

금강하구 해역에 대한 조류 수치모델링의 비교 해석

강성준¹, 박영기^{2*}

¹전북대학교 기계시스템공학부, ²전북대학교 사회기반공학과

Comparative Analysis for Numerical Modeling of Tidal Current on Geum River Estuary

Sung-Jun Kang¹ and Young-Ki Park^{2*}

¹Dept. of Mechanical System Engineering, Chonbuk National University

²Dept. of Infra-Structure Civil Engineering, Chonbuk National University

요약 본 연구에서는 2차원 천수방정식을 풀이 하는데 Backhaus가 제안한 반음해법의 유한차분법을 도입하였다. 이 기법을 사용하여 금강하구 해역의 조위와 유속을 구하는 수치모형을 구성하였다. 본 모형에 의한 수치해를 검증하기 위하여 양해법의 모형으로 잘 알려진 Heaps모형의 결과와 비교하였다. 두 모형의 수치해는 거의 일치하였다. 반음해법에서 선택한 계산시간간격은 엄격한 CFL 조건에 의존하는 양해법보다 6배를 증가 시킬 수 있었다. 총 계산 시간은 50%정도 감소하였다. 이와 같은 사실은 본 수치해법이 금강하구 해역에 널리 분포되어 있는 간사지의 처리가 원활하였으며 장기간 동안의 계산에서도 안정적인 수치해석이 가능하였다.

Abstract The semi-implicit scheme proposed by Backhaus is introduced to solve two-dimensional shallow water equation. This method is applied for the numerical model solving surface elevation and velocity field of Geum River estuary. For the verification of the method, numerical solutions by this model are compared with ones by Heap's well known explicit model. Solutions of two models resemble each other. The time-step chosen for the semi-implicit scheme turned out to be 3 to 6 times longer than explicit model depending on the stringent CFL criterion. The computation time could be reduced at least 50%. It was proved that this scheme is easy to handle dry banks which can be seen in Geum River estuary and numerical stability is obtained for long time computation.

Key words : Semi-Implicit Scheme, Numerical model, Explicit Scheme, Numerical Stability

1. 서론

약 20년 동안 수치적분된 해양수치모형들은 폭풍에 의한 조석파는 물론 항류의 흐름을 조사하기 위하여 여러 해양학자들에게 응용되어 왔다. 이러한 모형의 대부분은 시간영역의 이산화를 위하여 2단계 시간간격을 택한 단순한 양해법을 근간으로 하고 있다. 지금까지 발표된 천해의 수치모형에 관한 연구[1-4,7]들은 대개 조석에 의한 순간적인 해수유동을 파악하는데 관심을 두었으나 요즘은 몇 년 혹은 몇 달과 몇 주의 긴 시간의 계산을 요하

는 해수순환이나, 염도 변화의 조사에 관심을 갖게 되었다. 그런데 양해법으로 장시간의 모형을 운영할 때 많은 계산시간이 소요하게 되고 누적되는 절삭오차가 발생하기 때문에 여러 학자들은 가능한 경제적이고 안정적인 수치해법을 찾게 되었다.

많은 학자들은 수치모형의 계산시간을 줄이기 위하여 반음해법을 도입한다[9]. 보통 음해법은 CFL(Courant-Friedrichs and Lewy number)시간간격 제약에 의존하지 않으나, 시간간격이 크게 되어 CFL조건을 초과 했을 때 발생하는 파의 위상오차로 인해 수치해가 불안정하게 된

*교신저자 : 박영기(parkyk@jbnu.ac.kr)

접수일 10년 07월 19일

수정일 10년 08월 03일

게재확정일 10년 09월 08일

다. 그러나 음해법은 물리적인 과정을 벗어나지 않게 시간간격을 선택할 수 있으며, 최소한 50%의 시간을 절약할 수 있다.

