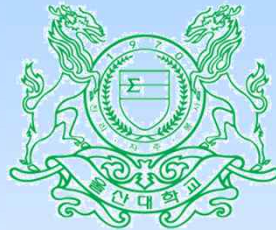


지식 모델링에 의한 조립 공정 계획 시스템



2013년 5월 23일

Prof. Dr. -Ing. Hong-Seok Park

Laboratory for Production Engineering
School of Mechanical and Automotive Engineering
University of ULSAN

<http://lpe.ulsan.ac.kr>



LPE

지식 모델링에 의한 조립 공정 계획 시스템

1. 서론

2. 최적 조립 순서 생성

2.1 부품간 상호 연관성 분석 및 계층적 조립 우선 순위 그래프 생성

2.2 조립 순서 생성 규칙 기반 조립 순서 생성

3. 분해 시뮬레이션 기반 조립 순서 오류 검사 및 수정

4. 체결구 인식

4.1 체결구 인식을 위한 형상 및 템플릿 분류

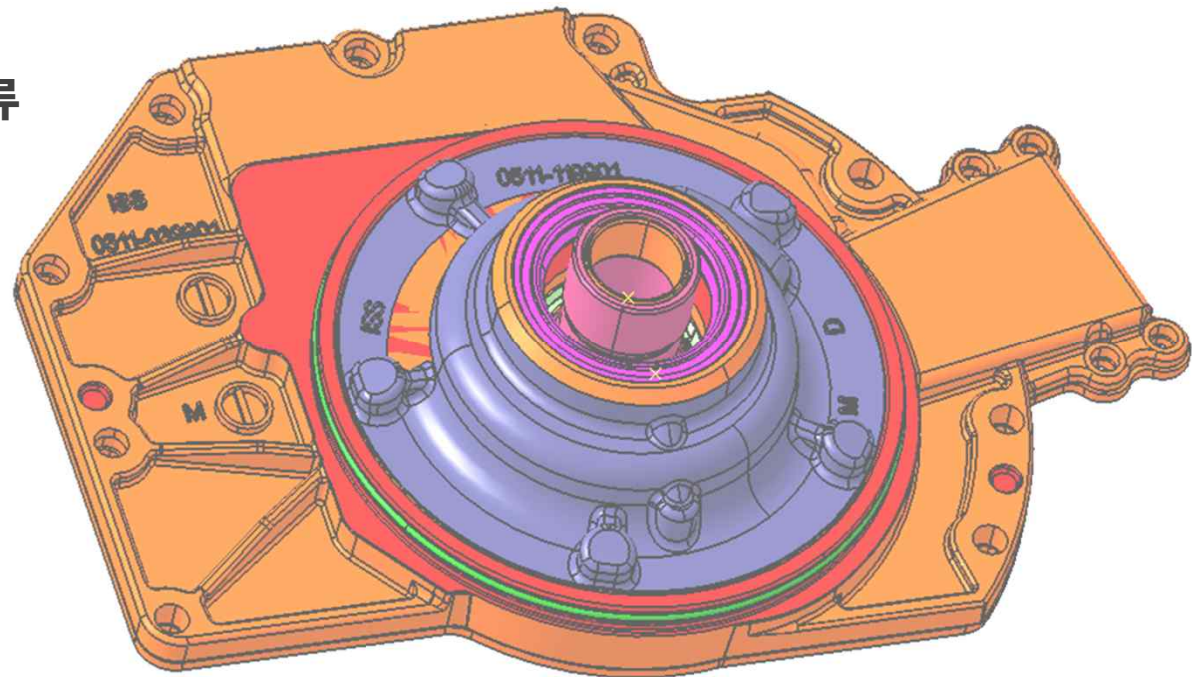
4.2 체결구 인식 알고리즘

5. 조립 공정 계획 생성

5.1 조립 방법 및 도구 선정

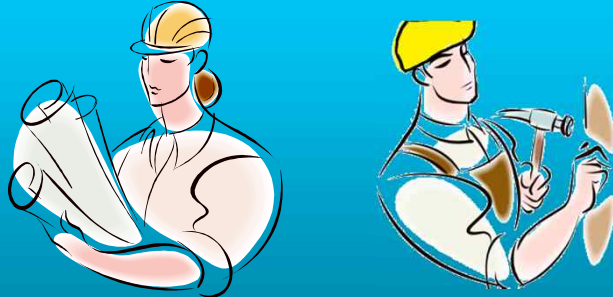
5.2 조립 공정 분할 규칙

6. 결론



조립 공정을 자동으로
생성해주는 방법은
없을까?

전통적 수동 조립 공정 계획



공정 계획자 전문 경험 및 지식

문 제 점

- 숙련된 경험자의 지식에 의존
- 공정 계획 수행 시간의 증가
- 높은 공정 오류 발생 가능성

조립 공정 계획 자동화의 필요

HOW?

