

超大型振り構造ゲート

スイング式

*TeraMatsu*

# 目 次

頁

1 . はじめに	1
2 . 構想設計	2
2 . 1 計画データ	2
2 . 2 一般配置	2
2 . 3 端部支持キー	4
2 . 4 その他の事例	5
2 . 4 . 1 海側水密案	5
2 . 4 . 2 ローラ支持案	6
3 . 浮力タンク	8
3 . 1 浮力タンクの容積	8
3 . 1 . 1 タンク配置	8
3 . 1 . 2 力の釣り合い	9
3 . 1 . 2 . 1 釣り合い条件	9
3 . 1 . 2 . 2 数値計算	10
3 . 1 . 3 タンク容積	13
3 . 2 扉体作用力と扉体傾斜	14
3 . 2 . 1 スイング操作	14
3 . 2 . 1 . 1 移動時	14
3 . 2 . 1 . 2 着床時	15
3 . 2 . 2 保守点検	16
3 . 2 . 2 . 1 移動時	16
3 . 2 . 2 . 2 沈設時	18
4 . 潮流利用開閉操作	20
4 . 1 サイドスラストのコントロール可能限界（水位差 / 流速）	20
4 . 2 潮流を利用した操作方法（アイデア事例）	20
5 . おわりに	22

## 1 . はじめに

捩り構造は曲げ構造等の構造形式に比較して重量的に優れていて、著者は超大型ゲートへの適用方法としてローリング形式を提案したが、本資料で追加的選択肢としてスイング方式を提案する。提案の目的は更なるコスト低減である。

捩り構造は底部をヒンジ支承で支えるフラップゲートが歴史的に長いが、ゲート底部をコンクリート構造で連続的に支える超大型ドック用フラップゲートの実現で構造的優位性が更に高まった<sup>1</sup>。スイング方式はこの優位性を生かす目的で行き着いた方式である。

スイング方式は扉体の一端を回転中心とし、予備浮力状態で全閉位置まで回転移動して予備浮力を放出・着床し、扉体底部が水圧力に押されてコンクリート構造に密着・支持される。この構想を実現する為の技術的ポイントは以下の二つである。

回転中心支持点は3軸方向回転自由かつ移動拘束で、引き力が上方向に作用する。

着床・沈設・浮上等の操作は浮力タンクで行う。

以上の説明では、平水中の開閉操作を前提としたが、実際の開閉操作が潮流がある状態で行われることも多いと考えられる。潮流を利用する開閉操作は可能である。

本書では、先ず、平水中操作を前提として本方式の可能性確認の為に構想設計を行い、支持点（端部支持キー）と浮力タンクについて事例検討を行い、次ぎに、潮流を利用する開閉操作の可能性を検討した。以上の結果を以下の構成で示す。

- ( 1 ) 構想設計
- ( 2 ) 浮力タンク
- ( 3 ) 潮流利用開閉操作

---

1(1) 寺田溥、重永憲明、ドック用トーシオンタイプフラップゲートの開発、三菱重工技報 Vol. 16 No. 6、1979

(2) 寺田溥、重永憲明、ドック用トーシオンタイプフラップゲートの開発、水門鉄管 No. 128、1980

## 2 . 構想設計

構想設計の目的は提案方式の実現性確認である。表示例以外に複数の事例があり得る。

### 2 . 1 計画データ

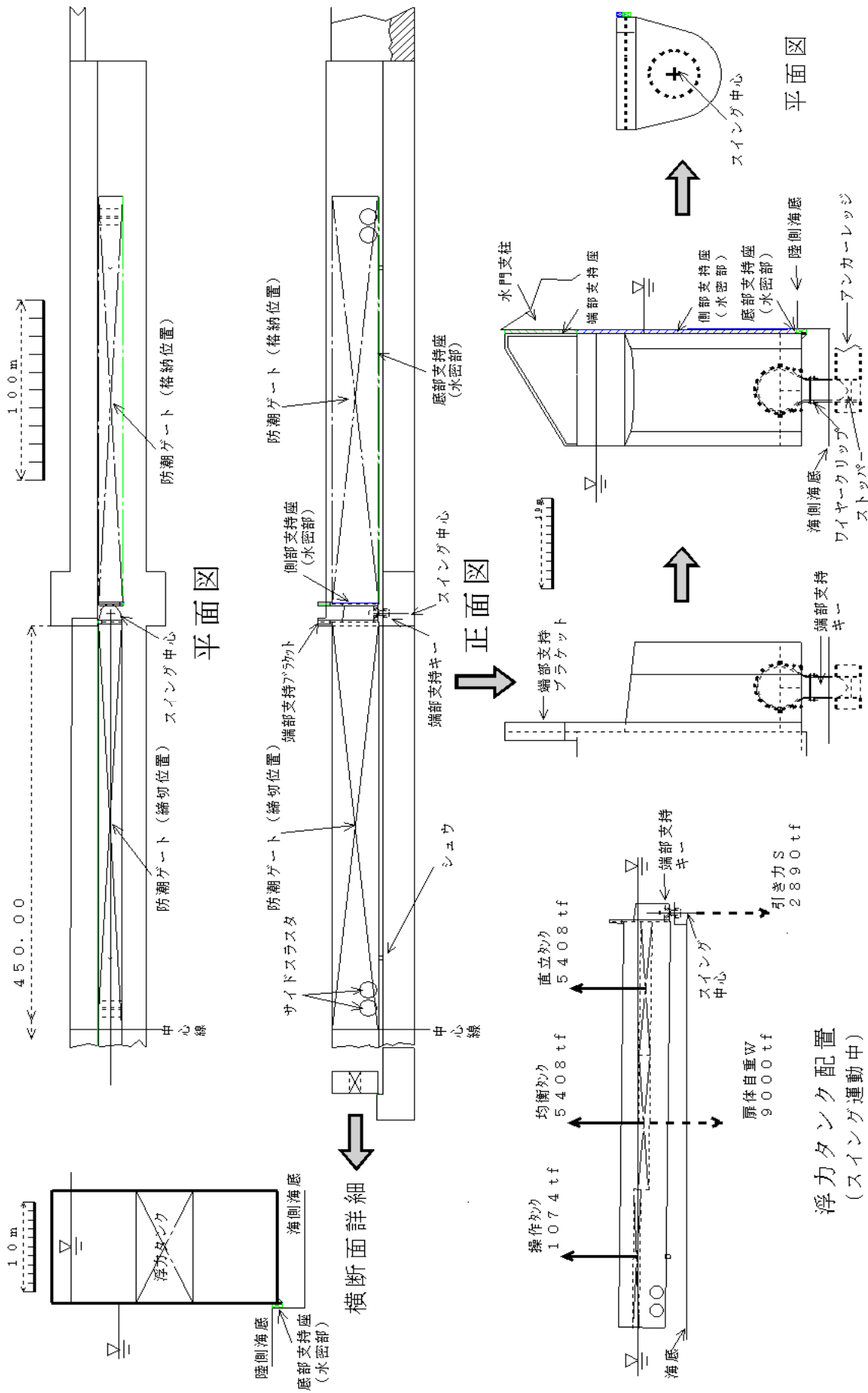
表 2.-1 は構想設計の基本とした計画データを示す。表中の鋼重は超概算結果である。

表 2.-1 計画データ

項目		条件値	単位	備考
全体寸法	径間	450	m	〇〇港設計結果A案 (超大型 Tidal Gate) (鋼重除く)
	扉高	23		
	扉巾	12.5		
水位条件	設置水深	16		
	潮位差	5		
	乾舷	2		
鋼重 (超概算)	扉体	18000	tf	
	戸当たり	1500		
	開閉機	500		
	合計	20000		

