

해도수준면(Chart Datum) 데이터베이스 제작 연구

강용균^{1*} · 이문진²

¹부경대학교 해양학과

²한국해양연구원 해양시스템안전연구소

A Study on Making of Chart Datum Database

YONG Q. KANG^{1*} AND MOONJIN LEE²

¹Department of Oceanography, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

²Maritime and Ocean Engineering Research Institute/KORDI, Daejeon 305-343, Korea

해도상 수심으로부터 평균수심을 산정하기 위하여 검조소의 실측자료와 조석 수치모델링 결과를 결합하여 해도 수준기준면을 산정하는 방법을 연구하였다. 수준기준면은 4대분조(M_2 분조, S_2 분조, K_2 분조, O_1 분조)의 진폭 합으로 결정되므로 검조소의 실측자료를 활용하여 산정할 수 있으나, 검조소의 자료는 연안에 한정되므로 해양의 수준기준면은 산정할 수 없다. 반면에 조석 수치모델링의 결과는 원하는 지점의 4대분조합을 도출할 수 있으나, 시뮬레이션 결과이므로 실제 수준기준면과는 차이를 보인다. 본 연구에서는 검조소 자료와 조석 수치모델링 결과를 상호보완하여 해양의 수준기준면을 보다 정확하게 산정할 수 있는 방법을 연구하였다. 본 연구의 방법에서는 검조소의 자료와 조석 수치모델링 결과를 비교하여 보정계수를 추출하고, 각 검조소에 대한 보정계수를 내삽하여 대상해역의 임의지점에 대한 보정계수를 산정하여 조석 수치모델 결과에 적용함으로써 정확한 수준기준면을 산정한다.

A study on estimation of the datum level is carried out by combining observed and simulated harmonic constants of 4 major tides (M_2 tide, S_2 tide, K_2 tide and O_1 tide). In the coastal zone, the datum level can be estimated by using observed tide harmonic constants at tide station. The observed tide harmonic constants, however, cannot be used to calculate the datum level of the sea because of the lack of tide station. In order to estimate the datum level of the sea, it is necessary to adopt the simulated harmonic constants instead of the observed ones. In this study, the datum level is calculated by using the simulated harmonic constants which is modified by tuning coefficient based on relationship between observed and simulated harmonic constants at tide station. Tuning coefficient of sea is interpolated on TIN (Triangulated Irregular Network) which has node points at tide stations.

Keywords: Datum level, Harmonic constants, Tide station, Tuning coefficient, TIN

서 론

육상고도 기준은 평균해면(Mean Sea Level)이다. 이에 비하여 해도기준면은 4대 분조인 M_2 분조, S_2 분조, K_2 분조, O_1 분조 진폭의 합에 해당되는 높이를 평균해면으로부터 아래로 내린 면이다(이를 Indian Datum이라고 한다). 주요 4대 분조 진폭의 합을 이 논문에서는 해도수준면(Chart Datum) 또는 수준기준면(Datum Level, DL)이라 부르기로 한다. 해도수심에 수준기준면(4대 분조 진폭합)을 더해준 값이 평균해면이며, 평균해면에 조석에 따른 해면변위를 더해준 값이 실제 수심이다.

수준기준면에 대한 데이터베이스는 해도수심으로부터 평균수심을 계산하기 위해서 필요하다. 수준기준면에 대한 정량적인 데이터베이스가 있어야 육상지형도 고도와 해도수심을 통합한 연안지형도에서 '점프(jump)' 없는 '연속적'인 고도 자료를 도출할 수 있다. 이

자료는 연안정보도, 연안개발도, 상륙작전용 지도 등에 필요하다. 뿐만 아니라 수준기준면 자료는 해상 측심 자료를 해도기준면 자료로 변환하여 해도를 제작하는 과정에서도 필요하다. DL을 기준으로 한 해저지형자료와 실시간 조석모델(Kang, 1997)을 결합하여 해양현장에서의 실시간 수심 정보를 추출하고자 할 경우에도 DL에 대한 데이터베이스는 필요하다.

연안 검조소에서는 장기간 조석관측 자료 조화분석으로 도출되는 4대 분조 진폭의 합으로 수준기준면의 값을 결정하며, 이 값은 해도에 명시되어 있다. 현재 우리나라 연안 약 130여 검조소에 대한 수준기준면이 확립되어 있으며, 조석관측 지점이 늘어남에 따라 수치는 계속 증가하고 있다. 검조소 주변 육상에는 수준기준을 표시하는 수준점(TBM, Tide Bench Mark)이 설치된다. 하지만 해양에서는 직접관측에 의한 수준점 설정이 불가능하므로, 해상의 수준기준면은 연안역 검조소 실측 자료에 대한 보간 방법을 적용하고 있다. 연안으로부터 멀리 떨어진 해상의 수준기준면은 연안 검조소

*Corresponding author: yqkang@pknu.ac.kr

자료에 대한 보간 방법 적용이 어려우므로, 선박을 이용한 단기간 조석측량을 수행해서 추정되고 있는 실정이다.

