

下新川海岸における海浜安定化工法の適用性に関する実験的研究

河田恵昭* · 金澤裕勝** · 笹倉伸男*** · 中山真二****
福濱方哉***** · 山本幸次***** · 橋本 新***** · 辺見 聡*****

海底勾配が1/2.5と非常に急峻な下新川海岸立野地先において、海浜安定化工法による砂礫浜の回復の可否を移動床平面実験により検討し、適用が可能であることを明らかにした。実験には幅30m、長さ40m、深さ4mの造波水槽を用い、縮尺は1/25とした。作用波浪は近隣の観測結果を元に年数回波相当とし、規則波の条件で実験を行った。現地海浜においては斜めからの来襲波浪が卓越するため、護岸模型を造波板に対して角度をつけて設置した。保全上必要な砂礫浜幅10mを確保するための最適な沖合施設の諸元について実験により検討し、当海岸では不透透・直立消波構造（反射率0.7以下）、堤長30m、開口幅64m、天端高T.P.+2mが必要であるとの結論を得た。

1. はじめに

下新川海岸立野地先は、急峻な富山湾の東側に面し、黒部川河口の南方約3kmに位置する(図-1)。1950年頃には幅30m程度以上の砂礫浜が存在したが、黒部川からの供給土砂の減少や黒部漁港建設による沿岸漂砂の遮断、さらには急深な海底への土砂の落ち込み起因する著しい海岸侵食が生じ、1970年頃には砂礫浜は殆ど消失した(図-2)。その侵食対策として緩傾斜護岸が設置されたが、その後も水面下での侵食が進行しており(図-3)、護岸の健全性や高波浪時の越波の発生などの海岸保全上問題が生じているため、護岸前面への砂礫浜の復元が計画されている。そこで、当海岸では海岸線に斜めから入射する波浪が卓越し、沿岸漂砂が著しいことから、土屋ら(1979, 1993)の静的海浜安定化の概念を取り入れた沖合施設と養浜による砂礫浜の創出(海岸保全上必要とされる砂礫浜幅10m以上確保)を目指すこととした。

しかし、当海岸の沖側は水深8m以浅で1/7勾配、8m以深は1/2.5程度と非常に急勾配の海底地形となっており、比較的緩勾配の海底地形を対象とした海浜安定化工法の理論による砂礫浜の設計に懸念が生じた。そこで、急勾配の海底地形が岸側に迫る海岸における海浜安定化工法の適用性及び海浜安定化を図るために必要な沖合施

設の基本的な諸元について、移動床平面実験により検討した。

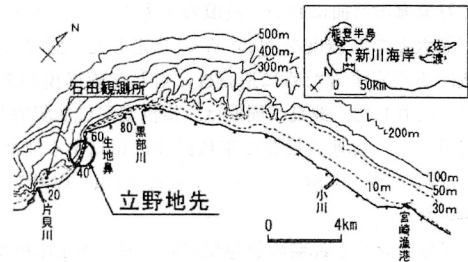


図-1 下新川海岸立野地先位置図

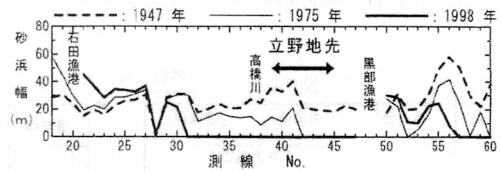
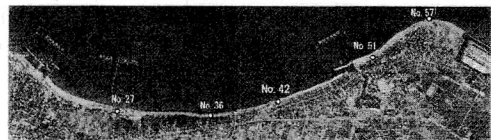


図-2 立野地先の空中写真及び侵食状況

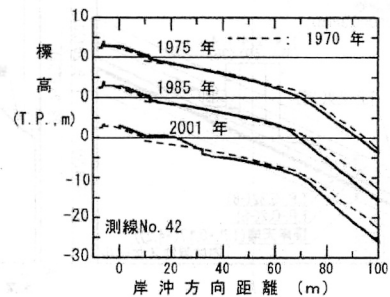


図-3 立野地先の海浜断面地形の経年変化(No. 42)

