

木浦港 開發 및 大佛 産業團地 造成에 따른 沿岸海域 海面變化

The Changes of Coastal Water Level due to
the Development of Mokpo Harbor and
Construction of Daebul Industrial Complex

鄭明善*, 李重雨**

Key-Word: 해면변화, 조류, 항만개발, 부진동, 매립, 수치모델, 속도포텐셜, 해저마찰, 절점, 복합요소법, 극한상태, 방사조건, 가우스소거법

要約

영산강 하구언 방조제의 건설로 인한 항만 및 이의 인접해역 해면의 변화는 예상한 바 있으며 실제 여러 개소에서 월 2회정도의 주기로 목포 구항부근 상업지역에서 해면상승에 따라 주기적으로 침수되는 현상이 나타나고 있다. 목포항의 영산강 하구언 방조제 조성으로 인한 조류성분중 최고기록을 가진 수로에서는 6kts정도로 감소된 것으로 보고되고 있으나 주위자연환경 변화에 따른 수면상승 및 해수면의 주기적인 변화 등에 대한 상세한 언급 및 깊이 있는 분석은 회피되어 왔다.

수자원의 효율적관리를 위해 하구언 방조제는 이미 건설되었고 앞으로 대규모의 항만개발과 대불산업단지조성을 위해 추가 3개의 만입해안해역에 댐으로 해역을 막아 매립공사를 추진하고 있다. 그러나 이 지역에 대한 분석은 타당성의 여부만을 강조한 상업적 용역이 이루어 지고 있고 장래 개발에 대해 학술적이고 실질적인 문제점 추출과 해결 방안에 대해서는 무시하거나 경시한 바가 많다. 더구나 태풍, 저기압 등과 같은 자연재해를 고려한 분석은 시도되지 못하고 있다.

따라서, 개발전후의 현상에 대한 상세한 자료 및 현장 조사와 극한상태를 고려하여 개발에 따른 수위상승, 부진동, 조류, 수질 등, 이 해역의 변화요소를 수집하고 분석하며 과학적 접근방법에 기초를 둔 수치모델의 실험을 포함하여 현장관측 및 측정자료를 검증하는 것이 필수적이라고 사료되어 종합분석의 한단계로 여기서는 하구언 및 하구간척(Land Reclamation of Estuary barren)으로 해역축소에 따른 해면변화의 실제현상을 조사하여 정리하고 이를 수치모델을 통해 시뮬레이션하여 보았다. 이는 종합개발의 좋은 기초자료로 이용됨은 물론이고 이지역의 개발에 기여할 것으로 본다.

1. 序論

목포항은 전남 남부권인 영산강 하구에 위치하여 여수항 및 군산항과 더불어 호남 지역의 3대 개항장중 하나이며 1897년 개항 이래 서남해안 지방의 관문항으로, 특히 목포근해에 산재한 군소 도서주민의 생활기지항으로서 그 역할이 크다. 국민경제의 발전과 더불어 경제규모가 확대되고 이제 공산국가인 중국과의 교역이 대두됨에 따라 물동량의 폭발적인 증가가 예상되어 목포항의 개발이 중요한 관건으로 제기되었고 기존산업의 향상은 물론 인접연안역의 산업기지화가 필연적임이 지적되어 왔다.

* 정회원, 목포해양전문대학 교수

** 정회원, 한국해양대학 교수

영산강 하구언 방조제는 수자원의 효율적인 관리를 위하여 건설에 착공, 1981년에 이미 완공이 되었고, 목포항만은 구항의 개선을 비롯하여 북항의 개발, 내항 물양장 및 철부선 부두건설 등 광역개발계획을 수립하고 이에 필요한 예산을 투입하여 연안 해운은 물론 대 중국 및 일본 교역의 중심항으로 발돋움하고 있다. 특히 항만 수출입화물에 필요한 대규모 항역개발과 낙후된 이지역의 경제, 산업발전을 위해 유치하고 있는 대불산업단지의 조성은 상당한 만입해안해역을 매립하여 이루어지고 있는바 이 해역에 대해 개발에 따른 해수반응특성을 규명할 필요가 있다고 하겠다.

