

# 木浦港 開發 및 大佛 産業團地 造成에 따른 沿岸海域 變化(I)

—해면 정온도를 중심으로—

李 重 雨\* · 鄭 明 善\*\*

## The Changes of Coastal Water Area due to the Development of Mokpo Harbor and Construction of Daebul Industrial Complex(I)

*Joong-Woo Lee · Myoeng-Seon Jeong*

〈목 차〉

Abstract

1. 序 論

2. 木浦港의 海域環境

2.1 氣象

2.2 海象

3. 基本 方程式

4. 數值모델 實驗 및 分析

5. 結 論

Abstract

The changes of water level at Mokpo Harbor and its adjacent coastal area due to the construction of the Youngsan Estuary Barrage and the Third Land Reclamation Work of estuary barren had been roughly expected. Periodical floods, which occur 2 times per month, are also being observed at the low lying commercial areas near the Mokpo Old Harbor. Although it is said that the highest tidal current component among the tidal current records at the approaching channel to Mokpo Harbor is reduced to 6 kts, because of the estuary barrage, they do not give any precise statement or a deep analysis for the flooding and periodical water level change under certain environmental conditions. Moreover, they never tried the analysis of development plan considering the natural disaster such as typhoon or other extreme condition. Thus, it is necessary to collect and analyze the data related to floodings, harbor oscillations, currents, and water quality, etc. because of the development considering the extreme condition and to evaluate the old observation and measurement, including the numerical model simulation based on the scientific approaches. This study deals the problem of the water level change among the integrated analyses of the pastal area changes. The result can be used for the integrated planning to give a strong foundation and will contribute to the development of local area.

\* 정희원, 한국해양대학 교수

\* 정희원, 목포해양전문대학 교수

이 일어났다고 할 수 있으며 이는 과거 영산강을 따라 유출입하던 유량이 감소됨으로써 조류가 크게 감소한 결과라 하겠다. 특히 목포항 입구인 고하도 선단에서 하구언 전면까지의 구간은 직접적 영향을 받아 조류가 약 30-40%정도로 감소되었다.

목포구의 조류는 하구언 축조전 낙조시 최대 11knot를 나타내었으나 축조후에는 감조유역면적의 변화로 최강유속은 약 8knot정도로 되었고 해남강에 추가설치중인 방조제로 인해 더욱 감소하고 있는데 이러한 조류의 감소현상은 현지 선장의 조선경험으로도 확인되고 있다. 현재 영산강 유역 종합개발계획에 의거 영암반도, 해남반도, 화원반도를 잇는 방조제를 건설중인데 이로 인한 조류의 변화중 유속감소는 목포항을 향만으로 이용하는 선박조종면으로는 매우 유리한 조건이나 항내에 국부적 또는 전반적으로 퇴적이 발생하는 문제점이 유발되며, 이와 함께 조위의 상승경향이 더욱 커졌으리라 추측되는데 이 점은 실제 현장조사시 사진촬영 및 기타 보고 기록 등으로 입증되어 연안선의 운항은 물론 항만인접해역의 기반고를 포함한 도시개발 및 배수계획에 심각한 영향을 가져오고 있음을 지적하고 싶다.

한편 목포내항은 전면으로 화원반도, 고하도, 달리도, 놀도, 장좌도 등으로 둘러싸여 있어서 외해로부터 차폐되어 있기 때문에 외해로부터의 내습파에 대한 영향은 거의 없으며 방향별 파랑 제원은 유의파(Significant Wave)의 파고가 25년 및 50년 빈도를 기준으로 하여 각각 0.7m 및 0.76m, 주기가 각각 3.24sec 및 3.37sec 정도로 비교적 정온한 상태를 유지하고 있다.

목포항 개발해역은 태풍 및 강한 계절풍 등 기상현상에 대하여 조위의 편차가 크게 나타나고 지진해일 등으로 인한 장주기 정상파형의 반응에 대한 영향은 크지 않을 것으로 알려지고 있으나 현장관측 및 조사에 따르면 목포 구항에서 온금동에 이르는 항만인접 시가지는 월 2차례 특히 대조시를 전후로 하여 해수에 의한 침수현상이 심각하게 나타났다. Fig.1은 1990년도 11월 대조시를 전후로 한 이 지역의 가로에 침수되고 있는

현상을 나타내고 있다. 당시 이 일대 1km의 해안도로, 부역 및 방이 침수되는 등으로 육상 교통은 말할 것도 없고 선창 주변의 잔교와 물양장이 물에 잠기어 해상 교통로를 이용하는 섬주민들의 발을 수시간 동안 묶어 두었다.

