

# 철골 볼트 조임 자동화 로봇

---

'24. 10. 25

삼성물산 / 엠에프알



# Contents

- 1 기술 개요
- 2 주요 특징점
- 3 성과 및 계획

# 기술 개요

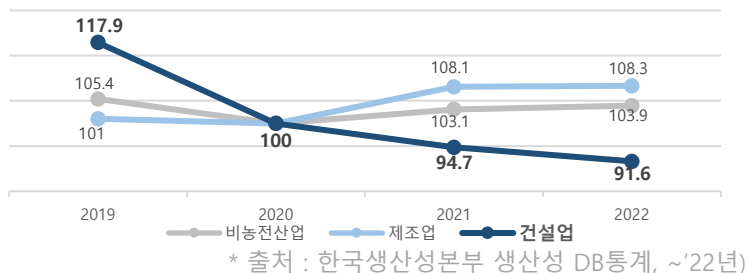
# 1 기술 개요 \_ 추진 배경

건설업은 생산성 저하, 고령화 가속 문제로 건설 자동화의 필요성 증대.

철골 작업은 고소작업으로 인한 안전사고가 많아 건설 자동화 필요성이 크지만 사례 全無

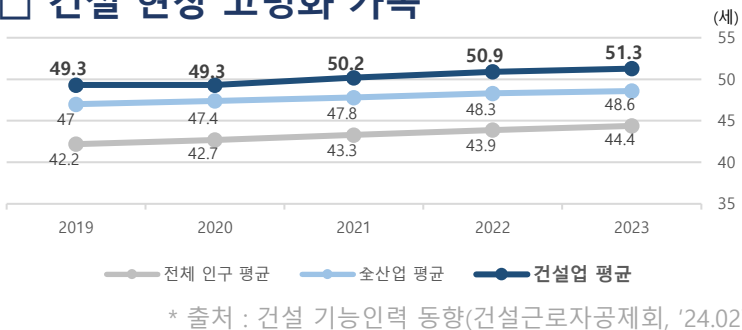
## 건설 자동화 필요성 증대

### □ 건설 생산성 저하



- 건설업 1인당 노동 생산성 감소 추세  
→ 부가가치 대비 1인당 생산성 지속 감소 예상  
\* 건설산업의 총 부가가치(GDP)
- '22년 건설업 노동 생산성 변화  
→ 84개 업종 중 74위로 하위 12% 수준

### □ 건설 현장 고령화 가속



## 철골 작업 추락/낙하 안전 위험 多



### 철골 공사 - 건설업 전체 사망 재해의 7%

[ 철골 공사 사고 사례 및 중대재해 ]					
구분	2020	2021	2022	2023	Total
사고 사례	123	144	186	239	692
중대재해 (사망)	14	12	17	16	59

(출처 : 건설공사 안전관리 종합정보망)

- 철골 설치하는 바닥이 없는 고소 작업 수행
- 이에 따른 추락 및 공구/자재 낙하 사고 빈번

## 건설 현장 볼팅 자동화 사례 無



[ 자동차 조립 (독일 Porsche) ]



[ Screw 체결 자동화 (일본 Fanuc) ]

