

## 제주도 차귀도 서북쪽 해역 내 퇴적 환경 및 퇴적물 조사

김한수<sup>1</sup> · 현종우<sup>2</sup> · 김창수<sup>1</sup> · 김정록<sup>1</sup> · 조일형<sup>1,†</sup><sup>1</sup>제주대학교 해양시스템공학과  
<sup>2</sup>블루코리아 이노베이션

## Survey of Sedimentary Environment and Sediment at the West-Northern Site of Chagwi-do nearby Jeju Island

Hansoo Kim<sup>1</sup>, Jong-Wu Hyeon<sup>2</sup>, Changzhu Jin<sup>1</sup>, Jeongrok Kim<sup>1</sup> and Il-Hyoung Cho<sup>1,†</sup><sup>1</sup>Department of Ocean System Engineering, Jeju National University, Jeju, 63243, Korea  
<sup>2</sup>Blue Korea Innovation Ltd., Yuseong-gu, Daejeon, 34025, Korea

## 요 약

10 MW급 부유식 파력-해상풍력 복합발전 플랫폼의 석션 매립 앵커 시스템 설계를 위하여 제주도 차귀도 서북쪽 인근 해역에서 퇴적 환경 및 퇴적물 성분 조사를 수행하였다. Chirp III을 이용하여 획득한 탄성과 단면도를 Chough *et al.*[2002]의 분류 방법에 따라 음향상 분류를 수행하였다. 그 결과, 조사 해역내의 중앙 및 서북부 지역에서는 주로 편평한 해저면 아래 두께 5~15 m의 내부 반사층이 존재하는 Type I-3으로 확인되었다. 반면 동남부 지역에서는 표층 반사 신호가 상대적으로 큰 Type I-1, I-2 그리고 III-1로 확인되었다. 또한 8개의 대표 정점에서 채취한 시료에 대하여 5 종류의 물리적 시험(단위중량, 함수비, 입도분석, 액성 및 소성 한계, 비중)을 수행한 결과 조사 해역 내에는 모래(SP)와 실트가 섞인 모래(SM) 그리고 SP-SM이 혼합된 퇴적물이 존재함을 확인하였다.

**Abstract** – The sedimentary environment and sediment were surveyed at the West-Northern site of Chagwi-do nearby Jeju Island for the design of the embedded suction anchor system of 10 MW-class floating wave-offshore wind hybrid power generation system. According to the classification scheme of Chough *et al.*[2002], the echo type of the seismic profiles using the chirp III was classified. As a results, the center and west-northern area of survey site were proved to be type I-3 where subbottom layer with thickness 5~15 m exists under the flat seafloor. On the other hands, the east-southern area were regarded to be type I-1, I-2 and III-1 where seafloor reflection is much stronger than type I-3. Also, the physical tests (unit weight, moisture content, grain size, liquid limit, specific gravity) were performed with samples taken from 8 fixed locations. It is found that the sand (SP), the sand blended with silt (SM) and the mixture of SP-SM are distributed uniformly on the survey area.

**Keywords:** Sediment(퇴적물), Anchor system(앵커 시스템), Seismic profiles(탄성과 단면도), Gravity core sampler(중력 코어 채취기), Subbottom layer(내부 반사층)

## 1. 서 론

일반적으로 부유식 해상 구조물은 그 운용 목적에 따라 안정적인 위치 유지 시스템이 필요하며 대부분 계류/앵커 시스템을 이용한다. 특히, 계류/앵커 시스템은 폭풍과 같은 강한 파랑 외력에도 부유 구조물의 위치를 유지시켜야 하므로 부유체의 수명과 직·간접적으로 연관되는 매우 중요한 설계요소 중 하나이다. 특히 앵커 시스템을 설

계하기 위해서는 파랑, 바람, 조류와 같은 해양환경외력 뿐만 아니라 설치 대상해역의 해저 지형 및 해저 지층을 구성하고 있는 퇴적물에 대한 정확한 정보가 필수적이다. 부유식 파력-해상풍력 복합발전 플랫폼의 앵커 시스템으로 현재 고려중에 있는 석션 매립 앵커(Embedded Suction Anchor; ESA)는 석션의 기초와 동일한 원기둥 형태의 단면 형상을 가지며 석션 기초 선단부에 부착되어 해저면 아래 원하는 깊이에 설치할 수 있는 앵커이다. 또한 신속한 설치가 가능하고, 고효율 대용량 앵커로 수평하중에 저항할 수 있도록 설계되어 대형 부유 구조물의 앵커로 많이 사용되고 있다(Kim

<sup>†</sup>Corresponding author: cho0904@jejunu.ac.kr

et al.[2005a]; Kim et al.[2005b]).

