

## 친환경 첨단 해체기술



김효진 LH 토지주택연구원 연구위원

### 1. 서론

최근의 범지구적인 핵심화두는 지구온난화와 이산화탄소이다. 그 지향점은 온난화의 가속방지를 위한 온실가스 저감과 그를 통한 지구환경 보전과 지속가능 발전이다. 이러한 문제는 「환경」, 「자원·에너지」, 「경제발전」으로 귀결된다. 즉, 지속가능 발전은 자원과 에너지의 절약을 통한 환경보전 없이는 성립되지 않는다. 따라서 환경, 자원·에너지의 한계를 충분히 이해하고 지속가능한 발전을 도모하는 것이 중요하다. 이에 따라 등장한 것이 순환형사회이다. 순환형사회는 천연자원의 소비는 억제하고, 사용된 자원은 최대한 재이용하여 환경부하를 최소화하는 사회이다. 이에 따라 전통적 건설산업도 새로운 패러다임으로 변화되고 있다. 즉, 건설단계에 집중되던 기존의 건설산업구조는 자원채취·가공→건설→운용→해체→재생이라는 순환개념으로 전환되고 있다. 따라서 각 단계들이 더 이상 독립적일 수 없는 구조를 형성하게 되었다. 이러한 변화는 다양한 중소 주변 건설산업군이 새롭게 등장하는 계기가 되었다. 그 중 하나가 순환고리에서 필수적인 ‘해체’이다.

기존의 건설산업구조에서 해체는 관심 밖의 공종이었다. 그로 인해 재활용이 가능한 건설 ‘부산물’은 버려지는 ‘폐기물’로 발생되었다. 더불어 CO<sub>2</sub>, 소음·진동·분진·수질 및 토양오염 등 다양한 환경위해요인을 발생시킨다. 그러나 저탄소 녹색건설 실현을 위한 순환형 건설사회에서는 폐기물이 아닌 부산물을 배출해야 한다. 탄소배출은 줄여야 하고, 폐기물이 아닌 재활용이 가능한 부산물을 발생시켜야 한다. 따라서 해체는 기존의 단순하고 무분별한 ‘철거’의 개념에서 벗어나 자원재생과 순환을 고려한 복합적

가교역할로 전환해야 한다. ‘해체산업’은 이러한 변화에 따라 급속히 성장하고 있다. 하지만 그에 관련된 제도적 기반, 기술적 첨단화, 친환경 해체기술의 개발은 해체전문업체의 영세성이라는 특성 때문에 사회적인 요구를 따르지 못하고 있다.

해체는 건설 후 30~40년 이후 시행되는 후행 건설공종이다. 그러나 산업화 이후 건설된 많은 구조물들이 이제 해체 시점에 이르렀다. 향후 해체시장은 약 30년간 현재 시장규모의 약 10배 이상 지속적으로 급증할 것으로 예측된다. 해체는 구조물을 파쇄, 절단 또는 폭파해야 한다. 고층부, 교량 등 특수하고 다양한 위험 작업조건을 가진다. 또한 작업과정에서 소음, 진동, 분진, 석면 등 환경위해요인들을 다량 발생시키는 대표적 환경위해 공종이다. 해체기술을 친환경적이고 첨단기술로 개발해야 하는 이유이다.

이에 대응하여 최근 LH는 국토해양부(건설교통기술평가원)의 국책연구사업으로 ‘친환경 도시재생을 위한 첨단해체기술’을 개발하였다. 연구는 해체산업의 제도적 기반구축,

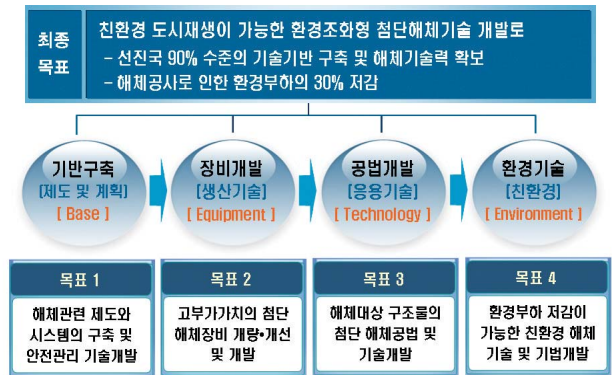


그림 1. 개발목표 및 내용

각종 친환경 첨단 해체장비 및 공법 개발, 친환경 해체기술 및 기준 개발 등 포괄적이고 종합적으로 수행하였다. 이를 통해 타 건설공종에 비해서 취약한 각종 제도적 기반을 구축하고, 각종 친환경·첨단해체 장비와 공법을 개발하며, 각종 환경오염과 이산화탄소 발생, 민원발생 요인을 최소화하고자 한다. 궁극적으로는 금세기 최대화두인 환경보전과 이산화탄소 배출을 최소한 30% 이상 절감할 수 있는 각종 친환경 해체기술 및 기준을 개발하여 건설산업 전반의 동반성장에 기여하고자 하는 것이다.

