

MBES 측량에 의한 수중구조물 기울기 조사에 관한 연구

Developing Slope Investigation Technic of Underwater Facility using MBES

김동문* · 박재국** · 박형근***

Kim, Dong-Moon · Park, Jae-Kook · Park, Hyeong-Keun

Abstract

It has an important meaning that the maintenance and management of facility for a onshore construction shall be damaged by oceanic environment. A movement and displacement of these shall be investigated by up-to-date machinery tools like GPS and Lidar and MBES & Gyro. In current a lot of tools and methods for investigation shall be used as a displacement and movement on land mainly. For underwater facility it is very difficult to check because of special conditions below the water surface. In this study, a surveying methods for a movement and displacement of underwater facility as caisson shall be used, i.e. multibeam-echo-sounding system. A possibility as basic data for displacement and environmental monitoring shall be studied by MBES to acquire a caisson's inclination.

Key words : MBES, Underwater facility, Displacement, Caisson

요 지

연안 및 해양구조물에 대한 안전 및 유지관리는 해양환경과 그로인한 피해의 심각성으로 인해 매우 중요한 의미를 가진다. 이러한 구조물의 유지관리를 위해서는 구조물의 거동이나 변위감시 등의 활동이 이루어져야 하며, 최근 다양한 공간환경에 존재하는 대형 구조물의 유지관리나 거동감시를 위해 GPS, LiDAR, MBES, 자이로 등의 도구를 광범위하게 활용하고 있다. 현재 육상 구조물에서의 거동이나 변위감시등을 위한 다양한 장비와 방법론이 연구되고 있으나 일부 육상에서 감시가 가능한 해양 구조물을 제외한 수중에 존재하는 구조물에 대해서는 적용 가능한 방법론의 부족으로 어려움을 겪고 있다. 따라서 해양측량장비로 널리 사용되는 MBES 장비를 활용하여 수중 구조물 거동 및 환경감시의 일환으로 케이슨의 수중부 벽체에 대한 기울기를 조사 및 분석하여 수중 구조물 거동과 환경 감시의 가능성 여부를 분석하기 위한 기초 데이터로 활용하고자 한다.

핵심용어 : MBES, 수중 구조물, 변위, 케이슨

1. 서 론

댐, 항만 등의 대규모 구조물에 대한 안전과 유지관리 활동은 그 중요성이 전 세계적으로 널리 인식되어 왔다. 이러한 대형 구조물은 구조적인 안전이 위협을 받을 시 막대한 인명피해와 재산의 손실을 초래하기 때문에 그 위험도를 최소화하기 위한 기술과 방법론 개발을 통한 대책과 세부계획 마련은 필수적이기 때문이다(Kim 등, 2003).

이러한 대형 구조물은 가장 위험한 상태에서도 결코 파괴되지 않는 충분한 안정성을 확보하도록 설계계산에서 안전율을 크게 고려하고 있지만 자연적, 인위적인 요인에 의해 항상 잠재적인 위험성을 가지고 있다. 또한 구조물의 실제 거동을 정확히 분석하기에는 현장 여건이나 기후 조건, 기타 외부요인에 의해 상당한 어려움이 있다(해양수산부, 2005).

더군다나 바람이나 파도와 같은 외적 영향이 강한 해양에서는 외적 영향에 의한 구조물의 거동이 반드시 존재하므로, 그 거동을 정확히 파악하여 적절한 대처를 취해야 한다(양인태 등, 2001).

육상 구조물의 거동 파악을 위해서는 GPS, 회상계측기술, 레이저 응용장비, 진동과 무선계측 장비 등의 거동측정 및 상시감시 기술을 활용하여 교량, 댐 등에 대한 거동감시 기술이 연구되고 있다(이석우 등, 2005). 특히, 현장측정과 상시계측을 위한 교정기술, 시스템 기술들을 종합적으로 수행하면서 현장측정기술의 신뢰도가 향상되고 있다(김연준 등, 2002).

특히 최근의 측지 및 측량분야에서는 대형 구조물의 유지관리 특히 변위감시 등에 GPS나 TOTAL STATION 등이 광범위하게 적용 활용되고 있다. 특히, GPS는 아직까지는 사

*남서울대학교 지리정보공학과 교수, 공학박사 (E-mail: david@nsu.ac.kr)
**정회원 · 남서울대학교 지리정보공학과 겸임교수, 공학박사
***정회원 · (주)지오맥스 해양사업본부, 기술사

용경비나 정밀도에 한계가 있는 것으로 드러나 더욱 많은 연구가 필요하다, 그 풍부한 활용범위와 확장성으로 인해 많은 영역에서 적용하고자 노력하고 있다.