현재까지 해저 지형 및 해저면 아래 지층을 파악하기 위한 다양한 탐사방법 중 탄성과 탐사가 가장 널리 이용되고 있다(Kearey and Brooks[1991]). 탄성과 탐사의 원리는 수중에서 인공적으로 음파를 발생시키고, 수신기에서 받는 반사파의 신호를 분석하여 해저 지층 구조를 파악한다. 발생한 음파는 서로 다른 매질을 갖는 지층 경계에서 일부는 투과되고, 일부는 반사되어 다시 되돌아오며, 이 때 탐사장비의 수신기는 반사된 음파의 진동을 전기적인 신호로 바꾸는 역할을 하며 증폭, 여과 과정을 거친 데이터는 저장 장치에 기록된다. 현장에서 취득된 탐사 자료는 자료처리 전용 컴퓨터에서 후처리 과정을 거쳐 탄성과 단면도(Seismic section profile)를 작성하는데 활용된다. 또한 탄성과 탐사는 퇴적층의 깊이에 따라 음파를 발생시키는 방법을 달리하는데, 깊은 지층 탐사를 수행할 때는 일정한 시간 간격으로 물속에서 압축공기를 터트리는 에어건(Air gun)이나 중천부지층탐사기(Sparker)를 이용하는 반면, 얇은 지층 탐사는 압전식 변환기(Piezoelectric transducer)를 진원으로 하여 음파를 발생시킨다. 국내에서는 Oh et al.[2000]가 여수만 내부의 표층 퇴적물을 연구하기 위하여 3.5 kHz 탄성과 탐사를 통해 고해상도의 지층 단면도를 만들어 퇴적물의 분포를 밝혔으며, Chon et al.[1998]은 천부지층탐사기(Subbottom profiler)와 음향측심기(Side scan sonar)를 이용하여 남해 육지도 부근에서 해저정밀 탐사자료를 취득하여 해저 지형 및 퇴적물에 관한 연구를 수행하였다. Lee et al.[2009]은 천부지층탐사기, 중천부지층탐사기를 이용하여 서해 경기만의 퇴적 환경 및 퇴적층을 연구한 바 있으며, Cho et al.[2015]는 천부지층탐사기, 중천부지층탐사기 등을 이용하여 서해 태안반도 인근에서

지질환경 조사를 수행하였다.

본 조사에서는 Hong et al.[2013]이 제안한 10 MW급 부유식 파력-해상풍력 복합발전 플랫폼의 석션 앵커 설계에 필요한 기초 자료를 제공하는 목적으로 설치 대상 해역인 제주도 차귀도 서북쪽 해역에 대하여 탄성과 탐사를 이용한 퇴적 환경 조사와 해저면 시료 채취를 실시하였다. 탄성과 탐사를 통해 얻은 음향상 자료를 Chough et al.[2002]의 분류 방법에 따라 분류하고, 채취한 퇴적물 시료에 대한 성분 분석을 통해 내부 반사층의 두께와 퇴적물의 물리적 특성을 파악하였고 석션 매입 앵커 시스템의 설치 가능성을 검토하였다.

## 2. 조사 방법

### 2.1 조사 해역 및 장비

제주도 차귀도 서북쪽 해역의 해저면 표층 형성에는 한반도와 중국 동부 연안의 하천수를 통하여 공급되는 사질 및 니사질의 퇴적물이 주요한 역할을 한다(Jin and Chough[1998]). 주로 중국의 장강 및 황하를 통해 퇴적물이 공급되고, 일부분 한반도의 하천으로부터 퇴적물이 공급된다고 알려져 있다(Schubel et al.[1984]; Shinn et al.[2007]; Yu[2010]; Yoo et al.[2002]). 제주도 차귀도 서북쪽에 위치한 조사해역 내의 평균 수심은 약 50~100 m로, 제주도과 멀어질수록 점차 수심이 깊어지는 특징을 지니고 있다. 조사 해역은 복합발전 플랫폼 설치 예정지로 위도 33°20'00.00"N-33°23'30.00"N, 경도 126°02'40.00"E-126°07'60.00"E이며, 조사 범위는 8 km×6 km 이내로 한정하였다. 조사 해역내의 시료 채취 정점과 탄성과 탐사 경로는 Fig. 1에 나타냈으며, 편의상 경도에 따라 제주도에서 가장

