

# 투과 해저면 위의 잠제에 있어서 경사입사파랑에 대한 경계요소 해석

† 김남형 · 우수민\* · 고명진\*\* · 양순보\*\*\*

† 제주대학교 토목공학과 교수, \*제주대학교 토목공학과, \*\*제주대학교 토목공학과, \*\*\*제주대학교 해양과환경연구소

**요 약** : 잠제는 수질 보전과 경관 측면에서 뛰어난 장점을 가지고 있다. 잠제의 수리학적 특성은 여러 각도로부터 수많은 이론적 혹은 실험적인 연구가 이루어져 왔으며, 이러한 해안구조물에 의한 파랑의 저감효과를 예측하는 것이 중요시 되고 있다. 실제 해역에 있어서 해안구조물에 대하여 다양한 각도의 입사파가 존재하며, 또한, 실제의 해저지반은 불투과 층으로 이루어진 것이 아니라 다양한 매질로 이루어져 있다. 따라서 본 연구에서는 파압함수를 사용하여 투과 해저면 위에 설치된 잠제에 파랑이 경사로 입사할 때, 파랑의 진폭변화에 대하여 수치해석을 실시 하였다.

**핵심용어** : 경사입사파, 잠제, 투과저면, 파압함수

## 1. 서 론

경사입사파에 대한 연구로는 Green함수를 사용하여 적분방정식으로 소홀수 부체의 문제를 해석한 Garrison(1969), 부유식 부체에 대한 문제를 유한요소법으로 해석한 Bai(1975), 잠제에 대해서 영역분할법에 의해 경계요소법을 적용한 井島 등(1982), 고유함수 전개법을 이용하여 트랜치 문제를 해석한 Kirby and Dalrymple(1983)의 연구 등이 있다.

본 논문에서는 Kim et al.(2006)에 의한 파압함수를 미지량으로 하는 경계요소 해석기법을 적용하여, 투과성 해저면을 고려한 경계입사파에 따른 잠제 주변의 파랑특성을 수치적으로 해석 하였다.

## 2. 경계조건

### 2.1 지배방정식

Fig. 1과 같이, 수심  $h$ 의 해역에서 임의의 단면형상의 불투과 잠제가 있고, 잠제의 길이는  $Y$ 축으로 일정한 긴 단면으로 한다. 정수면상 잠제에 대해 수직방향을  $X$ 축, 연직 방향을  $Z$ 축으로 취하고, 입사파는  $X$ 축과  $\theta$ 의 각도로 진폭  $\eta$ 의 파랑이 왼쪽에서 오른쪽 방향으로 진행하고 있는 것으로 한다. 그리고 유체는 비압축성, 비점성, 비회전운동으로 가정하면, 유체의 운동은 속도포텐셜 함수  $\Phi(x, y, z; t)$ 로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\Phi(x, y, z; t) = \frac{g\eta}{\sigma} \phi(x, y, z) e^{i\sigma t} \quad (1)$$

### 2.2 경계조건

경계  $S_1$ 은 자유수면, 경계  $S_2$ 는 투과해저면에 의한 경계를 나타내며, 경계  $S_{3\_inp}$ 와  $S_{3\_out}$ 는 각각 해석상 설정한 가상경계를 의미한다. 각 경계영역에서의 수식적 표현은 지면관계상 생략한다.

