



ベネチアを守る

世界で最も優美な都市の1つが、潮位上昇の脅威にさらされています。気候変動によって緊迫感が増しているベネチアラグーンに、エンジニアたちが世界でも最も先進的な防潮水門を建設しました。平時は水中に収納されているので、稼働時以外には、55億ユーロの建設物がそこにあるとは思わないでしょう。

文クラウディア・B・フリジ 写真:マウリツィオ・カマーニャ



1 966年、ベネチアを天災が襲いました。それまでの数世紀、ベネチアは冬の数ヶ月の間、たび重なるアクア・アルタ(潮位上昇)に悩まされてきましたが、深刻な脅威ではありませんでした。ほぼ3年周期で潮位上昇と気象条件が重なり、街の通りの一部が数時間にわたって冠水しましたが、長靴とかさ上げたプラットフォームで難をしのいでいました。

しかし、1966年の洪水では、潮位が2mも上昇してベネチアを襲い、数百万ドルの損失が発生して貴重な芸術作品が破壊されました。その後40年で気候変動が進み、潮位は上昇し続け、アクア・アルタの影響で以前より頻繁に市内が冠水するようになり、早急な解決策を求める声が上がりました。「将来を予測することは不可能ですが、近年状況が悪化していることは確かです」と、現地の建築家モニカ・アンブロージニ氏は語ります。

彼女は、ベネチアの海没防止活動をイタリア政府から委託されているConsorzio Venezia Nuovaの広報担当です。その解決策となるのが、街を襲う潮位上昇を制御するための革新的な「Mose」防潮水門プロジェクトです。この「Mose」というプロジェクト名は、紅海を割ったとされる旧約聖書の指導者の名前にちなみ、MODulo Sperimentale Elettromeccanico(実験

的電気機械モジュール)の頭文字を取って付けられています。

Moseは、ベネチアラグーンとアラビア海を分ける環礁の3つの入り口に設置された78個の可動水門で構成されます。平時には、海底の箱型構造またはケーソン内にフラットに折り畳まれていきます。緊急時には、防潮水門としてせり上がり(年に4、5回ほど)、上昇した海水がラグーンに入り込まないようにします。潮位上昇が収まると、水門が下降して折り畳まれます。

これが、MOSEの巧みな点です。ロッテルダム、ロンドンや、多くの日本の都市の治水システムとは



モニカ・アンブロージニ氏:「近年状況が悪化していることは明らかです」

異なり、Moseは目に見える固定支柱を持ちません。街の景観になじませることが、この防潮水門の設計条件の1つでした。その結果、ベネチアの街と同じくらい個性的なシステムが生まれました。

建設認可が最初に下りた2003年 当時、Moseは「最も革新的なシステムと称されました」とアンブロージニ氏は語ります。「そして、いまだに最も革新的です。非常に柔軟にあらゆる潮位に対応できます。動作音もほとんどしません。海洋生物や環境にも配慮しています」

環境への配慮は、毎年2,300万人の観光客が訪れるベネチアの世界遺産認定を維持するための最優先課題でした。観光客を乗せるマンモスクルーズ船の数が増加する中、Moseはこれらのクルーズ船はもちろん、オイルタンカーも通過させる必要がありました。

プロジェクトの技術的な課題は、その規模と複雑が困難を極めます。トマソ・ガスタルディ氏は、Moseの建設に参加するComar Scarl社のエンジニアです。Moseの建設には大手4社を含む50社以上の建設会社が参加しています。「あらゆる大規模プロジェクトで問題となるのは、膨大な数のサプライヤーや会社を取りまとめることです」と彼は言います。「異なる工期を統合し、多くの会社の作業を調整しなければなりません。各社にはそれぞれ固有の関心がありノウハウがあります。すべての会社を同じように連携させるこ

“動作音もほとんどしません。
海洋生物や環境にも配慮
しています”

モニカ・アンブロジーニ氏、
CONSORZIO VENEZIA NUOVA

MOSE:プロジェクトの数字データ

- 1つのロック(大型船用)(マラモッコ)
- 2つの退避ハーバー(リドおよびキオッジャ)
- 3mまでの潮位を保護
- 4つの可動バリアー
- 15分でバリアー閉鎖(下降)
- 30分でバリアー解放(上昇)
- 78個の可動バリアー
- 1,000人の作業員
- 2018年に完成予定
- 55億ユーロの総工費(2016年3月時点)

水をせき止める:その他の特徴的な防潮水門



■ 東スヘルデ防潮水門(オランダ)

