

実験計画法による漁港の遮へい効果に関する実験的研究

菅原輝男*・田中潤児**

1. 緒言

最適港形を求めべく行われる水理模型実験の検討事項は種々あるが、その中で静穏度に関する事項が最も重要である。この港内静穏度に関する実験は一般に次のように行われている。

○港形原案が与えられている場合はこれをもとに、ない場合は従来の経験等を参考にして外郭施設、水域施設、係留施設のうち静穏度を高めるのに重要と考えられる要因について、いくつかの形状や構造を取り上げる。

○これらの要因の形状、構造について実験、比較を行いながら取捨選択し、最適港形へ組合せていく。

○または、これらの要因の形状、構造を組合せて数種類の港形を決定し比較して、この中で最も望ましい港形を求め、満足すべき静穏度が得られなければさらに小改良を加えて最適港形を探る。

しかし、静穏度に影響を与える要因は非常に多く、加えて実験対象波の条件もあるので、時間、労力の面から多くの要因について実験による検討を行うことは困難であり、したがって実験の実施の前に実験で取り上げる要因およびその条件を限定しなければならない。また、

○どの要因が静穏度に大きく影響をおよぼすか

○その影響の程度はどれ位か

○に関して情報が得られない。そこで、

○できるだけ多くの要因を取り上げるが、時間、労力は比較的少なくて済む。

○静穏度に影響をおよぼす要因の作用状態を明白にすることができる。

○最適港形を推定することが比較的容易である。

という条件を満たす実験手法が望ましい。筆者らは茨城県波崎漁港の水理模型実験を行う機会があったので、港内静穏度に関する検討において、海浜変形の研究^{1),2)}にも取り入れられている実験計画法³⁾⁻⁵⁾による実験を試みた。

2. 特性値の選定

港内静穏度は場所によりかなり異なるのが普通であり、それぞれ場所ごとの把握が必要である。したがって港内水域を外泊地水域、内泊地水域、水路部、外泊地岸壁前面の4区域に分け、全域とともに計5区域の平均波高比を特性値とした。

3. 因子および水準の選定

実験を行った波崎漁港の建設予定地点の海底地形は単調であり、勾配は非常に緩やかである。したがって標準因子としては波向、周期の実験対象波の条件のみを選んだ。また、港形原案が示されており、これをもとに最良の港形を見いだすことを目的としたので港内静穏度に影響をおよぼすと考えられる施設をできるだけ制御因子として選んだ。各因子の詳細ならびに水準は以下のとおりである。

A. 波向: 建設予定地点に來襲する波は、ほぼNからNEの範囲に限定されるのでN、NEの2水準とした。

B. 周期: 頻度の多い周期は10sec~14secの範囲であるので、10sec、12sec、14secの3水準とした。

C. 外防波堤形状: まず、港内水域面積が等しく、港口幅員も一定(150m)にして3水準をとった。これをType I、Type II、Type IIIとする。続いて、西防波堤はType IIIと同配置として、東防波堤の配置を変えることにより、さらに3水準を考えた。これをType IV、Type V、Type VIとする。

D. 東防波堤長: 東防波堤長を延長しない場合と75m延長する場合の2水準とした。

E. 港口幅員: 港口幅員が150mの場合と東防波堤より波除堤を設けて港口幅員を100mにした場合の2水準とした。

F. 港内消波工: 東防波堤後面に消波工を設けた場合とない場合の2水準とした。

G. 内泊地港口形状: 港口幅員は一定で、ただその港口の向きを3通りに変化させて3水準とした。これをType I、Type II、Type IIIとする。

H. 中突堤形状: 港形原案に近い形(Type I)と17°起こした形(Type II)の2水準とする。

I. 外泊地岸壁構造: 直立岸壁の場合と消波岸壁の場合

* 正会員 農林省農業土木試験場水産土木部第二研究室

** 農林省農業土木試験場水産土木部第二研究室

合の2水準とした。

J. 内泊地岸壁構造: すべて直立岸壁の場合と隅角部のみ消波岸壁とした場合の2水準とした。

4. 実験の割付けと実験方法

実験は実験 I, 実験 II の2回に分割して行った。

(1) 実験 I

まず, A, B, C, G, I, J の6因子の主効果とAとC, AとG, CとGの交互作用が分析できるように直交配列表 $L_{27}(3^{18})$ の各列に 表-1 のように割付けた。

