

海水の人工リーフに及ぼす影響に関する研究

INTERACTION BETWEEN SEA ICE FLOES AND ARTIFICIAL REEF

水野雄三^{*}・六本木宏一^{**}・佐伯 浩^{***}・秋原真哉^{****}・堺 茂樹^{*****}
Y. Mizuno, H. Roppongi, H. Saeki, S. Akihara, S. Sakai

Coastal structures constructed in Okhotsk Sea coast of Hokkaido have been attacked by water waves and drifting sea ice floes. The weight or shape of the armor units, side slope are interrelated and comprise the principal factors in the design of artificial reef. In this report, the authors deal with the stability of armor concrete blocks on artificial reefs which are attacked by water waves and motion of ice floes. keywords: ice floes, artificial reef

1. はじめに

現在北海道のオホーツク海沿岸には、海岸侵食防止や、岩礁地帯の昆布や、うにを流水から守ることを目的に離岸堤が建設されている。これら異型ブロックを積み上げて建設されている離岸堤が流水の影響で壊滅的な被害を受けたという例は未のところ報告されていない。この理由は、①海面が密接度の高い状態で流水に覆われているような場合、その浮水盤による波高の減衰効果が大きく、実際の離岸堤近傍の波高も小さくなる、②離岸堤の設置水深が浅く、汀線に近い位置にあるため、流水を構成する個々の水盤の大きさも小さいため、離岸堤そのものに大きな水力を及ぼさない、③離岸堤に用いられているブロックは、ブロック相互の噛み合わせが比較的よいものが用いられている、それに④流水来襲時には、余り大きな波浪がこないこと、等が考えられている。

最近、海岸保全を目的として海岸景観の向上や海岸の面的防衛あるいは海岸構造物の耐久性向上等を目的として人工リーフが建設されようになってきた。流水の来襲する北海道のオホーツク海沿岸でも、この人工リーフが使用可能かどうか、あるいは、流水が人工リーフの機能にどのような影響を与えるかを調べるため、若干の実験を行ったのでその結果を報告する。

2. 実験方法及び実験条件

実験は、流水が存在しない場合の人工リーフの波浪制御特性、特に反射率と透過率を調べると共に、人工リーフの被覆ブロックの安定性を調べた。その後、波浪に対して安定であった被覆ブロックを用いた人工リーフについて、流水存在時の、波浪の反射率と透過率それに被覆ブロックの安定性を調べた。本実験に用いた断面は、図-1に示す。海底勾配は1/30で実験を行った。また実験水路の規模、造波能力を考えると、模型の縮尺はフルードの相似則に従い1/40とした。基礎捨石は中割石の模型、堤頂部の被覆ブロックは2m型アクアリーフを用いた。最初の波浪に対する実験においては、堤前面の被覆ブロックはエクスブロック、岸側の基礎捨石の被覆は大割石とエクスブロックを用いた。沖側、堤脚部の水深はL.W.Lの時2.22m、H.W.Lの時3.74mである。これは、H.W.Lの時堤頂部は水面下となり潜堤となる様にするためである。実

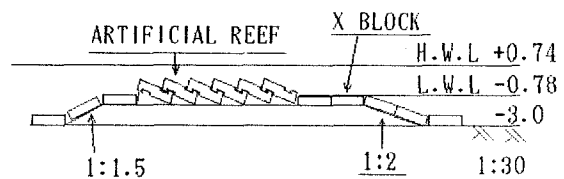


図-1 模型断面

^{*}正会員 北海道開発局

^{**}正会員 五洋建設

^{***}正会員 北海道大学工学部土木工学科（札幌市北区北13条西8丁目）

^{****}学生会員 北海道大学工学部土木工学科

^{*****}正会員 岩手大学工学部土木工学科

験に用いた波浪条件は、流水が存在しない場合は周期 T は2.53秒、2.215秒、1.58秒、1.02秒であり、それぞれ実規模で16秒、14秒、10秒、6.5秒に相当する。また流水が存在する場合は、周期は1.58秒と1.02秒の二周期で実験を行った。また、流水の形は $8\text{cm} \times 8\text{cm} \times 2\text{cm}$ 、重さは100gfと $6\text{cm} \times 6\text{cm} \times 2\text{cm}$ 、重さ50gfのパラフィン盤である。このパラフィン盤の比重は通常の流水に近い0.8である。これらは、それぞれ実規模では3.2m角で厚さが80cmで、重さは約6.5tfのものと、2.4m角で厚さ80cm、重さ3.2tfのものに相当する。実際のオホーツク海沿岸の汀線に近い水域の海水の大きさは円型換算で2～5m程度が最も多いので、今回のモデル氷はそれに適合しているが、氷厚は50～70cm程度が多いため若干、厚めの氷となっている。

