

# 漁港의 靜穩度 向上과 水質改善을 위한 基礎研究

柳 青 魯 <釜山水產大學校 海洋工學科 教授>

## 序 論

어항의 건설과 정비는 수산업 발달을 위한 기본과제라 할 수 있다. 최근 이 어항시설 및 어선의 태풍에 의한 피해 및 기본시설의 무계획한 건설로 인한 항만기능의 악화에 대한 보고가 날로 증가하는 것은 어항의 계획 및 설계시 철저하게 고려되어야 할 항내수리특성이 소홀히 다루어져 있기 때문이라 할 수 있다. 또한 이 어항은 생물을 취급하는 경우가 대부분이므로 일반 항만보다도 수질환경의 보전에 대한 욕구가 크다는 특징을 가지고 있다.

이러한 문제를 종합하여 생각하면, 어항의 기능을 극대화

하기 위해서는 어선 및 어항시설 안전을 위한 항내파고분포 및 수질환경의 개선을 위한 해수교환제어공법의 개발과 적용이 필요할 것이다.

그러나 이러한 분야의 연구결과는 찾아보기 어려운 실정이며, 특히 우리나라의 경우 이러한 어항이 가지는 근본적인 문제에 대한 조사-연구-검토결과도 찾아보기 어렵다. 시설의 안전성 위주의 설계개념에서 종합적기능 극대화 설계개념으로의 탈피 노력이 이루어지고 있지 않다.

본 연구에서는 우리나라 어항의 수리학적 특성과 태풍 등에 의한 어선·어항시설의 피해상태의 분석을 통해 현재까지의 어항 설계·건설이 가지는 문제점을 도

출하고 항내파고분포의 제어를 통한 재해방지와 항내외의 수면차 등 항내외 수리특성을 이용한 해수교환의 제어기술을 개발함으로써 어항기능의 극대화를 위한 새로운 어항건설 기본계획 수립의 기초자료를 마련하고자 한다. 특히 파랑의 제어와 그 에너지를 이용한 해수교환기술의 개발에 초점을 맞추고자 한다.

## 韓國 漁港의 水理學的 特性和 災害

海域環境의 特性  
우리나라 어항의 海역환경

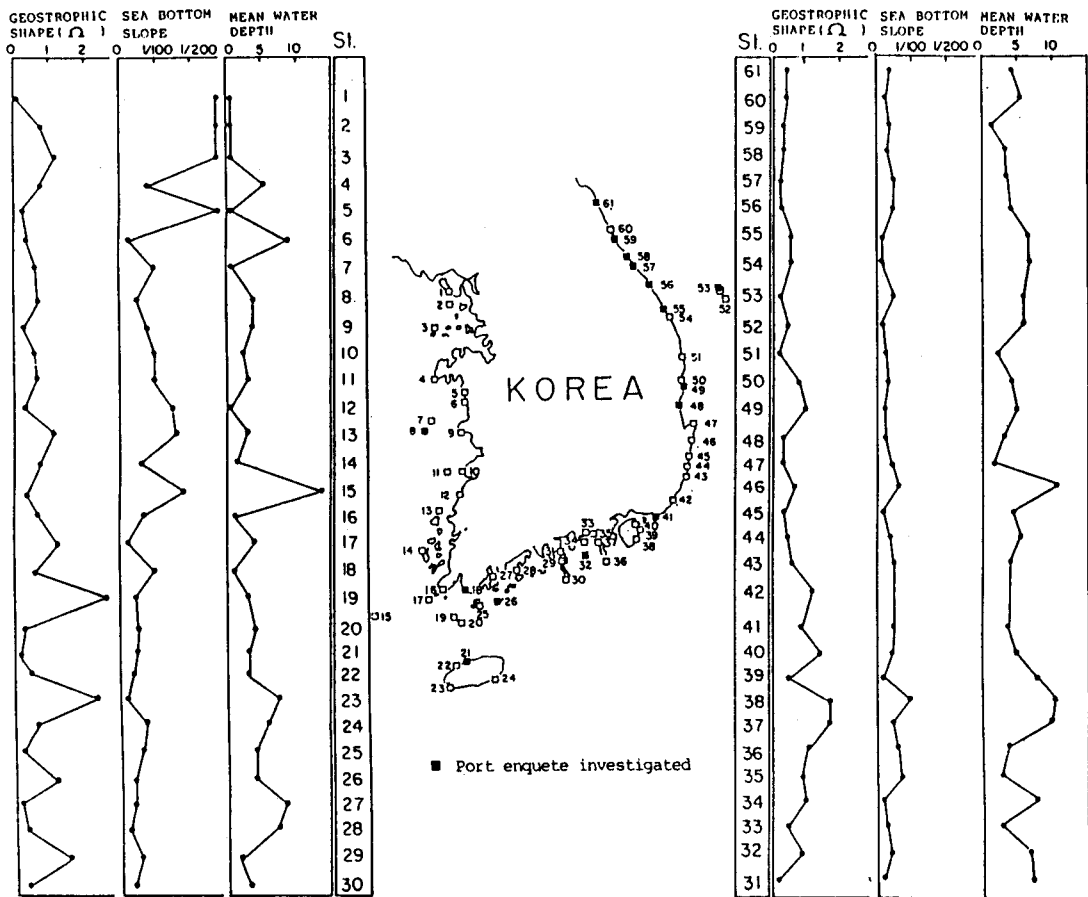


Fig.1. Geostrophic shape parameters of fishing Ports in Korea.

STATION; 1; Eoyujeong	2; Jangbong	3; Deogjeog	4; Anheung	5; Pangyo
6; Ocheon	7; Oeyeondo	8; Eocheoung	9; Yeondo	10; Gyeogpo
11; Wido	12; Gyema	13; Anma	14; Weonpyeong	15; Heugsando
16; Seomang	17; Seogeocho	18; Eranjin	19; Chujado	20; Singyang
21; Doduo	22; Aewal	23; Mosealpo	24; Wimi	25; Soan
26; Chansando	27; Mayang	28; Nogdong	29; Tolsan	30; Ando
31; Gugdong	32; Mijo	33; Sinsu	34; Moolgean	35; Maegjeonpo
36; Neungyang	37; Yokchi	38; Chisepo	39; Neungpo	40; Woiepo
41; Dadeapo	42; Deabyeon	43; Bangojin	44; Jongja	45; Eupcheon
46; Yangpo	47; Daebo	48; Kugye	49; Chuksan	50; Daejin
51; Sadong	52; Jeodong	53; Hyeonpo	54; Jangho	55; Deogsan
56; Geumjin	57; Sacheon	58; Nameae	59; Daepo	60; Ayajin
61; Deajin				

