

# 流砂量算定에 관한 연구

(密陽江을 中心으로)

## A Study on Sediment Load in the Milyang River

安世永\* · 閔丙亨\*\*

Se Young Ahn, Byung Hyung Min

### Summary

This study is carried out to estimate the rate of sediment transportation both to measure the amount of suspended and bedload sediment that moves on or near the river bed and passes through the cross section of a river in unit time, with suspended and bed load samplers used for the Milyang river and to determine the most satisfactory and convenient formula of some formulas for sediment discharge by comparing the measured rate with the calculated rate.

The results of this study are summarized as follows;

1) The interrelationship (1) between the total discharge and the total sediment discharge (2) between discharge and suspended sediment load and (3) between discharge and bed load in the Milyang river are

(1) i)  $4 \leq Q \leq 100$  C.M.S.

$$Q_T = 0.00272 Q^{0.70} \text{ (kg/sec)}$$

ii)  $150 \leq Q \leq 800$  C.M.S.

$$Q_T = 0.4807 Q^{0.46} \text{ (kg/sec)}$$

(2)  $Q_S = 0.07576 Q^{1.02} \text{ (kg/sec)}$

(3)  $Q_B = 0.00957 Q^{0.44} \text{ (kg/sec)}$

2) The rate of suspended sediment load to total sediment discharge is found to be about 99%. The suspended load is shown to be almost wash load which consists of silt and clay.

3) The relation between the total discharge and the suspended sediment load that are measured at three medium and small rivers in Korea is  $Q_S = 0.13831 Q^{0.97} \text{ (kg/sec)}$

4) Brown's formula is determined to be the most convenient formula for application and comparison with observed data obtained for the Milyang river.

## I. 緒 論

流砂問題는 貯水池의 設計, 洪水處理를 爲한 河川의 改修, 灌排水路의 設計等과 密接한 關係를 갖

고 있으나 過去 水理構造物에 對한 工事を 實施함에 있어 河川에 流入하는 土砂의 影響등은 別로 고려치 않고 工事해 왔기 때문에 水理構造物의 運用과 維持管理에 많은 問題點이 發生하고 있다. 이러한 流砂에 있어서 基本的인 問題는 어떤 河川에서

\*密陽農蠶專門大學

\*\*東亞大學校 工科學

주어진 流量에 對하여 얼마만한 量의 河床土砂가 流送되는가가 問題이다. 이 問題를 풀기 爲하여 1879年 Du Boys를 비롯해서 수 많은 學者들이 實驗式이나 經驗式을 發表하여 그 中 몇개의 式을 適當하다고 보아 使用하고 있으나 어떠한 式을 選擇 利用하기 爲해서는 各式에 適用할 適合한 諸資料의 範圍가 嚴密히 決定되어야 하고 또 河川의 實測流砂量과 各式에서 計算한 流砂量과를 比較하여 數式的 妥當性を 檢討해야 한다.

近間 우리 나라 河川의 流砂量에 關하여 여러 學者가 研究한 바 있으나 우리 나라 各河川特性에 맞는 流砂量의 算定方法을 樹立하기 爲하여는 우리나라 流砂機構의 特殊性을 反映한 公式이 必要하며 이를 爲하여는 繼續的인 精密實測을 實施하고 資料를 蒐集해야 한다는<sup>9)24)</sup> 結論을 내리고 있는 實情이다. 따라서 本 研究은 密陽江을 中心으로 流下하는 流砂量을 實測하여 同河川의 流砂量 曲線을 만들으

本河川에 適用할 수 있는 流砂量 計算公式을 誘導하며 實測流砂量과 各式들에 依해 計算된 流砂量과를 比較하여 名 式의 妥當性を 檢討해 보고자 本 研究을 試圖하였다.

## II. 材料 및 方法

1. 測定場所: 慶尙南道 密陽郡 上南面 密陽江 下流로 그 位置는 Fig.1과 같고 測定地點의 橫斷圖는 Fig.2와 같다.

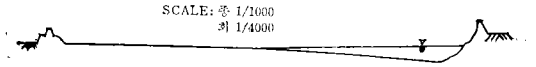


Fig. 2. 測定地點橫斷圖

2. 測定期間: 1978. 6. 1~1979. 9. 30

3. 器具 및 測定方法

가) 器具

1) 流砂測定 器具

가) 掃流砂 採取器(日本, 東京, 三光精密社製)

나) 浮遊流砂 採取器(〃)

다) 流速計(日本製, Price式)

라) 即時天坪(獨, Sartorius製)

2) 試料分析 器具

가) 土壤 比重測定機器

나) 粒度分析機器

나) 試料採取 및 計算方法

1) 掃流砂는 Fig.3의 掃流砂 採取器를 使用하여 各 水位別로 河川의 1/4, 1/2, 3/4 3되는 個點을 擇하여 河床에 平行으로 安着시켜 一定時間동안 採取한 後 單位時間當 單位幅當에 流入된 量을 計算

