

제 출 문

국토교통부 장관 귀하

‘거품을 이용한 콘크리트구조물 친환경 해체공법 개발’ (연구개발 기간 : 2015. 09. 30 ~ 2017. 09. 29) 과제의 최종보고서를 제출합니다.

2017. 11. 29.

주관연구기관명 : 인영건설(주) (대표자) 최 영 화 (인)

협동연구기관명 : (대표자) (인)

참여기관명 : (대표자) (인)

주관연구기관책임자: 최 영 화

협동연구기관책임자:

참여기관책임자:

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에
동의합니다.

보고서 요약서

과제 고유 번호	15TBIP-C105046-01	해당 단계 연구 기간	2017	단계구분	2/2
연구사업명	중사업명	국토교통사업화지원 사업			
	세부사업명	창조경제타운 연계 시범사업			
연구과제명	대과제명				
	세부과제명	거품을 이용한 콘크리트구조물 친환경 해체공법 개발			
연구책임자	최영화	해당단계 참여 연구원 수	총: 6 명 내부: 6 명 외부: 명	해당단계 연구개발비	정부:164,000천원 기업:110,000천원 정부 외: 천원 계:274,000천원
		총 연구기간 참여 연구원 수	총: 6 명 내부: 6 명 외부: 명	총 연구개발 비	정부:329,000천원 기업:220,000천원 정부 외: 천원 계:549,000천원
연구기관명 및 소속 부서명	인영건설(주) 기술연구소			참여기업명 인영건설(주)	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	
요약				보고서 면수 : 73	
살수인력이 필요없이 파쇄장비에서 자동적으로 거품이 분사되어 해체공사시 발생하는 분진을 효율적으로 억제할 수 있는 거품해체공법을 개발 함.					
- 거품발생/분사 장치 개발					
- 거품분사를 위한 회전압쇄기 개발					
- 거품을 이용한 콘크리트구조물 친환경 해체공법 개발					
- 공법 현장적용 실험					

국문 요약문

연구의 목적 및 내용	거품의 공급방식이 현장에 최적화될 수 있는 개발을 통하여 토목 및 건축현장에서 의 해체시 발생하는 모든 유해분진에 대해 완전제어가 가능한 최적화기술을 통한 구조물해체분야의 건설신기술 확보 ○ 콘크리트 구조물 해체환경 및 관련규제 분석 ○ 친환경 거품 개발 및 인증 ○ 거품발생장치 설계, 제작 및 평가 ○ 시작품 고성능화 및 관련 기술확보 ○ 파쇄장비와 거품발생장치 시제품 제작 ○ 거품발생장치 제어기술 개발 ○ 통합형 거품살포장치 패키지 설계 및 제작 ○ 통합형 거품살포장치 패키지 통합 평가				
연구개발성과	거품을 이용한 친환경 해체공법				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	○ 기계식 해체장비의 신규제작이 아닌 기존장비 부착방식으로 관련시장의 활성화 예상 ○ 건축물 해체 현장의 공사비 절감 및 친환경공법을 개발하여 향후 사업 수행시 적용 및 기초 자료로 활용 ○ 주변 민원문제를 해결하고 안정성을 확보할 수 있는 기술로 도심 빌딩 밀집지 역에 적용하여 건축물 해체에 활용 ○ 다량의 물 확보가 어려워도 거품을 이용하여 효과적인 분진제거에 활용 ○ 기존 도시 밀집 지역을 중심으로 건축물 해체에 따른 민원감소 및 환경오염 방 지로 시장 창출이 기대되며 국내 제작, 국산 소재, 국산 기술 등 종합적인 국내 기 술로 선도화 ○ 국내 건축물 해체공법에 대한 시험평가를 통하여 사전검증과 인증대플랜트 소 재 및 기자재에 대한 국제수준의 시험평가를 통하여 해외인증 대상 제품의 사전 검증과 인증대행 등 절차 간소화로 인한 비용 절감 및 수출 증대 효과 ○ 콘크리트 구조물 해체현장 분석으로 향후 재개발 등 재건축 현장에 민원과 환 경오염 문제를 해결할 수 있어 틈새시장 확보 및 선점효과 ○ 친환경재료의 사용과 소량의 물을 이용한 친환경 해체공법으로 주변 환경오염 방지 및 민원문제 해결				
핵심어 (5개 이내)	미세거품	박무	계면활성제	분진	거품

< SUMMARY >

Purpose & Contents	Foam or mist of the supply system construction of the structure complete control over the possible optimization techniques for all hazardous dust generated during dismantling of the civil engineering and construction sites, through the development that can be optimized on-site dismantling sector secure technology - Concrete demolition and environmental regulatory analysis - Eco Bubble development and certification - Foam generator design, production and evaluation - Ensuring high performance prototype and related technologies. - Crushing equipment and foaming device prototyping. - Foam generator control technologies. - Integrated foam spraying device, package design and production. - Integrated foam spraying device integrated assessment package.					
Results	Demolition method using ECO friendly foam					
Expected Contribution	- Activation of the relevant market, estimated to existing equipment rather than attaching a new way of making mechanical demolition equipment. - Develop a cost-saving and environmentally friendly method of building demolition site to serve as the basis for future project implementation, and in applying. - Utilized in building demolition by applying to building urban area around a technology that solve problems and complaints can ensure stability. - Securing a large amount of water is utilized for an effective dust removal by using a harder foam. - Existing urban areas to create a central market to reduce complaints and prevention of environmental pollution due to building demolition is expected Tuesday to leading domestic technology, including a comprehensive domestic production, domestic material, domestic technology. - Costs and effects of increasing exports to simplify procedures, including pre-validated and pre-validated and certified for authentication of the proxy materials and plant equipment overseas certification through the testing and evaluation at the international level for the target product through the testing and evaluation of the national building demolition method. - Concrete demolition site analysis can solve environmental problems and complaints in the future reconstruction redevelopment sites such as niche and secure first-mover advantage. - Eco-friendly demolition method solve environmental pollution problems and complaints with the use of environmentally friendly materials and a small amount of water.					
Keywords	Foam	Mist	Surfactant	Dust	Bubble	

< Table of Contents >

1. Introduction of Research and Development Project	7
2. Current Trend of Technology in Korea and Other countries	11
3. Research Performances and Achievements	14
4. Accomplishment of Objectives and Contribution to Related Field	61
5. Application of Research Results and Performance	64
6. Collection of International Science and Technology Information	65
7. Disclosure Agreement about Research and Development	67
8. Registration of Research Facilities and Equipment to National Science and Technology Information system	68
9. Research Laboratory and Facilities Safety Procedures	69
10. Representative Research Achievement and Performance	71
11. Other Information	72
12. Reference	73

< 목 차 >

국문 요약문	3
제1장. 연구개발과제의 개요	7
제2장. 국내외 기술 개발 현황	11
제3장. 연구 수행 내용 및 성과	14
제4장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	61
제5장. 연구개발성과의 활용계획	64
제6장. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보	65
제7장. 연구개발성과의 보안등급	67
제8장. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황	68
제9장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적	69
제10장. 연구개발과제의 대표적 연구 실적	71
제11장. 기타 사항	72
제12장. 참고 문헌	73

제1장. 연구개발과제의 개요

1. 연구개발 목적

가. 연구개발 배경 및 목적

○ 종래 기술의 문제점

일반적으로 건설현장에 적용되는 해체공법은 기계식해체공법과 발파해체공법으로 분류되고, 기계식해체공법은 다시 장비파쇄공법과 절단해체공법으로 분류되며 장비파쇄공법에는 압쇄공법(Crusher)과 타력공법(Breaker)으로 구별됨. 건설현장의 해체공사는 모든 공종이 분진과 관련되어 있으며 이것의 해결이 공사현장의 당면한 이슈라 할 수 있다.

최근 들어 도시 뉴타운, 재개발/재건축, 청계천복원사업과 같은 도시재생사업의 급격한 성장으로 인해 해체산업의 중요성이 점점 증대되고 있으나 상대적으로 해체기술수준은 타 분야에 비해 낙후되어 있는 실정이다.

현재 토목 및 건축현장의 콘크리트구조물의 기계식 해체 시 지속적으로 발생하는 비산먼지를 제어하기 위하여 물을 사용하게 되고, 물뿌리는 인원으로 하여금 해체대상물 근처에서 물을 뿌리(살수)도록 함으로써 물뿌리는 인원의 안전문제와 직수(直水)에 의한 비산먼지의 효율적 제어가 불가능하여 대기오염유발과 또한, 물을 뿌림으로 분진에 포함된 오염물질의 폐수화로 토양, 수질오염발생 등 안전, 제어효과, 오염문제를 발생시키고 있다. 이러한 문제점들을 감안하여 계면활성제성분의 거품을 이용하여 분진의 비산을 방지하는 해체공법을 개발하여 해체공법의 혁신을 기대하고자 한다.



<그림 1> 기존 공법의 분진이 발생하는 모습

나. 연구개발 목표

기존방식이 분진과 혼합된 오염수로 인한 환경오염 및 살수인원의 안전 등의 문제를 해결하기 위해 대상기술을 개발하게 되었으며, 이러한 대상기술과 유사한 대체 기술이 현재 국내에 도입된 것은 없는 것으로 파악되고 있다.

기존방식이 갖는 살수시설(살수차, 급수시설)로 인한 임대비 및 전기시설 등에 의한 에너지비용 발생으로 경제성 저하와 살수인원의 노무비와 안전비용 및 살수된 물과 분진의 혼합으로 오염수 발생에 따른 환경문제 및 이로 인한 각종 민원 문제 등으로 기존방식은 기계식 해체에 적용하기에는 시공성, 현장 적용성, 경제성, 환경성 등에서 많은 문제점이 있어 지속가능한 방식이 아니며 이의 해결을 위해 시공성, 현장 적용성, 경제성, 환경성을 두루 갖춘 해체공법의 개발이 항상 요구되어 왔다. 따라서 본 기술의 개발 목표는 기존방식을 대체할 독자적인 새로운 친환경 콘크리트구조물 해체기술을 개발하는 것으로 설정하였으며, 최종 개발 목표는 환경, 에너지, 성능, 경제성의 4가지 측면을 비교 검토하여 친환경적이면서 에너지 저감형이고 동시에 시공성능과 경제성도 우수한 거품을 이용한 콘크리트 구조물 해체하는 기술이다.

• 콘크리트 구조물 해체용 거품발생장치

- 콘크리트 구조물 해체 시 발생하는 분진을 효과적으로 잡아낼 수 있어야하고, 간단한 스위치 조작으로 거품을 발생과 분사량을 조절할 수 있게 분사시킬 수 있는 장치.
- 분진을 포집한 거품이 토양에 스며들거나 외부로 흘러나가더라도 환경문제를 발생하지 않는 친환경 거품재료를 사용.

• 거품살포 이용한 파쇄장비

- 거품을 이용하여 효과적으로 분진을 제거함으로써 공기/물 오염을 방지에 효과적이며, 거품발생장치와 파쇄장비의 연동/제어기술을 이용하여 소수의 인력으로 콘크리트 구조물 해체가 가능함
- 파쇄장비에 분사장치를 부착하여, 살수인원이 별도로 필요 없이 분진이 발생하는 위치에 정확히 분사할 수 있어야하며, 콘크리트 구조물이 직접 파쇄 하는 파쇄장치의 기능에 영향을 주지 않으며, 원활하게 거품을 분사할 수 있는 거품파쇄장비 개발
- 파쇄장치의 가장 대표적인 압쇄기의 내부에 거품을 분사할 수 있는 배관을 설치하고, 압쇄기의 집게가 360도 회전을 하더라도 배관의 꼬임 없이 효율적으로 거품 분사할 수 있도록 장비 개발

2. 연구개발의 필요성

하나뿐인 지구를 보존하기 위한 강력한 국제 환경협약에 따른 세계 각국의 친환경 건설 기술개발 경쟁이 어느 때 보다 치열하게 이루어지고 있는 점에 비추어 볼 때 해체산업은 소음, 비산먼지, 폐기물 등의 발생으로 인한 환경오염의 주범으로 지적되어 어떤 분야보다 친환경 해체기술개발요구가 높은 실정이며 또한, 오늘날 세계 각국이 직면하고 있는 가장 큰 문제 중 하나는 화석연료 고갈에 따른 에너지위기 문제라고 말할 수 있으며, 특히 에너지 해외의존도가 97%나 되는 우리나라는 최근 유례없는 전력난 가중으로 에너지 위기가 고조되고, 국가 미래에 대한 불안감이 점점 증대되고 있는 실정이다. 특히 국가에너지소비량의 54%를 차지하는 건설 산업분야는 다른 어떤 분야보다 에너지 절약이 필요한 분야이다.

기존 콘크리트 구조물 해체 시 비산먼지를 줄이기 위해서 해체대상물 근처에서 살수방법을 이용하고 있으나, 직수(直水)에 의한 비산먼지의 효율적 제어가 불가능하여 대기오염이 심각함. 또한, 물을 뿌림으로 분진에 포함된 오염물질의 폐수화로 토양, 수질오염발생 등 오염문제가 발생함. 물뿌림에 쓰이는 물은 지하수 또는 용수로써 1일 기준 물뿌리는량은 약 20,000리터에서 40,000리터인 것을 감안하면(거품공법 적용 시 약 30%) 물 부족국가인 우리나라에서 이같이 사용되고 버려지는 물이 전국적으로 따져보면 엄청난 것임은 자명하다.



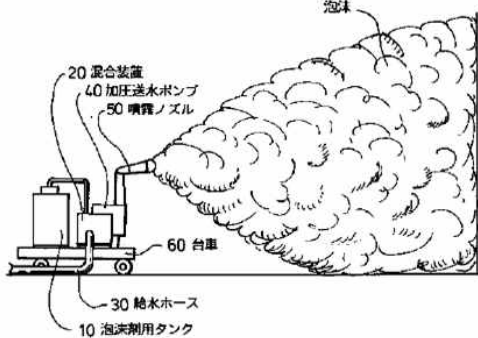
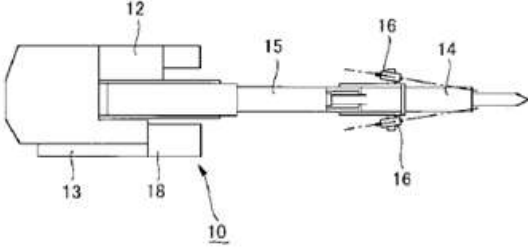
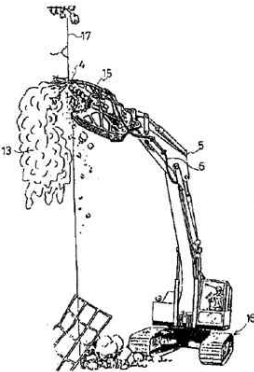
<그림 2> 살수작업 시 비산하는 분진 모습

3. 연구개발 범위

연차	연구목표	주요연구내용
1차년도	■ 콘크리트 구조물 해체용 거품발생장치 설계 및 시제품 제작 - 콘크리트 구조물 해체환경 및 관련 규제 분석 - 친환경 무해한 거품 개발 - 거품발생장치 설계, 제작 및 평가 - 시제품 고성능화 및 관련 기술 확보 - 파쇄장비와의 상호 부착 관련 설계 및 파쇄장비 시제품제작	• 콘크리트 구조물 해체환경 및 관련 규제 분석 - 콘크리트 구조물 해체현장 환경 및 건물해체에 관한 법, 제도, 환경적 분석 • 친환경 무해한 거품 개발 - 계면활성제 성분 분석 - 비산 저감에 효과적인 거품 연구/평가 - 생성 거품의 유해성 평가 • 거품발생장치 설계, 제작 및 평가 - 현장 적용 가능한 크기의 거품발생장치 설계, 제작 - 해체 대상물별 거품 살포 실험 및 운용성 검증 - 개발 장치의 효율성에 관한 현장 적용 실험평가 • 시제품 고성능화 및 관련 기술 확보 - 거품발생장치 성능 보완 및 안정성 검토 - 특허분석을 통한 기술적 권리 강화 • 파쇄장비와의 상호 연계작동을 위한 설계 및 부착 등, 파쇄장비 시제품제작
2차년도	■ 거품살포장치 제어기술 개발 및 파쇄장비와 연동 기술 개발 - 거품살포장치 제어기술 개발 - 통합형 거품살포장치 패키지 설계, 제작 및 평가 - 사업화 방안 구체화	• 파쇄장비와 거품발생장치 연결성 검토 - 파쇄 관련 장비 조사/분석 - 펌프, 배관 등 거품이송장치 연구 - 파쇄장비와 거품발생장치 연동에 미치는 영향 검토 • 거품발생장치 제어기술 개발 - 거품발생장치와 파쇄장비의 연동 제어로직 개발 - 주요 연결부, 장착·연동성 테스트 및 피드백 • 통합형 거품살포장치 패키지 설계 및 제작 - 파쇄장비에 장착하여 파쇄부에 직접 거품을 살포하는 방식 - 별도의 살포차량에 의해 살포하는 방식 - 거품살포장치와 파쇄장비 연동 및 제어 • 통합형 거품살포장치 패키지 통합 평가 - 현장 운용성 분석을 위한 가변·개방형 실험현장 개념 구상 - 현장 적용을 위한 사용 적합성 평가 - 현장적용에 따른 콘크리트 구조물 해체용 장치 피드백 및 관련 표준 반영을 모색 • 사업화 방안 구체화 - 개발 장치의 경제성 평가, 사업화 방안(사업모델, 투자 계획 등) 구체화

제2장. 국내외 기술 개발 현황

구분	기술종류	제목	내용	개발자	비고
국내	특허	건물 철거장치 및 방법	철거대상 건축물에 차단막을 설치하여 분진 억제 효과	(주)한강건설 환경	특허 번호 10-06 27873
일본	특허	드릴링 기계용 포말 방진장치	지반 굴착, 토사의 적재 등의 작업대상면에 거품을 덮어서 분진의 비산을 막는 방법	中山鐵工所	특허 번호 10-31 7873
	특허	분진억제방법	투사 노즐을 통해 기포제 용액을 투사하고 이를 분진 발생부위에 충돌시켜 기포를 생성시키는 분진 억제방법	飛島건설	특허 번호 2006- 25774 7

