

## 다영역 작전에서의 공병장비 발전 필요성 도출

이영준\*, 노건희(공동저자)\*\*, 최명진(교신저자)\*\*\*

\*육군대학 / 건양대학교 방위산업학과

e-mail:z1wns0705@naver.com

\*\*\* 건양대학교 유무인항공과

e-mail:officesky@konyang.ac.kr

### Deriving the Necessity for the Advancement of Engineering Equipment in Multi-Domain Operations

Young-Jun Lee\*, Geon-Hui Roh\*\*

Army Staff college, Republic of Korea Army / Department of Defense Industry,  
Konyang University

Myung-Jin Choi\*\*\*

\*\*\* Department of Aerial Manned-Unmanned Teaming Systems Engineering,  
Konyang University

본 연구는 인구 절벽에 따른 유기적 병력 자원의 급격한 감소와 전장의 외연이 우주로 확장되는 다영역 작전(MDO) 환경에 주목한다. 현재 우리 군은 숙련된 공병 인력 부족이라는 현실적 위협과 화성·달 기지 건설 등 미래 국방 우주 전략의 기술적 요구라는 이중 과제에 직면해 있다.

전통적인 인력 중심의 공병 작전은 고위험 전장 환경에서 인명 피해를 가중시키며, 우주와 같은 극한 환경에서는 인구의 직접 투입이 불가능에 가깝다. 따라서 인공지능(AI)과 로봇틱스가 결합된 '미래 건설로봇'의 도입은 단순한 효율성 제고를 넘어, 군의 생존성과 지속 가능성을 결정짓는 필수적 선택이다. 이에 본 논문은 지상과 우주를 아우르는 미래 건설로봇의 기술적 필요성을 분석하고, 공병 부대의 작전 수행 능력을 획기적으로 향상할 수 있는 구체적인 발전 방향을 제시하고자 한다.

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경과 목적

#### 1.1.1 연구의 배경

21세기 국제 안보 환경은 4차 산업혁명의 가속화와 더불어 다영역 작전(Multi-Domain Operations, MDO) 체계로의 급격한 패러다임 전환을 맞이하고 있다. 과거의 전쟁이 지상, 해상, 공중이라는 물리적 공간에 국한되었다면, 현대 및 미래의 전장은 사이버, 전자기파, 그리고 우주 공간으로 그 외연(外緣)을 확장하고 있다. 이러한 전장 환경의 변화 속에서 군의 기반 시설을 구축하고 기동을 지원하는 공병 부대의 역할을 더욱 긴요해지고 있으나, 현재 대한민국 국군은 유례없는 내외적 도전에 직면해 있다.

첫째, 인구 절벽에 따른 병력 자원의 급격한 감소이다. 통계청의 장래인구추계에 따르면 대한민국은 저출산·고령화의 심화로 인해 가용 병력 자원이 기하급수적으로 감소하고 있으며, 이는 노동 집약적인 특성을 지닌 공병 부대에 치명적인 위협이 되고 있다. 숙련된 공병 인력의 부족은 단순한 부

대 운용의 어려움을 넘어, 전시 적시적인 공병 5대 기능(기동·대기동·일반공병지원·지형정보지원·생존지원)의 능력 저하로 직결된다.

둘째, 전장의 극한화와 위험도의 증가이다. 현대전의 고도화된 화력 체계는 공병 작전 환경을 더욱 위험하게 만들고 있으며, 특히 화생방(CBRN) 오염 지역이나 지뢰 지대와 같은 고위험 환경에서의 인력 투입은 심각한 인명 손실을 초래할 수 있다. 나아가 국방 우주 전략의 추진에 따라 먼 미래에는 달이나 화성과 같은 타 행성에서의 전진기지 구축 및 인프라 건설 수요가 제기 될 수 있으며, 인간의 생존이 불가능한 우주 환경에서의 건설 작전은 기존의 인력 중심 체계로는 불가능에 가깝다.

