

## 해양물리탐사 자료취득 기법

한현철<sup>1\*</sup> · 박찬홍<sup>2</sup>

<sup>1</sup>한국지질자원연구원 석유해저연구부, <sup>2</sup>한국해양연구원 해양환경연구본부

### Data Acquisition Method for Marine Geophysical Survey

Hyun-Chul Han<sup>1\*</sup> and Chan Hong Park<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Petroleum and Marine Resources Division, Korea Institute of Geoscience & Mineral Resources, Daejeon 305-350, Korea

<sup>2</sup>Marine Environment Research Department, Korea Ocean Research and Development Institute, Ansan 425-600, Korea

Data acquisition is as important as data processing and interpretation in the field of marine geophysical exploration. Marine geophysicist, however, may not have enough information in this field because data acquisition method has been mainly developed by the commercial companies manufacturing the equipment. Therefore, the purpose of this paper is to introduce the general data acquisition method and information to help to construct the systematic and effective survey plan. When a survey plan is set up, the most important thing is to select the seismic equipment based on required penetration depth and resolution, and then construct the survey line intervals. Although a line interval varies from the research purposes, it should be narrower than the expected subsurface structures. Also, if 100% coverage of multibeam data is required, line intervals need to be adjusted based on the equipment characteristics. In case of merging with the preexisting dataset like bathymetry, gravity and magnetic, cross-over errors occurred at the each cross point should be removed to avoid any kinds of misinterpretation.

**Key words** : seismic, multibeam, gravity, magnetic, cross-over

해양탐사에 있어 자료취득은 자료 처리 및 해석 분야 못지않게 아주 중요한 분야 중의 하나이지만 탐사 장비를 개발하는 상업적인 회사 중심으로 발전을 했기 때문에 해양지구물리 분야를 전공한 사람이라도 자료 취득 분야에 대한 정보가 상대적으로 적을 수 있다. 따라서 해양지구물리 탐사 계획을 수립하는데 필요한 일반적인 탐사 방법과 정보를 소개함으로써 체계적이고 효율적인 탐사를 수행하는데 도움이 되고자 하였다. 탐사 계획을 수립할 때 가장 우선시 할 것이 요구되는 탐사 심도 및 해상력을 근거로 탄성과 탐사 장비를 먼저 선정 한 후 축선 간격을 설정한다. 축선 간격은 연구 목적에 따라 다르지만 일반적으로 밝히고자 하는 지하구조 크기보다 작아야 하며 다중빔 음향 중심자료를 100% 취득하고자 하면 장비 특성에 따라 적절하게 설정을 한다. 또한 수심, 중력 및 자력 자료를 기존에 조사한 자료와 통합을 하는 경우에는 축선과 축선 사이의 교차 지점에서 발생하는 교차점 오차에 의한 인위적인 이상대를 제거해야만 올바른 해석을 할 수 있다.

**주요어** : 탄성과, 다중빔 음향축선, 중력, 자력, 교차점 오차

### 1. 서 론

우리나라 해양 지질 및 지구물리 탐사 역사 및 조사 구역 등에 관한 부분은 Chough *et al.*(2000)에 자세히 서술되어 있어 이 부분에 대한 논의는 생략하고 일반적

인 해양탐사 자료 취득에 대해서만 언급하고자 한다. 해양지구물리는 육상지구물리에 적용하는 같은 이론을 기반으로 하는 학문이기 때문에 연구 목표 또한 지하 지질구조 규명 및 지하자원 부존 가능성 파악 등을 주된 연구 목적으로 하고 있다. 이러한 목적을 수행하기 위

\*Corresponding author: han@kigam.re.kr

한 해양지구물리 분야는 크게 3가지로 구분 할 수 있다: 자료취득, 처리 및 해석. 일반적으로 자료 처리 및 해석 부분은 각 각 하나의 독립된 전문 분야로써 학계와 연구계가 중심이 되어 발전되어 왔으나 자료 취득 분야는 탐사 장비를 개발하는 상업적인 회사 중심으로 발전을 했기 때문에 비록 해양지구물리 분야를 전공한 사람이라도 자료 취득 분야에 대한 정보가 상대적으로 적을 수 있다.

해양탐사에 있어 자료취득은 자료 처리 및 해석 분야 못지않게 아주 중요한 분야 중의 하나이다. 예를 들어 지하지질구조를 파악하고자 할 때 가장 중요한 것은 정확한 자료 해석을 하는 것이고 정확한 자료 해석을 하기 위해서는 잡음이 제거된 좋은 자료가 있어야 하기 때문에 자료처리를 수행하는 것이다. 그러나 아무리 좋은 자료처리를 하더라도 초기 자료가 좋지 않다면 좋은 자료처리 결과를 기대하기 어렵다. 따라

서 해양지구물리탐사에서 가장 우선시 하는 것은 탐사 목적에 맞는 장비를 이용하여 최적의 자료를 취득하는 것이다.

본 연구에서는 해양지구물리탐사를 수행함에 있어 탐사 목적에 따라 어떠한 장비를 사용해야 하며 어떠한 방법을 사용해야 최적의 자료를 취득할 수 있는지에 대해 언급하고자 한다. 논의될 주요 분야는 다중빔 음향측심 탐사, 탄성파 반사 및 굴절법 탐사와 중력 및 자력 탐사 분야이다.

