

건설 산업에서의 첨단융합기술 동향 분석에 관한 연구

A Trend Analysis of Advanced Fusion Technology in the Construction Industry

손효주*·김태우**·김창완***·김형관****·한승헌*****·김상범*****·김문겸*****
Son, Hyo-Joo · Kim, Tae-Woo · Kim, Changwan · Kim, Hyoungkwan · Han, Seung H. ·
Kim, Sangbum · Kim Munkyum

ABSTRACT

This paper presents a current perspective on advanced fusion research trends in the construction industry as reflected in the proceedings of International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC) which has focused on advanced fusion technology in last decades. The paper reports the results of a 7-year analysis of papers between 2000 and 2006. The analysis focused on such data as research topics of the proceedings. The paper summarizes the data extracted from the paper and uses it to analyze advanced fusion research trends. The research result shows that the top research topics in advanced fusion research areas are construction robots and automation and intelligent construction management. The research also found that research related to advanced fusion technology is increasing throughout the world and topics are changing as current needs change.

Keywords: ISARC proceedings, Advanced Fusion Technology, Research Trends

1. 서론

건설 산업은 국가의 경제에 중요한 역할을 차지함에도 불구하고, 그동안 노동집약적인 현장 위주의 산업으로 인식되어 왔다. 과거 우리나라의 건설 산업은 우수한 노동력과 저렴한 인건비를 활용하여 발전해 왔지만, 노동력의 부족과 인건비 상승으로 국제적으로 경쟁력을 상실할 위기에 놓이게 되었다. 전 세계적으로 건설 산업은 다양한 기술력을 바탕으로 한 기술 집약적 산업으로 발전하는 추세이며, 최근 혁신적인 첨단융합기술에 대한 연구의 고도화 및 다양화가 이루어지고 있다.

* 중앙대학교 건축공학과 석사과정 Email: hjson0908@wm.cau.ac.kr
** 중앙대학교 건축공학과 석사과정 Email: unitica@wm.cau.ac.kr
*** 중앙대학교 공과대학 건축공학과 조교수 Email: changwan@cau.ac.kr
**** 연세대학교 공과대학 사회환경시스템공학부 조교수 Email: hyoungkwan@yonsei.ac.kr
***** 연세대학교 공과대학 사회환경시스템공학부 부교수 Email: shh6018@yonsei.ac.kr
***** 동국대학교 공과대학 사회환경시스템공학부 조교수 Email: kay95@dongguk.edu
***** 연세대학교 공과대학 사회환경시스템공학부 교수 Email: applymkk@yonsei.ac.kr

따라서 우리나라의 건설 산업이 경쟁력을 갖추기 위해서는 첨단융합기술에 대한 개발의 당위성을 인식하고 과감한 투자를 시행하지 않으면 안 될 시점에 도달하였다. 이를 위해서는 현재 건설 산업에서 이루어지고 있는 첨단융합기술 관련 주요관심분야에 대한 연구 및 발전 동향을 살펴 앞으로 연구되고 개발되어야 할 기술을 파악할 필요가 있다(Abudayyeh, et, al., 2006). 첨단융합기술이란 첨단기술과 건설기술이 융합된 고부가가치 기술을 의미하며, 장기적으로 볼 때 건설 산업이 한 단계 도약하기 위해서는 이러한 기술의 연구 및 개발이 이루어져야 할 것이다(Balaguer, 2004). 연구의 동향을 살펴봄으로써 이에 대한 건설 산업 내 기술 개발 구조의 변화 양상을 파악할 수 있으며, 이러한 분석은 연구가 실제 건설 산업에 미친 영향을 파악하는데 유용한 것이다(Pietroforte and Stefani, 2004). 따라서 본 연구에서는 2000년부터 2006년까지 International Symposium on Automation and Robotics in Construction(ISARC)에서 발표된 773편의 논문을 6개의 분야로 분류하였으며 이를 통해 최근 건설 산업에서 이루어지고 있는 첨단융합기술에 대한 연구 및 개발의 동향을 살펴보고, 향후 건설 산업에서의 연구 분야에 대한 방향성을 제시하였다.

