

海底谷を有する海岸における波浪・海浜流場の特性

林 正 男*・佐藤 愼 司**・田 中 茂 信***

1. はじめに

海底谷と海脚が交互に現れる特徴的な地形が見られる海岸では、その複雑な地形から特徴的な海浜流が形成されるため、海岸保全施設の計画に際しては流れの特徴を把握しておくことが重要である。本研究では海底谷への土砂流出とそれに伴う海岸侵食が問題となっている下新川海岸を対象として、模型実験と数値実験により、波・流れの構造を明らかにするとともに、最適な施設配置を提案する。

2. 自然海岸における波浪・海浜流場

2.1 水理模型實驗

(1) 実験の方法

図-1 に模型対象範囲を、図-2 に模型の概要及び測点位置図を示す。実験は、建設省土木研究所内の平面造波水槽(幅 30 m, 長さ 30 m, 高さ 1.0 m)を用いて行った。模型は、下新川海岸の吉原地先を抽出し、海底谷周辺の波浪、海浜流を把握するために洋谷の両側に張り出した海脚の中心線を含む No. 69~No. 98 の範囲、約 2.6 km の範囲を、水深 50 m まで再現した。模型は波浪の卓越する NNW 方向を波の入射方向として製作した。なお、模型縮尺は水平、鉛直方向とも 1/108 である。

実験では現地の計画波浪（波高 $H_0=6.4$ m, 周期 $T=12.2$ sec）をフルードの相似則により換算した波浪条件 $H_0=5.9$ cm, $T=1.17$ sec を用いて以下の測定を行った。

a) 流況：模型上に一片3 cm 角の木片，あるいは5 cm 角の布切れを撒き，それらの動きをビデオで撮影することにより，それぞれ表層と底層の流況を解析した。さらに，二成分電磁流速計により，各測定点の表層（水面下5 cm），底層（底面上5 cm）の流速変動を測定し，合成平均流速と流向に整理した。

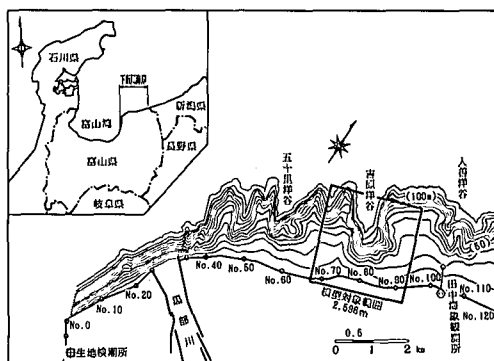
b) 碎波波高：目視により碎波位置を決定し、その位置での水位変動を測定し、碎波位置、平均碎波波高とし

て整理した。

(2) 実験結果

本論文ではすべてフルードの相似則により現地スケールに換算した表記を用いることにする。

実験で得られた表層および底層の流況を図-3に示す。水深20mより沖合、特に海脚上では、表面の流れは沖方向に、底面では逆に岸方向への流れとなった。岸側では表面、底面ともに海脚上のNo. 74付近とNo. 95付