해양 구조물은 외부 영향 요소가 매우 다양하고 크게 작용하여 구조물에 매우 큰 영향을 끼치게 된다(김용보, 2006). 조선소 Dock 구조물 벽체의 경우, 시공완료 후 주수 및 배수에 따른 벽체의 거동 분석 및 구조물의 안정 분석을 위해 관련 자료와 자료의 취득 절차를 파악하기 위한 연구가 진행되어 조선소 Dock 구조물 벽체의 안정 분석 자료로 활용된 바 있으나 컨테이너 터미널 등의 항만 구조물은 선박이나 해양 등에서의 외력에 직접적으로 노출되어 구조물의 안정성이 절대적으로 필요한 구조물로서 구조물에 대한 안정성과 환경을 평가하기 위한 연구가 필요한 상황이다(박요섭, 2004).

따라서 본 연구에서는 다양한 외부환경이 공존하는 해양 구조물 중에 기 시공된 컨테이너 터미널 부두 안벽의 형상을 최신 수심측량 장비와 기법을 활용하여 면밀히 측정하여, 구조물의 안정성과 주변 환경평가와 유지관리를 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

2. MBES 수심측량

2.1 MBES 수심측량 원리

멀티빔 음향측심을 사용하기 위한 시스템은 복수개의 소나 트랜스듀서 배열로 구성되어 있다. 각 소나 배열의 위상 차(Phase)를 조절하여, 지향 각을 가지는 빔을 생성할 수 있다. 통상적으로, 음파를 발사할 때는 현 방향으로 넓고, 선수 방향으로 좁은 빔 폭이 좁은 부채꼴 모양의 빔을 생성하여 발사하고, 수신할 때에는 그와 직교되는 방향으로 여러 개의 빔을 수신하여, 두 빔의 직교되는 시점을 관측하여 경사거리를 측정하게 된다(박요섭, 2004). Sonar Head의 송신기에서 발사된 음파의 전달 경로를 직선으로 가정하면 음파가 수중에서 사각으로 진행하여 측정된 빔의 위치는 Sonar Head의 직하방 축으로부터 특정빔의 빔 각도(r)와 중앙부에서 해저면까지 경사거리(S_i)로 표현될 수 있으며, 경사거리는 음향신호의 왕복전달 시간과 고정 음속도를 곱해서 얻을 수 있다.

그림 1에서 Sonar Head를 기준으로 한 빔의 위치는 식

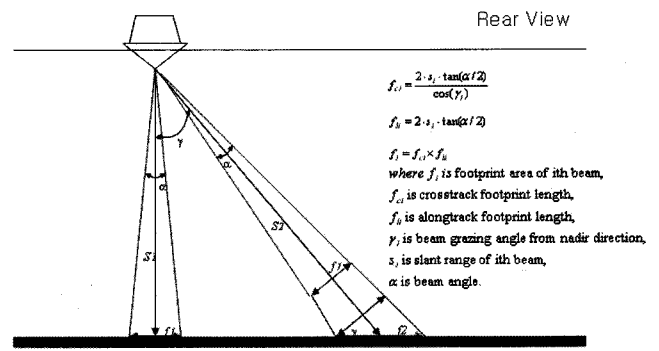


그림 1. 빔 지향각과 경사거리 소나벡터

(1)과 같이 소나벡터로 표현할 수 있다.

$$S_i = \frac{1}{2} n \cdot V \cdot T_i, \quad B_i = \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -S_i \cdot \sin(r_i) \\ -S_i \cdot \cos(r_i) \end{bmatrix} \quad (1)$$

V: 음속도(0°C 1500m/sec), T: 도달시간, n: 경로수

이러한 원리가 적용되어 본 조사에 사용된 시스템의 사양은 표 1과 같다.

측심 정확도는 개정수심의 정확도를 의미한다(2004, 박요섭). 측심의 정확도를 규정하기 위하여, 최종 개정 수심 생성 과정에 포함된 개별 오차를 정량화 할 필요가 없다. 개별 오차들이 상호 결합되어 최종적인 총 확산오차를 구성하게 된

표 1. 멀티빔 음향측심의 제원

모델	Seabat 9001
제작사	미국 Reson 사
전력 요구사항	24V DC, 2 Amps max
발진주파수	455 Khz
분해능	5 cm
전송 빔폭	수평 90° /수직 1.5°
수신 빔폭	수평 1.5° (각빔별)/수직 15°
빔수	60
탐사심도	200 m

표 2. 수심측량을 위한 IHO 규정별 구역 구분

	특등구역	제1등	제2등	제3등
구역 예	항만, 정박지	외항수로 및 진입수로	~200m 수심구역까지	제2구역까지의 제외구역
수평정밀도(98%)	2m	5m + 수심5%	20m + 수심5%	150m + 수심5%
수심정밀도(95%)	$\pm\sqrt{a^2+b \cdot d}$ a=0.25m b=0.0075	$\pm\sqrt{a^2+b \cdot d}$ a=0.5m b=0.013	$\pm\sqrt{a^2+b \cdot d}$ a=1.0m b=0.023	제2구역과 동일
100% 해저면조사	강제조항	특수목적의 지정구역	선택구역	-
공간해상도	1m 미만	1~2m 수심40m까지 그이하에서는 10%	제1구역과 동일	-
측선간격	100% 해저면 조사	3×평균수심 또는 25m 피치	3~4× 평균수심 또는 200m 피치	4 × 평균수심

* 여기서, a는 오차상수(각 수심오차 상수의 합), b는 수심에 따른 오차인수, d는 수심이다.