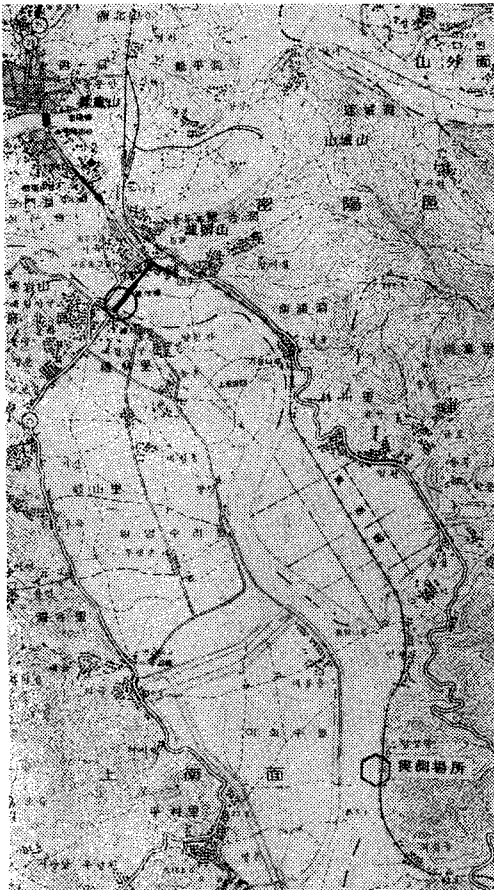


Fig. 1. 實測場所

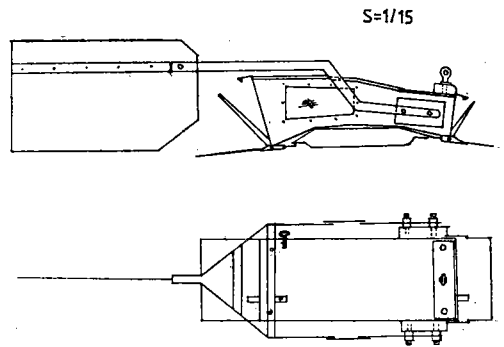


Fig. 3. 掃流砂採取器

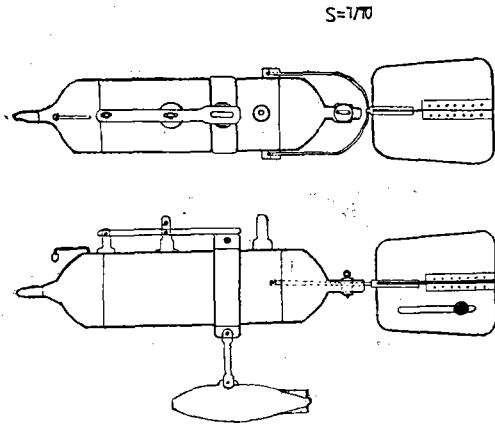


Fig. 4. 浮遊流砂採取器

하여 全掃流砂量을 決定하였다.

2) 浮遊流砂는 Fig.4의 浮遊流砂採取器를 使用하여 高水位時마다 各 水位別로 河川의 1/4, 1/2 3/4 되는 3個點을 擇하여 全水深累積式(Depth-intergrating)으로 垂直斷面에 對한 平均流砂量을 採取하였으며 採取試料는 實驗室에서 여과지로 걸러 乾燥시킨 다음 即時天秤(Direct Balance)으로 重量을 測定하여 各 採取點의 浮遊濃度로 부터 單位幅當의 流砂量을 計算하여 全浮遊流砂量을 求하였다.

本 測定地點은 河川의 幅이 約 600m이고 水面傾斜가 1/10,000~1/15,000 程度였으며 流心은 左岸에 偏倚하고 右岸은 砂洲이었다. 河川의 左岸으로 부터 20m와 右岸으로 부터 270m의 兩區間은 開田

Table-1. 流砂量 測定地點의 水位對流量表

水 位	水 深	河 幅	流 斷 面 積	流 量	潤 邊	動水半徑	平均流速
m	m	m	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /sec	m	m	m/sec
0.35	0.8	54	30.4	4.56	80	0.38	0.15
0.60	1.4	99	69.3	13.86	102	0.68	0.20
1.20	2.3	170	161.1	43.50	129	1.25	0.27
2.30	3.4	276	331.2	112.61	201	1.65	0.34
3.80	4.4	376	547.2	213.43	251	2.18	0.39
5.0	5.2	567	783.7	321.30	311	2.52	0.41
7.3	6.8	582	1044.1	616.00	329	3.17	0.59

但, 水位는 예림교 水位表 地點 (Fig. 1 참조)의 水位임.

하여 作物을 栽培하고 있었다.

測定期間中 測定地點의 水深變化幅의 大略 0.8m ~6.8m까지 이었으므로 各 水深別로 流量과 平均流速을 測定하여 Table-1을 算出하였다.

### Ⅲ. 結果 및 考察

#### 1. 試料分析 結果

試料는 測定地點을 橫斷하여 河床의 몇곳에서 採取하였으며 採取한 試料를 고르게 섞어 比重 및 粒

Table-2. 比 重 試 驗

試 料	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
Wb: (試料+물+병)의 무게 (gr)	149.60	153.04	144.96	144.71
Wa: (試料+물)의 무게 (gr)	143.59	146.83	138.99	138.66
Ws: 試料의 무게 (gr)	10	10	10	10
溫 度(°C)	21	21	21	21
該當溫度에서의 물의 比重	0.9978	0.9978	0.9978	0.9978
該當溫度에서의 補正係數	0.9989	0.9989	0.9989	0.9989
Gs: 試料의 比重	2.5063	2.6385	2.4814	2.5316
Gs의 平均值	Gs=2.5395			



2. 流砂量

가. 浮遊流砂量

測定期間中 高水流量일때 採取한 浮遊流砂量 實測値는 다음 Table-4와 같다.

Table-4의 實測値로 부터 採取地點의 水深—浮

遊流砂量과의 關係圖를 作成한 바 Fig.6과 같다. 그러나 橫斷水深別로 浮遊流砂量이 어떤 相關關係를 보이지는 않고 있다.