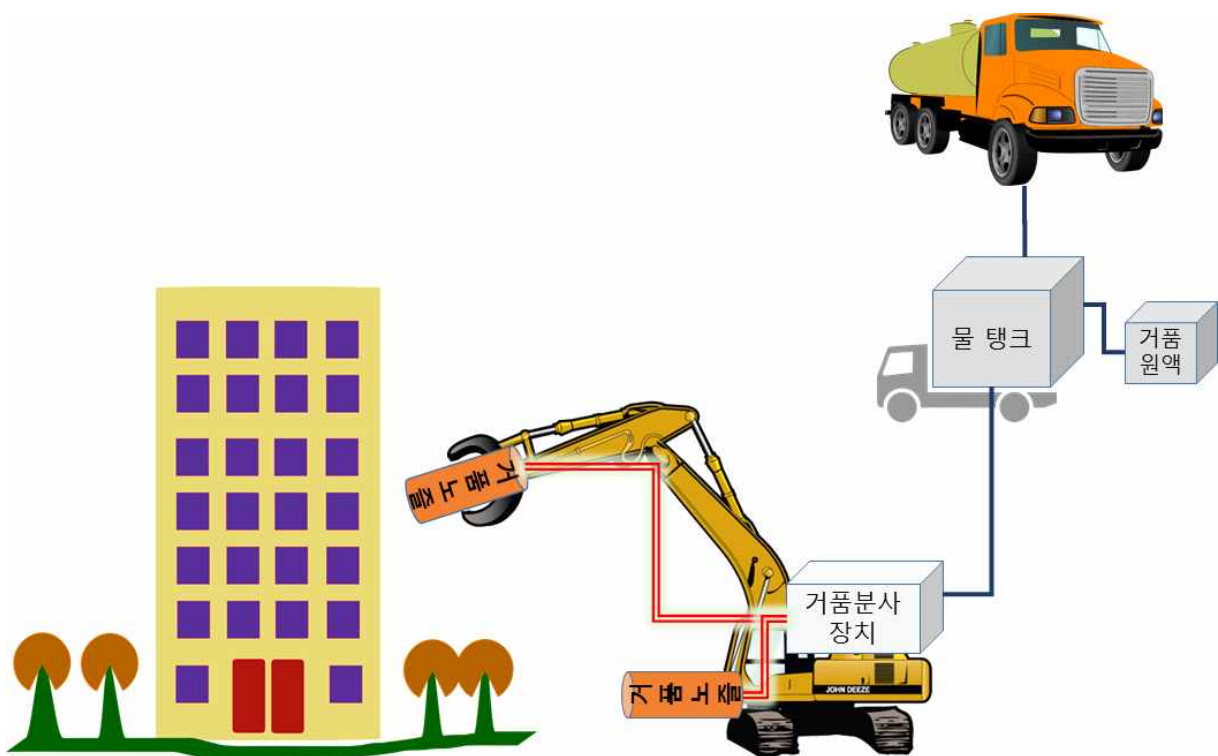
구 분	기술 종류	제목	내용	개발자	비고
일본	특허	포말(泡沫)에 의한 분진 처리 방법	먼지 포착용으로 포말제를 뿌리고 거품을 발생시킨다. 분무한 거품에서 발생한 먼지를 포착하고 그 후 먼지를 포착한 물거품에 물거품 소각제의 물을 뿌리고, 먼지를 포착시킨 채 거품을 물방울로 강하시켜 공기 중에서 제거 	주식회사 후지타	특허 번호 6-330 692
	특허	먼지 억제 장비	발생 된 기포의 비산 내지는 도달 거리를 길게하여 드릴링 장비의 조작성을 저해하지 않고 먼지 억제 효과를 얻을 수 있는 장치 	주식회사 오바야시	특허 번호 2004- 35321 8
	특허	분진 억제 기능을 갖는 해체장비 및 건축구조물의 철거시 분진 억제 방법	해체 장비의 해체부에 분진억제 기능을 갖는 액상 물을 분사하는 노즐을 설치하여 거품을 살포하여 효율적으로 분진 억제 기능을 사용 	타이호 공업주식회 사	특허 번호 8-246 688

구 분	기술 종류	제목	내용	개발자	비고
일 본	공 법	분진포집공법 DABW (Dust Killer By Air Bubble & Water)	해체공사시 물로 희석한 DABW용액을 분진발생장소에 살수하여 먼지를 포집함. DABW 용액은 분진 발생 장소에 충돌할 때 기포를 생성하고, 높은 습윤 침투성을 가짐.     〈粉塵対策なし〉 粉塵の飛散が周囲に拡散 〈DABW放水状況〉 白く見えるのが低発泡の気泡 〈散水方式〉一部粉塵が拡散する 〈DABW放水停止直後〉 粉塵の拡散が見られない	飛島건설, SACOS	
유 럽	제 품	Arden-Jet	압쇄기 내부에 물을 분사할 수 있는 배관과 노즐을 설치하여 분진억제용 물을 분사하는 시스템 	Arden-Equipment	

제3장. 연구 수행 내용 및 성과

1. 연구 수행 내용

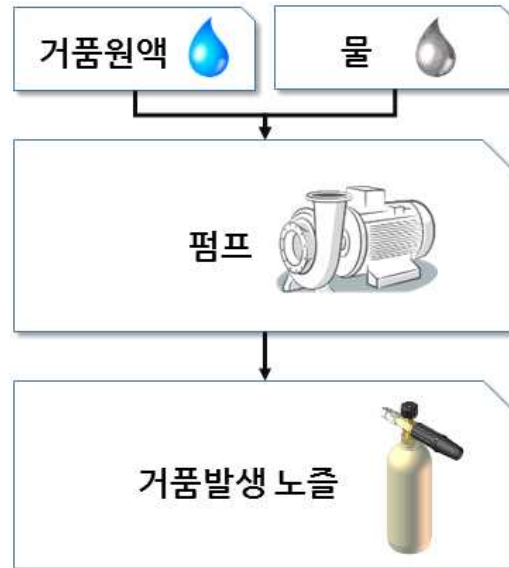
기계식 해체공법을 진행하기 위해서는 해체장비(굴삭기 + 압쇄기)가 사용되고, 분진 억제를 위해서는 살수차와 양수용 펌프를 사용하게 된다. 거품을 사용한 해체공법은 <그림 3>과 같이 해체장비와 살수차가 필요로 하고, 거품을 분사할 수 있도록 거품분사장치가 굴삭기 하부에 탑재하여 사용할 수 있도록 구성하였다. 이에 각 항목별로 필요한 기술을 구현하기 위하여 연구를 수행하였다.



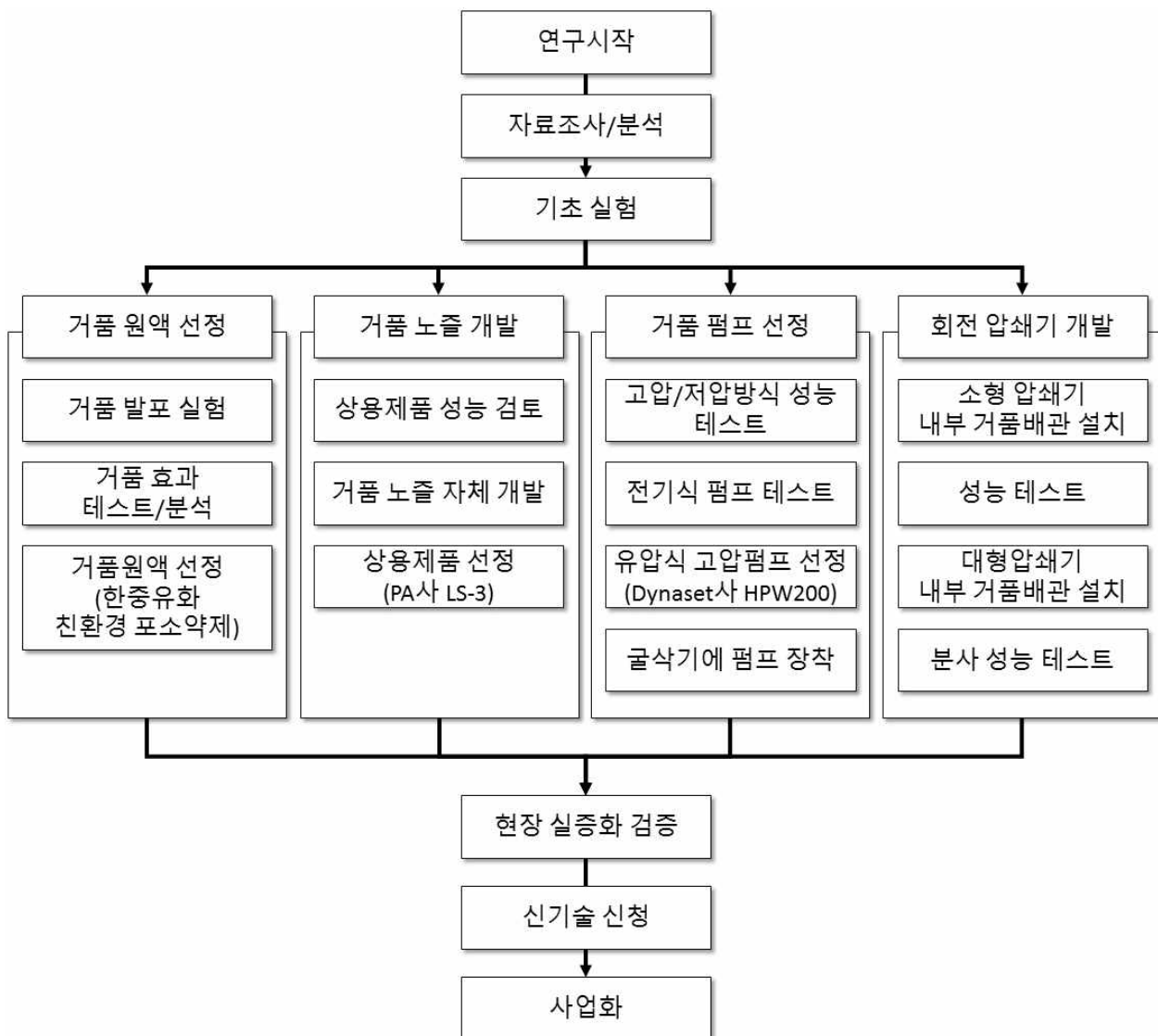
<그림 3> 거품해체공법 장비 개념도

거품을 발생하기 위한 최소한의 필요장치와 도구로써는 <그림 4>와 같이 물이 필요로 하고, 거품을 발생시킬 수 있는 거품원액과 분사해줄 수 있는 펌프와 최종 거품을 분사시켜줄 수 있는 노즐(Foamer, Foam Lance)로 구성되어 있다.

본 연구의 진행사항은 첫째 파쇄작업 시 사용하는 물과 섞이는 거품원액에 대한 개발, 둘째 물과 거품을 분사해줄 수 있는 펌프장치 개발, 셋째 효율적으로 거품을 분사시킬 수 있는 노즐 개발, 넷째 효율적 거품분사를 위하여 회전압쇄기 내부 분사노즐 개발로 구분하여 진행하였다.



<그림 4> 거품 발생 장치 주요요소



<그림 5> 연구 수행 흐름도

가. 거품원액

콘크리트구조물을 해체할 때 발생하는 비산먼지를 억제하기 위하여 사용하게 될 거품발생 원액은 건설용으로 개발된 제품이 없기 때문에, 해체 작업시 요구되는 필요조건에 맞추어 선택하였으며, 여러 종류의 거품원액 중에 친환경 인증제품 포소화약제로 선정하였다. 기타 거품을 발생하는 거품원액의 종류가 많았고, 직접 적용 실험을 해보았으나 거품 발생하는 품질은 비슷하였다. 하지만 해체공사 시 분사 후 흘러가는 거품 및 폐수의 환경문제를 해결하기 위하여 친환경 인증제품을 선택하게 되었다.

거품발생원액 선정 요인

- 거품 발생 용이
- 거품 발생 후 바람이 쉽게 날리지 않음
- 분진 흡착성 우수
- 토양 오염 방지
- 자연소멸 : 환경 문제 방지
- 동절기 사용가능
- 취급 보관 용이

본 연구에 사용된 거품원액 제품

제조사 : (주)한중유화
품명 : 소화약제(설비용)
형식 : 합성계면활성제(3%, 사용온도(0-50℃))
형식승인번호 : 포10-1-1
환경표지인증번호 : 제9655호

제 9655 호

환경표지 인증서

1. 상 호 : (주)한중유화
 2. 사 업 자 등 록 번 호 : 606-81-59837
 3. 소 재 지 : 경상남도 김해시 한림면 김해대로 916번길 24-13
 4. 공장 · 사업장소재지 : 경상남도 김해시 한림면 김해대로 916번길 24-13
 5. 대 표 자 상 명 : 배종찬
 6. 대 상 제 품 : EL768.포소화약제
 7. 상표명/용도·패키지비즈 : 별첨이기
 8. 인 증 기 간 : 2016.07.18 부터 2018.05.15 까지
 9. 인 증 사 유 : "유해물질 저장, 생체독성 저감, 생분해성 독수"
- 「환경기술 및 환경산업 지원법」 제17조제3항, 같은 법 시행령 제23조제2항 및 같은 법 시행규칙 제34조제2항에 따라 환경표지대상제품의 인증기준에 적합하므로 환경표지의 사용을 인증합니다.
- ※ 제 조 조 주 : 2012.05.16

2016년 07월 19일

한국환경산업기술원장

※ 한국환경산업기술원은 「환경기술 및 환경산업 지원법」 제33조제2항 및 같은 법 시행령 제33조제8항에 따라 환경부장관으로부터 환경표지 인증에 관한 업무를 위탁받은 기관입니다.

나. 거품분사 장치 개발

거품 분사장치의 중요 요소로는 일정한 압력으로 물을 분사해줄 수 있는 펌프와 수압을 받은 물이 공기와 혼합하여 거품을 발생하여 분사시켜줄 수 있는 거품 노즐이 필요로 하다.

(1) 거품 노즐 개발

기존 제품을 토대로, 물사용량이 적으며, 분진을 흡착할 수 있는 양질의 거품발생과 내구성, 유지관리성을 높이기 위해서 거품발생기(Foamer, Foam Lance) 개발을 시작하였다. 내부구조 변경과 거품발생 메쉬 제작, 노즐 형태 변경, 노즐 구경 변경 등 성능실험을 반복하였지만 기존 사용제품보다 성능이 우수하게 제작하기 어려워 상용제품을 사용하기로 하였다. 거품발생기는 이탈리아 PA사 Foamer인 LS3 모델을 사용하였다.

본 연구에 사용된 거품분사용 노즐

LS 3 - FOAMER - SUCTION THROUGH EXTERNAL INJECTOR

P/N	Inlet	Nozzle		Weight		 
		mm	gr	oz		
25.1530.18	1/4 F-3/8 MM Bsp	1,8	584	20,6	5	
Rated Pressure	160 bar - 16 MPa			2300 psi		
Permissible Pressure	180 bar - 18 MPa			2600 psi		
Rated Flow	20 l/min			5,3 USGpm		
Rated Temperature	60 °C			140 °F		



○ 거품 분사 노즐 자체 개발

거품을 발생하며 분사되는 물사용량을 제어하기 위해 거품발생기 및 노즐을 자체적으로 제작하여 성능 테스트를 시도하였다. 노즐발생기 길이, 거품발생 메쉬, 노즐 개수, 노즐 구경 등을 변경하여 해체현장 적용 거품발생기를 제작하려고 하였다. 하지만, 분진을 흡착할 수 있는 거품의 발생이 어려웠고, 분사압력, 분사거리 등 반복된 실험을 통하여도 효율적 성능이 어렵다고 판단하여 자체개발 거품발생기 및 노즐을 사용하지 않았다. 이에 상용제품 거품노즐을 사용하여 연구를 진행하였다.



<그림 6> 실험에 사용한 노즐의 형태들



<그림 7> 노즐 변경에 따른 거품분사 성능테스트 1



<그림 8> 노즐 변경에 따른 거품분사 성능테스트 2



<그림 9> 노즐 변경에 따른 거품분사 성능테스트 3



<그림 10> 노즐 변경에 따른 거품분사 성능테스트 4>

(2) 거품분사 방법

거품을 분사하기 위해 사용 방식을 총 4가지로 분류하여 비교 분석하였고, 각 방식별 분사 성능실험을 진행하여 물의 양을 가장 적게 사용하며 효과적인 거품분사를 할 수 있는 고압방식 거품분사 방법을 선정하였다.

<표 1> 거품분사 방식별 비교표

방식	압력 (Kgf/cm ²)	물사용량 (L/분)	추가장비	크기	펌프용량	경제성 내구성	설치비용	유지보수
저압	3~7	50~100	공기압축기 5~10 Kgf/cm ²	중	중	우수	소	소
고압	100~300	10~30	X	소	대	중	중	중
CAFS ¹⁾	2~7	200~400	공기압축기 5~7 Kgf/cm ²	대	대	우수	중	중
AFF (고발포)	0.5~1.5	50~100	송풍기 150~250 m ³	대	대	우수	중	대

(가) 저압방식을 사용한 거품분사 성능 실험

저압방식의 거품분사 장치를 제작하고, 노즐을 달리하여 해체공사에 사용할 거품 분사 테스트를 테스트하였다. 펌프의 압력이 낮아서 안전성면에서는 우수하나, 거품을 발생하기 위해 공기압축기가 필요하고, 고압방식보다 물사용량이 10배이상 소비됨으로 본 연구에서 요구하는 성능을 만족하지 못하였다.



<그림 11> 저압방식 거품 분사장치 제작 모습

1) CAFS (Compressed Air Foam System) : 물과 포소화약제를 가압공기로 분사하는 소방용 거품분사 시스템



<그림 12> 저압방식 거품 분사 테스트



<그림 13> 노즐별 분사성능 테스트



<그림 14> 지상 12m 높이에서 6개 노즐 분사 테스트

(나) 고압방식을 사용한 거품분사 성능 실험

○ 물사용량이 적고, 사용량 대비 거품의 분사성능이 우수하여 본 연구에 적용하여 사용하였다.

○ 소방용 CAFS방식은 저압방식보다 물사용량이 훨씬 많아서 실험대상에서 제외하였다.

(다) 고발포를 사용한 거품분사 성능 실험

○ 거품의 입자가 크고 무게가 있기 때문에 파쇄면에 직접적으로 사용하기 보다는 낙하하는 파쇄물의 분진이 비산되는 것을 억제하는데 효과가 있으며, 일정한 양의 거품이 쌓여서 분진이 고발포 거품덩어리 속으로 파묻힐 수 있도록 하였다.



<그림 15> 고발포 거품분사 성능 테스트



<그림 16> 고발포 거품 분사장치 자체 제작

(3) 펌프 선정

거품을 분사해주는 고압 펌프의 구동방식별로 나누어 분석하였다. 효율적 거품 분사를 위하여 간헐적 분사가 필요로 하기 때문에 펌프의 작동을 굴삭기 조정석에서 제어가 가능해야 하며, 분진을 흡착할 수 있는 거품을 분사하기 위한 적절한 수압발생, 크기가 작아서 굴삭기 후면부위에 장착하기 쉬어야 한다.