조립 공정 계획을 위한 정보 모델 생성

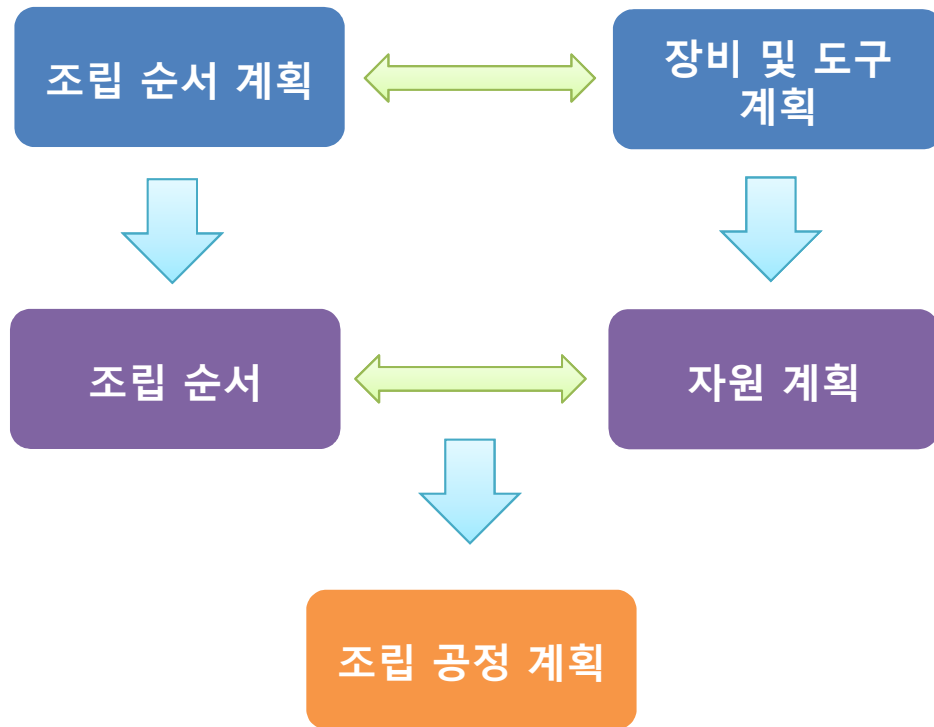
정보 모델의 적용 방법 개발

조립 공정 자동 계획을 위한 전략 수립

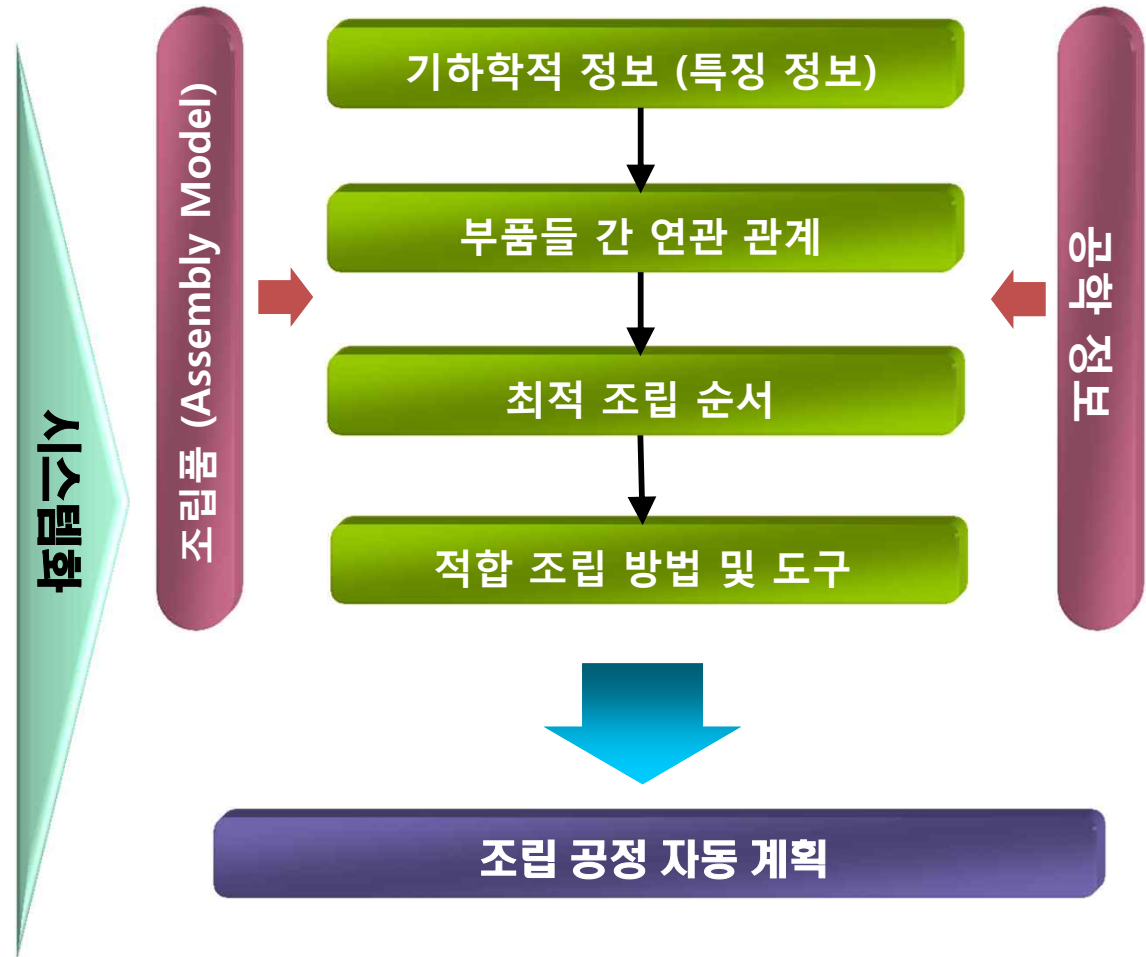


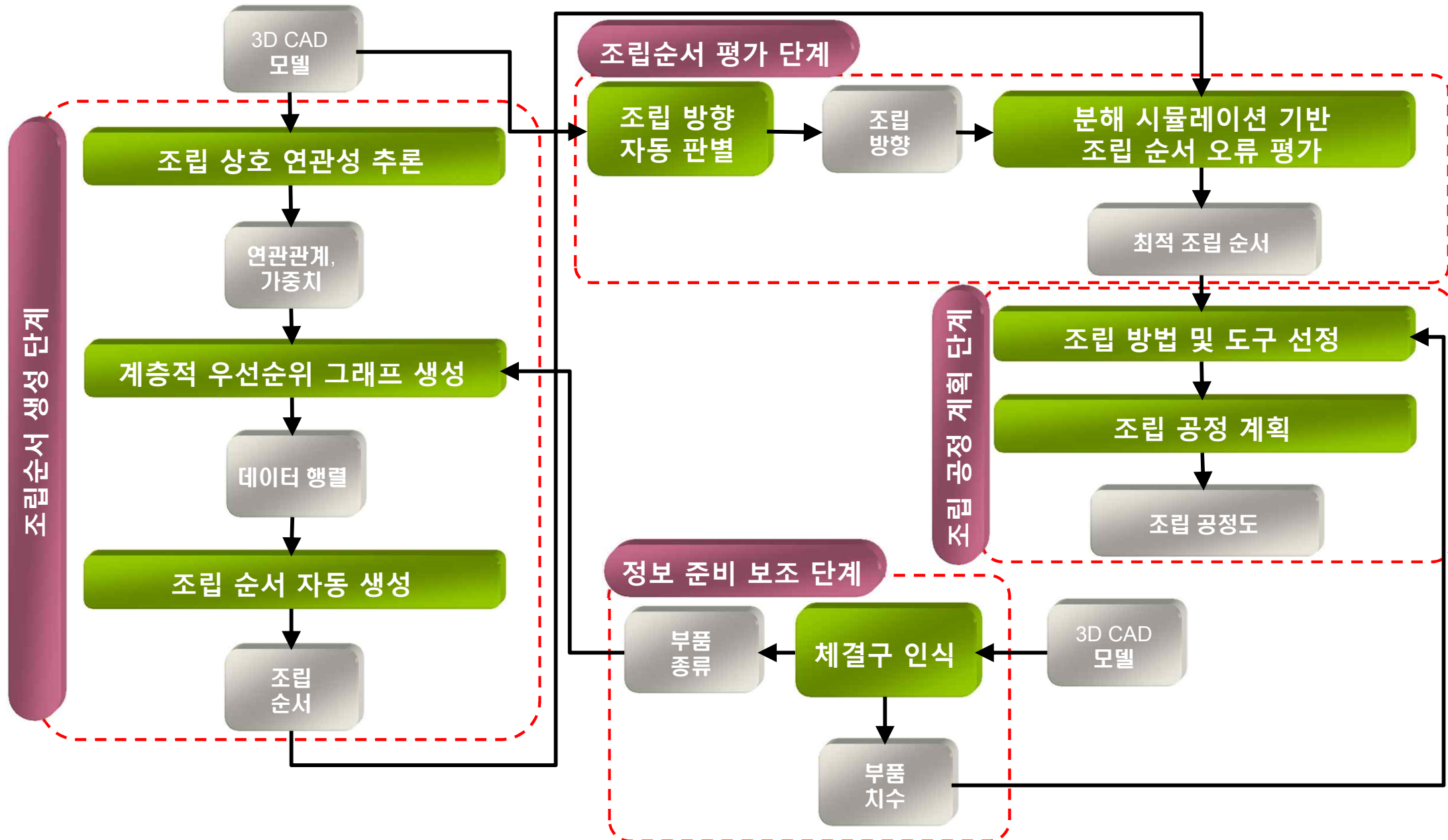
조립 공정 자동
계획 시스템

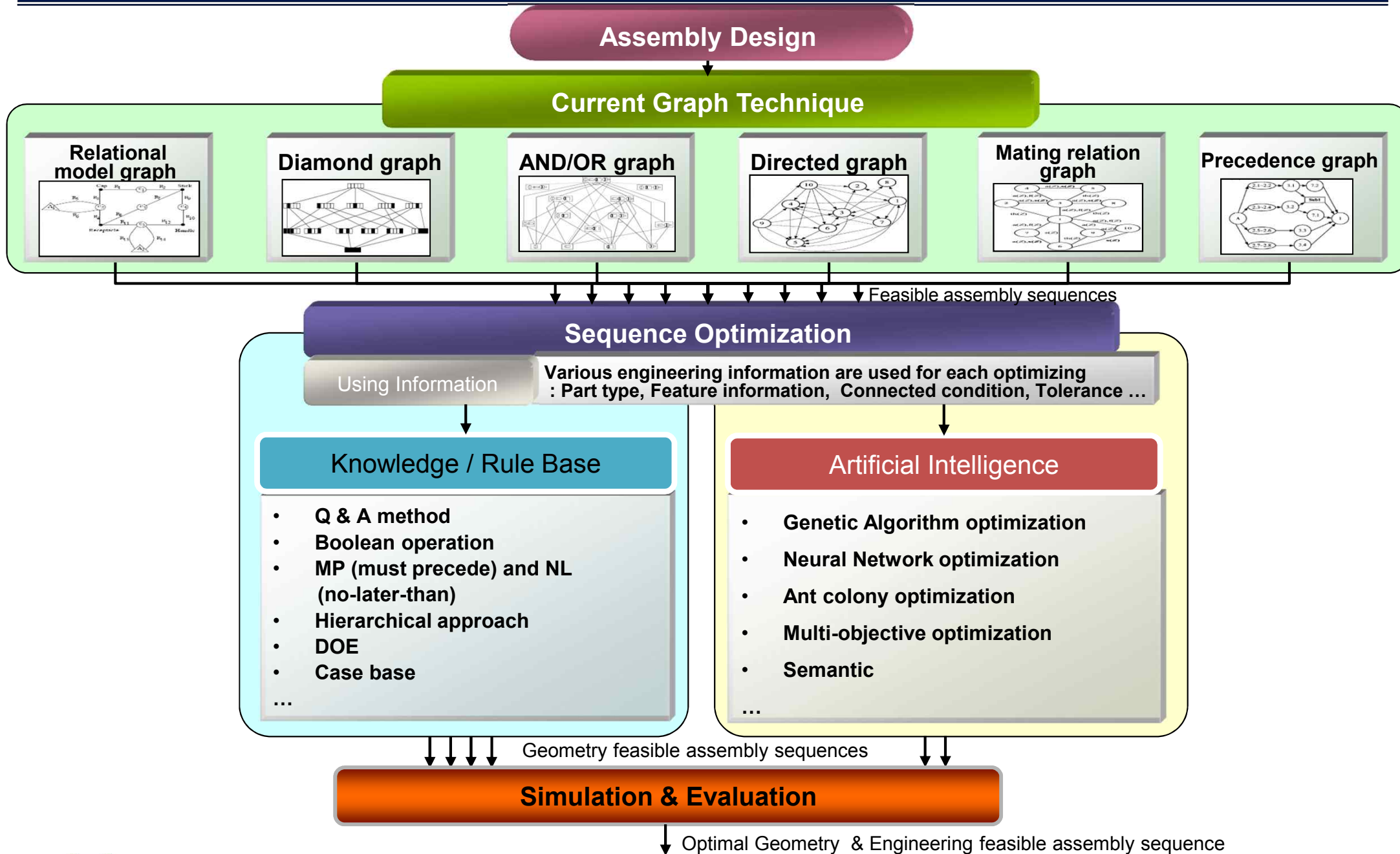
■ 조립 공정 계획 수행 절차



■ 조립 공정 자동 계획 시스템 구조









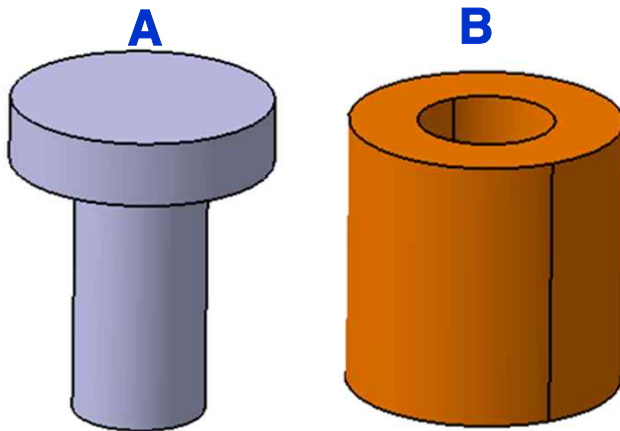
- 부품이 조립되어 있다는 것은 공통 면적 및 공통 체적이 존재함을 의미
- 두 부품 간의 연관 정도 (조립 정도)는 각 부품의 총 면적(부피)과 부분 면적(부피)의 상대적 비율의 합으로 산정될 수 있음

* $A \cap B$ 연관율 (Related Ratio) – 면적, 체적

* 공통면적 비율 : $\left(\frac{A, B \text{공통면적}}{A \text{총면적}} + \frac{A, B \text{공통면적}}{B \text{총면적}} \right) / 2$ * 공통체적 비율 : $\left(\frac{A, B \text{공통체적}}{A \text{체적}} + \frac{A, B \text{공통체적}}{B \text{체적}} \right) / 2$

