

# 各種透過性防波構造物における波の変形特性

近 藤 悞 郎\*・谷 野 賢 二\*\*

## 1. ま え が き

近年、各種の透過性防波構造物の築設が盛んになるにつれて、この種構造物に関する実験的、理論的研究が活発に進められている。これら構造物の防波機能は、境界面が一つとみなすことのできる単列スリットのような形式を除いては、二つ、またはそれ以上の境界面をもち、これら境界面による反射、伝達特性に大きく依存していると考えられる。しかし、これら境界面の影響は複雑であり、それによって引き起こされる波の変形の形態は構造物の形状や材料によってかなり異なると考えられ、これらの効果を調べることは興味深いと思われる。

本論文では、構造物の種類として、(i)断面の急縮、急拡により変形が支配されるスリット壁型、(ii)エネルギー損失が主として波が構造物内部を進行する過程で行われ、堤体幅員がその特性を支配する要素である単層透過性防波構造物、(iii) (ii) の内部に透過性コアが存在する構造物を取り上げ、これら構造物の形態の違いが波の変形にどのような影響を与えるかを実験的に調べた。

## 2. 実験方法

### (1) 模型構造物

実験に使用した構造物は、(i)については $\phi 32$  mmの塩化ビニールパイプを横列に中心間隔 45 mm で配置したもの、それを前後に二列、中心間隔 50 cm で配置したものをを用いた。(ii)については、 $\phi 34$  mm の塩化

ビニールパイプを組み合わせた立体格子構造<sup>1)</sup>とし、堤体幅員  $B$  は直立堤の場合 51 cm および 78 cm とした。傾斜堤では水中平均幅  $B=137$  cm である。(iii) の場合は、コアは碎石を用い、金網をコア層の前後に配置してその中に碎石を詰めて作成された。コア幅員  $B_s$  は 20 cm と一定にした。表層は前述の立体格子を用い、図-1 に示すような台形および長方形断面とし、堤体幅員は変化させずに、コア位置を前方、中央、後方の三通りに変化させた。

### (2) 実験装置と方法

実験は長さ 18.5 m、幅 0.4 m、高さ 1.0 m の、フラップ型造波機を設置した二次元造波水槽で水平底にして行われた。波高は並行抵抗線式波高計を用いて測定され、入射波高  $H_I$ 、反射波高は 1~2 台の波高計を移動して極大、極小値を求め、Healy の方法で決定した。伝達波は防波堤裏のり面と静水面の交点から岸側に  $L/4$  の点で測定した値を用いた。なお、すべての実験で入射波高がほぼ同一となるよう、あらかじめ構造物の無い状態で、構造物設置点での波高を求め、およその目安を得た。さらに特定の波については、構造物の内部および外部の波高を一定間隔で測定し、一周期間の時間波形を調和解析した。その際、波形は三倍周波数波までの三成分の合成波で表現することとし、各周波数ごとの波高  $H_N$  ( $N=1, 2, 3$ ) を入射波における基本周波数波の波高  $\tilde{H}_1$  で除した無次元波高で表現している。

### (3) 実験波諸元

実験に使用した入射波はおよそ次の通りであった。

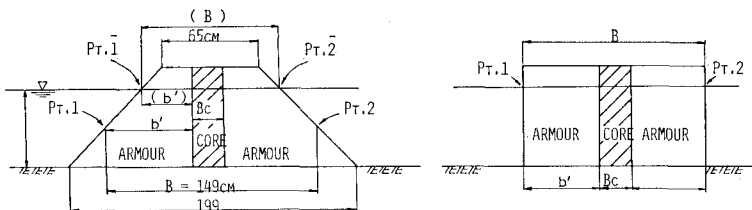


図-1 実験防波堤断面略図

\* 正会員 工博 室蘭工業大学教授 土木工学科

\*\* 正会員 工修 室蘭工業大学助手 土木工学科

水深  $h=50$  cm,入射波高  $H_I \approx 4$  cm周期  $T=0.8 \sim 2.2$  sec

### 3. 実験結果と考察

#### (1) 高調波成分の波高分布特性

単層に関する高調波成分については一部発表済<sup>2)</sup>であるので、ここではコア層およびコアを有する構造物を主対象に述べ、スリット壁あるいは単層立体格子と比較しながらその差異について検討する。

