

해저지형 표면자료의 GNSS 보정방법에 따른 불확실도 연구*

오치영¹ · 김호용² · 이윤식³ · 최철웅⁴*

Uncertainty Analysis of BAG by GNSS Correction*

Che-Young OH¹ · HO-Yong KIM² · Yun-Sik LEE³ · Chul-Uong CHOI⁴*

요 약

최근 해양분야에서는 해양공간정보의 발전을 위한 범용수로데이터모델 표준인 S-100에 관한 개발과 표준화가 진행되었고, S-100에서는 해도 제작 업무의 효율성과 수심자료의 다목적 활용을 위해 수심과 불확실도, 속성정보가 결합된 BAG 포맷의 S-102(Bathymetric Surface grid) 표준 개발 및 다양한 연구가 진행되고 있다. 선박의 운항에 중요한 수심 정보는 S-102 기반에서 제공됨으로 S-102 제작시 위치정보 보정방법은 수심결정에 중요한 요소이다. 본 연구에서는 국내에서 S-102 제작을 위한 표준화된 방법을 시범 적용하여 수로측량을 실시하였으며, 위치정보의 정확도 비교를 위해 GNSS 후처리 보정방법에 따른 수심 정보의 정확도를 비교하였다. 연구지역의 암반지형 2개소에서 수심을 비교한 결과 남무도 북측 수심은 DL 0.79~0.83m이며, 대호도 동측 수심은 DL 12.63~12.91m로 나타났고, 천소수심의 수평위치 오차는 1m 이내로 확인되었다. 결과적으로 BAG 제작시 위치보정방법에 따른 천소 수심의 오차는 선박의 안전항행에 사용가능한 범위에 있음을 확인하였다. 하지만 수로측량시 선박의 위치에 대한 정확도 검증은 지역특성 및 환경요소에 대한 다양한 추가 연구가 필요할 것으로 판단된다.

주요어: 수로측량, S-102, 해저지형표면, GNSS

ABSTRACT

In the recent marine sector, the development and standardization regarding S-100, which is the universal hydrographical data model standard for development of marine space information, was progressed, and for the effectiveness of marine chart production work and the multi-purpose use of water level data in S-100, S-102(Bathymetric

2019년 06월 04일 접수 Received on June 04, 2019 / 2019년 07월 09일 수정 Revised on July 09, 2019 / 2019년 08월 27일 심사완료 Accepted on August 27, 2019

* 본 연구는 국립해양조사원 수로측량과에서 발주한 2018년도 “연안해역정밀조사(남해군 동부)” 사업의 지원으로 수행되었습니다.

1 한국해양조사협회 Korea Hydrography and Research Association(ocy@khra.kr)

2 해양정보기술 Marine Information Technology Corp

3 국립해양조사원 Korea Hydrographic and Oceanographic Agency

4 부경대학교 공간정보공학과 Dept. of Spatial Information Engineering, PKNUN University

* Corresponding Author E-mail : cuchoi@pknu.ac.kr

Surface grid) standard development and various studies of BAG formats combined with water level and uncertainty, property information is being progressed. Since the water level information that is important in the operation of the ship is provided based on S-102, the calibration method of the location information when producing S-102 is an important factor in deciding the water level. In this study, the hydrographical surveying was conducted by piloting the standardized method for the production of S-102 in Korea, and have compared the accuracy of water level information according to the GNSS post treatment calibration method. As a result of comparing the water level in 2 places in the rocky terrain of the study area, the northern water level of Namu-do was shown as DL 0.79~0.83m, the eastern water level of Daeho-do was DL 12.63~12.91m, and the horizontal position errors of the intermittent sunshine water level were confirmed to be within 1m. As a result, the intermittent sunshine water level according to the location calibration method when producing the BAG was confirmed that it was in the available range for a ship's safe voyage. However, the accuracy verification for the location of the ship when conducting hydrographical surveying was judged that there is a need for a various additional study about regional characteristics and environment factor.

