

スリット型防波堤に関する研究

永井 莊七郎*・角野 昇八**

1. 緒 言

最近当研究室において多孔壁から成る箱型消波工および鉛直多孔壁防波堤（あるいは岸壁）の消波機構を実験により明らかにすると共に、理論的にも考察を行った。その結果、多孔壁から成る箱型消波工を水面付近に設置すると、鉛直多孔壁よりも消波効果が顕著であると共に、設置水深が大きくなれば、経済的にもはるかに有利であることが明らかになった。

箱型消波工に関する基礎的研究を終えた頃、これを防波堤、防波護岸あるいは岸壁に使用したいという要望がでてきたので、これらの構造物の caisson に箱型消波工を取り付ける構造および開孔部の形状を主として施工上の観点から検討を行った。しかる後、反射率の減少および波圧の減少の程度ならびに主要部材に働く波圧などを測定して、それらの構造物の設計資料を得たので、ここにその概要を示す。

2. 箱型消波工の特長

他の論文¹⁾に詳細に記したので、本文では箱型消波工の構造とその特長の概要を記す。

箱型消波工は、多孔を有する鉛直前面板と水平下面板とこれらを支持するための上面板（あるいは上部の部材）から成る箱型構造物で、これを防波堤、防波護岸あるいは岸壁の本体である caisson の前面板の水面付近に caisson とほぼ一体になるように取り付けるものである。その前面板の開孔率 λ はほぼ $\lambda=0.20\sim0.35$ が最も適当で、下面板の開孔率 λ' は前面板の開孔率 λ よりやや小さく、 $\lambda'=0.15$ の前後が適当で、しかもその開孔部は下面板の中央から後部の不透過鉛直壁との間に設けるようにする。上面板の開孔率 λ'' は消波室の水面の上昇を著しく抑制しない程度であればよく、消波効果にはほとんど影響はない。

消波室の幅 l は消波しようとする侵入波の波長 L と密接な関係にあって、 $l/L \div 0.13\sim0.18$ に選ぶと、反射

率 K_R は最も小さく、 $(K_R)_{\min} \div 0.10\sim0.20$ になり、鉛直多孔壁における $l/L \div 0.18\sim0.25$ で $(K_R)_{\min} \div 0.30\sim0.50$ よりかなり小さくなる。

箱型消波工の最も著しい特長は、すべての入射波において、消波工の沖側に形成される合成波（入射波と反射波との合成波）が常に進行波の状態で消波工に衝突することである。そのうえ、下面板の沖側半分を塞いで開孔率 λ' を小さくすることにより、消波室外側と内側の水面上昇の位相差が大きくなるため、侵入波の多量の質量が大きい水平速度で開孔部を通じて消波室に突入し、消波室内で渦乱によって energy を著しく消耗することである。また経済的には、水底にまで達する鉛直多孔壁に比して水面付近にだけ設置すれば足りるので築造費が安価である。特に設置水深が大きくなると、その有利性は著しく増大する。

3. 理論と実験との比較

(1) 消波工の反射率 K_R と相対幅 l/L との関係

図-1 に示すように x 軸を静水面に、その原点を前面板（あるいは鉛直多孔壁）にとると、消波工への入射波 η_I 、反射波 η_R および透過波 η_T は次式で表わされる。

$$\eta_I = a \cdot \sin(kx - \sigma t) \dots\dots\dots (1)$$

$$\eta_R = -\gamma_R \cdot a \cdot \sin(kx + \sigma t) \dots\dots\dots (2)$$

$$\eta_T = \gamma_T \cdot a \cdot \sin(kx - \sigma t) \dots\dots\dots (3)$$

式中、 a = 入射波の振幅、 $k=2\pi/L$ 、 L = 入射波の波

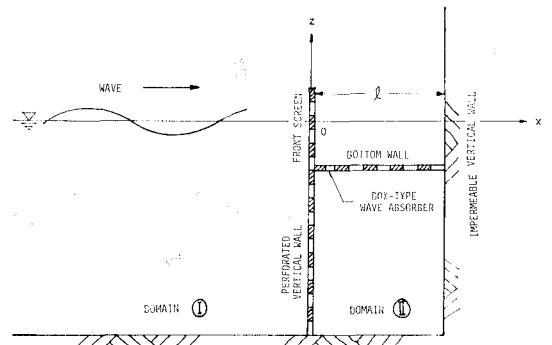


図-1 座標系

* 正会員 工博 大阪市立大学教授 工学部土木工学科

** 正会員 工修 大阪市立大学助手 工学部土木工学科

長, $\sigma=2\pi/T$, T =入射波の周期, γ_R =反射率, γ_T =透過率

入射波 η_I が消波工を透過すると透過波 η_T の位相が遅れるが, それは消波室の幅 l が見掛け上 Δl だけ大きくなったと同じであると考え, 透過波が不透透鉛直壁から完全反射する場合には, その反射波 η_{TR} は次式で表わされる。

