

DGPS/Echo Sounder 조합에 의한 호퍼준설량 산정 The Estimation of Hopper Dredging Capacity by Combination of DGPS and Echo Sounder

김진수¹⁾ · 서동주²⁾ · 이종출³⁾

Kim, Jin Soo · Seo, Dong Ju · Lee, Jong Chool

Abstract

In this study, three-dimensional information of submarine topography acquired by assembling DGPS method and echo sounder which mainly used in the marine survey. Moreover, the hopper dredging capacity in harbor public affair has been calculated by utilizing kriging, radial basis function and nearest neighbor interpolation. Also, utilization of DGPS/Echo sounder method in calculation of the dredging capacity have been confirmed by comparing and analyzing the hopper dredging capacity and the actual one as per each interpolation. According to this comparison result, in case of applying kriging interpolation, some 1.89% of error rate has been shown as difference of the contents is 15,364 m³ and in case of applying radial basis function interpolation and nearest neighbor interpolation, 3.9% and 4.4% of error rates have respectively shown. In case the study for application of the proper interpolation as per characteristics of submarine topography, is preceded in calculation of the dredging capacity relevant to harbor public affairs, it is expected that more speedy and correct calculation for the dredging capacity can be made.

Keywords : DGPS/Echo sounder, Kriging, Radial Basis Function, Nearest Neighbor, Dredging Capacity

요 지

본 연구에서는 오늘날 해상측량에서 주로 사용되고 있는 DGPS기법과 음향측심기를 조합하여 취득된 해저지형의 3차원 위치정보를 크리깅(kriging), RBF(radial basis function), 최근린(nearest neighbor) 보간법을 이용하여, 항만공사에서의 호퍼준설량을 산정하였다. 또한, 각각의 보간법에 의해 산정된 호퍼준설량과 실제 준설량을 비교·분석함으로써, 준설량 산정에 있어 DGPS/Echo Sounder 기법의 활용성을 확인할 수 있었다. 그 결과, 크리깅 보간법을 적용한 경우 내용적 차이는 15,364m³로 약 1.89%의 오차율을 나타내었으며, RBF 보간법과 최근린 보간법을 적용한 경우에는 각각 3.9%, 4.4%의 오차율을 나타내었다. 향후, 항만공사에서의 준설량 산정에 있어서 해저지형의 특성에 따른 적합한 보간법 적용에 관련한 연구가 선행될 경우, 보다 신속하고 정확한 준설량을 산정할 수 있을 것으로 기대된다.

핵심어 : DGPS/Echo sounder, 크리깅, RBF, 최근린, 준설량

1. 서 론

우리나라는 지리적으로 삼면이 바다로 둘러싸여 있고, 대양진출과 해저자원 개발 또는 용수공급을 위한 댐의 축조, 해저토목구조물 설치를 위해서 하천, 댐, 해양의 위치

결정과 수심의 측정은 매우 중요하다. 수심측량은 하천이나 해양 또는 필요한 곳에서 수심을 측량하는 것을 말하며, 일반적으로 음향측심기를 이용하고 있다. 특히, 해저지형의 3차원 위치정보를 획득하기 위해 오늘날 계획된 측심선에 따라 DGPS기법에 의한 위치측량과 음향측심기에 의

1) 연결저자 · 정희원 · 부경대학교 대학원 토목공학과 박사수료(E-mail: pksurveying@mail1.pknu.ac.kr)

2) 정희원 · 부경대학교 대학원 토목공학과 공학박사(E-mail: dpsdj@mail1.pknu.ac.kr)

3) 정희원 · 부경대학교 공과대학 건설공학부 교수(E-mail: jclees@pknu.ac.kr)

한 수심측량을 병행하여 실시하고 있다.

음향측심기에 의한 측심은 수면으로부터 초음파를 발사하여 바닥에서 반사되어 올 때까지의 시간을 측정하여 수심을 구하게 되는데 음파의 수중전파 속도는 수온, 염분도, 수압에 따라 변하게 되며 측심 자료에서는 이들에 따라서 보정을 해주어야 한다(Meredith, 1997; 박요섭, 1996). 또한, 음향측심은 측심선상의 지형을 기록함으로써 바닥의 지형을 파악하게 되며, 등심선으로 표시할 수 있다. 그리고 교차되어 있는 측심선에 대해서는 그의 교점에 대한 수심에 의해 관계 위치의 확인이나 수심의 검사를 할 수 있다.