다. 표 2에서는 해역의 항해중요도에 따라 측량성과의 정확도 정도를 4등급으로 나누고 적절한 정확도 기준을 제시하고 있다.

정확도의 기준은 등급에 따른 상수 항과 대상 해역의 평균 수심에 따른 변수로 이루어져 있다. 수심 40m의 기준깊이는 선박의 최대 흘수 깊이를 감안한 깊이이다.

2.2 MBES 수심측량 방법

MBES는 연안이나 연안해역에 대한 지형적 형상을 파악, 정밀분석하기 위한 멀티빔 음향측심기이다. MBES는 분해능 5cm, 전송빔 폭은 수평 90°/수직 1.5°, 수신빔 폭은 수평 1.5°(각 빔별)/수직 15°, 빔 수는 60개, 탐사 심도는 600m로 구성된 장비이다.

MBES로부터 취득한 자료는 각 빔에서 수신되는 진폭의 강약에 따라 기록되는 측심자료와 진폭자료를 자동으로 기록시킨 것이다.

MBES를 이용한 측량을 시작하기 전에 기초자료의 분석을 통해 조사계획을 작성하며, 조사구역을 설정한다. 해당 조사구역에 필요한 종거리 측선 및 조위의 변화를 고려하여 근접한 시간내에 동일한 해상조건 및 조위조건에서 조사가 가능하도록 유도한다.

Motion 센서나 자이로 콤파스 등의 측위장비의 이상 유무를 시험하여 탐사에 대한 정확도를 확보한다. 이와 함께 정밀측심을 위해 정확한 측위시스템이 필요하므로 GPS 방식에 의한 측위자료를 획득할 수 있는 준비를 한다.

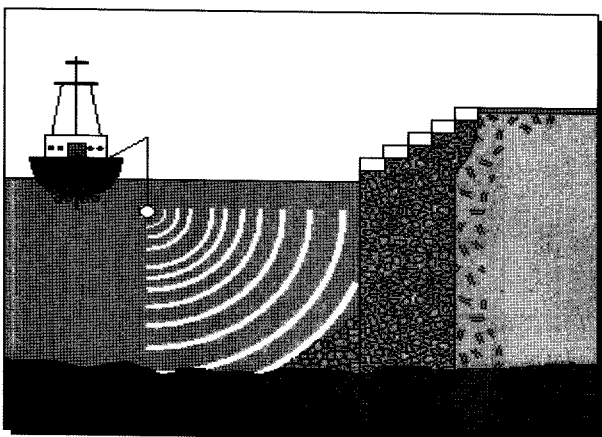


그림 2. 멀티빔 조사 모식도(Tilt45°)

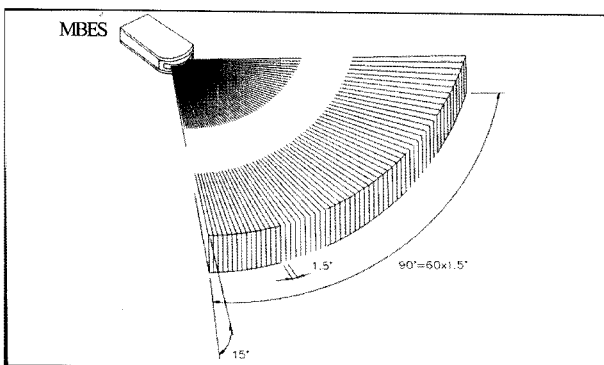


그림 3. 멀티빔 수신각도, 90°

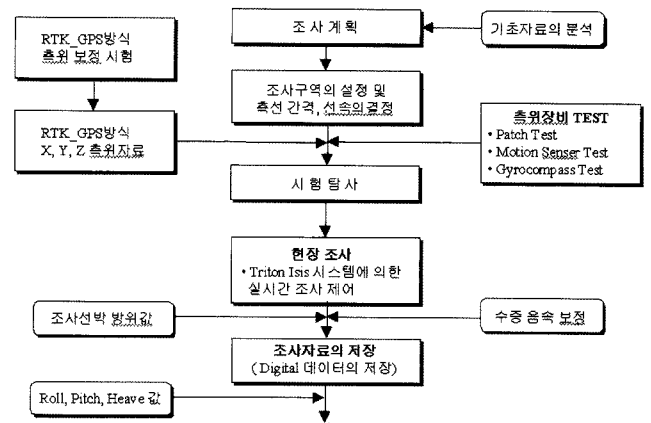


그림 4. MBES 조사흐름도

실시간 조사제어를 통해 얻어진 조사자료를 수중 음속보정과 조사선박 방위값을 기초로 하여 수치 데이터로 저장하고 MBES 장착 당시의 3성분인 지향각(pitch, roll, yaw) 값을 patch test용 측심값을 적용하여 계산한다.

