

宮崎大学工学部 正員 吉高 益男

○はじめに 最近工業地帯造成のため水深 $9\text{m} \sim 10\text{m}$ くらいに直立護岸を設け、この護岸を揚岸用に利用しようとするものが多い。この場合護岸を二重にして埋立地を保護しようとする構想もあり、これについて神大で研究されている。(田中茂, 杉本修一: “水深の大きい埋立地護岸に作用する波浪対策に関する一研究”; 第12回海岸工学講演会; 昭和40年11月)

鹿児島県営事業団で行われている牟礼郡の埋立工事はミナスを水搬送工法により搬送し埋立てているもので、護岸位置の水深は -20m をこえていて、かちりの越波が予想される。しかし観光上とかのため又岸をあまり高くしえない意向がある。このため二重護岸構想が考えられた。この構想の機能はまだ明確でないため宮崎大学にて実験を行った。

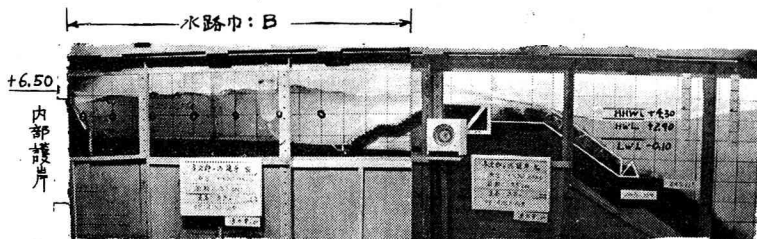
この構想に臥在潜堤の実験は多いが、透過率の性質を調べるものが多く、透過後の波動はあまり調べられていない。最近東京大学においてこの波動を調べ、潜堤を一種の波起しと見做して規則波を発生させ、その減衰された計数に加わって透過後の波動にあらわしている。(熊川清司, 小森修蔵: “潜堤による風波の減衰機構について”; 第15回海岸工学講演会; 昭和43年12月)

この実験では外部護岸大端でも広く、水面上にも出ているので、これを越える波によりある水域が形成され、その部分が副振動周期と同期し共振をおこすこともありうると思定し、波動の周期分析を行ってみた。明確な結果は出なかったが、水路部の水面波動について若干の傾向を知りえたのでここに報告する。

○実験方法 当学の長さ 30m , 中 1.15m , 高 1.2m の二次元造波水路に図-1 のような $1/30$ 模型を設置した。護岸水路中の満潮面 (HWL, $+2.90$) の長さを取り 1.75m , 1.58m , 1.38m , 1.18m (以下 1.8B , 1.6B , 1.4B , 1.2B とする) とした。実験波の周期は 1.37sec , 1.00sec (現地: 7.5sec , 5.5sec), 波高は 12.7cm , 14.0cm (現地: 3.8m , 4.2m) を主とした。水路内波動は図-1 の位置 (20m 間隔, 水路中により増減) にて容量式波高計により測った。この記録を $\Delta t = 0.09375\text{sec}$ 間隔に読みとり、宮崎大学電子計算機 (FACOM 270-20/30) にてパワー・スペクトルを計算した。なお内部護岸の越波量も測定した。これは波が相対的に加えられた後波動水定常になるまでと見わたるとき測定した。

○波動状況 図-1 のように同時に生ずる波の波の波長は $15\text{cm} \sim 25\text{cm}$ と $60\text{cm} \sim 80\text{cm}$ の場合がある。 $T = 1.00\text{sec}$ の場合は大体 $30\text{cm} \sim 40\text{cm}$ である。

