

高潮対策用大型水門の海外事例調査

Research on World Large Scale Floodgates

石井歩*・山谷弘幸**

ISHII, Ayumu and YAMAYA, Hiroyuki

* (財) 沿岸開発技術研究センター 調査部 研究員

** (財) 沿岸開発技術研究センター 調査部 第一調査部長

Instead of constructing sea walls along the coasts to protect hinterland from storm surge, construction of large scale gates at the main channel of a harbor entrance is a quite profitable countermeasure. For the realization of the plan, a mission was organized and dispatched to Europe to investigate the existing and planned large scale floodgates.

Key Words: Floodgates, Storm surge, Mose project, Eastern Scheldt, Maeslant Barrier, Thames Barrier,

1. はじめに

現在の港湾においては、多くの水門、陸閘等が設置されているが、緊急時の対応のためには多くの人手を要するとともに、そのメンテナンスにも多額の費用がかかっている。また、水門等を設置することにより周辺の環境や土地利用に影響を与え、特に利用が高い港湾周辺においては、より利用等の利便性を考慮した対策施設が望まれている。

そこで、港湾内においては、メイン航路をまたぐ箇所など従来では設置不可能と考えられていた場所に新たな形式の水門等を設置することが可能となれば、従来の防護ラインを大幅に見直し、全体への投資を低く押さえることが出来るようになると思われる。(図-1)

このような背景から(財)沿岸開発技術研究センターでは、メイン航路をまたぐ箇所に大型船舶の航行に配慮した大規模水門(300~400m程度の幅員)の設置の可能性について検討会を設置し検討をしている。

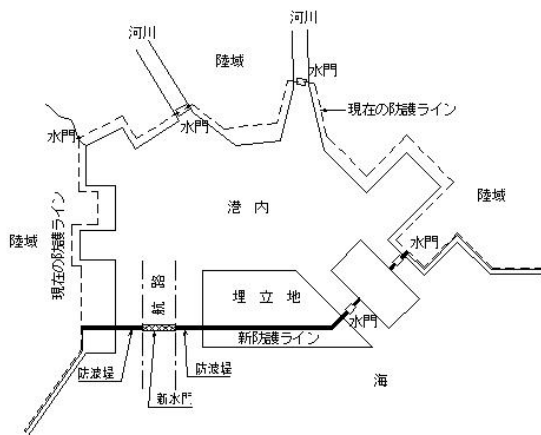


図-1 計画概念図

このような大規模水門の検討にあたっては、水門の管理者および設計者から、構造や維持管理、運営などを調査し、その結果を踏まえた現実的な提案を行っていくことが重要であると考えられる。そこで、我が国にはメイン航路をまたぐような大規模な水門の事例がないことから、オランダを中心とする実際に運用管理されている海外の事例について、水門管理者および設計者に対して調査を行った。

2. 調査水門

表-1、図-2に示す水門について、管理者の案内・説明により施設見学と情報収集を行った。

表-1 調査水門一覧

水門名	場所	形式	完成年
①Mose project	イタリア	フラップゲート	計画中
②Eastern Scheldt dam	オランダ	バーチカルフゲート	1986年
③Hartel Barrier	オランダ	バーチカルフゲート	1996年
④Maeslant Barrier	オランダ	セクターゲート	1997年
⑤Ramspol dam	オランダ	ゴム製可動堰	施工中
⑥Thames Barrier	イギリス	ライジングセクターゲート	1984年

