

斜め入射波に対する消波機能・構造諸元の評価について

設計課 課長 鬼頭孝明
係員 富田 健

1. 概要

下田港は古くから荒天時の船舶の避難場所として利用されてきた。昭和26年に避難港の指定を受け、補助事業で防波堤を整備したが避難泊地の不足により、昭和55年度に直轄による防波堤整備が採択され、昭和60年度に現地着手した。施工は防波堤（西）から進められ、平成10年度からは防波堤（東）の整備に入り、現在は開口部の整備を進めている段階である。

ここでは、防波堤（西）D-2区・E-1区を対象とした検討を行うものとする。



図-1.1 対象位置図

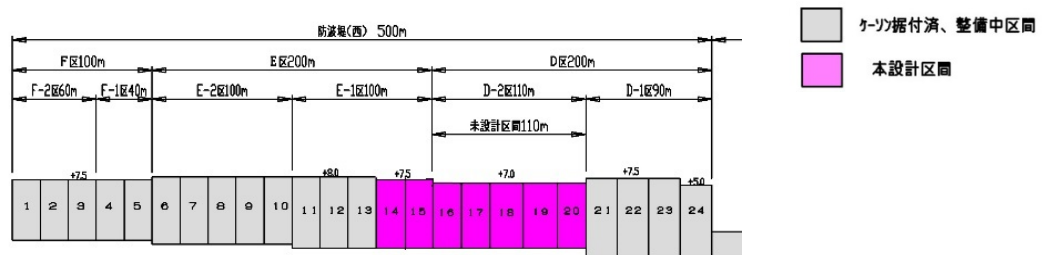


図-1.2 対象箇所縦断面図

2. 設計条件・課題

当該工区における潮位・波浪条件を表-2.1（E-1工区は省略）に示す。

以下に示す設計上の主な課題に対し、模型実験や数値シミュレーション等を踏まえ基本設計を実施した。

- ①入射角60度以上となる斜め入射波および堤頭部付近特有の沿い波に対する既設消波ブロック等の安定性
- ②既設消波ブロック被覆堤区間との消波不連続部における波力増大
- ③暫定断面時（施工時）の堤体安定性

表-2.1 潮位・波浪条件一覧

確率年		10年確率波		50年確率波	
潮位		H. W. L. +1.70m	L. W. L. ±0.00m	H. H. W. L. +2.20m	L. W. L. ±0.00m
波浪条件	波向 (m)	SSW			
	有義波高 $H_{1/3}$ (m)	6.5	6.1	7.9	7.3
	最高波高 H_{max} (m)	11.7	11.0	13.8	13.0
	周期 T (s)	15.9	15.9	17.3	17.3
	入射角 [*] β (°)	58.5	60.0	59.7	61.6
海底勾配		1/50			
原地盤水深		D. L. -32.2m ~ D. L. -22.1m			

※入射角は、波圧算定時の補正值ではなく、実際の入射角である。

3. 模型実験における評価

3.1 実験の概要

斜め入射や沿い波による消波ブロックの安定性および、消波不連続部における波高増大の程度を明らかにするため、潮位、波浪諸元、消波ブロック等諸元（重量及び種類、組み合わせ）、不連続部の位置（堤頭部から距離）等を変化させた複数ケースの模型実験を実施した。