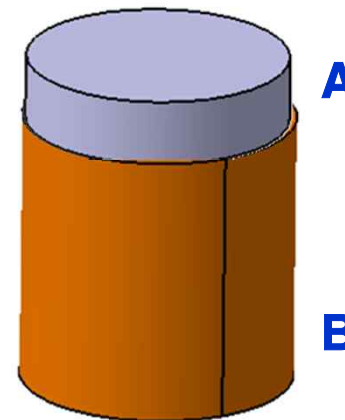
- 따라서 접촉률이 크다는 것은 부품 간 결합도가 크다는 것을 의미

* 두 부품이 떨어져 있는 경우



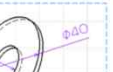
* $A \cap B$ 연관율 = 0% (면적비율)

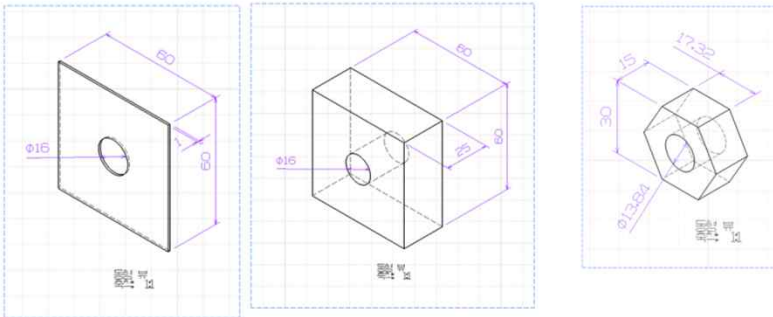
* 두 부품이 결합되어 있는 경우



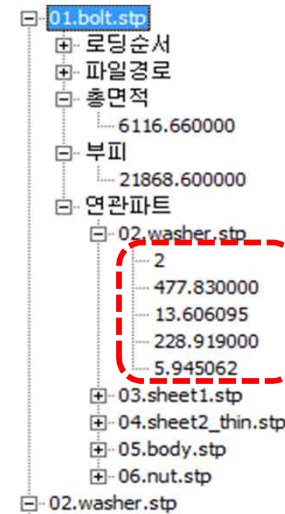
* $A \cap B$ 연관율 = 30% (면적비율)

- 기하학적 정보 수집

- | | | |
|---|---|--|
| <p>1.bolt</p> <ul style="list-style-type: none"> - 로딩순서 : 1 - 파일경로 : - - 총면적 : 6116.66 (mm²) - 부피 : 27868.6 (mm³)  <p>4.sheet2_tin</p> <ul style="list-style-type: none"> - 로딩순서 : 4 - 파일경로 : - - 총면적 : 7088.14 - 부피 : 3398.94 | <p>2.washer</p> <ul style="list-style-type: none"> - 로딩순서 : 2 - 파일경로 : - - 총면적 : 2463.01 - 부피 : 2111.15  <p>5.body</p> <ul style="list-style-type: none"> - 로딩순서 : 5 - 파일경로 : - - 총면적 : 14054.5 - 부피 : 84973.5 | <p>3.sheet1</p> <ul style="list-style-type: none"> - 로딩순서 : 3 - 파일경로 : - - 총면적 : 12603.2 - 부피 : 67978.8  <p>6.nut</p> <ul style="list-style-type: none"> - 로딩순서 : 6 - 파일경로 : - - 총면적 : 3468.99 - 부피 : 9436.38 |
|---|---|--|



- 부품 입력에 의한 상관성 산정



* 트리 정보

- 연결된 상대 파트 번호 : 2
- 공통 면적 : 477.8 (mm²)
- 공통 면적 비율 : 13.6
- 공통 체적 : 228.9 (mm³)
- 공통 체적 비율 : 5.9

