについての項目が 50%」とあるように、全委員がいかに周辺地域の問題に考慮を払ったかを示している。

投票の第 2 は、比較項目ごとに各候補地の優劣度を 10 点満点で評価することである。それを集計し、さらに上述の重要度の配分率を乗じて候補地ごとの総得点を算出することにより最終結果(表-1 参照)が得られる。総得点は泉州沖候補地が最も高く、次いで播磨灘、神戸沖の順となり、審議会は、「以上の投票結果を慎重に審議した結果、候補地の総合評価として満足すべきものであるとの結論に達し、泉州沖が関西国際空港の最適地と決定した」と結論を出している。

なお、答申とともに運輸大臣に手渡された建議には、新空港の建設が大プロジェクトであり、周辺地域に及ぶ影響が極めて大きいと考えられること、また、同空港は円滑かつ早急な実現を要することから、地域社会の環境の保全、生活、福祉の向上に配慮すべきであるという趣旨に基づいて関係の省庁や地方公共団体との関係、新空港を建設、管理する組織、周辺地域の整備方法等について要望している。

### 3. 今後の進め方

新空港の規模と位置に関する答申を得た後、問題は地域社会の理解と協力を得ながらマスタープラン作りをいかに進んでいくかという局面に移っている。ここでは答申後の地域社会への協議の模様と今後の調査の二つを中心に述べたい。

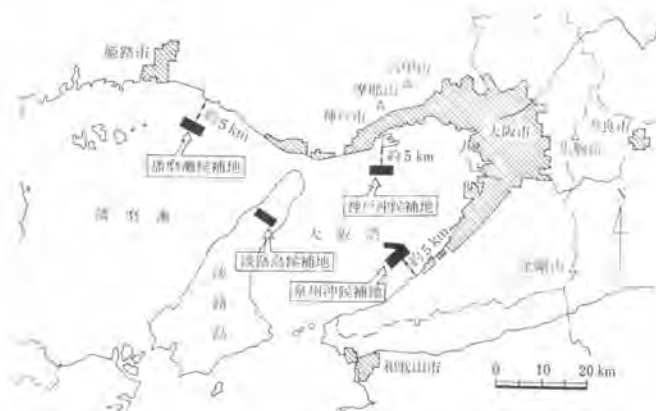


図-3 候補地の位置

表-1 候補地の総得点

| 比較項目        | 候補地 | 泉州沖                 | 神戸沖                 | 播磨灘                 |
|-------------|-----|---------------------|---------------------|---------------------|
| 1. 利用の便利さ   |     | 30,271.5            | 32,984.0            | 20,723.5            |
| 2. 管制・運航    |     | 27,362.5            | 24,676.0            | 30,845.0            |
| 3. 環境条件     |     | 26,884.0            | 22,372.0            | 26,508.0            |
| 4. 建設       |     | 16,479.6            | 14,756.0            | 17,980.0            |
| 5. 既存施設との調整 |     | 12,896.1            | 10,101.5            | 9,345.0             |
| 6. 地域計画との整合 |     | 13,524.0            | 10,212.0            | 12,190.0            |
| 7. 開発効果     |     | 13,149.5            | 9,964.5             | 11,602.5            |
| 合計          |     | 140,567.2<br>(82.7) | 125,066.0<br>(73.6) | 129,194.0<br>(76.0) |

(注) 合計欄の( )内は、委員(17名)の総得点17,000点を100点満点とした場合の各候補地の総得点である。

#### (1) 地域社会への協議

まず、諮問から答申に至る航空審議会の審議過程で検討された全資料を昭和50年6月関係資料にとりまとめ公開した。これらの資料はおおよそ候補地の選定条件(比較項目)の細目に準じた16項目に及ぶ膨大なものであり、当局がこれまで「公害のない空港の建設」を目指して昭和43年以来約6年間にわたって行ってきた調査結果がまとめられている。この資料は関係地方公共団体をはじめとして関係各機関に配付し、内容の検討を通じて課題への理解と協力を依頼しているわけである。

その後、運輸大臣が関係3府県を訪れて正式に協力を要請したことを受け、9月には事務レベルで地域社会への説明会を開催した。この説明会は、関係地方公共団体の幹部職員、議会議員、報道関係者を対象としたものと、地域住民を対象としたものとに分けてそれぞれ3回と2回現地で行われた。説明会では強い地域住民の反対の声もあり、当省と地域社会の間の意志の疎通が必ずしも十分にはかかれたとはいえないが、今後ともあらゆる機会をつかまえて話し合い、地域社会の理解と協力が得られるようより強力に、より積極的に行動したいと考えている。

このような状況のもとで地域住民との窓口の一つとして10月1日より大阪市内に関西国際空港連絡室が設けられた。この場を通して双方の意志の疎通が円滑に行われるようになれば幸いである。

#### (2) 今後の調査

新空港の計画を決定するためには空港の正確な位置、主要施設の配置等の計画や周辺地域整備の計画を策定するとともに、計画の実行が関係地域の環境にどのような影響を及ぼすかを予測し、その結果を地域社会に示し、その理解を得ねばならない。そのための調査として、自然条件、環境条件、施設計画、建設技術、経営管理および

周辺地域整備に関するものを考えている。

さしあたり、昭和 51 年度では主として自然条件調査と環境アセスメント調査を進めるために 25 億円の調査費を要求している。特に当面最も必要とされるのが現地での自然条件の調査である。この調査はすべての出発点となるもので、他の調査を科学的に行うために必要不可欠なものとなる。したがって、50 年度においても約 3 億円の調査費を投入し、できる限りの観測網を整備するよう鋭意努力中である。

現在のところ候補地周辺の海上に 1 箇所、周辺地域の海岸線近くに数箇所の観測点を設け、それぞれに自動観測計器をセットし、連続的に風や波等のデータを測読して陸上の基地に無線送信し、電算処理ができるよう計画している。この調査が円滑に進むよう関係者の方々の積極的な協力を賜りたい。

#### 4. おわりに

関西新空港計画について航空審議会答申の内容と今後の進め方を中心に述べてきたが、現在の状況をどこまで浮き彫りにできたかは疑問である。

いづれにせよ、今日のような社会、経済の激動期において、このような大規模なプロジェクトを進めることは至難の業である。プロジェクトの意義、環境アセスメントの手法、地域社会の合意の得方等を一つ一つ丹念に検討し、かつ実行していくことなしにはこの多様化、複雑化した現代の社会システムはプロジェクトの実現の方向に動いてはくれない。

われわれは今後とも及ぶ限りの努力をしていくつもりであるが、関係者の方々も以上のような事情にかんがみ、課題に対する積極的な理解と協力を賜わるよう切にお願いする次第である。

## ニュース

### 超大型ローディングショベル “UH 30”

日立建機ではこのたび全装備重量 73 t、バケット最大容量 4.4 m<sup>3</sup> という国産最大の油圧式ローディングショベル UH 30 を新発売した。

本機は大規模土木工事、原石採取・採鉱および鉱滓処理等で、工事単価の低減、工事期間の短縮等の目的から、すでに販売されている大型油圧ショベル UH 20 の経験と技術をもとに開発したものである。

本機の特長は次のとおりである。

① 2 エンジン、6 ポンプ油圧回路によって各種の複合動作が効率的である。また、非常時には 1 エンジンによる運転も可能である。

表-1 ローディングショベル UH 30 の主な仕様

|        |                                   |        |                         |
|--------|-----------------------------------|--------|-------------------------|
| バケット容量 | 3.7 m <sup>3</sup> (破碎石)          | 水平押し距離 | 4,000 mm                |
|        | 4.4 m <sup>3</sup> (上砂、ノロ、砂利)     | 最大押し力  | 35.6 t                  |
| 全装備重量  | 73 t                              | 最大掘起し力 | 38.0 t                  |
| エンジン形式 | いすゞ E 120×2 台                     | 本体全高   | 3,610 mm                |
| 定格出力   | 400 PS (200 PS/<br>2,000 rpm×2 台) | 履地圧    | 1.04 kg/cm <sup>2</sup> |
| 最大掘削半径 | 10,700 mm                         | 登坂能力   | 60%                     |
| 最大掘削高さ | 11,340 mm                         | 旋回速度   | 4.1 rpm                 |



写真-1 超大型ローディングショベル “UH 30”

② 掘削積込作業はバケットの押し出し旋回により積込動作が容易で早くできる。

③ 油圧パイロットによる 2 本レバーの操作であるため長時間作業でも疲労が少ない。また、水平押しは 1 本レバーでできる。

④ フロント部の給脂はエア式グリスガンによる集中方式、履帯調整もグリス式で保守が簡単である。また、旋回、走行装置等がユニット化され、整備、輸送が容易である。

本機の主な仕様は表-1 に示すとおりである。

(編集部)

## 臨海工事特集

## 大水深防波堤の要請とその設計概要

竹田 英章\*

## 1. ま え が き

船舶の大型化、隻数の増加に伴う既存防波堤の延伸、沖合防波堤の建設、新立地港湾の防波堤、あるいは津波・高潮対策としての湾口防波堤など、大水深防波堤の要請が近年特に高まっている。このような大水深防波堤の建設地点は外海に位置しており、波浪条件が厳しく、設計はもとより、施工においても種々の新しい問題が提起されている。

採油プラットフォームの建設が大陸棚のほぼ $-200\text{ m}$ に近づきつつある現在、大水深という言葉からは少なくとも $-100\text{ m}$ 以深の構造物が想定される。比較的穏やかな海象条件の内湾あるいは外洋人工島のように本格的な海洋構造物においては、将来浮遊式構造物が有望であり、大規模な浮遊構造物が未だ出現していない現在においては今後の技術開発課題として興味の深いところである。

しかし、昨今の港湾構造物としての観点からは本格的な大水深を対象にするのは未だ将来のことと考えられるので、ここでは今後10年以内に建設が予定されている防波堤を対象に考えたい。

建設水深 $-50\sim-70\text{ m}$ の金石湾口防波堤および建設総延長 $16.5\text{ km}$ 、その内の主要防波堤 $9.5\text{ km}$ の水深が

$-35\sim-50\text{ m}$ である小川原地区の大規模防波堤計画の建設においては、潜水夫の作業を必要とする従来の設計、施工は外海作業、急速施工、潜水夫確保の面からとうてい無理である。このため筆者は大水深防波堤建設の観点から、従来の建設工法の再検討を行なった結果、水深 $-30\text{ m}$ 以深では従来の設計法および施工法はそのままでは適用できないことが明らかになった。

## 2. 大水深防波堤の建設例

水深の大きな地点に防波堤を建設した事例としては、まずアフリカ大陸地中海沿岸のアルジェ港があげられる。この防波堤の先端水深は $-35\text{ m}$ で、 $10\text{ m}^3$ の方塊乱積、斜面こう配は外側 $1:1$ 、内側 $1:0.5$ 、頂部は場所打ちコンクリートとして1838年に着手された。1840年以降は図-1のように堤心は重量別の捨石層で形成し、内外斜面とも $-10\text{ m}$ 以浅に乱積方塊を用い、後年はさらに内側の被覆層を省略している。

イタリアのジェノアでは1879年より水深 $-22.5\text{ m}$ に、また、ナポリでは水深 $-35\text{ m}$ に防波堤が建設されている。図-2のナポリの防波堤は階段積を $1.6:1$ の急こう配とし、マウンドを上部工より数年間先行して施工しており、マウンドの捨石は大小混合して空げきを極少にし、段階的に施工している。このほかにも、ほぼ同じ構造の傾斜堤としてはモナコの水深 $-30\text{ m}$ 、コルシカ島のバスチア $-25\text{ m}$ 、同じくアジャクシオの $-26\text{ m}$ があげられる。

直立堤としてはアルジェの水深 $-20.5\text{ m}$ に図-3のサイクロピアンブロック積が1923年より建設された<sup>1)</sup>。南アメリカ大陸チリのバルパライソ港の防波堤は水深 $-45\sim-55\text{ m}$ に建設されている。その構造は図-4のとおりで、ロックフィルのマウンドを割石で整形し、その上にブロック積の直立部を配している。この防波堤は

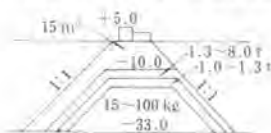


図-1 アルジェ港の防波堤



図-2 ナポリの防波堤

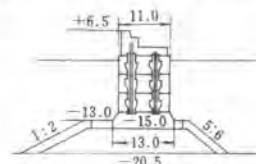


図-3 アルジェ港のムスタファマ堤

\* 運輸省第二港湾建設局横浜調査設計事務所次長

幾度か地震を受けており、1965年にはおそらく震度Vの強震に見舞われたと考えられるが、被害はなかったとのことである<sup>2)</sup>。

わが国における水深の大きな地点に建設された防波堤としては大船渡湾口の水深-35mに建設された図-5の津波防波堤がその代表的なものであり、引続いて建設された女川の津波防波堤は-29mであった。

なお、表-1に示すように水深-20~-30mにおける防波堤の建設は随所に見ることが出来る。

### 3. 大水深防波堤の要請

#### (1) 海上貿易量の増大と船型の大型化

世界の海上貿易は、経済の発展と貿易量の増大、および石炭から石油へのエネルギー転換が行われたことから1950年以來年間平均7.4%と急激な増加を示してきた。しかし、今後は環境保全と新しいエネルギー源の開発によりタンカー部門の増加率は低下が見込まれているので海上貿易は緩やかに増加を続けるものと考えられる。しかし、それでも1990年代には今日の2倍になるものと予測されている<sup>3)</sup>。

わが国の産業においては公害対策・環境保全、立地の制約などにより60年代のような装置産業の設備拡大を困難ならしめており、ことに1973年の石油危機を契機として省エネルギー、省資源対策を進めるうえからも産業の知識集約化、高付加価値化が強調されている。そして、同時に鉄鋼、石油化学などの装置産業の海外立地が積極的にとりあげられている。しかし、わが国の発展途上国向けの輸出は鉄鋼が60%、重化学工業品が80%近くを占めており、ことに東南アジア地域においては鉄鋼総輸入量の60%を、プラスチックでは80%を対日輸入に依存している。このことは、わが国が世界的には安定的な中間財供給地としての役割を担っていることであり、鉄鋼、石油化学製品の自給率の低い発展途上国が自国の工業化を進めるうえで、工業原材料の生産基地として不可欠なことを示している。

同時に、今後わが国が必要とする資源およびエネルギー

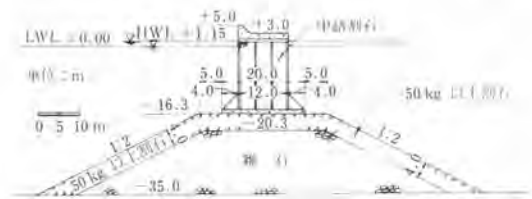


図-5 大船渡湾口津波防波堤

表-1 防波堤建設水深の現状\*

| 港名      | 建設水深 (m) | 設計波高 (H <sub>1/2</sub> ) (m) | 現況  |
|---------|----------|------------------------------|-----|
| 留萌港     | -22      | 7                            | 完成  |
| 新潟東港    | -20      | 7                            | 建設中 |
| と       | -27      |                              | 計画中 |
| 小名浜港    | -22      | 6                            | 完成  |
| 鹿島港     | -21      | 6                            | “   |
| 清水港三保   | -28      |                              | 建設中 |
| 島根県浜田港  | -27      | 9                            | “   |
| 愛媛県八幡浜港 | -27      | 2.5                          | “   |
| 宮崎県細島港  | -20      | 8                            | “   |
| 長崎港     | -35      | 4.5                          | “   |

(注) 建設の一例で、すべてを網羅しなすはではない。

一を安定的に確保するためには産油国、資源産出国との関係を一層親密にする必要がある。そのためにもこれら諸国の要望する中間財を積極的に供給して相互の依存関係を持続する必要がある。

このような観点から、わが国の海運は一時的には停滞や波乱があっても、長い目でみれば今後とも着実な発展を遂げるものと考えられ、港湾においてもそれに即した整備を計らなければならない。

貿易量の増加は船腹量が平行して増加することを必要とし、同時に船型の大型化、専用船化、高速化を促進する。船型の大型化についてみると、戦前1万~1万5,000トンが普通であったタンカーは、1973年には48万トンの超大型タンカーも就航している。同時に船型の大型化はタンカーに限らず、鉱石船が10万~15万トン、石炭や穀物を運ぶバラ積船も6万~12万トンのものが多く建造されている<sup>4)</sup>。

このような船舶の大型化はきつ水の増大をもたらし、50万トン級タンカーでは-30m、鉱石船では-18m、バラ積船では-16mの水深が必要になってくる<sup>5)</sup>。したがって、航路、泊地を形成し、係留施設を保護する防波堤はこれらの水深と同程度あるいはそれ以上の深さに建設することが必要である。

#### (2) 地形上の要請に基づく大水深防波堤

岩手県や宮城県などのリアス式海岸においてはしばしば津波により甚大な被害を受けており、防潮堤の建設と相まって大船渡や女川では湾口に津波防波堤を建設して抜本的な解決を計

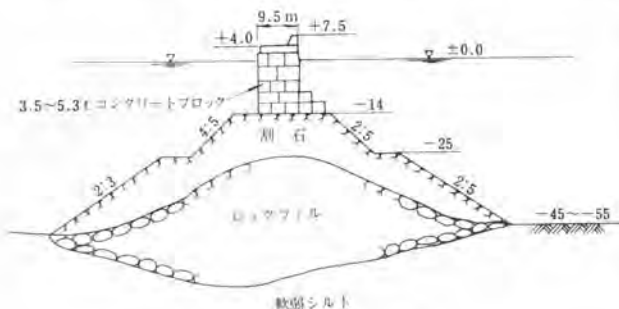


図-4 マルバラライン港防波堤

っている。このようなりアス式海岸は周辺に山がせまっ  
て湾内の水深は急激に深く、湾口においては数 10~数  
100 m に達する。

地域発展計画における港湾はその推進をなすものであ  
り、近年まで比較的地形に恵まれた水際線をそれにあて  
がうことが容易であった。しかし、今後あらたに建設さ  
れる港湾は海象条件の厳しい、しかも水深の大きな地域  
にその余地を見い出さざるを得なくなってきている<sup>7)</sup>。  
また、既存港湾においては、港湾の新たな需要を満たす  
臨海空間はもはや隣接の臨海地域に求めることがむずか  
しくなり、沖合に防波堤を建設してその需要に対処しよ  
うとする動きが強まっている<sup>8)</sup>。

4. 釜石湾口防波堤建設計画

大水深・大規模防波堤の建設としては北海道苫小牧東  
部地区、青森県小川原地区、秋田湾、その他が計画され  
ているが、ここでは大水深防波堤建設計画の典型として  
ここ数年内に着工が見込まれる釜石湾口防波堤をとりあ  
げる。

釜石は昭和 35 年のチリ地震津波以後、高さ 4 m の防  
潮堤が張りめぐらされているが、昭和 42 年の十勝沖地  
震津波により再び市街部が浸水した。このため防潮堤の  
かさ上げと湾口防波堤の両案が比較検討された。湾口防  
波堤はその締切効果により津波の脅威を防ぐとともに、  
平常においては静穏な内水面を利用して水産・漁業の振  
興、観光開発、および港湾の整備を、荒天時には太平洋  
沿岸航行船舶の避難泊地として県勢発展計画にとり入れ  
られたものである。

湾口防波堤は現段階では延長ほぼ 2,100 m、建設水深  
-50~-70 m、設計波高は  $H_{1/10}=7\sim 10$  m が考えられ  
ている。

5. 防波堤構造形式の選定<sup>9)</sup>

防波堤の構造形式は構想段階のものも含めて 50 種以  
上あげられる。構造形式を支持方式および波のエネルギー  
処理方式によって分類すると表-2 が考えられ、さら  
に、主要材料が石材あるいはコンクリートのものと鋼材

表-2 防波堤構造形式の分類



表-3 防波堤の構造形式

(1) コンクリートおよび石材構造物

| 支持形式                                | 外力の処理形式                   | 構造様式 | 名 称  |
|-------------------------------------|---------------------------|------|--|
| 着底式                                 | 反射式                       | 完全反射 | コンクリート単塊式<br>ケーソン式<br>ブロック式<br>サイクロピアン式<br>セルラー式 |
|                                     |                           |      | コンクリート単塊式<br>ケーソン式<br>ブロック式<br>サイクロピアン式<br>セルラー式 |
|                                     |                           | 部分反射 | 曲面式<br>オーバハンギング式<br>斜面形成式<br>三角式                 |
|                                     |                           |      | 曲面式<br>オーバハンギング式<br>斜面形成式<br>三角式                 |
|                                     | 消波式                       | 消波式  | 捨石式<br>捨方塊式<br>方塊積式<br>異形方塊積式<br>袋詰コンクリート式       |
|                                     |                           |      | 摩擦抵抗 特殊傾斜堤 特殊粗度式<br>特殊粗度式                        |
| 乱れ 有孔防波堤 有孔詰式<br>スリットケーソン式<br>有孔遊水式 |                           |      |  |
| 位相差 二重壁堤 二重堤式<br>二重壁式               |                           |      |  |
| 浮遊式                                 | 反射式 部分反射 ボンツーン堤 コンクリート単面式 |      |  |
|                                     | 消波式 乱れ 浮乱流堤 コンクリート複式      |      |  |

(2) 鋼材および特殊材構造物

| 支持形式                                     | 外力の処理形式 | 構造様式                               | 名 称 |
|--|---------|------------------------------------|-----|
| 着底式                                      | 反射      | 完全反射 鋼管防波堤 鋼矢管板式<br>式              |     |
|  |         | 部分反射 カーテン防波堤 鋼管くい式<br>鋼強式          |     |
|  | 消波      | 斜面 人工粗度堤 格子式                       |     |
|  |         | 乱れ 乱流堤 バイブ式<br>群式                  |     |
| 位相差 ダブル<br>カーテン堤 鋼管2連カーテン式<br>組わく2連カーテン式 |         |                                    |     |
| 浮遊式                                      | 反射      | 部分反射 ボンツーン堤 単面式<br>鋼管式<br>レール式     |     |
|  |         | 半潜水堤 組立式                           |     |
|  | 消波      | 摩擦抵抗 人工摩擦堤 レート式<br>人工海藻式<br>マットレス式 |     |
|  |         | 乱れ 空気防波堤 空気式                       |     |
| 位相差 浮ダブル<br>カーテン堤 2連浮カーテン式               |         |                                    |     |

あるいは特殊材を使用するものに分けて構造様式ごとに区分すると表-3 のようになる。

同表において、さらに類似構造をまとめて外海に面する大水深防波堤として適用性のあるものを抽出すると16形式に絞ることができる。

ついで、これらの16形式について設置水深、波浪、津波、潮位、土質条件、震度、港内静穏度の設計条件を与えて概略断面を作成し、防波堤としての機能、安定性、施工性、維持管理、環境保全の観点で検討した。そして、定性評価によりケーソン式、変形ケーソン式、有孔遊水式の混成堤および異形方塊積式傾斜堤を抽出した。さらに、この4形式について今回初めてウェイトシステム法により絶対評価を試み、津波を対象とする釜石湾口防波堤にあっては図-5 とほぼ同じ構造のケーソン式混成堤を最も高く評価した。

これは並行して51の形式を対象に、外海における大水深防波堤として適用性の高い形式を選定するために実施した調査とも一致している。

## 6. 大水深防波堤の設計における問題点とその対応策

### (1) 設計波浪の設定と波力の算定

水深-20m以浅における波浪観測は従来より実施され、その波浪特性はかなり研究されている。しかし、さらに沖合での波浪観測はようやくその緒についたばかりであり、わずかに東京湾口沖の波浮港、鳥根島の浜田港、青森県小川原地区、および岩手県釜石湾外で実施されているにすぎない。今後、水深-50m沿岸波浪観測網を早急に展開し、沖合での海象データを蓄積しなければならない。したがって、ここ当分は波浪推算値を実測値で補正した後、確率処理を施して設計波を定めることになる。

割石マウンド上に設置される直立部、すなわち、ケーソンに作用する波力に関しては水深の浅い碎波領域では広井式が、水深の大きい重複波領域では部分碎波圧式が用いられてきたが、部分碎波圧式によって算定される波力は過少であることが伊藤氏ら<sup>10)</sup>によって指摘されている。大水深防波堤は波力および工費の点でケーソン据付水深を極力深くするのが得策である。したがって、一般に重複波領域に属する。この点に関しては、合田氏による最近の研究<sup>11)</sup>を適用でき、あわせて模型実験で検証する必要がある。釜石湾口防波堤についても今年度安定に関する予備実験を終了しており、今後、概略設計を待つて本実験を実施する。

### (2) 土質調査

やぐらあるいは船上より行う海上ボーリングは水深

-25m程度が限度であり、それ以上の水深ではSEP等の海上作業台やえい航式タワーの使用、あるいは海底着座式のボーリング機械を採用しなければならない。本四架橋調査では海上作業台が使用されており、また、着座式ボーリング機械に関しても二、三の機種がすでに実用化されている<sup>12)</sup>。なお、運輸省では本格的な大水深を目指したマリンオートサンブラーが開発され、現在実用化試験を実施している。

### (3) 地震時の安定および地盤支持力

釜石湾口防波堤は、水深-20mまで割石によりマウンドを築き、その上に天端高+8.5mの直立部を設置する計画である。したがって、水深-50~-70mの海底からの堤高は60~80mにも達するから、とりわけ地震時の安定性を吟味しなければならない。大船渡湾口津波防波堤では修正震度法により耐震設計がなされたが、釜石については有限要素法により地震時の変位を求め、耐震性の評価を行なっている。

地盤支持力については通常直立部の変位を極力押えるためにケーソン据付面とマウンド下面、すなわち海底面での端支圧を一定限度以下としているが、釜石にあっては堤高の大きいこともあって、従来の考え方は修正せざるを得ない。これに関しては、改めて傾斜偏心荷重を受ける地盤支持力問題として検討されることになる。

以上の地震時安定性に関しては、昨年度より港湾技術研究所の指導のもとに実施中であり<sup>13)</sup>、遅くとも昭和52年度までには大型振動台を使用した模型実験を実施する予定である。

### (4) 割石マウンドの不等沈下および激浪によるケーソンの破壊

防波堤直立部は図-6のような鉄筋コンクリート製隔室構造物を陸上で製作し、進水、えい航して注水据付を行い、砂を隔室に填充してその上に現場打ちコンクリートあるいはプレキャストコンクリートの蓋で覆ったのち現場打ちコンクリートの上部工を施工して完成する。

同図はマウンドの施工年次が異なるたところにケーソンを据えたためにケーソンにねじれが発生して破壊した例である。釜石のマウンド厚は30~50mと従来に比べてけた違いに大きいから、マウンドの不等沈下を前提にケーソンを設計しておかなければならない。このため現行設計法に基づく巨大ケーソンが不等沈下に遭遇した場合についての応力発生状況を計算中であり、現行設計法を再検討している。

八戸港のケーソンが昭和46年の7~9mの激浪により外壁が破壊された例<sup>14)</sup>を図-7に示す。以来、当局管内の外海に面するケーソンは波浪を考慮した設計を行なっているが、将来は固有振動周期を有するケーソン外



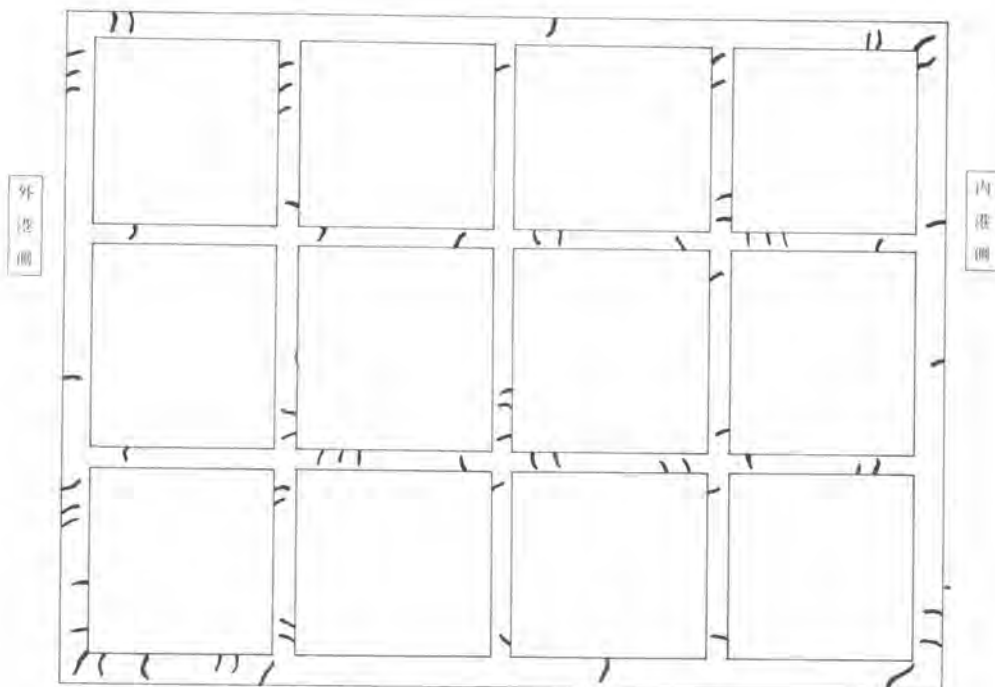


図-6 マウンドの不均等沈下によるケーソンの破壊例

壁の衝撃荷重としての波力に対する応答問題として捉えなければならぬであろう。

## 7. 大水深防波堤の環境保全に対する問題点

防波堤築造に際しての割石投入等による海水の濁りをはじめ、材料運搬など建設に伴う施工時の周辺地域に及ぼす様々な影響は無視できないものであり、十分な配慮がなされなければならない。大水深・大規模防波堤においては、完成後も周辺地域の影響は大きいので、計画段階から十分なアセスメントが必要であるが、ここでは防波堤完成後の外海と隔絶された内水の停滞と防波堤反射波の2点を特に指摘しておきたい。海水交流の保持に関しては平面としての防波堤法線計画にとどまらず、垂直においてもその配慮が必要であり、その観点からしかるべき構造様式が考え出されよう。

反射波対策については前に述べた激浪によるケーソン外壁の破壊防止と相まって、直立部は消波機能を備えたケーソンが採用されることを期待したい。

## 8. 大水深防波堤施工の観点からみた

### 建設機械開発の方向

——“あとがき”にかえて——

今後数年内に着工が見込まれる釜石湾口防波堤を大水深防波堤の典型としてとり上げ、設計における主要な問

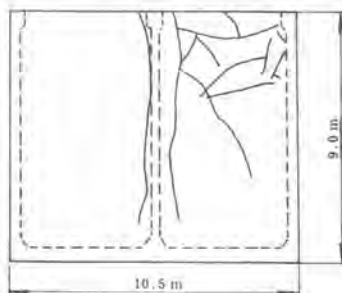


図-7 激浪によるケーソン外壁の破壊例

題点を抽出して対応策を述べた次第である。

すべての構造物、とりわけ港湾構造物にあっては陸上とは異なり、海象に制約された海上作業となるので、設計にあたっては施工性を十分考慮する必要がある。ことに大水深・大規模防波堤にあっては潜水夫の作業を最小限にした急速・大量施工が必須であり、防波堤の設計も従来の方式を根底から見直さなければならない。

このような観点から筆者は大型機械による割石マウンドの製作とその不陸状態、ケーソンの波浪による滑動安定からみたマウンド構成材料の検討と機械によるならし方法、ケーソンの据付精度、ことに据付間隔と港内静穏度との関係からみた据付方法などについて簡単な実験、計算、考察を行なっている。

少なくとも -30 m 以深の施工においてはわれわれの持ち合せている経験とは異なった様々の現象が見出されており、それらに即した建設機械の開発が必要であ

る。これらに関しては紙面の都合で割愛せざるを異なかつたので、後日その詳細を報告する機会が与えられることを切望する次第である。

#### 参考文献

- 1) 伊藤喜行：防波堤構造論史，港湾技研資料 No. 69, 1969年6月，pp. 78
- 2) 渡辺信夫：中南米諸国の港湾事情調査報告書，1965年6月
- 3) リットン・システム・インコーポレーテッド：海上輸送需要と技術の予測，第1部，財・海事産業研究所，外国資料 69-20，部内研究用，1969年6月
- 4) 河野 力：世界的視野で鉄鋼輸出を，日本工業新聞，昭和49年9月5日
- 5) 日本造船工業会：造船グラフ，昭和49年版，pp. 14
- 6) 例えば，シマタ工業：防舷材，パンフレット
- 7) 例えば，長崎県東地域開発構想など
- 8) 例えば，八戸港，小名浜港などの港湾整備計画構想
- 9) 運輸省第二港湾建設局：大水深防波堤調査報告書，防波堤構造形式選定編，日本港湾コンサルタント委託，日本テトラポッド担当，昭和50年3月，未公開資料
- 10) 伊藤・藤島・北谷：防波堤の安定性に関する研究，港湾技術研究所報告，第5巻14号，1966年9月
- 11) 谷田良実：防波堤の設計波圧に関する研究，港湾技術研究所報告，第12巻3号，1973年9月
- 12) 例えば，海洋工業のD600型マイプロ・ロータリボーラ
- 13) 運輸省第二港湾建設局：大水深防波堤調査報告書，防波堤の耐震性検討編，日本港湾コンサルタント委託，昭和50年3月，未公開資料
- 14) 竹田・柳生・蓮見：大きな波力を受ける鉄筋コンクリート隔壁構造物外壁の設計法に関する研究，土木学会第30回年次学術講演会，昭和50年10月

## ニュース

### 低騒音油圧コンクリートブレーカ “ペースブレーカ”

ドッドウェルでは英国 W & J 社の低騒音油圧コンクリートブレーカ“ペースブレーカ”を発売した。

本機は W & J 社が油のシール技術の問題点を克服して開発したハンドタイプの油圧ブレーカで，ペースブレーカ“モデル 240”とパワーユニット“モデル 250”から構成されており，次のような特長をもっている。

① コンパクトな設計によりライトバンでの運搬が可能である。

② ラバーブッシュ付ノミ刃を装着した場合，7m 地点における騒音レベルは 75 ホン(A)で，市街地における夜間作業も可能である。

表-1 ペースブレーカ“モデル 240”の主な仕様

|      |                        |       |                |
|------|------------------------|-------|----------------|
| 本体重量 | 29.9 kg                | 圧力油流量 | 15.3 l/min     |
| 本体全長 | 616 mm                 | 打撃数   | 1,100 blow/min |
| 作動油圧 | 155 kg/cm <sup>2</sup> | ジャンク  | 32 mm          |

表-2 パワーユニット“モデル 250”の主な仕様

|              |                         |         |                        |
|--------------|-------------------------|---------|------------------------|
| 本体重量         | 100 kg                  | エンジン出力  | 12 PS/3,000 rpm        |
| 全長×全幅<br>×全高 | 660mm×584 mm<br>×660 mm | 油圧ポンプ形式 | ギヤ式                    |
| エンジン形式       | コラー製<br>ガソリン4サイクル       | ポンプ最高圧力 | 211 kg/cm <sup>2</sup> |
|              |                         | 油圧ホース   | 同軸 7.62m/本             |



写真-1 低騒音油圧コンクリートブレーカ

ける夜間作業も可能である。

③ 高油圧のため作業能力が優れている。

④ 無排気のため作業者の環境が改善され，同軸ホースの使用により作業者の安全向上が図られている。

なお，本機の主な仕様は表-1，表-2 に示すとおりである。

(編集部)

臨海工事特集

## 汚染海域浄化システムの設計研究

井村秀文\*

これらの各問題はそれぞれ単独に存在し得るものではなく、互いに密接に関連しあっており、これら全部が有機的に結合された一つの体系として海域浄化システムが成立する。「汚染海域浄化システムの設計研究」はこのような観点から海域浄化にからむ数多くの複雑な要因を個々に分析するとともに、これら相互の連関を総合的に把握することを目指して環境庁が通産、建設、運輸の各省の協力により昭和49年度～50年度の2カ年計画で実施中の研究である。

研究の実施にあたっては作業の効率化のため研究分野を

- ① 自然浄化能力分析システム
- ② 汚濁負荷分析システム
- ③ 汚染物監視制御システム
- ④ 汚染物除去システム
- ⑤ 汚染物処理システム
- ⑥ 回生システム

の六つのサブシステムに分け、さらに全体のとりまとめおよび総合解析のためのトータルシステムを設けた(図-1参照)。

この浄化システムが現実に有効に機能するためにはこれを構成する各サブシステムがそれぞれ定量的に把握され、そこから要求される技術的要件を満足する個々の技術(ハードウェア)の開発が実現されねばならない。しかし、本研究の目標は個々の技術の開発そのものではなく、ある設定された条件の下で要求される技術の水準と性格を明らかにすることである。また、視点を変えれば本研究は海を中心にしたエコシステムの研究にほかならず、人間の生活と生産活動、海の生態系などをめぐる物質、エネルギーおよび情報の流れに着目して分析が進められねばならない。

ここにおいては、生物学、海洋学等の未開拓の基礎的分野の研究と密接な関連が生じてくる。これらの分野における新しい知見は浄化システムの中に次々と吸収していかねばならないが、このような基礎的研究そのものは本研究の直接の目標ではない。この2年間の研究の目指すところは、既存の諸々の知見を浄化システムという一つの大きなわく組の中に結集し、浄化システムの構成要素としての個々の役割と相互の連関を明確にすることで

## 1. 研究の目的

生命は海で誕生したというが、いつの頃からか「死の海」という言葉が頻繁に使われはじめた。この「死の海」をもとのきれいな「生命を育む海」にもどすこと——汚染海域の浄化——は国民的な課題となっている。

現在、海域の汚染対策としては汚染原因物質の排出抑制、ヘドロや浮遊物質の除去などが局部的に単独に実施されている。しかし、周囲の人口もそれほど多くない小湾などの場合はともかく、今日最も焦眉の課題となっている東京湾や瀬戸内海において効果的な浄化を行えるような技術はまだ存在していないといえる。

問題の技術的解決にあたっては、そこで必要となる技術の水準と目標が明確にされており、関連する諸要因が定量的に分析把握されていればいるほど問題の焦点は絞られ、目標の達成へと近づくことができる。

海域浄化技術の確立にあたっては、まず、浄化目標の設定のために社会科学、自然科学の両面から汚染の機構と海域における物質の収支を解明せねばならず、次にその目標を実現するために必要となる技術的要件を明確にし、新技術の開発要素、既存技術の効率的な組合せなどを研究せねばならない。海域浄化の技術的手法としては汚染物質を除去する方法と海域の有する自然浄化機能を人工的に促進、回復させる方法(回生)とが考えられる。このほか、海域における汚染の測定監視と汚染物質の流入制御、除去された汚染物質の処理なども浄化技術を構成する重要な要素である。

\* 環境庁企画調整局研究調整課

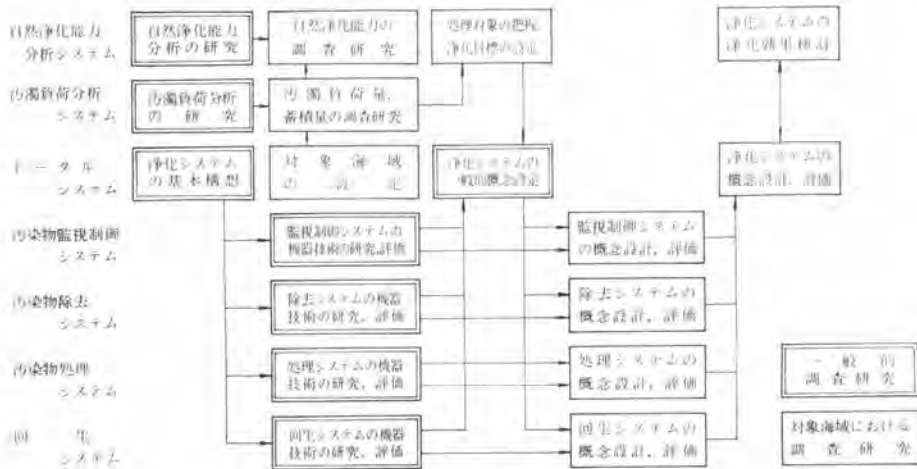


図-1 研究のフローチャート

ある。また、浄化システムという観点からみて、関連する研究分野における未開拓部分を明らかにし、新しい研究課題を提示することも重要な目的である。

実際の研究においては、いくつかの実際海域について現在入手可能な限りのデータを収集し、それをもとに分析を進めている。しかし、特定の海域についてすべてのサブシステムにつき斉合性のとれたデータを収集することは困難であり、ある部分についてはかなり詳細な定量的把握が可能であるにもかかわらず、ある部分についてはそれが困難な場合もある。このような欠陥はあっても浄化システムという大きなわく組の中で相互の連関を考慮しつつ、複数のサブシステムを同時に目的指向的に研究していくことは環境問題の解決にあたって強く要求されている「トータルな視点からの問題の分析と把握」を

可能にしていくものであると思われる。

## 2. 構成システムの概要

研究の実施においてはいくつかの実際海域についてのケーススタディが中心となっているが、以下では浄化システムの普遍的なフレームワークの概要だけを簡単に述べる。さらに詳しい研究内容については参考文献に述べられている(図-2 参照)。

### (1) 自然浄化能力分析システム

海域(ここでは湾状の半閉鎖性海域を念頭におく)の汚染の原因となる物質のマクロな物質収支は、

$$\begin{aligned} \text{蓄積量の増加} &= \text{負荷量} - \text{自然浄化量} \\ &= (\text{流入量} + \text{海域内発生量}) \\ &\quad - (\text{流出量} + \text{海域内無害化量}) \end{aligned}$$

で表わされる。

海域の浄化とは、上式の蓄積量の増加を負にすることであると定義される。このための方策としては、負荷量をできるだけ小さく保つことと自然浄化量の増大をはかることの二つの方向からのアプローチが必要である。

自然浄化能力分析システムの目標は海域内に流入した汚濁負荷に対するその海域での物理的、化学的、生物学的な浄化機能の解明であり、これは海域への汚濁負荷量の制限、除去すべき物質の種類と量およびその頻度、さらに自然浄化能力の増強の目標値などを考えるための基盤となるものである。

自然浄化作用とは、狭義には水域に流入された有機物が生物などの作用により分解

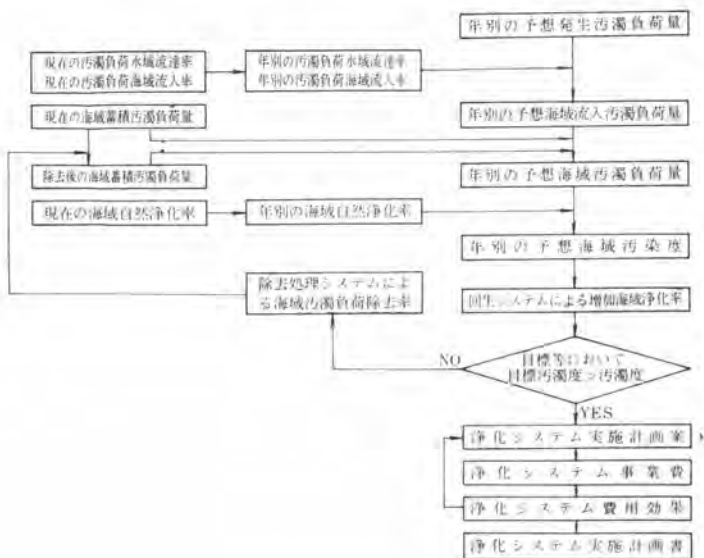


図-2 調査のフローチャート

し、無機化され、水中から排出されることである。しかし、広義には汚染物が海水とともにその海域外に流出することもその海域に対する自然浄化作用であるといえる（これは外海の浄化能力に頼るものである）。

さて、湾の海水交換による自然浄化量は、マクロには湾内の海水がどの程度の時間で外海海水と交換しているか、つまり、要は海水の湾口収支量を求めることにより算定できる。しかし、実際の湾における海水の流れには潮流、外海流、風、湾の形状、海底地形などの複雑な因子がからんでいる。このため湾口収支量を理論的に計算することはかなりむずかしく、実験的にも、例えば東京湾で湾口収支の観測を実施したが、観測が非常に困難で収支量をおさえることはできなかったという事実もあるそうである。

一方、湾内における自然浄化は物質循環と密接な関連をもっている。海の生態系をめぐる炭素、窒素、リンなどの循環は定性的にはすでにかなりよく理解されているようであるが、浄化システムの設計において必要となるデータを直ちに提供してくれるほどには定量的研究は進んでいない（図-3 参照）。

浄化システムの設計において必要となるのは自然浄化量のマクロなデータである。しかし、これを得るためには自然浄化作用のミクロな機構の解明にまでさかのぼることが必要であるといえる。自然浄化機構の定量的把握が困難である以上は定量性に基ついた汚染の予測、汚濁負荷の抑制なども困難であることになる。自然浄化能力の分析は浄化システムの要であり、今後、生態学、海洋学などの分野における重点的な研究が必要であるといえる。

## （2）汚濁負荷分析システム

自然浄化能力の分析と対をなす基本的な研究は海域への汚濁負荷量の分析である。

自然浄化能力分析が自然科学的な問題を多く含んでいて、定量的把握にはまだ道が遠いのに対し、汚濁負荷分析はその気になれば相当の定量的把握が可能であると思われる。そのためには海域周辺地域の生産および生活に関する統計値をもとに、流入河川、排出経路ごとに汚染物質の種類と量を算定していけばよい。この際には発生源および途中経路における汚染物質処理施設の処理量、処理効率なども把握しておかねばならない（図-4 参照）。

このシステムの研究は本質的にケーススタディにより実施すべきものであり、現在、三河湾についてのデータの収集分析の作業を進めている（表-1 参照）。

## （3）汚染物質監視制御システム

先に述べた自然浄化能力分析と汚濁負荷分析の両シス

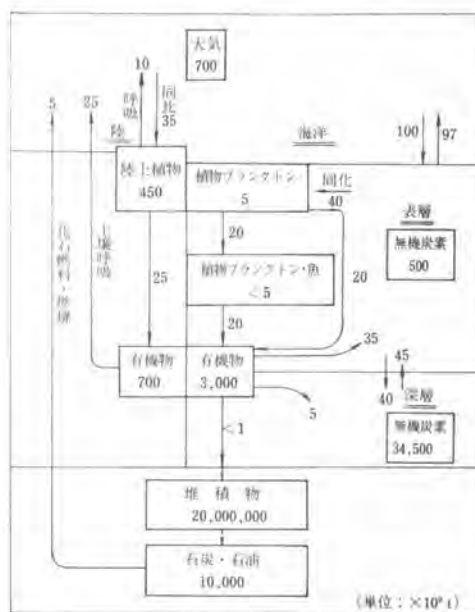


図-3 地球上における炭素の循環 (Bolin 1970)

テムにおいては主として物質の流れに視点が置かれたが、浄化システムにおけるもう一つの重要な流れは情報の流れである。

監視制御システムはいかなれば浄化システムにおける情報系であり、ここにおいては物質の流れに沿って発生源、処理施設、河川、海域の各点における汚染データを採取するとともに、気象や海象などのデータをも加えて、そのデータを解析、評価し、海域の汚染状況の将来予測を行うとともに、回生システムや除去システムを適時、適切に機能させるように指示を与える役を果たす（図-5 参照）。

このシステムの設計においては、測定項目の選定、測定点の効果的な配置、データの伝送や処理の方式などの問題とともに、計測機器の性能と信頼性から機器の保守管理方式、新しい測定機器の開発要素の検討などが重要な研究課題となっている。

## （4）汚染物質除去・処理システム

海域の汚染防止ならびに浄化の主要対策には、

- ① 海域への汚濁負荷量の抑制
- ② 海域の浄化能力の向上
- ③ 海域内の汚染物質の除去

の三つがあげられる。このうち、汚濁負荷量の抑制は自然浄化量と汚濁負荷量の分析とを基礎に行政的に実施されるものであり、浄化能力の向上技術は回生システムにおいて研究されるものである。

海域浄化の狭い視点からは汚染物質をとにかく除去することが問題であるが、浄化システムとしてのトータルな認識に立てば除去した汚染物質を2次汚染を引き起さな

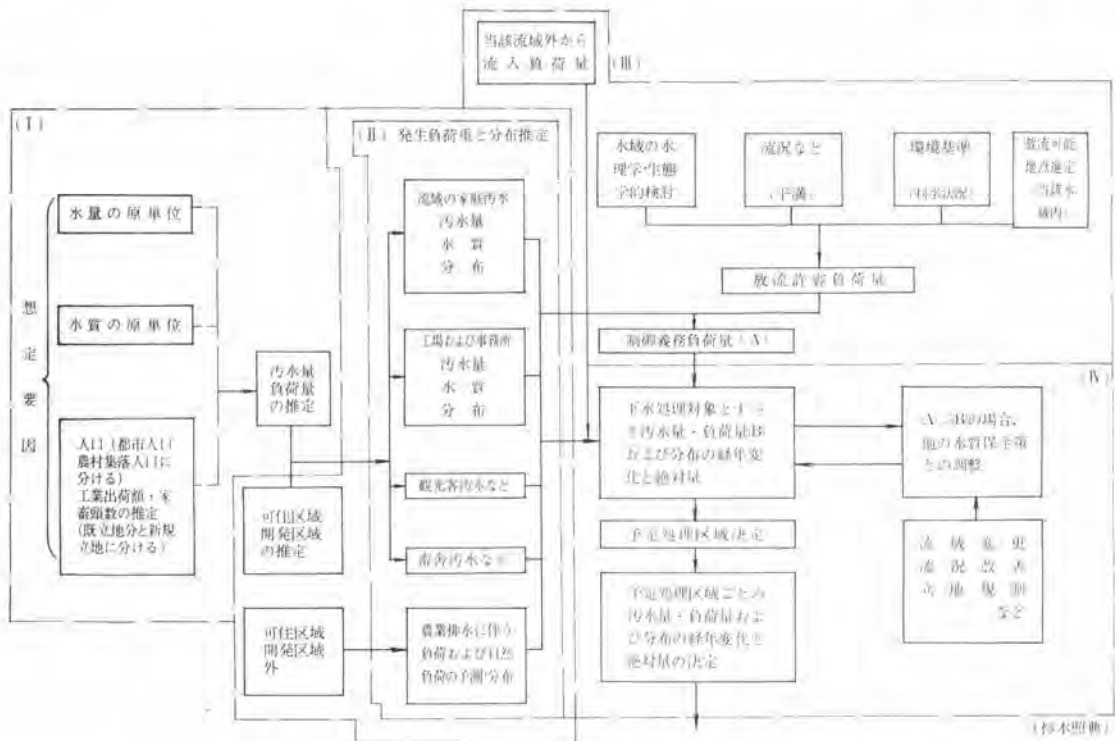


図-4 発生汚濁負荷推定フローシート

いようにいかに無害に処理するかまでを含めて考えねばならない。

汚染海域全面にわたって、汚染物質を除去、処理することはそれに要する労力、材料が膨大であるばかりでなく長期間を要するものであるから、海域へ流入する前に汚染物質を除去し、流入量を自然浄化能力以内に制御すべきであることはいうまでもない。しかし、現在すでに汚染が進行してしまっている海域については、たとえ今

後汚染物質の流入を完全に制御できたととしても、自然の浄化能力に頼る限り、その浄化にはあまりにも長期間を要することになり、既存の汚染物質を除去、処理することがどうしても必要になる。

汚染物質の除去にあたっては海域の汚染状況、海流、海底状態などにより除去対象区域を設置し、これに適した除去システムを選定するとともに、除去すべき汚染物質を明確にし、これを物質ごとに無害化、安定化するための処理システムを選定しなければならない。

汚染物質除去・処理システムに用いられる技術、例えば流出油の除去・処理技術、含油廃水処理技術、堆積ヘドロの浚渫技術、ヘドロの運搬技術、浚渫ヘドロの脱水・余水処理・固化技術など個々の技術はかなり開発されているが、問題は2次汚染の防止と経済性であろう。特に稀釈された溶存汚染物質を除去、処理することは実質的にお手上げの状況である。

また、除去、処理した汚染物はなんらかの形で処分(最終処理)せねばならない。その手段として海洋投棄とか埋立が考えられるが、いずれにせよ、2次的な汚染がないよう配慮されなければならない。

### 〔5〕 回生システム

海域に流入する汚染負荷がその海域の自然浄化能力以下であれば汚染は進行しない。したがって、負荷を自然浄化能力以下に抑えることが浄化の建て前である。しか

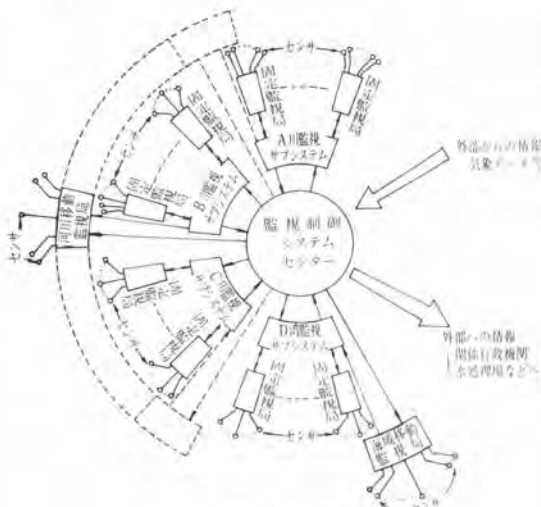


図-5 監視制御システムの構成

し、汚染が進行してしまっている海域については、汚染物除去と並んで自然浄化能力を増強する方策としての回生の手段を研究せねばならない。

回生は自然浄化能力の増強とはいっても人為的に現在の自然状況に変化を加えることであり、それによりどのような効果が期待でき、どのような被害が生ずるかを慎重に検討し、効果だけに目を向けないように留意せねばならない。

回生は規模の面から対象海域全般を考えたマクロ的な手段と、対象海域の一部を考えたミクロ的な手段とに分けられる。また、自然浄化作用を対象海域からの汚染物の流出と海域内での分解無害化に分けるとすると、回生の手段は流出の促進手段と分解無害化の促進手段とに分けることができる。

回生の方法としては次のようなものが考えられる。

(a) 外海との海水交換の促進

- ① 湾口の拡大
- ② 外海との連絡水路（運河，トンネル，パイプラインなど）による海水交換
- ③ 連絡水路による強制循環（ポンプなどを使用）
- ④ 潮汐差の有効利用
- ⑤ 海洋誘導堤の設置
- ⑥ 海底地形の変形
- ⑦ 他河川水の導入

(b) 湾内の海水循環の促進

- ① 導流堤の設置
- ② 海底地形の変形

(c) 分解などの促進

- ① エアレーション
- ② 人工干潟，人工藻場による浄化促進

回生に関して小規模なものはいくつかの実例があるが、大規模なものについては構想の段階を出ていないといってよいだろう。その一番大きな理由は、2次影響についての予想が容易でなく、要する費用も膨大なものなので、実施の決断が容易でないことであろう。

3. おわりに

本研究においては、必ずしも特定の海域を対象としない普遍性をもった浄化システムの設計に目標を置いている。もちろん、研究の実施においてはケーススタディが重要な位置を占めてはいるが、ここで提示されるシステムが直ちに実際の海域に適用され得るものではない。このシステムをアイデアから現実化していくためには何段階もの feasibility study を実施していかなければならない。

浄化システムの全般的な問題点は技術面と実施面とに分けられ、いずれも経済性と関連している。また、浄化システムにおける個々の技術は決して十分に発達してい

表一 水質汚濁防止法に基づき特定事業場の届出工場および規制対象工場数（愛知県環境浄水質課調査）（昭和48年3月31日現在）

| 水 域           | 届 出 工 場 数 | 業 種 別 内 訳 |           |       |         |       | 規 制 工 場 数 | 業 種 別 内 訳 |           |       |                   |       | 届 出 工 場 数 | 業 種 別 内 訳         |         |           |       |         |       |       |           |       |                   |    |     |    |    |
|---------------|-----------|-----------|-----------|-------|---------|-------|-----------|-----------|-----------|-------|-------------------|-------|-----------|-------------------|---------|-----------|-------|---------|-------|-------|-----------|-------|-------------------|----|-----|----|----|
|               |           | 畜 産 農 業   | 食 品 製 造 業 | 織 造 業 | 化 学 工 業 | 製 紙 業 |           | 鉄 鋼 業     | 金 属 機 械 業 | 洗 染 業 | 自 然 浄 化 式 車 間 設 置 | 洗 染 業 |           | 自 然 浄 化 式 車 間 設 置 | 畜 産 農 業 | 食 品 製 造 業 | 織 造 業 | 化 学 工 業 | 製 紙 業 | 鉄 鋼 業 | 金 属 機 械 業 | 洗 染 業 | 自 然 浄 化 式 車 間 設 置 |    |     |    |    |
| 水 會 川 水 域     | 74        | 25        | 8         | 3     | 1       | 8     | 0         | 3         | 15        | 1     | 1                 | 0     | 2         | 1                 | 2       | 1         | 2     | 0       | 3     | 0     | 0         | 0     | 1                 | 5  | 1   | 5  | 1  |
| 名 古 川 水 域     | 3,041     | 509       | 604       | 187   | 29      | 315   | 22        | 207       | 739       | 37    | 15                | 15    | 125       | 23                | 126     | 13        | 163   | 3       | 7     | 3     | 7         | 0     | 0                 | 5  | 171 | 29 | 4  |
| 庄 内 川 等 水 域   | 332       | 11        | 50        | 17    | 9       | 9     | 2         | 35        | 84        | 8     | 84                | 0     | 7         | 4                 | 4       | 2         | 19    | 1       | 4     | 3     | 4         | 0     | 0                 | 9  | 24  | 7  | 0  |
| 名 古 川 市 内 水 域 | 46        | 3         | 8         | 0     | 1       | 1     | 1         | 1         | 12        | 0     | 12                | 0     | 0         | 0                 | 0       | 1         | 1     | 1       | 0     | 0     | 0         | 0     | 0                 | 0  | 9   | 0  | 0  |
| 名 古 川 市 外 水 域 | 480       | 26        | 60        | 24    | 13      | 14    | 12        | 108       | 154       | 11    | 154               | 0     | 13        | 7                 | 3       | 8         | 71    | 0       | 6     | 6     | 6         | 0     | 0                 | 29 | 11  | 5  | 5  |
| 赤 井 川 水 域     | 1,379     | 259       | 345       | 54    | 20      | 44    | 18        | 185       | 283       | 8     | 283               | 3     | 31        | 14                | 16      | 8         | 143   | 1       | 5     | 1     | 5         | 0     | 0                 | 47 | 28  | 6  | 6  |
| 矢 作 川 水 域     | 1,471     | 454       | 310       | 75    | 14      | 192   | 8         | 51        | 293       | 13    | 293               | 10    | 18        | 23                | 11      | 154       | 2     | 41      | 0     | 0     | 0         | 0     | 0                 | 34 | 9   | 1  | 1  |
| 瀬 美 川 水 域     | 3,052     | 1,480     | 377       | 93    | 7       | 36    | 5         | 61        | 344       | 30    | 306               | 22    | 40        | 33                | 9       | 4         | 49    | 1       | 1     | 1     | 1         | 0     | 0                 | 0  | 34  | 9  | 9  |
| 天 竜 川 水 域     | 9,112     | 3,254     | 1,663     | 412   | 72      | 606   | 54        | 508       | 1,850     | 90    | 1,850             | 53    | 193       | 53                | 308     | 28        | 400   | 5       | 13    | 5     | 13        | 0     | 0                 | 0  | 294 | 50 | 50 |
| 届 出 別 計       | 822       | 37        | 110       | 41    | 22      | 23    | 14        | 143       | 238       | 19    | 238               | 0     | 20        | 18                | 7       | 10        | 90    | 1       | 10    | 6     | 23        | 6     | 6                 | 53 | 18  | 18 | 68 |
| 合 計           | 9,934     | 3,291     | 1,773     | 453   | 94      | 629   | 68        | 651       | 1,788     | 109   | 1,788             | 53    | 173       | 211               | 64      | 315       | 38    | 490     | 6     | 23    | 6         | 23    | 6                 | 6  | 347 | 68 | 68 |

