

東海港의 副振動 特性(1. 現場觀測)

Characteristics of Harbor Resonance in Donghae Harbor
(Part 1. Field Measurement)

鄭遠武* · 鄭景太** · 蔡璋源***

Jeong, Weon Mu* · Jung, Kyung Tae** · Chae, Jang Won***

Abstract

Four wave gauges of pressure type were installed for about one month(1992. 2~3) for the analysis of wave agitations induced by the intrusion of long-period incident waves inside and outside of Donghae Harbor. Helmholtz natural period and second peak period of seiche in Donghae Harbor are found to be approximately 17.1 and 5.5 minutes from the spectral analysis of measured long-period wave data. Amplification ratio at Helmholtz natural period reaches about 10 which is five times as large as that of Youngil Bay, but wave amplitudes in harbor were about 10 cm during the measurement period which are relatively small.

要 旨

長週期波의 浸入에 의한 港內 水面攪亂 現象을 分析하기 위하여 東海港의 港外, 港入口 및 港內의 4個 定點에서 약 1개월간(1992. 2~3) 水壓式 波高計를 이용하여 現場觀測을 實施하였다. 觀測資料의 스펙트럼 分析 結果 東海港의 Helmholtz natural period는 약 17.1분, 第2 尖頭週期는 약 5.5분이 되는 것으로 나타났다. Helmholtz natural period에서의 增幅比는 약 10으로 迎日灣의 약 2에 비해 상당히 크게 나타났으나 觀測期間中의 港內에서의 海水位 變位 振幅은 약 10 cm로 비교적 작은 것으로 나타났다.

1. 緒 論

우리나라에서는 최근 港灣의 施設容量의 부족으로 인한 經濟的 損失이 크게 증가하고 있다. 따라서, 港灣의 擴張 및 施設의 現代化 뿐만 아니라 既存

港灣 및 新港灣들의 효율적인 利用과 관련된 港灣 開發 研究가 종합적으로 遂行되어야 할 것으로 사료된다. 港灣 開發과 관련하여 工學者가 設計時에 고려해야 할 港灣의 주요 기능중의 하나인 港內靜穩度에 영향을 미치는 因子로는 短週期波, 長週期波, 바람 및 潮流 等を 들 수 있다. 그 중에서도 수천톤급 이상의 繫留된 大型船舶의 運動에 주로 영향을 미치는 것은 週期가 수십초 이상인 長週期波이다⁽¹⁾. 東海岸에 위치한 港灣中 大型船舶이 出入하여 長週期 副振動이 船體運動에 큰 影響을 미칠 것으로

* 正會員 · 先任研究員, 韓國海洋研究所 海洋工學研究部 沿岸工學研究室

** 非會員 · 責任研究員, 韓國海洋研究所 海洋工學研究部 沿岸工學研究室

*** 正會員 · 沿岸工學研究室長, 韓國海洋研究所 海洋工學研究部 沿岸工學研究室

생각되는 産業港으로는 東海港, 浦項新港, 蔚山港 등을 들 수 있으며, 이 중 迎日灣內에 위치한 浦項新港에서는 防衝材의 破損, 繫留라인의 절단 등의 사고가 보고되고 있다. 浦項新港에 대해서는 建設部⁽²⁾에 의한 大規模 現場觀測과 박한일 등⁽³⁾, 姜錫求 등⁽⁴⁾에 의한 研究가 수행되어 副振動 特性이 상당히 밝혀진 바 있다. 그러나, 東海港의 경우 港內에 檢潮所가 설치되어 있지 않아 自體의 檢潮資料가 없어서 특별한 研究가 진행된 적이 없기는 하나 隣近 墨湖港의 檢潮資料에서 副振動 現象이 나타나고 있으므로 이를 감안하여 本 研究에서는 東海港을 對象으로 現場觀測을 實施하여 現象을 分析하였다.

우리나라의 경우 港灣 副振動에 대한 研究는 1980년 이전에는 극히 드물어 이석우⁽⁵⁾와 추교승^(6,7)에 의한 檢潮資料의 分析을 통한 研究가 전부인 것으로 추측된다. 1980년대에 들어와서 비로소 迎日灣과 浦項新港을 中心으로 港灣 副振動에 관한 研究가 비교적 활발히 進行되었다. 박한일 등⁽³⁾은 檢潮資料의 分析과 有限差分 數值模型을 이용하여 迎日灣과 浦項新港의 副振動 現象을 설명하였다. 이들은 檢潮資料의 分析에서 76.9분과 23.8분, 혹은 26.3분 주기에서 에너지의 尖頭值가 나타나고, 數值計算 結果로부터 迎日灣의 第1 固有週期는 70분, 第2 固有週期는 25분, 그리고 浦項新港의 第1 固有週期는 22.5분, 第2 固有週期는 7.5분으로 나타남을 제시하였다. 그러나, 이들이 計算을 통해 제시한 浦項新港의 固有週期는 數值計算時 開放境界面의 위치가 計算 領域에 너무 가깝게 設定되어 固有週期가 왜곡되었을 가능성이 큰 것으로 指摘되었다⁽⁴⁾. 韓國海洋研究所에서는 建設部⁽²⁾의 研究用役을 통하여 迎日灣과 浦項新港에서 副振動 現象 把握 및 數值模 迎日灣의 縱方向 第1 固有週期는 80분, 第2 固有週期는 28분, 迎日灣의 幅方向 振動 週期는 17분, 그리고 浦項新港의 第1 固有週期는 33분이나 23분 중 하나, 第2 固有週期는 8분이 될 것으로 推定되었다. 그리고, 姜錫求 등⁽⁴⁾은 建設部⁽²⁾의 觀測資料를 分析하고 建設部⁽²⁾와 동일한 有限要素 數值模型을 改善, 適用하여 迎日灣內 橫方向 副振動 現象과 浦項新港內 第2 固有振動을 확인하였다. 최근 李弘植⁽⁸⁾은 境界要素法을 이용한 數值模型으로 7~600초의 入射波 週期에 대해 조사하여 墨湖港內의 尖頭週期

를 3분 및 11초로 제시하였다.

