

養浜による越波防止効果

井上雅夫*・柳瀬勝久**

1. 緒言

近年、海岸環境整備事業の一環として、全国各地に人工海浜が計画あるいは造成されているが、これは海水浴などの海洋性レクリエーションの需要に対応できるうえに、防災面からもすぐれた機能をもっているため、高く評価されている。たとえば、人工海浜、すなわち養浜などによって、その背後に設置されている海岸護岸の越波を防止軽減しようとする場合には、一般には護岸の前面水深が減少し、海底勾配がゆるやかになるため、来襲波浪のエネルギーが減殺され、特に護岸の前面水深が碎波水深よりも小さいときには、きわめて大きな防止効果が期待される。しかし、高潮などによって潮位が上昇し、養浜の天端以上になる場合には、養浜をしないときよりも、越波量はかえって増加し、危険な状態が生じることがある¹⁾。また、逆に越波防止の立場だけからは、むやみに養浜幅を増大させることは無駄でもあり、養浜断面の決定は十分慎重に行わなければならない。

このように碎波現象を伴う越波の問題は、現実の問題としてもきわめて重要であるにもかかわらず、理論的な取り扱いが困難であるため、これまで限定された条件のもとで、二、三の実験が行われてきたに過ぎない^{2),3)}。

本研究の目的は、養浜などによる人工海浜の越波防止機能を実験的に明らかにし、防災面からみて、最適な人工海浜の断面形状を究明しようとするものである。また、これまでの越波実験のほとんどは固定床で行われており、越波量に及ぼす海浜の浸透効果については明らかでない。このため、本研究の実験は移動床でも行い、海浜における浸透の越波防止効果についても検討した。

2. 実験設備および方法

碎波を含む越波実験では、護岸前面での水位上昇が過大に現われやすく、こうしたことを避けるために、長さ10m、幅20m、深さ0.5mの平面水槽に幅1.0mの2次元水槽を設け⁴⁾、その中に図-1に示すような模型海浜を設置した。模型海浜は、勾配が1/10の自然海浜上

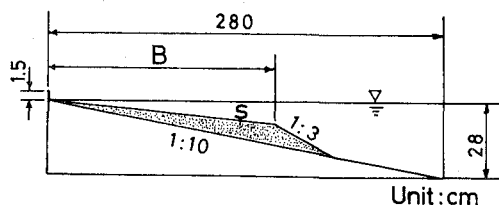


図-1 海浜断面

に養浜を行い、その勾配 S は 1/15, 1/20, 1/30 および 1/50 の 4 種類、養浜幅 B については、 B と深海波長 L_0 との比 B/L_0 が 0, 0.1, 0.2, 0.25, 0.35, 0.5, 0.75 および 1 の 8 種類に変化させ、こうした養浜部の勾配や幅などが、背後にある海岸護岸の越波量に及ぼす影響を系統的に調べた。また、移動床の実験では、中央粒径が 0.19 mm の砂を底質として用いた。海岸護岸は高さ 1.5 cm の鉛直護岸とし、その前面水深は 0 cm である。実験波の特性は、周期を 1.0 s と一定にし、深海波の波形勾配 H_0/L_0 を 0.028, 0.042, 0.056 および 0.071 に変化させた。

入射波高の測定は、電気抵抗線式波高計を用いて行い、模型護岸からの反射を考慮して、造波機始動後の 14~16 波目の連続 3 波のものを平均して入射波高とした。越波量についても、同じ 3 波を対象として採集した水量を直接測定した。

3. 実験結果とその考察

(1) 越波量に及ぼす養浜幅の影響

図-2 は、養浜勾配が 1/20 の固定床の場合について、無次元越波量 $2\pi Q/H_0L_0$ と前述の B/L_0 との関係を H_0/L_0 をパラメーターとして示した。これによると、ほとんどの B/L_0 で H_0/L_0 が大きいほど越波量も多く、この傾向は B/L_0 が大きいほど著しい。しかし、図-2 では、越波量に及ぼす養浜幅の影響があまり明確でないため、各養浜幅における越波量 Q と養浜をしないときの越波量比 Q_0 との比 Q/Q_0 を縦軸にとり、図-2 をプロットしなおしたものが図-3 である。図-3 (a) および (b) は、それぞれ固定床と移動床の場合であり、養浜勾配は

