

## 파랑 중 제주 “테우” 틈에 의한 파 흡수효과

이창헌 · 최찬문\* · 안장영<sup>1</sup> · 조일형<sup>2</sup>

제주대학교 해양과환경연구소, <sup>1</sup>제주대학교 해양산업경찰학과, <sup>2</sup>제주대학교 해양시스템공학과

### Efficiency of wave absorption by the porous of “Taewoo” of Jeju in regular seaway

Chang-Heon LEE, Chan-Moon CHOI\*, Jang-Young AHN<sup>1</sup> and Il-Hyoung CHO<sup>2</sup>

*Marine and Environmental Research Institute, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea*

<sup>1</sup>*Department of Marine Industrial and Maritime Police, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea*

<sup>2</sup>*Department of Ocean System Engineering, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea*

In an effort to find the optimum porous of Taewoo through the mathematical model 2 - dimensional tank water experiment among the approached to a problem related to ocean engineering, this study analyzed the porosity by dividing it into 9 cases. As the wave penetrates through the longitudinal porous of the Taewoo model, it was found that there is a wave energy loss because of the phenomenon of the separation of the porous due to the eddy. Looking into the general tendency based on the wave-height meter (probe) data, it was found that the shorter wavelength and higher frequency area, the more reflection coefficients increased, but in contrast, the longer wavelength and lower frequency area, the transmission coefficients showed the increasing trend and energy dissipation was in a similar way with reflection coefficients. In addition, it was found that the bigger the porosity was, the narrower distribution range of reflection coefficients was, and the more its average value decreased. On the other hand the transmission coefficients in direct opposition to reflection was found to show the wider range and the more gradual increase in the average value as porosity was the bigger around the average value. In contrast, energy dissipation rate was found to increase linearly as porosity increased the more around the porosity of 0.2518 but it decreased gradually around the peak point. Through the above results, it is judged that the porous of optimum in the longitudinal direction of the Taewoo model perforated plate was about 2.6cm because it was found that the porosity which produced the lowest reflection and transmission coefficient and the highest energy dissipation. As a result of comparing this to the case where there was no porosity at all, it showed the function of wave absorbing about 31.60%.

Keywords: Porous, Porosity, Reflection coefficient, Transmission coefficient, Energy dissipation

\*Corresponding author: [cmchoi@jejunu.ac.kr](mailto:cmchoi@jejunu.ac.kr), Tel: 82-64-754-3415, Fax: 82-64-756-3483

## 서 론

제주도는 사면이 바다로 둘러싸여 있기 때문에 옛날 제주도 사람들은 제한된 지역 속에서 생활하였다. 그러나 때로는 가까운 바다로 나아가 해조류의 채취 및 연안어로 작업 등을 하기 위해서 여러 개의 통나무를 횡으로 연결하여 만든 탈 것을 이동 수단으로 이용하였다. 이렇게 만들어진 배가 ‘떼배’, ‘때위’, ‘테’, ‘테우’ 등으로 전해져 왔고, 뗏목 모양과 비슷하다고 해서 현재에는 ‘테우’, 혹은 ‘떼배’ 라고 불리지고 있다 (Jeong, 1983). 옛날 제주도 어부들은 ‘테우’ 를 이용해서 멸치, 자리돔, 갈치, 오징어잡이 등을 하였으므로, 테우가 어로 작업에 차지하는 비중이 매우 컸다. 테우의 재료는 제주도에서 자생하는 나무들 중 부력이 가장 큰 구상나무를 이용하였고, 물을 헤쳐 테우를 나아가게 하는 추진 기구로서는 ‘노’ 를 사용하였으며, 전진하면서 일정한 방향을 유지하기 위해서 ‘노’ 자체에 조절못을 부착하여 그 기능을 할 수 있도록 하였다. 이는 조선공학과 항해학적인 측면을 동시에 고려한 당시로서는 우수한 이동 수단으로 생각된다. 그리고 ‘테우’ 의 통나무의 횡 연결에 틈새(공극)를 주었다는 것이 구전(口傳)을 통해서 전해져 내려오지만, 어느 정도의 틈새가 주어졌는지, 또 그것이 조선에 어떤 영향을 미쳤는지에 관해서는 구전이나, 그 이후에 연구한 문헌이 전혀 없다. 단지 Dracy가 가정한 법칙, 즉 타 공판을 통과하는 유체의 법선 방향의 속도는 전후 압력 차에 선형적으로 비례한다는 이론, 그리고 과거 여러 해 동안 수직 기공(氣孔)판에 의한 파 흡수에 관한 이론과 실험을 통해서 공극의 효과를 간접적으로 추정할 수 있다는 것이 언급되어 왔을 뿐이다. Chwang (1983), Chang and Wu (1994)는 기공 판이 유체력 뿐만 아니라, 파의 진폭을 감소시키는 효과가 있다는 것을, Twu and Lin (1991)는 여러 개의 기공 판을 구성하여 파의 흡수효과를 크게 개선시킬 수 있다는 것을 규명하였다. 그리고 최근에 Cho and Koh (2007)는

에너지 손실 ( $=1 - |R_r|^2 - |T_r|^2$ )은 원형 파일 방파제 간격과 파장의 비인  $B/\lambda$  (폭/파장)와 공극률, 반사율과 파력이 밀접한 관계가 있어서 공극률이 작을수록 에너지 손실이 크다는 것을 연구 결과로 도출했다.

