

3. 海岸堤防の安全性評価手法の検討

3.1 荷重の算定方法

堤体の安定性の評価は、図-61 のように、波力、浮力、自重、堤体背後土圧（受働土圧）を考慮して行った。

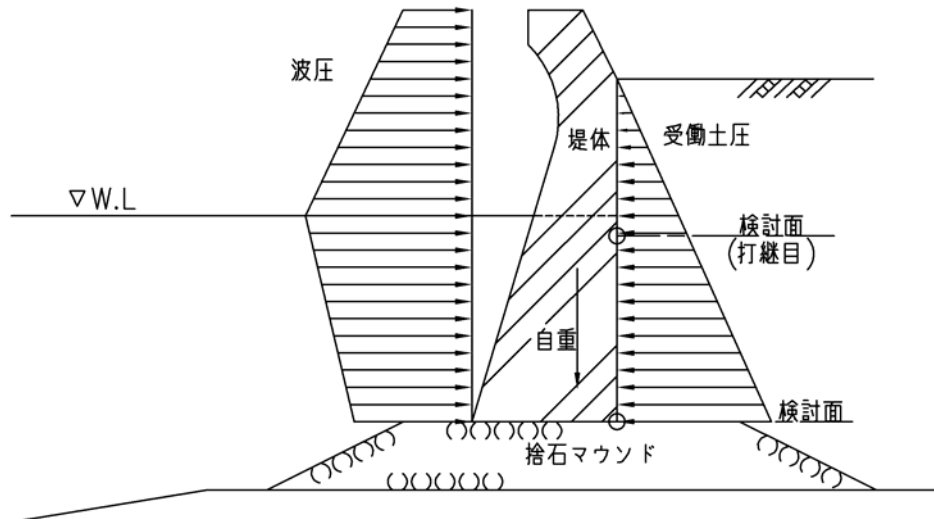


図-61 直立堤に作用する荷重

波力の算定は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」に示されている合田式を用いた。以下、その概要を記述する。

3.1.1 直立壁の前面の波圧

直立壁の前面の波圧は、次の(1)によって表される η^* の高さで0、静水面の高さで次の(2)によって表される最大値 p_1 、海底面で次の(3)によって表される p_2 、直立壁底面で次の(4)によって表される p_3 となる直線的に変化する分布で与えられる。

$$\begin{aligned} (1) \eta^* &= 0.75(1 + \cos \beta) \lambda_1 H_p \\ (2) p_1 &= 0.5(1 + \cos \beta)(\alpha_1 \lambda_1 + \alpha_2 \lambda_2 \cos \beta) p_o g H_D \\ (3) p_2 &= \frac{p_1}{\cosh(2\pi h / L)} \\ (4) p_3 &= \alpha_3 p_1 \end{aligned}$$

この式において、 η^* 、 p_1 、 p_2 、 p_3 、 p_o 、 g 、 β 、 λ_1 、 λ_2 、 h 、 L 、 H_D 、 α_1 、 α_2 及び α_3 は、それぞれ次の数値を表すものとする。

- η^* 静水面上で波圧強度が0となる高さ (m)
- p_1 静水面における波圧強度 (kN/m²)
- p_2 海底面における波圧強度 (kN/m²)
- p_3 直立壁の底面における波圧強度 (kN/m²)

p_0 水の密度 (t/m³)
 g 重力加速度 (m/s²)
 β 波の主方向から±15° の範囲内で最も危険な方向と直立壁の法線の垂線が成す角度 (°)
 λ_1 及び λ_2 波圧の補正係数 (標準は, 1.0)

h 直立壁の前面における水深 (m)
 L 水深 h において計算に用いる波長 (m)

H_D 計算に用いる波高 (m)

α_1 次式によって表される数値

$$\alpha_1 = 0.6 + \frac{1}{2} \left\{ \frac{4\pi h/L}{\sinh(4\pi h/L)} \right\}^2$$

α_2 $\frac{h_b - d}{3h_b} \left(\frac{H_D}{d} \right)^2$ と $\frac{2d}{H_D}$ のうち, いずれか小さい数値