<표 2>와 같이 유압식 펌프방식을 선정하게 되었으며, 펌프를 구동하는 동력원은 굴삭기의 여분 유압을 사용하게 된다.

<표 2> 펌프 구동방식별 비교표

방식	동력원	동력원의 연료공급	크기	작동방식	굴삭기 조정석 에 제어가 가능성	특징	비고
전기식 펌프	전기	발전기, 전기	중	전기스위치 On/Off	전기스 위치	-굴삭기 위에 장 착가능 -별도의 전기라 인 연결	
엔진식 펌프	엔진	기름	대	엔진 시동	X	-굴삭기 위에 장 착 불가	
유압식 펌프	유압	굴삭기의 여분 유압	소	유압 작동스위치	유압 스위치	-굴삭기 위에 장 착가능 -굴삭기 유압라 인 연결 -굴삭기 여분버 튼으로 조작	선정

(가) 전기식 펌프

전기모터가 고압펌프를 구동하여 수압을 발생하는 방식으로, 고압세척용, 자동차 세척용으로 많이 사용 한다. 일반적으로 고압펌프의 크기보다 펌프를 구동해주는 전기모터의 크기가 더 크고 해체공사 작업 시 전기를 공급을 해야 하기 때문에 발전기가 꼭 필요로 한다. 전기만 공급되면 전원스위치를 사용하여 손쉽게 조작이 가능하다. 1차년도 연구진행에서는 전기식 고압펌프를 사용하여 개발을 진행하였다.



<그림 17> 전기식 고압펌프

(나) 엔진식 펌프

별도의 엔진으로 구동하고 이 구동력을 펌프에 전달하여 수압을 발생한다. 이 방식은 크기가 크고 무게가 무겁기 때문에, 파쇄장비인 굴삭기 위에 장착하기에 어려움이 있으며, 펌프의 작동 제어(엔진의 시동과 펌프의 온/오프)가 어렵기 때문에 선정에서 제외되었다.

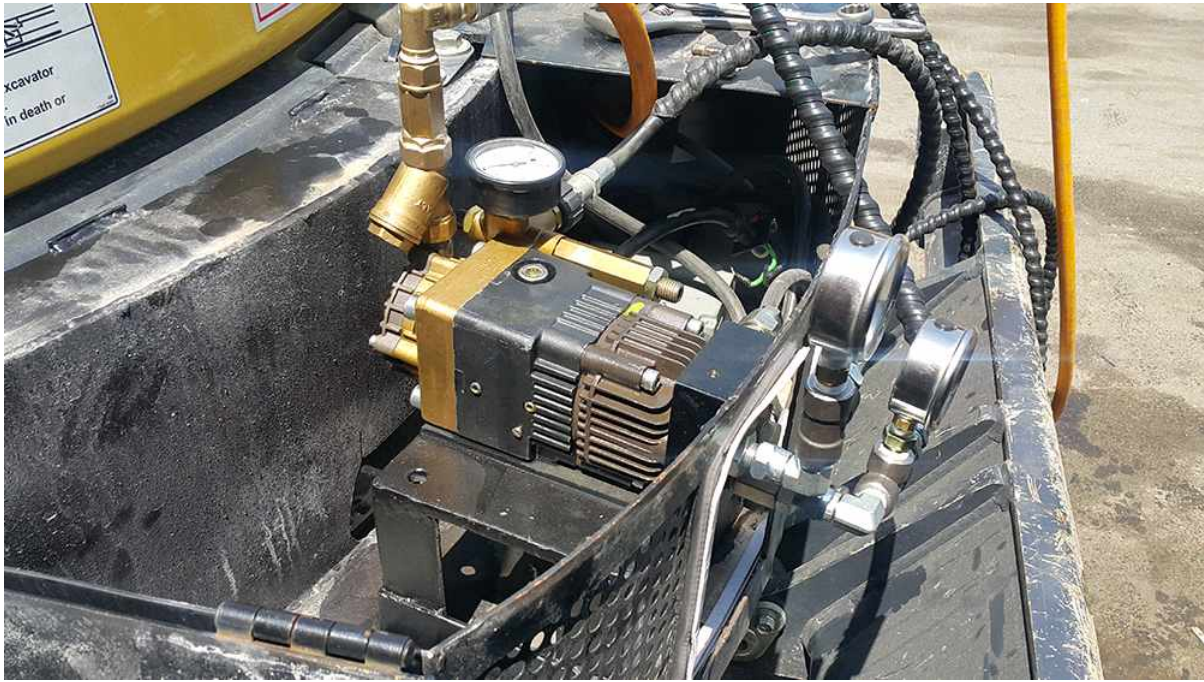


<그림 18> 엔진식 펌프

(다) 유압식 펌프

해체장비에서 사용하는 유압력을 이용하여 펌프를 구동하여 수압을 발생하는 방식이다. 기계식 해체공사에서 굴삭기는 반드시 필요로 하는 주요장비이고, 파쇄를 위한 압쇄기를 구동하는 주동력은 굴삭기의 유압라인을 연결하여 유압력을 사용한다. 유압식 펌프는 별도의 동력원이 필요 없이 굴삭기 여분의 유압라인을 펌프와 연결하여 사용한다. 동력을 공급해야 하는 전기식, 엔진식에 비하여 소형이며 유지관리가 수월하다. 펌프의 구동은 굴삭기 조정석 내부에서 유압라인 조작버튼으로 손쉽게 작동조작이 가능하며, 유압력이나 유압량을 조

절하여 펌프의 수압을 조절할 수 있다.



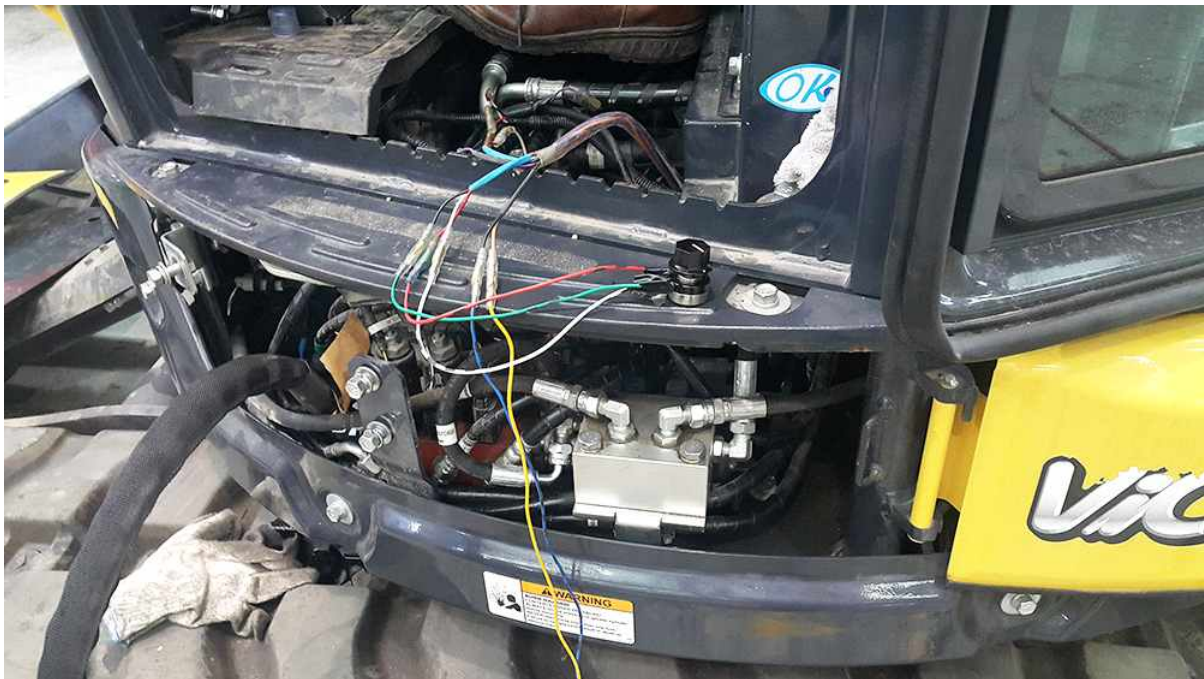
<그림 19> 유압식 고압펌프(Neron사 제품)



<그림 20> 유압식 고압펌프(Dynaset사 제품)



<그림 21> 유압식 고압펌프 (Dynaset사 HPW220제품)



<그림 22> 유압식 고압펌프 장착을 위한 굴삭기 개조작업

<표 3> 본 연구에 사용한 고압펌프 비교표

	Neron HWB150	Dynaset HPW220	Dynaset HPW200	Comet FWS26020 S	Kranzle 2195TST
구동방식	유압식	유압식	유압식	전기식	전기식
오일압력	250bar	210bar	210bar		
오일유량	25L	70L	40L		
입력 오일니플	1/2"	3/4"	1/2"		
출력 오일니플	1/2"	3/4"	1/2"		
오일 온도	최대 70도	최대 70도	최대 70도		
오일냉각필요전력		3kW	2kW		
물압력	150bar	220bar	200bar	138bar	180bar
물양	32.5L/분	50L/분	30L/분	22.4L/분	12L/분
입력 물니플	3/4"	1"	3/4"	1/2"	
출력 물니플	M22x1.5	1/2"	3/8"	3/8"	
흡입높이		3M	3M	1M	2.5M
물공급압력		-0.3 ~ 16 bar	-0.3 ~ 16 bar	0 ~ 8bar	
물필터 매쉬		80이상	80이상		
셀프프라이밍/자흡수 (SelfPriming)	O	O	O		
무게	8.5Kg	18Kg	8Kg	8.8Kg(모터 제외)	39.5Kg
크기	270X121X125	280X170X185	245X160X165	254X220X118	900X375X360
동력 (전기모터)				7.5 마 력 , 5.5kW	3.2kW

※ 전기식 고압펌프에 경우 동력원인 전기모터가 필요로 함.

다. 거품분사를 위한 회전압쇄기 개발

(1) 거품분사 위치 선정

파쇄작업과 파쇄장비의 영향을 주지 않는 위치에서 거품을 살포하여 발생분진을 잡아낼 수 있는 위치를 우선적으로 고려하여 진행 하였다. 콘크리트 부재를 파쇄하는 가장 가까운 위치에 거품을 살포하는 게 가장 좋은 방법이지만, 파쇄작업의 특성상 콘크리트 절단면과 파쇄장치가 빈번하게 부딪히면서 작업을 하기 때문에 거품분사 노즐이 파손의 우려가 크다. 거품분사 노즐의 파손의 위험이 적고 분진을 효율적으로 잡아낼 수 있는 근접한 위치의 선

정이 필요로 하여 위치를 바꾸어가며 반복적인 실험을 통하여 효율적인 위치를 선정하게 되었다.

파쇄작업 시 비산먼지뿐만 아니라, 콘크리트 파쇄덩어리의 비산, 파쇄장비가 콘크리트와 부딪히면서 발생하는 충격 등을 고려하여 파쇄장비와 거리를 두어서 배치하는 방법으로 시작하였다. 분진이 발생하는 파쇄부위에 집중적으로 거품을 분사할 필요가 있지만, 거품 분사하는 위치가 멀어지게 되면 필요한 부위에 정확히 거품을 분사하기가 어려웠고, 압쇄기의 회전과 꺾어짐에 따라 거품을 분사 방향이 맞지 않아서 효율적인 분사방법을 모색하게 되었다.

거품 분사위치 선정 요인

- 거품이 다른 방향으로 비산하지 않도록 파쇄 위치의 근거리에 거품분사
- 절단 위치와 주변에 효율적으로 분사할 수 있는 위치
- 파쇄작업 시 거품분사 노즐의 파손우려가 적은 위치
- 작업자의 시야를 방해하지 않는 위치
- 거품을 분사할 수 있는 고압호스의 연결이 수월한 위치

(가) 링타입 거품노즐 배치

거품노즐의 파손의 위험 때문에 압쇄기와 떨어진 위치에 배치하는 방법부터 시작하였으며, 원형의 링타입의 파이프를 굴삭기 붐에 설치하고 링파이프에 구멍을 내어 노즐을 장착하여 분사성능 실험을 진행하였다. 하지만 이 방법은 거리가 멀어서 파쇄부위에 정확히 거품을 분사하기가 어렵고, 압쇄기가 꺾어짐에 따라 전혀 다른 방향으로 거품을 분사하게 되는 문제를 발생하게 되었다.



<그림 23> 링타입 거품노즐 배치



<그림 24> 링타입 노즐배치 후 분사성능 테스트

(나) 압쇄기 상단 거품노즐 배치

파쇄하는 지점에 정확히 거품을 살포하는 것이 중요한 요인이기 때문에 거리를 좁히기 위하여 압쇄기 상단에 거품노즐을 배치하여 분사하는 방법을 테스트하였다. 분진이 발생하는 파쇄지점에 정확히 살포하기는 어려웠지만 링타입보다 분사거리가 짧아져 날아가는 거품이 적고 파손의 위험이 크지 않았고, 압쇄기의 몸체와 실린더가 거품분사 방향에 가려지기 때문에 효율적인 위치라고 하기에 어려웠다.



<그림 25> 압쇄기 상단 거품노즐 배치



<그림 26> 개발한 노즐을 변경하면서 분사성능 테스트

(다) 압쇄기 상단 입체프레임 거품노즐 배치

압쇄기 상단에 입체적인 프레임을 제작하여 파쇄지점에 조금 더 정확하게 분사하기 위하여 노즐의 각도를 조절할 수 있도록 배치하였다. 노즐로 연결되는 배관은 동파이프를 사용하여 각 노즐에 배관이 연결되도록 설치하였으며, 앞서 방법보다 낭비되는 거품이 적고 우수한 성능을 발휘하였다. 배관의 연결이 복잡하여 설치방법이 어렵고 파손의 위험이 발생할 수 있었다.



<그림 27> 4개 거품노즐과 배관 연결 형태



<그림 28> 노즐 각도를 조절한 형태의 분사 테스트



<그림 29> 압쇄기로 콘크리트 파쇄하며 거품 분사 테스트

(라) 더듬이형 거품노즐 배치

압쇄기 상단에 쇠파이프를 구부려 곤충의 더듬이 형태로 만들어 쇠파이프 끝단에 노즐을 설치하고 각도를 조절하여 파쇄지점에 거품을 분사할 수 있도록 구성하였다.



<그림 30> 더듬이형 배치 분사 테스트



<그림 31> 노즐 각도를 조절하며 분사 테스트

(마) 압쇄기 내부에 거품노즐 배치

더듬이형 거품노즐 배치 방법도 노즐이 외부에 노출되어있어서 파손의 위험이 있고, 조금 가까운 위치에서 정확히 거품을 살포하기 위하여 압쇄기 내부에 거품노즐 배치하는 방법은 개발하기 시작하였다.



<그림 32> 압쇄기 내부 노즐위치의 분사 성능 테스트



<그림 33> 압쇄기 내부의 노즐위치 변경 후 분사성능 테스트

(바) 브레이커 상단에 거품노즐 배치

파쇄작업에 사용되는 브레이커 장비의 상단에 철판을 연결하여 거품노즐을 배치하여 브레이커 작업시 거품을 살포할 수 있도록 구성하였다.



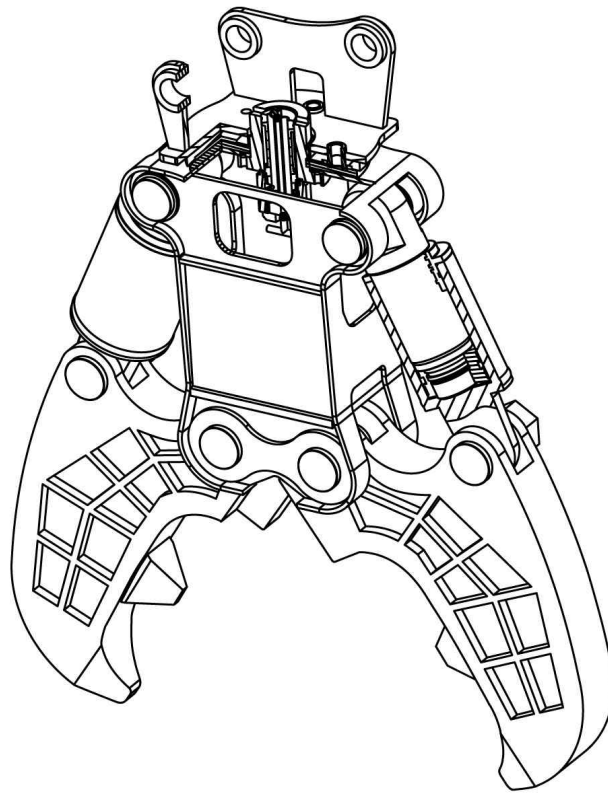
<그림 34> 브레이커의 분사성능 테스트

(2) 거품분사용 압쇄기 개발

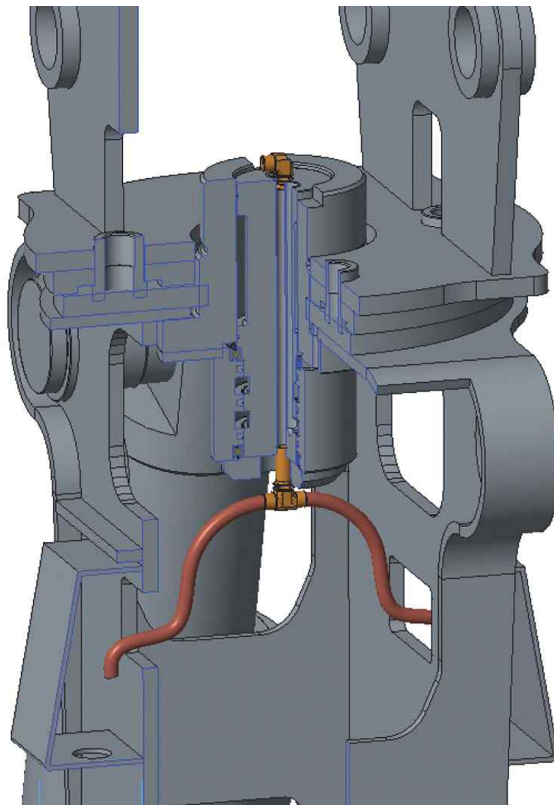
효율적인 거품분사를 위하여, 분진발생지점 가까운 곳에서 거품을 분사하는 방법이 필요로 하였기에 압쇄기 내부에 분사노즐을 설치하는 방법을 모색하였다. 당사 보유중인 소형 굴삭기와 소형 압쇄기 개조작업을 통하여 시작품을 제작하였고, 향후 대형 굴삭기용 압쇄기 개조작업을 진행하였다. 기존의 압쇄기는 유압을 사용하는 파쇄장치로써 소량의 기름이 누유되더라도 큰 이상이 없이 기능을 수행할 수 있다. 하지만, 기름과 물을 동시에 사용되고 고압으로 흐르는 작용되는 압력에 의하여 누수, 누유가 큰 문제로 대두되었다. 물을 사용하는 배관이나 유압이 사용되는 관로에 서로 다른 물질이 유입된다면 기능과 고장에 큰 문제를 발생할 수 있기에 많은 압쇄기 제조업체와 제작가능성에 대해서 협의하게 되었다. 압쇄기 내부의 센터조인트에 거품의 원료를 공급할 수 있는 배관을 설치하고, 압쇄기의 몸체가 360도 회전을 하게 되더라도 배관에는 영향을 주지 않는 방법을 개발하여 본 연구에 적용하게 되었다.