図-2, 3 に単列および複列スリットの例を、図-4 に単層の立体格子直立堤の波高分布の例を示した。この場合、入射波の二、三次成分波はいずれも無次元波高  $\tilde{H}_N/\tilde{H}_1$  が 0.1 以下である。スリット壁では単列、複列とも

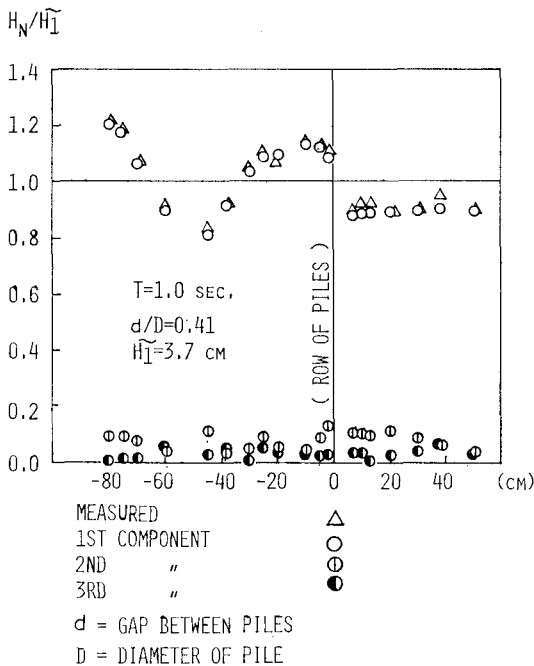


図-2 波高分布 (単列スリット)

に二次成分波の波高分布が構造物の沖側である種の定常波型の振動を示しているが、入射波の二次成分波高と比較して大差はない。そして複列では  $B/L > 0.25$  では円柱位置で腹をとり、内部波高分布は  $L_2/2$  ごとに極大値をとる傾向がある。ここに  $L_2$  は二次波の波長である。単層の立体格子構造物外部ではスリット壁の場合によく似ている。コア層のみでは図-5 で示すように、沖側でははっきりとした定常波型の分布を示している。特に周期が長い方が顕著であることから、構造物付近での実流速の急変が二次波の発生に関連していると考えられる。

一方、内部では砕石の場合は測定していないが、立体格子単層の場合は前後面を節とするような、スリット壁とは対照的な分布を示している<sup>3)</sup>。

図-6, 7 はそれぞれコアを有する直立堤および傾斜堤の例である。また、図-8, 9 は直立堤についてコア位置を変化させた場合の例である。コアを持つ場合では、コア位置にかかわらず、コア前面の二次成分波は小さくはない。しかも必ずしも腹とならないのは、前方表層で発生する二次波の振動現象とコアによって発生する二次波との相対的な大きさによるものと考えられる。なお、前方表層内での二次波高はいずれも短周期の場合の方が長周期に比べて相当大きい。

後部表層における二次波の波高分布は、およそコア後面と表層後面で節となり、内部に腹を一つまたは二つもつ単層に似た定常波型の波形パターンを示している。この場合、コア後面でも節になっているのは、コア内部での二次波高が表層での値よりもかなり大きいことによると考えられる。また、傾斜堤と比較して直立堤が顕著であるのは、後者では境界面が明確であるので表層後面からの反射成分が大なることが後部表層内での二次成分を大きくしているものと思われる。

