

円柱列による波の変形

室蘭工業大学 正員 近藤淑郎
室蘭工業大学 学生員 ○谷野賢二

1. ま え が き

波浪制御の方法として、近年、透過性防波堤が注目をあびてきた。これら防波堤の消波機構としては、構造物自体の反射、伝達とともに、構造物内部における水粒子運動に対する抵抗、摩擦損失、粘性抵抗による減勢などが考えられている。さらにスリット構造では、スリット幅が狭い場合、噴流、落下による擾乱が考えられる。一方、透過性構造物の反射、伝達率等の推定法が各種提案されていて、ある程度の有効性が確かめられているが、こうした理論の基礎となる現象の理解がまだ十分とはいえない。

本文では、構造物による波の変形を調べる手段の一つとして、モデル化した透過性構造物、すなわち、境界面として単列円柱スリットと、それを用いた遊水部をもつ複列スリット、内部抵抗がある立体格子構造物の水理特性と実験的に調べた結果を示す。

2. 実験方法

実験は長さ18.5m、幅0.4m、高さ1.0mの一端にフラップ型造波機を設置した片面ガラス張りの鋼製二次元造波水路を使用して行なわれた。透過性構造物として、単列スリットはPhoto-1, Fig.-1のように外径32mmの塩化ビニールパイプを $b/D = 0.1$ 及び0.4の間隔で配置し、複列スリットはそれと中心間隔(l)50cmで2列配置した。立体格子構造物は外径34mmの塩化ビニールパイプを外径と同じ間隔で鉛直及び水平に配列し、幅(B)が51cmのものと使用し、空隙率は0.6075である。

波高の測定は平行抵抗線式波高計を用い、構造物内部の測定は上から鉛直に差し入れることのできる小形の波高計を使用して、インク書きオシログラフに記録した。各点の観測波高(H_s)は相次ぐ波峰と波谷間の鉛直距離として決定された。また、波の変形は記録紙上の一周期間の時間波形を24等分した時間間隔で読みとったもの、あるいは0.04秒の時間間隔で読みとったものを調和解析し、3倍周波数までの3波形の和として表現することとし、各周波数ごとの波高(H_n)($n=1, 2, 3$)を定めた。

実験条件として、水深は50cmに固定し、周期(T)を0.88及び1.4sec.として入射波高はすべての構造物について同一周期では同一条件

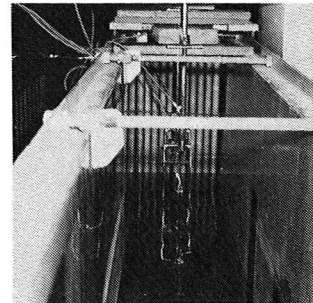


Photo-1 Single Row of Piles

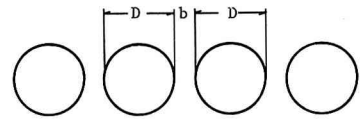


Fig.-1

H_s = Measured Δ
1st Component $\circ$
 H_n = 2nd " $\ominus$
3rd " $\bullet$
 $\tilde{H}_1$ = Incident Wave Height of 1st Component

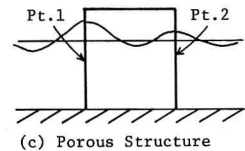
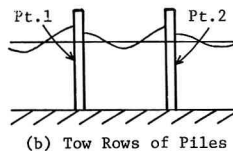
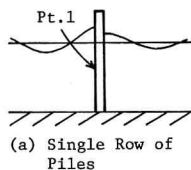


