

3. 7 重力式防波堤（斜面型ケーソン堤）

斜面型ケーソン堤は、特殊な形状のケーソンを用いる異形ケーソン堤の1つで、水平波力を小さくすると同時に、斜面壁に作用する波力を堤体の安定に利用する防波堤である。斜面型ケーソン堤の性能照査は、混成堤に準じて3. 1. 4 性能照査による他、以下を参照することができる。

3. 7. 1 性能照査の基本

- (1) 斜面型ケーソン堤は、波の伝達特性等を十分調査して適切な形状を選定し、必要に応じて、水理模型実験を行って性能照査を行うことが望ましい。
- (2) 斜面型ケーソン堤では、一般に静水面より上を斜面とするが、斜面下端が静水面よりも下にある半没水型とすることにより、波力をさらに低減することができる⁵⁰⁾。
- (3) ケーソン前面の直立部分を消波ブロックで被覆する場合は、消波ブロックの天端高によっては衝撃砕波圧の発生につながることもある。また、消波ブロックが静水面までしかないため、ブロックの安定性には特に注意する必要がある⁵¹⁾。
- (4) 斜面型ケーソン堤の断面の例を図-3.7.1に示す。

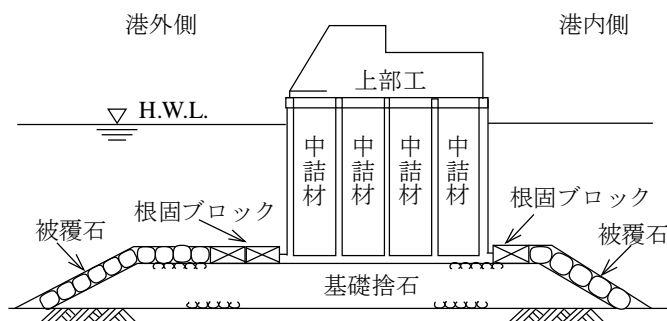


図-3.7.1 斜面型ケーソン堤の断面の例

3. 7. 2 作用

- (1) 斜面型ケーソン堤に作用する波力は、水理模型実験によって定めることが望ましいが、これによるのが困難な場合には、第3編第2章4. 7. 2 (6) 上部斜面ケーソン堤に作用する波力を参照することができる。
- (2) 消波ブロックで被覆した斜面型ケーソン堤の消波性能の照査に用いる波の条件は、消波の目的及び波浪条件に応じて、施設の安定性の性能照査及び構造部材の性能照査に用いる波の条件とは別に定めることができる。
- (3) 消波ブロックで被覆した斜面型ケーソン堤に作用する波力については、佐藤ら⁵¹⁾の研究を参照することができる。

3. 7. 3 基本断面の設定

- (1) 斜面型ケーソン堤では、その形状を考慮して、所要の諸元を適切に決定すべきである。特に、伝達率は形式によって異なるので、当該構造の伝達特性に応じた天端高を適切に決定することが望ましい。
- (2) 通常の直立堤に比較して伝達波高が大きくなるので、港内静隠度等を考慮して天端高を決定することが望ましい。
- (3) 斜面型ケーソン堤の波高伝達率は、図-3.7.2に示すように天端高が同一の直立堤の2倍程度になっており⁵²⁾、天端高を有義波高 $H_{1/3}$ と同程度にすると、直立堤の天端高が有義波高の0.6倍の場合と同程度に伝達波高を抑えることが可能となる。
- (4) 斜面型ケーソン堤においては、斜面壁の勾配をきつくすると、港内伝達波に対しては有効となるが逆に波圧が大きくなり、斜面堤としての効果が減少する。斜面勾配を変化させて実施した実験によると、勾配を 30° 、 45° 、 60° と変えた場合、伝達率には著しい差異が認められないので、波圧減殺効果、施工性等より斜面勾配は 45° とすることが望ましい。