조사를 통해서 이 시간 동안 비교적 1시간 이하의 주기로 침수높이의 변화를 보이는 것을 알았는데 본논문에서는 추후 발생할 수 있는 해면의 승강운동, 즉 부진동에 따른 해면변화의 경향을 살펴보기로 하고 수치모델실험을 통한 실험을 실행하였다.

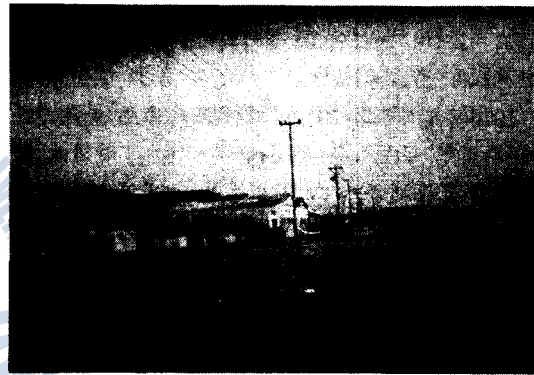
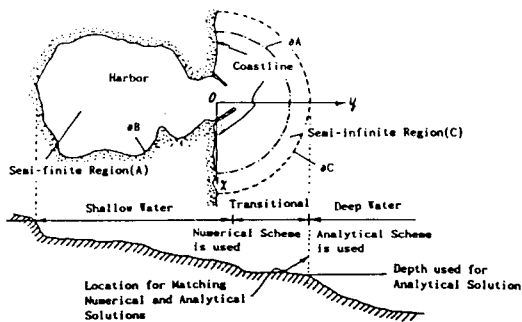


Fig.1 Overflow of Sea Water due to the Water Level Elevation at the Mokpo Harbor.

### 3. 基本方程式

해면진동 및 파의 변환에 대한 기본방정식의 정식화와 수치적 접근을 간략하게 소개하면 다음과 같다. 정식화 과정에서 波浪場은 선형이고 시간으로 보아 주기적이라 가정하여 외해에서 내해로 파가 입사해 들어올 때 해역을 유한해역구간 A와 무한구간 C로 구분하고 이들 영역은 반원모양의 개방경계면  $\partial A$ 로 연결되는 것으로 한다. 이때 해안선 경계를  $\partial B$ 로 하고 반무한구간은 직선형 해안경계로부터 수평방향  $y \geq 0$ 으로 무한대까지 확장되어 있는 것으로 하며, 구간 C에서는 중심이 일정하고, 해저마찰은 입사파에 대해 존재

하지 않는 것으로 둔다(Fig.2 참조).



g.2 A Classification of Different Regions for Numerical Scheme.

이와같이 정의된 해역에서의 기본방정식은 해마찰  $\xi$ 를 고려하여 식(1)과 같이 정리된다.

$$\frac{\partial}{\partial x} \xi C C_{\kappa} \frac{\partial \phi}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \xi C C_{\kappa} \frac{\partial \phi}{\partial y} + \frac{\omega^2 C_{\kappa}}{C} \phi = 0 \quad (1)$$

여기서 C는 파속,  $C_{\kappa}$ 는 파의 균속도로 이는 파수 k와 수심 h를 정의하여 식(2)와 같이 표시한다.

$$C_{\kappa} = \frac{C}{2} \left( 1 + \frac{2kh}{\sinh 2kh} \right) \quad (2)$$

또한 해저마찰은 식(3)으로 나타내는데 이때  $\beta$ ,  $\gamma$ 는 무차원의 해저마찰계수,  $\gamma$ 는 유체의 수평방향속도성분과의 위상차를,  $a_0$ 는 입사파의 진폭을 가리킨다.

$$\xi \left\{ \left( 1 + \frac{i\beta a_0}{h \sinh kh} \exp(i\gamma) \right) \right\} = 1 \quad (3)$$