반음해법으로 잘 알려진 수치해법으로는 ADI(Alternating Direction Implicit)방법[5]이 있다. 이 방법은 한방향은 음해법을 다른 한방향은 양해법으로 조위와 유속을 1차원으로 교대로 계산한다. 그런데 ADI방법은 모형에서 여러 개로 연결된 지역 또는 간사지가 나타났을 때 계산이 복잡하게 되고 시간간격의 선택에 따라 진폭의 감소가 나타나 널리 사용되지 않고 있다. 그래서 이러한 점들을 보완한 것이 Backhaus가 제안한 반음해법이다. 본 연구에서는 천수방정식을 Backhaus의 반음해법으로 이산화하여 수치모형을 구성하고, 이 해법을 간사지가 많은 금강 하구 해역에 적용하여 적합성을 검토하고자 한다.

2. 천수방정식의 수치모형화

2.1 기본방정식의 차분화

비선형 이류항, 중력항, 마찰항, Coriolis항을 고려한 천수방정식은 운동량 방정식과 연속방정식으로 구성되며 아래와 같다.

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} - fv + \frac{ku(u^2 + v^2)^{\frac{1}{2}}}{H} + g \frac{\partial \zeta}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + fu + \frac{kv(u^2 + v^2)^{\frac{1}{2}}}{H} + g \frac{\partial \zeta}{\partial y} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(Hu) + \frac{\partial}{\partial y}(Hv) = 0 \quad (3)$$

위 방정식의 변수를 이산화해서 차분식을 유도하는데 사용된 격자구조는 그림 1과 같은 Staggered Richardson 격자망이다. 격자망에서 조위(ζ) 및 수심(H)은 동일한 점에서 값을 계산하고 x방향으로 한점 건너 유속 u, y 방향으로 한점 건너 유속 v의 계산점을 정하였다. x, y 방향의 격자간격은 Δx, Δy로 하고 계산시간 간격은 Δt로 취하여 Backhaus의 반음해법을 이용하여 기본방정식을 차분하면 다음과 같다.

$$\frac{u^{n+1}_i - u^n_i}{\Delta t} + u_i \frac{u_{i+1}u_{i-1}}{2\Delta x} + v_i \frac{-u_{i+m} + u_{i-m}}{2\Delta y} \quad (4)$$

$$-fv_i + \frac{ku^{n+1}_i(u_i^2 + \bar{v}^2_i)^{\frac{1}{2}}}{Hx_i} + \frac{g}{2\Delta x}(\zeta^{n+1}_{i+1} - \zeta^{n+1}_i + \zeta^n_{i+1} - \zeta^n_i) = 0$$

$$\frac{v^{n+1}_i - v^n_i}{\Delta t} + u_i \frac{v_{i+1}v_{i-1}}{2\Delta x} + v_i \frac{-v_{i+m} + v_{i-m}}{2\Delta y} \quad (5)$$

$$+ fu_i + \frac{kv^{n+1}_i(u_i^2 + v_i^2)^{\frac{1}{2}}}{Hy_i} + \frac{g}{2\Delta x}(-\zeta^{n-1}_{i+1} + \zeta^{n+1}_i - \zeta^n_{i+1} + \zeta^n_i) = 0$$

$$\frac{\zeta^{n+1}_i - \zeta^n_i}{\Delta t} + \frac{1}{2\Delta x}(Hx_i u^{n+1}_i - Hx_{i-1} u^{n+1}_{i-1}) \quad (6)$$

$$+ Hx_i u^n_i - Hx_{i-1} u^n_{i-1}) + \frac{1}{2\Delta y}(-Hy_i v^{n+1}_i + Hy_{i-m} v^{n+1}_{i-m} - Hy_i v^n_i + Hy_{i-m} v^n_{i-m}) = 0$$

