不規則波よる代表打ち上げ高さに関する実験

東北工業大学　学生員　○菅原命士
東北工業大学　正　員　　高橋敏彦　相原昭洋

1. まえがき

近年、不規則波の代表打ち上げ高を定義する際に、入射波数を基準とした結果が報告[1]されている。また、斎藤ら[2]は不規則波の代表波高間の関係式を用いて代表打ち上げ高さ間の検討を行っている。そこで本研究は、不規則波の代表打ち上げ高さ Rx を入射波数と遡上波数の両方で定義し比較検討すると共に、打ち上げ高さ間についても検討することを目的とした。

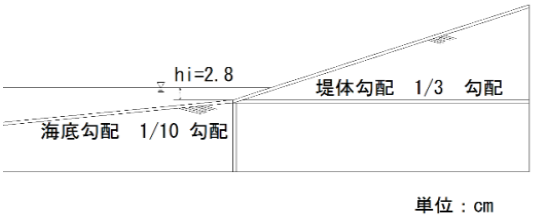

図-1 模型提体概略図

２．実験条件および実験方法

実験水路は、長さ 20.0m、幅 0.6m、高さ 0.7m の両面ガラス張りの造波水路を使用した。水路の一端にはピストン型反射波吸収制御付不規則波造波装置、他端には合板による 1/10 の海底勾配を作成し、その上に模型堤体を設置した。模型提体の法勾配は 1/3 とした。実験は一様部水深 h=32.8cm、有義波周期 $T_{1/3}$=1.18～1.28s、有義波高 $H_{1/3}$=1.0~10cm、法先水深・波長比 hi(法先水深)/L_0(沖波波長)=0.01 の 1 ケースである。波の打ち上げ高さは、目視観測を主としビデオカメラの観測を副とし、波が最も高く打ち上がった部分を読み取った。遡上波は 1~120 波目を読み取り、11 波目からの値を用いて解析を行った。入射波数は、一様水深部に設置した波高計で入射波 11 波目から 100 波を読み取った。波の打ち上げ波数は、入射波数 100 波の時間に対する波の遡上波数を、ビデオカメラを用いて一波一波詳細に測定した。波の打ち上げ高さ及び入射波数の計測は 3 回ずつ行い、その平均値を用いている。図-１に模型堤体概略図を示す。

３．実験結果及び考察

3-1. 各代表打ち上げ高さ Rx/H0 と沖波波形勾配 H0/L0

図-2 は、hi/L_0=0.01 における H_0/L_0 とそれぞれの各代表打ち上げ高さ R_x/H_0($R_{2\%}$:2%超過打ち上げ高さ、$R_{1/10}$：1/10 最大打ち上げ高さ、$R_{1/3}$：1/3 最大打ち上げ高さ、R_{mean}：平均打ち上げ高さ)の関係を示したものである。比較のため、1/20 海底勾配上に 1/3 勾配の堤体を設置した豊島らの滑面に対する規則波の実験曲線[3]も併記している。図より、当然ながら $R_{2\%}/H_0$、$R_{1/10}/H_0$、$R_{1/3}/H_0$、R_{mean}/H_0 の順に代表打ち上げ高さが大きい。また波形勾配 H_0/L_0 が大きくなるにしたがって、各代表打ち上げ高さ R_x/H_0 の値は小さくなっていく傾向を示している。

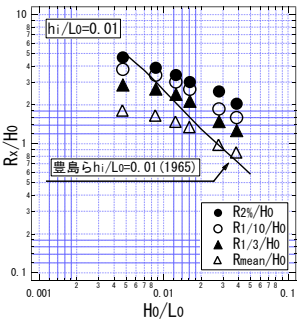

図-2 Rx/H0 と H0/L0 との関係

3-2. 入射波数と波の打ち上げ波数の検討

前述した様に、入射波数は一様水深部に設置した波高計の記録より読み取った。一方、波の打ち上げ高さの波数は、入射波数に対する遡上波数をビデオカメラの記録から一波一波読み取った。図-3(a)は、波の打ち上げ高さの模式図を示したものである。横軸は経過時間 t、縦軸は 1/3 勾配の法面方向の距離を表している。図-3(a)に示している通り、波の打ち上げ高さは、各ピーク値を読み取る方法と、汀線より沖側へ一旦戻ってから打ち上がる波の高さのピーク値を読み取る方法が考えられる。図-3(b)は、横軸に H_0/L_0、縦軸に入射波数 100 波に対する遡上波数を示している。青色で示しているのは、図-3(a)の例で示している①

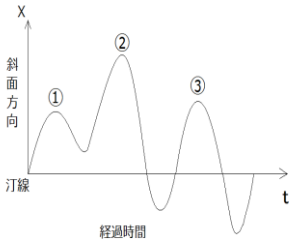

図-3(a)観測方法

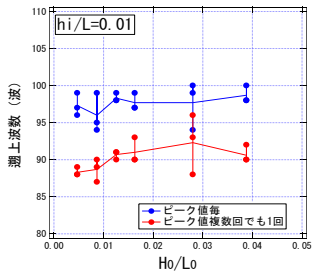

図-3(b)H_0/L_0 と入射波数の関係

キーワード：不規則波の代表打ち上げ高さ、入射波数、遡上波数
〒982-8577　仙台市太白区八木山香澄町 35-1　東北工業大学　工学部　都市マネジメント学科　TEL:022-305-3539

