

青森海岸における礫養浜および雑石斜面の 打ち上げ高・飛沫に関する現地実験

村岡憲司*・宇多高明**・渥美雅裕***

1. ま え が き

青森海岸の海岸侵食の歴史は古く、1950年代には人家や耕地に波が直接侵入する状態にあった。このため当海岸は1962年に建設省の直轄海岸に指定され、それ以来海岸堤防等の設置が進められてきた。この海岸では、過去激しい侵食を受けたために海岸の背後地が狭く、このため堤防の法線はかなり海寄りに設定された。それゆえ人家への波の直接的な侵入は阻止されたものの、海岸堤防の堤脚水深が大きくなったために高波浪時の越波や飛沫の抑制が今後の大きな問題点となっている。

高波浪時における越波や飛沫の抑止策としては、消波工の設置、堤防のり面の緩勾配化、養浜工、更には沖合に離岸堤や人工リーフを設置することなど種々の方策が考えられる。これらは各々利点と欠点を有するが、海岸の将来の利用を考えると、工法の経済性もさることながら海岸の景観や親水性を損なわない方法を選ぶ必要がある。このことから本研究では養浜工ほか様々な工法を用いた場合の打ち上げ高や飛沫量の相互比較を行い、それらの中から最適な工法について検討した。養浜工に関しては新しい試みとして礫による養浜を考え、打ち上げ高や飛沫の抑制効果を調べた。また、用いた碎石が比較的短期間のうちに波の作用により円くなり、海岸をレクリエーション等に利用する上で望ましい状況となることを実証的に明らかにする。

2. 現地実験の方法

実験は陸奥湾に面した青森海岸の内真部工区で行った(図-1)。陸奥湾は東西約51 km、南北約39 kmの湾であり、津軽海峡に面している。養浜を行うに際しては、材料として砂を用いるのみではなく、雑石や碎石も用いて実験することとし、図-2に示す8案を選んだ。第1案では中央粒径約0.3 mmの砂により1/10勾配の斜面を造った。

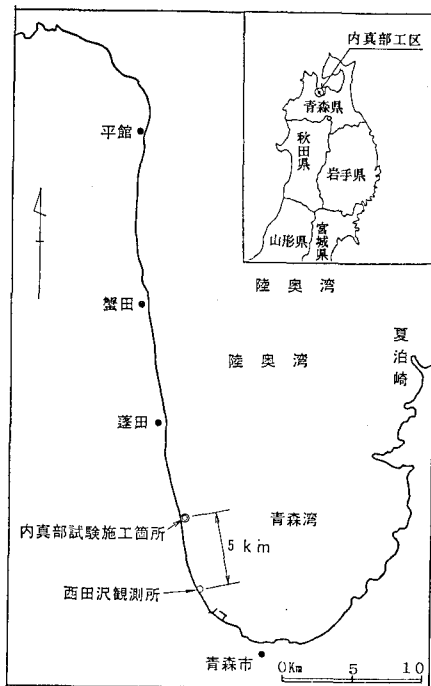


図-1 青森海岸の内真部試験施工地区の位置

第2案では養浜部の形態は第1案と同一であるが、沖合に天端幅10 m、天端高T.P. 0 mの人工リーフを設置した。第3案は、粒径40~80 cmの雑石により緩勾配斜面を造ったもの、第4、5案では天端幅20 mと10 mの人工リーフのみを設置した。第6案では、中央粒径5~18 cmの碎石により1/10勾配の緩斜面を造った。また、飛沫調査時、従来の型式とここで考えた6案との比較を行うために直立堤前面に消波工を設けたもの(第7案)、および直立堤のみの場合(第8案)も対象とした。試験区間の平面配置を図-3に示す。

現地実験に際して、波浪は人工リーフの沖合および岸側に容量式波高計を設置して測定した。波高計の設置台数は4台である。また、入射波浪条件は、当地点より南に5 km離れた西田沢観測所の観測値を用いた。ここで

* 正会員 建設省東北地建青森工事事務所長
 ** 正会員 工博 建設省土木研究所海岸研究室長
 *** 正会員 建設省東北地建青森工事事務所調査課長

は水深約 11.5 m 地点に設置された超音波式波高計により 1965 年以来観測が行われている。当海岸で卓越する東風による入射波を考えたとき、観測地点と西田沢観測所のフェッチはそれぞれ約 17 km, 12 km となり、観測地点の方が約 5 km 短い、これ以外にデータがないので沖波波浪条件として西田沢観測所のデータを用いることとした。打ち上げ高の測定では、斜面上に 1 m 間隔で観測用ポール（鉄筋）を立て、これをビデオ撮影することにより遡上高を測定した。飛沫調査では、10 cm×10 cm の開口部を持った木製のマスにより飛沫量を測定した。断面内での鉛直方向の測定配置を図-4 に示す。各工法ごとの飛沫量は、各々中央断面において測定した。

