

# 삼성중공업 스마트 팩토리 적용사례



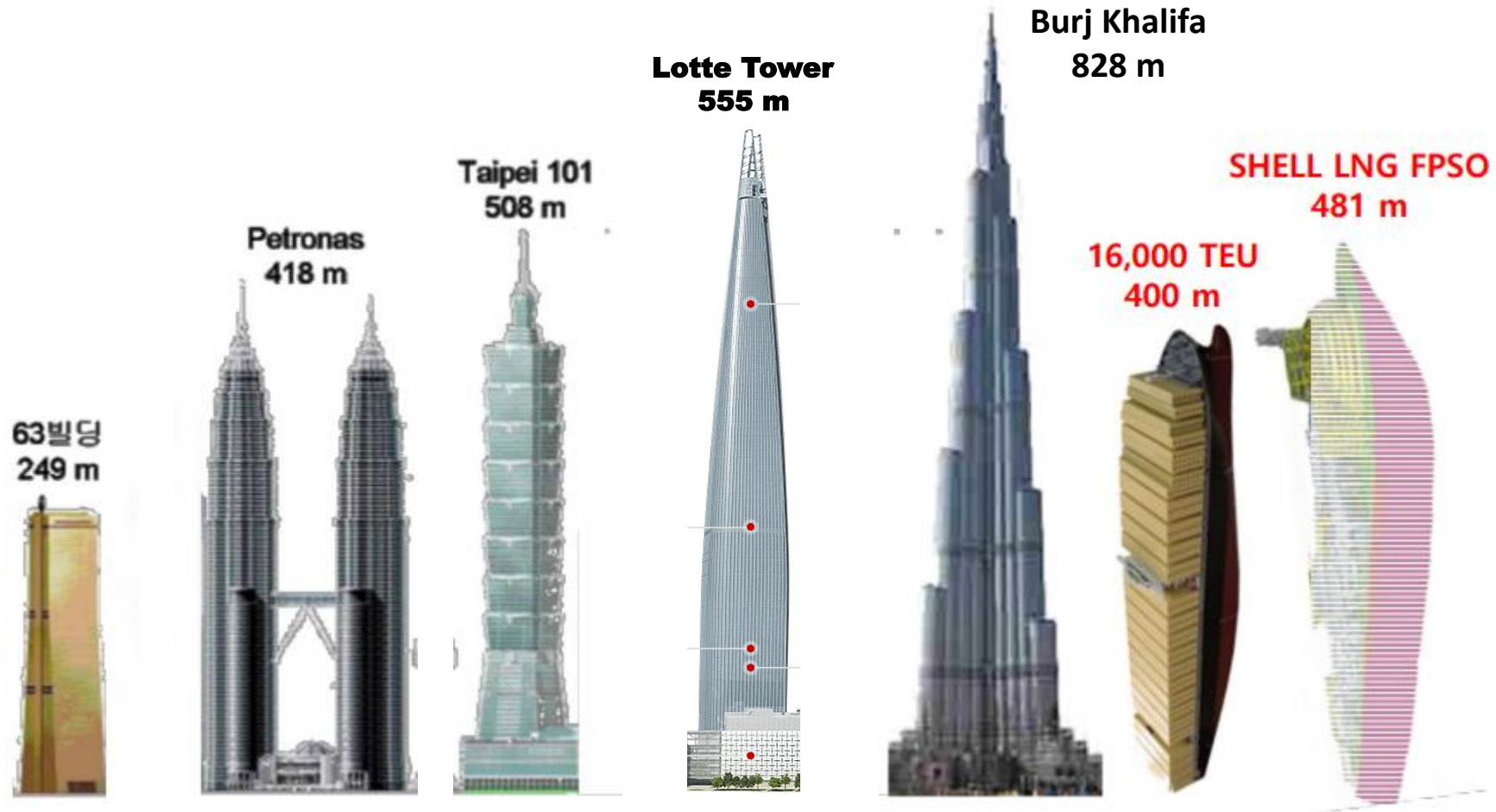
2021.11

충북대학교 산업인공지능연구센터  
도규원 초빙교수

([kwдох@cbnu.ac.kr](mailto:kwдох@cbnu.ac.kr))

1. 곡가공 자동화 시스템
2. 소조립 용접 자동화 시스템
3. 해상풍력설치선 작업 시스템

# 0. 선박의 크기?



# 0. 선박 건조 과정

## • 선박의 건조과정

[http://www.samsungshi.com/Kor/Pr/know\\_process.aspx](http://www.samsungshi.com/Kor/Pr/know_process.aspx)

### 1 설계

선주가 요구하는 사양에 맞춰 컴퓨터로 설계 도면을 그립니다.



### 2 강재적치

생산제품별로 강재를 적치합니다.



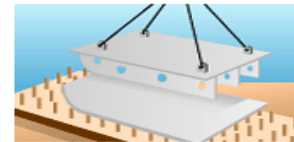
### 3 강재절단

설계 도면에 따라 강재를 절단합니다.



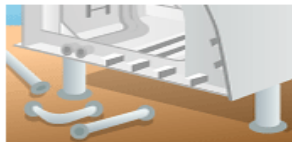
### 4 조립

절단된 강재들을 용접하여 선박의 일부분을 만듭니다.



### 5 의장

선박의 일부분인 블록에 파이프나 배선 등의 의장작업을 합니다.



### 6 도장

배에 녹이 슬지 않도록 친환경적 제품으로 페인트 작업을 합니다.



### 7 탑재

완성된 블록을 도크로 옮겨 탑재하여 선박의 모양을 갖추줍니다.



### 8 진수

도크에 물을 채워 완성된 선박을 바다로 띄웁니다.



### 9 안벽작업

진수된 선박을 안벽에서 선실의 인테리어 및 각종 장비를 설치하고 테스트를 하여 마무리 작업을 합니다.



### 10 시운전

해상에서 선박의 성능을 최종적으로 TEST합니다.



### 11 명명식

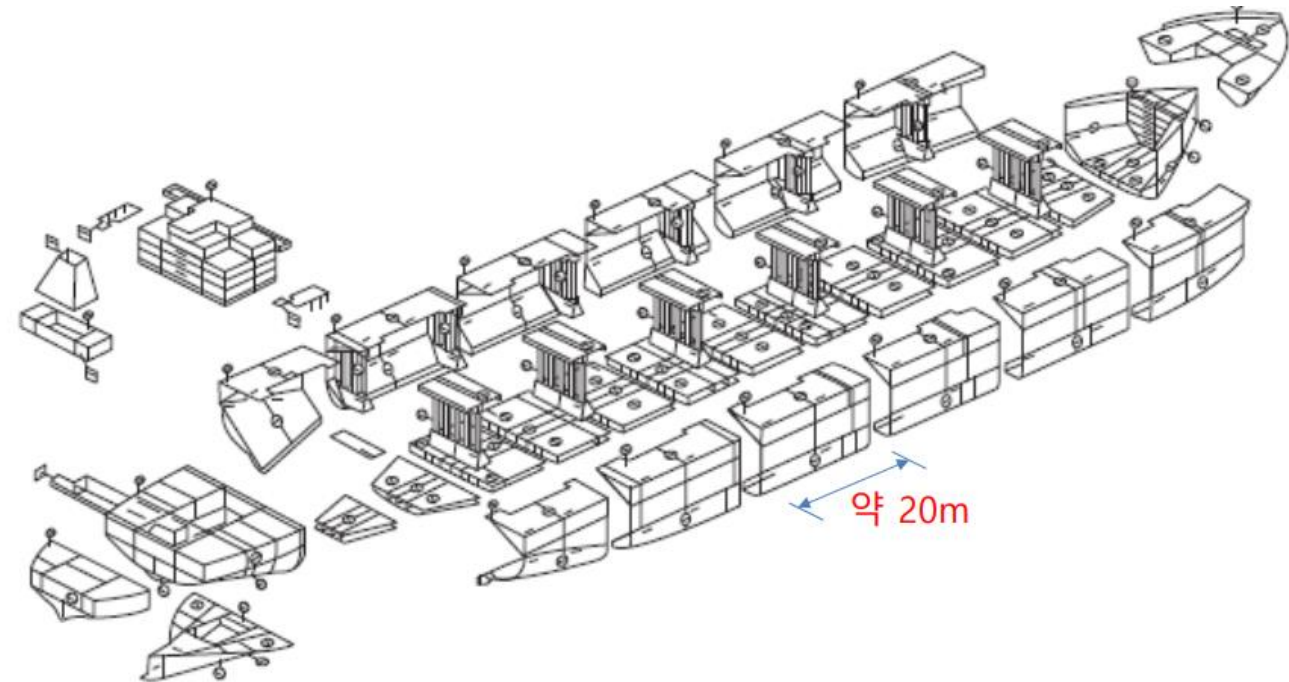
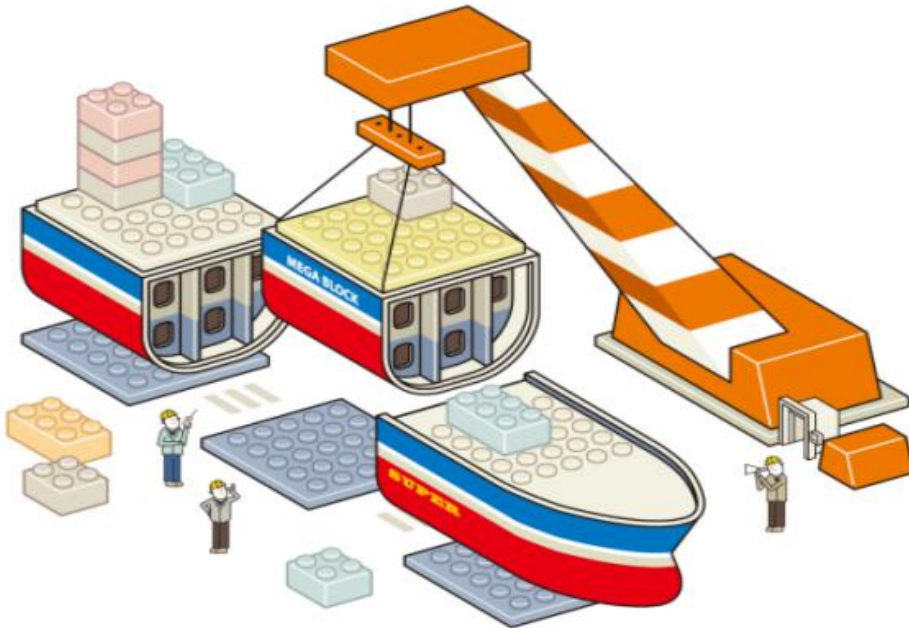
선주가 직접 방문하여 완성된 선박의 이름을 부여하는 행사를 합니다.



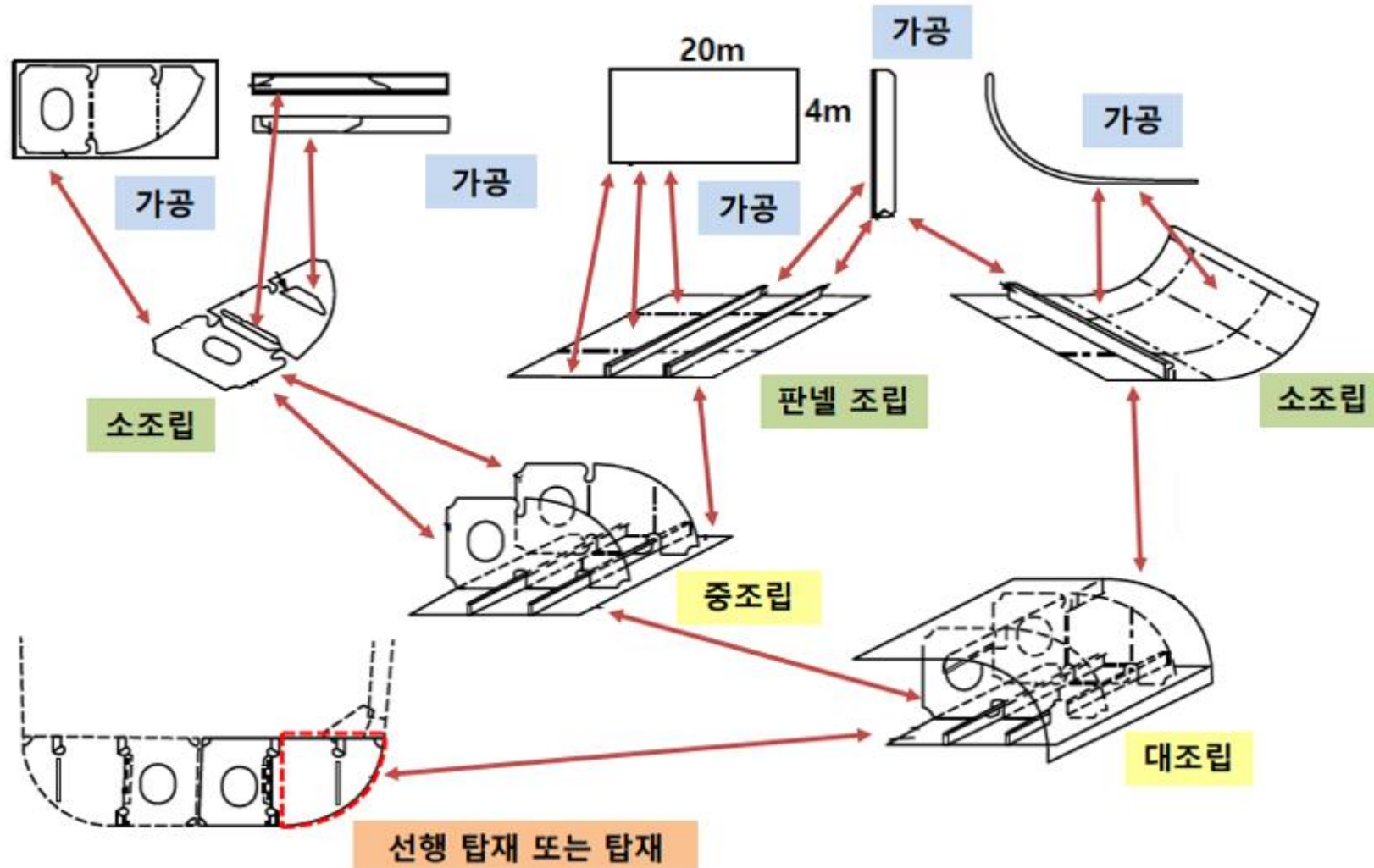
# 0. 선박 건조 과정

## Shipbuilding $\leftrightarrow$ Block Building

⇒ Block (Unit Block 또는 PE Block)을 탑재(Erection)한 후  
진수(Launching)



