

굴삭기 부착장비 2중 안전장치 디자인

Design of a dual safety device for excavator attachment

주 저 자 : 송종원 (Song, Jong Won)

유한대학교 기계공학과 산학협력중점조교수

songgo0688@yuhan.ac.kr

공 동 저 자 : 송철성 (Song, Chil Sung)

주식회사 우정기공 대표이사

Abstract

This study is about the design of safety devices to prevent the Quick coupler from detaching or falling, as one of the excavator attachments equipment widely used at construction sites and other industrial sites. The excavator is used by attaching equipment such as buckets, kryasha, shears depending on the characteristics of each work and the Quick coupler is used to quickly replace the attached equipment. At this time, the Quick coupler greatly reduces the detachable and mounted time of attachment equipment, but it can also be the main cause for detachable and falling accidents. To solve these problems, the Quick coupler's moving hook must be able to bind the connecting pin, and after equipment replacement, the safety device shall be operated automatically so that the connection pin is engaged. In addition, if the Quick coupler's moving hook will bind the connecting pin of the attachment equipment, the safety device should operate regardless of the operator's intention, and the safety device should not be released due to the operator's mistake or error in judgment. This study was conducted to find solutions to prevent detachment and fall accidents of excavator attachment equipment, and it is expected that this study will greatly reduce safety accidents at industrial sites such as excavation, road cleaning, deforestation, and up and down. Because it is difficult to block safety accidents just by approaching that accidents occur due to a lack of safety awareness of workers, design solutions for fundamental problem solving have been derived. Through this study, it is expected that not only will accidents caused by mistakes by workers be reduced, but also productivity will be improved by increasing the convenience of work. In a follow-up study, a prototype will be produced with a dual safety device design for excavator attachment equipment and empirical analysis research based on practical data will be conducted.

Keyword

Safety device(안전장치), Ram cylinder(램실린더), attachment(부착장비)

요약

본 연구는 건설 현장과 기타 산업 현장에서 폭넓게 사용되는 굴삭기 부착장비 중 퀵 커플러의 탈착, 낙하사고 방지를 위한 안전장치 디자인에 관한 것이다. 굴삭기는 각 작업의 특성에 따라 버킷, 크라샤, 쉐어 등의 장비를 부착해 사용하는데 부착장비의 빠른 교체를 위해 퀵 커플러가 사용된다. 이때 사용된 퀵 커플러는 부착장비의 탈착 및 장착 시간을 획기적으로 줄이지만 탈착과 낙하사고를 일으키는 주 요인이 되기도 한다. 이러한 문제들을 해결하기 위해서는 퀵 커플러의 이동후크가 연결핀을 구속할 수 있어야 하고, 부착장비 교체 후 안전장치가 자동으로 작동해 연결핀이 체결되도록 구성되어야 한다. 아울러 퀵 커플러의 이동후크가 동작해 부착장비의 연결핀을 구속하면 작업자의 의도와 상관없이 안전장치가 작동하고, 작업자의 실수나 판단 착오 등에 의해 안전장치가 해제되지 않아야 한다. 본 연구는 굴삭기 부착장비의 탈착 및 낙하사고를 방지하기 위한 해결방안을 찾기 위해 수행되었으며, 이번 연구를 통해 굴삭기 부착장비를 이용한 굴삭작업, 도로 정리 작업, 삼림작업, 제설작업, 상하차 작업 등 산업 현장에서 벌어질 수 있는 안전사고를 크게 줄일 수 있을 것으로 기대된다. 작업자의 안전의식이 부족해 사고가 발생한다는 접근만으로는 안전사고 차단이 어렵기 때문에, 근본적인 문제해결을 위한 디자인적인 솔루션을 도출하게 된 것이다. 이번 연구를 통해 작업자의 실수에 의한 사고가 줄어들 뿐만 아니라 작업의 편의성을 높여 생산성도 함께 개선될 것으로 기대하고 있다. 후속 연구에서는 굴삭기 부착장비 2중 안전장치 디자인으로 시제품을 제작해 실질적인 데이터를 기반으로 한 실증적인 분석연구가 진행될 계획이다.

목차

1. 서론

- 1-1. 연구 배경
- 1-2. 연구 목적 및 방법

2. 이론적 배경

- 2-1. 킥커플러
- 2-2. 킥커플러 안전장치

3. 안전장치 디자인 분석

- 3-1. 안전장치 구조
- 3-2. 전면부 안전장치 디자인
- 3-3. 후면부 안전장치 디자인

4. 결론

참고문헌

1. 서론

1-1. 연구의 배경

굴삭기는 흙을 파거나 파낸 흙을 처리하는 작업, 목재, 철재, 석재, 시멘트 등을 이용하여 건물, 도로, 제방, 교량, 항만, 철도 등을 건설하는 여러 가지 공사에 다양하게 사용된다. 토목 공사 외에도 산림작업, 제설작업, 폐기물 처리작업, 건물 해체 작업, 중량물의 이동 작업, 상하차 작업 등 작업이 가능한 종류가 많기 때문에 활용도가 높다고 할 수 있다.¹⁾