3. 波浪の反射率と透過率

3-1 反射率について

本実験における反射率は沖側で測定された波形より、Healyの方法で入射波高 H_i と反射波高 H_r に分離し、 $K_r = H_r/H_i$ で反射率を求めた。

①流水のない場合 図-2の(a)は、縦軸に流水のない場合の反射率 K_r 、横軸に B/L_0 を採ったグラフである。ここで B は波の進行方向の天端の長さであり、 L_0 は沖波波高である。○はL.W.L.であり、▲はH.W.L.である。これによると、H.W.L.の場合、反射率は、0.04～0.14まで変化している。またL.W.L.の場合は、0.02から0.22まで変化している。反射率は、H.W.L.において、 $B/L_0 = 0.040$ で最高の0.22となっている。そして、この後、 B/L_0 が増加するにしたがって（即ち、波長が短くなるにしたがって）全体的に減少している。

②流水のある場合 図-2の(b)、(c)はそれぞれ50gf、100gfの流水の存在する場合の①と同様のグラフである。これらによると、①の流水のない場合に比べて、反射率は高くなっている。この理由は、流水が存在する場合は、人工リーフの天端場に流水がPile upすることにより、波を遮り、反射率を増加させているためである。以上のことより、人工リーフの場合、天端幅が広いため、天端上に氷塊がPile upする可能性があることは注意すべきで

