

〈論 文〉

錦江 感潮區間의 潮汐傳播
Tidal Propagation in the Keum River

崔 秉 昊*
Byung-Ho Choi

安 元 植**
Weon-Sik Ahn

Abstract

Tidal propagation in the Keum River has been routinely handled by numerical integration of the long gravity wave equation by Dronkers. The dynamic equations include non-linear terms thereby reproducing the shallow water tides. The model was used to compute tidal distribution of the Keum River for average spring, mean, neap tidal conditions and further utilised to investigate the waterlevel response within tidal reaches by combined tide and flood discharge effects. The objective of this initial study is to investigate the tidal dynamics of the lower reaches of the Keum River under the condition of before-cross-channel barrage construction.

要 旨

錦江 感潮區間의 潮汐傳播現象을 長波, 重力波公式의 數值積分에 의한 通常의인 方法을 利用하여 調査하였다. 利用된 力學方程式은 非線型項을 包含하여 淺海潮를 算定할 수 있도록 하였다. 樹立된 모델은 平均大, 中, 小潮時의 感潮區間의 潮汐傳播를 算定하는데 利用되었으며 또한 上流洪水流出과 河口潮汐의 相互作用에 의한 感潮區間의 水位分布를 算定하는데도 初期適用되었다. 이 研究의 目的은 河口의 縮切工事가 始作되기 前의 錦江感潮區間의 潮汐力學을 調査하는데 있다.

1. 序 論

錦江河口 및 感潮區間에는 近年에 群山外港이 建設되었으며 淡水湖造成을 위한 河口堰 縮切工事が 活潑하게 遂行되고 있다. 이러한 河口의 人爲的 變換行爲는 河口水의 循環體系를 變化시켜 動的堆積體系를 包含하는 既存河口環境이 크게 달라지기도 한다. 이미 建設된 群山外港의 接近水路는 深刻的인 埋沒現象이 錦江河口의 動的體系에 의하여 惹起되고 있으며 追後 完工된 河口堰이 河口環境에 미칠 影響에 대한 工學的關心이 크게 擡頭되고 있다. 80年初에 完工된 榮工江의 河口堰의 境遇 建設前後의 檢潮所의 實際海面觀測資料의 分析²⁾에 의하면 河口堰에 의해 뚜렷한 潮汐의 擴幅

現象이 일어나 沿岸帶水層體系에 큰 影響을 주고 있는데 事전에 그 程度가 正確하게 推定되지 못하였다.

群山外港建設을 위한 水理學的 妥當性調査³⁾는 1969年 프랑스의 中央水理實驗所(Laboratoire Central D'hydraulique de France)에서 水平縮尺 1:1,200, 鉛直縮尺 1:100의 潮汐水理모델 및 移動床모델을 이용하여 遂行하였는 바 여러 代案에 對한 相對的인 比較로서 最適案을 擇하였고 定量的인 埋沒推定은 이루어지지 않았다. 1974年 Delft 水理研究所가 農業振興公社를 위해 遂行한 河口堰의 水理學的 妥當性調査⁴⁾는 望月里河口堰의 妥當性과 이 河口堰縮切로 인해서 河川流砂가 遮斷됨으로서 群山外港에서의 埋沒은 細粘土가 20%, 細砂가 70%의 減小를 보인 것으로 樂觀하였는 바 流速은 全體的으로 減小되어 接近水路의 操船條件

* 成均館大學 工科大學 土木科 Department of Civil Eng., Sung Kyun Kwan University, Suwon, Korea

** 水原大學 土木科 Department of Civil Eng., Suwon University, Suwon, Korea

은 改善될 것으로 評價하였다.

上記의 調査에서의 問題點은 利用된 水理 및 數値모델의 檢證을 위하여 短期觀測만이 遂行되어 特定期間의 水理現象만을 再現시키는 데 置重하여 河口 및 感潮區間의 潮汐傳播에 따른 物理的過程에 다른 研究가 疎忽하였다는 점이다. 따라서 本 研究에서는 初步段階로서 河口堰工事前의 錦江河口 및 感潮區間의 潮汐傳播現象을 比較的 簡單한 一次元潮汐모델에 의해 算定하여 初期結果를 觀測值와 定性的으로 比較, 檢討하였으며 追後의 研究方向에 관한 討議를 하였다.

