

運輸省港湾技術研究所

港湾技術研究所 報告

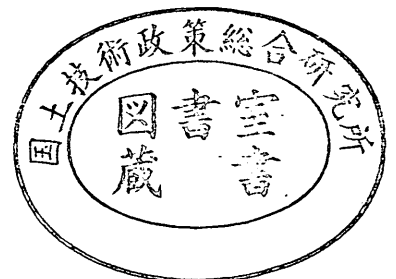
REPORT OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH
INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT

VOL. 7

NO. 3

SEPT. 1968

NAGASE, YOKOSUKA, JAPAN



港湾技術研究所報告は第7巻第1号より年4回定期的に刊行する。ただし第1巻から第6巻および欧文編第1号から第15号までは下記のとおり不定期に刊行された。報告の入手を希望する方は論文番号を明記して港湾技術研究所長に申し込んで下さい。

和文篇 (Japanese Edition)

- Vol. 1. No. 1 (1963)
- Vol. 2. Nos. 1~3 (1963~1964)
- Vol. 3. Nos. 1~7 (1964)
- Vol. 4. Nos. 1~11 (1965)
- Vol. 5. Nos. 1~15 (1966)
- Vol. 6. Nos. 1~8 (1967)

欧文篇 (English Edition)

- Report Nos. 1~15 (1963~1967)

The Report of the Port and Harbour Research Institute is published quarterly, either in Japanese or in occidental languages. The title and synopsis are given both in Japanese and in occidental languages.

The report prior to the seventh volume were published in two series in Japanese and English as listed above.

The copies of the Report are distributed to the agencies interested on the basis of mutual exchange of technical publication.

Inquiries relating to the Report should be addressed to the director of the Institute specifying the numbers of papers in concern.

港湾技術研究所報告 (REPORT OF P.H.R.I.)

第7巻 第3号 (Vol. 7, No. 3), 1968年9月 (Sept. 1968)

目 次 (CONTENTS)

1. “Apparent Coefficient of Partial Reflection of Finite Amplitude Waves”
.....Yoshimi GODA and Yoshiki ABE..... 3
(有限振幅波の反射に伴う見掛けの反射率について.....合田良実・阿部淑輝)
2. Use of Natural Radioactive Tracers for the Estimation of Sources
and Direction of Sand Drift..... Shoji SATO and Isao IRIE..... 59
(漂砂の供給源, 卓越方向の推定への天然放射性トレーサーの利用について
.....佐藤昭二・入江 功)
3. 鹿島港ドライドックの施工法に関する調査研究 (続報)
..... 赤塚雄三・太田充夫・忽谷 実・鈴木 功..... 95
(Investigation on Dry Dock Construction at Port Kashima (Supplement)
..... Yuzo AKATSUKA, Mitsuo OHTA, Minoru SOYA and Isao SUZUKI)
4. 高張力タイロッドの実験的研究赤塚雄三・浅岡邦一.....135
(Experimental Studies on High Strength Tie Rod
..... Yuzo AKATSUKA and Kuniichi ASAOKA)
5. エゼクタと渦巻ポンプの直列運転性能について …守口照明・藤井喜一郎.....169
(On the Series Operation Efficiency of Ejector and Centrifugal Pump
..... Teruaki MORIGUCHI and Kiichiro FUJII)

3. 鹿島港ドライドックの施工法に関する調査研究 (続報)

赤塚雄三*・太田充夫**
忽谷実***・鈴木功****

要 旨

既報の同題論文では鹿島港ドライドック設計施工上の特長と底版プレパックドコンクリートの施工に関連して行なった実験研究と現場調査の結果について述べ、プレパックドコンクリートの施工方法改善のための2, 3の提案を試みた。

上記の原報文に引続き、本報文では続報として、工程計画の遅延や修正、ドライドック竣工後に生じた底版からの漏水ならびにその対策等の問題点に関する調査結果について述べ、さらにプレパックドコンクリートを除く各種工程の施工実績を検討した。

本調査研究は鹿島港ドライドック築造工事におけるように、鋼矢板・鋼杭工法をプレパックドコンクリートと組み合わせることによって初めて可能となった砂質地盤上のドライドック築造の施工方法体系化に必要な資料を提出することを目的としたもので、既報と続報を合わせるによりその目的が達せられたものと思われる。

* 運輸省港湾技術研究所 構造部 材料施工研究室長
** 運輸省第二港湾建設局 前鹿島港工事事務所建設専門官(工務担当)
*** 運輸省第二港湾建設局 前鹿島港工事事務所建設専門官(調査担当)
**** 運輸省第二港湾建設局 前鹿島港工事事務所工事課長

**Investigation on Dry Dock Construction at Port Kashima
(Supplement)**

Yuzo AKATSUKA*
Mitsuo OHTA**
Minoru SOYA**
Isao SUZUKI**

Synopsis.

The primary report described the structural features of the dry-dock construction and the results of laboratory and field investigation on prepacked concrete for the deck slab of the dock and presented some recommendations for improvement of prepacked concrete method.

In succession to the primary report, this supplementary report describes the results of investigation on the problems such as the delay and amendments required in the scheduling of works, the leakage from the deck slab which occurred several months after the completion of the dry dock, and the counter measure for the leakage. Also reported are the actual results achieved on the various processes of works other than prepacked concrete.

With these two reports the authors intended to present the informations necessary to systematize the dry dock construction methods on a sandy soil as in the case at Port Kashima, which became practicable through combining the steel piling method with prepacked concrete.

* Dr. Eng., Chief, Materials Laboratory, Structures Division, Port and Harbour Research Institute

** Ex-Senior Civil Engineer, Kashima Port Construction Office, Second District Port Construction Bureau

目 次

要 旨	93
1. ま え が き	97
2. ドライドックの施工計画	97
2-1 事前調査	97
2-2 施工計画	99
(1) 施工計画	99
(2) 本工事の変更	99
(3) 本工事の追加	102
(4) 追加工事の変更	103
3. ドライドックの施工	103
3-1 工程計画	103
3-2 施 工	104
(1) 側壁鋼矢板の打込み	104
(2) 控えH鋼杭の打込み	105
(3) ドック側壁内の浚渫	107
(4) 基礎H鋼杭の打込み	107
(5) プレパックドコンクリートの打設	109
(6) 施工に当たって行なった各種の観測調査	109
4. ドライドック底版の漏水とその復旧	109
4-1 ポンプ室基礎およびドライドック底版のプレパックドコンクリートの打設	109
4-2 ドライドック排水時の漏水状況および漏水箇所の調査	110
4-3 止水工法	116
5. ドライドック施工上の問題点	116
5-1 工程管理について	116
5-2 施工精度について	117
(1) ドライドックの浚渫施工精度	117
(2) プレパックドコンクリートの施工精度	118
6. あとがき	118
参考文献	119
付 録: (1) 底版基礎杭引抜試験	120
(2) 矢板控え杭の水平抵抗試験	128

1. まえがき

鹿島港ドライドックの築造は昭和40年5月中旬より、41年3月末まで約10カ月の短期間に行なわれた。本工事に関する報告書としてはすでに“鹿島港設計々算書（ケーソンヤード）”¹⁾、“鹿島港ドライドック底版コンクリートの設計に関する受託試験報告書”²⁾、“鹿島港ドライドック築造にともなう揚圧力、残留水位などの測定報告”³⁾などがある。

また、施工法に関するものとしてさきに、“鹿島港ドライドックの施工法に関する調査研究”⁴⁾が発表されている。これは、鹿島港の建設計画、自然条件、ドライドックの構造について述べ、とくにドライドックの底版プレバッキングコンクリートの施工と品質管理に焦点を合わせ、施工上の種々の問題点について検討を行なったものである。

本報告は、上記の調査研究で触れ得なかった諸点を取纏めたもので、ドライドックの着工から完成までの施工経過をたどり、とくに施工現場における箇々の問題点を摘出し、改めて検討を加えた。

鹿島港におけるドライドックの築造は、従来他の港湾において築造されたドライドックと異なり、荒海に面した砂浜海岸に施工するという、きわめて悪い地象、海象条件の下で行なわれた。したがって、施工時における波浪、漂砂等の影響による工事の手戻り等の問題、施工箇所が砂地盤であることによるドック完成後の排水時における底版にかかる揚圧力、およびそれに伴う底版基礎杭の引抜抵抗、等の設計上の問題、また、厚さ1.5mのドック底版に約4,500m³のプレバッキングコンクリートを水中施工するための施工法および施工管理の問題、等が提起されこれらの諸問題を解決、処置しながら工事を進めていくための数多くの調査、測定、現場実験を工事施工の段階においても並行して行なうことが必要とされた。

現場においてはこれらの結果に基づいて施工計画と、その実施工程が数度にわたって変更されているが、以下ではその過程についても合わせて検討する。

2. ドライドックの施工計画

2-1 事前調査

通常、ドライドックの施工には、土留め工と止水工を施工したのち排水して内部を掘削し、次いで底版の鉄筋

コンクリートと側壁を施工し、これにドックゲートを取付ける工法を採用している。

鹿島港のドライドックは透水性の大きい砂質土上に築造しなければならないため、従来のドライドック築造の考え方とかなり異なった方式を採用している。

すなわち、本ドライドックでは土留め壁として打込まれた鋼矢板をそのまま側壁として用い、内部を浚渫したのち、底版の鉄筋コンクリートをプレバッキングコンクリートで施工し、これに先立ってドック底面に密に打込まれたH型鋼杭の頭部を固定し、排水時に底版に作用する揚圧力を底版コンクリートの自重と鋼杭の引抜抵抗とで分担させるという構造になっている。この方式を採用するに至った経過については前出の“鹿島港ドライドックの施工法に関する調査研究”、“鹿島港設計々算書（ケーソンヤード）”に詳述してあるのでここでは省略することにする。

ドライドックの設計、施工に先立って施工箇所の地質、地下水位の調査およびこの付近に舞い込む漂砂量の推定等を行なった。

地質および地下水位については図-2-1に示すとおりで、その詳細については“鹿島港地質調査および現場透水試験報告書”⁵⁾を参照されたい。これによると、ドライドック築造計画箇所の平均地盤高は+0.4m程度でこれから-8.0m付近まではN値が30から50以上の締まった中砂ないし細砂で、それから以深-20m位まではN値が40程度の細砂となっている。

また、この箇所における地下水位も高く、かつ透水性が大きいことがわかった。

次にドライドック築造箇所付近に舞い込む漂砂量については、ドック完成後ドック前面の水深が一様に-7.0m程度以上あれば10~20cm/年程度の堆砂量になると推定された（注：鹿島港設計々算書「ケーソンヤード」参照）。しかしながら、この種の砂浜海岸における漂砂現象は非常に複雑でありその量的な評価がなかなか困難であることから、上述の堆砂量はあくまで推定の域を脱するものではなかった。

また、本ドライドックの構造上最も重要な底版コンクリートにかかる揚圧力に抵抗するH鋼基礎杭の引抜抵抗値については、過去における砂地盤の現場試験資料がないので横浜港山下ふ頭7.8バース鋼管棧橋工場の現場試験の結果を参考にして設計が行なわれている。この件については横浜港のような土丹層と、鹿島港のような砂層

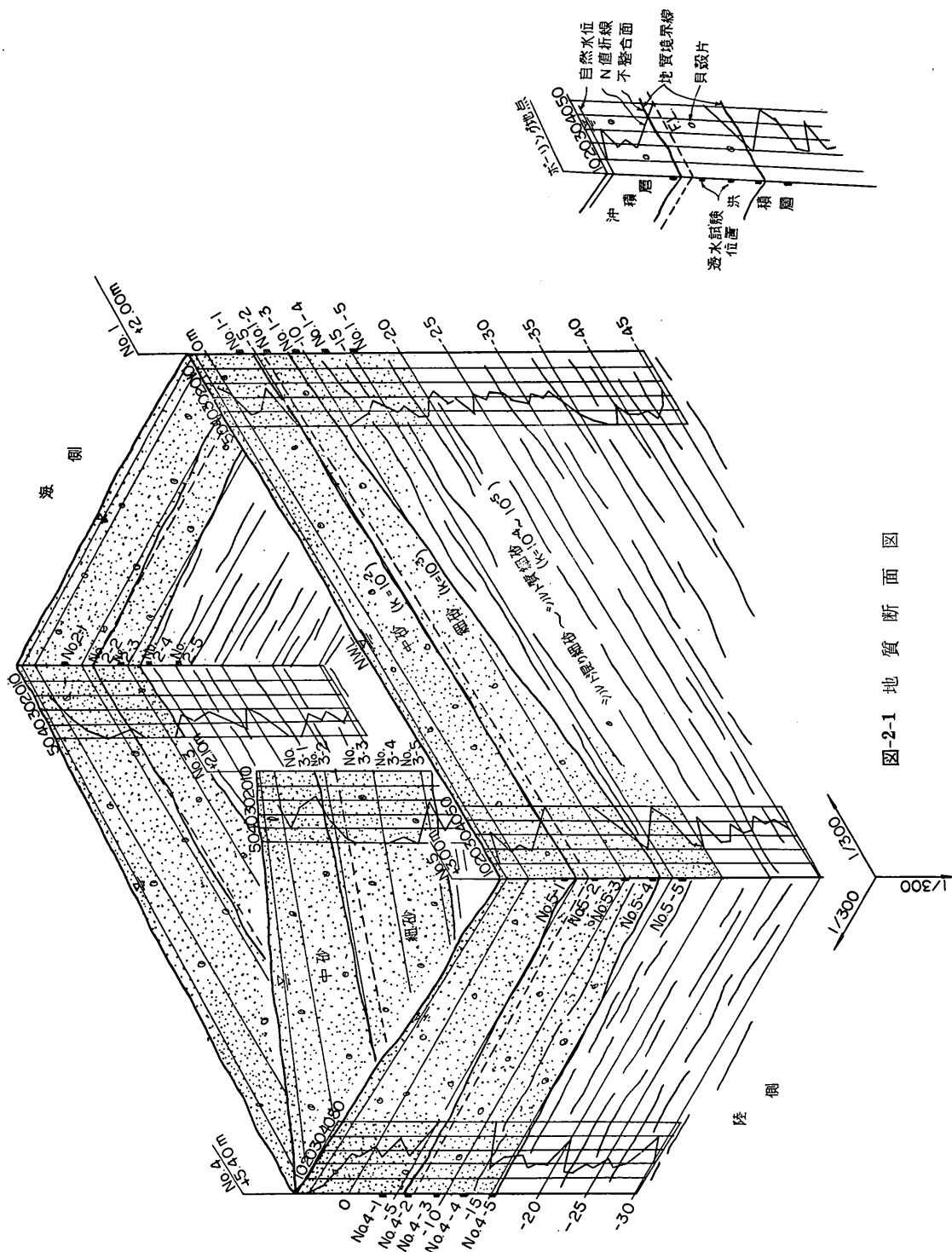


図-2-1 地質断面図

鹿島港ドライドックの施工法に関する調査研究（続報）

とではかなり異なった値を示すことが当然予想されていた。しかしながら、後に詳述するとおりドライドック築造工事の工程からみて、鹿島港において現地引抜試験を行ないその結果を基にして設計することは時間的に不可能であった。そこで、ドックの築造工事を進めながら現地引抜試験も行ない、その結果によって設計および施工の内容を検討、または変更していくという変則的な考え方を採用せざるを得なかった。

上述のごとく、本ドライドックの設計は、透水性の大きい砂地盤上に築造するというきわめて特殊な条件と不完全な調査資料に基づいて行なわれたため、結果として工事の内容が施工の途中でかなり変化している。しかし本来このような不確定要素の多い自然条件を対象とする土木工事においてはこの種の変更は当然採られる態度であって、施工途次において実施された各種の試験、観測記録は今後のこの種の工事に有用な設計施工資料として活用されるべきものと思われる。

なお、前報において詳述した、大量のプレバックドコンクリート打設の問題についても同様なことがいえるものと思われる。

2-2 施工計画

(1) 施工計画

鹿島港のドライドックは、渠室面積 39.6m×65.6m = 2,600 m²、最大喫水 -6.3m として計画された。ドックの使用開始時期は鹿島港の建設計画を基礎とした南北両防波堤の築造工程を考慮して昭和40年11月ときめられた。その構造は、図-2-2 に示すようなもので、側壁には鋼矢板壁をそのまま用い、内部を浚渫したのち、厚さ1.5mの鉄筋コンクリート版を水中施工して底版とした。排水時に底版に作用する揚圧力は底版コンクリートの自重と底版下に3m間隔で打込んだH型鋼杭の引抜抵抗とで分担させ、別に安全度を増すため底版下面にドレインパイプを敷設して揚圧力の減少をはかった。

工事はその全てを請負契約によるものとし、昭和40年5月初旬発注された。契約工期は前述のようなドック使用開始時期等の制約条件からかなり厳しいものと考えられ、これを完成するための工事工程は相当綿密なる計画が要求された。しかしながら一方では工事施工に当って多くの不確定要素、すなわち、施工可能日数や気象、海象状態悪化による手戻りの有無と量等の自然条件に起因するもの、および締まった砂地盤への鋼矢板と鋼杭の打込工程、ドック内浚渫の施工精度、底版コンクリートの水中連続打設等の施工技術によるものなどがあることが予想された。

請負契約成立後の工事工程の立案に当っては本工事は上記のように不確定要素がかなり内在してはいるが、自然条件に起因するものはできるだけ従来の鹿島港防波堤建設の際の記録から推定し、施工技術面からくるものは過去の施工経験と施工途次に調査と試験を行ないその結果に基づいてその都度検討する方針を採用した。

着工時の工事工程計画は 図-2-3、2-4 に示すとおりである。その後工事実施の段階において前述のように当初懸念せる事態が生じたために止むを得ず工事内容を変更し、工期の延伸を行なっている。工事内容の変更については、本工事的なもの、付帯工事的なものの変更および本工事に対する追加工事的なものに分けられ、工期の延伸をも含めて7回にわたって行なわれた。表-2-1 参照。このため、本ドライドックの実施工程は当初の計画工程とはかなり相違したものとなった。

上述の工事の変更、追加についてその概略を述べると(2)~(4)とのおりである。

(2) 本工事の変更

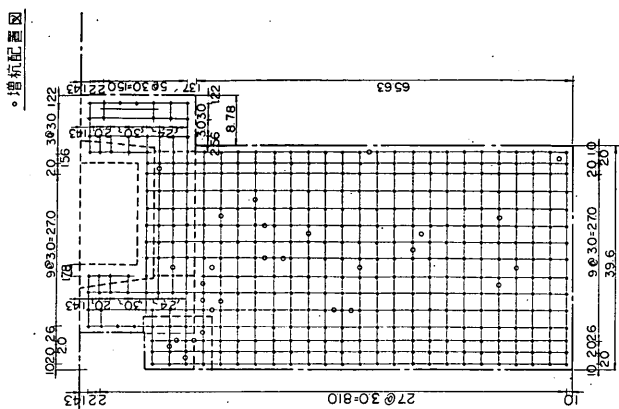
(i) 第1回変更

付帯工事（後述の波止工）の追加により、当初計画と重複する点が生じたためと、側壁鋼矢板の打込実績工程から次のように変更した。

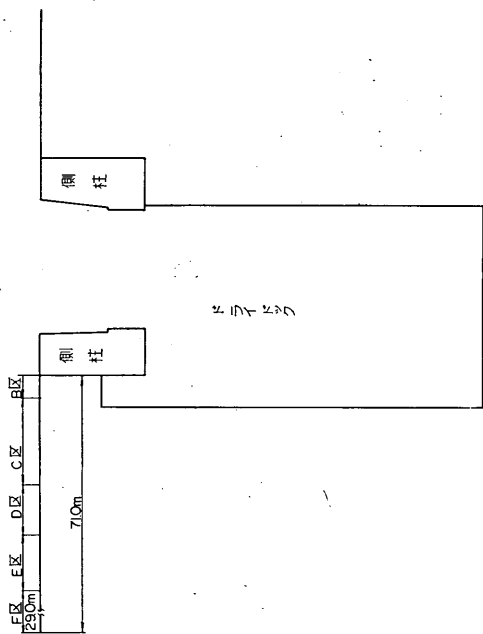
表-2-1 工事経過一覧表

工 事 種 別	決 定 年 月 日	工 期
本 工 事	当 初 計 画	40年5月19日
	第 1 回 変 更	40年5月19日～40年10月30日
	第 2 回 "	40年9月1日
	第 3 回 "	40年9月1日～40年12月27日
付 帯 工 事	追 加 決 定	40年11月5日
	" 変 更	40年11月5日～41年1月30日
補 修 工 事	追 加 決 定	40年12月8日
	追 加 決 定	40年12月8日～41年3月15日
補 修 工 事	追 加 決 定	41年4月20日
補 修 工 事	追 加 決 定	41年4月20日～41年7月30日

