

高潮対策のための箱型浮体式大型水門に関する初期検討

三菱重工業(株) 横浜製作所 正員 真壁知大 三菱重工業(株) 横浜製作所 正員 長澤大次郎
 三菱重工業(株) 長崎研究所 太田 真 三菱重工業(株) 横浜製作所 土屋 美和

1. まえがき

高潮から防護する方法のひとつに大型水門で海域を一時的に締め切る方法があり、この構造に対して様々な形式が提案され海外でも採用されてきている。大型水門の条件として、海域を確実に締め切る構造である事、締め切り内外の水位差による大荷重と波浪動揺に耐える事、短時間での開閉が可能である事、更に海洋構造物であるため機械設備を極力使わない単純構造で維持管理が容易である事などが必要である。これら条件を考えた場合に、水位差による荷重を利用して水密を確保し、重心位置を低くした浮体構造とすることで水密性、安定性、自由度、高速性、耐震性が得られ単純で維持管理容易、低環境負荷な構造物となる。本研究では箱型浮体式大型水門の高潮時における係留成立性の初期検討を実施した。

2. 構造形式

大型水門の構造の諸元を、長さ 450m、幅 40m、水深 15m と想定した、閉鎖/動作中の検討条件を表-1に示す。堤体は大型の箱型浮体とし、平常時には側部に待機し、閉鎖/開放にはウィンチ操作する。基礎構造として、海底反力壁、堤体を誘導する海底溝を設ける。堤体の主要目を表-2、閉鎖時のイメージを図-1に示す。

表-1 検討条件

	最大水位差	有義波高	有義波周期	平均風速
閉鎖中	5.0 m	4.0 m	6.0 s	40 m/s
動作中	0.0 m	1.0 m	6.0 s	20 m/s

表-2 堤体諸元

全長	全幅	全高	喫水	排水量
L(m)	B(m)	D(m)	d(m)	▽(t)
450.0	40.0	26.5	21.5	396,675



図-1 閉鎖時のイメージ

3. 係留装置

閉鎖中の最大水位差により堤体には960kN/m弱の定常力が作用する。これに風波の外乱が作用して堤体が動揺するため、漂流防止のための係留装置が必要となる。また、閉鎖/開放動作時の妨げとならないように、堤体と海底溝の間に防舷材が必要となる。さらに、堤体動揺により大きな変動張力がウィンチに作用することが予想され、これを吸収する必要がある。そこで、閉鎖中の防舷材に求められる要件は、初期歪での反力が大きい、動揺量による反力の増大を緩和できることを勘案してアーチ型防舷材を採用する。一方、動作中はスムーズな横引きができるようにセル型及びローラー型防舷材を組合せ、変動張力に対してはセル型防舷材で吸収する。採用した防舷材の種類及び基数を表-3、動作中の組合せた防舷材の歪反力特性を図-2に示す。

表-3 防舷材の種類及び基数

		防舷材	基数
閉鎖中	長辺方向	DA-A1000H-M1 × 900 m	450
	短辺方向	DA-A1000H-M1 × 4 m	2
動作中	長辺方向	SUC630H-RH+R200kN	6
	短辺方向	SUC630H-RH	1

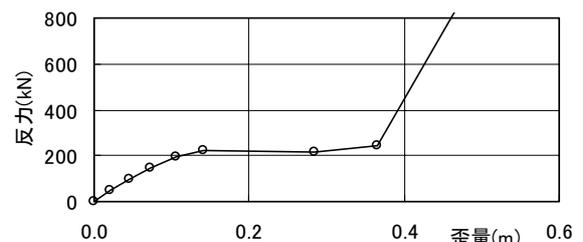


図-2 組合せた防舷材の歪反力特性

キーワード 高潮対策, 浮体構造物, 防舷材, 波浪中挙動解析

連絡先 〒231-8715 横浜市中区錦町12番地 三菱重工業(株)横浜製作所 橋梁設計課 TEL 045-629-1386

4. 解析方法及びシミュレーション結果

係留シミュレーションにおける外力要因として、水位差、風及び波浪を考慮する。ただし、水位差に関しては、水位差による外力に等価な定常力を置き換える。風荷重は圧力抗力及び摩擦抗力について取扱い、変動風がDavenport スペクトルで表現されるように時刻的に変化させて与える。波浪はポテンシャル理論で算定される波強制力の変動成分を取扱い、波漂流力は漂流力係数を仮定して算定し、長波頂不規則波としての時刻歴に変換し、それぞれの力を時刻歴で表現し与える。なお、浮体の付加質量及び減衰力はポテンシャル理論に基づき算定する。係留による反力については係留装置の歪反力特性を考慮した非線形特性を考慮する。以上より構成される運動方程式を時刻歴解析して、その間に発生する浮体重心位置における変位量、係留位置における係留反力及び歪量の統計値を求め評価する。

