한국측량학회지, 제 27권 제 4호, 2009. 8 : pp. 421~428

ALS와 MBES를 이용한 하천지역 DEM 구축의 정확도 평가

Accuracy Evaluation of DEM Construction for River Region using ALS & MBES

권오철[1] · 권재현[2] · 이지선[3]
Kwon O Chul · Kwon Jay Hyoun · Lee Jisun

Abstract

In Korea, the change of river flux due to seasons change is so considerable because of the mountainous terrain with the sharp slope and leaned rainfall. This unfavorable natural condition and the difficulties in precise grasping of the river status made the water resource management difficult so that the necessity of the precise river management has been continuously increased.

In this study, a precise river-region DEM using the latest equipments of ALS and MBES is constructed. After acquiring DEM from each senor on the river region, a single DEM was generated by combining them. Also, the field inspection was carried out in the overlapped region of ALS and MBES in order to verify the quality of DEM.

The verification of DEM was carried out by comparison between TINs obtained from the combined result of ALS and MBES and the surveying result from total station at more than 10 points in the selected two test areas. As a result, NO.1-area's RMSE of 0.322m and 0.113m are obtained for NO. 1 and NO. 2 areas, respectively. The result of this study shows the feasibility of DEM construction for river region using ALS and MBES as seen in the case of NO. 2 area. At the same time, it was appeared that a better method on the data fusion should be developed as seen in the result of NO. 1 area.

Keywords : ALS, MBES, DEM, Field inspection

초 록

우리나라는 급경사의 산악지형이 많으며, 계절에 따른 집중호우가 나타나므로 하천유량변동의 정도가 매우 크다. 이러한 자연적 조건은 수자원의 관리에 있어 난점으로 작용하고 있으며, 정확한 하천 지역의 현황 파악에 있어서도 현실적으로 많은 어려움이 있기 때문에 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 하천의 현황 파악 및 하천관리의 필요성이 지속적으로 증가되어 왔다.

본 연구에서는 하천의 현황을 파악하고, 관리하는데 적용하기 위하여 ALS와 MBES 측량기술을 이용하여 하천지역에서 DEM 성과를 취득한 후, 그 성과가 접합되는 지역의 단일 DEM을 구축하였으며, 현장검측을 통하여 중첩지역에 대한 성과 검증을 수행하였다. 현장검측은 대상지역 내에서 검정장 2개 구역을 선정한 후, 토탈스테이션을 이용하여 구역 당 10여점을 측정하고 이를 ALS와 MBES데이터를 이용하여 구축한 TIN과 비교하였다. 비교검증 결과, NO.1 검정장의 RMSE는 0.322m, NO.2 검정장의 RMSE는 0.113m로 산출되었다. 이러한 결과는 ALS와 MBES 자료를 융합하여 하천지역의 DEM 을 구축하여 활용하는 가능성을 보였으며 (NO. 2의 경우), NO. 1의 경우에서 나타났듯이 향후 보다 나은 융합 방법에 대한 연구가 필요함을 시사하였다.

핵심어 : ALS, MBES, DEM, 현장검측

1) 범아엔지니어링 과장(E-mail:rokcap@panasia.co.kr)
2) 교신저자 · 정회원 · 서울시립대학교 부교수(E-mail:jkwon@uos.ac.kr)
3) 정회원 · 서울시립대학교 공간정보공학과 석사과정(E-mail:leejs@uos.ac.kr)

1. 서 론

우리나라는 강우가 계절별, 지역적으로 편중되며, 급경사를 갖는 산악지형의 특성으로 인하여 계절적 하천유량 변동이 매우 크게 나타나는데 이러한 자연적 조건은 수자원관리에 매우 불리하게 작용한다. 특히, 연중 고른 강수량을 갖는 외국과는 다르게 계절, 지역적으로 편중되는 강우에 의하여 홍수와 가뭄이 빈발하고 있으며, 평상시에는 하천수량의 부족하여 물을 공급하는데 한계가 있다. 이러한 문제점을 보완 및 해결하기 위하여 하천의 정확한 현황 파악 및 관리의 필요성이 증가하여 왔으며, 더불어 하천현황의 기본 자료를 제공하기 위하여 정밀 하천측량기술의 개선 및 확보와 관련한 중요성이 대두되었다.