图一1 模型对象范围位置图

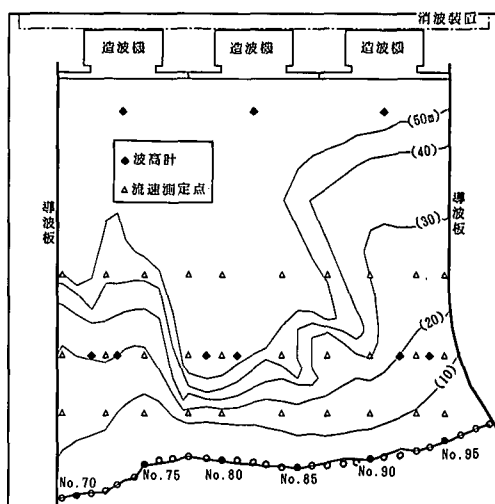


図-2 模型の概要および測点位置図

・ 正會員 建設省土木研究所海岸研究室

•• 正會員 工博 建設省土木研究所海岸研究室 主任研究員

… 正會員 王修 建設省土木研究所海岸研究室 室長

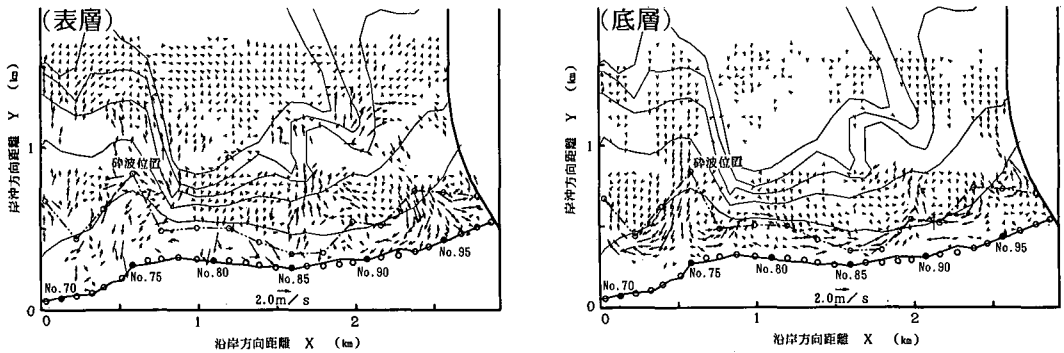


図-3 自然海岸における海浜流 (模型実験)

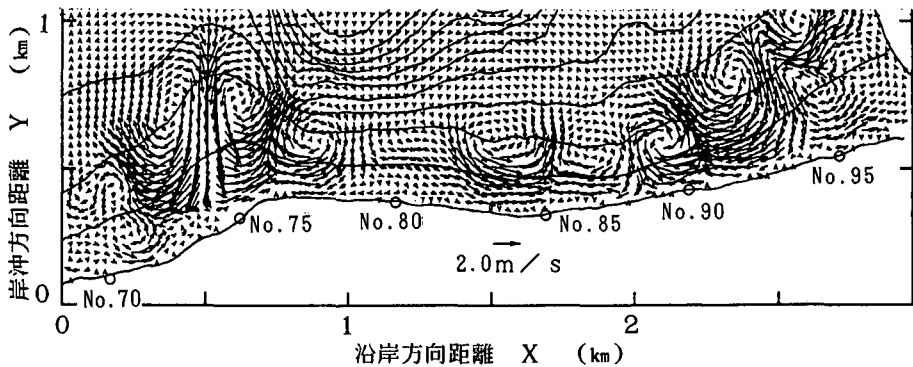


図-4 自然海岸における海浜流 (数値実験)

近, そして洋谷のほぼ中央 No. 80 付近に岸向きの流れ (向岸流) が生じ, No. 77 付近と No. 85~90 付近に沖向きの流れ (離岸流) が形成された。

流向・流速の測定結果もほぼ流況と一致し, No. 75 の沿岸付近と No. 93, No. 95 の沿岸付近で岸向きの流れが計測された。その流速は表層で約 1.4~2.0 m/s であった。流速値はすべて表層で計測された値を示す。また, 強い沖向きの流れは No. 77 と No. 87 で計測され, No. 77 付近に生じた離岸流の流速は 0.81 m/s, No. 87 付近に生じた離岸流の速度は 2.11 m/s にも達した。実験での碎波位置を図-3 に合せて示したが, 碎波位置が沖寄りとなっている所で向岸流が発生している。

2.2 数値シミュレーション

(1) 計算方法

数値実験では非定常緩勾配方程式に基づき, 波の計算を行った後, 得られた波高分布より radiation stress を求め, 海浜流場の計算を行った。計算では地形を 200×200 メッシュでデータ化して与えた。計算法の詳細は堀川 (1985) を参照した。

(2) 計算結果

図-4 は数値実験で得られた海浜流の分布図である。

海脚上の No. 73 付近と No. 93 付近に強い向岸流が生じ, それが沿岸流に作用して, No. 75~78 付近と No. 90 付近に離岸流を形成していることが分かる。この海浜流の分布は実験で得られた流況, 特に底層の流況と良く一致している。

図-5 に計算で求めた碎波位置と実験で得られた碎波位置を比較して示したが, 両者はほぼ一致しており, 計算の再現性の高いことが分かる。

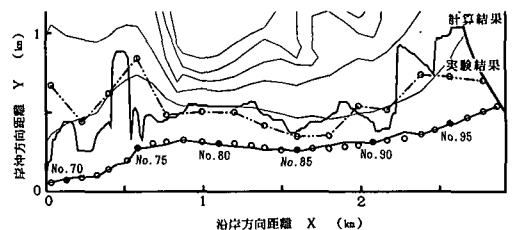


図-5 碎波位置比較図

3. 離岸堤の設置による波浪・海浜流場の変化

3.1 数値実験による離岸堤配置の検討

このような海岸の保全計画を立てるうえでは、洋谷へ向かう離岸流を低減させることが重要となる。本研究では、保全施設として離岸堤を想定し、その最適な配置案を検討することにした。離岸堤の配置位置としては、離岸流が生じている箇所と向岸流が生じている箇所の2カ所が考えられる。この2案の有効性について、数値実験により検討した。離岸堤の諸元としては、最大設置水深を10 m、1基の長さを150 mとし、模型範囲内に2基設置するものとした。