表-1 因子の割付け—実験 I—

列	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
因子	A	C	A×C	A×C	G	A×G	A×G	C×G	I	J	C×G	B	e
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	1	1	1	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3
4	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	2	2	2	2	3	3	3	1	1	2	2	2
6	1	2	2	2	2	3	3	3	1	1	2	2	2
7	1	2	3	3	3	1	1	1	3	3	2	2	2
8	1	2	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3	3
9	1	2	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1
10	2	1	2	3	1	2	3	1	2	2	3	1	2
11	2	1	2	3	2	3	1	2	3	1	2	3	1
12	2	1	2	3	3	3	1	2	3	1	1	1	2
13	2	2	3	1	1	2	2	3	3	3	1	2	3
14	2	2	3	1	2	3	1	2	3	2	1	2	3
15	2	2	3	1	3	1	2	2	3	2	3	1	2
16	2	3	1	2	2	2	3	3	1	2	2	3	1
17	2	3	1	2	2	2	3	3	1	2	3	1	2
18	2	3	1	2	2	3	1	2	2	3	1	1	2
19	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2
20	3	1	3	2	2	1	3	2	1	3	2	1	3
21	3	1	3	2	3	2	1	3	2	1	3	2	1
22	3	2	1	3	1	3	1	2	1	3	3	2	1
23	3	2	1	3	2	1	3	3	2	1	1	3	2
24	3	2	1	3	3	2	1	3	2	1	2	1	3
25	3	3	2	1	1	3	2	3	2	1	2	1	3
26	3	3	2	1	2	1	3	1	3	2	3	2	1
27	3	3	2	1	3	2	1	2	1	3	3	2	1

表-2 因子の割付け—実験 II—

列	1	2	3	4	5	6	7
因子	C	D	E	F	H		
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

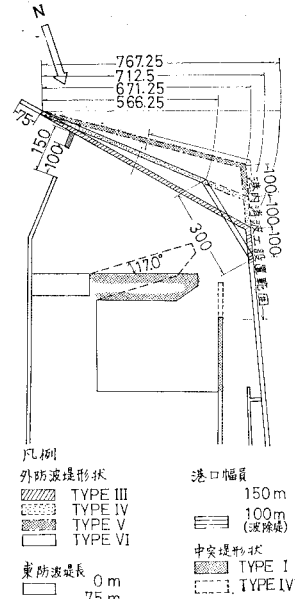


図-2 因子説明図—実験 II—

(ただし, Cは Type I, Type II, Type III の3水準のみ) 取り上げた因子は 図-1 のとおりである。なお, この実験で取り上げなかった因子の水準は次のとおりとした。

D (東防波堤長); +0m, E (港口幅員); 150m, F (港内消波工); 無, H (中突堤形状); Type I

(2) 実験 II

この実験ではC, D, E, F, Hの5つの制御因子の主効果だけが分析できるように直交配列表 $L_8(2^5)$ を用いて表-2のように割付けた (ただしCは Type III, Type IV, Type V, Type VI の4水準)。図-2に取り上げた因子を示す。ただし, 実験Iで取り上げた因子については実験Iを参考にして次のようにした。

A (波向); N, B (周期); 12sec, G (内泊地港口形状); 因子Hによる, I (外泊地岸壁構造); 直立岸壁, J (内泊地岸壁構造); 全部直立岸壁