$$\eta_{TR} = -\gamma_T \cdot a \cdot \sin[kx + \sigma t - 2k(l + \Delta l)] \quad \cdots (4)$$

ゆえに消波工前面の沖側 (図-1 の領域①) に形成される合成波 η_C は次式で与えられる。

$$\begin{aligned} \eta_C &= \eta_I + \eta_R + \gamma_T \cdot \eta_{TR} \\ &= a \cdot \sin(kx - \sigma t) - \gamma_R \cdot a \cdot \sin(kx + \sigma t) \\ &\quad - \gamma_T^2 \cdot a \cdot \sin[kx + \sigma t - 2k(l + \Delta l)] \quad \cdots \cdots \cdots (5) \end{aligned}$$

式 (5) を次のようにおく,

$$\eta_C = a\sqrt{A} \cdot \sin(\sigma t + \beta_1) \quad \cdots \cdots \cdots (6)$$

式中,

$$\begin{aligned} A &= \gamma_T^4 + \gamma_T^2 - 2\gamma_T^3 \cdot \cos 2k(l + \Delta l) \\ &\quad + 2(\cos 2kx + 1) \\ &\quad \times \{1 - \gamma_T + \gamma_T^2 \cdot \cos 2k(l + \Delta l)\} \\ &\quad + 2\gamma_T^2 \cdot \sin 2k(l + \Delta l) \cdot \sin 2kx \quad \cdots \cdots \cdots (7) \end{aligned}$$

式 (7) を次のように書き直す,

$$\begin{aligned} A &= \gamma_T^4 + \gamma_T^2 - 2\gamma_T + 2 + 2\gamma_T^2 \cdot (1 - \gamma_T) \\ &\quad \times \cos 2k(l + \Delta l) + 2[\gamma_T^4 + \gamma_T^2 - 2\gamma_T + 1 \\ &\quad + 2\gamma_T^2 \cdot (1 - \gamma_T) \cdot \cos 2k(l + \Delta l)]^{1/2} \\ &\quad \times \sin(2kx + \beta_2) \quad \cdots \cdots \cdots (8) \end{aligned}$$

式中,

$$\beta_2 = \tan^{-1} \frac{1 - \gamma_T + \gamma_T^2 \cdot \cos 2k(l + \Delta l)}{\gamma_T^2 \cdot \sin 2k(l + \Delta l)} \quad \cdots \cdots \cdots (9)$$

式 (8) より合成波 η_C は $\sin(2kx + \beta_2) = 1$ を満足する $x = x_0$ において振幅 $a\sqrt{A}$ は最大値 $a\sqrt{A_0}$ をとる。ゆえに合成波の反射率 (すなわち消波工の反射率) K_R は次式で表わされる。

$$\begin{aligned} K_R &= \sqrt{A_0} - 1 \\ &= [\gamma_T^4 + (1 - \gamma_T)^2 + 2\gamma_T^2 \cdot (1 - \gamma_T) \\ &\quad \times \cos 2k(l + \Delta l)]^{1/2} \quad \cdots \cdots \cdots (10) \end{aligned}$$

式 (10) より K_R は γ_T , l/L および $\Delta l/L$ の関係であるが, K_R が最小値 $(K_R)_{\min} = 0$ をとる条件は,

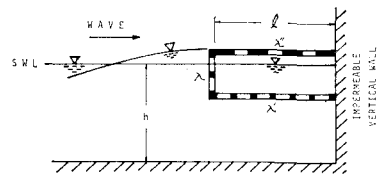
$$2k(l + \Delta l) = \pi \quad \cdots \cdots \cdots (11)$$

$$\gamma_T = 0.618 \div 0.62 \quad \cdots \cdots \cdots (12)$$

である。式 (11) より, $\Delta l/L$ が大きいほど $(K_R)_{\min}$ と与える l/L の値は小さくなるから, 消波工としてはできるだけ $\Delta l/L$ が大きい値をとるような構造が望ましいことがわかる。しかし $(\Delta l/L)_{\max} = (l/L) = 1/8$ であるから, 理論的には $\Delta l/L$ ができるだけ $1/8$ に近くなるような構造にすることが望ましいことになる。また γ_T の値は 0.62 のとき $(K_R)_{\min} = 0$ となり, γ_T がそれより大きくなっても, また小さくなっても K_R の値は増す

