

洛東江 河口潮汐에 關한 調查研究 (I)

- 洛東江의 潮位變動 -

釜山大學校 工科大学 教授(工博) 梁 模

東義工業專門大學 土木科 助教授 金 貞 珉

A study on the tidal phenomena of Nagdong River-mouth

- Tidal fluctuations of Nagdong River -

- Abstract -

The relations between tidal fluctuation and freshwater discharge are studied by use of observed data in the estuarine region of the Nagdong River.

Damping modulus which represents the resistance to propagation of tidal wave is estimated, and it is verified that when the fresh water discharge is lower than 300 m³ / sec., the elevation of mean-water-level at Gupo is the same as the mean sea-water-level.

1. 序 言

潮汐의 影響을 받는 河川의 有潮部에서는 水理現象이 時間에 따라서 變動이 極深하므로 動力學的인 解析이 매우 複雜하다. 이에 반하여 河口部の 開發問題가 重大한 課題로 등장함에 따라 河口에서의 流速分布와 密度分布의 時間的 變動 把握이 더욱 절실하게 요청되고 있다. 이 方面의 理論的인 研究는 Ippen, Grubert, Keulegan, C.B. Officer. 등에 依하여 많은 進전이 있기는 하나 實際河川에서의 적용에서는 河川 固有의 特性을 추적하지 않을 수 없다. 釜山市의 젓줄이 되고 있는 洛東江 河口部の 潮汐에 관해서는 張(1979)¹⁾의 研究 및 釜山市의 調查報告가 있을 뿐이다. 本論에서는 洛東江 河口部の 潮汐이 上流側으로 感쇠전달되는 樣狀을 河川流量規模에 따라 比較分析 하고자 하였다.

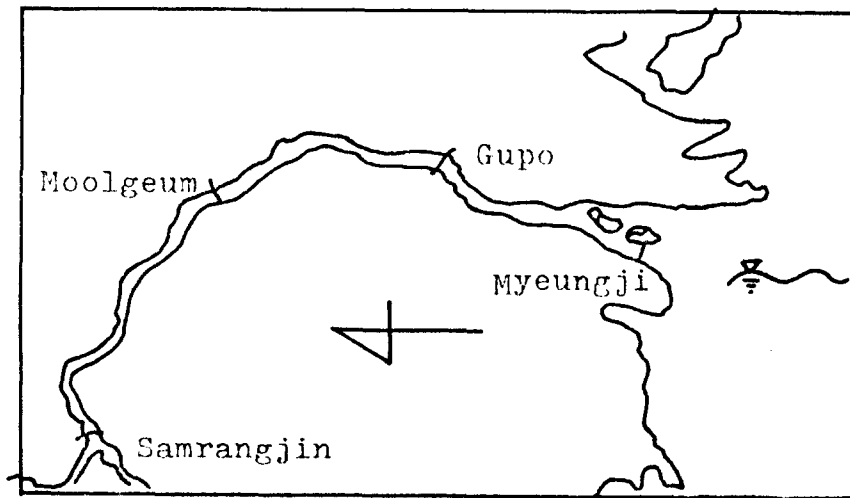


Fig.-1 Estuary Of Nag-Dong River

2. 水文資料

2 - 1 河川流量

洛東江 下流部の 津洞量水標記錄으로 부터 1981年 中 發生한 水位를 0.90 m부터 4.00 m까지 5個를 擇하였다. 本論의 展開上 이들 水位가 最小限 3日間 연속적으로 安定된 水位를 유지함이 要求되지만 完全하게 만족되는 資料는 찾지 못하였다.

津洞量水標에 對해서는 既히 作成된 流量曲線式이 있으나, 最近(1980) 實測結果 各各 Table- 1과 같은 오차를 나타내고 있다고 報告되었 다.²⁾

Table-1. River Flow-Rate at Jindong(m^3/sec)

DATE	depth (m)	observed value	calculated value	
			$Q=21.719(H+0.172)^{2.5}$	$Q=76.848(H-0.38)^{2.03}$
'79.6.5	2.23	236.0	194.2	267.9
6.6	1.97	213.7	145.8	197.0
11.4	1.38	82.3	65.2	76.8
11.12	1.18	34.8	46.2	48.9
12.18	1.07	38.1	37.3	36.2
'80.3.15	1.33	90.6	60.1	69.2

本論에서 擇한 5個의 資料 Q_j - I ~ Q_j - V의 流量規模는 Table - I을 參照하여 Table- 2와 같이 결정하였다.

Table-2 River discharge and mean water depth (m^3/sec)

DATA	DATE	River discharge	Mean water depth(m)				
			Jindong	Samrangjin	Moolgeum	Goopo	Myungji
Q_j - I	1981.5.25	27.0	0.90	1.61	0.81	1.03	1.55
Q_j - II	1981.5.27	100.0	1.50	1.68	0.83	1.03	1.56
Q_j - III	1981.4.01	214.0	2.00	1.99	0.86	1.05	1.68
Q_j - IV	1981.6.25	420.0	3.00	2.34	1.11	1.26	1.65
Q_j - V	1981.7.17	820.0	4.00	3.16	1.51	1.35	1.78

※ 勿禁의 水深 = 水位標値 + 0.25

2 - 2 河川 潮汐

勿禁水位와 三浪津水位는 時間別 連速 記錄紙를 使用하고 龜浦에 대해서는 干滿潮位 - 時刻의 觀測值를 使用하였으며, 그 觀測結果를 陸上水準原點을 基準으로 하는 標高로 換算하여 Time-Elevation graph 를 作成하면 Fig.-2 와 같이 된다.