거품분사용 압쇄기 개발 요인

- 압쇄기 본체가 360도 회전함에 따라, 유압라인과 거품분사용 배관에 영향을 주지 않아야 함.
- 유압라인과 물사용배관이 엄격히 구분되고 밀폐되어서 누출에 의한 영향을 주지 않아야 함.
- 거품노즐이 쉽게 파손되지 않도록 노출되지 않고 보호되어야 함.



<그림 35> 압쇄기 내부 센터조인트 설계안



<그림 36> 압쇄기 내부 거품배관 설계 안



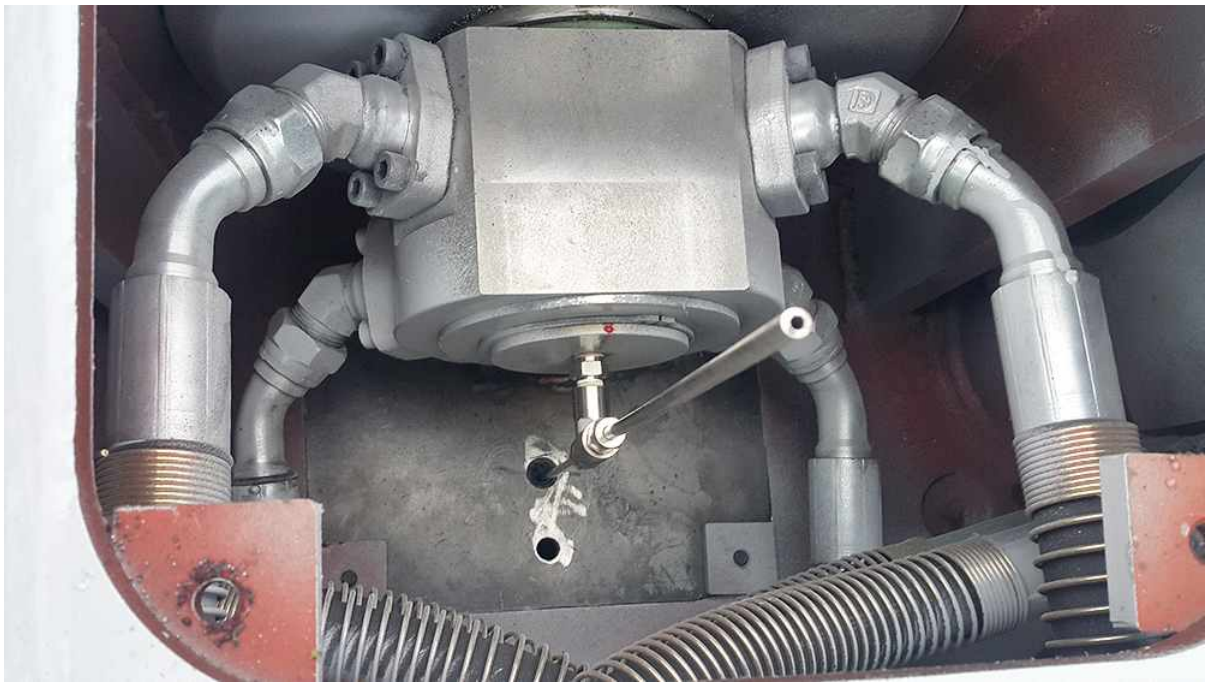
<그림 37> 제작 중인 거품분사용 압쇄기 내부



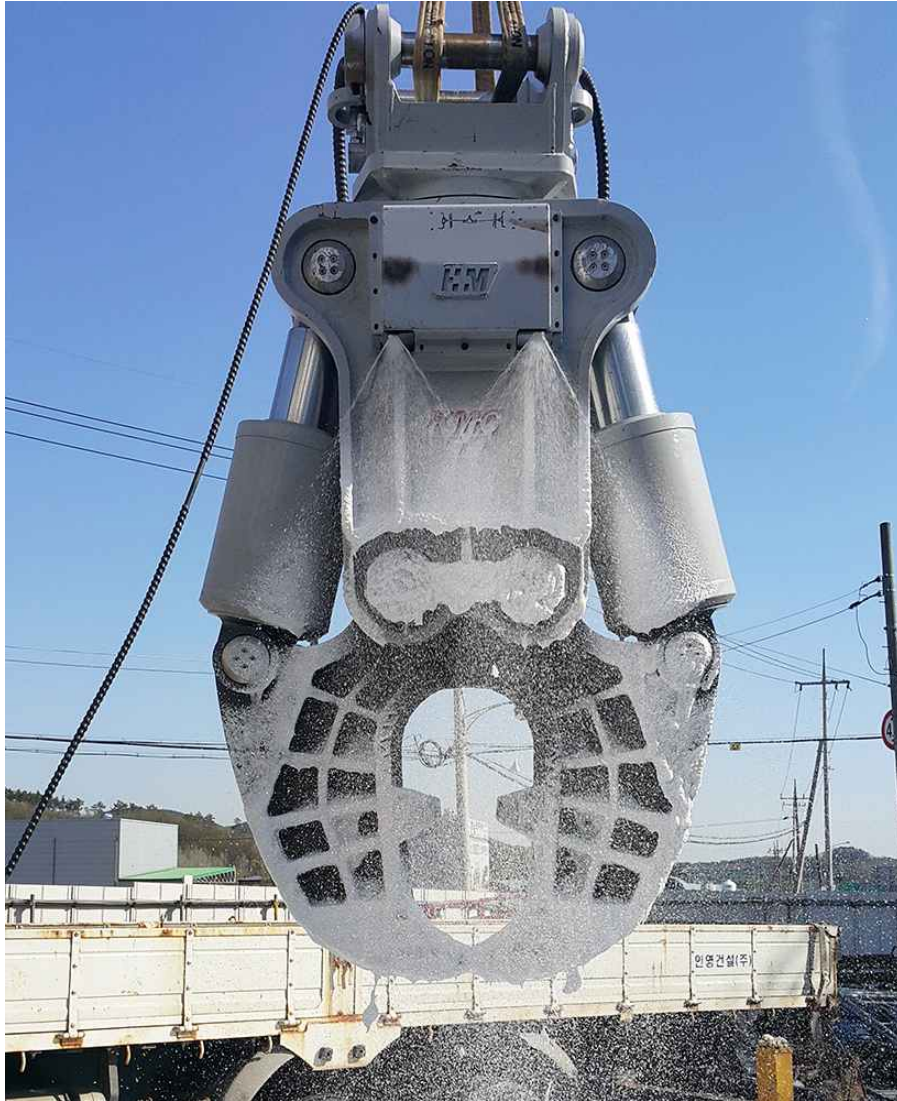
<그림 38> 거품배관용 구멍을 가공한 센터조인트 부품



<그림 39> 거품분사용 외부배관 작업



<그림 40> 거품 분사용 내부배관 작업



<그림 41> 개조된 압쇄기 거품분사 성능 테스트

라. 거품공법 현장적용 실험

(1) 시범 현장 해체작업 중 거품 분사 실험

- 장소 : 김포 학운단지 재개발 현장
- 기존 살수방식과 거품을 분사할 때와의 비교실험



<그림 42> 기존 살수방식으로 분진제거



<그림 43> 거품 분사시 패쇄장비로 해체 작업



<그림 44> 브레이커를 사용한 거품분사 해체작업

(2) 해체건물 현장적용실험

- 공사명 : 고덕국제화 계획지구 지장물 철거공사 중 좌교리 주택 철거공사
- 현장소재지 : 경기도 평택시 고덕면 좌교리
- 공사기간 : 2017년 5월 12일 ~ 5월 12일
- 공사규모 : 지상 2층, 연면적 : 168㎡



<그림 45> 거품해체공법 현장 적용



<그림 46> 거품해체 공법 현장 적용

(3) 해체건물 현장적용실험 2

- 공사명 : 고덕국제화 계획지구 지장물 철거공사중 좌교리 주택 철거공사
- 현장소재지 : 경기도 평택시 고덕면 좌교리
- 공사기간 : 2017년 6월 29일 ~ 6월 30일
- 공사규모 : 지상 1층, 연면적 : 80m²



<그림 47> 거품해체공법 현장 적용



<그림 48> 거품해체공법 현장적용



<그림 49> 거품해체공법 현장적용

마. 분진 측정 실험

살수공법에서 발생하는 분진과 거품공법 적용시 발생하는 분진량을 측정하기 위한 실험을 진행하였다. 실제 건물을 대상으로 실험을 진행해야 했으나, 동일한 규모의 건물 2채 이상을 마련하기 어려웠고, 작업자의 해체방법을 동일하게 긴 시간동안 적용시키기에는 많은 문제점들을 가지고 있었다. 이에 실제 건설 해체 현장 모사를 통해 기존의 작업자를 통한 살수공법과 거품공법을 통한 해체 작업시 발생하는 비산분진에 대한 정량적 및 객관적인 측정 평가 실험을 수행하였다. 이에 대한 비교 분석을 수행하여, 최종적으로 비산먼지의 효

을적 제어와 분진이 포함된 오염수의 토양으로의 확산 등에 대한 육안 조사 등을 바탕으로 개발된 거품해체 공법의 효율성, 현장 적용성, 경제성 및 친환경성 등에 대한 검증을 수행하였다.

- 분진 발생량 측정 모사 실험을 위한 주요 고려 사항
 - 가시설을 활용한 내외부 대기 흐름 차단
 - 실제 토목 또는 건축물의 해체시 발생하는 부재 활용 및 시편갯수 확보
 - 발생 가능한 주위 분진 영향 최소화를 위한 장소 선택
 - 획득 가능한 부재 및 해체 장비(파쇄기, 굴삭기, 살수 보조차량 등) 크기
 - 기존 및 개발 기술과의 상호 비교를 위한 변수 설정 및 측정 실험 순서 파쇄동안 발생한 유출수 및 거품의 확산과 토양 침투 등의 육안 확인을 위한 임시 가시설 내부 바닥에 천막깔기 및 주위 측구(側溝) 확보
 - 발생 분진 포집을 위한 최적 파쇄시간, 파쇄 횟수, 분사 시간(물 또는 거품)과 분진의 대기중 확산을 위한 대기 시간 등
 - 단위 시간동안 노즐을 통한 목표 분사량 확인
 - 실험 변수별 최종 물 또는 거품용액 분사량 측정
 - 동일한 파쇄시간, 파쇄 횟수, 분사 시간 유지를 위한 숙련된 작업자 확보
 - 분진 발생량 최대화, 파쇄 작업과정에서의 시편 이동 방지를 위한 파쇄 위치
 - 예상 발생 분진량 포집과 정량적 평가를 위한 최적 장비 선택
 - 발생 분진 포집을 위한 장비의 최적 거치 위치, 파편 유입 등의 방지 대책
 - 앞 실험 종료 후, 내부 비닐 또는 바닥에 잔류된 분진의 제거를 위한 대형 선풍기 등을 활용한 환기 방안
 - 예상되는 총 작업 또는 실험 시간(총 소요 실험 일수)

○ 거품공법을 통한 발생 분진량의 비교 및 평가

- ① 개발된 분사 노즐을 통한 단위 시간 동안의 분사량 측정
- ② 해체과정 동안의 분진발생량에 대한 정량적 측정
- ③ 콘크리트 부재 해체실험 전 과정 동안의 주변 및 토양으로의 유출수 관찰

(1) 실험 개요

(가) 실험 변수 및 실험체 개요

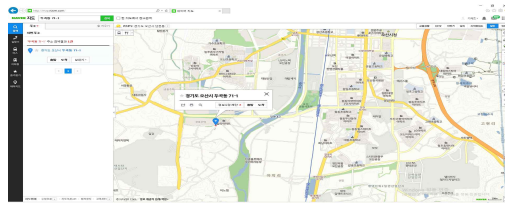
객관적이고 합리적인 분진 발생량 모사 실험 계획을 위해 주요 고려 사항들을 바탕으로 <그림 50>과 같이 실제 철거 현장(신분당선 연장 미금역 승강장 환승통로 벽체철거공사)에서 획득된 철근콘크리트 시편들을 <그림 51>와 같이 외부의 대기(大氣) 제어를 위해 일반 비닐하우스에 적용되는 반투명 PE 롤비닐을 이용하여 임의적으로 만든 가시설 내부에서 실제 해체 현장을 모사 실험대상으로 진행하였다. 이때, 개발된 거품해체 공법과 기존 공법과의 비교 분석을 위해서 실제 철거 현장에서 획득된 콘크리트 시편의 임의 위치에 가시설 내부에서 압쇄기를 통해 일정시간 동안 일정횟수로 굽는 형식으로 발생하는 분진량이 최대가 되도록 하였다. 또한, <그림 51>에서와 같이 분진발생 모사 실험동안 발생하는 분진량을 측정하기 위하여 이와 유사한 실험 및 평가에 많은 경험이 있는 산업공해연구소와 함께 고

용량 공기시료채취기(High Volume Air Sampler)를 이용하여 측정 및 평가를 수행하도록 하였다.

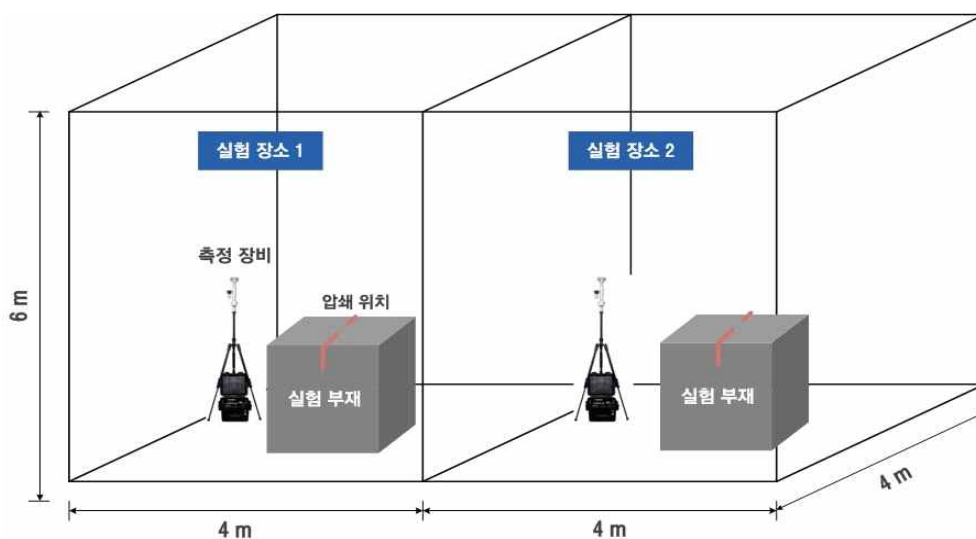
한편, <그림 50>에 있는 임의의 가시설은 실제 파쇄 실험에 적용될 철근콘크리트 시편 크기(1.3m X 0.9m X 0.97m)와 굴삭기의 크기 및 작업 반경 등을 고려하여 가로, 세로 및 높이를 각각 4m, 4m 및 6m로 결정하여 시공하였다.

파쇄 작업 시간동안 발생하는 분진량 측정을 위해 <그림 52>에서와 같이 고용량 공기시료채취기는 모든 실험체에서 동일하게 실험체 하부 좌측 모서리에서 가로 및 세로 방향으로 각각 1m 와 2m 떨어진 위치에 설치하고 측정하도록 하며, 이때 모든 실험 시편은 <그림 52>에서와 같이 굴삭기의 파쇄 작업 반경 등을 고려하여 임시 가시설 입구에서 40cm 정도 떨어진 위치에 거치하는 것으로 한다.

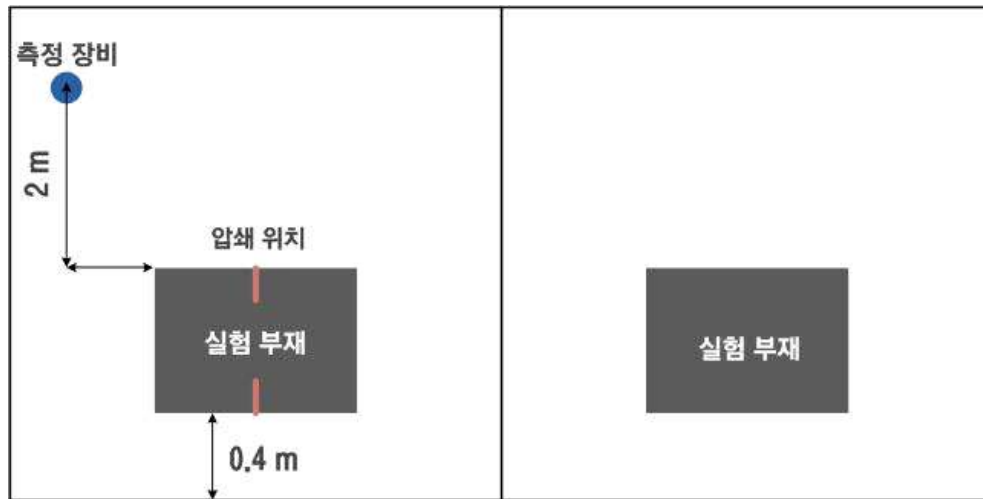
특히, <그림 52>에서와 같이 실험 시편의 거치와 분진 측정 및 각 실험 종류 후의 실험체 이동과 반출, 실험 변수에 따른 분진 발생량 등을 고려하여, 가운데부분을 완전 밀폐하여 총 2개의 구역으로 구분하여 임시 가시설을 제작하도록 한다. 이렇게 함으로써 실험을 위한 준비 작업 시간 단축과 함께 이전 실험으로부터 잔류 분진의 간섭 최소화를 통한 측정 오차를 최소화할 수 있을 것으로 판단된다.