### 2 . 2 一般配置

図 2.-1 は構想設計の一般配置を示す。水門全体の平面図と正面図、扉体の典型的断面と端部支持機構の詳細、及び、スイング運動中の扉体の傾斜と各浮力タンクの浮力を示す。スイング運動駆動力は扉体に搭載された2台のサイドスラスタの推力である。スイング運動中の動揺運動(縦・横)の中心は端部支持キー頭部の球座ベアリングの中心である。スイング運動の中心は端部支持キーの中心線である。全閉時の扉体に作用する高潮荷重は扉体底部沿いの底部支持座に伝達され、支持座反力と荷重で構成される捩りモーメントが捩り剛性で扉体支持端に伝達されて端部支持ブラケットと端部支持キー(球座)を通して水門支持柱に伝達される。稼働中の扉体の安定は端部支持キー引き力と浮力タンク浮力で形成する復原力で保たれる。保守点検時の安定性は船舶復原力理論に従い確保する(支持機構着脱時が安定の注意点と考えられる)。支持機構着脱はワイヤクリップで行う。シュウは扉体非支持端着床時(水底到着時)の操作浮力の不足分を荷重として分担する。



端部支持機構詳細 側面図

図2.1-1 一般配置図

## 2.3 端部支持キー

図 2.-2 は端部支持キーの詳細を示す。これは 3 軸方向の回転が自由で移動が拘束されて

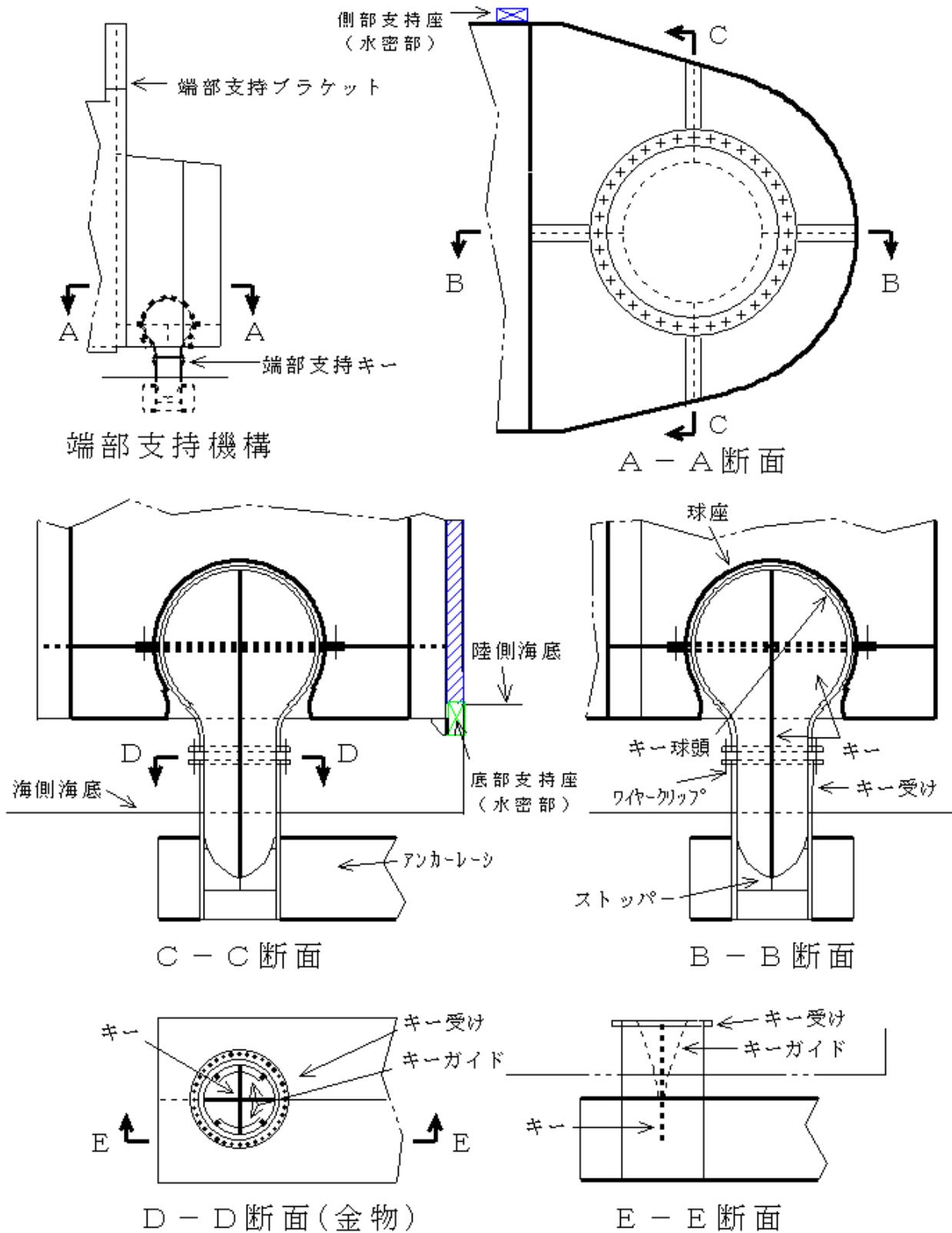


図 2.-2 端部支持キー詳細

引き力が上方向に作用する条件を満たす扉体支持方法の一例である。扉体側の球座は海底側のキー球頭を中心にどの方向に回転することも自由であり、上下方向移動は球頭上下面で、横方向移動は球頭側面で拘束される。球座の内側と球頭の表面は総てベアリング面である。球頭の荷重は引き力、スイング運動中の推力反力、防潮時の端部支持力および保守点検時の負の引き力である。端部支持力が飛び抜けて大きい、球頭には静的に作用する。ドライドック又は浮きドックで保守点検を行うので、端部支持キーの着脱が不可欠である。着脱はキー、キー受け、及び、両者を結合するワイヤークリップで行う。脱作業の主要工程は 引き力解除 クリップ取り外し キー引き抜き(キー受けから)である。 と は浮力タンク操作、 は水中作業である。着作業の主要工程は 扉体誘導 キー挿入(キー受けに) クリップセット 引き力セットである。扉体誘導は扉体側キーを海底側キー受けに浮力タンク操作で誘導する作業で、誘導には海構技術を利用する。キーはキーガイドのガイドでキー受けの所定位置に収まる。 と は浮力タンク操作、 は水中作業である。着脱時の水中作業が安全管理のクリティカル項目と考えられる。キーの引き抜きと挿入が容易に行われる様にキーとキー受けの間に若干の間隙が設けられる。球座荷重はキーを通して直接キー受けに伝達される。キー着脱にワイヤークリップを採用した目的は キーからキー受けに間隙を介してのスムーズな荷重伝達、 水中作業者の着脱作業容易化である。

## 2.4 その他の事例

以下に関わる構想設計以外のアイデアを示す。

### 2.4.1 海側水密案

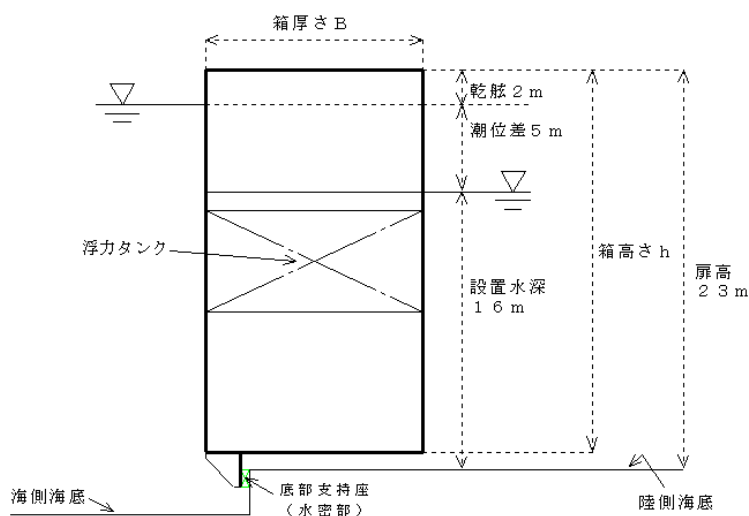


図 2.-3 海側水密案

2章の構想設計が陸側水密であるのに対して図2.-3は海側水密案であり、それ以外の仕様は同一である。図2.-3案の目的は扉体への波浪影響削減であるが、扉体下面が高いので構造効率が若干劣り、又、止水線が立体的である点が不利である。

