

2.4 施 工 京葉シーバースを例にとって

調査研究を行なった結果、アメリカのデロング社所有の作業台船と、新形式の杭打ち装置とを組合せた工法を開発し、その施工を行なった。

作業条件のきびしさは予想以上のもので、昼夜を分かつたぬ 24 時間作業を行ない、予測と判断のむずかしい気象および波浪の激変、時間刻みの作業の管理など寸分の油断も許されない自然とのたたかいであった。

2. 杭打ち工法について

内野 武彦*

(1) 施工条件

a) 気象および海象

① 春季の気象：突風が非常に多い。それは低気圧、寒冷前線の通過時の発生が大半で、平均と瞬間最大風速との差が 15 m/sec 以上にもなる。また夜半から早朝にかけて濃霧が多発する。

② 夏季の気象：毎年 2~4 回の台風接近による強風雨等がある。

③ 秋季の気象：台風の影響を常に受ける。42 年の 34 号台風では、工事地点で 38 m/sec の最大風速を記録している。

④ 冬季の気象：北または北西の季節風で 10 m/sec 以上の強風が圧倒的に多く、大陸で発生した低気圧が日本海通過中にそれに向かって急激な南風が吹く。表-1 に示したように、昭和 42 年 9 月 1 日より 12 月 31 日までの間の現地観測値によれば風の特徴は、

⑤ 期間が秋季より冬季にかけてであるため、N~NE~E 方向が多い。

⑥ この卓越風の大半は風速 10 m/sec 以下である。

⑦ 10 m/sec 以上の強風になると、その風向はほとんど

1. はじめに

一般的に海洋における土木工事の施工法といっても、その工事の内容によって施工法も著しく変化するのであるが、また同一の工事であっても、地域的・季節的な気象海象などの自然条件によって異なってくる。このために、海洋工事の施工法の一般論を述べることは、非常に困難であろうと考えられる。

この理由により、筆者が京葉シーバース建設工事で直面した若干の経験から、このテーマについて記述することにする。京葉シーバースの詳細については、本書の中で大矢照雄氏がふれておられるので割愛する。

施工計画で直面した数ある問題点のうち、おもなものは、つぎのとおりである。

① 東京港上波浪階級 6 (4~6 m) におよび、かつ風向の変化が激しく、その予測が困難な地点であること。

② 水深 20 m かつ海底地層 10~15 m までが N 値が 0 に近いヘドロ層であること。

③ 建設地点が陸地より約 8 km の沖合であるということ。

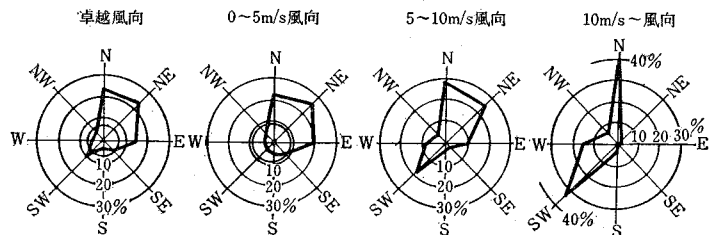
④ 施工例の少ない大口径長尺杭を工事仕様にもとづく精度で打ち込まねばならないこと。

⑤ 工事内容に比して工期が非常に短いこと。

⑥ 当初比較的海象のよい夏季に施工することになっていたが、諸種の問題の関係で冬季の施工を余儀なくされたこと。

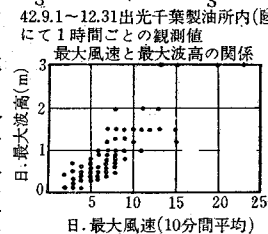
そこでこの工事の施工については、慣行化された工法では遂行できないとの方針にもとづく

表-1 現場の気象海象観測値一覧



データ 42.9.1~12.31出光千葉製油所内(陸上)にて1時間ごとの観測値
 日.最大風速(10分間平均)と最大波高の頻度
 日.最大風速 出光内港における10分間平均最大風速
 日.最大波高 シーバース現場においてテロンパージより目測