하천측량기술은 과거의 도해법에 의한 평판측량 단계와 토탈스테이션에 의한 기준점측량 및 현황측량 단계를 거쳐, 현재는 정밀 GPS, ALS, MBES 등을 이용한 하상부 기준점측량 및 현황측량, 음향측심기를 이용한 하저부 수심측량단계까지 발전하였다. 이러한 발전된 측량기술은 3차원 지형해석(신상철, 2001), 수치지형모형생성(강길선 2004), 홍수 시뮬레이션(심정민, 2005), MBES 오차의 분석(박요섭, 2004) 과 정확도 개선(김연수, 2005) 등의 연구에서 보인바와 같이 보다 적은 인력의 투입만으로도 신속하고 정확한 성과의 산출을 가능하게 하였다.

본 연구에서는 정밀한 하천 지형자료의 구축을 위하여 ALS(Airborne Laser Scanning), 다중빔음향측심기(MBES; Multi Beam Echo Sounder)를 이용하여 하천지역에 대한 조사 측량을 수행하였다. 또한, 획득한 ALS데이터와 MBES데이터 자료를 통합함으로서 하천지역의 DEM을 구축하고, 검정장에서 획득한 자료를 통하여 이를 검증하고자 하였다.

2. 연구대상지역 및 장비구성

2.1 연구대상지 선정

ALS 및 MBES를 이용한 하천지역의 하상 및 하저부분 조사측량 연구를 위하여 그림1과 같이 충주다목적댐 저수구역 일대를 대상지역으로 선정하였다.

그림 1. 연구대상지역

2.2 장비 구성

2.2.1 ALS시스템 구성

ALS(Airborne Laser Scanning) 시스템은 레이저스캐너를 항공기에 장착하여 레이저 펄스를 지표면에 주사하고 반사된 레이저 펄스의 도달 시간을 관측함으로써 반사 지점의 공간 위치 좌표를 계산하여 지표면에 대한 정보를 추축하는 기법이다. 본 연구에서 이용된 ALS 시스템은 Leica사의 ALS50-Ⅱ이며, 위 시스템은 신호를 송출 및 수신하기 위한 레이저 스캐너와 센서의 위치와 자세를 결정하기 위한 GPS 및 INS로 구성되어 있다. 각 장비의 사양은 표 1, 그리고 ALS 장비의 관측 점밀도는 표 2와 같다.

2.2.2 MBES시스템 구성

MBES 시스템은 부채꼴 모양의 음파를 발사하여 한꺼번에 수심 3~5배 폭의 수심을 측정하여 해저면의 형상을 정밀하게 묘사할 수 있는 장비이다. 100KHz 이상의 중심주파수 특성을 가진 음원발생기로 구성된 송신부, 해저면으로부터 반사되어 돌아오는 신호를 수신하기 위한 수신부와 신호처리를 위한 처리시스템으로 구성되어있다. 처리시스템은 정밀한 위치 정보를 획득하기 위한 DGPS, Gyro와 Motion sensor(Roll, Pitch, Yaw) 정보를 획

표 1. ALS 시스템 사양

항목	세부사양
장비명	ALS50-Ⅱ
촬영가능 고도	200m~6000m AGL
수평 및 수직 정확도	비행고도1,000m에서 〈15cm(수평) / 〈11cm(수직) 비행고도2,000m에서 〈24cm(수평) / 〈13cm(수직) 비행고도3,000m에서 〈34cm(수평) / 〈15cm(수직)
스캔각(FOV)	0~± 37.5°
레이저펄스 주사율 (pulse rate)	고도 600m에서 Max. 150kHz 고도 1,500m에서 Max. 80kHz 고도 2,000m에서 Max. 60kHz 고도 3,000m에서 Max. 45kHz
다중반사파 측정	Max. 4 retrurns
반사강도	8bit

