

# 苫小牧東港東防波堤建設について

熊 倉 勉

はじめに

苫小牧東部大規模工業基地の開発は、昭和46年8月、その開発計画が策定され、昭和51年8月、その中核となる苫小牧東港の建設工事に着手された。以来、広漠として広がる勇払原野の砂浜で、他に類例をみない大規模な東港建設工事が鋭意進められ、昭和55年10月24日、待望の第一船である石炭専用船「君島丸（695 G T）」が北海道電力苫東厚真発電所の揚炭栈橋に着栈し、ここに、現地着工以来4年余の短期間にて供用開始されることとなった。

第一船入港に伴い、苫小牧東港建設も初期の建設段階から次の段階に入ったこととなるが、石油危機以来低迷していた企業立地動向については、北海道電力株式会社、北海道石油共同備蓄株式会社が進出し、石油国家備蓄の立地も決定し、苫東石油備蓄会社が設立されている。また、現在いすゞ自動車の進出も具体化しつつある。更に、工業用地造成についてもB地区の公有水面埋立事業に昭和55年度から着手しており、工業基地開発は着実な歩みをとげている。

以下、苫小牧東部大規模工業基地開発計画及びその中核となる苫小牧東港の建設に関して大規模かつ急速施工を実施した東防波堤建設を主体にその概要を紹介する。

## 1. 開発計画の概要と現況

### (1) 苫小牧東部大規模工業基地開発基本計画

苫小牧東部大規模工業基地開発は、北海道の立ち遅れている産業構造の高度化を進め、就業機会を拡大し、地域の定住性を高め、活力ある安定した生活環境をつくるための先導的開発事業として昭和46年8月、基本計画（案）が策定された。この開発構想は、苫小牧市東部の勇払原野約1万haを工業地区とし、ここに港湾を核とする臨海性の基幹資源型工業と関連諸工業の立地を推進し、周辺地域を含めた広域的、合理的な土地利用計画のもとに、生活環境施設の整備を進め、生産と生活が調和する豊かな地域社会の先駆的实现を目指すものである。この基本計画（案）に対し環境保全の見地から企業立地を段階的に行うこととし、概ね昭和53年を目標とする第1段階計画が定められ、推進されてきたが、現在、更にこれに引続き、昭和58年を目標とする第

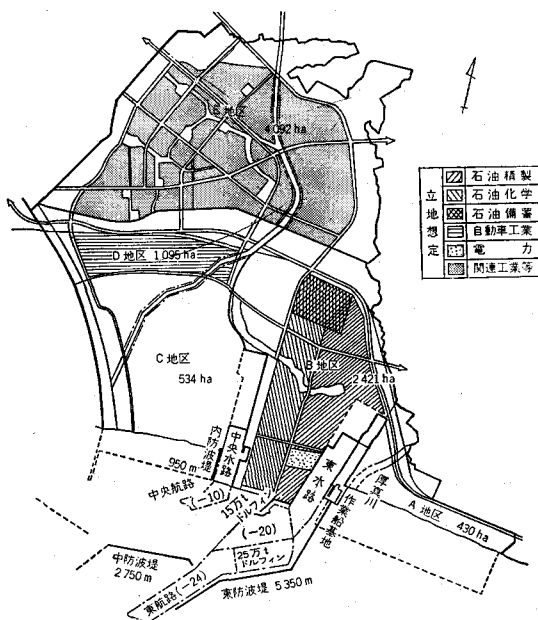


図-1 苫小牧東部大規模工業基地計画平面図  
(昭和58年目標)

2段階計画が昭和54年10月に策定された（図－1）。

## (2) 第2段階計画

第2段階計画の計画目標年次は、昭和58年とし、立地業種規模は、石油精製30万BPSD（工業出荷額3,800億円）、石油化学40万t／年（3,100億円）、自動車18万台／年（1,300億円）、関連工業（1,000億円）、電力95万kw、石油備蓄500万kl、工業出荷額計9,200億円（50年価格）と想定して計画している（表－1）。

表－1 昭和58年目標苫東工業基地開発規模

| 業 種       | 単 位     | 生産規模    | 生産額     | 従業者    | 備 考                             |
|-----------|---------|---------|---------|--------|---------------------------------|
| 石 油 精 製   | 万バレル／日  | 30      | 3,800億円 | 500人   | エチレン換算<br><br>35万キロワットについては、建設中 |
| 石 油 化 学   | 万トン／年   | 40      | 3,100   | 1,700  |                                 |
| 自 動 車     | 万台／年    | 18      | 1,300   | 3,900  |                                 |
| 電 力       | 万キロワット  | 95      |         | 130    |                                 |
| 石 油 備 蓄   | 万キロリットル | 貯油能力500 |         | 70     |                                 |
| 関 連 工 業 等 |         |         | 1,000   | 4,500  |                                 |
| 合 計       |         |         | 9,200   | 10,800 |                                 |

