

直立消波岸壁の反射率に関する実験的研究 (第1報)

時 川 和 夫*

1. 緒 言

近年、海岸および港湾構造物の前面に異形コンクリートブロックを設置して、波のエネルギーを減殺させるいわゆる消波ブロックが多種多様に製作、施工されてきた。消波ブロックはその安定性を重視するために、個々の一単体としての安定性や施工性の概念から発展し、改良され、今日のものに派生してきている。しかしながら実際に設置される施工断面全体を一体として考えた安定性ならびにその消波性に関しては、個々のブロックの特性が十分に発揮されたものになっているかどうかはなはだ疑問で、またこれら一体となった形状による波の消波性に関して研究された論文も数少ないのが現状である。最近になって、港湾工事の拡張や、港内岸壁の整備に伴って、とりわけ小港湾や漁港においては、従来自然海浜や、船揚場斜路であった港域が直立岸壁に整備されて、港内に侵入した波浪エネルギーは消散することなく岸壁間を反射して、また港内副振動を誘発させる原因ともなって、港内静穏度を著しく低めている。このために消波機能を持った直立岸壁の必要性が要請され、北海道においては昭和45年から追直漁港¹⁾や館浜漁港²⁾においてケーソンタイプの直立消波岸壁が計画施工され、港内静穏度を高めるのにその効果を発揮している。ごく最近になって特殊異形コンクリートブロック積みの消波ブロックが製作され、これを直立岸壁に施工して消波岸壁とする試みが計画され、九州門司港³⁾や道内各地漁港などにそれらの施工が普及しつつある。消波岸壁施工の目的は港内の反射波を吸収して港内静穏度を高めるとともに、岸壁前面における波高を許容限界波高内におさえ、荷役および係留を容易ならしめるものである。最近の港湾工事は港の高度利用、大水深化とともに省力化、急速施工化が1つのポイントとなりつつあり、今後ますます消波岸壁の普及が盛んになるものと予想される。この報文では、これら直立消波岸壁の反射率について検討を加え、最も効果的な施工断面を得るために必要なブロックの形状や大きさおよび空隙率について実験的に検討し、今後の消波岸壁開発の一指針を得ることを目的にしており、ここにその第1報を報告する次第である。なお

4. に述べる粗面による反射率の項は、著者が昭和48年に J.W. Johnson 教授の指導のもとにカリフォルニア大学水理実験室の施設を使用して行ったものである。

2. 反射率の測定方法

反射波の測定はすべて規則波により行った。反射波高を取り出す方法には微小振幅波、および有限振幅波理論に適応させた Healy の方法、室田⁴⁾が行った重複波から電気的引算回路を通じて反射波を直接取り出す方法などがあるが、岩垣⁵⁾が指摘するように、いずれにしても反射波高を正確に測定することは非常に困難なことで、またそのばらつきも多様である。しかしながら、反射率を求める工学的な意味はまず第一に構造物前面に合成される波高の最大振幅を知ることであって、合田⁶⁾がすでに指摘した反射波相互の干渉や位相差、およびこれら倍周波数の表面波の出現などを考慮した真の反射率はその後の問題であろうと思われる。この観点に立って報文では前面に生じる最大波高(複合成波の腹)と最小波高(複合成波の節)を測定することにより Greslou と Mahe⁷⁾が行ったように Healy の方法で見かけの反射率を測定する方法をとった。

3. 実験方法

使用した実験水槽は2つの二次元ガラス水槽、106'×1'×3' (カリフォルニア大学パークレー水理実験室)と29m×0.8m×1.0m (土木試験所港湾研究室)でいずれもペンデラム型起波機と水槽両端に消波装置が設置されている。実験はいずれも規則波により行われ、使用水深 $h_c=30, 45, 60$ cm, および $h_D=25, 50, 53.0, 56.5$ cm, 周期 $T_C=0.9, 1.2, 1.7, 2.7$ sec, $T_D=0.9, 1.3, 1.8, 2.3, 2.6$ sec, 波高 $H_C=2.0\sim15.0$ cm, $H_D=2.0\sim17.0$ cm, $h/L_A=0.11, 0.16, 0.26, 0.43$, $H/L_A=0.005\sim0.071$ の範囲のものを使用した。波高の測定は電気抵抗線式および容量式波高計6本を同時に使用し、構造物前面の波高計は重複波が形成されてから、造波板からの再反射波が入射するまでの間に連続して侵入波の進行方向ならびに逆方向に移動させて、重複波の最大波高と最小波高を取り出すようにした。記録計の固有振動数は、 $f_c=42$ c/s および $f_D=300$ c/s である。

