

表層流速 豫測을 위한 數值模型 開發

○강관수*, 정경태*

1. 서론

본 연구에서는 신속표층유속 산정과 관련된 취송류 Data Table 구축을 위한 황해-동지나해 3차원 모델개발을 다룬다. 일반적으로 3차원모형을 예보모형으로 사용하기 위해서는 모형의 경제성이 가장 중요한 요소로 부각된다. 3차원모형인 경우 1970년대 초반부터 개발되어 왔고 크게 다층모형과 다층격자모형, Galerkin 함수이용모델로 나눌수 있다. 본 연구에서는 3차원모형중에서 경제성이 뛰어나다고 알려진 Galerkin 함수이용 모형(Galerkin function model)을 사용하기로 하고 경제성 제고를 위한 추가적인 노력으로 시간 수치적분에 강(1994)이 개발한 바 있는 유사변환기법을 이용한 Galerkin-FEM모형에 근간을 둔다.

신속표층해류 산정을 위하여 회선적분(Convolution integral)개념을 도입하여 Data Table을 구축한다. 어떠한 시스템을 선형으로 가정할 경우 Convolution 개념도입이 가능하며, 일정 입력조건에 따른 수치모형의 결과를 Data Table화가 가능하여 외적 입력조건(여기서는 바람용력)이 주어지면 이에 따른 유속장이 Data Table을 이용하여 신속하게 예측할 수 있다(日本水路協會, 1988). 개발된 취송류 예측방법은 회선적분(convolution integral) 개념에 근거하며 기상조건이 준경험적 방법으로 주어지는 경우에 유효하다.

2. 기본방정식

이류항을 포함한 비선형항과 수평 확산항을 무시하고 등밀도(homogeneous water), 정수압조건(hydrostatic assumption)을 가정하면 극좌표계에서의 기본방정식은 다음과 같다.

$$\frac{\partial \xi}{\partial t} = \frac{1}{R \cos \phi} \left(\frac{\partial}{\partial \chi} \int_0^h u dz + \frac{\partial}{\partial \phi} \frac{\partial}{\partial \chi} \int_0^h v \cos \phi dz \right) = 0 \tag{1}$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} - rv = \frac{-g}{R \cos \phi} \frac{\partial \xi}{\partial \chi} + \frac{\partial}{\partial z} \left(N \frac{\partial u}{\partial z} \right) \tag{2}$$

* 한국해양연구소, 연안공학부(Coastal Eng. Div., Korea Ocean Research & Development Institute, Ansan, P.O. Box 29, 425-600, Korea)

$$\frac{\partial v}{\partial t} + ru = \frac{-g}{R} \frac{\partial \xi}{\partial \phi} + \frac{\partial}{\partial z} \left(N \frac{\partial v}{\partial z} \right) \quad (3)$$

여기서, χ , ϕ 는 동향, 북향의 경도와 위도, z 는 평균해면하의 연직좌표, ξ 는 평균해면상의 해수위, h 는 평균해면하의 수심, ρ 는 해수의 밀도, R 은 지구의 반경, γ 는 Coriolis 계수 $[=2\omega \sin\phi]$, ω 는 지구 회전의 각속도, g 는 중력가속도, u , v 는 수심 z 에서의 동향, 북향의 유속성분, N 은 연직 와점성계수이다.

해수면, 해저면 경계조건과 초기조건 및 수치계산식에 대한 자세한 설명은 강(1994)에 있으므로 여기서는 생략하기로 한다. 외해경계조건 처리는 Davies and Furnes(1980)가 사용한 방사조건을 사용한다.

3. 모델수립 및 적용

적용한 해역은 동중국해를 포함한 황해 전체 해역이며 모델의 격자는 위도, 경도 격자간격을 $1/8^\circ$, $1/6^\circ$ 로 등간격에 가깝게 구성하였으며, 동측으로 대마도를 포함한 대한해협까지 모델영역을 잡고 서측은 중국대륙에 의해 경계지워지며, 남측으로 육봉해를 포함하면서 타이완섬까지로 모델영역을 잡았으며 남동쪽 경계로 류큐열도를 경계선으로 하여 개방경계를 취하였다. 본 모델영역의 수심상태는 황해가 전반적으로 수심 100m이하인 천해역인 반면 개방경계조건 근처에서는 육봉을 벗어나 1000m을 넘는 지역도 있음을 알 수 있다.

수치실험은 연직방향의 절점수를 6개로 하고 대표적 유향인 NE, NW, SE, SW방향으로 바람용력이 일정하다고 가정하여 6시간 일정바람용력이 가해진 후 바람이 멈추었을 경우에 대하여 6시간 간격마다의 Data Table을 구성하여 총 Data Table 수는 4(풍향) \times 12(6시간 간격마다 성분 수) \times 2(u , v 성분)=96(개)로 작성되었다.

대표적 바람인 북서풍에 대해서, 6시간동안 바람을 지속적으로 불었을 경우의 표층유속분포는 Fig. 1(a)와 같으며 바람이 멈춘 후 68시간 후(즉, 바람용력이 가해지고 난 후 72시간 후)의 유속분포는 Fig. 1(b)와 같다. 본 연구에서 적용한 가정은 바람용력에 대한 유속의 반응 시스템을 선형시스템이라고 가정하고 회선적분개념을 도입하여 선형 합이 가능하다는 가정에서 출발하였고 현재의 취송류 양상에 영향을 미치는 과거의 바람이 72시간 전까지의 바람만이 영향을 준다고 가정하였다.