Estuary에서의 일반적인 해수의 순환이나 유동, 확산 및 혼합등은 국내외에서 현장조사나 modeling 등에 의해 상당한 연구가 되어 왔으며(Bowden, 1963); Hansen and Rattray, 1972; Hughes and Rattray, 1980; 정, 1981; 송 과 이, 1984 등), 이러한 연구들은 하구제방이 설치되지 않은 것을 대상으로 이루어진 반면 염(1977), 최(1984) 등과 같은 하구개발에 관한 연구들이 기초작업으로 국부적인 목적에 따라 실행되어 영산강 하구언에 대해서도 관측기록들이 소개되고 있다.

또한 항만개발에 관련된 기초연구도 국부적으로 행해지고 있는데 자연환경의 극한 상태나 현장조사를 바탕으로 한 해수유동의 현상규명에 대해서는 아직 미흡한 상태이며 특히 목포항 유역은 더욱 미미한 실정이다.

본연구에서는 1981년 목포항 상부에 영산강 하구언이 개발된 이후 영산강 estuary의 제반 해안공학적인 특성변화 및 대불산업기지 조성을 위한 매립지 개발에 따른 해역변화의 양상을 종합적으로 비교 연구하고자 한다.

지금까지의 목포항 유역에 관련한 연구로는 대별하여 2가지의 패턴으로 나누어 생각할 수 있는데 그 하나는 영산강 하구언을 중심으로 현장의 조석에 대한 실측의 자료를 상황에 따라 이론적인 방법으로 기술해 간 것이고 다른 하나는 토지개발의 목적을 설정하고 이에 부합된 해석을 추출해 간 방법이다. 이들에 대한 근래의 자료를 나열해 보면 NEDECO의 UN/FAO에 제출한 목포-영산강 계획에 관한 보고서(1965)를 출발로 농업진흥공사의 영산강수문조사보고서(1975), 하구언조위측정기록(1979-1983)과 수로국의 목포검조소 관측기록(1975-1983) 등이 있는데 이들은 하구언 개발과 관련된 관측기록과 분석이며 기타, 건설부, 토지개발공사, 국토개발원, 해운항만청 등에서 택지개발, 토지이용을 중시한 하구언, 항만 및 대불산업기지 조성에 대한 개발계획, 기본조사, 설계 등이 진행되었고, 학술적으로는 하구언 방조제 건설에 따른 조위 및 해면변화에 대해 최(1984), 임(1984), 정 등(1989)이 기초적인 분석을 기한 예를 들 수 있다.

그러나 이 지역에 대한 분석은 타당성의 여부만을 상당히 강조한 상업적 용역이 주종이고 장래개발에 대해 실질적인 문제점 추출과 학술적인 해결방안에 대해서는 무시하거나 경시한 바가 많으며 태풍 및 저기압 등과 같은 자연재해가 빈번한 연안역에서의 극한상황을 고려한 분석은 시도되지 않고 있다.

따라서, 개발전후의 현상에 대한 상세한 자료 및 현장조사와 개발에 따른 수위상승에 수반하여 부진동, 조류, 수질 등, 이 해역의 변화요소를 수집·기록하고 상세히 분석할 필요가 있다고 본다.

2. 木浦港의 海域環境

2.1 氣象

목포의 기후는 위도상으로 온대성에 속하고 경도상으로는 뚜렷한 대륙동안기후의 세력하에 있어 동계에는 대륙의 한랭한 시베리아 고기압권이고 하계에는 고온다습한 북태평양고기압의 영향을 받아 대륙성기후와 해양성기후를 번갈아 나타나고 있으며 년평균 1-2회의 태풍의 내습을 받고 있다.