임의의 해양 지점에 대한 수준기준면 값을 정량적으로 알 수 있는 데이터베이스의 제작이 필요하다. 조석수치모델에 의한 각 지점의 4대 분조 진폭의 합이 '원리적'으로는 수준기준면 값이지만, 실제에 있어서는 검조소 실측값과는 차이가 나는 것이 불가피하므로, 이 값에 대한 보정(tuning)이 필요하다. 수준기준면 데이터베이스는 검조소에서 실측값과 정확히 일치하여야 한다. 본 논문에서는 조석수치모델과 검조소 실측자료를 이용하여 1분(1.85 km) 격자 간격의 수준기준면 데이터베이스를 만드는 방법, 격자와 격자 사이의 임의 지점에 대한 수준기준면을 쌍1차 보간(bilinear interpolation)을 결정하는 방법 등에 대하여 연구하였다.

수준기준면 데이터베이스 제작

조석 주요 4대 분조 진폭의 합으로 정의되는 수준기준면의 데이터베이스는 원리적으로 조석수치모델에 의해 계산될 수 있다. 조석수치모델이 실제 조석을 완벽하게 재현한 경우라면, 조석수치모델에서 나오는 4대 분조 시계열을 조합분석하여 얻어지는 진폭을 더한 값이 수준기준면 값이기 때문이다. 이렇게 결정된 수치모델 수준기준면 값은 공간적으로 모든 격자에서 값이 있게 된다. 하지만 조석수치모델에 의해 결정된 수준기준면이 검조소에서 실측한 수준기준면과 정확하게 일치하는 것은 현실적으로 무척 어렵다. 따라서 수치모델에 의한 수준기준면의 데이터베이스는 검조소에서 실측치와 정확히 일치하도록 '보정' 되어야 한다.

수준기준면 데이터베이스 제작 알고리즘

조석수치모델에 의한 수준기준면 데이터베이스를 검조소의 실측치와 일치하도록 조정하는 원리는 아래와 같다. 조석수치모델에 의해 계산된 4대 분조의 진폭합을 $S(x, y)$ 라고 하자. 조석수치모델이 실제를 100% 재현하는 것은 현실적으로 불가능하므로, 4분조의 진폭합 $S(x, y)$ 에 어떤 보정(correction) 함수 $c(x, y)$ 를 곱하여 실제와 부합하는 수준기준면 $Y(x, y)$ 를 도출하기로 한다. 즉 관계식

$$Y(x, y) = c(x, y)S(x, y)$$

에 의해 4분조 합 $S(x, y)$ 를 조정하여 수준기준면 $Y(x, y)$ 를 결정하기로 한다. 이런 보정을 위한 보정함수 $c(x, y)$ 의 구체적인 값은 실측자료가 있는 검조소에서만 주어진다. '제대로' 수행된 조석수치모델의 경우 보정함수 $c(x, y)$ 는 1 부근의 값을 가지게 된다. 조석수치모델의 4대 분조 진폭합을 검조소 실측 수준기준면 값과 비교해 보았을 때 $c(x, y)$ 의 범위가 1에서 크게 벗어난다면 그 수치모델은 현실을 재현하는데 심각한 문제가 있는 모델이다.

조석모델에 의한 4대분조 진폭합 $S(x, y)$ 는 모든 격자에서 값이 있지만, 보정함수 $c(x, y)$ 는 검조소 위치에서만 값이 있다. 수치모델 모든 격자에서 보정된 수준기준면의 값 $Y(x, y)$ 를 얻기 위해서는 검조소의 보정함수 $c(x, y)$ 를 삼각망(TIN, Triangulated Irregular Network)으로 연결하고, 이 삼각망 자료를 근거로 하여 모든 격자의 보정함수 $c(x, y)$ 를 불규칙분포 자료에 대한 보간 방법으로 계산한다. 본 연구에서는 Akima(1978a, 1978b, 1995)와 Preusser(1984a,

1984b)의 5차다항식 보간 방법을 채택하였는데, 이 방법은 수치모델 격자 크기에 비하여 검조소 사이의 간격이 큰 경우에도 효율적으로 활용될 수 있다.