(1) 共通条件

当所所有の平面波浪水槽を用いて、縮尺1/60の模型を作成し実験を行った。

ブロック安定実験は、単一方向不規則波を用い、スペクトル型は、ブレットシュナイダー・光易型を目標とした。波圧・波力実験は規則波を用いて実施した。

波向きはいずれも防波堤法線直角方向に対し61.6度で行い、1ケース当たりの作用波数は、不規則波1000波以上、1～3種類の波群を用いて実施した。

(2) 消波ブロック等の安定実験

消波ブロック等の被害状況は、目視及びデジタルカメラ画像による波作用前後の比較により把握した。なお、波作用中の状況は、ビデオカメラでも撮影した。

ブロックがほぼ1個分以上「移動」した状態を被害と定義し、被災度（又は被害率）により各実験ケースを評価した。

(3) 波圧・波力実験

不連続部の堤体直前面・背面に波高計を設置した上で、水位変動を時系列的に測定し、位相差の観点から回折波の影響を把握した。

ケーソン1函当たり19点に波圧計を設置（図-3.2）し、不連続部による衝撃砕波圧による波力増大の有無を確認した。

また、三分力計によりケーソン全体に作用する波力を測定し、回折波による影響を検討した。

連続部ケーソンの波圧計設置位置

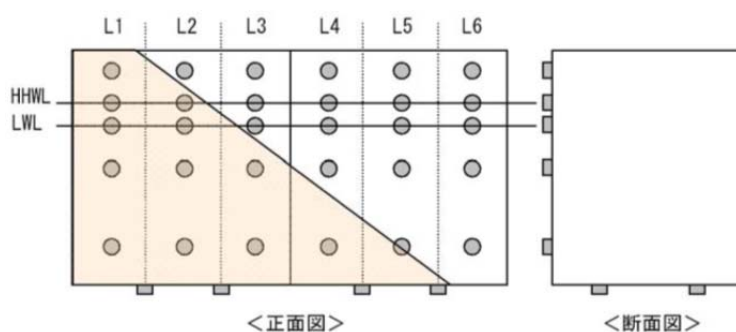


図-3.1 不連続部ケーソンの波圧計設置位置

3.2 実験結果

(1) 消波ブロックの被災特性に関する考察

① 防波堤への波の作用状況

図-3.2の実験画像より、防波堤への波の作用状況（1波）は以下のとおり考察される。

イ) 沖からの波がD-2区不連続部へ進入する。

ロ) 消波工不連続部に進入した波は沿い波と合成し、かつ高マウンド効果を発揮して、波高増大を起こし、下手の消波工天端に激しく衝突する。

ハ) 合成波は砕波しながら、消波工天端上を伝搬する。

ニ) 合成波は途中、15～16号函の段差部及び側面壁に衝突して、水塊が高く打ちあがり（写真④黄色○）、背面へ激しく打ち込む。

ホ) 伝搬した天端上の合成波は、砕波により下手に向けて徐々に減衰する。

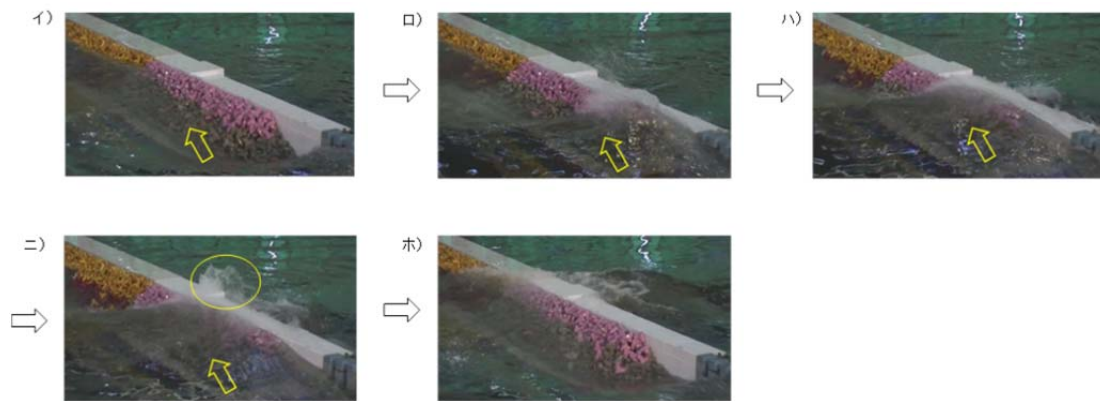


図-3.2 防波堤への波の作用状況 (D-2 区)

②不連続部における被災メカニズム

図-3.3 の実験画像より、不連続部から下手の消波ブロックは、以下のメカニズムで被害を受けていると推測される。

- イ) 不連続部で波高が高くなることにより、波力が増大して消波工天端に衝突するため、消波ブロック間のかみ合わせが崩れ、被害が発生する。
- ロ) 不連続部に衝突した波は、消波工天端上を砕波しながら下手に伝達するため、後方に支えのないブロックは、かみ合わせが崩れて下手方向に転落する。
- ハ) 併せて、引き波時の渦流でもかみ合わせが弱まったブロックは被害を受ける。

上記のとおり、不連続部及び下手の消波工天端付近のブロックは、「本来的なかみ合わせの弱さ」に加え、「沿い波と斜め入射波の合成、及び高マウンド効果により波高増大した波の衝突」と「斜め入射波に対し後方に支えがないこと」によって被害が拡大発生しており、通常の直角入射波とはまったく異なった被害メカニズムとなっている。

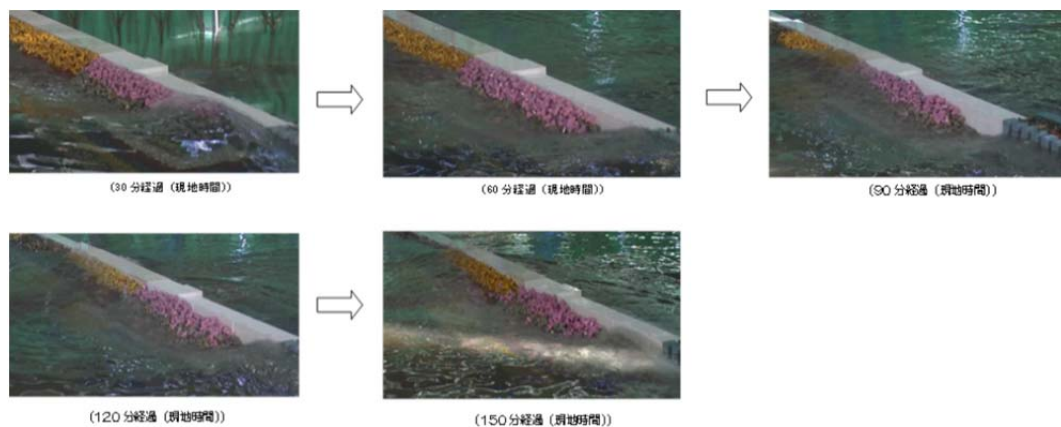


図-3.3 不連続部周辺の被害の進展状況

(2) 消波ブロックの違いによる安定特性

図-3.4 は、1号函を起点とした相対距離 (x/L) における防波堤前面の波高分布 (理論値, 実験値) と消波ブロックの被災度との関係を示したものである。

実験時の波高分布をみると、不連続部に当たる20号函付近で最も高く、その後、下手に向けて波高減衰するも傾向がみられる。これを島堤の理論値¹⁾に照らすと、20号函を除き、概ね、同様の形状を示している。

ここに、20号函前面の波高が高まった要因は、上手(24~21号函)からの発達した沿い波と斜め入射波と合成し

たこと、消波工不連続部が高マウンド効果を発揮したこと等によると考えられる。

次いで、被災度との関係を見ると、65 t ドロスⅡは波高の高い不連続部から 17 号函で 2.0 以上と非常に高く、その他の函でも許容値を大きく超える結果となっている。

