

김태욱 · 고원태 | **안전하조** 팀

간단한 설치가 가능한 이탈 방지 작업 발판

본 작품은 기존 가설 강관 파이프용 작업발판의 단순 걸이 방식에서 발생하는 체결 유격과 이탈 위험을 해결하기 위해 기획되었다. 기존 발판의 본래 하중 지지 성능을 유지하면서 안전 고정구 부위만을 집중 개선하는 모듈형 방식을 채택하였으며, 대안 검토 과정의 한계를 바탕으로 돈사고리의 회전 메커니즘을 응용한 토션 스프링 기반의 '토션 락'구조를 도출하였다. 나아가 실외 가설 환경에서의 부식 방지 및 이중 금속 간 갈바닉 부식 차단을 위해 주요 부품 재질을 스테인리스강(SUS304)으로 통일함으로써, 원터치 결속을 통한 현장 작업 효율성 향상과 고소 작업자의 구조적 안전성 확보를 동시에 실현하였다.

CONSTRUCTION &
MANAGEMENT

ANTI-DISLODGE
MENT
WORK PLATFORM
FOR EASY
INSTALLATION

시공



김태욱 Kim TaeUk
학번 | 2300848
E-mail | kimtu1108@naver.com
H.P | 010-9975-1091



고원태 Ko WonTae
학번 | 2300839
E-mail | wontae9568@naver.com
H.P | 010-5164-9568

간단한 설치가 가능한 이탈 방지 작업 발판



Torsion-Lock 토션락

Anti-Dislodgement Work Platform for Easy Installation
간단한 설치가 가능한 이탈 방지 작업 발판

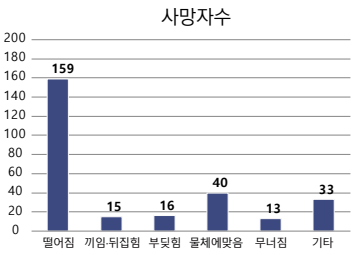
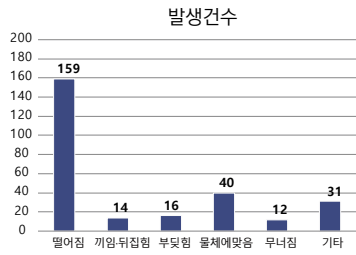
개요

건설 현장 사망 사고 중 '떨어짐(추락)' 사고는 3년 연속 발생 빈도 및 사망자 수 1위를 기록하며 가장 치명적인 위험 요인으로 지적되고 있다. 특히 비계 해체, 지붕 · 트러스작업, 철골 구조물 설치 등 고소 작업 시 표준 안전 작업 지침이 존재함에도 불구하고 작업 편의성을 이유로 한 안전고리 미체결, 가설 작업발판의구조적 고정 불량 및 임의 해체로 인한 사고가 반복되고 있다. 따라서 현장 고소 작업 시 작업발판탈락 및 추락을 유발하는 구조적 · 행동적원인을 분석하고, 이를 근본적으로 차단할 수 있는 가설 작업발판안전장치 개선 및 공정 고도화 방안을 도출하고자 한다.

현황조사

24년 건설업 사고 현황은 다음과 같다. 전 산업 추락 사망자(227명) 중 건설업 추락 사망자가 159명(70.0%)을 차지하며, 건설업 내 사고 유형별 비교에서도 발생건수 및 사망자 수 모두 압도적인 1위로 나타났다.

| 건설업에서 빈발하는 '떨어짐' 사고 |



주제선정

고용노동부 중대재해 사례 및 현장 추락 사고(인천 건설현장 작업발판추락사고 등)를바탕으로 조사한 결과, 기존 현장 점검 체계에도 불구하고 가설재설치 · 해체공정에서의 불완전한 체결 구조와 임의적인 발판 해제가 주요 사고 원인으로 확인되었다. 이에 따라 단순한 제도적 관리를 넘어, 작업 발판의 체결 방식을 구조적으로 개선하여 추락을 본질적으로 예방할 수 있는 가설재및 작업발판메커니즘 디자인을 최종 연구 주제로 선정하였다.

사전조사

■ 작업 발판 분석

기존 유공 작업발판과1차 개선된 작업발판의구조를 다각도로 비교 · 분석한결과, 작업자의 안전을 위협하는 이탈 위험과 반복 사용에 따른 부품 파손 문제가 지속 발생하는 것으로 나타났다.

