

潮汐流動 解析을 위한 非線形 有限要素模型(II)

- 模型의 適用 -

Nonlinear Finite Element Model for Tidal Analysis(II)

-Model Application-

羅 正 宇*·權 純 國**
Na, Jeong Woo ·Kwun, Soon Kuk

Summary

The TIDE, nonlinear finite element model for the simulation of tidal analysis in a shallow coastal area was tested for its applicability at the Saemankeum bay.

Calibration of the TIDE model has been carried out using the six observed field data collected at five locations within the region for tidal velocity.

Verification tests have been done using the six observed field data and four data obtained from the hydraulic model test for the tidal velocity and elevation. Since the simulation results for the tidal elevation at Kunsan outer port by the TIDE model are well agreed with the results from the tidal table for one month, it is proved that the TIDE model may be used effectively to predict the tidal movement in the Saemankeum bay for a longer period.

I. 緒 論

정부에서 현재 시공 중에 있는 새만금 간척 사업은 국내에서 가장 규모가 크며, 세계에서 제일 큰 규모인 화란의 간척사업과 비교하여 보아도 대조차가 2배 이상이나 되어 이를 성공적으로 추진하기 위하여는 조석유동에 대한 정확하고도 효율적인 해석방법이 필요하다.

우리 나라에서 새만금해역에 대한 조석유동의 연구는 해역의 북동쪽에 위치한 금강하구 부근을 중심으로 이루어졌는데, 박(1986)¹⁹⁾은 금강하구 및 연해에 대한 조석 계산에,崔(1985)²¹⁾는 錦江하구둑 건설 전후의 조위변동에,崔(1988)²⁰⁾는 금강하구의 비선형 조석인 M_4 分潮에, 그리고 建設部(1990)¹⁾에서는 可變格子體系를 이용하여 群長產業基地의 조

* 農漁村振興公社

** 서울大學校 農業生命科學大學

키워드 : 유한요소모형, 비선형 조석모형, 모형의 보정, 모형의 검증, 수리모형실험, 천문조, 증복조, 복합조

위해석에 시간영역 유한차분모형을 각기 적용한 바 있다.

한편 최근에 權等(1991, 1992)^{8,9)}은 선형의 빈도영역 유한요소모형을 직사각형 수로에서 검증하고, M_2 , S_2 , K_1 및 O_1 分潮로 인한 새만금해역의 조위와 조류속해석에 사용한 바 있으며, 朴(1992)¹⁸⁾은 權 등의 모형을 錦江하구둑 축조에 따른 조석특성 변화에 적용한 바 있으나 선형 모형으로 비선형 효과가 큰 천해역에 적용하기에는 다소 무리가 있다.

따라서 천해역에서의 조석유동을 보다 정확히 해석하기 위하여 본 연구의 제(I)보에서는 비선형의 빈도-시간영역 유한요소모형(TIDE)을 개발하고, 해석해가 있는 일차원 폐쇄수로에 대하여 수치해와 해석해를 비교 검토하여 실제 해역에 대한 적용 가능성을 확인 한 바 있었으며, 본 제(II)보에서는 개발된 TIDE를 새만금해역의 현장관측자료와 비교 분석하여 보정하고, 보정에 사용되지 않은 현장관측자료와 수리모형실험자료에 대하여 검증하여, 새만금해역에 대한 본 모형의 적용성을 알아 보고자 한다.

II. 새만금海역

1. 地 形

새만금해역은 금강, 만경강 및 동진강 하구, 남쪽으로는 변산반도를 포함하고 서쪽으로는 고군산군도에 이르는 광활한 면적을 포함하고 있다. 군산항 부근의 해저지형은 준설작업으로 수심이 변하고 있으나 2~10m로 완경사이며, 10여개의 섬으로 이루어진 고군산군도의 중앙을 동서로 통하는 水道 中央部의 수심은 10~20m로 다른 지역보다 지형의 경사가 급하다. 고군산군도의 서쪽은 완경사의 해저지형이 이어지며, 동쪽은 수심이 10m 이하로 군데군데 대규모의 砂洲가 형성되어 있다. 그

리고 두리도와 북가력도 사이, 신시도 남단, 야미도 동단 등 3개 지역은 주변에 비하여 깊은 골을 형성하고 있는데, 이 지역을 제외한 새만금 해역은 비교적 평탄하다.

2. 潮 汐

새만금海역에서 방조제 노선 부근의 平均大潮差는 약 5.8~6.0m의 범위를 보이고 있으며, 潮時差는 해역의 중앙부에 위치하는 야미도의 潮汐이 군산의항보다 滿潮가 7분, 干潮가 11분 정도 빠르다. 漲潮時 남측 및 서측 외해로 부터 파급되는 조류의 주된 흐름은 동북방향으로 진행하지만 해안에 접근하면서 동쪽으로 방향을 바꾸며, 落潮時에는 그 반대 현상을 나타내고 있다.

새만금海역의 조석 모의발생에는 分潮별 조위의 振幅과 位相이 필요한데, 이를 구하기 위해서는 해역 전체에 대한 장기간의 조석관측자료를 조화분석해야하는 어려움이 있기 때문에 본 연구에서는 等振幅線과 等位相線으로 나타나는 等潮汐圖의 유도를 목적으로 대상해역에 대한 조화분석 자료를 수집하였다.