#### (2) コア位置による伝達率、反射率の特性

コア位置が反射率、伝達率に及ぼす効果については前年度発表済<sup>4)</sup>であるが、ここでは直立堤と傾斜堤との比

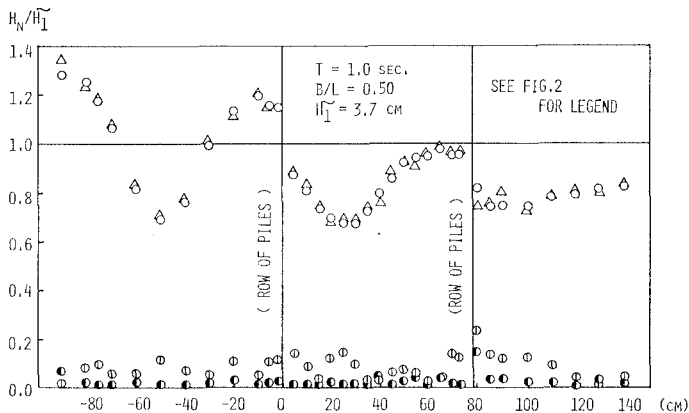
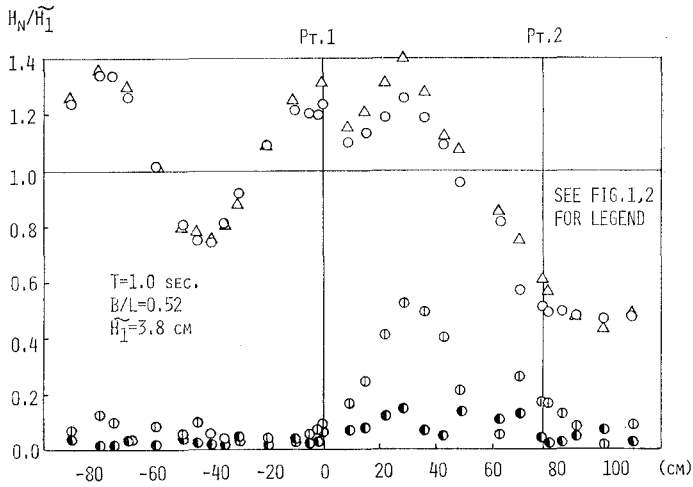
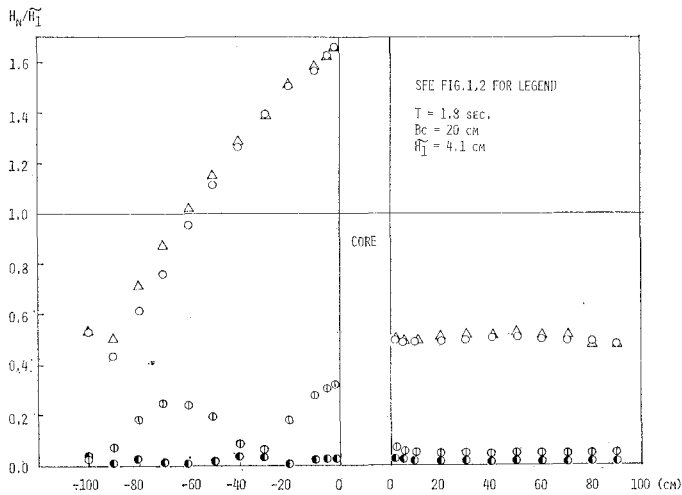


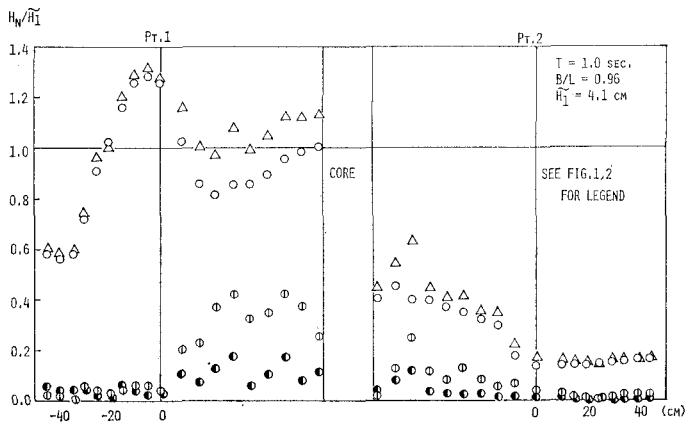
図-3 波高分布 (複列スリット)