보정함수 $c(x, y)$ 을 모든 격자에서 계산하는데는 아래와 같은 고려가 필요하다. 우선 보정값은 검조소가 설치된 연안에는 있지만 연안으로부터 멀리 떨어진 외해에는 검조소가 없으며 따라서 보정값도 없다. 연안역 검조소 삼각망의 자료만으로 각 삼각형 내부에 대해 보간을 수행할 경우, 외해에 대해서는 보간이 불가능하다. 이 문제를 극복하기 위해서 외해 먼 곳에 '가상 검조소'를 설정하고 이 가상 검조소에서 보정함수는 1이라고 가정한다. 이는 조석모델에 의한 4대분조 합이 외해에서 실제와 부합되게 도출되었다는 가정을 전제하는데, 이 가정의 타당성은 연안역 검조소에서 값이 실제와 부합하는지 여부로 판정할 수 있다.

1분 간격의 수치모델 격자상의 연안역 수록 구분은 1분 간격의 직선으로 구성되는데, 실제의 해안선에는 굴곡이 있으므로 수치모델 수록경계는 실제의 해안선과 일치하지 않는다. 따라서 조석수치모델의 연안 육상격자에도 실제로는 바다 영역이 포함되어 있는데, 이런 바다 지역에서도 수준기준면의 값이 결정되기 위해서는 바다의 어떤 곳에서도 주변에 수준기준면 값이 있는 격자가 필요하다. 이를 위하여 해안선 부근의 육지 격자를 가상적인 해양격자로 취급한다. 이 가상적인 해안의 해양격자에서 수치계산 4대 분조의 진폭합 $S(x, y)$ 는 인접한 해양격자의 4분조 합의 값을 연장한 값을 적용한다. 한편, 육상 지역의 보간에 있어서 외삽에 의한 보간을 회피하고, 평활(smooth)하게 '연속'된 보정함수를 결정하기 위하여 내륙 깊숙한 곳에 '가상 검조소'를 가정하고, 이곳의 보정 값 $c(x, y)$ 를 1로 둔다. 이와 같이 함으로써 모든 격자점의 보정함수 $c(x, y)$ 가 검조소(가상검조소 포함) 삼각망 자료의 내삽보간에 의해 결정할 수 있게 한다.

임의지점 수준기준면 보간

조석수치모델에 의해 계산된 4대 분조 진폭합과 검조소 실측 수준기준면 자료를 결합하여 제작되는 수준기준면 자료는 1분 격자 위치에서만 정의된다. 격자와 격자 중간에 위치한 임의 지점에 대한 수준기준면은 1분 격자 수준기준면 자료에 대한 쌍1차 보간(bilinear interpolation)에 의해 계산하기로 한다. 보간하려는 위치 (x, y) 가 격자크기를 1로 한 격자점 (i, j) 로부터 각각 α 와 β 만큼의 위치에 있을 때, 위치 $(i+\alpha, j+\beta)$ 의 쌍1차 보간 값 $Y(i+\alpha, j+\beta)$ 는

$$Y(i+\alpha, j+\beta) = (i-\alpha, j-\beta)Y_{ij} + (i-\alpha)\beta Y_{ij+1} + \alpha(1-\beta)Y_{i+1j} + \alpha\beta Y_{i+1j+1}$$

로 주어진다. 격자 사이의 위치에 대한 보간 방법은 쌍1차 보간방법 이외에 쌍3차 보간(bicubic interpolation) 방법이 있지만, 수준기준면의 경우 인접한 거리에서 값이 급격히 변하지 않으므로 위의 두 가지 방법에 의한 보간 값에 거의 차이가 나지 않으며, 쌍3차 보간보다는 계산이 간편한 쌍1차 보간 방법을 적용하는 것이 더 바람직하다. 격자 수준기준면 데이터베이스와 격자 사이의 점에 대한 보간 방정식만 '공인' 되면, 누구든 임의 지점에 대하여 꼭 같은 객관적인 수준기준면 자료를 공유할 수 있다.

이런 단계를 거쳐 조석수치모델 결과와 검조소 실측값을 이용하여 1분 격자상의 모든 해양 격자에 대하여 수준기준면의 데이터베

이스를 작성할 수 있다. 하지만 이 단계까지 검조소의 보정값 계산에 적용된 수치모델 4대분조 진폭합은 검조소에서 값이 아니라 검조소에서 가장 가까운 격자상의 값이며, 가장 가까운 1분 격자의 위치는 검조소로부터 0.5분까지 떨어진 곳일 수 있다. 검조소 실제 위치에서 4대분조 진폭합을 이용하여 실측 수준기준면 간의 값에 의한 보정을 하는 절차는 아래와 같은 2단계 보정이 필요하다. 즉 앞에서 기술한 쌍1차 보간 방법에 의해 계산된 검조소 수준기준면 $Y(x, y)$ 를 입력자료로 취급하고, 이를 검조소 실측치와 일치하도록 하는 제2차 보정함수 $d(x, y)$ 를 도입하여 다시 보정된 수준기준면 $Z(x, y)$ 를 관계식

$$Z(x, y) = d(x, y)Y(x, y)$$

에 의해 계산한다. 이와 같은 방법으로 검조소에서 결정된 제2차 보정함수 $d(x, y)$ 를 삼각망으로 구성한 후, 앞에서 기술한 바와 같은 보간 방법을 적용하여 1분 격자에서 조정된 수준기준면 데이터베이스를 만든다. 임의 지점 수준기준면은 앞에서 기술한 바와 같은 쌍1차 보간 방법에 의해 격자상의 $Z(x, y)$ 로부터 계산한다.

