

II-8 海岸構造物近傍における波の変形に関する研究

北大工学部 (正) 佐伯 浩
 ○日本テトラポッド(株) (正) 笹尾 清貴
 北大工学部 (学) 許士 裕恭

(1) 諸言 海岸堤防、海岸護岸、離岸堤のような海岸の近傍に建設される海岸構造物、あるいは、防波堤のように比較的水深の大きい沖に建設される海岸構造物近傍の波は構造物による反射、回折の影響の他に、水深変化による屈折及び浅水変形の影響を受けるために、非常に複雑な変形をする。このような構造物近傍の波の変形特性をより明確にするために、最も単純な一様斜面上の重複波の変形特性を明らかにしようとするものである。重複波についての過去の研究の多くは、主に直立構造物に作用する圧力及び越波に関したもので、重複波の斜面上での変形についての系統的な研究は極めて少ないのが実状である。筆者等はすでに一様水深上での重複波の理論との適合性を時間波形、空間波形、碎波限界、平均水深の面から調べたが、本研究では、一様斜面上での重複波の一定水深で得られた各波の理論との適合性を調べることに、堤脚水深が小さい場合の進行波と重複波の中における波の変形についても調べる。

(2) 実験装置 及び 実験方法 実験は長さ24m、幅0.6m、深1mの両面ガラス張り鋼製水路で行った。床は $S=1/30$ の勾配とし、耐水パッキン板にビニール塗装して、できるだけ摩擦を小さくするようにした。また反射壁は厚さ2cmの鋼板に鋼アングルで補強したものを採用した。時間、空間波形の測定には、各波ごとに予備実験を行ない、重複波の腹部と節部の位置を確認し、その位置に抵抗計式波高計を10cm間隔に設置して測定した。波形の測定時間は定常な重複波となつてから、造波板からの再反射の影響を受けない範囲で行なった。また波形の記録はマイクロデータレコーダを採用した。また重複波の Wave set up, Wave set down の測定はデータレコーダで得た記録をシグナルプロセッサにより処理して求めた。

(3) 実験結果

(1) 一様斜面上での重複波の波形 水深勾配 $S=1/30$ での直立壁前面の腹部での時間波形の測定結果の一例を図-1に示す。

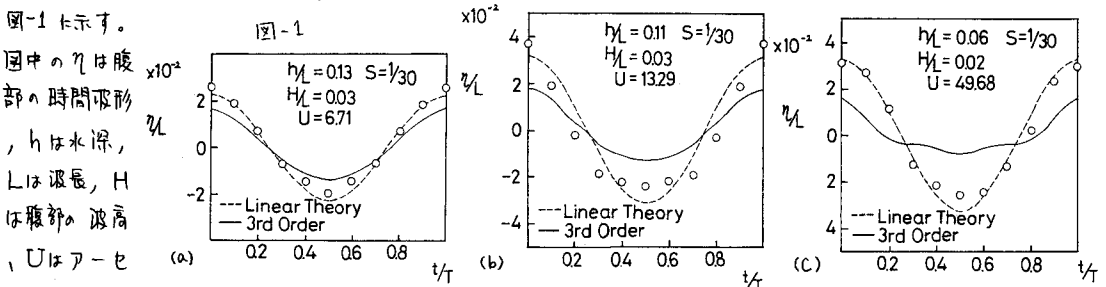
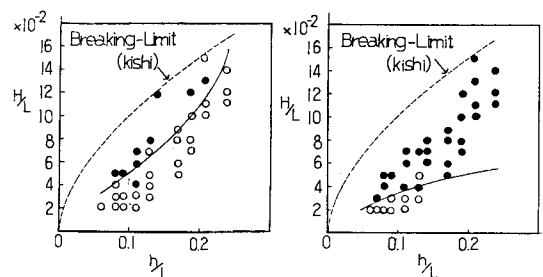


図-2

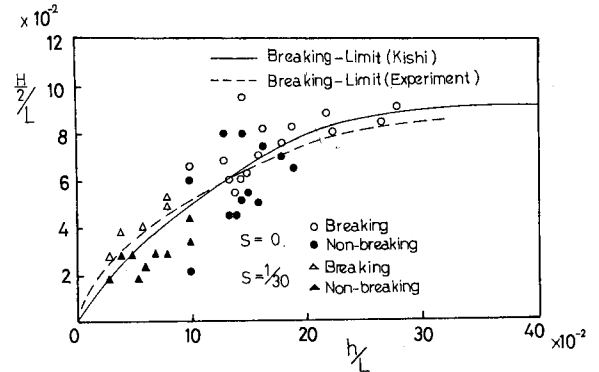
図-3



を示している。次に実測波形と微小振幅重複波理論の適合度と前と同様10%の許容誤差に調べたものが図-3である。図-3の○印が微小振幅重複波理論に適用できる波で、図中の実線の下側の領域が微小振幅重複波理論の適用範囲を示している。これに対して松野等は、水深一定での重複波の波形から各重複波理論の適合度を調べているが、本実験($S=1/30$)の結果と非常によく一致している。この事は、水深勾配が $S=1/30$ 程度においても、水深一定の場合の実測値の各理論への適合度と同程度に各理論に適合している事を示している。