ただし, 実験IIでは外泊地岸壁前面の平均波高比を特性値としなかった。

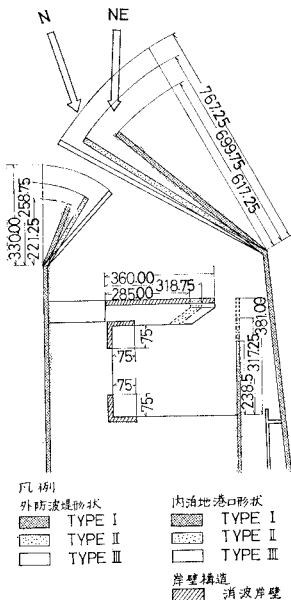


図-1 因子説明図—実験 I—

(3) 実験方法

実験は水平固定床上に、縮尺 1/75 (鉛直水平共) の模型を製作して行った。波向を変化させる場合は模型全体の向きを変えた。

模型を設置する以前に各波向、周期に対する各外防波堤 Type の先端付近 (港口) の 9 点の波高をあらかじめ測定して、その平均値を入射波高とした。その後、模型を設置して造波し、定常状態となった時の波高を図-3 に示す、測点で計測した。測定値はすべて次式の波高比で整理した。

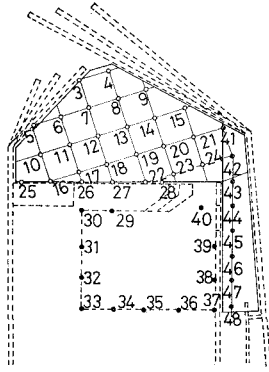


図-3 測点配置図

$$\frac{\text{港内測定点での波高}}{\text{入射波高}} = \frac{H}{H_0}$$

なお、特性値に対して測点は次のように対応している。

- 全域; No. 3~No. 48
- 外泊地水域; No. 3~No. 28, No. 41~No. 42
- 内泊地水域; No. 29~No. 40
- 水路部; No. 41~No. 48
- 外泊地岸壁前面; No. 16, No. 22, No. 25~No. 28

波高は越波、碎波が生じないように、3.0m とし、水深は港口付近の水深 -7.0m に潮位 M.W.L.=0.55m を加算して -7.55m とした (共に現地換算)。

5. 実験結果

(1) データ解析

解析は分散分析法によった。表-3, 4 は実験 I, 実験 II のそれぞれ外泊地水域についての分散分析結果である。表中の判定欄 ⊙ 印は 1% 有意, ○ 印は 5% 有意を表わし, △ 印はこれらに次いで有意性のあることを表わしている。寄与率は 図-4, 5 のようになった。また,

表-3 分散分析表—実験 I; 外泊地水域—

要因	平方和 ss	自由度 df	分散 ms	分散比 F	判定	寄与率 ρ (%)
A	319,704.167	1	319,704.167	86.19	⊙	65.1
C	51,520.667	2	25,760.334	6.94	○	9.3
G	5,897.556	2	2,948.778	0.80	—	—
I	43,520.167	1	43,520.167	11.73	⊙	8.3
J	1,176.602	1	1,176.602	0.32	—	—
B	9,708.223	2	4,854.112	1.31	—	—
A×C	326.900	2	163.450	0.04	—	—
A×G	9,405.777	2	4,702.889	1.27	—	—
C×G	11,447.779	4	2,861.945	0.77	—	—
e	33,385.330	9	3,709.481	—	—	—
(e)	(71,347.567)	(22)	(3,243.071)	—	—	17.3
total	486,092.568	26	—	—	—	—

表-4 分散分析表—実験 II; 外泊地水域—

要因	平方和 ss	自由度 df	分散 ms	分散比 F	判定	寄与率 ρ (%)
C	1,348.375	3	449.458	—	—	—
D	19,900.155	1	19,900.125	59.03	⊙	78.5
E	2,145.125	1	2,145.125	6.36	△	7.3
H	0.125	1	0.125	—	—	—
I	1,540.125	1	1,540.125	4.57	△	4.8
e	(1,348.500)	(4)	(337.125)	—	—	9.4
total	24,933.875	—	—	—	—	—

