

洪水터의 通水能에 관한 研究

A Study on Carrying Capacity for Floodplain

安 相 鎮 忠北大學校 工科大學 教授,
李 在 敬 忠北大學校 大學院(碩士)卒

1. 序 論

洪水時 河川의 流量은 低水位때 보다 數千培 達하는 경우도 있으며, 特히 우리나라와 같이 集中豪雨의 降雨量이 偏在하는 氣象條件과 河床係 水가 높고 洪水尖頭의 到達時間이 짧은 立地의 條件은 大洪水量을 誘發케 해왔으며, 이러한 洪水로 因해 貴重한 生命과 수많은 財産上의 被害가 每年 되풀이 되고 있는 實情이다.

이와 같이 水害에 대한 對策으로 洪水調節貯水池, 河川改修, 堤防等を 築造해서 洪水를 調節하여 왔으나 洪水調節만으로는 完全한 水害對策이 될 수 없으므로 外國에서는 일찍부터 洪水터 및 그에 따른 通水能에 관한 研究가 活潑히 進行되어 왔다.

이와 關聯된 研究動向을 살펴보면 Stall⁽¹⁾은 洪水터의 通水能和 水理幾何學에 對해 研究하였으며, Tobes⁽²⁾은 洪水터를 가진 蛇行河川에서의 水理幾何學의 關係를 考察했으며, Wolman⁽³⁾은 水理學의 條件과 多樣的 地形因子들로 3個河川에 있어서 堤防越流의 再現期間 研究에서 堤防越流量의 再現期間은 보통 1~2年이라고 定義하였다.

Bhowmik⁽⁴⁾은 洪水터의 通水能에 관한 研究를 하였으며, Carey⁽⁵⁾는 堆積作用과 河川移動에 根據한 洪水터 種類 4가지를 定義한 바 있다.

한편 尹⁽⁶⁾은 洪水터 管理의 必要性에 관한 研究에서 洪水터의 效率인 管理의 重要性에 對해 言及한 바 있으며, 最近에는 漢江綜合開發時 市民을 위한 위락施設과 休息空間의 提供을 目的으로 洪水터 部分을 많이 利用하였으나 아직 까지 國內에서는 이 分野에 對한 研究가 그리活

發치 못한 實情으로 알고 있다.

따라서 本 研究에서는 河川形態學의 因子와 洪水터 斷面積 關係, 再現期間別 洪水터通水能 및 主河川에 흐르는 通水能 分布 등으로 洪水터의 效率인 管理에 必要한 基本資料를 提供하는 대 目的이 있다.

2. 資 料

適用 對象流域은 錦江水系를 擇하였으며 그림 1은 對象流域의 流域圖이며 本 研究에서 利用된 水位觀測地點을 表示하고 있다.

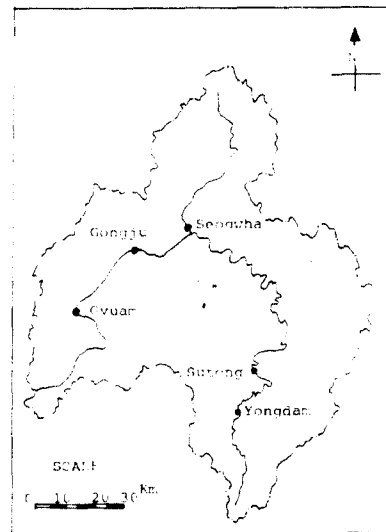


그림 1. Geum river basin map.