	日.最大風速(10分間平均)					日.最大波高				
	0~3.5 m/s	3.6~7.0	7.1~10.5	10.6~14.0	14.1~	0~0.3m	0.4~0.7	0.8~1.1	1.2~1.5	1.5~
9月	0	21	6	1	2	7	16	4	1	2
10月	1	18	9	1	2	2	16	8	4	1
11月	4	13	8	1	4	4	12	8	4	2
12月	6	13	7	4	1	5	7	6	9	4
計	11	65	30	7	9	18	51	26	18	9
比率	90%	53.3	24.6	5.7	7.4	14.7	41.8	21.3	14.7	7.4



* 鹿島建設(株)土木部姉ヶ崎出張所

どが N と SW の二方向に集中する。

④ シーバース作業現場での風速は、陸地における風速の 50% 増程度となっている。

⑤ 波浪：海上での作業に決定的な影響を与えるものは波浪である。当工事地点は吹送距離の長い S 方向が、外海からのうねりとともに大波高をもたらす。東京湾内での最大波高は 4~6m とされている。なお風速と発生する最大波高との関係は表-1 に示したとおりである。

⑥ 潮汐：千葉港建設局の 1953~1960 年間の観測結果によれば、

高極潮位	AP+3.070 m
朔望平均満潮位	AP+2.070 m
平均潮位	AP+1.210 m
朔望平均干潮位	AP+0.060 m
低極潮位	AP-0.340 m

となっている。

⑦ 潮流：昭和 25 年の海上保安庁水路部のデータによれば、大潮時の南北最強値は 0.17~0.20 m/sec 程度で、小潮時はこの半分程度とされている。

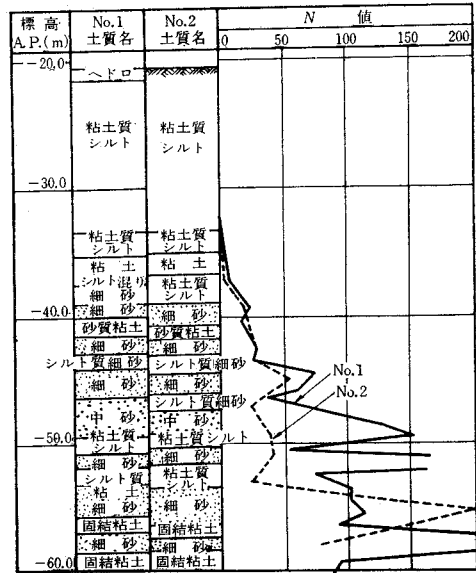
b) 地 質

現地の海底地質のボーリングによる調査結果は、図-2 に示すとおりである。

c) 工事地点の設定と準備工

① 基本測量：このシーバース建設に当って、企業者より与えられた構造物の位置の基点は北緯 35°30'30"、東経 139°56'25" という緯度、経度であった。この与えられた位置に基点を設定するために測量が行なわれるわけであり、この測量のための原点は付近陸上の三角点等であることはいうまでもない。この測量の場合、その実

図-2 土質柱状図



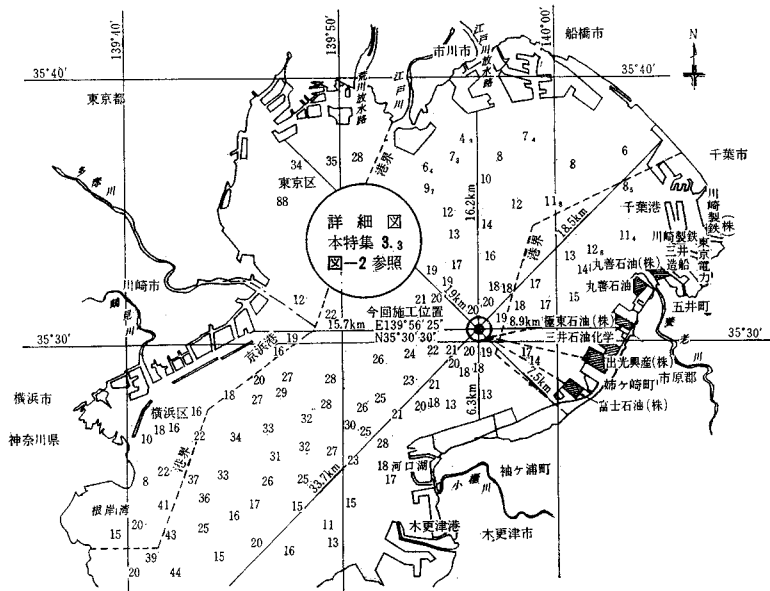
施に当って、陸地測量と全く同じ手法では実施し難い条件が海上測量の場合には多く存在する。具体的に例をあげると、陸上の与点（三角点など）からの距離が大なる場合であるが、求める点と与点との間に補助点を海中に設けることは海上測量の性格からいって得策ではない。そのために、陸上の与点から数 km ないし数十 km へたった海上に求める点を設定するためには、1つの測定で位置の量を求めねばならない。

