

防潮堤의 設計를 爲한 颱風의 分析

Analysis of Typhoon for Design of Sea-Dike

韓 相 昱* . 李 重 基*
Sang Wook Han , Joong ki Lee

Summary

The safety of shore structure including the sea dipe is largely affected by typhoon. Accordingly it is desirable to analyze the typhoon and determine the wind direction and velocity for use in planning and design of the structure. This method was adopted for the design of the Yong San Gang Estuary Dam. A comparative study of the results of typhoon analysis with the meteorological data obtained through actual observation is summarized as follows;

- (1) 62% of the typhoons occur during May to June in a year, and 62% of the typhoons which have an influence on the Korean peninsula, especially the proposed estuary dam site, proceed eastward through the zone in lat. 36°-37°N. Such typhoons occur two to three times a year on the average.
- (2) Data on typhoon "SARA" were used as a model case in designing the estuary dam, where it was proved that a southwesterly wind had a maximum velocity of 30m/sec in case $r=150\text{km}$, $\alpha=120^\circ$. Within the range of 22°30' on the right and left side of the fetch line of the estuary dam, the wind direction varied SSW→SW→WSW, and the wind velocity varied 29m/sec→30m/sec→25m/sec. Such phenomemum lasted for five hours.
- (3) An analysis of data obtained during 44 years at Mok Po Meteorological Station shows that a wind with a velocity of some 25m/sec occurred twelve times in the S-direction and two times in the SW-direction, while that with a velocity of 30m/sec occurred three times in the S-direction, three times in the SSW-direction and one time in the SW-direction. The wind which had an influence on the estuary dam had a direction of SSW→SW→WSW and a velocity of min. 30m/sec. Actually, a wind with a max. velocity of 31.3m/sec occurred in the SSW-direction on March 15 and 16, 1956 where the mean velocity during [two hours was 28m/sec and that during four hours was 24.6m/sec.
- (4) The data obtained through actual observation show that when the velocity is low, the wind with a fixed direction lasts long, and when the velocity is

high, it is short-lived. It is difficult to determine the velocity of a wind which blows in a fixed direction for consecutive two or four hours. Therefore, the values obtained through typhoon analysis are larger than those obtained through actual observation, and hence, it is reasonable to use the analyzed value for design of the estuary dam and shore structures.

(5) The greatest effect was had on the estuary dam when typhoon was proceeding at a velocity of 29.71 m/sec in the direction of $\alpha=120^\circ$ (SW) at a point of $R=150\text{km}$ from the center of the typhoon.

I. 緒 論

우리나라는三面이 바다에 접하고 있기때문에 海岸과 바다를 開發하는 일은 大端히 重要하다. 特히 南, 西海岸에 發達한 廣闊한 干潟地의 開發은 國土의 擴張面에서나 農地의 擴大面에서 現在 計劃中에 있으며 特히, 榮山江流域開發 第II~IV 段階事業은 이의 一部分인 것이다.

本事業에서 施行한 防潮堤(榮山江河口堰) 設計에 는 颱風의 分析에 依한 風向風速을 使用하고 既存 觀測資料와 比較檢討하였다. 防潮堤를 包含한 海岸 構造物의 安全性에 對하여는 颱風에 가장 큰 影響을 받으므로 이의 分析에 對하여 綿密히 檢討코져한다.

II. 颱風의 分析

1. 概 要

現在 우리나라에 影響을 주는 颱風은 赤道附近에서 發生하여, 韓國, 日本, 필리핀, 中國 等 極東地域에 勢力을 미치고 있으며 年平均 28回內外가 發生하고 1940年 以後 모두 860回가 發生했다.

이를 月別로 보면 5~6월에 全體의 62%를 나타내고 있으며 特히 榮山江 河口堰의 設計를 爲하여 1960년부터 1973년까지 14個年 동안의 資料를 分析한 結果 河口堰에 影響을 미치는 北緯 $33^\circ\sim 36^\circ$, 東經 $124^\circ\sim 136^\circ$ 사이의 地域을 通過하는 颱風의 回數는 年平均 2~3回가 發生되었다.