* 正会員 工博 関西大学教授 工学部土木工学科

** 学生会員 関西大学大学院工学研究科

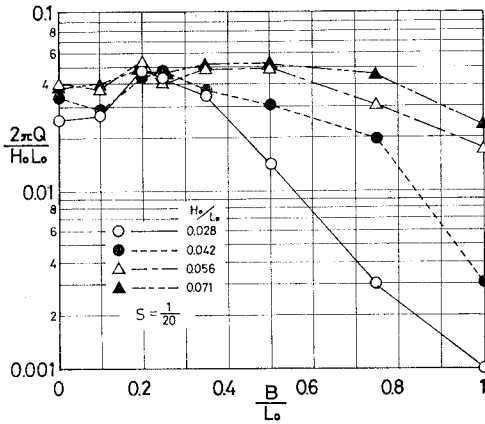


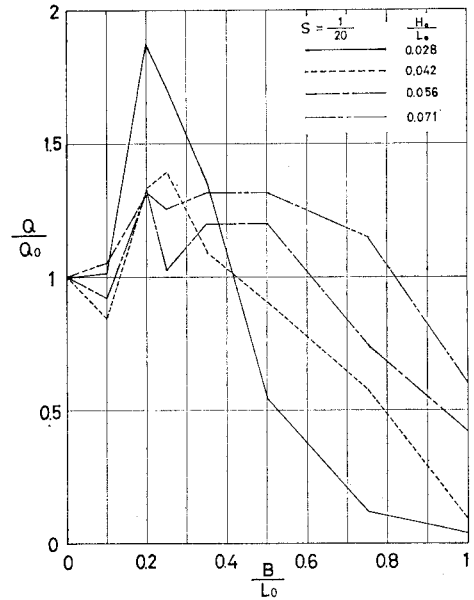
図-2 越波量と養浜幅との関係

いずれも $1/20$ である。これらによると、固定床、移動床のいずれの場合についても、 B/L_0 の増大とともに越波量も増加し、ある B/L_0 で Q/Q_0 が 1 を越える極大値（養浜をしないときよりも越波量が多い）を示したのち減少している。この越波量が極大値になる養浜幅は、 H_0/L_0 にはあまり関係なく、養浜勾配が $1/20$ であれば、ほとんどの H_0/L_0 の場合について、 B/L_0 が 0.2 のとき、 Q/Q_0 は極大値を示している。また、越波量に及ぼす養浜幅の影響は H_0/L_0 の小さい方が著しい。たとえば、養浜によって越波量が減少する最小の B/L_0 の値は H_0/L_0 が大きいほど大きくなり、この傾向は固定床の場合が顕著である。図-3 (a) の固定床の場合には、 H_0/L_0 が 0.042 までは B/L_0 を 0.4 程度、 H_0/L_0 が 0.056 では B/L_0 を約 0.6、 H_0/L_0 が 0.071 では B/L_0 を 0.8 程度以上にそれぞれしなければ、養浜をしないときの越波量よりも減少させることはできない。しかし、図-3 (b) の移動床の場合には、 H_0/L_0 が 0.028 では B/L_0 が 0.35 程度、 H_0/L_0 が 0.042 以上では B/L_0 が 0.5 程度で養浜による越波防止効果が現われている。すなわち、 H_0/L_0 が大きい波ほど、 B/L_0 を大きくしないと養浜の越波防止効果がないことがわかる。さらに、 Q/Q_0 の極大値には H_0/L_0 が関係し、 H_0/L_0 が小さいほど極大値は大きくなるが多く、この傾向は、固定床が移動床の場合よりも著しい。