이는 測定地點의 浮遊物質 大部分이 silt나 粘土 등의 細粒인 wash load로 河床 構成材料와 關係없이 運送되며 wash load는 全斷面에 擴散되어 흐르

Table-4. 浮遊流砂量 實測値

測定年月日	河幅 m	河岸에 對한 距離 m	採水 水深 m	採取量 cc	浮遊土砂 乾燥重量 gr	浮遊濃度 gr/l	採水點의 流速 m/sec	採水點의 流砂量 kg/m <sup>2</sup> sec	測線上의 單位幅當量 流砂量 kg/msec	浮遊 流砂量 kg/sec	全流量 m <sup>3</sup> /sec	水面句配
1978. 6. 18	587	130	7.0	970	0.475	0.490	0.63	0.309	32.32	50.78	616.00	1/15,000
		270	3.5	990	0.286	0.289	0.54	0.156	10.40			
		430	3.0	950	0.218	0.229	0.15	0.034	8.06			
6. 20	567	50	5.2	960	0.221	0.230	0.34	0.078	6.26	20.62	321.30	1/15,000
		110	4.9	950	0.196	0.206	0.32	0.066	10.24			
		360	1.2	960	0.085	0.089	0.14	0.012	4.12			
6. 21	560	100	4.8	960	0.316	0.329	0.31	0.102	12.76	33.89	350.06	1/18,000
		150	4.3	960	0.220	0.229	0.26	0.060	4.47			
		250	2.5	980	0.216	0.220	0.21	0.046	16.66			
6. 23	276	40	3.4	980	0.131	0.134	0.34	0.046	4.32	7.03	112.61	"
		150	2.0	1,000	0.136	0.136	0.21	0.029	2.43			
		210	1.1	990	0.022	0.022	0.13	0.003	0.28			
7. 21	576	100	7.5	960	0.462	0.481	0.56	0.269	34.63	61.22	530.96	1/15,000
		300	3.1	950	0.316	0.333	0.34	0.113	11.99			
		400	2.6	960	0.310	0.323	0.20	0.065	14.60			
7. 23	572	150	5.6	970	0.307	0.316	0.33	0.104	20.89	41.76	478.38	1/18,000
		250	3.8	970	0.278	0.287	0.25	0.072	8.96			
		500	2.5	980	0.351	0.321	0.15	0.048	11.91			
7. 26	298	80	4.3	980	0.260	0.265	0.35	0.093	10.68	18.37	213.43	"
		150	2.8	980	0.224	0.229	0.34	0.078	6.62			
		250	1.1	990	0.108	0.109	0.10	0.011	1.07			
7. 27	250	30	2.6	980	0.242	0.247	0.30	0.074	3.33	9.43	104.63	1/10,000
		60	3.1	960	0.216	0.225	0.35	0.079	4.73			
		150	1.4	970	0.061	0.063	0.15	0.009	1.37			
8. 21	300	100	4.1	970	0.316	0.326	0.40	0.130	16.30	23.18	218.48	1/15,000
		150	2.8	965	0.364	0.378	0.33	0.124	3.11			
		250	1.2	960	0.223	0.232	0.13	0.030	3.77			
1979. 6. 20	294	263	1.3	550	0.094	0.171	0.70	0.120	15.92	71.86	731.78	1/10,000
		182	2.0	800	0.142	0.203	1.20	0.243	21.75			
		84	2.8	250	0.086	0.344	1.40	0.482	34.19			
6. 22	271	227	1.3	430	0.026	0.060	0.61	0.037	4.13	36.66	491.19	"
		140	2.7	800	0.094	0.118	1.20	0.141	13.68			
		84	3.3	710	0.152	0.214	1.42	0.304	18.85			

流砂量算定에 관한 研究(密陽江을 中心으로)

1979. 6.26	322	268	1.5	650	0.284	0.437	0.33	0.144	15.14	63.38	785.90	1/10,000
		144	2.5	1,060	0.405	0.382	0.54	0.206	20.84			
		66	4.0	1,080	0.582	0.539	0.82	0.442	27.40			
7.20	194	164	0.5	350	0.028	0.080	0.64	0.051	3.89	24.41	201.54	1/15,000
		103	1.5	360	0.061	0.169	1.21	0.205	11.07			
		48	2.6	470	0.058	0.123	1.32	0.163	9.45			
8.29	608	150	7.2	620	0.242	0.390	0.38	0.148	33.37	53.99	654.76	1/10,000
		300	3.6	560	0.124	0.221	0.33	0.073	12.79			
		500	3.0	980	0.246	0.251	0.15	0.038	7.83			

註) 1. 河岸에서의 距離는 左岸으로 부터의 距離임.

2. 採水點의 流砂量은 浮遊濃度에 採水點의 流速을 곱하여 計算함. (建設部, 流砂量測定要領p.8)

고 있기 때문인 것으로 思料된다.

任意點에서 求한다 하더라도 거의 平均流砂量을 求할 수 있을 것으로 思料된다.

이와 같은 結果는 洛東江 津洞地點에서도 같게 나타나고 있어 浮遊流砂量의 觀測은 河川 橫斷面

다시 Table-4의 實測值로 부터 流速-浮遊流砂

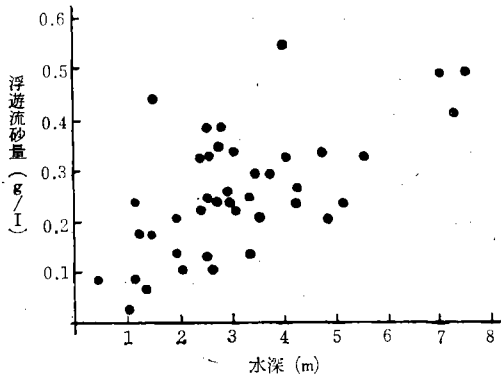


Fig. 6. 水深-浮遊流砂量圖

量圖를 作成한 結果 Fig. 7과 같다.

여기서도 流速과 浮遊流砂量과는 어떤 相關關係를 發見할 수 없었다.

Fig. 8은 流量과 浮遊流砂量과를 全對數紙에 plot한 浮遊流砂量曲線圖로 密陽江의 流量과 浮遊流砂量과의 關係式을 誘導한 바

$$Q_s = 0.07576 Q^{1.02} \text{ (kg/sec)}$$

로 나타냈다.

이와같이 流砂量 曲線에서 算定한 方程式으로 求한 값과 實測值와를 比較한 바 平均偏差 4.68kg/sec 이므로 實際에 妥當한 方程式으로 思料되며 南漢江 忠州 Dam 地點과 洛東江 津洞地點에서의 浮遊流砂量 實測值와 流量과의 關係를 Fig. 8에 같이 plot한바 共히 流量과 浮遊流砂量과는 相關關係가 나타나고 있다.