## 2. 개발기술의 내용 및 성격

본 기술은 낙후된 해체기술을 선진국 90% 수준으로 향상시키고, 해체공사로 인한 환경피해 및 민원저감을 위해 환경위해요인을 30%이상 저감시키는 선진형 해체기술을 확보·보급하기 위한 것이다. 이를 위하여 다음과 같은 기술을 개발하였다.

첫 번째, 해체공사 발주시스템의 선진화를 위한 설계·건설적 자동화 프로그램을 개발하였다. 이는 발주처 마다 다른 설계·건설방법과 기준을 시스템화하여 합리적인 해체공사 발주시스템을 구축하고 선진화에 기여하기 위한 것이다.

두 번째, 해체공사 수행 시 구조안전성과 현장 안전관리 자동화시스템을 구축하였다. 해체현장은 그 특성상 시공 중 안전사고, 해체공사 중 건물붕괴로 인한 인명사고 등이 빈발한다. 따라서 해체현장의 체계적 안전관리와 중장비로 인한 구조안전성을 확보하여 건설현장의 대형 재난 사고를 감소시킬 수 있다는데 의미가 있다.

세 번째, 부분해체 전용 무인해체장비를 개발하였다. 이는

일반 토목용 중장비를 구조물 리모델링 부분해체에 사용하는데 따르는 비효율성과 작업성을 개선하고 무인화하여 작업성과 효율성, 안전성을 향상하기 위한 것이다. 부분해체 전용장비를 자체 개발하였다는데 그 의미가 있다.

네 번째, 햅틱(Haptic)기술을 적용한 건물해체전용 무인해체장비를 개발하였다. 이는 고층건물의 해체작업에 인력탐승형 중장비를 사용하면서 발생하는 과도한 장비 및 해체잔재의 중량으로 인한 장비추락, 건물붕괴 등을 예방하고, 사고발생 시 인명피해를 방지하기 위한 것이다. 햅틱 무인해체장비는 조종하는 사람의 손가락, 손목 등 관절을 이용하여 무선·무인으로 장비에 전달되는 힘 반향장치를 통해 무선으로 조종하는 원천기술이다. 이는 햅틱기술을 무인해체전용 중장비에 적용한 최초의 사례이다.

다섯 번째, 초고압수의 물로 구조물을 부분해체하는 건물해체 전용 워터제트 로봇을 개발하였다. 워터제트는 암석과 쇠 및 절단, 교량의 보수보강, 아스팔트 포장 개보수 등 토목구조물의 개보수 해체에 적용되는 장비이다. 이를 증가하는 건물 리모델링 전용 부분해체장비로 소형화·로봇화한 것이다. 오염된 병원시설 내부 개보수, 원자력 시설물의 개보수 등에 효과적으로 적용할 수 있는 특수 장비이다.

여섯 번째, 물을 사용하지 않는 친환경 건식 절단장비를 개발하였다. 일반적으로 교량 등 토목시설물의 해체는 부분적으로 절단해체 후 인양하는데 고가의 절단장비가 적용된다. 절단장비는 절단 시 마찰면에 발생하는 1,000℃ 이상의 높은 마찰열을 물로 식혀주는 습식공법을 적용해왔다. 그러나 습식공법은 오염된 물과 슬러지의 하천유입으로 하천오염을 일으킨다. 이러한 문제를 해결하기 위해 내열성 절단공구, 냉풍장치, 건식 분진 집진장치를 개발하고 이를 일체식



