

《論 文》

韓國河川의 流砂量算定에 관한 研究(Ⅱ)

—洛東江을 中心으로—

A Study on Sediment Load in River

金 熙 鍾*

Hi-Chong Kim

姜 周 復**

Ju-Bok Kang

申 東 守***

Dong Soo Shin

Abstract

The purpose of this study is to estimate the amount of the Sediment transpotation at the JIN-DONG, HYEON-PUNG, SIN-SANG located in NAG DONG RIVER.

After the analysis of researched data in the first study, the experimental equation and semi-theoretical equation which induced in this study are formulated with following.

1. Correlations equation between the suspended sediment discharge and ωHI .

$$q_s = 3.049 (\omega HI)^{2.994}$$

2. Correlations equation between the dischagre and suspended sediment discharge.

$$Q_s = 0.002Q^{1.726} \quad (Q_s : \text{kg/sec} \quad Q : \text{m}^3/\text{sec})$$

3. Proposed semi-theoretical equation

$$q_s = \alpha \cdot c_a \cdot H \cdot \left(\frac{A}{1-A} \right)^p \cdot [(V_m + 8\sqrt{HI}) I_1 - 24\sqrt{HI} \cdot I_2]$$

4. Correlations equation between the suspended sediment discharge and critical friction velocity

$$q_b = 3.410 \times 10^{-4} (u_{*c}^2)^{1.2419} \quad \begin{matrix} (q_b : \text{kg/sec/m}) \\ (u_{*c} : \text{cm/sec}) \end{matrix}$$

5. Correlations equation between the total sediment discharge and discharge

$$Q_T = 1.479 \times 10^{-5} Q^{1.125} \quad (Q_T : \text{m}^3/\text{sec} \quad Q : \text{m}^3/\text{sec})$$

要 旨

本 研究에서는 洛東江에 位置한 津洞, 玄風, 新上地點에서 流砂量을 算定한 것으로 1次 研究에서 觀測된 資料을 分析하여 本 研究에서 誘導된 半理論式과 實驗式을 구한 결과 다음과 같다.

1. 浮遊砂量과 ωHI 의 相關式

$$q_s = 3.049(\omega HI)^{2.994}$$

2. 流量과 浮遊砂量의 相關式

$$Q_s = 0.002Q^{1.726} \quad (Q_s : \text{kg/sec}, \quad Q : \text{m}^3/\text{sec})$$

3. 提案한 半理論式

$$q_s = \alpha \cdot c_a \cdot H \cdot \left(\frac{A}{1-A} \right)^p \cdot [(V_m + 8\sqrt{HI}) I_1 - 24\sqrt{HI} \cdot I_2]$$

4. 掃流砂量과 限界摩擦速度의 相關式

$$q_b = 3.410 \times 10^{-4} (u_{*c}^2)^{1.2419} \quad (q_b : \text{kg/sec/m}, \quad u_{*c} : \text{cm/sec})$$

5. 總流砂量과 流量의 相關式

$$Q_T = 1.479 \times 10^{-5} Q^{1.125} \quad (Q_T : \text{m}^3/\text{sec}, \quad Q : \text{m}^3/\text{sec})$$

* 東亞大 教授(工博)

** 釜山大 教授

*** 東亞大 助教

1. 緒 論

1-1. 序 言

韓國河川의 流砂量算定에 관한 研究⁶⁾에서 河川의 綜合計劃은 물론 改修計劃에 있어서 正確한 流砂量算定이란 매우 重要하다 이를 위해서는 長期的의 觀測이 必要하며 觀測時마다 測定誤差를 줄이기 위하여 同一 觀測에서 數回觀測하여 平均값을 使用하여야 하는 時間的 어려움이 있다. 특히 流量이 尖頭流量을 中心으로 한 高水時의 流砂量觀測은 年間流砂量推定을 위하여는 꼭 必要할 것이다. 그 理由로 생각되는 것은 低水時는 掃流力이 적고 高水時는 浮遊砂分布도 물론이지만 掃流砂量을 左右한다고 생각되는 掃流力도 많은 變化를 가져올것기 豫상되는 點이다.

1-2. 研究範圍 및 目的

本研究는 洛東江下流 津洞地點, 中流玄風地點, 上流의 新上地點을 택하여 水理諸量, 浮遊砂量 및 掃流砂量을 各各 測定하여 (80~81)年度에 관측된 자료와 합쳐서 綜合分析하여 81年度의 研究報告와 比較檢討하고 보다 改善된 推定值를 구할 수 있는 經驗式을 구함을 目的으로 한다.

2. 浮遊流砂에 관한 理論

浮遊流砂量(q_s)는 $q_s = \int_a^H c \cdot v \cdot dy$ 로 부터 구할 수 있다. 여기서 c 는 任意의 水位에서의 浮遊砂濃度이며 v 는 같은 水位에서의 流速이다. 全鉛直斷面에서의 流砂量은 浮遊砂濃度 c_a 되는 浮遊限界點의 水深 (a)으로 부터 全水深(H)까지 $c \cdot v$ 를 積分한 것이다. H. A. Einstein²⁾은 浮遊砂 推定公式誘導過程에서 濃度分布를 Rouse의 式을 使用하였으며 Lane-kalinske³⁾가 誘導한 浮遊砂量公式의 流砂濃度分布는 다음과 같은 略算式을 使用하였다.

$c/c_a = \exp\left[\left(\frac{6}{K}\left(\frac{z-a}{h}\right)\left(\frac{\omega_0}{u_*}\right)\right)\right]$, Einstein는 流速分布式으로서 $v/u_* = 5.75 \log_{10} \frac{30 \cdot 2zx}{d_{65}}$ 를 使用하였으며 Kalinske는 $v/v_m = 1 + 1.70 \frac{n \sqrt{g}}{h^{1/6}} \left(1 + \ln \frac{z}{h}\right)$ 를 使用하였다. 여기서 n 는 m 단위, g 와 h 는 ft단위를 사용한 경우이며 Kalinske는, 上記式을 다시 m 단위로 整理하여 $v/v_m = 1 + \frac{1}{K\phi} \left(1 + \ln \frac{z}{h}\right)$ 를 使用하였다. 여기서 流速係數 (ϕ) = $\frac{v_m}{u_*}$, K ; karman의 常數로 보통 0.4를 쓰고 있으나 濃度에 따라 變化한다. x 는 보정계수이다 결국 兩者 모두 流速分布를 對數分布로 보았다. 筆者는 流速分布가 實際河川에서는 水位에 따라 2次曲線으로 分布하는 경우가 많으므로¹⁾ 여기서 2次曲線을 使

用하여 浮遊砂公式를 誘導하고 低水位時나마 洛東江에는 實測한값에 의하여 그 使用可能性을 檢討하여 본다. 濃度分布는 Einstein와 마찬가지로 Rouse의 分布를 하는 것으로 假定하였다.

2-1. Bazin의 流速分布式⁴⁾

$$V = V_m + \left[8 - 24 \left(\frac{H-z}{H}\right)^2\right] \sqrt{HI} \dots\dots\dots(1)$$

여기서 V : 水底에서 z 에 있는 點의 流速(m/sec)
 V_m : 鉛直線上의 平均流速(m/sec)
 H : 水深(m)
 z : 水路바닥에서 任意의 높이(m)
 I : 水面傾斜

2-2. 流砂量 연직분포

水深에 비해서 幅은 넓은 自然河川에서의 流砂濃度分布의 基本方程式은 河床에서 높이 c 에서의 浮流砂의 濃度 즉 單位體積當의 浮遊砂質量을 c 로 하면 式(2)로 주어진다.

$$\frac{\partial c}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial z} \left(\epsilon \frac{\partial c}{\partial z} \right) + \omega_0 \frac{\partial c}{\partial z} \dots\dots\dots(2)$$

여기서 ω_0 는 浮流砂粒子의 靜水中의 침강속도이다. $\frac{\partial c}{\partial t}$ 는 定常狀態로 되어 있는 浮遊濃度가 時間的으로 變化하지 않는 경우에는 $\frac{\partial c}{\partial t} = 0$ 이다. 따라서 式(2)는 式(3)과 같이 쓸 수 있다.

$$-\frac{\partial}{\partial z} \left(\epsilon \frac{\partial c}{\partial z} \right) = -\omega_0 \frac{\partial c}{\partial z} \dots\dots\dots(3)$$

(3)式을 水面에서는 浮遊砂의 上昇은 있을 수 없으므로 $z=H$ 에서는 $\epsilon \frac{dc}{dz} + \omega_0 c = 0$ 를 넣어 풀면 $c = c_a \cdot e^{-\int_a^z \frac{c}{\epsilon} dz} \dots\dots\dots(4)$ 가 된다.

여기서 ϵ 는 渦動粘性係數이다. ϵ 의 分布式은 다음과 같다.

$$\epsilon = k \cdot H \cdot \sqrt{gHI} \left(1 - \frac{z}{H}\right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(5)$$

式(4)에 式(5)를 代入하여 整理하면 式(6)과 같다.

$$c/c_a = \left[\frac{(H-z)a}{(H-a) \cdot z} \right]^{\frac{\omega_0}{k \sqrt{gHI}}} \dots\dots\dots(6)$$

이것이 浮遊流砂의 連직분포를 表示하는 式이며 이는 Rouse⁵⁾의 浮流砂의 濃度分布式이다.