長さ9kmの東スヘルデ防潮水門は世界最大の規模を誇ります。オランダのDelta Workプロジェクトの13門のダムと高潮堤の1つです。東スヘルデ防潮水門は、海面に接地された無数の扉で北海から流れ込む海水の量を調整する仕組みです。ダムが完全に閉鎖されたのは、1986年の公式稼働からわずか25回です。



■ テムズバリアー(英国)

テムズバリアーは、世界第2位の規模を誇る可動式防潮水門です。1982年の完成以来、著しい潮位上昇や北海からの高潮からロンドンを守っています。回転式扉で構成され、開くときはテムズ川の川底に水平に寝かす形になり、閉じるときは垂直位置に回転して立ち上がります。2016年までに、176回閉じられています。



■ サнктペテルスブルクダム(ロシア)

1978年、ソビエト連邦はサнктペテルスブルクダムの建設を開始しましたが、全長25kmの複雑なダムが完成したのは2011年でした。11門のダムと2つの水門で構成され、ネヴァ港からフィンランド湾を分離して沿岸洪水を防ぎます。サнктペテルスブルクダムの心臓部は、南の水門とスイングして真ん中で閉じる2つのフローティンググラジアルスチールゲートです。

動作原理

1 平時のMose可動水門は水中に完全に水没しており、景観を損ねないように海底のハウジング構造に収まっています。

2 潮位が110cmを超えて上昇すると、圧縮空気が水門に供給されて海水の排出を促し、水門がせり上がります。

3 水門が水面から上昇し、ラグーンと海を分離します。潮位が下がると、逆のプロセスを経て水門はハウジングに戻ります。

とはできません。これこそ私たちが取り組んでいた最大の問題です」さらに、MOSEは政治スキャンダルに巻き込まれ、汚職容疑によって工期がたびたび延期されました。

このような記事が紙面をかざり、プロジェクトの重要性がないがしろにされるとガスタルディ氏とアンブロジーニ氏は語っています。最も重要な1つ目の成果として、Moseはベネチアをアクア・アルタにより最大3mの潮位上昇から守り、動作時に環境に影響を与えないように配慮されています。2つ目は、独自の技術により、土木、機械、海洋エンジニアリング分野の技術革新が促進されました。さらに、将来的にMoseを解体する場合、環境に永続的なダメージを与えることなく解体を進めることができます。

Mose防潮水門の1つは、2016年5月26日からテストモードで稼働しており、予想を超える技術的成果を上げています。全78門の防潮水門は、2018年6月に正式稼働に入ります。■

コンパクト・静音・省エネ設計： アルファ・ラバルの冷却ソリューション

洪 水が起こりそうになると、Moseの78門の可動水門にアルファ・ラバルの熱交換器からの圧縮空気が供給されます。この冷却した空気によって、水門を満たして海底に沈めていた海水を排出し、ラグーンの下のケーソンから水門が立ち上がり、上昇する潮位から街を守ります。「空気はまず冷却されます。可動水門は複合素材製なので、高温の空気にも耐えられません」と説明するのは、イタリアのアロンテにあるアルファ・ラバルの産業用ドライクレー担当製品マネージャーのパオロ・サパローリ氏です。

Moseプロジェクトでは、アルファ・ラバル空気熱交換器の2つのモデルが使用されています。

いずれもアルファVという製品ですが、サイズと熱交換容量が異なります。コンパクトなレイアウト、低騒音レベル、省エネ性が決め手だったとザパローリ氏はコメントしています。このプロジェクトの成功に貢献したもう1つの重要な要素は、Moseエンジニアとアルファ・ラバルのエンジニアとの共同作業だったと彼は



説明します。「最初から共同で作業を進めました。標準モデルをプロジェクト固有の要件に適合させ、素材や新技術による改善を提案しました」

改善点としては、熱交換部材、新しいインターフェイス、ベンチレーションによる騒音の低減、機械部分の調整、レイアウトの改善、電力消費量の低減、フットプリントの縮小、高出力・少量コンプレッサーの採用などがあります。

こうした改善が施された背景としては、プロジェクトの初回話し合いから実際に着工するまで数年が経

過していたことがあります。その間も技術は留まることなく進化し続けました。ザパローリはこの共同作業を誇らしく感じています。設計案は以前の技術をベースとしていましたが、アルファ・ラバルがイニシアチブをとり、新たな技術の導入を進めました。

現場でのパイロットプロジェクトによるシステム試験は無事完了しました。プロジェクトエンジニアは、バリアーの自動動作を改善するためにいくつかの調整を行いました。各コンポーネントは申し分なく動作しました。