

第II部門

杭式透過型波浪制御構造物の断面形状の違いによる透過特性

明石工業高等専門学校 専攻科 建築都市システム工学専攻 学生員 ○大地 洋平
 明石工業高等専門学校 都市システム工学科 正会員 檀 和秀
 明石工業高等専門学校 都市システム工学科 小阪 純史 香掛 安宏

1. はじめに

防波堤には、不透過型の消波構造を有するものと透過型の消波構造を有するものが存在する。

本研究では、透過型の防波堤として、杭を多数密集して打ち並べ、これらの杭群によって波の通過を妨げることにより防波堤の働きをする杭式透過型防波堤の透過特性に関する実験を行う。杭式透過型防波堤の円形断面における透過率 K_t に関する研究は数多く行われており、透過率 $K_t(=H_t/H_i)$ は以下の関数 ϕ で表されることがわかっている^{1) 2)}。

$$K_t = \phi(H_i/L, B/L, h/L, b/D, p/D, \text{列数, 配列, 断面形状, ...}) \quad (1.1)$$

ここで、 H_i は入射波高、 H_t は透過波高、 B は堤体幅、 h は水深、 L は波長、 b は杭と杭の純間隔、 p は杭と杭の純列間隔、 D は円柱径である。林ら¹⁾によれば、列数が1列の場合、次式のような b/D と h/H_i の関係式によって示している。

$$K_t = 4(h/H_i)\epsilon[-\epsilon + \sqrt{\epsilon^2 + (H_i/2h)}] \quad (1.2)$$

$$\epsilon = C \frac{b}{D+b} / \sqrt{1 - \left(\frac{b}{D+b}\right)^2} \quad (1.3)$$

ここで、 C は円柱間より流出する噴流の流速係数である。また、浦島の研究²⁾によれば、透過率 K_t は波形角配 H_i/L や B/L の増加に伴って減少することが明らかにされている。

本研究では、断面形状の違いによる透過特性を明らかにするため、列数や純間隔比 b/D を変化させたとき、断面形状の違いが透過率 K_t にどの程度影響を与えるかを考察する。杭の形状は、円形断面、正四角形断面、正四角形断面を45°回転させた断面の3種類を用い、列数は1列と2列とする。また、式(1.2)、式(1.3)に示す林の理論において、流量係数 C は断面形状や列数により変化すると考えられる。そこで、式(1.4)のように流量係数 C に修正係数 k_{ij} を乗じることにより、断面形状や列数を変化させたときの透過率 K_t を求める。ここで、 i は断面形状を表わし、円形を c 、正四角形を s 、正四角形(45°回転)を d で示す。また、 j は列数を示す。円形の1列における流量係数 C を基準とし、修正係数 $k_{ci}=1$ とするときの断面形状や列数を変化させたときの修正係数 k_{ij} を求める。

$$\epsilon = k_{ij} C \frac{b}{D+b} / \sqrt{1 - \left(\frac{b}{D+b}\right)^2} \quad (1.4)$$

2. 実験概要

実験は、図1に示すような長さ6000mm、幅3000mm、高さ300mmの実験水槽を用いる。造波装置は木製の造波板とモーターをアルミ軸で接続し、モーターの回転運動を造波板の往復運動に変化させ、規則波を発生させるようにしたものである。また、波高計はサーボ式波高計を用い、周期 T は0.4sec、水深 h は11.0cmと一定とする。円形断面の配置概要図を図2に示す。波の進行方向に対し直角方向に杭を並べ、波の進行方向に向かって列数を変化させて実験を行う。正四角形断面、正四角形断面(45°回転)も同様に配置する。入射方向に投影した断面の代表長さ D は、円形断面では直径を D_1 とし、15.0cm、10.5cm、9.0cmの3種類を用いる。また、正四角形断面では一辺の長さを D_2 とし、10.5cm、9.0cmの2種類を用いる。正四角形断面(45°回転)では対角長さを D_3 とし、14.8cmと12.7cmの2種類を用いる(図3)。

