

오염원이 여러개일 때의 오수희석모의계산방법

김기순

위대한 수령 김일성동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《평양시의 환경오염을 미리막는데 특별한 관심을 돌려야 하겠습니다.》(《김일성전집》 제83권 292페이지)

우리는 하천수역에 여러개의 오염원이 있을 때 수질을 평가하는 방법을 연구하였다. 선행연구[1, 2]에서는 하천구간을 비교적 짧게 정하고 개별적으로 한개의 오염원에 대하여서만 수질변화특성을 밝혔다.

하천에서의 오수희석계산은 막흐름확산의 일반미분방정식에 기초하고있다.

하천에서 막흐름확산에 의한 축방향의 질량흐름효과가 같은 경우 용해물질과 부유물질의 막흐름확산방정식은 다음과 같다.[2]

$$\frac{dS}{dt} = \frac{\partial S}{\partial t} + v_x \frac{\partial S}{\partial x} + v_y \frac{\partial S}{\partial y} + v_z \frac{\partial S}{\partial z} = D \left(\frac{\partial^2 S}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 S}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 S}{\partial z^2} \right) - u \frac{\partial S}{\partial y} \quad (*)$$

여기서 S 는 물에 용해된 물질 혹은 부유물질의 농도, u 는 부유입자의 침강속도, t 는 시간, v_x , v_y , v_z 는 각각 x , y , z 축방향의 물흐름속도성분(x 축은 물흐름방향, y 축은 물깊이방향, z 축은 물흐름의 너비방향)이다.

한편 (*)식에서 막흐름확산계수는

$$D = \frac{A}{\rho}.$$

여기서 A 는 막흐름교환계수, ρ 는 물의 밀도이다.

(*)식은 하천의 특성과 해결하려는 문제의 성격에 따라 간단한 형태로 쓸수 있다.

그러면 이것은 다음과 같은 조건에서 평면문제로 고찰할수 있다.

첫째로, 물질의 확산은 정상과정이다.

둘째로, 물흐름방향의 이류효과에 비하여 물깊이와 하천너비방향의 이류적변화, x 축 및 y 축방향의 확산효과를 무시한다.

그러면

$$S = f(x, z).$$

우의 가정을 고려하면

$$v_x \frac{\partial S}{\partial x} = D \frac{\partial^2 S}{\partial z^2}.$$

임의의 구역에서 오염물질의 농도마당을 결정하기 위하여 웃식을 다음과 같이 변형

시킨다.

$$\frac{\Delta S}{\Delta x} = \frac{D}{v_{\text{평}}} \frac{\Delta^2 S}{\Delta z^2}$$

한편 Δx 와 Δz 사이의 관계는 다음과 같다.[2]

$$\Delta x = \frac{v_{\text{평}} \Delta z^2}{2D}$$

$$D = \frac{g H_{\text{평}} v_{\text{평}}}{MC}$$

여기서 $v_{\text{평}}$ 은 x 축방향의 평균물흐름속도, $H_{\text{평}}$ 은 고찰하는 구역에서의 평균물깊이, C 는 셰지결수, M 은 C 에 관계되는 결수, g 는 중력가속도이다.

하천의 길이와 너비에 따르는 오염물질의 농도분포는 다음식으로 표시된다.(그림 1)

$$S_{k+1, m} = \frac{1}{2}(S_{k, m+1} + S_{k, m-1})$$

실험자료에 의하면 $10 < C < 60$ 일 때 $M = 0.7C + 6$, $C \geq 60$ 일 때 $M = 48$ 이다.[1, 2]

물면물매값이 주어지는 경우

$$C = \frac{v_{\text{평}}}{\sqrt{H_{\text{평}} J}}.$$

경계조건은 다음과 같다.

① 하천의 물흐름에 따라 경계밖에서의 농도는 그것과 린접한 그물망안에서의 농도와 같다고 본다.

$$\textcircled{2} \quad S|_{x=0} = \begin{cases} S_0, n_{\text{오염}} \text{일 때} \\ 0, n_{\text{총}} - n_{\text{오염}} \text{일 때} \end{cases}$$

여기서 $n_{\text{오염}} \left(= \frac{b}{\Delta z} \right)$ 은 자름면에서 오염된 계산그물망수,

$n_{\text{총}} \left(= \frac{B}{\Delta z} \right)$ 은 자름면의 전체 그물망수, S_0 은 $x=0$ 에서 오염물질의

농도, B, b 는 각각 전체 물면너비, 오염물면너비이다.