檢潮所에서의 觀測資料를 이용하여 副振動 解析을 위한 資料를 구하려고 하는 경우에는 肉眼으로 일정한 時間 間隔으로 水位를 讀取하므로 收集 時間 및 海水位에 誤差가 있을 수 있다. 또한, 檢潮所는 通常 港內에서의 1개소만 운영되므로 副振動의 平面的인 分布를 파악하기에는 부적절하다. 한편, 建設部⁽²⁾의 研究用役時 韓國海洋研究所에서 사용한 Aanderaa WLR-5는 30초 또는 1분 동안 平均한 海水位를 結果로서 제시하므로 1분 内外의 비교적 短週期 副振動 資料를 얻기에는 不適合하다고 말할 수 있다. 따라서, 本 研究에서는 精密度가 Aanderaa WLR-5의 sensor와 類似한 Paro sensor를 이용하며 임의의 간격으로 자료 수집이 가능하도록 개량된 水壓式 波高計 ISTG(Intelligent Seiche and Tide Gauge) 4대를 사용하여 現場觀測을 實施하였다.

2. 現場觀測

東海港內 副振動 現象의 時間的 및 空間的인 特性을 파악하고 副振動 數值模型의 檢證(verification) 資料를 수집하기 위하여 港内外 4개 定點에서 現場觀測을 수행하였다. 觀測定點의 位置로는 그림 1에 제시된 바와 같이 數值模型의 外海境界에 해당되는 港外에 1개 定點(S1), 港入口에 1개 정점(S2), 그리고 港의 가장 內側에 2개 定點(S3, S4)을 선정하였다. 現場觀測은 各 定點의 海底에 설치된 水壓式 波高計 ISTG에 의해 1992년 2월 22일부터 3월 7일까지, 그리고 3월 11일부터 3월 19일까지 2회에 걸쳐(資料 蒐集間隔: 5초) 약 1개월간 實施되었다. 모든 資料는 流失없이 回收되었으며 상태 또한 양호하였다. 各 觀測點에서 5초마다 취득된 자료들은 器機에 내장된 512 KB 용량의 data logger에 저장되고 器機의 回收後 RS232C port를 통하여 personal computer에 移動, 保管되었다. 한편, 港外 定點 S1 부근의 定點 FW에 波高·波向計(Directional Waverider Buoy)를 設置하여 副振動 觀測과 동일한 기간동안 短週期波 觀測을 實施하였다.

3. 資料 分析

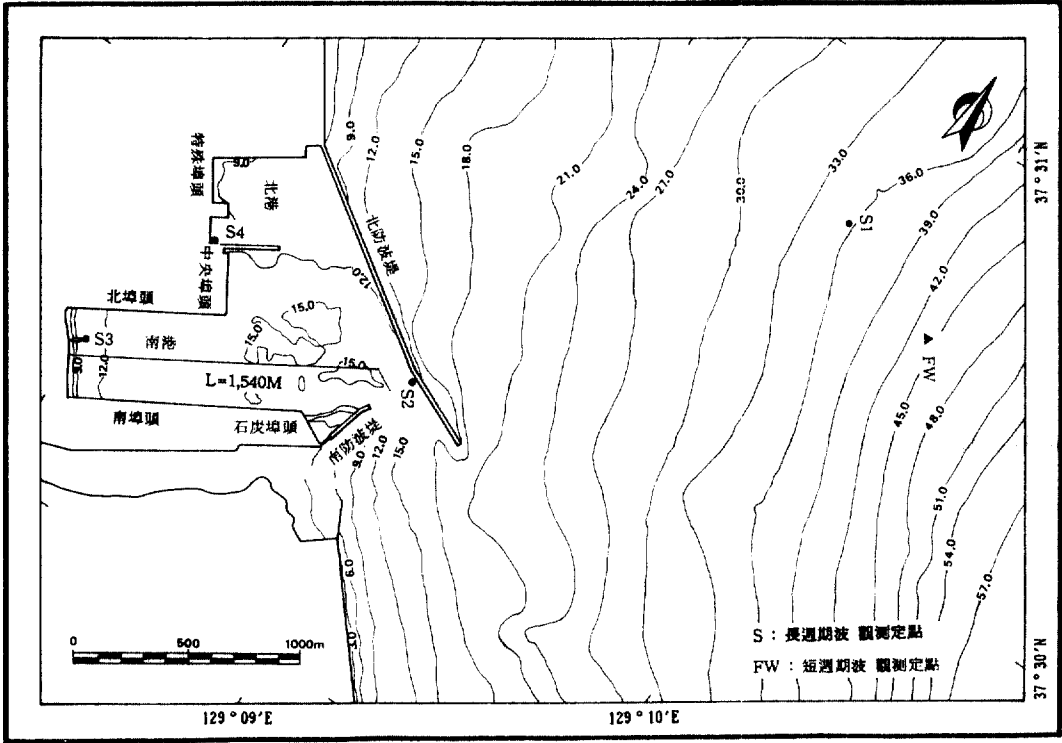


그림 1. 東海港의 長週期波 및 短週期波 現場觀測 位置圖

3.1 分析資料 算出

Personal computer에 貯藏된 資料들로부터 일련의 換算 프로그램을 이용하여 海水位 資料(sea level data)를 算出하였다. 定點 S1~S4에서 수집된 이 자료들의 일부(3월 5일 10시 01분부터 4,096개)를 同一한 時間帶의 時系列 資料로써 그림 2에 각각 제시하였다. 이 그림들을 살펴보면 短週期波가 除去되지 않아서 確實하게 알아보기 힘들기는 하지만 港外 및 港入口의 定點에서는 副振動 現象이 뚜렷하지 않은 반면 港內 定點에서는 週期 10여분, 振幅 약 10 cm 정도의 副振動 現象이 뚜렷하게 나타나고 있다.

