

名古屋工業大学 正員 石田 昭

京都市役所 神谷紀志

愛知県庁 竹内幹顕

1. はじめに

海岸防護方式は線的な防護方式から面的な防護方式へと変わりつつあるが、潜堤と養浜工とを組合わせて設置する場合も多くなってくるものと思われる。潜堤のもつ消波機能についてはいくつかの研究が見られるが、それらは入射波、反射波および透過波等の波高の変化を取り扱ったいわゆる定形波理論に基づく解析が中心であった。しかしながら、潜堤上では強い非線型効果によって波浪エネルギーが高次成分波へ移流し、潜堤通過後の波はほとんどの場合非定形波となる。このことは養浜部の海浜変形を考える場合には重要な問題を含んでいる。例えば波浪によって生ずる岸沖漂砂量を調べたHulsbergen¹⁾によると、底面流速に含まれる2倍周波数成分が基本周波数成分の10%になっただけでも沖向き漂砂量が岸向き漂砂量の10倍にもなり、かつ2倍波の位相差によっては正味の移動方向まで逆になることがある。このように岸沖漂砂量には流速波形そのものが大きく影響を与えている。したがって潜堤通過後の非定形波の特性を調べることは養浜の維持を考える上で重要な意味を持っている。本研究は一樣水深部に設置された潜堤上を通過する波を実験水槽内で計測し、その波数周波数スペクトルを解析して変形の特性を明らかにしようとするものである。

2. 実験方法

実験に用いた水槽は幅60cm長さ約30mの片面ガラス張りのもので、水槽中央部に高さ20cm、底面部4m、上部1mの台形潜堤（不透過）を設置した（図-1参照）。潜堤上および潜堤通過後の波形は容量式波高計を20cm間隔で移動させて計測し、各点で10周期分ずつの波形をデータレコーダに収録した。

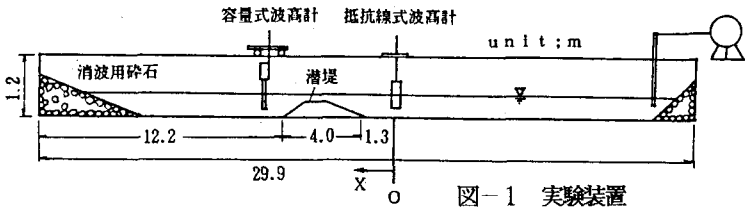


図-1 実験装置

表-1 実験条件

CASE	T(sec)	h(cm)	R(cm)	H(cm)	L ₀ (m)	L(m)	H/L ₀	H/L	U _r
1 7	1.13	30	10	4	1.99	1.63	.020	.025	4
1 5	1.65	30	10	4	4.25	2.61	.010	.015	10
1 4	2.49	30	10	4	9.67	4.13	.004	.010	25

得られた波形をA-D変換して、まず調和解析し、各周波数成分の場所的変化を調べる（図-2参照）。つぎに各周波数成分ごとに振幅値の変動の間隔を読み取り、この間隔で波数調和解析を行う。変形の特徴は入射波のアーセル数 U_r によって決まるが、ここでは水深を30cm（天端上水深10cm）、入射波高を4cmとし、周期だけを1.13秒（ $U_r = 4$ ）、1.65秒（ $U_r = 10$ ）、2.49秒（ $U_r = 25$ ）と変えたケース（表-1参照）についての解析例を報告する。

3. 実験結果

図-2は周波数成分の振幅が場所的に変化する様子を示したもので表-2は波数周波数スペクトル $A_{n,m}$ の値を示したもの、また、図-3は $A_{n,m}$ の波数と周波数の関係を模式的に示したものである。CASE-17は $U_r = 4$ の場合で、潜堤を通過しなければ定形波として進行するような非線型性の弱い波である。しかし、潜堤上での非線型干渉によって通過後には2倍周波数成分に規則的な変動が現れている。この変動の間隔（130cm）は二次波峰発生間隔として計算される値に一致している。このことを説明するために図-3には一樣水深部（30cm）での分散関係（実線）と天端上水深での分散関係（点線）とを示してある。まず、潜堤上で生じるNear-Resonanceによって点線上の B_1, B_2, B_3 等の自由波エネルギーが増える。しかし、通過後には実線上の A_{01}, A_{12} および拘束波の A_{02}, A_{03} 等へエネルギーが移るのではないかと考えられる。CASE-15と14は潜堤上で碎波が生じている例であるが、CASE-15の場合には基本周波数成分よりも2倍周波数成分のほうが振幅が大きくなっている。また3倍周波数成分にも規則的な変化が現れ、かつビート現象を示しているのがわかる。この場合基本周波数成分の変動間隔（400cm）は A_{02} と A_{12} の波数差すなわち