# 0. 선박 건조 과정





# 1. 곡가공 자동화 시스템

- 곡가공 공정 흐름



절단



롤 벤딩  
(냉간가공)



열간가공

작업자의 경험에 의존하는 공정

# 1. 곡가공 자동화 시스템

- 곡면가공 작업 현장 사진





# 1. 곡가공 자동화 시스템

- 필요성

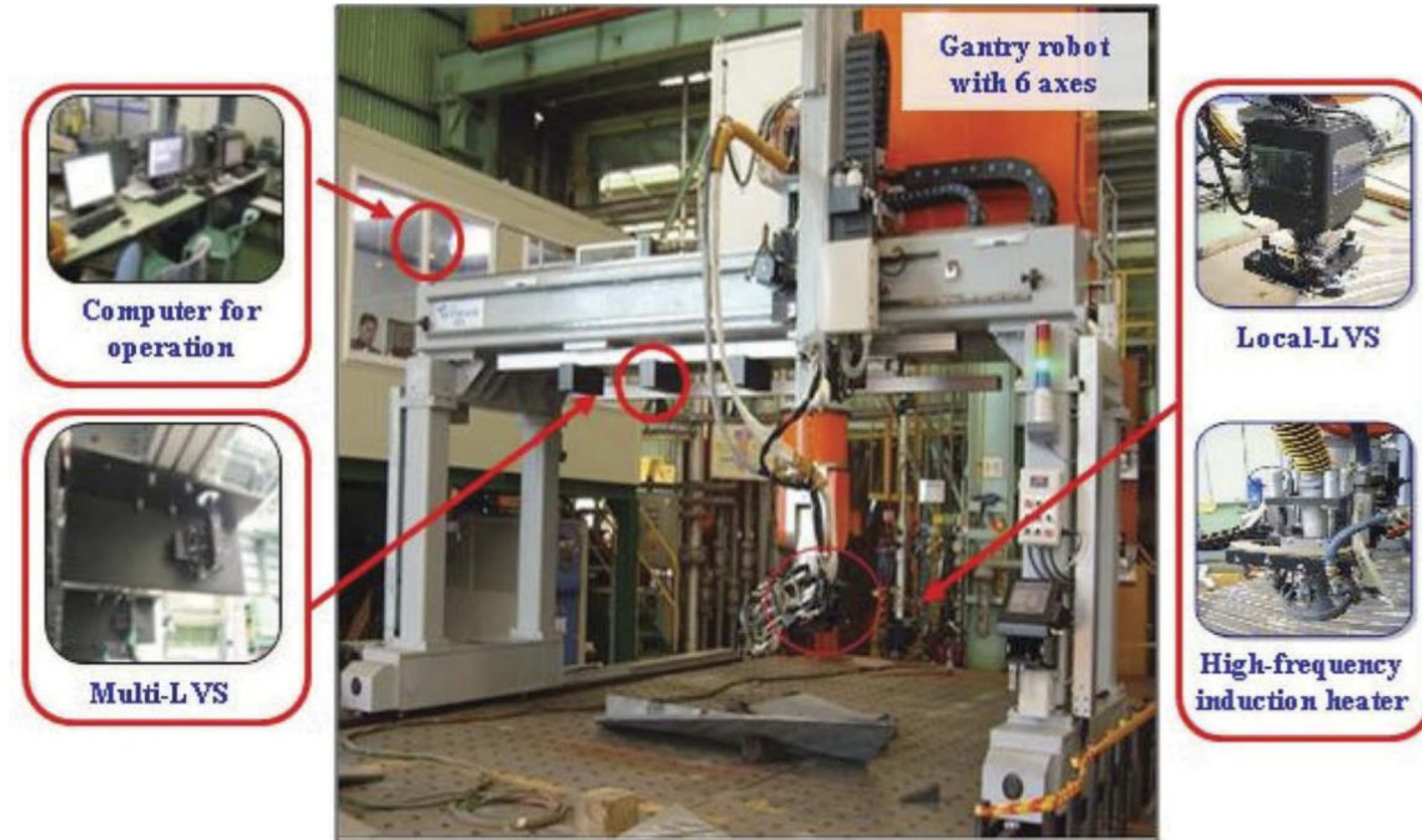
- 목형 (木形)을 이용한 3차원 곡면 제작
- 다년의 고기량 숙련 기능공에 의존
- 극한의 소음 발생(120dB)

- 개발의 어려움

- 50년간 미국 일본 국내 조선소 연구중 → 성공 사례 없음
- 선수/선미 적용 불가 원인
  - 성형 조건 계산 시간(최소 60분)
  - 단계별 성형조건 계산 필요(한번에 후판 성형 불가능)
  - 대형 곡면 정밀 계측(약 10m X 4 m 철판)

# 1. 곡가공 자동화 시스템

## • 곡가공 자동화 시스템 구성 결과물



# 1. 곡가공 자동화 시스템

---

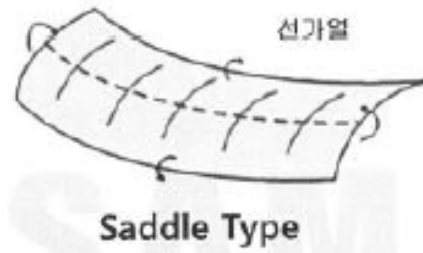
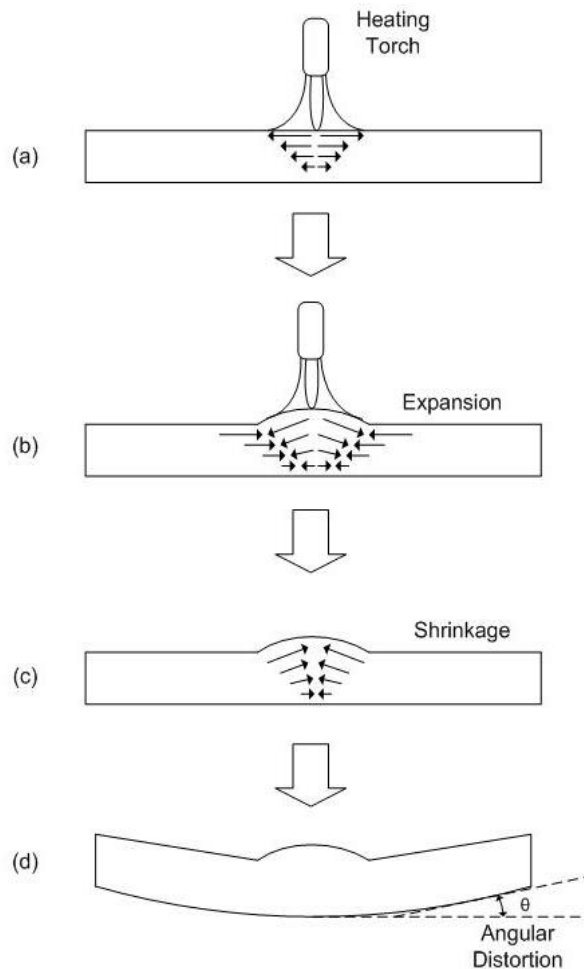
- 시스템 flow

1. 현재 형상 계측
2. 목적곡면과 현재 곡면 비교  
(어디를 가열할것 인가 가열선 제시)
3. 가열
4. 목적형상과 현재 형상 비교 – 가공률 계산(형상유사도)  
(같으면 종료, 아니면 1번으로 다시 수행)

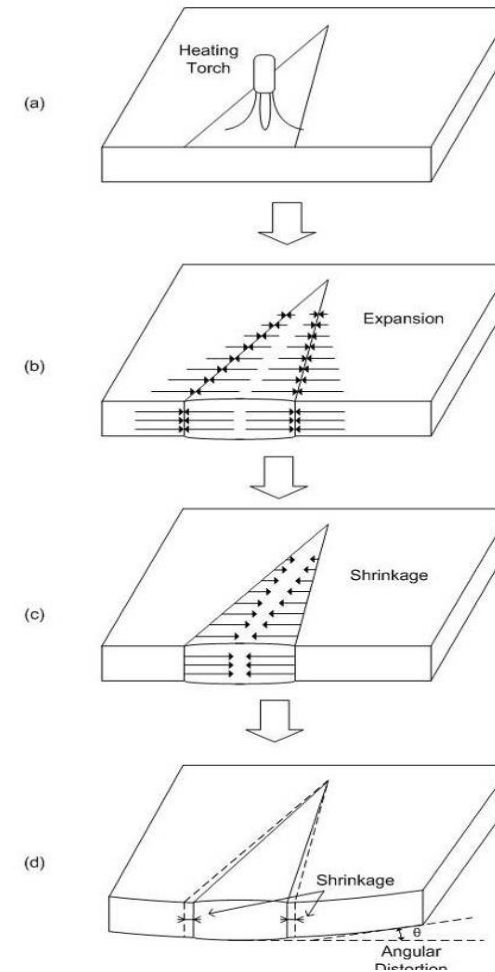
# 1. 곡가공 자동화 시스템

- Types of Heating

## 선가열

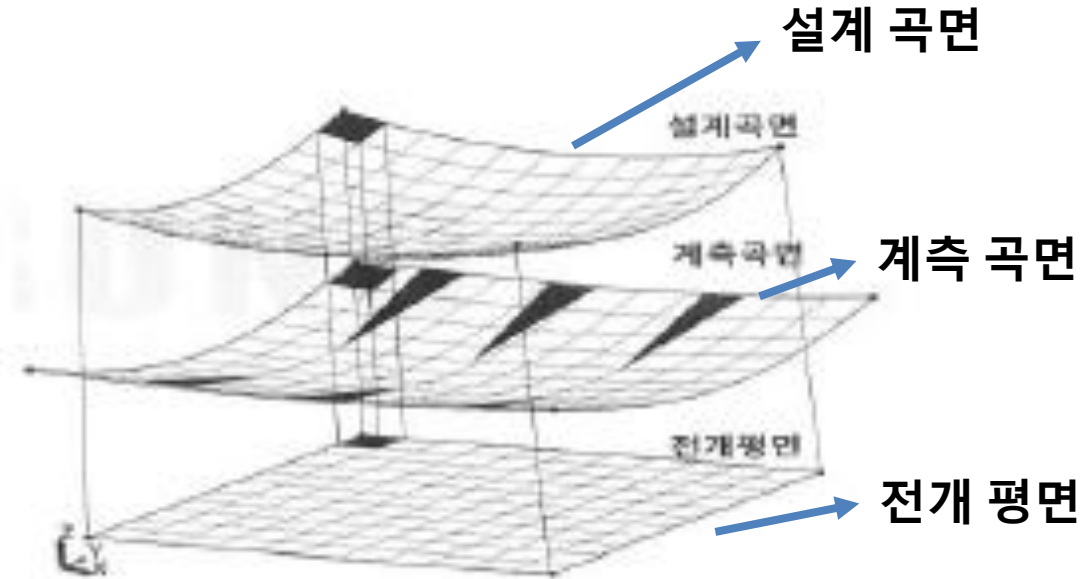
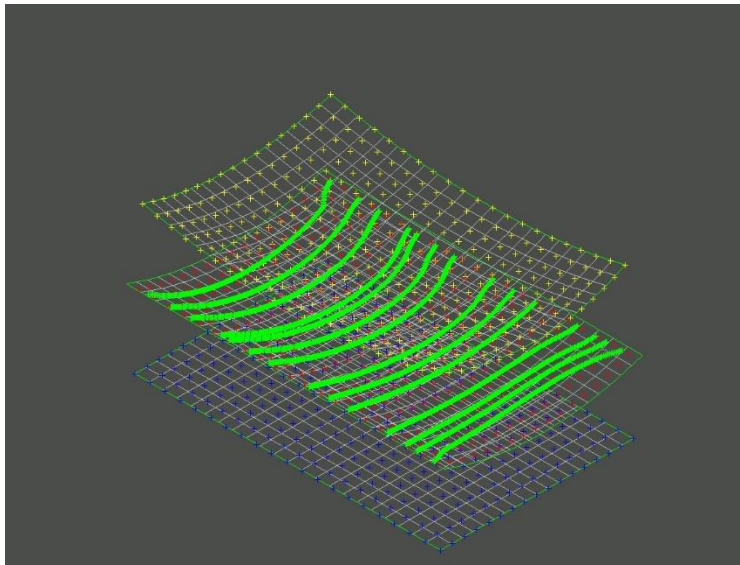