2. 첨단융합기술 동향 분석을 위한 ISARC 논문 분류

ISARC은 1984년 미국에서 처음으로 개최된 이후, 매년 다른 국가에서 전 세계의 국가를 초청하여 심포지엄을 열고 있으며, 매년 개최되는 ISARC을 통해 현재까지 약 1,700여개의 논문이 발표되었다. 본 연구에서는 2000년부터 2006년까지 7년간 ISARC을 통해 발표된 논문을 분석하였으며, 표 1에서 보는 바와 같이 총 773편의 논문(special lecture)이 분석에 사용되었다. 분석기간 동안 논문에 참여한 저자의 수는 1,360명이며, 총 38개국에서 참여하였다.

표 1 ISARC(2000-2006)을 통해 발표된 논문의 현황

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	합계
논문 수	192	59	88	88	116	88	102	733
참여 저자의 수	433	158	191	191	302	225	270	1,360
참여 국가의 수	29	13	18	25	17	21	16	38

본 연구에서는 최근 건설 산업에서 이루어지고 있는 첨단융합기술의 연구 및 개발 동향을 살펴보았다. 따라서 논문을 분석하기 위해 ISARC의 특성과 Value Chain을 고려하여 6개의 주요 분야를 설정하였다. 또한 6개의 분야에 따라 이를 구성하는 세부 주제별로 논문을 분석하였다. 이를 위해 적용된 6개의 분야는 다음과 같다; 1) 설계 최적화; 2) 조달; 3) 건설로봇 및 시공자동화; 4) 지능형 건설현장; 5) 유지관리; 6) 생애주기 및 기타.

프로젝트의 계획 및 설계 단계를 포함하는 설계최적화 분야는 이 단계에서 이루어지는 작업의 효율을 높이기 위한 디자인 보조 시스템, 시각화, 디자인 협력 시스템, 디자인 리뷰 시스템, 디자인 정보 관리 등과 같은 소프트웨어의 개발이 주를 이루고 있다. 조달분야는 계약, 하도급 및 입찰에 대해 초점을 맞추고 있다. 건설로봇 및 시공자동화 분야는 시공 단계에 사용되는 건설 장비의 개발 및 자동화 시스템에 초점을 맞추고 있으며, 주로 하드웨어적인 분야를 다루고 있다.

지능형 건설현장 분야는 시공 단계에서 센서 및 센싱을 통한 현장 모니터링, 시뮬레이션, 가상현실 등의 내용을 다루고 있다. 유지관리 분야는 운영 및 유지관리 단계에 초점을 맞추고 있으며, 검측 및 모니터링을 위한 하드웨어적인 로봇의 개발과 소프트웨어적인 센서 및 센싱 기술 개발과 이 밖에 유지관리 시스템이나 시설물 관리 등에 관한 분야를 다루고 있다. 생애주기 및 기타 분야는 앞에서 설명한 5개의 분야에 포함되지 않는 일반적인, 포괄적인 개념의 건설의 생애주기에 관련된 주제와 기타 분야에 초점을 맞추고 있다.

앞서 언급한 바와 같이, 논문 분석 과정을 통해 6개의 분야로 분류하였으며, 이러한 분석을 통해 각 분야 및 세부주제별 동향을 파악하였다. 2000년부터 2006년 사이에 제출된 논문의 분야별 분류를 통해 첨단융합기술의 연구 및 개발에 대한 연구 동향을 살펴본 결과, 건설로봇 및 시공자동화 분야와 관련한 연구가 전체의 약 36%를 차지하며, 이어 지능형 건설현장 분야에 관한 연구가 34%로, 전체 연구의 70% 이상이 이 두 영역에 집중되어 이루어졌다(그림 1).