주어진 x,y방향의 좌표계에서 수평방향 유속 u, 라, 자유표면의 상하이동  $\eta$ , 동수압(hydrodynamic pressure)  $p_a$ 는 시간함수를 분리한 공간속도텐셜  $\phi$  및 해수밀도  $\rho$ 를 사용하여 식(4)-(7)로 정리된다.

$$u(x,y,z,t) = \xi f \frac{\partial \phi}{\partial x} \exp(-i\omega t) \quad (4)$$

$$v(x,y,z,t) = \xi f \frac{\partial \phi}{\partial y} \exp(-i\omega t) \quad (5)$$

$$\eta(x,y,z) = \frac{i\omega}{g} \phi \exp(-i\omega t) \quad (6)$$

$$p_a(x,y,z,t) = \rho \omega f \phi \exp(-i\omega t) \quad (7)$$

이때 f는  $\cosh k(z+h)/\cosh kh$ 로 파랑장의 수직방향변화율을 가리킨다.

해안경계면  $\partial B$ 에서의 경계조건은 반사계수  $K_r$ 을 사용하여 불완전반사 및 산란을 고려하여 식(8)로 하고 개방경계에서 Sommerfeld의 放射條件(Radiation condition)으로  $y \geq 0$ 인 모든 방향의 무한구간에서 조건식(9)를 만족하는 것으로 한다.

$$\frac{\partial \phi}{\partial n} - ik \frac{1 - K_r}{1 + K_r} \phi = 0 \quad (8)$$

$$\lim_{r \rightarrow \infty} \sqrt{r} \left( \frac{\partial}{\partial r} - ik \right) \phi^e = 0 \quad (9)$$

여기서 n은 경계면에서 외부로 수직방향을,  $\phi^e$ 는 방사되어 나가는 파의 속도포텐셜을 나타낸다. 이와같은 경계치 문제를 풀기 위해 수치해석방법으로 複合要素法(HEM)을 사용(Lee, 1989)하기로 한다.

#### 4. 數值모델 實驗 및 分析

수치모델의 적용한계는 Fig.3과 같이 목포항 광역개발계획의 수립에 따라 내항하구언, 북항과 압해도 구간, 화원강 하구역 제3단계 방조제 한계를 포함한 대상으로 하였다. 특히 수치모델에서 외측한계는 외달도, 달리도, 눌도, 압해도 사이의 공간에 대해 개발된 개방수로효과(Lee, 1990b)를 도입하여 자유롭게 파가 진행되는 것으로 하였으며 이는 하구언 축조건, 후를 비교할 때 모델격자를 변형시키지 않고 해안조건식(8)만을 변형하

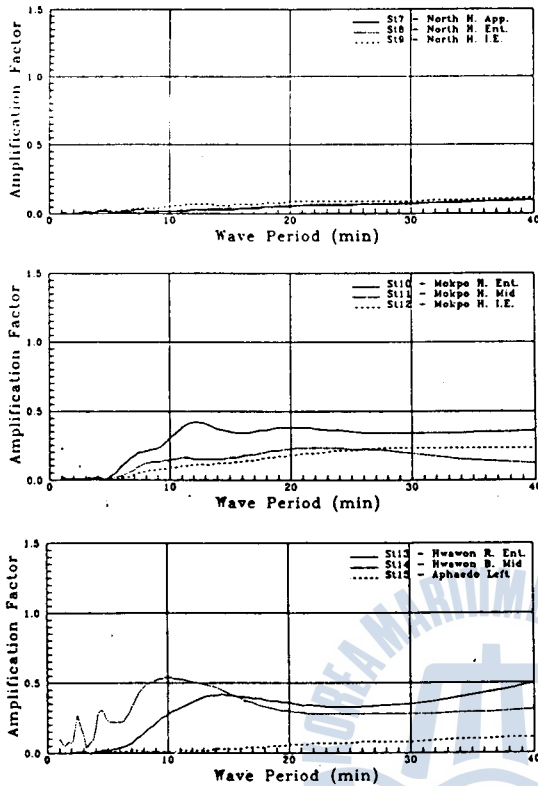


Fig. 8 Comparison of Response Curves for the Selected Stations (Station 7 through 15)

및 St. 6), 고하도 상부 해역에서는 주기 10분대 부근에 peak 값을 갖는 반응을 나타내었다.