2-3. 基準點濃度(c_a)

玄風地點의 基準點濃度는 實測流砂量으로부터 平均粒徑 d_{50} 에 대한 c_a 의 값을 逆算하면 表 -0과 같다. 表 -0를 兩對數에 플롯트하면 거의 直線이 된다. 따라서

c_a 와 d_{50} 의 相關式을 求하면 式 (7)과 같다.

$$Ca = 52.942(d_{50})^{2.5281} \dots (7), \quad \gamma = 0.7$$

表 -0 d_{50} 과 c_a

현 풍	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$d_{50}^{(mm)}$	0.275	0.275	0.230	0.510	0.340	0.431	0.420	0.420	0.295	0.240
c_a	1.80	1.36	4.34	2.36	23.86	5.82	6.78	1.13	4.46	1.22

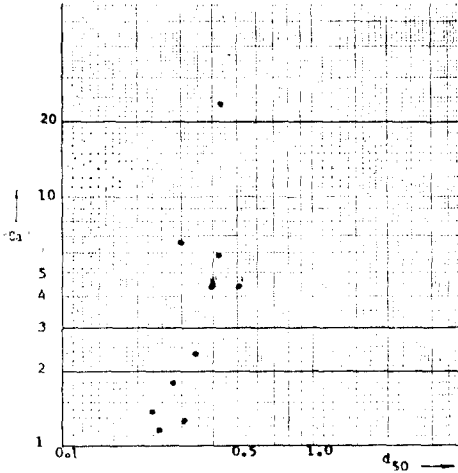


그림-0 d_{50} 과 c_a

2-4. 浮遊流砂量推定理論式의 誘導

前記한 浮遊流砂量의 一般式 $q_s = \int_a^{11} c \cdot v \cdot dy$ 에 c 및 v 의 分布公式 (1), (6)을 代入하면 式 (8)과 같이된다.

$$q_s = \int_a^H c_a \left[\frac{(H-z) \cdot a}{(H-a) \cdot z} \right]^{k \cdot \frac{\omega_0}{8\sqrt{HI}}} \cdot \left[V_m + \left[8 - 24 \left(\frac{H-z}{H} \right)^2 \sqrt{HI} \right] dz \dots (8)$$

(8)式에서 $z/H = y$, $a/H = A$ 라고하고 整理하면 式 (9)와 같다.

$$q_s = \alpha \cdot c_a \cdot H \left(\frac{A}{1-A} \right)^p \left[(V_m + 8\sqrt{HI}) \cdot I_1 - 24\sqrt{HI} \cdot I_2 \right] \dots (9)$$

$$I_1 = \int_A^1 \left(\frac{1-y}{y} \right)^p dy, \quad I_2 = \int_A^1 \left(\frac{1-y}{y} \right)^p (1-y)^2 dy$$

여기서, $p = \frac{\omega_0}{K\sqrt{gNI}}$

a 는 河床으로부터의 높이(浮遊限界點)
 α 는 浮遊限界濃度에 대한 補正值이다.

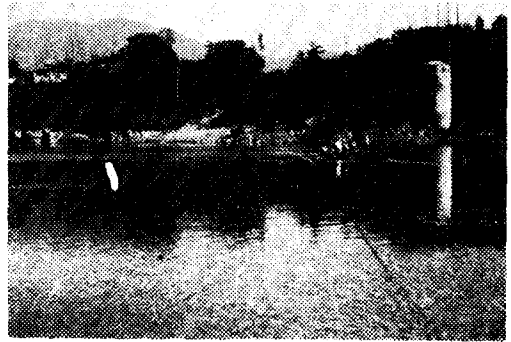
3. 流砂量 實測

3-1. 浮遊砂試料採取方法 및 場所

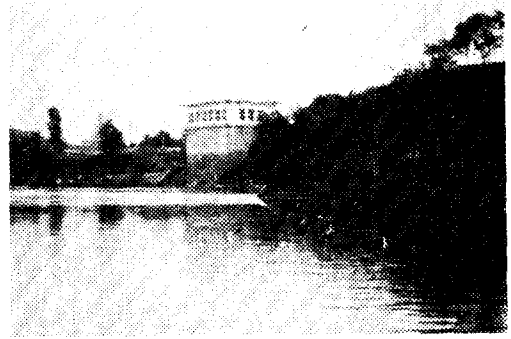
1) 浮遊砂 採取場所는 水位觀測所가 있는 津洞, 玄風 두 지점과 新上地點 및 龜尾 지점을 擇하였다. 新上地點은 81年度 觀測時 假水位標가 設置되어 있었으나 今年 2次 觀測時는 流失되고 없었다. 津洞地點은

上記式을 t -分布에 의하여 檢正하면 0.05에 대하여 有意性이 있다. 이것을 淸끗한 것은 그림 -0과 같다.

水位觀測所가 있는 部分에서는 流速이 작을 때는 測定이 어려워 邱馬高速道路의 南旨橋地點下流에서 測定하였다. 또한 龜尾地點은 水位標에 의해 水位는 觀測이 可能하였으며 浮遊流砂觀測만 行하였으며 掃流砂實測은 船舶關係로 測定이 不可能하였다.



玄風地點



津洞地點

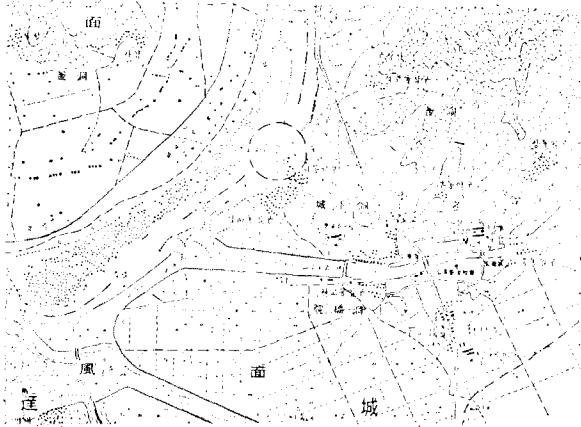


新上地點

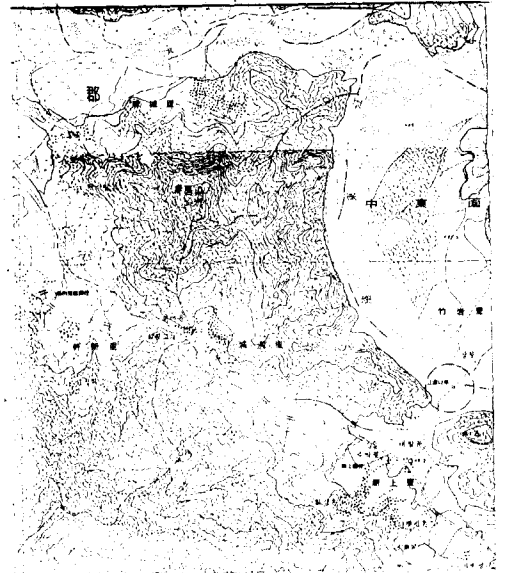
2) 82年 3月 以前까지의 測定은 地點마다 3個橫斷面에서 行하였으나 3月 以後부터는 精密度를 높이기 위하여 4個斷面에서 測定을 하였다.

3) 各斷面에서 水深의 2,8割地點에서 測定하였으나 水深이 극히 낮은 곳에서는 一點法을 使用하였다.

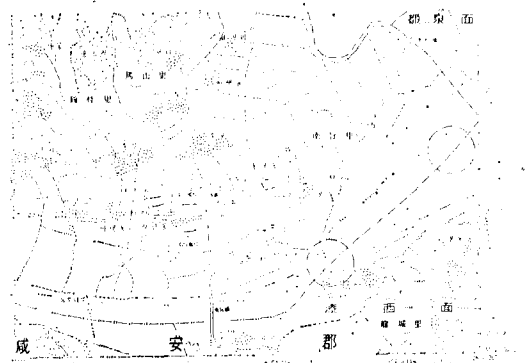
4) 現場에서 採取된 浮遊物은 集水瓶으로 옮겨 研究室로 운반하였다.



玄風地點



新上地點



津洞地點

3-2. 掃流砂採取方法 및 場所

- 1) 掃流砂 測定場所도 龜尾地點을 제외하고는 浮遊砂와 同一한 곳을 擇하였다.
- 2) 試料採取器는 船上에서 所定の 場所에 서서히 下降시켜 調整하였다.
- 3) 採取時間은 5分으로 하였다.
- 4) 採取된 試料는 容器에 담아 研究室로 운반하였다.
- 5) 各 流砂採取는 每回 3回以上 測定하여 平均値를 使用하였다.

4. 實測資料

4-1. 水理量

各 測定地點에서의 實測結果는 附錄의 表 1과 같다

4-2. 代表粒徑

河床土砂로서 掃流砂로 採取된 것을 試料로 하여 粒徑加積曲線을 그려 各砂을 구한 結果는 附錄의 表 2와 같다.

表 2에서

$$\text{Kramer의 均等條數}(M) = \frac{\sum_{p=0}^{p=50} d \Delta p}{\sum_{p=50}^{p=100} d \Delta p}$$

$$\text{境의 條數}(\beta) = \frac{2+M}{1+2M}$$

$$\text{安藝의 條數}(\lambda) = \frac{\sum_{p_m}^{p_m} d \Delta p}{\sum_{p_m}^{p_m} p}$$

여기서, p_m 는 d_m 의 백분율이다.