- 제조업은 Screw 타입의 자동화 사례는 있음
- 건설업의 볼팅 자동화 사례는 없음

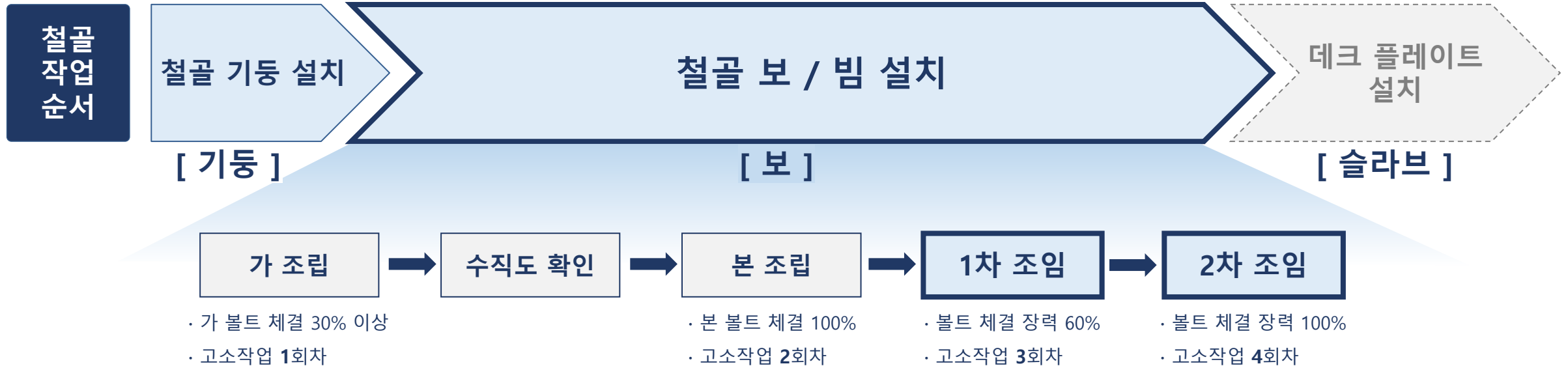
## 1 기술 개요 \_ 소개 영상



# 1 기술 개요 \_ 작업 순서 및 적용 범위

## 철골 작업 中 100% 수작업에 의존한 고소작업 TS볼트 체결의 자동화 수행

\* Torque Shear Bolt, 구조체 결합에 사용



# 1 기술 개요 \_ 적용 효과

작업 인력 저감 및 고소 작업 횟수 감소로 안전사고 Risk 제거, 균일한 품질 확보 가능

