

2 段スリット堤の波圧特性について

Characteristics of Wave Pressure Exerted on Two Steps Slit Caisson

杉本 義昭* 遠藤 仁彦**
 山中 浩次*** 井元 忠博****

Yoshiaki SUGIMOTO, Kimihiko ENDOH,
 Kouji YAMANAKA and Tadahiro IMOTO

大水深・大波浪の条件下における機能性・安定性および経済性の面から、消波ブロック被覆堤に代わる新しい低反射防波堤の構造断面として2段スリット堤を選定し、その波圧特性を調べた。その結果、波圧特性の波高、周期、潮位による変化を明らかにした。波圧合力は合田式を準用できることもわかった。また、部材波圧分布など各種基礎データを得ることができた。

〈反射率；波圧；スリットケーソン；新型式防波堤〉

We developed a "two steps slit caisson" which is a new type of low reflection breakwater. It is economical in deep sea areas.

Model experiments for wave forces have been conducted with the two steps slit caisson with regular waves.

We obtained results for the following considerations :

- (1) Characteristics of wave forces of two steps slit caisson ; the influence of wave height, period and water level
- (2) Various fundamental data for practical application of the two steps slit caisson

Keywords : reflection coefficient, wave pressure, slit caisson, new type of breakwater.

1. まえがき

現在、道内の第一線防波堤に採用されている消波構造物のほとんどは、消波ブロック被覆堤であるが、この構造においては、大水深・大波浪の条件に対して、ブロックの大重量化に伴う強度の問題や堤体の大断面化に伴う工費の増大といった問題が生じてくる。

一方、直立構造であってしかも消波機能を有する構造として、各種の直立消波ブロックや孔あきケーソン、スリットケーソンなどの消波ケーソンが開発されるようになり、比較的波の穏やかな内港などにおける防波堤や護岸などに採用されるようになってきた。

このようなことから、港湾研究室では多種多様化する要請に応じていくため、種々の消波ケーソンの水理特性を随時検討しながら、その中から消波性能のよいものに

ついて体系的に開発研究を進め、既報¹⁾にて2段スリット堤(図-1)を提案した。この2段スリット堤は、スリット壁に囲まれた2つの遊水部を有しており、また2段目遊水部水深が1段目に比べて浅くなっているため、それだけ中詰砂を増加させ堤体重量を増すことができるのが特徴である。また、従来のスリット堤のもつ反射波

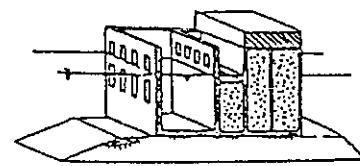


図-1 2段スリット堤の概念図

*港湾研究室主任研究員 **前港湾研究室員 現運輸省港湾技術研究所水工部耐波研究室研究官 ***港湾研究室員 ****元港湾研究室員 現留萌開発建設部留萌港湾建設事務所

低減効果に加えて、さらにその形状から、2段目遊水部前後の水面の位相差による戻り流れや越波により、強力な渦の形成とエネルギーロスを促し、反射波の減少を図るものである。

本研究は2段スリット堤について、前後壁面のスリット形状や遊水部の底板位置を変化させ、より低反射な構造断面を求めることを目的に水理模型実験を実施し、その開発の可能性を検討したものであり、次のような実験を行ってきた。

- ① 反射波に関する実験
- ② 斜め入射波に対する反射特性に関する実験
- ③ ケーソン全体に働く波圧・波力に関する実験
- ④ 洗掘に関する実験

このうち、①の反射波に関する実験は構造条件を選定するまでを規則波により、最適構造の選定後は不規則波によりそれぞれ実施した。本報では、平成元年度から実施している③について報告することとする。なお、①、②の概要は既報^{2),3)}に述べた。また、④についても平成元年度から実施しているが、これは別の機会に報告することとしたい。

2. 波圧に関する水理特性とケーソン全体に働く波力

2-1 波圧実験の方法

波圧実験は図-2に示すとおり、一端に波面検出型吸収式不規則波造波装置を有する両面ガラス張りの2次元造波水路(長さ28m, 幅0.8m, 高さ1.0m)において規則波で実施している。水路床は水路後端部から15.6mの位置から5m区間を1/25勾配、続いて7.0m区間を1/100勾配としてあり、残り3.6mの部分は水平床である。模型堤体は前述①の反射波に関する実験結果から得られた最適構造条件、すなわち前面スリットの開孔比 E_1 が0.2、後面スリットの開孔比 E_2 が0.12、2段目底板位置-8.8cm、遊水部の割合2:1について行っている。この構造条件の2段スリット堤の各部材に働く波圧分布特性を把握するために、スリット部材、床版部に小型半導体波圧計(PSL-200, 4.5mm ϕ)および遊水部背後の直立壁に大型波圧計(PGM-02 KG, 12mm ϕ)を取りつ

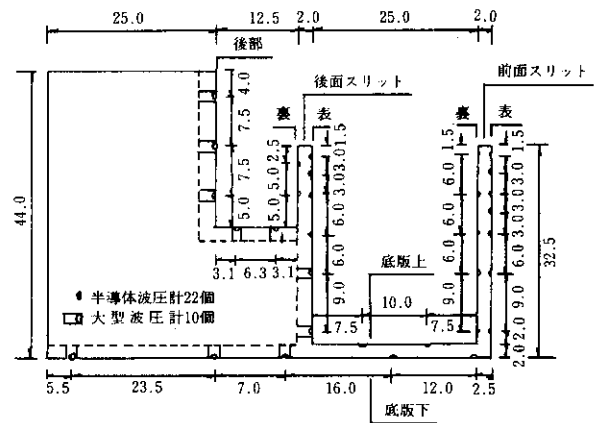


図-3 波圧計配置図

けて実験を行った。図-3は、この波圧実験に用いた模型と波圧計の取り付け位置を示したものである。ケーソン本体は厚さ20mmの亚克力製で、別に製作した真鍮版に半導体波圧計を取りつけたものを堤体スリット部の前後壁、床版部に固定し一体化している。マウンドは碎石で形成しているが、ケーソン堤底部に取りつけてある鉛直力用の波圧計の受圧面に碎石が接触しないように金網でマウンド全体を被覆している。また、堤体模型は水路床勾配変曲点から4.28mの位置に設置している。

波圧計測の方法は、起波後堤体前面における波高が安定してから波数にして10~15波分の増幅器からの波圧データをA/Dコンバータを介して、サンプリング周波数20Hzでデジタル化した。

解析方法は、変換後の各面ごとの波圧を配置による重みづけを行って平均同時波圧とし、さらに各面ごとの最大波圧時における他の面の同時波圧も力の作用方向を考慮し合成している。

2-2 波力実験の方法

ケーソン全体に働く全波力は、波圧実験による各部材に働く波力の同時性を考慮した合成波力を考えればよいが、2段スリット堤のような構造の場合、ケーソンに働く波力分布は非常に複雑になり、厳密な形でこれを定式化するにはいたっていない。