## 삼각가열



# 1. 곡가공 자동화 시스템

- 가열선 위치 추출 방법



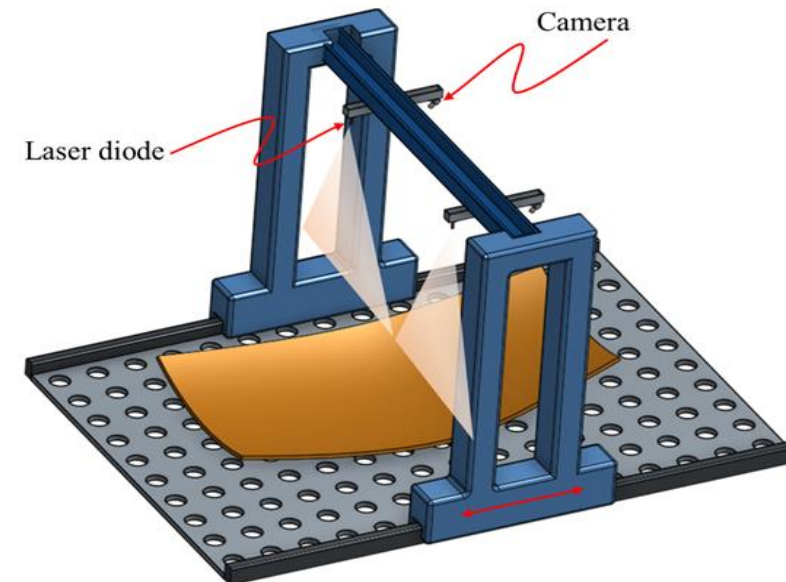
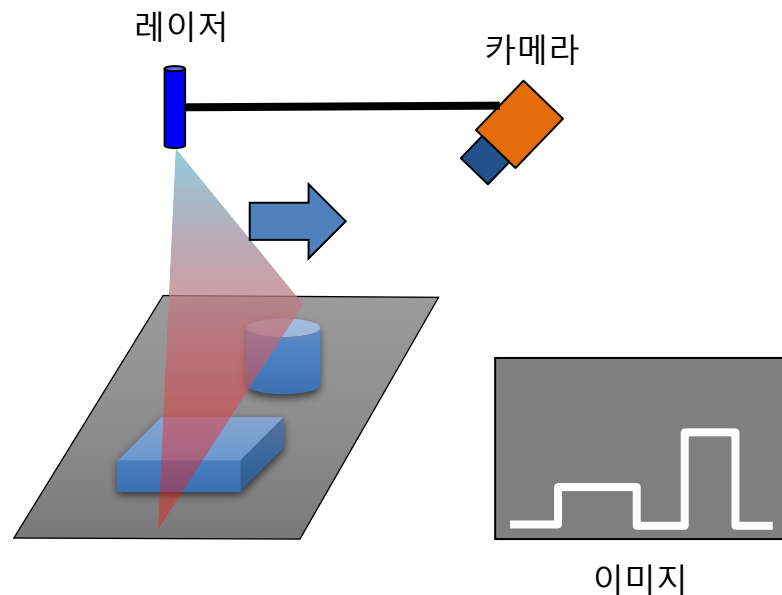
설계 곡면/계측 곡면/전개 평면

설계 곡면 계측 곡면 대응점 추출하여 성형 조건 계산



# 1. 곡가공 자동화 시스템

- 계측 시스템 : Laser Vision System(LVS)
  - 빠른 계측
  - 후처리 작업 필요
  - 자동 계측방식으로 자동화 가능
  - 갠트리 정밀도가 중요하고, 갠트리 크기에 따라 부재 크기 제한



# 1. 곡가공 자동화 시스템

## • 곡면 정합

- 곡판 제작시 현재 가공하고 있는 곡판이 최종 목적하고 있는 형상과 같은지 판별하는것
- 목적 곡면 모양을 본뜬 목형을 제작, 작업 중인 곡판 위에 놓아서 둘 사이의 틈이 없으면 원하는 곡판이 완성됨

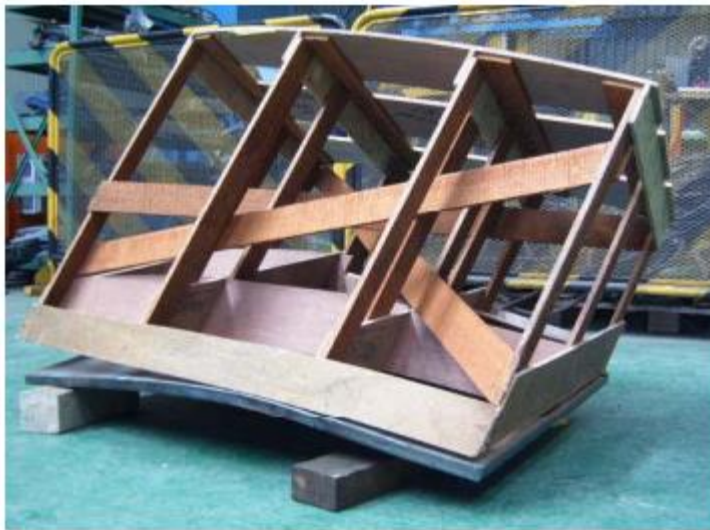
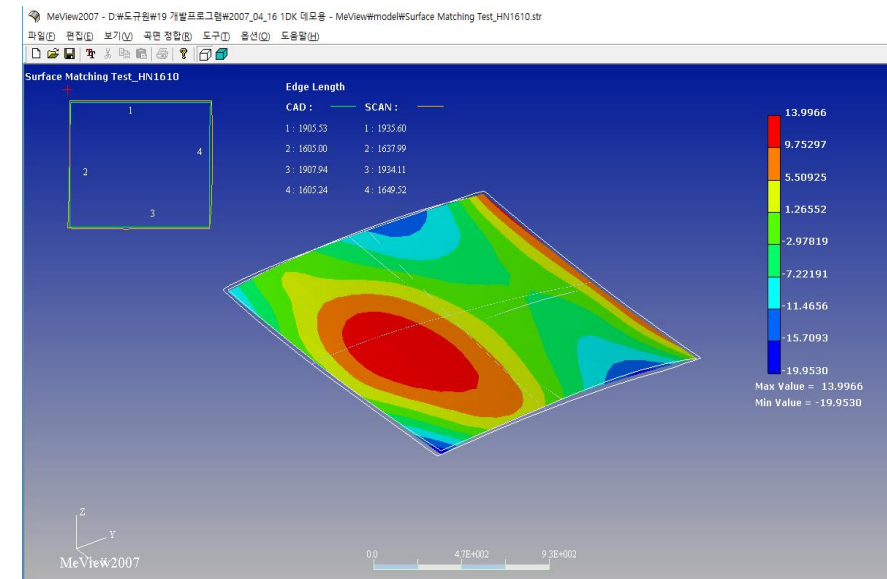
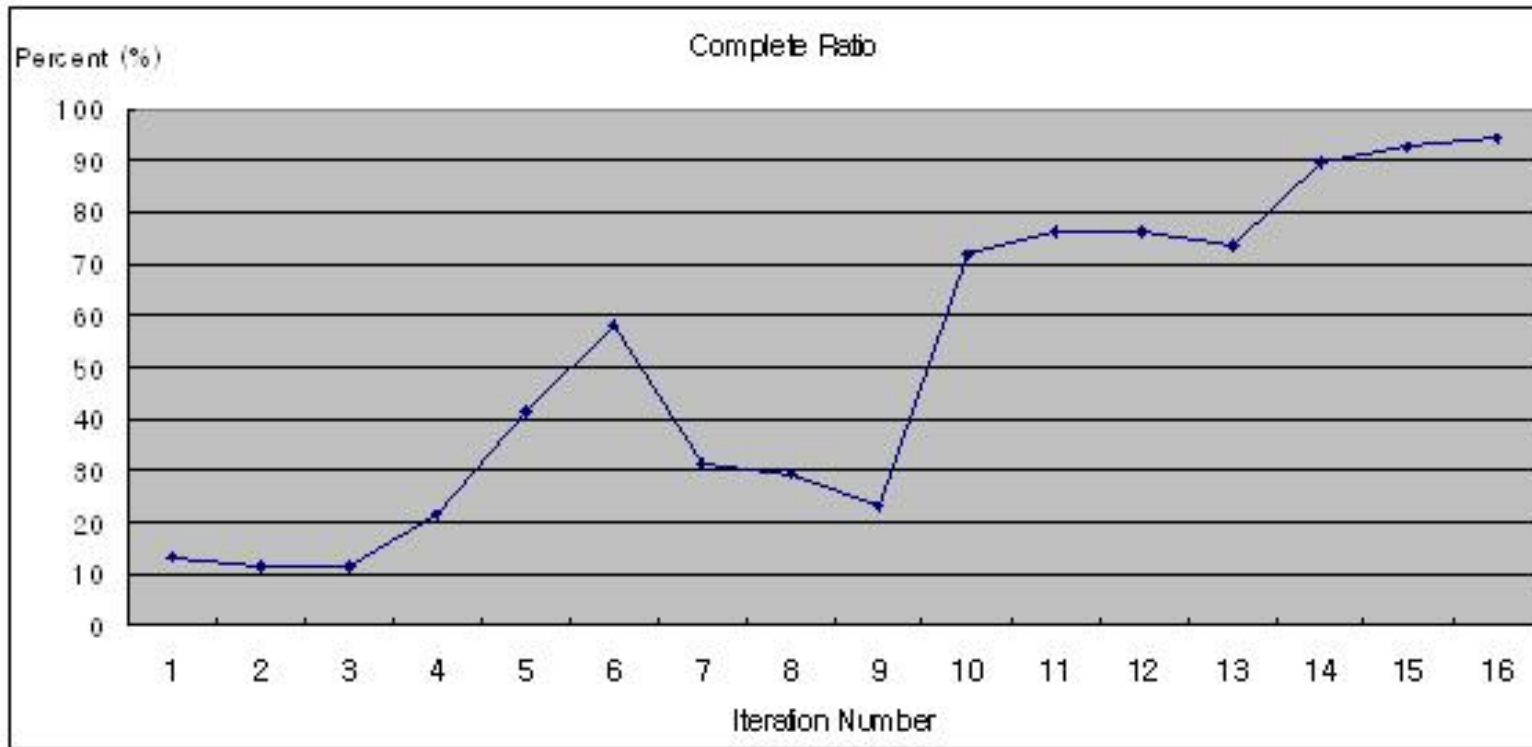


Fig. 1 목형 템플레이트 (김정 등 2007)



# 1. 곡가공 자동화 시스템

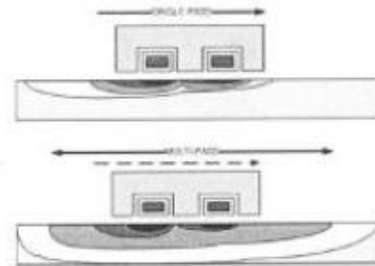
- 가공률 변화도(형상유사도)



가열 횟수

# 1. 곡가공 자동화 시스템

- 고주파 유도가열 장치



가열 패턴 최적화



후판 가열 결과

# 1. 곡가공 자동화 시스템

- 입열량에 따른 각변형

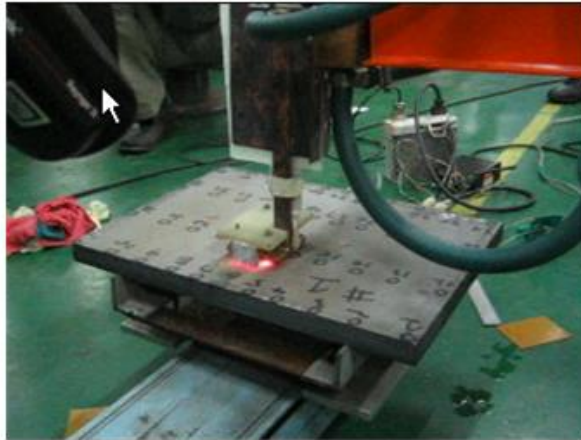


Fig.11 1회 고주파 유도가열 장면

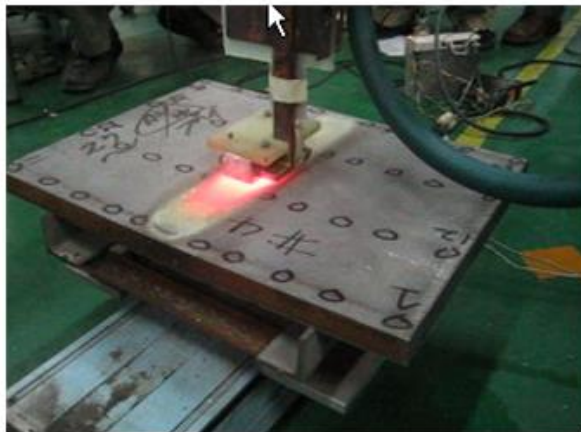
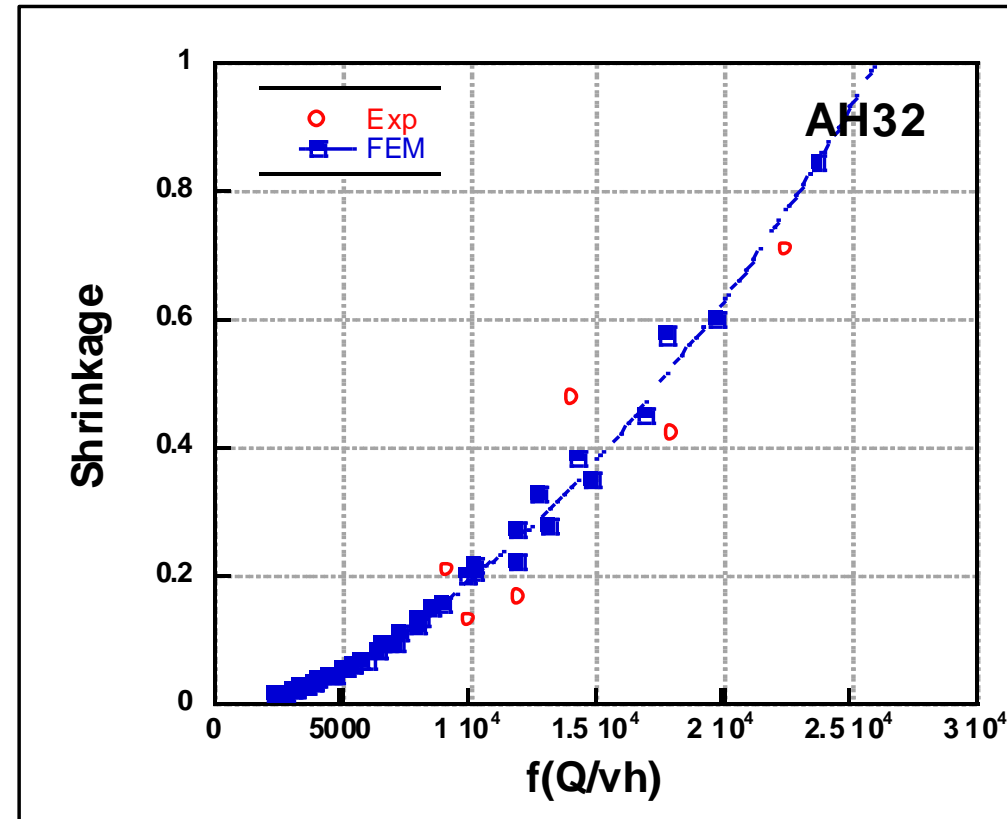


