

연안해역의 정밀 수심측량 기법

○ 조홍연

1. 서론

연안해역의 수심측량은 해상에서의 정확한 위치측정과 음향측심기를 이용한 수심측정으로 구성된다. 해상에서의 위치측량은 직선유도법, 3점 양각법, 전자위치측정법, DGPS 방법으로 시행되고 있으나, 최근에는 DGPS 장비의 정확성이 향상되면서 DGPS 방법이 활발하게 사용되고 있다. 한편, 수심측량은 음향측심기 사용을 원칙으로 하고, 선체의 중앙부에 음향측심기를 설치하고, 파고가 30cm 이상인 경우에는 작업중지를 원칙으로 하고 있다(해양수산부, 1999). 그리고, 음속보정을 위하여 현장에서의 수온, 염분을 측정하거나 Bar-Check 방법을 이용하며, 조석보정을 위하여 표적관측을 수행한다. 또한, 국립해양조사원에서는 전용 수심측량선에 다소자음향측심기(Multi-Beam Echo Sounder)를 장착하고, Motion Sensor 장치를 이용하여 선박 운동을 감지하고 보정하는 정밀 수심측량을 우리나라 해역에서 수행하고 있다. 그러나, 일반적으로 해안선에 인접한 얕은 해역 또는 조간대(tidal flat) 지역에서는 측량선의 접근이 제한되고, 파랑에 의한 선체운동의 변화가 크기 때문에 정밀한 보정과정을 생략할 경우에는 수심측량결과의 신뢰도가 크게 저하될 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 육상측량에서도 배제되고, 해상측량에서도 배제(수심측량은 수행하고 있으나 지형변화가 심하기 때문에 과거 수심측량 자료의 활용이 곤란)되고 있으나 이용도가 활발한 연안해역의 정밀 수심측량 기법 및 수심측량결과의 신뢰성을 보장할 수 있는 보정 및 검증방법에 대하여 제안하고자 한다.

2. 수심측량 오차에 영향을 미치는 인자

수심측량에 영향을 미치는 인자는 요구하는 수심측량의 정확도 및 중요도에 따라 분류할 수도 있으나, 본 연구는 수심의 변화가 심하고 해안선에 인접한 해역에서의 정밀 수심측량에 대한 부분이므로 정밀 수심측량에서 요구되는 정확도(표 1; IHO Guideline, 1998)를 참조하여 영향인자를 평가하고자 한다. 수심측량에 영향을 미치는 인자는 해역에서의 위치를 측정하는 DGPS 장비의 정확성, 조석에 의한 수위변동의 영향, 음향측심기의 음속에 영향을 미치는 수온 및 염도의 연직분포, 수심측량을 수행하는 선박의 운동(Heave, Pitch, Roll 등), 자료의 측정시점 일치화(time synchronization), 선박의 속도, 측정장비 설치지점으로 분류할 수 있다(Hare, 1995; Gibeaut et al., 1998). 정밀 수심측량이 필요한 해안구조물의 세굴평가, 해안지형(beach profile)의 변화를 파악하기 위해서는 IHO 지침의 Special Order 수준을 만족하여야 할 것으로 판단된다.

* 한국해양연구원 연안항만공학연구본부

표 1. Minimum Standards for Hydrographic Surveys (IHO Guideline, 1998)

Order	Special	1	2	3
Examples of Typical Areas	Harbors, berthing areas, and associated critical channels with minimum underkeel clearances	Harbors, harbor approach channels, recommended traks and some coastal areas with depths up to 100m	Areas not described in Special Order and Order 1, or areas up to 200m water depth	Offshore areas not described in Special Order, and Orders 1 and 2
Horizontal Accuracy (95% Confidence Level)	2m	5m+5% of depth	20m+5% of depth	150m+5% of depth
Depth Accuracy for Reduced Depths (95% Confidence Level)	a = 0.25m b = 0.0075	a = 0.5m b = 0.0013	a = 1.0m b = 0.023	Same as order 2
100% Bottom Search	Compulsory	Required in selected areas	May be required in selected areas	Not applicable
System Detection Capability	Cubic features > 1m	Cubic features > 2m in depths up to 40m; 10% of depth beyond 40m	Same as order 1	Not applicable
Maximum Line Spacing	Not applicable, as 100% search compulsory	3×average depth or 25m, whichever is greater	3~4×average depth or 200m, whichever is greater	4×average depth

