수질모의에 필요한 수체자료의 취득방안

이요상[1], 강성대
Yo-Sang Lee, Kang Sung Dai

요 지

저수지 수질모형의 기초자료로서의 수체의 수리학적 인자는 물리적인 자료이므로 많은 실측 자료를 필요로 한다. 이러한 자료의 취득을 위하여 수체의 수심을 측정하고, 대상구역의 수계특성을 잘 반영할 수 있도록 수체를 분할하여 각 구간별 수체 중심, 특성길이, 연직 및 수평 단면적, 수표면적, 수체적, 수로경사 등을 구하여 사용한다. 이러한 자료의 취득은 여러 가지 어려움으로 인하여 조사지점이 조밀하지 못하거나 계산방법이 개발되지 못하는 등의 이유로 인하여 실제값과 상당한 차이를 나타내기도 하므로 이를 개선할 수 있는 방법을 제시하고자 한다.

최근에 개발된 다중 음향탐사기 (MBES)는 초음파를 발사하여 하상에서 반사한 파의 시간을 측정하고 거리로 환산하여 수심을 측정하는 것으로 여러 지점의 수심을 동시에 스캔할 수 있다는 장점이 있다. 또한 MBES는 수신기의 지향각이 존재하므로 파의 반사지점을 정확하게 파악할 수 있다. 단일 음향측심기는 측선을 따라 수심을 측정하므로 조사간격이 넓어 정확한 수로정보를 얻기에는 미흡한 점이 있으나 MBES는 수체 전체를 1×1 m 당 4~5 번의 측정하고, 변화가 심한 호저면에서도 수심오차 5~8 cm의 고분해능을 갖는다. 이를 이용하면 하상의 수심에 대한 3차원의 연속분포를 생성하고, 하상의 지형적인 특징을 조사·분석할 수 있으며 하상의 성상과정에 관한 기초자료로도 활용할 수 있다. 수체정보를 산정할 때 단일 음향측심법은 간접적으로 자료를 취득하므로 주관적인 견해 및 큰 오차를 내포하고 있으나, MBES는 Hypack Max를 이용하여 구획한 구간에 따른 수표면적과 연직단면적 및 수체적을 자동으로 계산한다. 그리고 측정한 자료의 raw data를 이용하면 각 구간에 대한 무게중심을 구하여 중점으로 사용 가능하고, 종방향의 주축을 산정하여 수로의 길이 및 중심간 길이를 정확하게 계산할 수 있다.

핵심용어 : 수질모형, 수체정보, 다중음향탐사기, 3차원연속분포

1. 서 론

수질을 모의하는 목적은 주변환경변화에 따른 장래의 수질을 모의하고, 수질관리방안에 따른 오염부하의 저감을 예측하는 등 다양한 목적으로 수행한다. 따라서 장래 수질을 예측하기 위해서는 현재의 수체에 대한 정확한 기초자료의 획득은 필요 불가결하다. 수질모형의 기초자료에는 기상, 수체, 수체내의 기작 등에 관한 여러 가지 인자가 있으며, 특히 수체정보 중 수리학적 인자는 물리적인 자료로 실측이 가능하다.

수체의 수리학적 인자는 대상구역의 수계특성을 잘 반영할 수 있도록 수체를 분할하고, 각각의 구간별로 필요인자를 구한다. 이렇게 구획화한 유역에 대하여 물과 물질의 상호기작을 대표하기 위한 수리학적 인자로는 수체중심, 특성길이, 연직 및 수평단면적, 수표면적, 수체적, 수로경사 등이 있다. 특성길이는 확산에 관여하는 용량에 계산되기 때문에 각 구획의 중심간 거리이고, 연직 및 수평단면적은 구간간의 확산을 모의하기

1 한국수자원공사 호소환경연구소

위한 접지면적이다.

이러한 인자는 수체의 수심을 측정함으로써 구할 수 있다. 측심방법에는 단일 음향측심법을 많이 사용하고 있으나, 측선에 따라 수심을 측정하므로 수체의 정확한 정보를 산정하기에는 많은 오차를 내포하고 있다. 요즘은 과학의 발달로 인하여 수체의 전구간에 대하여 수심을 측정할 수 있는 다중 음향탐사 (MBES) 기법을 개발되었다.