## 2. 다중빔 음향측심 탐사

대부분의 해양탐사장비는 전기 에너지를 음파에너지로 변환시키는 장치가 필요하다. 즉 음원발생장치(Source Function Generator)가 필요하며 다중빔음향측심기에는 Transducer라는 장치가 있어 이곳에서 음

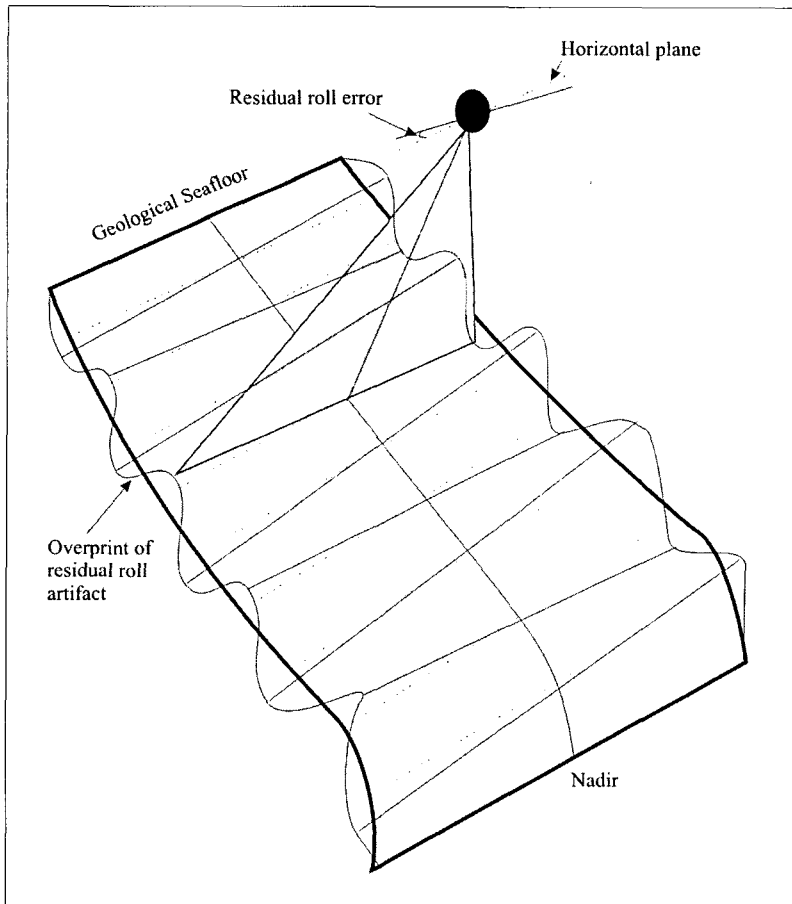


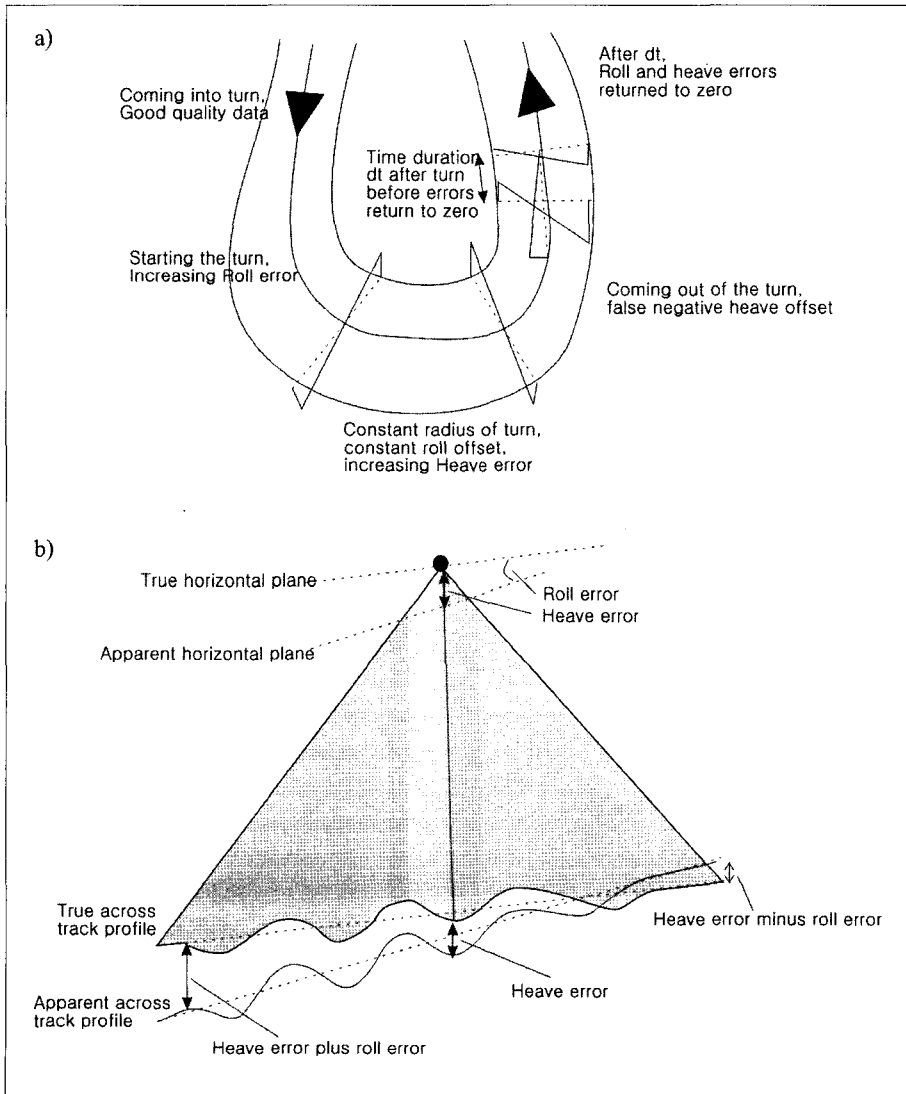
Fig. 1. Schematic diagram showing a residual roll error. Note that roll artifact is 180° out of phase from port to starboard (after Clark *et al.*, 1997).

파를 발생하게 된다. 발생한 음파는 물을 통과하여 해저면의 특성에 따라 여러 방향으로 반사된 후 음향측심기의 수신기(Transceiver)에 도달하여 음파에너지가 전기에너지로 다시 전환되면서 해저면의 발달상태가 기록되게 된다. 이러한 자료취득과정의 원리는 비교적 간단하지만 자료취득당시의 해황이나 해수의 불 균질성 때문에 잘못된 정보가 기록되어 자료해석에 오류를 범할 수도 있다. 이러한 자료취득의 매개변수들을 자료취득전이나 자료취득을 하면서 보정을 하여야만 올바른 정보를 얻을 수 있다. Rolling, Pitching, Yawing,

Heaving, Sound velocity 등이 이에 해당하며 이들에 대한 개념 및 보정방법은 다음과 같다.