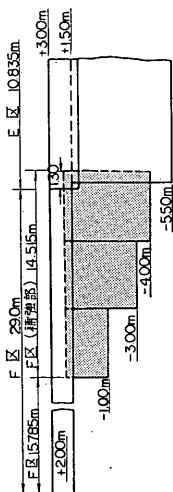
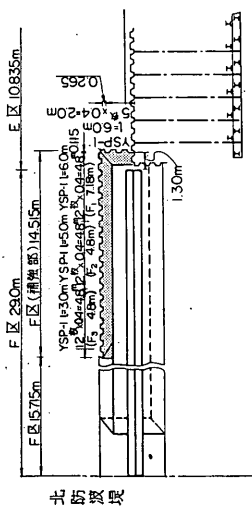
基礎柱地杭配置図



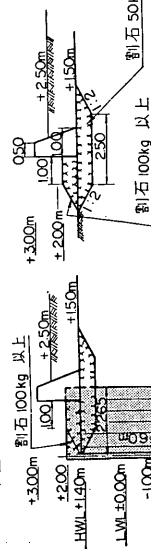
F区護岸位置図



F区(構架部)平面図



F区標準断面図



F区(補強部)標準断面図

図-2-6 F₁、F₂区護岸補強箇所および基礎H鋼杭留杭箇所

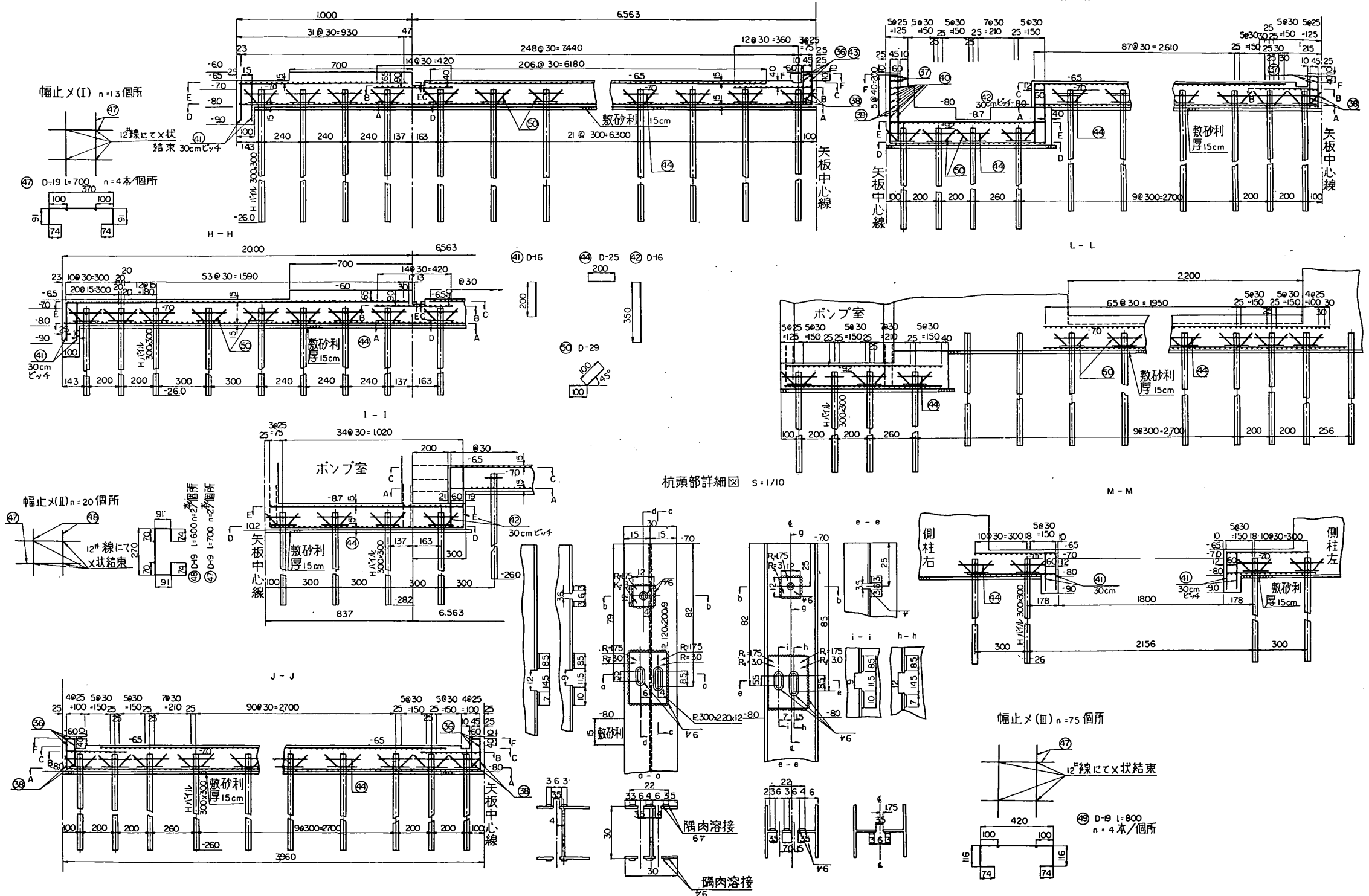


図-2-5 基礎H鋼杭頭部詳細図

(f) 戸当り前面の止水工を兼ねていた部分のプレバックドコンクリートの前面梁と土堤による波止工の箇所を削除した。

(g) 側壁鋼矢板の打込みは、かなり締まった砂地盤のため予想外の日数を費やし、当初の工程より39日間遅れて8月13日完了した。また、控えH鋼杭の増杭等が行なわれ、これに19日間費やした。

(h) 上記の理由により、当初予定の竣工期限10月31日に対して約58日間の延伸を認めた。

(ii) 第2回 変更

(i) 施行中の底板基礎H鋼杭の打込み状況から、当初の設計の根入れ長を確保することが困難と判断された。そこで揚圧力に抵抗するに十分な根入れ長を得るため基礎H鋼杭の増杭をするとともに、打込み時の杭頭部挫屈箇所の水中切断、穿孔および挿筋の増量を行なった。図-2-5 参照。

(ii) ドック南側護岸に隣接して工事用積出施設が新たに計画され、その前面を -4.0m まで浚渫することになったのでE区矢板の根入不足で打替える必要が生じた。このため護岸の補強工事が必要となり、また、北側 F₁

F₂ 区護岸の前面洗掘防止のためE区護岸の引抜いた矢板を捨石基礎の前面に打込んで補強することとした。図-2-6 参照。

(iii) 第3回 変更

前述のような工事の変更に伴い、契約工期の延伸も行なわれたが、ドックの早期竣工を期するため、今までの施工実績等を勘案して工期短縮をはかる施工法について種々検討を行なった。この結果、側柱の1部をドライで施工することにした。このため、側柱部、ポンプ室、舗装コンクリート、函台取付け等の一連の工事を並行して進めることができ、工期短縮が期待されるものと判断されるに至った。

さらに、側柱部とドックゲート戸当り部の施工精度を確保するために工事内容を次のように変更した。すなわち、当初水中施工を予定していた箇所のドライ施工への変更、側柱プレバックドコンクリートの1部減量、側柱普通コンクリートの1部増量、ポンプ室プレバックドコンクリートの1部減量、ポンプ室普通コンクリートの1部増量およびゲート戸当り部のドライ施工の6項目である。

(3) 本工事の追加

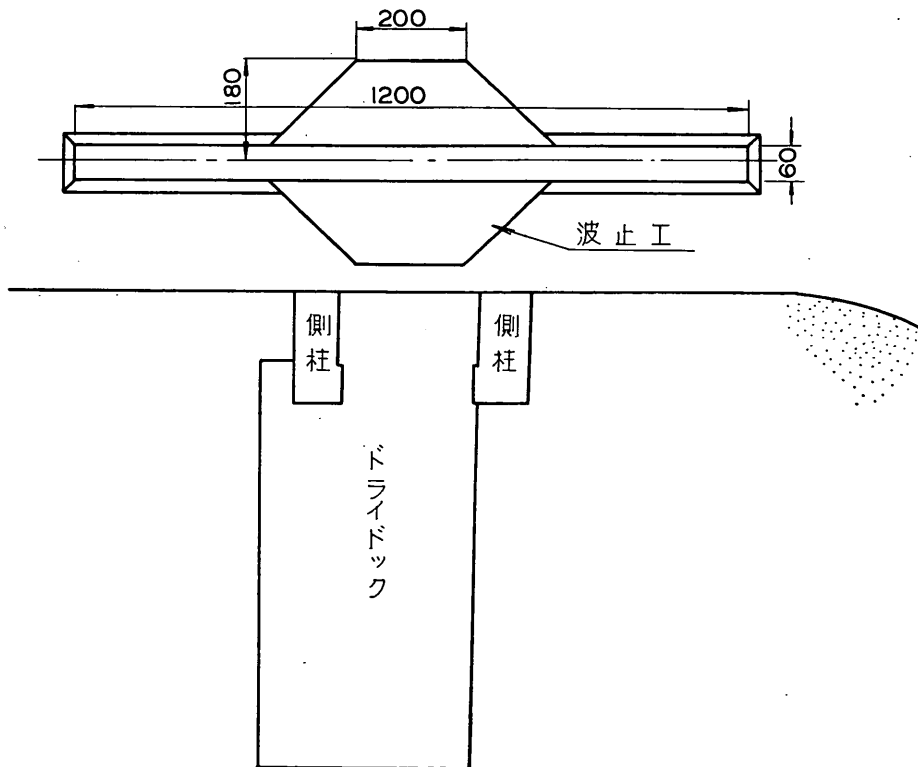


図-2-7 土堤による波止め工 (当初計画)

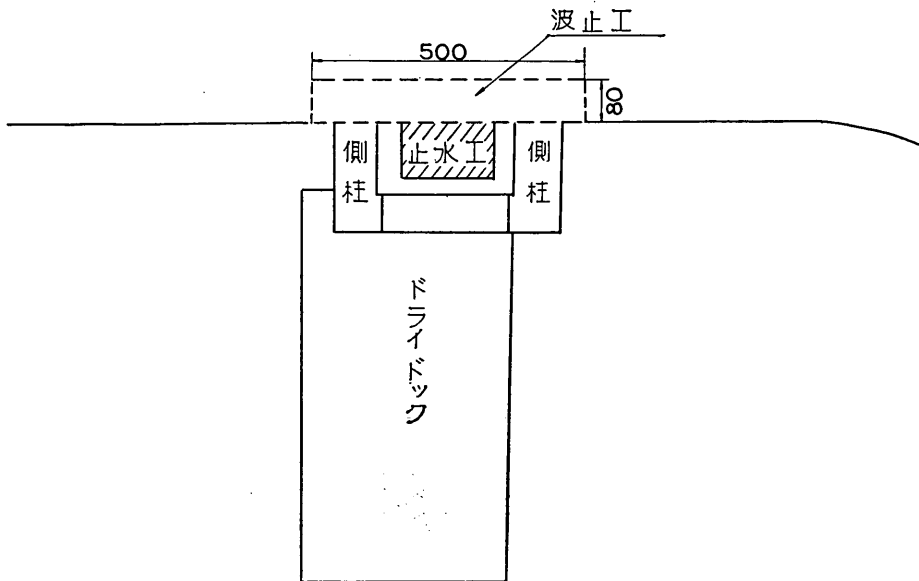


図-2-8 鋼矢板による二重壁式波止め工

工事の進捗にしがたい当初の工事内容について次のような工事の追加が必要となった。

(i) 当初計画では、ドック開口部に図-2-7に示したような土堤による簡単な波止め工を考えていたが、浚渫完了後に台風が2度も来襲してドライドック内に砂が沈積し再浚渫が行なわれた。そこで今後の砂の舞い込み等の影響を考慮して図-2-8に示したような鋼矢板による二重壁式波止め工を築造してドライドック完成後これを撤去することとした。

(ii) 現場において底版基礎H鋼杭の施工時に引抜抵抗試験を実施したが、その結果ドック底版に作用する揚圧力の減少をはかる必要が認められ、このためドレーンパイプを底版下に設置することとした。さらに、図-2-9に示すような戸当り前面にプレバックドコンクリートを追加施工することとした。

なお、波止め工については、ドック完成後に海底面下に打込まれた部分の鋼矢板はそのまま残し、これを戸当り部前面の止水壁とすることにした。

(iii) ドック内浚渫に先立ち、側壁矢板の控えH鋼杭の水平抵抗試験を現地において実施した結果、杭の水平抵抗値が当初設計値より少ないことが判明したので、図-2-10のような控えH鋼杭の増加と控え梁コンクリートの追加を行なった。

(4) 追加工事の変更

前記の本工事の第3回目の変更のとおり当初の水中施

工予定の箇所をドライ施工に切換えるためには、追加工事についても次のような変更が必要となった。

すなわち、戸当り部の単鉄筋配筋の床版と側柱部はこれをドライで施工した場合、このままでは揚圧力に対して耐え得ないため、この上に載荷することが必要となり図-2-11に示したような計算上安全な高さになるまでは水中施工とし、さきに施工した波止め工の鋼矢板壁を延長し、コの字形に打込み、これに囲まれた部分に土砂を入れて載荷する方法を採用した。図-2-12参照。

なお、前面波止め締切り鋼矢板の中央区間（側柱と側柱との間の部分）と載荷のための砂囲い矢板は、2月下旬製作のケーソン進水工事に支障をきたさないように除去できる構造にした。

3. ドライドックの施工

3-1 工程計画

前述のように本工事は工程計画立案上の不確定要素が数多く予想されたが、工事契約成立後図-2-3、2-4に示すような工程計画をたて工事に着手した。その内容について概述すると次のとおりである。

側壁鋼矢板打ちと底版基礎H鋼杭打ちに40日、ドライドック内部浚渫に20日、プレバックドコンクリートの施工に80日、その他に10日を見積っている。これによって10月31日完成を目標に工事を開始したわけである。

施工途次において、工事内容の変更等によって工期を

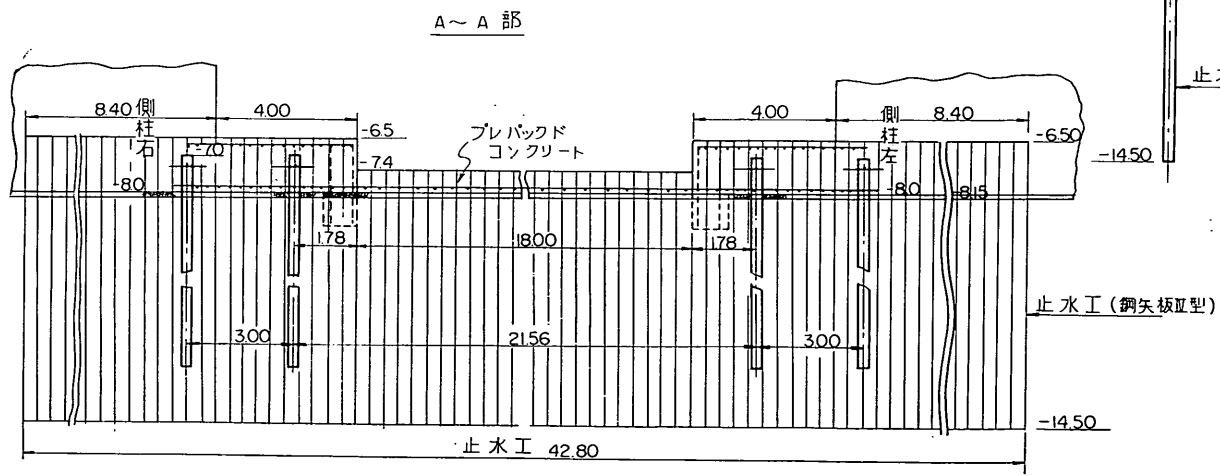
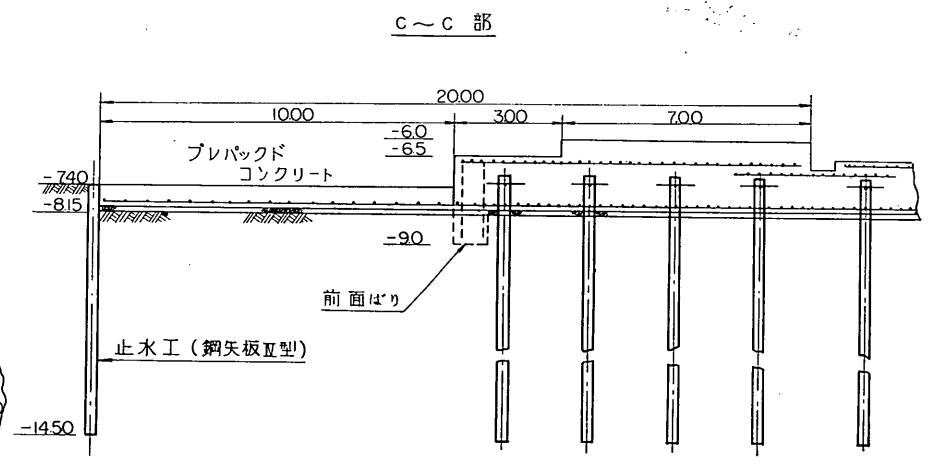
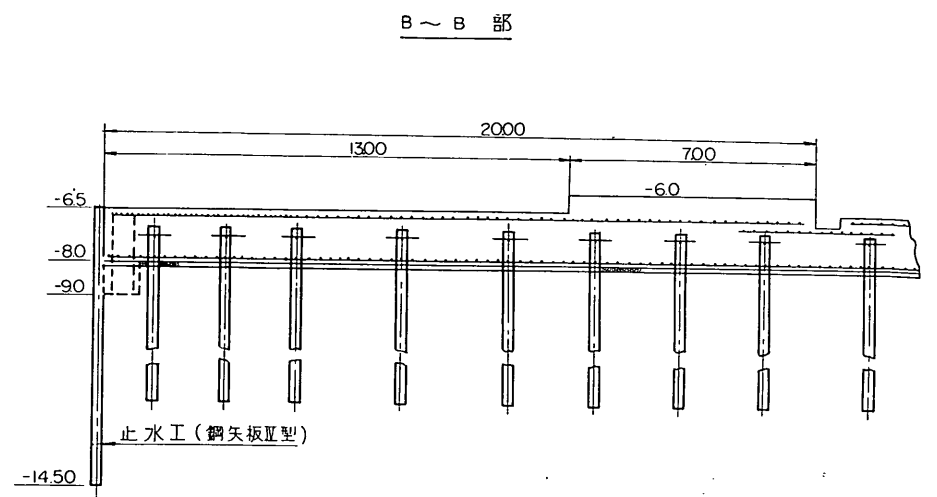
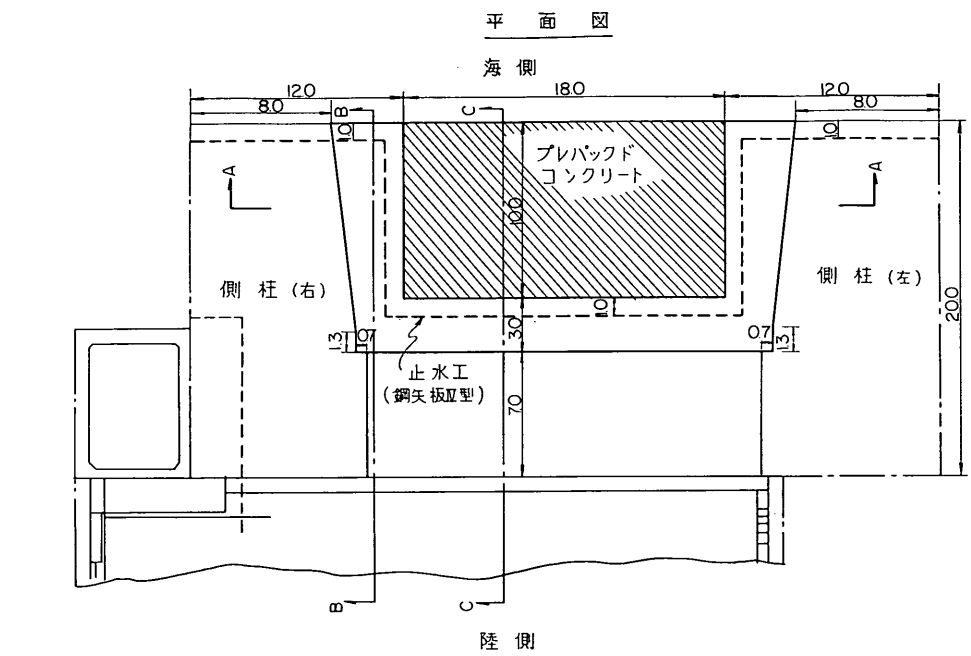


