

II - 5

透過型離岸堤の伝達率算定法の比較について

(株) アルファ水工コンサルタンツ 正員 佐々木 哲 士
 (株) アルファ水工コンサルタンツ 正員 川 森 晃
 (株) アルファ水工コンサルタンツ 正員 見 上 敏 文

1. はじめに

離岸堤の波高伝達率に関しては、これまで多くの理論的または実験的な研究が行なわれ、種々の算定式や算定図表が提案されている。これら算定法には、不透過の直立堤に関するものや不透過堤表面を異形コンクリートブロックで被覆した混成堤に関するもの、石材や異形コンクリートブロックのみで作られた透過堤に関するものなどが含まれており、それぞれの算定結果には当然違いがみられる。透過性を有する離岸堤の波高伝達率算定法は、主に実験的な検討から得られたものであり、堤体模型を石材で作っているか異形コンクリートブロックで作っているかで、波高伝達率に大きな差が見受けられる。しかし、この実験条件の違いを無視し、ある実験結果から得られた波高伝達率算定図表を、全ての透過型離岸堤の設計に用いている例も多く見られる。このため、各算定法の実験条件と算定結果を比較しておくのも意義のあることと考えられる。

また、最近海面の利用や景観などを考慮し、水面上に離岸堤の天端が出ない形式が望まれている。この場合、消波効果をあげるためには天端幅を広くする必要があるが、天端高に比較して天端幅はかなり広くしなければ効果が上がらないことが田中⁹⁾の結果でも確認されている。このため、実際の設計においては天端を水面付近または水面上まで上げざるを得ない事が多いが、このような設計に際し、異形ブロックによる透過型離岸堤の波高伝達率算定法で、天端を水面下から水面上まで変化させた場合の伝達率を連続して与えているものは非常に少いように見受けられる。これは、天端を越波せずに堤内を透過する場合と天端を越波する場合、および天端が水面下にある場合のそれぞれで、伝達波の特性が異なるため、それぞれの場合に分けて定式化しようと試みられていることに起因する。しかしこのため、それぞれの場合の境界で伝達率が不連続に算出されたり、場合分けが統一されていないことにより境界付近で設計者の違いによる算出結果の差が生じるという不都合も見られる。さらに、「潜堤」と「離岸堤」に分けられた設計指針において、その境界付近の構造物をどちらに属すると判断して設計を行うかによって結果に違いが生じる場合もある。そこで本文では、これらの場合を連続的に把握しなければならない実際の設計において注意すべき点、および今後検討すべき課題についても考察を加えた。

2. 波高伝達率算定法の比較

透過型離岸堤の波高伝達率を、天端が水面下から水面上まで連続した形式で示した事例としては加藤・上北³⁾のものや田中⁹⁾のもの等がある。加藤・上北は、異形コンクリートブロックの模型を乱積し、台形形状、堤頂垂直部付断面形状、階段付形状の3種の断面を作成し、水位と入射波諸元を変化させて消波効果を求めた。このうち、最も一般的と考えられる台形断面における結果を図-1に示す。同図中には2点鎖線で直立単塊堤

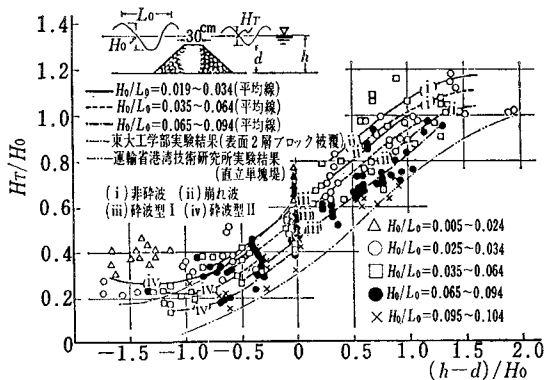


図-1 加藤・上北によるブロック積消波効果算定図

Comparison of Calculated Method of Transmit Rate for Permeable Offshore Breakwater
 by Tetsushi SASAKI, Akira KAWAMORI, Toshifumi MIKAMI