각 작업의 특성에 따라 굴삭기 암에 적합한 부착장비를 사용하는데, 굴삭 작업과 하역 작업 등에 폭넓게 사용되는 버킷, 건물의 해체와 파쇄 등에 사용되는 크라샤, 이와 유사한 부착장비로 쉐어 등이 있다. 또한, 석재의 분쇄, 건물의 해체, 도로의 해체 등에 사용되는 브레이커, 땅에 구멍을 뚫는 천공 작업에 사용되는 드릴이 있다. 산림작업에서 원목을 운반하는데 로그 그레플이 사용되고, 원목 절단에는 로그 스플리터가 사용된다. 도로 청소 작업에 사용되는 브룸이라는 부착장비도 있으며 스노우블로워 라고 하는 제설작업용 부착장비도 있다. 이 외에도 수많은 부착장비가 사용되고 있으며, 작업 현장의 필요에 따라 새로운 부착장비가 지금도 개발되고 있다. 작업 현장에서 한 종류의 부착장비를 장시간 사용하는 경우가 있으나 대부분의 작업 현장에서는 여러 종류의 부착장비를 번갈아 가며 사용한다. 부착장비의 교체가 빈번하게 발생하다 보면 사용하던 장비를 탈착하고 새로운 장비를 장착하는데

시간이 걸리는데 이는 굴삭기 작업자에게 손실에 해당하므로 최단 시간에 교체하기 위해 킥 커플러라는 장비가 개발되었다.²⁾

킥 커플러는 부착장비의 탈착 및 장착 시간을 획기적으로 줄여주는 순기능이 있으나 반대로 부착장비의 탈착과 낙하사고를 일으키는 주범이라는 오명을 쓰고 있다. 킥 커플러로 인한 부착장비의 탈착, 낙하사고 방지를 위해 이동후크 후면에 삽입하는 안전핀이 있다. 부착장비의 교체를 위해 이동후크가 전진된 동작을 할 때 부착장비의 연결핀을 구속하게 되는데 이동후크가 전진하여 연결핀을 구속한 이후 이동후크 후면에 안전핀을 삽입해 이동후크가 뒤로 밀리지 않도록 강제하여 사고를 방지하는 방법으로, 한국산업안전보건공단에서 배포한 산업안전 자료에는 굴삭기 작업시 이 안전핀을 필수 체결하도록 의무화하고 있다. 작업자가 안전핀을 정상적으로 체결하고 작업을 수행하면 탈착 및 낙하사고를 예방할 수 있으나 현장에서는 지속적으로 사고가 발생하고 있다. 이는 굴삭기 작업자의 안전의식 부족 문제도 있겠으나 안전핀 체결이 불편하고 잦은 부착장비의 교체로 인하여 안전핀을 분실하거나 교체 후 안전핀 체결을 잊고 작업에 들어가는 등 여러 문제로 인해 안전핀이 제 역할을 못하는 경우가 많기 때문이며 이러한 이유들로 인해 킥 커플러 안전장치가 필요하다.³⁾

일부 킥 커플러의 경우 안전장치가 내장된 제품으로

1) 손구영, 크레인 기능을 가진 굴삭기 안전장치 알고리즘, 한국공학기계학회 추계학술대회 논문집, 2002, pp.75~79.

2) 김대지, 유압브레이커용 킥 커플러의 특성 평가, 한국정밀공학회 추계학술대회 논문집, 2016, pp333.

3) <https://www.kosha.or.kr/kosha/totalSearch.do> (검색일: 2021.06.14.)

판매되고 있으나 사용이 불편한 경우가 대부분이며 작업자의 실수에 의한 안전장치 미작동 혹은 작업자의 오인에 의한 부착장비 탈착 사고는 여전히 막을 수 없다. 따라서 이번 굴삭기 부착장비의 2중 안전장치 디자인에 대한 고찰은 부착장비의 탈착, 낙하사고를 근본적으로 방지하기 위한 연구이다.⁴⁾

1-2. 연구 목적 및 방법

퀵 커플러에 의한 부착장비의 탈착, 낙하사고는 크게 안전장치를 체결하지 않았거나 안전장치를 실수로 해제한 경우로 구분할 수 있다. 사용하던 장비를 탈착하고 새로운 장비로 교체해 장착한 경우 작업자가 안전핀을 삽입하지 않거나 안전장치를 동작시키지 않으면 안전장치가 무용지물인 상황이 된다. 또한, 안전핀의 삽입과 해체가 불편해 손쉽게 체결할 수 있도록 개발된 안전장치를 사용하는 경우라도 작업자의 판단 착오에 의한 안전장치 해제는 막을 방법이 없다. 이 연구는 퀵 커플러의 이동후크가 동작하여 부착장비의 연결핀을 구속하게 되면 작업자의 의도와 상관없이 안전장치가 동작하는 구조의 디자인을 구성해 보고자 한다. 작업자의 실수나 판단 착오 등에 의한 부착장비의 탈착 및 낙하사고를 방지하고 부착장비를 장착하면 자동으로 안전장치가 동작하는 구조의 디자인과 작업자의 의도와 상관없이 안전장치가 해제되는 것을 막을 수 있는 방법을 찾는 것이 핵심이다. 퀵 커플러 전면부의 연결핀을 구속하는 이동후크의 동작을 효과적으로 제어할 수 있는 방안을 도출하고, 후면부 연결핀의 경우에는 전면부 안전장치를 보조하는 개념으로 디자인되어야 한다. 작업 현장에서 부착장비 교체시간은 작업시간의 손실에 해당되므로 최대한 감소시켜야 하는 항목이며, 작업으로 정신없는 외중에 언제든 실수가 발생할 수 있기에 작업자의 안전의식 고취만으로 사고를 방지한다는 것은 안이한 생각이라고 할 수 있다. 이번 연구를 통해 작업자의 실수에 의한 사고가 줄어들 뿐만 아니라 작업의 편의성을 높여 생산성을 높이는 것도 가능할 것으로 본다. 굴삭기 부착장비 2중 안전장치 디자인은 디자인 소프트웨어를 이용하여 구조 디자인을 수행하고 향후 시제품을 제작하여 디자인에 대한 유효성을 검증할 계획이다.