2 - 3 地點別 Time-Elevation Graph

Fig.-2 로 부터 다음 몇가지 事實이 確認된다.

- ① 勿禁과 釜山灣의 潮時差는 3時間이다.
- ② 龜浦에서의 潮汐差(tidal range)는 항상 釜山灣보다 크게 나타난다.
- ③ 釜山灣과 龜浦사이에 생기는 水面傾斜는 上潮時 逆傾斜이고 下潮時에는 順傾斜이나 매우 急하다.
- ④ 釜山灣에 對한 加德島 西쪽의 潮高比가 1.44이므로 이 두地點의 中間에 있는 洛東江 河口 洛東浦에서의 潮高比는 1보다 큰 것으로 豫想되며 그 影響이 龜浦에서 크게 나타나는 것으로 생각된다.
- ⑤ 津洞에서의 流量이 $900 \text{ m}^3/\text{sec}$ 以上이면 三浪津에서는 感潮되지 않는다.

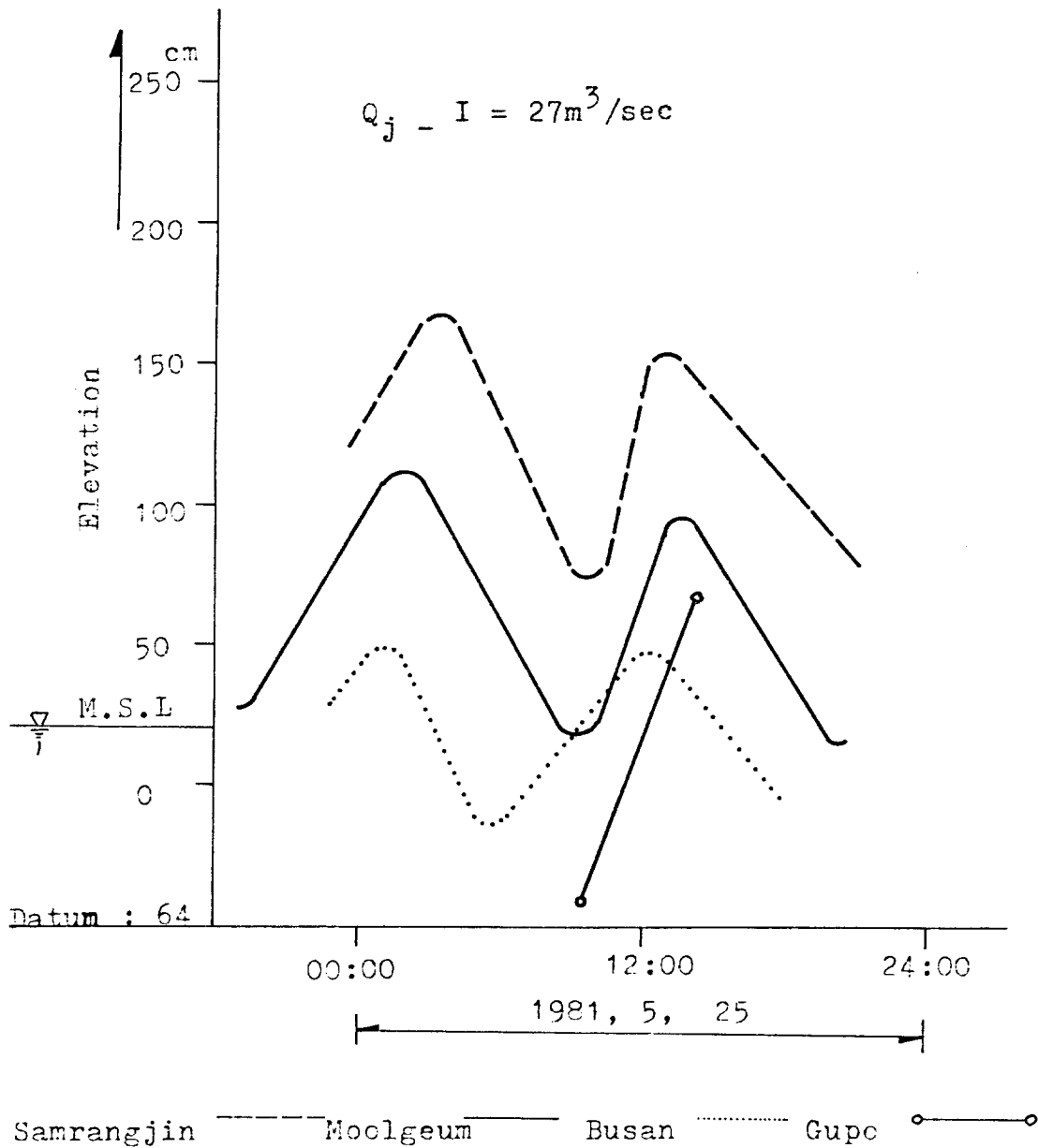


Fig.- 2 Time - Elevation Graph (I)