테우가 전진할 때 통나무 사이의 종 방향의 틈은 파랑 중에 파(波)가 통과하면서 갑작스런 단면 형상에 의한 변화로 에너지 손실효과를 일으키는데, 이것은 전체 면적에 대한 틈새 면적의 비인 공극률과 매우 밀접한 관계가 있을 것으로 본다. 해양공학적인 문제를 해결하기 위해서는 이론해석, 수치실험 그리고 수리모형실험과 같은 일련의 과정으로 처리할 수 있다. 최근 컴퓨터의 발달로 수치실험기법이 급격한 발전을 보이고 있으나, 실 해석의 복잡한 환경 특성을 모두 고려하는 수치 모델은 아직 개발되지 못한 상태이므로 역시 수리모형실험은 여전히 중요한 기법의 하나이다. 따라서 본 연구에서도 테우의 2차원 수리모형실험을 이용하여 파를 흡수하는 최적 틈의 간격은 어느 정도인지를 규명하고, 그 결과를 지금까지 바다체험을 하기 위해 무분별하게 제작되고 있는 테우의 안정성을 판별하는 기초적 자료로 제공하고 또한, 테우가 선체 운동을 고려한 우수한 배(船)임을 규명하고자 한다.

## 재료 및 방법

제주에서 사용된 테우의 구조는 Fig. 1과 같이 여러 개의 통나무를 횡으로 연결하여 만든 것으로 제원은 정확하지 않지만 대체적으로 길이는 400~500cm, 선수 폭은 140~180cm, 선미 폭은 170~240cm, 사용된 재목의 수는 7~11개로 종 방향으로 구성되고, 직경은 선미측이 20~40cm, 선수측은 15~20cm 정도였다.

본 연구의 실험은 Fig. 2에 나타난 바와 같이 제주대학교 해양과학대학 2차원 수리 모형 실험실에서 행하였으며, 수조의 제원은 길이 20m, 폭 0.8m, 깊이 1.0m, 그리고 중앙부 관측부의 길이는 15m이다. 수조 전면에는 파를 발생시키기 위해

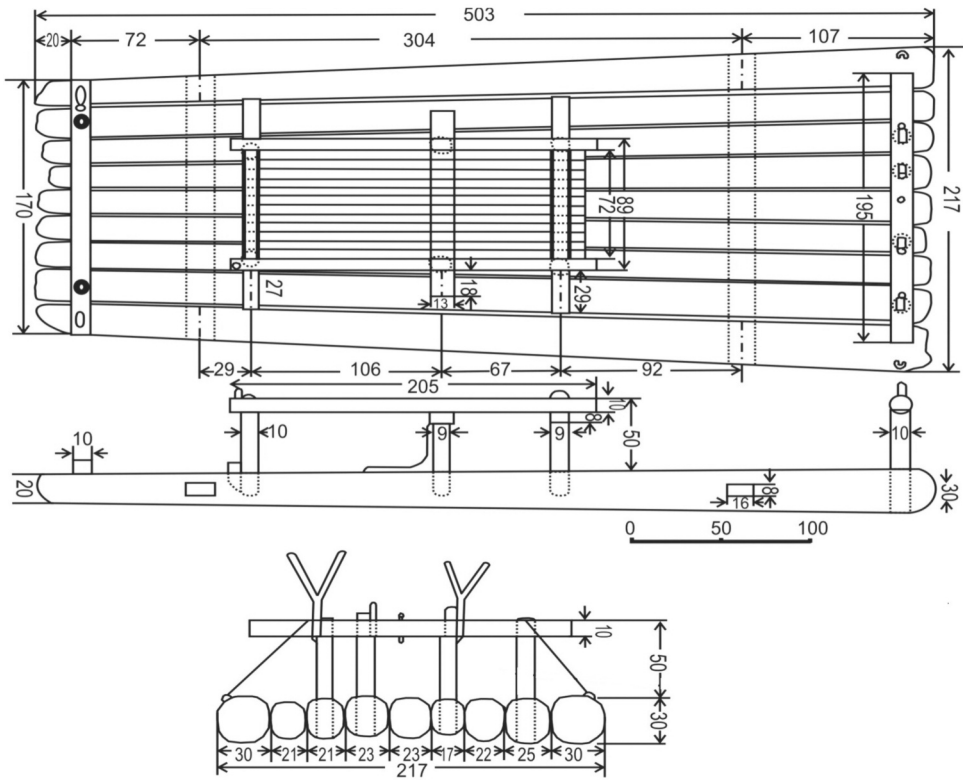


Fig. 1. General arrangement of "Taewoo" of Jeju province.