남해 수심기준면 데이터베이스 시범제작

남해 1분 격자 조석수치모델의 4대 분조 진폭합 $S(x, y)$ 와 남해 46개 검조소의 실측치를 결합하여 남해의 수준기준면 데이터베이스를 시범적으로 제작하였다.

조석수치모델

남해 1분 격자 조석수치모델에 사용된 조석방정식은 아래와 같다.

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{U}{R \cos \phi} \frac{\partial U}{\partial \chi} + \frac{V \partial U}{R \partial \phi} - \frac{UV \tan \phi}{R} - fV + \frac{kU \sqrt{U^2 + V^2}}{D} + \frac{g}{R \cos \phi} \frac{\partial \zeta}{\partial \chi} = 0$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{U}{R \cos \phi} \frac{\partial V}{\partial \chi} + \frac{V \partial V}{R \partial \phi} - \frac{U^2 \tan \phi}{R} - fU + \frac{kV \sqrt{U^2 + V^2}}{D} + \frac{g}{R \partial \phi} \frac{\partial \zeta}{\partial \phi} = 0$$

$$\frac{1}{R \cos \phi} \left[\frac{\partial}{\partial \chi} (DU) + \frac{\partial}{\partial \phi} (DV \cos \phi) \right] + \frac{\partial \zeta}{\partial t} = 0$$

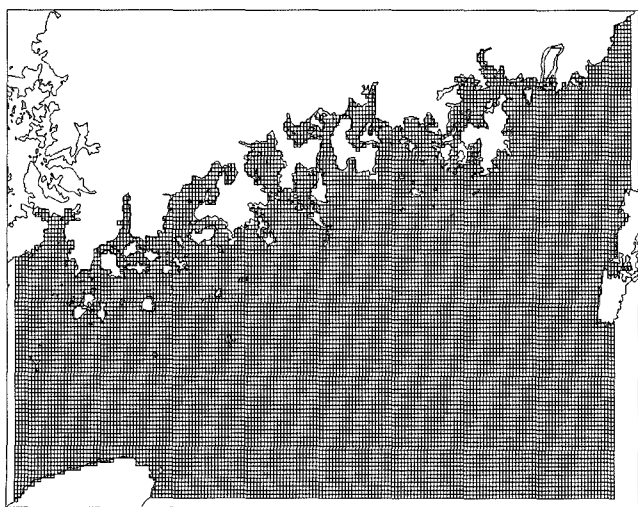


Fig. 1. Grids scheme of the numerical tide model of the South Sea of Korea.

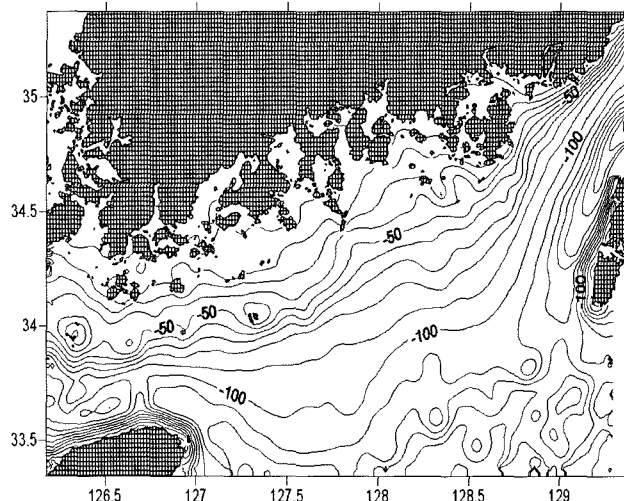


Fig. 2. Bathymetry in the South Sea of Korea used in the numerical tide model.

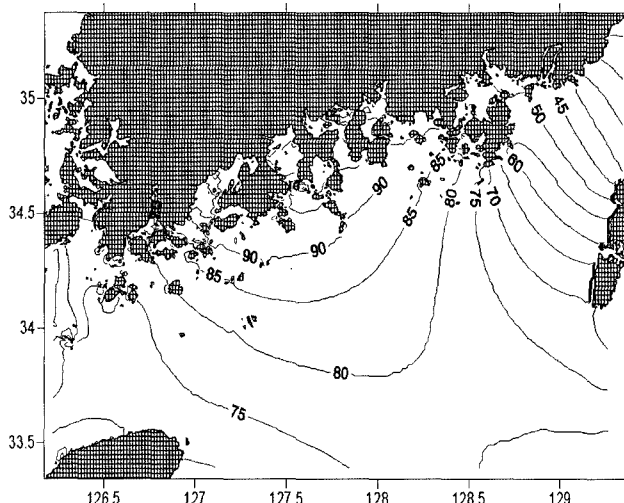


Fig. 3. Amplitude of M_2 tide computed by the numerical tide model (cm units).