Fig.-2 Symbols used in this paper

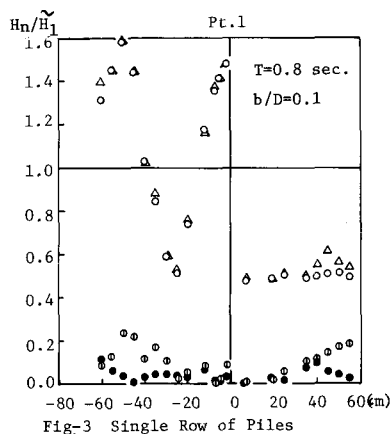


Fig-3 Single Row of Piles

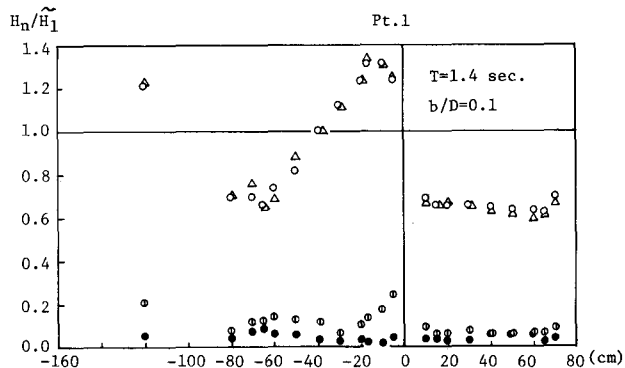


Fig-5 Single Row of Piles

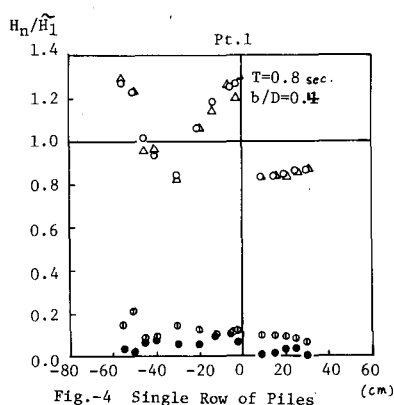


Fig-4 Single Row of Piles

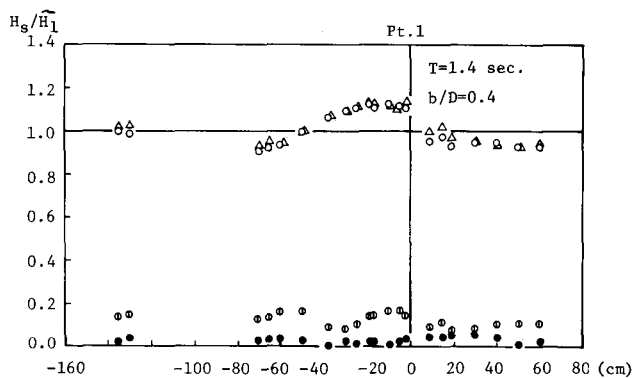


Fig-6 Single Row of Piles

件になるようにした。また一部の実験(単列円柱)ではさらに波高を変えて実験を行なった。

3. 実験結果と考察

Fig-2 で以下の図の記号を説明している。Fig-3~10 は観測波と調和解析された1~3次成分波の無次元化した $(H_n/\hat{H}_1)$ 波高分布である。ここに $\hat{H}_1$ は入射波 ($T=0.8$ あるいは 1.4 sec.) の1次成分波(基本周波数波)である。

1) 単列円柱 : $T=0.8$ sec. では、2次波の場合 $b/D=0.1, 0.4$ でともに沖側から構造物前面に向かって減少する傾向がある。また基本周波数波の $L/2$ (Loop) 付近で Loop となっている。構造物後方(岸側)で $b/D=0.4$ の場合、一定している。 $T=1.4$ sec. では構造物前面で2次波が Loop となっている。ただし $b/D=0.4$ では Loop が沖側に出現している。3次波は前面でわずかに Loop となっている。岸側では2~3次波は $H_n/\hat{H}_1 < 0.1$ で一定である。基本周波数波は $T=0.8, 1.4$ sec. でともに観測波との差が小さい。また $T=1.4$ sec. では前面の Loop が沖の方に出現している。

2) 複列円柱 : $T=0.8$ sec. では遊水部(2円柱列間)で観測波、基本周波数波が Loop, Node をもつ。高調波成分の波高分布は単列の場合と類似している。遊水部では前後の境界面で2次波は Loop, 3次波は Node となっている。 $T=1.4$ sec. では構造物前面で2次波は Loop, 3次波は Node となっており、遊水部の前後面ではそれぞれ Node, Loop となっている。また $T=1.4$ sec. の場合、構造物前方の波は記録紙上で見かけの周期が短くなる傾向があった。なお、 L/L は $T=0.8$ sec. で 0.5 , $T=1.4$ sec. で 0.2 である。