**2.1. Rolling**

파도에 의해 조사 선박이 좌우로 움직임에 따라 음파의 수신 변화에 따른 time delay 때문에 야기된다 (Clark *et al.*, 1997). 실질적인 기록상에서 보면 선박의 좌현 쪽과 우현 쪽에서 나타나는 상이 180° 다르게 나타나는 것이 특징이며, beam의 양쪽 끝 부분이 파형을 이룬다(Fig. 1). 따라서 기록상에 상기와 같은 현상



**Fig. 2.** Map showing the effect of long period horizontal acceleration. (a) heave and roll errors during and after the completion of a 180o turn, and (b) residual errors along the across track slope (after Clark *et al.*, 1997).

이 인지되면 이는 rolling에 의한 영향으로 실질적인 해저지형에 의한 양상이 아님을 인지하여야 한다. 이러한 영향을 없애기 위해서는 선박에 부착되어 있는 Rolling Motion Sensor에 대한 보정을 탐사하기 전에 실시하여 rolling에 의한 영향을 최소화 한다. Rolling Motion Sensor의 보정방법은 해저면이 평탄한 지역을 선택하여 같은 속도로 동일 측선을 두 차례 왕복하여 두 자료의 차이가 나는 만큼 sensor에 대한 보정을 해주면 된다. 또한 한 측선을 조사한 후 다음 측선으로 이동하기 위하여 선박을 회전하는 경우 급작스런 회전보다는 커다란 원을 이루며 천천히 회전하여 motion sensor가 다음 측선에 진입하기 전에 안정되도록 하여야 한다(Simrad, 1996).

## 2.2. Heaving

Heave error는 조사선박의 수직적인 변화를 야기시키는 원인에 의해 나타나는 현상으로 pitching, rolling, tide 등과 같은 해황이나 해수면 변화에 의해 야기되기도 하고(Clark *et al.*, 1997) 선박의 급작스런 회전에 의하여 나타나기도 한다(Fig. 2). Pitching 이나 rolling 과 같은 현상은 motion sensor를 이용하여 보정이 가능하고 조석은 조사 해당지역의 조석표를 이용하여 보정이 가능하지만 조사선박의 회전에 의한 영향은 앞서 언급한 바와 같이 조사측선에 진입하기 전에 heave sensor가 안정이 되도록 하는 방법이 최선이다. 또한 선박의 홀수에 따라서도 heaving error가 나타나는데, 그 영향은 미약하지만 정밀조사를 위해서는 매 측선마다 홀수를 측정하여 보정하여야 한다(Clark *et al.*, 1997).

## 2.3. Pitching

Pitching error는 조사 선박의 전, 후 운동에 의해 음파의 수신 변화에 따른 time delay 때문에 야기된다(Clark *et al.*, 1997). Pitching에 대한 보정은 선박에 부착되어 있는 Pitching Motion Sensor에 대한 보정을 탐사하기 전에 실시하여 pitching에 의한 영향을 최소화한다. Pitching Motion Sensor에 대한 보정방법은 rolling과는 달리 해저 면이 급경사를 이루고 있는 지역을 선택하여 같은 속도로 동일 측선을 두 차례 왕복하여 두 자료의 차이가 나는 만큼 sensor에 대한 보정을 해주면 된다. 현장 작업시 pitching에 대한 영향은 athwartship 방향의 beam pattern을 보면 알 수 있다. 즉 beam이 일직선상에 있으면 pitching에 대한 영향이 없는 것이고 사선으로 나타나는 경우는

pitching에 의한 영향을 받아 인위적인 해저면 자료가 수신됨을 알려 준다(Simrad, 1996).

## 2.4. Yawing

조류나 파도에 의한 영향으로 조사 선박의 선수부분이 조사측선과 일직선을 이루지 않고 좌, 우측으로 편중되어 조사할 때 나타나는 현상으로 rolling과 pitching sensor들이 일직선상에 놓여 있지 않을 때는 많은 문제점이 야기되지만 sensor들이 일직선상에 놓여 있을 때는 그 영향은 매우 적다(Clark *et al.*, 1997).

## 2.5. Sound Velocity Profile

일반적으로 해수의 속도를 1,500 m/s로 하여 수심을 측정한다. 그러나 실질적으로는 해수면(sea surface)은 태양의 영향을 받아 온도가 높아 속도가 다르며, 해저 경계면(sea bottom)에서는 낮은 온도 때문에 속도가 낮은 편이다. 또한 염도(salinity)차이 때문에도 속도의 변화가 나타나는 것이 일반적이다. 이러한 속도 차이를 무시하고 평균속도인 1,500 m/s를 적용시켜 음파 발신 및 수신에 적용하면 평탄한 해저면(sea floor)이 마치 굴곡이 있는 것처럼 나타난다(Fig. 3). 따라서 이러한 영향을 없애기 위해서는 필히 탐사를 시작하기 전에 해수 속도를 측정된 후에 그 속도 값을 실시간으로 적용하여 수심 측정을 해야 한다(한현철 등, 1997).

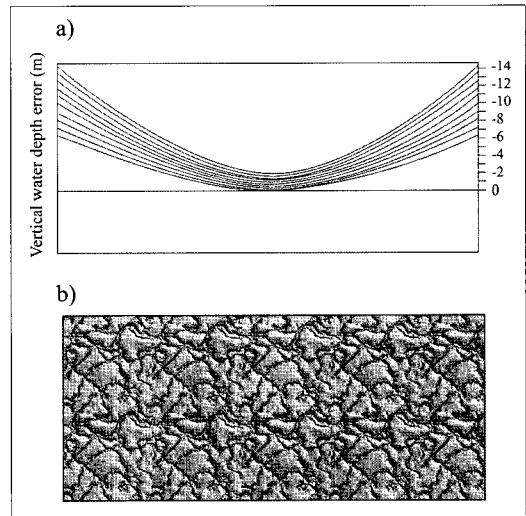


Fig. 3. Schematic diagram showing a sound velocity error. (a) The appearance of a flat seafloor at a specified water depth when a homogeneous 1,500 m/s water depth column is assumed, and (b) multibeam data with refraction artifacts (after Han *et al.*, 1997).