4-3. 浮遊流砂量

浮遊流砂는 採取瓶으로 2點法에 의하여 測定하여 연직단면 平均부유농도를 구하고 다시 全浮遊砂量의 算定은 算術平均法이나 流量加重法에 의해 구한 結果를 附錄의 表 3, 4에 表示하였다.

4-4. 掃流砂量

各 地點의 實測結果에 의한 單位幅當掃流砂量은 附錄의 表 5와 같다.

表 5에서

$$\text{流量加重平均掃流砂量}(q_b) = \frac{\sum q_{bi} \cdot Q_i}{\sum Q}$$

$$\text{水深加重平均掃流砂量}(q_b) = \frac{\sum q_{bi} \cdot h_i}{\sum h_i} \text{이며}$$

- 여기서 q_b : 單位幅當掃流砂量
- q_{bi} : 各測線이 支配하는 掃流砂量
- h_i : 各測線이 支配하는 區間의 平均水深
- Q_i : 各測線이 支配하는 流量

表 5의 單位幅當 掃流砂量에 河幅을 곱하여 總掃流砂量을 算出한 結果는 附錄의 表 6에 表示되어 있다.

다만 津洞 1, 2, 6의 資料는 觀測地點의 水深이 깊어서 觀測을 하지 못하고 左岸의 淺部에서 測定한 資料이므로 分析資料로서는 使用不可能한 것으로 생각한다.

5. 考 察

5-1. 浮遊砂에 대한 考察

5-1-1. ωHI 와 浮遊砂量

各測定地點의 參考文獻⁶⁾ 및 (81~82)年資料에 의하여 整理하면 表-1과 같다.

表-1에서 ω : 물의 單位體積當平均(kg/m³)

H : 平均水深(m)

I : 水面傾斜이다.

表-1의 값을 兩對數用紙에 플롯하면 그림 1과 같다. 津洞地點과 新上地點은 相關回歸直線의 傾斜가 同一하며 玄風地點은 前記地點과는 다르게 急한 傾斜로 나타내고 있으므로 地點마다 $\omega HI - q_s$ 의 相關式을 求해야 한다. 津洞⁴⁾, 津洞⁶⁾의 觀測值과 玄風, 玄風²⁾, 玄風⁸⁾의 觀測值를 各點檢정처리하여 最小자승법으로 해석하여 各地點의 $\omega HI - q_s$ 의 상관式을 求한 結果는 다음과 같다. 그러나 新上, 津洞地點은 實測值가 산만하며 그 數도 적어 以上の 決定이 약간 무리할 것도 같으나 앞으로 더욱 많은 實測을 行하여 이들 補正코져 한다. 따라서 어느정도 그 相關性이 認定되는 地點은 相關係數 $\gamma=0.9$ 인 玄風地點이다.

津洞地點, $q_s = 0.108(\omega HI)^{1.294}$, $\gamma \approx 0.8$

玄風地點, $q_s = 3.049(\omega HI)^{2.994}$, $\gamma \approx 0.9$

新上地點, $q_s = 0.018(\omega HI)^{0.203}$, $\gamma \approx 0.8$

5-1-2. 流量과 浮遊砂量의 相關

附錄 表 4를 이용하면 流量과 浮遊砂量의 相關圖는 그림 2와 같다. 그림 2를 最小자승법으로 해석하면 아래와 같은 相關式을 얻을 수 있다.

$$Q_s = 0.022Q^{1.200}$$

Q : 流量(m³/sec)

Q_s : 浮遊砂量(kg/sec)

$\gamma \approx 0.8$

表-1. ωHI 와 浮遊砂量

No.	地點	實測浮遊砂量 kg/sec/m	ω kg/m ³	H (m)	I	ωHI
1	津洞 1	2.40	998	11.34	2.0×10^{-4}	2.26
2	〃 2	0.039	998	11.49	1.88×10^{-4}	2.16
3	玄風 1	0.037	999	2.24	2.11×10^{-4}	0.47
4	〃 2	0.036	999	2.06	1.91×10^{-4}	0.39
5	〃 3	0.028	1000	0.954	1.99×10^{-4}	0.19
6	新上	0.012	1000	0.95	1.78×10^{-4}	0.17
7	玄風 4	0.014	999	0.70	2.23×10^{-4}	0.16
8	〃 5	0.106	998	1.02	3.55×10^{-4}	0.36
9	〃 6	0.049	997	1.02	2.22×10^{-4}	0.23
10	〃 7	0.065	996	1.21	2.29×10^{-4}	0.28
11	津洞 3	0.034	996	3.64	1.08×10^{-4}	0.39
12	龜尾	0.010	998	1.95	2.07×10^{-4}	0.40
13	玄風 8	0.032	998	1.74	2.29×10^{-4}	0.40
14	津洞 4	0.011	998	17.0	1.25×10^{-4}	2.12
15	津洞 5	0.013	1000	1.09	2.34×10^{-4}	0.26
16	新上 2	0.014	1000	0.43	4.90×10^{-4}	0.21
17	玄風 9	0.017	999	0.84	1.90×10^{-4}	0.16
18	津洞 6	0.009	998	15.33	1.38×10^{-4}	2.11
19	新上 3	0.012	1000	0.23	4.85×10^{-4}	0.11
20	玄風 10	0.003	998	0.58	1.91×10^{-4}	0.11
21	津洞.	0.009	998	0.86	1.38×10^{-4}	0.12

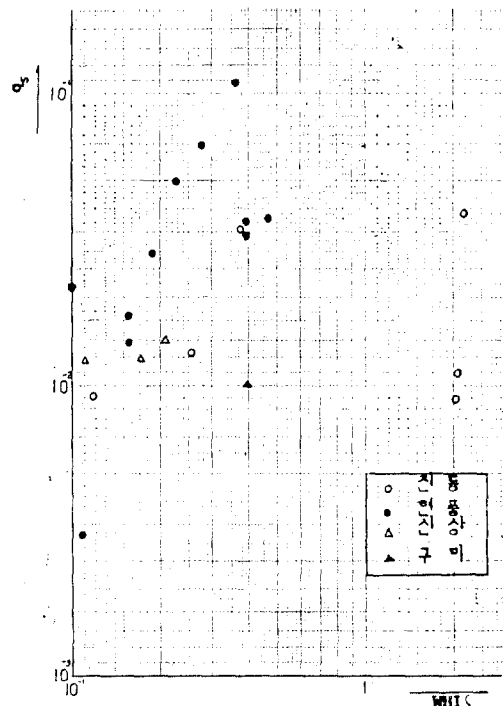


그림 1. $\omega HI \sim q_s$

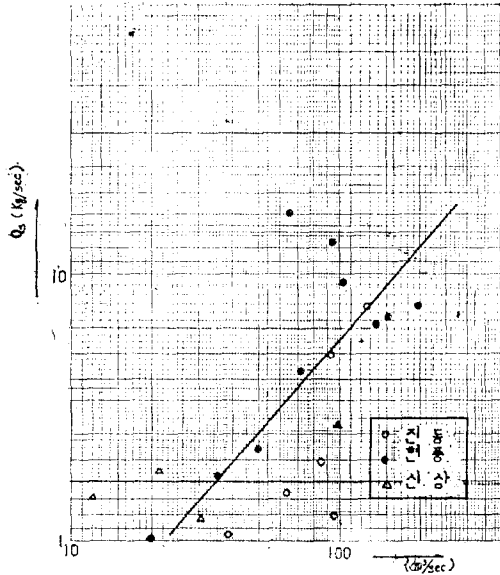


그림 2.

그러나 參考文獻⁶⁾에서 밝힌 $Q_s=0.002Q^{1.726}$ 의 相 關式과 比較해 보면 實測한 範圍內에서는 큰 差異가 없음이 발견되어 $Q_s=0.002Q^{1.726}$ 의 式을 再確認할 수 있었다(表-2 參照).

5-1-3. 著者の 提案公式에 의한 計算例

提案公式 (7)式을 玄風地點에 적용시켜 計算하고자 한다.

表-3

지 점	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d_{50} (mm)	0.275	0.230	0.510	0.340	0.431	0.420	0.295	0.240	0.39	0.305
수온(°C)	19.8	18.0	3.0	13.5	22.0	24.5	30.5	19.0	16.0	20.0
ω_0 (cm/sec)	3.684	3.013	5.768	4.068	5.565	5.450	4.242	3.168	4.679	4.095
P	1.353	1.213	3.343	2.606	2.335	2.892	2.035	1.270	3.172	3.655
$I(\times 10^{-4})$	2.11	1.91	1.99	2.22	3.55	2.22	2.29	2.28	1.90	1.38
V_m (m/sec)	0.356	0.480	0.493	0.465	0.40	0.547	0.40	0.40	0.40	0.290
H (m)	2.24	2.06	0.95	0.70	1.70	1.02	1.02	1.21	1.74	0.58

여기서, $\omega_0 = \left(\sqrt{\frac{2}{3} \cdot \frac{36\nu^2}{sgd^3}} - \sqrt{\frac{36\nu^2}{sgd^3}} \right) \times \sqrt{sgd}$

ν 는 動粘性係數

d 는 砂粒의 平均粒徑

s 는 $\frac{\sigma}{\rho} - 1$ 이다.

