

## 湖內에서 PUMP浚渫에 의한 土砂의 擴散豫測

( Diffusion pre-estimate of soil by Pump Dredging Work )

이 종남 교수\* 신 문섭 교수\*\* 고 병욱\*\*\* 박 상배\*\*\*

### 1. 序 論

灣과湖에서 浚渫과埋立工事を 하는경우 堆積汚泥의 再浮遊는 漁貝類等の 水産資源에 나쁜영향을 미친다. 특히 浚渫作業을 할때 cutter부근에서 發生하는 부유물질과 여수토등에서 流出하는 懸濁物質은 水中照度の 低下와 植物프랑크톤, 水生植物의 光合成障害等を 일으키며 懸濁粒子는 漁類의 呼吸, 卵孵化率과 成長率에 크게 影響을 미친다고 보고되고 있다. 또한 水中의 유기물, 영양염류에 흡, 탈착하여 수질과저질을 변화시키며, 堆積되어 低生生物을 매설시키고 저질유기물의 濃度上昇의 원인이 되기도 한다. 이와같이 浚渫및埋立등에서 發生하는 懸濁物質은 水環境變化에 큰 影響을 미치므로 그의 발생과정을 명확히 하는 것이 중요하다고 보아 義安댐내의 崩어섬 개발에 따른 浚渫및埋立에서 懸濁物質의 濃度를 實測과수치실험을 하여보았다.

### 2. 現地調査

#### ① 調査概要

江原道 春川市 衣岩湖內 崩어섬 開發을 위하여 浚渫工事が 1991年 8月부터 1992年 12月까지 實施되며 開發 面積은 96,000坪이고 浚渫은 Pump 浚渫船을 利用하여 浚渫時間은 1日 平均 17hr이다.

浚渫土量은 1日 最大 約 3,000m<sup>3</sup>이고 浚渫船의 主要 設備은 다음과 같다.

浚渫船의 길이 : 22m

浚渫船의 폭 : 7m

---

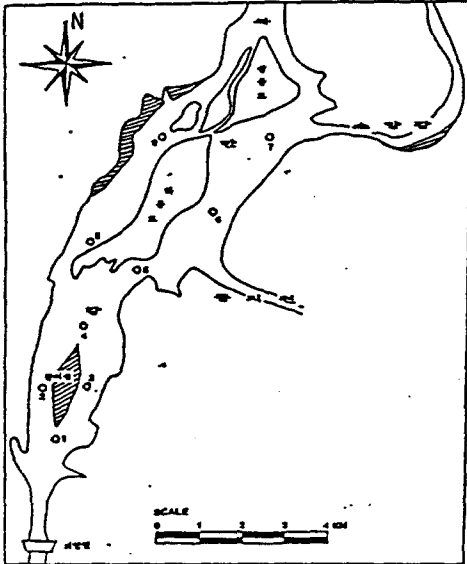
\* 경희대학교 토목공학과 교수

\*\* 군산대학교 해양토목과 교수

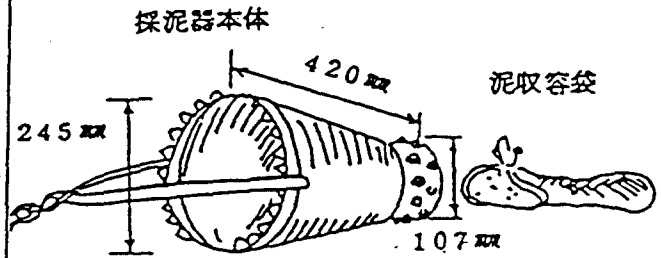
\*\*\* 경희대학교 토목공학과 박사과정

排砂管徑 : 350mm

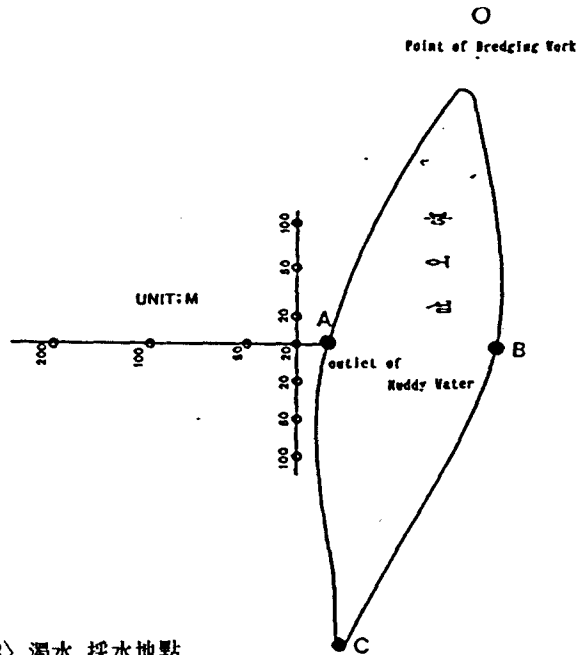
그리고 衣岩湖內 底質分布 상태를 調査하기 위하여 <그림 1>과 같이 7個 地點을 選擇 하였다.