2.3 MBES 장비의 검정

2.3.1 RTK Positioning 검정

L1, L2과 및 C/A 및 P코드를 사용하여 정확한 위치에 따른 GPS 위치를 보정한다. 대형 철골구조물이 설치되어 있는 곳에서는 Multi Path가 빈번히 발생하므로 사전에 위성을 선정해서 위성수신의 앵글을 선별 조정한다.

2.3.2 Sonar Head 검정(Multi Beam Echo Sounder)

실지 조사 구역에서 측량을 실시할 때 장착 당시 Multi Beam Sonar Head가 갖는 3성분의 지향각(Pitch, Roll, Yaw)의 값은 측량시 얻어지는 측심 데이터의 정확도에 심각한 영향을 미치게 된다. 즉, 3성분의 지향각이 보정되지 않을 경우 평탄한 지역의 동일 측선상을 왕복시 데이터의 Offset오차가 발생되며, 경사면 또는 요철이 심한 부분의 주행시 다른 방향의 Offset 오차가 발생된다. 이에 따라 조사선박 우측의 Mount 하단부에 부착된 Sonar Head의 장착조건은 선박의 운동 이동이 가장 적은 중심부에 설치하여야 하고, 나아가 선박의 진행 방향에서 보아 Pitch, Roll, Yaw의 값을 0으로 설치하여야 할 필요가 있다.

그러나 인위적으로 장착된 Sonar Head의 3성분 값은 미지의 오차를 갖는 것이 일반적이라 할 때 이 값의 보정을 위해 Patch Test용 측선을 획득하여 각각의 보정값을 계산한다.

2.3.3 Motion Sensor Calibration

측량 중에 있어 조사선박의 움직임(Roll, Pitch, Heave)을 자동 검출하여 조사선박의 움직임에 대한 Multibeam의 지향각 변화를 보정한다.

2.3.4 Gyro Compass

조사선박의 방위(진행방향) 및 Sonar Sensor의 Beam각에 대한 수평 회전각을 Digital Type으로 표시, 입력하여 센서의 방향각을 보정한다.

2.4 해상 위치측위

해역에는 해상 위치측정용 GPS 장비를 사용한다. 육상의 기준점에 기준국을 조사선에 이동국을 설치하고 항주하면서 양국에서 같은 시각에 동일 인공위성으로부터 좌표를 수신한다. 이 때 기준국에서는 수신된 좌표값과 기지값의 편차를 계산하여 이동국에 송신하면 이동국에서는 위성으로부터 수신된 좌표값에 편차를 보정하여 각 해상측점의 실용좌표를 얻게 된다.

GPS 장비의 측량정밀도는 RTK에 의한 이동측량시 1cm+2ppm(H), 2cm+2ppm(V) 정확도를 확보하여야 하며, Roll, Pitch, Yaw 등과 같은 해상조사시의 위치 변화인자를 고려하여 자료전송을 수행한다. GPS기지국의 설치는 위성관측 안테나의 수평기준면으로부터 15° 이상에 장애물이 있지 않는 곳이며 무선모뎀의 허용범위에 포함되는 측점을 이용하며 기지국에서는 측위위성의 예보궤도의 오차 및 우주공간의 전리층을 통과할 때 발생하는 불규칙적인 측위의 오차를 실시간으로 계산하여 조사선에 설치된 GPS 이동국에 0.2초 간격으로 전송 및 수신하게 설정한다.

2.5 수중 음파속도 측정

수심은 신호반응에 대한 시간에 의해 계산되는데 해저면 바닥에 도달한 후 돌아오는 시간에 대하여 트랜스듀서에 의해 감지되게 된다. 수중 음파속도는 수온과 염도에 의해 그 영향을 받게 되며 일반적으로 초당 1400에서 1600m 사이의 값을 가진다. 정확한 수심을 계산하기 위해서는 에코사운드에 대해 반드시 음파속도를 보정해야만 하는데 염도와 수온 또는 음파속도계측기에 의해 계산된다. 따라서 조사를 위해서는 측심기의 기계적오차 및 수중음파속도의 변화 등에 의한 수심의 영향을 바 체크(bar-check)법에 따라서 수행하며 1일 2회 측심해역의 최심부에서 행한다. 바의 심도는 송수파기를 기준으로 심도 31m 미만은 2m마다, 31m 이상은 5m마다 측정하여 올릴 때와 내릴 때의 평균치로 정한다.

표 3에 이용된 식은 MEDWIN이며 이에 대한 계산식은 다음과 같다.

$$C = 1449.2 + 4.6t - 0.055t^2 + 0.00029t^3 + (1.34 - 0.01t)(s - 35) + 0.016d \quad (2)$$

여기서, C: 음파속도(m/s), t: 수온, s: 염도, d: 수심

2.6 조위 보정

조사시엔 기준 수준면인 수준점에서 조위를 실측하여 조정하며, 매 10분마다 관측하여 기록하고 이를 Spline처리하여 사운드링 자료에 대해 시간대별(0.01초당)로 조정한다.