るとはいえない。このような状態において現実に問題の解決を迫られている以上、重要なことは、現状の技術水準を把握し、ある財政的制約のもとに、どうすれば最も効果的であるかを見極めることである。

このためには浄化システムの費用効果分析を定量的に行なっておく必要がある。しかし、環境の問題にからむ費用効果の分析は環境の価値をどう見積るかに於いて大きな壁にぶつかるのが常である。これは結局、浄化の目標をどこに置くかと大きく関わってくる。浄化システムは設定された浄化目標を実現する手段であり、目標の設定そのものはこの研究の任務外であるともいえる。しかし、浄化目標によって浄化システムも大きく変わってくる。浄化目標の設定とそれに対応した浄化システムの設計を相互にフィードバックさせながら、現在の技術水準と財政的制約の中で可能な浄化目標と浄化システムを見出していかなければならない。また、複数の対策、例えば、汚濁負荷の抑制、汚染物の除去、回生などのうちのどれが最も経済的に有利かを分析していくことも重要である。

海域浄化にからむ研究分野は極めて多岐にわたる。この研究はこれを総合的に研究することを意図しているものであるが、関連する分野があまりにも広大であるだけに、全分野にわたって十分な分析が進んでいるとは決していえない。それは一つには各分野のそれぞれにより研究水準やデータの整備状況に大きな差があるからである。

もちろん、海域浄化のために全システムを機能させることは必ずしも必要ではなく、部分的に幾つかのシステムを機能させるだけで相応の効果は期待できよう。しかし、海域浄化のような大きな計画を実施しようとする場合には関連する問題のすべてを十分すぎるくらいに検討

しておかねばなかなか実施に踏み切れるものではない。この意味でも、この研究で明確にされていく方向に沿って今後の地道な研究とデータの集積が必要である。

#### 参 考 文 献

本研究の詳細については次の報告書がある。

「汚染海域浄化システムの設計研究」（昭和49年度研究の成果）環境庁企画調整局

— 新刊図書案内 —

## 建設機械用 油圧機器ハンドブック

B5判 260頁 頒価 3500円（会員 3150円）送料 300円

□申込先□ 社団法人 日本建設機械化協会

東京都港区芝公園3丁目5番8号機械振興会館内  
電話 東京(433)1501 振替口座東京71122番



臨海工事特集

## 港湾における環境アセスメントについて

川 嶋 康 宏\*

## 1. 環境アセスメントの概要

## (1) わが国の環境アセスメントに関する経緯

30年代中期以降とられてきたわが国の高度経済成長政策は工業の飛躍的な発展を遂げさせたが、一方では地域間の格差を生じさせ、過密・過疎問題を生じさせた。このため特に地域開発に重点がおかれ、昭和37年の「全国総合開発計画」、「新産業都市建設促進法」、39年の「工業整備特別地域整備促進法」等により拠点開発方式による地域開発が行われてきた。しかしながら、このような地域開発は公害の未然防止対策が十分とはいえず、地域の工業化、都市化が進むにつれて大気汚染、水質汚濁、その他の公害問題が深刻化してきている。また、地域住民も開発については環境保全の面において特に敏感で、環境破壊を引き起す可能性が懸念される地域開発には反対運動も引き起されている。

このような中において、昭和47年6月、ストックホルムで開催された国連人間環境会議に出席した当時の大石環境庁長官は、公共事業の計画策定にあたり、環境アセスメントの手法をとり入れること、事業の環境に与える影響を事前に十分な調査検討を行うこと等を言明した。これに基づいて「各種公共事業に係る環境保全対策について」閣議了解がなされ、昭和47年6月27日付をもって農林、建設、および運輸省の次官より各関係機関へその旨通達された。

また、中央公害対策審議会の防止計画部会は、昭和47年12月、地域開発の限界についての考え方として環

境保全優先の原則、環境保全水準の考え方および環境影響の予測と評価の必要性等を明らかにした“特定地域における公害の未然防止の徹底の方策についての中間報告”を行なった。さらに昭和48年6月には同審議会防止計画部会環境影響評価小委員会が設けられ、昭和49年6月には環境アセスメントを行い、またはこれを審査する場合の運用上の問題点を整理して「環境影響評価の運用上の指針について」の中間報告が行われた。

環境アセスメントの制度化については中央公害対策審議会のもとに環境影響評価制度専門委員会が設けられ（昭和49年12月）、現行制度下における環境アセスメントの運用の実態、アセスメント技術手法の手続面への取り込み方、各種開発事業に関する環境アセスメントと地域住民との関係等が検討されている。

## (2) 環境影響評価の運用上の指針

本指針は前述したとおり昭和49年6月に中間報告がなされたものであるが、従来とられてきた公害防止対策が後追的なものになりがちであったのを反省し、地域開発が地域環境に及ぼす影響を評価し、環境汚染の未然防止対策としての環境アセスメントのあり方を検討したものである。中間報告ではさしあたり調査項目および調査内容が多岐にわたる大規模工業開発に係るものを想定して当面の指針を整理している。

環境アセスメントの手順は図一に示すような検討項目で構成され、開発行為が大気、水、土壌、騒音、生物等の環境に及ぼす影響の程度と範囲、あるいはその防止策について代替案の比較検討も含め事前に予測と評価を行うものである。すなわち、自然環境条件についての調査を先行して行い、気象、地形、海象、その他周辺の居住環境等の諸条件を把握したうえで、開発計画にあり込まれている立地産業の業種、規模等に対して汚染物質の発生量を想定し、環境影響の予測を行い、環境保全水準に照らして評価する手続をとることとし、記述すべき内容、予測手法等について整理がなされている。また、この指針の中では開発行為が環境に与える価値と他の経済的価値とを比較衡量する考え方はとりいれられていないことが、米国のNEPA（国家環境政策法）102条に基づく環境影響報告書等と内容を異にするところである。

\* 運輸省港湾局機械課公害対策室専門官

このため、中間報告に基づく環境アセスメントは人の健康、自然保護、生活環境保全上から適切な環境保全水準を設定し、これとの関連において環境影響を客観的に評価することが主要な課題となっている。

## 2. 港湾における環境アセスメントの現況

### 〔1〕 港湾環境アセスメントに関する法的規定および行政上の指針

種々の開発行為による環境問題が大きくクローズアップされ、各種公共事業においても環境に与える影響を事前に予測し、評価することの必要性が叫ばれてきたことはすでに述べたが、港湾においても環境影響の事前評価が重要な課題となっている。このため港湾計画の策定および計画の実施については環境影響の事前評価がなされるよう種々の措置がとられているが、ここではその一部を紹介する。

#### （a） 港湾計画について

港湾法第3条の3において重要港湾の港湾管理者は港湾計画を策定することが義務づけられている（第1項）が、港湾計画は港湾法第3条の2でいう基本方針と港湾の能力、港湾施設の規模および配置、港湾、環境の整備および保全等に関する運輸省令（昭和49年8月3日、運輸省令第35号）に適合したものでなければならないこととなっている（第2項）。港湾管理者の定める港湾計画は地方港湾審議会の中で先に述べた省令に対する適合性がチェックされ、環境影響に関する検討が十分になされて決定される（第3項）。さらに、この計画は運輸大臣に提出され、港湾審議会の中で環境庁等の関係各省庁、学識経験者等を含む委員によって環境保全上の検討

がなされ、不適切な場合には変更をもとめることができることになっている（第4項、第5項、第6項）。

具体的な環境影響評価については、計画の策定時において計画達成のための建設時点および計画が達成され、各種の事業場が立地した時点を想定して水質、大気等に及ぼす影響を予測し、現状および環境基準等と比較して評価を行い、環境保全上問題のある場合は代替案の検討を行なっている。

#### （b） 公有水面埋立申請について

公有水面埋立法では第4条第1項第2号において免許の条件として環境保全に十分配慮されたものであることをあげており、特に50ha以上の埋立について主務大臣が都道府県知事に免許の認可を行う場合には環境保全上の観点より環境庁長官の意見を聞くこととなっている（法第47条第2項、政令第32条の2）。このため公有水面の埋立免許を取得しようとする者は埋立工事、公有水面の陸地への交換、埋立地の利用による大気、水質、生態系等の環境に及ぼす影響の範囲と程度、その防止策についての代替案の検討を含めて“環境保全に関し講ずる措置を記載した図書”を提出し、審査を受けることとなっている（法第2条第3項第5号、施行規則第3条第8項）。また、都道府県知事は出願に係る書面等を公衆に縦覧し、市町村長、一般関係者の意見を聞くこととなっている（法第3条）。

#### （c） 瀬戸内海における特定施設の設置について

瀬戸内海環境保全臨時措置法第5条によって特定施設を設置する場合、府県知事の許可が必要であるが（第1項）、許可の申請にあたってはその特定施設を設置することが環境に及ぼす影響についての調査結果に基づく事前評価に関する事項を記載した書面の添付が義務づけられている（第3項）。また、この書面は3カ月間公衆に縦覧され、利害関係を有する者は意見を申し述べることができることになっている（第4項、第6項等）。

#### （d） 港湾工事について

港湾工事に関する規制は港湾法第37条で、港湾区域または港湾隣接区域内で各種工事を行う場合は港湾の環境保全上著しく支障となるような工法については港湾管理者の長の許可がなされないことになっている。

また、1章で述べた昭和47年6月6日の“各種公共事業に係る環境保全対策について”の閣議了解では、

① 国または政府関係機関等は道路、港湾等の各種公共事業を実施しようとするときは、計画の立案、工事の実施に際し、当該公共事業の実施により公害の発生、自然環境保全上重大な支障をもたらすことのないよう今後一層留意するものとする。

② 前項の趣旨にかんがみ、国の行政機関はその所掌する公共事業について事業の実施主体に対し、あらかじめ必要に応じてその環境に及ぼす影響の内容および程

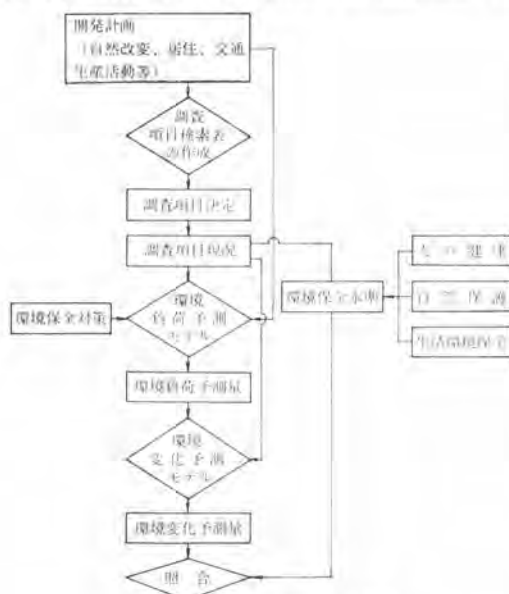


図1-1 環境アセスメントの手順

度、環境破壊の防止策、代替案の比較検討等を含む調査研究を行わせ、その結果を徴し、所要の措置をとらしめる等の指導を行うものとする。

③ 地方公共団体においても、前述に準じて所要の措置が講ぜられるよう要請するものとする。  
こととなっている。

このように、港湾工事を実施する場合は港湾法および関係法に基づく事務次官通達によりあらかじめ環境保全に十分配慮を払うこととされている。また、環境アセスメントに関する規定ではないが、港湾工事（特に環境に重大な影響を及ぼす浚渫および土砂処分の工事）に関する法規制等は港湾工事の環境アセスメントを行うに際して、工事が遵守すべき基準であり、これを達成できるか否かが工事を評価するための基準でもあるので紹介しておく。

まず、浚渫された土砂の処分工事についてであるが、その方法としては、

- ① 浚渫船、土運船等の船舶から埋立処分する場合
- ② 土運船その他の運搬船等の船舶から海洋投棄（埋立処分を除く）する場合
- ③ 海洋施設から海洋投棄する場合
- ④ 陸上から海域に埋立処分または海洋投棄する場合に大別される。

①、②、③については、海洋汚染防止法第 10 条および 18 条によって原則的には禁止されている。このうち、港湾工事と特に関連が深いのは①および②の場合であり、有害水底土砂（環境庁長官が指定する水域から除去された土砂で、一定量以上の水銀、カドミウム、PCB 等の有害物質を含むもの）、指定水底土砂（環境庁長官が指定する水域から除去された土砂で、熱しく減量が

20% 以上の状態にある土砂）および一般の水底土砂について、海洋汚染防止法施行令第 5 条および第 7 条、余水吐から流出する海水の水質についての基準を定める総理府令（昭和 47 年 6 月、府令第 44 号）等によって処分方法に関する基準が設けられており、この基準を満たす場合にのみ港湾工事（埋立および海洋投棄）を実施できることになっているので工事のアセスメントが必要である。③については、現在までのところ実態がそれほどないので省略する。④については、廃棄物の処理および清掃に関する法律第 6 条、第 12 条および第 16 条によって陸上からの廃棄物の埋立処分および海洋投棄に関する規制が行われ、海洋汚染防止法と同様に原則的には禁止されているが、一定の条件を満たす場合に限り許されている。

一方、浚渫工事については、PCB、水銀その他の有害物質を含む底質を浚渫する際に 2 次公害を防止するため監視方法を主とした“底質の処理、処分等に関する暫定指針”（昭和 49 年 5 月 30 日、環水管第 144 号、環境庁水質保全局長通達）が示されている。暫定指針は最終処分地に関する監視も含んでいるが、汚泥を浚渫する場合、工事の影響が及ぶと考えられる水域を工事水域とし、一般水域との境界上に基本監視点を設けて浚渫工事による影響を監視する。また、基本監視点と工事地点の中間には補助監視点を設けて補助的な監視を実施する。基本監視点での監視の基準は原則として人の健康に係る環境基準値を守ることにする。ただし、現状水質が環境基準値を越えている場合は現状水質を悪化させないこととなっている。なお、監視の項目、回数等は表-1 のとおりである。

表-1 監視システムの概要

| 監視場所および監視の対象  | 調 査 項 目  | 調 査 回 数  |
|---|--|--|
| (1) 事前の水質調査<br>基本監視点、補助監視点等を含む適切な地点                 | 該当有害物質<br>生活環境項目（大腸菌群数を除く。以下同じ）<br>透視度（または濁度）  | 各々 20 回以上  |
| (2) 工事中の水質調査<br>基本監視点<br>補助監視点<br>工事地点周辺<br>処分地の余水吐 | 〔同上〕<br>透視度（または濁度）<br>（観察による異常の有無）<br>{ 該当有害物質……………<br>{ その他の有害物質……………<br>{ SS（行わないこともある）…………… | 原則として毎日 1 回以上、透視度（または濁度）以外は減ずること可（ただし週 1 回以上は行う）<br>原則として毎日 4 回、作業状況に応じて適宜増減し可<br>常時<br>原則として毎日 1 回以上減ずること可（ただし週 1 回以上は行う）<br>必要に応じて適宜<br>毎日 1 回以上 |
| (3) 処分地周辺の地下水調査                                     | 該当有害物質   | 事前……5 回以上 工事中……毎月 1 回以上<br>事後……必要に応じて適宜  |
| (4) 一般水域の漁場における魚介類の調査*                              | 主要魚種につき<br>水銀、PCB のうち、底質の汚染物質  | 事前……1 回以上 工事中……年 1 回以上<br>事後……工事完了後 1 年以内 2 回  |
| (5) 工事完了後の調査  | 水質……該当有害物質、生活環境項目、その他<br>底質……該当有害物質、その他  |  |

(注) 1. 該当有害物質……有害物質のうち、その水域において底質の汚染物質として問題とされている物質  
2. \*印は、工事水域内の魚介類についてはあらかじめ一般水域への遊出を防止するための措置をとった場合には工事完了時において必要に応じてあらかじめ工事水域内の魚介類を除去するものとする。

(2) 港湾環境アセスメント手法に関する調査

環境アセスメント手法の開発はわが国においてはやうとその緒についたという程度で、官民を問わず各所でその開発が行われているところである。運輸省では

昭和 48 年度から運輸交通部門（空港、港湾、鉄道、都市交通）に関する環境アセスメント手法の開発に着手している。これを受けて、運輸省港湾局でも昭和 49 年度から港湾環境アセスメント手法の開発に着手した。

港湾における環境保全の問題は浚渫、埋立等の工事による水質汚濁、防波堤や埋立護岸の建設による海岸の欠損、流況の変化、港湾活動および埋立地に立地した工場等の活動による水質、大気等の汚染、さらには、これらが複合して動物、植物といった生態系に与える問題および景観、コミュニティといった社会問題に与える影響と非常に幅広いものである。また、これらの問題を検討するアセスメントの時点も港湾計画の策定時および計画の実施時点の二つに大別され、それぞれの時点において港湾の建設および利用に係る環境影響を総合的に評価することが必要である。

このように、環境に与える影響が複雑な連関構造を示している、開発行為が人間に影響を与えるまで複雑な過程を示す場合はその過程をマトリックスで表示して検討することが便利である。現在、港湾局で開発中の手法はシステムマトリックス法と呼ばれるもので、以下にその概要を示す。

(a) 港湾環境アセスメントの定義

港湾環境アセスメントとは港湾に係る開発行為（港湾の建設および利用）が環境に及ぼす影響を把握するために開発行為の対象となる環境の現状を把握し、各開発行為による環境影響を事前に予測し、防止策を含め評価を行うこととする。この場合の環境は自然環境および社会環境とし、経済環境はこのシステムには含まないこととする。

港湾環境アセスメントを行う時点は先に述べた港湾法第 3 条の 3 に基づく港湾計画の策定時と公有水面埋立法第 2 条に基づき公有水面埋立申請時におけるものとする。また、アセスメントと対象とする時点は港湾の建設



図-2 システムマトリックスの概要

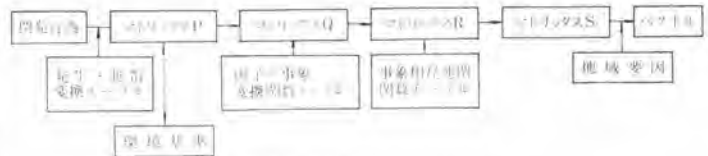


図-3 港湾環境アセスメントシステム

時および港湾計画の完成時において操業がフル稼働したときとする。

(b) 用語

(i) 環境影響要素

建設工事のような開発行為および開発行為によって生じた施設の利用ならびに造成地内への産業立地、住宅立地を含めて、環境に直接インパクトを与えられる要素の総称である。主たる環境影響要素は、建設に係るものとして、浚渫、埋立、捨石、石積、くい（矢板）打ち、コンクリート打設、土砂運搬等が考えられる。また、施設の存在に係る要素として、航路泊地の浚渫による地形変更、外部施設（防波堤、埋立護岸等）の出現、施設利用に係るものとして入出港船舶、荷役（雑貨、バラ貨物）、保管（撤貨物の野積等）、造成地内の立地（土地利用）に係るものとして工業立地、商業立地、住宅立地、その他都市再開発的土地利用等が考えられる。

(ii) 環境因子

環境影響要素を原因として直接発生してくる物質ないしは物理的状況である。主たる因子としては大気汚染（SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO、HC等）、水質汚染（PH、COD、DO、油分、SS、重金属等）、底質汚染（強熱減量、硫化物、COD、水銀、PCB、重金属等）、騒音、振動、臭気、動植物、自然景観、文化遺産、流況および地形変化等が考えられる。

(iii) 環境事象

環境因子により2次的あるいは多次的に影響を受け、人間の生活に直接関係するすべての環境の事象の総称で、2次的なものとしてはプランクトンや微生物事象が考えられ、後者はプランクトンによって影響を受ける魚介類、ひいては釣り環境といったものまで含まれる。

(c) システムマトリックス法

この方法は開発行為が行われた場合に最終的に人間に対して影響を与えるまでの複雑な過程を図-2のようなシステムに分割してとらえ、マトリックスで表示してアセスメント手法を整理したものである。

システムマトリックスはP、Q、R、Sの4種のマトリックスと1種のベクトルTによって構成されている。

開発行為の評価は図-3に示すようなシステムで行う。すなわち、開発行為（環境影響要素）によって環境因子がどれだけ変化するかをマトリックスPで検討する。これは具体的には浚渫と濁りの関係、工場立地と排水との関係など、環境影響要素と環境因子の間の発生変

換テーブルで詳しい相関の求め方が提示されることが必要である。この段階で検討された結果は環境基準で評価され、開発行為の是非、公害防止の方法等が検討される。マトリックスQではマトリックスPで予測されたCOD, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>等の環境因子の状態量によって環境事象がどれだけ変化するかを表示するものである。ここでもCODの値とプランクトンの生育量の関係といった環境因子—事象変換テーブルが必要である。また、環境事象は相互に強い関連を有している。例えば、プランクトンを魚が食べるという食餌連鎖もあれば、神社をなくすことによる伝統、文化の破壊もあり得る。それらの相互連鎖を検討するのがマトリックスRである。ここでも、事象相互間の相関を示す事象相互連鎖関数テーブルが必要である。

このようにして予測された環境事象の変化量あるいは状態を示すものがマトリックスSである。Sは環境変化の受け手である当事者群の特性ごとの評価の重みマトリックスになっている。すなわち、住民の年齢、職業、生物等によってどのように受けとめられるかを示すマトリックスである。ベクトルTは地域により住民の年齢、職業等の構成が異なるため、その地域特性を検討するためのベクトルであり、最終的にその地域でどのように開発行為が評価されるかを示すベクトルとなっている。

システムは以上に述べたとおりであるが、現在は港湾環境アセスメントの第1段階としてまずマトリックスPの段階で評価するための手法の開発および実施手順の整理を実施している。特にこの段階では予測手法および評価の基準（環境基準の設定されていないものについて）の設定が港湾の特性をふまえてなされるべきであると考えており、現在鋭意検討しているところである。

#### 新刊図書案内

## 地下連続壁工法<sup>設計</sup><sub>施工</sub>ハンドブック

A5判 495頁 頒価 5500円（会員 4950円）送料 300円

申込先  社団法人 日本建設機械化協会

東京都港区芝公園 3丁目5番8号 機械振興会館内  
電話 東京(433)1501 振替口座 東京71122番

## 海洋工事を考える場合 寺西弘治

アメリカは第2次大戦後宇宙開発に対して異常な熱意をもやした。これはもちろん軍事目的がその中に含まれていたからでもあろう。宇宙開発はひとりアメリカ1カ国だけの問題ではなかった。ソ連もまた、この問題には努力を払った。ここ十数年は米ソ2国間の競演といった感じすら世界の人のびとに受けとられるほどの激しい競争がつづけられた。そしてアメリカは、月に人間を送りこむことをもってひとまず宇宙開発のテンポをゆるめたかにみえる。木星とか、金星にまでも手を伸ばすことは、開発に要する巨額の金から考えても予想することはできない。

宇宙開発が一段落したアメリカの次に打つ手は海洋開発であろう。この場合の海洋開発とは海底に眠る資源の開発であろう。人類がまだ手をつけないままに放置している海底の資源を人類の進歩のために掘りおこすことであろう。

海洋開発の場でも、アメリカは現在他の諸国を引き離して調査と研究をつづけている。わたしも2年前、アメリカの海洋開発分野の見学に出かけたことがある。同行したその方面のエキスパートがアメリカの実状を見て、その技術の進歩と投じている巨額の金とに驚いていた。わたしがこれから考えようとしている海洋工事というのは、アメリカ流の海洋開発に類した工事ではない。それにはまず海洋工事の領域について考えてみたい。

海洋工事の範囲にはいろいろのものがある。

海底トンネル、然り、東京湾横断堤、然り、関西国際空港、然り、である。このほかにも、本四架橋、大水深防波堤、海底貯油施設、シーバース等がある。まだこれから先の将来には、このほかにも多くの新しい海洋工事が創り出されること必定である。

こうした多くの種類の海洋工事を考える場合に、共通した問題点は何であるかについて述べてみたい。海洋を相手とした工事ならば、施工材料の耐久性ということがまず考えられる。塩分を含む海水に対して、長年月の間、腐蝕に耐える材料をまず第一に要求せられる。莫大な工費をかけてつくりあげられる海洋工作物がその要求に耐えられないようでは、経済的観点からその工事に着手することは不可能である。鋼材を使用する場合も、コンクリートを使用する場合も、これらの耐久性について十分な確信がもてないようでは出発点においてすでに挫折を余儀なくされるであろう。

材料それ自身の耐久性はもちろんのことであるが、それに加えて、材料に耐久力をもたせるような施工の方法についても、海洋工事という特殊条件下での工事では格別の創意と工夫とを必要とする。そのためには特に施工機械にその多くの寄与を待たなければならない。工事の目的に適した施工機械をもたずして海洋工事の施工はありえない。このことは分り切ったことであって、いまさらここで述べることには、わたし自身もためらいを感じている。しかし、最近



## 随想

わたしは防波堤の捨石マウンド均し機械の研究会に参加してみて、こうしたかんたんな機械ひとつを解決するにも、海中工事たるがゆえにいろいろの条件に制約されて、これぞといった名案が出ないことを知っているからこそ、分り切ったことでもいわざるをえない気持ちにさせられるのである。捨石均し機械がもしも陸上用の施工機械であるなら、解決に時間はそんなにもかからないであろう。ところが、海中工事ということになると、かんたんには解決できない問題点多出する。

防波堤の捨石均しという単純な工事でもこのありさまであるから、大規模な海洋工事になれば、推して知るべしである。しかも施工上要求される問題点にはもう一つある。それは施工の安全ということである。施工機械が安全性に欠けるようではあってはならない。危険や困難を冒して施工をしなければならない場合がある。この時でも安全性の確保のできる施工機械であることが要求せられる。

もともと海洋工事において設計上考察しなければならない要因に、つぎの二つがある。それは「波」と「土」である。海洋工作物が存在する場所の波の問題と海底の土質とがそれである。海洋における波の問題は、沿岸に近く造られる場合の防波堤に対する波の問題とは異質のものであろう。このことは、わたしも海中に建造する灯標の設計に関係したとき訓わった。沿岸より6kmはなれた地点に建造する灯標に作用する波の力を、どう考えたならばよいかにつき、専門家から教えられたことは、定説がないということであった。ということは、この方面

の研究にはまだまだわからない問題点がたくさんあるということに他ならない。

一方、海底の土質の問題をとってみても同じことがいえる。陸上の構造物を考える場合と海中のそれを考える場合とでは、前者は施工をやりながら検討する余地があるが、後者では海中であるという条件下にあってはその余地の範囲に大きな制約がある。それだけ施工上において不確定要素が多い。しかし、構造物をつくる限りにおいては、この不確定要素に多くの仮定を置いて解決をはかっていかなくはならない場合が常道である。したがって、わたしたちが海洋工事を考える場合、その構造物の設計や施工上、考え得られるデンジャラス・ケースの疑問点をあますことなく、総ざらえ拾い上げることが先決である。おそらく、拾い上げられた疑問点は、一つの構造物では100は下たることはなかろう。その一つ一つについて、衆知をあつめて解決していく手法が当然の道であり、もっとも近い道であるとおもう。未知の世界へ挑戦するには、アメリカが宇宙開発にとった上記のような手法を想起したい。

このとき問題解決に対して大きな力となるものに忘れてならないものがある。それは経験である。海洋工事に対しては特に経験が重要である。長年にわたり海洋工事に関係した専門家の体験は尊い。この人たちの助言は大切にすべきであることを、わたしはくりかえし主張しておきたい。

臨海工事特集

## 川崎港海底トンネルの建設計画と工事概要

小 塚 恒 信\*

重 田 衛\*\*

島の陸上取付部 1,170 m を川崎市が実施している。

本海底トンネルの工事は昭和 47 年度より着手し、昭和 53 年度完成を目標に建設中である。千鳥町側取付道路 398 m (掘削部 213 m, ルーバ部 110 m, 陸上トンネル部 75 m) はすでに完成し、現在千鳥町側陸上トンネル工事 (85 m)、千鳥町側換気所建設工事、東扇島側陸上トンネル工事、および沈埋函製作 (1 号函, 2 号函, 3 号函) を施工中である (写真-1 参照)。

## 2. 建設計画

## 1. ま え が き

川崎港海底トンネルは川崎市川崎区千鳥町より幅約 600 m の京浜運河を横断し、東扇島 (埋立地総面積約 434 万 m<sup>2</sup>) を結ぶ全長 2,180 m の海底トンネルである (図-1 参照)。

川崎港海底トンネル建設工事は臨港道路として川崎市が国庫補助事業で実施し、工事の施工にあたっては、千鳥町換気所から東扇島換気所間の海底部 1,010 m を運輸省第二港湾建設局に施工を委託し、千鳥町および東扇

## (1) 計画の経緯

昭和 42 年 9 月、港湾審議会第 30 回計画部会において川崎港における東扇島ふ頭の整備計画が審議決定された。その後、昭和 48 年 3 月の港湾審議会第 54 回計画部会における計画の一部変更を経て決定された整備計画は、川崎港の取扱い港湾貨物量の急激な伸びに対処するため京浜運河の沖合に 434 万 m<sup>2</sup> の埋立地を造成し、そこに外貿岸壁 25,000 DWT 級 (水深 -12 m) 9 バース、15,000 DWT 級 (水深 -10 m) 6 バース、内貿岸壁 5,000 DWT 級 (水深 -7.5 m) 11 バース、700 DWT 級 (水深 -4.5 m) 8 バースの計 34 バースの公共岸壁を整備するものである。

この埋立地は京浜運河によって隔てられた沖合の島式の形状のため、既成地である千鳥町との連絡路として海底トンネル方式で結ぶことが前述の審議会において同時決定された。

## (2) 技術委員会

川崎港海底トンネルの計画策定にあたっては、学識経験者よりなる「川崎港海底トンネル技術委員会」を設け、検討の結果、計画を決定した。

## (3) 路線計画

## (a) 平面計画

連絡路は 図-1 に示すとおり千鳥町側は既設の臨港道路に接続させる。



図-1 川崎港海底トンネル位置図

\* 川崎市港湾局技術部計画課長

\*\* 川崎市港湾局技術部計画課



連絡路の平面線形は既設臨港道路との接続点より取付道路をオープンカット工法で施工するために道路法線を東京電力用地境界に対し $12^{\circ}10'$ とした。

千鳥町側は既設の臨港道路を経て国道132号線に接続し、川崎市中心部に通じている。また、国道132号線は途中産業道路（主要地方道東京大師横浜線）、京浜第一国道（国道15号線）にもそれぞれ接続し、両道路を通じて東京、横浜と連絡している。

東扇島側については、建設省で計画している東京湾環状道路と立体交差する。将来、東京湾環状道路開通の際は4個所のランプウェイによりこれと連絡する計画である。

東京湾環状道路は東京湾岸の神奈川県、東京都、千葉県海岸線沿いに建設され、同道路沿線の都市、港湾、臨海部に立地する各種都市機能を相互に連絡するものであり、この完成に伴い、同道路を通じて東扇島ふ頭は東京湾内の広域港湾の一環としての機能の向上が期待される。

#### (b) 構造計画

連絡道路を海底トンネル方式と決めるにあたっては橋梁案と海底トンネル案とが検討された。その結果、

① 京浜運河は20,000 DWT級の大型船が航行しており、この運河の横断を橋梁で行う場合は満潮面から橋のけた下までの高さは45m以上必要である。

② 京浜運河横断地点の建造物の高さは東京国際空港の高度制限のため45mが限度である。

以上の理由より橋梁案は不可能になり、海底トンネル方式で連絡することにした。

#### (c) 路線規格

道路の規格は港湾取扱い貨物の輸送が主であることから大型トレーラ、トラック等が多いこと、将来改造不可能等の点を考慮し、延長上の国道132号線（4種1級）より上位規格とし、3種1級とした。

車線数は計画交通量（4,457台/hr）より4車線とし、建築限界は将来大型コンテナ車の出現を考慮して4.7m、縦断こう配については設計速度80km/hrに対する標準的な4%こう配とした。

トンネル断面については、両換気所間は中央に人道と共同溝（電力、電話、水道）、その両側に車道、両端に送気用換気ダクトを配置した幅31m、高さ8.842mの断面とし、換気所よりルーバ部区間の陸上トンネル断面は、中央に換気ダクト、その両側には車道を配置した幅25.2m、高さ7.847mの断面とした（図-2、図-3参照）。

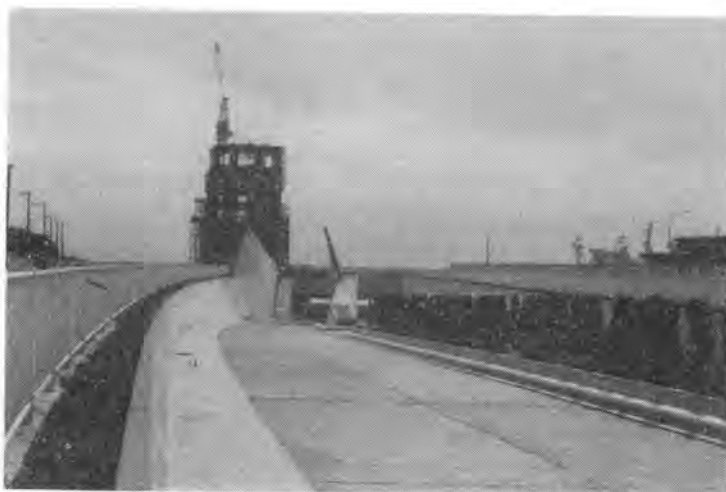


写真-1 千鳥町取付道路（工事中建屋は換気所）

#### (4) 工法の選定

海底トンネルを沈埋函工法に決めるにあたっては種々の工法について検討された。千鳥町、東扇島側ともに土地利用状況、ふ頭の形状規模から取付道路の延長に制限があり、特に千鳥町側は600m程度の延長となるためトンネルの土盛りおよび縦断こう配の関係から沈埋函工法とした。

また、沈埋函工法は最近わが国での実績もふえており、耐震設計上も合理的な設計方法が開発され、実用化されてきているうえ、工費的にも相当有利であることが判明した。

以上の理由から沈埋函工法と決定した。

#### (5) 耐震設計

耐震設計については、本トンネルが多摩川河口の軟弱土中に建設されること、千鳥町と東扇島を結ぶ唯一の連絡路であることを考え、模型実験と動的解析による本格的な検討を行い、設計地震動として関東大地震級の地震を対象とした。

#### (6) 管理施設

換気方式は送気型半横流式で、その他管理施設として照明、排水、防災、交通管制等最新の施設を設け、特に防災施設には力を注いだ。

#### (7) 料金所

本海底トンネルの供用開始に伴って多額の維持管理費を必要とするため、この費用を使用料として徴収する目的で料金所を設置する。

料金所の構造は日本道路公団および首都高速道路公団の規格を準用した。

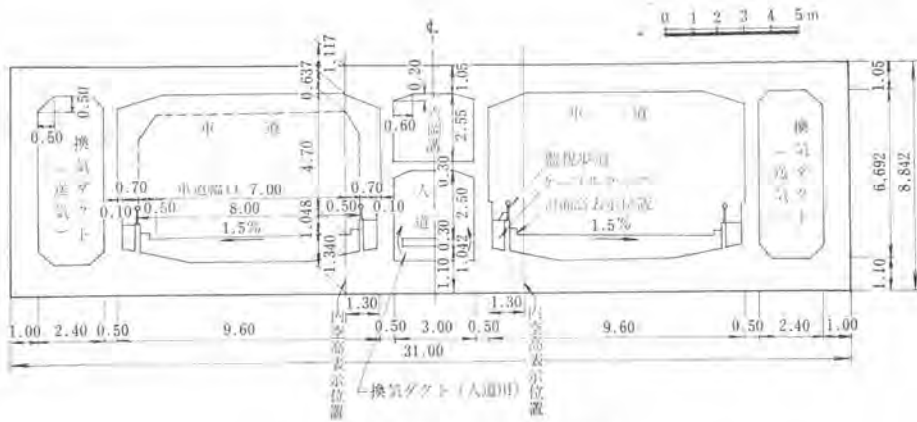


図-2 沈埋トンネル部標準断面図

### 3. 工事概要

#### (1) 構造区分

本海底トンネルの総延長は 2,180m で、このうち、沈埋函トンネル部は 840m (100m 水平函×4函, 110m 斜函×4函) であり、沈埋函水平部 (KP-20.45m) より取付道路部は縦断こう配 4% で、千鳥町側は沈埋函斜路部 220m, 陸上トンネル部 160m, ルーバ部 110m, 取付道路部 (掘削り) 213m を経て臨港道路 (KP+4.0m) に取合せ、東扇島側は沈埋函斜路部 220m, 陸上トンネル部 160m, ルーバ部 70m, 料金所 119m, 取付道路部 (掘削り) 508m を経て臨港道路 (KP+4.5m) に取合せ (図-4 参照)。

#### (2) 陸上トンネル部と取付道路部 (掘削り)

陸上トンネル部の施工にあたって、山留工法、ニューマチックケーソン工法、オープンカット工法、沈埋函工法の比較検討が行われた。陸上トンネル部は KP-16m (原地盤は KP+4.0m) までの掘削が必要であるが、地盤が軟弱なため山留工法のみでは危険が伴うという結

論に達し、その他の工法について経済性、施工性、工期を比較した結果、オープンカット工法 (KP-8m まで) とセル矢板山留工法 (KP-8m 以下) を併用することにした。

取付道路部 (掘削り) の施工も陸上トンネル部と同じくオープンカット工法 (KP+2.0m まで) とセル矢板山留工法 (KP+2.0m 以下) の併用とした。

基礎については、千鳥町側は埋立土による圧密沈下が 85% 程度進行しており、トンネル完成後の重量は現在地盤より軽くなるため、若干の沈下はトンネルの変形で吸収するので特別の基礎は施工しない。

東扇島側については昭和 50 年 4 月に埋立が完成したばかりで、今後埋立による圧密沈下は 60cm 程度予想される。この沈下をサンドドレン工法、プレローディング工法等で事前に進行させることは不確実性が伴うので、くい基礎を採用することにした。

#### (3) 沈埋函部

沈埋函の製作工法は周囲の鋼板に耐震および防水効果を期待できることと経済性を考慮して鋼かく工法を採用することにした。内部は鉄筋コンクリート構造で鉄筋量が多いことから、軸方向鉄筋には太径鉄筋 D51 を採用した。鋼かくは上部開放でドライドックで鋼かく骨組 (トラス) を製作し、海上でコンクリートを打設する。

沈埋函の長さは京浜運河横断部に 400m の水平区間が必要であること、沈設時に京浜運河の航路幅を約 200m 保持しなければならないこと (京浜運河の全面遮断は不可能) から 100m 函を 4 函とした。

斜路部については京浜運河部に相当する部分は 110m 函を両側に 1 函ずつ、

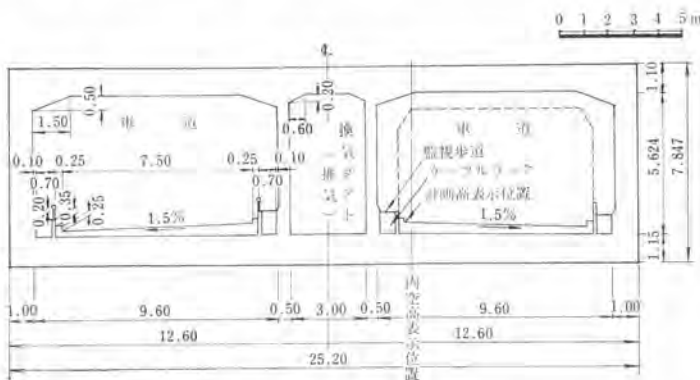


図-3 陸上トンネル部標準断面図



さらに斜路部のうち陸上施工の可能な範囲がオープンカット工法を採り、軟弱地盤であることから、掘削のり面(1:5)のこう配によって制限を受けるため両側110mについても沈埋函方式で施工する。したがって、斜路部については110m函を4函とした。

沈埋函は製作上の理由から水平函と斜函との取合せ部は直函とし、縦断曲線はバラスト厚を調節し、規定建築限界(高さ4.7m)を確保する。

沈埋函の比重は1.1程度であるので、基礎としては支持力をもたせる必要はなく、沈埋函底面に均等に接するものであればよい。沈埋函の基礎工法としては砂吹込工法、モルタル注入工法、スクリード工法、くい基礎工法、砂袋マット工法等の例がある。

基礎工法を選定するにあたって、

① 京浜運河を横断するためできるだけ船舶の航行に支障のないこと。

② 函体幅が31mと比較的広いこと。

③ 東扇島側は圧密沈下が予想されること。

④ 砂を用いる場合は流動化対策が必要であること。

⑤ 海底の地盤はシルト層であること。

⑥ 潜水夫による水中作業は困難であること。

等の事項を総合的に判断して、モルタル注入工法(内部注入)を採用した。

また、京浜運河横断部におけるトンネル上面の最小土被り厚は走投錨調査と本トンネル近辺の沈埋トンネルの例をもとに1.50mとした。

#### (4) 換気所

換気所の設置位置としてはトンネル上部に作る場合とトンネル横に独立して作る場合がある。本トンネルでは地震時挙動の場合、換気所が独立していた方がトンネルの構造上好ましいこと、また、換気所の大きさも機能上必要なスペースをむだなく配置できること等を考え、独

立して作ることにした。ただし、トンネルと換気所を結ぶダクトの構造についてはフレキシブルなものとする。

換気所は千鳥町と東扇島の2個所に設置し、平面的には両換気所とも幅17.5m×長さ33.0m、高さは千鳥町換気所は地上約30m、東扇島換気所は約20mである(排気塔の高さは両換気所とも約43mとなる)。換気所本体部の構造は、鉄骨・鉄筋コンクリート造りで、基礎部は鋼管ぐいを用いるくい構造によるものとした。

#### 4. あとがき

以上、川崎港海底トンネルについて計画と工事の概要を述べてみたが、本工事は昭和47年度着工以来4年目であり、工事内容および事業費においては昭和51年度以降が最も困難な情勢にある。

幸い、運輸省港湾局および第二港湾建設局の深いご理解とご指導ならびにご尽力をいただいていることに対し厚く感謝申し上げるとともに、川崎港がさらに発展するための要である東扇島ふ頭の生命線ともいべき本海底トンネルのすみやかな完成を目指し、今後一層の努力を痛感している次第である。

— 新刊図書案内 —

## 橋梁架設工事の積算

— 昭和50年改訂版 —

A4判 140頁 頒価 1500円(会員 1350円) 送料 300円

申込先  社団法人 日本建設機械化協会

東京都港区芝公園3丁目5番8号機械振興会館内  
電話 東京(433)1501 振替口座東京71122番

臨海工事特集

## 六甲アイランドの建設計画と工事概要

横山 顯 二\*

## 1. ま え が き

神戸港は日本の代表的港湾として発展し、その取扱貨物量においてはオランダのロッテルダム港に次ぎ世界第2位の位置を占めている。先人達の努力のおかげによりニューヨーク港をしのぐ港にまでなったのである。

しかし、流通の近代化はますます激しく、それに適切な対応のできない港は脱落している。本港においても昭和41年以来ポートアイランドの建設を進めてきたが、ほぼ完成の目途もついたので、次に来たるべき輸送革新に対応すべく、市の東部沖合に六甲アイランドを建設している。本報告はその計画と工事について紹介するものである。

## 2. 計画概要

これまで進めてきたポートアイランドは、港湾の荷役形態を一変するコンテナ輸送の導入に対応するためコンテナふ頭を主とする港湾施設の建設であった。もちろん、在来型定期船バースや都市的機能をもつ用地造成の目的も含まれている。コンテナバースについては邦外船社とも一応その専用バースを確保した。このため新しい航路の開発あるいは後発船社のためこれからも新規コンテナふ頭の必要性は十分

あるが、これまで進めてきたスピードのダウンは起るであろう。一方、長期的な視野に立った港湾貨物量の伸びは著しい。これを受入れるためには新しいふ頭を必要とする。経済情勢は半年もすれば激変するし、船舶の建造も1年で可能であるが、港湾の建設は3~4年の年月を要する。このため六甲アイランドは長期の展望に立って計画を進めている。

港湾審議会承認：昭和46年12月

埋立免許取得：昭和47年11月

全体面積：555 ha

第1期計画：255 ha（不定期船バース14バース、定期船バース4バース、フェリーバース3バース、内貿バース6バース、および物揚場1,900 m<sup>2</sup>）

第2期計画：300 ha

全体計画は555 haであるが、さしあたり緊急に必要とする北半分255 haを第1期計画として現在工事を進めている。南半分は第2期計画とし、需要の動向と環境に与える影響を十分検討したうえで考慮することになっている。このため、ふ頭利用について決まっているのは北半分の1期分のみである。

六甲アイランドの施工主体は国（運輸省）、港湾管理者（神戸市）、阪神外貿埠頭公団、神戸市フェリー埠頭公社の4者である。運輸省が建設したものについては港湾管理者へ管理委託されることになっている。

神戸市：内貿バース、道路、橋梁、埋立工事

運輸省：不定期船バース、防波堤、物揚場

神戸市フェリー埠頭公社：フェリーバース

阪神外貿埠頭公団：定期船バース



図一 六甲アイランド位置図

\* 神戸市港湾局技術部計画課長

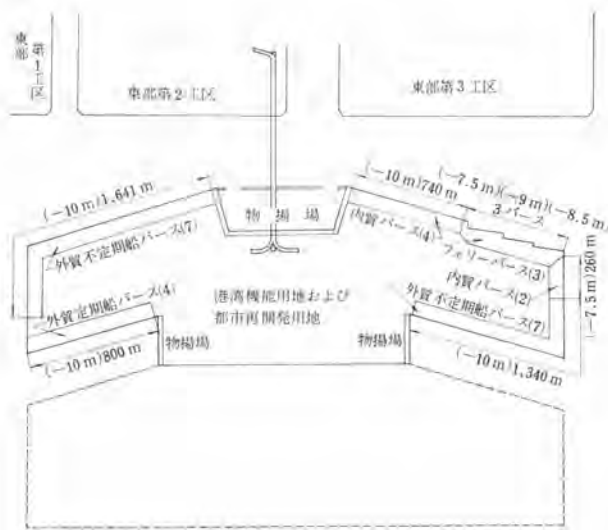


図-2 港湾施設配置図

港湾機能を発揮する施設の内側にはそれを補充するための港湾関連用地があり、さらに、内側には港湾と一体となった新しい市街地の形成をめざす都市再開発用地がある。これからの港湾は単に物流の機能面だけでよしとするものではなく、そこで働く人々および港を訪れる市民のための憩いの場も大切なこととなってきている。すでにポートアイランドにおいて計画し、現に施工中の公園、緑地などの施設を六甲アイランドにおいても十分配慮していく計画である。これによって一方では物流の近代化に対応できるとともに、うるおいのある港にしていきたい。しかし、安全性の問題および関税上の関係などもあり、職域としての港湾区域と憩いのための区域を截然と区別していかなければならないのもまた当然である。

### 3. 工事状況

六甲アイランドは紀淡海峡を通ってきた大洋の波が直接あたるところであるため、まず防波堤の建設から始まった。ポートアイランドは南側護岸を係船岸壁として利用しないため、防波堤としての役割も果たす防波護岸形式になっている。これに反し、六甲アイランドは南側法線を係船岸壁として利用する計画であるため、法線から700m離れて防波堤を築造した。延長5,330mのうち、4,150mがほぼ完成している。

防波堤および岸壁はいずれもケーソン形式である。これは神戸港がながらくケーソン形式になじみ、関係者が熟知していることや、置換え土砂が容易に入手できるこ

と、捨石の供給源が近くにあること、大浮起重機(最大3,000t)が使えることなどのためである。岸壁のケーソン据付完了は約3,680mである。

埋立土砂はポートアイランドと同じく、市の西部にある土砂採取場から採取し、コンベヤで海岸まで運び、それをプッシュバージで海上運搬している。このため浚渫土砂の利用や市中排土の投入はいままでのごとく行われていない。また、埋立に必要な土砂源はすでに確保されている。陸地となっているのは約10haほどであるから第一期工事の4%ほどであるが、すでに投入している土砂量の割合はもっと大きい。

### 4. 交通対策

六甲アイランドから発生する交通量に対しては、時期的な交通量を考えて3段階に分けている。島と陸地を結ぶ橋梁が完成した時点においては、六甲アイランドが機能的にほとんど活用していない点から、まず在来線を利用して処理し、さらに、交通量が多くなる時点では港湾貨物がふ頭間交通の多いことに着目し、六甲アイランドとポートアイランドを高架道路で結ぶ。これによって市街地へ流出する量を極力押えるようにしたい。また、建設省が主体となって計画している大阪湾沿岸道路が六甲アイランドの中を通ることになっており、これが使用できる時点では港湾発生貨物の東西方向の流れがスムーズにいくのはもちろん、国道43号線に流れている量の一部も受入れることができるであろう。

六甲アイランドに鉄道を引込む計画はない。これは地形的に引込費用が大きくなり、負担に耐えられないからである。また、大きな負担をして引込んでも見合うだけの鉄道貨物の発生が予想されないためである。しかし、ポートアイランドでもそうであったが、荷主が貨物を持って行けばそれから先は鉄道の責任で処理されるというレールレスステーションは考えなければならない

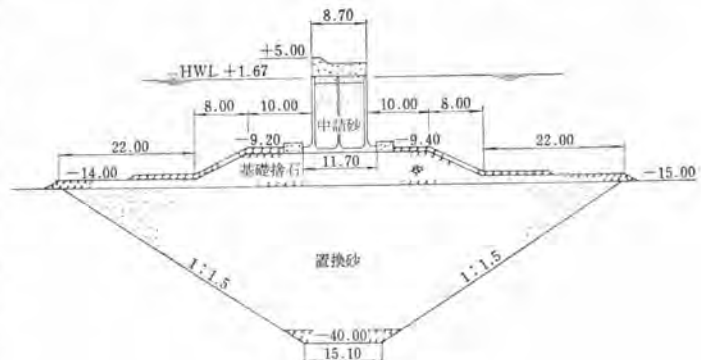


図-3 第7防波堤標準断面図

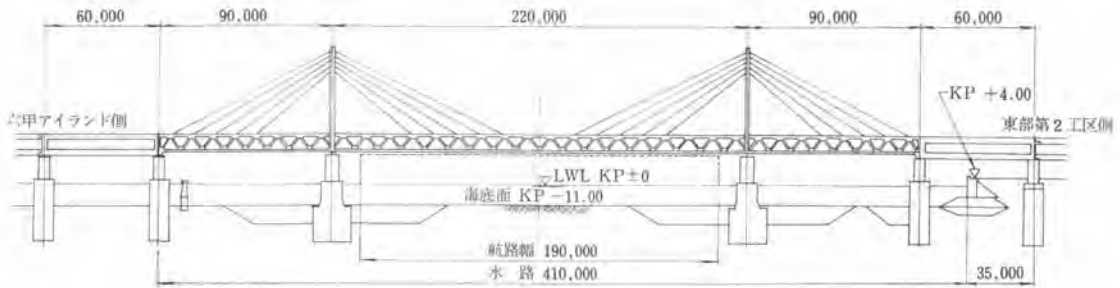


図-4(A) 六甲大橋側面図

であろうと思われる。

### 5. 連絡橋

六甲アイランドは島であるから市街地と結ぶ連絡通路がいる。橋梁とトンネルの2案が考えられるが、検討の結果、ポートアイランドと同じく橋梁を架設することになった。用地の関係等から上下2段、各3車線、計6車線である。上下2段ということではポートアイランドに架っている神戸大橋と同じであるが、神戸大橋が各4車線であるのに六甲大橋が各3車線であるのは大阪湾湾岸道路に頼るところであるからである。

なお本橋の特徴は次のとおりである。

- ① ダブルデッキ（2階橋）である。
- ② トラス橋であると同時に、ケーブルを用いた斜張橋である。
- ③ 床組は鋼床版構造で、鋼床版と弦材上フランジを一体とした。
- ④ ケーブルは上弦材の箱断面内でアンカーした。
- ⑤ 塔は独立した構造とし、形状は下方に広がるH型にして塔頂での幅を主構間隔と同じにした。

また、本橋の基本寸法は次のとおりである。

- 橋 長：400 m
- 支 間 長：89.350 m + 220.000 m + 89.350 m
- 形 式：3 径間連続トラス、鋼床版ダブルデッキ斜張
- 幅 員：上路面 12.500 m、下路面 21.500 m
- 横断こう配：車道部……1.5% 直線 + 0.75% 放物線  
歩道部……1.5% 直線
- 主構間隔：13.800 m
- 使用鋼重：7,512 t

中間支点主橋脚はニューマチックケーソン工法で、反力は 9,272 t、接地面積は 32 m × 22 m = 704 m<sup>2</sup> である。

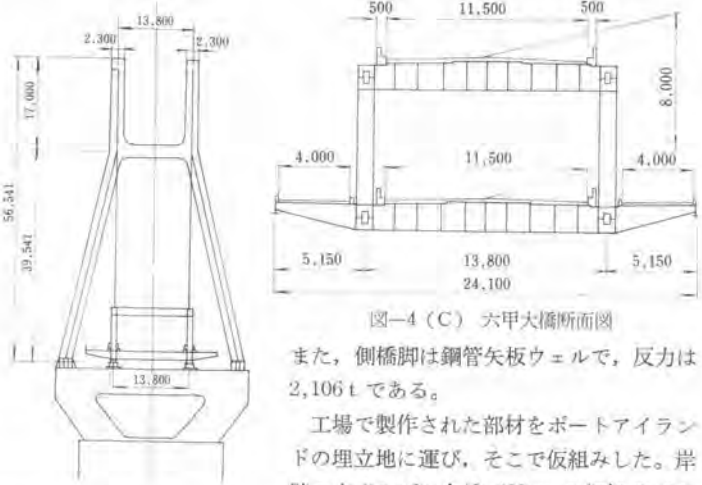


図-4(C) 六甲大橋断面図

図-4(B) タワー部断面図

また、側橋脚は鋼管矢板ウエルで、反力は 2,106 t である。

工場で製作された部材をポートアイランドの埋立地に運び、そこで仮組みした。岸壁のすぐそばに全長 400 m の仮組みできる場所があったということは工事進行に大きなプラスである。架設にあたっては、神戸港に 3,000 t ほどの浮起重機（民有）があるので、これを利用してブロック架設を行なった。けたを 5 ブロックに分け、塔が 2 基あるので全部で 7 回架設日があった。1 回の架設は現地作業だけで約半日である。延べにすれば約 1 カ月かかっている。幸い天候にも恵まれて順調に進み、昭和 50 年 12 月に架設完了した。取付道路の工事もあり、開通は 52 年度に入る予定である。

### 6. おわりに

島国であり、かつ各種の資源自給率のきわめて低いわが国において貿易の果たす役割が大きいことは明らかである。神戸港は日本の代表的貿易港としてこれまでも貢献してきたが、これからも情勢の変化にすぐ対応できる港湾として十分利用者各位のご要望にそっていくつもりである。六甲アイランドは市民に愛され、親しまれる港であるとともに、使いやすい、働きやすい港を目指している。今後各位のご意見、ご指導を得て順調に工事を進めていきたいと考える次第である。

臨海工事特集

## 伊勢湾におけるシーバース建設工事

上平 孝\*



図-1 シーバース位置図

## 1. まえがき

産業界の発展に伴いエネルギーの需要も増大し、そのエネルギーの大部分を支えている石油の消費もまた著しいものがある。

中京地区の石油需要の一翼を担うべく名古屋南部臨海工業地帯の第3区に東亜共石名古屋製油所(当初計画10万バレル、最終計画20万バレル)、第4区に出光興産愛知製油所(当初計画13万バレル、最終計画20万バレル)の一大石油精製基地が計画されて建設が行われ、現在すでに稼働を始めている。

この新鋭両製油所に使用される原油を供給するための受入設備(シーバース)が必要で、その位置の選定は重

要な課題といえる。伊勢湾への出入船舶の将来を予測し、過密化に対する安全性、船舶の大型化に対する配慮等より、昭和44年頃より港湾審議会、海難防止協議会、諸官庁、諸機関の指導のもとに種々の検討がなされ、名古屋港、四日市港への主航路を避け、伊勢湾内の最も航行船舶の少ない知多半島西岸と四日市市塩浜海岸とのほぼ中間で、沿岸よりの最短距離8kmの地点に計画された。

対象船舶は75,000~250,000DWT級タンカーが両側に着棧でき、両製油所に18,000kl/hrの原油を同時に荷揚げできる設備を有し、現在この形式のシーバースとしては東洋一のものである。

本シーバースの建設工事を立派に完成すべく設計、施工両面にわたる検討がなされ、その決定が行われたわけであるが、とりわけ下部構造物の施工については、使用機械の選定により工法や構造物の形状にまでも大幅な影響を与える結果となるし、決定づけられる要素をも伴っているためその選定は極めて重要な課題であった。

工期、品質、経済性を確保し、しかも安全な施工を約束できる工法の採用が望まれ、本工事においては工事位置、気象、海象、その他条件より判断して従来のくい打ち船(フローティング式)の使用は中止し、当社が苫小牧シーバース建設に先立



写真-1 両側バースに大型タンカー着棧荷役中

\* 鹿島建設(株)名古屋支店伊勢湾シーバース作業所長



て開発した十分実績のある SEP “KAJIMA” の使用に踏み切った。そして、設計、施工の両面にわたる詳細で綿密な検討を経てメタル構造によるテンプレート形式を採用し、くい打ち作業を着実に進めるよう計画したことが下部構造本体の主要部分の解決に十分威力が発揮され、工事を順調かつ安全に進めることができたものと確信している。

なお、下部構造物に据付けられる上部の機器も、現在考えられる最高水準の設備機器で、最新鋭のものばかりである。中でも海底配管立上り部の窒素ガス置換設備、保安計装設備関係は能力、安全両面にわたり万全といえるもので、いままでのシーバースには見られない設備であり、十分な安全対策が考慮されている。

本稿は、建設期間中（昭和 49 年 1 月～50 年 3 月）の施工について、その一部をとりまとめたものである。

## 2. 工事概要

工事名称：伊勢湾共同シーバース建設工事  
 発注者：出光興産，東亜共石  
 設計・施工：鹿島建設  
 工期：昭和 49 年 1 月 7 日～50 年 3 月 15 日  
 位置：愛知県知多市沖合 10 km  
 設計条件：対象船舶 75,000～250,000 DWT タン

カー

設計水深：NP-25.5 m (NP：名古屋港基準面)

自然条件：潮位…HHWL NP+4.500

HWL NP+2.300

LWL NP-0.100

風……最大風速 70 m/sec

係留時風速 30 m/sec

常時風速 20 m/sec

波 浪：表-1 参照

表-1 波 浪

|      | 波高 (m) | 周期 (sec) | 波長 (m) | 静水面位置    |
|------|--------|----------|--------|----------|
| 最大波高 | 8.17   | 9.3      | 123.0  | NP+4.500 |
| 有義波高 | 5.34   | 9.3      | 123.0  | NP+4.500 |
| 常時波高 | 2.00   | 6.0      | 56.0   | NP+2.300 |