기존 유공 작업발판	개선된 유공 작업발판
- 체결력부족 및 이탈 위험 - 발판 들림 현상	- 고정구반복 파손 - 체결 불량 및 기능 상실

■ 작업 발판 설치에 관한 법률

현장 조사에서 발견한 작업발판설치 미흡 및 추락 위험성에 대해 찾아본 결과 「산업안전보건기준에 관한 규칙」에 작업발판의 폭, 틈새, 고정 방식 및 안전난간 설치 기준이 명시되어 있으며, 규정 강화에도 불구하고 지속적으로 작업 발판 관련 추락 · 낙하사고가 발생하는 것으로 나타나 현장 상황 분석 및 법적 기준 검토를 실시하였다.

작업발판 설치에 관한 법률	
구조 및 규격 기준 (제56조)	하중 및 부속 사실 기준 (제13조, 제55조)
- 비계 높이 2m 이상 장소의 작업발판 폭은 40cm 이상, 발판 재료 간 틈새는 3cm 이하로 설치할 것 (단, 선박 건조 등 좁은 장소는 30cm 이상 가능). - 작업발판 재료는 뒤집히거나 떨어지지 않도록 2개 이상의 지지물에 고정하고 하중에 견디는 견고한 구조로 설치할 것.	- 작업발판의 하중 한계를 준수하고, 달비계 등에는 작업자가 보기 쉬운 장소에 최대적재하중을 표시할 것. - 상부 안전난간대 높이 90cm 이상 (100kg 하중 견딤), 자재 낙하 방지를 위해 높이 10cm 이상의 발끝막이판을 설치할 것.
출처 - 산업안전보건기준에 관한 규칙 제56조 (고용노동부)	출처 - 산업안전보건기준에 관한 규칙 제13조 · 제55조 (고용노동부)

현장분석

사용 중인 유공 작업발판의안전고정구 설치 및 관리 실태를 파악하기 위해 현장 사진 사례 분석을 실시하였다. 수집된 현장 사진을 분석한 결과, 반복 사용에 따른 고정구의 휨·변형및 탈락으로 인해 결속 기능이 저하된 상태를 확인하였으며, 이를 토대로 고정구미착용 및 관리 미흡의 주요 원인을 도출하였다.

안전고정구 휨	고정구탈락
	
- 반복 사용으로 인한 고정구마모 및 변형 발생 - 고정구휨 발생 시 비계와 체결 기능 저하 - 작업 중 진동 및 충격에 의한 이탈 가능성 증가	- 안전고정구 분실 시 체결 기능 저하 및 상실 - 작업자들의 설치 시 고정구를 전개 미 실시 - 결속 미흡 및 무단 제거로 인한 추락·전도위험

이를 정리하면, 「산업안전보건기준에 관한 규칙」에작업발판체결 및 안전고정구 유지가 명시되어 있음에도 불구하고, 작업 중 지장 또는 전계 귀찮음 등의 이유로 고정구가 훼손되거나 무단 임의 제거되는 공통적인 문제가 나타났다.

설계목표

- | 설치 속도 | 작업자 1인 기준 설치 시간 측정 (3회 평균) : 5초 이내
- | 해체 속도 | 작업발판 해체 시간 측정 : 10초 이내
- | 발판 이탈 | 40kg, 80kg 하중 실험 시 이탈 0회 (100% 유지)
- | 발판 흔들림 | 작업 하중 작용 시 변위 측정 : 수평 변위 ≤ 5mm
- | 반복 내구성 | 체결/해체 반복 테스트 30회 이상 정상 작동

아이디어
도출



■ 발상 과정 A안

- 개념및 메커니즘
가설 강관 파이프에 작업발판을 빠르고 간편하게 연결하기 위해 원터치 개폐 구조를 가진 카라비너메커니즘을 구상하였다. 이 방식은 스프링 잠금을 통해 별도의 도구 없이도 신속하게 체결할 수 있어 작업 효율성을 획기적으로 높일 수 있을 것으로 기대되었다.
- 문제점 및 구조적 한계
그러나 실제 적용 가능성을 검토한 결과, 카라비너의게이트가 회전하며 두꺼운 가설 파이프를 통과하려면 게이트 내부에 상당한 유격 공간이 확보되어야 하는 구조적 한계가 드러났다. 이 작동 공간을 확보하려면 작업발판 갈고리의 전체적인 규격이 불가피하게 커져야 하며, 그 결과 파이프와 체결 부위 사이에 큰 유격이 발생하게 된다.
- 검토 결과
체결 후 발생하는 유격은 작업자가 발판을 밟고 이동할 때 심한 흔들림과 진동을 유발하여 고소 작업 시 심각한 안전 위험을 초래한다. 따라서 작업 편의성보다 안전 확보가 최우선이라는 공학적 판단 아래, 본 아이디어는 최종 대안에서 미선정되었다.