しかしながら、この 2 点間の距離がある程度以上大なるときには、測定の精度の低下をきたすとともに、もや、スモッグなどにより作業を妨げられることが多い。

このような状況の下にあって、近年のエレクトロニクスの発展の結果、電波を用いる測距儀が開発された。最初、測量に電波測距儀が使用されたのは陸上の測量であるが、後にこれが改良され海上用のものも開発され使用されている。海上で使用される測距儀は世界的に見て二、三の例があるそうであるが、ここに紹介するハイドロディスト (Hydrodist) は最も広く使用されているものである。

ハイドロディストは、電波の伝ば速度を利用して 2 点間の距離を測定するもので、2 組の装置を利用して陸上の 2 つの与点と求点とのそれぞれの距離を同

図-1 位置図



時に測定すれば、求点の位置が決定される。求点の経緯度が与えられたものであれば、陸上の既知点（三角点など）の経緯度から点求と与点との距離を前もって計算しておくことはいうまでもない。作業船は計算された一つの距離値を半径とする円弧の上を航走し、他の一つの測定値が計算値と一致したときにブイを投下することにより求点の位置を比較的容易に海上に設定できる。

ハイドロディストは、主局（船上局）と従局（陸上局）とを1組として、2組の主局従局で構成される。1組の主、従局で一つの測距が行なわれるわけであるが、その原理を簡単に述べるとつぎのとおりである。

主局から波長 λ なる電波が発射され、 D という距離にある従局に到達して、さらに従局は再びこの信号を主局に向けて発射すると、これはつぎの関係式が成立する。

$$2D = n\lambda + \epsilon \quad (n: \text{自然数})$$

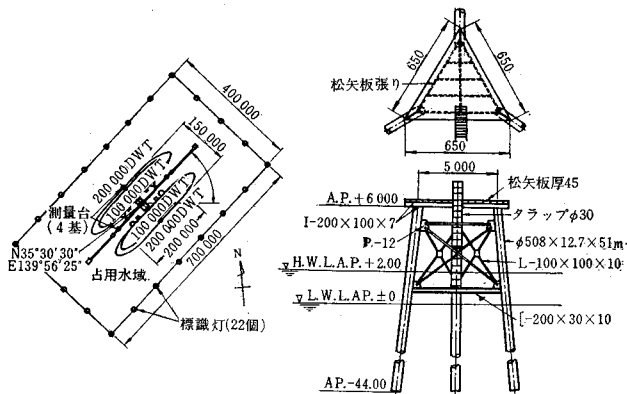
すなわち、この式は $2D$ という距離を λ という物差しで計ったら n 回と残りが ϵ であったことを示しているにほかならない。この ϵ を明らかにするために、主局における波長 λ なる信号と、主局から発射されて $2D$ という距離を伝ばして再び主局に到達した信号との位相の比較が行なわれる。この位相比較の結果2つの信号の位相が同相であれば $\epsilon=0$ であり、逆相であれば $\epsilon=\lambda/2$ となる。

いま、 $\lambda=100\text{ m}$ とすれば、上記の位相の差を $1/100$ まで測定することにより、求める距離のうち 100 m 未満についてのみ 1 m まで測定できることになる。しかしながら、 100 m については上式のうちの n が不明であるのでわからない。

このために、さらに $\lambda=1000\text{ m}$ の波長の電波を使用し、前の場合と同様に $1/100$ 位相差まで測定すれば、 1000 m 未満 10 m 以上の値が明らかになる。実際にはさらに 10000 m の波長の場合も測定され、この三段階の測定値を合成することによって 1 m 以上 10000 m 未満の測定値が得られるわけである。海上での測距は移動測定であるから測定は瞬時に行なわれなければならないので、先に述べた三段階の測定は測定開始時のみに必要であり、その後は常時連続的に測定できるように工夫されている。以上の測定原理は説明を容易にするために、実際とは多少異なるところがある。