표 2. ALS 관측 밀도

격자간격	1m	2m	5m	비 고
점밀도(㎡당)	2.5점	1.0점	0.5점	

득하기 위한 Octan이 있다(박요섭, 2004). 본 연구에 사용한 MBES 시스템은 SeaBat B125이며, 제원은 표 3, 그리고 MBES측량의 IHO(International Hydrographic Organization) 기준은 표 4와 같다.

표 3. MBES 시스템 사양

항 목	사 양
제작사	미 국
모델	SeaBat 8125
빔개수	241 개
주파수	455 kHz
정확도	IHO 특등급
주사폭	120°
최대측심	600 m
최대분해능	6 mm
빔당 종 주사각도	1°
빔당 횡 주사각도	0.5°
자료취득 및 저장 S/W	Navi Scan
자료처리 S/W	Navi Edit

3. 연구대상지역 DEM구축

3.1 ALS DEM구축

정밀한 ALS DEM을 구축하기 위하여 먼저 ALS시스템이 가지고 있는 정오차를 판별하고 보정함으로서 지형의 3차원 위치 좌표값을 계산한다. 이 후, 이동국의 정확한 위치를 파악하기 위하여 촬영대상지역 반경 30km 내에서 사이클 슬립이 최소화 되는 위치에 지상기준국 위치결정 2점을 선정 및 설치하고, GPS장비를 이용하여 기준국에서는 1급, 이동국에서는 4급 현지 측량을 수행하였다.

최종 ALS DEM 성과는 Calibration 및 후처리 과정을 통해 얻어진 데이터를 바탕으로 Bentley사의 Micro Station Ver8.1과 Terrasolid사의 TerraScan, TerraModel 프로그램을 이용(Terrasolid, 2001)하여 결정되었다 (그림 2).

표 4. MBES 측량의 IHO 기준

구분	특등구역	제1등	제2등	제3등
구역 예	항만, 정박지 진입수로등	외항수로 및 진입수로등	~200m 수심구역까지	제2구역까지의 제외구역
수평정밀도 (98%신뢰구간내)	2m	5m + 수심5%	20m + 수심5%	150m = 수심5%
수심의 정밀도 (95%신뢰구간내)	a=0.25m b=0.0075	a=0.5m b=0.013	a=1.0m b=0.023	제2구역과 동일
100%해저면에 대한 조사	강제조항	선택구역	선택구역	-
조사장비제원에의한 해저면의 주사빔면	1m 미만	제1구역과 동일	제1구역과 동일	-
조사라인간격	100% 해저면조사	3*평균수심 또는 25m 피치	3-4*평균수심 또는 200m 피치	4*평균수심

