

II—9 多孔壁と中詰ブロックからなる直立消波堤の波力特性について

室蘭工業大学 正会員	近藤 俊郎
小樽市役所	飯田 俊哉
西松建設㈱	奥下 将志
留萌市役所	川原 秀紀

1. ま え が き

近年、円形多孔壁やスリット壁を有するケーソンを本体とする防波堤、護岸ならびに岸壁の普及は目覚ましいものがある。それらは異形ブロックを用いた傾斜堤や被覆堤に代る第二世代の消波構造物と言えるであろう¹⁾。しかし、この種の直立消波構造物の実用性を高めるにはさまざまな改良を加える必要がある。その必要性は、主として波力に対する安定性の向上や建設費の軽減を図ることから生じている。例えば堤体上部のみを消波構造とするような段上り型消波構造物もその一種である²⁾。

こゝで対象とするものは透水壁をもつケーソン内部に中詰ブロックを有する型式の直立防波堤である。この種の構造物は、北海道内にも既に根室港³⁾や十勝港⁴⁾に実施例がある。この種の防波堤の消波性能や波力についての研究は、スリットケーソン堤を対象にした時川・高田⁵⁾、竹田⁶⁾のものがあり、筆者の一人近藤ら⁷⁾も円形多孔壁の内部に石を中詰めした構造物の消波性能を調べている。それらの結果から反射率などの消波性能については、その特性がかなり明確になつてきた。しかし波力については未解明な事象が多く、特に堤体内に水が出入りすることから、揚圧力の性質が直立不透過堤と異なつて複雑で不明確である。また波力の測定には時川らのような波圧計を数個取付ける方法や、竹田のように滑動限界重量から逆算する方法などがとられているが、水平波力や揚圧力の合力の最大値の特質を精しく調べるにはそれらの方法では困難である。本論文では全波力測定法によつて、多孔壁と中詰めブロックからなる7種類の構造物に作用する水平波力と揚圧力の合力の特質を調べた結果を主に報告する。実験は実物の約1/30の模型を想定している。

2. 実験方法

2.1 実験水槽：実験に用いた波動水槽は長さ25m、幅0.6m、高さ1.0mの二次元規則波水槽である。

図-1に示すようにこの水槽の途中から1:20の斜面を設け、その上に実験構造物をおいた。

2.2 堤体模型：堤体は石積マウンドを有する混成堤型とし、直立部は空隙率34%、孔径2cm、壁厚2cmの円形多孔壁を有する長さ30cm、幅40cmのアクリル製の多孔ケーソンを基調にした。この多孔壁を1枚ないし2枚用いて、ケーソンの中に異形ブロック(ジュゴン500gf)を堤体全体、前半部分、後半部分に中詰した3種類の構造物と、10cmだけ段上り部となつている同様な3種類、それに中詰しない1枚多孔壁型(ジャーラン型)と直立不透壁堤の合計8種類の堤体を実験対象とした(図-2参照)。

2.3 実験波：水深；沖水深53.5cm、堤体位置水深27.5cm、マウンド天端水深20cm。周期； $T=0.9 \sim 2.0$ sec, 0.1sec, ビッチの12種類。入射波高； $H_1=4, 8, 10$ cmの3種類(各周期に対して)。

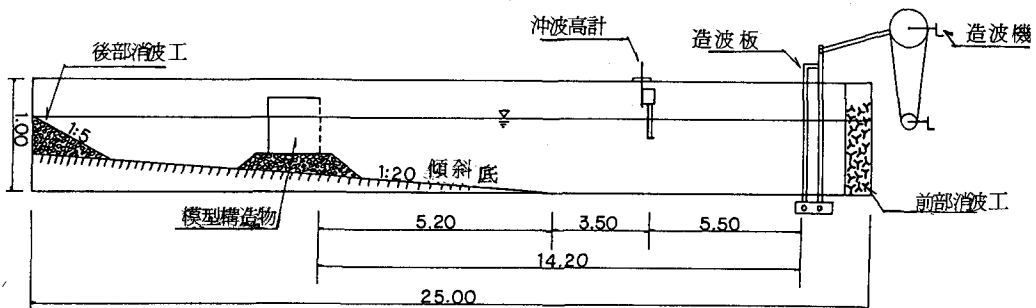


図-1 実験水槽略図(単位:m)