1970년에서부터 1989년의 목포측후소 관측기록에 의하면 주풍향은 동계에 북풍계열, 하계에 남풍계열이 우세하며 그 탁월풍은 동계의 NNW, 다음은 NW로 풍속 13.9m/sec이상의 폭풍일수는 년평균 26.6일이고 1월에 가장 많아 평균 4.1일, 다음이 12월의 4.0일이며 동기간의 전년평균 풍속은 4.2m/sec이고 풍향별 관측일수는 NNW방향 24.9%, NW 15.1%, N 5.9%, S 7.6% 순으로 되어 있다.

년평균강우량은 1,144.6mm로 전국평균 1,475.0mm보다 약간 적은데 관측기간동안 년 최대강우량은 1972년의 1,751.1mm, 년최소강우량은 1988년의 693.9mm로 그차이가 심

하다. 강우량의 월별분포는 우리나라의 일반적인 분포와 유사하여 약 61%가 우기인 6월에서 9월 사이에 집중하고 있다.

년평균기온은 13.6°C, 평균최고기온은 8월의 29.9°C, 평균최저기온은 1월의 (-)1.8°C로 비교적 온화한 편에 속한다. 관측기간중의 최고기온은 1981년 7월 11일의 35.4°C, 최저기온은 1976년 12월 27일의 (-)11.6°C 이었다. 이 해역의 상대습도는 비교적 높은 편이나 년평균은 76.3%이고, 평균최고습도는 7월에 85.6%, 평균최저습도는 3월에 71.3%를 나타낸다.

년평균 안개일수는 약 23.5일이며 4월에서 7월 사이에 전년의 약 52%로 12.0일정도이다. 시정 500m정도의 일수는 년평균 3일미만이고 안개가 2-3시간 이상 지속하는 경우는 드물다. 년평균 해면의 기압은 1,017.8mb이고 대체로 동계에 높고 하계에는 낮아 10월에서 3월 사이에 1,020mb를 상회하고 6월에서 8월 사이에는 1,007mb를 하회하고 있다. 동기간중 기압최고극치는 1983년 1월 22일에 1037.8mb이며, 최저극치는 1986년 8월 28일 966.8mb로 태풍 Vera가 통과할 때의 것으로 기록되었다.

2.2 海象

목포항의 조석현상은 영산강하구언이 축조되기전에는 외해에서 유입되는 조석이 영산강을 역류하며 상승하였으나 축조후에는 이지점에서 조석의 유출입이 차단되어 하구언 전면에 위치한 대불단지 및 목포항 부근역에 조석이 상승하고 조차가 증가된 경향을 나타내고 있다. 축조후 여러가지 방법에 의한 관측자료를 조화분해로 추출한 평균만조위는 EL+3.683m이며 대조평균만조위는 EL+4.119m, 대조평균간조위는 EL+0.557m로서 대조차는 356.2cm, 평균조차는 269.0cm, 소조차는 181.8cm를 나타내 서해안의 항구중 조석간만차가 심하지 않는 편이다. 기존 수로국의 축조전 조석표와 상기의 하구언 축조후 관측조위를 비교해 보면 축조전의 대조차가 318.6cm, 소조차는 171.8cm로 전후의 차이는 대조시 37.6cm 소조시는 10.0cm가 되어 축조후에 상승하고 있음을 나타낸다.

