

苫小牧港建設に係わる近代港湾建設技術の評価

— 世界で初めての大規模掘込型港湾 —

Evaluation of a Modern Construction Technology for the Port of Tomakomai

柿沼政春*・山谷弘幸**

KAKINUMA, Masaharu and YAMAYA, Hiroyuki

* (財) 沿岸開発技術研究センター 調査部 主任研究員

** (財) 沿岸開発技術研究センター 第一調査部長

Celebrating the 50th anniversary of the opening of the Port of Tomakomai, the first artificially excavated port in the world, the remarkable technologies are summarized and evaluated that have been developed in the planning and construction stages of the Port. These new technologies developed here played an important role in developing the following same type ports in Japan. Recent economic success in Japan will be partly based on the success in constructing this type of large scale ports.

Key Words :excavated artificial harbor, littoral drift, radio isotope , dredging

1. はじめに

苫小牧港は、北海道の南西部、胆振から日高に至る弧状に広がる海岸の最奥部に位置し、太平洋に面した特定重要港湾であり、北海道経済の中核を担う港としてその重要性は高まっている。港の建設は、『世界で初めての大規模な掘込型港湾』として昭和26年に着工され、昭和38年4月に記念すべき第1船の入港を迎えた。その後、商港区、工業港区の整備が進められ、また、昭和47年には苫小牧東部大規模工業開発計画の基本計画が決定され、電力、石油精製化学、自動車等を中心とした一大工業地帯として開発されてきた。昭和50年には、港湾取扱貨物量が3千万トンを超え、室蘭港を抜いて北海道第一の港湾に発展し、平成9年には取扱貨物量は8千万トン、道内比率34%を占めている。

本報告は、苫小牧港が昭和26年の着工以来、平成13年で建設50周年を迎えるにあたり、苫小牧港の建設過程において遭遇した幾多の技術的困難を克服するために開発された調査技術及び設計・施工技術のうち、特に全国の港湾建設技術に大きな影響を与えた技術を中心に取りまとめたものである。

2. 特筆すべき技術の整理

苫小牧港のこれまでの建設に際して、検討、開発された調査技術及び設計・施工技術の中から特筆すべき技術を抽出し、技術の特徴、全国の港湾建設における技術的意義や影響を以下のとおり整理した。特に施工技術については、建設当時に施工を担当した建設業者に対し、現場で遭遇した技術的問題点や解決策等についてアンケート



写真-1 苫小牧港（西港地区、東港地区）

ト調査を実施した。

【主な調査関係技術】

- ・漂砂調査
- ・浚渫土砂沖捨マウンドに関する生態系調査
- ・長周期波特性の把握

【主な設計・施工関係技術】

- ・西港地区の掘込工事
- ・西港シーバース建設工事
- ・H型鋼沈床工の設計
- ・砂マウンド式混成堤の開発
- ・水中ストラット式栈橋工法
- ・プレキャストフォームケーソンの開発と施工

本稿では、紙面の都合により全てを紹介できないため、建設初期段階における「漂砂調査」「西港地区の掘込工事」及び近年開発した「プレキャストフォームケーソン工法」について記述する。

3. 漂砂調査について

苫小牧港は言うまでもなく、我が国初の掘込型港湾であるが、外洋に面した単調な自然海浜に港を開発することについての技術的な知見は何もなく、その検討は困難を極めた。掘込港湾を建設する上で技術的に最も大きな問題は、卓越する漂砂から如何にして航路の機能を保持するかであり、そのためには、第一に現地での砂の動きを知る必要があった。しかし、着工当時漂砂に関する内外の資料の蓄積はゼロに等しく、試行錯誤しながら現地調査を実施しなければならなかった。

こうした状況の中から、アイソトープによる漂砂追跡等の調査技術が開発され、その成果が防波堤配置等の決定のための基礎資料となった。

(1) 北海道大学グループによる調査

昭和25年から北大で開始された調査内容は、漂砂現象の総合的把握を目指して次のようなものであった。

- ①捕砂器の開発、漂砂の水平鉛直分布と方向性の把握
- ②底質の粒度分析と漂砂経路の推定
- ③沿岸流観測装置の開発と沿岸流観測
- ④波浪観測、汀線・深浅測量の実施