2) I_1 및 I_2 의 計算

I_1 의 값과 I_2 의 값을 구할 수 있는 表를 作成한 바

表-2

Q	$Q_s=0.022Q^{1.200}$	$Q_s=0.002Q^{1.726}$
1,243.9	113.81	439.17
92.4	5.03	4.94
151.5	9.10	11.60
203.0	12.92	19.22
72.8	3.78	3.27
29.5	0.78	0.69
50.4	2.43	1.74
68.6	3.52	2.95
106.5	5.96	6.86
96.9	5.32	5.36
133.1	7.79	9.28
99.2	5.47	5.58
140.7	8.32	10.21
64.3	3.25	2.64
86.3	4.63	4.39
21.1	0.85	0.39
35.2	1.58	0.93
96.6	5.30	5.33
12.2	0.44	0.44
20.2	0.81	0.35
37.8	1.72	1.06

1) 玄風地點 計算條件

玄風地點의 實測條件은 表-3과 같다.

表-4와 같다.

表-4)에서 $p = \frac{\omega_0}{K\sqrt{gHI}}$ 이며

p 의 값은 各地點에서의 河床材料의 代表值 d_{50} 에 대한 沈降速度 ω_0 를 넣어 구하였다. I_1 및 I_2 의 값은 a 의 값을 0.05H되는 水深을 택하였으므로

$A = \frac{0.05H}{H} = 0.05$ 로 고정시켰다. 따라서 I_1 및 I_2 의

P	I ₁	I ₂
P = 0.20	I ₁ = 0.9565095E 00	I ₂ = 0.3627995E 00
P = 0.40	I ₁ = 0.1048711E 01	I ₂ = 0.4773307E 00
P = 0.60	I ₁ = 0.1238378E 01	I ₂ = 0.6498725E 00
P = 0.80	I ₁ = 0.1552734E 01	I ₂ = 0.9125718E 00
P = 1.00	I ₁ = 0.2054843E 01	I ₂ = 0.1316933E 01
P = 1.20	I ₁ = 0.2542082E 01	I ₂ = 0.1947797E 01
P = 1.40	I ₁ = 0.4077341E 01	I ₂ = 0.2942562E 01
P = 1.60	I ₁ = 0.6025827E 01	I ₂ = 0.4527795E 01
P = 1.80	I ₁ = 0.9138731E 01	I ₂ = 0.7078546E 01
P = 2.00	I ₁ = 0.1413982E 02	I ₂ = 0.1121903E 02
P = 2.20	I ₁ = 0.2224643E 02	I ₂ = 0.1798885E 02
P = 2.40	I ₁ = 0.3551205E 02	I ₂ = 0.2914993E 02
P = 2.60	I ₁ = 0.5738235E 02	I ₂ = 0.4765695E 02
P = 2.80	I ₁ = 0.9358753E 02	I ₂ = 0.7851817E 02
P = 3.00	I ₁ = 0.1539957E 03	I ₂ = 0.1302406E 03
P = 3.20	I ₁ = 0.2552552E 03	I ₂ = 0.2175209E 03
P = 3.40	I ₁ = 0.4257030E 03	I ₂ = 0.3644697E 03
P = 3.60	I ₁ = 0.7149857E 03	I ₂ = 0.6142495E 03
P = 3.80	I ₁ = 0.1203585E 04	I ₂ = 0.1039477E 04
P = 4.00	I ₁ = 0.2037283E 04	I ₂ = 0.1765582E 04
P = 4.20	I ₁ = 0.3461530E 04	I ₂ = 0.3008896E 04
P = 4.40	I ₁ = 0.5900555E 04	I ₂ = 0.5142484E 04
P = 4.60	I ₁ = 0.1009076E 05	I ₂ = 0.8814821E 04
P = 4.80	I ₁ = 0.1730359E 05	I ₂ = 0.1514516E 05
P = 5.00	I ₁ = 0.2974565E 05	I ₂ = 0.2608424E 05
P = 5.20	I ₁ = 0.5124958E 05	I ₂ = 0.4501447E 05
P = 5.40	I ₁ = 0.8847175E 05	I ₂ = 0.7782244E 05
P = 5.60	I ₁ = 0.1530422E 06	I ₂ = 0.1347983E 06
P = 5.80	I ₁ = 0.2651960E 06	I ₂ = 0.2338642E 06
P = 6.00	I ₁ = 0.4802749E 06	I ₂ = 0.4355403E 06
P = 6.20	I ₁ = 0.8008416E 06	I ₂ = 0.7670040E 06
P = 6.40	I ₁ = 0.1392425E 07	I ₂ = 0.1231633E 07
P = 6.60	I ₁ = 0.2426834E 07	I ₂ = 0.2148410E 07
P = 6.80	I ₁ = 0.4234700E 07	I ₂ = 0.3751818E 07

값은 電算 또는 表-4에 의하여 구할 수 있다.

수록하였다.

3) 基準點濃度の 決定

基準點濃度(c_0)의 값은 河床材料의 平均粒徑 d_{50} 을 기준으로하여 구하여 c_0 값을 基準點濃度로 定한다. 表-7에서 各測定時마다의 c_0 을 구하면 表-0과 같으며 表-0에서 相關圖을 그리면 그림-0과 같다.

4) 浮遊砂量

表-9에 表-0.3의 各 값을 代入하면 q_s 가 구해지며 q_s 에 河幅을 곱하면 Q_s 가 구해진다. 그 結果値는 表-5에

5-1-4. 推算公式에 의한 計算値와 實測値의 比較

本計算値의 算定은 아래 公式에 依하였으므로 計算된 結果는 表-5와 같다.

i) Lane-Kalinske : $q_s = q_* \cdot c_a \cdot p \cdot \exp(15a\omega_0/hu_*^3)$

ii) Einstein : $i_s q_s = 11.6u_*^3 \cdot c_a \cdot a (PI_1 - I_2)$

단, $P = 2.303 \log \{32.2x/(d_w/k)\}$

$$I_1 = 0.216 \frac{(a/h)^{z-1}}{(1-a/h)^z} \int_{ajh}^1 \left(\frac{1-z/h}{z/h} \right)^z d \left(\frac{z}{h} \right)$$

$$I_2 = 0.216 \frac{(a/h)^{z-1}}{(1-a/h)^z} \int_{ajh}^1 \left(\frac{1-z/h}{z/h} \right)^z \ln \frac{z}{h} d \left(\frac{z}{h} \right)$$

) 提案公式: $q_s = \alpha \cdot c_a \cdot H \cdot \left(\frac{A}{1-A}\right)^p \left[(V_m + 8\sqrt{HI})\right]$

$I_1 - 24 \sqrt{HI} I_2$

表-5)에서 보는 바와같이 著者が 提案한 理論式과 經驗式 및 Lane-Kalinske, Einstein의 公式으로 구한 값 중 實測値와 가장 근사한 값을 주는 式은 著者が 提案한 經驗式($\omega HZ - Q_s$)이며 우리나라 河川에서 많이 使用하여 왔던 Kalinshe의 公式으로 구한 값은 적은 값을 주고 있다.

表-5 各公式에 의한 計算値와 實測浮遊砂量의 比較 Q_s : kg/sec

地點	實測値	著者の 公式			他 公式		비고
		理論式 $\omega HZ - Q_s$	$\omega HZ - Q_s$	$Q \sim Q_s$	Lane-Kalinske	Einstein	
津洞	1	323.41	346.12	296.48	113.71	258.95	524.60
	2	4.90		6.60	5.03	0.99	
	3	7.32	9.27	5.89	7.81	1.09	
	4	1.48		1.54	3.25	0.64	
	5	1.90	7.60	2.52	4.63	2.41	0.622
	6	1.16		9.32	5.30	59.40	
	7	1.06	1.13	0.99	1.72	0.14	
玄風	1	6.97	9.52	7.22	9.12	4.47	0.038
	2	7.31	13.88	6.79	12.92	5.90	0.054
	3	4.30	11.41	3.28	3.78	0.17	0.068
	4	2.22	3.22	1.96	2.43	0.62	0.049
	5	17.84	6.22	24.05	3.51	0.70	0.034
	6	9.31	10.09	7.11	5.95	0.98	0.766
	7	13.08	4.88	13.49	5.32	0.75	0.037
	8	6.41	8.70	6.74	8.32	3.85	0.054
	9	1.76	2.02	1.33	1.58	0.19	0.014
	10	0.34	0.57	0.49	0.80	0.06	0.014
龜尾	2.68		4.28	5.47	0.41		
新上	1	1.15	4.57	1.22	1.28	0.02	0.0006
	2	1.79	4.17	1.74	0.85	0.02	0.0016
	3	1.49	2.24	1.46	0.44	0.002	0.0073

5-2 掃流砂에 대한 考察

5-2-1 q_{B*} 와 τ_{*} 의 相關

掃流砂量을 無次元으로 表示하기 위하여 이 값을 q_{B*} 이라 하면 $q_{B*} = \frac{q_b}{(\sigma - \rho)gd}$ 과 $\tau_* = \frac{u_*^2}{(\sigma - \rho)gd}$ 의 값은 表-7과 같다. 이를 플롯트하면 그림-4와 같다.

이로부터 $q_{d*} = \tau_{*}$ 가 얻어진다.

