

浦項港의 海面副振動 現象

추 卍 승
수 路 局

THE SEICHES AT POHANG HARBOR

Kyo-Sung Chu.

Hydrographic office

ABSTRACT

A statistical investigation was made on the seiches at Pohang harbor, east coast of Korea, based on the data of observations for the year 1973 and 1974.

Pohang harbor has a most remarkable seiches comparing to the major harbors in Korea.

The frequently observed conspicuous seiches at the harbor have a period of 20 to 24 minutes mostly and 60 to 84 minutes in the next place.

Maximum height of seiches were 50cm in 1973 and 60cm in 1974, respectively, which were occurred at the expansions of cold-dry continental high pressure and on the following day of passages of lowest pressures.

Minus tides at Pohang were occurred more frequently than that of seiches and the minus tides falled more greatly at the time of seiches.

序 論

浦項港은 우리나라 東海南部に 位置하고 있는 重要港灣의 하나로서 迎日灣 灣奧에는 浦項舊港 및 浦項新港이 있으며 新港에는 우리나라 經濟發展에 큰 比重을 차지하는 浦項綜合製鐵과 그 系列工場이 稼動하고 있을 뿐만 아니라 그 施設을 繼續擴張하고 있어 날이갈수록 港灣의 需要度가 增大되고 있다.

迎日灣은 灣口가 北東으로 넓게 開放되어 있어서 外海에서 流入하는 長週期波의 Energy가 크게 영향을 미치고 있음을 고려할 때 港灣建設 및 維持를 爲한 設計潮位의 決定, 錨泊地의 靜穩度, 擊留施設의 利用條件(接岸船舶의 種類, 取扱貨物의 種類와 數量, 荷役形態等) 海灘 및 災害防止上 重要視되어야 할 要素이다.

近來에 와서 Container船과 같은 船舶의 동요는 荷役作業에 큰 영향을 미치는 것이다. 이와

같은 荷役形態가 一般化되면서 副振動現象이 荷役作業에 큰 障害로서 問題視되고 있으며 이에 對한 對策講究가 時急한 問題로 登場하기에 이르렀다.

특히 浦項港은 우리나라 13個 檢潮所中에서 潮差가 第一 적은데다 負潮位現象이 年平均 123日, 副振動現象은 121日이나 發生하고 있으므로 이 副振動現象은 潮汐現象보다 더 重要視되어야 할 것이다.

現在까지 浦項港의 海面副振動現象은 資料가 없어 調査分析되지 않았으므로 最近 2年間(73~74年)의 新港檢潮所 觀測資料를 根據로 하여 副振動現象을 調査 分析한 것이다.

資 料

本調査에 利用된 資料는 建設部 浦項工業地區 工事事務所가 保管하고 있는 1973-1974年度의 每日의 潮汐觀測 自記紙上에서 副振動의 振幅이

Table 1. List of Tide Station

Station	Location	Obs. Period	Type of Gage	A.
Pohang Newhabor	36°-01'-04''N 129°-23'-57''E	1973. 1. 1- 1974. 12. 31	Fuess Type 1/10	13.6cm

20cm보다 큰 顯著的 副振動만을 추려서 이를 統計分析하였다.

가. 發生頻度

浦項新港 및 迎日灣에 있어서의 海面의 副振動은 年中 發生하고 있으며 副振動의 振幅이 20cm 이상은 73年度에 110日, 74年度에 131日로서 年平均 121日로서 73年度보다 74年度 發生日數가 20日이 더 많으며 우리나라 重要港灣中에서 울능도(振幅 30cm이상 日數가 年平均 150日)에 이어 頻도가 높은 港灣中의 하나이다.

當港은 大潮差 10.4cm, 平均潮差가 8.6cm에 比하여 副振動의 振幅이 20cm이상 日數가 年平均 121日이나 發生하고 있으므로 當港의 副振動 現象은 潮汐現象보다 더 重要視되어야 한다.

各日別로 平均 發生日數를 볼 때 2月과 10月이 17-18日로서 發生頻도가 第一 높고 다음이 1, 3, 4, 11, 12月이 11~15日이고, 6, 7, 8月이 2~3日로서 第一生은 發生頻도를 나타내고 있는 것으로 보아 계절에 따라 큰 差를 나타내고 있다.