気 温：最高気温 +35°C

最低気温 +0°C

潮 流：1.0 kt

設計震度： $K_H=0.3$

$K_V=0$

着栈条件：速 度 15 cm/sec

偏位差 15 m

着栈角度  $\theta=0\sim10^\circ$

進入角度  $\alpha=0\sim10^\circ$

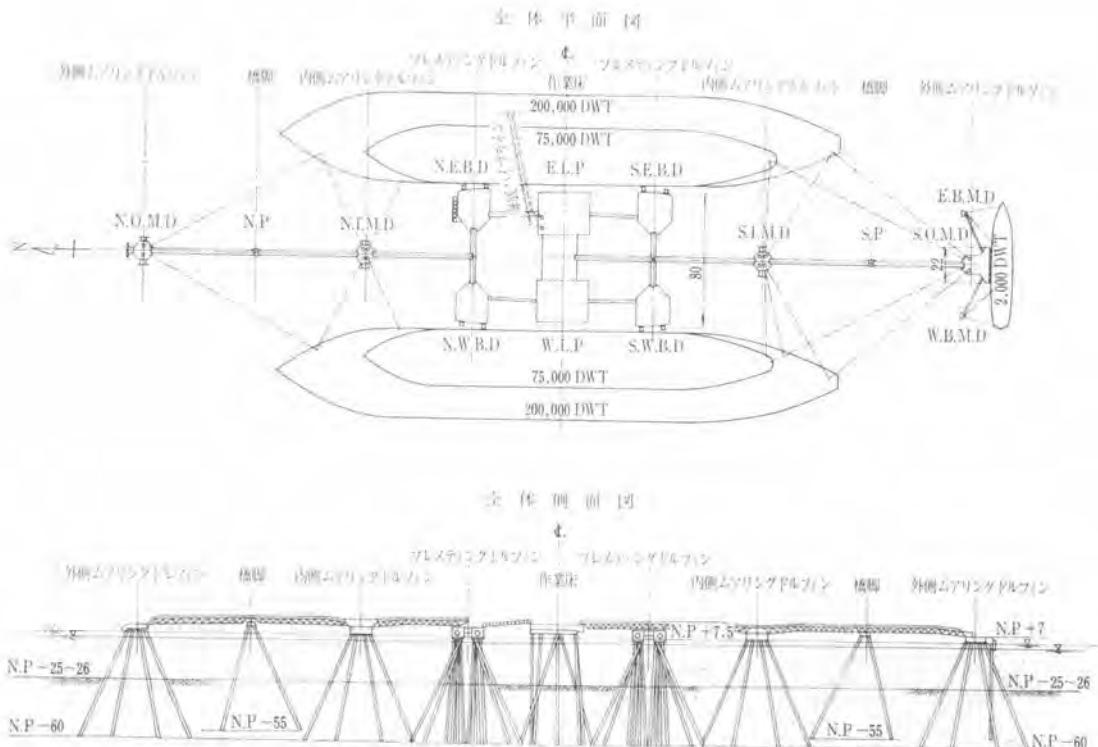


図-2 全体平面および側面図

## 3. 主要工事数量

## (1) 下部工事 (表-2 参照)

表-2 下部工事

| 名 称                      | デ<br>ア<br>レ<br>ー<br>ト<br>(基) | 鋼 管 ぐ い                         | 上部構<br>(基) |
|--------------------------|------------------------------|---------------------------------|------------|
| 作 業 床 (LP)               | 2                            | 31本(φ1,200×63~75 m)             | 3          |
| プレスティング<br>ドルフィン (BD)    | 4                            | 73本(φ1,400, φ1,000<br>×68~75 m) | 4          |
| 内側ムアリング<br>ドルフィン (IMD)   | 2                            | 16本(φ1,400×75 m)                | 2          |
| 外側ムアリング<br>ドルフィン (OMD)   | 2                            | 19本(φ1,400, φ1,000<br>×63~75 m) | 2          |
| バンカームアリン<br>グドルフィン (BMD) | 2                            | 6本(φ1,000×72 m)                 | 2          |
| 構 脚 (P)                  | 2                            | 6本(φ1,000×72 m)                 | 2          |
| 渡 橋 (W)                  | 14                           |                                 |            |

## (2) 上部設備

## (a) 係船設備

クイックリリースフック ……100 t×2 連 24 台

## (b) ローディングアーム設備

ローディングアーム……16 B 8 基, 10 B-8 B 4 基

## (c) 本船昇降ラダー

タワーラダー本体……鉄骨 22.75 m 2 基

## (d) 消火設備

泡モニターノズル……1,900 l/min 4 基

消火ポンプ ……5.5 m<sup>3</sup>/min 2 台

## (e) 配管設備

原油ライン……56 B-52 B-16 B 1 式

バンカーライン……12 B 1 式

清水ライン……4 B 1 式

エアライン……2 B 1 式

(f) N<sub>2</sub> 置換設備窒素ドラム……154 m<sup>3</sup> 1 基ガスコンプレッサ ……1.2 m<sup>3</sup>/min 2 台

## (g) ハウス設備

管 制 棟……2 階建鉄骨 1 棟

倉 庫……1 階建鉄骨 1 棟

## (h) 保安計装設備

航路標識灯……主灯, 副灯 6 基

接岸速度計……2 組

霧探知装置……1 式

潮流計・波高計……各 1 基

振動警報計……1 基

地震記録計……1 基

可燃性ガス警報器……7 組

気象観測装置……1 式

レーダリフレクタ……2 組

微差圧指示計……1 式

## (i) 電気設備

屋外照明設備……72 灯

放送連絡設備……1 式

受変電設備……1 式

直流電源設備……1 式

動力設備……1 式

(j) 簡易クレーン ……2 t×3.5 m, 5.0 m 2 基

(k) 付帯設備……1 式

## 4. 施 工

## (1) 計画・方針

伊勢湾中央部の建設工事であり、従来の海岸工事とはその規模、条件において種々異なったものであった。

現場が名古屋港への本船航路を隔てて 16 km の海上であり、資材輸送において海上交通の確保、海難事故、海洋汚染の防止等に相当に注意を要すること、工期的にも非常な短期間での完成といえるため、施工にあたっては次の点に留意し、進めた。

① 工事期間が非常に短期間であるため、海上作業および輸送関係を極力単純化し、少なくするため施工上可能な限り構造物のプレハブ化を進める。

② 苫小牧シーバース工事で開発し、実績のある SEP “KAJIMA” を使用することとし、プレハブ化を大型化し、安全で迅速な施工を行う。

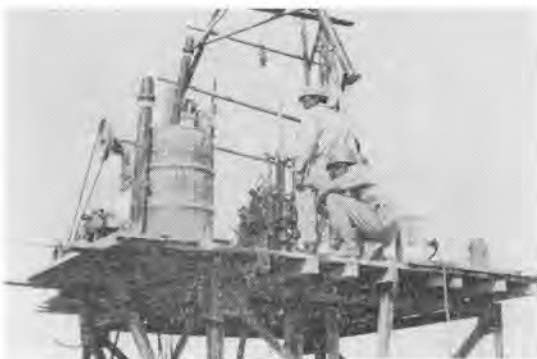


写真-2 調査ボーリング



写真-3 測量台

③ 資材運搬は陸上積出し基地より海上 16 km にあり、さらに名古屋港への本船航路を横断するため毎日海上保安部と密接なる打合せを行い、船舶の海難防止に努める。

④ 汚染物質の管理を十分行い、海洋汚濁の防止に努める。

⑤ 海上基地と陸上基地の連絡を密にするため通信連絡網の完備、緊急事態発生時に対処できるよう自家用ヘリコプター、高速モーターボートの配備を行う。

⑥ 気象・海象条件の急変を早期にキャッチし、工事の安全を計るため気象協会よりの専門予報官、気象観測機器を配置し、海上作業実施の可否の判断を行う。

(2) 実 施

基本方針に基づき工事に先行して行えるものについては極力事前工事として進め、予想される問題点の洗い出しとその解決にあたった。すなわち、調査と設計および準備作業については許せる限りの範囲で事前に進めることとしたわけである。

伊勢湾内とはいえ、沿岸より海上 10 km の沖合に建設されるため現地付近での過去の記録はなく、ほとんど推量の域を出ないため気象、海象については沿岸部の各測候所や各コールシステム地点よりのデータを基礎に建設地点の海象条件の推算を行うとともに、現地検証を実施し、その用途に供した。また、地盤についても調査ボーリングを行い、地質、地層の現状を把握してともに設計に反映させた。

また、大量の資材、人員、船舶が必要となるため、仮設用地の位置や船舶の泊地等の確保についても様々な条件を考慮してその決定を行なった。さらに、設計段階を通じて施工を考慮した設計を進め、工程、品質、工費、安全の各面を加味した構造物となるよう配慮した。

(3) 使用船舶と仮設機器

使用船舶と仮設機器は 表-3、表-4 に示すとおりである。



写真-4 SEP 開口部へのテンプレート引込据付作業

表-3 使用船舶一覧表

| 船名           | 仕 様           |                        | 総トン数     |           |               |
|--------------|---------------|------------------------|----------|-----------|---------------|
|              | 主 要 寸 法       | エンジン (PS)              |          |           |               |
| 引 船          | 天 生 丸         | 21.12×5.8×2.5          | 1,000    | 67.99     |               |
|              | 第 2 東 海 丸     | 21.65×4.11×1.21        | 340      |           |               |
|              | 湿 美 丸         | SEP 移設用                | 2,400    |           |               |
|              | 熱 田 丸         | 〃                      | 3,200    |           |               |
| 通 船          | 第 27 白 龍 丸    | 26.5×5.8×2.54 (定員82名)  | 850      | 98.00     |               |
|              | 第 7 白 鷗 丸     | 20.24×5.2×2.2 (定員50名)  | 500      |           |               |
|              | か も め 号       | 17.0×4.5×2.2 (定員55名)   | 520      |           |               |
|              | 太 洋 丸         | 13.75×3.11×1.96(定員12名) | 60       |           |               |
| 起 重 機 船      | モーターボート       | 21 ft (定員10名)          | 188      | 2.00      |               |
|              | 伊 豆 号         | 63.0×26.4×4.5          | 1,500    |           | 定格荷重<br>700 t |
|              | 1 5 3 号       | 45.0×20.4×3.6          | 1,000    |           |               |
|              | 大 關 丸         | 43.28×17.68×3.7        | 500      |           |               |
| や ま ゆ り      | 16.8×7.0×2.5  | 220                    | 50       |           |               |
| 台 船          | 3,000 DWT     | 60.0×20.0×4.5          |          | テンプレート運搬用 |               |
|              | 1,500 DWT     | 50.0×15.0×3.5          |          | 鋼管ぐい運搬用   |               |
|              | 600 DWT       | 30.0×12.0×2.5          |          | テンプレート運搬用 |               |
|              | 500 DWT       | 30.0×12.0×2.5          |          | 資機材運搬用    |               |
|              | 300 DWT       | 24.0×12.0×2.5          |          | モルタル打設用   |               |
|              | 300 DWT       | 24.0×12.0×2.5          |          | 資機材運搬用    |               |
|              | 200 DWT       |                        |          | 〃         |               |
| 100 DWT      |               |                        | ポンツーン核構用 |           |               |
| SEP "KAJIMA" | 74.0×45.0×5.0 |                        |          | ぐい打り用     |               |

表-4 仮設機器一覧表

| 場 所                           | 電 源 容 量   | 台 数           |     |
|-------------------------------|---|---------------|-----|
| 陸 上 基 地<br>仮 設 ヤード            | 受変電設備 245 kVA<br>(トランス 1φ75 kVA×3 台)<br>(トランス 1φ20 kVA×1 台) | トランス<br>4 台   |     |
|                               | 電 圧 6,600/210 105 V   |               |     |
| 上 仮 置 場<br>(A 地 区)<br>(B 地 区) | 発 電 機 115 kVA   | 1 台           |     |
|                               | 〃 55 kVA  | 1 台           |     |
|                               | 〃 115 kVA   | 1 台           |     |
| 海 シーバース上                      | 発 電 機 200 kVA   | 4 台           |     |
|                               | 〃 (440 t) 200 kVA   | 1 台           |     |
|                               | 〃 5 kVA   | 1 台           |     |
| 上 台 船 上                       | 3,000 t   | 発 電 機 150 kVA | 2 台 |
|                               | 1,500 t   | 〃 150 kVA     | 1 台 |
|                               | 200 t   | 〃 150 kVA     | 1 台 |

(4) SEP "KAJIMA" (表-5、図-3 参照)

厳しい気象・海象条件下の強風、波浪、寒冷等の諸条件を満足するような仕様で建造されており、当工事の施工機械としては十分満足できるものであった。

従来のフローティング式くい打ち船では緊急時の避難に、作業開始時の固定に時間を要し、不確定な要因が相当含まれて来るため、本工事においては一度浮揚すれば陸上作業同様な手順で作業可能な本自己昇降式作業台船 SEP "KAJIMA" による施工とした。

本作業台は海上作業基地として常時乗組員、作業員が乗組み、稼働、宿泊しており、シケのため 10 日間も連絡が途絶しても 40 名が生活できる設備を備え、天候や緊急時への対処も十分で、作業時間を有効に利用できるよう配慮されている。

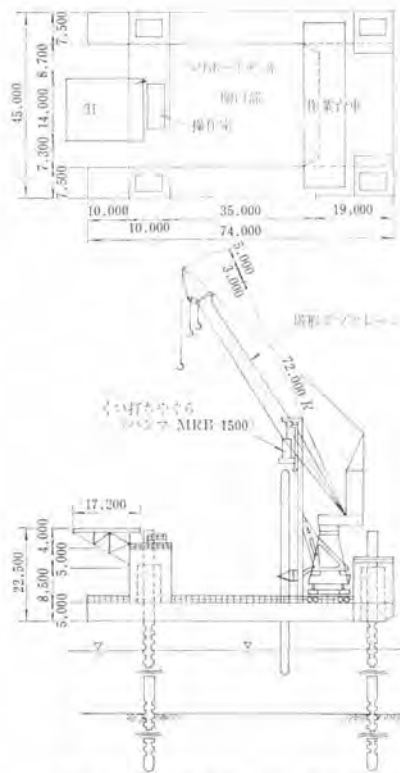


図-3 SEP "KAJIMA" 概略図

表-5 SEP "KAJIMA" の概略仕様

| 項   | 目          | 内   | 容  |
|-----|------------|---|--|
| 形   | 式          | 非自航型4本脚自揚式  |  |
| 寸   | バ          | 全長 74.0 m × 幅 45.0 m × 深さ 5.0 m   | 容  |
|     | 開          | 35.0 m × 30.0 m   |  |
|     | 口          | 10.0 m (静水面より)  |  |
|     | 部          | 14.0 m × 17.2 m   |  |
| 法   | ヘリポートデッキ   | 断面 2.4 m × 2.4 m × 全長 79.6 m  | 容  |
|     | きつ水(被えい航時) | 約 3.4 m   |  |
|     | 排水量(被えい航時) | 約 5,500 t   |  |
| ジブ  | 形          | KAWASAKI-IHC-GUSTO  |  |
| アップ | ジャッキアップ容量  | 1,585 t × 2 基, 1,145 t × 2 基  |  |
| 装   | 作          | 中央制御室ワンマンコントロール, 機側制御   |  |
| キ   | 置          |   |  |
| 諸   | 動力設備       | 主発電機 AC 625 kVA × 2 台<br>補助発電機 AC 125 kVA × 1 台<br>蓄電池 DC 24 V 200 Ah × 1 台     |  |
|     | 通信設備       | 拡声機・電話機・無線装置ほか  |  |
| 居   | 住設備        | 操作室・居室・休憩室・作業員室   |  |
| 主要  | 塔形ジブクレーン   | 巻上荷重: 100 t × 10 m<br>最大作業半径: 40 m (×12 t) 軌上走行式<br>揚程: +80 m ~ -20 m (レール面上より) |  |
|     | 格          | くい打ちやぐら   | マスト全長: 直ぐい打ち 46.5 m<br>斜ぐい打ち 40.5 m                            |
|     |            | 載   | マスト傾斜角: +5° (前傾) ~ -30° (後傾)<br>レールゲージ: 9.0 m<br>ハンマ: MRB-1500 |
| 機   | 走行カータ      | スパン: 30 m<br>全長: 45 m<br>全幅: 10 m (走行部は 14 m)                                   |  |
| 器   | ヘリコプター     | 形式: 川崎ヒューズ H-500  |  |

## (5) 下部構造物の施工

SEP を使用する方針を決定した時点でその構造形式はほぼ決定づけられることとなり、鋼構造のテンプレート形式の採用が最も好ましい形で取り上げられた。そして、鋼ぐい、テンプレートについては、新日本製鉄の君津、響灘両工場において加工組立し、成品として海上輸送して仮設ヤードに搬入し、必要に応じて順次積装固縛し、現地に搬送して、据付使用することとした。

施工順序は、工程的にクリティカルになる部分、作業床より開始し、両側のプレッシングドルフィン (BD) に移り、南側ムアリングドルフィン、北側ムアリングドルフィン関係の順序で進めた。

## (a) くい打ち

計画位置に SEP を据付け、陸上ヤードよりテンプレートを台船に載せて搬送し、SEP 開口部設定位置に据え、振れ止めを行い、SEP 搭載のジブクレーン (100 t) により鋼ぐいを取込み、くい打ちやぐらにセットしてテンプレート内に建込み、引続いてハンマ (MBR 1500) により打込みを行なった。

この作業は工事の中でも非常に緊張を要するもので、長さ 75 m のぐいは重量約 45 t ともなっているため、少しの風でもぐいは風圧により左右に振られ、その介錯には苦勞させられるため気象状況の判断は非常に重要なものであった。また、テンプレートの据付、ぐいの水切り作業等も波や風の影響に左右され、判断を一つ誤れば大事故につながるものばかりであるため細心の注意を要した。

このようなことから、各作業に規準を設けて目安としたが、その設定値は表-6 のとおりである。なお、テンプレート据付要領、くい打ち工程 (SW-BD) の流れを

写真-5 SEP "KAJIMA" による  
くい打ち作業

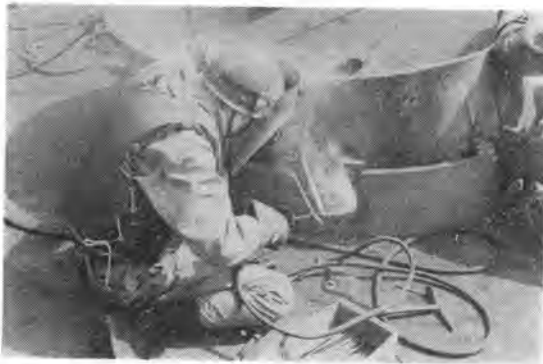


写真-6 くい頭部固結作業

挙げれば 図-4、図-5 のとおりである。

(b) 結構

本体がすべてメタル構造であるためその結構は電気溶接が主体であり、陸上で大型プレハブ化に努め、対処したが、くいとテンプレートの結合や取合個所になる部分では現場海上溶接を避けることができず、これら溶接作業に対し次のように進めた。

まず、溶接工の訓練と技量試験を実施し、技量判定を行い、合格者を認定し、就業させることとした。このように、品質の確保に相当の努力を払い進めた結果、手直し工事の発生を未然に防ぐこととなり、全体としての好結果につながったものと自負できるものであった。すなわち、海上であるためその使用器具や資材にも意を用いたが、品質管理に重点をおき、専門技術員(日本検

表-6 作業可能条件設定値

| 気象・海象 |     | 作業区分(A)      | 作業区分(B)       |
|-------|-----|--------------|---------------|
|       |     | 海洋作業台・上部鉄構据付 | くい打ち・くい頭固定その他 |
| 波浪    | 波高  | 0.5 m 以下     | 1.0 m 以下      |
| 風     | 風速  | 5.0 m/sec 以下 | 10.0 m/sec 以下 |
| 雨     | 降雨量 | 10 mm/日 以下   | 10 mm/日 以下    |



図-4 テンプレート据付検討要領図

査)を常駐配備し、開先形状での状態より検査を行い、仮付け、本付けの各段階を通じて溶接各部にわたり溶接技量をも加味した作業員を選定して溶接の完全化に努めた。

また溶接部に対する検査として非破壊検査 (X-Ray,

(注) 兼天順延

|           | 1       | 2    | 3    | 4          | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  |
|-----------|---------|------|------|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|           | 6/14-15 | 16日  | 17日  | 18日        | 19日 | 20日 | 21日 | 22日 | 23日 | 24日 | 25日 | 26日 | 27日 | 28日 | 29日 | 30日 |
| SEP 移設    |         | 移設   | 成果測量 | テンプレートつり込み |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 水平固縛      |         | けた架設 | けた運搬 | 水平固縛       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| テンプレート    |         |      |      |            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| SEP ホンツーン |         |      |      |            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| UP DOWN   |         |      |      |            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| くい水切り     |         |      |      |            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| くい打ち      |         |      |      |            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| リーダ交換     |         |      |      |            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| やぐら人替え    |         |      |      |            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 固結        |         |      |      |            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 他         |         |      |      |            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| カシ工 昼夜    |         |      |      |            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 溶接工 昼夜    |         |      |      |            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| SEP 陸上    |         |      |      |            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

図-5 SW-BD くい打ち工程



UST、カラーチェック)を行なったが、その適用基準は表-7のようにした(表-8、図-6参照)。

5. あとがき

伊勢湾共同シーパースの建設工事は、昭和49年1月、世間注視の中にその建設工事が始められたが、幸いにも関係各位のご指導とご協力および努力により1年8カ月の短期間の歳月で無事完成できたことは関係者一同の

誇りと思っている。昭和50年8月末には両側パースに大型タンカーの着船を迎え、荷揚げを無事完了、その機能が十分発揮され、順調な稼働を開始したことを報告しておく。

なお、今回の発表にあたり企業者である出光興産、東亜共石の関係者にご高配を賜りましたことを紙面を通じて深く感謝いたしますとともに、説明不足の点多々ありますこととお許し願ひ、皆様のご判読を乞願う次第です。

表-8 (2) 浸透探傷による溶接不良率

| 構造物名称 | 探傷部名称      | 検査対象数量   | 抜取り      |      | 不良  |      | 構造物名称        | 探傷部名称    | 検査対象数量 | 抜取り  |      | 不良   |      |      |
|-------|------------|----------|----------|------|-----|------|--------------|----------|--------|------|------|------|------|------|
|       |            |          | 数        | 率    | 数   | 率    |              |          |        | 数    | 率    | 数    | 率    |      |
| W-LP  | 上部固定金物     | 112      | 32       | 28.6 | 14  | 43.8 | S-P          | 上部固定金物   | 24     | 7    | 29.2 | 1    | 14.3 |      |
|       | 下部固定金物     | 224      | 114      | 50.9 | 15  | 13.2 |              | 下部固定金物   | 60     | 20   | 33.3 | 3    | 15.0 |      |
|       | パイルキャップ&リブ | 168      | 42       | 25.9 | 14  | 33.3 |              | パイルキャップ  | 3      | 2    | 66.6 | 0    | 0    |      |
|       | サドル        | 71,800mm | 23,933mm | 33.3 | 0   | 0    |              | デッキ支柱    | 4      | 2    | 50.0 | 0    | 0    |      |
|       | マデスタル      | 9        | 2        | 22.2 | 0   | 0    | S-IMD        | 上部固定金物   | 64     | 16   | 25.0 | 0    | 0    |      |
| E-LP  | 上部固定金物     | 112      | 14       | 12.5 | 4   | 28.6 |              | 下部固定金物   | 160    | 40   | 25.0 | 0    | 0    |      |
|       | 下部固定金物     | 224      | 32       | 14.3 | 3   | 9.4  |              | パイルキャップ  | 8      | 3    | 37.5 | 0    | 0    |      |
|       | パイルキャップ&リブ | 168      | 16       | 9.5  | 3   | 18.8 |              | プロテクタ    | 8      | 4    | 50.0 | 0    | 0    |      |
|       | サドル        | 71,800mm | 23,933mm | 33.3 | 0   | 0    | パイプ架台        | 24       | 12     | 50.0 | 0    | 0    |      |      |
|       | マデスタル      | 9        | 2        | 22.2 | 1   | 11.1 | N-IMD        | 上部固定金物   | 64     | 24   | 37.5 | 2    | 8.3  |      |
| SE-BD | 上部固定金物     | 144      | 48       | 33.3 | 2   | 4.2  |              | 下部固定金物   | 160    | 50   | 31.2 | 4    | 8.0  |      |
|       | 下部固定金物     | 360      | 61       | 16.4 | 4   | 6.6  |              | パイルキャップ  | 8      | 3    | 37.5 | 0    | 0    |      |
|       | パイルキャップ    | 32       | 13       | 40.6 | 1   | 7.7  |              | プロテクタ    | 8      | 4    | 50.0 | 0    | 0    |      |
|       | 防舷材        | 8        | 4        | 33.3 | 0   | 0    | パイプ架台        | 24       | 12     | 50.0 | 1    | 8.3  |      |      |
|       | パイプ架台      | 17       | 6        | 35.3 | 0   | 0    | N-P          | 上部固定金物   | 24     | 9    | 37.5 | 4    | 44.4 |      |
| SW-BD | 上部固定金物     | 144      | 32       | 22.2 | 2   | 6.2  |              | 下部固定金物   | 60     | 15   | 25.0 | 6    | 40.0 |      |
|       | 下部固定金物     | 360      | 50       | 13.9 | 3   | 6.0  |              | パイルキャップ  | 3      | 2    | 66.6 | 0    | 0    |      |
|       | パイルキャップ    | 32       | 18       | 56.2 | 0   | 0    |              | デッキ支柱    | 4      | 2    | 50.0 | 0    | 0    |      |
|       | 防舷材        | 8        | 4        | 33.3 | 0   | 0    | N-OMD        | 上部固定金物   | 64     | 21   | 32.8 | 1    | 4.8  |      |
|       | パイプ架台      | 17       | 6        | 35.3 | 2   | 33.3 |              | 下部固定金物   | 160    | 50   | 31.2 | 1    | 2.0  |      |
| NE-BD | 上部固定金物     | 144      | 39       | 27.1 | 4   | 10.3 |              | パイルキャップ  | 8      | 3    | 37.5 | 0    | 0    |      |
|       | 下部固定金物     | 360      | 43       | 11.9 | 6   | 14.0 |              | プロテクタ    | 12     | 6    | 50.0 | 0    | 0    |      |
|       | パイルキャップ    | 32       | 16       | 50.0 | 2   | 12.5 | パイプ架台        | 24       | 10     | 41.7 | 2    | 20.0 |      |      |
|       | 防舷材        | 8        | 4        | 50.0 | 0   | 0    | LP デッキ主げた接合部 |          | 48     | 48   | 100  | 4    | 8.3  |      |
|       | ボートランディング  | 9        | 5        | 55.5 | 0   | 0    | BD<br>フエンダ   | 陸上溶接部    | SE-BD  | 24   | 24   | 100  | 7    | 29.2 |
|       | パイプ架台      | 22       | 17       | 77.3 | 1   | 5.9  |              | SW-BD    | 24     | 24   | 100  | 2    | 8.3  |      |
| NW-BD | 上部固定金物     | 144      | 42       | 29.2 | 4   | 9.5  |              | NE-BD    | 24     | 24   | 100  | 0    | 0    |      |
|       | 下部固定金物     | 360      | 65       | 18.1 | 3   | 4.6  |              | NW-BD    | 24     | 24   | 100  | 0    | 0    |      |
|       | パイルキャップ    | 32       | 16       | 50.0 | 0   | 0    | 海底配管<br>立上り部 | 受けた      | 40     | 12   | 30.0 | 2    | 16.7 |      |
|       | 防舷材        | 8        | 4        | 33.3 | 0   | 0    |              | 陸        | 32     | 12   | 37.5 | 2    | 16.7 |      |
|       | パイプ架台      | 17       | 8        | 47.1 | 0   | 0    | プロテクタ        | 12       | 4      | 33.3 | 0    | 0    |      |      |
| S-OMD | 上部固定金物     | 88       | 28       | 31.8 | 3   | 10.7 | ストラット        | 海上取付部    | 16     | 16   | 100  | 0    | 0    |      |
|       | 下部固定金物     | 216      | 30       | 13.9 | 2   | 6.7  |              | 中間部      | 16     | 16   | 100  | 1    | 6.2  |      |
|       | パイルキャップ    | 11       | 4        | 36.4 | 0   | 0    | E-LP 防舷材     |          | 3      | 1    | 33.3 | 0    | 0    |      |
|       | ボートランディング  | 10       | 5        | 50.0 | 0   | 0    | ウォーク<br>ウェイ  | WW No. 1 | 4      | 2    | 50.0 | 0    | 0    |      |
| パイプ架台 | 49         | 24       | 49.0     | 1    | 4.2 | 2    |              | 4        | 2      | 50.0 | 0    | 0    |      |      |
| E-BMD | 上部固定金物     | 24       | 6        | 25.0 | 1   | 16.7 |              | 3        | 4      | 2    | 50.0 | 0    | 0    |      |
|       | 下部固定金物     | 60       | 15       | 25.0 | 1   | 6.7  |              | 4        | 4      | 4    | 100  | 0    | 0    |      |
|       | パイルキャップ    | 3        | 1        | 33.3 | 0   | 0    |              | 5        | 4      | 4    | 100  | 0    | 0    |      |
|       | パイプ架台      | 3        | 2        | 66.7 | 0   | 0    |              | 6        | 4      | 4    | 100  | 0    | 0    |      |
| W-BMD | 上部固定金物     | 24       | 6        | 25.0 | 2   | 33.3 |              | 7        | 4      | 2    | 50.0 | 0    | 0    |      |
|       | 下部固定金物     | 60       | 15       | 25.0 | 2   | 13.3 |              | 8        | 4      | 2    | 50.0 | 0    | 0    |      |
|       | パイルキャップ    | 3        | 1        | 33.3 | 0   | 0    |              | 9        | 4      | 2    | 50.0 | 0    | 0    |      |
|       | パイプ架台      | 3        | 2        | 66.7 | 0   | 0    |              | 10       | 4      | 2    | 50.0 | 0    | 0    |      |
|       |            |          |          |      |     | 11   |              | 4        | 2      | 50.0 | 0    | 0    |      |      |
|       |            |          |          |      |     | 12   |              | 4        | 2      | 50.0 | 1    | 50.0 |      |      |
|       |            |          |          |      |     | 13   |              | 4        | 2      | 50.0 | 0    | 0    |      |      |
|       |            |          |          |      |     | 14   |              | 4        | 2      | 50.0 | 0    | 0    |      |      |

臨海工事特集

## 伊勢湾における海底配管工事

三宅 淳 達\*

藤野 勝 征\*\*

設作業にあたっては当社独自の新スティーナシステムと日本で初めての全線自動溶接による接合を行い、海底配管を完成させた。本稿ではこの海底配管工事について概要を紹介するものである。

## 2. 工事概要

知多半島に位置する出光興産愛知製油所および東亜共石名古屋製油所と伊勢湾シーバースの間を 52 in および 56 in で継ぐ海底パイプライン敷設およびその立上り部工事を実施した。工事内容は以下のとおりである。

## ① パイプラインの敷設および埋設

52 in (1,320.8 mm) : 約 9,300 m

56 in (1,422.4 mm) : 約 9,300 m

埋設深さ: 3 m 以上

## ② ライザー部

シーバース側: 各々 1 箇所

陸 側: 各々 1 箇所

## ③ 付属工事

トラス橋: 50 m × 7.5 m 1 基

ライザープロテクタ: 1 基

電気防蝕: 外部電源方式

## 1. まえがき

伊勢湾をフェリー等で航行された方は、湾のほぼ中央にオレンジおよびブルーカラーの美しく彩色された巨大な海上ふ頭があるのにお気づきであろう。これが昭和 50 年 8 月より操業を開始した 20 万トン級タンカーが 2 隻同時に接舷できるドルフィンタイプの伊勢湾シーバースである。シーバースに接舷したタンカーの原油は 52 in および 56 in の世界最大級の海底配管により約 9,300 m 離れた知多半島の製油所に送られる。この海底配管は大口径パイプラインとしては世界最大級のものであり、敷



写真—1 敷設船による敷設状況

## 3. 敷設工事

## (1) 敷設法の選定

海底にパイプを敷設する施工法としては主として、

- ① 海底えい航法  
(Bottom Pull Method)
- ② 浮遊えい航法  
(Flotation Method)
- ③ 敷設船工法  
(Lay Barge Method)

の方法があり、その作業方法およびその得失は表-2 のとおりで、地理的条件、工事規模、気象・海象条件によりその都度施工法が決定される。伊勢湾の場合は船混みが激しいところであるため航行制

\* 新日本製鉄(株)鉄構海洋事業部専門部長

\*\* 新日本製鉄(株)鉄構海洋事業部工務部計画室





図-1 伊勢湾海底管位置図

限を最小限にとどめ、かつ敷設スピードを上げる必要があります。主要部分を敷設船工法で、また、陸側水平バンドを含む部分を浮遊航法で敷設することに決定した。

(2) 敷設船による敷設作業

敷設作業には敷設船“くろしお”を主体とした表-3の船団を用いて施工を行なった。敷設船上では図-4に示す手順で作業が繰返し実施される。

敷設は陸上ヤードで12m単管を6本接合して作った72mパイプを敷設船上にデリッククレーンで取込み、開先加工を行なったのちランプウェイのローラ上にセットし、芯出し以下の作業を行なってパイプの海底への敷設を進めた。特に芯出し溶接接合には当社独自で開発した自動溶接システムを用いることにより溶接部の信頼性が向上し、溶接時間も手溶接と比較すると1/2強となり、1日当りの敷設距離(約600~700m)を延ばすことができた。

(3) 浮遊航法による敷設作業

伊勢湾の場合は500m長管を敷設船を用いて製作し、フローティングクレーンと船内に溶接電源を内蔵する溶接台船を用いて海底管と浮遊管を手溶接で接合し、X線検査および塗装ののち溶接台船を抜取ってフロートを取付け、フローティングクレーンにより所定沈設曲線によ

ってパイプを沈設した。

4. 浚渫・埋設工事

敷設されたパイプは図-8に示すように海底面に埋設された。

(1) 浚渫作業

事前浚渫部分はポンプ船により浚渫を行なった。ライン浚渫(事後浚渫)の方法には一般にユニット方式によるエアエジェクタ法とサンドポンプ法の2種があるが、今回の工事海域はノリの漁場に近く、海面汚濁をなくするため海底近くで排土するサンドポンプ法を用いた。ライ

表-1 伊勢湾海底管概要

|           |                          |                 |                  |
|-----------|--------------------------|-----------------|------------------|
| 縦断図       |                          |                 |                  |
| 水深 (m)    | 20                       | 25              | 30               |
| 距離 (km)   | 0                        | 3.06            | 5.31             |
| 鋼管        | API-5 L X-X 52°φ×16mm    |                 |                  |
| 土被り厚      | 全線3m以上                   |                 |                  |
| 防蝕被膜      | タールエポキシ 0.5mm ポリサテンテープ巻着 |                 |                  |
| コンクリート被覆  | なし                       |                 |                  |
| 潮流速 (敷設時) | 0.5 kt                   |                 |                  |
| 潮流速 (完成時) | 埋設のため考慮せず                |                 |                  |
| 鋼管重量      | 52°φ=514.8 kg/m          | 56°φ=589.2 kg/m |                  |
| 鋼管比重      | 52°φ=1.33 kg/m           | 56°φ=1.32 kg/m  |                  |
| 鋼管浮力      | 52°φ=447 kg/m            | 56°φ=512 kg/m   |                  |
| 敷設法       | フローティング工法 (2,600m)       | レーバ工法 (6,800m)  | フローティング工法 (500m) |
| 埋設工法      | ポンプ船                     | ユニット船           | グラブ船             |

ン浚渫は2回掘りで実施し、船団も表-4に示すような編成として行われた。

(2) 埋設作業

埋設深さはアンカーテストによって図-8に示すよう土被り3m以上であり、埋戻し土もパイプ天端より

2mを砂で、その上を現地土を主体として埋設を行なった。

埋設は、砂の場合は図-10に示すようにトレミー管により砂を投入し、また、現地土はスクレーパを用いて埋設を実施した。

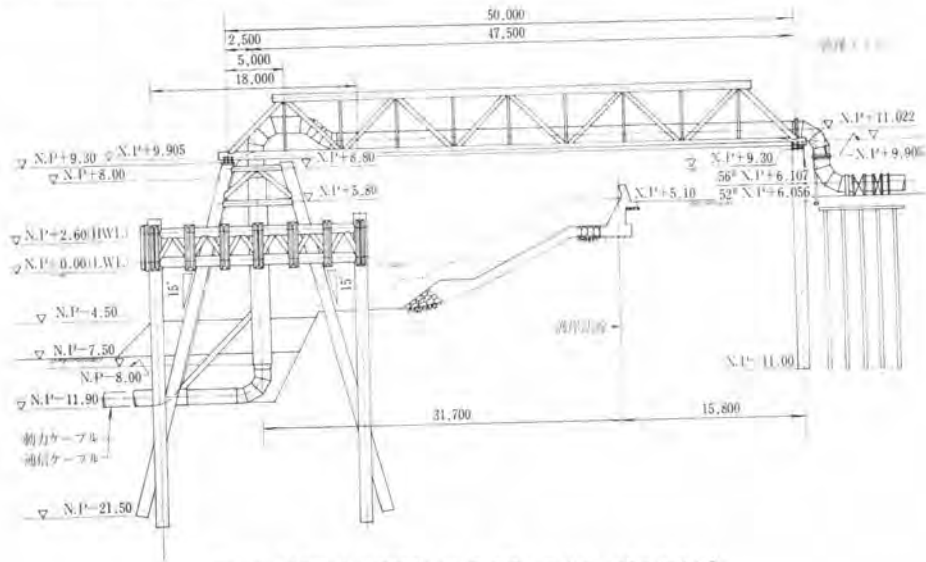
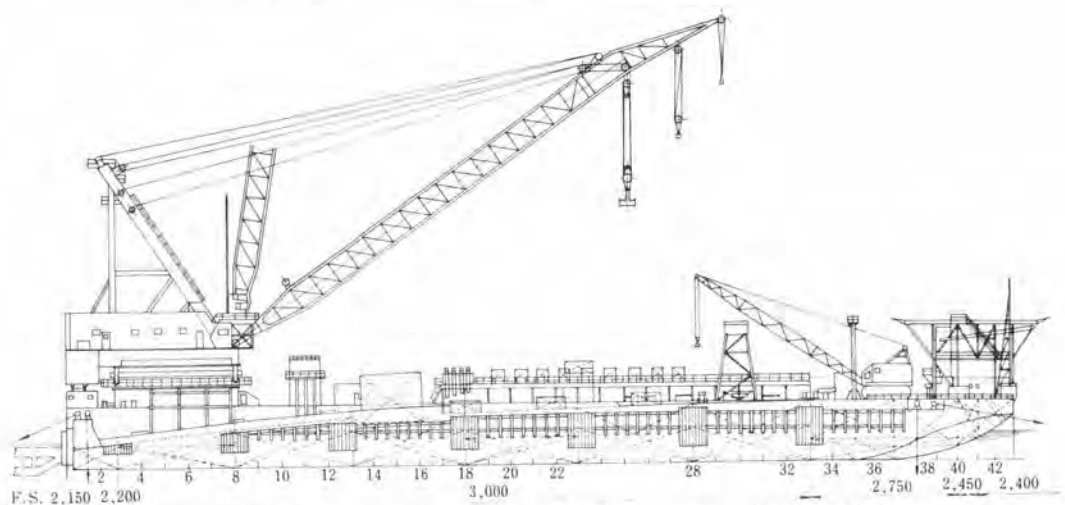


図-2 陸側立上り構造物(トラス橋, ライザープロテクタ)



|                   |   |                  |  |
|-------------------|---|------------------|--|
| LENGTH            | 123 m (406')  | WINCH            | MAX 60 t x 4 m/min<br>MIN 4 t x 60 m/min<br>8 sets |
| BREADTH           | 28.6 m (94')  | LAYING EQUIPMENT |  |
| DEPTH             | 8 m (26')   | PIPE SIZE        | 150 mm (6") - 1,500 mm (60")                       |
| DESIGN LOAD DRAFT | 4 m (13')   | WELDING STATION  | 5 stations   |
| DISPLACEMENT      | 12,000 t  | X-RAY STATION    | 1 station  |
| CLASS             | ABS+A-1   | COATING STATION  | 1 station  |
| NAVIGATION AREA   | OCEAN GOING AREA  | TENSION DEVICE   | WESTERN GEAR LPT 80 S<br>MAX TENSION 36 t          |
| QUARTER           | for 186 MEN, AIR CONDITIONER  | DAVIT            | 50 t x 53 sets                                     |
| MAIN ENGINE       | 1,200 PS x 720 rpm x 2 sets   |                  |  |
| MAIN GENERATOR    | 1,000 kVA 450 V x 60 Hz x 1 set<br>700 kVA 450 V x 60 Hz x 1 set                    |                  |  |
| ANCHORING SYSTEM  | 8 sets of 11 t ANCHORS<br>and 42.5 mm (1 1/16") dia<br>x 1,300 m (4,265') WIRE ROPE |                  |  |

図-3 敷設船“くろしお”構造図

### 5. 圧力テスト

敷設、埋設の終了したパイプラインは全線にわたって圧力テストを実施し、接合部などの漏洩の有無を確認した。

圧力流体は海水（インヒビータ 1,000 ppm 含む）を用い、テスト圧力を設計圧力の 1.5 倍（22.5 kg/cm<sup>2</sup>）と

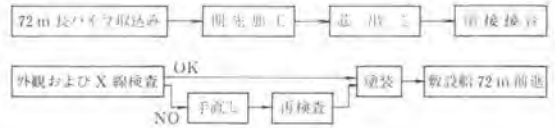


図-4 作業手順

し、最大圧力で 24 時間保持して圧力降下のないことを自記記録で確認し、テストを完了した。このテストの結

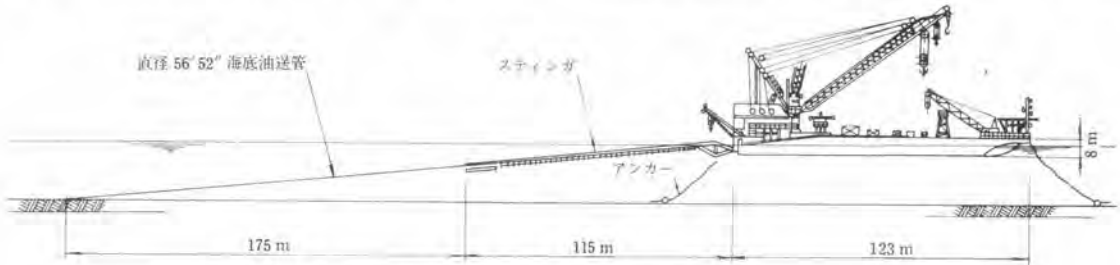


図-5 敷設船工法による敷設状態

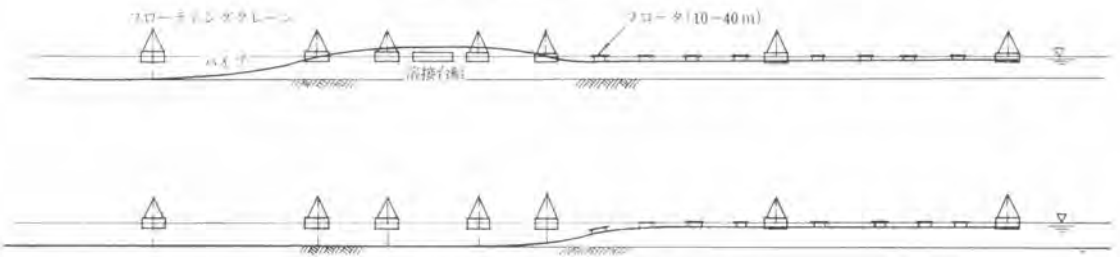


図-6 浮遊えい航法による敷設状態

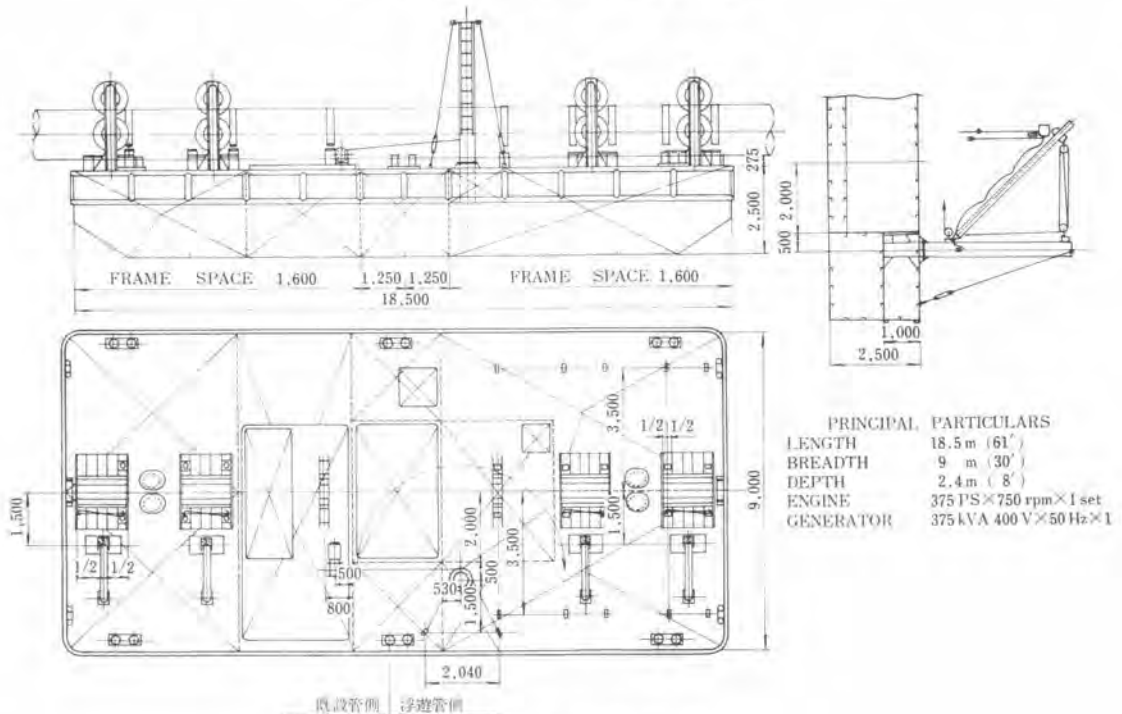


図-7 溶接台船概略図

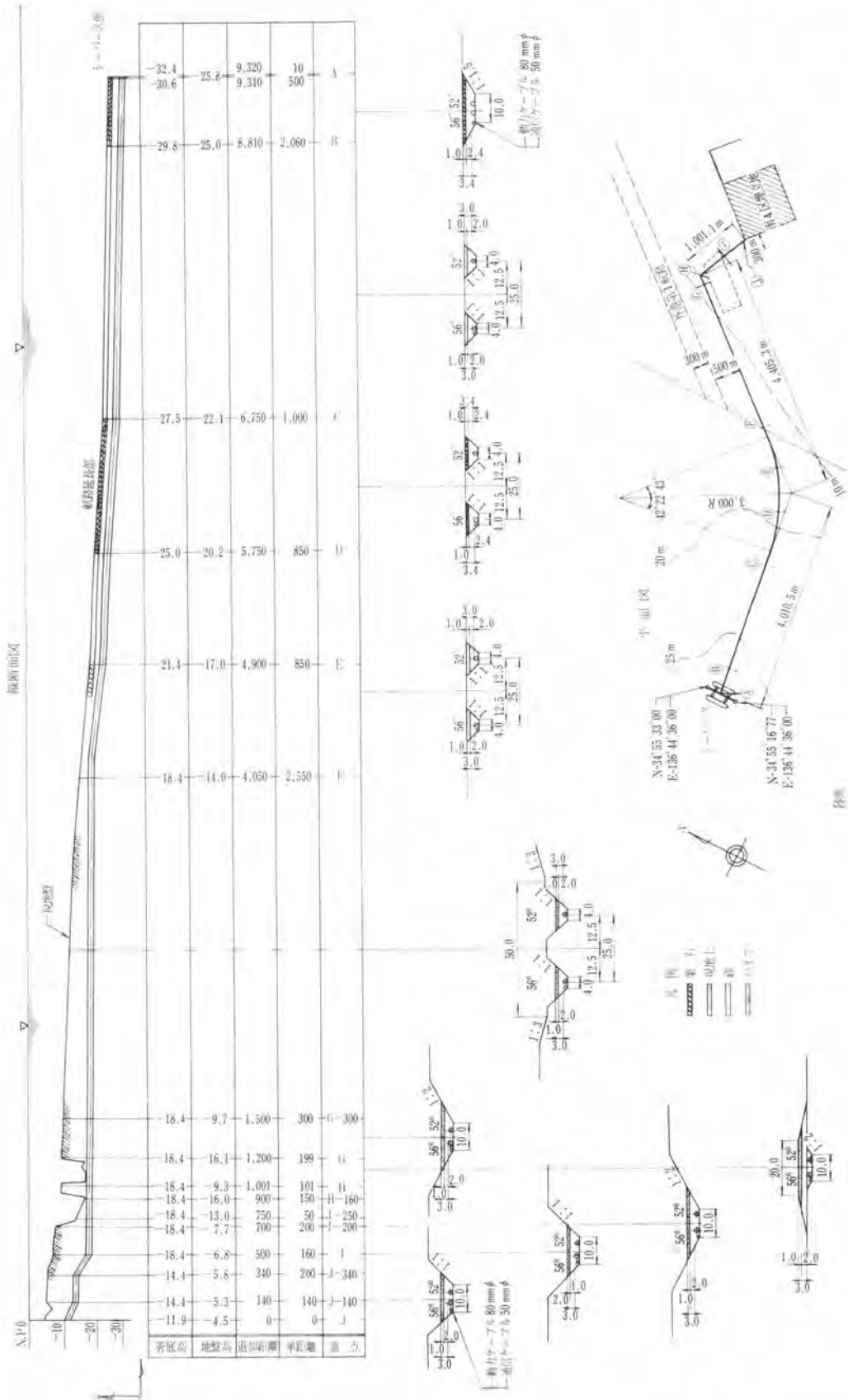


図-8 埋設状況図



写真-2 自動溶接状況(下進法)

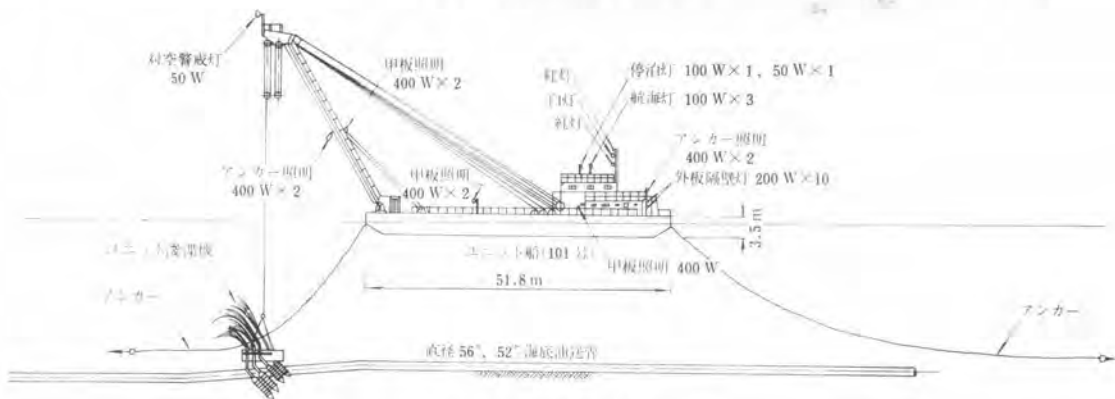


図-9 サンドポンプ浚渫状況

表-2 海底管敷設工法の比較

|           | 海底えい航法  | 浮遊えい航法  | 敷設船工法  |
|-----------|---|---|--|
| 1. 作業方法   | 陸上にパイプヤードをつくり、パイプヤード上で製作された長管を沖合の引船用パーシ(海上固定)または対岸のウィンチによって海底をえい航して敷設する工法。            | 陸上または海上で製作した長管を浮かした状態で敷設する位置までえい航し、接合台船上で海底管を浮上させて洋上溶接し、沈設する。   | 作業船の上で海底管と単管を溶接接合し、その都度、作業船を移動させながら沈設していく方法。 |
| 2. パイプヤード | 管路の延長上に長管の製作とえい航のスペースおよび器材が必要。また、進水設備が必要。   | 管路の延長上でなくてもよいが、長管の製作とえい航進水のスペースおよび器材が必要。  | 鋼管貯蔵ヤード以外陸上ヤードは不要。                           |
| 3. 周囲条件   | 海底条件以外にはあまり影響されない。外界気象の変化に対する適応性大。作業中断可。  | 比較的静穏な天候が要求される。気象の急激な変化に対する適応性小。作業中断可能であるがむづかしい。  | 周囲条件にはほとんど影響されない。外界の気象変化に対する適応性大。作業中断可。      |
| 4. 使用機材   | 大型のえい航設備を必要とする。   | 溶接台船以外特殊設備は必要としない。多数の船舶を必要とする。  | 特別に装備した敷設船を必要とする。船舶はあまり多く必要としない。             |
| 5. 管重の調節  | 海底との摩擦力を小さくしてえい航力を少なくするため管の水中重量を小さくする。  | 海面から海底に鋼管がスムーズに進むよう管の水中重量を小さく調節する。  | 敷設船から海底に鋼管がスムーズに進むように調節する。                   |
| 6. 適用範囲   | ① パイプヤード、海底条件が許すところではかなり大型の工事にも可能。<br>② 複雑な管路や大規模の工事には不適當。<br>③ 海象条件の悪いところでも可(風波、潮流)。 | ① 小規模の作業に対しては経済性がある。<br>② 複雑な管路も可能。<br>③ 穏やかな海象条件の期待できる所には適する。<br>④ 荒天の頻度の多い場合、作業が1回ごとに区切れるので、作業日さえ適定すれば比較的安全的。 | ① 比較的長大な海底管に適する。<br>② 複雑な管路には不適當。            |



写真-3 水平ベンド部の敷設状況(浮遊えい航法)

果を待って昭和 50 年 8 月に通油を無事終了し、伊勢湾海底配管の完成のはこびとなった。

6. おわりに

以上に示したように伊勢湾における海底配管工事は新技術および新しい機材を用いて施工を行なったが、今後の工事は海洋汚濁等の環境問題およびコスト面より「より安全でより早い敷設」が要求されている。

われわれとしてはこの伊勢湾の技術を基礎として今後とも敷設技術の向上および自動溶接システムの完全化に努力したいと思っている。

最後に、工事の円滑な推進にご協力いただいた施主ならびに関係諸官庁に感謝の意を表します。

表-3 敷設船団編成

| 名称        | 用途               | 容量       | 乗組員(名) | 寸法(m)       |
|-----------|------------------|----------|--------|-------------|
| くろしお      | パイプ敷設・居住・クレーン作業  | 12,000 t | 134    | 12.3×28.6×8 |
| 三祥丸       | 転錨・引船            | 3,500 PS | 9      | 40.5×11×4.2 |
| なんしん丸     | 〃                | 2,400 PS | 8      | 37.4×9×4    |
| ヒビキ       | パイプ輸送およびストック(台船) | 6,000 t  | —      | 100×28×6    |
| あがの       | 〃                | 6,000 t  | —      | 100×30×6    |
| 10,001バージ | 〃                | 6,000 t  | —      | 90×28×4.5   |
| 三号三盛丸     | 警戒船              | 1,200 PS | 6      | 24×6×2.5    |
| むさし丸      | 警戒船・作業船          | 120 PS   | 2      | 16.7×4×1.6  |
| 18 松庫     | 〃                | 180 PS   | 2      | 18×5×2      |
| 吉丸        | 潜水船              | 60 PS    | 3      | 14×3×1.6    |
| しのめ丸      | 通船               | 150 PS   | 3      | 18×4×2      |
| とおかい      | 高速通船             | 180 PS   | 2      | 8×2.3×1.2   |

表-4 ライン浚渫船団編成

| 名称         | 用途    | 容量            | 寸法(m)                        |
|------------|-------|---------------|------------------------------|
| 松庫 2002 号  | ライン浚渫 | 100 t<br>クレーン | 54×16×4                      |
| 松庫 101 号   | 〃     | 〃             | 51.8×13.4×3.5                |
| 鹿島丸        | 引船転錨  | 550 PS        | 21.8×5.8×2.5                 |
| 丸福丸        | 〃     | 〃             | 18.9×5.6×2.5                 |
| 16 松庫      | 潜水船   | 60 PS         | 11.2×3.3×1.46                |
| 11 松庫      | 〃     | 45 PS         | 10×2.9×1.3                   |
| No. 1 ユニット | 浚渫機   |               | 水中サンドモータポンプ6台<br>水中油圧掘削カッタ6台 |
| No. 2 ユニット | 〃     |               | 水中掘削モータポンプ6台                 |

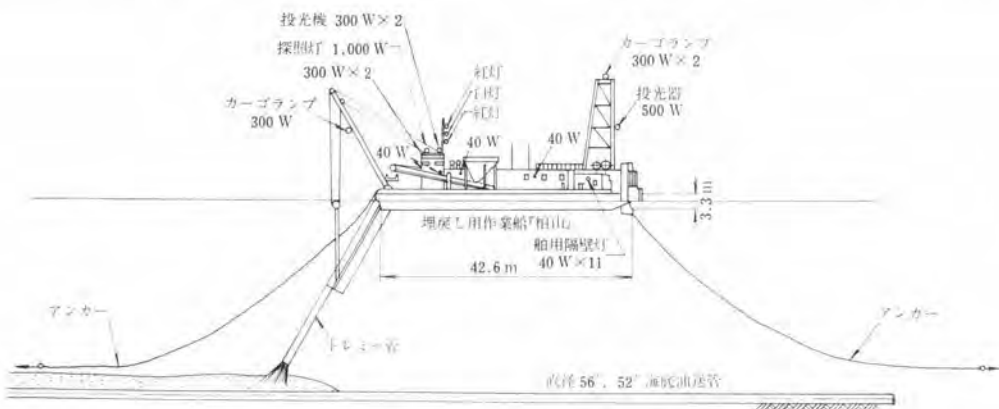
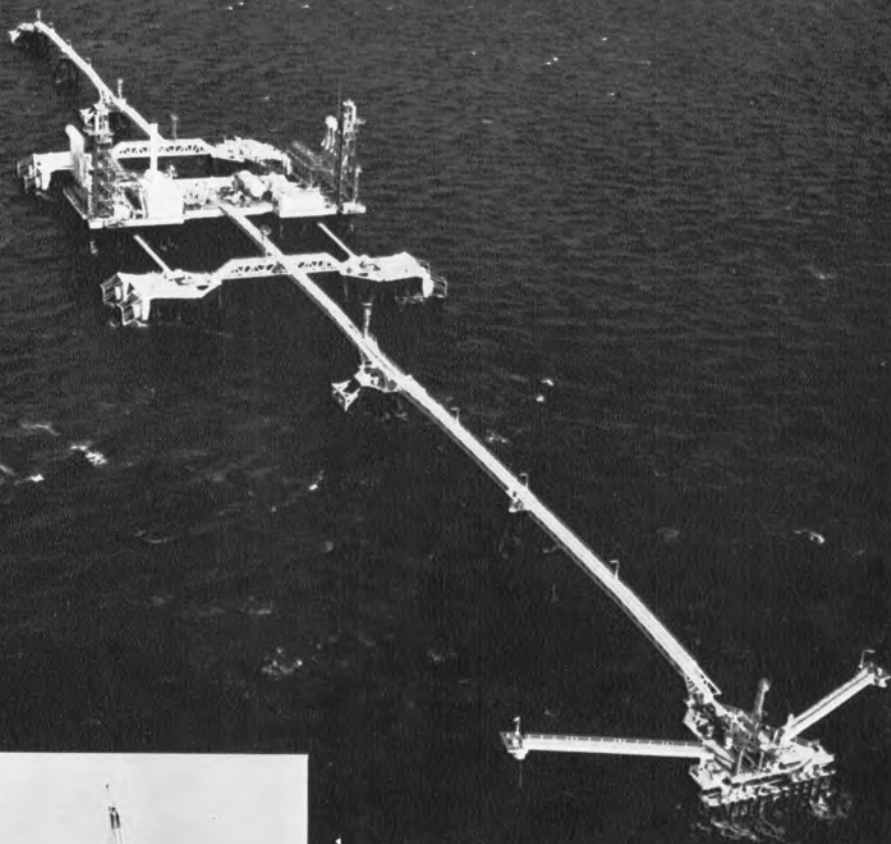