#### 1.1.2 연구의 목적

시대적 요구와 기술적 한계를 극복하기 위한 핵심 수단으로서 다영역 작전에서의 공병장비의 필요성을 역설하고, 이를 통한 공병 부대의 작전 수행 능력 향상 방안을 제시하는데 목적이 있다. 구체적으로는 병력 감소에 대응하는 인력 대체 장비로서의 가치와, 미래 우주 전장이라는 극한 환경

에서의 작전 지속성을 보장하는 기술적 타당성을 분석하고자 한다.

이를 위해 본 논문에서는 현재 공병부대가 처한 제한 사항을 데이터 기반으로 진단하고, 국내외 건설로봇 기술의 비전 동향과 주요 선진국의 군사적 운용 사례를 고찰한다. 최종적으로는 다영역 작전에서의 공병부대전용 로봇의 단계별 도입 로드맵과 유·무인 복합체계(MUM-T)기반의 공병부대 운용 개념을 정립함으로써, 인력 중심에서 기술 중심의 첨단 공병으로 도약하기 위한 정책적·기술적 대안을 제시하고자 한다.

## 1.2 연구의 범위 및 방법

### 1.2.1 연구의 범위

본 연구는 공간적 범위는 한반도 지상 작전 환경을 기본으로 하되, 미래 국방 전략의 핵심인 우주 공간에서의 건설 소요까지를 포괄한다. 내용적 범위로는 단순히 기존 건설 장비의 원격 조종화를 넘어, 인공지능(AI)과 자율주행 기술을 결합된 지능형 건설 로봇 플랫폼에 집중한다. 특히 4족 보행 로봇(SPOT 등)과 같은 소형 다목적 로봇부터 중대형 무인 건설 중장비에 이르기까지 그 형태와 임무를 다각도로 분석한다. 그리고 본 연구간 제시하는 미래는 중장기 미래로 15년 후의 미래에 대해 제시하도록 하겠다.

### 1.2.2 연구의 방법

본 연구는 문헌 연구와 사례 분석을 병행하는 질적 연구 방법(Qualitative Research)을 주로 사용한다.

첫째, 국방부의 '국방혁신 4.0'정책 문서와 국방통계연보를 통해 병력 감축의 실태와 국방 로봇 도입의 당위성을 확보한다.

둘째, 미국, 이스라엘, 러시아 등 주요 국가의 군용 공병 로봇 운용 사례를 비교 분석하여 한국군에 적용 가능한 시사점을 도출한다.

마지막으로, 군 전문가 인터뷰 및 관련 세미나 자료를 참고하여 실효성 있는 공병 부대 발전 방향을 도출한다.

## 2. 미래 전장 환경 변화와 공병 작전의 제한 사항

### 2.1 인구 구조 변화에 따른 공병 병력 자원 감소 현황

병무청 '2024병력통계연보'를 분석했을 때 현재 대한민국은 현역병 수행이 가능한 병역대상자 남성은 '19년도부터 점차 감소하고 있다. 국방부에서는 이것에 발맞춰 국방혁신 4.0을 기획하면서 인구절벽 시대의 군사제도를 만들고자 한

다.

육군 군사평론 제473호를 살펴보면, 국방혁신 4.0이전의 계획인 국방개혁 2.0에 맞춰 공병부대의 부대구조는 병력감축의 계획에 맞춰 첨단 장비 위주의 임무수행으로 변화하도록 요구한다고 평가하고 있다.

### 2.2. 현대 및 미래 전장의 다영역화와 기술적 요구

미래전장은 지상에 국한되지 않는다. 대도시 지역(MOUT)의 복잡한 지하 시설(UGF), 산악 지대의 험지, 그리고 대기권 밖의 우주 공간이 하나의 유기적인 전장으로 통합되고 있다.

현대 전장상황에서의 공병부대는 다양한 환경에 신속하게 적응하고 새로운 건물을 건설하거나 기존 시설을 복구해야 하는 능력이 필요하다. 이를 위해서는 현 지구상에 있는 복잡한 기후에도 적응하여 언제든 움직이며 건설할 수 있는 기술이 요구되고 있다.