### 2.3 해저면조건

해저면은 다공성의 매질로 특정 지어질 수 있으며, 이러한 특성에 의해 수치해석이 가능하다. 각 경계조건으로부터 무한의

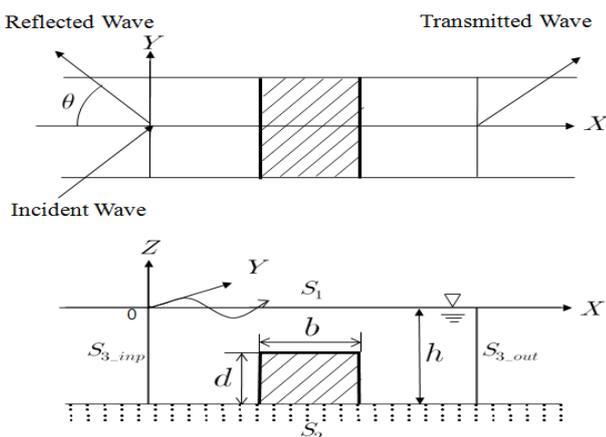


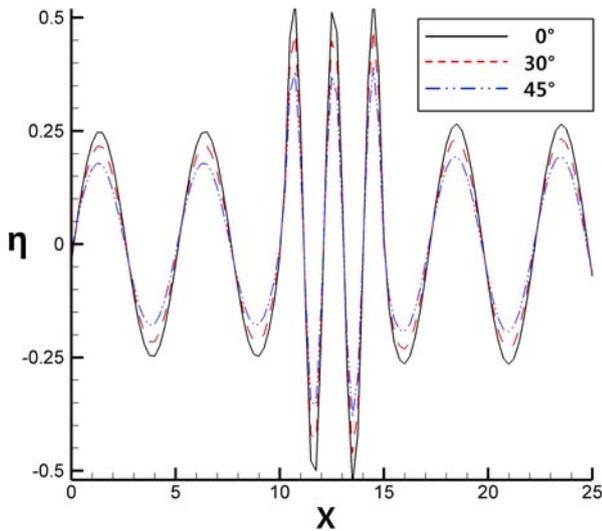
Fig. 1 Analytical region and coordinate

† 교신저자 (중신회원), nhkim@jejunu.ac.kr 064)754-3453

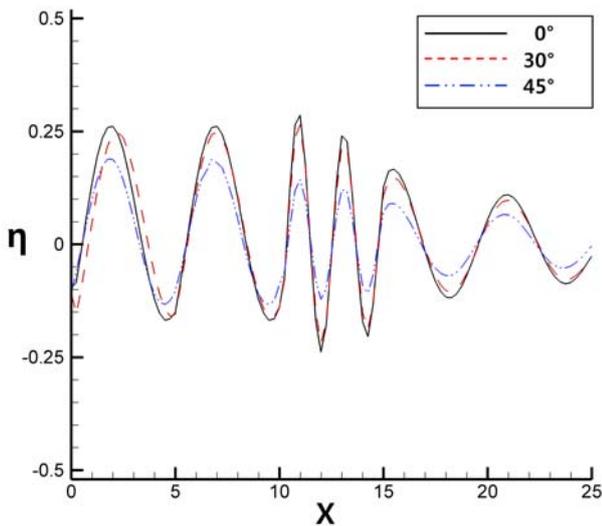
\* 비회원, sumany85@jejunu.ac.kr 064)754-3450

\*\* 비회원, sptnsdl@jejunu.ac.kr 064)754-3453

\*\*\* 비회원, beeo17@hanmail.net 064)754-3453



**Fig. 2** Comparison of wave profile on uniform impermeable bottom. ( $B/h = 1.0, h/L = 0.1, q = 0.1$ )



**Fig. 3** Comparison of wave profile on uniform porous bottom. ( $R = 0.1, B/h = 1.0, h/L = 0.1, q = 0.1$ )

해저면에 대한 분산관계식은 다음과 같은 식을 얻을 수 있다 (Dean, R. G. and Dalrymple R.A., 1984).

$$\sigma^2 - gk \tanh kh = -i \frac{\sigma K}{\nu} (gk - \sigma^2 \tanh kh) \quad (2)$$

여기서,  $\nu$ 는 동점성계수,  $K$ 는 고유투수계수,  $k$ 는 파수,  $\sigma$ 는 각주파수이다. 이 분산관계식으로부터 복소수  $k$ 를 산출하며,  $k = k_r + ik_i$ 로 나타낼 수 있다.

### 3. 수치해석 적용

Fig. 2와 Fig. 3은 각각 경사입사각( $\theta = 0^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ )에 따른 불투과 해저면과 투과 해저면에서의 사각형잠제에 의한 파형분포를 비교한 것이다. 여기서  $h/L$ 은 상대수심,  $R$ 은  $\sigma K/\nu$ 를 나타낸다. 결과값을 통하여 경사입사각이 커짐에 따라 잠제 및 잠제주변의 파형이 줄어들어 가는 것을 알 수 있으며, 일정한 불투과 해저면을 진행하는 파는 잠제를 지나면서 파고가 크게 증가하는 것을 알 수 있다. 일정한 투과 해저면을 진행하는 파는 잠제를 지나면서 해저면에서의 에너지 소산으로 인한 파고의 증가가 미묘한 것을 알 수 있다.

### 4. 결 론

본 연구는, 과압함수를 미지량으로 사용하는 경계요소법을 이용하여, 투과 해저면 위에 설치된 잠제에 파랑이 경사로 입사할 때, 파랑의 진폭변화에 대한 수치해석을 하였다.

경사입사각의 변화에 따른 파랑의 진폭변화는 경사각이 커질수록 진폭의 폭이 감소하는 것을 알 수 있다.

불투과 해저면 위를 진행하는 파보다 투과 해저면 위를 진행하는 파가 잠제에 의한 영향과 파의 감쇠로 인하여 파고의 감쇠가 현저하다는 것을 알 수 있다.

### 후 기

이 논문은 2012년 국토해양부의 재원으로 한국해양과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(친환경 잠제를 이용한 침식 제어기술 개발).

### 참 고 문 헌

- [1] 김남형(1995), 경계요소법에 의한 복수투과 잠제의 파랑특성해석, 대한토목학회논문집, 제515 권, 제 2호, pp. 425-431.
- [2] Dean, R. G. and Dalrymple R. A.(1984), "Water Wave Mechanics for engineers and scientists", Prentice-Hall, Inc., New Jersey.
- [3] Kim, N. H., Young, Y. L., Yang, S. B., and Park, K. I. (2006), "Wave damping analysis in a porous sea-bed", Journal of Civil Engineering., KSCE, Vol. 10, No. 5, 91, pp. 305-310.
- [4] 井島武志, 吉田明德, 北山 齊(1982), "斜め入射波に村する潛堤の反射効果に關する數値解析", 第29回海岸工學講演會論文集, pp. 418-422.