

고층건물을 위한 원격제어 해체전용 장비 및 공법 개발

Development of Remote Controlled Demolition Equipment and Its Demolition Method for High-Rise Buildings

박 종 협* 홍 대 회** 서 영 수*** 김 효 진**** 홍 석 회*****
Park, Jong-Hyup Hong, Daehie Seo, Young-Soo Kim, Hyo-Jin Hong, Seok-Hee

Abstract

The purpose of this study is to explore a safe, advanced, and environment-friendly demolition equipments and their operation methods. As an initial achievement, the capacity of the existing equipments have been evaluated through technical discussions and demonstrations with some experts in the related industry. From these evaluations, it was concluded that a haptic based remote control with force feed-back mechanism and sensor fusion functions would be the most appropriate to the demolition equipments. Therefore, a novel haptic device that is adequately designed for the demolition equipments is proposed in this paper. Top-down demolition method is also proposed, which is very effective in the demolition of high-rise buildings.

요 약

최근 급격히 진행되고 있는 도심지 구조물의 대형화, 고층화에 따른 고층건물의 해체뿐 아니라 극한 환경의 해체현장에서 기존의 해체공법은 인력+장비에 의한 해체작업을 수행하여 언제나 작업자에 대한 치명적인 위험에 노출되어 있었다. 따라서 본 연구는 낙후된 해체산업을 첨단화시키고, 안전하고 친환경적인 해체장비 및 공법을 개발하고자 한다. 이를 위해 첫 번째, 선진외국의 해체장비인 B社와 국내 무인해체장비인 M社의 장비 성능을 비교분석하기 위한 장비시연회를 개최하였다. 이러한 성능의 비교분석을 토대로 해체산업에서 요구되는 기능을 도출하고, 그에 적합한 햅틱장치(haptic device) 기술, 힘반향 메카니즘(force feed-back mechanism), 환경인식용 센서퓨전(sensor fusion) 기술 등 첨단기능이 융합된 무인해체 장비의 요소기술을 제안하였다. 이를 토대로 먼저, 새로운 햅틱장치(haptic device)를 고안하였다. 두 번째로 기존의 고층건물의 기계식 해체공법을 개선한 탑다운(Top-Down) 해체장치 및 공법을 제시하였다.

* (주)내경엔지니어링 R&D실장, 공학박사(nk2900@empal.com)
** 고려대학교 기계공학과 교수, 공학박사(dhhong@korea.ac.kr)
** (주)명한산업개발 대표이사(mh788@hanmail.net)
**** 대한주택공사 연구개발실, 수석연구원(hyojin@jugong.co.kr)
***** (주)내경엔지니어링 구조부, 부사장(hongcon@korea.com)

1. 서론

건설 산업의 변화와 더불어 해체대상 구조물의 대형화와 고층화뿐만 아니라 삼풍백화점 붕괴, 고베 지진 참사에서와 같은 불안정 구조물들의 위험한 상황에서의 해체 문제, 원전시설물의 특수한 해체 문제 등이 대두됨에 따라 해체산업의 중요성이 급격하게 커지고 있다. 그러나 해체산업의 낙후성으로 인해 각종 환경 및 안전 문제에 끊임없이 직면하고 있다. 따라서 낙후된 해체산업의 기술향상을 유도하고 위험하거나 특수한 작업 상황에서 안전하고 친환경적으로 적용할 수 있는 첨단 무인해체 장비 및 공법 개발은 더 이상 미룰 수 없는 국가적과제라 판단된다.

본 연구는 이상에서와 같은 연구배경에 근거하여 해체산업이 갖는 위험성을 감안하여 그동안 주로 사람자체의 노동력에 의지하거나 사람이 조종하는 해체장비에 의해 시행되어오던 구조물 해체작업을 첨단 원격 무인조종 해체장비를 개발하는데 있다. 본 논문에서는 이러한 연구목표 달성을 위해 국내외 무인 해체장비의 성능 비교분석을 하고, 첨단무인 해체장비의 핵심 요소기술인 햅틱장치(haptic device) 기술을 새롭게 고안하고자 한다. 더불어 향후 개발 예정인 첨단 무인해체장비의 실용화와 효율적 이용 방안에 대한 고찰로서 기존공법의 문제점을 분석한 후 새로운 무인 해체공법을 제안하고자 한다.