目視観察によれば、波が 60 度以上の急角度で入射するため、上手より発達した「沿い波」が入射波と合成し、消波工天端上を碎波しながら下手側に進行する。下手側には消波ブロックを支えるケーソン壁がないため、消波工法肩部のブロックは下手側に転落することを確認している。

一部のケースで、下手の消波ブロックも大きな被害を受けているが、異なるブロックが隣接する箇所での段差や噛合わせなどの要因によるものと考えられ、擦り付け方法を工夫することによって安定性が確保されることが確認された。

以上のことより、80 t テトラ高比重、50 t ドロス、80 t ドロス及び 80 t テトラ高比重に隣接する 50 t テトラは、全体として安定的であることが分かった。

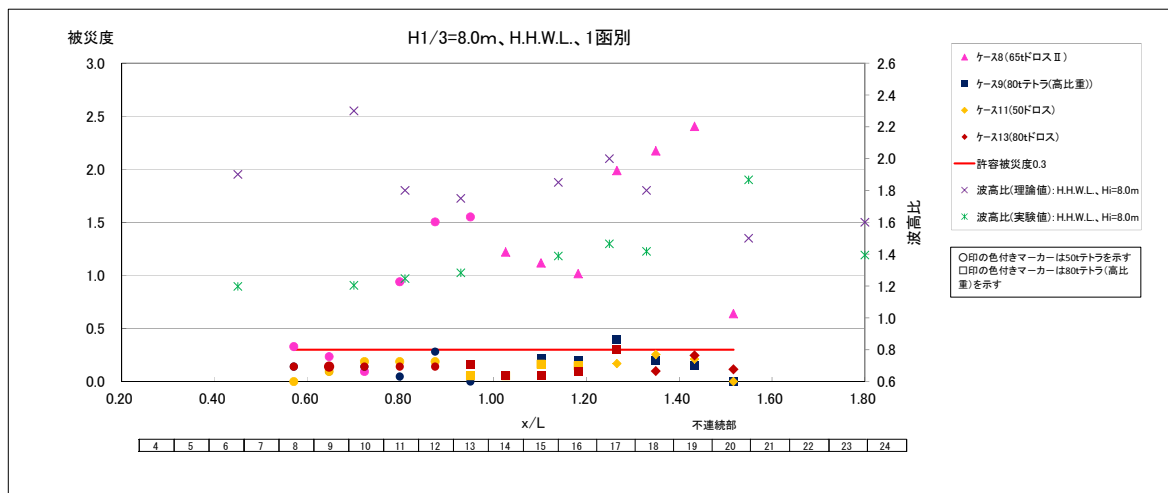


図-3.4 被災度の分布

(3) 相対質量の評価

実験結果より、不連続部における消波ブロックの相対質量（実験値/計算値）は表-3.1 のとおりとなる。

ハドソン式による計算質量の 2.7 倍が必要であり、入射波と反射波の合成波高 ($H_{1/3}$) の 1.4 倍の質量が必要となる。

表-3.1 相対質量の評価

波高 (m)	入射角 (°)	消波ブロック重量 (t)			安定評価	備考
		計算値①	実験値②			
8.0	61.6	36.24	65.2	65t 型ドロスⅡ	1.8	× 全域アウト
		33.97	91.0	80t 型テトラ高比重	2.7	○ グループ平均で安定
		18.71	50.1	50t 型ドロス	2.7	○ グループ平均で安定

※計算値：ハドソン式に基づく計算質量

ハドソン式（割増率 2.7 倍） →

ブロックの形状や材質、配置状況に依存する変数を $A = \frac{\rho_r}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \alpha}$ と置き換えると

$$M = 2.7 A H_{1/3}^3 = A \left(\sqrt[3]{2.7} H_{1/3} \right)^3 = A (1.39 H_{1/3})^3$$

したがって、 $H_{1/3}$ の約 1.4 倍の波高に対する安定質量が必要

（入射波[沖波]と沿い波[反射波]の影響と推測）

(4) 波圧・波力特性

実験より、不連続部における水深方向・防波堤法線平行方向の波圧の時系列特性、波圧比（合田式²に基づく計算値と実験値の比）特性などから、消波工不連続部における主な影響は以下のとおりである。

- ・ 上手側（堤頭部の消波ブロック不完全被覆部）においては、発生する沿い波と入射波による波高増大の影響を受ける。
- ・ 静水面付近においては、水位低下・碎波促進に伴う擾乱の激化や碎波水塊の衝突により、波圧が増大する。
- ・ 既往の研究³に示された「消波工が高マウンドの役割を果たし、衝撃碎波圧が発生する」との顕著な傾向は見られなかった。
- ・ 60度以上で波が入射する場合における波圧合力について、相対マウンド水深^{※1}（ d'/h ）と波圧合力比の関係が明らかになった。（基本設計において、図-3.5に示す高次近似式を用いる）

