

원형파일군에 의한 파랑의 감쇠특성

이성대* · 박정철** · 홍창배* · 남미영*

Characteristics of Wave Dissipation with Circular Cylinders

Seongdae Lee*, Jungchul Park**, Changbae Hong* and Miyoung Nam*

Keywords : Wave dissipation(파랑감쇠), Circular cylinders(원형파일군), Numerical experiment(수치해석), Hydraulic experiment(수리실험)

Abstract

This research deals with the wave transmission and dissipation problems for two dimensional regular waves and vertical circular cylinders. Using the unsteady mild slope equation, a numerical model has been developed to calculate the reflection and transmission of regular waves from a multiple-row vertical circular cylinders. In addition hydraulic model experiments have been conducted with different values of properties between the cylinders and opening ratio (distances) between the rows of the cylinders. It is found that the transmission coefficients decrease with decreasing the opening ratio and increasing the rows of vertical cylinders. Comparison between hydraulic and numerical experiments results shows reasonable agreement.

1. 서론

해양파 연구에서 관심의 대상이 되는 중요한 문제중의 하나는 심해에서 천해로 파랑이 전파해 갈 때 수심의 변화나 해안구조물 등에 의해 파랑이 어떻게 변형되는가를 예측하는 것이다. 일반적으로 해역에서의 파랑변형은 회절현상, 반사 및 투과현상, 산란 및 방사현상 등으로 분류되어 지나 여기서는 2차원 규칙파가 연직 원주군으로 이루어진 구조물에 작용하는 파랑의 투과율의 관점에서 파랑의 변형 문제를 다루었다. 이를 위해 본 연구에서는 수리모형실험을 수행하여 파일군의 배치간격 및 밀도에 따른 해안수리학적 특성을 확인하였다. 수리모형실험에서는 파고의 감쇠 특성을 검토하기 위하여 개구율 50%와 75%에 대해 원형파일의 평면배치를 정3각형 형태로 각각 1, 2, 3 및 4열로 배치하여 실험을 수행하였다. 각각의 블록에 대해 실험을 수행하였으며 입사파 주기 (T)는 각각 0.8, 1.0, 1.26, 1.42, 1.58, 1.90, 2.21 및 2.56초를 이용하였고, 각각에 대해 투과율을 검토하였다. 그리고 수리모형실험과의 비교 검토를 위해 연직파일군과 같은 연안구조물이 있는 해역에 파랑이 전파하는 경우 파랑의 감쇠효과를 수치해석을 통해 확인하였다. 수치해석을 통한 파랑의 전파과정은 수심 등과 같은 지형이나 자연조건 등에 의해 복잡하게 변화하며 특히 연

안해역에 식생이나 연직 원형 파일군이 존재하는 경우 파랑의 거동을 파악하기가 용이하다. 연직 파일군이 존재하는 연안 해역에서의 파랑 전파특성을 파악하기 위해서는 이들 구조물에 의한 저항과 저면마찰계수를 고려하여야 한다. 그리고 파랑에 의한 구조물의 저항을 고려하는 경우에는 여러 가지 파라메타를 파악하여야 한다. 즉 연안해역에 존재하는 단위면적당 구조물의 밀도를 나타내는 구조물 밀도와 직경 뿐만 아니라 구조물이 있는 영역에서의 항력저항과 비구조물 수역과 구조물 수역에서의 수평확산이 파랑 전파에 미치는 영향을 고려한 파랑전파과정의 정식화가 요구되며 이를 위해 본 연구에서는 Asano et al.(2005), 이성대(2006)가 제안한 변형 시간의존 환경사방정식모형을 적용하여 이들의 검토하였다.

2. 수치모형실험

연직파일이 존재하는 해역에서의 파랑의 전파과정을 나타내는 기초방정식은 다음과 같은 비정상완경사 방정식을 적용하였다.

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{1}{n} \frac{\partial (nM)}{\partial x} + \frac{1}{n} \frac{\partial (nN)}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + c^2 \frac{\partial \eta}{\partial x} = -\frac{\tau_x}{\rho} + A_h \left(\frac{\partial^2 M}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M}{\partial y^2} \right)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + c^2 \frac{\partial \eta}{\partial y} = -\frac{\tau_y}{\rho} + A_h \left(\frac{\partial^2 N}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 N}{\partial y^2} \right)$$

* 한라대학교 토목공학과, sdlee@halla.ac.kr

** (주)제이스코리아, ppiun@dreamwiz.com

여기서 c 는 파속이며, τ_x, τ_y 는 저면마찰력과 연직파일 군에 의한 유체저항항의 합이라고 가정하여 다음과 같이 나타내었다.

$$\tau_x = \frac{f_o}{2}|QM/h^2 + \frac{f_v}{2}|QM/h^2$$

$$\tau_y = \frac{f_o}{2}|QN/h^2 + \frac{f_v}{2}|QN/h^2$$

여기서, $Q = \sqrt{M^2 + N^2}$ 이며, 그리고 연직파일에 의한 항력계수 f_v 는 차원적으로 같다고 하여 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\frac{f_v}{2}u|u| = \frac{C_D}{2} \int_{-h}^0 Nd_0 dz u|u|$$

본 수치모형의 검증을 위해 수로의 중앙부에 연직파일의 밀도 N 이 변화하는 경우에 파고의 감쇠효과 수역의 중앙부에서의 파고분포도로 Fig. 1에 나타내었다. 그림에서 알수 있듯이 연직파일군 밀도 N 이 증가함에 따라 연직파일군 영역 후면부에서 파고감쇠의 효과가 크게 나타나고 있으며 특히 연직파일군 영역내에서 파고감쇠의 경향이 증가하고 있음을 보여주고 있다. $N=10 \sim 40ea/m^2$ 인 경우에 투과파고 0.11 ~ 0.18로 변화하여 연직파일군의 밀도에 따른 파고변화를 확인할 수 있었다. 그리고 연직파일군 밀도가 증가함에 따라 연직파일군 영역의 전면부에서 연직파일군에 의한 반사특성은 아주 미소하나마 증가하고 있는 특성을 보이고 있다.

