

II-11 港湾模型実験に関する考察 (4)

— 最小実験波について —

北海道工業大学 正員 村木 義男

北海道工業大学 正員 浜地 祐宏

1. まえがき

海岸、港湾の水理模型実験は、一般に、できるだけ大きな模型で行うのがよしとされている。模型が大きいと相似性のよい実験と行ない得るからである。しかし、大きな模型で実験を行なう場合、それなりに不都合なことがでてくる。大きな施設が要る、時間がかかる、多くの人手が要る、手間がかかる、多額の経費が要る等々である。このことだけからみると、模型実験は、できるだけ小さな模型でするのが望ましいということになる。これを要するに、模型実験は、必要精度の確保と前提に、できるだけ小さな模型で行うのが理想であると云えよう。

ところで、どの程度まで模型を小さくすることが許されるか。色々と要素がからむので、一概には云えないが、基本的には、模型波の大きさに大きく支配されきめられることになる。すなわち、許容最小実験波による縮尺制限である。

一般に波は進行するにしたがってその波高が減衰する。減衰の原因には、底面摩擦、内部粘性摩擦および水面境界異質層摩擦があげられている¹⁾。水面境界異質層摩擦は水の汚れ等に大きく支配される。水深がある程度以上あれば、水面境界異質層摩擦が他の摩擦に比し大きく影響することが示されている。それはそれとして、2、3日放置されてあるような通常の条件下の水槽の水に波を発生させたとき、どのくらい波高が減衰するのか、許容減衰限界波つまり許容最小実験波とどのように見種かはよいのか、これがわれわれにとっては、現実的なこととして重要なことである。

この研究は、模型実験で使用可能な最小の波はどのようなものであるかと、ガラス水路を用い、実験的に詳しくわきしらべたものである。

2. 実験方法

実験に使用した水路は、図-1に示すような、巾深さともに40 cm、両側面ガラス張りのいわゆるガラス水路である。一端にフラツフ型造波板を設け、他端に消波斜面を設けたものである。全長15 mである。実験水深は28 cmである。

造波板の位置および波高測定位置は、図に示すとおりで、測定は5カ所、間隔は2 mである。測尺1における波高を入射波高とし、これから2 m離れたごとの波高を H_{2m} 、 H_{4m} 、 H_{6m} 、 H_{8m} 、とし、 H_{im}/H_0 で減衰度合

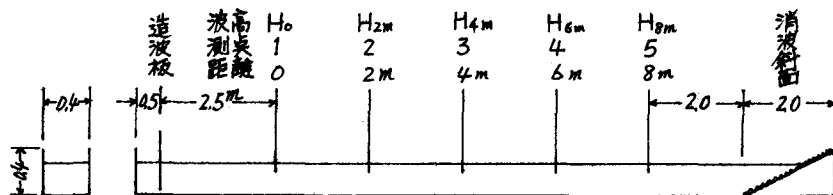


図-1 実験水路

をみることにした。

波高測定は、計測技研製容量式波高計によった。キャリブレーションは、実験前後約2時間ごとに実施し、両者間に変動のない場合のみデータとして採用した。測定は、各ケース2回実施し平均をとった。波長測定は、水路側面からの写真撮影により行つた。2回の平均をとつてある。

実験の種類を一覧に示せば表-1のとおりで、周期9種、波高各周期につき4~8種である。

3. 実験結果と考察

前記したように、入射波波高 H_0 と100とした場合の各測定の波高すなわち $(H_m/H_0) \times 100$ をもって、波高

表 - 1

区分	周期 (秒)	波長 (cm)	波 高 (cm)				
1	0.28	15.2	1.04	1.42	1.64		
2	0.31	21.2	1.34	1.54	1.72	1.90	
3	0.37	28.5	1.38 2.88	1.94	2.37	2.65	2.83
4	0.42	34.7	1.40 3.91	2.08	2.66	2.96	3.49
5	0.48	43.6	1.20 3.83	2.03	2.37	2.92	3.45
6	0.53	48.0	1.08	1.69	2.16	2.71	3.17
7	0.57	58.7	0.99 3.44	1.58	2.04	2.61	2.93
8	0.63	64.2	0.90 3.28	1.46	1.88	2.37	2.76
9	0.67	75.5	0.85 2.89	1.37 3.42	1.72 4.11	2.14	2.51