図-10 砂投入埋設状況

# 伊勢湾における シーバースおよびパイプラインの建設



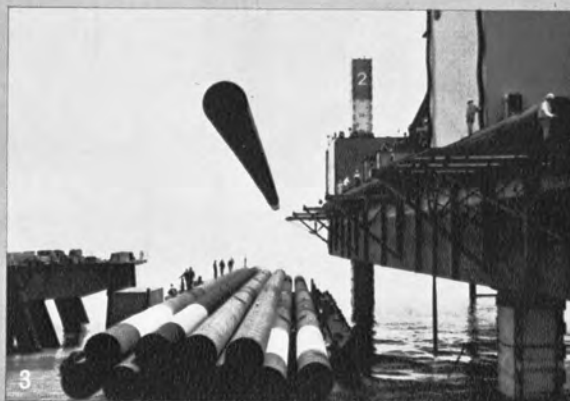
1



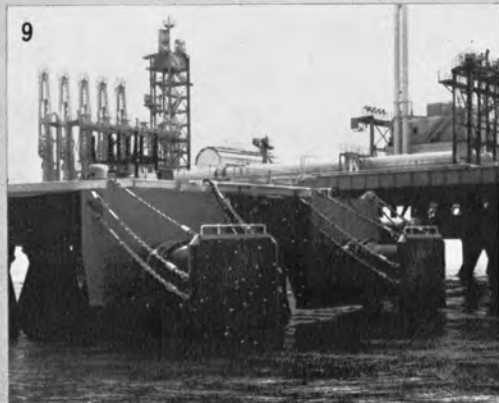
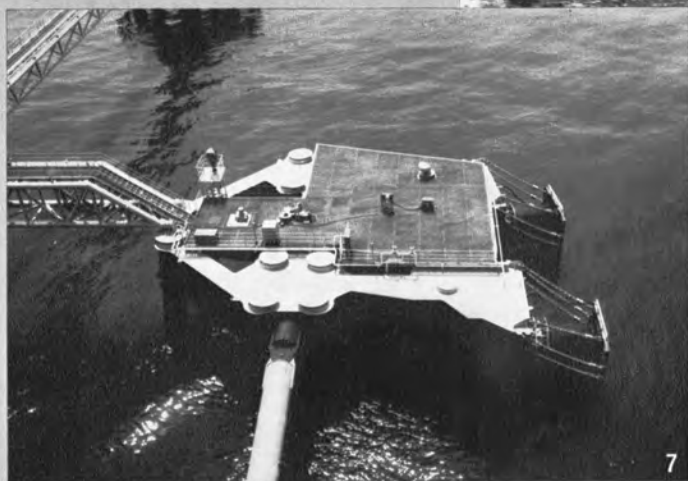
2

## シーバースの建設

1. シーバースの全景
2. 海上作業基地 SEP
3. 鋼管ぐいの水切り



3



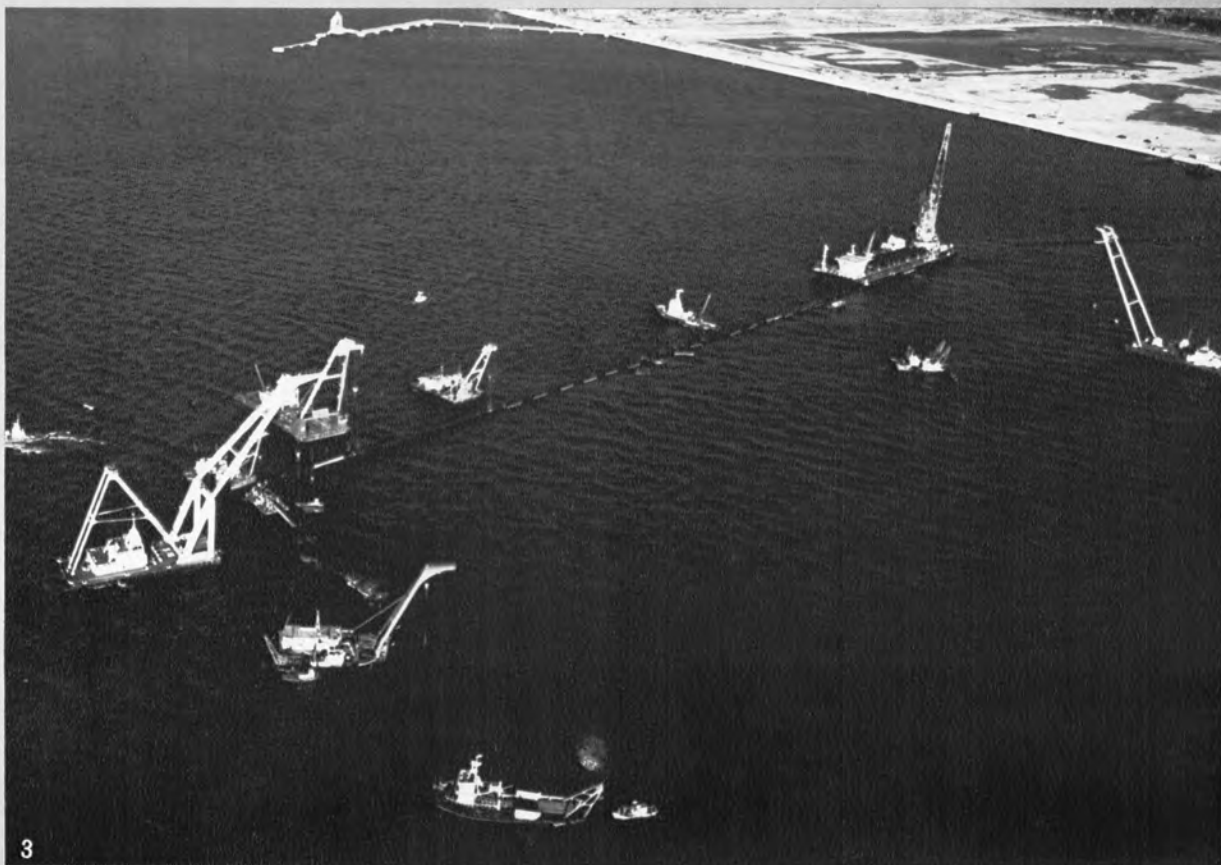
4. くいの打設
5. 上部デッキの据付
6. ポートランディングの取付
7. 南西側プレスティングドルフィン
8. 南外側ムアリングドルフィン
9. プレスティングドルフィン防舷材

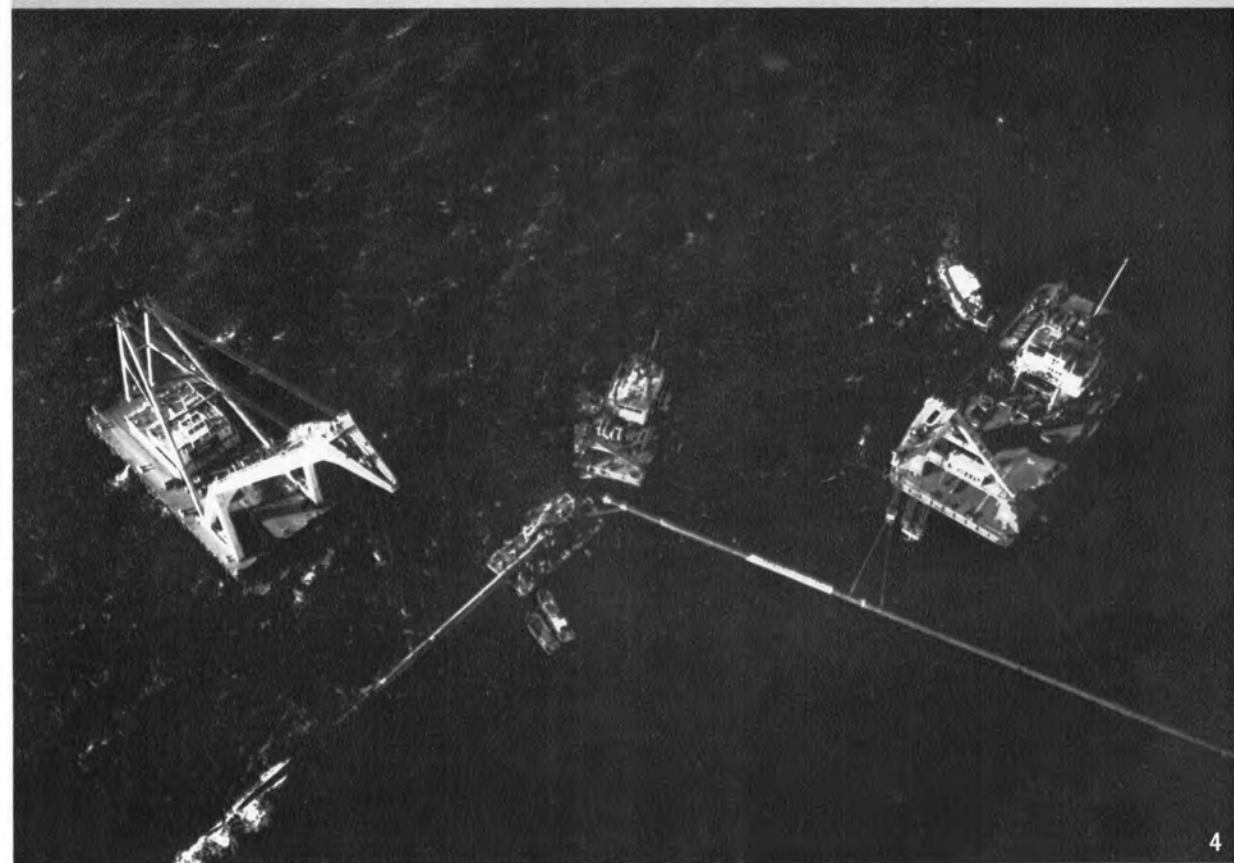




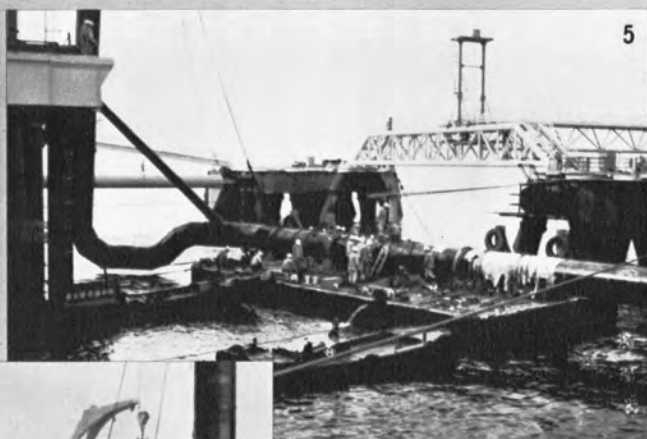
### パイプラインの建設

1. 敷設船“くろしお”上の72mパイプハンドリング
2. 浮遊えい航法による500mパイプの接合
3. 浮遊えい航法による敷設作業



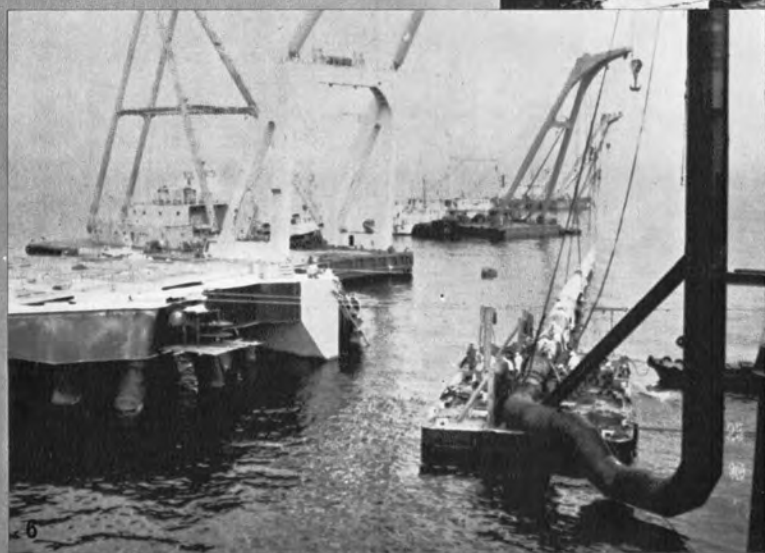


4



5

- 4. 水平ベンド部の洋上接合
- 5. シーバース側ライザー管の洋上接合(1)
- 6. シーバース側ライザー管の洋上接合(2)



6

臨海工事特集

## 長崎空港建設工事をふり返って

衰田 惟規\*

正木 誠之助\*\*

## 1. まえがき

航空輸送需要の急増に伴って大型化した航空機の離着陸を可能にし、あわせて効率の高いターミナル機能を發揮させる目的で拡張を求められ続けた大都市近郊の空港のうち、もともと海に面して立地していたものはこの課題を海の利用という形で解決することができた（羽田、広島、香港）。

新しく空港用地を選定する場合にその用地の大部分を海に求めてより海洋施設的な存在になった空港としては大分空港、ホノルルの増設着陸帯（建設中）などがある。ニューヨークのラガーディア空港は、その増設による湾内の潮流への影響に対する配慮と、工程の標準化による工期の短縮を目的として、その着陸帯の延長をプラットフォーム型で建設している。これらの空港は、その一部を海上に張出している点でいずれも広義的な意味での海上空港といえよう。

いま世界各地で構想されている海上空港計画の多くはそれが実現したときには将来の地域計画の中での位置づけがされている点と、近代交通ターミナルのあり方がより追求されてあるという二つの点で、また、オフショアにおける特殊条件の克服という技術的な面と結びついて計画されているという点からも、より本格的な海上空港といえるものになるに違いない。

長崎空港は全施設を海上立地した初めての空港である

\* フジタ工業（株）九州支店土木部長（元新大村空港建設共同企業体所長）

\*\* フジタ工業（株）土木統括部工事計画課長

が、大村湾そのものが狭水道で外海と隔てられているため波浪等の海象条件が比較的穏やかなことから、海洋開発という言葉に伴う技術面の困難さの程度は他の外洋構造物に一步譲るかもしれない。しかしながら、水深のある海域に大量の埋立を行うことによって陸上に作るのに比較して単位面積当りの造成費のはるかに高い空港用地をあえて造成したこと、当初から地域計画に調和させるかたちで、そのアクセスを配慮しているなど、将来における地域のあり方を十分に検討したうえで計画され、建設されている点で、この空港を眺める人の多くはそこに将来の空港のあるべき一つの方向を見い出すにちがいない。この先見性のある構想に基づいてつくられた設計を受けてなされた施工のいくつかについて紹介するのが本稿の目的である。

## 2. 長崎空港の概要とその施設

現在は海上自衛隊が使用している 1,200 m の滑走路をもつ大村空港の空港機能の強化のための整備案から誕生して 2 km 沖合に新たに作られた長崎空港は 2,500 m の滑走路をもち、最新の航空保安施設を完備したローカル空港ではあるが、B-747 SR 型級を計画の対象機種とした本格的なジェット空港である。

この空港は運輸大臣が設置管理する第 2 種空港であるが、その用地造成の大部分は長崎県の手で実施された。その施工区分の分担は次のとおりである。

|               |                  |
|---------------|------------------|
| 用地買収、補償、用地造成  | ……………長崎県         |
| 滑走路、エプロンの舗装工  | } ……運輸省第 4 港湾建設局 |
| 排水工、植生工       |                  |
| 庁舎、管制塔の建築工事   | } ……運輸省大阪航空局     |
| 航空保安施設工事      |                  |
| ターミナルビル（合同ビル） | ……………ターミナルビル社    |

これらの工事は当建設共同企業体に昭和 46 年 12 月に発注になったのをはじめとして次々に施工が開始され、50 年春にその大部分を完成し、昭和 50 年 5 月から供用が開始された。なお、50 年度にはその誘導路の一部の舗装工事が行われたが、これらの工事と併行して将来滑走路を 3,000 m に延長させるための用地造成工事もすでに完成している。現在は箕島と空港用地に囲まれた部

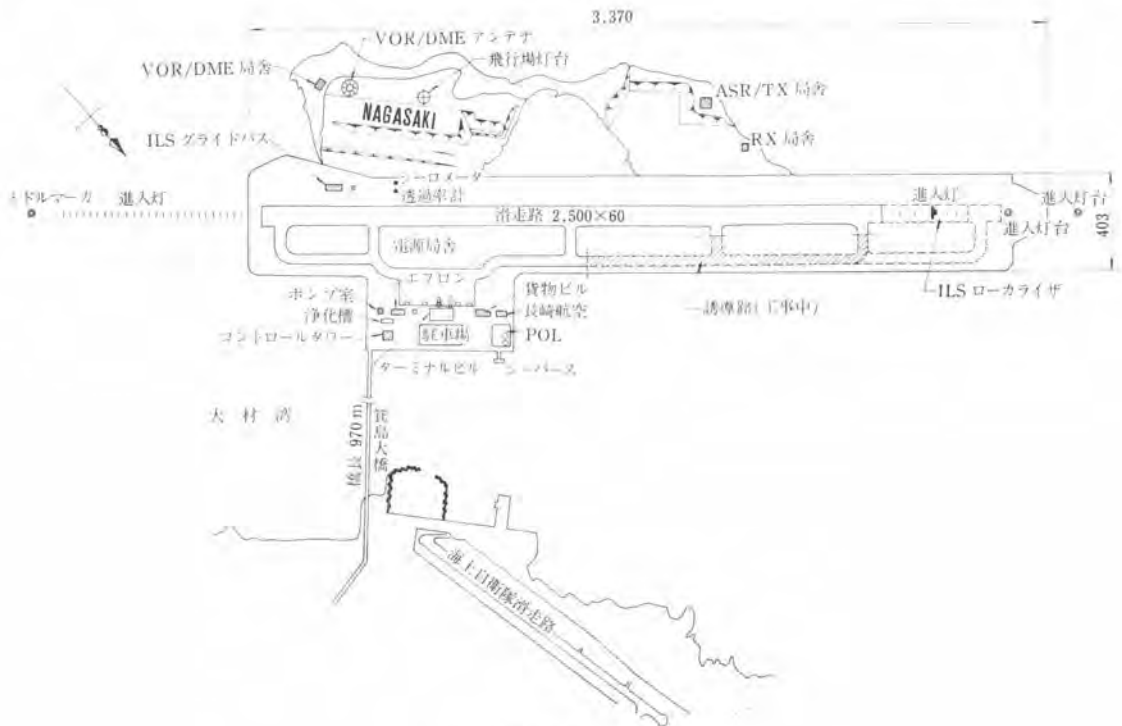


図-1 長崎空港平面図

表-1 長崎空港の施設

| 項目               | 概   | 要 |
|------------------|---|---|
| 1. 空港面積          | 1,344,800 m <sup>2</sup> (このほかに滑走路 500 m 延長先行用地造成分 211,200 m <sup>2</sup> )   |   |
| 2. 対象航空機         | DC-8 級  |   |
| 3. 滑走路           | 2,500 m × 60 m (アスファルト舗装), ショルダ幅 10 m (アスファルト舗装)  |   |
| 4. 誘導路           | 2,958 m × 23~26.5 m (アスファルト舗装), ショルダ幅 7.5 m (アスファルト舗装)  |   |
| 5. エプロン          | B-727 級 3 パース, B-747 級 2 パース, 面積 35,753 m <sup>2</sup> (アスファルト舗装)   |   |
| 6. 道路および駐車場      | 道路幅員 7.5~16.5 m (2~4 車線), (アスファルト舗装), 供用開始時駐車可能台数 340 台   |   |
| 7. 電源施設および照明施設   | 滑走路灯 (中心線灯含む), 滑走路距離灯, 滑走路末端識別灯, 接地帯灯, 進入角指示灯 (32-14 側), 進入灯 (32-14 側), 進入灯台 (14 側), 誘導路灯, 誘導案内灯, 誘導路中心線灯, エプロン照明灯, 飛行場灯台, 風向灯, 障害灯等<br>商用電源 (1 系統引込), 照明変電所 342 kW (契約電力)<br>予備電源: 予備発電機 375 kVA 2 基 (8 秒), 電源局舎 |   |
| 8. 通信無線施設        | ILS, ASR, SSR, VOR/DME, テレタイプ回線, 対空送信所, 対空受信所   |   |
| 9. 上下水道          | 上水道供給能力 110 t/hr, 下水は浄化槽による処理   |   |
| 10. 消火施設         | 0-11 型化学消防車 1 台, 消化栓 8 基  |   |
| 11. 気象観測施設       | 露場 (風向, 風速, 雨量, 露点, 温度の各観測施設) 1 個所, 雲高計 (シーロメータ) 1 基, 透過率計 (トランスミソメータ) 1 基  |   |
| 12. ターミナルビル (官民) | 全面積 8,579 m <sup>2</sup> (3 階建, うち官庁部分 823 m <sup>2</sup> ), 本体 90 m × 39 m, フォイラ 26.5 m × 4.5 m (B-747 用), 19.5 m × 3.0 m (B-727 用)  |   |
| 13. 貨物ビル (民)     | 全面積 803 m <sup>2</sup> (1 階建) 60 m × 15 m   |   |
| 14. 給油施設 (民)     | レフューラ方式, 650 kL タンク 2 基, 50 kL タンク 1 基  |   |
| 15. 動力供給施設       | 作業車式 (電力: 機内用および作業用, 圧搾空気: ジェットエンジンスタター用, 空調: 冷暖房)  |   |
| 16. 排水施設         | 各タイプ延長 6,040 m  |   |
| 17. 護岸           | 傾斜堤護岸 (パラペット延長 6,126 m)   |   |
| 18. コントロールタワー    | 高さ 42 m   |   |
| 19. 築島大橋         | 橋長 970 m (=3 @ 60 m + 22 @ 35.79 m), 鋼管くい並列直柱バイレバント基礎   |   |

分の埋立工事が引き続き長崎県の  
手で施工されている。完成され  
た空港の平面とその施設は 図  
一1と表一1に示すとおりであ  
る。

### 3. その施工について

#### (1) 施工の概要

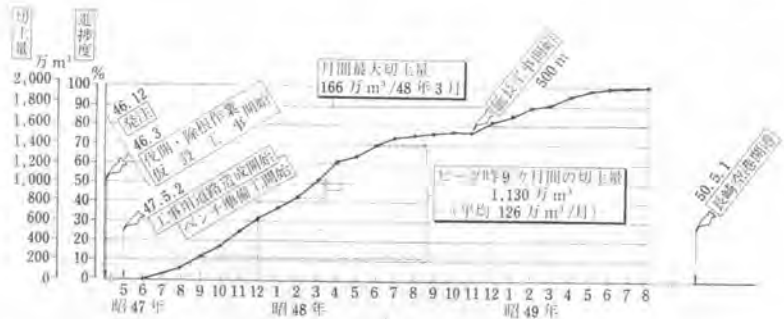
発注者により示された本プロ  
ジェクトのプランからおのずと  
決定された施工方針は、空港用  
地を埋立てるために使用する材  
料はすべて美島から発破によっ  
て得られた岩塊であり、これを  
もって全用地を造成すること  
であった。このことは、この工事  
施工にあたり、われわれ施工業  
者に対して次のことについて考  
えることを要求していること  
になる。

① 多少選択の余地はあろう  
が、ある区域の埋立に適してい  
るからといって山の下部の材料  
を上部の材料より先に用いるこ  
とはできない。あるものをでき  
るだけあるように使うしかない。

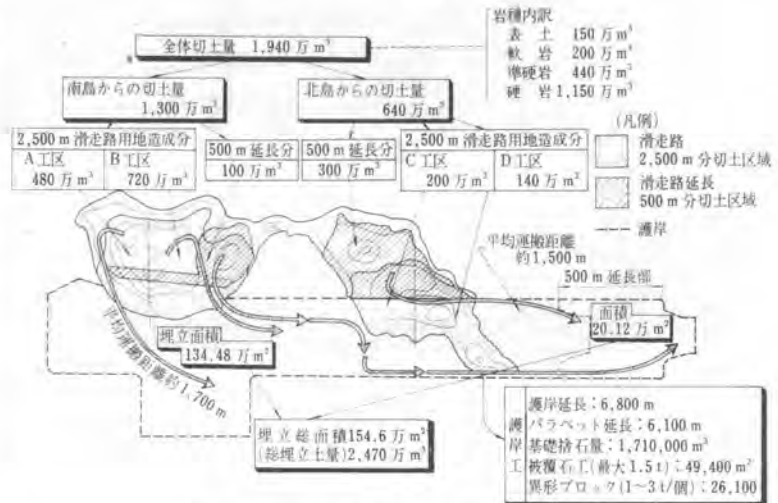
② これまで進歩開発されてきた基礎についての理  
論、工法は細粒の土を主に対象とした土質工学の分野の  
ものであり、ロックフィルダムのそれも選択された盛立  
材料、まき出し厚さが比較的薄いことを考えると、ここ

表一2 切土施工数量と工程上の要求  
および実績との対比

| (計画時点)  | (実績)  |   |
|---|---|---|
|   | 2,500m滑走路分  | 500m追加分                                   |
| 切土数量<br>約14,400,000 m <sup>3</sup>                                      | 約15,400,000 m <sup>3</sup>  | 約4,000,000 m <sup>3</sup>                 |
|   | ①+② 19,400,000 m <sup>3</sup>                                       |   |
| 46年6月 着工予定<br>(10ヵ月) ヒー   | 46年12月 施工<br>47・5月 着工開始<br>(47・9-48・5) ヒー                           | 48年12月 着工開始<br>(48・8-49・8) ヒー             |
| 48・12 工事完了予定<br>49・10 開港予定  | 50年5月 開港  |   |
| ヒー2時10分9ヵ月間の切土量予定<br>10,000,000 m <sup>3</sup>                          | ヒー2時9ヵ月間の切土量<br>11,300,000 m <sup>3</sup>                           | 平均切土量<br>600,000 m <sup>3</sup> /日        |
| 単位作業量(予定)<br>1,000,000 m <sup>3</sup> /月<br>(約50,000 m <sup>3</sup> /日) | 単位作業量<br>1,260,000 m <sup>3</sup> /月<br>(約52,000 m <sup>3</sup> /日) |   |
|   | 月間最大切土量<br>1,660,000 m <sup>3</sup> /48年3月                          | 月間最大切土量<br>940,000 m <sup>3</sup> /49年12月 |



図一2 切土実績工程



図一3 主要施工数量(土工事, 護岸工事関係)

で計画されている埋立法にそのままでは適用できな  
い。理論的に解明されていない点が多いだけに、ここ  
ではトライ・アンド・エラー的な対処をせざるを得ない点  
も多く見られるのではないかとすることも予想された。  
例えば、埋立材の圧縮量の推定、海底面の極軟弱層との  
接触面の状態、沈下板の型および沈下測定の方法、埋  
立材の岩塊の間げき部分の状態、粒度分布の異なる埋立  
材による埋立地性状の違いについても、こうやったらと  
いうお手本が見当たらない。

一方、航空需要の急増はこの埋立を短期間に完成させ  
ることを要求した。そのため単位期間当りの土工量はそ  
のほとんどを発破に依存する硬岩に対するものとしては  
前例のないものであった。そこで、工法の選定にあたっ  
ては常に現場の状態の変化に即応できる柔軟性のあるも  
のであるとともに、予定した土量を長期にわたって連続  
的に切土できる計画実行性の高い、しかも質的に強い工  
法であることを基本にすることにした。

工事の主体となる切土工について施工数量と工程上の  
要求およびその実績を示すと 表一2 のようになる。

短期的には、発破一積込み一運搬一埋立作業の予定単  
位作業量をこなすことは現在の作業機械の性能からみて



写真—1 ベンチカット作業状況

表—3 現場条件

|                               | 説   | 明 | 参   | 考 |
|-------------------------------|---|---|---|---|
| 地 形                           | 箕島は面積 86 万 m <sup>2</sup> 、周囲約 7 km の環状型の島で、その最高点は南島で 97 m、北島で 42 m、島の周囲は急斜面をなしているが、その中央部は比較的なだらかで耕地となっている所が多い。しかし、その表面には大きな転石が数多く見られる。   |   |   |   |
| 島の地質                          | 全島玄武岩で構成されているが、その表面には 2~3 m 厚さで風化粘土状の表土が存在する。その下数mは風化漸移帯があることが事前のボーリング調査で確認されていた。玄武岩の下部は火山砕屑岩が、その下には三紀層の砂岩が基盤として存在していると推定された。   |   | 切土予定量のうち<br>① 弾性波速度 0.7 km/sec 以上の岩が 90% 以上<br>② 弾性波速度 1.3 km/sec 以上の岩が 80% 以上<br>③ 弾性波速度 2.5 km/sec 以上のいわゆる硬岩と見られる岩だけでも約 60% も存在した。  |   |
| 埋立海域の海底の状況<br>(水深、地形、海底地盤その他) | ① 島の汀線より水深 10 m までは急傾斜であり、それより以深はほぼ平坦で、滑走路北端付近が一部水深 20 m のほかはおおむね 15 m 前後の水深である。<br>② 箕島周囲に海蝕崖を形成して露出している火山砕屑岩は海底部へ伸び、海底では基盤を形成している。その上位は洪積層、沖積層に被われている。特にその表層には極軟弱な有機質粘土層が厚さ 1~4 m 堆積している。<br>③ 旧海軍航空隊のすぐ沖合であり、機雷、爆弾の存在の可能性があるため磁気探査の必要があった。 |   | ① 全般的には埋立地盤としては必ずしも悪くはなかった。<br>② 滑走路中央部の洪積層 (N 値 5~30, $q_u=0.4\sim0.7$ kg/cm <sup>2</sup> ) の上部を構成している粘土質の層が圧密を受けるものと考えられた。<br>③ 沖積層は黒灰色の有機質を多く含む粘性土であって、N 値は 0~3, $q_u$ は 0.1~0.4 kg/cm <sup>2</sup> 程度で、その上部の特に軟弱でヘドロ状を呈している約 1 m 厚の表層とともに、埋立に使用される岩塊で強制置換されるものと考えられた。 |   |
| 気 象                           | 土工に影響すると思われる 10 mm 以上の降雨日数は 5.5 日/月 (昭和 31 年~45 年平均)、年間降雨量は 2,140 mm (昭和 31 年~45 年平均)、雷日数は 1.2 日/月 (昭和 31 年~45 年平均)。  |   | ① 諫早水害の際、大村湾より多良岳にかけて集中豪雨が発生した記録がある。このため高盛土上の工事用道路の造成には特に注意を払う必要があった。<br>② 雷日数は火薬使用日数に影響する。   |   |
| 潮 位                           | 潮差 90 cm  |   |   |   |
| 潮 流                           | 湾内で反時計回り。かなり弱い。   |   |   |   |
| 波 浪                           | 非常に穏やかである。推算により採用した設計波高 2.0 m   |   | 昭和 47 年~50 年の記録では波高 50 cm 以下が 96.3%、1.25 m 以下が 99.6% である。   |   |
| 住民の状況                         | 13 世帯 66 人が農業を営み、小学校分校もあった。補償対象者の地主は島内外で約 80 名。   |   | 着工までに全日本本土に移住した。  |   |
| 電 気・水                         | 住民用の小規模のものであり、工事用にはいっさい島外からの手段を考える必要があった。   |   |   |   |

むずかしいことではないが、それを長期間継続させるためには整備、補給の支援体制のあり方が量的に明確に証明されなければならないこと、施工量のバラツキをカバーする最適予備機数を決定する理論を補うこと、および狭い島内で作業用機械が相互に稼働能率を干渉してダウンさせないための限界台数を決めねばならない等々の問題が数多くあった。

しかし、これらの課題を共同のテーマとして関係者一同が協力して解決していったため作業は順調に進み、最盛期には月間 166 万 m<sup>3</sup> もの発破作業を行うことができたし、9 カ月間の平均が 126 万 m<sup>3</sup>、1 日当りの平均土工量も 5 万 m<sup>3</sup> 以上等、それぞれ計画時点の 25% 増しの実績を残すことができた。以下、ここで採用された工法を中心に若干説明していく。なお、切土実績工程、主要施工数量については 図-2、図-3 を、現場条件については 表-3 を参照されたい。

(2) 切 土

(a) ベンチカットによるか、坑道発破にするか

坑道発破による大発破については事例が十分にあり、一度に大量に切土するに適した工法であるが、本プロジェクトで必要とする切土量では 1 回の発破を 100 万 m<sup>3</sup> としても毎月 1 回は大発破をかけなければならない。それに要する坑道延長は 1 カ月分で約 5 km とすると、掘削能力から判断して何回分もの坑道掘削がオーバーラップすることになるが、そのため発破時の安全性に問題があることと、現場の状況にあわせて計画を修正するなどの柔軟性に欠けること、小割量の膨大になることとその作業のための足場が悪くなることなどを代表的なマイナス要因とみた。

一方、ベンチカットについては、なによりも作業の標準化が容易なことにより多くの切羽から継続的に切土できること、地質等現場条件の変化に合せて計画の修正も

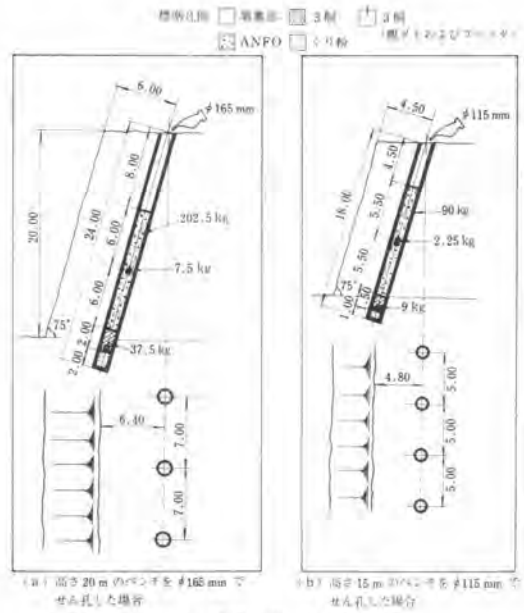


図-5 発破パターン(標準)

容易であること等の点でベンチカット工法を採用することにした。

(b) 所要ベンチ長の確保

ある必要量の発破を連日行うためにはそのためのベンチ長さの 3~4 倍の長さのベンチ切羽が作業可能な状態で確保されている必要がある。一方、ベンチの高さは地質の状態、せん孔機的能力と効率からみて 15 m 前後の高さが適当であると思われた。しかしながら、シミュレーションの結果、すべてのベンチを 15 m 高さに定めるとピーク時に必要ベンチ長がやや不足してくると試算されたので、主として 15 m 高さで進めるが、地質が均質で量的にまとまっており、段取替えの少ない場所については 20 m 高さの切羽も設けることにした。

(c) ベンチカット工法の実績

ある工区において用いられたベンチ高さとそれぞれの土工量は 図-4 に示すとおりである。全山岩のような山であっても、山頂から 30 m ぐらい低い所までは本格的なベンチカット工法の適用はむずかしいとみるべきであろう。この工区においても、全体数量 455 万 m<sup>3</sup> の約 1/4 弱の 123 万 m<sup>3</sup> がこの作業効率のあげにくい作業であった。

ベンチが高いための安全上の点と、作業が断続的になることを避けるためから原則としてスネークホールは使用されなかった。その



図-4 ベンチカット作業

| 切土実績数量(A工区)                  |  |
|------------------------------|--|
| 頭の前<br>カット<br>(EL. 62<br>以上) | 123 万 m <sup>3</sup><br>(ブルドーザ、リッピンガ、すかし発破、軽石発破、小規模ベンチによる) |
| 20 m 高の<br>ベンチ               | 147.5 万 m <sup>3</sup>                                     |
| 13~14 m<br>高のベンチ             | 184 万 m <sup>3</sup>                                       |

○計画では 20 m × 2 段であったが 3 段に切替えた。  
○同時進行とは限らない。

ため根切りが悪くならないようもっとも留意することにした(図-5 参照)。

ベンチカット作業時に発生した代表的な問題点を図-6 に示す。これ以外に装葉パターン、孔径、切羽の攻める方向に影響を与える条件は地質条件であり、その走向、傾斜、クラッキーの状態、断層の程度により発破の

形は大きく変化することもある。

ハイベンチには  $\phi 115\sim 165\text{ mm}$  クラスの大型せん孔機が使用されているが、これを補助するために、その2倍の台数の中型クローラが小割用に必要であった。ベンチ準備期にはこのウェイトはさらに高かった(表-4 参照)。なお、切土工事における作業チームの編成は図-7

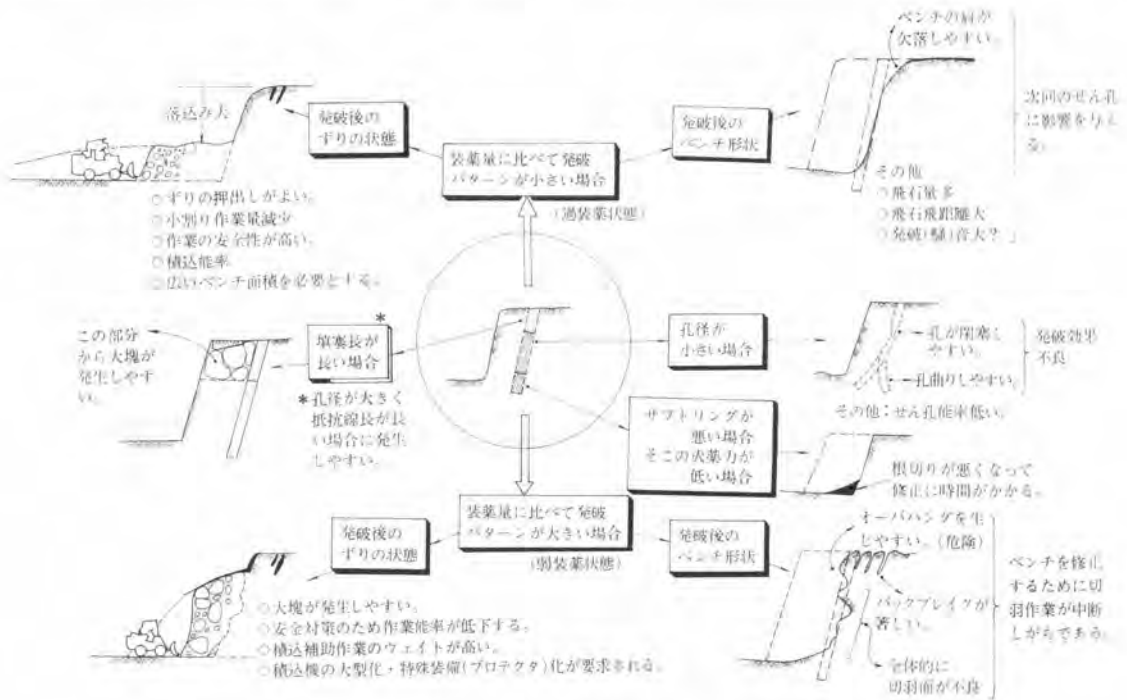


図-6 高いベンチカット作業時の発破上の問題点

表-4 主要作業機械の在籍状況

| 昭和年月                     |                          | 47年9月                  | 47年12月    | 48年4月     | 48年8月   | 48年12月  | 49年4月   |    |
|--------------------------|--------------------------|------------------------|-----------|-----------|---------|---------|---------|----|
| 月間切土数量 (m <sup>3</sup> ) |                          | 928,000                | 1,200,920 | 1,238,940 | 338,480 | 939,040 | 733,570 |    |
| 作業機械在籍数 (台)              | 積込機                      | ホイールタイプのトラクタショベル       |           |           |         |         |         |    |
|                          |                          | 7.6 m <sup>3</sup> 以上  | 6         | 8         | 10      | 5       | 3       | 8  |
|                          |                          | 4.6 m <sup>3</sup> クラス | 4         | 5         | 4       | 2       |         |    |
|                          |                          | 3.0 m <sup>3</sup> 以下  | 2         | 3         | 2       |         |         |    |
|                          |                          | 履帯式トラクタショベル            | 12        | 11        | 8       | 6       | 2       | 1  |
|                          |                          | その他の土工機械               | 9         | 9         | 13      | 12      | 12      | 13 |
|                          | ダンプトラック                  | 45 t 積                 | 2         | 4         | 5       |         |         | 5  |
|                          |                          | 32 t 積                 | 23        | 31        | 34      | 22      | 12      | 31 |
|                          |                          | 20 t 積                 | 24        | 29        | 34      | 23      |         |    |
|                          |                          | 11~10 t 積              | 21        | 26        | 21      | 11      | 7       | 4  |
| ブルドーザ                    | D-9 クラス                  | 9                      | 11        | 12        | 6       | 3       | 8       |    |
|                          | D-8 クラス                  | 8                      | 11        | 9         | 5       | 3       | 4       |    |
|                          | その他                      | 9                      | 8         | 7         | 5       | 2       | 2       |    |
| せん孔機+コンプレッサ              | $\phi 165\text{ mm}$ クラス |                        | 2         | 2         | 1       |         | 3       |    |
|                          | $\phi 115\text{ mm}$ クラス | 4                      | 8         | 8         | 3       | 4       | 5       |    |
|                          | $\phi 70\text{ mm}$ クラス  | 21                     | 21        | 18        | 12      | 5       | 9       |    |
| 計                        |                          | 154                    | 187       | 187       | 113     | 53      | 93      |    |
| その他護岸工事用作業船舶 (隻)         |                          |                        |           |           |         | 15      | 10      |    |



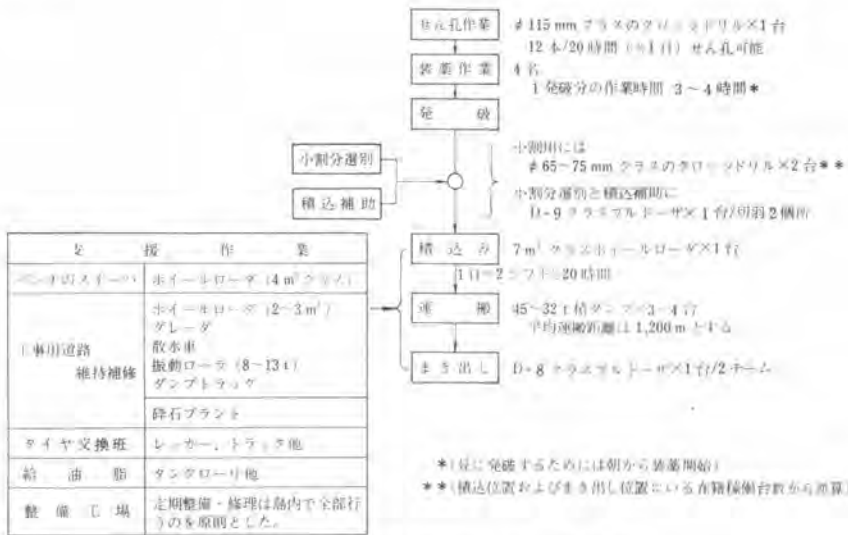


図-7 切土工事における作業チームの編成(標準)

に示すとおりである。

(3) 埋 立

埋立予定海域の海底地盤が比較的良好であり、へドロ状の表層およびその下位の沖積層が共に薄い層で、しかもその大部分が極めて軟弱の層であるところから、この埋立に使用する予定の岩塊を海面上より投下した場合、この層の下位の洪積層の表面までこの岩塊がくい込む可能性が高いこと、その後連続して投下される岩塊はその上に石積み状態になるであろうことが想定できた。そこで、圧密の対象としては洪積層の上半部を構成する粘土質の層だけを考えればよいものとして、それより上位は沈下計算の対象としては無視することにした。

埋立工法としては、工期、対象面積、材料入手の容易さ、埋立後の用地の利用のされ方をこの地盤状態と併せ考えることによって、軟弱地盤対策にはブレードイング工法を、埋立部のすべり、破壊防止にはモービルジェティを使用した押え盛土工法を採用することになった。

(a) ブレードイング工法

ブレードの対象となる地盤は空港用地の中心で、ほぼ滑走路の中央部付近に限られるとみられたが、その計算上の最終沈下量は最大で 1.3m であった。施工管理のために沈下板を埋立予定海域にセットし、埋立後の沈下状態の観測によって圧密量を求めることにした。その結果、滑走路中央部にはさらに余盛りが必要になり、当初の 2.5m 載荷に新たに 3.0 m

の再載荷をしたので、滑走路着工のために除荷する時期までには残留沈下量は許容値内に収まったものと判断された。これに使用した載荷土量は約 82 万 m<sup>3</sup>、載荷高さは最高で 5.5m、載荷期間は 12~15 カ月であった。

なお、水深 15 m の海底にセットされた沈下板は 4 m × 4 m の台わくに径 30 cm の鋼管を建てたものが製作されたが、結果的には据付時に根固めしたにもかかわらず大量の岩塊の高盛土の形で行われた今回の埋立時点でセットの位置が安定せず、当初横移動を認められたものもあり、埋立初期の測定値が実際の沈下量を表わしていることには疑問が生じたため、埋立が終了して沈下板の位置が安定してから沈下データからその前後を推定せざるを得なかったが、今後このような岩塊埋立の際の沈下測定法についてさらに開発工夫が必要であろう。

(b) 押え盛土工法

傾斜堤タイプの護岸が設計されてあるが、図-8 に見られるように安定上天端幅が 4~20 m にもなる捨石に



図-8 標準的な護岸タイプ

よるマウンドが施工されねばならなかった。この 180 万  $m^3$  にのぼる捨石を施工するにあたって次の点を考慮した結果、船舶によらず陸地側から捨石することにした。

① 土取り地区と埋立地区がつながっているため、工夫次第では船舶への積換作業がはぶけること。

② 海域が狭く、所要作業量をこなすに必要な石運船が効率よく運用できるかどうか問題がある。

③ 船舶への積込作業による場合は陸上作業機械の運用が固定化して全体としての切土能率が低下する恐れがある。

しかしながら、直接埋立部からの捨石投入では良質なマウンド部が築けないと考えたため図-9にみられるような捨石作業用の目的で作ったモービルジェティを2隻使用することにした。結果的には、捨石位置および捨石量を正確に指示することができるため仕上り精度のよい良好なマウンドを築くことができた。そのため当初予定していたならし作業のための潜水夫組数を節約できた。その装備するクローリングウインチとアンカーの操作により小移動が容易なことで、満

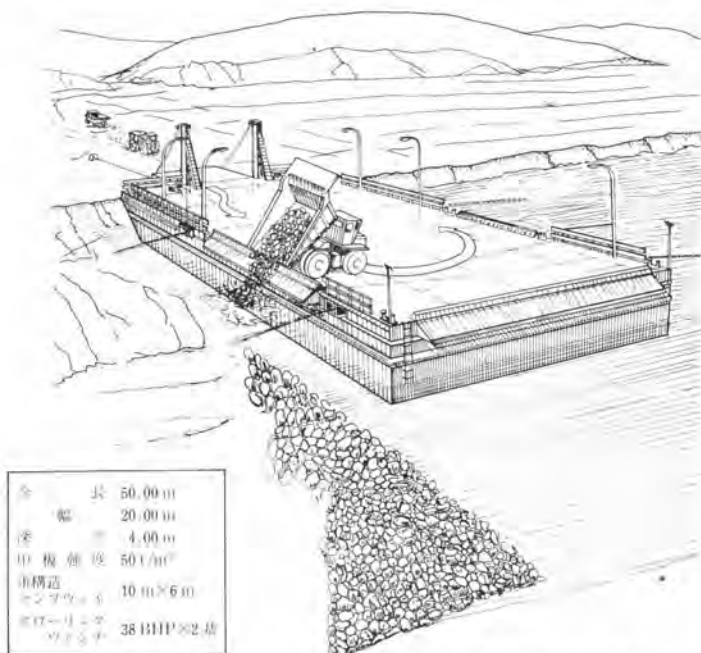


図-9 モービルジェティによるマウンド捨石施工(埋立部のり尻の状態によっては2隻を縦につなぐことも可能)

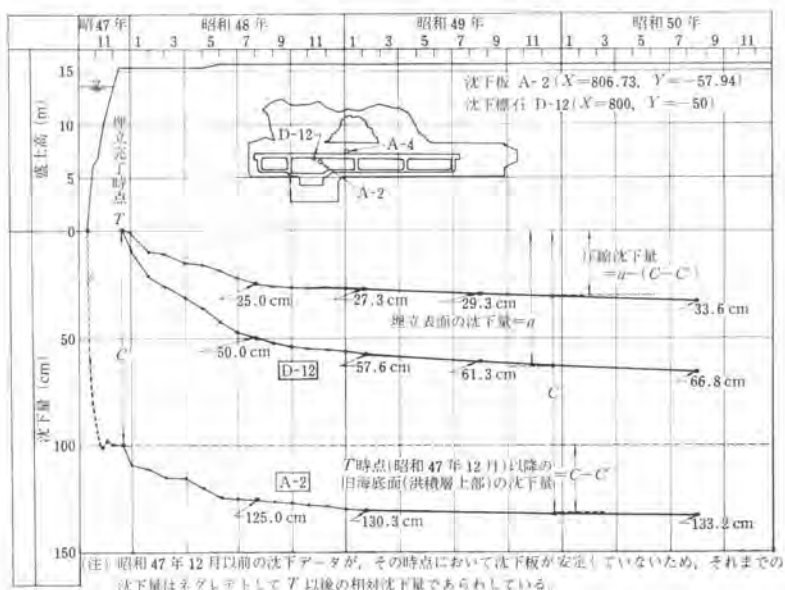


図-10 圧縮沈下曲線

載の 50 t 積ダンプを埋立地のどこからでも甲板上に載せることのできる重構造のランプウェイによって捨石全数量 180 万  $m^3$  を予定どおり消化することができた。

#### (4) 埋立部の圧縮

埋立部の粗粒材に圧縮状態が生じて埋立表面の沈下が生ずることが予想されたが、観測結果からみると予想したほど大きい値は示さなかった。これは発破により得られた埋立柱の粒度分布が比較的良好であったこと、細粒分の混入は粗粒材のかみ合いを悪くすると考えたため、できる限り埋立の下部には使用を避けたことにもよるであろうが、使用された玄武岩が形状的には角ばっており、強さにおいても十分な圧縮強度をもっていて、水中でのかみ合い状態がよいかたちになっているのではないとも考えられる。

図-10に埋立完了時点以降の圧縮沈下の変化を示したが、昭和49年8月～50年8月の間についてみれば、まだ圧縮は進行中であるともいえるが、正確な判断をするためには沈下板に埋立柱による拘束がなく、旧海底部の沈下をそのまま表わしているかどうかを今後検討する必要がある。

#### 4. 環境問題

大村湾は半閉鎖的な内湾であるため潮



写真-2 上空より見た長崎空港

流も弱く、外海との水の交換も盛んであるとはいえない。外海から入ってくる魚の水揚げ高が首位を占めた時期もあったが、現在は赤貝に代表される貝類、ナマコ、モヅク等の海藻類、イカ、イイダコなどが湾内の代表的な水産資源であり、底棲ものが多いことが目立っている。また、大村湾は赤潮の発生で知られており、記録に残っているだけでも1962年以前に6回あり、特に1965年の大規模発生時には、アカガイを中心にナマコ、エビが死に、約7億5,000万の被害があったといわれている。

いずれにしろ、湾内の汚濁はその回復がなかなか困難と思われるので、島内における生活排水を直接放流することを避けるのはもちろんのことであるが、工事においても、できるかぎり埋立地周辺の海底を乱さないことを基本にした。土取場から発生する細粒分、特に表土はその流出と海底への沈降堆積が底棲ものに影響することを避けるため水面より上にしか使用しないこととして仮置きを行なった。また、南島と北島に囲まれた湾内に存在するヘドロが埋立進行とともに周囲に押出されることがないように埋立地内で押え込むことにしたが、滑走路、誘導路等の重要空港施設の下部にそれが堆積することは絶対に避けねばならないので、これらの下部と護岸の捨石マウンドは先行してまき出しを行い、緑地帯部分に囲い

込み、必要に応じてすくい上げた。

工事終了後の空港周囲の海底の観察によると、この目的を達し得たと思われる。着工前に長崎県によって航空機騒音による魚への影響が調査されたが、工事中もその発破音と振動にかかわらず、ボラ、アジが島のすぐ周辺に棲みついでおり、少なくとも大村湾におけるこの程度の埋立と音ではこれらの魚を直接に追い払うことはないようである。

## 5. おわりに

材料の入手の容易さもあって、採用された捨石傾斜堤護岸の捨石の表面に最近藻が付き、幾種類もの魚が住みついているそうである。延べ6,100mの護岸が平均水深15mの所まで延長1m当り32m<sup>2</sup>の捨石のり面をもつものとする、この空港周囲のみでも約20万m<sup>2</sup>にもなることからみて、もし、積極的に多方面のエキスパートが参画することが可能な体制作りができるのであれば、将来のこの種の海上空港建設にあたって計画的に大規模の人工魚礁を併せて造成でき、交通ターミナルとしての空港施設にさらに生産的な価値が付加されていく多目的型の海洋施設もできるのではないだろうか。

臨海工事特集

## サントピアマリーナの運河計画

篠崎 守\*

## 1. まえがき

洲本サントピアマリーナは洲本市政 30 周年（昭和 45 年）を記念した埋立事業で、県および市の構想に沿った海洋性レクリエーション施設である。埋立地の土地利用計画にあたって、新しい Water Front をめぐる環境の創造と閉水域になりがちなマリーナ港湾の浄化、およびヨットとボートの動線の分離をはかり、埋立地の付加価値を高めようとする構想が企画された。すなわち、運河における潮汐と水流の変化によって創り出される水際空間をめぐる Vista 埋立地に新しい環境を創造することである。

このような目的で埋立地に運河が造られた例はほとんど見られない。せっかく構築された運河も水が流れない



図-1 洲本市古茂江浜位置図

\* (株) 竹中工務店技術研究所主任研究員

と運河自体がドブ川と化す。はたして水は流れるであろうかということが実施いかなのキーポイントであった。

水理模型実験の結果、運河の水は流れることが推測された。この結果、幅 12 m、長さ 600 m の運河が埋立工事の中で構築され、昭和 49 年 8 月完成した。計画時、予測、検討された項目のうち、自然関係である海象に関して昭和 50 年 8 月現地で追跡調査を行なった結果、潮汐と潮流の作用によって運河の水が流れていることが明らかとなった。ちなみに、調査を行なった小潮時における 1 周潮時に沖合から約 6 万 m<sup>3</sup> の水がハーバー内に導かれている。さらに、計画当初予想もされなかったアジ、サバなどの回遊魚の稚魚が大群をなして運河を遡っており、新たに水際環境に趣きを添えている。

本稿においては、前半で埋立地土地利用事業における企画の変遷を、後半においてはその企画を支える技術の展開の一事例を報告する。

## 2. サントピアマリーナの概要

## (1) 計画の発端

兵庫県では昭和 45 年淡路島開発基本構想を発表し、洲本市を含む東海岸に関する構想は、大型船舶ふ頭および流通加工基地、総合的海浜レクリエーションエリアとして計画された。洲本市はこれにそって市政 30 周年事業として同市古茂江海岸（図-1 参照）を埋立て、市の住宅需要に対する宅地の供給および観光開発の施設を企画した。一方、県は同事業を青少年のためのプレジャーボート活動のためのマリーナ配置構想の一環として位置づけ、埋立の許可条件としてヨットハーバーの設置を義務づけた。

このような背景から埋立地にはヨットハーバーを核とした観光レクリエーションリゾートを軸として計画された。なお、事業の効率よい推進をはかるため市は民間デベロッパーの協力のもとに進められた。いろいろな経過を経て伊藤忠不動産を中心としたグループが推進にあたり筆者らは協力を行なった。

(2) マスタープランの変遷と運河の導入上の問題点  
原案においては 図-2 の上方のように後背地の雨水

を集めた排水河川が埋立地の中央部を貫流していたが、将来、開発の進捗とともに雑排水などが流されるようになると埋立地周辺海域の汚染が懸念される。そのため排水河川を県道にそって南下させる一方、**図-2**の下方

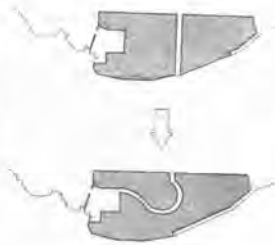


図-2 運河の導入

に示すように埋立地内に運河を配置する第2次マスタープランについて検討を行なった。運河の導入により次のようなメリットが考えられる。

- ① ハーバー内の清浄な水域の維持
- ② ヨットとモータボートの動線の分離
- ③ 水際に接する豊かな居住空間の魅力が土地の価値を大きく増加させる。

(3) 運河の導入上の問題点の検討

運河を導入することによる3項目のメリットが挙げられたが、効果を発揮するための背景が問題である。次に各メリットに伴う問題点の検討を行なってみる。

問題を整理すると、① 運河は流れるか、② 運河の規模をどのようにして定めるか、③ 計画地における1.8mの潮位差をいかに安全に計画、設計するかであろう。

検討結果を問題点と対応させて示すと、

① 運河の流れの可能性はこの企画のキーポイントである。類例をあげるとベニス(図-3参照)、ポールグリモー(南フランス)、フォスターシティ(図-4参照)、ミッションベイパーク(米・カリフォルニア)などあげ得るが、“流れ”に関する資料は見当たらないため水理模型実験で確かめた(詳細については後述する)。

② 運河導入による利用効果上の問題としては、近年埋立事業では広い土地を造成することに重点をおき、汀の生態的効果、Vistaなどの質的な面における価値は顧みられない傾向が強い。このような事情から、運河導入に際し、環境のグレードアップ、追加工事費、有効土地



図-3 ベニスの運河



図-4 フォスターシティの運河(毛利元敬: 欧米における「水際住宅」の開発より、「海外の建設」'75 No. 20)

購入価格、有効土地利用、洲本市有面積によって検討を加えた。この検討の結果によると、事業的にも運河工事費の増加分を付加価値増加分がカバーすることが可能であると判断される結果を得た。

③ 潮汐差の大きい水際線利用上の検討: 図-5に運河断面と潮位の関係を示す。1.8mの潮位差をできるだけ水辺に親しめるように運河散策道路の護岸にはスロープをつけることで解決をはかることとし、道路のレベルは最も傾度の高い2.5mを参考とした。また、ハーバー周りについても、船置場が4.0mと設計されていたものを既成最高潮3.3mまで下げ、人と水

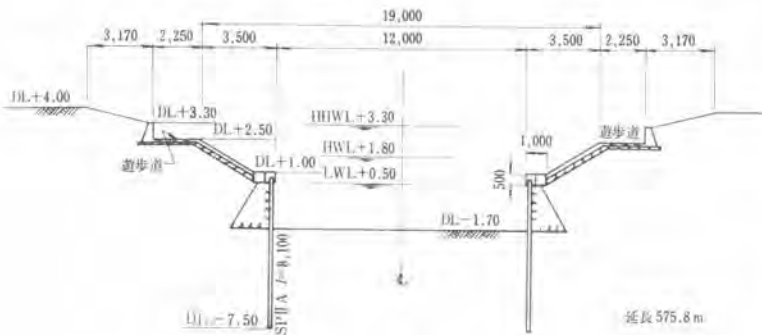


図-5 運河断面図



写真-1 マリーナの概要

との親近感について配慮した。

#### (4) マリーナ施設の概要

以上のようなマスタープランに対する種々の検討を経てまとまった。以下にマリーナ施設の概要、土地利用の用途別面積、埋立工事構造物の概要について説明する。

##### (a) マリーナ施設の概要

マリーナの概要を写真-1に示す。aはハーバーである。ここでは100隻の大型ヨットおよびモータボートの係留ができる浮桟橋が配置され、浮桟橋には給水・給電施設が整っている。bはヨットの陸置場で100隻、cはモータボート300隻の陸置きが可能である。dのポンド東側にも陸置き500隻の収容が可能である。揚重装置はbにレールを敷設したスロープを用いてヨット引揚げ用5t、30tのウィンチを設置し、また、cにはモータボート用として3t、6tの引揚げ、回転機構を備えたリフターが設置されている。eは修理工場、fはエンジン整備工場、gはハーバースタールーム、hはクラブハウスおよびプールである。

##### (b) 埋立土地利用の用途別面積

土地利用面積は表-1に示すとおりである。

##### (c) 埋立工事構造物の概要

埋立工事の構造物は表-2に示すとおりである。また、構造物のうち、一文字堤断面を図-6に示す。

表-1 埋立土地利用の用途別面積

|         |                       |        |                        |
|---------|-----------------------|--------|------------------------|
| ヨットハーバー | 35,000 m <sup>2</sup> | 公園、駐車場 | 10,000 m <sup>2</sup>  |
| 別荘マンション | 54,000 m <sup>2</sup> | ふ頭、物揚場 | 13,000 m <sup>2</sup>  |
| 分譲保費地   | 62,000 m <sup>2</sup> | 運河     | 6,000 m <sup>2</sup>   |
| マリンランド  | 22,000 m <sup>2</sup> | 埋立地総面積 | 231,000 m <sup>2</sup> |
| 道路、護岸敷  | 29,000 m <sup>2</sup> |        |                        |