일반적으로 이 해역의 조류는 반일주조형(Semi-diurnal)으로 1일에 2회의 창, 낙조가 일어나고 있다. 하구언이 축조되기전의 삼학도 전면 조류속도는 약 1m/sec로 강하게 나타났으나 1981년 7월 하구언 축조후에 실측한 조류조사결과에 의하면 삼학도 전면에서의 최강조류속도는 표층에서 평균대조기 창조시 18cm/sec, 낙조시 28cm/sec로 기록되었으며 북항지역은 창조시 33cm/sec, 낙조시 84cm/sec로 기록되었다. 한편 영산호의 방류시에는 삼학도 전면의 경우 조류에 의한 유속에 영산호의 방류속을 합하여 창, 낙조가 각각 18cm/sec, 83cm/sec로 되었다. 이와같이 하구언이 완공됨으로서 목포항 주변의 조류현상은 현격한 변동이 일어났다고 할 수 있으며 이는 과거 영산강을 따라 유출입하던 유량이 감소됨으로서 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 8knot 정도로 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 항만으로 이용하는 선박조종면으로는 매우 유리한 조건이나 항내에 국부적 또는 전반적으로 매물이 발생하는 문제점이 유발되며, 이와 함께 조위의 상승경향이 더욱 커지리라 예상되는데 이점은 실제 현장조사시 사진촬영 및 기타 보고 기록 등으로 입증되어 연안선의 운항은 물론 항만인접해역의 지반고를 포함한 도시개발 및 배수계획에 심각한 영향을 가져오고 있음을 지적하고 싶다.

한편 목포내항은 전면으로 화원반도, 고하도, 달리도, 늘도, 장좌도 등으로 둘러싸여 있어서 외해로부터 차폐되어 있기 때문에 외해로부터의 내습파에 대한 영향은 거의 없으며 방향별 파랑제원은 유의파(Significant Wave)의 파고가 25년 및 50년빈도를 기준으로 하여 각각 0.70m 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 커지 않을 것으로 알려지고 있으나 본문에서는 추후 발생할 수 있는 부진동에 따른 해면변화의 경향을 살펴보기로 하고 수치모델실험을 통한 결과의 일부를 소개하고자 한다.

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 ∂A 로 연결되는 것으로 한다. 이때 해안선 경계를 ∂B 로 하고 반무한구간은 직선형 해안경계로부터 수평방향 $y \geq 0$ 으로 무한대까지 확장되어 있는 것으로 하며, 구간 C에서는 수심이 일정하고, 해저마찰은 입사파에 대해 존재하지 않는 것으로 둔다(Fig.1 참조).