* 正会員 工修 北海道開発局土木試験所第1研究部

4. 粗度を持った直立壁の反射率⁸⁾

(1) 実験に使用した模型

実験に使用した粗面は平滑な不透過板の上に 図—1, 2, および 写真—1 に示すように亜鉛鉄板を取付けたもので、不透過板と鉄板およびおのおのの格子の継目からの漏水はないように製作した。これら構造物の据付角は $Slope=90^\circ, 45^\circ, \text{および } 30^\circ$ である。実験は反射率に対する縮尺効果を調べるために縮尺を変えて行い 1/1, 2/3, および 1/2 縮尺にした場合の反射率の変化をあわせ調べた。

(2) 実験結果

構造物前面における複合成波の振幅の一例を示すと、図—3~4 のとおりである。一連の実験について、重複波の振幅波高を調べた結果一般的に言えることは、各腹の位置における最大波高の変動は少なくないが、節における最小波高は反射面から離れるにつれて大きくなり、たとえ構造物表面からの二次反射波(波長の短い表面波)が発生している場合でも構造物前面の一波長間内で最小波高を記録することができたことである。実験の結果、反射率の一例を示すと 図—5 のとおりである。 h/L_0

をパラメーターにしてみると、一定の h/L_0 値に対して見かけの反射率には極大点と極小

点が存在するようで、上図でみるかぎり三次曲線、すなわち反射率は

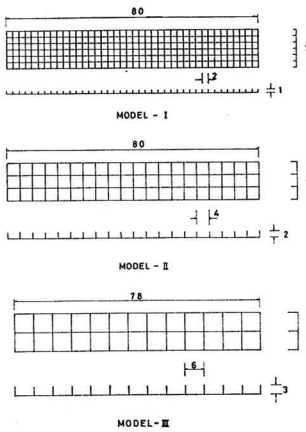
$$\frac{H_r}{H_i} = K \cdot f\left(\frac{h}{L_0}\right) \left\{ a \left(\frac{H_0}{L_0}\right)^3 + b \left(\frac{H_0}{L_0}\right)^2 + c \left(\frac{H_0}{L_0}\right) + d \right\}$$

の関係があるように思われる。図中には縮尺を変えて実験を行った場合の結果もあわせ記入されているが、この程度の縮尺変化では反射率はほぼ同一傾向となって縮尺効果は現われていない。見かけの反射率としては、実験誤差による安全を見込んで一連の実験値の上限値を結ぶと、一般に反射率は、 H_0/L_0 の小さいところで $H_r/H_i \div 1.0$ に近づき、 H_0/L_0 が大きくなるにつれて H_r/H_i は漸減する。不透過板 ($Slope=90^\circ, 45^\circ, 30^\circ$) に対するこれら実験値の上限値は、Greslou—Mahe の実験曲線とよく一致し、 $S=90^\circ$ の場合の値を合田の理論により三次近似の補正を行うとその真の反射率はすべての H_0/L_0 の値に対してほぼ $(H_r/H_i)_A=1.0$ に近づく。図—6 は $Slope=90^\circ$ の場合の粗面からの見かけの反射率を示している。これによると粗度 M—III (図—1, 2 参照) は粗度 M—I に比べ $H_0/L_0=0.02$ 付近で 10%, $H_0/L_0=0.04$ 付近で 20% 反射率を低減させている。

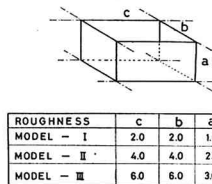
(3) 侵入波の消波効果の検討

侵入波の単位幅当りのエネルギーは一般に次式で表わされる。

$$E_I = E_r + E_l \dots\dots\dots (1)$$



図—1 粗面の模型断面図

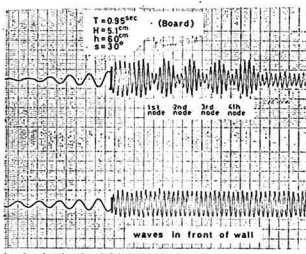


ROUGHNESS	c	b	a
MODEL - I	2.0	2.0	1.0
MODEL - II	4.0	4.0	2.0
MODEL - III	6.0	6.0	3.0

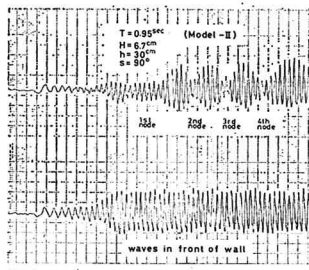
図—2 粗度の形状寸法



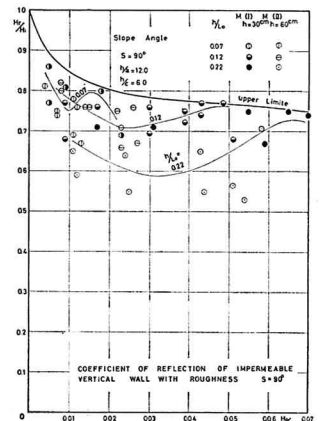
写真—1 実験に使用した粗面の模型



図—3 合成波形記録
(不透過滑面 $Slope=30^\circ$ の場合)