2. 錦江河口の 潮汐觀測

群山港의 潮位觀測은 內港檢潮所(35°59' 25''N, 126°42'46''E)에서 1959年 12月부터 連續觀測이 始作된 바 初期의 檢潮儀는 縮尺 1:100의 Richard型이었는데 1968年 8月부터는 縮尺 1:20의 A. Ott型 檢潮儀에 의한 觀測이 交通部 水路局에 의해 現在까지 遂行되고 있다. 群山外港이 完工됨에 따라 外港에도 檢潮所가 設置되어 1980年 3月부터 縮尺 1:40의 Fuess型 檢

潮儀에 의한 連續觀測이 이루어지고 있다. 이들 檢潮所의 資料는 河川流出水, 淺海效果 및 檢潮井內의 埋沒에 의한 빈번한 缺測等에 의해 平均海面觀測所(MSL station)로서는 適合치 않으나 河口潮汐은 研究하는데 貴重한 長期間의 每時間別 資料를 供給하고 있다.⁵⁾ 表-1은 群山內港의 長期潮汐分析結果 中 主要分潮의 調和常數를 提示하고 있는 데 倍潮인 M_4 와 淺海潮인 MS_4 의 平均振幅은 各己 14cm와 9cm로서 仁川港의 相應하는 分潮의 振幅인 9cm, 8cm 보다 큰 값을 갖는 바 이는 檢潮所가 河口內에 깊이 位置하고 있어 淺海影響이 큰 것에 起因한다.

潮汐의 波及은 河口入口에서 約 63km 上流인 窺岩까지 되는 데 이 感潮區間의 水位觀測은 일찌기 1915년부터 始作되었다한다. 그림 1은 1919年 8月 大潮時의 感潮區間의 同時水位觀測結果⁶⁾를 提示하고 있는데 潮汐이 河口로부터 上流로 波及되는 過程에서 非對稱形 變形이 일어나는 것이 잘 나타나 있다. 感潮區間의 水位觀測이 現在까지 自己水位記錄計(玉浦, 笠浦, 江景, 窺岩)에 의해 遂行되고 있어 潮汐의 波及을 料明하는 데 重要한 資料임에도 不拘하고 河川의 低, 高

表-1(1). 群山港의 主要分潮의 調和常數

分潮	O_1		K_1		N_2		M_2		S_2		M_4	
	H	g	H		H	g	H	g	H	g	H	g
60	0.230	240.8	0.303	282.6	0.374	67.4	2.029	89.5	0.684	146.0	0.181	105.0
61	0.253	238.8	0.321	288.8	0.340	69.6	2.045	93.4	0.720	150.7	0.170	116.9
62	0.221	247.0	0.309	288.0	0.346	85.0	2.005	106.1	0.702	161.4	0.170	138.5
63	0.232	246.1	0.325	289.7	0.360	51.7	2.026	104.5	0.699	160.4	0.160	134.3
64	0.228	246.6	0.305	286.8	0.350	77.2	2.062	102.7	0.672	166.6	0.178	140.5
65	0.191	253.3	0.325	288.6	0.364	80.4	2.067	105.5	0.744	156.9	0.168	136.5
66	0.230	247.6	0.334	287.2	0.380	79.4	2.071	101.1	0.768	154.6	0.173	129.1
67	0.246	248.9	0.327	288.6	0.373	81.2	2.097	101.9	0.752	155.6	0.182	130.5
68	0.257	249.0	0.336	286.9	0.375	83.1	2.099	100.8	0.770	154.6	0.177	128.5
69	0.241	253.4	0.331	288.7	0.354	87.6	2.085	103.4	0.747	157.1	0.172	136.5
71	0.247	252.6	0.331	289.3	0.357	81.5	2.091	102.5	0.762	157.5	0.160	134.3
72	0.244	251.9	0.317	288.7	0.326	80.6	2.083	103.4	0.746	158.1	0.170	139.6
73	0.246	250.2	0.310	285.1	0.337	80.7	2.070	103.2	0.747	155.5	0.169	137.8
74	0.226	250.7	0.329	287.6	0.366	80.0	2.069	101.8	0.733	155.2	0.165	134.5
75	0.246	246.2	0.332	287.5	0.379	80.8	2.093	99.6	0.746	154.2	0.177	128.5
76	0.247	246.4	0.328	288.4	0.360	80.8	2.081	102.2	0.731	157.5	0.183	135.5
77	0.216	248.8	0.320	287.9	0.336	84.5	2.041	101.4	0.708	157.6	0.169	126.2
78	0.238	249.0	0.322	287.2	0.369	83.3	2.105	102.2	0.747	157.9	0.190	140.7
79	0.231	247.6	0.304	291.1	0.364	80.7	2.102	103.6	0.732	159.3	0.155	145.5

