

직립 소파판을 이용한 어항 정온화 접안시설 개발(I)

김현주 · 조일형 · 최학선
한국기계연구원 선박·해양공학 연구센터
(1996년 7월 8일 접수)

Development of Wharf in Fishing Port with Tranquility Using the Arrays of Upright Perforated Plates(I)

Hyeon - Ju KIM, Il - Hyung CHO and Hak - Sun CHOI

Korea Research Institute of Ships of Ocean Engineering
(Received July 8, 1996)

Abstract

This paper established the analytical model of sea surface oscilation of simple type fishing port with vertical wave absorbor. This model is composed by MAEM(Matched Asymptotic Expansion Method) for wave amplification in fishing port and EEM(Eigen - function Expansion Method) for wave absorbing characteristics against vertical perforated plates. Dimensionless porosity by adopting Darcy's law was introduced to evaluate wave absorbing characteristics of the perforated structure. Using the model, the efficiency of the vertical perforated plates was studied for fishing port tranquility with number of plates, array method and plate intervals. Optimal design and arrangement of perforated plates can be applied to develop multipurpose fishing ports and villages.

1. 서 론

수산업의 활성화를 위해서는 취업활동 및 고소득의 보장, 노동의 경감, 그리고 문화적 괴리감의 감소를 위한 어장, 어항, 어촌의 정비 및 개발이 필요하다. 어항은 어장과 어촌의 접속시설로서 생산 준비기지로서 뿐 아니라 가공 유통의 거점으로서 중요한 기능을 가지고 있다. 이러한 기능을 극대화하기 위한 종합적인 개발 방안이 사회과학적인 측면에서 조명되고 있으나, 시설공학적인 측면에서의 뒷받침이 없으면 효율적인 달성을 기대하기 힘들다.

항내 각종 시설물 및 인명의 보호와 작업의 효율화를 위해서 어항의 정온도를 적정 한도 내로 제어

하는 기능이 필요하다. 이를 위한 방안은 항만 구조의 최적 배치·설계, 저반사 호안의 설계, 항내 반사파의 흡수지역 조성 등의 방안이 있으며, 항내 가용수역의 확보를 중심으로 고려하면 항만의 구조와 저반사 호안의 설계가 효율적인 방안으로 고려될 수 있다(Goda, 1985).

또한, 어항의 기능은 종래의 수산물류 생산 준비·유통의 기본적인 기능으로부터 어항 및 주변 수역에 대한 이용육구 다양화, 증·양식 기지화, 관광 및 전략적 유통기지화 등 다양한 기능의 충족이 요구되고 있다(류 등, 1989). 따라서 지역특성을 고려하여 해양레포츠형, 수산생산·유통형, 수산유통·관광형 및 수산연구 교육형 등을 중심으로 한 개발전략의 수립이 필요하며, 어항시설은 이

러한 개발 모델에 적합한 형태로의 기능화가 필요하다.

이에 본 연구에서는 항내 정온도 개선을 위한 기초적 연구로서 수치실험을 통해 직립식 소파판을 이용한 저반사 호안을 개발하고자 하였다. 정합점 근전개법을 이용하여 항만의 파랑응답을 계산하며, 접안시설의 내부에 직립식 소파판 배열을 설치하여 항내 정온도를 향상시키는 방안을 검토하였다. 또한, 접안시설의 다기능화를 통한 어항·어촌의 활성화를 시설공학적 측면에서 논의하고자 한다.

2. 항만의 파랑응답 해석

소파 호안을 가진 어항의 파랑응답 해석을 위한 기초모형으로서 수로형의 단순한 어항에 대한 응답 해석모형을 구축하였다. 어항의 수심(h)과 폭(2B)이 입사파의 파장에 비해 작다고 가정하고, 길이가 L인 어항내의 호안측에 다수의 직립 소파판을 길이 D의 구간에 설치한 경우를 대상으로 진폭 A 및 주파수 ω 의 파랑이 입사해 올 경우를 가정하고 정합점근전개법(Matched Asymptotic Expansion Method)을 도입하여 항만의 파랑응답 모델을 구축하였다(조, 1991). 정합점근전개법은 어항의 단순화 가정을 토대로 유체영역을 외해영역, 어항입구영역, 어항내부영역으로 나누어 각 영역에서 해를 구하고 부족한 경계조건들로부터 생기는 미지수는 인접한 영역의 해와 정합시켜 구하는 방법이다.

