

연구논문

천해저용 음원 및 고분해능 탄성파탐사 시스템 개발과 현장적용

辛誠烈^{1)*} · 金永峻²⁾

Development of High Resolution Seismic Data Acquisition System with Shallow Marine Source and its Field Applications

Sung Ryul Shin* and Young Jun Kim

Abstract : We have developed a high-resolution multichannel seismic data acquisition system and a shallow marine seismic source. Our source system is easy to operate and handle, because we use piezoelectric transducer of high electrical power. The number of transducers in our source system can be easily determined to maximize field applicability according to water depth, survey condition and purpose. For the recording system, we used 24 bits and 8 channel high speed A/D board. Therefore, we could achieve the improvement of data quality and the efficiency of data acquisition. We tested our developed system by changing data acquisition parameters such as source-receiver arrangement, offset, and the number of the transducer. We decided an optimal data acquisition parameter by comparing several acquired seismic data with each other. We applied predictive deconvolution, swell filtering, and band-pass filtering technique to the obtained seismic data, thereby improving the data quality and image resolution

Key words : Shallow marine seismic source, High resolution, Multichannel seismic data acquisition system, Field applicability

요 약 : 본 연구에서는 고전압을 이용한 압전 트랜스듀서(transducer)를 이용하여 탐사 장소, 수심 및 목적에 따라 다르게 사용할 수 있고 운용 및 이동이 편리한 천해저용 탄성파 음원을 제작하였다. 고분해능을 구현하기 위하여 24 bits A/D 변환기를 사용하였고, 채널이 총 8개인 다중채널 탄성파 기록장치를 제작하여 자료취득 과정에 있어서 효율성을 높이면서 자료의 품질을 향상시켰다. 개발된 시스템의 현장 적용성을 검증하기 위하여 자료취득 변수 중 음원과 수신기 사이의 기하학적 배치와 이격거리를 달리하여 탐사를 수행하였고, 또한 현장여건과 탐사 목적의 적합성 검토의 일환으로 수신기와 음원 트랜스듀서의 개수를 다양하게 변화시키면서 자료를 취득하였다. 여러 가지 자료취득 매개변수를 변화하여 취득한 탐사자료의 비교 분석을 통하여 본 시스템의 최적화된 자료취득 매개변수를 제시하였다. 마지막으로 천해저 탐사 자료에 필요한 전산 처리 과정인 디콘볼루션, 너울 필터 및 대역 필터링을 적용하여 자료의 해상도 및 품질을 향상시켰다.

주요어 : 천해저용 탄성파 음원, 고분해능, 다중채널 탄성파 기록장치, 현장 적용성

서 론

해양토목공사와 항만개발 등을 위한 엔지니어링 조사 목적의 해양탄성파 반사법탐사는 연안지역에서 수행되므로 보통의 경우 탐사지역의 수심이 얕아 소형선박으

로 탐사를 수행하는 경우가 많다. 최근에는 PC와 주변기기의 발전으로 디지털 자료기록 및 처리 비용이 감소함에 따라 천부 해저 탄성파 반사법탐사자료의 해상도를 높이고 품질을 향상시키기 위한 다양한 연구가 수행되어 왔다. 특히 다중채널 및 디지털로 자료를 취득하면 석유탐사에서 사용되는 자료처리기술을 적용하여 자료 품질을 향상시킬 수 있다(Lee et al., 1996 ; 이호영 등, 2003 ; 김현도, 2004). 최근에는 보다 정확한 천부지질 구조를 규명하기 위하여 석유탐사에서 사용되는 3차원 자료취득 기술을 천부 고해상 탐사분야에도 시도하고 있다(Missiaen et al., 2002).

본 연구에서는 천해저 탄성파 탐사 자료 취득의 효율적인 측면과 데이터 품질 향상에 중점을 두었으며 이를 구현하는 자료취득 시스템을 고안하였다. 시스템의 주요

2005년 5월 27일 접수, 2005년 8월 3일 채택
1) 한국해양대학교 해양과학기술대학 해양개발공학부 에너지자원공학전공
2) 한국지구자원연구원 석유해저자원연구부
***Corresponding Author** (辛誠烈)
E-mail: srshin @ mail. hhu.ac.kr
Address: Energy & Resources Engineering, Division of Ocean Development Engineering, Korea Maritime University, #1, Dongsam-dong, Youngdo-gu, Pusan 606-791, Korea

Table 1. Data acquisition system

Source & Control system	Boomer(Uni-Boomer, Dual-Boomer, Tri-Boomer) using QPS-544 Quad-Pulser Transceiver
Receiver	Single channel streamer with 32 hydrophone elements
Recording instrument	KG-DAS(Korea Maritime University Geophysical Exploration Lab.- Data Acquisition System, A/D 24 bits) Benthos(chirp II, A/D 16 bits)
Positioning system	Garmin DGPS

구성에 있어서 음원은 고전압을 이용한 압전 트랜스듀서 (piezoelectric transducer)를 이용하였고, 탐사지역의 수심 및 탐사 여건, 목적에 따라 트랜스듀서의 개수를 선택하여 사용할 수 있는 가변형 천해저용 음원을 개발하였다. 기록장치에 있어서는 신호증폭장치를 제작하여 신호 증폭, TVG(Time Variation Gain), TVG delay를 조절할 수 있도록 하였다. 기록기는 분해능이 24 bits인 A/D 변환기를 사용함으로써 분해능이 향상되도록 하였으며 총 8개의 채널을 사용할 수 있도록 제작하여 천해저 고분해능 다중채널 탐사 및 3차원 탐사도 가능하도록 하였다.

본 연구에서 개발된 천해저 고해상 탄성파 자료 취득 시스템의 성능 시험을 위해 기존의 상용화 자료 취득 시스템과 함께 현장탐사를 동시에 수행하였으며, 개발된 자료 취득 시스템으로 취득한 탄성과 단면의 해상도를 검토하기 위하여 기존의 자료 취득 시스템의 탄성과 단면도와 비교하였다. 또한, 천해저라는 현장여건을 고려하였을 때 필요한 기본적인 자료 처리과정인 예측 디콘볼루션(predictive deconvolution), 너울 필터링(swell filtering), 디지털 필터링(digital filtering) 등을 통하여 자료의 해상도를 향상시켰다.