(2) 一樣斜面上での重複波の破波限界 水深一定の場合における重複波の破波限界の実験では、Squet & Wallerの結果が有名である。これに対して岸の求めた2次近似の浅水重複波理論及びTadjbaksh & Kellerの求めた3次近似の有限振幅重複波理論はSquet等の結果と非常に良く一致を示している。等々 $S=1/30$ で重複波の破波限界を調べた。斜面上の重複波の破

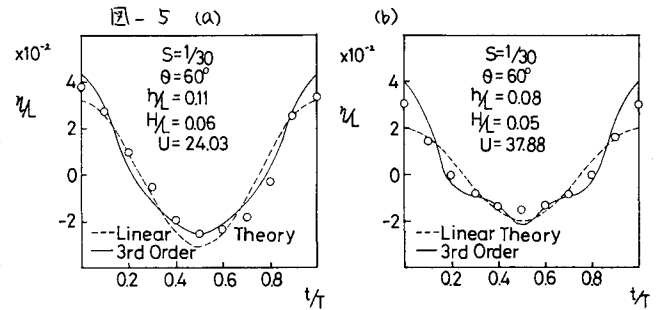
波は、破波時の波の諸元を測定する事が困難なためSquet等によって破波前、破波後に分けて測定した。結果を図-4に示す。図中の○印及び△印は、それぞれ $S=0$ 、 $S=1/30$ の破波していない場合を示している。●印及び▲印は、それぞれ $S=0$ 、 $S=1/30$ の場合の破波後を示している。図中の破線は我々の実験結果から求めた破波限界で、この実験による破波限界(実線)と非常に良く一致を示している。



。この事は、前の波形の場合と同じく、破波限界からみても、 $S=1/30$ における重複波は、有限振幅重複波理論がかなりの精度で適用可能である事を示している。

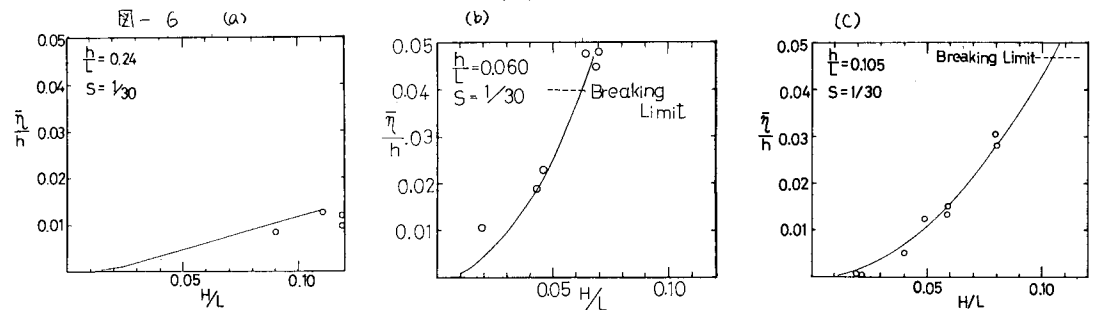
(3) 傾斜壁前面での重複波

今までは直立壁前面での重複波の各理論への適用性を調べたが、ここでは、壁面が水平面と 60° の角を有し、かつ、水深勾配が $S=1/30$ の場合の傾斜壁前面の時間波形を調べたものが一例を図-5に示す。アセチルガスを24程度では3次近似の有限振幅重複波理論によく一致している事が判る。この $\theta=60^\circ$ 、



$S=1/30$ の場合も、図-2、図-3に示した直立壁($\theta=90^\circ$)の場合とほぼ同程度に理論に一致する。この事は、埋脚水深が大きい、堤前面に重複波が形成されるような場合には、 $\theta=60^\circ$ 程度の傾斜式堤でも、直立壁と同程度に各重複波理論が適用可能であると示している。

(4) 一樣斜面上での重複波のWave Set up, Wave Set down



一般に一樣に傾斜した海岸に進行波が岸に向かって進む時、波高の増大とともに、平均水位は低下し (Wave set down), 砕波点で平均水位は最低になり。砕波後は波高は急激に低下するが平均水位は逆に上昇する (Wave set up)。これに対して重複波の場合には、腹部では平均水位は上昇し、節部では逆に低下する。Longuet-Higgins によると、平均水位 $\bar{\eta}$ は重複波の場合次の (1) 式で示される。

$$\bar{\eta} = \left(\frac{H}{4}\right)^2 \cdot k \cdot \coth 2kh \cdot \cos 2kx \quad \text{----- (1)}$$