파장에 비해 수심이 작다($kh = O(\epsilon)$)고 가정하면 선형장파이론을 도입할 수 있으며, 장파이론의 기본성질로부터 수심방향의 속도변화를 무시하면 속도포텐셜과 자유표면식은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\begin{cases} \Phi(x, y, t) = \text{Re}\{\phi(x, y)e^{-i\omega t}\} \\ \zeta(x, y, t) = \text{Re}\{\eta(x, y)e^{-i\omega t}\} \\ \eta(x, y) = \frac{i\omega}{g} \phi(x, y) \end{cases} \quad (1)$$

여기서 (x, y) 평면은 정수면, g는 중력가속도이며 주파수 ω 와 파수 k는 다음과 같은 선형분산관계로

부터 구할 수 있다.

$$\omega^2 = gk^2h \quad (2)$$

선형장파이론에 따라 속도포텐셜과 자유표면식은 다음과 같은 Helmholtz 방정식을 만족한다.

$$\Delta^2 \eta + k^2 \eta = 0 \quad (3)$$

어항입구에서 멀리 떨어진 외해영역에서의 자유표면식은 입사파와 방파체에 의한 반사파 그리고 어항입구로부터 나오는 산란파의 합으로 표현할 수 있다.

$$\eta_0 = 2A \cos kx + \frac{\omega Q}{2g} H_0^{(1)}(kr) \quad (4)$$

여기서, $\gamma = \sqrt{x^2 + y^2}$ 이며 Q는 어항입구로부터 외해쪽으로 빠져나가는 유량이다. 어항입구의 해와의 정합을 위하여 윗 식을 어항입구로 내부전개하면 다음과 같다.

$$\eta_0 = 2A + \frac{\omega Q}{2g} \left(1 + \frac{2i}{\pi} \ln \frac{\gamma kr}{2}\right) + O(kr), \quad kr \ll 1 \quad (5)$$

여기서 $\ln \gamma = 0.57721566 \dots$ 로 Euler상수이다.

어항입구영역 문제의 기본항(leading order)만 고려하면 지배방정식은 2차원 Laplace 방정식으로 바뀐다. 따라서 파의 효과는 나타나지 않으므로 2차원 수로문제를 푸는 것으로 대처할 수 있다. 해석방법으로는 실제평면을 Schwarz - Christoffel 변환으로 간단한 복소평면으로 사상(mapping)시켜 해를 구한다. 어항입구영역의 해를 외해영역과 어항내부영역으로 외부전개하면 다음과 같다.

$$\eta_e = M \ln \frac{\pi r}{2B} + C \quad x > 0 \quad (6)$$

$$\eta_e = M \frac{\pi x}{2B} - M \ln \frac{e}{2} + C \quad x < 0 \quad (7)$$

어항내부영역에서의 해는 입사파의 파장에 비해 어항의 폭이 작으므로($kB = O(\epsilon)$) 폭방향의 변화율은 무시할 수 있고, 어항내부 영역에서의 일반 해는 다음과 같다.

$$\eta_h = T_o e^{-ikx} + R_o e^{ikx}, \quad x < 0 \quad (8)$$

식(8)을 어항입구영역으로 내부전개시키면 식(9)와 같이 나타내어진다.

$$\eta_h = (T_o + R_o) + ik(-T_o + R_o)x + O(kx)^2 \quad (9)$$

식(5)는 식(6)과 정합되며, 식(7)은 식(9)와 정합한다는 정합조건식으로 부터 다음과 같은 대수방정식을 얻을 수 있다.

$$\begin{cases} T_o + R_o = C - M \ln \frac{e}{2} \\ ik(-T_o + R_o) = \frac{\pi M}{2B} \\ 2A + \frac{\omega}{2g} Q(1 + \frac{2i}{\pi} \ln \frac{\gamma k}{2}) = C + M \ln \frac{\pi}{2B} \\ \frac{iQ\omega}{\pi g} = M \end{cases} \quad (10)$$

식(10)에서 미지수는 T_o, R_o, M, C, Q 로 5개이며, 어항내부 끝단에 설치하는 소파제의 경계조건을 3절에서 후술하는 바와 같이 도입하면 각 영역에 대한 완전한 해를 구할 수 있다. 식(10)으로부터 T_o 를 입사파의 진폭 A 와 R_o 로 표시하면 다음과 같다.

$$T_o = cA + dR_o \quad (11)$$

여기서 c, d 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$c = \frac{2A}{(kB + 1 + i \frac{2kB}{\pi} \ln \frac{2kB\gamma}{e\pi})}$$

$$d = \frac{(kB - 1 + i \frac{2kB}{\pi} \ln \frac{2kB\gamma}{e\pi})}{(kB + 1 + i \frac{2kB}{\pi} \ln \frac{2kB\gamma}{e\pi})}$$

3. 소파판에서의 경계조건

소파판 내부에서의 유동현상은 아래와 같은 연속방정식과 대류항을 무시한 Euler 방정식을 풀어 해석할 수 있다.

$$\begin{cases} \nabla \cdot U = 0 \\ \frac{\partial U}{\partial t} = -\frac{\nabla P}{\rho} - f\omega U - C_m \frac{1-\epsilon}{\epsilon} \frac{\partial U}{\partial t} \end{cases} \quad (12)$$

여기서 U 는 소파판 내부에서의 침수속도, P 는 동압력, ω 는 주파수이며, 계수 ϵ, f, C_m 은 각각 공극율, 박리에 의한 항력계수, 부가질량계수를 나타낸다. f, C_m 은 유체의 점성, 소파판의 국부형상, 거칠기 정도, 공극율에 따라 결정되며, 수리실험을 통해 얻을 수 있다.

