

掃流(河床) 土砂量 計算의 理論과 實際

Theory and Practice of Bed Load Discharge Determination

*徐 承 德
Su Seung Duk

目 次

- I. 序 言
- II. 掃流土砂量計算의 理論的 追究
 - a. 直接容積法
 - b. 公式應用法
 - c. 推 定 法
- III. 掃流土砂量計算의 實際的 追究
 - a. 予 說
 - b. 手動式 採取器에 依한 試料採取
 - c. 掃流土砂量 採取器
 - d. 河床物質의 試料採取
 - e. 河床物質 採取器
- IV. 結 論

Summary

Bed load discharge is the quantity of bed load, sediment that moves by saltation, rolling, or sliding on or near the streambed, passing any cross section of a stream in a unit time. The portion of the total load of a stream which cannot be sampled by a suspended sediment sampler is included in the bed load. To date no satisfactory means of sampling the rate of bed load transportation has been developed, although there are many types of samplers that have been used since about 1890, but all of these samplers are known to have a very low efficiency, which changes with varying conditions and hence give only a very approximate estimate of the rate of bed load transport.

On the other hand, formula have been developed by various workers in the field which, in some cases, are useful in estimating the rate of bed load movement.

These formula are mostly empirical, that is, mathematically derived from measured relationships. The writer introduce on this paper some empirical formula

method of bed load estimation and sampling method of bed load discharge and bed materials.

All the formula require, of necessity, a knowledge of the mean size of bed material and there are various means of obtaining samples of the bed material for analysis. As a general rule, bed load may be estimated where it is realized that it is a small portion of the total load. If there are indications that the rate of bed load transport is high, then some attempt should be made to measure or calculate it.

Estimates may be based on a correction to the measured suspended load, expressing the bed load as a percentage of the suspended load.

I. 序 言

流送土砂(Sediment load)는 一般의으로 두가지로 分類해서 첫째 浮遊土砂(Suspended Sediment load)와 둘째로 掃流土砂(一名 河床土砂, bed load)를 들수있다.

이 모두가 주로 河川內에서 洪水가 發生하였을 境遇에 일어나며 亂流의 水分子의 上昇作用에 依해서 相當時間동안 浮遊狀態로 持續하는 流送土砂를 浮遊土砂라고 말하는데 對하여 後者 掃流土砂는 河川의 바닥이나 河底附近에서 流水의 跳躍, 滑動, 및 迴轉運動으로 因하여 移動되는 河床物質로 命名하고있다. 한편 掃流工事は 浮遊土砂採取器로써 採取하지못한 餘어지의 河川土砂의 總量을 말한다.

河川의 流砂量調査는 前者로 浮遊流砂의 測定과 分所에 對해서만 論議하고 있는데 비록 浮遊土砂가 總流砂量의 大部分을 이루고 있기는 하지만 掃流土砂量도 總流砂量計算에 있어서 絶對로 必要한 部分이다. 그러나 現今까지 이 掃流土砂의 流送量計算을 위한 試料採取의 滿足스러운 手段이 發達되지 못하고 있으며 1890年以來로 많은 形態의 掃流土砂 試料採取器가 發達되어 使用되고 있지만 이들 모두가 河床의 條件이 달라짐에 따라서 二變化가 크므로 事實上的 效率이 낮으며 實際的으로는 掃流土砂의 概算值를 얻는데 불과하다.

*著者: 玄驥, 興業土木研究所

理想的인 掃流土砂의 採取器로서는 採取器를 河床에
올려서 河床이 이 採取器로 하여금 流水狀態가 變
되어서는 안되며 또한 어느 洗堀영향이 있어서도 안
된다. 그러므로 掃流土砂의 採取器는 여러條件하에서
決定을 해야하며 多角度로 效率를 維持시킬 수 있도록
流製作 되어야 한다는 것이다.

한편 채취기를 水中에서 水表面으로 引上할 때는 器
內에 들어있는 試料의 損失이 있어서는 안된다. 이
流土砂의 採取에 가장 留意할 點은 채취기를 河床에
安置하였을때 水流의 攪亂狀態가 誘發되어서는 안
된다.

여하간 이 掃流土砂의 試料採取나 計算에 대해서는
많은 사람들이 여러가지 方法으로 研究發展시켜 왔으
나 아직 그 結果의 良否나 判定에 대해서는 確實한 解
釋을 얻지 못하는 것이 유감된 일이다.

II. 掃流土砂量計算의 理論的 追究

掃流土砂量計算은 上述한 바와 같이 採取器를 河川에
投入하여 河床物質을 試料로 採取하여 이를 分析해서
알기도 하고 또는 直接 採取器로서 掃流土砂量을 測定하
기도 한다. 이와같이 採取器로서 얻은 資料를 綜合하
여 水理 및 水文學의 考察으로써 掃流土砂量의 計算方法
을 使用하기도 한다.

a. 直接容積法(Direct Volumetric Measurement)

이 直接容積法은 美國에서 처음 實施하기 始作한
方法으로서 河川바닥에 콘크리트水路를 만들어 놓고
그것에 덩개도 同時에 쉰운다. 이렇게 設置해 두면 可
床物質은 이 콘크리트水路를 통하여 水路아래에 設
치해 놓은 貯水탱크에 落下하게 되고 이 物質을 따로 測
정해서 河床物質 即 掃流土砂量을 計算할 수가 있게 된다.