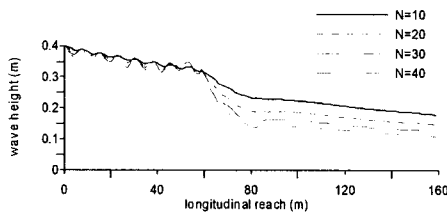


Fig. 1 Wave dissipation in circular cylinders across channel.

3. 수리모형실험

원형실린더군에 의한 파랑의 감쇠특성을 검토하기 위하여 길이 20m 조파수로에서 규칙파 실험을 행하였다. 실험 모형은 아크릴로 제작된 구형잠제를 실험수조의 바닥저면과 일체가 되도록 고정하였으며 아크릴잠제 상에 직경 $d=20.0mm$ 의 원형플라스틱의 원주를 접착제로 부착하여 실험을 수행하였다. 실험은 원주군의 배치간격에 따라 잠제만 놓이고 원주군이 없는 경우와 원주군 사이의 간격이 22.0mm와 44.0mm인 경우에 대해 크게 3종의 실험을 행하였으며 각 배치간격에 대해 원주군을 1열에서 4열로 각각 배열하여 실험을 수행하였다. 그리고 각각의 실험안에 대해 입사파 주기(T)는 0.8, 1.0, 1.26, 1.42, 1.58, 1.90, 2.21 및 2.56초의 8개 주기에 대해서 또한 각 주기별로 입사파고(H)는 2.5, 4.0, 5.0, 6.0 및 8.0cm인 5종의 파고에 대해 모형실험을 수행하여 총 360개의 실험조건에 대해 실험을 수

행하였다. 실험수로의 폭 70.0cm에 대해 원형원주군의 배치형태는 각 열에 대해 개구율 50%와 75%이며 원주군의 평면배열은 정3각형 형태로 각각 1, 2, 3 및 4열로 배치하여 실험을 수행하여 원주군의 배열에 따른 파랑의 감쇠를 나타내는 투과율을 산정하였다.

4. 결과 및 비교 분석

직립 원형원주군에 의한 파랑의 변형 및 감쇠를 지배하는 파라미터는 원형원주군의 배치형상과 직경, 공극율 등의 원주군의 특성과 파랑의 조건에 따라 결정되어지며 원주의 특성이 주어진 경우 파형경사 H/L , 무차원파수 kh 와 같은 파랑의 조건이 파랑의 변형을 예측하는 요소가 되며 이들 함수로서 파랑의 감쇠특성을 나타내었다. 수리모형실험의 결과는 (1)잠제만 있는 경우 (2) 잠제상에 원형 연직 원주군이 75%공극율로 배치된 경우 (3) 잠제상에 원형 연직원주군이 50%공극율로 배치된 경우 대해 비교 검토하였다.

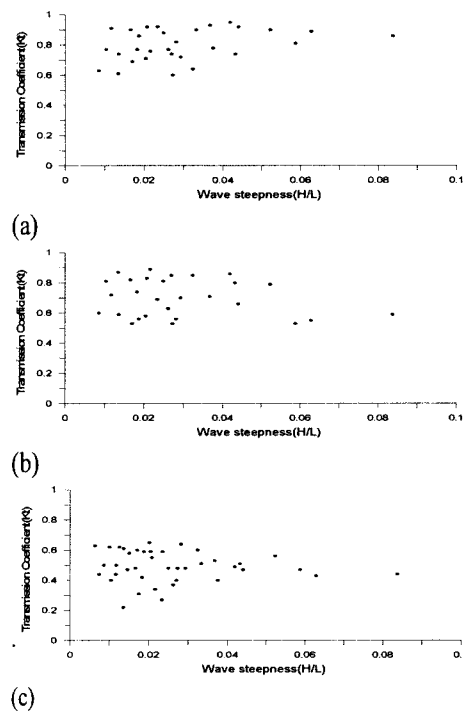


Fig. 2 Wave transmission coef. dependence on wave steepness in circular cylinders. (a) submerged breakwater (b) opening ratio 75%, 3rows (c) opening ratio 50%, 3rows

5. 결론

원형연직 원주군의 수치해석 결과 합리적으로 파랑거동을 재현할 수 있었으며 수리모형실험결과 개구율이 감소함에 따라 그리고 원주군의 배열이 증가함에 따라 투과율이 감소하고 있음을 확인하였다. 본 연구에서는 원형 원주군의 투과특성만을 분석하였으나 실제 현장에서의 적용을 위해 파력과 모멘트 그리고 처오름 높이에 대한 실험뿐만 아니라 불규칙파랑에 대해서도 확장되어야 할 것이다.