KEYWORDS : *Hydrographical survey, S-102, Bathymetric Surface Grid, GNSS*

서 론

해양공간정보 분야에서는 효율적인 공간정보 제공을 위한 통합 플랫폼으로 e-Navigation을 제안하여 해양공간정보의 고도화를 위해 세부과제를 추진중이다. e-Navigation은 지난 2005년 12월 국제해사기구(International Maritime Organization, IMO) 해사안전위원회(Maritime Safety Committee, MSC) 제 81차 회의에서 영국, 미국, 일본, 노르웨이 등 해사안전 선진 국가들이 공동의제로 도입을 제안하였다. 이후 국제해사기구(International Maritime Organization, IMO), 국제항로표지협회(International Assonciation of Lighthouse Authorities, IALA) 등 국제기구들을 중심으로 지속적인 협의가 진행되어 왔으며(Kim *et al.*, 2015), e-Navigation 도입을 위해 육상과 해상 데이터 통합 활용이 가능한 데이터 처리 표준인 S-100이 개발되었다. S-100 표준은 제품사양의 형태로 개발관련 표시 및 기준에 대해 정의하며, 전자해도 제품사양인 S-101을 비롯한 S-102(수심측량),

S-122(해상보호구역), S-127(해상교통관리) 등이 개발되고 있다(Kim *et al.*, 2017). 범용수로데이터모델 표준인 S-100에서는 해도 제작의 효율성과 수심자료의 다목적 활용을 위해 수심과 불확실도, 속성정보가 결합된 해저지형표면(bathymetric attributed grid object, BAG) 포맷의 S-102 표준을 개발되었으며, 국내의 경우 합리적인 수심정보 제공을 위한 국가 해저지형표면(S-102) 구축방안 연구가 진행중이다. 그 중에서도 선박의 수직거동 파악을 위한 Dynamic Draft 계측 및 불확실도를 계산하기 위한 Quality Control 부분과 수평 품질관리를 위한 GNSS 후처리 방식등이 필수적이다. 수로측량 표준과 해상도를 만족하면서 정확도 높은 해저지형자료를 제작하기 위해서는 정확한 불확실도 산정이 중요하다. 수심은 정확한 값을 알 수 없기 때문에 수로측량에서는 '오차(error)' 라는 용어 대신에 '불확실도(uncertainty)' 라는 용어로 대체하여 정의하고 있다. 불확실도는 수로측량 과정에서 필연적으로 발생하며, 모든 측량 데이터의 이상적인 상황 또는 이론적으로 완벽한 장비를 이용하지 않는 이상 불확실도를 포

함할 수밖에 없다.

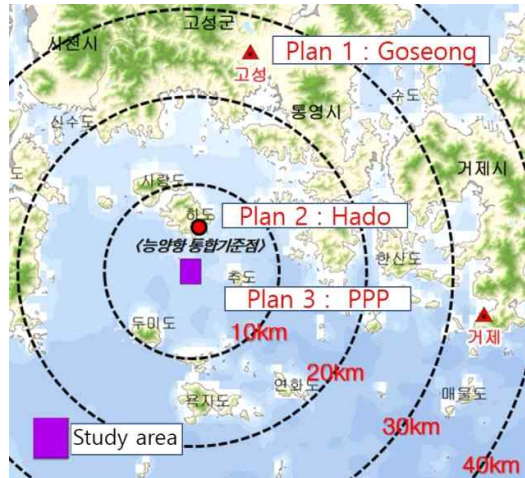
그중에서도 수심의 불확실도에서 중요한 요소인 위성을 활용한 위치측위 방법에 따른 비교 연구가 해상분야에서는 미비하며, 육상의 경우 위치측위 방법에 대한 많은 연구가 진행되었다. 멀티빔자료의 정확도 검증을 위한 연구로 항공 Lidar와 멀티빔 음향측심 자료를 이용한 해상과 육상의 통합 지형공간정보 구축을 위해 타원체 고 좌표변환을 통한 수심정확도 검토 결과 IHO (International Hydrographic Organization)의 수심측량의 정확도(S-44)를 참조로 판단한 결과 오차범위에 만족함을 확인 하였으며(Jae-One, Lee, *et al.*, 2014), PARK *et al.*(2018)은 음향측심기와 GNSS 기반의 수로측량에 관한 연구를 통해 위치결정 방법에 따른 수심 정확도를 객관적으로 분석하였으며, Gaber *et al.*(2002)과 Trimble RTX(2011)에서는 위성-위성 간 단일차분법(single difference, SD)을 활용하여 PPP를 위한 모호정수 해석을 수행한 바 있다. 특히, 모호정수의 실시간 해석을 도모하며 PPP의 측위정확도를 향상 시킬 수 있는 상대공간보정계수를 비차분방적성과 칼만필터링으로 산출할 수 있는 방법이 CNES(center national d' etudes spatiales)의 Laurichesse (2008), Laurichesse *et al.*(2009;2010;2011;2012), Collines *et al.*(2008)에 의해 수행되었다.

