

(昭和 54 年 11 月 日本造船学会秋季講演会において講演)

浅海タンク船式貯油システムの基本構想について

正員 豊田 昭三* 正員 岩井 和男**
 正員 岡部 利正** 正員 島田 博之***
 正員 花野 敏夫** 正員 珠久 正憲**

On the Initial Planning of Floating Oil Storage System

by Shozo Toyoda, *Member* Kazuo Iwai, *Member*
 Toshimasa Okabe, *Member* Hiroyuki Shimada, *Member*
 Toshio Hanano, *Member* Masanori Shuku, *Member*

Summary

A floating oil storage system developed by Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. (MHI) is being examined as one of the national oil storage projects by the Japan National Oil Corporation, which will be constructed in Aokata Bay of Nakadorishima, one of the Goto Islands in Nagasaki Prefecture.

The system consists mainly of seven (7) oil storage barges capable of holding 835,000 kiloliters of crude oil (about six million kiloliters in total), mooring dolphins and other facilities.

Procedure to determine the initial planning is as follows :

- (1) Principle of how to develop the system was established.
- (2) A site suitable for construction of the system was selected.
- (3) Meteorological and sea design conditions of the site were investigated and then estimated for over a recurrence period of 100 years.
- (4) Necessary technology was analyzed point by point and related experiments were carried out.
- (5) Subsystems such as oil storage barge, mooring dolphin, safety device, etc. were designed.
- (6) Finally the initial planning was made.

The most important matters at the initial planning are to establish the proper principle at first and to estimate meteorological and sea design conditions of the site.

1 緒 言

国の 90 日石油備蓄増強計画が発表されたのは、洋上備蓄の体系的な研究開発として、1973 年度より 5 ヶ年計画で通商産業省／日本海洋開発産業協会の開発調査¹⁾がスタートして間もない 1974 年秋であった。この備蓄増強計画は、当初すべて陸上を対象に検討されていたが、安全性が確保され、環境保全に留意された経済性の高いシステムであれば、洋上備蓄でも十分実現の可能性があると判断され、三菱重工業(株)においては今までの大型タンカーや産油地の貯油パージの建造経験を活かし、洋上石油備蓄システムの開発に着手した。

開発に当ってはシステムの基本構想を確立するため、まず大前提となる基本方針を策定して、立地モデルの選定を行い、設計条件となる環境外力条件の設定を行うとともに、概略基本計画を基にして検討すべき要素技術の抽出を行った。次に設定された環境外力条件と、実験等により確立された要素技術を基に、システムを構成するタンク船、係留設備、防災設備等のサブシステムの計画を行い、さらにシステム全体としての総合評価を実施し基本計画を展開した。なお、このような開発に深い係わりをもつ国の施策、地方の意向、関係諸法規等も常に念頭におき、計画の展開を図った。

多くの調査・研究に基づき、1977 年 3 月に長崎県南松浦郡上五島町青方湾を対象とするタンク船式貯油システムの建設構想を発表したが、本構想はその後国家備蓄計画の一候補に選ばれ、現在石油公団において安全性、経

* 三菱重工業(株)技術本部開発部

** 三菱重工業(株)長崎造船所

*** 熊本工業大学(前、三菱重工業(株)長崎造船所)

済性等の詳細検討が進められている。

本システムは、従来の造船、海洋土木、化学、気象学等の個々の技術を総合した海洋開発の新しい分野である。ここでは特に基本となる環境外力条件の設定と、最も重要なタンク船および係留設備の計画を中心にして、その基本構想を報告する。

2 システムの基本計画

2.1 基本方針の策定

基本構想を展開するために策定された基本方針は次の通りである。

(1) 静穏な浅海域を利用して陸上 CTS の貯油部分のみを海上に移した陸海の複合システムとする。

(2) 造船、海洋土木、化学、気象学などの在来技術を総合して、さらにそれらの相乗効果の上がるシステムとする。

(3) 石油備蓄基地に要求される諸条件や、大量の危険物を取扱う場合の事故例等を徹底的に調査してシステムに反映させる。

(4) 立地モデルを選定して諸条件の調査、環境外力条件の設定を行い、基本構想を展開する。

(5) 既存の船舶安全法、消防法等の法規類に準拠して、安全防災、環境保全について従来のシステム以上に厳しい条件にも適合するように万全を期す。

(6) 建設コストおよび運営コストについて十分な経済性を持たせるとともに、使い易さについて使用者の意向も十分に反映させた、機能性の高いシステムとする。

上記の基本方針に基づき、立地モデルを選定するに当たって考慮しなければならない条件を検討したが、特に次の項目が重要であることが分かった。

(1) 常時大量の石油を海上に貯油するため、海上タンクヤードとして、波浪、風、潮流の影響が少ない、静穏で、しかも必要面積と必要水深の取れる海域が、自然または人工的に容易に得られること。特に波浪条件については、システム成立の可否を決めるものであるため、慎重な検討を要する。