($k = 2\pi/L$)

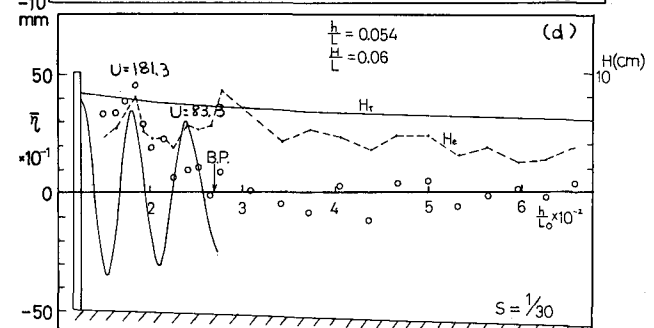
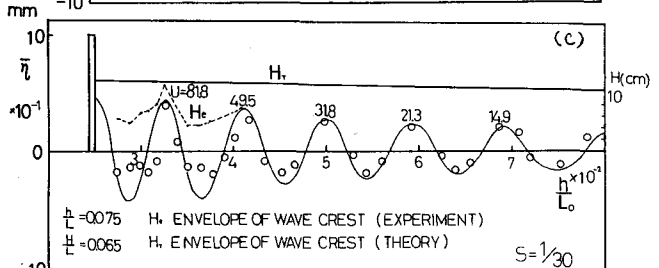
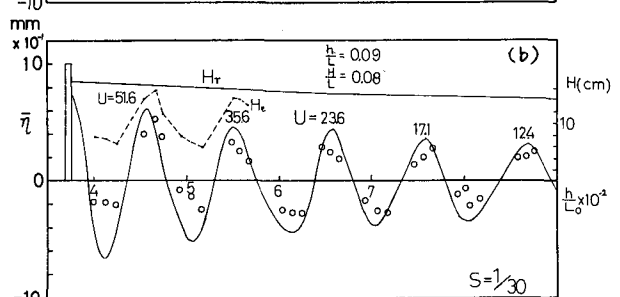
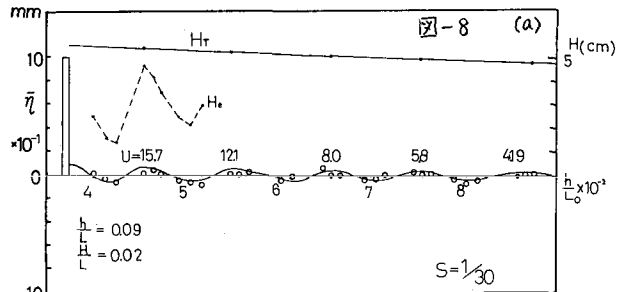
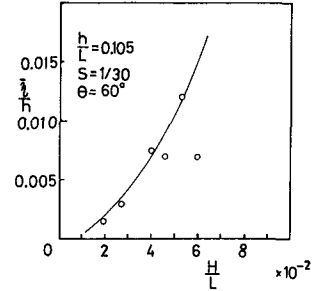
直立壁前面の重複波の腹部の平均水位の上昇量 $\bar{\eta}/h$ の実験結果と (1) 式で示される理論値との比較をしたものが図-6 である。P-セルに於 100 くらいでも実験値は理論値に非常に良く一致している。この平均水位の理論値の精度は、波形等よりもはるかに良い。

また、後述の様に述べるが、節部の Wave set down の量も、P-セルに於 100 程度までは (1) 式で示される理論値とよく一致する。次に図-7 に傾斜壁の場合の実験値を示す。 $\theta = 60^\circ$ 傾度では、直立壁の場合の結果と同程度で実験値は理論値と一致する。これは、前の波群の場合と同様に、傾斜壁の勾配が $\theta = 60^\circ$ 程度までは、前面の波は、ほぼ完全に重複波理論が適用できる事を意味している。

(5) 一樣斜面上での重複波の波高変化

図-8 に、直立壁前面の重複波の波高の変化を示す。図中の破線は、実測の重複波の各部の波高の包絡線を示し、それを H_e で表わしている。また、同図の H_T は微小振幅進行波として、浅水係数を用いて計算した波高を 2 倍したものである。図 (a), (b), (c) において、明らかなように、直立壁の近く近傍における重複波の波高 (腹部での) は、 H_T に非常に近く、この事は直立壁直前の重複波の波高が、簡単な微小振幅進行波の浅水変形計算から予測できる事を意味している。また図 (d) において、堤脚水深が非常に浅い場合の例を示したが、この場合の波は、斜面の途中 ($h/L_0 = 3.3 \times 10^{-2}$) で進行波の砕波をする波で、砕波点 (B.P.) より沖側では、波高は H_T に比べて非常に小さく、 $h/L_0 = 6 \times 10^{-2}$ 近傍では H_T の半分になっている事から、ほぼ進行波の波高変化を示し、砕波点より浅い領域では、