2. 이론적 배경

2-1. 퀵 커플러

퀵 커플러는 부착장비의 연결핀을 구속하는 방법에 따라 미는 방식과 당기는 방식으로 구별할 수 있다. 당기는 방식은 이동 후크를 동작시키는 유압실린더가 이동 후크의 상단을 밀어 부착장비의 연결핀을 구속하는 원리로 이동 후크의 중간에 이동 후크 연결핀이 있으며, 지렛대의 원리가 동반되어 유압실린더가 큰 힘으로 이동 후크에 직접 전해지기 때문에 중형과 대형 부착장비의 교체에 많이 사용된다. 미는 방식은 이동 후크의 중단을 유압실린더가 직접적으로 밀어 부착장비의 연결핀을 구속하는 원리로서 당기는 방식에 비해 부착장비의 연결핀 장착 거리의 유동성이 크다. 굴삭기 제작사에서 부착장비를 제작하는 것이 아닌 각기 다른 업체들이 퀵 커플러 제품을 제작하고 있어 부착장비 상단에 설치되는 연결핀의 핀 간 거리가 상이한 경우가 대부분이다.⁵⁾⁶⁾

이 때문에 퀵 커플러는 연결핀의 핀간 거리 차를 감안해 차이가 있더라도 부착장비의 체결이 가능하도록 개발하는 것이 필요하다. 대형 굴삭기의 경우 대형 작업 현장에서 많이 사용되고 중소형 굴삭기는 여러 종류의 작업 현장에 투입되는 경우가 많다. 대형 작업 현장에서는 여러 작업을 동시에 하는 경우가 많지 않기 때문에 대형 굴삭기에는 퀵 커플러의 효용성이 크지 않은데 반해 중소형 굴삭기에는 퀵 커플러의 효용성이 매우 크며 미는 방식의 퀵 커플러가 현재 시장의 대부분을 차지하고 있다. 퀵 커플러는 굴삭기 암의 끝단부에 장착되는 하나의 부착장비라고도 할 수 있기 때문에 굴삭기 장비의 핀간 거리, 핀경, 암 폭, 부착장비의 장착 폭 등이 중요 변수가 될 수 있다. 퀵 커플러는 회전 기능 보유 여부에 따라 일반 퀵 커플러와 회전 퀵 커플러로 구분된다.

일반 퀵 커플러는 굴삭기 암과 부착장비 사이에 설치되어 굴삭기 부착장비의 빠른 교체를 위한 역할을 하는데 중점을 둔 또 하나의 부착장비라고 할 수 있다. 산업현장에서는 링크라는 이름으로 불리며 예전에는 퀵 커플러의 장착이 선택이라고 할 수 있었으나 근래에는 필수라고 할 수 있을 정도로 장착하지 않은 굴삭기를 찾기 힘들 정도로 흔하게 볼 수 있다. 회전 퀵 커플러는 일반 퀵 커플러에 회전 기

4) 정재욱, 안전사고 예방을 위한 비 하드웨어 굴삭기 시뮬레이터 개발, 인제대학교 디자인연구소 Journal of Integrated Design Research, 2015, pp33~42

5) 김대지, 유압브레이커용 퀵 커플러의 특성 평가, 한국정밀공학회 추계학술대회 논문집, 2016, pp333.

6) 이훈희, 건설기계용 퀵 커플러의 최적 설계, 호서대학교대학원 석사학위논문, 2007, pp3~5.

능을 추가한 것으로, 버켓을 이용한 굴삭 작업에서 버켓을 회전시켜 지금까지는 앞면으로만 굴삭 작업이 가능했으나 양방향으로 굴삭 작업이 가능해졌기 때문에 부착장비 중에서 가장 활발하게 사용된다. 브레이커 장비를 이용한 파석, 파쇄 작업의 경우는 버켓 작업과 달리 회전 킥 커플러를 활용하는데 어려움이 있을 수 있다. 브레이커 작업의 경우, 수직 타입의 브레이커와 수평 타입의 브레이커가 사용되는데, 수직 타입 브레이커의 경우 작업자 전면의 상단부를 타격하는데 편리하도록 개발되어 있으며, 수평 타입 브레이커는 작업자 전면의 하단부를 타격할 때 주로 사용된다. 회전 기능이 있으면 하나의 브레이커로 상측과 하측의 작업을 한 번에 수행할 수 있어 유용하지만 이 경우 회전 킥 커플러의 견고성이 문제 될 수 있다. 브레이커는 장비 내부에 피스톤이 있어 유압과 가스의 힘으로 정을 타격하여 석재, 건물 등에 충격을 주어 파석, 파쇄 작업을 진행하는데 회전 킥 커플러를 사용하는 경우 이 충격이 회전부에 전달되어 충격을 견디지 못하는 경우가 많아 브레이커 작업보다는 버켓을 이용한 굴삭 작업에 주로 사용되고 있다.⁷⁾⁸⁾