このような測定においては電波の伝ば速度が基本となるものであるが、ハイドロディストの場合、その速度を $299\,694\text{ km/sec}$ と仮定している。空気中における電波の伝ば速度は、空気の温度、湿度および圧力により定まる空気の屈折率により変化するものであり、国際測地学地球物理学連合 (IUGG) で決定された真空中の速度をも

図-3 測量台配置図および構造図



とに、屈折率を $n=1.00033$ (ハイドロディストの場合) と仮定した数字が前記の速度である。

ハイドロディストは、距離 D 最大 40 km までを $\pm(2+D/10^5)\text{ m}$ の精度で測定されるといわれている。また先に述べた測定に使用される信号は、直接主局、従局から発射されるのではなく、実際には約 3000 MHz の電波にのせて発射されるので、電波の通距に障害物（地球のわん曲を含めて）があってはならない。

実際のシーバースの基本測量にもこのハイドロディストを使用した。すなわち、従局を姉ヶ崎、木更津の三角点上に設け、主局を作業船上に設置して測定を行なった。測量当日は海面はおだやかな日であったが、もやのために視界が悪かったがハイドロディストによって十分目的を果たすことができた。

② 測量台の設置：前項のブイを中心として図-3の測量台を構築した。

③ 基本三角網の設置：ハイドロディストにより測量台上の一点の緯度経度を測定し、原点とした。ついでテルロメーター（電波測距儀で陸測用のもの。ハイドロディストよりも測定精度が高い）によって2測量台間の基線長を測定した。以後はトランシットによって測角を行ない、三角網を形成した。

(2) 工法の検討

a) 杭打ち船とデロングバージの比較検討

表-2 に示すように、デロングバージと杭打ち船との比較を行ない、デロングバージの使用にふみきった。

b) デロングバージとその付属機械

④ デロングバージの要目：

(バージ本体)		
寸法		165'×80'×14'(50 m×24.4 m×4.3 m)
自重		670 ㌧
ケーソン		
寸法		φ1.8 m×60 m 4本
自重		93 ㌧/本 (372 ㌧)
エアージャッキ		

表-2 杭打ち船とデロングバージとの比較検討

条 件	(1) 杭 打 ち 船 (調達可能機種について)	(2) デロングバージ (現在使用中の機種について)	どちらが 有 利 か
総 合			
1 工事への信頼性	不 安	信頼できそうだ	2
自 然 条 件			
2 波浪に対する作業限度	波高 0.5~0.7 m	波高 1.0~1.5 m	2
3 風	5~7 m/sec	10~15 m/sec	2
4 潮汐, 潮流, 水深に対して	影響受ける, 水深に不利	ほとんど影響受けず	2
5 地 質	影響受けず	影響受ける	1
性 能			
6 つり上げ性能 φ1500 杭 42 t に対し	大改造を要する	搭載クレーンで OK	2
7 つり上げた杭の振り回し	多少きく	(1)より有利	2
8 杭の打込み精度	船の揺れと杭の揺れの影響あり	杭の揺れの影響のみ	2
9 斜杭の打込み装置 (30°)	かなり困難	(1)よりも楽	2
作 業 性			
10 避難の必要限界	波高 1.0 m 以上, 風 10 m/sec 以上	波高 5.0 m 以上, 風 50 m/sec 以上	2
11 作業能率 (気象条件を無視)	良 い	(1)より劣る	1
12 搭載機械の制限	かなり制約受ける	(1)より有利	2
13 杭位置設定の測量	杭を視準する	座標を読んでやぐらをセットする	2
14 アンカーの錨碇性	波浪, 潮汐, 地質等により限度あり	(1)より大幅に有利	2
工 費			
15 工 費	標準とすれば	(1)より高い	1
16 作業人員	5~7 人	15~20 人	1
諸準備その他			
17 調達の難易	比較的容易	むずかしい	1
18 使用に対する諸準備	必 要	大いに必要	1
19 付属装置	余 り ない	沢 山 有 る	1
20 機械に対する知識	ある程度普及している	ほとんど知られていない	1