이를 方程式으로 求한 바

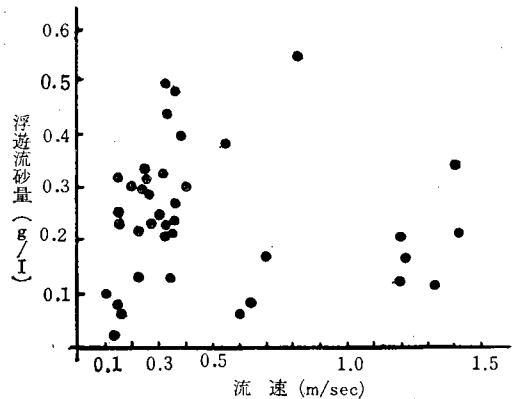


Fig. 7. 流速-浮遊流砂量圖

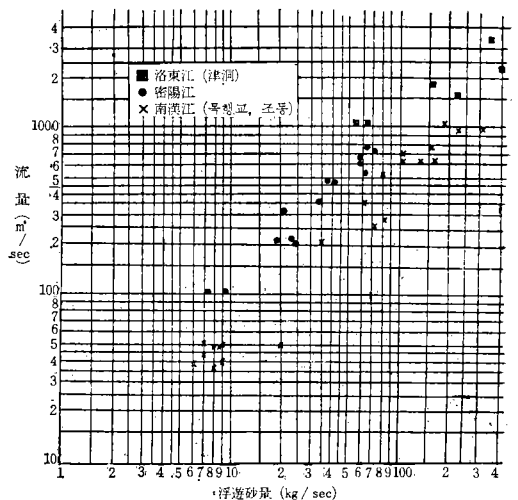


Fig. 8. 浮遊流砂量 曲線圖

$$Q_s = 0.13831Q^{0.87}$$

인 式을 誘導할 수 있었다.

나. 掃流砂量

實測地點을 水位別로 橫斷하여 掃流砂量을 實測한 結果는 다음 Table-6과 같다.

測定地點은 河川이 얇고 넓은 편이며 流速이 낮고 水面勾配가 느려 平水位 以下에서는 掃流砂量이 浮遊流砂量보다 현저하게 낮게 나타났으며 浮遊物의 濃度는 低下位와 平水位時 共히 거의 無視할 정도로 낮게 나타났으며 掃流砂 比率이 매우 높았다. Table-6에서 볼 수 있는바와 같이 水面勾配가 1/10,000程度이며 河床砂의 平均粒徑이 0.04cm인 密陽江 下流에서는 流速이 0.12m/sec 以下, 水深이 약 30cm 以下인 곳에서는 掃流現象이 나타나지 않고 있다. 이와같은 現象은 Table-6의 測定時에도 實證된 바 있고 이를 限界掃流力에 關한 理論式으로 移動河床의 平均 粒徑을 求해 보아도 岩垣公式에서

$$U_{*c}^2 = 8.41d^{11/82} = ghI에서 h=28cm로 하던$$

$$d^{11/82} = 980 \times 28/8.41 \times 10,000 = 0.326cm이므로$$

$$d = 0.038cm < d_{*c} = 0.04cm이므로$$

Table-5. 計算値와 實測値와의 比較

No.	流量	實測值	計算值	偏差 ( α )	α²
	m³/sec	kg/sec	kg/sec	kg/sec	kg/sec
1	610.00	50.78	53.07	2.29	5.24
2	321.30	20.62	27.32	6.70	44.89
3	350.86	33.89	29.89	4.00	16.00
4	530.96	61.22	45.60	15.62	243.98
5	478.38	41.76	41.00	0.76	0.58
6	213.43	18.37	18.00	0.37	0.14
7	104.63	9.43	8.70	0.73	0.53
8	218.48	28.18	18.43	4.75	22.56
9	731.78	71.86	63.26	8.40	73.96
10	491.19	36.66	42.12	5.46	29.81
11	785.9	63.38	68.03	4.65	21.62
12	201.54	24.41	16.98	7.43	55.20
13	112.61	7.03	9.38	2.35	5.52
14	654.76	53.99	56.47	2.48	6.15
計				65.49	526.18

$$標準偏差 = \sqrt{\frac{\sum \alpha^2}{N}} = \sqrt{\frac{526.18}{14}} = 6.13kg/se$$

$$平均偏差 = \frac{\sum |\alpha|}{N} = 4.68kg/sec$$

Table-6. 掃流砂量 實測值

測年	測定日	河幅 m	河岸에 서의 距離 m	流速 m/sec	採取水深 m	採取量 gr	採取時間 sec	單位時間 採取量 gr/sec	測線掃流 流砂量 gr/sec/m	平均掃流 流砂量 gr/sec/m	掃流砂量 kg/sec	流量 m³/sec	水温 °C
1978.	6.14	54	13	0.26	0.8	20.02	300	0.067	0.222	0.1217	0.0066	4.56	29
			23	0.20	0.7	12.54	"	0.042	0.139	(0.0040)			
			33	0.13	0.5	0.33	"	0.001	0.003				
6.18	587	70	0.66	6.8	72.83	"	0.243	0.814	0.5970	0.3504	616.00	23	
		210	0.50	4.0	44.42	"	0.148	0.492	(0.1223)				
		270	0.44	2.5	43.93	"	0.146	0.485					
6.20	567	50	0.34	5.2	33.82	"	0.113	0.376	0.3047	0.1728	321.30	22	
		110	0.32	4.9	23.61	"	0.078	0.262	(0.1524)				
		160	0.24	4.5	24.84	"	0.083	0.276					
6.21	560	100	0.35	4.8	33.15	"	0.111	0.368	0.3156	0.1767	350.86	"	
		150	0.31	4.3	30.01	"	0.100	0.334	(0.1600)				
		250	0.26	2.5	22.05	"	0.074	0.225					
6.23	276	39	0.34	3.4	33.02	"	0.110	0.367	0.2876	0.0794	112.01	"	
		86	0.30	2.8	22.88	"	0.076	0.254	(0.0598)				
		147	0.21	2.0	21.75	"	0.073	0.242					
6.27	136	31	0.34	2.3	25.03	"	0.083	0.278	0.2267	0.0308	43.50	23	
		51	0.25	1.8	18.77	"	0.063	0.209	(0.0243)				
		72	0.20	1.5	17.44	"	0.058	0.194					