및 수리학적 여건을 파악하기 위하여 지형적인 제반 특성과 장주기적인 수면의 변화 및 파랑환경 등 물리적인 외적 환경 특성을 조사·해석하였다. Fig. 1~2는 이들 요소들에 대한 해석 결과를 종합하여 나타낸 것이다. Fig.1의 지형형상을 표현하는 인자  $\Omega$ 는 다음과 같이 정

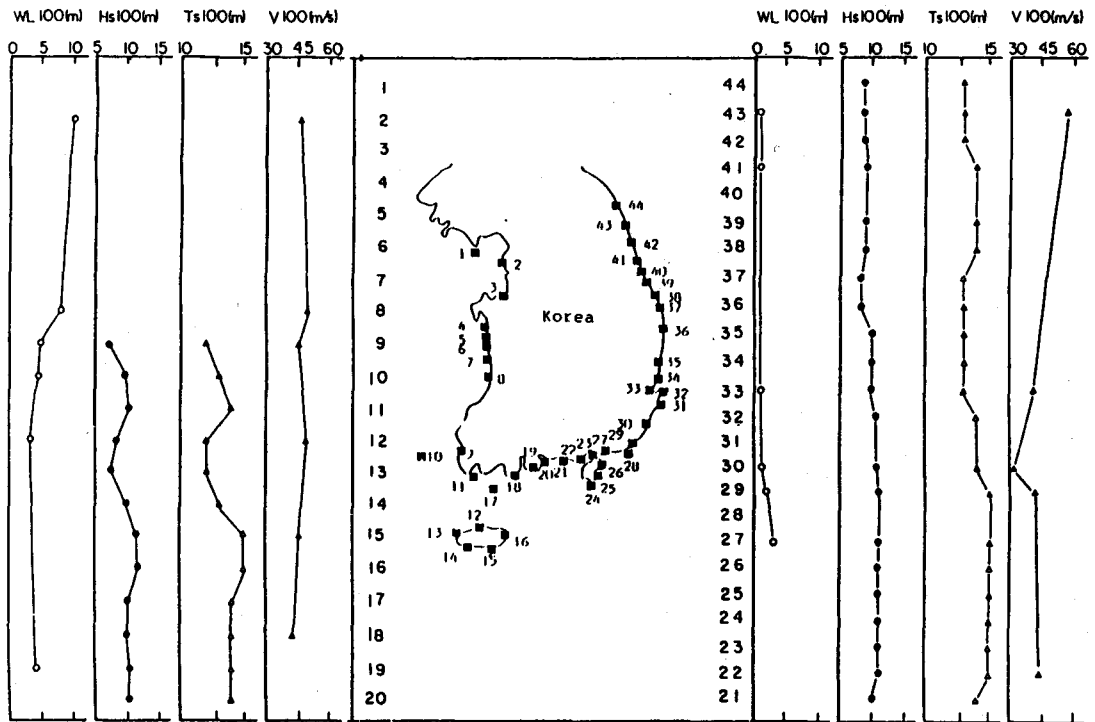


Fig.2. A example of environmental forces chart of coastal waters around Korea.

WL100 : high water levels correspond to return period of 100 years  
 Hs100 : Significant wave heights correspond to return period of 100 years  
 Ts100 : Significant wave periods correspond to return period of 100 years  
 V100 : Wind speeds correspond to return period of 100 years

Stations: 1;Yeonpyongdo 2;Incheon 3;Pyeongteak 4;Kwangcheon 5;Kojeong  
 6;Taecheon 7;Piin 8;Gunsan 9;Mokpo 10;Teahuksando  
 11;Wando 12;Cheju 13;Hanlim 14;Hwasun 15;Seogwipo  
 16;Seongsanpo 17;Keomundo 18;Narodo 19;Yeosu 20;Kwangyang  
 21;Samcheonpo 22;Chungmu 23;Masan 24;Kujora 25;Changsungpo  
 26;Okpo 27;Chinhae 28;South pusan 29;Pusan 30;Ulsan  
 31;Chupyeon 32;Kuryongpo 33;Pohang 34;Weolpo 35;Kangku  
 36;Hupo 37;Chukpyeon 38;Imweon 39;Samcheok 40;Tonghae  
 41;Mukho 42;Chumunjin 43;Sokcho 44;Keojin

의한 어항이 위치하는 해만의 굴곡 정도를 나타낸 것이다.

$$Q = \frac{X}{Y} \dots\dots\dots (1)$$

단, Y : 어항 주변 해만의 항구 폭  
 X : 어항 주변 해만의 만길이  
 수면의 변화를 대표한다 할

수 있는 100년 빈도의 수위 및 파랑과 바람 특성에 대해서는 한반도 주변해역의 조위관측자료(교통부 수로국 : 1978,

Table 1. The results of enquate investigation for the hydraulic problems and disasters of fishing ports in Korea

Port name	Quay		Breakwater		Unloading Quay		Sea Wall		Market Hall		Landing Wharf		Q3		Q4				Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
	CF	D	CF	D	CF	D	CF	D	CF	D	CF	D	CF	D	A1	A2	A3	A4						
Deajin																								
Deapo																								
Namea																								
Sacheon																								
Geumjin																								
Deogsan																								
Chulsan																								
Gugye																								
Hyeonpo																								
Dadespo																								
Mijo																								
Chunsando																								
Aranjin																								
Eocheoungdo																								
Dododong																								
Dongsan																								
Hosan																								
Chogog																								
Guryongpo																								
Seungsan																								
Yeumyeondo																								
Jookdo																								
Total	14	13	22	17	16	4	9	3	12	3	5	12	14	6	4	10	12	11	21	18	5	8	4	

Q2: Do you have some experiences that go to another port to refuge from typhoon or storms?

Q3: Do you have some experiences of landing vessels to refuge from typhoon or storms?

Q4: what is the cause of shipwreck?

A1: Error of mooring method

A2: Decrepitude vessel

A3: Problem of facilities ie. breakwater

A4: Mutual collision between vessels

Q5: After construction of Port facilities is there any environmental change around the port?

Q6: Can you see the overtopping phenomenon?

Q7: Is there a water level of higher than H.H.W.L. when storm or Typhoon is attacked?

Q8: Is there a especially higher wave field?

Q9: Is there a large vortex or circulation in the Port

Q10: Is there a special place where large damage of vessels or other facilities are frequently occurred?