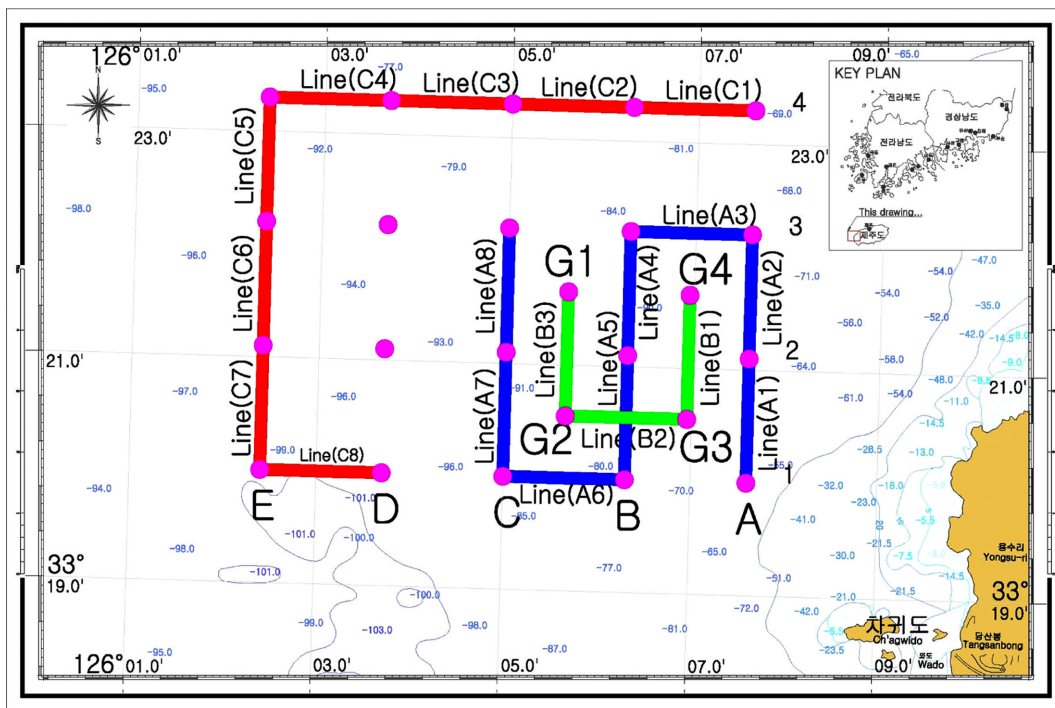


Fig. 1. Track lines for seismic survey and fixed locations for sediment sampling in the survey area.

멀리 떨어진 정점을 E, 가장 가까운 정점을 A로 정하였고, 위도에 따라 차귀도에서 가까운 해역으로부터 순서대로 1부터 4까지 숫자를 부여하였다. 또한 제주도에서 가까운 해역에서 보다 세밀한 탐사를 위하여 추가적인 정점(G1, G2, G3, G4)과 탐사 경로(Line B1, B2, B3)를 포함시켰다.

조사는 제주대학교 해양수산조사선 제라호를 이용하여 2015년 6월 4일, 6월 10일, 10월 13일 세 차례에 나눠 실시하였다. 조사 해역내의 퇴적 환경을 조사하기 위한 탄성과 탐사 장비로 천부지층 탐사기(Subbottom profiler, Chirp III)를 이용하였다. Chirp III의 사용 주파수는 2~7 kHz인 고주파수 대역을 음원으로 사용하므로 해저 지층을 통과하는 능력은 낮으나, 분해능이 좋기 때문에 보다 정밀한 지층조사를 수행할 수 있다(Yu[2010]). 또한 신호는 시간이 증가함에 따라 주파수가 증가하는 스위프 신호(Sweep signal)를 음원으로 사용하기 때문에 비교적 적은 에너지를 가지고도 분해능을 향상시킬 수 있는 장점을 가지고 있다(Schock *et al.*[1989]; LeBlanc *et al.*[1992]). 탄성과 탐사 자료는 각 정점을 포함한 이동 경로 Line A1~A8, B1~B3 그리고 C1~C8를 따라 이동하면서 취득하였다. Chirp III는 최대 출력을 사용하였고, 반복률(Rep. rate) 500 ms, 게인(Gain) 30 dB, 펄스 길이(Pulse length) 30 ms로 설정하였다. 음속(Sound speed)은 1500 m/s이다. 위치 측정은 제라호에 설치된 DGPS(Differential global positioning system)를 이용하여 기록하였으며, 탐사 중 조사선의 정점별 이동 속도는 정속 3~4 knot를 유지하였다.

해저면 퇴적층 시료를 채취하는 목적으로 중력 코어 채취기(Gravity core sampler)와 그랩 채취기(Grab sampler)를 사용하였다. 중력 코어 채취기는 코어가 해저면에 박히는 순간 내부로 해저면 시료가 삽입되는 원리로, 깊이에 따라 시료 채취가 가능한 장점을 가지고 있다. 해저면으로부터 약 15~20 m 위의 지점에서 윈치(Winch)에서 코어를 분리하여 자유 낙하시키는 방법으로 시료를 채취하였다. 중력 코어 채취기의 내부 라이너(Liner)의 길이는 1.53 m이다. 중력 코어 채취기가 박히지 않은 딱딱한 해저면 위의 시료를 채취할 때는 그랩 채취기를 사용하였다.

## 2.2 퇴적층 분류방법

탄성과 탐사를 통하여 얻은 조사 해역내의 탄성과 단면도를 Chough *et al.*[2002]가 제안한 분류 방법을 따라 분류하였다. Chough *et al.*[2002]의 분류 방법에 따르면 탄성과 단면도를 Type I(편평한 모양), Type II(둔덕 모양), Type III(불규칙한 모양)로 크게 3 종류로 분류하였다. 주로 조립토(Coarse grained soil)로 구성되어 있는 Type I은 해저면 아래 반사층이 존재하지 않는 형태(Type I-1)와 내부 반사층(Subbottom layer)이 불규칙적으로 보이며 세립토(Fine grained soil)로 이뤄진 형태(Type I-2) 그리고 두 개 이상의 지층으로 이뤄졌으며 상부에 투명한 지층 영상이 나타나는 형태(Type I-3)로 세분된다. 조류에 의해 형성된 매끄러운 해저 둔덕(Ridge)을 나타내는 Type II는 내부 반사층이 없는 Type II-1, 표층이 다소 불규칙하며 주변부에 니질 퇴적층이 나타나는 변형된 둔덕의 특징을 보이는 Type II-2로 구분하였다. 반면에 Type III은 주로 표층이 불규

칙한 형태를 나타내고 골(Valley) 형태의 해저 지형을 가지며, 표층 반사파는 강하고 뚜렷하나 그 아래 내부 반사층이 나타나지 않은 특징을 가지는 Type III-1, 대규모 침식에 의해 수심의 변화가 심한 표층 반사면으로 구성된 형태인 Type III-2로 구분하였다.