*** 공통 면적 및 공통 면적 비율 사용 목적**

- 공통 면적 및 비율은 파트의 결합도 파악
- 한 부품과 상대 부품들 간의 우선 순위 추론

*** 공통 체적 및 공통 체적 비율 사용 목적**

- 조립 방법의 중요성 파악
- 접착 조립 및 끼움 조립 우선 순위 고려

부품의 완전 무결



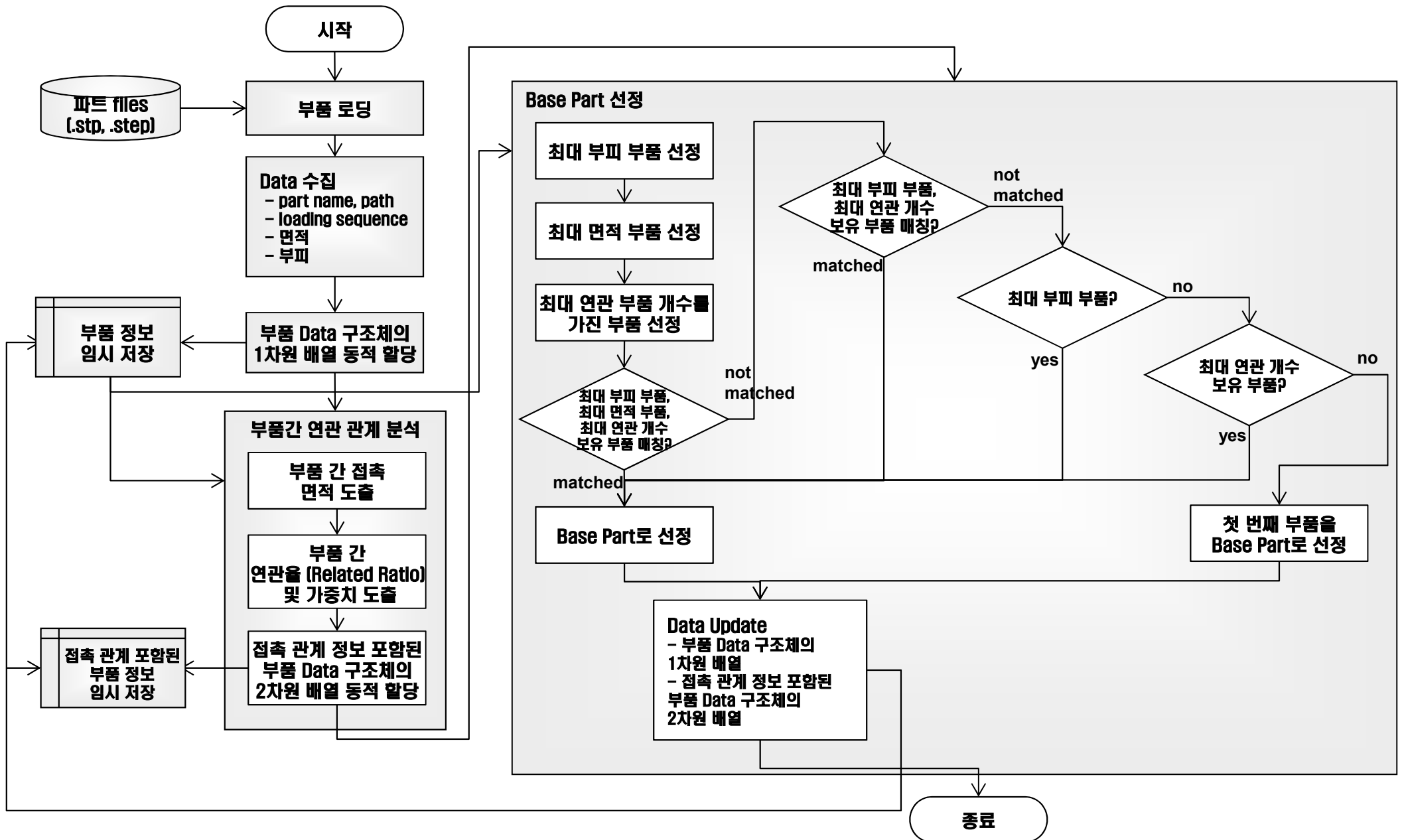
* Weight Factor (wf) – 실험/경험기반

$$wf = \frac{e^{\left(\frac{\log_{RR_{CAR}} CA + \log_{RR_{CVR}} CV}{CCP}\right)}}{e^{\left(\frac{\log_{RR_{CAR}} CA}{CCP}\right)} + e^{\left(\frac{\log_{RR_{CVR}} CV}{CCP}\right)}}$$

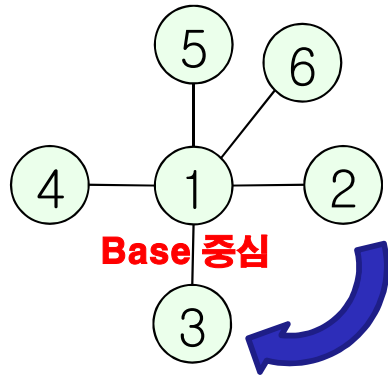
- **CA** : 공통 면적 (common area)
- **RR_{CAR}** : 공통면적비율 (common area ratio : %)
- **CV** : 공통체적 (common volume)
- **RR_{CVR}** : 공통체적비율 (common volume ratio : %)
- **CCP** : 연결된 파트들의 개수 (count of connected parts)

- 계층적 조립 우선순위 그래프 생성을 위한 가중치 산정
- 면적 비율과 체적 비율에 의해 알고리즘 상 끼움 조립의 우선 순위가 높음. 이는 논리적인 조립 순서 생성에 유리한 방향으로 작용함. 경우에 따라 상호 간 순서가 바뀔 위험이 있으므로 이의 보완을 위해 체결구의 개념을 도입하였음
- 공통 체적이 0에 가까울 경우 $\log_{RR_{CAR}} CA$ 의 영향이 커지는 것을 알 수 있음. 즉, 연결된 파트들은 공통 면적이 항상 존재하지만 공통 체적이 항상 발생하지는 않으며 공통 체적이 발생하는 순간 끼움 조립의 가능성이 높아진다는 것을 의미함
- 일반적으로 다수의 부품들과 연결된 부품이 중요도가 높음. 연결된 다수 파트들의 개수(CCP)
- 공통 면적 비율에 비해 공통 체적 비율의 작용력이 순서 생성에 큰 영향을 미치므로 이에 따라 순서가 왜곡될 수 있으므로 공통 체적 비율의 영향력을 상쇄하기 위해 지수(e) 도입
- 한 파트와 다른 상대 파트들 간의 연결 우선 순위 고려를 위해 log를 도입
- 위의 특성을 고려하여 상호 연관성 다이어그램을 구성함
- 다양한 조립 문제에 실험식을 적용하여 타당성을 검증함. 실험식의 확장을 위해 좀 더 일반화를 기하고자 함