또한 상대측위 성과와 정밀절대측위 성과의 위치정확도를 분석한 결과 양호한 편차를 확인하여 정밀위치결정에 있어서의 정밀절대측위의 활용 가능성을 제시(Lee, 2013)하였으며, 전 지구에 분포한 GNSS 해석센터들로부터 산출된 정밀단독측위용 보정여부를 NTRPIP(networked transport of rtcovia internet protocol)를 통해 수신하여 실시간으로 검사점에 개별 및 조합 적용하고 각 경우별 PPP(precise point positioning)와 SPP(standard-point positioning)의 시간대별 정적측위 정확도를 종합적으로 비교분석하여 GNSS 위성에 의한 실시간 정적 정밀절대측위의 정확도를 분석하였다(Gabor and Nerem, 2002).

본 연구에서는 국내에서 연구중인 해저지형 표면자료의 제작을 위해 위치정보자료 보정 적용시 불확실도 산정을 위한 다양한 요인이 작용함을 전제로 GNSS 후처리 보정 방법에 따른 해양공간정보자료의 불확실도(오차)를 비교하였다.

연구 방법 및 결과

연구지역은 경상남도 통영시 하도 능양항 남측 약 7km, 추도 서측 약 6km 위치하고 있으며, GNSS 관측소의 거리에 따른 위치보정 후 처리 방법을 달리하고자 그림 1과 같이 선정하였다. GNSS 후처리는 고성관측소 자료와 능양항 통합기준점에 임시기준점을 설치하여, 기준관측소의 결측 및 비교 자료로 사용하였다. 또한 국제 위성항법시스템 관리국(International GNSS Service, IGS)에서 12~14일 이후 제공하는 정밀력 자료를 이용하여 PPP 방식의 후처리 자료를 적용하여, S-102 기반 수로측량시 위치보정 방법별 수심의 정확도를 비교하였다. 연구를 위해 사용된 장비는 표 1과 같다.



FIGUER 1. Study area

1. 수심 자료 취득

정밀한 수심 자료를 취득하기 위해 모든 장비 및 입력 계수의 적정 값을 국가기관에서 인증

TABLE 1. Equipment and software

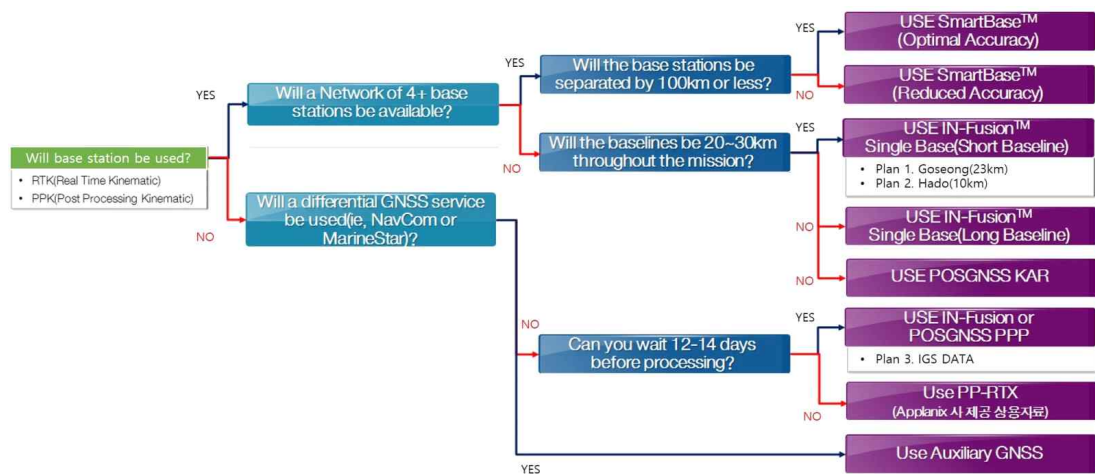
Device	Model	Size	Resolution	Other
MBES	R2Sonic 2022	200~400 kHz	0.5° × 1.0°	IHOS-44 SPECIAL ORDER
SVP	Minos X SVP	1400~1600 m/s	±0.05%FS	0~1000m
Motion-sensor	POSMU, I2MU	-	2cm or 2%	0.03°
DGNSS	POSMU, I2MU	L1/L2, Beacon	0.5~2m'	.
O/S	Qinsy	ver 8.17.1	.	.
	POSMV	ver 8.3	.	.
M/S	CARIS HIPS & SIPS	ver 10.4	.	.
	POSMV MMS	ver 8.3	.	.
DGNSS	Trimble R6	72CH L1/L2	.	V : ±0.25m+1ppm RMS H : ±0.5m+1ppm RMS

