

V字状集波堤による二次元規則波の増幅率に関する研究

A Study on Amplification Rate of Two-dimensional
Regular Waves by V-shaped Converging Walls

小松利光*・松永信博**・増輪一彦***・樋田操****・藤田和夫*****

By Toshimitsu KOMATSU, Nobuhiro MATSUNAGA, Kazuhiko MASUWA,
Misao HASHIDA and Kazuo FUJITA

A project has been pursued to generate uni-directional flow in the sea by utilizing the natural energy. This flow is applicable to the development of artificial fishing grounds or to the purification of stagnant polluted sea-water. The utilization of water-head difference has been devised as a method to generate the flow, in which the head difference is effectively gained by overtopping amplified waves through converging walls. In this study, it has been investigated how two-dimensional surface waves are amplified by propagating the converging walls. The amplification rate H/H_0 is strongly dependent on l/L_0 , where l is the length of the converging walls and L_0 the wavelength in deep water. The amplified waves are progressive at $l/L_0 < 0.4$. Partial standing waves are formed at $l/L_0 > 0.6$. The maximum values of H/H_0 take about 2.4 for the progressive waves, and they are seen at $0.7l$ from the entrance of the converging walls.

Keywords: Surface wave, amplification rate, converging wall, overtopping

1.はじめに

深海域における人工漁場の開発や沿岸海域における水質改善のために、海洋・大気に潜在する自然エネルギーを効率よく利用して湧昇流を発生させる試みが活発に行われている。著者ら¹⁾は、波浪を人工構造物を用いて増幅させ、堤体内に越波させ、水位差を獲得することにより人工湧昇流を発生させる方法を考案した。この技術開発における主眼は、より多くの越波量および水位差を獲得するためには、どのような形状をもつ越波堤および集波堤を造ればよいかという点にある。このような立場から行われた研究は非常に少く、宮江ら²⁾による集波堤を用いて波浪エネルギーを位置エネルギーに変換する実験的研究と、川村ら³⁾によるV字状集波堤と潜堤を用いて波浪エネルギーを流れに変換するための研究が挙げられるだけである。このように平面的に分散している波浪エネルギーを集波堤を用いて集中させ、碎波させることなく波高を極力増大させようという研究は独創的で緒についたばかりである。本研究の目的は、二次元規則波を種々の長さで開度をもつ集波堤内に入射させ、波を絞り込むことにより波高がどのように増幅するかを調べることであり、さらに、その増幅率を集波堤長、集波堤開度および沖波波高勾配と関連づけて定量化することである。

-
- * 正会員 工博 九州大学教授 工学部水土木学科
(〒812 福岡市東区箱崎6丁目10番1号)
- ** 正会員 工博 九州大学助教授 大学院総合理工学研究科大気海洋環境システム学専攻
(〒816 春日市春日公園6-1)
- *** 学生会員 九州大学大学院工学研究科修士課程水土木学専攻
(〒812 福岡市東区箱崎6丁目10番1号)
- **** 正会員 工修 日本文理大学教授 工学部土木工学科
(〒870-03 大分市一本)
- ***** 正会員 九州大学技官 工学部水土木学科
(〒812 福岡市東区箱崎6丁目10番1号)

2.実験方法および実験条件

実験は、長さ40m、幅25m、深さ1mの大型平面造波水槽を用いて行われた。水槽中央に集波堤を取り付け、二次元規則波を集波堤内に入射させた。集波堤形状に関する諸量は、図-1で定義されており、集波堤入口幅を B_I 、出口幅を B_O 、堤長を l で表すことにする。

