

# 독도물양장 선박접안을 개선을 위한 부방파제 설치에 관한 연구

## A Study on Construction of Floating Breakwater for Improving Berthing Capacity of Wharf at Dokdo

우봉출\*, 이승오\*\*, 박승현\*\*\*, 조용식\*\*\*\*

Bong-Chul Woo, Seung-Oh Lee, Seung-Hyun Park, Yong-Sik Cho

### 요    지

독도는 울릉도에서도 동남쪽으로 약 87.4km 떨어져 외해의 영향을 많이 받고 있는 지역이지만 방파제 등 외곽시설이 전무하여 평상파랑에도 접안이 어려운 경우가 많아서 독도 관광자원 활용도 및 편의시설 제공 면에서 많은 어려움이 있다. 이에 본 연구에서는 독도 접안시설의 전면에 최근 국내에 본격적으로 도입되고 있는 부방파제(floating breakwater)를 설치할 경우 고정식 방파제 설치에 따른 문제점을 충분히 개선할 수 있다고 판단하여, 부방파제 설치에 따른 기술적인 타당성과 부두 이용률 개선효과 등을 연구하였다. 독도의 접안시설은 해역이 동도와 서도에 의해 북쪽은 일부 차폐되고 남쪽은 직접 노출되어 있는 지리적 특성이 있어 주 파향인 남쪽계열의 8개 파향(SE, SSE, S, SW, SSW, WSW, W, WNW)의 평상파 제어가 가능하도록 방파제를 배치하였고, 이에 따른 부두 이용률을 검토결과 부방파제를 설치할 경우 남쪽계열 파랑에 대하여 현상태에 비하여 부두 이용률이 대략 2배정도 증가되는 것으로 나타났으며, 부방파제 계류시스템의 안정에 대해서도 부체에 영향을 주는 외력에 대하여 계류체인의 길이와 Anchor Block 자중의 규모를 적당히 조정하면 충분히 안정한 것으로 검토되었다.

핵심용어 : 부방파제, 소파원리, 부두 이용률, 계류시스템

### 1. 서 론

일반 연안지역과는 달리 외해의 영향을 많이 받고 있는 독도는 방파제 등 외곽시설이 전무하여 500톤급 규모의 접안시설(80m)에 평상파랑에도 접안이 어려운 경우가 많아서 독도 관광에 큰 변수로 작용할 뿐만 아니라, 현지주민 및 경비대원들에게 생활필수품 수송이 적절한 기간에 안전하게 공급되지 못하고 있는 실정이다. 이전 연구에 의하면 독도 접안시설의 이용이 가능한 일수를 추정한 결과, 접안시설 전면 파고가 0.5m 미만인 경우 년간 약 120일이고 0.3m 미만인 경우 년간 약 100일이며 특히 동계에는 월간 5~7일 정도에 불과하여 이용여건이 매우 불량하였다. 이에 본 연구에서는 독도 접안시설의 전면에 최근 국내에 도입되고 있는 부방파제(floating breakwater)를 설치할 경우 기존 고정식 방파제 설치에 따른 문제점을 충분히 개선할 수 있다고 판단하고, 부방파제 설치에 따른 기술적인 타당성과 부두 이용률 개선효과 등을 연구 분석한다.

\* 정회원 · 해양수산부 포항지방해양수산청 항만공사과 공사계장 · E-mail: wbc333@nate.com

\*\* 정회원 · 한양대학교 토목공학과 박사후과정 · E-mail: seungoh.lee@gmail.com

\*\*\* 정회원 · 한양대학교 토목공학과 석사과정 · E-mail: pshaq@hanyang.ac.kr

\*\*\*\* 정회원 · 한양대학교 토목공학과 교수 · E-mail: ysc59@hanyang.ac.kr

## 2. 지배방정식

일반적으로 부방파제의 특성을 고찰하기 위해 적용되는 수치해석법으로 고유함수전개법, 경계적분법 및 특이점 분포법 등을 들 수 있지만 본 연구에서는 감쇠파이론을 도입한 특이점 분포법을 적용하였다. 그리고 부방파제의 주변파동장을 영역 I에서 영역 III까지 세영역으로 분할하였다. 영역 I과 영역 III은 비감쇠 영역으로 영역 I에서는 입사파와 반사파가 공존하며, 영역 III은 전달파만이 존재한다. 영역 II는 부방파제에 의하여 발생되는 에너지소산이 존재하므로 감쇠파 영역으로 설정하였다. 감쇠파 영역에는 유속에 비례하는 저항이 작용하는 가상적인 유체가 설정되어 있는 것으로 하면 그의 선형운동방정식은 다음의 식으로 표현된다.

$$\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} = -\frac{1}{\rho} \nabla(p + \rho g z) - f_c \sigma \mathbf{v} \quad (1)$$

여기서,  $\mathbf{v}$ 는 유속벡터,  $p$ 는 유체압력,  $\nabla = (\partial/\partial x, \partial/\partial z)$ ,  $\rho$ 는 유체밀도,  $g$ 는 중력가속도,  $f_c$ 는 선형저항계수,  $\sigma$ 는 각주파수이다.

