

멀티빔(MBES)의 오차보정에 관한 연구⁺

노 정 식* · 최 윤 수** · 윤 하 수*** · 이 유 정****

Establishment Error Calibration Method on MBES

Roh, Jeong Sig* · Choi, Yun Soo** · Yoon, Ha Su*** · Lee, Yoo Jung****

요 약

최근 수심측량 기술은 단일빔음향측심기에서 발달된 다중빔음향측심기가 일반화되면서 우리나라에 인접한 바다와 내륙에 형성된 하천 지역에 대한 정확한 수심측량 및 지형조사에 다중빔음향측심기가 사용되고 있다. 본 연구에서는 현재 널리 사용되고 있는 다중빔음향측심기의 정확도를 검증하고 정확도를 향상시킬 수 있는 검증방법을 수립하기 위해, 외력(파도, 조류 조석)에 의한 영향이 상대적으로 작은 하천지역에서 취득된 데이터의 정확도 분석을 실시하였다. 동일한 위치에서 토탈스테이션과 수위계를 이용하여 취득된 자료를 통해 정확도를 검증한 후 IHO의 허용오차 기준에 부합되는 지 여부를 판단하였다. 분석결과, 수심이 깊을수록 다중빔음향측심기의 측심 오차가 미세하게 증대되는 것으로 나타났으나, IHO 허용오차를 기준으로 특급 성과의 획득은 가능한 것으로 판단된다.

주요어 : 단일빔음향측심기, 다중빔음향측심기, 외력, 수위계

ABSTRACT : Nowadays, a precision multiple-beam epoch sounder is a depth-sounding apparatus, which is widely used especially for the mapping of bottom of the sea in the coastal area and the bed of river. However, there has been no attempt to verify the accuracy of the depth-sounding apparatus with the data obtained through the actual measurement. As a consequence, the efficient and systematic evaluation of the survey results cannot be performed. In this paper, the accuracy of the multiple beam echo sounder is analyzed by comparing the in-situ measurements and reference data. The test results show that the highest level of accuracy, indicated by IHO, can be achieved even though the magnitude of error increases with the depth of water.

Keywords : Multiple-beam Echo Sounder, External force, Water gauge

1. 서 론

우리나라는 지리적으로 바다와 밀접한 관계를 가지고 있으며 물과 밀접한 관계에 있는 우리나라는 오래전부터 수중에 대한 정보를 구축하기 위하여 해저와 하저의 수심측량 및 지형조사를 지속적으로 추진하고 있다. 2000년 이전에는 해저 및 하저의 수심에 대한 정보 및 지형현황 파악을 위하여 싱글빔 음향측심기를 이용한 측량 방법이 수행되었으나 현재는 컴퓨터, 수심측량장

비의 발달로 다중빔음향측심기를 이용한 해저 및 하저의 정밀 수심측량이 수행되고 있다.

다중빔음향측심기는 선박의 안전 항해를 위한 해저의 정확한 수심 및 수중 지형현황을 파악하기 위하여 널리 사용되고 있으며, 경제의 발전과 함께 선박 및 하역작업의 기계화·고속화됨에 따라 발생하는 해양의 해난사고 발생 근원인 해저면 위험요소 조사 등에도 널리 사용되고 있다. 하천의 경우에는 토사 및 침전물의 퇴적으로 인한 저수면적의 변화와 하천바닥에 존재하는 물체의 조사 등에 사용되고 있다. 이와 같이 다목적으로

*국토해양부 해양조사원 조사계획팀(jeong936@hanmail.net)

**교신저자, 서울시립대학교 공간정보공학과 교수(choiys@uos.ac.kr)

***서울시립대학교 공간정보공학과 박사과정(hasu9@uos.ac.kr)

****서울시립대학교 공간정보공학과 석사과정(lj1010@uos.ac.kr)

+ 이 논문은 2009 GIS국제학술대회 '다중빔음향측심기의 오차검증에 관한 연구'를 수정·보완한 것입니다.