본 연구에서는 DGPS기법과 음향측심기를 조합하여 부산항의 ○○항만공사 현장을 대상으로 해저지형의 3차원 위치정보를 획득하였다. 이렇게 획득된 3차원 위치정보는 크리깅(Kriging), RBF(Radial basis function), 최근린(Nearest neighbor) 보간법을 적용하여 대상구간 내의 호퍼준설량을 산정하였다. 또한, 2003년 7월 24일, 2004년 3월 22일 2회의 DGPS/Echo Sounder 측량성과를 각각의 보간법에 적용하여 산정된 준설량과 실제 호퍼준설량을 비교·분석함으로써, 항만공사의 준설량 산정에 있어 DGPS/Echo Sounder 조합의 활용성을 제시하고자 한다.

2. DGPS 및 Echo Sounder의 원리

2.1 Differential GPS

DGPS는 상대측위법의 하나로서 상대측위에서 사용한 위상공식을 사용하지 않고 단독측위에서 사용한 식 (1)의 의사거리, 즉 PRN Code(C/A 또는 P Code) 관측값을 이용하는 방법이다.

$$\gamma_A^i = \rho_A^i + c(\delta t^i - \delta t_A) + \delta_{Aiono}^i + \delta_{A trop}^i + \varepsilon \quad (1)$$

여기서, 위 첨자는 위성을, 아래 첨자는 수신기를 표시한다.

$\gamma_A^i = c(t_A - t^i)$: 위성 i 로부터 수신기 A까지의 의사거리(m)

t_A : GPS 신호의 수신시간(sec)

t^i : GPS 신호의 송신시간(sec)

c : 진공 속에서의 빛의 속도(m/sec)

ρ_A^i : 위성과 수신기의 기하학적 거리

$$= \sqrt{(X^i - X_A)^2 + (Y^i - Y_A)^2 + (Z^i - Z_A)^2}$$

$(X^i, Y^i, Z^i), (X_A, Y_A, Z_A)$: 위성과 수신기의 위치

δt^i : 위성시계의 오차(sec)

δt_A : 수신시계의 오차(sec)

δ_{Aiono}^i : 전리층 오차(m)

$\delta_{A trop}^i$: 대기오차(m)

ε : 수신기 오차(m)

DGPS는 의사거리, 또는 위상 미분법이라 부르기도 하며 실시간 또는 후처리 3차원 위치측정이 가능하게 한다.

식 (1)에서 전리층 오차 및 대기오차, 수신기 오차 등이 소거되었다고 하면 식 (1)은 식 (2)와 같이 단순화할 수 있다.

$$\gamma_A^i = \rho_A^i + c(\delta t^i - \delta t_A) \quad (2)$$

식 (2)에 단순차법 및 2중차법을 적용하여 다시 정리하면 식 (3) 및 식 (4)와 같다.

$$\begin{aligned} \Delta\gamma_{AB}^i &= [\rho_B^i + c(\delta t^i - \delta t_B) - \{\rho_A^i + c(\delta t^i - \delta t_A)\}] \\ &= (\rho_B^i - \rho_A^i) - c(\delta t_B - \delta t_A) \end{aligned} \quad (3)$$

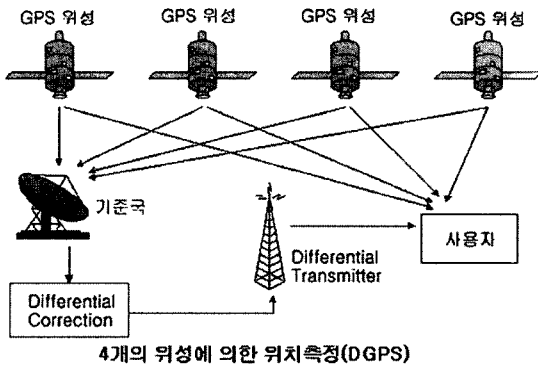
$$\begin{aligned} \nabla\Delta\gamma_{AB}^i &= [(\rho_B^i - \rho_A^i) - c(\delta t_B - \delta t_A)] \\ &\quad - [(\rho_B^i - \rho_A^i) - c(\delta t_B - \delta t_A)] \end{aligned}$$

$$\nabla\Delta\gamma_{AB}^i = (\rho_B^i - \rho_A^i) - (\rho_B^i - \rho_A^i) \quad (4)$$

후처리 DGPS 측량방법은 기지점에 기준수신기를 설치하고 미지점에 원격 수신기를 설치한 다음 각 수신기에서 동시에 최소 4개 이상의 위성을 관측한다. 관측에 의해 얻어진 관측자료는 즉시 컴퓨터에 입력되고 단순차법과 2중차법에 의한 방정식을 통하여 최소제곱법에 의한 계산이 시작되어진다. 기지점 A로부터 미지점 B에 이르는 기선에 대한 벡터변위, $(\delta x_{AB}, \delta y_{AB}, \delta z_{AB})$ 가 계산되고 모든 미지점의 좌표를 기지점에 관련하여 계산한다.