인력 기반 철골 볼트 조임



작업 실수로 인한  
非균일 품질

추락 사고  
예방 조치 필요

고소작업 있음

노동 강도 높음

추락 위험 높음

고소작업 없음

노동 강도 낮음

추락 위험 없음

로봇 정밀 제어로 인한  
균일 품질

추락 사고  
예방 조치 불필요

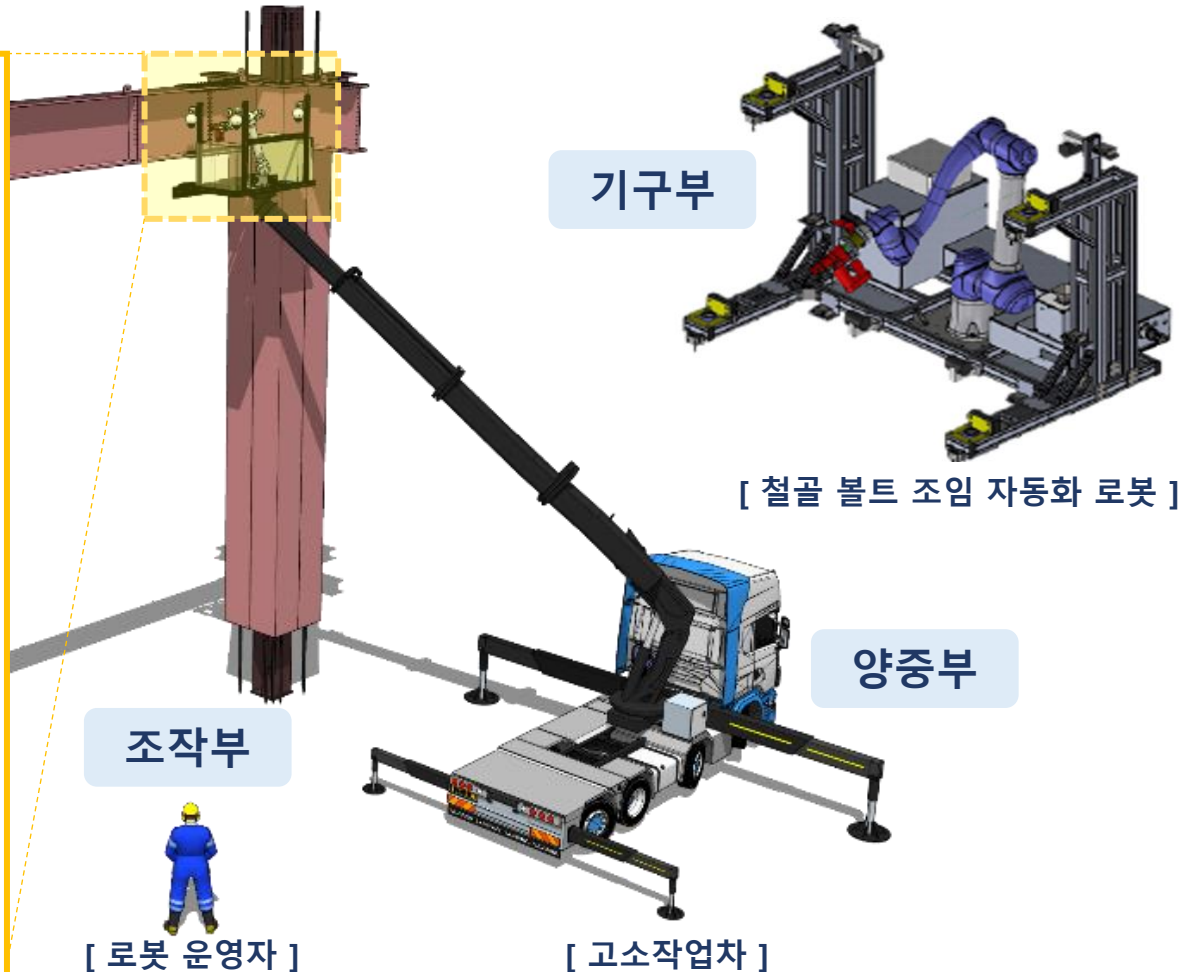
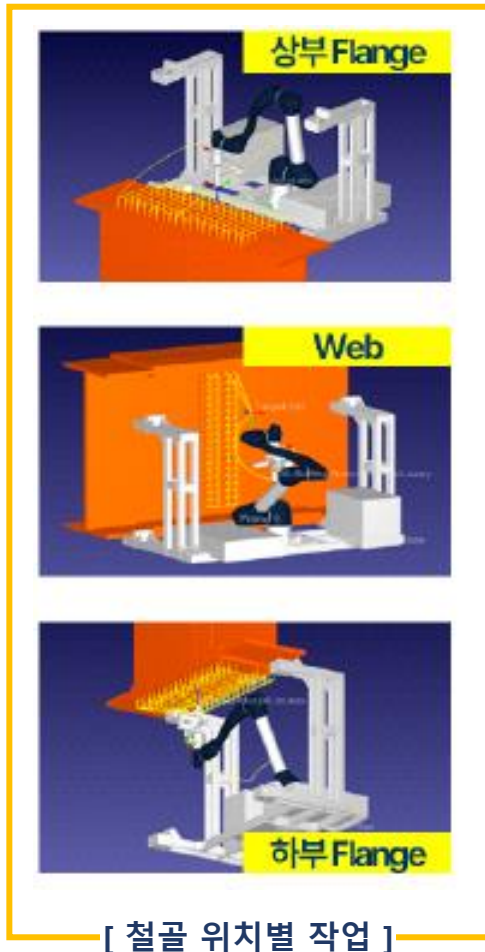


