

非越波型護岸の高波浪域への適用における 消波工形式の基礎的検討

EXPERIMENTAL STUDY ON WAVE DISSIPATING STRUCTURE FOR FLARE SHAPED SEAWALL IN ROUGH SEAS

片岡保人¹・市川靖生²・大谷修³・上久保祐志⁴・村上啓介⁵・入江功⁶

Yasuto KATAOKA, Yasuo ICHIKAWA, Osamu OTANI, Yuji KAMIKUBO,
Keisuke MURAKAMI and Isao IRIE

¹ 工修 (株)神戸製鋼所技術開発本部機械研究所 (〒651-2271 神戸市西区高塚台 1-5-5)

² 正会員 工修 (株)神戸製鋼所都市環境事業部構造技術部 (〒657-0845 神戸市灘区岩屋中町 4-2-15)

³ 正会員 (株)神戸製鋼所技術開発本部機械研究所

⁴ 学生会員 工修 九州大学工学部建設都市工学科 (〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1)

⁵ 正会員 工博 宮崎大学工学部助教授 土木環境工学科 (〒889-2192 宮崎市学園木花台西 1-1)

⁶ 正会員 工博 九州大学工学部教授 建設都市工学科

A Flare Shaped Seawall (FSS), the shape of which is an overhanging circular arc, can drastically reduce the crest elevation and wave overtopping amount in comparison with a conventional vertical one. However, it is thought that impulsive wave pressures are more likely to act on the surface of the FSS in rough seas. In this paper, a wave dissipating structure which reduces wave pressures and maintains the ability to prevent wave overtopping is investigated experimentally using a water channel. It is found that a combination of slit type columns in the FSS and wave dissipating blocks, located a little away from the FSS and the height of which coincides with the water surface, is suitable.

Key Words: Wave dissipating structure, impulsive wave pressure, wave overtopping,
low crested seawall

1. はじめに

空港や発電プラントなどの重要構造物を外洋に面した沿岸域に建設する際には、越波量を極力低減する必要がある。従来の直立型護岸で、越波量を低減しようとする、護岸の天端高さが高くなり、それにともない断面が巨大化する恐れがある。そこで、非越波と低天端の相反する課題を解決する護岸として、護岸前面が沖側に張り出した円弧形状のフレア型護岸が提案され、限界天端高さ(越波量がゼロとなるために必要な最小の護岸天端高さ)が従来の直立消波護岸に比べて極めて低く、沖波波高以下となることが明らかにされている^{1),2)}。一方、本護岸を、設計最大波高が10mを越えるような高波浪域に適用する場合、断面形状が凹形状であることから

護岸前面での衝撃的な波圧の増大が考えられ、実構造物設計のためにはこの衝撃波圧の低減が課題となる。

そこで、本研究では、フレア型護岸を高波浪、急海底勾配域に適用する際に、本護岸の特長である越波阻止性能を確保しつつ、護岸前面に作用する波圧を低減できる消波工形式を明らかにすることを目的としている。

