

土砂 擴散 Simulation Model 開發의 基礎研究

A Preliminary Study for the Simulatoin Model of Soil Duffusion

申 文 燮* 李 種 南**

1. 序 論

埋立과 浚渫工事を 할 때 발생하는 懸濁物質의 문제는 水域 環境保存의 立場에서 工事關係者들에게 높은 관심을 보이고 있다. 그리고 이러한 懸濁物質의 발생정도는 施工法, 工事規模, 周邊의 地形과 흐름상황에 의하여 좌우되며 또한 懸濁物質에 의한 영향은 懸濁物質의 정도, 工事期間, 水域의 利用狀態, 工事に 사용하고 있는 土砂의 量, 粒度分布, 底土의 特性(粒徑等)에 따라서 좌우된다.

埋立과 浚渫工事, 海上工사에서 懸濁物質의 발생이 피할 수 없는 상황이라면 懸濁物質의 擴散過程을 정확하게 파악한 후 적절한 豫測 모델(model)을 확립하고 물리, 화학적인 擴散防止工法을 실시하여 自然環境과 水産資源保存의 見地에서 더욱 環境을 保存하면서 埋立과 浚渫工事, 海上工事が 실시되어야 한다고 본다. 특히 埋立工事後 水面을 陸地化 하므로써 그 周圍에서 어떠한 環境變化가 일어날 수 있으며 環境變化에 어떻게 대처할 것인가 하는 對策도 마련되어야 할 것으로 본다. 이러한 대책을 마련하기 위해서는 여러가지 埋立과 浚渫工事, 海上工事を 施行할때 일어날 수 있는 自然과 水産資源의 破壞에는 어떠한 것이 있는지도 檢討되어야 한다. 또한 1900년도 초부터 건설되어온 댐내의 준설, 하상준설시 작업지점에서 土砂의 再浮遊, 擴散 등의 기구를 명확히 하는 것도 중요하다고 본다. 확산문제의 연구 방법에는 결정론적방법의 하나인 유한차분법과 확률론적 방법의 하나인 Monte Carlo 방법등에 관한 연구가 있다. 차분법에서 擴散問題는 基礎方程式을 離散量으로 變換하여 數值的으로 구한 국내에서 최근의 연구는 강주복(1990)의 불규칙한 자연하천에서 오염물질의 횡확산의 연구가 있으며, 국외에서는 F. L. Parker(1961), N. Yotsukura(1964), M. K. Bansal(1971), H. B. Fischer(1967) 등의 물질확산에 관한 연구가 있으며, 差分化에 따른 誤差 및 安定性의 정도를 높이기 위한 問題가 제기되고 있다. Monte Carlo 방법을 이용한 국내에서 최근의 연구는 이종남(1991)의 해역에서 토사확산에 관한 기초연구가 있으며, 국외에서 Hino(1965)는 亂流現象을 亂數理論모델로 하여 粒子를 Lagrange적인 運動特性으로 나타낼 수 있다고 생각하여 수치모델에 의한 입

* 군산대학교 해양토목과 ** 경희대학교 토목공학과

자확산실험을 하였다. Hayasi(1973)는 수면에 浮遊하고 있는 粒子의 擴散에 Monte Carlo 方法을 적용한 것과 實驗에 의한 것을 비교한 결과 잘 일치함을 알았으며, Hiraoka(1983)의 확률미분방정식 Model에 의한 이송확산현상의 Simulation에 관한 연구와 D.C.Haworth(1987)의 난류에서 적용등 연구가 있다. 본 연구에서는 호내에서 준설, 매립 할 때 cutter부근에서 發生하는 부유물질과 배토관, 여수토등에서 流出하는 탁수의 농도와확산범위를 예측 할 수 있는 모델을 개발하기 위하여 의암댐내의 붕어섬 개발에 따른 浚渫및埋立에서 탁수의 濃度를 實測과 수치실험하였다. 실측은 준설작업지점과 탁수가 유출하는 부분에서 실측하였으며, 수치실험은 결정론적 방법의 하나인 基礎方程式을 離散量으로 變換하여 數值的으로 구하는 차분법과 확률론적 방법의 하나인 무작위(random)性質을 이용하여 미분방정식을 사용하지 않고 擴散현상을 흐름의 크기와시간, 粒子數를 추적하는 Monte Carlo 方法을 이용하였다.