$$\bar{u}_i = \frac{1}{4}(u_{i-1} + u_i + u_{i+m-1} + u_{i+m})$$

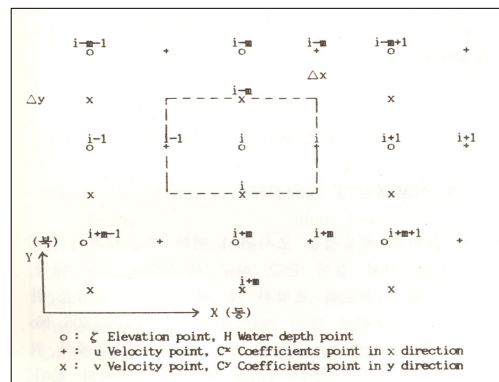
$$\bar{v}_i = \frac{1}{4}(v_{i-m} + v_{i-m+1} + v_i + v_{i+1})$$

$$H_i = d_i + \zeta_i$$

$$Hx_i = 1/2(H_i + H_{i+1})$$

$$Hy_i = 1/2(H_{i-m} + H_i)$$

여기서 u, v는 수직 적분된 유속의 북쪽, 동쪽성분을 나타낸다. ζ는 조위, H는 n 시간 단계에서(H=D+ζ)총수심이다. D는 교란되지 않은 수심, F^{x,y}는 무차원 마찰함수, Δx, Δy는 수평 수직축을 따른 공간간격이다. Δt는 시간간격, n은 시간단계를 표시하고, g는 중력가속도를 나타낸다.



[그림 1] 리차드슨 격자

위 식을 $u^{n+1}_i, u^{n+1}_{i-1}, v^{n+1}_i, v^{n+1}_{i-m}$ 에 대해 정리하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} u^{n+1}_i &= F^x_i \left[u^n_i + \Delta t \left\{ Ax_i - \frac{g}{2\Delta x} \right. \right. \\ &\quad \left. \left. \left((\zeta^{n+1}_{i+1} - \zeta^{n+1}_i + \zeta_{i+1} - \zeta_i) \right) \right\} \right] \\ u^{n+1}_{i-1} &= F^x_{i-1} \left[u^n_{i-1} + \Delta t \left\{ Ax_{i-1} - \frac{g}{2\Delta x} \right. \right. \\ &\quad \left. \left. \left((\zeta^{n+1}_i - \zeta^{n+1}_{i-1} + \zeta_i - \zeta_{i-1}) \right) \right\} \right] \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} v^{n+1}_i &= F^y_i \left[v^n_i + \Delta t \left\{ Ay_i - \frac{g}{2\Delta x} \right. \right. \\ &\quad \left. \left. \left((\zeta^{n+1}_{i+m} + \zeta^{n+1}_i + \zeta_{i+m} - \zeta_i) \right) \right\} \right] \\ v^{n+1}_{i-m} &= F^y_{i-m} \left[v^n_{i-m} + \Delta t \left\{ Ay_{i-m} - \frac{g}{2\Delta x} \right. \right. \\ &\quad \left. \left. \left((\zeta^{n+1}_{i-m} + \zeta^{n+1}_{i-m} - \zeta_i + \zeta_{i-m}) \right) \right\} \right] \end{aligned} \quad (8)$$

단,

$$F^x_i = \frac{1}{1 + \Delta tk S^x_i} \quad S^x_i = \frac{(u_i^2 + \bar{v}_i^2)^{\frac{1}{2}}}{Hx_i}$$

$$F^y_i = \frac{1}{1 + \Delta tk S^y_i} \quad S^y_i = \frac{(\bar{u}_i^2 + v_i^2)^{\frac{1}{2}}}{Hy_i}$$

$$Ax_i = -u_i \frac{u_{i+1} - u_{i-1}}{2\Delta x} - v_i \frac{-u_{i+m} + u_{i-m}}{2\Delta y} + f\bar{v}_i$$

$$Ay_i = -u_i \frac{v_{i+1} - v_{i-1}}{2\Delta x} - v_i \frac{-v_{i+m} + v_{i-m}}{2\Delta y} - f\bar{u}_i$$