자료 취득 시스템

본 연구에서 개발된 자료 취득 시스템은 Table 1에 나타난 바와 같이, 음원으로는 트랜스듀서 개수를 달리하여 사용할 수 있는 부머(Boomer) 종류이며 수신장치는 상용 제품의 단일채널 스트리머를 사용하였다. 탄성파탐사에서 자료 취득 시스템의 구성을 Fig. 1에 나타내었다.

천해저용 탄성과 음원

본 연구의 음원 시스템은 미국 벤토스(Benthos)사 BPV-524 Quad Pulser Tow Vehicle의 고전압을 이용한 압전 트랜스듀서를 이용하여 제작하였다. Fig. 2는 새롭게 제작된 Catamaran 시스템의 설계도로서 서핑 보드(surfing board)를 이용하여 버블 펄서(bubble-pulser)와

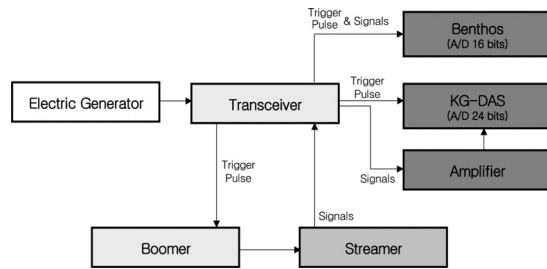


Fig. 1. Schematic diagram of data acquisition system.

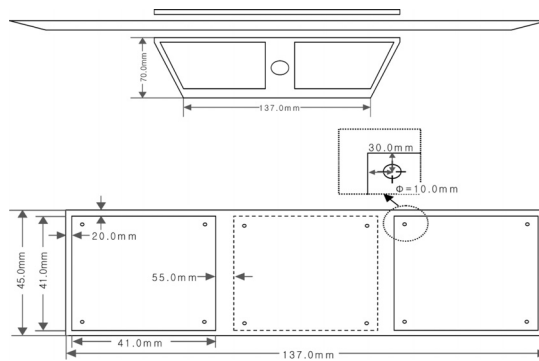


Fig. 2. A drawing of catamaran for the shallow marine seismic source(top : section view, bottom : plan view of a frame for transducer installation).

유사한 모양으로 설계하였다. 상용제품인 버블 펄서는 트랜스듀서가 수직방향으로 배치되어 있는데 반하여 본 연구에서 제작된 음원은 트랜스듀서가 수평으로 놓여있기 때문에 음원의 방사형태가 수직방향이 우세해져서 탄성과 반사법탐사에 매우 적합한 음원으로 생각된다. 트랜스듀서를 장착하는 지지대는 알루미늄(두께=10 mm) 재질로 부식이 쉬운 해양환경에 좋은 내구성을 가질 수 있다. 본 연구에서 개발된 Catamaran은 트랜스듀서의 장착 개수를 달리 할 수 있는 가변형이며 트랜스듀서가

1개일 때는 유니 부머(uni-boomer), 2개일 때는 듀얼 부머(dual-boomer), 3개일 때는 트리 부머(tri-boomer)라고 칭하였다.

기록장치

천해저 고해상 탄성과 탐사 자료 기록 시스템은 PC와 A/D 변환기 그리고 이를 제어하고 작동시키며 자료를 기록매체에 기록시키는 소프트웨어로 구성되며, 이를 KG-DAS(Korea maritime university Geophysical exploration lab - Data Acquisition System)라 명칭하였다. 기록 장치는 펜티엄4 2.6GHz의 메인 프로세서(main processor)와 512MB의 메모리(memory)가 장착되어 있는 개인용 컴퓨터를 기반으로 제작하였다. 채널은 총 8개로서 다중채널 탄성과 탐사를 가능하도록 하였으며, A/D보드의 Dynamic Resolution은 24 bit의 고분해능으로 자료품질을 향상시키도록 하였다. 또한 외부의 DGPS로부터 위치 정보를 COM1 Port를 통해 수신하여 데이터를 취득하는 동안에 정확한 위치 정보도 저장이 가능하며, USB형 외장용 CD-RW를 이용하여 탄성과 탐사 자료를 백업 받을 수 있도록 하였다.

제작된 기록장치에 장착된 A/D 변환기는 내쇼날인스트루먼트(NI)사의 PCI 보드 타입으로 모델 NI-4472를 사용하였고, 채널은 총 8개이며 분해능은 24 bits, 최대 자료 샘플링 간격은 초당 102.4 kS/s이다. 사용된 소프트웨어는 Visual C++를 이용하여 프로그램 되었다. 자료 취득 매개 변수를 살펴보면, 발파 간격(shot interval)은 0.25s, 0.5s, 1s 등이 있으며, 신호의 입력범위는 $\pm 10V$, 자료 샘플링 간격은 0.01ms로 가능한 높은 자료 샘플링 성능으로 고정되어져 있다. 또한, 본 연구에서 개발된 시

스템은 단일 채널 탐사 또는 최대 8채널 탐사까지 가능한 다중 채널 탐사를 할 수 있으므로 소프트웨어는 디스플레이하고 싶은 채널과 저장하고 싶은 채널을 임의로 선택할 수 있다. 파일은 위치 정보와 탄성과 탐사 자료 파일 2가지로 생성이 되며 위치 정보 파일은 ASCII 형태의 텍스트 파일로 저장되어 추후 측선도(Track Chart) 제작 등에 활용될 수 있도록 하였다. 탄성과 탐사 자료 파일의 저장은 각 채널이 통합되어 저장되는 파일과 각 채널 번호의 일련번호가 자동적으로 부여되는 각 채널의 탄성과 탐사 자료 파일이 순차적(Sequential)으로 Binary 형식으로 저장된다. 구성요소를 살펴보면 윈도우 상단 쪽에는 소프트웨어 사용을 편리하도록 하기 위해 각종 메뉴의 아이콘 창을 두었으며, 윈도우 좌측에는 탄성과 탐사 자료의 품질관리를 위하여 입력신호를 디스플레이 하도록 하여 자료 취득 중 신호의 상태를 점검할 수 있도록 하였다. 화면의 중앙부에는 선택한 채널의 탄성과 탐사 단면도가 디스플레이 되도록 하였으며, 마지막으로 화면의 아래쪽에는 발파 수, 위치 정보, 디스플레이 심도 등을 나타내는 상태창 등으로 구성하였다. Figs. 3과 4는 제작한 기록장치와 소프트웨어 화면을 각각 나타낸 것이다.