로봇 기반 조임 자동화



# 1 기술 개요 \_ 자동화 장비 구성

## 기구부, 양중부, 조작부의 모듈 형태 구성, 고소작업차에 탑재된 로봇 활용 지상 조작 볼트 체결



### 기구부

- 협동로봇으로 조임 자동 시공
- 구성 : 로봇팔, 센서, Tail 회수 장치 등
- 위치 및 방위 보정을 통한 자동 볼팅

### 양중부

- 기구부를 작업영역으로 이동
- 구성 : 양중 장비, 로봇 베이스, 전자석 등
- 외부 영향 최소화를 위한 전자석 사용 고정

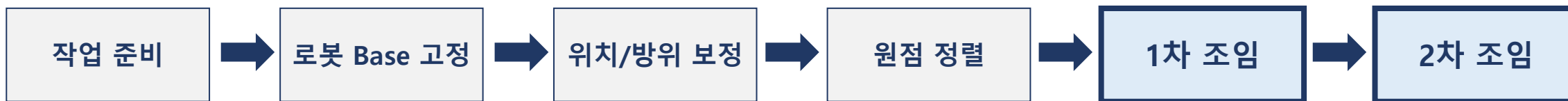
### 조작부

- 고소 작업을 지상에서 원격조종
- 구성 : 관제 모니터, 제어 모니터 등
- 지상 조작 가능한 작업자 친화형 조종 장치



# 1 기술 개요 \_ 자동화 작업 순서

철골 작업부에 로봇 Base를 고정, 위치/방위 보정으로 작업 위치 확인 후, 1차 - 2차 조임 자동 실시

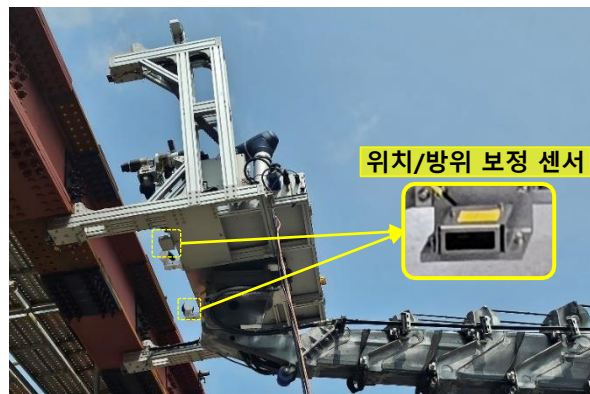


철골 작업부 로봇 Base 고정



전자석 고정

위치/방위 보정 및 원점 정렬



위치/방위 보정 센서



지상 조작으로  
원점 정렬

1,2차 조임



1차 조임



2차 조임

## 주요 특징점

## 2 주요 특징점 \_ 오차 보정

항상 변화하는 작업 환경에 대응하는 기술 적용으로 인력 수준의 생산성 확보

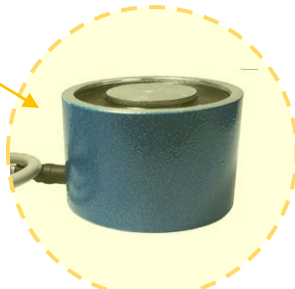
### 생산성 향상

#### ■ 고소 작업 시, 로봇 흔들림 억제를 위한 전자석 활용 고정



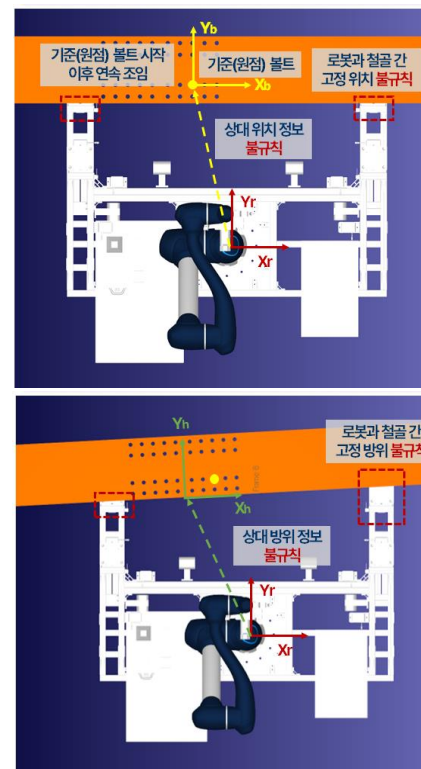