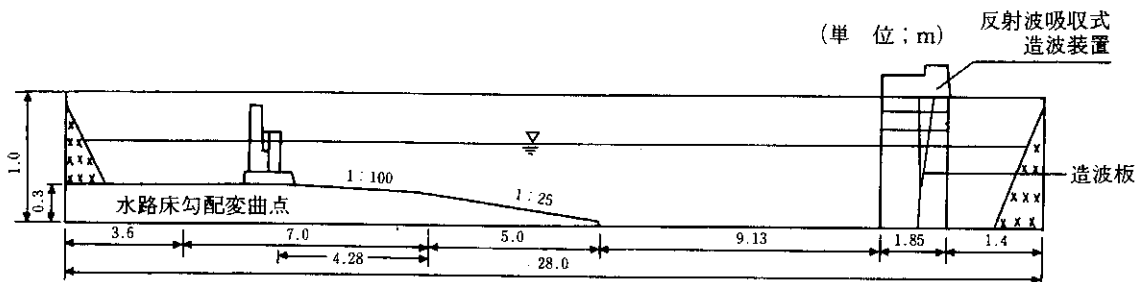


図-2 実験施設

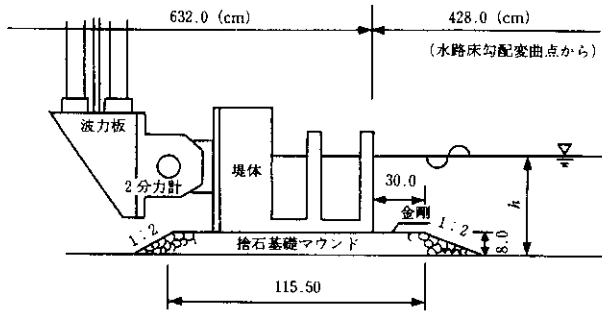


図-4 2分力計取り付け図

そのため、全波力に関する実験では2分力検出器を用いて行った。この2分力検出器は防水型で、図-4に示しているようにケーソン背面の水中で模型を剛結し、これによってケーソン全体に働く波力の水平成分 F_H 、鉛直成分 F_V を測定するものである。

また、架台に固定した昇降装置に2分力検出器を剛結し、ケーソン模型をつけたまま上下に移動できる。今回の実験では、金網で覆われている捨石マウンドとの間に1 cm 程度の間隔を設け、ケーソンがマウンドに接しないようにしている。

なお、測定系の固有振動であるが、これは測定用ケーソンを取りつけた検出器の特性によって決まる。2分力検出器を用いた実験の場合、測定用ケーソンと取り付け金具を含めた空中重量は27.3 kgf である。固有振動は連成運動であるため複雑であるが、試験結果によると空中で34 Hz、減衰定数 β は0.04 程度であった。したがって、2段スリット堤に働く衝撃力の作用に対する応答が問題となるが、今回の実験では応答値そのまま整理している。

2-3 実験ケース

本実験においては、ケーソンなどの構造条件は一定にしておいて、水深や波の条件を変化させた。表-1はその水理条件をまとめて示したものである。

実験水深 h は堤体設置位置で30.4 cm, 35.4 cm, 37.4 cm の3ケースで、こうした水深の変化は潮位の変化に対応するもので、これによって h_c (静水面からスリット天端までの高さ) の値は10.1~3.1 cm の範囲となる。周期 T は1.05~2.37 sec の範囲で6種を選んでおり、これと3種類の水深により B/L (B : 遊水部の幅 41.5 cm, L : 堤体設置水深における波長) の値は0.096~0.281 の範囲となる。波高 H は各周期条件ごとに非砕波から砕波までの波を対象とし、それぞれ5種類を選定した。

2-4 波圧実験の結果

直立消波ケーソンに期待される性能として、通常直立堤では衝撃的な波力が働く場合でも直立消波ケーソンを適用すれば波力が減じられることがある。このことは、

表-1 水理条件

水深 (h) (cm)	周期 (T) (sec)	波 高 (H) (cm)				
30.4 ($h_c=10.1$)	1.05	7.0	8.0	11.0	12.8	14.4
	1.18	9.1	10.9	12.8	14.9	17.7
	1.35	8.8	10.9	12.9	15.3	19.0
	1.52	11.0	10.8	14.9	16.7	18.7
	1.86	7.2	9.5	11.8	13.8	14.8
	2.37	8.6	10.1	12.7	14.5	15.7
35.4 ($h_c=5.1$)	1.05	8.3	10.5	12.0	14.6	16.1
	1.18	8.7	10.7	12.5	15.1	17.6
	1.35	11.5	13.7	15.7	17.2	18.2
	1.52	11.8	13.8	15.6	17.5	20.8
	1.86	9.1	10.5	12.5	14.0	16.3
	2.37	7.7	9.9	12.2	15.5	17.1
37.4 ($h_c=3.1$)	1.05	7.7	9.6	11.5	13.7	15.0
	1.18	8.7	10.9	12.8	14.5	18.5
	1.35	11.8	13.7	15.5	17.5	21.5
	1.52	12.3	13.9	16.0	18.2	20.8
	1.86	12.0	13.8	15.8	17.6	19.3
	2.37	11.0	14.1	15.5	18.6	20.5

縦スリットケーソンや曲面スリットケーソン⁵⁾で、こうした特徴が確かめられており、2段スリット堤の場合も通常のスリット堤と基本的には大きな違いはない構造である。

本波圧実験では全波力を直接測定していないので、各測点の波圧強度を用いて、次に示す時点における各スリット面の波圧分布よりその水理特性を求めた。

すなわち、図-5に示す前面スリット壁(A1面)、後面スリット壁(B1面)あるいは直立壁(C1面)での水平波圧がそれぞれ最大のときの時点における全水平波圧 P_H とそのときの全鉛直波圧 P_V を図-6~14に示し

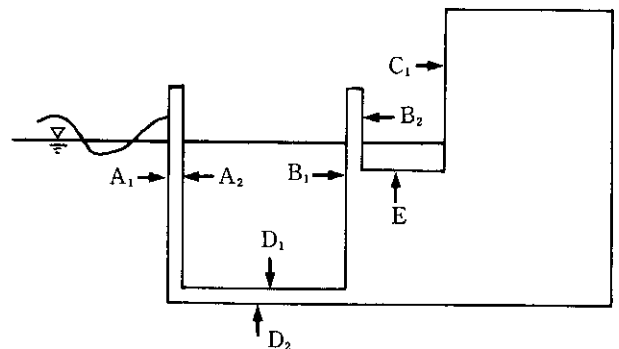


図-5 波圧測定面の位置

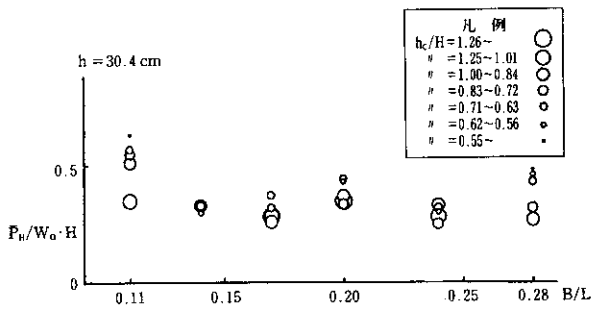


図-6 A1面が最大水平波圧時における全波圧 (hc=10.1cm)

