

해저지반의 지반상수가 분산관계식에 미치는 영향

† 양순보 · 김남형* · 고용수**

† 제주대학교 토목공학과 강사, *제주대학교 토목공학과 교수, **JPM 엔지니어링 해양 풍력발전연구소 소장

Effects of Seabed Soil Parameters on Wave Dispersion Relationship

† Soonbo Yang · Namhyeong Kim* · Yongsu Ko**

† *Department of Civil Engineering, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea

**JPM Inc., Jeju 690-802, Korea

요 약 : 파랑과 해저지반의 상호작용을 규명하기 위해서는 우선 해저면의 경계조건을 고려한 새로운 분산관계식의 도입이 필요하다. 본 연구에서는 깊이가 유한한 해저지반의 투수성 및 변위를 고려한 새로운 분산관계식을 유도하였으며, 해저지반의 두께, 탄성계수, 포화도, 투수계수, 간극률 등 다양한 지반상수의 변화에 따른 파랑 감쇠율을 비교 검토하였다.

핵심용어 : 해저지반, 파랑, 분산관계식, 지반상수, 투수성, 변위

Abstract : It is needed the introduction of a new wave dispersion relationship considering the condition of seabed to examine closely the interaction between wave and seabed. In this study, a wave dispersion relationship is newly developed considering the condition of seabed such as permeability and displacement. Wave damping rates are compared and analysed according to the various soil parameters such as seabed soil thickness, elastic modulus, saturation, permeability, and porosity.

Key words : seabed, wave, dispersion relationship, soil parameters, permeability, displacement

1. 서 론

파랑과 해저지반 그리고 해안·해양 구조물과의 상호작용은 지반공학 뿐만 아니라 해안공학 분야에서도 중요한 이슈 중의 하나이다. 파랑과 해저지반의 상호작용을 규명하기 위해서는 우선 해저면의 경계조건을 고려한 새로운 분산관계식의 도입이 필요하다.

본 연구에서는 깊이가 유한한 해저지반의 투수성 및 변위를 고려한 새로운 분산관계식을 유도하였으며, 해저지반의 두께, 탄성계수, 포화도, 투수계수, 간극률 등 다양한 지반상수의 변화에 따른 파랑의 감쇠율을 비교 검토하였다.

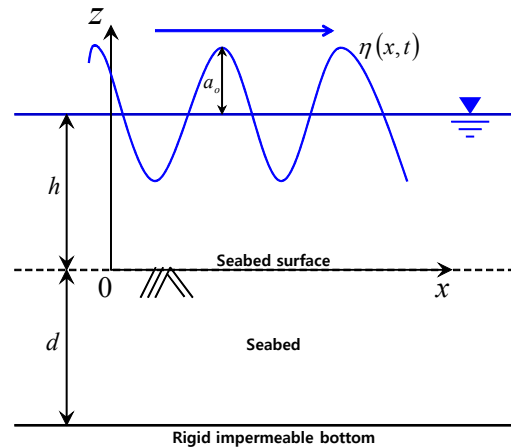


Fig. 1 Schematic drawing of waves propagating over a seabed.

2. 지배방정식 및 분산관계식

Fig. 1에 나타난 것처럼 파장이 L , 주기가 T , 파랑의 진폭이 a_0 인 미소진폭파가 해저면 위를 진행하고 있다고 생각한다. 그러면, 해수면에서의 파형은 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$\begin{aligned} \eta(x,t) &= a_0 e^{i(kx - \omega t)} = a_0 e^{i\{(k_r + ik_i)x - \omega t\}} \\ &= a_0 e^{-k_i x} e^{i(k_r x - \omega t)} \end{aligned} \quad (1)$$

† 교신저자 : 연희원, sbyang@jejunu.ac.kr

* 종신회원, nhkim@jejunu.ac.kr

** luis@hanmail.net

여기서, ω 는 각주파수($=2\pi/T$), k 는 복소수인 파수($=k_r + ik_i$)를 나타낸다. 실수부 k_r 은 파장과 관련이 있으며($k_r = 2\pi/L$), 허수부 k_i 는 파랑의 진폭의 감쇠율과 관련이 있다.

유체의 운동이 비회전 흐름이라고 한다면, 속도포텐셜 Φ 가 존재하고, 유체가 비압축성이라고 한다면, 속도포텐셜은 라플라스 방정식을 만족한다. 그리고 식 (1)을 고려하면, 속도포텐셜 Φ 는 다음과 같은 형태로 가정할 수 있다(Dean and Dalrymple, 1991).

$$\Phi(x, z, t) = [A \cosh k(h-z) + B \sinh k(h-z)] e^{i(kx - \omega t)} \quad (2)$$

식 (2)의 파라미터 A , B 는 해수면에서의 동적, 운동학적 경계조건에 의해 결정되며, 각각 다음과 같다.