図-2-9 側柱間のプレバッドコンクリート施工箇所

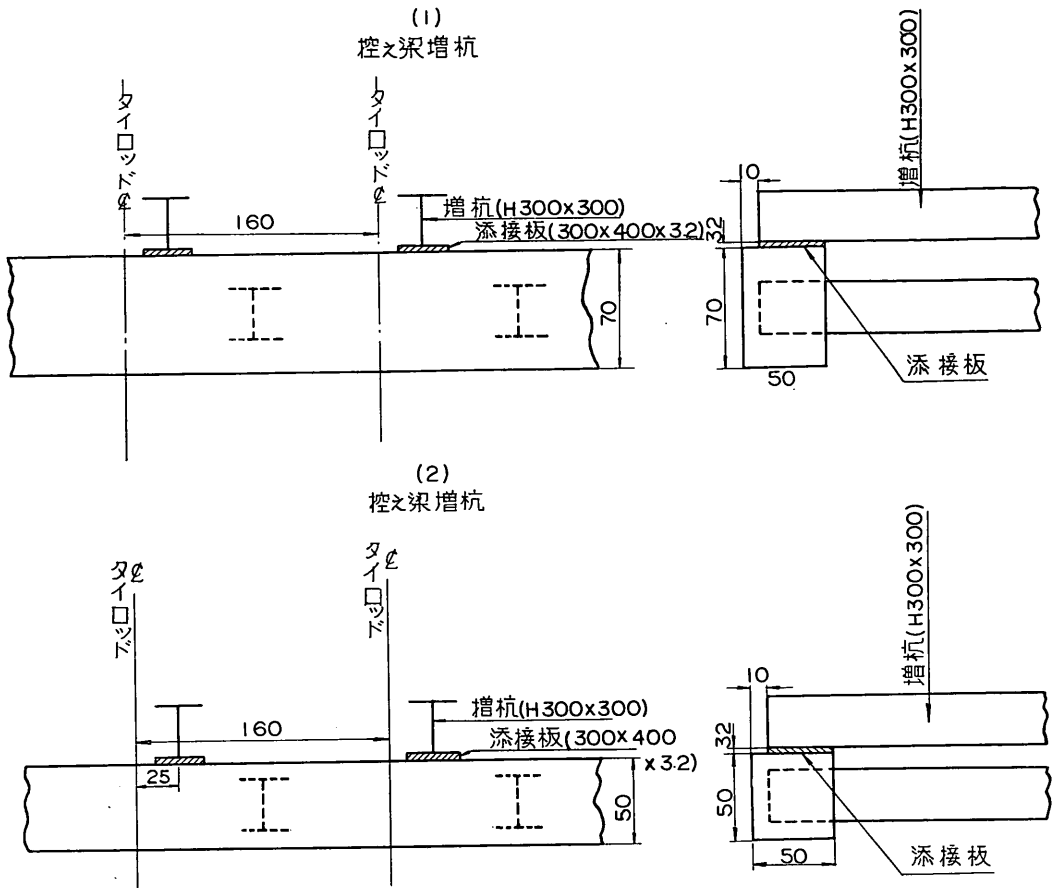


図-2-10 控え H 鋼杭の増杭詳細図

3度延伸しており、最終的に実施した工程計画は図-2-3に示したとおりである。

3-2 施工

(1) 側壁鋼矢板の打込み

(i) 遣形

在来地盤(約 +2~3m)を +1.5m にならし、波の進入と透水をある程度防止するために前面(海側)に木製型枠を使用して仮締切りを行なった。導梁は図-3-1に示した方法で設置した。

(ii) 矢板の打込み

側壁の鋼矢板は YSPU-23 型を用い、その打込み枚数は 783 枚である。打込み順序は、ドック側壁部として計画された箇所の南側と北側とにそれぞれ 2 台 1 組の杭打ち機を配置して図-3-2のように定めた。杭打ち機には主として D-22, 32 を併用した。鋼矢板の浚渫後の根入れは 3m である。打込みは初めに 10~20 枚を 1 組として建込み、最初と最後の矢板はさらに 2m 程度打込み、後続の仕上げ用杭打ち機によって仕上げを行なった。

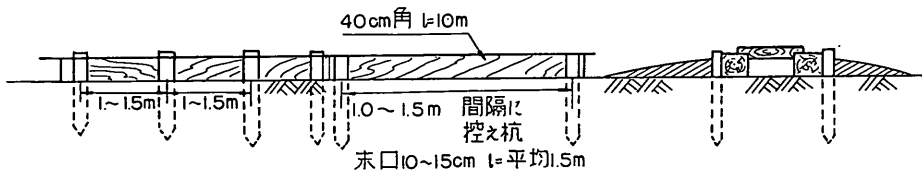


図-3-1 側壁鋼矢板打込みのための導梁

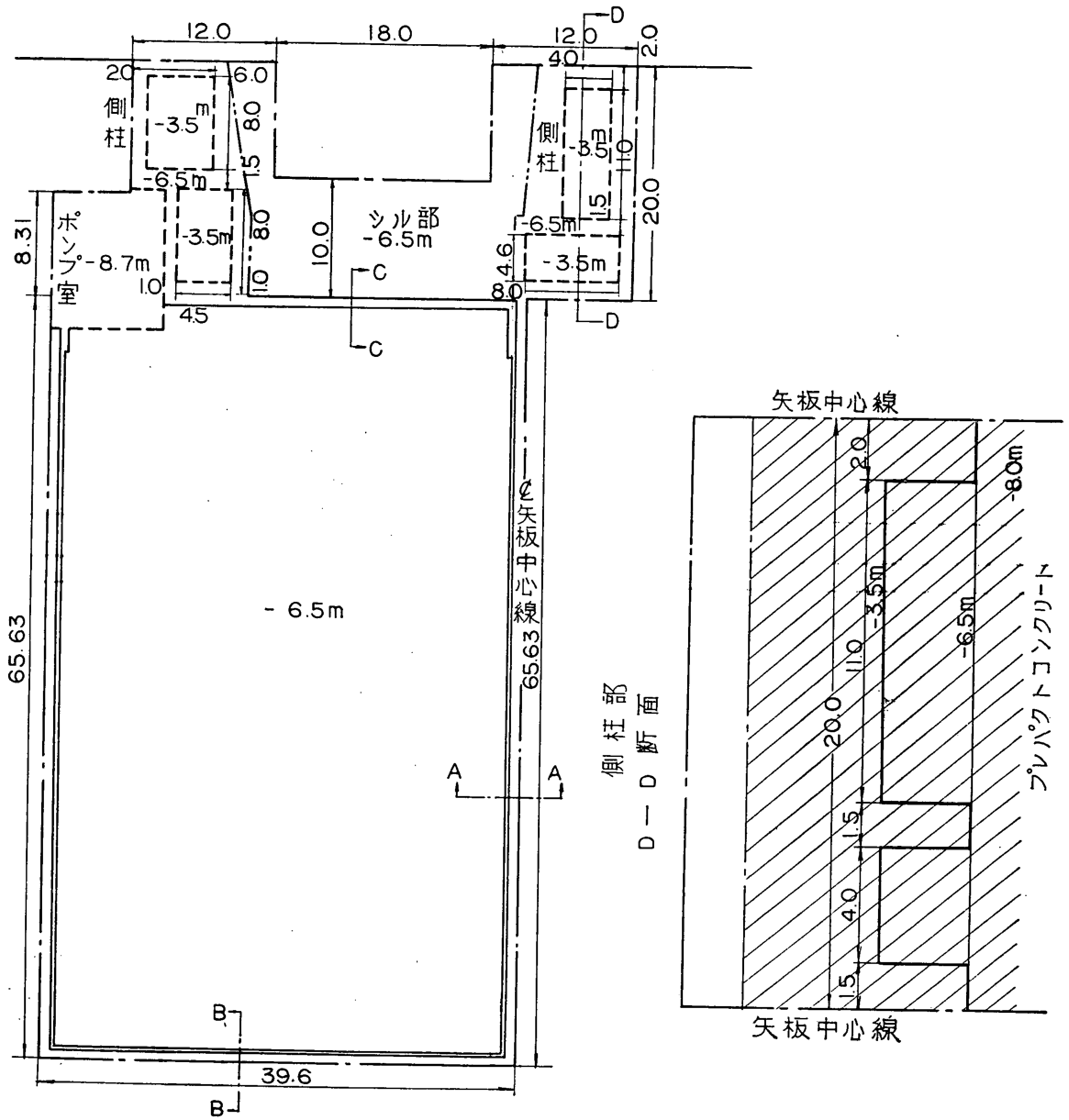


図-2-11 側柱部載荷ブロック詳細図

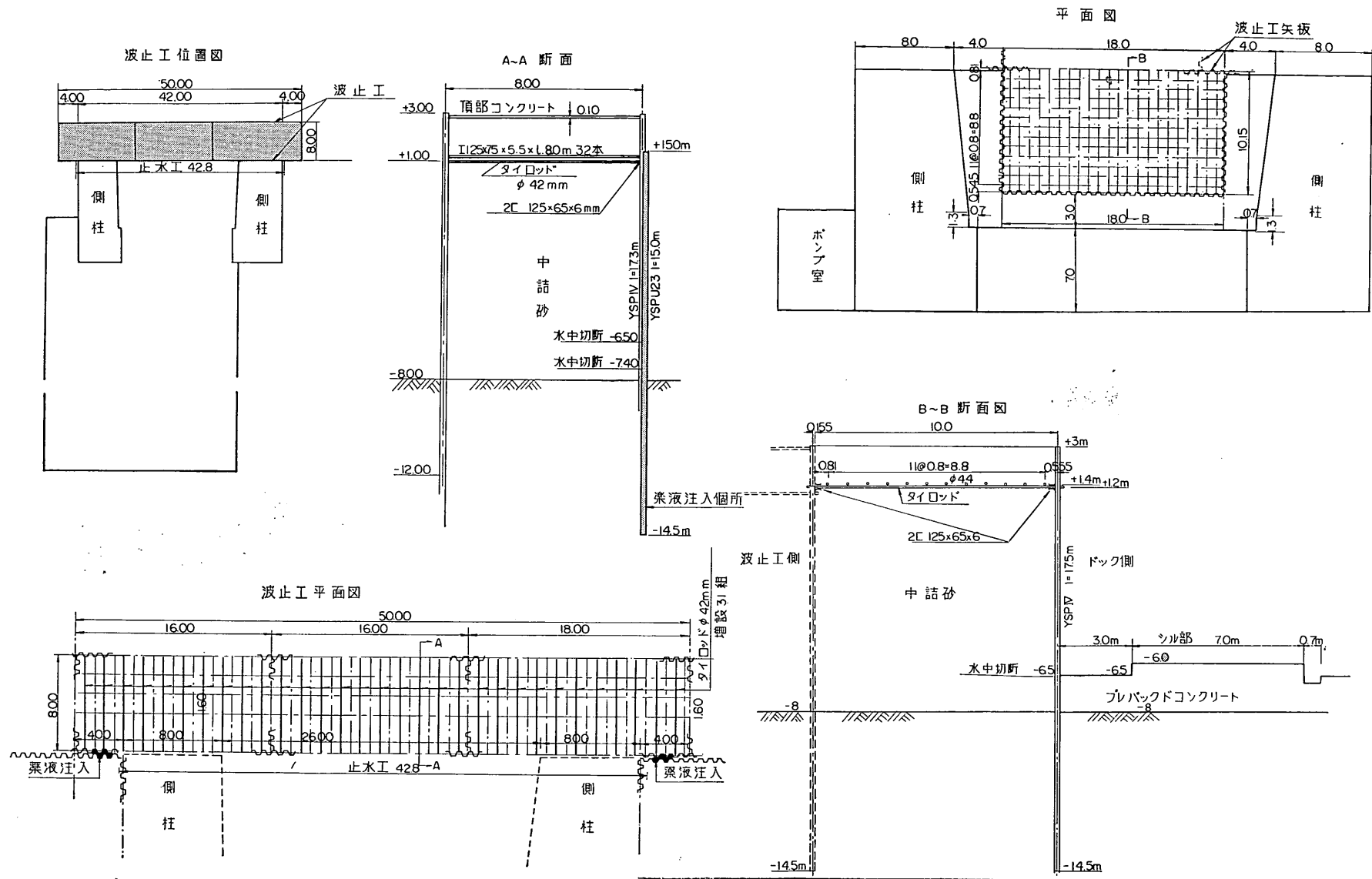


図-2-12 戸当り部止水工と波止め工中詰土砂の構造図

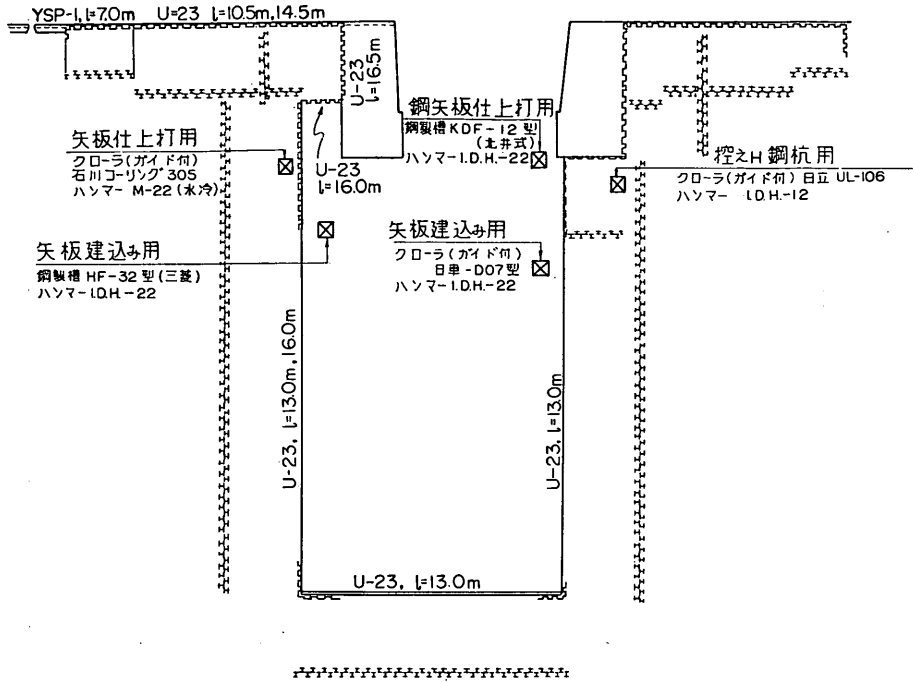


図-3-2 側壁鋼矢板打込みにおける杭打ち機の配置

側壁鋼矢板は、本来の土留壁としての効用を十分発揮させることが必要であるほかドック完成後は、頭部のコンクリート工で被覆される箇所と根入部分を除いて、高さ約7m部分がドック側壁として露出することにもなるので、施工はとくに慎重に行ない、所要の打込み精度が十分得られるよう正確を期した。

打込み過程における鋼矢板の打込み進行方向に対する傾きについては、ワイヤーロープで引きつけて調整した。

打込み工程は、当該地盤が予想以上に固い地盤であったこと、一部礫層があったことなどから当初の予想のおりは進まずかなり困難であった。このため途中（打込み開始後3日目）より-7mまでの打込みについてはジェット併用を試みたが、一部を除いてはその効果はあまりみられず、杭打ちの施工能率を大幅に高めることはできなかった。

コーナーの異形矢板やポンプ室の側壁部矢板はとくにその打込みが困難であったため、杭打ち機は、当初の空冷式から水冷式に切りかえ、長時間打込んでもハンマー効率が変わらないようにした。

側壁鋼矢板の実施工程をみると、地盤が予想外に固く締ったものであったことや、杭打ち機の故障等もあって、当初の計画工程より大幅に遅れている。

表-3-1は矢板の打込み日報であるが、これによると矢板の建込み、仕上げ打ちを含めて1枚の矢板打ちに要した時間は平均3.1時間であった。

(2) 控えH鋼杭の打込み

ドライドック側壁の鋼矢板の控え杭として打たれるH鋼杭は、本体鋼矢板の打込み開始より11日遅れて6月16日よりその打込みが行なわれた。打込みに使用した杭打ち機は、P & H 252 に I.D.H-12 型を取付けたものである。

打込み順序としては、側壁鋼矢板の仕上げ打ちを完了した区間から順次打込みを開始し、さらに腹起こしを取りつけていった。

図-3-3は控えH鋼杭の打込み精度をとりまとめたものである。これによると、基準点からの打込み法線方向に対する出入は比較的大きく、所定の打込み位置に対し±20cm程度の範囲でバラついている。標準偏差は10cmであるから、打込み杭の約2/3はほぼ-12cm～+8cmの範囲にあることを示している。

打込み法線に対して直角方向の誤差については、大幅なバラツキはみられず、標準偏差は3.8cmであってほぼ満足すべきものと思われる。

このようにH鋼杭の打込み精度が方向によって著しく

表-3-1 側壁鋼矢板の打込み日報

月	日	使用杭打ち機数 (台)	稼働時間 (時間)	計画打込み数 (枚)		実績打込み数 (枚)	
				建込み	仕上げ打	建込み	仕上げ打
6.	5			20		1	
	6	1	11	"		13	
	7	2	24	"	9	10	
	8	2	26	"	9	8	2
	9	2	26	"	9	11	11
	10	2	26	"	18	18	9
	11	2	26	"	"	33	4
	12	2	26	"	28	47	4
	13	3	51	40	"	29	14
	14			"	"		
	15	3	39	"	"		7
	16	3	39	"	"	47	6
	17	4	52	"	"	48	7
	18	2	30	"	"	38	4
	19	3.5	52.5	"	"	20	17
	20	2	30	"	"	5	18
	21	3	45	"	"		7
	22	3	45	"	"	19	12
	23	3	45	"	"	14	16
	24	3	45	"	"	5	24
	25	3	45	"	"	8	24
	26	4	60	"	"	19	33
	27	2	30		30	16	10
	28	2	30		"	19	16
	29	2	30		"	6	10
	30	2	30		"		16
7.	1	3	72		"	10	21
	2	3	72		"	24	24
	3	3	72		"	10	
	4	4	96		27	25	16
	5	4	96	30	20	2	18
	6	4	96	30	20	33	43
	7	4	96	3	23	37	
	8	4	96			61	6
	9	2	48			32	6
	10	2	48			11	2
	11	2	48			26	103
	12	3	72			17	112
	13	4	96			22	10
	14	3	72			26	11
	15	3	72				18
	16	4	96				31
	17	3	72				11
	18	2	28				12
	19	1	14				2
	20	1	14				4
	21						
	22	1	14				
	23	2	28				
	24						
	25						
	26						
	27	2	28				
	28	2	28				
	29	2	28				
計		—	2,365.5時	783枚	783枚	773枚	773枚

鹿島港ドライドックの施工法に関する調査研究（続報）

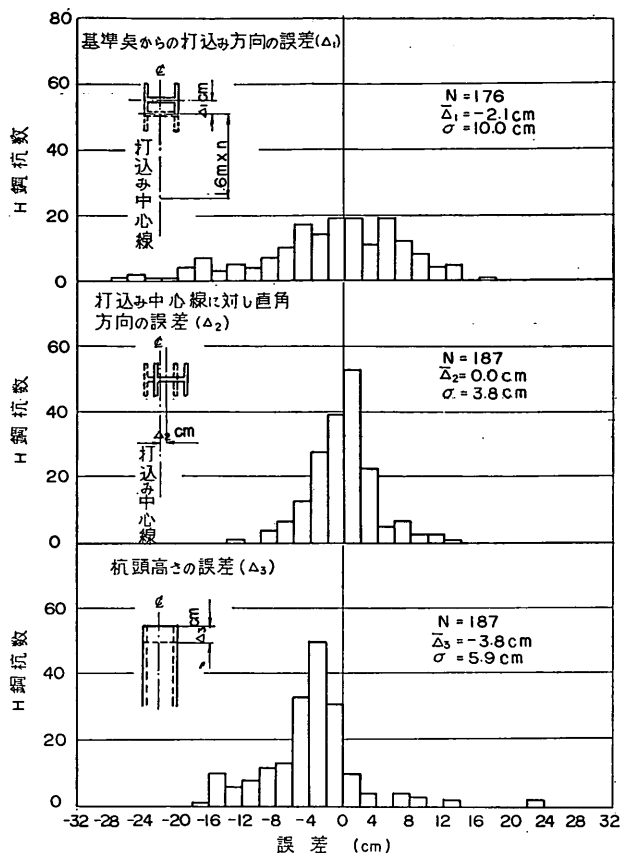


図-3-3 控えH鋼杭打込み誤差の度数分布

異なっているのは、H鋼杭の断面の異方性によるものと思われる。

(3) ドック側壁内の浚渫

側壁鋼矢板、控えH鋼杭および控え梁の施工完了後、ドック内部の浚渫を開始した。この時点では側壁鋼矢板背後の埋戻しがまだ完全でなく、また、控え梁コンクリートの材令が十分でないので、浚渫は -3.8m までと -8m までとの二段階に分けて行なった。浚渫船にはサンドポンプ船を用いたが、工程を短縮するために当初予定した能力 500 PS のものを 1,200 PS のものに変更した。施工途中に著しい不陸がみられた場合には、浚渫船のラダーの先端に鋼製のならし板を取りつけ、これによって不陸ならしをする手筈をととのえた。

ポンプ船による浚渫完了後にドック内の深浅測量を実施したがその結果は 図-3-4 に示したとおりであった。浚渫計画水深はドック内が -8m、ドック前面航路が -7m であるが、ドックの底版部の側壁鋼矢板より 10m

程度離れた地点では -8.0~-8.5m 平均 -8.2m ではほぼ計画水深に近い浚渫が行なわれている。しかし、側柱部、戸当り部および側壁鋼矢板付近の浚渫は不完全であった。