후 사용하였으며, 종합적인 정확성 검토를 위해 수로측량 업무규정에 의거 캘리브레이션을 수행한 결과 국제기준에 분류되는 특등급에 해당하는 자료를 취득할 수 있는 시스템을 준비하였다. 멀티빔 시스템은 2주파 DGNSS, 모션센서, SVP 등으로 구성되어 있으며, 작업 전 일일 패치테스트 값을 확인 및 음속도, 흘수(Water line)를 측정하여 적용하였다. 작업 수행 시 음속도는 시·공간적 변화 양상을 달리하므로 시간에 따른 공간을 고려하여 수시로 관측하였다. 측량 선박의 위치확인에는 Hypack S/W, 자료취득은 Qinsy S/W를 이용하였다.

2. 위성자료 취득 및 후처리 결과

해저지형표면자료의 위치보정을 위한 GNSS 후처리 자료의 적용 방법은 3가지로 그림 1과 같이 Plan 1. 과업구역에서 23km 떨어진 고성 관측소의 자료를 제공받아 PPK 방식으로 후처리를 하였다. Plan 2. 과업구역에서 10km 이내 능양항 통합기준점에 임시기준국을 설치하여 정지관측자료를 이용하였다. Plan 3. IGS에서 제공하는 정밀력 자료를 이용하였다.

위치결정 자료처리에 사용된 소프트웨어는 POSMV(Position and Orientation System Marine Vessel)로 후처리는 POSPac MMS



FIGUER 2. Flowchart for GNSS post-processing method(POSPac)

(POSPac™ mobile mapping suite)를 사용하였다.

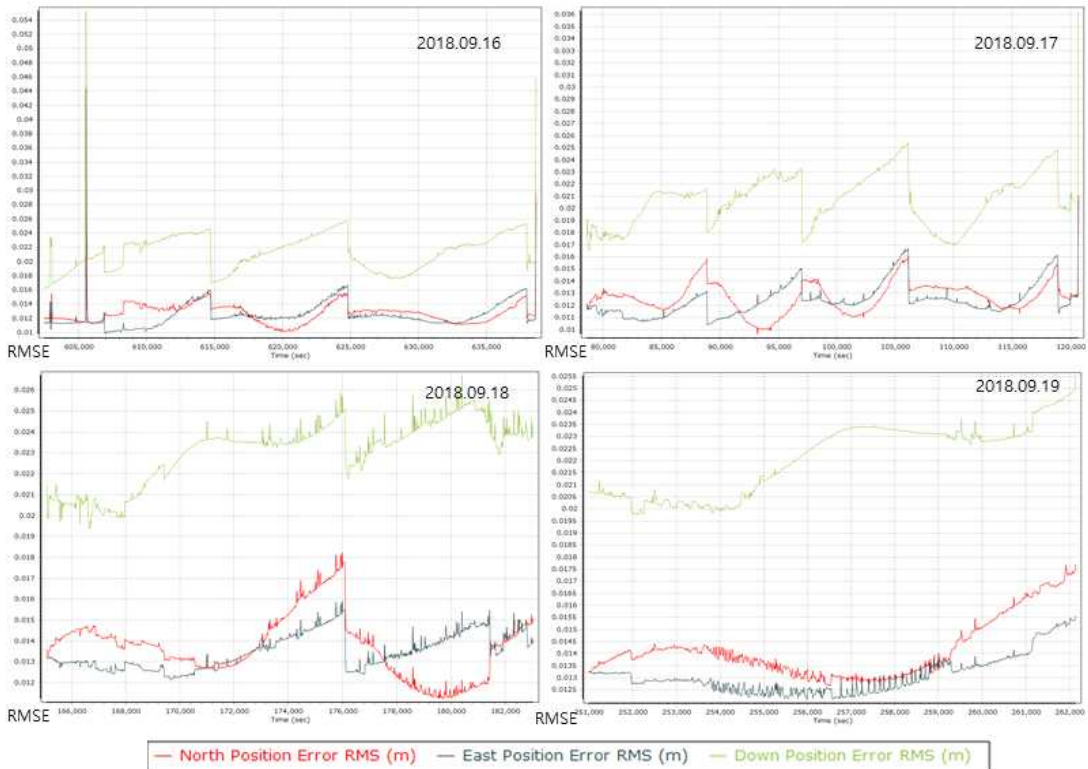
POSMV는 수로측량 및 해양산업 관련 부문에 주로 사용되는 GNSS 기반 관성항법 시스템이며, GNSS 위성으로부터 실시간 제공받은 위치정보와 IMU(Inertial measurement unit)의 가속도계와 각도계에서 측정된 속도 및 자세정보를 기반으로 위치와 선박의 자세를 연산하여 예측하고, GNSS 안테나 주변의 사정에 의해서 GNSS 위치정보가 누락되었을 경우 예측된 정보를 통하여 위치 및 선박의 자세를 연산하여 일정시간(1~3분) 동안 데이터 누락을 방지해준다. POSPac에서 사용되는 관성항법장치 자료를 처리하여 위치 및 자세를 산출하는 방법으로 기록된 위치자료와 자세자료의 RMS값을 이용해 칼만필터에 Error-model을 적용한다. 보정신호의 방법과 RTK 사용 유무에 따라 그림