<그림 1> 調査地點



<그림 2> 熊田式採泥器 (船曳型採泥器)



<그림 3> 濁水 採水地點

② 調査方法

衣岩湖内 底質分布 狀態를 調査하기 위하여 <그림 2>의 採泥器를 利用하여 <그림 1>에 表示된 st1과 st2에서 各各 7個 地點에 대하여 採取하였다.

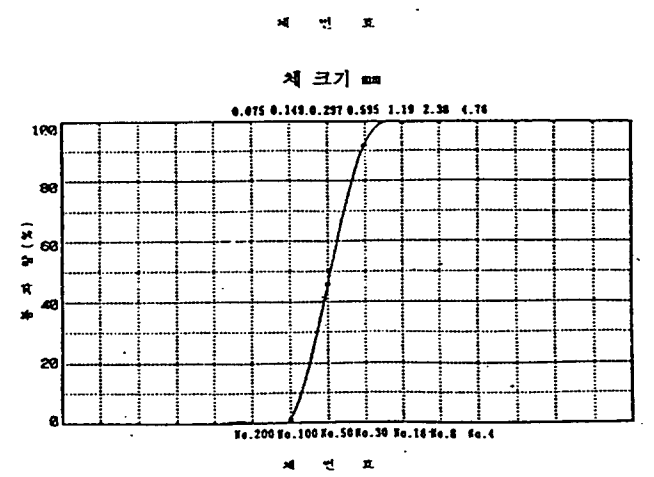
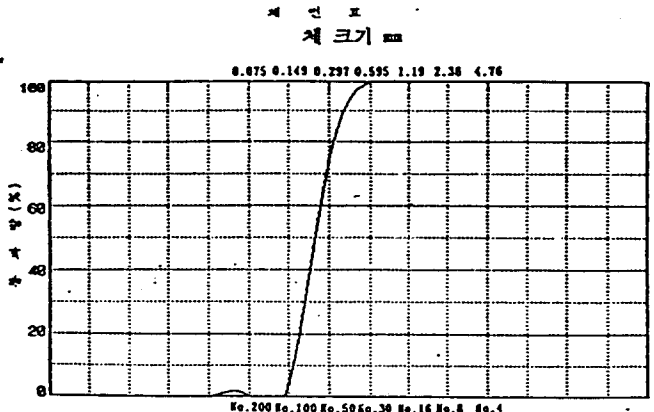
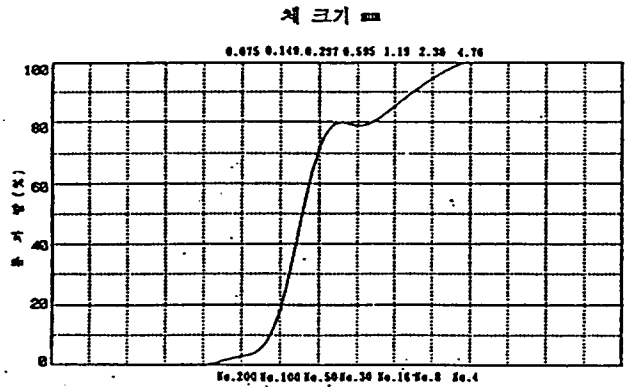
浚漂에 의한 濁水의 擴散 分布를 알기 위하여 浚漂作業地點에서 表層과 水深 1m마다 採水하였고, 濁水 排出口에서는 <그림 3>과 같이 採水하였다.