이를 위하여 國立地理院(1983)⁷⁾, 港灣廳 群山港建設事務所(1986, 1987)^{22,23)}, 交通部 水路局(1986, 1987, 1988, 1991)^{2,3,4,5)}, 農業 振興公社(1987, 1988)^{16,17)} 및 農林水産部· 農漁村振興公社(1989, 1990, 1991)^{11,13,14)} 그리고 서울대학교 海洋學科와 農工學科 農業水利研究室에서 분석한 새만금해역의 24개 지점에 대한 52회의 조화분석자료를 근간으로 하여 새만금해역의 대표적인 10개 분조에 대한 등조석도를 Fig. 1과 같이 유도하였다.

그리고 개방경계는 방조제 노선부근의 조석 유동을 해석하는데 영향이 별로 없도록 컴퓨터의 처리용량 범위 이내에서 가능한 넓게 하였으며, 형태는 農林水産部· 農漁村振興公社(1992)¹⁵⁾에서 채택한 바 있는 半圓形을 선정하였다.

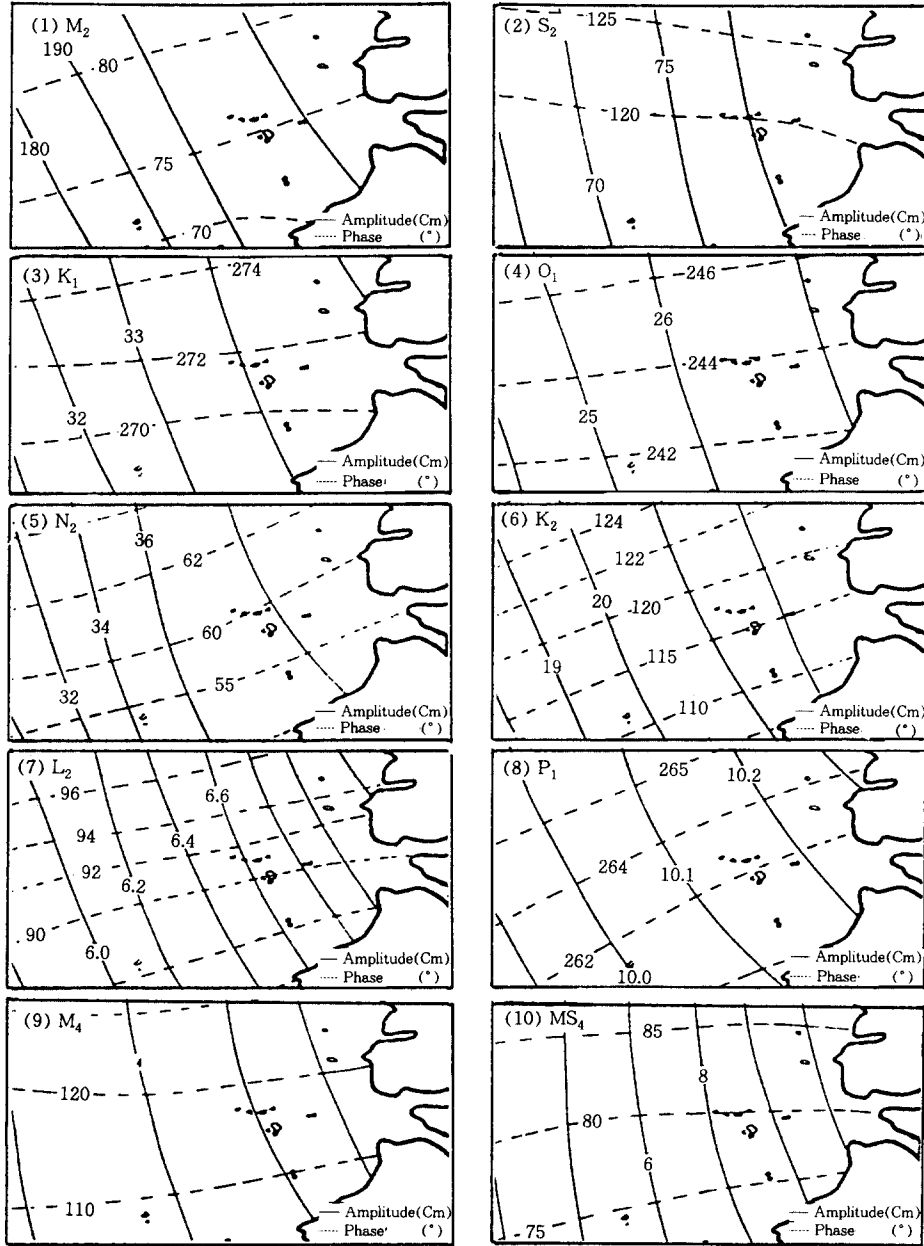


Fig. 1. Co-tidal chart

3. 格子網 構成

새만금해역의 면적은 약 4,700km² 이고 이 영역에 삼각형과 사각형요소를 혼합하여 구성

한 格子網은 Fig. 2와 같다.

새만금해역의 要素를 분할하는데 있어서 지형의 변화가 비교적 적은 부분에서는 사각형 요소를 사용하여 요소의 수를 줄이도록 하였

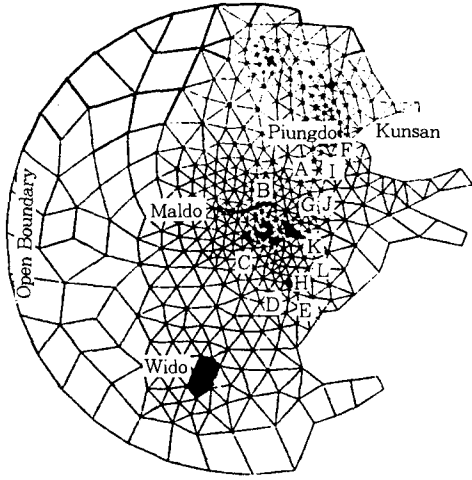


Fig. 2. Saemankeum mesh by triangular and quadrilateral element

으며, 섬 주변과 같이 조석의 변화가 심할 것으로 예상되는 지역은 삼각형요소를 조밀한 격자로 구성하여 조석의 전파양상이 잘 나타날 수 있도록 하였다.