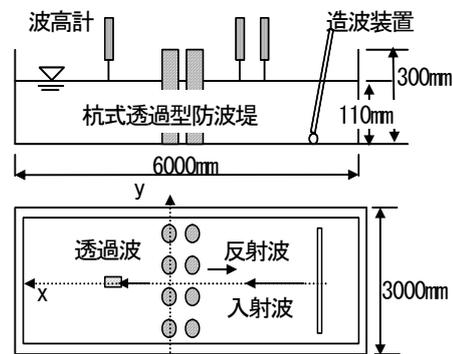


図1 実験装置の概要図

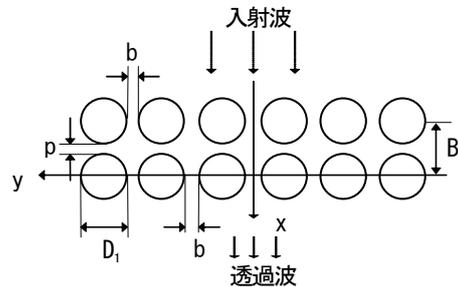


図2 円形断面の配置概要図

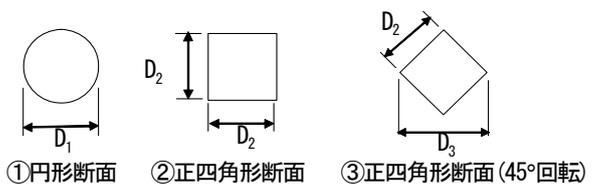


図3 杭の種類

3. 実験結果および考察

入射波高 H_i は、図1の $x=-100\text{cm}\sim 100\text{cm}$, $y=0\text{cm}$ の線上で、 x 方向に 5cm 間隔で波高を測定した。各測定点での波高を全平均し、入射波高 $H_i=2.05\text{cm}$ と定めた。

図4は、円形における透過率の変化を示しており、横軸は純間隔比 b/D 、縦軸は透過率 K_t を表している。1列の円形の直径が 9.0cm , 10.5cm , 15.0cm のいずれのケースにおいても、純間隔比 b/D が増加するに伴い透過率 K_t は増加している。純間隔比 b/D が $0.1\sim 1.0$ の範囲では、透過率 K_t の最大値と最小値には約 0.1 程度の差があるが、ほぼ同じ傾向が得られている。式(1.2), 式(1.3)に $h=11.0\text{cm}$, $H_i=2.05\text{cm}$ ($h/H_i=5.366$) , $C=0.7$ を代入することにより得られた林らの理論値と比較すると本研究の実験結果と流量係数 $C=0.7$ のときの林らの理論値とほぼ一致していることがわかる。列数を1列から2列に増加させたとき、2列の透過率 K_t は1列に比べて約 $10\%\sim 30\%$ 低減している。2列における円形の透過率 K_t は、流量係数 $C=0.5$ としたときの林らの理論値に比較的類似している。よって、修正係数 k_{c2} は $k_{c2}=0.5/0.7=0.71$ とする。

図5は、正四角形における透過率の変化を示しており、横軸は純間隔比 b/D 、縦軸は透過率 K_t を表している。1列の正四角形の辺の長さが 9.0cm , 10.5cm のいずれのケースにおいても、純間隔比 b/D が増加するに伴い透過率 K_t は増加している。純間隔比 b/D が $0.1\sim 1.0$ の範囲では、透過率 K_t の最大値と最小値には約 0.1 程度の差があるがほぼ同じ傾向が得られている。正四角形の透過率 K_t は、流量係数 $C=0.5$ としたときの林らの理論値に類似している。よって、修正係数 k_{s1} は、 $k_{s1}=0.5/0.7=0.71$ とする。列数を1列から2列に増加させたとき、2列の透過率 K_t は1列に比べて約 $10\%\sim 30\%$ 低減している。2列における正四角形の透過率 K_t は、流量係数 $C=0.35$ としたときの林らの理論値に比較的類似している。よって、修正係数 k_{c2} は $k_{c2}=0.35/0.7=0.50$ とする。