2. 본 론

수심을 측정하는 대표적인 방법은 기존의 단일 음향측심법과 최근에 개발한 MBES가 있다. 그러나 단일 음향측심법은 측선의 간격이 넓어 정확한 수로정보를 얻기에는 미흡한 점이 많다. MBES는 이러한 단점을 보완하고 측정한 값의 정확도를 향상시킬 수 있다.

2.1 수체 조사방법

단일 음향측심법과 MBES는 모두 초음파를 발사하여 하상에서 반사한 파의 시간을 측정하고 거리로 환산하여 수심을 측정하는 방법이다. 단일 음향측심법은 그림 1에서 보듯이 초음파를 한번 발사하면 최단시간에 수신한 파의 왕복시간만을 취득하여 한 지점의 수심을 측정한다. 또한 수신기의 지향각이 존재하지 않으므로 수신파의 반사점이 송·수신기 바로 아래 지점이 아닌 송·수신기에 가장 가까운 반사경계면일 수 있다. 즉, 하상의 굴곡이 심하거나 경사가 심할 경우 반사점의 위치 확인이 곤란하여 사용이 불가능하다. 이에 반해 MBES는 그림 2처럼 수신기를 여러 개 부착하고 있을 뿐만 아니라 각각의 수신기는 지향각을 갖고 있다. 따라서 이 방법은 측선방향의 수직으로 하상을 스캔할 수 있어 조사지역의 수체 전체의 수심을 측정할 수 있다.

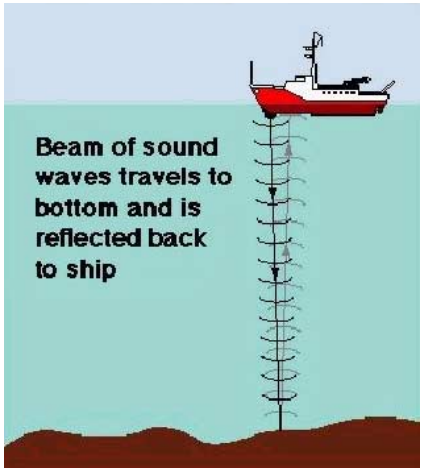

그림 1. 단일 음향측심법 개념도

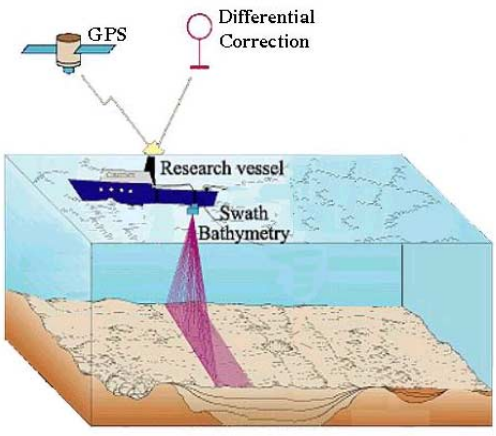

그림 2. MBES의 개념도

MBES에 대하여 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

가. MBES 탐사원리

- 음향측심의 원리는 음파 발진장치에서 방사한 음파 펄스가 해저면에 반사하여 되돌아오는데 걸리는 시간을 측정한다.

- 자동 음속측정기와 수압 (수심으로 변환)측정기 (SV & P Smart Sensor)로 심도별 음속을 계측하여 음파의 전달 속도를 수심으로 환산한다.

$$d = \frac{v \times t}{2} + k + d_r$$

여기서, d : 수심, v : 평균 음파 속도, t : 발진기에서 방사한 음파가 해저면에 반사하여 다시 발진기에 수신하는데 걸린 시간, k : 계기상수, d_r : 수표면과 발진기 사이의 간격 (흘수) 이다.

- 수신기는 지향각(1.5° x 15°)을 가지며 60개의 수신 채널을 이용한다. 따라서 1회 수신시 60개 지점의 수심데이터를 획득한다.
- 조사선박의 공간적인 변위량을 실시간 계측하여 정보정을 수행한다.
- 측위는 D-GPS 시스템에 의하여 제어되며 조사선박의 위치는 실시간으로 항적을 관리하여 제어한다.

나. MBES 탐사장비

본 연구에서 사용한 탐사장비는 다음과 같다.