현장 적용 및 자료 취득

연구지역 및 자료취득변수

천해저 탄성과 탐사를 위해 제작된 천해저용 음원 및 고분해능 다중채널 기록장치 시스템을 현장 시험 탐사를 위해 소형선박을 이용하여 부산 영도의 해양경찰 부두 부근과 하리항 부근에서 탐사를 수행하였고, Fig. 5는 탐사지역 및 측선을 나타낸 그림이다. 해양경찰 부두 부근



Fig. 3. The developed recording system.

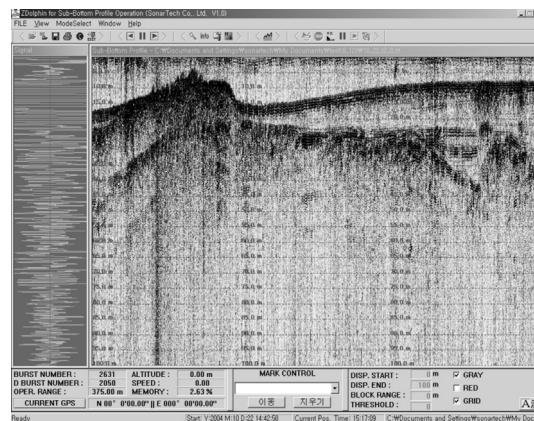


Fig. 4. Screen capture of seismic data acquisition software(KG-DAS).

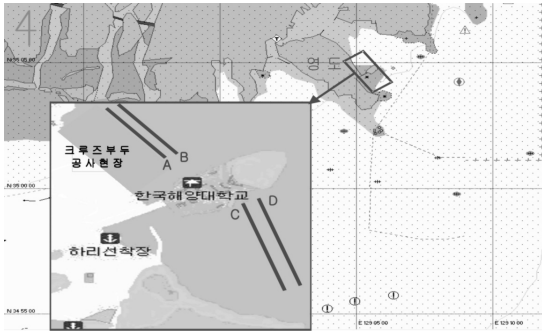


Fig. 5. Survey area and survey lines for field application.

에서는 크루즈 부두 공사 현장과 평행하게 측선을 설정하였으며, 이때 측선명을 Line A와 B로 하였으며 측선 길이는 약 800m이다. 또한 하리항 부근에서는 측선명을 Line C와 D로 하였고 측선 길이는 약 2000m이다.

자료취득변수는 Table 2에 나타난 바와 같이 발파 간격은 0.5s의 등시간 간격으로 하여 탐사속도를 약 4~5노트(knots)로 유지함으로써 약 1.0 ~ 1.25m마다 발파가 이루어지도록 하였다. 미국 벤토스사 CAP-6600 chirp II workstation의 경우는 16 bits A/D 변환기를 사용하며 자료 샘플링 간격은 0.1ms 기록시간은 0.4095초이며, 본 연구에서 개발된 기록장치는 자료 샘플링 간격이 0.01ms이고 총 기록시간은 0.5s이다.

음원-수신기의 배열과 이격거리에 따른 탄성과 단면도 비교

천부 해저지층 영상의 해상도는 현장자료취득변수에 따라 큰 차이를 보이므로 탐사심도, 탐사지역의 범위, 탐사목적에 따라 적절한 자료취득변수를 사용하여야 한다. 또한 수심이 얇은 지역에서 다중채널 탄성파탐사를 할 경우 자료처리과정에서 음원-수신 장치의 위치와 거리를 정확히 적용해야 품질을 향상시킬 수 있다(이호영 등,

2003). 본 연구에서는 최적의 음원-수신 장치의 기하학적 배치와 이격거리를 선정하기 위해 Fig. 6과 같이 음원-수신 장치의 위치를 일직선으로 하였을 때와 대각선으로 하였을 때로 나누고, 다시 음원-수신 장치의 이격거리를 각각 5m, 10m, 15m로 하였을 때로 나누어 총 6가지의 경우의 수로 현장탐사를 수행하였다. Fig. 7은 측선 Line A에 대한 음원-수신 장치의 위치와 거리에 따른 항목을 나타낸 것이며 Fig. 8은 각각의 탄성과 단면도를 나타낸 것이다. 음원은 듀얼 부머를 사용하였고, 취득한 데이터의 개수는 트레이스 당 4096개이므로 기록시간을 100ms까지로 다시 샘플링하였고 발파수 즉 트레이스 개수는 675개이다. Fig. 8을 살펴보면 음원-수신 장치의 거리가 5m인 경우(Figs. 8a와 8b)가 10m인 경우(Figs. 8c와 8d)와 15m인 경우(Figs. 8e와 8f)보다 반사 이벤트가 보다 뚜렷이 나타난다. 하지만 음원-수신 장치의 위치를 고려하였을 시 음원-수신 장치의 위치를 일직선으로 하게 되면 탐사선의 방향 전환 시 음원과 수신 장치 간의 충돌이 가끔씩 발생하여 수신 장치의 안전성에 문제가 발생되며, 또한 너울과 조류 등의 현장 환경과 탐사선박의 스크류(screw) 영향을 받기도 한다. 따라서 본 연구에서는 음원-수신장치 배열을 대각선 방향으로 이격거리

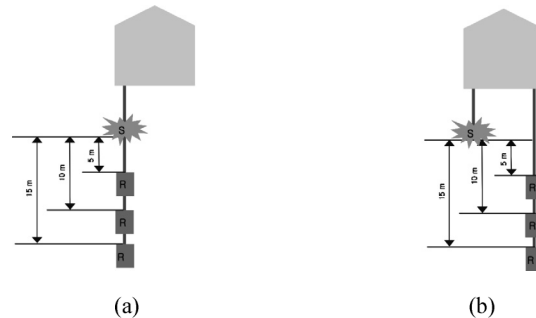


Fig. 6. Source-Receiver configuration (a) in-line spread and (b) diagonal.