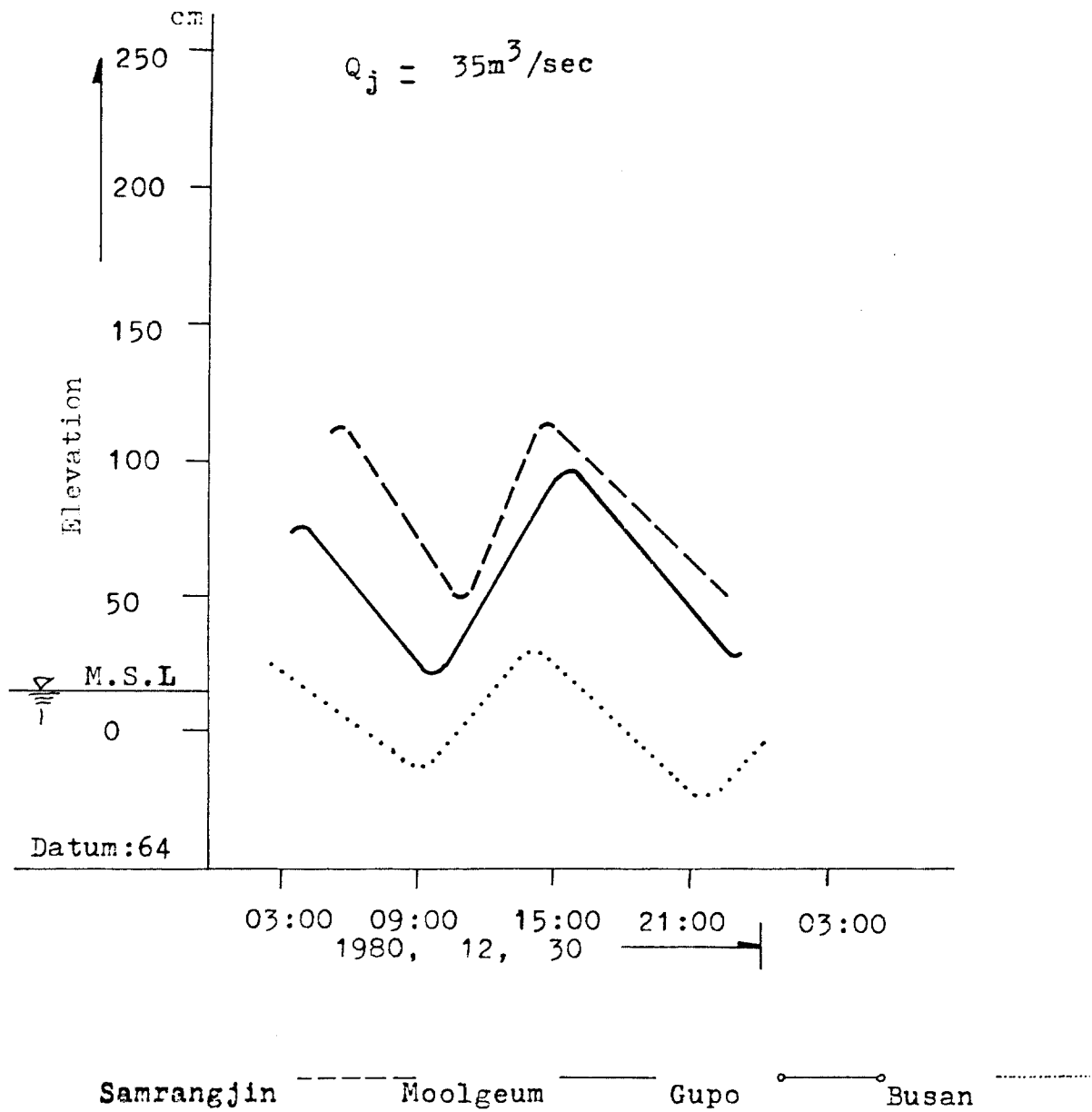


Fig.- 2 Time - Elevation Graph (II)