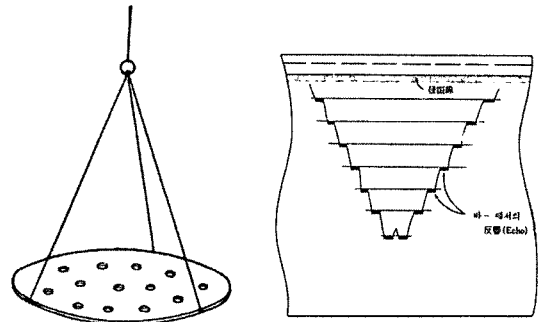
또한 실시간 관측과 실시간 위치결정이 필요할 경우에는 기준점에 대한 주어진 좌표와 계산된 좌표와의 차가 거리와 거리비율을 수정하는데 적용된다. 실시간 관측 시 기준점에는 반드시 거리 수정량의 적정성이 평가되고 계산할 수 있다.

DGPS를 사용한 상대측위에서는 0.1~1m 정도의 정밀도를 얻을 수 있다(조규전, 2003). 그림 1에서와 같이 DGPS는 위치가 미리 측정된 고정국과 이동국으로 구성되어 있으며, 기준국에서 GPS 위성 신호를 수신하여 계산한 위치값과 이미 알고 있는 위치값을 비교하여 오차보정 값을 계산한다.



4개의 위성 에 의한 위치측정(DGPS)

그림 1. Differential GPS



(a) Bar판

(b) Bar-Check 기록지

그림 2

2.2 Echo Sounder

수면으로부터 해저까지의 연직성에 따라 측정된 거리, 즉 수심을 측정하는 작업을 측심이라 한다. 측심의 방법에는 색측심법, 음향측심법 및 수압측심법 등이 있으며, 연속된 초음파를 수면 아래로 발사하면 해저에서 반사된 초음파는 다시 같은 경로를 통하여 발사점에 되돌아온다.

즉, $D = t \cdot V/2$ 일반적으로 음향측심기는 가정 음속 $V = 1500\text{m/sec}$ 를 기준으로 하여 설계되며 실제 수중의 음속은 염분, 수온, 수압 등에 의하여 변하므로 엄밀한 관측값을 구하려면 관측당시의 실제 음속을 구하여 음속보정을 해주어야 한다. 이 밖에도 수심의 기준면과 관측 시 수위 차이를 고려하는 조석보정, 관측 시 수위 차이를 고려하는 홀수 보정 등이 필요하다(서정훈, 2002).

2.2.1 음속도 보정

음향측심의 기준이 되는 수중의 음속도는 온도, 염분, 수압 등에 의해 변화한다. 이 때문에 일반적으로 가정음속도 1500m/sec 를 사용하고 있는 음향측심기에서 취득한 수심치는 측정시의 실효음속도의 차에 의해 생기는 오차가 포함되어 있으며, 이 오차를 보정해야 한다.

실제로 사용되고 있는 음속보정의 방법은 Bar-Check에 의한 방법, 해수의 염분, 온도를 측정하여 계산으로 보정치를 구하는 방법 및 속도계로 직접 음속도를 구하는 방법 등이 있다.

1) Bar-Check법에 의한 보정

항만 및 해안측량, 댐 등의 천해의 측량에는 음속도 보정의 방법이 적당하며, 필요한 기구도 간단하고 제작이 매우 쉽다.

수심 30~50m 미만시의 측량에 사용되며, 필요한 기구는 반사판과 그것을 매달아 내리는 와이어 및 와이어의 권양기로 되어 있다. 와이어에는 반사판을 0으로 하여 30m까지는 2m마다, 그 이상은 5m마다 마크를 붙인다. 심도는 30m까지는 2m마다 30m보다 깊은 곳은 5m마다 그 날의 최대예정심도까지를 상하로 왕복하여 Bar의 방향을 기록한다.

기록된 수심은 음속도, 기차, 홀수량 및 조고에 관한 보정을 함으로써 실수심이 된다.

그림 2(a)는 원판이 원주상의 3점에 원판면이 수평이 되도록 3본의 와이어를 달아 맨 Bar판이며, 그림 2(b)는 Bar심도를 14m까지 2m간격으로 레인지 변환기를 사용하여 Bar의 왕복에 대하여 기록한 Bar-Check 기록지이다(이석우, 1996).

2) 데이터에 의한 보정

측심오차를 알기위해서는 1~2회 정도의 Bar check가 필요하며 Bar check는 정조시 파랑이 없는 때에 수심이 가장 깊은 위치에서 행하는 것이 좋다(이석우, 1996).

실제수심 D 는 평균음속도를 V_m 음파의 왕복시간을 T 라 하면,

$$D = \frac{1}{2} V_m T \quad (5)$$

또, 임의의 수심에서의 음속도를 V 로 하면,

$$D = \frac{1}{2} \int_0^T V dt \quad (6)$$

이므로 식 (5), (6)에 의해

$$V_m = \frac{1}{T} \int_0^T V_e dt$$

로 표시한다.