入射波高 H_i は、構造物がない水底地形のみの状態で堤体位置を通過するであろう進行波高であるから、それはあらかじめ構造物がない状態でその位置で得られた H_i 、そのときの沖合一様水深で測った波高 H_1 との間に一次相関式を求めておき、構造物設置後は H_1 を測ってそれを相関式に代入して H_i を推定した。

2.4 波力測定法：波力の測定は図-3に示すような水槽上部にある梁に固定したL型鋼に堤体を剛結し、そのL型鋼の二点に貼付したひずみゲージから、二点のひずみの差を求め、これより波力を検出する。水平波力は鉛直部に、揚圧力は水平部に貼ったゲージから求められる。ひずみゲージはブリツジ回路に接続してひずみを電位差として求めておき、あらかじめバネ秤で堤体に荷重をかけて作成しておいた校正曲線を用いて波力が作用したときにオシログラフ上で得られた波力波形から波力に換算する。

3. 実験結果と考察

3.1 水平波圧強度：壁体構造物に作用する水平波圧合力は下式のようにおくことができる。

$$P = \alpha w_0 H_i A_h \quad (1)$$

ここで A_h は受圧面積であり、堤体の長さを l とするとき

$$A_h = (h + \Delta h) \cdot l \quad (2)$$

で求められる。 Δh は静水面上の波圧の作用高であり、重複波であれば $H_i + \delta$ である。ここでは多孔壁構造物であることと、碎波圧をも対象とすることから $\Delta h = H_i/2$ と仮定することにする。

図-4, 5の左半分に示すように α は H_i が大きくなるにつれて低減し、周期が長くなると大きくなる傾向が認められる。 $H_i = 8, 10 \text{ cm}$ の場合の直立堤の α は $0.5 \sim 1.5$ の範囲にある。図-6, 7, 8 は $H_i = 10 \text{ cm}$ について、それぞれ直立堤とジャーラン堤、3種の中詰堤、3種の段上り型中詰堤について、最大全波圧 P_+ (岸向) と P_- (沖向) を混成防波堤直立部に作用する合田式の全波圧 P_G で除して無次元化したものである。なお、直立堤とジャーラン堤について P_+ の値は、先に筆者ら⁸⁾ が滑動限界から得た値にほぼ一致している。直立堤の P_+/P_G の値は $0.4 \sim 0.65$ で長周期ほど大きくなり、消波堤の場合は $0.2 \sim 0.55$ である。

沖向きに作用する水平波力の最大値 P_- は、周期による変化は小さく、 P_-/P_G は直立堤で $0.3 \sim 0.4$ 、消波堤では $0.2 \sim 0.3$ である。 P_- は P_+ の約70%であり、 T が大きいと P_+ が減少するので、 P_- が P_+ より大き