註) H는 分潮의 振幅(m)이며 g는 Greenwich 遲角(度)

表-1(2). 群山港의 主要分潮의 調和常數

分潮 年度	P ₁		L ₂		μ ₂		ν ₂		K ₂		MS ₃	
	H	g	H	g	H	g	H	g	H	g	H	g
60	0.094	269.3	0.110	115.3	0.101	167.9	0.087	51.6	0.181	134.2	0.123	159.4
61	0.086	270.5	0.083	116.9	0.122	180.7	0.0866	9.0	0.177	140.5	0.114	162.5
62	0.088	287.0	0.127	121.0	0.098	199.8	0.089	75.7	0.202	156.1	0.117	186.1
63	0.071	280.3	0.122	115.0	0.108	195.5	0.071	85.0	0.191	152.5	0.118	183.8
64	0.107	283.9	0.073	115.0	0.088	200.7	0.075	64.4	0.180	158.2	0.129	189.1
65	0.098	285.1	0.096	126.8	0.112	204.0	0.092	62.0	0.197	152.5	0.161	196.0
66	0.096	283.4	0.134	135.5	0.108	199.7	0.088	74.3	0.203	150.4	0.166	184.5
67	0.091	282.9	0.140	105.5	0.097	196.7	0.086	77.5	0.215	158.6	0.175	187.9
68	0.094	277.1	0.091	95.8	0.105	188.5	0.084	74.1	0.206	152.1	0.178	181.7
69	0.83	281.3	0.81	113.9	0.108	181.3	0.102	80.9	0.207	150.0	0.177	190.6
71	0.085	270.9	0.115	112.0	0.088	181.6	0.104	78.5	0.204	151.6	0.167	187.7
72	0.089	278.3	0.062	107.2	0.103	182.0	0.108	68.3	0.221	149.3	0.160	191.6
73	0.082	279.6	0.074	113.5	0.079	194.8	0.080	59.2	0.176	154.7	0.165	189.1
74	0.094	275.7	0.132	121.4	0.109	176.0	0.109	79.6	0.225	154.5	0.153	185.6
75	0.097	276.0	0.139	106.7	0.096	182.4	0.084	68.5	0.194	147.5	0.131	178.2
76	0.096	277.1	0.114	112.6	0.091	186.6	0.081	66.7	0.196	151.5	0.132	187.7
77	0.089	276.2	0.098	96.1	0.091	186.5	0.073	71.5	0.181	160.4	0.132	182.5
78	0.101	272.0	0.112	111.9	0.097	196.6	0.089	72.5	0.213	158.3	0.148	192.8
79	0.090	285.7	0.084	125.9	0.091	188.6	0.123	74.6	0.219	153.6	0.124	193.2

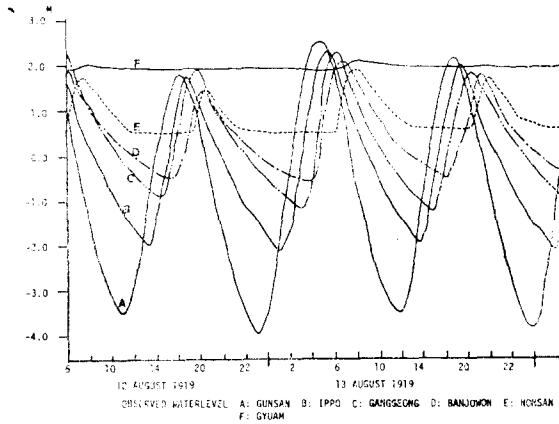


그림 1. 1919年 8月 大潮期 錦江感潮區間의 同時水位觀測

水位統計를 爲한 目的으로 整理되어 있어 每時間別資料에의 接近은 어려운 實情이다. 이러한 우리나라 水位觀測資料의 管理, 資料精度 및 提示方法에 對한 批評은 近年의 Binnie and Partners⁷⁾의 報告書에서도 指摘된 바 있다.