여기서 t 는 시간, χ 와 ϕ 는 경도 및 위도, U 와 V 는 동쪽과 북쪽방향 유속, g 는 중력가속도, ζ 는 해면변위, D 는 수심, R 은 지구반경, f 는 코리올리(Coriolis) 파라메타($f = 2\omega \sin \phi$), 그리고 k 는 해저 마찰계수($k = 0.003$)이다.

조석수치모델의 계산격자는 1분 간격이며, 계산영역 내 총 격자 수는 23,862(194×123)개이다(Fig. 1). 계산에 필요한 수심은 국립해양조사원 해도 No.214, No.229, No.418을 참조하여 입력하였다 (Fig. 2). 남해 조류모델의 계산 시간간격은 24.8412초(sec)로 하였으며, 약 30일의 실제시간에 대해 계산하였다. 외해 경계조건은 황해와 동지나해를 포함하는 Matsuno *et al.* (2000)의 광역모델의 결과를 이용하여 도출된 4대 분조 조화상수를 이용하여 지정하였다.

조석수치모델에 의해 도출된 4대 분조(M_2, S_2, K_1, O_1) 시계열에

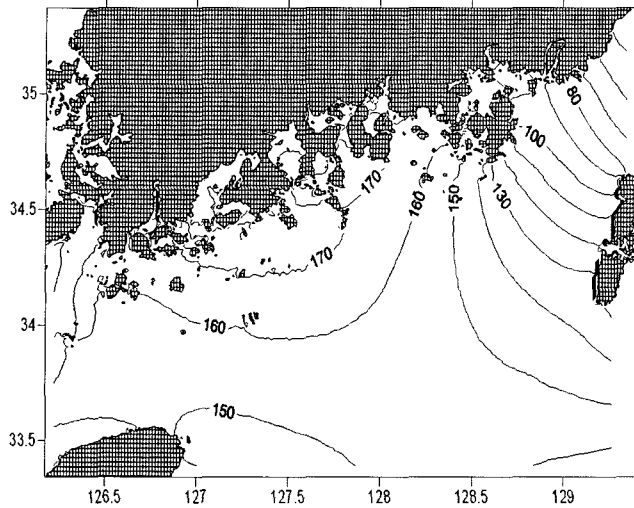


Fig. 4. Sum (cm units) of amplitudes of major 4 tidal components (M_2 , S_2 , K_1 and O_1).

대한 조화분석으로 각 분조의 진폭과 위상을 결정하였다. 예를 들어, Fig. 3은 M_2 분조의 진폭 분포이다 (단위 cm). 비슷한 방법으로 모든 4대분조의 진폭을 결정한 후, 이들 4개 분조의 진폭을 합한 결과는 Fig. 4에 보인 바와 같다. 조석수치모델이 실제의 조석을 100% 정확하게 재현한다면 이 그림에 보인 결과가 Indian Datum의 정의에 따른 DL에 해당된다. 현실적으로 조석수치모델 결과와 연안역 TBM에서의 실측값 사이에는 약간의 차이가 있다. 조석수치모델과 연안역 TBM에서의 관측치를 결합하는 과정이 수행되어야 한다.

연안 TBM 자료와의 결합

Fig. 5는 남해안 연안지역 46개 TBM 위치이다. 조석수치모델에서 도출된 4대분조 진폭합은 연안역 검조소의 실측 수준기준면 값

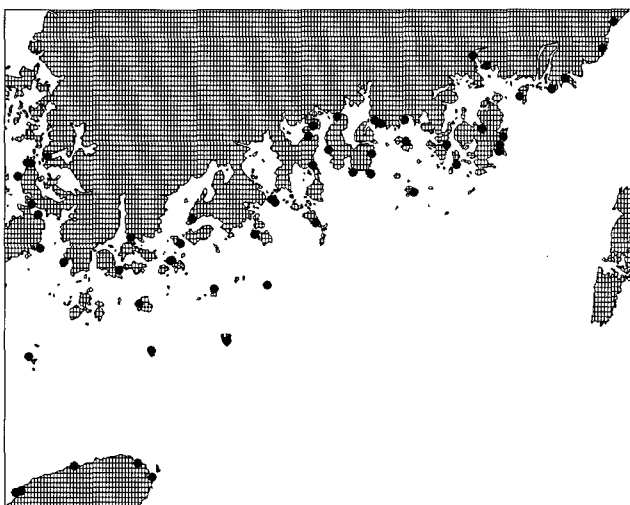


Fig. 5. Locations of TBM (tidal bench marks) in the southern coast of Korea.