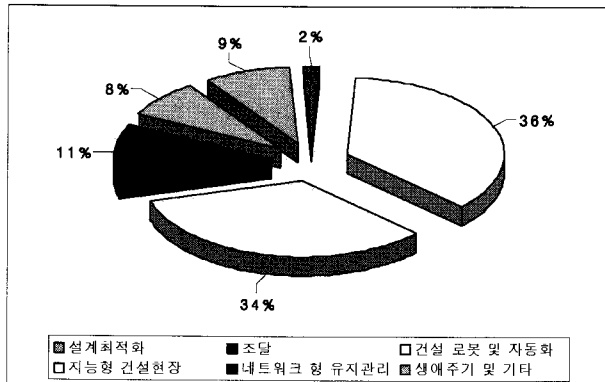


그림 1 6개의 분야에 따른 논문의 분류

3. ISARC 논문 분석을 바탕으로 첨단융합기술 동향 분석

3.1. 6개 분야와 기간에 따른 분석

표 2는 두 가지 관점(6가지 분야와 기간)에 따른 연간 논문의 수를 통계적인 형태로 보여주며, 같은 기간 동안 각 분야가 전체 논문 수에서 차지하는 비율은 최소 1.1%에서부터 최대 43.3%에 이른다. 조사한 기간 내 몇몇 주제들의 상대적인 증감추세를 볼 수 있는데, 설계최적화, 건설로봇 및 시공자동화, 유지관리 분야에 관한 논문은 지능형 건설현장 분야의 감소와 비교했을 때 증가하며, 이러한 변화는 각 분야를 구성하는 세부 주제들의 논문 수가 반영된 결과이다. 2000년도의 건설로봇 및 시공자동화 분야에 관한 연구는 전체 영역의 26%를 차지했으나, 2006년에는 44%로 증가추세에 있다. 설계최적화 분야는 2000년부터 점차 상승하는 추세이며, 평균적으로 전체의 약 8% 정도를 차지한다. 또한 지능형 건설현장 분야의 경우 2000년에는 전체 영역의 33%를 차지했으나, 2002년을 기점으로 점차 감소하는 추세이다.

표 2 6개의 분야와 기간에 따른 ISARC 논문(2000-2006)의 분류

	2000(%)	2001(%)	2002(%)	2003(%)	2004(%)	2005(%)	2006(%)	논문 수
설계최적화	9.90	5.08	7.78	11.36	6.90	10.47	9.80	66
조달	2.60	-	2.22	1.14	-	1.16	1.96	11
건설로봇 및 시공자동화	26.04	57.63	32.22	35.23	37.07	39.53	44.12	266
지능형 건설현장	32.81	30.51	43.33	38.64	39.66	30.23	19.61	246
유지관리	17.71	3.39	8.89	6.82	6.03	11.63	16.67	84
생애주기 및 기타	10.94	3.39	5.56	6.82	10.34	6.98	7.84	60

3.2. 6개 분야를 구성하는 세부주제에 대한 연구 동향 분석

6개의 분야 내의 세부주제에 대한 동향을 살펴보면, 설계최적화 분야의 경우 디자인 보조 시스템과 시각화에 관한 주제가 약 50%를 차지하며, 지능형 건설현장 분야에서는 지능형 현장관리와 센서 및 센싱에 관한 주제가 50% 이상, 유지관리 분야에서는 검측 및 모니터링 시스템에 관한 주제가 약 30%를 차지하는 것으로 분석되었다. 각 분야 내의 주제가 차지하는 비율을 분석한 결과, 각 분야에서 30% 이상 차지하는 세부주제는 설계최적화 분야에서 디자인 보조 시스템, 건설로봇 및 시공자동화 분야에서는 건설로봇, 지능형 건설현장 분야에서는 지능형 현장관리, 유지관리 분야에서는 검측 및 모니터링 시스템, 조달 분야에서는 계약과 관련된 것으로 나타났다. 이러한 세부주제가 가지는 특성을 고려하면 설계 단계에서는 설계 자체의 개발 보다는 더 진보된 디자인 프로세스를 위한 보조 시스템에 중점을 두고 있으며, 시공 단계에서는 기계화와 자동화를 위한 장비 및 시스템 개발에 중점을 두고 있는 것을 알 수 있다. 또한 지능형 건설현장 분야에서는 지능형 현장관리, 센서 및 센싱, 정보 관리에 중점을 두어 연구가 이루어 졌으며, 이를 통해 지속적인 건물의 사용을 위한 보수 등의 유지관리 보다는 아직 시공단계의 관리를 목적으로 하는 연구 및 개발이 진행되고 있음을 알 수 있다.

이를 바탕으로 향후 첨단융합기술 관련 연구 및 개발에 대한 전망을 살펴보면, 건설로봇 및 시공자동화 분야 내에서도 토목공사를 위한 로봇 시스템에 대한 연구가 더욱 활발해질 것이며, 이에 따라 토목공사 시의 정확한 계측 및 시공이 이루어질 것으로 예상된다. 지능형 건설현장 분야에서도 현재 이루어지는 관리 위주의 연구가 향후에도 더욱 활발히 진행되어 보다 발전할 것으로 보인다.