2. 実験装置と試験条件

(1) 基本的な試験条件

実験は、図-1に示すように、2次元造波水槽(長さ30m、高さ1.2m、幅0.6m)中に急海底勾

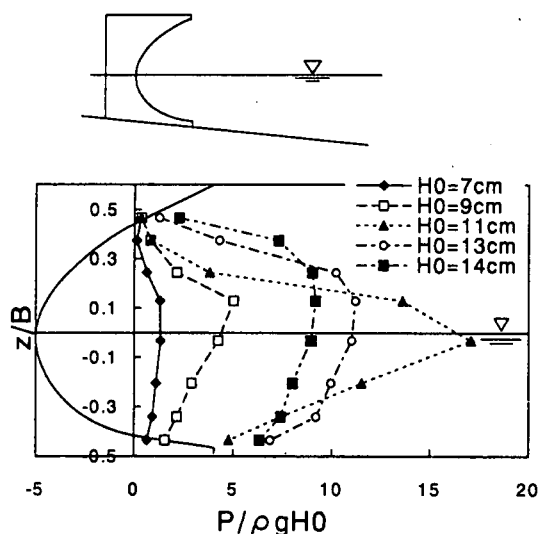


図-2 護岸単体の波圧分布

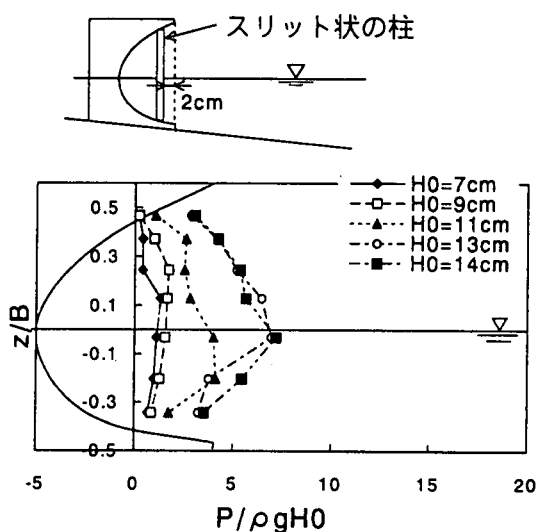


図-3 スリット柱を設けた場合の波圧分布

に対して法線方向の波圧を沖波波高相当の静水圧で無次元化している。また図中には、護岸形状もあわせて示している。波圧の分布形状は入射波高によって異なるが、最大波圧値は静水面近傍から護岸高さ B の 10~20% の間に生じており、護岸単体の場合、最大で沖波波高相当静水圧の 10 倍以上の非常に大きな波圧が作用している。波圧値は、最初沖波波高が大きくなるにしたがって大きくなり、 $H_0=11\text{cm}$ のときに最大値を示し、その後、さらに沖波波高が大きくなるにもかかわらず減少している。これは、水槽実験におけるビデオ観察結果より、直立護岸の衝撃砕波圧発生時と同様の現象が^{5),6)}、フレア型護岸の場合にも生じているためと考えられる。すなわち、沖波波高が $H_0=11\text{cm}$ の場合、護

表-1 各種パイプ消波工寸法、位置における非越波限界波高 H_{max} (単位 cm)

hp	lp	b				
		0	10	20	30	40
23.5	40.8	$H_{\text{max}}=12$	12	13	14	15
	19.0	10	—	11	12	13
17.4	40.8	12	13	14	15	15
	19.0	10	10	12	11	12
11.3	40.8	14	15	13	14	—
	19.0	11	13	14	12	—

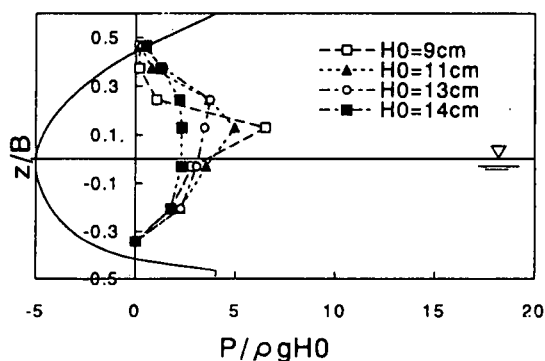
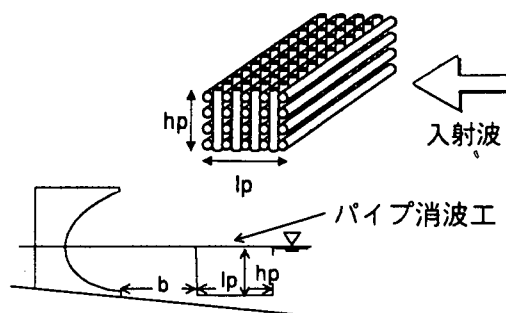


図-4 パイプ消波工を設けた場合の波圧分布

岸前面において、変形した波の形状が護岸前面形状とほぼ一致し、波面が空気をほとんど巻き込まずに衝突するために最も波圧が大きくなり、沖波波高がさらに大きくなった場合、波は護岸前面手前で砕波し、空気を巻き込んだ状態で衝突するために、波圧が減少すると考えられる。

以下の消波工形式の検討においては、フレア型護

岸の特長である越波阻止性能,すなわち上記非越波限界波高 $H_{\max}=14\text{cm}$ を確保することを第一に考え,その上で護岸前面に作用する波圧の減少を試みた。

(2)スリット柱のみを設けた場合

従来の上床版付き直立消波ケーソンにおけるスリット壁と同様に,スリット柱をその沖側前端がフレア型護岸前縁と一致するように取り付け付けた場合,スリット柱の沖側前面で波が跳ね上がり,沖波波高 $H_o=14\text{cm}$ 未満で越波を生じた。このため,非越波限界波高 $H_{\max}=14\text{cm}$ を確保するため,スリット柱をフレア型護岸のふところ内に入れることを考えた。その結果,図-3に示すように,スリット柱を護岸前縁より 2cm 入ったところに設置すれば $H_{\max}=14\text{cm}$ が確保できることがわかった。図-3に,このようにスリット柱を設置した場合の護岸前面に作用する波圧分布を示す。スリット柱を設けることにより,最大波圧値は護岸単体の場合に比較して約 1/2 になるものの,波高相当静水圧の 7~8 倍とまだかなり大きい値を示している。