から, できる限り γ_T が 0.62 に近い値をとるような開孔率と構造のものが望ましいことがわかる。当研究室で行った円孔 (直径 6 cm) の多孔壁から成る箱型消波工の実験 (縮尺 1/25, 表-1 参照) の結果では, 平均して $\gamma_T = 0.63 \sim 0.70$ および $\Delta l/L = 0.10 \sim 0.07$ で, $l/L = 0.13 \sim 0.18$ において $(K_R)_{\min} = 0.10 \sim 0.20$ であった。図-2 は箱型消波工の実験において得た K_R と l/L との関係を示す。図-2 中の実線は $\gamma_T = 0.70$ および $\Delta l/L = 0.10$ として式 (10) より求めた曲線で, $l/L \leq 0.15$ の場合の実験値のほぼ平均を示す。一点鎖線は $\gamma_T = 0.70$ および $\Delta l/L = 0.07$ を用いて求めた理論曲線で, $l/L > 0.15$ の範囲で侵入波の波高が比較的大きい場合のほぼ平均を示す。また破線は $\gamma_T = 0.63$ (模型 8-1 の γ_T の平均値) と $\Delta l/L = 0.10$ を用いて求めた理論曲線で, 侵入波の波高が小さく, $l/L = 0.15$ で $(K_R)_{\min}$ が最も小さい値を示した場合の平均を示す。

表-1 箱型消波工模型の諸元



l : CHAMBER WIDTH
λ : VOID RATIO OF FRONT SCREEN
λ' : VOID RATIO OF BOTTOM WALL
λ'' : VOID RATIO OF TOP WALL
h : WATER DEPTH

MODEL	l	λ	λ'	λ''
MODEL 1	16 cm	0.24	0.29	0.29
MODEL 2	22 cm	0.22	0.26	0.26
MODEL 2-1	22 cm	0.22	0.17	0.26
MODEL 3	30 cm	0.22	0.25	0.25
MODEL 3-1	30 cm	0.22	0.17	0.25
MODEL 4	40 cm	0.25	0.26	0.26
MODEL 4-1	40 cm	0.25	0.13	0.26
MODEL 5	54 cm	0.22	0.25	0.25
MODEL 5-1	54 cm	0.22	0.15	0.25
MODEL 6	60 cm	0.22	0.25	0.25
MODEL 6-1	60 cm	0.22	0.15	0.25
MODEL 7	70 cm	0.22	0.26	0.26
MODEL 7-1	70 cm	0.22	0.13	0.26
MODEL 8	80 cm	0.22	0.25	0.25
MODEL 8-1	80 cm	0.22	0.13	0.25

4. スリット型防波堤の実験

上記の箱型消波工を防波堤に採用するに当たり, 防波堤直立部の caisson 前面への取り付け方法, その構造および開孔部の形状などについて, 主として施工の立場より港湾技術者を混じえて検討した結果, 前面板, 下面板ともに開孔部はスリット (slit) とすることになり, 標準形状として図-3 に示すようなものが決定された。このような防波堤をスリット型防波堤 (slit-type breakwater) と呼ぶことにする。この形式の防波堤を最初に採用することになったのは, 大阪港南端の大和川河口沖合の水深 D.L. -10 m ~ -11 m の場所であったので, 図-3 の断