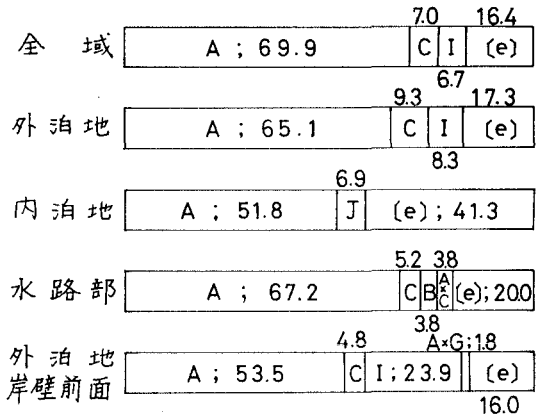


図-4 寄与率—実験 I—

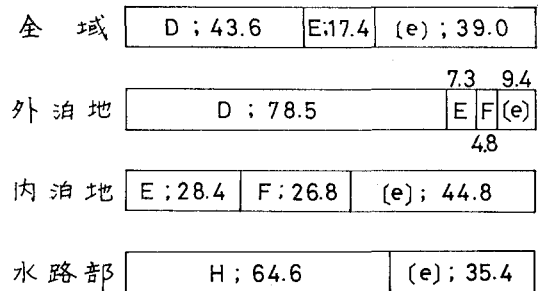


図-5 寄与率—実験 II—

寄与率の大きい因子の要因効果のグラフを 図-6, 7 に示した。

(2) 考察

a) 実験 I

交互作用の影響は水路部で A×C (波向×外防波堤形

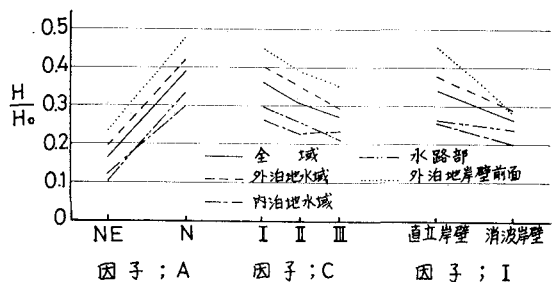


図-6 要因効果—実験 I—

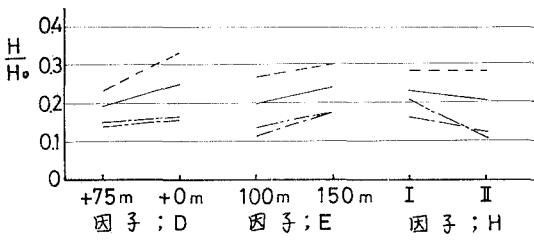


図-7 要因効果—実験II—

状)が寄与率 3.8%, 外泊地岸壁前面でA×G(波向×内泊地港口形状)が寄与率 1.8%ある程度である。

標示因子である波向の影響がかなり大きい。港口がN方向へ面しているので波向NとNEの港内静穏度に差があるのは当然である。もう一つの標示因子周期の影響は全般的にあまり大きな影響を示していない。

制御因子では外防波堤形状, 外泊地岸壁構造が全般的に大きな影響をおよぼしている。しかし, 内泊地水域には影響を与えていない。これは内泊地水域の波が, 直接港口部から侵入する波だけでなく, 外防波堤後面からの反射波も大きな割合を占めているため, 内泊地水域に内泊地港口形状の影響がほとんどないことからも理解できる。外泊地岸壁構造は外泊地水域に対しては外防波堤形状と同程度の影響をおよぼしており, 内泊地水域にも多少影響をおよぼしているようであるが5%有意とはならなかった。また外泊地岸壁前面にかなりの影響をおよぼしていることは予想されたとおりであった。外泊地岸壁前面に対して影響の大きい因子は外泊地水域のそれと同一である。内泊地港口形状はどの水域にも影響を与えていない。内泊地岸壁構造は内泊地水域のみに影響をおよぼしているだけである。

b) 実験 II

外防波堤形状の影響はほとんどない。この場合, 防波堤先端の位置は一定で外泊地面積, 形状のみが変わるように水準を決めており, 港内に侵入する波は一定である。したがって外泊地面積, 形状は港内静穏度に影響を与えていないといえる。