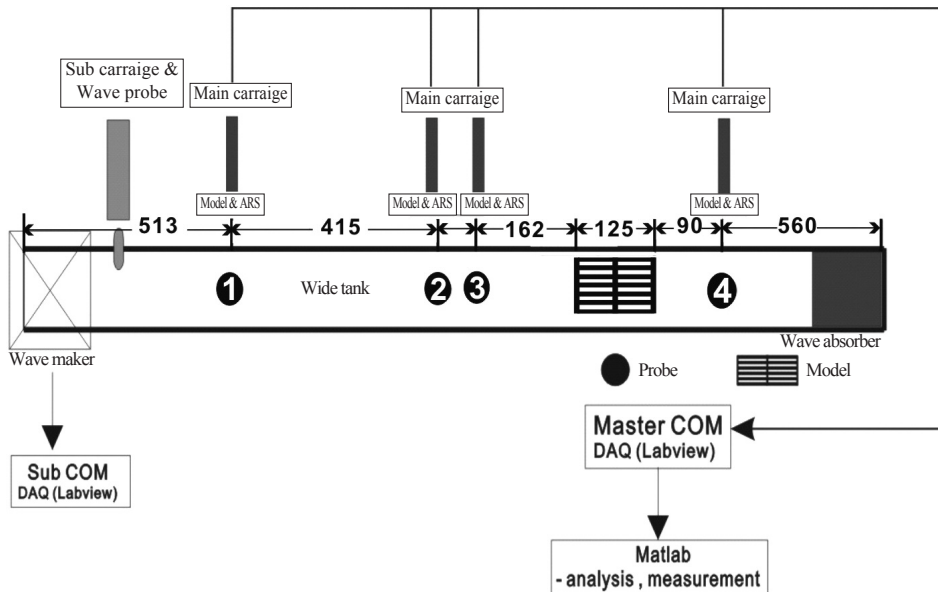


Fig. 2. Sketch of 2-D wave tank and Locations of Wave gauge for measuring the reflection and transmission coefficient of horizontal porous of model Taewoo.

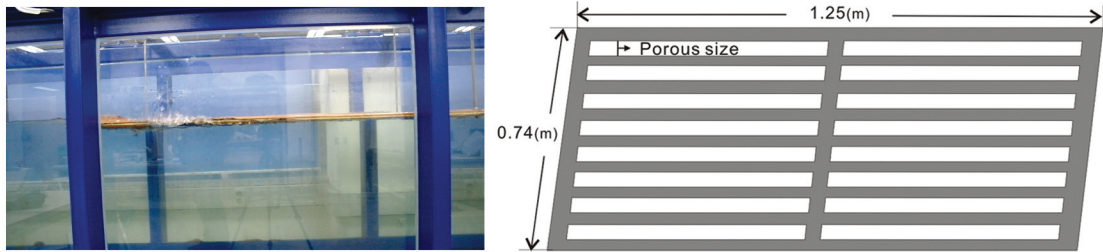


Fig. 3. Installed photograph and porous of experimental model.

Table 1. Specification of porous used at experiment

Porosity	Width of porous (m)	Area of porous (m <sup>2</sup> )
p=0.0000 (0.00)	0.0000	0.0000
p=0.1066 (0.10)	0.0110	0.0986
p=0.1550 (0.15)	0.0160	0.1434
p=0.2034 (0.20)	0.0210	0.1882
p=0.2518 (0.25)	0.0260	0.2330
p=0.3003 (0.30)	0.0310	0.2778
p=0.3487 (0.35)	0.0360	0.3226
p=0.3971 (0.40)	0.0410	0.3674
p=0.4940 (0.50)	0.0510	0.4570

서 최대 왕복거리 0.4m인 피스톤 타입의 조파장치가 설치되어 있으며, 수조 끝단에는 반사파를 줄이기 위한 경사형 소파장치가 설치되어 있다. 이 수조에서 발생 가능한 파주기는 0.5~5.0sec이며, 파고의 생성범위는 0.024~0.045m이다.

파고계는 Fig. 2에서와 같이 1번부터 4번까지 4개를 설치하여, 차례로 계측파고, 입사파, 반사파, 그리고 투과파를 관측할 수 있도록 하였고, 테우는 3번과 4번 파고계 사이에 설치, 수조 밖에서는 파가 모형을 통과 시 거동을 보기위해 디지털 카메라에 의해 연속적으로 촬영하였다. 그리고 Sub computer에서는 조파기의 파고, 시간, 주기를 실험에 유효한 값으로 제어하도록 되어 있으며, Master computer는 main carriage 통해 Labview에 의해 각각의 파고계에서 실시간으로 자료를 얻어서 다시 이를 Matlab 프로그램에 의해서 filtering한 후 반사율, 투과율, 에너지 손실율의 값에 의하여 분석하였다.

