

DGPS/EchoSounder 조합에 의한 호퍼준설량 산정 Calculation of Hopper Dredging Capacity by Combination of DGPS and Echo Sounder

이종출¹⁾ · 이용희²⁾ · 김종원³⁾ · 강윤성⁴⁾

Lee, Jong Chool · Lee, Yong Hee · Kim, Jong Won · Kang, Yoon Sung

¹⁾ 부경대학교 공과대학 건설공학부 교수(E-mail:jclee@pknu.ac.kr)

²⁾ 양산대학 토목조경과 교수(E-mail: yhlee@yangsan.ac.kr)

³⁾ 부산도시개발공사 택지사업부 부장(E-mail:jwon@pudco.ac.kr)

⁴⁾ 부경대학교 대학원 토목공학과 석사과정(E-mail:ys0707@mail1.pknu.ac.kr)

Abstract

This study deals with the estimation of dredged soil-quantity using DGPS&Echo-Sounder method. In measurement of topography, surveyors have been surveying the depth with rod and sounding lead. This method, however, is not effective because of long time and a lot of human power, in addition it is incorrect. This paper has studied on the solution of those problems using DGPS&Echo-sounder data to calculate the dredged soil-quantity. This paper says the effective and economical methods using DGPS&Echo-Sounder data there.

1. 서론

항만공사에 있어서 일반적으로 수심측량은 해상위치결정과 더불어 중요한 작업분야중의 하나로 매우 신중하게 시행하지 않으면 안 된다. 특히 수심측량에 있어서 바다나 하천처럼 대상지역의 수심에 따라 측정방법이 달라지는데, 일반적으로 수심이 얇은 곳에서는 측심봉과 측심추를 이용하며, 수심이 깊은 바다에서는 음향측심기를 이용하여 실시하고 있다.

그러나 넓은 지역에서 측간(rod), 측심연(Sounding lead), 잠수부(Diver)의 투입 등으로 해저상태를 파악하는데 있어서 불필요한 공사비 초래와 data의 신뢰성에 있어서 비효율적인 방법이라 판단되어 본 연구에서는 GPS에 의한 3차원 측위방법이 널리 보급되고 있는 DGPS와 음향측심기를 조합하여 해상수평 위치와 기준면으로부터의 수심을 동시에 관측하는 통합시스템을 적용하여 실시설계당시의 수심측량 데이터와 호퍼준설 후의 지형을 비교하여 준설토량과 해저지형도를 DGPS / Echo Sounder의 조합에 의해 적용함으로써 단시간에 측량자료를 취득할 수가 있었고, 정확도 향상에 기여할 수 있는 방법으로 수심측량의 효율성과 활용방안을 제시하고자 한다.

2. DGPS 및 EchoSounder의 원리

2.1 DGPS 관측원리

근접한 두 개의 GPS 수신기가 같은 위성으로부터 신호를 받아 자신의 위치를 계산할 때 각 수신기의 고유오차와 더불어 공통적인 오차가 있는데, 이 중 오차를 제거하여 보다 정확하게 위치측정을 한다는 것이 DGPS의 기본 개념이다. 이 과정을 단계적으로 설명하면 아래와 같다.

(1) 위성의 관측성이 좋은 열린 공간상에 정확하게 측지하여 기준국(reference station) 역할을 할

GPS 수신기를 설치한 후, GPS 위성에서 신호를 받아 수신기로 계산된 위치를 자신의 위치와 비교하여 보정오차(differential correction error)를 계산한다.

(2) 계산된 보정오차를 주변의 사용자 수신기에 일정한 형식에 맞추어 전송한다.

(3) 사용자는 자신의 수신기에서 계산된 위치값에 수신된 보정오차를 적용하여 두 수신기간의 공통 오차를 제거함으로써, 단독 GPS의 경우보다 정확한 위치를 계산한다.

2.2 EchoSounder의 원리

수면으로부터 해저까지의 연직성에 따라 측정된 거리, 즉 수심을 측정하는 작업을 측심(sounding)이라 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 음속 보정을 해주어야 한다. 이 밖에도 수심의 기준면과 관측 시 수위 차이를 고려하는 조석보정, 관측 시 수위 차이를 고려하는 홀수 보정 등이 필요하다.

2.2.1 음속도 보정

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

실제로 채용되고 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 측량에서 음속도 보정의 방법으로서 적당하며, 필요한기구도 간단하고 제작이 매우 쉽다.