Fig.12 반복(왕복) 고주파 유도가열 장면





# 1. 곡가공 자동화 시스템

## • 가열 테스트



가공 전 형상



가공 전 형상비교 (목형)



형상 계속 (1차계측 전경)



교주파 유도 가열



가공 종료 후 형상



가공 종료 후 형상비교 1



가공 종료 후 형상비교 2



가공 종료 후 형상비교 3

# 1. 곡가공 자동화 시스템

- 가열 테스트



가열 전 형상 (1) - 현장



자동화 가열 후 형상 (1)



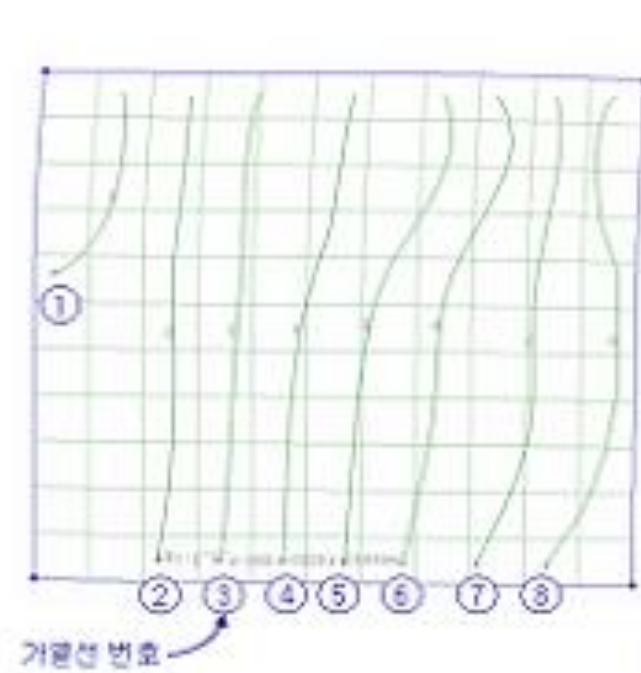
가열 전 형상 (2) - 현장



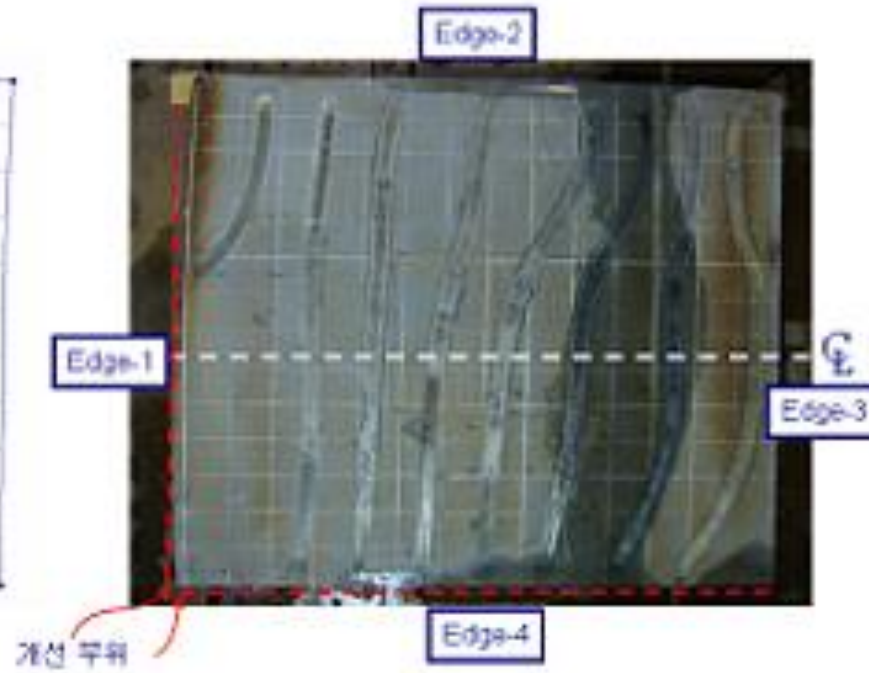
자동화 가열 후 형상 (2)

# 1. 곡가공 자동화 시스템

- 가열 정보 및 가열 후 형상



제시된 가열(선) 정보



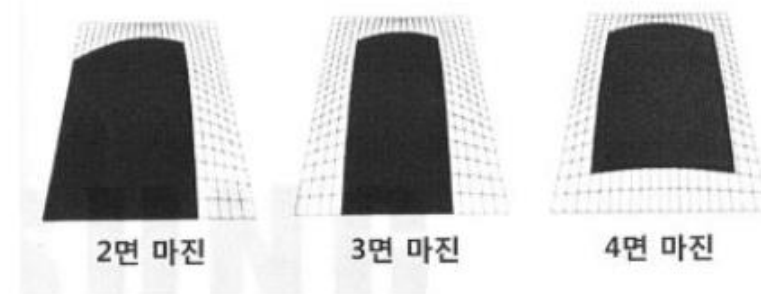
가열후 모습



# 1. 곡가공 자동화 시스템

## • 3차원 곡면 마킹 시스템

### ■ 성형 마진 절단을 위한 최적 절단선 산출



### ■ 2중 이송 시스템을 갖춘 소형 마킹 시스템

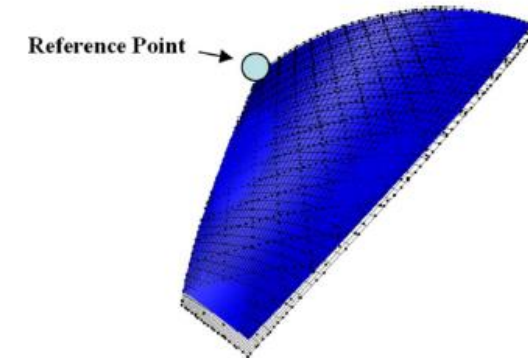
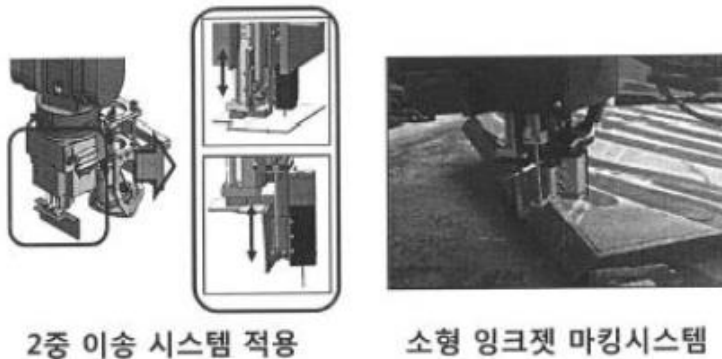


Fig. 14 A designed CAD surface and a measured surface with measured points

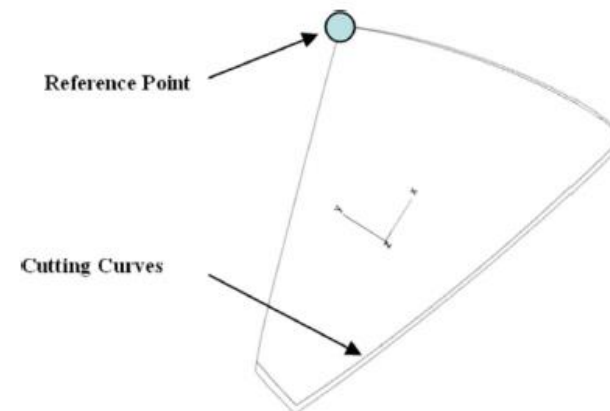


Fig. 15 Cutting curves on the measured plate

## 2. 소조립 용접 자동화 시스템

- 소조립 용접 공정 개요

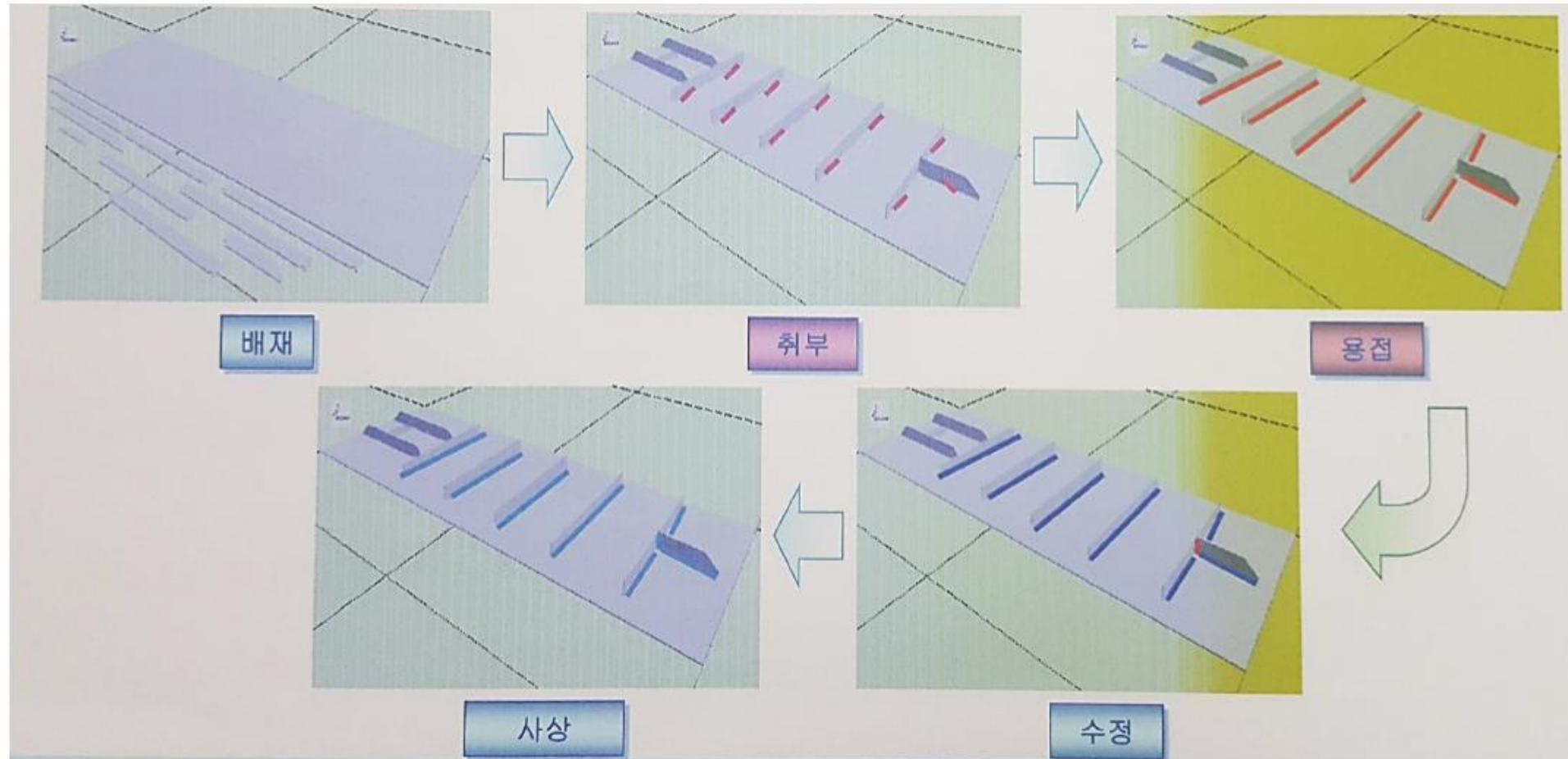
1. 배재 (주판위에 stiffener 를 배치)
2. 취부(stiffener 를 tack welding)
3. 용접
4. 수정(미용접 부위, 용접 불량부분)
5. 사상(용접 부위 Grinding)

- 소조립 용접로봇 시스템은 용접 공정에 설치되어 작업함.