【主な調査結果】

- ①岸沖方向測線における漂砂の鉛直分布は、底面付近の移動が大きく、特に岸から300m付近で激しい。また、岸から900m(水深8m)を越えると砂の移動が少ない。
- ②漂砂量の鉛直方向の分布形状を4つに分類した。
- ③底質の粒度分析結果から、砂移動状態図を得た。

(2) ラジオアイソトープを用いた調査

ラジオアイソトープ(以下、RIという)を用いた調査は、昭和29年から昭和37年まで実施された。この方

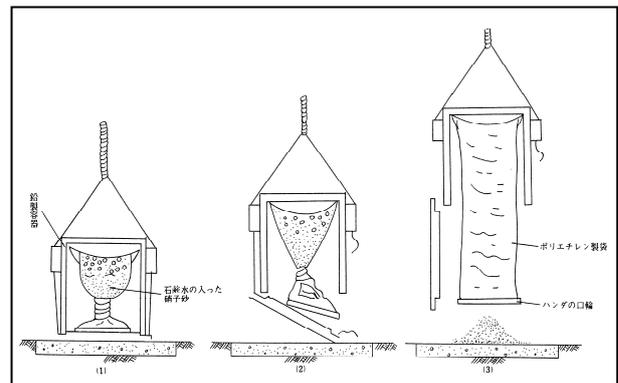


図-1 RI投入方法

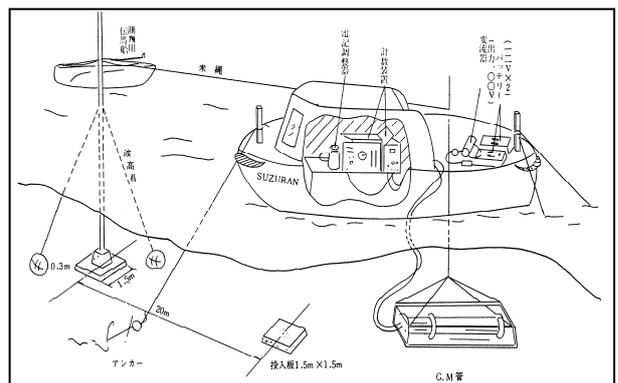


図-2 RI追跡方法

法は、当時室蘭開発建設部長であった猪瀬寧雄氏の考案によるもので、現地砂の比重に合わせたガラスにRIを溶かし込み、このガラス塊を砕いて現地砂の平均粒径と同一の直径を有するガラス粒を作り、これを海底に投入するものである。このガラス粒から出る放射線を計器で捕らえ、軌跡を追跡することにより、砂の移動・拡散状況を知ることができる。

【主な調査結果】

- ①漂砂は海岸近くが最も著しく、水深3mでは波高1mの波でも底質は完全に移動する。
- ②砂の移動方向は水深3m~6mでは波向と一致するが、水深9mでは潮流方向に移動し、波の影響は少ない。
- ③波高2.5mの波に対し、水深9mでは殆ど移動しない。水深9m以深では砂は動かないという調査結果は、その後の漂砂対策に有力な手掛かりを与えてくれた。なお、調査の成果は、昭和30年にジュネーブで開かれた「第1回原子力の平和利用に関する国際会議」で発表され、RIの新しい平和利用の方法として絶賛を浴びた。

(3) 模型実験による調査

昭和31年3月、建設省土木研究所赤羽分室に苫小牧港の1/50の縮尺の模型が製作された。模型規模は縦27m×横20mで、造波装置により波高3.5mの波まで再現可能であった。この模型を用いた精密な漂砂実験により、漂砂対策に関する科学的裏付けが得られた。

【主な実験結果】

- ①波向 S20W の場合は離岸流を打ち消す流れは発生しない。
- ②波向 S35W の場合にも防波堤延長 200m では向岸流の発生に至らないが、延長 300mm の場合には離岸流は完全に打ち消されて明瞭な向岸流が形成される。
- ③向岸流の流速は、現地換算で 0.3~0.5cm/s 程度である。こうした実験結果は、その都度苫小牧港に報告され、R I などの資料とともに防波堤工事の決定に使われ、最初の計画である水深 9m までの延長を、将来を考えて水深 12m まで変更する資料となった。模型実験による調査は、翌 32 年度も行われ、さらに昭和 33 年度からは北海道開発局土木試験所において同種の実験が行われた。また、昭和 34 年には苫小牧修築事務所構内に縦 36m×横 37m の実験水槽を設け、港内静穏度と流れに関する実験が行われた。