2. 연구내용

2.1 국내외 무인해체 장비 개발

현재 세계적으로 무인 해체장비 분야에서 최고의 기술력을 보유하고 있는 업체는 국내 건설장비 분야에서도 폭넓은 시장을 점유하고 있는 스웨덴 업체인 B社이다. 아래의 그림 1은 B社의 대표적 무인 원격 조정 장비중의 하나이며, 그림 2는 국내에서는 유일하게 M社가 한국생산기술연구원과 공동으로 개발한 제품이다. 기존에 개발된 이들 무인해체 장비의 성능비교를 위한 합동세미나 및 장비시연회를 가졌으며 표 1은 동급인 B社와 M社 제품의 성능을 비교분석한 것이다.

표 1 해외 및 국내 무인 해체장비의 성능비교



그림 1 스웨덴 B社 무인해체 장비



그림 2 국내 M社 무인 해체장비

항 목	M社(국내)	B社(스웨덴)	
장단점 분석	장비가격	저가로 경제적	고가로 비경제적
	작업효율	상대적 낮음	상대적 높음
	작업장소	제약없음	전기(330volt)필수
	환경공해	소량배출(경유)	무배출(전기)
	작업준비성	거의 없음	동력원선결속 및 이동
	동력	상대적 약함	상대적 우수
	유연성	상대적 약함	상대적 우수
작업반경	직상부 작업불가	직상부 작업가능	

이상의 분석에서 보듯이 스웨덴 B社와 국산 M社 제품의 가장 큰 차이는 B社 제품은 전기식 구동 방식을 채택하여 환경적인 문제를 말끔히 구현하였으며, 작업효율 측면에서 우수하였다. 반면에 상대적으로 너무 고가이며, 전기식(330V)에 따른 작업준비에 많은 어려움이 있는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 비교분석을 토대로 문제점을 개선하고 첨단 로봇 개념을 구현한 무인 해체장비를 개발하고자 하며, 장비에 탑재될 주요 기술로 햅틱장치(haptic device) 구현, 힘반향 메커니즘(force feed-back mechanism), 환경 인식용 센서 퓨전(sensor fusion) 기술이 있다. 그림 3은 이러한 핵심 요소기술 개발과 관련하여 1차적으로 새롭게 고안된 햅틱장치(haptic device)이며, 그림 4는 개방형 GL(OpenGL)을 이용하여 간단한 형태로 굴삭기에 접목시킨 모델링을 보여주고 있다. 고안된 햅틱 장치는 운전자가 직관적으로 쉽게 해체 장비를 운전할 수 있도록 설계가 되어 있어 초보자도 쉽게 접근할 수 있는 장점이 있다.



그림 3 해체장비용 햅틱 장치의 작동 모습



그림 4 햅틱장비 시뮬레이션을 위한 모델링

2.2 탑다운(Top-Down) 공법

기존의 일반 구조물 해체공법은 발파해체와 기계식해체로 대별된다. 분진, 소음 등 각종 환경위해요인 발생과 같은 발파해체공법이 가지는 한계성 때문에 도심지역에서는 기계식해체공법이 주로 적용되고 있다. 해체전용 중장비를 양중하여 해체하는 고층건물의 기계식 해체공법은 상하층간 장비 이동 문제, 건물 상부에서 철거된 잔재처리문제, 작업자 안전에 대해 문제점을 가지고 있다. 따라서 이상과 같은 기존해체공법의 문제점을 개선하기 위한 새로운 공법개발이 필요하며, 이러한 문제해결을 위한 접근방법으로 일반적으로 해체는 건설시공의 역순이라는 개념을 적용하였다. 이를 위해 고교각 시공법 및 건축자동화시공법에 대해 조사 분석하였으며, 이러한 조사 분석을 통해서 그림 5 및 그림 6과 같은 티업(T-UP)공법에서 탑다운(Top-Down) 공법을 제안하고자 한다.