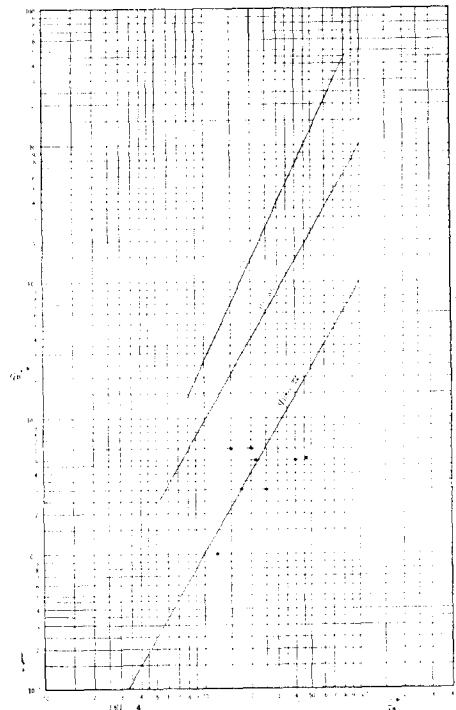
5-2-2 表推定公式에 의한 計算値와 實測値의 比較

現場에서 實測된 掃流砂量과 各種公式에 의해 計算된 값들의 比較는 어려운 일이지마는 q_{B*} 와 τ_{*} (各各無次元量이다)의 相關圖로 表示한다. 各公式은 i), ii), iii)

表-7

q_b ① kg/sec/m	τ	q_b ② $\times 10^{-3}$ cm ³ /sec/cm	$q_b \times 10^{-4}$
6.38	3.91	24.1	46.27
0.55	3.79	2.08	4.14
3.03	0.91	11.4	47.96
73.2	0.87	276	1636.04
45.7	0.20	172	698.62
12.1	0.13	45.7	140.01
19.5	0.24	73.6	458.85
115.0	0.44	4.34	1461.28
34.3	0.28	129	543.16
64.0	0.13	242	1438.76
38.1	0.51	144	506.51
42.9	0.93	162	991.43
—	—	—	—
25.6	0.42	96.6	503.39
65.6	0.14	24.8	590.48
23.0	0.22	86.8	498.28
79.1	4.06	29.8	657.84
52.5	0.08	1.98	714.29
9.5	0.19	35.8	307.56
8.09	0.26	30.5	311.86

② q_b g/sec/cm (= kg/sec/m $\times 10$)



과 같다.

- i) BROWN⁴⁾ : $q_B/u_* \cdot d = 10\tau_*^2$
- ii) EINSTEIN⁴⁾ : $q_B/u_* \cdot d = \Phi\tau_*^{-1/2}$,
- iii) KALINSKE⁴⁾ : $q_B/u_* d = f(\tau_*)$
- iv) 提案公式 $q_{B*} = \tau_* \tau_*^* = u_*^2 / (\sigma/\rho - 1) g \cdot d$ 로 표시

된다.

여기서 $q_{B*} = \frac{q_B}{u_* d}$, $\tau_* = \frac{\tau_0}{(\sigma - \rho)gd}$

5.3 총유사량에 대한 고찰

5-3-1. 總流砂量과 浮遊砂量의 對比

實測한 浮遊砂量과 掃流砂量을 합한 總流砂量 중에 浮遊砂量의 百分率은 表-9와 같다. 이는 T.E.Steven⁷⁾이 研究한 河川에서의 研究結果와 거의 一致함을 나타내고 있다.

表-9 總流砂量과 浮遊砂量

No	地點	浮遊流砂量 (kg/sec)	總流砂量 (kg/sec)	總流砂量에 대한 浮遊砂量의 比	비고
1	津洞 1	323.41	323.50	99.9	
2	〃 2	4.91	4.92	99.8	
3	玄風 3	6.97	7.03	99.1	
4	〃 4	7.31	8.81	83.0	
5	〃 5	4.30	5.01	85.8	
6	新上 6	1.15	1.21	90.6	
7	玄風 7	2.22	2.52	88.1	
9	〃 8	17.84	19.77	90.2	
10	〃 6	9.37	10.02	93.5	
11	〃 6	13.08	14.36	91.1	
12	津洞 1	7.32	8.15	89.8	
10	龜尾	2.68	—	—	
13	玄風 8	6.47	7.33	8.33	
14	津洞 4	1.48	—	—	
15	〃 5	1.90	2.26	84.1	
16	新上 2	1.79	2.64	67.8	
17	玄風 9	1.76	2.00	88.0	
18	津洞 6	1.16	2.26	51.3	
19	新上 3	1.49	2.14	69.6	
20	玄風 10	0.34	0.45	75.6	
21	津洞 7	1.06	1.16	91.4	
平均				85.6	

$Q_T = 1.336 \times 10^{-5} Q^{1.141}$, $r = 0.84$

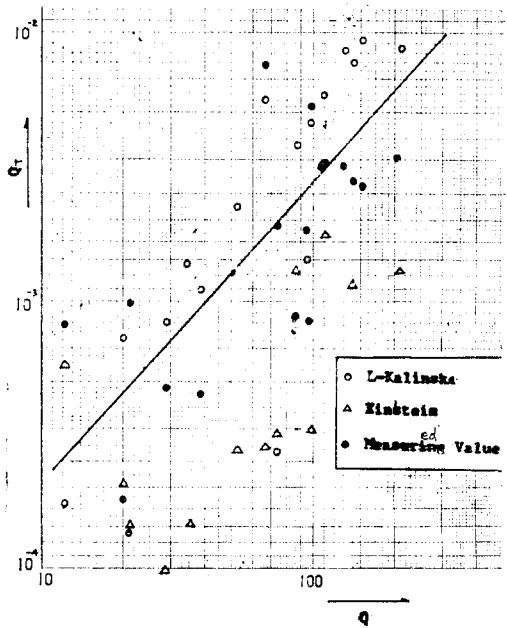


그림-6 Q~QT

그림 6에서 實測值의 分布는 L-Kalinske, Einstein 公式에 의한 各分布의 中央에 比較적 位置하고 있으며 L-Kalinske分布는 81年度 研究結果⁶⁾ 보다 大部分 큰 값들을 주고 있다. 따라서 公式에 의하여 推定할 때에는 兩公式에서 各各을 구하고 이의 平均값을 택하는 것이 實測值에 近似한 값을 얻을 수 있는 것으로 사료된다.

6. 結 論

本 研究는 高水流量時 裝備未備로서 測定이 不可能 하여 低水流量時에 한하여 實測되었음을 유감으로 생각한다. 이번 研究에서 얻어진 結果를 들면 다음과 같다.

- 1) 이 浮遊砂는 掃流力을 代表하는 ωHI 와 浮遊砂量과의 相關關係를 구하여본 結果 津洞, 玄風 및 新上地點은 ωHI 값의 相關性은 獨自의이었으며 玄風地點은 그 相關性이 良好하였다.
- 2) 流量과 浮遊砂量의 相關式은 報告(1)의 $Q_s = 0.02 \cdot Q^{1.726}$ 이 成立됨이 再確認되었다.
- 3) 浮遊砂量의 半理論公式는 浮遊限界點의 濃度(c_a)의 값의 推定法이 問題點이나 여기서는 代表粒徑(d_{50})에 의하여 구하였으며 a 의 값은 $0.05H$ 로 하는 것이 타당할 것으로 생각한다.

5-3-2. 各地點의 總流砂量의 實測值과 計算值의 比較 各測定地點의 總流砂量의 實測值과 EINSTEIN, L ANE-KAUNSKA의 計算值은 아래 表 10과 같다.

表 10을 利用하여 플롯트하여 보면 그림 6과 같다. 그림 5에서 實測資料의 分布狀態를 최소자승법으로 해석하면 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

表 10 各測定地點의 總流砂量

Q_T : m³/sec

No	地 點	Q (m ³ /sec)	Q_T 實測流砂量	Q_T 公式의 計算值		비 고
				Einstein	L-kalinske	
1	著 者 1	1243.0	1.22×10^{-1}	6.67×10^{-2}	1.15×10^{-1}	
2	〃 2	92.44	1.85×10^{-3}		1.41×10^{-2}	
3	津 洞 1	151.75	2.65×10^{-3}	2.24×10^{-4}	9.16×10^{-3}	
4	〃 2	208.00	3.32×10^{-3}	1.31×10^{-3}	1.31×10^{-3}	
5	〃 3	72.87	1.89×10^{-3}	3.16×10^{-4}	2.71×10^{-3}	
6	〃 1	29.54	4.77×10^{-4}	9.70×10^{-5}	8.05×10^{-4}	
7	玄 風 4	50.44	9.51×10^{-4}	2.83×10^{-4}	2.17×10^{-3}	
8	〃 5	68.61	7.46×10^{-3}	2.99×10^{-4}	5.76×10^{-3}	
9	〃 6	106.54	3.78×10^{-3}	1.78×10^{-3}	5.92×10^{-3}	
10	〃 7	96.94	5.42×10^{-3}	3.23×10^{-4}	4.64×10^{-3}	
11	津 洞 3	133.08	3.08×10^{-3}		8.48×10^{-3}	
12	龜 尾	99.17				
13	玄 風 8	140.72	2.77×10^{-3}	1.18×10^{-3}	7.92×10^{-3}	
14	津 洞 4	64.27				
15	〃 5	86.27	8.53×10^{-4}	1.32×10^{-3}	3.99×10^{-3}	
16	新 上 2	21.05	9.97×10^{-4}	1.46×10^{-4}	1.46×10^{-3}	
17	玄 風 9	35.23	7.55×10^{-4}	1.48×10^{-4}	1.32×10^{-3}	
18	津 洞 6	96.55	8.14×10^{-4}		3.56×10^{-2}	
19	新 上 3	12.15	8.08×10^{-4}	5.60×10^{-4}	1.71×10^{-4}	
20	玄 風 10	20.01	1.71×10^{-4}	2.12×10^{-4}	7.67×10^{-4}	
21	津 洞 7	37.78	4.38×10^{-4}	2.39×10^{-5}	1.09×10^{-3}	

4) 著者が 提案하는 浮遊砂의 算定半理論式, $\omega HI \sim q_s$, $Q \sim Q_s$ 와 우리나라 河川에서 比較的 잘 맞는 것으로 알려진 Lane-Kalinske公式, Einstein公式 등에 의하여 浮遊砂를 推定한 바 經驗式($\omega HI \sim P_s$)은 半理論式이 實測값과 거의 近似함을 보여 주었다.