그런데 이 方法은 너무 費用이 많이 들뿐만 아니라
가주작은 河川에서만 使用可能하다는 것이다.

이 方法은 濠洲의 Snowy Mountains Hydro-Electric
Authority 에서는 1958年以來 使用해 오고있는데 이곳
의 境遇를 보면, 이 地方의 觀測所에서 觀測한 觀測值
로서는 掃流土砂量은 平均浮遊土砂量의 5~6%에 不
過한 結果值가 算出되었다.

b. 公式應用法(Computation by formula)

掃流土砂量의 計算公式는 주로 實驗이나 觀測을 通
한 資料를 應用하여 이에 基礎를 두어 誘導시키는 것인데
應用範圍가 大端히 좁아진다.

이런 公式를 創案하고 또 實驗을 實施한 사람들은
H. A. Einstein, E. Meyer, Peter, A. A. Kahnska, Sch-
oklitsch, 그리고 DuBoys 氏 등이다. 이 掃流土砂量計算
公式는 誘導하는 基本資料는 美國의 河川에 適用한

것인데, 이 河川의 河床物質은 주로 粒徑이 1.72mm
以下로 構成된 것이었다. 그때서 이들公式를 應用하
여 주로 이러한 粒徑을 超過하는 流砂量計算을 하기가
크기 도움이 된다.

이 中 Schoklitsch 氏는 計算公式의 算定이 있어 河
床物質, 動水勾配, 流量 및 河床物質의 粒徑 등을 互
互 聯關시면서 이를 여러가지 實驗으로부터 數學的으
로 誘導하는데 成功하였다.

① Schoklitsch 氏의 應用公式

Schoklitsch 氏가 美國의 Money Creek 에서 流遊土砂
에 關하여 調查研究한 公式으로서 發表한 것을 보면

1. 河床物質이 砂土로서 均一한 樣相을 이루고
있을때

$$G = \frac{85.7}{\sqrt{d}} S^{1.5} B (q - q_0)$$

$$q_0 = \frac{0.00532d}{S^{0.5}}$$

2. 河床物質이 混合物이 되어 있을 境遇에는

$$G = aG_a + bG_b + cG_c + \dots + mG_m$$

式中 $G \dots$ 掃流土砂量 tons/day

$G_i \dots$ 粒子가 混合物인 境遇의 掃流土砂量

$G_i \dots$ 어느 特定粒徑의 掃流土砂量

$a \dots$ 混合物中 어느 特定粒徑의 重量比

$m \dots$ 混合物의 粒徑等級分割數

$d \dots$ 粒徑(吋)

$S \dots$ 動水勾配

$B \dots$ 河底幅(呎)

$q \dots$ 流量(c.f.s)

$q_0 \dots$ 粒徑 d 의 粒子運動이 始作한 때의 限界
流量

氏의 方法은 河底를 沿하여 流送하는 (浮遊物質除外)
河川內의 總固形物質(load of solids)을 計算하는데 使
用한다.

특히 氏의 方法은 均一한 河床物質의 粒子에 對하여
研究한 것이나 混合物 粒徑의 河床物質에 對하여도 使
用하고있는 形便이다.

한편 氏의 方法은 自然河川에 應用할 때 있어서는 河
川區間이 相當히 短縮하여야하고 水深은 比較的 均一
하여야 하며 또 河幅의 變化는 極小을 하여야 한다. 특
히의 것이다.

② DuBoys 氏의 應用公式

氏도 같은 Money Creek 에서 流遊土砂量을 計算
하였다. 氏가 河床의 沉澱物質에 對하여 實驗한 結果
를 公式로서는

$$G = (a_1 q_1 + a_2 q_2 + \dots + a_n q_n) r S_s$$

$$\tau = \gamma Y S$$

式中 q_1, \dots, q_n …… 特定粒徑의 粒子의 流送量

(容積/秒/呎(幅의))

C_s …… 流送土砂의 變數

τ …… 河床剪斷強度(Intensity of bed shear)

γ …… 물의 單位重量

Y …… 流水의 水深

S …… 動水勾配

τ_c …… $q_s = 0$ 일境遇의 τ 의 値

S_s …… 流砂粒子의 比重

a …… 流砂混合物質의 粒徑의 比率

n …… 混合物質의 粒徑等級分割數

G …… 混合掃流砂物質의 掃流砂總量

(封度/秒/呎(幅의))

이 DuBoys 公式는 掃流土砂量을 決定하는 공식으로서는 가장 일찍이 創案한 것이며 그후 많은 사람들이 氏의 뒤를이어서 類似한 公式에 對하여 많은 研究를 하였다.