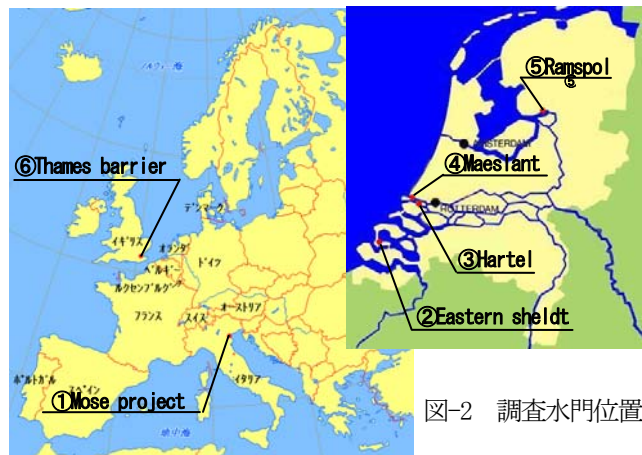


図-2 調査水門位置図

3. 調査結果

3.1 Mose project (モーゼ計画)

(1) 計画の背景・経緯

アドリア海最奥部のラグーンのほぼ中央に位置するベネチアは、水面から顔を出す微高地の周りを干拓し、運河を張り巡らしながら市街を広げていったため「水の都」と称えられた。それだけに、土地の大半は標高1m以下であり、近年の地下水くみ上げによる地盤沈下と温暖化による海面上昇のために、たびたびアクアアルタ (Aqua Alta) と呼ばれる高潮に見舞われるようになった。

アクアアルタは1年中起こり、中でも、1966年11月に潮位194cmと記録的な高潮が起こり、サンマルコ広場は120cmも水没した。現在では、潮位80cmを越す(サンマルコ広場が水没する)アクアアルタは年間40回ぐらい起こり、年々回数が増えている。

このような危機的状況の下で、1984年に新ベネチア事業連合 (CVN) が特別立法により設置され、高潮対策に当たることになった。CVNは、Lido, Malamocco, Chioggiaの3ヶ所の水路に可動堰を設け、アドリア海からラグーンへの海水侵入を防ぐというプロジェクト案を提出した。本プロジェクトはモーゼが海を二分した故事にちなんでモーゼ計画と名付けられた。

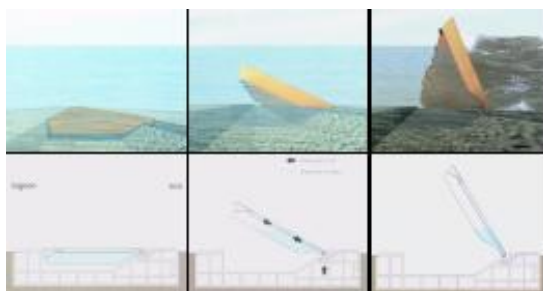


図-3 モーゼ計画 (可動堰の作動模式図)

(2) ゲートの概要

水路幅：420m(Lido), 400m(Malamocco)

380m(Chioggia)

水門延長：20m×21基(Lido)

20m×20基(Malamocco)

20m×18基(Chioggia)

扉高：最大30m

扉体形式：浮上式フラップゲート

設置水深：12.0m(Lido), 15.0m(Malamocco)

8.0m(Chioggia)

通常潮位：H.W.L. +0.55m, L.W.L. -0.55m

想定高潮：+2.35m(1万年確率)

設計波高：3.5m(周期南向6~9秒, 北向12秒)

開閉時間：起立(閉)約30分, 倒伏(開)約15分

予定建設費：約2,200億円

維持管理費：約11億円/年

3.2 Eastern Scheldt dam

(イースタンシェルド防潮ゲート)

(1) 計画の背景・経緯

南部デルタ地帯の河口部を全てダムで完全に締め切る案は、未曾有の大洪水から間もない1958年のデルタ法案可決当時は、広く強い支持を受けた。しかし、ダム建設により内水が淡水化していくにつれて、生態系への影響が現れるようになり、1960年代後半から、環境への認識の高まりとともに当初案の支持は力を失い始めた。特に、当時まだ締め切られてなく、かつ野生生物の宝庫であった Eastern scheldt に関して、自然科学者や自然保護団体等が締切ダム計画に反対した。

このような環境保護の動きに応じて、Eastern scheldt では当初8kmにも及ぶ堤防による締切計画が見直され、62門の可動ゲートによる防潮水門が設置されることとなった。なお、防潮水門の代案として、入り組んだ河口に堤防を築堤する案も検討されたが、堤防総延長が150kmにも及ぶことから却下された。



図-4 イースタンシェルド防潮ゲート (Schaar 水路)

(2) ゲートの概要

水路幅：675m(Hammen 水路), 720m(Schaar 水路)

1,440m(Roompot 水路)

水門延長：39.5m×15門(Hammen 水路)

39.5m×16門(Schaar 水路)

39.5m×31門(Roompot 水路)

扉高：5.9~11.9m

扉体形式：バーチカルリフトゲート

設置水深：約30.0m(最大設置水深)

