

건설현장 험지환경용 자재운반 로봇의 서스펜션 적용방안 도출

김균태*, 전영훈**, 박환표**

*한국건설기술연구원 건설정책연구본부 / 과학기술연합대학원대학교 KICT School

**한국건설기술연구원 건설정책연구본부

*e-mail: ktkim@kict.re.kr

Development of Suspension Application Strategies for Material Transport Robots in Rugged Construction Environments

Kyoon-Tai Kim*, Young-hun Jun**, Hwan-Pyo Park**

*Construction Policy Research Headquarter, Korea Institute of Civil Engineering
and Building Technology / KICT School, University of Science and Technology.

Corresponding author

**Construction Policy Research Headquarter, Korea Institute of Civil
Engineering and Building Technology

요약

최근에 건설공사의 인력난과 안전사고 문제를 해결하기 위하여, 건설현장에서도 스마트 건설기술이 적극 도입되고 있다. 자재운반 분야에서도 자율주행 로봇인 ND-1이 개발되었는데, 경사로, 문턱, 노면 요철, 자갈바닥 등 비구조화된 험지환경 주행시에 발생하는 충격을 완화하는 기능이 없다는 한계가 있다. 본 연구는 이러한 점에 착안하여 ND-1의 건설현장 적용상 한계를 분석하고, 험지주행시 발생할 수 있는 충격을 완화하기 위한 서스펜션의 적용방안을 제시하였다. 향후에는 제시된 서스펜션 구조를 상세설계하여 실물모델을 만들고, 이를 실제 건설현장에 시험적용할 예정이다.

1. 서론

2024년도 전체산업의 사고성 사망만인율은 0.39, 건설업은 1.57로 약 4.0배 수준으로, 건설산업은 전체 산업 중 사망사고 발생률 1위를 차지하고 있으며, 최근 10년간 비슷한 추세를 보이고 있다[1]. 또한 중량(重量) 자재의 수작업 운반은 근골격계 질환과 안전사고의 주요 원인으로 지목되고 있는데, 제조업에서 중량물 취급관련 사고는 15~20% 수준[2]이며, 건설업은 이보다 클 것으로 추정되고 있다.

최근에는 건설현장의 노동력 고령화 및 인력 부족이 심화된다는 문제도 이슈이다. 2015년에 전체 건설 기능인력 약 150만명 중 40대 이하가 약 55.0%, 50대 이상이 약 45.0%이던 것[3]이, 2025년에는 기능인력 134만명 중 40대 이하가 약 38.2%, 50대 이상이 약 61.8%[3]로 전체 연령의 건설기능인력 감소와 청년층 급감 추세가 두드러지고 있다.

한편 최근에는 양중계획의 중요성이 점점 더 부각되고 있다. 왜냐하면 타워크레인이나 호이스트의 운영 효율이 떨어지면 대기 시간이 발생하고, 이는 골조 공사 등 후속 공정의 지연으로 이

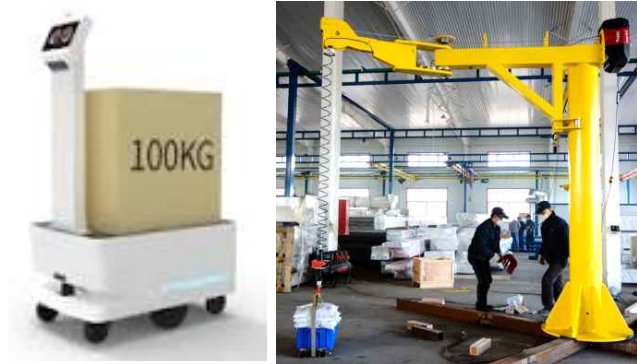
어져 전체 공기에 막대한 영향을 미칠 수 있기 때문이다. 또한 자재가 적재적소에 미리 배치되어 있어야 숙련공들이 끊임없이 작업할 수 있다는 점도 매우 중요하다.