Table 2. Data acquisition parameter for field test

Survey area	Maritime Police		Hari port	
Line Name	Line A, B		Line C, D	
Survey vessel speed	4-5 knots(2.062-2.5775 m/s)			
Source	Boomer(uni/dual/tri)			
Shot interval	0.5 s			
Recording instrument	Benthos	KG-DAS	Benthos	KG-DAS
Sampling interval	0.1 ms	0.01 ms	0.1 ms	0.01 ms
Record length	409.6 ms	500 ms	409.6 ms	500 ms

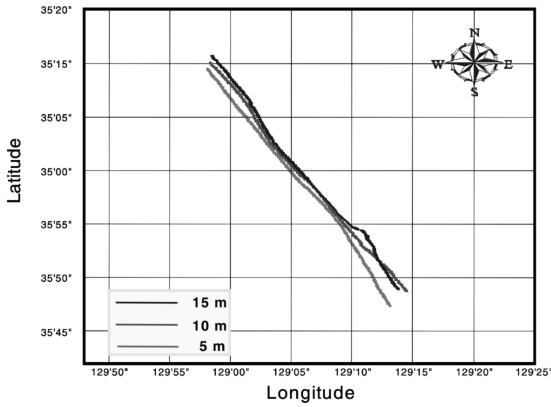


Fig. 7. Track chart of Line A for source-receiver offset.

는 5m로 유지함이 효율적이라고 판단된다.

A/D 변환기에 따른 해상도 비교

A/D 변환기의 분해능(resolution)에 따른 해상도 차이를 알아보기 위하여 Fig. 9와 같이 탄성과 단면도를 제작한 후 이를 비교하였다. 이 자료는 듀얼 부머를 음원으로 사용하였으며 제작된 24 bits A/D 변환기인 기록장치는 자료 샘플링 간격이 0.01ms이므로 취득된 현장자료를 전산처리하여 16 bits A/D 변환기인 기록장치의 자료 샘플링 간격인 0.1ms와 동등하도록 재추출하여 기록시간을 100ms로 재설정하였다. Fig. 9(a)는 상용화된 제품인 미국 벤토스사의 탐사장비(16 bit A/D 탑재)를 이용하여 얻은 탄성과 단면도이며 Fig. 9(b)는 A/D 변환기의 분해능이 24 bits인 제작된 시스템의 탄성과 단면도이다. 두 자료를 비교하면 Fig. 9(b)의 탐사자료 반사 이벤트가 더욱 명확하며 지층의 분해능 및 신호 대 잡음비가 높다고 판단된다. 따라서 제작된 기록장치와 기존의 상용화된 기록장치를 이용한 자료를 비교함으로써 본 연구에서 제

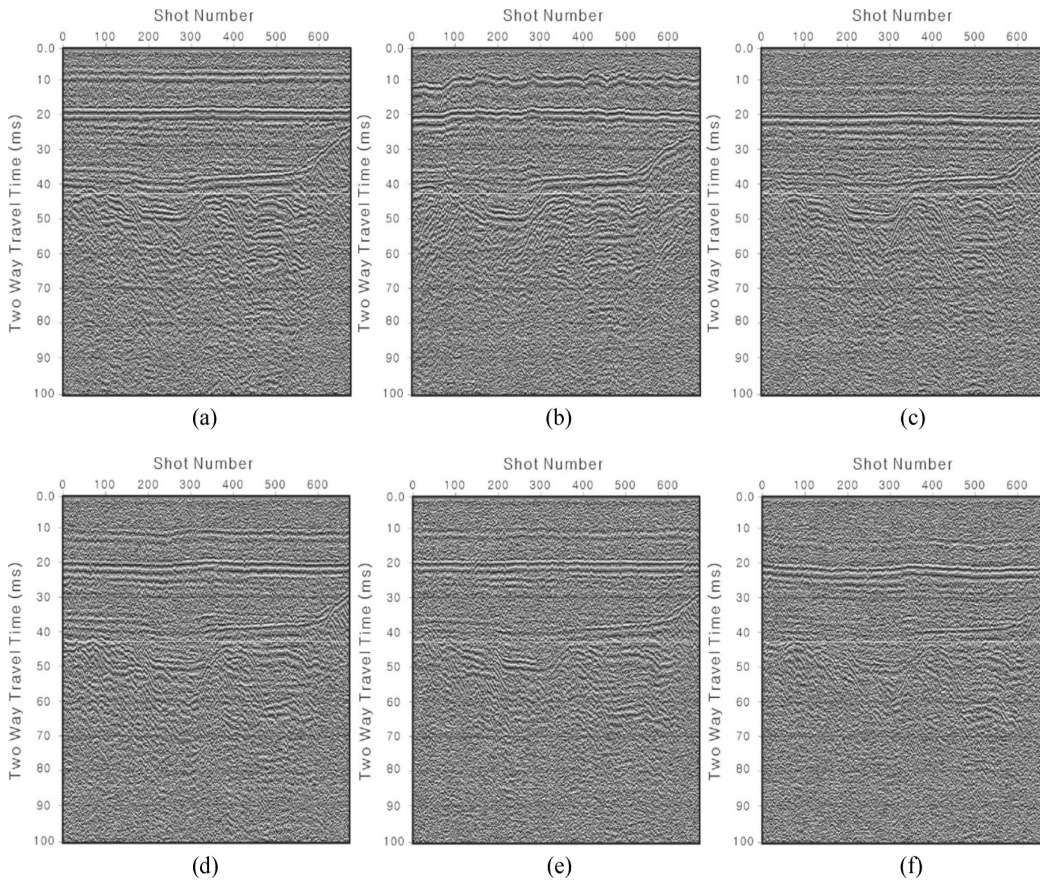


Fig. 8. Seismic sections of Line A for source-receiver offset in (a) 5m in-line spread, (b) 5m diagonal, (c) 10m in-line, (d) 10m diagonal, (e) 15m in-line, and (f) 15m diagonal respectively.

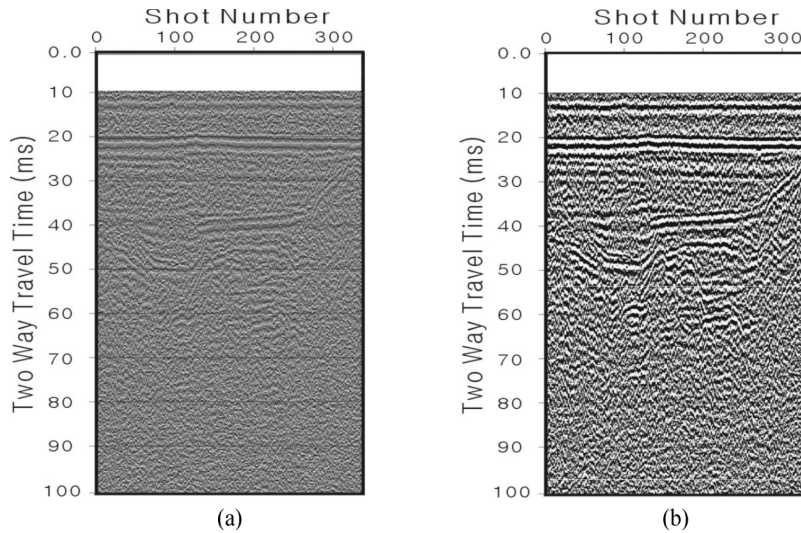


Fig. 9. Seismic section of Line A using (a) conventional system with 16 bits A/D converter and (b) the developed system with 24 bits A/D converter.