이 DuBoys 公式를 使用할 境遇에는 流送土砂의 變數 C_s 와 τ_c 가 必要하게 된다. 이들 C_s 와 τ_c 의 値

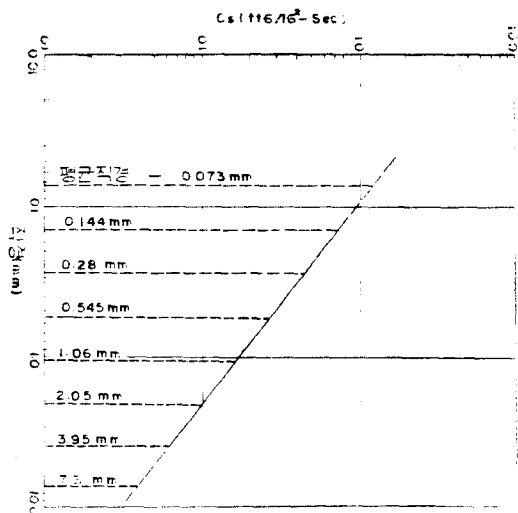


Fig. 1 流砂粒徑과 流砂變數와의 關係

는 다음 圖 1 과 圖 2 에서 算定할 수가 있다.

3 Einstein 氏의 應用公式

氏가 發表한 應用公式는 河床物質의 搬送를 計算하는 限界值인 것이 아니고 浮遊土砂量도 같이 計算할 수 있으며 掃流土砂의 計算은 한데 있어도 많은 段階를 거쳐야 할 수 있다. 本 Einstein 氏의 應用方法은 이리 土路, 農業土木研究所에서 技術覺書 36 號로써 發刊한 바가 있어 本稿에서는 省略하기로 하며, 流送土砂量計算

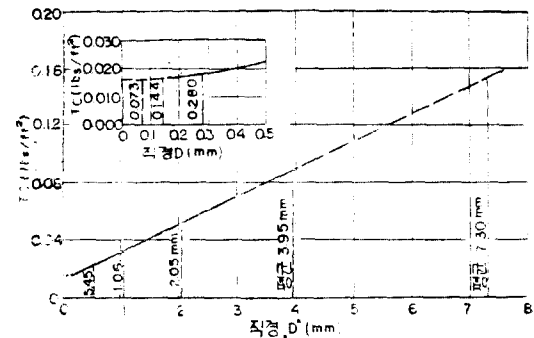


Fig. 2 流砂粒徑과 限界剪斷力과의 關係

에 氏의 方法이 많이 活用되고 있다는 事實을 想起시키면의 다만 上述한 바와는 두분의 方法과 함께 다음項에서 이들 方法을 比較한 結果만을 論하기로 한다.

4 公式應用計算에 依한 結果의 比較

以上 3 氏의 方法으로 計算한 Money Creek 의 流量對 流砂量의 結果는 다음 表 1, 2, 3, 4 및 圖 3 과 같다.

結果를 綜合해서 比較해보면 Schoklitsch 氏의 應用公式가 가장 理想的인 것으로 判定되었으며 現在 澳洲에서 應用公式를 利用할 때에는 이 Schoklitsch 氏의 方法을 가장 널리 使用하고 있다. 이산 3 氏가 發表한 結果를 보면 實驗 全期間에 생긴 誤差는 Schoklitsch 가 31% 인데 對하여 Einstein 公式의 結果는 225% 의 高率이고, DuBoys 公式는 776% 의 高率을 보였다는 것이다.

流砂量計算表 (Einstein 掃流土砂量計算公式 Money Creek)

表 1

流 量 (cfs)	流 砂 量 (Tons/day)	第 一 期		第 二 期		第 三 期		總 流 砂 量 (Tons)
		進 期 (日)	流 砂 量 (Tons)	進 期 (日)	流 砂 量 (Tons)	進 期 (日)	流 砂 量 (Tons)	
110	90	37	35,340	104	11,650	58	5,540	2,540
160	140	19	21,850	58	8,410	20	2,900	40,160
240	280	100	23,890	34	7,880	11	2,550	34,330
350	380	55	19,430	16	6,030	6	2,010	27,470

520	150	31	17,350	0	5,800	0	1,650	24,200
760	220	11	10,120	0	1,340	...	...	11,760
1100	450	0	1,050	0	1,450	...	...	5,000
計			29,245		12,774		4,658	46,477

流砂量計算表 (Schoklitsch 掃流土砂量計算公式)
(Money Creek)

表 2

(粒徑 0.05~9.4mm)

流 量 (c.f.s)	流 砂 量 Tons/day	第 一 期		第 二 期		第 三 期		總 流 砂 量 (Tons)
		週 (日)	流 砂 量 (Tons)	週 (日)	流 砂 量 (Tons)	週 (日)	流 砂 量 (Tons)	
110	33.6	376	12,522	124	4,163	59	1,981	18,766
165	59.3	199	11,894	58	3,467	20	1,195	16,556
245	98.0	103	10,090	34	3,331	11	1,078	14,499
355	152	58	3,797	18	2,730	5	910	12,437
520	232	31	7,192	10	2,320	3	696	10,208
760	349	11	2,342	2	598	...	...	4,540
11,100	515	3	1,544	1	515	...	...	2,059
計			55,981		17,224		5,890	79,065

流砂量計算表 (DuBoys 掃流土砂量計算公式)
(Money Creek)

表 3

(粒徑 0.05~9.4 mm)

流 量 (c.f.s)	流 砂 量 Tons/day	第 一 期		第 二 期		第 三 期		總 流 砂 量 (Tons)
		週 (日)	流 砂 量 (Tons)	週 (日)	流 砂 量 (Tons)	週 (日)	流 砂 量 (Tons)	
110	282	376	105,355	124	34,910	59	16,610	157,375
165	408	199	31,180	58	23,661	20	3,159	113,000
245	657	103	67,647	34	22,330	11	7,224	97,201
355	921	58	53,402	18	16,573	5	5,524	75,499
520	1,295	31	40,130	10	12,945	3	3,884	56,959
760	1,679	11	8,465	2	3,357	...	...	21,822
1100	2,022	3	5,066	1	2,022	...	...	3,088
計			372,745		115,798		41,401	529,944