나. 發生週期

浦項新港에 있어서 海面의 副振動은 20~24分週期의 振動이 2年間(73-74年)에 52回로서 大部分을 차지하고 있으며 60-84年 週期의 振動이 25回로서 다음을 차지하고 있다.

이 두週期의 振動이 大部分 獨立되어 發生하고 있으나 때에 따라서는 併合되어 發生할 때도 있다.

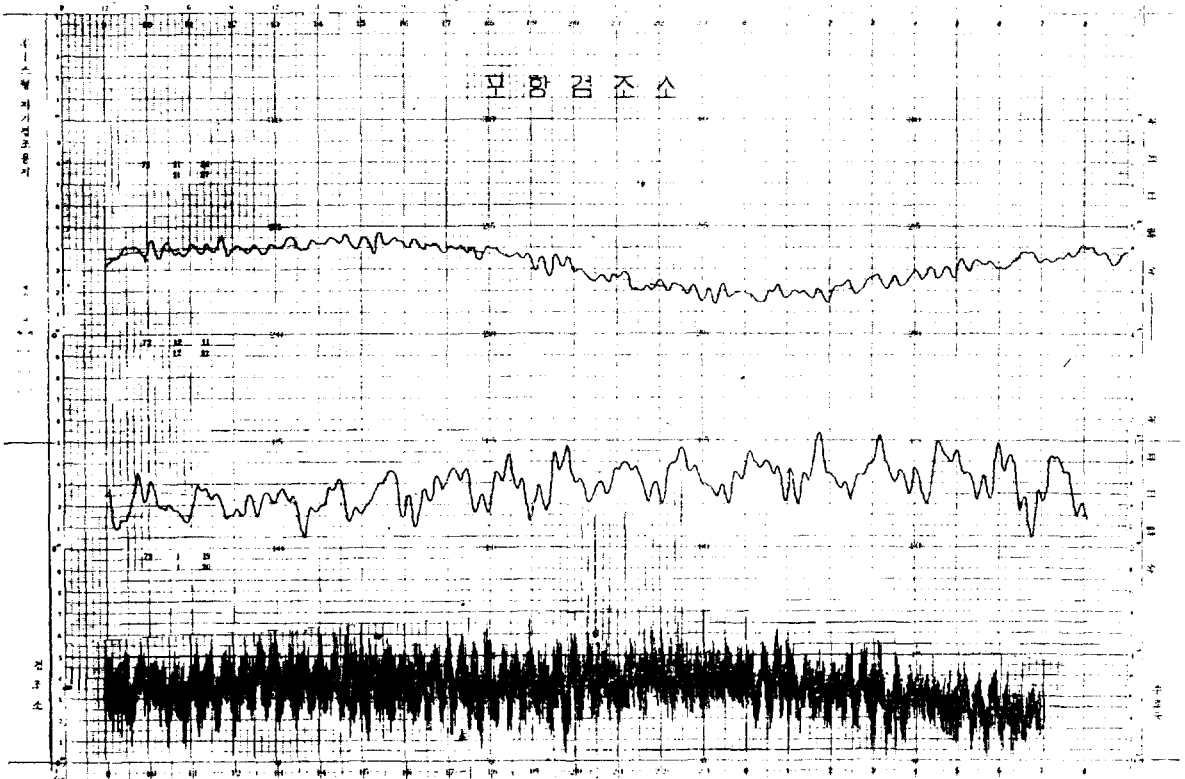


Fig. 1. Tide Record at Pohang Harbor

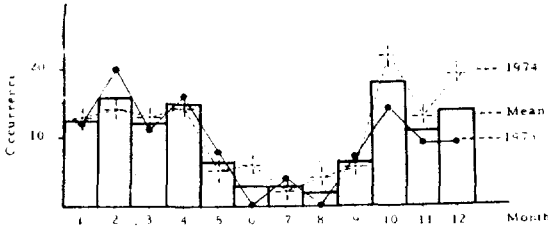


Fig. 2. Monthly occurrence of seiches (1973-1974)

