

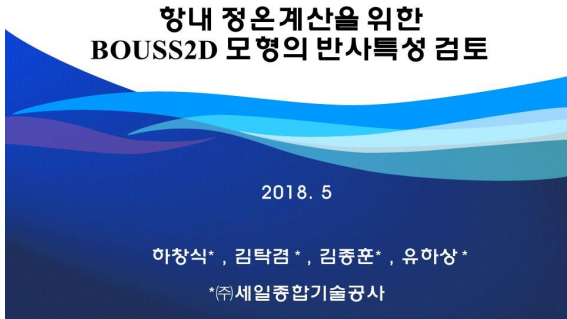
항내 정온계산 위한 BOUSS-2D 모형의 반사특성 검토

† 하창식 · 김탁겸* · 김종훈** · 유하상***

*,**,***,† (주)세일종합기술공사

요약 : 국내 항만의 건설 및 확장·보수를 위한 설계 단계에서의 평면배치 검토시 항내측으로 내습하는 파랑변형특성에 대한 정밀한 평가는 필수적이다. 이에 따라 많은 수학적 모델들이 연안역과 항만에서의 파랑전파와 변형에 대해 개발되어 왔다. 특히 항내정온도의 해석은 항만 사용성 측면에서 매우 중요하며 실제 해상의 파랑상태와 유사한 불규칙파로의 해석이 요구되어 지고 있다. 항내정온도 해석에 있어서 항내파랑장 형성에 크게 영향을 미치는 구조물의 반사율을 효과적으로 적용하는 것은 매우 중요하다. 하지만, 구조물의 반사율은 이론계산이 어렵고, 일반적으로는 모형실험 혹은 현지관측에 의해 추정된다. 따라서, 일반적인 경우 비용 및 시간상의 제약으로 인해 평면 파랑모형으로 정온도 해석시 반사율의 적용은 구조형식별로 연구자들에 의해 개략 제시된 반사율을 적용하고 있다. 특히, 다방향 불규칙파의 적용시에 경계조건으로는 다방향 불규칙파를 효과적으로 제어할 수 있는 부분반사 경계면과 계산영역 밖으로 나가는 파랑에 대해서 인공적인 흡수층 또는 감쇠층 (artificial damping layer)을 설정하여 반사를 제어하는 기법을 많이 적용하고 있다. 이때 항만구조물의 부분반사는 파랑제원에 따른 damping layer의 parameter의 조정에 의해 구조물의 구조형식별 반사율을 적절히 재현할 필요성이 있다. 본 연구에서는 불규칙파를 대상으로 damping layer의 parameter(무차원 감쇠계수, 감쇠층의 두께)등의 변화에 따른 반사율의 변화특성을 고찰하고, 향후 부분반사 경계면으로 damping layer가 적용되는 평면 파랑모형의 정온도 해석시 부분반사의 적용에 대한 기초자료를 제공하고자 한다.

핵심용어 : 파랑장변형, BOUSS-2D, 반응특성



목 차

1. 서론
2. 수치모형의 적용
3. 수치실험
4. 결론



서론

연구의 배경

- 항내정온도 해석은 항만사용측면에서 중요하며 해상파랑상태와 유사한 불규칙파로의 해석이 요구됨.
- 항내정온도는 항내파랑장 형성에 영향을 미치는 구조물의 반사율이 효과적으로 적용되어야함.
- 반사율의 적용은 구조형식별 연구자들에 의해 개략적 제시 값을 적용됨.
- 불규칙파를 모사하는 모형(Bouss-2d)의 부분반사 적용검토가 필요

연구내용

Bouss-2D의 부분반사는 Artificial damping layer로 설정하며 그 특성상 사용자의 조정에 의해 반사율을 재현 하고 있는 실정임.

- 기존 수치모형실험과의 비교를 통한 모형의 적용성 확인
- 불규칙 파를 대상으로 damping layer 및 parameter등의 변화에 따른 반사율의 변화특성을 고찰

서론

파랑장 변형 실험에 사용되는 모형의 종류

▶ 완경사 방정식

Mid slope eq. Type	방정식 개발	모형	모형 개발	특징	선 수	경 사	변 형	파 장	불 규 칙 파
타원형 (Elliptic Type)	Berthelot(1922) Demitriak and Panchang(1998)	CGWAVE	미국군공병대(1998)	-경상층 다방향 MSE -유량요소	●	●	●	○	○
쌍곡선형 (Hyperbolic Type)	Nishimura(1983)	TDNSE	미국군공병대	-시간의존 쌍곡형 MSE	●	●	○	○	△
포물선형 (Parabolic Type)	Radder(1979)	REFDIF	Kirby et al.(1994)	-경상층 포물형 MSE	●	●	○	○	△