침수속도와 압력이 주파수 ω 로 조화운동을 한다고 가정하면, 다음과 같이 시간함수와 공간함수로 분리할 수 있다.

$$\begin{aligned} U &= Re\{ue^{-i\omega t}\} \\ P &= Re\{pe^{-i\omega t}\} \end{aligned} \quad (13)$$

식(13)을 식(12)에 대입하여 정리하면 다음과 같이 정리된다.

$$\begin{cases} \nabla \cdot u = 0 \\ \nabla p + \rho\omega Ru = 0 \\ R = f - i[1 + C_m(1-\epsilon)/\epsilon] \end{cases} \quad (14)$$

여기서 ρ 는 물의 밀도이다. 소파판의 특성을 나타내는 R 의 실수부와 허수부는 각각 속도에 비례하는 항력항과 가속도에 비례하는 질량항을 나타낸다. 여기서, 속도와 압력의 수평방향 변화율이 수직방향 변화율에 비하여 크므로 윗식은 다음과 같이 바뀐다.

$$\frac{\partial u}{\partial x} = 0 \quad (15)$$

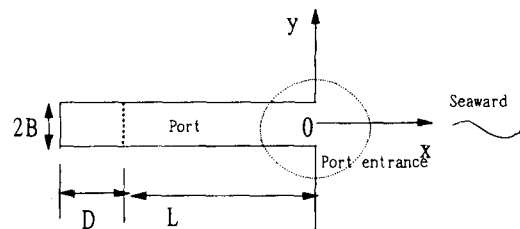
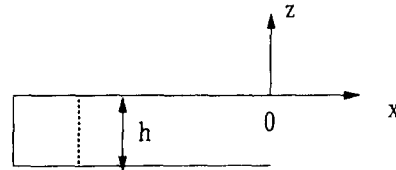


Fig. 1. Definition sketch of fishing port.

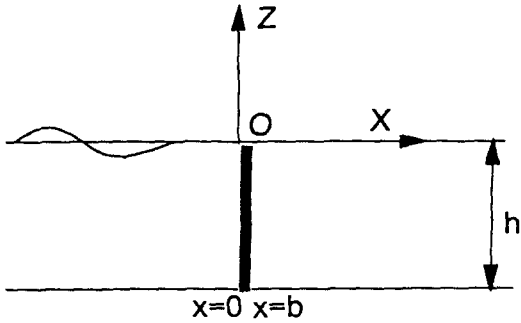


Fig. 2. Definition sketch of a perforated plate.

$$\frac{\partial p}{\partial x} + \rho\omega R u = 0 \quad (16)$$

식(15)로부터 침수속도 u 는 x 방향에 따라 변하지 않는다고 가정할 수 있으므로, 이를 이용하여 식(16)을 x 에 대해 적분하면 식(17)과 같다.

$$u = -(p_{b-} - p_{o+}) / (\rho\omega b R) \quad (17)$$

여기서, p_{o+} , p_{b-} 는 $x=0$ 과 $x=b$ (Fig. 2)에서의 소파판 내부압력을 나타내며, b 는 소파판의 두께이다. 식(17)로부터 소파판 내부의 침수속도는 압력차에 비례한다는 사실을 알 수 있다. 이때 침수속도는 압력과 위상차를 가지며 그 위상차는 항력항과 질량항의 크기에 따라 정해지며, Darcy법칙에 근거하여 항력항이 질량항에 비하여 아주 크다면 위상차는 0도로 고려할 수 있다.