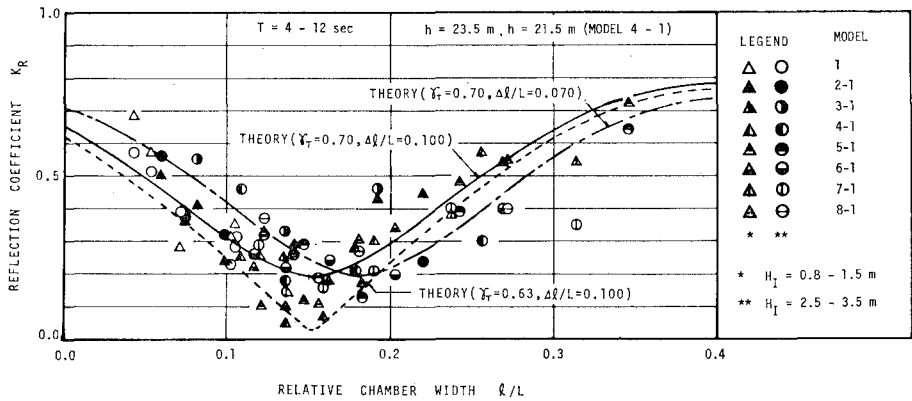


図-2 箱型消波工の反射率

表-2 実験断面

断 面	捨石堤天端	海底(のり先)	B (m)	h ₁ (m)	h ₂ (m)
I (大和川南 防波堤)	D.L. -6.5m	D.L. -10.5m	10.5	6.6	10.6
				8.2	12.2
				9.7	13.7
II	D.L. -5.0m	D.L. -10.5m	10.5	5.1	10.6
				6.7	12.2
				8.2	13.7
III	D.L. -5.0m	D.L. -10.5m	15.0	5.1	10.6
				6.7	12.2
				8.2	13.7

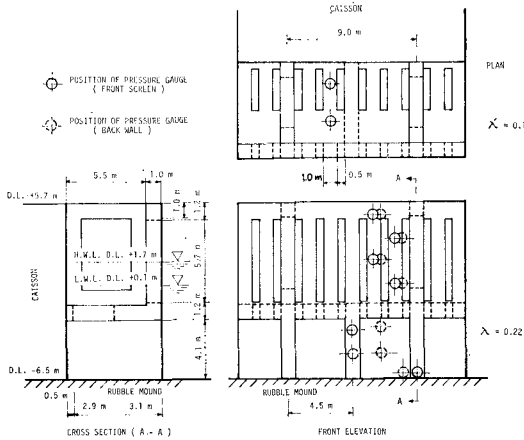


図-3 スリット型防波堤

面図は同防波堤（大阪市港湾局では大和川南防波堤と名付けている）を対象として描かれている。

このスリット型防波堤に関する実験は、当研究室の長さ100 m、幅1.2 m、深さ2.0 mの風洞付波浪水槽（規則波および不規則波の造波装置をもつ）を用い、実物の1/15の縮尺で行った。実験に用いた防波堤の模型は図-4および表-2に示すように、図-3を標準として、基礎捨石堤の天端高を2種類に、天端幅Bを10.5 mと15.0 mに、直立部の前面水深 h_1 を5.1 m~9.7 mに、捨石堤表のり先の水深 h_2 を10.6 m~13.7 mに変えた。この基礎捨石堤は鉄骨で骨組を造り、表面を板張りし

た。また直立部（消波工を含む）はすべて鉄製の caisson とした。実験に用いた波は表-3に示すように、周期 $T=6.0$ sec と 7.0 sec、波高 $H=3.3$ m~ 4.3 mに変化した。また潮位は大阪港における L.W.L. (D.L. +0.1 m)、H.W.L. (D.L. +1.7 m) および D.L. +3.2 mの3つの場合について実験した。各潮位で $T=7.0$ sec、 $H=3.7$ m~ 4.3 mの波の場合のみ、風速 $V=30$ m/secの場合と無風の場合の実験を行った。

入射波高は構造物の沖合6波長~8波長に設置した容量式波高計によって測定すると共に目視によっても測定した。

波圧の測定は、図-3に示すように静水面を中心として上下方向にはば10 cm間隔で行った。

5. スリット型防波堤に働く波圧

表-2に記すような3種類の断面のスリット型防波堤に働く最大波圧強度 p_{max} (t/m²)、最大波圧合力 Pe_{max} (t/m)、消波工の下面板に働く揚圧力強度 p_u (t/m²)などを測定した。 p_{max} および Pe の値は、通常の混成堤（スリットの前面を直立平面板としたもの）の場合の実験値および計算値 Pc_{max} (t/m)と比較した。表-3(a)、(b)および(c)にはこれらの値が総括してある。なおこれらの表には入射波高と共に防波堤沖合1~2波長における