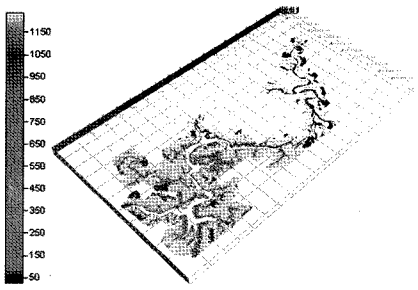


그림 2. ALS측량 성과에 의한 DEM

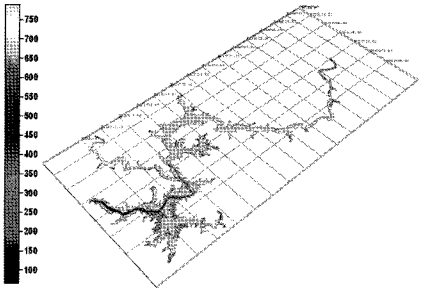


그림 3. MBES측량 성과에 의한 DEM

3.2 MBES DEM 구축

MBES에 의한 DEM은 다음과 같은 과정에 의하여 구축되었다. 먼저, Gyro 및 Motion Sensor와 MBES 트랜스듀서와의 정렬상태에 따른 오차값을 상쇄시키기 위한 보정을 실시하였다. 이 후, S.V.P(Sound Velocity Profiler)를 통하여 충주댐 본댐 입구, 청풍대교 부근, 단양부근 3개소에 수위 차를 산출하고, 임시수위관측소를 설치하여 음속보정 및 수심측량 성과 보정을 위한 수위 보정을 수행하였다. 최종 DEM은 후처리 보정된 데이터를 기반으로 Navipac 소프트웨어를 이용하여 구축되었으며, 그림 3과 같다.

3.3 통합DEM구축

ALS측량 DEM데이터와 MBES측량 DEM데이터를 중첩하여 그림 4.와 같이 하나의 단일된 통합DEM데이터를 구축하였다. ALS측량부분과 MBES측량부분을 10M 이상으로 중복도를 주어 데이터의 중첩부분을 최대한 활용하여 성과의 정확도를 높였다.

4. 취득성과 검증

4.1 현지검증측량 성과

연구 대상자료 획득을 위하여 도입한 ALS 및 MBES 시스템의 성과 검정을 수행하기 위하여 그림 5와 같이 전체 연구대상지역 중 검정장(Calibration Site) 3개소를 후보지로 선정하였으나, 검정장(NO.3)의 경우에 데이터 분석결과 ALS 및 MBES측량 성과의 중첩정도가 적어 적절한 비교 성과를 산출하지 못하여 제외하였다. 따라

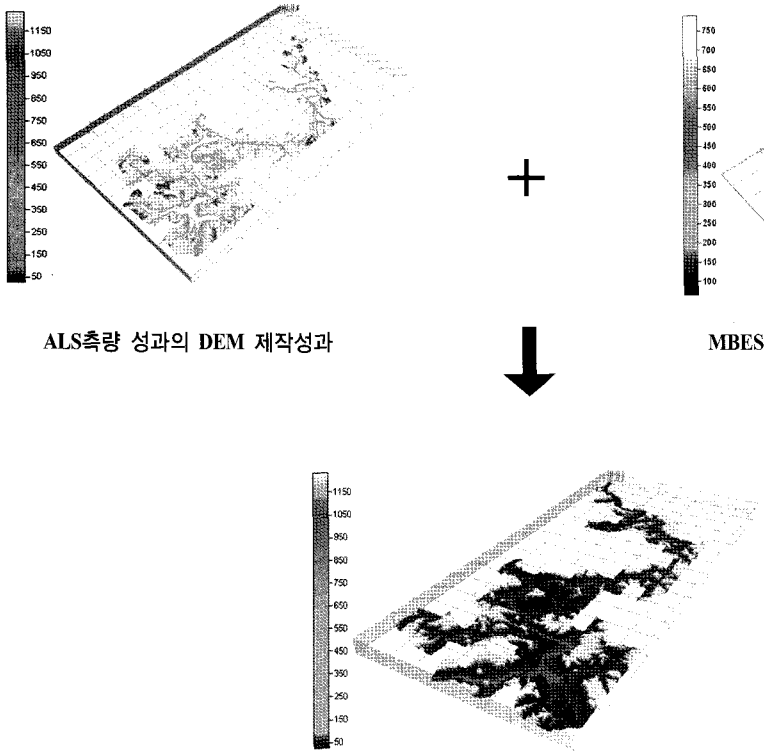


그림 4. ALS와 MBES측량 성과의 DEM 제작성과

서 본 연구에서는 검정장 NO.1과 NO.2 만을 선정하여 검정 대상지역으로 이용하였다. 현지 검증 측량은 선정된 두 검정장에서 ALS 및 MBES를 이용하여 각각의 데이터를 추출하고, 토탈스테이션을 이용하여 두 검정장 내에서 각각 13점과 16점을 측정하는 방법으로 수행되었다.