2. Pump 浚渫作業에 따른 濁水擴散

2.1 懸濁物質 發生量 算定

호소내에는 流域으로 부터 모래를 포함한 탁수, 오염물이 流出되어 堆積되는 곳이다. 퇴적물로서 底泥에는 有機物質, 營養鹽類등 많이 포함되어 있으며, 준설작업시 재부유되는 有機汚泥는 水質과 生物等に 나쁜영향을 미치므로 浚渫 할 때에는 底泥의 特性, 浚渫深度등을 考慮하여 浚渫을 하여야 한다. 또한 浚渫作業 地點과 濁水 排出口에서 懸濁物質 發生量의 算定은 重要하다. 現場에서 懸濁物質의 發生은 施工機械의 容量, 工法, 施工機械, 土砂의 分類와 粒徑特性에 의해서 算定할 수 있다. 배토관에서 유출된 준설토사의 이송, 침강, 확산, 재부유등 퇴적현상을 Fig. 2-1로 나타내었다.

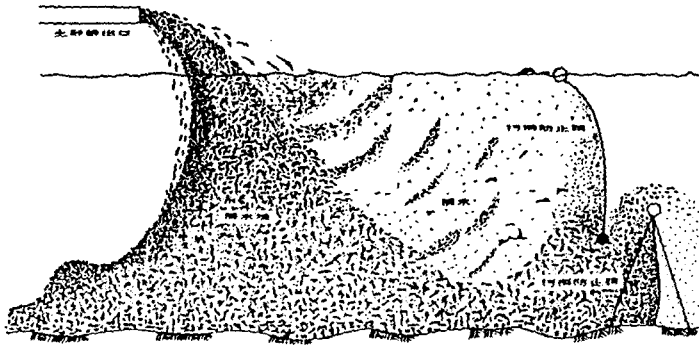


Fig. 2-1 Behavior of Dredged Soil

懸濁物質 發生量(Q)은 發生源 單位(W₀)에 浚渫土量(Q_s)을 곱하여 구할 수 있다.

$$Q = W_0 \times Q_s$$

一般的으로 Pump 浚渫船은 浚渫할 때 汚濁發生源 單位는 slit분 以下 粒徑加算 百分率 2.5-99.0일 때 發生源 單位(t/m³)는 (0.08-45.23)×10⁻³로 보고 있다.

2.2 Monte Carlo方法에 의한 濁水의 擴散

擴散現狀을 Mode化하는 數值解析 方法에는 유한차분법으로 代表되는 Euler的인 接近方法(決定論的 方法)과 粒子의 運動에 注目한 Monte Carlo方法으로 Lagrange的인 接近方法(確率論的 方法)이 있다.

衣岩湖 붕어섬 開發에 따른 浚渫, 埋立에서 發生되는 濁水의 擴散豫測은 다음과 같은 特徵이 있는 Monte Carlo 方法을 使用하였다. 그리고 입자의 이동분산을 그림으로 나타내면 Fig.2-2와 같다.

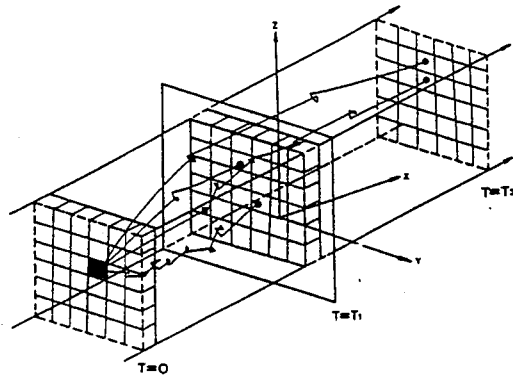


Fig.2-2 Variance of Particles

난수발생에 의한 확산은 x方向의 平均速度 U, y,x方向에 각각 β, γ의 線形分布 函數를 갖는 $u=U+\beta y+\gamma z$ 인 한 方向흐름에 대하여 時間 $t=n\Delta t$ 에 $(x^{(n)}, y^{(n)}, z^{(n)})$ 에 있던 粒子가 Δt 時間 後 $(x^{(n+1)}, y^{(n+1)}, z^{(n+1)})$ 으로 移動하였다고 한다. 亂數發生에 의한 渦動擴散項에 該當하는 x,y,z方向의 移動距離를 各各 l_x, l_y, l_z 로 하면