注：生産額は、昭和50年価格である。

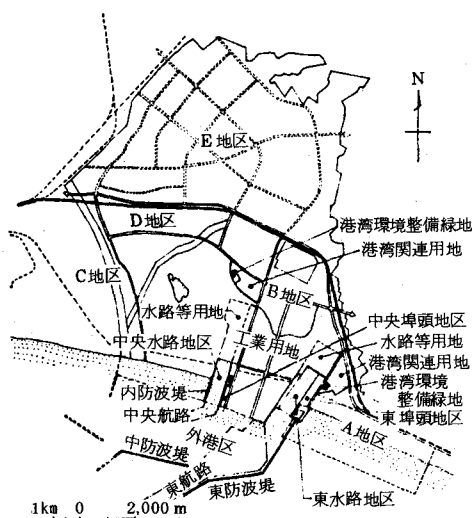
## (3) 東港地区港湾計画

苫小牧東港の港湾計画は、第2段階計画に基づき昭和58年を目標に改定され、昭和54年11月、第88回港湾審議会計画部会の議を経て運輸大臣の承認をえた（図－2）。

改訂計画は、「東水路、中央水路を利用する船舶は、それぞれ東航路、中央航路に分離して入出港させる。」「石油精製、石油共同備蓄計画等に対応して、港湾の早期利用を図るため、超大型タンカーを東航路から入航させる。」ことを骨子としており、昭和58年の港湾取扱貨物量は2,963万tで、施設計画は、防波堤延長9,050m（うち、3,900m施工済）、係留施設延長3,900m（－7.5m～－14m岸壁）、ドルフィン2基、用地造成8,590haである。

## (4) 環境保全対策

苫小牧東部大規模工業基地開発における環境保全については、合理的な土地利用計画に基づき、緩衝緑地帯を設置し、住居地区と工業地区を分離すると共に、公害の未然防止を図るため厳正な環境目標を設定し、これを達成するために立地企業に対し公害防止設備を設置させるなど、良好な環境の保全に万全の措置を講ずることとなっている。このため、昭和47年6月、「苫東基地開発に係る環境保全について」の報告が作成され、第1段階計画に対する詳細



図－2 苫小牧港湾計画平面図

な環境アセスメントが実施された。しかし、重油専焼火力発電の石炭専焼への変更、大気汚染に係る環境濃度の測定結果に基づく修正の必要が生じ、これらを見直し、「昭和48年12月報告」を作成し、地元関係機関、地元関係住民への説明を行い、住民の意見を求めたうえで、昭和50年11月「苫東基地に係る環境保全について」を作成・公表した。

その後、苫東基地の開発動向等諸情勢の変化に応じて補正・補完を実施しており、昭和58年目標の第2段階計画を策定するに当たっての環境アセスメントも昭和54年10月に確定している。

## (5) 開発の現況

工業基地の用地買収は、北海道が昭和44年10月から開始し、昭和56年3月末現在、約8,900haの買収面積の約83%を買収済である。

用地造成は、第3セクターである苫小牧東部開発㈱が昭和52年5月からB地区1次（約430ha）の土地造成を実施・完了し、昭和54年2月から石油共同備蓄基地等のためのB地区2次（約38ha）の造成に着手し、昭和56年度末を完了予定に整備している。また、用地造成工事の一環としてB地区地先水面の約62haの埋立が昭和55年8月に認可され、護岸工事に着手し、現在浚渫土砂による埋立工事が実施されており、概ね3年で完成する予定である。

現在立地している企業は、第1号が北海道電力㈱苫東厚真発電所で、昭和52年11月以来1号機（出力35万kw）の建設が進められ、昭和55年10月に運転を開始しており、国内最大の石炭専焼火力発電所となった。なお、引続き2号機（出力60万kw）の増設も計画されている。

次に、北海道石油共同備蓄㈱が、民間石油企業による90日備蓄増強計画に基づき、500万kℓ（内需の約7日分）の原油備蓄基地の建設を昭和54年5月より開始し、第1期計画（タンク15基約170万kℓ）として昭和57年秋のオイルインを目途に、現在タンク基礎、ドルフィン等の建設を実施している。

## 2. 地域の概況

苫小牧東港の建設地域は、樽前火山礫層からなる低地帯と一部段丘地帯からなる勇払原野（178.5km<sup>2</sup>）の一角に位置している。この地域には、湿原湖沼等が残存し、極めて複雑な地層を示し、表層は、N値10程度のシルト質粘土、火山灰、泥炭層等からなり、地表面下10～65m付近からN値30程度の洪積層となっている。

海岸は、胆振海岸と日高海岸を両翼に典型的な弓形状の砂浜海岸を形成しており、海底勾配は1/100

表－2 波向別波高出現率（5力年間）

| 波向 \ 波高 | 0.4m以下 | 0.5～0.9m | 1.0～1.4m | 1.5～1.9m | 2.0～2.4m | 2.5～2.9m | 3.0m以上 | 計     |
|---------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|-------|
| SE      | 0.2    | 0.5      | 0.7      | 0.5      | 0.3      | 0.1      | 0.1    | 2.4   |
| SSE     | 5.4    | 12.3     | 5.6      | 2.1      | 1.0      | 0.3      | 0.3    | 27.0  |
| S       | 14.3   | 20.6     | 4.7      | 1.3      | 0.4      | 0.2      | 0.1    | 41.6  |
| SSW     | 5.7    | 12.5     | 2.9      | 0.7      | 0.2      | 0.1      | 0.1    | 22.2  |
| SW      | 1.3    | 3.7      | 1.2      | 0.1      | 0.1      | 0.0      | 0.0    | 6.4   |
| WSW     | 0.1    | 0.2      | 0.1      | 0.0      | —        | —        | —      | 0.4   |
| 計       | 27.0   | 49.8     | 15.2     | 4.7      | 2.0      | 0.7      | 0.6    | 100.0 |