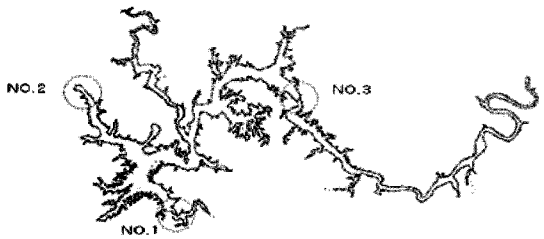


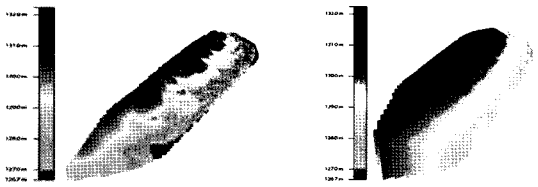
그림 5. 충주댐지역 현지검측 검정장 선정

4.2 ALS 및 MBES측량 성과검증 및 분석

4.2.1 성과 검증

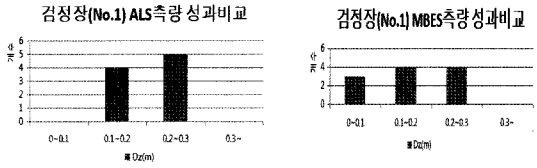
검정장(No.1)에서의 현지측량기준점을 기준으로 하여 ALS데이터와 MBES 데이터로부터 각각 추출한 TIN성과는 그림 6과 같으며, 검측점과 두 데이터의 차이는 ALS에서 평균 0.387m, RMSE 0.398m, MBES에서는 평균 0.131m와 RMSE 0.182m로 계산되었다. 또한, 두 시스템의 성능을 고려하여 만족할만한 정밀도라 여겨지는 20cm를 기준으로 비교한 결과, ALS 성과에서의 차이는 20㎝이내에 36.36%가 분포하고 있으며, MBES는 63.64%가 분포하고 있는 것으로 나타났다 (그림 7).

검정장(No.2)에서의 현지측량기준점을 기준으로 하여 데이터와 비교한 결과(그림 8), ALS 데이터에서는 차이값의 평균이 0.099m, RMSE는 0.119m로 계산되었으며, MBES 데이터에서는 평균 -0.069m, RMSE는 0.167m로 나타났다. 또한, ALS의 데이터에서는 20㎝이내에



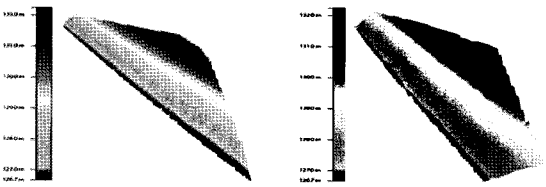
(a) ALS TIN 성과 (b) MBES TIN 성과

그림 6. 검정장(No.1) 측량성과를 이용한 TIN성과비교



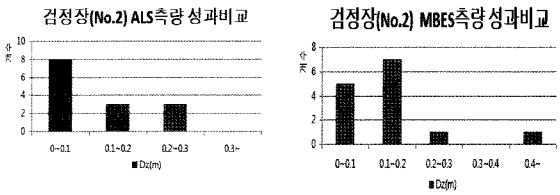
(a) ALS 측량성과비교 (b) MBES 측량성과비교

그림 7. 검정장(No.1) 정표고와 수직위치 차이 분포도



(a) ALS TIN 성과 (b) MBES TIN 성과

그림 8. 검정장(No.2) 측량성과를 이용한 TIN성과비교



(a) ALS 측량성과비교 (b) MBES 측량성과비교

그림 9. 검정장(No.2) 정표고와 수직위치 차이 분포도

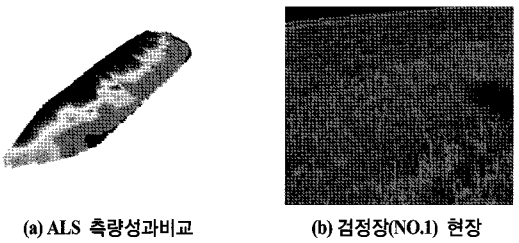
85.71%의 점의 분포를 나타냈으며, MBES 데이터에서는 85.71%가 분포하였다 (그림 9).