이에 따라 새만금해역에 구성된 격자망은 삼각형요소 818개, 사각형요소 48개, 합계 866개이며, 節點은 518개 이다. 그리고 원형

부분으로 표시된 개방경계에서의 절점은 21개이며, 육지경계에서의 절점은 46개이다. 또한 새만금해역의 격자망에 표시된 섬의 수는 16개이며, 섬을 구성하는 절점의 수는 87개이다.

4. 屬性資料

TIDE 모형의 속성자료인 절점별 수심은 평균 해수면을 기준으로 하여 모형에 입력된다. 본 연구에서 평균해수면은 새만금해역의 격자망에 대한 基準原點인 군산항과 특정지점의 경도 및 위도차로 부터 다음 식에 의해 산정하였다.¹²⁾

$$\eta = 3.589 + 0.014\Delta x + 0.006\Delta y \dots\dots(1)$$

여기서, η : 기준해수면상의 평균해수면 높이(m)

$\Delta x, \Delta y$: 절점의 기준원점(군산항)에 대한 經度 및 緯度差(′)

바닥마찰계수는 선형마찰계수와 마찰인자가 입력되는데, 이를 계산하는데 소요되는 절점별 조도계수는 식(2)의 Strickler공식을 이용하여 0.032~0.035 범위의 값을, 해역의 대표

Table - 1. Measurement of tidal velocity and elevation

Station	Location	Observation Period	Remarks
A1	35° 53' 30" N	87. 9.27(11:00) ~ 9.28(00:00), Spring	Tidal Velocity
A2	126° 28' 48" E	87.10. 3(12:00) ~ 10. 4(01:00), Neap	
B	35° 52' 30" N 126° 22' 09" E	89.7.20(21:00) ~ 7.21(10:00), Spring	
C1	35° 46' 40" N	89. 9. 2(09:00) ~ 9. 2(22:00), Spring	
C2	126° 20' 15" E	89. 9. 7(13:00) ~ 9. 8(02:00), Neap	
D	35° 41' 36" N 126° 26' 36" E	89.10.30(14:00) ~ 10.31(03:00), Spring	
E1	35° 41' 36" N	89.11. 1(17:00) ~ 11. 2(06:00), Spring	
E2	126° 29' 00" E	89.11. 7(13:00) ~ 11. 8(02:00), Neap	
F	35° 56' 29" N 126° 32' 08" E	87.10. 3(12:00) ~ 10. 4(12:00), Neap	
G1	35° 50' 20" N	89. 9.27(11:00) ~ 9.28(11:00), Spring	
G2	126° 29' 21" E	87.10. 3(12:00) ~ 10. 4(12:00), Neap	
H	35° 43' 00" N 126° 28' 30" E	87.10. 3(12:00) ~ 10. 4(12:00), Neap	

최대조류속은 1m/sec의 값을 사용하였다.¹²⁾

$$n = \frac{1}{21.1} \times (D_{50})^{1/6} \dots \dots \dots (2)$$

여기서, D_{50} : 바닥물질의 평균직경(mm)
 지역특성자료인 새만금해역의 편향계수는 대상영역의 中間 緯度에 해당하는 35°00'에서의 값인 0.00008536을 입력하였으며, 바람에 관한 파라메타인 풍속의 진폭과 위상, 풍향 및 바람 항력계수는 분석에서 제외하였다.
 계산조건은 반복계산시 조위의 최대허용편차를 0.05m, 조류속의 최대허용편차를 0.1m/sec로 하여 수렴여부를 판단하게 하였으며, 반복회수는 선형마찰계수를 먼저 3회 반복계산하여 선형마찰계수를 추정함 다음, 최대 10회까지 비선형 하중항을 반복하여 계산하도록 입력하였다.
 경계절점의 각 분조별 진폭과 위상은 Fig. 1의 등조석도로 부터 구하였다.¹⁰⁾

5. 現場觀測資料

TIDE 모형의 보정 및 검증에 이용하기 위한 현장관측자료는 농업진흥공사의 새만금지구 간척종합개발사업 기본조사보고서(1988)¹⁷⁾와 농업진흥공사 수리시험장의 새만금지구 방조제 수리모형실험보고서(1989)¹¹⁾에서 수집하였다. Table-1은 1987년과 1989년의 조류속에 대한 5개 지점(A~E)에서의 8회 측정자료와 조위에 대한 3개 지점(F~H)에서의 4회 측정자료의 개요를 나타내며, 측정지점의 위치는 Fig. 2에 표시하였다.

III. 模型의 補正

모형의 보정은 대상해역에 대한 모의발생치와 실측치가 가장 잘 일치되었을 때의 파라메타를 추정하기 위하여 실시한다. 조석유동 해석에 있어서 조류속은 조위에 비해 모의발생치와 실측치 간에 일치되기 어려운 것으로 알려져 있어¹²⁾, 본 연구에서는 조류속에 대하여 入力 파라메타

에 대한 보정을 실시하였다. TIDE 모형에 입력되는 각종 파라메타는 대부분 기존의 자료로부터 결정 가능하지만, 바닥마찰계수는 조사의 불확실성 등으로 인하여 그 값들을 보정해야 할 필요가 있기 때문에, 보정은 Manning 마찰인자 C_f 값의 0.5, 1.5 및 2.0배를 전 구역에 적용하고, 6개 지점의 실측조류속과 비교하여 오차가 가장 적은 C_f 값을 적용해역의 마찰인자로 택하는 방법을 사용하였다.

