

# 清水港石炭埠頭建設工事について

正員 瀬 尾 五 一\*  
 准員 吉 村 芳 男\*\*

## CONSTRUCTION OF THE SHIMIZU PORT COAL HANDLING PIER

(JSCE Nov. 1954)

Goichi Seo, C.E. Member, Yoshio Yoshimura, C.E. Assoc. Member

**Synopsis** The Shimizu port coal handling pier is under construction according to the safety and characteristic design that is adapted to three conditions i.e.

- 1) Foundation of the pier site consists of soft clay layer,
- 2) Large seismic load is expected,
- 3) The pier is loaded strongly by berthing impact.

This report is the outlines of the design and the construction.

**要旨** 清水港石炭埠頭建設については主として

- (1) 基礎地盤が軟弱な粘土層である,
- (2) 大きな地震力が予想される,
- (1) 接岸時の船舶衝撃力の影響が大きい,

の3条件に対して安全かつ特色ある設計をして目下施工中である。本文はその設計と施工の概要を述べた。

### I. 設 計

#### 1. 計設に当つて特に考慮した条件 清水港石炭埠

頭計画に基づいて、繋船岸工事は detached pier の設計としたのであるがこの設計にあたり特に考慮した条件は次のごとくである。

(1) 基礎地盤の土質：5カ所を選定してボーリングを行い thin wall sampler を使用して undisturbed sample を採り土

表一 土の物理的性質

土の成分	砂	0~ 20%
沈	20~ 40%	30~ 65%
	粘	
土		
自然含水量		25~ 55%
間 隙 比		0.6~ 1.6
見 掛 比 重		1.65~ 1.95
土粒子の真比重		2.65~ 2.75
液 性 限 界		35~ 80%
塑 性 限 界		20~ 35%

質試験を行つた結果 (図一2,表一1) -38.0 m 付近までは粘土層とごく薄い砂利との互層で表面より-15.0~-20m までは非常に軟弱であるが、これより

深くなるにともない、締つた状態を呈して、

-38.0~-39.0 m に至つては砂利層が現われている。

さらに単純圧縮試験から粘土の粘着力 (剪断強度) を求めた (表一2)。

(2) Detached pier に作用する外力

(i) Unloader の車輪荷重 Detached pier に作用する荷重及び地震時の水平力を減少させるために

\* 水産庁生産部漁港課

\*\* 運輸省清水港工事事務局

表一2 粘土の粘着力 (kg/cm<sup>2</sup>)

水 深	c <sub>1</sub> Natural Sample	c <sub>2</sub> Remolding Sample	c = $\frac{c_1 + c_2}{2}$
-10.0 m	0.18~0.25	0.10~0.17	0.23
-15.0	0.21~0.79	0.12~0.36	0.40
-20.0	0.54~1.48	0.16~0.68	0.55
-25.0	0.88~1.68	0.25~0.72	0.71
-30.0	1.00~	0.30~	0.87

unloader の自由脚が pier の上を走行するようにした。風速 60 m/sec のときの作業時最大輪荷重は一車輪当り自由脚側 15.5 t, 固定脚側 18.5 t である。

(ii) 接岸時の船舶衝撃力 Detached pier に作用する水平力として接岸時の船舶衝撃力が最も大きい要素を占められると思われるが、この水平力は船体重量、船舶及び岸壁の剛性、潮流、風浪、操船技術等の複雑な諸因に左右されるので未だ信頼すべき理論的、実験的な研究の適当なものがない現状であるが、一応次のことを参考として 200 t と仮定した。なお本港における 10 000 G/T 級船舶 10 隻についての実測結果によれば、接岸時の平均速度は 3~5 cm/sec である。

a) 旧鉄道技術研究所第七部船舶研究室における研究によれば、岸壁を剛体として船体及び防舷材の弾性を考慮し Hertz の接触理論を用いて、排水量 4 600 t の青函連絡船 (第5青函丸) が接岸速度 5 cm/sec のときにおいて衝撃力 145 t を算出している。