図—4 合成波形記録
(不透過粗面 $Slope=90^\circ$ の場合)



図—5 粗面の反射率
($Slope=90^\circ$ の場合)

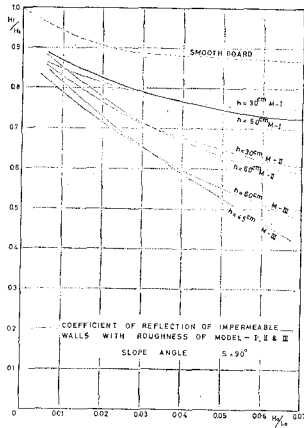


図-6 粗度と反射率の関係 (Slope=90° の場合)

ここで E_I : 侵入波のエネルギー, E_r : 反射波のエネルギー, E_L : 境界面で失われるエネルギー
またエネルギー損失は次式で表わされる。

$$E_L = E_S + E_R \quad (2)$$

ここで E_R : 境界面の粗度で失われるエネルギー, E_S : 境界面の Shoaling で失われるエネルギー
境界面が平滑で粗度がない場合は,

$$E_R = 0 \quad (3)$$

したがって式 (2) と 式 (3) より

$$E_L = E_S \quad (4)$$

式 (1) と 式 (4) より

$$E_I = E_r + E_S \quad (5)$$

境界面に粗度がある場合は,

$$E_I = E_r + E_L \quad (6)$$

$$E_L = E_S + E_R \quad (7)$$

式 (6), 式 (7) と 式 (5) より

$$\begin{aligned} E_I &= E_r + E_S + E_R \\ &= E_r + (E_I - E_r) + E_R \end{aligned} \quad (8)$$

$$\therefore E_R = E_r - E_r \quad (9)$$

いま波のエネルギーは, $E = 1/8 \rho g H^2 L$ で表わされるから式 (9) は,

$$\frac{E_R}{E_I} = \frac{E_r}{E_I} - \frac{E_r}{E_I} \quad (10)$$

ここで波長の変化は無視されるものと考えと,

$$\frac{E_R}{E_I} = \left(\frac{H_r}{H_I} \right)^2 - \left(\frac{H_r}{H_I} \right)^2 \quad (11)$$

サフィックスのダッシュは境界面に粗度がある場合のものを表わす。図-7~9 は粗度 Model-I, II および III について, それぞれの斜面の角度 $S=90^\circ, 45^\circ$, および 30° の場合のエネルギー損失の割合を示したものである。これによると粗度 h/a (h : 水深, a : 粗度の深さ) が大きいほどエネルギー損失の割合は大きくなって, $S=90^\circ$ では H_0/L_0 が大きくなるほど E_R/E_I は大きくなり, $S=45^\circ$ では $H_0/L_0=0.04$ 付近で, $S=30^\circ$ では $H_0/L_0=0.15 \sim 0.25$ 付近でピークの値となる傾向があり, h/a 値が小さいほど H_0/L_0 の小さい値でエネルギー損失の割合が大きくなるのがわかる。また $S=90^\circ$ の場合粗度 h/a の効果は H_0/L_0 が大きくなるほど有効であり, $S=30^\circ$ の場合では H_0/L_0 が 0.03 を越えると E_R/E_I は急速に小さくなり, $H_0/L_0=0.06$ 以上では E_R/E_I は 10% 以下になって粗度 h/a の効果は顕著でなくなる。これは Slope による Shoaling の効果による波そのものの変形 (碎波) によるエネルギー損失の割合の方が大きくなるためであろうと思われる。以上の結果から直立壁 ($S=90^\circ$) の場合は粗度 $h/a=8$ の場合は粗度なしの場合より $H_0/L_0=0.04$ 付近で 30% 反射率は小さくなることがわかる (図-6 参照)。

5. 特殊異形ブロック積み直立岸壁の反射率⁹⁾

北海道開発局では昭和 48 年度に根室港および熊石漁港の物揚場にブロック積み直立岸壁を施工した。昭和

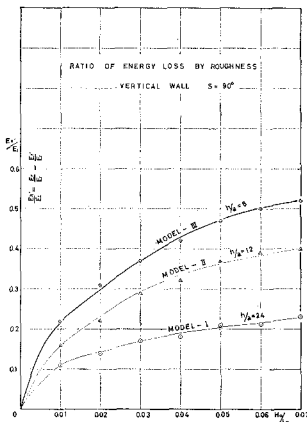


図-7 粗度と反射波損失の関係 (Slope=90° の場合)