α_3 次式によって表される数値

$$\alpha_3 = 1 - \frac{h'}{h} \left\{ 1 - \frac{1}{\cosh(2\pi h/L)} \right\}$$

この式において, h_b, d 及び h' は, それぞれ次の数値, h, L 及び H_D は, それぞれ前式の h, L 及び H_D と同じ数値を表すものとする.

h_b 直立壁の前面から沖側へ有義波高の 5 倍の距離の地点における水深 (m)

d マウンドの根固め工又は被覆工の天端のうち, いずれか浅い水深 (m)

h' 直立壁の底面の水深 (m)

3.1.2 直立壁の底面の揚圧力

直立壁の底面の揚圧力は, 直立壁の前趾において次式で与えられる p_u , 直立壁の後趾において 0 となる三角形分布で与えられる.

$$p_u = 0.5(1 + \cos \beta) \alpha_1 \alpha_3 \lambda_3 p_0 g H_D$$

この式において, p_u 及び λ_3 は, それぞれ次の数値, $\alpha_1, \alpha_3, p_0, g, H_D$ 及び β は, それぞれ 3.1.1 の $\alpha_1, \alpha_3, p_0, g, H_D$ 及び β と同じ数値を表すものとする.

p_u 直立壁の底面に作用する揚圧力 (kN/m²)

λ_3 揚圧力の補正係数 (標準は, 1.0)

3.1.3 波圧の計算に用いる波高及び波長

波圧の計算に用いる波高 H_D 及び波長 L は, それぞれ最高波の波高及び波長とし, 最高波の波高は次式により算出し, 波長は有義波周期に対応する波長とする.

(1) 最高波が碎波の影響を受けない場合

$$H_D = H_{\max}$$

$$H_{\max} = 1.8H_{1/3}$$

この式において、 H_{\max} 及び $H_{1/3}$ は、次の数値を表すものとする。

H_{\max} 直立壁の前面水深における進行波としての最高波高 (m)

$H_{1/3}$ 直立壁の前面水深における進行波としての有義波高 (m)

(2) 最高波が砕波の影響を受ける場合

H_D は、不規則波の砕波変形を勘案した最高波高 (m)

3.1.4 堤体背後土圧

堤体背後土圧（受働土圧）の算定も、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」に示されている土圧の算定式を用いた。

$$p_{pi} = K_{pi} \left(\Sigma \gamma_i h_i + \frac{w \cos \psi}{\cos(\psi - \beta)} \right) \cos \psi$$

$$\cot(\zeta_i - \beta) = \tan(\phi_i - \delta - \psi + \beta) + \sec(\phi_i - \delta - \psi + \beta) \sqrt{\frac{\cos(\psi + \delta) \sin(\phi_i - \delta)}{\cos(\psi - \beta) \sin(\phi_i + \beta)}}$$

この場合において、

$$K_{pi} = \frac{\cos^2(\phi_i + \psi)}{\cos^2 \psi \cos(\delta + \psi) \left| 1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi_i - \delta) \sin(\phi_i + \beta)}{\cos(\delta + \psi) \cos(\psi - \beta)}} \right|^2}$$

この式において、 p_{ui} 、 p_{pi} 、 ϕ_i 、 γ_i 、 h_i 、 K_{ui} 、 K_{pi} 、 ψ 、 β 、 δ 、 ζ_i 及び w は、それぞれ次の数値を表すものとする。

p_{ui} 及び p_{pi} それぞれ i 層下面の壁面に作用する主働土圧及び受働土圧 (kN/m²)

ϕ_i i 層の土の内部摩擦角 (°)

γ_i i 層の土の単位体積重量 (kN/m³)

h_i i 層の厚さ (m)

K_{ui} 及び K_{pi} それぞれ i 層の主働土圧係数及び受働土圧係数

ψ 壁面が鉛直と成す角度 (°)

β 地表面が水平と成す角度 (°)

δ 壁面摩擦角 (°)

ζ_i i 層の崩壊面が水平と成す角度 (°)

w 地表面の単位面積当たりの載荷重 (kN/m²)