分析에 必要한 資料는 1/50,000地形圖와 水位標地點의 橫斷面이며, 洪水터 分析에 必要한 資料는 錦江 本流와 第一支流인 美湖川 地形圖에서 얻었으며, 水位標地點은 本流의 龍潭, 水通, 公州, 窺岩 4個地點과 美湖川 水系의 石花

表 1. 錦江流域 5 個水位標地點의 河川特性因子와 水位資料數

因子 地點	流域面積 $A_d(km^2)$	河川傾斜 $S(10^{-3})$	河川길이 $L(km^2)$	100年 頻度流量 $Q_{100}(m^3/sec)$	水面幅/水深 (W/D)	屈曲度 S	水位資料數 (年)
龍潭	909.50	6.99	61.5	2,000	31.6	1.50	18
水通	1056.63	4.80	100.2	3,200	32.6	2.45	16
石花	1178.96	1.45	66.4	5,000	20.4	1.10	19
公州	6836.92	2.02	304.7	9,800	44.0	1.25	19
窺岩	8152.34	1.84	337.5	19,500	50.8	1.70	19

地點等 自記水位標地點 5 個所를 擇하였다.

또한 洪水터 斷面積과 河川形態學의 特性因子와의 關係分析을 위한 各 水位標 地點別 主要 特性資料는 表 1 과 같다.

2.1 洪水터의 影響 因子

洪水터에 影響을 주는 因子들로는 流域面積(A_d), 河川傾斜(S), 河川길이(L), 100 年頻度流量(Q_{100}), 洪水터의 水面幅과 水深의 比率(W/D) 및 屈曲度(S_s) 等을 들 수 있다.

(1) 100 年 頻度流量(Q_{100})⁽⁹⁾

確率洪水量의 概念으로서, 100 年에 한 번 일어난 事象을 가진 洪水를 意味하며 年最高值係列로서 여기서는 年最大洪水量을 Weibull 公式을 利用하여 얻은 頻度曲線에서 直接읽어 使用하였다.

(2) 洪水터의 水面幅 對 水深의 比率(W/D)

滿堤水位에 있어서의 再現期間에 影響을 주는 因子로서, 水面幅(W)과 水深(D)과의 比率로서 나타낸다.

(3) 屈曲度(S_s)

地形圖上에 表示되어 있는 觀測地點의 屈曲의 程度를 Chang 의 方法에 의하여 다음式으로 求하여라.

$$S_s = \lambda^* / \lambda$$

여기서 λ^* 는 蛇行帶이며 λ 는 蛇行波長이다.

3. 分析方法 및 結果

3.1 洪水量과 滿堤水位(Bankfull stage)

(1) 洪水量의 頻度曲線

洪水量은 渴水量과는 달리 持續期間의 概念을 가지는 것이 아니라 瞬間的인 意味를 가지므로

表 2. 地點別 滿堤水位의 再現期間

地點	龍潭	水通	公州	窺岩	石花
再現期間 (yr)	1.1	1.25	2	2.5	1.1

降雨 및 地形因子를 函數로 한 確率의인 解析이 必要하다. 各 地點別 洪水量은 年最大日水位를 水位—流量 關係曲線에서 읽어 年最大 洪水量으로 하였으며 이것을 各 地點의 洪水量으로 하였다. 各 地點別 年最高直系列의 Plotting Position 은 一般의으로 洪水量 解析에 使用되는 Weibull

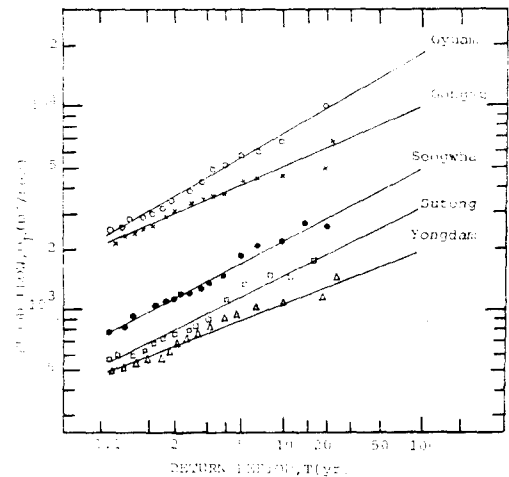


그림 2. Flood flow frequency curves.

公式을 使用하였다. 電算處理에 의해 決定된 再現期間別 洪水量을 表示한 頻度曲線은 그림 2 와 같다.