유체를 비압축성의 비회전운동으로 가정하면 각 영역에서 속도포텐셜  $\Phi_j$  ( $j = I, II, III$ )를 정의할 수 있고, 지배방정식은 다음과 같이 Laplace방정식으로 주어진다.

$$\frac{\partial^2 \Phi_j}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi_j}{\partial z^2} = 0, \quad j = I, II, III \quad (2)$$

입사파가 직접적으로 존재하는 영역 I에서의 속도포텐셜은 입사파, 반사파 및 발산파의 속도포텐셜  $\Phi_0$ ,  $\Phi_{DI}$ 과  $\Phi_{RI}$ 의 선형합인  $\Phi_I = \Phi_0 + \Phi_{DI} + \Phi_{RI}$ 으로 표현되고, 영역 II, III에서의 속도포텐셜은 반사파와 발산파를 고려하여  $\Phi_{II, III} = \Phi_{DII, III} + \Phi_{RII, III}$ 로 표현된다.

부유식 방파제의 동요변위를 구하기 위해서는 방파제에 작용하는 동적인 힘의 평형방정식이 필요하게 된다. 영역 II에서의 수중부체표면에 작용하는 변동압력  $p$ 는 식(1)의 공간적인 적분을 고려하여 얻어지는 식(3)으로부터 산정될 수 있다.

$$p = -\rho \frac{\partial \Phi_H}{\partial t} - \rho f_c \sigma \Phi_H \quad (3)$$

미지포텐셜인  $\Phi_D, \Phi_R$ 의 산정에는 식(4)과 같은 Green함수를 핵함수(Kernel function)로 하는 특이점 분포법을 적용한다.

$$\Phi(\eta, \zeta) = \int_{S_B} f(\eta, \zeta) G(x, z; \eta, \zeta) dS(\eta, \zeta) \quad (4)$$

여기서,  $(\eta, \zeta)$ 는 물체표면 및 접속경계면의 좌표,  $f(\eta, \zeta)$ 는  $(\eta, \zeta)$ 에 분포되는 특이점강도의 분포함수,  $G$ 는 Green함수,  $(x, z)$ 는 파랑포텐셜을 구하는 지점이고,  $S$ 는 각 영역에 포함되는 물체표면 및 접속경계면에서 구성되는 경계선영역이다. 여기서,  $G$ 는 식(5)과 같이 주어진다.

$$G(x, z; \eta, \zeta) = -\sum_{n=0}^{\infty} \frac{i(u_n^2 - \lambda^2) \cosh u_n(h+z) \cosh u_n(h+\zeta) e^{iu_n|x-\eta|}}{u_n \{(u_n^2 - \lambda^2)h + \lambda\}} \quad (5)$$

여기서,  $n = 0$ 의 경우에  $u_0 = k$ ,  $n \geq 1$ 의 경우에  $u_n = ik_n$ 으로 주어지고,  $k_n$ 은 소멸파의 파수,  $h$ 는 일정수심,  $\lambda$ 는 식(6)로 주어진다.

$$\lambda = \frac{\sigma^2}{g} (1 + i f_c) = u_n \tanh u_n h \quad (6)$$

부유식 방파제 계류시스템의 안정에 대해서는 계류체인의 길이와 Anchor Block 자중의 규모를 적당히 조정하면 충분히 안정한 것으로 검토되었다.

### 3. 수치모의

본 연구에서는 독도항의 방파제 배치안에 따른 가동률 검토를 위해 접안시설에 직접적인 영향이 예상되는 8개 파향의 평상파 제원에 대한 정온도 수치모형실험을 수행하여 산출된 결과(도달파고 및 파향)를 입력파랑 제원으로 하여 부방파제 설치전·후 접안시설의 한계파고에 따른 부두 이용률을 검토하였다. 정온도 평가를 위한 수치모형실험시 격자는 x, y방향에 대해서 각각  $340 \times 280$ 개로 총 95,200개의 격자로 구성하였고 파랑제원으로 파고는 2m 이내, 주기는 10초 이하만을 대상으로 하였으며 투과율은 0.6, 반사율은 0.3으로 가정하여 연구를 수행하였다. 그림 1과 2는 SSE파향 평상파의 수면변위 및 유속벡터를 나타내고 있다.

수치모의결과 남쪽 계열의 세 개의 파향(S, SSW, SSE 파향)의 경우 기존 접안시설 이용에 파랑영향이 클 것으로 예상되어 2차원 수치모형실험 결과를 3차원 수치모형실험으로 재검증하였다. 그 결과 접안 가능 한계파고비는 S 파향 0.252, SSW 파향 0.216, SSE 파향 0.352로 각각 검토 되었으며 외해입사 한계파고는 부방파제 설치후 S 파향 1.19m, SSW 파향 1.39m, SSE 파향 0.85m로 재산정 되었다.