2-2. 킥 커플러 안전장치

킥 커플러에 의한 부착장비 탈락, 낙하사고를 방지하기 위한 방법으로는 안전장치가 있다. 안전장치는 연결핀 구속 방식에 의한 구분이나 회전 기능 유무에 의한 구분과 상관없이 동일하게 사용되어야 한다. 안전장치로서 가장 간단하면서 많이 쓰이는 방식은 안전핀 삽입에 의한 방식이다. 이동 후크의 후단에 별도의 안전핀을 삽입할 수 있도록 삽입 홀을 만들어 이동 후크를 킥 커플러 몸체에 구속시키는 방식이다. 부착장비를 교체한 이후 이동 후크가 움직이지 못하도록 구속하는 것으로, 가장 간단하고 확실한 방법이라고 할 수 있다. 핀 간 거리에 차이가 있는 부착장비를 사용하기 위해서는 이동 후크 체결에 유동성이 필요한데 안전핀의 고정 위치가 유동적일 수 없으므로 이 부분이 애로사항이 된다. 또한, 굴삭기 작업자가 부착장비를 교체한 이후에 직접 연결핀을 삽입해야 하는데 이동 후크의 홀 위치와 킥 커플러 본체의 홀 위치를 맞춰야 삽입이 가능하므로 시간이

걸리고 귀찮은 작업이라 일부러 삽입하지 않고 사용하는 경우가 많다. 안전핀의 삽입을 위해 별도의 유압실린더를 설치하여 운전석에서 레버를 이용해 안전핀을 삽입할 수 있도록 개발된 안전장치도 있으나 이동 후크의 홀 위치와 킥 커플러 본체의 홀 위치를 정확히 맞춰줘야 안전핀이 삽입되므로 운전석에서 레버로만 동작시키기는 여전히 쉽지 않다. 이와는 별도로 안전장치가 내장된 형태의 킥 커플러도 있다. 부착장비를 교체한 이후 킥 커플러를 상측으로 기울여 안전장치 내측에 있는 고정 턱이 아래쪽으로 내려오도록 하여 안전장치를 체결하는 것이며, 안전장치를 해제하기 위해서는 굴삭기 암 안쪽으로 킥 커플러를 기울여 고정 턱이 위쪽으로 움직이도록 하여 연결핀이 해제될 수 있도록 하는 방식이다. 이 방식에도 두 가지 문제점이 있다. 첫째는 작업자가 상측 혹은 굴삭기 암 안쪽으로 부착장비를 움직일 경우 안전장치가 해제되기 때문에 주의하지 않으면 탈락 사고가 쉽게 발생할 수 있다는 점이다. 두 번째는 부착장비의 탈락을 위해서는 부착장비를 굴삭기 암 안쪽으로 기울여 고정 턱이 움직이도록 해야 하는데, 작업 중에 안전장치에 먼지 등의 이물질이 끼이게 되면 제대로 동작하지 않는 경우가 많아 사용상에 불편함이 있다는 점이다.

3. 안전장치 디자인 분석

3-1. 안전장치 구조

굴삭기 재해 사례 분석 자료⁹⁾의 재해 발생 형태별 분석에서 낙하, 비례에 의한 사고 비율은 전체의 23.1%에 달한다. 또한, 굴삭기 사고의 주요 원인을 사례 수로 비교했을 때, 관련된 안전사고의 사례 수는 전체 106건 조사 자료 중에서 22건에 달한다. 굴삭기 사고 유형에 따른 저감 대책에서 작업자와 관련된 저감 대책이 거의 대부분을 차지하고 있다. 작업 중에 발생하는 안전사고의 저감방안을 작업자의 책임으로만 한정하는 것은 근본적인 대책이 될 수 없으며, 안전사고 방지를 위한 근본적인 대책을 연구하여 반영해야 한다.¹⁰⁾ 다음의 [그림 1]은 킥 커플러에 회전 기능을 부여한 회전 킥 커플러를 이용하여 연결핀을 체결한

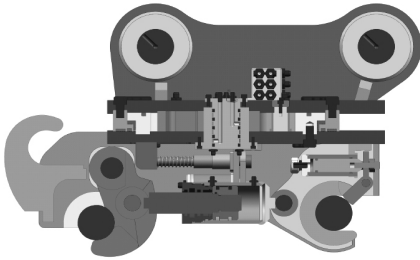
7) 조영수, 자동굴삭시스템 구축을 위한 굴삭기 동특성에 관한 연구, 울산대학교대학원, 석사학위논문, 2010, pp3~12.

8) 백민혁, 건설기계용 킥 커플러 신뢰성 평가기법 개발, 대한기계학회 춘추학술대회, 2019, pp142~144.