#### 2.4.2 ローラ支持案

図2.-4～6は扉体底部及び端部の支持をローラを介して行う案を示す。図2.-4は底部ローラ配置（陸側水密案）、図2.-5は底部ローラ配置（海側水密案）、図2.-6は端部ローラと端部回転軸の配置を示す。回転軸は水門支柱に固定されている。この案の目的は負荷方向の双方化と負荷状態での扉体浮上であるが、支柱固定型軸周りのスイング運動であるので波浪による船体運動が吸収できず、又、コストメリットが少ない。本案に対する詳細説明は省略する。

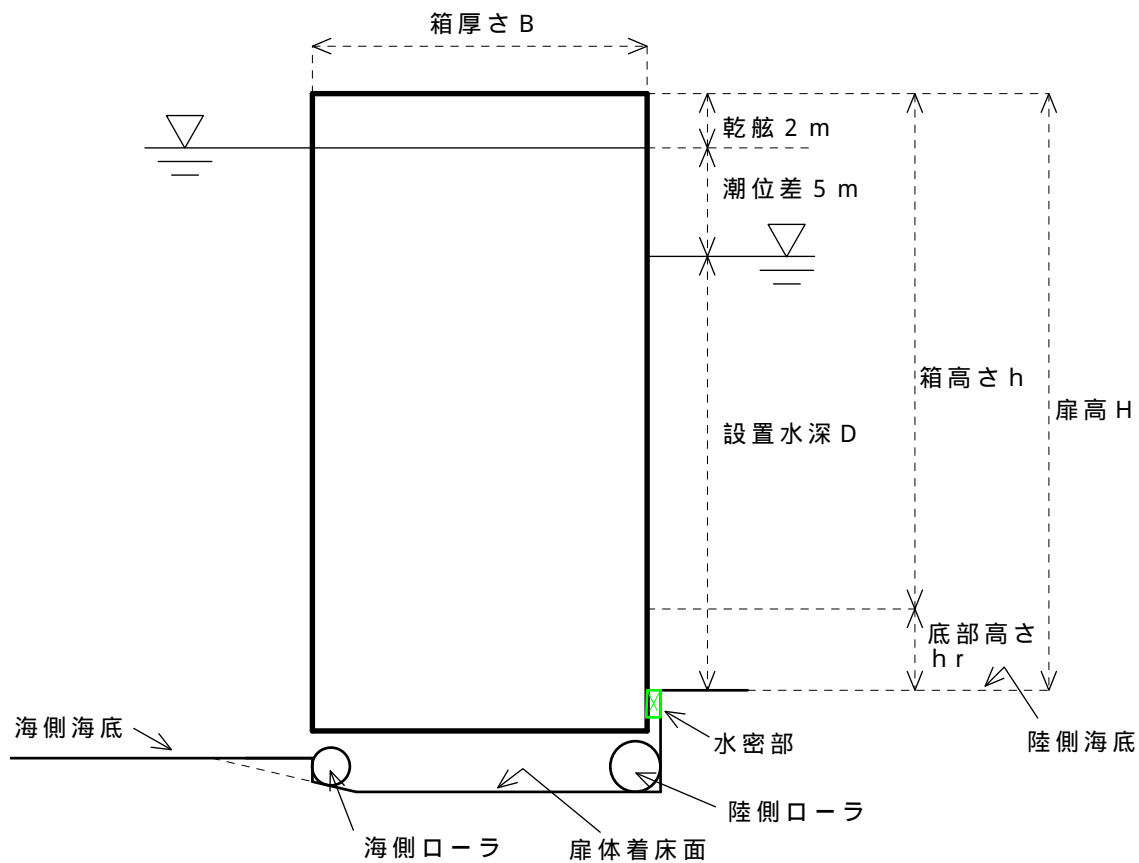


図2.-4 底部ローラ配置（陸側水密案）

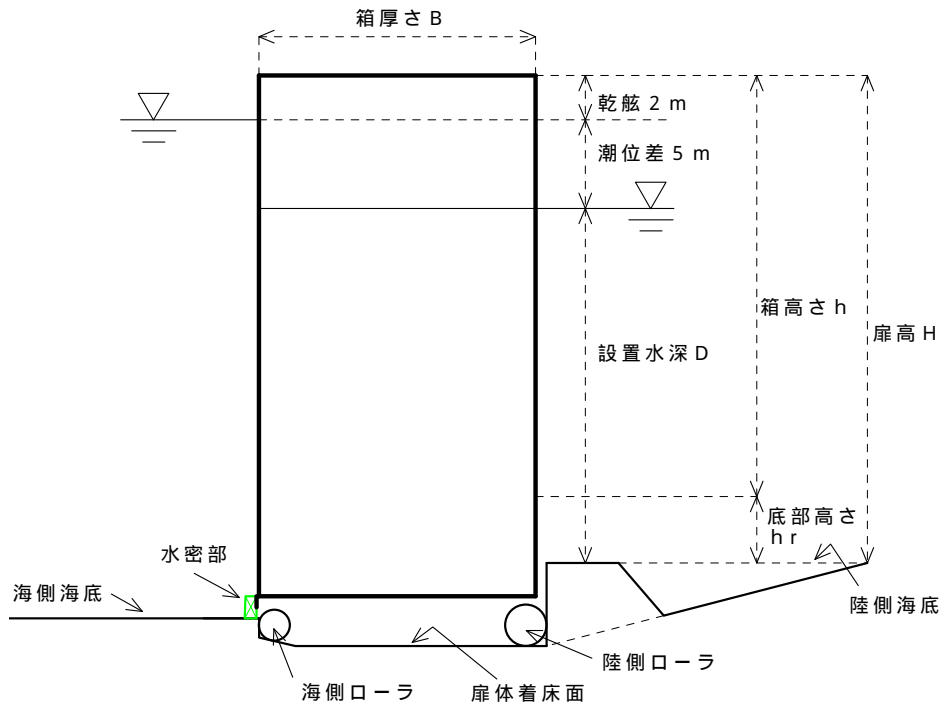
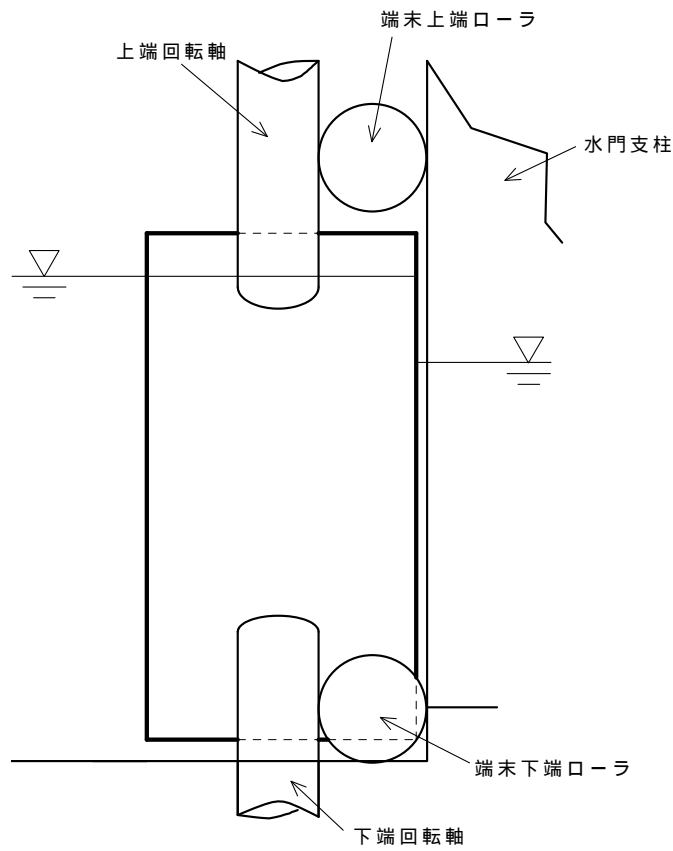