觀測海域에서의 副振動 모드 및 에너지 分布 算定을 위한 스펙트럼 分析을 위하여 海水位 資料에 low pass filter와 high pass filter를 순서대로 적용시켰다. Low pass filter는 30초 미만의 短週期波를, 그리고 high pass filter는 潮汐 效果를 포함할 수 시간 이상의 長週期 振動을 제거하도록 하였다. 그림 3에는 low pass filter를 통과시킨 時系列 資

料를 圖示하였는데 潮汐 成分이 남아있음을 알 수 있다. High pass filter와 low pass filter를 모두 通過시킨 時系列 資料는 low pass filter만 통과시킨 것과 형태상 類似하므로 紙面關係上 省略하였다. 한편, 그림 3에 제시된 그림중 定點 S2~S4의 時系列 曲線을 살펴보면 거의 同位相임을 알 수 있다.

3.2 스펙트럼 分析 結果

前述한 方法으로 高周波數帶와 低周波數帶의 에너지 除去하는 過程에서 30초 간격으로 sampling하여 觀測定點別로 4,096개(약 34.1시간)의 時系列 資料를 만든 후 FFT(Fast Fourier Transformation) 技法을 이용하여 同時 觀測한 두 자료의 에너지 스펙트럼을 算出하였다.

現場觀測을 통해 구해진 全體資料數는 4개 定點別로 4,096개(약 34.1시간)를 1 case로 할 때 모두 13 cases였으며, 各 case의 스펙트럼 分析 結果에서 제시된 peak period를 표 1에 정리하였다. 本 論文