따라서, 어떤 일정한 깊이(두께)를 가진 층을 생각하고, 이층에서 음속도 V_e 는 일정이라 가정하여 층의 두께를 dD 라 하면, 수심 D 에 있어서 평균음속도 V_m 은,

$$V_m = \frac{1}{T} \sum V_e dt \quad (7)$$

로 표시되며,

$$d_t = \frac{dD}{V_e}, \quad T = \sum d_t = \sum \frac{dD}{V_e}$$

$$V_m = \frac{1}{\sum \frac{dD}{V_e}} \sum V_e \frac{dD}{V_e} = \frac{D}{\sum \frac{dD}{V_e}} \quad (8)$$

로 된다.

따라서, 취득수심의 개정치는 다음과 같이 구하게 된다.

D_0 : 실측된 수심 V_m : 평균 음속도
 D : 실제수심 V_e : 각 층의 음속도
 dD : 각 층의 두께 T : 음파의 전번소요시간
 V_a : 가정음속(1500m/sec) $Corr_0$: 수심 개정치

$$D_0 = \frac{1}{2} V_a T, \quad D = \frac{1}{2} V_m T,$$

$$V_e = \frac{D}{\sum \frac{dD}{V_e}}$$

$$Corr_0 = D - D_0 = \frac{1}{2} (V_m - V_a) T$$

$$= D \left(1 - \frac{V_a}{V_e}\right)$$

$$= D - V_a \sum \frac{dD}{V_e}$$

그러나, $D = \sum dD$ 에 의해

$$= \sum dD - V_a \sum \frac{dD}{V_e}$$

$$= \sum \left\{ dD \left(\frac{V_e - V_a}{V_e} \right) \right\} \quad (9)$$

즉, 각층마다의 개정치 $\left(\frac{V_e - V_a}{V_e}\right)$ 를 계산하여 적용하면 심도마다의 개정치를 구할 수 있다.

2.2.2 홀수(吃水)보정

송수파기의 수면으로부터 일정한 깊이에 잠겨 있으므로 음향 측심기록에 이 홀수량을 더해 주어야 하며, 천해용 측심기에서 홀수량은 일반적으로 0.6~0.8m 정도이다.

홀수량은 일반적으로 음향 표적법을 통하여 구한다. 측량선은 수평으로 유지하며 송수파기 아래로 1m 단위로 2m이상(보통4m)의 위치에 음향 표적을 놓고 그 기록지를 대조하여 홀수량을 구한다(고영호, 1993).

3. 보간법

3.1 크리깅 보간법

크리깅 보간법의 기초는 점들 사이의 분산이 공간에 걸쳐 변화하는 비이다. 이것은 점에서의 값 사이의 평균차가 점 사이의 거리에 따라 어떻게 변화하는가를 보여주는 분산도로 표현된다.

크리깅 보간법은 연구대상인 토양속성의 공간적 변이가 추계학적 표면에 의해서 모형화될 수 있다고 가정한다. 추계학적 표면으로 변화하는 속성은 영역화된 변수라 불리며, 이러한 영역화된 변수는 본질적인 가정을 만족시킨다.

영역화된 변수이론에 의하면 임의변수의 공간적 변이는 세 가지 주요한 요소의 합으로 표현될 수 있다. 세 가지 주요한 요소는 일정한 평균값 또는 다항식 경향과 관계되는 구조적 요소, 공간적으로 상관되는 무작위 요소, 공간적으로 상관되지 않는 잔차이다. 1, 2 또는 3차원에서의 위치를 x 라 하면, x 에서 공간적 변수 Z_i 는 다음의 식 (10)에 의해서 구할 수 있다.

$$Z_i(x) = m(x) + \epsilon'(x) + \epsilon'' \quad (10)$$

여기서, $m(x)$ 은 x 에서 Z_i 의 구조적 요소를 표현하는 결정론적 함수이다. $\epsilon'(x)$ 는 $m(x)$ 으로부터 국소적으로 변화하는 공간중속 잔차를 추계학적으로 표현하는 항이며, 0의 평균과 분산 σ^2 을 가지는 공간독립 노이즈항인 ϵ'' 은 잔차를 나타낸다. 문제를 단순화하기 위해서, 여기서는 $m(x)$ 가 일정하다고 가정하면, 공간에 걸쳐 무작위 함수 $\epsilon'(x)$ 의 변이는 h 의 표본분리에 대해서 아래의 식 (11)과 같이 주어지는 반분산에 의해 요약된다.