の場合の消波効果曲線も示されているが、ブロック積の透過堤における実験結果は全てこの曲線よりも上側にあり、直立単塊堤よりも波高伝達率が大きいことが明らかである。例えば水位が堤頂にある場合、直立単塊堤では波高伝達率が0.3程度であるのに対し、透過堤の場合は0.4~0.8となっている。この伝達率は、白石ら¹⁾が新潟海岸で石詰パイル透堤における波高伝達率を現地観測した結果、得られた伝達率0.3~0.7とほぼ一致している。直立単塊堤の実験結果は波形勾配0.02~0.05の場合のもので、同様の入射波に対する透過堤の波高伝達率は約20%増大している。

加藤・上北らの実験は、天端幅が30cmの模型のみを使用して行われたもので、天端幅の変化による波高伝達率への影響は、読み取ることができない。この天端幅の影響も考慮してやはり透過堤天端が水面下から水面上まで連続した形式で伝達率を示した事例としては、田中⁹⁾の研究結果がある(図-2参照)。これは、波長 L_0 に対する天端幅 B の比をパラメータとした曲線群で表示している。同結果から天端幅が波高伝達率に及ぼす影響を求めることができるが、天端高を波高との比較で変化させた方が天端幅を波長との比較で変化させるよりもかなり効果的であることがわかる。つまり天端高を少量高上げると同等の消波効果を、天端幅拡張のみで得ようとした場合、かなり堤体幅を広げなければならないことになる。

ところで図-2に示した田中の算定図を用いると水位が堤頂にある場合、つまり $R/H_0=0$ の場合の伝達率は0.1~0.55で曲線群の中間値は0.3前後である。これは図-1に示した加藤・上北らの図表において直立単塊堤の波高伝達率に一致するものであり、加藤・上北らの実験結果よりもかなり伝達率が低くなっている。加藤・上北らの実験は B/L_0 が0.08~0.33の範囲で行われ、田中の実験は H_0/L_0 が0.005~0.017の範囲で行われたものなので、両結果が一致するとしたら図-2の $B/L_0=0.075$ と0.4の曲線の間に、図-1の三角形でプロットした $H_0/L_0=0.005\sim0.024$ の点が位置するはずである。この他、高山ら¹¹⁾

は不規則波の実験を行い、入射波高としては有義波高を用いて図-3のように相対天端高 hRT/HS と透過式離岸堤の波高伝達率 K_T の関係を得ている。この直線を図-1の加藤・上北の算定図に入れ、また図-2の田中の算定図において、加藤・上北の実験の B/L_0 のほぼ中間値にあたる $B/L_0=0.2$ の曲線を抽出し、やはり図-1の算定図に重ね合わせることで、三者の比較を行うと図-4のようになる。同図によると、加藤・上北らの結果と高山らの結果が非常によく一致し、田中による結果のみ伝達率が低く、直立単塊堤と同様の結果となっている。これは実験に用いた透過堤模型の構造の違いによるものと考えられる。つまり、加藤・