<그림 50> 실험 시편 및 실험장소



<그림 51> 분진 발생량 측정 실험 배치도



<그림 52> 가시설 내부 실험 시편 및 측정 장비 배치도

본 연구의 최종 목적인 친환경 거품해체공법의 해체과정에서 발생하는 분진량 측정을 위한 합리적이고 객관적인 모사 실험을 위한 주요 고려 사항들과 함께 현장에서 발생 가능한 불확실성이 포함된 다양한 변수들 그리고 획득 가능한 실험장 실험 부재 개수 등을 고려하여 다음의 <표 4>에서와 같은 실험 변수로 총 6회 실험으로 최종 결정하여 실험을 진행하도록 한다.

크기가 모두 일정한 실험체를 대상으로 주요 변수는 본 연구에서 새로이 개발된 친환경 거품해체 공법의 적용시, 실험 시간 동안 발생하는 총 거품분사량(F1 ~F4)을 주요 변수로 하였다. 또한, 실험해체 현장에서 수행되고 있는 물 분사 해체공법에 대한 모사 실험을 통해 개발 기술 결과에 대한 비교 분석을 수행하도록 한다.

기존의 물 분사 해체공법의 경우 살수공이 파쇄부위를 노즐을 통해 수동적으로 직접 분사하고 있으며, 공급되는 물의 개폐가 어려울 뿐만 아니라 살수공의 작업능률에 따라 분진 억제효과가 천차만별인 상황이다. 이러한 기존 방식의 해체 실험 모사를 위해 실험 부재의 크기와 실험 공간 등을 종합적으로 고려하여 본 연구에서 개발된 거품분사 노즐장치를 이용하여 동일한 분사 압력하에서 순수 물만을 분사하여 실험을 진행하도록 한다.

이때, 분사량은 <표 4>에서와 같이 이전의 본 연구수행에서 도출된 4개의 노즐을 통해 분사되는 약 20ℓ/min을 기준으로 계획한 실험 시간 동안 노즐을 통해 순수 물만 분사(W1)한 실험체의 총 분사량을 기준으로 선정하며, 비교 실험을 위해 실험 시간동안 아무런 분사(또는 분진 발생 대책 없음)도 하지 않는 경우(N1)로 한정한다.

여기에, 모든 실험체는 분진 포집 장비의 용량과 예상되는 분진 발생량을 고려하여 파쇄기를 통한 총 작업은 12분으로 최종 결정하였으며 측정의 신뢰도 향상을 위해 파쇄작업 전 2분과 파쇄 실험 종료 후, 3분 동안 추가적으로 포집함으로써 실험체 1기당 총 17분 동안 포집하는 것으로 결정하였다. <그림 51>에서와 같이 부재 상단 앞뒤 장변의 중심만을 파쇄하며 실제 현장에서의 해체 작업 모사를 위해 약 30초 동안의 파쇄기 이동과 2분 30초 동안의 파쇄 작업을 앞뒤 장변에 대해 각각 2회씩 수행함으로써 총 12분 동안의 파쇄 작업을 수행한다. 단, 기존과 같이 물만 분사(W1)하는 실험체의 경우 파쇄기 이동과 파쇄 작업을 포함한 총 12분 동안 계속 물을 분사하는 것으로 한다.

개발 기술인 거품분사량(F1 ~F4) 실험의 경우, 실제 해체 현장에 적용되는 방식과 같이 굴삭기전문운전기능사 자격을 갖춘 숙련된 작업자를 통해 파쇄기 이동과 파쇄 작업동안 분

진 발생이 예상되는 작업의 경우에만 거품분사를 실시하며, 목표 분사량(F1 ~F4) 달성을 위해 측정자들은 파쇄 작업자 옆에서 목표 실험 시간 동안 분사한 총 시간과 총 분사량을 측정 평가하도록 한다.

실험의 진행 순서는 실험체 준비 작업 시간 단축과 함께 이전 실험으로 발생된 잔류 분진의 간섭 최소화를 통한 측정 오차를 최소화를 위해 <표 4>과 같은 순서로 진행하도록 한다. 또한, 실제파쇄 직전의 모든 준비 이후, 충분한 환기와 함께 실험체 주변 바닥에 물조리개로 충분히 물을 뿌리도록 함으로써 이전 실험으로부터 발생된 잔류 분진들의 간섭을 최소화할 수 있도록 한다.

<표 4> 검증 대상 실험체 및 주요 변수

실험체	주요 변수	비고
W1	물분사	총 12분 동안 ** 240 ℓ 물 사용
* F1	거품분사(1/3)	W1 실험체(240 ℓ) 대비 총 물 사용량 1/5 (4분 00초 동안 약 80.0 ℓ 분사)
* F2	거품분사(1/5)	W1 실험체(240 ℓ) 대비 총 물 사용량 1/3 (2분 24초 동안 약 48.0 ℓ 분사)
* F3	거품분사(1/7)	W1 실험체(240 ℓ) 대비 총 물 사용량 1/7 (1분 43초 동안 약 34.3 ℓ 분사)
* F4	거품분사(1/10)	W1 실험체(240 ℓ) 대비 총 물 사용량 1/10 (1분 12초 동안 약 24.0 ℓ 분사)
N1	순수 파쇄	분진 발생량 최대인 기준 실험체
총 실험체 갯수	6기	

* F Series 실험체의 거품 농도는 모두 3%로 일정함.

** 목표량 240 ℓ는 기존의 노즐 사전 분사성능시험을 통해 수압이 170 bar(Kgf/cm²)에서 각 노즐당 5 ℓ/min(4개 노즐을 통한 총 20 ℓ/min)으로 측정됨에 따라, 목표 실험 시간인 12분 동안 240 ℓ를 목표로 결정함.

(나) 오염수의 주변 확산 검증

기존 직접식 살수 방법과 개발 기술을 각각 적용한 실제 해체현장 모사 실험으로부터 분진발생량에 대한 정량적인 측정 평가를 수행하고자 하는 본 연구에서, 해체 실험 과정 동안 발생하는 분진을 포함한 2차 오염수 또는 거품 슬러지의 실험체 주변으로 오염 또는 확산되는 과정에 대해 조사를 통해 확인 검증하고자 한다. 이에 대해, 실제 정량적이고 객관적인 평가가 어려운 실정으로 실험 전과정에서 동영상과 사진 촬영결과 및 측정 연구원들의 육안적인 조사로 대체하기로 한다.

(다) 실험 준비 및 측정 평가 개요

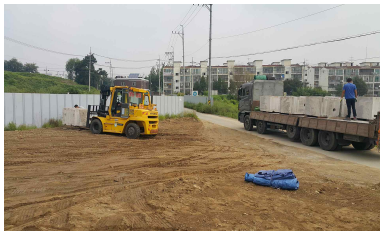
해체공법별 분진 발생량에 대한 객관적이고 정량적인 검증 평가를 위해 앞절에서 언급된

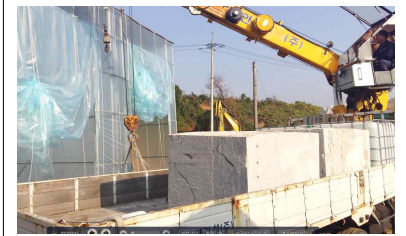
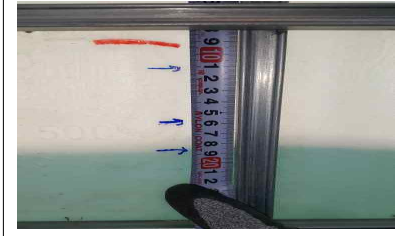
내용 등을 바탕으로 본 실험을 위해 실제 현장에서 수행된 전체적인 준비 및 측정 평가 과정을 순서대로 아래의 <그림 53>에 요약 정리하여 나타내었다.

- ① 실험명 : 거품해체공법 분진 발생 성능 비교평가 연구
- ② 실험일자 : 2017년 10월 25일(수요일)
- ③ 실험장소 : 경기도 오산시 두곡동 71-1
- ④ 기상조건 : 대체로 맑음, 평균기온 : 12.3℃, 최고기온 : 20.2℃, 최저기온 : 6.9℃, 상대습도 78.4%, 평균풍속 1.1 m/s, 최대풍향 서남서, 최대 풍속 3.8 m/s
- ⑤ 실험 부재 : 신분당선 연장 미금역 승강장 환승통로 연속벽체절단 후 사용
- ⑥ 파쇄장비규격 및 작업자

굴삭기	VIO55-6A(전폭 1,990 mm, 엔진출력 33.5 kw, 중량 5,510 kg)
압쇄기	HMC52M(중량 560 kg, Crushing Force 49 ton, Pressure 235 kg/cm ²)

- ⑦ 분진발생량 측정 장비 규격
 - High Volume Air Sampler(고용량 공기시료채취, 모델명 : T8400ME)
 - 측정범위 : 0~2m³/min
 - 분석용 저울(모델명 : ER-182A, 측정범위 : 0~180g(최소표시 : 0.1mg))
- ⑧ 기타 실험 준비물
 - 물탱크 2개(각각 1,000ℓ), 거리 및 부피 측정용 줄자, 개량깍, 동영상촬영장비, 바닥 깔개용 천, 물 뿌리개, 수성 싸인펜, 결과 기록판, 타임워치, 대형 선풍기, 부재 이동용 대형 크레인, 부재 상단 청소용 대빗자루, 수평계 등

순서	비고	
실험 부재 이동 및 거치		
부지 정리 및 임시 가시설막 설치		

시편 표면 정리, 내부 거치 및 주변 살수		
분진측정 장비 거치		
물 및 거품 분사량 측정 시험		
분진 발생 파쇄 실험		

<그림 53> 분진발생량 측정 평가 실험 전 과정

(2) 분진 발생 비교 평가

(가) 분진발생량 측정 결과

실제 실험에서는 <그림 54>에서와 같이 실험을 위한 굴삭기의 최소 작업 반경을 제외하고 모든 실험체에 대해서 유사하게 양쪽 비닐을 일정부분 열어 놓은 상태로 실험을 수행하였다. 아울러 실험과정 동안 정면에서 혹시나 불어올 수 있는 바람의 영향을 최소화하기 위해 모든 실험체에 대해서 똑같이 약 70cm 높이의 가림막을 설치한 후, 실험을 수행함으로써 분진량 측정결과에 보다 객관성을 확보 할 수 있도록 하였다. 실험 종료 후, 실험체 배출과 재설치 및 기타 준비의 전 과정 동안에는 정면부의 양 비닐과 가림막 해체 후 환기를 목적으로 최대한 열어 놓은 상태로 작업을 수행하였다.



<그림 54> 가시설물 비닐 가림막 설치 현황

○ 분진 발생량 측정 조건

- 흡입유량 : $1.2\text{m}^3/\text{min}$
- 파쇄시간 : 12min
- 채취시간 : 15min(파쇄 전 일반 대기 상태 2분, 파쇄 작업 12분, 파쇄 작업 종료 후 3min 동안 연속 채취)
- 단, 물 또는 거품 분사를 하지 않는 순수 파쇄 시편(N1)은 실험과정에서의 흡입유량의 변화를 고려하여, 파쇄시간을 8min으로 하였으며, 총 12min(파쇄 전 일반 대기 상태 2분 및 파쇄 작업 종료 후 3min 포함) 동안의 채취를 수행함.

특히, 본 실험 전 과정 동안 발생한 주요 내용 및 최종 결과에 영향을 미칠만한 내용들에 대해 간단히 정리하면 다음과 같다.

- <표 5>에서와 같이 실험 당일 본 실험에 들어가기 전 동일 실험공간에서의 공기질을 파악하기 위하여 계획 실험시간과 동일하게 15분간 공기질을 채취(Test 1)함으로써 실험 전후의 내부 상태에 대한 영향을 파악하여, 최종결과들에 대한 신뢰도를 확보할 수 있도록 하였다.
- 압쇄기 편심으로 파쇄 시 발생할 수 있는 실험체의 이동방지를 위해 실험체 상단면의 장변 중심 위치만 파쇄 하였으며, 본 실험 전 작업자의 충분한 연습을 통해 앞뒤 각 위치에서 3분 동안 약 14~19회의 일정한 횟수동안 파쇄 할 수 있도록 하였다.
- 실험체의 고정된 위치만 파쇄 함으로써 실험체와 노즐의 짧은 이격 거리로 인하여 거품 분사 시 실험체 전체 표면에 도포되지 않는 사각지대가 발생하였다.
- 특히, 실험시간동안 간헐적으로 분사한 거품해체 공법은 고정된 위치만 파쇄 함으로써 거품슬러지의 도포 효과를 충분히 발휘하지 못함에 따라 연속적으로 분사한 물분사 실험의 경우에 비하여 먼지 발생량이 증가할 것으로 예측되었다.
- 실험동안 노즐에서 분사되는 물과 거품 입자들이 분사압력으로 인해 재반사되어 일정거리 이격되어 있는 포집장비에 일부 포집되는 것으로 육안으로 확인하였다. 특히, 거품으로 인한 여과지 포집효율 저하 등을 검증하기 위해 산업공해연구소에서 거품용액만 도포한 여과지 건조 전·후의 무게 측정을 통해, 건조 후 거품용액이 완전히 제거됨에 따라 측정결

과에 영향일 미치지 않음을 실험을 통해 확인하였다.

- 실험 계획단계에서는 최종 결과들에 객관성과 신뢰도 확보를 위해 결정된 변수별로 각각 2기의 실험체에 대해 검증 평가를 계획하였으나, 실험체의 획득과 동일한 실험조건(파쇄 횟수, 일정한 분사량 등) 유지 등에 현실적으로 많은 어려움이 있어 <표 5>에서와 같이 각 변수별 1기의 실험체에 대해 수행하였다.

- 개발 기술인 거품 분사량(F1 ~F4) 실험의 경우, 실제 해체 현장에서의 파쇄작업과 같이 파쇄기 이동과 파쇄 작업과정에서 분진 발생이 예상되는 작업의 경우에만 거품분사를 실시하며, <그림 54>에서와 같이 측정자들은 굴삭기 작업자 옆에서 실제 분사한 총 시간과 총 분사량을 측정하였다.



<그림 54> 거품분사 실험(F1~F4)

이와 같은 내용을 바탕으로 각 실험체에 대한 본 실험수행을 통한 결과들을 각각 정리하여 나타내었다. 특히, <표 5>에는 각 실험동안 분사된 물과 거품용액의 총 분사시간과 총 분사량 및 이들에 대한 측정 자료들을 각각 비교하여 나타내었다.

단, <표 5>에는 앞 절의 <표 4>에서 계획한 실험체별 목표 분사량과 실제 분사량과의 정량적 비교를 위하여 실제 측정된 시간과 분사량을 목표 시간으로 환산하여 수정된 분사량으로 하여 그 오차를 각각 비교하여 나타내었다.

결과를 살펴볼 때, 평균과 변동계수는 각각 1.03과 약 8.6%로써 실험의 전 과정을 통해 앞 절의 <표 4>에서 계획한 실험체별 분사 시간과 분사량을 비교적 충실히 달성하였다고 판단할 수 있다.

<표 5> 실험체별 총 분사 시간 및 물 분사량

실험체	주요 변수	총 분사 시간 (분)	총 환산 물분사량 (ℓ)	$\frac{\text{총 환산 물분사량}}{\text{목표 물분사량}}$
W1	물분사	12분 00초	244.0	1.01
F1	거품분사(1/3)	4분 00초	93.6	1.17
F2	거품분사(1/5)	2분 24초	49.1	1.02
F3	거품분사(1/7)	1분 43초	35.9	1.04
F4	거품분사(1/10)	1분 12초	22.2	0.92
N1	순수 파쇄	-	-	-
Average				1.03
Standard Deviation				0.089
Coefficient of Variation				8.58%

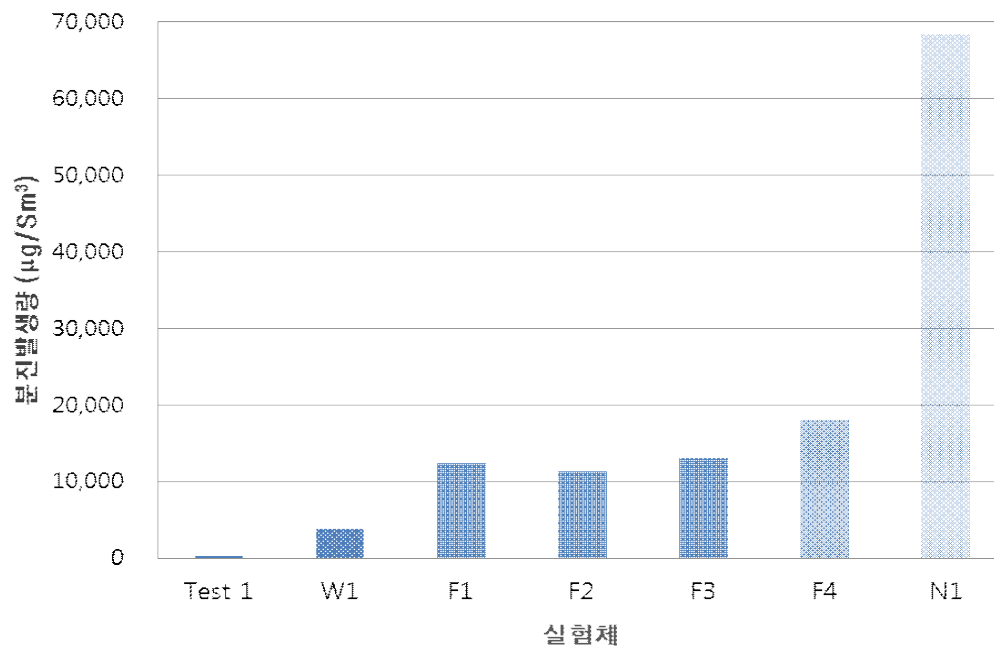
또한, 본 실험 수행을 통해 각 실험 변수별로 발생된 분진발생량에 측정 결과들 <표 6> 와 <그림 55 ~ 56>에 각각 나타내었으며, 결과들에 대한 비교 분석은 다음과 같다.