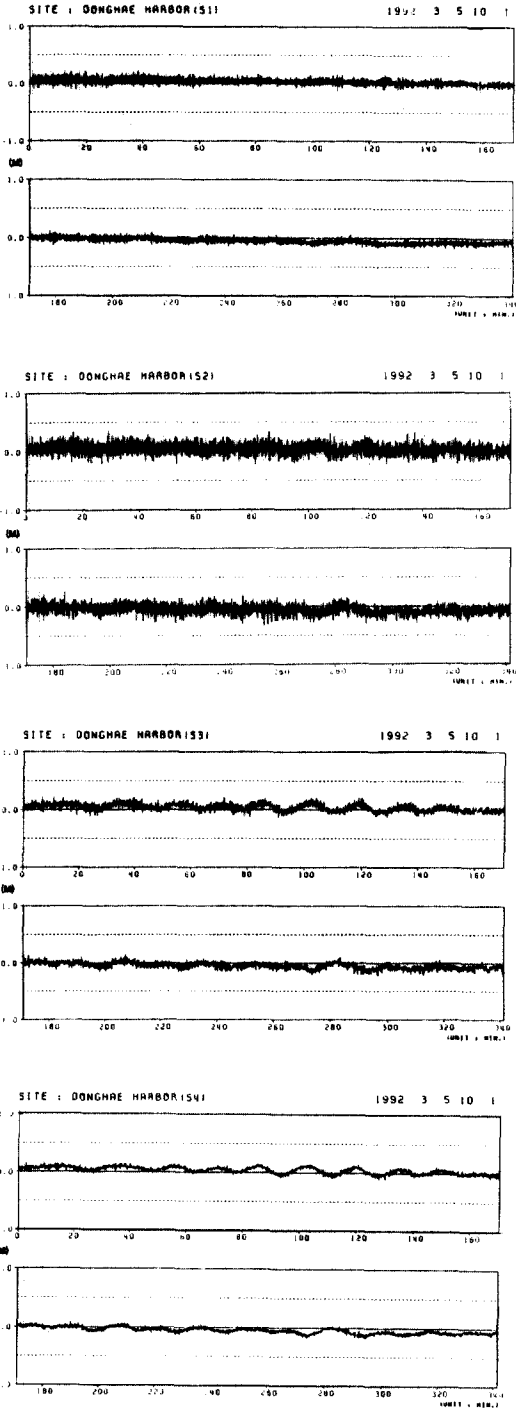


그림 2. 定點 S1~S4에서 觀測된 海水位 變化 資料의 時系列 曲線

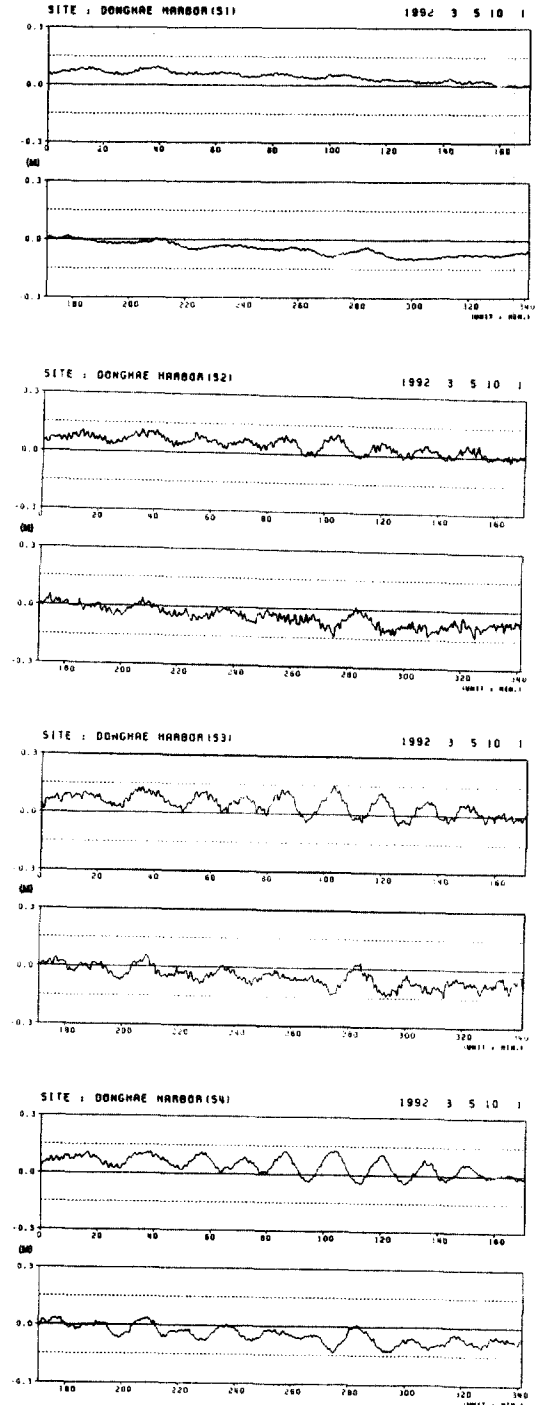


그림 3. 定點 S1~S4에서 觀測된 low-pass filter를 통과시킨 海水位 變化 資料의 時系列 曲線

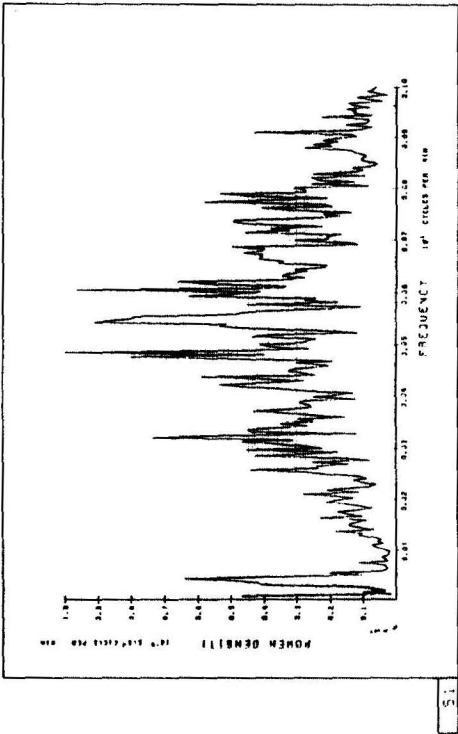
표 1. 各 定點에서의 觀測資料別 peak period

順序	觀測期間	副振動의 定點別 尖頭週期(秒)				有義 波高(m)	有義波 週期(秒)
		S1	S2	S3	S4		
1	'92.02.24.11.05 ~02.25.21.13	1395, 187, 124, 110, 99	1024, 213, 134, 84	1024, 327, 208, 117, 102	1024, 327, 213, 120	1.10 ~1.78	5.68 ~7.34
2	'92.02.25.21.13 ~02.27.07.21	1395, 809, 439, 226, 173, 141	960, 205, 134	960, 809, 327, 205, 119, 100	960, 809, 327, 205, 119	0.38 ~1.20	5.36 ~7.40
3	'92.02.27.07.21 ~02.28.17.29	1535, 768, 366	1024	1024, 809	1024, 809	0.31 ~0.37	4.43 ~5.53
4	'92.02.28.17.29 ~03.01.03.37	1279, 768, 427, 284	960	960	960	0.33 ~1.50	4.37 ~6.42
5	'92.03.01.03.37 ~03.02.13.45	1181, 179, 138, 112	1024, 209, 130	1024, 119	1024, 119	1.22 ~2.06	5.14 ~8.11
6	'92.03.02.13.45 ~03.03.23.53	1279	1279, 1024, 135	1024, 119, 98	1024, 208, 120	1.04 ~1.97	6.08 ~7.32
7	'92.03.03.23.53 ~03.05.10.01	1535, 809, 439	1024	1024, 809	1024, 809	0.76 ~1.62	4.76 ~7.38
8	'92.03.05.10.01 ~03.06.20.09	1279, 169, 137, 124, 97, 89	960, 208, 135, 89, 83	960, 334, 208, 119	960, 334, 208, 119, 89	1.95 ~3.76	5.74 ~8.90
9	'92.03.11.12.20 ~03.12.22.28	1615, 439, 191, 140, 125	1181, 1024, 182	1024, 809, 320	1181, 1024, 809	缺測	缺測
10	'92.03.12.22.28 ~03.14.08.36	1534, 1181	1181, 1024, 809	1181, 1024, 809	1181, 1024, 809	缺測	缺測
11	'92.03.14.08.36 ~03.15.18.44	1534, 1279, 809, 415	1534, 1181, 1024	1024, 809	1024, 809	缺測	缺測
12	'92.03.15.18.44 ~03.17.04.52	1534, 187, 134	1279, 1024, 205, 134, 84	1024, 809, 202, 132, 119	1024, 809, 205, 118, 102	缺測	缺測
13	'92.03.17.04.52 ~03.18.15.00	1704, 427	960, 121	1024	1024	0.92 ~1.13	5.10 ~6.57

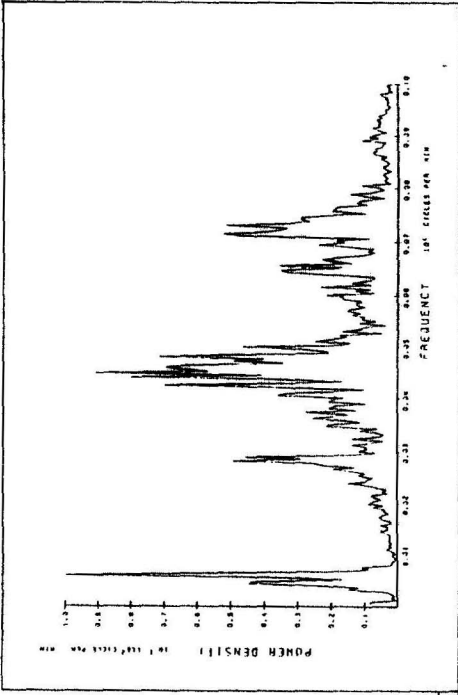
에서는 13 cases 중에서 가장 처음 case, 港外定點에서 觀測된 短週期波의 有義波高가 가장 큰 期間에 해당되는 case 및 마지막 case 등의 3 cases에 대해서만 스펙트럼 分析 結果(그림 4~6 참조)를 제시하였다. 표 1에 따르면 13 cases 중 港內 定點인 S3과 S4에서는 10 cases에서 17.1분, 그리고 3 cases에서 16.0분의 尖頭週期가 제시되어 東海港의 第 1 尖頭週期는 약 17.1분이 될 것으로 판단되었다. 그리고, 東海港의 第 2 尖頭週期는 3 cases에서 出現한 약 5.5(327초 및 334초)분이 될 것으로 사료되었으며 이는 통상 第 2 尖頭週期가 第 1 尖頭週

期の 1/3인 점을 감안하면 타당한 것으로 判斷되었다. 한편, 局部的인 小規模 振動의 尖頭週期는 區分이 명확하지 않으므로 數值模型實驗 結果를 이용하여 할 것으로 판단되었다.