9) 서종민, 굴삭기 안전사고 저감방안 연구, 한국건축시공학회 논문집 제8권 3호, 2008.6 pp.127~129.

10) 정재욱, 안전사고 예방을 위한 비 하드웨어 굴삭기 시뮬레이터 개발, 인제대학교 디자인연구소 Journal of Integrated Design Research, 2015, pp33~42

상태의 구조 이미지를 나타낸 것이다. 굴삭기 암의 끝단부와 연결하는 연결핀이 상단에 두 개 있으며, 부착장비와 연결하는 연결핀은 하측에 있다.



[그림 1] 컵 커플러의 체결 구조 디자인

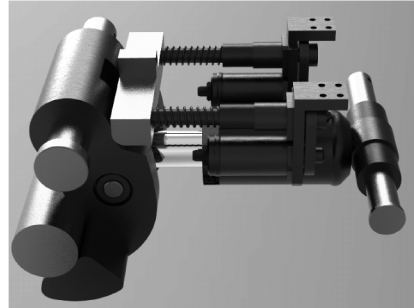
하단에 앞뒤로 부착된 연결핀은 부착장비에 고정되어 있으며, 회전 컵 커플러에는 이동후크와 고정후크로만 구성되어 있다. 위의 [그림 1]의 하측 전면부가 이동후크로 연결핀을 고정하며, 후면부는 고정후크로 고정된다. 이동후크 위쪽에 안전장치가 있으며, 안전장치 슬라이더가 이동후크의 상단 턱에 삽입되어 이동후크가 고정되게 된다. 안전장치는 전면부와 후면부에 각각 설치되는 것으로서, 안전장치의 주된 기능은 전면부에서 동작하고 후면부는 전면부의 안전장치를 보완하는 개념으로 디자인되었다. 다음의 [그림 2]는 체결 구조를 렌더링한 것으로, 안전장치가 설치된 컵 커플러의 안전장치가 동작하여 연결핀을 구속한 상태로 굴삭기 작업이 가능한 안전한 상태의 디자인이다.



[그림 2] 안전장치 체결 상태의 렌더링 이미지

좌측 중단에 전면부 안전장치가 설치되어 있고, 우측 중단에 후면부 안전장치가 설치되어 있다. 전면부 안전장치에는 램실린더 2개가 설치되어 있고 후면부 안전장

치에는 램실린더 1개가 설치되어 있다.¹¹⁾ 다음의 [그림 3]은 전면부에 장착된 안전장치의 체결 상태 렌더링 디자인이다.



[그림 3] 전면부 안전장치 체결 렌더링

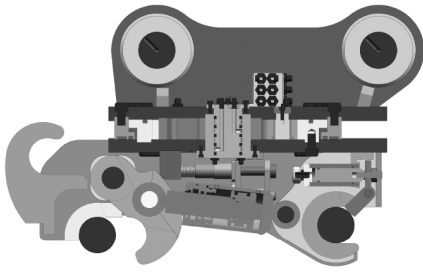
이번 연구에 사용된 컵 커플러는 회전 타입의 컵 커플러로서 회전 기능을 위해 상측의 굴삭기 암에 설치되는 부위는 고정되고 하측의 부착장비를 장착하는 부위는 회전해야 하므로 유압실린더 배선의 꼬임을 방지하기 위한 센터조인트 장치가 필요하다.¹²⁾

3-2. 전면부 안전장치 디자인

다음의 [그림 4]는 회전 컵 커플러의 탈착을 위한 연결핀 해제 구조 이미지를 나타낸 것이다. 위의 [그림 1]은 이동후크를 움직이는 유압실린더 로드가 전진하여 이동후크를 앞으로 밀어 부착장비 연결핀을 구속한 상태이며, 다음의 [그림 4]의 형태는 이동후크를 움직이는 유압실린더 로드 후진하여 이동후크를 뒤로 빠지도록 하여 부착장비 연결핀을 해제할 수 있도록 동작한 상태의 이미지이다. 이동후크 동작 유압실린더 로드 후로 움직이기 위해서는 안전장치가 먼저 해제되어야만 동작이 가능하다. 그림에서 보면 안전장치의 램실린더 로드 동작하여 뒤로 빠진 상태여서, 이동후크를 동작시킬 수 있는 유압실린더가 뒤로 동작한 것을 알 수 있다. 이동후크가 후진한 상태에서 부착장비의 탈착이 가능하다.

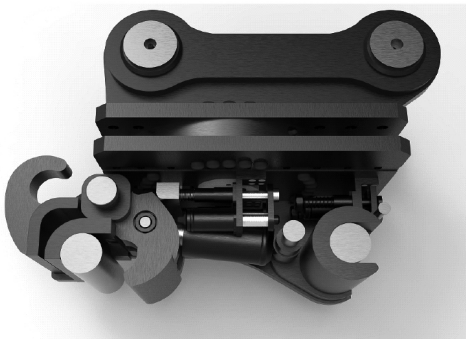
11) 이용범, 발전소 터빈 제어용 단동형 유압실린더의 쿠션 특성에 관한 연구, 대한기계학회 춘추학술대회, 2017, pp11

12) 이규석, 굴삭기용 센터조인트의 고장모드 분석과 가속수명시험 설계, 대한기계학회 춘추학술대회, 2014, pp130



[그림 4] 회전 킥 커플러의 탈착 구조 디자인

다음의 [그림 5]는 이동후크가 후진하여 연결핀을 해제한 상태의 회전 킥 커플러를 렌더링한 이미지이다. 회전 킥 커플러는 상단과 하단으로 구분되며 상단의 경판은 굴삭기 암에 연결되며, 하단의 경판은 부착장비에 연결된다. 하단의 경판 앞부분을 제거한 상태의 디자인이다. 킥 커플러의 상하단 경판은 산업 현장에서 가장 많이 사용되는 청색 계열로 도장한 형태를 구현하였으며, 회전부의 상하측 메인 철판은 메탈의 재질을 구현하였다. 연결핀의 경우는 황색으로 구현되었다.