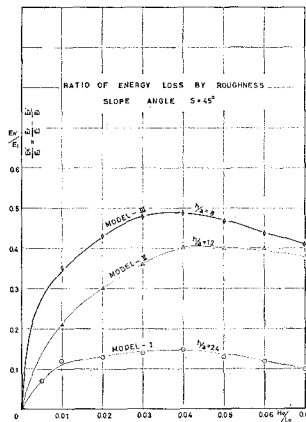


図-8 粗度と反射波損失の関係 (Slope=45° の場合)

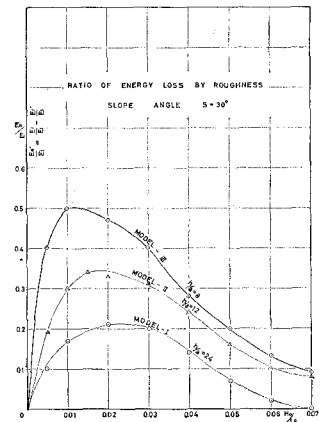


図-9 粗度と反射波損失の関係 (Slope=30° の場合)

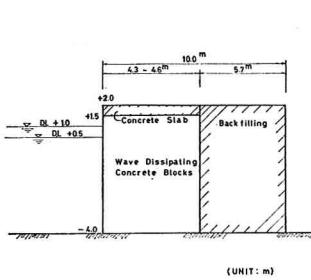


図-10 ブロック積み直立岸壁の標準断面図

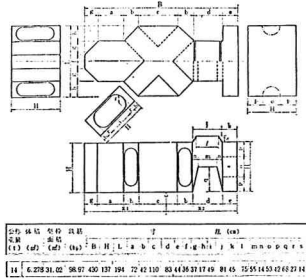


図-11 クロスホローブロック形状寸法

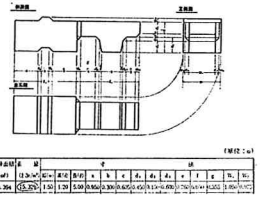


図-12 タイブロック形状寸法

49 年度は道内各地の小港や漁港でこれら岸壁の施工が予定されている。ここで報告する特殊異形ブロックはタイブロックとクロスホローブロックの二種でそれぞれ4層積みならびに2層積みにした場合の反射率や越波量(伝達波高)を試験した。

(1) 実験に使用した模型

実験は縮尺 1/15 で行い、模型の標準断面は図-10に示すとおりである。使用したブロックの形状は図-11および12に示すとおりのもので、クロスホローブロック 14t 型およびタイブロック 15t 型である(写真-2, 3 参照)。実験波は $T_m=1.30, 1.80, 2.30$ sec, $H_m=3\sim 16$ cm, $L_m=230\sim 500$ cm の範囲のものである。

(2) 実験結果

前節 3. で述べた方法で試験を行った結果、それぞれ

の直立消波岸壁の反射率を示すと図-13 のとおりである。図-13 はこれらブロックを4層積みにした場合の反射率を直立防波堤(ケーソン防波堤)と不透過斜面(のり勾配2割と3割)および前節 4. における粗面 Model-I ($h/a=24$), II ($h/a=12$) および III ($h/a=8$)(いずれも $S=90^\circ$) の反射率とを比較したもので、図中の曲線はそれぞれの実験値の上限値を結んだものである。これによると特殊異形コンクリートブロック4層積みによる直立消波岸壁の反射率は両者とも潮位 $DL+1.0$ m ではほとんど同じ傾向となり、 $DL+0.5$ m の場合にタイブロックの方が5%程度小さくなる。これら反射率を従来の直立ケーソン防波堤のそれと比べると、一般に10%前後反射率は小さくなっているが、必ずしも消波効果がすぐれているとはいえない。また、これら消波岸壁の反射率

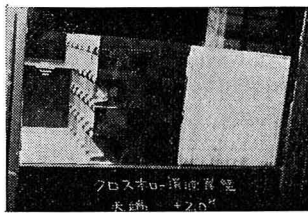


写真-2 クロスホローブロック積み直立岸壁

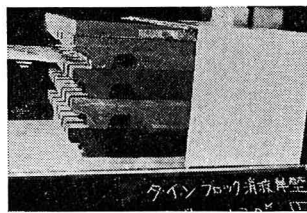


写真-3 タイブロック積み直立岸壁

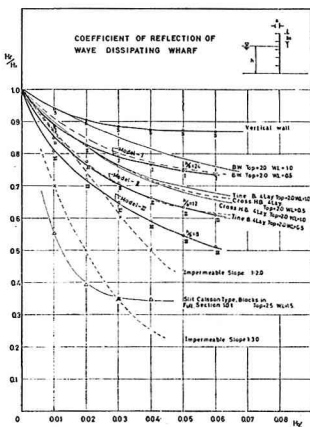


図-13 ブロック積み直立岸壁の反射率(4層積み)