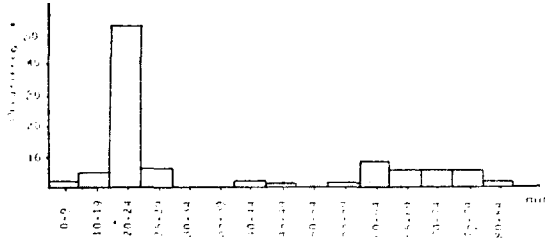


Fig. 3. Mean number of observed periods (1972-1974)

다. 副振動의 振幅

2年間(73~74年)의 副振動의 發生期間中의 最高 振幅別 出現回數는 30-39cm 38回, 20-29cm, 31回, 40-49cm, 12回, 50-60cm 7回의 順으로 發生하였다.

年中 最大振幅을 보며는 73年度 50cm 74年度 60cm로서 모두 寒冷乾燥한 大陸性 高氣壓이 擴張할 때 發生하였다.

그러나 우리나라 主要港灣의 副振動의 最大振幅은 모두 여름철에 Typhoon 또는 우세한 低氣壓이 通過時에 出現한것과는 對照的인 現象이라 하겠다.

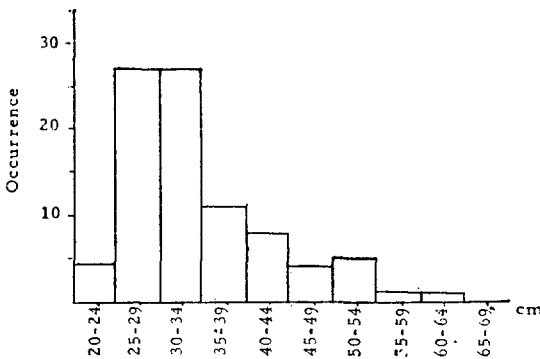


Fig. 4. Mean number of occurrence of heights (1973-1974)

考 察

가. 計算 週期

海灣의 自由振動週期

$$T = \frac{4l}{\sqrt{gh}}$$

迎日港

$$l=11,600m, h=16.3m, b=10,500m$$

$$T = \frac{4 \times 11,600}{\sqrt{9.8 \times 16.3}} = 61.19min$$

迎日灣은 灣口가 넓으므로 週期를 增加시키는 灣口補正(Mouth correction)을 加하면

$$T_c = T(1 + \epsilon) \text{이다.}$$

여기에서는 T는 計算週期이고 補正係數ε는 한 쪽이 폐쇄된 港에 있어서 灣의 幅을 b, 길이를 l 라 할 때

$$\epsilon = \frac{b}{\pi l} \left(\frac{3}{2} - \gamma - l_n \frac{\pi b}{4l} \right) \text{이다.}$$

但: γ는 Euler의 常數로서 0.577215이다.

$$\epsilon = \frac{10,500}{\pi \times 11,600} \left(\frac{3}{2} - 0.577215 - l_n \times \right.$$

$$\left. \frac{\pi \times 10,500}{\times 11,600} \right) = 0.3642$$

$$T_c = 61.19(1 + 0.3642) = 83.475(min)$$

浦項新港

$$l=1,960m, h=11.5m, b=240m$$

$$T = \frac{4l}{\sqrt{gh}} = \frac{4 \times 1,960}{\sqrt{9.8 \times 11.5}} = 12.31(min)$$

위 計算은 迎日港 및 浦項新港에 있어서 海面의 副振動을 現行海圖의 水深과 港灣의 幅 및 길이를 代入하여 計算하였으며 이 週期는 海面이 基本水準面에 到達하였을 때의 週期를 나타내며 迎日灣의 潮差는 매우 적음으로 海面이 平均海面時, 高潮時는 計算하지 않았다.

發生週期와 計算週期를 比較하였을 때 20-24分의 週期는 浦項新港의 入口를 節, 灣奧를 腹으로 하는 單節인 計算週期 12.3分보다는 若干 길다.

한편 60-84分 週期는 迎日灣의 入口를 節新港의 灣奧를 腹으로 하였을 때의 計算週期 83.5分보다는 적은 週期가 많다.