수심 30~50m 미만시의 측량에 채용되며, 필요한 기구는 반사판과 그것을 매달아 내리는 와이어 및 와이어의 권양기로서 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 1은 원판이 원주상의 3점에 원판면이 수평이 되도록 3본의 와이어를 달아 맨 Bar판이며, 그림 4는 Bar심도를 14m까지 2m간격으로 레인지 절환을 사용하여 Bar의 왕복에 대하여 기록한 Bar-Check 기록지이다.

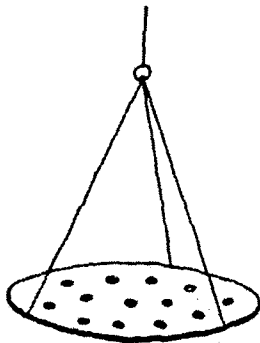


그림 1. Bar판

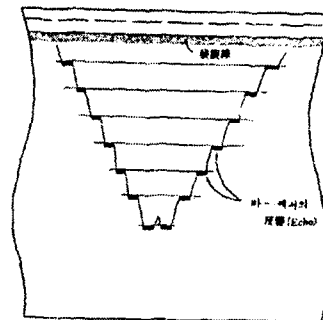


그림 2. Bar-Check 기록지

2) 데이터에 의한 보정

측심오차를 알기 위해서는 1~2회 정도의 Bar check가 필요하며 Bar check는 정조시(靜潮時) 파랑이 없는 때에 수심이 가장 깊은 위치에서 행하는 것이 좋다.

실제수심 D 는 평균음속도를 V_m , 음파의 왕복시간을 T 라 하면,

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

또, 임의의 수심에서의 음속도를 V 로 하면,

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

이므로 식 (1), (2) 식에 의해

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

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,

$$V_m = \frac{1}{T} \sum V_e dt \quad (3)$$

로 표시되며,

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

$$V_m = \frac{1}{\sum \frac{dD}{V_e}} \sum V_e \frac{dD}{V_e} = \frac{D}{\sum \frac{dD}{V_e}} \quad (4)$$

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

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

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

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

2.2.2 흘수(吃水)보정

송수파기의 수면으로부터 일정한 깊이(吃水 Draft)에 잠겨 있으므로 음향 측심기록에 이 흘수량(吃水量)을 더해 주어야 한다.

천해용 측심기에서는 흘수량은 일반적으로 0.6~0.8m 정도이다.

흘수량은 일반적으로 음향 표적법을 통하여 구한다. 측량선은 수평으로 유지하며 송수파기 아래로 1m 단위로 2m이상(보통4m)의 위치에 음향 표적을 놓고 그 기록지를 대조하여 흘수량을 구한다. 음향표적의 깊이를 4m로 하고 기록한 유효 발신선 위치로부터 표적의 깊이가 3.2m로 나타났다면,

$$\text{흘수량} = 4.0 - 3.2 = 0.8\text{m}$$

가 되며 이 값을 음향 표적 기록의 여백에 기입해 두고 실수심 읽기 기준선의 자료로 삼는다.

본 연구에서는 실측한 흘수심 0.15m를 고려하여 수심 보정을 하였다.

3. 관측 및 결과분석

3.1 현장관측

본 연구의 대상지역은 부산항의 000부두로써 DGPS와 음향측심기를 조합시켜 수면상에서 측량을 실시하여 DGPS에 의한 평면위치값(X,Y)을 획득한 자료와 음향측심기에 의하여 측정된 수심치(X,Y,Z)을 추출하였다.

기존의 측량방식과 본 연구의 방식인 DGPS와 음향측심기의 조합에 의한 정확도를 분석하기 위하여 2003년 7월 24일과 2004년 3월 22일 준설성과분을 산출하여 분석하였다. 준설구간에 항적도는 그림3과 그림4에 나타내었다.