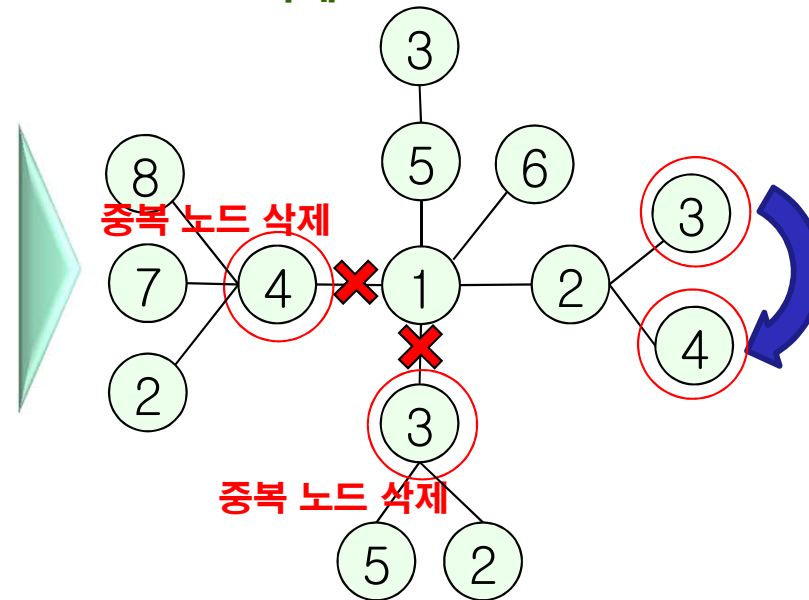


1. 노드 추가



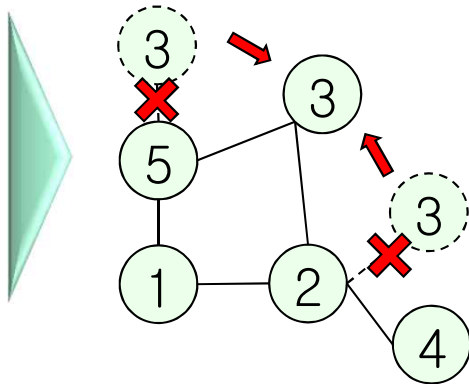
- 가중치 기반
- 방사형

2. 노드 삭제

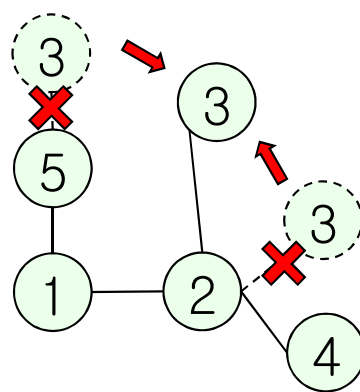


3. 노드 병합

If node5 = bolt

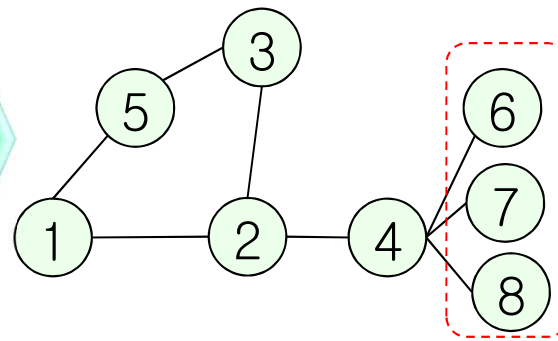


If node5 ≠ bolt

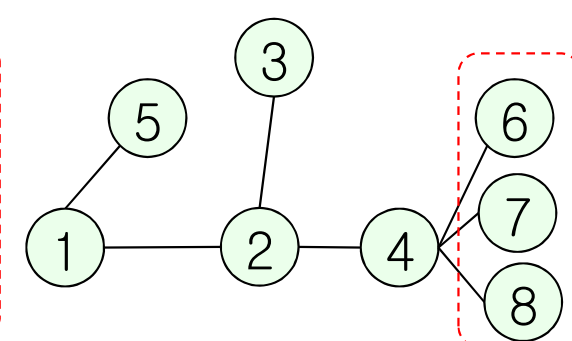


4. 노드 추가/삭제/병합 반복

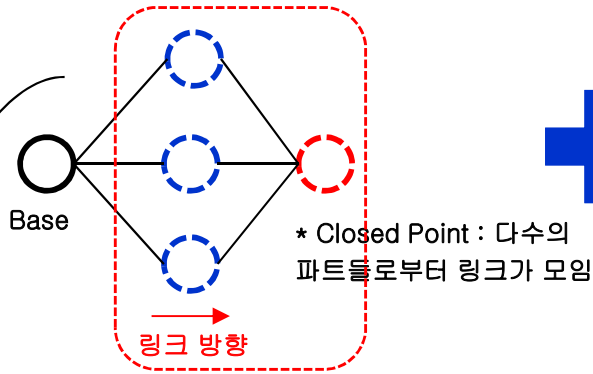
If node5 = bolt



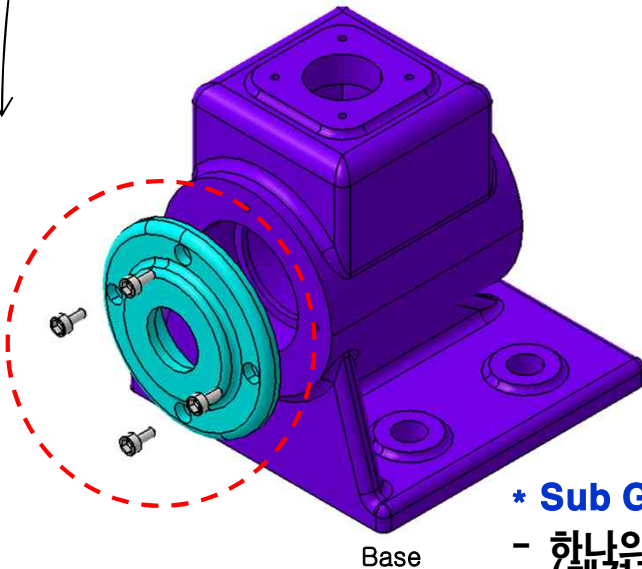
If node5 ≠ bolt



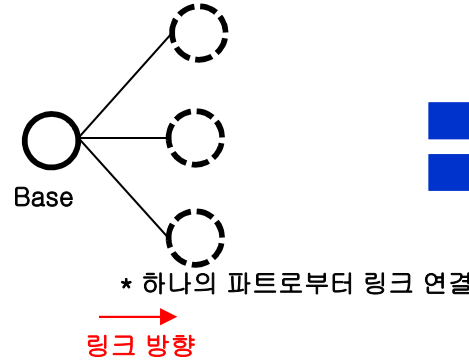
■ Closed Type



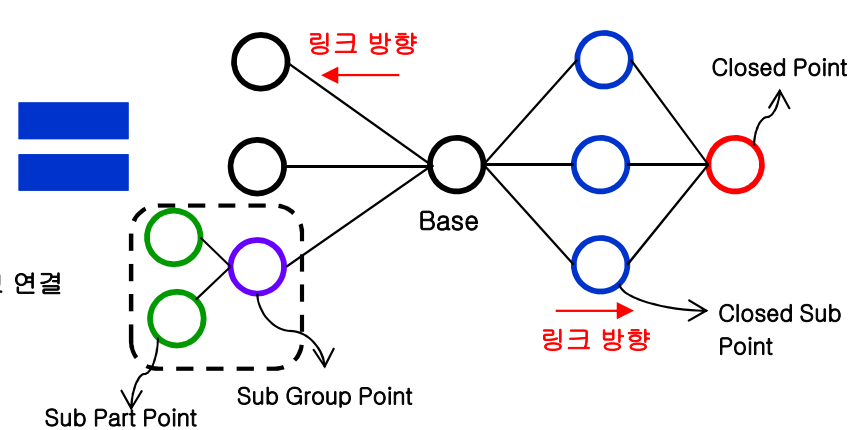
예) 다수 볼트로 체결된 덮개



■ Open Type



■ 조립 연관성 그래프



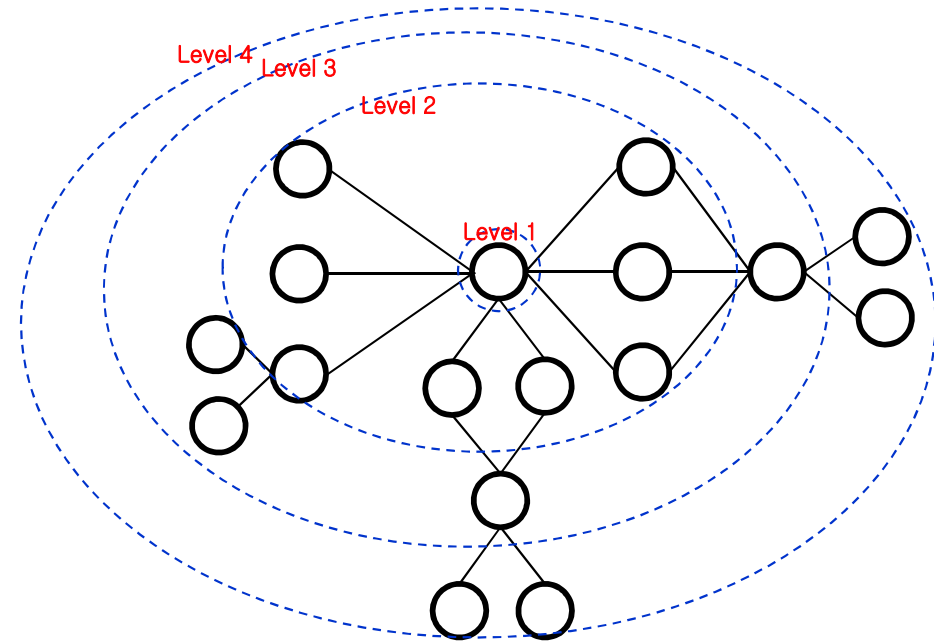