図-1 実験水路および波動状況

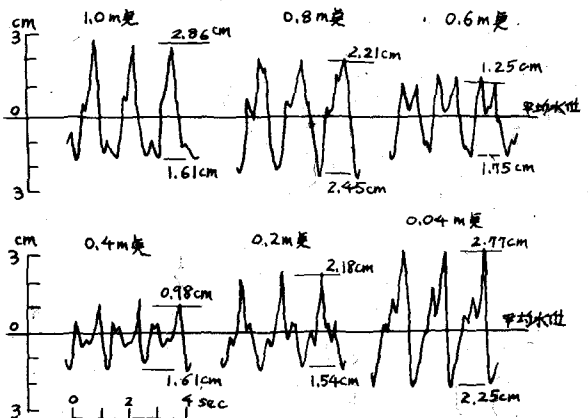
(B = 1.58m , 潮位: $+4.30\text{m}$, $H_0 = 12.7\text{cm}$, $T = 1.37\text{sec}$)

水深20cmでの1.37secの半周期(0.69sec)、四半周期(0.34sec)と1.00secの半周期(0.5sec)の波高は70cm, 20cm, 40cmであり大抵同じ長さで半周期、四半周期の波の高さがみられた。

波動現象の一例を図-2に、そのパワー・スペクトルを図-3に示す。外部護岸を越えた波の波は平均水位上下で谷より大きく昇り、水路と進むに従い谷の下りも大きくなり、内部護岸附近では波の波の上昇も大きくなる。水路と内部護岸に打ちあさる水全体として一つの振動をみせるとみられる。この波長1.2m~1.4mは $T=1.37\text{sec}$ の外移波長2.8m(水深83cm)の半分ぐらいである。

パワー・スペクトル(図-3)からみると厚板(1.37sec)のハーフ・波度は越えては小さくはなっていないが、だんだん減少してきて0.4mまではなっている。そして内部護岸前(0.04m)より大きくなる。半周期(0.69sec)のパワー・波度は外部護岸よりは同じ程度であるが、0.2mまでは消え護岸前では大きくなる。四半周期(0.34sec)は擾乱波とみられ1.0m、0.4m、0.04mに生じているが、半周期の0.2mで最も強くあらわれている。波動のエネルギーは越えてきたときと比べると小さく、だんだん減少し、内部護岸前で越えたときよりまた小さくなる程度で残っている。水路全体としての波動エネルギーが全体に均等化されず、副振動などにより部分的に消えるところがあるため、内部護岸前の波動は断片にしておき、内部護岸前の波動は断片にしておき、内部護岸前でより大きくなり、残る。

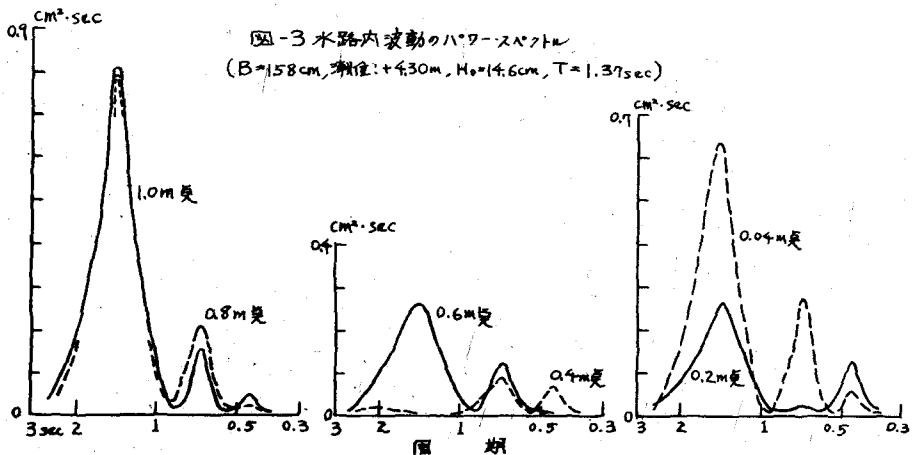
図-2 水路内波動
($B=158\text{cm}$, 潮位: +430m, $H_0=14.6\text{cm}$, $T=1.37\text{sec}$)



○水路中によるパワー・スペクトル変化

エネルギーが比較的小さくなる0.2m、0.4mのパワー・スペクトルを水路中の速いによって整理してみると図-4のようになる。これは厚周期(1.37sec)、半周期(0.69sec)の3つ大きいものを100%としてパワー・密

