

波動場における底面近傍定常流速の人工的コントロール

仲 座 栄 三* ・ 津嘉山正光** ・ 上 原 学***

砂 川 恵 輝*** ・ 小 林 智 尚****

1. はじめに

水の波は、その伝播媒体内部で激しい（非回転）流体運動を伴いながらも実質的な質量輸送を殆ど伴わず伝播する。実質的な質量輸送（流れ）が伴わないのは、一つには波動に伴う運動が基本的に往復流であり、一周期平均して得られる時間的な平均流はゼロに近くなるということによるものである。しかし、もしこの時間的に対称な振動流に何らかの作用を人工的に加え、流体内部に新たな非対称性を作り出せたならば、一周期平均して得られる時間的な平均流が形成されるはずである。こうした発想から、筆者らは、底面付近の非常に薄い層内の運動に対して非対称な作用をする人工構造物の開発を行った（仲座・小林ら、1991；小林・仲座ら、1993, 1994）。

その一つが、非対称人工海藻であり、もう一つがハの字形板である。開発された構造物は、その非対称な作用により、波動のエネルギーから新たに流れのエネルギーを作り出す。しかも、この作用は底面付近の非常に薄い層内で行われるので波の場を殆ど変化させない。そのため、この研究成果は、海水交換率の悪い港湾における水質改善や、沿岸漂砂の人工的コントロール等に対する応用が期待される。本研究では、ハの字形のプレートによる底面付近の流れの人工的コントロールに主眼を置いた。研究では、まず室内実験によってその成果を検討した。次に、その実スケールのプレートを1000基製作し、それを現地海岸に設置して、その効果の検証実験を行った。

2. 現地観測方法

2.1 ハの字形プレートの形状及び平均流の形成メカニズムの概説

ハの字形プレートによる平均流の形成については、すでに仲座ら（1991）によって実験的に明らかにされている。ハの字形プレートによる平均流の形成メカニズムの概念図を図-1に示す。図示のとおり、振動流場に置かれ

たハの字形プレートの周りには、強制的に乱れが形成される。また、その先端の狭窄部では、流れの縮流と渦対の自走とによって実質的な質量輸送が形成される。流体内部に新たに発生した乱れと流れは、例えば、流れが淀んだ場所での流体の混合と移流に効果を発揮したり、漂砂の任意方向への輸送に寄与できる可能性を有する。

現地実験で使用したハの字形プレートの諸元を図-2に示す。ハの字形プレートは、図示のとおり、大小2種類あり、高さはいずれも15.0 cmである。板は鋼製のもので、厚さ3.2 mm、亜鉛メッキ仕上げとした。

2.2 現地観測位置及び観測方法

現地観測位置を図-3に示す。試験の対象とした海岸は、図示のとおり、沖縄本島中部に位置する恩納村屋嘉田海岸である。当海岸は、沖縄県有数の干潟海岸で、干潮時には約2 km²の干潟が出現する。この干潟は、陸域の開発が進むにつれて赤土が流出するようになり、最近では干潟の大半に赤土の堆積が見られ、漁場回復の面から

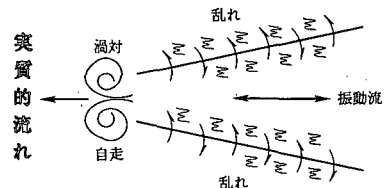


図-1 実質的な流れの発生概念図

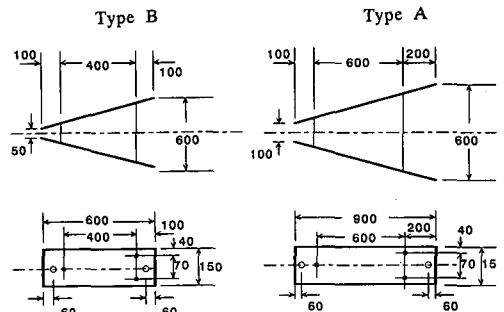


図-2 ハの字形プレートの諸元

* 正会員 工博 琉球大学工学部助手 環境建設工学科
 ** 正会員 工博 琉球大学工学部教授 環境建設工学科
 *** 正会員 (有)海岸環境調査研究所
 **** 正会員 工博 東京理科大学工学部助手 土木工学科