로봇 Base 무게 : 300kg

최대 부착력 500kg/EA



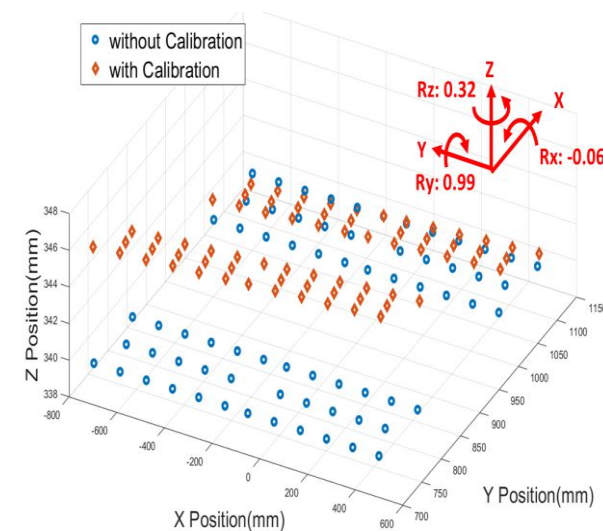
[ 로봇 Base 고정용 전자석 ]

#### ■ 작업 시 변화하는 로봇 Base 위치 및 방위 보정 기술 적용



#### - 로봇 -철골/볼트 상대 위치/방위 오차

- 관제 장치 & 원격조작을 통한 위치 보정
- 센서 기반 로봇 방위 보정 알고리즘 적용





## 2 주요 특징점 \_ 볼트 위치 인식

항상 변화하는 작업 환경에 대응하는 기술 적용으로 인력 수준의 생산성 확보

### 생산성 향상

#### ■ 최초 볼트 위치 인식을 위한 3D Vision Camera 및 원격 조종 기술 적용

##### - 3D Vision Camera



##### - MG(머신가이드런스) 기반 원격 조종 기술

\* Vision Camera가 햇빛 영향으로 촬영 불가 시 활용



## 2 주요 특징점 \_ 작업 속도

항상 변화하는 작업 환경에 대응하는 기술 적용으로 인력 수준의 생산성 확보

### 생산성 향상

#### ■ 조임 공구의 원활한 볼트 삽입을 위한 로봇 제어기술, 유동 기구 적용 및 공구 개선

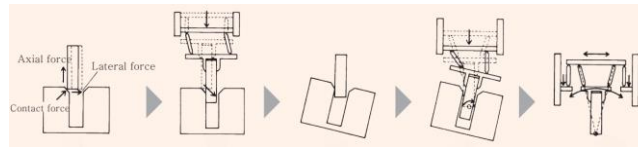
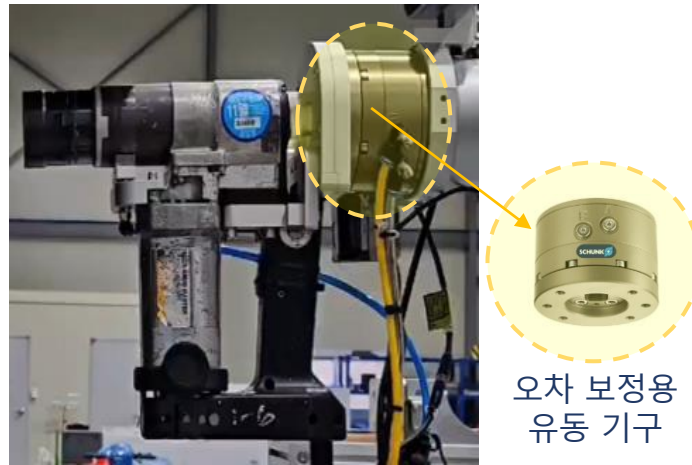
##### - 협동 로봇 및 Compliance 제어

- 1단계(볼트 결합) : 협동 로봇의 힘 제어 및 Compliance 제어 활용
- 2단계(너트 결합) : Rubbing 동작 생성  
→ 공구의 회전 삽입