위에 언급된 모든 방법을 Patch test라고 하며 가능하면 탐사 해역 주변에 가장 적절한 지점을 선정하여 patch test를 한 후에 탐사를 수행하는 것이 가장 바람직하며 다중빔 음향측심 자료는 해저 광케이블 매설 및 포설 루트 선정, 원자력 발전소 및 핵 폐기장 처분 저장소 부지 선정 등을 결정하는데 주로 사용된다.

### 3. 탄성과 탐사

#### 3.1. 탄성과 반사법 탐사

에너지 소스(source)로부터 발생된 음파가 반사된 것을 수신한다는 기본적인 원리는 음향측심기와 같지만 다중빔 음향측심기는 해저면 발달 상황을 연구하는 것이 목적이기 때문에 일반적으로 10 kHz~100 kHz 범위의 주파수를 사용하고 해상 탄성과 탐사는 음향측심기 보다 낮은 주파수(수 kHz~수 Hz)를 사용한다. 반사법 탐사는 수심에서 수백 킬로미터의 대규모 지질구조, 지각구조 등의 연구에서부터 해저면하 수심 내지는 수백 미터의 천부 지층 조사에 이르기까지 다양한 범위의 조사가 가능하다. 그러나 반사법 탐사는 기본적으로 파의 투과 능력과 해상 능력이 상응하는 관계로 깊은 심도의 매체 조사 시에는 낮은 해상력을, 얕은 심도의 조사 시에는 상대적으로 높은 해상력을 갖는다.

주파수는 조사대상의 크기 한계(해상력)를 결정하는 중요한 요소이며 주파수와 매질의 탄성과 속도를 알면 파장의 크기를 알 수 있다. 파장이 결정되면 파장의 1/

4 보다 작은 간격(실제로는 1/2 정도로 설정)은 반사 신호에서 구분하기 어려우 이 간격을 해상력의 한계로 정한다(Sheriff, 1977). 예를 들어 매질의 탄성과 속도가 2,000 m/sec인 지층에 100 Hz 주파수를 갖는 에너지 소스로 탐사를 수행하면, 신호의 파장은 20 m이므로 실제적으로 10 m 이내의 퇴적 두께를 갖는 층들의 경계는 구분할 수가 없다. 따라서 해상력을 높이려면 고주파 신호를 사용하여야 하지만 고주파를 사용하면 탄성과의 지층 투과 능력이 떨어지므로 심부 정보는 얻을 수가 없으며 이와는 반대로 저주파를 사용하는 경우에는 심부 정보는 얻을 수 있지만 해상력은 떨어지게 된다. 그러므로 탐사 목적에 따라 에너지 소스, 수신기 및 측정간격 등과 같은 기본적인 사항을 파악한 후에 탐사를 수행해야만 탐사 목적에 부합하는 결과를 도출할 수 있다. Fig. 4은 에너지 소스 종류에 따른 주파수 대역을 나타내며 Table 1은 국내에서 사용하고 있는 탄성과 탐사 장비 특성을 요약하였다. 또한 국내에서 가장 많이 사용하고 있는 탄성과 탐사 장비를 이용하여 취득한 단면을 도시하였다(Fig. 5). 탄성과 단면에서 보는 바와 같이 Chirp으로부터 취득한 자료는 투과 심도는 낮지만 상부 지층이 뚜렷하게 잘 나타나고 있으나 Sparker를 이용한 자료는 해상력은 다소 떨어지지만 좀더 깊은 곳 까지 투과된 것을 알 수 있다. 반면 동일지역에서 취득한 자료는 아니지만 에어건(Airgun)으로 취득한 자료는 다른 자료와는 달리 천부 지층의 발달 상황 보다는 심부 지층의 발달 구조가 잘 나타나고 있는 것을 알 수 있다.