図-3 現地観測位置

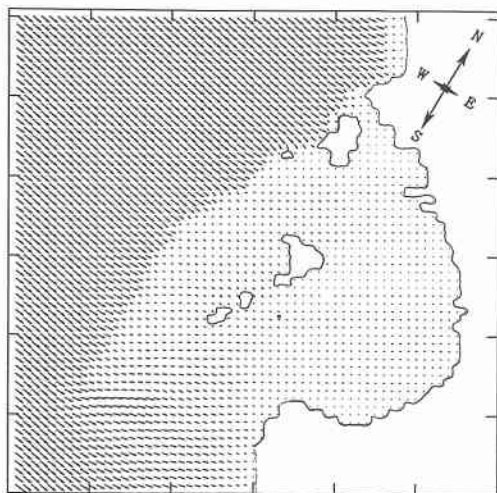


図-4 波浪変形計算例



写真-1 ハの字板の設置状況

その除去が問題視されている。写真-1に、ハの字形プレートを1000基設置した状況を示す。大小2種類のハの字形プレートは、流れを一方にコントロールできるように、交互の列で並べた。試験工区付近の満潮時の平均水深は約1mである。当海岸に襲来する波浪は、海岸の向きから考えて、殆どが冬期季節風時の風波であると考えられる。そのことを考慮して、入射波高4.0m、周期10.0sの波浪の変形計算をスペクトル法で行ったのが図-4である。この計算結果を参考にして、ハの字形プレート

の列は南北方向とした。観測では、ハの字形プレート群の内外に8台の水位・電磁流速計を設置し、流れと水位を2カ月にわたり観測した。また、ハの字形プレート群内の流れの鉛直構造を測定するために、板群内に観測ステーションを設け、そこに室内用電磁流速計及び風速計を取り付けて、水平流速の鉛直分布を測定した。さらに、ハの字形プレートによるリーフ上堆積赤土の除去効果を調べるため、板群内外の底質を計19点で採取し、底質中の赤土含有率の測定も行った。なお、観測は1995年1月20～2月19日までの間に行った。

3. 観測結果

図-5に、観測期間中の風速(沖縄気象台資料)と水位及び有義波高の経時変化を示す。試験工区内の有義波高は、殆どリーフ上の水位で規定されており、水位(h)と波高との関係は、 $H_{1/3}=0.1h$ で近似できる。

図-6(a) (b)に、ハの字形プレート群の内外における平均流速の分布を示す。図示のとおり、ハの字形プレート群の外では強いNNW方向の流れが観測された。図-7に、別の目的で3月10日に行った波浪観測で得られた平均流の分布を示す。図示のとおり、冬期季節風時の屋嘉田海岸における全体的な流れは、リーフ先端付近で生じる碎波によって生じた流れが、リーフ上を時計回りに流れており、その結果、試験工区付近では平均流がNNW方向となっていることが判った。一方、ハの字形プレート群内の平均流の向きは、ほぼ南流となっており、ハの字形プレート群によってかなりの平均流が形成されていることが分かる。図-8に、流速のスカットリングを示す。また、図-9に、波の方向スペクトルをベクトル表示で示す。これらの図に示すとおり、波はほぼNWの方か

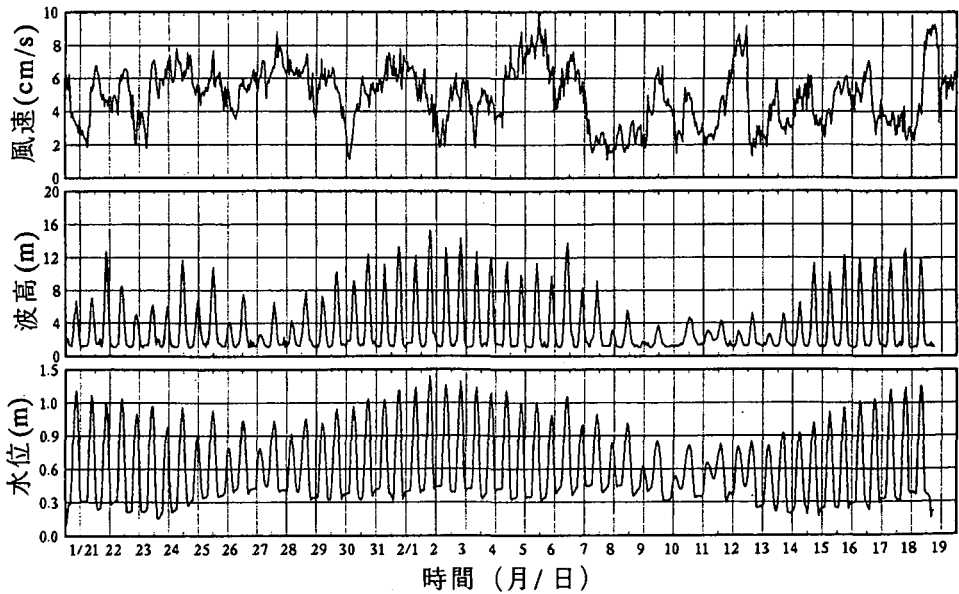
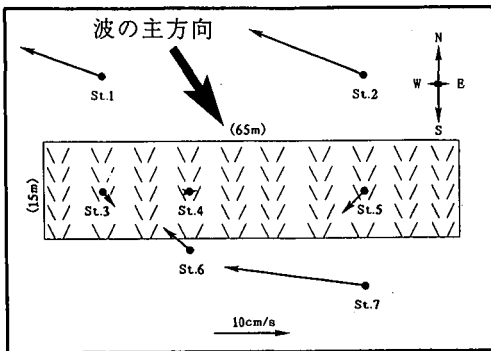