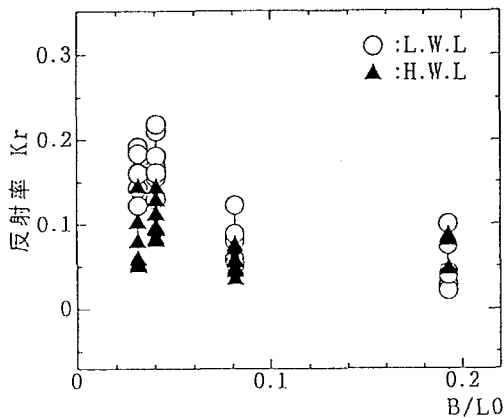


図-2(a) 反射率 K_r 流水無し

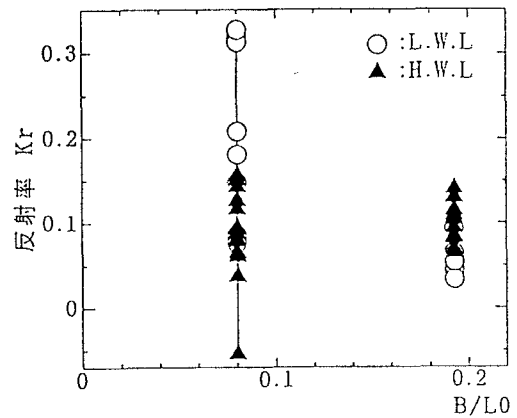


図-2(b) 反射率 K_r 流水あり 50g

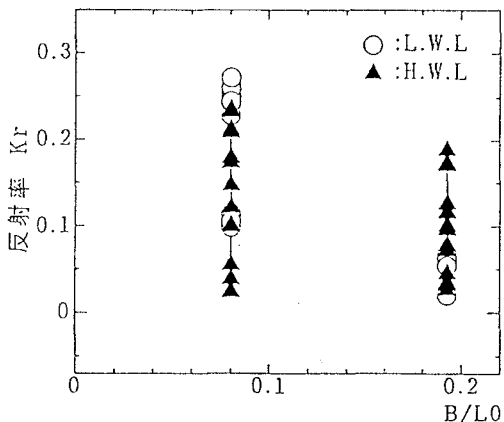


図-2(c) 反射率 K_r 流水あり 100g

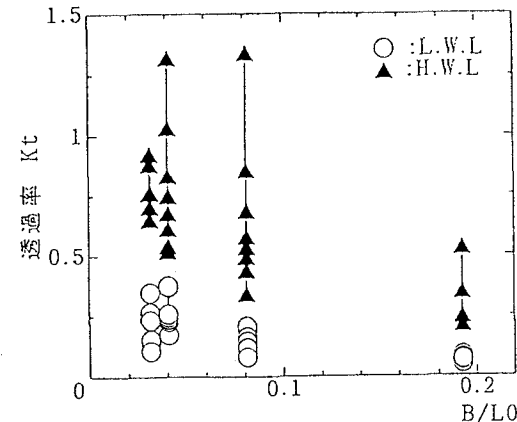


図-3(a) 透過率 K_t 流水無し

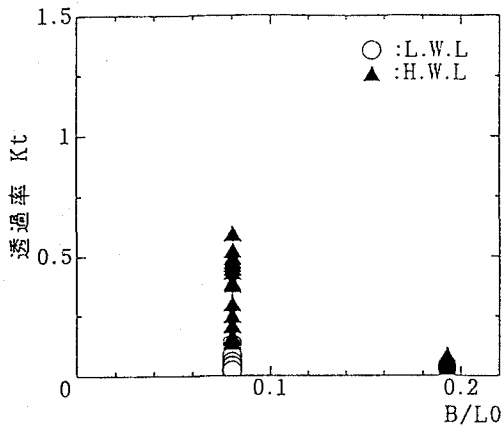


図-3 (b) 透過率 K_t 流水あり 50g

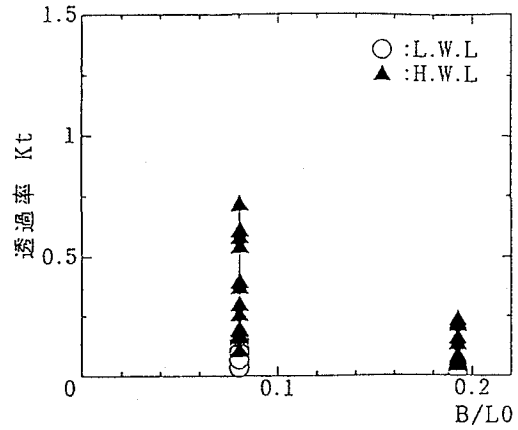


図-3 (c) 透過率 K_t 流水あり 100g

3-2 透過率について

透過率は、人工リーフの背後の碎波の影響を受けない位置で測定された透過波高 H_t と入射波高 H_i の比 $K_t = H_t/H_i$ で求めた。

- ① 流水のない場合 図-3の(a)は、縦軸に流水のない場合の透過率 K_t 、横軸に B/L_0 を採ったグラフである。 B 、 L は3-1と同様アクアリーの幅3mと沖波波長である。透過率 K_t は $B/L_0 = 0.78$ で最大値1.32を採っている。ここで透過率が1.0よりも大きくなった理由は、入射波高 H_i は沖波波高であり、透過波高 H_t は、リーフの背後の浅瀬で採ったため、入射波高よりも、透過波高の方が大きくなったものである。
- ② 流水のある場合 図-3の(b)、(c)はそれぞれ50gf、100gfの流水の存在する場合の①と同様のグラフである。ここで透過率 K_t が流水のない場合に比べて、小さくなっている理由も、3-1で述べた、流水のPile upに伴う防波効果によるものである。

4. 人工リーフの被覆ブロックの安定実験

4-1 波浪に対する実験結果

実験条件で述べた4種類の周期に対して、波高を8種類に変化させてブロックの安定実験を行った。水位はL.W.L.と、H.W.L.さらにH.H.W.L.に対しての安定実験を行った。また被覆ブロックに関して天端はアクアリーの2m型とし、沖側の被覆ブロックであるエクスブロックは2t、4tそれに6t型の3種類変えて実験を行った。また背後の被覆は大割石、エクスブロック2tそれに4tと変えて実験を行った。波高は人工リーフ上で碎波するもの、人工リーフ直前で碎波するもの、その沖合いで碎波するもの8種類で実験を行った。その結果、天端の被覆に用いた2m型のアクアリーフはきわめて安定性に優れていた。沖側被覆ブロックは4tで動揺、6tでは安定と判定された。また背後は大割石、2tそれに4t共に安定であった。

4-2 流水に対する実験結果

4-1より天端を2m型アクアリーフ；沖側被覆ブロックは6t型エクスブロック；背後はより安全にするため2t型エクスブロックとし、水位条件はL.W.L.それにH.W.L.で流水来襲時の安定実験を行った。図-4は実験結果である。