실측치에 대한 모의발생치의 오차정도를 판단하는 수단으로는 시간별 실측조류속과 모의발생조류속 간의 평균제곱근오차(RMSE)와 평균절대오차(MAE), 그리고 두 변수들 사이의 선형상관관계를 나타낼 때 가장 널리 쓰이고 있는 상관계수(R)를 사용하였으며 각각 다음 식과 같다.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Ob_i - Si_i)^2}{N}} \dots \dots \dots (3)$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^N |Ob_i - Si_i|}{N} \dots \dots \dots (4)$$

$$R = \frac{\sum_{i=1}^N (Ob_i - \overline{Ob}) \sum_{i=1}^N (Si_i - \overline{Si})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (Ob_i - \overline{Ob})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N (Si_i - \overline{Si})^2}} \dots \dots (5)$$

- 여기서, Ob_i : i번째 시간의 실측조류속
- \overline{Ob} : 실측조류속의 평균
- Si_i : i번째 시간의 모의발생조류속
- \overline{Si} : 모의발생조류속의 평균
- N : 표본분석시간의 수

TIDE 모형의 보정을 위하여 Table-1의 A1, B, C1, C2, D, E2 자료를 사용하여 분석한 결과, Table-2에 표시된 바와 같이 RMSE는 실측치와 모의발생치 간의 오차가 A1과 B지점

Table-2. Calibration of TIDE model for tidal velocity
(unit : msec)

Station	Error	Friction Factor			
		0.5C _f	1.0C _f	1.5C _f	2.0C _f
A1	RMSE	0.2602	0.2366	0.2156	0.2088
	MAE	0.2050	0.1928	0.1759	0.1667
	R	0.8698	0.8994	0.9220	0.9290
B	RMSE	0.2914	0.2615	0.2624	0.2494
	MAE	0.2394	0.2401	0.2445	0.2350
	R	0.9044	0.9585	0.9677	0.9928
C1	RMSE	0.2048	0.2107	0.2021	0.2079
	MAE	0.1587	0.1502	0.1479	0.1574
	R	0.9312	0.9010	0.9060	0.8993
C2	RMSE	0.1671	0.1369	0.1400	0.1502
	MAE	0.1261	0.0955	0.1038	0.1511
	R	0.8205	0.8879	0.8896	0.8707
D	RMSE	0.1613	0.1143	0.1157	0.1202
	MAE	0.1335	0.0820	0.0882	0.0999
	R	0.9721	0.9712	0.9683	0.9697
E2	RMSE	0.1649	0.1071	0.0909	0.0932
	MAE	0.1388	0.0863	0.0730	0.0724
	R	0.9651	0.9670	0.9674	0.9614
Mean	RMSE	0.2082	0.1778	0.1711	0.1716
	MAE	0.1669	0.1411	0.1388	0.1410
	R	0.9105	0.9368	0.9368	0.9371

에서는 2.0C_f에서 0.2088, 0.2494m/sec, C1과 E2지점에서는 1.5C_f에서 0.2021, 0.0909m/sec, C2와 D지점에서는 1.0C_f에서 0.1369, 0.1143m/sec로 가장 작았으며, MAE는 E2지점의 2.0C_f에서 실측치와 모의발생치 간의 오차가 0.0724m/sec로 가장 작은 것을 제외하고는 RMSE와 동일하게 같은 크기의 마찰인자에 가장 작은 오차를 보였으며 1.0~2.0C_f에서 변화정도가 크지

않았다.

이에 따라 RMSE와 MAE를 마찰인자에 따라 평균을 구한 결과 1.5C_f에서 오차가 0.1711과 0.1388m/sec로 가장 작았으며, R은 1.0~2.0C_f에서 0.93의 높은 상관관계를 유지하며 마찰인자를 1.5C_f로 보정하였다.

IV. 模型의 檢證

1. 現場觀測資料에 의한 檢證

TIDE 모형을 검증하기 위하여 보정된 마찰인자 1.5C_f 값을 사용하여 Table-1의 현장관측자료 중 모형의 보정에 사용되지 않은 2회의 A2, E1 조류속자료와 4회의 F, G1, G2, H 조위자료에 대해 TIDE 모형으로 시간별 조류속 및 조위 변화를 모의발생시켰으며, 그 모의발생치를 실측자와 비교분석하였다. 이에 따라 모의발생치와 실측치에 대한 정확도 및 상관관계를 판단하기 위하여 보정의 판단자료로 사용된 RMSE, MAE 및 R로서 나타냈으며, 검증 결과를 Table-3과 같다.

Table-3과 같이 시간별 실측조류속과 모의 발생조류속에 대한 RMSE 및 MAE의 평균을 분석한 결과, RMSE는 0.1438m/sec, MAE는 0.1134m/sec로 보정 후의 RMSE 및 MAE의 0.1711m/sec와 0.1388m/sec보다 작아 RMSE와 MAE 모두 보정 결과의 범위 내에 있어 검증이 되었음을 알 수 있다.

또한 각 측정지점별 모의 발생조류속과 실측조류속에 대한 상관관계를 알아보기 위하여 R을 구한 결과 0.9074~0.9309의 높은 상관관계가 있음이 확인되었다.