表-2 埋立工事構造物の概要

|      |                             |                          |
|------|-----------------------------|--------------------------|
| 埋立工事 | 埋立面積 231,000 m <sup>2</sup> | 埋立地盤高 DL+4.0 m           |
| 外護岸  | 延長 998.5 m                  | 天端高 DL+5.3 m             |
| 内護岸  | 延長 493.0 m                  | 天端高 DL+2.5 m             |
| 一文字堤 | 延長 110 m および 60 m           | 天端高 DL+4.0 m             |
| 内防波堤 | 延長 50 m                     | 天端高 DL+4.0 m 地脚 DL+5.0 m |
| 運河   | 延長 575.8 m 幅員 12.0 m        | 臥梁天端高 DL+1.0 m           |
|      | 散淤道地盤高 DL+2.5 m             |                          |

### 3. 運河の流れの可能性についての検討

#### (1) 第1次検討

わが国においてマリーナなどの浄化を目的とした運河の事例はあまりない。しかし、自然条件が作り出したラグーンの水の交換に促進的役割を果たしている例が、例えば石垣島の川平湾の黒真珠養殖場において見られる。ラグーンと入江とサンゴ礁の周辺の速い潮流の関係がその原因としてあげられよう。

洲本サントピアマリーナの場合、埋立地の中に掘割りを作るわけであるから、自ら河の長さにも限度があり、600 m程度となった。運河の水が動くメカニズムが未解

明の段階で単純に干満の差、すなわち、位置のエネルギーのみを考慮すれば次のように考えられよう。

潮位 1.3~1.5 m、河幅 12 m とすれば、1周潮における運河の交換水量は約 9,400 m<sup>3</sup> である。一方、ポンドの水域面積は 26,000 m<sup>2</sup> で、水深を満潮時 5.3 m とすれば、ポンドにお

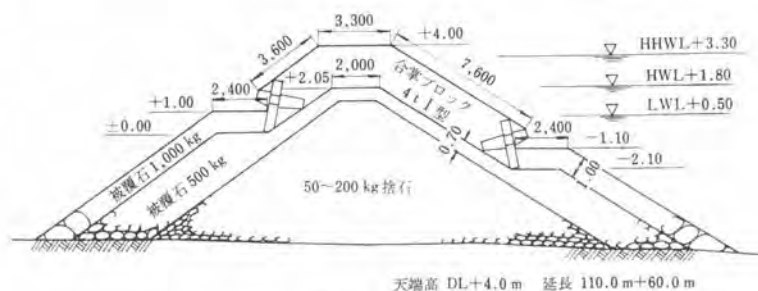


図-6 一文字堤断面図

る水量は 138,000 m<sup>3</sup> となり、仮に外海の水が 1 潮汐ごとに運河内に導水されるとすれば、約 15 回でポンド内の水を入替えることができることになる。

計画当初、運河案はポンプを使って機械的にも運河の水を動かさないかという強行な意見もあったが、計画の底流をなす自然現象、とりわけ海洋エネルギーの利用という思想に立脚して、海洋における自然現象である潮流、潮汐の応用を徹底的に検討した。まず、運河をとりまく周辺の水理現象を把握する必要があるが、文献、資料などが不十分であるという理由から結局水理模型による実験を行うこととした。

(2) 水理模型実験による検討

東京湾、大阪湾、瀬戸内海などの諸現象については水理模型による実験が数多く行われ、そのうちの幾つかは逐次水理学的に解明されている。しかし、このケースでは海岸線がわずか 1 km あまりの埋立地内に造る運河の流れの検討を目的とする実験である。目標をしぼって沖合の潮流と潮汐に起因すると思われる運河の流れについて短期間に結論を導くべく実験計画を立てた。

(a) 事前調査

水理模型実験を行うにあたってあらかじめ現地調査を行なった。調査項目は、潮流、潮汐、水質、底質についてである。特に潮流に関しては、埋立予定の水域周辺の情報を把握することは運河の検討のみばかりでなく、広く海洋環境に関して埋立前後を評価する場合の不可欠な

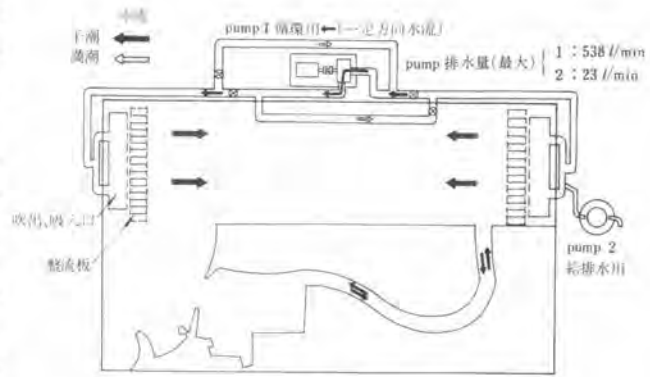


図-7 模型実験の概要

項目の一つである。潮流調査では漂流杆を流して陸上より三角測量法によって杆を追跡し、図上で時間と位置の関係から求めた結果、1.5~2 kt であった。さらに水路誌などを参考として最大 2.2 kt、通常 1.5 kt を考慮すればよいことがわかった。

(b) 水理模型実験

深浅測量と埋立および港湾施設計画図より水平方向が 1/200、鉛直方向が 1/50~1/35 の縮尺までの深さの実験が可能のように模型を作成した。沖合の潮流および潮汐は二つの配管系から成るポンプを用いた。図-7 に模型実験の概要を示す。一つの系は沖合の潮流用、もう一方を潮位調節用とした。実験に用いた諸量の縮尺関係を示すと表-3 に示すとおりである。

図-7 の右から左への流れは満潮時に相当し、流れと同時に水位を上昇させる。干潮はその反対である。この

実験の結果をまとめて表-4 に示す。装置の規模が小さいことから、実験中、水槽の水深を変化させることによって吐出、吸込口などの影響が加味され、現象が少し違ったものになるのではないかという懸念から、水深を基準点で 6.5 cm、8.0 cm、10 cm の 3 通りとし、その中の各一つのケースにおいては潮位(水深)を一定とし、沖合の流速の変化に対する運河の流速の関係を調べた。その結果を 図-8 に示す。さらに、図-8 を「水深-運河の流速」によって整理したものを 図-9 に示す。表-4 の結果より運河の潮流の可能性は十分であり、相似則により運河の流速を求めると 0.4 kt

表-3 実験のための諸元の相似則による縮尺関係

| Parameter | 縮尺                        | I      | II     | Proto Type      | Model I       | Model II      |
|-----------|---------------------------|--------|--------|-----------------|---------------|---------------|
| 運河の長さ     | $x_r (= \frac{Lm}{Lp})$   | 1/200  | 1/200  | 580 m           | 290 cm        | 290 cm        |
| 運河の幅      | $x_r$                     | 1/200  | 1/200  | 12 m            | 6 cm          | 6 cm          |
| 運河の深さ     | $h_r (= \frac{hm}{hp})$   | 1/50   | 1/35   | 3.75 m [満潮位]    | 7.5 cm        | 11.0 cm       |
| 沖合流速      | $U_r (= \sqrt{h_r})$      | 1/7.07 | 1/5.9  | 2 kt (=1 m/sec) | 14.1 cm/sec   | 16.9 cm/sec   |
| 半潮時間      | $t_r (= \frac{x_r}{U_r})$ | 1/28.2 | 1/33.8 | 6:25 (=23'100") | 819 (=13'39") | 683 (=11'23") |
| 潮位        | $h_r$                     | 1/50   | 1/35   | 2.0 m           | 4 cm          | 5.7 cm        |

表-4 沖合および運河の潮流速 (水理模型実験結果と現地追跡調査結果の比較)

| Case | 日時時刻 | 潮流の方向 | JT (sec) | 水深 (測定前) | 水深 (測定後) | JH (cm) | 沖合潮流 (cm/sec)             | 運河潮流 (cm/sec) | 運河 (中流) |
|------|------|-------|----------|----------|----------|---------|---------------------------|---------------|---------|
| 1/50 |      | S     |          | 7.5 cm   | 7.0 cm   | 0.5     | S 5.00                    | N 2.92        | N 0.89  |
| 1/1* |      |       | 440      | 3.75 m   | 3.50 m   |         | $5 \times 7.07$<br>35.4   | 20.6          | 3.71    |
| 1/50 |      | N     |          | 6.5 cm   | 7.0 cm   |         | N 4.55                    | S 2.46        | S 2.38  |
| 1/1* |      |       | 440      | 3.25 m   | 3.50 m   |         | 32.2                      | 17.4          | 16.8    |
| 1/35 |      | S     |          | 11.0 cm  | 9.9 cm   | 1.1     | S 4.45                    | N 3.58        | N 2.18  |
| 1/1* |      |       | 680      | 3.85 m   | 3.46 m   |         | $4.45 \times 5.9$<br>26.2 | 21.1          | 12.9    |
| 1/35 |      | N     |          | 9.5 cm   | 9.9 cm   |         | N 3.92                    | S 3.70        | S 2.84  |
| 1/1* |      |       | 680      | 3.32 m   | 3.46 m   |         | 23.1                      | 21.8          | 16.8    |

(1/1\*: モデルの相似律より算出した場合を示す)

と予測された。

実験の結果、流れの可能性が推測されて、計画は実施に移された。

### 4. 現場における 追跡調査

埋立工事が完成して追跡調査を行なった。調査項目は沖合の潮流の流速と分布、運河内の流速、ポンド、内水域および外水域の波高の分布、水質についてである。

#### (1) 潮流調査

沖合については漂流杆追跡法、運河は流速計 NC-II 型および浮標を用いてそれぞれ計測した。潮位は洲本検潮所の測定結果によることとした。調査結果の一部を表

表-5 沖合および運河の潮流速（水理模型実験結果と現地追跡調査の比較）

| Case | 日 時 刻               | 潮流の方向 | JT    | 水深 (cm) (測定前)    | 水深 (cm) (測定後)          | JH | 沖合潮流 (cm/sec)      | 運河潮流 (cm/sec)     | 運 河 (中層) |
|------|---------------------|-------|-------|------------------|------------------------|----|--------------------|-------------------|----------|
| 実測   | 7/27 10:40<br>16:30 | S     | 5:50' | 230.0            | 1/50 4.60<br>1/35 6.57 |    | S10 (1.41<br>1.69) | S5 (0.71<br>0.85) |          |
|      |                     | N     | 6:00' | 326.0            | * 6.25<br>* 9.31       |    | N16 (2.26<br>2.78) | N8 (1.13<br>1.36) |          |
|      | 7/28 4:30<br>4:30   | S     | 6:00' | 254.0            | * 5.08<br>* 7.26       |    | S19 (2.69<br>3.22) | S6 (0.84<br>1.02) |          |
| S    |                     | 2:00' | 286.0 | * 5.72<br>* 8.17 |                        |    | N5 (0.71<br>0.85)  |                   |          |
|      | (3:00)<br>(6:30)    | S     | 3:30' | 286.0            | * 5.72<br>* 8.16       |    | S10 (1.41<br>1.69) |                   |          |
|      | 6:30<br>12:00       | N     | 5:30' | 319.0            | * 6.38<br>* 9.11       |    | N15 (2.12<br>2.54) | N5 (0.71<br>0.85) |          |
|      | 12:00<br>17:00      | S     | 5:00' | 243.0            | * 4.86<br>* 6.94       |    | S13 (1.84<br>2.20) | S3 (0.42<br>0.51) |          |
|      | 17:00<br>23:30      | N     | 6:30' | 322.0            | * 6.44<br>* 9.20       |    | N14 (1.98<br>2.37) | N7 (0.99<br>1.19) |          |
|      | 23:30<br>4:30       | S     | 5:00' | 253.0            | * 5.06<br>* 7.23       |    | S13 (1.84<br>2.20) | S7 (0.99<br>1.19) |          |
|      | 4:30<br>12:00       | N     | 7:30' | 308.0            | * 6.16<br>* 8.80       |    | N10 (1.41<br>1.69) | N2 (0.38<br>0.33) |          |
|      | 12:00<br>17:00      | S     | 5:00' | 254.0            | * 5.08<br>* 7.26       |    | S12 (1.70<br>2.03) | S5 (0.71<br>0.85) |          |

—5, 図—10 に示す。なお、調査結果から次のことがわかる。

- ① 小潮時ではあったが、大阪湾内の洲本における潮位と潮流の周期に時間差がある。しかし、運河は沖合潮流とほとんど時間的に一致した流れを示し、最大流速は、北流では 7~10 cm/sec, 南流では 4~5 cm/sec といずれもピークのない平均的流速で流れている。
- ② 運河の流速は最大流速の約 4分の1 である。
- ③ 流向は干満それぞれ南・北流であり、模型実験では少し北流が卓越していたようである。これは模型全体の規模、吐出、吸入口の位置に起因するものと推定される。
- ④ 運河の潮流の記録から 1 周潮のうち外

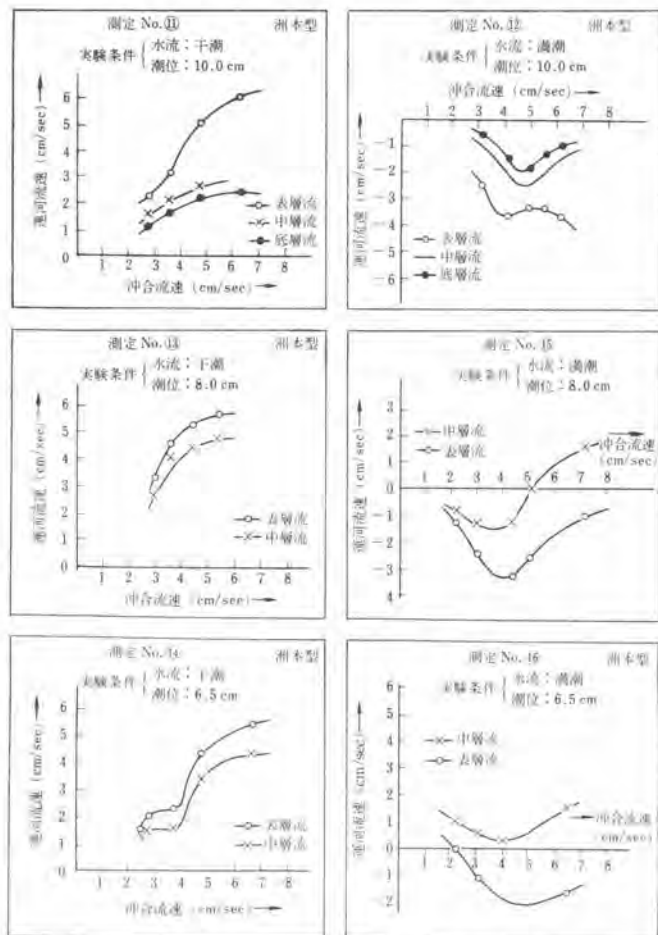


図-8 水理模型実験測定結果

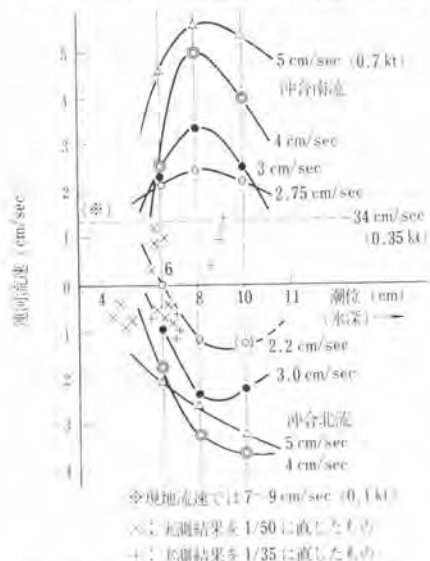


図-9 潮位による沖合潮流の運河への影響



水域からハーバーへ流入する水量を求めると 58,000 m<sup>3</sup>、一方、ハーバー内の満潮時の水量は 138,000 m<sup>3</sup> である。すなわち、約 2~3 潮汐でポンド内の水は完全に外水域の水と交換されることになる。これは前に検討した約 15 潮汐で 1 回交換されるものとはまったく比較にならない。流れの効果の非常に大きいことを明らかにしている。

### 5. プレジャー港湾の機能上の検討

#### (1) 静穏度について

ヨットハーバーの質的評価は

静穏度で定まる。本施設の静穏度に関しては市の委託で財団法人建設工学研究所において実験的検討がなされている。図-11 は実験当時におけるものであり、図-12 は施工された平面配置図と対沖波静穏度をそれぞれ示したものである。

昭和 49 年 8 月、現場の概査の折、沖波 0.5 m に対しハーバー内は 0.10~0.12 m で、対沖波静穏度は 0.2~0.25 程度と推定した。当施設は昭和 50 年 8 月の 7506 台風の進路にあたり、直撃を受けたとき同職員の目視観測によれば一文字堤付近で 1.5 m、ハーバー内は 0.4~0.5 m で、図-12 によれば予測値とよい近似をみている。

#### (2) 水質を指標とした環境評価

埋立に先立ち、昭和 47 年 2 月事前水質調査を行い、引続き埋立完了後同調査を行なった。今後継続した調査を行なったうえで、局所的ではあるが評価を試みたいと考えている。

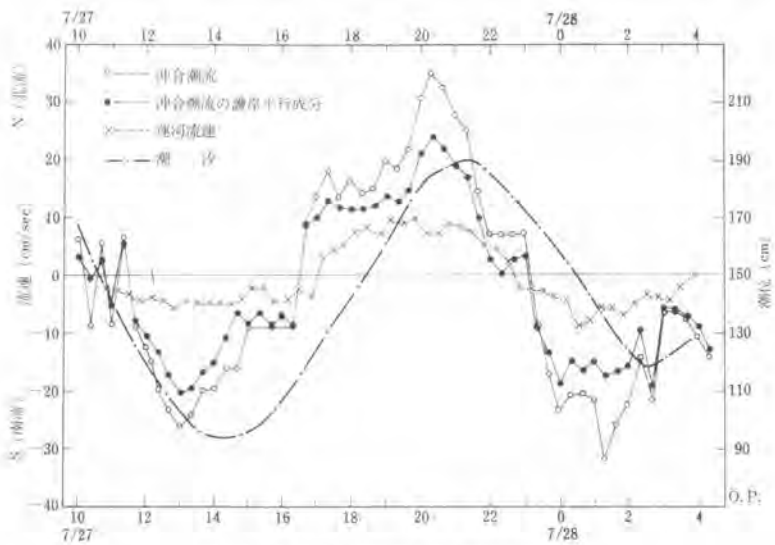


図-10 沖合および運河流速と潮汐の関係

### 6. ま と め

本報告は海洋性レクリエーション施設としてのマリーナの計画と施工のプロセスを「サントピアマリーナ」の事例を通じて紹介したものである。前半においては本事業の発端から計画と技術の境界領域において種々の企画の変遷を経て運河案が浮かび上がって採択に至る過程を述べた。後半では運河案の採否がその流れいかんにかかっており、新しい試みの実施に至らしめるための検討について述べた。完成後、現場において総合的な追跡調査を行なったが、その結果、運河が潮汐と潮流の影響を受けて予想以上に流れており、その効果の大きなことを改めて確認した。そのほか、マリーナの機能上、必須の静穏度も確保されていることがわかった。

最後に、この作業を通じてわが国における“水際”を見直すきっかけを得られたことに心から感謝したい。



図-11 静穏度(その1)

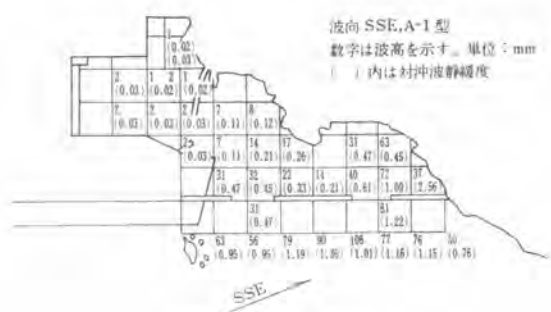


図-12 静穏度(その2)

臨海工事特集

## 大型フローティングクレーンと海洋工事の近況

湯川昇一\*

## 1. 大型化

最近フローティングクレーン大型化の傾向はめざましい。フローティングクレーンの大型化はひとくちに言えば合理化、近代化を望む時代の要請に応えたものといえる。しかし、実は大型化への指向は大型構造物の出現にうながされたというより、むしろ先覚者の予見によって大型フローティングクレーンの出現が先行して、海洋工事における構造物単体規模の大型化やその利用範囲の拡大が後から企画され、実現したように思える。

柏嶋(昭和36年6月、500tぶり、寄神建設)、鉄拐号(昭和37年3月、450tぶり、運輸省第三港湾建設局)に始まる大型化は、その後日本号(昭和39年3月、600tぶり、深田サルベージ)の日本一も東の間、昭鶴(昭和39年8月、1,000tぶり、寄神建設)が出現し、約10年後には寄隆(昭和44年11月、当時2,000tぶり、後に改造して3,000tぶり、寄神建設)、武蔵(昭和49年3月、3,000tぶり、深田サルベージ)の出現となった。

それまで大容量のフローティングクレーンのつり能力はせいぜい200t止りで、用途も解体船の大撤し用に利用されたぐらいで、護岸や防波堤の大型ケーソンブロックはケーソンヤードからスリップさせるか、ケーソンドックで建造するのが常識であった。ところが、柏嶋、鉄拐号の建造で、つり能力までのケーソンブロックなら陸上の岸壁広場で建造し、つり卸し、つり運搬、つり据付が可能になり、港湾建設工事に画期的な工法を可能にし

た。

また、日本号、昭鶴の建造で、つり能力だけでなく、高揚程、大張出しを利用して土木作業だけでなく、当時流行したジャンボリング造船作業や臨海工業施設建設のための重量品作業、それまで浮力タンクの取付に苦労していた沈船引揚げや引卸しに難儀していた乗揚船のつり卸しなどの海難救助作業の分野にも活躍を始めた。

最近ではケーソンはフローティングクレーンでつるもの、臨海施設や海中構築物はフローティングクレーンで組立てるものというのが常識となり、造船でも大ブロック建造方式の採用から、船体ブロックのエレクション、主機関の一括搭載や、はては船体全部のつり進水などにも大型フローティングクレーンの利点が生かされ、橋脚据付、橋柱建方、橋梁架設など架橋工事にも広く使用されて、輝かしい実績を築きつつある。

現在我が国で稼働している500tぶり以上のフローティングクレーンは表-1のとおりで、非自航16隻、自航1隻の計17隻である。

## 2. 高性能化

つり能力の増大とともに、表-1で見られるとおりアウトリーチ×リフトは柏嶋11.5m×33m、鉄拐号16m×28m程度であったものが、ほとんど26m以上×60m以上となり、武蔵では最大ジブ仰角で41.5m×102mとなった。

また、ジブ起伏式のものには架線や橋げたの下をくぐれるだけでなく、アウトリーチを伸ばすことができ、武蔵では400t×83mにも達する。

駆動方式と速度制御は鉄拐号で原動機直結トルクコンバータによる無段変速が使われたのは別として、柏嶋以後もっぱら電動で、それも直流ワードレオナードのノッチ変速の時代がしばらく続いたが、最近では油圧モータによる無段変速が主流となり、原動機出力も一般に増大して巻上速度も速くなったので、作業性はより円滑に、かつ能率よくなった。

非自航の特徴は経済性であるが、操船は操船ウィンチによることになるので、その能力が作業能率を左右するだけでなく、潮流の早いところなどでは作業そのものの

\* 深田サルベージ(株)技術部長

可能、不可能を決める要素となる。最近の大型フローティングクレーンの操船ウィッチは能力とその数を増し、かなりの急流中でも係留できるので海峡架橋が可能になった。

また、数隻の相づりが容易なことがフローティングクレーンの特徴であるが、大型化に伴う多数フックの相づりは同期装置を有するものも建造されて、負荷の均分化による安全性の向上が図られている。

### 3. 最近施工された実例

手前味噌な例ばかりで恐縮であるが、大型構造物あるいは大重量の構造物をフローティングクレーンを使って施工した筆者の記憶に残るいくつかの例を挙げると次のとおりである。

① 本四連絡橋基礎工調査実験用海中鉄構足場の2隻相づりによる空中反転ならびに据付(昭和43年6月,  $L22.3m \times B22.3m \times H38.4m$ ,  $W540t$ , 昭鶴および柏嶋, 下津井沖にて)

② 三井三池第3人工島鉄骨フレームわくの据付(昭和44年11月~12月,  $OD90m \times ID70m \times H11m$ ,  $W450t \times 4$  ブロック, 第22吉田号, 大牟田沖にて)

③ 本四連絡橋調査用大型船足場“創成2号”つり進水(昭和47年11月,  $L43m \times B43m \times H16m$ ,  $W1,300t$ , 長門, 日立造船向島にて)

④ 名村造船伊万里250tゴライアスクレーンつり組立(昭和49年3月~5月,  $L148m \times B40m \times H76m$ ,  $W1,200t$ , 武蔵, 伊万里湾にて)

⑤ 三菱重工広島ADMA BARGE つり進水(昭和49年7月,  $L68m \times B38m \times H5m$ ,  $W2,000t$ , 武蔵, 加古川東亜外業にて)

その後の施工例をもう少し詳しく以下に紹介する。

#### (1) 三井造船玉野ドックケーソンつり運搬ならびに据付

ポンプ室ブロック:

$L16.6m \times B15.1m \times H13.5m$ ,  $W2,300t$

戸当り部ブロック:

$L22.0m \times B10.4m \times H13.7m$ ,  $W2,000t$

中間ブロック:

$L12.0m \times B7.9m \times H13.7m$ ,  $W1,000t$

昭和49年12月, 大林組小豆島で製作されたケーソンを, 海上運搬距離約40km, 武蔵でつり運搬ならびに据付を行なった(写真-1参照)。

#### (2) 平戸大橋主塔架設

表-1 つり能力500t以上の起重機船一覽表

(昭和50年12月現在)

| 船名     | 社名  | 船名  | 常駐基地 | 定容り能力(t) | 規格    | 形 |    | 式 | 船        |       | 体    |      | 主     |       | 巻    |        | 原動機出力(PS) | 建造年月 |        |        |       |
|--------|-----|-----|------|----------|-------|---|----|---|----------|-------|------|------|-------|-------|------|--------|-----------|------|--------|--------|-------|
|        |     |     |      |          |       | 航 | ジブ |   | 速度(kt)   | 航行区域  | 総トン数 | フック数 | 長さ(m) | 幅(m)  | 深(m) | きっ水(m) |           |      | フック(t) | アウトリナー | リフト   |
| 第22吉田号 | 吉田組 | 田組  | 千葉   | 500      | 500   | 非 | 固定 |   | 1,796.0  | 53.0  | 24.0 | 4.0  | 2.0   | 500×1 | 21   | 38     | 100×1     | 23.5 | 42     | 525    | 40.1  |
| 501    | 起和  | 大和  | 大和   | 500      | 500   | * | 起伏 |   | 1,906.2  | 60.0  | 20.0 | 4.5  | 1.6   | 250×2 | 15.5 | 29.5   | 100×1     | —    | —      | 640    | 49.4  |
| 大宏     | 栄光  | 栄光  | 神戸   | 600      | 600   | * | *  |   | 2,516.2  | 60.0  | 26.4 | 4.5  | 2.3   | 300×2 | 21.3 | 58.8   | 100×1     | 28.6 | 68.5   | 1,115  | 49.11 |
| 伊豆     | 栄光  | 栄光  | 九比州  | 600      | 600   | * | *  |   | 3,558.2  | 65.0  | 32.0 | 5.0  | 2.6   | 300×2 | 30   | 70     | 200×1     | 35   | 72.5   | 1,335  | 49.10 |
| 第80宝栄号 | 宝栄  | 宝栄  | 尼崎   | 700      | 700   | * | *  |   | 2,642.0  | 63.0  | 26.4 | 4.5  | 2.9   | 350×2 | 26.5 | 58.8   | —         | —    | —      | 996    | 48.12 |
| 日神号    | 宝栄  | 宝栄  | 神戸   | 1,000    | 1,000 | * | 固定 |   | 4,041.0  | 72.0  | 30.0 | 5.3  | 2.6   | 500×2 | 24.5 | 42     | 250×1     | 27.5 | 47.6   | 1,175  | 47.9  |
| 第23吉田号 | 吉田組 | 日組  | 神戸   | 1,000    | 1,000 | * | 起伏 |   | 4,660.0  | 80.0  | 30.0 | 5.5  | 2.2   | 500×2 | 26.5 | 60     | 150×1     | 32   | 70     | 720    | 47.6  |
| 建長     | 新神  | 新神  | *    | 1,200    | 1,200 | * | 固定 |   | 4,860.0  | 74.0  | 31.0 | 6.0  | 2.7   | 600×2 | 21.0 | 45     | 150×1     | 21   | 48     | 632    | 42.4  |
| 長門     | 新神  | 新神  | 兵庫   | 1,300    | 1,300 | * | 起伏 |   | 5,700    | 80.0  | 30.0 | 5.5  | 2.4   | 650×2 | 26.5 | 60     | 150×1     | 32   | 70     | 816    | 48.6  |
| 和神     | 東神  | 東神  | 東京   | 1,500    | 1,500 | * | *  |   | 6,099.8  | 80.0  | 36.0 | 6.0  | 2.8   | 650×2 | 32.9 | 80.2   | 100×1     | 40.9 | 93.5   | 1,930  | 47.8  |
| 神建     | 東神  | 東神  | 東京   | 1,500    | 1,500 | * | *  |   | 6,099.8  | 80.0  | 36.0 | 6.0  | 3.0   | 750×2 | 27.9 | 65.5   | 100×1     | 35.9 | 78.2   | 1,905  | 47.11 |
| 第25吉田号 | 吉田組 | 吉田組 | 神戸   | 2,500    | 2,500 | * | 固定 |   | 6,718.4  | 80.0  | 34.0 | 6.5  | 2.5   | 750×2 | 30.0 | 65     | 150×1     | 34   | 78     | 2,250  | 46.10 |
| 奇勝     | 吉田組 | 吉田組 | 神戸   | 3,000    | 3,000 | * | 起伏 |   | 10,350.0 | 94.0  | 40.0 | 7.8  | 3.9   | 825×4 | 28.0 | 49.0   | 200×1     | 33   | 52     | 2,275  | 47.9  |
| 武蔵     | 吉田組 | 吉田組 | 大阪   | 3,000    | 3,000 | * | *  |   | 14,748.8 | 95.0  | 45.0 | 6.7  | 3.5   | 750×4 | 30   | 75     | 150×2     | 36   | 80     | 2,110  | 44.11 |
| くさね    | 吉田組 | 吉田組 | 大阪   | 3,000    | 3,000 | * | *  |   | 14,806.2 | 107.0 | 49.0 | 8.0  | 4.1   | 750×4 | 41.5 | 102    | 110×1     | 7    | 72     | 2,340  | 49.3  |
| 昭鶴     | 吉田組 | 吉田組 | 神戸   | 513      | 513   | * | 旋回 |   | 9,334.0  | 123   | 28.6 | 8.0  | 2.4   | 480×1 | 4.0  | 57.0   | 250×1     | 8.4  | 79     | 1,950  | 47.1  |
| 昭      | 吉田組 | 吉田組 | 神戸   | 1,000    | 1,000 | 自 | 固定 | 5 | 4,821.0  | 69    | 27   | 5.8  | 2.5   | 500×2 | 19   | 45     | 50×1      | 24   | 47     | 1,001  | 39.8  |

(起重機協会調べ)

平戸大橋全体の概要については本誌昭和 50 年 10 月号“平戸大橋ケーブル工事の施工”で紹介されているので省略するが、主塔の概要は 図-1 のとおりで、平戸側、田平側の 2 基それぞれ 3 ブロックに分割されたものを、昭和 50 年 2 月、ベースプレートおよび下部ブロックは 120t ぶりの 155 号起重機船で据付け、中央ブロックを長門で空中反転させ、つり運搬して据付けた後、塔頂ブロック、サドル 2 基、塔頂クレーン 1 基を据付けた (写真-2 参照)。

(3) 荒川湾岸橋橋げた大組立ならびに架設

この橋は首都高速湾岸線 2 期工事のうちの東京湾環状道路の一部として荒川放水路の河口に建設中のもので、主要寸法は 図-2 のとおり全長 840m、全橋体重量 13,500t のゲルパートラスで、これを 7 ブロックに分け、フローティングクレーンによる大ブロック架設工法により、 図-3 のような工程で昭和 50 年 2 月から 4 月

の間、武蔵、相模、神隆を使用して架設した。

また、工場での大組立も同様の相づりで行い、運搬はバージ輸送としたが、積み込みも同様の相づりで行なった。

(4) 大島大橋橋げた大組立、つり運搬ならびに架設

この橋は山口県玖珂郡大島町と屋代町(周防大島)を結ぶ県道大島玖珂線の一部として建設中のもので、 図-4 のように総延長 1,020m で、上路上下曲弦 3 径間連続トラス (200m+325m+200m) と上路 2 径間連続トラス 2 連で構成されるが、そのうち、中央径間部 325m はトラベラクレーンによる張出し架設工法、側径間 200m 2 連はフローティングクレーンによる一括架設工法が採用され、側径間 2 連を昭和 50 年 5 月~6 月、架設地点から約 6km 離れた柳井港埋立地で武蔵を使って大組みを行い、つり運搬のうへ、日本三大潮流の一つとして有名な大島瀬戸へ係留して架設した。各ブロックのつり荷重は 2,030t である (写真-3 参照)。

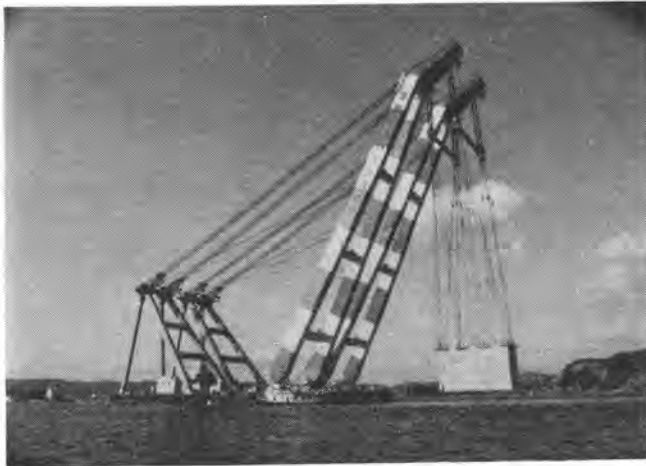


写真-1 三井造船玉野ドックケーソンつり運搬据付

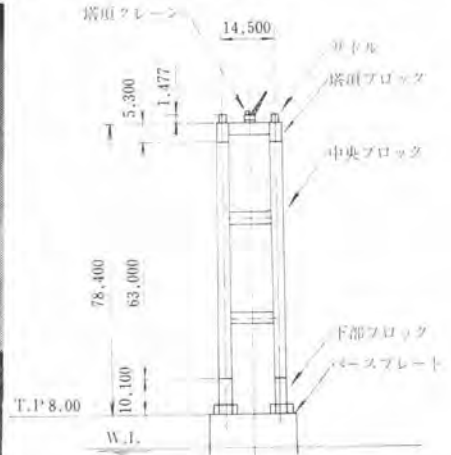


図-1 平戸大橋主塔

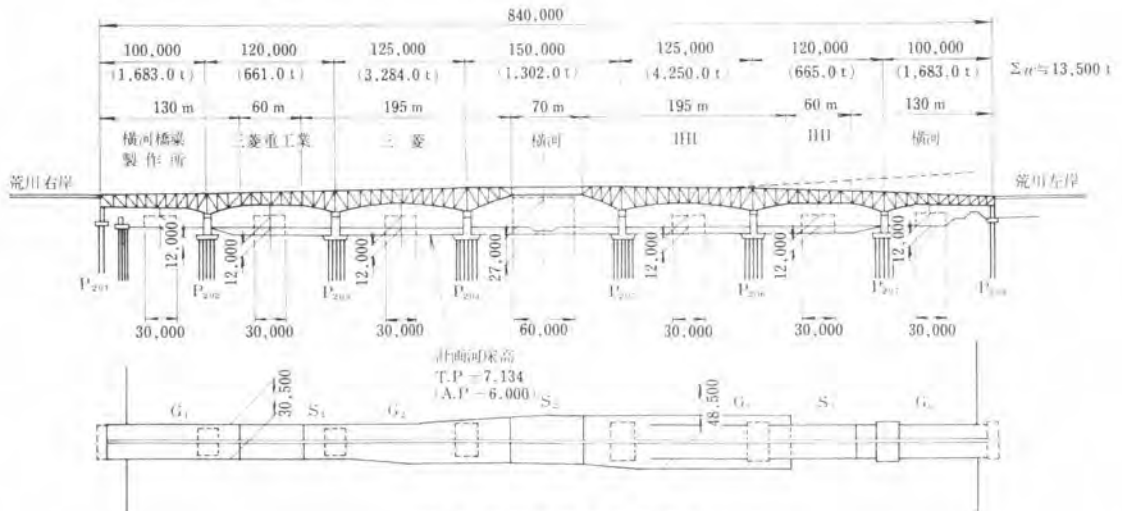


図-2 荒川湾岸橋主要寸法

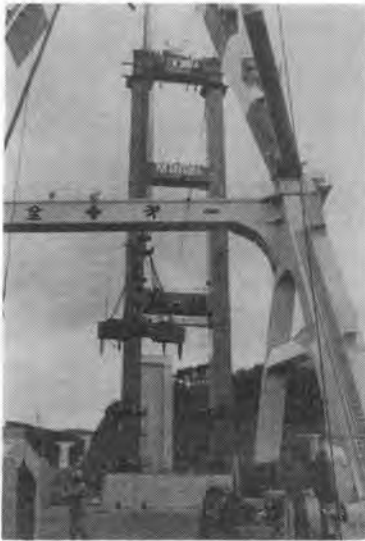


写真-2 平戸大橋主塔架設



写真-3 大島大橋大島側側径間架設

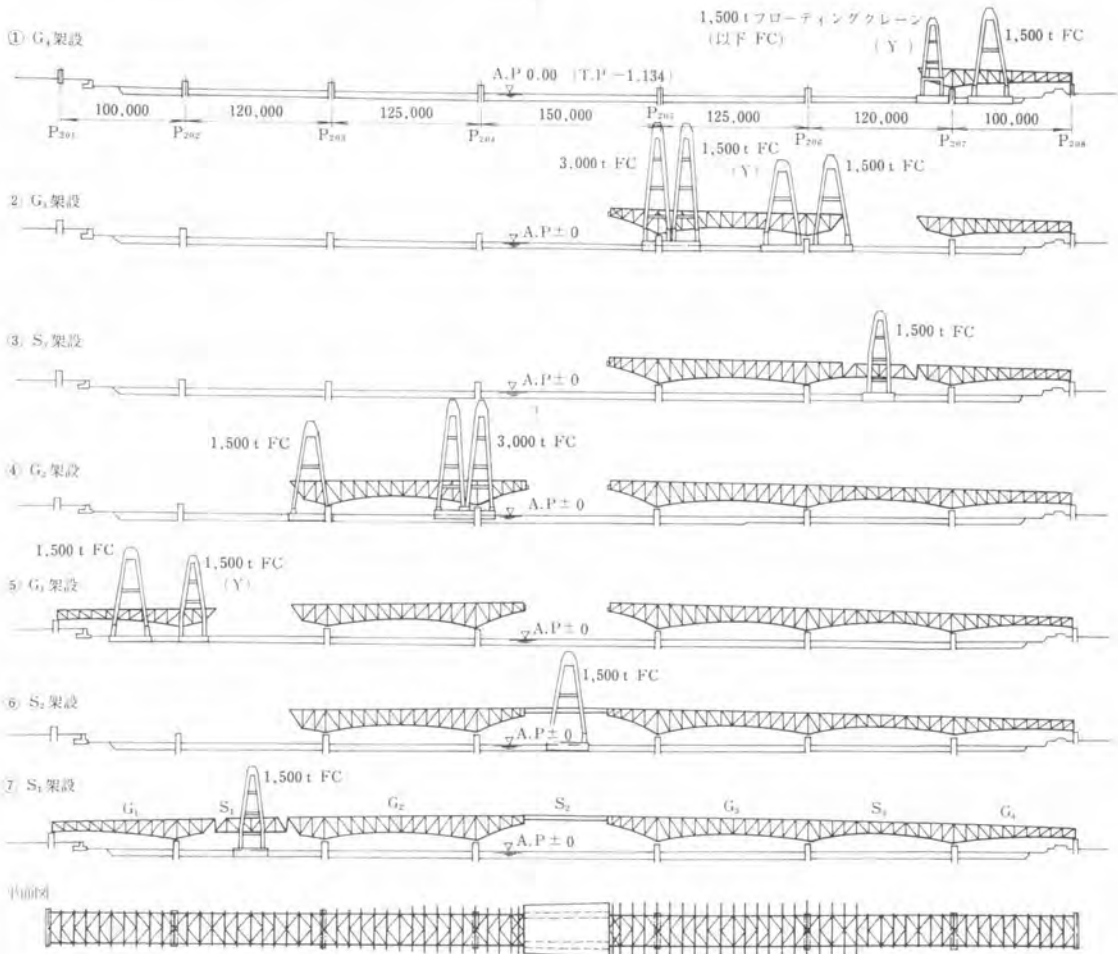


図-3 荒川湾岸橋全けた架設工程

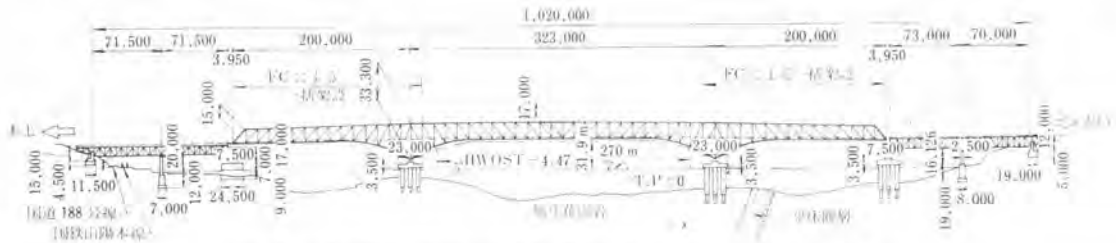


図-4 大島大橋主要寸法およびフローティングクレーンによる一括架設図

### (5) OCEAN RANGER メインデッキ搭載大組立

海上における造船工事の一例として紹介すると、この OCEAN RANGER は三菱重工業広島造船所が北海向けに建造した半潜水式ドリリングリグで、同所が現在までに建造したリグのうちで最大の規模である。そのメインデッキは2分割され、 $L 43.2\text{m} \times B 78.5\text{m} \times H$  約 9 m、 $W 2,655\text{t}$  の AFT Block を昭和 50 年 5 月に、 $L 43.2\text{m} \times B 78.5\text{m} \times H$  約 9 m、 $W 2,512\text{t}$  の FWD Block を昭和 50 年 6 月に、武蔵を使用して水面上約 33 m のコラム上へ搭載、大組みした(写真-4 参照)。

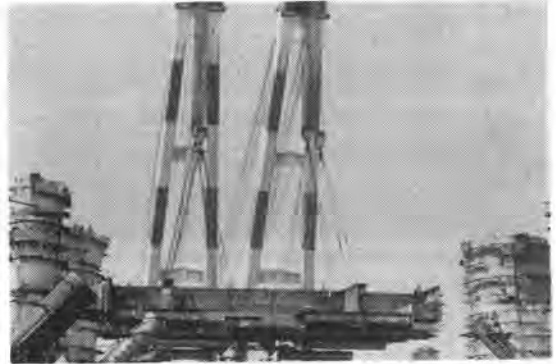


写真-4 OCEAN RANGER メインデッキ後部ブロック搭載

## 3. あとがき

以上、舌足らずで意を尽さないが、フローティングクレーンによる大ブロック工法の利点は、工場における本組み範囲が広いので、

- ① 品質管理が容易である。
- ② 積装が先行できる。
- ③ 工期が短縮できる。
- ④ 現場架設(組立)費が安くなる。
- ⑤ 工費、工期が確実に把握できる。
- ⑥ 現場での高所作業が少なくなるので安全につながる。

などが挙げられるが、係留能力などから、

- ① 潮流、風波などの自然条件に制限される。
- ② 狭水面では海上交通を阻害する。

などの欠点もある。しかし、技術開発による合理化は時代の要求であり、設備は改善によって、自然条件は能力アップによって制約は次第に克服できるので、海洋工事における大型フローティングクレーンの役割は今後ますます広がりとともに重要度を増すであろう。現に本四連絡橋の下部工鋼殻ケーソンの据付にも位置決めの際の再トライの容易なことから大型フローティングクレーンの使用が検討されていると承る。

最後に、現在各社の大型フローティングクレーンの活躍振りを見るにつけ、冒頭に述べた柏嶋、鉄拐号、日本号の建造に踏み切られた先覚者の英断と、その関係者のご苦労に対し、深甚の敬意を払うものであることを申し添える。

# 建設機械用タイヤの 軟弱土に対する走行性能に関する研究

藤本 義二\*

## 要 旨

建設機械用タイヤについて、その通過によりわだちが形成されるような軟弱土に対する走行およびけん引性能を解明するために、まず、若干の仮定のもとに軟弱土に対する剛体車輪の走行抵抗、車輪沈下量、けん引力および駆動トルク等をあらかず関係式を導いた。次に、弾性体車輪としてのゴムタイヤの剛性地盤上における静輪荷重による変形ならびにころがり抵抗、けん引力等について解析を行い、さらに、軟弱土上でのゴムタイヤ車輪の変形に関する筆者独自の仮定に基づき、軟弱土に対する弾性体車輪の走行性能を与える諸式を導いて、土の強度との相関関係が定まるタイヤの臨界空気圧を境として剛体あるいは弾性体車輪として取扱得ることを示した。

また、以上の考え方の当否を検証する目的で、実用されている建設機械用タイヤによる一連の室内走行実験が実施され、実験結果と推定値の対比が行われた。

## 1. 剛体車輪の走行理論

やわらかい土の上を転動する剛体車輪について、車輪

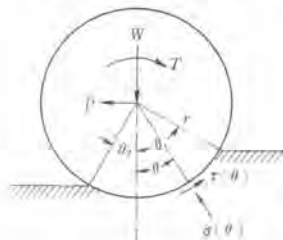


図-1

幅を  $b$ 、半径を  $r$ 、輪荷重を  $W$ 、けん引力を  $P$ 、走行抵抗を  $R$ 、軸トルクを  $T$  とし、車輪外周面と土との接触面に働く法線応力と接線応力をそれぞれ中心角  $\theta$  の関数として、 $\sigma(\theta)$ 、 $\tau(\theta)$  であらわせればこれらの力の釣合い

から次の関係式が得られる。

$$W = rb \left\{ \int_{-\theta_1}^{\theta_1} \sigma(\theta) \cos \theta d\theta + \int_{-\theta_2}^{\theta_2} \tau(\theta) \sin \theta d\theta \right\} \dots\dots\dots (1)$$

$$P = rb \left\{ \int_{-\theta_1}^{\theta_1} \tau(\theta) \cos \theta d\theta - \int_{-\theta_2}^{\theta_2} \sigma(\theta) \sin \theta d\theta \right\} \dots\dots\dots (2)$$

$$R = rb \int_{-\theta_1}^{\theta_1} \sigma(\theta) \sin \theta d\theta \dots\dots\dots (3)$$

$$T = r^2 b \int_{-\theta_1}^{\theta_1} \tau(\theta) d\theta \dots\dots\dots (4)$$

したがって、与えられた条件に対して  $\sigma(\theta)$ 、 $\tau(\theta)$  および  $\theta_1$ 、 $\theta_2$  等がわかれば剛体車輪の挙動を解析できるのであるが、一般にはこれは必ずしも容易ではない。というのは、問題を2次元に限り、かつ土の応力とひずみの関係を剛塑性的であると仮定しても、上記の状態にある車輪下部の土の破壊の様相およびそれに基づく  $\sigma$ 、 $\tau$  の値を解析的に求めることは不可能に近いからである。そこで、やむを得ず実験的手法を用い、代表的な実験結果から  $\sigma$ 、 $\tau$  の分布を仮定して計算式を導くという半経験的な手法によらざるを得ない。

### (1) 土と剛体車輪の接触応力

車輪踏面と土との接触応力  $\sigma$ 、 $\tau$  の分布状況についてはすでに多くの研究者によって実測された結果が発表されている。これらを要約すると大略次のとおりである。

剛体車輪の場合、最も典型的な  $\sigma$ 、 $\tau$  の分布は図-2に示すようになる。すなわち、法線応力  $\sigma$  は車輪と土と

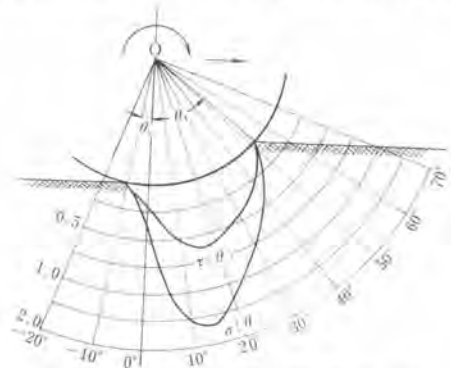


図-2 剛体車輪の場合の接触応力分布 (O. Onafeko & A.R. Reece による)

\* 建設機械化研究所

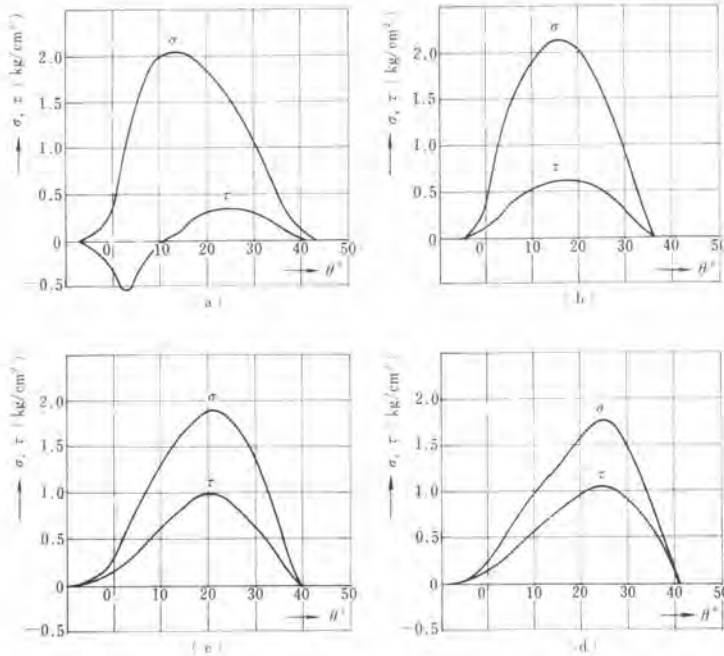


図-3 締固めた砂に対するσおよびτの分布(車輪径 1,245 mm, 幅 305 mm)  
(O. Onafeko & A.R. Reece による)

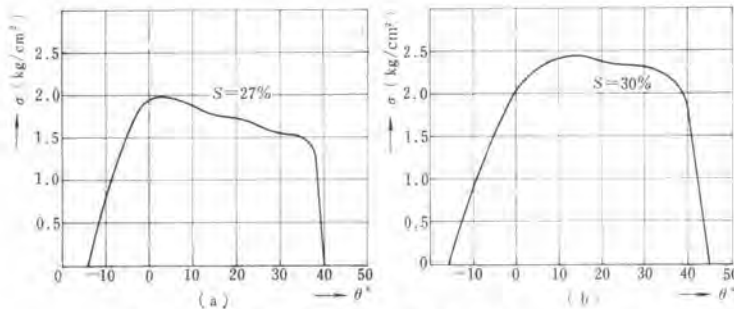


図-4 粘土に対する法線応力σの分布(F.L. Uffelmann による)

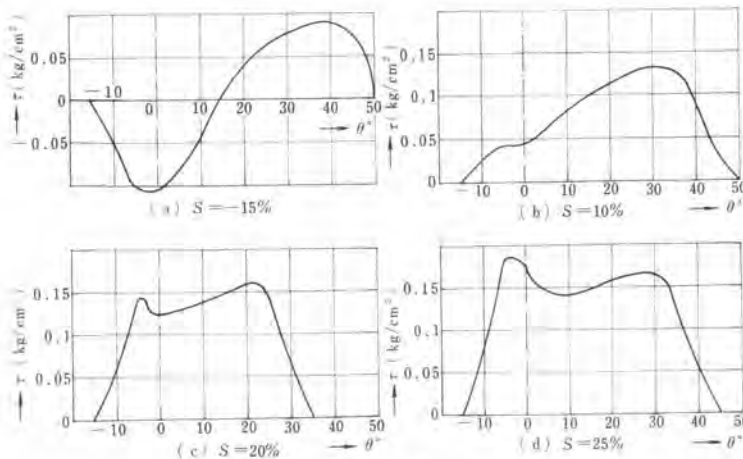


図-5 粘土に対する接線応力τの分布(F.L. Uffelmann による)

の接触開始点から徐々に増大し、全接触弧の後半でピークに達した後やや急激に減少する。接線応力τもほぼ同様の分布を示すが、これは次に述べるように車輪のすべり率の大小、正負によってそのパターンが変化する。

(a) すべり率の影響

転動する車輪の半径を  $r$ 、角速度を  $\omega$ 、進行速度を  $v$  とすると、すべり率  $s$  は次式で定義される。

$$s = \frac{r\omega - v}{r\omega} \dots\dots\dots (5)$$

自走状態の車輪の場合、一般に  $r\omega > v$  が成立し、 $s > 0$  となるが、被けん引車輪では  $s < 0$  となる場合もある。図-3の(a)~(d)に締固められた砂に対する剛体車輪の法線応力ならびに接線応力の分布が車輪のすべり率によって変化する様子を示す<sup>1)</sup>。(a)は被けん引車輪で  $s = -44.5\%$ 、(b)、(c)、(d)は駆動時ですべり率はそれぞれ3%、22%、41.5%である。法線応力についてはすべり率の増加につれてそのピークの位置が次第に前方に移動すると同時に大きさが若干減少するのが認められる。その結果、 $s$ が0付近ではほぼ左右対称形であったものが、すべり率の増大とともに全体として前のめりになった形に変化してゆく。これに対して、接線応力τの分布は  $s$ の正負によってその様相を異にする。 $s > 0$ の範囲、すなわち、車輪が駆動され、走行抵抗およびけん引荷重にうちかって走行している状態では接線応力は法線応力の大きさにほぼ比例した形で同傾向の分布を示すが、被けん引車輪で  $s < 0$ の状態になると同図(a)に示すように車輪と土の接触弧の後半部において接線応力が負の値をとるようになる。

なお、図-3の(b)、(c)、(d)を比較すれば明らかなように、駆動状態の車輪ではすべり率の増加につれてτの値、したがって、またτ(θ)/σ(θ)の値が大きくなってゆくことは注目し値する。これはσとτの関



係がすべり率の関数であることを示すもので、理論式を組立てるにあたって考慮を要する点である。

(b) 土質の影響

剛体車輪と土との接触面における応力の分布状況は相手の土の種類によっても異なる。上掲の例は砂についての場合であるが、粘土についての測定結果を示せば図-4、図-5 のようになる<sup>2)</sup>。いずれの場合も砂のそれに比べて応力分布がかなり均一になっているのが目立つ。特に、駆動状態ですべり率が 20~30% になると法線応力のみならず、接線応力も矩形に近い分布を示すようになる。

(2) 法線応力分布に関する仮説

(1) 式~(4) 式を用いて剛体車輪の挙動を解析するには、まず車輪と土との接触面における法線応力  $\sigma$  の分布を知らなければならない。しかし、上述のとおりいまのところ  $\sigma(\theta)$  を理論的に求めることは不可能に近いので、研究者により種々の仮説が提唱されている。

これらのうち、最も有名なものは M.G. Bekker の提案によるもので、すべり率 0 で転動する車輪の走行抵抗により消費される仕事量は、その際形成されるわだちの深さまで車輪幅  $b$  に等しい帯状載荷板を沈下させるに要する仕事量に等しいという仮定に基づいている<sup>3)</sup>。すなわち、図-6 に示すように幅  $b$ 、半径  $r$  なる剛体車輪がすべり率 0 の状態で走行抵抗  $R$  にうちかかって  $O$  から  $O'$  まで転動したとすると、この間に費された仕事量  $E_1$  は、

$$E_1 = R \cdot l$$

走行抵抗  $R$  は (3) 式より

$$R = rb \int_{-\theta_1}^{\theta_2} \sigma(\theta) \sin \theta d\theta$$

したがって、

$$E_1 = rbl \int_{-\theta_1}^{\theta_2} \sigma(\theta) \sin \theta d\theta$$

ここで土の弾性による復元量を見捨てるならば、 $\theta_2 = 0$ 、 $\theta_1 = \theta_0$  となり、形成されたわだちの深さは車輪沈下量  $z_0$  に等しくなる。

一方、幅  $b$  なるプレートに土中に貫入するとき深さ  $z$  の点における単位面積当りの貫入抵抗  $p$  は貫入速度の影響を見捨てるならば同一土質条件に対して  $z$  のみの関数と考えることができる。すなわち、

$$p = f(z)$$

したがって、幅  $b$ 、長さ  $l$  なる載荷板を深さ  $z_0$  まで

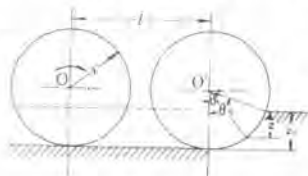


図-6

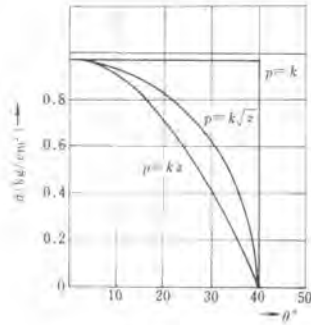


図-7

沈下させるに要する仕事量を  $E_2$  とすれば、

$$E_2 = bl \int_0^{z_0} p dz = bl \int_0^{z_0} f(z) dz$$

仮定により、 $E_1 = E_2$  であるから

$$rbl \int_0^{\theta_0} \sigma(\theta) \sin \theta d\theta = bl \int_0^{z_0} f(z) dz$$

しかるに、

$$z = r(\cos \theta - \cos \theta_0)$$

$$dz = -r \sin \theta d\theta$$

ゆえに、

$$\begin{aligned} \int_0^{\theta_0} \sigma(\theta) \sin \theta d\theta &= - \int_0^{z_0} f(z) \sin \theta d\theta \\ &= \int_0^{z_0} f(z) \sin \theta d\theta \end{aligned}$$

したがって、

$$\sigma(\theta) = f(z) = p$$

つまり、車輪と土との接触面における法線応力  $\sigma$  は、その点に相当する深さまで車輪幅に等しい載荷板を貫入させたときの載荷圧に等しいという結果になる。そして、 $f(z)$  としてはプレート貫入試験により得られる関係を用いるわけであるが、例えば、

$$p = kz^n \dots \dots \dots (6)$$

のような場合、 $n=0, 1/2, 1$  とした場合の  $\sigma(\theta)$  の分布を示すと、図-7 のようになり、先にあげた実測例とはかなり違った形になっている。特に図-3 に示した砂の場合と対比するとき、 $\theta_0=0^\circ$  付近の相違が目立つ。これは上述の仮説が土の変位をすべて鉛直下方に限っているのに対し、実際には進行方向に土を押す現象が加わっている結果であると考えられる。ただ、粘土の場合にはこの傾向が少なく、図-4 に示したようにむしろ  $p=k$  という分布に近くなる。

(3) 軟弱土に対する剛体車輪の走行性能

これまでの考察に基づき、やわらかい土に対する剛体車輪の走行性能を算定するための理論式を導くにあたって次のように仮定する。

- ① 土の弾性変形を見捨てるものとし、車輪の沈下

量と形成されたわだちの深さを等しいとする。

② 土と車輪踏面の接触面における法線応力の分布は円周方向にも軸方向にも均一であるとし、その大きさを土のせん断強さに関係する一定値  $q$  とする。

③ 接線応力  $\varepsilon$  はせん断ひずみの関数として次式で与えられるものとする。

$$\varepsilon = \tau_m (1 - e^{-\varepsilon/K}) = (c + o \tan \phi) (1 - e^{-\varepsilon/K}) \quad (7)$$