流砂量算定에 關한 研究(密陽江을 中心으로)

1978. 7.4	99	20	0.26	1.4	20.86	300	0.070	0.332	0.1899	0.0188 (0.0156)	13.86	26
		50	0.20	1.1	18.11	"	0.060	0.201				
		73	0.14	0.4	12.31	"	0.041	0.137				
7.21	576	100	0.56	6.5	60.71	"	0.202	0.675	0.5373	0.3095 (0.2724)	530.96	"
		200	0.48	3.8	51.42	"	0.171	0.568				
		300	0.34	2.1	33.29	"	0.111	0.369				
7.23	572	50	0.43	6.4	51.15	"	0.171	0.569	0.3787	0.2166 (0.1841)	478.38	27
		100	0.35	6.2	33.22	"	0.111	0.369				
		150	0.33	5.6	30.42	"	0.101	0.338				
		250	0.25	3.8	21.54	"	0.072	0.239				
7.26	298	40	0.40	4.4	36.12	"	0.120	0.401	0.3447	0.1020 (0.0896)	213.43	"
		80	0.35	3.9	33.21	"	0.111	0.369				
		140	0.25	2.8	23.74	"	0.079	0.264				
7.27	250	30	0.30	2.6	25.42	"	0.085	0.282	0.3014	0.0754 (0.0543)	104.63	26
		60	0.35	3.1	37.82	"	0.125	0.420				
		150	0.15	1.4	18.15	"	0.061	0.202				
7.29	134	30	0.33	2.1	23.72	"	0.079	0.264	0.2490	0.0334 (0.0261)	39.97	27
		70	0.25	1.3	22.30	"	0.074	0.248				
		100	0.15	1.0	21.23	"	0.071	0.236				
8.17	136	30	0.35	2.3	27.01	"	0.090	0.300	0.2411	0.0328 (0.0241)	46.05	"
		60	0.30	1.5	20.68	"	0.069	0.230				
		80	0.21	1.3	17.42	"	0.058	0.194				
8.21	300	60	0.35	4.5	35.72	"	0.119	0.397	0.3617	0.1085 (0.0910)	218.48	"
		100	0.40	4.1	42.11	"	0.140	0.468				
		150	0.33	2.8	19.82	"	0.066	0.220				
9.15	62	14	0.30	0.9	21.24	"	0.070	0.236	0.1450	0.0090 (0.0036)	5.32	24
		25	0.23	1.1	17.61	"	0.059	0.196				
		35	0.15	0.7	0.85	"	0.001	0.003				
9.20	56	15	0.32	0.8	24.82	"	0.083	0.276	0.1608	0.0090 (0.0074)	5.29	23
		33	0.25	0.7	17.72	"	0.059	0.197				
		46	0.13	0.3	0.88	"	0.003	0.010				
1979. 6.21	132	17	0.38	2.2	116.82	"	0.130	0.433	0.3393	0.0414 (0.0356)	57.92	"
		28	0.32	1.7	110.17	"	0.122	0.408				
		80	0.20	0.8	47.83	"	0.053	0.177				
7.2	127	15	0.66	2.1	151.74	"	0.254	0.843	0.6917	0.0878 (0.0704)	105.92	28
		50	0.58	1.1	133.02	"	0.222	0.739				
		90	0.34	0.5	88.74	"	0.148	0.493				
7.3	140	17	0.45	2.4	102.41	"	0.171	0.567	0.4433	0.0621 (0.0497)	79.54	"
		45	0.34	1.6	98.64	"	0.164	0.548				
		85	0.24	1.0	38.28	"	0.064	0.213				
7.9	117	15	0.44	2.0	112.49	"	0.187	0.625	0.4503	0.0527 (0.0422)	68.56	"
		50	0.34	1.0	97.98	"	0.163	0.544				
		90	0.23	0.5	32.82	"	0.055	0.182				



7.20	161	18	0.82	2.6	302.62	900	0.336	1.121	0.9687	0.1592	201.54	25
		55	0.78	1.8	284.04	"	0.316	1.052		(0.1370)		
		90	0.77	1.0	214.11	"	0.238	0.793				
7.21	161	20	0.85	2.6	313.17	"	0.348	1.160	1.0653	0.1715	192.47	"
		55	0.81	1.8	295.11	"	0.328	1.093		(0.1372)		
		91	0.75	0.9	254.70	"	0.283	0.943				
7.25	151	17	0.85	2.5	180.46	600	0.301	1.003	0.7710	0.1172	141.93	28
		45	0.62	1.6	147.4	"	0.246	0.819		(0.0937)		
		85	0.34	1.0	88.46	"	0.147	0.491				
8.10	131	20	0.51	2.2	126.82	"	0.211	0.705	0.5555	0.0728	86.47	26
		30	0.48	1.7	108.17	"	0.180	0.601		(0.0582)		
		80	0.25	0.8	50.48	"	0.084	0.280				
8.24	105	14	0.83	1.9	252.45	900	0.281	0.935	0.6343	0.0666	60.93	25
		38	0.70	1.3	203.58	780	0.261	0.869		(0.0516)		
		59	0.48	1.0	104.64	600	0.174	0.581				
		82	0.30	0.4	27.41	"	0.046	0.152				
9.3	288	60	0.37	4.4	70.48	"	0.117	0.392	0.3696	0.1064	216.42	24
		100	0.41	4.0	88.41	"	0.147	0.491		(0.0786)		
		150	0.32	2.7	40.64	"	0.068	0.226				

平均粒徑의 河床砂는 移動하지 않는 것이 證明되는 셈이다. Table-6의 掃流砂量단의 ( )는 이와같은 掃流現象이 없는 區間을 除外한 實掃流砂量을 나타낸 것으로 그 範圍은 60~91%였다.