5) 掃流砂量의 推定公式은 低水流量에서 Brown, Einstein 및 Kalinske公式 中에서 Brown公式이 比較的 近似한 값을 주고 있으나 浮遊砂量이 包含되고 있어 比較的 많은 값을 준다.

6) 洛東江에서 總流砂量에 대한 浮遊砂量은 平均 87%이다. 各 河川에서 이 百分率이 固定될 수 있다면

觀測이 간단한 浮遊砂量의 測定으로서 總流砂量을 推定할 수 있을 것이다.

本 研究은 文敎部의 81年度 研究造成費에 의한 것이다.

本 研究의 實測에서 內業까지 協助하여준 東亞大 土木科水工部學生과 同大學院의 全裕煥, 金嘉也君의 勞苦에 대하여 감사의 뜻을 표한다.

7. 附 錄

附表 1. 水理量

No.	地 點	測定日時	(m) 水位	(m) B	(m) A	m/sec Q	(m) S	(m) R	(m/sec) V_m	I	t°C
1	津 洞 1	1980. 7. 17	4.28	136	1588.7	1243.0	242	6.67	0.783	1/5000	22
2	津 洞 2	1980. 9. 27	2.26	127	460.08	92.44	202.7	2.27	0.091	1/5319	20
3	玄 風 3	1980. 9. 28	1.30	190	425.75	151.75	208.5	2.01	0.356	1/4734	19.8
4	玄 風 2	1980.10.11	1.65	205	423.25	203.00	230.0	1084	0.480	1/5230	18
5	玄 風 3	1981. 2. 11	1.69	155	147.85	72.87	155.6	0.88	0.193	1/5025	3
6	新 上 1	1980.12.28	-0.16	95	90.5	29.54	98	0.92	0.326	1/5465	5
7	玄 風 4	1981. 3. 22	1.52	155	108.45	50.44	166.1	0.65	0.465	4484	13.5

8	〃 5	5.3	1.42	168	171.95	68.61	288.1	0.75	0.400	2817	22
9	〃 6	6.14	1.98	190	194.56	106.54	1910	1.02	0.547	4505	24.5
10	〃 7	7.29	2.35	200	242.38	96.64	200.7	1.21	0.400	4367	30.5
11	津洞 3	7.29	2.37	218	799.76	133.08	218.6	363	0.170	9222	31
12	龜尾	10.3	1.22	280	546.13	99.17	278.6	1.96	0.182	4830	18
13	玄風 8	10.4	2.25	200	347.50	140.72	196.1	1.77	0.405	4386	19
14	津洞 4	10.4	2.77	140	2380.25	64.27	194.5	12.12	0.027	8000	20.5
15	〃 5	1982. 3. 7	1.84	140	152.50	86.27	139.9	1.09	0.566	4274	8
16	新上 2	4.11	—	130	55.95	21.05	125.3	0.45	0.376	2040	10
17	玄風	4.12	1.01	105	88.55	35.23	105.2	0.84	0.398	5263	16
18	津洞 6	4.12	1.80	126	1931.00	96.55	145.2	13.30	0.050	723	18
19	新上 3	4.18	—	124	28.72	12.15	120.0	0.24	0.423	2062	12
20	玄風 10	4.18	0.87	118	68.00	20.01	90.2	0.75	0.294	5236	20
21	津洞 7	4.19	1.36	124	106.45	37.78	120.1	6.89	0.355	7246	20.5

附表 2. 各地點の 代表粒徑

No.	地 點	d_{50}	d_{60}	d_{65}	d_m	M	λ	β
1	津洞 1	0.274	0.323	0.350	0.413	0.248	0.319	1.50
2	2	0.265	0.305	3.345	0.340	0.415	0.475	1.32
3	玄風 1	0.275	0.328	0.350	0.342	0.423	0.479	1.31
4	2	0.230	0.260	0.273	0.266	0.559	0.562	1.21
5	3	0.510	0.550	0.570	0.530	0.545	0.572	1.22
6	新上 1	0.748	0.768	0.800	0.891	0.388	0.424	1.35
7	玄風 4	0.340	0.380	0.405	0.428	0.596	0.681	1.18
8	5	0.431	0.495	0.500	0.341	0.940	0.912	1.02
9	6	0.420	0.475	0.500	0.478	0.476	0.534	1.27
10	7	0.295	0.315	0.321	0.299	0.523	0.693	1.20
11	津洞 3	0.420	0.440	0.460	0.497	0.496	0.410	1.43
12	龜尾	—	—	—	—	—	—	—
13	玄風 8	0.240	0.245	0.261	0.348	0.428	0.515	1.31
14	津洞 4	—	—	—	—	—	—	—
15	5	0.520	0.375	0.380	0.367	0.517	0.320	1.24
16	新上 2	0.790	0.812	0.925	1.197	0.348	0.126	1.39
17	玄風 9	0.390	0.435	0.440	0.403	0.508	0.293	1.24
18	津洞 6	0.295	0.300	0.319	0.331	0.498	0.410	1.39
19	新上 3	0.790	0.830	0.845	1.041	0.387	0.184	1.35
20	玄風 10	0.305	0.345	0.355	0.382	0.478	0.465	1.36
21	津洞 7	0.240	0.250	0.285	0.274	0.660	0.373	1.15

附表 3 各測地點の 浮遊砂分析

測 定 記 録 計 算 書										
No	測定地點	M 水位	測定番號	M 水深	M 採取 水深	cc 採水量	mg 浮遊 土砂	mg/cc 浮遊 濃度	mg/cc 平均 濃度	全體平均濃度
										算術平均流量加重
1	津洞	4.24	No. 12m(左83.5)	9.0	1.2 7.2	1100 〃	340 160	0.309 0.145	0.248	
			No. 13 (103.50)	6.2	1.2 5.0	〃 〃	590 200	0.536 0.182		

			No. 15 (123.50)	3.2	1.0 3.0	∕ ∕	110 100	0.100 0.191	0.395	0.349	0.260
2	∕ 2	2.26	No. 6 (左 30)	16.6	3.4 13.9	∕ ∕	60 37	0.055 0.034	0.047		
			No. 12 (∕60)	12.3	2.1 9.6	∕ ∕	87 80	0.079 0.073	0.076		
			No. 18 (∕90)	7.9	2.0 6.5	∕ ∕	34 50	0.031 0.045			
			No. 24 (∕120)	2.4	0.5 2.0	∕ ∕	40 40	0.036 0.036	0.036	0.049	0.053
3	玄 風 1	1.3	No. 4 (右 20)	4.1	0.8 3.3	∕ ∕	40 31	0.036 0.028	0.033		
			No. 12 (∕ 60)	3.3	0.6 2.6	∕ ∕	102 50	0.093 0.054	0.075		
			No. 24 (∕120)	1.4	0.3 1.0	∕ ∕	34 50	0.031 0.045	0.036	0.048	
4	∕ 2	1.65	No. 1 (右 20)	4.8	1.0 3.8	∕ ∕	40 40	0.036 0.036	0.036		
			No.3 (∕ 60)	3.4	0.7 2.7	∕ ∕	40 30	0.036 0.027	0.036		
			No. 6 (∕ 120)	0.9	0.5	∕	35	0.032	0.032	0.035	0.036
5	玄 風 3	1.69	No. 2 (左 60)	2.4	0.50 2.0	1100 ∕	50 60	0.045 0.055	0.049		
			No. 8 (∕ 40)	1.3	0.5 1.0	∕ ∕	50 50	0.045 0.045	0.045		
			No. 28(∕ 140)	1.3	0.5 1.0	∕ ∕	80 90	0.073 0.082	0.076	0.057	0.059
6	新 上	-0.16	No. (左 40)	1.3	0.3 1.0	580 138	20 20	0.034 0.045	0.038		
			No. 11 (∕ 55)	1.4	0.3 1.1	372 710	10 31	0.027 0.042	0.033		
			No. 14 (∕ 70)	0.4	0.12	875	25	0.028	0.028	0.033	0.039
7	玄 風 4	1.52	No. 1(斗 5)	2.6	0.5 2.0	1100 ∕	57 33	0.052 0.030	0.044		
			No. 4(斗 20)	1.4	0.3 1.1	∕ ∕	57 61	0.046 0.055	0.049		
			No. 27 (斗 135)	0.7	0.2 0.5	∕ ∕	33 68	0.030 0.062	0.042	0.045	0.044
8	玄 風 5	1.42	No. 3 (右12.5)	1.0	0.2 0.8	1100 660	450 20	0.409 0.030	0.267		
			No. 8 (∕22.5)	0.8	0.2 0.6	1100 500	480 40	0.436 0.08	0.303		
			No. 29 (∕140)	0.9	0.2 0.7	1100 768	520 110	0.473 0.143	0.349	0.306	0.260