Fig. 3은 수조에 설치된 포맥스 (플라스틱의

일종으로 비중 0.75)로 만든 실물 테우 모형, 그리고 테우의 단면 (가로 1.25m×세로 0.74m, 면적 : 0.925m<sup>2</sup>, 두께 : 10mm)과 틈의 간격을 나타낸 것이다. 그리고 테우의 횡 방향 틈새인 공극율은 뚫린 부분의 면적을 전체 면적으로 나눈 값으로 정의되며, 공극율에 대한 반사율, 투과율을 측정하기 위하여 Table 1처럼 틈새의 간격을 9개의 종류로 나누고, 정확도 ±0.1cm 저항식 파고계를 통해 파고를 측정하였다.

Table 2는 테우 모형 타공판 실험조건을 나타낸 것이다. 반사파의 영향을 없애기 위해서 파장파 모형 길이의 비 ( $a_p/\lambda$ )가 0.650 이상이어야 하므로, 0.1씩 증가시켜 1.550까지로 하였으며, 파장 ( $\lambda$ ), 파경사 (steepness), 파수 (wave number), 주파수 (frequency), 주기 (period)는 실험 조건을 만족하는 2차원 규칙파를 이용하여 식 (1)~(4)에 의해서 구하였다.

모형실험 시간이 경과함에 따라 반사파가 입사파와 섞여 들어오는 경우가 있는데, 이러한 다

중반사파가 계측된 영역은 데이터에서 제거시킨 후 가공하였으며, 이렇게 한번 가공된 데이터를 입사파, 반사파 분리 해석 프로그램에 입력하여 계산하였다. 특히 입사파고계와 반사파고계 사이는 Goda (1976)식에 의해서 입력주기가 0.72~0.84sec에서는 0.235m, 0.87~1.04sec에서는 0.35m, 그리고 1.13sec에서는 0.48m의 간격을 주어 입사파와 반사파를 분리하였다. 주기별로 두 개 파고계 (입사파 파고계, 반사파 파고계)를 다른 위치에 설치한 이유는 파장에 따라 적절한 간격을 유지해야 입사파/반사파 분리가 잘 이루어지기 때문이다. 각각의 파고계들로부터 전달된 신호는 테우 모형으로부터 반사되어 나오는 파가 계측지점에 도달하여 입사파와 충분히 성숙된 반사파가 동시에 계측될 수 있는 시점으로부터 0.1sec 간격으로 약 80sec 동안 데이터를 받아서 Matlab 프로그램을 이용하여 분석하였다.

$$\text{Steepness} = \frac{H}{\lambda} \quad (1)$$

$$\lambda = \frac{2\pi}{k} \quad (2)$$

$$\omega^2 = k \cdot g \cdot \tanh(kh) \quad (3)$$

$$k = \frac{2\pi}{\omega} \quad (4)$$

여기서,  $H$ : 파고 (m),  $\omega$ : 주파수 (rad/sec),  $g$ : 중

력가속도 (m/sec<sup>2</sup>),  $h$ : 수심 (0.6m),  $k$ : 파수를 나타낸다.

실험 모델 안에 소멸기구가 없는 경우에는  $R^2 + T^2 = 1$ 인 에너지 보존법칙이 성립하지만, 본 연구 실험모델에서는 입사파가 테우 틈새를 통과하면서 뚫린 틈을 통하여 형성된 박리에 의한 와류로 인해 에너지가 소멸되므로 식 (7)과 같이 에너지 손실율을 구하였다.

$$R = \frac{H_r}{H_i} \quad (5)$$

$$T = \frac{H_t}{H_i} \quad (6)$$

$$\varepsilon = 1 - (R^2 + T^2) \quad (7)$$

여기서,  $R$ ,  $T$ ,  $\varepsilon$ ,  $H$ 는 각각 반사율, 투과율, 에너지 손실율, 파고를 나타내며, 아래첨자  $r$ ,  $i$ ,  $t$ 는 각각 반사파, 입사파, 투과파를 의미한다.

Fig. 4의 좌측은 각각의 파고계에서 80sec 동안 계측된 각각 9개의 모형 중 공극율  $p=0.0000$  일 때, 주기 1.04sec, 파고 3.3cm의 입사파에 대하여 Ch1에서 계측된 파고, Ch2에서 관측된 입사파, Ch3에서 관측된 반사파, Ch4에서 관측된 투과파에 대한 관측된 시계열을 나타낸 것으로 붉은 색으로 음영된 부분은 반사파가 되돌아오기 전까지 실험에 유효한 자료를 말하며, 우측은 그 범위 내에서 FFT분석 결과를 보이고 있다. 이러한 방법

**Table 2. Incident wave condition (height, period) for the horizontal porous Taewoo experiment ( $a_p$ : length of model Taewoo,  $\lambda$ : wave length)**