(1) 離岸流が生じている箇所に設置した場合

自然海岸における海浜流の計算結果を基に、離岸流が卓越している No. 77 付近と No. 90 付近に離岸堤を設置した条件で海浜流場の数値計算を行った。その結果得られた海浜流分布を図-6 に示す。

海浜流分布より、離岸堤の設置は離岸流の洋谷への流れを抑え、離岸堤に沿った流れを形成することが分かる。しかし、碎波帯内の海浜流分布は自然海岸時とほとんど変わらず、海脚上から生じた強い向岸流が沿岸流に作用

して離岸流を発達させており、その流速はほとんど低減されていない。このことから、離岸流の発生箇所の沖合への離岸堤の設置は、洋谷への流れは抑制するものの、活発な土砂移動が予想される碎波帯内の海浜流速の低減にはあまり効果がないことが分かる。

(2) 向岸流が生じている箇所に設置した場合

向岸流が生じている箇所は、波の集中する箇所ともいえる。このような箇所に離岸堤を設置すると、波浪制御効果のみならず、岸向きの流れの制御を介して離岸流を低減させる効果が期待できる。数値実験では No. 73 付近と No. 93 付近に離岸堤を設置した条件で計算を行った。

図-7 に海浜流分布を示す。海浜流分布より、No. 73 付近では離岸堤により岸向きの流れが阻止され、その背後はほとんど静穏域となっている。このため自然海岸で形成されていた離岸流が大幅に弱められる結果となった。これに対して No. 93 付近では離岸堤の長さが足りないのか向岸流を完全に阻止するには至らずに、右端から離岸堤背後に廻りこむ流れが生じ、離岸堤の左端から離岸流が形成される結果となった。しかし、形成された離岸流も自然海岸の場合と比べると流速が小さく、弱められている。このことから、洋谷と海脚の発達する海岸にお

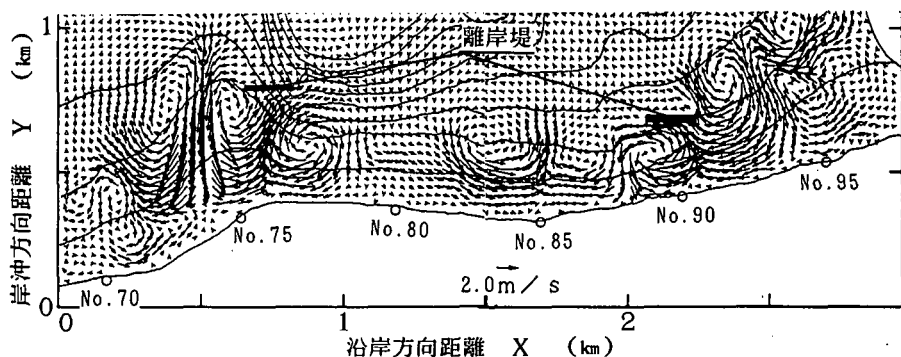


図-6 離岸堤設置後の海浜流 (数値実験)

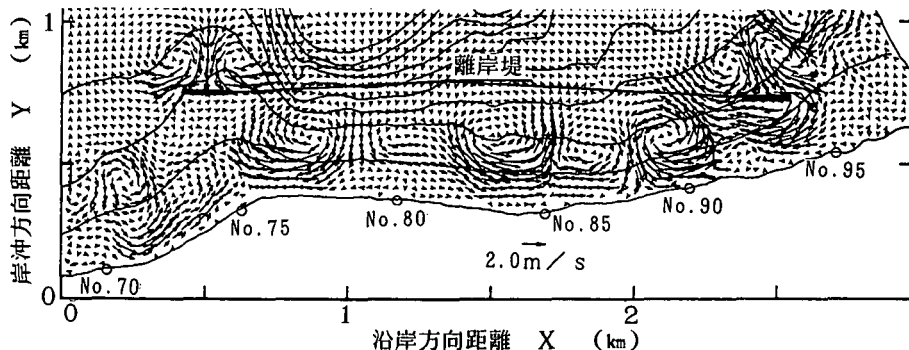


図-7 離岸堤設置後の海浜流 (数値実験)