図 2.-5 底部ローラ配置 (海側水密案)



2.-6 末端ローラ・末端回転軸配置

### 3. 浮力タンク

扉体内に設けた浮力タンクへの注排水により扉体の稼働時および保守点検時の扉体操作を行う。浮力タンクの容積、及び、扉体の作用力と傾斜について説明する。

#### 3.1 浮力タンクの容積

##### 3.1.1 タンク配置

扉体操作を行う為に、扉体内に、図 3.-1 に示す操作タンク、均衡タンク、および、直立タンクを設ける。タンク浮力は扉体の自重 $W$ および引き力 $S$ と釣り合う。各タンクに期待する主な機能は下記の通りである。

直立タンク：引き力 $S$ と対を成して扉体の直立性を維持する。

均衡タンク：扉体自重の過半数と均衡させ、操作タンクの所要容積削減を計る。

操作タンク：注排水により扉体を沈降および浮上操作する。

直立タンクと均衡タンクの容積中心は概ね扉体重心と一致させて扉体安定性への影響を減じる（高過ぎると稼働時浮力タンク露出で引き力減少、低過ぎると稼働時・保守点検時共に安定性減少の可能性あり）。操作タンクは他のタンク以上の高さに配置して保守点検沈設時の扉体の復原力確保を図る。

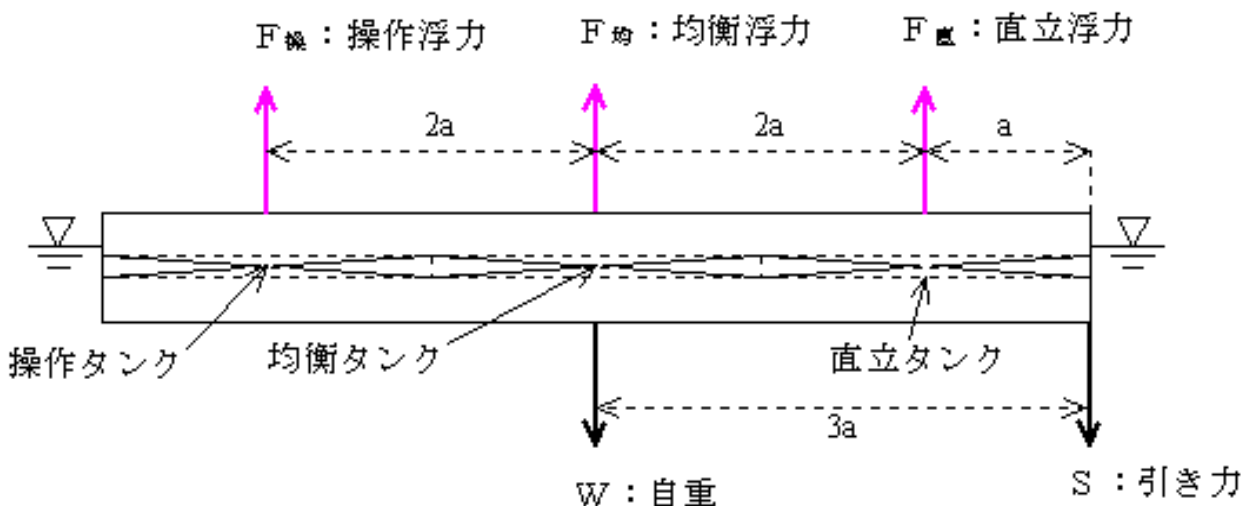


図 3.-1 浮力タンク配置と扉体作用力

### 3.1.2 力の釣り合い

#### 3.1.2.1 釣り合い条件

図 3.-1 の計算模型は釣り合い条件導出単純化の目的で下記近似を採用した。

近似化 1 . 引き力作用点即ちスイング運動中心は閉断面構造端末に一致する。

近似化 2 . 浮力作用点は各浮力タンクを中心に一致する。

近似化 3 . 鋼材排水量は無視する。

操作時に扉体に作用する浮力、自重、及び、引き力の釣り合いを下記式で表す。

$$F_{操} + F_{均} + F_{直} = W + S \quad \dots\dots (3.-1)$$

またこれ等作用力の S 点モーメントの釣り合いを下記式で表す。

$$F_{操} \times 5a + F_{均} \times 3a + F_{直} \times a = W \times 3a \quad \dots\dots (3.-2)$$

式(3.-1) × 5a で次式が得られる。

$$F_{操} \times 5a + F_{均} \times 5a + F_{直} \times 5a = W \times 5a + S \times 5a \quad \dots\dots (3.-3)$$

式(3.-3) - 式(3.-2)で次式が得られる、

$$F_{均} \times 2a + F_{直} \times 4a = W \times 2a + S \times 5a \quad \dots\dots (3.-4)$$

従って、

$$S = \{ 2 ( F_{均} - W ) + F_{直} \times 4 \} \div 5 \quad \dots\dots (3.-5)$$

従って

$$F_{操} = W + S - F_{均} - F_{直} = \{ 3 ( W - F_{均} ) - F_{直} \} \div 5 \quad \dots\dots (3.-6)$$

茲で下記の置き換えをし式(3.-5)と(3.-6)に代入し、

$$F_{操} = f_{操} \times W \quad (f_{操} : \text{操作浮力率})$$

$$F_{均} = f_{均} \times W \quad (f_{均} : \text{均衡浮力率})$$

$$F_{直} = f_{直} \times W \quad (f_{直} : \text{直立浮力率})$$

$$S = s \times W \quad (s : \text{引き力率})$$

次ぎの釣り合い条件式が得られる。式は任意に選択した均衡浮力率と直立浮力率（ $f_{均}$ と $f_{直}$ ）に釣り合う引き力率と直立浮力率（ $s$ と $f_{操}$ ）を与える。

$$s = \{ 2 ( f_{均} - 1 ) + f_{直} \times 4 \} \div 5 \quad \dots\dots\dots (3.-7)$$

$$f_{操} = \{ 3 ( 1 - f_{均} ) - f_{直} \} \div 5 \quad \dots\dots\dots (3.-8)$$

また、式(3-1)より次式が得られる。

$$T = f_{操} + f_{均} + f_{直} - s = 1 \quad \dots\dots\dots (3.-9)$$

### 3.1.2.2 数値計算

2章で示した構想設計について式(3.-7)、(3.-8)、(3.-9)、及び、浮力率合計の数値計算を行った。表3.-1は引き力率 $s$ 、表3.-2は操作浮力率 $f_{操}$ 、表3.-3は浮力率合計（ $f_{操} + f_{均} + f_{直}$ ）、表3.-4は $T$ （ $f_{操} + f_{均} + f_{直} - s$ ）の計算結果である。図3.-2で引き力率（ $s$ ）と操作浮力率（ $f_{操}$ ）、図3.-3で浮力率合計（ $f_{操} + f_{均} + f_{直}$ ）をグラフ化して示す。これ等の結果が示す扉体作用力の全体傾向を念頭に置いて試算を繰り返すことにより、各浮力タンクの適正容量を選択することが可能である。