Lake Bloomington 에 堆積된 掃流土砂量

表 4

(Money Creek 內에서 계산한 掃流砂의 移動과의 比較值)

測定한 流砂量	Tons			
	第 一 期	第 二 期	第 三 期	總 量
Money Creek 의 Lake Bloomington 流入部에 堆積된 量	48,176	10,725	1,626	60,527
계산한 流砂量 (下端은 誤差率 %)				
Einstein	139,045 189	42,774 299	4,658 302	196,477 225
Schoklitsch	25,981 16	17,224 51	5,390 262	79,065 31
DuBoys	372,745 74	115,798 980	41,401 2,446	529,944 776

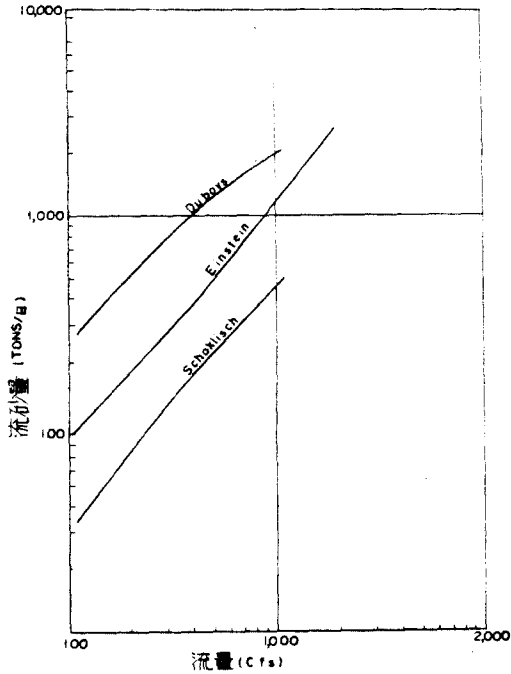


Fig. 3 流砂量과 流量과의 關係

c. 推定法(Estimation)

一般的으로 掃流土砂量의 計算은 掃流流砂가 總流砂量의 一部分에 不過하다고 認定할만큼 그 量이 過多하지 않은 곳에서는 推定法을 利用하여 그 量을 計算하기도 한다. 그러나 萬一 掃流砂의 流送率이 높다는 것을 確認하게 되면 掃流土砂量의 計算에 對해서는 實測法을 利用할 수 있도록 計劃을 세워야 한다.

推定計算은 該當河川에 對하여 이미 實測計算한 浮遊土砂에 關聯을 시켜서 浮遊土砂에 對한 比로서 推定量을 定한다. 때로는 正確한 推定量을 定하기 爲하여 小量의 總流砂量을 計算해서 이를 基準하기도 하지만 推定法을 使用하여도 誤差의 범위는 크게 좁힐 수 있다.

한편 掃流砂에 對해서 研究한 事項을 들쳐보면 첫째로, 河川내에 流送하는 掃流砂에 影響을 주는

3 大要素는

- ① 河床物質의 크기 또는 그 粒子가 落下하는 速度
- ② 河川의 傾斜 또는 流水의 平均 流速
- ③ 河川의 性質 即 河床과 堤防의 粗度, 形狀, 크기, 및 水深등이다.

둘째로, 다음의 一般的인 標準은 이상 說明한 影響을 評價하는데 有用한 것이다.

- ① 浮遊土砂의 濃度가 적으면 적을수록 一般的으로 浮遊土砂에 對한 掃流土砂의 比는 더 커진다.

② 掃流土砂의 物質과 浮遊土砂物質의 粒徑의 差가 적으면 적을 수록 浮遊土砂에 對한 掃流土砂의 比는 커진다.

③ 浮遊土砂에 對한 掃流土砂의 比는 水位가 높을 때 보다 수위가 낮거나 中層인때가 높게 된다. 故로 河川流水가 넓은 幅으로 攪亂하지 않는다면 掃流土砂의 比는 높게 된다는 것이다.

이 標準은 洪水位 狀態에서 돌이 구르는 狀態의 險峻한 山嶺의 河川에서는 應用이 不可能하다.

이러한 경우에는 掃流流砂率은 流量이 增加함에 따라서 增加하게 된것이라는 것이다.

④ 河川의 水深이 얇고 河幅이 넓은 境遇가, 깊고 좁은 河川水流에서 보다 掃流流砂의 量은 크다.

⑤ 河川水流狀態의 亂度(turbulence)가 클 수록 掃流流砂의 量은 적게 된다. 掃流流砂量을 計算하는데 있어서 는 많은 要素가 必要하여 어느 簡單한 計算方法으로 나 또는 어느 境遇에 對해서나 掃流流砂量에 對하여 確答을 出만한 公式의 誘導은 아직껏 釋然치가 않다.