CF: Constructed facilities

D: Damage facilities

1983) 및 파랑관측자료(해운항만청 : 1980, 1984, 1988)와 이상기상자료(중앙기상대 : 1984)를 사용한 파랑추산자료(朴, 1988)를 사용하여 극치자료의 비초과확률분포를 Gumbel 분포(1958)로부터 계산하고, 다음 식과 같은 관계로부터 임의의 비초과 확률을 가지는 변량의 재현주기를 계산한 것이다.(류·박, 1988).

$$\frac{T}{r} = \frac{1}{1-P(H \leq X_m, N)} \quad (2)$$

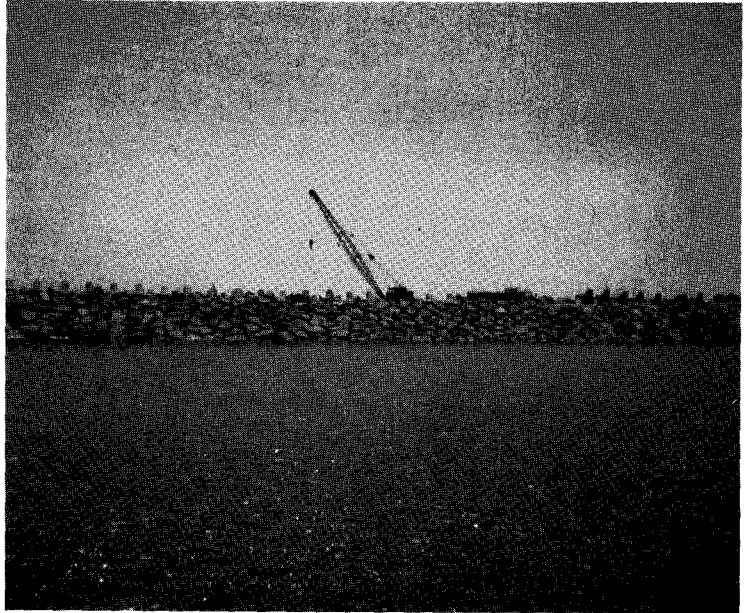
단, T : 재현주기(단위 ; 년)  
r : 자료간의 평균 시간간격(단위 ; 년)

$P(H \leq X_m, N)$  :

N개의 자료중 크기가 m번째인 자료에 대한 비초과 확률

이들 그림으로부터 우리나라 연안 어항의 해역에 따른 수리학적 특성은 다음과 같이 요약할 수 있다.

(1) 해면의 변화폭(tidal range)이 서해안은 매우 크고(8~9m), 남해안 동해안으로 갈수록 점점 감소하여 동해안 중·북부의 경우 20~30cm에 불과하다. 이는 서해안의 어항은 조류에 의한 항내의 해수교환이 활발하여 소규모 어항 등의 해수교환이 큰 문제가 되지 않음을 의미한다. 그러나, 동해·중·북부의 어항에 있어서는 조류에 의한 해수교환을 기대하기 어려운 형편이다. 이것은 동해 북부 어항의 수질이 한국의 어항 중 가장 수질오염도가 높다는 보고들과 일치되는 것이다.



(2) 해역에 따른 설계파랑의 분포 최대풍속은 큰 차는 없으나 동해안의 어항에서 다소 큰 값을 가지는 것으로 나타났다.

(3) 어항의 평균수심은 동해 쪽에서 깊고, 해저경사도 동해안의 어항이 급경사로 나타났으며, 지형인자 Q의 값은 동해 북부에서 거의 직선해안에 어항이 위치함을 알 수 있어서 동해안은 외해의 파랑에 노출되어 있는 경우가 대부분임을 알 수 있다.

#### 港內水理 및 漁港災害의 特性

항내의 근본적인 수리특성도 전술한 어항주변 해역의 환경조건에 의해 근본적인 영향을 받게 되므로 항내외의 재해특성 등과 관련지워 특히 중요하다. 이러한 수리특성과 과거의 재해 기록(수산청, 1983, 1986) 및 어항 이용상의 문제점에 대한 설문조사 결과를 종합하면 어항

의 재해는 국소적인 수리특성과 밀접한 관계를 가지게 되며, 특히 황천시 항내외의 파고분포, 高潮 등에 의한 수면의 상승 및 항내의 대규모 소용돌이, 월파 등에 의해 좌우된다 할 수 있다.

설문조사는 항내외의 주된 재해의 종류 및 형태, 재해발생의 원인과 수리현상의 특징을 관련지워 작성한 30여개의 주·객관식 문항으로 이루어졌으며 대상항은 Fig.1에 별도로 표기한 22개항이다. 조사결과 중 중요한 내용을 요약하면 Table 1과 같다. 이 표에서 어항시설물 중 계류안벽은 92%, 방파제는 77%, 물양장은 25%, 호안은 33%의 어항에서 재해를 경험한 것으로 나타났다. 한편, 어선의 재해 원인별 조사 결과는 방파제 등 기본시설상의 문제가 50%, 선박의 계류 잘못이 3%, 노후선박 등 선박의 자체 결함이 20% 정도