이들 颱風의 進路를 集團別로 區分하면 Fig. 1.과 같으며 防潮堤設計에 影響을 주는 course別 颱風의 回收配分率은 다음과 같다.

A course : 41% B course : 21% C course : 23%
D course : 15%

따라서 本分析의 境遇 B course에 속해있는 颱風이 河口堰에 가장 심한 影響을 미친다. 既往의 颱

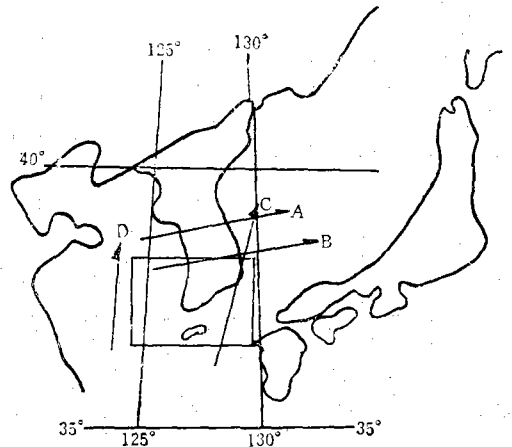


Fig. 1. Typhoon Course

風中 가장 큰 颱風은 C course를 通過한 1959.9.16~ 9.17사이에 있었던 中心示度 935mb인 SARA號 颱風이므로 이 颱風을 Model로 選定하였다.

2. 颱風地域의 氣壓分布

颱風地域內의 氣壓의 分布는 FUJITA 公式에 依하여 나타낼 수 있다.

$$P = P_\infty - \frac{a}{\sqrt{1 + (r/r_0)^2}}$$
 여기서 P : 颱風의 中心 氣壓(mb) P_∞ : 颱風地域外의 氣壓(mb) r : 颱風 中心에서 計劃地點까지 距離(km) a : 颱風中心示度의 降水量(mb) r_0 : 颱風의 크기에 따른 常數.

r_0 는 颱風領域內 風速의 中心距離 r 에 對한 變化에서 實驗의 結果 最少 自乘法에 依해 定하여지는 常數로서 颱風規模가 클수록 中心에서 P_∞ 까지의 距離가 크게되는 값이다.

既往에 가장 큰 SARA號 颱風外에 몇개의 氣壓 分布를 보면 Fig. 2와 같다.

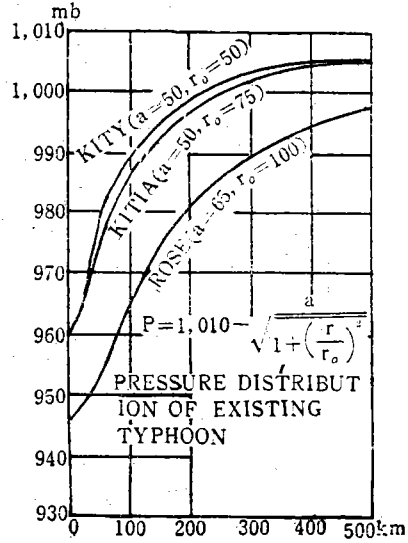
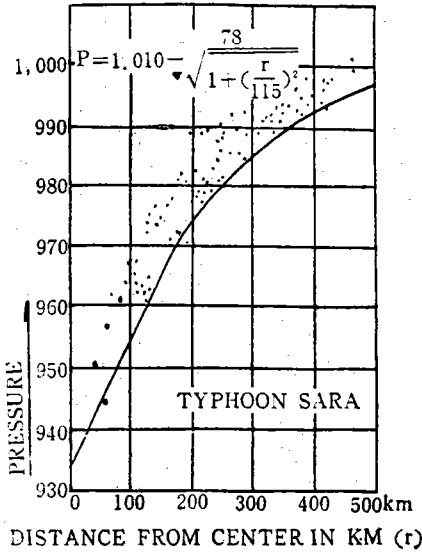