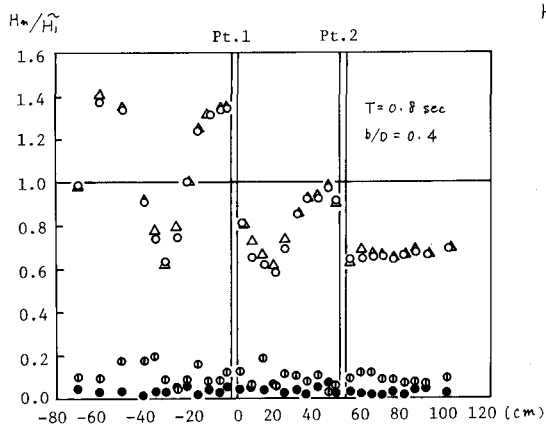


Fig. 7 複列円柱

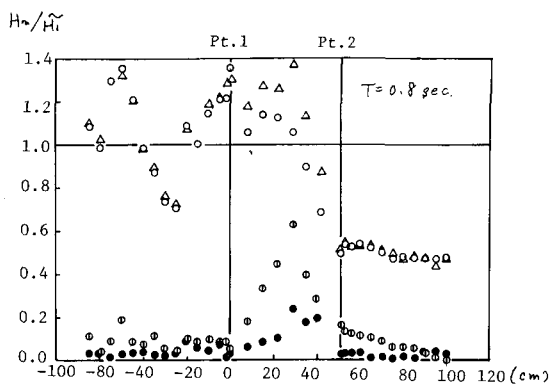


Fig. 8 立体格子構造物

Fig. 9
複列円柱

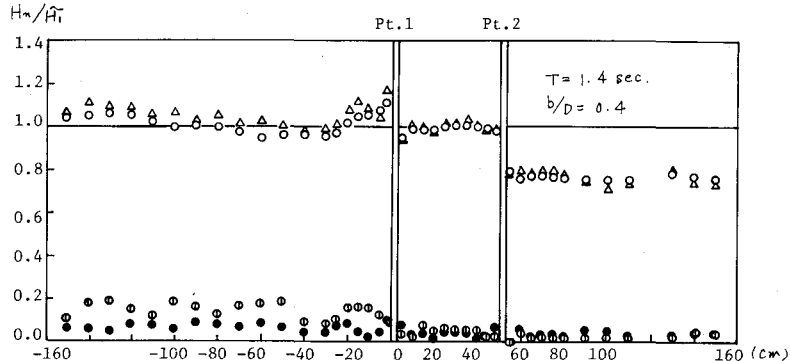
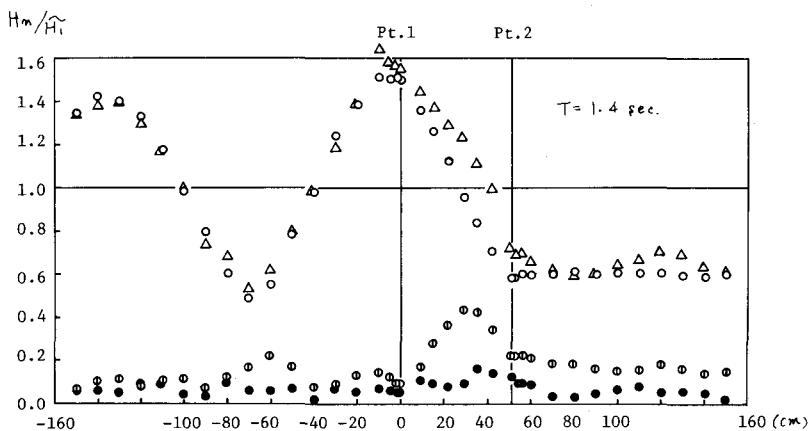