## 2.3 퇴적물 분석방법

Fig. 3에 동그라미로 표시된 24개의 정점에서 채취된 퇴적물 중 육안으로 서로 다르다고 판단되는 8개의 정점(B2, B3, C1, C2, C4, D3, E1, E4)을 선별하여 성분 분석 시험을 실시하였다. 성분 분석 시험을 통하여 얻은 분석 결과는 Table 1에 정리하였다. 각 정점별로 채취한 시료의 구성 비율과 평균 입도( $\phi = -\log_2(d/d_0)$ ,  $d$ : 입도 직경,  $d_0$ : 기준 입도 직경)는 표에 나타내었다. 시료가 습윤 상태로 있을 때 단위 부피당 중량을 측정하여 비중량(Specific weight)을 구하였다. 함수율(Moisture content)은 시료 속에 포함되어 있는 물의 양을 나타내는 척도로서 100 °C 이상의 온도를 유지할 때 시료로부터 제거할 수 있는 물의 무게와 순수한 시료의 무게의 비로 계산된다. 채취된 시료는 통일 분류법(Unified soil classification system)에 따라 분류하였다(Das[1990]). 분류기준을 살펴보면 잔류량 및 통과량을 기준으로 No. 4체(4.75 mm)와 No. 200체(75  $\mu$ m)를 통하여 조립토와 세립토로 구분된다. No. 200체 통과량이 50% 이하이면 조립토이며, 그 중 No. 4체 통과량이 50% 이하이면 자갈, 50% 초과하면 모래로 분류한다. 액성 및 소성 한계시험은 흙의 유동상태를 나타낼 수 있는 최소 함수비인 액성한계와 흙의 소성한계를 측정하였다. 그러나 조사 지역에서 채취한 시료들은 주로 실트가 포함된 모래로 구성되어 있어 서로 멩치지 않기 때문에 소성한계는 측정할 수 없었다. 또한 액성 한계도 몇몇 정점에서는 측정할 수가 없었다. 끝으로 시료의 공기 중 무게와 부력의 비인 비중(Specific gravity)을 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 해저면 퇴적 환경

Fig. 2는 각각의 탄성과 탐사 경로중 대표적인 탄성과 단면도를 보여주고 있다. 각 그림 상단에 Chough *et al.*[2002]의 분류 방법을 토대로 음향상(Echo type) 분류를 표기하였다. 모든 영상에서 잡음(Noise) 라인이 관측되는 것을 볼 수 있으며, 잡음 라인 아래 나타난 해저면 라인을 통하여 조사 해역에 대한 해저 지형 특성을 파악할 수 있었다.

먼저, Fig. 2a에 나타난 제주도와 가장 가까운 해역에서 측정된 Line A1의 탄성과 단면도를 살펴보면 표층에서 작은 규모의 골 형태가 분포되어 있고, 표층 반사파에 비하여 내부 반사층은 뚜렷하게 보이지 않는 Type III-1의 형태를 보인다. Type III-1은 Type I-1 또는 I-2와 유사한 영상을 보이지만 전체적으로 매끄럽지 않고 불규칙한 표층이 간헐적으로 나타나는 것이 특징이다. 이러한 지형은 조차에 큰 해역에서의 수면 변동과 강한 조류에 의한 비교적 소규모의 침식의 결과로 나타난다고 알려져 있다(Lee *et al.*[2009]). Line A1에