Fig. 2. Pressure Distribution

3. 風速과 風向

가. 傾度風速

傾度風速은 다음 公式에 依하여 算出한다. 公式,

$$V_{gr} = 0.6r \left(\sqrt{\omega^2 \sin^2 \varphi + \frac{\partial p}{\partial r} \cdot \frac{1}{\rho r}} - \omega \sin \varphi \right)$$

V_{gr} : 傾度風速(m/sec), r : 颱風中心으로 부터의 距離(km), ω : 地球自轉 角速度($7.29 \times 10^{-5} \text{sec}^{-1}$), ρ :

空氣의 密度, φ : 觀測點의 緯度($34^\circ 37'$: 木浦),

$$\frac{\partial p}{\partial r}: \text{氣壓傾度} \left(\frac{\partial p}{\partial r} = \frac{a \cdot r}{r_0^2} \left[1 + \left(\frac{r}{r_0} \right)^2 \right]^{-3/2} \right)$$

表 1. 空氣의 密度 單位: 10^{-8}

氣壓 (mb)	920	940	960	930	1000
氣溫($^{\circ}\text{C}$)					
15 $^{\circ}$	1.11	1.15	1.16	1.18	1.21
20 $^{\circ}$	1.09	1.13	1.14	1.16	1.19
25 $^{\circ}$	1.07	1.10	1.12	1.14	1.17
30 $^{\circ}$	1.05	1.08	1.10	1.13	1.15

上記 公式에 依하여 算出된 傾度風速은 表 2.와 같다.

나. 進行風速

風速은 颱風進行에 依해서도 發生한다. 過去의 颱風에 對하여 調査한 結果 進行風速(V_p)은 颱風의 進行速度에 따라 比例하고 颱風中心으로 부터의

表 2. 傾度風速

距離(r)	風速	距離(r)	風速
12km	8.10m/sec	90km	27.54m/sec
24 "	15.16 "	120 "	25.68 "
36 "	20.43 "	180 "	21.24 "
48 "	24.14 "	240 "	16.80 "
60 "	26.04 "	300 "	13.20 "

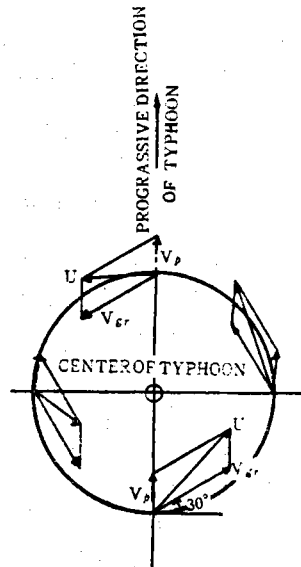


Fig. 3. Character of wind in typhoon area

距離에 反比例 한다. 實際로 颱風區域內의 바람은 進行方向의 右側이 風速이 크고 左側이 적으며 Fig. 3과 같다. Fig. 3에 依하면 傾度風速 V_{gr} 은 颱風中心에서의 距離가 같은 境遇風速의 크기가 같게 나타나나 颱風進行에 依하여 發生하는 進行風速 V_P 가 作用하므로 颱風進行의 右側部는 V_{gr} 과 V_P 의 Vector의 合에 依하여 風速이 增大하나 左側部는 減少하게 된다.

颱風進行에 따라 發生하는 V_P 는 다음 式으로 求한다. $V_P = V_S \times \alpha_0 \times e^{-\frac{r}{\beta}}$, 式中 V_P : 颱風進行에 따라 發生하는 風速(m/sec) V_S : 颱風中心의 進行速度(m/sec), α_0 : 颱風에 依하여 決定되는 係數, r : 颱風中心으로부터의 距離, β : 颱風에 依하여 定하여지는 係數. SARA號 颱風의 境遇 風速記錄에서, $\alpha_0 = \frac{4}{7}$, $\beta = \frac{500}{\pi}$, $\beta = \frac{500}{\pi}$ 는 $r=500\text{km}$ 에 e^{-r} 가 되도록 한 값이다.