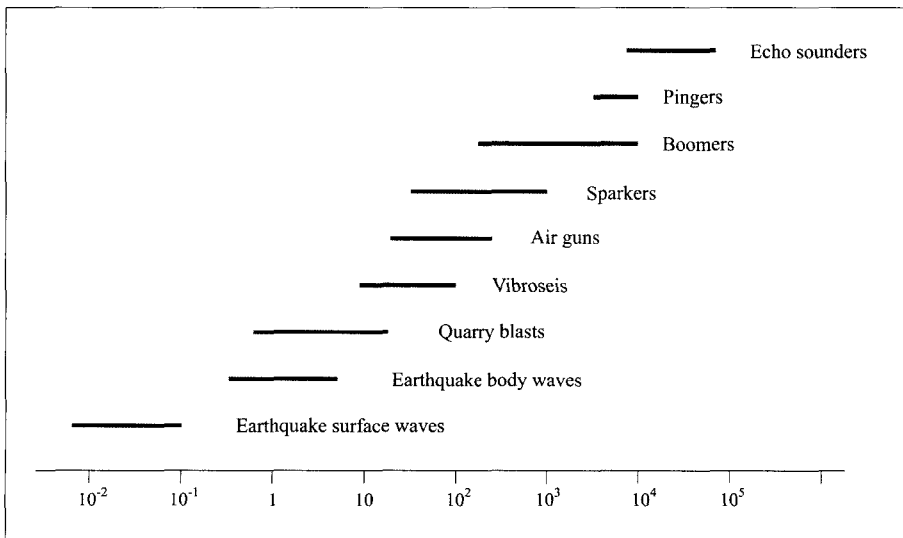
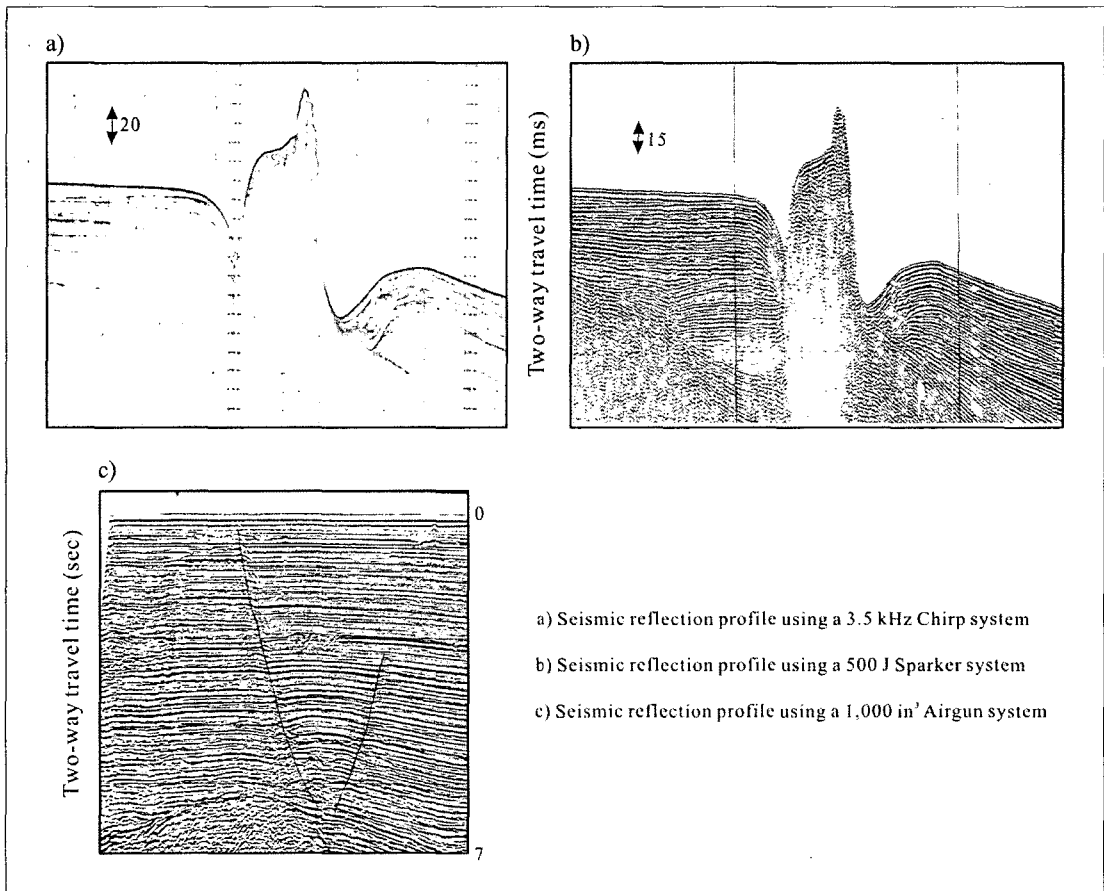


Fig. 4. Frequency ranges (Hz) for different types of energy sources (Sharma, 1986).

**Table 1.** The quality of records obtained in different seismic reflection equipment.

Item	Source type	Electronic vibration	Induced electromagnetic		Electronic discharge	Compressed air
		Chirp	Bubble Pulser	Boomer	Sparker	Airgun
Frequency		1.0-12kHz	100 hz-1000 hz	400 hz-10 khz	50 hz-2 khz	5 hz-500 hz
Resolution		약 0.1 m	0.15-0.30 m	0.15-0.30 m	1-10 m	5-20 m
Energy		4 kw	100-300 J	100-300 J	100 J -8 kJ	1- 4,500 in <sup>3</sup>
Remarks		Cannot penetrate sand layer. In case of Mud or fine sand, it can penetrate several tens of meters	Generally used in shallow waters. Penetration depth in sediments is about 30 m	Same as Bubble Pulser	penetrate sand, and gravel. Generally used for construction site survey. Penetration depth in sediments is about 1 km	Generally used to understand the deep geological structure like oil exploration. Penetration depth is about 10 km.



**Fig. 5.** Seismic reflection profiles obtained from different seismic equipment (after Han *et al.*, 2005).

**3.2. 탄성과 굴절법 탐사**

탄성과 굴절법 탐사는 퇴적층 및 기반암 속도 측정을 위하여 사용하며 탄성과 굴절과 속도는 임계각에 도달한 파가 층의 경계를 따라 전파하는 특성을 이용하므로 하부에 저속도층이 존재하는 경우에는 저속도

층의 유무를 판별할 수 없는 단점이 있지만 직접적으로 매질의 탄성과 속도 추정을 통해 층 분류가 가능하다는 장점을 가지고 있다. 또한 굴절법 탐사는 가능하면 하부 층 구조가 평탄한 지층에서 탐사를 해야만 올바른 자료를 얻을 수 있다.

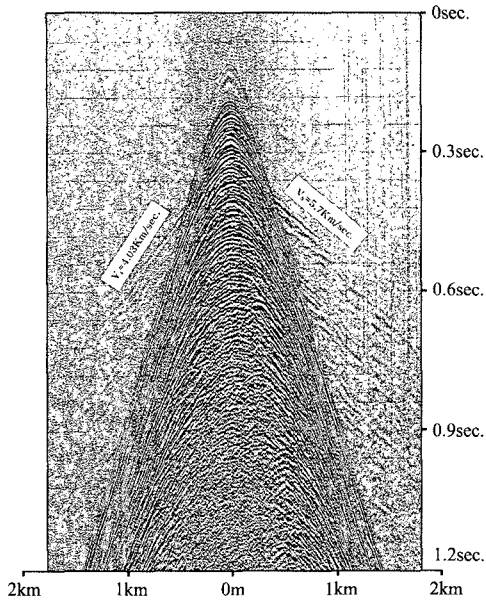


Fig. 6. Seismic refraction profile acquired from the Fairfield Radio sonobuoy system (after Han *et al.*, 2000).

탐사시 출력되는 원시 자료나 화면에서 자료를 해석하는 것은 가능하지만 현장 자료에서 초동 감지 방식은 실제적으로 많은 오차가 있을 수 있어 가능하면 디지털 자료로 저장하여 필터링이나 이득조절 등의 후처리과정을 거쳐 초동을 감지하는 것이 안전하다. Fig. 6은 1,000 in<sup>3</sup> Air-Gun system을 음원으로 사용하고 Fairfield SB89 Radio Sonobuoy를 수신기로 이용하여 취득한 굴절법 탄성과 단면도이며 Table 2는 일반적으로 알려진 매질에 따른 탄성과 속도이다(Press, 1966).