(2) 係留、防油、防波施設などの構造物を設置するため、施工法や土質条件に優れた地点であること。

(3) 入出荷タンカーのバース、泊地、航路が取り易い海域であること。

(4) 陸上管理ヤードを設置するに必要な用地と用水が確保できること。

(5) 種々の社会的条件についても優れた地点であること。

また建造が長崎造船所香焼工場で行われるものと想定した場合の曳航の容易さも考慮して、長崎県下でいくつかの立地モデルの候補地を選び比較検討した結果、最も

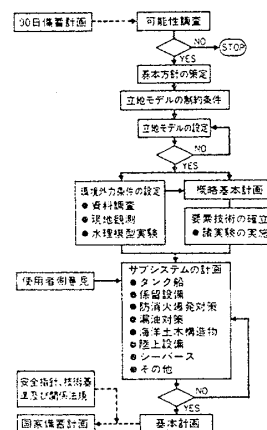


Fig. 1 Flow chart to determine the initial planning

優れた地点として上五島の青方湾が選ばれた。青方湾は東、南に本島(中通島)、北に祝言島、西に折島、柏島からなる東西約 2km、南北約 4.5km の静穏な海域で、一部に防波堤等を構築すれば、極めて静穏で、かつ水深も一部を浚渫すれば 25m 以上の比較的平坦な海域を得ることができる (Fig. 7 参照)。

2.2 システムの概要

上記基本方針に基づき、Fig. 1 に示す手順により基本計画を展開した。この中で最も基礎的な条件となる環境外力条件の設定と、システムの中で一番重要なサブシステムであるタンク船およびその係留設備の基本計画については、特に次章以下に取り上げて詳細に展開のプロセスを述べることにし、本章ではシステム全般の概要を、その特徴を主体に述べる。

(1) 設計条件

- (i) 全貯油量：約 600 万 kI
- (ii) 回転率：3年に1回
- (iii) タンク船：約 83.5 万 $kI \times 7$ 隻
- (iv) 油種：1タンク船当り1油種、最大7油種まで取扱い可能。高流動点原油は取扱わない。
- (v) 入出荷対象タンカー：最大 270,000 DWT 級

(2) 全体配置

全体を海上タンクヤード、陸上管理ヤードおよびシーバースの3区域に大別する。これらの配置については、経済性、機能性ととも万一の災害発生の場合の安全性についても十分検討して決定した。全体配置図を Fig. 2 に示す。

(3) 海上タンクヤード (約 40 ha)

下記の諸設備よりなる。

- (i) タンク船：後記 (4.1 節参照)
- (ii) 係留設備：後記 (4.2 節参照)
- (iii) 消波堤：折島—柏島間に捨石混成堤の消波堤 (天端高 +9.5m、波返し +11.5m) を構築する。