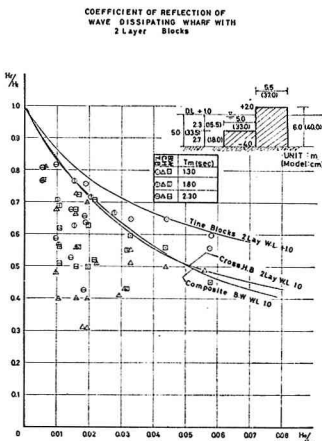


図-14 ブロック積み直立岸壁の反射率(2層積み)

率は前節 4. の粗度 $h/a=24$ と $h/a=12$ との反射率のほぼ中間の値を示していることがわかる。図-14 は上記直立消波岸壁の4層積みブロックのうち下方の2層ブロックをプレキャストコンクリートにして、その上部に消波ブロックを2層積みにした場合の反射率を示す。同図には直立防波堤複断面の場合の反射率もあわせて記入した。これによるとタイブロックは4層積みに比べほぼ0~10%程度反射率は小さくなる。またクロスホローブロックは4層積み比べ0~20%程度反射率は小さくなって直立防波堤複断面の反射率とほぼ同じ傾向になる。これら2層積みのブロックを取り除いた複断面の直立防波堤(図-14 参照)の反射率是不透過斜面2割勾配のものとはほぼ同程度のものとなる。したがって2層積みの場合はこれら消波ブロックそれ自体の消波機能を発揮するようその施工に対しては十分留意する必要がある。

漁港の物揚場や岸壁に使用されるこれら直立消波岸壁は、図-10 に示すように、岸壁天端と静水面との距離が1.0m前後とい

う非常に小さな空間で消波しなければならず、また岸壁をブロック積みで施工する場合は、その天端に少なくとも厚さ 50 cm 前後以上のふたコンクリート床版を設置しなければならず、実際に消波の目的で利用できる空間はさらに小さく狭められる。また上部床版には、かなりの揚圧力が発生し、侵入波高 $H=2.0$ m の波に対して 50 cm 厚の鉄筋コンクリート床版が持ち上げられる。

（3）消波ブロックを岸壁に使用する場合の改良点

一般に岸壁に侵入する波浪は、防波堤ですでに遮蔽されて、港口部からの回折波や防波堤を越波したり堤体内を透過して港内に入る伝達波、および港内水域で発生する波浪で、これらは比較的波形勾配の小さい波で、したがって岸壁前面においては碎波せず、ほぼ完全重複波に近い波形のものである。また港内副振動における波も波長の長い重複波と考えることができる。これらの侵入波は消波岸壁のブロック内では単なる水流の往復運動であるので、ブロック内の構造はできるだけ抵抗係数の大きいものが良く、また水流によって空気を巻き込む構造のものがすぐれている。前節 4. の粗度が有効なもの、一つはこの点にある。図—11 の構造はブロック内の交差管路で水流を衝突させて空気を巻き込んで侵入波のエネルギーロスを期待するものであるが流速がゆるい場合は単なる流れになってしまう。この形状では流速が不足するので管径を小さくして支柱の部分は菱形から矩形もしくは中空の矩形を組み合わせた構造が良いと思われる。図—12 の構造については空隙部が少ないので前室の背後にもう一つ中空の溝型空隙部を設けてふところを深くして空気を巻き込む構造に改良すれば消波機能は大きくなるものと思われる。また 図—11 は後壁の厚みが少ないために侵入した水流および圧縮された空気がブロック相互の目地から背後に出てこれが集まって裏込めとブロックの境目を通して上部コンクリート床版末端より吹き出すので（図—10 参照）、上部工および裏込め目の施工を入念にしなければ背後の吸い出しを受ける危険があるものと予想される。現段階の特殊異形コンクリートブロック積み消波岸壁を一般の岸壁として使用することは、施工の安易さ、工期の短縮などが優先するものであって、消波効果ならびに耐久性に対して特にすぐれた効果を発揮するものでないと言える。今後のこれらブロックの改良、開発に待つところが多いと思われる。