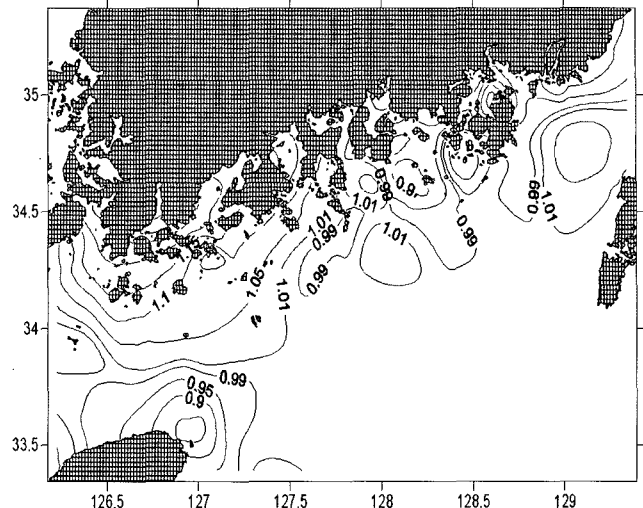


Fig. 6. Correction factor multiplied to the sum of 4 tide components to match the observed DL at coastal TBM's.

과 근접하나, 정확히 일치하지는 않으며 수치모델결과는 실측치의 0.8~1.2배 정도를 보였다. 각 TBM에서는 수치모델에 의한 DL과 실측에 의한 DL 값이 가용하다. 연안역 TBM에서의 실측 DL과 수치모델 DL에 대한 상대비의 값을 이용하여 전체 수치모델 지역에 대한 '조정비'를 Akima(1978)방법에 보간한 결과는 Fig. 6에 보인 바와 같다.

Table 1에는 모델해역내 46개 검조소 TBM 자료를 이용하여 수심기준면을 보정한 결과 중에서 일부 자료를 보여준다. 이 표에는 실측 수위기준면, 조석모델에 의해 계산된 4대분조 진폭합 $S(x, y)$, 검조소 실측과 수치계산 값 사이의 보정에 적용된 1차 보정함수 $c(x, y)$, 1차 보정한 데이터베이스에 의한 검조소의 보간 수준기준면과 실측치와의 오차, 2차 보정 후의 오차 등이 수록되어 있다. 검조소와 수치모델 격자 사이 위치 불일치로 인하여 1차 보정된 수준기준면은 실측 기준면에 비하여 1 cm 까지 오차가 발생하지만, 2차 보정 후에는 오차가 0.1 cm 이하로 줄어든다.

Fig. 4에 보인 조석수치모델에 의한 4대분조 진폭합에 Fig. 6에 보인 조정비를 곱해주면 모든 격자점에서 DL이 정의되고 연안역 TBM에서는 실측 DL과 일치되는 DL의 공간적 분포가 결정된다. Fig. 7은 이와 같은 방법에 의해 조정된 DL의 분포도이다. 이렇게 조정된 DL은 수치모델에 의한 DL과는 약간의 차이가 있다. 수치모델에 의한 4대분조 진폭합과 조정된 DL 간의 차이에 대한 분포는 Fig. 8에 보인 바와 같다. 이 그림에서 양수(+)는 조정된 DL이 수치모델 결과보다 위로 올라와 있는 정도를 cm 단위로 나타낸다.

논의 및 결론

수심 데이터베이스와 실시간 조석 예측치를 결합하여 현장의 실시간 수심을 예측하기 위해서는 수준기준면 데이터베이스가 필수적으로 요구된다. 또한 해도제작에 있어서도 데이터베이스는 필수적으로 요구되는 자료이다. 특히 검조소의 자료만으로는 수준기준

Table 1. Comparison between measured and computed Datum Level(DL) of tidal stations.

Tide Stations	Longitude (dd-mm-ss)	Latitude (dd-mm-ss)	Measured DL (cm)	Computed DL (cm)	Adjustment Factors	Difference (cm)
Pusan	129-02-16	35-05-36	64.90	75.16	0.863	-0.02
Kadokdo	128-48-44	35-01-16	95.30	101.44	0.939	0.03
Jinhae	128-38-27	35-08-47	99.70	110.21	0.905	-0.03
Narodo	127-27-23	34-27-38	191.10	177.82	1.075	0.02
Gomundo	127-18-46	34-01-27	170.00	163.95	1.037	0.07
Wando	126-45-44	34-18-46	200.20	166.73	1.201	-0.02
Jeju	126-31-51	33-30-53	141.70	148.12	0.957	-0.05
Tongyoung	128-26-12	34-49-31	141.00	137.29	1.027	-0.03
Kwangyang	127-45-29	34-54-01	191.10	180.93	1.056	-0.09
Yeosu	127-45-12	34-44-24	180.80	177.69	1.017	-0.02
Sungsanpo	126-55-53	33-28-01	127.20	143.22	0.888	0.02