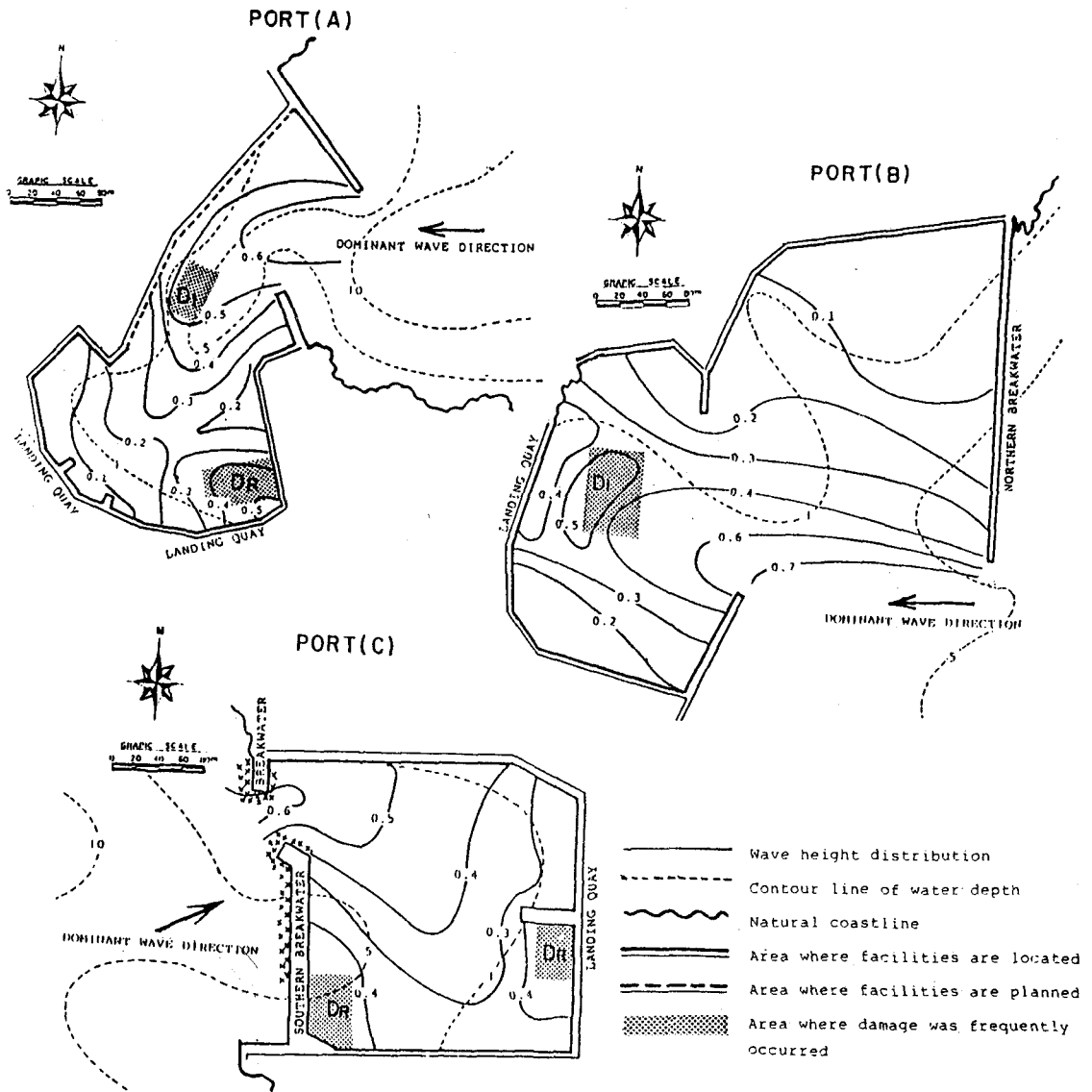


Fig.3. The relation between damage of vessels and distribution of wave height in the fishing Ports.

로 나타났으며, 직접적인 어선의 파괴원인으로는 피항중인 선박 상호간의 충돌에 의한 파괴(32%), 월파에 의한 파괴(25%), 항내 파랑에 의한 파

괴(28%), 기타의 순으로 지적되고 있다.

어항시설물 건설후 주변해역의 지형변화 및 항내의 수심변화를 지적하는가 하면, 항내

어선의 재해와 항내의 장소에 따른 파랑환경의 악화 등 Table 1과 같은 여러가지 수리적 특성과 재해특성에 대한 문제점을 제기하고 있다.

이러한 어선재해는 계속되는 어항의 건설과 재개발에도 불구하고 계속 증가되는 경향으로 나타나고 있어서(과학기술원, 1986~1988) 시설물의 건설에 따른 항내수리특성의 변화 등에 대한 면밀한 검토의 필요성을 강조할 수 있다.

Fig. 3은 이러한 문제를 검토하기 위하여 주요 어항을 선정하여(A : 축산항, B : 대진항, C : 구룡포항) 어선재해 상습 발생해역과 항내 파고분포의 계산결과를 비교하여 나타낸 것이다. 파고분포의 계산은 항구입사파로서 각항의 설계파를 대상으로 하여 高山(1981)의 방법으로 안벽 등에 의한 회절파의 반사를 고려하여 입사파에 대한 파고비로서 계산하였다. 이때 주파수 스펙트럼의 형태는 Bretschneider형으로 가정하고 파랑의 주방향에 대한 방향집중도인자  $S_{max} = 25$  정도로 고려하였다(Goda, 1986).

Fig. 3으로부터 각 항의 재해 원인은 항내의 파고분포의 밀접한 관계가 있음을 쉽게 알

수 있다. 이들을 각 항에 대해 요인별로 나누어 고찰하면, A항의 경우  $D_1$  지역은 항구를 통한 입사파의 직접적인 작용,  $D_R$ 지역은  $D_1$ 지역의 해안에서 일차적으로 반사된 파랑과  $D_R$ 지역 안벽으로부터의 재반사파에 의한 재해로 생각할 수 있다. 이와 같이 B항의  $D_1$  지역은 입사파와 일부 반사파에 의한 것이고, C항의  $D_R$  지역은 각각 북쪽 안벽을 통한 반사파의 복합적인 항내 2차 반사파의 영향에 의한 재해로 분석할 수 있다.

다시 A항의 경우를 보면,  $D_1$  지역 배후가 현재는 자연해안으로 되어 있으나, 장차 물양장 등의 안벽을 건설할 것으로 계획되어 있다. 이는 특별한 고려가 없는 한 이 지역에서의 파랑반사율을 높히게 되어  $D_1$  및  $D_R$  지역의 재해 증가는 물론이고 2차-3차적인 다른 해역의 재해를 새로이 유발시킬 가능성이 있어서, 어항의 정비 및 개발시 고려해야 할 중요한 문제로 이 반사파의 제어 문제를 지적할 수 있다.

## 漁港의 靜穩度 向上과 水質改善 方法

### 港內波高分布 및 水質環境의 解析方法

#### (1) 항내파고분포의 계산방법

항내파고분포의 계산방법은 여러가지가 개발되어 있으나 여기서는 불규칙파 및 반사파의 고려가 용이한 高山(1981)의 계산법을 사용하였다. 이 방법은 Sommerfeld의 회절파에 대한 해석해에 반사율  $K_r$ 을 곱하여 자연해안 및 소파제가 설치된 경우의 회절해를 구할 수 있도록 고려한 것이다.