特に、ドックの最奥部の側壁鋼矢板基部の水深は -4.0~-5.0m 程度で当初に予想された程度の浚渫に止まった。これは周囲に鋼矢板をめぐらした狭い区域におけるサンドポンプ船の稼働限界を示すものであろう。

なお、前述のようなサンドポンプ船によって掘り残された箇所については、水中サンドポンプ、クラムシエル等によって仕上げ掘りを行なった。この段階において、ドック開口部の仮締切りが未完成のため、台風の影響を受けた船溜り内の砂の舞い込みがあり手戻り浚渫が行なわれた。ドック内の埋没量はかなり多く平均厚が 1.3m 程度であったので再度浚渫を行なった。

(4) 基礎H鋼杭の打込み

ドック内の浚渫が完了した時点で底版基礎H鋼杭の打

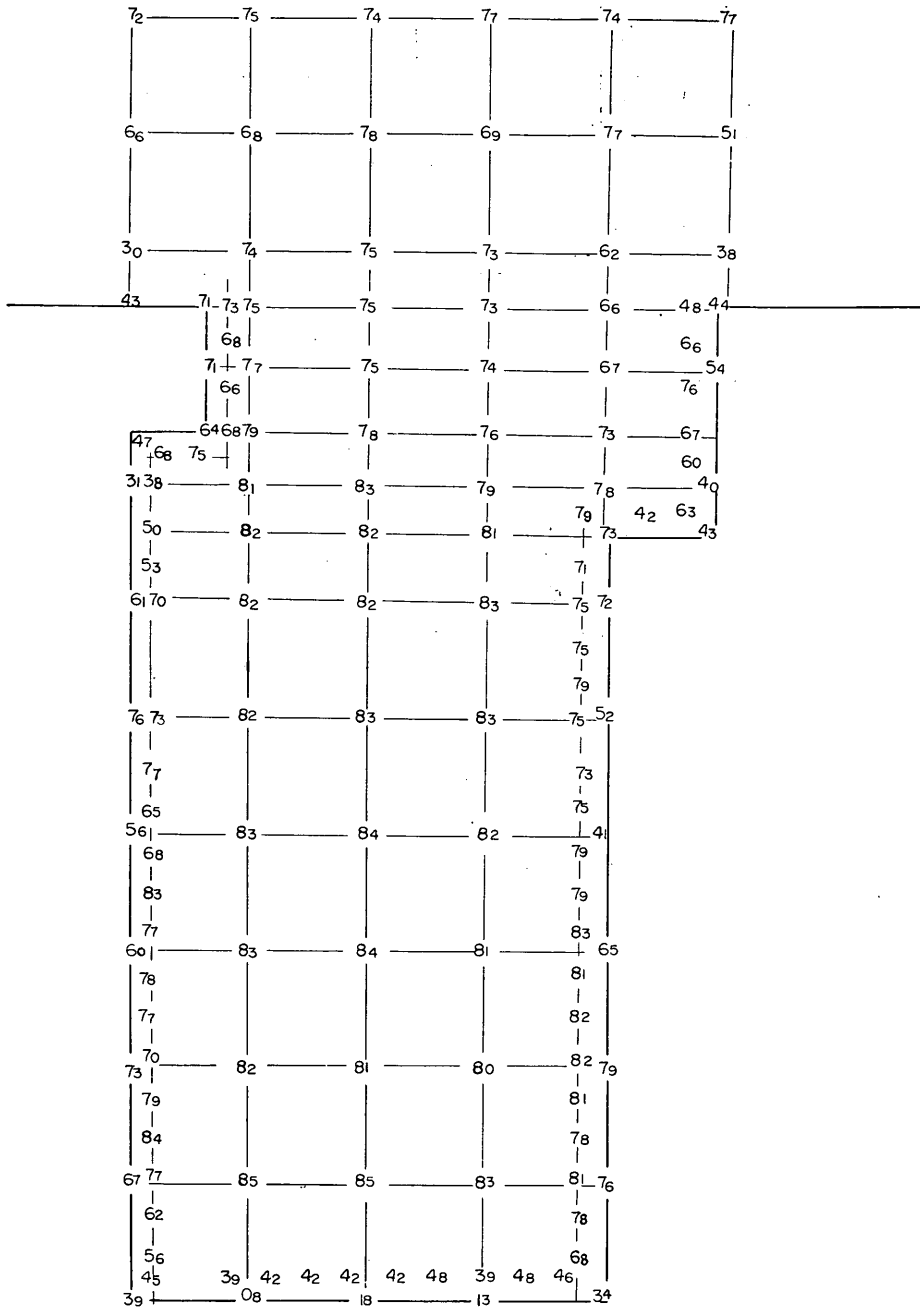


図-3-4 矢板壁内部浚渫後の深浅測量図

鹿島港ドライドックの施工法に関する調査研究（続報）

込みを行なった。杭の打込みに当っては工程の短縮をはかるために杭打ち船3隻、陸上杭打ち機2基の合計5基の杭打ち機を準備した。しかし、実際には、杭打ち船の内1隻は波止め工の締切鋼矢板の打込みに使用した。H鋼杭の打込みは狭い面積で数多くの杭打ち機を使用するため、打込み順序に工夫を要し、一応打込んで1~3日位経過したのち仕上げ打ちを行なった。使用したハンマーはD-22およびD-32である。打込み実績は表-3-2、3-3に示したとおりであり、表-3-4に杭打ち機の修理等の所要時間調査結果を示した。

表-3-2 基礎H鋼杭の打込み日報

打込み月日	建込み数	累計	仕上げ打込み数	累計
40. 7.30	3	3		
31	2	5		
8. 2	2	7		
3	2	9		
4	2	11		
6	2	13		
8	3	16		
9	2	18		
10	3	21		
13	4	25		
9.28	1	26		
29	1	27		
30	4	31		
10. 1	4	35		
9	3	38		
10	5	43		
11	10	53		
12	18	71		
13	25	96		
14	25	121		
15	17	138	12	12
16	30	168	24	36
17	33	201	24	60
18	39	240	21	81
20	22	262	22	103
21	31	293	16	119
22	25	318	32	151
23	25	343	6	157
24	42	385	25	182
25	23	408	15	197
26			46	243
27			38	281
28	5	413	30	311
29			20	331
30			40	371
11. 1			26	397
3	8	421	7	404
4			4	408
5			12	421
7	2	423	3	423
増杭				
40.11. 5	9		9	
6	5	14	5	14
7	2	16	1	15
8	9	25		
9	1	26	1	16
10	2	28	12	28

表-3-3 側壁鋼矢板と基礎H鋼杭の打込み
施工実績

工種	実働実績	施工能率
側壁鋼矢板打込み	3.1 時間/枚	7.6 時間/枚
基礎H鋼杭建込み	—	11.1 時間/本
” 仕上げ打ち	—	2.9 時間/本

表-3-4 杭打ち機の修理と部品交換の件数
および所要時間

内容	件数 (件)	所要時間 (時間)
キャップ修理	7	119.3
櫓修理	5	121.0
ハンマー修理	12	144.0
ハンマー交換	7	263.1
クレーン修理	2	48.0
ハンマードリッド修理	5	91.0

注) 期間：6月1日~7月29日
杭打ち機5台、延使用日数245日

(5) プレバックドコンクリートの打設

基礎H鋼杭打込み後底版プレバックドコンクリートを打設した。プレバックドコンクリートの打設についての現場実験の結果、施工方法、品質管理およびその問題点等については、さきの“鹿島港ドライドックの施工法に関する調査研究”に詳述したので本続報においては省略する。

(6) 施工に当って行なった各種の観測調査

鹿島港のドライドック築造工事では2-1において述べたように、実際の施工と並行して現場における各種の観測、調査や実験を行なった。そのうち主だったものとしては

- (i) 底版基礎H鋼杭引抜き抵抗試験
 - (ii) 鋼矢板控えH鋼杭水平抵抗試験
 - (iii) プレバックドコンクリートのモルタル注入試験
- 等があげられる。これらについてはそれぞれ別途報告されているので、ここではその項目の列挙に止めた。なおこの他、矢板背後の残留水位の観測やプレバックドコンクリートの品質管理のための試験等を実施した。

4. ドライドック底版の漏水とその復旧

4-1 ポンプ室基礎およびドライドック底版の
プレバックドコンクリートの打設

ドライドックのポンプ室の基礎(-10.2~-8.7m)はドック底版(-8.5~-6.5m)に比べ一段低く位置する

ため、モルタルの注入はドック底版の施工より約1カ月前立って施工された。施工に当ってはドック底版とポンプ室基礎の水平打ち継目の弱点を補強するために設計図に指示された値よりドック底版基礎の掘削幅を大きくとり図-4-1に示す要領で施工するよう考慮した。

ドライドックの第1回排水は41年1月12日より3日間におわたって慎重に行なった。排水後のプレバックドコンクリートの底版上面の水準測量の結果は図-4-2に示したとおりである。排水完了と同時にレイタンス等のドック底版表面の沈澱物を除去し、続いて底版の舗装コンクリート、側溝、変電所、キャプスタンの設置作業をほぼ並行して続けた。函台の取付けはケーソン製作場所を除いた集水枒付近を2月11日に完了し、以後の主な工事はポンプ室に移り、第1回のケーソン製作が開始された。

4-2 ドライドック排水時の漏水状況および漏水箇所 の調査

第1回目のケーソン曳き出し後、4月20日に再び第2回目のケーソン製作に着手するためドックの排水を開始した。側壁矢板継目からの湧水量や、底版に加わる揚圧力の測定を並行して行ないながら昼間のみ排水した。

翌21日、ドック内水位が函台より+0.5m(-5.5m)ほどに達したときに集水枒付近より大きな気泡の浮上するのが認められ、続いて明らかに漏水と識別できるような水の流れがドック内に生じた。そのため、ただちに排水を中止し注水を開始したが漏水は一層はげしくなり、空気圧縮機より空気を排出する時のような音を発し漏水が続いた。

潜水夫の調査結果によると、集水枒を中心にしてプレバックドコンクリートの施工面に1~1.5mの厚さで噴き出した砂が堆積し、その量はほぼ50~70m³と推定された。破壊箇所は図-4-3に示したように主として集水枒およびポンプ室床版と、側壁のプレバックドコンクリ

ート打継目部分であった。ただちに堆積土砂を除去し、床版下の空隙を調査するためプレバックドコンクリート床版の図-4-4に示した個所でボーリングを実施した。砂が噴出したためにドック底版の下面に生じた空隙箇所を推定すると図-4-5、4-6に示したように集水枒付近の底版下面とポンプ室底版下面に集中している。

漏水の原因は、破損と空隙箇所からも明らかなように、プレバックドコンクリートの水平打ち継目の施工が不完全だったことによるものである。ポンプ室底版と側壁の水平打ち継目は、前述したように前者をあらかじめプレバックドコンクリートで打設し、ほぼ1カ月後にドライドック底版を打設したものである。

水平打ち継目の不完全施工の原因としては、粗骨材表面に付着していた汚泥およびドック内部に舞込んだ微粒土砂の堆積、モルタル注入管の切換え時に水中に放出されたモルタルが水平打ち継目にレイタンス状となって、打設方向が陸側より海側に向けて一方向に行なわれたためこれらの物質の集積を招いたこと等が考えられる。

上記の漏水箇所の補修は、空隙部分にモルタルを注入して完全に充填固結した後ドックを排水し、この打継部分をドライの状態に掘削し普通コンクリートで打直す方法によった。この際に打継目のプレバックドコンクリートの生成状況を調査したところ、図-4-7に示すように完全なプレバックドコンクリートとレイタンス状の堆積層が互層をなした状態であった。これは、水中コンクリート工事における水平打ち継目の難しさを示した好例であるとともに、その可能性を念頭において入念に施工すれば所要の打継目を設けうることを示しているともいえる。一方、水中工事では直接的な検査の不可能な点が多く設計に当ってはこのような施工箇所を必要としないような構造設計とすることが大切なことであろう。なお、本工事においては側柱および戸当り部前面に長さ7.1mの

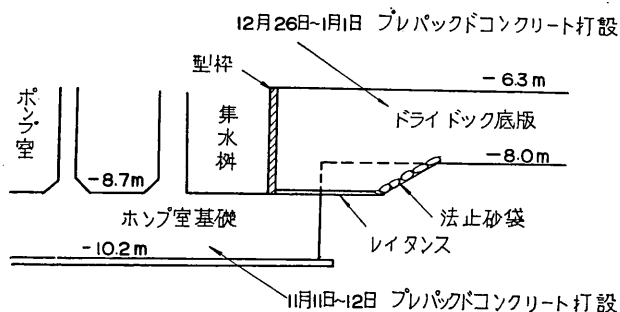
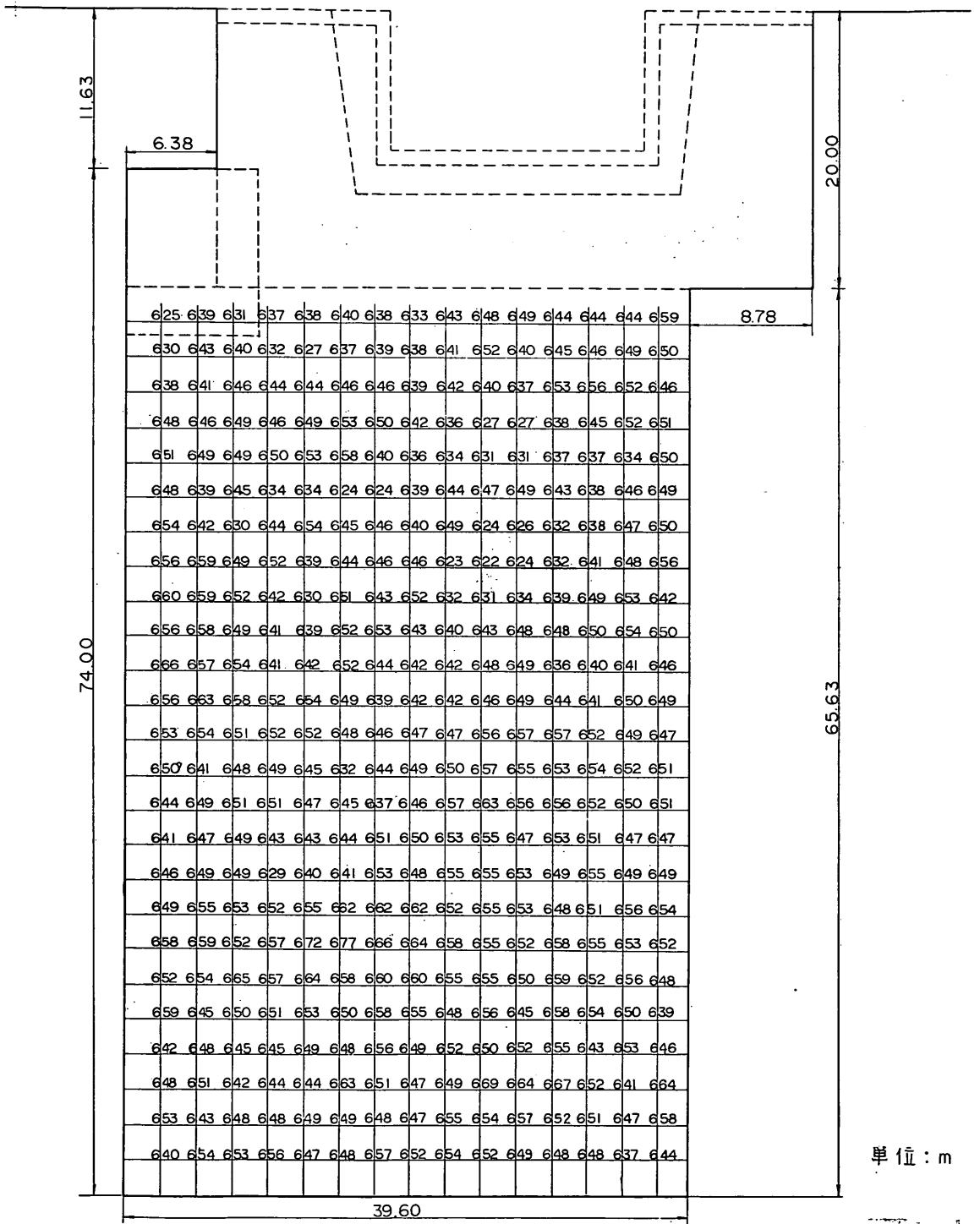


図-4-1 ポンプ室基礎とドック底版の間の水平打ち継目の施工要領

鹿島港ドライドックの施工法に関する調査研究 (続報)



単位 : m

図-4-2 ドライドック底版プレバックドコンクリート上面の水準測量図 (設計水準 -6.50m)