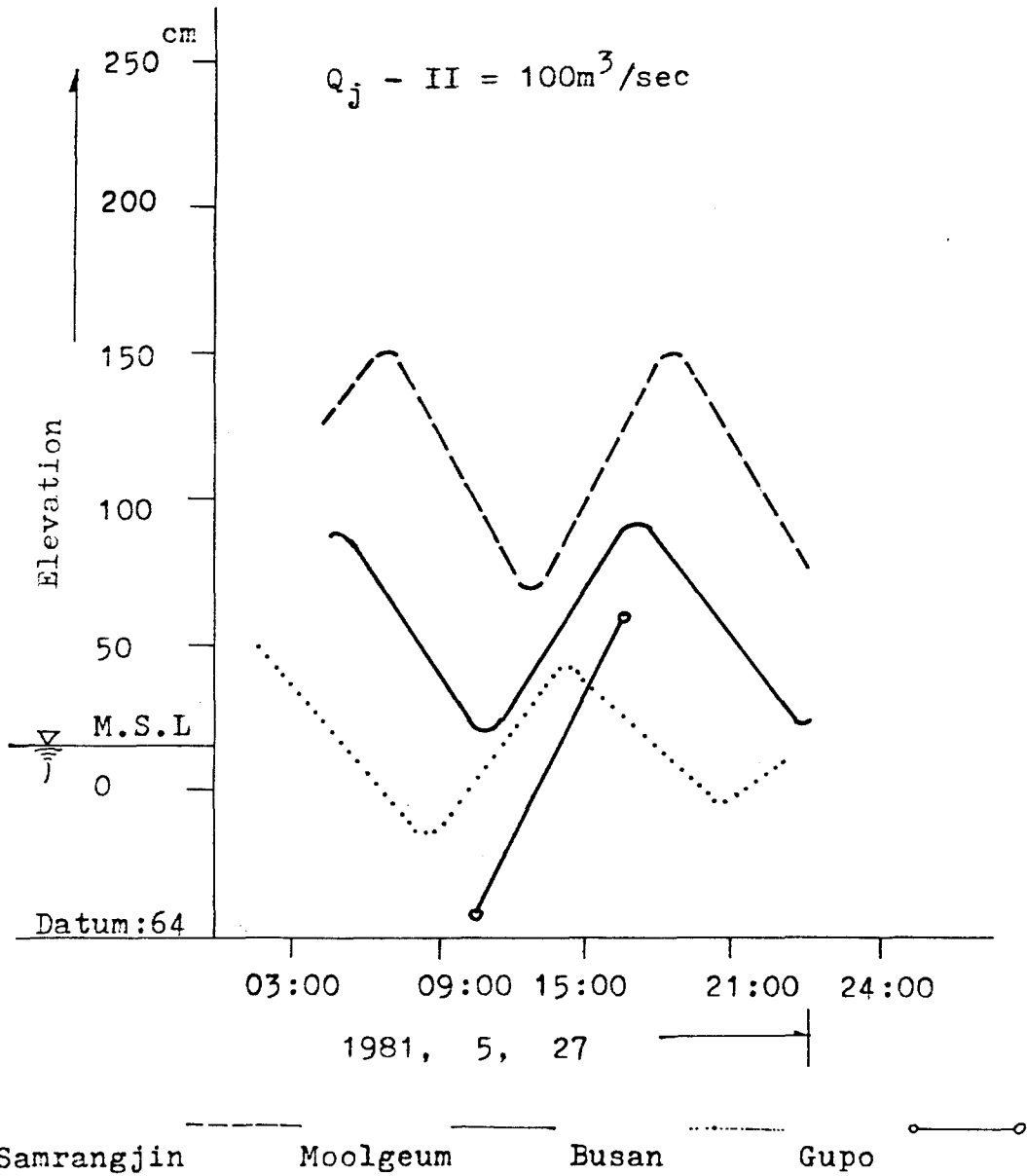


Fig.- 2 Time - Elevation Graph (III)