[그림 5] 안전장치 해제 상태의 렌더링

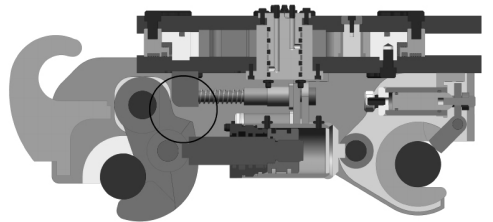
작업에 사용하던 부착장비를 탈착하기 위해 이동후크를 움직인 상태로, 부착장비의 연결핀을 해제하고 새 부착장비의 연결핀을 구속하기 위한 디자인이다. 전면부 안전장치 하단에 있는 이동후크 동작용 유압실린더가 굴삭기 운전석의 레버 작동에 의해 후진한 상태이며 후진 이후에는 이동후크의 턱 후면에 걸려 굴삭기 작업자가 안전장치를 어떻게 동작시키는가에 상관없이 후면에 위치하게 된다. 굴삭기 운전자가 레버에서 손을 떼면 유압실린더의 유압라인을 통해 유입되던 유압이 끊기게 되고, 유압은 바이패스 되도록 검토되었다. 유압이 바이패스 되면 유압실린더 좌측에 설치된 스프링

의 힘에 의해 실린더 로드가 전진하여야 하나 이동 후크의 후면 턱에 걸려 전진하지 못한 상태로 현재 위치에 있게 된다. 안전장치의 디자인은 이동후크의 턱에 걸릴 수 있도록 디자인된 슬라이더의 형상과 우측에 구현된 램실린더가 핵심이다. 램실린더의 경우는 통상적인 유압 시스템이 아닌 단동 실린더의 형태로, 유압의 in-out 포트가 하나로 구성되어 압력이 부여될 때는 램실린더의 로드가 전진하며, 압력이 차단되면 스프링의 힘에 의해 후진하는 구조로 디자인된 것이다. 안전장치의 슬라이더는 황색으로 표현되었다.



[그림 6] 전면부 안전장치 해제 렌더링

안전장치가 이동 후크의 후면 턱에 걸려있다가 이동후크가 앞으로 전진하면 안전장치도 스프링의 힘에 의해 앞으로 이동하고, 자동으로 안전장치의 걸림 턱이 이동 후크의 빈 공간으로 삽입되어 안전장치가 장착되는 구조이다. 다음의 [그림 7]은 이동후크가 전진한 상태에서의 안전장치 슬라이더 턱과의 간격을 나타낸 이미지이다.



[그림 7] 이동후크 후면 턱과 안전장치의 간격

굴삭기 메이커에서 부착장비까지 제작하는 경우도 일부 있으나 부착장비의 경우 중소기업체에서 제작 시판하는 경우가 대부분이다. 부착장비 제조 메이커마다 연

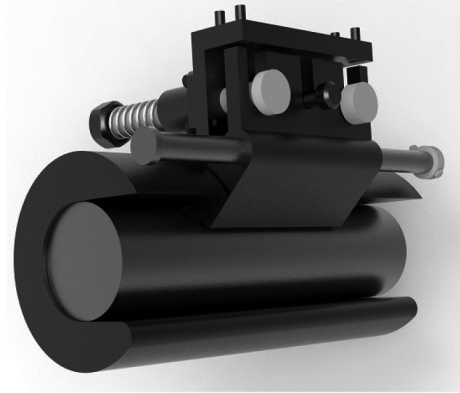
결핀의 핀간 거리에 약간씩의 차이가 있다. 굴삭기 장비 메이커에서 제작되는 부착장비는 표준화되어 있으나 부착장비 메이커는 각각의 기업별로 표준을 달리하고 있으며 여러 부착장비를 동시에 사용하는 경우에 각기 다른 연결핀 거리의 부착장비를 사용할 수 있도록 해야 하기 때문에 이를 감안한 간격이다.¹³⁾

