

大阪大学工学部 正員 ○青木伸一
大阪大学工学部 正員 榎本 亨

1 まえがき 潜堤は i) 水平線が確保される, ii) 海水交換が容易である, iii) 堤体に及ぼす波力が小さい, さらに iv) 魚礁との併用が考えられるなどの利点をもっていることから近年的の海岸防災対策工法の一環として注目されている。しかし潜堤は、天端上水深が波高に比べて小さく潜堤上で十分碎波するような場合を除いては消波効果が小さいため、堤高を高くする必要があり、現実には上述のような潜堤の利点が十分生かされていない。本研究では比較的堤高の低い潜堤を対象とし、潜堤上で波が碎けはじめるまでの範囲においてその透過率・反射率を実験的に調べ、理論値との比較を行なった。そして、このような潜堤を複列にしたときの潜堤設置間距離の変化に伴う透過率・反射率の変化について実験的、理論的に検討を行ない、今後の利用の基礎資料を得ることに努めた。

2 実験方法 二次元造波水槽(長さ24m, 高さ1m, 幅0.7m, 一端消波装置付)のほぼ中央部に矩形断面をもつ木製の潜堤を設置し、透過率および透過波と入射波の位相差は、透過波および入射波の波形記録から求めた。また反射率および反射波と入射波の位相差については、水槽内での反復反射が定常に達した後、潜堤前面の重複波形を測定することにより算出した。単一および複列潜堤についての実験諸元を表-1に示す。

3 計算手法 単一潜堤については井島²⁾の微小振幅波理論に基づくポテンシャル接続法および有限振幅波の運動量連続から導かれた金山²⁾の理論式によって求めた2つの計算値について、実験値との比較を行なった。また複列潜堤については、井島の方法による複素表示された透過率 K_T および反射率 K_R を用いて、潜堤間の反復反射を考慮して算出した次式により複列潜堤としての透過率 $|K_T'|$ および $|K_R'|$ を決定した。

$$K_T' = \frac{K_T^2 e^{-2ikl'}}{1 - K_R^2 e^{-2ikl'}} \quad \dots\dots (1) \quad K_R' = K_R + K_T^2 \frac{K_R e^{-2ikl'}}{1 - K_R^2 e^{-2ikl'}} \quad \dots\dots (2)$$

4 結果および考察 (A) 潜堤上での碎波限界について: 透過率・反射率の結果を示す前に、潜堤上で碎波することによって現象が変化すると考えられるので、その碎波限界について明らかにする。図-1は横軸に潜堤幅と波長の比 B/L を、縦軸には入射波高と天端上水深の比 $H/(h-d)$ をとり、全実験ケースを碎波(●), 非碎波(○)に分けて示したものである。これより潜堤上での碎波限界は波高・天端上水深比によってほぼ決定づけられ、 B/L が大きいほどその限界値は若干小さくなるようである。この他波形勾配等についても整理したが顕著な傾向は見られなかった。

(B) 単一潜堤の透過率・反射率および位相差について: 図-2は透過率・反射率の実験および計算結果の一例を、横軸に天端上水深と水深の比 $(h-d)/h$ をとって示したものである。図中シンボルは $H/(h-d)$ で分類して表わしてあり、また◇, ☆などは潜堤上で碎波したケースを示している。これより透過率については、碎波、非碎波にかかわらず実験値と計算値はよく一致して

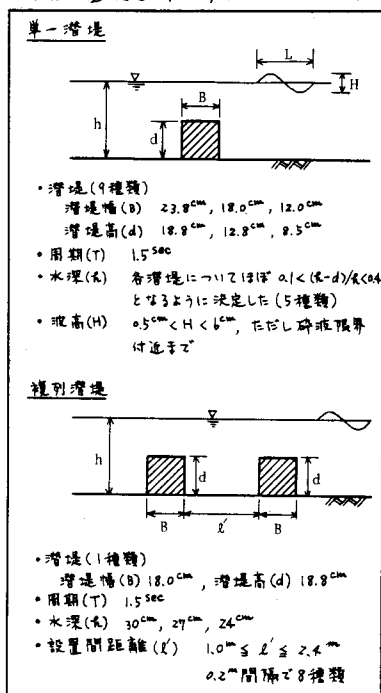


表-1 実験諸元

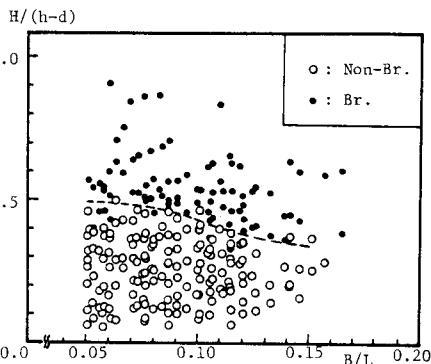


図-1 潜堤上での碎波限界

いるが、 $(h-d)/h$ の小さい所では金山の理論の方が実験値をよく説明していることがわかる。また $H/(h-d)$ が大きいほど透過率は大きくなる傾向を示している。特に砕散した場合の方が非砕散の場合に比べて透過率が大きくなっており、これはエネルギー逸散の点から考えれば不合理であるが、今回の実験のように砕散といえども大規模なエネルギー逸散を伴わない場合には、潜堤工での浅水変形によって生じる波長の尖りによりみかけの波高が増大するためではないかと考えられる。反射率については井島の方法では説明できていることがわかるが、透過率とは反対に $H/(h-d)$ の増大に伴って反射率が小さくなっている。これは合田ら³⁾が指摘しているように、反射率を Healy の方法で算定すること自体に問題があるのではないと思われる。図-3は透過波および反射波の入射波に対する位相差 ϵ_T, ϵ_R を井島の方法による計算値と比較して示したものであるが、位相差についても砕散限界付近までは微小振幅波理論で説明できることがわかる。