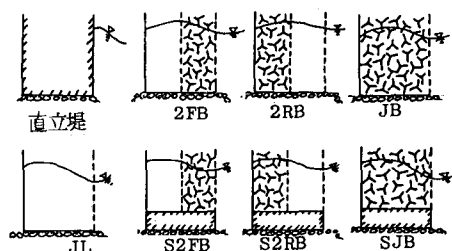


図-2 実験堤体断面略図

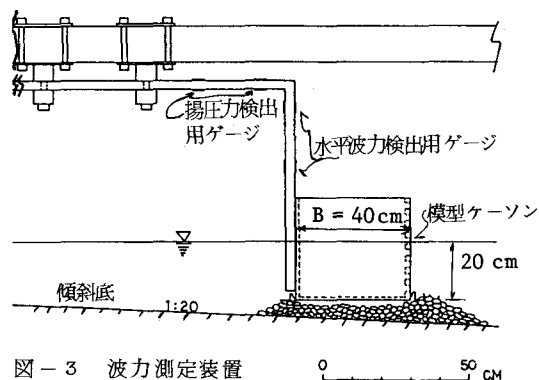


図-3 波力測定装置

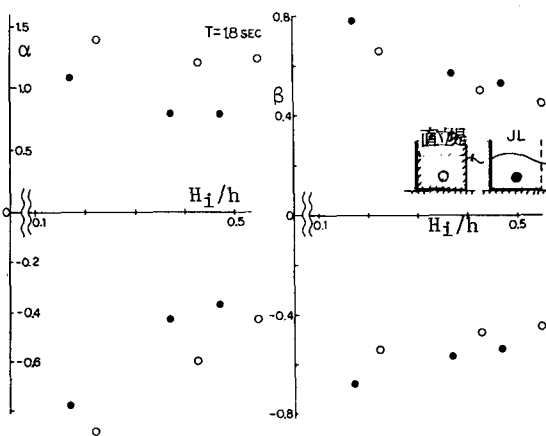


図-4 直立堤とジャーラン堤の無次元平均波圧強度

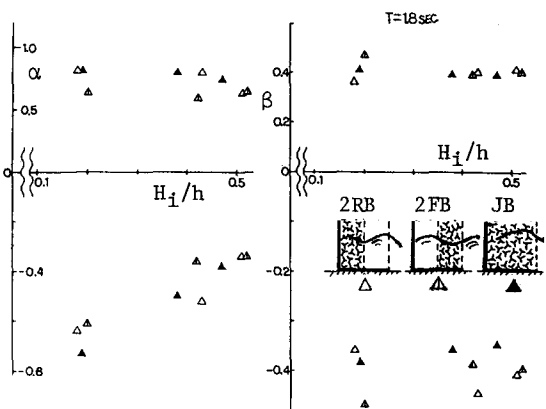


図-5 中詰型の無次元平均波圧強度

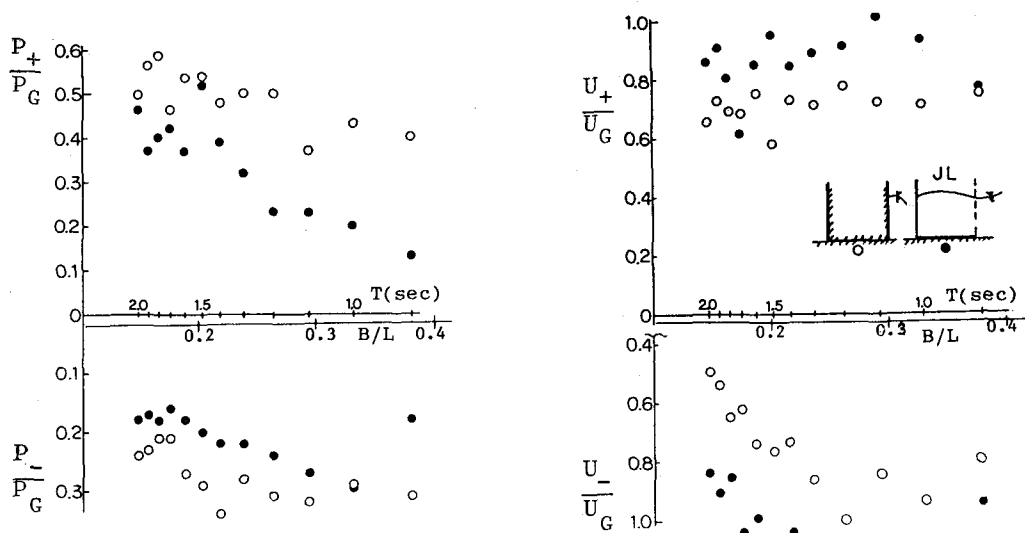


図-6 直立堤とジャーラン堤の全水平波力と揚圧力 ($H_1 \approx 10$ cm)