ここに、 $\varepsilon$  はせん断ひずみ、 $c$  は土の粘着力、 $\phi$  はせん断抵抗角、 $K$  は土質による定数である。

以上のように仮定すると、(1) 式~(4) 式において

$$\sigma(\theta) = q$$

$$\tau(\theta) = \tau_m (1 - e^{-\varepsilon/K})$$

$$\theta_2 = 0$$

したがって、

$$W = rb \left\{ \int_0^{\theta_0} q \cos \theta \, d\theta + \int_0^{\theta_0} \tau_m (1 - e^{-\varepsilon/K}) \sin \theta \, d\theta \right\} \quad (8)$$

$$P = rb \left\{ \int_0^{\theta_0} \tau_m (1 - e^{-\varepsilon/K}) \cos \theta \, d\theta - \int_0^{\theta_0} q \sin \theta \, d\theta \right\} \quad (9)$$

$$R = rb \int_0^{\theta_0} q \sin \theta \, d\theta \quad (10)$$

$$T = r^2 b \int_0^{\theta_0} \tau_m (1 - e^{-\varepsilon/K}) \, d\theta \quad (11)$$

ここに、 $\varepsilon$  は車輪と土との接触面上の1点における接線方向のせん断ひずみであるが、車輪のすべり率を  $s$  とするとき、車輪沈下量の比較的小さい範囲では次のようにおくことができる\*。

$$\varepsilon \approx rs(\theta_0 - \theta) \quad (12)$$

ただし、 $s > 0$  とし、 $s < 0$  で接線応力に負の部分が現われる場合も  $s = 0$  とみなして取扱うことにする。

(12) 式を (8) 式に代入すると、

$$\begin{aligned} W &= rb \left\{ q \int_0^{\theta_0} \cos \theta \, d\theta + \tau_m \int_0^{\theta_0} \sin \theta \, d\theta \right. \\ &\quad \left. - \tau_m \int_0^{\theta_0} e^{-sr/K(\theta_0 - \theta)} \sin \theta \, d\theta \right\} \\ &= rb \left\{ q \sin \theta_0 + \tau_m (1 - \cos \theta_0) \right. \\ &\quad \left. - \frac{\tau_m}{(sr/K)^2 + 1} \left( \frac{sr}{K} \sin \theta_0 - \cos \theta_0 + e^{-\varepsilon/K} \right) \right\} \end{aligned}$$

ここで、 $\xi = q/\tau_m$ 、 $\zeta = sr/K$  とおくと、

$$\begin{aligned} W &= rb \tau_m \left\{ \xi \sin \theta_0 + (1 - \cos \theta_0) \right. \\ &\quad \left. - \frac{1}{1 + \zeta^2} (\zeta \sin \theta_0 - \cos \theta_0 + e^{-\zeta \theta_0}) \right\} \quad (13) \end{aligned}$$

同様にして

$$\begin{aligned} P &= rb \tau_m \left\{ \sin \theta_0 + \xi (\cos \theta_0 - 1) \right. \\ &\quad \left. - \frac{1}{1 + \zeta^2} (\zeta \cos \theta_0 + \sin \theta_0 - \zeta e^{-\zeta \theta_0}) \right\} \quad (14) \end{aligned}$$

$$R = rb q (1 - \cos \theta_0) \quad (15)$$

$$T = r^2 b \tau_m \left\{ \theta_0 - \frac{1}{\zeta} (1 - e^{-\zeta \theta_0}) \right\} \quad (16)$$

また、このときの車輪沈下量  $z_0$  は

$$z_0 = r(1 - \cos \theta_0) \quad (17)$$

したがって、 $r$ 、 $b$ 、 $\tau_m$ 、 $\varepsilon$ 、 $\zeta$ 、および  $W$  が与えられると (13) 式より  $\theta_0$  が定まり、この  $\theta_0$  を用いて (14) 式~(17) 式により軟弱土に対する剛体車輪のけん引力、走行抵抗、駆動トルク、車輪沈下量等を求めることができる。

\* 厳密には  $\varepsilon$  は次式で与えられる。

$$\varepsilon = r(\theta_0 - \theta) - r(1-s)(\sin \theta_0 - \sin \theta)$$

ただ、沈下量が車輪半径の30%程度、したがって、 $\theta_0$  が比較的小さい場合には近似的に  $\sin \theta = \theta$  とおき、

$$\varepsilon \approx r(\theta_0 - \theta) - r(1-s)(\theta_0 - \theta) = rs(\theta_0 - \theta)$$

#### (4) トレッド付車輪

前項で取扱ったのは剛体車輪の外周が十分に粗である、土との接触面において一様な土のせん断が行われる場合であるが、次に車輪外周に凹凸の突起を有する場合について検討を加える。もっとも、突起の幅が狭く、履带式車両のグロウサのようなもの場合にはむしろ一様なせん断が行われると仮定してよいが、普通のゴムタイヤ車輪のように凸部と凹部の面積比が0.5以上にもなるものについてはその影響を無視することができない。

いま、図-8に示すように半径  $r$ 、幅  $b$  なる剛体車輪の円周上に軸方向の突起が等間隔に配置されている場合を考える。突起のピッチを中心角で  $\alpha$ 、突起部の面積比率を  $t$  とし、車輪の突起部と土との接触面における接線応力  $\tau'$  の大きさを土の場合と類似の形で次式で与えられるものとする。

$$\tau' = \tau_m' (1 - e^{-\tau'/K'}) \quad (18)$$

このような車輪が図-8に示す位置にある場合、 $\theta_0/\alpha = n+m$  ( $n$  は整数部、 $m$  は小数部) とすると、輪荷重  $W$  およびけん引力  $P$  は各エレメント部に働く鉛直および水平方向の反力  $W_1, W_2, \dots, W_{n+1}, P_1, P_2, \dots, P_{n+1}$  等の和として与えられる。

$m > t$  の場合、

$$W = rb \left\{ \int_0^{\theta_0} q_s^* \cos \theta \, d\theta + \sum_{i=1}^{n+1} \int_{\theta_0 - (n-1)\alpha}^{\theta_0 - (n-1)\alpha} \tau_m' (1 - e^{-\tau'/K'}) \right.$$

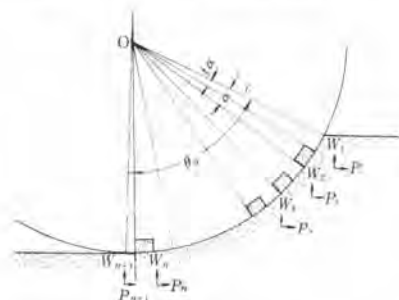


図-8

$$\begin{aligned} & \cdot \sin \theta \, d\theta + \sum_1^n \int_{\theta_0 - n\alpha}^{\theta_0 - (n-1+t)\alpha} \tau_m (1 - e^{-t/K}) \sin \theta \, d\theta \\ & + \int_0^{\theta_0 - (n+t)\alpha} \tau_m (1 - e^{-t/K}) \sin \theta \, d\theta \} \dots\dots\dots (19) \\ P^2 = & rb \left\{ \sum_1^{n+1} \int_{\theta_0 - (n-1+t)\alpha}^{\theta_0 - (n-1)\alpha} \tau_m' (1 - e^{-t/K'}) \cos \theta \, d\theta \right. \\ & + \sum_1^n \int_{\theta_0 - n\alpha}^{\theta_0 - (n-1+t)\alpha} \tau_m (1 - e^{-t/K}) \cos \theta \, d\theta \\ & \left. + \int_0^{\theta_0 - (n+t)\alpha} \tau_m (1 - e^{-t/K}) \cos \theta \, d\theta - \int_0^{\theta_0} q \sin \theta \, d\theta \right\} \dots\dots\dots (20) \end{aligned}$$

$m < t$  の場合、

$$\begin{aligned} \bar{W} = & rb \left\{ \int_0^{\theta_0} q \cos \theta \, d\theta + \sum_1^n \int_{\theta_0 - (n-1+t)\alpha}^{\theta_0 - (n-1)\alpha} \tau_m' (1 - e^{-t/K'}) \cdot \right. \\ & \cdot \sin \theta \, d\theta + \sum_1^n \int_{\theta_0 - n\alpha}^{\theta_0 - (n-1+t)\alpha} \tau_m (1 - e^{-t/K}) \sin \theta \, d\theta \\ & \left. + \int_0^{\theta_0 - n\alpha} \tau_m' (1 - e^{-t/K'}) \sin \theta \, d\theta \right\} \dots\dots\dots (21) \\ P = & rb \left\{ \sum_1^n \int_{\theta_0 - (n-1+t)\alpha}^{\theta_0 - (n-1)\alpha} \tau_m' (1 - e^{-t/K'}) \cos \theta \, d\theta \right. \\ & + \sum_1^n \int_{\theta_0 - n\alpha}^{\theta_0 - (n-1+t)\alpha} \tau_m (1 - e^{-t/K}) \cos \theta \, d\theta \\ & \left. + \int_0^{\theta_0 - n\alpha} \tau_m' (1 - e^{-t/K'}) \cos \theta \, d\theta - \int_0^{\theta_0} q \sin \theta \, d\theta \right\} \dots\dots\dots (22) \end{aligned}$$

輪荷重  $W$  等の条件が与えられたとき、(19) 式あるいは (21) 式から  $\theta_0$ 、したがって、車輪沈下量  $z_0$ 、けん引力  $P$  等が求められるのは前項の場合と同様であるが、この場合は計算がかなり複雑になることは避けられない。さらに、いま一つの問題は上式が図-8 に示した状態にある車輪に関するものであって、この状態から車輪が若干回転した時点では上式の積分範囲も自ら異なってくることである。その結果、当然のことながら  $\theta_0$ 、したがって、また  $z_0$ 、 $P$ 、 $R$  等も変化し、車輪の回転に伴って沈下量、けん引力等がある値を中心にして周期  $a/\omega$  の脈動をすることになり、問題は一層複雑になる。た



図-9 だ、図-9 に示すような建設機械用タイヤによく見られる傾斜したラグを左右交互に配置したパターンの場合には、この傾向が平均化されて滑らかな回転が得られ、特に各断面で突起部と溝部の面積比率が一定しているような場合には  $W$ 、 $P$  および  $T$  等はそれぞれ比較的簡単な次式で与えられる。

$$\begin{aligned} W = & rb \left\{ q \sin \theta_0 + \tau_m (1-t) (1 - \cos \theta_0) \right. \\ & - \frac{\tau_m (1-t)}{1+\zeta^2} (\zeta \sin \theta_0 - \cos \theta_0 + e^{-\zeta \theta_0}) \\ & - \tau_m' t (1 - \cos \theta_0) - \frac{\tau_m' t}{1+\zeta'^2} \cdot \\ & \left. \cdot (\zeta' \sin \theta_0 - \cos \theta_0 + e^{-\zeta' \theta_0}) \right\} \dots\dots\dots (23) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P = & rb \left\{ (\cos \theta_0 - 1) + \tau_m (1-t) \sin \theta_0 \right. \\ & - \frac{\tau_m (1-t)}{1+\zeta^2} (\zeta \cos \theta_0 + \sin \theta_0 - \zeta e^{-\zeta \theta_0}) \\ & + \tau_m' t \sin \theta_0 - \frac{\tau_m' t}{1+\zeta'^2} \cdot \\ & \left. \cdot (\zeta' \cos \theta_0 + \sin \theta_0 - \zeta' e^{-\zeta' \theta_0}) \right\} \dots\dots\dots (24) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T = & r^2 b \left\{ \tau_m (1-t) \left( \theta_0 - \frac{1 - e^{-\zeta \theta_0}}{\zeta} \right) \right. \\ & \left. + \tau_m' t \left( \theta_0 - \frac{1 - e^{-\zeta' \theta_0}}{\zeta'} \right) \right\} \dots\dots\dots (25) \end{aligned}$$

ただし、 $\zeta' = sr/K'$  とする。

(5) 車輪側面の影響

これまでの議論では、剛体車輪の土に対する走行抵抗あるいはけん引力の発生の機構はもっぱら車輪の路面と土との接触部分にあるという考え方に基づいて話を進めてきた。しかし、現実の車輪においてはその両側面の一部もまた土に接している。したがって、この部分においてもなんらかの粘着力あるいは摩擦抵抗が存在するはずであり、それが軟弱土に対する剛体車輪の走行性能にどの程度の影響を与えるものかについてはあらためて検討を要する。

いま、半径  $r$  なる車輪が自ら作った深さ  $z_0$  のわだちの壁の間を転動する場合を想定して見よう。このとき、車輪側面の弓形部分はそれに接する土の壁から水平方向の圧力を受ける。この側圧  $p_h$  を滑らかな鉛直壁に作用する粘性土の主働土圧と考えると、

$$p_h = rz \frac{1}{N\phi} - 2c \frac{1}{\sqrt{N\phi}} \dots\dots\dots (26)$$

ここに、 $N\phi = \tan^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right)$ 、また、 $c$ 、 $\phi$ 、 $\tau$  はそれぞれ土の粘着係数、せん断抵抗角および単位体積重量である。

$\phi = 0$  なる条件に対しては  $N\phi = 1$  であるから、上式は

$$p_h = rz - 2c \dots\dots\dots (27)$$

次に、車輪側面と土との単位面積当りのすべり摩擦抵抗の最大値を  $f$  とすると、

$$f = c' + p_h \tan \phi' \dots\dots\dots (28)$$

ただし、 $c'$ 、 $\phi'$  は土とゴムとの粘着力および摩擦角である。

この両式より

$$f = c' + (rz - 2c) \tan \phi' \dots\dots\dots (29)$$

ところが実際の車輪では、わだちの深さが大きくても 40~50 cm 程度、土の単位体積重量も 1.6~1.8 g/cm<sup>3</sup> 程度であり、これに対して土の粘着係数  $c$  の大きさは粘性土で 0.3~0.5 kg/cm<sup>3</sup> であるため (27) 式による計算結果は負になるのが普通である。これはわだちの両壁面

が自立していて車輪に対し側圧を及ぼしていないことを意味する。したがって、 $f$  はもっぱら土と車輪側面との粘着力  $c'$  に支配されると解釈してよく、次のようにおくことができる。

$$f \approx c'$$

このように考えた場合、深さ  $z_0$  なるわだちの間をすべり率  $s$  で転動する車輪の両側面に働く粘着力の水平分力を  $H'$  とすれば、図-10 において車輪側面上の微小面積  $r \cdot d\theta \cdot dr$  にはその運動方向と逆方向の力が働くから

$$H' = 4 \int_{(r_0 - z_0)}^{r_0} \int_0^{\cos^{-1} \left( \frac{r_0 - z_0}{r} \right)} c' r \cos \tan^{-1} \left\{ \frac{\sin \theta}{(1-s) \frac{r_0}{r} - \cos \theta} \right\} d\theta dr \dots \dots \dots (30)$$

ゴムタイヤ車輪のような場合には、その内半径を  $r_1$  として上式の積分範囲を、 $r_1 > (r_0 - z_0)$  に対して  $r_1 \sim r_0$  とすればよい。

(30) 式は一般には解けず、数値積分によらなければならないが、特殊な場合として車輪が回転することなく引ずられてゆく、いわゆるスキッドホイールの場合には  $s = -\infty$  となって上式はこのときの走行抵抗  $R'$  を与える式となる。すなわち、

$$R' = 4 c' \int \int r d\theta dr = 4 c' \int_{(r_0 - z_0)}^{r_0} r \cos^{-1} \left( \frac{r_0 - z_0}{r} \right) dr = r^2 c' (2 \theta_0 - \sin 2 \theta_0) \dots \dots \dots (31)$$

また、すべり率 100% の状態で  $s=1$  の場合にはけん引引力  $P'$  となり、

$$P' = 4 c' \int \int r \cos \theta d\theta dr = 4 c' \int_{(r_0 - z_0)}^{r_0} \sin \theta \cdot \left\{ \cos^{-1} \left( \frac{r_0 - z_0}{r} \right) \right\} r dr \dots \dots \dots (32)$$

この場合の駆動トルクを  $T'$  とすれば

$$T' = 4 c' \int \int r^2 d\theta dr = 4 c' \int_{(r_0 - z_0)}^{r_0} r^2 \cos^{-1} \left( \frac{r_0 - z_0}{r} \right) dr = \frac{c'}{3} \left\{ 4 r_0^3 \theta_0 - r_0 \sin 2 \theta_0 - 2(r_0 - z_0)^3 \cdot \log \frac{r_0(1 + \sin \theta_0)}{(r_0 - z_0)} \right\} \dots \dots \dots (33)$$

## 2. ゴムタイヤ車輪の走行理論

前章で考察した剛体車輪に対して弾性体車輪は空気入

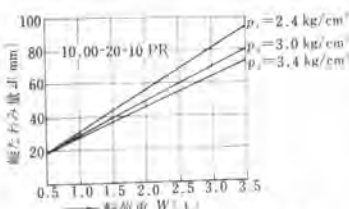


図-11 輪荷重と縦たわみ量

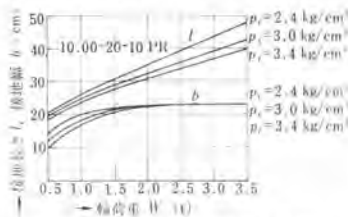


図-12 輪荷重と接地長さ、接地幅

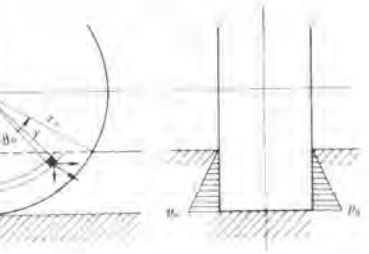


図-10

リゴムタイヤで代表される。もっとも、実際のゴムタイヤは厳密には完全な弾性体ではなく、その変形にはヒステリシス損失を伴うのが普通であるが、近似的には弾性体として取扱ってよく、静荷重による剛性地盤上での縦たわみ、接地長さ、接地面積等の変化も実用範囲内では直線的であるとみなすことができる。図-11~図-13 に、代表的な建設機械用タイヤについて、空気圧を一定にした場合の荷重と縦たわみ量  $J$ 、接地長さ  $l$ 、接地幅  $b$ 、ならびに接地面積  $A$  の関係を示した。

次に、同じく剛性地盤上で輪荷重を一定にして空気圧を変化させた場合の縦たわみ、接地長さおよび接地面積の変化状況を 図-14~図-16 に示す。ただし、縦たわみは縦たわみ量  $J$  とタイヤの外径  $D$  の比の百分率であらわされている。この場合も限られた範囲内ではそれぞれの関係を直線で近似することができよう。

(1) 剛性地盤上でのゴムタイヤ車輪のころがり抵抗  
コンクリート舗装等の剛性地盤上を一定速度で転動するゴムタイヤ車輪には、一般に次のような各種のエネルギー損失に基づくころがり抵抗が働く。

(a) タイヤが変形を繰返す際の内部摩擦によるエネルギー損失

路面が完全に平坦であっても、ゴムタイヤ車輪は転動に伴い変形を繰返す。タイヤの繰返し変形によるエネルギー損失はゴムタイヤを構成する物質が完全弾性体でない以上避けられない問題である。タイヤが転動するとき、輪荷重によるタイヤのたわみは円周にそって連続的に移動するが、この際、タイヤの各部分における変形と復元作用の間いわゆるヒステリシスロスを伴う。この損失は結局熱に転換されるわけであるが、このために車輪にころがり抵抗を生ずる。

(b) タイヤと路面間のすべりによる損失

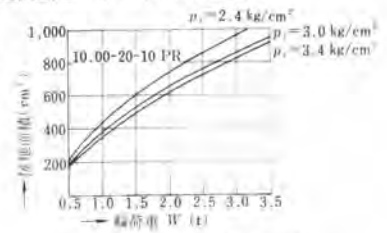
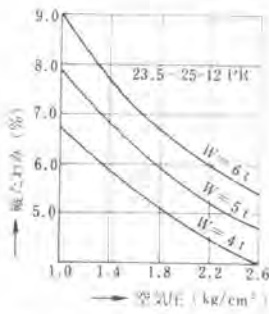
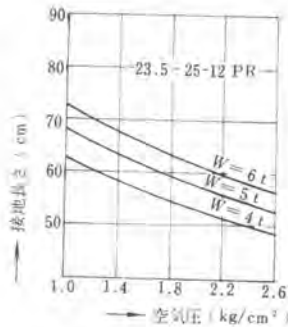


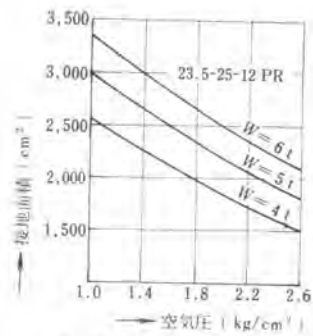
図-13 輪荷重と接地面積



図一四 空気圧と縦たわみ



図一五 空気圧と接地長さ



図一六 空気圧と接地面積

一般にタイヤは回転方向にも、横断方向にも曲面を有しているの、固い路面に接地した場合、トレッドの面が平面になるうとするために進行方向と横断方向に力が働き、この力が路面との摩擦力より大きくなったときにすべりを起す。この局部的なすべりによる摩擦損失の総計がころがり抵抗の一つの原因となる。

(c) その他のエネルギー損失

以上のほか、固い路面を転動するゴムタイヤ車輪には空気抵抗や騒音発生、あるいは発電現象等に起因する走行抵抗が働くと考えられるが、上記の二者に比べて小さく、特に高速走行をすることの少ない建設機械用タイヤでは無視しても差支えないようである。

剛性地盤上を転動するタイヤは上述のようなエネルギー損失に基づくころがり抵抗をうけるわけであるが、一般に車輪のころがり抵抗  $R$  は摩擦の法則と同じ形の次式で表現される。

$$R = f \cdot W \dots\dots\dots (34)$$

ここに、 $W$  は輪荷重、 $f$  はころがり抵抗係数である。このころがり抵抗係数  $f$  の値は、タイヤの種類、構造、材料、空気圧、速度、トレッドデザイン、路面状況等によって異なるもので、その実態はなかなか把握し難い。

自動車用タイヤのころがり抵抗係数については、いまままでに多くの人々によって研究が行われ、幾つかの実験式が発表されている。建設機械用タイヤについてはいままのところ特に見るべき成果もないが、原則的には自動車用タイヤと同じと考えてよく、ただ自動車用と比べてブライ数やトレッドゴムの厚さ等が増加するため多少異なってくる可能性がある。また、一般に建設機械は 40 km/hr 以下の速度で使用される場合が多いので、ころがり速度による影響を無視することにして、次のように考える。

すなわち、タイヤの縦たわみ  $d$  は輪荷重  $W$  に対して実用範囲内では直線的であるとしてよいから

$$d = d_0 + k_1 W \dots\dots\dots (35)$$

タイヤを  $d$  だけたわませるに要する仕事量を  $E$  とし、ゴムタイヤ車輪のころがり抵抗  $R$  が  $E$  に比例するものと仮定して、比例定数を  $a_1$  とすると、

$$R = a_1 E = \frac{a_1}{2} (d - d_0) W = \frac{k_1 a_1}{2} W^2$$

したがって、ころがり抵抗係数  $f$  は

$$f = R/W = \frac{k_1 a_1}{2} W \dots\dots\dots (36)$$

しかるに、われわれの実験結果によれば  $k_1$  は次式で近似することができる。

$$k_1 = \frac{a_2}{(p_0 + p_i)^\alpha} \dots\dots\dots (37)$$

ここに、 $p_i$  はタイヤ空気圧、 $p_0$  はタイヤカーカスの強度を空気圧に換算した値、 $a_2$  および  $\alpha$  はタイヤのブライ数、カーカスの厚さ、構成材料、トレッドデザイン等によって異なる定数である。

以上により剛性地盤上のゴムタイヤ車輪のころがり抵抗係数は次式で近似されることになる。

$$f = \frac{a_1 a_2}{2(p_0 + p_i)^\alpha} \cdot W \dots\dots\dots (38)$$

(2) 剛性地盤上でのゴムタイヤ車輪のけん引力

ゴムタイヤ車輪が剛性地盤上で発揮できるけん引性能はタイヤの路面を構成する材料であるゴムと路面との摩擦特性によって決定される。すなわち、接地面積を  $A$ 、接地面上の微小面積  $dA$  に働く接地圧を  $p$ 、けん引力を  $P$ 、トレッドゴムと路面との摩擦係数を  $\mu$  とすると、

$$P = \int_A \mu p dA \dots\dots\dots (39)$$

固体間の摩擦係数の値は、一般には垂直荷重や接触面の大きさ、あるいはすべり速度等には無関係な定数であるとされているが、この法則はゴムのような粘弾性物質にはあてはまらない。ゴムのブロックを固体面に対して速度を変えてすべらしたときに得られる摩擦係数は、例えば、図一七の (a) に示すような変化をする<sup>4)</sup>。すなわち、初めは速度とともに増加し、 $v=0.1 \sim 0.5$  m/sec で最大値に達するが、それから再び減少する。同図の (b) はこの摩擦係数の最大値  $\mu_{max}$  が垂直圧力  $p$  の関数であり、 $p$  が増加すると  $\mu_{max}$  は次第に減少することを示し。また、(c) は温度上昇の影響を示すものである。

このように、ゴムの場合にはいわゆる古典的な摩擦法則は成り立たない。したがって、(39)式でけん引力を求めるには厳密にはゴムと路面との摩擦特性を知るとともに、接地面各部の接地圧、すべり速度、温度分布等を明らかにしなければならない。しかし、これはかなりやっかいなことであるので、実用的には平均接地圧に対する  $\mu$  をとり、温度も一定であると仮定して剛性地盤上でのゴムタイヤのけん引力を次式で近似する。

$$P = \mu \int p \, dA = \mu W \dots \dots \dots (40)$$

ただし、 $W$  は輪荷重、 $\mu$  は見掛けの摩擦係数でタイヤのすべり速度の関数である。

ある荷重をけん引しながら走行しているタイヤのけん引荷重を次第に増してゆくと、軸の駆動力に余裕がある場合にはタイヤと路面間のすべり率が漸増し、ついには100%スリップの状態に達する。タイヤの駆動半径を  $r_d$ 、回転角速度を  $\omega$ 、すべり率を  $s$ 、すべり速度を  $v'$  とすると、

$$v' = r_d \omega s$$

したがって、 $r_d$ 、 $\omega$  が一定ならばタイヤと路面間のすべり速度はすべり率  $s$  に比例し、その結果、 $\mu$  は  $s$  の関数となる。図-18 はタイヤのすべり率  $s$  と摩擦係数  $\mu$  の代表的な関係を示すものであるが<sup>3)</sup>、本質的には図-17の(a)と同じものである。普通、路面とタイヤのすべり摩擦係数というときは、すべり率100%のときの  $\mu$  をいっている。 $\mu$  の値はゴムや路面の種類、あるいは潤滑物質の有無によって異なるものであるが、その代表的な値を表-1に示した<sup>3)</sup>。

(3) やわらかい土上でのゴムタイヤ車輪の走行抵抗 (簡単な理論)

土とタイヤの両者が同時に変形し得るような軟弱土上を転動する場合のゴムタイヤ車輪の変形と、その際の走行性能を解析的に取扱うことは極めて困難なことに属する。したがって、まがりなりにも関係式を組立てるにはかなり大胆な仮定を許さなければならない。

M.G. Bekker は、この問題を取扱うにあたり次のように仮定した<sup>3)</sup>。すなわち、やわらかい土上を走行するゴムタイヤ車輪は土を変形させて深さ  $z_0$  なるわだちを形成するが、この場合、形成されたわだちの底面を剛性地盤と仮定し、タイヤ自身は深さ  $z_0$  に位置する剛性地

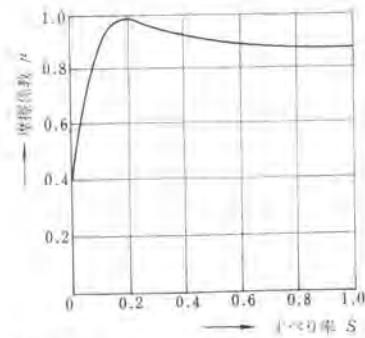


図-18 自動車用タイヤのすべり率と摩擦係数(市原薫による)

表-1 路面の種類とすべり摩擦係数の範囲

| 路面の種類 | コンクリート舗装 | アスファルト舗装 | 砂利道     |
|-------|----------|----------|---------|
| 乾燥状態  | 0.5~1.0  | 0.5~1.0  | 0.4~0.6 |
| 濡潤状態  | 0.4~0.9  | 0.3~0.9  |         |

盤上を転動するときと同様の変形をするものとする。そして、この際のわだち深さ  $z_0$  をタイヤ幅  $b$  と接地長さ  $l$  に相当する矩形板に荷重  $W$  を載荷したときの沈下量に等しいと仮定するものである(図-19参照)。

後述するように、Bekker が考えたようなタイヤの変形は実際にはなかなか起らない。特別にたわみやすく作られたタイヤで、しかも相手の土が圧縮性に富むか、あるいはすでに締固められた地盤の上にやわらかい土が薄くまき出された場合等、ごく限られた条件の下においてのみ見られる現象である。

しかし、一応上記のような仮定を許すと問題は極めて簡単になる。すなわち、タイヤの変形とそれに伴うころがり抵抗については2章の(1)項で取扱った剛性地盤上でのゴムタイヤの挙動がそのままあてはまり、また、深さ  $z_0$  なるわだちを形成するための走行抵抗に関しては1章の(2)項で述べた剛体車輪に対する考え方が適用できる。

いま、プレート貫入時の載荷圧力  $p$  と貫入量  $z$  との関係が(6)式の形で与えられるとし、接地幅  $b$  を一定と見なすと、

$$p = kz_0^n = W/bl$$

接地長さ  $l$  は輪荷重  $W$  と直線関係にあるとし、 $l_0$ 、 $m$  を定数とすれば、

$$l = l_0 + mW$$

したがって、

$$z_0 = \left\{ \frac{W}{kb(l_0 + mW)} \right\}^{1/n}$$

タイヤの変形に伴う走行抵抗を  $R_1$ 、土の変形に要する仕事量に見合う走行抵抗を  $R_2$  とすると、 $R_1$  については(38)式より、

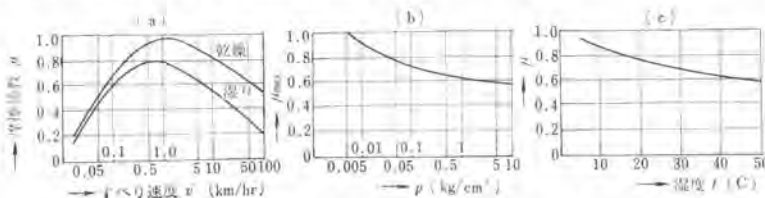


図-17 ゴムの摩擦係数の変化(W.E. Meyer 他)

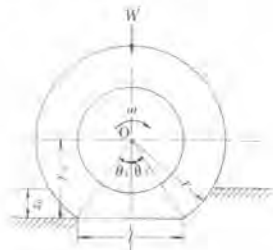


図-19

$$R_1 = fW = \frac{a_1 a_2 r}{2(p_0 + p_i)^a} \cdot W^2 \dots\dots\dots(41)$$

また、

$$R_2 = b \int_0^{z_0} p \, dz = b \int_0^{z_0} k z^n \, dz$$

$$= \frac{1}{(n+1)(bk)^{1/n}} \cdot \left( \frac{W}{l_0 + mW} \right)^{(n+1)/n} \dots\dots\dots(42)$$

タイヤ側面の影響や車輪の押土現象による抵抗を無視できるものとする、この場合のゴムタイヤ車輪の走行抵抗  $R'$  は  $R_1$  と  $R_2$  の和として求められる。すなわち、

$$R' = R_1 + R_2 = \frac{a_1 a_2 r}{2(p_0 + p_i)^a} \cdot W^2$$

$$+ \frac{1}{(n+1)(bk)^{1/n}} \cdot \left( \frac{W}{l_0 + mW} \right)^{(n+1)/n} \dots\dots\dots(43)$$

(4) やわらかい土上でのゴムタイヤ車輪の変形

軟弱土上をゴムタイヤ車輪が転動する場合に、前項で述べたような変形をすることはむしろ稀れである。特に土が塑性に富む場合にはタイヤの種類と構造、荷重、空気圧、ならびに土の強度によって剛体車輪に近い場合から前項のような変形に至るまでの中間の段階の変形を示すのが普通である。

一般に、やわらかい土上を走行するゴムタイヤ車輪の変形の程度は、輪荷重を一定とすればタイヤの剛性と土の強度によって決まると考えてよい。同じタイヤで空気圧を一定に保てばタイヤの剛性は変わらないが、相手の土の強度が強くなればタイヤの変形量は大きくなるし、土の強度が小さくなればタイヤの変形量もそれに伴って減少する。また同一土質条件に対してタイヤの空気圧を減らしてゆけば変形量は増加するし、逆に空気圧を上げて剛性を増せばタイヤの変形量は小さくなる。つまり、タイヤの剛性と土の強度との相対関係によってタイヤの変形の程度が変化するわけで、その両極端に剛性地盤上のタイヤとやわらかい土上の剛体車輪が位置することになる。図-20はこの関係を模式的に示したもので、左より右に(土の強度)→小、(タイヤ空気圧)→大、に対するタイヤの変形状態をあらわしている。

D.R. Freitag と M.E. Smith は 11.00-20-12 PR および 9.00-14-2 PR のタイヤを用いてルーズな砂に対

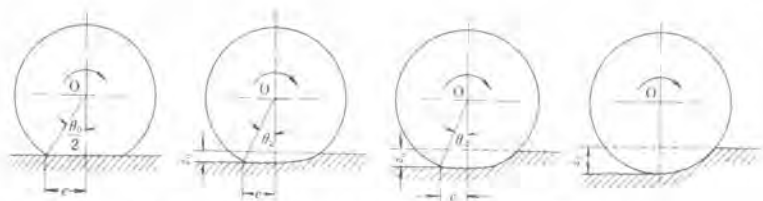


図-20 土の強度とタイヤ空気圧によるタイヤの変形状況

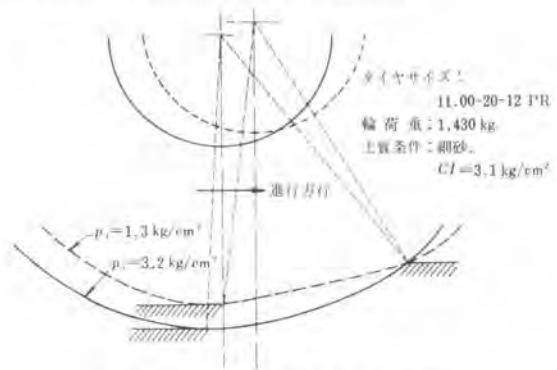


図-21 タイヤ空気圧とタイヤの変形

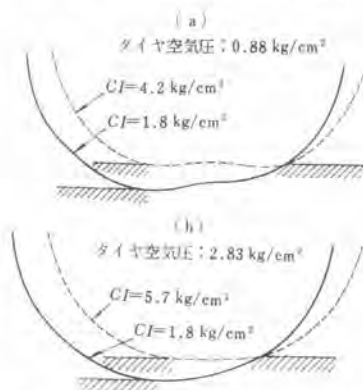


図-22 土の強度とタイヤの変形 (タイヤサイズ 9.00-14-2 PR, 輪荷重 390 kg)

するタイヤの中心線の変形を実測してその結果を発表している<sup>7)</sup>。図-21 および 図-22 にその一例を示した。図-21 は 11.00-20-12 PR のタイヤに関するもので、土質条件を一定にしてタイヤの空気圧を変えた場合、また、図-22 は 9.00-14-2 PR のタイヤについて土の強度および空気圧を変えた場合のタイヤの変形状況を示すものである。

これらの実験結果を参考にすると、やわらかい土上を走行するゴムタイヤ車輪の変形に関し定性的には次のようにいうことができる。すなわち、

① タイヤの変形量、したがって、またその形状は主としてタイヤ自身のスティフネスと土のそれとのバランスによってきまるものである。

② タイヤの剛性に対して土の強度が小さければタイヤの変形量は少なく、ある程度以上になれば剛体車輪と見なすことができる。

③ 逆に、タイヤの剛性に比べて土の強度が大になるとタイヤの変形量も大となり、剛性地盤上のそれに近づく。

④ この両者の中間に 図-21 の破線、あるいは 図-22 の (a) の実線で示したような変形状態が存在する。

(5) ゴムタイヤ車輪と土との接触応力

軟弱土上を走行するゴムタイヤ車輪と土との接触面における法線応力と接線応力の分布については、原則として剛体車輪の場合と異なることはない。しかし、前項で述べたようにゴムタイヤの場合には大なり小なりタイヤ自身が変形するため、応力分布は剛体車輪の場合よりむしろ平均化してくることが予想される。図-23 は砂質ロームに対するゴムタイヤの中心面上の接触応力分布の実測例であるが<sup>2)</sup>、前掲の剛体車輪の場合に比べて $\sigma$ 、 $\tau$ ともかなりフラットな分布を示している。タイヤの横断方向についても、図-24 に示すように全体として平坦な分布であるが、中央付近で若干の落込みを見せている。これはタイヤの構造からくるものであって、低圧になるほど著しい現象である。

(6) 軟弱土に対するゴムタイヤ車輪の走行性能

高含水のロームのような軟弱土質に対するゴムタイヤ車輪の走行性能を算定するにあたり、まず、1章の(3)項で剛体車輪に対して行なったのと同様の仮定を行う。次にゴムタイヤ車輪の土中における変形について、前述の観察に基づき次のように仮定する。

すなわち、やわらかい土上を走行するゴムタイヤ車輪

は相手の土を塑性的に変形させて深さ $z_0'$ なるわだちを形成するが、同時に自らも弾性変形をくり返す。その変形の程度は土の強度と車輪のそれとの相対関係により異なるが、一般には 図-25 に示すような変形をするものとする。すなわち、車輪の路面と土との接触面を円筒面とみなし、これを円弧 $\widehat{AB}$ で近似する。弧 $\widehat{AB}$ は $O'$ を中心とする半径 $r'$ なる円の一部で、その中心 $O'$ はタイヤが土を離れる点Aを通る鉛直線と弦 $\widehat{AB}$ の垂直二等分線の交点である。また、車輪が土を離れる点Aの位置を決める中心角 $\theta_2$ は、タイヤの剛性と土の強度の比の関数として次式で与えられるものと仮定する。

$$\theta_2 = \frac{\theta_m}{2} \left\{ 1 - \left( \frac{p_0 + p_i}{q} \right) \right\}^\lambda \dots\dots\dots (44)$$

ここに、 $\theta_m$ はそのタイヤの剛性地盤に対する接地中心角、 $p_i$ はタイヤ空気圧、 $p_0$ はカーカス強度をタイヤ空気圧に換算した値、 $q$ はタイヤと土の接触面に働く垂直反力で、 $\lambda$ は実験定数である。ただし、 $q > p_0 + p_i$ とし、 $q < p_0 + p_i$ あるいは $p_i > q - p_0 = p_{ic}$ 、すなわち、タイヤ空気圧が臨界空気圧 $p_{ic}$ 以上である場合はタイヤはまったく変形せず、あたかも剛体車輪と同様の挙動を示すものとする。

以上のように仮定するとき、図-25 において、

$$r' \sin \angle AO'C = r \sin \angle AOC$$

あるいは

$$r' \sin \left( \frac{\theta_1 - \theta_2}{2} \right) = r \sin \left( \frac{\theta_1 + \theta_2}{2} \right)$$

ゆえに

$$r' = r \frac{\sin \left( \frac{\theta_1 + \theta_2}{2} \right)}{\sin \left( \frac{\theta_1 - \theta_2}{2} \right)} \dots\dots\dots (45)$$

われわれの取扱う問題の範囲では $\theta_1 + \theta_2 < \pi$ 、 $\theta_1 > \theta_2$ としてよいから、

$$\sin \left( \frac{\theta_1 + \theta_2}{2} \right) > \sin \left( \frac{\theta_1 - \theta_2}{2} \right)$$

あるいは

$$r' > r$$

このことは半径 $r$ なるゴムタイヤ車輪が軟弱土上を走

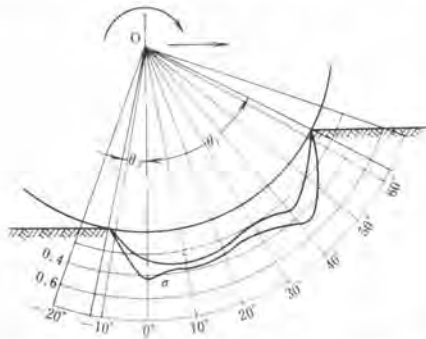


図-23 ゴムタイヤ車輪における接触応力の分布 (G. Krick による)

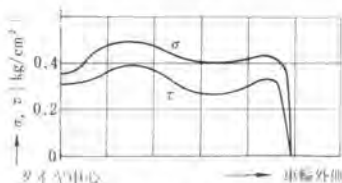


図-24 横断方向の $\sigma$ 、 $\tau$ 分布(すべり率 $s=40\%$ ) (G. Krick による)

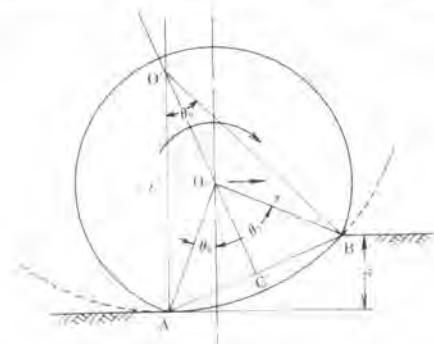


図-25



行する場合、それぞれの条件に応じた変形をする結果、より大きい半径  $r'$  をもつ剛体車輪と同じ挙動をすると思なしてよいことを意味するものである。しかるに、半径  $r'$  なる剛体車輪については1章で論及したところがそのまま適用できる。すなわち、車輪幅  $b$ 、輪荷重  $W$ 、すべり率  $s$ 、土の強度特性値  $q$ 、 $\tau_m$ 、 $K$  等が与えられると、(13)式により  $\theta_0$  が  $r'$  の関数として定まるが、一方、図-25より、この場合の  $\theta_0$  は

$$\theta_0 = \angle AO'B = \theta_1 - \theta_2 \dots\dots\dots(46)$$

そこで、(44)式、(45)式、(13)式、(46)式等を連立させることにより最終的に  $\theta_0$  および  $r'$  を確定することが可能であり、その結果を用いて次の(47)式~(49)式の諸式により半径  $r$  なるゴムタイヤ車輪の軟弱土に対するけん引力  $P$ 、走行抵抗  $R$ 、および車輪沈下量  $z_0$  を求めることができる。

$$P = r' b \tau_m \left\{ \sin \theta_0 + \zeta (\cos \theta_0 - 1) - \frac{1}{1 + \zeta^2} (\zeta \cos \theta_0 + \sin \theta_0 - \zeta e^{-\zeta \theta_0}) \right\} \dots\dots(47)$$

$$R_1 = r' b q (1 - \cos \theta_0) \dots\dots\dots(48)$$

$$z_0 = r' (1 - \cos \theta_0) \dots\dots\dots(49)$$

ただし、駆動トルク  $T$  については多少面倒で次のようにして求めなければならない。すなわち、図-26においてタイヤと土の接触面上の1点  $D$  に働く接線応力を  $\tau$  とし、 $\angle AO'D$  を  $\theta$ 、 $\angle ODO'$  を  $\beta$  とすると、

$$T = \int_0^{\theta_0} b r' \tau \cos \beta \cdot OD \cdot d\theta \dots\dots\dots(50)$$

三角形  $OO'D$  において

$$\frac{OO'}{\sin \beta} = \frac{OD}{\sin(\theta - \theta_0/2)} = \frac{r'}{\sin(\pi - \theta + \theta_0/2 - \beta)} \dots\dots\dots(51)$$

また、三角形  $OO'A$  において、

$$\frac{OO'}{\sin \theta_2} = \frac{r}{\sin \theta_0/2} \text{ あるいは } \frac{OO'}{r} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_0/2}$$

したがって、

$$OD = r \frac{\sin \theta_2 \cdot \sin(\theta - \theta_0/2)}{\sin \theta_0/2 \cdot \sin \beta} \dots\dots\dots(52)$$

次に、(51)式の第1項と第3項より

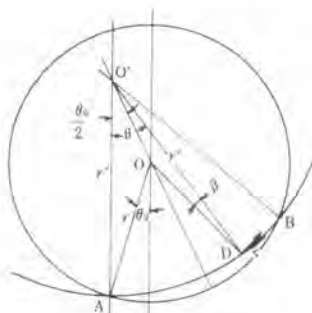


図-26

$$\begin{aligned} r' \sin \beta &= r \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_0/2} \sin(\pi - \theta + \theta_0/2 - \beta) \\ &= r \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_0/2} \{ \sin(\theta - \theta_0/2) \cos \beta \\ &\quad + \cos(\theta - \theta_0/2) \sin \beta \} \end{aligned}$$

あるいは

$$\frac{\cos \beta}{\sin \beta} = \left\{ \frac{r' \sin \theta_0/2}{r \sin \theta_2} - \cos(\theta - \theta_0/2) \right\} / \sin(\theta - \theta_0/2) \dots\dots\dots(53)$$

(52)式、(53)式を(50)式に代入して、

$$T = b r' \int_0^{\theta_0} \tau \left\{ r' - \frac{r \sin \theta_2}{\sin \theta_0/2} \cdot \cos(\theta - \theta_0/2) \right\} d\theta$$

接線応力  $\tau$  を(7)式で与えられるものとする、

$$\tau = \tau_m (1 - e^{-s r' / K}) = \tau_m (1 - e^{-(s r' / K)(\theta_0 - \theta)})$$

したがって、

$$\begin{aligned} T &= b r' \tau_m \int_0^{\theta_0} \left\{ 1 - e^{-(s r' / K)(\theta_0 - \theta)} \right\} \left\{ r' - r \sin \theta_2 \cdot \cot \frac{\theta_0}{2} \cdot \cos \theta - r \sin \theta_2 \cdot \sin \theta \right\} d\theta \\ &= b r' \tau_m \left\{ r' \int_0^{\theta_0} d\theta - r \sin \theta_2 \cdot \cot \frac{\theta_0}{2} \int_0^{\theta_0} \cos \theta d\theta - r \sin \theta_2 \int_0^{\theta_0} \sin \theta d\theta - r' e^{-(s r' / K) \theta_0} \int_0^{\theta_0} e^{(s r' / K) \theta} d\theta \right. \\ &\quad \left. + r \sin \theta_2 \cdot \cot \frac{\theta_0}{2} \cdot e^{-(s r' / K) \theta_0} \int_0^{\theta_0} e^{(s r' / K) \theta} \cos \theta d\theta + r \sin \theta_2 \cdot e^{-(s r' / K) \theta_0} \int_0^{\theta_0} e^{(s r' / K) \theta} \sin \theta d\theta \right\} \\ &= b r' \tau_m \left\{ r' \theta_0 - r \sin \theta_2 \cdot \cot \frac{\theta_0}{2} \right. \\ &\quad \left. + r \sin \theta_2 (\cos \theta_0 - 1) - \frac{r'}{\zeta} (1 - e^{-\zeta \theta_0}) \right. \\ &\quad \left. + \frac{r \sin \theta_2 \cdot \cot \theta_0/2}{1 + \zeta^2} (\zeta \cos \theta_0 + \sin \theta_0 - \zeta e^{-\zeta \theta_0}) \right. \\ &\quad \left. + \frac{r \sin \theta_2}{1 + \zeta^2} (\zeta \sin \theta_0 - \cos \theta_0 + e^{-\zeta \theta_0}) \right\} \dots\dots\dots(54) \end{aligned}$$

ただし、 $\zeta = \frac{s r'}{K}$  とする。

(7) 軟弱土上でのゴムタイヤ車輪の変形に基づく走行抵抗

ゴムタイヤ車輪の場合には土を変形させるための仕事量に見合う走行抵抗のほかにはタイヤの変形の繰返しに伴うエネルギー損失に基づく走行抵抗をも併せて考慮しなければならない。ただ、2章の(1)項で考察した剛性地盤上でのゴムタイヤ車輪の走行抵抗の場合でも現象の複雑さのゆえに理論的な解析が困難であったが、軟弱土の場合においてはタイヤの変形を図-25のように仮定したとしても取扱いは一層困難になる。

そこで、ここでは簡単に次のように考える。すなわち、軟弱土上でのゴムタイヤ車輪の変形の程度はタイヤの剛性 ( $p_0 + p_i$ ) と土の強度  $q$  の比の関数であるという前述の考え方を踏襲し、この場合のころがり抵抗係数

f を次式で与える。

$$f = \frac{a_1 a_2}{2(p_0 + p_i)^a} \cdot W \left\{ 1 - \left( \frac{p_0 + p_i}{q} \right) \right\}^3 \dots\dots (55)$$

このように仮定するとき、軟弱土上を走行するゴムタイヤ車輪の走行抵抗 R は (48) 式と (55) 式より

$$\begin{aligned} R &= R_1 + f \cdot W \\ &= r' b q (1 - \cos \theta_0) + \frac{a_1 a_2}{2(p_0 + p_i)^a} \cdot W^2 \cdot \\ &\quad \cdot \left\{ 1 - \left( \frac{p_0 + p_i}{q} \right) \right\}^3 \dots\dots\dots (56) \end{aligned}$$

(8) トレッド付ゴムタイヤ車輪

一般に建設機械用タイヤは転圧機械用を除いてなんらかのデザインのトレッドを持つのが普通であるが、トレッドをもつゴムタイヤ車輪の場合についても、上述の考え方に1章の(4)項で取扱った剛体車輪の場合の考え方を適用すれば軟弱土に対する走行性能を与える関係式を導くことができる。ただし、ここでは建設機械用タイヤに広く用いられている図-9のような傾斜したラグを左右交互に配置したパターンで、各断面での突起部と溝部の面積比率が一定の場合についてのみ取扱うことにする。

タイヤの路面の突起部の面積比率を t とし、タイヤが変形してもこの比率が変わらないものとして、1章の(4)項と同じ記号を用いることにすると、半径 r なるゴムタイヤ車輪は半径 r' なる剛体車輪と等価と見なせるから、(23)式において r の代りに r' を用いて、

$$\begin{aligned} W &= r' b \left\{ q \sin \theta_0 + \tau_m (1-t) (1 - \cos \theta_0) \right. \\ &\quad - \frac{\tau_m (1-t)}{1 + \zeta^2} (\zeta \sin \theta_0 - \cos \theta_0 + e^{-\zeta \theta_0}) \\ &\quad + \tau_m t (1 - \cos \theta_0) - \frac{\tau_m t}{1 + \zeta'^2} \\ &\quad \left. \cdot (\zeta' \sin \theta_0 - \cos \theta_0 + e^{-\zeta' \theta_0}) \right\} \dots\dots\dots (57) \end{aligned}$$

ただし、この場合は  $\zeta' = sr'/K'$  である。この式と(44)式、(45)式、(46)式よりこの場合の  $\theta_0, r'$  が定まり、したがって、次の諸式によりトレッドを有するゴムタイヤ車輪の軟弱土に対するけん引力、走行抵抗、車輪沈下量ならびに軸トルクを求めることができる。

表-2 土質条件一覧表

| 土質名   | 含水比 W (%) | 湿潤密度 r (g/cm³) | 土 と 土                     |              | 土 と ゴム                     |               | q (kg/cm²) | C.I. (kg/cm²) |
|-------|-----------|----------------|---------------------------|--------------|----------------------------|---------------|------------|---------------|
|       |           |                | $\frac{c}{\rho}$ (kg/cm²) | $\phi^\circ$ | $\frac{c'}{\rho}$ (kg/cm²) | $\phi'^\circ$ |            |               |
| 砂質ローム | 6.9       | 1.78           | 0.00                      | 39.8         | 0.00                       | 34.5          | 2.55       | 4.7           |
| "     | 12.9      | 1.57           | 0.30                      | 31.0         | 0.23                       | 32.0          | 1.78       | 3.6           |
| 変質ローム | 75.5      | 1.14           | 0.33                      | 29.0         | 0.10                       | 37.5          | 1.41       | 3.1           |
| "     | 98.2      | 1.45           | 0.16                      | 30.0         | 0.04                       | 29.0          | 2.10       | 4.0           |
| "     | 101.7     | 1.45           | 0.16                      | 36.5         | 0.01                       | 30.0          | 2.70       | 4.4           |
| "     | 103.7     | 1.44           | 0.13                      | 27.0         | 0.00                       | 25.8          | 2.00       | 3.2           |
| "     | 115.5     | 1.38           | 0.32                      | 20.0         | 0.20                       | 23.5          | 1.02       | 2.5           |
| "     | 123.6     | 1.33           | 0.48                      | 25.2         | 0.34                       | 24.2          | 1.39       | 2.8           |

$$\begin{aligned} P &= r' b \left\{ q (\cos \theta_0 - 1) + \tau_m (1-t) \sin \theta_0 \right. \\ &\quad - \frac{\tau_m (1-t)}{1 + \zeta^2} (\zeta \cos \theta_0 + \sin \theta_0 - \zeta e^{-\zeta \theta_0}) \\ &\quad + \tau_m t \sin \theta_0 - \frac{\tau_m t}{1 + \zeta'^2} \\ &\quad \left. \cdot (\zeta' \cos \theta_0 + \sin \theta_0 - \zeta' e^{-\zeta' \theta_0}) \right\} \dots\dots\dots (58) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= r' b q (1 - \cos \theta_0) + \frac{a_1 a_2 r}{(p_0 + p_i)^a} \cdot W^2 \cdot \\ &\quad \cdot \left\{ 1 - \left( \frac{p_0 + p_i}{q} \right) \right\}^3 \dots\dots\dots (59) \end{aligned}$$

$$z_0 = r' (1 - \cos \theta_0) \dots\dots\dots (60)$$

$$\begin{aligned} T &= br' \tau_m (1-t) \left\{ r' \theta_0 - r \sin \theta_0 \cdot \sin \theta_2 \cdot \cot \frac{\theta_0}{2} \right. \\ &\quad + r \sin \theta_2 (\cos \theta_0 - 1) - \frac{r'}{\zeta} (1 - e^{-\zeta \theta_0}) \\ &\quad + \frac{r \sin \theta_2 \cdot \cot (\theta_0/2)}{1 + \zeta^2} (\zeta \cos \theta_0 + \sin \theta_0 - \zeta e^{-\zeta \theta_0}) \\ &\quad + \left. \frac{r \sin \theta_2}{1 + \zeta'^2} (\zeta' \sin \theta_0 - \cos \theta_0 + e^{-\zeta' \theta_0}) \right\} \\ &\quad + br' \tau_m t \left\{ r' \theta_0 - r \sin \theta_0 \cdot \sin \theta_2 \cdot \cot (\theta_0/2) \right. \\ &\quad + r \sin \theta_2 (\cos \theta_0 - 1) - \frac{r'}{\zeta'} (1 - e^{-\zeta' \theta_0}) \\ &\quad + \frac{r \sin \theta_2 \cdot \cot (\theta_0/2)}{1 + \zeta'^2} (\zeta' \cos \theta_0 + \sin \theta_0 - \zeta' e^{-\zeta' \theta_0}) \\ &\quad + \left. \frac{r \sin \theta_2}{1 + \zeta'^2} (\zeta' \sin \theta_0 - \cos \theta_0 + e^{-\zeta' \theta_0}) \right\} \dots\dots\dots (61) \end{aligned}$$

3. 実験結果と推定値

1章と2章において著者はかなり大胆な仮定のもとではあるが、剛体ならびにゴムタイヤ車輪の走行性能に関する理論式を導いたが、これらの考え方の当否を検討するために当研究所で行われた各種の建設機械用タイヤによる走行実験の結果と上掲の理論式による計算結果との比較を行なったので、以下にその概要を述べる。

供試タイヤは建設機械用として広く用いられている種類のものを主とし、これに軟弱地での走行性を改善した低圧のワイドベースタイヤを加えた、次の13種類である。

- すなわち、10.00-20-10 PR (FG),
- 10.00-20-14 PR (ST), 13.5-20-10
- PR (FG), 18-20-10 PR (FG),
- 14.00-24-10 PR (FG), 14.00-24
- 10 PR (Y 67 A), 17.5-25-12 PR
- (Y 67 A), 18.00-25-12 PR (PL),
- 23.5-25-12 PR (Y 103), 23.5-
- 25-12 PR (G15), 64×31.0-25-12
- PR (G 29), 64×31.0-25-12 PR

(G15 W), 66×43.0-25-6 PR (STG) である。

実験用土は標準的な砂質ロームと火山灰質粘性土の一種である愛鷹ロームで、含水比、密度ならびに土の強度に関する諸定数の測定結果は表-2に示すとおりである。ただし、 $q$  は長さ 198 mm、幅 64 mm の矩形板貫入試験による貫入圧力のわだち深さ付近までの平均値をとっている。

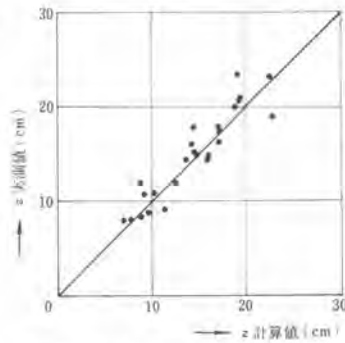


図-27 わだち深さの計算値と実測値 (剛体車輪)

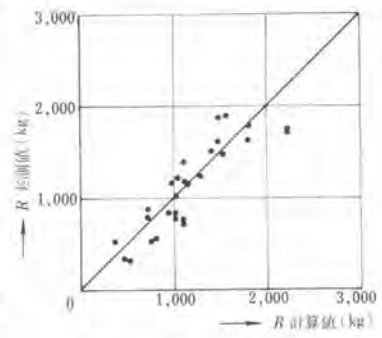


図-28 走行抵抗の計算値と実測値 (剛体車輪)

(1) 剛体車輪と見なせる場合

やわらかい土の上を走行するゴムタイヤ車輪の変形状態を想定する(44)式によれば、タイヤ剛性と空気圧の和  $p_0 + p_i$  が接触圧力  $q$  に等しい場合には  $\theta_s = 0$ 、したがって、(45)式により  $r = r'$ 、このことは  $p_0 + p_i > q$  あるいは  $p_i > q - p_0 = p_{ic}$  である場合にはゴムタイヤ車輪はそのまま剛体車輪と見なしてよいことを意味し、このときの空気圧を臨界空気圧と称することは前述したとおりである。

さて、実験結果のうち  $p_i > p_{ic}$  で剛体車輪と見なせる場合の計算値との対比を図-27~図-30に示す。この場合の走行抵抗とわだち深さの算定には(13)式、(15)式および(17)式が、すべり率100%時のけん引力和軸トルクの計算には(23)式~(25)式の諸式が用いられた。この結果によれば、被けん引状態の剛体車輪によって形成されるわだちの深さとそれによる走行抵抗の値については、計算値と実測結果はかなりよく一致しており、上記の諸式が十分実用に耐えることが了解されるが、すべり率100%時のけん引力和軸トルクについては実測値の方が推定値を若干上回っているのが認められる。

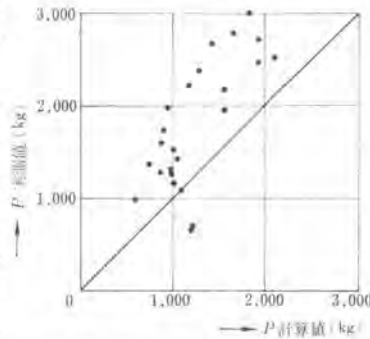


図-29 けん引力の計算値と実測値 (剛体車輪)

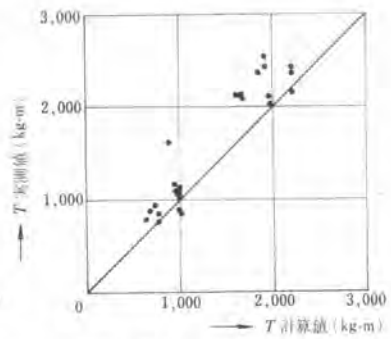


図-30 軸トルクの計算値と実測値 (剛体車輪)

