

## 기술 설명서 요약본

기술명	대수심에서의 해양구조물 해체 작업을 위한 해저 파일 내부 설치형 비접촉식 워터젯 절단 기술	
기술분류 (대분류-중분류)	대분류-중분류 (해양공학-해양장비)	
공사 관련 기술 여부	공사 외 기술 <input type="checkbox"/>	공사 관련 기술 <input checked="" type="checkbox"/>
기업명	(주)케이베츠	

### 기술 개요

#### ■ 신청 기술 주요내용 및 특징

#### ○ 개발 배경

- 1) 해양플랜트 및 항만시설의 하부구조물 해체사업은 경제적 내용연수가 종료되었거나 태풍, 화재 등 재해로 인해 더 이상 운용이 불가능해진 해양플랜트 및 항만시설의 관련 설비를 적절하게 **해체(Disposal)**할 수 있는 기술 개발 필요
- 2) 중대재해 처벌 등에 관한 법률 및 관련 시행령의 제정으로 인해 건설 현장의 인사사고에 대한 관리기준이 강화되고 있으며, 이에 대응하기 위한 해체 공사에 잠수부 등의 인력과 투입장비를 최소화 할 수 있는 **워터젯 절단(Water-jet Cutting)** 기술 개발

표 1. 워터젯 절단 장비 성능

절단 파일 제원(직경×두께)	1,016mm × 19mm		1,400mm × 50mm
분사압력 (bar)	2,200 ~ 2,300	2,000 ~ 2,100	2,000 ~ 2,100
절단소요시간 (분)	13	21	185 연마재보충시간 60분 포함

- 3) 작업 시간의 최소화를 통해 **공사비 절감**이 가능한 기술

표 2. 워터젯 절단 장비 성능

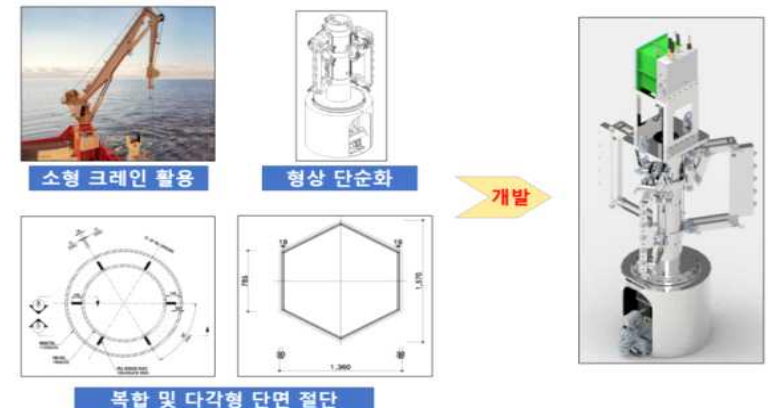
수심	잠수부 수중 산소절단	수중 워터젯절단	증감 (절감효과)	비고
20m	10,106천원/본	9,987천원/본	감 119천원 (1.17%)	해상장비 투입비 반영
30m	15,686천원/본	10,449천원/본	감 5,237천원 (33.4%)	
40m	22,506천원/본	10,910천원/본	감 11,596천원 (51.5%)	

- 4) 해체 공사에 적합한 최적화 형상 설계를 통해 **사고 사전 예방 및 시공관리 간소화** 기술 필요
- 5) 또한, 워터젯 절단 기술에 사용되는 재료는 물과 함께 연마재는 **천연물질** 석류석 (Garnet) 분말을 사용하므로 **해양 환경에 미치는 영향 최소화** 가능



#### ○ 개발 목적

- 1) 기존의 하부구조물 및 해저파일 제거시 인발에 의한 방법을 주로 사용해 왔으나, 해저면에 장기간 박혀 있는 파일 등 구조물이 쉽게 인발 되지 않을 뿐만 아니라 임대료와 운영료가 고가인 초대형 크레인이 필수였음. 개발된 워터젯 절단 장비는 중량이 약 1.5ton 이내로서 **소형 크레인으로 운영이 가능한 기술**
- 2) 해체 및 절단 대상 구조물(위치, 구조, 크기)에 맞추어 **짧은 기간 내 제작** 가능한 최적화 형상을 갖는 절단 장비
- 3) 해저구조물의 사용연한 증가 및 유지관리를 위한 마린그로스(Marine growth) 제거 등의 **다목적성으로 활용** 가능한 워터젯 절단 장비
- 4) **복합(강관+콘크리트), 다각형 단면 절단** 등의 다양한 고객 니즈(Needs)를 만족시킬 수 있는 기술
- 5) 절단 작업의 **실시간 모니터링**이 가능한 기술



