—企業による海洋科学 (7) —

複合消波型構造物 [マリンエース] の開発*

藤澤康雄[†]

林秀朗[‡]

Development of The Offshore Breakwater (Marine Ace) with a Compound Wave Energy Dissipation Function

—Oceanography by Companies (7)—

Yasuo Fujisawa **

and Hiderou Hayashi ††

1. はじめに

近年、ウォーターフロントが注目され、沿岸域の有効利用が図られようとしている。特に、増養殖場の水質悪化による漁場の沖合い展開、海洋性レクリエーションに対するニーズの増大に伴い、新たな利用空間の創出が期待されている。このような空間を創出するためには、外洋に面した海域の波浪、流れ、漂砂等を制御し、従来利用されにくかった海域に静穏海域を創出する海域制御構造物の開発が望まれている。本研究では、水平板と Y 型垂直板を組み合わせ、従来型の離岸堤と同程度の消波特性 ($K_T \leq 0.6$, $K_R \leq 0.5$) を目標とし、かつ海水交換機能も有する複合消波構造物を考案し、系統的な模型実験を行ってきた (宇多ら, 1987a; 1987b)。本報では、入射波の周期、波高、水平板没水深及び本構造物を構成する種々の構成部材の諸元を変化させ、規則波による 2 次元水理模型実験から消波特性及び消波メカニズムを明らかにした。次に、透過式の下部構造物を含めた全体構造物模型を用い

Fig. 1. 複合消波型構造物の全体模型

て、規則波および不規則波による 2 次元水理模型実験を行い、その消波特性について明らかにした。

2. 実験方法

2 次元実験模型は、縮尺 1/25 とし、全体模型 (Fig. 1) と 6 種類の上部消波構造物模型 (Fig. 2: M-1 ~ M-6 模型) を用いた。Fig. 2 のうち、M-5, M-6 模型における網掛けの部分は、V 型遊水部の入口を不透過壁で閉じたときに形成された空間である。また、M-3 模型の網掛け部分は、スリット部を不透過板で置き換えた部分を表す。実験模型の諸元を Tab. 1 に示す。

* 1993 年 3 月 8 日受領; 1993 年 3 月 14 日受理

[†] (株) 大林組技術研究所; 〒204 東京都清瀬市下清戸 4-640

[‡] (株) 大林組エンジニアリング本部海洋開発プロジェクト部; 〒101 東京都千代田区神田司町 2-8-3

** Tech. Res. Inst. Obayashi Corp., 4-640 Shimokiyoto Kiyose-shi, Tokyo, 204 Japan

†† Proj. Dep. Engin. Div. Obayashi Corp., 2-3 Kanda Tsukasa-cho, Chiyodaku, Tokyo, 100 Japan

Fig. 2. 複合消波型構造物の上部構造物模型（平面図）

Table 1. 実験模型諸元

模型形状 名称	水平板間隔 W_s (cm)	閉閉角 θ (deg.)	Y型垂直板 端部間隔(cm)	開口率 c (W_e/W)	V型遊水部 の奥行 d
M-1	18.3	—	—	—	—
M-2	8.7	—	—	—	—
M-3	—	—	—	—	—
M-4	6.7	21	$W = 28.7$ $W_e = 8.7$	0.25	$d/B=2/3$
M-5					—
M-6					$d/B=1/3$
全体					$d/B=2/3$

Fig. 4. 入射波波高を変えた場合の K_T , K_R と B/L の関係 ($h_2/h=0.2$) Fig. 3. 入射波波高を変えた場合の K_T , K_R と B/L の関係 ($h_2/h=0.1$)

3. 実験結果および考察

3.1. 波高及び没水深の消波特性に及ぼす影響

標準模型である M-4 模型の沖波波高に対する透過率 K_T , 反射率 K_R の変化を Fig. 3, 4 に示す。Fig. 3, 4 はそれぞれ、水平板の没水深 4cm ($h_2/h=0.1$), 8cm ($h_2/h=0.2$) の場合である。縦軸は透過率 K_T と反射率 K_R を示す。まず、没水深による透過率、反射率の変化について着目すると、透過率は $B/L \geq 0.3$ の範囲では没水深 4cm の方が、また、 $B/L < 0.3$ の範囲では没水深 8cm の方が低い値を示す。没水深 4cm の場合、 B/L が大きいと入射波が水平板上で碎波することによって透過率が小さくなるのに対し、 B/L が小さい場合は逆に没水深が浅いため V 型遊水部による消波効果が顕著に現れず、透過率が大きくなる。また、波高による透過率、反射率の変化はほとん

Fig. 5. 水平板間隔を変えた場合の K_T , K_R と B/L の関係

ど見られず、本構造物が入射波高に対して線形的な特性を有していることが明らかになった。

3.2. 水平板間隔の消波特性に及ぼす影響

水平板間隔の消波特性に及ぼす影響を明らかにするために、水平板と垂直板のみで構成された模型 (M-1,2,3 模型) の水平板間隔 W_B を変えて規則波実験を行った。 $H_0 = 8\text{cm}$ の波を作用させたときの透過率 K_T , 反射率 K_R を Fig. 5 に示す。透過率は水平板間隔を 20cm から 6.7cm と変えると約 0.15 小さくなり、更に水平板間隔を閉じると約 0.3 小さくなる。透過率を下げる点からは、水平板に間隔を設けない方が望ましい。しかし、反射率は透過率と逆の傾向を示し、間隔を持たない水平板の反射率は著しく高くなる。したがって、このままでは透過率、反射率両面から与えられた条件を満足しない。そこで、本研究では水平板の間にスリットを設け、ここを通過する流体により渦を発生させて消波する機能を付加させた。Fig. 7 によれば、水平板間隔を M-2 模型の間隔よりも狭くすることによって、より小さな透過率を得られそうである。しかし、水平板模型の水平板間隔を狭めるだけでは、長周期側の透過率が小さくならず、反射率も大きくなるので、期待する K_T, K_R の条件を達成することは難しかった。