当海岸は内湾に面しているために外洋に面した海岸と比較すると波高は低く、また周期も短い。図-5 には西田沢において 1965 年～1983 年の間に観測された日最大有義波高・周期の出現頻度を示す。なお、欠測は全体の

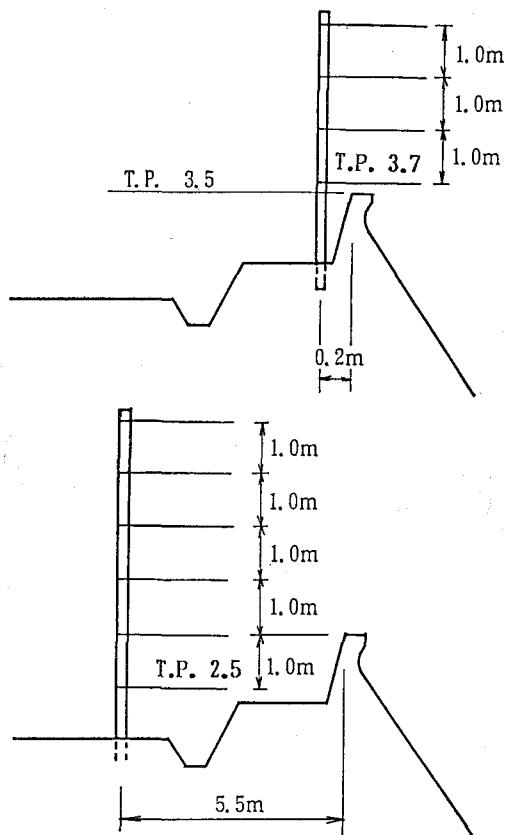


図-4 飛沫量の測点配置

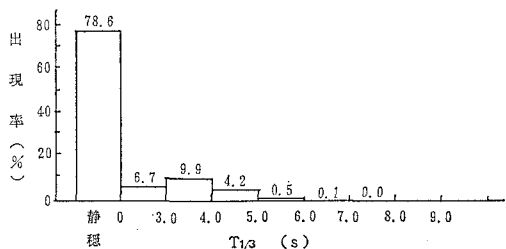
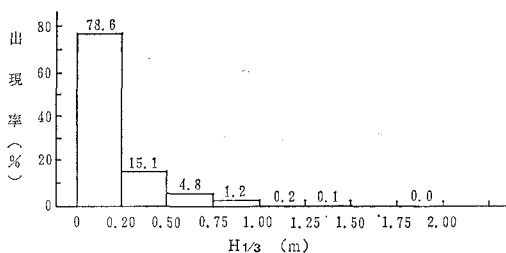
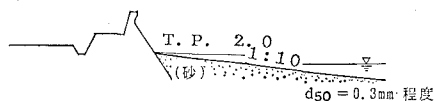
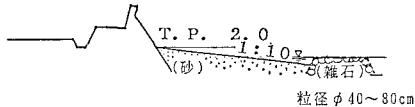


図-5 西田沢観測所における波高、周期の出現頻度

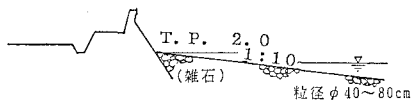
第1案



第2案



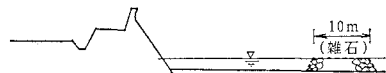
第3案



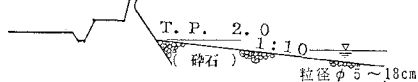
第4案



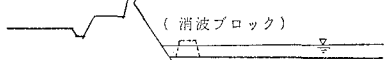
第5案



第6案



第7案



第8案

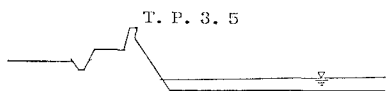


図-2 各種工法の試験断面形状

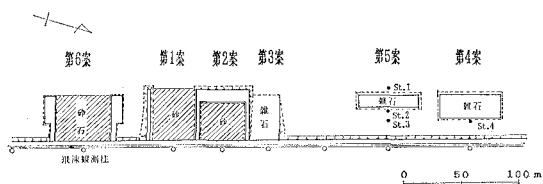


図-3 試験施工区域の平面図

約40%, 測得したうち静穏条件が79%であり, 波高0.75 m以上の出現率は1.5%となっている. また最多出現頻度の周期は3~4s, 静穏を除く最多頻度の波高は0.2~0.5 mである. 当海岸の潮位条件としては, H.W.L. がT.P. 0.63 mに, L.W.L. がT.P. -0.19 mにある.