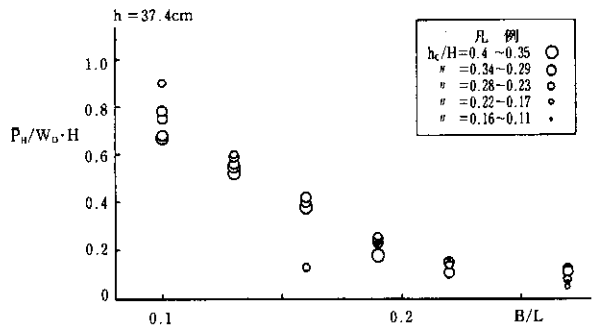


図-8 A1面が最大水平波圧時における全波圧 (hc=3.1cm)

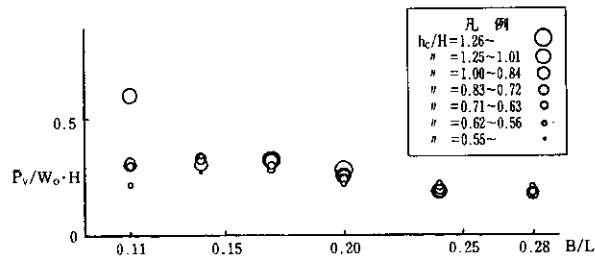


図-7 A1面が最大水平波圧時における全波圧 (hc=5.1cm)

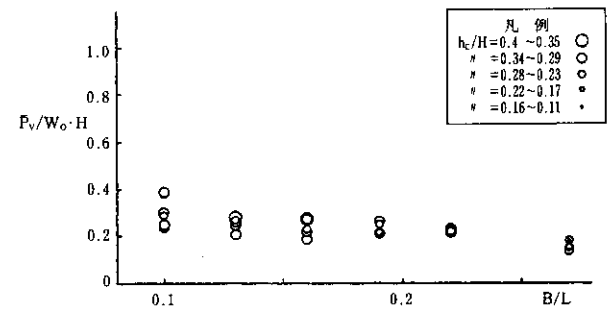


図-9 B1面が最大水平波圧時における全波圧 (hc=10.1cm)

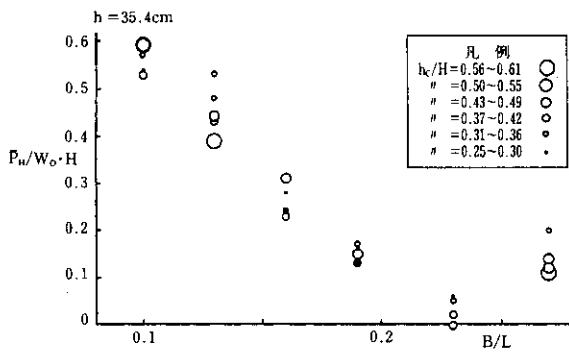


図-10 B 1 面が最大水平波圧時における全波圧 (hc=5.1cm)

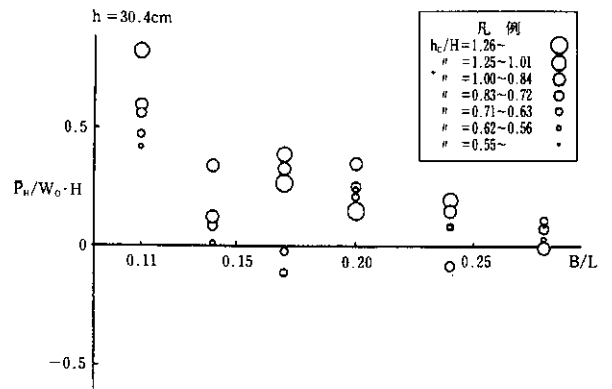
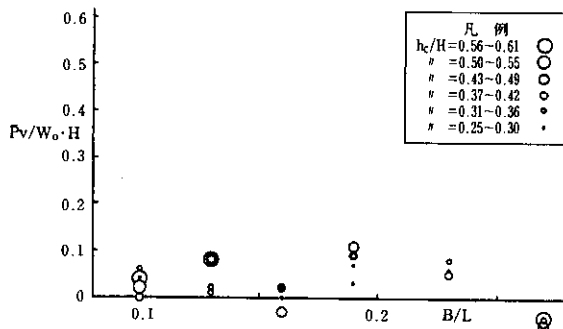


図-12 C 1 面が最大水平波圧時における全波圧 (hc=10.1cm)

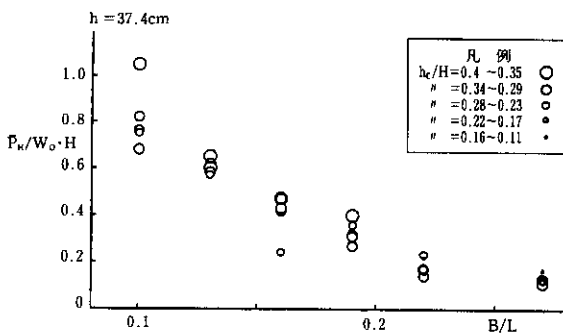
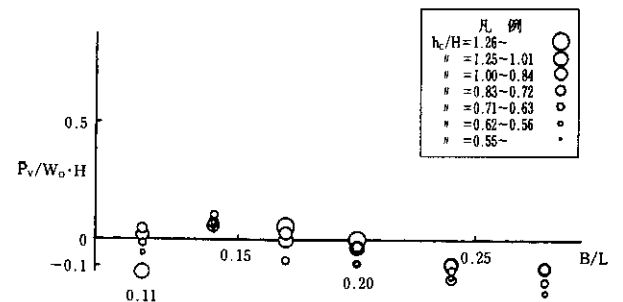


図-11 B 1 面が最大水平波圧時における全波圧 (hc=10.1cm)