$$\gamma(h) = 1/2E[Z_{x+h} - Z_x] \quad (11)$$

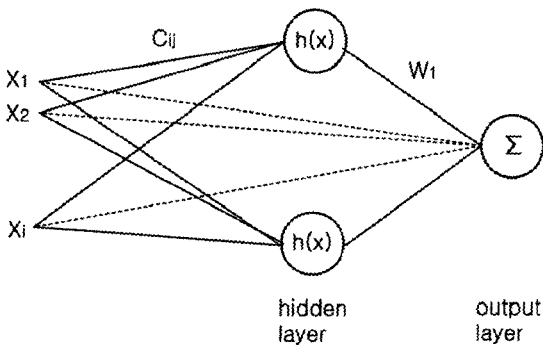
일차원적 횡단에 대해서, 래그 h 의 반분산은 아래의 식 (12)에 의해서 관측된다.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2(n-h)} \sum_{i=1}^{n-h} [Z_{\epsilon+h} - Z_{\epsilon}]^2 \quad (12)$$

여기서, h 는 표본위치 Z_b, Z_{i-h} 의 $(n-h)$ 쌍 사이의 거리이다. 함수는 2차원 또는 3차원에 존재하는 표본위치에 대한 비등방성을 결정하는 것에 대해서 추정될 수 있다. $\gamma(h)$ 를 h 로 변환하는 도표를 실험적 분산도라 한다. 반분산 속성값이 표면 견본위치 지정에 따라 변화하는 방식을 표현하기 위해서, 경험적 분산도를 이용하여 다양한 이론적 모형에 적용시킬 수 있다(유복모, 2001).

3.2 RBF 보간법

RBF 신경망은 입력층과 은닉층이 선형으로 연결되어 은닉층과 출력층만으로 구성된 단층 신경망 형태를 갖고 있다. 단층으로 구성된 모형이기 때문에, 수학적 표현이 명료하고 기존 신경망이 학습알고리즘으로 사용한 gradient descent와 같은 반복적이고 시간소모적인 알고리즘 대신에 역행렬을 사용하여 연산속도가 매우 빠른 장점을 갖고 있다. 그림 3은 가장 일반적인 RBF 신경망의 구조를 도식화한 것이다. 입력층은 단지 은닉층으로 입력값을 전달하는 역할만을 하기 때문에 모든 연결 강도값은 1로 고정되어 있다. 은닉층의 활성화함수는 radial function을 이용하고 은닉층 뉴런의 활성화값과 연결강도 W_i 를 곱하여 선형적으로 합한 값을 출력층 뉴런이 출력한다.



(실선은 smoothing effects를 의미함 : λ)

그림 3. RBF 신경망

$$f(x_i) = \sum_{j=1}^m w_j h(|x_i - c_j|) \quad (13)$$

여기서, h (은닉층 뉴런의 활성화 함수)는 RBF함수를, c_j 는 입력값들의 중심을, w_j 는 연결강도를 의미한다. RBF 신경망에서 활성화 함수로 사용하는 h 는 중심 c_i 에서 멀어질수록 단조증가나 또는 단조감소하는 특징을 갖는 함수를 사용한다. 이와 같은 RBFs로는 Gaussian function, Multiquadratic function, Cauchy function 등이 있다. RBFs는 c_i 와 입력값 x_i 사이의 유클리드 기하학에 근거를 두고 있다. 따라서, 일반적으로 RBFs h 는 거리가 0일 경우에 최대값을 갖게 된다. 가우시안 함수의 경우 중심값 c_i 와 x_i 값이 같을 때 이 함수는 1.0의 값을 산출하고 반면에, t_i 와 x_i 의 값의 차이가 한계범위에 가까워질수록 0에 가까운 값을 산출하게 된다(하성룡, 2002).

3.3 최근린 보간법

최근린 보간법은 새로운 화소 위치에서 가장 가까이 있는 기존 화소의 값을 새로운 위치의 화소값으로 취하는 가장 간단한 내삽법으로, 식 (14)와 같은 관계가 성립한다.

$$O(x, y) = I(i, j) \quad (14)$$

여기서,

i : $(x+0.5)$ 의 정수부

j : $(y+0.5)$ 의 정수부

이 때 $I(i, j)$ 은 입력 격자에서 (i, j) 영상소의 값, $O(x, y)$ 는 출력 격자에서 (x, y) 영상소의 값이다.

이 방법은 새로운 화소값을 만들지 않으므로 입력화상의 자료를 변질시키지 않는 장점이 있지만 영상이 고르지 못하고 가장 가까이 있는 기존 화소를 취하기 때문에 동일한 화소가 여러 번 중복되는 commission효과와 화소가 사라지게 되는 omission효과가 나타날 수 있는 단점이 있다(최준석, 2002).

4. 현장관측 및 결과분석

4.1 관측대상지역

본 연구에서는 호퍼준설공사가 시행 중에 있는 부산항 OO부두를 연구대상지로 선정하였으며, 관측대상지역 전경과 해양탐사선 내·외부의 모습은 그림 4와 그림 5에 각각 나타낸 것과 같다.