10분 이하의 주기에 대해 그 이외의 해역을 보면 목포구 수로에서 파랑이 차단되어 대부분의 에너지가 소멸되며 반응은 거의 없는 실정으로 목포 북항 및 내항부근에서 관측되고 있는 바와 같이 바람에 의한 파랑의 발생은 극히 미약함을 설명하고 있다. 북항의 경우 항만 규모가 작고 항만에 반응을 일으키리라 예상되는 10분이하의 주기의 파는 목포구에서 이미 차단되므로 전체 주기 영역에 대해 St.7, St.8, St.9에서 보는 바와 같이 증폭비 0.3 이하의 극히 미세한 반응을 나타내어 안정됨을 알 수 있다.

목포항에 대한 반응으로는 정 등(1989)이 평균 수심 14.5m, 항의 길이 5,800m에 대해 hydraulic depth의 개념으로 변형하여 고유주기를 제1 mode, 33분 20초, 제2 mode 11분 6초, 제3 mode

6분 40초로 계산하고 있으나 본 실험의 결과로는 제2 mode 11분 6초, 제3 mode 6분 40초로 계산하고 있으나 본 실험의 결과로는 제2 mode가 유사한 경향을 보일 뿐, 이외의 mode는 특기할 변화를 나타내지 않았다. 또한 10분 이상의 주기에 대해서는 12분을 전후로한 부분보다 다소 작으나 거의 균일한 반응을 보였다.

이는 정 등(1989)의 연구에서 대상으로 하고 있는 해역을 목포항으로 제한하였고 목포항의 입구부(St.10)가 섬으로 차단됨이 없이 완전히 open 되어 외해로부터 파랑의 유입이 자유로움을 가정한 것인데 반해 본 논문에서는 앞에서 언급한 것처럼 외달도, 달리도, 늘도, 장좌도, 압해도, 구레도, 용출도 등의 barrier로 인한 실제의 상태를 고려하여 외파의 에너지가 대부분 차단되고 있기 때문에 분석된다. 또한 압해도와 무안반도 사이의 수로(St.15부근)에서는 개방수로 효과로 인해 수로를 거친 혼합파가 반사됨이 없이 경계면을 따라 전파되어 북항 인접역과 같이 낮은 반응을 나타내었다.

## 5. 結 論

연안해역의 개발이라는 측면에서 방조제 및 하구언의 설치가 연안역 및 계획 항만수역의 정온도에 미치는 영향을 판단하기 위해서는 적절한 예측방법의 도입이 불가피하다. 이러한 관점에서 본 연구는 목포항, 북항수역과 화원강 및 해남강의 3단계 방조제를 좌우한계로 하고 목포구에서 영산강 하구언에 이르는 광대한 영역에 대해 현장조사와 수치모델을 사용하여 연안역 개발이 해면수위 변화에 미치는 영향을 평가하였다.

수치실험의 결과 5분이하의 단주기 대역에서는 목포구에서 목포 내항사이에 산재하고 있는 섬들로 인해 에너지가 차단되어 미약한 증폭비를 나타낸 반면 10분에서 13분의 대역에서 높은 반응을 보였다.

또한 신설될 북항에서는 해면이 안정되어 선박의 접·이안에 어려움이 없을 것으로 사료된다.

한편 영산강 하구언, 대불산업단지 및 목포 내항을 포함한 목포항의 실험에서는 주위의 섬들에

한 차단효과를 이전의 연구와 비교할 수 있었으며 제2 mode에 의한 반응이 일치됨을 알았다.

이상의 제시된 실험결과는 전체 실험과정중 국지적인 것만을 나타낸 것으로 단정적인 결론은 수치모델에서 파악변화, 개방경계면의 확장 등으로 보다 세밀한 실험분석을 통하여 내리기로 하지만 기 수집된 자료와 부분적인 실험분석을 통해大潮時를 전후로 한 목포내항의 침수현상은 1시간 이하의 주기성을 가졌고 조석의 상승에 부수하여 하구언과 대불방조제 및 최근에 조성중인 3단계 방조제로 인한 해면부진동이 겹쳐진 것으로 볼 수 있다. 특히 제3단계 방조제로 인한 침수의 상승작용이 우려되고 이중에서 3,000톤에 이르는 50,000톤급 컨테이너 부두로 개발하기를 계획하고 있는 가지도, 허사도 및 고하도 구간에 해면변화는 다소 커져서 이에 대한 지속적인 연구 검토가 진행되어야 할 것으로 본다.