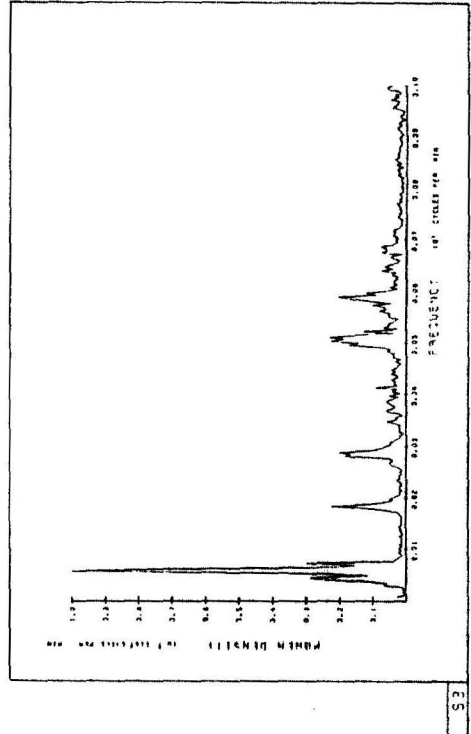
그림 4에는 定點 S1~S4에서 觀測된 資料의 스펙트럼 分析 結果를 제시하였다. 이 결과들은 2월 24일 11시 05분부터 2월 25일 21시 13분(2,048분)까지 4個 定點에서 觀測된 資料를 分析한 것이다. 그림에 제시된 power density를 살펴보면 S1의 경우 1,395초(23.3분), 187초(3.1분), 124초(2.1분), 110초(1.8분), 99초(1.7분) 등에서 peak가 나타나고 있으나



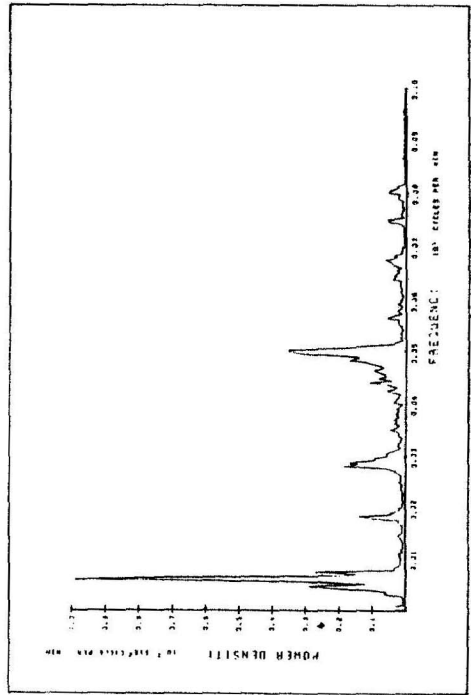
S1



S2

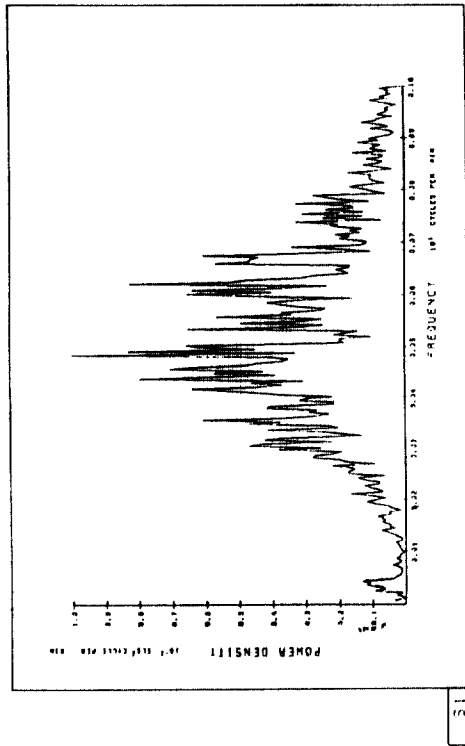


S3

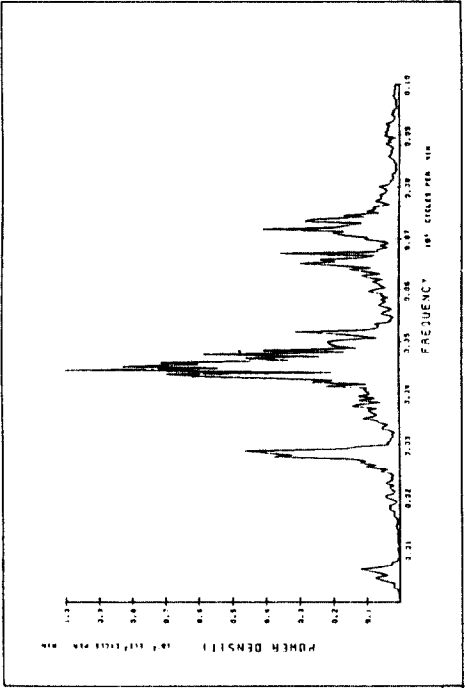


S4

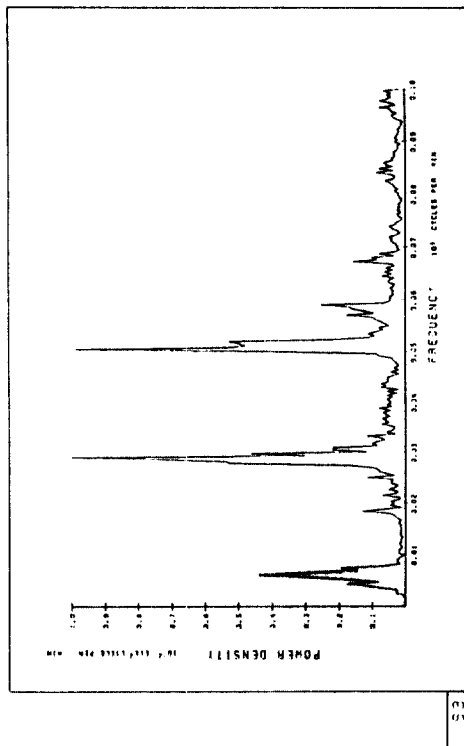
그림 4. 定點 S1~S4에서 觀測된 海水位 變化의 스펙트럼 密度(1992년 2월 24일 11시 5분~25일 21시 13분).