## 2. 소조립 용접 자동화 시스템

- 공정 흐름도



## 2. 소조립 용접 자동화 시스템

### • 소조립 용접 라인 구성도

- 배재(배치)

- base 부재에 보강재(stiffener) 준비

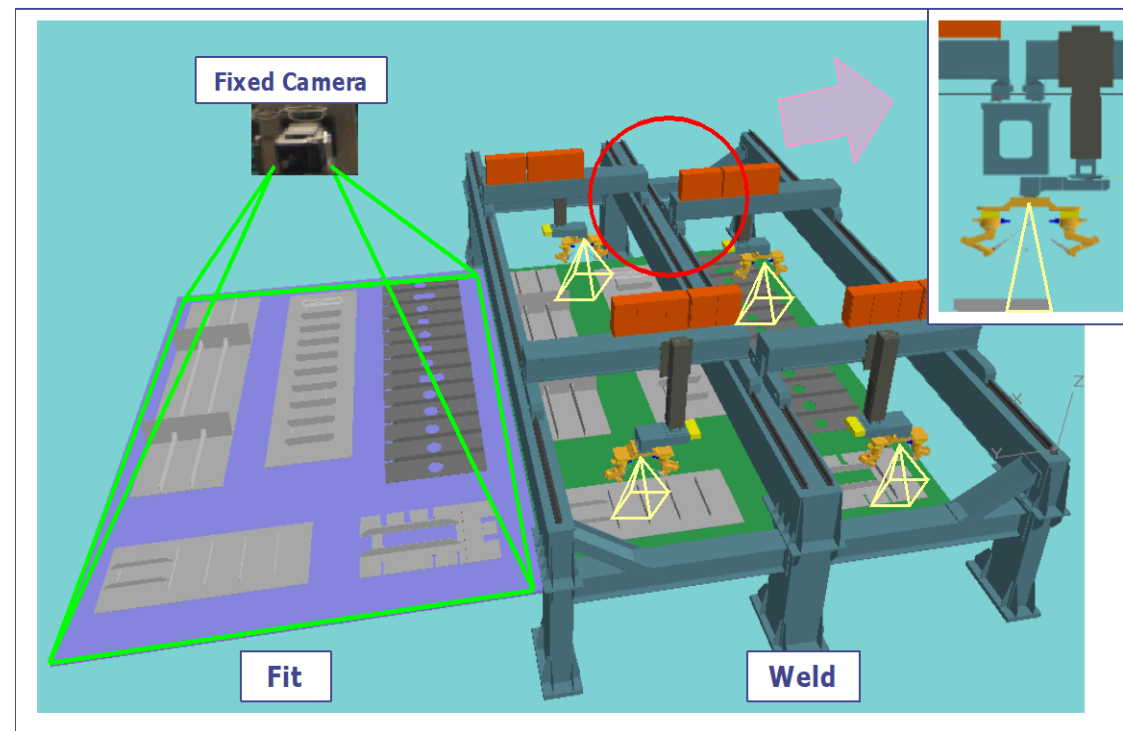
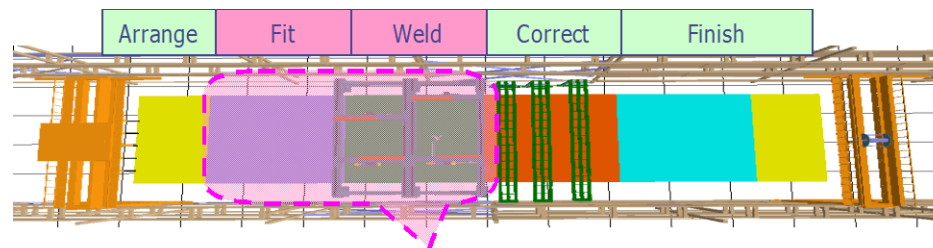
- 취부

- 취부 camera vision system
    - 공장 천정(약 18 m 높이)에 카메라 설치
    - 부재의 대략적인 위치 저장(작업자 개입)

- 용접

- 용접 camera vision system
    - 갠트리 하단에 위치, 부재 꼭지점 위치 촬영
  - Scheduling system
  - Monitoring system

배재 취부 용접 수정

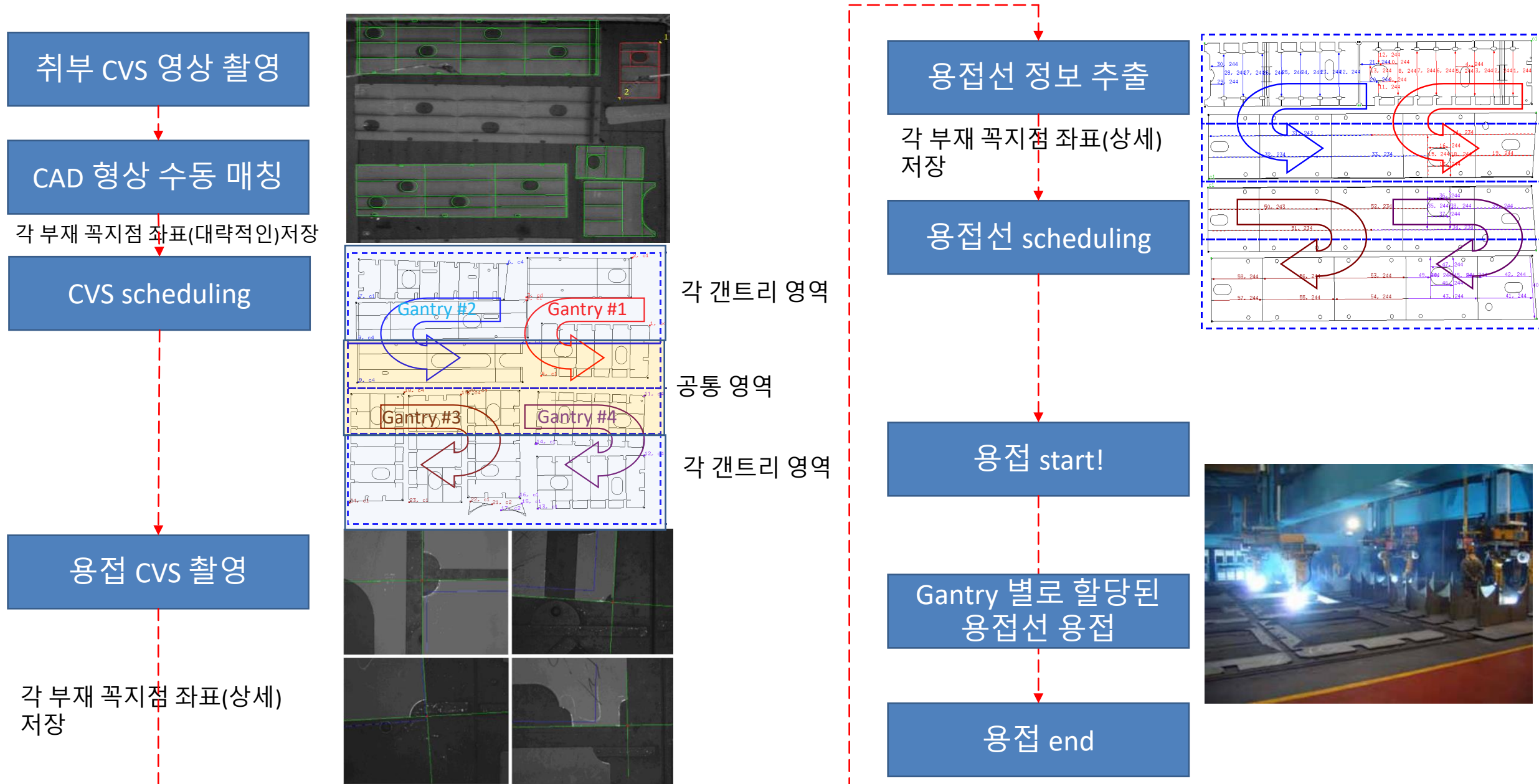


정반 Size : 16X12 m

취부 공정

용접 공정

## 2. 소조립 용접 자동화 시스템

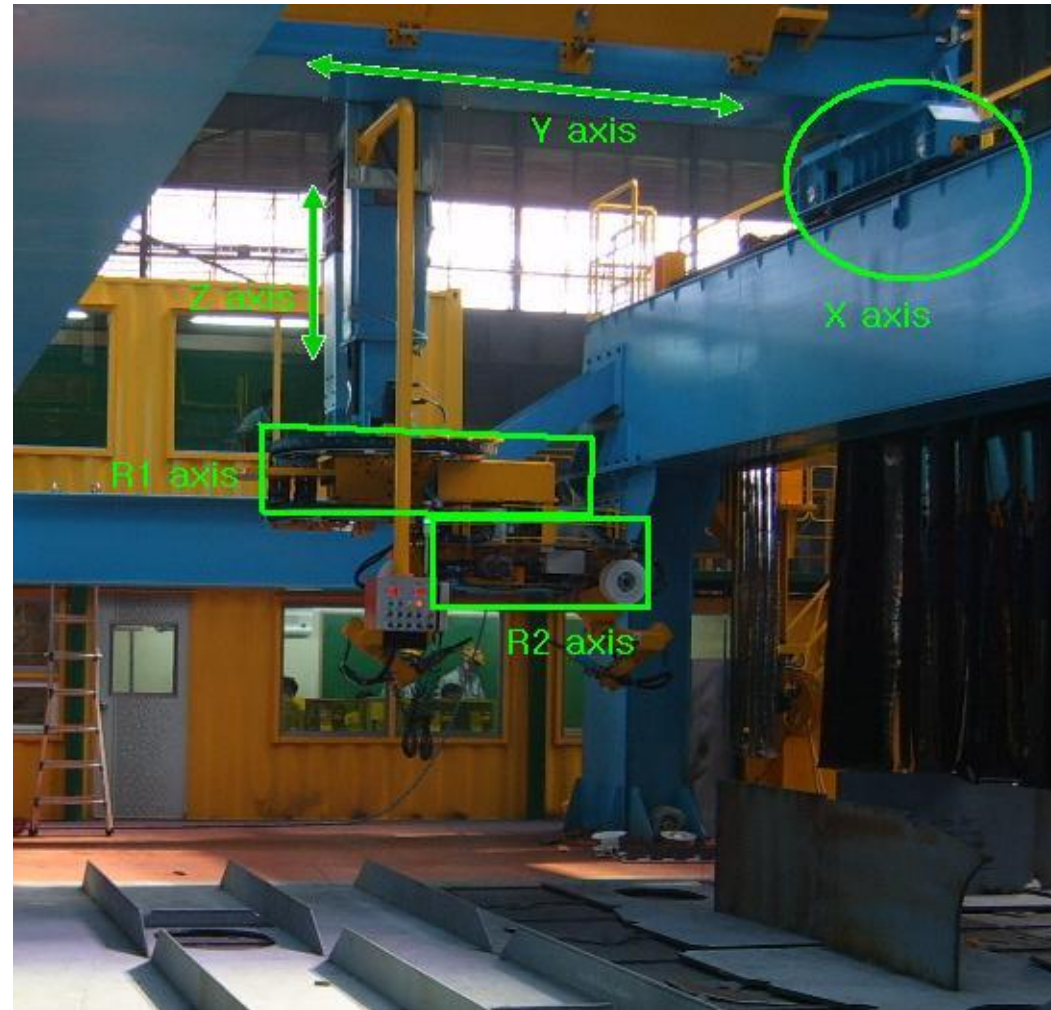


## 2. 소조립 용접 자동화 시스템

- OLP (offline program)
  - 설계 부서에서 생성된 부재의 CAD data 를 받아 실제 로봇이 용접하기 위한 좌표값을 저장해주는 기능
- CVS (camera vision system)
  - 정반상에 놓인 부재의 위치를 인식하는 시스템
- Scheduling system
  - 각 Gantry 의 작업량을 할당하고 작업 순서 설정(scheduling) 기능
- Monitoring system
  - 각 Gantry 의 작업 상황을 모니터링하고 충돌문제를 감시하는 기능

## 2. 소조립 용접 자동화 시스템

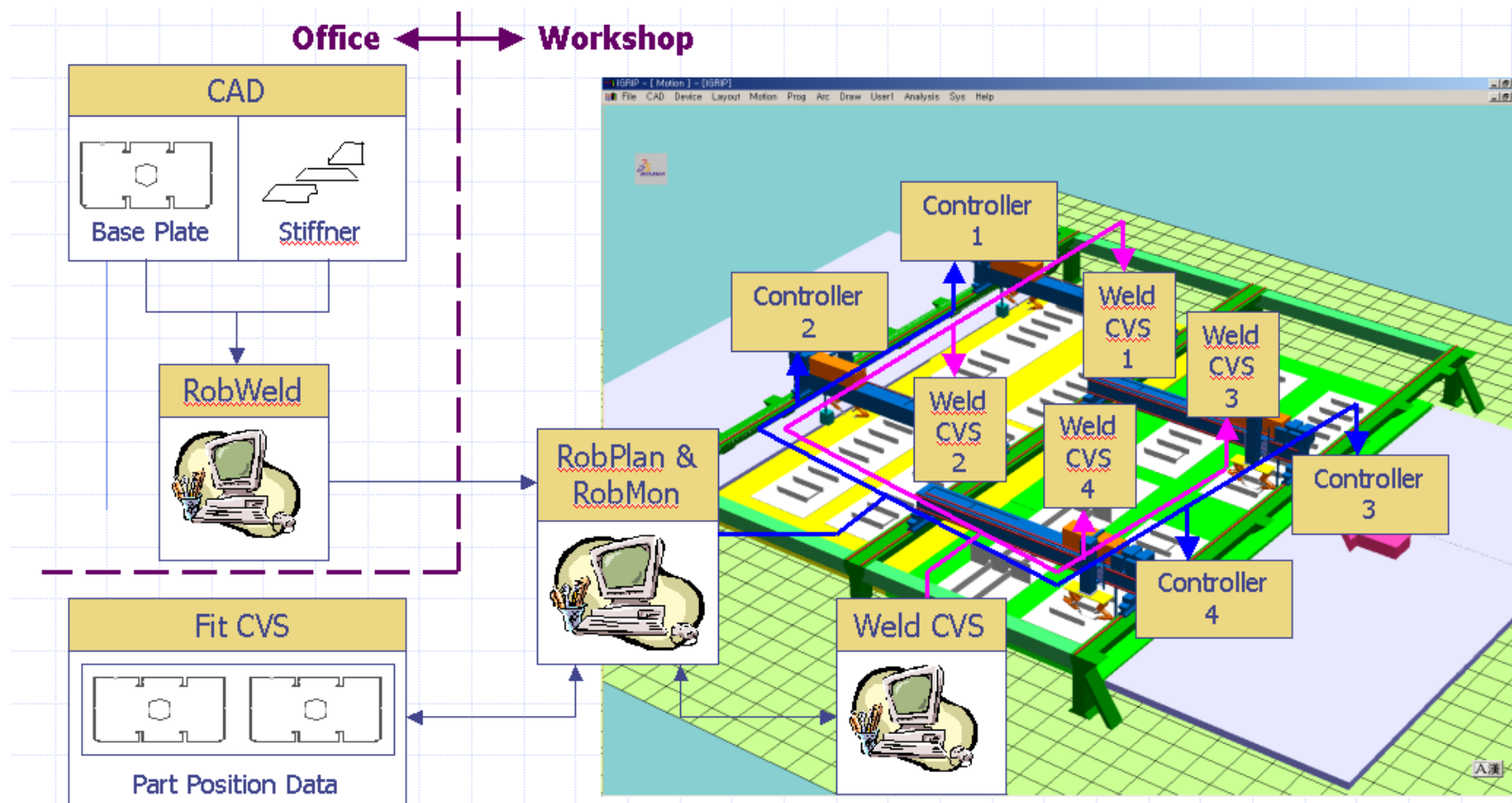
- 기계 장치 구성 (gantry)