이러한 문제들을 해결하고자 건설현장에서 자재를 운반할 수 있는 자율주행 로봇의 필요성이 제기되고 있으나, 건설현장은 공장이나 물류창고와 달리 노면이 불균일하고, 경사로·문턱·자갈바닥 등 다양한 험지 환경이 존재하여 기존의 실내 물류로봇을 적용하는 것이 용이하지 않은 실정이다. 이에 건설현장 전용의 자재운반 로봇을 개발·적용하려는 시도가 이루어지고 있으나, 험지 환경에 대응하기 위한 서스펜션이 부재하여 주행불안정 등의 문제가 발생하고 있다. 이에 본 연구에서는 건설현장 자재 운반용 자율주행 로봇에서 서스펜션 시스템의 필요성을 제기하고 그 개념을 도출하고자 한다.

2. 타 분야 기술동향

물류 분야에서는 Amazon Robotics, Locus Robotics 등이 창고 내 AGV/AMR을 공급하고 있다(그림 1 참조). 하지만 이들은 평탄한 실내 환경에 최적화되어, 비구조화된 건설현장의 험지 주행은 적합하지 않다. 또 현재 공장, 물류창고 등에서는 다양한

형태의 중량물 운반 보조장치들이 사용되고 있는데(그림 2 참조), 작업장소를 이동하는 경우가 많은 건설현장에서는 이들 보조장치를 사용하기 어려운 경우가 대부분이다. 최근에 스마트건설 등의 영향으로 Hilti의 Jaibot(천장 시공 로봇), Boston Dynamics의 Spot(현장 모니터링) 등 일부 작업에 대한 건설자동화·로봇이 출시되고 있다. 하지만 이들은 중량의 건설자재 운반을 목적으로 하지 않는다.



[그림 1] 산업용 AGV사례 [그림 2] 중량물 운반 보조장치 예시

3. 서스펜션 적용방안 도출

3.1 자재 운반용 자율주행 로봇 동향

최근에 G사(社)에서는 건설현장 자재운반에 특화시켜 4족 보행형 로봇 'ND-1'을 개발하였다. ND-1은 4개의 트러스 구조 다리, 4륜 독립조향 시스템, 제로턴(Zero-turn) 메커니즘, 파레트 적재 방식 등 건설현장에 특화된 독자적 설계를 보유하고 있다 (표 1 및 그림 3 참조).

[표 1] ND-1의 주요사양

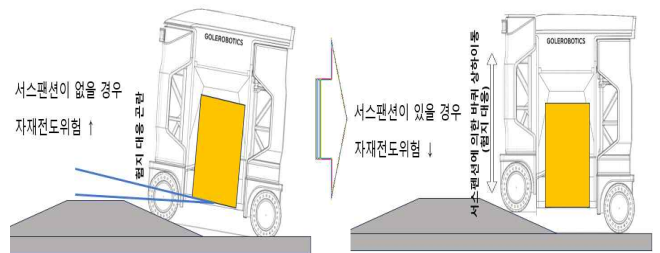
항목	사양(단위mm)
크기	폭×높이 = 950×1,500
적재공간 높이	1,300(상승시 1,500)
적재방식	건자재를 ND-1 내부에 적재
조향	4륜 독립조향 및 제로턴 구동
제어방식	현장내 자율주행