미래 전장상황에서는 대기권 밖의 우주 공간에서의 새로운 '개척'을 위한 능력을 구비하기 위한 기술력이 필요하다.

### 2.3. 현용 공병 장비의 노후화 및 무인화 수준 분석

현재 우리 군이 보유한 공병 장비(굴착기, 도저, 로우더, 다목적굴착기 등)의 대부분은 유인 탑승형 체계에 머물러 있다. 이러한 장비들은 적의 드론 및 정밀 타격 수단에 노출될 경우 조종수의 생존을 보장하기 어렵다. 또한, 기존 장비에 원격 조종 키트를 장착하는 시도가 이루어지고 있으나, 이는 기술적 과도기 모델로서의 한계를 지니며 로봇 공학적 설계가 반영된 '전용 플랫폼'과는 성능 면에서 큰 차이를 보인다.

국방과학기술 기본계획상 유·무인 복합의 국방전략기술은 ① 유·무인협업 ② 자율 임무수행 ③ 차세대 위리어 플랫폼이며 개발 목표를 살펴보면 ① 보조/지원 임무수행 → ② 유·무인 협업 임무수행 → ③ 무인체계 자율 임무 수행을 지향하고 있으나, 현재 보유중인 장비로는 국방혁신 4.0에서 요구하는 AI기반 유·무인 복합전투체계의 실현은 제한적이라고 볼 수 있다.

따라서 미래 공병은 기존 장비의 개량을 넘어, 처음부터 무인 운용을 전제로 설계된 지능형 건설로봇 체계로의 전환과 미래 우주공간에서의 활용이 가능한 범용성 있는 장비의 개발이 필요하다.

## 3. 미래 건설로봇의 기술적 특성 및 국내외발전 동향

### 3.1 자율주행 및 AI기반 원격 건설 로봇 기술

미래 건설로봇의 핵심은 인간의 개입을 최소화 하면서도 복잡한 건설 임무를 수행하는 데 있다. 이를 위해 다음과 같은 세 가지 핵심 기술이 요구된다.

1. 환경 인식 및 지도화(SLAM) : LiDAR와 Stereo Camera를 결합하여 전방의 장애물과 지형을 실시간 3D 데이터로 변환한다. 이는 공병 부대가 미개척지나 붕괴된 건물 내부를 통과할 때 안전한 경로를 설정하는 기초가 된다.
2. 머신러닝 기반 작업 최적화 : 단순한 이동을 넘어, 토사 굴착 시 최적의 각도를 계산하거나 구조물 배치 시 하중을 견딜 수 있는 지점을 AI가 스스로 판단한다.
3. 지연 시간(Latency) 극복 통신 : 우주 전장이나 원격 오염 지대 작전 시 발생하는 통신 지연을 극복하기 위해 로봇 스스로 판단하여 행동하는 ‘준자율(Semi-Autonomous)’모드가 필수적이다.

### 3.2 극한 환경 특화 건설 기술

우주 공간과 지상의 고위험 지역(CBRN)은 공통적으로 인간의 접근이 제한된다는 특성이 있다. 우주 전장의 경우 달의 미세먼지(Regolith)로부터 기계를 보호하는 밀봉 기술과 저중력 환경에서의 장비의 접지력을 유지하는 자세 제어 기술이 포함된다.

지상 극한지는 방사능 차폐 설계 및 고온·저온을 견딜 수 있는 설계가 적용된 로봇이 필요하며, 이런 기술을 접목 시켜서 극한 환경에서 기동이 가능한 장비를 개발해야 한다. 한반도의 상황에는 1953년 정전협정 이후 생성된 DMZ일대의 복합장애물지대 또한 극한 환경이라 정의 할 수 있다.

극한 상황에 더해 전시에는 더 복잡한 상황이 발생할 수 있기 때문에 신속성, 안정성, 방호성, 균형성 등 다양한 요소가 요구된다. 이에 현장 타설을 통한 시공법이나 모듈러 공법을 통한 방법의 경우 인력·자재 소요가 많기 때문에 3D 프린터를 활용하여 공기를 단축시키고 신속하게 건축물을 설치하는 기술 발전이 필요하다.