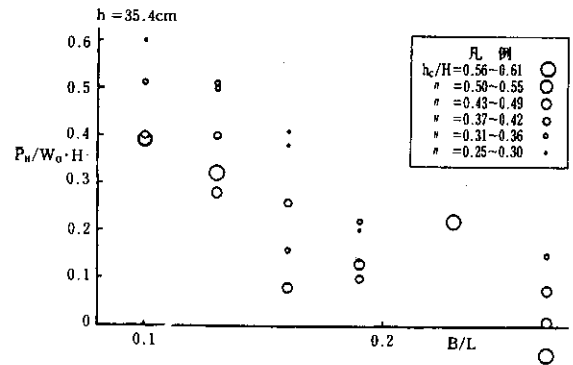
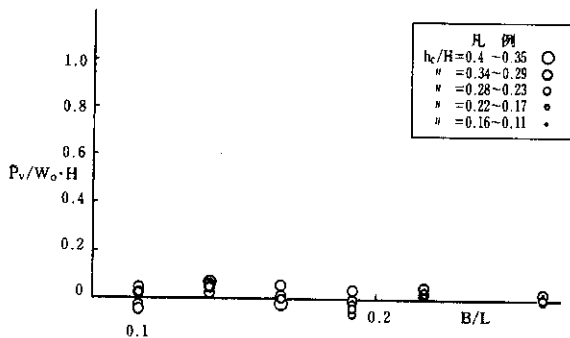
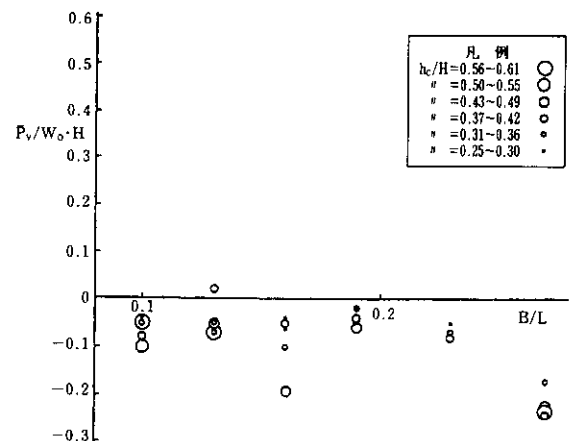


図-13 C 1 面で最大水平波圧時における全波圧 (hc=5.1cm)



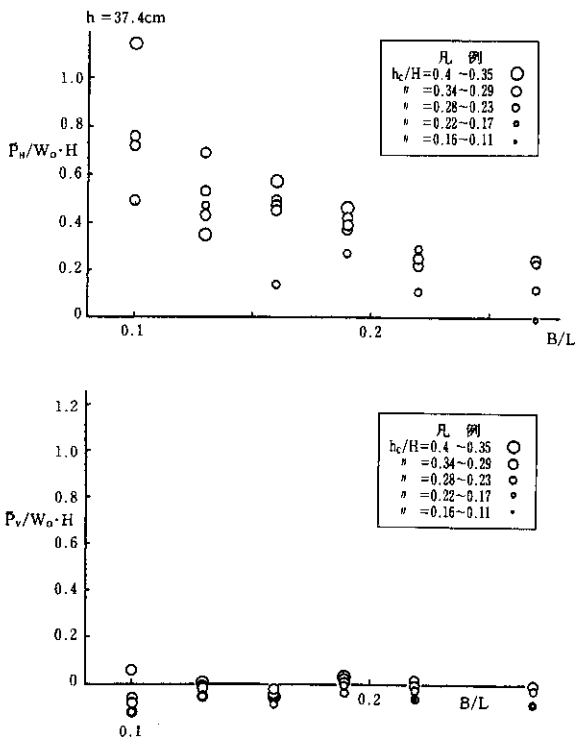


図-14 C1面で最大水平波圧時における全波圧 ($h_c=3.1$ cm)

である。図中では h_c/H をパラメータとして、横軸に遊水部の幅 B と堤体設置水深における波長 L との比 (B/L) を、縦軸に全波圧を $W_0 \cdot H$ で割って無次元化したものを

プロットしている。全水平波圧 P_H は、それぞれの分担作用面積を乗じて加え合わせた全水平力をケーソンの波に直面する面の投影面積で除して得たものである。すなわち、遊水室部分を無視してケーソン壁全体に作用する平均波圧分布と考えることができる。

1) 潮位と周期による水平波圧強度の変化

図-6 に示す潮位が低い条件 ($h_c=10.1$ cm) の場合、A1面が最大波圧時の全水平力強度は、 $B/L > 0.14$ で一定となっており、波の周期による変化がほとんどない。この潮位の条件では、前面スリット壁上端からの越波はほとんど生じない。したがって、B1面およびC1面に作用する波圧はスリット壁からの透過波によるものである。ここで、A1面が最大時における他の面での同時波圧がどのように分布しているかを、周期別を示したものが図-15である。全水平波圧はA1面における波圧が突出して大きく、そのときのB1面とC1面の同時波圧は非常に小さいかまたは負の波圧が作用している。また、 $B/L < 0.2$ になるとA1面の波圧が減少し、逆にB1面の波圧が大きくなっている。このことは、図-16に示すように潮位が前面スリット壁の上段スリット孔と下段スリット孔の間の横ばり直立壁部に位置しているためと考えられる。すなわち、周期の短い $B/L \geq 0.2$ では進行波がこの横ばり部により遊水室への透過が妨げられ、周期が長くなると ($B/L < 0.2$)、スリット壁からの波の透過率が大きくなることと、横ばり直立壁部からの越波量も多くなるためと考えられる。

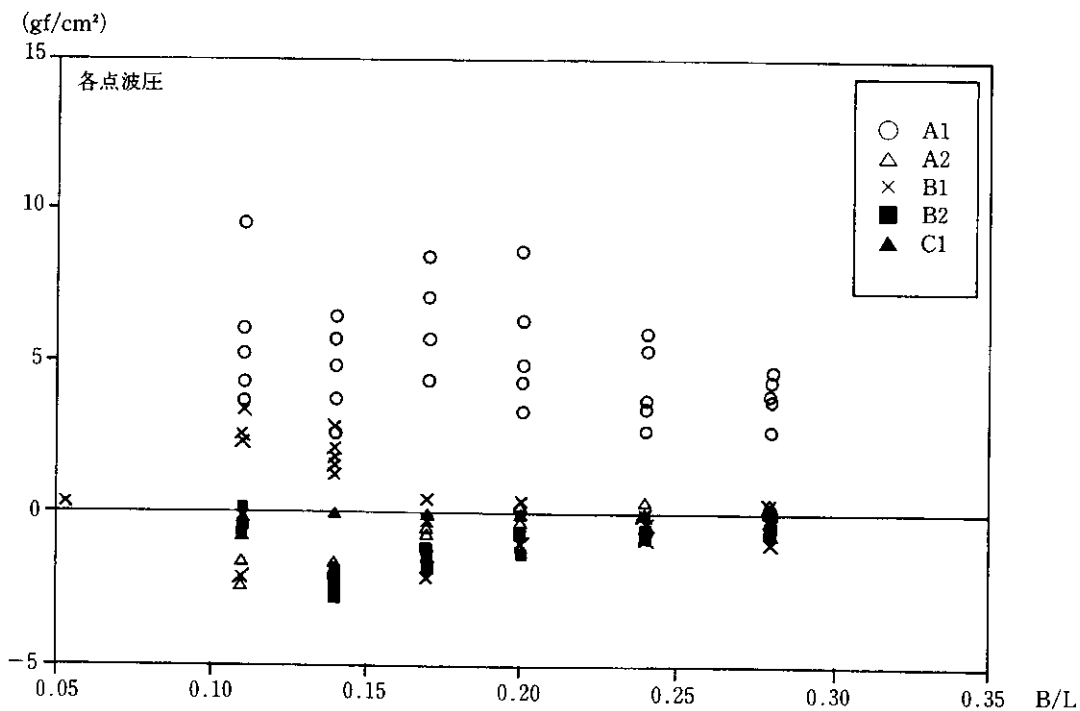


図-15 A1面最大時の他面での同時波圧分布 ($h_c=10.1$ cm)