한편 오수물흐름속도 $v_{\text{오}}$ 는 그 류입점에서 하천의 물흐름속도와 같다고 보면 합류점에서 조건적인 가로자름면넓이는

$$\delta = \frac{Q_{\text{오}}}{v_{\text{오}}}.$$

또한 초기자름면에서 오염된 물흐름의 너비는

$$b = \frac{\delta}{H_{\text{평}}} = \frac{Q_{\text{오}}}{v_{\text{평}} H_{\text{평}}}.$$

계산그물망의 너비 Δz 는 b 에 의하여 결정된다. Δz 는 하천으로 오수가 들어오는 형태에 따라 결정방법이 다르다. 강기슭으로 오수가 들어오는 경우

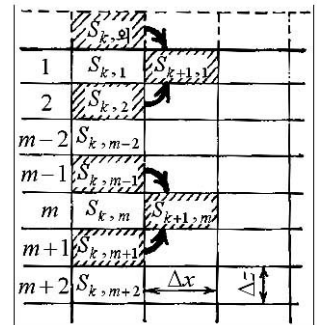


그림 1. 농도마당계산그물망

$$\Delta z = b = \frac{Q_{\text{오}}}{v_{\text{평}} H_{\text{평}}}.$$

그러나 Δz 값이 매우 크면 즉 $\Delta z > \frac{1}{10} B$ 이면 $\Delta z \leq \frac{1}{10} B$ 되게 Δz 를 감소시킨다.

우리는 이 방법을 그림 2와 같은 환경에 적용하였다.

$Q_{\text{하}} = 40 \text{ m}^3/\text{s}$, $v_{\text{평}} = 0.75 \text{ m/s}$, $C = 28.1$, $D = 0.0106 \text{ m}^2/\text{s}$, $S_{\text{하}} = 0$, $Q_{\text{오1}} = 10.7 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{\text{오2}} = 9.5 \text{ m}^3/\text{s}$, $S_{\text{오1}} = 50 \text{ mg/L}$, $S_{\text{오2}} = 40 \text{ mg/L}$, $Q_{\text{오3}} = 7 \text{ m}^3/\text{s}$, $S_{\text{오3}} = 20 \text{ mg/L}$.

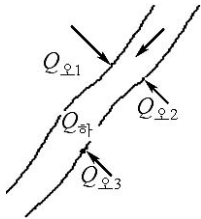


그림 2. 오수방출구배치도

첫 두 오염원으로부터 4km 구간에서 오염물질의 농도마당을 결정하자.

첫 두 지류에서 하천의 물흐름량은 증가하며 총체적으로 $60.2 \text{ m}^3/\text{s}$ 이다. 이때 $H_{\text{평}} = 1.5 \text{ m}$, $B = 45.7 \text{ m}$ 이다.

주어진 초기자료에 기초하여 $\delta = 13.5 \text{ m}$, $b = 9 \text{ m}$, $\Delta z = 2.3 \text{ m}$ 로 하였다. 이때 $n_{\text{오염}} = 4$, 전체 하천의 너비에 대해서 그물망의 개수 $n = \frac{45.7}{2.3} \approx 20$ 이다. 따라서 Δx 는 190 m 이다.

Δx 와 Δz 에 따르는 오염물질의 농도마당계산결과는 그림 3과 같다.

그림 3에서 보는바와 같이 하천의 물흐름에 의해서 오수가 희석된다는것을 알수 있다. 다시말하여 하천의 좌, 우안으로부터 하천중심부로 들어가면서 농도가 감소되며 물흐름방향과 농도등값선은 거의 평행을 이루면서 오염물질이 희석된다.

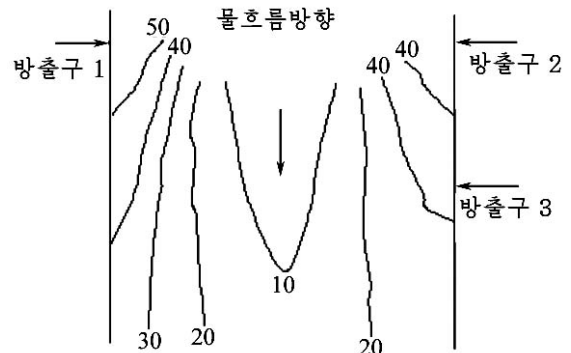


그림 3. 오염물질의 농도마당(mg/L)

맺 는 말

이 방법은 물환경보호에 효과적으로 리용될수 있다.

참 고 문 헌

[1] 김기순; 자연과학론문집 48, 김일성종합대학출판사, 115~118, 주체87(1998).

[2] А. Ф. Порядин и др.; Оценка и регулирование качества окружающей природной среды, Издат. Дом Прибой, 40~49, 2006.

주체103(2014)년 6월 5일 원고접수

The Method of Sewage Dilution Simulation in the case of a Few Pollution Source

Kim Ki Sun

We regarded the method of water quality assessment in the case of a few pollution sources in the research river.

In case that sewage discharge lies right and left bank, the spacial distribution of pollutants: the concentration is being decreased as going to the center of the river.

As the result, we can know it is closely associated with the distribution of water flow velocity in accordance with the river width.

Key words: pollution source, sewage dilution simulation