

フラップゲート式可動防波堤の開発

※第26回国土技術開発賞（授賞式2024.7.31）の受賞技術全5件のうち、港湾関連技術をピックアップしました。

日立造船株式会社 木村 雄一郎
東洋建設株式会社 水谷 征治
五洋建設株式会社 山下 徹

1. はじめに

我が国は、これまで、津波・高潮による甚大な被害を繰り返し受けてきた。東日本大震災では未曾有の被害が生じ、近い将来には、東海・東南海・南海地震等による大津波の襲来も危惧される。さらに、地球温暖化による海面上昇や台風等の強化に伴う高潮に対しても備えが必要となっている。

港口における大型水門は、津波・高潮対策施設として大きな効果が期待できる。一方で、大型船舶が航行するような水域では、耐震性確保や閉鎖時間、操作性等の観点から、従来技術の採用には課題が多かった。

2. 開発技術の概要

港口で津波・高潮を防御する大型水門は、大別すると基礎構造、可動構造、駆動装置から構成される。このうち基礎構造および可動構造には、高潮・津波の作用に伴い非常に大きな外力が加わる。そこで、こうした外力を分散させて効率的に支持する方式の確立を、本開発における一つの着眼点とした。また、重厚な可動構造を作動させる駆動装置は、一般的に建設費だけでなく維持管理に要する費用が大きい。したがって、施設の大型化に伴うライフサイクルコストの増加を軽減するため、開閉荷重低減による駆動装置の小型化を二つ目の着眼点とした。

本施設の作動イメージを図1に示す。港口部に一列に並べて配置される扉体は、通常海底に倒伏した状態に保たれ、底部回転軸を中心に旋回起立することで連続した防波堤を形成する。

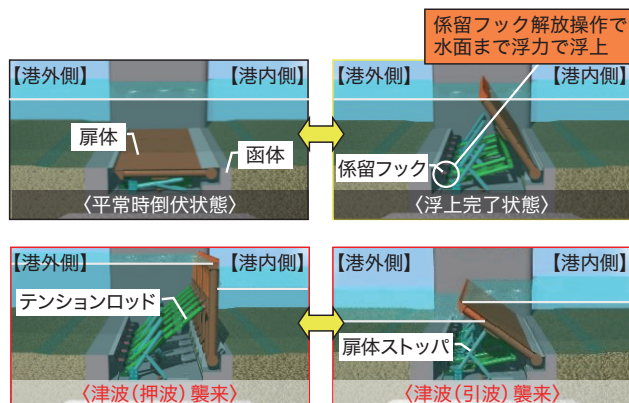


図1 作動イメージ

扉体の浮上に必要な浮力は、平常時における扉体空気室内への給気により確保され、函体に設けたフックが扉体先端を係留することで倒伏状態が保持される。津波等の発生が予測された場合には、係留フックの解放操作により扉体は直ちに浮上を開始し、扉体先端が水面に出る高さまで浮上する。係留フックの解放操作は、施設管理者による手動操作の他、全国瞬時警報システムや、港内側潮位の異常上昇をトリガーとする自動操作にも対応する。なお、隣接する扉体同士は先端部にて緩く連結され、扉体間の隙間が増幅しない構造となっている。

浮上操作後には、扉体は津波等による潮位上昇に伴う港内外の水位差を利用して、所定の高さ（角度）まで無動力で起立する。水圧によって扉体に作用する水平荷重は、テンションロッドと底部回転軸（扉体上下二点支持）を介して函体に伝達され、地盤から得られる反力により施設の安定性が確保される。引き波津波による港外側水位の低下時には、扉体ストッパと底部回転軸（扉体上下二点支持）により扉体は所定の角度で支持され、港内水位の異常低下を抑制する。津波等が収束した後は、係留フックの復帰操作、扉体ストッパの倒伏操作を順に行い、扉体内の空気を排出して扉体を倒伏させる。さらに、係留フックに所定の浮力が作用するまで扉体内部に給気し、扉体ストッパをフリー状態に解放することで、常時状態に復帰完了する。

3. 開発技術の特徴

本施設におけるコア技術は、径間方向と水流方向に広く荷重分散が可能な「上下二点支持式の起伏構造」と、無動力かつ短時間で航路閉鎖するための「扉体係留と給排気による扉体開閉方式」（図2参照）である。

「上下二点支持式の起伏構造」により、従来の浮体式起伏（イタリア・ベネチアの高潮対策で採用）方式で必要であった扉体浮上後の空気量調整操作が不要になるとともに、津波による大荷重にも対応可能で、長径間化も容易となる。また、設計超過津波に対しては、港内外の水位差拡大によって生じる函体下向き力の増加による滑動抵抗の増大と、函体埋設による受働抵抗により粘り強く抵抗する。

次に「扉体係留と給排気による扉体開閉方式」により、コンプレッサ・動力電源等を最小化するとともに、無動力かつ迅速なゲート閉鎖が実現できる。また、電源喪失や電子機器の故障、