(C) 複列潜堤の透過率・反射率について：図-4(a), (b)は水深 $h=27^{\text{cm}}$ で $B=18^{\text{cm}}, d=18^{\text{cm}}$ の潜堤を複列に設置してその設置間距離 l を変えたときの透過率・反射率の変化を、横軸に l を波長 λ で無次元化した値をとって示したものである。図中の曲線は(1),(2)式を用いて求めた計算値であり、またシンボルは図-2, 図-3と同一である。ただしこの条件での単一潜堤としての透過率・反射率は、井島の方法によれば 0.87 および 0.48 であった。(図中に点線で表示) この図より、潜堤を複列に設置すると、その設置間距離によっては透過率はほぼ $0.5 \sim 0.9$ の範囲で変化し、反射率は $0.1 \sim 0.7$ まで変化していることがわかる。しかもこの変動は理論的にもほぼ説明できている。これは明らかに潜堤間での反復反射による位相干渉効果によるものであるが、この効果が砕散、非砕散にかかわらずあらわれている点は非常に興味深い。この原因としては次のようなことが考えられる。すなわち潜堤上で砕散した時の透過波あるいはいったん透過した波の反射波は倍周期波成分を含んでいるが、今回行なった実験のように砕散限界付近の波では依然として基本周期波成分が卓越しており、その基本成分波間の位相関係が崩れていないためであらうと予想される。これは図-3からも推察される。

5 あとがき 単一潜堤、複列潜堤とも砕散限界付近までの波については、 $(h-d)/h$ の小さい所を除けばほぼ線型理論で説明でき、位相干渉効果も期待できることが明らかになった。今後は潜堤上で十分砕散するような場合についても透過波および反射波の成分波を抽出することによって位相関係を明らかにし、複列あるいは多列潜堤の波浪制御機能を解明していくつもりである。最後に本研究を行なうに当り御基わいたいただいた本学大学院生高田昌行君に感謝したい。

<参考文献> 1) 井島・佐々木：潜堤の效果に関する理論的研究，1971年海講 2) 金山ら：鉛直壁背後への波の透過に関する研究，1974年海講 3) 合田・阿部：有限振幅波の部分反射に伴う見掛けの反射率について，1968年港湾技術研究所報告

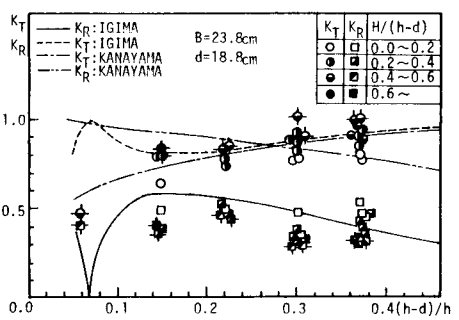


図-2 単一潜堤の透過率・反射率

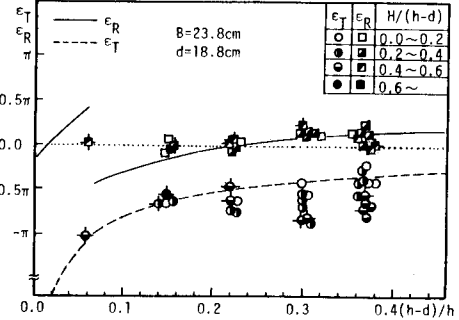


図-3 単一潜堤の位相差

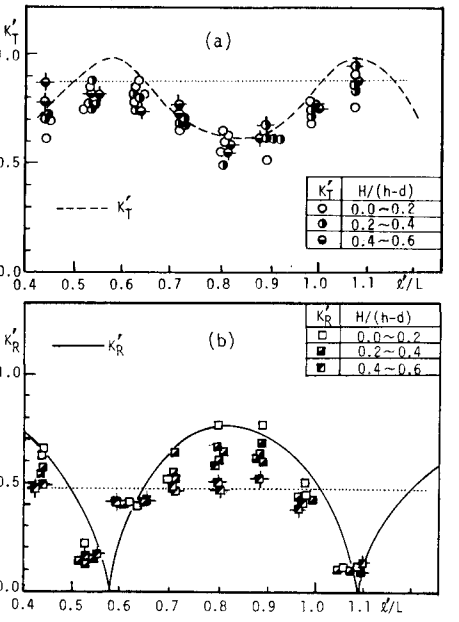


図-4 複列潜堤の透過率・反射率