## 2. 소조립 용접 자동화 시스템

- Configuration of CAM

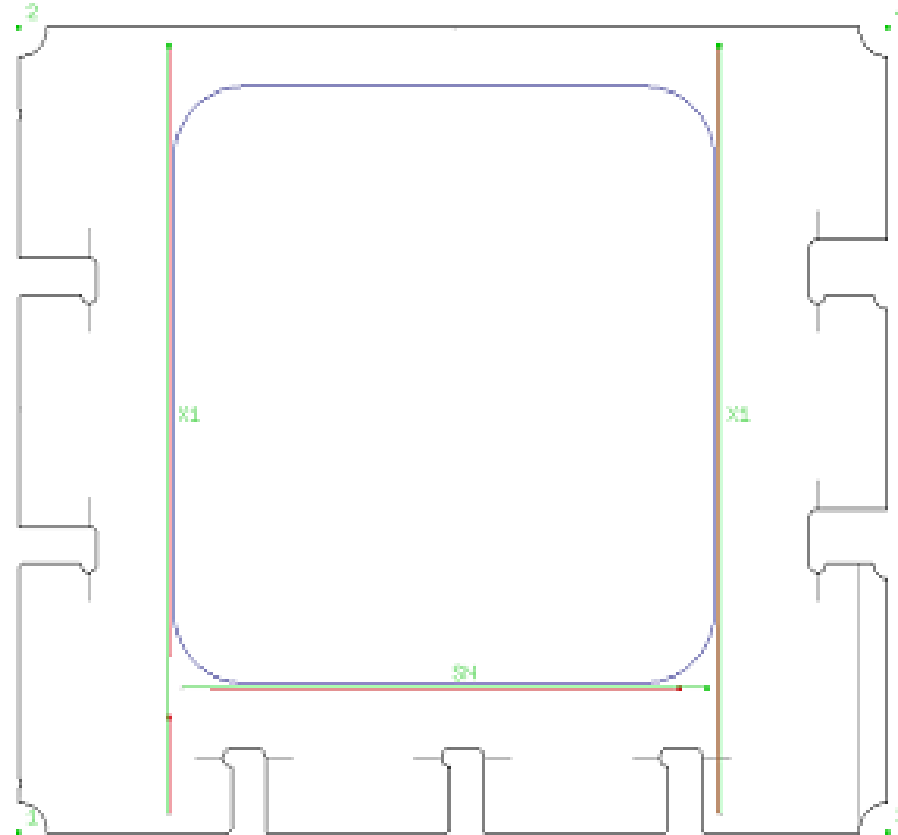


- RobWeld : OLP(Off Line Program) System
- RobPlan : Scheduling System
- RobMon : Monitoring System

- Fit CVS : Fit Stage Camera Vision System
- Weld CVS : Weld Stage Camera Vision System

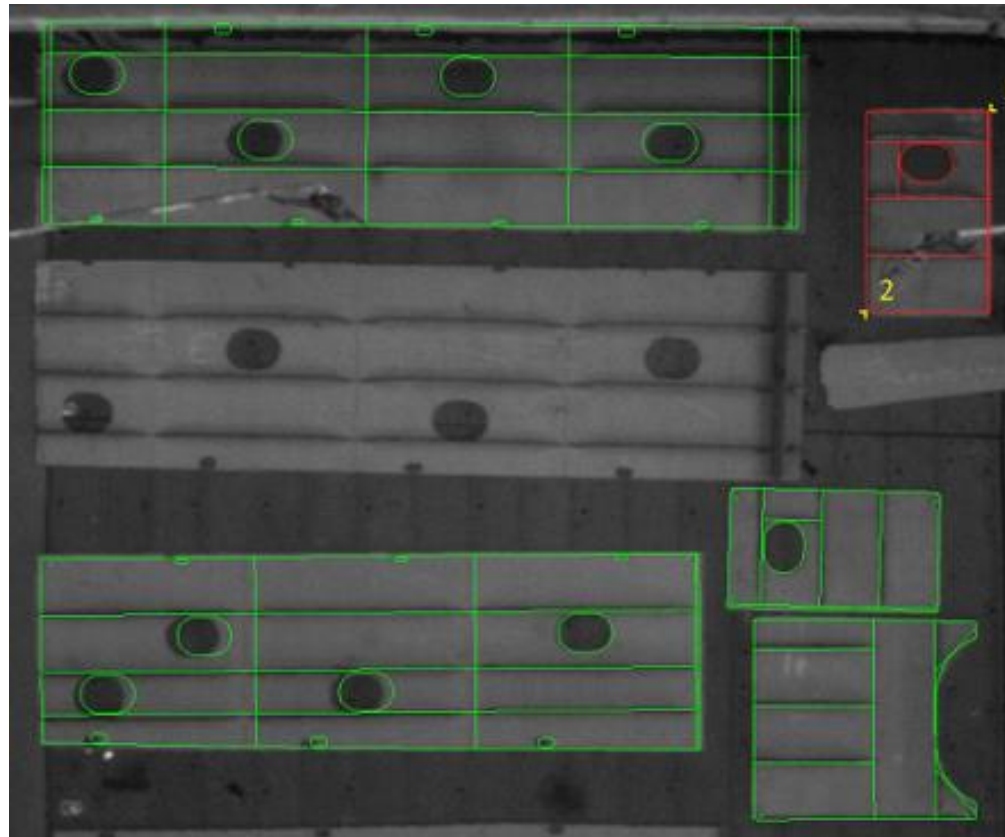
## 2. 소조립 용접 자동화 시스템

- Example of CAD file



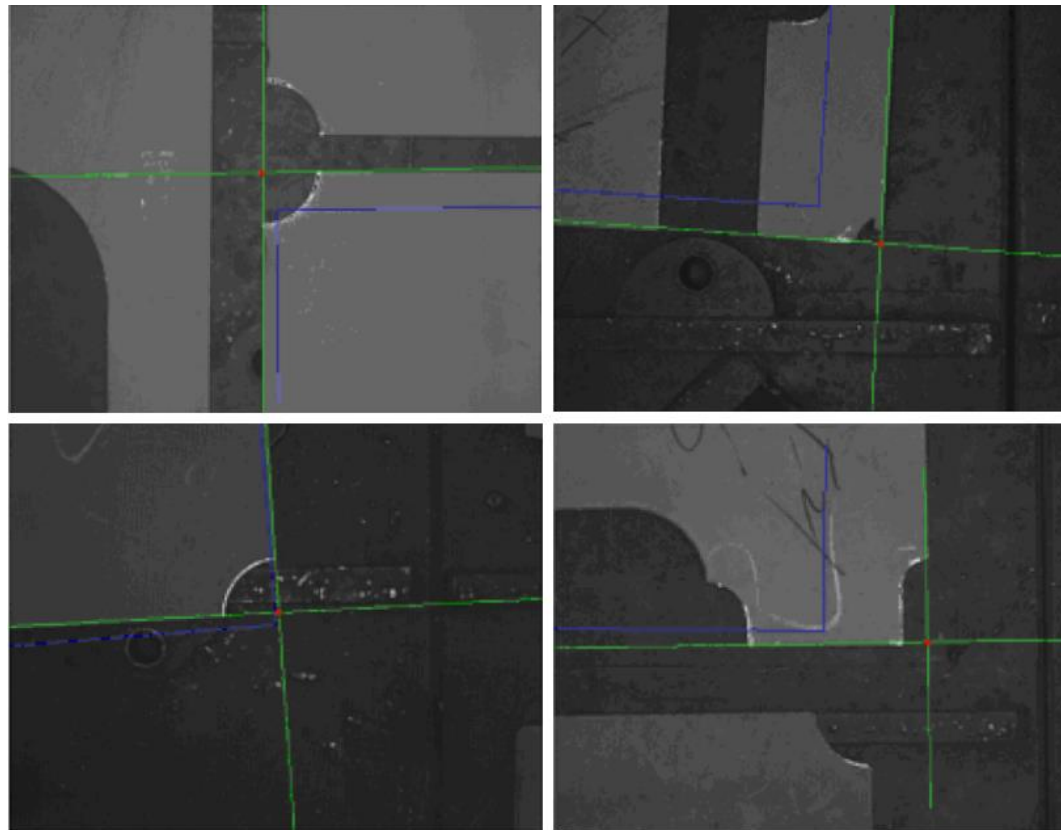
## 2. 소조립 용접 자동화 시스템

- Camera Vision System(취부공정)
  - 취부공정 천정에 카메라 설치 (약 18 m 높이)
  - 영상 촬영후 해당되는 CAD data 불러와서 이미지상에 수동 매칭 시킴



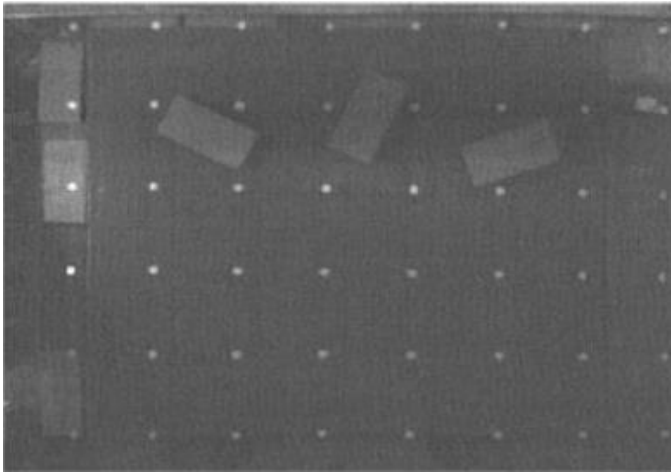
## 2. 소조립 용접 자동화 시스템

- Camera Vision System (용접공정)
  - 용접공정의 각 Gantry 하단에 카메라 설치 (약 1.8 m 높이)
  - 부재 이미지 촬영후 영상처리 후 꼭지점을 자동으로 찾음

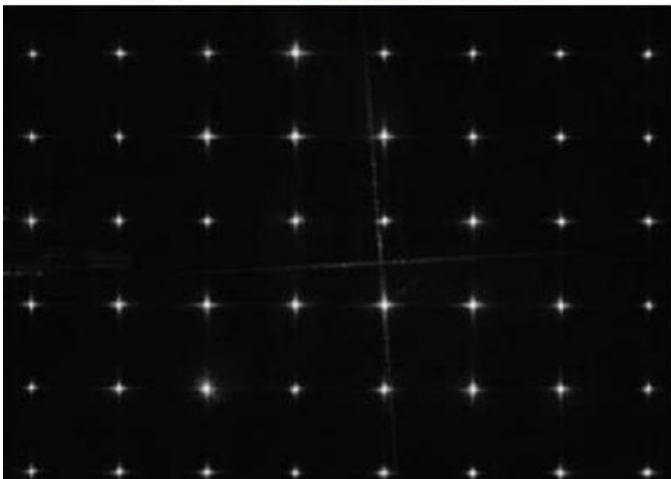


## 2. 소조립 용접 자동화 시스템

- Camera Calibration



취부 공정 calibration



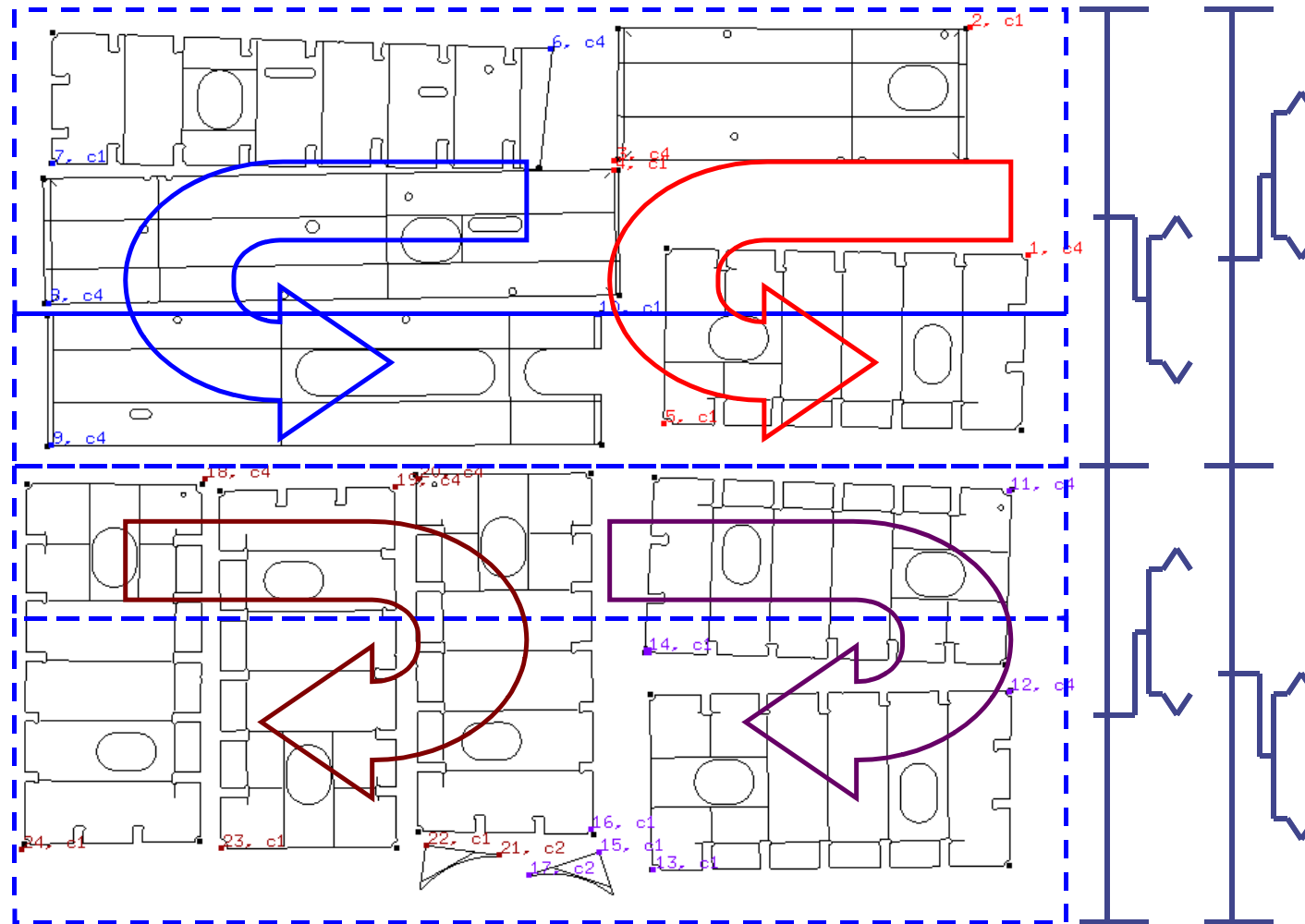
용접공정 calibration

- In image processing, one of the most important factors on accuracy is calibration between image coordinate and actual coordinate.
- The calibration is a mapping from image coordinate to actual coordinate.