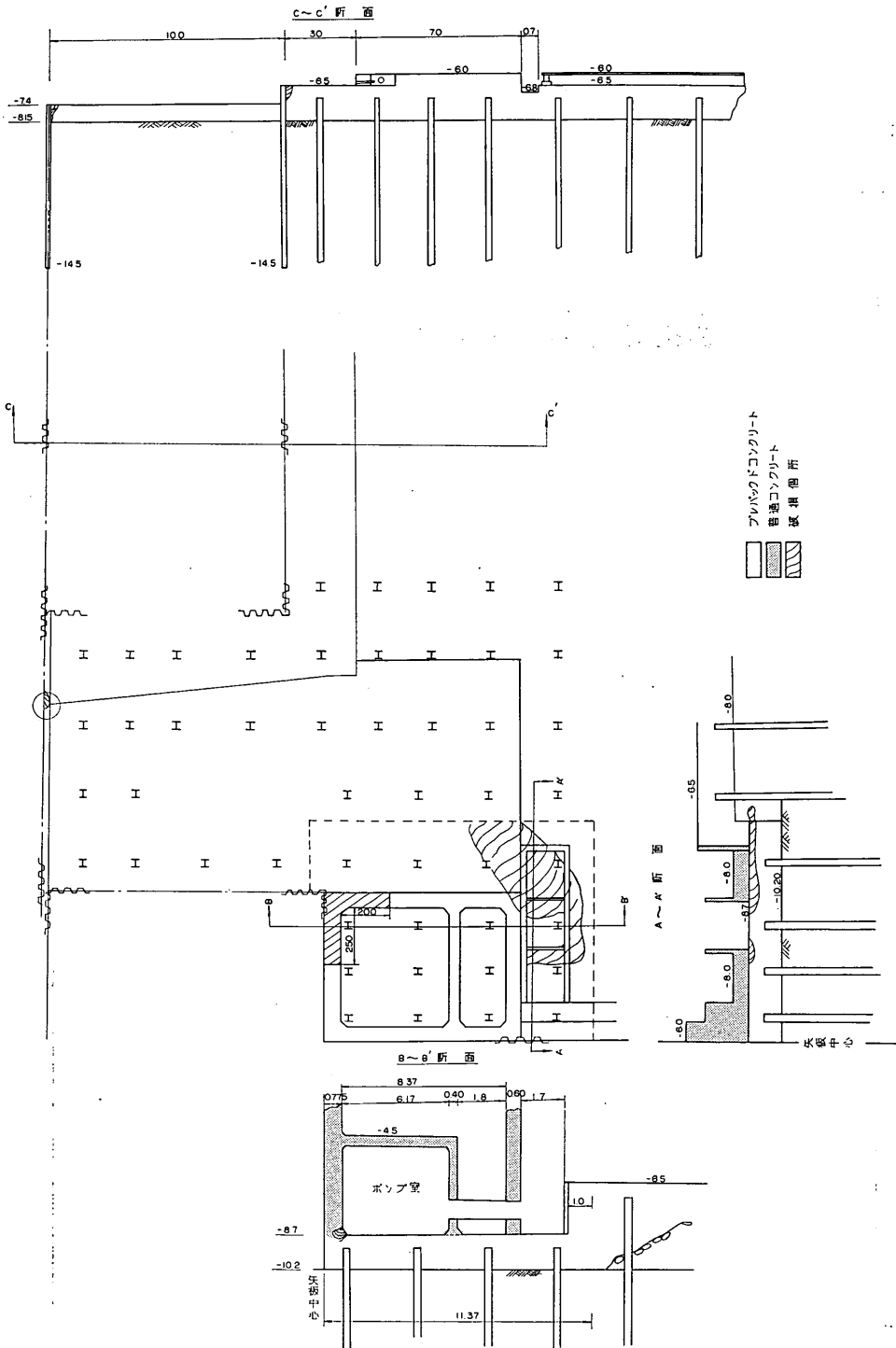


図-4-3 ドライドック漏水による破損箇所

鹿島港ドライドックの施工法に関する調査研究（続報）

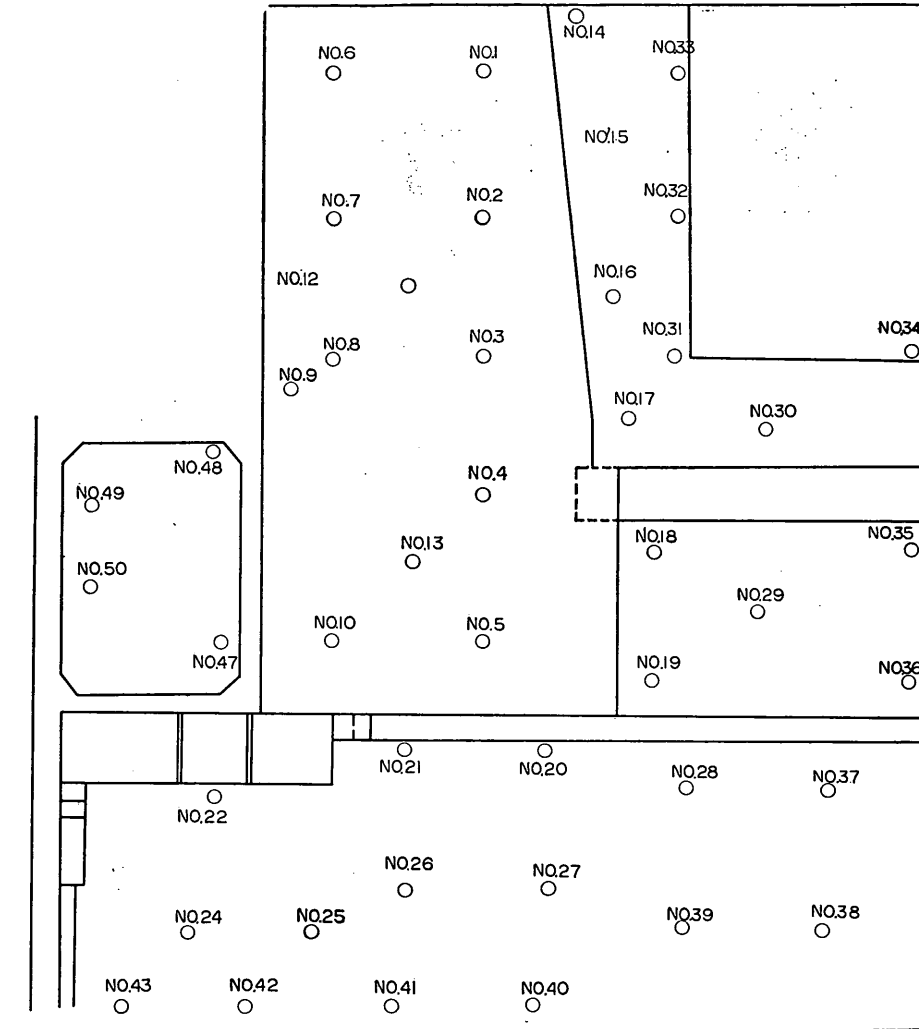


図-4-4 ドライドック漏水後の底版下面調査のためのボーリング施工箇所

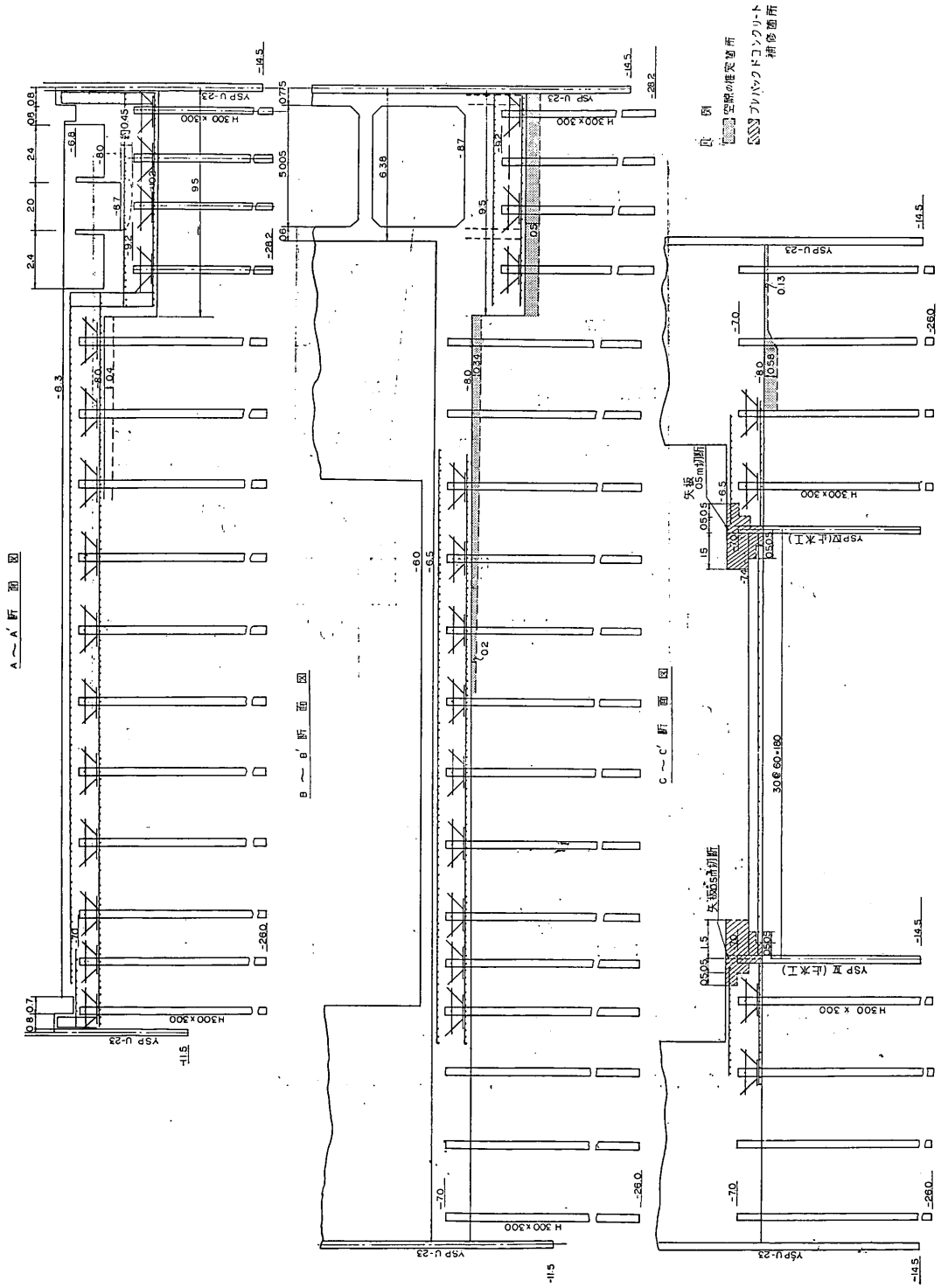


図-4-5 ドライドック漏水によって生じた底板下面の空隙と補修箇所 (1)

鹿島港ドライドックの施工法に関する調査研究（続報）

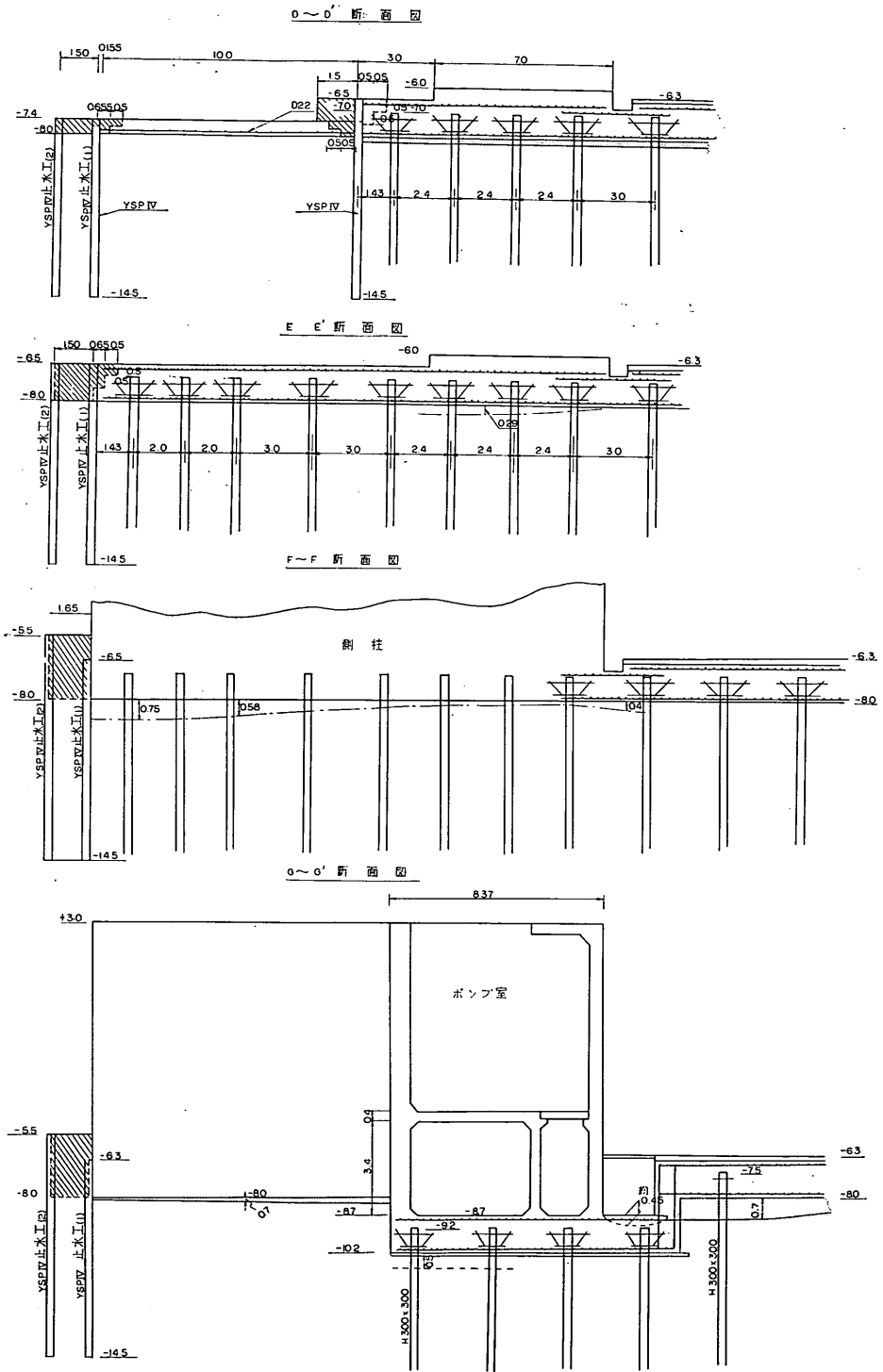


図-4-6 ドライドック漏水によって生じた底版下面の空隙と補修箇所 (2)

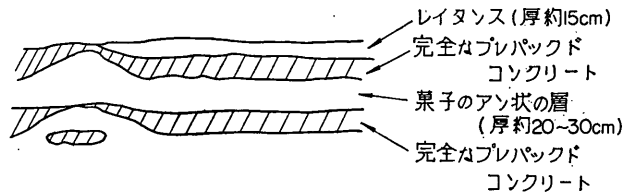


図-4-7 ポンプ室基礎とドック底版の間の水平打継目部分に生じた互層の状況

YSP-U 型止水矢板を打込んだが十分な効果をあげられず、打継目に大きな水頭が加わったことも漏水の速因と考えられる。

4-3 止水工法

漏水の補修工事は5月18日より行なった。すなわち側柱と戸当り部前面に新規に止水矢板を打込み、新旧止水矢板に薬液を注入して固め、戸当り前面のブレパックドコンクリートを打直してボーリング孔よりモルタルを注入して底版下の空隙を完全に充填する等の方策によった。

止水矢板間に注入した薬液は Nitto-SS 30 の 400 l 標準配合を使用した。図-4-8 は補修工事の工程計画であるが、海象状況の悪化、薬液注入のためのパイプの海上打ちの難かしさ、モルタル注入孔の掘削および戸当り部前面コンクリート取りこわしの困難さ等が重なり、結局補修工事の完成は7月20日となった。図-4-9 に戸当り部前面コンクリートの補修箇所(斜線部)と薬液注入箇所を示した。

5. ドライドック施工上の問題点

5-1 工程管理について

本ドライドックの築造計画に当っては、その築造箇所が荒海に面した砂浜海岸であること、透水性の大きい砂質地盤であること等から種々の問題点が当初から予想された。たとえば前述したように鹿島灘のような特殊な海象条件下の工事現場における稼働日数と施工精度の考え方、締った砂地盤への鋼矢板、鋼杭の打込み工程、ドック内深梁の施工精度、底版コンクリートにおける大量の水中連続打設の施工技術等の他に、砂地盤における鋼杭の引抜き抵抗、水平抵抗、ドック底版にかかる揚圧力、鋼矢板壁における透水量等のある程度施工と並行して確かめざるを得ない要素に関する諸問題である。

これらの問題は未だ不明な点が多く、それぞれの施工条件の下で検討し、整理判断して行かざるを得ない要素を多分に含んでいる。

本来、土木工事ではこの種の問題は大なり小なり必ず存在するものではあるが、鹿島港ドライドックの施工に当ってはとくに多くの問題が提起されたのである。これらの問題が内蔵されているにもかかわらず鹿島港のケーソンヤードとしてドライドック方式が採用された経緯については、“鹿島港設計々算書(ケーソンヤード)”にその詳細が述べられているのでここでは割愛することとする。

ともかく、鹿島港のケーソンヤードをドライドック方式によって、きわめて短期間に仕上げることは鹿島港建設の全体計画の上から至上命令に等しいものであった。このため、本来施工前に十分に調査し、解明することが望ましいような問題についても、少ない資料に基づいて推定判断せざるを得なかった点は、工程管理にも著しい影響をおよぼしたものと思われる。

工程の管理については、従来バーチャート(横棒式工程表)によるものが多かったが、近年 PERT, CPM による方法が脚光を浴びこれを土木工事に効果的に応用した例も少なくない。港湾工事においてもこの利用が望まれているが、本ドライドックの施工に際しても実施に当って PERT による工程管理を試みた。しかしながら結果的にはその効果を十分に発揮し得ずに終り、本工事のごとく海象、地象条件が複雑で、かつ、設計、施工の面で不確定要素の多い工事における工程管理の困難さを認識するに止まった。

工程計画をたてる場合、工事に含まれるあらゆる要素を吟味し評価した上でこれを行なうべきであり、そのためには高度の技術的知識と判断力および工事全容を把握する洞察力が要求される。すなわち、工事の要点を分析し、問題点を摘出し、適切な工法を具体化するとともに、施工に当たっても個々の工事内容の検討が不可欠となるゆえんである。また本ドライドック工事におけるように、設計、施工の問題点を現場実験の結果や施工実績等によって確かめ、当初の計画を修正していく場合には、その検討に要する日数を工程計画上にどのようにとり入れて

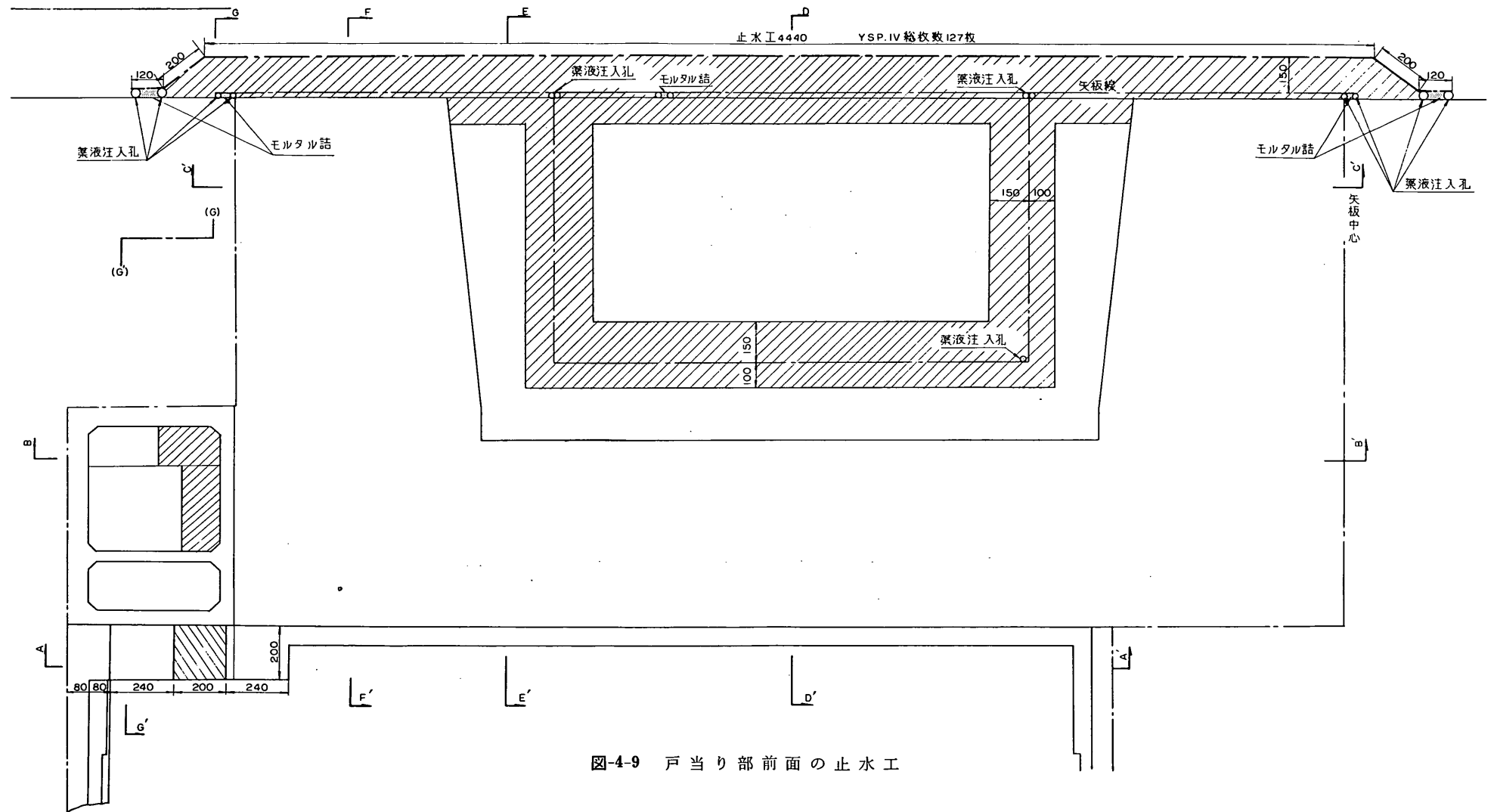


図-4-9 戸当り部前面の止水工

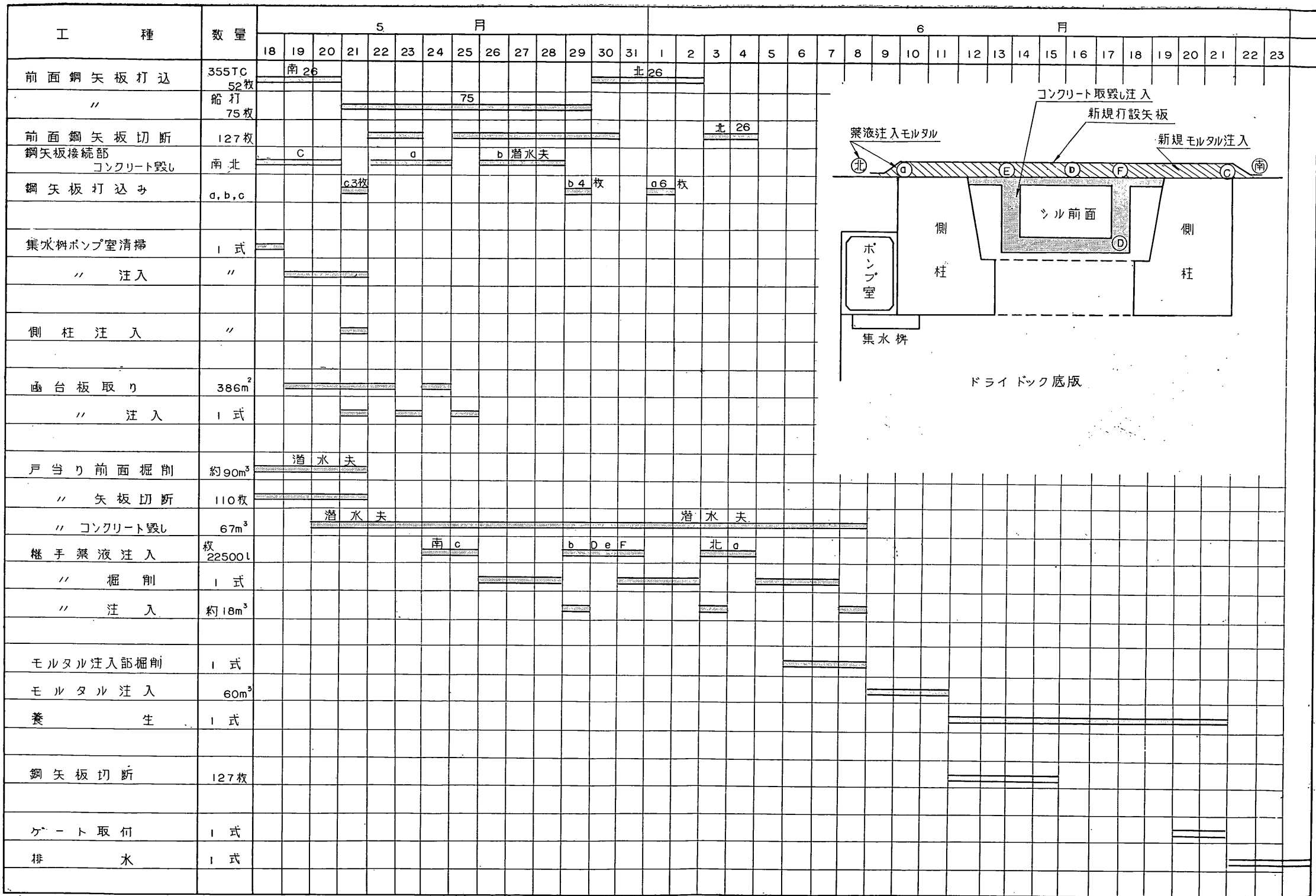


図-4-8 ドライ Dock 漏水箇所補修の工程計画

いくつかという点も新しい問題であろう。

とくに、本工事が官庁の発注する請負工事であり、契約更改に関する事務手続きに要する日数の考え方や、これを受けて施工する請負会社側の施工準備に要する日数等は当初工程計画には推定計上しがたいものでもあり、今後の検討を要する点であろう。