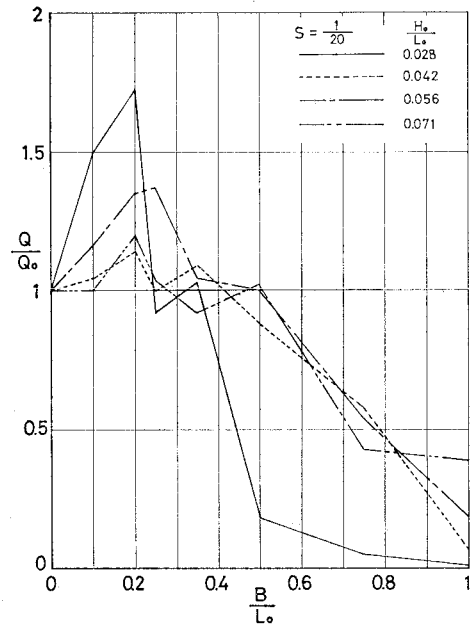
図-4 は、図-2 から越波量に及ぼす H_0/L_0 の影響を B/L_0 をパラメーターとして示した。養浜勾配は $1/20$ である。これによると、 B/L_0 が 0.35 以下では、越波量は H_0/L_0 の変化にあまり関係なく、ほぼ一定値を示すが、 B/L_0 が 0.5 以上になると、 H_0/L_0 の増大とともに、越波量も増加する。なお、移動床の場合についても、こうした傾向はほぼ同じであった。

(2) 越波量に及ぼす養浜勾配の影響

図-5 は、 H_0/L_0 が 0.056 の固定床の場合について、



(a) 固定床



(b) 移動床

図-3 越波量に及ぼす養浜幅の影響

$2\pi Q/H_0L_0$ と B/L_0 との関係は養浜勾配をパラメーターとして示した。これによると、いずれの養浜勾配についても、図-2 に示した $1/20$ の場合と同様に、養浜幅の増大とともに越波量も増加し、ある養浜幅で極大越波量を示したのちに減少している。しかし、越波量に及ぼす養浜勾配の影響は、養浜幅によって異なり、必ずしも養