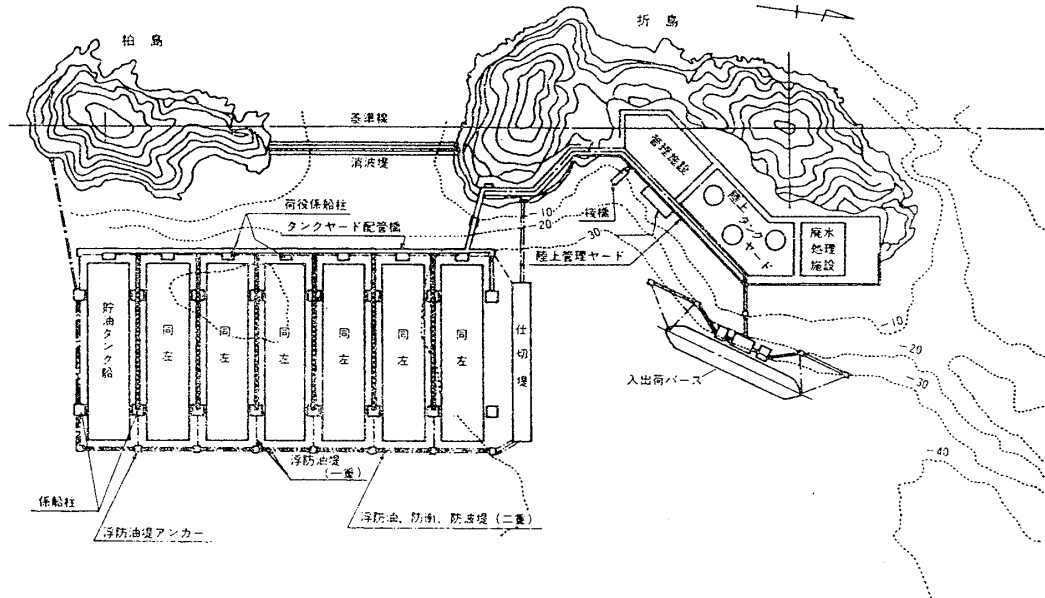


Fig. 2 General layout of the Kami-Goto floating crude storage facility

- (iv) 仕切堤：入出荷タンカーの入出港に際しては、曳船、警戒船を配備するほか航行安全援助装置等を整備するが、万一の場合のタンク船への衝突を防ぎ、かつ係留および船体強度上影響の大きい北からの波を減少させるため、タンクヤードの北側に沈船を用いた仕切堤を設ける。
- (v) 浮防油堤：タンク船は常時大量の油を貯えており、二重殻構造、重防食等により漏油事故の発生を防いでいるが、万一タンク船本体から油が流出した場合でも、油の拡散を確実に防ぐことが必要である。このため各タンク船の周りには、実験によりその滯油性能等を確認された大型の鋼製一次防油堤を巡らし、さらにタンクヤード全周にも鋼製の二次防油、防衝堤および海上アンカーを設ける。
- (vi) その他：配管橋、歩廊橋等を設ける。
- (4) 陸上管理ヤード (約 10 ha)
下記の諸設備を設ける。
- (i) 原油入出荷設備：入出荷能力に見合う配管等を設ける。
- (ii) バラスト水受入設備：払出し用内航タンカーが連続入港しても、十分受け入れられるだけの容量のバラスト水タンクを設ける。
- (iii) 排水処理設備：バラスト水および汚水、含油雨水その他を処理した後放流する。
- (iv) 原油ペーパー回収設備：タンク船は浮屋根式の陸上タンクと異なり固定屋根方式であり、原油受入れ時に原油ペーパーが押し出されることになるので、省資源および環境対策のため、このペーパーを回収する設備を設ける。
- (v) 不活性ガス供給設備：原油払出し時にタンク船

内が爆発性雰囲気になるのを防ぐため、不活性ガス供給設備を設ける。

- (vi) 消防火設備：規則に従い設ける。
- (vii) 発電設備：五島地区は陸電の供給余力が極めて少ないため、基地の維持のための保安電力以外は自家発電とする。
- (viii) 計装・コンピュータ設備および監視制御設備：各プラントの始動は機側で行うことを原則とし、中央制御室からは総合監視、調整および緊急時制御を行う等、人間と機械の調和のとれたシステムとする。
- (ix) その他：用水供給設備、蒸気・温水供給設備、計装・雑用空気供給設備、燃料油受入供給設備、電気・通信設備、建屋およびタンク類を設ける。

(5) シーバース

シーバースの設置位置については、接岸操船の難易、係留の安全、防災上の問題、建設その他種々の条件を比較検討した。その結果荷役中の管理が容易でかつ風波、潮流が少なく、荷役可能日数が最も多く、さらに漁船、一般船舶の航行に対する影響の少ない等の点を重視して現在の位置に決定した。

- (i) 対象船舶：10,000 DWT~270,000 DWT 級タンカー (所要水深 -25m)
- (ii) バース型式および数：鋼管ジャケット式ドルフィン構造：1基 (他に小型船用岸壁、小型舟艇用棧橋・各1)
- (iii) 入出荷能力：最大 10,000kl/hr