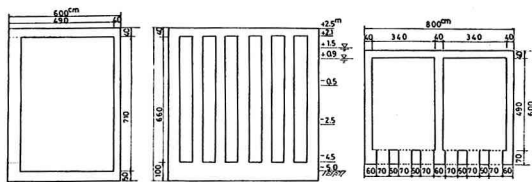
6. ブロック詰ケーソンタイプ直立岸壁の反射率^{1), 10), 11)}

北海道開発局では昭和 46 年度に追直漁港にケーソンタイプの直立消波岸壁を延長 188 m 施工した。ここでは施工に先だって土木試験所港湾研究室で行った試験結果を述べる。ここでは縮尺 1/15 の模型を使用して行った二次元ガラス水槽による直立消波岸壁の反射率と、縮

尺 1/75 で行った三次元水槽による港内静穏度に対する消波岸壁の効果についてその要点を述べる。

（11）実験に使用した模型

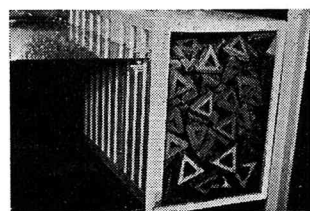
実験に先だって直立消波岸壁にする種々のアイデア、断面が検討されたが、結局従来のケーソンと消波ブロッ



図—15 スリット型ケーソンタイプ消波岸壁断面図

クを組合せたスリット型ケーソンタイプ直立消波岸壁を採用することにした。この消波岸壁は 図—15、写真—4

に示すとおりで中詰ブロックを種々検討した結果、中空三角ブロック 1 t を使用することに決めた。前面スリットの空隙率は水平方向に対して 50% の割合である。実験は反射率および揚圧力について調べた。

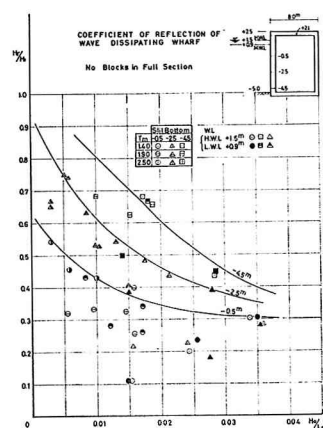


写真—4 スリット型ケーソンタイプ消波岸壁

（2）実験結果

a) 二次元実験

図—16 は中詰ブロック無しの場合スリットの長さを変化させた場合の反射率を示す。これによるとスリットの長さはその下端を水面付近まで短くした場合の方が水底付近にまで延長した場合より反射率は小さくなっている。これはスリット下方のケーソン前壁が潜堤の役割を果たして、ケーソン内部に侵入する波を変形させ、またケーソン後壁からの波の反射を前面に伝達させることをおさえる作用をして、この潜堤上を前後に運動する水流を攪乱し空気を巻き込んでエネルギーロスを発生させて侵入波の周期に対して反射波の位相をずらせる作用をするので、前面に形成される反射波高を小さくするものと思われる。図—17 はスリット下端が -4.5 m の場合に中詰



図—16 スリット型ケーソンタイプ消波岸壁の反射率とスリット長の関係（中詰ブロック無しの場合）

ブロックを数種変えて行った場合の反射率を示す。

これらのブロックの空隙率はほぼ 50~60% の範囲で、これによると中空三角ブロックを全断面に填充した場合が最も小さい反射率を示すようである。

この反射率は $H_0/L_0 \leq 0.03$ で 3 割勾配の不透過斜面より小さくなり、 $H_0/L_0 \geq 0.03$ でほぼ $H_0/H_i \approx 0.35$ になる。この値は前節 4. で述べた粗面 $h/a=12$ を Slope = 45° に設置した場合の反射率とほぼ同様の傾向となっている。図-18 は全断面中詰ブロックにした場合にスリットの長さを変えて行った実験結果を示す。これはスリット下端より下方は捨石を填充してスリットの部分に中空三角ブロックを中詰めした場合の反射率で、これによるとスリット下端は -2.5m 以下にしてスリットを長くしても反射率は大きく変わらないことを意味している。このことはスリット下端は静水面から侵入波高の 2 倍程度必要であり、またそれ以上スリットを長くする必要もないことを意味する。しかしながら、上部床版に作用する揚圧力を測定した結果によると、揚圧力の最大同時波圧強度分布は中詰ブロックを全断面に填充すると床版に平均して一様に作用し、中詰なしの場合に比べその波圧合力はほぼ 1/3 に減少して、スリットを長くするほど揚圧力は減少する傾向がある。また前面の水面付近に吹き出す水流の速度もおだやかになるので、船の接岸および係留を考慮すると下端を -4.5m まで下げておく方が岸壁の安定上および利用上の点で望ましい構造といえる。