식(7,8)의 $u^{n+1}_i, u^{n+1}_{i-1}, v^{n+1}_i, v^{n+1}_{i-m}$ 을 식(6)에 대입하면 n+1 시간단계에서 정의된 조위 ζ 에 대한 선형방정식(9)가 유도된다.

$$\begin{aligned} -C^x_{i-1}\zeta^{n+1}_{i-1} - C^y_{i-m}\zeta^{n+1}_{i-m} \\ + (1 + C^y_{i-m} + C^x_i + C^y_i + C^x_{i-1}) \\ \zeta^{n+1}_i - C^x_i\zeta^{n+1}_{i+1} - C^y_i\zeta^{n+1}_{i+m} = B^n_1 + B^n_2 \end{aligned}$$

단,

$$C^x_i = g \left(\frac{\Delta t}{2\Delta x} \right)^2 Hx_i F^x_i$$

$$C^y_i = g \left(\frac{\Delta t}{2\Delta y} \right)^2 Hy_i F^y_i$$

식(9)의 오른쪽 변은 B_1 과 B_2 항이 현재 시간단계 n

에서 정의했기 때문에 기지값이 되고, B_1 은 계수 $C^{x,y}$ 와 ζ^n 의 항을 포함하고, B_2 는 $u^*, v^*, F^{x,y}$ 포함하는 식이다. B_1 과 B_2 는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} B^n_1 &= C^x_{i-1}\zeta_{i-1} + C^y_{i-m}\zeta_{i-m} + \\ &\quad \left\{ 1 - (C^y_{i-m} + C^x_i + C^{x(i)}) \right\} \zeta_i + C^x_i\zeta_{i+1} + C^y_i\zeta_{i+m} \end{aligned} \quad (10)$$

$$B^n_2 = \Delta t \left\{ (u^*_{i-1} - u^*_i) / 2\Delta x + (v^*_i - v^*_{i-m}) / 2\Delta y \right\} \quad (11)$$

단,

$$u^*_i = (u_i + F^x_i(u_i + \Delta t Ax_i)) Hx_i$$

$$v^*_i = (v_i + F^y_i(v_i + \Delta t Ay_i)) Hy_i$$

식(10)에서 계수 C는 시간에 따라 변하고, 식(11)에서 마찰합수 $F^{x,y}$ 는 유속점에서 수심에 따라 변한다.

2.2 차분방정식의 계산방법 및 절차

식(9)의 선형연립방정식의 풀이는 다음식으로 변형하여 $SOR(Successive Over Relaxation)$ 반복법을 사용하여 구한다.

$$\begin{aligned} \zeta^{l+1}_i &= (1-w)\zeta^l_i + w^* (B^n_1 + B^n_2 + C^y_{i-m}\zeta^{l+1}_{i-m} \\ &\quad + C^x_{i-1}\zeta^{l+1}_{i-1} + C^x_i\zeta^{l+1}_{i+1} + C^y_i\zeta^{l+1}_{i+m}) \end{aligned} \quad (12)$$

단,

$w^* = w / (1 + C^y_{i-m} + C^x_i + C^y_i + C^x_{i-1})$ 이고, l 은 반복횟수, w 는 가중치이다.

SOR 반복법은 가중치 w 가 $0 < w < 2$ 구간내에 있고, 반복계산되는 행렬이 주대각선을 이루면[8]수렴한다. 또 식(12)의 수렴성은 초기값에 의존하지 않는다. 그러므로 반복을 시작하기 위한 적절한 값은 이류항에서 시간평균 없이 식(4, 5)의 처음 단계에서 얻어진 ζ^{n+1} 혹은 ζ^n 에 의하여 주어진다. 반복을 멈추기 위한 적절한 기준은 $\epsilon = 10^{-4}$ 로 선택되어 질 수 있다. 즉, $|\zeta^{l+1} - \zeta^l| < \epsilon$ 이 모든 격자점에서 만족될 때 반복을 끝낸다. 이 기법에서 적용된 경계조건은 수직적분된 모형에서와 같다. 보통 조위는 개방경계에서 규정되고, 반복계산은 개방경계에 인접한 다음 내부 격자점을 포함하여야 하며 개방경계에서 계수 C는 내부 격자점처럼 계산되어야 한다. 폐경계에서 조건은 계수C에 의하여 식(9)에 포함된다. 해안가에