b) A.M. Robertson<sup>1)</sup> によれば船舶の有する運動エネルギーから求めて接岸速度 5 cm/sec, 接触部の変位量 5 cm に対し、5 000 G/T 級及び 10 000 G/T 級船舶に対し、それぞれ 50 t 及び 100 t を与えている。

c) 港灣工事設計示方要覧によれば、密集防舷材 1 カ所につき 5 000 G/T 級及び 10 000 G/T 級船舶に

図-1 石炭埠頭一般図

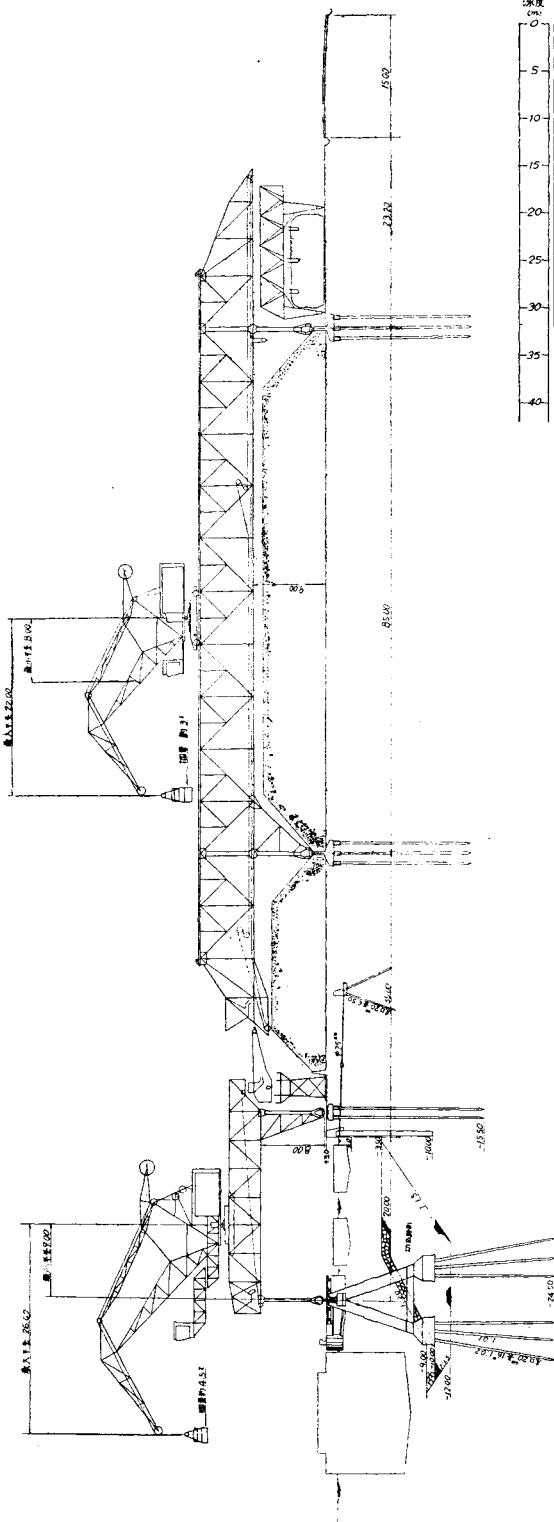


図-2 地質柱状図

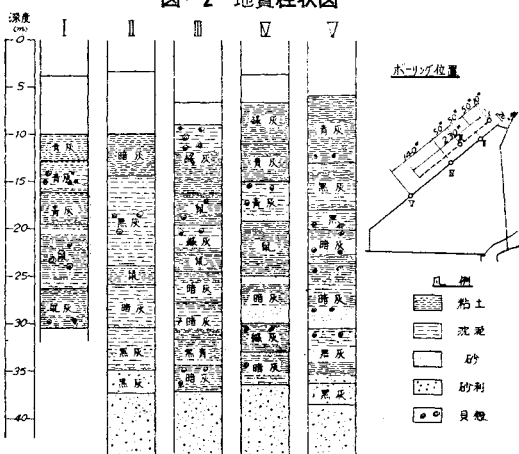
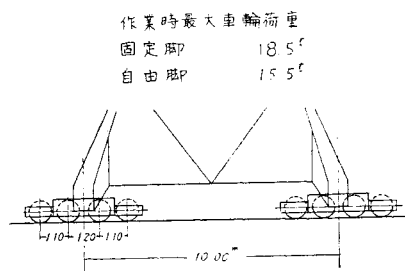