表3.-1 引き力率  $s$

表示	f直=0	f直=0.1	f直=0.2	f直=0.3	f直=0.4	f直=0.5	f直=0.6	f直=0.7	f直=0.8	f直=0.9	f直=1
f均	$s$										
0	-0.4	-0.32	-0.24	-0.16	-0.08	0	0.08	0.16	0.24	0.32	0.4
0.1	-0.36	-0.28	-0.2	-0.12	-0.04	0.04	0.12	0.2	0.28	0.36	0.44
0.2	-0.32	-0.24	-0.16	-0.08	0	0.08	0.16	0.24	0.32	0.4	0.48
0.3	-0.28	-0.2	-0.12	-0.04	0.04	0.12	0.2	0.28	0.36	0.44	0.52
0.4	-0.24	-0.16	-0.08	4.44E-17	0.08	0.16	0.24	0.32	0.4	0.48	0.56
0.5	-0.2	-0.12	-0.04	0.04	0.12	0.2	0.28	0.36	0.44	0.52	0.6
0.6	-0.16	-0.08	0	0.08	0.16	0.24	0.32	0.4	0.48	0.56	0.64
0.7	-0.12	-0.04	0.04	0.12	0.2	0.28	0.36	0.44	0.52	0.6	0.68
0.8	-0.08	-2.2E-17	0.08	0.16	0.24	0.32	0.4	0.48	0.56	0.64	0.72
0.9	-0.04	0.04	0.12	0.2	0.28	0.36	0.44	0.52	0.6	0.68	0.76
1	-4.44E-17	0.08	0.16	0.24	0.32	0.4	0.48	0.56	0.64	0.72	0.8

表 3.-2 操作浮力率  $f_{操}$

表示	$f_{直}=0(操)$	$f_{直}=0.1(操)$	$f_{直}=0.2(操)$	$f_{直}=0.3(操)$	$f_{直}=0.4(操)$	$f_{直}=0.5(操)$	$f_{直}=0.6(操)$	$f_{直}=0.7(操)$	$f_{直}=0.8(操)$	$f_{直}=0.9(操)$	$f_{直}=1(操)$
$f_{均}$	$f_{操}$										
0	0.6	0.58	0.56	0.54	0.52	0.5	0.48	0.46	0.44	0.42	0.4
0.1	0.54	0.52	0.5	0.48	0.46	0.44	0.42	0.4	0.38	0.36	0.34
0.2	0.48	0.46	0.44	0.42	0.4	0.38	0.36	0.34	0.32	0.3	0.28
0.3	0.42	0.4	0.38	0.36	0.34	0.32	0.3	0.28	0.26	0.24	0.22
0.4	0.36	0.34	0.32	0.3	0.28	0.26	0.24	0.22	0.2	0.18	0.16
0.5	0.3	0.28	0.26	0.24	0.22	0.2	0.18	0.16	0.14	0.12	0.1
0.6	0.24	0.22	0.2	0.18	0.16	0.14	0.12	0.1	0.08	0.06	0.04
0.7	0.18	0.16	0.14	0.12	0.1	0.08	0.06	0.04	0.02	4.44E-17	-0.02
0.8	0.12	0.1	0.08	0.06	0.04	0.02	4.44E-17	-0.02	-0.04	-0.06	-0.08
0.9	0.06	0.04	0.02	4.44E-17	-0.02	-0.04	-0.06	-0.08	-0.1	-0.12	-0.14
1	6.66E-17	-0.02	-0.04	-0.06	-0.08	-0.1	-0.12	-0.14	-0.16	-0.18	-0.2

表 3.-3 浮力率合計 ( $f_{操} + f_{均} + f_{直}$ )

表示	$f_{直}=0$	$f_{直}=0.1$	$f_{直}=0.2$	$f_{直}=0.3$	$f_{直}=0.4$	$f_{直}=0.5$	$f_{直}=0.6$	$f_{直}=0.7$	$f_{直}=0.8$	$f_{直}=0.9$	$f_{直}=1$
$f_{均}$	$f_{操} + f_{均} + f_{直}$										
0	0.6	0.68	0.76	0.84	0.92	1	1.08	1.16	1.24	1.32	1.4
0.1	0.64	0.72	0.8	0.88	0.96	1.04	1.12	1.2	1.28	1.36	1.44
0.2	0.68	0.76	0.84	0.92	1	1.08	1.16	1.24	1.32	1.4	1.48
0.3	0.72	0.8	0.88	0.96	1.04	1.12	1.2	1.28	1.36	1.44	1.52
0.4	0.76	0.84	0.92	1	1.08	1.16	1.24	1.32	1.4	1.48	1.56
0.5	0.8	0.88	0.96	1.04	1.12	1.2	1.28	1.36	1.44	1.52	1.6
0.6	0.84	0.92	1	1.08	1.16	1.24	1.32	1.4	1.48	1.56	1.64
0.7	0.88	0.96	1.04	1.12	1.2	1.28	1.36	1.44	1.52	1.6	1.68
0.8	0.92	1	1.08	1.16	1.24	1.32	1.4	1.48	1.56	1.64	1.72
0.9	0.96	1.04	1.12	1.2	1.28	1.36	1.44	1.52	1.6	1.68	1.76
1	1	1.08	1.16	1.24	1.32	1.4	1.48	1.56	1.64	1.72	1.8

表 3.-4  $T (f_{操} + f_{均} + f_{直} - s)$

表示	$f_{直}=0$	$f_{直}=0.1$	$f_{直}=0.2$	$f_{直}=0.3$	$f_{直}=0.4$	$f_{直}=0.5$	$f_{直}=0.6$	$f_{直}=0.7$	$f_{直}=0.8$	$f_{直}=0.9$	$f_{直}=1$
$f_{均}$	$T = f_{操} + f_{均} + f_{直} - s$										
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