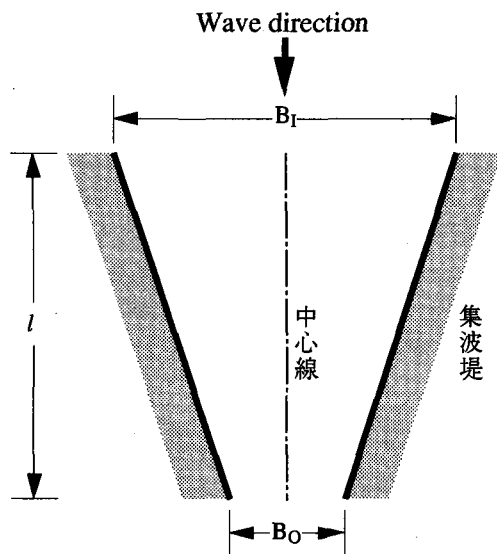


図-1 集波堤形状およびその諸量

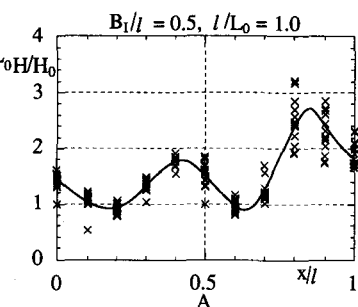
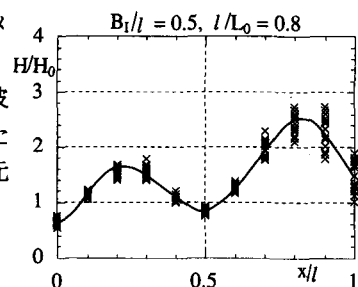
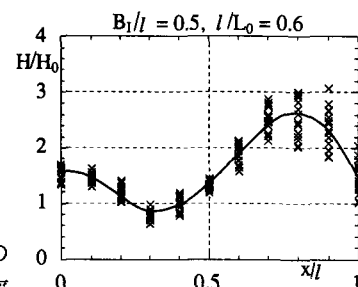
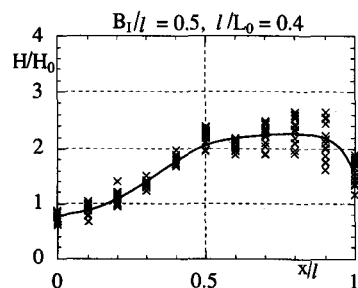
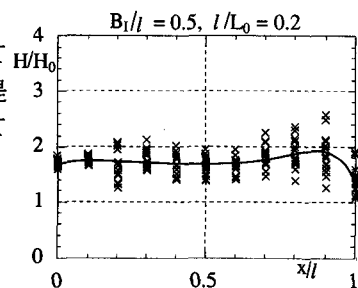
堤体内における波高の変化は容量式波高計を用いて測定された。測点は中心線上に沿って等間隔に11点であった。堤体内の波高の増幅を系統的に調べるため、あらかじめ次元解析を行い、増幅率を支配する無次元パラメータについて考察し、その無次元パラメータを系統的に変化させる実験を計画した。堤体内の波高 H は、堤体の幾何学量 B_I 、 B_O 、 l の他に、水理条件である沖波波長 L_0 、沖波波高 H_0 、平均水深 h および堤体入口から中心線に沿って測られた測定点までの距離 x に依存するものと考えられる。これらの次元量に対し次元解析を行うと

