

큰물시기 ㄷ간석지저류지물높이변화에 대한 연구

리철호, 황룡호

경애하는 최고령도자 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《방조제를 쌓기 쉽고 인차 부침땅으로 쓸수 있는 간석지부터 개간하고 내부망공사를 따라세워 부침땅으로 리용하여야 합니다.》

개간된 간석지를 안전하게 부침땅으로 리용하려면 큰물시기 간석지농경지의 침수를 막아야 하며 그러자면 이 시기의 저류지물높이를 과학적으로 계산하고 조절대책을 철저히 세워야 한다.

지난 시기 간석지저류지에서 물높이변화계산은 주로 저류지에서의 물높이가 하나의 물통에서와 같이 동시에 오르내린다고 보고 물통모형 혹은 저수지모형으로 진행하였다. 그러나 이 모형은 ㄷ간석지저류지와 같이 규모가 클 때에는 물이 동시에 오르내리지 않고 배수문을 향해 일정한 흐름을 형성하면서 류출되기때문에 적용할수 없고 적용하는 경우에도 오차가 비교적 크다.

본문에서는 여러개의 하천들이 흘러들어오고 여러개의 배수문으로 류출되는 규모가 큰 간석지저류지에서 큰물시기 물높이변화계산방법에 대하여 서술하였다.

1. 2차원비정상흐름 및 흐름량공식의 련립에 의한 계산방법

① 중소하천의 비정상흐름1차원수값모형화

자연하천에서 큰물에 의하여 일어나는 물흐름은 전형적인 비정상흐름이다.

1차원비정상물흐름운동의 련속방정식과 운동방정식은 다음과 같다.

$$\frac{\partial z}{\partial t} + \frac{1}{b} \frac{\partial (Au)}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + g \left(\frac{\partial z}{\partial x} + \frac{u|u|}{c^2(h+z)} \right) = 0 \quad (2)$$

여기서 u 는 자름면평균흐름속도, b 는 물면너비, A 는 물통과면적, z 는 평균물면에서부터 물높이, $c = \frac{1}{n}(h+z)^{1/6}$, n 은 거칠음계수, h 는 평균물면에서 바닥까지의 물깊이이다.

1차원비정상흐름방정식의 수값계산은 4점음계차도식으로 넘겨 뉴턴의 반복법과 물이법을 결합하여 진행할수 있다.[1]

② 2차원비정상흐름수값계산을 위한 요소보간모형

물깊이방향으로 수직평균한 2차원비정상흐름의 련속방정식과 운동방정식은 다음과 같다.

련속방정식

$$\frac{\partial z}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}[(h+z)u] + \frac{\partial}{\partial y}[(h+z)v] = 0 \quad (3)$$

운동방정식

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + g \frac{\partial z}{\partial x} + \frac{gwu}{c^2(h+z)} - Fv = \lambda \Delta u \quad (4)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + g \frac{\partial z}{\partial y} + \frac{g w v}{c^2(h+z)} + Fu = \lambda \Delta v \quad (5)$$

여기서 z 는 평균물면에서부터의 물높이, h 는 평균물면에서 바닥까지의 물깊이, u, v 는 x, y 축방향의 속도성분, λ 는 막흐름점성결수, $w = \sqrt{u^2 + v^2}$, $F = 2\omega \sin \varphi$ 는 코리올리결수, ω 는 지구자전각속도, φ 는 지리적위도, g 는 중력가속도, c 는 쉘지결수로서 $c = \frac{1}{n}(h+z)^{1/6}$, n 는 거칠음결수이다.

식 (3)–(5)를 3각형요소보간수값모형으로 넘겨 계산할수 있다.[1]

③ 배수문을 통한 흐름량계산

방조제바깥쪽 물높이는 관측된 경계점들에서의 만간조높이를 다음식으로 보간한다.

$$z(t) = z_i + \frac{z_{i+1} - z_i}{2} \left[1 - \cos \left(\frac{t - T_i}{T_{i+1} - T_i} \right) \cdot \pi \right] \quad (6)$$

여기서 T_i, z_i 는 만조시와 만조높이, T_{i+1}, z_{i+1} 는 간조시와 간조높이, t 는 계산시간이다.