[그림 3] ND-1

3.2 ND-1의 한계

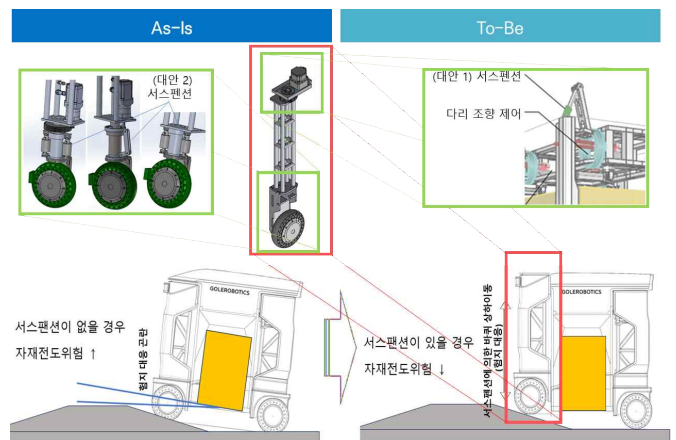
현재의 ND-1은 경사로, 문턱, 노면 요철, 자갈바닥 등 비구조화된 험지 환경인 건설현장을 주행하는 것을 전제로 개발되었다. 하지만 이와 같은 험지를 주행할 때에 필연적으로 충격이 발생하게 되는 데, 이러한 충격을 흡수할 수 있는 완충장치가 미비된 실정이다. 이로 인하여 험지 환경을 주행하면서 발생하는 충격이 ND-1 본체로 직접 전달되고 있다. 하지만 충격이 ND-1 본체로 전달되면, ① 적재 건자재의 파손 위험, ② 라이다·카메라 등 센서의 정밀도 저하, ③ 자율주행 성능 급감, ④ 주행 불안정(바퀴 접지력 불균일) 등의 문제를 야기한다(그림 4 참조). 그리고, 이는 건설현장 실증 및 사업화에 결정적인 장애요인으로 작용하고 있다.



[그림 4] 서스펜션 유무에 따른 거동 차이

3.3 서스펜션 적용방안

현재의 ND-1이 가지고 있는 기술적 난제를 요약하면, ① 4족 구조에 적합한 서스펜션 배치·기구설계, ② 제로턴 메커니즘과 서스펜션의 간섭 배제, ③ 중량물적재 시 서스펜션 강성 등 확보, ④ 경제적 서스펜션 구동 방안 등이 있다. 이를 감안한 서스펜션 적용방안은 (그림 5)와 같다. 대안 1은 ND-1의 어깨부에 서스펜션을 배치하는 것으로, 방향전환 시에 오차를 줄일 것으로 기대되는 반면, 제로턴 메커니즘과 간섭이 생기고 시스템이 복잡해질 수 있다. 대안 2는 ND-1의 발목부에 배치하는 것으로, 메커니즘은 단순해지나 방향전환시에 오차가 커질 우려가 있다.



[그림 5] 서스펜션 적용방안

4. 결론

최근에 건설공사의 인력난 해소 및 안전도 향상을 위하여 건설 현장에서도 스마트 건설기술이 적극 도입되고 있다. 자재운반 분야에서도 자율주행 로봇인 ND-1이 개발되었는데, 험지환경 주행시에 발생하는 충격을 완화하는 기능이 없다는 한계가 있다. 본 연구는 이러한 점에 착안하여 ND-1의 한계를 분석하고, 험지 주행시 발생할 수 있는 충격을 완화하기 위한 서스펜션의 적용 방안을 제시하였다. 향후에는 제시된 서스펜션 구조를 상세설계하여 실물모델을 만들고, 이를 실제 건설현장에 시험적용할 예정이다.

Acknowledgement

본 논문은 국토교통부 / 한국건설기술연구원 스마트건설지원 센터의 2026년 스마트 건설기술 실·검증 연구 지원사업“건설현장의 자재 운반용 자율주행 로봇의 전복방지 서스펜션 기술 개발”과제 결과의 일부임. 과제번호:20260002-017

참고문헌

- [1] 최수영, '23년 OECD 경제 10대국 건설업 사고사망만인률 비교', 건설동향 BRIEFing, CERIK, 2025.8.14.
- [2] 양승태, '자동차 부품제조업에서의 중량물 취급 사고의 특성 및 위험성 분석', 한성대학교 대학원 산업경영공학과 안전및 인간공학전공, 박사학위논문, 2018.
- [3] 강승복, '최근 건설업 노동시장 위기의 원인과 발전방향', 지역산업과고용-2025여름호