$$\begin{aligned} x^{(n+1)} &= x^{(n)} + l_x + (U + \beta y^{(n+1/2)} + \gamma z^{(n+1/2)}) \Delta t \\ y^{(n+1)} &= y^{(n)} + l_y \\ z^{(n+1)} &= z^{(n)} + l_z \end{aligned} \quad (2-1)$$

로 나타낼 수 있다.

여기서

$$\begin{aligned} y^{(n+1/2)} &= (y^{(n+1)} + y^{(n)})/2 \\ z^{(n+1/2)} &= (z^{(n+1)} + z^{(n)})/2 \end{aligned} \quad (2-2)$$

l_x, l_y, l_z : 每時間 各 粒子마다 다른 값을 가진다. 移動距離 l_x, l_y, l_z 을 정하기 위하여 均一亂數를 利用하였다. 均一亂數에 의한 方法에서 亂數 a, b, c 의 發生範圍는 $-0.5 - 0.5$ 사이의 均一亂數로 하였으며 亂數 a, b, c 는 서로 다른 값을 가져야 한다. A, B, C 는 다음과 같은 형으로 나타낼 수 있다.

$$A = \frac{a}{(a^2 + b^2 + c^2)}$$

$$B = \frac{b}{(a^2 + b^2 + c^2)} \quad (2-3)$$

$$C = \frac{c}{(a^2 + b^2 + c^2)}$$

式(2-3)에서 A, B, C 의 平均值는 0 이며 分散은 $\frac{1}{2}$ 분布를 가지므로 移動距離分散 σ^2 과 擴散係數와의 關係式은

$$K = \sigma^2 / 2\Delta t \quad (2-4)$$

이다.

그리고 (2-4)式을 利用하여 移動距離를 (2-5)式으로 하였다.

$$l_x = A \times (3 \times 2 \times \Delta t \times k_x)^{1/2}$$

$$l_y = B \times (3 \times 2 \times \Delta t \times k_y)^{1/2} \quad (2-5)$$

$$l_z = C \times (3 \times 2 \times \Delta t \times k_z)^{1/2}$$

정규난수를 이용하는 경우에는 A, B, C 를 평균 0, 분산 1.0의 정규분포형의 난수로 하고, 입자의 이동거리는

$$l_x = A \times (2 \times \Delta t \times k_x)^{1/2}$$

$$l_y = B \times (2 \times \Delta t \times k_y)^{1/2} \quad (2-6)$$

$$l_z = C \times (2 \times \Delta t \times k_z)^{1/2}$$

한다. 濃度計算은 N 개의 粒子를 時間 $t=0, x=0, y=0$ 에 設定하고 時間(t) = t 에 있어서 格子內 들어간 粒子의 數를 가지고 濃度를 計算하였다.

濃度를 구하는 過程에서 粒子의 數가 작은 境遇에는 粒子의 分散이 심하여서 平均으로 分散을 적게 하였다. 濁度の 擴散은 移送, 沈降, 擴散, 再浮遊 過程이 있지만 이들 중 移送, 沈降, 擴散에 대해서 檢討하였다.

2.3 확산방정식

호소, 하천, 해역에서 현탁물질, 온배수, 염분등 유체중에서 확산현상을 대상으로 한 경우의 擴散問題는 주로 擴散, 分散 및 평균류의 移動에 의한 移流作用에 기인한다.