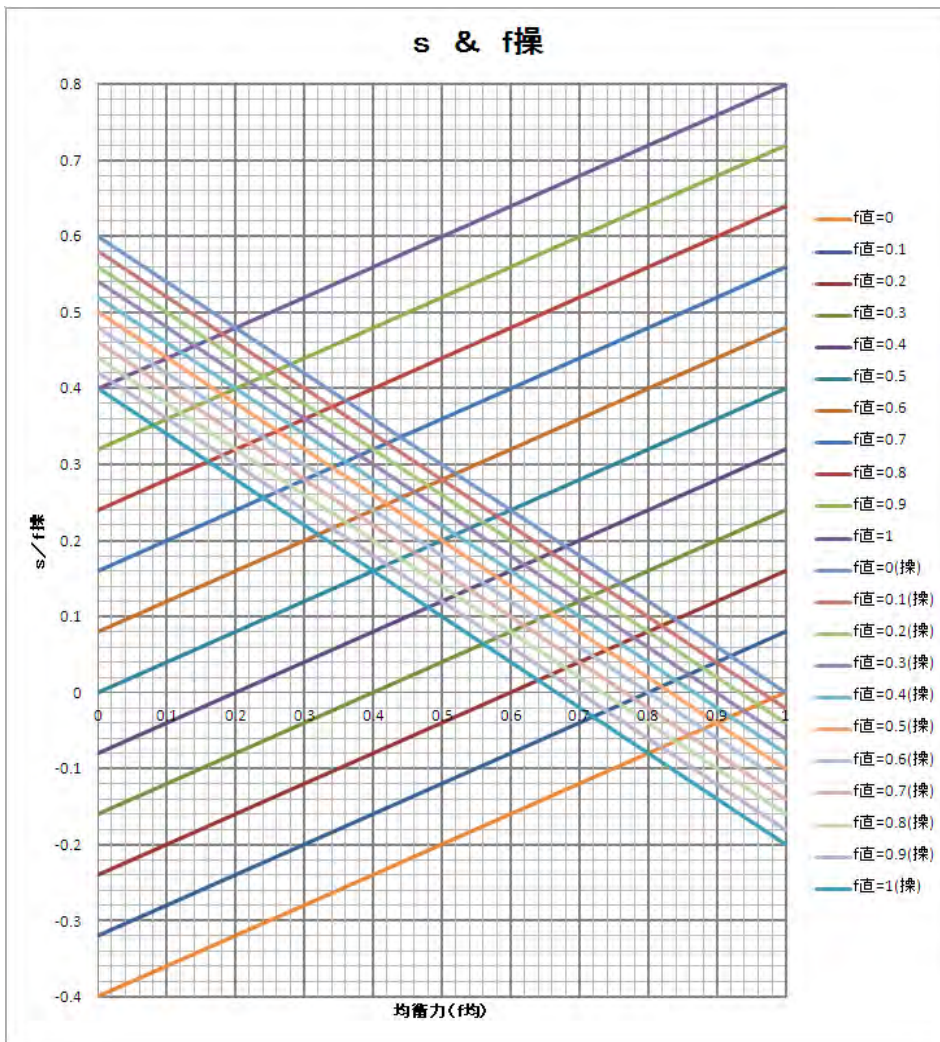
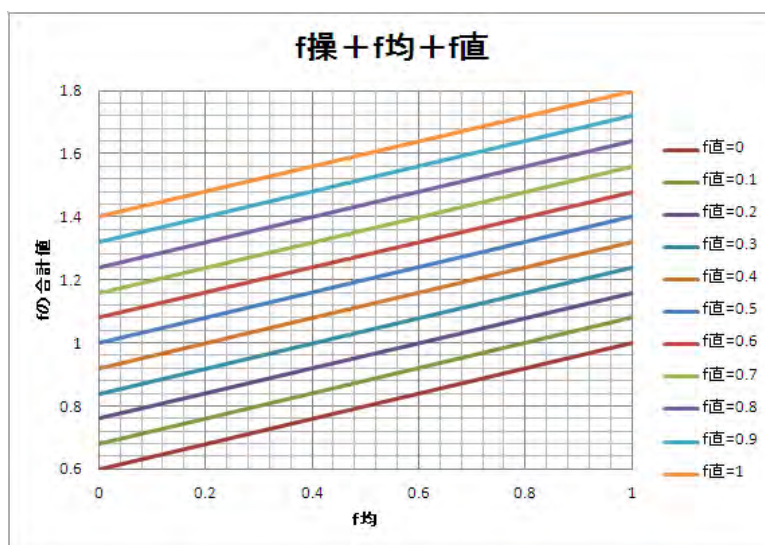


図 3.-2 引き力率 (  $s$  ) と操作浮力率 (  $f_{操}$  )



3.-3 浮力率合計 (  $f_{操} + f_{均} + f_{直}$  )

### 3.1.3 タンク容積

表 3.-5 はタンク浮力の試算テーブルである。計算テーブルに  $f_{直}$  と  $f_{均}$  を入力して  $f_{操}$  と  $s$  を算出し（式(3.-7)及び式(3.-8)使用）、これ等に扉体自重  $W$  を乗じて扉体作用力を算出する。シュウ荷重はスイング操作で着床して操作浮力が規定値より小さい時にシュウが支持する荷重、転覆安全率はその時の扉体転覆回避の安全率（引き力÷シュウ荷重）である。複数試算結果から浮力条件に近いケースを選択する。選択目安は下記の通り。

浮力選択条件：

引き力  $S$  が 3000tf 程度確保できる。

操作浮力が極端に大きくならない（注排水量を低く押さえない）。

操作浮力 = 0 の時に転覆安全率 2 以上が確保できる。

表 3.-5 タンク浮力試算テーブル

計算ケース			計算テーブル				扉体作用力(tf)					
名称	選択	番号	入力		結果		直立浮力 $F_{直}$	均衡浮力 $F_{均}$	操作浮力 $F_{操}$	引き力 $S$	シュウ荷重	転覆安全率
			$f_{直}$	$f_{均}$	$f_{操}$	$s$						
試算1	×	1	0.33	0.33	0.34	-0	2970	2970	3024	-36	3024	0.0
試算2	×	2	0.33	0.6	0.17	0.1	2970	5400	1566	936	1566	0.6
試算3	×	3	0.33	0.7	0.11	0.14	2970	6300	1026	1296	1026	1.3
試算4	×	4	0.5	0.7	0.08	0.28	4500	6300	720	2520	720	3.5
試算5	×	5	0.6	0.7	0.06	0.36	5400	6300	540	3240	540	6.0
試算6	○	6	0.6	0.6	0.12	0.32	5400	5400	1080	2880	1080	2.7
試算7	×	7	0.8	0.2	0.32	0.32	7200	1800	2880	2880	2880	1.0

表 3.-6 は各浮力タンクの容積の採用値を示す。水比重は 1 と仮定する。タンク高さを近似のラウンド値に置き換えたので容積値が若干変化した。但し、操作タンクはスイング操作時と沈設時に予備浮力が必要であり、採用容積は選択容積の 2 倍強とした。特に沈設時の予備浮力は復原力確保に不可欠である。その結果、スイング操作時の操作タンク注排水量は最小 1126 立米、最大 2200 立米となり、対応するシュウ荷重は最小 0、最大 1174tf となる。

表 3.-6 タンク採用容積

タンク名称	タンク高さ (m)	容量 (立米)
直立タンク	5.9	5408
均衡タンク	5.9	5408
操作タンク	2.4	2200

### 3.2 扉体作用力と扉体傾斜

表 3.-7 はゲートの各作業ステージに於ける扉体作用力と扉体傾斜角度を示す。本節でステージ毎の算出手順を詳細に示す。

表 3.-7 扉体作用力と扉体傾斜角度

ゲート作業ステージ	扉体作用力(tf)						扉体傾斜角(度)
	直立浮力 F直	均衡浮力 F均	操作浮力 F操	引き力 S	シュウ荷重	着床時転覆安全率	
スイング操作(移動時)	5408	5408	1074	2890	0	-	0.37
スイング操作(着床時)	5408	5408	1074	2890	1074	2.7	-
保守点検(移動時)	2200	4600	2200	0	0	-	2.08
保守点検(沈設時)	1800	5400	1800	0	0	-	0.13