Table 2. Periods of the Seiches

Place	Comp. periods	obs. Periods	Length	Depth	(b)	M.S.L	ϵ
Pohang New Harbor	12.31min	20—24min	1,960m	11.5m	240m	13.6m	
Yodgil Bgy	83.48	60—84	11,600	16.3	10,500	13.6	0.36

나. 月平均海面氣壓과의 聯關性

月平均海面氣壓과 累年平年値와 比較하여 考察하였을 때 73年度는 큰 變化가 없는 分布를 이루고 있으나, 6, 8월은 平年値보다 높고 11월, 12월은 낮은 分布를 이루고 있다.

6, 8월의 海面氣壓이 平年値보다 높은 現象은 여름철에 Typhoon, 低氣壓의 通過가 平年보다 적었음을 나타낸 것이며, 11, 12월의 海面氣壓이 낮은 것은 平年보다 寒冷乾燥한 大陸性高氣壓의 擴張이 적었음을 나타낸 것이다.

이와같은 現象은 副振動 發生頻度와 直接的인 聯關性이 있음을 나타내며 平年値보다 10日, 71年度 보다는 21日이 적게 副振動 現象이 發生하였다.

74年度는 73年보다 더 큰 變化를 이루고 있다. 즉 1, 11, 12월은 平年値보다 현저하게 높고 6, 8월은 平年値보다 현저하게 낮음은 73年度 月平均海面氣壓과는 對照的인 現象을 나타내고 있다.

이와같은 月平均海面氣壓의 變化로 因하여 21年度 發生頻度보다 21日, 年平年値보다는 10日이 더 많은 頻度を 이루고 있다.

다. 氣壓振動과의 聯關性

浦項新港 및 迎日灣에서 發生하는 顯著한 副振動은 低氣壓, 前線, 氣壓谷, Typhoon, 熱帶性低氣壓 또는 寒冷乾燥한 大陸性高氣壓이 擴張할 때 同作하는 氣壓振幅에 依하여 發生하였으며, 73年度, 74年度 副振動의 最大振幅이 寒冷乾燥한 大陸性高氣壓이 擴張할 때 發生하였음은 우리나라 主要港灣에서는 볼 수 없는 特異한 現象이라 하겠다.

또한 顯著한 副振動 發生期間中에 日平均海面氣壓의 變化狀態를 보면 低氣壓, 氣壓谷, 前線 및 Typhoon이 通過時에는 氣壓의 年度가 最低일 때 最大振幅과 一致되어 나타나고 있으나 寒冷乾燥한 大陸性高氣壓이 擴張할 때 發生하는 副振動의 最大振幅은 最低氣壓이 나타난 다음날에 發生하고 있다(Fig. 8 참조).

73—74年度間에 副振動 發生期間中 氣壓의 振幅을 보면 6.0—69mb이 12回, 8.0—8.9mb이 9回, 7.0—7.9mb, 11.0—11.9mb이 各各 7回, 2.0—2.9mb, 12.0—12.9mb이 各各 6回의 順으로 發生하였다.