## ■ 기존 기술과의 차별성

### ○ 해체 관련 국내·외 규정

- 1) 미국 연방 기준(30 CFR 250)에서는 해저에 설치 되는 구조물의 제거시에는 **해저면으로부터 15fr(약 4.6m) 이상 깊이로** 제거할 것으로 규정
- 2) 북동대서양의 해양환경 보호에 관한 협약(OSPAR)에서는 해양 구조물의 해저 파일 제거시 **해저지반에서 3m 이상 깊이로** 제거로 규정
- 3) 제네바 조약에서는 해양환경 보호 및 항행과 어로활동의 방해를 방지하고, 폐기하거나 사용하지 않는 **장비 및 구조물은 완전 철거**해야 한다고 규정
- 4) 국내의 경우 「해저광물자원개발법」에서는 철거에 대한 **구체화된 기준은 아직 없으며, 구조물 사용 기한 만료 후 해저조광구의 원상회복으로** 명기됨  
⇒ **워터젯 절단 기술은 해체 관련 국내·외 규정을 만족시킬 수 있는 기술**

표 3. 해체 대상 해양 구조물

구분	형상
제네바 조약	- 해양환경 보호 및 항행과 어로활동의 방해 방지하고, 폐기되거나 사용하지 않는 장비는 완전 철거해야 함
UNICLOS	- 해양환경의 보호 및 보존이 필요하고 폐기된 장비 및 구조물은 국제적인 기준에 비추어 철거되어야 함
30 CFR 250	- 해저지중물 제거 시 <b>해저 바닥면으로부터 15feet 깊이까지 제거</b>
OSPAR 조약	- OSPAR 해역 내 해저광물 자원 개발, 해양구조물 설치 및 해체 등에 관한 조약 - 북해 인접지역의 모든 해상 구조물은 완전 철거해야 하며, <b>해저 파일 제거 시 해저 지반에서 3m 이상 깊이로</b> 제거할 수 있음
IMO 가이드라인	- 국제해사기구에서 제시하는 해상 건설, 보존작업 등에 관한 가이드라인
해저광물자원개발법 (국내)	- 해저광물자원 개발 및 복구책임에 관한 국내 법규 - <b>철거에 대한 구체화 된 기준은 아직 없으며, 구조물 사용 기한 만료 후 원상회복에 대한 내용이 포함</b>

### ○ 해체 기술

- 1) 해양 구조물 해체를 위한 특별한 기술 없이 현재까지 대부분 산소 절단되는 와이어쏘 절단이 활용되고 있음
- 2) 산소 절단은 수심 10m 이내의 깊이 얇은 곳에서 잠수부가 직접 절단기를 사용하여 작업하는 방식으로 진행. 잠수부의 1일 잠수시간이 정해져 있어, 목표 시간내에 공사를 마치기 위해서는 많은 수의 잠수부가 필요함. 또한, 산소와 LPG 등의 위험재료를 사용함으로써, 사고 위험이 높음
- 3) 와이어쏘 절단은 강철케이블에 연결된 다이아몬드와 대상 구조물간의 마찰에 의해 이루어짐. 와이어쏘를 잠수부가 직접 설치해야 하므로 절단 대상 구조물이 수심 20m 이상인 곳에서는 작업이 어려움. 작업중 와이어쏘 파단시 인명사고 발생 위험이 높음
- 4) 워터젯 절단은 장비의 자동화로 인해 인력의 최소화가 가능하고 절단 대상 구조물에 대한 제한이 없으며, 작업 소요 시간이 짧아 효율성 측면에서 우수함

구분	산소 절단	와이어쏘 절단	워터젯 절단
개념도			
개요	산소, LPG 등의 가스를 위하여 절단	1. 금속재 비드와 강철케이블로 구성 2. 비드에 의한 마찰 절단	1. 물과 연마제 혼합재로 분사를 통해 절단 2. 초고압 분사 통한 마찰 및 충격에 의한 절단
장점	1. 신속 투입 가능 2. 투입 장비 간소화	1. 절단 각도의 제한을 받지 않음 2. 구조물 손상 적음 3. 작업 가능 수심 제한적 4. 복합재(강재+콘크리트) 불가함	1. 장비의 자동화를 통해 인력 투입 최소화 → <b>재해발생 최소화</b> 2. 절단 대상물에 대한 제한 없음 → <b>재료(복합재), 두께, 수중 등의 영향 없음</b> 3. 절단 소요시간 최소화 → <b>공사기간 및 공사비 최소화</b>
단점	1. 폭발 위험 (사고발생 위험 큼) 2. 가열분위 및 용접분열 큼 3. 작업 가능 수심 제한적 4. 복합재(강재+콘크리트) 불가함	1. 공해(소음, 진동, 분진) 발생 2. 작업현장의 오염 발생 3. 작업중 와이어 파단시 사고발생 위험 높음	1. 해상실종 진행중

### ○ 작업 사고로부터의 안전성

- 1) 해상 공사에 투입되는 대부분의 산업잠수부들은 주로 수심 10m 내외에서 주로 작업이 이루어지고 있음. 이보다 깊은 곳에서 작업을 진행할 경우, 1회 잠수 허용 시간이 줄어 들어 작업효율이 매우 낮음. 또한, 깊은 수심에서 작업 후에는 반드시 감압기를 사용하여 잠수병을 방지해야 함
- 2) 서남해안과 같은 탁도가 높은 바다의 경우, 절단 작업이 진행되는 경과를 확인 위한 시간이 추가로 소요됨. 워터젯 절단 장비에는 수중 카메라와 초음파 센서가 부착되어 있어 작업 진행상황을 실시간으로 모니터링이 가능함