Fig. 10
立体格子構造物



3) 立体格子構造物 : $T = 0.8 \text{ sec.}$ の場合, 構造物前方では2次波の波高分布は単列円柱, 複列円柱の場合と類似している。構造物内部では $T = 0.8, 1.4 \text{ sec.}$ とともに2, 3次波の波高が外部よりも大きくなっており, 前後面でNodeをもち, Loopを一つ(2次波), あるいは二つ(3次波)もつ振動系をなしている。基本周波数波については, 前面でLoop, 後面でNodeとなる波高分布であるが $T = 0.8 \text{ sec.}$ ではLoopを一つ持つ。また, 内部での観測波と基本周波数波の波高の差は外部と比較して大きい。なお, B/L は $T = 0.8, 1.4 \text{ sec.}$ でそれぞれ0.5, 0.2である。

以上は個々の構造物における各成分波の傾向であるが

i) 反射率, 伝達率の特性は, 観測波あるいは基本周波数の場合, 単列ではよく知られているように b/D

が小さい方が反射率は大い。複列円柱では後面が壁としての役割をもつことから、 b/L の値が0.2 ($T=1.4 \text{ sec.}$)、0.5 ($T=0.8 \text{ sec.}$)の場合には、前者では前面からの反射波と後面からの反射波の位相差は 180° に近く、構造物前方での反射波はこれら両波の合成波と考えたと反射率は小さくなる傾向がある。後者では両反射波の位相差は 360° となるので反射率は大きくなる (Fig-11参照)。

立体格子構造物では後面でNODEとなるので逆の傾向となる (Fig-11参照)。

ii) b/D 、 T の効果については、単列円柱の場合 b/D が小さいほど構造物が壁としての効果をもち、逆に b/D が大きくなると壁としての効果よりスリットとしての効果が大きくなる。又、周期が長くなるほど、水平水粒子速度は大きくなるのでスリットを通過する水粒子は加速される。したがって適当な b/D の値のとき、構造物周辺では、波のエネルギーは水平水粒子速度として現われ、さらに周期が長いほどNODEとなりやすい。しかし構造物から離れるにしたがってエネルギーは波高としてあらわれる。このために構造物前面ではLoopが沖側にずれる傾向をもつと考えられる。

単列の場合 観測波、各成分波の傾向はこれら b/D 及び T の効果と思われる。

iii) 立体格子構造物内部における高調波成分の発生については、2次成分波は1次成分波によって構造物内部に誘発された固有振動波に関連して発生したと考えられる²⁾。 $B=50 \text{ cm}$ の本構造物の場合、固有振動周期は $L=B/2$ 、 B 、 $\dots$ 、 $3/2 B$ 、 $\dots$ のとき、すなわち $T=0.8$ 、 0.6 、 $\dots$ 、 0.4 となる。入射波の周期が $T=0.8 \text{ sec.}$ の場合、Loopが一つの固有振動周期と一致するので2次波の波高分布は鋭い立ちあがりを見る。また $T=1.4 \text{ sec.}$ についても、もっとも近い固有振動周期は 0.8 sec. であるのでLoopを一つもつ振動系を有すると考えられる。3次成分波の場合、流出入に関連したものと考えられるが十分理解できていない。

4. お そ ひ

単列、複列円柱では b/D 、 T によって構造物前面におけるLoopが沖側にずれる現象が認められた。これは、こうした柱列構造物に作用する波力に影響すると考えられる。今後これらの研究が期待される。一方、内部抵抗が存在する場合、内部に発生する2～3次波は観測波高と比較しても無視し得ない程度となるので、伝達率、反射率の推定理論においてこうした高調波の効果についての検討が必要となる。

参考文献

- 1) 近藤、藤間：透水性防波構造物の水理特性、第17回海岸工学講演会論文集、P156～P162 (1970)
- 2) 近藤、谷野：透水性構造物内部の波動、第12回自然災害科学総合シンポジウム、P429～430、(1975.10)

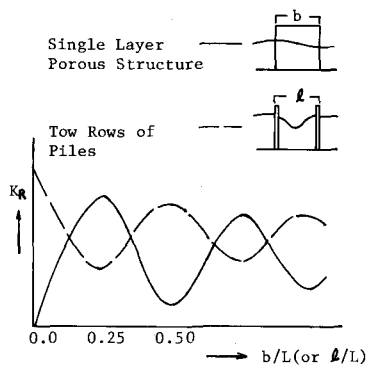


Fig.-11 反射率の相対幅員による振動特性