작된 기록장치의 성능을 검증할 수 있었으며 분해능 역시 현저히 우수하다고 판단된다.

수심과 트랜스듀서의 개수 조합

현장 수심과 탐사 목적에 따라 음원을 선택하여 사용하기 위해 수심에 따라 트랜스듀서 개수를 변화시키면서 해양경찰 부두 부근과 하리항 부근에서 현장탐사를 수행하였다. 먼저 트랜스듀서의 개수와 획득한 탄성파 탐사 자료의 주파수 특성의 관계를 파악하여 보았다. Figs. 10 (a), (c), (e)는 트랜스듀서의 개수가 1, 2, 3개 일 때의 탄성파 탐사자료를 나타낸 그림이며, Figs. 10 (b), (d), (f)는 이때 주파수 영역에서의 진폭스펙트럼을 나타낸 것이다. Table 3은 각각의 경우에 상세한 주파수대역의 범위와 진폭스펙트럼이 가장 큰 주파수를 나타낸 것으로, 트랜스듀서의 개수가 많아질수록 신호가 들어오는 주파수대역의 범위의 폭이 점점 작아지면서 저주파 대역으로 간다는 것을 알 수 있다. 즉, 고주파수 성분의 잡음에 비하여 상대적으로 음원이 가지고 있는 특정 주파수 대역의 신호가 큰 것을 의미한다. Fig. 11은 부산해양경찰 부두 앞바다의 측선 Line A에 대하여 트랜스듀서의 개수를 달리하였을 때 항적을 나타낸 그림이며 Fig. 12는 이 때의 탄성파 단면도이다. Fig. 12를 살펴보면 트리 부머인 경우(Fig. 12c)는 유니 부머(Fig. 12a), 듀얼 부머(Fig. 12b)와 비교하였을 때 음원의 출력수준이 높고 저주파수임도 불구하고 단면도상에서 천부 지층의 반사 이벤트가 다른 경우에 비해서 해상도가 떨어진다. 그 이유

로는 트랜스듀서 3개를 동일선상에 배열하여 동시에 발파함으로써 음파가 전파되면서 서로 간섭이 일어나며 점음원(Point Source)으로 거동하지 못하여 천부 지층에 대한 반사이벤트의 질이 낮아진 것으로 추정된다. 오히려 트리 부머보다 출력 수준이 낮은 유니 또는 듀얼 부머의 경우(Figs. 12a와 12b)는 단면도상에서 전체적으로 반사 이벤트가 강하게 나타나며 해상도 또한 높은 것을 확인할 수 있다. 따라서 수심이 비교적 얇은 약 15m 정도에서는 유니 부머 또는 듀얼 부머를 사용하는 것이 효과적이었다. 트리 부머는 트랜스듀서가 3개이므로 중량이 무거워 운용 및 이동이 매우 어렵고 탐사선에서 투하 및 회수 시 인력으로는 도저히 불가능하였으며 예인 시 조류 영향에 의해 침수되어 음파의 전달에 문제점이 발생하여 수심이 더 깊은 영도 하리항 앞바다에서의 현장탐사에서는 트리 부머를 제외시켰다. Fig. 13은 하리항 측선 Line D에 대하여 트랜스듀서의 개수를 한개와 두개를 탑재하였을 때의 항적을 나타낸 그림이며, Fig. 14는 이 때의 탄성파 단면도로서 발파수는 1100개이며 기록시간은 100ms이다. Fig. 14를 살펴보면 듀얼 부머인 경우(Fig. 14b)가 유니 부머인 경우(Fig. 14a)에 비하여 전체적으로 반사 이벤트가 강하게 나타나며 투과심도가 깊게 나타난다. 이는 듀얼 부머의 출력수준이 배로 높고 두 트랜스듀서에서 발생한 음파가 반사가 일어나는 반사층의 수심이 깊기 때문에 점 음원으로 역할이 잘 이루어지기 때문이라고 추정된다. 두 지역을 현장 탐사한 결과, 수심 10~20m 정도에서는 유니 부머와 듀얼 부머 자료