$a_p/\lambda$	Period (sec)	$\omega$ (rad/sec)	$k$	$\lambda$ (m)	Wave height (m)	Steepness	Depth (m)
0.650	1.13	5.550	3.267	1.923	0.038	0.020	0.6
0.750	1.04	6.016	3.770	1.667	0.033	0.020	0.6
0.850	0.98	6.436	4.273	1.471	0.029	0.020	0.6
0.950	0.92	6.822	4.775	1.316	0.033	0.025	0.6
1.050	0.87	7.183	5.278	1.190	0.030	0.025	0.6
1.150	0.84	7.523	5.781	1.087	0.027	0.025	0.6
1.250	0.80	7.847	6.283	1.000	0.030	0.030	0.6
1.350	0.77	8.157	6.786	0.926	0.028	0.030	0.6
1.450	0.74	8.454	7.288	0.862	0.026	0.030	0.6
1.550	0.72	8.742	7.791	0.806	0.024	0.030	0.6



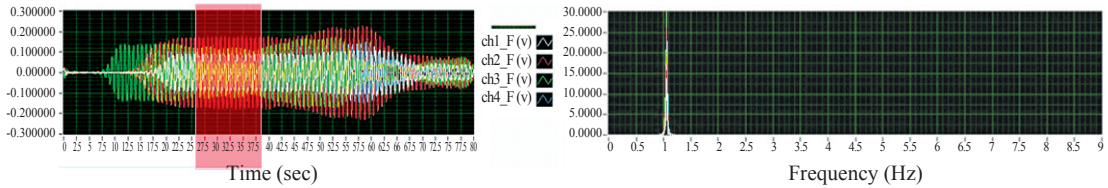


Fig. 4. Typical wave signals and their FFT (Fast Fourier Transform) of 4 probes.

은 9개 타공 판의 모형에 공히 적용하였다.

### 결과 및 고찰

Fig. 5는 9개의 공극율에 따른 반사율 변화를 나타낸 것으로, x축은 테우 모형 타공 판의 길이와 파장의 비인  $a_p/\lambda$ 를, y축은 반사율 ( $R_f$ )을 나타내고 있다. 그림에서 무차원화 된  $a_p/\lambda$ 값이 클수록 단파를,  $a_p/\lambda$ 값이 작을수록 장파를 뜻한다. 반사율의 전체적인 경향을 살펴보면, 공극율이 전혀 없을 때는 파장이 짧을수록 고주파수 영역으로 갈수록 반사율이 감소하고, 공극율 0.1066, 0.1550, 0.2034, 0.4940에서는 파장이 짧을수록 고주파수 영역으로 갈수록 반사율이 증가하여 공극률이 전혀 없을 때와는 반대되는 경향을 보였으며, 반면에 공극율 0.2518, 0.3003, 0.3487, 0.3971에서는 파장 1.667m 이하에서는 대부분의 반사율이 일정하게 유지되는 경향이므로 동일한 조건을 주었을 때, 테우 공극율의 크기에 따라 반사율이 다를 뿐만 아니라, 공극율이 전혀 없을 때와는 반대로 되는 현상을 보이는 경우도

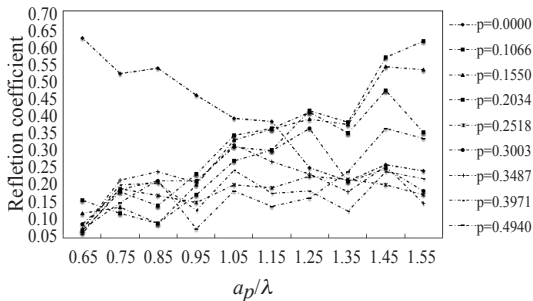


Fig. 5. Comparisons of reflection coefficients for horizontal porous plates with different porosities (9 cases) for  $d=5\text{mm}$ ,  $a=125\text{cm}$ .

나타나므로, 공극율의 영향이 있는 것을 알 수 있었고, 특히 공극율 0.2518, 틈 2.6cm일 때 반사율이 전체적으로 가장 낮았다.

Fig. 6은 9개의 공극율에 따른 투과율 변화를 나타낸 것으로, x축은 테우 모형 타공 판의 길이와 파장의 비인  $a_p/\lambda$ 를 y축은 투과율 ( $T_r$ )을 나타내고 있다.

투과율의 전체적인 경향을 살펴보면, 공극율이 전혀 없을 때는 반사율과 다르게 투과율 약 0.60 부근에서 전 파장의 영역에 걸쳐 일정하게 분포하였다. 그리고 공극율 0.1066, 0.1550, 0.2034, 0.3003에서는 파장이 짧을수록 고주파수 영역으로 갈수록 파수영역에서 투과율이 조금씩 감소 추세를 보였고, 반면에 공극율 0.3487, 0.3971, 0.4940에서는 파장이 짧을수록 고주파수 영역으로 갈수록 투과율이 감소하는 현상을 보였다. 공극율이 전혀 없을 때를 제외하고, 투과율에서도 공극율 0.2518, 틈 2.6cm일 때 전체적으로 낮은 값이 나타났다.