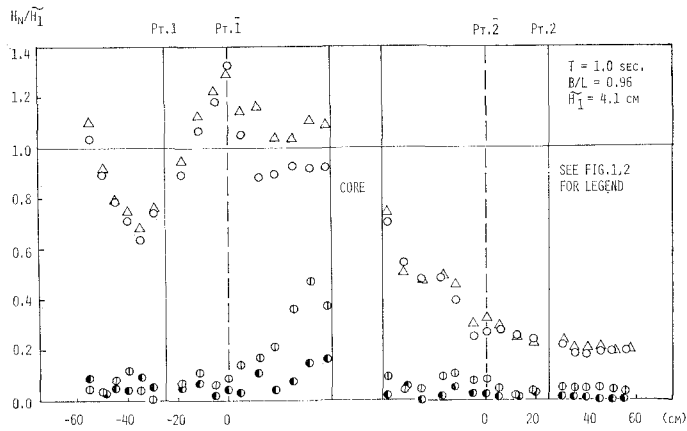
図—4 波高分布（単層立体格子構造物）



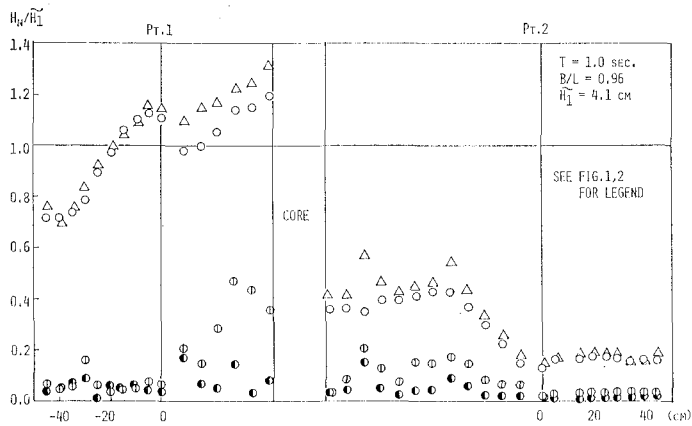
図—5 波高分布（碎石コア単層）



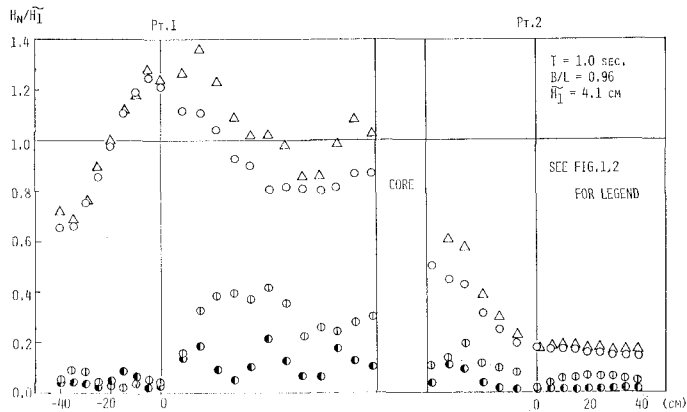
図—6 波高分布（直立堤・中央コア）



図—7 波高分布 (傾斜堤・中央コア)



図—8 波高分布 (直立堤・前方コア)



図—9 波高分布 (直立堤・後方コア)