수직인 흐름속에 대한 질량보존을 보장하기 위하여 유속은 영(Zero)이 되어야 한다. 일반적으로 수심이 없는 조위의 계산점 둘레에 있는 유속계산점 위치에서 정의되는 4개의 계수 C 및 보조변수(u^*, v^*)는 영(Zero)이어야 한다.

이러한 조건이 만족될 때 수심이 없는 격자점에서 조위에 대해서는 임의값이 될 수도 있으며, 영의 계수 C에 의하여 블럭화 되기 때문에 내부의 격자점에서의 반복에 영향을 주지 않으므로 반복계산은 수심에 관계없이 수행될 수 있다. 이러한 특징이 복잡하게 연결된 지역의 해역이나 간사지가 많은 해역에서 흐름을 파악하는데 편리한 기법이 된다.

SOR방법의 수렴성은 주대각 행렬성분이 우세할수록 적은 반복횟수로 수렴된다 [Varga, 8]. 그리고 지형이 완만한 격자점 혹은 천해의 격자점에서 시작하여 지형이 급격히 변하는 격자점, 심해의 격자점으로 이동하면서 계산하여 수렴성을 증가시킬 수 있다.

또 가중치 ω 는 수렴의 속도에 영향을 주며, 이 변수의 최적값은 이론적으로 결정[6,8]할 수 있다.

유속 u^{n+1}, v^{n+1} 는 조위(ζ^{n+1})의 계산값을 식(7, 8)에 대입하여 구한다.

3. 수치모형의 적용 및 고찰

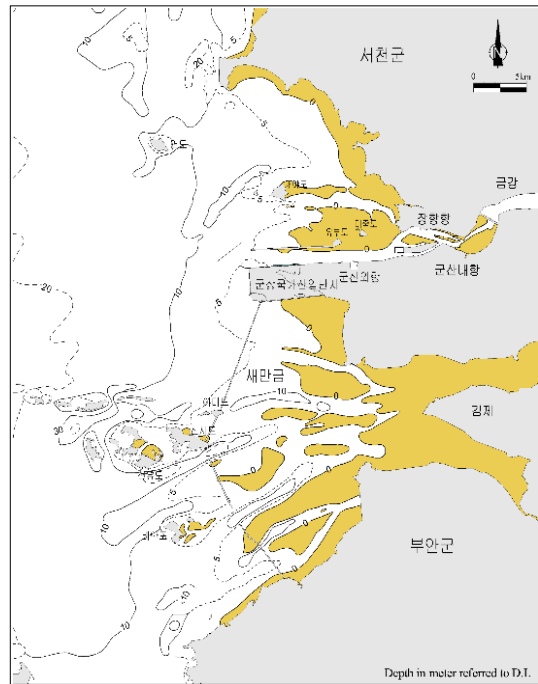
3.1 적용해역 및 입력자료

본 모형의 적용성을 조사하기 위해 대상지역은 그림 2에 보는 바와 같이 금강 하구 해역에서 군산 내항, 개야도 및 비응항을 포함한 약30x30km²의 해역을 취했다. 수치모형에 들어 가는 수심은 해도(No. 305, No. 349, No. 302) 및 군산항 부근 측량 원도등에서 취득하였으며, 계산 조건은 표 1에 수록한 바와 같다.

표 1에서 보듯이 계산 시간간격은 60초로 취했다. 개방경계에서 조위는 주요 6분조의 상수를 사용하여 결정하며 주요 6분조의 조석상수는 표 2와 같고 표의 값들은 군산항, 대죽도와 비응항 조석관측자료를 참고로 하여 추정된 것이다.