Fig. 6. Y 型垂直板の有無による K_T , K_R と B/L の関係

Fig. 7. V 型遊水部の奥行を変えた場合の K_T , K_R と B/L の関係

3.3. Y 型垂直板の消波特性に及ぼす影響

M-5 模型は V 型遊水部の後端に蓋を取り付けて閉鎖することにより、M-2 模型に Y 型垂直板のみを取り付けた模型形状となっている。Y 型垂直板による縦スリット機能と収斂機能を付加した実験結果を Fig. 6 に示す。Y 型垂直板模型は縦スリット機能と収斂機能が無い垂直板模型に比べて、 $B/L = 0.3 \sim 0.55$ の範囲で透過率を約 0.1、また、 $B/L = 0.23 \sim 0.42$ の範囲で反射率を最大 0.15 小さくすることができる。透過率が小さくなった理由は、主として縦スリットによるエネルギーロスと考えられる。

Fig. 8. V型遊水部周辺の消波メカニズム

Fig. 9. V型遊水部の奥行を変えた場合の ΔK_T と B/L の関係

3.4. V型遊水部の消波特性に及ぼす影響

V型遊水部の奥行 d が異なるM-4,6,5模型の消波特性の比較をFig. 7に示す。V型遊水部の消波機能が無いM-5模型を基準にして実験結果を比較する。奥行が浅いM-6模型の場合は、 B/L が大きくなると、また、奥行が深いM-4模型の場合は、 B/L が小さくなると透過率が小さくなる。反射率はM-4模型の場合に B/L の小さい方で若干増大し、M-6模型の場合にはあまり顕著な差が見られない。

V型遊水部近傍の流れと渦の状況は次のようである

(Fig. 8 参照)。入射波の峰が模型後端部に達すると、Y型垂直板後端部の間隔 We より波の進行方向に強い吹き出し流れを生ずる((1))。その水の一部はV型遊水部との水位差および流速差等によって水平方向の渦((2))と、鉛直方向の渦((3))を発生し、逆方向の流れとなってV型遊水部へ導かれる((4))。次に、入射波の谷が模型後端部に達すると、逆方向の流れ((4))はV型遊水部の内部で反射され、後方へ吹き出す流れを生じる((5))。この流れは入射波との水位差および流速差等によって水平方向の渦((6))と、鉛直方向の渦((7))を発生する。

V型遊水部の奥行が透過率に及ぼす影響をより明確に把握するために、V型遊水部を塞いだM-5模型とM-4, M-6模型との透過率の差 ΔK_T をFig. 9に示す。 ΔK_T は奥行が深いM-4模型の場合には $B/L = 0.27$ 付近で、また、奥行の浅いM-6模型では $B/L = 0.55$ 付近で最大値を示し、その値は両者共約0.25である。さらに、 $B/L = 0.27, B/L = 0.55$ の値から、波長とV型遊水部の奥行との比はそれぞれ5.56, 5.45となる。このことから、V型遊水部は、その奥行の約5.5倍の波長を持つ入射波に対して透過率を0.25程度小さくする特性を有することがわかる。この結果、奥行の深いM-4模型の場合は、水平板およびY型垂直板で十分に消波できなかった長周期の波をV型遊水部により消波し、全体として広い周期帯で良好な消波特性が得られるようになった。また、本構造物の水平板間隔をより狭めることによって、消波特性の向上が十分期待できるので、V型遊水部の奥行を適当に選択することで、本構造物の消波特性の向上が可能と考えられる。

3.5. 不規則波実験による消波特性の検討

不規則波実験と、規則波実験によって得られた全体模型の透過率と反射率をFig. 10, 11に示す。ここで、不規則波の透過率・反射率は、各周期における入射波スペクトルと、透過波または反射波スペクトルの比であり、見かけの透過率 K'_T 、見かけの反射率 K'_R と定義する。規則波実験と不規則波実験の結果が良く一致していることから、本構造物は、有義波高、有義周期の変化による消波効果の変化が少ないと考えられる。

Fig. 10. 規則波・不規則波実験における K_T, K'_T と B/L の関係

Fig. 11. 規則波・不規則波実験における K_R, K'_R と B/L の関係

4. 結論

1. 没水深 4cm に比較して, 没水深 8cm の場合の消波特性は入射波周期に対する変化が少なく, 長周期の波に対して消波効果がある. また, 透過率・反射率に対する入射波波高の影響が少ない.

2. 水平板間隔を狭めることによって透過率は小さくなり, 反射率は大きくなる. しかし, 水平板だけでは, 長周期側で十分な消波特性を得ることができない.
3. V 型遊水部の消波特性に及ぼす影響として, V 型遊水部の奥行が浅い場合には短周期側, 深い場合には長周期側で透過率を下げる. すなわち, 奥行の約 5.5 倍の波長を持つ入射波に対して, 透過率を約 0.25 小さくする.
4. 本消波構造物は水平板および Y 型垂直板が消波しにくい長周期の波を V 型遊水部によって消波し, 全体として広い周期帯で高い消波特性を得るものである. また, 消波特性に対する下部構造物の影響が少なく, かつ, 不規則波中においても規則波中と同程度の消波特性を示す.

References

- 宇多高明ら (1987a): 複合消波構造物を有する海域制御構造物に関する実験的検討 (1), 土木研究所資料, 第 2454 号, pp.91 ~ 105.
- 宇多高明ら (1987b): 複合消波構造物を有する海域制御構造物に関する実験的検討 (2), 土木研究所資料, 第 2510 号, pp.33 ~ 44.