

소규모 만에서 취송류의 신속예측을 위한 convolution 기법의 적용

최석원* · 조규대¹ · 윤홍주² · 진소범

*한국원자력안전기술원 환경평가실 · ¹부경대학교 해양학과 ·

²기상연구소 원격탐사연구실

1. 서 론

우리나라는 최근 연안역에서 크고 작은 해양오염사고 및 해난사고의 발생으로 막대한 재산 및 인명 피해를 입어 그 대책이 요구되고 있다. 1993년 광양만에서 발생한 제 5 금동호에 의한 유류 오염사고나 1995년 씨프린스호 같이 연안의 만과 같은 해역에서 오염사고는 한번의 사고로 넓은 지역을 오염시켰다. 이러한 예상하지 않았던 산업시설의 사고, 유조선의 좌초·충돌 등에 의한 해상사고에 의한 유류 유출과 같은 해양오염이 발생하면, 그 피해를 최소화하기 위한 신속한 지원 및 대처를 위해서는 사고시점부터의 정확한 유동장 예측이 필수적이라고 할 수 있다.

취송류는 바람의 불규칙성 때문에 조류와 같이 주기적인 변동상태로 취급할 수가 없다. 실시간으로 바뀌는 바람을 입력하여 취송류를 신속하게 예측하기 위해서, 바람을 입력하고 취송류를 출력하는 입출력계의 시스템(system)을 이용할 수 있다. 이 방법은 사고시점 이전의 바람과 취송류를 입출력으로 하는 시스템에서의 반응함수(response function)를 미리 각 지점에서 data base를 구축한 후, 각 지점에서의 반응함수와 사고시점 이전 며칠동안의 바람과의 convolution을 도입하여 취송류를 예측하는 방법이다.

따라서 본 연구의 목적은 우리나라 연안역의 국지해역에서 오염사고 및 해난사고가 발생할 때 신속한 지원 및 예보에 취송류의 신속한 예측 및 실용적인 적용을 위한 연구로서, 임의의 만과 한반도 남단에 위치한 사천만을 단순화한 만을 대상으로 convolution 기법을 도입하여 전 정점에 대한 반응함수와 지연시간 만큼의 기상관측소에서 관측한 적절한 바람자료를 이용하여 신속하게 취송류장을 예측하는 기법의 타당성을 검토하는데 있다.

2. 수치실험

2.1 수치모델에서의 격자망

임의의 만과 단순화한 사천만의 규모는 사천만의 장방형 규모와 유사한 21 km (가로) x 41 km (세로)로 하였다. 임의의 만의 총 격자 수는 861 개이고 격자간의 간격은 1 km 이다. 그리고 임의의 만에서 지형 특성을 반영한 단순화한 사천만은 만의 중앙부에서 협수로로 되어 안쪽의 만과 바깥쪽의 만이 연결된 표주박 형태의 만으로 가정하였다. 수심은 사천만의 수심조건인 만의 가장자리는 얇고 만의 중앙부는 깊은 V 형태로 가정하였는데, 만 가장자리의 수심은 4 m 로 얇고 만 중앙의 수심은 24 m 로 깊게 하였다.

2.2 입력자료

수치계산에서 취송류를 예측하는데 이용한 바람자료는 임의의 만과 단순화한 사천만에서 각기 달리하여 적용하였다. 임의의 만에서 적용한 바람장은 전 계산 격자점에서 공간적으로 균일한 바람장을 가정하였으며, 시간적으로는 Hsueh *et al.* (1986)의 정현주기 바람장에서 반복주기를 변형한 바람장을 적용하였다. 단순화한 사천만에서 취송류의 계산 및 예측을 하는데 이용한 바람은 삼천포화력발전소 기상관측소에서 1994년 9월 8일부터 9월 18 일까지 1 시간 간격으로 측정된 자료를 이용하여 바람을 U성분과 V성분으로 분해한 후 U, V를 각각 6 시간 간격으로 평균하였다.

취송류의 계산을 위한 수평 2 차원 운동 방정식과 연속 방정식은 직교좌표계를 사용하였다.

2.3 Convolution 기법의 취송류 예측에 적용

취송류의 예측은 바람과 반응함수의 convolution 관계를 이용하였다. 취송류 $WDC(t)$ 를 과거에서 현재까지의 바람 $W(t)$ 에 가중치 $h(u)$ 을 곱한 값의 합으로 식(1)과 같이 표현할 수 있다.

$$WDC(t) = \sum_{u=0}^m h(u) W(t-u) \quad (1)$$

여기서 최적의 가중치 $h(u)$ 는 convolution관계의 취송류 WDC 와 수치모델에서 계산한 취송류를 비교하여 차가 최소화되도록 하여 결정한다. m 은 시간지연 u 에 해당하는 자료의 갯수이다.

각 조사정점에서 구한 시간지연에 대한 가중치와 바람과의 convolution 관계로부터 실시간의 취송류의 예측이 가능해진다.