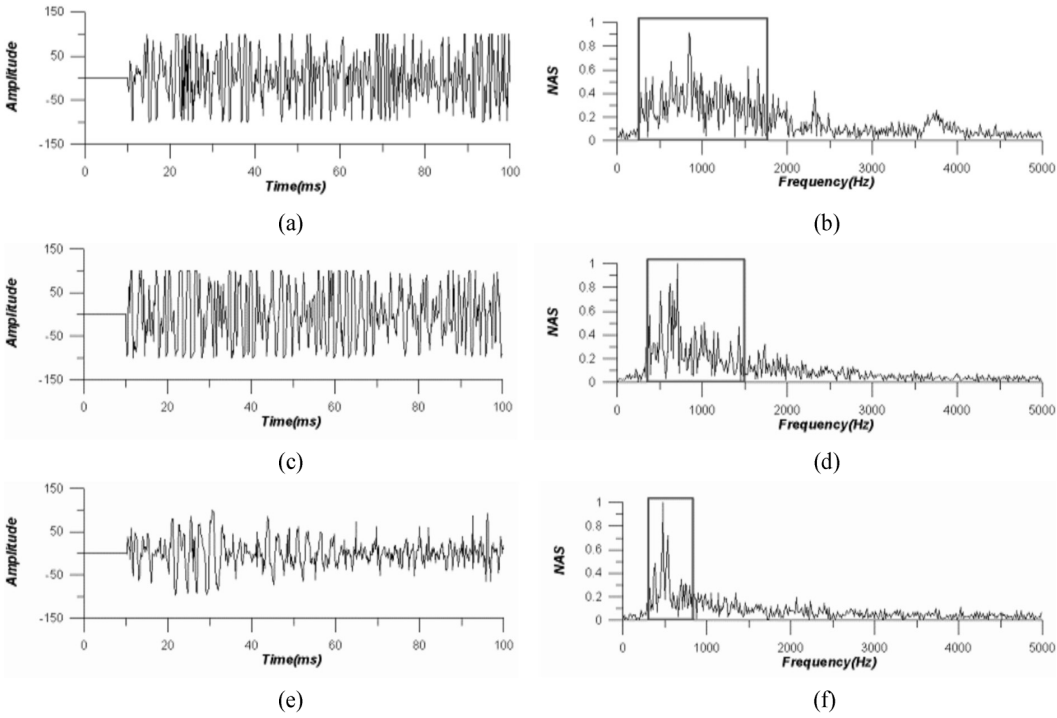


Fig. 10. Seismogram of (a) uni-boomer source and (b) its amplitude spectrum, (c) dual-boomer source and (d) its amplitude spectrum, and (e) tri-boomer source and (f) its amplitude spectrum.

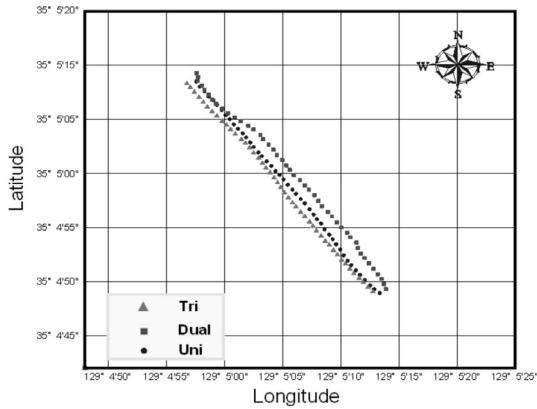


Fig. 11. Track chart of Line A for demonstrating the effect of the number of transducer.

의 반사 이벤트의 해상도가 높고, 수심 20~40m 정도에서는 듀얼 부머 자료의 반사 이벤트가 상대적으로 더 명확하므로 수심에 따라 트랜서듀서의 개수를 적절히 선택하여 탐사하는 것이 효과적이다.

한국지구시스템공학회지

자료처리

본 연구에서는 천해저라는 현장여건을 고려하였을 때 필요한 자료 처리과정인 너울 필터링(swell filtering), 디지털 필터링(digital filtering), 디콘볼루션(deconvolution) 등 Fig. 15와 같은 전산처리를 수행하였다.

본 연구에서는 최대 진폭법을 이용하여 모든 트레이스에 대한 해저면 반사파의 왕복주기를 구하였고 인접심도 평균법을 사용하여 너울 효과를 제거하였다(이호영, 1993). Fig. 16은 유니 부머를 사용하여 취득한 자료로써, 적용전과 적용후의 예를 나타낸 것이다. Fig. 16 (a)의 확대 부분을 살펴보면 원래 평탄한 해저면에 대한 반사가 너울영향에 의해 해저면이 고르지 않음을 볼 수 있는 반면, Fig 16 (b)의 확대 부분을 살펴보면 너울영향이 제거되었으며 전체적으로 지층의 연속성이 향상됨을 볼 수 있다.

본 연구에서는 필터링은 대역통과 필터를 사용하였으며 필터 대역은 사다리꼴 모양의 주파수가 0 - 200 - 1500 - 2000이 되도록 하였다. Fig. 17 (a)는 듀얼 부머로 취득한 탄성파 단면도인 Fig. 18 (a)의 450번째 트레

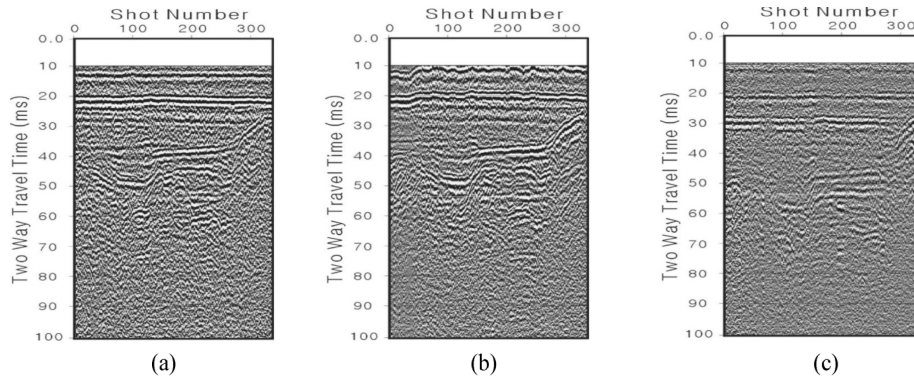


Fig. 12. Seismic sections of Line A in (a) uni-boomer source, (b) dual-boomer source, and (c) tri-boomer source.

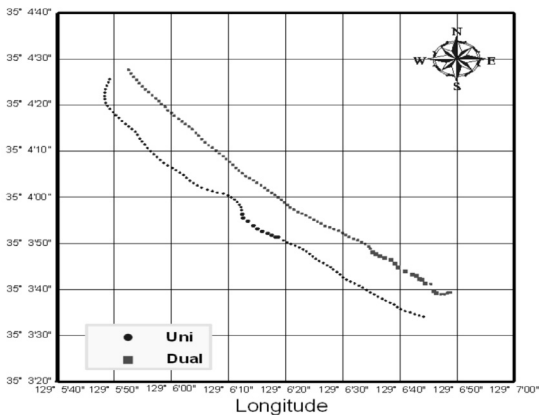


Fig. 13. Track chart of Line D for the effect of the number of transducer.

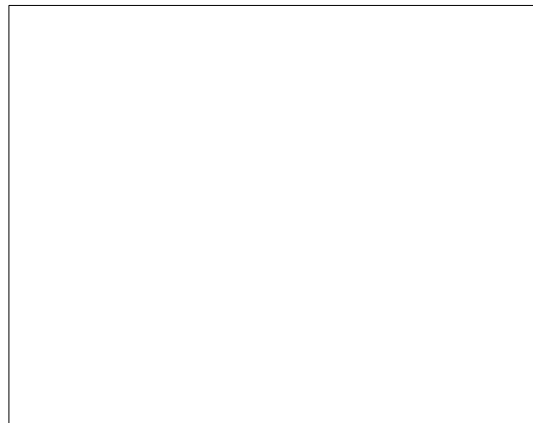


Fig. 15. Flow chart of data processing in single channel shallow marine seismic survey.