소파판 안과 밖에서의 속도, 압력의 관계식을 유도하기 위하여 Fig. 2에 나타낸 것과 같이 $x=0$ 과 $x=b$ 에서 정합조건들을 다음과 같이 고려하기로 한다.

$$\begin{aligned} u_{o-} &= u_{b+} = \epsilon u \\ p_{o-} &= p_{o+} + p_{b+} = p_{b-} \end{aligned} \quad (18)$$

여기서 $+$, $-$ 는 소파판 안과 밖의 위치를 나타낸다. 식(18)을 식(17)에 대입하여 정리하면 아래와 같은 관계식을 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} u_{o-} &= \frac{\epsilon}{\rho\omega b R} (p_{b+} - p_{o-}) \text{ at } x=0- \\ u_{b-} &= \frac{\epsilon}{\rho\omega b R} (p_{b+} - p_{o-}) \text{ at } x=b+ \end{aligned} \quad (19)$$

소파판의 두께($=b$)가 작다고 가정하고 소파판이 $x=0$ 에 놓여 있다고 하면 식(19)로부터 소파판에서의 경계조건식을 얻을 수 있다.

$$u_{o+} = u_{o-} = \frac{kG}{\rho\omega} (p_{o+} - p_{o-}) \text{ at } x=0+ \quad (20)$$

여기서, G 는 R 과 마찬가지로 소파판의 종류(형상, 공극율, 항력)와 파 주파수에 따라 달라지는 특성변수로 아래와 같이 정의할 수 있다.

$$G = \frac{\epsilon}{Rkb} = G_r + iG_i \quad (21)$$

$\epsilon=0$, $R \rightarrow \infty$ 일 때 소파판은 불투과판이며 $G=0$ 이고, $G \rightarrow \infty$ 는 완전투과판을 의미한다. 본 연구에서는 Darcy법칙을 도입하여 G 를 실수로 고려하였다. Chwang(1983)은 유사한 무차원 공극율 $G = \frac{\rho\omega a}{\mu k}$ (μ =유체 점성계수)를 도입하여 반사율을 계산한 바 있고, 본 연구와 비교하면 $a (= \frac{\epsilon\mu}{\rho\omega Rb})$ 는 길이 차원을 가지며 마찰계수와 소파판의 형상과 관련된 변수임을 알 수 있다. 본 연구에서는 마름모꼴 공극을 가진 강판인 expanded metal을 소파판으로 사용한 경우를 대상으로 하였으며, 공극율에 따른 특성변수 값은 조·김·최(1996)의 결과를 사용하였다.

4. 소파판 배열에 따른 소파성능 해석

소파판에 의한 소파성능은 소파판의 종류(G , a 의 값)와 배열(소파판의 간격 및 개수)에 따라 달라진다. 경험적으로 첫번째 소파판은 공극율이 큰 것을 사용하고 끝으로 갈수록 공극율이 작은 소파판을 사용하는 것이 유리한 것으로 알려져 있으며, 이에 대한 검토가 필요하였다.

Fig. 3과 같이 N 개의 소파판으로 나뉜 유체영역을 $D_0, D_1, \dots, D_{N-1}, D_N$ 이라 하고, 각 영역에서의 속도포텐셜을 쓰면 다음과 같다.

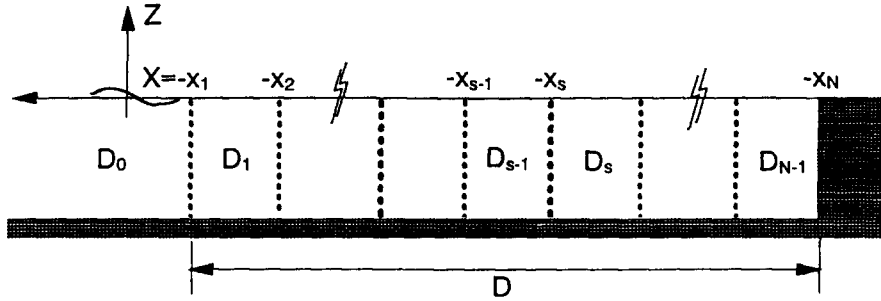


Fig. 3. Array of perforated plates.

$$\left\{ \begin{array}{l} \eta^0 = cAe^{-ikx} + (de^{-ikx} + e^{ikx})R_0 \\ \text{at } -x_1 < x < 0 \\ \eta^1 = T_1e^{-ikx} + R_1e^{ikx} \\ \text{at } -x_2 < x < -x_1 \\ \vdots \\ \eta^s = T_s e^{-ikx} + R_s e^{ikx} \\ \text{at } -x_{s+1} < x < -x_s \\ \vdots \\ \eta^{N-1} = T_{N-1}(e^{-ikx} + e^{2ikx_N} e^{ikx}) \\ \text{at } -x_N < x < -x_{N-1} \end{array} \right. \quad (22)$$

$$\begin{aligned} & -G^{N-1}(e^{ikx_{s+1}} + e^{2ikx_s} e^{-ikx_{s+1}})T_{N-1} = 0 \\ & G^{N-1}e^{-ikx_s}R_{N-2} + G^{N-1}e^{ikx_s}T_{N-2} \\ & + [-(1+G^{N-1})e^{ikx_{s+1}} + (1-G^{N-1})e^{2ikx_s}e^{-ikx_{s+1}}] \\ & T_{N-1} = 0 \end{aligned} \quad (24)$$

이 연립방정식을 풀어 각 영역에서의 미지수들인 $R_0, R_1, T_1, \dots, R_{N-1}, T_{N-1}$ 을 구하면, 각 영역에서의 파랑 반사 및 투과 특성을 알 수 있다.