9	玄風6	1.98	No.3 (科 15)	1.5	0.3 1.2	1100 ◇	138 115	0.125 0.105	0.118	0.085	0.088
			No. 18 (科 90)	0.55	0.1 0.4	◇ ◇	72 94	0.065 0.085	0.073		
			No.33 (科 105)	1.24	0.3 1.0	◇ ◇	78 60	0.071 0.055	0.065		
10	玄風7	2.35	No. 3 (科 15)	2.25	0.5 1.8	0.60 1100	115 300	0.119 0.273	0.196	0.138	0.138
			No. 16 (科 80)	1.45	0.3 1.2	◇ 1080	119 123	0.108 0.114	0.111		
			No. 30 (科150)	0.95	0.2 0.8	1100 930	127 91	0.115 0.098	0.107		
11	津洞3	2.37	No. 5 (ウ 80)	3.1	0.6 2.5	1095 1100	83 98	0.076 0.089	0.083	0.098	0.055
			No. 12(ウ 160)	4.6	0.9 3.7	830 1100	137 131	0.165 0.119	0.142		
			No. 16(ウ 200)	6.5	1.3 5.2	◇ ◇	72 78	0.065 0.071	0.068		
12	龜尾	1.22	No. 12 (科 55)	3.0	0.6 24	940 1100	247 67.3	0.026 0.061	0.035	0.028	0.027
			No. 28 (科135)	2.2	0.4 1.8	990 890	14.1 33.1	0.014 0.037	0.023		
			No. 42 (科215)	3.2	0.6 2.6	1000 880	35.7 11.0	0.036 0.013	0.027		
13	玄風8	2.25	No. 4 (科 20)	3.2	0.6 26	1000 750	57.2 25.3	0.057 0.034	0.048	0.046	0.046
			No. 8 (科 40)	2.5	0.5 200	990 1000	52 15.3	00.053 0.015	0.039		
			No. 27 (科 35)	0.9	0.2 0.7	1000 1100	765 13.0	0.077 0.011	0.052		
14	津洞	2.25	No. 6 (科 45)	16.3	3.0 2.77	730 13.0	4.7 450	0.006 0.052	0.023	0.024	0.023
			No. 18 (科 85)	9.3	1.9 7.5	620 880	15.1 70.1	0.024 0.023	0.024		
			No. 18 (科 85)	9.3	1.9 7.5	620 880	15.1 20.1	0.024 0.023	0.024		
15	津洞5	0.02	No. 4科 17.5)	1.1	0.2 0.9	1000 ◇	19.1 24.6	0.019 0.025	0.021	0.021	0.022
			No.10 (科 475)	1.25	0.3 1.0	◇ 9.0	17.4 20.6	0.017 0.021	0.019		
			No.22(科107.5)	1.6	0.3 1.3	1000 970	20.3 267	0.020 0.027	0.023		
16	新上2		No. 6 (科 30)	0.2	0.1	1000	17.9	0.018	0.018	0.065	0.065
			No. 10(科 50)	0.4	0.2	1000	24.7	0.026	0.025		
			No. 18(科 90)	0.4	0.2	1000	28.3	0.028	0.028		
			No. 20(科 100)	0.5 0.4	0.1 750	1000 1860	131.4 0.248	0.131 0.189	0.065		

17	玄風 9	101	No. 2 (斗 10)	0.96	0.2 0.8	1000 23.3	442 0.03	0.044 0.036			
			No. 6 (斗 30)	0.87	0.2 0.7	〃 〃	141.0 15.9	0.141 0.016	0.094		
			No. 10 (斗 50)	0.72	0.2 0.6	〃 〃	118.0 20.1	0.118 0.020	0.081		
			No. 16 (斗 80)	1.11	0.2 0.9	〃 〃	99 24.3	0.010 0.024	0.015	0.056	0.050
18	津洞 6	1.80	No. 6 (斗 30)	22.6	4.5 18.0	1000 〃	9.3 10.0	0.009 0.010	0.009		
			No. 12 (斗 60)	18.7	3.7 150	〃 〃	9.9 7.5	0.018 0.008	0.009		
			No. 20 (斗 100)	12.9	2.6 10.3	〃 〃	21.4 9.5	0.021 0.010	0.017	0.012	0.012
19	新上 3		No. 5 (斗 25)	0.4	0.2	1000	186.0	0.186	0.186		
			No. 10 (斗 50)	0.4	0.2	〃	119.0	0.119	0.119		
			No. 15 (斗 95)	0.3	0.2	〃	26.3	0.026	0.026		
			No. 23 (斗 115)	0.6	0.1 0.4	〃 〃	4.7 1.1	0.005 0.001	0.004 0.084	0.122	2010
20	玄風 10	0.87	No. 1 (斗 5)			1000 〃	12.0 9.9	0.012 0.010	0.011		
			No. 5 (斗 25)	0.80 0.6	0.2 〃	〃 16.6	4.4 0.017	0.004 0.009			
			No. 9 (斗 5)	0.54	0.2 0.4	〃 〃	11.7 44.6	0.012 0.045	0.024		
			No. 15 (斗 75)	1.17	0.3 0.9	〃 〃	8.0 44.5	0.008 0.045	0.020	0.016	0.017
21	津洞 7	1.36	No. 4 (斗 20)			1100 〃	9.8 54.7	0.010 0.055	0.027		
			No. 9 (斗 45)	27	0.3 1.36	〃 〃	11.9 11.7	0.012 0.012	0.011		
			No. 15 (斗 75)	1.17	0.3 0.9	〃 〃	11.2 106.7	0.010 0.097	0.043		
			No. 21 (斗 105)	0.38	0.1 0.3	〃 〃	84.1 64.0	0.076 0.058	0.069	0.038	0.028

附表 4.

No.	地點	流量(m ³ /s)	全體平均濃度	浮遊砂量	비 고					
						7	玄風 4	50.4	0.044	2.22
						8	5	68.6	0.260	17.84
						9	6	106.5	0.088	9.37
						10	7	96.9	0.135	13.08
1	津洞 1	1243.9	0.260	323.41		11	津洞 3	133.1	0.055	7.32
2	2	92.4	0.053	4.90		12	龜尾	99.2	0.027	268
3	玄風 1	151.5	0.046	6.97		13	玄風 8	140.7	0.046	6.47
4	2	203.0	0.036	7.31		14	津洞 4	64.3	0.023	1.48
5	3	72.8	0.059	4.30		15	5	86.3	0.022	1.90
6	新上 1	29.5	0.039	1.15		16	新上 2	21.1	0.085	1.79

θ_s : kg/sec

13	玄風 8	No. 4	5.37×10^{-2}	300	1.79×10^{-4}	5.96×10^{-4}			
		No. 8	3.7×10^{-3}	◇	1.23×10^{-5}	4.1×10^{-5}			
		No. 27	2.07×10^{-2}	◇	6.90×10^{-5}	2.3×10^{-4}	2.89×10^{-4}	1.23×10^{-4}	4.29×10^{-3}
14	津洞 4								
15	◇ 5	No. 4	7.52×10^{-2}	300	2.51×10^{-4}	8.36×10^{-4}			
		No. 10	3.83×10^{-3}	◇	1.28×10^{-5}	4.26×10^{-5}			
		No. 22	1.28×10^{-2}	◇	4.27×10^{-5}	1.42×10^{-4}	3.40×10^{-4}	2.70×10^{-4}	2.56×10^{-3}
16	新上 2	No. 6	4.39×10^{-2}	300	1.46×10^{-4}	4.88×10^{-4}			
		No. 10	5.48×10^{-2}	◇	1.83×10^{-4}	6.09×10^{-4}			
		No. 18	3.90×10^{-3}	◇	1.30×10^{-5}	4.33×10^{-5}			
		No. 20	3.25×10^{-2}	◇	1.08×10^{-4}	3.61×10^{-4}	3.75×10^{-4}	2.93×10^{-4}	6.56×10^{-3}
17	玄風 9	No. 2	5.27×10^{-2}	300	1.76×10^{-4}	5.86×10^{-4}			
		No. 6	8.28×10^{-2}	◇	2.76×10^{-4}	9.2×10^{-4}			
		No. 10	2.26×10^{-2}	◇	7.53×10^{-5}	2.51×10^{-4}			
		No. 16	2.17×10^{-2}	◇	7.23×10^{-5}	2.41×10^{-4}	4.99×10^{-4}	3.91×10^{-4}	2.30×10^{-3}
18	津洞 6	No. 6	3.71×10^{-4}	300	1.24×10^{-6}	4.12×10^{-6}			
		No. 12	5.0×10^{-4}	◇	1.67×10^{-6}	5.56×10^{-6}			
		No. 20	1.76×10^{-1}	◇	5.87×10^{-4}	1.96×10^{-3}	6.57×10^{-4}	4.82×10^{-4}	7.91×10^{-3}
19	新上 3	No. 5	2.86×10^{-2}	300	9.53×10^{-5}	3.18×10^{-4}			
		No. 10	7.46×10^{-2}	◇	2.49×10^{-4}	8.29×10^{-4}			
		No. 15	2.23×10^{-2}	◇	7.43×10^{-5}	2.48×10^{-4}			
		No. 23	2.51×10^{-2}	◇	837×10^{-5}	2.79×10^{-4}	4.18×10^{-4}	3.73×10^{-4}	5.25×10^{-3}
20	玄風 10	No. 1	1.45×10^{-2}	300	4.83×10^{-5}	1.61×10^{-4}			
		No. 5	9.9×10^{-3}	◇	3.3×10^{-5}	1.1×10^{-4}			
		No. 9	0.133	◇	4.45×10^{-4}	1.48×10^{-3}			
		No. 15	4.51×10^{-2}	◇	1.50×10^{-4}	5.01×10^{-4}	5.64×10^{-4}	5.55×10^{-4}	9.54×10^{-4}
21	津洞 7	No. 4	2.0×10^{-4}	300	6.67×10^{-7}	2.22×10^{-6}			
		No. 9	8.3×10^{-3}	◇	2.77×10^{-5}	9.22×10^{-5}			
		No. 15	3.51×10^{-2}	◇	1.17×10^{-4}	3.9×10^{-4}			
		No. 21	1.16×10^{-2}	◇	3.87×10^{-5}	1.29×10^{-4}	1.53×10^{-4}	1.42×10^{-4}	8.09×10^{-4}