(6) その他の設備

その他基地維持、安全防災等のため下記を設ける。

(i) 舟艇等：小型油回収船、多目的防災船 (曳船兼用)、作業船および通船等を配備する。

とし省略する。

3.3 湾内波浪の推定

沖合波浪から湾口波浪を推定する場合にも、浅水影響のほかに周囲の陸岸による波の回折、屈折の影響を考慮しなければならないが、湾内波浪に対してはこれらの影響はさらに大きくなり、信頼度の高い波高分布、波向を既存資料より推定することは極めて困難である。一般に水深が比較的一様でかつ直立岸壁によって仕切られたような形状の港内に進入する波浪に対しては、湾口における進入波向と波高が与えられれば、反射率、透過率などを適切に仮定することにより、作図法、数値モデル法等を用いて近似的に波高分布を求めることができる。しかしながら、浅海域における砕波のような非線形度の強い現象を含み、かつ地形配置が相当に複雑な場合には、これらの手法にはいずれも適用限界があり、推定精度上多くの問題があるとされている。

したがって、本システムの計画では、推定精度上最も効果的とされ、海岸工学上でも広く実施されている地形模型を用いた3次元水理模型実験による手法を採用し、湾内波浪、特に島蔭となっているタンクヤード付近の波浪を推定することとした。

(1) 水理模型実験の計画、検討

複雑な自然の水理現象を実物に相似の模型により実験的に解明しようとする水理模型実験は、数値モデル化が困難な非線形現象まで含んだ場合でも、比較的容易に実際と類似の現象を観察、計測することができるので、現在浅水域に設置される海洋構造物の計画、設計の際の有力な手段となっている。

水理模型実験は鹿島建設(株)技術研究所海洋水理実験場において実施された。水槽の主寸法が44m×22mであること、設置予定地点を中心に波浪の変形を総合的に推定するためには、できるだけ広範囲の地形を水槽内に収容するのが望ましいこと、ならびに地形模型と造波装置の設置位置および能力などから、縮尺を1/220とした。また沖合波浪の調査により湾口部へ進入する卓越した波浪は西系波と北系波であることが分かったので、この波浪を主対象とした2種の地形模型を用いた。

使用した地形模型は海岸工学実験に通常用いられる縮尺よりかなり小さい。従来の実験、尺度影響の介入防止の観点からは縮尺1/100程度とすることが望ましかったが、できるだけ広域の影響を含めた湾内波浪の変形を確認することが必要と判断し、また砕波現象に関する相似性についても Diephuis⁷⁾の実験結果により有意な実験が可能であると判断されたので、このような大きさを選定した。

砕波現象を含む波浪の非線形変形の状況に関しては、縮尺1/100の2次元海底模型を用いた基礎的な水槽試験

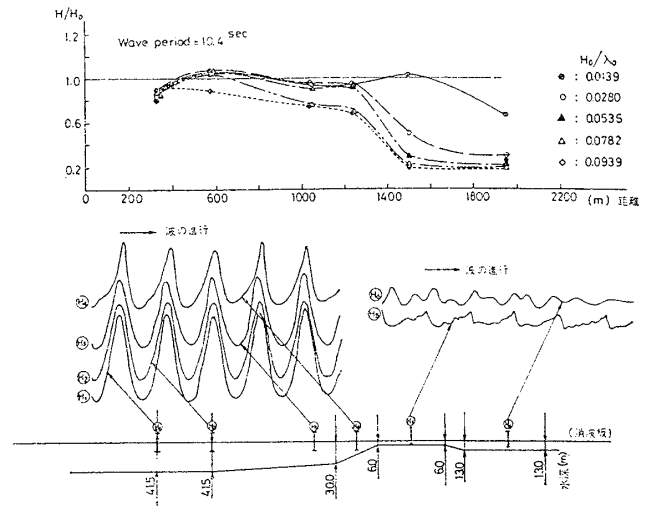


Fig. 6 2-dimensional experimental results on wave deformation at beach

を当社広島研究所海洋構造物実験水槽において実施し、浅水影響の推定手法の有用性の確認と、3次元水理模型実験結果に対する縮尺影響の検証を行うこととした。模型は没水状態の浅瀬を含む海底と、一様に傾斜して浅瀬となる海底の2種で、前者は設置予定地に対する西系波の進入路の一断面に対応している。実験は規則波、不規則波について行った。没水状態の浅瀬を含む海底を用いた波変形の計測結果の一例を Fig. 6 に示す。