조위계산시 SOR반복계산에서 가중치 ω 는 0.2~1.8 값을 취했으며, 수렴조건치 ϵ 는 10^{-4} 로 놓고 계산했다.

본 모형의 계산결과를 검증할 목적으로 동일한 조건과 입력자료를 사용하여 Heaps의 양해법으로 조위와 유속을 구했다. 단, 양해법은 계산시간간격을 정할 때 CFL 조건식에 제한을 엄격히 받으므로 시간간격을 10초로 취했다.



[그림 2] 적용대상 해역

[표 1] 계산조건 및 입력자료

항목	입력자료
격자간격	308.6 m
시간간격(DT)	60 초
코리올리 계수	$f=2ws \sin \varphi$, $\varphi = 36.2^\circ$
마찰 계수	$r=0.0025$
계산기간	$t=624-660$ 시(36시간) (2007.1.27:00 - 1.28.12:0)

[표 2] 개방경계에서 조석상수

분조	조석	북서단	북동단	남서단	남동단	내항
M ₂	진폭 (cm)	207.0	210.0	207.0	215.0	220.0
	위상 (°)	85.0	84.0	73.0	75.0	93.3
S ₂	진폭	78.0	80.0	78.0	80.0	85.0
	위상	125.0	125.0	118.0	120.0	144.6
K ₁	진폭	33.0	35.0	33.0	35.0	37.0
	위상	280.0	280.0	270.0	275.0	272.8
N ₂	진폭	36.0	38.0	36.0	40.0	37.0
	위상	63.2	62.0	52.0	68.0	75.0
O ₁	진폭	25.0	27.0	25.0	28.0	31.0
	위상	240.0	240.5	240.0	242.0	237.6
M ₄	진폭	7.0	10.0	7.0	10.0	10.0
	위상	74.0	75.0	70.0	75.0	132.9

3.2 계산 결과 및 분석

본 수치모형의 계산시간간격은 음해법이므로 CFL조건 적용이 되지 않으나, 너무 크게 잡으면 위상오차가 발생하여 계산이 불안정하게 된다. 그래서 CFL에 의한 계산시간간격 13.8초 보다 4배 이상 큰 60초로 한 결과 안정성 있게 계산이 가능했다. 또 SOR의 반복계산에서 가중치의 영향이 표 3과 같이 나타났다.

[표 3] 반복횟수와 가중치 계수값

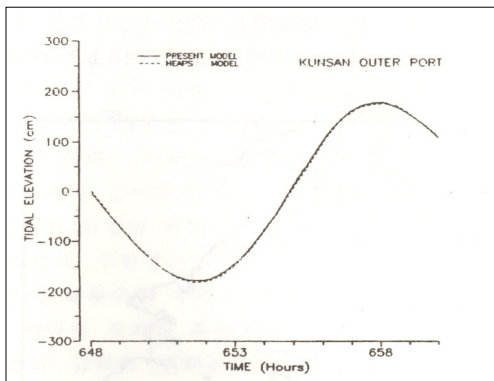
가중치 계수값	0.2	0.5	1.0	1.1	1.2	1.5	1.8
반복횟수	35	16	9	7	8	15	32

표 3에서 보는 바와 같이 가중치가 1.1일 때 수렴이 가장 빨랐으며, 계산도 가장 안정적으로 수행됐다.

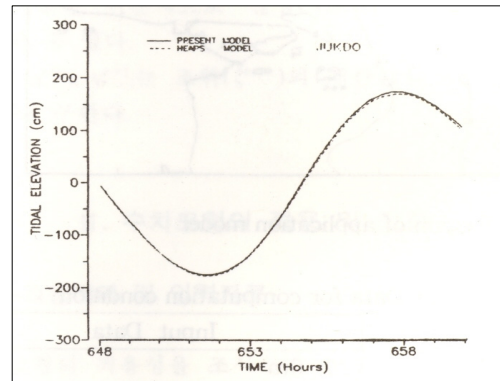
본 모형의 검증을 위해 양해법으로 잘 알려진 Heaps의 방법을 사용하여 동일한 대상해역에 대해 같은 경계조건으로 같은 기간 동안 계산을 수행하였다. 계산시간 간격은 10초로 한 결과 안정적인 해가 얻어 졌다.