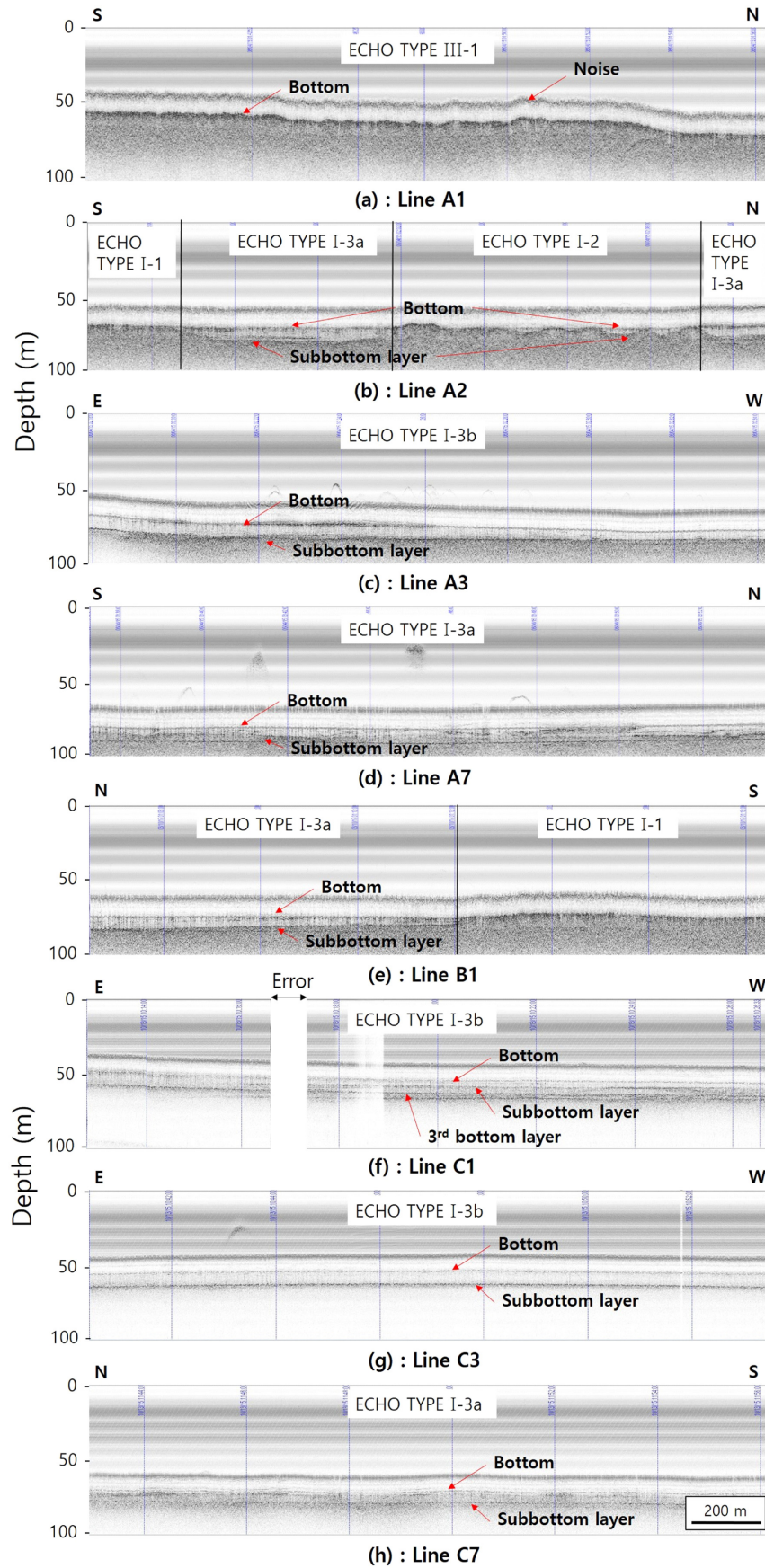
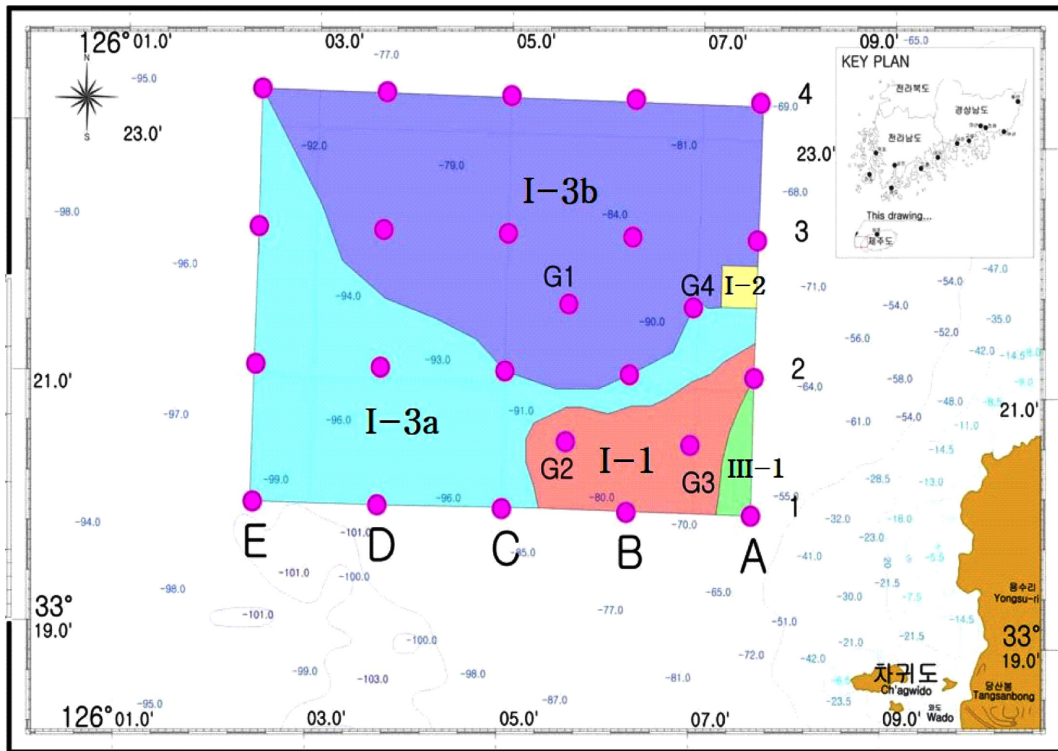


Fig. 2. Chirp seismic profiles in the survey area classified into echo type III-1 (a), I-1 (b, e), I-2 (b), I-3a (b, d, e, h) and I-3b (c, f, g).