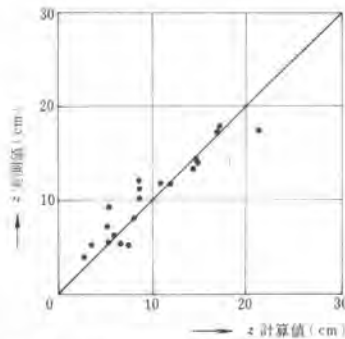


図-31 わだち深さの計算値と実測値 (弾性体車輪)

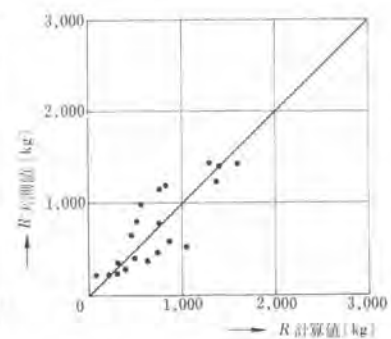


図-32 走行抵抗の計算値と実測値 (弾性体車輪)

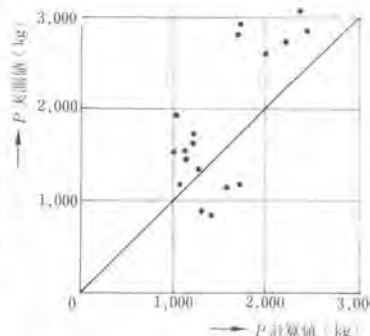


図-33 けん引力の計算値と実測値 (弾性体車輪)

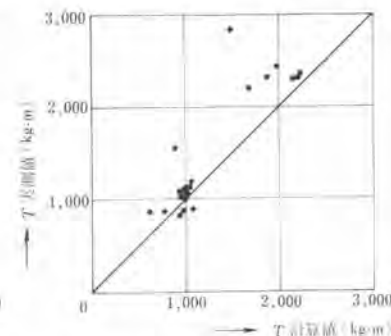


図-34 軸トルクの計算値と実測値 (弾性体車輪)

(2) 弾性体車輪の場合

タイヤ空気圧が臨界空気圧より

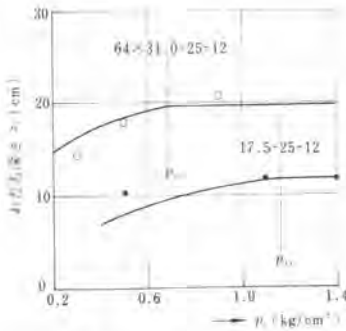


図-35 タイヤ空気圧とわだち深さ

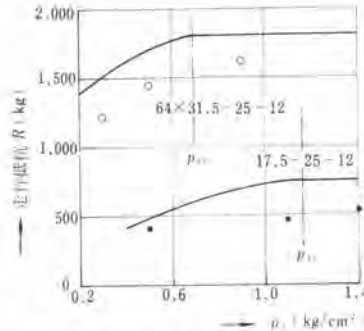


図-36 タイヤ空気圧と走行抵抗

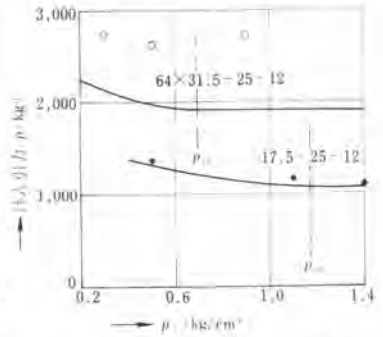


図-37 タイヤ空気圧とけん引力

小さい場合には弾性体車輪として取扱う必要があるが、この場合の算定は次のようにして行われた。すなわち、初めにタイヤ空気圧および輪荷重よりきまる剛性地盤上でのそのタイヤの縦たわみ  $d$  あるいは接地長さ  $l$  と車輪半径  $r$  より剛性地盤に対する接地中心角  $\theta_m$  を算出し、(44) 式により  $\theta_0$  の値を推定する。ただし、(44) 式の指数  $\lambda$  の値としては試算の結果、1.5 を用いている。 $\theta_0$  がきまると (45) 式、(46) 式および (13) 式を連立させることにより  $\theta_0$ 、 $r'$  が求められる。この  $\theta_0$  と  $r'$  を用いて被けん引車輪のわだち深さが (49) 式により、また、走行抵抗はタイヤの変形を考慮した (56) 式によって計算された。

次に、けん引力と軸トルクについてはトレッドの影響を考慮した (57) 式と前述の (44) 式～(46) 式の諸式によりこの場合の  $\theta_0$  と  $r'$  を求め、この値を用いて (58) 式および (61) 式によりそれぞれ 100% スリップ時の  $P$  ならびに  $T$  の算定が行われた。これらの計算値と実測データとの対比を 図-31～図-34 に示す。

弾性体車輪の場合も全般的な傾向は剛体車輪の場合と同様で、わだち深さと走行抵抗については計算結果と実測値がかなりよく一致しているのに対し、けん引力と軸トルクについてはやはり実測値の方が計算値を上回る傾向が見られる。この原因については検討を要するところであるが、主として駆動輪のすべり沈下現象によるものと推定される。

(3) タイヤ空気圧と走行性能

先に軟弱土上を走行するゴムタイヤ車輪の変形状況を 図-25 のように仮定し、タイヤが土を離れる点 A の位置を決めるべき中心角  $\theta_0$  を土の強度とタイヤの剛性、したがって、空気圧の関数として (44) 式で与えられるとした。土質条件や輪荷重が変わらなければ、同じタイヤについては  $p_i$  が小さくなれば  $\theta_0$  が大になることは上式より明らかである。しかし、 $\theta_0$  が大になるとわだち深さや走行抵抗、けん引力等の値がどうなるかはには結論できない。幸いわれわれの実験の中で他の条件

は一定のまま空気圧のみを変化させたものが若干あるので、そのうちから二例を選び  $p_i$  と  $z_0$ 、 $R$  および  $P$  の関係を計算結果と実測値により 図-35～図-37 に示した。図中、実線は計算結果を、●印および○印はそれぞれ 17.5-25-12 PR および 64x31.0-25-12 PR のタイヤに関する実験結果を示す。

この結果によると、他の条件が同じであれば空気圧を減らすことにより車輪沈下量と走行抵抗の減少、最大けん引力の増大が期待でき、したがって、走行性能の向上をはかり得ることが理解できる。ただし、タイヤ空気圧がいゆる臨界空気圧以上の範囲にある場合には空気圧の変化は走行性能に影響はなく、したがって、車両の走行性向上のためには少なくとも土質条件とタイヤの種類によってきまる臨界空気圧以下にタイヤ空気圧を下げてやる必要のあることも理論ならびに実験結果から明らかである。

参考文献

- (1) O. Onafeko & A.R. Reece: "Soil stresses and deformations beneath rigid wheels" Journal of Terramechanics, Vol. 4, No. 1, 1967
- (2) F.L. Uffelmann: "The performance of rigid cylindrical wheels on clay soil" Proceedings of The 1st. International Conference of ISTVS, 1961
- (3) M.G. Bekker: "Theory of Land Locomotion" The University of Michigan Press
- (4) W.E. Meyer & H.W. Kummer: "Die Kraftübertragung zwischen Reifen und Fahrbahn" A.T.Z. Jahrgang 66, Heft 9, 1964
- (5) 市原 薫:「路面のすべりと凹凸」, 自動車技術 Vol. 25, No. 2, 1971
- (6) M.G. Bekker: "Off-The-Road Locomotion" The University of Michigan Press
- (7) D.R. Freitag & M.E. Smith: "Center line deflection of pneumatic tires moving in dry sand" Journal of Terramechanics, Vol. 3, No. 1, 1966
- (8) G. Krick: "Radial and shear stress distribution under rigid wheels and pneumatic tires operating on yielding soils with consideration of tire deformation" Journal of Terramechanics, Vol. 6, No. 3, 1969

■建設機械化研究所抄報■

<No. 114>

330. 兼松エンジニアリング  
K & E 式バキュームコンベヤ

330. 兼松エンジニアリング  
K & E 式バキュームコンベヤ

この機械は 4.5t 積トラックシャシをベースマシンとし、これにルーツブロワ、レシーバ、キャッチャ等を取付けた吸引式清掃車である。

試験は次の項目について実施した。

- ① 主要寸法測定
- ② 重量および重量配分測定
- ③ ブロワ性能試験
- ④ 吸引性能試験
- ⑤ 実作業試験
- ⑥ 騒音測定

以下に、主要項目の最終結果のみを示す。なお、詳細については“研報 75-10”を参照されたい。

(1) 吸引性能試験

山積みにした一定量の砂および4号砕石、ピット内で水と混合してヘドロ状にした関東ローム土の吸引作業を行なった。表-330.1 に試験結果を示す。

(2) 実作業試験

側溝に堆積した土砂の除去作業を行なった。表-330.2 に試験結果を示す。

表-330.1 吸引性能試験成績表

| 試験 No. | 供 試 材 料                          | 作 業 条 件    | ホース径 (mm) | ホース全長 (m) | 吸込量 (kg) | 所要時間 (sec) | 吸 込 能 力 |                      | 見かけの密度 (g/cm <sup>3</sup> ) | 含水比 (%) |
|--------|----------------------------------|------------|-----------|-----------|----------|------------|---------|----------------------|-----------------------------|---------|
|        |                                  |            |           |           |          |            | (t/hr)  | (m <sup>3</sup> /hr) |                             |         |
| 1      | 砂                                | H 20       | 100       | 20        | 500      | 235        | 7.68    | 5.70                 | 1.34                        | 7.62    |
| 2      | 砂                                | V 20       | 100       | 20        | 500      | 232        | 7.74    | 5.82                 | 1.34                        | 7.62    |
| 3      | 砂                                | H 20+V 20  | 100       | 40        | 500      | 442        | 4.08    | 3.06                 | 1.34                        | 7.62    |
| 4      | 4号砕石                             | H 20       | 100       | 20        | 500      | 321        | 5.58    | 3.54                 |                             | 1.58    |
| 5      | 4号砕石                             | H 20       | 125       | 20        | 500      | 201        | 8.94    | 5.64                 |                             | 1.58    |
| 6      | 4号砕石                             | V 20       | 100       | 20        | 500      | 330        | 5.46    | 3.48                 |                             | 1.58    |
| 7      | 関東ローム土+水<br>400:600 (%)          | H 20+V 20  | 100       | 40        | 1,000    | 1,155      | 3.12    | 2.70                 |                             | 1.16    |
| 8      | ローム土+水+ベントナイト<br>400:510:15 (kg) | H 100+V 10 | 100       | 110       | 925      | 935        | 3.54    | 2.82                 |                             | 1.27    |

(備考) 1. 作業条件V, Hはホースの状態を示し、Vは垂直、Hは水平を表わす。数値はそれぞれの状態のホース長を示す。  
2. 砂および4号砕石は平坦なコンクリート舗装土に山積みとした。

表-330.2 実作業試験

| 試験 No. | 汚泥の種類 (外見)   | 含水比 (%) | 見かけの密度 (g/cm <sup>3</sup> ) | 吸込量 (kg) | 所要時間 (sec) | 吸 込 能 力 |                      | ブロワ回転数 (rpm) | 備 考        |
|--------|--------------|---------|-----------------------------|----------|------------|---------|----------------------|--------------|------------|
|        |              |         |                             |          |            | (t/hr)  | (m <sup>3</sup> /hr) |              |            |
| 1      | 砂質ローム土、浮き水あり | 54.6    | 1.56                        | 248      | 179        | 4.99    | 3.20                 | 2,000        | 側溝の両壁に残土あり |
| 2      | 同 上          | 63.1    | 1.43                        | 117      | 296        | 1.42    | 0.99                 | 1,950        | 残土なし       |
| 3      | 砂質ローム土、浮き水なし | 32.8    | 1.39                        | 221      | 409        | 1.95    | 1.40                 | 1,900        | “          |
| 4      | 同 上          | 22.7    | 1.43                        | 197      | 457        | 1.55    | 1.08                 | 1,900        | “          |
| 5      | 砂質ローム土、浮き水あり | 32.8    | 1.39                        | 192      | 375        | 1.84    | 1.35                 | 1,900        | “          |

(備考) 1. 含水比はうわ水を排水後の値である。 2. ホースは挿引きとし、全長 20m、ホース直径は 100mm のものを使用した。  
3. 作業員は吸引口操作 1名、ホース保持 1名である。 4. 試験番号 5 は浮き水容量を加えた値である。

文献調査

広報部会 文献調査委員会

# 高圧ジェットを使用した トンネル掘進機の 設計に対する試案

現在、ワシントンにおける地下鉄建設に Robbins Company & Flow Research Inc. は高速ジェット水によるトンネル掘進機を試験的に使用しているが、それは従来のトンネル掘進機よりはるかに効率よく岩を掘削している。

現在使用されているこの高速ジェット水による岩掘削機は、従来のディスクカッタにジェットを組合せたもので、従来のボーリングマシンがディスクカッタを岩面にただ押しつけることによって岩を破碎してきたものに対して、これをより能率的に行えるように、あらかじめ高速ジェット水で掘削岩面に切込みを入れ、ディスクカッタをこの溝に押しつけ、溝と溝との間の岩をはぎとるようにして岩掘削を行うものである。このレポートは S.C. Crow が行った高速ジェット水およびディスクカッタの実験をまとめ、岩掘削機の設計の試案を求めたものである。

## (1) ディスクカッタ

岩の掘削には岩の内部結合力以上の力を必要とし、さらに、ディスクカッタで岩を破碎して掘削するには砕石ができるだけ大きい方が効率的である。

$\alpha$  をロータリヘッド1回転当りの掘進量とし、 $l$  をディスクカッタ間の距離とすると、この  $l$  はロータリヘッド1回転の間にディスクカッタ間の岩がすべて破碎されて取り除かれるような幅で、効果的な掘削にはそれができるだけ大きいことが望ましい。

$$\alpha = a/l \dots\dots\dots (1)$$

とすると、それゆえ、 $\alpha$  はできるだけ小さい値の方 (Fun der Wang によると  $\alpha=0.065$  が提案されている) がよい。

また、最も効率的なトンネル掘進機械の場合、ディスクカッタに加わる掘進力および回転力はそれぞれ

$$T_d = 15 a^{3/2} \cdot R_d^{1/2} \cdot \sigma_0 \dots\dots\dots (2)$$

$$D_d = 8 a^2 \cdot \sigma_0 \dots\dots\dots (3)$$

で与えられる。ここで、 $R_d$  はディスクカッタの半径、 $\sigma_0$  は岩の一軸圧縮強度である。

## (2) ウォータジェットカッタ

ジェットカッタは前述したように岩に細い溝を付け、その溝にディスクカッタを押しつけ、亀裂面を作り、ディスクカッタで薄く岩を破碎しやすくするために用いられる。

$d_0$  をノズルの径、 $p_0$  をジェットの圧力、 $h$  をジェットカッタの掘削深さとする、 $h$  については理論的に解析されているが、ここでは岩掘削実験のデータをもとに  $h$  の公式を導くと、この実験では  $h$  および  $d_0$ 、 $p_0$  の関係は図-1に示すとおりである。また、掘削深さ  $h$  は岩のせん断強度  $\tau_0$  と関係し、

$$h = (p_0 - p_c) d_0 F / \tau_0 \dots\dots\dots (4)$$

と表わされる。

ここで、 $F$  は無次元の係数であり、岩の無次元の性質および高速ジェット水の移動速度  $v$  と関係すると考えられるが、移動速度  $v$  のみに注目すると  $F$  は無次元であるので、その変数も同様に速度  $c_0$  で  $v$  を割り、無次元化する必要がある。そこで、この速度を  $F=1$  のときの  $v$  となるように

$$c_0 = v \text{ at } F=1 \dots\dots\dots (5)$$

と定義すると、 $F$  と  $v/c_0$  の関係は図-2のように表わされ、 $F$  は岩の種類によらないで  $v/c_0$  のみの関係となることがわかる。また、 $\tau_0$  は三軸試験により求められるものであるが、実験によると  $p_c = 4\tau_0$  の関係が見い出され、 $h$  は

$$h = 4(p_0/p_c - 1) d_0 F (v/c_0) \dots\dots\dots (6)$$

と近似できる。

次に同じ溝に沿って高速ジェット水で繰り返し掘削させた場合、その累積掘削深さは掘削回数と比例する。ここでロータリヘッドの半径  $r$  のところの高速ジェット水の数を  $j(r)$  とすると、ヘッド1回転当りの掘削量  $a$  は

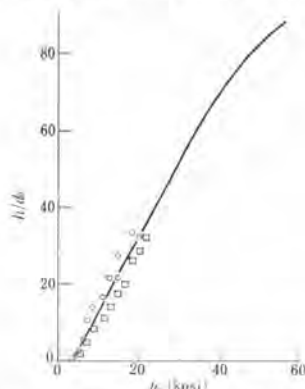


図-1 圧力  $p_0$  と [(掘削深さ  $h$ )/(ノズルの口径  $d_0$ )] の関係 (○:0.030 in, □:0.015 in, ●:0.014 in Beu sandstone)

$$a = j(r)(p_0 - p_c) d_0 F(\nu/c_e) / \tau_0 \dots (7)$$

となる。この関係式から、圧力  $p_0$  が一定の場合、掘削深さを2倍にするにはノズルの径  $d_0$  もしくは掘削回数  $j$  のいずれかを2倍にすればよいが、このとき流量はノズルの径  $d_0$  を2倍にすれば4倍、掘削回数が2倍の場合は2倍となり、ジェットカッタの能力を上げるには口径をできるだけ小さくし、掘削回数を増やすのが効率的なジェットカッタの使用法である。

しかし、 $d_0$  を小さくし、高速ジェット水を細くすれば、空気の抵抗のためジェットカッタの効果は  $d_0$  の数100倍のところではほとんどなくなる。そのため岩の表面の凹凸が高速ジェット水の効果に重大な影響をもち、岩の表面はほぼ1in程度凹凸があるので、ノズルの径はその1/100程度の0.01inが最小と考えられる。また、圧力  $p_0$  を高くすれば掘削深さを大きくできるが、ノズルの強度の問題から、60,000 psi (4,218 kg/cm<sup>2</sup>) がその上限となる。

ジェット圧力を  $p_0$  とすると流速  $u_0$  は  $(2p_0/\rho)^{1/2}$  となり、 $j$  個のノズルを働かせるのに必要な加圧機の能力  $W_j$  は

$$W_j = j \frac{\pi}{4} d_0^2 p_0 (2p_0/\rho)^{1/2} \dots (8)$$

となり、(7)式より

$$W_j = \frac{\pi}{4} \left( \frac{\alpha \tau_0}{F} \right)^2 \left[ \frac{p_0 (2p_0/\rho)^{1/2}}{j(p_0 - p_c)} \right] \dots (9)$$

$$= \frac{\pi}{4} \frac{\alpha d_0^2 \tau_0}{F} \left[ \frac{p_0 (2p_0/\rho)^{1/2}}{p_0 - p_c} \right] \dots (10)$$

この  $W_j$  を小さくするには  $j$  をできるだけ大きくすればよいが、水の反射等に問題があり、 $j=10$  程度になる。また、圧力  $p_0$  に関しては、 $\partial W_j / \partial p_0 = 0$  より  $p_0 = 3p_c$  のとき最小となる。この値はほぼすべての岩で60,000 psi より小さく、最適圧力となる。

ジェットカッタによる岩掘削機の主要な設計項目はノズルの配置、加圧機の能力等であるが、ロータリヘッドの半径  $R_t$ 、設計掘進速度  $V_a$  は岩の性質  $p_c, c_e, \tau_0$  によってあらかじめ決定される。また、ロータリヘッド1回転当りの掘進距離  $\alpha$ 、ノズル径  $d_0$ 、ジェット圧送圧  $p_0$  は前述したようにそれぞれ0.065 in, 0.01 in (0.025 cm) および  $3p_c$  となる。掘削機械はその掘削面がロータリヘッド全面で一様な掘削速度を持つことが必要であるので、高速ジェット水による累積掘削深さは半径と関係なく一定であるように、ジェットカッタの数を半径  $r$  とともに変化させる必要がある。ロータリヘッドの外縁接線速度を  $V_t$  とすると、半径  $r$  の所のノズルの移動速度  $\nu(r)$  は  $\nu(r) = V_t r / R_t$  となり、(7)式より  $r$  の所のジェットカッタの数は

$$j(r) = \frac{\alpha \tau_0}{(p_0 - p_c) d_0 F(V_t r / c_e R_t)} \dots (11)$$

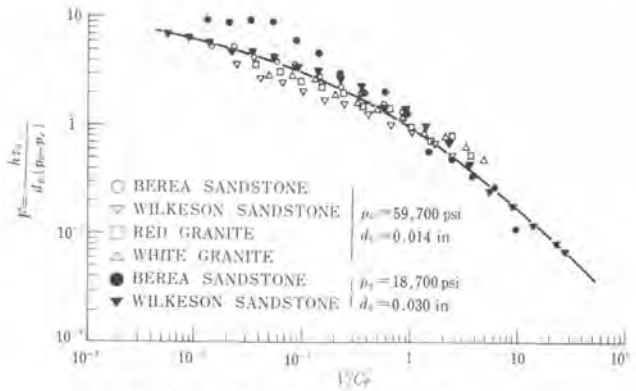


図-2  $F$  とノズルの移動速度  $\nu/c_e$  との関係 (ただし、 $F=1$  のとき  $c_e=\nu$ )

となる (ただし、 $j(r)$  は整数)。したがって、ロータリヘッド全体に必要なジェットカッタの数  $J$  は  $j(r)$  の値を

$$r = R_t / N \quad 2R_t / N \dots R_t$$

の所で合計すれば求まる。 $j(r)$  を連続な数と仮定すると、 $r$  から  $r+d_r$  の間のノズルの数  $dr / (R_t / N)$  となり、

$$J = \int_0^{R_t} j(r) \frac{dr}{R_t / N} = \frac{\alpha \tau_0}{(p_0 - p_c) d_0} \int_0^{R_t} \frac{dr}{F(V_t r / c_e R_t)} \dots (12)$$

で求め、 $G(V_t / c_e)$  を

$$G(V_t / c_e) = \int_0^{R_t} \frac{dr}{F(V_t r / c_e R_t)} \dots (12)$$

と定義すると、 $J$  およびジェットカッタに必要な全流量  $Q_j$  は流速がベルヌーイの定理より  $u_0 = \sqrt{2p_0/\rho}$  であるので、

$$J = \frac{\alpha \tau R_t}{(p_0 - p_c) d_0} G(V_t / c_e) \dots (13)$$

$$Q_j = J (\pi d_0^2 / 4) (2p_0/\rho)^{1/2} \dots (14)$$

となり、これに必要なジェットカッタの加圧機の能力  $W_j$  は

$$W_j = \frac{\pi \alpha}{4} \tau_0 d_0 R_t \left[ \frac{p_0 (2p_0/\rho)^{1/2}}{p_0 - p_c} \right] G(V_t / c_e) \dots (15)$$

で、最小の  $W_j$  は

$$W_j \text{ min} = \frac{3 \pi \alpha}{8} \tau_0 d_0 R_t \left( \frac{6 p_c}{\rho} \right)^{1/2} G(V_t / c_e) \dots (16)$$

となる。

以上により、高速ジェット水のノズル径、移動速度、加圧機の能力が求められるが、ディスクカッタの数や推力、回転力は従来の掘削機よりかなり小さくなるものと思われる。これらの中にはさらに研究を進める必要があるだろう。

(委員: 苗村正三)

“JET TUNNELLING MACHINES  
a guide for design” S.C. Crow  
Tunnels & Tunnelling, March 1975

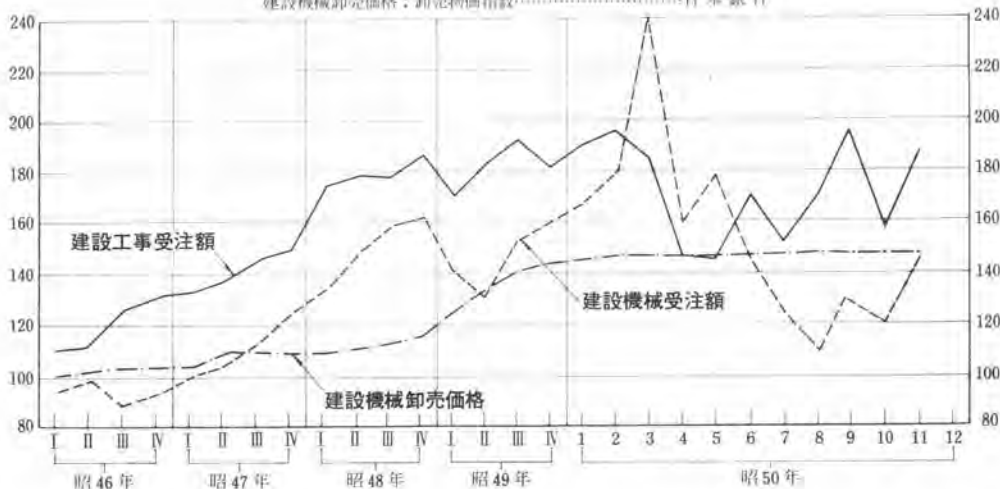
統

計

調査部会

### 建設工事受注額・建設機械受注額・建設機械卸売価格の推移

指数基準：昭和45年平均=100  
 建設工事受注額：大手43社受注額（季節調整済）……建設省  
 建設機械受注額：機械受注統計（機種別）……経済企画庁  
 建設機械卸売価格：卸売物価指数……日本銀行



建設工事受注（第1次43社分）（受注額）——季節調整済

（単位：百万円）

| 昭和年月   | 総計        | 発注者別      |           |           |           | 工事種別      |           | 未消化工事高    | 施工高       |
|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|        |           | 民間        |           | 官公庁       | 建築        | 土木        |           |           |           |
|        |           | 計         | 製造業       |           |           |           | 非製造業      |           |           |
| 46年    | 4,122,688 | 2,257,670 | 593,532   | 1,660,540 | 1,611,968 | 2,321,465 | 1,670,516 | 2,793,919 | 3,533,603 |
| 47年    | 4,843,567 | 2,624,608 | 618,293   | 2,007,212 | 1,948,556 | 2,738,232 | 1,940,469 | 3,640,743 | 4,145,071 |
| 48年    | 6,161,029 | 3,832,823 | 1,029,758 | 2,800,771 | 2,048,824 | 3,668,015 | 2,307,777 | 4,614,934 | 5,316,778 |
| 49年    | 6,250,524 | 3,421,338 | 985,854   | 2,432,060 | 2,447,949 | 3,455,017 | 2,602,725 | 4,562,379 | 6,339,800 |
| 49年11月 | 515,049   | 258,963   | 77,251    | 181,587   | 223,256   | 253,703   | 245,407   | 4,589,683 | 525,930   |
| 12月    | 495,217   | 256,262   | 84,640    | 175,397   | 210,914   | 270,704   | 203,473   | 4,562,379 | 520,612   |
| 50年1月  | 543,896   | 296,330   | 78,087    | 217,521   | 212,128   | 307,173   | 232,128   | 4,610,914 | 493,936   |
| 2月     | 561,864   | 303,509   | 85,868    | 211,310   | 218,643   | 318,995   | 227,543   | 4,640,560 | 534,430   |
| 3月     | 538,570   | 293,583   | 84,181    | 209,608   | 211,748   | 334,920   | 187,815   | 4,797,259 | 489,397   |
| 4月     | 419,625   | 213,602   | 42,527    | 174,607   | 187,459   | 221,712   | 179,751   | 4,706,348 | 514,416   |
| 5月     | 428,512   | 206,357   | 52,973    | 153,389   | 198,850   | 205,118   | 211,902   | 4,681,905 | 482,804   |
| 6月     | 488,506   | 238,201   | 53,137    | 185,291   | 243,158   | 257,197   | 212,581   | 4,676,413 | 490,302   |
| 7月     | 435,230   | 214,812   | 43,342    | 172,250   | 197,872   | 238,268   | 180,114   | 4,638,025 | 472,213   |
| 8月     | 486,620   | 269,171   | 56,702    | 211,975   | 195,440   | 268,735   | 198,732   | 4,645,607 | 474,862   |
| 9月     | 555,059   | 266,279   | 52,574    | 212,098   | 225,889   | 302,666   | 229,997   | 4,705,079 | 499,500   |
| 10月    | 449,670   | 212,311   | 33,360    | 177,548   | 198,483   | 237,175   | 187,648   | 4,756,809 | 477,986   |
| 11月    | 530,113   | 231,785   | —         | —         | 237,000   | —         | —         | —         | —         |

50年11月は速報値

#### 建設機械受注実績

（単位：億円）

| 昭和年月 | 45年   | 46年   | 47年   | 48年   | 49年   | 49年12月 | 50年1月 | 2月  | 3月  | 4月  | 5月  | 6月  | 7月  | 8月  | 9月  | 10月 | 11月 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 建設機械 | 3,720 | 3,489 | 4,101 | 5,586 | 5,417 | 549    | 514   | 555 | 739 | 492 | 550 | 451 | 385 | 341 | 413 | 374 | 451 |

#### 建設機械卸売価格指数

| 昭和年月      | 46年平均 | 47年平均 | 48年平均 | 49年平均 | 49年12月 | 50年1月 | 2月    | 3月    | 4月    | 5月    | 6月    | 7月    | 8月    | 9月    | 10月   | 11月   |
|-----------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 建設機械（6品目） | 102.3 | 106.9 | 112.7 | 135.9 | 144.8  | 145.3 | 146.6 | 146.6 | 146.7 | 146.8 | 146.9 | 147.1 | 147.6 | 147.5 | 147.4 | 147.4 |
| 掘削機（1品目）  | 102.8 | 110.3 | 116.1 | 133.3 | 142.5  | 142.5 | 142.5 | 142.5 | 142.5 | 142.5 | 142.5 | 142.5 | 144.0 | 144.0 | 144.0 | 144.0 |
| トラクタ（1品目） | 102.3 | 108.1 | 114.5 | 138.7 | 145.4  | 145.4 | 145.4 | 145.4 | 145.4 | 145.4 | 145.4 | 145.4 | 145.4 | 145.0 | 145.0 | 145.4 |

- 注1. 昭和46年、47年、48年、49年は1月～3月、4月～6月、7月～9月、10月～12月の平均値で示した。
- 注2. 「建設工事受注額」において大手43社のシェアは約24～26%である。
- 注3. 「建設機械卸売価格」は6品目（4機種、輸出入を含む）につき加重平均した指数である。
- 注4. 「建設工事受注額」は50年の季節調整指数による。



# 行 事 一 覧

(昭和50年12月1日～27日)

## 広 報 部 会

### ■機関誌編集委員会

日 時：12月9日(火)12時～  
出席者：坪 質編集顧問ほか20名  
議 題：①機関誌昭和51年2月号(第312号)原稿内容の検討、割付 ②同4月号(第314号)の計画

### ■講 演 会

日 時：12月10日(水)15時～  
講 師：長谷川才次氏  
演 題：「最近の国際情勢」  
聴講者：約80名

## 機 械 技 術 部 会

### ■潤滑油研究委員会小委員会

日 時：12月3日(水)13時半～  
出席者：下川哲司幹事ほか5名  
議 題：「建設機械の潤滑管理」第1章の審議

### ■ショベル技術委員会騒音防止研究分科会

日 時：12月8日(月)13時半～  
出席者：杉山庸夫幹事ほか13名  
議 題：①分科会の活動方針について  
②騒音測定法の原案作成について

### ■ショベル技術委員会

日 時：12月16日(火)14時～  
出席者：富岡 直幹事ほか11名  
議 題：ショベル JIS改訂案の最終審

議

### ■舗装機械技術委員会振動ローラ分科会

日 時：12月17日(水)14時～  
出席者：倉田保造委員長ほか14名  
議 題：振動ローラのアスファルト舗装の締固めに対する適応性の試験結果について

### ■ディーゼル機関技術委員会

日 時：12月18日(木)14時～  
出席者：東 孝行委員長ほか14名  
議 題：機関排気に関するアンケート結果の報告ならびにこれに基づく今後の進め方について

### ■油圧機器技術委員会

日 時：12月19日(金)13時～  
出席者：井上和夫委員長ほか5名  
議 題：油圧機器整備解説書原稿審議

### ■コンクリート機械技術委員会幹事会

日 時：12月22日(月)14時～  
出席者：深井久男委員長ほか2名  
議 題：コンクリート機械未整理内容の検討

## 施 工 技 術 部 会

### ■建設工事排水処理委員会

日 時：12月2日(火)14時～  
出席者：堀内義朗委員長ほか14名  
議 題：委員会の進め方について

### ■橋梁工事機械化施工委員会架設工法分科会

日 時：12月18日(木)14時～  
出席者：玉野治光委員長ほか9名  
議 題：「橋梁架設工事の手引」の総まとめについて

### ■高速道路土工委員会土工単価分析分科会

日 時：12月23日(火)12時～  
出席者：森 茂分科会長ほか13名  
議 題：報告書作成打合せ

### ■場所打杭委員会第4専門分科会

日 時：12月26日(金)14時～  
出席者：栗瀬久和分科会幹事ほか5名  
議 題：①見学会について ②調査の件について

### ■破壊処理再利用法委員会

日 時：12月26日(金)13時～  
出席者：芳野重正委員長ほか23名  
議 題：コンクリート構造物取壊し方法の実態と問題点について(中部地建における実験報告)

## 整 備 技 術 部 会

### ■部品工具委員会

日 時：12月12日(金)10時～  
出席者：内田一郎委員長ほか5名  
議 題：ストラップレンチ規格案の検討

### ■技術委員会マニュアル分科会

日 時：12月19日(金)10時～  
出席者：小林正栄分科会長ほか4名  
議 題：油圧機器整備編の最終検討

### ■運営連絡会

日 時：12月24日(水)14時～  
出席者：森木泰光部会長ほか15名  
議 題：①整備マニュアル目次案の最終検討、整備用工具ピンチパー、ブライバの団体規格案の審議 ②各委員会の状況報告

## 調 査 部 会

### ■新機種新工法調査委員会

日 時：12月22日(月)14時～  
出席者：杉山庸夫委員長ほか19名  
議 題：①新機種調査の経過報告 ②新工法調査の経過報告 ③建設市場調査小委員会の内容について ④各社の新機種新工法の説明

## 機 械 損 料 部 会

### ■機械損料部会小委員会

日 時：12月9日(火)16時～  
出席者：高橋広次幹事長ほか5名  
議 題：「建設機械の損料と経費」の出版打合せ

### ■機械損料部会小委員会

日 時：12月23日(火)16時～  
出席者：田崎正一委員ほか5名  
議 題：図書編集計画について

## I S O 部 会

### ■第2委員会

日 時：12月12日(火)13時半～  
出席者：光石芳二委員長ほか7名  
議 題：①SC 2 N 144 SIPと H point の相関関係について ②127 N 64 ISO 2867 Access system の修正について ③127 N 65 ISO 3164 DLV の改訂について

### ■第3委員会第3小委員会

日 時：12月17日(水)14時～  
出席者：山口英幸小委員長ほか5名  
議 題：①Drain, Fill and Level Plugs改訂案作成打合せ ②Service Instrumentation of the Letter Ballot について

## 標 準 化 会 議 お よ び 規 格 部 会

### ■規格部会特別分科会

日 時：12月17日(水)14時～  
出席者：八木原一男委員ほか3名  
議 題：工事用水中ポンプ修理基準(案)に関する疑問点の調整

### ■規格部会幹事会

日 時：12月19日(金)14時～

出席者：鎌田矩夫部長ほか5名  
議 題：①委員会の編成について ②  
今後の委員会スケジュールの作成

### 業種別部会

#### ■建設業部会幹事会

日 時：12月10日(水) 11時～  
出席者：島津 武部会長ほか 27名  
議 題：①新工法調査について(調査  
部会依頼のもの) ②関係委員会の  
状況報告

#### ■サービス業部会

日 時：12月12日(金) 15時～  
出席者：久保田栄部会長ほか9名  
議 題：業界の現況について

### 建設公害対策専門部会

#### ■指針委員会打合せ会

日 時：12月4日(木) 14時～  
出席者：藤原 武委員長ほか7名  
議 題：「建設工事に伴う騒音振動対  
策技術指針(案)」について

#### ■指針委員会幹事会

日 時：12月8日(月) 13時半～  
出席者：山名至孝幹事ほか 12名  
議 題：参考資料のとりまとめ

#### ■指針委員会

日 時：12月9日(火) 11時～  
出席者：永盛峰雄委員ほか 19名  
議 題：「建設工事に伴う騒音振動対  
策技術指針(案)」のうち特に振動規  
制について

#### ■指針委員会幹事会

日 時：12月25日(木) 13時半～  
出席者：鈴木敏夫幹事ほか 10名  
議 題：参考資料のとりまとめ

### 安全対策専門部会

#### ■安全マニュアル委員会幹事会

日 時：12月8日(月) 14時～  
出席者：高橋敏郎委員長ほか4名  
議 題：安全マニュアル原稿のとりま  
とめについて

#### ■ヘッドガード委員会幹事会

日 時：12月12日(金) 14時～  
出席者：森 宣制委員長ほか 11名  
議 題：「車両系建設機械用ヘッドガ  
ードの構造の基準」に関する通達の  
取扱いについて

#### ■安全マニュアル委員会

日 時：12月19日(金) 14時～  
出席者：高橋敏郎委員長ほか 34名  
議 題：安全マニュアル原稿提出と用  
語の統一について

## 編集後記



厳寒期の今頃臨海特集とはいささかオフシーズンの感がありますが、担当委員の役職柄のこととご了承いただきたく思います。原稿全般を通じての問題ですが、いかに公害のやかましい世相とはいえ、あの広大な海洋に関係する事業においても、環境保全のテーマを抜きにしては一步も進めない現実の厳しさが今更ながら痛感させられました。大気に比べて水質の汚染は人間の感覚に強くアピールするせいかも知れません。

本誌において長年とり上げられて

きた各種建設機械の発達の功績を否定するものではありませんが、施工手段の改善のみでは解決し得ない課題の山積している昨今、環境関連の技術のウエイトが高まる中で、そうした分野の優れた発表を積極的に確保していく姿勢が望まれると考えております。

終りに、ご多忙中にもかかわらず執筆にご協力いただいた方々に厚くお礼申し上げますとともに、今後とも愛読者各位のご支援をお願いいたします。(奥出・林・鈴木滿)

No. 312 「建設の機械化」 1976年2月号

〔定 価〕1部450円  
年間4,800円(前金)

昭和51年2月20日印刷 昭和51年2月25日発行(毎月1回25日発行)

編集兼発行人 最上武雄 印刷人 大沼正吉

発行所 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 機械振興会館内 電話(03)433-1501

建設機械化研究所 〒417 静岡県富士市大淵 3154 (吉原郵便局区内)

北海道支部 〒060 札幌市中央区北3条西2-6 富山会館内

東北支部 〒980 仙台市国分町 3-10-21 徳和ビル内

北陸支部 〒951 新潟市東堀通六番町 1061 中央ビル内

中部支部 〒460 名古屋市中区栄 4-3-26 昭和ビル内

関西支部 〒540 大阪市東区谷町 1-50 大手前建設会館内

中国支部 〒730 広島市八丁堀 12-22 藁地ビル内

四国支部 〒760 高松市福岡町 4-28-30 小竹ビル内

九州支部 〒810 福岡市中央区舞鶴 1-1-5 舞鶴ビル内

取引銀行三菱銀行銀座支店

振替口座 東京71122番

電話(0545)35-0212

電話(011)231-4428

電話(0222)22-3915

電話(0252)23-1161

電話(052)241-2394

電話(06)941-8845

8789

電話(0822)21-6841

電話(0878)21-8074

電話(092)741-9380

印刷所 株式会社技報堂 東京都港区赤坂1-3-6

どこへでも持って行ける...

# 丸友の移動式生コンプラント

MCP-500-D(0.5m<sup>3</sup>) MCP-750-D(0.75m<sup>3</sup>)

(実用新案申請中)



## 丸友機械株式会社

本社 名古屋市東区高岳町1丁目6番地  
 〒461 電話<052>(951)5381(代)  
 東京営業所 東京都千代田区神田和泉町1の5  
 〒101 ミツバビル 電話<03>(861)9461(代)  
 大阪営業所 大阪市浪速区芦原2丁目3の8  
 〒556 山下ビル 電話<06>(562)2961(代)  
 春日井工場 愛知県春日井市宮町73番地  
 〒486 電話<0568>(31)3873(代)

## 国外及び新幹線工事で大活躍 サガのスチールフォーム



### 【営業品目】

スチールフォーム・スライディングセントルフォームセントル・鋼製支保工・パネル・各種コンベヤー・護岸用及びダム用フォーム・プレートフィダー・ずりびん・クレーン・シールド工事用機器・各種プラント・橋梁・鋼製プール・その他鉄骨製缶工事設計製作

山陽新幹線トンネル工事各社納入  
 上部半断面打設用スチールフォーム  
 L: 15,000 自走装置付  
 特許 下掻引上装置(他社では製作出来ません)



## 佐賀工業株式会社

本社・工場 富山県高岡市荻布209 TEL 0766-23-1500 (代)

東京事務所 東京都中央区八丁堀4H-10第2SSビル5F  
 TEL (03)551-3186(代)  
 東京工場 埼玉県鴻巣市箕田字二本木3838  
 TEL (0485)96-3366-8  
 大阪事務所・工場 大阪市北区源蔵町10  
 TEL (06)362-8495-6  
 仙台事務所・工場 宮城県岩沼市桑原町4-9-12  
 TEL (02232)2-4316(代)  
 沼田事務所・工場 群馬県沼田市薄根町3475  
 TEL (0278)3-3471  
 青森事務所・工場 青森県青森市大字原別字上海原98-1  
 TEL (0177)36-6161

# 溶接自動化の決定版

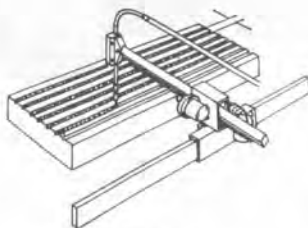
STOODY MODEL **GP** GENERAL PURPOSE

AUTOMATIC REBUILDING SYSTEM

溶接自動化で従来ネックとなっていた問題点をすべて解決した全方向、全自動の画期的な溶接装置です。

〔必要電源〕

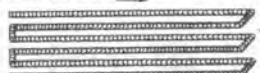
- 溶接用DC600A又は500A-40V 80%定電流垂下特性



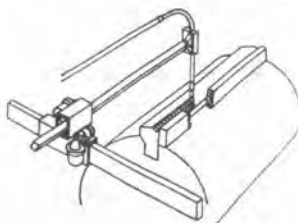
1. 両端ななめ連続溶接



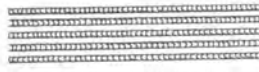
2. 直角直線ななめ組合せ連続溶接



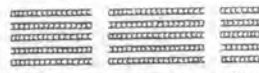
3. 直角直線組合せ連続溶接(間隔選択自由)



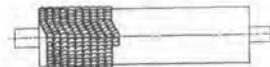
4. 平行連続溶接



5. 平行断続溶接(ピッチ間隔自由)



6. 自動ステップオーバー(横送り)機構による円筒物溶接



## MODEL **GP** GENERAL PURPOSE 自動溶接パターン

——— 詳細については下記にお問合せ下さい ———

STOODY社日本代理店



# マルマ 重車輻 株式会社

|       |                     |                     |                  |      |
|-------|---------------------|---------------------|------------------|------|
| 本社工場  | 東京都世田谷区桜丘1丁目2番19号   | ☎(03)429局2131(大代表)  | テレックス番号242-2367番 | 〒156 |
| 名古屋工場 | 愛知県小牧市小針中市場25番地     | ☎(0568)77局3311(代)3番 | テレックス番号4485-988番 | 〒485 |
| 相模原工場 | 神奈川県相模原市大野台6丁目2番1号  | ☎(0427)52局9211番     | テレックス番号287-2356番 | 〒229 |
| 神戸出張所 | 兵庫県神戸市垂水区高丸7丁目7番17号 | ☎(078)706局5322番     | 〒655             |      |

各種米国製機械器具・薬材・及整備用機械工具

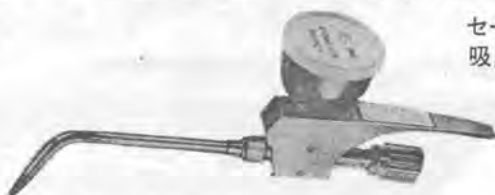
# (1) "Snap-on Tools"



世界最高の  
品質を誇り  
永久保証の……  
手工具と整備用  
診断機器

# (2) "Powder Torch"

新製品!! 合金粉末の吹きつけと熔接が単一操作で簡単に手軽に出来る「粉末熔接用アタッチメント」



セーフティホッパー  
吸出し装置つき

## ●合金粉末スプレートーチによる応用例(射出チップ各種あり)

1. 鋳鉄の修繕…鋳鉄の修繕にはきわめて効果の高い手法で、ニッケルの高い強度とトーチ熔接法による均一加熱の長所とガスブレイク熔接によってうまく結びつき、アーク熔接法に見られる部分的に不均一な硬度とか、ひび割れは防止でき、ブロンズ熔接にくらべてそれほどの高熱を必要とせず、より短時間で手軽に熔接できます。
2. シャフトの肉盛り…シャフトの肉盛りをひずみなしにおこなうには、スプレー法を採用するのが得策です。
3. 防蝕熔着…0.13ミリから0.25ミリ以上までの厚みで表面に気泡のない熔着ができます。
4. 表面硬化肉盛り…0.13ミリ以上お望みの厚さまでスプレー熔着します。
5. ステンレスへのはんだづけ…特に薄いステンレスときまごまの厚みをもった切片との接合に最適です。
6. 彫金…不可能とされていた多くの用途に道を開くもので、色合いとか風格に無限のパラティを与えます。MW印合金粉末トーチの新設計製品によって金属化塗装(不溶性の表面塗装)もできます。

注) 合金粉末は用途に応じ銅、ニッケルを母材としたもの、又はタングステン、カーバイトの微粒粉を混ぜたもの、又は機械加工の容易なものがあります。(ラチェターのコア、各種シャフト、歯車、羽根車、バルブ、等肉盛熔接)(詳細は当社へ御連絡下さい、必要に応じ実演を兼ねて参上致します)。



# GB Series (3) "Flex-Hone"

## ●特長 "ホーニング" の新製品

- ★弾力性があり、決して破損せず、砥石のムダがありません。
- ★内燃機関シリンダーを此のフレックス ホーニングで仕上げた時のリングとシリンダーの当り面(RING SEATING)は非常に精度が高く、全くシリンダーに新しい生命を与えます。

スナップオン工具 米国L & B自動熔接機 ロジャース油圧機器 日本総代理店



# 内外機器株式会社

本社 東京都世田谷区桜3丁目11番12号 電話 03-425-4331(代表) 加入電信242-3716 丁156  
名古屋営業所 名古屋市中区千早町5丁目9番5号 電話052-261-7361(代表) 加入電信442-2478 丁460

動く仮設道路

土木 } 工事用  
トンネル }

# モノレール

現場での能率向上は先ず運搬作業の合理化と省力化から

## 用途

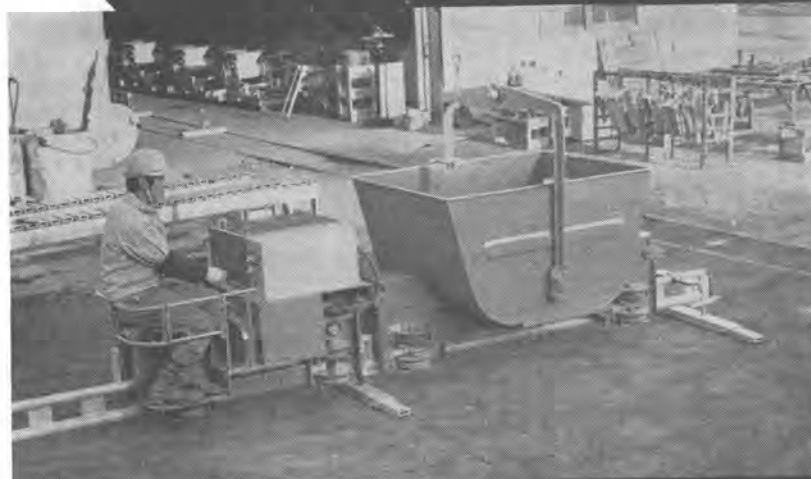
- 砂防堰堤、山地高所の資材運搬
- 干拓地など軟弱地盤での資材運搬
- 圃場内の送電線建設用資材運搬



## ●土木工事用モノレール

## 用途

- シールド工事のズリ搬出資材運搬
- 下水道用管工事のズリ搬出
- 直径0.7m～2.8mの上記工事に適応出来ます。



## ●トンネル工事用モノレール



発売元

日鉄鉱業株式会社

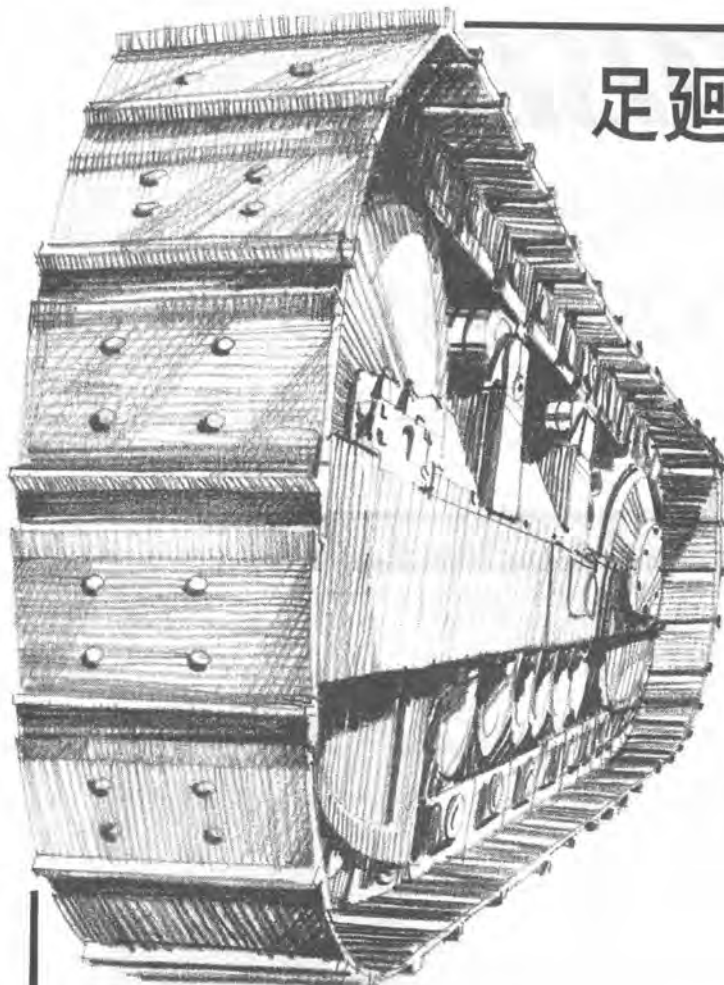
本社 東京都港区三田1丁目4番28号(三田国際ビル) ☎(03)454-5011(大代表)  
北海道支店 ☎(011)561-5371 名古屋営業所 ☎(052)962-7701  
大阪支店 ☎(06)251-2385 仙台営業所 ☎(022)22-5857  
九州支店 ☎(093)761-1631 広島営業所 ☎(0822)43-1924



製造元

株式会社 嘉穂製作所

本社工場 福岡県嘉穂郡筑穂町大字大分567 ☎(09487)-2-0390



# 足廻りの専門家!

クローラー足廻り関係の  
設計製作について  
ご相談下さい……………

アフターサービスも  
万全です……

## 〈営業品目〉

- ・小松・キャタピラー三菱  
その他各モデル
- ・リング・ピン・ブッシュ・シュー
- ・ラグ その他足廻り部品

トラック・リンクは  
トキロンへ……………



### 東日興産株式会社

札幌市豊平区平丘8 (881)5050(代)

### 中外機工株式会社

仙台市本材木町4-6 (57) 7541(代)

### 東日興産株式会社

東京都世田谷区野沢3-2-16 (424) 1021(代)

### 川原産業株式会社

愛知県西春日井郡岡崎町大字熊之庄4709-7 (21)3141

### 川原産業株式会社

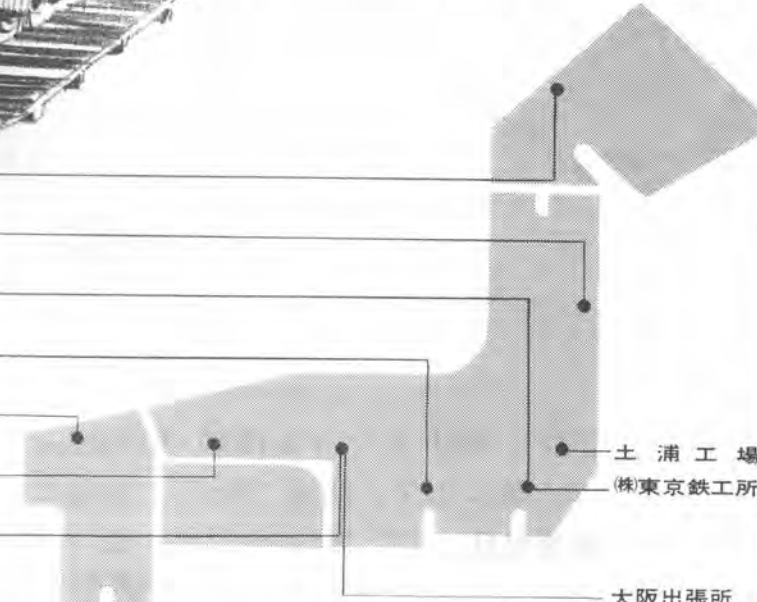
北九州市小倉区大門町2-3-3 (58) 3651(代)

### 中吉自動車株式会社

広島市西観音町9-5 (32) 3325(代)

### 川原産業株式会社

大阪市浪速区幸町4-1 (561) 0555(代)



土浦工場  
(株)東京鉄工所

大阪出張所

TRACK PARTS FOR CRAWLER TRACTOR

# TOKIRON

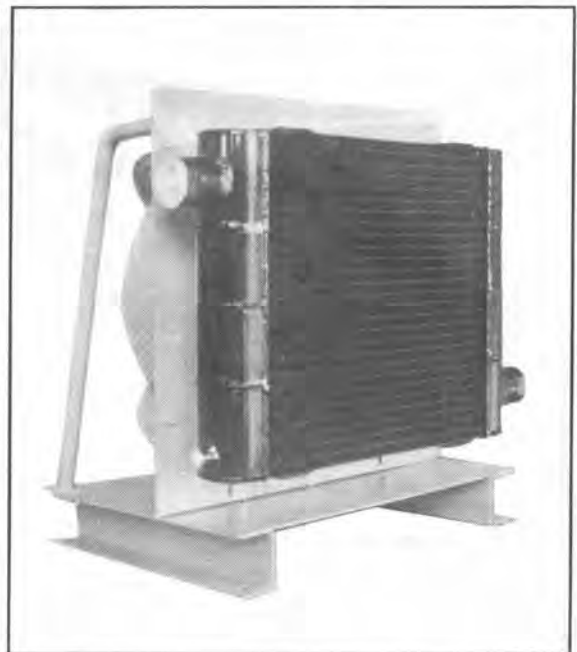
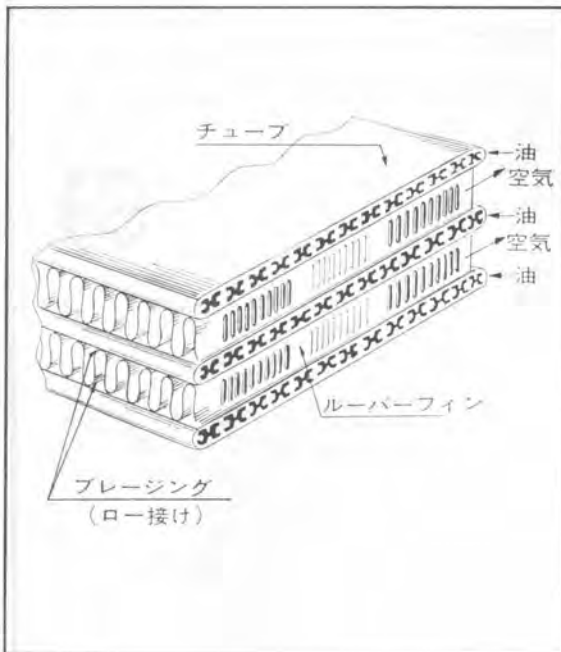
## 株式会社 東京鉄工所

東京都大田区仲池上1-22-9 ☎(752)3211(大代) テレックス 246-6098  
大阪出張所 大阪府東大阪市長田東4-9-8 ☎06-744-2479  
土浦工場・茨城県土浦市北神立町1番10号

# TAISEI

## 大手建設機械メーカーへ 多くの実績を持つ 空冷オイルクーラーシリーズ

— 低価格・高性能・軽量 —



200<sup>□</sup>~900<sup>□</sup>までの多種類・納期迅速材質が総アルミ製なので、軽量で耐圧、耐蝕に優れている。

**営業品目** 油圧・潤滑用サクシジョン、低、中、高圧、リターン等各種フィルター、水冷、多管式オイルクーラー(自社製ローフィンチューブ組込)強制潤滑装置。

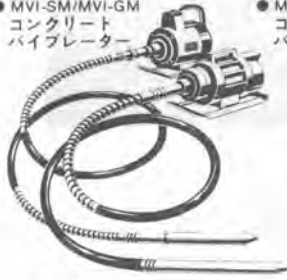


### 大生工業株式会社

本社工場 東京都板橋区若木2-32-2 ☎174  
☎東京(03)(934)3281(代) テレックス272-2880  
宇都宮工場 栃木県那須郡南那須町大字南大和久字早坂984-2 ☎321-05  
☎南那須(028788)7211 テレックス3546-295



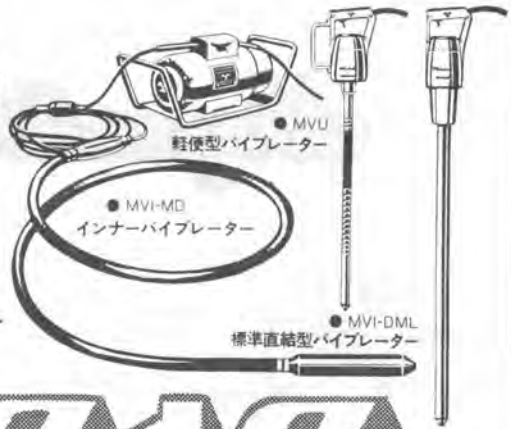
● MVI-SM/MVI-GM  
コンクリート  
バイブレーター



● MVI-CE/MVI-GE  
コンクリート  
バイブレーター



● MVU  
軽便型バイブレーター



● MVI-MD  
インナーバイブレーター

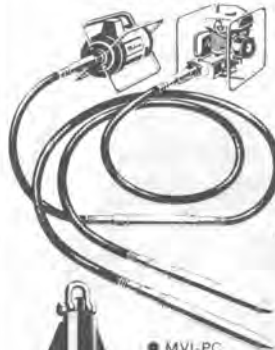
# Mikasa

## CONSTRUCTION EQUIPMENTS

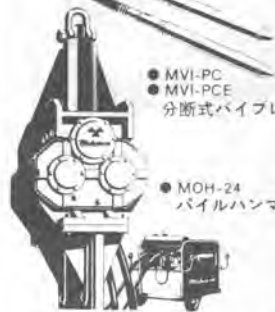
特殊建設機械メーカー

## 三笠産業

本社 東京都千代田区椿本町1-4-3  
電話 (03) 292-1411 大代表  
札幌出張所 札幌市中央区大通西8-2 正田ビル  
電話 (011) 251-2890 913  
仙台出張所 仙台市青葉区1-10-12 Sビル  
電話 (022) 61-6361-2  
工場 長野市/春日町