- 본 실험에 들어가기 전 동일 실험공간에서의 공기질을 파악하기 위해 계획 실험시간과 동일하게 15분간 채취한 Test 1의 결과에 비하여 W1은 약 15.6배의 분진이 발생하였으며, 분진발생량이 서로 유사한 F1 ~ F3의 평균 발생량은 Test 1의 결과에 비하여 약 49배 정도의 분진이 발생하였다. 이는, 실제 해체현장에서 획득한 본 철근콘크리트 실험체는 실제 해체 현장에서 파쇄 시 상당량 분진 발생이 야기됨을 예측할 수 있다.
- 실험 과정동안 연속적으로 약 244ℓ의 물을 분사한 결과를 기준으로 할때, 1/3 ~ 1/7배의 거품용액을 분사한 F1 ~ F3의 결과들에 대한 표준편차는 약 23% 정도로 계산되었다. 이는, <그림 55> 및 <그림 56>에서와 같이 물분사 대비 1/3배 뿐만 아니라 약 1/7배 정도 까지 거품용액 분사를 통한 전체 발생 분진량 결과에는 큰 차이가 없다고 할 수 있다.
- 다른 실험에 비하여 흡입유량의 변화로 인한 2/3 시간동안 측정결과 N1에 비하여 거품용액을 분사한 F1 ~ F4의 결과들에 분진발생량이 약 3.8 ~ 5.9배 이상 감소하는 것을 확인할 수 있다.
- 실험 과정동안 연속적으로 물분사 실험을 수행한 W1 결과에 비하여 F1 ~ F4의 결과들은 약 2.9 ~ 4.7배 정도의 분진이 발생량 것으로 확인되었다. 이는, 앞서 언급한 바와 같이 파쇄 실험동안 실제 해체 현장에서와 같이 간헐적 분사로 고정된 위치만 파쇄 함에 따라, <그림 57>에서와 같이 초반에 거품슬러지의 도포 효과를 충분히 발휘하지 못함에 기인한 것으로 판단된다. 실험측정자 모두 이러한 내용들을 실험 과정동안 육안으로 확인하였으며, 최종 발생 분진량의 증가에도 결과를 미쳤을 것으로 판단된다.
- 또한, 측정결과에 대한 객관성을 확보위해 굴삭기 작업 반경 등을 고려하여 모든 실험체에서 일정하게 최소한의 정면 개방 면적 유지와 가림막 등을 설치하여 실험을 수행하였으나, 실험 과정에서 시간에 따른 대기 상태 변화로 풍향 및 풍속의 영향도 분진발생량 측정에 일부 영향을 미쳤을 것으로 판단된다.
- W1에 비하여 약 1/10의 물을 사용한 F4의 경우, F1 ~ F3의 평균 분진발생량에 비하여

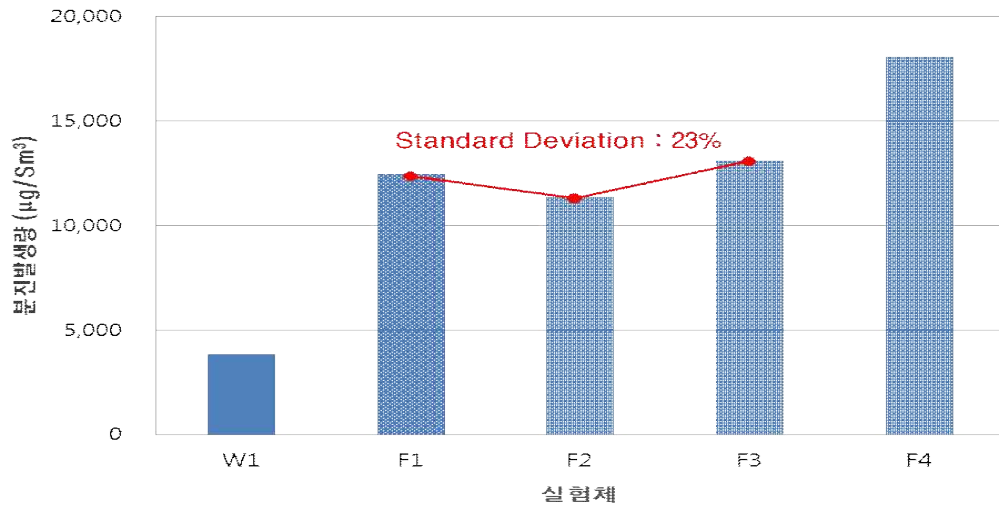
약 47%이상의 분진이 발생되는 것으로 확인하였다.

<표 6> 실험체별 분진발생량 측정 결과 세부내역(산업공해연구소)

실험체	측정시 온도 (℃)	대기압 (mmHg)	포집개시 직후 유량 (L/ 분)	포집종료 직전 유량 (L/ 분)	포집 시간 (분)	포집전 여과지무게 (g)	포집후 여과지무게 (g)	결과 (μg/Sm³)
W1	26.4	768.0	1,200	1,100	15	0.5107	0.5764	3,851.3
F1	31.1			900		0.5101	0.7011	12,455.3
F2	31.6			850		0.5070	0.6764	11,364.4
F3	31.9					0.5100	0.7053	13,114.8
F4	27.7			600		0.5072	0.7467	18,064.4
N1	26.3			400	12	0.5069	1.1554	68,464.1
Test 1	26.3			1,200	15	0.5065	0.5109	247.1



<그림 55> 실험체별 분진발생량 측정 결과



<그림 56> 분진발생량 측정 결과 비교(F1~F3)



<그림 57> 거품해체공법을 적용한 실험부재 파쇄작업

(나) 2차 오염수 발생 검증 결과

<표 7>에 해체 실험 과정 동안 순수 물만을 연속적으로 분사하는 W1 실험체와 거품해체 공법으로 F2 실험체에 비해 물을 1/5만 분사한 경우에 대해 대표적으로 실험 과정과 종료 후의 오염수 또는 거품슬러지에 대해 나타내었다. 이와 함께, 거품분사 방식의 다른 실험체(F1~F4)의 경우에는 <표 7>의 F2에서와 결과는 매우 유사함을 확인하였다.

<표 7> 2차 오염의 주변 확산 검증 결과

실험체	실험 중간 후	실험 종료 후
W1		
F2		

<표 7>에서 보는 바와 같이 기존의 직접식 살수 해체공법은 해체 과정에서 사용되는 다량의 물이 발생 분진과 결합되어 2차 오염수로 변하게 된다. 특히, 이렇게 발생된 2차 오염수는 주변 토양과 하천으로 확산과 침투 및 유출됨에 따라 환경오염과 같은 심각한 문제를 야기하고 있는 실정이다.

본 실험을 통해서도 실험과정 동안 총 244ℓ를 분사한 W1 실험체의 경우 실험시작 약 3분 이후부터 가시설 밖으로 오염수가 유출되기 시작하였으며 실험 진행과 함께 그 양은 점점 증가되어 최종적으로 그림과 같이 가시설 주위에 파놓은 임의의 측구(側溝)로 분사량의 대부분이 유출수 형태로 흘러 나가는 것을 확인하였다.

한편, 본 연구에서 새로이 개발된 친환경 거품해체 기술로 분진 발생 실험 과정 동안 총 49.1ℓ를 분사한 F2의 경우, <표 5>에서와 같이 측구(側溝)로 유출되는 유출수는 거의 발생되지 않고, 단지 거품슬러지의 형태로 실험체 주위의 일정부분까지 확산되어 그 형태가 유지되고 있음을 확인하였다. 실험과정 동안 분사되는 총 물량이 다른 거품분사 방식의 다른 모든 실험체(F2~F4)의 경우에도 결과가 매우 유사함을 육안으로 확인하였다.

실제 해체 현장에서 일반적으로 적용되고 있는 기존의 직접식 살수공법은 그 과정에서 사용되는 다량의 물과 이로 인한 2차 오염수를 고려한다면 본 연구에서 개발된 친환경 거품해체공법은 그 적용성과 경제성 측면뿐만 아니라 환경적인 측면까지 고려할 수 있는 진일보된 친환경 해체기술이라고 판단할 수 있다.

바. 경제성

(1) 일위대가 산출

<표 8> 살수공법 일위대가산출서

시공절차 세부항목	소요 인력, 장비, 자재		단 위	소요량	단가			금액 (소요량×단가)				단가출처	비 고
	품명	규격			재료비	노무비	경비	재료비	노무비	경비	계		
[살수공법]													
살수공법 기계손료			m³	1									
	굴삭기(무한 궤도)	1.0m3	HR	0.3229	31,545	32,135	23,851	10,186	10,376	7,701	28,263	중기제1호표	
	압쇄기(필버 라이저)	1.0m3	HR	0.3229			15,306			4,942	4,942	중기제3호표	
	계							10,186	10,376	12,643	33,205		
철근절단			m³	1									
	산소		L	135	2			211			211	2017년 9월 시중조사	
	아세틸렌		kg	0.05	11,500			575			575	2017년 9월 시중조사	
	용접공		인	0.02		163,001			3,260		3,260	2017년하반기 건설노임	
	보통인부		인	0.08		106,846			8,548		8,548	2017년하반기 건설노임	
	잡재료비	인건비 의 1%	%	1	11,808			118			118		
	계							904	11,808		12,712		
살수차			m³	1									
	물탱크(살수 차)	5500L	HR	0.3229	22,237	27,772	7,823	7,180	8,968	2,526	18,674	중기제4호표	
	계							7,180	8,968	2,526	18,674		
고압분사세척기			m³	1									
	고압분사세 척기	1000L	HR	0.3229			15,305			4,942	4,942	중기제4호표	
	계									4,942	4,942		
살수공			인										
	보통인부		인	0.0404		106,846			4,317		4,317	2017년하반기 건설노임	
	계								4,317		4,317		
철근고재													
	고재		kg	50.24	-265			-13,314			-13,314	2017년 9월 시중조사	
	계							-13,314			-13,314		

<표 9> 거품공법 일위대가산출서

시공절차 세부항목	소요 인력, 장비, 자재		단 위	소요량	단가			금액 (소요량×단가)				단가출처	비 고
	품명	규격			재료비	노무비	경비	재료비	노무비	경비	계		
【거품공법】													
거품공법 기계손료			m³	1									
	굴삭기(무한 케도) 개조	1.0m3	HR	0.3229	31,545	32,135	25,650	10,186	10,376	8,282	28,844	중기제2호표	
	압쇄기(필버 라이저)	1.0m3	HR	0.3229			15,306			4,942	4,942	중기제3호표	
	거품노즐		HR	0.3229			113			36	36	중기제6호표	
	고압호스		HR	0.3229			11			4	4	중기제7호표	
계								10,186	10,376	13,264	33,826		
철근절단			m³	1									
	산소		L	135	2			211			211	2017년 9월 시중조사	
	아세틸렌		kg	0.05	11,500			575			575	2017년 9월 시중조사	
	용접공		인	0.02		163,001			3,260		3,260	2017년하반기 건설노임	
	보통인부		인	0.08		106,846			8,548		8,548	2017년하반기 건설노임	
	잡재료비	인건비의 1%	%	1	11,808			118			118		
계								904	11,808		12,712		
비산먼지발생억제	거품공법		m³	1									
	물탱크(살수 차)	5500L	HR	0.3229	22,237	27,772	7,823	7,180	8,968	2,526	18,674	중기제4호표	
	거품용액		L	1.1	5,000			5,500			5,500	2017년 9월 시중조사	
	물탱크	1000L	HR	0.3229			10			3	3	중기제8호표	
	유압펌프	Dynaset HPW220	HR	0.3229			331			107	107	중기제9호표	
	호스릴		HR	0.3229			260			84	84	중기제10호표	
계								12,680	8,968	2,720	24,368		
철근고재													
	고재		kg	50.24	-265			-13,314			-13,314	2017년 9월 시중조사	
계								-13,314		5,440	-7,874		

(2) 공사원가계산

<표 10> 공사원가계산서

비목			구분	기존기술	거품공법	비고
순 공 사 원 가	재 료 비	직 접 재 료 비		4,956	10,456	
		간 접 재 료 비				
		작 업 설 부 산 물 등				
		소 계		4,956	10,456	
	노 무 비	직 접 노 무 비		35,469	31,152	
		간 접 노 무 비		3,157	2,773	(직노무비)×8.9%
		소 계		38,626	33,925	
	경 비	기 계 경 비		20,111	15,984	
		산 재 보 험 료		1,468	1,289	(노무비)× 3.8%
		고 용 보 험 료		336	295	(노무비)× 0.87%
		건 강 보 험 료		603	530	(직노무비)× 1.7%
		연 금 보 험 료		883	776	(직노무비)× 2.49%
		노인장기요양보험료		39	35	(건강보험료)× 6.55%
		퇴 직 공 제 부 금 비		816	716	(직노무비)× 2.3%
		안 전 관 리 비		1,184	1,219	(재+직노)× 2.93%
환 경 보 전 비			182	173	(재+직노+산경)× 0.3%	
기 타 경 비			2,179	2,219	(재+노)× 5%	
		소 계		27,801	23,236	
공 사 원 가			71,383	67,617		
일 반 관 리 비 (6 %)			4,283	4,057	(재+노+경)× 6%	
이 윤 (1 5 %)			10,607	9,183	(노+경+일)× 15%	
총 원 가			86,273	80,857		

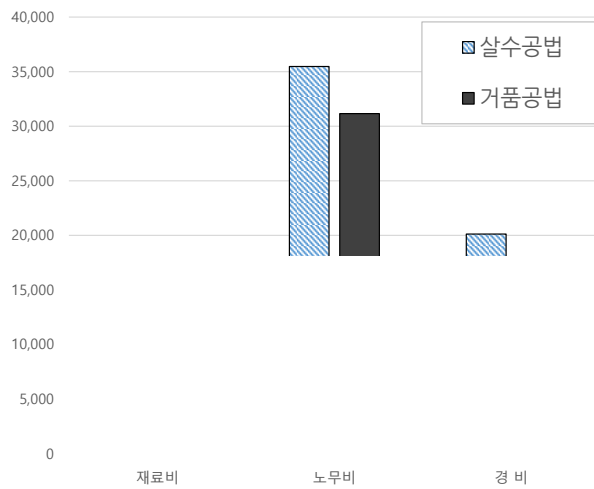
(3) 경제성 분석

<표 11> 공법대비 내역비교표

명칭 / 규격	단 위	수 량	재료비		노무비		경비		합계		비 고
			단가	금액	단가	금액	단가	금액	단가	금액	
[살수공법]											
살수공법 기계손료	m³	1	10,186	10,186	10,376	10,376	12,643	12,643	33,205	33,205	
철근절단	m³	1	904	904	11,808	11,808			12,712	12,712	
살수차	m³	1	7,180	7,180	8,968	8,968	2,526	2,526	18,674	18,674	
고압분사세척기	m³	1					4,942	4,942	4,942	4,942	
살수공	m³	1			4,317	4,317			4,317	4,317	
철근고재	m³	1	-13,314	-13,314					-13,314	-13,314	
계				4,956		35,469		20,111		60,536	
[거품공법]											
거품공법 기계손료	m³	1	10,186	10,186	10,376	10,376	13,264	13,264	33,826	33,826	
철근절단	m³	1	904	904	11,808	11,808			12,712	12,712	
비산면지발생억제	m³	1	12,680	12,680	8,968	8,968	2,720	2,720	24,368	24,368	
철근고재	m³	1	-13,314	-13,314					-13,314	-13,314	
계				10,456		31,152		15,984		57,592	

<표 12> 구조물해체 공사비용 (원/m³)

구분	살수공법	거품공법	비고
재료비	4,956 (47%)	10,456 (100%)	
노무비	35,469 (114%)	31,152 (100%)	
경비	20,111 (126%)	15,984 (100%)	
합계	60,536 (105%)	57,592 (100%)	



기존공법

60,536

거품공법

57,592

조사기관 : 동양경제연구소

기존 살수공법 대비
5%의 공사비 절감

<그림 58> 공사비 비교

○ 해체공사의 공사비는 기본적으로 파쇄장비의 비용이 대부분을 차지하고, 살수차, 살수공, 살수장치 등으로 구성되어 있다. 거품공법은 기존 해체장비를 사용하고, 거품분사장치를 추가로 장착하여 공사를 수행한다.

○ 기존공법과 거품공법의 공사비를 비교하기 위하여 현장적용시험의 거품 분사량 등을 기초로 하여 2017년 하반기 노임단가 및 물가정보를 기준으로 산출한 ㎡당 구조물해체 공사비용은 <표 11>와 같다.

○ 거품공법과 기존공법의 공사비를 비교한 결과 거품공법이 약 5%정도 공사비용이 절감되는데 이는 살수공이 필요 없기 때문에 살수공의 노무비가 전액 절감되며, 거품분사를 위한 추가적인 비용(압쇄장치 개조비용, 거품분사장치, 거품원액 등)을 적용하더라도 총 공사비가 절감됨을 알 수 있다. <표 12>

(4) 유지관리 비용

거품공법은 일반구조물 건설과는 다르게 해체분야의 특성으로 인해 유지관리비용이 발생하지 않는다.

2. 연구 수행 성과

구분	연구개발목표	연구수행방법	연구수행내용
1차년도	● 콘크리트 구조물 해체용 거품발생장치 설계 및 시작품 제작 - 콘크리트 구조물 해체 환경 및 관련 규제 분석 - 친환경 무해한 거품 개발 - 거품발생장치 설계, 제작 및 평가 - 시작품 고성능화 및 관련 기술 확보 - 굴삭장비와의 상호 부착 관련 설계 및 파쇄장비 시작품제작	○ 콘크리트 구조물 해체 환경 및 관련 규제 분석 ○ 친환경 무해한 거품 개발 ○ 거품발생장치 설계, 제작 및 평가 ○ 시작품 고성능화 및 관련 기술 확보 ○ 굴삭장비와의 상호 연계작동을 위한 설계 및 부착 등, 파쇄장비 시작품 제작	○ 콘크리트 구조물 해체현장 환경 및 건물해체에 관한 법, 제도, 환경적 분석 ○ 친환경 포소화약제 선정 : 친환경 인증서, 성분 분석표 ○ 거품발생장치 개발 - 노즐개발 테스트 - 거품분사방법 방식별 테스트 ○ 거품발생장치 성능개선 - 특허등록 ○ 소형굴삭장비에 거품발생장치 탑재하여 실증실험
2차년도	● 거품살포장치 제어기술 개발 및 파쇄장비와 연동기술 개발 - 거품살포장치 제어기술 개발 - 통합형 거품살포장치 패키지 설계, 제작 및 평가 - 사업화 방안 구체화	○ 파쇄장비와 거품발생장치 연결성 검토 ○ 거품발생장치 제어기술 개발 ○ 통합형 거품살포장치 패키지 설계 및 제작 ○ 통합형 거품살포장치 패키지 통합 평가	○ 대형 굴삭기에 거품발생장치 탑재 - 유압식고압펌프 설치 - 거품분사 위치 테스트 ○ 회전압쇄기에 거품노즐 설치 - 효율적 거품분사장치 개발 ○ 거품살포장치와 파쇄장비 연동 제어 - 거품발생장치 굴삭기 조정석에서 제어 ○ 현장실증실험 - 신기술 신청 - 사업화 추진

제4장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

1. 목표 달성도

연구 계획서 및 연차실적계획서를 중심으로 당 연구의 정성적, 정량적 목표 달성도를 기술하였다. 당 연구과제는 2개의 핵심 연구성과로 구성되어 있으며, 각 연구 성과의 달성도는 논문 및 특허로 검증 평가되도록 계획되었다.