이스에 대한 주파수 분석을 실시하여 진폭스펙트럼을 나타낸 것이며, Fig. 17 (b)는 이 때 사용한 대역통과 필터,

Fig. 17 (c)는 대역통과 필터를 적용한 후의 진폭스펙트럼을 나타낸 그림이다. Figs. 18 (a)와 (b)는 대역통과 필

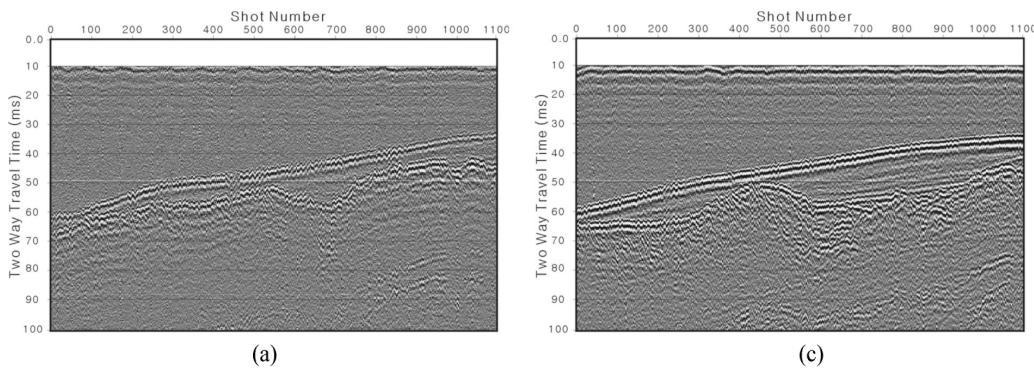


Fig. 14. Seismic sections of Line D in (a) uni-boomer and (b) dual-boomer source.

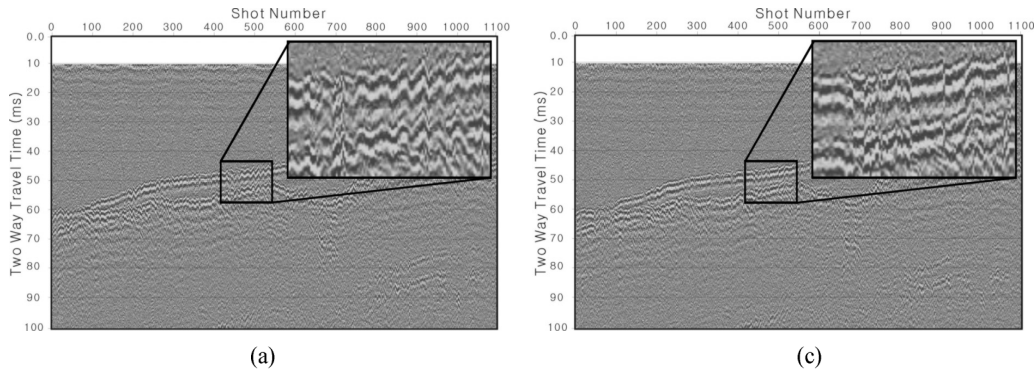


Fig. 16. Seismic section of uni-boomer source (a) before swell filtering and (b) after swell filtering.

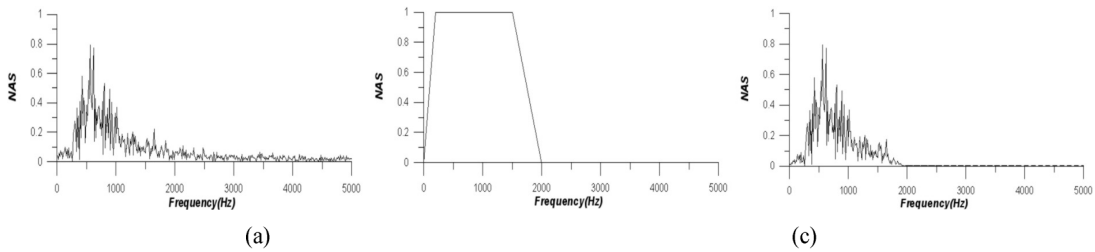


Fig. 17. (a) Amplitude spectrum before band-pass filtering, (b) band-pass filter (from 200 Hz to 1500 Hz), and (c) amplitude spectrum after band-pass filtering.

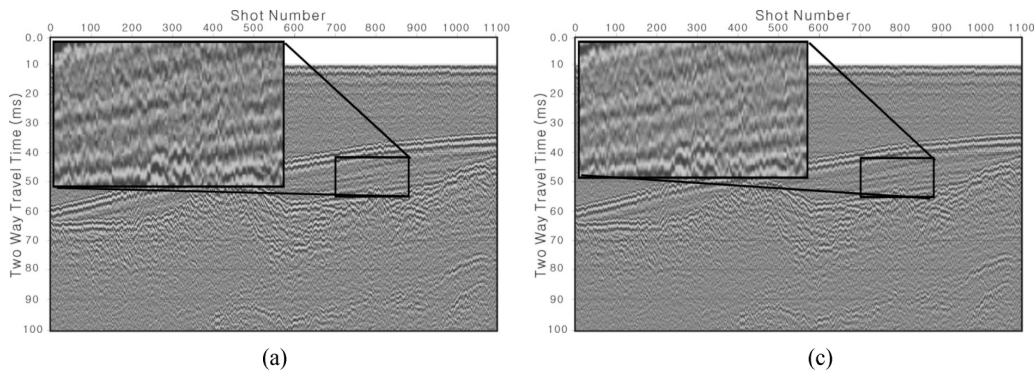


Fig. 18. (a) Seismic section before band-pass filtering and (b) after band-pass filtering.

터 적용 전과 적용 후를 나타낸 것으로 Fig. 18 (b)의 확대부분을 살펴보면 고주파수 잡음 성분이 많이 제거되어 신호 대 잡음비가 향상됨을 확인할 수 있다.