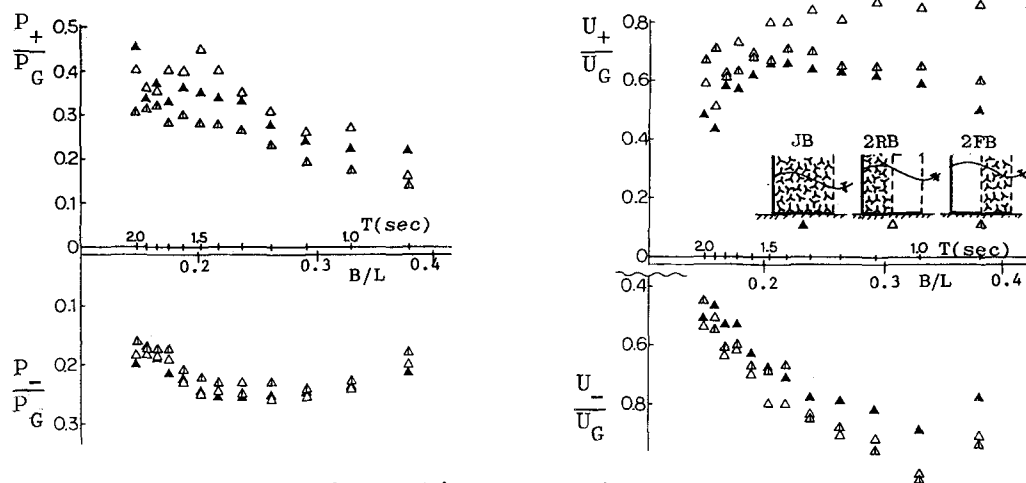


図-7 中詰型の全水平波力と揚圧力 ($H_1 \approx 10$ cm)

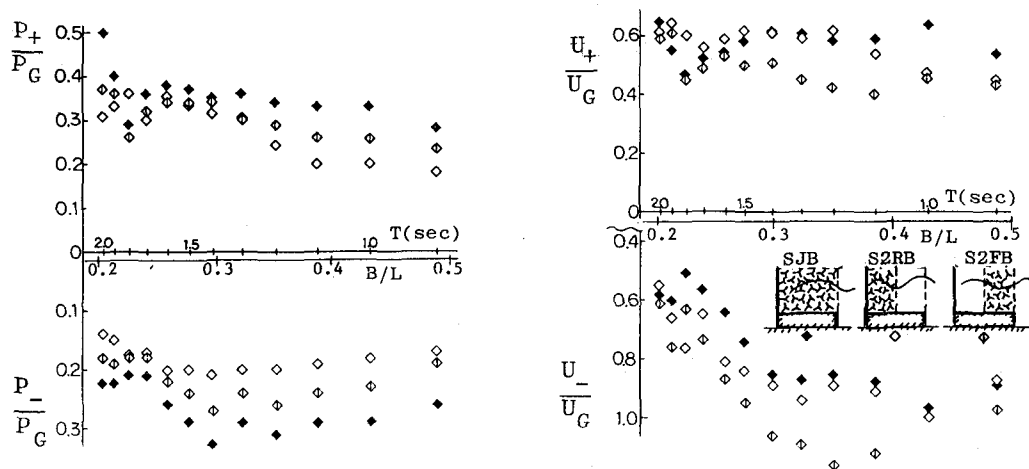


図-8 段上り中詰型の全水平波力と揚圧力 ($H_1 \approx 10$ cm)

くなるケースもある。 $B/L=0.2$ 付近に P_+ が最大値を示すケースがジャーラン堤以外にもある。

3.2 揚圧力：揚圧力は静止水面状態で堤体に作用している鉛直力（すなわち空中重量から静水面下の堤体に作用する浮力を差引いた力）を基準として、鉛直上向きに作用する力をいう。鉛直下向きの力も生ずるが、それは堤体を下方に押しつける力であるから、あたかも堤体の自重を増加させるような効果を示す。揚圧力の合力の最大値を

$$U = \beta w_0 H_1 A_v \quad (3) \quad A_v = B L \quad (4)$$

とおくことにすれば、 β は無次元の平均揚圧力係数である。 β は直立堤やジャーラン堤で0.3～0.6で周期が長いほど大きくなる。波高の大小が β に及ぼす影響はほとんどない。中詰型では β はほとんどが0.4程度であつて、周期による変化は少ない。また段上り中詰型では0.3～0.4でさらに小さい。