5. 소파판 배열에 따른 소파성능 및 어항의 파랑응답 특성

여기서 미지수($R_0, T_1, R_1, \dots, T_{N-1}$)들은 앞 절에서 논의한 것과 같은 소파판 위치에서의 물체 경계 조건을 적용하여 구할 수 있다.

$$\frac{\partial \eta^{s-1}}{\partial x} = \frac{\partial \eta^s}{\partial x} = ikG^s(\eta^s - \eta^{s-1}) \quad \text{at } x = -x_s \quad s = 1, 2, \dots, N-1 \quad (23)$$

식(23)을 식(22)에 대입하여 정리하면 다음과 같은 $2N \times 2N$ 대수방정식을 유도할 수 있다.

$$\begin{aligned} & [(G^1 - 1)de^{ikx_1} + (1+G^1)e^{-ikx_1}] \\ & R_0 - G^1e^{-ikx_1}R_1 - G^1e^{ikx_1}T_1 = c(1-G^1)e^{ikx_1}A \\ & G^1(de^{ikx_1} + e^{-ikx_1})R_0 + (1-G^1)e^{-ikx_1}R_1 \\ & - (1+G^1)e^{ikx_1}T_1 = -cG^1e^{ikx_1}A \\ & \vdots \\ & (1+G^s)e^{-ikx_s}R_{s-1} - G^s e^{-ikx_s}R_s \\ & + (G^s - 1)e^{ikx_s}T_{s-1} - G^s e^{ikx_s}T_s = 0 \\ & G^s e^{-ikx_s}R_s - 1 + (1-G^s)e^{-ikx_s}R_s \\ & + G^s e^{ikx_s}T_{s-1} - (1+G^s)e^{ikx_s}T_s = 0 \\ & \vdots \\ & (1+G^{N-1})e^{-ikx_{N-1}}R_{N-2} + (G^{N-1}-1)e^{ikx_{N-1}}T_{N-2} \end{aligned}$$

소파판의 개수, 배열방법에 따른 소파판의 소파성능은 3절과 4절에서 논의한 해석방법으로 소파판에 의한 파랑의 반사 및 투과 특성으로 부터 논의할 수 있으며, 본 연구에서는 어항내부 첫 소파판 전면에서의 반사율을 기준으로 소파성능을 검토하였다. 수치실험에서는 3절에서 정의한 소파판의 특성변수(a)를 동일(a₁)하게 하거나 다양(a₁, a₂, a₃, ...)하게 고려하였다. 소파판을 하나 설치하였을 경우의 입사파의 주파수에 따른 반사율 변화 특성은 Fig. 4에 나타낸 바와 같이 하나의 모드를 가지며, 이를 중심으로 주파수가 감소 또는 증가할수록 반사율은 증가하였다. 동일한 특성변수를 가지는 2, 3개의 소파판을 설치한 경우, 반사율의 극소값을 나타내는 모드도 2, 3개로 증가하는 것을 Fig. 5, 6으로 부터 알 수 있다. 따라서, 이러한 특성은 항내 입사파랑의 탁월주파수 또는 설계 대상 파랑 주파수를 고려하여 적절한 특성변수를 가진 몇 개의 소파판을 설치함으로써 파랑제어가 가능함을 알 수 있게 한다.

소파판의 배열방법은 개수 및 간격뿐 아니라 공

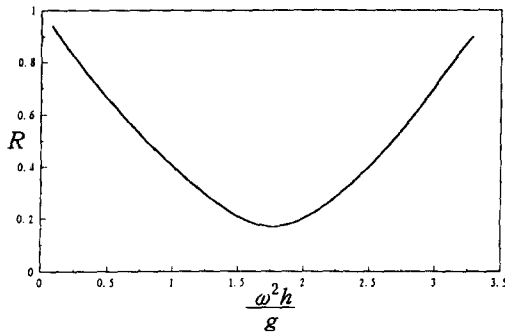


Fig. 4. Reflection coefficient of single perforated plate.
($a_1 = 1.01 \times 10^{-6}$ m, $D_1/h = 0.88$)