핵심성과	콘크리트 구조물 해체용 거품발생장치				
정의	건축물 해체현장에 적합한 거품발생장치의 설계 및 굴삭장비를 이용한 제작, 현장운용에 관한 기술로써 현장 적용 및 피드백을 통하여 상용급으로 개발				
목적	기존 해체공법에서 발생하는 환경오염 등을 고려하여 환경오염 저감에 효과적인 거품발생장치 개발				
성능목표	(기존기술 수준) 콘크리트 구조물 해체현장에 다량의 물을 공급/살수하여 분진 발생을 최소화하고 있으나 그 효과는 미미하며, 해체현장에서 흘러나가는 폐수로 인해 인근 물(하천, 호수, 강, 하수구/오수관 막힘) 오염 및 지하수 오염을 야기함 (개발기술 수준) 콘크리트 구조물 해체현장에서 굴삭장비에 장착한 거품분사장치에서 분사한 거품을 이용하여 효과적으로 분진을 제거함으로써 공기오염을 방지하고, 친환경재료의 사용과 소량의 물을 이용하기 때문에 해체현장 인근 민원이 없고, 지하수 오염이 없음.				
성과달성 책임자 (소속기관)	최영화 대표이사(인영건설(주))				
소요기간	2015.09 ~ 2016.09 (1년, 1년차)				
성과달성 확인방법	- 시작품 설계/제작을 통한 검증 : 시작품 확인 - 시작품 현장 적용을 통한 실증 : 시제품 및 현장 시연				
성과달성에 따른 정량적 성관 [목표]	특허 출원/등록	[출원:1건]	성과달성에 따른 정량적 성관 [달성]	특허 출원/등록	[등록:1건]
	논문	1건		논문	0건
	저작	0건		저작	0건
	S/W	0건		S/W	0건
	신기술	0건		신기술	0건
	기타	0건		기타	0건
성과	· 특허 성과명 : “거품을 이용한 콘크리트구조물 해체장치 및 해체공법” (등록번호 : 10-1620612)				

핵심성과	거품살포 이용한 파쇄장비				
정의	거품살포를 이용한 파쇄장비의 설계, 제작, 현장운용에 관한 기술로써 현장 적용 및 피드백을 통하여 상용급으로 개발				
목적	환경오염 저감에 효과적인 거품발생장치를 이용하여 소수의 인력으로 운영이 가능한 콘크리트 구조물 해체장비 개발				
성능목표	(기존기술 수준) 다수의 현장인력을 배치하여 콘크리트 구조물 해체현장에 다량의 물을 공급/살수하여 분진 발생을 최소화하고 있으나, 그 효과는 미미하며, 해체현장에서 흘러나가는 폐수로 인해 인근 물(하천, 호수, 강, 하수구/오수관 막힘) 오염 및 지하수 오염을 야기함. (개발기술 수준) 거품을 이용한 효과적으로 분진을 제거함으로써 공기/물 오염 방지에 효과적이며, 거품발생장치와 파쇄장비의 연동/제어기술을 이용하여 소수의 인력으로 콘크리트 구조물 해체가 가능함.				
성과달성 책임자 (소속기관)	최영화 대표이사(인영건설(주))				
소요기간	2016.05 ~ 2017.04 (1년 6월, 2년차)				
성과달성 확인방법	- 시작품 설계/제작을 통한 검증 : 시작품 확인 - 시작품 현장 적용을 통한 실증 : 시제품 및 현장 시연				
성과달성에 따른 정량적 성관 [목표]	특허 출원/등록	[출원:2건]	성과달성에 따른 정량적 성관 [달성]	특허 출원/등록	[등록:1건]
	논문	0건		논문	0건
	저작	0건		저작	0건
	S/W	0건		S/W	0건
	신기술	1건		신기술	0건
	기타	0건		기타	0건
성과	· 특허 성과명 : “조 크러셔의 거품 분사장치를 이용한 구조물 해체공법” (등록번호 : 10-1794024)				

2. 관련 분야 기여도

○ 과학기술적 측면

기존의 물을 사용한 비산먼지(분진)의 제거방법은 단순한 물이라는 성분의 이동일 뿐 물의 공급으로 인한 환경적, 경제적, 사회적 문제는 대두되지 않았다. 근래 건설현장에도 환경에 대한 문제가 크게 이슈화 됨에 따라 환경적인 공법개발의 필요성을 인식하고 이에 환

경적으로 무해한 생분해 거품을 이용하고 이의 분사를 위한 장치는 기계적 메카니즘을 좀 더 과학적이며 효율적인 측면에서 적용하고자함으로써 화학, 기계, 환경분야의 기술적 향상 효과가 클 것으로 판단된다.

○ 사회·경제적 측면

콘크리트구조물 해체 시 발생하는 비산분진의 처리에 있어 환경오염이 없고 시공이 용이함으로 인해 환경오염의 주범이라는 해체산업의 친환경성 이미지 제고가 가능하며, 특히 물을 사용한 공법의 오염수 발생으로 인한 수질오염, 토양오염의 문제가 깔끔히 해결되어 깨끗한 국토보존이 가능하고 민원의 발생이 기존공법에 비해 감소됨에 따라 공사비 저감에 의한 경제성 향상 또한 예상된다.

○ 정책적 측면

기존의 물을 쓰던 공법에 비해 거품이라는 특정성분의 처리를 위한 전문인력의 수급이 필요함에 따라 관련분야 인력의 양성이 증가할 것이며 기존의 인력 중심의 현장운용에서 기계적공법 적용으로 전환됨에 따라 효율적인 현장운영이 가능할 것으로 판단되고 거품공법의 기술습득과 우선 사업화에 따른 친환경적인 현장 운영은 국가이미지 제고에 효과적일 것으로 판단된다.

제5장. 연구개발성과의 활용계획

1. 연구개발 성과의 활용방안

- 기계식 해체장비의 신규제작이 아닌 기존장비 부착방식으로 관련시장의 활성화 예상
- 건축물 해체 현장의 공사비 절감 및 친환경공법을 개발하여 향후 사업 수행 시 적용 및 기초 자료로 활용
- 주변 민원문제를 해결하고 안정성을 확보할 수 있는 기술로 도심 빌딩 밀집지역에 적용하여 건축물 해체에 활용
- 노후화 콘크리트 구조물의 친환경 해체에 활용
- 다량의 물 확보가 어려워도 거품을 이용하여 효과적인 분진제거에 활용

2. 기대효과

- 기술적 측면
 - 기존 도시 밀집 지역을 중심으로 건축물 해체에 따른 민원감소 및 환경오염 방지로 시장 창출이 기대되며 국내 제작, 국산 소재, 국산 기술 등 종합적인 국내 기술로 선도화
 - 인구 밀집지역의 건축물 해체현장에 적합한 장비로 개선하여 국내 업체의 기술력 향상에 기여할 수 있으며 건축물 해체 시장에서 국제 기술경쟁력을 제고
- 경제적 · 산업적 측면
 - 개발 대상 기술은 노후화 건축물(콘크리트 구조물) 해체에 소요되는 공사비 절감
 - 국내 건축물 해체공법에 대한 시험평가를 통하여 사전검증과 인증대플랜트 소재 및 기자재에 대한 국제수준의 시험평가를 통하여 해외인증 대상 제품의 사전 검증과 인증대행 등 절차 간소화로 인한 비용 절감 및 수출 증대 효과
 - 콘크리트 구조물 해체현장 분석으로 향후 재개발 등 재건축 현장에 민원과 환경오염 문제를 해결할 수 있어 틈새시장 확보 및 선점효과
- 사회적 측면
 - 친환경재료의 사용과 소량의 물을 이용한 해체공법으로 주변 환경오염 방지 및 민원문제 해결

제6장. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

건설해체 현장에서 거품을 사용하여 분진을 제어하는 기술이나 적용실적은 국내 및 해외에서 찾아보기 어렵다.

일본에서 거품을 적용한 해체공사 사례가 거의 없으며 특허사례를 조사해보면 다음과 같은 기술들이 있다.

- 후지타(フジタ)의 ‘포말에 의한 분진 처리 방법(泡沫による粉塵処理方法)’ (일본특허 1994)
- 타이호공업(タイホー工業)의 ‘발진 억제 기능을 갖는 해체장비 및 건축 구조물의 철거시 발진 억제방법 (發塵抑制機能を有する解体装置及び建築構築物の解体時における發塵抑制方法)’ (일본특허 1996)
- 나카야마철공소(中山鐵工所)의 ‘드릴링 기계용 포말 방진장치(掘削機械用泡沫防塵装置)’ (일본특허 1998)
- 오바야시(大林組)의 ‘분진억제장치(粉塵抑制装置)’ (일본특허 2003)

이상과 같이 특허로 발표된 기술이 있었다.

- 도비시마건설(飛島建設)의 ‘분진 억제 방법(粉塵抑制方法)’ (일본특허 2006)
- 도비시마건설, SACOS의 DABW공법

도비시마건설과 SACOS가 공동으로 개발된 이 기술은 거품을 분사하여 파쇄작업 시 발생하는 분진을 억제하는 공법이였지만 조사결과 효율성이나 경제성 때문에 사용하지 못하고 있는 실정이다. 직접 방문하여 기술의 내용을 조사하고 싶었으나, 현재 이 공법을 사용하지 않고 있기 때문에 사례에 대한 조사를 할 수 없었다.



粉塵捕集工法 DABW
Dust Killer by Air Bubble & Water Solution

○ 従来比 40%減の小水量にて高い粉塵捕集能力を発揮
○ コストダウンを図るとともに作業環境改善と周辺環境対策に優れた工法

■ 工法概要

- 水で希釈した DABW 溶液を粉塵発生箇所へ放水して、粉塵を捕集します。
- 電着・液透性があつた泡の作用と気泡の吸着作用、及び気泡を粉塵発生箇所で作成することによって粉塵捕集の効率をより高める方法です。

■ 特徴

- ① 使用水量が少ない
- ② 粉粒と粉塵も捕集
- ③ 液透の発生等が可能な
- ④ 低発泡性の気泡のため境界が確保可能
- ⑤ 気泡は粉塵発生箇所で作成し、低発泡性のため風により周辺に飛散しない

■ 施工例比較:コンクリート塊小割り作業

DABW工法



DABW 溶液放水

DABW 溶液放水 停止直後

粉塵対策なし



防災のトビシマ 飛島建設株式会社

■ 工法の適用分野

- 解体工事 (コンクリート破砕機による発生粉塵、構造物解体による発生粉塵等)
- 掘削工事 (自由掘削トンネル掘進機による発生粉塵等)
- その他の粉塵発生

■ DABW 溶液

特徴

- ⑤ 起泡力が強く少量の使用 (大量の水で希釈)
- ⑦ 細かい気泡の生成
- ⑧ 消泡性が高い (短時間で泡が壊滅する)
- ⑨ 排水基準項目の排水基準値以下濃度 (水質汚濁防止法)
- ⑩ 主分解性が高く環境へ残留しにくい

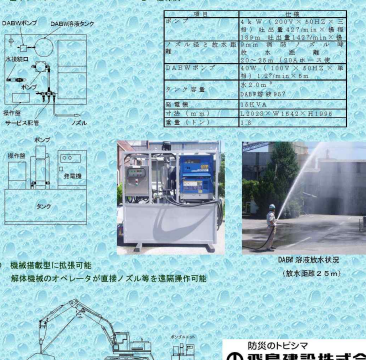
主成分	合成界面活性剤
比重[20℃]	1.04±0.02
pH[20℃]	6.5±1
状態	無色～淡黄色透明液体

■ 装置の概要

- 基本システム
- 仕様例

項目	仕様
ポンプ	4.0馬力 (3.0kW) 30リットル/分
ホース	10m (標準) 15m (オプション)
ノズル	1.5mm (標準) 2.0mm (オプション)
タンク容量	100L (標準) 200L (オプション)
タンク材質	ステンレス
重量 (標準)	15kg (標準) 25kg (オプション)

○ 機械搭載型に取替可能
解体機械のオペレータが直接ノズル等を遠隔操作可能

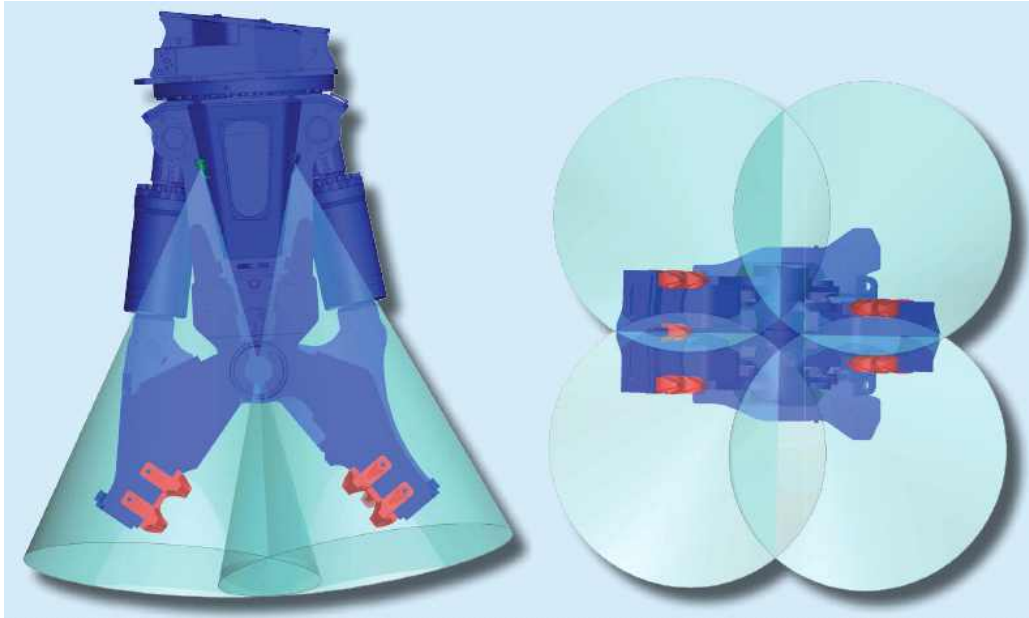


防災のトビシマ 飛島建設株式会社

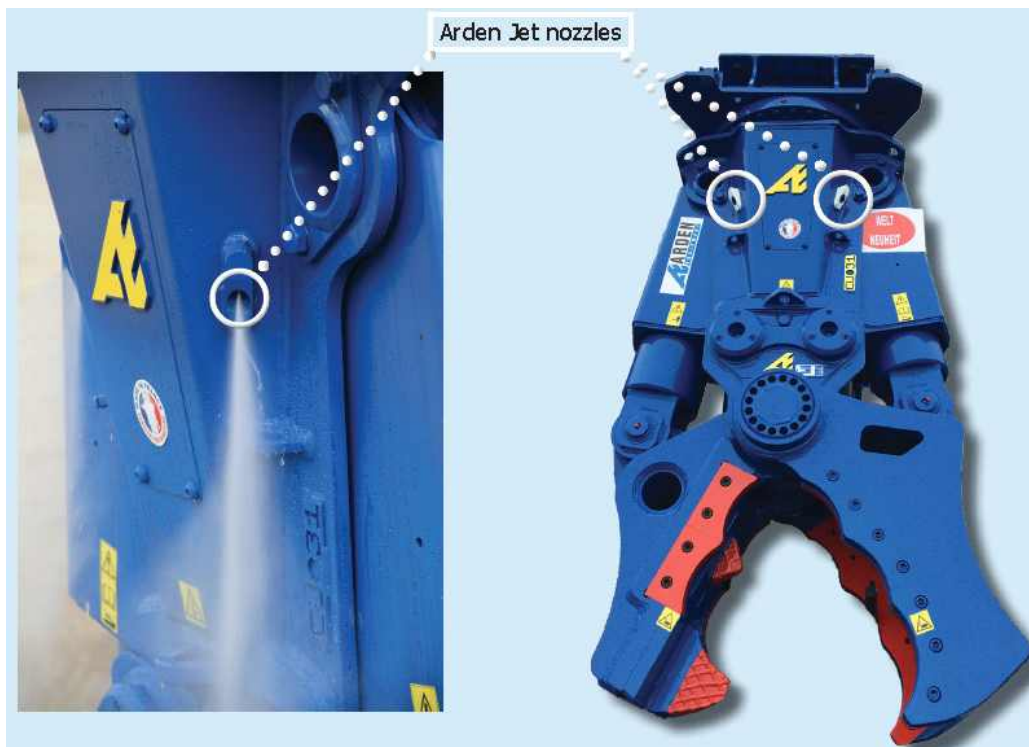
<그림 58> DABW공법 소개자료

- 유럽 Arden Equipment사의 Arden-Jet²⁾

해체장비 제조회사인 Arden Equipment사의 Arden-Jet 기술은 분진을 억제하기 위하여 물을 분사하는 방식이지만, 압쇄기 내부에 관로를 설치하여 효율적으로 물이 분사 될 수 있도록 구성하였다. 제품을 개발하여 판매하고 있지만, 적용한 사례를 아직 발표되지 않아서 정확한 효과를 알 수가 없었다. 현재까지 거품을 실제로 사용하여 기계식 파쇄공법에 적용된 사례가 없는 것으로 조사되었다.



<그림 59> Arden-Jet 기술 소개자료



<그림 60> Arden-Jet 기술 소개자료

2) <http://arden-equipment.com/>

제7장. 연구개발성과의 보안등급

해당사항 없음

제8장. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입 가격 (천원)	구입처 (전화번호)	비고 (설치 장소)	NTIS장비 등록 번호
인영건설	압쇄기	HMC452	1	2017.9.29.	56,000	031-433-2342	인영건설 기술연구소	NFEC-2017-10-240394

제9장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적

가. 기술적 위험요소 분석

(1) 연구실 안전조치 이행계획 및 단계별 예방대책

참여연구원들의 휴먼에러(human error)를 예방하고 연구실의 안전을 확보하기 위해서 예방적 차원의 조치들의 순서를 다음 순서와 같이 진행함.

(가) 연구실의 안전점검 및 정밀안전진단을 실시함.

(나) 참여연구원들의 교육훈련 및 건강검진을 실시함

(다) 참여연구원들의 산재보험가입을 함.

(라) 연구실의 위험 요소 자체를 근본적으로 없애기 위한 노력을 기울임

(마) 현실적으로 위험 요소 자체를 100% 없애거나 어려운 경우 이를 완화할 수 있는 방법을 강구하였고 이에 따라 조치함.

(바) 심리적 갈등이나 휴먼에러 등이 발생해도 사고로 이어지지 않게 하는 방호장치(안전장치)를 부착함

(사) 사고가 발생할 가능성이 있거나 사고가 발생하는 경우 조치를 위한 경보장치를 부착함.