#### 3.2.1 スイング操作

##### 3.2.1.1 移動時

###### 【直立浮力、均衡浮力】

表 3.-6 に示す値の転記。

###### 【操作浮力、引き力 S】

直立浮力と均衡浮力から  $f_{直}$  と  $f_{均}$  を逆算する。

表 3.-5 タンク浮力試算テーブルに  $f_{直}$  と  $f_{均}$  を入力し  $f_{操}$  と  $s$  を算出する。

$f_{操}$  と  $s$  に扉体自重  $W$  を乗じて操作浮力と引き力  $S$  を算出する。

###### 【シュウ荷重】

移動中であるからシュウに荷重は作用しない。

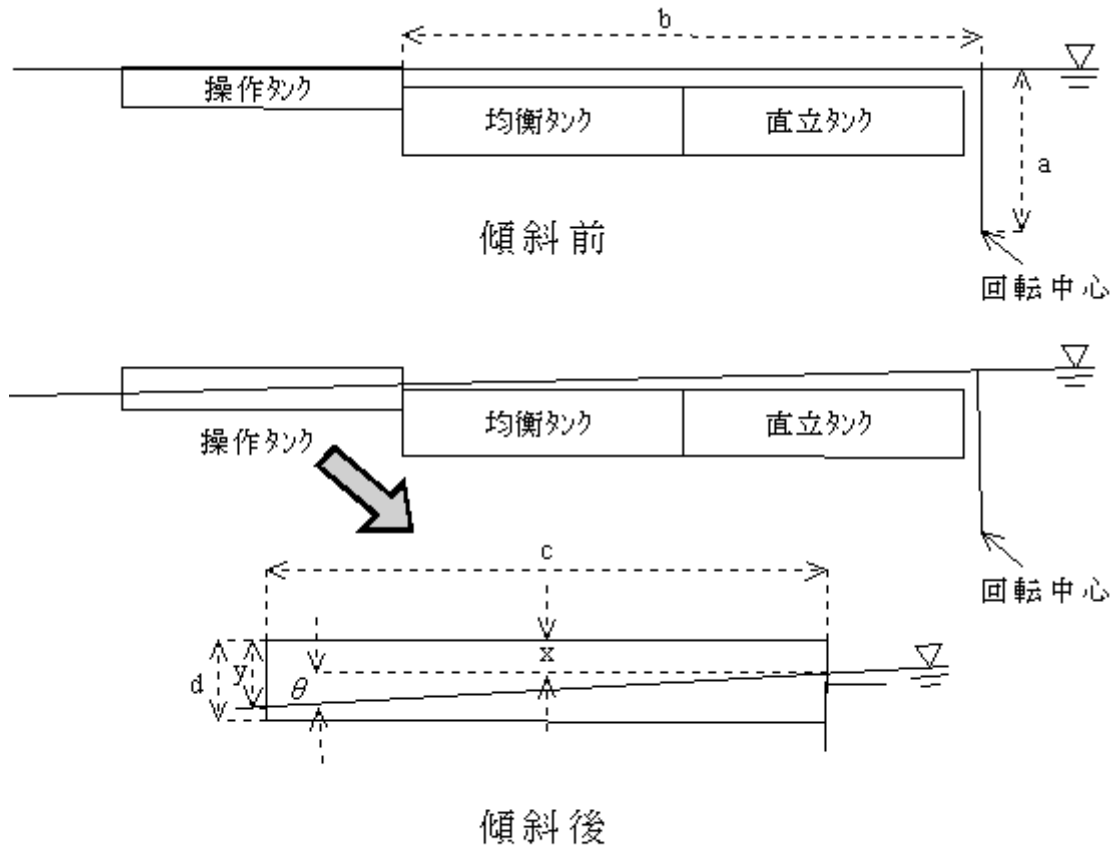
###### 【着床転覆安全率】

適用外。

###### 【傾斜角度】

図 3.-4 は構想設計の浮力タンクで、その配置と寸法記号を示す。

均衡タツクと直立タツクは常に水没、即ち、操作タツクの浮力で傾斜角が定まると仮定する。



## 浮力タンク配置

図 3.-4 浮力タンク配置図

傾斜角算出式の導出。水比重は 1 と仮定する。図より下記式が得られる。

$$x = bx - ax \tan(\theta) \quad bx - ax^2$$

$$y = (b + c) - ax \tan(\theta) \quad (b + c) - ax^2$$

操作タンクの浮力 =  $V = \{(d - x) + (d - y)\} \times l \times c \div 2$  但し、 $l$  はタンクの巾である。以上の 3 式から次の傾斜角算出式が得られる。

$$ax^2 - (c \div 2 + b) + d - V \div (c \times l) = 0 \quad \dots\dots (3.-10)$$

### 3.2.1.2 着床時

着床とは扉体非支持端が全閉位置で予備浮力を放出して海底に到着することである。

#### 【直立浮力、均衡浮力】

3.2.1.1 (移動時) と同一。

**【操作浮力、引き力 S】**

3.2.1.1 (移動時) と同一。

操作浮力は操作時の注水量 1126 立米に対応した値である (2200 立米注水時は 0)。

**【シュウ荷重】**

操作時の注水量 2200 立米に対応した値である (1126 立米注水時は 0)。

**【着床転覆安全率】**

安全率  $\text{引き力 } S \div \text{シュウ荷重}$

転倒モーメント  $\text{シュウ荷重} \times \text{シュウから重心迄の垂直距離}$

起立モーメント  $\text{引き力 } S \times S \text{作用点から重心迄の垂直距離}$

$\text{シュウから重心迄の垂直距離}$   $S \text{作用点から重心迄の垂直距離}$

**【傾斜角度】**

着床時の傾斜角は 0。

3.2.2 保守点検

3.2.2.1 移動時

**【直立浮力、均衡浮力】**

【傾斜角度】欄算出値の転記。

**【操作浮力、引き力 S】**

操作浮力は【傾斜角度】算出値の転記。

$S = 0$  は設定値。

**【シュウ荷重】**

移動中であるからシュウに荷重は作用しない。

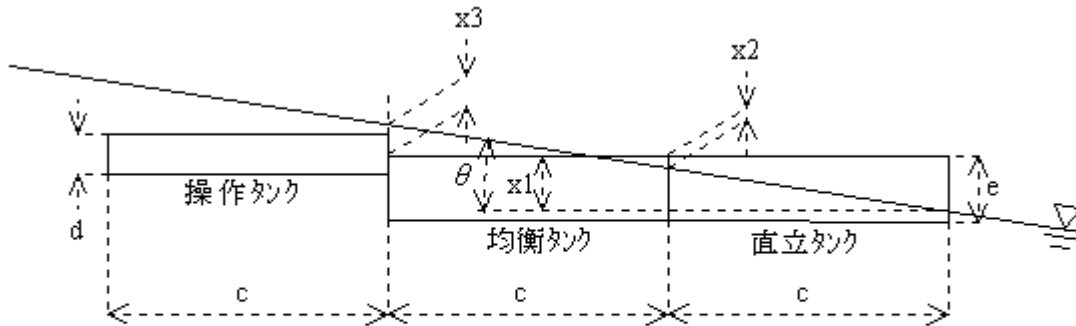
**【着床転覆安全率】**

適用外。

【傾斜角度】

図 3.-5 は構想設計の浮力タンクで、その配置と寸法記号を示す。

操作タンクは水没、即ち、直立タンクと均衡タンクの浮力で傾斜角が定まると仮定する。



### 浮力タンク配置

図 3.-5 浮力タンク配置図

タンク配置との適合条件：水比重は 1 と仮定する。図より下記の式が得られる。

$$F_{操} = d \times l \times c \quad \text{但し、} l \text{ はタンクの中である。}$$

$$F_{均} = \{ e - x_2^2 \div [ 2 ( x_2 - x_3 ) ] \} \times l \times c$$

$$F_{直} = \{ e - ( x_2 + x_1 ) \div 2 \} \times l \times c$$

$$x_2 = x_3 + c \times \sin( \theta )$$

$$x_1 = x_3 + 2 c \times \sin( \theta )$$

釣り合い条件：式(3.-1)は  $S = 0$  と置き、式(3.-2)はそのまま適用する。即ち、

$$F_{操} + F_{均} + F_{直} = W$$

$$F_{操} \times 5 + F_{均} \times 3 + F_{直} \times 1 = W \times 3$$

傾斜角算出式： 項及び 項の式で  $x_1$ 、 $x_2$ 、 $x_3$  を消去して次式が得られる。

$$( c \times \sin( \theta ) )^2 \div 4 - ( 3 d + 3 e - 2 W \div l \div c ) c \times \sin( \theta ) + ( e - d )^2 = 0 \dots (3.-11)$$

図 3.-6 は式(3.-11)の解を示す。操作タンク斜線部分の水面露出は図 3.-5 の想定と異なるが、この容積がタンク容量の 2.4% 程度であるので、この相違を無視する。