**Fig. 3.** Distribution of echo types in the survey area. Echo type I-3b prevails at the northern and I-3a dominates at west-southern part. Echo type I-2 is distributed in east part, but I-1 and III-1 are distributed in east-southern part nearby Jeju Island.

속한 정점 A1에서는 주로 입자가 굵은 제주도 화산석과 조개껍질이 모래와 섞여 있음을 확인하였다.

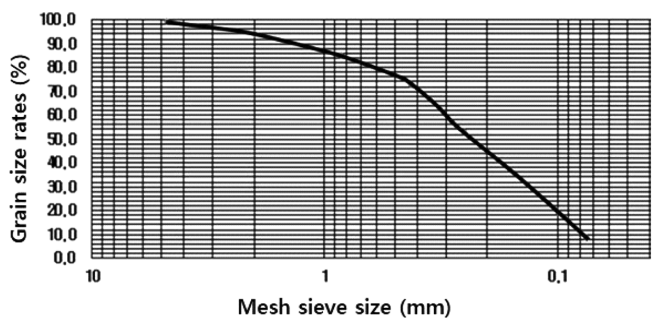
한편, 탐사 경로 Line A2, A5, A6, B1, B2, B3에서 추출한 탄성과 단면도를 살펴보면 해저면이 대체로 평탄하고, 표면 반사파가 상대적으로 강해 내부 반사층이 잘 나타나지 않는 Type I-1에 속한다. 이 지역은 Type III-1과 마찬가지로 조사 해역내의 동남쪽에서 분포되어 있음을 확인하였다(Fig. 2b, 2e). 그러나 Line A2의 일부 구간에서는 해저면이 평탄하지만 내부 반사층이 명확히 나타나지 않고 불규칙적으로 나타나는 Type I-2인 형태를 보이고 있다(Fig. 2b 중앙). 이러한 지형은 해저면에 고주파 음향신호로 분해하기 어려운 작은 규모의 퇴적구조가 분포하거나 세립질의 퇴적물이 존재 할 때 나타난다(Damuth[1980]).

반면 Type I-3에서 나타나는 내부 반사층은 Line A2~A8에서 부분적 또는 전체적으로 나타나는 것을 볼 수 있다(Fig. 2b, 2c, 2d 참조). 더 세밀한 음향상 분류를 위하여 Type I-3을 해저면 표층이 주로 사질(Sand)로 구성되어 있어 해저면의 첫 번째 층에서 상대적으로 큰 반사 신호가 나타나는 Type I-3a와 해저면 표층이 니사질(Muddy sand)로 이뤄져 Type I-3a보다 더 투명한 층으로 나타나는 Type I-3b로 구분하여 나타내었다. Type I-3에 속한 Line C1~C8의 모든 구간에서는 내부 반사층이 존재하며 특히 Line C1의 경우 퇴적층의 두께가 얇아 세 번째 퇴적층까지 확인할 수 있었다(Fig. 2f). 이로부터 Line C1~C4은 Type I-3b, Line C5~C8은 Type I-3a로 분류하였다. 중력 코어 채취기로부터 얻은 퇴적물 시료로부터 확인

한 결과 Type I-3a가 나타난 지역은 모래, 머드, 조개껍질 등 혼합 층으로 이뤄져 있는 반면 Type I-3b 지역은 머드가 포함된 모래로 이루어져 있는 해역으로 파악되었다. 조사 해역내의 북부 해역은 입자가 고은 니사질 성분이 주로 분포 되어 있고, 반면 서부 및 남부 해역은 입자가 굵은 사질로 이루어졌다. 탄성과 탐사를 통하여 조사 해역내의 해저 지형 및 퇴적층을 구분하였고, 그 결과를 각 타 입별로 구역을 표시하여 Fig. 3에 나타내었다.

### 3.2 퇴적물 분석

조사 해역내의 표층 퇴적물의 대부분은 모래질 퇴적물로 구성되어 있으나, B3, C1 정점에서는 실트와 점토의 함량이 증가함을 보였다. 단위 중량시험과 함수비 시험은 각 정점별로 3번의 실험을 통해 평균값을 산정하였다. 시료의 단위 부피당 중량은 정점에 따라



**Fig. 4.** The grain size analysis in the location B2.

**Table 1.** Physical characteristics of sediments sample at each location

Point	Composition (%)			Mean grain size ( $\phi$ )	Specific weight ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	Moisture content (%)	Unified soil classification	Liquid limit (%)	Specific gravity
	Gravel	Sand	Silt+Clay						
B2	0.1	91.0	8.9	1.93	1.38	20.63	SP-SM	27.0	2.72
B3	1.8	84.7	13.5	1.89	1.36	17.15	SM	21.4	2.70
C1	2.3	78.7	19.0	1.85	1.38	20.76	SM	21.6	2.74
C2	0.3	91.2	8.5	2.24	1.22	25.61	SP-SM	21.2	2.72
C4	0	91.1	8.9	2.34	1.10	32.44	SP-SM	NP	2.69
D3	0	91.6	8.4	2.40	1.16	34.21	SP-SM	NP	2.69
E1	4.6	91.0	4.4	0.74	1.26	22.41	SP	NP	2.71
E4	1.2	98.6	0.2	1.66	1.23	30.87	SP	23.4	2.72