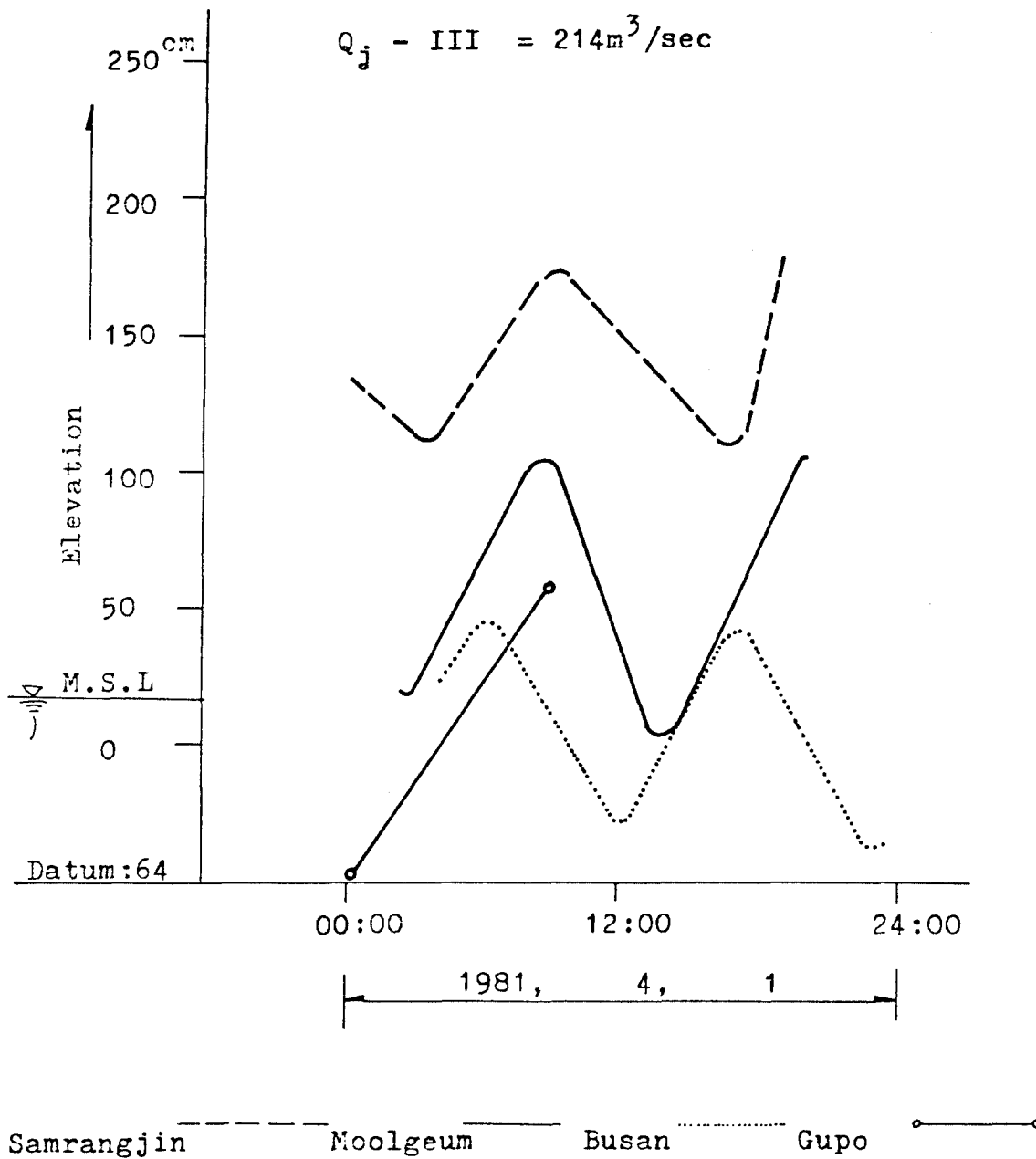
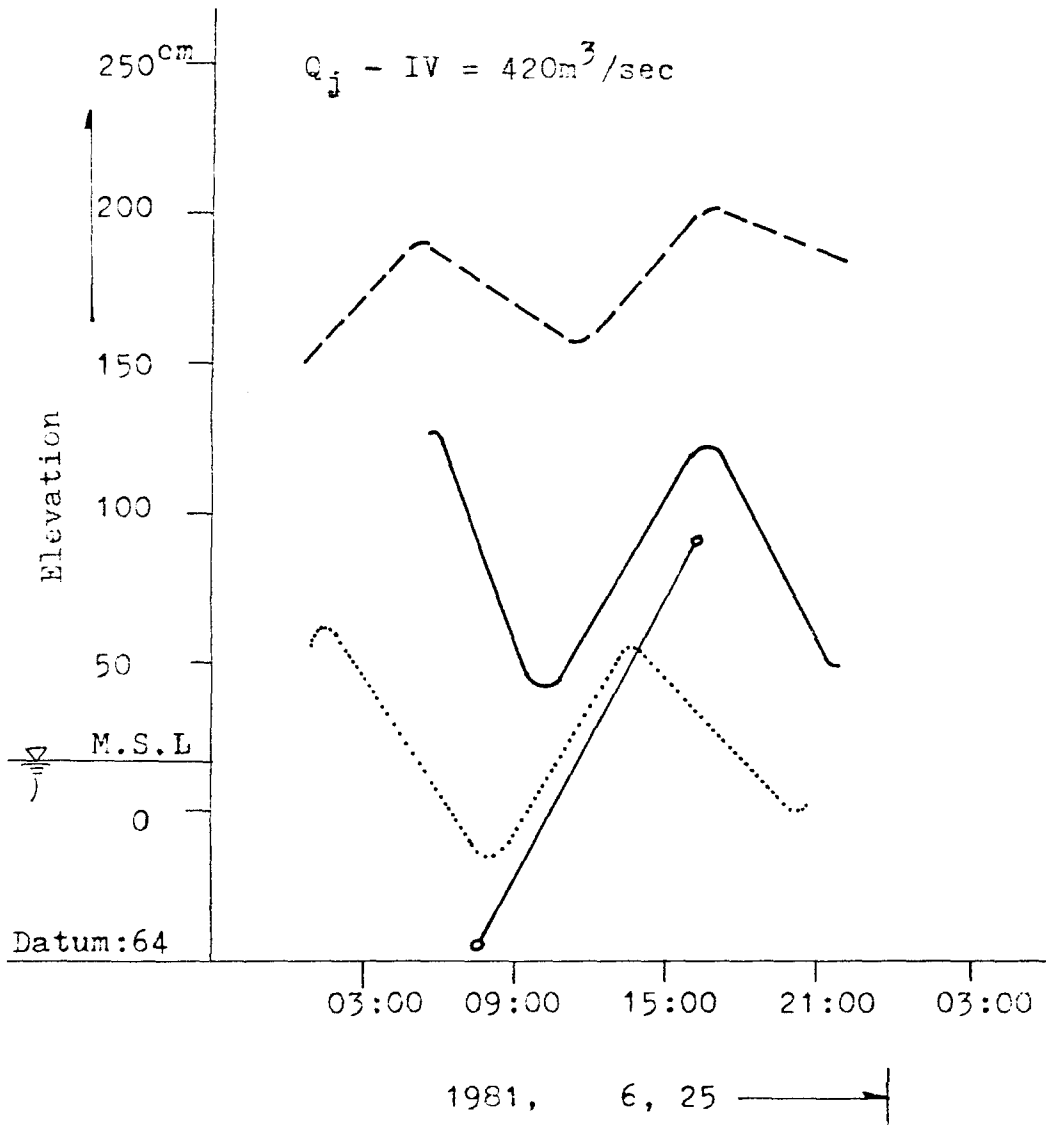
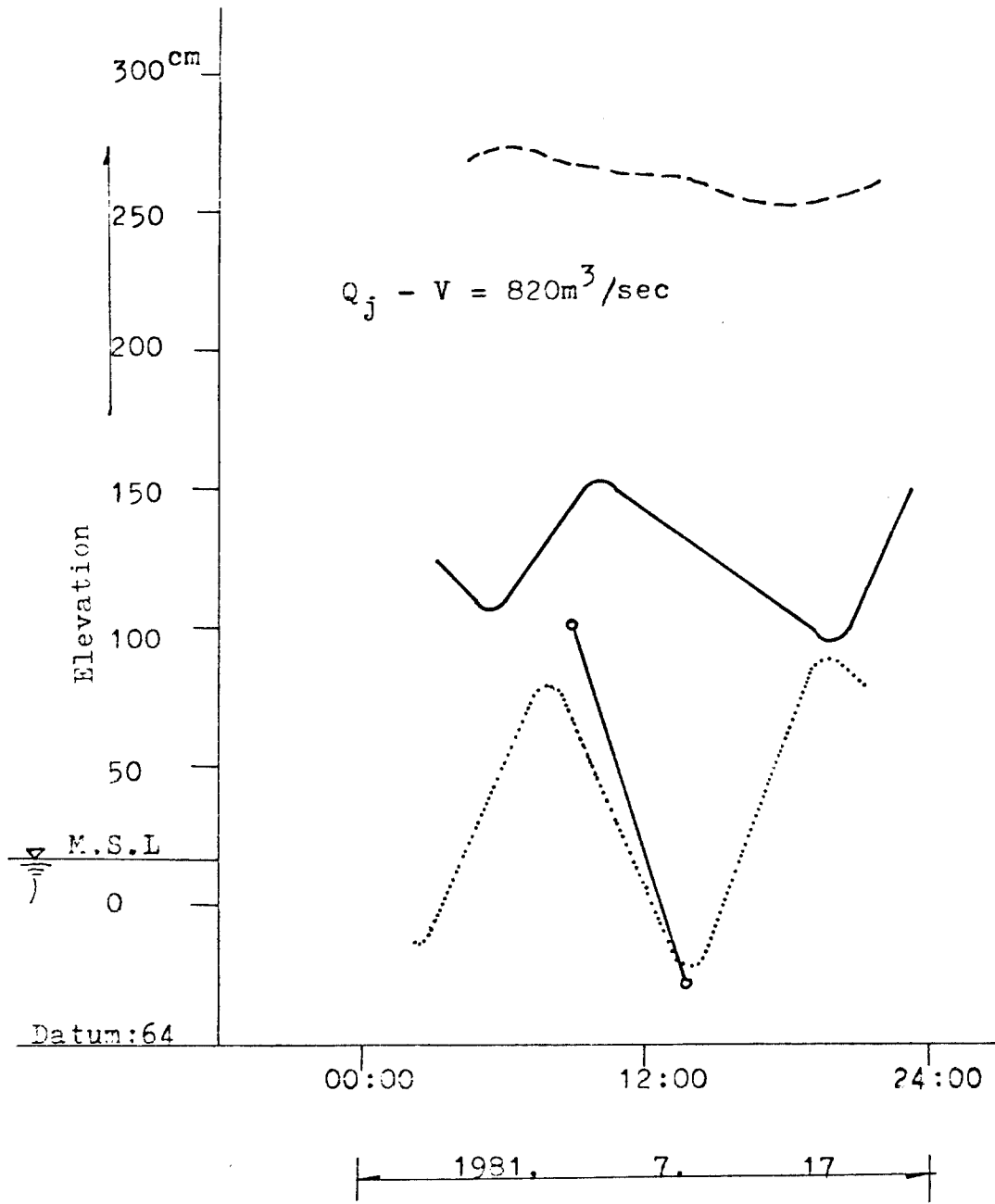