附表 6. 各地點의 總掃流砂量

No.	地點	M 河幅	單位幅當平均掃流砂 kg/sec/m			掃流砂 kg/sec			비고
			算術平均	流量加重	水深加重	算術平均	流量加重	水深加重	
1	津洞 1	140	1.92×10^{-3}	8.77×10^{-4}	6.38×10^{-4}	0.2688	0.1228	0.0893	
2	◇ 2	127	2.41×10^{-4}	3.68×10^{-5}	0.0306	0.0047	0.0070	0.0070	
3	玄風	190	5.79×10^{-4}	7.88×10^{-4}	3.03×10^{-4}	0.1100	0.1497	0.0576	
4	◇ 2	205	1.13×10^{-2}	1.31×10^{-2}	7.32×10^{-3}	2.3165	2.6855	1.5006	
5	◇ 3	155	7.61×10^{-3}	8.49×10^{-3}	4.57×10^{-3}	1.1796	1.3150	0.7084	
6	新上 1	95	1.56×10^{-3}	6.36×10^{-4}	1.21×10^{-3}	0.1482	0.0604	0.1150	
7	玄風 4	155	8.49×10^{-3}	5.29×10^{-3}	1.95×10^{-3}	1.3160	0.8200	0.3023	
8	◇ 5	168	6.26×10^{-3}	3.40×10^{-3}	1.15×10^{-2}	1.0517	0.5712	1.9320	
9	◇ 6	190	8.82×10^{-3}	4.47×10^{-3}	3.43×10^{-3}	1.6758	0.8493	0.6517	

10	◇ 7	200	5.55×10^{-3}	2.26×10^{-3}	6.40×10^{-3}	1.1100	0.4520	102800
11	津洞 3	218	596×10^{-3}	1.38×10^{-3}	3.81×10^{-3}	1.2993	0.3008	0.8306
12	龜尾	280						
13	玄風 8	200	2.89×10^{-4}	1.23×10^{-4}	429×10^{-3}	8.0578	0.0246	0.858
14	津洞 4	140						
15	津洞 5	140	3.40×10^{-4}	2.70×10^{-4}	2.56×10^{-3}	0.0476	0.0378	0.3584
16	新上 2	130	3.75×10^{-4}	2.93×10^{-4}	6.56×10^{-3}	0.0488	0.0381	0.8528
17	玄風 9	105	4.99×10^{-4}	3.91×10^{-4}	2.30×10^{-3}	0.0524	0.0411	0.2415
18	津洞 6	126	6.57×10^{-4}	4.82×10^{-4}	7.91×10^{-3}	0.0828	0.0607	0.9967
19	新上 3	124	4.18×10^{-4}	3.73×10^{-4}	5.25×10^{-3}	0.0518	0.0463	0.6510
20	玄風 10	118	5.64×10^{-4}	5.55×10^{-4}	9.54×10^{-4}	0.0666	0.0655	0.1126
21	津洞 7	124	1.53×10^{-4}	1.42×10^{-4}	8.09×10^{-4}	0.0190	0.0176	0.1003

附表 7. Lane-Kalinske의 電算 P ogram

```

DMS FORTRAN IV 360N-FJ-479 3-0 MAINPGM DATE 05/13/82 TIME 15.34.49 PAGE 0001
0001 INTEGER 0.0
0002 400 READ(1,100) U,L,S,D,A,F,I,S,Z,10,F
0003 100 FORMAT(F5.2,F3.1,F4.2,F2.4,F3.4,F5.2,F8.3,F3,F5.2)
0004 PRINT(1,F1,F2,F3,F4,F5,F6,F7,F8,F9,F10)
0005 700 FORMAT(//,3X, U = ,F5.2,3X, L = ,F5.2,3X, S = ,F4.2,3X, D = ,
+ F5.2,3X, A = ,F4.2,3X, F = ,F4.2,3X, I = ,F4.2,3X, Z = ,F5.2,3X,
+ S = ,F5.2,3X, F = ,F4.2,3X)
0006 IF(U,LE,Z,7.7) GO TO 500
0007 500 CONTINUE
0008 M=(SQRT(C-D)/S-D+10.36)*.01/(1+10*D**3.0)-SQRT(136.0*S**2.0)
+ ((S*10.36*(C-D))**2.0)**.5
0009 CS=2.0/M
0010 Y=Z/2.0
0011 PRINT(2,3X, M,3X, Y)
0012 P=Z
0013 M=0.1
0014 PDP=1+(1-L)*D/V*(1.0+ALG(AA))*EXP(-15.0*M**AA)
0015 200 A=0.01
0016 CS=CS*(1+EXP(-M**2))**2.0
0017 CL=0.55*F*PS*1.61
0018 300 IF(CS.GE.0) M=L*Y*P,PS,CS,CC
+ M=L*(1+0.001)*M,L*Y*P,PS,CS,CC
+ CC = ,E15.7,3X, P = ,E15.7,3X, PS = ,E15.7,3X, CC = ,E15.7,3X,
+ * 3X = ,E15.7,7)
0019 PRINT(3,3X, M,3X, Y,3X, P,3X, PS,3X, CC)
0020 300 FORMAT(13X, *** VALUE OF CS = ,E15.7)
0021 STOP
0022 END
    
```

附表 8. I_1 및 I_2 電算 program

```

DMS FORTRAN IV 360N-FJ-479 3-0 MAINPGM DATE 05/14/82 TIME 18.14.24 PAGE 0001
0001 90 READ(1,100) (A,B,P)
0002 100 FORMAT(F5.2,F5.2,F4.2)
0003 AA=547H
0004 AB=AA
0005 A1A=0.0
0006 AB=0.0
0007 200 AA=AA + 0.001
0008 IF(AA.GT.1.0) GO TO 300
0009 A1A=A1A + 0.001 * ((1.0 - AA) / AA) ** P
0010 AB=AB + 0.001 * ((1.0 - AA) / AA) ** P * ALG(AA)
0011 300 GO TO 200
0012 300 WRITE(3,400) AB,P,A1A,AB
0013 400 FORMAT(5X, SMALL A = ,F5.2, P = ,F4.2, 11 = ,E15.7,
+ 12 = ,E15.7)
0014 500 GO TO 30
0015 1000 STOP
0016 END
    
```

8. 參考文獻

- 1) 吉川秀夫, 浮遊砂に關する二, 三の考察, 建設省土木研究所報告 83號, 昭 27. 3.
- 2) H.A. Einstein, The bed load function for sediment trans. open channel flow, U.S. Department of Agriculture. Tech. Eulletion No. 1026 sep. 1950
- 3) E.W.lane and A.A. Kalinske, The relation of suspended to bed material in river. Trans. Amer Gaoph Union, 1939. p. 637.
- 4) 水理公式集, 土木學會編(日本)昭 46 改政版 p. 162.
- 5) I)의 p. 26.

- 6) 金熙鍾外 2人, 韓國河川の 流砂量算定에 관한 研究(I)(洛東江을中心으로, 韓國水文學會誌, 第14卷, 第3號, 1981. 9., p. 67~80.
- 7) T.E. Steven, The silt problem, proc. of A.S.C.E. Oct. 1934.
- 8) Rouse. H: Moden Conception of fluid turbulence Trans. A.S.C.E. Vol. 102. 1
- 9) Rouse. H: Engineering hydraulics, John Willy & sons. p. 794. 1949
- 10) 吉川秀夫, 浮遊流砂量に關する二, 三の考察 p. 29.
- 11) 安藝皎一著, 河川工學解説, pp. 48~50.
- 12) 本間仁著, 續, 水理學, p. 189.