한편, 불규칙파의 회절계수  $K_d$ 는 다음 식과 같이 정의하였다.

$$K_d = \frac{(H_d)_{1/3}}{(H_i)_{1/3}} = \sqrt{\sum_n S_a(f_n) \delta f_n} / \sqrt{\sum_{n,m} S(f_n, \alpha_m) \delta f_n \delta \alpha_m} \dots \dots \dots (3)$$

여기서,  $(H_d)_{1/3}$  : 계산점 (i, j)

Table 2. Experimental conditions

Model Port	Environmental Conditions			Measures to Improve Water Exchange		
	TR	H	T	EG or PS	SB	RP
B	20 cm	0.5 ~ 5 m	5 ~ 10 sec	$\phi = 3m \times n$ ( $n=1,2,3$ ) $\ell = 30 m$	$\ell = 200 m$ $h' = 1 \sim 3 m$	$\ell = 30 \sim 50 m$ $\theta = 1 : 2$
C	23 cm	0.5 ~ 5 m	5 ~ 10 sec	$\phi = 3m \times n$ ( $n=1,2,3$ ) $\ell = 30 m$	$\ell = 100 m$ $h' = 1 \sim 3 m$	$\ell = 30 \sim 50 m$ $\theta = 1 : 2$

TR: Tidal range, H: Wave height, T: Wave period  
 EG: Exchange gate, PS: Permeable structure, SB: Submersible breakwater  
 RP: Using run-up,  $\phi$ : Diameter of gate,  $\ell$ : Length of structure  
 $h'$ : Depth of SB Crest,  $\theta$ : Slope

- 또는 항내 x, y 지점에서의 회절파의 유의파고
- (Hi)<sup>1/3</sup> : 입사파의 유의파고
- Sd(f<sub>n</sub>) : 항내 x, y 지점에서의 회절파의 주파수 스펙트럼
- f<sub>n</sub> : n번째 주파수 분할구역내의 중심주파수
- δf<sub>n</sub> : n번째 주파수 분할구간의 폭
- δα<sub>m</sub> : m번째 방향분할구간의 폭
- S(f<sub>n</sub>α<sub>m</sub>) : 파랑의 방향스펙트럼

식 (3) 에서 방향스펙트럼의 방향함수로서 光易(1974) 가 제안한 다음 식을 사용하고, 입사파의 주파수 스펙트럼은 Bretschneider 形(1959) 을 사용하였다.

$$G(f, \alpha) = \frac{1}{\pi} 2^{2S-1} \times \frac{\Gamma^2(S+1)}{\Gamma(2S+1)} \times \cos^{2S} \frac{\alpha}{2}$$

..... (4)

$$S = \begin{cases} S_{\max}(f/f_p)^{-2.5} & ; f > f_p \\ S_{\max}(f/f_p)^5 & ; f \leq f_p \end{cases}$$

..... (5)

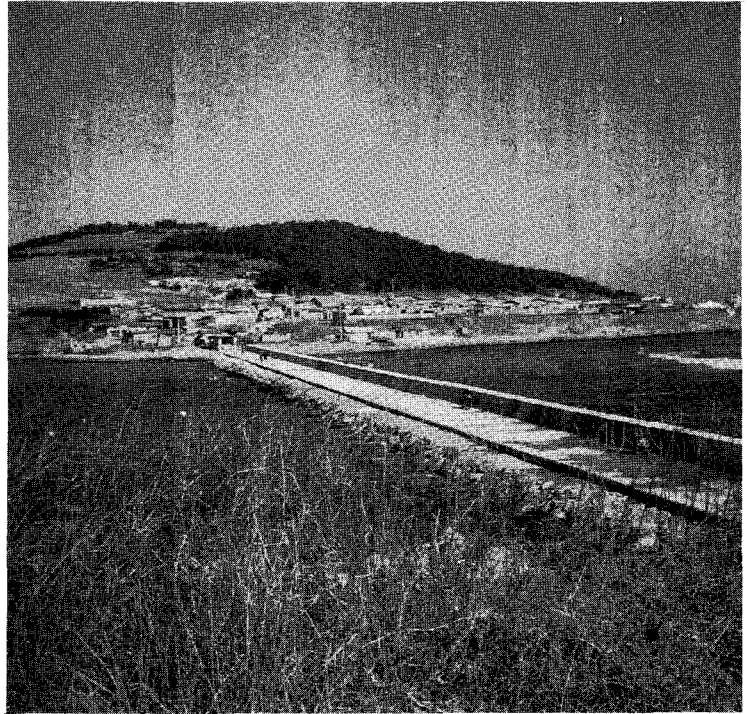
$$S_{\max} = 11.5 (2\pi f_p U_{10}/g)^{-2.5}$$

..... (6)

여기서,

- Γ(S) : Gamma 함수
- f<sub>p</sub> : peak 주파수 (f<sub>p</sub>=1/1.05 T<sub>1/3</sub>)
- S : 파랑의 방향집중도 인자
- U<sub>10</sub> : 海面上 10m에서의 풍속

그런데 항내의 파고분포는 식(3)과 같은 항구로부터의 회절파, 항내반사파, 안벽 등에 의한 재회절파를 고려한 합성파로서 계산하여야 한다. 이 합성파의 유의파고 H<sub>1/3</sub>은 에너지의 합으로 표현하여 다음 식



으로부터 구하였다.

$$H_{1/3} = \sqrt{\sum_{n=1}^N H_n^2}$$

..... (7)

여기서는 입사파에 대한 파고비 K<sub>d</sub>로 나타내기 위하여 다음과 같이 계산하였다.

$$K_d = \sqrt{\sum_{n=1}^N H_n^2 / H_i^2} \dots \dots \dots (8)$$

여기서 N은 항구입사파, 안벽에 의한 반사파, 재회절파 등 성분파군의 수이다.

- (2) 항내의 해수교환율(E)
- 항내의 해수교환율은 다음식

과 같은 방법으로 산정할 수 있다.

$$E = \frac{\int_0^T \int_{i=1}^N (h_i (V_i S_i - V_i' S_i')) \, dt \, di}{\int_0^T \int_{i=1}^N (h_i v_i s_i) \, dt \, di}$$

..... (9)

- 여기서, V<sub>i</sub>, V<sub>i</sub>' : 항내로의 유입 流連, 유출유속
- h : 수심
- S<sub>i</sub>, S<sub>i</sub>' : 항내로의 유입염분, 유출염분
- i : 유출 및 유출의 형태별 성분 (항구를 통한 유출입, 통수구를 통한 유출입 등)