##### - 로봇과 조임 공구 사이에 유동 기구 적용

- 수평 및 각도 방향 오차 보정

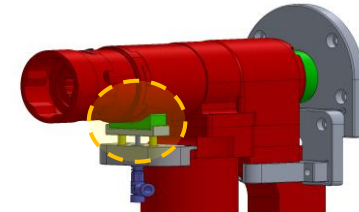


##### - 조임 공구 개선

- 볼트 조임 공구 내경 확장  
→ 공구 삽입 속도 향상 및 오차 보정



- 공구 외부 소켓 고정 매커니즘 적용  
: 내부 소켓 회전 ⇒ 공구와 나사산 일치



## 2 주요 특징점 \_ 작업 생산성

스마트 기술, 공구 끼움 로직 및 공구 개선 등 다양한 기술 적용으로 인력 수준의 생산성 확보

### 생산성 향상

작업 생산성 56% 개선



[ 초기 기능 구현 볼팅 작업 (약 30초 소요) ]



[ 고도화/개선 이후 볼팅 작업 (약 13초 소요) ]



## 2 주요 특징점 \_ 조작 편의성

### 작업자 친화형 조종 장치를 통한 사용 편의성 향상과 실용성 확보

생산성 향상

편의성 향상

#### 로봇 원격 조종 및 관제 모듈의 편의성 강화

##### - 로봇 원격조종 패널 기본 구성



##### - 로봇 작업 순서에 따른 순차적 화면 구성



## 2 주요 특징점 \_ 작동 안정성

### 로봇 오작동 등 비상 상황 대응을 위한 안전 솔루션 적용

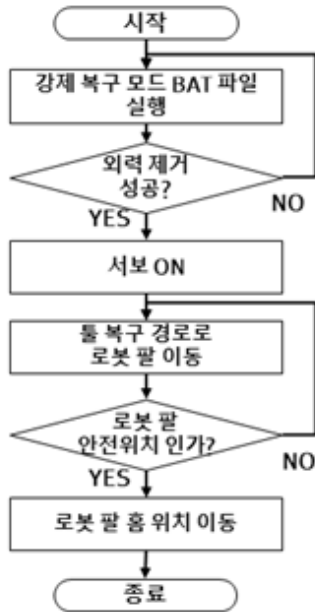
생산성 향상

편의성 향상

안전성 향상

#### ■ 작업 안전을 위한 Fail-safe 기술 적용

##### - Recovery 기능을 통한 로봇팔 끼임 상황 복구



[ 오작동 대응 시나리오 ]



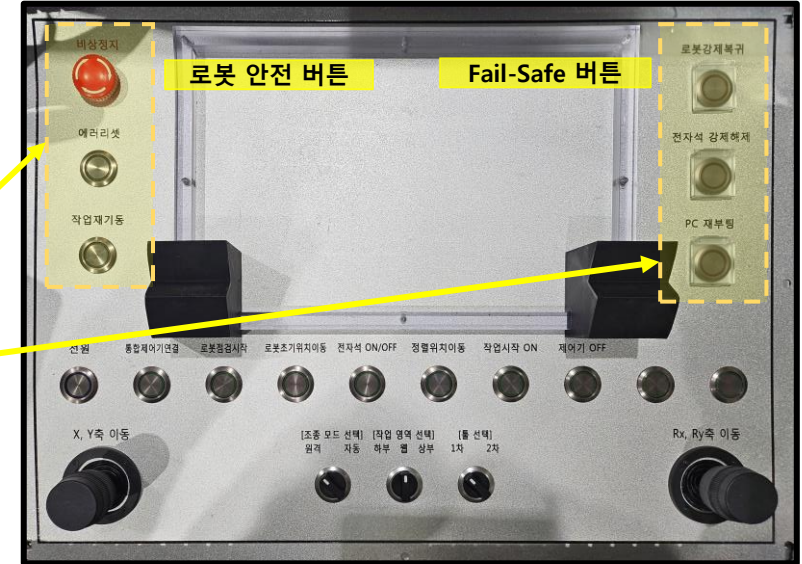
[ 외력 제거 후 안전 위치 이동 ]