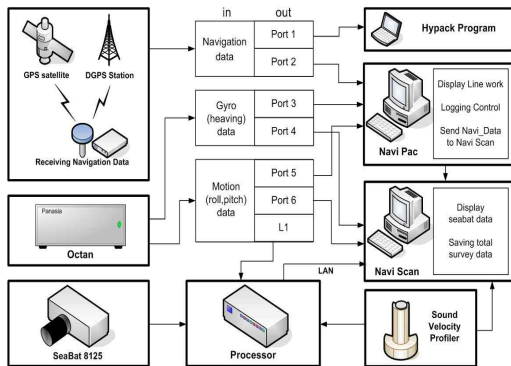
사용되는 다중빔음향측심기에 대한 연구 및 조사는 해양연구원, 지질자원연구원, 국립해양조사원 등 정부기관을 중심으로 시행되고 있다. 2000년대에는 민간해양조사업체에서도 연안에 대한 정밀 조사 및 연구에 다중빔음향측심기를 이용하여 수행하고 있으며, 여러 민간학회에서도 해저면 3차원 정밀 연구를 진행하고 있다. 그러나 이전에 다중빔음향측심기를 이용한 연구 및 조사 수행시에는 다중빔음향측심기에서 취득되는 데이터의 정확도는 장비 스펙 및 S/W에 의한 Calibration의 검증만으로 정확도가 제시되고 있을 뿐, 절대측량성공에 의한 데이터의 정확도 평가가 이루어지지 않고 있다. 본 연구에서는 다중빔음향측심기의 장비 스펙 및 S/W에 의해 정확하게 Calibration 수행 후 취득된 성과를 정확도가 검증된 장비인 토탈스테이션과 수위계를 이용하여 수심별 오차를 규명하고 수심별로 재보정하여 다중빔음향측심 측량성공의 정확도를 제고하고자 한다.

2. 장비의 개요 및 오차

2.1 장비의 개요 및 구성

다중빔음향측심기 시스템은 한 측선의 조사를 통해 해저면의 지형과 퇴적분포 정보를 취득하는 장비로서 고해상도·고분해능으로 넓은 영역에 대한 조사능력을 발휘한다.

다중빔음향측심기는 소나트랜스듀서어레이(array)로 구성되어 각 소나어레이의 위상차(Phase)를 조절하여 지향각(Pointing Angle)을 가지는 빔을 생성할 수 있으며, 음파를 발사할 때에는 현방향으로 넓고, 선수방향으로는 빔 폭이 좁은 부채꼴 모양의 빔을 생성하여 발사하고, 수신할 때에는 그와 직교되는 방향으로 여러 개의 빔을 수신하여 두빔의 직교되는 시점을 관측하여 경사 거리를 측정하게 된다.



[그림 1] 다중빔음향측심기 시스템구성

2.2 장비의 오차

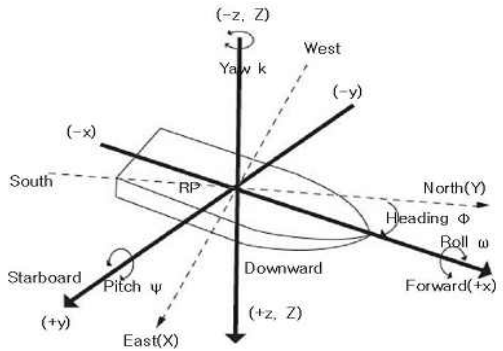
1) 장비의 좌표체계

다중빔 음향 측심기에서 사용하는 선체의 기본좌표 체계에는 데카르트(Cartesian) 좌표체계를 적용한 3축 좌표(x,y,z)이다.

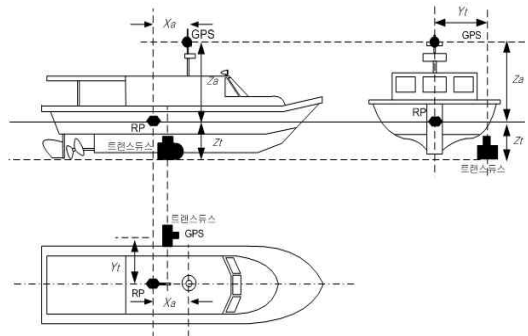
선체는 임의의 원점(RP)을 중심으로 3차원 회전운동을 하게 된다. 선체에 부착된 조향장치인 Gyro, Motion sensor의 관측 기준 좌표체계(x,y,z)는 선수방향을 x축, 현방향을 y축, 선체의 직하방향을 z축으로 설정한다. x축을 기준으로 한 회전을 Roll, y축을 기준으로 한 회전을 Pitch라 한다. 진북을 가리키는 y축과 선수방향(x)과의 차이를 방위각으로 하는 오른손 좌표계방식으로 측정한다.

2) 부가 장치 오프셋

MBES 시스템에서 Sonar Head, Motion, Sensor, 측위 시스템 안테나는 하나의 선체 안에서 다른 위치에 설치된다. 수심성공의 정확도에 영향을 줄 수 있는 부가 장치의 정렬문제를 해결하기 위하여 설치상태를 측정할 수 있는 위치에 시스템을 설치하고 정확한 오프셋 측정을 실시하는데, 이는 매우 중요한 요소이다.



[그림 2] 평면직교좌표계와 선체좌표계



[그림 3] 부가장치 오프셋 구성도

3) 오프셋 오차요소

다중빔음향측심기의 측심 및 측위 결과에 시스템적으로 오차를 유발할 수 있는 요소들로 Roll, Pitch, Gyro 오프셋 등이 있다.

