浮遊流砂의 鉛直濃度分布에 관한 硏究

A Study on the Vertical Distribution Concentration of the Suspended Sedimentation.

柳 時昶*, 金 熙鍾**, 閔 丙亨**

降雨에 의하여 侵蝕받은 土壤은 流出水와 함께 河川을 通하여 河海나 水利施設物인 沼澤池나 Dam에 堆積하게 된다.

특히 이와같은 流砂는 洪水時 急激히 增加하여 이때 全流砂量의 大部分은 浮遊流砂量으로 알려져 있다.

따라서 水利施設物內의 堆砂, 河床變動, 河口의 堆砂 等 工學的 問題에 있어서 浮遊流砂量의 推定은 매우 重要하며 그 解明이 要望되는 것이다.

지금까지는 Du-Boys, Shields, Kalinske, Meyer-Peter, Müller, Einstein, Ashida, Ikeda, Nakagawa, Toffaleti, Yalin, Karaham, Wang. 等에 의하여 掃流砂에 대한 硏究가 있었으며 國內에서는 몇몇 學者들에 의하여 硏究된바 있다.

한편 浮遊流砂에 관하여는 1930年代 O'Brien의 理論에 의하여 1937年 Rouse에 의한 拡散係数, 運動量輸送係数 間의 關係 究明에서 浮遊流砂量의 鉛直濃度分布가 指數分布를 함을 發表하였다. 그후

1952年 Einstein과 Chein은 基準点[a]의 濃度究明을 하는 浮遊物의 浮上率을 理論的으로 処理하는 方法을 提示하였으며

Bagnold, Inglis-Lacey는 摩擦速度와 土粒子의 沈降速度의 比에 의한 濃度分布式을

Shield는 輸送因子 移動物体에 加해지는 力学的 關係로 부터 分布型을 究明하였다.

1969年 Toffaleti는 鉛直濃度分布를 一部는 直線分布와 指數分布로 組合되어있다고 提案하였다.

---

* 慶尙大學校 ** 東亞大學校

1963年 Mikio, Hino 는 乱流運動 및 運動方程式에 대한 關係로 부터 理論的인 分布型을 提示하였다

1970年代 Lenau, Willis, Yaglom 등은 乱流運動의 數理的 研究를 中心으로 부터 濃度分布模型을 研究하고 있다.

1976年 Itakura Kishi 는 Richardson Number 가 濃度分布에 관계가 있다고 하였다.

이상과 같은 浮遊流砂의 濃度分布의 模型은 基礎原理로서는 O'Brien 에 의해 처음 된것을 Rouse에 의해 整理된 鉛直濃度分布型에 따르는 것이 大部分을 점유하고 있다.

그러나 Vanoni, Takshi, Ismail, Einstein, Chen 등은 실험과 실측자료로 부터 Rouse의 鉛直分布型이 河床 附近에서 비교적 不一致함을 보여주고 있다.

그原因으로서는 Coleman에 의하면 物質交換係數의 分布를 從來에는 0.5H 支点에서 그 값이 最大인 二次曲線으로 생각되었지만 실제 나타나는 現象은 上部는 物質交換이 一定하고 下部는 二次曲線形을 한다고 提案하였다.

Peter M. J. Kersen 등은 Coleman의 物質交換係數推定式을 사용하여 Emoree River 에서 試驗을 거쳐 最大物質交換係數를 求하여 鉛直濃度分布式을 提案하였으나 w/u_*의 값이 적은 경우는 濃度分布가 Rouse의 分布치 보다 매우 적은 狀態이고 큰 경우는 거의 비슷한 分布를 하는 [illegible]이 보였다.

따라서 從來의 物質交換係數와 對數流速分布로 부터 最大物質交換係數를 求하여 이를 Coleman 의 提案인 下部는 從來의 物質交換係數의 分布形을 하며 上部는 最大物質交換係數로 取하여 鉛直濃度分布式을 誘導하였다

誘導된 分布式은 0.5H 支点을 分岐로 2개의 指數曲線으로 形을 달리하고 있으며. 이때 0.5H 点의 濃度는 測定의 意味에서 볼때 매우 重要하다.

특히 分布式의 上部는 變化가 緩慢하여 直線化 하여도 分布形에 영향이 적으며 下部역시 河床附近에서 濃度量이 急激히 變化 하므로 曲線의 曲率이 最小인 支点까지 直線化 하고 이 支点에서 基準点 濃度까지 다시 直線化 하는 3개의 直線으로 이루어진 近似的 鉛直濃度分布를

直線分布로 보는 模을 提示하였다

直線分布模型으로 부터 S년間의 因分으로 부터 二次濃度測定式을 積分하는 新定式을 開發하였다.

1. 基本原理

$$\int \frac{dc}{c} = -w_0 \int \frac{dz}{\varepsilon_z} \qquad (1)$$

$$\varepsilon = \frac{u_*^2}{du/dz}\left(1 - \frac{z}{H}\right) \qquad (2)$$

$$\frac{u}{u_*} = A_r + \frac{1}{k} \ln \frac{u_* z}{h} \qquad (3)$$

$$\varepsilon_z = \beta k u_* z \left(1 - \frac{z}{H}\right) \qquad (4)$$

Nikitin 은 流速分布를 (5)와 같이 실험자료로 부터 얻었다.

$$\frac{u}{u_*} = 3.55 + 2.8 \ln \frac{u_* z}{h} - \frac{15.7 h}{u_* z} \qquad (5)$$

物質擴散係數 $\varepsilon_z = \dfrac{u_*^2 z^2}{2.8 u_* z + 15.7 h} \cdot \left(1 - \dfrac{z}{H}\right) \qquad (6)$