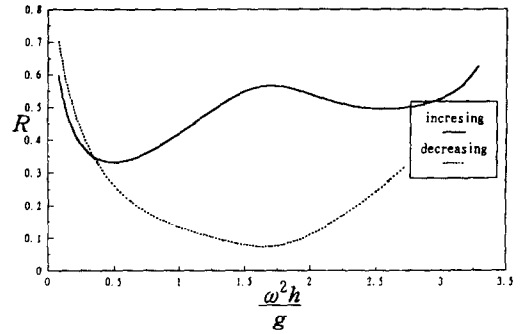


Fig. 7. Reflection coefficient of two perforated plates.
($a_1 = 1.01 \times 10^{-6}$ m, $a_2 = 3.25 \times 10^{-7}$ m, $D_1/h = D_2/h = 0.88$)

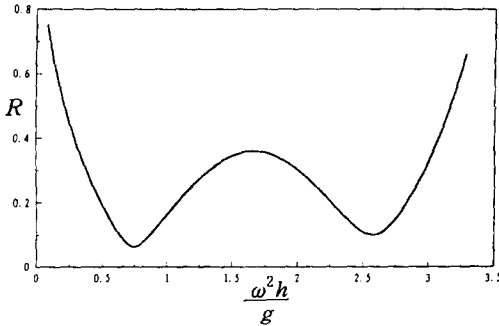


Fig. 5. Reflection coefficient of two perforated plates.
($a_1 = a_2 = 1.01 \times 10^{-6}$ m, $D_1/h = D_2/h = 0.88$)

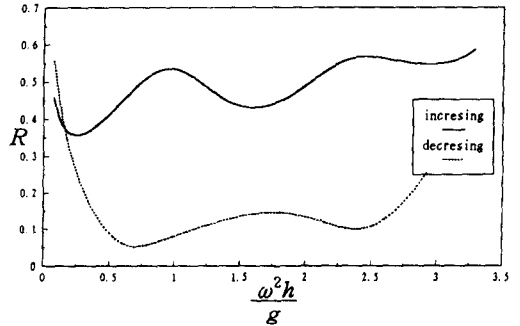


Fig. 8. Reflection coefficient of three perforated plates.
($a_1 = 1.01 \times 10^{-6}$ m, $a_2 = 3.25 \times 10^{-7}$ m, $a_3 = 3.25 \times 10^{-7}$ m, $D_1/h = D_2/h = D_3/h = 0.88$)

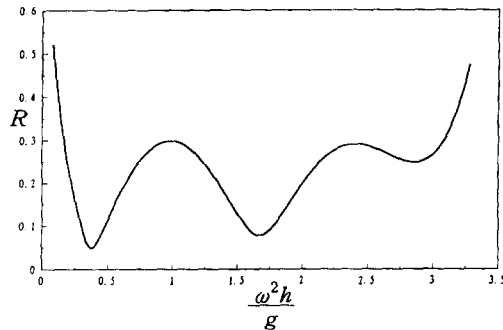


Fig. 6. Reflection coefficient of three perforated plates.
($a_1 = a_2 = a_3 = 1.01 \times 10^{-6}$ m, $D_1/h = D_2/h = D_3/h = 0.88$)

극율의 변화방향과도 밀접한 것으로 알려져 있으며, 이에 대한 해석적 검토를 실시하였다. Fig. 7, 8에 소파판 2, 3매를 소파판의 특성변수육지축으로 갈수록 공극율이 증가하는 방향과 감소하는 방향

으로 설치한 경우의 반사율 특성을 비교하였다. 그림으로부터 소파판의 공극을 변화 방향에 따라 소파성능이 달라짐을 알 수 있다. 육지축으로 갈수록 소파판의 공극율이 감소하는 배열이 증가하는 배열에 비해 반사율이 현저히 감소함을 알 수 있다.

어항의 파랑응답은 2절과 3절에서 논의한 해석 방법으로 부터 평가할 수 있으며, 본 연구에서는 단순화된 형상의 항의 끝단에 몇 개의 소파판을 설치한 경우를 대상으로 해석하였다. 소파판 1매를 설치한 경우의 어항 입구 및 소파판 부근에서의 상대 파수에 따른 파고 증폭율은 Fig. 9 및 Fig. 10에 나타낸 바와 같고, 정규화된 플럭스강도는 Fig. 11과 같다.