※1 ここに、 d' ：消波工不連続部の天端から静水面までの距離、 h ：設置水深

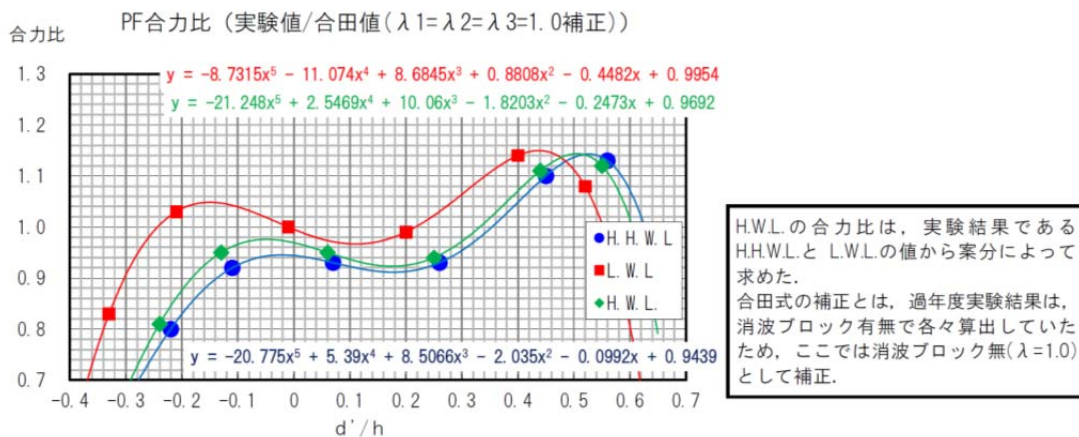


図-3.5 PF 合力比と相対マウンド水深の関係

4. 構造形式の選定・基本断面の検討

施工実績、現場の波浪条件、設置水深などから構造形式を一次抽出した上で、前述した設計条件・課題に留意し、消波ブロック被覆堤を選定した。

基本断面の検討では、RC ケーソン、HB ケーソン（それぞれ、中詰め材として、銅スラグ+水張り、砂、銅スラグ）の比較（表-4.1）を行い、HB ケーソン（銅スラグ）を最適断面として選定した。

なお、完成時に消波ブロック不連続部が発生する函については、図-3.5により波圧を算定し安定照査を行っている。上部工のパラペット幅を拡幅することにより安定性を確保した。

5. 事業実施上の留意事項

消波ブロック不連続部による施工時の堤体安定性が損なわれないように、既設消波ブロックの一次撤去や据付において、暫定天端高での施工や、新たに設置するケーソンの函割を含めて検討する必要がある。

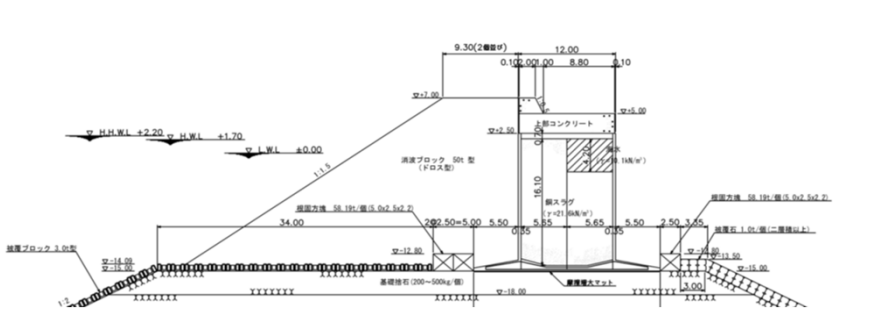
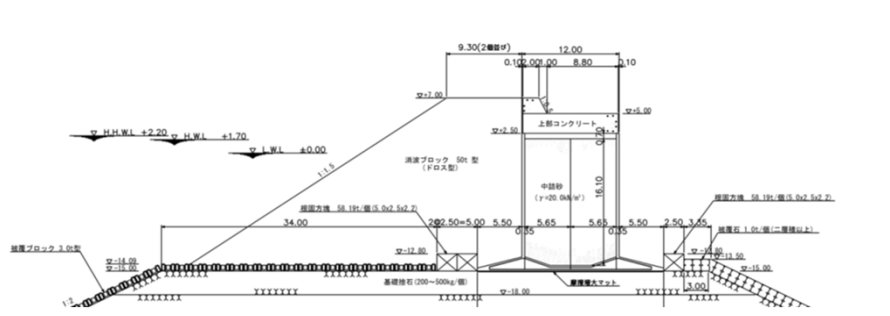
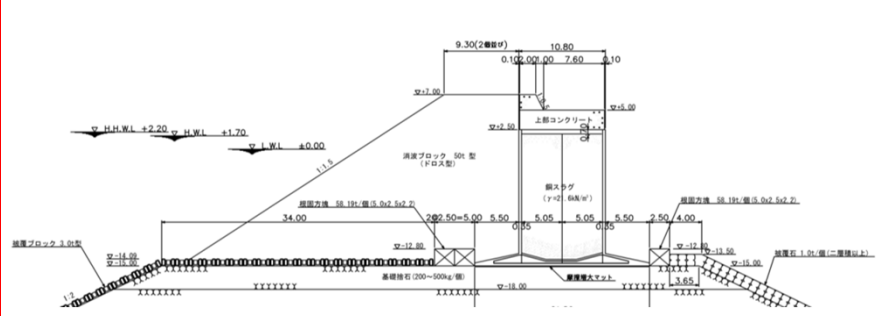
参考文献：

- 1) 港湾施設の技術上の基準・同解説 pp551～562.
- 2) 合田良実(1973)：防波堤の設計波圧に関する研究, 港湾技研報告, 第12巻 第3号, pp31～69. <港湾施設の技術上の基準・同解説 pp140>
- 3) 塩見雅樹ら(1994)：消波ブロック不連続部の波力増大による防波堤の被災とその対策に関する研究, 海岸工学論文集, 第41巻, pp791～795.