* Depth Accuracy = $\pm [a^2 + (b*d)^2]^{(1/2)}$

3. 영향인자의 저감방안

수심측량의 결과에 영향을 미치는 인자 중에서 DGPS 장비에 의한 위치측정, 수온 및 염도 관측을 통한 음속보정 및 표척관측에 의한 조석보정 등은 장비의 정확도 향상을 통하여 저감될 수 있다. 그러나, 정밀 수심측량을 수행하는 선박의 음향측심기는 선박의 운동에 따라 영향을 받기 때문에 선박의 운동을 고려한 보정이 필요하다. 특히, Heave (선박의 상하운동), Pitch 및 Roll 운동(선박의 좌우회전운동 및 전후회전운동)에 의한 보정은 가장 기본적이고 중요한 인자이다(Hopkins & Adamo, 1981). 일반적으로, 선박의 전후 및 좌우운동(Surge & Sway)은 위치변화에만 영향을 미치며, 중심축을 따른 선박의 회전운동(Yaw)은 음향측심기가 선박의 중심지점에 설치된 경우 오차는 무시할 만한 정도에 해당한다. 또한, 장비의 설치는 관측에 사용되는 선박 무게중심의 연직방향축을 따라 설치하면 오차를 저감할 수 있으며, 측정시점일치에 의한 영향은 측정장비의 측정간격을 고려하여 조정하면 저감할 수 있다. 본 연구에서는 선박의 운동을 감지하는 Motion Sensor (가속도계를 이용한 장비) 출력결과를 이용한 수심관측결과와의 보정을 통하여 연안해역의 수심측량 정도를 향상하였다. 또한, 장비운용에 가장 중요한 관측의 일관성과 보정·검증은 관측지점의 교차점 분석(cross-over analysis)과 육상관측을 통하여 수행하였다. 한편, 수심이 얇은 연안해역의 접근성은 원격으로 조종되는 모형선박을 이용하여 해결할 수 있다. 선박의 안정성을 향상하기 위하여 모형선박 2대를 연결한 쌍동선 형태로 제작하였으며, 중앙지점에는 DGPS 장비, 음향측심기, Motion Sensor, 원격송수신 제어기 등을 설치하였다(그림 1. 원격제어 모형측량선).

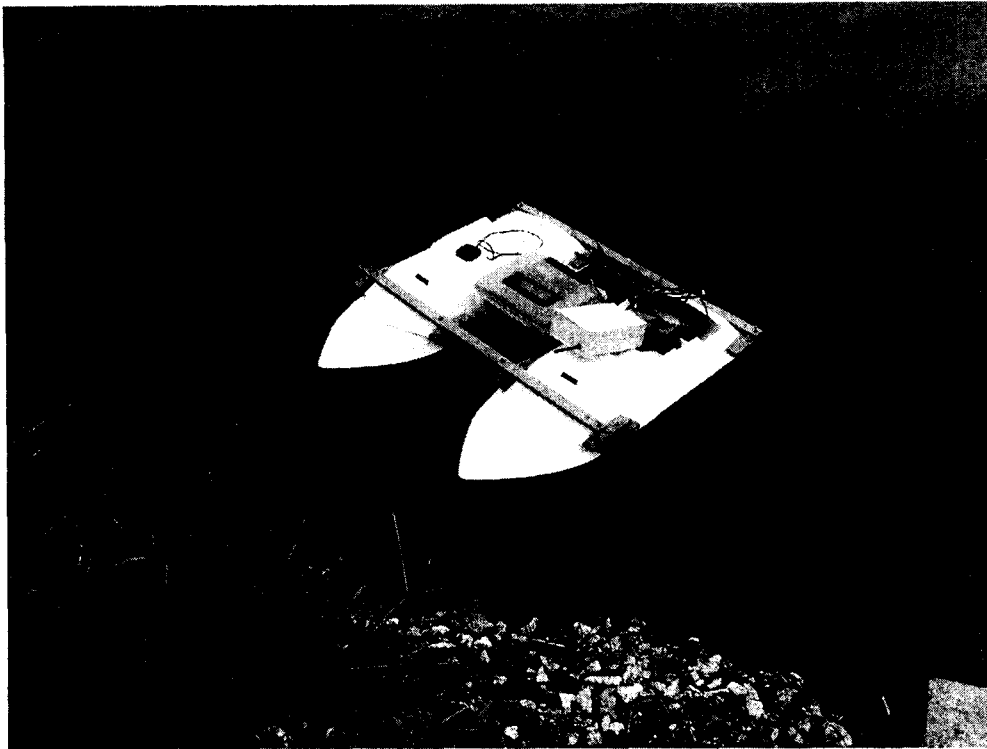


그림 1. 원격제어 모형측량선

4. 수심측량의 일관성 검토 방법

수심측량을 위한 선박의 항로는 수심측량의 일관성 분석을 위하여 교차점을 생성하여야 하며, 교차점 분석을 통하여 수심측량의 수준을 평가하여야 한다(Hsu, 1995; Thakur et al., 1999; Wessel, 1989). 본 연구에서는 교차점 분석을 위하여 수심측량 항로를 교차하는 방향으로 설계하였다(그림 2 참조).