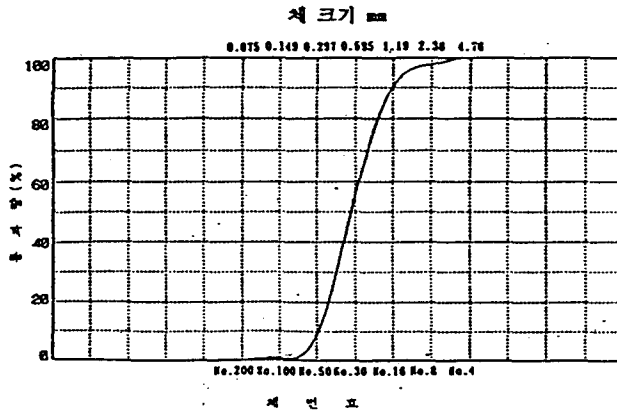
<表 1> 單位 :mg/l

採水 地點		TSS	VSS	備考
排 出 口		912	33	
中 央	20m	10.4	0.4	1
	50m	9.6	0.8	
	100m	7.6	0.4	
	200m	8.8	1.2	
下 流	20m	6.8	0.8	
	50m	6.0	0.5	
	100m	7.6	0.8	
上 流	20m	19.2	0.8	
	50m	22.4	6.0	
	100m	17.6	1.4	

<表 2>

採水地點	TSS	VSS	備考
表 層	67.3	0.7	
1m	28.7	7.3	
2m	27.3	6.7	
3m	26.7	1.3	
4m	70.0	8.7	
5m	94.0	18.7	





<그림4 저질분석>

③ 結果分析

衣岩湖內의 7個 地點의 底質을 粒度分析한 結果는 그림4와 같으며, 分析 結果 衣岩湖內의 底質은 모래 또는 자갈로 構成되어 있고 粒度 含量은 4%以下였다. 그리고 ①번(500mm), ④(400mm), ⑤(300mm), ⑧(700mm) ⑨(400mm)의 骨材가 採取되었다.

또한 浚渫作業 地點에서 排水한 濁水의 分析結果는 <表 1>과 같고, 濁水 排出口에서 採水한 濁水의 分析結果는 <表 2>와 같다.

3. Pump 浚渫作業에 따른 濁水擴散

① 懸濁物質 發生量 算定

浚渫作業 地點과 濁水 排出口에서 懸濁物質 發生量의 算定은 대단히 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.

懸濁物質 發生量(Q)은 發生源 單位(W<sub>0</sub>)에 浚渫土量(Q<sub>s</sub>)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 2.5-99.0 일 때 發生源 單位(t/m<sup>3</sup>)는 (0.08-45.23 × 10<sup>-3</sup>)로 보고 있다.

② 沈降速度

液體中 粒子의 沈降은 粒子의 形狀, 密度, 濃度, 凝集性, 液體密度, 粘性 등에 의해서 支配되며 또한 粒子의 沈降은 單粒子 沈降, 干涉沈降, 壓密沈降 등으로 나눌 수 있다.

微細粒子가 單一 粒子로서 停止水中을 落下하는 境遇에 微細粒子는 重力作用에 의하여 沈降하게

되며, 重力과 流體抵抗이 平衡이 되어 等速運動을 할 때 沈降速度(W)는 다음 式으로 된다.

$$W = \sqrt{\frac{4}{3} \frac{g}{C_D} \frac{\rho_s - \rho_v}{\rho_v}} \cdot D \quad (3-1)$$

여기서 g : 重力 加速度

c : 粒子的 抗力係數

$\rho_v, \rho_s$  : 液體 및 畵粒子的 密度

D : 畵粒子的 直徑

$C_D$  : 粒子的 저항係數

$C_D$ 는 레이놀드 數의 函數로서 求利粒子的 境遇 다음 式으로 近似된다.

$$R_e < 2 \quad C_D = \frac{24}{R_e} \quad (3-2) \quad (\text{Stokes})$$

$$2 < R_e < 500 \quad C_D = 10 \sqrt{R_e} \quad (3-3) \quad (\text{Allen})$$

$$500 < R_e < 1,000 \quad C_D = 0.44 \quad (3-4) \quad (\text{Newton})$$

(3-3), (3-4), (3-5) 式을 (3-2) 式에 代入하면 각 레이놀드 畵에서 粒子的 垂直速度는

$$R_e < 2 \quad W = \frac{g}{18\mu} (\rho_s - \rho_v) \cdot D^2$$

$$2 < R_e < 500 \quad W = \left[ \frac{4}{255} \cdot \frac{(\rho_s - \rho_v)^2 g^2}{\rho_v} \right]^{1/3} \cdot D$$

$$2 < R_e < 500 \quad W = \left[ 3g \cdot \frac{(\rho_s - \rho_v)^2}{\rho_v} \right]^{1/2} \cdot D^{1/2}$$

여기서  $\mu$  : 液體의 粘性係數

### ③ 濁水의 擴散係數

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 粒子的 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 湧어섬 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.

a. 質量 保存性을 가지고 있다.