■ 발상 과정 B안



- 개념및 메커니즘
가설 강관 파이프를 신속히 고정하기 위해 톱니형 캠의 마찰력을 활용하는 캠클리트메커니즘을 구상하였다. 파이프 삽입 시 양쪽 캠이 벌어지며 들어간 후, 반대 방향으로 힘이 작용하면 톱니가 파이프 표면을 강하게 물어 마찰력을 극대화하는 자동 잠금구조를 통해 간편 체결을 기대하였다.
- 문제점 및 구조적 한계
그러나 실제 적용 가능성을 검토한 결과, 당초 목표였던 '기존 작업발판의 형태를 유지한 채 보조 안전 고정구만 추가하는 방식과의 불일치가 발생하였다. 캠클리트메커니즘을 구현하기 위해서는 작업발판 갈고리 구조 자체를 전면 재설계해야 하며, 톱니 및 하우징 부품으로 인해 정밀 가공 난이도가 높아지고 제조 단가가 상승하는 공학적·경제적인계가 드러났다.
- 검토 결과
당초 개발 방향성인 '원형 구조 단순 개선'에 부합하지 않으며, 제작 복잡성과 원가 상승 대비 실익이 부족하다고 판단되었다. 이에 따라 경제성 및 기존 부품과의 호환성을 고려하여 본 아이디어는 최종 대안에서 미선정되었다.

■ 발상 과정 C안



- 착안 및 메커니즘
앞선 대안들의 한계를 극복하고 빠르고 안정적인 자동 체결을 구현하기 위해, 회전 걸쇠와 토션스프링이 결합된 '돈사고리' 기계장치의 메커니즘에서 핵심 아이디어를 도출하였다. 이 구조는 파이프 삽입 시 회전 걸쇠가 축을 중심으로 작동한 뒤 잠금턱에 걸려 자동으로 고정되며, 해제 시에는 걸쇠를 들어 올리는 것만으로 간편히 분리되는 자동 잠금 방식이다.
- 타당성 및 구조적 장점
돈사고리의 핵심인 토션스프링은 회전축 중심의 제한된 공간에서도 정밀한 토크를 전달할 수 있어, 기존 작업발판갈고리 내부 모듈화에 매우 적합한 것으로 검토되었다. 부품 수가 적어 내구성과 신뢰성이 우수하며, 체결 시 유격과 흔들림을 효과적으로 제어할 수 있어 고소 작업 환경에서의 구조적 안전성을 대폭 향상시킬 수 있는 공학적 타당성을 확인하였다.
- 검토 결과
본 메커니즘은 설치·해제속도 향상, 이탈 방지, 진동 억제 등 모든 항목에서 우수한 평가를 받았다. 이에 따라 돈사고리의 '토션스프링 기반 회전 잠금 구조'에서아이디어를 얻어, 향후 작업발판의 효율적이고 안정적인 자동 작동 시스템을 구현하는 핵심 메커니즘으로 최종 선정/인용하기로 결정하였다.

설계방향

- | 구조 유지 | 기존 작업발판의 결이를 그대로 유지하여 본래의 하중 지지 성능과 기본 안정성을 확보한다.
- | 부품 개선 | 발판 전체를 변경하는 대신 이탈을 방지하는 '안전 고정구' 부위만을 집중적으로 개선한다.
- | 편의 확보 | 별도의 도구 없이 누르고 당기는 직관적인 조작만으로 결속되는 설치 방식을 구현한다.
- | 원리 응용 | 돈사고리의 토션스프링 회전 메커니즘을 적용하여 호환성과 현장 작업성을 동시에 완성한다.

재료선정

■ 토션스프링

스테인리스강 (SUS304)

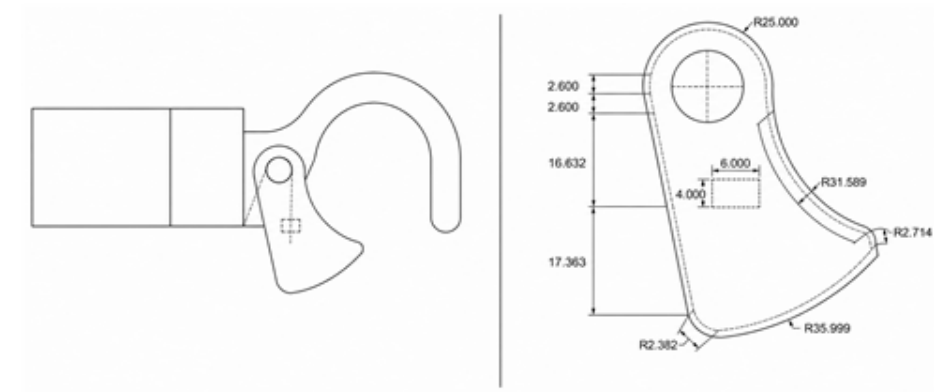
실외 가설 환경에 필수적인 우수한 내식성을 갖추어 녹 발생을 차단하며, 반복 작동 환경에서도 뛰어난 피로수명 및 탄성 복원력을 유지하여 종합 경제성 및 신뢰성이 가장 우수함.