위식을 기초로 항구를 통한 해수교환은 연속조건을 생각하면 다음식과 같이 나타낼



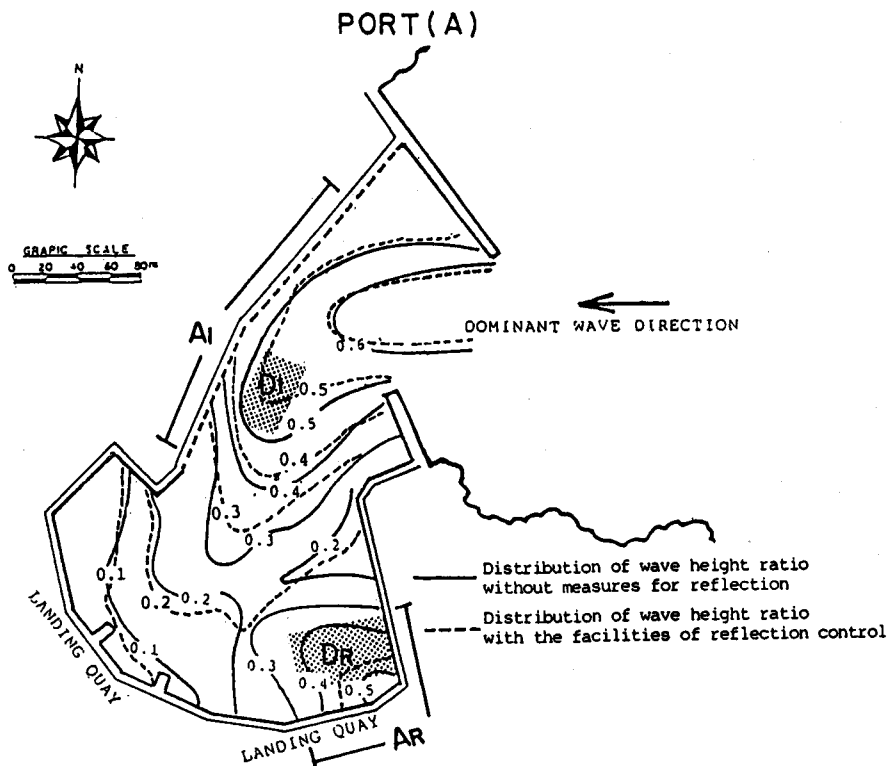


Fig.4. The effect of wave absorbing structures on the distribution of wave height ratio (Port A).

Table 3. Variations of water exchange ratio and wave height by means of different measures

Ports	Mean water exchange ratio ( $E/E_0$ )								Wave height ratio at $D_1$ and $D_2$ ( $H/H_0$ )				
	$E_0$	CB 30 m	EG n=1	EG n=2	EG n=3	SB + EG(2) h'=1	SB + EG(2) h'=2	SB + EG(2) h'=3	RP $\ell=30m$	CB	A <sub>1</sub> , A <sub>R</sub>	EG	CB + EG + SB
A	0.1	0.07	-	-	-	-	-	-	-	0.6	0.6	-	-
B	0.15	0.10	0.18	0.23	0.25	0.3	0.27	0.25	0.20	0.71	-	-	0.70
C	0.05	-	0.11	0.13	0.14	0.20	0.16	0.14	0.15	-	0.67	0.75	-

$H_0$  : Wave height distribution of initial condition as Fig.3.

$E_0$  : Water exchange ratio of initial condition as Fig.3 and Table 2.

CB : Construction of breakwaters

A<sub>1</sub>A<sub>R</sub> : Wave absorbing structures

EQ(2) : EG with  $n=2$

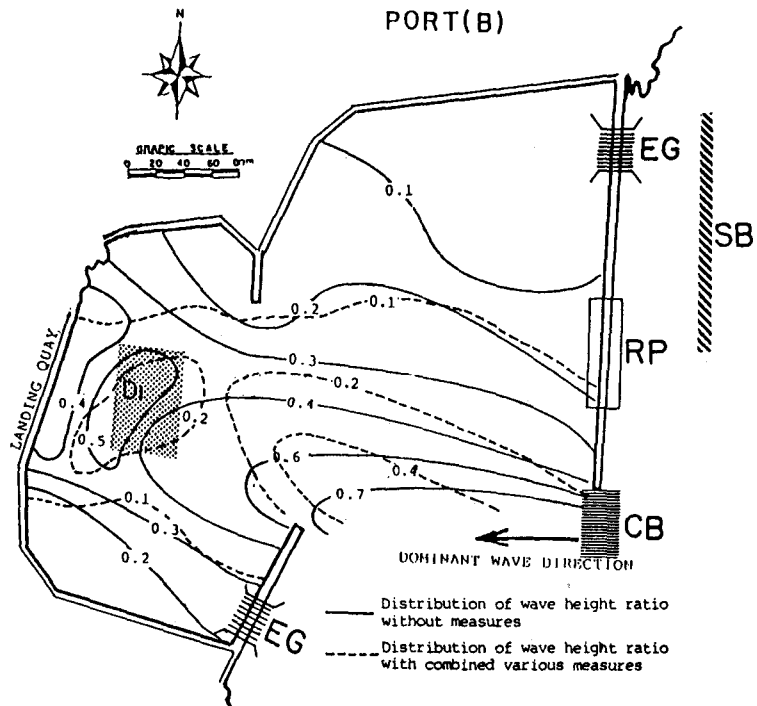


Fig.5. The effect of combined various measures on the distribution of wave height ratio (Port B).

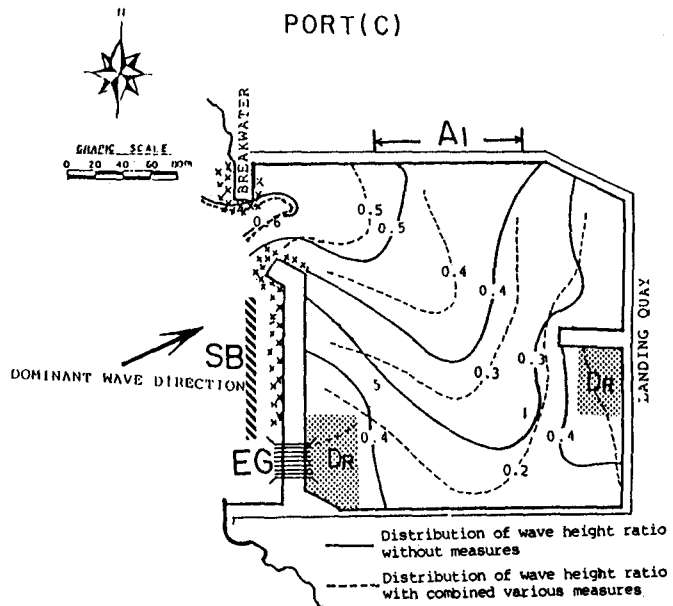


Fig.6. The effect of combined various measures on the distribution of wave height ratio (Port C). com