(2) 水理模型実験による湾内波浪の設定

設定された湾口波浪条件に従い、まず現状における湾内各域の波高、波向の分布、砕波帯の位置を把握するとともに、波および潮汐による湾口部の流向、流速の測定と湾内全体の流況を観察した。次に折島と柏島の間で防波堤を設けて、西系波の湾内への直接進入を阻止した場合に対し、同様の計測、観察を行った。西側防波堤は西系波が北系波に比べて波高が高く、折島と柏島の間では砕波となってタンクヤード内に直接進入してくるので、タンク船の係留に対して好ましくないため設けたが、タンクヤードの波浪条件緩和に有効であった。

供試波は規則波とし、その波周期、波高は西系波に対して12秒、6mおよび9m、北系波に対して9秒、4mの場合を主とした。これは Diephuis の実験結果から、波変形に対する相似性がほぼ成立する条件として

$$1.3 \leq [\text{砕波水深}/\text{沖合波高}] \leq 1.5$$

が示されていることから設定した。波高9mの西系波の場合、湾口部で設定波高に相当する波が得られた。

西側防波堤を設け、タンク船なしで水位をHWLとして波周期12秒、波高9mに相当する規則波を発生させた場合の湾内波浪の分布図を Fig. 7 に示す。実験結果は作図法によって推定された等波高線、波向線と比較して示してあるが、両者の間にはかなりの差異が見られる。計測、観察により、折島北岸からトーセン島、平瀬、中

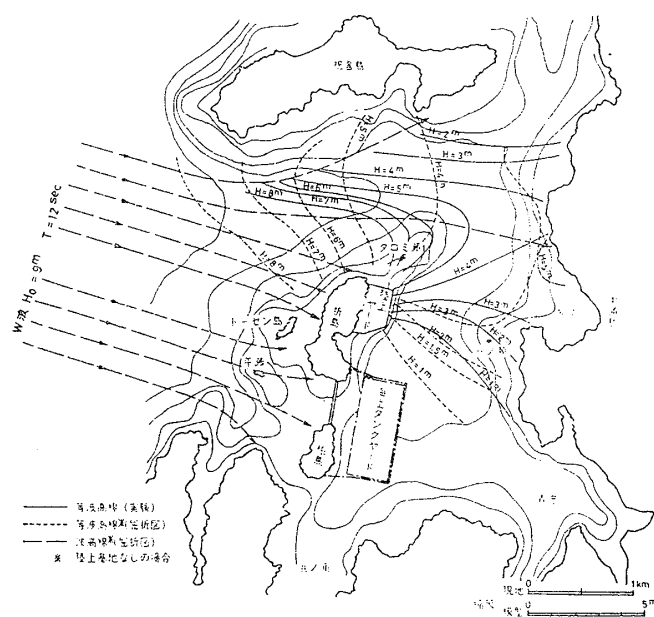


Fig. 7 Comparison of calculation and results of wave experiments using scale model of the site

通島の西側で砕波があり、折島～柏島、中通島～柏島の湾口部から進入する波は砕波後の再生波であること、折島北端における反射は著しく、またタロミ瀬周辺は砕波が生じ、その湾内側の砕波帯の波は著しく不安定であること、船崎北岸および一ノ瀬対岸では陸岸からの反射があって波高が増大するが、タンクヤードへの影響は少ないこと、湾内では青方の入江が最も静穏であることが認められた。

西側防波堤を設けた場合、湾内 30 点で計測した波形記録によると、柏島の南側から回折し進入する波は波高 1m 以下に減衰し、折島の北側から回折してタンクヤードに達する波は 1m 程度の波高となって、北ないし北北西から回り込んでくることになる。北系波は狭い湾口とタンクヤードまでの長い浅海域によって減衰し、タンクヤード付近では 1.5m 以下の波高となっている。

(3) タンクヤード北側の防波堤の波浪減衰効果

西側防波堤を設けたことにより西系波の影響はかなり緩和されたので、タンクヤードへの波浪としては有義波高 1.5m、有義波周期 10 秒の波が北ないし北北東より進入して来ると考えればよい。本システムでは Fig. 2 に示すように 7 隻のタンク船を折島～柏島東側に並列に係留することになっている。したがって、最も北側に係留されるタンク船 (No. 1 タンク船) には、このような波が直接入射して来ることになる。タンクヤード北側には入出荷タンカーのパスが設けられ大型船が操船されるので、万一の場合を考慮してここに仕切堤 (防衝堤) が設置されることになっている。北系波に対してはこの仕切堤の防波効果を期待することとした。