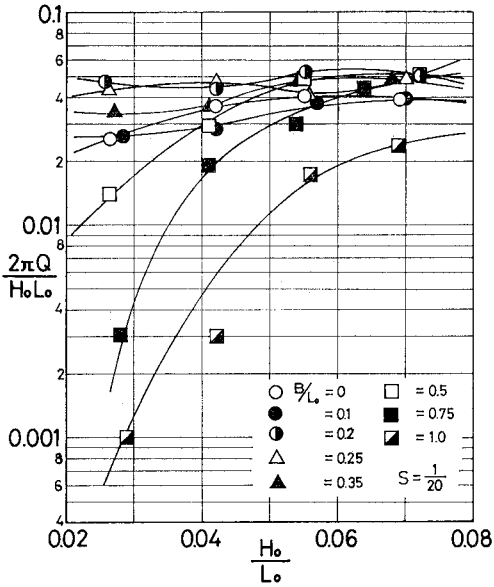


図-4 越波量と波形勾配との関係

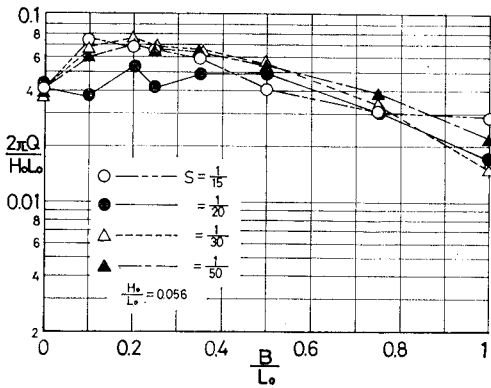
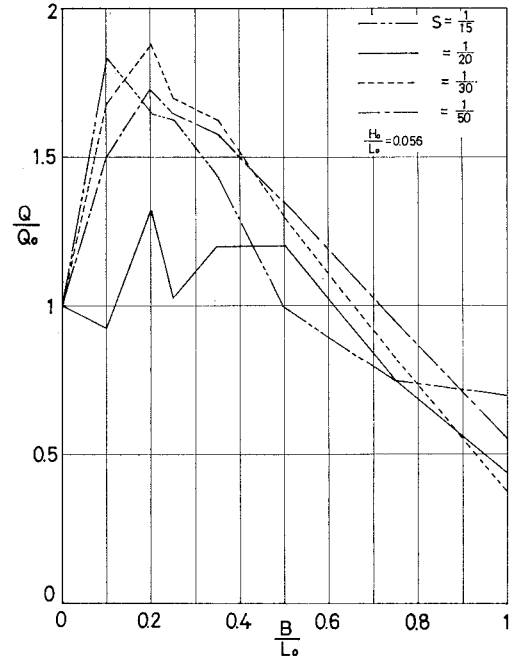


図-5 養浜勾配ごとの越波量と養浜幅との関係

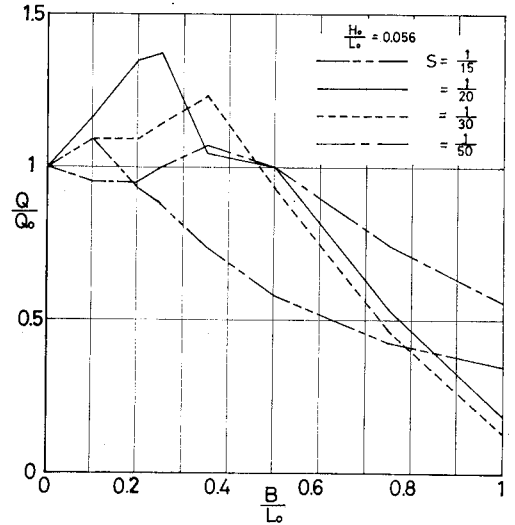
浜勾配がゆるやかなほど、越波量が少ないとは限らない。

図-6 (a) および (b) は、それぞれ固定床と移動床の場合についての Q/Q_0 と B/L_0 との関係を養浜勾配をパラメーターとして示した。 H_0/L_0 はいずれも 0.056 である。

固定床の場合については、 Q/Q_0 が極大値を示す B/L_0 は、養浜勾配が $1/15$ のときは約 0.1 であるが、他の勾配では 0.2 程度であり、ほとんど変化しない。しかし、移動床の場合には、 Q/Q_0 が極大値となる B/L_0 は、 H_0/L_0 が一定であっても、養浜勾配によって異なる。すなわち、養浜勾配が $1/15$ では B/L_0 が約 0.1、 $1/20$ では約 0.25、 $1/30$ と $1/50$ では約 0.35 のとき、越波量はそ



(a) 固定床



(b) 移動床

図-6 越波量に及ぼす養浜勾配の影響

れぞれ極大値を示し、勾配がゆるいほど、極大越波量を示す B/L_0 は大きくなることがわかる。

図-7 は、固定床と移動床ごとに $2\pi Q/H_0 L_0$ と養浜勾配 S との関係を B/L_0 をパラメーターとして示したものであり、 H_0/L_0 はいずれも 0.056 である。これらによると、固定床、移動床のいずれについても、 B/L_0 が 0.75 までは、養浜勾配によって越波量は複雑に変化し、