3.2 堤体の安定評価

滑動に対する安定性は、以下の式を用いて行った。

$$F_s \leq \frac{\mu(W_0 - U) + H_p}{P}$$

ここで、 F_s : 直立部の滑り出しに対する安全率、 μ : 直立部と捨石マウンドの摩擦係数、 W_0 : 直立部の水中部分の重量(kN/m)、 U : 直立部に作用する揚圧力(kN/m)、 P : 直立部に作用する水平波力(kN/m)、 H_p : 堤体に作用する受働土圧合力(kN/m)である。

転倒に対する安定性は、以下の式を用いて行った。

$$F_s \leq \frac{W_0 t - M_U + H_p y}{M_p}$$

ここで、 F_s : 直立部の転倒に対する安全率、 W_0 : 直立部の水中部分の重量(kN/m)、 t : 直立部の重力の合力の作用線から直立部の堤体の後趾までの距離(m)、 M_U : 揚圧力による直立部の後趾の回りのモーメント (kN・m/m)、 M_p : 水平波力による直立部の後趾の回りのモーメント (kN・m/m)、 H_p : 堤体に作用する受働土圧合力(kN/m)、 y : 受働土圧合力の作用線から直立部底面部までの距離(m)である。

堤体又は壁体に作用する底面反力は下式により算定する。

(1) $e \leq \frac{1}{6}b$ の場合

$$\left. \begin{aligned} p_1 &= \left(1 + \frac{6e}{b}\right) \frac{V}{b} \\ p_2 &= \left(1 - \frac{6e}{b}\right) \frac{V}{b} \end{aligned} \right\} \quad \left. \begin{aligned} e &= \frac{b}{2} - x \\ x &= \frac{M_w - M_h}{V} \end{aligned} \right\}$$

(2) $e > \frac{1}{6}b$ の場合

$$\left. \begin{aligned} p_1 &= \frac{2}{3} \frac{V}{\left(\frac{b}{2} - e\right)} \\ b' &= 3 \left(\frac{b}{2} - e\right) \end{aligned} \right\}$$

ここに、

p_1 ; 前趾における反力の特性値 (k N/m²)

p_2 ; 後趾における反力の特性値 (k N/m²)

V ; ケーソン法線方向単位長さ当たりの鉛直合力の特性値 (k N/m)

H ; ケーソン法線方向単位長さ当たりの水平合力の特性値 (k N/m)

e ; 全合力の偏心量 (m)

b ; 底部の幅 (m)

b' ; $e > \frac{1}{6}b$ の場合の底面反力の作用幅 (m)

M_w ; 鉛直合力による A 点まわりのモーメントの特性値 (k N · m/m)

M_h ; 水平合力による A 点まわりのモーメントの特性値 (k N · m/m)

3.3 安定性評価手法の検証

1999年の台風18号により被災した山口県内の護岸および海岸堤防を対象に、前節までに述べた安定性評価手法の検証を行った。

被災した護岸および海岸堤防の断面諸元、波浪諸元、破壊形態などを表-17のように整理した。

表-17 諸元一覧表

地区	構造諸元						被災時 波浪	被災時 潮位	破壊 形態
	形式	消波工	天端 高	部材厚	前面水深	勾配			
埴生漁港	直立 壁式	なし	+7.00	—	(+0.50)	—	—	—	背後に転倒・ 沈下
郡・津布 田海岸	もたれ 壁式	なし	+6.62	1.04m	(+3.00)	1:0.5	$H_0=2.40\text{m}$ $T_0=5.84\text{s}$	+6.13m	前面に転倒
焼野海岸	階段 式	—	+5.00	—	(+1.20)	1:5.0	—	—	階段ブロック 破壊
西沖の山 海岸	重力 式	あり	+9.20	—	(-2.00)	直立	—	—	背後に転倒
山口宇部 空港	重力 式	なし	+8.01	—	(-1.00)	—	$H_0=3.42\text{m}$ $T_0=7.96\text{s}$	+5.58m	背後に転倒
床波漁港	重力 式	なし	+7.00	—	+2.45	—	$H_0=3.78\text{m}$ $T_0=8.10\text{s}$	+5.51m	背後に転倒
南前海岸	重力 式	なし	+7.50	—	+1.80	1:0.4	—	—	背後に転倒
秋穂漁港	もたれ 壁式	なし	+7.60	0.50m	(+1.00)	1:0.5	—	—	—
尾津漁港	重力 式	なし	+4.40	—	+0.26	1:0.4	—	—	—
室津漁港	重力 式	なし	+6.90	—	+3.00	1:0.4	—	—	背後に転倒