$V_S = 35\text{km/Hr} = 9.72\text{m/sec}$ 이므로, $V_P = \frac{4}{7} \times 9.72 \times e^{-\frac{r}{500}}$ V_P 의 計算結果는 아래와 같다.

表 3. 颱風進行에 依한 風速

r (km)	V_P (m/sec)	r (km)	V_P (m/sec)
20	4.89	150	2.17
40	4.33	200	1.61
60	3.78	300	0.83
80	3.39	400	0.44
100	2.94	500	0.22

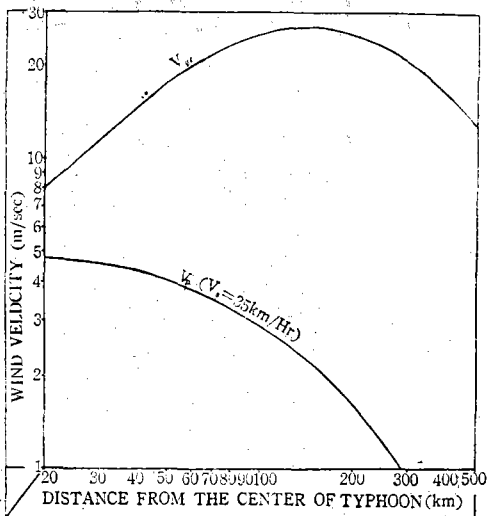


Fig. 4. V_{gr} e V_P

다. 合力風速

颱風區域內의 風向과 風速은 上記 나. 項에서 求

한 傾度風과 進行風을 合成하므로 求할 수 있으며 이를 圖示하면 Fig.5. 6과 같다.

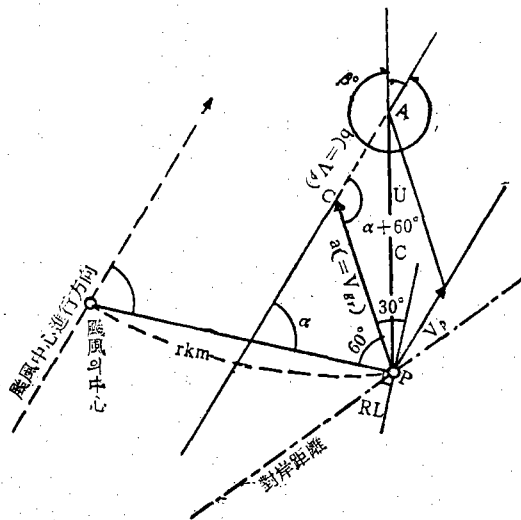


Fig. 5. 颱風區域內의 風速計算

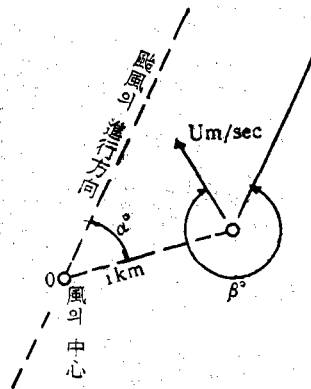


Fig. 6. 颱風區域內의 風向과 風速

따라서 合力風速은 다음 式에서 얻을 수 있고 그 結果는 表 4 및 Fig.7과 같으며 颱風의 中心에서 150 km 距離, $\alpha=120^\circ$ 일때에 最大風速 29.71m/sec 이다 式 $V = \sqrt{V_{gr}^2 + V_P^2} - 2V_{gr} \cdot V_P \cos(\alpha + 60^\circ)$

라. 風向

바람의 方向은 Fig. 5를 參照하여 $\sin \beta = \frac{V_{gr}(\alpha + 60^\circ)}{U}$, $\beta = 360^\circ - \beta$ 로 表示되며 SARA號 颱風 進行에 따른 風向의 計算結果는 Fig. 8과 같으며 颱風의 中心에서 半徑 150km 地點이고 $\alpha=150^\circ$ 일 때 合力風의 方向은 120° 이다.

表 4.