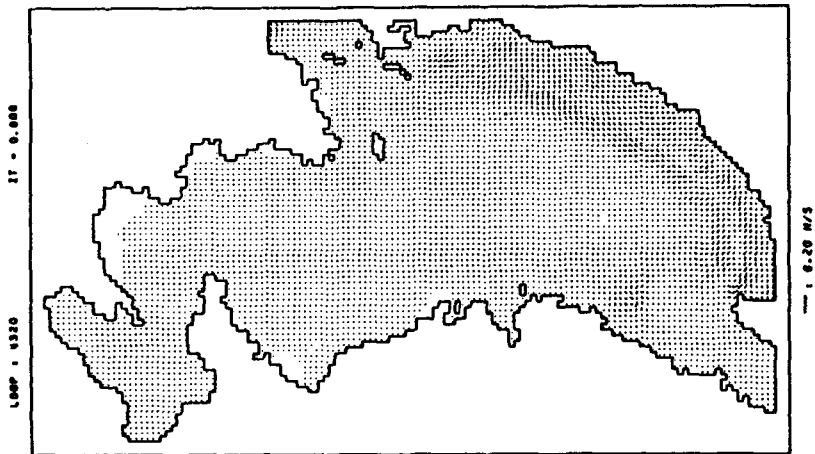
회선적분개념 도입의 타당성을 검토하기 위하여 연직와점성계수의 차이에 따른 수치실험을 수행하였으며 본 논문에서 제시하지는 않았지만 연직와점성계수가 상수일 경우 회선적분 개념 도입의 타당성을 확인할 수 있었고, 연직와점성계수를 준경험적인 식을 사용한 경우 천해역인 경우에 약간의 차이를 보여주었다.

4. 결론 및 토의

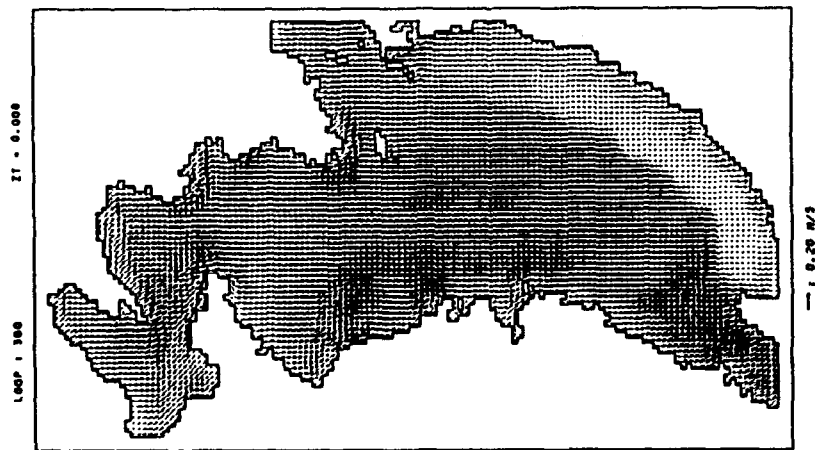
본 연구에서는 신속한 표층해류 산정을 위한 기초연구 결과를 제시하였다. 정확한 표층해류산정을 위하여서는 조류 정보의 추가가 필요하며 본 연구에서 공간적으로 전 영역에서 바람응력이 일정하다고 한 가정은 모델 영역의 크기로 보아 무리가 따를 것으로 보이며 바람응력의 공간분포에 대한 심층적 연구가 요구된다 하겠다. 또한 실시간 바람응력의 정보를 취득하는 것도 현실적으로 쉽지 않은 일인바 실시간 기상예보모형과의 연계를 통한 정확한 바람응력 산정에 대한 연구도 필요하다 하겠다.

참고문헌

- 강관수, 1994. 유사변환기법을 이용한 3차원 해수유동 수치모형. 서울대학교 박사학위 논문
- 日本水路協會, 1988. 重要海域の流況豫測用データテーブルの整備(對馬海峽を中心とする九州北西岸域)
- Davies, A. M. (1977). "The numerical solution of the three-dimensional hydrodynamic equations using a B-spline representation of the vertical current profile." *Bottom turbulence, Proc. of the 8th Liege Colloquium on Ocean Hydrodynamics*, J. C. J. Nihoul, ed. Elsevier Oceanographic Series 19, 27-48
- Davies, A. M., and Furnes, G. K. (1980). "Observed and computed M2 tidal currents in the North Sea." *J. of Physical Oceanography*, 10, 237-257.
- Heaps, N. S., 1972. On the numerical solution of the three-dimensional hydro-dynamical equations for tides and storm surges. *Memoires Societe Royale des Sciences de Liege*, 6serie, tome II, pp.143-180.



(a)



(b)

Fig. 1 (a) Surface current field after 6 hours by 6-hour NW wind stress
 (b) Surface current field after 72 hours by initially NW 6-hour wind stress