다음 掃流流砂量의 推定計算表는 Thomas Maddock Jr. 氏가 提案한 方法으로서 掃流土砂量의 推定에 比較的 合理的인 計算法인데 現在 濠洲의 Snowy Mountains Hydro-Electric Authority에서 主로 사용하고 있다.

濠洲의 S.M.H.E.A의 河川內에서 調査한바에 依한 河床物質의 移動이 있었다는 事實은 確實하나 掃流土砂量이 浮遊土砂量에 對해서 얼마만한 比率을 차지 하고있는지는 確證되지 아니하였다. 그런데 後述할 推定表에 적용시켜본 결과 이 Snowy Mountains 區域의 河川은 대략 다음과 같이 分類되었다.

濃度——1,000 Ppm 以下

河床은 잘 다져진 進흙質, 자갈, 조약돌 및 호박돌 등으로 되어있고, 浮遊土砂物質의 組織은 小量의 砂質로 되었고 掃流土砂가 浮遊土砂에 對하여 갖는 含率은 5~12%로서 判定되어 이 Snowy Mountains 區域의 掃流土砂의 含率은 總流砂量의 10%로 定하였다.

表 5 掃流土砂量 推定値

浮遊物質의 濃度(p.p.m)	河床構成 物質의모양	浮遊物質의 組織	測定한 浮遊物質에 對한 掃流土砂量의比(%)
1,000p.p.m 以下	모래	河床과 類似	25~100%
1,000p.p.m 以下	잘다져진 進흙質, 자갈, 조약돌 및 호박돌로 된것	小量의 모래	5~12%

1,000~7,500 p.p.m.	크래	河床과 類似	10~30%
1,000~7,500 p.p.m.	잘 다져진 粘 土質, 자갈, 조약돌 및 호 박들로 된 것	25%의 모래 또는 그 以下	5~12%
7,500~p.p.m. 以上	모래	河床과 類似	5~15%
7,500p.p.m. 以上	잘 다져진 粘 土質, 자갈, 조약돌 및 호 박들로 된 것	25%의 모래 또는 그 以下	2~8%
任意 濃度	잘 굳지 않는 진흙 또는 泥 土質	泥土 및 진흙	2%以下

Ⅲ. 掃流土砂量計算의 實際的 追究

a. 序 說

前項에서 說明한 經驗公式에 依한 掃流土砂量의 計算도 立地條件에 따라서 河床物質의 粒徑을 推定하는 境遇도 있을 수 있으나 大部分의 境遇 正確한 粒徑을 알기 위해서는 河床物質을 直接 採取하여 그의 平均粒徑을 計算하여야 한다. 河床物質의 試料을 求하는 手段으로서의 河床物質採取器(Bed material sampler)로써 試料을 採取하여야 하며 이는 掃流土砂量採取器(Bed load discharge sampler)와는 區別한다. 河床物質採取器는 試料을 採取하여 이를 粒徑分析하여 經驗公式이나 其他에 應用하여 掃流土砂量을 計算하는 하나의 過程이며, 掃流土砂量採取器는 이 채취기로써 採取한 量이 바로 求하고자 하는 掃流土砂量의 量이 되는 것이다. 掃流土砂量의 決定은 大體의 方法으로 다음과 같은 方法으로 實行한다.

- ① 大部分의 掃流土砂量의 測定은 直接的인 方法으로써 slot(穴筒)나 trap(덫)을 가지고 실시하며 河川底面을 橫方向으로 展開設置시켜 놓고 河川으로 流入해오는 掃流土砂를 採取한다. 이와같은 方法으로 單位時間에 採集된 掃流土砂의 量이 그 河川의 掃流土砂量이 되는 것이다.
- ② 몇개의 試料을 採取하여 決定할 수가 있는데 이 試料은 河川底面의 좁은 幅으로부터 手動式採取器로 채취한다.
- ③ 掃流土砂量은 河床物質의 試料과 流水의 水理學的인 變數로써 계산한다.
- ④ 總流土砂量으로부터 浮遊流土砂量을 減하여 計算하는 手段等을 들 수 있다.

本 章에서는 河床物質의 採取의 掃流土採取 및 그에 쓰이는 器具들을 들어 說明하겠다.

b. 手動式採取器에 依한 試料採取

大部分의 沖積土로 되어 있는 自然河川의 河底에서

大端히 不規則的이어서 이러한 河川의 河底에서 일어나는 掃流土砂量은 時間과 河川의 橫斷距離에 따라서 迅速하고 不規則하게 變하고 있다.

故로 短期間의 測定으로는 한 試料採取地點에서 代表的 資料로 使用하기는 不充分하다. 二因으로 長期間을 두고 많은 試料을 採取해야 하며 한편 많은 流砂量을 다루어야 한다. 그러나 長期間 동안의 流水狀態는 相當히 變化하게 된다.

大部分의 掃流土砂量의 採取器는 流水에 대해서 큰 抵抗을 받는다. 그래서 急流로 흐르는 河川에서는 精密한 浮引裝置가 必要하다.

한편 採取器를 河床으로 낮추어 내리게 될 때 廣範圍한 流速部分을 通過하여 比較的 流速이 낮은 河床近處로 들어간다.