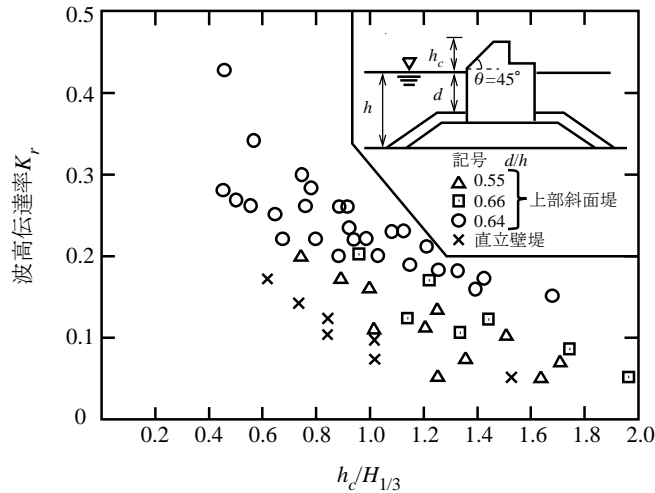


図-3.7.2 波高伝達率と相対天端高

3.7.4 性能照査

(1) 滑動、転倒、基礎地盤の支持力破壊及び円弧すべりに対する性能照査及び部分係数

① 斜面型ケーソン堤の安定性の照査は、混成堤に準じることができる。ただし、滑動、転倒及び基礎地盤の支持力破壊の照査に用いる標準的な部分係数については、以下に示す値を用いる必要がある。

② 部分係数

(a) 斜面型ケーソン堤の直立部の滑動、転倒、基礎地盤の支持力破壊の標準的なシステム破壊確率及び部分係数は、表-3.7.1の数値を参照することができる。円弧すべりに関する標準的な破壊確率に対する部分係数については、混成堤に準じて、3.1.4(7)滑動、転倒、基礎地盤の支持力破壊及び円弧すべりに対する性能照査及び部分係数の表-3.1.1(b)を参照することができる。なお、斜面型ケーソン堤の直立部の滑動、転倒、基礎地盤の支持力破壊の標準的なシステム破壊確率は、過去の設計法による防波堤の平均的な安全性水準を信頼性理論により評価したものであり、詳細については、文献3)及び44)を参照することができる。

消波ブロックで被覆した斜面型ケーソンの直立部の滑動、転倒、基礎地盤の支持力破壊の標準的なシステム破壊確率及び部分係数は、表-3.7.2の数値を参照することができる⁵²⁻¹⁾。円弧すべりに関する標準的な破壊確率に対する部分係数については、消波ブロック被覆堤に準じて、3.4.4(1)滑動、転倒、基礎地盤の支持力破壊及び円弧すべりに対する性能照査及び部分係数の表-3.4.1(b)を参照することができる。

(b) 表中 α 、 μ/X_k 、 V は、それぞれ設計因子の感度係数、平均値の偏り、変動係数であり、それらの工学的意義は第2編第1章3 信頼性設計法に示されるとおりである。なお、表に示す部分係数は上記(a)のように設定されたものであり、目標信頼性指標や確率変数の従う確率分布を別途適切に設定して、部分係数を設定することも可能である。この場合、表に示した α ならびに、 μ/X_k 、 V 、目標信頼性指標を用いて、第2編第1章3 信頼性設計法に示されるとおり部分係数を設定してもよい。