Coleman 의 提案 物質擴散係數

$$\begin{aligned} z \le 0.5H \qquad & \varepsilon_z = 4\left(\frac{z}{H}\right)\left(1 - \frac{z}{H}\right)\varepsilon_{zmax} \\ z > 0.5H \qquad & \varepsilon_z = \varepsilon_{zmax} = \left[\alpha_1 + \alpha_2 \left(\frac{w}{u_*}\right)^{\alpha_3}\right] u_* H \end{aligned} \qquad (7)$$

Peter M. J. Kersen 은 $\alpha_1 = 0.13$, $\alpha_2 = 0.2$, $\alpha_3 = 2.12$ 라 하였다

이것을 圖式化하면 圖 1 과 같다

따라서 실측치와 비교하여 (6)式의 物質擴散係數의 最大値를 使用하여

$$\begin{aligned} z \le 0.5H \qquad & \varepsilon_z = 4\left(\frac{z}{H}\right)\left(1 - \frac{z}{H}\right)\varepsilon_{zmax} \\ z > 0.5H \qquad & \varepsilon_z = \varepsilon_{zmax} = \frac{3.25 u_*^2 H^2}{2.8 u_* H + 31.4 h} \end{aligned} \qquad (8)$$

(7),(8) 식에 의하여 적분하고 또 0.5H 에서 同一値가되므로 이를 整理하여

鉛直濃度分布式을 提案하였다.

$$z \le 0.5H, \qquad \frac{C_{(z)}}{C_a} = \left[\frac{a}{H-a}\cdot\frac{H-z}{z}\right]^{\alpha\phi}$$

$$z > 0.5H, \qquad \frac{C_{(z)}}{C_a} = \exp\left[6.527\,\alpha\phi\left(\frac{a-z}{H}\right)\right] \qquad (9)$$

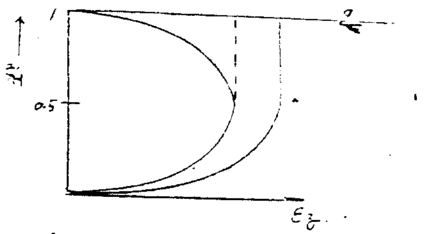

Fig 1. Schematic diagram of distribution of Dispersion coefficient.

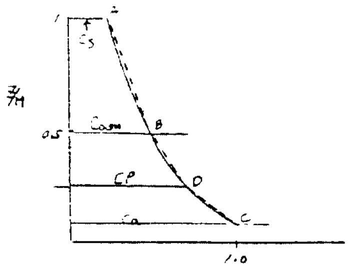

Fig 2. Schematic diagram of distribution concentration of suspended sediment

2. 近似直線分布模型

그림 2에서 보는것과 같이 AB, BD, DE 三線이 이루는 直線分布를 한다고 보아 Z_p의 위치를 결정한다. Z_p는 곡선의 곡률반경이 최소인 지점으로서 (10)식과 같다.

$$Z_p = \frac{H}{2}(1-\alpha\phi) \qquad (10)$$

$$\left.\begin{aligned} C_s &= \exp[-3.265\,\alpha\phi]\cdot C_{0.5H} \\ C_p &= \left[\frac{1+\alpha\phi}{1-\alpha\phi}\right]^{\alpha\phi} C_{0.5H} \\ C_a &= [19]^{\alpha\phi} \end{aligned}\right\} \qquad (11)$$

(11)식에서 알수있는것과 같이 0.5H 지점의 濃度를 실측하면 近似的으로 濃度分布를 알수있다.

3. 浮遊流砂量의 算定

$$g_s = \int_a^H C_{(z)}\,U_{(z)}\,dz \fallingdotseq C_m\cdot V_m \qquad (12)$$

그림 2에서 3個의 梯形으로부터 다음과 같은 平均濃度式을 얻었다

$$C_m = K_1 C_{0.5} + K_2 C_p \qquad (13)$$

$$K_1 = \left\{0.467\exp(-3.265\,\alpha\phi) + \frac{1}{12}\alpha\phi(3-\alpha\phi) + \frac{1}{3}\right\}$$

$$K_2 = \left\{(0.1575+0.0725\,\alpha\phi) + \left[\frac{(1-\alpha\phi)}{1+\alpha\phi}\right]^{\alpha\phi}(0.09-0.1725\,\alpha\phi) + \frac{1}{12}(\alpha\phi)^2\right\}$$

4. 실험 및 실험 결과

가. 개수로 시험.

나. 실험결과

$$\alpha \fallingdotseq Re^{-0.2577} \cdot Fr^{-0.2973} \qquad (14)$$

$$\left(F_{(2,10)} = 4.9804 > F_{(2,10)} = 2.6446 \right)$$

다. 낙동강 하상변동 조정치와 비교.

· 저선모형에 의하여 준사적으로 비교하였으며 보고서에서는 Lane-Kalinske 식으로부터 추정되어 있습니다.

Lane-kalinske 식으로 추정된 추정량은 수심의 변화에 따라 增加 현상이 본연구의 추정량 보다는 적었으며 Lane-Kalinske 식이 일반적으로 부유유사량이 크게 나타남으로 실측치와 비교 검토 요망

5. 결론

1. 개수로 실험결과 연직농도 분포식은 (9)식과 같이 提案하였다.
2. 補正係數 α는 (14)式과 같은 함수관계가 있었다
3. 近似濃度分布型으로써 (11)식으로 表現이 가능하며 이때 Cosh 지점 농도의 實測에 의하여 더욱 良好한 分布型을 얻을수 있다.
4. 平均濃度는 (13)식으로 提案하며 平均流速의 二點法에 의한 實測과 함께 應用하여 좋은 結果를 얻을수 있다.