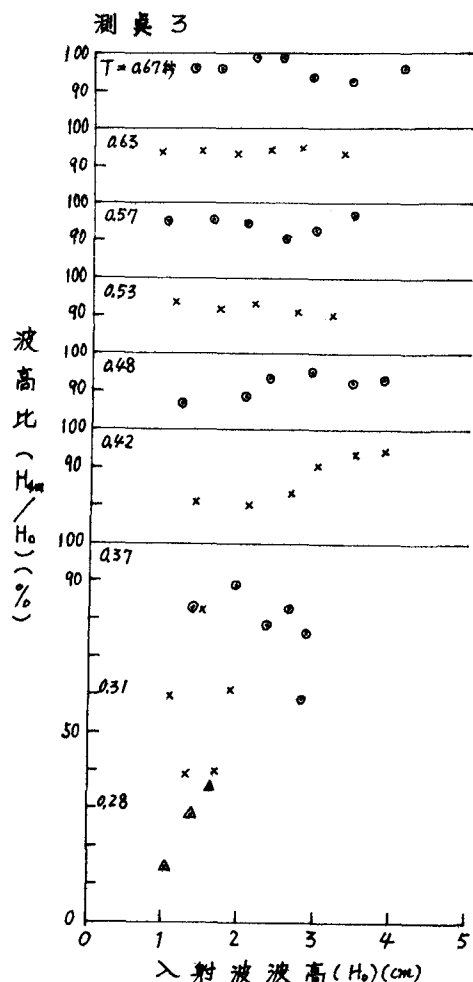


図 - 2

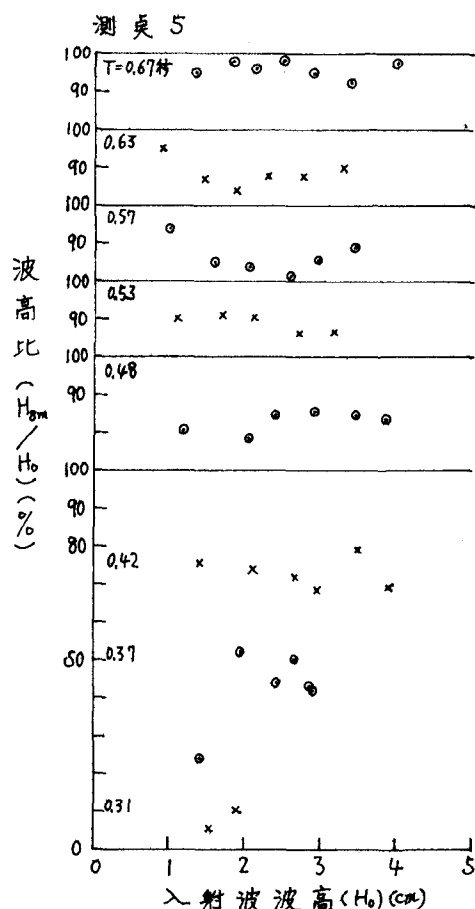


図 - 3

の減衰割合をしらべることとした。

(1) 入射波高と減衰との関係

入射波高の大小によって、各測点において、波高減衰の割合がちがうかどうかをしらべてみた。結果の例として図-2と図-3を示した。図-2は、進行距離4m測点3、図-3は進行距離8m測点5におけるものである。いずれの場合も、周期の短い0.37秒以下については、ばらつきが大きく一定の傾向はみられない。0.4秒台では、測点3については波高が小さいと減衰が大き、傾向がみられるが、測点5についてはほとんどちがいがな。周期0.5秒以上の波については、両測点とも、入射波高の大小による減衰の割合のちがいはないといてよいように判断される。このことは、測点2および測点4についてもみとめられた。

(2) 進行距離と減衰との関係

図-4Ⅰ、図-4Ⅱは、横軸に波の進行距離 x m、縦軸に波高比 $(H_{im}/H_o) \times 100$ をとり、進行とともにどのように波高が減衰していくかと、各周期の波についてみたものである。前記のことから、周期同一なる場合、入射波高の大小による減衰のちがいはないものとし、すべて同一種類のデータとしてプロットしてある。各周期ごと、プロットされた点に対してできるだけ忠実な平均的曲線を描いてみると図のようになる。進行距離と減衰との関係は、この図に現われている範囲では、周期の短い波については直線的とは云えないが、周