본 연구에서는 통계학적인 접근 방법인 예측 디콘볼루션(predictive deconvolution)을 사용하였으며, 예측연산자길이를 30, 예측거리는 2로 하였다. Fig. 18은 듀얼 부머로 취득한 자료에 대하여 너울 필터링, 디지털 필터링을 적용한 결과이며, 이 자료에 대한 디콘볼루션 처리하

기 전과 후의 결과를 Figs. 19 (a)와 (b)에 나타내었다. Figs. 19 (a)와 (b)를 비교하면 수직해상도의 증가와 울림현상의 감소 그리고 Fig. 19(a)의 A, B 부분에 있는 해저면과 그 하부퇴적층에 대한 다중반사파의 제거를 볼 수 있다. 이상과 같이 너울필터링, 디지털 필터링, 디콘볼루션과 같은 전산처리를 수행하면 천해저 탄성과 단면도의 해상도 및 영상 품질이 증가됨을 확인할 수 있다.

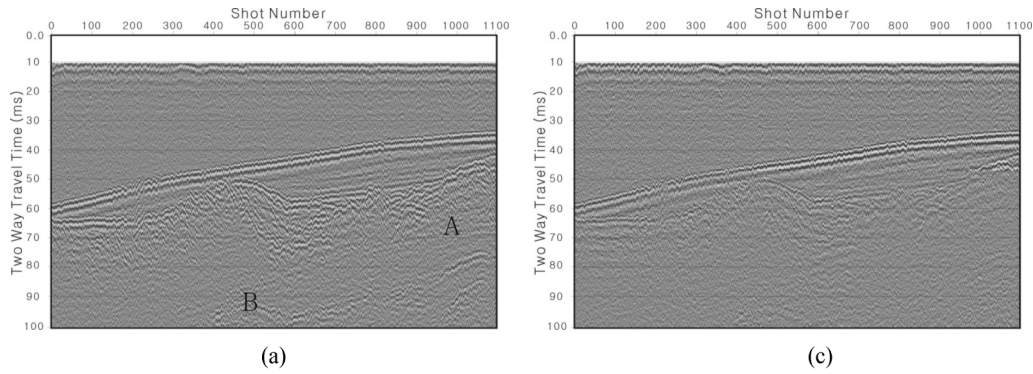


Fig. 19. (a) Seismic section before predictive deconvolution and (b) after predictive deconvolution.

결론

본 논문에서는 현장조건 및 탐사 목적에 따라 트랜스듀서의 개수를 선택하여 사용할 수 있는 천해저용 탄성과 음원을 제작하였으며, 자료 취득의 효율과 자료 품질 향상을 위하여 24 bits A/D 변환기를 탑재한 다중채널 기록장치를 제작하였다. 본 연구에서 제작한 자료 취득 시스템의 성능 시험을 위하여 기존의 상용화 자료 취득 시스템과 동시에 현장탐사를 수행하였고, 취득된 자료에 대하여 간단한 자료 처리를 수행함으로써 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 수심에 따라 트랜스듀서의 개수를 다르게 하여 사용할 수 있는 천해저용 음원을 제작하였고, 트랜스듀서의 개수를 다르게 한 결과 수심 10~20m 경우에는 Uni-Boomer 또는 Dual-Boomer가, 수심 20~40m 경우에는 Dual-Boomer가 적합하다고 생각된다.
2. 현장자료취득변수 중에서 음원-수신 장치의 배열 위치와 이격거리에 따라서 반사파 강도가 달라지는 것을 확인할 수 있었으며, 음원이 부머인 경우 음원-수신 장치의 거리를 10m 이하로 하는 것이 적합하다고 생각된다.
3. 본 연구에서 개발된 24 bits A/D converter인 KG-DAS의 자료가 16 bits A/D converter인 Benthos 자료보다 분해능이 훨씬 더 높다는 것을 확인할 수 있었다.
4. 새롭게 제작한 자료 취득 시스템으로 취득한 탄성파자료에 너울 필터링, 디지털 필터링, 디콘볼루션 등의 자료 처리를 적용함으로써 자료의 품질 및 해상도가 향상됨을 확인하였다.

따라서 이 논문에서 개발된 자료 취득 시스템은 앞으로 실제 현장에서 적용할 시 자료취득의 효율이 증대되고 자료의 해상도 향상에도 많은 기여를 할 것으로 예상

된다. 향후 천해저 고분해능 다중채널 탐사 및 천해저 3차원 고분해능 탐사를 위해 지속적인 자료 취득 시스템 개발과 자료 처리에 대한 연구가 필요하다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단의 지역대학 우수과학자 지원 연구사업 과제인 “초고해상 해양탄성파탐사 자료취득 시스템 개발 및 지반공학적 적용성 연구(R05-2003-000-10712)”에서 수행된 연구결과로, 재정지원을 한 한국과학재단에 감사드립니다.

참고문헌

김현도, 2004, PC 기반의 GPS 연동 고해상 다중채널 해양 탄성파 탐사 시스템 개발, 공학박사 학위 논문, 동아대학교, 부산.

이호영, 1993, 천해저 고해상 탄성파 자료취득 기술개발연구(II), 과학기술처.

이호영, 구남형, 박근필, 유동근, 강동효, 김영건, 서갑석, 황규덕, 김종천, 김지수, 2003, “고해상 다중채널 탄성파 탐사 자료취득변수에 따른 천부 해저지층영상의 해상도,” *물리탐사학회지*, Vol. 6, pp. 126-133.

Lee H.Y., Hyun B.K., Kong Y.S., 1996, “PC-based acquisition and processing of high-resolution marine seismic data,” *Geophysics*, Vol. 61, pp. 1804-1812.

Missiaen, T., Versteeg, W., and Henriët, J.-P. , 2002, “A new 3D seismic acquisition system for very high and ultra high resolution shallow water studies,” *EAGE, First break*, Vol. 20, pp. 227-232.

**김 영 준**

2003년 2월 한국해양대학교 해양개발공
학부 공학사

2005년 2월 한국해양대학교 해양개발공
학과 공학석사

현재 한국지질자원연구원 석유해저자원연구부 연구원
(E-mail; dudeyoung@bada.hhu.ac.kr)

**신 성 렬**

1987년 2월 서울대학교 자원공학과 공
학사

1990년 2월 서울대학교 자원공학과 공학
석사

1994년 8월 서울대학교 자원공학과 공학
박사

현재 한국해양대학교 해양개발공학부 부교수
(E-mail; srshin@mail.hhu.ac.kr)