$$H/H_0 = f(H_0/L_0, h/L_0, B_I/l, l/L_0, B_I/B_O, x/l)$$

となる。すべての実験において平均水深 h は50cmに固定され、波の周期は1.3秒とした。従って、 L_0 は264cmに、相対水深 h/L_0

表-1 実験における無次元パラメータの値

H_0/L_0	B_I/l	l/L_0	B_I/B_O
2.00×10^{-2}	0.5	0.2	4
2.85×10^{-2}	1.0	0.4	6
	1.5	0.6	8
	2.0	0.8	10
3.57×10^{-2}	2.0	1.0	12



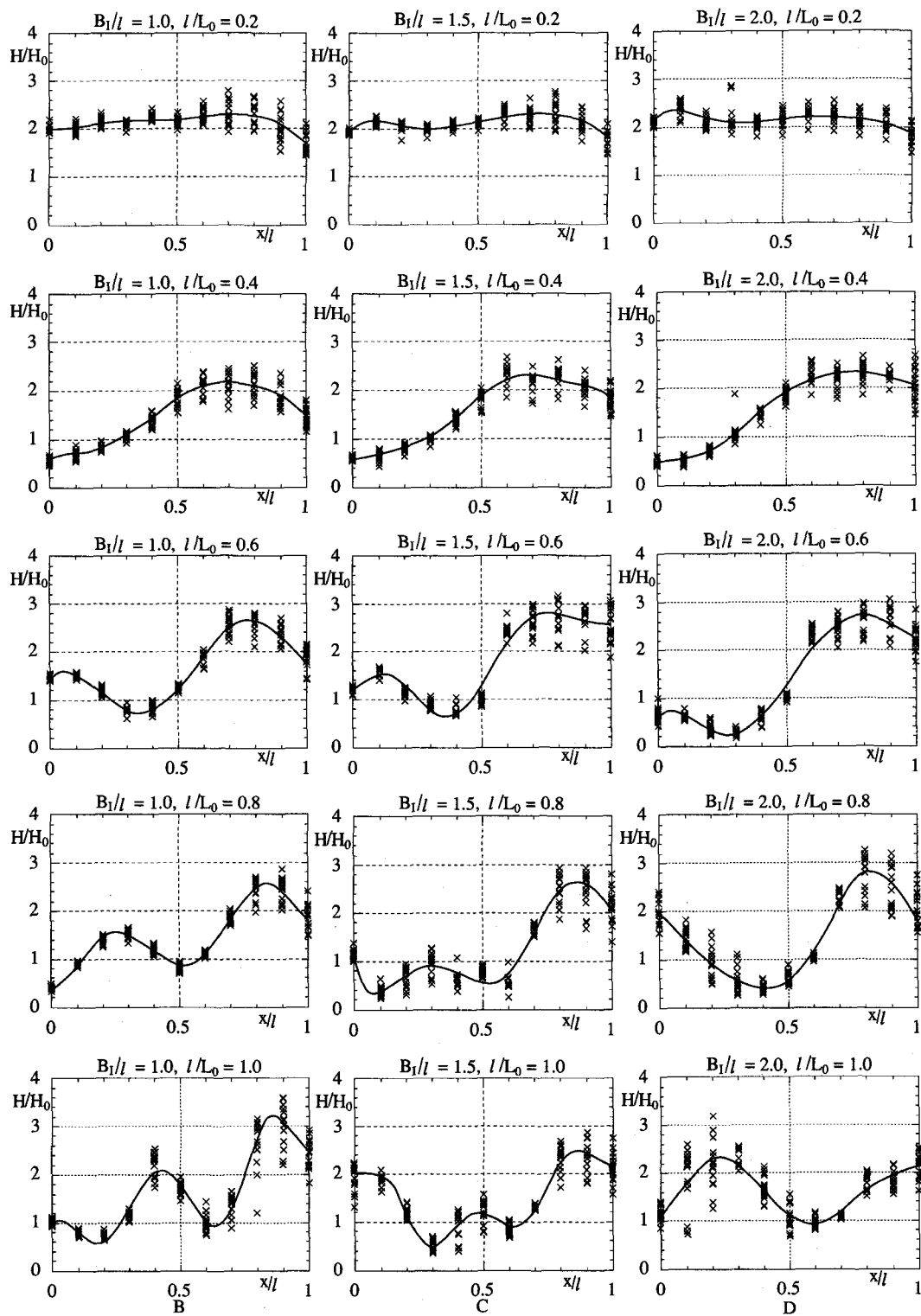


図-2 集波堤内の波高分布形

り沖波波形勾配 H_0/L_0 を変化させた。実験において変化させた無次元パラメータの値を表-1に示す。これらの無次元パラメータはそれぞれ独立に変えられた。従って、実験ケースは合計300で、それぞれのケースにおいて11点で波高の計測が行われた。