～③のように波の打ち上げ高さの各ピーク値を読み取った波数であり、赤色で示しているのは、図-3(a)の①と②の様に汀線上で再度打ちあがった波を一波として読み取った波数である。同一条件で3回ずつ実験を行っており、各 H_0/L_0 のバラツキを直線で示しており、そのバラツキの平均値を結んだ実線が、それぞれの波の打ち上げ波数の平均値を表している。図-3(b)より、青色の汀線上で再度打ち上がった波数も1波として読み取った波数は94～100波でありその平均値は約97.6波である。一方、汀線上で再度打ち上がった波も1波として数えた波数は、86～96波であり、平均値は約90.3波となっている。波の打ち上げピーク値を読み取った場合は、入射波波数の約98%、赤色の汀線上で打ち上がったピーク値が複数回でも1回として読み取った場合は約90%へと遡上波数が減少したことになる。図-4、5は $R_{1/10}/H_0$ と $R_{1/3}/H_0$ における遡上波数と入射波数を用いた波の打ち上げ高さの関係を示したものである。なお、各代表打ち上げ高さは、遡上波数100波と遡上波数100波に対する入射波数を換算した波数で計算している。図中の実践はratio=1.0を示しており、両図とも全体的に入射波数を用いた Rx/H_0 の値はそれぞれ当然ながら幾分小さな値を示している。その値は $R_{1/10}/H_0$ でピーク値毎が1.0でピーク値複数回でも1回とした場合が0.98となっている。$R_{1/3}/H_0$ では同様に0.99と0.97となっている。

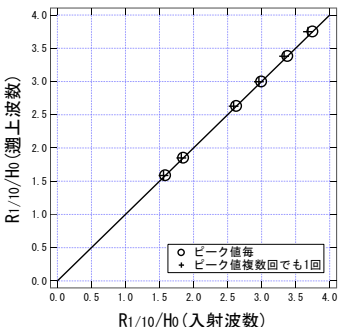

図-4 遡上波数と入射波数の関係 ($R_{1/10}/H_0$)

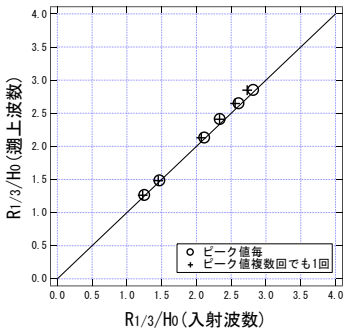

図-5 遡上波数と入射波数の関係 ($R_{1/3}/H_0$)

3-3. 代表打ち上げ高さの実験値と Longuet-Higgins[4]が示した代表波高間の関係式を用いた代表打ち上げ高さの比較

Longuet-Higgins は，不規則波の波高分布がRayleigh分布に従うとしてN(波の波数)=100とした場合の代表波高 H_x（H_{mean}，$H_{1/3}$，$H_{1/10}$，$H_{2\%}$，H_{max}）間の関係式を示した。斎藤らは，波の代表打ち上げ高さ Rx(R_{mean}，$R_{1/3}$，$R_{1/10}$，$R_{2\%}$，R_{max})間に置いても上述の関係式にほぼ従うことを示している。

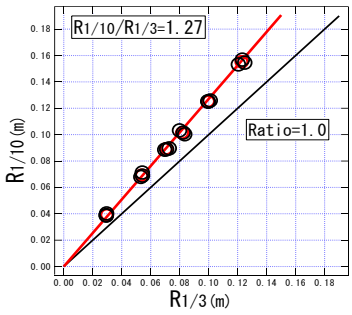

図-6 $R_{1/10}$ と $R_{1/3}$ の関係

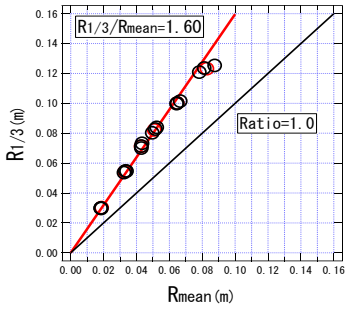

図-7 $R_{1/3}$ と R_{mean} の関係

図-6、7は h_i/L_0=0.01 におけるケースで、それぞれ $R_{1/10}$ と $R_{1/3}$ 及び $R_{1/3}$ と R_{mean} の関係を示したものである。図中の赤実線は、Longuet-Higgins が示した代表波高間の関係を示したものである。両図より、各代表打ち上げ高さ間の関係においても各代表波高間の関係とほぼ対応するものと思われる。

4. あとがき

不規則波による代表打ち上げ高さに関する実験を行った。波の打ち上げ毎のピーク値を読み取る方法と、汀線より沖側へ一旦戻ってから打ち上がる波の高さのピーク値を読み取る方法では遡上波数が入射波数に対してそれぞれ98%、90%と減少した。今回の遡上波数と入射波数を用いた波の打ち上げ高さの違いは、0～3%程度となった。各代表打ち上げ高さ間の関係においては、Longuet-Higgins が示した代表波高間の関係式とほぼ対応している。

参考文献

1) 例えば,玉田崇、間瀬肇、安田誠宏:複合断面に対する不規則波を考慮した打ち上げ高測定法に関する研究、土木学会論文集B2(海岸工学)、Vol,B2-65,No1,pp936-940,2009
2) 斎藤裕平，高橋敏彦，小林且幸，新井信一：傾斜護岸への法先水深を考慮した波の打ち上げ高さに関する一検討，土木学会論文集 B2 (海岸工学)，Vol.71，No.2,I_841-I_846,2015.
3) 豊島修、首藤伸夫、橋本宏:海岸堤防への波の打ち上げ高-1/20-,第12回海岸工学講演会講演集,土木学会,pp180~185,1964
4) Longuet Higgins,M.S:On the statistical distri-bution of sea waves,Jour.Marine Res.,Vol.XI,No.3,pp.245-266,1952