実験には人工リーフを用いたが, これらは次の条件の下で設計した. すなわち, 高潮位時において消波工としての効果を発揮するように, 計画に用いた潮位は朔望平均満潮位(H.W.L. 0.63 m)とし, 計画波浪として $H_0 = 1.0$ m, $T = 5$ sの波を考えた. この波に対して波の透過率がほぼ0.6となるように人工リーフの天端高をT.P. 0 m, 天端幅を20 mとした. また, とくに天端幅の効果を確かめるために, 天端幅を10 mとしたケースも実験することとした.

3. 現地実験の結果

3.1 打ち上げ高の相互比較

第1案(砂養浜), 第2案(砂養浜+人工リーフ), 第3案(雑石), 第6案(碎石)の打ち上げ高を相互に比較するために, 各案の相対打ち上げ高と波形勾配の関係を調べた(図-6~図-9). ただし, 沖波波高としては,

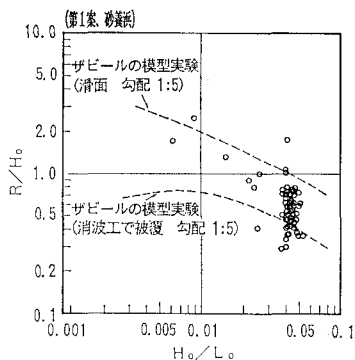


図-6 相対打ち上げ高と波形勾配の関係

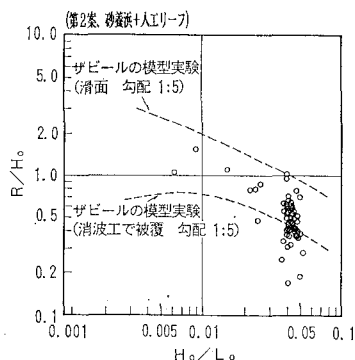


図-7 相対打ち上げ高と波形勾配の関係

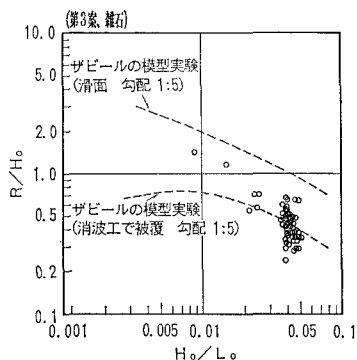


図-8 相対打ち上げ高と波形勾配の関係

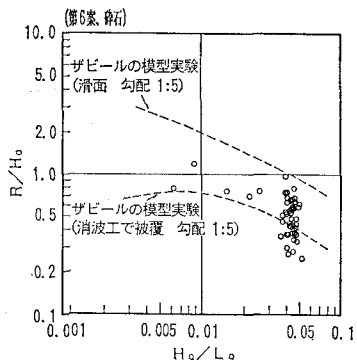
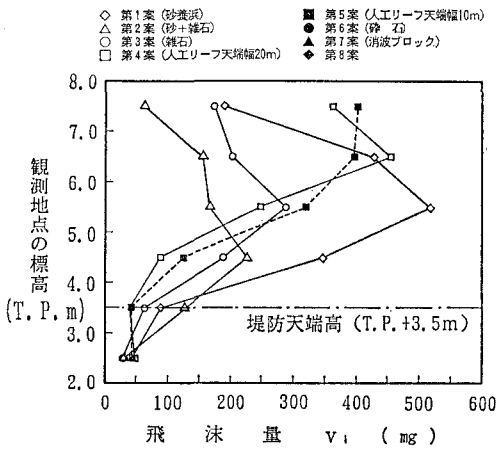