潮位基準:CDL

表-18 および 19 のように、既存資料から設計時と被災時の波高を算定した。設計時の波高は、換算沖波に碎波による変形を考慮して算出した。郡・津布田海岸と埴生漁港に関しては厚狭港沖開作地区のデータを、床波漁港と山口宇部空港に関しては宇部港西岐波地区のデータを準用した。被災時の波高については、埴生漁港に関して郡・津布田海岸のデータを準用した。室津港については、適当なデータが入手できなかったため被災時の検討を行っていない。

表-18 設計時波浪

場所	郡・津布田海岸	床波漁港	埴生漁港	室津漁港	山口宇部空港
H_0' (m)	2.11	3.70	2.11	3.00	3.70
T_0 (s)	6.00	6.80	6.00	7.87	6.80
L_0 (m)	56.16	72.13	56.16	96.62	72.13
h (m)	0.80	0.68	3.14	0.77	4.68
h/H_0'	0.38	0.18	1.49	0.26	1.26
H_0'/L_0	0.04	0.05	0.04	0.03	0.05
海底勾配	1/30	1/10	1/30	1/30	1/30
$H_{1/3}/H_0'$	0.35	0.35	0.88	0.28	0.79
$H_{1/3}$ (m)	0.74	1.30	1.86	0.84	2.92
H_{max}/H_0'	0.47	0.50	1.23	0.41	1.05
H_{max} (m)	0.99	1.85	2.60	1.23	3.89
備考	厚狭港・沖開作地区のデータ	宇部港・西岐波地区のデータ	厚狭港・沖開作地区のデータ		宇部港・西岐波地区のデータ

表-19 被災時波浪

場所	郡・津布田海岸	床波漁港	埴生漁港	室津漁港	山口宇部空港
潮位	+6.13m	+5.51m	+6.50m	-	+5.58m
H_0' (m)	1.40	4.20	1.40	-	4.00
T_0 (s)	5.84	6.80	5.84	-	7.96
L_0 (m)	53.2	72.13	53.2	-	98.84
h (m)	3.11	2.51	6.00	-	6.58
h/H_0'	2.22	0.60	4.29	-	1.65
H_0'/L_0	0.03	0.06	0.03	-	0.04
海底勾配	1/30	1/10	1/30	-	1/30
$H_{1/3}/H_0'$	1.034	0.649	0.933	-	0.94
$H_{1/3}$ (m)	1.45	2.73	1.31	-	3.76
H_{max}/H_0'	1.707	0.852	1.702	-	1.311
H_{max} (m)	2.39	3.58	2.38	-	5.24
備考			郡・津布田のデータを準用	データなし	

表-20(1)～(5)は、設計外力と被災時の外力に対する海岸堤防の安全性を評価した結果である。郡・津布田海岸、床波漁港とも、設計波に対しては打継目においても堤体の安定性に問題はないが、被災時の波浪が作用した場合に打継目において転倒するという結果となった。このほか、埴生漁港については、設計波においては安定する結果となったが、被災波を作用させた場合、滑動、転倒とも許容値を満足しない結果が得られた。

以上のように、この評価手法により被災の発生を十分に説明できることから、この評価手法の現地適用性が確認された。

表-20(1) 海岸堤防の安全性評価の結果(郡・津布田海岸)

海岸名		郡・津布田海岸								
標準断面図										
		設計当時			被災時					
設計条件	構造諸元	形式	もたれ壁式							
		天端高	+6.62m							
		部材厚	1.04m							
		前面水深	+3.00m							
		前面法勾配	1:0.5							
	破壊形態	打継目で前面に転倒								
	計画潮位	HHWL:+5.72m HWL:+3.82m LWL:+1.10m								
	設計潮位	HWL:+3.82m		異常気象時潮位:+6.13m						
	設計波浪諸元	Ho	-		2.40m					
		Ho'	2.11m		1.40m					
H _{L/3}		0.74m	厚狭港沖開作のデータを準用	1.45m						
T _{L/3}		6.00s		5.84s						
H _{max}		0.99m		2.39m						
検討結果	打継目		算定値	安全率	判定	算定値	安全率	判定		
		滑動	18.10	>	1.20	○	1.91	>	1.20	○
		転倒	22.01	>	1.20	○	0.97	<	1.20	×
	堤体全体		算定値	安全率	判定	算定値	安全率	判定		
		滑動	19.99	>	1.20	○	9.11	>	1.20	○
		転倒	18.84	>	1.20	○	3.58	>	1.20	○
端趾圧 (kN/m ²)	23.02	<	500.00	○	16.51	<	500.00	○		