다소 달라지지만 1.10~1.38  $\text{g}/\text{cm}^3$  범위 내에 놓여 있으며 반면 함수비는 정점 B3에서 가장 낮은 17.15%, 정점 D3에서는 가장 높은 34.21%가 측정되었다. 입도분포시험 측정에 앞서 시료에 미세한 실트 성분이 부분적으로 존재하는 것이 확인되어 No. 4체(4.75 mm)와 No. 200체(75  $\mu\text{m}$ )를 통과시켜 시료를 물로 씻은 후 No. 200체를 이용하여 잔류량과 통과량을 분류하여 입도분포를 분석하였다. Fig. 4는 정점 B2에서 채취된 시료의 입도분포곡선을 보여주고 있다. 정점 B2의 시료 대부분(99.9%)은 No. 4체를 통과하며 No. 200체를 통과하는 시료는 전체의 8.9%임을 알 수 있다. 조사 해역 내에서는 입도분포가 불량한 모래(SP), 입도 분포가 양호한 실트가 섞인 모래(SM) 그리고 SP와 SM이 혼합된 퇴적물이 해저면에 분포되어 있음을 확인하였다. 여기서 SP는 세립분의 함량이 5% 미만(No. 200체 통과량)일 때와 균등계수( $C_u > 6$ ) 및 곡률계수( $1 < C_c < 3$ )의 조건을 만족하지 않을 때이며, SM은 세립분의 함량이 12% 초과할 때이며, SP-SM은 5~12% 사이일 때이다(Das[1990]).

#### 4. 결 론

본 연구에서는 복합발전 플랫폼의 앵커 시스템을 설계하기 위한 목적으로 제주도 차귀도 서북쪽 해역의 퇴적 환경 조사와 그에 따른 퇴적물 성분 조사를 수행하였다. 먼저 퇴적 환경 조사를 위해 탄성과 탐사 장비 중 하나인 Chirp III를 이용하여 얻은 탄성과 단면도를 Chough *et al.*[2002]가 제안한 분류 방법에 따라 탐사 이동 경로에 따라 음향상으로 분류하였다. 그 결과, 조사 해역내의 동남쪽을 제외한 나머지 지역에서는 주로 평탄한 해저면이 나타나고 일정 깊이 아래 내부 반사층이 존재하는 Type I-3임이 확인되었다. 특히 조사 해역의 북부 지역은 상대적으로 입자가 고운 니사질 성분이 주로 분포되어 있었으며, 서부 및 남부 지역은 좀 더 굵은 입자로 구성된 사질 또는 지역에 따라 니사질로 이루어져 있다. 반면 제주도 가장 가까운 동남쪽 해역은 Type I-1, Type I-2 그리고 Type III-1이 혼재된 지역으로 판명됐다. 또한 중력 코어 채취기와 그랩 채취기를 이용하여 탄성과 탐사 이동 경로 상에 놓인 정점에서 채취한 시료를 가지고 성분 분석 시험(단위중량, 함수비, 입도분석, 액성 및 소성 한계, 비중)을 실시한 결과, 조사 해역의 서쪽에 위치한 정점 E1, E4은 주로 모래(SP)가 표층에 분포되어 있으며, 정점 B3,

C1은 실트가 섞인 모래(SM), 나머지 정점 B2, C2, C4, D3은 SP와 SM이 혼합된 퇴적물이 분포되어 있음을 확인하였다.

본 연구를 통하여 복합발전 플랫폼의 설치 예정 해역에서 제주도과 가까운 지역을 제외한 대부분의 지역에서 내부 반사층이 존재함을 확인하였다. 탄성과 단면도 영상에서는 해저면과 내부 반사층 사이의 거리는 약 5~15 m 정도로 추정된다. 그러나 음파는 수온, 염분, 깊이, 퇴적물의 종류에 따라 음속이 달라지기 때문에 실제 반사층의 두께는 이보다 더 두꺼울 것으로 예측된다. 그러나 현재의 시료 채취기를 가지고 내부 반사층 아래 퇴적물의 종류를 파악하는 것은 불가능하다.

석션 매입 앵커 시스템의 설계 시, 설치에 필요한 매립 깊이를 반사층의 두께가 수용할 수 있는지를 검토하여야 한다. 만약 퇴적층 깊이가 석션 앵커의 매립 깊이보다 얕다면 반사층 아래의 퇴적물의 종류를 알아야 한다. 따라서 퇴적층 깊이를 고려한다면 천공 작업과 같은 추가 탐사가 필요할 것으로 사료된다. 향후에는 본 연구 자료를 토대로 천부지층탐사기 뿐만 아니라 중천부지층탐사기도 이용하여 더 정확한 해저 지층 분석 및 퇴적물 조사를 수행할 것이다.