たとえば、本工事が設計施工を総合した全面的な責任請負施工工事である場合には、設計内容の変更やそれに伴う施工態勢の変更等も請負金額の大幅な変更は別として、全て請負業者が主体的に行なうことになり、したがって工程計画についても、当該企業の企業努力の面を十分加味したもので樹てられ、その管理もスムーズに行ない得るものと思われる。

あるいはまたこれとは全然逆な施工体制である場合、すなわち、設計、施工、監督が全て施主自体の直営工事である場合には、本工事のごとき不確定要素の多い工事においても比較的円滑な工程管理が行ない得るのではないかという考え方もあろう。

現在の官公庁発注の多くの工事は、発注者の設計仕様について請負業者が施工し、この監督については発注者が行なう型式が一般的であるが工程管理面では双方の体制は必ずしも十分とはいえず、工事施工上の問題が多い。

これは、現場における管理体制が不十分であって、管理すべき要因が発注者側において介入し得ない企業内部の事情等がかなりあり、請負業者自身の施工体制がかなり工程管理ひいては工事竣工時期に大きな影響をおよぼしている面があることは否定できない。また、現時点における発注者側の工程管理についてもそのあり方、体制等についても反省すべき点がかかり多い。これらの問題は、単に鹿島港ドライドック工事についてのみのものではなく、一般に行なわれている土木工事についても大なり小なりいえることである。本ドライドック工事のように設計、施工面において不確定要素が多い工事では、上述のごとき管理体制上の要因をできるだけ減少、除去することはきわめて大きな意味をもつものと思われる。

本工事においては残念ながら工程管理の難しさを指摘するに止まったが、今後における問題点の解決の方向としては次のような案が考えられる。すなわち発注者側の態度としては

(i) 工事発注前の契約工期の決定に当って、少なくとも当該工事を自身で施工する立場に立って PERT 法等によって実施工程をたててみることを。

(ii) 現場における監督員の各自が重点的な工程の把

握、管理のなし得る技術を身につけること。

(iii) 双務契約の精神を尊重した積極的な助言を施工者側に与えること。

等が考えられる。また、受注者側の態度としては

(i) 契約時に綿密な実施工程をたて、使用する主要機械、船舶、材料、労力等の手配を作業工程に合わせて抜かりなく準備すること。

(ii) 工事実施途中における施工者側の責任に帰する必要最小限の観測、測量等を常に実施し、当該工事のでき高と問題点を常に把握するよう現場における管理体制を充実させること。

(iii) 工事工程上の問題点をいち早く発見し、工程計画の修正に当たるとともに、常に監督員に報告しておくこと。

等があげられる。そしてこれら工程の管理に当っては PERT 法等を十分駆使していくよう訓練していくことが必要で、これによって常に工事の進捗状況を適確にとらえ工事の遅延防止をはかるよう努力する必要がある。

5-2 施工精度について

本ドライドック工事における各工種についての施工精度は前述のとおりであるが、ここでは水中工事の 2, 3 について考えてみる。

(1) ドライドックの浚渫施工精度

航路、泊地の浚渫に関しては、浚渫船の種類、地盤等に応じた余掘り、法面の仕上がり精度、浚渫能力等に関連した測定結果が数例得られているが^{6,7)}、鋼矢板等の既設構造物に近接した極限された工事区域の浚渫工事の施工精度については記録が見あたらない。

前述したように、本ドライドックの浚渫は砂質地盤上に、平面的な広がりをもつ底版を施工するために浚渫精度を厳重に管理する必要がある。サンドポンプ浚渫船で浚渫した後に水中サンドポンプ、クラムシエル等でならし工を実施している。このため、上述の測定結果と直接の関連性は見出し得ないが、特殊な条件下での浚渫精度の資料を提示するものといえよう。

図-3-4 に示したように浚渫基準面 -8.0m の区域のドライドック内の側壁鋼矢板より 10m 以遠の浚渫精度をみると最小値 -8.0m 最大値 -8.5m であり、この区域は所要の浚渫水深が得られている。余掘り厚の平均は 0.25m であって、たとえば締まった細砂の土質条件を有する室蘭港におけるポンプ船の使用実績による余掘平均 0.6m を若干下廻る値を示している。本工事の余掘量の最大値は 0.5m であって、これも室蘭港における実

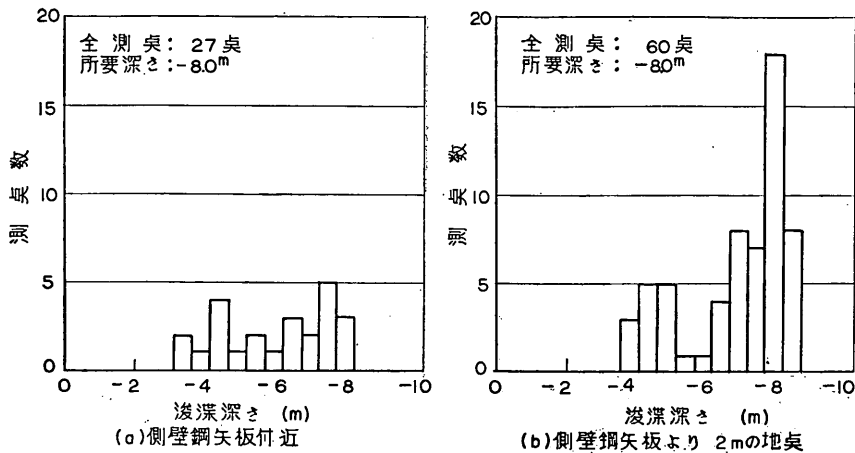


図-5-1 サンドポンプ浚渫船による浚渫後の深淺測量結果

績値のほぼ1/2である。

本工事の余掘りの値については、プレバックドコンクリート底版の厚さは増え、揚圧力に対して安全側に作用するから、ドレーンパイプの設置、配筋におけるかぶりの不均等性におよぼす影響以外は大きな問題とはならないであろう。問題は前述したように側壁鋼矢板基部に三角形断面をなすように残った土砂の処理法であって、その度数分布図は 図-5-1 に示すように所要水深 -8.0m を満足せず今後このような既設構造物近辺における浚渫方法について研究する必要がある。

表-5-1 プレバックドコンクリート底版の水準測量結果の度数分布

基準面からの深さ (m)	測点数
-6.19以下	0
-6.20~-6.29	12
-6.30~-6.39	45
-6.40~-6.49	155
-6.50~-6.59	144
-6.60~-6.69	17
-6.70以上	2

(2) プレバックドコンクリートの施工精度

プレバックドコンクリートの底版は、本ドックにおける最も重要な箇所であり、大きな荷重の加わるところである。そのため、施工に当っては予め慎重な調査と実験をくりかえした。すなわち、水深約 6~8m のところで基礎杭と密接一体化鉄筋プレバックドコンクリート版の製作、基礎H杭や側壁鋼矢板との十分な付着力の実現の

可能性を検討した。

施工された底版の水準測量の結果は図-4-2、表-5-1 に示したとおりである。これによると、水準値は -6.22m ~ -6.77m の範囲でバラついており、平均 -6.48m であった。標準偏差は 0.09m であり、これによると施工面の水準は -6.4m ~ -6.6m に集中しておりほぼ施工面の90%以上は -6.3 ~ -6.6m の範囲にあると考えてよいであろう。構造物の所要の施工精度は、構造物の性質、重要性を考慮して規定されるべきものであるが、本ドライドックにおけるように海面下 -6.5m ~ -8m に築造した厚さ 1.5m 程度のプレバックド底版としては ±15cm の施工精度はほぼ満足すべきものといえよう。

6. あとがき

前報でも述べたように、本調査研究は鹿島港ドライドック建設工事において採用された各種の工法とその総合技術としてのドライドック施工法の実態を正確に把握するため、設計施工に関する資料を取纏めたものであるが、単に工事資料と成果の記録に止まらず、施工過程で発生した各種の問題点や欠陥の分析をも試みている。

本ドライドックの工事に限らず、一般の港湾工事においても施工法の合理化のための努力と調査研究は絶えず行なわれているが、その成果は工事関係者の個人的な経験として蓄積されるに止まり、体系づけられた形で公表される機会は概して少ないようである。

工事の成否や失敗の有無にかかわらず、この種の報告を公表することは施工技術の改善と発展に寄与する所が大きいと思われ、港湾建設に当る諸賢の御批判を仰ぐ次

鹿島港ドライドックの施工法に関する調査研究（続報）

第である。

なお、本報告の作成に当っては、材料施工研究室研究員 関 博，浅岡邦一両技官に資料の整理と原案の起草の一部を担当して頂いた。ここに厚く御礼申上げる。

参 考 文 献

- 1) “鹿島港設計計算書（ケーソンヤード）” No. 10, 1966年3月, 394 pp.
- 2) “鹿島港ドライドック底版コンクリートの設計に関する受託試験報告書”, 港湾技術研究所, 1965年6月
- 3) “鹿島港ドライドック築造にともなう揚圧力, 残留

水位などの測定報告”, 横浜調査設計事務所, 設計資料第7集, 1967年7月, 115 pp.

- 4) 西田俊策, 原田修, 石下禎重, 赤塚雄三, 関義治, “鹿島港ドライドックの施工法に関する調査研究”, 港湾技術研究所報告, 第6巻1号, 1967年1月, 102 pp.
- 5) “鹿島港地質調査および現場透水試験報告書”, 応用地質調査事務所, 1964年12月, 162 pp.
- 6) “港湾工事の施工精度(浚渫工事)”, 第14回直轄技術研究会資料, 1963年10月, 62 pp.
- 7) “浚渫施工に関する技術的対策(ポンプ浚渫)”, 第18回直轄技術研究会資料, 1967年10月, 45 pp.
(1968.6.24 受付)

付 録 鹿 島 港 設 計 計 算 書 抜 萃

1. 底版基礎 H 鋼杭引抜試験
2. 鋼矢板控え H 鋼杭水平抵抗試験

1. 底版基礎 H 鋼杭引抜試験

1-1 計 画

(1) 目 的

鹿島港ドライドックはドック底盤にかかる揚圧力を H 杭の引抜抵抗によって持たすように設計し、H 杭の根入れ安全率を横浜調査設計事務所設計基準により $S.F. \geq 1.5$ とした。この安全率は港湾工事設計要覧の 2.5 建築鋼ぐい基礎設計規準の 3 にくらべると相当低い。横浜調査設計事務所設計基準は京浜港山下ふ頭第 7, 8 パースの鋼管杭棧橋を建設する際の現場試験の結果を参考にしてきめたものであって、京浜港のような土丹層と鹿島港のような砂層とは異なった値である可能性もあるので、現場試験によって設計の妥当性をたしかめようとするものである。

(2) 試験項目

引抜試験を行なう。押込試験も合わせて行なうことが望ましいが、計算上の極限押込力が 220 ton になるので試験荷重として 300 t~400 t を予定すると相当大がかりな装置が必要となり、試験期間ものびるので押込み試験は行なわないこととした。

(3) 試験方法

ドライドック護岸の錨定杭位置で 6.4 m の錨定杭 3 本の長さを 19 m および 13.6 m に変えて、控杭および試験杭として行なう。

横浜調査設計事務所で概略計画をたて、鹿島港工事々務所で実施する。地質調査のためのボーリング地点位置図や調査結果を図-A-1~A-4 に示す。

(4) 参考実施図

図-A-5 を参考として実施すること。

(5) 試験杭根入長の決定

杭の実際の打込地盤は -8.0 m より -2.6 m までであるが、現在地盤は +2.0 m 程度である。-8.0 m まで現在地盤を掘って、実際と同じ条件で試験を行なうのが望ましいが、10 m も掘削しなければならないこと、現地は地下水位が高く、透水係数も大きいこと

から、掘削工事と排水工事に多額の費用を要することになるので、現地盤を利用して試験を行なわざるを得ない。

この場合、-5.0 m~-12 m に N 値 50 以上の砂層が入っていて、実際に杭を打込む地盤とは異なっている。(図-A-4 参照)これをどう評価するかが問題であるが、一応地表面を H.W.L. 時 (+1.4 m) にも水に浸らない +2.0 m の所で試験することとし、-16 m までの N 値の平均値を出し、これを規定通り打った場合の -8.0 m~-26 m の場合と比較する。ここで N 値 50 以上の部分については 50 回打つときの貫入量がわかっているから、貫入量 30 cm まで入れるための打撃数を推定して計算した。

杭の引抜抵抗力は土の縮まり具合すなわち N 値に比例するものとする、現地盤で試験するのと実際との比率は表-A-1 に示したように、平均 10% 内外、最大 33% の差を生じている。よって試験杭の根入長を $18\text{m} \times 0.7 = 12.6\text{m}$ (全長 13.6 m) とする。

表-A-1 N 値の比較

ボーリング 番 号	+2.0 m より -2.6 m まで の平均 N 値 (A)	-8 m より -26 m まで (B)	$\frac{B}{A}$
No. 1	42	38	0.91
No. 2	43	47	1.09
No. 3	37	37	1.00
No. 4	39	26	0.67
No. 5	42	40	0.95
総 平 均	40.6	37.6	0.93

(6) 試験要領

(a) 計画荷重

計算による極限引抜力は 95 ton であるので 180 ton まで計画する。ジャッキは 200 ton 以上の能力とする。

(注) 設計引抜力 $\begin{cases} \text{施 工 時} & 56 \text{ ton} \\ \text{異常高潮時} & 61 \text{ ton} \end{cases}$

(b) 載荷段階

40 ton, 65 ton, 95 ton, それ以上破壊まで、のグル

鹿島港ドライドックの施工法に関する調査研究 (続報)

一載荷とする。すなわち、上記載荷重ごとにゼロ荷重まで減荷する。

残留浮上りの発生する荷重点をはっきりつかまえる。

各荷重段階でも一度に全量載荷するのではなく、少量づつ何段階かに分けて増荷する。各段階の載荷が終るごとに杭頭の浮上りが停止するまで、あるいは浮上り速度が20分間あたり 1/100 cm 以下になるまでそのまましておく。「鋼杭工法」では10分間あたり 1/100 cm 以下になっているが、ドックでは地震時のような一時荷重と異なり、常に揚圧力が作用しているため20分間あたりにした。

65 ton のときは3時間 65 ton の荷重をかけておく試験も行なう。

各グループの荷重内での荷重のかけ方の標準

40 t.....0→20 t→40 t→20→0

65 t.....0→20→40→55→65—(3時間)→55→40→20→0

95 t.....0→40→60→80→95→80→60→40→0

極限.....0→40→60→95→極限荷重

(c) 整理の仕方、注意事項等については「鋼杭工法」参照のこと。

(d) 載荷装置については必ず球座を使用すること。

(e) ダイアルゲージは $\frac{1}{100}$ mm 目盛でストロークが 5 cm 程度のものを用い3箇所を測ること。

(f) 杭の打込記録もとっておくこと。

(7) 試験装置の計算

桁の計算

180 ton 載荷は一時荷重、120 ton 載荷までは常時の許容応力を用うる。

$$M = \frac{pl}{4} = \frac{180 \times 3.2}{4} = 144 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$\sigma = 2,070 \text{ kg/cm}^2$$

$$(\sigma_v \times 0.9 = 2,300 \times 0.9 = 2,070 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\text{所要 } Z = \frac{14,400,000}{2,070} = 6,950 \text{ cm}^3$$

所要ウェブ面積 (1本もの場合)

$$A = \frac{90,000}{900 \times 1.5} = 66.5 \text{ cm}^2$$

I ビーム 300×300×11×12 を利用した場合

300×300×11×12 の性能

$$I = 17,700 \text{ cm}^4$$

$$Z_x = 1,180 \text{ cm}^3$$

$$A_s = 107 \text{ cm}^2$$

$$I_x = 2(17,700 + 107 \times 15^2 + 2.5 \times 30 \times 31.25^2)$$

$$= 2 \times 115,200 = 230,400$$

$$Z_x = \frac{230,400}{32.5} = 7,100 \text{ cm}^3$$

せん断力

$$f_s = \frac{S}{IZ} \int_v^v_1 y \cdot z \cdot dy$$

$$S = 90,000 \text{ kg}$$

$$I = 230,400 \text{ cm}^4$$

断面 a-a において

$$\int_v^v_1 y \cdot z \cdot dy = (30 \times 2.5) \times (30 + 1.25) = 2,340$$

$$f_s = \frac{90,000 \times 2,340}{230,400 \times 30} = 30 \text{ kg/cm}^2$$

b-b において

$$\int_v^v_1 y \cdot z \cdot dy = \{30 \times (2.5 + 1.2)\} \times \left(30 - 1.2 + \frac{2.5 + 1.2}{2}\right) = 3,340$$

$$b-b \text{ 上 } f_s = \frac{90,000 \times 3,340}{230,400 \times 30} = 44$$

$$b-b \text{ 下 } f_s = \frac{90,000 \times 3,340}{230,400 \times 11} = 1,180$$

c-c において

$$\int_v^v_1 y \cdot z \cdot dy = \{1.1 \times (30 - 2 \times 1.2)\} \times \left\{1.2 + \frac{30 - (2 \times 1.2)}{2}\right\} = 30.4 \times 15 = 456$$

$$\left[\int_v^v_1 y \cdot z \cdot dy\right] = 2,340 + 456 = 2,796$$

$$c-c \text{ 上 } f_s = \frac{90,000 \times 2,796}{230,400 \times 1.1} = 1,150$$

$$c-c \text{ 下 } f_s = \frac{90,000 \times 2,796}{230,400 \times 30} = 36$$

断面 d-d において

$$\int_v^v_1 y = 1.2 \times 30 \times \frac{1.2}{2} = 22$$

$$\left[\int_v^v_1 y \cdot z \cdot dy\right] = 2,796 + 22 = 2,818$$

$$f_s = \frac{90,000 \times 2,818}{230,400 \times 30} = 37 \text{ kg/cm}^2$$

$$Z_{\max} = 1,180 \text{ kg/cm}^2 < 900 \times 1.5 = 1,350 \text{ kg/cm}^2$$

溶接

せん断力

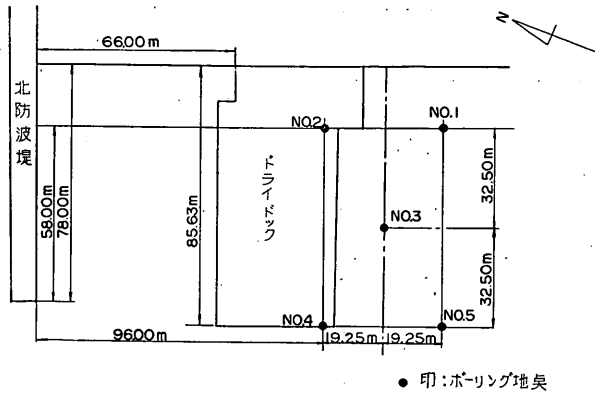
$$37 \text{ kg/cm}^2 \times 30 \text{ cm} = 1,110 \text{ kg/cm}$$