(2) 滿堤水位(Bankfull stage)의 決定

洪水터 範圍를 定義하기 위해서는 滿堤水位(Bankfull Stage)를 決定하는 것이 重要한 일이다. 滿堤水位를 求하는 方法으로는 첫째 河川의

橫斷面圖와 現場實測을 통하여 低水路와 洪水터 部分이 連結되는 自然堤防의 地點을 찾는 方法과 더불어 Wolman⁽⁷⁾이 提案한 方法으로 實測한 橫斷面圖로 부터 求한 河川의 水面幅對 水深의 比率을 縱軸에, 最大水深을 橫軸에 表示하여 漸進的으로 Plot 한 結果 變曲點이 일어날 때의 水深을 滿堤水位로 看做하는 方法이 있다.

本 論文에서는 現場實測에 의해 찾아진 低水路와 洪水터 部分이 連結되는 自然堤防의 地點과, Wolman 이 提案한 方法에 의한 水位와를 比較, 相互補完함으로써 滿堤水位를 定하고 이 水位를 利用하여 Rating 曲線으로 부터 流量을 읽었다. 또 頻度曲線으로부터 이 流量에 해당되는 再現期間을 各地點別로 求하여 얻었으며 그 結果는 表 2와 같다.

表 2에서 알 수 있듯이 錦江의 滿堤水位에 해당되는 再現期間은 1~2.5年의 範圍로서 上流에서 下流로 갈수록 그 값이 커졌다. 이는 本 研究에서도 一般的인 傾向과 同一함을 보여 주고 있다. William⁽⁸⁾은 美國의 河川을 對象으로 調査한 結果 滿堤水位의 再現期間이 1~2.5年 사이에 가장 많이 分布한다고 하였다.

3.2 洪水터 斷面積과 河川 形態學的 因子와의 相關性

河川의 形態는 流域의 面積, 河川傾斜, 100年 頻度流量, 洪水터의 水面幅對 水深의 比率, 屈曲度 等 流域의 形態學的 因子들에 의해 많은 支配를 받는다. 特히 堆砂에 의해 發生되는 洪水터 部分도 이런 여러 因子들에 의해 임의의 相關性을 가지고 있기 때문에 洪水터 斷面積과 形態學的 因子들 間에 相關性 分析은 매우 重要하다.

洪水터 斷面積은 100年 頻度 洪水量을 通水할 수 있는 通水斷面積으로부터 滿堤水位의 通水斷面積을 뺀 全體 洪水터의 斷面積으로 한다⁽¹⁰⁾.

그림 3은 洪水터의 Model을 圖示한 것이고, 表 3은 5個 自記水位標地點의 洪水터 斷面積을 計算한 結果이다.

洪水터에 어떤 因子들이 크게 影響을 주는가를 파악코자 表 3의 洪水터 斷面積 資料를 從

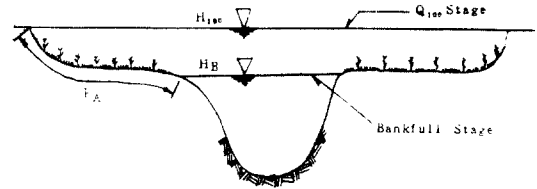


그림 3. Model of floodplain.

表 3. 5個水位標地點의 洪水터 斷面積 (單位: m²)

地點	龍潭	水通	公州	窺岩	石花
洪水터 斷面積	23.67	143.62	571.50	1,364.02	384.34

表 4. 洪水터 斷面積과 形態學的 因子와의 單純 回歸 相關係數

變 數	Q ₁₀₀	A _d	L	W/D	S	S _c
相關係數	0.994	0.880	0.847	0.741	-0.675	0.133

屬變數로 잡고 形態學的 因子들을 獨立變數로 하여 單純相關分析을 實施해본 結果 表 4와 같다.