표 3. 음파속도 변화표

수온 T(°C)	음파속도(m/s)							
	0	5	10	15	20	25	30	35
0	1403	1410	1417	1423	1430	1437	1443	1450
10	1447	1454	1460	1466	1472	1478	1485	1491
20	1482	1488	1494	1500	1505	1511	1517	1522

2.7 불규칙 삼각망 형성

불규칙삼각망(Triangulated Irregular Network)은 불규칙한 점의 삼각망으로 지표면을 표현하는 기법으로 평탄지보다 복잡한 지형에서 보다 많은 점을 추출하며 DEM에 비해 간단하면서도 경제적인 모델이므로, TIN을 이용하여 수심 결과치를 불규칙 삼각망으로 구성하여 등고선도를 추출한다. TIN 구축에 있어서 일반적인 모델인 Delaunay 삼각형을 이용하여 구축한다. 등고선은 일종의 등치선으로 등고선을 통하여 계량적인 분석이 가능하며 2차원 및 3차원 등고선도를 작성하여 입체적으로 음영기복도를 작성할 수 있다.

3. 측량 및 데이터의 보정

3.1 범위

연구지역은 광양만의 컨테이너 터미널 안벽 주변 및 소단부이다. 연구지역의 동측에는 노랑해협과 여수만이 위치해 있으며 수심은 20m 이상이다. 기상여건은 북서풍이 발생하는 기간을 제외하고는 특이사항이 없으며, 조수간만의 차는 대략 2m 정도이다. 지질구조는 발달되어 있지 않고 주향은 지역적으로 모두다 변화하므로 통계적인 기술이 불가능하다.

3.2 조사 장비

조사장비는 표 4와 같은 MBES와 GPS, 데이터 제어 및 수록 장치, 데이터 처리 PC, 데이터 처리 프로그램 등으로 나눌 수 있다.

3.3 측선 설정

그림 6과 같이 안벽 주변에서 안벽이 시작되는 곳을 기점으로 30m×900m 구역에 대하여 안벽으로부터 5m 종거를 측선으로 설정하였으며 선박의 이동이 빈번한 시간대를 피하여 조사하였다.

3.4 장비 검정

3.4.1 Sonar Head 검정(Multi Beam Echo Sounder)

Multi Beam Sonar Head가 갖는 3성분의 지향각(Pitch, Roll, Yaw)의 보정을 통해 데이터의 Offset 오차를 보정해야 하므로 Patch Test용 측선을 획득하여 각각의 보정값을 계산

표 4. 조사 장비 목록

장비	모델	구성
MBES	Multibeam Bathymetry System	- SEABAT - Motion sensor - Gyro compass
GPS	4xxx SSI Receiver	- Base Receiver : 1set - Rover Receiver : 2set - TRIMTALK RADIO/MODEM
데이터 제어 및 수록 장치		- M/O Driver - 제어 시스템
데이터 처리 PC		- Pentium IV - 512MB메모리 - HDD : 100 GBytes
데이터 처리 프로그램		- Suffer x.0 - hypack

하였다.

계산결과 Yaw minimum value는 0.0Deg, Pitch minimum value는 0.8Deg, Roll minimum value는 0.2Deg, Latency minimum value는 0Sec로 나타났다.

3.4.2 Motion Sensor 검정

측량 중에 조사선박의 Roll, Pitch, Heave를 검출하여 조사선박의 움직임에 대한 Multibeam의 지향각 변화를 보정하였으며, 보정한 오차는 Roll, Pitch에 대하여 각각 -1.017 Deg, 1.934 Deg이었다.

3.4.3 Gyro Compass

조사선박의 방위(진행방향)의 및 Sonar Sensor의 Beam각에 대한 수평 회전각을 Digital Type으로 표시, 입력하여 센서의 방향각을 보정하였다.

4. 데이터 분석

안벽면 다중빔 정밀수심측량에 의해 취득한 데이터를 보정



그림 5. 위성영상 위치도

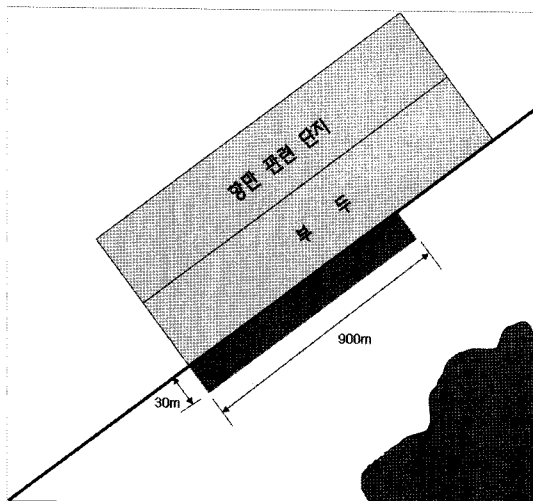


그림 6. 조사 범위와 축선

단계를 거쳐 최종 데이터로 작성하였다. 아래의 표 5는 최종 데이터의 일부분을 제시한 것으로 Z 성분이 음수인 것은 수심을 표시하기 위한 것이다.