～1/200 の遠残海岸で、海浜部には標高 5～9 m の砂丘が連続している。

気候は、年平均気温 7.0℃、平均風速 3.8m/sec、風向は、夏季に南寄り、冬期に北寄りの風が卓越している。

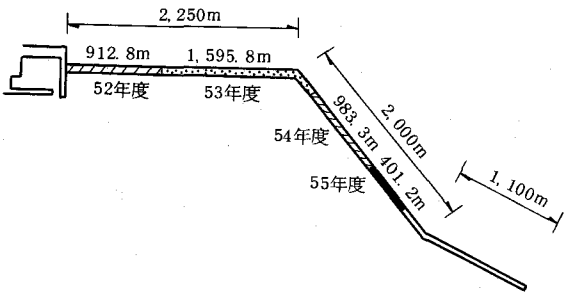
また、潮流については、一年を通じ東向の恒流がみられ、沿岸流は、波向きに支配され、夏期には西向きの沿岸流が卓越し、冬期には東向きが卓越している。来襲波は表－2 に示すとおり、SSE～SSW 方向の波の頻度が多く、大きな波高はSE～S 方向の波に多い。

3. 港湾建設事業の概要

(1) 港湾工事の進捗状況

苫小牧東港地区港湾整備事業は、昭和47年度に西港地区の西防波堤の港外側を埋立ててケーソンヤードを建設したのを初めとして、昭和51年度より東港地区に現地着工し、作業船溜基地を2カ年で完成し、昭和52年度より東防波堤を建設している。現在までに建設した東防波堤は、延長約3,900 mであり（図－3）、昭和53年度には、年間約1,600 mの施工量に達し、過去の鹿島港での800 mという記録を大きく上回った。昭和55年度からは、航路・泊地浚渫工事を本格的に実施している。

昭和55年度までの東港建設に関する  
予算は、表－3のとおりであり、総事業費516億円（うち国費477億円）に達している。



図－3 東防波堤の年度別施工量

(2) 環境対策

建設工事に当たっても、それを担当する北海道開発局、苫小牧港管理組合、苫東基地の土地造成を実施する苫小牧東部開発㈱、北海道電力㈱、北海道石

表－3 苫小牧東港地区港湾整備事業の推移

| 年 度<br>(5カ年計画) |     | 事業費(百万円) | 国 費(百万円) | 主 な 事 業 概 要                         |
|----------------|-----|----------|----------|-------------------------------------|
| 46～50<br>(第4次) |     | 6,280    | 5,966    | ケーソンヤード建設                           |
| 第5次            | 51  | 5,049    | 4,797    | 作業船溜 防波堤(A), (B)等                   |
|                | 52  | 10,382   | 9,799    | 作業船溜 物揚場(－4), (－3)等<br>東防波堤 912.8 m |
|                | 53  | 13,323   | 12,652   | 東防波堤 1,595.8 m                      |
|                | 54  | 13,972   | 12,363   | 東防波堤 983.3 m                        |
|                | 55  | 2,583    | 2,106    | 東防波堤 401.2 m<br>浚渫(－13.5m)          |
|                | 小 計 | 45,311   | 41,719   |                                     |
| 合 計            |     | 51,591   | 47,685   |                                     |

(注) 直轄、補助、特定、産関を含む。

油共同備蓄(株)は、「苫小牧東港地区港湾建設工事協議会」を組織し(図-4)、環境・防災安全に係る建設工事実施上の諸問題について特に、年度当初、地元公共団体、関係諸機関及び学識経験者から構成されている2つの委員会に報告し、検討を重ねてもらい、円滑な事業の推進を図っている。また、苫小牧東港建設工事に係る工事公害防止計画に必要な環境調査を工事と並行して実施し、その内容を学識経験者によって構成される「苫小牧港湾環境調査委員会」に諮問し、その委員会の答申を上記協議会の委員会の検討資料に反映させるなど環境保全について万全の体制で取組んでいる。

4. ケーソンヤード建設工事

(1) ヤードの概要

苫小牧東港の防波堤建設に必要な事業費は、外海に面した単調な砂浜海岸に港を建設するため、全体の港湾施設投資額に占める割合も多い。防波堤構造は、設置水深が最大-25mで外海に面しているため、ケーソン式混成堤として計画・実施しており、使用されるケーソンも最大3,000t級程度となり、年間の製作もピークで100函程度、延べ函数800函と見込まれ、これらを製作する施設が必要であることとなり、昭和47年9月から苫小牧西港地区西防波堤外港側に6.9haの用地造成を行いケーソンヤードの建設を開始した。

建設時期が丁度、石油ショックによる経済社会の激変期に当たったため、ヤードの計画・設計・施工の各段階において慎重な検討を行い、陸上部のケーソン移動は、安全確実な遠隔操作による自走台