### 경제·산업적 파급 효과

### ○ 시장 규모

#### 1) 해외

- ① 저유가로 인한 해양플랜트 산업의 위기를 극복하기 위해 해양플랜트 서비스 산업을 육성하기 위해 2020년 7월 인도네시아 정부와 해양수산부가 협력하여 한-인니 해양플랜트 협력센터를 개소하여 운영하고 있음
- ② 한-인니 해양플랜트 사업은 생애주기(Lifr Cycle) 중 건조생산 이후 단계인 운송, 설치 운영, 유지관리, 해체, 물자 조달 등 부대서비스 제공과 관련된 인력의 사업임
- ③ 국내 기업이 2022년 인도네시아 Attaka field EB 플랫폼 해체 공사 진행한 사례가 있음
- ④ 한-인니 해양플랜트 협력센터의 추천을 받아 2023년 3월 인도네시아에서 개최된 3rd Korea-Indonesia Offshore Congress에 참석하여 워터젯 절단 장비의 우수성을 알림
- ⑤ 인도네시아는 한국의 10배에 달하는 배타적 경제수역과 막대한 해양자원을 보유한 해양자원 부국으로, 투자 잠재력이 매우 큰 국가임. 인도네시아 정부도 낙후된 인프라 개선을 위해 외국자본과 기술도입에 적극적임. 그리고 인도네시아에 위치한 약 630기의 해양플랜트 구조물의 약 75~80%가 20년 이상 노후되어 해체 및 철거 작업이 필요함. 따라서 동남아 시장 진출의 중요한 역할을 하는 사업으로 예상됨
- ⑥ 동남아 국가들은 해체 분야에서 필요한 규제에 관한 법률이 아직 미개발 상태이고, 환경 및 재정 문제를 겪고 있음. 2030년까지 동남아에서 200개 이상의 플랫폼이

중단될 것으로 예상되며 총 해체 비용은 300~1000억 달러에 이를 것으로 예상됨

## 2) 국내

- ① 대한민국 정부는 현재 향후 20년간 항만건설에 약 42조원을 투자하여 항만의 가치를 높여갈 계획임
- ② 전국 12개 신항만에 대한 '2차 신항만건설기본계획('19~ '40)을 중장기 계획으로 확정하고 시행하였으며, 해양수산부에서는 '3차 항만기본계획'에서 2011년~2030년간 12개 항만(16개 지구)을 대상으로 노후·유휴 항만재개발을 추진하고 있음
- ③ 이에 따라 신항만 건설시 기존 항만의 기타 구조물인 잔교, 방파시설물 등의 설비 구축 또는 재구축을 위해 시공한 연안 말뚝 또는 해저 파일의 제거가 간접적으로 요구됨
- ④ 항만과 해양구조물의 개보수 및 재개발이 필요한 시점이며, 이때 해저 파일을 제거하여 해저면을 원활하게 사용할 수 있도록 하는 요구가 발생하고 있음

### 지식재산권 및 시험성적

#### ■ 지식재산권

국내 특허		해외 특허		기타(실용신안, 상표, 디자인 등)	
출원: 건	등록: 2 건	출원: 2 건	등록: 건	출원: 건	등록: 건
구분	출원번호 (등록번호)	출원일자 (등록일자)	출원명칭 (등록명칭)		출원인 (권리자)
등록	10-2021-0162918 (10-2396663)	2021.11.24 (2022.05.06)	워터젯 이용한 비접촉식 파일 절단방법		(주)케이베츠
등록	10-2022-0139240 (10-2524910)	2022.10.26 (2023.04.19)	해양 구조물 해체 작업시 탑 사이드를 지지하는 파일을 수중에서 워터젯으로 절단하는 공법		(주)케이베츠
해외출원 (미국)	18-009376	2022.11.28	NON-CONTACT TYPE PILE CUTTING APPARATUS USING WATERJET AND CUTTING METHOD THEREOF		(주)케이베츠
해외출원 (인도네시아)	P00202213473	2022.11.24	PERALATAN PEMOTONGAN TUMPUKAN JENIS NON-KONTAK MENGGUNAKAN PANCARAN AIR DAN METODE PEMOTONGANNYA		(주)케이베츠

#### ■ 시험성적

시험기관:	KOLAS 인정기구 1. (재)한국조선해양기자재연구원, 2. (재)부산테크노파크
시험내용:	워터젯 절단 장비 성능시험
시험결과:	수중(水中)상태에서 직경1016mm×두께19mm, 직경1400mm×두께50mm 강관 절단 성공

### 신청 기술 대표 도면 및 시제품 사진 등



워터젯 절단 장비 작동 前 형상



워터젯 절단 장비 작동 中 형상



워터젯 절단 장비