表-20(2) 海岸堤防の安全性評価の結果(床波漁港)

海岸名		床波漁港								
標準断面図										
		設計当時			被災時					
設計条件	構造諸元	形式	重力式							
		天端高	+7.00m							
		部材厚	-							
		前面水深	+2.45m							
		前面法勾配	-							
	破壊形態	打継目で背後に転倒								
	計画潮位	HHWL:+4.21m HWL:+3.68m LWL:+0.56m								
	設計潮位	HWL:+3.68m		異常気象時潮位:+5.51m						
	設計波浪諸元	H ₀	-		3.78m					
		H _{0'}	3.70m		4.20m					
H _{1/3}		1.30m	宇部港西岐波地区のデータを準用	2.73m						
T _{1/3}		6.80s		8.10s						
H _{max}		1.85m		3.58m						
検討結果	打継目	算定値		安全率	判定	算定値	安全率	判定		
		滑動	3.93	>	1.20	○	1.30	>	1.20	○
		転倒	2.95	>	1.20	○	0.60	<	1.20	×
	堤体全体	算定値		安全率	判定	算定値	安全率	判定		
		滑動	5.38	>	1.20	○	2.87	>	1.20	○
		転倒	4.10	>	1.20	○	1.45	>	1.20	○
端趾圧(kN/m ²)	56.00	<	500.00	○	45.71	<	500.00	○		

表-20(3) 海岸堤防の安全性評価の結果(埴生漁港)

海岸名		埴生漁港						
標準断面図								
		設計当時			被災時			
設計条件	構造諸元	形式	直立壁式					
		天端高	+7.00m					
		部材厚	-					
		前面水深	+0.50m					
		前面法勾配	-					
	破壊形態	背後に転倒・沈下						
	計画潮位	HHWL:+6.50m HWL:+3.64m LWL:- m						
	設計潮位	HWL:+3.64m		HHWL:+6.50m				
	設計波浪諸元	H ₀	-		2.40m			
		H _{0'}	2.11m		1.40m			
H _{1/3}		1.86m	厚狭港沖開作のデータを準用	1.31m		郡・津布田のデータを準用		
T _{1/3}		6.00s		5.84s				
H _{max}		2.60m		2.38m				
検討結果	打継目	算定値	安全率	判定	算定値	安全率	判定	
		滑動	-	-	-	-	-	
		転倒	-	-	-	-	-	
	堤体全体	算定値	安全率	判定	算定値	安全率	判定	
		滑動	3.55 >	1.20	○	0.80 <	1.20	×
		転倒	1.47 >	1.20	○	0.31 <	1.20	×
		端趾圧 (kN/m ²)	90.30 <	500.00	○	-	-	-

表-20(4) 海岸堤防の安全性評価の結果(室津漁港)

海岸名		室津漁港					
標準断面図							
		設計当時			被災時		
設計条件	構造諸元	形式	重力式				
		天端高	+6.90m				
		部材厚	-				
		前面水深	+3.00m				
		前面法勾配	1:0.4				
	破壊形態	背後に転倒					
	計画潮位	HHWL:+4.50m HWL:+3.27m LWL:+0.45m					
	設計潮位	HWL:+3.27m		データなし			
	設計波浪諸元	H ₀	-				
		H _{0'}	3.00m				
H _{1/3}		0.84m					
T _{1/3}		7.87s					
H _{max}		1.23m					
検討結果	打継目	算定値	安全率	判定	算定値	安全率	判定
		滑動	-	-	-	-	
		転倒	-	-	-	-	
	堤体全体	算定値	安全率	判定	算定値	安全率	判定
		滑動	13.49 >	1.20	○	-	-
		転倒	14.90 >	1.20	○	-	-
端趾圧 (kN/m ²)	52.01 <	500.00	○	-	-		