- Multibeam Bathymetry System (RESON., INC. USA)
  - MODEL: SEABAT 9001s & SEABAT Data Processer
  - 주파수: 455 Khz
  - Beam수: 60 Channel Beams
  - 측심폭: 90° (1.5°X 60, 15°)
  - 최대 측심 심도: 150 m
  - 최대 데이터 획득수: 30 회/초
- 제어 프로그램: Hypack Max (Coastal Oceanography, Inc. USA)

2.2 자료처리 방법

다중 빔 정밀지형 조사에서 나온 산출물은 1×1 m 당 4~5 번의 측정한 고해상도 자료이고, 변화가 심한 호저면에서도 수심오차 5~8 cm의 고분해능을 갖는다. 이를 이용하면 하상의 수심에 대한 3차원의 연속분포를 생성하고, 하상의 지형적인 특징을 조사·분석할 수 있다. 또한 하상의 성상과정에 관한 기초자료로도 활용할 수 있다.

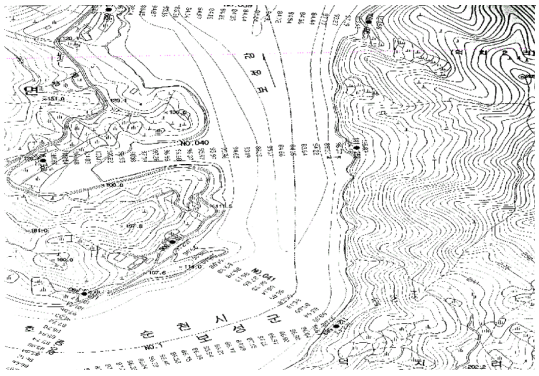

그림 3. 단일 음향측심법의 결과 표시

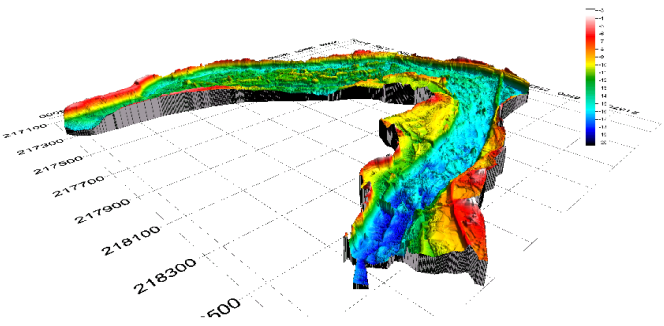

그림 4. MBES 결과 표시

그림 3은 MBES로 조사한 지역의 일부분을 단일 음향측심법에 의하여 측정한 결과를 표현한 모습이고, 그림 4는 MBES에 의한 결과를 3차원적으로 표현한 모습이다. MBES는 그림에서 보이듯이 연속적인 그래프로

간주할 수 있을 만큼 관측점이 고집적되어 있다.

단일 음향측심법에서 수로의 길이나 수표면적을 구하기 위하여 구적기나 모눈종이를 이용하는 방법을 많이 사용한다. 그리고 모형에 필요한 연직단면의 정보를 구하고자 할 때 측선과 일치하지 않으면 인근의 측정자료를 이용하여 유추해야 한다. 또한 수체의 체적을 구하기 위해서는 양단면적 평균법이나 삼각 각주법, 등고선법 등을 이용하여 간접적으로 구한다. 이러한 수체 정보는 대상구역을 표현함에 있어 많은 오차를 내포하고 있다. 이에 반해, MBES은 Hypack Max를 이용하여 구획한 구간에 따른 수표면적과 연직단면적 및 수체적을 자동으로 계산한다. 또한 측정한 자료의 raw data를 이용하면 각 구간에 대한 무게중심을 구하여 중점으로 사용 가능하고, 종방향의 주축을 산정하여 수로의 길이 및 중심간 길이를 정확하게 계산할 수 있다. 그림 5는 본 연구에서 조사한 자료중 TM좌표 X: 218,186, Y:165,775와 X: 214,882, Y: 164,838을 이은 지점의 연직단면도이고, 대상구역의 총 수표면적은 1.240×10^{6} 전체 수체적은 1.216×10^{7} m^2, 최대 수심은 21.18 m 이다.