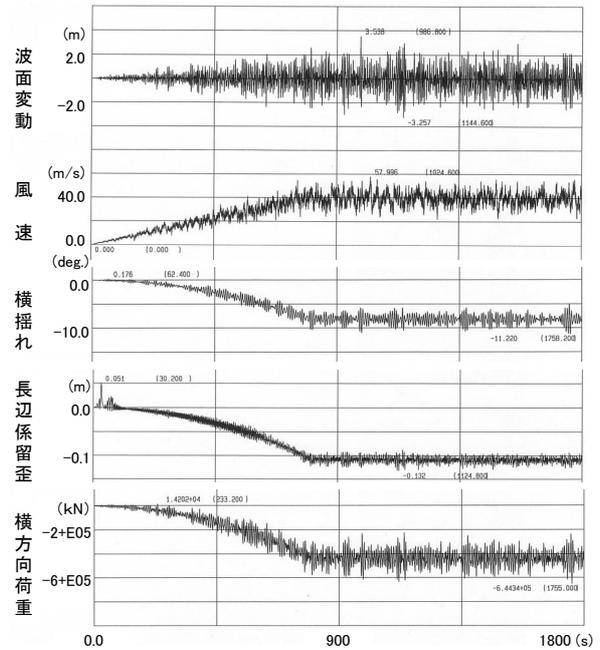


図-3 時刻歴解析結果（閉鎖中，外力方向 90deg.）

係留シミュレーション結果として、閉鎖時における時系列列を図-3に示す。風と波が堤体幅方向に作用した場合の波面変動，風速，堤体横揺れ，長辺方向防舷材の係留歪及び堤体に作用する横方向荷重を示すが，解の発散を防止するため外力を徐々に立ち上げる区間を900秒設けた。後半の900秒間の諸量を統計処理して，表-4に示す。表-1に示す厳しい検討条件に対して，係留歪が0.1mオーダーと極めて小さな応答になっていることが分かる。長辺方向の防舷材モデル化に際しては，30基分をひとまとめにした。座標系を図-4に示す。

表-4 閉鎖中における堤体応答の統計処理結果

	閉鎖中(90deg.)		閉鎖中(60deg.)	
	平均値	平均+最大	平均値	平均+最大
前後揺れ (m)	0.00	0.00	0.01	0.11
左右揺れ (m)	-1.32	-1.84	-1.32	-1.39
上下揺れ (m)	0.00	0.16	0.00	0.01
横揺れ (deg)	-8.16	-11.78	-8.15	-8.61
縦揺れ (deg)	0.00	0.00	0.00	0.01
X 荷重 (kN)	0.0E+00	0.0E+00	2.3E+02	8.8E+03
Y 荷重 (kN)	-4.3E+05	-6.9E+05	-4.3E+05	-4.5E+05
長辺係留力 (kN)	2.9E+04	3.5E+04	2.9E+04	3.3E+04
長辺係留歪 (m)	-0.11	-0.13	-0.11	-0.13
短辺係留力 (kN)	0.0E+00	0.0E+00	3.2E+02	1.9E+03
短辺係留歪 (m)	0.00	0.00	0.01	0.11

前後揺れ: X 軸方向の運動
 左右揺れ: Y 軸方向の運動
 上下変位: Z 軸方向の運動
 横揺れ : X 軸回りの運動
 縦揺れ : Y 軸回りの運動

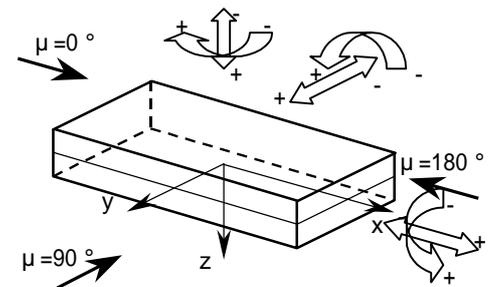


図-4 座標系

5. まとめ

閉鎖中の係留シミュレーションでは係留部(海底反力壁との接触部)のY軸方向変位(長辺係留歪)は立ち上がりの不安定領域を越えると0を超えず波浪中であっても波力壁との間に隙間が発生しないことが確認でき、水位差による荷重で水密性を確保できる見通しが得られた。また、超大型浮体であるためその他の問題となるような動揺も起きておらず、大海域を締め切る場合にコスト面でも単純構造であるため有利になると考えられる。類似案として水位差荷重を利用して水密を確保した形式にすることで鉛直荷重を減らし、かつ浮沈のための注排水量を最小限にした軟着堤形式の提案もできるなど検討に幅が出てきた。今後は開放動作時の検討，端部構造の検討および模型実験による検証を行っていく予定である。

参考文献

・松浦正己ほか，係留・連結された複数浮体の波浪中挙動解析法，三菱重工技報 Vol.31 No.4，1994