流速이 낮은 데에서는 下流部의 흐름이 약해져서 採取器는 上流部로 밀려 올라가려는 傾向이 發生하여 채취기가 河底로 潛水現象을 이르게 流動하지 않고있는 掃流土砂를 퍼올리려는 경향이 생긴다. 그런데 河川流速이 亂流狀態이거나 攪亂狀態이면 採取器를 振動시켜서 掃流土砂를 本意아니게 河底로부터 擄게 되는 것이다.

掃流土砂量採取器로써 土砂를 採取함에 있어서 包含되는 결함을 補充하기 위하여 하나의 效率계수를 결정함이 必要하다.

이 掃流土砂量採取器의 採取效率는 주어진 採取時間 동안에 採集되는 掃流土砂의 무게가, 같은 시간에 그 場所에 採取器를 놓지 않고서 採取器의 幅을 通過하게 될 掃流土砂에 대하여 갖는 比率을 말한다.

그러나 水理現象 및 採取效率用으로 採取器를 檢定하기 위해서 美國에서는 實驗室을 通하여 몇개의 架橋實驗이 實施 되었지만 實驗室內的 架橋을 橫斷해서 일어나는 流送土砂의 均一한 分布問題와 架橋의 길이와 幅에 依하여 河床物質의 均一한 移動率을 維持하기가 困難하기 때문에 掃流土砂量採取器를 檢定한다는 것은 쉬운問題가 아니다.

c. 掃流土砂量 採取器(Bed load discharge Sampler)

① 概 說

掃流土砂量은 河川底面을 橫斷해서 한점 또는 그 以上的 地點에서 採取裝置로써 單位時間에 採取한 河床物質의 量으로부터 決定한다.

一般의 掃流土砂量의 採取器는 그의 設計나 作用原理에 따라서 다음과 같이 4가지로 區分한다.

- ① 箱型採取器(basket or box type sampler)
- ② 皿狀採取器(Pan type sampler)
- ③ 壓力差型採取器(Pressure-difference type sampler)
- ④ 穴狀採取器(slot type sampler.)

過去에는 basket type 가 널리 사용되었으나 現在에는 壓力差型採取器를 더 改造시켜서 掃流土砂量을 計算하는데 널리 쓰고있다.

本章에서는 土聯農業土木研究所에서 製作使用하고있는 壓力差型採取器 Arnhem type Sampler와 그외 몇가지를 紹介하고자 한다.

② Arnhem or Dutch Sampler

和蘭政府의 水理構造局(Hydraulic structures Bureau)에서 效率 100%를 要請하는 壓力差型採取器로 考案한것이다. 이를 Arnhem type 또는 Dutch sampler라고 稱하는데 構造로는 入口를 뿔뿔한 고무質재료로 만들어 0.2~0.3mm의 間격으로 되어있는 鐵線篩囊(weir mesh bag)과 接觸을 시켜놓았다. 그리고 고무質 接觸部分의 앞 단면이 壓力差를 發生시켜 入口流速은 攪亂되지 않은 水流의 壓力과 거의 같게된다. 그리고 試料採取器周圍의 裝置는 試料採取器의 上流端이 河床에 닿기前에 採取器下端에 있는 키의 曲線型表面이 河底와 接觸할 수 있게 浮力の 均衡을 이루도록 하였다. 採取地點에서 이 기계의 入口를 눌러서 河底에 단단하게 接着시켜 固定시키기 위한 裝置가 必要하다. 移動해오는 河床物質이 採取器의 入口에 들어와서 粒徑이 체의 間격보다 큰 물질은 체안에 남게된다. 그런데 이 採取器는 입경이 대략 0.15~5mm 범위의 掃流砂를 採取하는데 알맞다. 그리고 이 채취기의 短點으로는 이 체의 細孔이 막히게되어 작용에 지장을 가져오기가 쉽다는 것이다. 그리고 이 채취기으로써 掃流土砂量을 채취 할때에는 반드시 시간을 기록하여 전체량을 계산하는데 착오가 없도록 해야 한다. (圖 4)

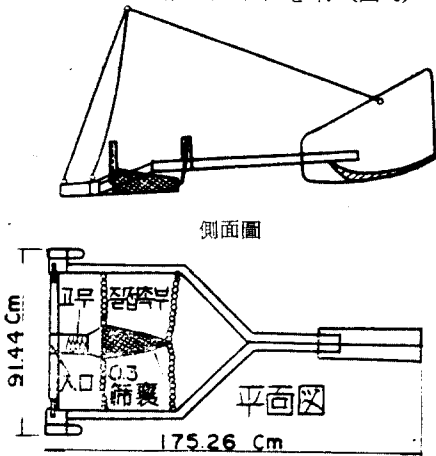


Fig. 4 arnhem 또는 dutch 型 掃流砂量 採取器

③ Sphinx bed load sampler.

1940年 以來로 掃流土砂量 直接採取器가 數個發明

되었고 其中 가장 重要한것이 壓力差型採取器를 改良한것이다.

이 Sphinx sampler는 하나의 壓力差型採取器로써 微砂粒質의 掃流土砂量 測定用으로 和蘭 Delft의 水理試驗室에서 考案하여 내놓은 것이다. 이것은 採取器의 長方形入口部를 河床에 대놓게되어 있고 물이 어느流速으로 이 採取器의 入口部에 들어와서 河川流速과 같게되도록 채취기의 出口끝에서 壓力의 減少가 되도록 만들었다.