二次波峰発生間隔に一致している。3倍周波数成分に見られる変動間隔(120cm)は3倍周波数を持つ自由波 A_{3*} と拘束波 A_{13} との波数差に近い。表-2の振幅値をみると A_{33} とか A_{03} もかなり大きな値であり、ビート現象の原因となっているものと思われる。このように碎波が生じると高次の自由波が発生し、かつその他の拘束波にもエネルギーが移流して複雑な現象を呈することがわかる。CASE-14はアーセル数が一番大きい場合であるが、碎波後の変形が激しくなり、2倍周波数には A_{12} の波数より若干高波数の成分波(A_{2*} と表わした)が出現し、3倍および4倍の自由波 A_{3*} 、 A_{4*} も大きくなる。奇妙に感じられるのは基本周波数に現れる変動間隔(210cm)である。これは図中 A_{1*} で表示される波と A_{01} との波数差にも等しく、あるいは、 A_{3*} と A_{4*} との波数差にもほぼ等しいものである。一方この値は、進行波の波長413cmのほぼ半分でもあるので反射波の影響もあるものと考えられる。因みに潜堤と汀線までの距離は約12mであって、この間で反射波が定常重複波を起こしていることが考えられる。波数解析を負の波数方向へも拡張すると A_{01}' で示されるような A_{01} の反射成分が若干ながら検出できた。この場合の基本成分の変動は非線型干渉によって生ずる効果と反射現象による効果とが重畳して大きくなったものであろう。波数周波数解析の精度としてはあまり良いとはいえないが、潜堤通過波の特性を調べるには充分である。

表-2 波数周波数スペクトルの値

Amplitude \ CASE	17	15	14
A_{01}	1.6458	1.2455	1.3132
A_{02}	0.2753	0.7003	0.8569
A_{03}	0.0208	0.2759	0.3062
A_{04}	****	****	0.0897
A_{11}	****	0.0518	****
A_{12}	0.4785	1.2861	****
A_{13}	****	0.2310	****
A_{32}	****	0.3672	****
A_{33}	****	0.4061	****
A_{1*}	****	****	0.0986
A_{2*}	****	****	0.3458
A_{3*}	****	0.5736	0.5982
A_{4*}	****	****	0.3629
A_{01}'	****	****	0.0798
A_{02}	****	****	0.0349

unit:cm

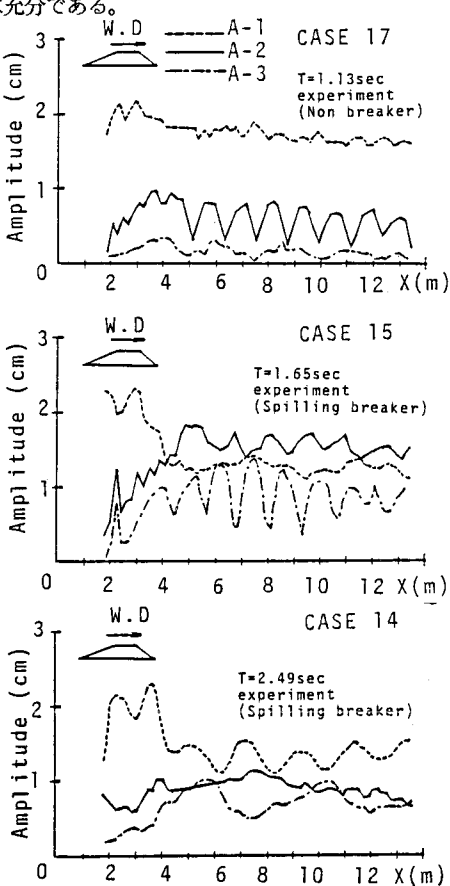


図-2 周波数解析の結果

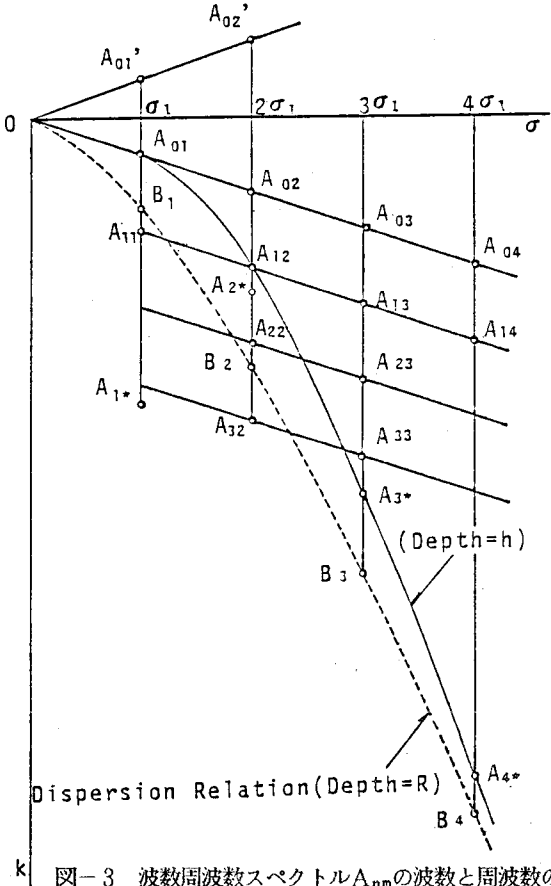


図-3 波数周波数スペクトル A_{nm} の波数と周波数の関係

参考文献: 1) Hulsbergen, C. H., Proc. 14th Conf. on Coastal Eng., 1974, pp. 392-411.