以外에 農業振興公社는 長岩, 元水 및 河口堰位置에

서 2個月의 短期潮位觀測⁸⁾을 遂行했는 데 檢潮標尺에 의한 方法이라 資料의 精度는 疑心스럽다. 錦江河口의 알려진 長期潮流觀測은 交通部 水路局에서 群山內港앞에서 遂行한 15日資料⁹⁾밖에는 없는 것 같다.

3. 錦江의 1次元潮汐數值모델

感潮河川의 潮汐計算을 위한 1次元 非線型 潮汐方程式¹⁾은 下記와 같이 提示될 수 있다

$$b \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q = 0 \dots\dots\dots (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(uQ)}{\partial x} + g \frac{\partial h}{\partial x} A + g \frac{|Q|Q}{AC^2R} = 0 \dots\dots (2)$$

여기서,

- t 時間
- x 水路의 흐름方向距離
- b 水路幅
- h 任意水平基準面에 對한 水位(=η+d+z₀)
- z₀ 任意水平基準面에 對한 河床高
- d 平均水位에 對한 水路의 水深
- η 平均水位에 對한 水位
- Q 斷面流量

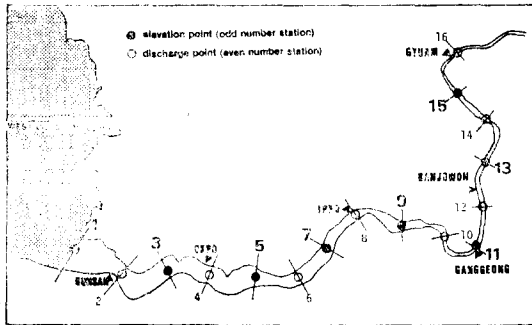


그림 2. 錦江感潮區간의 1次元潮汐모델의 水位, 流量算定斷面.

- q 水路의 單位距離當 支川流入水量
 - u 水路의 平均斷面流速
 - g 重力加速度
 - A 水路의 斷面積
 - C Chezy 係數로서 Manning 粗度係數(n) 및 動水半徑(R)과 下記의 關係가 있다
- $$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}} \dots \dots \dots (3)$$

上記의 1次元 動水力學的 公式은 Harleman과 Lee¹⁰⁾가 提示한 陽解差分法에 의해 그림 2에 提示된 錦江의 感潮區간의 1~16 까지의 水路를 橫斷하는 斷面(節片)에서 數值的으로 積分되었다. 이 方法에 의하면 奇數의 斷面에서는 水位가 算定되며 偶數의 斷面에서는 流量이 算定되는데, 仔細한 數值解析에 의한 解는 여러 文獻에 이미 紹介되어 있으므로 여기서는 再述치 않는다. 16個 斷面은 等間隔인 4km로 나뉘어 졌으며 各水路斷面은 그림 3과 같이 梯形으로 模式化되었는데 各 斷面의 諸元은 表-2와 같다. 陽解差分計算을 위한 Courant의 安定條件을 滿足시키는 時間間隔(Δt)은 225.8秒로서 한 潮汐週期當 198個의 時間間隔을 形成하였다.

모델에 의한 η, Q이 算定은 t=0일 때 η=Q=0인 初期靜止狀態로부터 出發하였는데 初期攪亂效果는 河床摩擦 消散率이 높아 빨리 除去되었다. 모델은 平均大, 中, 小潮時의 潮汐이 感潮區間에서 波及되는 樣相, 特定洪

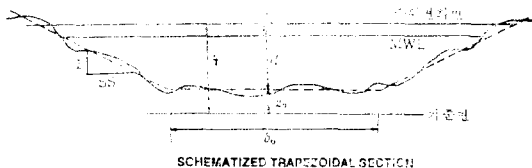


그림 3. 模式化된 河川의 梯形斷面.

表-2. 錦江感潮區간의 模式化된 梯形斷面資料.