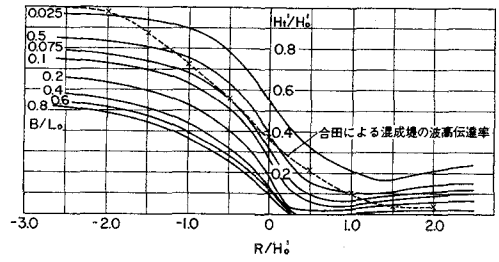


図-2 田中による透過堤の消波効果算定図

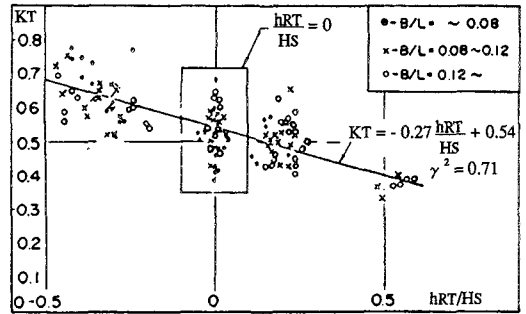


図-3 高山らによる不規則波に対する透過堤の波高伝達率

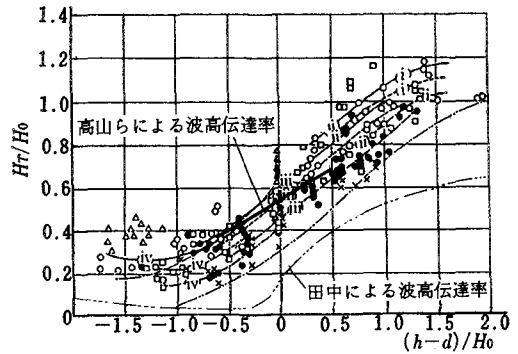


図-4 加藤・上北ら、田中、高山らの波高伝達率比較図

上北ら、および高山らは異形コンクリートブロックの模型を積み上げた堤体で実験を行ったが、田中は碎石を積み上げてその上部を金網で覆った堤体を用いて実験を行っており、この結果、堤内透過波に差が生じたものと考えられる。また、加藤・上北らは図-1の算定図表を得る際の予備実験として、5種の異形ブロックをそれぞれの特徴に合う積み方で積み、消波効果の比較を行っている。その結果、5種類とも消波効果に実用上大差がないことが確認されているが、同時に角張ったブロックと比較的円滑な曲線で構成されたブロックとでは、波の衝撃程度に差があることも観察されている。この差については詳細な検討が行われていないので一概には述べることができないが、碎石と異形ブロックの形状の違いや空隙率の違いも、上記実験結果の違いに何らかの影響を及ぼしていることも予想される。

いずれにせよ田中による算定図表と加藤・上北らの算定図表では波高伝達率に大きな差があり、実際の設計にあたっては両者を使い分ける必要がある。図-2に示した田中の算定図表は、対象波浪が定まれば所要の波高伝達率を得るための堤体天端高と天端幅が同時に決定され、設計に際して非常に便利な図表である。このため、同図表を用いて異形ブロック積透過堤も含めた全ての透過堤の設計を行っている事例が少なくない。しかし上述のように、田中の算定図表と加藤・上北の算定図表とでは波高伝達率に大きな差があり、異形ブロック堤に限ってみると、加藤・上北の図表の方が高山らの不規則波による実験結果と一致し、さらに富永・坂本⁴⁾が現地海岸のブロック積み離岸堤で伝達率を観測した結果と実験結果が一致することが服部⁶⁾によっても示されていることから、異形ブロック積みの離岸堤計画については、加藤・上北らの図表を用いて消波効果の検討を行うべきと考える。また、田中の図表は捨石などを積み上げた透過堤に用いるべきで同図は一応天端が水面付近や水面上にある場合も網羅されたものであるが、実際にはこの付近では波力の影響が大きく、これに対して安定を得るような捨石は入手困難なため、通常は異形ブロックが用いられる。そこで田中の図表は、堤上水深が充分にあり波力の影響が少い場合の捨石で構成された潜堤に用いるべきと考える。

3. 海岸保全施設としての離岸堤計画手法について

近年、離岸堤（ここでは潜堤や人工リーフも含む）は、漁場や海水浴場の静穏域確保など、様々な目的のために用いられているが、やはり越波対策や海浜の安定化などを目的とした海岸保全施設として用いられるのが主流である。海岸保全施設としての離岸堤計画手法は、昭和62年に改訂された海岸保全施設築造基準解説に示されているが、同築造基準はいまひとつ具体性に欠け、実際の設計にあたっては担当者が苦慮する所が大きいという声が多く聞かれる。そこで本文では前節の結果を受け、海浜の安定化を目的とした透過型離岸堤の設計の流れについて考察を加え、図-5のごとく提案する。

4. 結論

本文では、透過性を有する離岸堤の波高伝達率算定法を、主に加藤・上北らの結果と田中の結果について比較した。その結果、以下の結論が得られた。

- 1) 田中の図表では、加藤・上北の図表よりも波高伝達率がかなり低く算定され、直立単塊堤における波高伝達率に近い値となっている。
- 2) 両者の違いは、実験に用いた堤体模型の構造の違いに起因するものと考えられる。
- 3) 異形コンクリートブロックによる離岸堤（または潜堤）の波高伝達率を求める際には、加藤・上北らの図表を用いた方が不規則波を用いた実験結果および現地ブロック堤の波高伝達率観測結果と一致する。
- 4) 田中の図表は、堤上水深が充分にあり、捨石で構成できる潜堤の波高伝達率を求める際に用いるべきである。

沼田⁷⁾は、種々の異形ブロックを用いた実験結果から、堤上で越波が生じる場合と、越波が生じず堤内を

透過する場合について、ブロックの高さも考慮した波高伝達率算定式を提案している。今後は、この式を天端が水面下にある場合まで拡張し、さらに天端高と天端幅の連続的な変化に対応しうる波高伝達率の定式化が望まれる。