### 3.3 주요국 군용 건설로봇 운용 사례분석

주요국가들의 최근 공병장비들을 살펴보면 실전에 배치하여 그 효용성을 증명하고 있다.

이스라엘의 ‘D9R Panda’는 세계에서 가장 유명한 무인 불도저이다. 시가전에서 적의 매복이 예상되는 지역에 투입되어 건물을 철거하거나 통로를 개척하며 조종수는 장갑차 내부나 후방 지휘소에서 안전하게 조종하며 이는 인명 피해를 0%로 줄이는 혁신을 가져왔다.

미국의 ‘Leader-Follower’ 시스템은 오시코시 디펜스(Oshkosh Defense)사가 개발한 기술로, 선두의 유인 공병 차량을 다수의 무인 건설 차량이 자동으로 따라가는 체계이다. 도로 개설 및 물자 운반 시 필요한 인력을 1/3 수준으로 감축시켰다.

미국의 ‘PackBot(iRobot)’는 소형 케도형 로봇으로 위험 지역을 탐색하거나 폭발물 처리(EOD)를 수행하고 있으며 아프가니스탄, 이라크 전 등 실전에 잘 투입된 장비이다.

러시아의 ‘Uran-6’는 소형 케도형 로봇으로 지뢰 제거에 특화되어 있다. 시리아 내전에서 고대 유적지 지뢰 제거 임무를 완벽히 수행하며 무인 공병의 실효성을 입증했다.

위에 설명한 장비들을 살펴볼 때 현재까지 개발된 장비들은 대부분 EOD중심으로 개발되었으며 완전 자율화는 없고 유·무인 협업단계라 볼 수 있다.

## 4. 미래 건설로봇의 도입 필요성 및 공병 작전 활용 방안

### 4.1 지상 작전 : 장애물 개척 및 진지 구축의 자동화

전시 공병은 장애물 개척과 진지 구축에 있어서 다양한 장비를 투입하고 있으며, 특히 장애물 개척간에는 병력의 손실 예방을 위해 장비의 무인화를 지속적으로 추진하고 있다.

극한 환경인 DMZ일대에는 복합장애물은 미개척 지뢰지대로 현존하는 지뢰탐지기로 탐지가 제한적인 목함지뢰의 매설이나, 도심지역과 지하시설에는 다양한 트랩이 설치되어 인력 투입시 전투력 손실을 초래할 수 있다. 인구 절벽시대에 인력 손실은 그 손실을 복구하기 까지 많은 노력이 필요하기 때문에 이에 대한 전투력 손실을 예방하기 위한 무인 장비 투입이 필수적인 요소라 볼 수 있다.

다양한 환경에서의 진지 구축 및 시설물 건축, 기존 시설물 복구에는 많은 자원이 요구되기도 하며 특정 기술자의 능력이 요구되는 과업이다. 효율적인 임무수행을 위해서는 기술자들의 전투피로도를 줄이고 다양한 환경에서 자재 조달이 용이하며 신속하게 건축물을 구축 할 수 있는 능력이 필요하다. 이에 3D프린팅을 활용한 건설장비의 구축과 ‘Leader-Follower’시스템을 활용한 물자 운반 등을 통해서 유·무인 협업 시스템 구축을 통해 감축된 병력의 공백을 보충함과 동시에 인력의 전문성을 제고하여 인력을 양성하여 현장에서 기술지원을 해야 한다.

### 4.2 미래 작전 : 국방 우주 인프라 및 전진기지 구축

앞서 제시한 공병장비는 우주 전장에서의 단순한 건설로

봇이 아닌 ‘개척자’의 역할을 수행한다. 우주 전장은 앞서 말한 극한 환경 중 하나로 저중력에 대한 대응 방안과 미세먼지에 대한 대처가 필요하다.

