2018년 한국항해항만학회 추계학술대회
2018년 11월 8일(목)~9일(금) 경주 더케이호텔

항만에서의 장주기파랑반응 분석과 저감대책 연구

유재웅* · 김강민** · 백동진*** · 권성민**** · † 이중우

*,****한국해양대학교 대학원, **(주)항도엔지니어링, ***(주)HD이노베이션, † 한국해양대학교 건설공학과 교수

Analysis and Reduction of Longwave Response in a Harbor

Jae-Woong Yoo · Kang-Min Kim** · Dong-Jin Baek*** · Seong-Min Kwon**** · † Joong-Woo Lee*

*,****Graduate school of National Korea Maritime University, Busan 49112, Korea
*Hang-Do Engineering Co., Ltd, Seoul 08378, Korea
*HDInnovation Co., Ltd, Seoul 08390, Korea
† Department of Civil Engineering, National Korea Maritime University, Busan 49112, Korea

요 약 : 스웰 등 장주기파랑은 높은 에너지를 갖고 있어서 바람이 없어도 에너지가 사라지지 않고 전파되어 항만에 이르게 되고, 차폐된 항내수역에서 파고가 증폭되어 대형선박의 접이안과 하역작업을 중단시키는 경제적 손실을 야기한다. 본 실험은 대규모 개발에 따른 장주기 파랑에 의한 반응특성과 부진동의 영향을 검토하였다. 특히, 항만확장외에 외역에 추가적 개발을 위한 매립을 고려하여 항만정온도와 장주기 반응 특성을 파악하여 가능한 대책방향을 검토하고자 하였다.

핵심용어 : 파랑장, 정온도 검토, 너울성 파랑, 공진, 부진동, 선박 접이안

1. 서 론

항만계획의 초기단계에서 해당항만의 구조물에 대한 파랑안정성, 선박의 통항안정성에 집중한 해석으로 장주기파랑에 대한 대응을 주의깊게 행하지 않아 항만건설 이후 운영단계에서 문제점이 노출되기도 한다. 이중 특정 항만에서는 장주기 파랑의 입사로 공진이 발생하여 항내 정온도 확보를 방해하고 항만시설물의 피해를 초래하며, 선박의 접이안 및 하역작업에 막대한 영향을 미치고 있는 실정이다. 근래에 와서 임해국가산업단지의 전력 및 에너지를 수급하는 항만에서 장주기파랑으로 인한 외곽시설 및 안벽의 손상이나 해안에서의 인명 피해가 점차적으로 증가하는 추세를 보이고 있다.

자연외력을 인위적으로 제어하기 어려우나, 이에 대하여 평면배치변화 등 장주기파랑을 저감시킬 수 있는 방안을 모색할 필요가 있으며, 그 결과를 활용하여 국가항만시설의 효율성을 높이고, 선박통항의 안전성 향상과 국민의 인명피해를 최소화에 기여하여야 할 것이다. 본 연구에서는 특정항만을 대상으로 하여 개발방안에 따른 항내 부진동의 문제를 분석하여 가능한 대책방안을 도출하기 위하여 수치모델을 수립하고 대상해역에서 빈번하게 내습할 수 있는 특정 파의 주기대에 대한 파랑조건에 대해 항만반응 특성을 해석하고자 하였다.

2. 수치모형의 적용

본 연구에서 항만의 정온도 해석 및 장주기 파랑반응 특성을 분석하기 위하여 다음의 2차원 타원형 완경사 파랑 방정식을 적용하였다. 지배방정식은 복합요소(HEM) 방식(Lee, 1989)을 적용하였으며 검증을 위하여 Ippen & Goda (1963)의 수리모형 실험 결과와 비교하였다.

$$\nabla \cdot (CC_g \nabla \hat{\eta}) + \left(\frac{C_g}{C} \sigma^2 + i\sigma w + iC_g \sigma \gamma \right) \hat{\eta} = 0 \qquad (1)$$

3. 수치실험

본 연구의 대상해역은 울릉도 남부에 위치한 울릉(사동)항으

† 교신저자 : 종신회원, jwlee@kmou.ac.kr
* you21526@korea.kr
** 종신회원, kikami72@gmail.com
*** 정회원, assassin10@naver.com
**** 정회원, sobors998@kmou.ac.kr

로, 울릉도 관문인 도동항의 확장 필요성이 제기되어 대규모 신항으로 추진중이다. 여객선 입출항을 위해 건설된 항만이지만 접안시설이 부족하여 대형여객선의 출입은 이루어지지 않고 있으며, 접안시설을 포함한 2단계 사업과 동시에 울릉(사동항) 전면을 매립하여 길이 1.2km, 폭 30m의 중소형 비행기를 운항할 수 있는 공항건설을 계획에 반영하고 있으며 이에 장주기파랑에 대한 반응특성을 파악하기 위하여 실험을 수행하였다.

3.1 실험조건

실험영역은 울릉공항 건설 예정부지가 포함된 울릉(사동)항 전체해역의 공진현상을 재현할 수 있도록 충분히 넓게 설정하였으며 절점간격은 전체영역에 대하여 약 30m정도로 구성하였다. Fig.1은 실험안에 대한 요소구성도와 부진동 특성을 검토하기 위한 6개 정점이다.