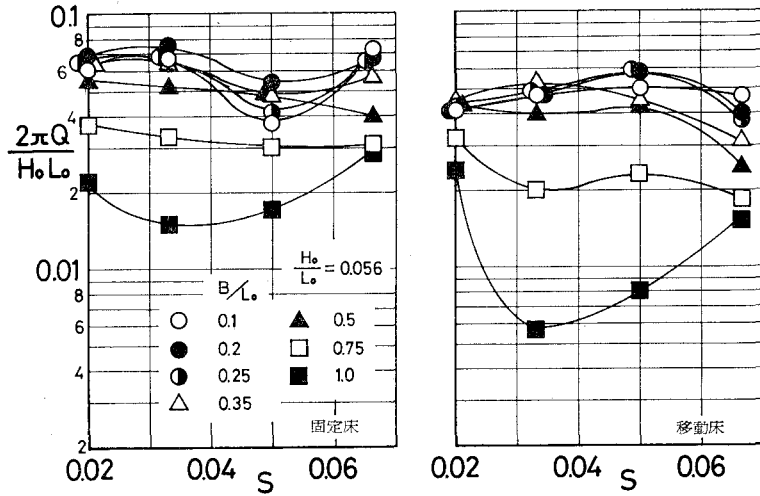


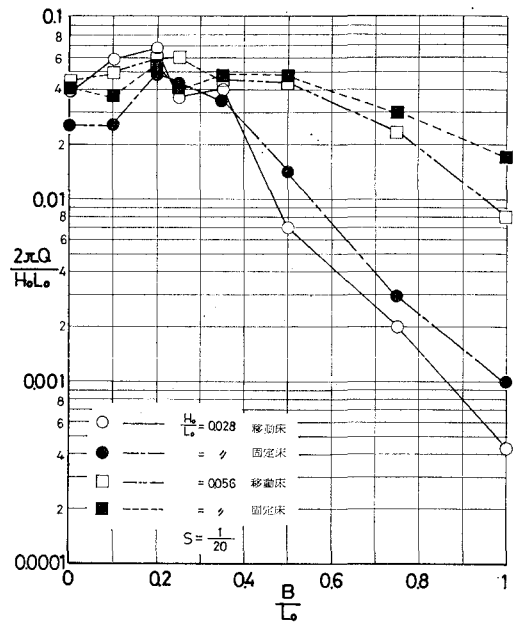
図-7 越波量と養浜勾配との関係

越波量に及ぼす養浜勾配の影響は明確ではない。しかし、 B/L_0 が1で養浜幅が大きくなると、養浜勾配の影響は明確に現われ、1/30 勾配の越波量は 1/15 勾配の約 1/2 に減少している。しかし、1/50 勾配になると、越波量はむしろ増加し、特に移動床の場合には、1/15 勾配よりも逆に増加している。この原因については明らかでないが、 H_0/L_0 が一定であれば、勾配がゆるいほど碎波水深が大きく、したがって、1/50 勾配が 1/15 勾配の場合よりも、護岸と碎波点の距離が長くなる。そのため、1/50 勾配の場合には、いったん碎波した入射波が波高の小さな波に再生され、この波が護岸前面で碎波する多段碎波の影響も考えられるが、その詳細は明らかでない。

(3) 固定床と移動床の実験結果の比較

図-8 は、養浜勾配が 1/20 の場合の $2\pi Q/H_0 L_0$ と B/L_0 との関係を H_0/L_0 をパラメーターとして示し、特に、固定床と移動床の越波量の違いを現わしたものである。これによると、 B/L_0 が 0.5 以上のときには、いずれの H_0/L_0 であっても、固定床の場合の越波量が多く、この傾向は B/L_0 が大きいほど著しく、越波量に及ぼす海浜の浸透効果がよく現われている。しかし、 B/L_0 が 0.35 では、固定床と移動床の越波量にはほとんど差がみられなくなる。さらに、 B/L_0 が 0.1~0.25 になると、逆に移動床の方が多く、特に H_0/L_0 が小さいほど、この傾向は著しい。この原因についても明らかでないが、固定床の場合には、護岸からのもどり流れが海浜に浸透しないため、かなりの流速をもっており、この流れが護岸前面で入射波と衝突するために、越波量が少なくなるものと考えられる。

図-9 は、 H_0/L_0 を 0.056 と一定にして、養浜勾配を

図-8 固定床と移動床の越波量の比較 ($S=1/20$)