図-3 Unloader の車輪荷重図



対し、それぞれ 90t 及び 150t を与えている。

d) 既設の岸壁について考えられた船舶衝撃力としては、横浜港山下町棧橋拡築部（水深 -11.0 ~ -12.0m）は円筒構 1ヶ（18m 間隔）につき 100t 新港岸壁頭部ドルフィン（水深 -11.0m）には 200t と仮定している。

(iii) 船舶の牽引力 港灣工事設計示方要覧によりあらゆる方向に 50t の牽引力を考えた。

(iv) 地震力 本港においては昭和 5 年（水平震度 0.15）、昭和 10 年（水平震度 0.25）、昭和 19 年（震度不明）と 3 回にわたって地震による災害をこうむっている。これ等の地震が港灣施設に及ぼした被害状況から一応垂直震度を 0、水平震度を 0.25 と仮定した。

## 2. A 型脚構

(1) A 型脚構の特性と採用した理由 前述のごとく地盤が軟弱であるために detached pier は摩擦杭を基礎杭とする脚構を 15m 間隔に配置してその間にプレキャストの桁を架設する様式とし、構造については外力の大部分が脚構頂部に作用するので、力に対して最も合理的な型式として A 型脚構を採用し強度の増加と自重の軽減とを計

つた。なおこのA型脚構の特性を列記すると次のごとくである。

a) 杭の支持力によつて転倒に対する抵抗モーメントに対抗するが、自重をほとんど増加することなく脚構の脚底を拡げることが可能となるために基礎杭の本数を節約できる。

b) 最大外力としての船舶衝撃力に対しては、これが脚構頂部に作用するため部材にはほとんど軸方向力のみを生ずる結果、コンクリートのもつ全強度を十分利用でき断面を縮小し自重を軽減することができる。

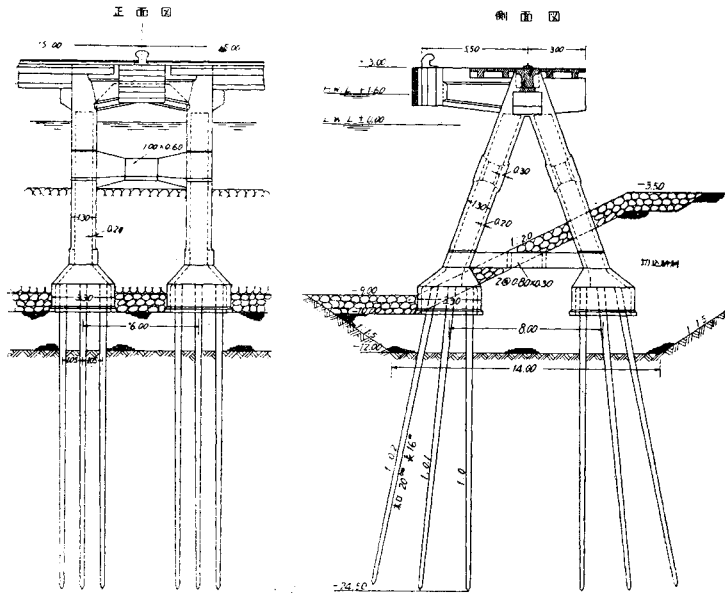
c) 脚柱を中空に造り圧搾空気によつて内部の水を排除して、コンクリートポンプにより中詰めコンクリートをドライで確実に打つことができるので、基礎杭と脚構とが繋結可能となり、基礎杭と躯体とを一体として作用させることができる。

d) 部材数が少なく構造が簡単であるので施工が容易であり、また応力計算も簡明である。

e) 地震時動水圧がほとんど作用せず、また船舶の離着岸が容易である。

(2) A型脚構の構造 A型脚構の脚柱は、1.3×1.3m、壁厚20cmの中空断面の四角柱4脚で構成し(図-4)、法線に直角の面では底辺の長さは8.0mとし、(+ )3.0mに頂点を有する三角形に柱を配置し、60×80cmの部材で両脚柱下部を連結した。また法線方向においては120×100cm及び60×100cmの横桁で柱を連結した二層ラーメン構造とした。脚構上部には歩板支承用及び弾性防舷材、繋結柱取付のた

