

간석지개간조건에 따르는 물흐름특성해석모형

김정철, 박성호

위대한 수령 김일성 동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《간석지개간사업을 대대적으로 벌리자면 간석지개간설계를 잘하여야 합니다.》

(《김일성전집》 제55권 377~378페이지)

간석지수역에서 물흐름특성을 정확히 밝히는것은 방조제의 설계와 마감막이공사 등을 과학적으로 진행하는데서 중요한 의의를 가진다.

지난 시기 간석지수역의 물흐름특성을 해석하기 위한 연구는 하구와 간석지개간대상 에 따라 부분적으로 진행되었으며 간석지개간대상의 규모와 지형조건, 연구목적에 따라 알맞는 모형을 선정하고 물흐름특성을 종합적으로 해석하기 위한 연구[1-3]는 진행되지 못하였다.

론문에서는 간석지수역의 물흐름특성해석을 위한 자료기지와 간석지개간조건에 따르는 물흐름특성해석모형들, 해석순차에 대하여 서술하였다.

1. 간석지수역의 물흐름특성해석을 위한 자료기지

간석지수역의 물흐름특성해석을 위한 자료기지에는 물밑지형, 물흐름량, 조석물높이, 운반물, 저질 등에 대한 자료들이 있다.

물밑지형에 대한 자료는 벡토르형식으로 입력된 자료를 크리깅보간법에 의하여 라스터형식으로 변환한 자료들이다.

이때 계산구역의 범위와 물밑지형의 특성, 마감막이구간에서의 계산간격 등을 고려하여야 한다.

그리고 해안선 및 섬에 대해서는 입력된 벡토르자료를 그대로 리용한다.

한편 물밑지형은 시간에 따라 변하므로 변화된 구역(실례로 하구, 물꺾)에서의 주기적인 관측과 위성화상해석에 의하여 갱신한다.

물흐름량에 대한 자료는 본류의 상류와 지류에서 갈수기와 평수기, 풍수기에 류입되는 물흐름량들에 대한 자료들이다.

조석물높이에 대한 자료는 간석지수역경계에서의 사리평균, 조금평균, 년평균만조물높이와 간조물높이, 년최대만조물높이 및 년최소간조물높이 등에 대한 자료들이다.

운반물 및 저질에 대한 자료는 현장조사자료와 위성화상해석자료인데 현장조사자료는 불규칙적인 띠엽자료형식이며 위성화상해석자료는 라스터자료형식이다. 이 자료들은 방조제건설과정에 일어나는 침퇴적현상을 평가하는데 리용한다.

이상의 자료들은 기억용량과 갱신, 검색 등을 비롯한 자료기지관리의 편리성을 위하여 평안북도와 평안남도, 황해남도 등으로 갈라서 자료기지화한다.

2. 간석지개간조건에 따르는 물흐름특성해석모형들과 해석순차

간석지수역의 물흐름특성을 해석할 때에는 간석지개간조건에 적합한 모형을 선정하여야 한다.

1) 개별적인 모형들

(1) 1차원모형

조석의 영향을 받는 좁고 긴 하구에서의 물흐름특성을 해석할 때에는 1차원모형을 리용한다.

x 축을 하천흐름방향으로 정하였을 때 자름면평균물흐름속도와 자름면평균조석물높이에 관한 편속방정식은 다음과 같다.

$$\frac{\partial(Au_1)}{\partial x} + b \frac{\partial \xi_1}{\partial t} = 0$$

여기서 A 는 x 값과 t 시각에 따르는 자름면적, u_1 은 자름면평균물흐름속도, b 는 x 값과 t 시각에 따르는 물면의 너비, ξ_1 은 자름면평균조석물높이, t 는 시간이다.

한편 이때의 자름면평균물흐름속도와 자름면평균조석물높이에 관한 운동방정식은 다음과 같다.

$$\frac{\partial u_1}{\partial t} + u_1 \frac{\partial u_1}{\partial x} = -g \frac{\partial \xi_1}{\partial x} - g \frac{|u_1|u_1}{C^2(h_0 + \xi_1)}$$

여기서 g 는 중력가속도, C 는 쉐지결수, h_0 은 평균물면으로부터 측정한 물깊이이다.

(2) 2차원모형

개간면적이 넓고 물깊이가 얇은 간석지수역에서 물흐름특성을 해석할 때에는 2차원모형을 리용한다. 이때 수직평균물흐름속도와 조석물높이에 관한 편속방정식은 다음과 같다.

$$\frac{\partial \xi_2}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}[(h_0 + \xi_2) \cdot u_2] + \frac{\partial}{\partial y}[(h_0 + \xi_2) \cdot v_2] = 0$$

여기서 ξ_2 는 조석물높이, t 는 시간, h_0 은 평균물면으로부터 측정한 물깊이, u_2 는 x 축방향의 수직평균물흐름속도, v_2 는 y 축방향의 수직평균물흐름속도이다.

한편 수직평균물흐름속도와 조석물높이에 관한 운동방정식은 다음과 같다.

$$\begin{cases} \frac{du_2}{dt} + u_2 \frac{\partial u_2}{\partial x} + v_2 \frac{\partial u_2}{\partial y} + g \frac{\partial \xi_2}{\partial x} + \frac{gWu_2}{C^2(h_0 + \xi_2)} - fv_2 = v_h \Delta u_2 \\ \frac{dv_2}{dt} + u_2 \frac{\partial v_2}{\partial x} + v_2 \frac{\partial v_2}{\partial y} + g \frac{\partial \xi_2}{\partial y} + \frac{gWv_2}{C^2(h_0 + \xi_2)} + fu_2 = v_h \Delta v_2 \end{cases}$$

여기서 g 는 중력가속도, W 는 수직평균물흐름속도 ($W = \sqrt{u_2^2 + v_2^2}$), C 는 쉐지결수, f 는 코리올리파라미터, v_h 는 수평막흐름점성결수, Δ 는 라플라스연산자 $\left(\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right)$ 이다.