- b. 計算에서 安定性이 높다.
- c. 誤差가 蓄積되지 않는다.
- d. 亂數發生 粒子數를 增加시키면 程度는 높아진다.
- e. 복잡한 境界條件에서도 適用이 簡單하다.

(1) 亂數發生에 의한 擴散 모델

x方向의 平均速度  $U$ , y, x方向에 각각  $\beta$ ,  $\gamma$ 의 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  $\Delta t$ 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

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

로 나타낼 수 있다. 여기서

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

$l_x, l_y, l_z$  : 每時間 各 粒子마다 다른 값을 가진다. 移動距離  $l_x, l_y, l_z$  을 정하기 위하여 一樣亂數를 利用하였다. 一樣亂數에 의한 方法에서 亂數 a, b, c의 發生範圍는 -0.5 - 0.5사이의 一樣亂數로 하였으며 亂數 a, b, c는 서로 다른 값을 가져야 한다. A, B, C는 다음과 같은 형으로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned}A &= \frac{a}{(a^2 + b^2 + c^2)} \\B &= \frac{b}{(a^2 + b^2 + c^2)} \\C &= \frac{c}{(a^2 + b^2 + c^2)}\end{aligned}\quad (3)$$

式(3)에서 A, B, C의 平均値는 0 이며 分散은  $1/3$ 分布를 가지므로 移動距離 分散  $\sigma^2$  과 擴散係數와 의 關係式은

$$K = \sigma^2 / 2\Delta t \tag{4}$$

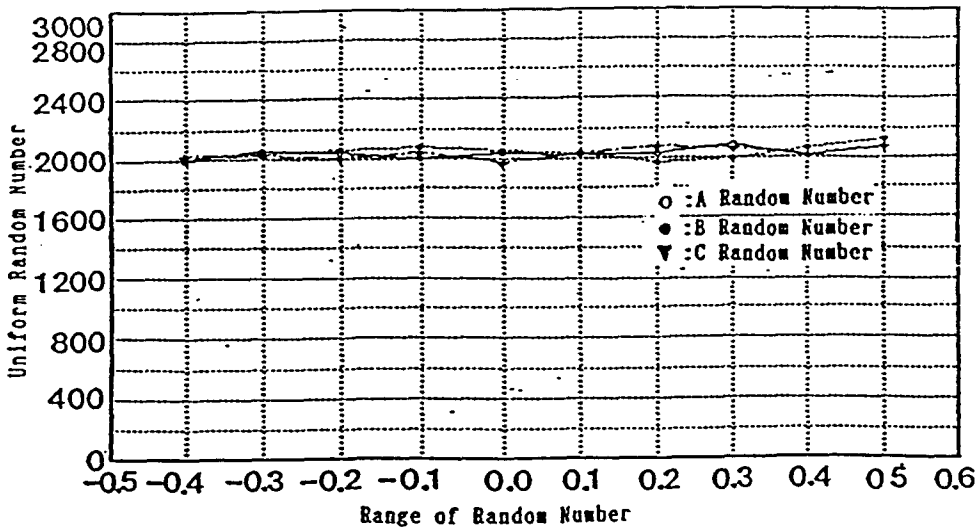
이다. 그리고 (4)식을 利用하여 移動距離를 (5)式으로 하였다.

$$\begin{aligned} l_x &= A \times (3 \times 2 \times \Delta t \times k_x)^{1/2} \\ l_y &= B \times (3 \times 2 \times \Delta t \times k_y)^{1/2} \\ l_z &= C \times (3 \times 2 \times \Delta t \times k_z)^{1/2} \end{aligned} \tag{5}$$

濃度計算은 N個의 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 移流, 沈降, 擴散, 再浮遊 過程이 있지만 이들 중 移流, 沈降, 擴散에 대해서 檢討하였다.

計算過程에서 亂數는 A, B, C亂數별로 20,400개를 發生하였으며 亂數發生 範圍는 <그림 5>와 같다.



<그림 5> 亂數 發生 範圍

擴散係數는 今本 가 琵琶湖에서 浚渫作業에 따른 浮遊物質의 擴散에 대한 分散을 測定하여 擴散係數를 測定한 方法을 利用하였다.

$$\sigma^2_r = \frac{\sum_{i=1}^n 2 \pi r_i^3 c_i \Delta r_i}{\sum_{i=1}^n 2 \pi r_i c_i \Delta r_i}$$

여기서  $i$  : 등농도선의番號

$r_i$  : 등농도面積의半徑

$\Delta r$  :面積圓의半徑差

$$\text{擴散係數}(K) = \frac{1}{2} \frac{d\sigma_i^2}{dt}$$

로 구하였다.