U の正の最大値を U_+ 、負（鉛直下向き）の最大値を U_- とし、それを合田式による全揚圧力 U_G で除した値の例が、図-6, 7, 8の右半分に示してある。 U_+/U_G はほぼ0.7～0.8であり、それに比べて U_-/U_G は長周期で若干低くなる傾向がある。ジャーラン堤の値は一般に直立堤よりも大きく0.9程度である。そしてジャーラン堤では、 U_- の方が U_+ よりも若干大きいという特徴がある。この事は堤体内への侵入水量のピーク値が退出水量のそれよりも若干小さいことを意味する。中詰型の U_+/U_G は0.5～0.9で周期の影響はあまりない。 U_-/U_G の値も同程度であるが、この場合は短周期ほど大きい値をとる。段上り中詰型の合も U_+/U_G は周期の影響がなくほぼ0.6であるが U_-/U_G は中詰型とは異なつて周期が大きいと大になる。

3.3 波力からみた各種構造物の比較：以上のように中詰型の3種類（JB, 2RB, 2FB）および段上り中詰型の3種類（SJB, S2RB, S2FB）の計6種類の堤体については揚圧力はほとんど変わらないので水平波圧の大小が重要な要素である。直立堤との比で表現するならばジャーラン堤は直立堤の約70%の波力を受ける。中詰型で水平波力が最も小さかつたのは2FB堤で、直立堤の50%程度の波力しか受けていない。以下2RBが60%, JBが70%程度である。段上り中詰堤では逆にS2RBが最も波圧が小さく直立堤の55%位で以下、S2FB, SJBの順で大きくなっている。全体としてみると2FB, S2RBが波力軽減の立場からすぐれている型式といえる。その理由を2FBについて考察すると、水室内とブロック層内に形成される定常波動の作用によつて、前壁に作用する波力の Δh が小さくなつていたので P_+ が小さくなると推察される。段上り型の場合は、段の存在によつて定常波動性が弱くなつており、そのため P_+ を支配するものは主として前壁の形状である。ゆえに前壁にブロックが接していない方が波力が小さくなる。

3.4 反射率：波力と同時に反射率の測定も行なつた。こゝで扱つた構造物は後壁が不透水性であることから、反射率が消波性能を直接的に表現する。詳細は別の機会に発表するので、こゝでは簡単に値のみを挙げておくことにする。直立堤の反射率は0.7～0.9、ジャーラン堤は $B/L=0.22$ で最小値(0.1)をとる。中詰型では2RBの反射率が平均0.2程度で最も小さい。段上り中詰型でもS2RBが0.25程度で最も低い反射率を示す。段の有無が反射率に及ぼす効果はほとんどみられない。なお L は水室内波長である。

4. む す び

多孔壁と中詰めブロックならびに段を組合せた7種類の直立消波堤の波力特性について実験的に調べた結果、その結果波力の観点からすると、中詰型としては堤体の前半分に中詰した型式が良く、水深の $1/2$ の段上りをもつ中詰型では後半に中詰める型式がすぐれた構造であることが知れた。しかし総合的にみると安定計算を行なわなければ優劣が明確にならないし、また消

参 考 文 献

- 1) 近藤・竹田：消波構造物，森北出版，(近刊)。
- 2) 近藤：27回海岸工学論文集，1980。
- 3) 成田・鈴木：第23回開発局技術研究発表会論文集1980。
- 4) 前出 1)
- 5) 時川・高田：土木試験所月報，304号，1978。
- 6) 竹田：土木試験所月報，351，1982。
- 7) 近藤・佐藤・小曾山：土木学会道支部論文集，33号，1977。
- 8) 近藤・近江・岡：土木学会35回年講概要集②，1980。

本研究は室蘭工科大学土木工学科海海研究室で行なわれたものであり、同研究室の藤間 聡助教授と谷野賢二助手のご協力に感謝する。本研究は小川育英会研究助成金による研究の一部である。