배수문을 통한 흐름량과 흐름속도계산은 열림식배수문의 흐름량계산공식을 리용하여 비잠김경우와 잠김경우로 나누어 계산한다.[2]

비잠김경우의 흐름량은 다음과 같이 계산한다.

$$Q = \mu \omega \sqrt{2g(H_0 - \varepsilon a)} \quad (7)$$

여기서 Q 는 물흐름량(m^3), μ 는 흐름량결수, ω 는 흐름자름면면적(m^2), H_0 은 수문앞에서 접근속도수두를 고려한 물높이(m)로서 $H_0 = H + \frac{v^2}{2g}$, H 는 수문앞에서 물깊이(m), v 는 배수문으로 모여드는 물의 흐름속도(m/s), ε 은 흐름수축결수, a 는 수문이 열린 높이(m)이다.

흐름량결수 μ 와 흐름수축결수 ε 의 값은 판수문인 경우와 곡면수문인 경우 서로 다른 식을 리용하여 결정한다.

잠김흐름인 경우 흐름량은 다음과 같이 계산한다.

$$Q = \mu \omega \sqrt{2g(H_0 - h)} \quad (8)$$

여기서 h 는 배수문뒤(바다쪽)에서의 물깊이(m)이다.

④ 1,2차원비정상흐름 및 흐름량공식의련립에 의한 계산

1,2차원비정상흐름수값계산모형의 결합은 다음과 같이 실현한다.

하천기슭변곡점들에 1차원계산단면을, 합류되는 1차원하천흐름단면상에 2차원흐름의 경계3각형그물마디점이 놓이도록 저류지수역에 3각형그물을 생성한다.

1차원비정상흐름을 계산하고 저류지로 들어오는 하천흐름속도 $V_{하천}$ 및 하천물높이 z , 1,2차원결합점에서 흐름선방향과 2차원저류지마당의 x 축과 이루는 각 α 를 확정한다.

2차원흐름마당의 경계점에서 속도성분들을 다음과 같이 결정한다.

$$u = V_{하천} \cdot \cos \alpha, \quad v = V_{하천} \cdot \sin \alpha$$

하천경계에서의 큰물높이와 속도를 경계값으로 하여 2차원저류지수역의 흐름을 3각형요소보간법으로 계산한다.

배수문구역에서는 바다쪽 물높이와 저류지쪽 물높이를 대비하여 저류지쪽 물높이가 높을 때에만 수문을 연다는것을 고려하여 식 (7), (8)의 흐름량공식으로 배수문턱에서의 흐름속도와 물높이를 계산하고 이것을 다음계산단계의 하류쪽 경계값으로 본다.

계산을 큰물발생이후 저류지수역의 물높이가 초기상태로 낮아질 때까지 진행한다.

2. 큰물시기 ㄷ간석지저류지물높이변화계산

① 계산조건

ㄷ간석지류역의 24h최대강수량과 저류지구역에 류입되는 하천별큰물량은 다음과 같다.(표 1, 2)

표 1. ㄷ간석지류역의 24h최대강수량

지점	24h보장률별최대강수량/mm		
	0.5	1	2
1	309	280	263
2	309	283	264
3	291	263	248

표 2. ㄷ간석지저류지에 류입되는 하천별큰물량

하천명	류역면적/km ²	보장률/%	큰물량/(m ³ ·s ⁻¹)
하천 1	203.4	0.5	941.8
		1	840.5
		2	780
하천 2	27.3	0.5	238.8
		1	214.81
		2	202
하천 3	197.5	0.5	1 015.2
		1	916.14
		2	844.1
하천 4	17	0.5	180.515
		1	162.75
		2	153.21

ㄷ간석지방조제바다쪽 물높이변화(사리, 조금)는 큰물시기의 년조석표에서 ㄷ지점의 7~8월기간 자료를 리용한다. 배수문턱표고는 -2.0m이다.

② 계산결과와 분석

24h최대비내림량에 의한 보장률 2%에 해당하는 하천큰물량으로 저류지물높이를 계산하였다.