V_{gr} 와 V_p 의 Vector 風速表

α°	0	15	30	45	60	75	90	105	120	255	270	285	
r (km)	240	225	210	195	180	165	150	135	120	345	330	315	300
20	7.06	8.31	9.46	10.49	11.36	12.06	12.57	12.89	12.99	5.79	4.57	3.61	3.32
40	13.53	14.65	15.77	16.81	17.73	18.48	19.03	19.38	19.49	12.48	11.68	11.04	10.83
60	18.88	19.84	20.83	21.77	22.61	23.31	23.83	24.15	24.26	18.01	17.31	16.86	16.70
80	22.64	23.49	24.38	25.23	26.00	26.65	27.13	27.43	27.53	21.87	21.27	20.88	20.75
100	24.70	25.44	26.31	26.95	27.63	28.20	28.62	28.89	28.98	24.05	23.54	23.21	23.10
150	26.52	27.06	27.63	28.18	28.69	29.11	29.44	29.64	29.71	26.05	25.68	25.45	25.37
200	24.91	25.31	25.73	26.14	26.52	26.84	27.09	27.24	27.29	24.57	24.30	24.13	24.07
300	20.84	21.04	21.26	21.47	21.67	21.83	21.96	22.04	22.07	20.66	20.63	20.44	20.41
400	16.58	16.69	16.81	16.92	17.02	17.11	17.18	17.23	17.24	16.49	16.42	16.38	16.36
500	13.09	13.14	13.20	13.26	13.31	13.35	13.39	13.41	13.42	13.05	13.01	12.99	12.98

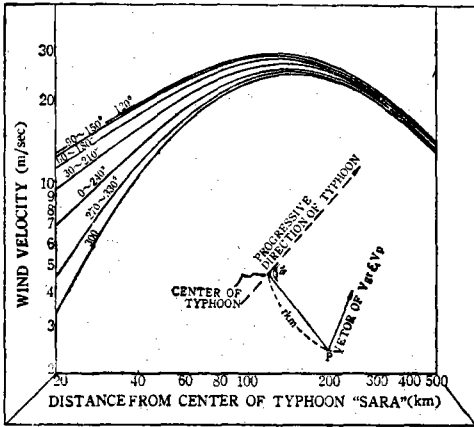


Fig. 7. Wind Velocity of typhoon "SARA" (Vector of V_{gr} & V_p)

III. 榮山江河口堰地點의 風速持續時間과 風向

Model 颱風의 進行에 따라 河口堰地點의 風向을 SW方向의 Fetch Line 上에서 左右로 $22^\circ 30'$ 까지 影響을 미치므로 Fig 7, 8, 9에 依하여 風速 持續時間과 風向을 求하면 Fig 10, 11과 같이 Model 颱風 "SARA" 號級이 E~EN 方向으로 進行하며 $\alpha=120^\circ$, $r=150$ km 일시 $\beta^\circ=360^\circ$ 方向으로, 即, SW方向에서 EN方向으로 最大風速 30m/sec의 바람이 發生하며 Fetch Line 上 左右 $22^\circ 30'$ 範圍인 SSW→SW→WSW로 風向이 變化하면 그때, 風速은 29.0→30.0→25.0 m/sec로 變化되고 이때 風向風速은 約 5時間 持續된다.