4.1 TIN 생성

수심 데이터를 Delaunay 삼각형을 이용하여 TIN을 생성하였다. 멀티빔에 의해 측심된 자료의 해상력은 멀티빔 선속이 2.5not임을 고려할 때, 1.543m/sec이므로 초당 15ping을 사운딩하는 본 장비의 특성상 10cm마다 데이터를 취득하게 된다. 항만 부두의 경우 평균수심이 15m임을 감안할 때 1m × 1m 격자당 최대 30개의 측심을 두게 된다.

TIN은 안벽에 대한 상세한 지형분석을 위해 음영기복도와 3차원 색채도로 작성하였으며, 각각은 3차원 정밀분석을 위해 5cm × 5cm의 격자 크기로 하였다.

표 5. MBES 데이터

X 성분(m)	Y 성분(m)	Z 성분(m)
260568.57	155604.67	-16.54
260568.81	155605.21	-16.47
260569.06	155605.74	-16.37
260569.27	155606.21	-16.34
260569.46	155606.64	-16.34
260569.65	155607.07	-16.32
260569.84	155607.49	-16.29
260570.02	155607.89	-16.29
260570.20	155608.29	-16.22
260570.36	155608.65	-16.24
260570.54	155609.05	-16.15

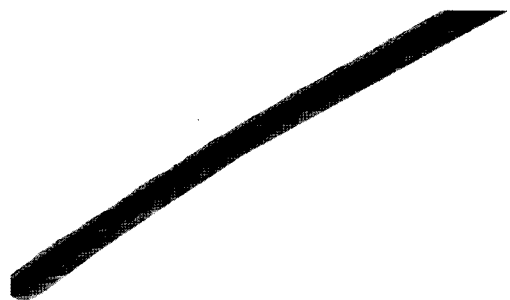


그림 7. 음영기복도

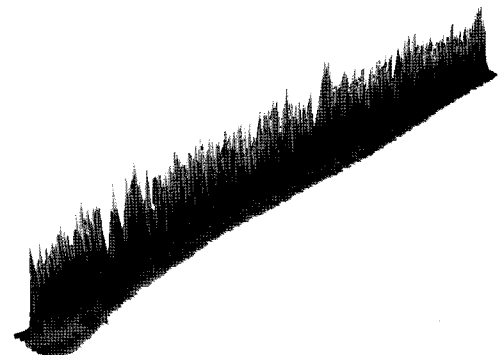


그림 8. 3차원 색채도

4.2 안벽면 경사 분석

전체 조사 자료 중에 안벽면의 경사 분석을 위해 선택된 범위는 5m × 60m 이다. 그림 9는 조사지역에 대한 단면 위치도이다. 각 단면은 조사지역의 시작지점에서 6m, 30m, 50m 떨어진 지점을 선정하였다.

연구지역의 안벽면에 해당하는 케이슨의 표준 단면도는 그림 10과 같다. 시공당시 안벽면의 경사는 수직 상태이며, 저면의 경사도는 표준 단면에 따른 횡단 경사를 유지하였을 것으로 예측된다.

MBES를 통해 취득 및 처리한 데이터는 단면별 3차원 색채도를 작성하였을 때 그림 11과 같이 나타났다.

이때 각 단면의 횡단도를 횡단 수심을 기준으로 A-A' 방향으로 분석한 결과 그림 11과 같이 나타났다.

그림에서와 같이 Section 1, Section 2, Section 3에 해당하는 각각의 수심분포는 약 5m~16m로 분석 되었다.