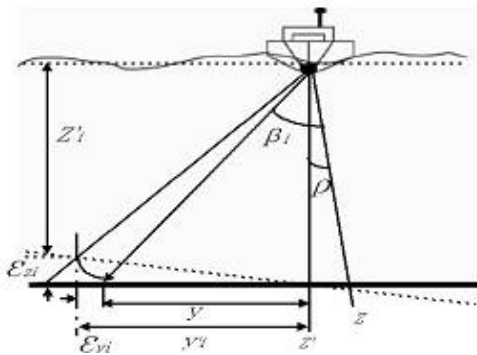
가) Roll 오프셋

Roll 오프셋은 선수방향축을 기준으로 한 회전운동을 의미하며 측심성과에 가장 큰 영향을 끼치는 오차원인 중 하나이다. Roll 오프셋에 의한 측심오차는 외곽범위로 갈수록, 수심이 깊어질수록 증가한다. 또한, 해저면이 평탄한 경우 Roll 오프셋에 의한 측심오차는 빔의 송수신각 및 지향각은 수심에 비례한다.

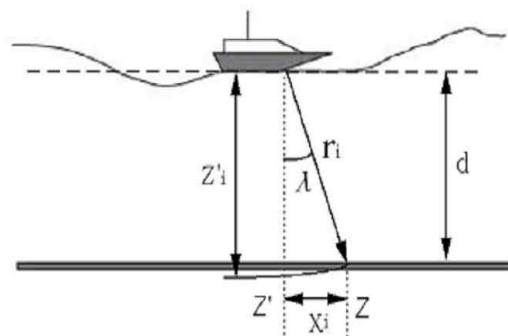
여기서, r_i 는 i 번째 빔 경사거리, β_i 는 i 번째 빔 지향각 ρ 는 Roll 각 변위를 나타낸다.

나) Pitch 오프셋

Pitch 운동은 z축 상의 거리를 증가 혹은 감소시키기 때문에 주사 폭의 변화에 영향을 주어 빔의 선수 방향 수평 및 수직오차를 발생시키며 선수 방향 측심밀도와 연관이 있다. Motion sensor와 Sonar head 사이의 직교방



[그림 4] Roll 오프셋 요소



[그림 5] Pitch 오프셋 요소

향 사이의 각 변위 λ 는 x-z 평면상에 존재한다. Pitch 오프셋의 영향은 천해 혹은 평탄 해저면의 Roll 오프셋에 비해 상대적으로 작다.

여기서, λ 는 Pitch 각 변위이다.

다) Gyro 오프셋

Gyro에서 측정한 선수각 기준과 Sonar head의 x축이 이루는 사이각의 오정렬로 오차가 발생한다. 양방향으로 송신되는 빔들은 Sonar head와 멀어질수록 위치오차는 크게 증가한다.

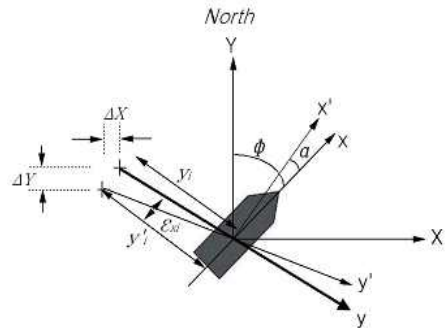
여기서, α 는 선수각 변위를 나타낸다.

3. 현장 적용 및 분석

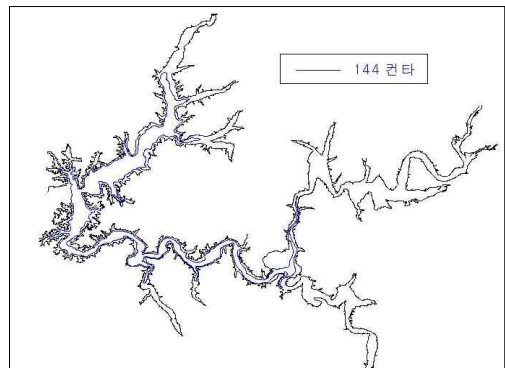
3.1 실험 개요

1) 대상지역

다중빔음향측심기를 이용하여 정확한 수심측량 성과 취득 및 장비의 정확도 확보방안 구축을 위하여 파도



[그림 6] Gyro 오프셋 요소



[그림 7] 연구 대상지역

및 바람 등 외력에 의한 부정확성을 초래하는 지역이 아닌 외력의 작용이 작은 하천지역을 대상지역으로 선정하였다. 본 연구의 상세대상 구역은 하천지역 중 외력에 의한 작용이 가장 작을 것으로 추정되는 임하댐 수역으로 선정하였다.