表-3 デロングバージ搭載機械設備一覧表

名 称	性 能	所 属	数 量	備 考
プレートガーダー	主桁2本並列式 桁高 1.8 m 全長 22 m		1 基	片持ばりスパン 11.5 m 桁の抵抗モーメント 800 t-m/桁1本 移動はクレーンによる 自重 53 t
杭 打 ち や ぐ ら	マスト長 33.5 m 360° 旋回 自走式		1 基	マスト傾斜角 -5°~+35° レールゲージ 4.5 m 自重 33 t
エアーハンマー	MRB 1000 具-メンク		2 基	落下体重量 10 t 落下高 1.25 m エアー消費量 72 m³/min φ1200 1500 鋼管杭打込み用 自重 17 t
"	MRB 270 "		1 基	落下体重量 3.5 t 落下高 1.25 m エアー消費量 18 m³/min φ609.6 φ711.2 鋼管杭打込み用 自重 4.5 t
チャック式ガイド	MRB 1000-K 1500 型 "		1 基	φ1500 鋼管杭打込み用 自重 18 t
"	MRB 1000-K 1200 型		1 基	φ1200 鋼管杭打込み用 自重 14 t
"	MRB 1000-K $\begin{matrix} 1200 \\ 700 \\ 600 \end{matrix}$ 型		1 基	MRB 1000 ハンマーにて φ1200, φ700, φ600 の3種の杭が打てる チャックなし 自重 12 t
"	MRB $\begin{matrix} 270 \\ 500 \end{matrix}$ -K $\begin{matrix} 700 \\ 600 \end{matrix}$ 型		1 基	MRB 500 または 270 ハンマーにて φ600, φ700 の2種の杭が打てる 自重 6.9 t
ポータブル コンプレッサー	三井 AMR 600		2 基	杭打ちハンマー給気 吐出量 7 kg/cm² 吐出量 17.0 m³/min 吐出量 10.5 m³/min
"	北越 AMS 370		3 基	
高圧コンプレッサー	Schramm 300 IP	Delong	3 基	一部低圧にてハンマー給気へ ジャッキ操作用 吐出圧 kg/cm² 吐出量 12 m³/min
クローラクレーン	P & H 955 ALC		1 台	杭打ち雑作業 ブーム長 30.5 m ブーム角 78° にて 23 t つり
"	American Hoist 9299	Delong	1 台	鋼管杭つり込み用 ブーム長 52 m ブーム角 83° にて 48 t つり
発 電 機	DE-30 35 kVA		2 台	動力源, 照明, 通信, その他
"	30 kVA		1 台	"
"	30 kVA	Delong	1 台	"
ウ イ ン チ	American 4 胴ウインチ	Delong	1 台	10 t アンカー操作用 直巻能力 20 t
"	" 15 kW		2 台	杭打ち用
ポ ン プ	自吸水 φ2" 3.7 kW		1 台	消火ポンプ
"	燃料供給ポンプ 1 kW	Delong	1 台	燃料タンク (90 kJ) より給油用
"	給水ポンプ 200 W	Delong	1 台	飲料水タンク (90 kJ) より給水用
電 溶 機	19 kW		2 台	一般工作および修理用

自重 23 匁/本 (92 匁)

(付属機械)

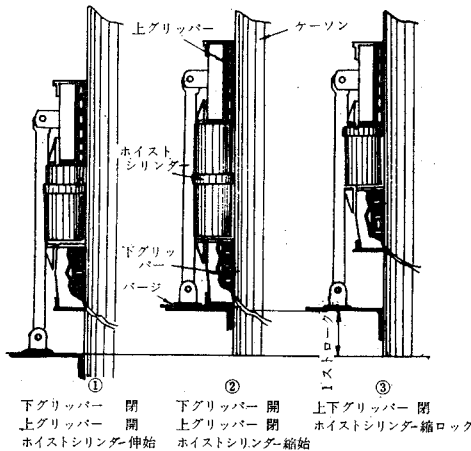
クローラークレーン American 9299	1 台
ポータブルコンプレッサー Schramm 300 IP	3 台
アンカー用ウインチ 直巻能力 20 匁 4 胴式	1 台
アンカー	10 匁/丁
	4 丁