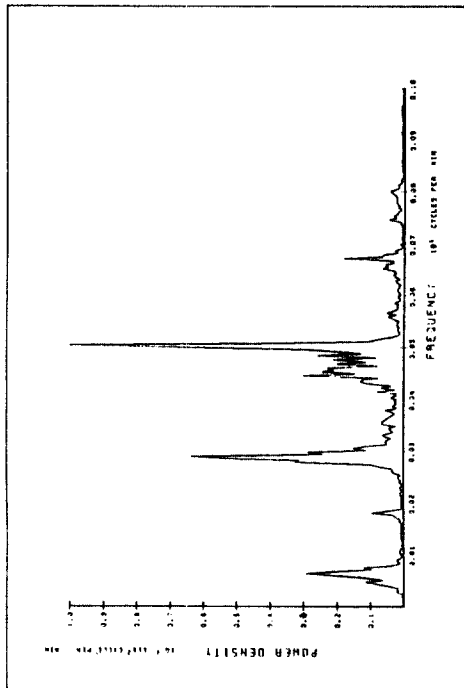
51



52



53



54

그림 5. 定點 S1~S4에서 觀測된 海水位 變化의 스펙트럼 密度(1992년 3월 5일 10시 10분~6일 20시 18분).

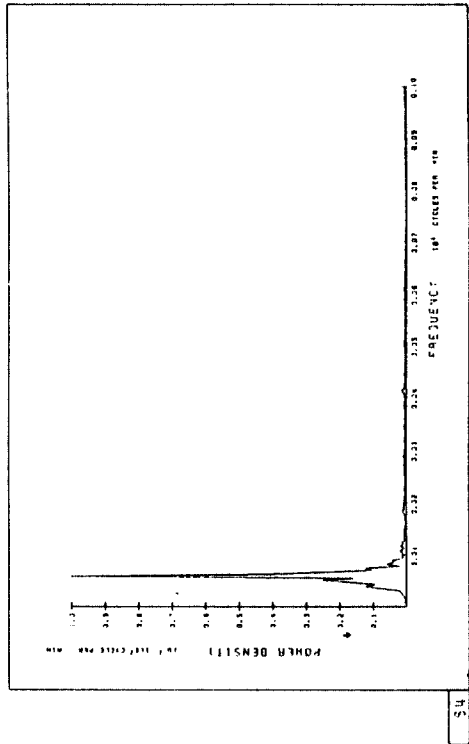
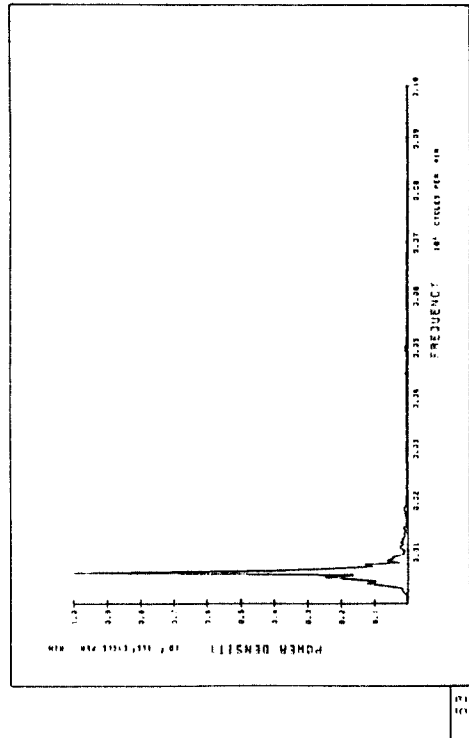
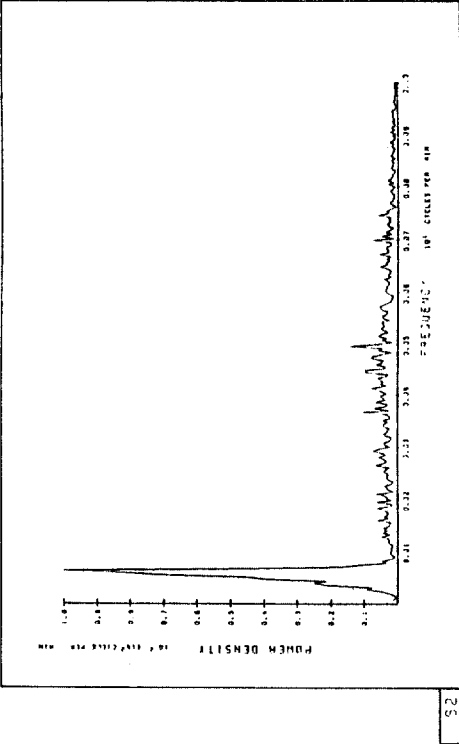
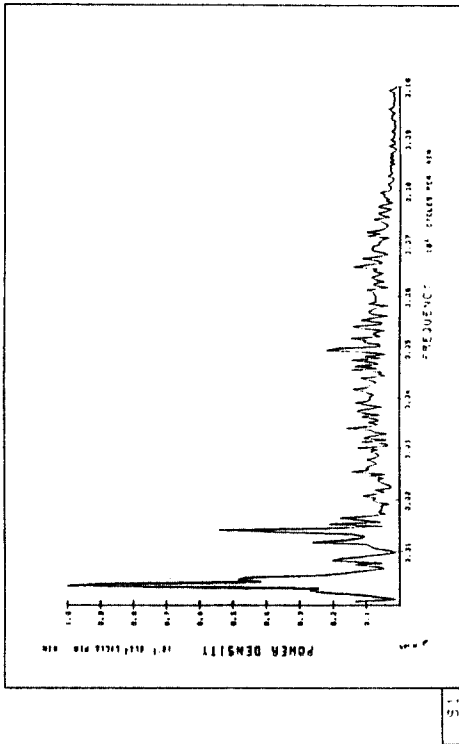


그림 6. 定點 S1~S4에서 觀測된 海水位 變化의 스펙트럼 密度(1992년 3월 17일 11시 4시 52분~18일 15시).