Segment Number	거리 (km)	bo (m)	d (m)	SS	Zo (m)	Area (m ²)	Manning 계 수
1	0	1603	6.00	58.17	4.00	11712	0.020
2	4	1356	6.00	17.17	4.00	8754	0.021
3	8	1040	5.45	37.61	4.60	6785	0.022
4	12	610	5.20	38.46	4.90	4212	0.023
5	16	400	4.93	50.71	5.18	3204	0.024
6	20	100	4.76	95.59	5.41	2642	0.025
7	24	360	3.20	76.56	7.00	1936	0.026
8	28	100	4.17	38.37	6.11	1084	0.027
9	32	150	2.80	84.29	7.60	1080	0.028
10	36	218	2.64	47.35	7.90	906	0.030
11	40	112	2.50	32.00	8.20	479	0.032
12	44	80	1.81	44.20	9.00	290	0.033
13	48	80	1.46	32.53	9.50	186	0.034
14	52	100	1.68	92.26	9.50	428	0.035
15	54	20	1.44	34.72	10.00	100	0.036
16	60	40	1.00	50.00	10.80	143	0.036

水期の 感潮區간의 水位變化 및 河川流入水의 變化에 따른 定常水位(steady-state waterlevel)를 算定하는데 일차적으로 利用되었다.

4. 모델結果 및 討議

4.1. 感潮區간의 潮汐算定

上流境界條件으로서 窺岩의 低水時 流出量인 50m³/sec이 定常狀態로 流下되는 狀況을 取하였는데 河口 潮汐의 傳播가 河川流下水에 의해 影響을 받지 않는 境遇를 調査하기 위해 擇했다. 下流端의 境界條件은 水位變化를 明示함으로서 成立되는데 觀測된 群山港의 大, 中, 小潮時의 平均潮差로부터 週期는 44714秒, 振幅은 各已 2.90, 2.13, 1.40m인 sine 函數로서 概略하였다. 初期條件은 各 節片에서 水位流量이 零인 靜止狀態로부터 計算이 始作되었는데 初期攪亂效果가 거의 除去되는 4번째 潮汐週期の 算定結果를 取하였다. 그림 4, 5, 6은 錦江感潮區간의 平均大, 中, 小潮時의 潮汐傳播 算定結果를 各已 提示한다. 算定된 水位는 群山港의 平均海面을 基準으로 提示되었으며 流量은 外海 流出의 境遇 陰값, 上流方向의 흐름은 陽값으로 表示되었다. 그림 1에 提示된 1919年 8月 平均大潮時의 感潮區간의 觀測潮位와 그림 6의 모델에 의해 算定된 平均大潮時의 潮位分布는 定性的으로 잘 一致하고 있