通常潮位：H.W.L. +1.5m, L.W.L. -1.5m

想定高潮：+5.65m(4,000年確率)

(地球温暖化による海面上昇を100年につき20cm考慮)

設計波高：有義波高4.5m, 最高波高9.0m

開閉時間：約55分

建設費：約4,130億円

維持管理費：約25億円/年

3.3 Hartel Barrier (ハーテル防潮ゲート)

(1) 計画の背景・経緯

ハーテル防潮ゲートは、ヨーロッパ最大の貿易港であるユーロポート地域 (ロッテルダムとドルドリヒト) の

高潮対策として建設された防潮水門である。

ハーテル防潮ゲートの設置位置の決定においては、高潮防護に対する信頼性、船舶航行の可能性、技術的要件、建設に要する時間、建設費用、景観、商業活動等広範囲にわたって検討された。建設する位置は、河口に比べ水深が浅いこと（マエスラント堰地点では水深 20m にも及ぶ）、また、建設地点には既設ハーテル橋梁がありそのピアを活用して防潮ゲートが建設できる利点があること、ならびに、ロッテルダム港のコンテナ積み換え能力拡張のためにもハーテル運河のこの地に閘門を設ける必要があり、これら利点を生かせることが建設位置決定根拠となっている。



図-5 ハーテル防潮ゲート¹⁾

(2) ゲートの概要

水路幅：約 170m
水門延長：防潮ゲート(大)：98m
防潮ゲート(小)：49.3m
扉高：9.5m
扉体形式：パーチカルリフトゲート
扉体自重：630ton(大)、320ton(小)
設置水深：6.5m
通常潮位：H.W.L. +1.5m, L.W.L. -0.65m
想定高潮：+5.0m(1万年確率)
設計波高：2.0m
開閉時間：開操作 約 30分、閉操作 約 21分
建設費：約 45 億円
維持管理費：約 3 千万円/年

3.4 Maeslant Barrier (マエスラント堰)

(1) 計画の背景・経緯

Maeslant Barrier は、南オランダのデルタ計画の最後に建設された防潮堰で、ユーロポートの入口にあたる Lek 川の最下流に設置されている。

1953 年の洪水の災害以来 Zeeland 地方は、Eastern Scheldt dam が 1986 年に完成したことで安全が保たれる環境となった。それに対し、堤防の補強工事が着々と進んでいた南オランダでは、1970 年代になり、堤防の建設により、広い地域に亘って歴史的な建造物が破壊されることに人々の反対運動が高まり、可動式防潮ゲートの建設の検討がなされた。最終的に環境、コスト、安全性、

工期の短縮の点からオランダ政府は 1987 年に可動式の防潮ゲートの建設を決定した。1991 年に工事を開始し、1997 年に設備は完成した。設置地点の地名から Maeslant Barrier(マエスラント堰)と呼ばれている。

ゲートは通常格納位置に格納された状態にあることから、河川敷に広大な格納広場を有している。そして、設備はマエスラント堰のみでユーロポート地域の安全を保つのではなく、Rozenburg を起点とした堤防によってハーテル防潮ゲートと結ばれて、2つの堰がコンピューターにより一括管理されることによって、安全を確保している。



図-6 マエスラント堰²⁾

(2) ゲートの概要

水路幅：360m
水門延長：210m×2基
扉体回転半径：250m
扉高：22m
扉体形式：セクターゲート
鋼材重量：15,000ton(片側)
設置水深：17.0m
通常潮位：H.W.L. +1.5m, L.W.L. -0.65m
想定高潮：+5.0m(1万年確率)
設計波高：1.2m(周期4秒)
開閉時間：閉操作 約 3時間、開操作 約 2時間
建設費：約 470 億円
維持管理費：約 2.5 億円/年

3.5 Ramspol dam (ラムスポールゴム製可動堰)

(1) 計画の背景・経緯

IJssel 湖は、かつては穏やかな湖であった。しかし、1932 年の大規模な埋立と堤防の建設により、湖の面積は狭くなっただけではなく、湖の底の部分にあたる河川の流入部は、狭く、あたかも漏斗のような地形となった。その結果、IJssel 川と Vecht 川から湖への流出量が大い時に北西からの強風と重なり、Ketel 湖から Zwarte 湖と Zwarte 水路にかけて異常潮位が発生し、周辺地域に洪水の被害をもたらしてきた。特に 1995 年の異常潮位による洪水で周辺地域は大きな被害を受けている。ラムスポール堰は、ザイデル海計画³⁾の一環で、これらの地域の防護を目的として計画されたもので、防潮堤としてゴム製可動堰が採用されたのはラムスポールが世界初である。