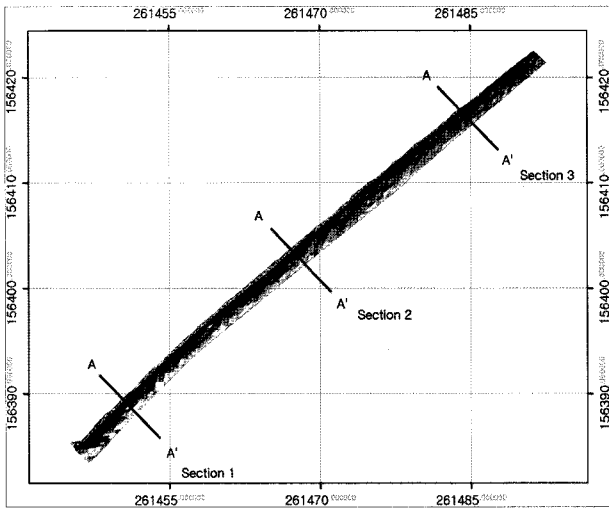


그림 9. 단면 위치도

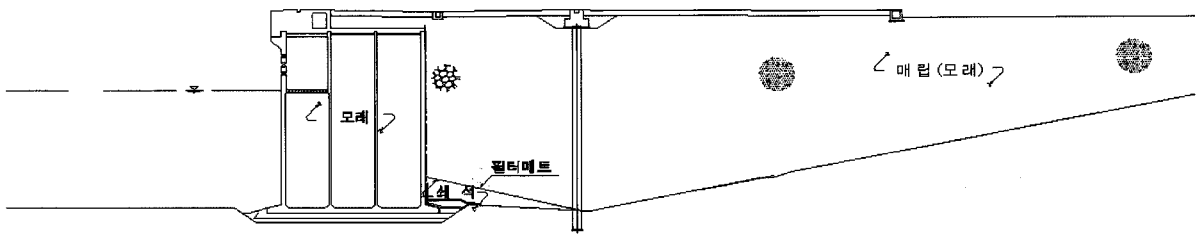
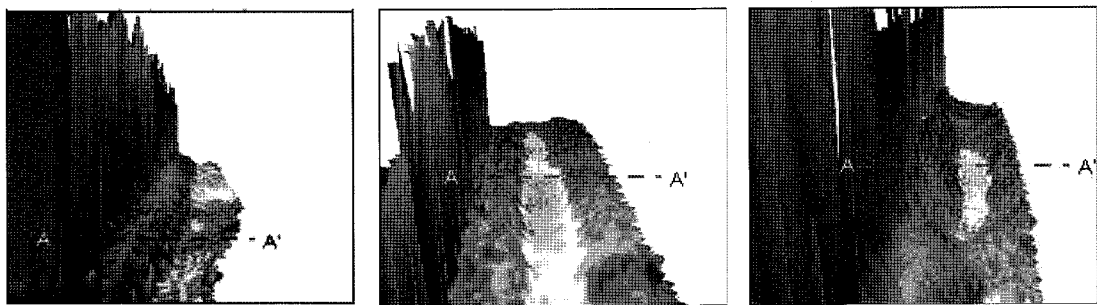


그림 10. 표준 설계단면도



(a) Section 1

(b) Section 2

(b) Section 3

그림 11. 안벽 횡단 위치도(MBES 자료)

4.3 분석 결과

안벽면 경사도의 현황과 그 결과를 분석하기 위해 실측한 안벽면의 경사도와 시공 단면도인 표준 단면도의 경사도를 비교하였다. 이때 실측 단면의 범위는 안벽면을 기준으로 5m 이다. 그림 12는 실측한 각 단면과 표준 단면도의 횡단도를 중첩한 결과이며, 그 결과 표 6과 같이 각각의 경사도가 비교 분석되었다.

이때 발생한 각 단면의 경사도 차이(Section 1은 0.1504 degree, Section 2는 0.2689 degree, Section 3은 0.1303 degree)는 실측시 안벽면에 부착되어 존재하는 유기물의 파복 두께에 의한 차이라고 예측할 수 있다.

본 MBES수심측량은 x, y정확도를 위하여 RTK-DGPS를 사용하였으며 그 허용오차는 1cm±2ppm(equipment specification)이다. 멀티빔 에코사운더의 y, z정확도는 ±5cm(equipment specification)로 멀티빔 에코사운더의 경우 y값은 각의 옅섯 이다.

단면상의 횡단도를 기준으로 단면변화를 분석하기 위해, MBES로 취득한 3차원 데이터로 제작한 3차원 표면정보에 의한 용적과의 비교 결과 전체 조사지역의 안벽면에서의 용적 변화는 412.663m³로 나타났다. 즉, 이 변화량은 안벽면부와 소단부에 분포하는 유기물이나 기타 퇴적물에 의한 변화량을 알 수 있다.

본 조사대상인 케이슨의 경우는 콘크리트 연직 구조체이기 때문에 수상부의 기울기와 수중부의 기울기가 동일하다는 근거에서 나온 검측자료이므로 본 기울기를 근거로 0점 조정 작업을 마친 후 항만 구조물 중에 셀 블록(Cellular Block) 등에 의한 구조물에 대한 검측을 수행한다면 수중구조물에 대한 광대역적 기울기 조사기법을 개발할 수 있음을 확인할 수 있었다. 셀 블록에 의한 부두시공은 개별적 연직구조물이긴 하나 여러 개의 조합으로 구성되어 있어서 그 개별적인 기울기를 육상에서의 어떠한 검측방법으로 확인할 수 없으