図-3 水路内波動のパワー・スペクトル
($B=158\text{cm}$, 潮位: +430m, $H_0=14.6\text{cm}$, $T=1.37\text{sec}$)



度の割合を固示したものである。但、位置ではパワースペクトルは大体同じ傾向をもっている。

図-4 水路中によるパワースペクトルの変化
(潮位: +4.30m, $T=1.37\text{sec}$)

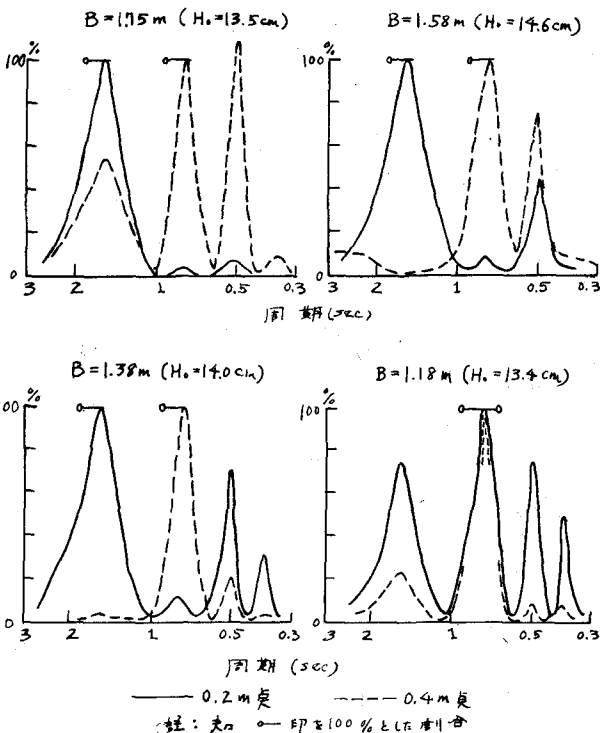
0.2m 度では 1.8B は原周期のみであり 1.6B で四半周期が生じ、1.4B で四半周期の割合は大きくなり八半周期もみられる。1.2B では半周期が最大となり、各周期が乱立して乱れははげしくなる。実験水路中水 1.15m であり、水路部は正方形に近く、そのため横方向の波もはいる雑音がみられるようにもなっている。

0.4m 度では 1.8B は原周期もなくなり残っているのは半周期、四半周期の割合がより大きくなっている。1.6B で四半周期は少し小さくなるが、原周期はなくなる。1.4B, 1.2B は半周期が卓越して雑音は消えている。

このように 1.8B と 1.2B は傾向が逆となり、1.6B, 1.4B はその中間を示している。そして 1.8B の 0.4m 度、1.2B の 0.2m 度のように小さな周期のはいりてくることは波高自身は小さいものである。1.8B, 1.2B のように 1.3 の周期のはいりものは、1.3 の外力はいりやすく比較的共振を起しやすいものである。

○各地度におけるパワー密度と波高比の変化 原周期と半周期のパワー密度は各地度において図-5 のような変化している。図-5 には波高比の変化も図示してある。水路内の波高 h は図-2 のようにして求めた波高 H に対する比で波高比とした。これは岩堤における透過率におたり各地度で違っていることは当然である。 $T=1.37\text{sec}$ で平均的な波高比は約 0.25 であり全体的な消波効果はあり、波高比の分布はやや複雑であるが原周期と半周期の合成によって生じた傾向と同じである。

$T=1.37\text{sec}$ の原周期のパワー密度は内部護岸前を大きく、それから減少して 0.4m で 0 に近い。それより遠くでは増加し 1.0m で極大となり 1.5m 近くで 0 になる。1.8B では内部護岸と 1.5m 間において 2 節の副振動の波高分布に傾向が同じにあるのがみられる。1.6B でも約 1.4m 間をそのよう傾向をもつ。 $T=1.37\text{sec}$, +4.30 潮位では水路水深は約 20m であり、2 節の副振動周期を水深 $l=1.5\text{m}$, 1.4m として $T=4l/(2m-1)\sqrt{gH}$ (m : 節の数, h : 水深) により計算すると $T=1.42\text{sec}$, 1.33sec となる。1.8B, 1.6B は原周期により共振を起す可能性をもつ。内部水深近くの割合は大きい。1.4B, 1.2B はパワー密度変化で完全な副振動型をみかす共振もはいつてない。半周期では 1.8B と 1.25m 間を 3 節、1.6B と 1.2m 間を 2 節の副振動型変化をみす。副振動周期は夫々 0.72sec, 1.14sec と