3. 결과 및 고찰

임의의 만에서 지속시간별 가중치와 바람응력을 convolution하여 4 일째부터 10 일째까지 예측한 취송류와 수치모델로부터 계산한 취송류는 Fig. 1과 같다. 6개 대표지점에 대해서 예측한 유속과 계산한 유속의 변동은 거의 일치하였다.

단순화한 사천만의 6개 정점에서 수치유동모델로부터 계산한 취송류(실선)와 convolution으로부터 예측한 취송류(점선)의 시간적인 변동은 Fig. 2와 같다. V 성분은 계산과 예측한 취송류는 오차가 0.5 cm/s 이내로 둘간에 일치하는 정도가 높다. 또한 만의 가장자리에 위치한 지점에서 최대유속은 남향류가 5~8 cm/s 이고, 만의 중앙에 위치한 지점에서 최대유속은 북향류가 5 cm/s 을 나타내고 있다.

임의의 만에서 RMS ratio와 운동에너지 회수율의 공간적인 분포는 Fig 3 (a), Fig 3 (b) 와 같다. RMS ratio의 공간적인 평균은 0.05 로 반응함수를 이용한 모델의 취송류가 수치모델로 예측한 취송류를 잘 재현하고 있다. 임의의 만을 공간적으로 평균한 운동에너지의 회수 정도가 0.99로서 convolution 모델을 이용한 취송류의 운동에너지가 수치모델

을 이용한 취송류의 운동에너지를 99 % 회수하였다.

단순화한 사천만에서 RMS ratio와 운동에너지의 회수율의 공간적인 분포는 각각 Fig. 4(a), Fig. 4(b)와 같다. RMS ratio는 유속의 변동폭이 큰 지역인 만 안쪽의 북쪽과 남쪽경계, 만 입구의 안쪽 경계에서 0.3 이상이며, 만 내부에서는 0.3 이하 보다 높게 나타났으며, RMS ratio의 공간적인 평균은 0.26 이다. 단순화한 사천만에서 만 안쪽과 입구 쪽의 남쪽과 북쪽 경계이외에 해당 영역에서는 운동에너지의 회수율이 90 % 이상으로서 convolution 모델을 이용한 취송류의 운동에너지는 수치모델을 이용한 취송류의 운동에너지를 잘 재현하고 있다. 모델화한 사천만의 공간적인 평균 운동에너지 회수정도는 약 0.94 로서 convolution 모델을 이용한 취송류의 운동에너지가 수치모델을 이용한 취송류의 운동에너지의 약 94 %를 회수하였다.

4. 요약

임의의 만과 단순화한 사천만에서 convolution 기법과 수치모델로부터 구한 취송류 결과를 비교하여, convolution 기법의 적용 타당성을 검토하는데 있다.

임의의 만과 단순화한 사천만에서 rms speed와 rms error의 비로서 정의되는 rms ratio 의 공간적인 평균은 임의의 만에서 0.05 이고 단순화한 사천만에서 0.26이다. 운동에너지 회수율(recover rate of kinetic energy)은 임의의 만에서 99 % 이고 단순화한 사천만에서 94 % 이다. 임의의 만과 단순화한 사천만에서 convolution 기법을 이용하여 예측한 취송류는 수치모델로부터 계산한 취송류와 잘 일치하였다.

참고문헌

Hsueh, Y., D.R. Richard and P.W. DeWitt, 1986. Winter-time winds and coastal sea-level fluctuations in the Northeast China Sea. Part II : Numerical model. *J. Phys. Oceanogr.*, 16: 241-261.

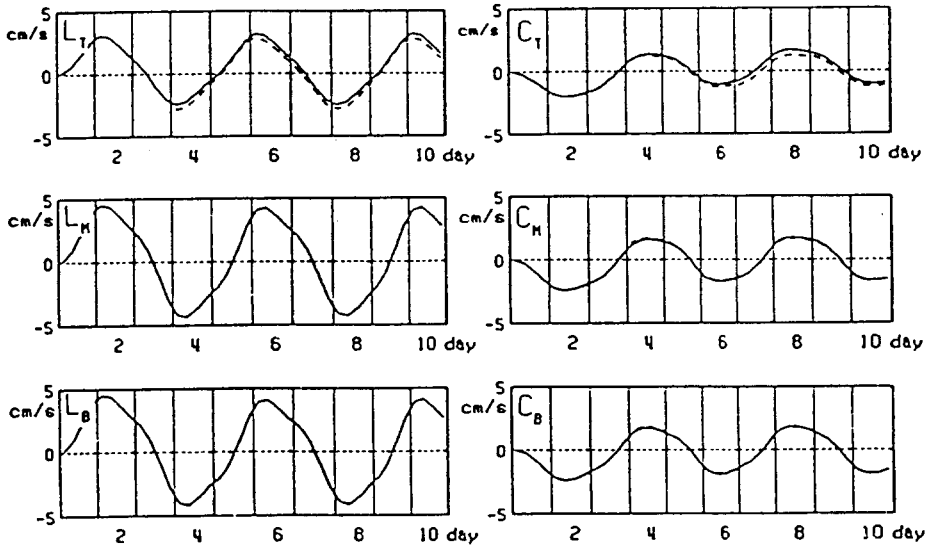


Fig. 1. Comparison of computed (*solid line*) and predicted (*dashed line*) wind-driven current at 6 stations in the idealized bay (Two line are nearly same at L_M , C_M , L_B and C_B).