図-4 A型脚構一般図



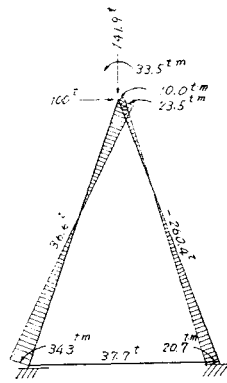
め、三角形に片持ばりを張出し、またこれによつて船舶衝撃力を各脚柱に均等に受けるようにして脚構のtorsionを避けた。脚構の下端は3.3×3.3mに拡大して沓とし、おのおの基礎杭9本を包み、沓の内部にはコンクリートを填充する。

脚構間に架ける主桁及び歩板はそれぞれ長さ7.7m及び15mの単純ばりとした。

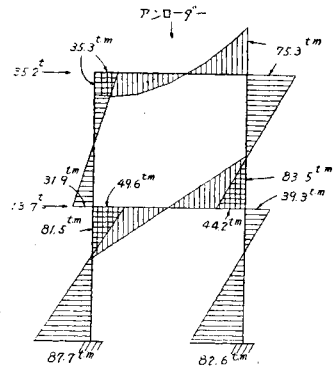
(3) 脚構に生ずる軸方向力及び曲げモーメント

法線に直角方向においては三角ラーメンとし、法線方向においては二層ラーメンとし、ラーメンの支承条件は半固定の状態と思われるので水平変位のみを許す固定支承として計算し、さらにヒンジの場合をも計算して検討した。なおラーメンの計算に当つては桁のハンチを考慮したmodified slope deflection methodによつた。許容応力度は常時荷重、船舶衝撃力、牽引力及び曳航時荷重に対しては、コンクリートの曲げ圧縮応力度を50kg/cm<sup>2</sup>、鉄筋の引張応力度を1200kg/cm<sup>2</sup>とし、地震時荷重に対しては許容応力度を50%増加した。

図-5 軸方向力及び曲げモーメント図  
(a) 車輪荷重及び船舶衝撃力が作用した場合(法線に直角方向)



(b) 同上(法線方向)



3. 基礎

在来地盤の上層部の土質は粘着力が少ないので-10.0~-12.0m間を切込砂利で置換し、さらに厚さ1mの割栗石を敷いて杭の水平抵抗力の増加を計つた。基礎杭は末口20cm、長さ16mの松丸太を脚構1

基当り 36 本使用した。

**1. 基礎杭に作用する力** 基礎杭に作用する垂直力は脚構の上に unloader が乗り、船舶衝撃力が作用した場合に最大圧縮力を生ずる。また船舶衝撃力のみが作用した場合に最大引張力を生ずる。基礎杭に作用する最大水平力は船舶衝撃力を受けた場合 1 本当り 5.5t である。

**2. 基礎杭の支持力** 基礎杭の支持力については、地震時基礎地盤の震動により、杭周囲の粘土が乱されて粘着力が減少することが考えられるが、完全に remold された状態にまで減少することは考えられない。

表-3 杭に作用する垂直力

種 別	基礎杭 1 本当り垂直荷重 (t)		
	外 側	中 央	内 側
最大圧縮力	34.3	30.2	26.1
最大引張力	8.3	4.2	0.1

いので、設計において考慮すべき粘着力を一応  $c_1$  と  $c_2$  との中間にあるものとして  $c = \frac{c_1 + c_2}{2}$  と仮定した。従つて -12.0m から -25.0m までの間の粘着力は平均  $0.5 \text{ kg/cm}^2$  となるので、末口 20cm、長さ 16m の杭の支持力は 51t となり安全率は 1.5 である。杭の水平抵抗力については本港における実験<sup>2)</sup>から 15t とした。杭間隔は -10.0m の所で直径の 3 倍すなわち 1.05m とし、内側の杭 12 本を垂直杭とし据付時の受杭を兼ねさせ、中央を 1:0.1、外側を 1:0.2 の斜杭として水平抵抗力の増加を計るとともに、杭の先端を分散させて杭が完全な単独杭として働らくようにした。