表-4.1 構造形式選定表 (1)

		RCケーソン案																									
中詰材	銅スラグ+水張	銅スラグ						砂																			
マット	アスファルトマット ($\mu=0.80$)	ゴム系マット ($\mu=0.75$)						ゴム系マット ($\mu=0.75$)																			
断面図																											
概算工事費	構成比						構成比						構成比														
	堤体幅 (m)	基礎工	被覆・根固工	本体内		消波工	合計 (採用案を1.0とする)	堤体幅 (m)	基礎工	被覆・根固工	本体内		消波工	合計 (採用案を1.0とする)	堤体幅 (m)	基礎工	被覆・根固工	本体内		消波工	合計 (採用案を1.0とする)						
	15.40	33.4%	5.2%	35.0%	1.2%	25.1%	1.102	15.10	34.7%	5.4%	32.0%	2.3%	25.7%	1.077	15.60	34.5%	5.3%	32.4%	2.0%	25.7%	1.078						
安定性照査結果	検討状態						検討状態						検討状態														
	引波時	引波時	押波時	引波時	押波時	永続時	引波時	引波時	押波時	引波時	押波時	永続時	引波時	引波時	押波時	引波時	押波時	永続時	引波時	押波時	永続時						
	2.879 \geq 1.0	3.654 \geq 1.0	1.009 \geq 1.0	1.192 \geq 1.0	2.788 \geq 1.0	3.741 \geq 1.0	1.006 \geq 1.0	1.247 \geq 1.0	-	3.374 \geq 1.0	4.235 \geq 1.0	1.267 \geq 1.0	1.464 \geq 1.0	3.254 \geq 1.0	4.305 \geq 1.0	1.258 \geq 1.0	1.516 \geq 1.0	-	3.219 \geq 1.0	4.055 \geq 1.0	1.183 \geq 1.0	1.376 \geq 1.0	3.106 \geq 1.0	4.128 \geq 1.0	1.174 \geq 1.0	1.428 \geq 1.0	-
	4.712 \geq 1.0	6.788 \geq 1.0	1.375 \geq 1.0	1.666 \geq 1.0	4.503 \geq 1.0	7.143 \geq 1.0	1.312 \geq 1.0	1.683 \geq 1.0	-	6.654 \geq 1.0	9.408 \geq 1.0	1.660 \geq 1.0	1.983 \geq 1.0	6.373 \geq 1.0	9.863 \geq 1.0	1.575 \geq 1.0	1.987 \geq 1.0	-	6.600 \geq 1.0	9.358 \geq 1.0	1.530 \geq 1.0	1.848 \geq 1.0	6.185 \geq 1.0	9.622 \geq 1.0	1.498 \geq 1.0	1.908 \geq 1.0	-
	2.069 \geq 1.0	2.284 \geq 1.0	1.199 \geq 1.0	1.377 \geq 1.0	1.975 \geq 1.0	2.222 \geq 1.0	1.176 \geq 1.0	1.415 \geq 1.0	-	3.103 \geq 1.0	2.434 \geq 1.0	1.357 \geq 1.0	1.504 \geq 1.0	2.181 \geq 1.0	2.363 \geq 1.0	1.327 \geq 1.0	1.524 \geq 1.0	-	2.345 \geq 1.0	2.525 \geq 1.0	1.301 \geq 1.0	1.461 \geq 1.0	2.212 \geq 1.0	2.412 \geq 1.0	1.295 \geq 1.0	1.507 \geq 1.0	-
	393.2	379.3	479.9	420.6	434	413	726.1	501.5	-	379.3	366.1	567.2	522.7	420	399	728	592.1	-	345	332.4	582.8	521.1	399	728.1	569.5	-	
	-	-	-	-	-	-	-	1.017 \geq 1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	1.013 \geq 1.0	-	-	-	-	-	-	-	1.037 \geq 1.0	-	
	-	-	-	-	-	-	-	1.849 \geq 1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	1.734 \geq 1.0	-	-	-	-	-	-	-	1.770 \geq 1.0	-	
ケーソン諸元	1) ケーソン諸元 函長 L=25.0m ケーソン重量 4,720t(320tバラスト) 2) 浮体安定性 吃水 d=12.49m GM=0.67 > 0.05d=0.63m 3) 外壁 800mm, 隔壁 400mm(偏土圧作用のため, 一般的な外壁厚さと同様)						1) ケーソン諸元 函長 L=25.0m ケーソン重量 3,650t(707tバラスト) 2) 浮体安定性 吃水 d=11.01m GM=0.90 > 0.05d=0.55m 3) 港外側外壁 800mm, 港内側外壁 400mm, 隔壁 200mm						1) ケーソン諸元 函長 L=25.0m ケーソン重量 3,710t(715tバラスト) 2) 浮体安定性 吃水 d=11.05m GM=0.969 > 0.05d=0.54m 3) 港外側外壁 800mm, 港内側外壁 400mm, 隔壁 200mm														
特徴	《設計》 ・水張で, バラストの設置が制限されるため, 左右対称とした断面である。 ・バラストは, 中央隔壁部に投入する。						《設計》 ・端指圧の観点から, 堤体幅を狭くすることが不可						《設計》 ・同左														
施工性	《施工》 1) 躯体製作 下田港内の7000t級FDでコンクリート打設 2) 進水・据付 進水 : ケーソン製作用台船方式 FD方式鋼1300~7000t積 据付 : ウインチ方式 4500t~5500t未満B起重機船引船併用方式						《施工》 1) 躯体製作 下田港内でコンクリート打設 (7000t級FD×2サイクル(25m函), 4000t級FD×2サイクル(20m函)) 2) 進水・据付 進水 : ケーソン製作用台船方式 FD方式鋼1300~7000t積 据付 : ウインチ方式 3500t~4500t未満B起重機船引船併用方式						《施工》 ・同左														
総合評価	6						4						5														