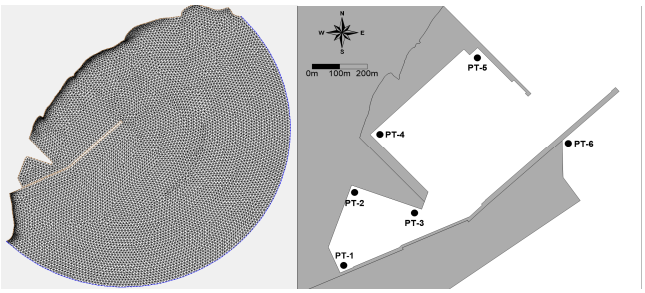

Fig. 1 Computed grids and selected stations

본 연구에서는 항내의 공진특성을 파악하기 위하여 대상항만에서 내습빈도가 높은 ENE파향에 대하여 공진 주기에 이르는 광범위한 주파수대(Ti=10초~1,500초)를 적용한 항내진동계산을 수행하고, 주파수 응답특성을 검토하였다.

3.2 실험결과

검토결과, 기존 울릉(사동)항 내의 제1공진주기는 460~480초, 증폭비 5.95~9.20을 나타내고 있어 부진동 현상이 발생하는 것으로 나타났다. 2단계 및 울릉공항 축조 후, 최대파고 증폭비는 전반적으로 6~9초대에서 4~7초대로 낮아지고 특히, PT-1(화물야적장 전면), PT-2(여객터미널 전면)에서 제1공진모드와 제2공진모드가 역전하는 현상을 보이고 있다.

현재상태에는 기존 항내(PT-1,2)와 2단계 항내(PT-4,5)에서 부진동의 제1공진모드는 460초와 480초에서 발생하고, 제2공진모드는 250초, 160~200초대에서 발생하며, 중간지역인 PT-3(연결호안 전면)에서는 480초와 260초로 중간적인 현상이 나타나고 있다. 최대파고 증폭비는 항내측으로 갈수록 커지나, 개발 후에는 낮아지는 것을 확인하였다. 100초대 이내의 장주기파 내습시는 증폭비는 증가하는 경향을 보였으며 항 입구부에서 가까운 PT-4에서 크게 증가하는 것으로 나타났다.

4. 결 론

울릉사동항개발에 따른 장주기파랑에 대한 응답특성으로 제1공진주기는 460~480초에서, 제2공진주기는 160~200초에서 발생하고 있다. 또한, 기존 항 최 내측(PT-1,2)에서 제1공진주기와 제2공진주기가 역전하는 특이현상을 발견할 수 있었다. 이는 개발로 인한 항입구폭의 변화로 기인하는 것으로 판단된다. 개발 후에는 최대파고 증폭비가 전반적으로 낮아지고 있으나 100초 이내의 주기대에서는 오히려 높아지고 특히 항입구부의 영향을 받는 PT-4에서 크게 증가하는 현상이 있어 선박 접이안 등에서 문제가 야기될 수도 있을 것으로 보인다. 앞으로 울릉공항 개발 후에 따른 항만반응 특성과 연계하여 해석하고자 한다.

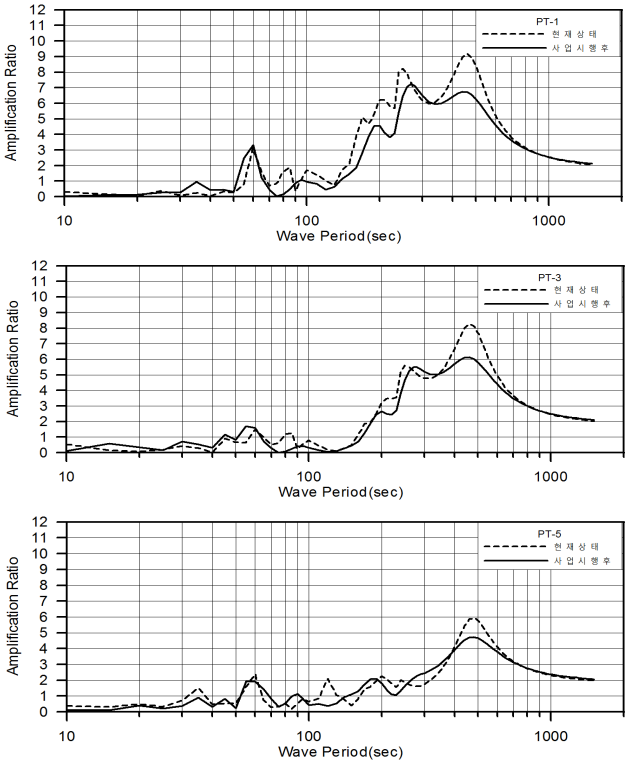

Fig. 2 Results of harbor response

참 고 문 헌

[1] Ippen, A. T. and Goda, Y. (1963), "Wave Induced Oscillations in Harbors: The Solution for a Rectangular Harbor Connected to the Open-Sea", Hydrodynamic Laboratory Report No. 59, MIT.

[2] Lee, J. W. (1989), "Hybrid Element Analysis of Water Waves for Harbor Design", University of Hawaii at Manoa PhD. Dissertation.