분명하게 구분하기는 어렵다. 港入口인 S2의 경우 1,024초(17.1분), 213초(3.6분), 134초(2.2분), 84초(1.4분) 등에서, S3의 경우 1,024초(17.1분), 327초(5.5분), 208초(3.5분), 117초(2.0분), 102초(1.7분) 등에서, 그리고 S4의 경우 1,024초(17.1분), 327초(5.5분), 213초(3.6분), 120초(2.0분) 등에서 peak가 出現하며 比較的 분명하게 區分된다. 參考로 同 觀測期間中の 有義波高 H_s 는 1.10~1.78 m 사이에 分布하였으며, 波高·波向計로 觀測된 同 期間中の 短週期波의 代表 波向의 범위는 N5.2°W~N39.6°E였다.

그림 5는 3월 5일 10시 01분부터 3월 6일 20시 09분까지 4個 定點에서 觀測된 資料를 분석한 것이다. 그림에 제시된 power density를 살펴보면 2~3분대에서 나타나는 power density가 그림 4에서 제시된 第1 尖頭週期의 값보다 4개 定點에서 모두 훨씬 크다. S1의 경우 1,279초(21.3분), 169초(2.8분), 137초(2.3분), 124초(2.1분), 97초(1.6분), 89초(1.5분) 등에서 peak가 나타나고 있으나 그림 4의 경우와 마찬가지로 peak frequency가 분명하게 구분되지 않는다. 港入口인 S2의 경우 960초(16.0분), 208초(3.5분), 135초(2.2분), 89초(1.5분), 83초(1.4분) 등에서 peak가 나타나고 있다. 한편, S3의 경우 960초(16.0분), 334초(5.6분), 208초(3.5분), 119초(2.0분) 등에서, 그리고 S4의 경우 960초(16.0분), 334초(5.6분), 208초(3.5분), 119초(2.0분), 89초(1.5분) 등에서 peak가 出現하며 비교적 分明하게 區分된다. 參考로 同 觀測期間中の 有義波高 H_s 는 1.95~3.76 m 사이에 分布하였으며 短週期波의 代表 波向의 범위는 N 16.2°E~N80°E였다.

그림 6은 3월 17일 04시 52분부터 3월 18일 15시 00분까지 4個 定點에서 觀測된 資料를 분석한 것이다. 그림에 제시된 power density를 살펴보면 S1의 경우 1,704초(28.4분), 427초(7.1분) 등에서, 港入口인 S2의 경우 960초(16.0분), 121초(2.0분)에서, 그리고 S3과 S4의 경우 1,024초(17.1분)에서 뚜렷한 peak가 出現하였다. 참고로, 同 觀測期間中の 有義波高 H_s 는 0.92~1.13 m 사이에 分布하였으며 短週期波의 代表 波向의 범위는 N39.7°E~N75.5°E였다.

그림 4~6을 살펴보면 觀測時期 및 港內 定點의 位置에 따라 peak period에서의 反應이 상당히 다르게 나타나고 있다. 그림 4와 6의 경우 第1 尖頭

週期에서의 에너지가 가장 크나 그림 5의 경우 局部的인 振動이 나타나는 週期帶에서의 에너지가 오히려 第1 尖頭週期에서의 에너지보다 크게 나타나고 있다. 이는 그림 5에 해당되는 觀測期間동안 港外 入射波가 상당히 컸던 점으로 미루어볼 때 短週期波의 grouping effect 또는 이 成分이 長週期波에 重疊된 影響 때문인 것으로 판단된다. 그림 4와 5에서는 그림 6에서 나타나지 않은 第2 尖頭週期 및 局部的인 尖頭週期가 出現하고 있는데 이는 港外波高의 크기 또는 入射波向의 차이에 起因된 것으로 思料되나 이에 대해서는 追後 追加의인 研究가 要 望된다.

3.3 尖頭週期 分析

東海港의 副振動 現場觀測 結果에서 제시된 2~3개의 尖頭週期에 대해서 理論式에 의한 推定値와 比較하였다. 한 쪽이 開放되고 다른 쪽이 閉鎖된 等水深의 直四角形 港灣에 대해 使用되는 Merian 公式은 다음과 같다⁹⁾.

$$T_n = \frac{4L}{(2n-1)\sqrt{gh}} \quad (1)$$

여기서, T_n 은 제 n번째 固有週期, L은 港의 길이, g는 重力加速度, h는 水深을 各各 나타낸다. $L=1,540$ m (港入口에서 港의 가장 內側까지의 길이), $g=9.8$ m/sec², $h=14.0$ m를 이용하여 東海港의 第1 및 第2 固有週期를 간략하게 計算하면 약 526초(8.8분)와 175초(2.9분)가 된다. 이 결과는 觀測資料의 分析 結果에서 제시된 東海港의 第1 및 第2 尖頭週期인 약 17.1분 및 5.5분과는 상당한 差異를 나타낸다.

入口(inlet)를 통하여 바다와 연결된 灣(basin)에서는 Helmholtz mode로 알려진 mode의 共振이 發生할 수 있으며, 이 運動과 수반하여 灣의 海水面은 流入水路(inlet channel)의 water mass가 出入함에 따라 같은 位相으로 昇降한다. 이 運動은 自由度가 1인 spring-mass system과 유사하며, 여기서 水路의 물은 質量, 그리고 重力下의 灣內 海水位는 스프링을 나타낸다. Freeman 등¹⁰⁾은 Helmholtz resonator에서의 固有周波數를 다음 式으로 구할 수 있음을 제시하였다.

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{A}} \sqrt{\frac{S}{l}} \quad (2)$$

여기서, ω^0 는 natural frequency(rad/sec), A는 港의面積, S는 水路의 斷面積, l은 水路의 길이를 各各 나타낸다. 東海港에 대해서 간단히 計算해보면 A=1,055,000 m², S=5,600 m², l=1,540 m(東海港의 경우 水路를 특별히 區分하기 어려우므로 港의 길이와 同一한 것으로 假定)가 된다. 이들을 사용하여 東海港의 Helmholtz mode의 frequency를 구해보면 $\omega_0=0.005812$ (rad/sec)가 된다. 따라서, 이를 이용하여 peak period를 구하면 1,081초(18.0분)가 되므로 Merian 公式로 구한 東海港의 第1 尖頭週期 8.8분보다 觀測結果로서 제시된 17.1분에 훨씬 接近한다.