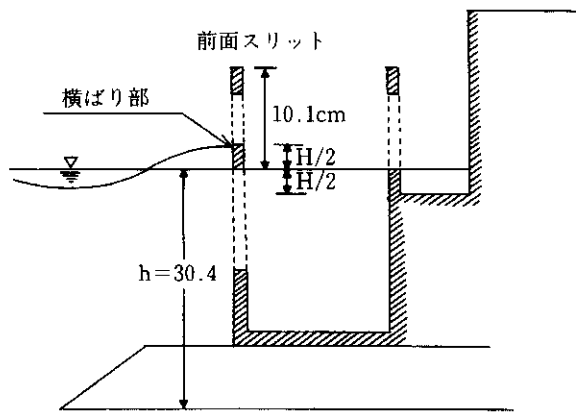


図-16 波峯部と横ばり部の関係

潮位が高くなると透過波はもとより越波による影響が現われてくるため、図-7、8に示すように全水平力強度は全体として波の周期による依存性が大きくなっている。また、潮位が高くなるほどケーソン全体に与える波圧は大きくなっている。

次に、B1面が最大波圧時の全水平力強度は、図-9に示す潮位が低い条件 ($h=30.4$ cm) では、A1面が最大波圧時の場合 (図-6) と同様に、全体としての周期による依存性がない分布特性を示している。B1面が最大時における他の面での同時波圧を周期別に示したのが、図-17である。+側に働く面を大きさの順にみると、B1面の次にA1面、A1面の次にC1面となっている

が、C1面については周期が長くなるとわずかであるが+側に大きくなるものの、ケーソン全体に働く波圧として占める割合は微少である。-側についてはA2面が一番大きく、次いでB2面となっている。周期が長くなると+側のB1、A1の波圧が比例的に大きくなるが、逆に-側のA2、B2も同程度に大きくなるためケーソン全体に働く波圧として打消し合い、トータル的には周期による変化が少ない結果となっている。これは、2段スリット堤の特徴でもある貯水効果によるものと考えられる。すなわち、潮位が低い場合、後面スリット壁後部遊水室の底版位置は潮位より-2.4 cmの高さで、また後面スリット孔の下端位置は潮位とほぼ同じ高さとなるため、この2段遊水室内に透過波が侵入すると水位は上昇し、引波になったとき、遊水部に閉込められた水塊は時間的な遅れを生じながらスリット孔よりA2面に向かって流出される。この流出が続いている間に次の前面スリット孔からの透過波がB1面に押寄せ、+側波圧として作用するとき、A2面では水位上昇と戻り流れによる-側波圧として大きく作用するため、結果的には波の周期による依存性がほとんど表われていない。

潮位が高くなると、A1面が最大波圧時の場合と同様に周期による依存性が強くなり、またケーソン全体に働く波圧も大きくなっている。

次に、図-12~14を見ると、C1面が最大波圧時の全水平力強度は周期が長くなれば大きくなり、また潮位が高くなるほど全体として大きな波圧が作用し、周期や潮

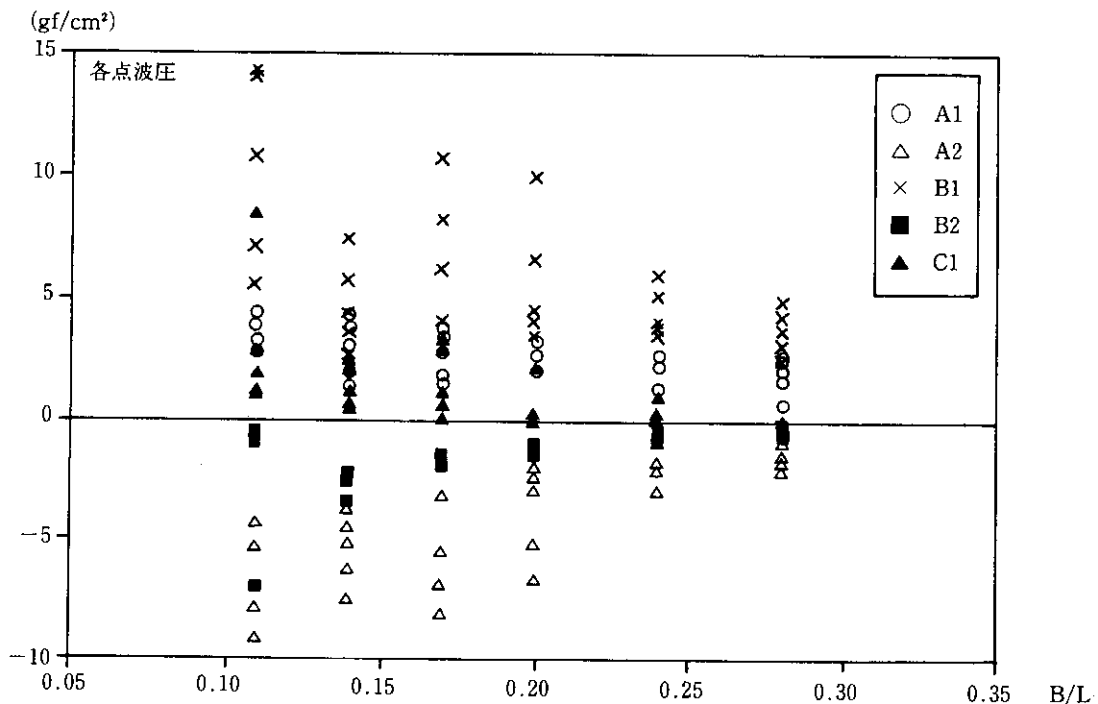


図-17 B1面最大時の他面での同時波圧分布 ($hc=10.1$ cm)

位との比例関係は比較的良好である。また、一部のデータでケーソン全体に働く波圧として負圧を示しているものがあるが、これは引波時に生じる2段遊水部における貯水効果のためと考えられ、低潮位の場合ほど表われやすい。C1面は2段スリット堤の受圧面としては最奥部に位置しているため、一波あたりの作用波圧は時間的に一番遅れて作用することになる。このため、前面スリット壁付近で引波時においてもまだ2段遊水室では貯水効果により水位が多少高くなっており、B1面およびC1面では+側に波圧が作用しているにもかかわらず、ケーソン全体としては結果的には一側の波圧が卓越した場合と考えられる。