저류지에서 큰물맞이물높이는 각각 0m, -0.2m, -0.5m, -0.7m인 경우에 대하여 계산하고 0m인 경우의 관측결과와 대비하여 계산정확도를 평가한다.(표 3)

표 3. 저류지물높이변화계산정확도평가

$t_{\text{최대}}$		최대저류지물높이/m		3일후 저류지물높이/m		$t_{\text{초기}}$	
계산값	관측값	계산값	관측값	계산값	관측값	계산값	관측값
33.95	32	1.248	1.4	0.125	0.32	75.95	80.7

※ $t_{\text{최대}}$ 는 큰물이 시작되어 최대저류지물높이가 될 때까지의 시간,
 $t_{\text{초기}}$ 는 큰물이 시작되어 초기큰물맞이물높이에 도달할 때까지의 시간

표 3에서 보는바와 같이 큰물이 시작되어 최대저류지물높이가 될 때까지의 시간차는 약 2h, 저류지최대물높이계산의 정확도는 89%로서 비교적 높다.

2개의 배수문으로 큰물량을 배수할 때 ㄷ간석지저류지면적 4 365정보에서의 물높이 변화계산결과는 다음과 같다.(표 4)

표 4. 큰물시기 ㄷ간석지저류지물높이변화계산결과

4개 하천의 류입량/($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	큰물맞이 저류지물높이/mm	$t_{\text{최대}}$	최대 저류지물높이/m	3일 후 저류지물높이/m	$t_{\text{초기}}$
1 926	0	33.95	1.248	0.125	75.95
	-0.2	34.1	1.106	0.095	86.8
	-0.5	33.2	1.032	0.044	102.55
	-0.7	33.3	0.945	0.012	124.8

표 4에서 보는것처럼 큰물시기 ㄷ간석지저류지에서 큰물맞이저류지물높이를 0m로 하였을 때 최대저류지물높이는 전반적인 저류지구역에서 1.25m정도로 높아지며 이 시간은 큰물이 시작되어 약 34h이후에 나타난다. 그리고 초기의 0m수준으로 될 때까지의 시간은 76h정도 걸린다.

큰물맞이저류지물높이를 0m보다 낮추어줄수록 최대저류지물높이는 낮아지며 따라서 그만큼 저류지주변의 농경지에 영향을 적게 준다.

그러므로 큰물이 일어날 시기를 예견하여 미리 저류지의 물높이를 가능한 최대로 낮추며 중요하게는 중간제방의 높이를 만년홍수에도 농경지쪽으로 저류지물이 넘어나지 않게 설계하여야 한다.

또한 표고가 0m이하로 될 때까지의 시간에는 자연배수가 불가능하므로 중간제방이 없는 경우 농경지의 표고가 낮은 구역은 고인물피해를 받게 된다.

고인물피해는 논벼가 물에 잠긴 깊이, 물의 온도, 혼탁도, 염도에 관계되는데 보통 30cm의 물깊이에서 하루가 지나면 벼는 죽는다.

따라서 농경지가 고인물피해를 받지 않으려면 강제배수를 위한 양수장을 건설하든가 중간제방을 건설하여야 한다.

맺 는 말

중소하천류입이 있으며 규모가 큰 간석지저류지의 물높이변화는 2차원비정상흐름방정식과 1차원비정상흐름방정식 및 수리학적흐름량공식의련립에 의하여 계산하여야 한다.

참 고 문 헌

- [1] 도원일; 해안수치계산, 김일성종합대학출판사, 57~64, 주체89(2000).
- [2] 최광일 등; 농업수리학, 6, 13, 주체99(2010).

주체108(2019)년 10월 5일 원고접수

A Research on the Water Stage Change of the “ㄷ”Tideland Cistern during Flooding

Ri Chol Ho, Hwang Ryong Ho

In this paper, we investigated on the method of water stage change calculation in the “ㄷ” tideland cistern that several rivers discharged into and flowded out through several emptying gates during flooding.

Keywords: tideland, cistern, emptying gate