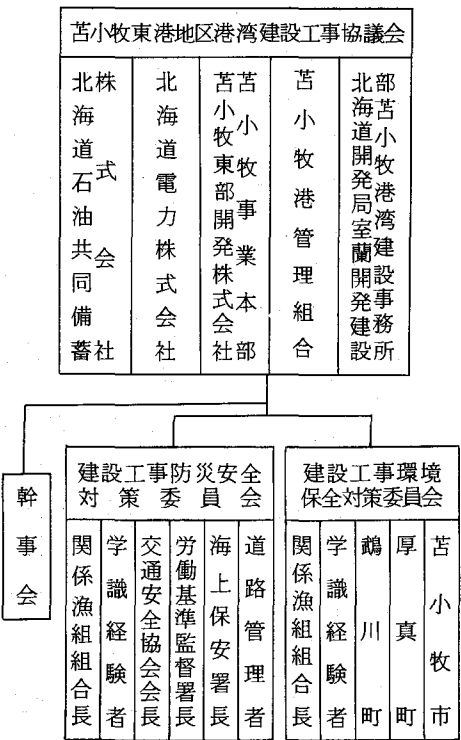


図-4 苫小牧東港地区港湾建設工事協議会の組織

表-4 各設備の諸元および能力

| 機械名                | 数量  | スパン<br>間隔 | 形 式                      | 寸 法                                | 油 圧 ジャ ッ キ                      |              |           | 車 輪                                     |
|--------------------|-----|-----------|--------------------------|------------------------------------|---------------------------------|--------------|-----------|-----------------------------------------|
|                    |     |           |                          |                                    | 容 量                             | ス ト<br>ロ ッ ク | 速 度       |                                         |
| 横 行 車<br>台         | 2 台 | 8m        | ジャッキ搭載<br>自走式鋼板製<br>箱型断面 | L: 31.23m<br>B: 1.4 m<br>H: 1.678m | 3,960t<br>(14基×2台)<br>(×110t/基) | 200mm        | 1.0cm/min | φ 400 mm<br>× 144 個<br>(36個×2列)<br>× 2台 |
| 縦 行 車<br>台         | 2 台 | 12m       | ジャッキ搭載<br>自走式鋼板製<br>箱型断面 | L: 23 m<br>B: 1.4 m<br>H: 1.74m    | 4,480t<br>(14基×2台)<br>(×160t/基) | 200mm        | 1.0cm/min | φ 500mm<br>× 112 個<br>(28個×2列)<br>× 2台  |
| 横行台車<br>シフト<br>レーン | 1 台 | 12m       | 鋼製油圧シリ<br>ンダ式橋型ク<br>レーン  | L: 13.35m<br>B: 5.55m<br>H: 5.95m  | 56t<br>(28 t × 2 基)<br>油圧シリンダ   | 2 m          | 0.7m/min  | φ 330 mm<br>× 16 個<br>(8個×2基)           |

Figure 1: Site plan of the construction site for the Nishikawa River. The plan shows a rectangular area with various zones labeled in Japanese. The top boundary is labeled "護岸(A) 270.0 m" and the right boundary is "護岸(B) 255 m". The left side has "西防波堤補強" (West breakwater reinforcement) and the bottom right has "市施工護岸" (City construction breakwater). The plan includes zones for "加工鉄筋置場" (Reinforcement processing site), "型枠置場" (Formwork site), "管理用地" (Management land), "鉄筋素材置場加工鉄筋置場" (Reinforcement material site and processing site), "運転室" (Control room), "機械保管および管理用地" (Machine storage and management land), "ケーソン製作用地" (Caisson manufacturing land), "縦行部" (Vertical section), "横行部" (Horizontal section), "吊上部" (Hanging upper part), "境界用地" (Boundary land), and "型枠置場" (Formwork site). Dimensions are provided for various sections: 21.5, 73, 7, 95, 121, 48.5, 6, 17, 30.1, 10, 48, 71, 50, 17, 48, 10, 25.9, 12, 5, 101.5, 95, 12, 49.5, 5. Other dimensions include 26.5, 20.9, 45, 8, 40, 40, 65, 30, 65, 11, 24, 16, 24, 16, 24, 11, 56, 12, 17, 10, 12, 5.

台を完成した。その後、4函台を増設し、現在12函台で、最大2,400 t級のケーソンを製作している（図-5、表-4）。

ケーソンの進水機構は、当初、ケーソン側壁内に丸鋼を $\Omega$ 型に加工して埋込んだ吊筋を用いて大型起重機船で吊上げ、進水する方法を用いていたが、ケーソンの大型化と共に、吊点数が増え、同時に吊筋、シャックル等の連結金具の重量が増し、作業が困難になってきた。これに対し、太径異型棒鋼、タイロッドを用いた方式について実物実験及びそれに基づいてFEM解析を行い、鋼材量の節減、作業性の向上を図った太径異型棒鋼方式を導入し、更に昭和53年度から吊桁方式を導入した。

Technical drawing of a crane hook frame (クレーンフック) showing dimensions and components.

**Dimensions:**

- Overall height: 18.036 m
- Top section width: 9.00 m
- Bottom section width: 19.00 m
- Front depth: 2.00 m
- Side depth: 2.350 m
- Angle: 0.65°

**Components and Labels:**

- 起重機船フック (Crane Ship Hook)
- バランスワイヤ φ38 mm (Balance Wire φ38 mm)
- 平行ワイヤ φ110 mm (Parallel Wire φ110 mm)
- スリングワイヤ φ110 mm (Sling Wire φ110 mm)
- 上部桁 (Upper Truss)
- 下部桁 (Lower Truss)
- つりワイヤ φ120 mm (Lifting Wire φ120 mm)
- ロープ車 (Rope Car)

**Weights (重量):**

- 上 桁: 140 t
- 下 桁: 113 t
- ロープ車: 24 t
- ワイヤ類: 73 t
- 計: 350 t

B-3-6

置の違いから下部吊桁を直接吊上げると吊材が絞られるため、これを防止するためのものである。

この方式によるケーソンの進水は、図-7に示すとおり下部吊桁をあらかじめ進水護岸にセットしておき、ケーソンを走行台車で移動し、下部吊桁の上側に置き、上部吊桁を吊っている起重機船を移動し、下部吊材と下部吊桁とを連結し、起重機船のワイヤーを巻上げて吊上げ、その状態で起重機船が移動し、再び吊りおろして進水させる方式で、吊筋方式に比較して作業効率・安全性が優れている。