(a)、(b)はH.W.L.時の50gfと100gfの流水存在時の、(c)、(d)はL.W.L.時における、50gfと100gfの流水存在時の実験結果である。○印は前面ブロックの安定度、□印は天端のアクアリーの安定度、△は背後ブロックの安定度を示して黒は飛散、滑動、転倒を示し、半黒は動揺を示し、白抜きは安定を示している。

① H.W.L.の場合 (a)の100gfの場合は、背後のブロックは比較的安定であったが、前面のエクスブロックとアクアリーフは波高8cm（現地間算で3.2m）を越えると被害を受けた。ここでは、流水が衝突する際に、人工リーフは、入射波の方向の一行が全ブロック一体であるかの様にまとまって、入射方向に滑動した。また前面を被覆しているエクスブロックは、リーフ前面に生じる部分重複波により、引潮時に流水に引きずられるようにして、沖側に滑動、あるいは飛散した。

また図-4の(b)は50gfの場合である。この場合も100gfの場合とほぼ同様に、波高8cmより被害を受け始めた。

② L.W.L.の場合 図-4の(c)、(d)はそれぞれL.W.L.における、重さ100gf、50gfの流水による被害の状況であ

る。L.W.L の場合には、図-1 の模型断面に示してあるように、天端は、1.28m 水面上にでているが、このため、流水がリーフ上を擦りながら往復する現象が生じなくなり、H.W.L に比べて安定度は高くなった。また、L.W.L においては、人工リーフの前面あるいは堤上に、氷盤が Pile up することにより、氷盤自体が防波堤の役割を果たし、また同時に、氷盤自体の自重により、リーフの活動を防いでいると考えられる。また、天端が水面上にでているというこの形状は、離岸堤と見なすこともでき、L.W.L の場合に安定であるということは、本論文の最初に触れた、離岸堤が流水による壊滅的被害を受けていないということの裏付けともなる。またここで前面の被覆ブロックに対して100gf よりも 50gf の方が破壊等の大きな影響を及ぼしている理由としては、100gf の場合には、特に前述のように、前面被覆ブロック上に堆積し易く、自重により、前面被覆を動揺させ難くしたものと考えられる。そして、図では□で表されている天端のアクアリーフに対しては、50gf よりも 100gf の方が影響を及ぼしている理由としては、リーフ上を透過していく流水の数自体は、50gf の方が多いがリーフに影響を及ぼすほどの運動エネルギーを持っていないためであると思われる。

6. 結論

本実験より以下のことが明らかになった。①人工リーフにおいて、特に水位が低い場合には、リーフ上に流水が Pile up することにより、防波堤の役割を果たす。これにより、人工リーフの特性に変化が生じ、反射率は増大し、透過率は減少する場合がある。②特にリーフ前面の被覆ブロックは、波浪に対しては十分に安全であっても、流水のは L.W.L による動揺が激しい場合には安全性は低下する。(本実験においては、設計波高の1/3程度であっても破壊が生じた。さん特に天端が水面下にある場合には、天端が水面上にでている場合に比べて流水による被害を受け易い。但しこれは、天端が水面上にでていれば(離岸堤のような状態)安全であるということを行っているわけではない。特に前面の被覆ブロックに関しては、天端が水面下であっても、流水により被害を受ける可能性は大きい。

以上、本実験の結論としては、①流水の襲来する沿岸において、人工リーフを建設する場合には、ブロックの形状と重量の算定に際しては、流水による安全性の低下を考慮にいれなければならない。流水が沿岸域を完全に埋め尽くす時期においては、氷盤による波の減衰効果により、波高はそれほど大きくならないが、流水の来襲時や、海明け時の様な流水の疎らな時期においては、高波浪も考えられるので、特にこのような時期に関しては注意を要する。②オホーツク海沿岸のような流水の襲来する地域において、人工リーフを設置しようとする場合には、景観を考慮する代わりに、多少の流水の流入を認めても良い地域なのか、あるいは養殖場のように流水の流入が直接被害を及ぼす地域なのか、等の目的をよく検討することが必要となる。