図6は正四角形(45°回転)における透過率の変化を示しており、横軸は純間隔比 b/D 、縦軸は透過率 K_t を表している。1列の正四角形(45°回転)の対角長さが 12.7cm , 14.8cm のいずれのケースにおいても、純間隔比 b/D が増加するに伴い透過率 K_t は増加している。純間隔比 b/D が $0.1\sim 1.0$ の範囲では、透過率 K_t の最大値と最小値には約 0.1 程度の差があるが、ほぼ同じ傾向が得られている。正四角形(45°回転)の透過率 K_t は、流量係数 $C=0.9$ としたときの林らの理論値に類似している。よって修正係数 k_{d1} は、 $k_{d1}=0.9/0.7=1.29$ とする。列数を1列から2列に増加させたとき、2列の透過率 K_t は1列に比べて約 $10\%\sim 30\%$ 低減している。2列における正四角形(45°回転)の透過率 K_t は、流量係数 $C=0.6$ としたときの林らの理論値に比較的類似している。よって、修正係数 k_{c2} は $k_{c2}=0.6/0.7=0.86$ とする。

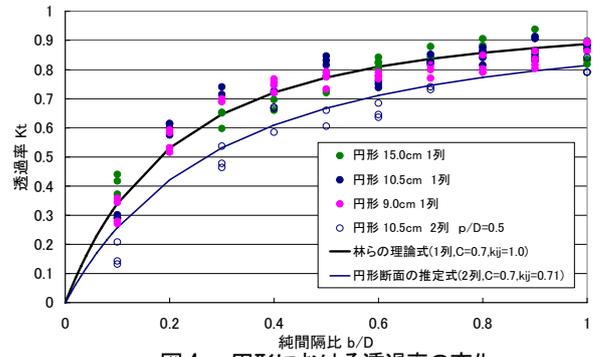


図4 円形における透過率の変化

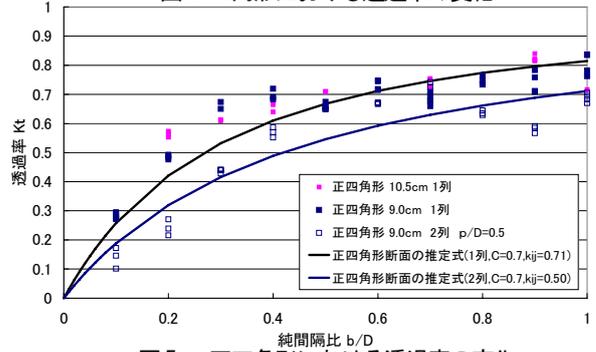


図5 正四角形における透過率の変化

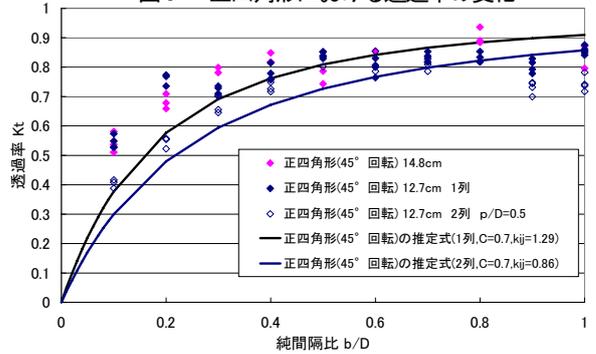


図6 正四角形(45°回転)における透過率の変化

4. おわりに

①透過率 K_t は、同じ純間隔比 b/D に対して正四角形(45°回転)、円形、正四角形の順に大きい。いずれの断面形状においても断面寸法による透過率 K_t の変化は小さく、断面寸法が変化しても透過率 K_t に与える影響は小さい。

②円形断面の1列において、流量係数 $C=0.7$ のときの林らの理論値と実験結果はほぼ一致している。実験結果と林らの理論式の比較により求めた修正係数 k_{ij} は、 $k_{c1}=1.0$, $k_{c2}=0.71$, $k_{s1}=0.71$, $k_{c2}=0.50$, $k_{d1}=1.29$, $k_{c2}=0.86$ となる。円形1列の林らの理論式に修正係数 k_{ij} を乗じることにより、それぞれの断面形状と列数のおよその透過率 K_t を推定することが可能となる。

【参考文献】

- 1) 林泰造・服部昌太郎・白井増次郎：簡型透過性防波堤の水理特性について、第12回海岸工学講演会講演集, pp.193-197, 1965.
- 2) 浦島三朗：円柱杭型消波構造物の反射率及び透過率について、苫小牧工業高等専門学校紀要第27号, pp.91-97, 1992.