1/15 と 1/30 としたときの固定床と移動床の越波量を比較したものである。この場合には、いずれの養浜勾配や養浜幅であっても、固定床の方が越波量が多い。また、図-8 の場合と同様に、越波量に及ぼす海浜の浸透効果は B/L_0 が大きいほど著しいようであるが、養浜勾配の影響はあまり明確でない。このように、多くの場合は、移動床が固定床のときよりも越波量は少ないが、図-8 に示したように、 B/L_0 が小さく、 H_0/L_0 も小さい場合には、この大小関係が逆転することもある。このこと

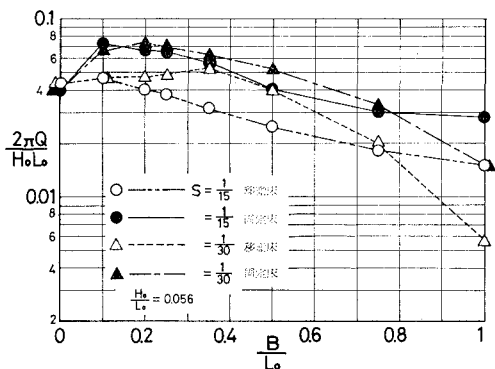


図-9 固定床と移動床の越波量の比較

は、従来、越波に関する模型実験がほとんど固定床で行われてきたことを考慮すると、それらの結果を現地の問題に適用する際には、必ずしもすべての場合について、安全側であるとは限らないことを示唆している。

4. 結 語

養浜による越波防止対策は、著者らの二色の浜海岸の模型実験の例⁹⁾からもわかるように、非常に効果的であるが、碎波現象を伴うため、種々の条件のわずかな違いによって、その越波特性はきわめて敏感に変化することが多い。このため、本論文では、こうした養浜によって、越波を防止軽減しようとする際の注意すべき点を実験的に検討してきたが、それらの結果を要約すると、つぎのようである。

1) 入射波の波形勾配に関係なく、養浜幅の増大とともに、越波量はいったん増加し、養浜をしないときの越波量よりも多い極大越波量を示したのちに減少する。

2) 極大越波量を示す養浜幅は、波形勾配にほとんど

関係なく、深海波長の約 0.2 倍である。なお、移動床の場合には、養浜勾配がゆるやかになるにしたがって、この値は大きくなるが、固定床の場合には、養浜勾配が異なっても変化しない。

3) 越波量に及ぼす養浜勾配の影響は、養浜幅が 1 波長程度にならないと、明確には現われない。

4) 従来、固定床で行われてきた越波実験の結果は、移動床のときよりも、ほとんどの場合、越波量は多く、安全側の結果が期待されるが、養浜幅がせまく、入射波の波形勾配が小さい場合には、必ずしも安全側であるとは限らない。

しかしながら、ここで得られた結果は、水深波長比が 0 の場合に限定されており、今後はこの影響を検討するとともに、養浜の越波防止機能に関する水理学的考察をも進めていきたい。

最後に、本研究は文部省自然災害特別研究(代表者: 岩垣雄一京大教授)によるものであることを明記するとともに、研究に大いに助力した島田広昭助手、前関大学生片岡茂雄、松田一雄、水上貞治らの諸君に謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 井上雅夫・菊岡 敏: 越波量におよぼす堤防前面地形の影響, 第19回海岸工学講演会論文集, pp. 283~288, 1972.
- 2) 榎木 亨・岩田好一朗: 堤防越波量に及ぼす離岸堤背後地形の効果に関する実験的研究, 第18回海岸工学講演会論文集, pp. 269~273, 1971.
- 3) 榎木 亨・後野正雄・朴 相吉: 面的越波防止工法における養浜の法面勾配と長さの効果について, 土木学会関西支部年講概要, pp. II-98-1~2, 1985.
- 4) 榎木 亨: 人工リーフ工法, 海岸災害研究ニュース, 第28号, pp. 25~33, 1984.
- 5) 井上雅夫・岩垣雄一・土屋義人: 海岸堤防の越波防止効果に関する二、三の問題, 京大防災研年報, 第14号B, pp. 361~372, 1971.