次に、図-18~20はA1面、B1面、C1面のうちのどの面が最大時のときケーソン全体に作用する水平波圧が一番大きい、潮位別に示したものである。潮位が一番低い $h=30.5\text{ cm}$ のときは、全体としてA1面が最大時のときケーソン全体に働く波圧として一番大きく支配しており、 $h=35.4\text{ cm}$ から $h=37.4\text{ cm}$ へと潮位が高くなるにつれてB1面からC1面へと支配面が移っていることがわかる。また、3潮位を合わせてB/L別に見ると、B/Lが0.2以上の場合はA1面が、それ以下ではC1面がそれぞれ支配しており、波圧の大きさとしてはC1面が支配している方が大きい。ただし、C1面の受圧面は小さいため波力としての絶対値は、A1面、B1面よりも小さくなるため注意を要する。

2) 鉛直同時波圧の変化

各面ごとの最大水平波圧時における鉛直同時波圧は、潮位や周期にほとんど関係なく一定に作用している。鉛直波圧の大きさはA1面での水平波圧が最大時のとき一番大きく、次いでB1面、C1面の順になっている。C1面が最大水平波圧時の場合、その同時鉛直波圧は負圧を示しているものが多い。すなわち、波圧は上から下に向かって作用していることになり、ケーソン全体の安定性を見地からみれば安全側となる。前述したC1面の最大水平波圧時における水平波圧が大ききとしては一番大きい、鉛直同時波圧が負圧か小さいためトータル的にはバランスよく機能していることになる。また、鉛直波圧の大ききとしてはA1面の最大水平波圧時における場合が大きい、A1面における水平波圧の大ききとはC1面と比較して小さいため、トータル的にはケーソン全体に大きな波圧は作用しないことになる。

3) 波高による水平波圧強度の変化

通常のスリットケーソン堤はほとんど越波を許さない程度の天端高を有しているため、波高の違いによる変化は少ない。2段スリット堤の場合はスリット天端が低い、静水面からの天端高さ h_c と波高 H の比によっては堤体に作用する波圧は異なってくる事が考えられ

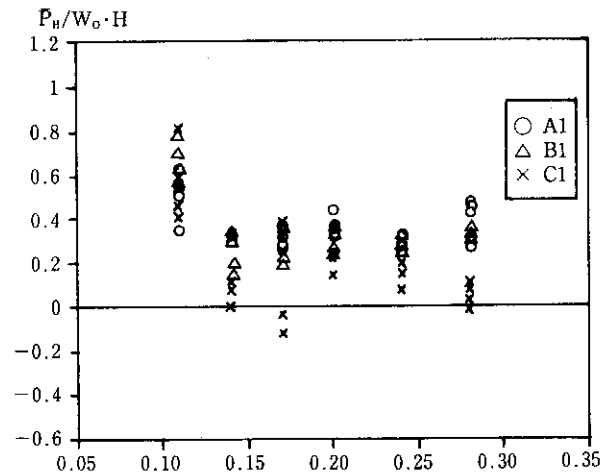


図-18 各面最大時の全体波圧 ($h=30.4\text{ cm}$, $h_c=10.1\text{ cm}$)

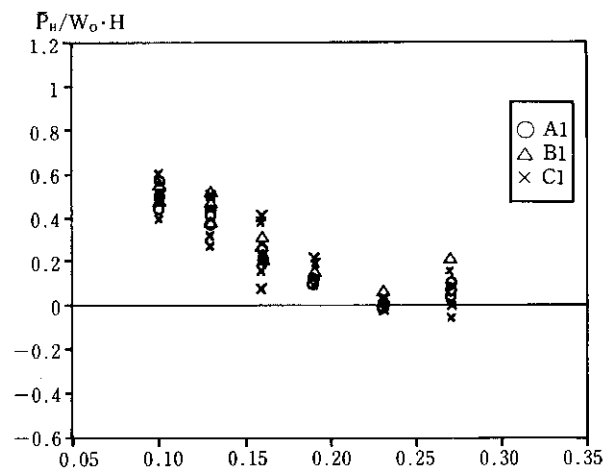


図-19 各面最大時の全体波圧 ($h=35.4\text{ cm}$, $h_c=5.1\text{ cm}$)

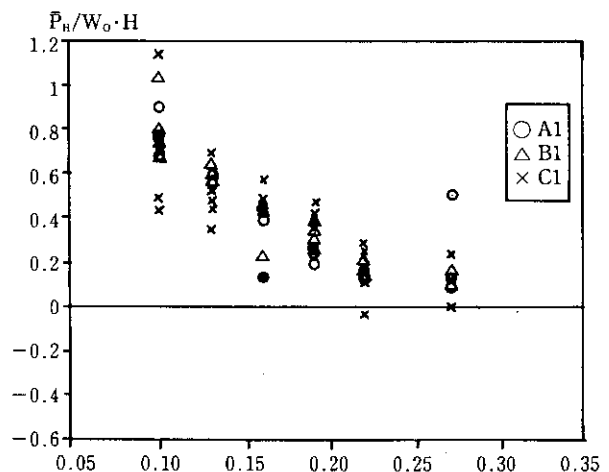


図-20 各面最大時の全体波圧 ($h=37.4\text{ cm}$, $h_c=3.1\text{ cm}$)

る。

図-21~23はB/Lをパラメータとし、横軸に h_c/H を、縦軸に $P_H/W_0 \cdot H$ を示しプロットしたものである。A1面の波圧最大時における全水平力強度は $h_c/H > 0.4$ 以上になると波高への依存性は小さく、ほぼ一定となっている。しかし、B1面およびC1面の波圧最大時においては h_c/H が大きくなるにつれてケーソン全体に働く波圧はおおむね小さくなっており、波高にも依存していることが推測される。また、 $h_c/H < 0.4$ で、かつ $B/L < 0.13$ になるケーソン全体に働く波圧は急激に大きくなる傾向がみられる。