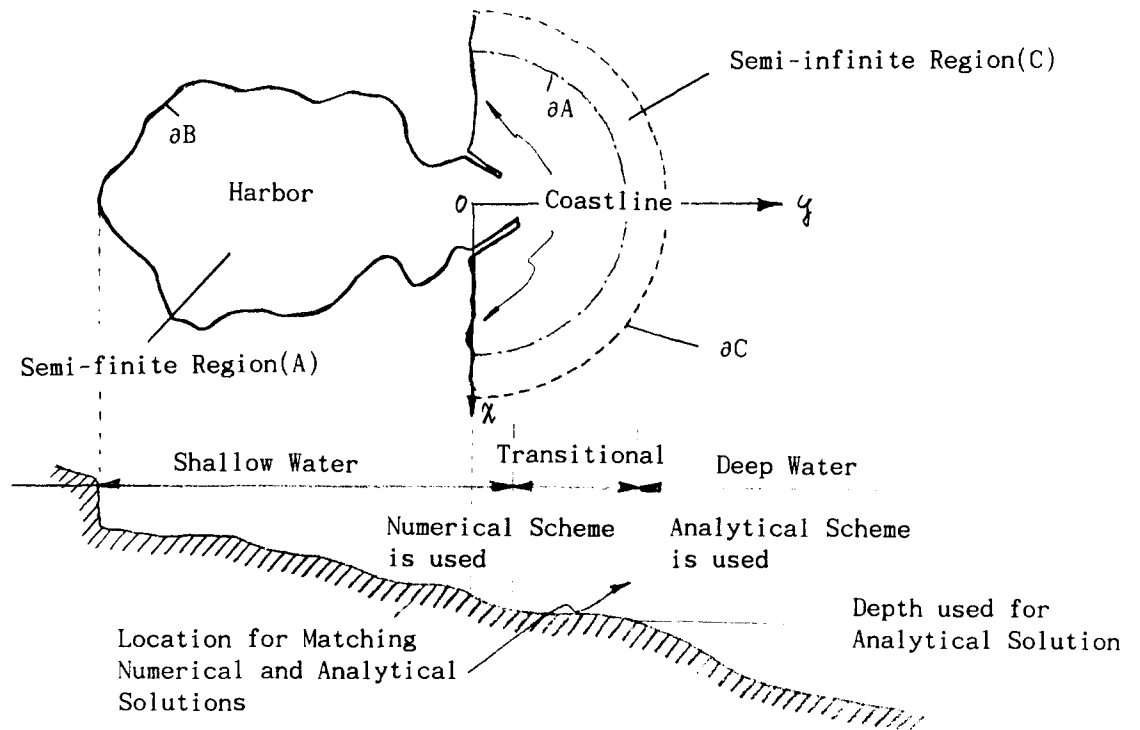


Fig.1 A Classification of Different Regions for Numerical Scheme.

이와 같이 정의된 해역에서의 기본방정식은 해저마찰 ξ 를 고려하여 식(1)과 같이 정리된다.

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

여기서 C 는 파속, C_g 는 파의 군속도로 이는 파수 k 와 수심 h 를 정의하여 식(2)와 같이 표시한다.

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

또한 해저마찰은 식(3)으로 나타내는데 이때 $\beta(x, y)$ 는 무차원의 해저마찰계수, γ 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, y 방향의 좌표계에서 수평방향 유속 u, v 와, 자유표면의 상하이동 η , 동수압(hydrodynamic Pressure) p_a 는 시간함수를 분리한 공간속도포텐셜 ϕ 및 해수밀도 ρ 를 사용하여 식(4)-(7)로 정리된다.

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

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

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

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

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

해안경계면 ∂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 모든방향의 무한구간에서 조건식 (9)를 만족하는 것으로 한다.

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

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

여기서 n 은 경계면에서 외부로 수직방향을, ϕ^c 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.2와 같이 목포항 광역개발계획의 수립에 따라 내항하구언, 북항과 압해도 구간, 화원강 하구역 제3단계 방조제한계를 포함한 내단 수역에서 외달도와 화원반도 사이의 木浦口에 이르는 광범한 수역을 대상으로 하였다. 특히 외측한계는 수치모델에서 외달도, 달리도, 늘도, 압해도 사이의 공간을 모델에서 개발된 개방수로효과(Lee, 1990b)를 도입하여 모델에서 자유롭게 파가 진행되는 것으로 하였으며 이는 하구언 축조건, 후를 비교할 때 모델격자를 변형시키지 않고 해안조건식(8) 만을 변형하여 수치실험에 적용할 수 있어서 精度를 높이게 되었다.

Fig.3은 수치모델에 적용하고 있는 수심으로 목포내항은 하구언전면에서 10m로 내항입구측의 20m 수심까지 가변수심을 나타내며 평균수심은 14.5m인데 반하여 북항은 4.5m정도로 개발중이고, 제3단계 방조제에서 목포구쪽은 해남강, 화원강의 중앙수로 부분이 18m이상으로 되어 충분한 수심을 유지하고 있으나 제3단계의 방조제 중앙부 전면과, 달리도 및 고하도 사이의 중앙부는 수심 2-4m의 천수역이 존재하여 항행에 위험을 주고 있다. 그러나 목포구쪽은 26-28m의 수심이 유지되고 있다.

수치모델에서 사용하고 있는 유한요소의 절점(node)수는 3,116개이고 이를 5,652개의 삼각형요소(triangular element)를 사용하고, 최대격자의 간격이 150m이내가 되도록 Fig.4와 같이 구성하였다.