그림 5 티업(T-UP) 공법

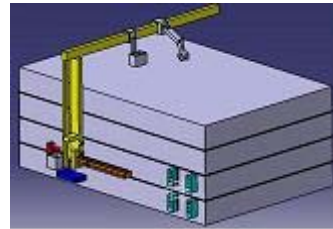
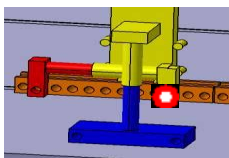
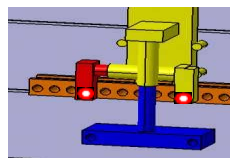


그림 6 탑다운(Top-Down) 공법

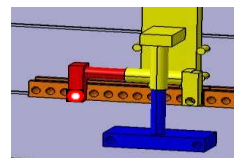
탑다운(Top-Down) 공법은 기존 고층건물 해체공법의 문제점 개선을 위해 제안한 공법이다. 공법원리는 무인 해체장비를 이용한 것으로서 레일을 이용해 한층씩 상부로 건물을 건설하는 티업(T-UP)공법의 역순이다. 탑다운(Top-Down) 공법은 상-하 및 좌-우로 자유롭게 이동하면서 건물해체가 가능한 공법으로 각 공정별 시공법은 그림 7에 보여주고 있다. 이상과 같은 개발 장치 및 공법은 향후 연구진행에 따라 현장 적용실험을 계획 중에 있으며, 현장 적용실험 결과 드러난 문제점을 보완(feed-back)하여 개선된 장치 및 공법으로 발전시키고자 한다.



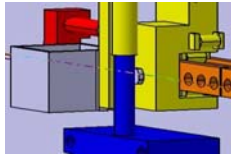
(a) 조인트 체결로 해체장치 고정



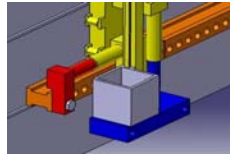
(b) 유압장치 구동과 조인트 체결



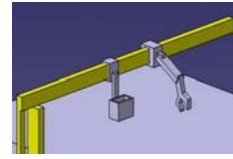
(c) 유압장치 구동으로 측면 이동



(d) 상하이동 유압장치



(e) 작업자용 엘리베이터



(f) 어태치먼트 부착도

그림 7 탑다운(Top-Down) 해체장치 개요도

3. 결론

첨단 로봇개념이 구현된 무인 해체장비의 개발을 위해 시판되는 선진외국의 해체장비와 국내 무인 해체 장비의 시연회를 통하여 기존 장비의 성능을 비교분석하였다. 이러한 결과를 토대로 첨단 해체장비에서 요구되는 기능을 분석하고, 햅틱장치(haptic Device) 기술, 힘반향 메카니즘(force feed-back mechanism), 환경인식용 센서퓨전(sensor fusion) 기술 등 기술개발 항목을 도출하였다. 이러한 기술 개발 방향에 따라 1차적으로 새로운 햅틱장치(haptic device)를 고안하였으며, 고안된 장치는 운전자가 직관적으로 쉽게 해체 장비를 운전할 수 있도록 설계하여 초보자도 쉽게 접근할 수 있는 장점이 있다. 또한 기존의 고층건물의 기계식 해체공법을 개선한 탑다운(Top-Down) 공법을 제시하였다. 이상과 같은 연구를 통해 첨단 무인해체 장비개발이 완료되면 개발장비를 이용한 해체공법의 현장적용 실험 및 문제점의 개선을 통한 실용화가 가능한 무인해체장비의 효율적 이용공법 제시가 가능하리라 판단된다.

후 기

이 논문은 건설교통부 건설핵심기술연구개발사업의 06건설핵심B04과제('06~'11) 연구결과의 일부입니다.

참고문헌

1. 한국건설교통기술평가원, “친환경 도시재생을 위한 첨단 해체 기술”, 주택공사 연구보고서, 2005. 2
2. 한국건설교통기술평가원, “원격조종 토공자동화 시스템 개발”, 한국건설기술연구원 연구보고서, 2004
3. 한국건설교통기술평가원, “환경위해요인 최소화를 위한 고층건물 유형별 최적 해체기술개발”, 대한주택공사 건설핵심기술연구개발사업 1차년도 중간보고서, 2004. 12
4. California Integrated Waste management Board, “Construction and Demolition Management”, State of California, 2005
5. Ron J. Elliott, A.Sc.T. and Gorry Goumans, “Bridge Demolition in an Environmentally Sensitive Area”, The Journal of Explosives Engineering, 1998
6. Yuichi Ikeda, “Application of the Automated Building Construction System using the Conventional method together”, Technical Research Institute ODAYASHI Corporation(ISARC Tokyo), 2006
7. 藤井卓美, “全天候形施工法の現状”, 建設の機械化, 1993
8. 前田純一郎, “スマートシステム-高層ビル自動施工システム”, 建築の技術, 1994