Table-3. Verification of TIDE model

Classification	Tidal Velocity(m/sec)			Tidal Elevation(m)				
	A2	E1	Mean	F	G1	G2	H	Mean
RMSE	0.1129	0.1748	0.1438	0.1750	0.4482	0.1936	0.1485	0.2413
MAE	0.0921	0.1347	0.1134	0.1516	0.3682	0.1705	0.1194	0.2024
R	0.9074	0.9309	0.9201	0.9916	0.9769	0.9908	0.9936	0.9882

그리고 TIDE 모형에 의한 새만금 해역에서의 모의발생조위의 검증은 F, G1, G2 및 H지점의 실측조위자료에 대하여 조류속의 검증에 사용된 파라메타를 변화시키지 않고 그대로 사용하여 시행하였다. 모의발생조위에 대한 검증은 장기간의 실측조위자료 중에서 24시간의 자료를 추출하여 분석하였으며, 검증방법도 조류속의 검증 시와 동일하게 모의발생조위와 실측조위에 대한 오차의 정도 및 상관관계를 판단하기 위하

여 RMSE, MAE 및 R을 이용하였다.

조위실측치와 조위모의발생치를 비교분석한 결과 Table-3에 나타낸 바와 같이 평균 RMSE는 0.2413m, 평균 MAE는 0.2024m, R의 평균은 0.9882로 모의발생조류속이 실측치와 거의 동일한 결과를 보여 보정을 조류속으로 했음에도 불구하고 검증결과는 조위가 조류속보다 더욱 양호함을 알 수 있다.

TIDE 모형의 검증 결과를 쉽게 알아보기

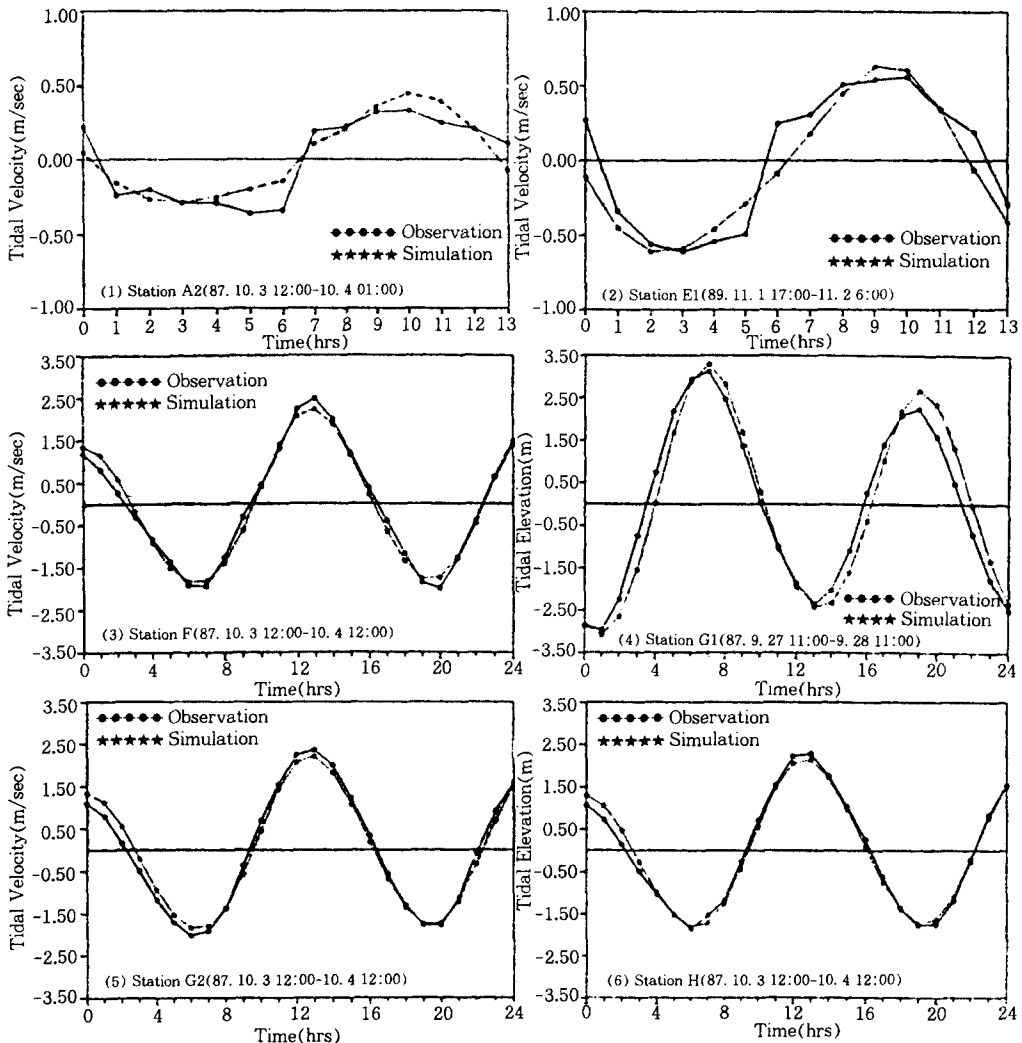


Fig. 3. Verificaiton of TIDE model

위하여 Fig. 3에 도시하였는데, 진폭과 위상이 비교적 잘 일치하는 것을 또한 보여주고 있어 모의발생된 시간별 조류속 및 조위가 실측치와 유사한 경향을 가지고 거동하는 것으로 판단되어 TIDE 모형의 해수유동현상 재현능력을 인정할 수 있었다.