Fig.- 2 Time - Elevation Graph (IV)



Samrangjin ——— Moolgeum ——— Busan Gupo ○——○

Fig.- 2 Time - Elevation Graph (V)



Samrangjin

Moolgeum

Busan

Gupo

Fig.- 2 Time - Elevation Graph (VI)

3. Damping Modulus

3 - 1 基本方程式

河川上流로 부터 오는 一定한 流量이 下流部 感潮區間으로 계속하여 流出(定流分)되고 有潮部에서는 潮汐의 出入이 중첩(不定流分)되고 있으므로 河川潮汐을 Fig.-3 과 같이 不定流分에 대해서만 考察한다.

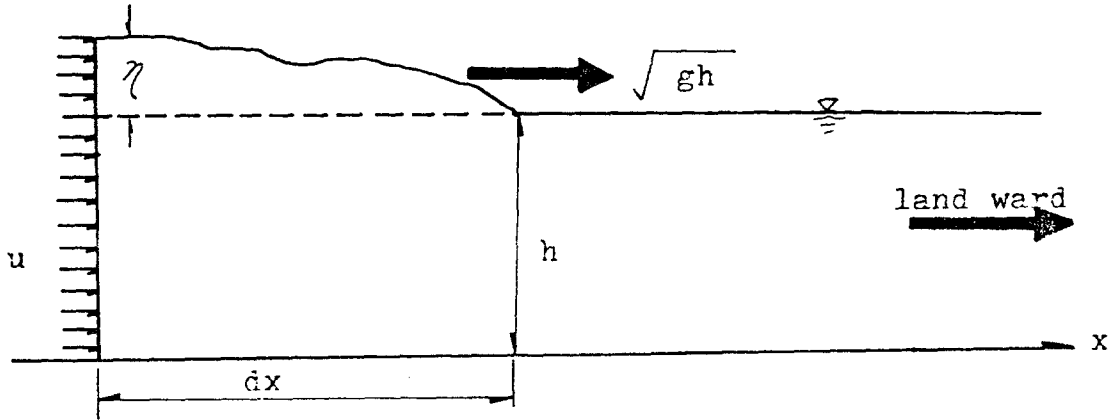


Fig.-3 Definition Sketch

연속방정식

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} = -h \frac{\partial u}{\partial x} \dots\dots\dots (1)$$

운동방정식은 마찰저항을 고려하여

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -g \left(\frac{\partial \eta}{\partial x} + M \cdot u \right) \dots\dots\dots (2)$$

(1)과(2)를 모두 t 와 x 에 대하여 편미분하고 그 결과를 조립
정돈하면 서로 유사한 다음 두식을 얻을 수 있다.

$$gh \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + g \cdot M \cdot \frac{\partial u}{\partial t} \dots\dots\dots (3)$$

$$gh \frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2} + g \cdot M \cdot \frac{\partial \eta}{\partial t} \dots\dots\dots (4)$$

여기서 $g \cdot M = \sigma \tan \alpha$ 라 두고 gh 와 M 을 常數로 취급하면 다음
解를 얻게 된다. ³⁾

$$\eta = \frac{a}{\sigma} e^{-\mu x} \cos(\sigma t - kx) \dots\dots\dots (5)$$

여기서 $\mu = k \tan \alpha \dots\dots\dots (6)$

$$\sigma = \text{frequency} = \frac{2\pi}{T} \dots\dots\dots (7)$$

$$k = \text{wave number} = \frac{2\pi}{L} = \frac{2\pi}{\sqrt{gh \cdot T}} \dots\dots\dots (8)$$

그런데 운동방정식 (2) 속에 있는 마찰 要素 M 은 한 週期 T 동안의 workdone 이 平均 速度 u 의 제곱에 비례한다는 관계로 부터

$$M = \frac{f}{3\pi} \cdot \frac{U_{max}}{gh} \dots\dots\dots (9)$$

즉 M 은 h 가 일정할 때 마찰계수 f 에 정비례하여야 하며, 또 $gM = \sigma \tan 2\alpha = \frac{2\pi}{T} \tan 2\alpha$ (T 는 항상 일정) 로 두었으므로 河川水位 h 가 일정할때는 $\tan \alpha$ 가 일정하여야 하며 이 $\tan \alpha$ 는 潮汐이 침입에 대한 河川의 저항으로 볼 수 있는 河川固有의 常數이다.