4.2.2 성과 분석

ALS와 MBES성과에 대해 현지검측성과와 비교검증을 실시한 결과 검정장(NO.1)에서 ALS성과와 MBES성과의 차이가 상대적으로 크게 발생하였다. 이는 불규칙적인 지표면의 영향 때문에 ALS 성과에 의한 TIN 구성에 문제점이 있었던 것으로 판단된다. 보다 정확한 원인을 분석하기 위해 검정장(NO.1) 인접구역까지 포함하여 ALS성과와 MBES성과 각각의 TIN을 재구성한 결과, ALS TIN에서 불규칙한 형상이 명확히 나타남을 알 수 있었다 (그림 10). 이러한 성과의 불규칙성은 현장사진을 통해 확인할 수 있는데, 검정장(NO.1)의 구역을 살펴보면 약 10~20cm이상의 수풀이 존재하며, 지형입자 역시 모래입자로 되어 있어 물이 빠지면서 발생한 지형적인 변화에 기인한 것으로 판단된다 (그림 11).

(a) ALS TIN 성과 (b) MBES TIN 성과

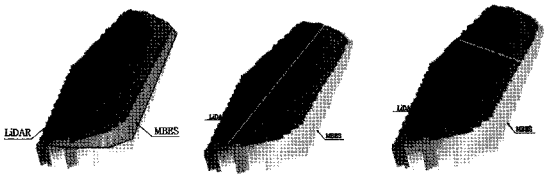
그림 10. 검정장(No.1) 인접구역 ALS성과의 원인분석



(a) ALS 측량성과비교 (b) 검정장(NO.1) 현장

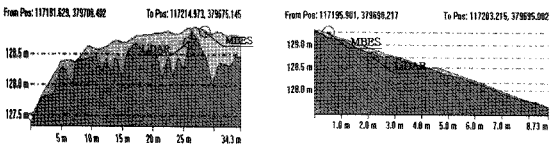
그림 11. 검정장(No.1)의 현장사진 및 ALS성과

ALS와 MBES 성과가 중첩되는 구역에 있어 종단면 및 횡단면 분석을 수행한 결과 (그림 12), 높이와 경사에 있어 큰 차이는 없으나(그림 13) 앞서 언급한 ALS와 MBES의 결과의 차이에서와 동일한 원인으로 인하여 검정장 측량 성과와는 차이를 보인다.



(a) 중첩지역 (b) 종단면 분석 (c) 횡단면 분석

그림 12. 검정장(NO.1) TIN성과 종,횡단면 분석



(a) 종단면 분석 (b) 횡단면 분석

그림 13. 검정장(NO.1) TIN성과 분석

따라서 MBES성과를 기준으로 ALS성과를 추가하여 보간법에 의해 접합지역의 단일 DEM성과를 제작하였다 (그림 14). 그 결과, 그림 13에서 나타난 종·횡단면에 비해 단일 DEM성과는 보다 완만한 형상을 나타내나 (그림 15), 수치적으로는 기존의 ALS 성과에 비해서는 약 8cm 향상되고, MBES 성과에 비해서는 약 21.6cm 저하된 결과를 보였다. 이는 본 연구에서 수행한 융합의 방법이 단순 보간에 의한 것으로 향후 자료의 품질을 고려한 최적의 융합 방법을 적용해야 함을 시사한다.