II. 施 工

**1. 基礎床掘** 脚構の基礎地盤を -12.0m までポ

ンプ式浚渫船霧島号によつて浚渫し、ただちに切込砂利を投入して -10.0m まで埋戻した。

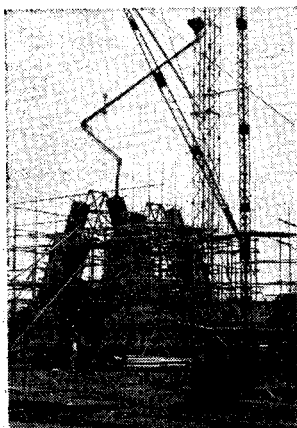
**2. 基礎杭打** 杭打作業には油谷式 1 号復働蒸気ハンマーを使用し、20t 起重機船海龍丸を改造して長さ 20m のハンマリードを取付けて杭打機とした。リード下端には台船上の左右より出した 2 本のストラットを取付け、ストラットの出入によりリードの勾配を変化させた。杭の立込みの位置は鋼製のゲージ枠を海底に据付けて決定し、杭を最初水面まで打込んだ後長さ 13m の鉄製中空円筒の仮杭を使用して所定の水深まで打込んだ。杭打の結果は最終回の打止り量 1.0~3.0cm 平均 1.8cm であつた。

**3. A型脚構の製作** A型脚構製作台の据付けはサンドボックスを用い、型枠の組立に当つては型枠を正しく保持し組立を容易にするため鋼製のA型トラスを使用した。A型脚構のコンクリート量は 120m<sup>3</sup>、鉄筋量は 17.6t、重量 288t であつて、主鉄筋は  $\phi 25 \text{ mm}$  を使用した。コンクリートに使用したセメントの配合は  $350 \text{ kg/m}^3$  使いで、コンクリートは 6 段に分けて打込み 13m の高さに達した。

**4. A型脚構の進水及び据付** (1) フローター：脚構の浮揚には横浜港の外防波堤函塊用のフローターを改造して使用した。すなわち原型は長さ 13m、高さ 6.9m、重量 123.5t、乾舷 0.3m で約 400t の浮力を有するが、脚構の曳航及び据付けに対して復元力が不足しているため、長さ 17m、高さ 11m、重量 221.6t 乾舷 1.3m で 775t の浮力をもつように改造した。

左右のフロートはそれぞれ隔壁によつて 5 つの室に分れ、外側 2 室は空気室でその浮力は満水時にフローターの自重と平衡を保ち、中央 3 室にはそれぞれ注水管及び排水管を配置し、注水は自然注水とし、排水は

写真-1 (a) 製作中の A 型脚構



(b) 同 左

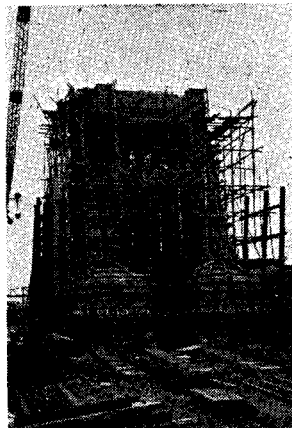
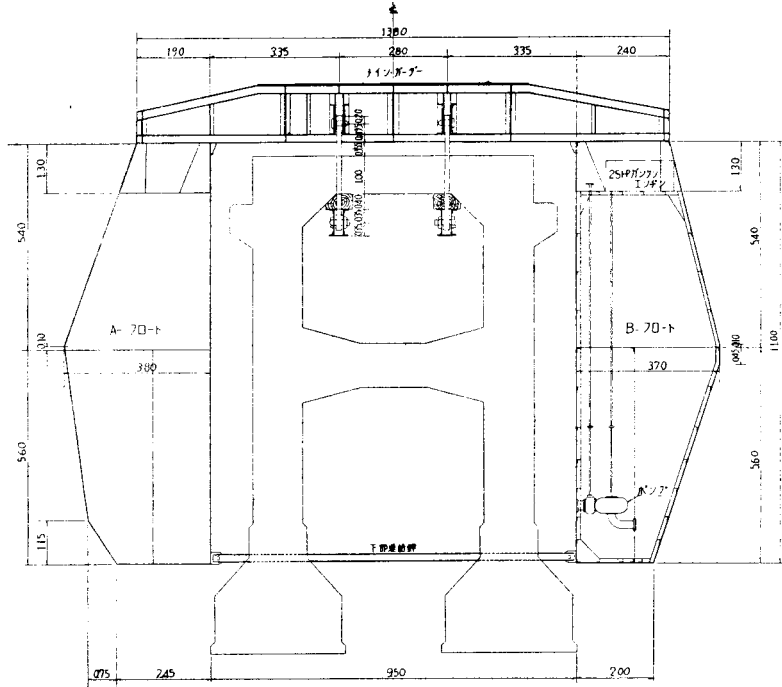