溶接

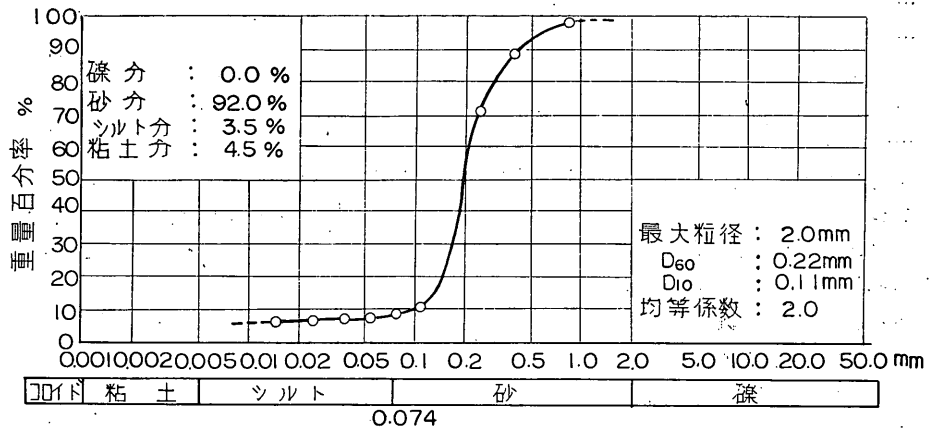
$$\{1 \times 900 \times 0.8\} 2 = 1,440 \text{ kg/cm} > 1,110 \text{ kg/cm}$$

アンカー鉄筋 (逆U型)

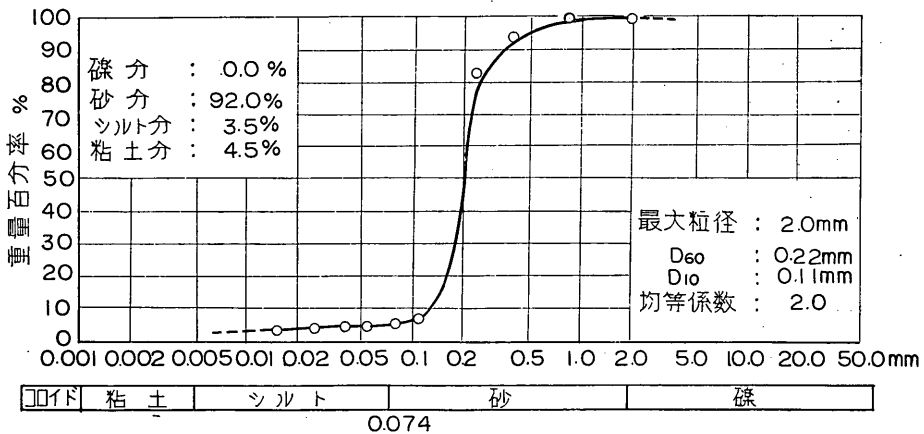
$$90,000 \div 2,000 = 45 \text{ cm}^2 \rightarrow 50 \text{ cm}^2 \text{ 以上とする (片側)}。$$



●印：ボーリング地臭
 図-A-1 ドライドック築造地点ボーリング位置図



(a) ボーリング地臭 NO.1 (深度1.15~1.45m)



(b) ボーリング地臭 NO.2 (深度2.15~2.45m)

図-A-2 ドライドック築造地点粒径加積曲線

鹿島港ドライドックの施工法に関する調査研究（続報）

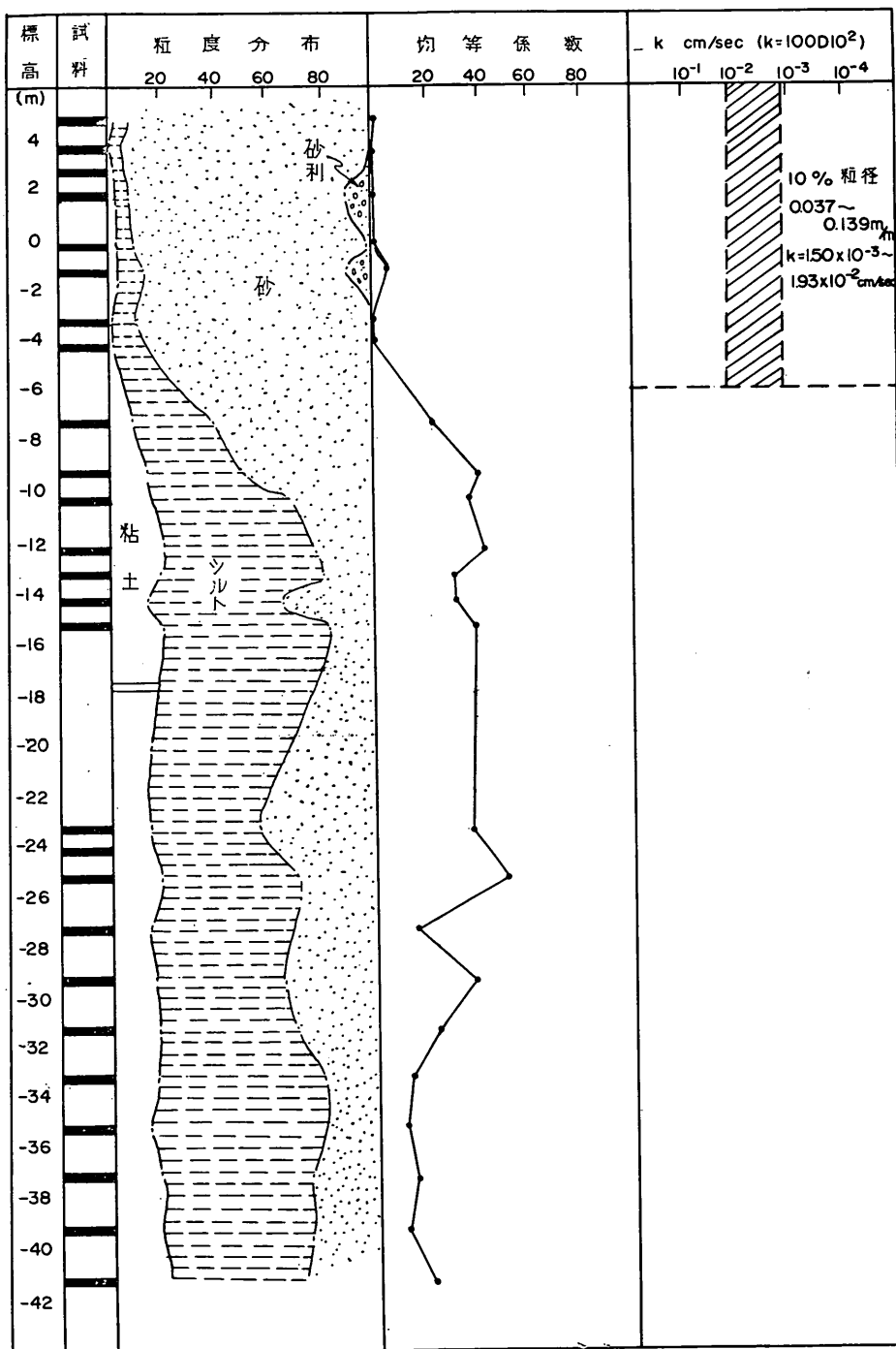


図-A-3 ドライドック築造地点粒度分布図（ボーリング No. 1）

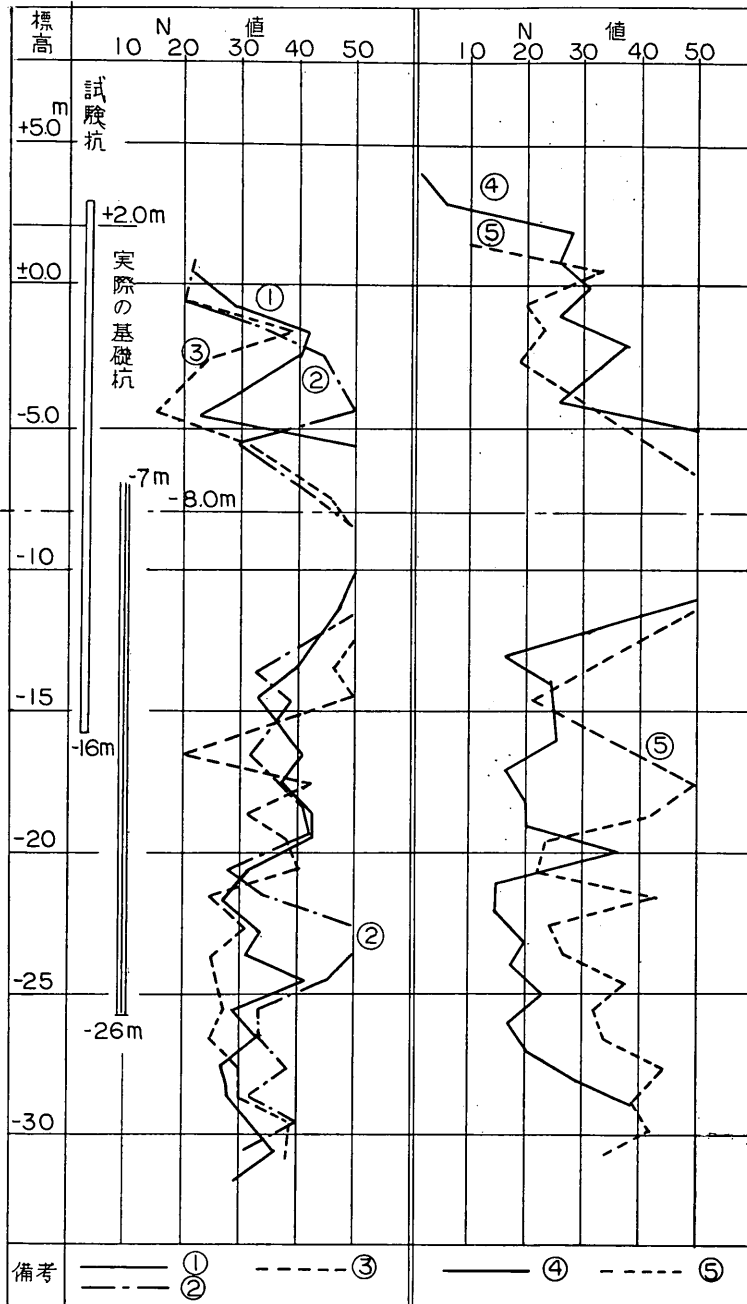


図-A-4 ドライドック築造地点標準貫入値

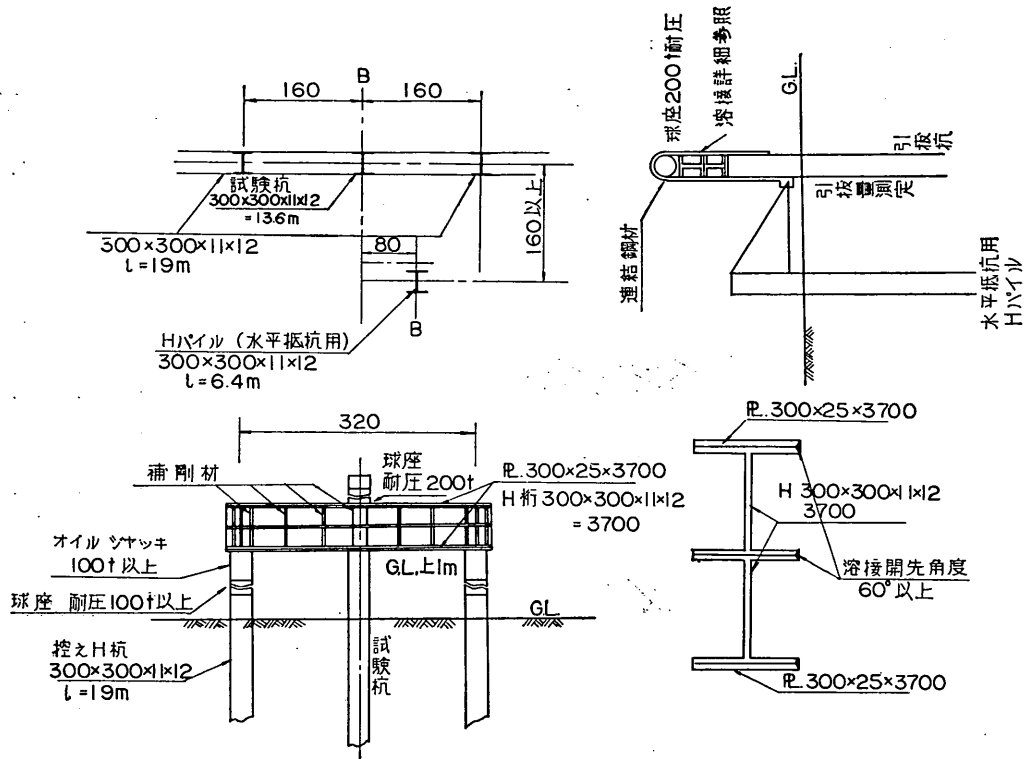


図-A-5 引抜試験装置参考図

1. 控え杭は試験後、ドック側壁の錨定杭として使用する。
2. 梁は $300 \times 300 \times 11 \times 12$ を2本重ねてその上に25m鉄板を溶接して用いているが、 $Z_x = 1,000 \text{ cm}^3$ 以上であれば他の桁でもよい。
3. 梁の荷重が当たる点および中間部は9mm程度補剛材を入れること。
4. 杭と梁を結ぶ鋼材は無理な力がかからぬよう適当な半径に沿って曲げることで、鋼材の片側断面積 50 cm^2 以上のこと。

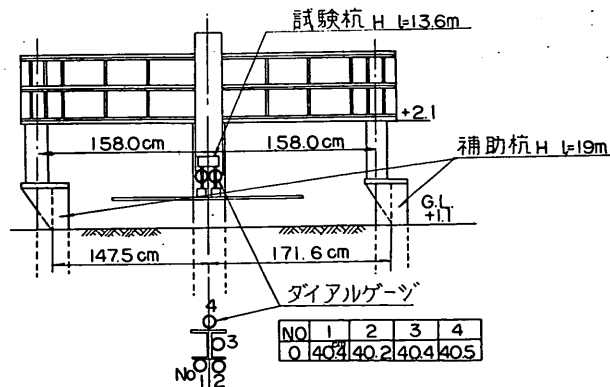


図-A-6 用いた引抜試験装置

表-A-2 引抜試験H鋼杭打込記録

昭和40年8月3日

H杭長さ: 13.600m

ハンマー: IDH 22

貫入深さ m	50cm 毎打撃回数	ラム落下高 m	貫入深さ m	50cm 毎打撃回数	ラム落下高 m
0 ~ 0.5	0	0	6.5 ~ 7.0	398	0.7 ~ 1.10
0.5 ~ 1.0	2	0.3 ~ 0.5	7.0 ~ 7.5	479	"
1.0 ~ 1.5	6	"	7.5 ~ 8.0	586	"
1.5 ~ 2.0	12	"	8.0 ~ 8.5	699	"
2.0 ~ 2.5	21	"	8.5 ~ 9.0	829	"
2.5 ~ 3.0	27	0.4 ~ 0.7	9.0 ~ 9.5	960	0.90 ~ 1.30
3.0 ~ 3.5	54	"	9.5 ~ 10.0	1,121	"
3.5 ~ 4.0	86	"	10.0 ~ 10.5	1,241	1.00 ~ 1.40
4.0 ~ 4.5	126	"	10.5 ~ 11.0	1,402	"
4.5 ~ 5.0	169	0.5 ~ 0.9	11.0 ~ 11.5	1,541	"
5.0 ~ 5.5	211	"	11.5 ~ 12.0	1,649	1.10 ~ 1.50
5.5 ~ 6.0	261	"	12.0 ~ 12.6	1,802	"
6.0 ~ 6.5	330	"			

1-2 実 施

前述の計画にもとづき鹿島港工事々務所において実施した。引抜杭打込40年8月3日, 試験実施40年8月5日, 試験杭は IDH 22 で打込んだが, 控え杭の方はジェットを用いた。試験装置と試験結果を次に示す。

(1) 引抜抵抗試験

(a) 使用機器

試 験 杭	H 300 mm × 300 × 11 × 12 × 13.6m	1 本
載 荷 桁	図-A-6 のとおり	1 "
オイルジャッキ	山本重機製 OX 型ジャッキ 100 ton	2 組
ダイヤルゲージ	東京精密工業製 0.01 mm ストローク 50 mm	4 個
球 座	スチールボール φ100 mm	3 "

(b) 試験状態

用いた載荷装置を図-A-6 に示す。

(2) 試験結果

試験結果は表-A-2, A-3 および図-A-7 に示すとおりである。

(3) 考 察

最大荷重は一応 92 ton まで記録したが変位が甚しく, それ以上はずるずる引抜ける状態であった。

載荷に時間的制約があって, 当初計画通りの20分間あたり沈下が $\frac{1}{100}$ cm 以下になるまで次の荷重段階

に移行することの条件が守られなかったもので, この条件にあてはまるような荷重を見出すため載荷後20分間における変位量と, 荷重の関係をプロットしたのが図-A-8 である。これによると, 35 ton 程度しか支持力がないことになる。しかし, 荷重段階 0—95—0 ton の場合における載荷時間後の経過による変位量を拡大して図示すれば 図-A-9 のとおりで, 荷重 60 ton および 65 ton では経過時間 20—30 分で変位が一応止る傾向が見られた。70 ton 以上では 30 分以上たっても変位が止らず, この資料からはさらに何時間をおいたら落ち着くかの予測はできない。したがってこの場合の極限支持力は 60—65 ton であったと推定される。

(4) 対 策

以上の結果からすると, 杭の安全率は約 1 でぎりぎりの状態である。

計画時にはマイヤホフの考え方によって支持力は安全側に N 値と根入長に 1 次比例するとしたのであるが, テルツァギのように根入れ長の 2 乗に比例するとすれば試験値はほぼ妥当といえる。

$$\frac{\text{設計杭}}{\text{試験杭}} = \frac{\frac{1}{2} f_{s1} u \cdot \gamma h_1^2 \mu_1}{\frac{1}{2} f_{s2} u \cdot \gamma h_2^2 \mu_2} = \frac{f_{s1} \mu_1 h_1^2}{f_{s2} \mu_2 h_2^2}$$

$$= \frac{0.7 \times 0.7 \times 18^2}{0.8 \times 0.8 \times 12.6^2} = 1.56$$

根入長を 12.6 m としたときの引抜力は

鹿島港ドライドックの施工法に関する調査研究 (続報)

$$R = \frac{1}{2} \gamma h^2 \mu k_n \cdot u$$

$$= \frac{1}{2} \times 1.0 \times 12.6^2 \times \frac{(0.8 \times 0.8)}{0.7 \times 0.7} \times 1.2$$

現時点ではいずれが正しいということはいえないので、安全のため揚水圧をドレーンパイプを用いて減じて杭にかかる荷重を少なくした。

表-A-3 引抜試験結果

回数	載荷重 (ton)	経過時間 (分)	ダイヤルゲージ読み (1/100mm)				回数	載荷重 (ton)	経過時間 (分)	ダイヤルゲージ読み (1/100mm)			
			No. 1	No. 3	No. 4	平均				No. 1	No. 3	No. 4	平均
1	0	20	0	0	0	0	1	20	10	615	617	624	619
	10		20	24	26	23		30		668	676	682	675
	20		54	62	65	60		40		721	732	736	730
	20		54.2	63.5	65.3	61		50		777	793	794	788
	30		95.5	114.2	116	108		60		846	865	862	858
	40		153	180	181	176		60		861	879	877	872
	40		168	197	196.5	198		60		865	883	881	876
	30		152	176	178	169		60		869	885	885	880
	20		116	174	137	142		65		933	961	957	950
	10		78	90	93	87		65		982	1,004	1,000	995
	0		41	49	49	46		65		985	1,007	1,003	998
2	0	180	41	49	49	46	3	70	10	1,073	1,099	1,092	1,088
	10		76.5	70	82	76		70		1,155.5	1,182	1,109	1,149
	20		120	109	123	117		70		1,178.5	1,202.5	測定不能	1,190
	30		163	159	167	163		70		1,188.5	1,212.5	(以降の	1,201
	40		210	189	213	204		80		1,548.5	1,582.5	記録は不	1,566
	50		299	294	299	297		80		1,675.5	1,709.5	連続のた	1,693
	55		357	347	355	358		80		1,728.5	1,759.5	め累加せ	1,744
	55		386.5	374	381	380		80		1,753	1,782.5	ず)	1,768
	60		444	428	439	437		80		1,769.5	1,799.5		1,785
	65		637	609	623	623		92		2,498.5	2,542.5		2,521
	65		858	818	840	839		92		2,828.5	2,882.5		2,856
	60		851	814	834	833		80		不明	3,112.5		3,113
	55		835	798	819	817		60			3,066.4		3,066
	50		818	751	802	788		40		2,826.5	2,973.5		2,900
	40		735	744	764	764		20		2,603.5	2,847.5		2,726
	30		743	694	715	717		0		2,228.5	2,652.5		2,441
3	0	1	531	514	527	524	4	0	2	2,228.5	2,652.5		2,441
	0		531	514	527	524		40		2,434.5	2,879.5		2,657
	10		568	566	575	570		60		2,558.5	3,017.5		2,788
	10		568	566	575	570		88		測定不能	測定不能		測定不能