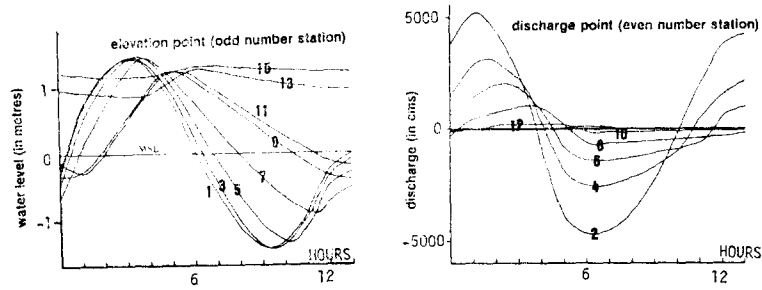


그림 4. 모델에 의해 算定된 平均小潮期의 潮汐傳播

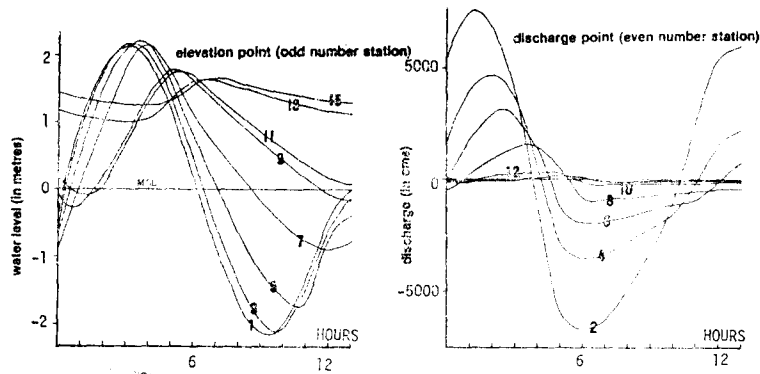


그림 5. 모델에 의해 算定된 平均中潮期의 潮汐傳播

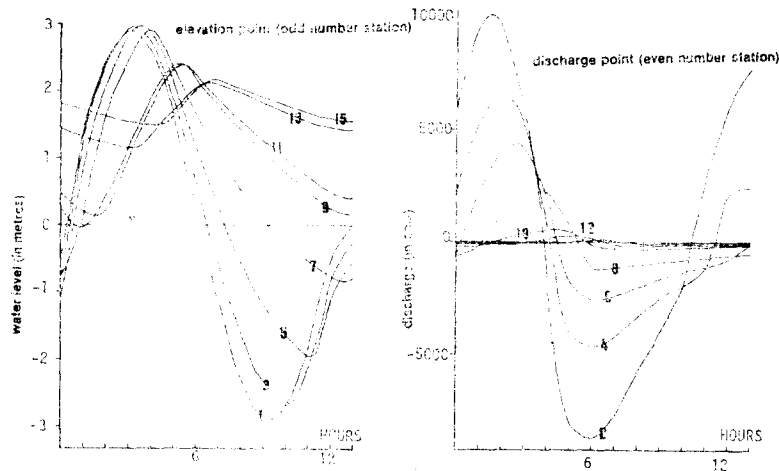


그림 6. 모델에 의해 算定된 平均大潮期의 潮汐傳播

는데 1919年 觀測結果는 當時 零點基準이 不確實하여 垂直潮位의 定量的인 相互比較는 어렵다. 그림 1에 提示된 岬과 群山과 江景間의 高潮遲滯(high water lag)는 約 2時間, 低潮遲滯(low water lag)는 4時間 10

分程度이며 그림 6의 算定結果는 斷面 1과 11을 比較하면 各已 2時間 20分, 4時間 30分으로 概略的인 一致를 보이고 있다. 이러한 定性的인 一致를 보이기 위한 모델算定은 表-2에 既 提示된 上流側으로 갈수록

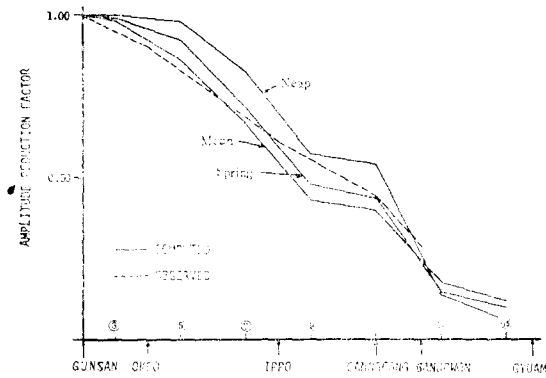


그림 7. 錦江感潮區간의 潮位の 振幅減小係數

큰 Manning 粗度係數 卽 높은 河床摩擦消散을 考慮하
므로서 이루어졌다. 이러한 河口潮汐이 上流로 波及되
면서 높은 河床摩擦消散이 일어난는 過程은 上流側 흐
름의 運動에 너지가 下流側흐름의 運動에너지보다 큰
現象으로 反影되는 바 算定된 流量의 變化가 이를 提
示한다. 그림 7은 感潮區간의 算定된 세 潮汐狀況下의
潮汐振幅의 變化를 나타내는 데 增幅小係數(amplific-
ation factor)는 1 보다 작은 境遇 振幅減小係數(ampli-
tude reduction factor)라 稱할 수 있는데 各 斷面에서
의 潮差를 河口入口인 群山港의 潮差로 나눈 값이다.
實線으로 表示된 算定된 세 潮汐狀況의 增幅係數의 變
化는 點線으로 表示된 短期測定值⁴⁾에 의한 增幅係數의
變化和 概略적으로 비슷한 傾向을 나타낸다.