図-9 相対打ち上げ高と波形勾配の関係

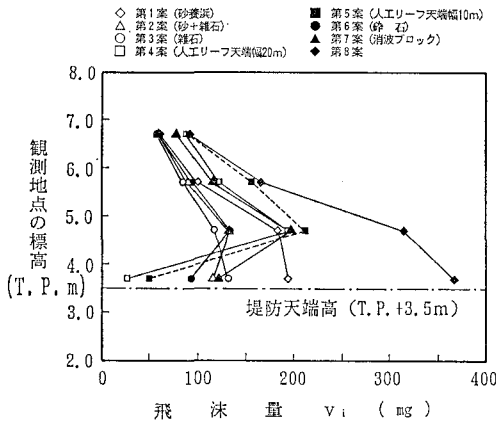
人工リーフの沖合の St. 1 の波高は反射波の影響が大きかったために, 西田沢の測定値を用いた. また, 図中には Saville (1956) の実験値 (のり勾配 1:5, 滑面および消波工被覆面) を参考のため破線で示した. 各案とも Saville の滑面の線の下方に位置しており, 特に第3案(雑石)や第6案(碎石)の場合に打ち上げ高の低減割合が大きい. これらは第1案(砂養浜)と比較して礫石や石の間に空隙が多く, ここで海水が浸透するために打ち上げ高が低下したと考えられる. 雑石斜面は砂浜より景観や利用面で劣ると思われるが, 礫浜は砂浜と比較して必ずしも劣らず, しかも打ち上げ高が砂浜と比較して著しく低下する点は注目される.

3.2 飛沫観測

飛沫観測は1987年5月29日~11月14日の第I期と1988年1月6日~7月25日の第II期の2期間に分けて行われた. 第I期の観測は, 延べ169日間の連続観測であり, この間, 4回飛沫量を測定し, これら4回の総飛沫量 (mg 単位) を求めた. 第II期の観測では延べ50日間に12回の測定を実施した. 得られたデータは次の理由より総飛沫量として整理した. すなわち日々の気象, 海象条件は時間とともに変化するから, 毎回の飛沫量分



図一10 飛沫量の鉛直分布 (第I期 5月29日～11月14日の合計の飛沫量)



図一11 飛沫量の鉛直分布 (第II期 1月6日～9月16日の合計の飛沫量)

観測結果を図一10, 11に示す。図一10によれば、堤防のパラペットより高くなるにしたがい飛沫量が多くなり、パラペット上端面より2～3mにおいて最大値が得られた。養浜工(雑石含む)の場合パラペットの上端面より1～2mで最大値となったのち、飛沫量は減少傾向を示すが、人工リーフの場合は高い地点ほど飛沫量が多くなる。次に、図一11によればパラペット上1mで飛沫量が最も多い。

以上の結果によると、人工リーフの天端幅の違いによる飛沫量の低減効果はほとんど変わらず、また、養浜工では第2, 3, 6案とも同程度の飛沫量で人工リーフよりは飛沫量は少なく、飛沫低減を図るためには養浜工が望ましいことが分かる。飛沫量を鉛直方向に加算し、全飛沫量を求めた結果を表一1に示す。表には、第I期観測においては第1案に対する比を、また第II期観測においては第1案と第8案を1としたときの各案の飛沫量の比を示した。第1案を基準に考えると、第I, II期ともに、第2, 3案の飛沫量の低下割合が大きく、砂養浜+人工リーフや雑石斜面はかなり高い飛沫量低減効果を示している。これら2案に対し天端幅が10mと20mの人工リーフのみを設置した場合の飛沫量低減効果はやや落ちる。一方、第3案(直立堤のみ)と他の案を比較すると他のいずれの案も20%以下に低下していることが明らかであって、その中でも碎石を用いた第6案が高い効果を有する。礫斜面の飛沫量が著しく低下した理由としては、礫間に大きな空隙があり、ここを通じて浸透が生じ易いためと考えられる。また、3.1節で述べたように、雑石または碎石を用いた斜面の場合、相対打ち上げ高は砂養浜斜面の場合よりも小さかったが、この点はこれらの斜面の場合飛沫量が小さい点と良い一致を示す。

3.3 碎石の円形度の変化

碎石を用いた養浜では、底質材料の重量が大きいため安定性が高いと考えられる。反面、碎石を用いる限りにおいて、角がとがっているため利用上問題がある。しかし最初から円形度の高い碎石を入手することは困難である。そこで本研究においては、投入した碎石が波の磨耗作用により円くなることを考慮し、それが実用上十分な

表一1 総飛沫量と各時期の飛沫量の割合

ケース		1	2	3	4	5	6	7	8
I 期	飛沫量・比								
	V_i (mg)	1615	769	946	1244	1330			
	V_i/V_1	1.00	0.48	0.59	0.77	0.82			
II 期	V_i (mg)	542	398	393	432	510	381	521	3066
	V_i/V_1	1.00	0.73	0.73	0.80	0.94			
	V_i/V_8	0.18	0.13	0.13	0.14	0.17	0.12	0.17	1.00