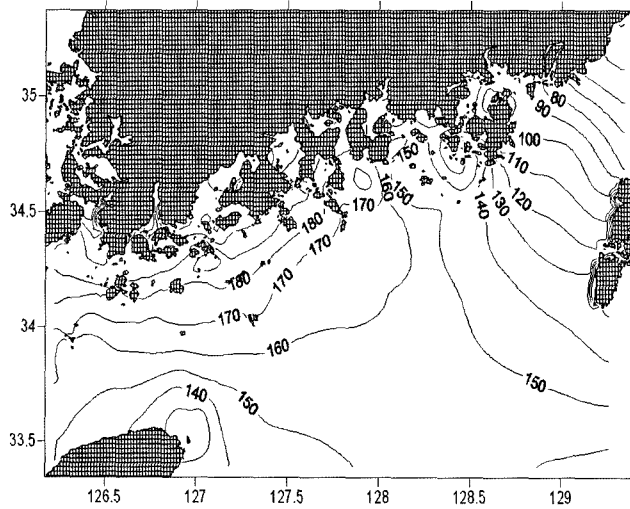


Fig. 7. Adjusted datum level (in cm) by fitting tide model results to the observed DL at coastal TBM.

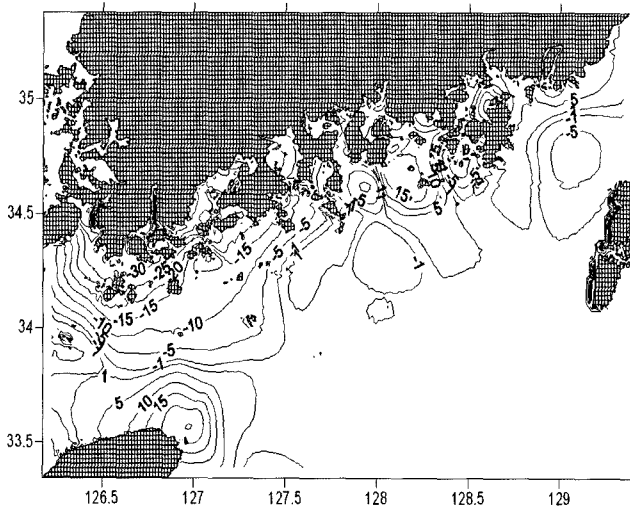


Fig. 8. Difference (in cm) between the adjusted DL and the sum of 4 tidal components. Positive value indicates that adjusted DL is above the sum of 4 tidal components.

면에 대한 보간이 현실적으로 불가능한 외해 해역의 해도제작에 있어서 수준기준면 데이터베이스는 더욱 절실하다. DL을 기준으로한 여해지형자료와 실시간 조석모델(예를 결합하여 해양현장에서의 실시간 수심 정부를 추출하고자 할 경우에도 DL에 대한 데이터베이스는 필요하다.

본 연구는 객관적 방법에 의한 DL 데이터베이스를 제작하는 알고리즘을 제시하고, 이 알고리즘을 이용하여 남해의 DL을 예시적으로 계산하였다. 우리나라 연안연과 인근 외해역에 대한 객관적 DL 제작이 필요하다. 최근에 국립해양조사원에서 수년간에 걸쳐 수행한 배타적경제수역(EEZ)에 대한 국가해양기본도를 제작해오고 있다(국립해양조사원 2003). 객관적 DL 데이터베이스는 국가해양기본도와 같은 외해역 측심자료 뿐만 아니라 연안역 측심자료의 보정에 있어서도 필요하다.

수준기준면 데이터베이스는 조석수치모델과 검조소 실측자료 결합에 의해 만들어지는데, 조석수치모델에서 고려되어야 하는 사항은 아래와 같다.

(1) 1분 격자 데이터베이스를 제작하기 위해서는 전국 연안을 단일 모델로 만들거나, 또는 수심의 영향을 고려하여 천해인 서해와 남해의 모델과 심해인 동해의 모델로 구성되는 2개의 모델로 만드는 것이 바람직하다. 국지적으로 여러 개로 지역을 구분하여 조석 모델을 만들 경우 모델과 모델간 연결 지역에서 조화상수의 '연속성'이 보장되는 방안이 강구되어야 한다.