또한 전체 논문에서 차지하는 비율이 높은 상위 5개의 세부주제의 비율을 근거로 하여 2000년부터 2006년까지 총 30편 이상 제출된 논문의 중점 분야 내 세부주제에 대한 연구 동향을 파악하였다(그림 2). 지능형 건설현장 분야의 센서 및 센싱 관련 주제와 건설로봇 및 시공자동화 분야의 토공장비와 관련한 연구는 2000년에 비해 점차 증가하고 있으며, 지능형 건설현장 분야의 정보 관리 관련 주제와 유지관리 분야의 검측 및 모니터링 시스템 관련 주제는 감소하고 있는 것으로 나타났다. 한편 지능형 건설현장 분야의 지능형 현장관리 관련 연구는 변화 추세가 일정하지 않지만, 전체 논문에서 차지하는 비율이 가장 높으며 지속적으로 연구가 이루어질 것으로 보인다.

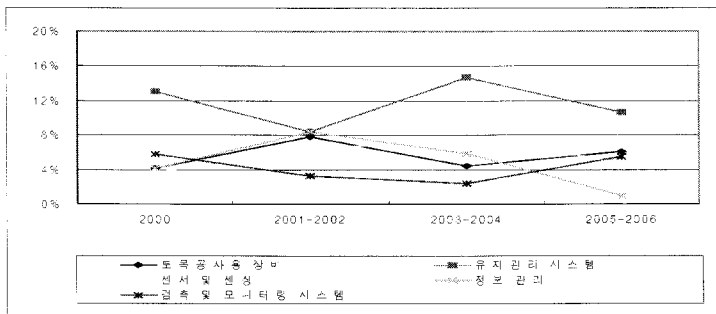


그림 2 세부 주제 및 기간에 대한 연구 동향

4. 결론

건설시장이 진면 개방된 현시점에서 우리나라의 건설 산업이 전 세계적으로 경쟁력을 갖추기 위해서는 첨단융합기술에 대한 연구 및 발전 동향을 살펴 앞으로 연구되고 개발되어야 할 기술을 파악할 필요가 있다. 이를 위해 건설 산업에서 첨단융합기술에 관한 연구 및 개발이 이루어지고 있는 ISARC에서 발표된 최근 7년간의 논문을 분석하여 이에 대한 동향을 살펴보고자 하였다.

분석 결과 건설로봇 및 시공자동화 분야와 지능형 건설현장 분야에 관한 연구가 전체의 70% 이상 이루어진 것으로 보아 기술 연구 및 개발이 시공단계에 집중되어 이루어진 것으로 나타났다. 또한 설계최적화, 건설로봇 및 시공자동화, 유지관리 분야에 관한 논문은 지능형 건설현장 분야의 감소와 비교했을 때 증가하는 추세로 분석되었다. 연구가 가장 활발하게 이루어지고 있는 세부주제를 살펴보면 건설로봇 및 시공자동화 분야의 토목공사용 장비, 지능형 건설현장 분야의 센서 및 센싱과 정보 관리, 유지관리 분야의 검측 및 모니터링 시스템과 유지관리 시스템으로 나타났다. 과거 건설 분야에서는 주로 하드웨어적인 연구 및 기술 개발에 대한 주제에 중점을 두었으나, 최근 다양한 소프트웨어적인 영역에 대한 연구가 증가하고 있으며 기존 건설업을 보완하는 추세로 발전하고 있음을 보여준다. 또한 현재의 추세로 보아 건설 산업에서 첨단융합기술에 대한 연구와 관심이 높아질 것으로 보이며, 더 나아가 네트워크를 이용한 유지 및 관리 부문에 관한 연구가 확대될 것으로 예상된다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부 건설교통기술평가원의 지원에 의하여 첨단융합건설연구단 주관으로 수행된 과제 내용의 일부를 정리한 것입니다. 연구비 지원에 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

- Abudayyeh, O.** (2006) Research Publication Trends and Topics in Computing in Civil Engineering, *Journal of Computing in Civil Engineering, ASCE*, 20(1), pp.2-12.
- Balaguer, C.** (2004) Nowadays Trends in Robotics and Automation in Construction Industry: Transition from Hard to Soft Robotics, *21st International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC'04)*, Jeju, Korea.
- Pietroforte, R. and Stefani, T.P.** (2004) ASCE Journal of Construction Engineering and Management: Review of the Years 1983-2000, *Journal of Computing in Civil Engineering, ASCE*, 20(1), pp.2-12.