임하댐 수역은 우안 경북 안동시 임하면 망천리와 좌안 경북 안동시 임하면 임하리이며 유역면적은 1.361km²에 해당된다. 임하댐 수역내에서 다중빔음향측심기로 수행될 지역은 측량의 안전성을 고려하여 조사당시 수심 10m 이상 지역-육상 표고 144m 이하 지역을 대상지역으로 선정하였다.

2) 실험 운용장비

본 연구에 사용된 다중빔음향측심기는 SeaBat 8125 로서 음파생성(Beamforming)기법을 이용하여 데이터를 획득하는 장비로서 발생된 음원은 240개의 빔을 구성한다. 본 연구에서는 보다 정확한 데이터의 취득을 위하여 음속보정, 장비의 offset, 각종 Calibration을 수행하였으



[그림 8] 조사선

< 표 1 > 다중빔음향측심기의 제원

항목	사양	이미지
제작사	미국	
모델	SeaBat 8125	
빔개수	240개	
주파수	455kHz	
정확도	IHO 특등급	
주사폭	120°	
빔당 중 주사각도	1°	
빔당 횡 주사각도	0.5°	

며 다중빔음향측심기의 수행을 위한 전용선박의 중앙 부분에 센서를 부착하여 작업을 수행하였다.

본 연구에 사용된 다중빔의 제원은 <표1>과 같다.

3) 다중빔음향측심기의 정확도

다중빔음향측심기의 수심측량 정확도는 획득된 측심에서 생성과정에 포함된 개별오차들을 제거한 갱정수심(Reduced Depth)의 정확도를 의미하며, 본 연구대상 지역의 조사는 국제수도국 IHO(International Hydrographic Organization)의 정확도 기준에 따라 특등급을 기준으로 수행하였다.

3.2 장비 운용

1) 전처리

가) 조사전 장비 오프셋 측정

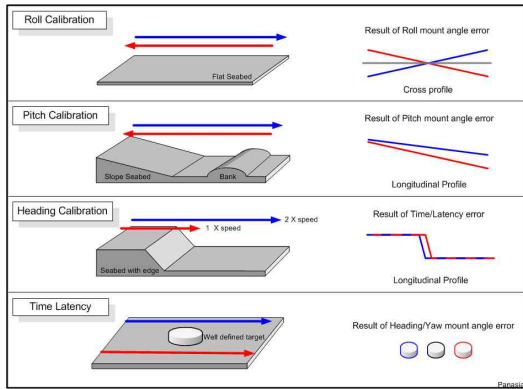
정확한 측심데이터 취득을 위하여 배의 무게중심을 기준으로 가장 가까운 곳에 Octan, DGPS 안테나 및 트랜스듀서를 설치하였으며, 각각 시스템의 고정 Offset은 선박의 무게중심을 기준으로 기본 좌표계의 거리로 NaviPac S/W에 적용하였다. 측량 수행전 선박의 기준점(Reference Point : 선박좌표계의 0점)으로부터 각 장비들의 선수방향, 현방향, 직하방향간의 정확한 설치 위치를 측정하고 그 설치 값을 대입, 정렬상태에 따른 오차 값을 상쇄하였다.

< 표 2 > IHO 규정 특등급 수심별 허용오차범위

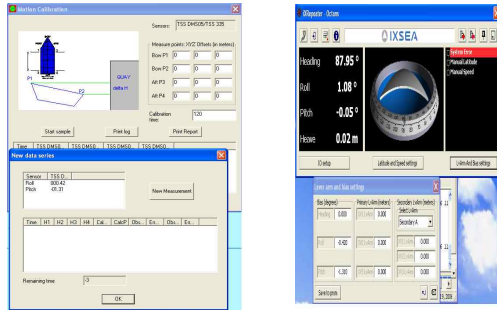
수심(d)	적용 인자	오차범위	비 고
10m	특등급구역 a=0.25m b=0.0075	0.26	단위:m
20m		0.29	
30m		0.33	
40m		0.39	
50m		0.45	
60m		0.51	
70m		0.58	
80m		0.65	
90m		0.72	

< 표 3 > 장비별 보정치

구분	X	Y	Z
DGPS	0m	0m	-2.27m
Octan	0m	0.57m	0m
트랜스듀서	0m	0m	0.27m



[그림 9] Calibration 방법



선박의 거동측정

보정치 대입

[그림 10] 모션 Calibration

나) 다중빔음향측심기의 검교정

측량성가에 가장 영향을 미치는 사항은 Calibration으로 측량 전에 필요한 수심측량을 실시하고 Roll, Pitch, Heading 각각의 보정치를 찾아내어 측정된 수심의 중첩 부분이 최대한 일치하도록 보정하며 그 정도를 확인 후 측량을 실시하였다.