## 2. 소조립 용접 자동화 시스템

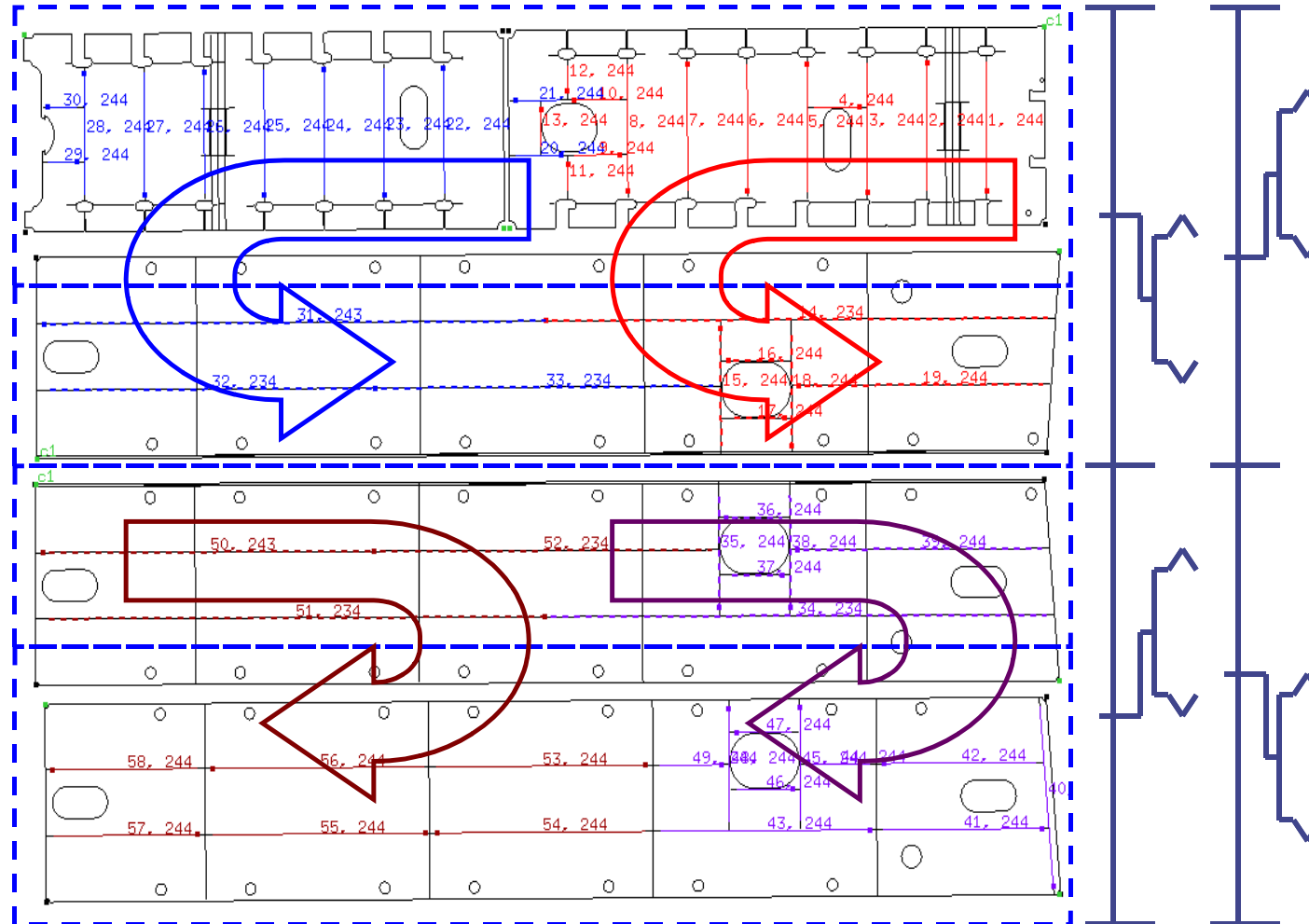
- Scheduling system



Scheduling result of Camera Vision System

## 2. 소조립 용접 자동화 시스템

- Scheduling system



Scheduling Result of Welding Lines

## 2. 소조립 용접 자동화 시스템

- Monitoring system

1D HULL Assembly Automation System Manager - [용접로봇 운영정보]

[SHI] 보기(V) 도구(T) 설정(S) 도움말(H)

**Adept 상태**

Adept	온라인	운영상태	운영모드	단위작업	스케줄러	센서상태	겐트리
1호기	ON-LINE	정상	자동	66%	용접:5/21	[C]-[I]-	용접
2호기	ON-LINE	정상	자동	작업시작	용접:27/40	[C]-[I]-	용접
3호기	ON-LINE	정상	자동	오류복구	용접:41/61	[C]-[I]-	정지
4호기	ON-LINE	정상	자동	45%	용접:72/76	[C]-[I]-	용접

**용접로봇상태**

용접로봇	로봇모션	회전도치	마크로No	용접속도	용접전류	용접전압	비상정지
1-1호기	용접자세	회전	244	70.0 [CPM]	401.0 [A]	32.5 [V]	..
1-2호기	용접자세	회전	244	70.0 [CPM]	410.0 [A]	31.0 [V]	..
2-1호기	용접자세	회전	244	70.0 [CPM]	415.0 [A]	34.0 [V]	..
2-2호기	용접자세	회전	244	70.0 [CPM]	408.0 [A]	33.0 [V]	..
3-1호기	대기자세	..	..	..	..	..	..
3-2호기	대기자세	..	..	..	..	..	..
4-1호기	용접자세	회전	244	70.0 [CPM]	413.0 [A]	32.1 [V]	..
4-2호기	용접자세	회전	244	70.0 [CPM]	414.0 [A]	32.5 [V]	..

**작업정보**

2006년 2월

일	월	화	수	목	금	토
29	30	31	1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11

Tact1 ☐  
Tact2 ☒  
Tact3 ☐  
Tact4 ☐  
Tact5 ☐  
Tact6 ☐

스케줄러실행 [F5]  
비상정지  
작업시작 [F6]  
작업취소 [F7]  
작업대기 [F8]

**CVS 상태**

운영 S/W **ON**

카메라 #1 **OFF**    카메라 #2 **OFF**  
카메라 #3 **OFF**    카메라 #4 **OFF**

CAMERA #1 : 휴면상태  
CAMERA #2 : 휴면상태  
CAMERA #3 : 휴면상태  
CAMERA #4 : 휴면상태

(2006-02-16 11:37:09) A4의 작업준비 요청  
(2006-02-16 11:37:11) GANTRY #4 : 작업시작  
(2006-02-16 11:37:16) GANTRY #2 : 다음작업 -> 작업준비 요청  
(2006-02-16 11:37:16) A2의 작업준비 요청

서버연결 Version: 1, 0, 0, 1723

## 2. 소조립 용접 자동화 시스템

- Monitoring system

1D HULL Assembly Automation System Manager - [1D 소조립 용접로봇 작업실적]

[SHI] 모니터링화면(M) 보고서출력(R) 도움말(H)

실적검색  
 조회기간: 2006 2월 12일  
 빠른선택: ☐ 오늘 ☐ 지난주 ☐ 어제 ☐ 지난달

주간 작업요약 | 일자별 작업실적 | 겐트리별 작업실적 | 불럭별 작업실적 | 시간별오류 | 코드별오류 | 실적그래프 | 월간추이도 | 가동기준시간

TACT 선택: 모두 검색 기준일: 2006-02-12 ~ 2006-02-18

	2006-02-12(일)	2006-02-13(월)	2006-02-14(화)	2006-02-15(수)	2006-02-16(목)	2006-02-17(금)	2006-02-18(토)
겐트리	Gantry #1	Gantry #1	Gantry #1	Gantry #1	Gantry #1	Gantry #1	Gantry #1
CVS시간	00:00:00	00:17:56	00:08:30	00:20:05	00:04:01	00:00:00	00:00:00
용접시간	00:00:00	03:35:17	03:42:25	04:40:23	01:04:41	00:00:00	00:00:00
정지시간	09:00:00	06:06:47	06:09:05	04:59:32	07:51:18	09:00:00	08:00:00
가동률	0.0 %	38.9 %	38.5 %	50.1 %	12.7 %	0.0 %	0.0 %
겐트리	Gantry #2	Gantry #2	Gantry #2	Gantry #2	Gantry #2	Gantry #2	Gantry #2
CVS시간	00:00:00	00:19:52	00:09:53	00:19:27	00:03:54	00:00:00	00:00:00
용접시간	00:00:00	03:05:49	02:21:45	05:57:52	01:01:23	00:00:00	00:00:00
정지시간	09:00:00	06:34:19	07:28:22	03:42:41	07:54:43	09:00:00	08:00:00
가동률	0.0 %	34.3 %	25.3 %	62.9 %	12.1 %	0.0 %	0.0 %
겐트리	Gantry #3	Gantry #3	Gantry #3	Gantry #3	Gantry #3	Gantry #3	Gantry #3
CVS시간	00:00:00	00:21:53	00:10:26	00:13:57	00:03:42	00:00:00	00:00:00
용접시간	00:00:00	03:30:55	01:46:43	05:32:32	00:44:02	00:00:00	00:00:00
정지시간	09:00:00	06:07:12	08:02:51	04:13:31	08:12:16	09:00:00	08:00:00
가동률	0.0 %	38.8 %	19.5 %	57.7 %	8.8 %	0.0 %	0.0 %
겐트리	Gantry #4	Gantry #4	Gantry #4	Gantry #4	Gantry #4	Gantry #4	Gantry #4
CVS시간	00:00:00	00:19:58	00:09:27	00:23:02	00:03:32	00:00:00	00:00:00
용접시간	00:00:00	03:38:40	01:43:36	05:13:55	00:57:06	00:00:00	00:00:00
정지시간	09:00:00	06:01:22	08:06:57	04:23:03	07:59:22	09:00:00	08:00:00
가동률	0.0 %	39.8 %	18.8 %	56.2 %	11.2 %	0.0 %	0.0 %
총용접장	0.00 [m]	601.38 [m]	447.78 [m]	1004.71 [m]	199.06 [m]	0.00 [m]	0.00 [m]

### 3. 해상풍력설치선 작업 시스템

- 풍력설치선(wind turbine installation vessel)

- 선주사 : 싱가포르 **SPO**(Swire Pacific Offshore)社
- 길이 : 161m, 폭 : 49m, 높이 : 10.4m
- 3.6MW급 풍력발전기 12기를 동시에 운반하여 설치
- 해상풍력발전기 설치선 중 세계 최대 크기
- 6개의 레그를 이용해 선박을 해수면 위로 최고 17m까지 부양한 뒤,
- 선체에 장착된 1,200톤급 크레인으로 발전기 타워와 발전실, 날개 등을 설치 가능



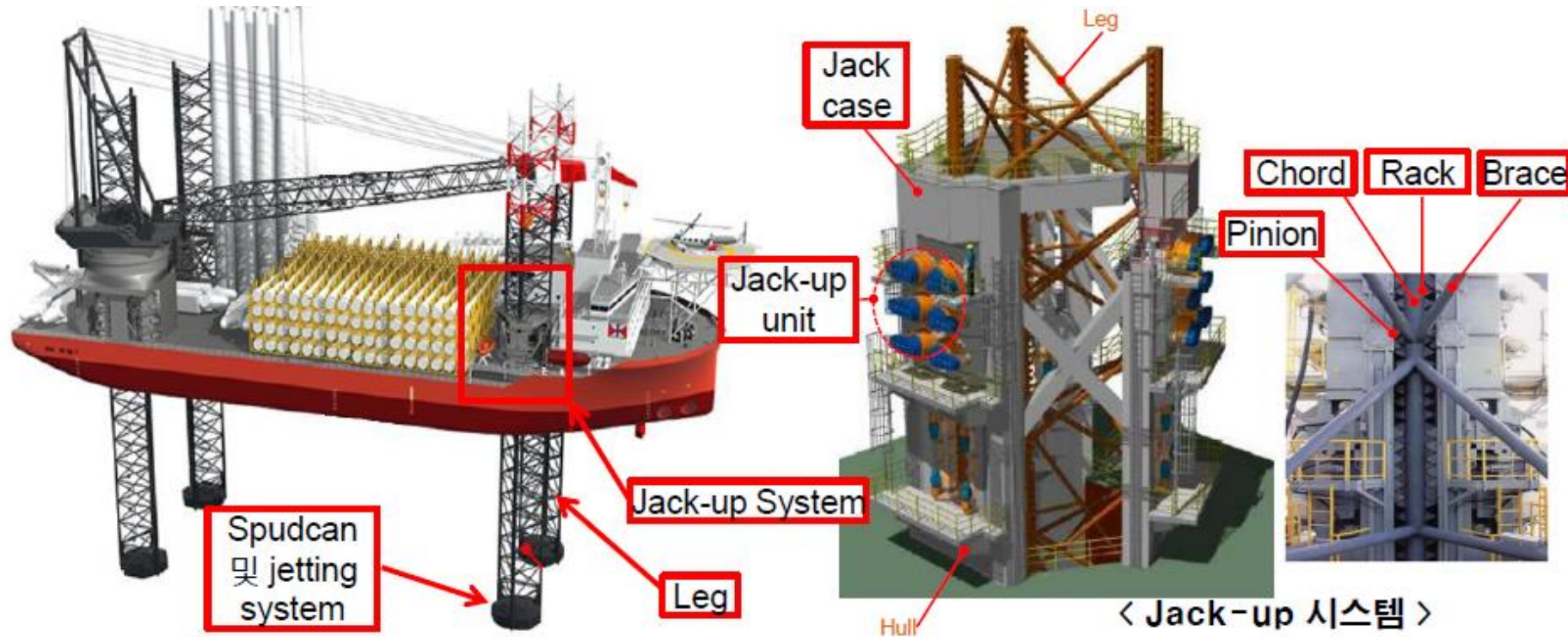


### 3.해상풍력설치선 작업 시스템

- Jacking system
  - 해상풍력 발전기를 안전하게 설치하도록 Leg를 해저면에 고정시키고 설치선박을 수면위로 부양하는 시스템
  - 선박을 지지하는 Leg 와 선박을 상하로 이동시키는 “잭업시스템 ” 으로 구성
- 현황
  - 해외업체 기술독점(NOV, Gusto-MSC 등) 으로 인해 기술, 가격, 납기 종속화(1981년 이후 시장 지배)
- 배경
  - 서남해안 해상 풍력단지 조성