○:기반형에서 적용가능, ●:중용형에서 일반적인 적용가능, ...:완용형 적용가능, △:적용불가능, □:적용가능하나 고려되지 않음

▶ 기타 방정식

eq. Type	방정식 개발	모형	모형 개발	특징	선 수	경 사	변 형	파 장	불 규 칙 파
spectral wave action balance equation	Karlsson(1963)	SWAN	엘프트공대	-phase-averaged wave model	●	●	△	△	○
Boussinesq Eq.	Nwogu(1996)	BOUSS2D	미국군공병대	-phase-resolving wave model	●	●	○	○	○
non-hydrostatic wave-flow model		SWASH	엘프트공대	-phase-resolving wave model	●	●	○	○	○

○:기반형에서 적용가능, ●:중용형에서 일반적인 적용가능, ...:완용형 적용가능, △:적용불가능, □:적용가능하나 고려되지 않음

† 교신저자 : hacs0917@naver.com

* taggyum@naver.com

** nulbokim@hanmail.net

*** coolwave70@gamil.com

수치모형의 적용

BOUSS-2D MODEL(Nwogu and Demirbilek, 2001)

비선형 Boussinesq 방정식을 기반으로 하는 시간영역 다방향 불규칙파랑 모형

- Weakly Nonlinear Boussinesq Eq. - Nwogu(1993)

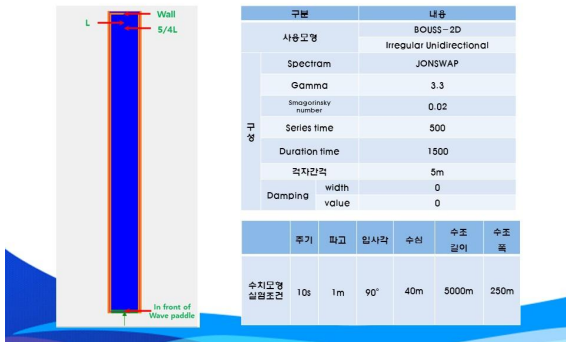
$$\begin{aligned} & \eta_t + v_x \cdot u_x = 0 \\ & u_{x,t} + g \nabla \eta + (u_x \cdot v) u_x + z_0 \nabla \cdot (u_{0,z} \nabla h) + (v \cdot u_{0,z}) \nabla h \\ & + \frac{1}{2} [(z_0 + h)^2 - h^2] \nabla \cdot (v \cdot u_{0,z}) = 0 \\ & u_x = \int_{-h}^{\eta} u dz = (h + \eta) u_x + h \left(z_0 + \frac{h}{2} \right) \nabla \cdot (u_{0,z} \nabla h) + (v \cdot u_{0,z}) \nabla h \\ & + h \left[\frac{(z_0 + h)^2}{2} - \frac{h^2}{6} \right] \nabla \cdot (v \cdot u_{0,z}) \quad z_0 = -0.535h \end{aligned}$$

- Fully Nonlinear Boussinesq Eq. - Nwogu and Demirbilek(2001)

$$\begin{aligned} & u_{0,z} + g \nabla \eta + (u_x \cdot v) u_x + u_x v_x u_x + (z_0 - \eta) \nabla \cdot (u_{0,z} \nabla h) + (v \cdot u_{0,z}) \nabla h \\ & + \frac{1}{2} [(z_0 + h)^2 - (h + \eta)^2] \nabla \cdot (v \cdot u_{0,z}) - [(u_{0,z} \cdot v) h + (h + \eta) v \cdot u_{0,z}] \nabla \eta \\ & + (v \cdot u_{0,z}) \nabla h + (v \cdot u_{0,z}) \nabla h + (z_0 + h) \nabla \cdot (v \cdot u_{0,z}) = 0 \\ & u_x = (h + \eta) u_x + \left(z_0 + \frac{h}{2} - \frac{h + \eta}{2} \right) \nabla \cdot (u_{0,z} \nabla h) + (v \cdot u_{0,z}) \nabla h \\ & + h \left[\frac{(z_0 + h)^2}{2} - \frac{(h + \eta)^2}{6} \right] \nabla \cdot (v \cdot u_{0,z}) \quad z_0 + h = 0.465(h + \eta) \end{aligned}$$