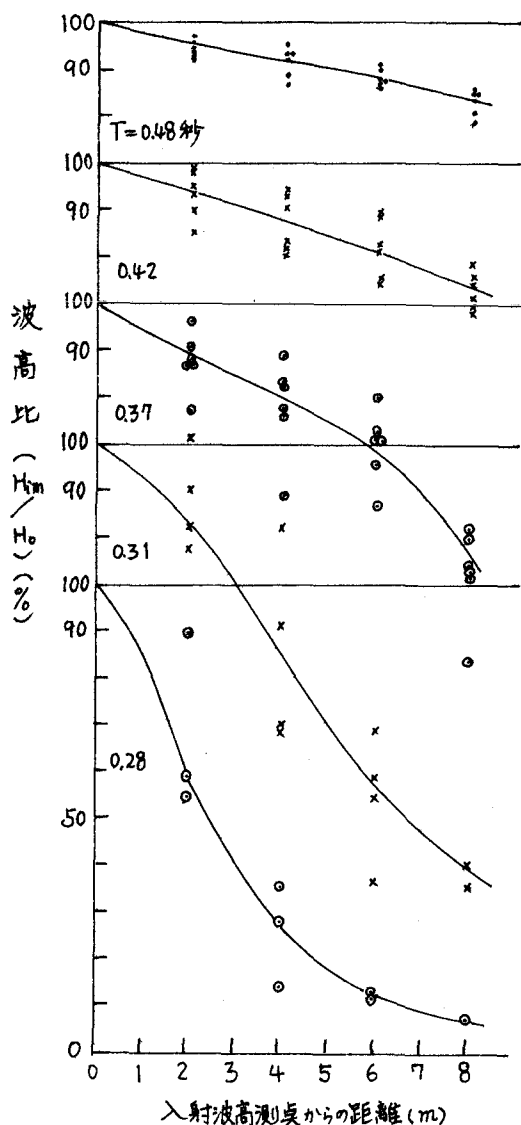


図-4.Ⅰ

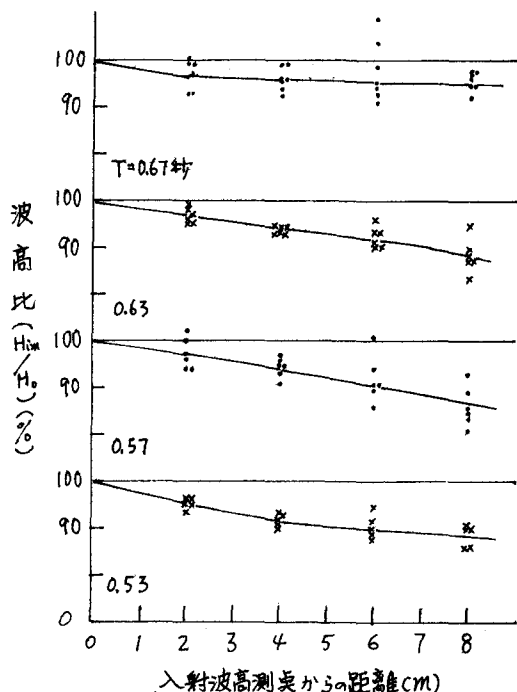


図-4.Ⅱ

期の比較的大きい方の波については、かなり直線的と云える。周期の大なる波について、進行距離がさらに延長された場合、その直線性が維持されるかどうかは不明である。後述するように、多分維持されないであろうと思われる。

進行距離と波長と尺度としてみた方が、進行距離と減衰との間により統一的関係がみられるのではないかと期待し、そのような図を描いてみた。これと図-5に示した。このような見方をすると、各周期の波に対し、それぞれ異なった距離範囲で実験をなしたことになる、不都合なことにもなるが、この図から、広い範囲での共通した減衰のパターンが察知させられるように思われる。

(3) 周期と減衰との関係

図-4に示した一連の周期ごと平均減衰曲線の相互の比較から、当然のことながら、周期が大になるにしたがって、減衰が小さくなっていくことが明かにわかる。一般に実験に使用される波の限界の周期として、0.5秒が一つの基準目安として示されているが¹⁾、図-4エ、図-4フ いずれもみて0.5秒 あたりが、その限界の値になりそうに思える。この辺のところをうきうきと吟味するため、図-4エ、図-4フをきまかえ、進行距離をすなわち測点とパラメータとして、横軸に周期を、縦軸に波高比 $(H_m/H_0) \times 100$ (図-4エ、図-4フの平均的減衰曲線から読みとられる値) にとり示せば、図-6のようになる。この図は、減衰の周期特性曲線ともいべきものである。