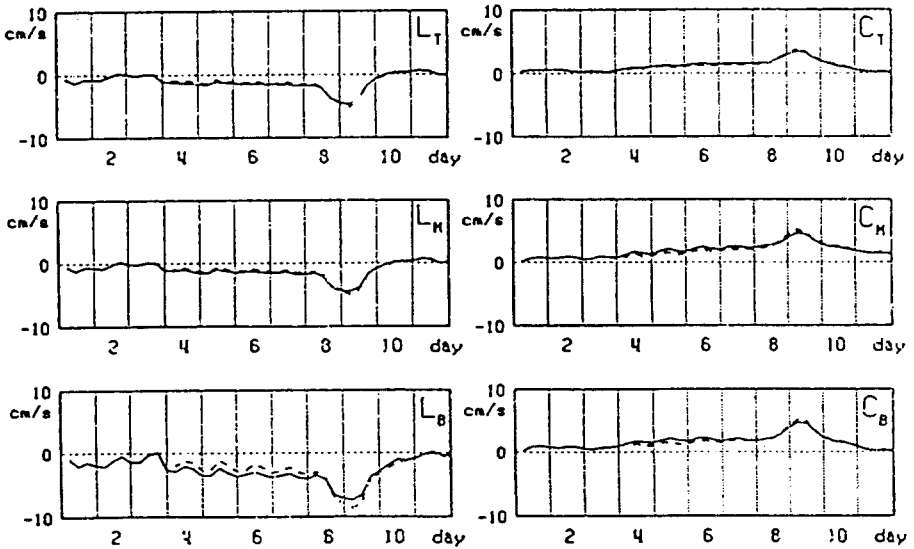


Fig. 2. Comparison of computed (*solid line*) and predicted (*dashed line*) wind-driven current (V-component) at 6 stations in the idealized Sachon bay.

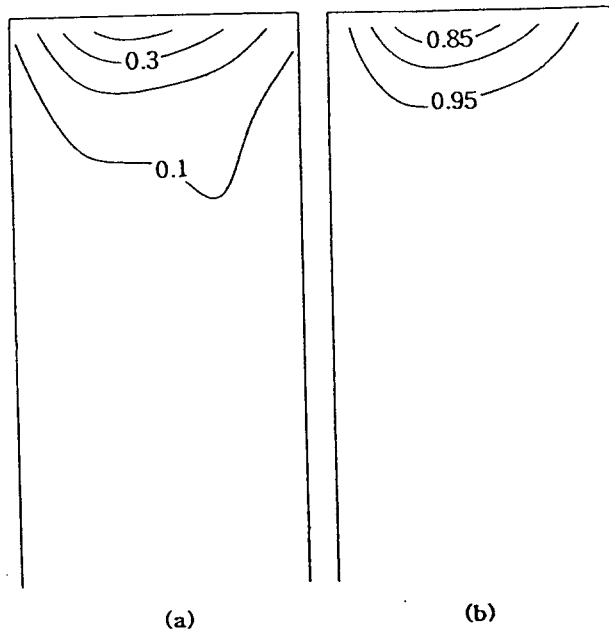


Fig. 3. Rms ratio (a) and recover rate of kinetic energy (b) for the difference between computed and predicted wind-driven currents in the idealized bay.

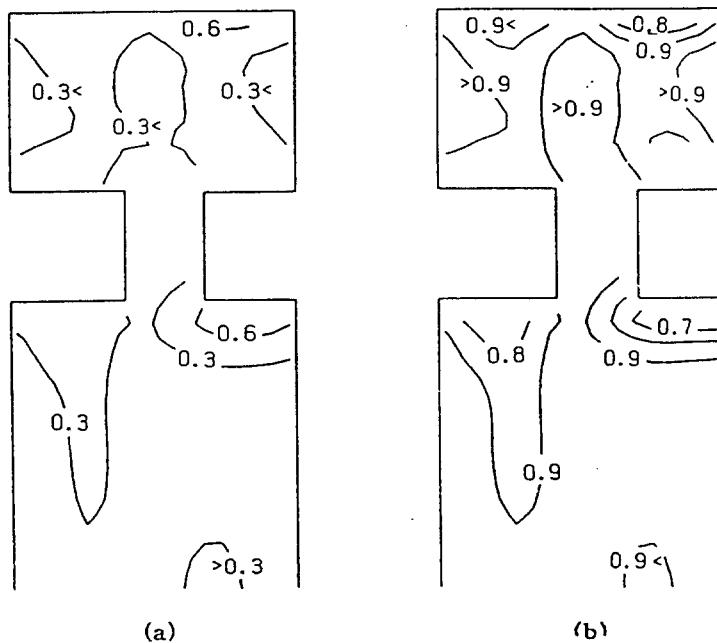


Fig. 4. Rms ratio (a) and recover rate of kinetic energy (b) for the difference between computed and predicted wind-driven currents in the idealized Sachon bay.