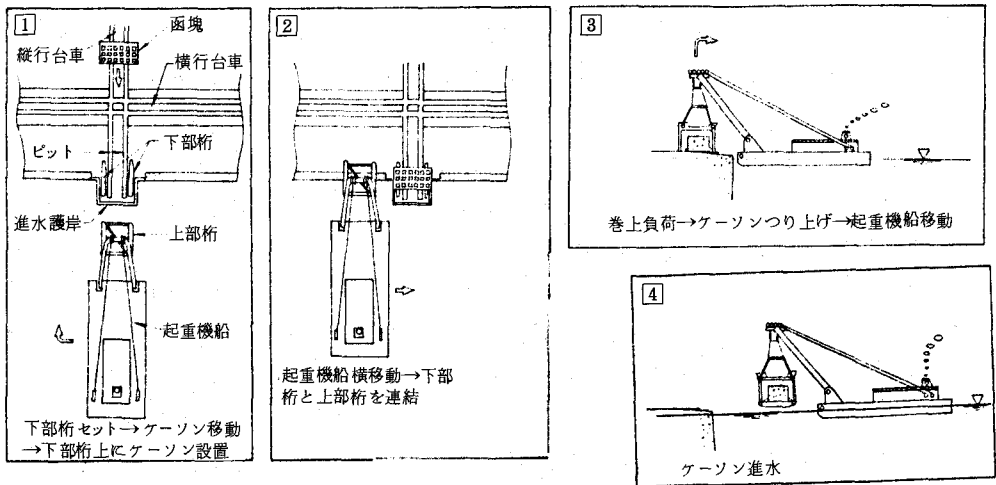


図-7 吊桁によるケーソン進水要領

5. 作業船溜建設工事

防波堤建設の作業基地（一部漁船用施設を含む。）は、昭和51年度から2カ年計画で東防波堤の基部に建設されたもので、約12haの水域と約11haの作業用地を有しており、施設としては表-5に示すとおり防波堤、防波護岸、工事用物揚場（-4m）、漁船用物揚場（-3m）、船揚場があり、将来、苫小牧東港完成時には、ポートサービス用船溜として利用される予定である。この地区は、厚真川河口に位置するため、シルト・粘土が堆積し、その強度も表層で $3\text{t/m}^2$ の粘着力しかなく軟弱地盤を形成している。このため軟弱地盤対策工法として、防波堤、防波護岸の一部には経済的で施工性が良く、浚渫等による軟弱土処理の必要がないH型鋼沈床工法（後述）を採用している。また、物揚場は、物揚場背後の埋立が本体工よりも遅れるため、耐波性を有し、かつ、軟弱地盤対策を兼ねた構造が必要なため、二重矢板式で、更に中仕切りを有する構造としている。

設計に当たっては、中仕切りがあるため、鋼矢板セル式としての安定も検討しており、また、完成後の圧密沈下が生じた場合の控索への影響を考慮して、通常用いられるタイロッドのかわりにタイワイヤーを用い、将来沈下による変形が生じても安定なように設計している。

表-5 船 溜 規 模

|       | 数 量                  | 備 考                        |
|-------|----------------------|----------------------------|
| 防 波 堤 | 649 m                | A 部 345 m<br>B 部 304 m     |
| 埋立護岸  | 650 m                |                            |
| 物 揚 場 | 685 m                | - 3 m 110 m<br>- 4 m 575 m |
| 船 揚 場 | 35 m                 |                            |
| 埋立面積  | 113,000 $\text{m}^2$ |                            |

## 6. 東防波堤の設計

### (1) 設計条件

東防波堤の設計に当たって、波、土質、水深等により区間を分割して設計条件を定めており、昭和55年までに施工した箇所はA～N部の14区間に分割している。

#### ① 設計波

50年確率設計沖波は、S10°E、S S Eの波向で、それぞれ有義波高8.5 m、8.7 m、周期12 sec～13 secとなっており、各部の設計波高は、表-6のとおりである。波圧式としては、昭和53年度より「港湾の施設の技術上の基準」に合田式が採用されたことから、I部以降、合田式を用いて設計している。

#### ② 土 質

A～D部はシルト・粘土の互層で、表層の粘着力は $3\text{ t/m}^2$ 、E～H部は表層から-18～-20mまで摩擦角30°の砂質土で、それ以深は粘土、I、J部は表層から-21～-25mまで摩擦角30°の砂質土で、それ以深は粘土、K～N部は、表層部に厚さ約5m、粘着力 $7\text{ t/m}^2$ の粘土、それ以深は摩擦角30°～35°の砂質土となっている。全体的にみると、東防波堤の基部から900m付近まで軟弱地盤であり、それ以後は、砂質土が主体となり沖側に進むにつれて順に良好な地盤となっている。

#### ③ 水 深

東防波堤の基部が-6.5m程度、沖側に進むにつれて徐々に深くなり基部より2,250mの第1屈曲点で-13.0m、以後再び徐々に浅くなり、第1屈曲点より約1,200mで-10.0m程度となる。ここを過ると、また、沖側に向うにつれて深くなり東防波堤先端では-20m位に達する。

### (2) 構 造

東防波堤の基部から沖側に向かってA～N部と続いており、A部は、船溜防波堤(A)との取付で、同防波堤には消波工が施工してあるので、消波ブロックによる傾斜堤とした。B部は、船溜防波堤(A)、防波護岸G部に対して90°の角度をなし、波の収束を招き、波高増大をきたす恐れがあるので、消波工付ケーソン混成堤とした。C～N部は、ケーソン式混成堤としている。

B～D部は、軟弱地盤上に建設するため、円形すべり防止対策として、H型鋼沈床工法を採用した。E～H部、J部はB～D部よりも地盤がよいので、混成堤の港内側捨石マウンドを拡幅することによる円形すべり防止対策を採用した。I部は、円形