北側仕切堤の波浪減衰効果を確認するため、縮尺 1/86.7 の模型を用いた水槽実験を当社長崎研究所耐航性能水槽で実施した。仕切堤の東端から波浪が回折して進入して来るので、この場合には最南端の No. 7 タンク船に対する波浪が問題となる。しかしながら、No. 2, No. 3 タンク船等に対しては、その前のタンク船の遮へい効果により波浪はかなり減衰することが期待される。このため水槽実験ではタンク船も 7 隻係留して、各タンク船の係留力と No. 1, No. 7 タンク船の動揺を仕切堤のある場合とない場合について計測した。なお、水槽には幅 30m にわたり長さ 50m の仮底を設置して水深を相似とし、かつ簡単な島模型を配置して規則波および不規則波中実験を実施した。

タンク船のない状態で北側仕切堤のみを設置して、供試波を波高 1.5m、波周期 10 秒の規則波とした場合の波高分布図を、作図法による推定値と比較して Fig. 8 に示す。No. 1 タンク船の動揺、係留力には仕切堤の有無により顕著な差が見られ、仕切堤を設けた場合の係留力は仕切堤のない場合の 1/2 程度となった。また No. 2 以下のタンク船のそれらはいずれの場合も、仕切堤を設けた場合の No. 1 タンク船と同程度であった。なお、No. 1 タンク船の動揺、係留力は係留モデル⁸⁾によるシミュレーション計算で推定した値と比較検討した。

実験結果から、北側仕切堤はさらに東側に移動させて、タンクヤード内へ回折して来る波浪の範囲を減少させることが望ましいが、現状でも北側仕切堤の波浪減衰効果を総合的に評価すると

横方向係留に対して：50% 程度の係留力減少

縦方向係留に対して：10% 程度の係留力減少

が期待される。このことから、タンクヤード内の波高は 1m 以下と考えることがよいことになるが、安全側をとって有義波高 1m、有義波周期 10 秒と設定して計画を進めることとした。

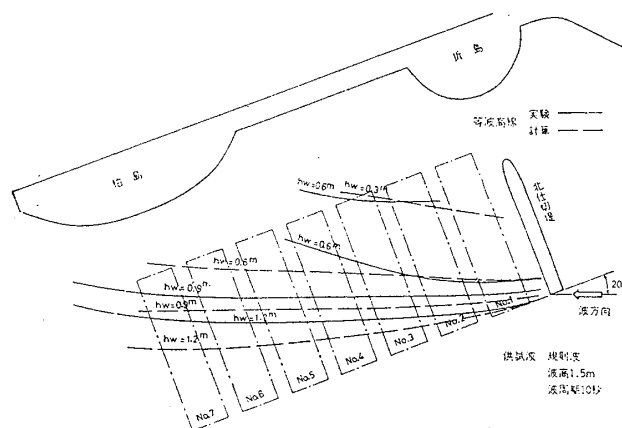


Fig. 8 Comparison of measured and calculated wave deformation by the wave breaking revetment

4 タンク船および係留設備の計画概要

本システムにおけるタンク船およびその係留設備は、従来の陸上備蓄方式にない新しい設備である。したがって、特にこれらの設備の基本計画に当っては、安全性、経済性、機能性等に留意し、従来方式に比べ遜色ないものとする必要がある。

4.1 タンク船

(1) 設計方針

タンク船は大量の原油を長期間にわたり安全に貯蔵する必要があるため、後述のとおり、防災上の観点より外板部および隔壁部を二重殻形式とし、この二重殻内には常時海水を満載することにする。一方、経済性の観点から、タンク船の所要鋼材は極力低減させる必要があるが、上述の構造でこの要件を満すために、波浪による異常荷重が作用しない静穏な海域にタンク船を設置するとともに、各タンク船のタンク間液面差を小さくし、タンク船全体に常にタンク内外の差圧のみが作用するようにする。加えて大型化のメリットも活かすこととする。なお、タンク間液面差を小さくするため、1タンク船1油種とし、各区画への配管系を適切に設定するとともに、荷役時必要に応じ弁の制御を行うこととする。

(2) 主要寸法等

タンク船においても、船舶と同じように大型化は建造費低減の有力な手段である⁹⁾。したがって、タンク船は既存の大型建造設備を最大限に活用して建造すべきである。

一方(1)に述べたように異種油はタンク船毎に積み分けられるため、運用の面からはタンク船の数が多いほど望ましいが、備蓄基地としての性格上ある程度の運用上の制限は可能であると判断して、下記諸点も考慮の上、建造能力の観点より Fig. 9 に示す主寸法を選定した。