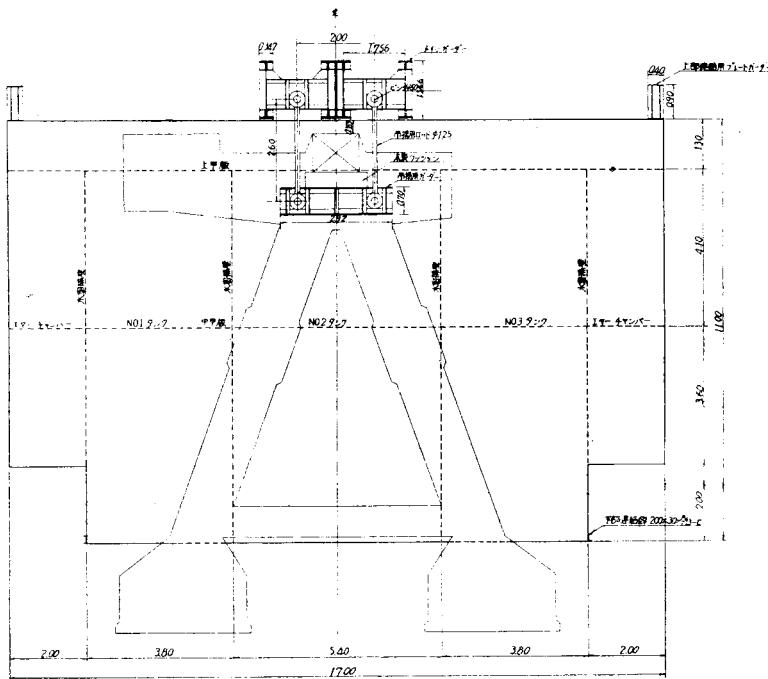
写真-2 完成した A 型脚構



図-6 フローター一般図



横断面図



縦断面図

径 8 in の渦巻ポンプを 25 HP ガソリンエンジンで駆動して行く。左右のフロートは中央上部を 4 連のプレートガードで連結し、さらに前後に振れ止めのプレートガードを 1 連づつ取付け、フロート下部には閉止めの連結棒を取付けた。脚構の吊下げは中央ガードに取付けられた  $\phi 125$  mm のロッド 4 本と 2 連のガードで行う。

(2) 進水：斜路は延長 148 m の間に勾配は  $1/18 \sim 1/4.69$  に変化し先端水深は  $-9.882$  m である。従つて (+) 1.5 m の潮位を利用して脚構を浮揚することにした。進水には径 17 cm, 踏面巾 6.5 cm, ローラー間隔 50 cm の鋳鉄製ローラー 2 連を使用し、径 95 cm, 中心間隔 205 cm の制動ポストで制動しつつ降下させ、一旦フローター取付位置で停止し、フロートは後部タンクに注水して脚構と同傾斜とし徐々にアンカーワイヤーを巻いて脚構を抱き込み脚構を取付け、その後後部タンクの排水をなしつつさらに巻下した。クレードルの先端が  $-8.48$  m の水深に達したとき脚構の前趾が函台から離れて脚構の重量はほとんどフローターに移り、巻下しワイヤーと地面との摩擦によつて自重で斜路を滑り下ることができなくなつたので、曳船(白龍丸 38.7G/T 210 HP)で牽引して浮揚した。