4. 중력 탐사

해상 중력탐사에서 우리가 얻고자 하는 최종 목표는 Free-Air 이상(anomaly)이며 이를 이용하여 연구 목적에 따라 다른 중력 이상값(Bouguer 또는 Isostatic anomaly)을 구해야 한다. Free-Air 이상을 구하기 위해서는 절대중력값 전이, 선상중력계 meter drift 보정, EOTvOs 보정 및 정규 중력값 적용 등이 선행되어야 한다. 이들 중 일부는 자료처리 분야에 해당하지만 최종 목표를 달성하기 위해 자료 취득시 필요한 사항이기 때문에 언급을 하도록 하겠다.

4.1. 절대 중력값 전이

우리나라에서 가장 많이 사용하고 있는 중력계는

Table 2. Seismic velocities for different geological materials (after Press, 1966).

	Vp (m/s)
<b>Pore fluids</b>	
Air	300
Water	1,400-1,500
Ice	3,400
Petroleum	1,300-1,400
<b>Unconsolidated materials</b>	
Sand(dry)	200-1,000
Sand (water saturated)	1,500-2,000
Clay	1,000-2,500
Glacial till (water saturated)	1,500-2,500
Permafrost	3,500-4,000
<b>Sedimentary rocks</b>	
Sandstones	2,000-6,000
Tertiary sandstone	2,000-2,500
Pennant sandstone (Carboniferous)	4,000-4,500
Cambrian quartzite limestone	5,500-6,000
Limestones	2,000-6,000
Cretaceous chalk	2,000-2,500
Jurassic oolites and bioclastic limestones	3,000-4,000
Carboniferous limestone	5,000-5,500
Dolomite	2,500-6,500
Salt	4,500-5,000
Anhydrite	4,500-6,500
Gypsum	2,000-3,500
<b>Igneous/Metamorphic rocks</b>	
Granite, Gneiss	5,500-6,000
Basalt	5,500-6,300
Gabbro	6,500-7,000
Ultramafic rocks	7,500-8,500
Serpentinite	5,500-6,500

LaCoste-Romberg 선상 중력계로써 이를 이용해서는 관측지점의 절대중력을 측정할 수 없다. 그러므로 Free-Air 이상을 구하기 위하여 취득된 중력값을 절대 중력값으로 환산하여야 한다. 이를 위해서 국제중력기준점(International Gravity Station: IGS)의 절대중력값을 탐사선이 정박한 곳에서의 절대중력값으로 전이하여야 한다. 예를 들면 탐사선이 진해 장천 부두에 있다고 가정을 하는 경우 장천 부두에서 가장 가까운 우리나라 국제 중력기준점은 부산대학교에 있다. 따라서 부산대학교 절대 중력기준점에 표시된 값(979759.931 mgal)을 읽은 후에 이동식 육상 중력계를 이용하여 같은 위치에서 중력 값을 측정한다. 기준점에서 중력 측정이 완료되면 같은 이동식 중력계를 이용하여 탐사선이 있는 장천부두까지 이동을 해서 중력값을 측정한다. 이때 이동식 중력계에 의한 meter drift 영향을 최소화하

기 위하여 이 같은 과정을 수차례 반복하여 평균값을 구한다(부산대학교 평균 중력값: 3240.448 mgal; 장천부두 평균 중력값: 3251.310 mgal). 따라서 장천부두에서의 절대 중력값은 장천부두와 부산대학교의 중력값 차이(10.862 mgal)를 부산대학교 절대중력값에 더해지면 구할 수 있다(979770.793 mgal).

**4.2. 선상 중력계 meter drift 보정**

S-118 선상중력계는 합금으로 된 용수철을 이용하므로 시간이 경과함에 따라 용수철의 길이가 변하기 때문에 이에 대한 meter drift 보정이 필요하다. Meter drift 보정치를 계산하기 위해서는 절대중력치가 전이된 지점에서의 위치와 S-118 선상중력계가 위치하는 곳과의 높이 차에 의한 영향을 고려하여야 한다. 부두 위치를 A, 선상 중력계가 있는 위치를 B, 선박 하부에서 중력계 까지 높이를 T, 흘수선에서 부두까지 높이를 H, 그리고 흘수선에서 중력계까지 높이를 h라고 하면(Fig. 7), 높이에 따른 중력값은 “(A-B)×(Free-Air 보정)”로 표시된다. 즉, 높이에 따른 중력 보정은 약 0.3086 mgal/m (Delinger, 1977)이기 때문에 H=2 m, draft=5 m, T=3 m로 가정하면 전체적인 높이 차는 4 m이고 이에 따른 중력값 차이는 약 1.23 mgal 정도가 된다. Meter drift는 탐사 전과 탐사 후 부두에서의 중력값 차이를 총 탐사시간으로 나누면 구할 수 있

기 때문에 탐사 전 부두에서 측정된 선상 중력값(예, 12345.68 mgal)에 높이 차에 의한 중력값을 더한 다음 (12346.91 mgal) 탐사 후에 측정된 중력값(높이 차를 3 m로 가정: 12346.60 mgal)으로부터 빼주면 -0.31 mgal이 나오고 총 탐사 시간을 10일이라고 하면 시간 당 약 -0.001 mgal 정도 meter drift가 발생한 것이며 이 값을 취득한 선상 중력값에서 빼주어야 한다.