스펙트럼 分析에 의해 제시된 第1 尖頭週期 1,024초에 대해 港外 定點 S1에 대한 나머지 3個 定點(S2, S3 및 S4)에서의 增幅比를 다음 式을 이용하여 구하고 13 cases에 대해 이들을 算術 平均하였다.

$$R_{i1} = \sqrt{\frac{S(f_p)_i(\sigma^2)_i}{S(f_p)_1(\sigma^2)_1}} \quad (i=2, 3, 4) \quad (3)$$

여기서, S는 스펙트럼 密度, σ^2 은 分散(variance), f_p 는 peak frequency, 아랫첨자 i는 定點(S2, S3, S4)의 번호를 나타낸다. 上記 式에 의해 구한 平均增幅比는 港外 定點 S1에 대한 S2에서 6.0, S3에서 10.0, 그리고 S4에서 10.0으로 나타났다. 한편, 前述한 바와 같이 그림 3의 定點 S2~S4에서의 時系列曲線이 거의 同位相이므로 이러한 사실을 綜合해 볼 때 第1 尖頭週期 17.1분은 node가 港入口로부터 港外側으로 상당히 떨어진 Helmholtz natural period일 것으로 생각된다.

4. 結論 및 討議

東海港에서 4대의 水壓式 波高計를 사용하여 冬季에 약 1개월간 現場觀測을 實施하여 東海港 副振動의 特性을 把握하였다. 觀測資料의 스펙트럼 分析 結果로 구해진 本 論文의 主要 結論 및 討議事項은 다음과 같다.

1. 東海港의 港內 觀測資料(S3, S4)의 分析에서

東海港의 第1 尖頭週期는 16.0(3회)~17.1분(10회), 第2 尖頭週期는 5.3(1회)~5.6분(3회) 사이에 存在하는 것으로 나타났으며, 出現頻度를 감안하면 第1 尖頭週期는 약 17.1분, 第2 尖頭週期는 약 5.5분이 되는 것으로 사료된다.

2. Merian 公式에 의한 東海港의 固有週期和 觀測에 의해 구해진 尖頭週期가 크게 다른 것으로 나타났는데 이는 東海港의 特殊한 形態(幅이 좁고 二重으로 이루어진 港入口, 상당히 不規則한 水深等)에 起因된 것으로 판단된다. 東海港을 Helmholtz resonator로 보고 구한 尖頭週期가 약 18.0분으로 나타났으므로 觀測結果인 17.1분은 東海港의 Helmholtz natural period일 것으로 생각된다.

3. 東海港의 Helmholtz natural period에서의 平均增幅比는 약 10배 정도여서 迎日灣의 약 2배에 비해 매우 크나 觀測期間中の 港內에서의 海水位 變位 振幅은 약 10 cm로 그다지 크지 않은 것으로 나타났다.

4. 觀測時期에 따라 港內 定點에서 peak period에서의 反應이 상당히 다르게 나타나고 있는데 이는 港外 入射波가 상당히 큰 경우 短週期波의 grouping effect 또는 이 成分이 長週期波에 重疊된 영향 때문인 것으로 判斷되며, 時期別로 第2 尖頭週期 및 局部的인 尖頭週期の 出現 與否가 다른 理由는 港外波高의 크기 또는 入射波向의 差異에 기인된 것으로 사료되나 이들에 대해서는 追後 追加的인 研究가 要望된다.

5. 浦項新港의 경우를 살펴보면 季節에 따라 에너지 分布가 상당히 변화하므로 東海港에서도 이러한 傾向을 확인하기 위한 追加 夏季觀測이 要求되어 1993년 7~8월중에 夏季觀測을 實施함으로써 부족하나마 季節別 特性 把握을 시도할 豫定이다.

謝 辭

이 論文은 科學技術處에서 施行한 特定研究開發事業인 “항만정온도 유지대책 수립에 관한 연구(II)”의 研究 結果의 一部이며, 東海港의 現場觀測時 협조해주신 東海地方海運港灣廳, 海軍 및 東海海洋警察署의 여러 관계자분들과 觀測時 수고해주신 韓國海洋研究所 沿岸工學研究室의 여러분들에게 感謝를 드립니다.

參 考 文 獻

1. Wilson, B.W., "The threshold of surge damage for moored ships", *Proc. Inst. Civil Eng.*, Vol. 38, 1967, pp. 107~134.
2. 建設部, "浦項新港 波浪調査 및 모델實驗 用役 報告書", 第2卷 波浪調査 및 모델 實驗編, 1987, pp. 440.
3. 박한일, 정종률, 오인상, "迎日灣과 浦項新港의 海面副振動에 관한 數值實驗", *韓國海洋學會誌*, 제 21 권 제 4호, 1986, pp. 245~258.
4. 姜錫求, 李相龍, 蘇在貴, "迎日灣과 浦項新港의 副振動 現象", *해양 연구*, Vol. 11, No. 2, 1989, pp. 31~41.
5. 이석우, "韓國 沿岸의 海面 副振動", *水路技術年報*, 1966, pp. 110~140.
6. 추교승, "浦項港의 海面 副振動 現象", *水路技術年報*, 1974, pp. 3~10.
7. 추교승, "浦項港의 海面 副振動 現象", *韓國海洋學會誌*, 第 11卷 2號, 1976, pp. 51~56.
8. 李弘植, "境界要素法에 의한 墨湖港의 副振動特性에 관한 研究", *大韓土木學會論文集*, 第 12卷 第 2號, 1992, pp. 255~263.
9. Murty, T.S., "Storm surges: Meteorological and ocean tides", Canadian Government Publishing Centre, Friesen Printers Ltd., 1984, 897 pp.
10. Freeman, N.G., P.F. Hamblin, and T.S. Murty, "Helmholtz resonance in harbours of the Great Lakes", *Proc. 17th Conf. Great Lakes Res.*, 1974, pp. 399~411.

(接受 : 1993. 2. 15)