表 4의 單純相關分析에서 알 수 있듯이 100年 頻度流量이 가장 높은 相關性을 보였으며, 反對로 屈曲度의 相關係數는 0.133으로 이들 因子中 가장 낮은 相關性을 나타냈다. 이는 洪水터가 屈曲에 의한 堆積部分에 주로 나타나지만 錦江 上流地點의 龍潭, 水通地點이 地形學上 鞍谷蛇行에 의해 屈曲도 크고 河川傾斜도 큼으로 下流地點보다 堆積이 많이 생기지 않고, 左右岸의 近接距離에 山으로 自然的인 堤防이 形成되기에 洪水터의 發達이 容易하지 않았던 것으로 判斷된다.

또 河川傾斜는 洪水터 斷面積에 反比例함을 알 수 있는데 이는 上流로 갈수록 洪水터가 잘 形成되지 않음을 알 수 있다.

또한 上記의 因子를 그대로 多重相關分析을 實施하였다. 2個씩 因子와 3個씩 因子를 使用한 경우에 2個씩의 因子를 使用한 경우보다 3個씩의 因子들을 使用한 경우에 더 좋은 相關性을 가지며 2個씩의 因子를 使用한 경우에는 流域面積, 100年 頻度流量이 3個의 因子를 使用하

表 5. 多重相關分析에 의한 回歸方程式

變 數			相關係數	標準偏差	相 關 式
A_d	L	Q_{100}			
0.8801	0.8472	0.9927	0.9975	75.213	$A_p^* = -48.339 - 0.02302A_d - 0.9066L + 0.08Q_{100}$

* 洪水時 斷面積

表 6. 龍潭地點의 再現期間別 通水能의 資料

再現期間 (Yr)	通水斷面積 (m ²)	動 水 半 徑		洪水時斷面積(m ²)		洪水時通水量 (m ³ /sec)		洪水時通水量 全體通水量 (%)		洪水時通水量 全體通水量 (%)
		左 岸	右 岸	左 岸	右 岸	左 岸	右 岸	左 岸	右 岸	
1.1	162.37									Bankfull
2	228.25	0.320	0.186	2.25	0.13	52.26	2.10	0.31	0.01	0.32
5	295.38	0.653	0.209	5.63	0.38	210.44	6.64	0.82	0.03	0.85
10	333.86	0.614	0.192	5.93	0.46	212.73	7.50	0.67	0.02	0.69
20	385.56	1.089	0.161	6.73	0.56	353.82	8.23	0.88	0.02	0.90
30	424.79	1.036	0.171	7.48	0.94	320.37	14.37	0.80	0.03	0.83
50	453.74	1.199	0.261	9.98	2.09	553.85	42.38	1.06	0.08	1.14
60	468.74	1.272	0.315	11.13	2.84	649.01	65.28	1.18	0.12	1.30
70	483.34	1.342	0.355	12.43	3.74	751.19	93.10	1.30	0.16	1.40
80	498.43	1.410	0.411	13.78	4.74	850.68	130.10	1.42	0.22	1.64
90	513.63	1.477	0.466	15.18	5.84	977.94	174.30	1.55	0.28	1.83
100	528.98	1.556	0.520	16.63	7.04	1109.25	226.05	1.68	0.34	2.02

表 7. 水通地點의 再現期間別 通水能 資料

再現期間 (Yr)	通水斷面積 (m ²)	動 水 半 徑		洪水時斷面積(m ²)		洪水時通水量 (m ³ /sec)		洪水時通水量 全體通水量 (%)		洪水時通水量 全體通水量 (%)
		左 岸	右 岸	左 岸	右 岸	左 岸	右 岸	左 岸	右 岸	
1.25	102.90									Bankfull
2	124.80	0.144	0.150	0.15	1.35	2.05	16.21	0.02	0.18	0.20
5	167.05	0.159	0.414	0.65	9.10	9.47	215.13	0.06	1.43	1.49
10	199.75	0.270	0.375	1.40	20.65	29.03	457.00	0.14	2.32	2.36
20	257.95	0.419	0.634	3.00	50.05	83.41	1572.23	0.26	4.85	5.11
30	288.45	0.477	0.815	3.90	66.05	118.22	2453.20	0.35	7.15	7.50
50	335.25	0.602	1.081	5.55	90.80	196.49	4069.09	0.38	7.84	8.22
60	351.25	0.612	1.168	6.25	99.30	223.72	4688.69	0.40	8.31	8.71
70	367.35	0.619	1.255	6.95	107.90	250.67	3344.84	0.41	8.75	9.16
80	383.57	0.628	1.340	7.67	116.60	279.32	5033.87	0.42	9.15	9.57
90	399.92	0.637	1.425	8.42	125.40	309.56	6760.99	0.44	9.52	9.96
100	416.52	0.648	1.510	9.22	134.40	342.86	7531.74	0.45	9.87	10.32