■ 안전 고정구

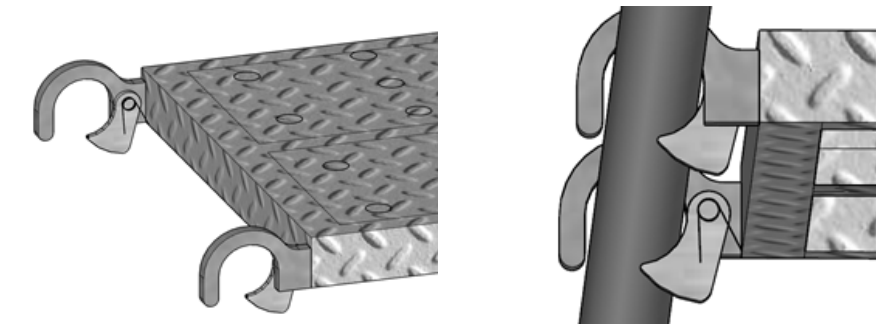
스테인리스강 (SUS304)

강관 파이프와의 반복 결속을 견디는 높은 구조적 강도 및 내마모성을 확보함. 특히 맞물려 작동하는 토션스프링과 동일 재질 (SUS304)을 채택함으로써 이종 금속 간 접촉으로 발생하는 갈바닉 부식을 원천 차단함.

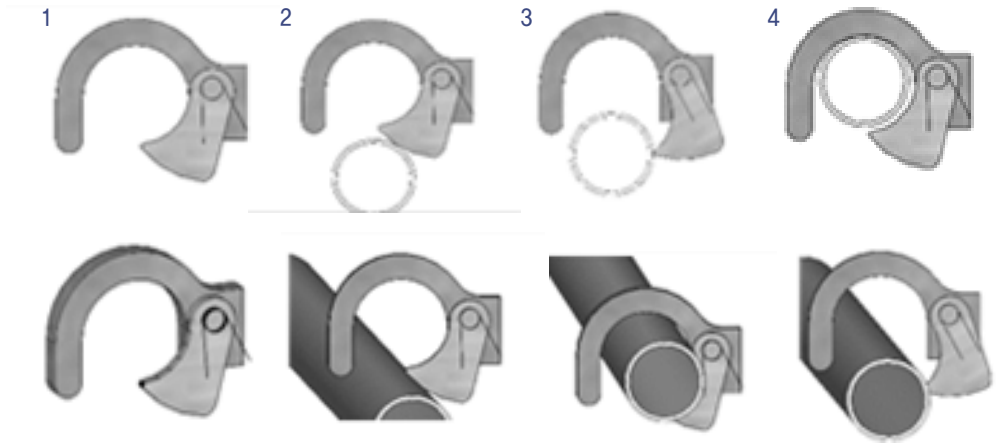
세부도면



모델링



작동방식



1. 토션스프링의 탄성력에 의해 안전 고정구가 폐쇄 상태를 유지하며 체결을 대기하는 단계.
2. 가설 강관 파이프가 진입하며 안전 고정구하단의 경사면에 접촉하여 외력을 가하는 단계
3. 파이프의 진입력에 의해 고정구가 축을 중심으로 회전 개방되며 걸이 내부로 통과하는 단계
4. 파이프 완전 안착 후 스프링의 복원력으로 고정구가 자동 복귀하여 이탈을 원천 차단하는 단계

결론

본 연구는 기존 작업발판의 구조적 하중 지지 성능을 그대로 유지하면서, 토션스프링 기반의 회전 개방 및 자동 복귀 메커니즘을 결합한 모듈형 '안전 고정구'를 고안함으로써 기존 단순 걸이 방식의 고질적 문제였던 체결 유격과 고소 작업 시 이탈 위험을 근본적으로 해결하고 현장 설치 및 해제 작업 효율성을 획기적으로 향상시켰다. 나아가, 실외 가설 환경의 부식 위험을 차단하기 위해 주요 부품 재질을 스테인리스강으로 통일하여 부식을 예방하고 장기적 유지관리 비용 절감을 도모하였으며, 향후 공인 규격에 준하는 구조 하중 검증 및 피로도 실증 시험을 통해 정량적 데이터를 확보하고 다양한 가설 강관 파이프 규격에 전천후 적용 가능한 고소 작업 가설 시스템으로 실용화 및 고도화를 추진하고자 한다.