

유공판을 갖는 공진수로 내장형 방파제의 반사특성

김정석* · 서지혜* · 이용훈** · 이종우* · 박우선*

*한국해양대학교 해양과학기술전문대학원, **한국해양대학교 토목환경공학과,

Wave Reflections from Breakwaters Having Resonance Channels with Perforated Plates

Jeongseok Kim* · Jihye Seo* · Younghoon Lee** · Joongwoo Lee* · Woosun Park*

*Ocean Science & Technology School, KMOU, **division of Civil & Environment Engineering, KMOU

요 약 : 최근 외해의 파랑을 막기 위한 방파시설로 유공방파제가 다수 설치되고 있다. 일반적으로 유공방파제는 전면에 유공격실을 설치하여 유공에서 난류를 발생을 유도하여 반사파를 저감하고, 최대 파력도 저감하는 목적을 지닌다. 유공벽은 폭풍파에 직접 노출되어 있어 쇄파 발생시 충격적인 파압이 작용될 수 있어 설계 시 유의하여야 한다. 본 논문에서는 이러한 문제가 없는 공진수로를 이용한 새로운 개념의 유공방파제를 제안하고, 중요 설계변수 변화에 대하여 제안한 시스템의 반사특성을 수치적으로 모의하였다. 수치해석은 유공판을 통과하면서 발생하는 난류에 의한 에너지 소모효과를 고려할 수 있는 선형 포텐셜 이론에 기초한 Galerkin 유한요소 모델을 이용하여 수행하였다. 유공판의 유공율에 따른 반사율 변화를 살펴보았다.

핵심용어 : 파랑반사, 공진수로, 유공판, 방파제, 유한요소해석

ABSTRACT: Recently, various types of perforated breakwaters are being constructed for protecting offshore storm waves. In general, perforated breakwaters have wave chambers with perforated walls at seaside. Purposes of the wave chambers are to reduce wave reflections and maximum wave forces acting on the breakwater. Impact wave forces due to wave breaking can attack to the perforated wall directly, so the effects have to be considered in the design of the perforated wall carefully. Using resonance channels for wave energy dissipation, a new concept perforated breakwater is proposed, which is free from impact loads. Numerical simulation was made for wave reflection characteristics of the breakwater with respect to major design parameters. Numerical analysis was carried out using the Galerkin's FE model based on the linear potential theory considering energy dissipation on the perforated plate. Variations of wave reflection was investigated according to perforated ratios of perforated plate.

KEYWORDS: wave reflection, resonance channel, perforated plate, breakwater, finite element analysis

1. 서 론

최근 우리나라에서는 외해 파랑의 파랑을 막기 위한 방파시설로 유공방파제가 다수 설치되고 있다. 일반적으로 유공방파제는 전면에 유공격실을 설치하여 유공에서 난류 발생을 유도하여 반사파를 저감하고, 최대 파력도 저감하는 목적을 지닌다.

최근 지구온난화에 기인한 이상기후가 자주 발생되며, 해양에서의 구조물에 미치는 파랑환경 또한 거칠어지고 있는데, 유공방파제의 유공벽은 폭풍파에 직접 노출되어 있어 쇄파 발생시 충격적인 파압이 작용될 수 있어 구조적인 문제를 발생시킬 수 있다. 또한, 소파효과가 탁월한 주기조건이 우수할 폭파 직접적인 관계에 있어 소파요구조건도 만족하고 경제적인 요구조건도 만족하기는 어려운 문제점을 안고 있다.

본 연구에서 제안하는 공진수로 내장형 방파제는 방파제 내

부에 공진수로를 설치하고 수로내에 유공판을 설치한 방파제로서(Fig. 1 참조), 기존의 유공방파제와 유사한 소파특성을 보이고면서도 충격적인 쇄파에 직접적으로 노출되어 있지 않아 이로 인한 구조적인 문제는 발생하지 않는다고 할 수 있다.

본 논문에서 공진수로 내장형 방파제의 반사특성을 살펴보기 위하여 수치해석으로 실시하였다. 유공판을 통과하면서 발생하는 난류에 의한 에너지 소모효과를 고려할 수 있는 선형 포텐셜 이론에 기초한 Galerkin 유한요소 모델을 이용하였으며, 유공판의 유공율과 공진조건이 다른 다중수로를 이용한 경우의 반사율 변화를 살펴보았다.