2 와 같이 몇 가지 방법으로 나누어 위성자료를 처리하였다.

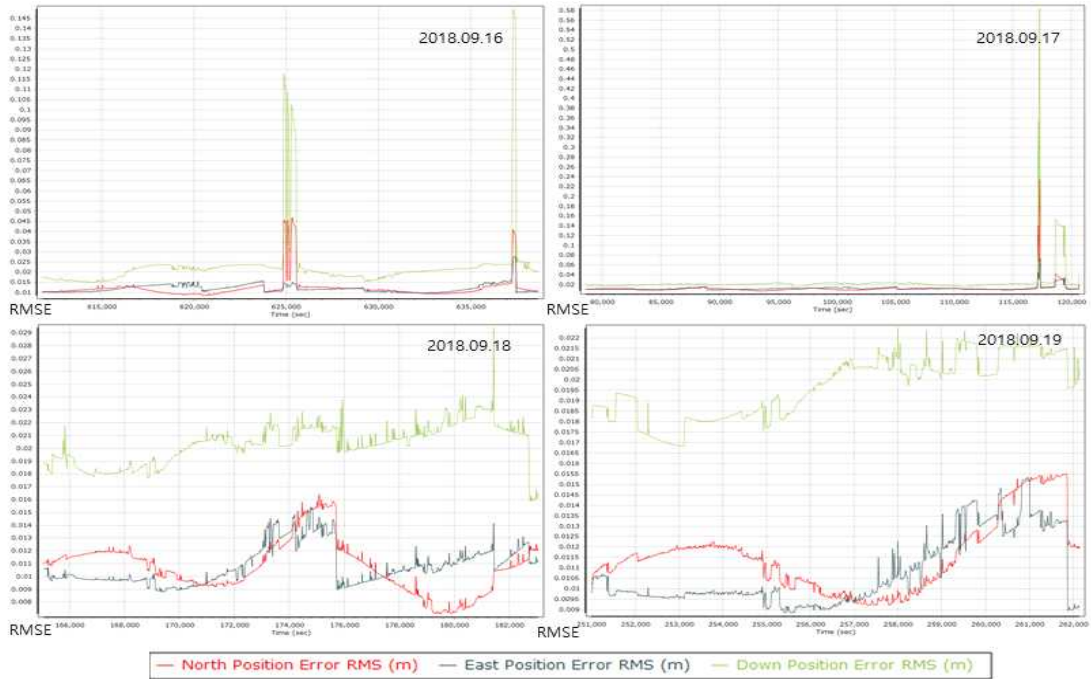
POSPac 후처리 보정 결과 고성관측소 기준 수평 RMS는 2cm 이하이며, 수직 RMS는 3cm 이하로 나타났다. 능양항 임시관측소 기준 수평, 수직 RMS는 3cm 이하로 나타내었다. PPP 자료처리 결과 수평 RMS는 5cm 이하, 수직 RMS는 약 10cm 이하로 PPK방식 보다 비교적 낮은 정확도를 나타내었다.(그림 3, 4, 5)