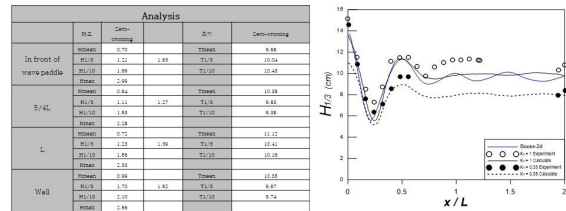
수치실험

기준실험과 비교



수치실험

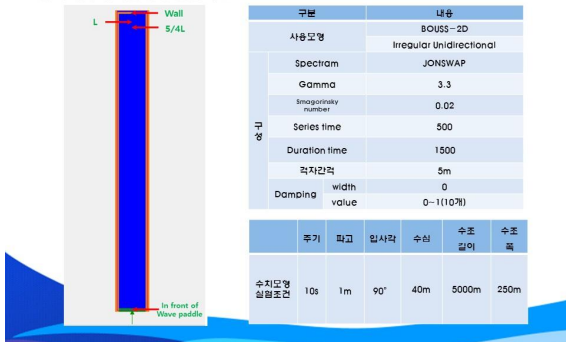
기준실험과 비교



- 입사파의 유의파고가 감소적으로 변화
- 구조물에서 1파장 이상 떨어질 시 상분파의 위상 간섭이 없어짐을 확인

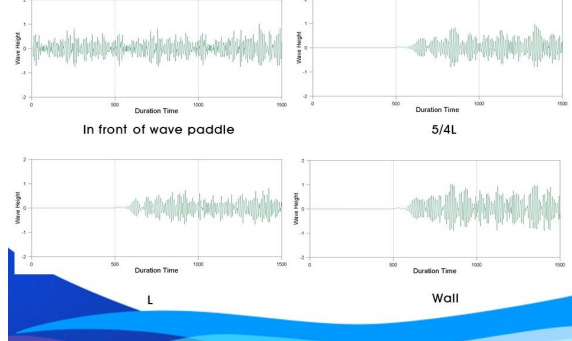
수치실험

반사 계수에 따른 반송 실험 개요



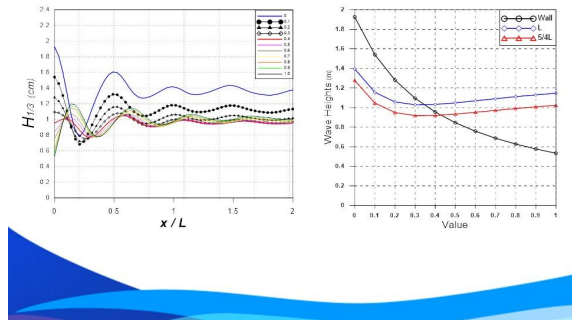
수치실험

수조 내의 파고의 변화



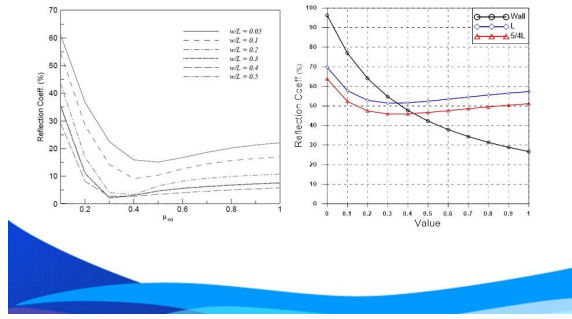
수치실험

반사 계수에 따른 반송 비교



수치실험

반사 계수에 따른 반송 비교



결론

복잡한 해양환경 조건을 고려하는 불규칙파 모형의 부분반사 특성을 파악하기 위해 일 방향 불규칙파에 강반사성을 고려한 모형을 도입하여 기존연구결과 및 반사계수 조절에 따른 양상을 검토

Damping layer의 무차원 감쇠계수 및 두께 등의 변화에 따른 반사율의 변화 특성 검토

- ✦ 구조물 전면에서부터 유의파고가 수리실험과 유사한 양상을 나타냄.
- ✦ 구조물에서 1파장 이상 떨어질 시 상분파의 위상 간섭이 없어짐을 확인.
- ✦ 반사계수를 조절 할 시 모형의 반사율은 100%~30%로 나타남.

- ✓ 불규칙파의 특성상 다방향 불규칙 및 사각 반사에 대한 검토가 필요
- ✓ 향후 부분반사 경계면으로 Damping layer가 적용되는 평면 파랑모형의 정온도 해석시 부분반사의 적용에 대한 기초자료로 활용가능