b) 三次元実験

二次元水槽による試験の結果スリット型ケーソンタイ

プの直立消波岸壁の消波性能はかなり有効なものと認められたが、これを現地の港に施工した場合に港内静穏度がどのように変化するかを確かめる必要があった。すなわち現地岸壁では波浪はかなり広範囲の角度から入射するので消波岸壁の法線方向の有効性を調べる必要があった。この実験は室内大型平面水槽 (18.0×10.0×0.4m) に現地の 1/75 縮尺の模型を製作し、延長 188m の直立消波岸壁を設置して検討した。図-19 および 20 に実験結果の一例を示す。図-19 は従来の直立ケーソン岸壁の場合、図-20 は延長 188m の消波岸壁を施工した場

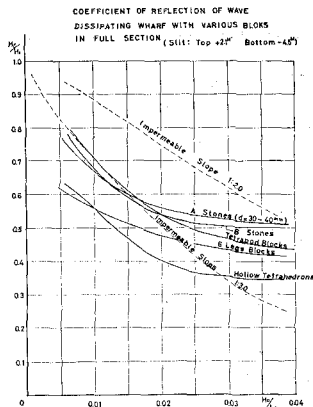


図-17 スリット型ケーソンタイプ消波岸壁の反射率と中詰ブロックの関係

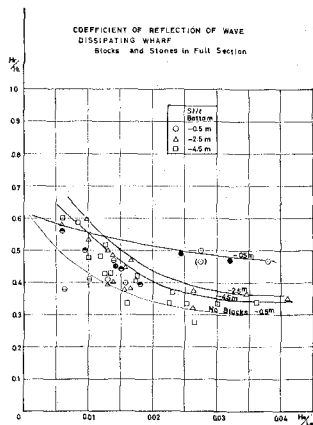


図-18 スリット型ケーソンタイプ消波岸壁の反射率とスリット長の関係 (捨石および中空三角ブロックを填充した場合)

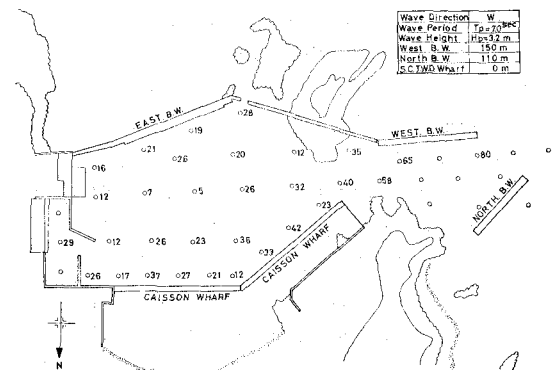


図-19 追直漁港遮蔽実験静穏図 (直立岸壁施工)

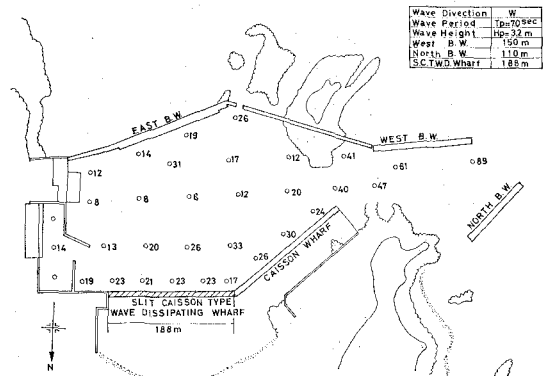


図-20 追直漁港遮蔽実験静穏図 (スリット型ケーソンタイプ消波岸壁 188m 施工)

合の港内静穏度を示す。沖波の侵入波は波向 W , $T_P=7.0$ sec, $H_P=3.2$ m である。図中の数値は沖波侵入波高に対する各測点の波高を % で示したものである。消波岸壁の効果はまず第一に、港口を節とし、港奥船揚場前面を反射面として発生する港内縦断方向の副振動が非常に良く防止されることである。第二に漁船溜における波高を半減させている。また消波岸壁前面の波高は侵入波向 WNW に対して 7~10%, W および WS 波に対して 5~15% それぞれ小さくなっておりかなりの効果を發揮していることがわかる。すなわち消波岸壁は横からの沿い波に対しても十分消波効果があることがいえる。