##### - Safety PLC 적용을 통한 로봇 구동 안정성 확보

- 비상 정지 및 전자석 강제 해제, 통합 제어 PC 재부팅과 같은 오류 상황에 대응할 수 있도록 제어 시스템 구성



[ Safety PLC ]



# 기술 성과 및 계획

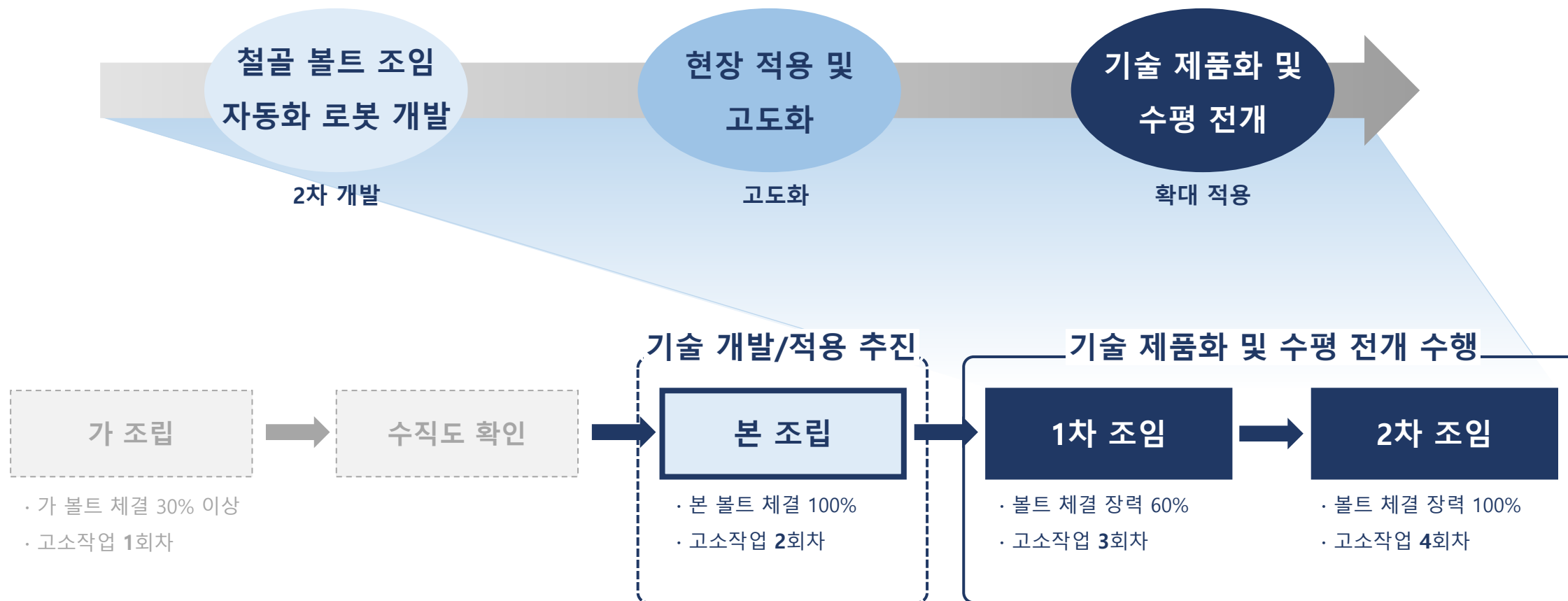
### 3 기술 성과 및 계획 \_ 현장 Pilot Test





### 3 기술 성과 및 계획 \_ 향후 계획

철골 볼트 조임 자동화 로봇의 현장 적용 및 고도화, 제품화를 통한 건설 자동화 혁신 지속 수행  
향후, 볼트 조임 외 철골 공종 소 작업의 자동화 추진



**Q & A**