表-6 東防波堤堤体の設計波

| 各部 | 設計沖波  |                    | 設計波    |    | 設計水深(m) | 波圧式   |
|----|-------|--------------------|--------|----|---------|-------|
|    | 波向    | H <sub>0</sub> (m) | 波高(m)  | 周期 |         |       |
| A  | S S E | 8.7                | 7.2    | 13 | -6.5    | ハドソン式 |
| B  | S S E | 8.7                | 7.2    | 13 | -8.0    | 消波式   |
| C  | S10°E | 8.5                | 8.0    | 12 | -9.5    | 沿波式   |
| D  | S10°E | 8.5                | 8.2    | 12 | -11.0   | 沿波式   |
| E  | S10°E | 8.5                | 8.2    | 12 | -11.0   | 沿波式   |
| F  | S10°E | 8.5                | 8.2    | 12 | -11.5   | 沿波式   |
| G  | S10°E | 8.5                | 8.1    | 12 | -12.0   | 沿波式   |
| H  | S10°E | 8.5                | 8.1    | 12 | -13.0   | 沿波式   |
| I  | S S E | 8.7                | ⑩ 11.1 | 13 | -13.5   | 合田式   |
| J  | S S E | 8.7                | ⑩ 10.5 | 13 | -12.5   | 合田式   |
| K  | S S E | 8.7                | ⑩ 10.0 | 13 | -11.5   | 合田式   |
| L  | S10°E | 8.5                | ⑩ 9.5  | 13 | -11.0   | 合田式   |
| M  | S10°E | 8.5                | ⑩ 10.8 | 13 | -13.0   | 合田式   |
| N  | S10°E | 8.5                | ⑩ 12.1 | 13 | -15.0   | 合田式   |

(注) ⑩は、最大波高を示す。

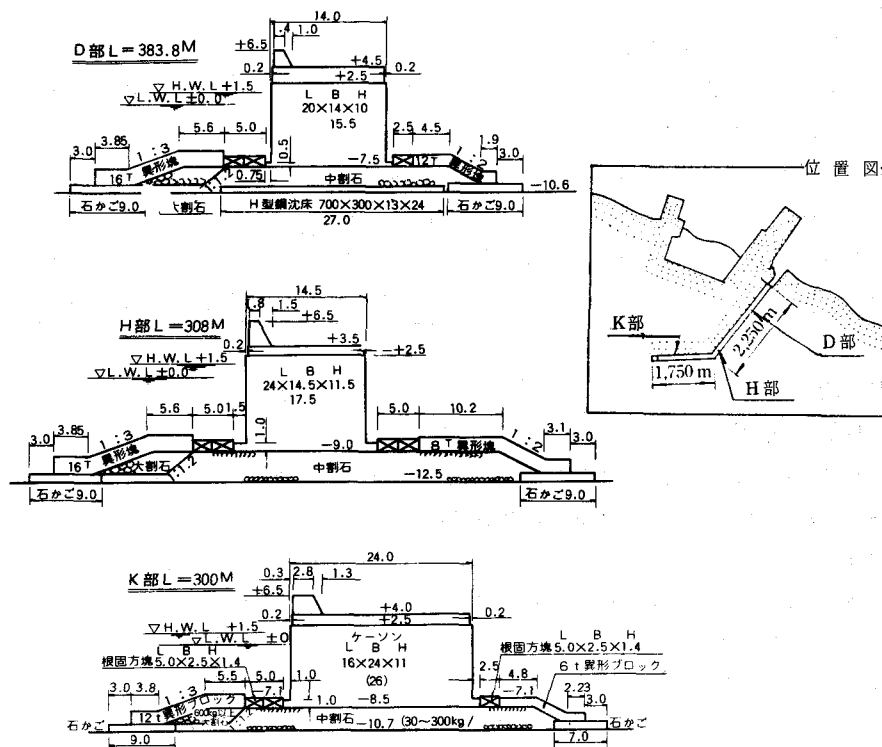


図-8 東防波堤標準断面

すべり及び支持力の問題から、ケーソン重量を波力に対して安全率1.0程度にして、許容支持力内におさえ不足重量分は、混成堤の港内側に盛石を施工して抵抗させ、かつ円形すべりにももつように盛石の形状を定めるおさえ盛石方式を採用した。K, L部は、地盤が良好なので、標準的な断面を採用した。M, N部は、水深が再び深くなってきた箇所でケーソン重量が増加したため、円形すべりに対してM部は、港内側捨石マウンド拡幅方式を、N部はおさえ盛石方式を採用した(図-8)。

### (3) H型鋼沈床工法

H型鋼沈床工の基本的な考え方は、「沈床を切る円形すべりが発生しないように沈床の諸元を定めることにより、強制的に円形すべりの発生点を外側に移動させ、円形すべりの弧長を長くして粘着力による抵抗モーメントを増大させる。」ということである。

この考え方により、沈床工の長さ及び敷設位置は、円形すべりに対し所定の安全率を確保し、かつその時のケーソンの荷重分散幅もカバーするものとする。断面は、ケーソン・マウンド等の荷重及び沈床がない場

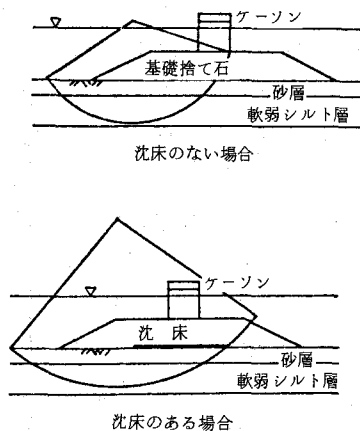


図-9 沈床工法概念図

合の円形すべりの不足抵抗力に対して弾性  
地盤上のはりとして許容応力度内に入るよ  
うに定めている（図－9、表－7）。

この工法は、施工例が少ないこともあり、  
沈床による地盤安定効果、設計法に不確定  
の分野があるので、船溜防波堤で沈床工の  
応力・沈下の測定を実施すると共に詳細な  
土質調査を実施し、これらの結果に基づい  
て一般的な設計法を確立するために解析を  
実施している。