### 3. 해상풍력설치선 작업 시스템

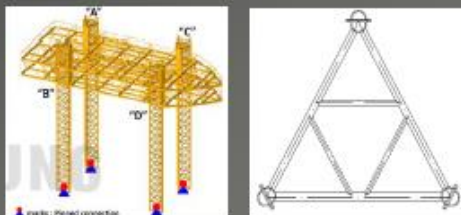
- Jacking System(Leg, spudcan 및 jack-up system)



### 3. 해상풍력설치선 작업 시스템

- 과제 목표

서남해용 Leg 구조 설계  
(Leg당 Jack-up 능력 5,000톤  
이상)



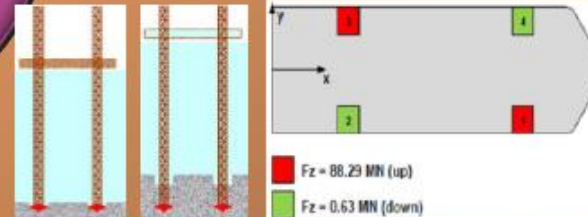
서남해용 Spudcan 및 Jetting  
시스템 설계 (5,000톤 하중 지지  
조건에서 20m 깊이 penetration  
가능)



서남해 해상  
풍력 단지  
조성을 위한  
핵심 기술  
개발



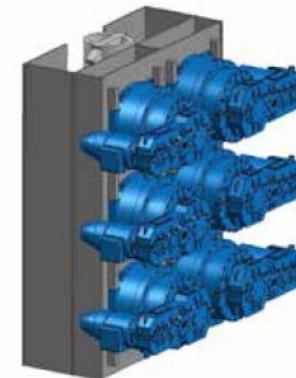
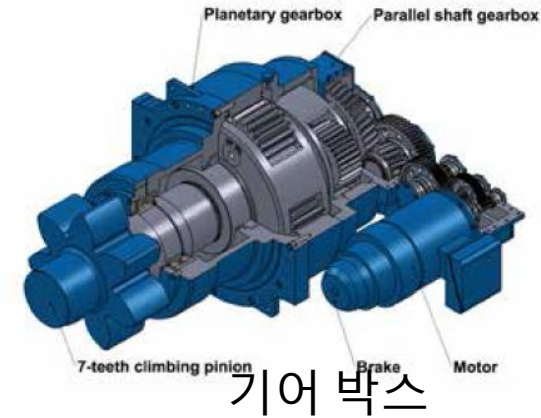
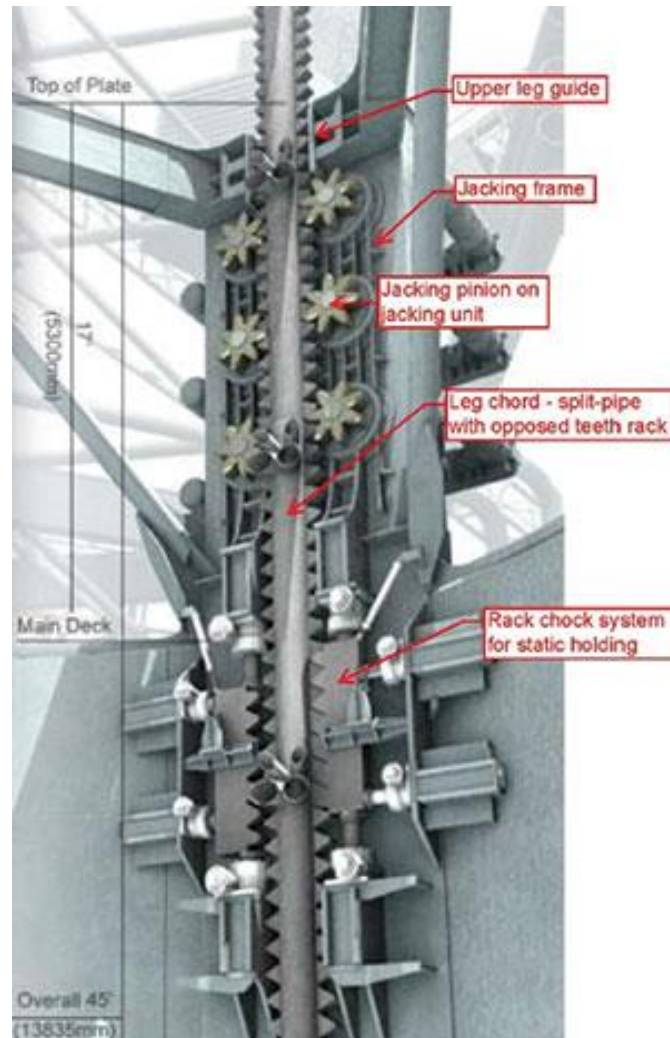
Jack-up unit 및 Jack-up  
시스템 국산화 시제품 개발  
(속도 : 0.8m/min,  
하중 278ton/unit)



Jacking 시스템 운용 기술 개발  
및 선급 AIP 승인

### 3.해상풍력설치선 작업 시스템

- Rack-pinion jacking system



Typical electrical rack-and-pinion jacking system for truss legs



### 3. 해상풍력설치선 작업 시스템

- Jacking control console



Jacking control console

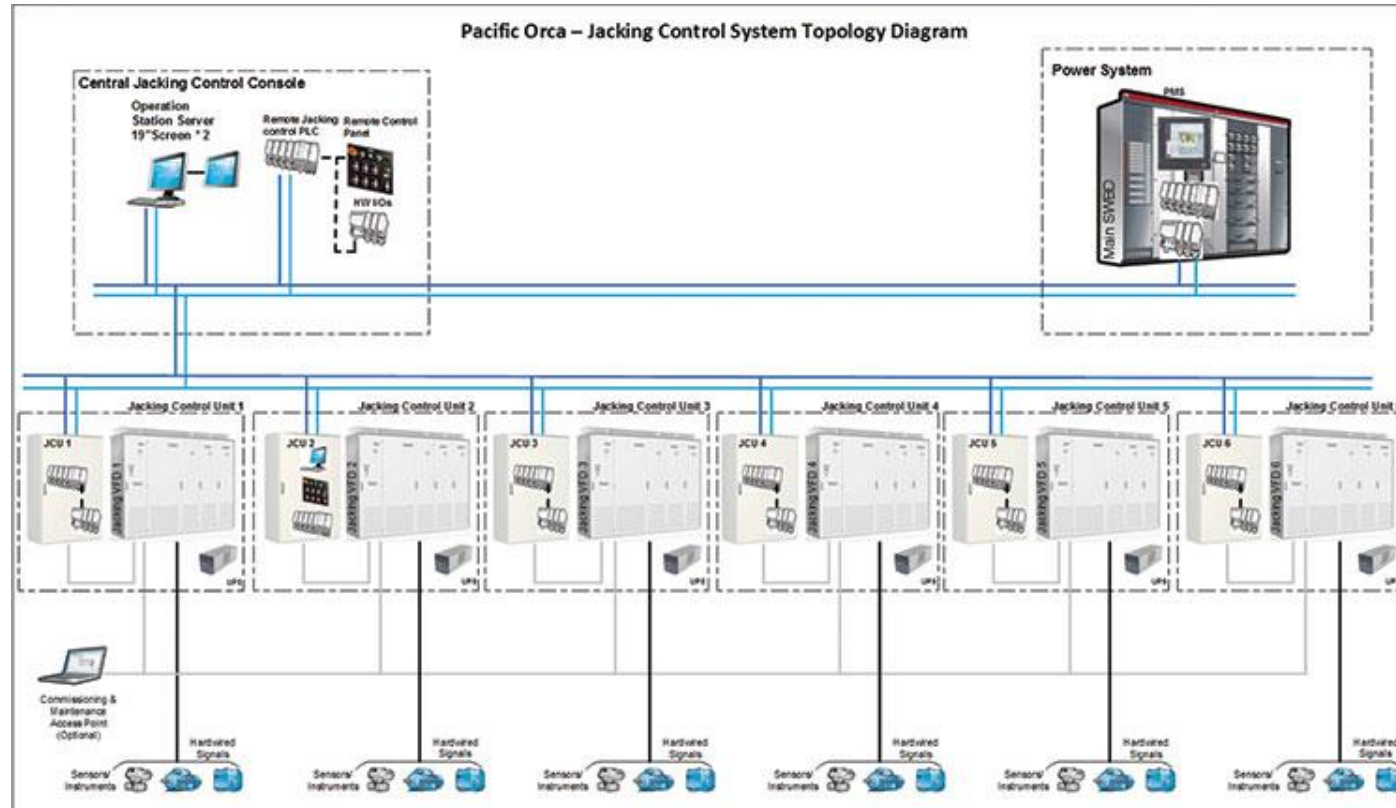


HMI graphics  
(Human Machine Interface)



### 3.해상풍력설치선 작업 시스템

- Jacking control system diagram



Motor 제어 시스템

: Redundancy 로 시스템 안전성 향상

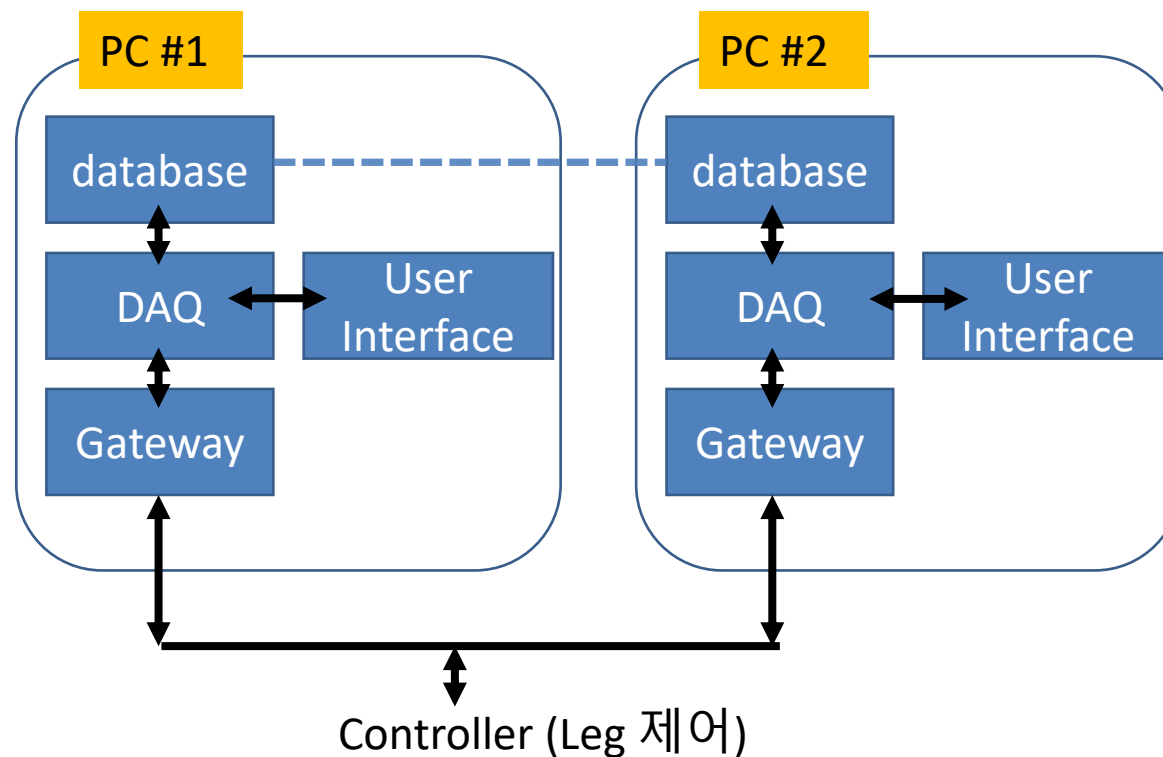
주) Redundancy : 중복, 잉여

-실제로 필요한 요소보다 더 많은 요소를 준비함으로써 보다 안정성을 유지

### 3.해상풍력설치선 작업 시스템

- HMI redundancy (이중화)

한 개의 database 로 운용될 경우, PC shutdown시 모니터링/작업 가능 하지만 작업 이력 데이터가 database 에 기록 되지 않음



- 선급인증
  - 제출 서류
    - System configuration
      - 전체적인 구성 , sub system명 등
      - 시스템 동작 flowchart
    - Electrical document
      - 전장반 도면(jacking system 전기 도면, 부품 리스트 등)
      - 제어기 프로그램(PLC 프로그램)
    - Software
      - HMI 구성 화면
      - 데이터 흐름도(각 sub system 간 어떤 data 를 교환하는지)

### 3.해상풍력설치선 작업 시스템

- 선급 인증
  - 인증 절차 : 약 6개월 정도 소요
  - 비용 : AIP 의 경우 약 1억원



### 3.해상풍력설치선 작업 시스템

- 선급 인증서
  - Approval In Principle 단계
  - 인증기관 : DNV-GL





---

THANK YOU