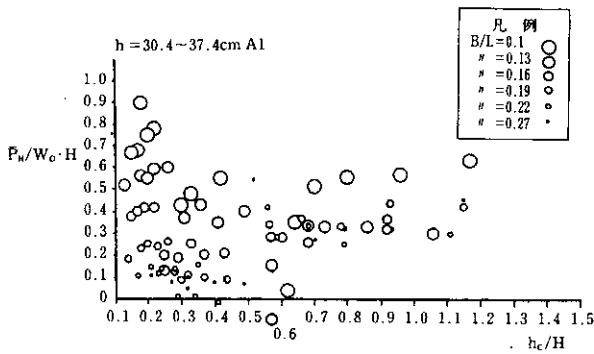


図-21 A1面最大時における全波圧

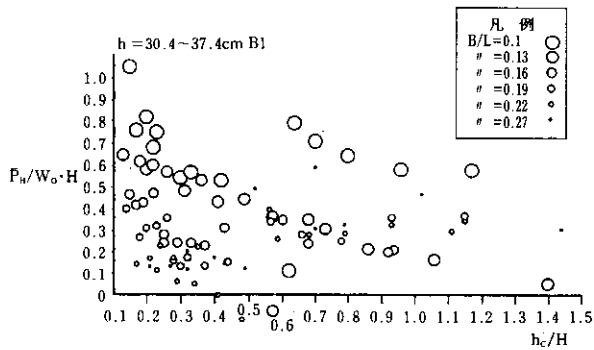


図-22 B1面最大時における全波圧

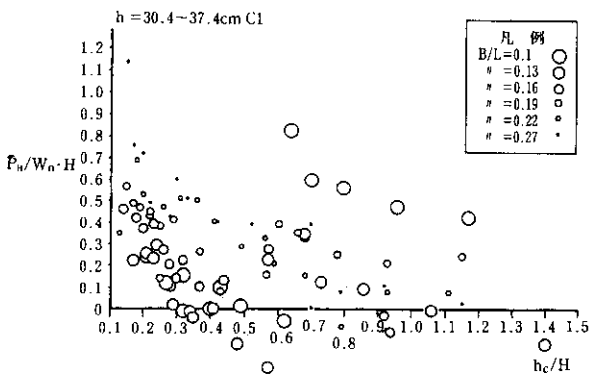


図-23 C1面最大時における全波圧

なる傾向がみられる。

2-5 波力実験の結果

図-24に測定記録の一例を示す。図中の縦の実線は水平波力、破線の鉛直波力の最大値を示している。鉛直波力の最大値は、水平波力の最大となるときより、時間的に前である。このときの水平波力はピーク値より前なので、小さい値を示している。水平波力が最大となったときに鉛直波力は急激に低下しており、負のピークを示しているケースがある。これは、遊水室底版に下向きの力が働き、それが堤体底面に働いている揚圧力より卓越したことを表わしている。

1) 水平波力の最大値

図-25は、水平波力の最大値とそのときの鉛直波力を波高に対してプロットしたものである。ただし、水平波力は平均波力強度 P_H で、また鉛直波力は前面壁から三角分布で働くときの前端での波力強度 P_U で表わしている。結果はばらついており、周期による傾向も明確なものではない。 P_H は $1.0 W_0 \cdot H$ 以下の範囲にある。ここで、負の値については、前述の測定記録の例で述べたとおりである。

2) 鉛直波力の最大値

図-26は堤体底面に働く鉛直波力が最大のときの値とそのときの水平波力をプロットしたものである。結果は、 P_U が $1.0 W_0 \cdot H$ 以下、 P_H が $0.5 W_0 \cdot H$ 以下であることから、堤体底面に働く鉛直波力が最大となるときの水平波力は小さいことが明らかである。

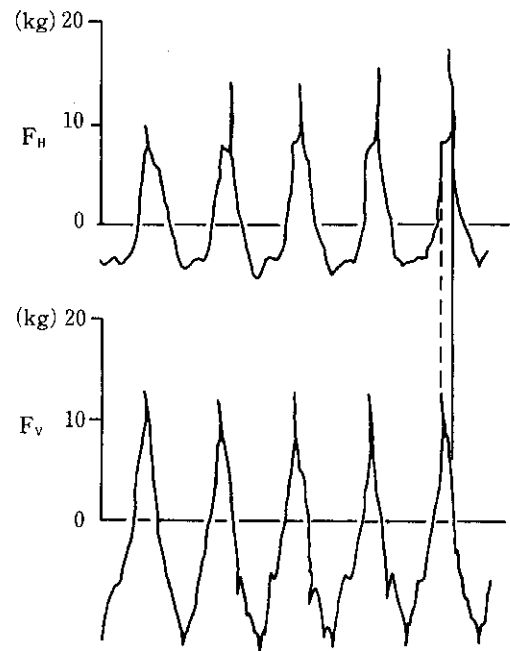


図-24 測定記録の例

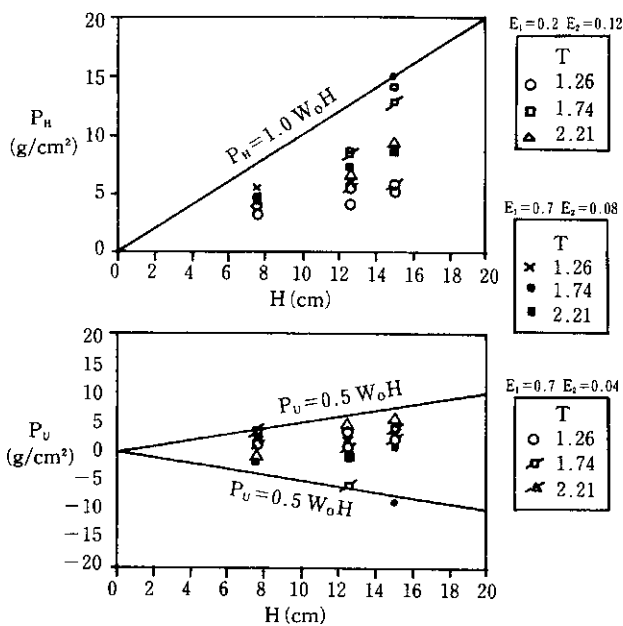


図-25 水平波力の最大値

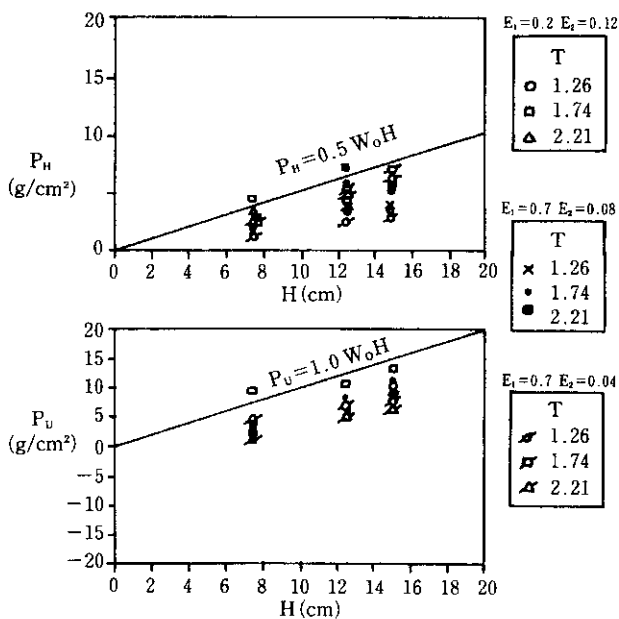


図-26 鉛直波力の最大値

3) 合田式による比較

水平波力と鉛直波力の最大値を調べたが、鉛直波力が最大となるときには水平波力が小さいので、滑動に対しては水平波力が最大となるときの方が厳しいと考えられる。よって、ここでは水平波力の最大のときの値を用いて検討する。