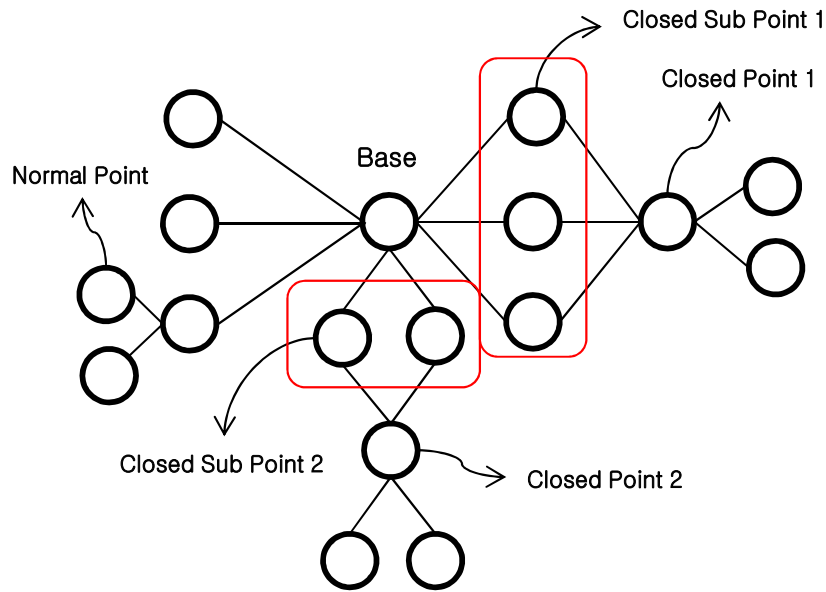
■ 조립 연관성 그래프의 point 분류

- **Closed Point** : 덮개 류로써 연결된 볼트 류 및 파트들보다 나중에 조립됨
- **Closed Sub Point** : 덮개와 연결된 부품들으로써 Closed Point 순서 후미에 이어짐
- **Sub Group Point** : 하위 부품들과 독립적으로 조립이 가능한 부품
- **Sub Part Point** : 조립군을 구성하는 하위 부품들
- **체결구 (Fastener Part) Point** : 볼트, 너트, 와셔, 스크류, 핀 등이며 기존 지식에 따라 조립 우선 순위는 , 일반 부품>핀>와셔>스크류>볼트>너트

* Sub Group 구분

- 하나의 부품에 연결된 다수의 부품 (Normal Point)들이 있을 경우 체결구를 제외한 순수 부품 (체결구 제외)의 개수가 2개 이상 존재할 경우 Sub Group으로 분류, 체결이 고루할 경우 가능한 후순위
- 단, 일반 파트의 조립이 끼움 조립으로 이루어져야 함
- 나머지 부품들의 속성이 체결구일 경우 각각의 연결 상대가 Group 내에 모두 존재할 경우 Sub Group으로 분류