表-3.7.1 標準的な部分係数（波浪に関する変動状態）

目標システム信頼性指標 β_T		2.16				
目標システム破壊確率 P_{fT}		1.5×10^{-2}				
γ の計算に用いる目標信頼性指標 β_T'		2.24				
		γ	α	μ/X_k	V	
滑動	γ_f 摩擦係数	0.80	0.727	1.060	0.150	
	$\gamma_{P_H}, \gamma_{P_U}$ 水深変化 緩	1.05	-0.670	0.777	0.232	
		水深変化 急		1.19	0.868	0.243
	γ_{wl}	$r_{wl}=1.5$	1.03	-0.058	1.000	0.200
		$r_{wl}=2.0, 2.5$	1.05		1.000	0.400
		H.H.W.L.	1.00		-	-
	$\gamma_{W_{RC}}$	RCの単位体積重量	0.98	0.027	0.980	0.020
$\gamma_{W_{NC}}$	NCの単位体積重量	1.02	0.031	1.020	0.020	
$\gamma_{W_{SAND}}$	中詰め砂の単位体積重量	1.01	0.128	1.020	0.040	
転倒	$\gamma_{P_H}, \gamma_{P_U}$ 水深変化 緩	1.17	-0.970	0.777	0.232	
		水深変化 急		1.33	0.868	0.243
	γ_{wl}	$r_{wl}=1.5$	1.04	-0.096	1.000	0.200
		$r_{wl}=2.0, 2.5$	1.09		1.000	0.400
		H.H.W.L.	1.00		-	-
	$\gamma_{W_{RC}}$	RCの単位体積重量	0.98	0.045	0.980	0.020
	$\gamma_{W_{NC}}$	NCの単位体積重量	1.02	0.049	1.020	0.020
$\gamma_{W_{SAND}}$	中詰め砂の単位体積重量	1.00	0.214	1.020	0.040	
基礎地盤の支持力	γ_{P_H} 水深変化 緩	1.13	-0.872	0.777	0.232	
		水深変化 急		1.28	0.868	0.243
	γ_q	分割細片の上載荷重	0.97	0.309	0.643	0.038
	$\gamma_{w'}$	分割細片重量	1.00	0.038	1.000	0.030
	$\gamma_{\tan\phi'}$	地盤強度：せん断抵抗角の正接	0.96	0.325	1.000	0.060
	$\gamma_{c'}$	地盤強度：粘着力	0.99	0.076	1.000	0.060
γ_a	構造解析係数	1.00	-	-	-	

※1: α : 感度係数、 μ/X_k : 平均値の偏り（平均値/特性値）、V: 変動係数である。

※2: RC: 鉄筋コンクリート、NC: 無筋コンクリートである。

※3: 水深変化緩/急: 海底勾配 1/30 未満/以上

※4: r_{wl} は既往最高潮位（H.H.W.L.）と朔望平均満潮位（H.W.L.）の比である。

※5: γ_q は、上載荷重の平均値に対して適用する。上載荷重の平均値は $\bar{q} = \sum \bar{V}/2b'$ より得る。

表-3.7.2 消波ブロック被覆上部斜面堤の部分係数（波浪に関する変動状態）

目標システム信頼性指標 β_T		2.38				
目標システム破壊確率 P_{fT}		0.0087				
γ の計算に用いる目標信頼性指標 β_T'		2.46				
		γ	α	μ/X_k	V	
滑動	γ_f 摩擦係数	0.74	0.812	1.060	0.150	
	$\gamma_{P_H}, \gamma_{P_U}$ 水深変化 緩	0.93	-0.566	0.737	0.187	
		水深変化 急		1.04	0.813	0.201
	γ_{wl}	$r_{wl}=1.5$	1.03	-0.055	1.000	0.200
		$r_{wl}=2.0, 2.5$	1.05		1.000	0.400
		H.H.W.L.	1.00		-	-
	γ_{WRC} RCの単位体積重量	0.98	0.025	0.980	0.020	
γ_{WNC} NCの単位体積重量	1.02	0.031	1.020	0.020		
γ_{WSAND} 中詰め砂の単位体積重量	1.01	0.124	1.020	0.040		
転倒	$\gamma_{P_H}, \gamma_{P_U}$ 水深変化 緩	1.06	-0.957	0.737	0.187	
		水深変化 急		1.20	0.813	0.201
	γ_{wl}	$r_{wl}=1.5$	1.06	-0.113	1.000	0.200
		$r_{wl}=2.0, 2.5$	1.11		1.000	0.400
		H.H.W.L.	1.00		-	-
	γ_{WRC} RCの単位体積重量	0.98	0.053	0.980	0.020	
	γ_{WNC} NCの単位体積重量	1.02	0.058	1.020	0.020	
γ_{WSAND} 中詰め砂の単位体積重量	1.00	0.254	1.020	0.040		
基礎地盤の支持力	γ_{P_H} 水深変化 緩	1.02	-0.826	0.737	0.187	
		水深変化 急		1.15	0.813	0.201
	γ_q 分割細片の上載荷重	0.98	0.098	0.459	0.036	
	γ_w 分割細片重量	1.00	0.048	1.000	0.030	
	$\gamma_{\tan\phi'}$ 地盤強度：せん断抵抗角の正接	0.94	0.373	1.000	0.066	
	$\gamma_{c'}$ 地盤強度：粘着力	0.99	0.080	1.000	0.066	
γ_a 構造解析係数	0.81	-	-	-		