4.2. 感潮區간의 洪水位算定

上流洪水가 感潮區간의 水位分布에 미치는 影響을
評價하기 위한 모델의 應用性을 調査하기 위한 數值實
驗이 遂行되었다. 上流境界條件은 1966年 7月 24, 25
日의 窺岩에서의 洪水流出量의 變化(그림 8의 實線)로
서 賦與되었으며 下流端 境界條件은 이 期間의 群山港
潮位觀測值로서 規定하였다. 그림 8에 提示된 대로 이
期間의 窺岩의 尖頭洪水量은 24日 12時頃에 5,000m³/
sec 이었는데 群山港의 檢潮記錄을 檢討한 結果는 이
洪水量에 의한 潮位曲線의 歪曲現象은 나타나지 않았
에다. 그림 9와 10은 算定된 感潮區간의 水位分布과
流量變化를 提示하고 있는데 潮汐의 影響이 玉浦附近
에서 制限되는 것이 잘 提示되어 있으며 洪水에 의한
水位와 流量의 尖頭値는 上流에서 江景附近까지만 두
렷하며 江景下流區간은 潮汐과의 相互作用에 의한 變
動이 나타나는 區間이다. 이 期間의 感潮區간에서의
每時間別 觀測水位資料가 利用可能하지 않아 定量的比
較을 할 수 없었으나 上流洪水에 의한 感潮區간의 水
位 및 流量의 反應이 모델에 의해 뚜렷하게 提示됨을
本研究를 通해 알수있다. 여러 境遇의 上流洪水量과

河口의 潮汐狀況에 의한 一連의 모델 算定을 遂行하면
洪水와 潮汐의 相互作用이 考慮되는 感潮區간의 水位
評價가 可能할 것인 데 仔細한 過去의 觀測資料에 의
한 檢證이 必要하다. 이러한 모델에 의한 研究는 感潮
區간의 洪水位 및 堤防高決定이라는 工學的인 側面에서
매우 重要하다.

4.3. 上流流入量의 變化에 따른 感潮區간의 定常水
位의 反應

樹立된 모델은 上流流入量의 變化에 따른 感潮區간
에서 潮汐의 影響이 考慮되지 않은 定常水位(steady-
state waterlevel)의 分布를 算定하는 데 亦是 應用되
었다. 이 境遇 上流端의 境界條件은 40, 300, 500, 1000,
3000 및 5000m³/sec의 定常流入條件(steady-state infl-
ow condition)이 賦與되었으며 下流端은 潮位變化가
없는 것으로 規定하고 流量은 放出되는 것으로 하였는
데 모델算定은 上流流入量에 相應하는 流出이 下流端
에서 이루어지며 各 斷面水位가 定常狀態가 될 때까지
遂行하였다. 그림 11은 上記의 數值實驗結果를 提示하
고 있는 바 5000m³/sec의 洪水流出에 대한 窺岩의 算
定된 定常水位는 約 9m 로서 그림 9의 特定期間의 50
00m³/sec의 尖頭流量을 갖는 境遇의 平均水位와 概略

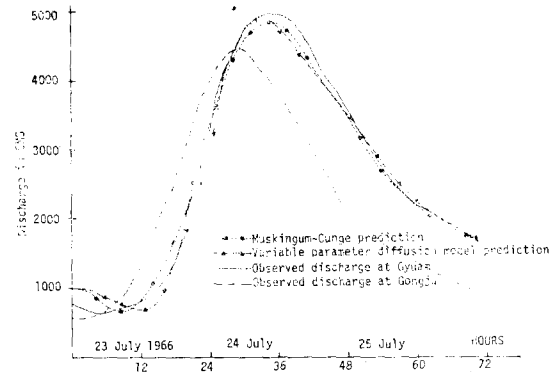


그림 8. 錦江上流 窺岩(實線)의 1966年 7月 洪水記錄

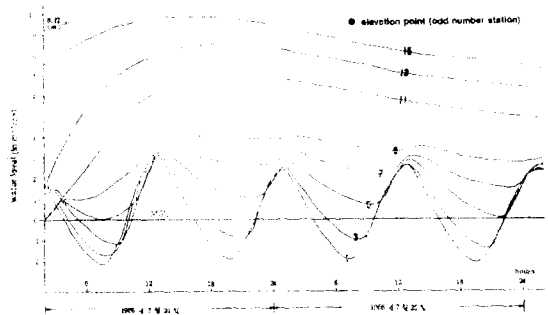


그림 9. 모델에 의해 算定된 洪水時 感潮區간의 水位變化.

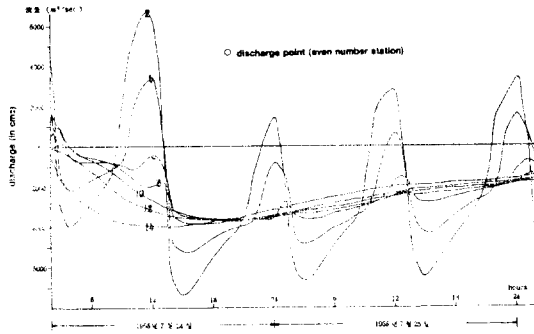


그림 10. 모델에 의해 算定된 洪水時 感潮區間의 流量變化.