なり、半同期は1.8Bのときと振幅をこし、波高に強く影響しているようである。振幅をこすとは、もし同期同位をおぼわなければこのパワー密度は小さくなるということである。他の場合は振幅以外の条件によりパワー密度が大きいので、別に説明が必要であるということである。

$T=1.00 \text{ sec}$ のとき原同期ではおよそ0.8M、内部2層の副振動型になっている。このとき水路水深は約18cmであり、副振動周期は0.8secで振幅は約0.5cmである。半同期のときは約0.5cmの影響をはいったものである。

このようにみると $T=1.37 \text{ sec}$ で振幅が小さいのは原同期、半同期とも1.8Bのときで、波高も大きくなっている。このとき外海側は1.5m奥までの波高は約0.5cmであり、内海側は約0.5cmである。

沖からの越波と水路の入り波の干渉による効果は1.8Bで内部2層の水路側の角であり、1.2Bでは外海側の角である。また中は30cmある水路中を短くしてその影響は減ることは考えられておられる。

○内部2層の越波量 内部2層天端と水路水深との差により越波量を整理すると図-6とある。 Q は単位波同単位中あたり陸側に輸送される水量 $H_0 L_0 / 2\pi$ である。 Q/Q_0 は $10^{-3} \sim 2 \times 10^{-3}$ の程度であり、その値が小さい程度といわれている。

1.8B、1.6Bの場合はやはり高くなっている。1.2Bは最も少なく、1.2Bは中間にある。これは波高の説明から当然であろう。 $T=1.00 \text{ sec}$ のときは1.6Bより1.4Bより少ない。1.4Bは波高計算より少ないが $T=1.00 \text{ sec}$ に振幅が小さいのであつたのであろう。

○おわりに この検討は粗いもので、今後更に実験してみたい。この実験は鹿児島県庁の依頼によるもので、この機会をおかして下さることに對し、振内理事はじめ取組の方々に深く感謝の意を表します。

図-5 原同期と半同期のパワー密度および波高比変化

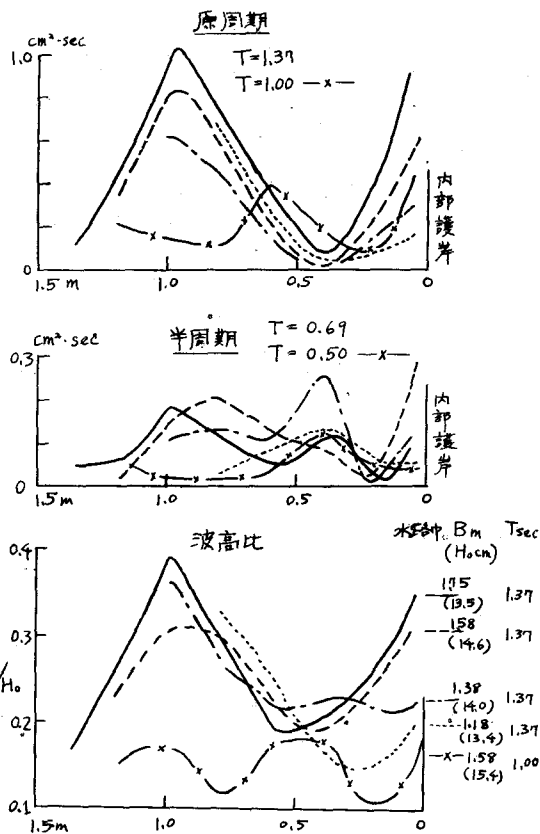


図-6 内部2層の越波量(無波)