擴散은 물질의 농도차에 의한 分子擴散과 흐름의 亂流成分에 의한 亂流擴散으로 區分되며, 古典的 擴散理論은 Fick에 의해서 確立되어 졌다. 의암댐내의 준설작업에 따른 土砂擴散計算을 2次元 흐름에 대한 Fick형의 擴散式에서 沈澱과 自淨作用을 無視하면

$$\frac{\partial c}{\partial t} + u \frac{\partial c}{\partial x} + v \frac{\partial c}{\partial y} = k_x \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + k_y \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} \quad (2-7)$$

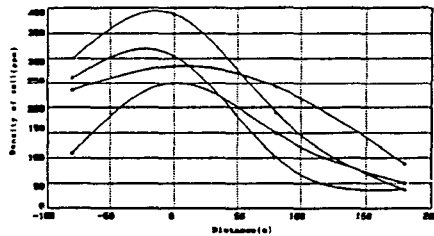
로 된다. 토사의 침강을 고려하면

$$\frac{\partial c}{\partial t} + u \frac{\partial c}{\partial x} + v \frac{\partial c}{\partial y} = k_x \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + k_y \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} - W_0 C \quad (2-8)$$

W_0 : 沈降速度
로 된다.

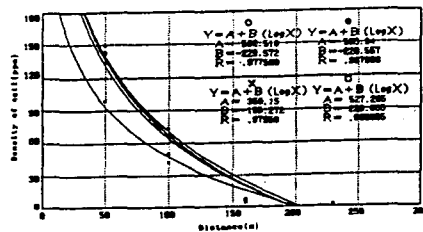
3. 모형의 적용성 검토

浚渫作業地點과 浚渫土砂排出口에서 排出된 土砂의 濃度和 擴散範圍을 예측하기 위하여 개발된 모형의 적용성을 檢討하기 위하여 實測土砂濃度和 monte carlo 方法(균일난수·정규난수), 擴散方程式의 차분화에 의하여 구한 土砂濃度를 그림4.1-17같이 比較하여 모형의 적용성을 檢討하여 보았다. 그림에서 (○:균일난수), (●:정규난수), (X:차분법), (□:실측)는 준설작업 1920초 후의 농도를 나타내며, 준설작업 2700초 후의 토사농도에서 (○:균일난수), (●:정규난수), (□:차분법)을 결과를 나타내고 있다.



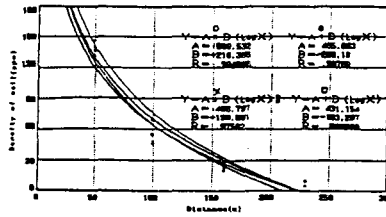
desilting spot(G-3)

Fig.3.1 distribution of concentration for turbid water at desilting spot(G-3)

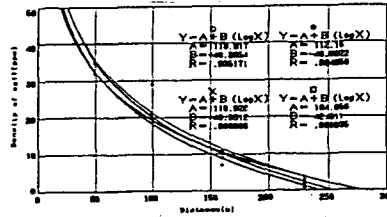


point(2.5-7) of outlet(A)

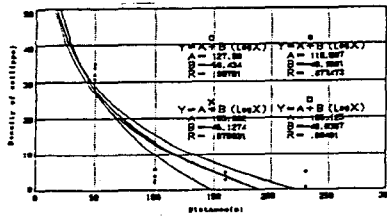
Fig.3.2 distribution of concentration for turbid water at point(2.5-7)



point(2.1-3) of outlet(A)
Fig.3.3 distribution of concentration for turbid water at point(2.1-3)



point(B1-4) of outlet(B)
Fig.3.4 distribution of concentration for turbid water at point(B1-4)



point(E1-4) of outlet(B)
Fig.3.2 distribution of concentration for turbid water at point(E1-4)

4. 결 론

埋立과 浚渫工事を 할 때 발생하는 懸濁物質의 확산농도와 範圍를 豫測하기 위하여, 實測은 浚渫作業地點과 탁수가 流出하는 部分에서 實測하였으며, 수치실험은 결정론적 방법의 하나인 基礎方程式을 離散量으로 變換하여 數值的으로 구하는 차분법과 확률론적 방법의 하나인 무작위(random)性質을 이용하여 미분방정식을 사용하지 않고 擴散현상을 흐름의 크기와 時間, 粒子數를 추적하는 Monte Carlo 방법을 이용하여 토사농도를 計算하여 比較 하여 본 결과 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. Fick의 擴散方程式을 사용하지 않고 난수발생을 이용한 Monte Carlo方法으로 흐름의 크기와 시간, 粒子數입자를 추적하여 이송확산현상의 Model化가 可能함을 알 수 있었다.
2. 粒子의 運動에 注目한 Monte Carlo方法으로 Lagrange的인 接近方法에서 정규난수