表-4.1 構造形式選定表 (2)

		HBケーソン案																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
中詰材	銅スラグ+水張	砂					銅スラグ																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
マット	アスファルトマット ($\mu=0.80$)	アスファルトマット ($\mu=0.80$)					アスファルトマット ($\mu=0.80$)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
断面図																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
概算工事費	構成比						構成比						構成比																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
	堤体幅 (m)	基礎工	被覆・根固工	本体内		消波工	合計 (採用案を1.0とする)	堤体幅 (m)	基礎工	被覆・根固工	本体内		消波工	合計 (採用案を1.0とする)	堤体幅 (m)	基礎工	被覆・根固工	本体内		消波工	合計 (採用案を1.0とする)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
	12.00	31.1%	5.3%	34.2%	2.0%	27.3%	1.014	12.00	31.1%	5.3%	34.2%	2.0%	27.3%	1.014	10.80	31.4%	5.4%	33.4%	2.0%	27.7%	1.000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
安定性照査結果	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">検討状態</th> <th colspan="10">施工時</th> <th rowspan="2">永続時</th> </tr> <tr> <th colspan="2">引波時</th> <th colspan="2">押波時</th> <th colspan="2">引波時</th> <th colspan="2">押波時</th> <th colspan="2">引波時</th> <th colspan="2">押波時</th> </tr> <tr> <th>潮位</th> <th>H.WL</th> <th>L.WL</th> <th>H.WL</th> <th>L.WL</th> <th>H.WL</th> <th>L.WL</th> <th>H.WL</th> <th>L.WL</th> <th>H.WL</th> <th>L.WL</th> <th>H.WL</th> <th>L.WL</th> <th>-</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>滑動</td> <td>2.696\geq1.0</td> <td>3.388\geq1.0</td> <td>1.004\geq1.0</td> <td>1.163\geq1.0</td> <td>2.623\geq1.0</td> <td>3.474\geq1.0</td> <td>1.008\geq1.0</td> <td>1.217\geq1.0</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>転倒</td> <td>6.124\geq1.0</td> <td>8.667\geq1.0</td> <td>1.583\geq1.0</td> <td>1.890\geq1.0</td> <td>5.937\geq1.0</td> <td>9.195\geq1.0</td> <td>1.509\geq1.0</td> <td>1.900\geq1.0</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>基礎の支持力</td> <td>2.612\geq1.0</td> <td>2.935\geq1.0</td> <td>1.118\geq1.0</td> <td>1.245\geq1.0</td> <td>2.523\geq1.0</td> <td>2.884\geq1.0</td> <td>1.093\geq1.0</td> <td>1.262\geq1.0</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>底面反力(kN/m²)</td> <td>236.9</td> <td>227.8</td> <td>346.3</td> <td>316.5</td> <td>260.9</td> <td>247.3</td> <td>461.2</td> <td>365.7</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>円弧すべり</td> <td colspan="2">港内側</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>1.035\geq1.0</td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2">港外側</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>1.946\geq1.0</td> </tr> <tr> <td>L1地震動</td> <td colspan="12">省略</td> </tr> </tbody> </table>											検討状態	施工時										永続時	引波時		押波時		引波時		押波時		引波時		押波時		潮位	H.WL	L.WL	H.WL	L.WL	H.WL	L.WL	H.WL	L.WL	H.WL	L.WL	H.WL	L.WL	-	滑動	2.696 \geq 1.0	3.388 \geq 1.0	1.004 \geq 1.0	1.163 \geq 1.0	2.623 \geq 1.0	3.474 \geq 1.0	1.008 \geq 1.0	1.217 \geq 1.0	-	-	-	-	-	転倒	6.124 \geq 1.0	8.667 \geq 1.0	1.583 \geq 1.0	1.890 \geq 1.0	5.937 \geq 1.0	9.195 \geq 1.0	1.509 \geq 1.0	1.900 \geq 1.0	-	-	-	-	-	基礎の支持力	2.612 \geq 1.0	2.935 \geq 1.0	1.118 \geq 1.0	1.245 \geq 1.0	2.523 \geq 1.0	2.884 \geq 1.0	1.093 \geq 1.0	1.262 \geq 1.0	-	-	-	-	-	底面反力(kN/m ²)	236.9	227.8	346.3	316.5	260.9	247.3	461.2	365.7	-	-	-	-	-	円弧すべり	港内側		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.035 \geq 1.0		港外側		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.946 \geq 1.0	L1地震動	省略												<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">検討状態</th> <th colspan="10">施工時</th> <th rowspan="2">永続時</th> </tr> <tr> <th colspan="2">引波時</th> <th colspan="2">押波時</th> <th colspan="2">引波時</th> <th colspan="2">押波時</th> <th colspan="2">引波時</th> <th colspan="2">押波時</th> </tr> <tr> <th>潮位</th> <th>H.WL</th> <th>L.WL</th> <th>H.WL</th> <th>L.WL</th> <th>H.WL</th> <th>L.WL</th> <th>H.WL</th> <th>L.WL</th> <th>H.WL</th> <th>L.WL</th> <th>H.WL</th> <th>L.WL</th> <th>-</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>滑動</td> <td>2.697\geq1.0</td> <td>3.390\geq1.0</td> <td>1.005\geq1.0</td> <td>1.164\geq1.0</td> <td>2.624\geq1.0</td> <td>3.476\geq1.0</td> <td>1.008\geq1.0</td> <td>1.218\geq1.0</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>転倒</td> <td>6.247\geq1.0</td> <td>8.833\geq1.0</td> <td>1.545\geq1.0</td> <td>1.848\geq1.0</td> <td>6.056\geq1.0</td> <td>9.367\geq1.0</td> <td>1.473\geq1.0</td> <td>1.860\geq1.0</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>基礎の支持力</td> <td>2.648\geq1.0</td> <td>2.975\geq1.0</td> <td>1.101\geq1.0</td> <td>1.228\geq1.0</td> <td>2.562\geq1.0</td> <td>2.928\geq1.0</td> <td>1.083\geq1.0</td> <td>1.245\geq1.0</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>底面反力(kN/m²)</td> <td>228.2</td> <td>219.1</td> <td>365.2</td> <td>329.9</td> <td>252.3</td> <td>238.5</td> <td>495.2</td> <td>383.3</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>円弧すべり</td> <td