Calibration은 Roll, Pitch, Heading의 순서로 진행하며 측정된 두 성과의 중첩률이 가장 높을 때의 값을 결정하여 보정한다.

다) 모션센서 검교정

모션센서의 0Set의 보정은 모션센서의 정방위측을 보정하기 위한 것으로 모션의 설정 값을 0으로 한 후 일정시간 정지상태에서 선박의 거동을 측정하여 측정된 Roll, Pitch값을 대입하여 선박거동 X, Y축의 0점을 보정하였다.

2) 본처리

본 연구에 사용된 S.V.P(Sound Velocity Profiler)는 Reson사의 SVP15기종으로 표층에서 직접 투하하여 직

하수심 0.5m간격으로 음속이 취득되도록 설정하였다. SVP는 수온, 염분, 저면 재질 등의 변화에 의한 음속을 측정하는 장비로서 조사작업전, 작업중, 작업후의 동일한 시간 간격으로 측정하여 음속을 보정 하였다.

3) 후처리

측량한 Raw Data를 1차 가공하기 위하여 사용된 소프트웨어는 NaviEdit로 이상수심 및 오측심 Data를 소거하고 수위적용, SVP보정 등의 각종 보정 값을 대입하여 각 구역별 수심 Data로 export시킨다.

3.3 성과 및 분석

1) 다중빔음향측심기의 성과

임하댐 저수구역내 지역을 다중빔음향측심기를 이용하여 수심 10m 이상 지역을 대상으로 총 334km를 수행하였으며 취득된 조사 성과는 임하댐 수역내 3D 지형영상도 및 수치지형도 작성 그리고 DEM 자료의 구축 등 여러 자료를 구축 하였다.

임하댐 수역 내 지역은 하천 형성 전 농경지 및 주거 지역의 위치로서 수저부 내에는 아직 여러 형상의 농경지 및 주거지역형태를 다중빔음향측심기의 성과에서 확인 할 수 있었다.

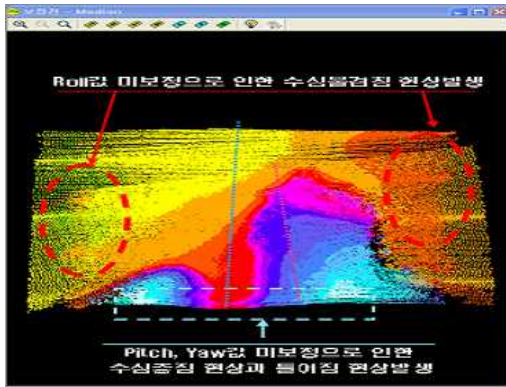
2) 성과 분석

본 연구에서는 대상지역에서 취득된 다중빔음향측심기 성과의 검증 및 새로운 정확도 확보방안을 구축하기 위하여 다중빔음향측심기 성과를 S/W에 의한 검증, 저수 위 지역의 시간 변화에 따른 수위 저하지점을 채택하여 육상측량으로 검증, 수위가 깊은 지역은 수위계를 이용한 성과 검증 등의 다양한 검증을 통하여 취득된 성과의 정확도를 판단하고, 새로운 정확도 확보 방안을 제시한다.

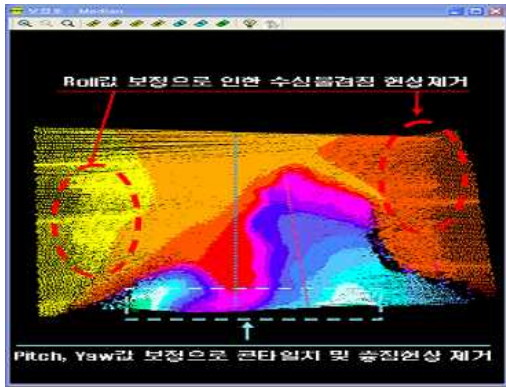
가) S/W에 의한 검증

다중빔음향측심기는 정확한 성과의 취득을 위하여 장비의 Calibration, 음속보정, 수위보정을 실시하여 정확한 성과를 작성한다. 이러한 보정 실시 후 취득된 성과와 보정 전 취득성과의 비교를 통하여 취득된 성과의 정확도 검증을 아래와 같이 실시하였다. 본 연구에서 사용된 S/W의 의한 검증 방법은 국내 및 국외에서도 실시하고 있는 방법으로 현재 다중빔음향측심기를 이용한 성과 검증은 S/W에 의한 보정후의 성과를 토대로 하는 검증방법만이 실시되고 있다.