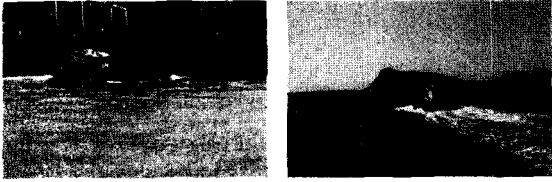


그림 4. 관측대상지역 전경

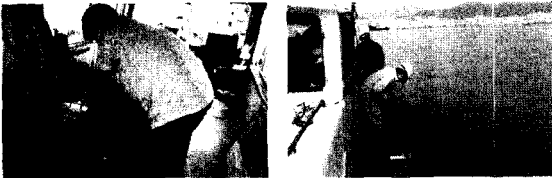
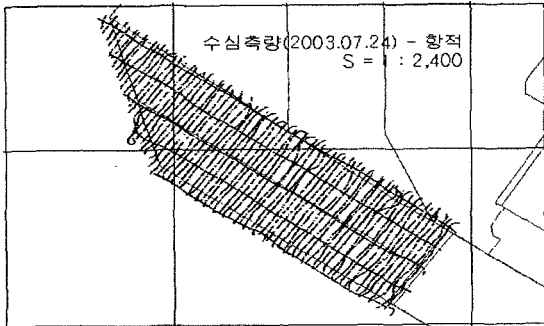


그림 5. 해양탐사선 내·외부

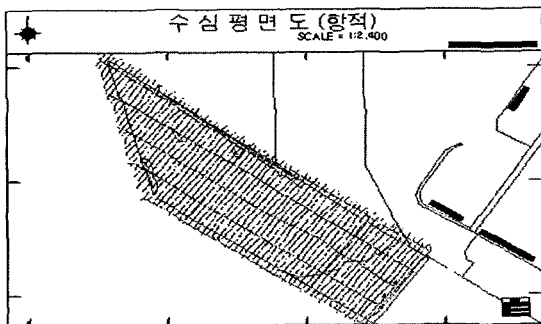
4.2 현장관측

DGPS/Echo Sounder를 조합시켜 수면 상에서 측량을 실시하였으며, DGPS에 의한 평면위치값과 Echo Sounder에 의하여 측정된 수심치를 추출하였다.

또한 준설량의 변화를 산정하기 위해 준설기간을 2003.



(a) 2003년 7월 24일 준설 전 항적도



(b) 2004년 3월 22일 준설 후 항적도

그림 6

7. 24~2004. 3. 22로 정하였으며, 이 기간동안의 실제 호퍼준설량과 2회에 걸쳐 측량을 실시한 데이터로부터 각각의 변화량을 취득하였다. 준설구간에 대한 각각의 항적도로는 그림 6(a)와 그림 6(b)에 나타낸 것과 같다.

표 1. 준설 전 Data

측점	X	Y	Z
1	204847.82	179168.01	14.90
2	204848.02	179168.76	15.01
3	204848.22	179169.51	15.10
4	204848.42	179170.46	15.16
5	204848.62	179171.58	15.26
6	204848.72	179172.46	15.35
7	204848.79	179173.35	15.48
8	204848.85	179174.29	15.49
9	204848.92	179175.46	15.35
10	204849.00	179176.65	15.34
∴	∴	∴	∴
49803	204855.34	179193.20	14.03
49804	204854.31	179191.83	13.91
49805	204853.36	179190.55	13.88
49806	204852.33	179189.16	13.80
49807	204851.53	179188.10	13.69
49808	204850.74	179187.06	13.82
49809	204849.64	179185.64	14.20
49810	204848.59	179184.30	14.14
49811	204847.67	179183.27	14.10
49812	204846.79	179182.32	14.06

표 2. 준설 후 Data

측점	X	Y	Z
1	204847.82	179168.01	14.90
2	204848.02	179168.76	15.01
3	204848.22	179169.51	15.10
4	204848.42	179170.46	15.16
5	204848.62	179171.58	15.26
6	204848.72	179172.46	15.35
7	204848.79	179173.35	15.48
8	204848.85	179174.29	15.49
9	204848.92	179175.46	15.35
10	204849.00	179176.65	15.34
∴	∴	∴	∴
64192	205743.21	178799.86	15.63
64193	205743.57	178800.37	15.55
64194	205743.94	178800.89	15.52
64195	205744.42	178801.56	15.45
64196	205744.85	178802.15	15.48
64197	205745.32	178802.82	15.47
64198	205745.77	178803.44	15.33
64199	205746.16	178803.99	15.28
64200	205746.62	178804.63	15.35
64201	205746.98	178805.13	15.43

4.3 3차원 좌표 취득

관측대상지역에 대하여 DGPS/Echo Sounder 조합에 의한 방법으로 준설 전 데이터 총 49812개와 준설 후 데이터 총 64201개를 취득할 수 있었으며, 준설 전·후의 3차원 좌표 취득결과는 표 1과 표 2에 나타난 것과 같다.