* フェロー	工博	京都大学教授 防災研究所
**		国土交通省北陸地方整備局黒部川事務所長
***		国土交通省北陸地方整備局黒部川事務所調査課長
****		国土交通省北陸地方整備局黒部川事務所調査課調査第一係長
*****	正会員	国土交通省国土技術政策総合研究所 河川研究部海岸研究室長
*****	正会員	博(工) 国土交通省国土技術政策総合研究所 河川研究部海岸研究室主任研究官
*****	正会員	水修 (株)アイ・エヌ・エー海岸部
*****		修(工) (株)アイ・エヌ・エー海岸部

2. 実験方法

(1) 実験水槽及び実験縮尺

実験には国土交通省国土技術政策総合研究所所有の大型平面水槽を用いた。大きさは幅30 m, 長さ40 m, 深さ4 mであり, その中には造波板幅10 mのフラップ式の造波機が3台設置してある(図-4)。

実験の縮尺は, 水槽側方の影響を考慮して, 3箇所の構造物間の海浜(4基の沖合施設)が形成可能となることを想定し, 使用水槽の規模を勘案して縮尺1/25(歪みなし)とした。

(2) 波浪・地形条件

対象海岸は, 海岸線に対して東寄り(右寄り)の波浪が卓越する。対象海岸から南方約2 kmに位置する石田観測所(水深約17.8 m, 図-1)の波浪観測結果を用いて, 対象海岸前面において波浪のエネルギー・フラックスが最大となる波向をN85°Wと算定した(図-5)。この波向を再現するために造波板に対して護岸模型を25°傾けて設置した。波高・周期は, 海浜変形に支配的な代表波浪として現地波換算で年数回波に相当する波高2.0 m, 周期6.2 s(実験スケール: 波高8 cm, 周期1.2 s)を用いた。

まず傾斜護岸と沖側の急勾配海底地形を固定床模型で模式的に再現した。現地海浜の底質粒径は図-6に示すように, $d_{50} = 4 \sim 40$ mm程度と非常に広い範囲にある。本実験では, 粒径 $d_{50} = 0.3$ mmの実験砂を用い, 現地海浜の再現性が良好である(図-8)ことを確認して実験を行った。