較を主に報告する。

図—10～12 はコア位置を前方，中央，後方の三通りに変化させた場合の直立堤と傾斜堤の比較を示している。なお，図中の実線は複層防波堤に関する近似理論<sup>5)</sup>による計算値である。伝達率については，この場合傾斜

堤の方が一般に大きな値を示し，直立堤 傾斜堤ともに  $T \approx 1.5 \text{ sec}$  で極小をとるが，これは内部境界面で再反射した成分が加わっていることによると考えられる。

直立堤と傾斜堤では反射率の極大，極小の出現周期にかなりのずれが生じているので反射率に関してコア位置

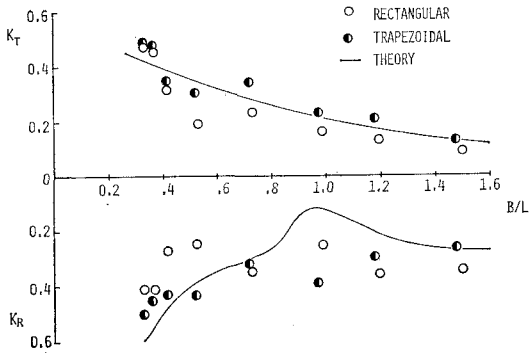


図-10 直立堤と傾斜堤の比較（前方コア）

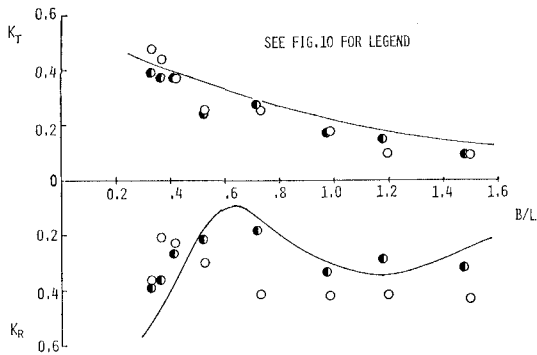


図-11 直立堤と傾斜堤の比較（中央コア）

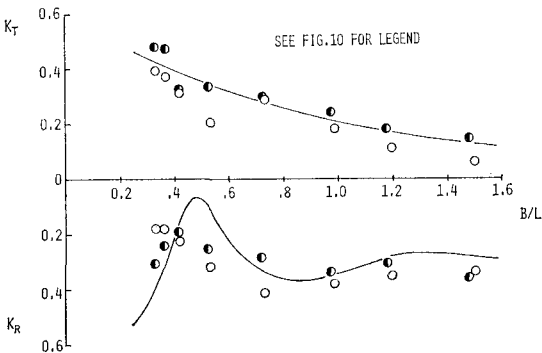


図-12 直立堤と傾斜堤の比較（後方コア）

ごとに記す。

#### a) 前方コア

直立堤についてみると、極大は  $T=1.2$  sec で極小は  $T=1.5$  および  $1.0$  sec である。したがって極大は  $B/L=0.73$ 、また極小はそれぞれ  $B/L=0.53$  および  $0.96$  となる。このことは通常の単層の傾向とほぼ一致し、コア前面からの反射波が支配的でなく、むしろ表層後面からの反射波による堤体全体の振動系が支配的であると考えると説明できる。一方、傾斜堤では極大は  $T=1.0$  sec、極小は  $T=1.2$  sec であるので、それぞれ  $b'/L=0.29$  (0.15) および  $b'/L=0.21$  (0.11) であり、コア面から

の反射の影響が大となったことを示す。ただし ( ) 内の数字は傾斜堤について水面幅を堤体幅員と定義した場合の値を示す。

#### b) 中央コア

直立堤の極小は  $T=2.0$  sec でこの場合、 $B/L=0.37$  である。また傾斜堤では極大は  $T=1.0$  sec、極小は  $T=1.2$  sec である。したがって、それぞれ  $b'/L=0.43$  (0.26) および  $0.32$  (0.20) となる。この場合は極値の出現位置に大きな違いが見られ、傾斜堤の極小値が出現する  $T=1.2$  sec では、直立堤は極大値に近い。(b')/L 値から判断すると、傾斜堤ではコア前面からの反射の影響が強いのにに対して、直立堤では表層後面からの反射の影響が大きい場合である。