그림 2. 무인 부분해체 전용장비



그림 3. 친환경 자동비계시스템

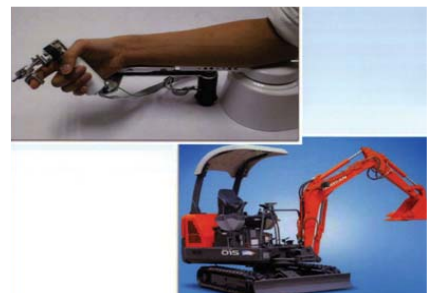


그림 4. 햅틱 무인해체 장비



그림 5. 건물해체전용 워터젯 로봇



그림 6. 건식 다이아몬드 와이어 쏘

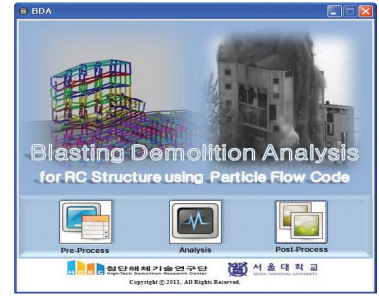


그림 7. 발파해체 붕괴시뮬레이션

으로 시스템화한 건식절단 시스템을 개발하였다. 개발된 건식 절단장비는 건식 다이아몬드 와이어 쏘, 건식 월쏘, 건식 휠쏘 등이며, 선진국 수준 이상의 기술력을 확보한데 그 의미가 크다.

일곱 번째, 도심지 고층건물이나 교량 등 토목구조물 등의 해체에 효과적인 발파해체기술을 개발하였다. 특히, 개발된 벽식구조 고층아파트 발파해체기술을 2011년 7월 10일 인천 가정동 15층 벽식아파트에 적용하여 성과를 검증하고 홍보하였다. 순수 벽식구조 고층아파트 발파해체는 세계 최초의 사례로 기록되었다. 이는 향후 고층아파트의 대부분을 차지하는 벽식구조 고층아파트에 자체 적용할 수 있는 기술력의 확보를 의미한다. 또한 구조물 발파해체 시 붕괴거동을 사전에 예측할 수 있는 프로그램을 개발하여 성공함으로써 향후 안정적 발파해체기술의 적용이 가능하게 되었다.

여덟 번째, 해체현장의 각종 환경위해요인으로 인한 영향 평가 및 저감방안을 개발하여 적용하였다. 이는 기존에 제외되었던 환경관리기준의 적용으로 해체현장의 친환경성에 기여할 것이다.

아홉 번째, 전과정(Life Cycle) 중 그동안 도외시되었던 해체·폐기단계를 포함한 건설전과정의 CO<sub>2</sub> 발생량 예측 및 저감 프로그램(ECO-DM)을 개발하였다. 이는 기존 건설단계에 집중되었던 CO<sub>2</sub> 등의 환경부하량의 예측과 저감기법의 체계적인 적용이 가능하게 하는 중요 성과이다.

열 번째, 인체에 치명적인 석면의 친환경적인 해체기술 및 고온·저온 용융처리 기술을 개발하였다. 이를 통하여 폐석면의 안정적인 수거와 적정처리를 통하여 특정 폐기물의 매립장 부족문제를 해결할 수 있는 기틀을 정립하였다.



그림 8. 세계 최초 15층 순수벽식구조 고층아파트 발파해체 시험시공 전경 (인천 벽식구조 T자형 상아아파트, 15층, 길이 50m, 높이 45m)

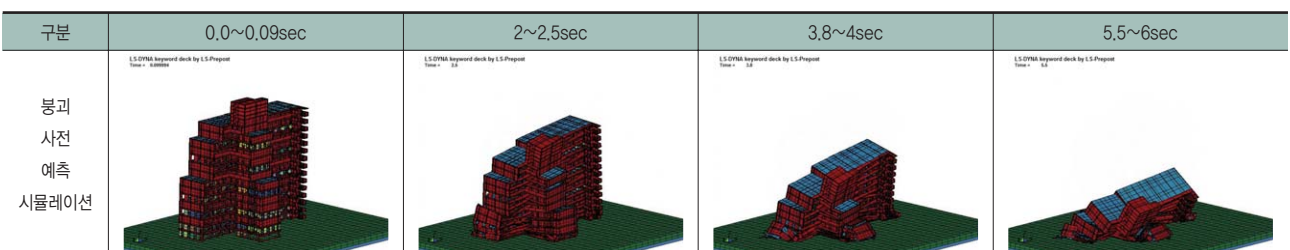


그림 9. 개발기술을 활용한 상아아파트 발파해체 붕괴거동 사전예측 시뮬레이션 결과



그림 10. 세계 최초 벽식구조 발파해체 언론기사



그림 11. LCCO<sub>2</sub> 평가 및 저감 프로그램

열한 번째, 건설현장의 대표적인 소음, 진동의 예측, 저감 및 관리 프로그램을 개발하였다. 이를 통하여 해체현장의 소음, 진동의 사전예측과 관리를 통하여 민원저감 등 친환경적 현장관리가 가능하게 하는 기반을 제공하였다.