(4) その他の調査

その他調査としては、数種類の捕砂器を考案するとともに漂砂の限界水深等について更に詳しい調査を行った。土管屑や蛍光砂を用いた漂砂の追跡調査は、R I ガラス砂に比べて取扱いが容易なことから多用した。また、コンクリート盤を利用した漂砂の限界水深に関する調査も行った。この方法は 1.5m×1.5m×0.1m のコンクリート盤を海底に沈め、一定期間後に盤周辺における砂の堆積状況を調べて砂の移動を見るものである。R I を用いた調査では、水深 9m では砂が殆ど動かないと報告されていたが、「捕砂器による調査」及び「コンクリート盤による調査」から水深 10m でも相当の漂砂があり、砂の移動する限界水深は 15m 位であることが判明した。この成果は、昭和 39 年の港湾審議会第 20 回計画部会に提出された防波堤計画決定根拠のひとつとなった。

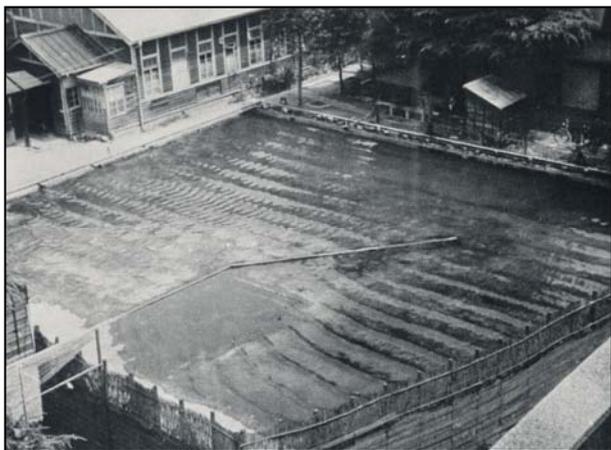


写真-3 建設省土木研究所での模型実験

4. 西港地区の掘込工事について

西港における掘込工事は昭和 31 年度から実施され、開始当時は浚渫土砂量も少なく国の直営事業であったが、

昭和 35 年度からは浚渫土砂量も大量となり、直営工事のほか請負工事による浚渫を実施した。

(1) 施工の概要

内港掘込みが開始された昭和 35 年度は、ポンプ浚渫船のみによる工事が行われた。しかし、西港付近の地盤は、標高 +4m~+8m であり、土質は上層 1~2m が火山灰、その下層は泥炭層、粗砂、砂礫、火山灰の互層をなしており、N 値は 30~60 と硬いことから、ポンプ浚渫船だけでは作業の効率が低かった。

そのため、翌 36 年度以降は、砂礫層より上部は作業効率、経済性の高い陸上機械による掘削方式を併用した。

- ①高潮位 +1.5m を考慮して標高 +2m 以上は、パワーショベルあるいはトラクターショベルで掘削しトラック運搬した。
- ②標高 +2m~-3m はドラグラインで掘削し、トラクターショベル積み込みトラック運搬した。
- ③標高 -3m 以下は従来のポンプ浚渫船で行った。



写真-2 浚渫作業状況（昭和 36 年）

(2) 浚渫船の変遷

内港掘込みが開始された昭和 35 年の使用作業船は、排水トン数 885 トン、ポンプ馬力 1,800ps の電動式浚渫船であったが、土質・地盤条件による作業効率の低さ、浚渫船のポンプ能力不足が露呈した。土質・地盤等の現場条件に対しては前述の陸上掘削工法、浚渫船については排送距離の延伸を考慮した中継ポンプにより、加圧、継送する工法が採用された。

昭和 40 年度から工業港区の掘削に入ったのに伴い、航路水深の増加、年間事業量の増加により浚渫土量も大量となった。このため、昭和 36 年度以降実施してきた中継ポンプ式の施工方法では対処しきれなくなり、大量の浚渫土砂の沖合投棄を行うこととなった。施工方法は、ポンプ浚渫船、積込台船及び土運船の組合せ方式である。積込台船は、土運船の係留とポンプ浚渫船から送られた土砂を土運船に積込む吐出口を設置するための台船であ

り、自航土運船は浚渫土砂を沖合投棄場所まで運搬するものである。

(3) 土砂処理について

掘込工事に伴う浚渫及び掘削土砂の処理方法は、表-1のように分類される。処理方式別の土量をみると、用地造成及び沖合投棄は全体の86%に達している。

表-1 土砂処分量
(単位 千m³)

