

# 지하 이동을 위한 bio-inspired 굴삭 로봇의 개발

## Development of bio-inspired borrowing robot for underground locomotion

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

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

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

Key words : Borrowing robot, Underground locomotion, Bio-inspired robot

### 1. 서론

현재 시추 장비나 TBM 과 같은 터널링을 위한 대형 기계 시스템은 많이 발전되어 있으나, 탐사를 목적으로 하는 소형 로봇 형태의 시스템은 찾아 보기 힘든 실정이다.

이에 우리는 땅속 생물인 땅강아지와 지렁이를 모티브로 한 지하 이동용 로봇을 개발하였다. 지하 이동로봇은 이동하고자 하는 방향의 흙을 파낼 수 있는 기능, 파낸 흙을 unit 뒤쪽으로 이송할 수 있는 기능, 흙 속에서 unit 을 특정 방향으로 이동시킬 수 있는 기능이 필요로 하다. 우리는 흙을 파내는 것과 흙 속에서 unit 을 특정 방향으로 이동시키는 방법을 땅강아지의 움직임에서, 파낸 흙을 unit 뒤쪽으로 이동시키는 방법을 지렁이의 움직임을 모사하여 메커니즘을 제작하였다.

본 논문에서는 지하이동용 로봇에 필요한 굴삭, 흙 이송, 지하 이동에 대한 메커니즘 제작 및 실험을 수행하였다.

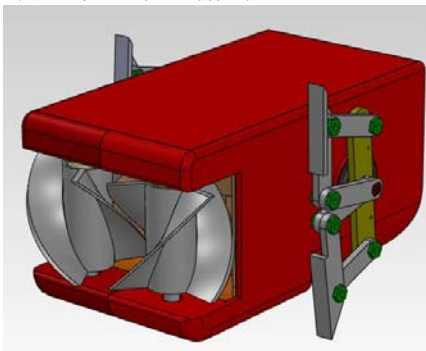


Fig. 1 Design of Bio-inspired borrowing robot for underground locomotion

### 2. 굴삭 메커니즘

굴삭 메커니즘은 마치 땅강아지가 흙 속에서 이동할 때 앞발로 흙을 파내는 형태를 모사하였고, 실제 메커니즘의 구현은 시추 장비의 bit 와 비슷한 형태로 제작하였다. 다만 소형화를 위하여 bit 의 모양을 단순화 하였다. 또한 bit 의 축 내부에 모터가 삽입되도록 설계하여 모터 설치를 위한 추가적인 공간을 배제하여 소형화하였고, 체인-스프로켓과 같은 추가적인 동력전달 방법을 배제하여 토크 손실률을 줄이고자 하였다.

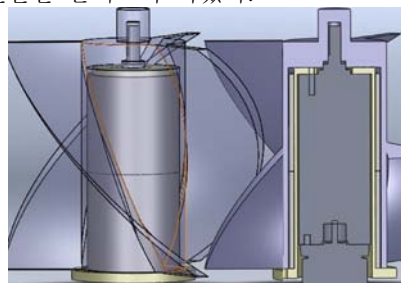


Fig. 2 Design of bit assembly

### 3. 흙 이송 메커니즘

unit 이 전진을 하기 위해서는 bit 에 의하여 파쇄된 흙을 unit 의 후방으로 이송 시켜야 하는데, 이를 구현하기 위해 지렁이가 흙을 체내로 흡입 후 뒤쪽으로 배출하는 방식을 모사하여 메커니즘을 설계하였다. 이 방식의 장점은 파쇄된 흙을 바깥 방향으로 이송 시 필요한 추가적인 unit 외부 공간이 불필요하게 되어 unit 이 파쇄해야 하는 면적이 줄어들게 되고, 바깥 방향으로 이송 시 생기는 마찰에

대한 추가적인 동력공급을 최소화 할 수 있다.