colspan="2">港内側</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>1.035\geq1.0</td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2">港外側</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>1.946\geq1.0</td> </tr> <tr> <td>L1地震動</td> <td colspan="12">省略</td> </tr> </tbody> </table>											検討状態	施工時										永続時	引波時		押波時		引波時		押波時		引波時		押波時		潮位	H.WL	L.WL	H.WL	L.WL	H.WL	L.WL	H.WL	L.WL	H.WL	L.WL	H.WL	L.WL	-	滑動	2.697 \geq 1.0	3.390 \geq 1.0	1.005 \geq 1.0	1.164 \geq 1.0	2.624 \geq 1.0	3.476 \geq 1.0	1.008 \geq 1.0	1.218 \geq 1.0	-	-	-	-	-	転倒	6.247 \geq 1.0	8.833 \geq 1.0	1.545 \geq 1.0	1.848 \geq 1.0	6.056 \geq 1.0	9.367 \geq 1.0	1.473 \geq 1.0	1.860 \geq 1.0	-	-	-	-	-	基礎の支持力	2.648 \geq 1.0	2.975 \geq 1.0	1.101 \geq 1.0	1.228 \geq 1.0	2.562 \geq 1.0	2.928 \geq 1.0	1.083 \geq 1.0	1.245 \geq 1.0	-	-	-	-	-	底面反力(kN/m ²)	228.2	219.1	365.2	329.9	252.3	238.5	495.2	383.3	-	-	-	-	-	円弧すべり	港内側		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.035 \geq 1.0		港外側		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.946 \geq 1.0	L1地震動	省略												<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">検討状態</th> <th colspan="10">施工時</th> <th rowspan="2">永続時</th> </tr> <tr> <th colspan="2">引波時</th> <th colspan="2">押波時</th> <th colspan="2">引波時</th> <th colspan="2">押波時</th> <th colspan="2">引波時</th> <th colspan="2">押波時</th> </tr> <tr> <th>潮位</th> <th>H.WL</th> <th>L.WL</th> <th>H.WL</th> <th>L.WL</th> <th>H.WL</th> <th>L.WL</th> <th>H.WL</th> <th>L.WL</th> <th>H.WL</th> <th>L.WL</th> <th>H.WL</th> <th>L.WL</th> <th>-</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>滑動</td> <td>2.630\geq1.0</td> <td>3.299\geq1.0</td> <td>1.004\geq1.0</td> <td>1.154\geq1.0</td> <td>2.568\geq1.0</td> <td>3.384\geq1.0</td> <td>1.010\geq1.0</td> <td>1.209\geq1.0</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>転倒</td> <td>5.781\geq1.0</td> <td>8.158\geq1.0</td> <td>1.474\geq1.0</td> <td>1.748\geq1.0</td> <td>5.631\geq1.0</td> <td>8.662\geq1.0</td> <td>1.407\geq1.0</td> <td>1.758\geq1.0</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>基礎の支持力</td> <td>2.548\geq1.0</td> <td>2.865\geq1.0</td> <td>1.089\geq1.0</td> <td>1.212\geq1.0</td> <td>2.459\geq1.0</td> <td>2.812\geq1.0</td> <td>1.060\geq1.0</td> <td>1.224\geq1.0</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>底面反力(kN/m²)</td> <td>239.4</td> <td>228.2</td> <td>409.4</td> <td>362.5</td> <td>265.2</td> <td>248.3</td> <td>577.7</td> <td>428.6</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>円弧すべり</td> <td colspan="2">港内側</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>1.031\geq1.0</td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2">港外側</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>1.848\geq1.0</td> </tr> <tr> <td>L1地震動</td> <td colspan="12">省略</td> </tr> </tbody> </table>											検討状態	施工時										永続時	引波時		押波時		引波時		押波時		引波時		押波時		潮位	H.WL	L.WL	H.WL	L.WL	H.WL	L.WL	H.WL	L.WL	H.WL	L.WL	H.WL	L.WL	-	滑動	2.630 \geq 1.0	3.299 \geq 1.0	1.004 \geq 1.0	1.154 \geq 1.0	2.568 \geq 1.0	3.384 \geq 1.0	1.010 \geq 1.0	1.209 \geq 1.0	-	-	-	-	-	転倒	5.781 \geq 1.0	8.158 \geq 1.0	1.474 \geq 1.0	1.748 \geq 1.0	5.631 \geq 1.0	8.662 \geq 1.0	1.407 \geq 1.0	1.758 \geq 1.0	-	-	-	-	-	基礎の支持力	2.548 \geq 1.0	2.865 \geq 1.0	1.089 \geq 1.0	1.212 \geq 1.0	2.459 \geq 1.0	2.812 \geq 1.0	1.060 \geq 1.0	1.224 \geq 1.0	-	-	-	-	-	底面反力(kN/m ²)	239.4	228.2	409.4	362.5	265.2	248.3	577.7	428.6	-	-	-	-	-	円弧すべり	港内側		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.031 \geq 1.0		港外側		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.848 \geq 1.0	L1地震動	省略											
	検討状態	施工時											永続時																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
引波時		押波時		引波時		押波時		引波時		押波時																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
潮位	H.WL	L.WL	H.WL	L.WL	H.WL	L.WL	H.WL	L.WL	H.WL	L.WL	H.WL	L.WL	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