図-7



重複波の波高変化を以ていて、その波高(腹部の)も H^* に非常に近い値を示している。筆者等の結果から判断すると、沖波の諸元が与えられ、その与えら

れた水深が既知で、合田の進行波の破波指標から計算される破波水深 h_b が堤脚水深より大きい場合には、図(d)に示すような変形を示す事が明らかとなった。しかし破波点の位置は破波指標から計算される h_b よりも若干沖側である事が判明した。また、破波の波高も破波指標から計算される波高より大きく、前にも述べたように進行波としての微小振幅波の浅水変形より計算される波高の二倍にほぼ一致する。

(6) 平均水位の変化 図-8中の○印が平均水位の実測値であり、実験

の曲線が(1)式で示される理論平均水位の曲線である。図(a)は、アセル数 U が 4.19 ~ 15.7 まで変化しているが、重複波の腹部の set up, 節部の set down ともに理論値の実測値に一致している。図(b)では、アセル数が 35 以下の範囲では、set up, set down とも実測値は理論値に一致している。しかし、アセル数が 35 を越え、腹部の set up 量は理論値に一致するが、set down の量は理論値に比べて小さくなる。図(c)も図(b)の場合と同様にアセル数が 80 程度までは set up 量は理論値に一致しているが、set down はアセル数が 50 以下で理論値に一致する。図(d)は堤脚水深が小さい場合で、この場合は波高の変化のときと同じように、破波点より沖側では、ほとんどの場合 set down で、これは、この領域の波が進行波に近くなる事を示している。また破波後は、アセル数が 80 を越え、set up の最大値は理論値とほぼ同じが若干大きい程度であるが、その変化の様式は重複波の場合と全く違っており、進行波の set up の変化のしかたに似かよっている。以上の結果をまとめるとのが図-9である。図中の実測値は、直立壁前面の重複波の腹部の set up 量の実測値である。○印のA波は、Wave set up, set down とも理論値に一致する波で、アセル数 $U \leq 50$ の波である。△印のB波は、set up 量は理論値に近いが、set down の量は理論値に比べて小さい値を示す波である。この範囲は $50 < U < 150$ である。また▲印のC波は、進行波の破波後の波の場合で、set up のみ起る場合である。しかも、set up 量そのものの値も、重複波理論で計算される値よりやや大きめにあり、進行波の set up 量に近い値を示す。より明確にするために、 (H^*/L) と (h/L) で示したものが図-10である。 H^* は、線形の進行波理論として計算される波高である。また図中の破波限界は岸の求めた有限振幅進行波の破波限界である。図中の○印はA波に相当し、□印はB波を意味し、■印がC波を意味する。つまり、進行波の破波限界を超えようとする波は、事後波と進行波の中間的な波で、破波後にあっては、波高の変化は重複波形であるが、平均水位の変化は進行波の非線形型を示している事になる。

[参考文献] 岸力: 海岸堤防に関する研究—有限振幅の浅水重複波—, 建設省土木研究所報告, 第90号, 1955, Tadjbaksh & Keller: Standing surface wave of finite amplitude, Jour. Fluid Mech. Vol 8, 1960, 松野仁根, 斎藤浩司, 佐伯浩: 重複波理論の適用限界について, 第34回土木学会年次講演会, 1979, 許士裕泰, 山田満, 佐伯浩: 海岸構造物近傍の波浪の変形に関する研究, 第35回土木学会年次学術講演会, 1980

図-9

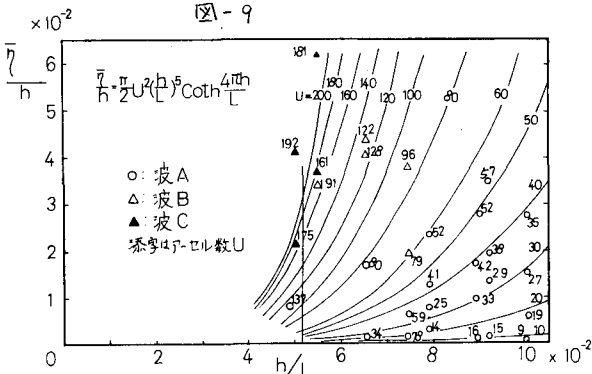


図-10