(2) 조석수치모델 결과로 도출되는 시계열에 대한 조화분석에 있어서 조간대는 특별한 고려가 필요하다. 조간대가 해면 위로 노출되는 기간에는 조석자료가 없게 되므로, 노출시간이 긴 조간대 지역에서는 조석 조화상수를 통상적인 조화분석 방법으로는 결정하지 못하는 경우가 생긴다. 노출시간이 전체 기간의 30% 이하인 조간대 지역에서는 결측자료 포함한 시계열에 대한 조화분석으로 조화상수를 계산하는 것이 가능하나, 노출시간이 이보다 더 긴 지역에서는 조화분석 방법으로 조석조화상수를 결정할 수 없다. 이 지역에서는 만조시의 시계열에 대한 2차다항식 적합(fitting) 방법으로 조화상수를 계산할 수 있다.

(3) 조석수치모델에 있어서 4대 분조 각각에 대하여 별도의 모델링을 수행해야만, 조간대에서 2차다항식 방법에 의한 조석조화상수 계산이 가능하다. 분조별로 독립된 조석수치모델 수행은 조석방정식의 비선형상호작용의 효과를 재현할 수 없는 제약점이 있지만, 조간대 조화상수를 계산하기 위해서는 분조별로 별도의 수치모델

이 필요하다.

(4) 조석수치모델에서 공간대의 조화상수 값은 2차다항식 방법에 의해 결정되어야 하는데, 여기서는 이 방법이 적용되지 않았다. 또한 분조별로 조석수치모델을 수행하지 않고, 4개 분조를 동시에 포함하여 모델을 실행하였다. 앞서서도 언급한 바와 같이, 1분 격자 수위기준면 데이터베이스는 친해인 서해와 남해를 단일 모델로서 만들어야 모델 경계의 '불연속' 문제가 제기되지 않는다.

(5) 연안으로부터 멀리 떨어진 곳에서는 수치모델 결과와 대비할 수 있는 실측 보정값이 없는 외해역에서는 수치모델의 결과를 사용할 수밖에 없다. 수치모델의 결과를 그대로 활용하는 외해역은 연안으로부터 50-100 km 정도 외곽의 해상을 상징하는 것이 적합해보인다. 외해역의 범위를 어느 정도로 잡는가에 따라 해상의 해도수준면 결과에 약간의 차이가 나므로, 이 범위의 설정에 대해서는 더 많은 연구가 필요하다. 하지만 검조소 인근의 해도수준면은 외해역 범위 설정 범위에 무관하게 실측치와 정확하게 일치하도록 할 수 있다.

본 연구에서 제시된 수준기준면 데이터베이스의 값이 검조소로부터 바다 쪽으로 멀리 떨어진 외해역에서 실제와 100% 일치한다고 보증되지 못한다. 하지만 수준기준면 데이터베이스의 '객관적'인 자료를 공유한다는 중요한 일이다. 객관적 또는 공적인 수준기준면 데이터베이스가 있을 경우 훗날 해양관측자료의 증가와 수치모델 기법의 향상으로 이 수준기준면 데이터베이스가 수정될 경우에도 과거의 자료를 새로운 기준에 맞도록 자동적으로 변환하는 것이 가능하다.

사 사

본 연구에 사용된 우리나라 연안역 기본수준점성과 자료를 제공해준 국립해양조사원의 허룡씨에게 심심한 사의를 표한다.

참고문헌

국립해양조사원 측량과, 2003. 국가해양기본도조사, 제주도남부(이 어도 부근), 수로기술년보 2003.

Akima, H., 1978a. A method of bivariate interpolation and smooth surface fitting for irregularly distributed date points. *ACM Trans. Math. Software*, **4**(2): 148-159.

Akima, H., 1978b. Algorithm 526. Bivariate interpolation and smooth surface fitting for irregularly distributed date points [E1]. *ACM Trans. Math. Software*, **4**(2): 160-164.

Akima, H., 1996. Algorithm 760; Rectangular-grid-data surface fitting that has the accuracy of a bicubic polynomial, *ACM Transactions on Mathematical Software (TOMS)*, **22**(3): 357-361, Sept. 1996.

Kang, Y. Q., 1997. Real-time prediction of tidal currents for operational oil spill modelling. In: H. Yu, K.S. Low, N. Minh and D.Y. Lee (editors), *Oil Spill Modelling in the East Asian Region*. MPP-EAS Workshop Proceedings, **5**: 130-141.

Matsumoto, K., T. Takanezawa, and M. Ooe, 2000. Ocean Tide Models Developed by Assimilating TOPEX/POSEIDON Altimeter Data into Hydrodynamical Model: A Global Model and a Regional Model around Japan, *Journal of Oceanography*, **56**: 567-581.

Preusser, A., 1984a. Computing contours by successive solution of quintic polynomial equation. *ACM Trans. Math. Software*, **10**(4): 463-472.

Preusser, A., 1984b. Algorithm 626. TRICP: A contour plot program for triangular meshes. *ACM Trans. Math. Software*, **10**(4): 473-475.

2005년 11월 17일 원고접수

2006년 2월 25일 수정본 채택

담당편집위원: 강석구