(3) 海浜安定化工法による沖合施設の配置

対象海岸は富山湾湾口から進入する来襲波浪に対し,

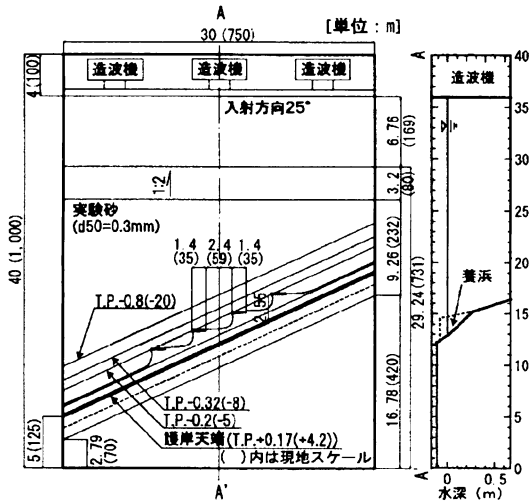


図-4 模型平面図

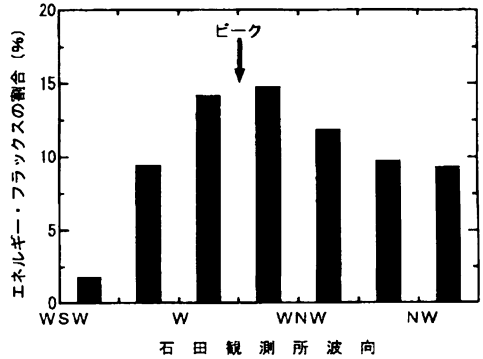


図-5 石田観測所における沿岸方向のエネルギー・フラックス

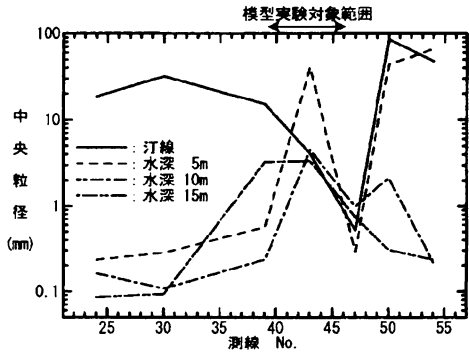


図-6 現地海浜の底質粒径の沿岸分布

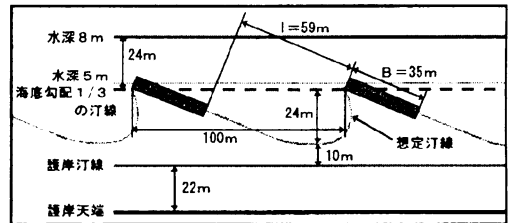


図-7 海浜安定化工法から得られた沖合施設配置及び汀線形状

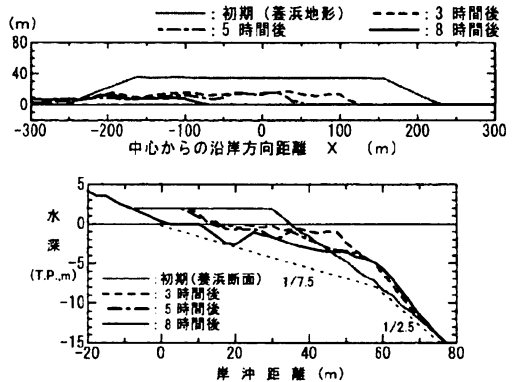


図-8 養浜のみの実験結果(case-0)

WNW 方向の波向が卓越しており、その方向は海岸線法線に対して約25°である。このようにある一方向の斜めから入射する波浪が卓越している場合には、土屋ら(1979, 1993)の海浜安定化工法による侵食対策が有効であると判断し、沖合施設の配置を設定した。検討の条件は以下のとおりとした。

- ・先端水深：水深 5 m (沿岸漂砂量の大部分を占める水深)
 - ・必要砂浜幅：10 m (防災上必要とされる砂浜幅)
 - ・汀線角度 (θ_b)：22° (代表卓越波と汀線のなす角度)
- 以上の条件をもとに海浜安定化工法を用いて検討し、以下の諸元を沖合施設の基本配置とした(図-7)。
- ・最大湾入距離：24 m, 沖合施設間隔：100 m

(4) 実験ケース

本実験により明らかにしたい事項を以下に列挙する。

- 1) 海浜安定化工法の適用の可否
- 2) 適用可能な場合の施設の構造及び規模・配置 (堤長・開口幅・天端高)

実験ケース一覧を表-1に示す。まず、現状の海浜地形の再現性及び実験の諸条件(底質粒径、波浪作用時間)を確認するために、沖合施設を設置せず養浜のみを配置した実験(case-0)を行った。次に、海浜安定化工法の適用性を確認する実験(case-1, 2)を不透過・傾斜構造の沖合施設で行った。このときの沖合施設の平面配置は図-7に示した海浜安定化工法より求められたものである。これらの実験で海浜安定化工法による海浜形成が可能であると判断した。続いて、当海岸は前面海域が非常に急峻であるため、重力式構造物の設置が困難となることが想定されたことから、不透過・直立消波構造の沖合施設を用いて、直立消波構造の適用性の確認(case-3)及び最適天端高を設定する実験(case-4)を行った。また、最適堤長を設定する実験を行い(case-5)、最後に透過構造の効果を確認する実験(case-6)を行った。