#### 후 기

본 연구는 해양수산부의 해양청정에너지개발사업 “10 MW 부유식 파력-해상풍력 연계형 발전시스템 개발 및 인프라 구축”의 지원으로 수행되었으며, 연구비 지원에 감사드립니다.

#### References

- [1] Cho, S.H., Kang, D.H., Lee, C.K., Jung, S.K., Choi, J.W. and Oh, S.T., 2015, “Overview of the KIOST-HYU joint experiment for acoustic propagation in shallow water geological environment”, *J. Acous. Soc. Kr.*, Vol. 34, No. 6, 411-422.
- [2] Chon, H.J., Seo, Y.K., Kim, D.C., Kim, J.C. and Keene, J., 1998, “Physical Properties and Facies of the Sand Ridge Sediment, South Sea of Korea”, *J. Korean Fish. Soc.*, Vol. 31, No. 5, 609-621.
- [3] Chough, S.K., Kim, J.W., Lee, S.H., Shinn, Y.J., Jin, J.H., Suh,

- M.C. and Lee, J.S., 2002, "High-resolution acoustic characteristics of epocontinental sea deposits, central-eastern Yellow Sea", *Mar. Geol.*, Vol. 188, 317-331.
- [4] Damuth J.E., 1980, "Use of high-frequency (3.5~12 kHz) echograms in the study of near-bottom sedimentation processes in the deep-sea: a review", *Mar. Geol.*, Vol. 24, 73-95.
- [5] Das, B.M., 1990, "Principles of Geotechnical Engineering", second ed., PWS-KENT.
- [6] Folk, R.L., 1974, "Petrology of Sedimentary Rocks", Hemphill, Austin.
- [7] Hong, K., Lee, K.S., Ki, K.H., Lee, K., Sohn, J.M. and Shim, W.S., 2013, "Introduction of R&D Project on 10 MW class wave-offshore wind hybrid power generation system", The 2013 World Congress on Advances in Structural Engineering and Mechanics, ASEM 13.
- [8] Jin, J.H. and Chough, S.K., 1998, "Partitioning of transgressive deposits in the southeastern Yello Sea: a sequence stratigraphic interpretation", *Mar. Geol.*, Vol. 149, 79-92.
- [9] Kearey, P. and Brooks, M., 1991, "An introduction to geophysical exploration", Second edition. Blackwell Scientific Publications, USA, 254.
- [10] Kim, K.O., Kim, Y.S., Kim, T.H. and Ko, B.H., 2005a, "Centrifuge model test on the pullout capacity of embedded suction anchor with flanges in sand layer", *Proc. of KSCE*, 3427-3430.
- [11] Kim, K.O., Kim, Y.S. and Ko, B.H., 2005b, "Centrifuge Model Tests on the Pullout Capacity of Embedded Suction Anchor without Flanges in Sand layer", *Proc. of KSCE*, Kyeonggi, Korea, 517-520.
- [12] LeBlanc, L.R., Mayer, L., Rufino, M., Schock, S.G. and King, J., 1992, "Marine sediment classification using the chirp sonar", *J. Aco. Soc. Am.*, Vol. 91, 107-115.
- [13] Lee, G.S., Kim, D.C., Seo, Y.K., Yi, H.I. and Yoo, S., 2009, "Sediment environment and sequence study using high resolution seismic survey in Gyunggi Bay, the Yellow Sea", *Korean J. Fis. and Aqu. Sci.*, Vol. 42, No. 6, 683-694.
- [14] Oh, J., Lee, Y.G., Yun, H., Kim, S.R. and Choi, J.M., 2000, "Sediment Distribution of the Yeosu Sound on the Southern Coast of Korea Based on the 3.5 kHz Profiles", *Econ. Environ. Geol.*, Vol. 33, No. 5, 425-434.
- [15] Schubel, J.R., Shen, H.T. and Park, M.J., 1984, "A comparison of some characteristic sedimentation processes of estuaries entering the yellow sea", *Proc. Korea-U. S. Seminar and workshop on marine geology and physical processes of the Yellow Sea*, Seoul, 286-308.
- [16] Schock, S.G., LeBlanc, L.R. and Mayer, L.A., 1989, "Chirp sub-bottom profiler for quantitative sediment analysis", *Geophysics*, Vol. 54, 445-450.
- [17] Shinn, Y.J., Chough, S.K., Kim, J.W., and Woo, J., 2007, "Development of depositional systems in the southeastern Yellow Sea during the postglacial transgression", *Mar. Geol.*, Vol. 239, 59-83.
- [18] Yoo, D.G., Lee, C.W., Kim, S.P., Jin, J.H., Kim, J.K. and Han, H.C., 2002, "Late Quaternary transgressive and highstand systems tracks in the northern East China Sea mid-shelf", *Mar. Geol.*, Vol. 187, 313-328.
- [19] Yu, S., 2010, "High resolution seismic study on sedimentary structure in the southern shelf of Jeju Island", *The Graduate School of Pukyung Univ.* 1-11.

---

Received 4 February 2016

1st Revised 30 March 2016, 2nd Revised 10 May 2016

Accepted 11 May 2016