2. 水理模型實驗資料에 의한 檢證

새만금해역에 대한 수리모형실험은 농어촌진흥공사 수리시험장의 조석모형수조(60×60m)에서 시행하였는데, 실험은 수조의 규모와 수리모형의 축조 대상면적을 감안하여 모형의 수평축척을 700으로 하였으며, 수직축척은 왜곡비가 10을 초과하지 못하고, 모형에서의 수심이 8~10cm의 범위가 유지되도록 하여야 하고, 또한 펌프의 양수능력 등의 제한조건을 감안하여 70으로 결정하였다. 그리고 수리모형실험에서 외해경계조건은 조위, 육지

경계조건은 하천유량이 사용되지만, TIDE 모형에 의한 수치실험과 마찬가지로 하천의 유출량이 조석량에 비하여 매우 적어 조위의 발생만으로 실험을 시행하였다. 조위는 위측의 경계구역의 위치에 따라 다르기 때문에 경계지점에 따라 조석을 분리시켜 발생시키는 것이 이상적이거나 이를 재현시킬 수 있는 실험시설의 미비로, 조석이 모형에서 가능한 한 실제에 부합되도록 방조제 노선 부근의 비용도, 야미도 및 두리도 3지점의 대조, 중조 및 소조시의 조차를 평균한 값을 축척비에 따라 모형값으로 변환하여 조석발생장치에 입력하였다.

수리모형실험은 대조, 중조 및 소조 시 새만금방조제 노선을 따라 8개지점에서 조류속을 측정하였는데, 대조의 경우 潮汐의 潮差가 591.4cm이고 週期가 12시간 30분인 1개의 sine곡선으로 간략화한 조건하에서 새만금방조제 路線을 따라 측정하였기 때문에, 조석표⁶⁾에서 이와 비슷한 조건에 해당되는 1993년 12월

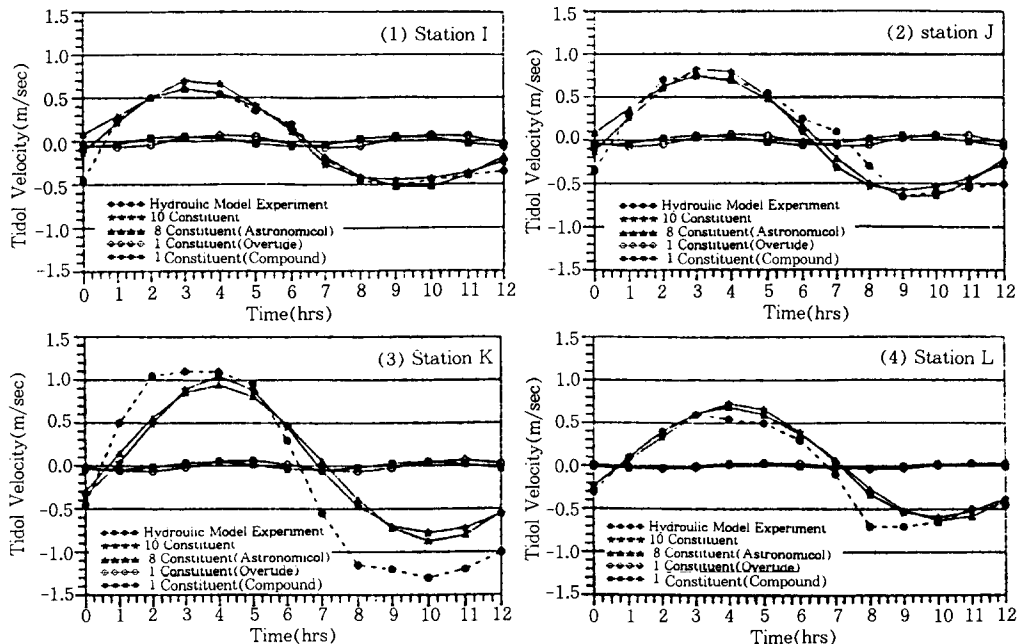


Fig. 4. Tidal velocity with TIDE and hydraulic model

3일 16시~12월 4일 4시의 조류속을 Fig. 4에서 보는 바와 같이 측정된 조류속 중에서 4개 지점에 대한 창조와 낙조의 최대조류속을 TIDE 모형에 의한 수치모형실험 결과와 비교하였다.

TIDE 모형에 의한 최대조류속은 I, J, K, L의 4개 지점에서 각기 0.70m/sec, 0.82m/sec, 1.05m/sec 및 0.73m/sec로 수치모형실험의 0.60m/sec, 0.75m/sec, 1.45m/sec 및 0.80m/sec와 비슷한 경향을 보였으나, 일부시간에서 수치모형실험 결과와의 오차가 발생하였는데, 주요 원인은 개방경계에서 조석발생의 부정확과 수조규모가 작아 발생된 것으로 생각된다.

V. 模型의 應用

1. 새만금海域의 潮流速 數值實驗

새만금해역 전체에 대한 조류속을 쉽게 알아볼 수 있도록 1993년 12월 3일 16시에 천문조인 M_2 , S_2 , K_1 , O_1 , N_2 , L_2 , K_2 , P_1 , 중복조인 M_4 와 복합조인 MS_4 분조의 10개 분조가 합성된 새만금해역의 실제 조류속을 Fig. 5에 도시하였다.

