

다열 함몰지형을 통과하는 불규칙 파랑의 반사해석

Analysis of Reflection Coefficients of Random Waves Propagating over Multi-arrayed trenches

강규영* · 정태화** · 조용식***

Kang, Gyu-Young · Jung, Tae-Hwa · Cho, Yong-Sik

Abstract

In this study, reflection coefficients of regular and random waves propagating over multi-arrayed trenches are calculated respectively. When the row of trench is 3, the reflection coefficient of regular waves is more than 0.7 as maximum value. Similarly, when the row of trench is 3 and d/L_1 is 0.22, reflection coefficient of multi-directional random waves is more than 0.4 maximally.

key words : eigenfunction expansion method, reflection coefficient, random waves

1. 서 론

심해에서 생성되어 중간해 및 천해역을 거쳐 해안지역으로 입사하는 파랑의 영향을 최소화 하기위해 최근 해저 지형을 이용한 입사파의 파랑 에너지 감소에 관한 연구가 최근에 활발히 진행되고 있다. 최근에 수행된 천해 파랑변형 해석에 관한 연구로는 Jung(2007)이 Berkhoff(1972)가 유도한 환경사 방정식을 사용하여 함몰 지형 위를 통과하는 파랑의 반사율을 해석적으로 계산하였으며, 정재상 등(2007)은 다열 불투과성 수중 방파제를 통과하는 다방향 불규칙 파에 관한 연구를 수행하였다.

본 연구에서는 고유함수 전개법을 이용하여 다열의 함몰 지형 위를 통과하는 불규칙 파랑의 반사율을 계산하였다. 천해역을 만족하는 조건에서 함몰지형을 3열로 배열하여 배열 간격에 따른 반사율을 규칙파와 불규칙 파랑에 대하여 계산하였다.

2. 고유함수 전개법

임의의 해저지형 위에 존재하는 파는 다음과 같이 입사파 및 반사파 성분으로 구성할 수 있다.

$$\Phi_m^+ = \left\{ A_m^+ e^{i k_m x} \cosh k_m (h_m + z) + \sum_{n=1}^{\infty} B_{m,n}^+ e^{-\lambda_{m,n} x} \cos K_{m,n} (h_m + z) \right\} e^{i(k_y y - \omega t)} \quad (1)$$

$$\Phi_m^- = \left\{ A_m^- e^{-i k_m x} \cosh k_m (h_m + z) + \sum_{n=1}^{\infty} B_{m,n}^- e^{+\lambda_{m,n} x} \cos K_{m,n} (h_m + z) \right\} e^{i(k_y y - \omega t)} \quad (2)$$

여기서 식 (1)과 식 (2)의 윗 첨자 +와 -은 각각 파랑의 진행 방향이 오른쪽 및 왼쪽방향임을 의미하고, 아래 첨자 m 은 서로 다른 수심을 갖는 영역을 나타내며, n 은 고려된 소멸파의 수, A_m^+ , A_m^- , $B_{m,n}^+$, $B_{m,n}^-$ 는 복소수로 표현되는 파고값을 의미한다. k_m 과 $K_{m,n}$ 는 모두 실수이며 각각 진행파와 소멸파의 파수를 의

* 한양대학교 토목공학과 · 석사과정 · E-mail : ksdk@hanyang.ac.kr
 ** 한양대학교 토목공학과 · 박사후과정
 *** 정회원 · 한양대학교 토목공학과 · 교수 · 교신저자 · E-mail : ysc59@hanyang.ac.kr

미한다.

식 (1)과 식 (2)를 계산하기 위해 다음의 적합조건을 사용하였다. 첫 번째는 x 축 방향의 흐름율이 연속, 두 번째는 압력이 연속임을 의미한다.

$$\Phi_m = \Phi_{m+1} \quad (x = x_m, -h_m \leq z \leq 0) \quad (5)$$

$$\frac{\partial \Phi_m}{\partial x} = \frac{\partial \Phi_{m+1}}{\partial x} \quad (x = x_m, -h_m \leq z \leq 0) \quad (6)$$

식 (1)과 식 (2)를 경계조건에 대입하면 미지수가 $2(m-1) \times (n+1)$ 인 선형행렬식이 유도되며, 선형행렬식을 해석하여 미지수인 진폭의 값을 계산할 수 있다. 반사율은 다음과 같이 정의된다.

$$R = \frac{|A_1^-|}{|A_1^+|} \quad (7)$$

3. 입사파랑의 스펙트럼

여러 방향의 성분파가 겹쳐져 있는 다방향 불규칙파랑의 생성을 위해 다음과 같은 스펙트럼식이 사용된다(Goda, 2000).

$$S(f; \theta) = S(f) \cdot G(f; \theta) \quad (8)$$

여기서, $G(f; \theta)$ 는 방향함수로 다음과 같이 정의된다(Mitsuyasu et. al., 1975).

$$G(f; \theta) = G_0 \cos^{2s} \left(\frac{\theta}{2} \right) \quad (9)$$

$S(f)$ 는 주파수 스펙트럼으로써 Bretschneider-Mitsuyasu 스펙트럼을 사용하고 다음식과 같이 표현된다.

$$S(f) = 0.257 H_{1/3}^2 T_{1/3}^{-4} f^{-5} \exp\{-1.03(T_{1/3} f)^{-4}\} \quad (10)$$

식 (10)에서, $H_{1/3}$ 은 유의파고, $T_{1/3}$ 은 유의주기, f 는 입사파의 진동수를 의미한다.