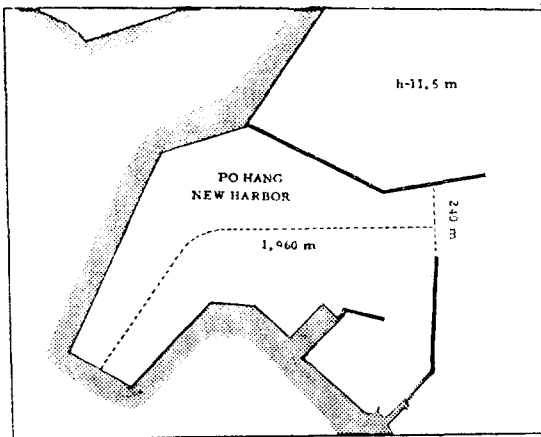


Fig. 5. Yong Il Bay

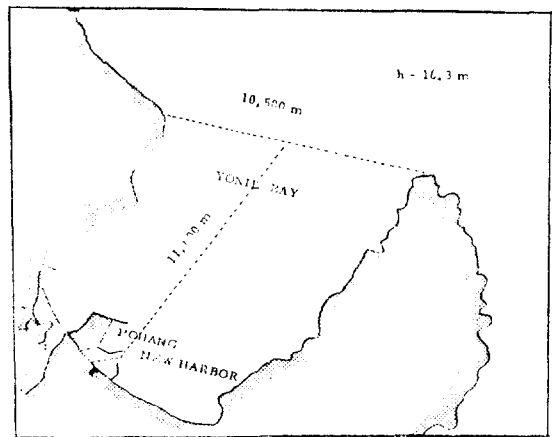


Fig. 6. Pohang New Harbor

라. 負潮位

最近船舶의 大型化에 對한 吃水(Draft)가 急增됨에 따라 船舶의 安全運航이라는 面에서 볼 때 負潮位(潮位가 海圖의 水深基準面인 基本水準面 이하로 내려가는 現象을 말한다)와 副振動과의 聯關性을 究明함은 意義가 있는 것으로 思慮되며 따라서 當港에 있어서 負潮位 發生日數는 年平均(71—74年間) 123日의 負潮位現象이 發生하고 있어 副振動 發生日數보다 더 많으며 負潮位의 發生頻度는 우리나라 主要港灣中에서 第一 높은 頻度를 나타내고 있으며, 下降量은 潮差가 큰 面, 南海岸 보다는 적으나 東海岸中에서는 第一 큰 下降量이 나타나고 있다.

負潮位의 出現은 一般的으로 12—4월에 많으며 月平均(71—74年) 3월이 24日, 12月日 21, 4월이 19日의 順으로 發生하고 있으며 發生日數의 最高値는 71年 12月이 31日間, 72年 4月과 74年 3월이 各各 27日間에 걸쳐 負潮位가 發生할 때도 있었다.

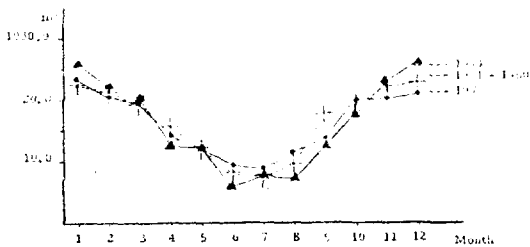


Fig. 7. Monthly mean sea level pressure

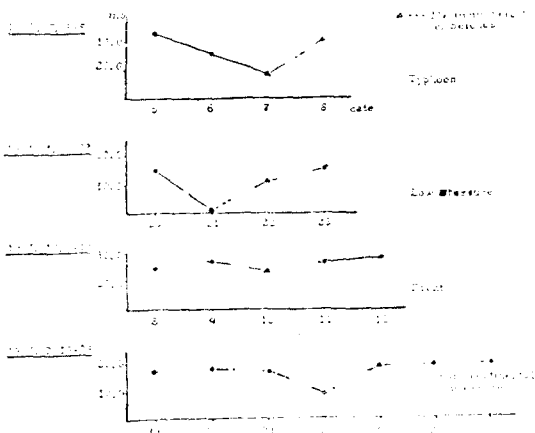


Fig. 8. The Variation of average daily pressure at maximum height of seiches

負潮位가 出現할 때 副振動現象이 發生하면 負潮位가 더욱 크게 나타나며 潮位가 基本水準面 上에 있어도 顯著한 副振動이 發生하며는 潮位가 基本水準面下에 位置하게 된다.

當港에서 負潮位가 생기는 原因은 平均海面의 變化, 分潮의 振幅의 變動 및 任意時의 異常氣象 變化等 여러가지가 있는데 이의 復合作用에 依하여 일어나고 있다고 思料되며 그 主된 原因은 平均海面의 年週變化에 基因되고 있다고 思料된다.

마. 바람

浦項(新港)에 있어서 最卓越風은 WSW風으로서 W, WSW, SW風이 全方向의 51.7%를 차지하며 그 다음은 NNE風으로서, N, NNE, NE風이 23.1%를 차지하고 그외의 各方向은 25.2%를 차지하고 있다.

10m/sec 이상 強風 發生頻度로서는 NNE風이 全體의 40.2%이며, N, NNE, NE風이 全體의 67.8%로서, 最卓越風 方向인 W, WSW, SW風은 全體의 25.3%에 不過하다.