表－7 H型鋼沈床工の断面

| 個 所       | 材質<br>(SS) | 長さ<br>(m) | 断 面               |
|-----------|------------|-----------|-------------------|
| 防波堤（東）b   | 41         | 27        | 390 × 300 × 10×16 |
| 防波堤（東）c   | 41         | 24        | 582 × 300 × 12×17 |
| 防波堤（東）d   | 41         | 27        | 700 × 300 × 13×24 |
| 船溜防波堤(A)a | 41         | 27        | 390 × 300 × 10×16 |
| 船溜防波堤(B)b | 41         | 15        | 390 × 300 × 10×16 |
| 船 溜 護 岸f  | 41         | 21        | 390 × 300 × 10×16 |
| 船 溜 護 岸g  | 41         | 28        | 390 × 300 × 10×16 |

7. 東防波堤の施工

(1) 東防波堤建設の推移

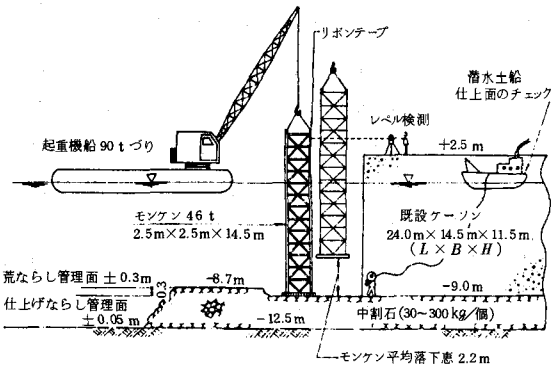
昭和52年度より現地着工し、昭和55年度までに約3,900 m（一部上部工を除く。）が完成している。  
その内訳は、昭和52年度に、912.8 m、昭和53年度に、1,595.8 m、昭和54年度に、983.3 m、昭和  
55年度に401.2 mを施工している。東防波堤総延長5,350 mのうち、約7割強を4カ年で建設すると  
いう我が国の港湾建設史上類例のない大量  
急速施工は、工区を分割し、各工区の工事  
が他の工区の工事に支障を与えないように  
調整しながら工程管理を行うと共に、種々  
の機械化施工を取入れることによって可能  
となった。

(2) 基礎工事

基礎工事は、基礎捨石の投入、捨石均し、  
洗掘防止工（石かご）の製作・施工である。

東港の将来計画を含めて防波堤工事で使  
用される石材は、約500万m<sup>3</sup>と推定され、  
現在使用している石材は、主に  
室蘭港を基地として499 t型ガッ  
ト船によって海上運搬され、投  
入されている。

捨石均しは、外海での基礎工  
事を大量急速に施工する場合の  
最大の課題であった。従来、捨  
石均しは機械化施工が難しいも  
のとして潜水士による人力施工  
が行われてきたが、大量急速施  
工、大水深下における施工に対



図－10 機械ならし作業図

表－8 重錘式均し実績

| 年 度           | 5 2                      | 5 3                      | 5 4                      | 5 5                      |
|---------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| ケーソン<br>据 付 数 | 6 函                      | 9 函                      | 14 函                     | 5 函                      |
| 均し面積          | 2,300 m <sup>2</sup>     | 6,200 m <sup>2</sup>     | 7,740 m <sup>2</sup>     | 2,750 m <sup>2</sup>     |
| 運転日数          | 24 日                     | 67 日                     | 69 日                     | 15 日                     |
| 1 日平均<br>運転時間 | 5.2 hr                   | 5.6 hr                   | 6.9 hr                   | 12.5 hr                  |
| 均し能力          | 5.4 hr/100m <sup>2</sup> | 6.0 hr/100m <sup>2</sup> | 6.2 hr/100m <sup>2</sup> | 6.8 hr/100m <sup>2</sup> |
| モンケン<br>重 量   | 20 t, 40 t               | 40 t                     | 46 t                     | 60 t                     |

応するため、ブレード曳航式、水中ブルドーザ式、重錘式、振動締固め式、スクリー方式等の研究開発が行われている。しかし、各方式とも実用化には未解決な問題もあるが、このうち、比較的装置も簡単に精度的にも期待できる「重錘によるタンピング方式」を本工事に一部採用し、実施した。

装置及び施工方法は図-10に示すとおりで、起重機船に吊した重錘（面積 2.5 m×2.5 m）をマウンド上に 2.2 m の高さから落下させて均し、最後に潜水土により跳ね石間げきの穴埋め等をして仕上げるもので、この実績を表-8 に示す。

洗掘防止工は、陸上で石かご（3.0 m×2.0 m×1.0 m）を製作し、基礎捨石の法尻に据付けるものである。

(3) ケーソン製作・進水

前述したとおり、ケーソンは西港地区のケーソンヤードで製作し、吊桁を介して大型起重機船で進水し、仮置きされる。ケーソンの製作日数は、ケーソン高さにより異なる。例えば、J 部のケーソンの場合（高さ12m）、底版を含めて4段階に分け、また、N部のケーソンの場合（高さ13.5m）、5段階に分け、鉄筋組立、コンクリート打設が行われる。1 函当り底版の鉄筋組立てから、完成まで4 段打ちでは約35日前後で、また、5 段打ちでは、約47日前後で製作されている。なお、昭和55年度までに製作された函数は 208 函で、内訳は昭和52年度49函、昭和53年度70函、昭和54年度77函、昭和55年度12函である。

