

II-10

複数列多柱杭構造物の消波効果について

苫小牧工業高等専門学校 正員 浦島三朗
室蘭工業大学 正員 近藤俣郎

1. まえがき

透水型の消波構造物は、反射波を抑えるとともに、越波および透過による港内透過波を許容最小限に抑え、港内外の海水交換をさせるという点から、海域の水質保全が重要な課題となっている近年、実際の港湾においても採用され始めている。円柱などの多柱杭を並べた構造も、この種の透過性構造物の1つの形式である。多柱列を波の進行方向に複数列並べた複数列多柱杭構造物は、複数列の透過性鋼管防波堤や栈橋にその例が見られ、また消波と漁礁を兼ねた構造物の基本的な形として考えられている。したがって複数列多柱杭構造物の透過率や反射率および波力などを調べることは、この種の構造物を設計する際の基礎資料として重要であると考えられる。

この種の研究は、楳木・岩田¹⁾や萩原²⁾、角野³⁾らによって実験的にまた理論的に研究がされている。しかし、萩原²⁾、角野³⁾の研究はスリット壁などの透水壁を多柱列に置きかえる考え方であり、したがって多柱列と多柱列の間を遊水部として考え比較的大きな距離をとっている。また多柱列も2重、3重の列数で実験を行っている。楳木・岩田¹⁾の研究も基本的には前者と同じであるが、多柱列を波の進行方向に対して5列までの実験を行っており、さらに開口比も大きな開口比までの実験を行っているが、複数列多柱杭構造物の特性を十分に明らかにされているとはいえない。また理論的な考察においても3列の構造物までは比較的良好に実験値と適合するが、それ以上の列数の構造物では適合性が良くないと報告している。

そこで、本研究では、柱を円柱として、列数を比較的多くし、多柱列間の間隔を比較的小さくした密集した円柱群の複数列多柱杭構造物について実験を行い、その反射率・伝達率の特性について調べたものである。

2. 実験装置および実験方法

実験は図-1に示すような長さ23 m、幅0.6 m、高さ1.0 mのピストン型の吸収式不規則波造

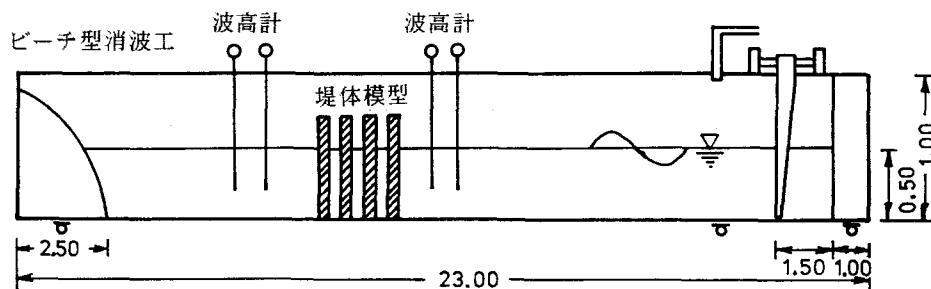


図-1 実験水路概要図 (単位; m)

Reflection Coefficient and Transmission Coefficient by Vertical circular Cylinders
by Saburo URASHIMA and Hideo KONDO

表-1 模型の諸元

	ε	B(cm)	n
TYPE-1	0.67	21.2	4
TYPE-2	0.67	49.5	8
TYPE-3	0.50	23.6	6
TYPE-4	0.40	23.6	8

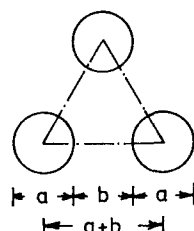
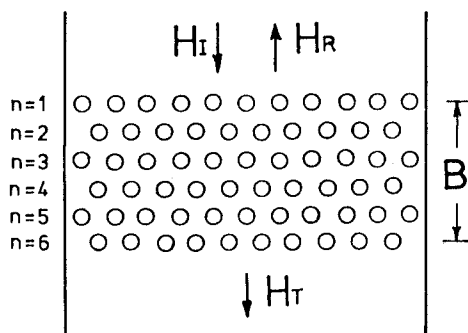


図-2 円柱配置図

波装置が設置されている片面ガラス張りの水平底の二次元造波水路を用いて行った。造波装置の制御は造波板による再反射を抑えた吸収式制御として行った。水路末端にはビーチ型消波工、また造波板背後にはヘチマロンの消波工を設けている。各実験における水路末端のビーチ型消波工の影響は実験結果より約10%以内であると思われる。

水深は $h = 50 \text{ cm}$ と一定にして行い、波高計には容量式波高計を用いている。入・反射波および透過波の波高は構造物前後にそれぞれ2本の波高計を取り付け、合田らによる分離推定法⁴⁾により決定した。構造物前後の波高計は、構造物より波長の $1/2$ 以上の距離をとり、また波高計間隔は波長の $1/4$ 程度とした。