※1： α ：感度係数、 μ/X_k ：平均値の偏り（平均値/特性値）、V：変動係数である。

※2： RC：鉄筋コンクリート、NC：無筋コンクリートである。

※3： 水深変化緩／急：海底勾配 1/30 未満／以上

※4： r_{wl} は既往最高潮位（H.H.W.L.）と朔望平均満潮位（H.W.L.）の比である。

※5： γ_q は、上載荷重の平均値に対して適用する。上載荷重の平均値は $\bar{q} = \sum \bar{v} / 2b'$ より得る。

3.7.5 構造部材の性能照査

構造部材の性能照査にあたっては、本編第2章1 建造物の部材を参照することができる。

- 51)佐藤孝夫, 山縣延文, 古川正美, 高橋重雄, 細山田得三: 消波ブロック被覆上部斜面堤の水理特性—那覇港大水深域における新構造防波堤の開発—, 海岸工学論文集第 39 卷, pp.556~560, 1992
- 52)中田邦夫, 池田龍彦, 岩崎三日子, 北野雅三, 藤田隆: 上部斜面堤の現地建設に伴う水理模型実験, 第 30 回海岸工学講演会論文集, pp.313~316, 1983
- 52-1)宮脇周作, 長尾毅: 複数の構造的特徴を有する重力式防波堤の部分係数設定方法に関する研究—消波ブロック被覆上部斜面堤を例として—, 国土技術政策総合研究所資料 第 350 号, 2006
- 53)林泰造, 狩野徳太郎, 白井増次郎, 服部昌太郎: 筒型透過性防波堤の水理特性について, 第 12 回海岸工学講演会講演集, pp.193~197, 1965
- 54)永井荘七郎, 久保直, 時川和夫: 鋼管防波堤に関する基礎的研究 (第 1 報), 第 12 回海岸工学講演会講演集, pp.209~218, 1965
- 55)中村孝幸, 神川裕美, 河野徹, 榎本一徳: 透過波と反射波の低減を可能にするカーテン防波堤の構造形式について, 海洋工学論文集, 第 46 卷, pp.786~790, 1999
- 56)興野俊也, 榊山勉, 柴田学, 中野修, 大熊義夫: 下部透過式カーテンウォール構造物に作用する波力特性について, 海洋工学論文集, 第 46 卷, pp.791~795, 1999
- 57)森平倫生, 柿崎秀作, 合田良実: カーテン防波堤とその特性について, 港湾技術研究所報告 Vol.3 No.1, 1964
- 58)国土交通省九州地方整備局下関港湾空港技術調査事務所ホームページ: 軟弱地盤着底式防波堤の設計マニュアル (案), <http://www.gityo.go.jp/>, 2005
- 59)伊藤喜行, 千葉繁: 浮防波堤の水理に関する近似理論と応用, 港湾技術研究所報告 Vol.11 No.2, pp.43~77, 1972
- 60)井島武士, 田淵幹修, 湯村やす: 有限水深の波による矩形断面物体の運動と波の変形, 土木学会論文報告集第 202 号, pp.33~48, 1972
- 61)国際海洋科学技術協会: 浮防波堤—現状と課題—, 1987
- 62)土木学会: 海洋構造物設計指針 (案) 解説, 1973
- 63)上田茂, 白石悟, 甲斐一夫: 箱形浮体の波浪によるせん断力と縦曲げモーメントの計算法について, 港湾技研資料 No.505, p.27, 1984
- 64)大串雅信: 理論船舶工学, 海文堂, 1973