滑動	2.696 \geq 1.0	3.388 \geq 1.0	1.004 \geq 1.0	1.163 \geq 1.0	2.623 \geq 1.0	3.474 \geq 1.0	1.008 \geq 1.0	1.217 \geq 1.0	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
転倒	6.124 \geq 1.0	8.667 \geq 1.0	1.583 \geq 1.0	1.890 \geq 1.0	5.937 \geq 1.0	9.195 \geq 1.0	1.509 \geq 1.0	1.900 \geq 1.0	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
基礎の支持力	2.612 \geq 1.0	2.935 \geq 1.0	1.118 \geq 1.0	1.245 \geq 1.0	2.523 \geq 1.0	2.884 \geq 1.0	1.093 \geq 1.0	1.262 \geq 1.0	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
底面反力(kN/m ²)	236.9	227.8	346.3	316.5	260.9	247.3	461.2	365.7	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
円弧すべり	港内側		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.035 \geq 1.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
	港外側		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.946 \geq 1.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
L1地震動	省略																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
検討状態	施工時										永続時																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
	引波時		押波時		引波時		押波時		引波時			押波時																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
潮位	H.WL	L.WL	H.WL	L.WL	H.WL	L.WL	H.WL	L.WL	H.WL	L.WL	H.WL	L.WL	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
滑動	2.697 \geq 1.0	3.390 \geq 1.0	1.005 \geq 1.0	1.164 \geq 1.0	2.624 \geq 1.0	3.476 \geq 1.0	1.008 \geq 1.0	1.218 \geq 1.0	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
転倒	6.247 \geq 1.0	8.833 \geq 1.0	1.545 \geq 1.0	1.848 \geq 1.0	6.056 \geq 1.0	9.367 \geq 1.0	1.473 \geq 1.0	1.860 \geq 1.0	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
基礎の支持力	2.648 \geq 1.0	2.975 \geq 1.0	1.101 \geq 1.0	1.228 \geq 1.0	2.562 \geq 1.0	2.928 \geq 1.0	1.083 \geq 1.0	1.245 \geq 1.0	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
底面反力(kN/m ²)	228.2	219.1	365.2	329.9	252.3	238.5	495.2	383.3	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
円弧すべり	港内側		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.035 \geq 1.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
	港外側		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.946 \geq 1.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
L1地震動	省略																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
検討状態	施工時										永続時																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
	引波時		押波時		引波時		押波時		引波時			押波時																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
潮位	H.WL	L.WL	H.WL	L.WL	H.WL	L.WL	H.WL	L.WL	H.WL	L.WL	H.WL	L.WL	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
滑動	2.630 \geq 1.0	3.299 \geq 1.0	1.004 \geq 1.0	1.154 \geq 1.0	2.568 \geq 1.0	3.384 \geq 1.0	1.010 \geq 1.0	1.209 \geq 1.0	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
転倒	5.781 \geq 1.0	8.158 \geq 1.0	1.474 \geq 1.0	1.748 \geq 1.0	5.631 \geq 1.0	8.662 \geq 1.0	1.407 \geq 1.0	1.758 \geq 1.0	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
基礎の支持力	2.548 \geq 1.0	2.865 \geq 1.0	1.089 \geq 1.0	1.212 \geq 1.0	2.459 \geq 1.0	2.812 \geq 1.0	1.060 \geq 1.0	1.224 \geq 1.0	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
底面反力(kN/m ²)	239.4	228.2	409.4	362.5	265.2	248.3	577.7	428.6	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
円弧すべり	港内側		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.031 \geq 1.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
	港外側		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.848 \geq 1.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
L1地震動	省略																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
ケーソン諸元	1) ケーソン諸元 函長 L=45.0m ケーソン重量 4,470t(76tバラスト) 2) 浮体安定性 吃水 d=7.28m GM=0.394 > 0.05d=0.36m 3) 外壁 350mm						1) ケーソン諸元 函長 L=45.0m ケーソン重量 4,700t(0tバラスト) 2) 浮体安定性 吃水 d=7.46m GM=0.505 > 0.05d=0.37m 3) 外壁 350mm						1) ケーソン諸元 函長 L=45.0m ケーソン重量 4,540t(109tバラスト) 2) 浮体安定性 吃水 d=8.18m GM=0.493 > 0.05d=0.41m 3) 外壁 350mm																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
特徴	《設計》 ・フーチングを最大5.5m張出し、端指圧を緩和。 また、摩擦増大マットを用いることで、堤体幅、基礎捨石を低減可。						《設計》 ・同左						《設計》 ・同左																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
施工性	《施工》 1)鋼殻製作 近傍の鋼殻製作工場で作成し、下田港まで海上輸送を想定 2)躯体製作 下田港内の7000t級FDに鋼殻搭載し、コンクリート打設 3)進水・据付 進水 : ケーソン製作用台船方式 FD方式鋼1300~7000t積 据付 : ウインチ方式 4500t~5500t未満B起重機船引船併用方式						《施工》 ・同左						《施工》 ・同左																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
総合評価	3						2						1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									