c) スリット型ケーソンタイプ消波岸壁の今後の課題
 室蘭開発建設部追直漁港で製作したスリット型ケーソン (図-15 参照) の重量は一基 254 t で、岸壁背後埋立地で製作されたものを 500 t 吊り起重機船で吊り上げ所定位置に据付けた。普通のケーソンと異なりスリットがあるので注水する手間がはぶけ、波による揺れも少ないので据付けは非常に簡単で、1 函の吊り出しから据付け完了までの時間は約 1 時間であった。中詰ブロックの据付けは、ケーソン内での作業が危険なので潜水夫は使用せず、特殊な吊金具とクローラー台船を使ってケーソン上面から個々に吊り下げて行った。このために施工当初の実質空隙率が 63% と約 8% 大きくなった。今後は大型起重機船の使用によって、陸上でブロック填充、床版打設を行ってケーソン一基をユニット化して岸壁の急速施工を可能ならしめるように改良するのも一方法であろう。また填充ブロックについては静水面付近と水底付近に分けて、設置するブロックや捨石、およびその他のコンクリート構造物 (たとえば前節の粗面) などを組合せて、合理的かつ経済的な中詰填充材についてさらに検討したい。

7. 結 論

以上の実験結果から消波岸壁の反射率について次のことが言える。

- (1) 構造物により反射する見かけの反射率は一定の h/L_0 に対して極大値と極小値があるようで、 H_0/L_0 に対し三次曲線をとる。
- (2) 消波岸壁の見かけの反射率は、それぞれの h/L_0 に対する上限値を結ぶと H_0/L_0 が小さいほど大きくなって $H_r/H_t=1.0$ に近づき H_0/L_0 が大きくなるにつれて漸減する。
- (3) 粗面が反射率低減におよぼす効果は h/a が小さくなるほど大きくなる。
- (4) 粗面による浸入波のエネルギー損失は $S=90^\circ$ では、 H_0/L_0 が大きいほど大きく、 $S=45^\circ$ では $H_0/L_0=0.04$ 付近で、 $S=30^\circ$ では $H_0/L_0=0.02$ 付近で最大値をとる。
- (5) 特殊異形ブロック 4 層積みの直立消波岸壁の反射率は粗面 $h/a=12\sim14$ ($S=90^\circ$) の反射率とほぼ同じである。
- (6) 特殊異形ブロック 2 層積みの直立消波岸壁の反

射率はこれら 2 層積みブロックを取り除いた複断面の直立防波堤の反射率と同じかそれより大きくなる。

(7) スリット型ケーソンタイプ消波岸壁の消波効果は、 $H_0/L_0 \leq 0.03$ で 3 割割配の不透過斜面の反射率より小さくなり、 $H_0/L_0 \geq 0.03$ では $H_r/H_t=0.35$ である。これは粗面 $h/a=12$ ($S=45^\circ$) の反射率とほぼ同様である。

以上の各節により直立消波岸壁の消波効果に関して、その工学的意味の反射率を述べ消波岸壁に使用するブロックの改良、開発に対して若干の提案を行った。今後の消波岸壁の合理的設計、施工に少しでも参考になれば幸いである。

参 考 文 献

- 1) 橋本 明・得永道彦・寺地治一・鴻上雄三・時川和夫：消波機能を内蔵する岸壁について—追直漁港—5.0 m 岸壁の計画と施工—、北海道開発局土木試験所月報第 208 号、1970。
- 2) 高野哲三：館浜漁港の消波機能を有する—2.5 m 物揚場工事について、第 16 回全国漁港建設技術研究会講演集、pp. 71~81, 1971。
- 3) 運輸省第 4 港湾建設局下関調査設計事務所：門司港消波岸壁模型実験報告書、No. 63, 1974。
- 4) 室田 明・山田哲二：反射に関する基礎的研究、第 13 回海岸工学講演会講演集、pp. 9~14, 1966。
- 5) 岩垣雄一・木村 晃：反射実験における波の相互干渉、第 18 回海岸工学講演会論文集、pp. 105~109, 1971。
- 6) Goda Y. and Abe Y.: Apparent Coefficient of Partial Reflection of Finite Amplitude Waves, Report of The Port and Harbour Research Institute, Vol. 7. No. 3, 1968。
- 7) Greslou L. and Mahe Y.: Etude du Coefficient de Reflexion d'une Houle sur un Obstacle Constitue par an Plan Incline, Proc. 5th Conf. on Coastal Eng., pp. 68~83, 1954。
- 8) Johnson J.W. and Tokikawa K.: Wave Reflection on Slopes for Different Roughness, University of California, Berkely, CE 299 Report, 1973。
- 9) 北海道開発局土木試験所港湾研究室：直立消波岸壁性能試験報告書、1974。
- 10) 鴻上雄三・時川和夫：消波工を内蔵した岸壁の消波効果について、第 25 回年次学術講演会講演集第 II 部、pp. 71~74, 1970。
- 11) 北海道開発局土木試験所港湾研究室：追直漁港遮蔽模型実験報告書、1972。