速さで達成しうるかを調べた。

1985年1月に投入された礫斜面の砕石の円形度を1989年10月に調べた。円形度の判定はクランペインの円形度表との比較により行った。礫による試験養浜区間の中央の測線に沿う円形度の変化を図-12に示す。岸沖方向の7地点で採取した資料の円形度は、バームより岸側では投入時と同様な円形度であったが、バームより海側では円形度が非常に高くなっており、海岸利用上障害にならないことが分かった。

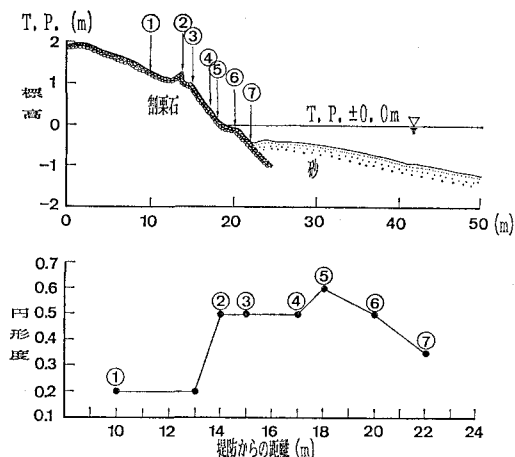


図-12 底質採取位置と礫の円形度の岸沖分布

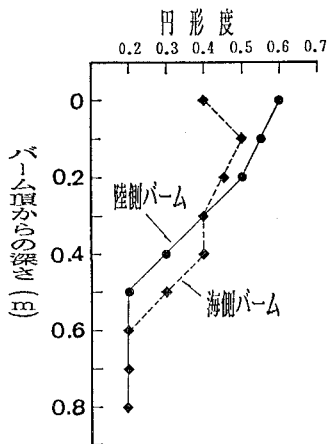


図-13 礫の円形度の水深方向分布

底質調査は1989年に行われたのみであり、投入後4年9カ月の変化は測定されていない。これでは礫の円くなる時間スケールが不明であって実用上不便である。バームは礫が打ち上がって形成されたものであるから、バーム内の底質特性の鉛直分布を調査すれば、前浜底質の経時変化過程に関する情報を集めることができると考えられる。そこで2つのバーム位置(図-12の②、③地点)で鉛直方向に底質採取を行い、円形度の鉛直方向変化を調べた(図-13)。陸側バーム位置ではバーム頂より0.5m以浅で円形度は単調な増加傾向を示す。海側バームでも同じ0.6m以浅で同様な増加傾向を示すが、表面のものに小さな値が見られる。全体的に見れば深さ方向に円形度は単調に減少している。このことから、1985年1月より1989年10月までの間、ほぼ単調に円形度が高まったと考えられる。ただしバームの成長は初期ほど速く、次第に安定化に向かうと考えられるので、正確な時間スケールは図-13より読み取ることはできない。この点は調査法も含めて今後の検討に待たねばならない。

4. 結 論

①第1案(砂養浜)、第2案(砂養浜+人工リーフ)、第3案(雑石)、第6案(砕石)に関し、相対打ち上げ高を比較した。これによると、砂養浜に対し、雑石や砕石斜面の場合打ち上げ高の低減効果が大きかった。

②砂、砂礫を用いた養浜、捨石斜面および人工リーフを設置した海岸断面と、直立堤のみの断面での飛沫量を比較すると、直立堤のみの場合と比較していずれも飛沫量は20%以下であり、特に礫養浜の場合に飛沫量の低下が著しいことが分かった。

③礫斜面では、斜面の造成時かなり角張った礫が用いられたが、波の作用の下で円くなり、円形度が高くなった。海岸へのアクセスを考えたとき、角がとがった礫では大層歩きにくく危険であるが、円形度が向上した結果利用上から考えてもかなり良好な養浜形態となった。

参 考 文 献

- 海岸保全施設築造基準連絡協議会編 (1987): 海岸保全施設築造基準解説, 269p.
- 合田良実・竹田英章 (1966): 越波による防波堤背後への波高伝達率, 第13回海岸工学講演会論文集, pp. 87~92.
- Saville, T. Jr. (1956): Wave run-up on shore structures, Proc. A. S. C. E., Vol. 82, pp. 925~1~925-14.