(5) 식에서 $\{ t = 0, x = x' \}$ 에서 $\eta = \eta'$ 로 되는 경계조건으로 부터

$$\tan \alpha = \frac{n \left\{ a_0 \cos \left(-k x' \right) \right.}{-k x'} \dots\dots\dots (10)$$

를 계산 할 수 있다.

3 - 2 Damping Modulus

龜浦에서 勿禁사이 勿禁에서 三浪津사이 潮汐抵抗을 계산하면 Table-4 Table-5 , Table-6 과 같다.

Table-4 Damping modulus (from Gupo to Moolgeum)

T = 12.4 h x' = 13.75 km		mean depth $\frac{h}{h}$ (m)	$k = \frac{2\pi}{\sqrt{g \cdot h} \cdot T}$	a ₀	η'	tan α	$\mu = k \tan \alpha$
Q _j - I		0.94	4.64×10^{-5}	- 0.55	-0.35	0.708	3.286×10^{-5}
- II		0.92	4.68×10^{-5}	- 0.53	-0.35	0.643	3.017×10^{-5}
- III		0.94	4.63×10^{-5}	- 0.55	-0.40	0.499	2.315×10^{-5}
- IV		1.18	4.13×10^{-5}	- 0.70	-0.36	1.168	4.835×10^{-5}
- V		1.43	3.75×10^{-5}	+0.65	+0.20	2.279	8.571×10^{-5}

Table-5 Damping modulus(from Moolgeum to Samrangjin)

$x' = 17.25\text{km}$	mean depth $\frac{h}{h}$ (m)	$k = \frac{2\pi}{\sqrt{gh \cdot T}}$	a_0	γ'	$\tan \alpha$	$\mu = h \cdot \tan \alpha$
Q _j - I	1.27	3.98×10^{-5}	0.48	0.36	0.417	1.667×10^{-5}
- II	1.25	4.02×10^{-5}	0.48	0.20	1.261	5.074×10^{-5}
- III	1.38	3.82×10^{-5}	0.50	0.25	1.049	4.017×10^{-5}
- IV	1.85	3.30×10^{-5}	0.44	0.16	1.773	5.864×10^{-5}
- V	2.32	2.95×10^{-5}	0.28	0.05	1.470	4.336×10^{-5}

Table-6 Damping modulus (from Goopo Samrangjin)

$x' = 31.0\text{km}$	mean depth $\frac{h}{h}$ (m)	$k = \frac{2\pi}{\sqrt{gh \cdot T}}$	a_0	η'	$\tan \alpha$	$\mu = k \tan \alpha$
Q _j - I	1.19	4.12×10^{-5}	-0.55	-0.40	0.249	1.026×10^{-5}
- II	1.17	4.15×10^{-5}	-0.53	-0.20	0.756	3.142×10^{-5}
- III	1.27	3.98×10^{-5}	-0.55	-0.18	0.902	3.602×10^{-5}
- IV	1.55	3.61×10^{-5}	-0.70	-0.14	1.437	5.191×10^{-5}
- V	2.00	3.17×10^{-5}	+0.65	+0.05	2.602	8.273×10^{-5}

Fig.4에서 나타난 바와 같이 龜浦에서 勿禁으로 침입하는 潮汐波에 대한 저항은 河川流量이 $100 m^3/sec$ 보다 작은 갈수기보다 河川流量이 $200 m^3/sec$ 일때 최저로 나타나고, 河川流量이 $300 m^3/sec$ 를 초과하게 되면 $\tan \alpha$ 가 현저히 커진다 이것은 極深한 갈수기에는 오히려 河床의 마찰을 크게 받고 수심이 작아서 潮汐의 전달이 沮害되기 때문이라고 判斷된다.

Fig.-3에서는 勿禁에서 三浪津間的 潮汐抵抗이 平水位時 分散되어 나타나고 있다. 이것은 河川流量이 降雨發生 또는 上流에서 갈수기 放流水에 의한 wave front가 겹치면서 潮汐의 peak가 되기 前에 河川流量 增加에 의한 水位 peak가 發生하였기 때문이다. 즉

Fig.-2에서 勿禁에서의 peak時間보다 三浪津에서의 peak시간이 앞당겨진 것이 原因이다.

龜浦에서 三浪津에 미치는 潮汐抵抗에서도 河川流量이 $300 m^3/sec$ 이상이면 민감한 反應을 나타내고 있음을 Fig.-6에서 알 수 있다.

