

II-4 消波ブロック傾斜堤内 不透過壁の防波効果

北海道開発局・土木試験所・港湾研究室, 正会員, 竹田英章

1. 消波ブロック傾斜堤における不透過壁の採用

宗谷支庁の日本海に面する枝海漁港および網走支庁の能取湖に建設中の能取漁港においては、図-1および図-2に示す構造の防波堤が建設されている。消波ブロック傾斜堤内の不透過壁は、漂砂の通過防止ならびに透過波の減衰を期待して採用されたものであり、枝海漁港ではH型のコンクリートブロックが、能取漁港では鋼鉄板が用いられている。不透過壁を堤体の天端まで施工せずに、水面上やや上方で止めているのは、工事中的の手戻り防止、および最上段ブロックの安定性を損なわないよう配慮したものである。

昭和54年5月、枝海漁港に関して、今後に延伸が計画されている防波堤の構造型式について打合せがなされた。その際、同構造における不透過壁の防波効果を検討する必要が生じ、7月に断面実験を実施したので、ここにその結果を報告する次第である。

2. 実験の方法

図-3に示すように、来襲波の波高を H_i 、波長を L_i 、建設水深を d 、堤体の天端幅を B 、堤高を h 、堤体内の不透過壁高を h' 、堤体の港内外波勾配を θ 、伝達波の波高を H_t 、その波長を L_t とする。周期 T は港外と港内で変らないから、 $L = (gT^2/2\pi) \tanh(2\pi d/L)$ より、 $L_i = L_t = L$ なので、水理諸量は、 $H_i, L, d, B, h, h', \theta, H_t$ となる。したがって、無次元表示は式(1)で表わすことができる。

$$\frac{H_t}{H_i} = f\left(\frac{H_i}{L}, \frac{H_i}{d}, \frac{B}{L}, \frac{h-d}{H_i}, \frac{h'}{h}, \theta\right) \quad (1)$$

建設地点および設計波が定まれば、一般に d, B, θ, h が定まる。いま、 h' を変化させて、波高伝達率 H_t/H_i を求めることにより、不透過壁の防波効果を評価することとする。式(1)において、 h'/h を変えるので、 H_i/d 、 $(h-d)/H_i$ はほぼ同じ値とした。すなわち、 d, h を定めた場合、 H_i をあまり変えないようにする。

フルードの相似則を前提として、両港の建設地点を考慮し、水平床、水深 $d=27\text{cm}$ で実験を行なうこととした。使用造波水路における、この水深での安定した波はほぼ 10cm であった。波形勾配 H/L は波の性質を表わす指標で、実験値を図示する際、 H/L に関しては一般に対数目盛が採用される。したがって、実験値が片寄らないように L すなわち周期 T を定めるのが望ましい。

不透過壁の高さ h' に関しては、水粒子の軌道運動を考慮して定めることになる。

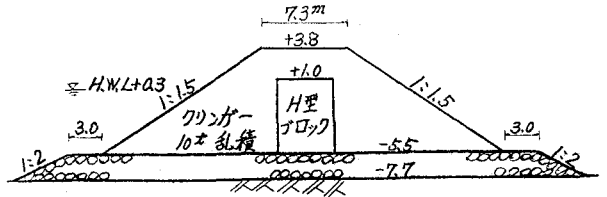


図-1 枝海漁港 南防波堤

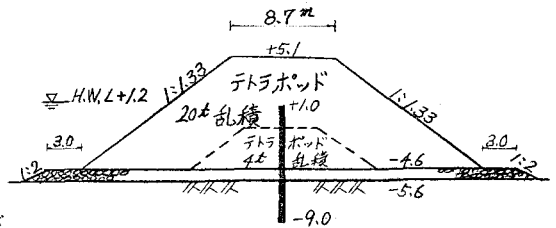


図-2 能取漁港 面防波堤

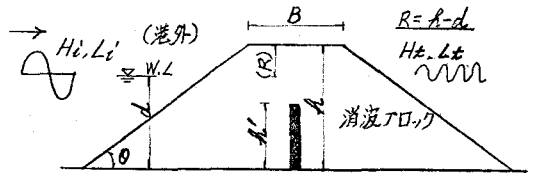


図-3 水理諸量

以上により、実験は次の条件により行なつた。

表-1 実験結果

実験水深; $d = 27\text{ cm}$, 水平床

堤体の天端高; $R = 6\text{ cm}$,

天端幅; $B = 25.5\text{ cm}$

消波ブロック; テトラポッド 460g/個

法勾配 1:1.33

不透過壁の高さ; $h' = 13\text{ cm}, 25.5\text{ cm},$

30 cm,

波高; $H_i = 10\text{ cm}$ 程度

周期; $T = 1.0\text{ sec}, 1.5\text{ sec}, 2.0\text{ sec},$

来襲波高 H_i は、実験中に堤体前面に形成される部分重複波の H_{max} と H_{min} を測定して、 $H_i = (H_{max} + H_{min})/2$ より求めた。伝達波高は、堤体より 0.5m および 1.0m 後方の値を平均して求めた。なお、測定はいずれも物指によつた。