3. 実験結果およびその考察

H/H_0 の値を x/l に対してプロットした300のグラフを総合的に比較検討した結果、堤体内における波高分布形状は、無次元パラメータ B_1/B_0 と H_0/L_0 にほとんど依存せず、残り2つの無次元パラメータ B_1/l と l/L_0 のみでは分類できることを見出した。つまり、 B_1/l と l/L_0 をパラメータとする20の類似した波高分布のグラフが得られた。これらのデータを最小二乗近似曲線で表したものが図-2である。図において、左から右への並びは、無次元パラメータ B_1/l が0.5, 1.0, 1.5, 2.0と増加し、上から下への並びは l/L_0 が0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0と変化するように配列されている。 l/L_0 が増加するにつれ、波高分布の周期性が顕著となる。このことは、堤体内で波が反射し重複波的傾向を強くしていることを示している。また、 l/L_0 が大きくなるにつれ堤体内に形成される重複波の数は多くなるが、形成される重複波の波長は逆に長くなる傾向が認められる。進行波的特性をもっている波は、 l/L_0 が0.2と0.4の場合に観察され、無次元パラメータ B_1/l は $l/L_0 \leq 0.4$ において、波高分布形状にほとんど影響しないことがわかる。

集波堤により波高を増幅させ、越波堤を用いてその波を効率よく越波させるには、集波堤内における波は重複波よりもむしろ進行波の特性をもっている方が有利であると考えられる。従って、 $l/L_0 \leq 0.4$ で形成される進行波が水位差獲得のために有用であり、この波の増幅率について定量化することが必要であろう。 $l/L_0 = 0.2$ において、波高は、堤体の入口においてすでに沖波波高の約2.0倍に増幅しており、その後堤体内を進行する間には、それ程大きく増幅しないことがわかる。あえて、 $B_1/l = 1.0$ と1.5の図から増幅率が最大となる位置を評価すれば、 $x/l = 0.8$ 付近で $H/H_0 = 2.3 \sim 2.4$ である。一方、 $l/L_0 = 0.4$ の場合、堤体による波高の増幅率は著しく、 B_1/l に無関係に堤体入口で $H/H_0 \approx 1.0$ の波が $x/l = 0.7$ 付近で $H/H_0 = 2.3$ 程度まで増幅されることが明らかになった。

4. おわりに

集波堤による波の増幅率を調べるために、重要な4つの無次元パラメータをそれぞれ独立に変化させた系統的实验を行った。その結果、堤体内の波高分布形を規定する重要な無次元パラメータは l/L_0 であり、 $l/L_0 < 0.4$ のとき堤体内の波は進行波的に増幅することが明かとなった。越波により効率よく水位差を獲得するには、集波堤内の波が進行波であることが望まれる。従って、今後は $l/L_0 < 4$ の範囲で開度 B_1/B_0 を1から4の間で細かく変化させることにより、波を効率よく増幅させる条件を明かにする予定である。本研究を行うに当たり、多大な協力をお願いした九州大学4年の水井宏征君および日本文理大学土木工学科海岸研の4年生諸君に感謝いたします。なお、本研究は、人工湧昇流開発利用研究会の援助のもとに行なわれたもので、記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 小松利光・松永信博・藤田和夫・増輪一彦・細山田得三・樋田操: 越波を利用した水位差獲得に関する基礎的研究, 水工学論文集, 第35巻, pp. 549 - 554, 1991.
- 2) 宮江伸一・手繰能彦: 集波堤による波浪エネルギーの位置エネルギーへの変換実験, 第1回波浪エネルギー利用シンポジウム, pp. 145 - 154, 1984.
- 3) 川村正司・小松英則・山本敦・中野晋・三井宏: V字状集波堤と潜堤による越波量の増大, 海岸工学論文集, 第36巻, pp. 623 - 627, 1989.