추출을 위하여 DGPS/Echo Sounder 조합으로 취득된 데이터를 보간법에 적용시켰다. 보간법 적용에 있어서는 상용 지형추출 프로그램인 Surfer를 이용하였으며, 각 보간법별로 데이터 처리를 실행한 결과 나타난 3D Surface 형상은 그림 7에 나타난 것과 같다.

4.4 보간법을 이용한 해저지형추출

본 연구에서는 취득된 3차원 좌표로부터 최적해저지형

4.5 결과분석

분석결과 보간법별 실험 결과는 표 3에서와 같이 산출되

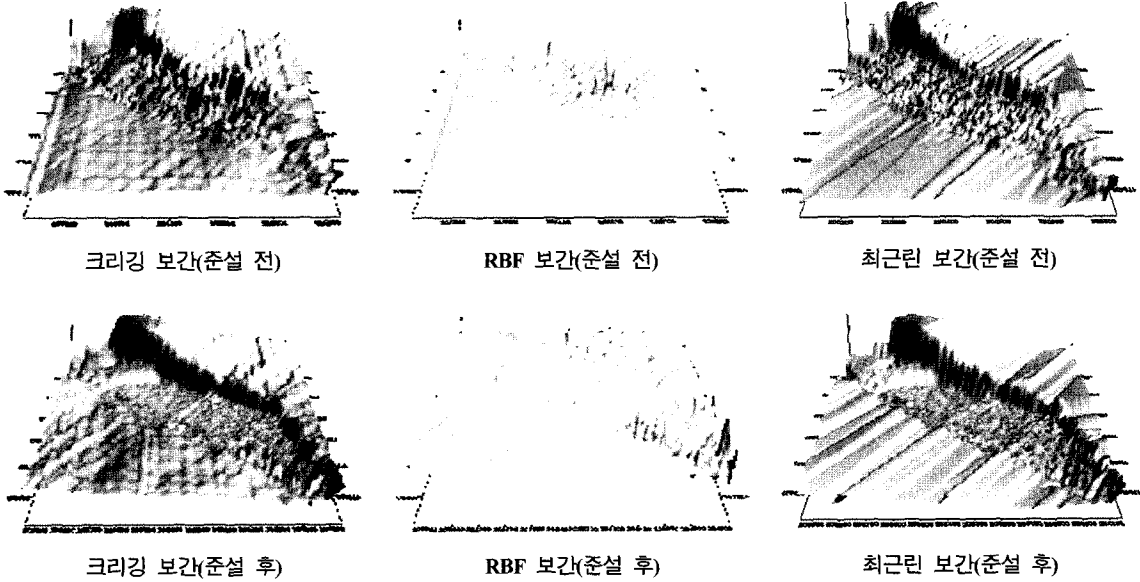


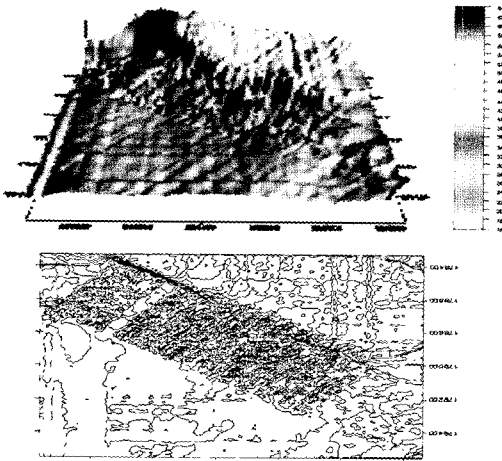
그림 7. 보간법별 3D Surface 형상

표 3. 보간법별 체적 결과값

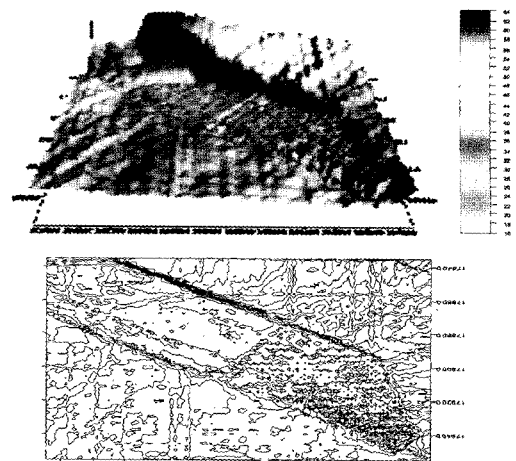
보 간 법	준설 시공 전		준설 시공 후		준설량 (m ³)
	cut	cut-fill	cut	cut-fill	
크리깅	102125433	102125433	101328003	101328003	797430.426
RBF	4214311.93	4123574.93	4937056.73	4904311.53	780736.625
최근린	3799913.37	3799918.47	2951108.13	2951108.13	848810.341