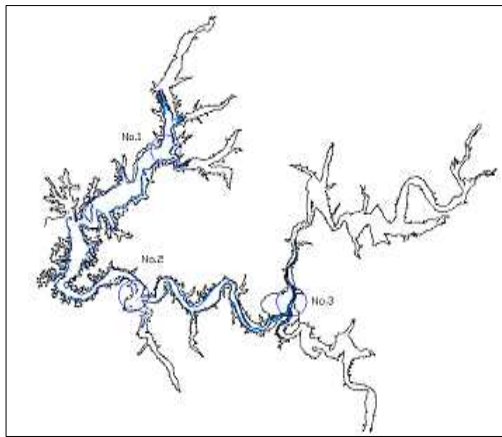
Calibration값 보정전 계곡 능선을 측량한 두 측선의 중첩부 수심값은 불일치가 발생하지만, 보정 후 두 측선



[그림 11] Calibration 보정 전 성과

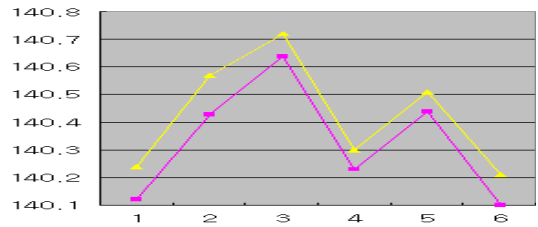


[그림 12] Calibration 보정 후 성과

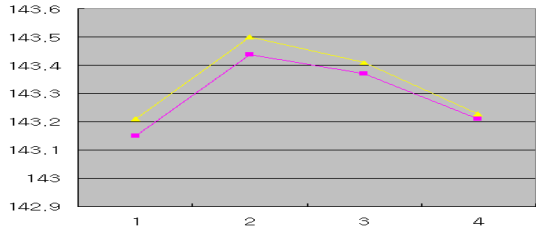


[그림 13] 기준점을 이용한 검증 위치

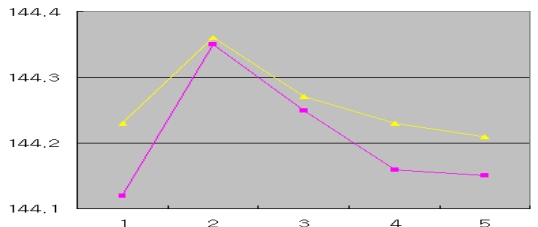
의 중첩부 수심값이 일치하는 것을 [그림 11] 및 [그림 12]에서와 같이 알 수 있다. 그러므로 장비의 Calibration 성과는 정확히 수행되었으므로 Calibration 성과의 재보정은 필요 없는 것으로 확인된다.



[그림 14] No.1지역 검증성과



[그림 15] No.2지역 검증성과



[그림 16] No.3지역 검증성과

나) 기준점을 이용한 검증

본 연구의 대상지역인 임하댐 저수구역은 하천지역으로서 계절별로 9월경에 가장 수위가 높으며, 3월~6월에 수심이 가장 낮은 수위 변화가 발생하는 지역이다. 다중빔음향측심기를 이용한 수심측량은 수위가 가장 높은 9월 말에 작업을 실시하였다. 수위가 낮은 지역의 수심측량 성과의 검증을 위하여 다음해 3월에 수위가 저하된 부분에 대하여 3개 지역을 선정하여 육상기준점을 기준으로 토탈스테이션을 이용하여 중첩이 발생 할 것으로 추정되는 지역 검증을 실시하였다. 선별된 3개 지역은 수심측량 후 수위의 저하가 발생하여 수저부였던 부분이 육상부로 나타날 것으로 예측되는 3개 지역을 선정하였다.

선정된 3개 지역은 [그림 13]에 표시된 임하댐 저수구역내의 임동교 부근, 용계교 부근, 지촌교 부근이다.

육상기준점을 이용한 육상측량 검증 결과 10m 이하의 수심에서 수심측량성과와 육상측량성과의 차는 약 2~15cm의 차이가 발생되며, 평균적으로 수심측량의 성과가 -6cm 낮게 발생되었다.

그러나 검증지역은 경사지역으로서 동일 포인트의 검증이 불가하므로 위의 오차는 거의 없는 것으로 판단된다.

다) 수위계에 의한 정확도 검증

현재수심측량 성과의 검증은 데이터를 이용한 S/W에 의한 검증방법만이 시행되고 있다. 이러한 검증은 수심 깊은 지역을 수심측량기 이외의 방법으로 검증을 실시하기 어렵기 때문이다.