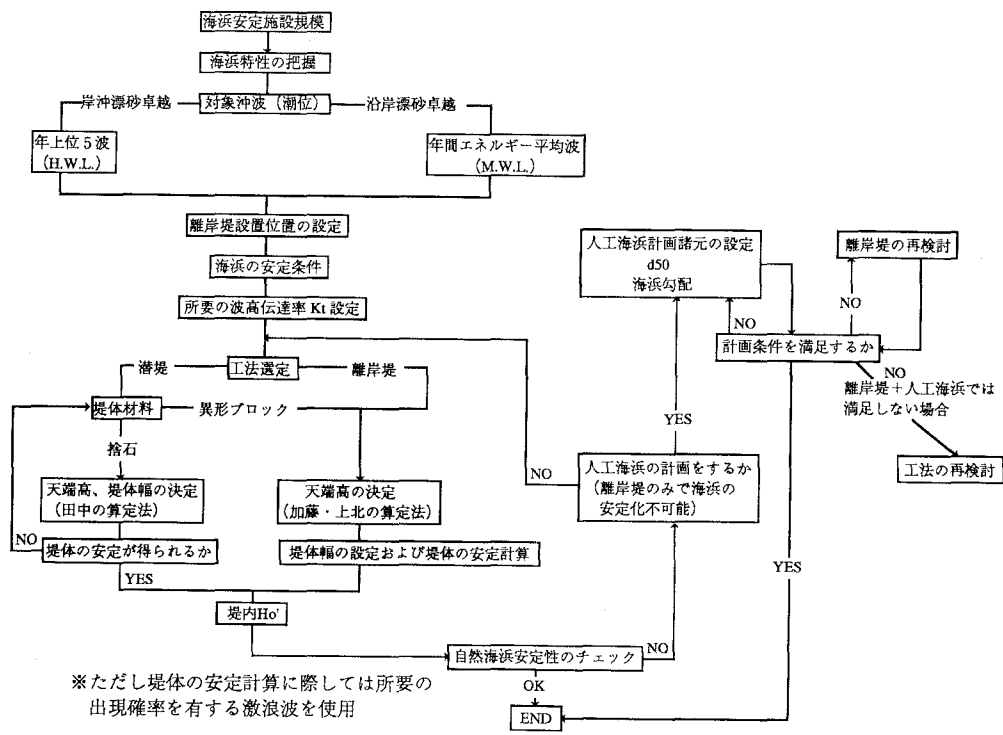


図-5 海浜の安定化を目的とした離岸堤の計画フロー

参考文献

- 1) 白石直文・沼田淳・長谷直樹：潜堤の効果について—新潟海岸の現場の観測による—，第5回海講，1958
- 2) 岩崎敏夫・沼田淳：透過性防波堤の波高伝達率に関する実験的研究，第16回海講，1969
- 3) 加藤重一・上北征夫：ブロック積消波堤の消波効果について，土木学会論文報告集第165号，1969
- 4) 富永正照・坂本忠彦：離岸堤による波浪減殺効果の現地観測，第18回海講，1971
- 5) 片山猛雄・入江功・川上俊雄：新潟海岸の離岸堤の効果，第20回海講，1973
- 6) 服部昌太郎・堺和彦：ブロック積み防波堤の波高伝達率に関する実験的研究，第20回海講，1973
- 7) 沼田淳：ブロック堤の消波効果に関する実験的研究，第22回海講，1975
- 8) 三浦晃・遠藤茂勝：ブロック積傾斜防波堤の波高伝達率に関する実験的研究，第23回海講，1976
- 9) 田中則男：天端幅の広い潜堤の波浪減殺および砂浜安定効果について，第23回海講，1976
- 10) 三浦晃・遠藤茂勝：潜堤の波高伝達特性について，第25回海講，1978
- 11) 高山知司・永井紀彦・西田一彦：各種消波工による越波流量の減少効果，港研報告第21巻第2号，1982
- 12) 竹田英章・及川研・宮地陽輔・坂本洋一・上西隆広：傾斜堤の波高伝達率算定法に関する実験的研究，第30回海講，1983
- 13) 橋本宏：離岸堤に関する調査・研究の現況，海岸No.23，1983
- 14) 清治真人・宇多高明・田中茂信：離岸堤の効果及び安定性に関する研究，海岸No.26，1986