$$A = i \frac{g}{\omega} a_0, \quad B = -i \frac{\omega}{k} a_0 \quad (3)$$

식 (3)을 식 (2)에 대입하면 속도포텐셜 Φ 와 파랑에 의한 동적인 파압 p 는 다음과 같이 각각 나타낼 수 있다.

$$\Phi(x, z, t) = i a_0 \left[\frac{g}{\omega} \cosh k(h-z) - \frac{\omega}{k} \sinh k(h-z) \right] e^{i(kx - \omega t)} \quad (4)$$

$$p = \rho_w \frac{\partial \Phi}{\partial t} = a_0 \rho_w g \left[\cosh k(h-z) - \frac{\omega^2}{gk} \sinh k(h-z) \right] e^{i(kx - \omega t)} \quad (5)$$

여기서 ρ_w 는 유체의 밀도, g 는 중력가속도를 의미한다.

경계조건에 있어서, 해저면($z=0$)에서는 파압이 해저지반의 간극을 통해 계속적으로 전달되며, 유체의 질량은 보존된다고 하고, 불투과 고정된 기저면($z=-d$)에서는 흐름이 존재하지 않고, 지반의 변위가 없다고 한다면, 경계조건은 다음과 같이 각각 쓸 수 있다.

$$\frac{\partial \phi}{\partial z} = -\frac{K_z}{\rho_w g} \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial w}{\partial t} : z=0 \quad (6)$$

$$u = w = 0, \quad \frac{\partial p}{\partial z} = 0 : z=-d \quad (7)$$

여기서, K_z 는 z 방향의 투수계수, u , w 는 각각 x -, z -방향의 지반 변위를 의미한다.

실질적으로 대부분의 해저지반은 투수가 가능하고 변위가 생기는 흙 알갱이로 이루어져 있으며, 해저면에서의 경계조건 (6)을 이용하면 새로운 분산관계식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$gk \tanh kh - \omega^2 = \left(gk - \omega^2 \tanh kh \right) \left(-iK_z \frac{\omega}{gk} Dj_{z=0} - \frac{\omega^2}{gk} \rho_w g w_{z=0} \right) \quad (8)$$

여기서, $Dj_{z=0}$, $w_{z=0}$ 는 각각 해저면($z=0$)에서의 침투류 속도와 지반의 변위를 의미한다. 식 (8)에 나타난 분산관계식에 대한 자세한 내용은 Yang and Kim(2014)을 참조하기 바란다.

3. 다양한 지반상수가 분산관계식에 미치는 영향

여기서는 지면의 관계상 여러 지반상수 중에서 포화상태에

있는 해저지반의 투수계수의 변화에 따른 파랑 감쇠율(k_i/k_r)의 변화와 입력조건을 Fig.2에 나타내었으며, 상대수심(h/L_0 ; $L_0 = 1.56 \times T^2$)이 작아질수록, 반면 투수계수가 증가함에 따라 파랑의 감쇠율이 증가하는 것을 알 수 있다.

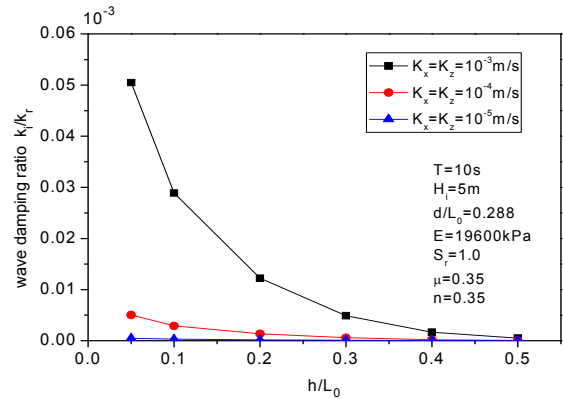


Fig. 2 Wave damping ratio(k_i/k_r) in relation to relative water depth(h/L_0) for coefficient of permeability of seabed

4. 결 론

본 연구에서는 해저면의 투수성 및 변위를 고려하여 새로운 분산관계식을 제시하였으며, 다양한 지반상수의 변화에 따른 파랑의 감쇠율을 검토하였다. 여기서는 지면 관계상 지반상수 중에서 해저지반의 투수계수가 분산관계식에 미치는 영향만을 나타내었으며, 투수계수가 증가함에 따라 지반 내부로의 침투류가 커지기 때문에 파랑의 감쇠율이 증가한다고 판단되며, 그 영향은 상대수심이 작아짐에 따라 증가하고 있음을 알 수 있다.

후 기

본 논문은 2014년도 제주권 광역경제권 선도사업의 지원을 받아 수행된 연구임을 밝힙니다.

참 고 문 헌

- [1] Dean, R.G. and Dalrymple, R.A. (1991), Water wave mechanics for engineers and scientists, World Scientific, pp. 261-283.
- [2] Yang, S. and Kim, N. (2014), Developing characteristics of standing wave-induced residual excess pore water pressure in the seabed, KSCE Journal of Civil Engineering(in Print).