작업자가 안전핀을 손으로 설치하거나 유압실린더를 이용하여 안전장치를 동작시키는 방식은, 굴삭기 작업자가 부착장비를 장착시킨 이후 연결핀 장착을 잊지 않고 추가적인 행위를 해야만 안전장치가 동작하는 구조이다. 작업자가 안전핀 설치를 잊었거나 바쁘게 작업하는 도중이기 때문에 뒤로 미루거나 하는 상황에서는 탈착 사고가 발생하게 된다. 부착장비를 장착시킴과 동시에 안전장치가 자동으로 체결되도록 하는 디자인이 필요한 이유라고 할 수 있다. 또한, 안전장치가 이동 후크의 빈 공간에 삽입되어 있는 상태에서는 이동 후크를 움직이는 유압실린더를 동작시켜도 안전장치의 걸림 턱에 의해 이동 후크가 작동하지 않는다. 이동 후크를 움직이기 위해서는 안전장치를 움직이는 유압실린더를 먼저 동작시키고 이동 후크를 동작시키는 유압실린더를 추가로 움직여야 하는데, 이는 프레스금형 현장에서 흔히 사용되는 안전장치의 개념과 같은 방식이다. 한 손으로 버튼을 동작시킬 경우 다른 손이 자유롭기 때문에 프레스금형에 의한 손상을 입을 수 있는데, 이를 방지하기 위해 양쪽에 버튼을 설치하여 동시에 버튼을 눌러야만 동작하는 양수 버튼 방식을 사용한다. 부착장비의 탈착을 위해 안전장치 동작용 유압실린더와 이동후크 동작용 유압실린더를 동시에 움직여야만 탈착이 가능하도록 디자인된 것이다.

3-3. 후면부 안전장치 디자인

다음의 [그림 8]은 후면부 연결핀에 안전장치가 체결된 상태의 모습을 나타낸 디자인이다. 부착장비 연결핀이 삽입된 형태로 디자인되었으며, 실제의 부착장비에 부착된 상태보다 짧게 디자인하여 식별이 쉽도록 표시하였다. 후단의 120° 정도로 구부러진 브라켓 하단이 연결핀을 구속하는 형태로 구현하였고, 회전 쿼 커플러에 부착되는 브라켓의 경우는 메탈 재질의 청색으로 디자인하였다. 브라켓 후면에 부착된 램실린더는 전면부 안전장치에 부착된 램실린더와 같은 구조로 유압의 in-out 포트가 하나로 구성되도록 디자인된 것이다. 램실린더 로드가 전진하면 안전장치

가 해제되며, 램실린더의 후진은 압축스프링의 힘으로 자동 동작하도록 하였다. 램실린더는 한 세트이며, 복귀를 위해 설치한 스프링 장치는 양쪽으로 설치하여 균형을 맞춰 동작하도록 디자인하였다.

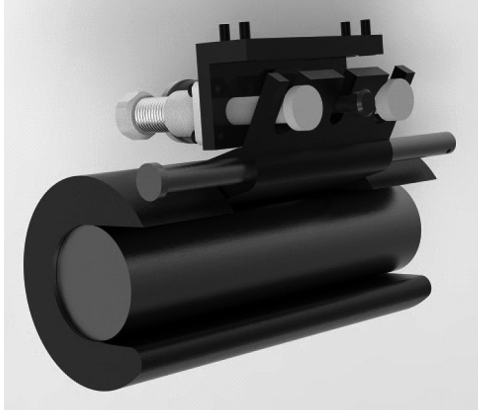


[그림 8] 안전장치가 체결된 후면부 디자인

부착장비의 연결핀은 전면부와 후면부에 각 1개가 있다. 전면부 연결핀의 안전장치가 가장 중요하고, 후면부의 연결핀 안전장치는 보조 역할이다. 전면부에 있는 연결핀이 굴삭 작업에서 하중이 걸리는 부위이며 작업의 중요한 역할을 하기 때문이다. 전면부 연결핀의 구속이 명확하면 대부분의 굴삭기 부착장비 탈착 낙하 사고는 방지할 수 있다. 후면부의 연결핀에 대한 안전장치는 부착장비의 교체 편리성과 관련하여 필요하다. 전면부 연결핀의 구속은 후면부 연결핀을 구속한 이후에 진행된다. 안전장치가 설치되지 않은 쿼 커플러는 후면부의 연결핀을 구속하지 않기 때문에 후면부 연결핀은 간이로 걸어 놓고 굴삭기 암을 앞으로 회전시켜 전면부의 연결핀을 구속한다. 후면부의 안전장치를 통해 후면부 연결핀을 구속하면 부착장비를 허공에 띄울 수 있으며, 이리저리 움직여 가며 전면부 연결핀을 체결할 수 있기 때문에 편리하다. 후면부의 연결핀을 구속하는 방식은 이동 후크가 아닌 고정 형태의 후크를 사용한다. 후면부 안전장치는 체결 시에 고정 후크를 밀어 넣으면 안전장치의 뒷면에 설치된 스프링이 밀리면서 걸림 턱이 뒤로 밀려 고정 후크 안으로 연결핀이 구속되게 된다. 후면부 안전장치를 해제할 때 안전장치 동작 유압실린더가 전진하여 걸림 턱을 뒤로 밀어 연결핀의 해제가 가능하도록 디자인하였다. 아래의 [그림 9]는 연결핀의 해제가 가능하도록 안전장치 유압실린더가 전진하여 걸림 턱이 동작된 상태의 디자인이다. 후면부 안전장치만의 디자인은 실제의 연결핀보다 짧게 형상화

13) 이훈희, 건설기계용 쿼 커플러의 최적 설계, 호서대학교대학원 석사학위논문, 2007, pp3~5.