図-27 に示すように、遊水部を無視したケーソン本体に波圧が作用するとして、合田式による水平波力 F_{HG} 、鉛直波力 F_{VG} は次の式で与えられる⁶⁾。

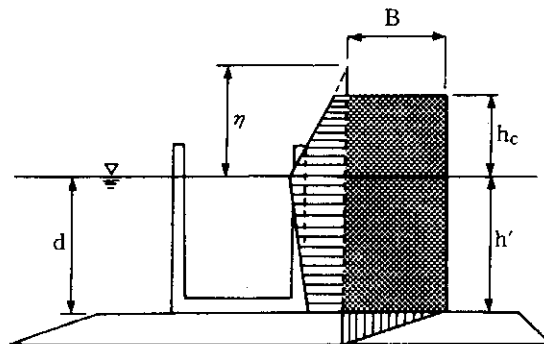


図-27 仮想波力の分布

$$F_{HG} = \frac{1}{2} \left\{ 1 + \alpha_3 + (1 + \alpha_4) \frac{h_c^*}{h'} \right\} (\alpha_1 + \alpha_2) w_0 H h'$$

$$F_{VG} = \frac{1}{2} \alpha_1 \alpha_3 w_0 H B$$

ここに、

$$\alpha_1 = 0.6 + \frac{1}{2} \left[\frac{4 \pi h/L}{\sinh(4 \pi h/L)} \right]^2$$

$$\alpha_2 = \min \left\{ \frac{h_b + d}{3 h b} \left(\frac{H}{d} \right)^2, \frac{2 d}{H} \right\}$$

$$\alpha_3 = 1 - \frac{h'}{h} \left[1 - \frac{1}{\cosh(2 \pi h/L)} \right]$$

$$\alpha_4 = 1 - h_c^*/\eta^*$$

$$h_c^* = \min \{ \eta^*, h_c \}$$

$$\eta^* = 1.5 H$$

図-28 は横軸に波高 H 、縦軸に実験による水平波力 F_H および鉛直波力 F_V を合田式による計算値 F_{HG} 、 F_{VG} に対する比で示したものである。なお、実験による水平波力および鉛直波力は時同波力ではなく、水平・鉛直波力別にそれぞれの最大値を用いている。実験結果はばらついているが、データのほとんどは $F/F_c = 1.0$ 以下にあるも

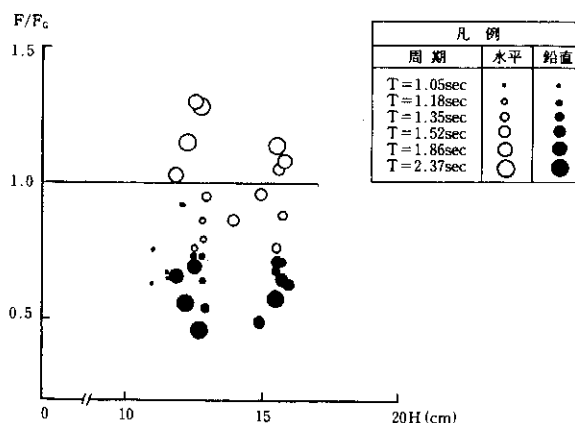


図-28 合田式による比較

の周期が長い場合の水平波力の比に $F/F_G \approx 1.3$ に達することもあるが、鉛直波力の比は 0.6 以下で、同時波力ではさらに小さくなると考えられる。しかし、前述した波圧実験の結果からも、ケーソン全体に作用する大きな衝撃波力は生じていない。

したがって、おおむね合田式を準用できるものと考えられる。

3. まとめ

本実験で得られた 2 段スリット堤の波圧・波力特性に関する主な結論をまとめると、以下のとおりである。

- ① 周期が短い場合 ($B/L > 0.2$)、周期による水平波圧の変動が少なく、ケーソン全体にかかる水平波圧は A 1 面に支配され比較的小さい。
- ② 周期が長い場合 ($B/L < 0.2$)、水平波圧は周期に比例し、ケーソン全体にかかる水平波圧は C 1 面に支配され、 $B/L \approx 0.11$ で急激に大きくなる。
- ③ 潮位が低い場合 ($h = 30.4$ cm) の水平波圧は、周期による依存性が比較的少ない。
- ④ ケーソン全体にかかる水平波圧が一番小さくなるのは $h = 35.4$ cm のときで、逆に大きくなるのは $B/L < 0.2$ で高潮位 ($h = 37.4$ cm) の場合である。
- ⑤ ケーソン全体にかかる水平波圧とその同時鉛直波圧は、水平波圧が大きいとき同時鉛直波圧は小さいが負圧で、逆に水平波圧が小さいとその同時鉛直波圧は大きい傾向を示している。
- ⑥ $h_c/H < 0.4$ で、かつ $B/L < 0.13$ になるとケーソン全体にかかる波圧は急激に大きくなる傾向がある。
- ⑦ 2 分力計による波力については、合田式による計算値と比較検討したが、おおむね $F/F_G = 1.0$ 以下にあるものの、一部データに 1.3 倍に達している水平波力も

ある。しかしながら、おおむね合田式を準用できるものと考えられる。

4. あとがき

以上、低反射型構造物として開発した 2 段スリット堤の波圧特性について、波圧データを中心に検討を加えた結果、2 段スリット堤に作用する波圧分布特性を明らかにできた。今後は、設計における構造諸元の決定方法や安定性の検討および部材計算に用いる波力条件の与え方について、さらには滑動や部材波力に関しても追加実験を行って、検討を加えていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 井元忠博・水野雄三・牛嶋龍一郎：新形式港湾構造物の開発，第 31 回北海道開発局技術研究発表会講演概要集，pp.861～868，1988。
- 2) 井元忠博・水野雄三・大村高史：遊水部を有する低反射構造物の水理特性について，第 32 回北海道開発局技術研究発表会講演概要集(4)，pp.299～304，1989。
- 3) 大村高史・水野雄三・井元忠博：斜め入射波に対する遊水部を有する低反射構造物の反射特性について，第 32 回北海道開発局技術研究発表会講演概要集(4)，pp.305～308，1989。
- 4) 合田良実：衝撃荷重の測定について—減衰振動系の衝撃応答特性について，港湾技術資料，No. 33，1967。
- 5) 谷本勝利・原中祐人・富田英治・和泉田芳和・鈴木諭司：曲面スリットケーソンの水理特性に関する実験的研究，港湾技術研究所報告，第 19 巻第 4 号，1981。
- 6) 運輸省港湾局監修：港湾の施設の技術上の基準・同解説，日本港湾協会，pp.119～121，1989。