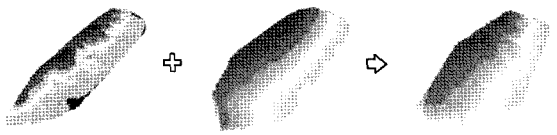
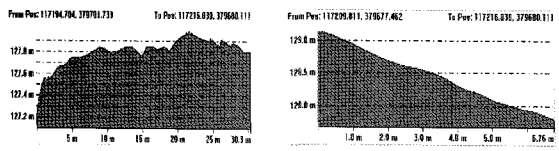


그림 14. 검정장(NO.1) ALS성과와 MBES성과 중첩



(a) 종단면 분석 (b) 횡단면 분석

그림 15. 검정장(NO.1) 중첩성과 종,횡단면 분석

5. 결 론

본 연구에 사용된 ALS측량장비 및 MBES 두 종류의 장비에서 취득된 성과는 각각의 장비 특성 및 작업방법의 차이로 인하여 취득된 성과인 표고에서 국부적인 차이를 발생함을 알 수 있었다.

ALS 측량 데이터의 경우 항공기의 기체 저항으로 발생하는 항력에 의하여 측량장비의 고도유지에 있어서 발생하는 오차와, 산악지역에서 취득되는 오차 요소들에 대하여 필터링 작업이 완벽하게 수행되지 않기 때문에 자료 내에 오차를 내포하고 있다. 이로 인하여 ALS 측량 데이터를 현지 검측점과 비교한 결과 차이에 대한 RMSE 값으로 검정장(NO.1)에서는 0.398m, 검정장(NO.2)에서는 0.119m로 나타났다.

MBES는 측량선의 유체 저항으로 발생하는 측량선 내 측량장비의 보정의 미흡과 측량 후 수위보정에서 발생하는 수위보정 오차를 내포하므로, 현지 검측점을 통한 검증 시 검정장(NO.1)에서의 RMSE 값은 0.182m였으며, 검정장(NO.2)에서는 0.167m으로 산출되었다.

검정장(NO.1) 구역의 ALS성과가 불규칙적으로 나타나는 원인은 수풀지역이 생성된 후 ALS측량을 실시하였기 때문에 ALS측량 시기와 MBES측량시기가 상이하다는 것과 물이 빠지면서 지형의 변화가 나타나 중첩부분의 시작점이 MBES에서 높게 나타났기 때문이다. 검정장(NO.1)구역에서 ALS와 MBES데이터의 표면 분석을 수행한 결과 높이값과 경사값에 차이가 없기 때문에 접합지역의 최종 DEM은 MBES성과를 기준으로 ALS성과를 중첩하여 DEM을 보간하여 구축되었다. 그 결과, ALS 성과보다는 향상되고, MBES 성과보다는 저하되는 결과를 산출하였으며 자료 품질을 고려한 융합 방법의 연구가 필요함을 알 수 있었다.

참고문헌

강길선 (2004), RTK-GPS와 E/S 조합관측을 통한 3차원 위치측량, 한국지적학회지, 한국지적학회, 제 20권, 제 1호, pp. 111-124.

국토해양부 국립해양조사원 (2001), 해양 측량자료처리 및 효율적 관리방안 연구.

김연수 (2005), S & MBES를 이용한 연안측량 정확도 개선 방안 연구, 박사학위논문, 부경대학교, p. 143.

박요섭 (2004), 다중빔음향소해탐사시스템 자료의 오차 분석 및 처리 기술 연구, 박사학위 논문, 인하대학교, p. 232.

신상철 (2001), RTK GPS 측량에 의한 3차원 지형해석, 한국GIS학회지, 한국GIS학회, 제 9권, 제 2호, pp. 309-324.

심정민 (2005), 홍수시뮬레이션 적용을 위한 LiDAR데이터 활용에 관한 연구, 박사학위논문, 성균관대학교, p. 139.

TerraSolid Co. Ltd., (2001), *User Guide(TerraScan and TerraModeler for MicorStation)*, Finland.

(접수일 2009. 6. 10, 심사일 2009. 6. 22, 심사완료일 2009. 8. 6)