② 機能：バージ本体は浮上する箱型鋼船で、その四隅に取り付けられたエアージャッキを介して、円形のケーソンがしゅう動昇降し、バージ本体とケーソンとは任意の高さで固定される。

i) ジャッキの動作(図-4 参照) バージの昇降操作はゴムチューブ製の上下、両グリッパーと中央部にあるエアホイス シリンダーとの相互作用で行なわれ、すべてエアーを動力としている。

ii). 上昇動作(1 サイクル) 下グリッパーを締め付

図-4 ジャッキ構造および機能図



ける→上グリッパーをゆるめる→ホイス シリンダーを上向き動作させる→上グリッパーを締め付ける→下グリッパーをゆるめる→ホイス シリンダーを上向へ動作させる。

iii) 下降動作(1 サイクル) 上昇動作の逆の動作をさせる。なお昇降速度は負荷の大きさにより 0.1~0.3 m/min 程度である。

iv) バージを規定高さでケーソンにロックする場合 上昇動作によりケーソンがバージ等の重量を支持できる

図-5 Schramm 高圧コンプレッサー機構図

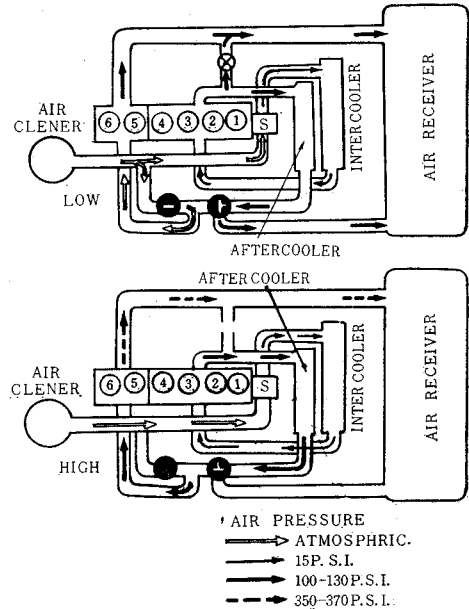
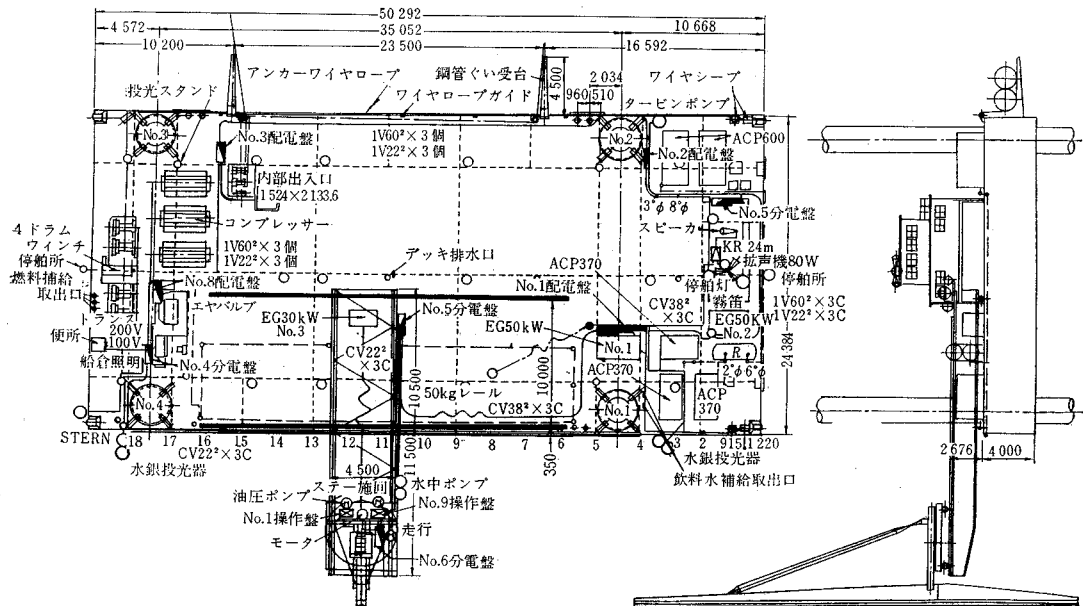