(3) 据付け：脚構据付けには  $3 \times 2 \times 1.5$  m (高さ),



図-8 中詰コンクリート施工図

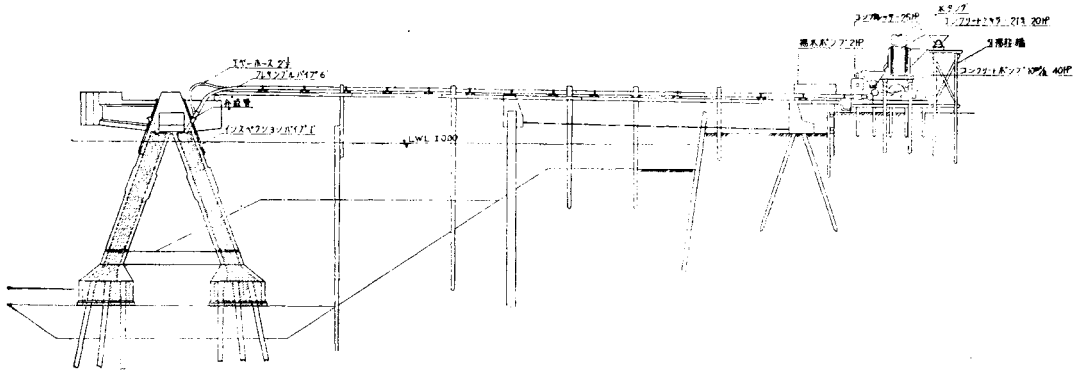
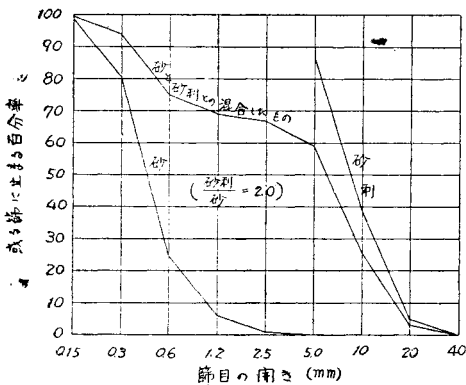


図-9 中詰めコンクリート用骨材の粒度曲線



水を排除した後、再びコンクリートを送り込んだが、多少空気の漏出を見たのでプレッシャーゲージを注視し、たえず空気を補給して水の滲透を防ぎつつコンクリートを打込んだ。1脚柱当りコンクリート量は 23 m<sup>3</sup> で作業時間は平均2時間 20 分であつた。

結 言

本工事は昭和 28 年度においては detached pier の基礎工及び A 型脚構の製作据付を施行した。従つて桁、弾性防舷材及び unloader の据付等の施工上の問題が今後に残されているので、工事の進行とともにさらに研究を進めて工事の完璧を期したい。終りにこの設計をするに当つて重大な問題である基礎地盤調査について、運輸技術研究所港湾物象部石井靖丸博士をはじめ同部の関係者の御尽力をいただき、フローターの改造については第二港湾建設局横浜機械工場長高木博二氏及び同所関係者の労をわづらわしたが、関係各位に対して深謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) A.M. Robertson : Fendering, Lead-in Jetties and Dolphins. Dock and Harbour Authority May 1953 No. 391
- 2) 内務省横浜土木出張所：清水港修築工事誌

(昭.29.6.15)

土木工学ハンドブック会員特別優待

当学会では土木工学ハンドブックの新規申込会員各位の御便宜をはかるため、本年 12 月 31 日を期限として、布クロス製定価 3 200 円 (〒130 円) のところ 3 000 円 (送料共) に割引し、分割払をも認めることになりました。期限までに全額お払込の方に限り順次配本いたしますから、この制度を大いに御利用願います。明年 1 月からは定価どおりで割引はありません。