표 4. 실제 준설량

일 자	단 위	작 업 구 역						총 잔여 수량 (m ³)	비 고
		항 로 A		자 성 대 A-1		자 성 대 A-2			
		V1	V2	V1	V2	V1	V2		
2003년 7월 24일	m ³	158,808	27,981	465,396	77,139	142,740	29,482	896,495	
2004년 3월 22일	m ³	45,983	21,046	7,267	7,267	325	6,249	83,701	
준설수량	m ³							812,794	



(a) DGPS와 Echo Sounder 조합에 의한 준설전 형상(2003년 7월 24일)



(b) DGPS와 Echo Sounder 조합에 의한 준설후 형상(2004년 3월 22일)

그림 8

표 5. 보간법별 실제체적과의 차이량

보 간 법	실제체적과의 차이량(m ³)	오차율(%)
크리깅	15363	1.9
RBF	32058	3.9
최근린	36016	4.4

었고, 이를 토대로 표 4의 실제 준설량 데이터 값과 비교·분석하였다. 그 결과 실제 준설량과 가장 근접한 수치를 나타낸 보간법은 크리깅 보간법이었으며, 그 형상은 그림 8(a), 그림 8(b)와 같이 나타났다. 크리깅 보간법 결과와 실제 준설량과의 내용적 차이는 15,364m³로 약 1.89% 오차가 발생하였으며, 또한 RBF, 최근린 보간법은 각각 3.9%, 4.4%의 오차율로 표 5에 나타난 것과 같다.

DGPS와 Echo Sounder의 조합에 의해 취득한 자료의 용량을 준설량 산정에 가용할 것이며, 일정한 시간의 간격으로 작업이 이루어진다면 신속·정확한 데이터를 근거로 작업이 수행될 수 있을 것으로 판단된다.

향후 항만공사에서의 준설량 산정에 있어서 해저지형의 특성에 따른 적합한 보간법 적용에 관련한 연구가 선행될 경우, 보다 신속하고 정확한 준설량을 산정할 수 있을 것으로 기대된다.

5. 결 론

본 논문은 DGPS/Echo Sounder 조합으로 수면위치와 수심을 동시에 연속적으로 관측가능하며, 지형추출 프로그램에 의한 준설량 산정으로 실제체적에 대한 접근이 가능하였다. 이에 대하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. DGPS/Echo Sounder 데이터를 바탕으로 지형추출 프로그램에 의해 취득된 준설량과 실제체적과의 차이가 약 1.89%를 보임으로서 준설량 산정에 DGPS/Echo Sounder 기법의 활용성을 확인할 수 있었다.

2. DGPS/Echo Sounder 작업이 일정한 시간의 간격으로 이루어진다면 신속·정확한 데이터를 근거로 작업이 수행될 수 있을 것으로 판단된다.

3. 항만공사에서의 준설량 산정에 있어서 해저지형의 특성에 따른 적합한 보간법 적용에 관련한 연구가 선행될 경우, 보다 신속하고 정확한 준설량을 산정할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- 고영호 (1993), 음향측심기에 의한 수심측량 연구, 경남대학교 공업기술연구소 연구논문집, 제 11집, pp. 227-234.
- 박요섭 (1996), 다중빔 음향측심 자료 처리를 위한 해저면 맵핑 시스템 개발, 공학석사학위논문, 인하대학교, pp. 8-9.
- 서정훈 (2002), GPS와 음향측심기의 조합에 의한 저수용량 산기 한국지형공간정보학회지, 한국지형공간정보학회, 제 10권,

1호, pp. 29-31.
유복모 (2001), 지형공간정보학, 동명사, pp. 245.
이석우 (1996), 해양측량학, 집문당, pp. 235-259.
조규전 (2003), Geomatics Engineering, 양서각, pp. 399-401.
최준석 (2002), 수치사진측량에 의한 암반사면의 불연속 선구조
분석, 공학석사학위논문, 충남대학교, pp. 17.
하성룡, 박대회, 박상영 (2002), 영상합성을 통한 KOMPSAT-1

EOC의 분류정확도 및 환경정보 추출능력 향상, 한국지리정보
학회지, 한국지리정보학회, 제 5권, 제 2호, pp. 16-24.
Meredith. M. P. (1997), The processing and Application of
inverted Echo Sounder Data from Drake Passage, *Journal of
atmospheric and oceanic technology*, Vol. 14 No. 4, pp.
871-882.

(접수일 2005. 2. 1, 심사일 2005. 3. 12, 심사완료일 2005. 3. 26)