는 경우에는는 流域面積, 河川길이, 100年頻度流 量이 가장 相關性이 좋은 것으로 나타났다. 이 들 關係를 表 5에 表示하였다.

表 8. 公州地點의 再現期間別 通水能 資料

再現期間 (Yr)	通水斷面積 (m ²)	動水半徑		洪水터斷面積(m ²)		洪水터通水量 (m ² /sec)		洪水터通水量 全體通水量 (%)		洪水터通水量 全體通水量 (%)
		左岸	右岸	左岸	右岸	左岸	右岸	左岸	右岸	
2	1290.00									Bankfull
5	1632.35	0.776	0.498	16.35	5.0	514.26	103.99	0.21	0.04	0.25
10	1894.50	1.329	0.264	32.10	26.7	1445.52	363.66	0.46	0.12	0.58
20	2290.70	1.891	0.916	52.50	145.7	2991.15	4550.07	0.67	1.02	1.69
30	2494.50	2.174	1.287	63.70	209.9	3983.07	8223.85	0.77	1.60	2.37
50	2752.25	2.518	1.767	78.95	291.9	5444.81	14129.10	0.89	2.31	3.20
60	2907.65	2.662	2.052	88.85	341.1	6359.13	18242.22	0.94	2.70	3.64
70	3011.75	2.775	2.239	95.45	374.4	7023.58	21222.46	0.98	2.96	3.94
80	3168.80	2.985	2.510	105.80	424.8	8173.35	25986.07	1.04	3.31	4.35
90	3221.30	2.999	2.594	109.30	441.7	8470.12	27619.71	1.05	3.42	4.47
100	3273.90	3.013	2.678	112.80	458.7	8768.55	29298.96	1.06	3.53	4.59

表 9. 窺岩地點의 再現期間別 通水能 資料

再現期間 (Yr)	通水斷面積 (m ²)	動水半徑		洪水터斷面積(m ²)		洪水터通水量 (m ² /sec)		洪水터通水量 全體通水量 (%)		洪水터通水量 全體通水量 (%)
		左岸	右岸	左岸	右岸	左岸	右岸	左岸	右岸	
2.5	318.81									Bankfull
5	414.79	0.538	0.535	13.00	2.48	325.19	81.16	0.00	0.13	0.63
10	602.00	0.903	1.168	130.21	6.98	4531.21	384.51	3.64	0.31	3.95
20	952.98	1.729	1.940	378.49	14.78	20313.74	1142.10	7.29	0.41	7.70
30	1281.48	2.808	2.339	626.74	22.03	46483.04	1928.51	9.90	0.41	10.31
50	1546.48	3.675	2.694	826.54	28.83	73352.82	2773.22	11.24	0.43	11.67
60	1713.23	4.219	2.841	952.04	33.58	92639.51	3346.66	12.61	0.46	13.07
70	1880.73	4.753	3.001	1077.79	38.83	113552.83	4013.92	12.40	0.41	12.81
80	2915.53	5.174	3.099	1178.79	43.43	131427.11	4586.69	12.73	0.44	13.17
90	2049.38	5.311	3.076	1212.64	44.68	137578.56	4695.32	12.93	0.44	13.37
100	2185.28	5.738	3.303	1313.94	50.08	156962.21	5518.76	13.21	0.47	13.68

4. 洪水터의 通水能

洪水의 運搬通路인 河川은 洪水를 通水시킬 能力을 가질 때만 治水의인 立場에서 그 自體의 固有性을 감상할 수 있으나, 예전부터 우리는 河川이 가지고 있는 固有의 通水能力을 고려치 않고 洪水터 部分에 大規模의 造林事業을 벌려 通水能力을 감소시킴으로 그 自體의 固有性 뿐만 아니라 人命과 財産上의 막대한 損失을 초래해 온 경험을 가지고 있다.