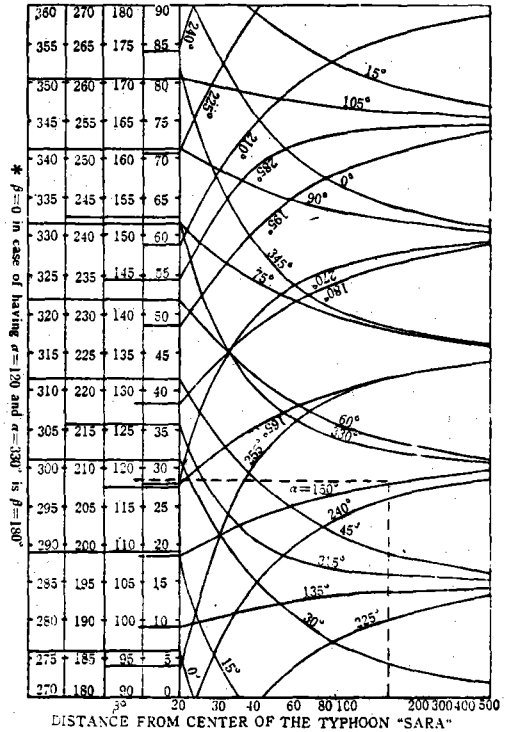
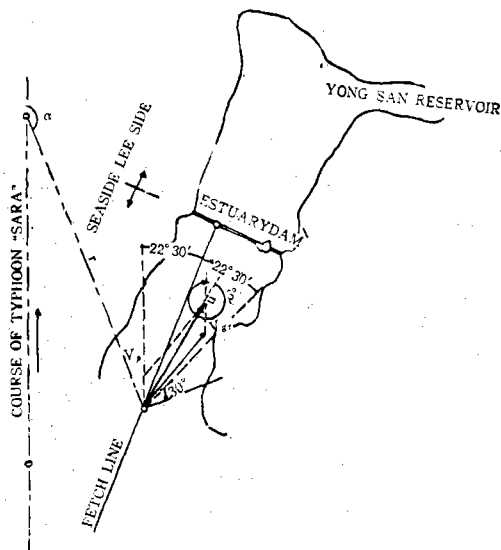


Fig. 8. Angle Between wind Direction and progressive direction of the typhoon "SARA"

IV. 木浦測候所의 風向風速 資料檢討

中央觀象台 木浦測候所의 44個年 資料를 風向風速 別로 檢討하여 보면 30m/sec 以上 風速은 SW에서 1



condition:
 V_s : 35km/Hr
 typhoon course : EN
 direction of fetch line : SW
 $\alpha = 120^\circ$
 $r = 150\text{km}$

result:
 $V_p = 2.17\text{m/sec}$
 $V_{sr} = 27.0\text{m/sec}$
 $\beta = 360^\circ$

Fig. 9. Computation of wind velocity along the fetch line by typhoon "SARA"

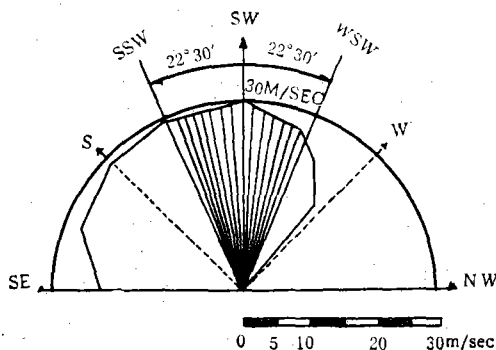


Fig. 10. Wind velocity and direction

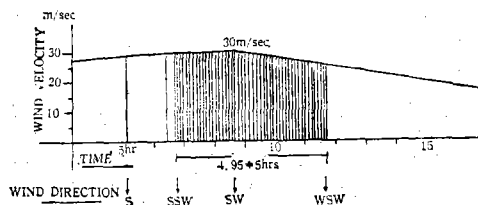


Fig. 11. Continuous time of wind made by typhoon "SARA"

回 SSW에서 3회 그리고, WSW에서는 없는것으로 나타나 있으며 그 현황은 表 5와 같다.

表 5. 既往의 記錄值

風向	風速發生回數								備考
	10	12.5	15.0	17.5	20.0	25.0	30.0	35.0	
S	437	203	90	37	12	12	3	—	
SSW	294	133	63	22	7	—	3	—	
SW	170	73	37	10	7	2	1	—	
WSW	29	10	2	—	—	—	—	—	
W	12	10	—	—	—	—	—	—	

資料 : 木浦測候所(10分最大 1時間 平均風速)

V. 颱風의 分析에 依한 風向風速과 測候所 觀測資料의 檢討

木浦 測候所의 44個年間の 記錄資料中 最大風速으로 WSW, SW, SSW 方向에서 10分最大 時間風速의 持續時間이 가장 긴것을 보면 1956. 3. 15일 부터 16일 사이에 發生한 것으로 이를 Model 颱風에

依한 風速과 比較하여 보면 Fig. 11.와 같다.