또한 衣岩湖內的流速은 春川댐과 소양강 댐에서 放流하는 放流量이 不規則하여 流速測定이 困難하여 春川댐과 소양댐의 放流量과 湧어섬에서 橫斷面積을 計算하여 代表流速을 決定하였다.

計算에 使用한 放流量은 3년 平均치인 213.65백만톤과 斷面積은 約 5,045m<sup>2</sup>이었다.

湧어섬 上流 끝부분에서 浚渫作業時 發生하는 濁水의 擴散을 豫測하기 위하여 利用한 計算條件은 <表 3>과 같다.

浚渫船 作業地點에서 作業開始 17時間 後의 濃度分布는 275-350m의 範圍에서 5ppm, 200-300m의 範圍에서 55ppm, 80-85m의 範圍에서 490ppm이 計算되어 졌다. 排土管 入口가 <그림 3>과 같이 設置되었을 때의 濁水濃度 分布를 計算하기 위해 <表 4>와 같이 計算條件을 주어 計算한 같다.

<表 3> 計算條件

平均流速	4cm/sec
擴散係數(kx)	6,737 cm <sup>2</sup> /sec
擴散係數(ky)	6,737 cm <sup>2</sup> /sec
擴散係數(kxz)	500 cm <sup>2</sup> /sec
格子間隔(Δx)	50 m
格子間隔(Δy)	50 m
格子間隔(Δz)	1 m
懸濁物質 發生量	7,111mg/sec
投入點	x=11, y=11, z=1
時間間隔(Δt)	200초
作業時間	17時間
沈降速度	0.08cm/sec

<表 4> 計算條件

平均流速	4cm/sec
擴散係數(kx)	6,737 cm <sup>2</sup> /sec
擴散係數(ky)	6,737 cm <sup>2</sup> /sec
擴散係數(kxz)	500 cm <sup>2</sup> /sec
格子間隔(Δx)	50 m
格子間隔(Δy)	50 m
格子間隔(Δz)	1 m
懸濁物質 發生量	287,079mg/sec
投入點	x=1, y=11, z=1
時間間隔(Δt)	2,00초
作業時間	17時間
沈降速度	

濁水 排出口에서 作業時間 17時間 후 濁水의 濃度 分布는 X축 方向으로 450m까지 5ppm, 350m까지 2,160ppm 計算되어 졌으며, Y축 方向에서는 350m까지 5ppm, 450m 範圍에서 2,100ppm의 濁水濃度 分布가 計算되어 졌다. 또한 유속방향과 배출구방향이 일치한 c부분에서 농도분포는 하류방향으로 725m까지 5ppm, 675m 까지 505ppm이 계산되어 졌으며 횡방향으로 비슷한 분포를 하고 있었다.

#### 4. 결 론



浚渫船 作業地點에서 作業開始 17時間 後의 濃度分布는 275-350m의 範圍에서 5ppm, 200-300m의 範圍에서 55ppm, 80-85m의 範圍에서 490ppm이 計算되어 졌다. 濁水 排出口에서 作業時間 17時間 後 濁水의 濃度 分布는 X축 方向으로 450m까지 5ppm, 350m까지 2,160ppm 計算되어 졌으며, Y축 方向에서는 350m까지 5ppm, 450m 範圍에서 2,100ppm의 濁水濃度 分布가 計算되어 졌다. 또한 유속방향과 배출구방향이 일치한 c부분에서 농도분포는 하류방향으로 725m까지 5ppm, 675m 까지 505ppm이 계산되어 졌으며 횡방향으로 비슷한 분포를 하고 있었다.

### 참고 문헌

1. 林迎春·申東壽·申文燮 : 干拓工學, 1988, 京文社
2. 李種南, 申文燮 : 水産土木, 1987, 京文社
3. 申文燮 李種南 : 海域에서 土砂投下에 따른 濁水塊 舉動에 관한 研究, 韓國 海岸, 海洋工學會誌, 2卷, 1990
4. 申文燮, 中什啓二, 李種南 : 鹽水投下에 따른 鹽水塊 舉動에 관한 研究, 韓國 海岸, 海洋工學會誌, 3卷, 1991
5. 申文燮 : 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, 1990
6. 堀江毅 : 海上工事に伴う濁り豫測Modelと濁り監視への適用性 について, 港灣研, 26 卷.
7. Simpson, J. E. : Effect of the lower boundary on the head of a gravity current, J. of Fluid Mech, Vol. 53, part4, 1972, pp 759-768.