물은 流速이 갑자기 減少하는 試料採取室(Sampling chamber) 頂部の 나선형 管을 通하여 들어간다. 그때 문에 流砂는 停滯하게되며 한편 流動土砂의 微細한 分子는 流水와 함께 採取器를 통과하게된다. 이 損失量은 檢定結果로 決定한다. 그리고 入口部分(mouth piece)은 調整스프링으로 河床에 눌러서 90 마이크로 또는 그보다 거칠은 모래를 採集하는데 가능하다. Novak가 試驗한 結果로는 이 採取器는 效率이 100%에 이르는 結果를 얻었다. (圖 5)

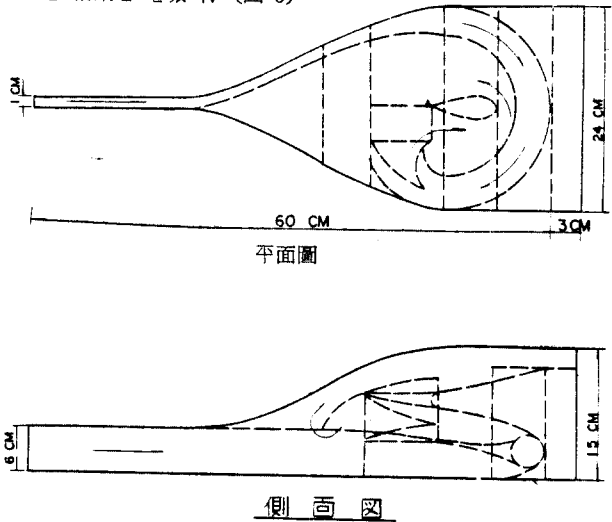


Fig. 5 Sphinx 掃流砂量 採取器

④ Polyakov bed load sampler

이 採取器는 소련에서 設計製作한 採取器로써 皿狀 採取器의 一種이다. 이 採取器는 河床에 設置해 놓으면 河床物質이 皿盤의 上部를 따라 移動하여 transverse slot에서 採集케 된다. 왜냐하면 Pan type 採取器는 水流에 對하여 逆流作用을 利用하였기 때문이다. (圖 6)

隔障(Transverse Partitions)



斷面圖

Fig. 6 polyakov sampler

以上的 裝置가 複雜인 器具이며 이 外에도
 소련製品인 Sampler of the Scientific Research
 Institute of Hydrotechnics, U.S. Army Engineer
 District Sampler, Karolyi Sampler, 및 VUV
 Hungarian Sampler 등을 들수 있으나 本稿에서는
 省略한다.

d. 河床物質의 試料採取

河床物質試料採取器는 河床에서 일어나는 流砂의 試
 料를 採取하는데 使用한다. 이것은 掃流土砂量을 決定
 하기 위하여 使用되는 掃流量採取器와는 嚴格히 區別
 한다. 掃流土砂量을 測定하는 方法은 一般의 掃流
 土砂量測定을 직접 사용치 않고있는 實情이다.

오히려 河床物質의 粒度分布를 決定하기 위해서 河
 床物質의 試料를 採取하고 그렇게해서 掃流土砂量은 解
 析方法에 依해서 計算할 수가 있다. 萬一 掃流砂의 粒
 徑이 종횡으로 變한다면 多數의 시료를 채취해서 分析
 하여 掃流砂의 平均粒徑分布를 決定토록 해야한다.

e. 河床物質採取器(Bed material sampler)

過去에 使用한 河床物質採取器로서는 三群으로 區別
 해서 drag-bucket or scoop type, vertical or cylinder
 type, 그리고 Clamshell type 의 그것이다. 이中 Vertical
 pipe type 에는 pipe 型, cylinder 型 및 cone-shaped
 container 등을 包含한다.

그런데 最近에는 美國 農林省 農業試驗場에서 Verti-
 cal pipe sampler 를 考案하여 많이 使用하고있다.
 drag-bucket or scoop type sampler 로써 簡單한 構造인
 Rock Island Sampler 는 bucket 의 內側에 中心棒을 달
 고 이 中心棒으로 위로 당길 수 있게 만들었으며 河床
 에 놓고 微細한 河床物質을 採取할 수 있게 하였다.

한편 얕은 河川에서는 Scoop-type sampler 에다 긴
 rod 를 달아서 河床을 따라서 試料를 끌어올릴 수 있게
 만들었는데 이는 bucket type sampler 보다 使用方法이
 簡單하다.

- 이 外에도 Pipe sampler,
- Clamshell sampler,
- U.S. Agricultural Research Service Ver-
 tical Pipe Bed material sampler,
- Surface Bed-material Sampler,
- Piston-Type Bed material Hand Sampler
 (U.S. BMH. 53)
- U.S. BM-54, 및 Hand-line Bed-material
 Sampler (U.S. B.M.H. 60)

등을 들수 있으나 紙面關係로 일일이 列舉할 수 없어
 몇개의 스킷치만을 紹介하고 仔細한 것은 다음 文獻을
 참고하기 바란다. (圖 7. 8. 9. 10 참조)

채명 Report No. 14

"Determination of Fluvial Sediment Discharge"

Prepared for publication by the project staff of
 cooperating Agencies at St. Anthony Falls Hydraulic
 Laboratory

Minneapolis, Minnesota

December 1963

購入可能處 : U.S. Government printing office
 Washington D.C., 20402—Price 70 cents(1963,price)