(4) 本体工事

本体工事は、ケーソン曳航、据付、中詰砂填充、蓋コンクリート施工までの連続した作業であり、作業の限界波高 0.9 m 以下の波高日が連続 2 日間必要である。これは、作業中に海上が時化て、ケーソンに蓋を施工できないまま作業が中止になると、ケーソン内の砂は、波によって吸出され、最後にはケーソンが波力で破壊されたり、とばされる等の手戻りとなりかねないからである。

ケーソン据付方式には、流し方式、アンカー固定方式、押航船方式、クレーン船吊込方式があり、

表-9 ケーソン据付方法の比較

| 工法名<br>検討項目 |      | 流 し 方 式              |                      | アンカー<br>固定方式            | 押航船方式                     | クレーン船<br>吊 込 方 式     |
|-------------|------|----------------------|----------------------|-------------------------|---------------------------|----------------------|
|             |      | 起 重 機 船 ・<br>曳 船 併 用 | ウ イ ン チ ・<br>曳 船 併 用 |                         |                           |                      |
| 耐 波 性       |      | 波浪に対して弾力的に対応できる。     | 波浪に対して弾力的に対応できる。     | 固定しているので波が大きくなると対応できない。 | ケーソンと押船が一体なのである程度波に対応できる。 | 波浪に対してある程度対応できる。     |
| 船舶の転用性      |      | 非 常 に 良 い            | 非 常 に 良 い            | 転用性が小さい                 | 転用性が小さい                   | 転用性が小さい              |
| 段取の難易       |      | 普 通                  | 普 通                  | 非常に複雑                   | 普 通                       | やや複雑                 |
| 作業所要時間      |      | 〃                    | 〃                    | 長時間を要す                  | 短 時 間                     | 短 時 間                |
| 安 全 性       |      | 〃                    | 〃                    | 不 安 全                   | 安 全 性 大                   | 安 全 性 大              |
| 経 済 性       |      | やや経済的                | 経 済 的                | 経 済 的                   | 条件による                     | 条件による                |
| 主 要 船 舶     | 起重機船 | 50～70 T (1 隻)        | 30～50 T (1 隻)        | 20～25 T (1 隻)           | —                         | 3,000 T (1 隻)        |
|             | 曳 船  | 350～800 PS (2 隻)     | 350～800 PS (2 隻)     | —                       | —                         | 2,000～3,000 PS (2 隻) |
|             | 押 船  | 800～1,200 PS (2 隻)   | 800 PS (1 隻)         | —                       | 3,000～4,000 PS (1 隻)      | —                    |

大量急速施工の立場で比較検討した結果を表－9に示す。本工事においては、耐波浪性、船舶の他工種への転用性、安全性、経済性を重視し、流し方式を採用した。

ケーソンへの注水方式は、注水バルブによる方式及び大型サイホンによる方式を採用しているが、注水バルブ方式は、最終的にケーソン壁に設けた注水口は残り、防波堤耐用年数50年を考慮した場合、中詰材の漏出という

不安が残る。大型サイホン方式は、サイホンの重量が約2tとなるため取付、取りはずしに機械が必要となる。両工法による注水時間には大差がないがバルブの後処理に40～60分程度かかること、及び耐久性を考慮すると大型ケーソンの場合は、サイホン方式が多用されると考えられる(図－11)。

中詰砂は、その大部分を海中採取によっているの、砂の採取・填充は499t型ガット船又はグラブ船±土運船の編成で施工しているが、主流は作業性が良く、汎用性の高いガット船による方式である。

#### (4) 上部コンクリート工事

上部コンクリートの打設は、生コンクリートのポンプ圧送工法、生コンクリートの台船運搬打設工法、コンクリートミキサー船による直接打設工法があるが、大量急速施工及び品質管理の点からコンクリートミキサー船による方式を採用した。

打設時期は、寒中コンクリートによる品質低下を防ぐため、概ね5～11月と考えられ、実打設日数は約120日間である。1.5m<sup>3</sup>級コンクリートミキサー船を対象に考えると、この期間の打設量は35,000m<sup>3</sup>となる。実績としては、昭和53年度に30,700m<sup>3</sup>打設したのが最大である。

#### (5) 工程管理

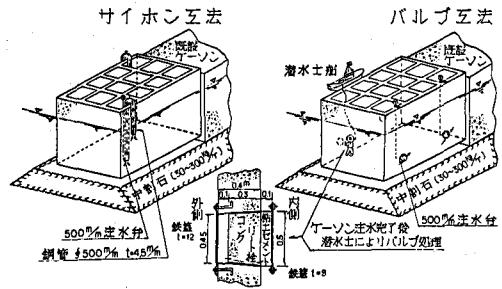
防波堤工事において工程の進捗に最も影響するのは、気象海象状態と各種工事による作業船の輻輳が考えられる。

気象海象状態については、北海道開発局苫小牧港湾建設事務所で気象協会へ波浪予測を委託し、毎日の短期予測と週2回の1週間予測を行い工程計画に反映させている。

工区境等での作業船の輻輳に対しては、毎週海上作業工区の代表者が海上連絡会議を開き、前週の土曜日までに週間工事予定表を作成し、工事の安全と工程の進捗を図っている。

## む す び

苫小牧東港は、現在順調に工事が進められており、北海道電力苫東厚真発電所の営業につづいて、石油共同備蓄基地の陸上工事及びドルフィン等の海上工事も昭和57年秋のオイルインを目途に進められている。苫東基地の開発は、北海道はもとより日本経済の発展に寄与するものとして期待されているプロジェクトであり、一部供用開始され、新しい開発段階へと発展しているが、今後、今まで以上に長期的視点に立って開発に取り組んでいかなければならないと考えている。



図－11 ケーソン据付時注水作業図