表-1 実験ケース一覧

case No.	実験目的	沖合施設構造	堤長 (m)	開口幅 (m)	天端高 (T.P. m)
0	現状地形の再現性の確認	(なし)	-	-	-
1	海浜安定化工法の適用性確認	不透過・傾斜構造	35	59	5.0
2	〃	不透過・傾斜構造 (段上手に突堤を追加)	〃	〃	〃
3	直立消波構造の適用性確認	不透過・直立消波構造 (段上手に突堤を追加)	〃	〃	3.0
4	最適天端高の検討	〃	〃	〃	1.5~3.0
5	最適堤長・開口幅の検討	〃	20~30	54~74	2.0
6	透過構造の効果確認	透過・直立消波構造 (段上手に突堤を追加)	30	64	〃

3. 実験結果

(1) 現地海浜の再現性 (case-0)

単に養浜したのみでは養浜砂が下手側及び沖側に移動し、砂礫浜が存在しない現状の傾斜護岸のみになることを確認した(図-8)。また、海浜断面地形も現状とほぼ同程度の勾配(水深 8 m 以浅：1/7.5程度、水深 8 m 以深：1/2.5程度)となることを確認した(図-8)。また、波浪作用時間については8時間で上述の状態に達したため、以降の実験では8時間を基本的な波浪作用時間とした。

(2) 海浜安定化工法の適用性 (case-1, 2)

海岸保全上必要とされる砂礫浜幅10 m以上確保することを目標に、土屋らの静的海浜安定化工法の理論を適用した沖合施設の設置と養浜の組み合わせの実験を行った。沖合施設は反射波の低減を考慮し、法面勾配を1/1.3として合板で作成した。天端高は堆砂を目的とした離岸堤の設計法に基づき、T.P.+3.0 mとして実験を開始したが、堤体法面を遡して越流する現象が生じたため、天端高をT.P.+5.0 mまで嵩上げした。図-4に基づき、図-7に示すように沖合施設4基を配置したcase-1では、沖合施設②-③間において汀線は想定した理論形状とほぼ一致する実験結果となった(図-9)。しかし、上手側の沖合施設④の背後では、汀線が沖合施設から離れ上手側から侵食が進行してくる状況が確認された。このため、case-2では上手側の沖合施設④に縦堤部を設けて実験を実施し、沖合施設④の背後にも円弧状に汀線が形成された。また、下手側の沖合施設③-④海浜においても安定した汀線形状となり、海浜安定化工法は、急勾配な当海岸においても適用可能であると判断した(図-9)。

しかし、case-2では、沖合施設の形状が台形状であるため、堤体に沿う流れが発生し、汀線が局所的に後退する現象(図-9中矢印)が生じた。

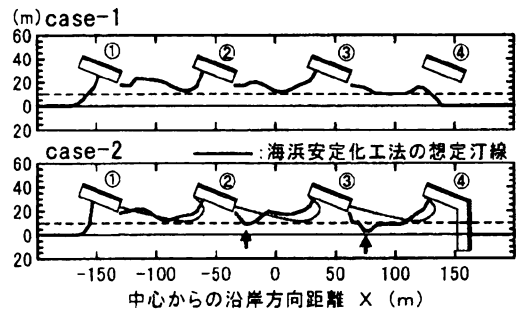


図-9 海浜安定化工法の適用性の実験結果(case-1,2)

(3) 直立消波構造の適用性 (case-3)

直立消波構造の模型は、case-1, 2 で用いた傾斜構造の模型と反射率 ($kr=0.7$ 程度) が同じになるように、排水材を用いて内部に合板を入れて不透過構造として作成した。