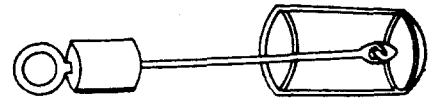


Fig. 7—simplified rock island
 drag bucket sampler

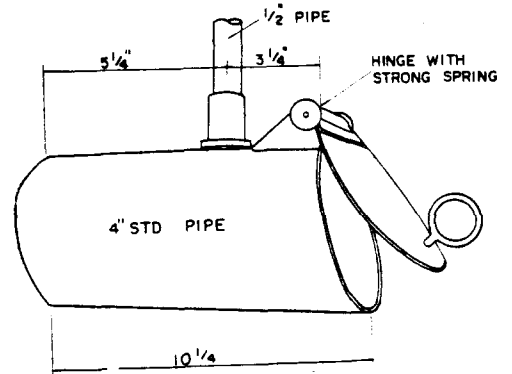


Fig. 8 scoop type bed material sampler

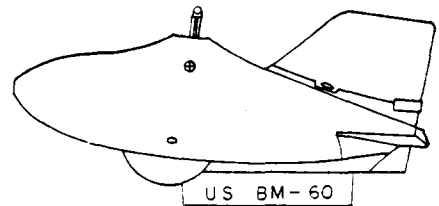
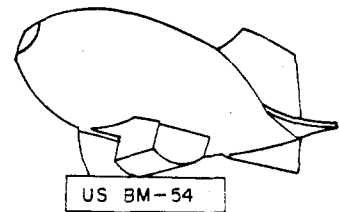


Fig. 10—US BM-54, 60 Bed material sampler

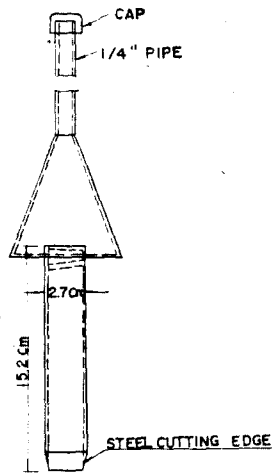


Fig. 9 pipe sampler

한편 掃流土砂量의 採取頻度는 浮遊土砂試料採取에 基準을 設치하나 立地條件에 따라 알맞는 標準을 設定해야한다.

IV. 結 論

本論에서 細目別로 詳論한바와 같이 掃流土砂量의 決

定은 아직도 國家別로 釋然한 決定을 내리지 못하고 있는 實情이다. 河床의 構成地質이 變換하여 掃流砂의 量이 많지 않을것으로 推定하는 곳에서는 浮遊土砂에 對한 推定率로써 掃流土砂量을 計算하기도하고, 일일히 掃流砂의 採取덫(Trap)이나 장치를 설치해 놓고 실험을 통해서 該量을 求하기도하고, 掃流砂量採取器로써 直接 採取하여 單位時間別로 그 量을 定하여 全體의 掃流砂量으로 決定하는 方法을 使用하기도하며, 河床物質採取器로써 試料를 採取하여 實驗실분석을 거쳐 粒徑을 觀察하여 應用公式를 적용하여 計算하는등 여러가지 方法이 있지만 어느것이 確實하고 理想的이라고 斷定할 수 없으며 이를 다루는 技術者들이 立地條件에 따라서 여러가지로 比較檢討하여 그 量을 決定할 必要가 있다고 본다. 그러나 河川의 堆積量은 그 比重浮遊土砂의 比重에 크게 左右된다고 보나 크게 念慮할바는 못된다. 土聯農業土木研究所에서는 流砂量計算을 主로 아인슈타인方法과 掃流砂量은 Arnhem type sampler를 利用하고 있으나 아직 시원한 結果는 算出하지 못하고있어 보다 實情에 맞고 多種의 試料採取器의 準備가 더욱 아쉬움을 느낀다.

References

- ① Sediment Transport in Money Creek, J.B. Stall, N.L. Rupani, & P.K. Kandaswamy, A.S.C.E. Journal of the Hydraulics Div. Paper, 1531 Feb. 1958
- ② Sediment Sampling in the Snowy Mts. Area, Australia. S.K. Stephens, Snowy Mts. Hydro-electric Authority, April 1961.
- ③ Determination of Fluvial Sediment Discharge, Report No.14 St. Anthony Falls Hydraulic Lab. Minneapolis, Minnesota, U.S.A.
- ④ The Silting of Lake Calhoun, J.B. Stall, A.A. Klingebiel, S.W. Mefsted, & E.L. Sauer Report of Investigation No. 15. State of Illinois, 1952
- ⑤ Sediment Design Criteria for the Missouri Basin Loess Hills U.S. Dept. of Agriculture, Soil Conservation Service, 1950
- ⑥ Distribution of Sediment in Large Reservoirs, W.M. Borland, C.R. Miller Bureau of Reclamation, Denver, Colorado,
- ⑦ Rates of Sediment Production Midwestern U.S. S.C.S TP-65- U.S.D.A. S.C.S. Dec. 1948
- ⑧ 流量測定法 安藝敏-日本森北出版社 p 197~201
- ⑨ 流砂試料의 採取와 流砂量計算方法 池光夏 農業土木學會誌 9卷 1號 1967, 6