5. 참고문헌

- 해양수산부, 1999. 항만 및 어항공사 전문시방서. 020102 수심측량.
- Gibeaut, J.C., Gutierrez, R. and Kyser, J.A., 1998. Increasing the Accuracy and resolution of Coastal Bathymetric Surveys, *J. of Coastal Research*, Vol. 14, No. 3, pp. 1082-1098.
- Hare, R., 1995. Depth and Position Error Budgets for Multibeam Echosounding, *International Hydrographic Review*, Vol. 72, No. 2, pp. 37-69.
- Hopins, R. and Adamo, L.C., 1981. Heave-Roll-Pitch Correction for Hydrographic and Multi-Beam Survey Systems, *Ocean Management*, Vol. 7, pp. 85-97.
- Hsu, S.K., 1995. XCORR: A Cross-Over Technique to Adjust Track Data, *Computers & Geosciences*,

Vol. 21, No. 2, pp. 259-271.

International Hydrographic Organization, 1998. *IHO Standards for Hydrographic Surveys*, Special Publication No. 44.

Thakur, N.K., Rao, T.G., Subrahmanyam, C. and Khanna, R., 1999. Crossover analysis of geophysical data in Bay of Bengal, *Geo-Marine Letters*, Vol. 19, pp. 262-269.

Wessel, P. 1989. XOVER: A Cross-Over Error Detector for Track Data, *Computers & Geosciences*, Vol. 15, No. 3, pp. 333-346.

Wiele, T.V., 2000. Aspects of Accuracy Analysis for Soundings, *The Hydrographic Journal*, No. 95, pp. 19-21

사사

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구 (과제번호 R01-2002-000-00273-0) 지원으로 수행되었습니다.

East Breakwater

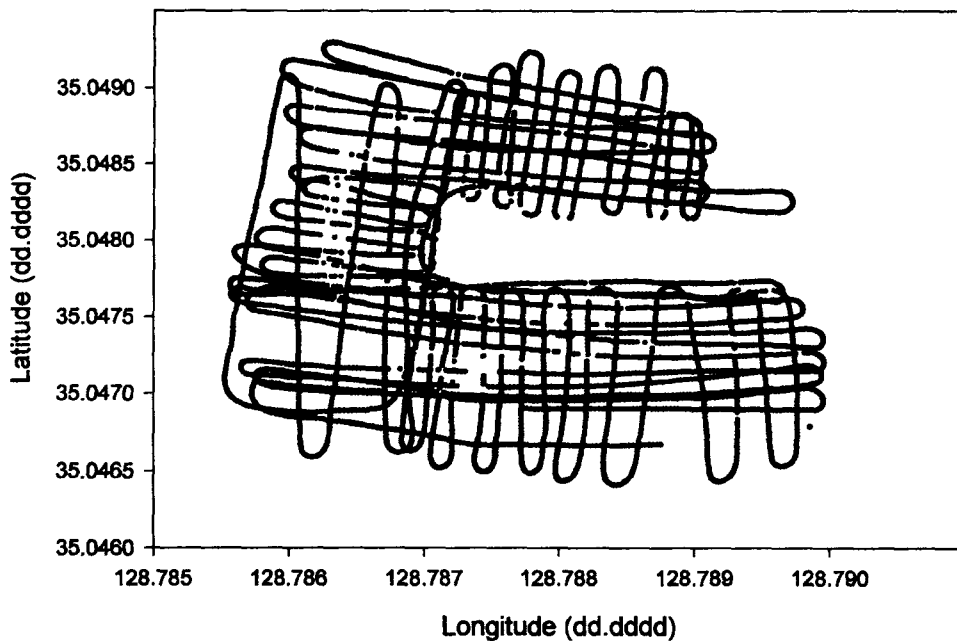


그림 2. 교차점 분석을 위한 수심측량 항로