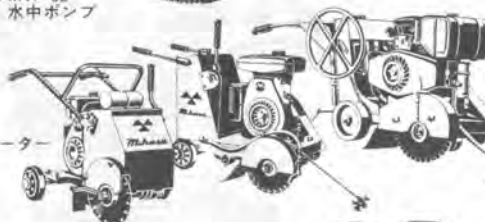
● MVP-3E  
水中ポンプ



● MVI-PC  
● MVI-PCE  
分断式バイブレーター



● MOH-24  
パイルハンマー

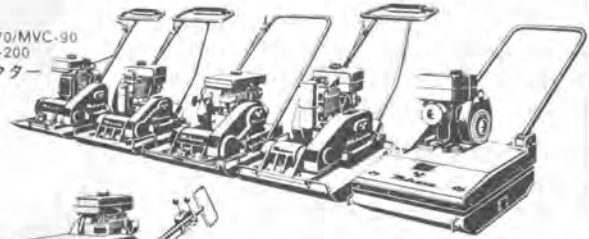


● MVC-52/MVC-70/MVC-90  
● MVC-110/MVC-200  
プレートコンパクター



● MHC-8A  
ハンドコンクリートカッター

● MCD-1/MCD-2B/MCD-3  
コンクリートカッター



● MDR-S50  
スローブタンパー



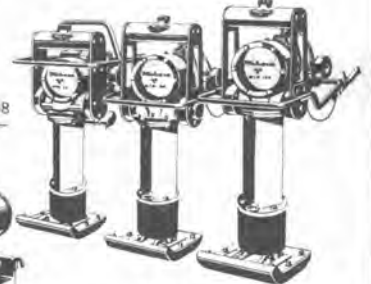
● MDR-T38  
トレンチローラー



● MDR-9  
ダブル  
バイブレーション  
ローラー



● MDR-7  
ダブルバイブレーションローラー

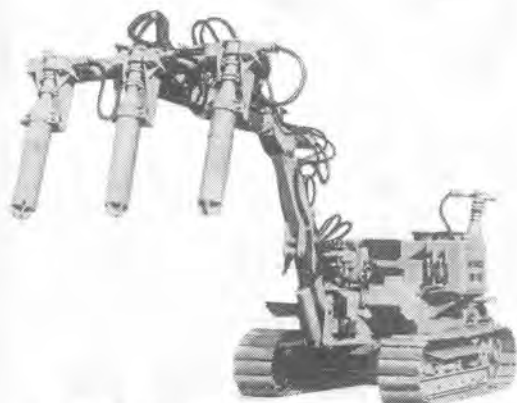


● MTR-55/MTR-80/MTR-120  
タンピングランマー

# Hayashi VIBRATORS

長い伝統

最新の技術

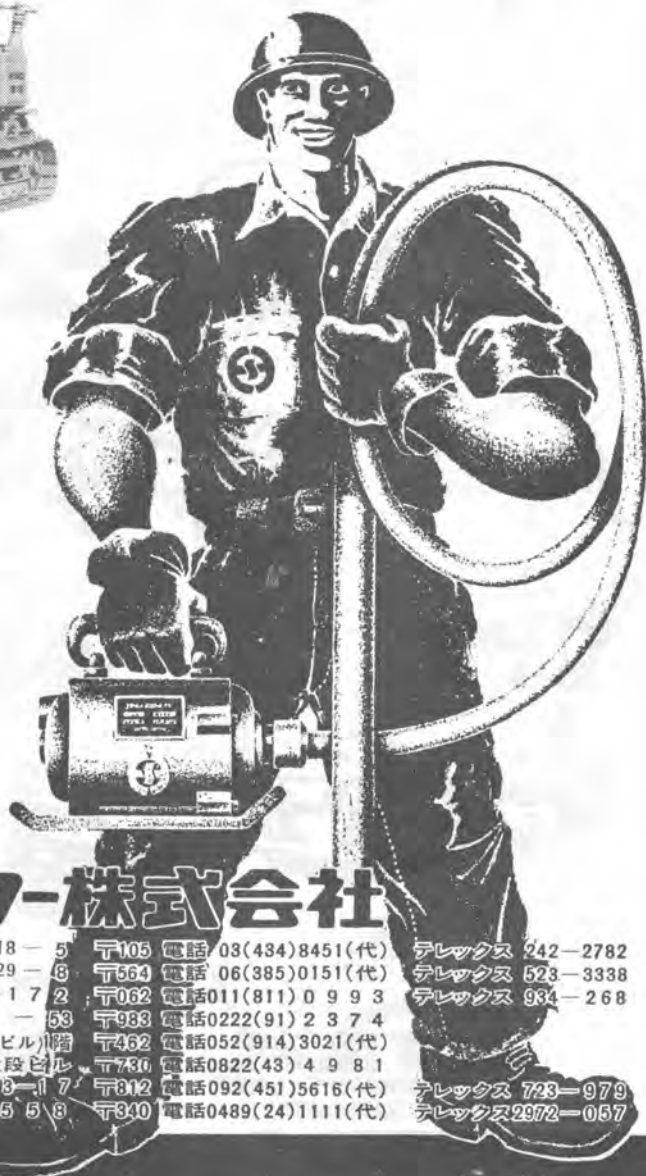


ダム用省カバイブレーター

VB-3M型



凡ゆるコンクリート  
施工に即応する  
電気式・空気式・エンジン式  
各種バイブレーター

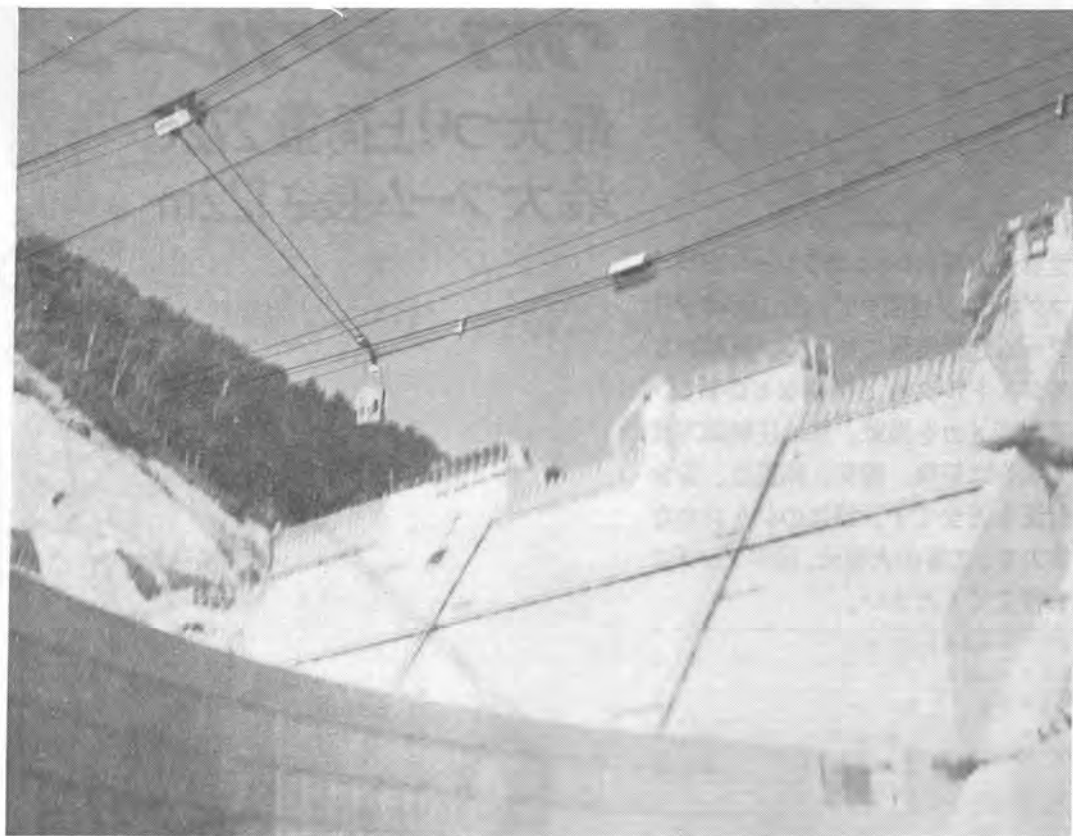


## 林バイブレーター株式会社

|         |                    |                         |                |
|---------|--------------------|-------------------------|----------------|
| 本社及東京支店 | 東京都港区浜松町1-18-5     | 〒105 電話 03(434)8451(代)  | テレックス 242-2782 |
| 大阪支店    | 大阪府吹田市江の木町29-6     | 〒564 電話 06(385)0151(代)  | テレックス 523-3338 |
| 札幌出張所   | 札幌市豊平区平岸2条5-17-2   | 〒062 電話 011(811)0993    | テレックス 984-268  |
| 仙台出張所   | 仙台市原町1-3-53        | 〒983 電話 0222(91)2374    |                |
| 名古屋出張所  | 名古屋市区深田町3-60 白竜ビル階 | 〒462 電話 052(914)3021(代) |                |
| 広島出張所   | 広島市南千田東町1-8 大段ビル   | 〒730 電話 0822(43)4981    |                |
| 九州出張所   | 福岡市博多区美野島3-13-17   | 〒812 電話 092(451)5616(代) | テレックス 723-979  |
| 工場      | 埼玉県草加市稻荷町1-5-8     | 〒340 電話 0489(24)1111(代) | テレックス 2972-067 |

# 南星の複線式ケーブルクレーン

特許出願中



- ★ 主索2本の間何処からでも積卸しが可能で広範囲に打設が出来る。
- ★ 主索2本は長さが相違しても、高さの差があっても可能で、地形に制約されずに設計が容易である。又地盤の切削が必要でない。
- ★ 遠隔コントロール装置により操作が容易で、渦流ブレーキ制御方式で速度制御が円滑である。



株式会社南星

|        |                           |                |        |               |        |         |
|--------|---------------------------|----------------|--------|---------------|--------|---------|
| 本社工場   | 熊本市十禅寺町4の4                | TEL(代)52-8191  | 宇都宮駐在所 | 宇都宮市今泉町3016   | TEL    | 61-8088 |
| 東京支店   | 東京都港区西新橋1の18の14(小里会館ビル2階) | TEL(代)504-0831 | 盛岡営業所  | 盛岡市開運橋通り3番41号 | TEL(代) | 24-5231 |
| 大阪営業所  | 大阪市大淀区本庄中通3丁目9番地          | TEL(代)372-7371 | 長野営業所  | 長野市大字中御所岡田152 | TEL(代) | 85-2315 |
| 名古屋営業所 | 名古屋市東区石神堂町2丁目18の2(大栄ビル)   | TEL(代)962-5681 | 宮崎営業所  | 宮崎市堀川町54の6    | TEL(代) | 24-6441 |
| 仙台営業所  | 仙台市本町2丁目9番15号             | TEL(代)27-2455  | 新潟出張所  | 新潟市東万代町4番9号   | TEL(代) | 45-5585 |
| 札幌営業所  | 札幌市北16条東17丁目              | TEL(代)781-1611 | 大分出張所  | 大分市中島西2丁目1~41 | TEL    | 4-2785  |
| 広島営業所  | 広島市中広町2丁目17番18号           | TEL(代)32-1285  | 甲府出張所  | 甲府市千塚町2111    | TEL    | 22-5725 |
| 熊本営業所  | 熊本市十禅寺町9の1                | TEL(代)52-8191  | 富山出張所  | 富山市大泉一区東部1139 | TEL    | 21-3295 |



# スーパースター

## P&H 5300 クローラークレーン

最大つり上荷重 272t  
最大ブーム長さ 122m

世界最大級のジャンボクレーン出現！  
マグネトルク旋回クラッチ、プラネタリ  
ブーム起伏装置に加えて、画期的な  
モジュトルク巻上機構などの新鋭・  
高性能メカを満載。高油圧制御方式  
で操作は軽快、確実。輸送性、安全  
対策も万全です。272tのジャンボな  
実力を、工事の大型化、能率アップに  
お役立てください。

|          |                                    |
|----------|------------------------------------|
| 最大つり上荷重  | 272.0ton                           |
| 最大ブーム長さ  | 122m                               |
| 作業時重量    | 約227ton                            |
| 接 地 圧    | 1.22m標準シュー付 1.01kg/cm <sup>2</sup> |
|          | 1.54mシュー付 0.83kg/cm <sup>2</sup>   |
| エンジン定格出力 | 420/2, 300ps/rpm                   |

### ◆ 神戸製鋼

建設機械本部

東 京 東京都千代田区丸の内1-8-2 ☎104 ☎03 (218) 1704  
大 阪 大阪市東区北浜3丁目5 ☎541 ☎06 (203) 2221  
その他 札幌・仙台・新潟・富山・名古屋・高松・広島・福岡

### ◆ 神鋼商事

建設機械本部

東 京 東京都中央区八重洲4丁目3 ☎104 ☎03 (272) 6451  
大 阪 大阪市東区北浜3丁目5 ☎541 ☎06 (202) 2231  
その他 札幌・仙台・新潟・富山・名古屋・静岡・広島・福岡

\*カタログの用意がございます。ご請求ください。



実績と技術を誇る特殊電機……！

# トクデン タンパー Y-80型

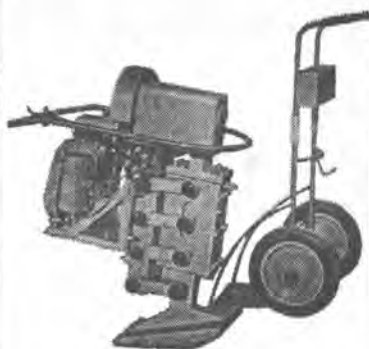
本邦唯一、  
ゴム共振採用

特殊衝撃方式の為故障少  
なく耐久力が大である。

- 突固め能力が強力である
- 前進登坂力が強力である
- 注油の必要がない

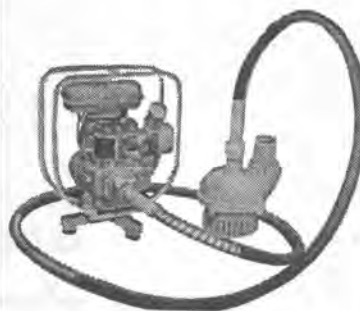
### ■用途

路床・路盤・アスコン等の軸圧  
埋設工事後の輾圧 法面・法肩  
路肩等法面の輾圧 盛土・栗石  
の突固めその他狭路場所の輾圧  
締固め



# トクデン ポンプ

軽便高性能



# トクデン パイプレータ



原動機はエ  
ンジンでも、  
モーターで  
もO・K

### 特長

- 原動機はエンジン、モーターいずれも使用出来る。
- 小型軽便で特運びは一人で出来る
- 取扱操作は極めて容易。
- 呼び水等は一切不要。
- 故障少なく耐久度大。
- 土砂混入のよごれ水でも容易に大量揚水出来る。
- 原動機は一切の部品、工具を使わないでパイプレーターに完全兼用出来る。

吐出口径 2吋 3吋  
揚程 (最大)

22m 14m

揚水量 (最大)

480ℓ/min

1100ℓ/min

### 営業品目

コンクリート・ロ  
ード・フィニッ  
シャー 各種コン  
クリートパイプ  
レーター  
(エンジン式・空  
気式・電気式)  
フィニッシング  
スクリッド・振動  
モーター・その他  
振動機械



## 特殊電機工業株式会社

|        |                        |     |                  |
|--------|------------------------|-----|------------------|
| 本社     | 〒161 東京都新宿区中落合3丁目6番9号  | 電話東 | 京 03(951)0161-5  |
| 浦和工場   | 〒336 浦和市大字田島字榎沼2025番地  | 電話浦 | 和 0488(62)5321-3 |
| 大阪出張所  | 〒550 大阪市西区九条南通3丁目29番地  | 電話大 | 阪 06(581)2576    |
| 九州出張所  | 〒816 福岡市南局区内青木真砂町793番地 | 電話福 | 岡 092(41)1324    |
| 名古屋出張所 | 〒457 名古屋市南区沙田町3丁目21番地  | 電話名 | 古屋 052(822)4066  |
| 仙台出張所  | 〒983 仙台市大行院丁1番地        | 電話仙 | 台 0222(57)3860   |
| 北海道駐在  | 〒060 札幌市北一条東8丁目1番地     | 電話札 | 幌 011(241)8101   |

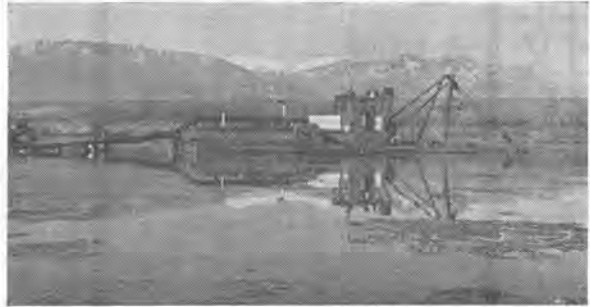
ホイールカッター式

小形

# 浚せつ船

標準吐出径 150, 200, 250, 300, 350mm

- 分解して陸搬できる
- 浚せつ圧送能力は絶大
- 周辺の水を濁さない
- 砂・砂利の採取
- ダムの堆砂さらえ
- 港湾のヘドロ除去
- 河川の水底掘削



株式  
会社

## ウオチマン

カタログ説明書贈呈最寄現場ご案内

〒542 大阪市南区鯉谷東之町32 TEL 06-252-0241

## 高圧スラリー直接測定

電磁式  
グラウト流量計  
DRシリーズ



DR-120-1形  
DR-60-1形

### ■ 使用分野

|          |         |
|----------|---------|
| 都市グラウト   | 透水試験    |
| ダムグラウト   | 先端圧力    |
| ずい道グラウト  | 岩盤変位    |
| 自動グラウト装置 | テストグラウト |

DR-120-3F



● 高圧のダムグラウト/ずい道グラウトに最適です

- 1 ゲージマンは必要ありません。
- 2 どのポンプにも使用できます。
- 3 操作が簡単です。
- 4 小形・軽量・安価です。
- 5 制御動作が早く確実な制御です。
- 6 バルブの保守が簡単です。
- 7 リターン方式なので「ツマリ」ません。
- 8 グラウト流量計への組込は、ワンタッチです。

新  
住  
所

建設制御の明昭

Metsyn

# 明昭株式会社

〒211 川崎市中原区市ノ坪199  
電話 044(433)7131(代)

# 抄録者募集

当情報センターでは、土木工学分野の外国文献の抄録作成協力者を広く募集しています。

この仕事は自宅で行えるもので、一論文を約300字程度の和文に要約する作業です。

雑誌類は郵送しますので地方のかたも多数ご応募下さい。

## ■外国文献

Civil Engineering (London) 英国

Public Works 米国

Baumaschine und Bautechnik 西ドイツ

その他 各種雑誌、レポート、会議論文集など

### 抄録料金等のお問い合わせ、お申込先

特殊法人 **日本科学技術情報センター** 情報部 土木部門

〒100 東京都千代田区永田町2丁目5番2号 ☎(03)581-6411(代表) 内線572

お申込の際は本誌名をお知らせ下さい。

# VELVETOUCH®

クラッチフェーシング  
ブレーキライニング  
には

# トヨカロイ

## 《焼結合金摩擦材》

- 長い寿命 ●円滑、確実な作用
- 安定した特性 ●維持費低廉

当社は、焼結合金摩擦材料のトップメーカーである米国THE S.K. WELLMAN CORP. (商品名Velvetouch)との技術提携により、世界水準を行く製品(トヨカロイ)としてご好評を得ております。

## Ⓣ 東洋カーボン株式会社

本社 東京都中央区日本橋2-10-1 TEL (271)7321(代表)  
大阪営業所 TEL (203)4612/ 名古屋営業所 TEL (581)4591  
福岡営業所 TEL (281)7187/ 工場・茅ヶ崎・山梨・滋賀



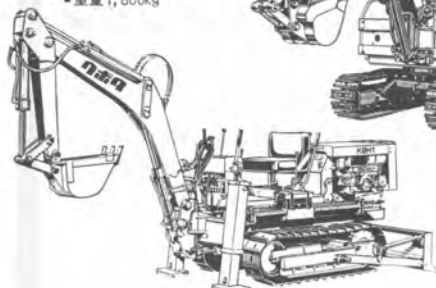


# いずれ劣らぬ……働き盛りの 根性ブル

クボタブルベットの全部で4機種。狭い現場で、きめ細かい仕事なら《根性ブル》におまかせください。大形ブルなみのすぐれた性能で、大きな仕事のできるのも自慢です。

## バックホー KBH-1

- 〈掘る+押す〉の1台2役
- 標準バケット容量0.06m<sup>3</sup>
- 最大掘削深さ2.23m
- 重量1,800kg



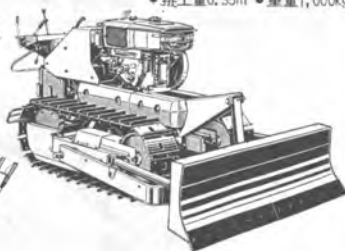
## バックホー KH-1

- 側溝掘自在の全スライド式ブーム
- 市街地や夜間でも安心して作業ができる防音設計エンジン搭載
- 最大掘削深さ2.5m ●掘削力2t
- 重量2,600kg



## ドーザ KD-1

- 排土・削土にすばらしい働き
- 排土量0.35m<sup>3</sup> ●重量1,000kg



## ショベル KD-S1

- 積み込み作業の省力化に
- 標準バケット容量0.13m<sup>3</sup>
- 接地圧0.24kg/cm<sup>2</sup>
- 重量1,300kg



ゆたかな人間環境つくり

建設機械



# クボタブルベット



●お問い合わせは…久保田鉄工(株)建設機械営業推進部・大阪市浪速区船出町2丁目22番556 ☎06(648)2106





# 性能抜群。

## ★余裕あるパワー………!!

古河のCT5Aショベルバックホウは、業界でも独自の地位を築いている弊社が、豊富な経験と永年の研究をもとに完成した最も使い易い小形掘削、積込みの新鋭機です。建設機械専用に新たに開発した、ねばりの大きい強力エンジンを搭載。作業には馬力にゆとりがあり、ねばり強さを発揮、苛酷な作業もラクラクこなします。しかもACゼネレータ、24V電装の採用により寒冷時での始動が容易。簡単に着脱できる豊富なアタッチメントと万全のアフターサービスでフル稼動。まさに男が惚れる新鋭機です。

### 〈CT5A———その他の特長〉

- 運転席は大きなスペースでデラックス。オペレータの身体に合わせた機能設計です。
- 人間工学が生んだ5段階スライド式のシートを採用していますから運転操作も容易です。
- ボンネットが低いいため視野が広く、快適な作業ができ、オペレータの疲労を軽減します。



**古河鋳業**  
FURUKAWA CO., LTD.

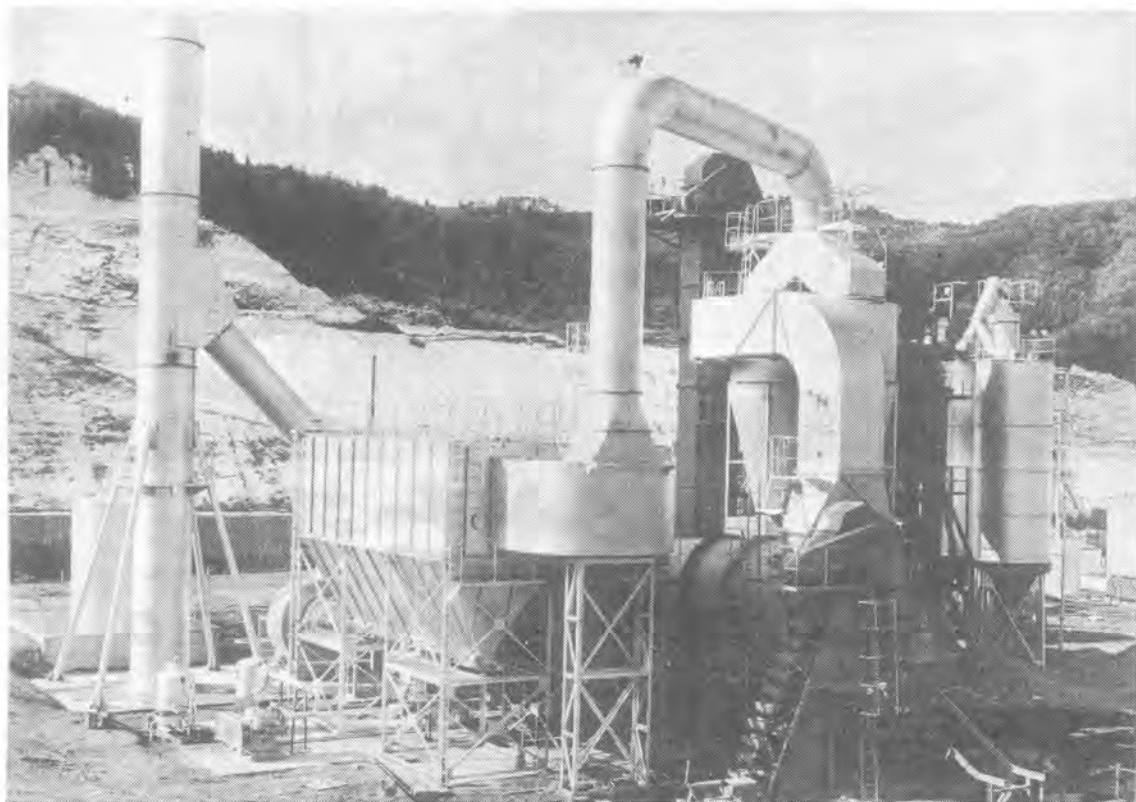
本社 〒100 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 (03)212-6551  
 大阪 (06)344-2531 福岡 (092)741-2261 仙台 (0222)21-3531  
 広島 (0822)21-8921 名古屋 (052)561-4586 札幌 (011)261-5686  
 高松 (0878)51-3264 金沢 (0762)61-1591 秋田 (0188)23-1836  
 建機・販売サービスセンター 田無 (0424)73-2641~6

# 古河のCT5A ショベルバックホウ



アスファルトプラント専用

# バグフィルタ



## 1 伊布付きのまま トレーラー輸送OK!

日工式バグフィルタなら、移設の際でも伊布の取りはずしや、ケーシングの分割がまったく不用。伊布を取りつけたまま、トラックやトレーラー輸送がスムーズにできる構造になっています。

## 4 集塵効率が高く 寿命の長い伊布

伊布の材質には耐熱性にすぐれたナイロンフェルトを使用、寿命の長さといまっぴ、微細な発生ダストを完璧に捕集します。

## アスファルト専用設計を実証する! バグフィルタ6大メリット

## 2 仮設の経費を大巾節減 現場組立はわずか2日!

日工式バグフィルタは一度装着すればあとは現地でもボルト操作するだけ…。これまで約1週間要していた組立工事もわずか2日でOK! 仮設経費の節減に役立ちます。

## 5 アスファルトプラントなら どのタイプでもOK!

既設のどんなアスファルトプラントにも、簡単に取りつけられます。

## 3 伊布の点検・取付が簡単 日工独自のオープンスタイル採用!

カバーを取りはずせば、簡単に伊布の点検・取付ができる日工だけのオープンスタイルを採用、伊布のメンテナンスはつねに完ぺきです。

## 6 フル装備の安全装置!

日工式バグフィルタは、非常温度制御装置をはじめ、安全稼働に欠かせない数々の装置が設けられています。



人間優先の国土開発と取組む

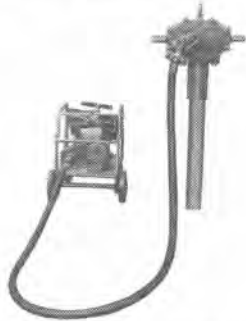
# 日工株式会社

本社・工場/明石市大久保町江井島 1013 TEL(07894)6-2121  
東京営業所/東京都千代田区神田駿河台1-6 TEL(03) 294-8121  
大阪営業所/大阪市西区新町南通 5-1 TEL(06) 538-1771  
札幌営業所 (011) 231-0441 仙台営業所 (0222) 24-1133  
名古屋営業所 (052) 582-3916 広島営業所 (0822) 21-7423  
福岡営業所 (092) 52-1161 鹿児島出張所 (0992) 26-2156

# 山田の振動杭打機シリーズ



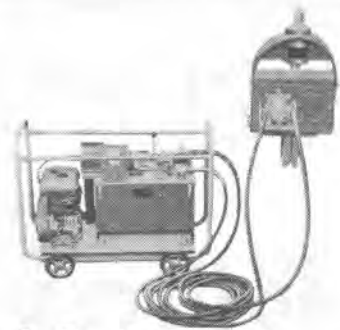
**V-3** フレキ式



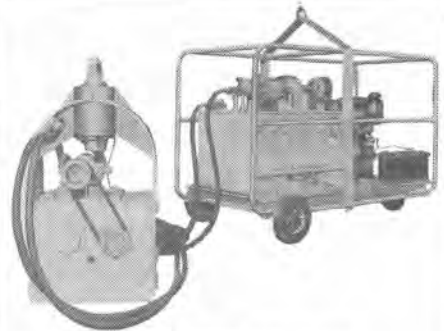
**V-6** フレキ式



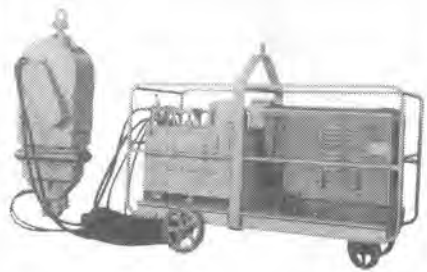
**V-6U** 油圧式



**V-8** 油圧式



**V-15** 油圧式



**V-25S** 油圧式

杭打・杭抜工事に活躍する山田の振動杭打機シリーズ。いろんな用途に応じて使いわけて頂きたいのです。例えば打込物が小物ならV-3タイプ。特に小型で軽量のため、足場の悪い工事現場に最適。大型工事にはV-25Sタイプ。性能はもちろん油圧式チャック採用のため、振動公害・騒音の心配もありません。又、どのタイプも治具の交換により多種多様の杭打・杭抜が可能です。

総販売元



**山田通商株式会社**

製造元



**山田機械工業株式会社**

本社 東京都北区赤羽南1丁目7番2号  
電話 東京03(902)4111番(代表)  
戸田工場 埼玉県戸田市新會南1丁目11番5号  
電話 (0484) 42-5059・5060番

詳しくは本社営業部迄お問合せ下さい。  
カタログ及資料を準備致しております。

営業品目 / 振動杭打機・バイブレーター・コンクリート製品連続製造設備・その他

# 安定した性能 信頼される技術

## 桜川のU-pump

土木建築工事・工場の設備用をはじめ、あらゆる揚排水作業に使用される桜川のU-pumpは、性能・経済性・取り扱いの簡単さを考慮して設計された、安心してご使用していただける水中ポンプです。



U-254SH



U-484A

☆水中ポンプのパイオニア☆

### 株式会社 桜川ポンプ製作所

本社・工場 大阪府茨木市安威1225番地 0726(43) 6 4 3 1  
上尾工場 埼玉県上尾市陣屋1005番地 0487(71) 0 4 8 1

札幌011(821)3355  
新潟0252(44)1943  
横浜045(441)6526  
大阪0726(43)6431  
広島0822(92)3666  
福岡092(582)5025

仙台0222(91)7181  
東京03(861)2971  
名古屋052(733)1377  
高松0878(33)0231  
北九州093(651)4511  
鹿児島0992(22)0806

# 西独 ABG 社の振動ローラー



## ■ ロックフィルダムの転圧に!

被牽引式SAW 185型ローラー

自重 13.5トン

振動数 1400サイクル/毎分

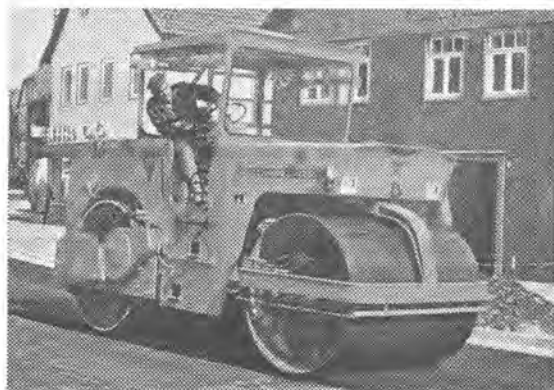


## ■ あらゆる種類の転圧に! (アスファルト、ソイル、碎石等)

自走式PUMA WZ 176,177,178型

自重 11トン, 11.5トン, 12トン

振動数 2000, 2500, 3000サイクル/毎分



## ■ アスファルト舗装転圧に! (ベースからトップ迄)

自走式 ALEXANDER 128型

自重 11トン

振動数 2000又は3000サイクル/毎分



輸入販売総代理店

**極東貿易株式会社**

建設機械第一部第二課

本店：〒100-91 東京都千代田区大手町2-2-1

(新大手町ビル7階) ☎03(244)3810

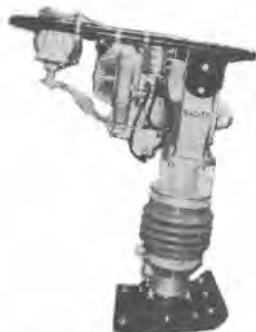
支店：札幌・沼津・名古屋・大阪・福岡

# WACKER®

コンクリート / 振 動  
土 壤 / 壊 圧  
破 砕 / さ く 岩

100ヶ国以上で品質本位の製品として立証されている。

## バイブレーション・ランマー



- 9機種
- 12kg～228kgまで
- 電気・ガソリン・ディーゼル駆動

BS-60Y型, 52kg オイルバス潤滑, 最高の填圧力

## バイブレーション・プレート



- 15機種
- 55kg～560kgまで
- プレート巾  
30～100cm
- 電気・ガソリン・ディーゼル駆動

## 破砕・さく岩・タイタンピン



- 9機種
- 7kg～31kgまで
- 電気・ガソリン駆動

BHF-25型

## 高振動内部バイブレーター



- 35機種
- モーター内蔵（バイブレーターヘッド内）型
- フレキシブルシャフト型
- エアー・バイブレーター型
- ヘッド径  
17～110mmφまで
- 電気・ガソリン・ディーゼル駆動

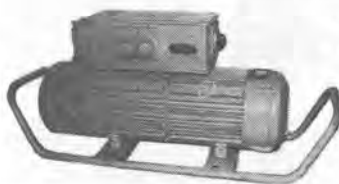
IREK 1.1Y/42  
フレキシシャフトなし  
メンテナンス不要

## 外部バイブレーター



- 21機種
- 3000・6000・9000  
12000rpm.
- 遠心力 3570kp  
まで

## 周波数とボルテージ コンバーター及びジェネレーター



- 15機種
- 16amp～312amp  
までの出力

### ワッカー社の 強調点

- ★50年以上の経験と技術的知識
- ★建設業界のために設計された 100機種以上の建設機械
- ★信頼性のある、有能な機械が最も新しい技術水準に基づいて製造されています。

※詳細な説明又は機械を見たいとの要望がありましたら直ちに手配致します。



日本ワッカー株式会社

東京都大田区南蒲田2丁目18番1号  
電話 (732) 9 2 8 1 (代)

# 明和

# 振動ローラー

両輪・駆動・振動

新製品

## タイヤローラー

MT-30型  
小型3ton



ステアリング軽快・サイド転圧可能

MVR-30型 3.0t

MVR-25型 2.5t

MVR-11型 1.1t



## バイブロプレート

アスファルト舗装  
表面整形

P-120kg

P-90kg

P-80kg

P-60kg

VP-70kg



## ハンドローラー

上下回転式ハンドル

MVH-5型 0.5t

MVH-8型 0.8t

(特許出願中)



## バイブロランシマ

道路・水道・瓦斯管  
電設・盛土・埋戻し

RA-120kg

RA-80kg

RA-60kg

《防音型》



(カタログ進呈)

株式会社

# 明和製作所

川口市青木1丁目18-2 〒332

本社・工場 Tel. (0482)代表(51)4525-9

大阪営業所 Tel. (06) 961-0747-8

福岡営業所 Tel. (092)411-0878・4991

広島営業所 Tel. (0822)93-3977代・3758

名古屋営業所 Tel. (052)361-5285-6

仙台営業所 Tel. (0222)564232・571446

札幌営業所 Tel. (011)822-0064

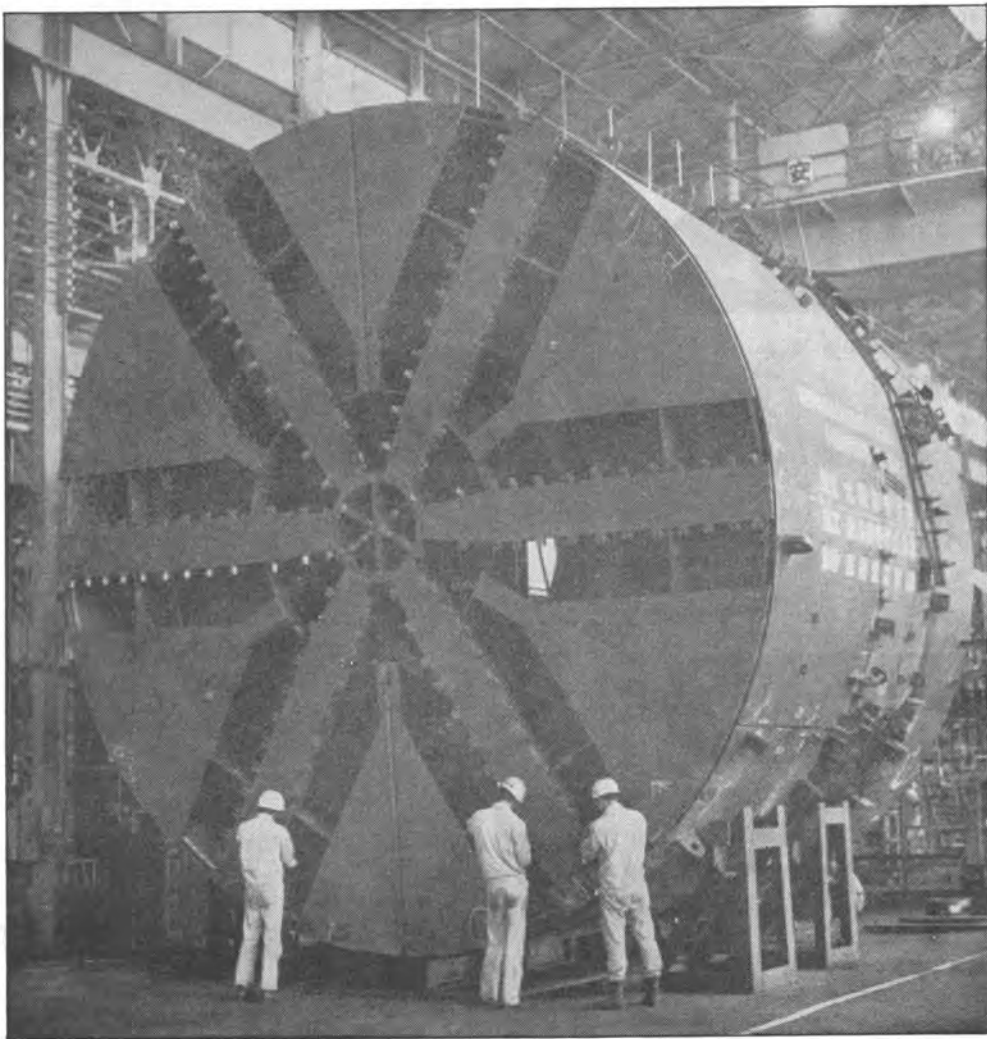


# 最高の技術・最高の実績! 三菱シールド掘削機

- 手掘式
- 機械式
- ブラインド式
- 泥水式
- セミ機械式

|   |   |    |    |   |
|---|---|----|----|---|
| 形 | 態 | …… | 円  | 形 |
|   |   | …… | 矩  | 形 |
|   |   | …… | 馬蹄 | 形 |

大口径シールドから小口径シールドまで、国内最高400余機の納入実績



三菱重工業株式会社 建設機械事業部  
 東京都千代田区丸の内2-5-1 ☎東京03(212)3111



三菱産業用エンジン！

さすが、

「ちからがあるね」。

〈あらゆる分野に活躍している三菱産業用エンジン〉

- 大型から小型にいたる各種エンジン。
- 多年の実績の結晶である抜群の信頼性、耐久性、経済性。
- 全国に網をひろげた完備なアフターサービス。

“豊富なエンジンからお選び下さい”

| 機種        | 要目      | 総行程容積(l) | 重量(kg) | 出力(ps) | 回転数(rpm) |
|-----------|---------|----------|--------|--------|----------|
| ディーゼルエンジン | KE65    | 3.473    | 330    | 65     | 2600     |
|           | 4DR50   | 2.659    | 255    | 57     | 3000     |
|           | 6DR50   | 3.988    | 370    | 83     | 2800     |
|           | 6DS30   | 5.103    | 425    | 91     | 2500     |
|           | 6DS70   | 5.430    | 425    | 100    | 2500     |
|           | 6D10    | 5.974    | 490    | 105    | 2500     |
|           | 6D11    | 6.754    | 525    | 110    | 2200     |
|           | 6DB10   | 8.553    | 750    | 115    | 1800     |
|           | 6DB10T  | 8.553    | 790    | 152    | 1800     |
|           | 6DC20   | 9.955    | 765    | 140    | 2000     |
|           | 8DC20   | 13.273   | 900    | 188    | 2000     |
|           | 8DC60   | 14.886   | 920    | 215    | 2000     |
|           | 8DC20T  | 13.273   | 1015   | 235    | 2000     |
| 10DC60    | 18.608  | 1150     | 270    | 2000   |          |
| ガソリンエンジン  | 2G21    | 0.359    | 64     | 11.5   | 4000     |
|           | 4G41    | 1.378    | 130    | 35     | 3600     |
|           | ME24P   | 0.359    | 74     | 10.5   | 3600     |
| ユニット      | 6DS30PU | 5.103    | 700    | 87     | 2500     |
|           | 6DS70PU | 5.430    | 710    | 95     | 2500     |

## 三菱産業用エンジン

三菱自動車工業株式会社

(産業エンジン課)

東京都港区芝5-33-8〒108 東京(03)455-1011

工場：東京・京都・水島

三菱ふそうディーゼルエンジン6D11

# Yutani-Poclair

油圧式  
掘削機

# ユタニ・ポクレン

長い経験と  
研究をふまえ  
小は四・四から  
大は二九・五まで  
造った数シリーズ

現場から現場へ  
疾走するタイヤ式  
荒場や湿地を  
物ともしない  
クローラ式  
百種を超える  
多様な  
アタッチメントで

掘り  
掏り  
掴み  
打ち  
吊り

ユタニ・ポクレンは  
黙々と働きます  
油谷は  
シヨベルの専業メーカ  
責任と誇りをもって  
一品一品  
真心こめ作ります



## 主要要目

▲中型機の決定版 Y S 450

|          | YS1000             | GC140    | LC80S     | LY80    | TC600   | YS450   | TCS     | TY45    | FCS       | 10A       |         |
|----------|--------------------|----------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|-----------|---------|
| 標準バケット容量 | m <sup>3</sup>     | 1.0      | 0.8       | 0.6     | 0.6     | 0.6     | 0.45    | 0.4     | 0.3       | 0.35      | 0.15    |
| 走行速度     | km/h               | 2.7      | 3.2, 0.93 | 2.5     | 27.0    | 2.5     | 2.2     | 2.0     | 16.5      | 2.0       | 27.3    |
| 最大登坂能力   | %                  | 58       | 50        | 50      | 55      | 50      | 60      | 50      | 30        | 45        | 36      |
| 総重量      | kg                 | 29,500   | 23,500    | 15,100  | 14,800  | 15,000  | 12,000  | 12,830  | 10,220    | 9,572     | 4,400   |
| ポンプ油圧力   | kg/cm <sup>2</sup> | 210      | 300       | 300     | 300     | 最高300   | 250     | 300     | 270       | 330       | 150     |
| エンジン出力   | PS/rp              | 140/2000 | 140/2000  | 88/2000 | 88/2000 | 83/2000 | 83/2000 | 75/2000 | 47.5/2000 | 48.5/2300 | 32/2500 |
| 最大掘削深さ   | mm                 | 7,100    | 6,250     | 5,100   | 4,800   | 4,500   | 4,250   | 4,000   | 3,640     | 3,740     | 2,200   |

**YUTANI**

油谷重工株式会社

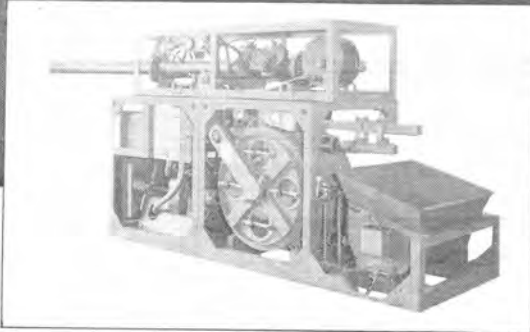
総代理店



丸紅株式会社

本社 東京都港区新橋2-1-3 〒105 TEL 03-502-2351(代)  
広島製作所 広島市祇園町南下安500 〒73-01 TEL 08287-4-1111(代)

常に安定した品質のコンクリートを  
吹付けることができます。



極東チャレンジ

**ショットクリート** PC08-60M

## トンネル工事の悩みを一挙に解決した湿式吹付機登場

極東ショットクリートは湿式のコンクリート吹付機であり、優れた稼働実績を持つスキーズ式コンクリートポンプをベースとしたポンプユニットと、コンクリートの凝結を早める急結剤の供給装置（パウダーフィードユニット）およびこれらを駆動させる動力源（パワーユニット）の、3ユニットより構成されています。

あらかじめ配合された生コンクリートは、ポンプユニットで配管先端の吹付ノズルまでそのまま圧送され、ノズル部分で混合される、急結剤を含んだ圧縮空気の働きで岩盤に強く吹付けられます。このとき空気中に含まれた急結剤はコンクリートを急結させるようになっています。

吹付能力が大きい上に連続吹付けができます。しかも粉塵・はね返り（リバウンド）が従来の機械に比べて非常に少なく、良質のランニングが得られます。

また吹付作業だけでなく、コンクリート打設・グラウト注入にも使用できる多目的な機械です。

## 極東開発工業株式会社

本社 番663 西宮市甲子園口6丁目1番45号 (0798)66-1001  
東京支社 番105 東京都港区浜松町2-4-1 (03)435-5351

世界貿易センタービル33F

本社工場 番663 西宮市甲子園口6丁目1番45号 (0798)66-1001

本社第二工場 番666 川西市下加茂2丁目4-1 (0727)58-9001

福岡工場 番820 飯塚市大字伊岐須4-2-8 (0948)23-0880

名古屋工場 番485 小牧市大字東田中宇松本1-3-7 (0568)73-2211

横浜工場 番242 大和市深見5-3-7 (0462)63-2211

北海道営業所 番064 札幌市中央区北6条西25-7 北国ビル5F (011)641-9051

東北営業所 番980 仙台市花京院1-4-10イースタンビル4F (0222)62-2040

信越営業所 番950 新潟市蒲原町1-48号 大石ビル (0252)44-7526

静岡営業所 番420 静岡市長沼町2-20-10 (0542)61-0180

北陸営業所 番924 松任市徳丸町3-6-6 (極東工業内) (0762)76-3633

広島営業所 番733 広島市豊音町15-18 吉村ビル (0822)32-8358

高松営業所 番760 高松市塩上町3-21-8 共栄ビル (0878)61-4091

福岡営業所 番816 福岡市博多区大字那珂平塚牟田829-8 (092)471-1001

沖縄営業所 番900 那覇市久米1-3-7 太陽建設2F (0988)68-0894

どんな施工条件下でも最高の精度と仕上げ!!

Cedarapids

## セダラピッドFULL WIDTH・DEEP LIFT用アスファルト舗装機



精度抜群のGEMINI-IIフィニッシャー

### GEMINI-II型フィニッシャー

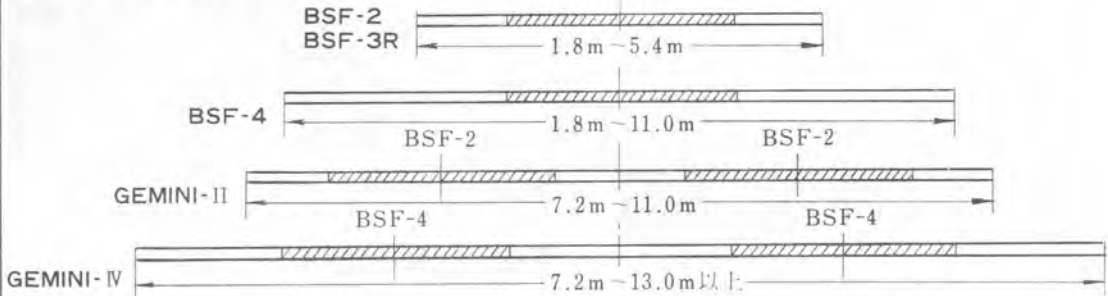
舗装巾: 7.2m ~ 11.0m

構成: BSF-2型×2台 + GEMINI-II附属品  
BSF-2型フィニッシャー2台の本体及び  
スクリーンを固定連結、1人で2台を操作。

特色:

- (1) セダラピッドBSF-2型フィニッシャーが2台あれば附属品を購入するのみで良い。
- (2) 2台のフィニッシャーを切離せば、別個に使用出来る。
- (3) スクリーンショックネスコントロールは全舗装巾の外側にあるので正確なコントロールが出来る。
- (4) 合計4ヶのスタリヤー、フィーダーを別々にコントロール出来るので均質な密度が確保可能でスタリヤーの磨耗が少ない。

### セダラピッド各機種舗装巾



### BSF-4型フィニッシャー

舗装巾: 1.8m ~ 11.0m

舗装厚: max 35cm

舗設速度: 0 ~ 45m/分 無段変速・ダイヤル式

移行速度: 0 ~ 9.7km/時

動力: GMディーゼル144HP

油圧トランスミッション: 走行、左フィーダー  
右フィーダー

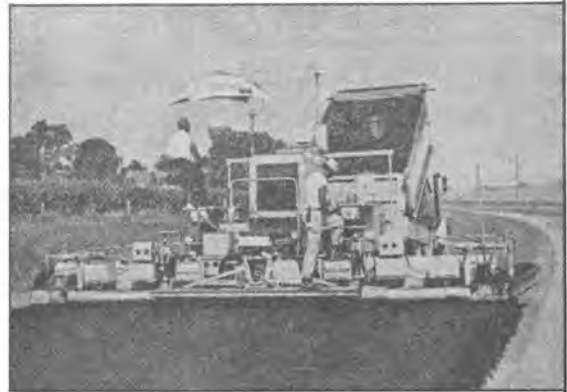
各独立ダイヤル式無段変速

スクリーン: 電磁バイプレーター式

操作盤: 全機能遠隔スイッチ操作

自動コントロール: DUO-MATIC-II型

自重: 約18,000kg



操縦性能No.1のBSF-4型機

☆オペレーター・整備員教育用テキスト、16mm、8mmフィルム等を備えています。御利用下さい。

●IOWA MANUFACTURING COMPANY● 日本総代理店  
**ゼネラル ロード イクイPMENT セールス 株式会社**

東京都千代田区内神田2丁目13番地中村ビル 256-7737-8



# チャレンジャー 土の挑戦者

## 《黄金の腕》に《ブルの足》コマツパワーショベル

強力なパワーで掘削作業をこなす《黄金の腕》  
堅い地盤も苦にしない強力な掘削力、連続複合操  
作にも的確な運転操縦がてき、掘削半径・掘削深さは  
同クラス車を上回る。たのしい《黄金の腕》、  
各機種ともクラス最大の出力を誇るエンジン、余裕  
あるパワーで堅い土質もラクに作業できます。  
掘削力=10-HT・HO(4,130kg)12-HT(5,680kg)  
15-H・HT(7,300kg)20-H(9,700kg)

《ブル》の技術が生きている強じんな足まわり  
定評あるブルの足まわりをもったコマツパワー  
ショベル。堅土から超軟弱地まで、あらゆる現場で  
ズレかけた耐久性と走行性を発揮。最新の技術が  
すみずみまで生かされています。狭い現場、トラク  
タへの積込み、垂直壁の掘削など…あらゆる現場  
で高効率・高収益をお約束するコマツのパワーショ  
ベルです。



### ●土に挑むコマツ全油圧式パワーショベル

| 機 種    | 10-HT                             | 10-HQ   | 12-HT                             | 15-H                              | 15-HT                             | 20-H                              |
|--------|-----------------------------------|---------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| バケット容量 | 0.08~0.25m <sup>3</sup>           |         | 0.20~0.50m <sup>3</sup>           | 0.20~0.55m <sup>3</sup>           | 0.20~0.55m <sup>3</sup>           | 0.40~1.00m <sup>3</sup>           |
| バケット幅  | (標準0.25m <sup>2</sup><br>幅 600mm) |         | (標準0.40m <sup>2</sup><br>幅 825mm) | (標準0.45m <sup>2</sup><br>幅 700mm) | (標準0.45m <sup>2</sup><br>幅 820mm) | (標準0.80m <sup>2</sup><br>幅 975mm) |
| 定格出力   | 46PS                              |         | 80PS                              | 76PS                              | 80PS                              | 120PS                             |
| 重 量    | 6,200kg                           | 6,140kg | 10,500kg                          | 12,850kg                          | 13,980kg                          | 19,200kg                          |

※各種アタッチメントも用意しております。

## 小松製作所

東京都港区赤坂2-3-6 〒107 ☎03(584)7111(大代表)  
 北海道支社 ☎札幌011(66)8111 中部支社 ☎一宮0586(77)1131  
 東北支社 ☎仙台022(56)7111 大阪支社 ☎大阪06(864)2121  
 北陸支社 ☎新潟0252(66)9511 四国支社 ☎高松0878(41)1181  
 関東支社 ☎浦巣0485(91)3111 中国支社 ☎五日市0829(22)3111  
 東京支社 ☎東京03(584)7111 九州支社 ☎福岡092(64)1311

## 小松ビサイラス

東京都港区赤坂2-3-4 〒107 ☎03(584)7207(代表)

# デッキの、中ぐらいの、小さいの… そろったカトウの個性派!



**NK-300** 30t

小さい2tぶりから、デッキ75tぶりまで全部  
で10数種類もある多彩な顔ぶれ!  
カトウNKトラッククレーンシリーズ。  
シリーズとしての充実ぶりも  
さることながら、各機種それ  
ぞれが持つ豊かな個性はきわ  
だっています。

NKシリーズの大きな

強みは、なんと  
いっても

- 頑丈な構造であり
- 人間尊重を重点  
とした安全性
- 使い易さ……。



**NK-50** 4.9t

規模の面でも、内容の面でも、ますます多様化の傾向  
にある、建設工事の現実に対して、その個性と威力をい  
かんなく発揮し、  
お客様のご要望  
にお応えしてお  
ります。



**NK-200A** 20t



**KS-20** 2t

今日の対話を明日の技術へ

**KATO**

株式会社加藤製作所

本社/東京都品川区東大井1-9-37  
(☎140) 電(471)8111(代表)  
営業本部/東京都港区芝西久保桜川2  
(☎105) (第17番ビル) 電(591)5111(代表)

## 2月号PR目次

### — F —

古河鋳業(株)……………後付 15

### — H —

林バイブレーター(株)……………後付 8

日立建機(株)……………表紙 4

### — K —

(株)加藤製作所……………後付 28

極東開発工業(株)……………" 25

極東貿易(株)……………" 19

久保田鉄工(株)……………" 14

(株)神戸製鋼所……………" 10

(株)小松製作所……………" 27

### — M —

マルマ重車輛(株)……………後付 2

丸友機械(株)……………" 1

三笠産業(株)……………" 7

三井造船アイムコ(株)……………表紙 3

三井造船(株)……………" 2

三菱自動車工業(株)……………後付 23

三菱重工業(株)……………" 22

明昭(株)……………" 13

(株)明和製作所……………" 21

### — N —

内外機器(株)……………後付 3

(株)南星……………" 9

日工(株)……………" 16

日鉄鋳業(株)……………" 4

日本ワッカー(株)……………" 20

特殊法人 日本科学技術情報センター……………" 13

日平産業(株)……………" 10

### — S —

佐賀工業(株)……………後付 1

(株)桜川ポンプ製作所……………" 18

住友重機械建機販売(株)……………表紙 2

### — T —

大生工業(株)……………後付 6

(株)東京鉄工所……………" 5

東洋カーボン(株)……………" 13

特殊電機工業(株)……………" 11

### — W —

(株)ウオターマン……………後付 12

### — Y —

山田機械工業(株)……………後付 17

油谷重工(株)……………" 24

### — Z —

ゼネラル ロード イクイブメント セールス(株)……………後付 26

# 腕自慢、かせぎ自慢の省力機。

強いパワーと、中小工事現場にピッタリの機動性—三井ランドメイト

- 小回りがきく車体屈折方式を採用
- 4輪駆動と幅広の低圧タイヤ使用
- 本体の後部に装着できるバックホー



## 三井ランドメイトシリーズ

|                        |                        |                        |                         |
|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| HL 5標準型                | HL5バックホー付              | HL8標準型                 | HL8バックホー付               |
| バケット 0.5m <sup>3</sup> | バックホー0.1m <sup>3</sup> | バケット 0.8m <sup>3</sup> | バックホー0.17m <sup>3</sup> |
| 重量 3.1ton              | 全備重量 4 ton             | 重量 4.7ton              | 全備重量 6.2ton             |



人間と技術の調和に挑む

## 三井造船

東京都中央区築地5-6-4 下104  
建設機械事業部 ☎03(544)3755

●取扱店 三井物産機械販売サービス(株)・中道機械産業(株)・中道機械(株)・中道機械・ツバコー重機総業(株)5社の本社・営業所・出張所

“せん孔から積込みまで、三井アイムコのトンネル用機械  
作業環境を改善するトラック工法に……”

## EIMCO 900 LHDシリーズ



SECOMA 全油圧式切羽用さく岩機  
RPH35搭載 PECジャンボ



- 無排気、騒音の低下
- 維持費の低減
- 省エネルギー

(大形コンプレッサー不要)



三井造船アイムコ株式会社

東京都中央区築地5-4-14 TEL 03(544)3338





技術の日立

# 世界の岩と土を 掘りぬいてきました。



MEMCO-日立  
ビッグジョン式掘進機

## 各種トンネルの掘削に

### 高度の安全性と高能率性を発揮します。

数々の危険がともなうトンネル工事。それをきわめて安全に効率よくすすめるのが、MEMCO-日立トンネル掘進機です。汎用性の高い機種、ビッグジョン式掘進機の場合であれば、強力なリッパ付エキスカベータとポーリングプレートにより、複雑な岩質のトンネルをスピーディに掘りぬきます。かりに軟弱地質に遭遇した場合でも、切羽の変化に応じて山留、水抜き、薬液注入などの応急処置が迅速に行なえるよう設計されていますので、作業は安全そのもの。スムーズに工事がすすみます。

なにしろ、世界的なトンネル工事機器メーカー・米国MEMCOと、技術の日立との提携により国産化された精鋭機。輸送の高速化・多様化にともなうトンネル工事の急増に、ゆとりをもって対応できる期待の掘進機です。

- リッピング主体の掘削方式のため、少ないエネルギーでスピーディな掘削が可能です。
- ずり出しがきわめて容易。付帯作業も能率的に行なえます。
- 掘削断面が自由に選べます。
- 完全機械化方式のため、徹底した省力化が可能です。

●小型のミニジョン掘進機(3~5mφ)は、上下水道や各種導坑の掘進に最適です。

●その他、回転カッター式シールド掘進機、ポーリングプレート式シールド掘進機も用意しています。

## MEMCO-日立 トンネル掘進機



日立建機株式会社

東京都千代田区内神田1-2-10  
〒101 ☎東京03-293-3611(大代)

建設の機械化

定価 一部 四五〇円

本誌への広告は



■一手取扱いの株式会社共栄通信社

本社 〒104 東京都中央区銀座8の2の1(新田ビル) TEL東京(03)572-3381(代)・3386(代)  
大阪支社 〒530 大阪府北区富田町27番屋ビル3階 TEL大阪(06)362-6515

雑誌 3367-2