또 외항, 대죽도와 비응항 3개 정점에서 계산시간 648-660시(36Hour)동안 두 모형을 사용하여 조위와 유속을 계산한 결과를 가지고 조위도 및 조류타원도를 비교하여 도시한 것이 그림3~8과 같다. 그림 3~5의 모의된 조위 비교도를 보면 3개 비교정점에서 잘 일치하고 있다. 다음에 그림 6~8의 모의된 조류 비교도를 보면 외항에서는 잘 일치하나, 비응항, 대죽도에서 상이하게 나타났다.

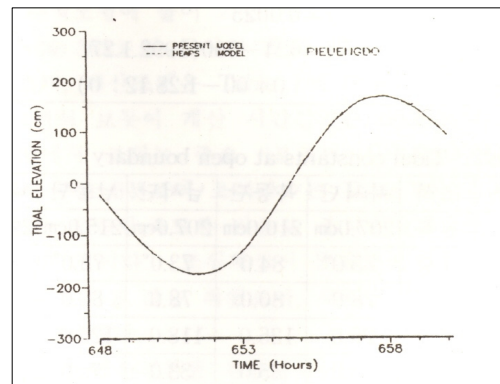
두 모형의 1주기 동안 계산시간은 본 모형은 21분, Heaps의 모형은 48분이 걸려 계산시간이 50%이상 절감되었다.



[그림 3] 반음해법과 양해법 모형에 의한 군산 외항 지점에서 모의조위 비교

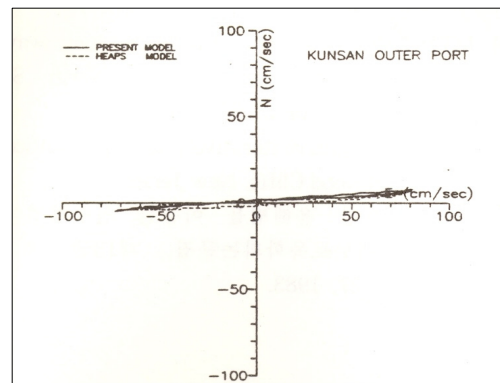


[그림 4] 반음해법과 양해법 모형에 의한 대죽도 지점에서 모의조위 비교

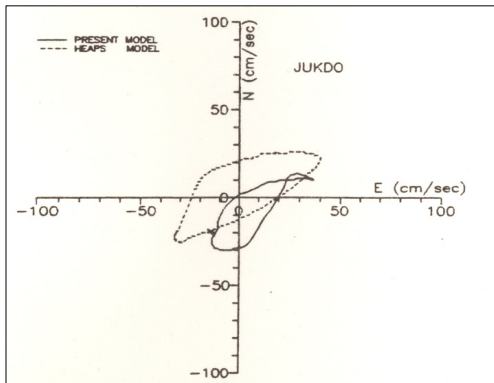


[그림 5] 반음해법과 양해법 모형에 의한 비응항 지점에서 모의조위 비교

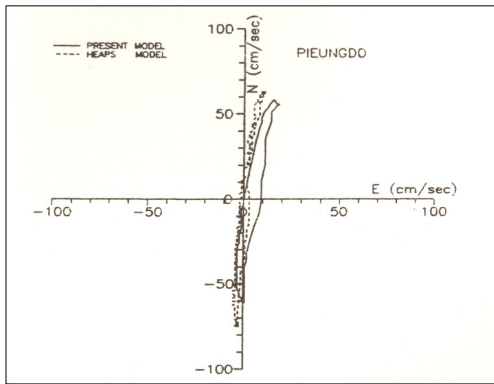
이상에서 알 수 있듯이 천수방정식을 풀이하는데 Backhaus의 수치해법의 도입이 가능하고 간사지가 많은 금강하구 해역에 적용이 가능함을 확인할 수 있다.