소파판의 매수에 따른 어항의 파랑응답을 검토하였으며, Fig. 12에 소파판을 1매, 3매를 설치한 경우의 어항입구 부근에서의 파고 증폭율을 나타

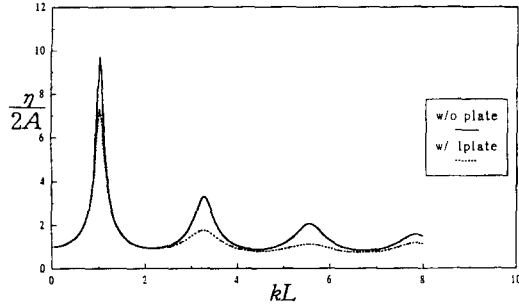


Fig. 9. Amplification factor $|\eta/2A|$ at the end of fishing port using a plate.
($a_1 = 1.01 \times 10^{-6}$ m, $L/B = L/h = 10$, $D/L = 0.3$)

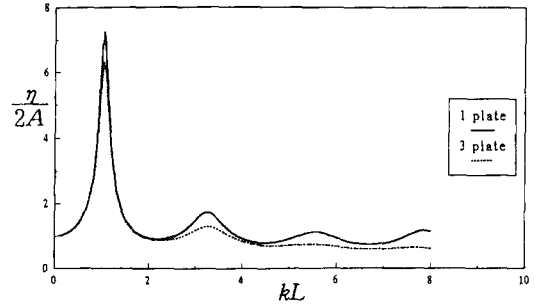


Fig. 12. Comparisons of Amplification factor $|\eta/2A|$ at the end of fishing port using a plate and 3 plates.
($a_1 = 1.01 \times 10^{-6}$ m, $L/B = L/h = 10$, $D/L = 0.3$)

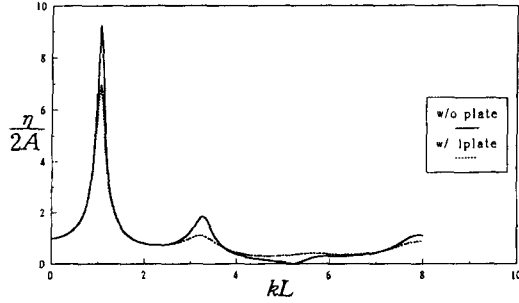


Fig. 10. Amplification factor $|\eta/2A|$ at $x = -L$ using a plate.
($a_1 = 1.01 \times 10^{-6}$ m, $L/B = L/h = 10$, $D/L = 0.3$)

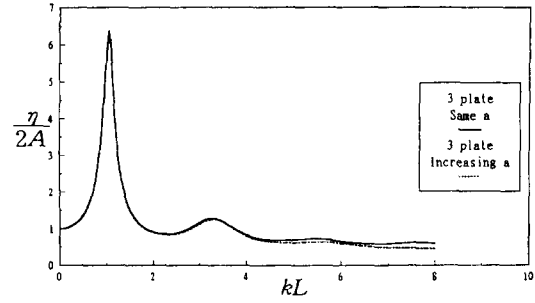


Fig. 13. Amplification factor $|\eta/2A|$ at the end of fishing port using 3 plates.
($a_1 = 1.49 \times 10^{-6}$ m, $a_2 = 1.01 \times 10^{-6}$ m, $a_3 = 3.25 \times 10^{-6}$ m, $L/B = L/h = 10$, $D/L = 0.3$)

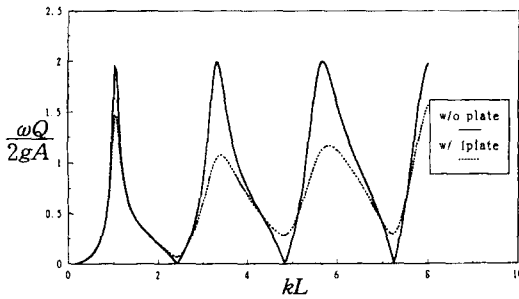


Fig. 11. Normalized flux intensity $|\omega Q/2gA|$ using a plate.
($a_1 = 1.01 \times 10^{-6}$ m, $L/B = L/h = 10$, $D/L = 0.3$)

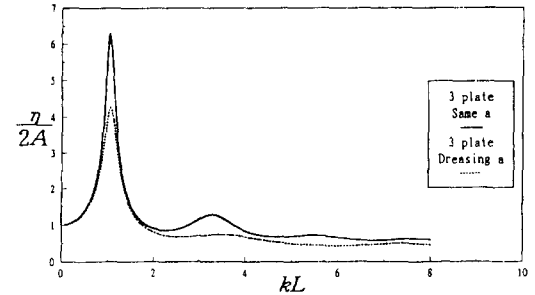


Fig. 14. Amplification factor $|\eta/2A|$ at the end of fishing port using 3 plates.
($a_1 = 3.25 \times 10^{-6}$ m, $a_2 = 1.01 \times 10^{-6}$ m, $a_3 = 1.49 \times 10^{-6}$ m, $L/B = H/h = 10$, $D/L = 0.3$)

내었다. 그림으로 부터 동일한 소파판 3매의 경우가 1매의 경우에 비해 다소 낮은 증폭율을 나타낼 수 있다. 한편, 3매를 설치할 경우에도 소파판의 공극율이 육지측으로 갈수록 증가하는 경우 (Fig. 13)에 비해 육지측으로 갈수록 감소하는 경

우 (Fig. 14)가 파고의 증폭율이 낮아 어항의 정온도가 향상됨을 알 수 있었다.