この図から理解されることは、いずれの測点すなわち進行距離についても、周期の値がそれぞれの測点に応じたある値以下になると急に減衰が大きくなることである。逆にみると、ある値以上では、減衰変化は非常にゆるやかである。このことから、実験に使用できる波の最小限界周期は、考える模型の大きさに応じてそれぞれが違ったものであつてよいということが理解される。どのくらいの値と限界周期とするかは、進行距離とその地元の許容減衰をいくらにとりかによってちがってくることになる。いま、8mの地帯で、減衰を10%以内におさえようとするれば、き0.6秒以上の周期の波であることが必要であることになる。さらにきいしく、5%以内におさえようとするれば、き0.7秒以上の周期の波が必要であることになる。いずれも、今回の実験結果図-6から読みとられる値である。進行距離8m以上については施設の図係で得られなかつたが、今後さらにしらべてみたい。

図-4エ、図-4フに示した平均的減衰曲線を、極めて大胆にすべて直線で表わすと、図-7のようになり、当然のことながら、周期により減衰割合がちがうことが明確に理解される。またさらに、これから得られる進行距離1m当りの減衰量を示せば、表-2のようになる。

(4) 半減距離および5%、10%減距離

文献にある表示にしたがい、両対数目盛方眼紙を用い、周期に対する半減すなわち50%距離を示せば、

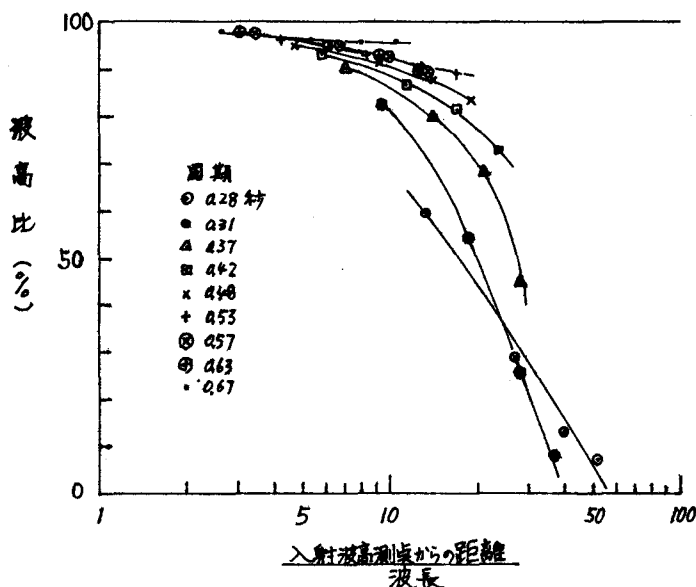


図-5

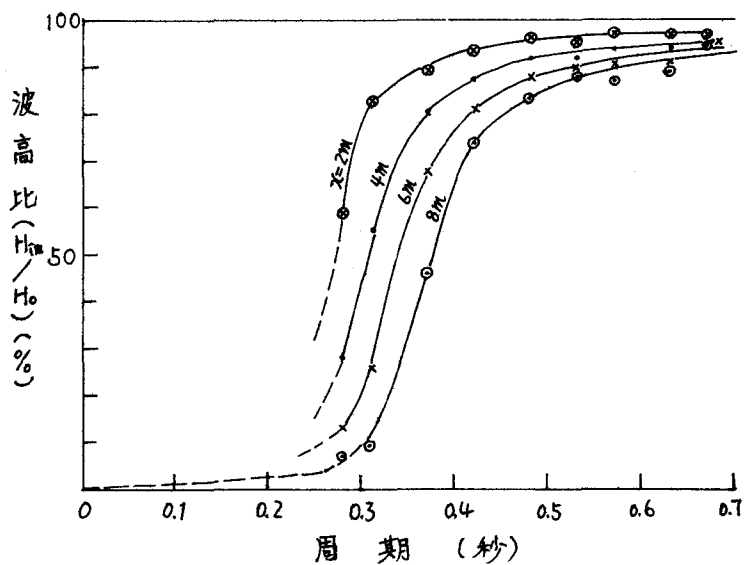


図 - 6

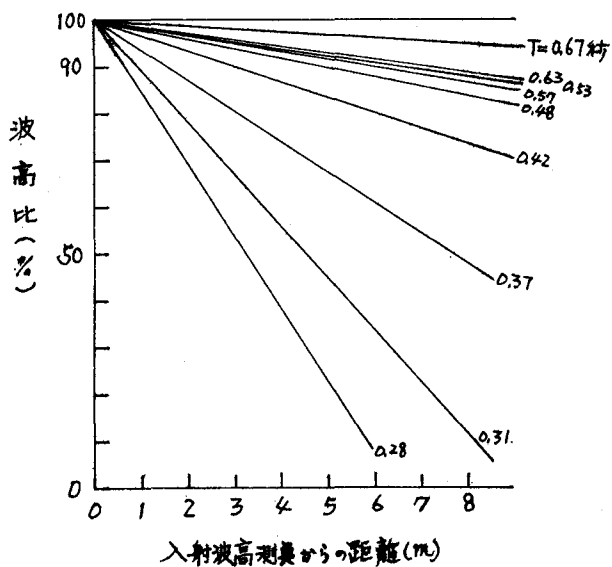


図 - 7

表 - 2

周期 (秒)	減衰 %/m