防潮設備の採用に当たっては、その設備が地域の住民

の安全を守るためのみならず、農場、周辺の風景や文化及び歴史を守るためにも重要な役割を果たすなどの必要性について、長年議論された。総延長 115km に渡る堤体の補強案が比較案として検討されたが、多くの地域の環境や景観を破壊すること、そして経済性の点で、可動式の防潮堰の建設と必要最小限の堤体の補強が、有力となった。可動式の防潮堰として、34 案が検討されたが、景観と経済性を重視してゴム製の可動堰が採用された。

注) ザイデル海計画とは、オランダ北部のザイデル海を堤防により締切(延長30km)、堤内地の高潮被害を防ぐとともに、締切によりできたアイセル湖の干拓を行ったものである。



図-7 Ramspol dam (完成イメージ)

(2) ゲートの概要

水路幅 : 310m
 水門延長 : 76m×3基
 扉高 : 8.2m
 扉体形式 : ゴム製ゲート
 設置水深 : 4.65m
 通常潮位 : +2.95m
 想定高潮 : +3.55m(1万年確率)
 設計波高 : 2.75m
 開閉時間 : 開操作約3時間, 閉操作約1時間
 建設費 : 約79億円
 維持管理費 : 約1千万円/年
 (ゴム更新費用約4億円)

3.6 Thames Barrier (テムズバリア)

(1) 計画の経緯・概要

1953年2月1日に史上最大の高潮がテムズ川を襲った。これを契機として国会は、ロンドンを高潮から防御することを決定し、対策委員会が設置された。

1966年にBondi教授(ケンブリッジ大学)は、高潮から守り、かつ航路を確保するためにDagenhamかWoolwichに可動堰の設置を提案した。テムズバリアはこの時初めて構想された。

1970年に高潮堰の建設が決定し、ユニークな形式の上昇式セクターゲートが採用され、1974年に着工、1982年に完成した。

1983年以来、テムズバリアは、高潮洪水からロンドンを守るために63回閉じられた。そのうち、2000年11月までの合計は39回で、1年当たり平均2.3回の閉鎖で

あったが、2000年11月以来閉鎖回数は増加しており、24回閉鎖された。



図-8 テームズバリア

(2) ゲートの概要

扉体形式 : 上昇式セクターゲート
 下降式ラジアルゲート
 水路幅 : 520m
 水門延長 : 61.0m×4基(大)(上昇式)
 31.5m×2基(小)(上昇式)
 31.5m×4基(下降式)
 扉高 : 20m(大)(上昇式), 13m(小)(上昇式)
 7m(小)(下降式)
 設置水深 : -9.25m(大)(上昇式)
 -4.50m(小)(上昇式), 0.0m(下降式)
 通常潮位 : H.W.L +3.69m, L.W.L -2.83m
 設計波高 : 0.3m
 想定高潮 : +6.90m(1000年確率)
 開閉時間 : 開閉操作約30分
 建設費 : 約2060億円
 維持管理費 : 約4.0億円/年

4. おわりに

今回、海外の大型水門を調査したことにより、環境面に十分配慮した計画を策定することが重要であることなどが明らかになってきた。また、我が国の建設技術の高さを考えると技術的には十分に対応できると考える。

本調査結果を基礎として、現在、(財)沿岸開発技術研究センターでは、国土交通省港湾局等の協力を得て大型水門実現のための概略検討を行っている。近い将来、日本独自で他国に類を見ない大型水門の実現に期待したい。

最後に、本調査は、大型水門海外視察調査団(学識経験者、重工、鉄鋼メーカー、マリコン、ゼネコン、コンサル)を結成し、調査結果を報告書にまとめた成果の一部である。これら関係各位に、心から感謝申し上げる次第である。

参考文献

- 1) パンフレット Stormvloedkering in het Hartelkanaal (Ministerie van Verkeer en Waterstaat)
- 2) パンフレット Storm surge barrier on the Nieuwe Waterweg (The Maeslant barrier)