하여 삽입된 상태이며, 안전장치를 회전 킥 커플러 회전부에 부착하는 브라켓의 경우에는 진한 남색으로 디자인하였다. 안전장치의 동작 장치는 식별이 쉽도록 디자인하였다.



[그림 9] 안전장치가 해제된 후면부 디자인

후면부의 안전장치는 전면부의 안전장치와 동일하게 체결은 자동으로 수행되고 해제는 유압실린더를 별도로 동작시켜야만 가능하도록 디자인되었다. 전면부의 안전장치 해제용 동작실린더와 후면부의 안전장치 해제용 동작실린더는 하나의 레버로 동시에 작동되도록 디자인되었다.

4. 결론

본 연구는 건설 현장과 기타 산업 현장에서 폭넓게 사용되는 굴삭기 부착장비 중 킥 커플러의 탈착, 낙하 사고 방지를 위한 안전장치 디자인에 관한 것이다. 굴삭기 작업자의 안전의식이 부족해 사고가 발생한다는 접근만으로는 안전사고를 근본적으로 차단할 수 없기 때문에 작업 중에 발생하는 안전사고를 근본적으로 차단할 수 있는 방법을 연구하여 도출한 것이다. 첫째, 킥 커플러에 부착장비 장착시 별도의 추가 작업 없이 안전장치가 자동으로 체결되는 구조로 디자인되었다. 둘째, 굴삭기 작업자의 실수에 의한 안전장치 해제로 발생하는 탈착 사고의 방지를 위해 2중 안전장치 방식으로 제시되었고 안전장치의 유압실린더가 먼저 동작해야만 이동 후크를 동작시키는 유압실린더가 작동하도록 디자인되었다. 셋째, 안전장치

유압실린더가 후진 상태에 있을 경우에만 이동 후크를 동작시키는 유압실린더가 동작하며 이는 작업자의 오작동을 배제하는 양수 버튼 방식으로 디자인된 것이다. 넷째, 전면부의 안전장치와 후면부의 안전장치가 동일한 방식으로 디자인되었고 양쪽에서 동시에 안전장치가 동작해 안전성을 높였다. 다섯째, 이동 후크를 동작시키는 유압실린더는 복동실린더이고, 안전장치를 동작시키는 유압실린더는 단동 램실린더로서, 굴삭기 운전자가 레버에서 손을 떼면 스프링의 힘에 의해 자동으로 복귀하여 안전장치를 체결할 수 있도록 디자인되었다. 본 연구는 굴삭기에 부착하여 사용되는 여러 부착장비의 탈착 및 낙하사고를 방지하기 위한 방안을 찾기 위해 수행하였으며, 이와 같은 연구 결과를 통해 부착장비를 이용한 굴삭작업, 도로 정리작업, 삼림작업, 제설작업, 상하차 작업 등 각종 산업 현장에서 벌어질 수 있는 안전사고를 줄일 수 있는 방안이 제시되었다.

본 연구에 이어 후속 연구에서는 디자인된 굴삭기 부착장비 2중 안전장치의 시제품을 제작해 디자인된 내용과 실제의 동작 상태를 비교할 계획이다. 디자인에서 제시된 동작 방식과 실제 굴삭기 부착장비 장/탈착 및 부착장비를 장착한 상태에서의 작업 수행을 통해 안전성을 검토하고 추가 개선점을 도출할 계획이다. 부착장비의 제조사가 각기 달라 부착장비의 연결핀 핀 간 거리도 제각각인 실정이다. 표준화가 필요하나 당장은 요원한 일이기 때문에 차이 나는 부착장비의 핀 간 거리를 폭넓게 수용할 수 있는 킥 커플러 기술에 대한 연구가 필요할 것으로 본다.

참고문헌

1. 손구영, 크레인 기능을 가진 굴삭기 안전장치 알고리즘, 한국공학기계학회 추계학술대회 논문집, 2002,
2. 김대지, 유압브레이커용 킥 커플러의 특성 평가, 한국정밀공학학회 추계학술대회 논문집, 2016,
3. 정재욱, 안전사고 예방을 위한 비 하드웨어 굴삭기 시뮬레이터 개발, 인제대학교 디자인연구소 Journal of Integrated Design Research, 2015,
4. 백민혁, 건설기계용 킥 커플러 신뢰성 평가기법

- 개발, 대한기계학회 춘추학술대회, 2019,
5. 이용범, 발전소 터빈 제어용 단동형 유압실린더의 쿠션 특성에 관한 연구, 대한기계학회 춘추학술대회, 2017,
 6. 이규석, 굴삭기용 센터조인트의 고장모드 분석과 가속수명시험 설계, 대한기계학회 춘추학술대회, 2014,
 7. 서종민, 굴삭기 안전사고 저감방안 연구, 한국건축사공학회 논문집 제8권 3호, 2008.6
 8. 이훈희, 건설기계용 퀵 커플러의 최적 설계, 호서대학교대학원 석사학위논문, 2007,
 9. 조영수, 자동굴삭시스템 구축을 위한 굴삭기 동특성에 관한 연구, 울산대학교대학원, 석사학위논문, 2010,
 10. 이훈희, 건설기계용 퀵 커플러의 최적 설계, 호서대학교대학원 석사학위논문, 2007,
 11. <https://www.kosha.or.kr>