다만 지렁이가 몸체의 연동운동을 통하여 흙을 이송하였다면, 우리는 보다 신속한 흙 이송과 동력의 최소화, 구조의 소형화를 위하여 송풍기를 이용한 흙 이송 방식을 채택하였다. bit 에 의해 흡입된 흙은 중력에 의하여 unit 안쪽 아래에 모이게 되며, 외부에서 공급된 송풍기의 풍압에 의하여 unit 내부의 언덕을 타고 뒤쪽으로 이송 되어진다. unit 내부에 언덕은 흙의 역류를 방지하는 역할을 수행한다.

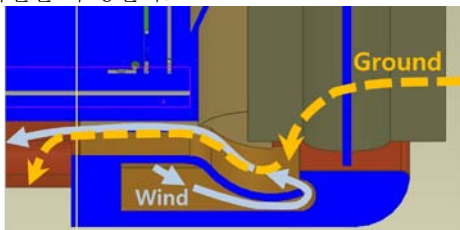


Fig. 3 Route of wind & ground

#### 4. 땅속 이동 메커니즘

일반적인 단일 wheel 을 이용한 이동 메커니즘은 마찰면이 unit 의 아래위에 동시에 존재하는 흙 속에서는 unit 의 이동보다는 unit 의 회전을 일으켜 적용이 어렵다. 이에 우리는 땅강아지의 움직임을 모사하여 unit 의 움직임을 구현하였다. 4 절 링크를 이용한 이 이동 메커니즘은 blade 링크부의 움직임과 base 링크의 움직임을 통하여 구현이 된다. 모터 회전을 통하여 blade 링크가 땅속을 파고 들게 되며, 일정 각도가 회전하게 되면 이 파고든 링크와 이를 지지하던 base 링크를 함께 회전하게 되면서 전진하게 된다. 한 개의 base 링크에 서로 반대 방향으로 blade 링크가 달리도록 설계하여 한번의 왕복 운동 시 두 번의 전진이 이루어지도록 효율성을 높였다. 땅에 blade 링크를 삽입하는 과정에서는 base 링크가 움직이지 않고 삽입된 링크를 회전시키는 과정에서는 blade 링크와 base 링크가 동시에 회전해야 효과적인 동작이 가능하다.

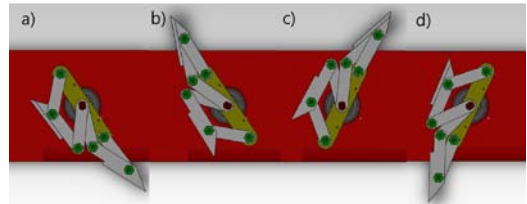


Fig. 4 Sequence of links for underground locomotion  
 다양한 메커니즘으로 이러한 방식이 구현 가능하겠지만, 소형화와 방진성, 내구성을 고려한 메커니즘을 설계하였다. 두 개의 축을 모터 하나로 제어하지만 축에 대하여 기계적인 lock & release 메커니즘을 추가 함으로서 기계적인 제어를 통하여 링크들을 조절할 수 있게 설계하였다.

이를 통하여 흙 속에서도 효과적으로 이동이 가능하게 되었다.

#### 5. 결론

현재까지 많은 연구가 되어 왔던 대형 굴삭기에 비하여 매우 소형이며 쉽게 이동이 가능한 굴삭 로봇을 지렁이와 땅강아지의 움직임을 모사한 bio-inspired 굴삭 로봇을 설계하였다. 우리가 개발한 지하 탐사 로봇은 위험지역의 탐사 및 군사용 목적 등의 여러 분야에도 적용이 가능할 것으로 예상된다.

#### 6. 후기

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

#### 참고문헌

1. 시추 장비의 기술, 수자원의 지속적 확보기술 개발 사업단, "지하수개발을 위한 우물 굴착 및 시공 기술", 2010
2. 미래의 터널과 지하 공간 기술, 대한 터널 공학회, "한국의 터널과 지하공간", 2009