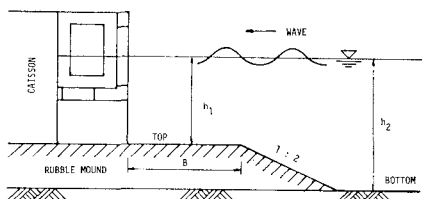


図-4 実験断面

表—3 在来の混成堤およびスリット型防波堤に作用する最大波圧合力の比較

(a) 捨石堤天端, D.L. -6.5 m, 捨石堤天端幅 $B=10.5$ m

潮 位	入 射 波			H/L	合成波高 (m)		反射率 K_R		最大波圧合力			$P_{e\max}$ (スリット型) の比		揚 圧 力 (t/m ²)
	周 期 T (sec)	波 高 H (m)	波 長 L (m)		直立壁	スリット 型	直立壁	スリット 型	直 立 壁		スリット 型	$/P_{e\max}$	$/P_{c\max}$	
									直 立 壁	スリット 型				
L.W.L. (D.L. +0.1 m)	7.0 7.0 6.0	4.0 3.7 3.3	61 61 49	0.066 0.061 0.067	7.0 6.5 5.8	5.2 4.7 4.2	0.70 0.78 0.74	0.30 0.29 0.27	47.6* 20.4 14.9	39.1** 27.1 22.0	22.0 19.1 14.7	0.46 0.93 0.99	0.56 0.70 0.67	2.0~2.4 1.8~2.2 1.4~1.9
H.W.L. (D.L. +1.7 m)	7.0 7.0 6.0	4.3 4.1 3.3	64 64 51	0.067 0.064 0.065	7.3 7.1 5.7	5.5 5.3 4.6	0.74 0.75 0.73	0.31 0.31 0.35	28.1 23.8 18.1	36.9 34.9 24.3	25.2 21.5 17.9	0.90 0.90 0.99	0.68 0.62 0.74	1.8~2.3 1.8~2.1 1.2~1.5
D.L. +3.2 m	7.0 7.0 6.0	4.3 4.3 3.4	66 66 52	0.065 0.065 0.065	7.0 6.8 5.8	5.6 5.3 4.8	0.61 0.64 0.66	0.32 0.25 0.39	27.0 24.6 18.5	37.3 37.3 25.5	28.2 26.1 21.3	1.05 1.06 1.15	0.76 0.70 0.83	1.9 1.5~1.6 1.2~1.4

(注) * は砕波圧が作用したことを示し, ** は砕波圧としての計算値を示す。

(b) 捨石堤天端, D.L. -5.0 m, 捨石堤天端幅 $B=10.5$ m

潮 位	入 射 波			H/L	合成波高 (m)		反射率 K_R		最大波圧合力			$P_{e\max}$ (スリット型) の比		揚 圧 力 (t/m^2)
	周 期 T (sec)	波 高 H (m)	波 長 L (m)		直立壁	スリット 型	直立壁	スリット 型	直 立 壁		スリッ ト 型	$/P_{e\max}$	$/P_{c\max}$	
									$P_{e\max}$ (t/m)	$P_{c\max}$ (t/m)				
L.W.L.	7.0	4.0	61	0.066	6.8	5.2	0.64	0.31	48.8*	49.7**	19.4	0.40	0.39	2.0~2.4
(D.L.	7.0	3.7	61	0.061	6.2	5.0	0.60	0.34	36.3*	43.5**	17.5	0.48	0.40	1.8~2.2
+0.1m)	6.0	3.3	49	0.067	6.2	4.3	0.82	0.30	15.9	19.1	13.4	0.84	0.70	1.4~1.8
H.W.L.	7.0	4.3	64	0.067	7.2	5.5	0.64	0.27	46.5*	45.5**	28.3	0.61	0.62	1.9~2.1
(D.L.	7.0	4.1	64	0.064	7.0	5.2	0.71	0.29	40.6	31.0	22.8	0.56	0.73	1.6~2.0
+1.7m)	6.0	3.3	51	0.065	5.8	4.5	0.75	0.38	22.7	22.1	20.9	0.92	0.94	1.3~1.5
D.L.	7.0	4.3	66	0.065	7.3	5.7	0.63	0.28	25.5	35.1	27.9	1.09	0.79	1.8~2.1
+3.2m	7.0	4.3	66	0.065	7.2	5.7	0.66	0.35	25.4	35.1	24.9	0.98	0.71	1.8~2.0
	6.0	3.4	52	0.065	5.9	4.5	0.72	0.35	17.7	24.9	19.8	1.12	0.79	1.0~1.2