図-5 風速と波高及び水位の経時変化



(a) 2/6 10:00

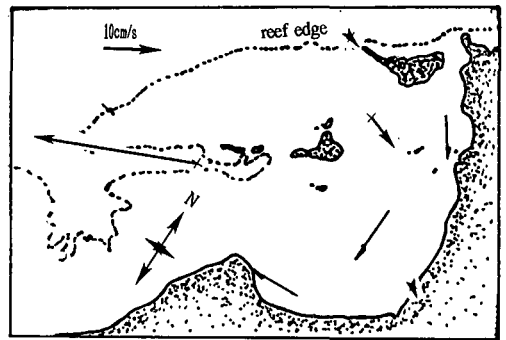
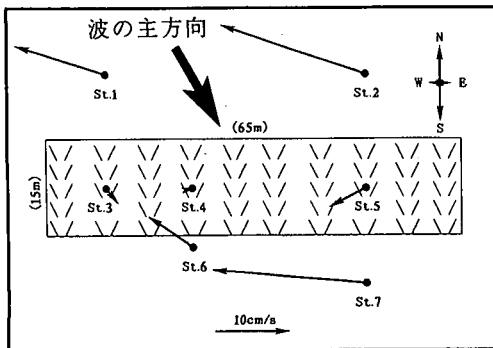


図-7 平均流速の分布 (3/10)



(b) 2/6 11:00

図-6 平均流速の分布

ら来襲しており、流れに対して斜めに入射している。ハの字形プレート群内の波動運動は、外側のそれと比較して若干反時計回りに回転した方向で振動している。来襲波は板群内部では海浜流の作用から解放されて、主方向がSEEとなっているものと判断される。

図-10に、ハの字形プレート群内と外における水平流速の鉛直位置による変化を示す。図中のZの値は、海底面から鉛直上方に測った距離を示す。図示のとおり、板群の内部において、波に伴う海底付近の流体運動は殆どハの字形プレートの方向に向き、しかも相当量の平均流を作り出している。ちょうど板の高さと一致するZ=15.0 cmの位置での流速変動は、乱れによってかなりばらついている。さらに、板の上部になると流体運動はほぼ波の主方向を向くようになっている。すなわち、板群

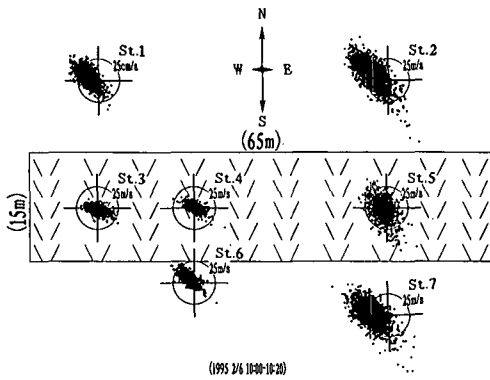


図-8 流速のスカッティング (2/6 10:00)

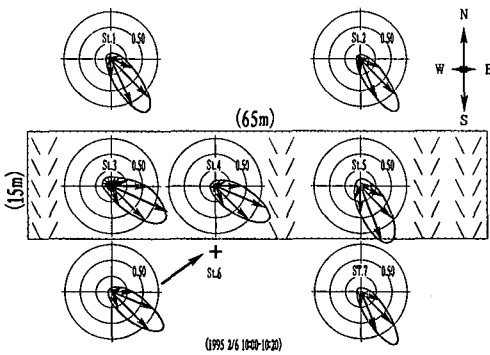


図-9 波向きの分布 (2/6 10:00)

内の水平流速は水深方向にスパイラルを描いて流れていることになる。一方、ハの字形プレート群の外の流速変動の大きさは、鉛直方向に多少変化するものの、振動の向きは殆ど主波向きと一致する。すなわち、板群が波に及ぼす影響は、水深方向に対して主に板群の高さ程度に抑えられていることが判る。

図-11に、ハの字形プレート群を設置後約2ヵ月目に採取した底質中の赤土（微粒子）含有率を示す。図示のとおり、板群外の含有率が3-15%とかなり高い値であるのに対し、板群内の含有率は約2.0%以下となっており、この手法が底質中の微粒子の除去に対してもかなりの効果を有することが分かる。