#### 〈後期〉

본 연구는 1991년도 한국과학재단 기초연구비 지원에 의한 결과의 일부이며 관계제위께 감사드립니다.(과제번호 : 913-1307-044-1)

#### 參考文獻

장시환, 이동영, 이증우 외(1989), "해안방재 시설의 계산기준 산출연구(I)", 한국과학기술원 해양연구소 보고서 BSPG 00076-230-2, 80-93.  
 국토개발원(1988), "대불산업기지 개발계획"  
 박문수, 홍길표, 편종근(1990), "시간의존 환경사방정식을 이용한 항내 파고분포 계산, 한국해양안·해양공학회지, 제2권, 제1호.  
 교통부 수로국(1975-1983), "목포점조소 관측기록(조위편차 계산표)"  
 5업진흥공사(1975), "영산강 유역개발 수문조사 보고서"  
 5업진흥공사 영산강사업소(1979-1983), "하구언 조위측정 보고서"  
 루포지방해운항만청(1982), "목포항 광역개발 기본계획 보고서"  
 루포지방해운항만청(1987), "목포내항 정비계획

및 실시설계용역 보고서"  
 송영호, 이상룡(1984), "유한요소법에 의한 진해만 조석의 수치실험", Bulletin of KORDI, V.6(1,2), pp.31-36.  
 염기대(1977), "한국서해안 해만의 방조제건설에 따른 조석변화연구", 한국해양학회지, 제12권 제1호.  
 이증우(1989a), "항만 설계에 있어서 하이브리드 요소법의 응용에 관한 연구-부산항 3단계 개발계획을 중심으로-", 한국항만학회지, 제3권, 제1호.  
 이증우(1989b), "태풍파를 기준으로 한 전설계수심의 산정에 관한 연구", 한국항해학회지, 제13권, 제3호.  
 임병대(1984), "하구언으로 인한 영산강 하구의 조석변화에 대한 연구", 전남대학교 토목공학박사학위논문.  
 정명선 등(1989), "목포항의 부진동에 관한 연구", 한국항해학회지 제13권 제1호.  
 정중률(1981), "Estuarine Dynamics of the Keum Estuary I. flow characteristics and a circulation model", 서울대학교 기초과학 보고서 ED 80-34, pp.58-115.  
 최병호(1984), "영산강 하구의 방조연 건설에 따른 조위변화", 대한토목학회 논문집 제4권 제2호, pp.113-124.  
 환경그룹연구회(1989), "목포신도시 개발 기본계획"  
 Bowden, K. F.(1963), "The Mixing Processes in a Tidal Estuary", Advances in Water Pollution Res. 3, pp.329-346.  
 Hansen, D. V. and Rattray Jr., M.(1972), "Estuarine Circulation Induced by Diffusion", J. of Marine Research 30, pp.281-294.  
 Hughes, F. W. and Rattray Jr., M(1980), "Salt Flux and Mixing in the Columbia River Estuary", Estuarine and Coastal Marine Science 10, pp.479-493.  
 Lee, J. W.(1987), "A Finite Element Simulation of Waves approaching a Coastal Area", Dept. of Ocean Engrg., Univ. of Hawaii, HI., U.S.A.

Lee, J. W.(1989), "Hybrid Element Analysis of Water Waves for Harbor Design", Ph.D. Diss., Univ. of Hawaii, HI, U.S.A.

Lee, J. W.(1990a), "Hybrid Element Simulation of Surface Water Waves and Modification to Harbor Design, The Proceedings of the Design, Construction and Operation of the Ports and Marine Structures on May 1990.

Lee, J. W.(1990b), "Open Channel Effects in a Mathematical Model and Modification to Har-

bor Design, The Proceedings of the PACOMS '90, Int. Soc. of Offs. and Polar Engineers, Vol II, pp.61-70.

Leendertse, J. J. and Liu, S. K.(1975), "A Three-dimensional Model for Estuaries and Coastal Seas: Volume II, Aspects of Computation", OWRT, R-1764-OWRT.

NEDECO(1965), 'Mokpo Yongsan Scheme Report', UN/FAO.

