

3차원 수치모형을 이용한 이안류 재현

Generation of Rip-currents using Three-dimensional Numerical Model

정태화
한밭대학교

Jung Tae-Hwa
Hanbat National Univ.

요약

3차원 수치모형을 이용하여 이안류 흐름을 재현하였다. 이안류 흐름이란 지형의 변화 또는 다방향 입사파의 영향으로 연안지역에서 외해방향으로 흐르는 흐름을 의미한다. 이러한 흐름은 그 발생원인이 다양하여 정교한 수치모의를 수행하여야 하나 지금까지는 주로 수심적분된 2차원 모형을 이용하여 연구가 수행되었다. 본 연구에서는 N-S방정식을 직접 수치모의하는 3차원 모형을 이용하여 이안류를 재현하고 그 현상을 분석해보았다.

I. 서론

이안류는 연안에서 발생하는 순환류의 대표적인 현상으로 외해 방향의 흐름을 의미한다. Shepard 등 (1941)에 의해 처음 현상이 관측된 이후로 최근까지 많은 학자들에 의해 꾸준히 연구되고 있다. 이안류의 발생 원인은 여러 가지가 있으나 그 중에서 대표적인 것은 지형과 파의 상호작용에 의해 발생하는 것과 파와 파의 상호작용에 의해 발생하는 것이다 (Dalrymple, 1975). 이안류는 외해 방향의 흐름이기 때문에 침식 현상과도 밀접한 관련이 있으며 예상치 못한 상황에서 발생하기 때문에 조난사고를 야기시키기도 한다. 우리나라에서도 최근 십년 동안 이안류에 의해 피해를 입은 사람은 천 명이 넘는다 고 알려져 있다.

이안류에 관한 이론적인 연구는 Bowen (1969)에 의해 처음으로 수행되었다. 그의 연구에 의하면, 얇은 수심위를 지나가는 파의 쇄파 현상에 의해 해안방향으로 수면이 상승하며 이로 인하여 모아진 물이 다시 외해 방향으로 흐르면서 이안류가 발생하는 것으로 알려져 있다. 이후, 많은 학자들에 의해 꾸준히 이안류 연구가 수행되었지만 대부분의 연구는 2차원 모델을 이용한 수치모델링에 국한되었다. 이안류는 지형 및 파의 복합적인 상호작용에 의해 발생하는 현상이니만큼 이를 정확하게 모의하기 위해서는 N-S 방정식에 기반한 3차원 수치해석이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 3차원 Nonhydrostatic Wave Model을 이용하여 이안류를 재현하고 그 속에서 발생하는 다양한 수리학적 특성을 분석해보았다.

II. 지배방정식

1. 지배방정식

3차원 수리현상을 해석하기 위하여 비압축성 N-S 방정식을 사용하였다.

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i} + g_i + \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j} \quad (2)$$

여기서, τ_{ij} 는 다음과 같이 정의된다.

$$\tau_{ij} = \nu_t \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \quad (3)$$

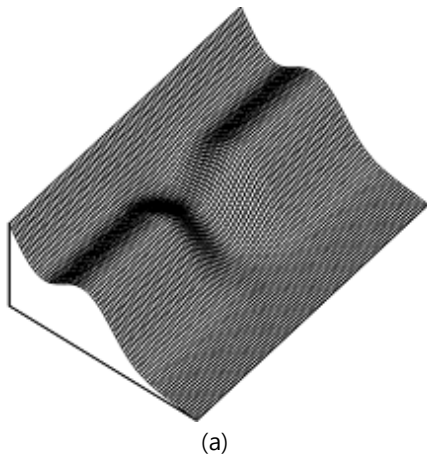
2. 수치모의

식 (1) 및 (2)를 이용하여 수치해를 구하기 위하여 Godunov-type 방법을 이용한 유한체적법을 사용하였다. 자유 수면에서의 압력 조건을 정확하게 고려하기 위하여 체적의 면에서 압력을 정의하였으며 다른 변수들은 체적의 중심에서 정의하였다. 자유 수면의 변위는 식 (1)을 수심적분한 후 sigma 좌표계를 사용하여 다음과 같이 구하였다(Ma et al., 2012).

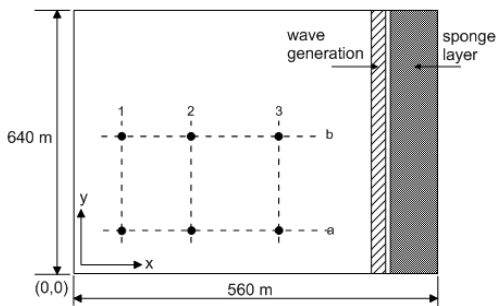
$$\frac{\partial D}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(D \int_0^1 u d\sigma \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D \int_0^1 v d\sigma \right) = 0 \quad (4)$$

III. 결과

그림 1과 같이 이상적인 지형을 만들어 이안류를 재현하였다.



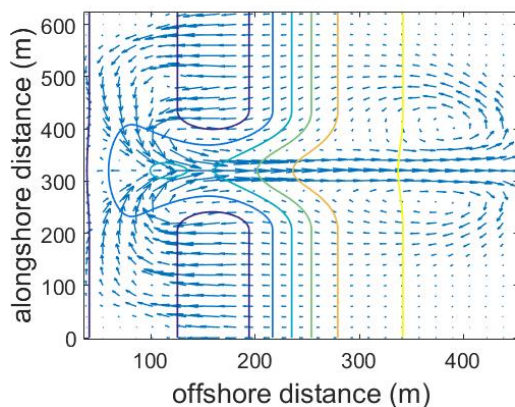
(a)



(b)

▶▶ 그림 1. 이안류를 재현하기 위한 가상적인 지형(a)과 계산영역(b)

내부조파를 이용하여 파를 재생하였으며 오른쪽 경계 면에는 에너지 감쇠층을 두어 벽면에서 발생하는 파의 재반사를 방지하였다. 입사파의 파고는 0.65 m를 사용하였으며 주기는 10 초로 설정하여 중간수심영역에서의 파의 전파를 모의하였다.



▶▶ 그림 2. 수심 및 시간 적분한 수평유속

그림 2는 수치모의를 수행한 후 유속들을 시간 및 수심 적분하여 구한 수평유속을 나타낸다. 그림에서 보는 바와 같이 수심이 얇은 영역 위에서는 육지방향으로 흐름이 생기며 이러한 흐름들이 한 곳으로 집중되어 수심이 깊은 곳에서 외해쪽으로 흐르는 이안류가 발생하는 것을 관측할 수 있었다. 이는 얇은 수심위에서 쇄파 현상이 발생하고 이때 발생하는 모멘트에 의해 물이 육지쪽으로 흐르며 수위가 상승한 후 압력구배에 의해 가운데로 모인 다음, 외해로 흐르는 이안류의 발생 매카니즘을 잘 재현하고 있음을 보여준다.

■ 참고 문헌 ■

- [1] Dalrymple, R.A. and Lozano, C.J., "Wave-current interaction models for rip currents", *Journal of Geophysical Research*, Vol. 83, pp. 6063-6071
- [2] Bowen A.J., "Rip currents 1. Theoretical investigations", *Journal of Geophysical Research*, Vol. 74, pp. 5467-5478.
- [3] Ma, G. Shi, F. and Kirby, J.T., "Shock-capturing non-hydrostatic model for fully dispersive surface wave processes", *Ocean Modelling*, Vol. 43-44, pp. 22-35.