(3) 3차원모형

개간면적이 넓고 물깊이가 깊은 간석지수역에서 물흐름특성을 해석할 때에는 3차원모형을 리용한다.

이때 물흐름속도에 관한 연속방정식은 다음과 같다.

$$\frac{\partial u_3}{\partial x} + \frac{\partial v_3}{\partial y} + \frac{\partial w_3}{\partial z} = 0$$

여기서 u_3 , v_3 , w_3 은 각각 x , y , z 축방향의 물흐름속도이다.

한편 물흐름속도와 조석물높이에 관한 운동방정식은 다음과 같다.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial u_3}{\partial t} + \frac{\partial u_3^2}{\partial x} + \frac{\partial v_3 u_3}{\partial y} + \frac{\partial w_3 u_3}{\partial z} = f v_3 - g \frac{\partial \xi_3}{\partial x} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \\ \quad - \frac{g}{\rho_0} \int_z^\xi \frac{\partial \rho}{\partial x} dz - \frac{1}{\rho_0 h} \left(\frac{\partial s_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{xy}}{\partial y} \right) + F_u + \frac{\partial}{\partial z} \left(v_v \frac{\partial u_3}{\partial z} \right) \\ \frac{\partial v_3}{\partial t} + \frac{\partial v_3^2}{\partial y} + \frac{\partial u_3 v_3}{\partial x} + \frac{\partial w_3 v_3}{\partial z} = -f u_3 - g \frac{\partial \xi_3}{\partial y} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y} - \\ \quad - \frac{g}{\rho_0} \int_z^\xi \frac{\partial \rho}{\partial y} dz - \frac{1}{\rho_0 h} \left(\frac{\partial s_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{yy}}{\partial y} \right) + F_v + \frac{\partial}{\partial z} \left(v_v \frac{\partial v_3}{\partial z} \right) \\ \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial z} + g = 0 \end{array} \right.$$

여기서 t 는 시간, f 는 코리올리파라미터, g 는 중력가속도, ξ_3 은 조석물높이, ρ_0 은 바다물의 표준밀도, p_a 는 대기압, ρ 는 바다물의 밀도, h 는 전체 물깊이 ($h = \xi + h_0$), s_{xx} 와 s_{yy} 는 논의하는 평면에서 파도에 의한 법선응력, s_{xy} 와 s_{yx} 는 논의하는 평면에서 파도에 의한 접선응력, F_u 는 x 축방향에서의 수평막흐름응력, v_v 는 수직막흐름점성계수, F_v 는 y 축방향에서의 수평막흐름응력, p 는 바다물의 압력이다.

2) 결합모형들

(1) 1차원 및 2차원결합모형

이 모형은 간석지수역으로 하천이 흘러들거나 하구의 규모가 비교적 큰 경우 하천과 간석지수역의 경계에서 물흐름특성을 해석할 때에 리용한다. 즉 하천에서는 1차원모형을, 간석지수역에서는 2차원모형을 리용하며 경계에서는 1차원 및 2차원결합모형을 리용한다.

(2) 2차원 및 3차원결합모형

이 모형은 개간면적이 넓고 물깊이가 깊은 마감막이구역에서 물흐름특성을 해석할 때에 리용한다. 즉 전반적인 간석지수역에서는 2차원모형을, 물깊이가 깊은 국부적인 마감막이구역에서는 3차원모형을 리용하며 경계에서는 2차원 및 3차원결합모형을 리용한다.

3) 간석지개간조건에 따르는 물흐름특성해석순차

먼저 연구대상과 목적에 따라 계산구역과 그것에 해당하는 해석모형을 선정한다.

다음 물흐름량과정선과 물높이과정선, 물밀지형자료들에 대한 경계조건들과 물흐름속도, 조석물높이에 대한 초기조건들을 정한다.

다음 물흐름특성해석을 위한 전체 계산시간과 공간걸음, 시간걸음, 거칠음계수, 막흐름계수 등을 비롯한 파라미터들을 정한다.

다음 예비계산과 기본계산을 진행하며 계산결과를 일정한 시간간격으로 보관한다.

끝으로 계산결과를 지점 및 시간에 따라 수값, 그래프 또는 벡토르형태로 현시한다.

맺 는 말

하천과 간석지수역, 물깊이가 깊은 국부적인 마감막이구역에 따라 물흐름특성해석모형을 서로 다르게 선정하여야 한다.

참 고 문 헌

- [1] 김일성종합대학학보(자연과학), 58, 11, 145, 주체101(2012).
- [2] 김일성종합대학학보(자연과학), 60, 7, 126, 주체103(2014).
- [3] Priyantha Gunaratna et al.; Journal of Shipping and Ocean Engineering, 2, 283, 2012.

주체108(2019)년 1월 5일 원고접수

The Model for Stream Property Analysis According to the Reclamation Condition of Tideland

Kim Jong Chol, Pak Song Ho

In this paper, the databases, the models for stream property analysis according to reclamation condition in tideland water zone and the analysis procedure are suggested.

Key words: tideland, stream property analysis