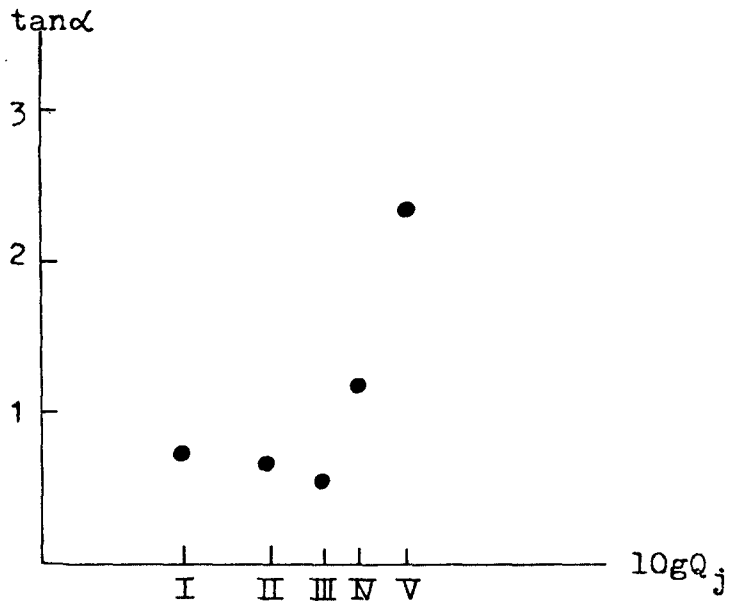


Fig.- 4 Gupo - Moolgeum

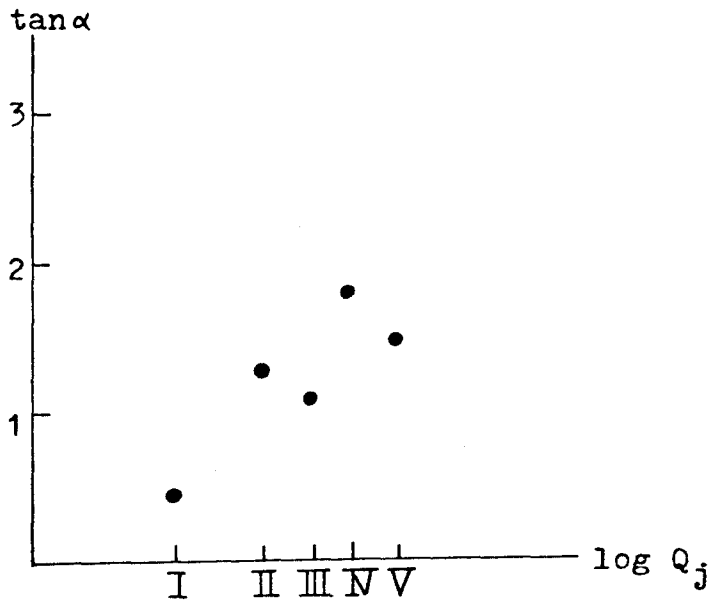


Fig.- 5 Moolgeum - Samrangjin

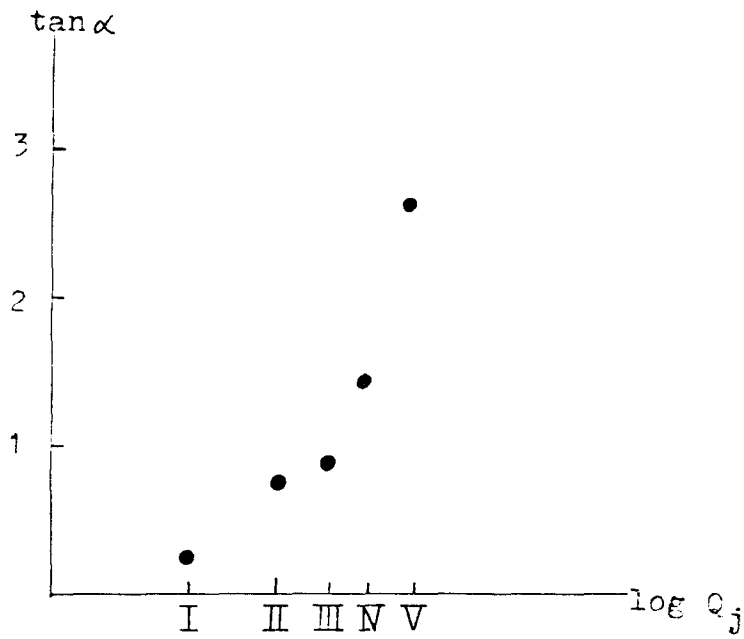


Fig.-6 Gupo - Samrangjin

4. 結 論

洛東江의 潮汐變動을 要約하면 다음과 같다.

1. 龜浦에서의 tidal range가 釜山灣보다 크게 나타난다. 이에 대해서는 보다 廣範圍한 調査가 要求된다.
2. 龜浦에서 下部間의 湧水時 水面 逆傾斜⁴⁾는 上潮 持續時間에 觀測된 記錄보다 더 많았기 때문이다.
3. 洛東江의 流量規模에 따른 潮汐波의 전달사항은 Fig.4 ~ 6 에 서와 같다.
4. 洛東江의 流量이 $300 \text{ m}^3 / \text{sec}$ 以下이면 龜浦에서의 平均水面高는 平均海水面과 一致되며 流量이 $100 \text{ m}^3 / \text{sec}$ 보다 더 작아지면 勿禁까지의 damping modulus가 증대되는 傾向이 있다.

參 考 文 獻

- (1) 張善德·柳青魯，洛東江 河口의 潮汐과 流動 韓國海洋學會誌 14 卷
2 號(1979. 12).
- (2) 洛東江水質調查 및 鹽分 干滿潮分析 - 1980.7 부산직할시 -
- (3) A.T.IPPEN: Estuary and Coastline Hydro dynamics, McGRAW-
HILL, 1966, p.495.
- (4) 金貞珠：河川流量과 河口部 潮汐變動의 相關研究，東義工業專門大學
論文集 第 7 輯，1981.