Fig. 5을 살펴보면 창조 시의 흐름을 보여주고 있는데 위도 부근의 조류속이 약 1.2m/sec로 다른 지역보다 빠르며 해역의 북쪽은 상대적으

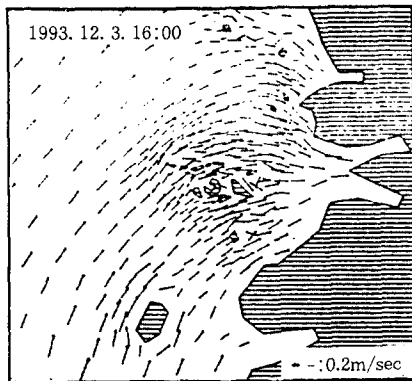


Fig. 5. Tidal velocity in saemankeum bay with TIDE model

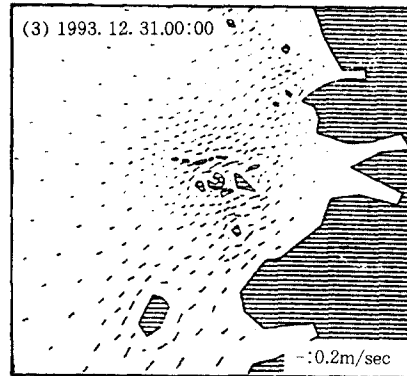
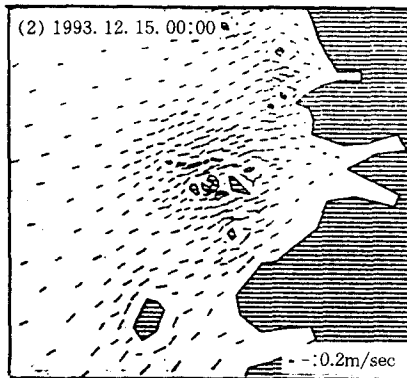
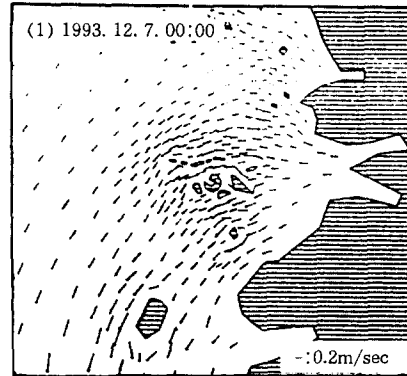


Fig. 6. Prediction of tidal velocity in saemankeum bay

로 조류속이 0.5m/sec 내외로 감소하고 있는데 그 이유는 조석량의 상당부분이 금강, 만경강 및 동진강으로 유입되는 결과라 생각된다. 방조

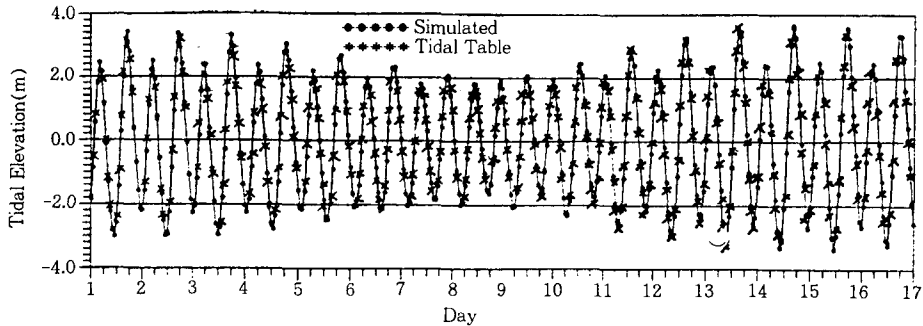
제노선 부근의 조류속은 0.6~0.8m/sec로 큰 편차를 보이지는 않으나 부근에 있는 깊은 영의 영향으로 신시도, 야미도 및 비안도의 섬 부근에서 조류속의 방향이 일부 변하고 있다.

한편 TIDE 모형의 조류예측 능력을 알아보기 위해 1993년 12월 1일 0시를 기준으로 하여 7일, 15일, 31일 후의 조류 흐름을 Fig. 6에 도시하였는데, 조류 흐름의 감쇄나 발산현상이 없이 양호하게 모의발생되었으며, 조류의 흐름방향은 창조시 외해의 남서쪽에서 북동방향으로 과급되다가 해안선 근방에서 서에서 동으로 변환되고, 낙조시

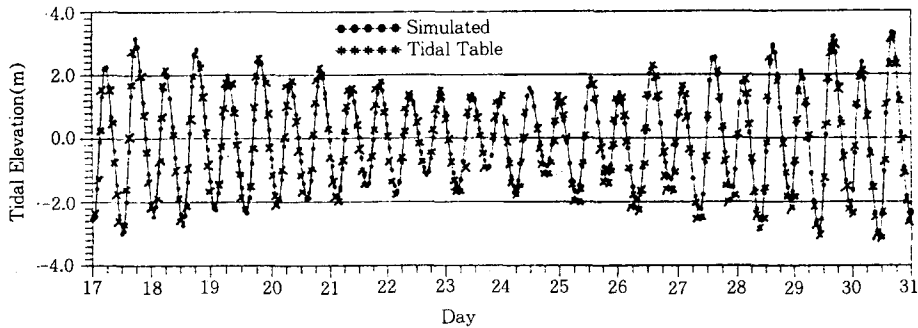
에는 그 반대방향을 보이고 있는 것으로 나타났다.

2. 새만금海域의 潮位 數值實驗

TIDE 모형으로 1993년 12월 1일 부터 1개월 동안의 조위를 예측한 결과와 조석표에 게재된 군산외항에 대한 조위예측결과⁶⁾의 비교를 Fig. 7에 도시하였는데, 조위의 진폭은 조석표의 결과와 부분적으로 10~30cm 정도의 차이를 보였으나, 조위의 위상은 거의 일치하고 있음을 알 수 있어, TIDE 모형에 의한 새만금해역의 조석유동예측이 가능하다고 생각된다.



(1) 93. 12. 1~93. 12. 16



(2) 93. 12. 17~93. 12. 31

Fig. 7. Prediction of tidal elevation at kunsan outer port

VI. 結 論

본 연구에서는 TIDE의 새만금해역에 대한 적용성을 알아보고자 현장관측자료를 이용하여 대

상해역에 대한 모형의 보정을 하였으며, 보정에 사용되지 않은 현장관측자료와 수리모형실험자료에 대하여 검증을 실시하였다. 이의 과정을 통하여 얻어진 결론을 요약하면 다음과 같다.