3. 実験結果

実験結果を表-1に示す。また、入射波高を図示したものが図-4である。同図より、 $T = 1.0\text{ sec}$ の H_i を 10 cm , $T = 1.5\text{ sec}$ のそれを 12.5 cm , $T = 2.0\text{ sec}$ のを 10.5 cm とし、波高伝達率を求めた。それが表中の H_e/H_i である。

h'/R を横軸に、 H_e/H_i を縦軸にとって、周期ごとに、その関係を求めたものが図-5~7である。なお、図中のバツ印は近藤による消波ブロック被覆堤の実験式⁹⁾によるものである。

これ等の図によれば、不透過壁の高さが堤高の4割以上になると、透過波の減衰が認められる。として、6割から8割の間に防波効果の最も発揮される高さのあることが指摘できる。すなわち、 $h'/R = 0.77$ の実験値とバツ印の値とを比較すると明らかなように、全高を不透過にするよりも防波効果の得られる最適設計が存在することを示している。

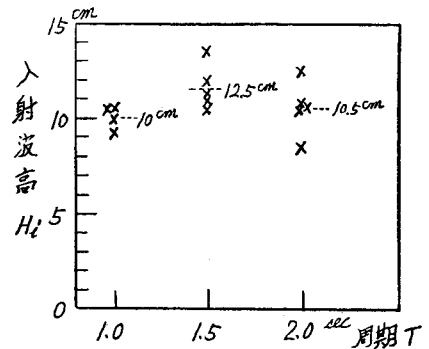


図-4 実験波高

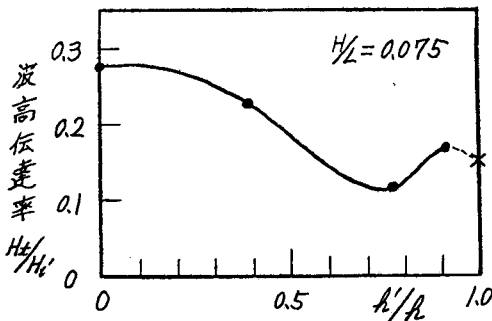


図-5 周期 1.0 sec の実験結果

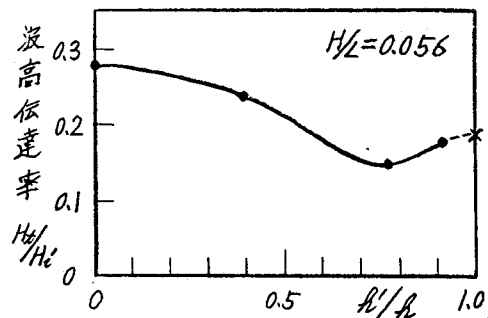


図-6 周期 1.5 sec の実験結果

この現象に関しては次のように観察された。

1) $h'/R = 0.77$ では、不透過壁のやや前方で碎波し、それが壁のわずかな前で落下して、水面のじょう乱

は背後にほとんど伝達しない。

2) $R'/L=0.91$ では不透壁の直前で砕波し、水塊は壁を越えて落下する。このため、 $R'/L=0.77$ の場合よりも、港内水面をかなり乱す。

図-8 は実験結果より、波高伝達率を波形勾配で表示したものである。同図によれば、 H_t/H_i は H/L が大きくなるにしたがって減少する。そして、 R'/L が小さい場合には、 H/L が 0.06 程度以上ではほぼ一定の値をとるのに対し、 R'/L が大きい場合には、なお減少の傾向を有している。 H_t/H_i の減少割合についてみると、 R'/L の小さい場合と大きい場合とではその傾向が異なっており、 R'/L が大きくなるにしたがい直線的に減少するようになる。