直立消波構造で実験を行った結果を図-10 に示す。8 時間波浪作用後も汀線は概ね安定しており、最も砂浜幅が狭い箇所においても必要幅10m 以上が確保された。また、汀線形状は沖合施設間で滑らかな円弧状となり、海浜安定化工法により想定した汀線形状に近いものとなったため、直立消波構造(不透過、直立、反射率0.7)においても、海浜安定化は図れることが確認できた。

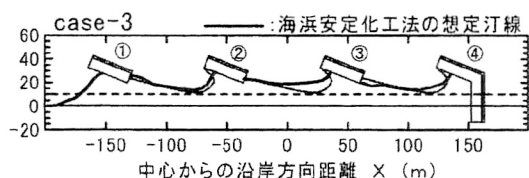


図-10 直立消波構造の適用性の実験結果 (case-3)

(4) 最適天端高 (case-4)

天端高を T.P. +3.0 m から、0.5 m ずつ下げて波浪を作用させた結果、T.P. +2.0 m までは汀線形状はほぼ変化しなかったが、T.P. +1.5 m では、沖合施設③の背後で徐々に汀線が後退し、沿岸方向下手側へと向かう流れが発生した。その結果、汀線後退が助長され、さらに下手側に汀線後退が波及した。12 時間後には沖合施設間の最小砂浜幅が必要砂浜幅10m (図-11 中の破線) を大きく下回り、安定的な海浜が形成されていないと判断した。以上のことから、海浜安定化が可能な沖合施設の天端高は T.P. +2.0 m であると判断した。

(5) 最適堤長及び開口幅 (case-5)

case4 で得られた天端高 T.P. +2.0 m を有する堤長35

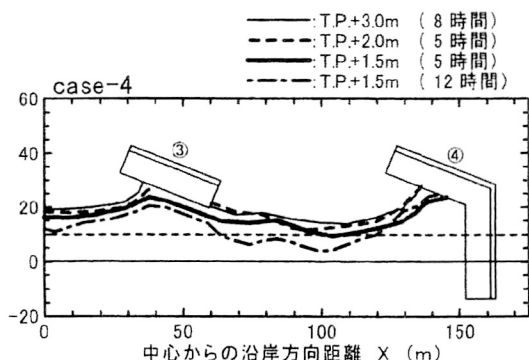


図-11 最適天端高の実験結果 (case-4)

m の模型による実験により海浜を安定させ (年数回波浪を 8 時間造波)、その後沖合施設模型の堤長を 5, 10, 15 m 短縮し、20, 25, 30 m の堤長として、再び波浪を作用させた。

堤長を短縮した後、沖合施設の上手側側面の汀線位置が大きく後退した。堤長30m の沖合施設上手側側面では12時間後以降概ね安定したが、堤長25m の沖合施設上手側は、汀線が後退しつづけ、沖合施設から離れる結果となり、海浜安定性が崩れた。また、堤長20m の沖合施設も汀線変化はみられないが、これは海浜安定性が崩れた上手側沖合施設間からの土砂の供給があるためと考えられる。以上より、沖合施設の堤長は、30 m が最適であると判断した。

写真-1 に堤長30 m、天端高 T.P. +2.0 m の沖合施設による海浜の状況を示す。

(6) 透過構造の効果確認 (case-6)

不透過構造で波浪を 8 時間作用した後に、構造を透過率0.6程度の透過構造に変更し、再び波浪を作用させた。沖合施設の開口部背後の汀線に急激な変化は生じず、不透過構造よりもより滑らかな円弧状の汀線が形成されるが、緩やかに汀線後退が進むため、完全な静的海浜安定化は困難であると判断した (図-13)。