0.28	15.4
0.31	11.0
0.37	6.4
0.42	3.3
0.48	2.0
0.53	1.6
0.57	1.7
0.63	1.4
0.67	0.6

図-8のようになる。プロットした点は、図-4エ、図-4エの平均減衰曲線から読みとられた値が用いられてある。同様の方法で5%減距離、10%減距離を求め同図に示してある。また文献りにある内部粘性摩擦による半減距離、水面境界異質層摩擦による半減距離(いずれも理論値)をも併せて示してある。

われわれのこの実験から得られた半減距離は、内部粘性による半減距離よりはるかに小さく、つまり減衰が大きく、また水面境界異質層摩擦による減衰(理論)に比して一部一致する部分もあるが、全体的には、やはりかなり半減距離は小さいものとなっている。許容半減距離を100mと仮定すれば、この実験から得た最小実験波周期は0.7秒くらいとなり、これはこれほどの0.5秒に比べかなり大きな値である。また、進行距離10mで10%減衰と許容すれば、その限界周期はき0.6秒となり、同様距離で5%減衰と許容すればその限界周期はき0.75秒となる。

4. むすび

通常の実験条件の下にある水槽の水に発生させた模型実験波について、その進行にともなう波高減衰の様子をしらべたが、結果は、これまで考えられていた程度よりかなり大きなものであった。また、周期と減衰との関係について興味ある特性がみられた。より深い、より長い水路による実験と今後実施してみたい。

参考文献

- 1) 合田良実：造波水路における波浪実験の二、三の問題点について、第15回海岸工学講演会講演集(1968), p. 56.

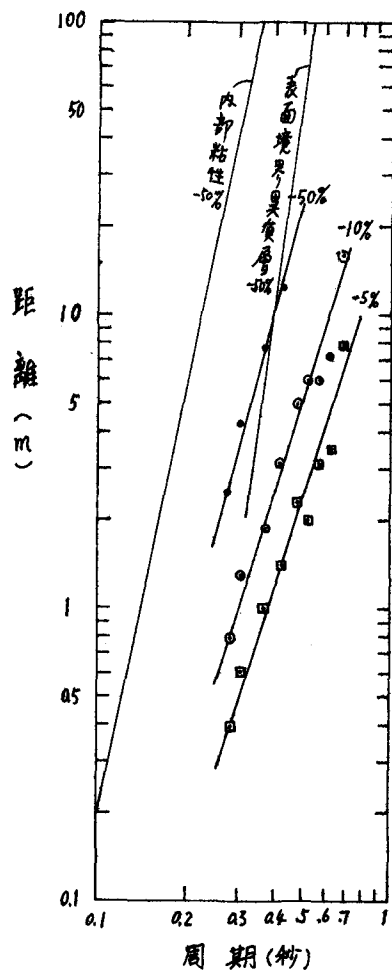


図 - 8