Fig. 9는 單位幅을 單位時間에 흐르는 掃流砂量과 그때의 流速과의 關係를 나타낸 것으로 流速에

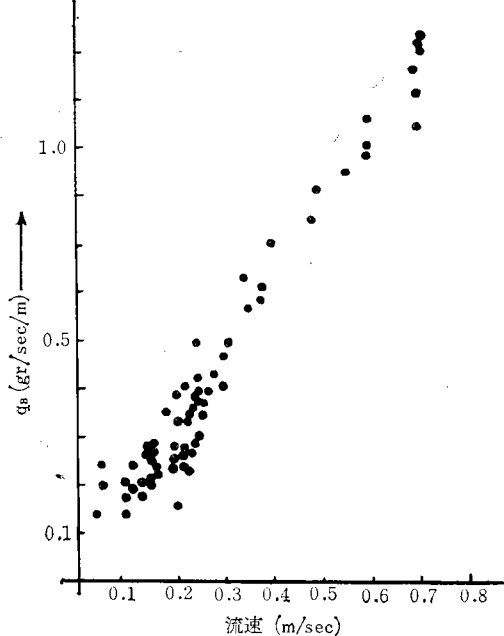


Fig. 9 流速—掃流砂量圖

比例하여 掃流砂量이 增減됨을 나타내 주고 있다.

美國의 Geological Survey Professional Paper에서 Gilbert의 實驗結果가 掃流砂量은 流速의 거의 4승에 比例하여 增減한다는 報告와 더불어 日本農業土木 Consultant인 曹沅衍은 日本河川에서의 掃流砂量 實測值를 가지고

$$q_B = k \frac{w}{g} \left( \frac{V}{C^{1/2} I_s^{1/4}} \right)^4$$

인 掃流砂量 運動方程式을 提案하여 Gilbert의 實驗結果와 一致한다<sup>27)</sup>고 報告하고 있어 Table-1과 Table-6의 實測值를 가지고 Table-7을 計算하여 plot한 바 Fig. 10에서와 같이

$$q_B = 0.7557 \left( \frac{V}{C^{1/2} I_s^{1/4}} \right)^{0.87}$$

인 關係式을 誘導할 수 있었다.

그러나 이와같은 結果는 Gilbert의 實驗結果와 相當한 差異가 있는 것이므로 우리 나라 河川에서 掃流砂量과 流速과의 關係는 今後의 研究에 期待해 보아야 할 것이다.

그러나 測定地點에서 洪水時 實測할 수 없었던 掃流砂量의 推定에는 同式을 採用한다 하더라도 큰 差異는 없을 것으로 思料된다.

Fig. 11은 掃流砂量曲線圖로

$$Q_B = 0.00957 Q^{0.44} \text{의}$$

關係式을 誘導할 수 있었다.

Table-7. 掃流砂量 計算을 爲한 水理量

Q	V	q <sub>B</sub>	R	n	I	$\frac{V}{C^{1/2}F^{1/4}}$
m <sup>3</sup> /sec	m/sec	gr/m <sup>2</sup> sec	m			
4.56	0.15	0.1217	0.38	0.035	1/10000	0.33
13.86	0.20	0.1899	0.68	0.039	1/15000	0.47
43.50	0.27	0.2267	1.25	0.037	"	0.55
112.61	0.34	0.2876	1.65	0.041	"	0.70
213.43	0.39	0.3447	2.18	0.043	1/18000	0.82
321.30	0.41	0.3047	2.22	0.041	1/15000	0.82
616.00	0.60	0.3376	3.67	0.039	"	1.09
350.86	0.40	0.3156	2.32	0.043	1/18000	0.84
530.96	0.54	0.3164	2.98	0.038	1/14000	0.99
478.38	0.43	0.3232	2.55	0.043	1/18000	0.89
104.63	0.34	0.3014	1.55	0.039	1/14000	0.68
39.97	0.28	0.2490	1.15	0.039	1/13000	0.58
46.05	0.30	0.2411	1.25	0.039	"	0.61
218.48	0.40	0.3617	2.18	0.042	1/15000	0.80
5.32	0.15	0.1450	0.39	0.035	1/10000	0.32
5.29	0.15	0.1608	0.39	0.035	"	0.32
57.92	0.32	0.3393	1.30	0.042	1/12000	0.68
105.92	0.45	0.6917	1.56	0.039	1/10000	0.83
79.54	0.36	0.4433	1.43	0.035	1/12000	0.70
68.56	0.34	0.4503	1.38	0.044	1/12000	0.75
201.54	0.51	0.9887	2.14	0.033	1/10000	0.84
192.47	0.46	1.0653	2.13	0.035	"	0.77
141.93	0.44	0.7710	1.84	0.036	"	0.76
86.47	0.40	0.5555	1.46	0.036	"	0.72
60.93	0.35	0.6343	1.32	0.034	"	0.61
216.42	0.43	0.3696	2.18	0.039	1/15000	0.78

다. 全 流砂量

Table-4, Table-6의 實測 資料中에서 高水位일 때 總流砂量과 浮遊流砂量과를 比較한 바는 다음 Table-8과 같다.