2年間(73—74年度)에 顯著한 副振動이 發生한 期間中에 最大風의 風向을 頻度別로 보면 N, NNE, NE風이 全風向의 42%를 차지하고 다음은 W, WSW, SW風이 41%를 차지하고 있다.

한편 風速은 5m/sec 이상에서 顯著한 副振動이 發生하고 있으며 最多風速은 10—14m/sec가 61.3%를 차지하고 5—9m/sec가 34.1%, 15—19m/sec가 4.4%를 차지하고 있다.

바. 副振動에 對한 對策

副振動은 港口에 内습하는 長週期波張이 港內에서 完全反射를 되풀이 함으로서 그 振幅을 增加시키는 것이기 때문에 副振動의 振幅을 抑制하는데는 港의 內側을 不完全 反射하겠끔 하거나 港內에서 Energy 損失이 크게 되도록 設計할 必要가 있다. 그 對策으로서

가. 防波堤의 出入口의 幅을 減少시켜 外海로부터 港內로 流入하는 長週期波의 Energy量을 減少시키는 方法

나. 港內의 全周圍를 直立岸壁으로 하지 않은 것이 理想的이다.

다. 防波堤를 透過性이 있는 斜面堤로 하면 어느程度 反射波를 減少시킬 수 있으며 또한 斜面堤 內部的 Energy 損失을 期待할 수 있다.

라. 間隔이 좁은 機橋를 多數設備하는 것도 Energy 損失을 增加시킬 수 있다.

다. 港의 形狀은 幾何學的으로 整形한 것보다는 不規則的인 形이 좋다.

結 論

가. 浦項港은 우리나라 主要港灣中에서 술능도 다음으로 副振動의 發生頻도가 높은 港灣의 하나이다.

나. 顯著한 副振動의 週期는 내습하는 長週期波의 週期에 支配되지만 當港의 固有振動 週期和 一致되면 波浪의 共振現象을 이트켜 副振動의 크기를 增大시킬 때가 있다.

다. 副振動의 觀測週期로서는 20—24分 週期가 大部分을 차지하고 있으며 60—84分의 週期가 다음을 차지하고 있다. 이 觀測週期를 計算週期和 比較하였을 때 20—24分, 週期는 浦項新港의 計算週期, 12.3分보다는 若干 길고 60—84分 週期는 迎日灣의 計算週期 83.5分보다는 짧은 週期가 많다.

라. 우리나라 主要港灣에서 發生하는 副振動의 最大振幅은 여름철에 Typhoon 및 우세한 低氣壓이 通過時에 氣壓振動에 依하여 發生하고 있으나, 當港은 73, 74年度의 最大振幅이 모두 늦

가을에서 겨울철에 걸쳐 寒冷乾燥한 大陸性高氣壓이 擴張할 때 發生하였다.

마. 顯著한 副振動 發生期間中에 日平均海面氣壓의 變化狀態를 보며는 低氣壓, 氣壓谷, 前線 및 Typhoon이 通過時에는 氣壓年度가 最低일 때 最大振幅과 一致되어 나타나고 있으나, 大陸性高氣壓이 擴張時의 最大振幅은 最低氣壓이 나타난 다음날에 發生하고 있다.

바. 負潮位의 發生頻도는 副振動의 發生頻도보다 더 많으며, 負潮位現象이 있을 때 顯著한 副振動이 發生하면 負潮位가 더욱 크게 나타난다.

사. 浦項綜合製鐵이 그 施設을 繼續擴張함에 따라 港灣의 需要度가 增大되어 大型船舶의 安全運航이라는 側面에서 高찰하여 볼 때 國內港灣中에서 그 關心도가 높은 곳의 하나로 볼 수 있다.

參 考 文 獻

- Nakno, M. and S. Unoki. 1962. On the Seiches along the coast of Japan. Record of Oceanographic Works of Japan. Social No. 6:169-214.
- Vanoni, V.A. and J.H. Carr. 1950. Surging at harbours. The proceeding of the first conference on coastal engineering. U.S.A.
- 李錫祐. 1966. 韓國沿岸의 海面 副振動 水路年報. 111 ~140.