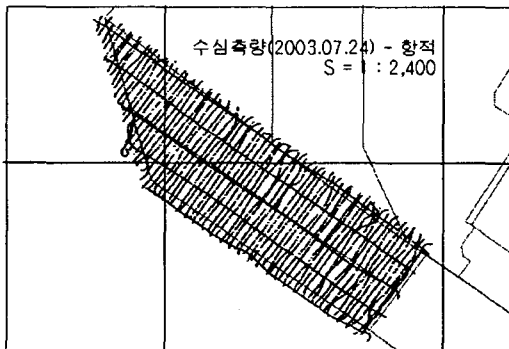


그림 3. 2003년 7월 24일 항적 모습

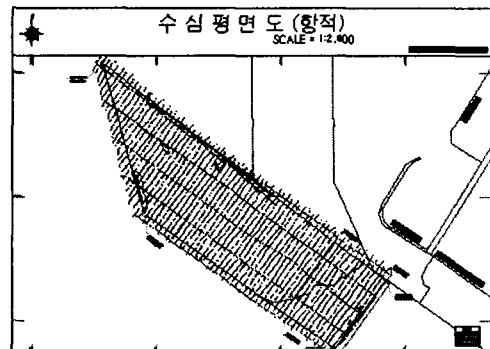


그림 4. 2004년 3월 22일 항적 모습

3.2 결과분석

분석방법은 지형추출 program을 이용하여 지형을 추출하고, 준설량과 DGPS와 음향측심기의 조합에 의한 용량을 비교하였다. 내용적 산출결과는 표5, 표6과 12가지 보간기법 중 해저지형에서 가장 정도가 좋은 Data metric기법을 이용하여 그림5, 그림6에 나타내었다.

표 1. 준설량

일 자	단 위	작 업 구 역						총 잔여 수량	비고
		항 로 A		자 성 대 A-1		자 성 대 A-2			
		V1	V2	V1	V2	V1	V2		
2003년7월24일	m ³	153,808	27,931	465,396	77,139	142,740	29,482	896,495	
2004년3월22일	m ³	45,983	21,046	2,832	7,267	325	6,249	83,701	
준 설 수 량	m ³							812,794	

표 2. 해저지형 추출 후 준설량

일 자	단 위	체 적	비고
2003년7월24일	m ³	102,125,433	
2004년3월22일	m ³	101,328,003	
준 설 수 량	m ³	797,430	



그림 5. DGPS와 EchoSunder조합에 의한 용량(2003년7월24일)



그림 6. DGPS와 EchoSunder조합에 의한 용량(2004년3월22일)

<표1>과 <표2>의 결과를 보면 내용적 차이는 15,364m³로 약 1.89%의 오차가 있는 것으로 분석되었다.

자료수가 많은 DGPS와 음향측심기의 조합에 의해 취득된 자료의 용량을 설계에 이용하여도 무방할 것으로 보이며, 세밀한 지형까지 추출할 수 있을 것으로 보인다.

또, 내용적 추출에 있어 수면하 지형 보간방법이 가마되어진다면 실제에 가까운 지형을 추출할 수 있을 것으로 판단된다.

4. 결론

본 논문은 DGPS&EchoSunder를 이용하여 수면위치와 수심을 동시에 연속적으로 관측하여 수심도와 등고선도를 등고선도를 제작하고, 활용성을 확인하기 위해 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 측심표척에 의한 수심관측시 관측자의 눈금읽음오차, 고무보트의 요동, 홀수선의 미소변화, 관측 위치의 변화등을 고려하더라도, 음향측심기에서 발생할 수 있는 오차요인이 상대적으로 적어 연속적인 수심관측이 이루어진 음향측심기에 의한 관측값이 신뢰도가 높다고 판단되었다.

둘째, DGPS&EchoSounder 데이터를 이용하여 약 1.89%의 차이를 보임으로서 준설량 산정에 DGPS &EchoSounder기법의 활용성을 확인할 수 있었다.

셋째, DGPS&EchoSounder 작업이 일정한 간격으로 이루어진다면 신속·정확한 데이터를 근거로 작업을 수행할 수 있을 것으로 판단된다.

넷째, DGPS&EchoSounder의 조합에 의해 취득한 자료를 이용하여 용량을 추출할 경우 이 자료에 적합한 보간방법이 연구되어지면 실제에 가까운 작업을 추출할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 서정훈, “GPS와 음향측심기의 조합에 의한 저수용량 산정”, 한국지형공간정보학회, 제10권 제1호, 2002
2. 이종출, “동적 GPS 관측에 의한 도로의 평면선형분석”, 한국측량학회지 제19권 제1호, 2001, pp39~45
3. 김종성, “GPS/Echo Sounder 조합에 의한 저수지 지형 추출 기법”, 부경대학교 대학원 석사학위 논문, 2002
4. 서용운, “실시간 DGPS & Echo-Sounding 데이터를 이용한 방파제사석투하 토공물량 확인”, 한국측량학회지 제18권 제4호, 2000, pp343~350
5. 이석우, 해양측량학, 집문당, 1996, pp235~259
6. 고영호, “음향측심기에 의한 수심측량 연구”, 경남대 공업기술연구소 연구논문집 제11집, 1993, pp227~234