‘개척자’로써의 공병작전은 주로 건설위주의 작전을 수행할 것으로 판단된다. 주된 필요 능력은 현지 자원활용(ISRU)을 통한 건설능력의 구비가 필수적이다. 특히 달의 토양을 3D 프린팅 재료로 활용하여 로봇이 스스로 관측소나 통신 기지를 건설하는 시나리오이다. 이는 지구에서 건설 자재를 운송하는 막대한 비용을 절감시킬 수 있다. 또한 본토에서 추진된 각종 기지에 대한 보수 설비 능력 또한 갖추어야 한다.

#### 4.3 유·무인 복합체계(MUM-T) 기반의 공병 부대 운용 개념

미래형 공병장비를 활용한 공병 부대 운용 개념은 유·무인 복합체계로 시작되어야 한다. 그 시작은 로봇과 인간의 팀워크로 재편되어야 한다.

미래 공병 부대 편성은 현 육군교리의 공병부대 편성을 기초로 하며 기동지원의 경우 무인개척장비와 운용관을 추가 편성하여 기동능력을 향상시킨다.

일반공병지원을 위한 편성은 공병중대 내 공병소대를 개편하도록 한다. 공병소대는 총 4개의 팀과 1개 본부로 구성하며 각 반단 2개 팀을 운용한다. 팀당 공병장비운용관 1명과 차량정비관 1명을 편성한다. 장비의 편성은 공병장비운용관 1명 당 2대의 정찰용 4족 로봇(SPOT 등)과 1대의 대형 무인 굴착기와 1대의 3D프린터 건설로봇, 2대의 무인 소형다목적공병장비(용접, 적하역 등 지원 로봇)를 편성하여 운용한다. 1명의 차량정비관은 ‘Leader-Follower’ 시스템을 활용한 차륜+궤도 차량 4대를 편성운용한다. 작전은 1개 반씩 투입하여 임무수행하며 반의 소요 판단은 현 육군 교리의 여단 내 대대 직접지원 및 여단 본부 지원을 위한 편성으로 고려하였다.

운용방식은 정찰 로봇에 의해 지형 및 건축물에 의해 스캔하면 AI를 기반한 최적의 건설 계획을 제안하고, 통제관 승인 하에 무인 굴착기가 작업하며, 3D프린터 로봇을 통한 타설 및 소형다목적공병장비를 통한 실내 배관 및 전선 설비 및 마감처리를 진행하며, 물자 및 장비의 운반은 차륜+궤도트럭을 통해 일괄 이동하는 형태이다. 전장 환경에 따라 토취장 필요시 1개 팀을 토취장에 운용함으로써 현장에서 자재를 최대한 수급하여 운용하도록 하겠다. 이는 소수 정예 인원으로 대규모 공병 임무를 수행 가능하게 한다.

## 5. 결론

미래의 국방혁신의 핵심은 변화하는 다양한 전장환경과

인구 절벽 시대의 병력 감소라는 위기 속에서 기회로 바꿀 수 있는 유·무인복합체계의 발전이다. 특히, 공병 작전에 있어서 유·무인 복합체계를 연동한 미래 공병로봇의 개발은 복잡·다양한 극한 환경을 극복하는 데 더욱 필요할 것으로 사료된다. 본 연구가 제시한 로봇 중심의 공병 작전 체계는 향후 지상 작전의 승패는 물론, 대한민국이 우주 강국으로서 국방력을 확장하는 데 결정적인 초석이 될 것이다.

#### 참고문헌

- [1] 최홍철, 조재봉. (2025, 12). 최근 전쟁에서의 무인지상 로봇 활용 및 발전방향. 국방과 기술, (562), 168-185.
- [2] 김신숙, "인구감소 시기 강한 국방을 위한 병역제도 설계 : 군인력 정책의 질적 전환을 위한 제안", 국방정책연구, 제39권 제4호, pp. 7-32, 12월, 2023년.
- [3] 심재빈, 도시원, "변화된 환경에서 효율적인 공병부대 운용방안", 군사평론, 제473호, pp. 101-131, 3월, 2022년
- [4] 국방부장관, "국방과학기술혁신 기본계획", 5월, 2023년
- [5] 국방부장관, "국방혁신 4.0", 2월, 2023년
- [6] 김종철, "2024 병무통계연보", 6월, 2025년