表-20(5) 海岸堤防の安全性評価の結果(山口・宇部空港)

海岸名		山口・宇部空港								
標準断面図										
		設計当時			被災時					
設計条件	構造諸元	形式	重力式							
		天端高	+8.01m							
		部材厚	-							
		前面水深	-1.00m							
		前面法勾配	-							
	破壊形態	打継目で背後に転倒								
	計画潮位	HHWL:+5.58m HWL:+3.68m LWL: - m								
	設計潮位	HWL:+3.68m		HHWL:+5.58m						
	設計波浪諸元	H ₀	-		3.42m					
		H _{0'}	3.70m		4.00m					
H _{1/3}		2.92m	宇部港西岐波地区のデータを準用	3.68m						
T _{1/3}		6.80s		7.96s						
H _{max}		3.89m		5.24m						
検討結果	打継目	算定値		安全率	判定	算定値	安全率	判定		
		滑動	1.28	>	1.20	○	0.50	<	1.20	×
		転倒	0.26	<	1.20	×	0.22	<	1.20	×
	堤体全体	算定値		安全率	判定	算定値	安全率	判定		
		滑動	-		-	-		-		
		転倒	-		-	-		-		
		端趾圧 (kN/m ²)	-		-	-		-		

3.4 越波流量と堤体破壊との関係

設計時と被災時の波浪データが揃っていて、堤体の諸元が明確である郡・津布田海岸，床波漁港，埴生漁港を対象に，開発した安定性評価手法を用いて越波流量と堤体破壊との関係を整理した．検討では，波高は設計時および被災時の値を，潮位は設計時と被災時の間で複数設定した．検討に用いた潮位および波高を表-21 に示す．

表-21 検討に用いた潮位および波高

郡・津布田海岸			床波漁港			埴生漁港		
潮位	換算沖波		潮位	換算沖波		潮位	換算沖波	
	設計時	被災時		設計時	被災時		設計時	被災時
3.82	2.11	1.40	3.68	3.70	4.20	3.64	2.11	1.40
4.00	2.11	1.40	4.00	3.70	4.20	4.00	2.11	1.40
4.50	2.11	1.40	4.50	3.70	4.20	4.50	2.11	1.40
5.00	2.11	1.40	5.00	3.70	4.20	5.00	2.11	1.40
5.50	2.11	1.40	5.51	3.70	4.20	5.50	2.11	1.40
6.00	2.11	1.40	-	-	-	6.00	2.11	1.40
6.13	2.11	1.40	-	-	-	6.50	2.11	1.40

設定した潮位および波高について，堤前の最高波高を算出し，堤体の滑動，転倒の安全率と越波流量を算定した．検討結果を表-22 に示す．

表-22 検討結果

郡・津布田海岸

潮位	Ho' (m)	T1/3 (sec)	H1/3 (m)	Hmax (m)	安全率		越波量 (m ³ /m・s)
					滑動	転倒	
3.82	2.11	6.00	0.74	0.99	18.10	22.01	5.386E-05
	1.40	5.84	0.67	0.89	22.09	29.00	7.344E-06
4.00	2.11	6.00	0.84	1.12	12.96	13.05	2.511E-04
	1.40	5.84	0.79	1.03	15.09	16.06	2.782E-05
4.50	2.11	6.00	1.15	1.47	6.21	4.30	4.864E-03
	1.40	5.84	1.08	1.40	6.76	4.81	1.323E-03
5.00	2.11	6.00	1.44	1.83	3.61	2.15	2.335E-02
	1.40	5.84	1.32	1.75	3.86	2.31	9.211E-03
5.50	2.11	6.00	1.68	2.18	2.27	1.23	7.345E-02
	1.40	5.84	1.46	2.10	2.39	1.29	2.928E-02
6.00	2.11	6.00	1.86	2.51	1.79	0.91	
	1.40	5.84	1.46	2.35	1.94	0.99	
6.13	2.11	6.00	1.89	2.58	1.74	0.88	
	1.40	5.84	1.45	2.39	1.91	0.97	