그러므로 本章에서는 龍潭, 水通, 公州, 窺岩, 石花 等 5個 對象地點의 主河川部分과 洪水터 部分의 通水能을 比較檢討함으로써 治水의인 面에서 河川斷面의 設計에 基本資料를 提供하는데 있다.

4.1 通水能 算定

河川의 通水能(K)를 算定하기 위해 利用한 式은 Manning의 方程式을 利用하였다. 即

$$K = \frac{1.49}{n} AR^{2/3} \quad (1)$$

表 10. 石花地點의 再現期間別 通水能 資料

再現期間 (Yr)	通水斷面積 (m ²)	動水半徑		洪水時斷面積(m ²)		洪水時通水量 (m ³ /sec)		洪水時通水量 全體通水量 (%)		洪水時通水量 全體通水量 (%)
		左岸	右岸	左岸	右岸	左岸	右岸	左岸	右岸	
1.1	55.16									Bankfull
2	111.59	0.029	0.616	0.11	10.42	0.52	321.09	0.01	3.41	9.42
5	218.88	0.081	1.324	0.41	56.21	3.81	2885.57	0.01	9.36	9.37
10	307.54	0.178	2.178	1.09	98.29	17.12	7032.54	0.03	12.49	12.52
20	429.64	0.332	3.264	2.44	157.84	58.08	14791.31	0.06	14.66	14.72
30	512.64	0.311	4.043	2.54	199.94	57.89	21611.72	0.04	15.76	15.80
50	649.14	0.489	5.229	4.65	268.03	143.31	34394.33	0.07	16.72	16.79
60	702.08	0.543	5.671	5.46	294.66	180.46	39914.47	0.08	16.98	17.06
70	755.40	0.561	6.105	6.40	321.54	216.17	45751.52	0.08	17.18	17.26
80	776.81	0.582	6.272	6.78	332.37	234.69	48151.51	0.08	17.24	17.32
90	808.91	0.616	6.507	7.38	348.57	265.32	51752.73	0.09	17.31	17.40
100	862.80	0.679	6.950	8.51	375.83	326.48	58306.04	0.10	17.48	17.58

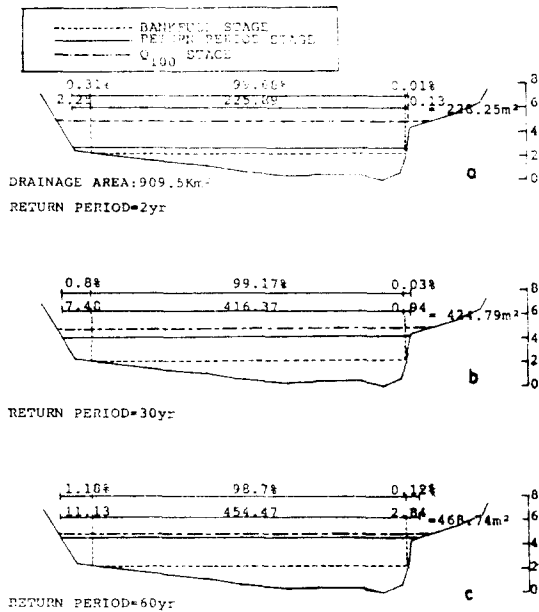


그림 4. Flow distribution in the main channel and the floodplain for the Yongdam.

