

# 생체 모사형 굴삭 로봇의 지하 이동 메커니즘 개발

## Bio-Inspired Burrowing Robot System based on Underground Moving Mechanism

\*윤세미<sup>1</sup>, 황상우<sup>1</sup>, 홍대희<sup>2#</sup>, 문성민<sup>1</sup>

\*S. YOON<sup>1</sup>, S. Hwang<sup>1</sup>, D. Hong(dhhong@korea.ac.kr)<sup>2#</sup>, S. M. Moon<sup>1</sup>

<sup>1</sup>고려대학교 기계공학과, <sup>2</sup>고려대학교 기계공학부

Key words : Bio-inspired burrowing robot, Underground moving mechanism, Air-blowing carrying

### 1. 서론

현재 터널링을 위한 시추장비나 TBM과 같은 대형 기계 시스템이 많이 발전되어 있으나, 탐사를 목적으로 하는 소형 로봇 형태의 시스템은 찾기 힘든 실정이다. 지하 탐사용 로봇의 개발은 토질 및 광물, 지하자원의 조사, 군사용 목적 등 다방면으로 사용 가능하기 때문에 유망한 개발 과제이다. 이에 우리는 땅속 생물인 땅강아지와 지렁이를 모티브로 한 지하 이동 로봇을 개발하였다.

지하 이동을 위한 로봇에는 Excavation, Carrying, Discharging, Forward Movement, Direction Control의 기능들이 필요하다. 이 기능을 구현한 로봇 시스템을 위해, 우리는 흙을 파내는 것과 흙 속에서 unit을 이동 시키는 방법은 땅강아지의 움직임에서, 파낸 흙을 unit 뒤로 이동시키는 방법을 지렁이의 움직임을 모사하여 메커니즘을 제작하였다.

### 2. Excavation Mechanism

실질적으로 발전되어온 굴토 방식은 TBM과 시추장비에 사용되는 Bit 형식이다. 우리는 시추장비의 Bit 형식을 차용하되 땅강아지가 흙 속에서 이동할 때 앞발로 흙을 파내는 형태를 모사하여 단순화시켰다.

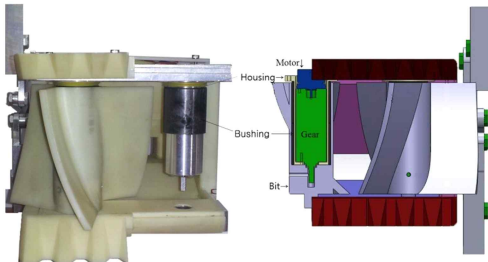


Fig.1 Configuration of excavation system

우리는 Digging 실험을 위한 W300\*L300\*H300 mm 크기의 가상 실험 환경동을 구축했다. 이 구동 동 안에 배양토를 담은 후 약 2atm의 압력을 가하여 토벽을 만들었다. 그리고 Bit 유닛에 5kgf의 일정한 힘을 가해 환경동의 굴토 정도를 실험하여 확인하였다.



Fig.2 Experiment of excavation

3회 실험을 통해 평균 낸 메커니즘의 3분동안 이동거리는 배양토의 경우 약 10cm, 모래의 경우 약 17cm로 전진 속도는 배양토의 경우 3.3cm/min, 모래의 경우 5.7 cm/min로 계산 되었다.

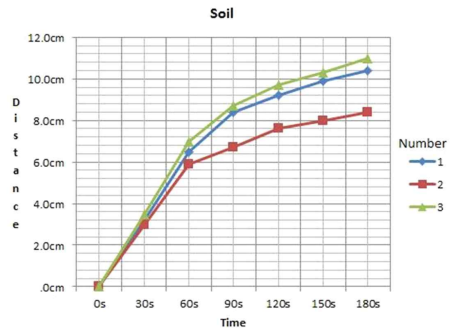


Fig.3 Experimental results of excavation

굴토 된 배양토의 총량은 약 1.82m<sup>3</sup>이고 모래의 경우 공간을 유지하지 못하고 붕괴하는 양이

많아 실험의 정확도가 떨어지고 부피 또한 계산이 어려웠다.