(注) * は砕波圧が作用したことを示し, ** は砕波圧としての計算値を示す。

(c) 捨石堤天端, D.L. -5.0 m, 捨石堤天端幅 $B=15.0$ m

潮 位	入 射 波			H/L	合成波高 (m)		反射率 K_R		最大波圧合力			$P_{e\max}$ (スリット型) の比		揚 圧 力 (t/m^2)
	周 期 T (sec)	波 高 H (m)	波 長 L (m)		直立壁	スリット 型	直立壁	スリット 型	直 立 壁		スリット 型	$/P_{e\max}$	$/P_{c\max}$	
									$P_{e\max}$ (t/m)	$P_{c\max}$ (t/m)				
L. W. L.	7.0	4.0	61	0.066	7.1	5.6	0.77	0.31	59.8*	61.1**	33.0	0.55	0.54	2.2~2.8
(D. L.	7.0	3.7	61	0.061	6.2	5.1	0.66	0.39	47.0*	54.0**	18.5	0.39	0.34	1.8~2.4
+0.1m)	6.0	3.3	49	0.067	5.9	4.3	0.81	0.33	19.6	44.7**	11.7	0.60	0.26	1.3~1.8
H. W. L.	7.0	4.3	64	0.067	7.2	5.6	0.64	0.30	45.6*	62.5**	24.2	0.53	0.39	1.8~2.1
(D. L.	7.0	4.1	64	0.064	6.9	5.3	0.67	0.31	26.7	31.0	20.5	0.77	0.66	1.5~1.9
+1.7m)	6.0	3.3	51	0.065	5.9	4.7	0.72	0.38	16.7	22.1	19.0	1.14	0.86	1.3~1.5
D. L.	7.0	4.3	66	0.065	6.9	5.6	0.58	0.33	26.7	35.1	28.7	1.08	0.82	1.5~1.9
+3.2m	7.0	4.3	66	0.065	6.6	5.7	0.50	0.34	28.6	35.1	25.9	0.90	0.74	1.5~1.8
	6.0	3.4	52	0.065	5.6	4.5	0.64	0.36	17.6	24.9	20.6	1.17	0.83	1.1~1.4

(注) * は砕波圧が作用したことを示し, ** は砕波圧としての計算値を示す。

合成波高および合成波の反射率 K_R が記してある。

スリット型防波堤において、スリットの前面板に働く最大同時圧力と後部の不透過鉛直壁に働く最大同時圧力とは同時刻には働かず、後者が前者より常に遅れて作用するが、安全のため、両者は同時に働くものとして両者の和をスリット型防波堤に働く最大波圧合力 $P_{e\max}$ (t/m) とした。なお表中の波圧の計算値は次式を用いて求めた²⁾。

砕波の場合、低基混成堤 ($0.40 \sim 0.50 \leq h_1/h_2 \leq 0.75$) に対する波圧合力を与える式、

$$P_c = \alpha \cdot w_0 \cdot H \cdot \left(h_1 \frac{\tanh \beta}{\beta} + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H \right) - \Delta P_2 \quad \dots\dots\dots (13)$$

重複波の場合 ($h_1/h_2 > 0.75$, $h_2/H \geq 1.8$),

$$P_c = \frac{1}{2} \cdot w_0 \cdot H^2 + w_0 \cdot \frac{H}{k} \cdot \tanh kh - \Delta P_1 - \Delta P_2 \quad \dots\dots\dots (14)$$

式中、

$$\Delta P_1 = w_0 \cdot \frac{H}{k} \cdot \frac{\sinh k(h-h_1)}{\cosh kh}$$

= 捨石堤の部分に働らくと考えられる波圧合力

$$\Delta P_2 = \frac{1}{2} \cdot w_0 \cdot (H - H_c)^2 = \text{直立部天端上の波圧合力}$$

α = 波圧強度係数 = $p_{\max}/w_0 H$

w_0 = 海水の単位体積重量 = 1.03 t/m^3

$$\beta = \sqrt{6.0 \alpha + 26.0} - 5.0$$

$\gamma = H_c/H$ (H_c は静水面上直立部天端までの高さ)

表-3 (a), (b) および (c) 中の4例について、スリット型防波堤および通常の混成防波堤に働く最大波圧の鉛直分布 (実験値) を示すと 図-5~8 のごとくである。