本圖에서와 같이 觀測值는 風速이 적은 境遇 持續時間 및 風向의 變化가 적으나 風速이 큰 境遇는 風速의 變化가 크고 持續時間이 짧거나 風向의 變化가 심하므로 2時間 또는 4時間等의 持續平均 適正 風向風速의 採擇이 困難하며 한週期의 最大風速을 보면 時間最大風速은 觀測值가 크나 波에 影響

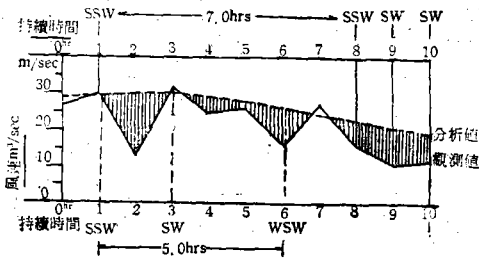


Fig. 12. 颱風分析에 依한 風速과 觀測最大風速과의 比較圖

을 주는 全體的인 持續時間과 風向을 考慮하면 分析値가 크게 나타난다.

VI. 結 論

以上 얻어진 結果를 要約하면

- (1) 年間發生하는 颱風의 62%는 5~6月 사이에 있으며 韓國에 影響을 주는 颱風의 62%가 北緯 36°~37° 區間을 東進하고 있어 河口堰에 最大인 影響을 주고 있다. 이 颱風의 回數는 年平均 2~3回이다
- (2) SARA 號 颱風을 Model로 하였으며 이때에 $r=150\text{km}$, $\alpha=120^\circ$ 에서 SW風이 30m/sec의 最大風速이 發生하였다.
- 河口堰의 Fetch Line 上の 左右 22°30'의 範圍

에서 風向이 SSW→SW→WSW로 變하였고 이때에 29m/sec→30m/sec→25m/sec의 風速이 發生하였으며 이바람은 5時間 持續되었다.

(3) 木浦測候所의 44個年間の 風向風速資料를 分析한 結果 25m/sec 內外風速이 S方向에서 12回 SW方向에서 2回 計 14회가 發生하였으며 30m/sec內外風速은 S方向이 3回 SSW方向이 3回 SW方向이 1回 計 7회가 發生하였으나 河口堰에 影響을 주는 SSW→SW→WSW範圍의 風向으로 30m/sec 以上の 風速은 1956. 3. 15~16日에 SSW方向에서 最大 31.3 m/sec의 바람이 불었으나 2時間 平均風速은 28m/sec, 4時間 平均風速은 24.6m/sec로 나타났다.

(4) 觀測値는 風速이 적은 境遇는 持續時間및 風向의 變化가 적으나 風速이 클경우는 變化가 크고 持續時間이 짧거나 風向의 變化가 甚하므로 2時間 또는 4時間等의 持續平均 適正風向風速의 採擇이 困難하다.

한週期의 最大風速을 使用할에는 觀測値보다 分析値가 크며 防潮堤를 包含한 海岸構造物은 颱風에 最大인 影響을 받으므로 設計時에는 颱風의 分析에 依한 風速을 使用함이 妥當하다.

(5) 颱風의 中心에서 半徑 150km地點에 $\alpha=120^\circ$ 의 方向으로 颱風이 進行할 境遇가 河口堰에 最大인 影響을 주었으며 그速度가 29.71m/sec이었다.

參 考 文 獻

- (1) 日本港灣協會發行, 海岸構造物設計基準 1974.
- (2) 豊島修著, 現場のための海岸工學, 1971.
- (3) 日本九州農政局發行, 長崎干拓事業計劃書 1965.
- (4) 農水産部發行, 農地改良事業設計基準 海面干拓編 1971.
- (5) 中央觀象台發行, 氣象年報 1960~1973.
- (6) Planning analysis and design of shore protection. Beach Erosion Board, U.S.A.