(3)パイプ消波工のみを設けた場合

表-1に各種パイプ消波工の高さ h_p , 幅 l_p , 護岸前縁との間隔 b を種々変化させた場合の非越波限界波高試験結果を示す。本試験結果より,以下のことが明らかとなった。

- ①消波工が護岸直前にある場合 ($b=0$) , 消波工高さが静水面よりも高いと越波を誘発し,非越波限界波高は護岸単体の場合よりも小さくなる。これは,波が消波工沖側前面に衝突して跳ね上がり,水塊が消波工を飛び越えて護岸上まで達するからである。
- ②消波工高さとしては,越波を誘発しない静水面高さ程度 (本実験では $h_p \doteq 11\text{cm}$) が適している。
- ③一部に例外もあるが,おおむね護岸前縁と消波工を離れた方が (b を大きくした方が) 越波を誘発せず,非越波限界波高は大きくなる。

このことより,今回試験した範囲内で,非越波限界波高 $H_{\max}=14\text{cm}$ を確保し,かつパイプ消波工の体積をできるだけ小さくできる最適条件は,高さ $h_p=11.3\text{cm}$, 幅 $l_p=19\text{cm}$, 間隔 $b=20\text{cm}$ となる。そして,図-4には,パイプ消波工をこの最適条件にしたときの護岸前面に作用する波圧分布を示す。この場合も,スリット柱の場合とほぼ同様に,最大波圧値は護岸単体の場合に比較して約 1/2 になる

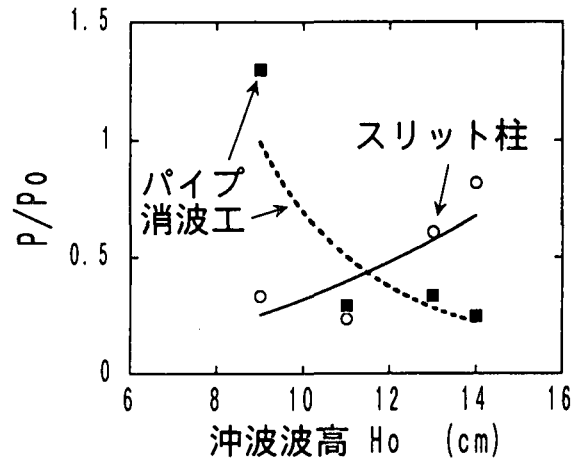


図-5 スリット柱とパイプ消波工の波圧低減効果の比較

ものの,最大で波高相当静水圧の 7 倍程度とまだかなり大きな値を示している。

(4)スリット柱とパイプ消波工の両方を設けた場合

図-5は,図-2~4の結果をもとに,スリット柱とパイプ消波工の波圧低減効果をみたものである。図-5の縦軸は,スリット柱のみの場合(図-3)およびパイプ消波工のみの場合(図-4)の各沖波波高における波圧分布の最大値 P を,護岸単体の場合(図-2)の同じ沖波波高における波圧分布の最大値 P_o で除した値を示しており, P/P_o の値が小さい方が波圧低減効果が大きいことを表している。この結果より,スリット柱のみの場合は,本実験範囲内で比較的沖波波高が小さいとき ($H_o=9 \sim 11\text{cm}$) の波圧を低減する傾向にあるのに対して,パイプ消波工のみの場合は,これとは逆に沖波波高が比較的大きいとき ($H_o=11 \sim 14\text{cm}$) の波圧を低減する傾向にあることがわかり,両者を組み合わせることにより,広範囲の波高に対して波圧を低減できることが予想される。

図-6は,スリット柱と上述の最適なパイプ消波工 ($b=20\text{cm}$, $h_p=11.3\text{cm}$, $l_p=19\text{cm}$) の両方を設けた場合の護岸前面に作用する波圧分布を示す。両方を組み合わせることにより,波圧を沖波波高相当静水圧のほぼ 2 倍程度にまで低減でき,実構造物設計も十分に可能な範囲と考えられる。また,非越波限界波高 $H_{\max}=14\text{cm}$ も確保されていた。