모델에서 정리된 매트릭스의 밴드폭은 278정도로 나타났고 이를 해석함에는 컴퓨터의 메모리를 고려하여 이미 개발된(Lee, 1989) Block형 가우스소거법을 동원하였다. 해저마찰계수 β 를 0.05로, 위상차 γ 는 -0.25π 로 하였고 입사파의 좌표계 도입각도는 270° . 입사파의 실험 주기(wave period)는 1분에서 40분까지 중에서 1분에서 10분까

지는 매 15초 간격, 10분에서 20분까지는 매 30초 간격, 20분에서 30분까지는 1분 간격, 30분에서 40분까지는 2분간격으로 각각 증가시켰다. 이중 10분과 20분 주기대의 반응은 Fig.5(a,b)와 같고, 주기별 반응특성을 삼학도 전면, 해남강 하구언 전면, 고하도 전면 등에서의 대비시켜 Fig.6으로 정리할 수 있었다.

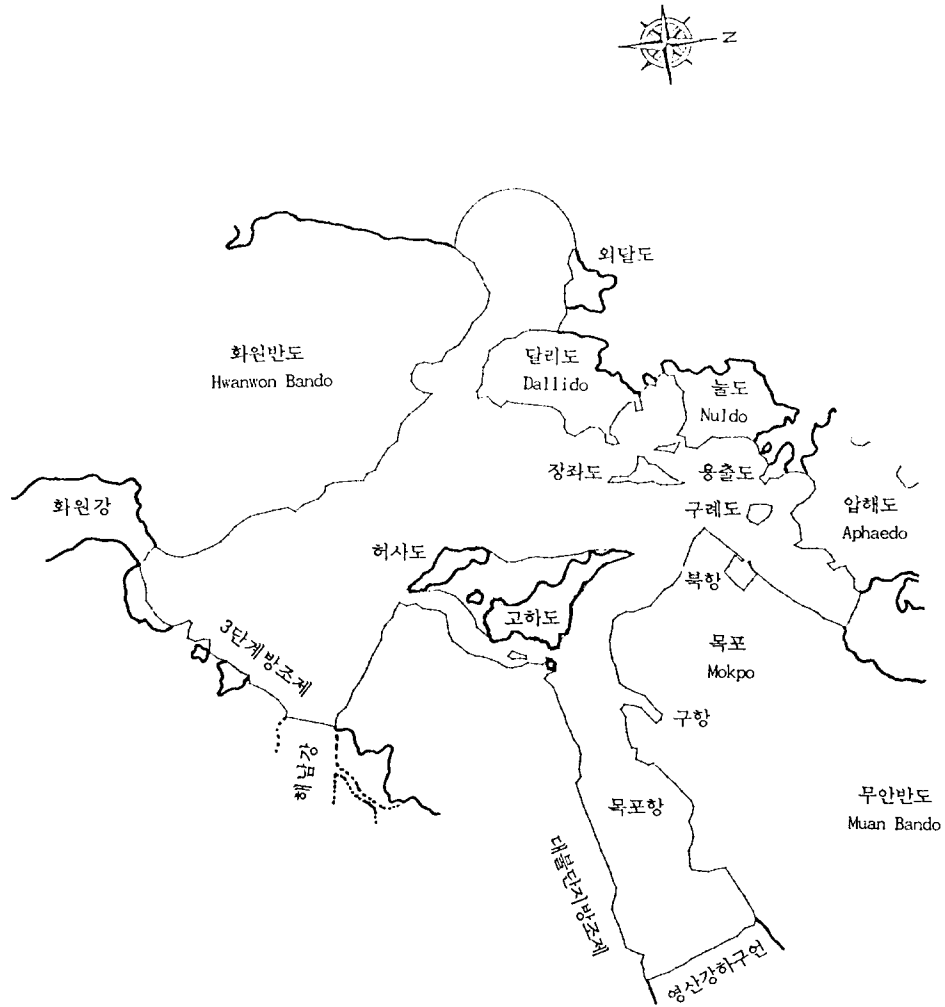


Fig.2 Location and Limit of Numerical Model

5. 結論