4. おわりに

本研究では、室内実験によってその効果が実証された「非対称構造物による波動場への新たな平均流の形成手法」を現地に適用し、現地観測によりその有効性を確かめた。その結果、開発された手法は、強い沿岸流が形成される海域においても、波と構造物の干渉作用で、海底近傍の平均流を任意方向に変え得ることを示すことが出来た。さらに、この工法が底質層の浄化にも応用し得る

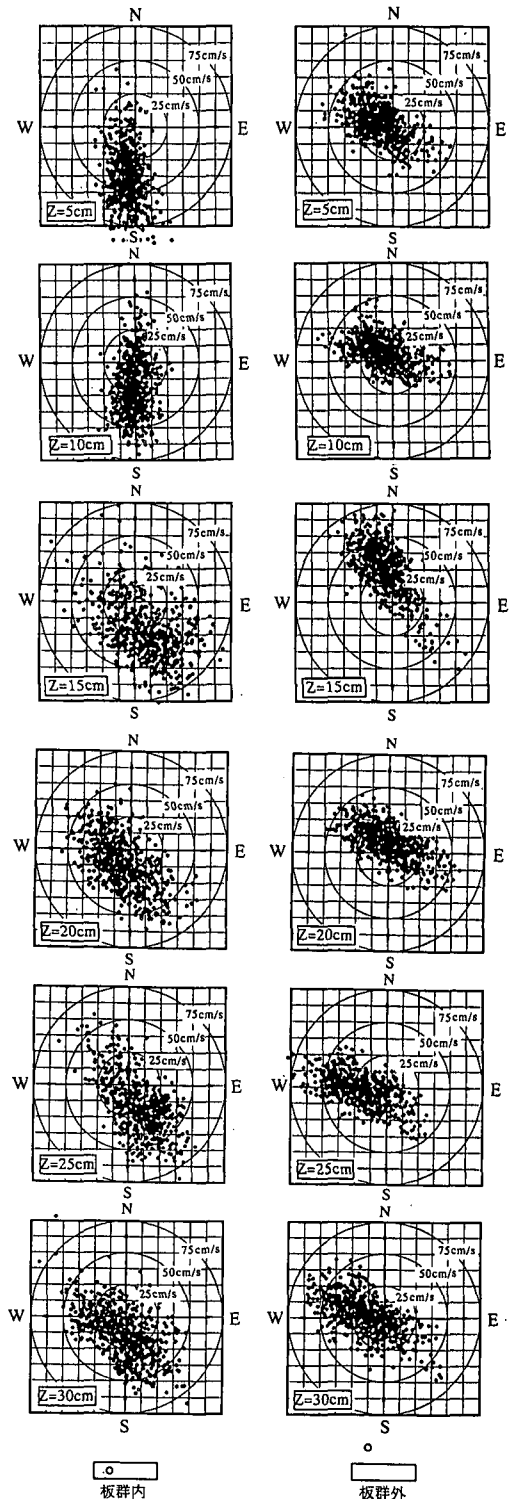


図-10 水平流速の鉛直方向での変化

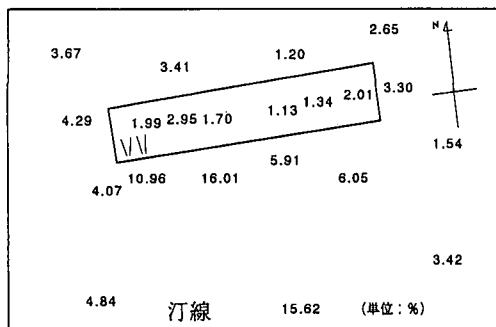


図-11 底質中の微粒子含有率

沖縄県農林水産部漁政課からの受託研究として実施した研究によることを付記すると共に、調査でご協力頂いた沖縄県・恩納村及び恩納村漁協の関係者に対し、深く感謝致します。

参 考 文 献

- 小林智尚・仲座栄三・星野 仁・石塚昭彦・石原慎太郎 (1993): 非対称人工海藻による流れ場の制御, 海岸工学論文集, 第40巻, pp. 566-570.
- 小林智尚・仲座栄三・星野 仁・高山義明 (1994): 非対称人工海藻による平均流場制御の定量評価, 海岸工学論文集, Vol. 41, pp. 691-695.
- 仲座栄三・津嘉山正光・赤嶺好裕・小林智尚 (1991): リーフ海岸における堆砂特性と新たな人工ビーチの創造, 海岸工学論文集, 第38巻, pp. 326-330.

可能性のあること明らかにした。最後に、本報の成果は、