[그림 6] 반음해법과 양해법 모형에 의한 군산 외항 지점에서 모의된 조류타원도



[그림 7] 반음해법과 양해법 모형에 의한 대죽도 지점에서 모의된 조류타원도



[그림 8] 반음해법과 양해법 모형에 의한 비응향 지점에서 모의된 조류타원도

4. 결론

2차원 천수방정식을 풀이 하는데 Backhaus가 제안한 반음해법의 유한차분법을 도입하였다. 이 기법을 사용하여 금강하구 해역의 조위와 유속을 구할 수 있는 수치모형을 구성하였다. 구성된 모형의 검증을 위해 Heaps의 양해법에 의한 모형과 비교하여 보았으며, 그 결과 본 모형에 의한 계산결과는 Heaps모형의 결과와 일치하였고 양해법에서 엄격히 적용되는 CFL조건에 의한 시간간격 보다 6배 증가 시킬 수 있었고 계산시간이 50%이상 절감되었다. 그리고 금강하구 해역에 널리 분포된 간사지의 처리가 원활하였으며 장시간의 계산에도 안정적인 수치해석이 가능하였다.

참고문헌

- [1] Backhaus J.O. and E.Maier-Reimer, "On seasonal circulation patterns in the North Sea. In : North Sea dynamics", J. Sundermann and Lenz, editors, Springer-Verlag, Heidelberg, pp.63-84, 1983.
- [2] Davies A.M., "Application of a three-dimensional shelf sea model to the circulation of the North Sea. In : North Sea dynamics", J Sundermann and Lenz, editors, Springer-Verlag, Heidelberg, pp.35-58, 1983.
- [3] Flather R.A., "Tidal model of the north-west European continental shelf", Memorie de la Societe Royal des Science de Liege, Series 10, 6, pp.141-164, 1976.
- [4] Heaps N.S. and J.E. Jones, "Destiny currents in the Irish Sea", Geophysical Journal of the Royal Society, 51, pp.393-429., 1977.
- [5] Leendertse J.J., "The behavior of the water quality simulation model", Rand Corporation, Santa Monica, pp.481., 1977.
- [6] Marsal D, "Die numerische Losung partieller Differentialgleichungen in Wissenschaft und Technik. Wissenschaftsverlag", Bibliographisches Institut B.I., pp.173-250, 1976.
- [7] Nihoul J.C.J., "Residual circulation, long waves and mesoscale eddies in the North Sea Oceanologica Acta", 3, pp.309-316, 1980.
- [8] Varga R.S., "Matrix iterative analysis", Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey., 1962.
- [9] 강주환, 박상현, 이길성, "음해법을 이용한 천수방정식의 수치해석", 대한토목학회 논문집, 제13권 제3호, pp.119-127, 1983.

강 성 준(sung-jun kang)

[정회원]



- 1983년 2월 : 서울대학교 조선공학과(학사)
- 1985년 2월 : 서울대학교 조선공학과(석사)
- 1990년 2월 : 서울대학교 조선공학과(박사)
- 1992년 1월 ~ 1993년 2월 : 원자력연구소 선임연구원
- 1993년 3월 ~ 현재 : 전북대학교 기계시스템공학부 교수

<관심분야>
전산구조해석, 구조설계

박 영 기(Young-Ki Park)

[정회원]



- 1983년 2월 : 전북대학교 토목공학
학과(공학사)
- 1985년 2월 : 전북대학교 토목공학
학과(석사)
- 1989년 8월 : 전북대학교 토목공학
학과(박사)
- 1996년 3월 ~ 현재 : 전북대학교
사회기반공학과 교수

<관심 분야>

수자원 시스템 평가, 해수유동 모델, 확산모델링, 수질
모델링, Stochastic Processes