表-3 (a)~(c) および 図-5~8 から明らかなように、スリット型防波堤に働らく最大波圧合力 $P_{e\max}$ は、重複波圧あるいはそれに近い波圧の場合には、通常の混成堤に働らく波圧とはほぼ同じであるが、砕波が生ずる場合には両実験値の比、 $P_{e\max}(\text{slit})/P_{e\max}(\text{compos.})$ はほぼ $0.40 \sim 0.60$ である。また計算値との比はさらに小さくほぼ $0.30 \sim 0.54$ である。このようにスリット型防波堤において砕波の圧力が著しく減少する原因は次のように考えられる。

(1) 引き波の谷の時刻には、消波室内の水位は低下して室内はほぼ空になるか、あるいはそれに近い状態になる。次の侵入波が防波堤直前で砕波して消波工に衝突する時には、消波室内の水面の上昇が室外の水面の上昇よりかなり遅れているので、砕波の運動量の相当の部分がスリットを通して消波室内へ放散され、砕波が鉛直壁

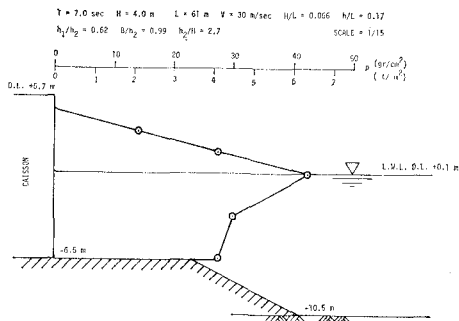


図-5(a) 波圧分布 ($P_{e\max}=47.6 \text{ t/m}$)

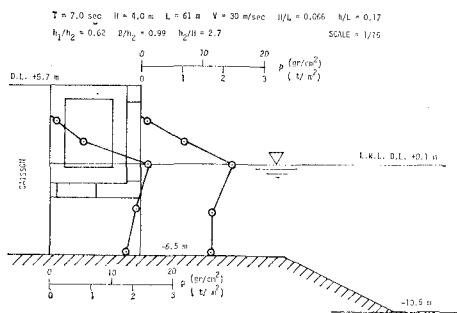


図-5(b) 波圧分布 ($P_{e\max}=22.0 \text{ t/m}$)

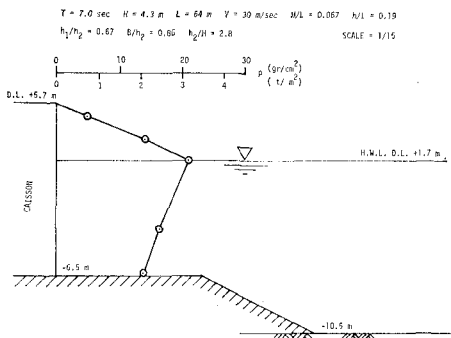


図-6(a) 波圧分布 ($P_{e\max}=28.1 \text{ t/m}$)

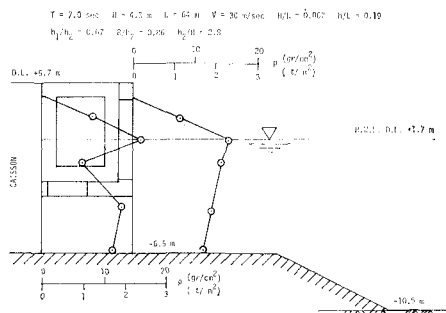
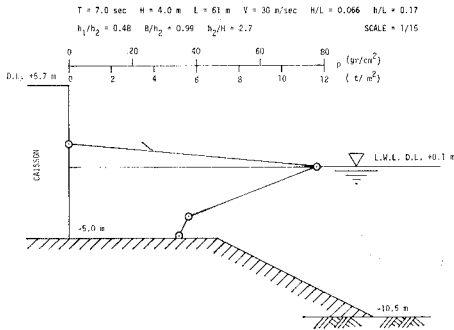
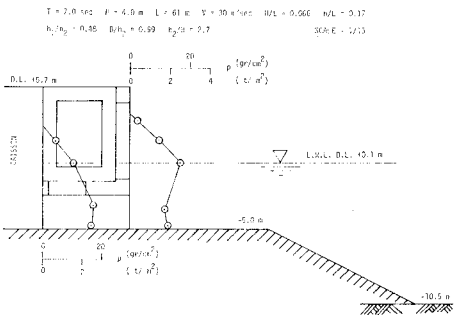
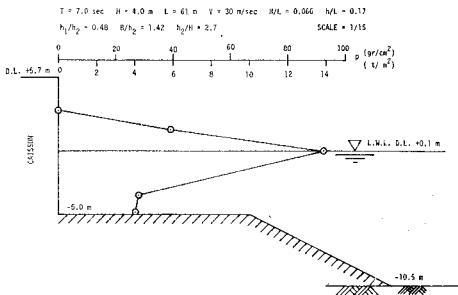