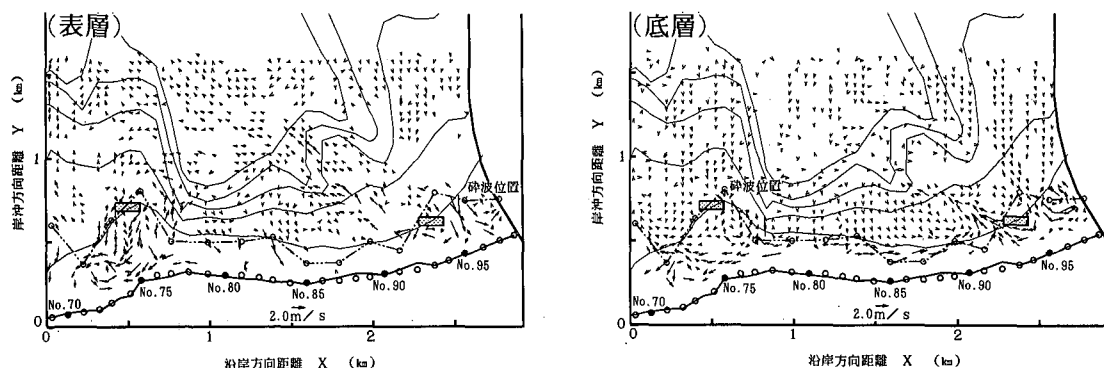


図-8 離岸堤設置後の海浜流 (模型実験)

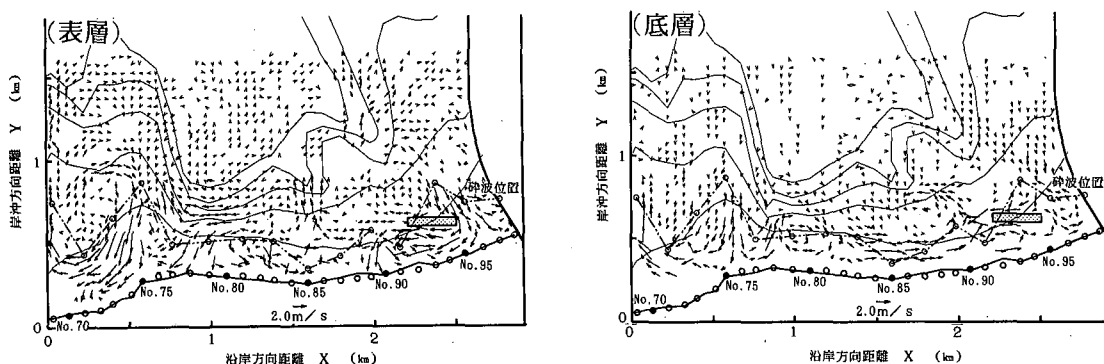


図-9 離岸堤設置後の海浜流 (模型実験)

いては、保全施設を波の集中する箇所、つまり向岸流の発達する箇所に配置することにより、離岸流の発達を効率的に抑制できると判断できる。

3.2 水理模型実験による離岸堤の効果の検討

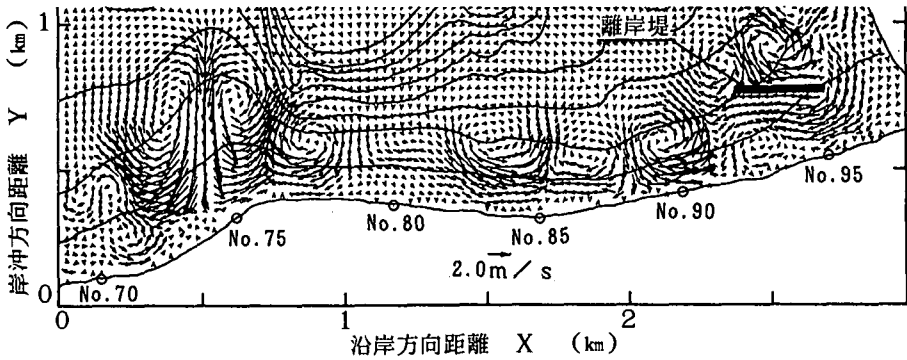
数値実験の結果を受けて、模型内の No. 73 付近と No. 93 付近に透過型の離岸堤を配置して検討を行った。模型内に配置した離岸堤の透過率は 0.37、反射率は 0.31 であった。図-8 に流況図を示す。No. 73 付近の流況では、離岸堤を透過型としたことから、数値実験には見られなかった離岸堤背後の流れがわずかに生じている。自然海岸との比較では数値実験と同様に離岸堤を設置したことにより向岸流が阻止され、No. 77 付近の離岸流が低減されている。測定した流速値でも 0.69 m/s と自然海岸より小さくなり、離岸流が低減されたことが分かる。