各円柱の配置概要図を図-2に示す。円柱は直径 $a = 27.2 \text{ mm}$ の鋼管を使用し、堤体幅 B の中に均等に配置するように、1辺の長さが $a + b$ の正三角形になる千鳥配列の構造物とした。堤体模型は表-1に示すように堤体幅 B と開口比 $\varepsilon = b / (a + b)$ を変化させた4種類を用いた。ここで、 b は円柱間の空隙の距離である。また実験波は全て規則波とし、その種類は周期 $T = 0.5, 0.55, 0.6, 0.65, 0.8, 1.0, 2.0 \text{ sec}$ の4種類、入射波高 H_I は約 $1 \text{ cm} \sim 14 \text{ cm}$ 程度の範囲で行った。

3. 実験結果および考察

図-3は、開口比 $\varepsilon = 0.67$ と一定にして、堤体幅を $B = 21.2 \text{ cm}$ と 49.5 cm の2種類の構造物について反射率 K_R および透過率 K_T を波形勾配 H_I/L で整理したものである。各実験とも周期 $T = 1.0 \text{ sec}$ と一定にして行っている。各模型とも H_I/L の増加とともに K_R, K_T はともに減少する傾向が見られる。この傾向はスリット壁などの透水壁を使用した透水壁型構造物や異形ブロックなど使用した透水堤体型構造物と同様の特性を示し、これは H_I が大きくなると水粒子速度が増大し、それにともない構造物内および表面でのエネルギー損失が大きくなるためと考えられる。 K_T の変化は K_R ほど顕著には表れていない。

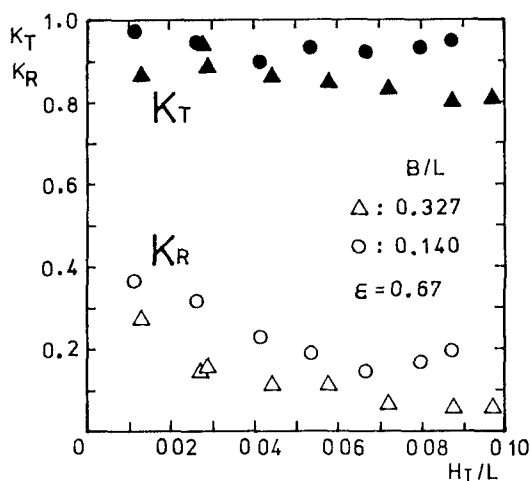


図-3 H_1/L が K_T , K_R におよぼす効果

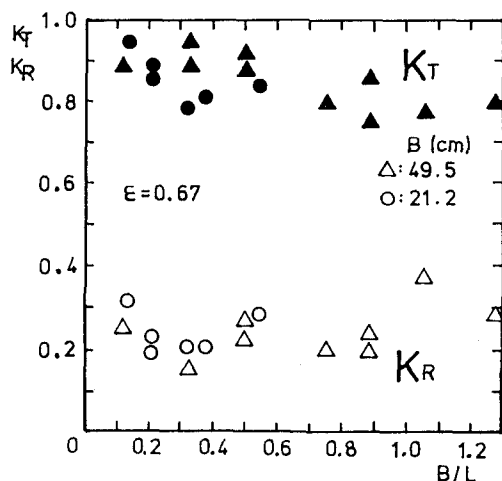


図-4 B/L が K_T , K_R におよぼす効果

図-4は、前図と同じく開口比 $\varepsilon = 0.67$ と一定にして、堤体幅を $B = 21.2 \text{ cm}$ と 49.5 cm の2種類の構造物について反射率 K_R および透過率 K_T を堤体幅 B と波長 L の比 B/L で整理したものである。 K_R は $B/L = 0.25$ および 0.75 付近で最小値をとり、また $B/L = 0.5$ および 1.0 付近で最大値をとる傾向がみられる。 K_T は B/L の増大とともに減少する傾向を示している。これらの結果は榎木・岩田¹⁾、萩原²⁾の実験結果と同様の結果を示しており、波の進行方向に円柱列を多数配置しても同様のことがいえることが示された。しかし、このような開口比の大きな円柱群においては堤体幅を大きくして円柱列を多数配置しても消波効果はほとんど変化しなく、堤体幅のみによって K_R , K_T が影響を受けるようである。また K_R の B/L による変動幅も小さく、 K_T の B/L による減少する割合も小さい。