参考文献

佐伯、浅川、折谷、佐藤、井上、(1989)：浮氷盤に作用する波浪の減衰に関する実験的研究、第5回寒地技術シンポジウム、pp410～415

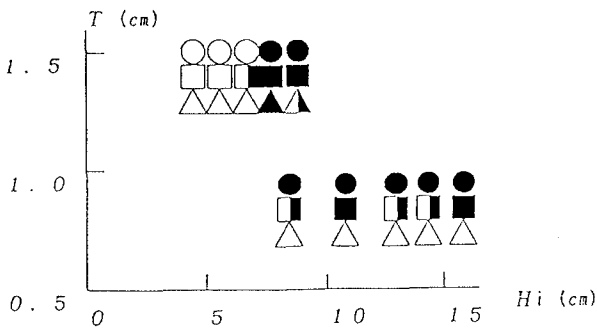


図-4 (a) H. W. L 50 g f 被害状況

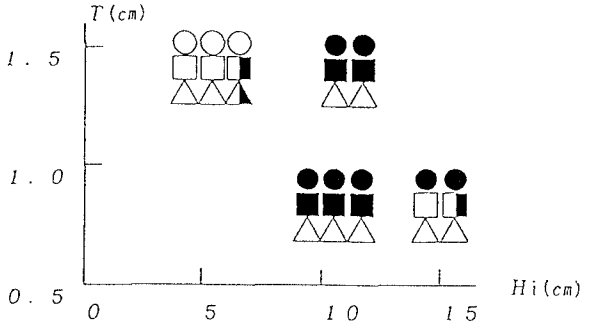


図-4 (b) H. W. L 100 g f 被害状況

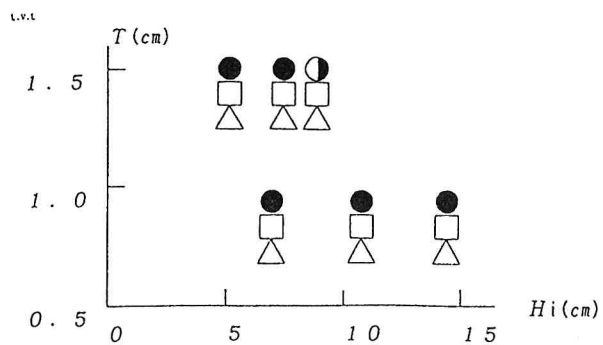


图-4(c) L. W. L 50 g f 被害状况

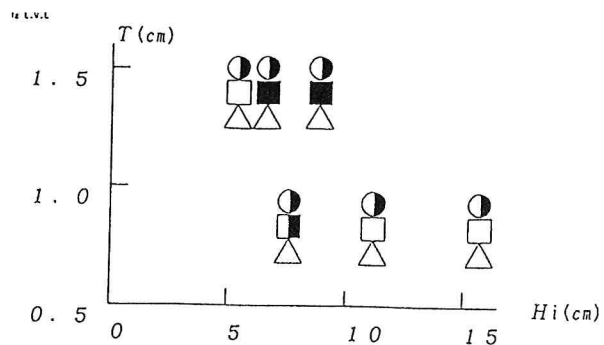


图-4(d) L. W. L 100 g f 被害状况



图-5(a) 被害状况 1

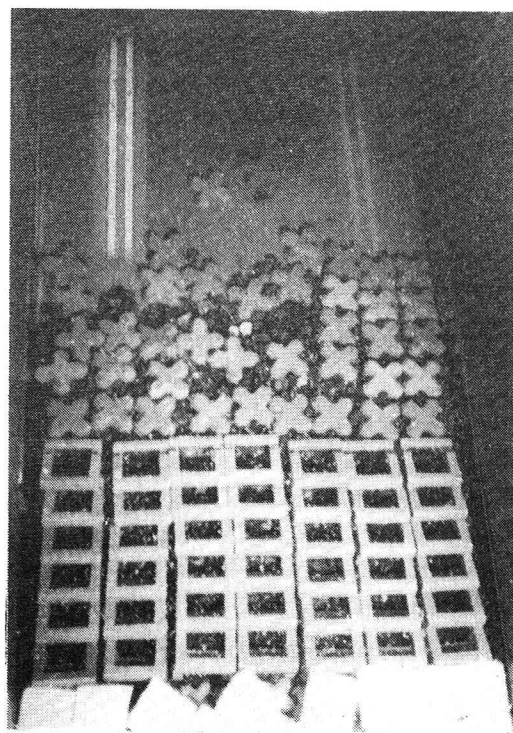


图-5(b) 被害状况 2