図-6(b) 波圧分布 ($P_{e\max}=25.2 \text{ t/m}$)

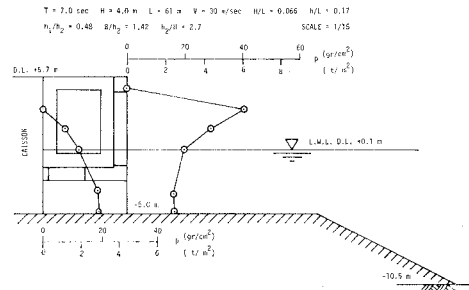
図-7(a) 波圧分布 ($P_{e\max}=48.8 \text{ t/m}$)図-7(b) 波圧分布 ($P_{e\max}=19.4 \text{ t/m}$)図-8(a) 波圧分布 ($P_{e\max}=59.8 \text{ t/m}$)

に衝突した瞬間に生ずる強い衝撃圧力は消散する。このため消波工前面板には強い衝撃圧力は働かない。

(2) その後、消波室内の水位が上昇すると、スリットから室内に突入した碎波は室内の水と衝突し、渦乱によって水平速度を著しく減少するので、後部の不透過鉛直壁に働く圧力が減少する。

また表-3(a)~(c)より明かなように、消波工の下面板に働く揚圧力 p_u も $1.0 \text{ t/m}^2 \sim 2.8 \text{ t/m}^2$ で、ほとんどの場合に 2.0 t/m^2 あるいはそれ以下で非常に小さい。これはいうまでもなく、下面板のスリットから波のエネルギーが消波室内に消散するためである。

以上記したように、スリット型防波堤は碎波の圧力を著しく減少すると共に、下面板に働く揚圧力も小さい

図-8(b) 波圧分布 ($P_{e\max}=33.0 \text{ t/m}$)

という利点を有することが明らかになった。

なお不規則波を起こして実験を行ったが、規則波の場合に比して波圧は小さく、問題にならなかった。

6. スリット型防波堤の反射率

箱型消波工の消波特性から明かなように、前面板および下面板の開孔率 λ および λ' が一定であれば、開孔部を円形にしてもスリット型防波堤(図-3)のようなスリット形にしても消波工の反射率 K_R の値は変わらない。また反射率の値には模型の縮尺の影響もない。図-9は図-3のスリット型防波堤の縮尺 1/25 と 1/15 の模型で測定した K_R と入射波の周期との関係を示す。また同図には下面板の開孔部を円形孔にした場合の K_R も記入してある。

図-9および表-3(a)~(c)によれば、図-3に示すようなスリット型防波堤の反射率 K_R は周期 $T=5 \text{ sec} \sim 7 \text{ sec}$ の波に対しては $K_R \div 0.20 \sim 0.40$ である。

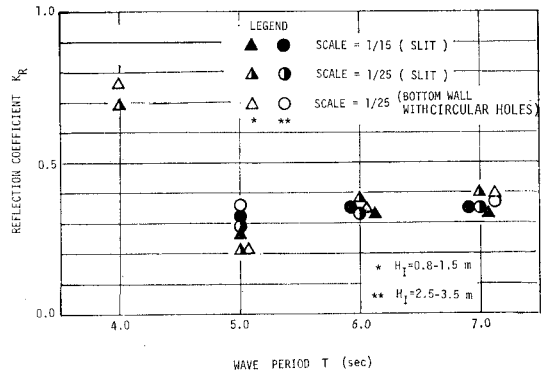


図-9 スリット型防波堤の反射率 (H.W.L.)

参考文献

- 1) Nagai, S. and Kakuno, S.; A Slit-type Breakwater, Proc. of 15th Conf. on Coastel Eng. July, 1976, Honolulu.
- 2) 永井莊七郎: 港湾工学, オーム社, pp. 50~56, 1975