図-5は堤体幅 $B = 25.5 \text{ cm}$ と一定にし、開口比を $\varepsilon = 0.50$ と 0.40 の2種類の構造物について反射率 K_R および透過率 K_T を波形勾配 H_1/L で整理したものである。各実験とも周期 $T = 1.0 \text{ sec}$ と一定に行っている。図-3と同様に H_1/L が大きくなると同じ様な理由で K_R , K_T ともに減少する傾向が見られるが、その減少する割合は比較的小さい。開口比 ε が大きくなると K_R は小さく、 K_T は大きくなり、特に K_R の減少は K_T の増加に比べて大きく消波効果が大きくなっていることがわかる。

図-6は前図と同じ堤体幅 $B = 25.5 \text{ cm}$ と一定にし、開口比を $\varepsilon = 0.50$ と 0.40 の2種類の構造物について反射率 K_R および透過率 K_T を図-4と同様に堤体幅 B と波長 L の比 B/L で整理したものである。 K_R は開口比の大きな円柱群の図-4と同様に B/L に対して極小と極大値をとる。 K_R が極小となる B/L の値は図-4と比べると少しずれ $B/L = 0.4$ 付近となっている。これは波の進行方向に円柱列を複数列並べた構造物としてよりも透水層堤の構造物としての反射特性³⁾に近くなっている。逆に K_T は、 K_R が極大値をとる B/L で極小値をとり、 K_R が極小値をとる B/L で極大となる傾向を示し、透水層堤のように B/L の増加とともに K_T が減少する特性とは異なる結果を示している。円柱列を多重に並べ、遊水部が比較的大きな構造物も K_T が極大、極小をとる²⁾が、その傾向

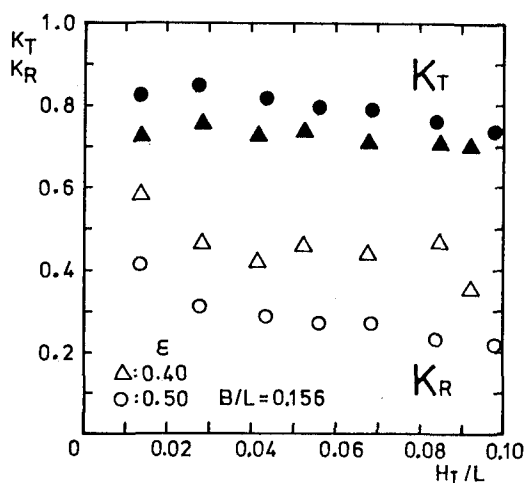


図-5 H_I/L が K_T , K_R におよぼす効果

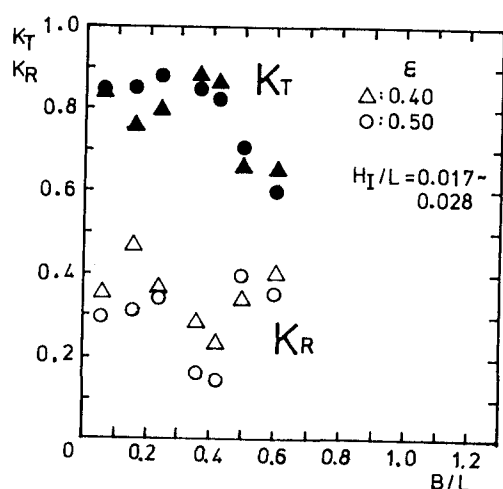


図-6 B/L が K_T , K_R におよぼす効果

は本結果とは多少異なる。各 B/L に対する各実験値はばらつきがあるため、図-5のようににははっきりしないが、開口比 ε が大きくなると K_R は小さく、 K_T は大きくなる傾向を示している。

4. あとがき

複数列多柱杭構造物は、開口比が大きいときには透水壁の考え方ができ、開口比が小さく円柱が密に群集している場合は、透水壁と透水層堤の両者の特性を示しているが多少異なる。反射率は波高が大きくなると小さくなり、また透過率も波高が大きくなると小さくなる傾向が各構造物において見られるが、その影響は小さく、むしろ堤体幅と波長の比が反射率および透過率に与える影響が大きいと思われる。

参考文献

- 1) 榎木 亨・岩田好一郎：透過性構造物による波の変形について，第19回海岸工学講演会論文集，1972，pp.199～204
- 2) 萩原運弘：多重円筒列型防波堤の反射率・透過率の解析と諸要因の影響，土木学会論文集第363号／II-4，1985，pp.185～194
- 3) 角野昇八・小田一紀・阿部 功：任意列，任意断面柱体列周辺波動場の境界値問題解析，第32回海岸工学講演会論文集，1985，pp.589～593
- 4) 合田良実・鈴木康正・岸良安治・菊地 治：不規則波実験における入・反射波の分離推定法，港湾技研資料，NO.248，1976.
- 5) 近藤俊郎・藤間 聡・浅野潤一：透過性防波構造物の水理特性（第3報），第19回海岸工学講演会論文集，1972，pp.193～197