一方、No. 93 付近の流況では、離岸堤の配置により向岸流の一部が阻止されるものの、離岸堤右側から背後へ廻り込む流れが形成され、No. 85 からの沿岸流と離岸堤の左端付近でぶつかり、数値実験で得られた海浜流分布よりも強い離岸流が発達した。No. 90 の測線上、表層で測定された流速も 2.76 m/s で自然海岸よりも大きい。

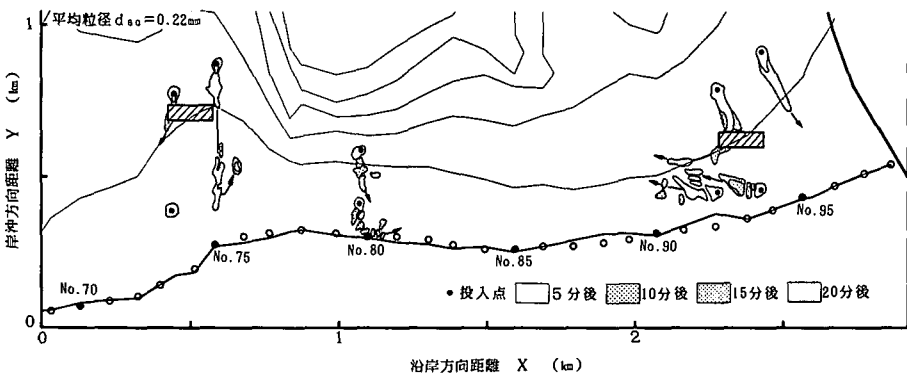
図-9 は No. 93 付近に長さ 300 m 規模の離岸堤を配置した場合の流況図である。図-8 と比較して離岸堤背後に生じた流れが端部で沖方向に向くのではなく、沿岸方向に流れるようになり、表層の流況で見た場合、離岸流の発生箇所が No. 85 付近に移動している。底層では離岸堤左側に循環流が形成され、流れは洋谷にまでは達していない。また、No. 84 で測定した離岸流の流速は 0.91 m/s であり、自然海岸よりかなり小さく、離岸堤の設置により流況が穏やかとなり、離岸流が低減されたことが分かる。このことは、図-9 の条件で実施した数値実験の結果 (図-10) でも確認される。

4. 離岸堤付近の土砂移動特性

模型実験において離岸堤周辺に平均粒径 $d_{50} = 0.22 \text{ mm}$ の着色砂を投入し、波浪・海浜流による移動、拡散状況を観察した結果を図-11 に示す。着色砂の移動状況は模型実験で得られた底層の流況 (図-8) と良く一致する結果が得られた。これらの着色砂の移動状況からも、海浜の保全を考えるうえでは、谷へ向かう海浜流の制御が重要であることが確認される。



図一10 離岸堤設置後の海浜流 (数値実験)



図一11 離岸堤設置後の土砂移動状況

5. おわりに

海底谷や海脚が交互に現れるような特徴的地形を有する海岸では、波浪が屈折し海脚上に集中する地点を形成する。その地点より強い岸向きの流れが生じ、沿岸流に影響して離岸流を発達させることが分かった。このような特徴的な海浜流を制御するためには、保全施設を離岸流の発生箇所ではなく、波の集中する箇所、向岸流の発達する箇所に配置し、波浪場と海浜流場を同時に制御す

ることにより海浜の保全を図る方が有利であることが明らかとなった。

本研究にあたり、建設省北陸地方建設局黒部工事事務所より多くのデータの提供をいただいた。ここ記して感謝の意を表したい。

参 考 文 献

堀川清司編 (1985): 海岸環境工学, 東京大学出版会, 582 p.