Fig. 7은 9개 공극율에 따른 에너지손실율의

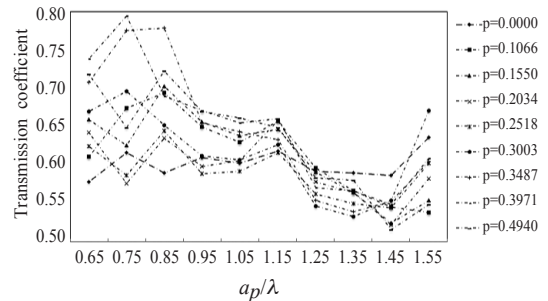


Fig. 6. Comparisons of transmission coefficients for horizontal porous plates with different porosities (9 cases) for  $d=5\text{mm}$ ,  $a=125\text{cm}$ .

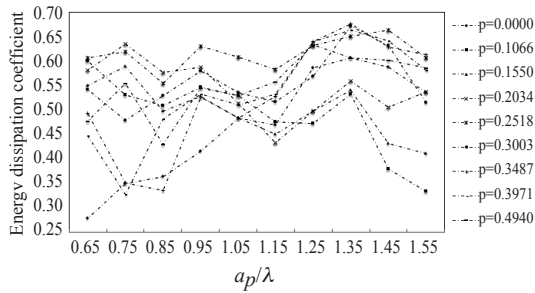


Fig. 7. Comparisons of energy dissipation coefficient for horizontal porous plates with different porosities (9 cases) for  $d=5\text{mm}$ ,  $a=125\text{cm}$ .

변화를 나타낸 것으로, x축은 반사율과 같으며, y축은 에너지 손실율 ( $\epsilon=1-(R^2+T^2)$ )을 나타내고 있다. 공극률 0.1066, 0.1556, 0.2034에서는 파장이 짧을수록 고주파수 영역으로 갈수록 약간의 차이는 있었으나, 점차적으로 에너지 손실율이 감소됨을 알 수 있었고, 반면에 공극율 0.0000, 0.2518, 0.3003, 0.3487, 0.3971, 0.4940에서는 그와 반대되는 경향을 나타내어 저주파수 영역에서 고주파수 영역으로 갈수록 증가하였다. 특히, 공극율 0.2518, 틸 2.6cm일 때 전 영역에서 에너지손실률이 높았다. 이상과 같이 반사율, 투과율, 에너지 손실율에 대해 살펴본 결과 테우는 3가지 요인 모두 공극율에 영향을 받는 사실, 즉, 테우는 타공 (틈)에 의해서 파를 흡수한다는 사실을 알 수 있었다. 이것은 Jung and Cho (1999), Cho and Koh (2007), Cho and Kim (2008)등에 의한 타공 판의 구멍을 통하여 강한 제트 흐름이 형성되면서 파 에너지가 소멸되는 특징을 가지고 있다는 연구 결과와 일치함을 알 수 있었다.

Fig. 8은 공극율에 따른 반사율의 범위와 전 영역에서 나타내는 값을 평균한 값을 비교한 것으로, x축은 공극률 9개를 나타내고, y축은 전 영역에서 반사율 ( $R_r$ )의 범위 및 평균값을 표시하고 있다. 공극률 0.0000, 0.1066, 0.1550, 0.2034, 0.2518, 0.3003, 0.3487, 0.3971, 0.4940에 따른 반사율의 범위와 평균값의 결과는 범위가 가장 넓

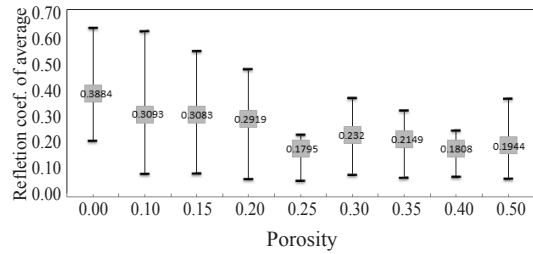


Fig. 8. Comparisons of average and range of the reflection coefficient of each different porosities.

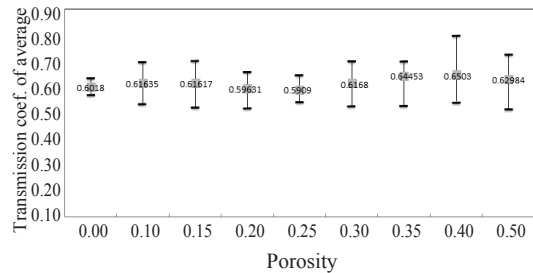


Fig. 9. Comparisons of average and range of the transmission coefficient of each different porosities.