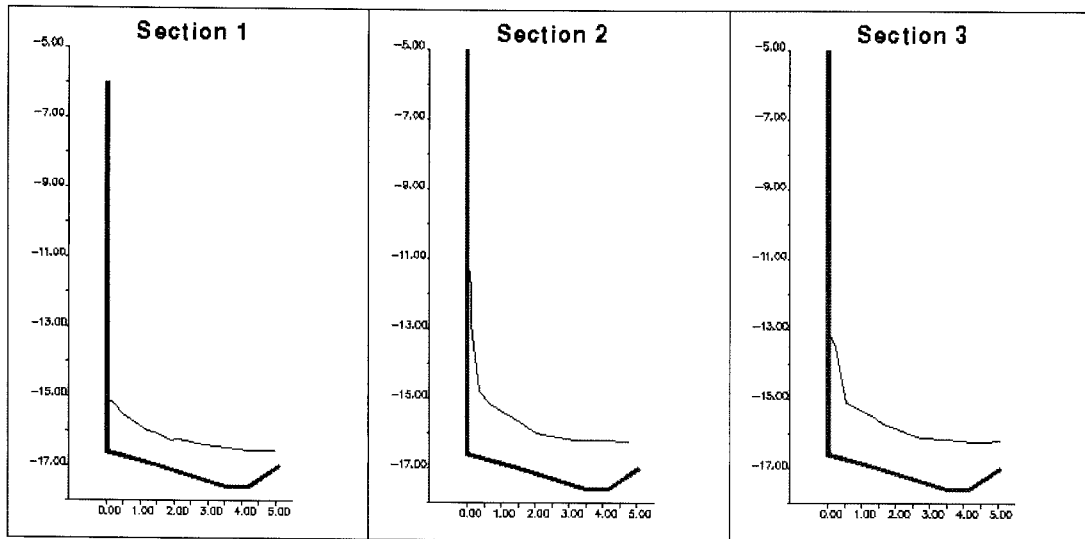


그림 12. 표준 설계단면과 실측 횡단도(--: 표준설계단면도 --: 멀티빔 측량도)

표 6. 단면별 경사도 단위 : Degree

단면	Section 1	Section 2	Section 3
표준단면의 경사	90.0000	90.0000	90.0000
실측단면의 경사	89.8496	89.7311	89.8697

차후, MBES 측량을 이용한 수중 구조물에 대한 다양한 측량 기술이 확보되어야 할 것으로 판단되며, 나아가 보다 다양한 환경에 존재하는 다양한 형태의 구조물을 정량적으로 구 변화량과 형태를 구별할 수 있는 기술과 방법론이 연구되어야 할 것으로 사료된다.

로 셀 블록등에 의한 수중구조물의 기울기 검측을 할 수 있는 기반을 마련할 수 있었다.

참고문헌

5. 결 론

본 연구에서는 해양 구조물인 컨테이너 터미널 부두 안벽의 형상을 최신 수심측량 장비와 기법이 활용된 측정 결과물을 이용하여, 구조물의 경사도와 형상을 평가하고자 하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 육상이나 수심측량 장비로 측량하기에는 매우 힘든, 수중 구조물의 경사면에 대한 MBES 측량을 통하여 구조물의 안벽면에 대한 경사도와 형상의 현황을 파악할 수 있었다.
- (2) 표준 설계단면을 기준으로 안벽면부의 경사도 변화량은 Section 1은 0.1504, Section 2는 0.2689, Section 3은 0.1303이었으며, 이러한 변화량은 안벽면에 존재하는 유기물 등에 의한 피복두께로 예측할 수 있다.
- (3) 공사이후 구조물 주변에는 각종 퇴적물이 존재하며, 그 양은 약 412.663m³임을 알 수 있었으며, 장기적인 유지관리 측면에서 기본적인 대책이 필요함을 알 수 있었다.
- (4) 셀블록과 같은 공사구조물에 대한 기울기 검측에 MBSE 수심측량을 이용한 기법이 적용될 수 있는 기반을 마련하였다.

김연수 (2005) S & MBES를 이용한 연안측량 정확도 개선 방안연구, 부경대학교 박사논문, pp. 40-50.
 김연준, 박형근, 김동문 (2002) Dewatering에 따른 Dock 구조물 벽체 거동에 관한 연구. 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제 22권, 제6-D호, pp. 1289-1296.
 김용보 (2006) Echo sounder를 이용한 정밀수심측량 시스템 구성 및 보정기법연구. 동아대학교 건설기술연구소 논문집, 동아대학교, 제29권, 제2호, pp. 111-117.
 박요섭 (2004) 다중빔 음향소해탐사시스템의 오차분석 및 처리기술 연구. 박사학위논문, 인하대학교, pp. 42-52.
 양인태, 김동문, 김재철, 유영걸 (2001) GIS를 이용한 지진시의 액상화 가능지구 예측, 한국측량학회지. 한국측량학회, 제19권 제1호, pp. 67-75.
 이석우, 김진호 (2005) 멀티빔 음향측심기에 의한 최신해저지형측량. 항만통권, 한국항만협회, 제24호, pp. 15-28.
 해양수산부 (2005) 항만 및 어항공사 전문 시방서. 해양수산부, pp. 113-120.
 Kim, D. M., Yang, I. T., Lee, S. Y. (2003) External Behavior Analysis of Dam by Total Station Survey. Journal of Civil Engineering, KSCE, Vol. 7 No. 2, pp. 201-208.

© 논문접수일 : 2007년 10월 02일
 © 심사의뢰일 : 2007년 10월 02일
 © 심사완료일 : 2007년 11월 01일