なお実験状況を写真-1～3 に示す。

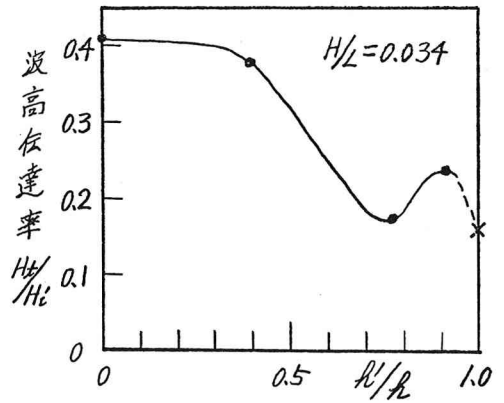


図-7 周期 2.0 sec の実験結果

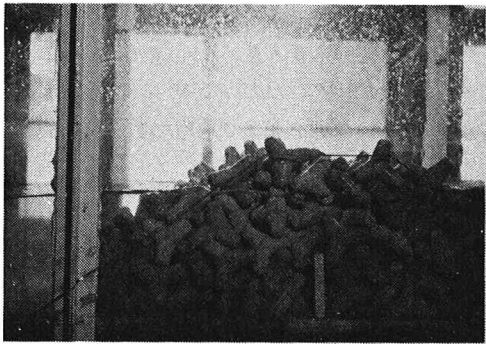


写真-1 $R'/L=0.39$ の実験状況

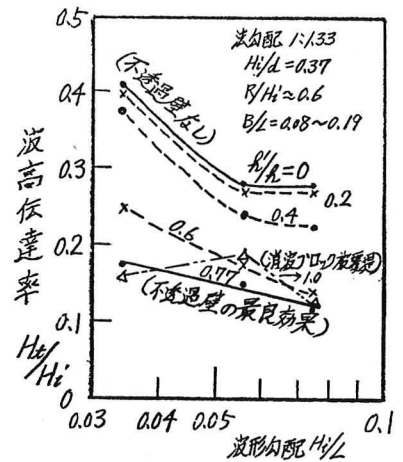


図-8 消波ブロック堤内の不透壁の防波効果



写真-2 $R'/L=0.77$ の実験状況

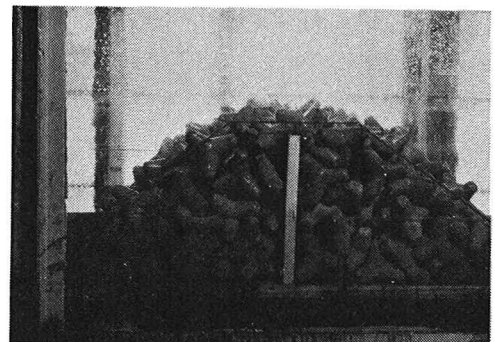


写真-3 $R'/L=0.91$ の実験状況

4. 現地への適用例

実験は規則波で実施したが、現地の不規則波についても、実験をそのまま適用することが可能なので²⁾、図-1および図-2について検討してみる。

1) 枝海魚港・南防波堤

縮尺 $1/30$ を仮定すれば

	(模型)	(現地への換算値)	(現地)
水深	27 cm	8.1 m	8.0 m
堤幅	25.5 cm	7.7 m	7.3 m
天端高	6 cm	1.8 m (3.6 m)	$R=3.8-0.3=3.5$ m
法勾配	1:1.33		1:1.5
H/L			$(9.7+1.0)/(9.7+3.8)=0.76$
波高	10 cm ~ 12.5 cm	3 m ~ 3.75 m (6 m ~ 7.5 m)	
周期	1.0 sec ~ 2.0 sec	5.5 sec ~ 11 sec (9.7 sec ~ 15.5 sec)	

現地の天端高 3.5 m に対し、模型の現地換算値は 1.8 m である。仮定波高は天端高に最も支配されるので、縮尺を $1/30$ とすれば、換算値は上記の括弧の数値となる。設計波の周期を 10 sec とすれば、 $H=8.0$ m では、 $L_0=156$ m、 $L=84$ m、限界波高 H_{L0} は³⁾、 $H/L_0=0.05$ 、 $H_L/H_{L0}=0.72$ 、 $H_L=0.72 \times 8.0=5.8$ m。 $H_L/L=0.07$ より、波高伝達率は図-8 から $H_t/H_i=0.13$ と求められる。したがって、堤体を介して港内に生ずる波の波高は 0.75 m 以下と推定される。

2) 能取魚港・西防波堤

潮流および波振を考慮した水深 8 m に対して、周期の長い波を想定し、限界波高を水深の 8割として、6.5 m を設計波高としている。いま、周期を 13 sec とすれば $L=105$ m ($H=5.6$ m + 1.2 m) であるから、 $H/L=0.062$ 。 $H/L=(5.6+1.0)/(5.6+5.1)=0.62$ 、図-8 より $H_t/H_i=0.15$ $H_t=0.15 \times 6.5 \approx 1$ m 航路をずる防波堤として十分な値である。

枝海魚港の不透過壁高は最も防波効果の期待できる高さとなっており、能取魚港のそれは湖口地区の防波堤として最良の設計と判断される。また、北海道開発局・農業水産部・水産課の指導方針“不透過壁高は堤高の $3/4$ 前後とする”の妥当性は本実験により裏付けられたといえよう。

文献

- 1) 近藤・佐藤；防波堤天端高に関する研究，北海道開発局土木試験所月報，第117号，昭和39年。
- 2) 合田・鈴木・岸良；不規則波実験とその特性について，21回海講演，1974年。
- 3) 合田；砕波指標の整理について，土木学会論文報告集，第180号，1970年8月。