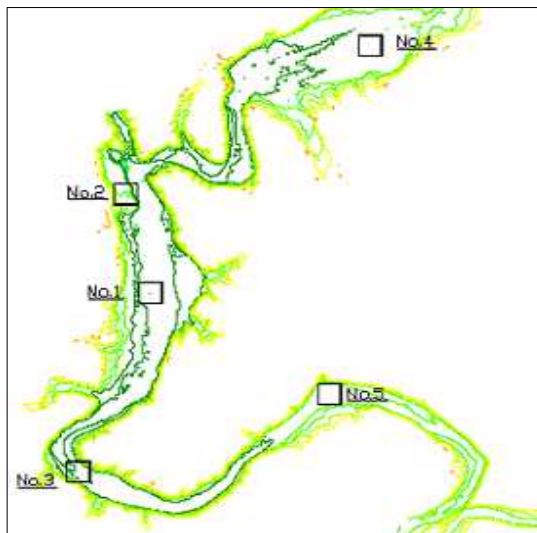
본 연구에서는 수심이 깊은 지역에 대한 검증 방법으로 수위계를 이용한 방법을 연구하였다. 수심측량 성과를 기준으로 수심이 깊은 지역을 차례로 선정하여 수위계를 30분간 1분독으로 작동하여 취득된 성과와 수심측량 성과를 비교 분석하면 수심대에 의한 오차를 판단할 수 있을 것으로 추정한다.

본 검증에서는 수위계를 이용한 검증 방법을 아래와 같이 실시하였다.

- ① 다중빔음향측심기에서 취득된 성과를 기준으로 위치 선정
- ② 위치 오차를 없애기 위하여 동일 GPS 이용
- ③ 높이 30cm 수위계 보호대를 설치하여 표고 30cm 지점에 센서위치 설치 후 수압에 의하여 취득된 높이에서 30cm 보정
- ④ 수위계 투하지점을 반경 5m이내가 동일 수심대를 형성하는 지역 선정

위와 같은 4가지 조건을 가지고 [그림 17]과 같이 수위계를 수위 40m(표고108m), 30m(표고118m), 20m(표고128m), 10m(표고138m), 5m(표고143m) 5개 지점에 설치하여 검증을 실시하였다.

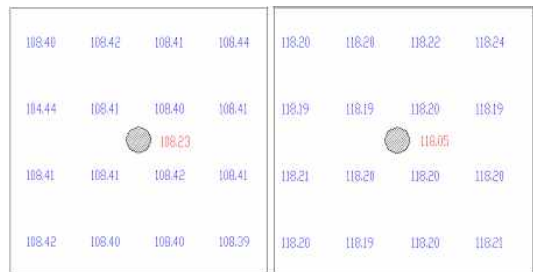
수위계의 정확도는 수심의 0.05%의 정확도를 가지며, 40m에서도 수 cm의 오차를 가진다. 수위계를 이용한 취득성과는 <표 4>와 같다.



[그림 17] 수위계 검증지점

<표 4> 수위계 성과

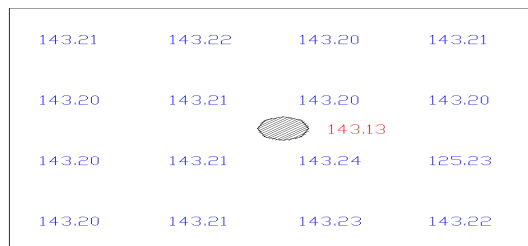
탐 수위		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	수위보정 후	
시간	수위						표고(m)	
10:00	148.1	39.87					No.1	108.23
10:30	148.1	39.88						108.22
11:00	148.1							108.23
11:30	148.1		30.05				No.2	118.05
12:00	148.1		30.05					118.05
12:30	148.1							118.05
13:00	148.1			21.01			No.3	127.09
13:30	148.1			21.02				127.08
14:00	148.1							127.09
14:30	148.1				10.03		No.4	138.07
15:00	148.1				10.03			138.07
15:30	148.1							138.07
16:00	148.1					4.98	No.5	143.12
16:30	148.1					4.97		143.13
								143.13



[그림 18] No.1~No.2 성과검증



[그림 19] No.3~No.4 성과검증



[그림 20] No.5 성과검증

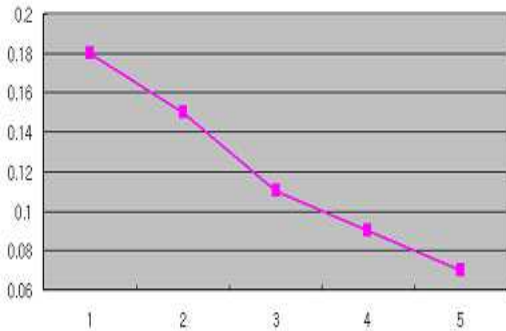
수위계를 이용한 수심측량성과의 검증결과 수심 40m, 30m, 20m, 10m, 5m에서 발생한 수심측량의 오차는 -18cm, -15cm, -11cm, -9cm, -7cm의 차이가 발생함을 알 수 있다. 이러한 성과는 수심이 깊은 지역일수록 오차가 크게 발생하며, 수심이 낮아질수록 오차가 감소함을 알 수 있다.