6. 결 론

수산업의 활성화 방안으로 어장, 어항, 어촌의 정비 및 개발이 강조되고 있으며, 어항은 그 중추적 기능을 담당하는 접속장이다. 따라서 어항의 기능 극대화를 위한 방안이 요구되고 있으며, 가장 기본적인 기능이 안전한 선박출입항 및 항내작업을 위한 정온화라 할 수 있다. 본 연구는 어항의 정온화를 위한 저반사 호안의 하나로서 직립식 소파판 배열시스템을 개발하고 있다. 이를 위한 기초적 연구로서 직립식 소파판 배열의 파랑제어 특성을 해석적으로 검토하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

어항과 같이 입사파장에 비해 폭과 수심이 얇은 경우 정합점근전개법(Matched Asymptotic Expansion Method)을 적용하여 항만의 파랑응답을 해석할 수 있으며, 직립 소파판에 의한 소파성능은 경계조건으로 Darcy의 법칙을 도입하고 고유함수 전개법(Eigen-function Expansion Method)을 사용하여 해석할 수 있었다. 이로부터 직립 소파판의 투과성에 의한 유동 에너지의 출입을 도입하여 유체장을 해석하면, 소파판에 의한 어항내의 정온화 성능을 평가할 수 있었다.

계산 결과, 소파판의 소파성능은 소파판의 공극을 및 형상과 관련한 특성변수와 밀접하며, 파 진행방향으로 공극율을 감소시키는 배열의 경우가 증가시키는 배열보다 반사파가 저감되었다. 어항의 파랑응답은 어항 내부 경계면에서의 파랑반사와 밀접하여, 어항 정온도 개선을 위한 저반사 호안의 유용성을 알 수 있었다. 또한, 소파판의 수가 일정 개수 이상이면 비슷한 소파 특성을 보여, 적절한 개수를 산정함으로써 경제성을 높일 수 있을 것이다. 이로부터 직립식 소파판의 배열에 의한 어항의 정온화 특성을 평가할 수 있었고, 그 전단을 접안시설로 활용하는 어항 정온형 다기능 접안시설 개발을 위한 해석적 기초모형으로 정립하였다.

차후, 직립식 소파판을 이용한 다기능 접안시설의 실용화를 위해서는 방식 및 소파성능이 우수한 재료 및 구조의 검토와 어항의 복잡한 형상에 대해 적용할 수 있는 해석모델로의 확장이 요구된다.

사 사

본 연구는 과학기술처의 출연(연) 연구사업 “파랑제어구조물 설계기술 개발”에 대한 연구개발 결과의 일부이며 지원에 감사드립니다.

참고문헌

- 1) 류청로 김중화 박종화(1989) : 어항의 정온도 향상과 수질 개선. 한국어업기술학회지 26(4), 341 - 352.
- 2) 조일형(1991) : 항만내 파도응답과 계류선박의 운동특성. 서울대학교 조선공학과 박사학위논문, p. 146.
- 3) 조일형 · 김현주 · 최학선(1996) : 직립타공판 배열에 따른 소파성능 해석. 한국항만학회지 9(2).
- 4) Chwang, A. T. & Z. N. Dong(1984) : Wave trapping due to a porous plate. Proc. 15th ONR Symp. Naval Hydro-dynamics, Washington DC, 409 - 417.
- 5) Fugazza, M. and L. Natale(1992) : Hydraulic design of perforated breakwaters. J. of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, 118(1), 1 - 13.
- 6) Goda, Y.(1985) : Random sea and design of maritime structures. Univ. of Tokyo Press, Tokyo, p. 323.
- 7) Kondo, H.(1979) : Analysis of breakwaters having two porous walls. Proc. of COASTAL STRUCTURES '79, 962 - 977.
- 8) Madsen, P. A.(1983) : Wave reflection from a vertical permeable wave absorber. Coastal Engineering, Vol. 7, 381 - 396.
- 9) Mei, C. C., Liu, Philip L - F. and Ippen, A. T. (1974) : Quadratic loss and scattering of long waves. J. of the Waterways Harbors and Coastal Engineering Vol. 100, 217 - 239.
- 10) Mei, C. C.(1989) : The applied dynamics of ocean surface waves. World Scientific, Singapore, p. 740.
- 11) Twu, S. W. and D. T. Lin(1990) : Wave reflection by a number of thin porous plates fixed in a semi-infinity long flume. Proc. 22nd Coastal Engineering, 15 Elsevier, 389 - 405.