- (i) タンク船の深さは、設置場所の水深により限定される。
- (ii) タンク船の長さとは幅は、基地運営時の緊急補修

に対応できるように修繕船渠サイズにより制限を受ける。

なお、タンク船はその性格上曳航の機会は限定されるため、貯油効率の高い直方体形状とした。

(3) 区画

タンク船は貯油タンク、貯油タンク周囲に防災上の観点より設けられる二重殻内の水封タンク、およびポンプルーム/モータールームの3種のスペースに分けられる。本タンク船はタンカーと異なり、原油を運搬することはないので、IMCOのタンクサイズ制限が適用されないが、消防法等の法規類を勘案して1貯油タンク容量を10万klに制限することにして、縦および横隔壁により Fig. 9 に示すとおり9区画に分割した。各区画の液位差を小さくするため、液位差の発生する可能性のある荷役時には、出荷配管を通じて各区画を連通させるが、通常時は万一の災害発生時に災害範囲を限定するため、ポンプルームに集中配置したバルブの操作により各区画を独立させるよう計画した。

(4) 構造上の特徴

(i) 防災対策と二重殻構造

タンク船は大量の原油を貯蔵するため、漏油、火災等の事故の未然防止を図る必要がある。漏油については、タンカーの大量油流出事故のほとんどが座礁、衝突により発生していることを考え、タンクヤードの四周に浮防衝堤を設置し、さらに大型タンカーの着積するシーバースに面したタンクヤードの北側には仕切堤を設置し、船舶や漂流物の衝突を防止するとともに、設置場所の水深、異常潮位、環境外力条件に見合うタンク船の動揺等を考慮した適切なボトムクリアランスを設定し、タンク船の着底を防止することにした。またタンク船は産油地の貯油バージ、リグ等の実績を調査の上、エポキシ系塗料と電気防食の併用による重防食で孔食等を防止することとした。しかし万一タンク壁に破口が発生しても、これがすぐに漏油事故に結びつかぬよう配慮し二重殻構造とした。

また火災についてはタンカーにおける不活性ガスシステムの有効性を評価し、タンク上部空間を陸上の発生装置より供給された不活性ガスにより不燃性雰囲気とするとともに、原油入荷時タンクより発生する原油ベーパーを陸上の回収装置で回収、処理するなどの防災対策を採用し、また万一の火災に対処可能な泡消火設備を装備するが、一区画の火災が発生しても、これが他区画あるいは他タンク船に延焼しないよう、二重殻内には常時海水を満す水封タンクとした。二重殻内に海水が満さ

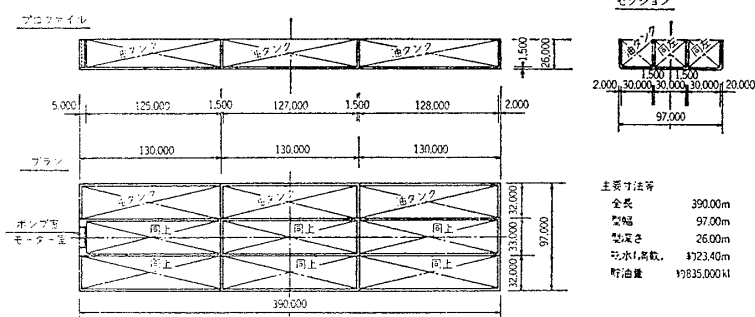


Fig. 9 General arrangement of the oil storage barge

係留設備の設計は、次に示す事前検討により Fig. 11 示すフェンダーとドルフィンを組合せた方式を選定し、次に3章で設定した環境外力条件下における係留方式の安全性を評価した。