4. 수치결과

그림 1과 같은 형상의 3열의 직사각형 함몰지형에 대해 상대수심 $k_1 h_1 = 0.167$ 을 만족하는 조건에서 규칙파와 불규칙파에 대한 파랑의 반사율을 계산하였다. 수심 h_1 는 3.2 m, 함몰지형의 수심 h_0 는 6.4 m 로 고정시켰다. 함몰지형의 폭 $L1$ 은 120.4 m 이다. 함몰지형간의 간격 d 는 0.1 m 에서부터 $L1$ 까지 0.1 m 간격으로 증가시켰다.

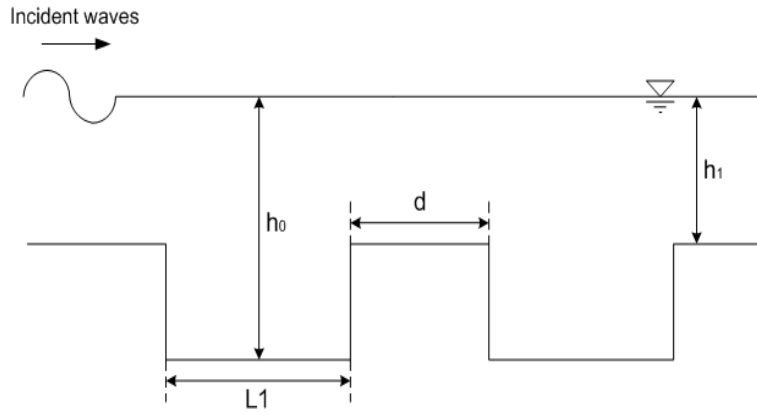


그림 1. 다열 함몰지형의 단면

그림 2는 상대수심이 $k_1 h_1 = 0.167$, 3열의 함몰지형을 갖는 조건에서 규칙파와 불규칙파에 대한 파랑의 반사율을 함몰지형 간격 d 의 변화에 따라 계산한 그림이다.

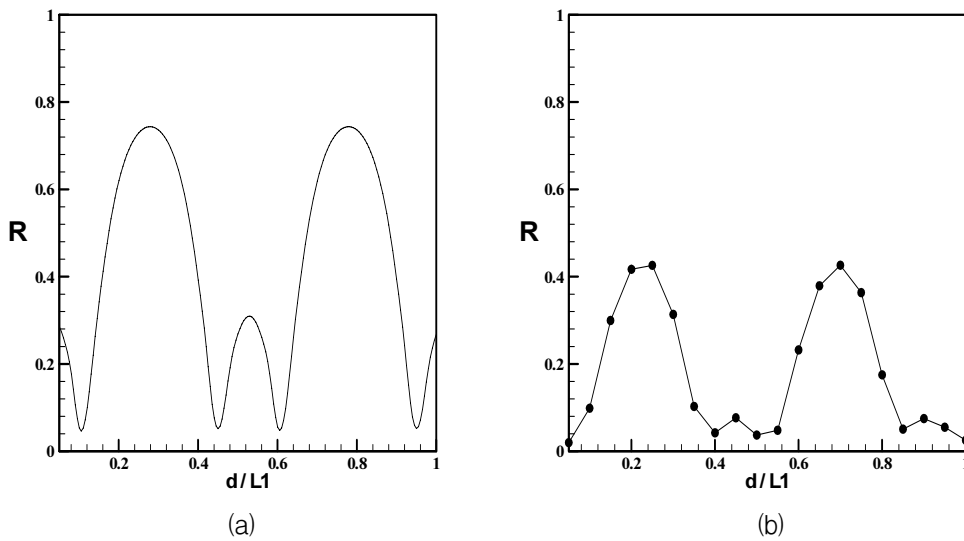


그림 2. 다열 함몰지형간의 간격 d 에 따른 파랑의 반사율
: (a) 규칙파, (b) 불규칙파

5. 결론

3열의 함몰지형에서 함몰지형간 거리의 변화에 따른 규칙파와 불규칙파의 반사특성을 검토하였다. 규칙파의 경우 최대 반사율은 0.74이며 함몰지형간 거리 d 가 증가함에 따라 일정한 규칙성을 가지며 나타났다. 이와 유사하게 불규칙파의 경우 최대 반사율은 0.42이며 규칙파와 마찬가지로 d 의 변화에 따라 일정한 규칙성을 가지고 최대 반사율이 나타났다.

감사의 글

본 연구는 한국학술진흥재단의 지원에 의해서 수행되었습니다.

참고문헌

1. 정재상, 강규영, 조용식 (2007). “다열 불투과성 수중방과제를 통과하는 다방향 불규칙파랑의 해석.” 한국해양해양공학회지, 제19권, 제1호, pp. 29-37.
2. 조용식, 이창훈 (1998). “수심이 변하는 지형을 통과하는 파랑의 반사율과 통과율 산정.” 대한토목학회논문집, 제18권, 제II-4호, pp. 351-358.
3. Berkhoff, J.C.W. (1972). “Computation of combined refraction-diffraction.” 13th Int. Conf. Coastal Engineering, No. 1, pp. 471-490.
4. Jung, T.H. (2007). “Analytical solutions for waves propagating over depressions of seabed.” Ph.D. Thesis, School of Civil, Urban and Geosystem Engineering, Seoul National University, Seoul, South Korea.
5. Kirby, J.T. and Dalrymple, R.A. (1983). “Propagation of obliquely incident water waves a trench.” J. of Fluid Mechanics, No. 133, pp. 47-63.
6. Takano, K. (1960). “Effects d’un obstacle parallèlepipédique sur la propagation de la houle.” Houille Blanche, No. 15, pp. 247-267.