さらに,現実的な適用を考え,図-7にはパイプ消波工部分をテトラポッド模型を積層したものに置き換えた場合の護岸前面に作用する波圧分布を

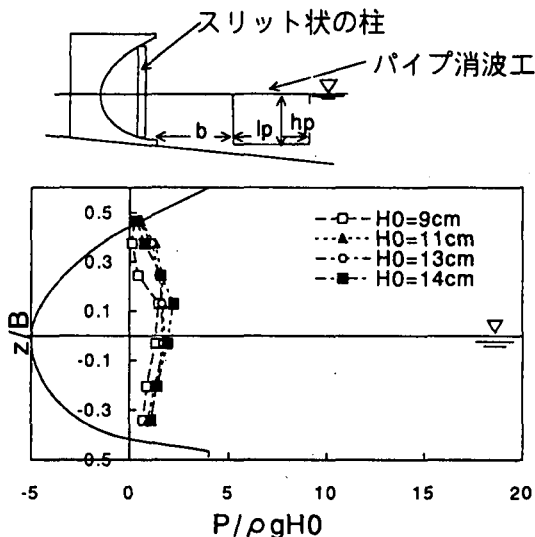


図-6 スリット柱とパイプ消波工の両方を設けた場合の波圧分布

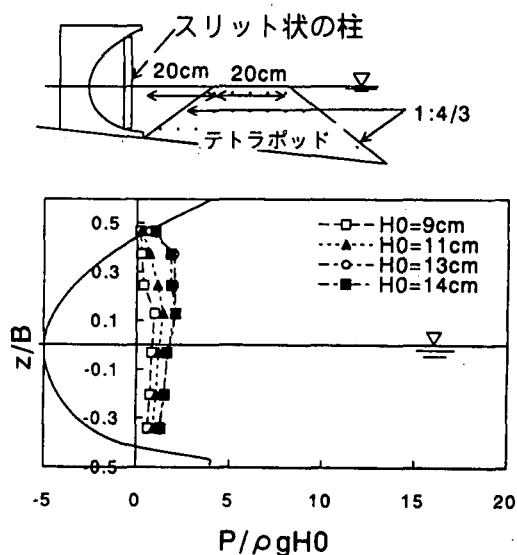


図-7 スリット柱とテトラポッドの両方を設けた場合の波圧分布

示す。パイプ消波工の試験結果より、テトラポッドは護岸前縁より 20cm 離して積層することとし、天端幅 20cm、高さは静水面付近までとした。また、テトラポッドの安定性を確保するため、前後面両側に 1:4/3 の傾斜を設けている。図-7 より、テトラポッド積層の場合も図-6 とほぼ同等の波圧値(沖波波高相当静水圧の 2 倍程度)となり、非越波限界波高 $H_{\text{max}}=14\text{cm}$ も同様に確保されていた。

4. おわりに

フレア型護岸を高波浪、急海底勾配域に適用する場合、護岸のふところ内にスリット状の柱を設け、かつ護岸沖側の少し離れた位置に消波ブロック等を静水面高さまで積層するという消波工形式が適切であることが明らかになった。本消波工形式によれば、フレア型護岸の特長である越波阻止性能を確保しつつ、護岸前面に作用する波圧を、実構造物設計が可能と考えられる範囲にまで十分に低減することができる。

作用波圧の詳細把握と構造部材設計、各種消波工の消波特性の詳細検討などは今後の課題である。

参考文献

- 1) 村上啓介, 入江功, 上久保祐志: 非越波型防波護岸の護岸天端高さ与作用波圧について, 海岸工学論文集, 第 43 巻, pp.776-780, 1996.
- 2) 片岡保人, 中岡威博, 中川知和ら: 越波低減型防波護岸の天端高さ与作用波圧, 海洋開発論文集, Vol.14, pp.405-409, 1998.
- 3) 上久保祐志, 入江功, 村上啓介ら: 護岸上の完全解放を目的としたフレア型護岸の特性について, テクノオーシャン 98 論文集, pp.129-132, 1998.
- 4) 合田良実: 港湾構造物の耐波設計, 鹿島出版会, pp.122-123, 1990.
- 5) 合田良実: 衝撃砕波圧を受ける混成防波堤の挙動に関する考察, 港湾技術研究所報告, 第 12 巻, 第 3 号, pp.3-29, 1973.
- 6) 高橋重雄, 谷本勝利, 鈴木諭司: 直立壁に作用する衝撃波圧の発生機構に関する一考察, 港湾技術研究所報告, 第 22 巻, 第 4 号, pp.3-31, 1983.
- 7) 谷本勝利, 高橋重雄: 直立消波ケーソンの上床版に働く空気圧縮揚圧力, 第 27 回海岸工学講演会論文集, pp.315-319, 1980.

(1999.4.19 受付)