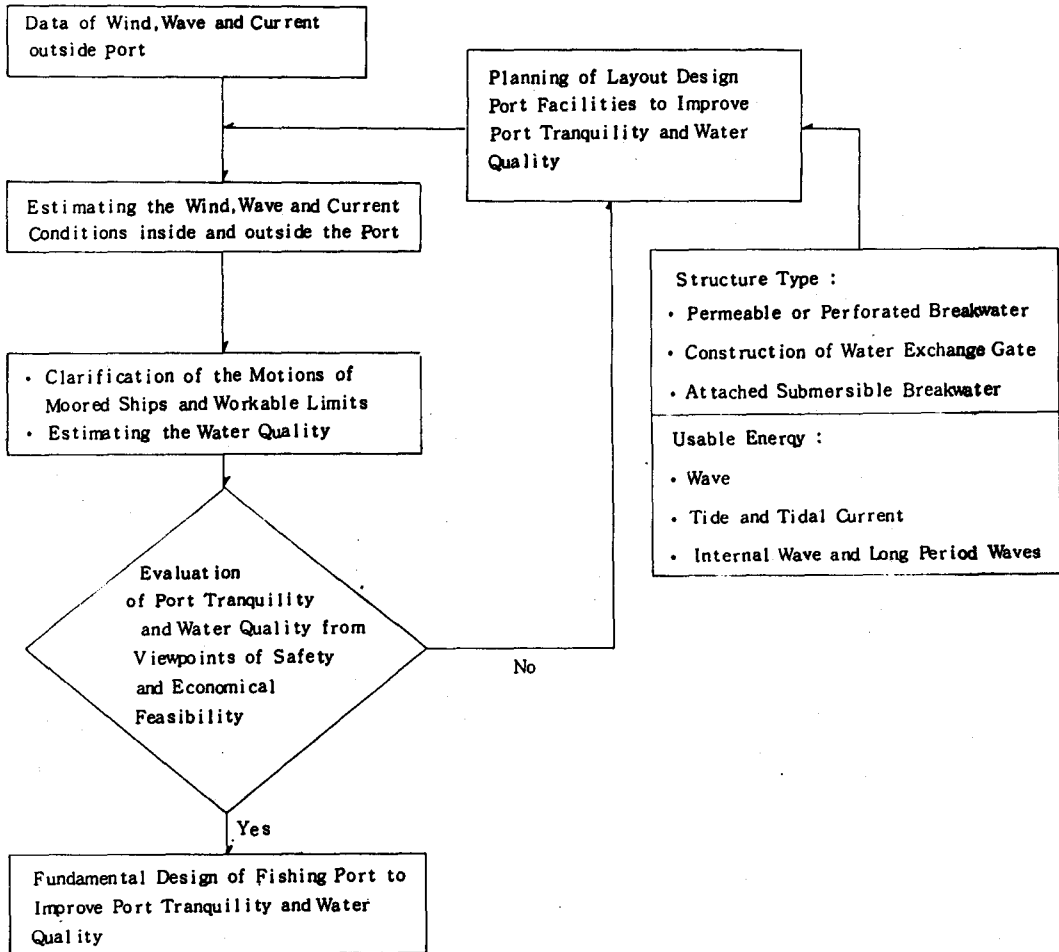


Fig.7. Fundamental design flow of fishing Port.

수 있는 항구부의 평균 유속 ( $U_{ent}$ )을 사용하여 계산할 수 있다.

$$U_{ent} = \frac{-LBW}{W} \frac{a \sin \omega t}{(h + a \cos \omega t)} \dots \dots \dots (10)$$

여기서, L : 항의 길이  
a : 조석 등의 진폭  
B : 항의 너비  
 $\omega$  : 조석파 등의 주파수

W : 항구의 폭  
h : 수 심

한편 인공적인 통수구를 통한 해수교환은 다음의 通水口내 유속 계산식을 이용하여 식(9)에 대입하여 고려할 수 있다.

$$V = PC \sqrt{2g \Delta\eta} \dots \dots (11)$$

또는  $V \ll \sqrt{2g \Delta\eta}$  일 경우

$$V = \int_{ig} dt = \frac{g\alpha H}{2l} \int_{\cos(\frac{2\pi}{T}t)} dt$$

$$= \frac{g\alpha H T}{2l \cdot 2\pi} \sin(\frac{2\pi}{T}t) + C$$

..... (12)

여기서,

P : 통수구의 공극률  
H : 장주기 파고 ( $\Delta\eta = \alpha H/2$ )  
C : 유량계수  
l : 통수구 길이

T : 장주기과 주기

### (3) 수리모형 실험

전술한 어항 B, C를 주 모델항으로 선정하여 현재상태와 해수교환 촉진 공법의 채용에 따른 해수교환의 효율성을 확인하기 위하여 수리모형실험을 실시하였다.

공법별 실험조건은 Table 2와 같다. 실험은 조석만에 의한 해수교환율과 파랑의 에너지를 이용한 해수교환 촉진공법을 채택함에 따른 교환율의 차를 측정하기 위한 것으로 8mL×2mB×60cmH의 조파 및 조류발생장치가 부착된 소형 실내수조를 사용하여 실시하였다.

### 防波堤 및 岸壁施設에 의한 靜穩度 및 水質環境의 變化

종래의 전통적인 항내정온도 향상책으로서의 방파제를 연장하여 항내 유입파랑을 근원적으로 차단하는 방법과 항내에서 유입된 에너지를 흡수할 수 있는 영역을 확보하는 방법으로 대별할 수 있다. 전술한 Fig. 3은 현재 상태에서 A, B, C 항의 파고분포를 계산한 결과로서 입사파에 대한 파고비로 나타낸 것이다.

이러한 파고분포 특성하에서는 각항의 D<sub>L</sub> 또는 D<sub>R</sub> 지역에서 항내계류 어선의 재해는 필연적인 것이라 할 수 있다. 어항(A)의 D<sub>L</sub> 지역에 배후안벽을 건설하는 어항시설의 확장계획을 시행할 경우, 그 지역의 반사파 증대효과에 따라 D<sub>L</sub>, D<sub>R</sub> 지역의 파고비 계산결과는 안벽의 공법에 따라 다르나 현재의 1.1~1.5배로 증대되었으

며, 이는 어항재해 발생의 빈도 및 규모가 더욱 커질 수 있음을 의미한다.

한편 Fig. 4의 D<sub>L</sub> 지역 및 D<sub>R</sub> 지역의 배후안벽 A<sub>L</sub>, A<sub>R</sub>을 반사율  $K_R \leq 0.5$ 인 저반사안벽 또는 소파시설을 겸비할 경우, 점선으로 표기된 파고비와 같이 현재의 상황보다 D<sub>L</sub>, D<sub>R</sub> 지역의 파고는 10~40% 정도까지 감소되어 항내정온화에 기여할 수 있다.