### 3. Carrying & Discharging Mechanism

지렁이가 몸체의 연동운동을 통하여 흙을 이송하였다면, 우리는 보다 신속한 흙 이송과 동력의 최소화, 구조의 소형화를 위하여 송풍기를 이용한 흙 이송 방식을 채택하였다.

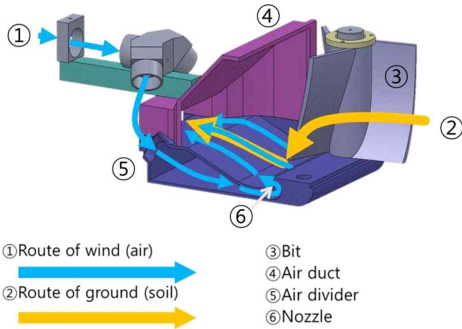


Fig.4 Air-blowing carrying & discharging system

air-blower는 부피 유동률 4.5m<sup>3</sup>/min, 최대 기압 72mbar로서 산업 현장에서 모래 제거용으로 사용되어지고 있는 제품이다.

최대 블로잉은 전력의 소모량 증가, 로봇에 대한 부하 및 진동에 의한 피로도가 증가한다. 그러므로 Carrying & Discharging의 공급 압력에 대한 효율성 및 적용점을 찾는 것이 중요하다.



Fig.5 Experimental results of air-blowing carrying & discharging

실험에는 모래 50g과 배양토 10g을 사용하였으며 모래와 배양토의 부피는 동일한 수준에서 실험하였다. 대략 59mbar~33mbar에서 적절한 성능을 보임을 확인하였다.

### 4. Forward locomotion Mechanism

일반적인 단일wheel은 고속에서 마찰면이 동시에 다발적으로 존재하기 때문에 적용이 어렵다. 이에 우리는 땅강아지의 움직임을 모사하여 unit의 움직임을 구현하였다. 4절 링크를 이용한 이 이동 메커니즘은 blade링크부의 움직임과 base링크의 움직임을 통하여 구현이 된다.

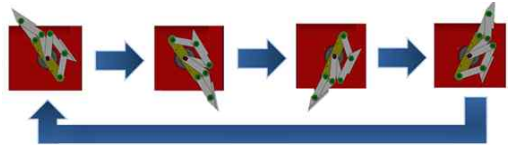


Fig.6 Sequence of links motion for underground locomotion

Forward locomotion의 작동 여부를 확인하기 위하여 지상에서 전진 실험을 진행하였다. locomotion link의 half cycle움직임에서 약 11 cm를 전진함을 확인하였으며 5 cm/s의 속력으로 전진하였다. 하지만 실제 지하에서는 excavation speed로 인하여 현저하게 낮은 속도로 전진할 것으로 예상된다.

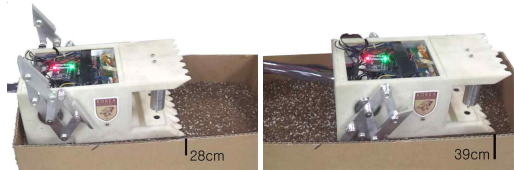


Fig.7 Moving process of forward locomotion

### 후기

본 연구는 국토해양부가 출연하고 한국 건설교통기술 평가원에서 위탁 시행한 2010년도 건설기술혁신사업 (과제번호:10 기술혁신 E03)의 지원으로 수행되었습니다.

본 연구는 2012년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제(No. 20124010203250)입니다.

### 참고문헌

- Hwang, S., Yoon, S., Hong, D., Moon, S. M., "Development of bio-inspired borrowing robot for underground locomotion, "한국정밀공학회, 761-762,2012
- Takashi, K., "Study on Mole-Typed Deep Driller Robot for Subsurface Exploration, " International Conference on Robotics and Automation, 1297-1302 ,2005