図 3.-6 式(3.-11)の解

タンク浮力：式(3.-11)の解を 項の式に代入し、下記の近似値が得られる。

操作浮力： $F_{操} = 2200\text{tf}$

均衡浮力； $F_{均} = 4600\text{tf}$

直立浮力： $F_{直} = 2200\text{tf}$

### 3.2.2.2 沈設時

沈設時とは端部支持キーのキー（扉体端）をキー受け（海底側）に挿入する為に扉体端を海底に沈めるステージである。

#### 【直立浮力、均衡浮力】

均衡浮力は設定値。

直立浮力はタンク浮力試算テーブル(表 3.-5)上でシミュレーションにより決定する。

シミュレーション目標値は引き力  $S = 0$ 。

#### 【操作浮力、引き力 $S$ 】

操作浮力は上記シミュレーションでの算出結果。

引き力  $S$  は上記シミュレーションの目標値。

図 3.-7(浮力タヅ配置図)が浮力分布と傾斜角算出に必要な寸法記号を示す。

端部支持キーセットアップステージでは直立タヅ注水量を増して引き力を  $M$  付  $S$  の値とする。

注水量 1800tf 時の直立浮力は 0 tf、操作浮力は 2160tf、引き力  $S$  は -1440tf である。

#### 【シュウ荷重】

シュウに荷重は作用しない。

#### 【着床転覆安全率】

適用外。

#### 【傾斜角度】

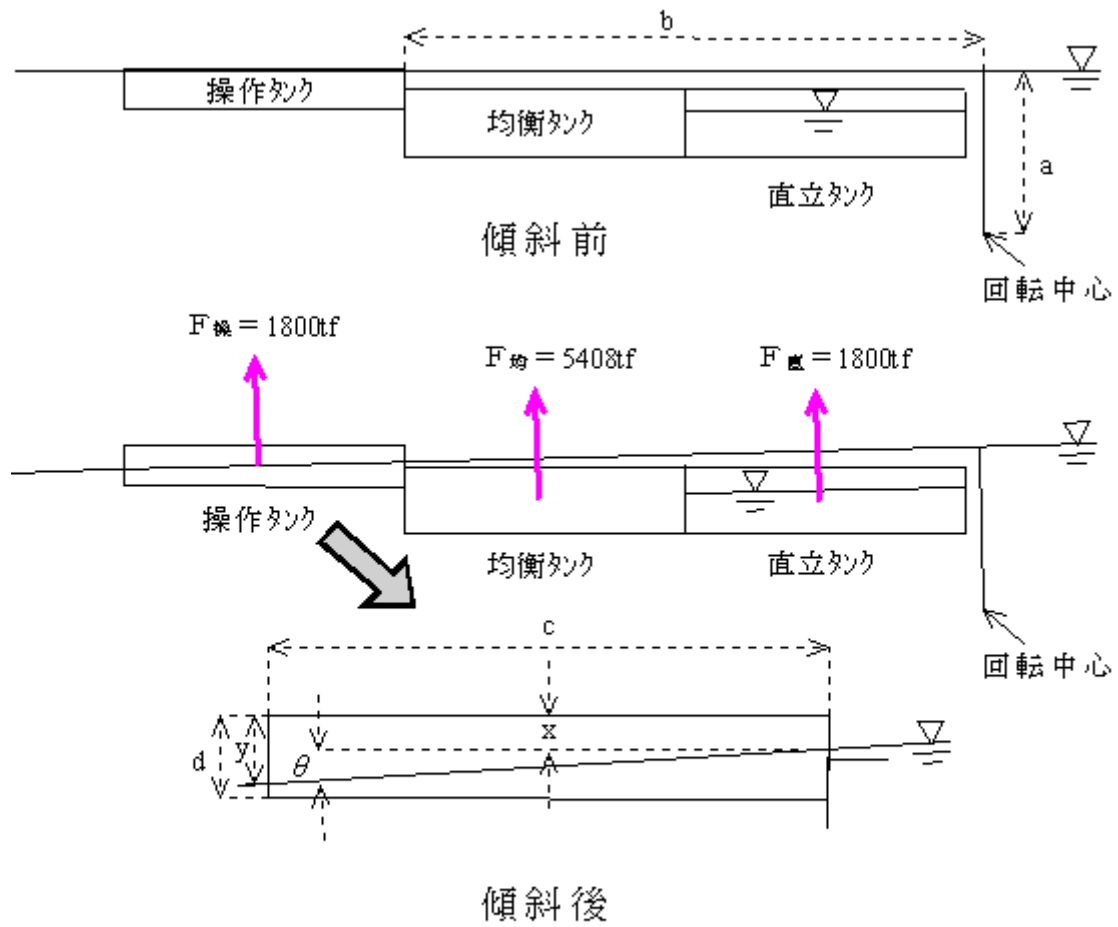
均衡タヅと直立タヅは常に水没、即ち、操作タヅの浮力で傾斜角が定まると仮定する。

直立浮力 1800tf 時の傾斜角度は、 $V = 1800$  立米として、式(3.-10)を解いて得られる。

上記の解は  $\theta = 0.13$  度、平均喫水は 44cm である。

直立浮力 0 tf 時の傾斜角度は、 $V = 2160$  立米として、式(3.-10)を解いて得られる。

上記の解は  $\theta = 0.013$  度、平均喫水は 4.4cm である。



## 浮力タンク配置

図 3.-7 浮力タンク配置図

#### 4 . 潮流利用開閉操作

前項迄は平水中の開閉操作を前提とした検討である。しかし、潮位変動、情報エラー、人的ミス、交通渋滞、設備故障、電源不良、その他の諸々の要因で開閉操作は潮流が存在する状態で行われることが多い。本項では潮流を積極的に利用する開閉操作の可能性について検討する。

##### 4 . 1 サイドスラストのコントロール可能限界（水位差 / 流速）

表 4.-1 は搭載するサイドスラストでコントロール可能な水位差と流速を示す。尚、ケース 5 は操作水位差 1 m（最多事例）に対応するもので、比較の為に示した。

表 4.-1 サイドスラストのコントロール限界

サイドスラスト				コントロール限界	
ケースNo.	推力tf	搭載台数	全推力tf	水位差cm	流速cm/s
1	40	1	40	2.2	66.0
2	50	1	50	2.8	73.8
3	40	2	80	4.4	93.3
4	50	2	100	5.6	104.3
5(比較値)	50	36	1800	100.0	442.7

##### 4 . 2 潮流利用操作の可能性

###### ( 1 ) 陸側潮位が高い状態での開操作（アイデア 1）

事前準備：1) 扉体全閉後に浮上防止装置をセットする。

2) 操作タンクに空気を注入して適量の浮力を与える。

海側水位が低下して陸側水圧が扉体を押す。

浮上防止装置が外れて扉体が浮上する。

陸側潮流に押されて扉体は全開する。

###### ( 2 ) 海側潮位が高い状態での閉操作（アイデア 2）

サイドスラストによる着床位置への移動。

操作浮力を設定値にセットして着床。

潮流力で移動（扉体先端速度 < 限界値を維持）。

備考： 1 ) サイドスラスタと操作浮力で減勢力調整。

全閉位置到着。

扉体先端位置の確認。

操作浮力吐き出し。

サイドスラスタ停止。

事後処置： 1) 浮上防止装置セット。

2) 操作タンクに空気を注入して適量の浮力を与える。

### ( 3 ) 可能性の考察

操作中の直立性は引き力の復原力で保つ<sup>2</sup>。

アイデア 1 の実現性：実現可能である。

アイデア 2 の実現性：実現可能である<sup>2</sup>。

但し、下記は各プロジェクト段階での実施事項である。

1) 模型も含めた実機実験。

2) 操作マニュアル作成。

---

2添付資料 1：扉体の傾斜角度

2 添付資料 2：扉体の衝撃力

## 5 . おわりに

以上の検討結果から下記の結論が得られた。

- ( 1 ) スイング式超大型掀り構造ゲートで大巾なコスト低減が可能と考えられる。
- ( 2 ) 扉体操作は浮力タンクと推力機械で行うことができる ( タグボートも有効 ) 。
- ( 3 ) 3 軸方向回転自由・移動拘束の引き力支持点で操作時扉体の直立性が保たれる。
- ( 4 ) 稼働時の扉体復原力は引き力により、保守点検時の復原力は船舶復原力理論に従う ( 沈設時がクリティカルである ) 。
- ( 5 ) 潮流を利用した開閉操作は可能である。