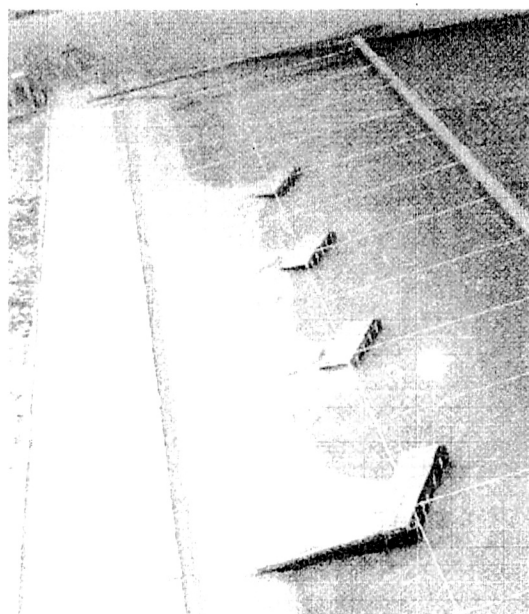


写真-1 実験により形成された安定海浜

4. ま と め

下新川海岸立野地先における海浜安定化工法の適用性について移動床模型実験により検討した結果、当海岸に

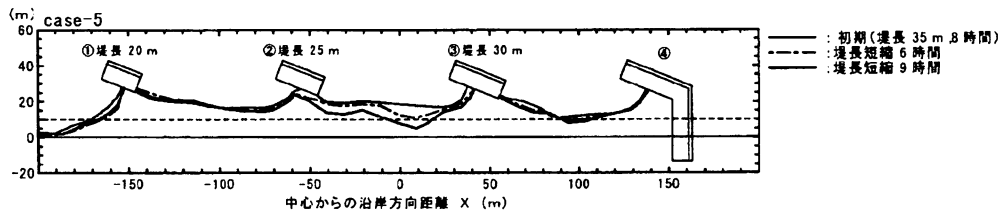


図-12 最適堤長及び開口幅の実験結果(case-5)

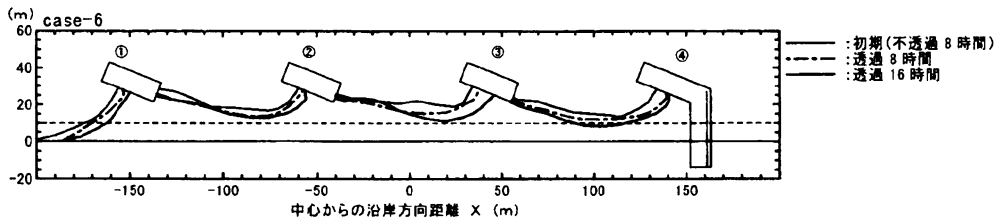


図-13 透過構造の効果確認の実験結果(case-6)

保全上必要な砂礫浜(最低10m)を復元できることを確認するとともに沖合施設の基本諸元について明らかにした。要約を以下に記す。

- 1) 当海岸のような急勾配の海底地形の場合でも、沖合施設の適切な配置・構造により静的海浜安定化が可能である。
- 2) 上手側沖合施設に縦堤部を設けて上手の海浜の安定化を図ることが、一連の海浜安定化には必要である。
- 3) 沖合施設を消波構造とすることで、より滑らかな円弧状の汀線形状を得られる。
- 4) 沖合施設の諸元は以下のとおりである。

堤長：30 m，開口幅：64 m，天端高：T.P. + 2.0 m，
構造：不透過・直立消波構造(反射率0.7以下)

また、透過構造と不透過構造の実験結果を比較すると、

透過構造では徐々にではあるが、背後の海浜の汀線は後退している。このことから、透過構造では静的な安定海浜は確保できないと考えられるが、不透過構造と透過構造の各背後に形成される汀線の形状に顕著な差はないことから、沖合施設が透過構造であっても、適切な維持養浜と組み合わせれば海浜安定化は図れることも考えられる。

参考文献

- 土屋義人・陳活雄・和田宙司(1993)：安定海浜の形成：理論形状とその適用性，海工論文集，第40巻，pp. 371-375。
土屋義人・R.Silverster・芝野照夫(1979)：安定海浜工法による海岸侵食制御について，第26回海工論文集，pp. 191-194。