注) ダイヤルゲージ No. 2 の読みは検討の結果、測定者の不慣れおよびゲージ自身の不調等により他のゲージの読みと比べて著しく相違するので除外した。

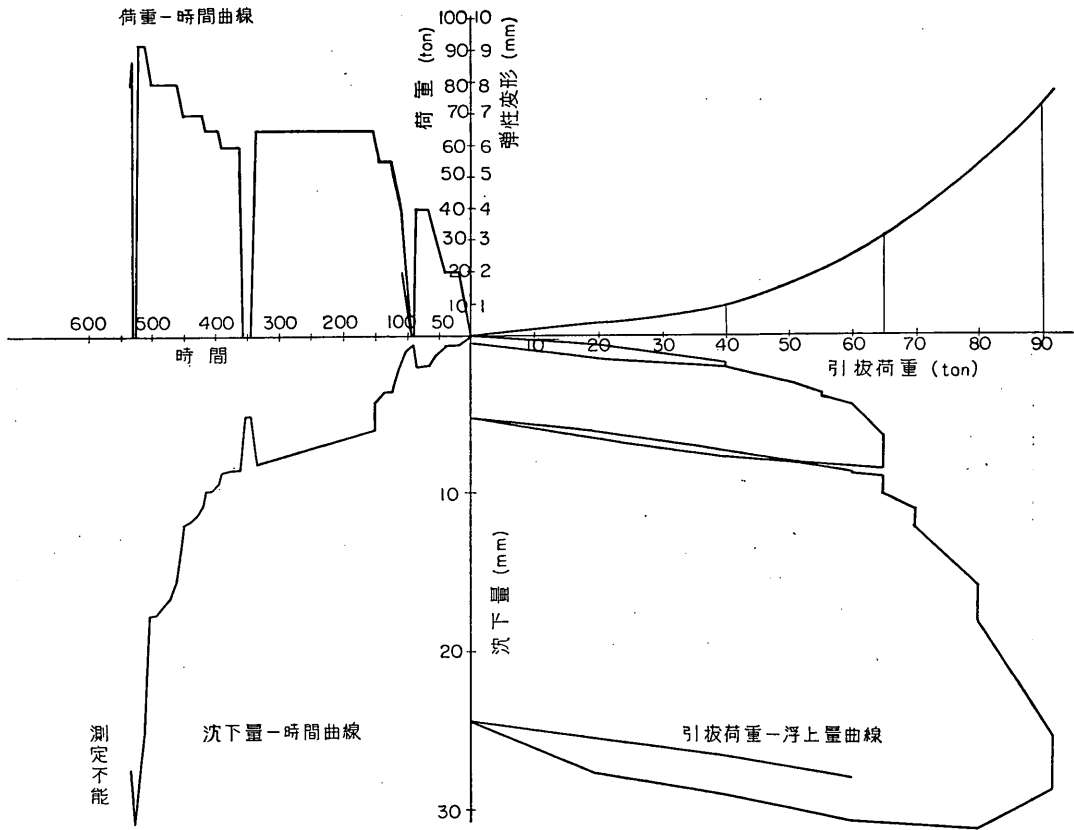


図-A-7 引抜試験結果

2. 鋼矢板控え H 鋼杭水平抵抗試験

2-1 計画

(1) 目的

本矢板岸壁の控え杭は H 鋼杭を直杭として使用するもので、杭頭変位が起こることが予想される。杭の水平抵抗に関する試験は数少ないので実験によって水平抵抗力および変位量をたしかめることを目的とする。

(2) 試験項目

水平抵抗試験

(3) 試験方法

引抜試験を行なった杭を利用して行なう。

(4) 参考実施図

図-A-10 を参考として実施する。

(5) 試験要領

(a) 計画荷重 30 ton

設計荷重

常 時 : 17.2 ton/本

地 震 時 : 18.6 ton/本

高 潮 時 : 25 ton/本

これは、受動土圧を差引いた値である。

(b) 荷重段階

5t, 10t, 15t, 20t, 25t, 30t のグループ荷重
各グループ荷重の最後には 10 分間放置

測定の時期：ダイヤルゲージは荷重の増減 1t
ごと

荷重の増減速度：1t/min

ton

0→5→0,

0→5→10→5→0,

0→10→15→10→0,

0→15→20→15→0,

0→20→25→20→0,

0→25→30→25→0

鹿島港ドライドックの施工法に関する調査研究（続報）

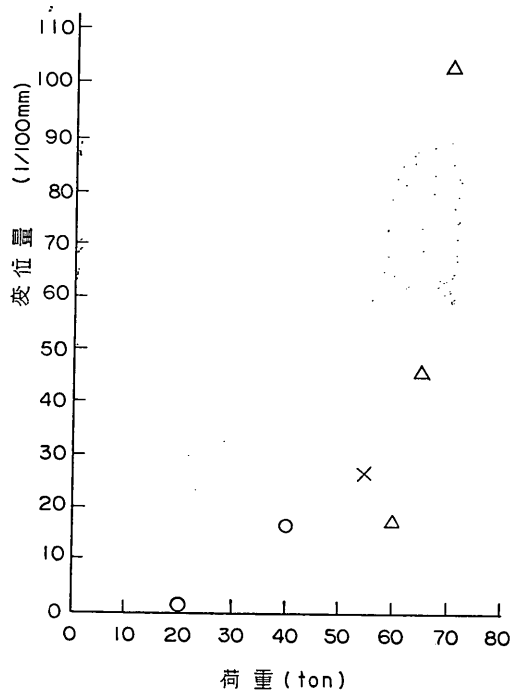


図-A-8 載荷後 20 分間における変位量と荷重の関係

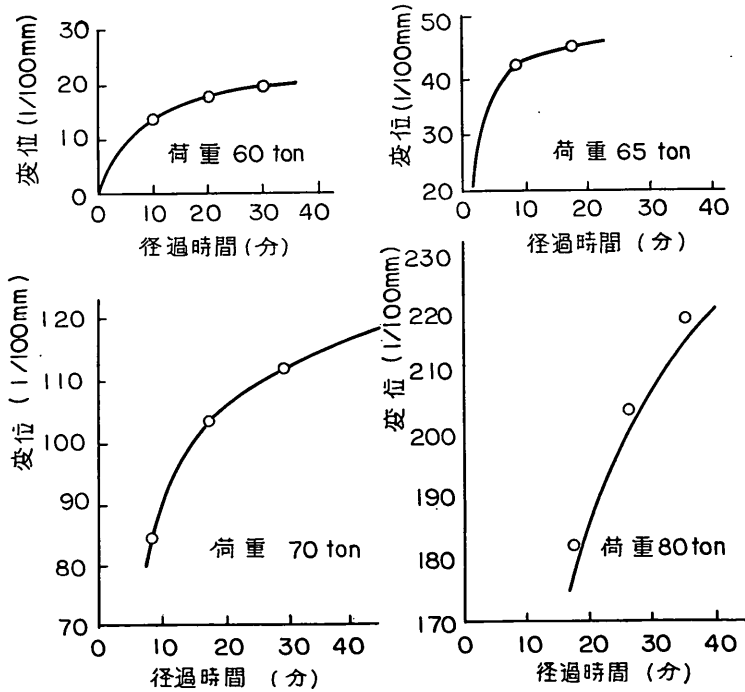


図-A-9 荷重段階 0—95—0 ton における載荷後の経過時間と変位量との関係

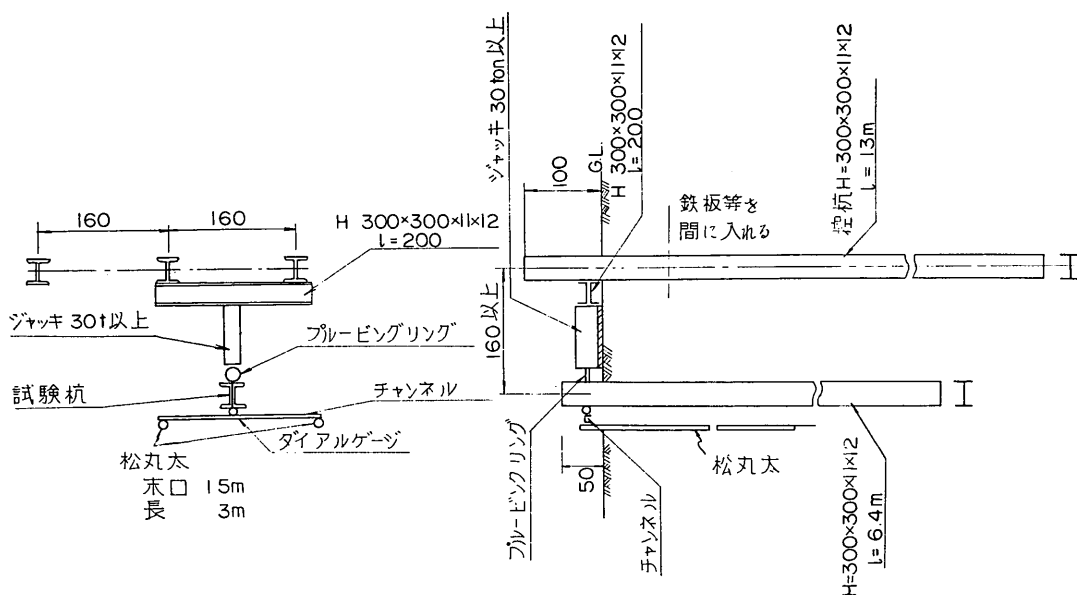
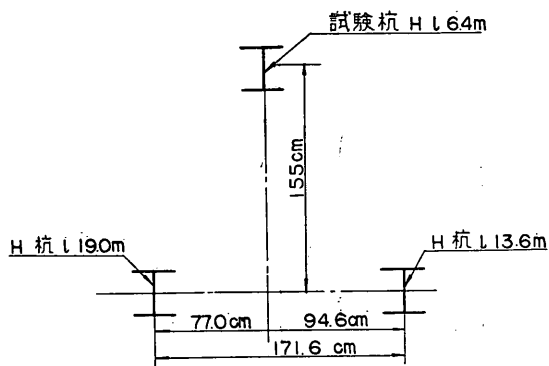


図-A-10 杭の横抵抗試験装置参考図

1. 控え杭と試験杭との間隔 160 cm 以上であればよい。
2. 杭頭変位の計算値は、引張力 17 ton で約 1.4 cm であるのでプルベングリングならびにダイヤルのストローク 5 cm 以上のものを用いること。
3. チャンネルはダイヤルゲージ取付後、容易に変形しないものであればよい。



試験杭の配置

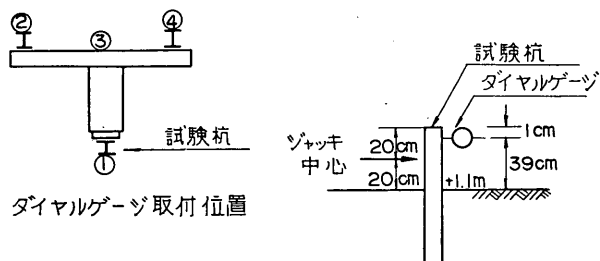


図-A-11 試験杭の配置図および測定要領

鹿島港ドライドックの施工法に関する調査研究 (続報)

表-A-4 水平抵抗試験H鋼杭打込記録

昭和40年8月4日打込

H杭長さ: 6.400m

ハンマー: IDH 22

貫入深さ (m)	50cm 毎打撃回数	ラム落下高 (m)	貫入深さ (m)	50cm 毎打撃回数	ラム落下高 (m)
0 ~0.5	0	0	3.0~3.5	42	0.4~0.8
0.5~1.0	3	0.3~0.5	3.5~4.0	75	"
1.0~1.5	8	"	4.0~4.5	96	0.5~1.0
1.5~2.0	16	"	4.5~5.0	119	"
2.0~2.5	22	0.4~0.8	5.0~5.5	136	"
2.5~3.0	28	"	5.5~6.1	175	1.1

表-A-5 控え杭水平抵抗試験 試験結果

試験月日 昭和40年8月7日

回数	載荷重 (ton)	経過時間 (分)	ダイヤルゲージの読み (1/100 mm)					備考
			No. 1	No. 3	No. 2	No. 4	No. 2, No. 4 の平均	
1	0	20	0	0	0	0	0	0~5t までの載荷 時間 5分
	5		620	314	319	238	279	
	5		828	390	383	295	339	
	0		114	33	5	2	4	
2	0	20	114	33	5	2	4	5~10t までの載荷 時間 5分
	5		723	445	314	241	291	
	10		1,837	851	800	568	684	
	10		2,078	918	870	624	747	
	5		1,647	817	770	451	611	
	0		625	269	171	91	131	
3	0	20	625	269	171	91	131	10~15t までの載 荷時間 5分
	5		1,248	593	490	322	406	
	10		2,105	938	858	613	736	
	15		3,859	1,393	1,331	1,003	1,167	
	15		4,215	1,430	1,363	1,042	1,203	
	10		3,975	1,314	1,243	941	1,092	
	5		3,244	1,060	976	722	849	
	0		1,189	469	349	245	297	
4	0	4 ² / ₃ 15 ¹ / ₃	1,189	469	349	245	297	15~20t までの載 荷時間 5分
	10		2,787	1,116	1,053	786	920	
	15		3,682	1,403	1,361	1,032	1,197	
	20		5,717	1,817	1,797	1,397	1,597	
	20		6,467	1,894	1,869	1,473	1,671	
	20		7,530	2,005	1,970	1,571	1,771	
	15		7,274	1,897	1,857	1,480	1,669	
	0		3,530	650	578	406	492	
5	0	20	3,530	650	578	406	492	20~25t まで載荷せる もジャッキのゲージ読 みは20tonより上らず ジャッキのアームも限 界となり中止する
	20		8,130	2,222	2,236	1,774	2,005	
	20		9,989	2,368	2,379	1,904	2,142	
	0		6,000	986	939	731	835	

2-2 実 施

引抜試験に引続き鹿島港工事々務所において実施した。

(試験杭打込：40年8月4日，試験実施：8月7日)

試験杭は IDH 22 で打込み，控え杭は引抜試験に使用した本杭および控え杭を利用した。

(1) 水平抵抗試験

(a) 使用機器

試験 杭：H 300 mm × 300 × 11 × 12
 × 6.4 m 1 本
 オイルジャッキ：キャタピラー製 100 ton
 ジャッキ 1 組
 ダイアルゲージ：東京精密工業製 0.01 mm
 ストローク 50 mm 4 本

(b) 試験状態

試験杭鉛直方向傾き なし

試験杭の配置と測定要領を図-A-11 に示す。

(2) 試験結果

試験結果は表-A-4, A-5 および図-A-12~A-14 に示すとおりである。

2-3 考察および対策

この試験結果よりすると，杭の水平抵抗力は15~20tで，常時の1本当りの水平力17.4t/本に対し安全率が少なく，また変位も Chang の仮定による原設計の値1.67cm に比べて6~7cm と大きく出たので現地試験の結果による地盤条件を基として，設計も再検討することになった。現地はすでに原設計により控え杭および控え梁の施工を終わっている状態であったので，これにHパイルを添え打ちする工法がとられた。

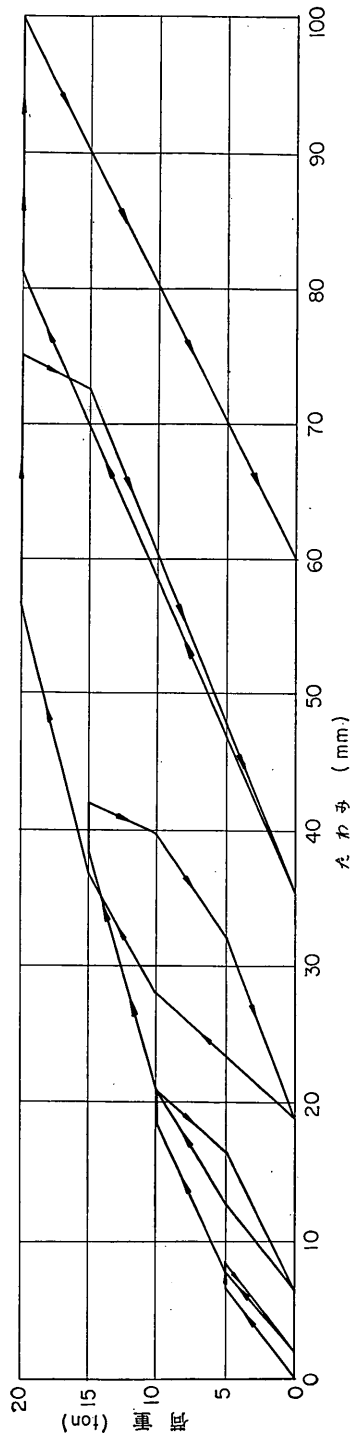


図-A-12 水平抵抗試験結果 試験杭ゲージ No. 1

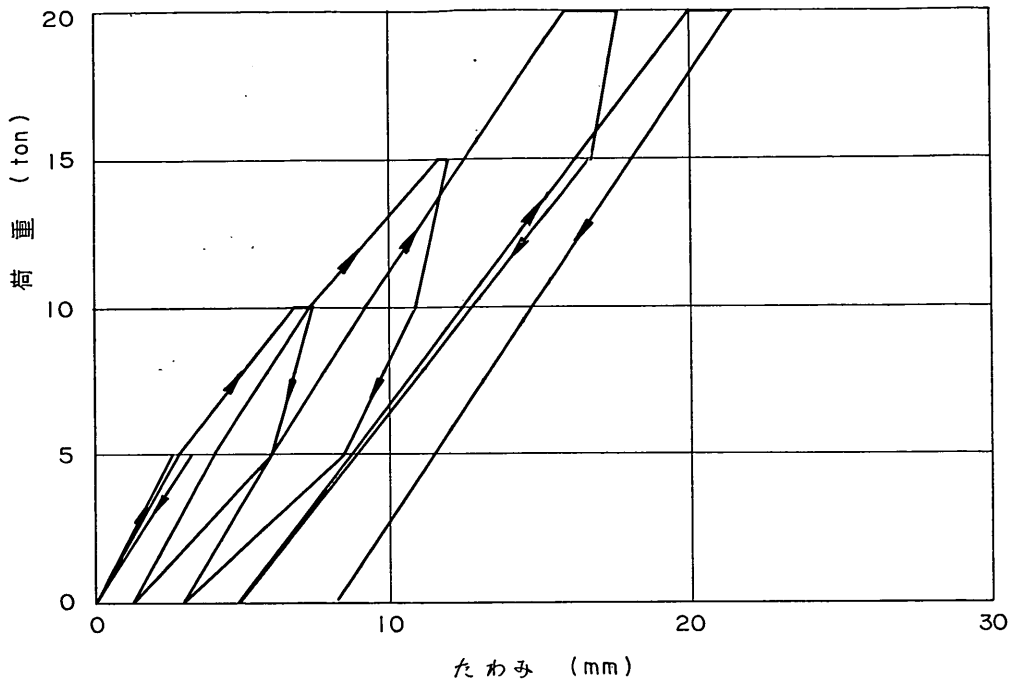


図-A-13 水平抵抗試験結果 ゲージ No. 3

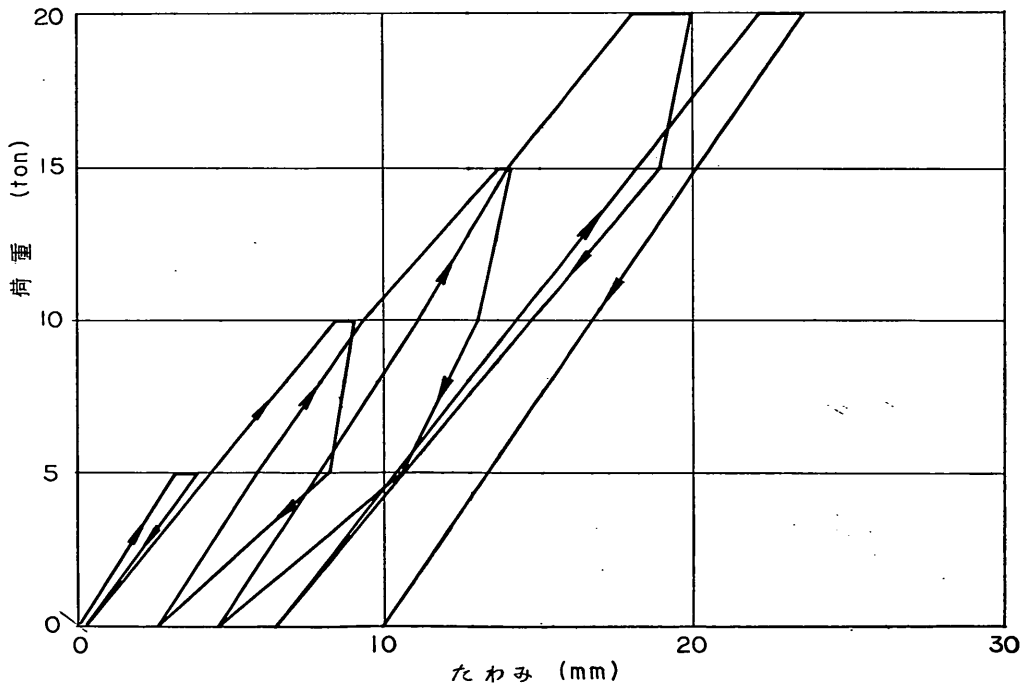


図-A-14 水平抵抗試験結果 ゲージ No. 2 と No. 4 の平均