은 것은 공극율 0.1066이고, 평균 반사율이 가장 높은 곳은 공극율 0.0000일 때 0.3884였으며, 반면에 전 영역에서 분포범위가 낮은 곳은 공극율 0.2518이고, 평균 반사율이 낮게 나타난 공극율은 역시 0.2518이었고, 이때 모형의 틸은 약 2.6cm로 나타났다.

Fig. 9는 공극율에 따른 투과율의 범위와 전 영역에서 나타내는 값을 평균한 값을 비교한 것으로, x축은 공극률 9개를 나타내고, y축은 전 영역에서 투과율 ( $T_r$ )의 범위 및 평균값을 표시하고 있다. 공극율 0.0000, 0.1066, 0.1550, 0.2034, 0.2518, 0.3003, 0.3487, 0.3971, 0.4940에 따른 투과율의 범위와 평균값의 결과, 분포 범위는 반사율에서 전혀 공극률이 없을 때가 가장 컸으나, 투과율의 변화에서는 공극율 0.3971일 때 넓게 나타났고, 평균값은 0.6503로 가장 높은 수치를 보였다. 가장 낮은 투과율을 나타난 타공판은 공극율 0.2518일 때 0.5909였으므로, 반사율과 같은 경향을 보였다.

Fig. 10 공극율에 따른 에너지 손실율의 범위와 전 영역에서 나타내는 값을 평균한 값을 비교한 것으로, x축은 공극율을 나타내고, y축은 전 영역에서 에너지 손실율  $(1 - R_r^2 - T_r^2)$ 의 범위 및 평균값을 표시하고 있다. 공극율 0.0000, 0.1066, 0.1550, 0.2034, 0.2518, 0.3003, 0.3487, 0.3971, 0.4940에 따른 에너지 손실율은 공극율이 전혀 없을 때 0.2783~0.6072로 가장 낮은 평균값 0.4679을 나타내었고, 그리고 에너지 손실율이 가장 높은 공극율 0.2518의 평균값은 약 0.6156이었다. 이 결과는 Park (2004)에 의한 수평 유공판이 파 에너지를 소산시킨다는 결과와 일치함을 알 수 있었다.

Fig. 11은 파가 입사되었을 때 태우 모형 타공판에 미치는 현상을 분석하기 위하여 수조 외부에 디지털 카메라를 작동하여 그 결과를 나타낸 것으로, 평균 에너지 손실율 결과 값에서 가장 높은 값을 보이는 공극율 0.2518와 손실율이 낮

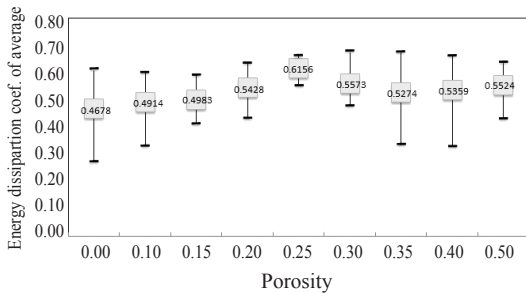


Fig. 10. Comparisons of average and range of the energy loss of each different porosities.

은 공극율 0.0000, 0.3487을 비교하였다. 그림에서와 같이 공극율 0.2518일 때는 전혀 물결이 튀는 것을 보이지 않았으나, 공극율 0.0000, 0.3487인 경우에는 파가 타공을 통과하면서 파가 튀는 것을 관찰하였다.

태우의 구조는 통나무의 직경이 앞쪽은 좁고 뒤쪽이 넓은 종 방향으로 구성되어 선미 폭은 선수 폭 비해 30~40cm 정도 길어서 선수파에 대해서 많이 고려한 형태라고 생각된다. 선수 폭과 선미 폭에 대한 길이의 비는 약 2.7~4.0배, 2.1~2.3배이고, 추진 수단은 “노”이며, 승선인원은 2~3으로 추정되었으며, 배열방식은 점진강 떼배 (Park and Lee, 2010)는 횡식 구조인데 반해, 종식 구조로 되어 있었다.

## 결론

제주의 태우는 부력이 큰 구상나무로 만들어졌으며, 선수의 폭이 선미의 폭 보다 좁은 종 방향으로 틸새를 유지한 종식 구조로 제작되었다. 태우의 횡 방향의 틸새가 파를 흡수하기 위한 최적의 간격은 어느 정도인지를 규명하기 위하여 2차원 수조 수리모형실험 통해 분석한 결과는 파가 태우 타공판 (틸새)을 통과하면서 틸새의 박리현상에 의해 와류로 인한 에너지 손실이 있었고, 태우의 틸새에 따른 반사율 및 에너지 손실율은 같은 경향으로 파장이 짧을수록, 고주파 영역으로 갈수록 증가하나, 투과율은 반대로 파장이 길수록 저주파수 영역으로 갈수록 증가하