**4.3. Eötvös 보정**

지구상에서 측정되는 모든 중력값은 만유인력과 원심력의 벡터합이다. 육상에서는 원심력이 일정하지만, 해상에서는 선박의 움직임에 의한 원심력의 변화가 관측되는 중력값에 영향을 미친다. 이 효과는 지구 자전 방향과 같은 방향인 서쪽에서 동쪽으로 탐사를 수행하는 경우 많은 영향을 미치기 때문에 해상 중력탐사에 있어서 가장 큰 요인으로 작용한다(Nettleton, 1976). 따라서 가능하면 탐사 방향을 조정하는 것이 좋지만 일반적으로 중력 탐사는 다른 탐사와 동시에 탐사를 수행하기 때문에 자료를 취득한 후에 알려진 공식을 적용하여 자료를 재처리 하여야 하며 보정된 값은 취득한 중력값에 더해줘야 한다. 일반적으로 사용하고 있는 공식 다음과 같다(Nettleton, 1976).

$$E = 7.508 V \cos\phi \sin\alpha + 0.004154 V^2$$

V: 선박의 속도(노트), φ: 위도, α: azimuth

**4.4. 정규 중력식**

지구상에서 관측되는 중력값은 지구가 완전한 구가 아니기 때문에 위도에 따라 변화하며 이러한 변화는 지하 내부의 지하구조에 기인하는 것이 아니다. 따라서 Free-Air 이상을 얻기 위하여 관측된 중력 값으로부터 주어진 위도에서 계산된 정규 중력값을 빼주어야 한다. 주어진 위도에서의 정규 중력값은 정규중력식 (Heiskanen and Moritz, 1987; Japanese Engineering Table, 1992)을 이용하여 계산될 수 있는데 기준에 발표된 중력식 중에서 가장 최근 것을 사용하는 것이 오차를 줄일 수 있다. 가장 최근 정규중력식은 GRS1980이며 다음과 같이 표현된다.

$$\gamma = \frac{a\gamma_e \cos^2\phi + b\gamma_p \sin^2\phi}{\sqrt{a^2 \cos^2\phi + b^2 \sin^2\phi}}$$

여기서 φ: 위도, a: 적도 반경=6,378,137.0000 m, b: 극 반경=6,356,752,3141 m, γ<sub>e</sub>:적도 중력=978.03267715 gal, γ<sub>p</sub>: 극 중력=983.21863685 gal

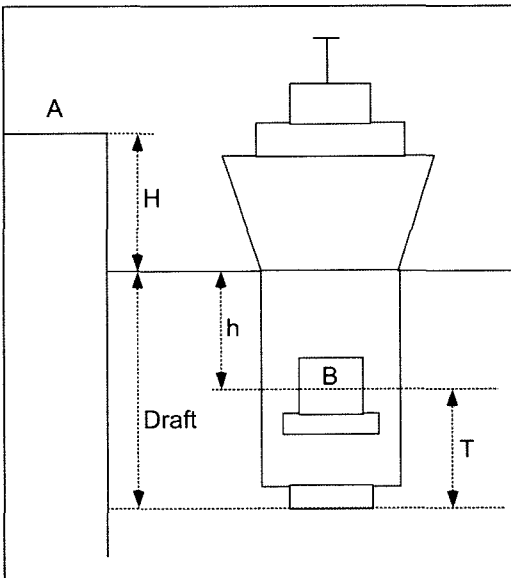


Fig. 7. Schematic diagram for calculating gravity anomaly on the height deviation between the port and the gravimeter (after Han et al., 2000).



상기에 언급한 일련의 과정을 통하여 중력값을 취득하면 얻고자 하는 Free-Air 이상값은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$FA = \text{절대 중력값(부두)} + \text{선상중력값} - \text{부두에서의 중력값(이동식)} - \text{meter drift} + \text{Eötvös 보정} - \text{정규 중력값}$$

### 5. 자력 탐사

국내에서 사용하고 있는 해상 자력계는 3성분 자력계, Proton type 자력계 및 Cesium type 자력계 등 다양한 종류의 자력계를 사용하고 있다. 그러나 어떠한 자력계를 사용하는 것과 관계없이 자력 탐사를 할 때 제일 먼저 고려해야 하는 것은 조사 선박이 자력계에 미치는 영향이다. 선체 영향을 파악하기 위해서는 탐사 해역 부근에서 “8” 모양의 측선을 설계하여 탐사를 한 다음 중앙부에서 자력값이 똑같아야 영향이 없는 것으로 간주하지만 일반적으로 선미에서 선박 길이의 약 3배 정도 자력계를 예인하면 영향이 없는 것으로 알려져 있다(Geometrics, 1994). 따라서 탐사 목적에 따라 “8” 조사를 한 후 탐사를 수행하거나 아니면 단순히 선체 길이의 3배 정도 떨어진 곳에 센서를 예인하여 탐사를 수행하여 선체에 의한 영향을 최소화하여야 한다.

상기에 언급한 방법으로 탐사를 하여 자료를 취득한 후에도 취득한 자력 값에는 지구 내부 및 외부 영향에 의한 값들이 포함되어 있어 이들을 제거해야만 순수하게 지각에 의한 영향을 관측할 수 있는 것이다(한현철 등, 2000).

지구 내부에 의한 영향은 외핵에서 다이내모와 유사한 기작에 의해 형성되는 자기장으로 전체 자기장의 약 95%를 차지하지만 이러한 자기장은 지하 지질구조의 영향에 의한 것이 아니기 때문에 제거되어야 한다. 이러한 영향을 제거하기 위하여 구면조화모델에 의하여 수학적으로 표시된 IGRF (International Geomagnetic Reference Field)를 이용하는데 이 값은 5년에 한번씩 수정 및 보완된다(Barton, 1997). 취득한 자력 값에서 IGRF 값을 빼 줌으로써 잔류자기 이상을 구할 수 있으나 이 잔류자기 값에도 인위적인 자기 이상을 형성할 수 있는 외부 자기장의 변화량을 포함하고 있다. 따라서 이러한 외부적 근원에 의하여 형성되는 자기 이상 또한 제거해야 한다. 외부 자기장(terrestrial magnetic field)의 변화는 내부 근원에 의해 형성되는 영년변화와 외부근원에 의해 형성되는 과도변화(transient variation)로 분류 될 수 있다(Mayaud, 1978).

IGRF에도 영년변화 계수를 포함하고 있으나 불균등하게 분포한 자료로부터 계산된 제한적인 계수를 포함하고 있기 때문에 완전하지 못하다. 그러므로 영년변화량은 단지 IGRF만을 이용하여 완전히 제거할 수 없다. 이러한 문제의 가장 실용적인 해결 방법은 하나 또는 그룹의 탐사측선 자료를 기준 자료로 선택하여 이 기준 자료와 호응할 수 있도록 나머지 탐사측선 자료에 일정한 값을 더하거나 빼도록 하는 것이다.