이상의 연구성과의 적용을 통하여 227건의 현장적용 및 해체장비 시작품을 제작하였다. 또한 개발성과는 국제특허를 포함한 47건의 특허를 출원하고 21건을 등록하였다. 3건의 연구성과에 대한 기술실시계약을 체결하고, 개발장비에 대한 폭넓은 기술실시를 준비 중이다. 또한 연구성과의 확산을 위하여 SCI 등 국내외 학술지에 70편, 그리고 171건을 국내외 학술대회에서 발표하였다.

### 3. 연구개발 성과

#### 3-1. 시장창출 효과

본 연구개발의 성과는 그 활용을 통하여 해체시장에서의 활용과 개발장비와 공법의 국산화를 통한 시장대체를 통하여 향후 10년간 약 1조 5천원의 부가가치의 창출이 가능할 것으로 추정된다. 또한 발파해체기술의 국산화 및 적용 활성화를 통해서 향후 10년간 4,875억원의 매출을 기대할 수 있을 것으로 분석된다. 더불어 외국기술에 의존하여 지불하던 발파해체 해외로열티 절감을 통해 향후 10년간 약 731억원의 절감이 가능할 것으로 분석된다.

#### 3-2. 개발기술의 파급효과

해체장비 및 공법, 친환경 기술의 개발은 친환경의 첨단 해체장비의 개발 및 현장적용으로 해체장비의 수입 대체 효과를 기대할 수 있을 것이다. 발파해체 기술은 벽식구조 고층아파트가 많은 동남아 시장에 기술력의 수출이 가능할 것으로 기대된다. 또한 친환경·첨단 해체기술과 시스템의 선진국인 일본과 동등 또는 앞서서는 해체기술 및 시스템 적용으로 국제적 기술우위를 확보하고 친환경 건설환경 조성에 일조하여 우리나라의 건설현장의 친환경성을 각인시킬 수 있다. 더불어 친환경화, 무인화, 첨단화, 소형화, 고효율화를 통한 해체장비 및 장치분야의 기술개발을 가속화할 것으로 예상되며, 향후 현재 개발된 장비를 복합한 기술집약적인 최첨단의 다기능 복합해체장비 개발을 통해 실용화하여 본격적인 해외수출을 도모 할 수 있을 것으로 사료된다.

#### 3-3. 미래기술에의 영향

도시재생사업에서 가정 먼저 시행되는 공사는 낡은 구조물의 해체공사이다. 개발된 친환경적 해체공법과 기술이

대상 사업	해체공사비(억원)			향후 10년간 총 해체매출액(억원)	발파해체 공사비(억원, 총매출의 3%)	발파해체 해외 로열티 절감액(억원, 발파해체 매출의 15% 적용시)
	2010년	2020년	평균			
고층건물 해체시장	11,600	20,900	16,250	162,500	4,875	731

주) 1994년 남산외인APT 발파해체공사 해외업체 기술지도 로열티 총 공사비의 30% 지급

적용되면 기존에 소음, 진동, 분진, 석면 등을 가장 많이 발생시켰던 해체공사로 인한 주변환경에 미치는 부하가 눈에 띄는 정도로 개선될 것이다. 또한 친환경 첨단 해체장비의 개발을 가속화하여 해당기술과 장비를 외국으로 수출하고, 로봇형 무인 첨단해체 장비의 적용이 일상화될 것으로 기대된다.

#### 4. 맺음말

기존의 건설산업은 생애주기(Life Cycle)이라는 개념의 도입 이후 건설단계뿐만 아니라 운용, 해체, 폐기까지 전 과정에 대한 중요성을 새롭게 부각시키고 있다. 또한 온난화 문제로 전 과정 평가와 과정별 대응도 핵심 사안으로 등장하였다. 그러한 생애주기에서 해체는 그 비용 및 비중이 절대적으로 작기는 하지만 중요한 한축을 차지하는 것은 자명하다. 따라서 본 연구단에서 개발한 제도, 장비, 공법, 환경 기준 및 기술 등은 그동안 일반에서 널리 관심을 갖지 않아 낙후되었던 해체기술의 선진화를 통해 건설산업의 발전과 국가경쟁력에 향상에 기여할 것으로 기대된다. 또한 개발된 연구성과의 전파를 통하여 그동안 '해체'를 잘 모르고 있던 정책입안자, 건설산업 종사자, 그리고 건설과 관계가 없는 일반인들에게도 작으나마 이해를 증진시킬 수 있을 것으로 기대한다.