이상의 제시된 실험결과는 전체 실험과정중 국부적인 것만을 나타낸 것으로 단정적인 결론은 보다 세밀한 실험분석을 통하여 내리기로 하지만 기 수집된 자료와 부분적인 실험분석을 통해 大潮시를 전후로 한 목포내항의 침수현상은 1시간 이하의 주기성을 가졌고 조석의 상승에 부가하여 하구언과 대불방조제 및 최근에 조성중인 제3단계 방조제로 인한 해면부진동이 겹쳐진 것으로 볼 수 있으며 특히 제3단계 방조제로 인한 침수의 상승작용이 우려되고 이중에서 3-50천톤급 콘테이너 부두로 개발하기를 계획하고 있는 가지도, 허사도 및 고하도 구간에 해면변화는 다소 커져서 이에 대한 지속적인 연구 검토가 진행되어야 할 것으로 본다.

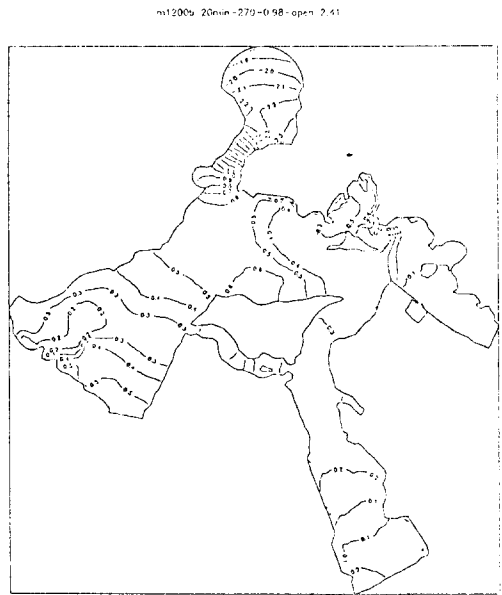
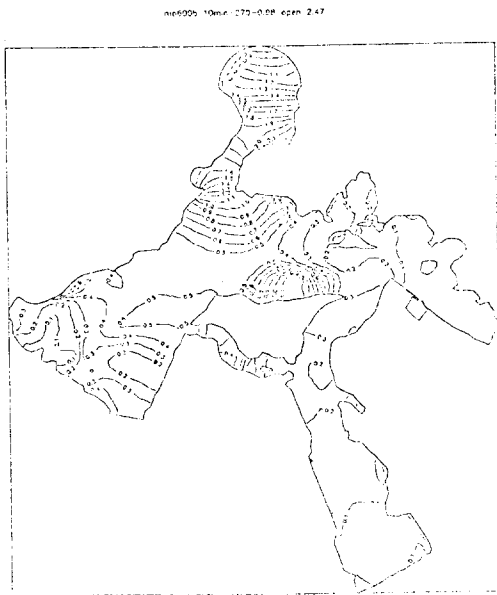
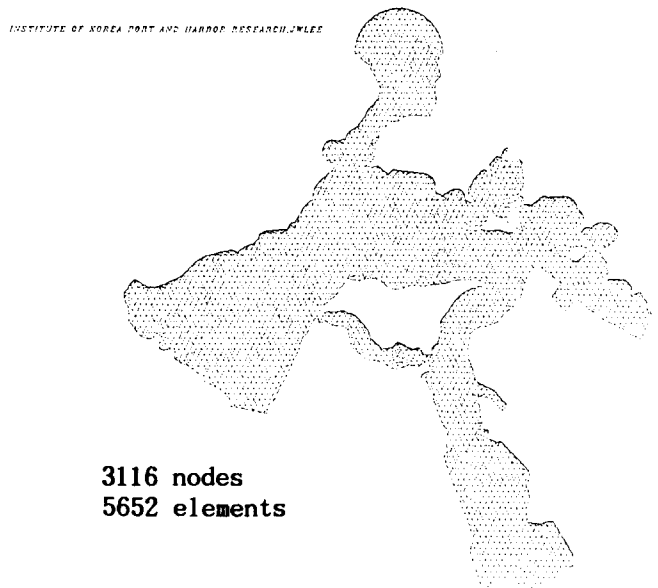
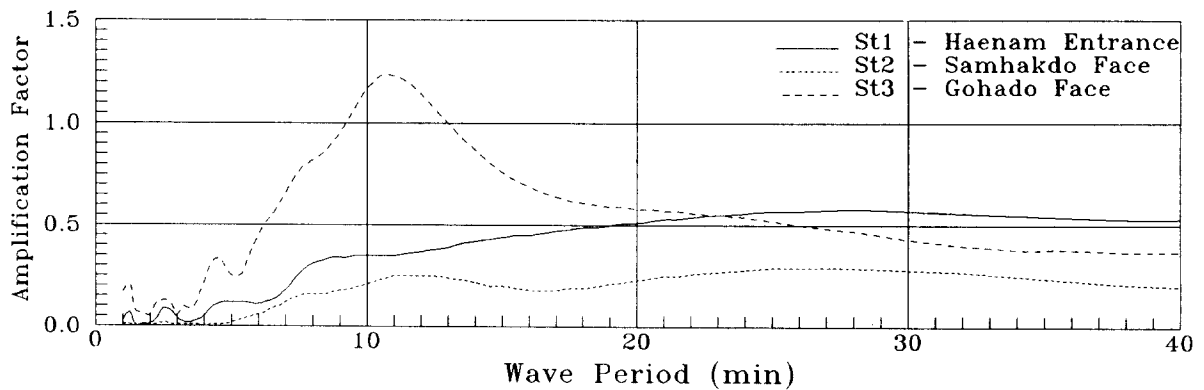