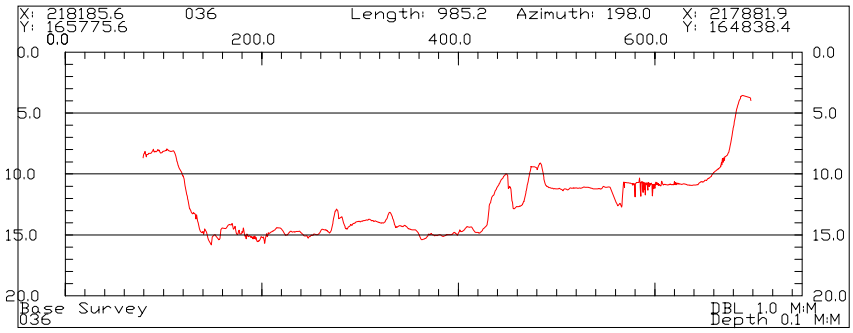

그림 5. 수로의 수직단면도

3. 비교고찰

단일 음향측심법과 MBES에 의한 결과를 이용하여 수체의 정보취득이 가능한 방법을 정리하면 표 1과 같다. MBES에 의해 계산한 결과는 고해상도의 자료를 사용하므로 수로정보를 더욱 정확하고 편리하게 산출할 수 있다. 그리고 수로의 길이와 수체 중심 등을 구할 때 단일 음향측심법은 사용자의 주관적인 견해에 따라 계산치가 다를 수 있으나, MBES는 계산방법을 동일시하여 개인의 오차를 줄이고, 정확도를 높일 수 있다.

표 1. 수로정보 취득 방법

구 분	단일 음향측심법	MBES
특성길이	구적계를 이용한 방법	수로 주축을 산정한 후 계산
연직단면적	인근의 측선의 평균값	Hypack Max에 의한 자동계산
수표면적	구적계 및 방안지를 이용한 방법	Hypack Max에 의한 자동계산
수체체적	양단면적 평균법 등에 의한 방법	Hypack Max에 의한 자동계산
수체중심	사용자 정의	무게중심 등의 개념을 이용하여 산정

4. 결 론

수체정보를 취득하기 위한 수심측정방법은 기존에 사용했던 단일 음향측심법과 MBES 방법이 있다. MBES는 단일 음향측심법의 단점을 보완함으로써 수로를 정확하고 편리하게 산출할 수 있다. 단일 음향측심법에 비해 MBES의 장점은 다음과 같이 정리할 수 있다.

- 수로 전체의 수심을 측정한다.
- 수체정보의 오차를 줄인다.
- 수체정보를 간편하게 획득한다.
- 수체정보를 계산함에 있어 주관적인 견해를 배제할 수 있다.

참 고 문 헌

1. 이요상, 김우구., “옥정호의 효율적인 수질관리방안”, 한국수자원학회논문집, 제 34권, 제 5호, 2001년, pp. 487~497.
2. Björk, S., “Ecosystem studies in connection with the restoration of lakes”, Verh. Int. Ver. Limmol., 18, pp. 379~387, 1972.
3. Burger, H. robert, "Exploration Geophysics of the shallow subsurface", Prentice Hall, p. 489, 1992.
4. D. P. Larsen, H. T. Mercier and K.W. Malueg, “Modeling Algal Growth Dynamics in Shagawa Lake,
5. H., Geotechnical and environmental geophysics, Vol. 1, SEG., p. 389, 1990.
6. Won I. J. Keiswetter, D. A., Fields, G. R. A. and Sutton, L. C., "GEM-2: A new multifrequency electromagnetic sensor", Jour. of Environmental and Engineering Geophysics, Vol. 1, Issue 2., pp. 129-137, 1996.
7. Minnersota, with Comments Concerning Project Restoration of the Lake Modeling the Eutrophication Process”, annarbor science, pp. 15~31.
8. Gassman, F., "Elastic waves through a packing of spheres", Geophysics, 16, pp. 673-685, 1951.
9. Hagedoorn, J, G., "The plus-minus method of interpreting seismic refraction sections", Geophysical Prospecting, Vol. 7., pp. 158-182, 1959.
10. Lanston, R. W., "High resolution refraction seismic data acquisition and interpretation", Ed. Ward, S. Yuzuru Ashida. The geophysical survey in shallow water and transitional region. 한국지구물리탐사학회 제4회 특별 심포지움. pp. 1-15. 2002.