3. 수심자료 적용 비교

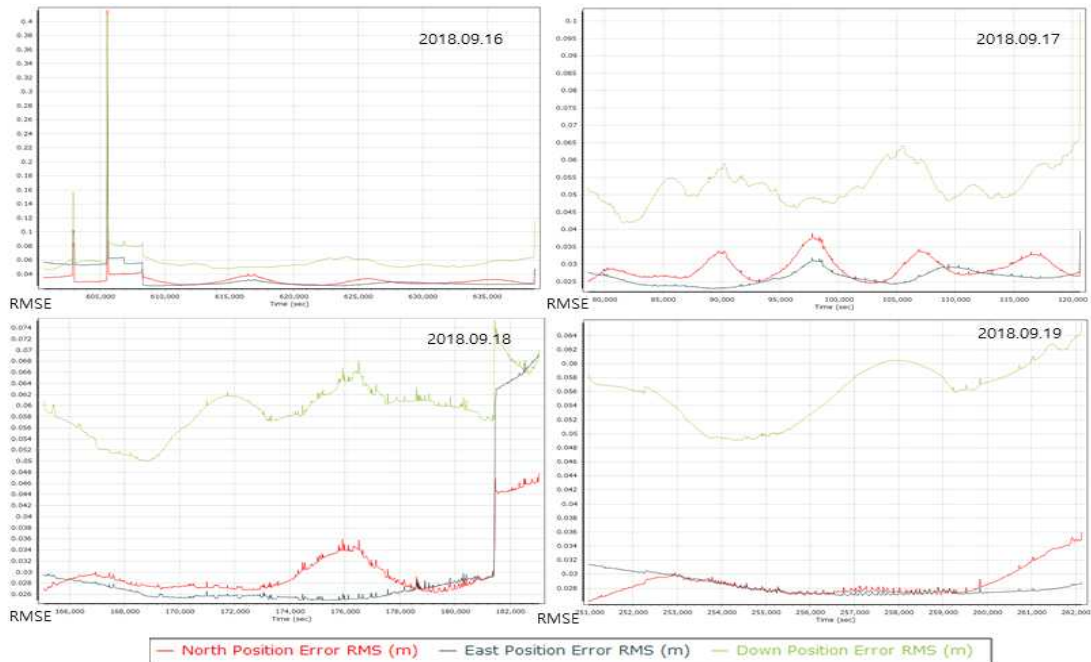
위치정보를 후보정한 3가지 자료와 실시간 방법에 위치보정자료의 항적을 비교한 수평오차 결과 남무도 북측암반지형에서 1.58m, 남무도 동측 평탄지형에서 1.69m, 대호도 동측 암반지형에서 1.13m, 대호도 동남측 평탄지형에서



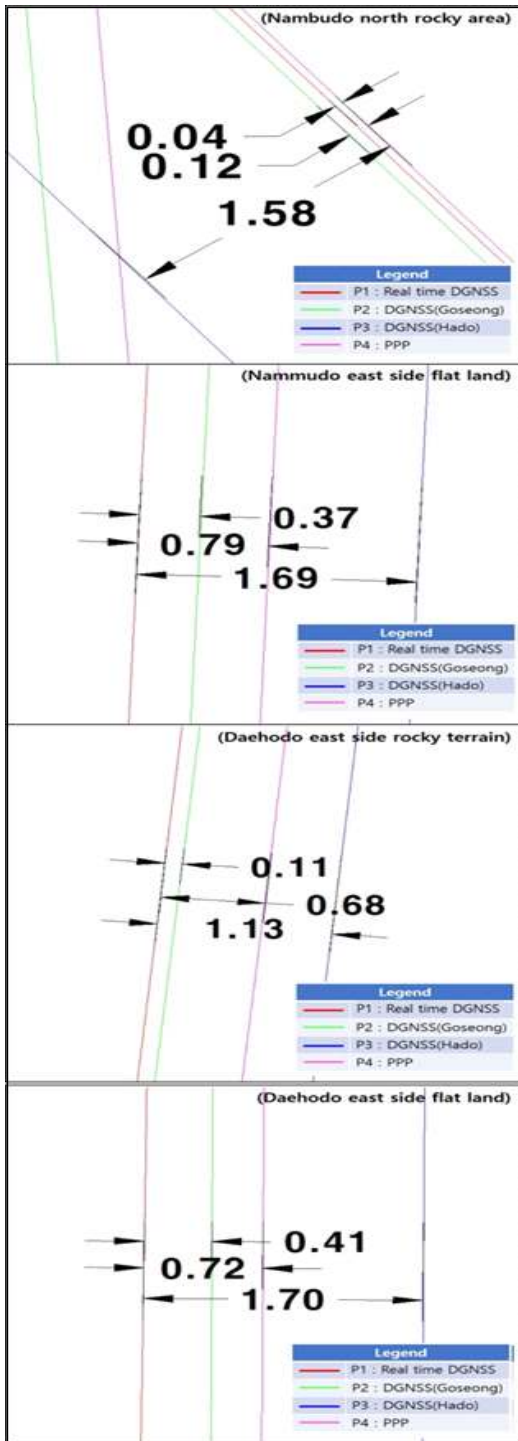
FIGUER 3. Position Error RMS(Goseong for PPK)