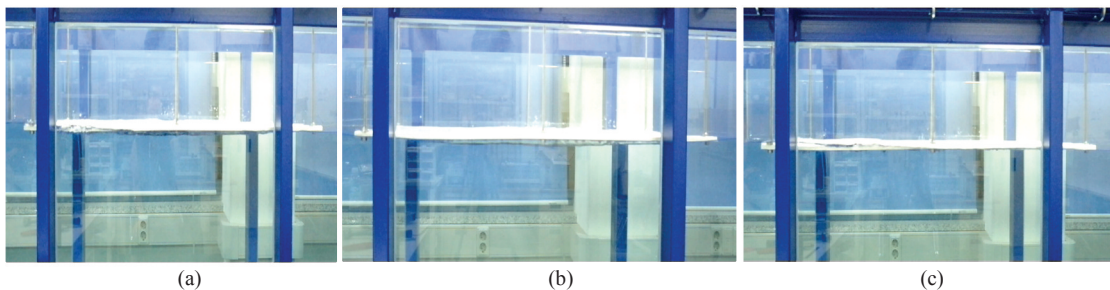


Fig. 11. Photographies for Porosity=0.0000 (a), 0.2518 (b), 0.3487 (c) of the horizontal porous Taewoo for  $d=5\text{mm}$ ,  $a_p=125\text{cm}$ .



였다. 반사율은 공극율이 클수록 분포 범위가 좁고, 평균값이 감소하는 추세를 보였고, 투과율은 반사율과 반대로 공극율이 클수록 평균값을 중심으로 그 범위가 넓고, 평균값이 점차적으로 증가하는 경향을 나타내었으며, 반면에 에너지 손실율은 공극율 0.2518 중심으로 해서 공극율이 클수록 선형적으로 증가하였으나, 그 중심을 기점으로 다시 낮아지는 형태를 보였다. 그리고 입사파가 테우의 틈새로 투과하는 형태는 공극율에 따라 달랐고, 공극율 0.2518에서는 전혀 물결이 튀지 않고 매우 안정적이었다.

이상의 결과를 통해서 테우 모형 타공판의 반사율과 투과율이 가장 낮고, 에너지 손실율이 가장 높은 공극율은 0.2518이므로, 최적 횡 방향 타공 (틈새)의 크기는 약 2.6cm로 판단되었다. 공극율이 전혀 없을 때를 비교하면 약 31.60% 파를 더 흡수하는 기능을 가진 것이다. 이것으로 보아 테우는 선박공학적인 사고에 의해서 이루어진 우수한 해상 운송 수단으로 생각된다. 그러나 이상의 결과는 모형 수조 실험을 통해서 도출된 것이므로 향후 이를 기초로 해서 해상실험을 수행하여 보다 현장성 있는 연구가 이루어져야 신뢰성 있는 결과를 얻을 수 있을 것이다.

### 사 사

본 연구는 2013학년도 제주대학교 학술 진흥 연구비 지원 사업에 의하여 수행되었습니다. 그리고 세심하게 검토하여 주신 심사위원님들과 편집위원님에게 깊은 감사를 드립니다.

### REFERENCES

Chwang AT. 1983. A porous wave maker. *J. Fluid Mech* 132, 395–406.

Chwang AT and Wu J. 1994. Wave scattering by submerge porous disk. *J. Waterway port coastal Ocean Eng* 120, 2575–2587.

Cho IH and Koh HJ. 2007. Reflection and transmission coefficients by a circular pile breakwater. *J Kor Soc Coastal Ocean Eng* 19, 38–44.

Cho IH and Koh HJ. 2007. Analysis on wave absorbing performance of a pile breakwater. *J Kor Soc Mar Envir Eng* 21, 1–4.

Cho IH and Kim MH. 2008. Wave absorbing system using inclined perforated plate. *J Fluid Mech* 608, 1–20.

Goda Y and Suzuki Y. 1976. Estimation of incident and reflected waves in random wave experiment. *Proc 15th Coastal Eng Conf ASCE Honolulu*, 828–845.

Jeong KH. 1983. Survey of fishing raft in the Quelpart Island. *Cheju National University* 15, 89–93.

Jung HJ and Cho HI. 1999. Experimental study of wave-absorbing performance by horizontal punching plates. *J Kor Soc Mar Envir Eng* 2, 40–48.

Park WT. 2004. The evaluation of wave absorbing efficiency using the horizontal & inclined porous plate. MS Thesis, Seoul National University of Technology, Korea, 1–46.

Park JO and Lee JR. 2010. Process and sailing of the Sum-jin river Tebae (raft). *The Kor Assoc Prol Geo* 44, 13–24.

Twu SW and Lin DT. 1991. Wave reflection by a number of thin porous plates fixed in a semi-infinity long flume. *Proc 22nd Coastal Eng* 15, 389–405.

2013년 3월 22일 접수

2013년 4월 25일 1차 수정

2013년 5월 4일 2차 수정

2013년 5월 5일 수리