이러한 항내 안벽시설의 개선에 의한 정온화는 현재의 항구 수질교환에 거의 영향을 미치지 않으나, 정온화의 대책으로 북방파제를 연장한다면 해수교류·교환능력은 감소하게 된다. 이 어항의 경우 Table 3에서 볼 수 있는 바와 같이 조류에 의한 소통을 기대하기 어렵기 때문에 더욱 큰 수질악화의 우려가 있다. 이것을 검토하기 위해 D<sub>R</sub> 지역의 파고비를 0.3이내로 유지하기 위한 방파제 연장거리는 30m 정도로 계산되고 이때의 해수교환율(E)은 현재의 0.1 정도에서 0.07 정도로 급격하게 저하되는 것을 알 수 있다.

### 海水交換 促進工의 效果 및 靜穩度

모델항 (B), (C)를 대상으로 해수교환 촉진공법의 적용에 따른 항내 파고분포의 변화와 수질개선 효과에 대한 계산 및 수리모형 실험결과를 종합하여 나타낸 것이 Fig. 5~6과 Table 3이다.

Fig. 5의 파고비 계산 결과는 현재상태의 파고분포(실선)와 通水口公법(EG : Construction

method of water exchange gates), 방파제 전면에 潛堤를 설치하는 공법(SB : Construction of submergible breakwaters) 및 Run-up의 메카니즘을 이용한 수로를 건설하여 항내 임의의 지역에 流下시킬 수 있도록 고려한 공법(RP) 등 해수교환촉진공 및 방파제의 연장(CB)을 통한 항내정온도 향상책을 고려한 경우의 파고분포(파선)를 비교하여 제시한 것이다.

Fig. 6은 SB공법과 EG공법을 조합하고, A<sub>L</sub> 지역에 소파안벽을 건설할 경우와(점선), 현재상태의 파고분포를 비교하여 나타낸 것이다. Table 3은 이러한 계산결과를 종합하여 D<sub>R</sub> 지역 및 D<sub>L</sub> 지역의 파고감쇠율을 계산하여 표시하고, 각각의 공법을 개별적으로 또는 조합하여 적용하였을 경우의 해수교환율 실험결과를 기술한 것이다.

이들 그림과 표로부터 해수교환기능과 항내정온화라는 상반된 개념의 공법개발 가능성을 확인할 수 있다. 즉, (B)항의 경우, 현재의 해수교환율 0.15를 0.27까지 증대시키고, 항내정온도도 30%이상 높일 수 있다. (C)항의 경우도 현재의 4배까지 해수교환율을 증대시키면서 파고는 30% 정도까지 줄일 수 있는 것으로 나타났다.

모델화한 어항에 기본공법을 적용하여 얻어진 해수교환율과 항내정온도를 동시에 만족시킬 수 있는 결과를 얻은 것은 이러한 기본적인 공법을 어항의 지형적인 특성을 고려하고, 항

내외의 파고환경, 유동환경 및 인위적인 수위제어기술(潛堤·Run-up공 등의 배치 및 설계기술)을 개발하여 조합하면 어항의 수질오염문제 해결에 요긴하게 이용될 수 있음을 의미한다.

이들 결과를 어항의 설계나 정비계획 등에 이용할 경우 Fig. 7과 같은 기본설계 흐름을 생각하면 된다. 이 흐름도에서 해수교환촉진공법의 선택과 이용에너지는 충분한 이론적, 실험적 검토과정을 통해 결정되어야 한다. 특히 연안의 외적 환경조건의 변화특성 및 그 확률론적 고려가 중요할 것이며, 임의의 어항이 가지는 어기 등의 문제와도 밀접하게 관련지워 결정해야 할 필요가 있다.

## 結 論

어항의 정온도 향상과 수질환경의 개선문제라는 상반되는 어항수리현상을 동시에 만족시킬 수 있는 어항기능의 제어방법에 대해 연구·검토하였다. 특히 파랑의 에너지를 해수교환에 유리하도록 억제하는 방법과 파랑의 제어효과를 수치해석 및 수리실험에 의해 검토하고 그 유용성을 검증한 것이다.

이를 위하여 한국연안 어항의 해역환경 특성을 파악하고 어선재해 및 수질환경의 악화가 심한 모델항을 선정하여 通

水口공법, Run-up 波 이용공법, 二重潛堤공법 등 단위공법과 이들의 조합공법을 적용시켰을 경우, 해수교환 증대효과 및 정온도의 향상 정도를 해석한 결과, 본 연구에서 시험적으로 고안·제시된 대책이 어항의 2대기능을 효율적으로 증대시킴을 확인하였다. 이는 조석·조류가 미약하고 파고환경이 나쁜 해역(동해 중부·북부)의 어항에 대한 수질환경 개선을 위해 매우 유용하게 응용될 수 있는 대책공법이 될 수 있음을 의미한다.

금후 보다 상세한 연구과정을 거쳐, 인위적인 파랑과 구조물의 상호작용기능 등을 이용한 파랑·수위·흐름의 제어방법을 응용하여 항내의 정온화와 수질개선이라는 어항 2대기능의 극대화를 위한 단위공법의 조합방법과 최적설계 및 배치계획의 수립과정에 대한 연구·검토가 필요하나, 본 연구결과가 이러한 분야의 기술개발과 우리 나라 동해안 어항의 수질개선대책 수립 등에 유용하게 응용될 수 있길 기대한다. ㉔

## 參 考 文 獻

Bretschneider, C. L. (1959) : Wave variability and wave spectra for wind-generated waves. Tech. Mems., BEB, 118, 192p.  
Gumbe I, E. J. (1958) : Statistics

of extremes. Columbia Univ Press, New York, 1~200p.  
Goda, Y. (1985) : Random seas and design of maritime structures. Univ. Tokyo Press, Tokyo, 221~305p.  
Takayama, T. (1981) : Wave diffraction and wave height distribution inside a harbor. Tech. Note of PHRI, 367, 140p.  
光易 恒·水野信二郎(1974) : 海洋波の方向スペクトルにつつて, 第21回海講論文集, 261~265.  
교통부 수로국(1978, 1983) : 수로기술연보. 1~201p.  
류청로·박종화(1988) : 한국연안의 외력요소별 극치통계해석·부산수대연보 28(1), 11~18p.  
박종화(1989) : 연안시설물 설계외력 해석의 최적화를 위한 기초적연구. 부산수대대학원 석사학위논문, 48p.  
수산청(1983, 1986) : 수산업동향에 관한 연차보고서, 200p.  
중앙기상대(1984) : 한국태풍 80년보, 350P.  
한국과학기술원(1986, 1988) : 해난재해 예보시스템연구, 52P.  
해운항만청(1984) : 파랑자료 분석보고서, 91~355p.  
해운항만청(1980, 1988) : 파랑관측보고서, 309~427p.