과도변화(transient variation)는 다양하고 복잡하며 이러한 변화의 크기는 대체로 10 nT 이하부터 1,000 nT 이상까지의 범위를 보인다. 따라서 자기장의 2-3% 정도가 외부 요인에 의한 것이라 하더라도 실질적인 자기 이상을 왜곡 할 수도 있기 때문에 이러한 영향 역시 제거되어야 한다. 외부자기장에 대한 1차적인 근원은 지구 전리권과 자기권에서 발생하는 전류이다. 이러한 전류는 태양복사, 태양풍, 행성간의 자기장 및 행성간의 복잡한 상호작용 등에 의하여 발생한다(Campbell, 1967). 그러나 외부근원에 의한 대부분의 자기장 변화는 일변화 외에는 예측하기 어렵기 때문에 자력자료에 미치는 과도변화의 효과를 완전히 제거하기 어렵다. 따라서 일변화 영향을 제거하기 위해 일반적으로 사용하는 방법은 master sensor와 slave sensor 사이의 자기 이상을 이용하여 일변화 보정을 하는 “gradiometer”를 사용하거나 육상에 고정 자기 관측점을 두어 자력 값을 측정된 후에 해상에서 취득한 자력 값에서 감해 줌으로써 최종적인 잔류 자력 값을 구한다.

### 6. 토의 및 결론

지금까지 언급한 해양지구물리탐사 자료취득 방법은 가장 일반적인 방법과 연구 목표에 따라 탐사 설계를 할 때 필요한 정보를 소개하였다. 이러한 정보를 토대로 하여 탐사 계획을 수립할 때 가장 우선시 할 것이 탄성과 탐사에 대한 목적을 먼저 수립하여야 한다. 즉 요구되는 탐사 심도 및 해상력을 근거로 하여 탄성과 탐사 장비를 먼저 선정한 후 측선 간격을 설정해야 한다. 측선 간격은 연구 목적에 따라 다르지만 일반적으로 밝히고자 하는 지하구조 크기보다 작아야 하며 다중빔 음향 측심자료를 100% 취득하고자 하면 이를 근거로 하여 적절하게 설정을 한다. 또한 수심, 중력 및 자력 자료를 기존에 조사한 자료와 통합을 하는 경우에는 측선과 측선 사이의 교차 지점에서 발생하는 교차점 오차(cross-over error)에 대한 보정을 해야만 교

차점에서 발생할 수 있는 인위적인 이상대(anomalous zone)를 제거할 수 있다. 또한 취득한 자료를 해석하는 것은 지질학적인 요소이기 때문에 가능하면 탐사 해역 주변에 있는 시추공 자료나 육상 지질도를 참조해야만 올바른 해석을 할 수 있다.

### 참고문헌

- 한현철, 강무희, 공기수, 김경오, 김원식, 김정기, 김진호, 김지훈, 서갑석, 선우돈, 오재호, 이영주, 이치원, 정태진, 최종규, 기원서, 김복철, 김유봉, 김유홍, 송교용, 이윤수, 이용남, 황재하, 김근영, 박정호, 신인철, 이법규, 이희일, 임인섭, 전정수, 제일영, 조창수 (2005) 연안지질 위험요소 연구 (포항 주변해역), 한국지질자원연구원, 177p.
- 한현철, 강중석, 이호영, 진재화, 김성필 (1997) 정밀해저 탐사기술 자립화 연구, 연차실적보고서, 한국지질자원연구소, 120p.
- 한현철, 김원식, 장정해, 이치원, 최현수, 선우돈, 유동근, 김학주, 김정기, 김영건, 김성필, 김정기, 김영건, 김성필, 공기수, 김경오, 구남형, 강무희, 서갑석, 최종규, 황규덕 (2000) 오키나와 분지 지구조 연구, 한국지질자원연구원, 157p.
- Barton, C.E. (1977) International Geomagnetic Reference Field; The Seventh Generation, *J. Geomag. Geoelectr.*, v. 149, p. 123-148.
- Campbell, W.H. (1967) Geomagnetic Pulsations. In Matsushita, S., and Campbell, W.H. (ed.) *Physics of Geomagnetic Phenomena*, Academic Press, N.Y., p. 822-909.
- Chough, S.K., Lee, H.J. and Yoon, S.H. (2000) *Marine Geology of Korean Seas*, Elsevier Science, 2 edition (March 1, 2000), 328p.
- Clark, J.H., deMoustier, C., Mayer, L. and Wells, D. (1997) *Coastal multibeam training course*, St. Andrews, New Brunswick, 580p.
- Delinger, P. (1978) *Marine gravity*, Elsevier Oceanography Ser., v. 22, Elsevier Scientific Publishing Co., Amsterdam, 322p.
- Geometrics (1994) *G-811/811G marine Magnetometer Operation and Maintenance Manual*, Geometrics Inc., 185p.
- Heiskanen, W.A. and Moritz, H. (1987) *Physical Geodesy*, Institute of Physical Geodesy Technical University Graz, Austria, 250p.
- Japanese Engineering Table (1992) *National Astronomical Observatory*, 1042p.
- Mayaud, P.N. (1978) Morphology of the transient irregular variations of the terrestrial magnetic field and their statistical laws, *Ann. Geophys.*, v. 34, p. 243-276.
- Nettleton, L.L. (1976) *Gravity and Magnetism in Oil Prospecting*, McGraw-Hill Book Co., N.Y., 464p.
- Press, F. (1966) Seismic velocities. In *Handbook of Physical constants*, Clark, S.P. (ed.) Geological Society of America, *Memoir 97*, p. 196-218.
- Sharma, P.V. (1986) *Geophysical methods in Geology*, Elsevier Scientific Publishing Co., Amsterdam, 442p.
- Sheriff, R.E. (1977) Limitation on resolution of seismic reflections and geologic detail derivable from them. In Payton, C.E.(ed) *Seismic stratigraphy-application to hydrocarbon exploration*, AAPG *Memoir 26*, Oklahoma, p. 3-14.
- Simrad (1996) *Operating Manual*, Kongberg-Simrad As, 560p.

---

2006년 8월 2일 원고접수, 2006년 8월 14일 게재승인.