Table-8에서와 같이 流量이 150m<sup>3</sup>/sec 以上일 때는 總流砂量 中에서 거의가 浮遊流砂量이고 水位가 점점 下降함에 따라 浮遊流砂는 점점 줄어들고 掃流砂가 增加하는 結果를 나타내고 있으며 그 範

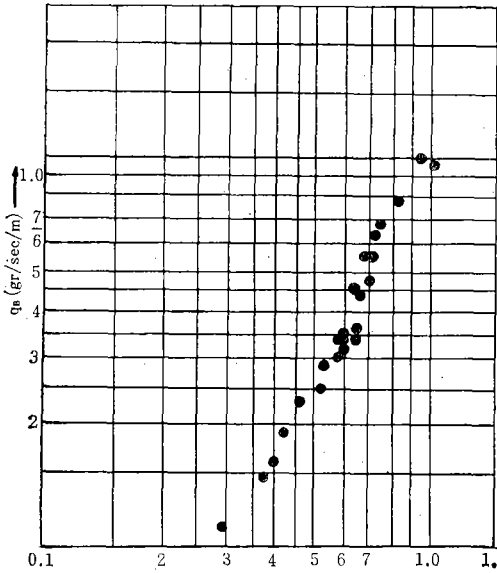
Table-8 總流砂量에 對한 浮遊流砂量의 比

流 量	總流砂量	浮 遊 流 砂 量	流砂量에 對한 浮遊流砂量의 比
m <sup>3</sup> /sec	kg/sec	kg/sec	%
530.96	50.96	50.78	99.64
478.38	41.94	41.76	99.57
350.86	34.07	33.89	99.47
321.30	20.79	20.62	99.68
201.54	12.52	12.38	98.92

圍는 0.36~1.08%이다. 이는 現在 호주의 Snowy Mountains Hydro-Electric Authority에서 主로 使用하고 있는 掃流砂量 計算表(美國의 Thomas Maddock Jr.氏가 提案)에 依하면 浮遊物의 濃度가 1000 ppm 以下일때 보통 浮遊流砂量의 10%를, 任意濃度에서는 浮遊物의 形狀이 진흙이나 泥土일때 2% 以下를 掃流砂量으로 計算한다는 것과 거의 一致하고 있다. 이는 Fig. 12의 全流砂量曲線圖에서도 잘 나타나고 있다. 그러므로 密陽江 測定地點의 流量과 總流砂量과의 關係式은 2가지 方程式으로 나타낼 수 밖에 없다고 思料된다.

3. 流砂量 計算

實測流砂量과 各種 公式을 使用하여 算出한 結果를 Fig. 12와 같이 表示했다. Fig. 12에서 보는 바와 같이 Brown 公式은 高流量일때 實測值와 相當히 接近하였으며 Shields 公式은 密陽江의 流砂量曲線과 같은 기울기를 가지고 있으나 低流量일 때는 實



$$\left[ \frac{V}{C^{1/2} I_e^{1/4}} \right] \longrightarrow$$

Fig. 10.  $q_B - \left( \frac{V}{C^{1/2} I_e^{1/4}} \right)$  相關圖

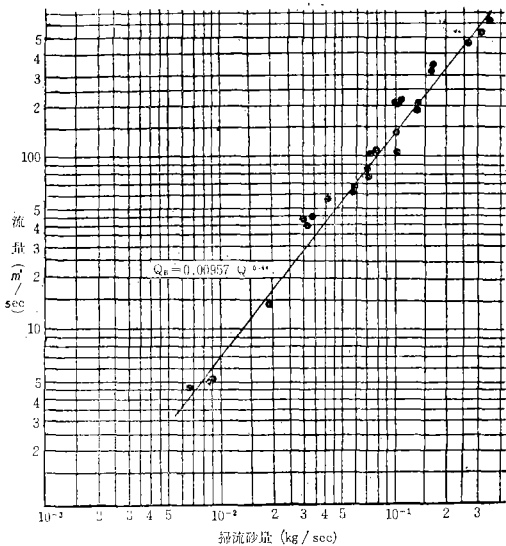


Fig. 11. 掃流砂量 曲線圖

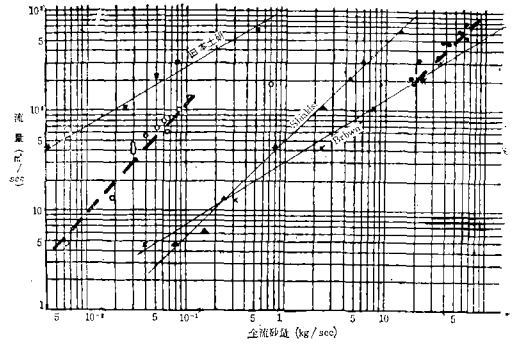


Fig. 12. 全流砂量 曲線圖

測值보다 높게, 高流量일 때는 實測值보다 낮게 나타나고 있다. 한편 日本의 土研公式는 우리 나라 小河川에 適用코자 할 때는 주의를 요함을 알 수 있다.

또한 比較的 合理的이라고 하는 Einstein 公式은  $\Phi_*$  값을 찾는 Graph에서 求할 수 없었다. 以上の 流砂量 算定 公式들은 流砂에 關한 모든 Factor를 고려하여 誘導된 것이 아니고 運動構造의 Model化 내지 次元 解析의 方法과 實測值에 그 基礎를 두었으므로 公式 相互間에도 큰 差異가 있는것도 當然 하다고 생각된다. 美國의 Money Creek에서 調査한 流量對 流砂量의 結果는 實驗 全期間에 걸쳐 Schoklitsch의 公式는 31%인데 比하여 Einstein 公式은 225%, Du Boys 公式은 776%의 誤差를 보였다는 報告<sup>(28)</sup>와 比較해 볼때 Fig. 12에서와 같이 우리 나라 小河川에는 Brown 公式이 比較的 實測值에 가까운 傾向을 나타내 주고 있음을 알 수 있다.

#### IV. 結 論

本 論文의 主要한 結果를 들면 다음과 같다.

1. 密陽江 下流部 測定地點은 河幅이 約 600m이고 水面傾斜가 1/15,000程度. 流量은 4~800m<sup>3</sup>/sec 範圍였으며 平均流速은 0.3m/sec, 河床物質의 大部分은 細砂로 比重은 2.54,  $d_{95}=0.4m/m$ 이었다.

2. 測定地點橫斷面상의 水深別, 流速別로 浮遊流砂量을 觀測하였으나 浮遊物質 大部分이 Silt나 粘土 等の 細粒인 Wash load였고 水深別, 流速別로 浮遊流砂量이 어떤 相關關係를 보이지 않고 全斷面에 擴散되어 흐르고 있었다.