FIGUER 4. Position Error RMS(Hado for PPK)



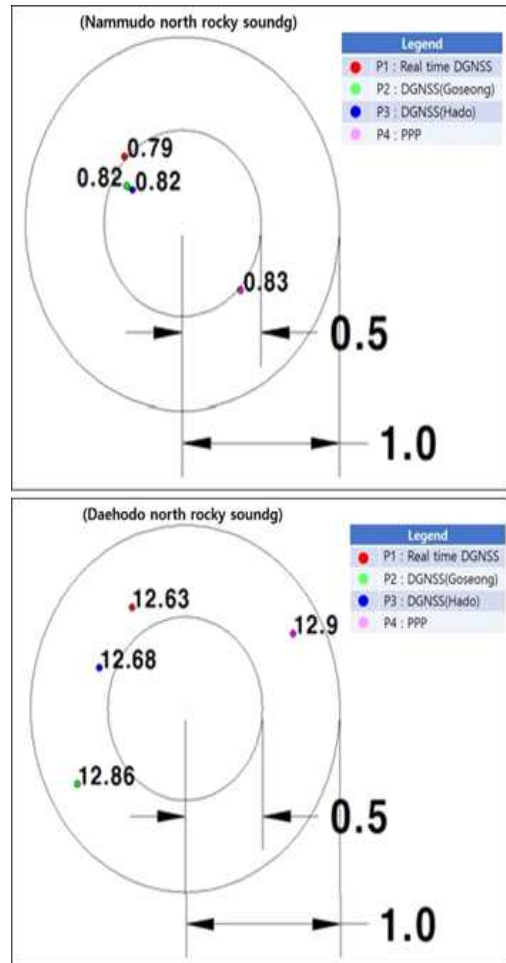
FIGUER 5. Position Error RMS(PPP)



FIGUER 6. Wake-line of Horizontal Error

1.7m로 하도 기준으로 보정된 자료가 큰 편차가 남을 확인하였다(그림 6).

수직오차는 암반지형의 천소 위치 값을 비교한 결과 그림 7와 같다. GNSS 보정된 자료를 기준 실시간방식과 동일한 조건으로 비교하기 위해 국립해양조사원에서 제공되는 조석자료를 적용하였으며, 대표적인 암반지형의 천소를 비교한 결과, 남무도 북측 암반지형의 천소 수심은 DL 0.79~0.83m이며, 대호도 동측 암반지형의 천소 수심은 DL 12.63~12.91m의 수심 단차를 보였으며, 수평오차 범위는 약 1m 이내로 나타났다.



FIGUER 7. Depth of rock mass

결론 및 고찰

본 연구를 통해 해저지형표면 제작시 위치정보 보정 방법에 따른 수심 결정 값의 오차범위를 확인 하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

첫째, 위성자료처리 결과 PPP 방식이 RMS (수평 약 5cm, 수직 약 10cm)가 가장 높은 오차를 나타냈으며, 고성관측소와 능양항 임시관측소의 경우는 RMS 수평 약 2cm, 수직 약 3cm를 나타내었다.

둘째, 수심자료를 비교한 결과, 능양항 자료에서 최대 1.7m 항적의 편차가 발생하였으며, 천소 수심의 경우 남무도 북측암반에서 4cm, 대호도 암반에서 28cm 편차가 확인되었다. 또한 천소 수심의 수평오차는 최대 1m 이내로 확인되었다.

셋째, 후보정된 위성자료처리 결과 및 항적자료, 천소수심의 편차를 비교한 결과 종합적으로 고성관측소 자료를 활용한 방법이 통계적 우위에 있음을 확인할 수 있었다.