(1)式에서 A 는 斷面積, R 은 動水半徑, n 은 粗度係數이다. (1)式을 利用하기 위한 斷面積, 動水半徑의 資料는 各 地點의 河川橫斷面圖로부터 얻었으며, 粗度係數 n 값은 各 地點의 斷面

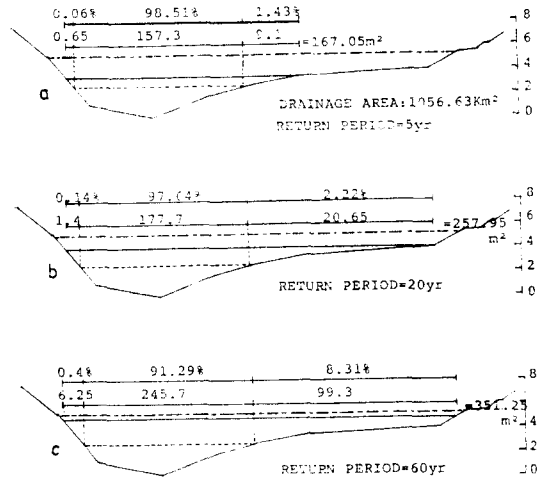


그림 5. Flow distribution in the main channel and floodplain for the Sutong.

別로 洪水時部分과 主河川部分으로 나누어 實測한 結果를 Horton에 依해 作成된 粗度係數表⁽¹²⁾를 참고로 하여 決定하였다.

이렇게하여 各 地點의 主河川部分과 洪水時部分의 通水能을 表示할 수 있었으며⁽¹¹⁾ 各 地點別 再現期間에 따라 通水能의 計算 結果를 表 6, 7, 8, 9 및 10에 表示하였다.

參 考 文 獻

1. John, B. Stall, and N.G. Bhowmik, "Mathematical Representation of the Hydraulic Geometry Parameters of Floodplains", *ASCE*, August pp.4~6, 1976.
2. Toebes, G.h., and A.A. Sookey, "Hydraulics of Meandering Rivers with Floodplain", *ASCE*, May, pp.16~20, 1966.
3. Wolman M.G., and L.B. Leopold, "River Floodplains some Observations on their Fomation", *U.S. Geological Survey Professional Paper*, 28 2~c, 1982.
4. Bhowmik, N.G., and M.Demissie, "Carrying Capacity of Floodplain", *ASCE*, March, pp.44 3~452, 1982.
5. Carey, W.E., "Formation of Floodplain Land", *ASCE*, 95(3), pp.981~994, 1969.
6. 尹泰勳, "洪水터 管理의 必要性에 대하여", 대한 토목학회지, 제20권, 제1호, pp.123~125, 1972.
7. Wolman. M.G., "The Natural of Brandywine Creek, Pennsylvania", *U.S. Geological Survey Professional Paper*, 271, 1955.
8. Williams, G.P. "Bankfull Discharge of Rivers", *WRC Research*, 14, 1141~54, 1978.
9. 安相鎭, 柳秉釐, "流域特性因子에 의한 洪水量의 決定", 대한토목학회논문집, 제3권, 제1호, pp. 35~41, 1983.
10. Bhowmik, N.G., and J.B. Stall, "Hydraulic Geometry and Carrying Capacity of Floodplains", *WRC Research Report No.145*, September, 1979.
11. Chow, V.T., *Open-Channel Hydraulics*, Mcgraw-Hill Book Company, Inc., 1959. pp.128~129.
12. Richard, H.G., *Open Channel Hydraulics*, Mcgraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1976, pp.125~130.
13. 建設部, 錦江 流域 調查報告書, 1979.
14. 建設部, 韓國水文 調查年報(建設部 1962~1980).
15. 建設部, 韓國河川 調查書(建設部 1974)
16. Rajaratham, N., and R.M. Ahmadi, "Interaction Between Main Channel and Floodplain Flow", *ASCE*, May, pp.573~587, 1979.
17. Smith, C.D., "Effect of Channel Meanders on Flood Stage in Vally", *ASCE*. January, pp.49 ~51, 1978.