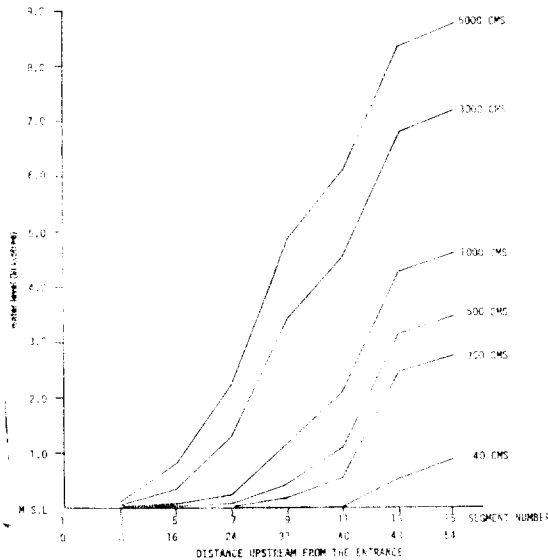


그림 11. 上流流入量變化에 따른 感潮區間 定常水位의 反應.

의므로 一致한다. 이러한 數值實驗은 追後에 下流에 河口堰이 設置되어 洪水에 의한 背水水位가 形成된 때 建設前의 狀況과 比較檢討하기 위한 資料로서 重要하다. 即 河口堰에 의한 上流側 水理現象의 變化樣相을 評價하는 直接的인 資料이다.

5. 結 論

本 稿에서는 比較的 簡單한 1次元 動水力學的 모델에 의해 錦江感潮區間의 潮汐傳播現象을 算定할 수 있음이 提示되었다. 더불어서 上流洪水流出에 따른 洪水와 河口潮汐의 相互作用에 따른 感潮區間의 水位分布 및 洪水量의 變化에 따른 定常水位分布를 역시 모델에

의해 效果의으로 評價할 수 있음이 提示되었다. 무엇보다도 利用可能한 感潮區間의 長期自己水位記錄을 徹底히 整備分析한 結果가 있어야 模型을 檢證, 改善할 수 있으며 또한 感潮區間의 動水力學的 體系를 充分히 說明할 수 있으므로 資料의 整備가 時急하다.

이러한 一連의 研究는 河口堰縮切이 錦江河口體系에 미치는 環境影響을 短期資料로서 工學的 評價를 하기에 앞서 體系의 物理的 過程에 대한 仔細한 理解가 필요하므로 더 徹底하게 遂行되어야 한다. 本 研究는 既存感潮體系에 대한 理解를 하기위한 初步作業結果이며 追後 繼續되는 研究가 精密한 模型 및 現場觀測을 통해 必要하다.

參 考 文 獻

1. Dronkers, J.J., 1964. Tidal computations in rivers and coastal waters, John Wiley, New York 518, pp.
2. 崔秉吳, 1984. 榮山江河口의 防潮堤建設에 따른 潮位變化. 大韓土木學會 論文集, 第4卷 第2號, 113~124pp.
3. Laboratoire Central D'hydraulique de France, 1969. KUNSAN-creation of outer port in Keum river estuary, hydraulic model test (general report), 72, pp.
4. Delft Hydraulics Laboratory, 1974. Ogseo Agricultural Development Project-Fact finding study on sedimentological and salinity intrusion aspects. Vol 1. Report on studies.
5. 韓國測地學會, 1983. 우리나라 精密水準網에 關한 研究(우리나라 主要港灣의 平均海面 및 潮位分析) 329 pp.
6. 建設部, 1963. 韓國水文調查書. 附圖編 第1卷.
7. Binnie and Partners, 1978. Hydrologic services, rural infrastructure project. Vol. 1. Main report.
8. 農業振興公社, 1983, 錦江(I)地域 河口堰 水文調查報告書.
9. 交通部 水路局, 長期潮流觀測資料
10. Harleman, D.R.F., and C.H. Lee, 1969. The computation of tides and currents in estuaries and canals. Technical Bulletin No. 16, Committee on Tidal Hydraulics, U.S. Army Corps of Engineers.