3. 密陽江의 浮遊流砂 曲線式은  $Q_s = 0.07576Q^{1.02}$ 로 나타났으며 洛東江 津洞, 南漢江 忠州 Dam地點 및 密陽江의 實測值에 依한 浮遊流砂量曲線式은  $Q_s = 0.13831Q^{0.97}$ 으로 誘導되었다.

4. 掃流砂量 實測值를 流速과 連關시킨 掃流砂量 運動方程式에서  $q_B = 0.7557 \left( \frac{V}{C^{1/2} I_e^{1/4}} \right)^{0.97}$ 인 關係式을 誘導할 수 있어 單位幅當, 單位時間當의 掃流砂量은 平均流速의 0.67승에 比例하여 增減하는 것으로 나타났다. 그러나 美國과 日本에서의 實驗結果인 流速의 4승에 比例한다는 結果와 比較하면 큰 差異가 있는 것으로 今後의 研究에 期待할 수 밖에 없다고 思料된다.

5. 密陽江의 測定地點에서 流量이  $150m^3/sec$  以上일 때는 全流砂量中에서 99%가 浮遊流砂量이었으며 流量이  $100m^3/sec$  以下일 때는 浮遊流砂는 거의 無視할 程度였고 全流砂量 曲線式은

1)  $4 \leq Q \leq 100m^3/sec$ 일 때

$$Q_T = 0.00272Q^{0.70} \text{ (kg/sec)}$$

2)  $150 \leq Q \leq 800 m^3/sec$ 일 때

$$Q_T = 0.4807Q^{0.48} \text{ (kg/sec)}$$

이었다. 여기에서 流量이  $100 \sim 150m^3/sec$  사이에는 浮遊와 掃流의 境界가 있는 것으로 思料된다.

### 參 考 文 獻

1. 安相鎭. 1969. 北漢江의 流砂量에 關한 研究. 大韓土木學會誌, 16(4) : 61-71.
2. 安相鎭. 1970. 南漢江의 流砂量에 對한 考察. 大韓土木學會誌, 17(4) : 12-20.
3. 淺田宏. 1973. 山地河川의 流砂에 關する 2, 3의 考察. 新砂防, pp.4-13.
4. 芦田和男. 道上正規. 1972. 移動床流れ의 抵抗と 掃流砂量에 關する 基礎的 研究. 土木學會論文報告集, 第208號, pp. 59-69.
5. 合田 健. 1954. 浮遊物의 輸送機構에 關する 一 研究. 土木學會誌, 39(1), pp.48-52.
6. 合田 健. 1950. 開水路에 於ける 浮遊流砂의 分布 について. 土木學會誌 35(10), pp.449-454.
7. Che. S. Hung, Hsieh W. Shen. 1976. Stochastic Models of Sediment Motion on Flat Bed. Journal of the Hydraulics Division, pp.1745-1759.
8. 池光夏. 1967. 流砂試料의 採取와 流砂量計算法 農業土木學會誌, 9(1), pp.33-44.
9. 曹鎭久. 徐承德. 權武男. 1973. 河川의 流砂量

- 調查研究. 慶尙大論文集. 第12集, pp.7-13.
10. 崔禮煥. 南宮達. 1974. 新制水理學.
11. 崔榮博. 1967. 河道設計에 있어서 流送土砂 및 粗度算定<其一>. 大韓土木學會誌, 13(4), pp.14-18.
12. 崔榮博. 1967. 河道設計에 있어서 流送土砂 및 粗度算定<其二>. 大韓土木學會誌, 14(1), pp.30-32.
13. 崔榮博. 1965. 實用水理計算法(下卷).
14. 中央圖書出版社(編). 1974. Sedimentation.
15. 洪承晚. 1976. 流砂運動과 流砂量에 關한 研究 韓國農工學會誌, 18(1), pp.42-53.
16. 鄭英鎭. 1973. 近代統計學의 理論과 實際.
17. 金熙鍾. 1977. 河川工學.
18. 金熙鍾, 閔丙亨, 宋武孝. 1972. 洛東江 津洞地點流量 및 浮遊砂量에 對한 考察. 東亞工大誌 7號, pp.74-79.
19. 金亨洙, 李寬洙. 1974. 自然河川에 있어서 砂粒粗度를 考慮한 流砂量推定에 關한 研究. 全南大學校 工科學.
20. 岸 力. 1973. 水理學 演習(2).
21. 建設部. 1967. 流砂量 測定要領.
22. 建設部. 國立建設研究所. 1969. 水理公式 解說
23. M.S. Yalin, B.M. Krishnappan. 1973. A propabilistic method for determining of distribution of suspended solids in open channels. International Association for Hydraulic Research, pp.603-614.
24. 南宣祐. 1978. 河川의 流砂量과 河床變動에 關한 研究. 韓國水文學會誌, 11(1), pp.47-58.
25. 關谷光博. 1971. 供給流砂量의 變化에 伴う河床平衡こう配의 推定에 關する 研究. 日本農業土木學會論文集, 第38卷, pp.66-71.
26. 關谷光博. 1975. 掃流砂量에 關する 理論的 考察. 日本農業土木學會論文集, 第57卷, pp.14-20.
27. Shy-yeen, Tsaur. 1973. A Study on the Equilibrium Bed Slope at up stream of Dams. 日本農業土木學會論文集, 第45卷, pp.28-34.
28. 徐承德. 1967. 掃流(河床)土砂量 計算의 理論과 實際. 農業土木學會誌, 9(2), pp.35-43.
29. 椿東一郎. 1955. 浮遊流砂가 流れ에 及ぼす影響 について. 土木學會誌, 40(9). pp.449-454.
30. 劉漢烈, 朴承禹. 1973. 限界掃流力概念에 依한 安全開水路設計法. 韓國農工學會誌, 15(3), pp.62-66.