2. 문제의 정식화

2.1 지배방정식 및 경계조건

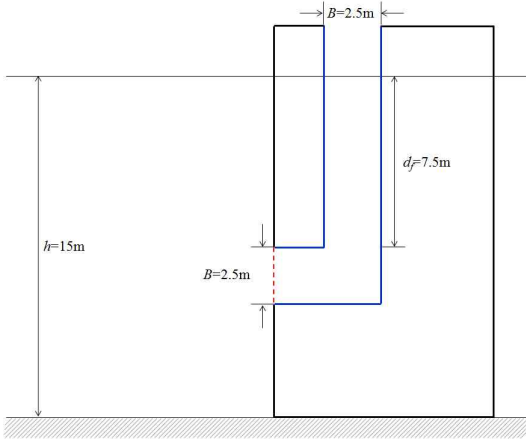


Fig. 1 Conceptual drawing for a breakwater having resonance channels with perforated plates

연직 2차원 파랑진과 문제에 있어서, 유체를 비점성, 비압축성으로 가정하고 흐름을 비회전류라고 가정하면 파동장은 다음과 같이 속도포텐셜, Φ 에 대한 Laplace 방정식으로 표시할 수 있다.

$$\nabla^2 \Phi = \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2} \quad (1)$$

기본적인 경계조건으로는 자유수면(S_F) 경계조건과 바닥면 및 구조물(S_B) 경계조건이 있다. 파고가 파장에 비해 매우 작다는 가정을 통해 선형파 경계조건을 도입하였으며, 바닥면과 구조물에서는 불투과 경계조건을 적용하였다.

$$\frac{\partial \Phi}{\partial z} = \frac{\omega^2}{g} \Phi \quad \text{on } S_F \quad (2)$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial n} = 0 \quad \text{on } S_B \quad (3)$$

유공판의 외측과 내측에서는 유공부를 통과하면서 발생하는 에너지 손실을 고려하기 위하여 다음과 같은 정합조건을 도입하였다.

$$u_1 = u_2 \quad (3)$$

$$\frac{p_1}{\rho} = \frac{p_2}{\rho} + \frac{1}{2} \alpha u_2 |u_2| + \int_l \frac{\partial u_2}{\partial t} dl \quad (4)$$

여기서, u 와 p 는 유속과 동압력을 나타내며, 하첨자 1과 2는 각각 유공부 외해측과 내해측을 의미한다. α 는 유공부를 통과하면서 발생하는 에너지 손실계수, l 은 유공부에서 형성되는 제트흐름의 길이를 의미한다.

2.2 구조물에 작용하는 파력과 반사율

구조물에 작용하는 파력은 구조물 표면에서의 동압력을 적분함으로써 구할 수 있다. 즉,

$$F_j = \rho \int \frac{\partial \Phi}{\partial t} n_j dS_b \quad (5)$$

여기서, n_j 는 물체표면에서 유체영역으로 향하는 단위법선벡터의 j 방향 성분을 나타낸다.

반사율은 입사파고와 구조물로부터 반사되어 외해로 나가

는 파랑의 파고로의 비로 정의된다.

$$K_R = \frac{\eta_R}{\eta_I} \quad (6)$$

3. 수치해석 및 결과분석

앞에 보인 경계치문제는 Galerkin 유한요소 기법으로 이산화하였으며, 식 (4)의 비선형 항은 첫 번째 Fourier급수를 이용하여 선형화하여 주파수 영역에서 수치해석을 실시하였다.

Fig. 2에 보인 것은 실제 해상의 통상파랑조건인 7초에 맞추어 설계한 공진수로에 유공판의 유공율을 0.1~0.9로 변화시켰을 때의 반사율 변화이다.

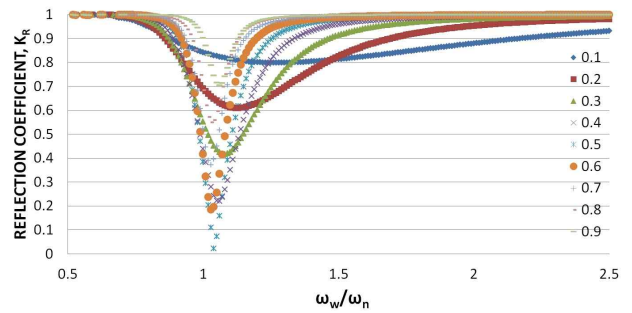


Fig. 2 Comparison of reflection coefficient for perforate rate from 0.1 to 0.9 with resonance channel $B/l_c = 0.2$

그림을 보면, 공진조건에서 에너지소모가 많이 일어남을 알 수 있다. 유공율이 0.1에서 0.5까지 증가할수록 공진조건 부근에서의 최저 반사율은 감소하며, 공진조건 주변의 조건에서는 반사율이 증가하는 경향을 보임을 알 수 있다. 반면, 유공율이 0.6에서 0.9까지 증가할수록 최저반사율이 증가하는데, 이는 유공부에서 난류발생이 저감되어 에너지 손실이 적게 발생한 것으로 판단된다. 따라서, 유공율이 0.5일 때 효과적인 파랑차단 성능을 나타냄을 알 수 있다.

감사의 글

이 논문은 2013학년도 한국해양대학교 KMOU-KIOST 해양과학기술 전문인력 양성사업과 해양수산부의 해양에너지 전문인력 양성사업의 지원에 의하여 연구되었음.

참고문헌

- [1] 박우선, 이달수, 오영민, 정원무(1991), 연직 2차원 회절 및 방사문제 해석을 위한 무한요소, 한국해양·해양공학 회지, 제13권 제 4호, pp.235~243
- [2] 박우선(1997). 파랑제어구조물의 성능평가 및 개선, 한국해양연구소 연구보고서(BSPE 97628-00-1081-2).