Fig. 5 Contours of Wave Amplification Factor (a: 10min, b: 20min)



參考文獻

- 강 시환, 이 동영, 이 중우 외(1989), "해안방재 시설의 계산기준 산출연구 (I)", 한국과학기술원 해양연구소 보고서 BSPG 00076-230-2, 80-93.
- 국토개발원(1988), "대불산업기지 개발계획"
- 곽 문수, 홍길표, 편종근(1990), "시간의존 환경사방정식을 이용한 항내 파고분포 계산, 한국해양·해양공학회지, 제2권, 제1호.
- 교통부 수로국(1975-1983), "목포검조소 관측기록(조위편차 계산표)"
- 농업진흥공사(1975), "영산강 유역개발 수문조사 보고서"
- 농업진흥공사 영산강사업소(1979-1983), "하구연 조위측정기록"
- 목포지방해운항만청(1982), "목포항 광역개발 기본계획 보고서"
- 목포지방해운항만청(1987), "목포내항 정비계획 및 실시설계용역 보고서"
- 송 영호, 이 상룡(1984), "유한요소법에 의한 진해만 조석의 수치실험", Bulletin of KORDI, V. 6(1,2), pp. 31-36.
- 염 기대(1977), "한국서해안 해만의 방조제건설에 따른 조석변화연구", 한국해양학회지, 제12권 제1호.
- 이 중우(1989a), "항만 설계에 있어서 하이브리드 요소법의 응용에 관한 연구 - 부산항 3단계 개발계획을 중심으로 -", 한국항만학회지, 제3권, 제1호.
- 이 중우(1989b), "태풍파를 기준으로 한 전설계수심의 산정에 관한 연구", 한국항해학회지, 제13권, 제3호.
- 임병대(1984), "하구연으로 인한 영산강 하구의 조석변화에 대한 연구", 전남대학교 토목공학과 박사학위논문.
- 정명선 등(1989), "목포항의 부진동에 관한 연구", 한국항해학회지 제13권 제1호.
- 정 종률(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 Ratray Jr., M. (1972), "Estuarine Circulation Induced by Diffusion," *J. of Marine Research* 30, pp. 281-294.
- Hughes, F. W. and Ratray 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 of Harbor, 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.