図-6 デロング バージ ぎ装図



地層に達したとき、4本のケーソンのうち対角線上の2本を上下のグリップでそれぞれ締め付け、他の2本をわずかに下降させると、グリップされた2本に全重量が移るので2倍の荷重に耐えられる所に達するまで沈下する。2本の組合せで交互にその役割りを変え、ケーソンの沈下が止まったときバージの水平を再修正のうえ、規定高さに上下グリップを締め付けてバージとケーソンとを固定させる。

v) ケーソンの引抜き：バージを下降動作により水中に押し込み、その浮力によって容易に引抜きを得る。

vi) 使用の条件：デロング社のカタログによれば、京葉シーバース工事に使用したφ1.800mmのケーソンの場合その安全である範囲はつぎのとおりである。すなわち、

- 水深～30m
- 風速～60m/sec
- 潮流～2m/sec
- 波高～5.5m(周期8秒)

の条件のもとでバージの総変位量は35cmとなり、ケーソンの応力度は1.876kg/cm²に達する。またジャッキの安全荷重は500T/基である。

vii) 付属機械：クローラークレーン：自重150T

ブーム長52mという大型のものであるので、オペレーターの訓練が必要である。

コンプレッサー：ポータブル形式のものであるが、24kg/cm²の吐出圧力1台のコントロールボックスで3台のガバナが連動されている。一段目がファン形式で二段三段が往復動式であり、各段ごとの取り出しは吐出部のコックで可能になっている。

アンカーウインチ：エンジン直結の四胴で集中操作できようになっている。

その他：発電機30kW、燃料ポンプ、飲料水ポンプ

表-4 デロングバージ搭載電気設備一覧表

区分	名称	仕様	数量	摘要
照明設備	投光器	白熱 220V×3kW	4台	海上、測量、照明
	〃	〃 〃 ×1kW	4台	杭打ち装置、照明
	〃	〃 〃 ×500kW	8台	甲板全般照明
	〃	水銀 100V×1kW	4台	杭打ち装置照明
	ナトリウム灯	100V×200W	4台	甲板照明、濃霧時標識
	リフレクターランプ	白熱 100/220×500W	10台	甲板局部照明
通信および信号設備	超短波無線電話	148.25 Mc F3 送信 5 W	6台	連絡指令用(遠距離)
	トランシーバー	27.04 Mc A3 送信 0.1 W	9台	〃 (近距離)
	拡声機	OP 80 W	1組	甲板および周辺指令
	エヤーホーン	空気圧 7kg/cm ² 操作 C 200 V	1台	霧笛
	停船灯	DC 12 V 40 W	5灯	標識(法定)
	トランジスターメガホン	OP 5 W	2台	指令用
衛生その他設備	プロペラファン	200 V 2.2 kW	2台	船艙および Eng. ルーム換気
	換気扇	100 V 200 W	3台	補助換気用
	菌灯	100 V 15 W	4台	寢室用
	冷蔵庫		2台	炊事用
	皿型電熱器	100 V 2 kW	3台	〃
	〃	200 V 3 kW	3台	〃
	充電器	100 V 20 A	1台	〃

等が設備されている。

3. おわりに

以上京葉シーバース工事における海洋測量の方法、デロングバージを使用するに至った経過、およびデロングバージについてご紹介した。しかし、海洋工事の施工上の問題点としては、この他気象海象の調査予測、機械の選択、船舶の運用法、作業員の労働時間ならびに安全の問題など多々あるが、与えられた紙数をすでに使いはたしたので最後に参考までにデロングバージに搭載した諸機械の一覧表およびバージの艤装図を書き加えて筆をおくこととする。

また、建設工事の実情については、土木施工 昭和43年3月号、12月号に発表してあるのでご一読いただければ幸いである。

第15回海岸工学講演会講演集頒布

第15回海岸工学講演会が昨年12月5～6日の2日間福岡市において行なわれました。第15回の講演発表数は57編を数えこれらを収録した講演集は370ページを越えるものとなりました。本講演集ご希望の方は土木学会へお申込み下さい。

- 体裁：B5判 8ポ2段活版印刷 372ページ
- 定価：3500円
- 送料：150円