(아) 위험요소에 노출을 막기 위한 개인보호구를 구비함.

(자) 참여연구원 스스로 심리적으로 안정된 환경유지로 안전 규칙 등을 준수할 수 있도록 권고함.

나. 안전관리대책

사고위험이 가능한 부분에 에러 발생 확률을 최대한 낮추어 줄 수 있는 심리적 안전 환경유지, 재료나 기계·설비 등을 사용한다. 본 연구실에서는 가구·기계·설비 등의 모서리의 각을 완화시켜 충돌 시 다치는 것을 방지하고자 함.

(1) 방호장치(안전장치) 활용

방호장치 혹은 안전장치는 연구실에서 사용하는 기구·기구·설비 등에 사고를 예방하기 위한 장치로 장비나 기계의 위험한 구역에 심적 현상인 무의식적으로 손을 넣을 경우 광센서에 의해 자동으로 기계를 멈추게 하는 등 본 연구실에 이미 이와 같은 방호장치가 구비되어 있는 관계로 이를 적절히 활용함.

(2) 경보장치 활용

경보장치는 사고가 발생하려는 징후가 있거나, 사고가 발생한 경우에 이를 알려주는 장치로 화재 경보기나 실험 설비 등에 이상이 있을 때 경보를 알려줄 수 있도록 하는 것으로 본 연구실에 경보장치가 설치되어 있어 이러한 경보시스템 또는 안전표지판 등을 이용함.

(3) 개인보호구 이용

사고가 나거나, 위험 요인에 노출될 때를 대비해 참여연구원들에게 헬멧이나, 보안경 등을 착용함.

(4) 참여연구원들의 규칙 준수

위에 언급한 조치들에 의해 위험요소가 완화되거나 각종 방호장치, 경보장치, 개인보호구가 갖추어지더라도, 최종적으로 안전에 대해서도 각 참여연구원이 안전 규칙을 준수해 행동

하도록 주지시킴. 이렇게 할 때에 사고를 사전에 예방하거나, 사고가 나더라도 그 피해를 최소화함. 새롭게 연구 장비 및 실험체들을 구입하거나 제작할 때, 이러한 에러 제거 원칙과 에러완화 원칙 등이 충분히 반영되도록 계획하였고 이에 따라 진행함.

제10장. 연구개발과제의 대표적 연구 실적

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/ 기타	소속 기관명	역할	논문 게재지/ 특허 등록 국가	영향력 지수	논문 게재일 /특허 등록일	사사 여부 (단독 사사 또는 중복 사사)	특기 사항 (SCI 여부/인용 횟수 등)
1	특허	거품을 이용한 콘크리트 구조물 해체장치 및 해체공법	인영건 설 주식회 사	발명	대한민국		2016.5.4. 10-1620612	단독	
2	특허	조 크러셔의 거품분사장치를 이용한 구조물 해체공법	인영건 설 주식회 사	발명	대한민국		2017.10.31. 10-1794024	단독	

제11장. 기타 사항

제12장. 참고 문헌

최종보고서 수정·보완 대비표

- 과 제 명 : 거품을 이용한 콘크리트구조물 친환경 해체공법 개발
 ○ 연 구 기 관 : 인영건설
 ○ 연구책임자 : 최 영 화 (인)

○ 평가결과 종합의견

구분	수정·보완의견 (요구사항)	반영여부 (√ 표기)	주1)수정·보완의견 (요구사항) 반영내용 요약	주2)관련 페이지	주3)비고
수정·보완 사항	목표에 대비하여 거품 개발, 유해물질 성분 확인 등과 관련된 기술 및 기존 살수 방식의 분진제거 기술과 대비 하여 실험 및 성능 평가를 위한 조건 설정 등에 대하여 다양한 시도가 있었던 것으로 보여짐	☐ 보완 ☐ 보완불가		보고서 제3장 14~60쪽	
	점성이 개선된 거품을 구조물 해체시 적용함으로써 오염수의 배출을 크게 감소시켜 현장에 서의 활용도가 기대되며, 일반 적인 구조물 해체시, 살수공의 배치로 인한 살수공에 대한 안전문제를, 본 기술에 적용된 자동 거품발생장치로 인해 현장 의 안전부분이 상당히 개선될 수 있을 것으로 판단됨	☐ 보완 ☐ 보완불가		보고서 제3장 14~60쪽	
	경제성을 바탕으로 보급성과 수익성, 시장점유 가능성이 이루어질 것으로 생각됨	☐ 보완 ☐ 보완불가		보고서 제3장 14~60쪽	
	건설현장 분진문제는 근래 대두되는 미세먼지 문제로 사회적으로 심각한 문제이므 로 본 과제를 포함하여 건설 각 분야에서 지속적으로 추진되어야 할 국가적인 과제로 사료됨	☐ 보완 ☐ 보완불가		보고서 제4,5장 61~64쪽	

○ 전문기관 의견

구분	수정·보완의견 (요구사항)	반영여부 (√ 표기)	주1) 수정·보완의견 (요구사항) 반영내용 요약	주2) 관련 페이지	주3) 비고
수정·보완 사항	○ 기술 홍보를 위한 SMK 작성 및 제출 ※ 샘플 참고	☒ 보완 ☐ 보완불가		SMK 자료 보완	

○ 평가위원별 의견

구분	수정·보완의견 (요구사항)	반영여부 (√ 표기)	주1) 수정·보 완의견 (요구사항) 반영내용 요약	주2) 관련 페이지	주3) 비고
A위원	콘크리트 구조물 해체시 물을 살수하여 분진을 제거할 경우, 가장 큰 문제가 오염수가 발생되어 토양오염 및 환경오염 가능성이 높은데, 1. 본 기술의 경우, 점성이 개선된 거품을 구조물 해체시 적용함으로써 오염수의 배출을 크게 감소 시켜 현장에서의 활용도가 기대됨 2. 일반적인 구조물 해체시, 살수공의 배치로 인한 살수공에 대한 안전문제를, 본 기술에 적용된 자동 거품발생장치로 인해 현장의 안전부분이 상당히 개선될 수 있을 것으로 판단됨 3. 연구보고 시, 일반적인 물을 살수하는 경우와 거품을 적용한 경우를 비교한 결과, 거품을 적용한 경우가 4.7배 분진량이 더 많은 것으로 나왔으나, 물 소비량을 최소화하기 위해서 거품의 사용량을 물 사용량(244리터)에 비해 급격하게 낮춘 결과(거품 22~94리터)라 사료됨. 경제성을 고려하여 거품의 사용량을 2배정도 늘리면 크게 개선될 것 으로 판단됨.	☐ 보완 ☐ 보완불가		보고서 제3장 14~60쪽	향후 현장공법 적용과 분진측 정실험에 거품 사용량을 2배 정도 늘려서 적용할 계획임
B위원	1. 당초 계획한 콘크리트 구조물 해체용거품 발생장치 및 거품살포를 이용한 파쇄장치를 개발하였으나 정량목표 달성이 부족함. 2. 분진제거 성능은 미흡함 애초 설정한 연구목표의 난이도가 높다고 판단되지 않음. 개발기술은 현장 적용에 어려움이 적다고 판단되어 실용성이 높다고 판단됨	☐ 보완 ☐ 보완불가		보고서 제3장 14~60쪽	실용화, 사업 화를 위하여 최선을 다하겠 음
C위원	1. 개발 목표 달성 정도 및 성능 평가 관련 (1) 개발 목표에 대비하여 거품 개발, 유해물질 성분 확인 등과 관련된 기술 개발이 미완성된 점이 있음 (2) 기존 살수 방식의 분진제거 기술과 대비하여 실험 및 성능 평가를 위한 조건 설정 등이	☐ 보완 ☐ 보완불가	- 특히 보 정서 제출 완료 -공인시험 기관(KCL)	보고서 제3장 14~60쪽	과제 종료 후 에도 사업화를 위해 최선을 다할 것이고, 거품개발은 현

구분	수정·보완의견 (요구사항)	반영여부 (√ 표기)	주1) 수정·보완의견 (요구사항) 반영내용 요약	주2) 관련 페이지	주3) 비고
	다소 부족한 점이 있음 (3) 공인 시험 기관을 통한 성능 인증을 받을 필요가 있음 2. 특허에 대해 연구개발 과제 정보를 기입할 필요가 있음 (1) 보정서를 제출해서 이미 출원된 특허 2건에 대해 연구개발 과제 정보를 기입할 것을 제안함 3. 기존 분진제거 기술에서 거품 방식을 이용한 방식이 존재하지 않는다는 점에서 기술적 차별성이 높다는 점에서 성능에 대한 객관적 데이터가 확보된다면 시장성이 있을 것으로 사료됨		을 통해 실험을 진행하였으나, 현재 건설현장의 분진측정 공인인증 방법이 없음.		재 진행 중에 있음.
D위원	1. 본 과제는 다량의 분진이 발생되는 해체현장의 기계식 해체공사에서 발생하는 분진을 제어할때 현재 적용되는 비점오염원의 원인이 될 수 있는 살수방법을 대신하여 친환경 거품을 사용하여 파쇄시에 발생하는 분진을 효과적으로 제어하기 위한 장비부착 장치의 개발을 목표로 한 과제임. 2. 연구목표와 연구개발 과정에서 다양한 시도가 있었으나 최종결과로 제시된 내용으로 판단하건데 분진제거 효과가 살수방법에 비하여 미진하여 당장의 상용성을 기대하기는 어려울 것으로 사료됨. 따라서 후가 연구 등을 통하여 기술상용화의 추진 등 후속조치가 필요할 것으로 사료됨.	☐ 보완 ☐ 보완불가		보고서 제3장 14~60쪽	사업화에 최선을 다하고 있으며, 과제 종료 후에도 계속적인 연구와 상용화의 추진 중에 있음
E위원	1. 거품을 이용한 콘크리트 구조물 해체공법을 개발한 연구과제로서 연구기간은 2년. 2. 선정된 거품원액(한중유화 제품), 노즐, 고압식 분사방식, 그리고 유압식 펌핑방식을 적용한 연구 3. 성과점검기준, 예를들면 거품발생속도, 분진제거 개선율(20%) 등,의 정량적목표 달성에 대한 시험인증서 등의 구체적인 자료 미흡 4. 기술개발 추진과정의 구체성 필요 5. 타 산업으로의 기술적 파급효과는 상당히 제한적 6. 콘크리트 구조물 해체시, 굴삭기에 거품분사장치(거품원액, 노즐, 펌프 포함)를 장착하므로 보다 깊은 기술적인 고려 필요 7. 연구개발 정량적 목표 달성이 미흡하고, 향후 타 산업으로의 사업성 등이 상당히 제한적 8. 개발된 장비의 원가대비 성능에 대한 확실한 자료 미흡	☒ 보완 ☐ 보완불가	원가계산과 기존공법대비 내역비교를 통한 공사비 산출	보고서 제3장 14~60쪽	
F위원	1. 실용화 추진 단계인 당해기술의 사업성 판단을 위해선 공인인증기관의 원가분석계산서 자료를 근거로 경제성분석이 이루어져야 하는데 경제성분석자료가 부족하여 판단하기가 어려움이 있으며, 그 경제성을 바탕으로 보급성과 수익성, 시장점유가능성을 판단해야 할 것으로 생각되며 또한	☒ 보완 ☐ 보완불가	원가계산과 기존공법대비 내역비교를 통한 공사	보고서 제3장 54~60쪽	

구분	수정·보완의견 (요구사항)	반영여부 (√ 표기)	주1)수정·보 완의견 (요구사항) 반영내용 요약	주2)관련 페이지	주3)비고
	사업성이 있기 위해서는 여러대의 장치를 보유 하기 위해 투자가 많이 되어야 할 것으로 생각 되나 그에 대한 판단에 한계가 있음.		비 산출		
G위원	1. 실용화 추진 단계인 당해기술의 사업성 판단을 위해선 공인인증기관의 원가분석계산서 자료를 근거로 경제성분석이 이루어져야 하는데 경제성 분석자료가 부족하여 판단하기가 어려움이 있으며, 그 경제성을 바탕으로 보급성과 수익성, 시장점유 가능성을 판단해야 할 것으로 생각되며 또한 사업성이 있기 위해서는 여러대의 장치를 보유 하기 위해 투자가 많이 되어야 할 것으로 생각 되나 그에 대한 판단에 한계가 있음.	☒ 보완 ☐ 보완불가	원 가 계 산 과 기존공 법대비 내 역 비 교 를 통한 공사 비 산출	보고서 제3장 54~60쪽	
H위원	1. 거품을 이용한 콘크리트 구조물의 친환경 해체 공법 개발 의도는 적정하나 경제성 분석 및 시험 데이터 의 계량치화된 분석 자료가 다소 미흡함으로 추가적 으로 경제성 분석등 계량화된 자료는 필요하다고 보여짐	☒ 보완 ☐ 보완불가	원 가 계 산 과 기존공 법대비 내 역 비 교 를 통한 공사 비 산출	보고서 제3장 54~60쪽	
I위원	1. 분진 제거용 거품의 용도가 소방 소화용임으로 분진 제거에 최적화된 친환경 저비용 거품 개발이 요구됨. 동일한 분진 제거 효율대비 기존 살수 방식 에 비해 거품 분사 방식의 비용 절감에 대한 구체 적 값이 필요함. 거품 분사 방식의 경우 표면 산화에 의한 녹 발생 등 표면 저하의 원인 될 수 있음. 목표 달성도에서 제일 중요한 분진 제거 개선율이 기존 살수 대비 성능이 저하 됨. 본 과제는 기술사업화지원과제 인데 현재 연구 결과물의 시제품 완성도도 낮고, 성능이 좋은 것도 아니고 가격 경쟁력에 대한 제시도 부족함.	☒ 보완 ☐ 보완불가	원 가 계 산 과 기존공 법대비 내 역 비 교 를 통한 공사 비 산출	보고서 제3장 54~60쪽	건설용 저비용 친환경 거품원 액 개발을 진 행하고 있음.

주1) 수정·보완반영내용은 반드시 최종보고서 내에 반영하고 필요시 별지를 사용하여 작성하기 바람.

주2) 관련 페이지란에는 수정·보완요구사항을 반영한 계획서의 해당 page를 기입

주3) 비고란에는 수정·보완요구사항과 관련된 연구책임자의 의견을 기재(필요시)하고 별지가 있을 경우
별지의 제목을 기입할 것

기 술 명

□ 기술범위

거품발생장치를 기계식 파쇄장치에 부착하여 파쇄작업시 거품입자를 살포하여 비산먼지 발생을 억제하는 친환경 해체공법

□ 기존 기술의 문제점

- ① 기존 살수방법은 직수에 의한 비산먼지의 효율적 제어가 불가능하여 대기오염 심각
- ② 살수로 인하여 분진에 포함된 오염물질의 폐수화로 토양, 수질오염 발생
- ③ 살수인원이 꼭 필요로 하며 노무비와 안전문제 발생

□ 차별성 및 효과

차별성(국내외 기술과 수준 비교표)

구분	해당기술	기존기술1
■ 기능성	거품을 살포하여 비산먼지 억제하는 공법	물 살포
■ 장/단점	살수인원 불필요 물사용량 절감 폐수 발생량 감소 환경문제 개선	장비 단순 많은 폐수로 토양오염 살수인원 인건비, 안전문제
■ 경제성 (공사비 유지 관리비, 공사 기간 등)	공사비 절감	

우수성(국내외 기술대비 경쟁력)

미래지향적인 친환경 해체공법
친환경 재료의 사용
소량의 물을 사용
살수인원의 불필요로 안전성 확보
환경오염 방지

경제적 효과

공사비 10% 절감 가능
살수인원 불필요
기존 살수방식에 사용되는 물의 사용량 절감
환경 비용 절감
민원문제 감소

- (비용) 물사용량 절감/살수인원 인건비 절감/공사비 절감
- (간접효과) 폐수 발생량 감소로 환경효과

□ 기술활용 실적 및 기술내용

활용실적

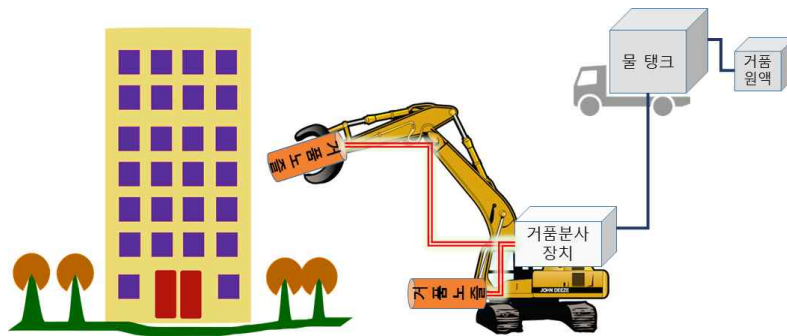
- 고덕국제화 계획지구 지장물 철거공사
- 평택호 횡단도로(제2공구) 건설공사 중 구조물 철거공사

향후 활용 전망

한남2고가 철거공사, 오산시 복합문화센터 건립공사 내 철거공사, 포항신항 스웰 개선공사 공법적용 진행 중이며, 향후 공격적인 마케팅으로 현장적용 실적을 늘려나갈 예정

기술내용

콘크리트구조물 해체공사에서 거품을 살포하여 발생하는 비산분진을 억제하여 보다 친환경적이고 경제적으로 해체공사를 수행할 수 있는 공법



□ 수요처 및 적용처

수요처

- LH한국주택공사
- 서울시청
- 건설사

적용처

-

□ 권리현황(PCT국제출원특허 포함)

발명의 명칭	특허번호	비고
■ 거품을 이용한 콘크리트구조물 해체공법	10-1556105	출원
■ 거품을 이용한 콘크리트구조물 해체장치 및 해체공법	10-1620612	출원
■ 조 크러셔의 거품 분사장치를 이용한 구조물 해체공법	10-1794024	출원

□ 추가기술정보

기술분류 :

기술
수준

- ☐ 기술개념확립
- ☐ 연구실환경검증
- ☐ 시제품제작
- ☐ 실제환경검증
- ☐ 신뢰성평가
- ☐ 상용품제작
- ☒ 사업화

R&D수
행이력

과제명 : 거품을 이용한 콘크리트 구조물 친환경 해체공법 개발
연구기간 : 2년
연구비 : 549,000,000원

기술
문의

인영건설
유완수 (02-409-4646)
iydemo@naver.com

총괄
문의

국토교통과학기술진흥원
창업사업화지원실
Tel.031-389-6364
techbiz@kaia.re.kr

주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통기술사업화지원 사업의 연구보고서입니다.
2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구개발성과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.