#### c) 後方コア

極大は直立堤では  $T=1.2$  sec であるが、傾斜堤では明確ではない。一方、極小は直立堤で  $T=2.0$  sec 付近、傾斜堤で  $T=1.8$  sec となっている。 $T=1.2$  sec では  $B/L=0.73$  であり、 $T=2.0$  および  $1.8$  sec でそれぞれ  $B/L=0.37$  および  $b'/L=0.23$  (0.17) となる。この場合、いずれも反射波の影響はどちらが大きいとは言えない。全体的に直立堤と傾斜堤の反射率が近似していることは、コアが後方に位置するにつれて、表層後部の反射波による振動系の影響が小さくなるためと考えられる。

#### (3) 反射率と二次波

以上のように、全体的にみると直立堤の場合は主として  $B/L$  で定まる単層に近い反射特性をもち、傾斜堤は  $b'/L$  によって支配されている壁体前面の消波工の特性をもつ傾向が認められる<sup>6)</sup>。さらに、コアを有する防波堤でも後部表層の幅員が反射率に及ぼす影響は無視できず、支配的な境界面がどこにあるかは、その長さや振動系に関連して決定されると思われる。また、傾斜堤のように、斜面と鉛直面の共存している場合には後者のような明確な境界面が基本周波数波の反射特性を支配すると考えることもできる。

堤体内で発生している二次成分波が一次波の反射率、伝達率にどのように関連しているかは、きわめて興味のあることである。反射波と二次波の関係についてみると反射率が大きい場合は前方表層内の二次波高が大きくでていることが認められる。そして前出の直立堤のデータについて調べると、反射率の極小値はコア位置にかかわらず、いずれも  $b'/L_2=0.4\sim0.5$  の場合に出てくる。一般に前方表層内の二次波の波高分布は表層前面を節、後面（コア前面）を腹とする分布が通例であり換言すれば境界条件に合っているといえる。したがって  $b'/L_2$  が上出の値をとるときには境界条件に合わない場合であり、このことが反射率の極小値の出現位置に関係が

あると考えられる。

#### 4. む す び

高調波成分はスリット型、単層構造物、コアを有する構造物などでそれぞれ特徴的な分布がみられ、それが構造物としての反射特性に関連していることが知れた。しかし、二次波が顕著に出現する場合についても、それがエネルギー損失や反射率にどの程度関与するかは不明な点が多く、今後はこうした二次波の解明が必要である。

また、複数の境界面を有する構造物の反射特性が境界の条件によって異なることは、こうした構造物の理論的推定にも考慮されなければならない問題と思われる。

本研究は文部省科学研究費による自然災害特別研究(1)「海岸における波の制御に関する研究」(代表 京大工 岩垣雄一教授)の一部としてなされたものであることを付記する。

また本研究に協力された室蘭工大河海工学研究室の藤間 聡助教授、浅間良則技術員、高田保彦大学院生に深く感謝いたします。

#### 参 考 文 献

- 1) 近藤・藤間：透過性構造物による碎波の変形，第20回海岸工学講演会論文集，pp. 95～99，1973.
- 2) 近藤・谷野：透過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，pp. 429～430，1975.
- 3) 前出 2)
- 4) 近藤・藤間・葛西：透過性防波堤におけるコアの効果に関する研究，第22回海岸工学講演会論文集，pp. 495～499，1975.
- 5) 近藤・藤間・葛西：複層透過性防波堤の伝達率・反射率の一推定法，室蘭工大研究報告，理工編，第9巻第1号(投稿済)
- 6) 前出 4)