위치보정 방법선택에 있어 수심결정은 해양이라는 특수성으로 인해 GNSS 기준국 범위에 따른 거리 제약이 광범위 수로측량시 거리에 따른 위치보정방법을 고려할 필요가 있다. 또한 수심 결정 및 불확실도 평가에 있어 위치보정방법에 의한 영향이 절대적이지 않음을 확인하였으며, 수심 정확도 향상을 위한 다양한 연구가 필요할 것이다. **KAGIS**

REFERENCES

- Collins, J.P., F. Lahaye., P. Heroux., and S. Bisnath. 2008. Precise point positioning with ambiguity resolution using the decoupled clock model. Proceedings of the Institute of Navigation International Technical Meeting OIN GNSS. Savannah Georgia USA pp.1315–1322.
- Gabor, M.J., and R.S. Nerem. 2002. Satellite –satellite single–difference phase bias calibration as applied to ambiguity resolution. *Navigation* 49(4):223–242.
- Kim, S.Y., H.C. Lee, G.W. Lee and H.J. Lee. 2015. Study on the application measures of e–navigation in maritime fisheries sector. Research Project report. Korea Maritime Institute. p.155 (김수엽, 이호준, 이건우, 이혜진, 2015. 해양수산분야 e–Navigation 활용방안연구. 한국해양수산개발원 155쪽)
- Kim, H., C. Mun and S. Lee. 2017. A design of data model for marine casualty based on S–100. *Journal of Digital Contents Society*. 18(4):769–775 (김효승, 문창호, 이서정. 2017. S–100표준 기반 해양 사고 데이터 모델 설계. 디지털콘텐츠학회 논문지 769–775쪽).
- Kang, J. M., Y.W. Lee, M.G. Kim and J.K. Park. 2008. Positional accuracy analysis of permanent gps sites using precise point positioning, *Journal of the Korean Society of Surveying, Photogrammetry and Cartography*. 26(5):529–536 (강준목, 이용욱, 김민규, 박준규. 2008. 정밀절대측위를 이용한 상시관측소 위치정확도 분석. 한국측량학회지 26(5):529–536).
- Lee, Y.C. 2013. Accuracy analysis of absolute positioning by GNSS. *Journal Of The Korean Society Of Civil Engineers*. 33(6):2601–2610 (이용창. 2013. GNSS에 의한 절대측위의 정확도 해석. 대한토목학회 논문집 33(6):2601–2610).
- LEE, J.O., H.W. CHOI, B.Y. YUN and C.Y. PARK. 2014. Integrated Geospatial Information Construction of Ocean and Terrain Using Multibeam Echo Sounder Data and Airborne Lidar Data. *Journal of the Korean Association of Geographic*

- Information Studies 17(4):28-39 (이재원, 최혜원, 윤부열, 박치영. 2014. 항공 Lidar와 멀티빔 음향측심 자료를 이용한 해상과 육상의 통합 지형공간정보 구축. 한국지리정보학회지 17(4):28-39).
- Laurichesse, D. 2011. The cnes real-time ppp with undifferenced integer ambiguity resolution demonstrator, Proceedings of the ION GNSS 2011. Portland. Oregon. pp.654-662.
- Laurichesse, D. 2012. Phase biases estimation for undifferenced ambiguity resolution. PPP-RTK & Open Standards Symposium. March 2012. Frankfurt am Main. Germany. pp.12-13.
- Laurichesse, D., F. Mercier and J.P. Berthias. 2010. Real time ppp with undifferenced integer ambiguity resolution, experimental results. Proceedings of the ION GNSS 2010. Portland. Oregon. pp.2534-2544.
- Laurichesse, D., F. Mercier, J.P. Berthias and J. Bijac. 2008. Real time zero-difference ambiguities blocking and absolute rtk. ION NTM 2008. January 2008. San Diego. California. pp.747-755.
- Laurichesse, D., F. Mercier, J.P. Berthias, P. Broca and L. Cerri. 2009. Integer ambiguity resolution on undifferenced gps phase measurements and its application to ppp and satellite precise orbit determination. Navigation. Journal of the Institute of Navigation 56(2): 135-149.
- PARK, E.H., D.H. KIM, H.Y. JEON, H.Y. KANG and K.W. YOO. 2018. A Study on Hydrographic Survey based on Acoustic Echo-Sounder and GNSS. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies 21(3):119-126 (박응현, 김대현, 전해연, 강호윤, 유경완. 2018. 음향측심기와 GNSS 기반의 수로측량에 관한 연구. 한국지리정보학회지 21(3):119-126).
- Trimble. 2011. Introducing ambiguity resolution in web-hosted global multi gnss precise point positioning with trimble rtx-pp. ION GNSS 2011. pp.1115-1125. **KAGIS**