본 검증에서는 수위계를 설치하면서 국부적인 오차가 일부 발생하지만, 다음과 같이 수심에 따른 방향성의 오차를 가지고 있는 것을 분명히 알 수 있다. 수위계를 이용한 성과검증 시 발생된 수심별 오차를 다중빔음향측심기에서 취득된 성과에 재보정을 통해 새로운 성과의 취득을 이룰 수 있다.

3) 분석결과

본 연구에서 다중빔음향측심자료에 대한 검증을 위해 저수위지역은 육상측량 검증, 고수위지역은 수위계를 이용한 검증을 실시하였다.

<표 5>와 같이 다중빔음향측심기의 자체 보정에 의해 발생한 오차값은 IHO국제 수로기준의 특등급 기준에 만족하는 성과가 나타나지만, 기준점측량과 수위계를 통한 검증 시 수심별로 오차가 발생함을 알 수 있다.



[그림 21] 수위계성과와 다중빔성과의 오차

<표 5> 정확도 기준과 검증 평균오차

IHO 기준(m)		평균오차(m)	
수심(d)	오차범위	기준점-MBES	수위계-MBES
5			0.07
10	0.26	0.06	0.09
15	0.29		0.11
20	0.33		0.15
25	0.39		0.18

4. 결 론

본 연구에서는 해양 및 하천지역에 사용되는 정밀조사 장비인 다중빔음향측심기의 정확도를 검증하고 성과의 정확도를 향상시킬 수 있는 검증방법의 수립을 통해 보다 정확한 성과구축을 위한 새로운 검증 방법을 적용하였다.

첫째, 다중빔음향측심기에 의한 성과의 일반적인 검증 방안인 S/W에 의한 보정 전 성과와 보정 후 성과를 검증하였다.

둘째, 다중빔음향측심기로 측량한 구역의 일부분이 수위의 저하로 수저부에서 육상부로 드러나는 지역에 대해 육상기준점을 기준으로 육상측량 검증하였다.

셋째, 다중빔음향측심기로 측량한 구역 내에 수심이 깊은 지역은 수압에 의해 표고를 관측하는 장비인 수위계를 이용하여 검증하였다.

세 가지 검증 방법을 통해 취득된 결과, S/W에 의한 검증이 완전하게 수행되어도 수심이 낮은 지역에서 수심이 깊은 지역으로 갈수록 오차가 점차적으로 증대되는 것을 알 수 있다. 그러나 검증 방법 중 두 번째 방법과 세 번째 방법을 적용하여 수심별 수심측량 성과의 오차 값을 규명함으로써 수심에 따라 발생하는 오차 값을 수심별로 재 적용함으로써 다중빔음향측심기의 미소한 오차 제거 및 정확한 수면하의 정보를 구축 할 수 있다.

본 연구에서 적용한 다중빔음향측심기의 성과를 검증하는 새로운 방법은 수위의 변화가 발생하는 하천지역 외에도 조위차가 발생하는 서해 및 서남해 지역에서 기준점을 이용하여 육상측량에 의한 검증과 수심이 깊은 해역에서의 수위계를 이용한 검증 방법을 적용한다면 수심별 오차를 규명하여 정확한 성과를 구축할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

강창구, 2003, “제주도 연근해 해역에 대한 수중침적 폐기물 분포 실태조사”, 해양수산부.
 강원수, 2005, “연근해 주요어장에 대한 해양폐기물 분포 및 실태조사(3)”, 해양수산부.
 김연수, 2005, “S & MBES를 이용한 연안측량 정확도 개선 방안 연구”, 부경대학교 대학원 박사학위 논문, pp.23-31.
 김준식, 2009, “해저시설물 조사성과의 정확도 제고”, 한국 GIS학회지 제17권 제1호, pp.103-115.
 박요섭, 2004, “다중빔 음향소해탐사시스템 자료의 오차 분석 및 처리기술 연구”, 인하대학교 대학원 박사학위 논문, pp.23-71.

Gottfried, J.M., Vauk, J.M. & Schrey, E., 1987, "Litter Pollution from Ships in the German Bight", Marine Pollution Bulletin, Vol. 18, No. 6, pp.316-319.
Pruter, A.T., 1987, "Sources, Quantities and Distribution of Persistent Plastics in the Marine Environment", Marine Pollution Bulletin, Vol. 18, No. 6, pp.305-310.

Gilligan, M.R., Pitts, S., Richardson, P.J. & Kozel, T.R., 1992., "Rates of Accumulation of Marine Debris in Chatam County", Georgia Marine Pollution Bulletin, Vol. 24, No. 9, pp.436-441.

접수일	(2009년 10월 6일)
최종수정일	(2009년 11월 3일)
게재확정일	(2009년 11월 26일)