을 이용한 토사의 확산농도와 範圍는 균일난수를 利用한 경우와 거의 일치하였다.
3. 衣岩湖 붕어섬 開發에 따른 浚渫, 埋立에서 發生되는 濁水의 擴散豫測에서 Monte Carlo 方法을 使用하면, 計算에서 安定성이 높고, 誤差가 蓄積되지 않고, 亂數發生 粒子數를 增加시키면 程度는 높아지고, 복잡한 境界條件에서도 適用이 簡單하다는 것을 알 수 있었다.

4. 浚渫作業地點과 浚渫土砂排出口에서 排出된 土砂濃도와 擴散範圍을 豫測 하기 위하여 實測土砂濃도와 monte carlo 方法, 擴散方程式의 差分化에 의 하여 求한 土砂濃度는 10-20%內에서 거의 一致하였다.

參考文獻

1. 林迎春·申東壽·申文燮.(1988)干拓工學, 京文社
2. 李種南·申文燮.(1987), 水産土木, 京文社
3. 申文燮(1990), 海域에서 土砂投下에 따른 濁水塊 舉動에 관한 研究, 慶熙大博士學位論文
4. Lee, Jong Nam & Shin Moon Seup.(1990). An Experimental Study on the Behavior of Muddy Water Lumps caused by Dropping Soil in Coastal Areas, Journal of Korean Society of Coastal and Ocean Engineers, Vol.2, No.4.
5. Shin Moon Seup, Ko Byung Wook.(1990). A Study on a analysis of unsteady flow, Reports. of Kunsan National Fisheries Junior College, Vol.24, pp.9-15,
6. Shin Moon Seup.(1990). A Study on the Behavior of Brine Lumps caused by Dropping Brine in Coastal Areas, Bulletin of Fisheries Science Institute Vol.6.
7. Lee, Jong Nam., K. Nakatsuji & Shin Moon Seup.(1991). A Study on the Behavior of Brine Lumps caused by Dropping Brine in Coastal Areas, Journal of Korean Society of Coastal and Ocean Engineers, Vol.3.
8. Shin Moon Seup, Lee Jong Nam.(1991). An Analysis of Diffusion by probability Method, Journal of Korean Society of Coastal and Ocean Engineers, 8.
9. Shin Moon Seup, Lee Jong Nan, Ko Byeng Uk, Park Sang Bai.(1992). Diffusion pre-estimate of soil by Pulp Dredging Work, 34 Korean Society of Hydrology.
10. Shin Moon Seup, Lee Jong Nan, Ko Byeng Uk, Park Sang Bai, Jang In Kyu.(1992). Diffusion pre-estimate of soil caused by a tidal embankment construction, 34 Korean Society of Hydrology.

11. Takeshi Horie. (1987). Mathematical modeling on the fate of suspended particles caused by marine works and application of the models to environmental monitoring, Report of the port and harbour research institute vol. 26.
12. Hino, M. (1965). Digital computer simulation of turbulent diffusion, Proc. 11th Congress of the , Vol. 2, pp. 1-11.
13. Hino, M. (1965). Digital computer simulation of random phenomena , Trans of JSCE , No. 123, Nov. 1965, pp. 33-43.
14. J. A. Fleck, J. D. Cummings. (1971). An Implicit Monte Carlo Scheme for Calculating Time and Frequency Dependent Nonlinear Radiation Transport, Jour. of Computational Physics 8, pp. 313-342.
15. J. E. Cermak. (1962). Lagrangian similarity hypothesis applied to diffusion in turbulent shear flow, Fluid of Mech. 15, pp. 49-64.
16. J. W. Elder. (1958). The dispersion of marked fluid in turbulent shear flow, Fluid of Mech. 5, pp. 544-560.