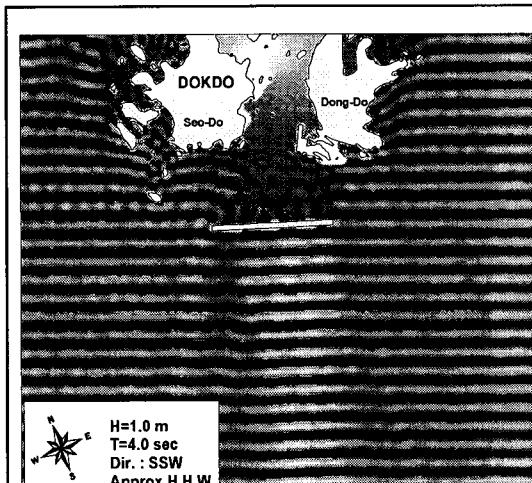


그림 1. SSE파향 평상파 수면 변위도

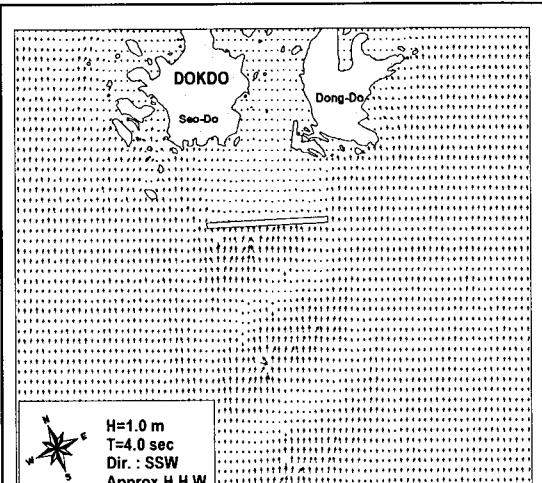


그림 2. SSE파향 평상파 파랑 벡터도

#### 4. 결론

본 연구에서는 독도의 부두 이용률을 개선하기 위해 최근 국내에 본격 도입되고 있는 부방파제 설치 가능성에 대한 기술적인 타당성에 대해서 연구를 수행하였다.

독도 접안시설은 동도와 서도에 의해 북쪽으로는 일부 차폐되고 남쪽해역에 직접 노출되어 있는 지리적 특성이 있어 주 파향인 남쪽계열의 8개 파향의 평상파 제어가 가능하도록 방파제를 배치하였고, 이에 따른 부두 이용률을 검토한 결과 부방파제를 설치할 경우 남쪽계열 파랑에 대하여 현재보다 한계파고비가 줄어들어 부두 이용률이 약 2배정도 증가하였다. 그리고 재검토된 3개 파향의 결과와 기존 5개 파향의 결과를 토대로 부방파제 설치전과 설치후에 따른 8개 파향의 파랑 출현율에 대한 접안 시설의 가동률 산정 결과 설치전 15.3%에서 설치후 37.1%로 더 높게 나타났다. 향후 연구에서는 부방파제가 대수심 외해지역에서의 태풍 또는 이상파랑시에도 충분히 안정할 수 있는지 좀 더 면밀한 기술적 연구가 필요하다.

#### 감 사 의 글

본 연구는 해양수산부로부터 재정적 지원을 받았습니다.

#### 참 고 문 헌

- 株式会社 成山堂書店 (1982). 船体と海洋構造物の運動学
- 김도삼, 이광호, 최낙훈, 윤희면 (2004). 신형식부방파제의 파랑제어에 관한연구, 한국해안·해양공학회지, 16(1), pp. 1-9.
- 김도삼, 윤덕영, 허동수, 함계윤 (1997). 악비선형모델에 의한 투파성잠재와 Stokes 2차파와의 비선형간섭에 관한연구, 토목학회논문집, 17(II-5), pp. 477-492.
- Isaacson, M. Q. (1978). Vertical cylinder of arbitrary section in waves, Jour. of Waterway, Coastal and ocean Eng. Div., ASCE, Vol. 104, No.WW4, pp. 309-322.
- Ito, Y. (1969). A treatise on historical development of breakwater design, Technical note of Port and Harbor Research Institute, Vol. 25, No. 11, pp.3-869.
- John, F. (1950). On the motions of floating bodies ?, Comm. Pure Apple. Math., Vol. 3, pp. 45-101.
- 中村孝幸, 高橋和男, 中山和典 (1982). わも出し分布法を用いた2次元物體まわりの波 ?形と流体力の解析法, 海岸工學論文集, 29, pp. 462-466.
- 中村孝幸 (1999). 透過波と反射波の低減を可能にするカーテン防波堤の構造型式について, 海岸工學論文集, 46, pp. 786-790.
- 中村孝幸, 神野充輝, 西川嘉明, 小野塙孝 (1999). 涡流れの増大現象を利用した垂下板式の反射波低減工について, 海岸工學論文集, 46, pp. 796-800.
- 中村孝幸, 水谷法美, 許東秀, 金度三 (2002a). 浮防波堤の平面配置法と波浪制御效果に関する研究, 海洋開發論文集, 18, pp. 299-304.
- 中村孝幸, 水谷法美, 許東秀, 金度三 (2002b). 港灣域における浮防波堤の平面配置問題に對する近似解法について, 海岸工學論文集, 49, pp. 681-685.