養 浜	7,733
海上投棄	24,785
用地造成	37,176
その他	1,994
合計	71,688

西防波堤により土砂の供給が減った西側海岸の海岸侵食防止対策として、掘削土砂及び浚渫土砂による補給を行っていたが、沿岸漁業への影響から昭和46年以降中止された。また、沖合投棄についても同様な理由から昭和50年以降は中止されたが、漁業者への聞き取り調査によると、沖捨てマウンドはカレイなどの良好な漁場となっているようである。

陸上処分としては、西港臨海工業用地内の低湿部の埋立て及び工業用地の高上げで処理するものと、明野地区の準工業用地造成及びウトナイ地区の工場要員住宅用地造成に流用された。土砂運搬に際しては、道路の損傷、交通事故や交通密度の増大という懸念に対して、専用運搬路を設定して対処した。

(4) 掘込型で建設された主な港の着工年数

苫小牧港(昭和26年着工)、田子の浦港(S33)、伏木富山港(S36)、新潟東港(S38)、鹿島港(S38)、塩釜港(S42)、福井港(S46)

5. プレキャストフォームケーソン工法

(1) 工法の概要

通常、ケーソンは鉄筋コンクリート構造で、配筋の施工には熟練した技術が必要となる。しかしながら、近年、港湾土木工事における若年就業者・熟練作業員の減少が進んでおり、ケーソン製作工事の熟練工を含む作業員確保ならびに高齢化が問題となっており、さらに社会から「建設コスト削減」「品質の確保」が強く求められている。

これらの背景から、「工事の省力化」「公共工事コストの短縮」を図ることを目的とした新構造形式ケーソン作成工法「プレキャストフォームケーソン」を開発し、施工した。本工法は、道路橋梁の合理化施工を目的として開発された技術を港湾構造物であるケーソンの製作に応用したものである。

(2) 工法の特徴と利点

【作業上の特徴】

- ①型枠組立解体作業の簡素化
- ②鉄筋組立作業の簡素化
- ③資材の規格化・ユニット化による現場施工の合理化と工期の短縮
- ④フローティングドック上で作業を行うことによる工期の短縮及び経済性の向上

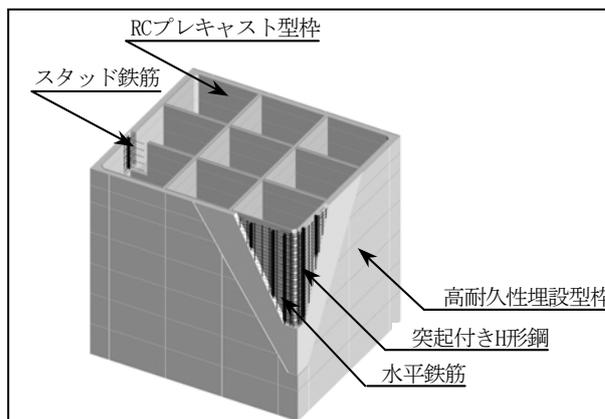


図-3 プレキャストフォームケーソン概念図

【構造的な特徴】

- ①外壁—高耐久性埋設型枠
- ②内型枠—RCプレキャスト埋設型枠
- ③埋設型枠間を中流動コンクリートで充填
- ④埋設型枠と外壁の鉛直鉄筋の代わりに使用する突起付きH形鋼を工場で製作
- ⑤ユニット化して架設

【在来工法との比較】

- ①作業日数：約49%の工期短縮
- ②建設コスト：約99%のコスト削減

6. おわりに

苫小牧港の建設は、外海に面した自然海浜に掘込型港湾を作るという世界でも類を見ないものであったため、建設過程において数多くの未解決な技術的課題に直面せざるを得なかった。なかでも、卓越する漂砂から如何にして航路の機能を保持するかという問題の解決は、苫小牧港建設の可否に係わっていたと言っても過言ではない。自然を相手とする調査は、非常な熱意と根気が必要であり、測得された膨大な資料を解析するには綿密な計画と絶えまない研究心が必要であったが、関係諸機関による調査が営々と続けられ、それらの結果をもとに遂に苫小牧港建設の成功という結果に至った。また、こうした調査の成果は、その後の鹿島港を初めとする諸港建設の参考に供したのみならず、海岸工学の発展に貢献している。