まず占有面積の関係から一点係留および多点係留方式は採用せずに、シーバースにおける船舶係留方式を出発点として考えた。横方向の係留については、タンク船はシーバースにおける船舶のように頻繁な離着棧がないので、一番安全な2個ずつの係船柱でフェンダーを介して両舷より挟み込む方式を採用した。縦方向についても、横方向と同じ方式が望ましいが、タンク船の引き出しが困難であるため次のようにした。すなわちシーバースと同じようにワイヤーまたはチェーン係留が考えられるが、異常荷重に対処するために大径で多数のワイヤー(チェーン)が必要であり、イコライジングセッティングにも問題があるので、一方向は横方向係留と同じフェンダーを介した係船柱方式、反対方向はその係船柱(荷役係船柱)より緩衝材(フェンダーを用いる)を介して、2本のロッドで係留する方式を採用することにした。なおこの方法では荷役タンク船の喫水変化にロッドの動きが追従できないので、荷役時は気象、海象が穏やかであるからロッドをタンク船から外して、横係留用の係船柱上に置かれたウィンチより、ワイヤーでタンク船を荷役係船柱に引き寄せて係留する方式を採用した。

フェンダーとしては一般にセル型フェンダーやエアフェンダーなどのゴムフェンダーが用いられているが⁹⁾、慎重に検討した結果、本システムでは次の理由でセル型フェンダーの採用を決めた。

(i) 歪の小さい間は反力は歪に比例し、しかもその比が大きいが、ある値になると歪が大きくなっても反力はほぼ一定となり、係船柱に過大な荷重を与えない。しかも反力が頭打ちになってからも、吸収エネルギーは歪に比例して増加する。したがって、定常外力に対するフェンダー変位を小さくすることができ、かつ変動外力に対するタンク船の運動も小さく抑えることができる。

(ii) 過圧縮に対して安全である。

(iii) 剪断歪に強くタンク船の3次元運動に追従できる。

(iv) 前面受衝板付なので、タンク船船側外板への面圧を分散できる。

(v) 10年程度の期間に対してメンテナンスフリーと言われている。

安全性検討にあたっては、3章で設定した環境外力条件に基づく不規則に変動する複合外力を受けたタンク船の複雑な挙動を適切に推定する必要があり、基礎的な模型実験等により確認した非線形特性を有する現実の係留

系を忠実に表現する数学モデルを用いた数値シミュレーションの手法を採用した。検討の結果、上述フェンダーの特性がタンク船の運動エネルギー吸収に有効であり、本係留システムが安全であることを確認した⁸⁾。

5 結 言

本格的な海洋開発プロジェクトの一つとして推進されている、浅海タンク船式貯油システムの基本構想の概要を示した。その後、運輸省および自治省消防庁において安全指針^{10),11)}、技術基準¹²⁾が作成され、仕様の一部に若干の修正が施されたが、基本的な考え方はこれら指針、基準に十分適合するものである。

学際的な海洋開発の大プロジェクトにあつては、環境外力条件の設定を含めて、最初に立てる基本構想の重要性を深く認識せざるを得ない。

最後に本基本構想を取りまとめるに際して、海洋土木について鹿島建設(株)の御協力を得た。また三菱重工業(株)内においても、実験の実施については長崎研究所藤井齊主管をリーダーとする長崎研究所および広島研究所、ならびにシステム全体について多くの関係部門の協力を得た。ここに深く感謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) 日本海洋開発産業協会：昭和53年度石油の海洋備蓄システムの開発調査“フローティングタイプ総合設計指針(案)”(1979)。
- 2) 日本海難防止協会：北九州の風と波(九州北方海域の気象)，(1967)。
- 3) 岡千東：冬の季節風と東シナ海の最大波浪，海象と気象 Vol.19，長崎海洋気象台，(1972)。
- 4) 岩井重久，石黒政儀：応用水文統計学，森北出版(1977)。
- 5) ECOR 日本委員会波浪委員会編：海洋波浪の調査研究に関する現況報告，第4篇第2章，波浪の推算と予測，(1974)。
- 6) 土木学会編：水理公式集，(1972)。
- 7) Diephuis, J. G. H. R. : Scale effects involving the breaking of waves, Proc. 6th Conf. on Coastal Eng. (1958)。
- 8) 珠久正憲他：浅海浮上式備蓄タンクの係留に関する研究，日本造船学会昭和54年秋季講演会に発表の予定。
- 9) 豊田昭三：第4回海洋工学シンポジウム，日本造船学会，(1979)。p.25。
- 10) 運輸技術審議会：浮遊式海洋構造物(貯蔵船方式)による石油備蓄システムの安全指針について，(1978)。
- 11) 消防庁：海上タンク貯蔵所(仮称)の安全指針について，(1978)。
- 12) 運輸省船舶局：大型の石油貯蔵船の船舶安全法上の取扱いについて，(1978)，他。