1. 새만금해역 일대에 대한 기존의 현장조사자료와 조화분석자료를 수집하고 이를 근거로 M_2 , S_2 , K_1 , O_1 , N_2 , L_2 , K_2 및 P_1 의 천문조 8개와 중복조 M_4 및 복합조 MS_4 에 대한 등조석도를 유도하여 TIDE 모형의 개방경계 입력자료를 작성하였다.

2. TIDE 모형의 보정은 Manning의 조도계수를 이용하여 구한 마찰인자 C_f 의 0.5배, 1배, 1.5배 및 2.0배에 대하여 조류속을 모의발생시키고 현장관측자료와 비교하는 방법을 사용하였고, 보정된 새만금해역의 적절한 마찰인자는 $1.5C_f$ 이었다.

3. 보정에 사용되지 않은 2회의 조류속 관측자료와 4회의 조위 관측자료에 대하여 TIDE 모형을 검증한 결과, 조류속의 경우 실측치에 대한 모의발생치의 RMSE와 MAE가 0.1438m/sec와 0.1134m/sec로 보정 후의 오차보다 작았고, 조위의 경우 평균상관계수 R이 조류속의 0.92보다 큰 0.98로 높은 有意性을 보여, TIDE 모형의 해수유동현상 재현능력을 인정할 수 있었다.

4. 수리모형실험으로 TIDE 모형을 검증한 결과 새만금방조제에 대한 4개 지점의大潮時 최대조류속의 각각 0.60m/sec, 0.75m/sec, 1.45m/sec 및 0.80m/sec로 수치모형실험 결과와 비슷한 경향을 보였다.

5. 새만금방조제에 대한 연한 지역의 조석을 분조 별로 비교하여 볼 때, 천문조에 의한 조석유동이 90% 이상을 점하고 있으며, 중복조와 복합조에 의한 조석유동은 작았지만 주기가 6시간인 倍潮의 경향을 보이고 있다.

6. TIDE 모형에 10개의 분조를 입력시켜 근산외항의 조위를 31일간 예측한 결과와 조석표의 조위기록을 비교하여 볼 때 조위의 진폭은 부분적으로 10~30cm 정도의 차이를 보였으나, 위상은 조석표와 거의 일치하고 있음을 알 수 있어, TIDE 모형에 의한 새만금해역의 장기 간 조석유동예측이 가능하다고 생각된다.

參 考 文 獻

1. 建設部, 1990, 群長産業基地開發 調査設計 用役報告書: 數值模型實驗, 第6卷, 韓國科學技術院·海洋研究所.
2. 交通部 水路局, 1986, 水路技術年譜.
3. 交通部 水路局, 1987, 水路技術年譜.
4. 交通部 水路局, 1989, 水路技術年譜.
5. 交通部 水路局, 1991, 水路技術年譜.
6. 交通部 水路局, 1993, 潮汐表.
7. 國立地理院, 1983, 우리나라 精密水準網에 관한 研究: 우리나라 主要港灣의 平均海面 및 潮位分析, 韓國測地學會.
8. 權純國, 高德九, 趙國光, 金俊賢, 1991, 有限要素法을 利用한 海水流動解析(I), 韓國農工學會誌, 第33卷, 第4號, pp. 73-83.
9. 權純國, 高德九, 趙國光, 金俊賢, 1992, 有限要素法을 利用한 海水流動解析(II), 韓國農工學會誌, 第34卷, 第2號, pp. 73-84.
10. 羅正宇, 1994, 새만금海域의 潮汐流動 解析을 위한 非線形 有限要素模型의 開發, 서울大學校 大學院 博士學位論文.
11. 農林水產部·農業振興公社, 1989, 새萬金地區 防潮堤水理模型實驗報告書.
12. 農林水產部·農業振興公社, 1990, 물막이 區間의 水理現象變化 豫測을 위한 2次元 數值模型 開發, 서울大學校 農業開發研究所.
13. 農林水產部·農漁村振興公社, 1990, 새萬金地區 水理試驗報告書.
14. 農林水產部·農漁村振興公社, 1990, 새萬金地區 水理實驗 및 波浪觀測報告書.
15. 農林水產部·農漁村振興公社, 1992, 潮流 豫測 有限要素 數值模型 開發(I), 서울大學校 農業開發研究所.
16. 農業振興公社, 1987, 西南海岸干拓 調査設計地區 潮位資料.
17. 農業振興公社, 1988, 새萬金地區 干拓綜合

開發事業 基本調查報告書.

18. 朴永旭, 1992, 河口둑 築造에 따른 潮汐特性 變化 研究, 서울大學校 大學院 碩士學位論文.
19. 朴昌彥, 朴承禹, 1986, 水深平均 2次元 數學的 模型(TIFS)을 利用한 錦江河口 및 沿海의 潮汐計算, 韓國農工學會誌, 第28卷, 第1號, pp. 60-67.
20. 崔秉昊, 1988, 錦江河口の 非線形 潮汐, 韓國水文學會誌, 第21卷, 第1號, pp. 87-93.
21. 崔興植, 1985, 錦江河口둑 建設 後의 水位 變動 推定에 관한 研究, 서울大學校 大學院 碩士學位論文.
22. 港灣廳 群山港建設事務所, 1986, 錦江河口 水理現象調查: 現地資料調查報告書, 韓國海洋科學技術.
23. 港灣廳 群山港建設事務所, 1987, 錦江河口 水理現象調查, 韓國海洋科學技術.