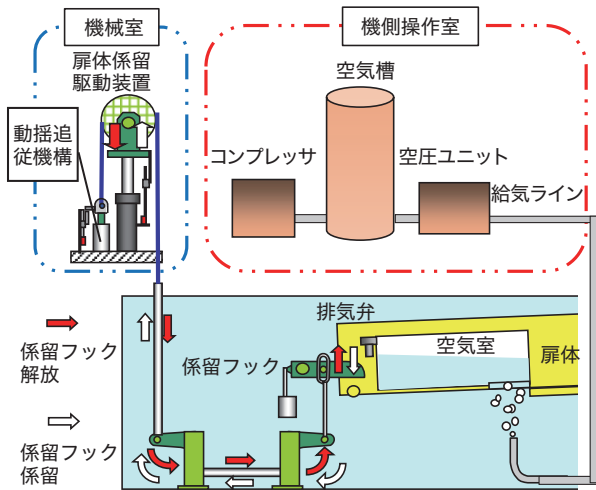


図2 扉体係留および給排気システム

サイバーテロ等による遠隔操作機能喪失時にも、港内水位の異常上昇による航路自動閉鎖が可能である。さらに、係留駆動装置には動揺追従機能が付加されており、常時波浪による扉体の自然揺動を活用して可動構造部の固着を防止している。平常時の係留状態や点検操作における駆動装置および可動構造部の挙動は自動的に記録され、これらをトレンド管理することで、設備状態を把握ならびに診断できる機能も備えている。

さらなる特長として、平常時は扉体が海底面に倒伏し、景観に与える影響が小さいこと（写真1参照）、航行船舶の高さ制限がないこと、工場における製品の一体製作から一体輸送、一体据付によって現地施工期間が短いこと等が挙げられる。

4. 開発技術の適用事例とその効果

本技術はゲートの開閉や施設の安定性確保に自然の力を利用



写真1 施工完成例

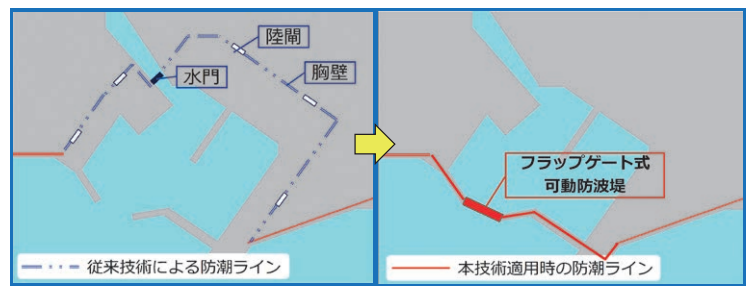


図3 適用イメージ

することで、大型化に伴う設備重量の増大を抑制するとともに、動力および開閉装置を大幅に小型化かつ単純化する。これにより、従来技術では適用困難であった大型船舶の航路となる港口にも津波・高潮対策施設を整備できる可能性が拡大する。図3に示すように、本施設を港湾・漁港の港口等に設置することで、海岸線や岸壁に沿って構築される胸壁（防潮堤）の延長を短縮できるとともに、防潮ラインが沖側に移動することで防護エリアが拡大され、背後域における日常生活や産業活動における利便性および安全性が向上する。

本技術は2017年に岩手県大船渡漁港海岸における津波対策水門に初採用され、2020年12月に現地据付工事が完了、2022年度から運用開始されている。2号機は2019年に兵庫県福良港煙島水門にて採用され、2022年3月に現地据付を完了している。なお、初号機はトンガの海底火山大規模噴火により発生した津波到達の際に稼働している。当時の港内水位変化を図4に示す。極めて短時間（1～2分）のうちに航路閉鎖を完了し、ゲート閉鎖により港内側への津波の影響を十分に抑制している様子が確認できる。

5. おわりに

港口などの船舶航行部への津波・高潮対策として、本技術が新たな選択肢として追加されたことで、今後、水域・埋地地を含めた港湾・漁港の全域を防護できる可能性が拡大した。現時点の施工事例では最大開口幅32mであるが、さらなる大型化も可能であり、今後、より大規模かつ合理的な津波・高潮防災・減災施設としての適用が期待される。

最後に、本技術の開発を通して、長期にわたり数多くの防災関係者の方々から貴重なご意見、ご指導を賜りました。ここに謝意を表します。

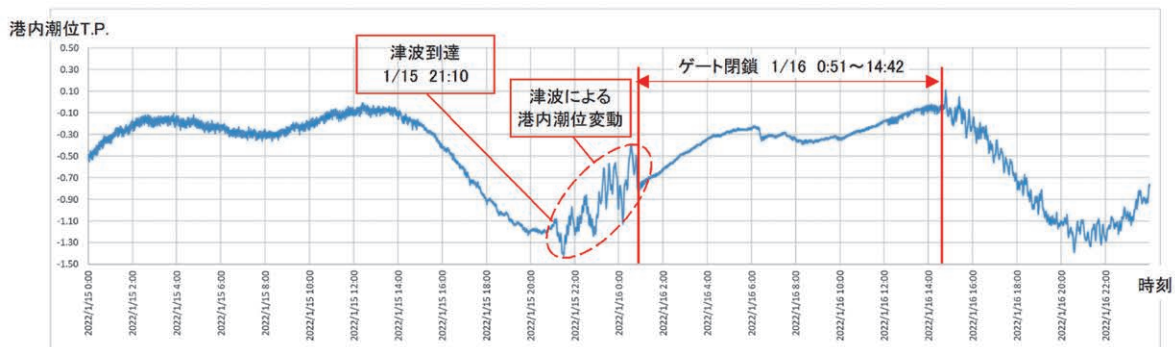


図4 津波到達の際の港内水位変動の例