床波漁港

潮位	Ho' (m)	T1/3 (sec)	H1/3 (m)	Hmax (m)	安全率		越波量 (m ³ /m・s)
					滑動	転倒	
3.68	3.70	6.80	1.30	1.85	3.93	2.95	7.796E-03
	4.20	8.10	1.43	2.09	3.26	2.18	1.406E-02
4.00	3.70	6.80	1.48	2.05	2.72	1.68	1.709E-02
	4.20	8.10	1.64	2.31	2.03	1.16	2.748E-02
4.50	3.70	6.80	1.83	2.45	1.98	1.04	5.187E-02
	4.20	8.10	1.99	2.71	1.58	0.81	6.903E-02
5.00	3.70	6.80	2.20	2.88	1.39	0.69	1.117E-01
	4.20	8.10	2.36	3.13	1.17	0.57	
5.51	3.70	6.80	2.57	3.31	0.92	0.42	
	4.20	8.10	2.73	3.58	0.79	0.36	

殖生漁港

潮位	Ho' (m)	T1/3 (sec)	H1/3 (m)	Hmax (m)	安全率		越波量 (m ³ /m・s)
					滑動	転倒	
3.64	2.11	6.00	1.86	2.60	3.55	1.47	6.764E-03
	1.40	5.84	1.45	2.39	4.24	1.87	
4.00	2.11	6.00	1.98	2.82	2.71	1.29	9.585E-03
	1.40	5.84	1.41	2.44	3.45	1.75	
4.50	2.11	6.00	2.03	3.09	1.98	0.89	1.987E-02
	1.40	5.84	1.38	2.44	2.76	1.31	7.834E-04
5.00	2.11	6.00	2.03	3.28	1.43	0.63	3.089E-02
	1.40	5.84	1.35	2.42	2.06	0.94	1.537E-03
5.50	2.11	6.00	2.01	3.41	0.73	0.30	4.855E-02
	1.40	5.84	1.33	2.40	0.97	0.41	4.042E-03
6.00	2.11	6.00	1.99	3.48	0.55	0.22	
	1.40	5.84	1.31	2.39	0.68	0.28	1.178E-02
6.50	2.11	6.00	1.97	3.50	0.44	0.17	
	1.40	5.84	1.31	2.38	0.80	0.31	

図-62 は、開発した安全性評価手法を用いて算出した、転倒に対する堤体の安全率を、越波流量とともに示したものである。転倒の安全率が1となる越波流量は0.04m³/m/sと評価された。安全率が1に近い条件では、転倒の安全率は滑動よりも小さくなったことから、被災限界の越波流量は0.04m³/m/sと評価された。

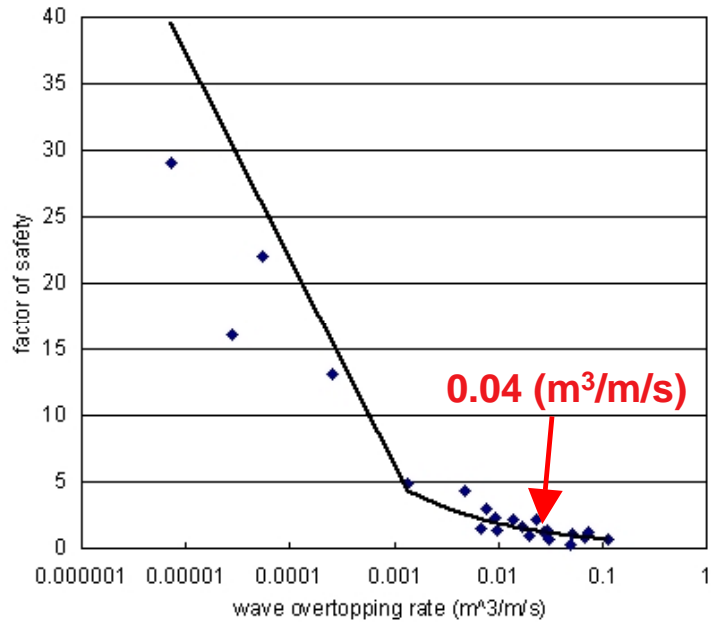


図-62 越波流量と転倒安全率との関係