他の因子が影響をおよぼす程度は水域によりかなり異なる。特に東防波堤長, 中突堤形状はその傾向が著しい。東防波堤を延長した場合の効果は外泊地水域のみに

表-5 確認実験の因子および水準—実験I—

因子	波向	周期	外防波堤形状	内泊地港口形状	外泊地岸壁構造	内泊地岸壁構造
水準	N	12 sec	TYPE III	TYPE I	消波岸壁	一部消波岸壁

表-6 確認実験の因子および水準—実験II—

因子	外防波堤形状	東防波堤長	港口幅員	中突堤形状	港内消波工
水準	TYPE V	+75m	100m	TYPE II	有

現われている。先に述べたように内泊地水域の波が直接港口部から侵入する波だけでないからであるし, 水路部に対しては防波堤の延長により侵入する波が小さくなくても波の進行方向の変化を生じたため, この両者の相殺効果により影響があらわれなかったのであろう。中突堤形状は水路部のみに影響をおよぼしている。これは Type II が水路部へ直接侵入する波を遮へいする機能を持つためである。

港口幅員の影響は外泊地水域よりも内泊地水域に大きくでている。波除堤の設置により外泊地での波の進行方向が変わったため外防波堤後面からの反射波が内泊地港口よりそれたためと思われる。

港内消波工の影響度も内泊地水域が最も大きい。外防波堤後面からの反射波を減じた結果である。

6. 確認実験

この手法には実験に用いた因子, 水準であれば任意の組合せでの特性値を幅を持たせて推定できるという利点がある。実験 I, 実験 II ごとに, 表-5, 6 のような組合せで特性値を推定し, 実験値と比較してみた(図-8, 9)。

実験 I の外泊地岸壁前面を除いて, 実験値は推定値の信頼限界内に入っている。ゆえに, データ解析および推定方法は, ほぼ満足のゆくものだったと判断される。

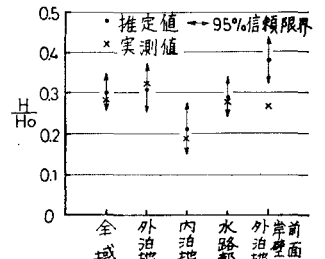


図-8 推定値と実測値の比較—実験I—

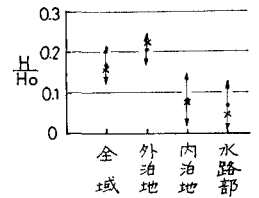


図-9 推定値と実測値の比較—実験II—

7. 結 言

港内静穏度実験に実験計画法による手法を取り入れることは非常に有効であり従来の手法と併用することが最もよい方法といえる。特に各因子の静穏度に対する作用状態を定量的に求めることができることと, 実験を行った因子, 水準であれば実験を実施しなかった組合せにおける値をある程度の幅を持たせて推定できるといって有効である。

参 考 文 献

- 1) 増田・伊藤： 実験計画法による海浜変形の研究，第17回海岸工学講演会論文集，1970.
 - 2) 増田・伊藤： 実験計画法による海浜変形の研究—因子の要因効果について—，第18回海岸工学講演会論文集，1971.
 - 3) 石川 馨・藤森利美・久米 均： 実験計画法(上)，(下)，東京化学同人，1967.
 - 4) 田口玄一： 実験計画法(上)，丸善，1962.
 - 5) 安藤貞一・朝尾 正： 実験計画法演習，日科技連，1968.
-