테이블의 열 (Column) 의 개수

- 연결된 링크에 존재하는 파트의 단계
- 위 그림에서 Level4까지 이므로 열의 개수는 4개

	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4
Line 1				
Line 2				

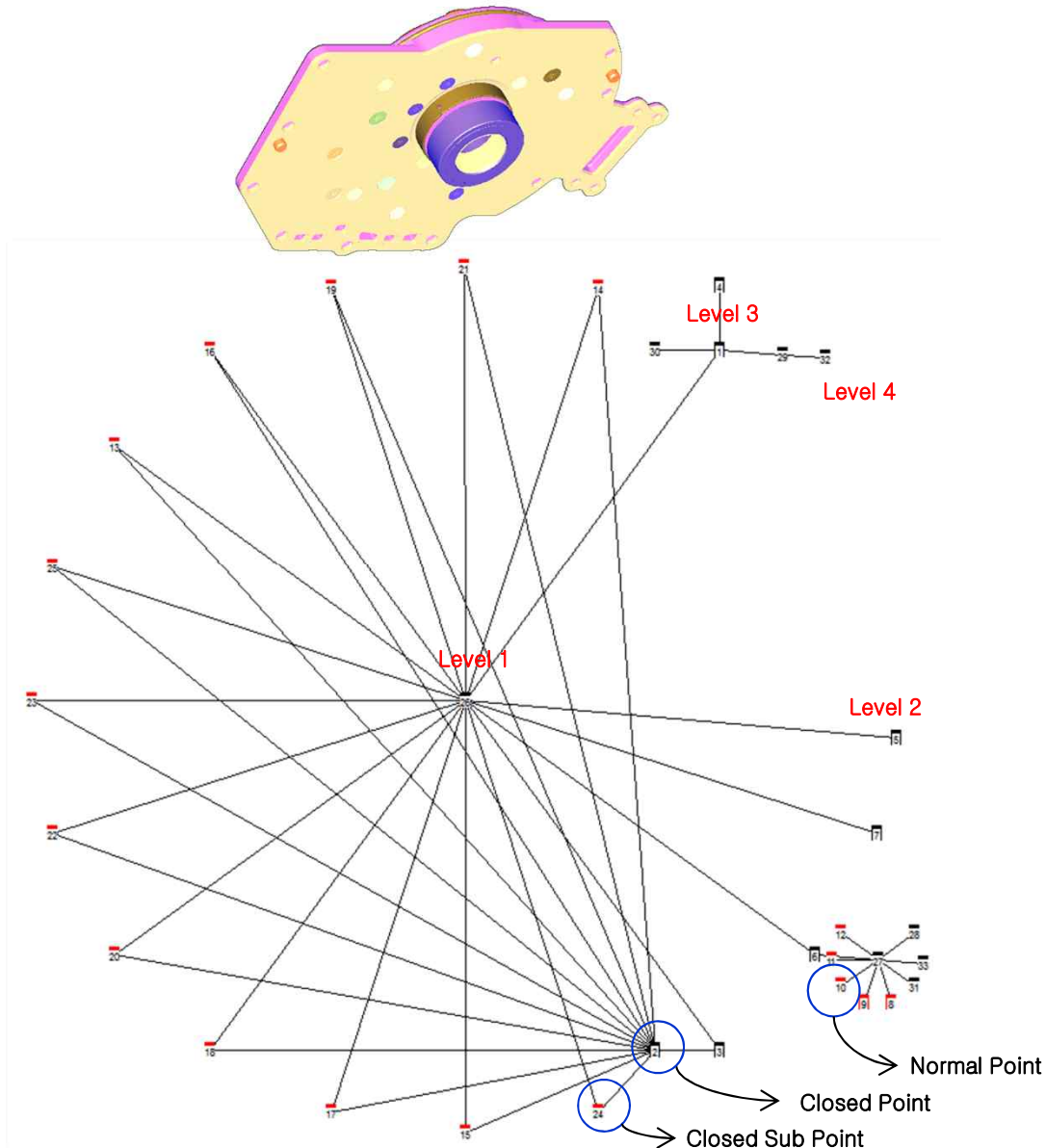
* 연결된 파트들의
가중치 순서대로 그
래프의 연결 데이터
를 추가

테이블의 행 (Row) 의 개수

- Open Type 그래프의 상위 레벨 연결이 존재하지 않는 Normal Point 개수 + (Closed Sub Point1 의 개수X Closed Point1과 연결된 상위 레벨 연결이 존재하지 않는 Normal Point 개수)+ (Closed Sub Point2 의 개수X Closed Point2와 연결된 상위 레벨 연결이 존재하지 않는 Normal Point 개수)
- 위 그림에서 Open Type 끝 단 Normal Point 4개, Closed Type 1의 Closed Sub Point는 3개, Closed Point 1과 연결된 끝 단의 Normal Point는 2개, Closed Type 2의 Closed Sub Point는 2개, Closed Point2와 연결된 끝 단의 Normal Point는 2개 이므로 전체 행의 개수는 $(4+3 \times 2+2 \times 2)$ 에 의해 14개



오일펌프의 조립 연관성 그래프



조립 연관성 그래프 데이터 테이블

graph No.	level 1	level 2	level 3	level 4
1	26	5	-	-
2	26	7	-	-
3	26	6	27	28
4	26	6	27	33
5	26	6	27	31
6	26	6	27	8
7	26	6	27	9
8	26	6	27	10
9	26	6	27	11
10	26	6	27	12
11	26	3	2	-
12	26	24	2	-
13	26	15	2	-
14	26	17	2	-
15	26	18	2	-
16	26	20	2	-
17	26	22	2	-
18	26	23	2	-
19	26	25	2	-
20	26	13	2	-
21	26	16	2	-
22	26	19	2	-
23	26	21	2	-
24	26	14	2	-
25	26	1	29	32
26	26	1	30	-
27	26	1	4	-

Closed Point

Closed Sub Point

* 테이블 크기 : (4X27)

13+(14*1)



1. 각 Level의 Line data 순서 추가

- 순수 파트 추가되면 다음 동일 Line의 이전 Level의 지나친 체결구 검사, 지나친 체결구가 있을 경우 추가 후 다음 Level 검사
- 일반 파트, Sub Point, Shaft가 존재할 경우 이어서 추가
- 단, Shaft, Sub Point는 추가 후 다음 Line으로 이동
- 이미 추가된 파트는 추가하지 않고 다음으로 이동

진행방향 1

진행방향 2

graph No.	level 1	level 2	level 3	level 4
1	26	5	-	-
2	26	7	-	-
3	26	6	27	28
4	26	6	27	33
5	26	6	27	31
6	26	6	27	8
7	26	6	27	9
8	26	6	27	10
9	26	6	27	11
10	26	6	27	12
11	26	3	2	-
12	26	24	2	-
13	26	15	2	-
14	26	17	2	-
15	26	18	2	-
16	26	20	2	-
17	26	22	2	-
18	26	23	2	-
19	26	25	2	-
20	26	13	2	-
21	26	16	2	-
22	26	19	2	-
23	26	21	2	-
24	26	14	2	-
25	26	1	29	32
26	26	1	30	-
27	26	1	4	-

진행방향 1

graph No.	level 1	level 2	level 3	level 4
1	26	5	-	-
2	26	7	-	-
3	26	6	27	28
4	26	6	27	33
5	26	6	27	31
6	26	6	27	8
7	26	6	27	9
8	26	6	27	10
9	26	6	27	11
10	26	6	27	12
11	26	3	2	-
12	26	24	2	-
13	26	15	2	-
14	26	17	2	-
15	26	18	2	-
16	26	20	2	-
17	26	22	2	-
18	26	23	2	-
19	26	25	2	-
20	26	13	2	-
21	26	16	2	-
22	26	19	2	-
23	26	21	2	-
24	26	14	2	-
25	26	1	29	32
26	26	1	30	-
27	26	1	4	-

진행방향 1

graph No.	level 1	level 2	level 3	level 4
1	26	5	-	-
2	26	7	-	-
3	26	6	27	28
4	26	6	27	33
5	26	6	27	31
6	26	6	27	8
7	26	6	27	9
8	26	6	27	10
9	26	6	27	11
10	26	6	27	12
11	26	3	2	-
12	26	24	2	-
13	26	15	2	-
14	26	17	2	-
15	26	18	2	-
16	26	20	2	-
17	26	22	2	-
18	26	23	2	-
19	26	25	2	-
20	26	13	2	-
21	26	16	2	-
22	26	19	2	-
23	26	21	2	-
24	26	14	2	-
25	26	1	29	32
26	26	1	30	-
27	26	1	4	-

- 26은 베이스파트이며 일반 파트이므로 추가
- 이후 같은 Line의 다음 Level 파트 속성 확인

* 조립 순서 : 26

- 5는 일반 파트이므로 추가
- 5이후 연결 파트가 없으므로 다음 Line으로 이동

* 조립 순서 : 26→5

- 26은 이미 추가되었으므로 다음 Level 검사
- 7은 일반 파트이므로 추가, 7이후 연결 파트가 없으므로 다음 Line으로 이동

* 조립 순서 : 26→5→7



graph No.	level 1	level 2	level 3	level 4
1	26	5	-	-
2	26	7	-	-
3	26	6	27	28
4	26	6	27	33
5	26	6	27	31
6	26	6	27	8
7	26	6	27	9
8	26	6	27	10
9	26	6	27	11
10	26	6	27	12
11	26	3	2	-
12	26	24	2	-
13	26	15	2	-
14	26	17	2	-
15	26	18	2	-
16	26	20	2	-
17	26	22	2	-
18	26	23	2	-
19	26	25	2	-
20	26	13	2	-
21	26	16	2	-
22	26	19	2	-
23	26	21	2	-
24	26	14	2	-
25	26	1	29	32
26	26	1	30	-
27	26	1	4	-

graph No.	level 1	level 2	level 3	level 4
1	26	5	-	-
2	26	7	-	-
3	26	6	27	28
4	26	6	27	33
5	26	6	27	31
6	26	6	27	8
7	26	6	27	9
8	26	6	27	10
9	26	6	27	11
10	26	6	27	12
11	26	3	2	-
12	26	24	2	-
13	26	15	2	-
14	26	17	2	-
15	26	18	2	-
16	26	20	2	-
17	26	22	2	-
18	26	23	2	-
19	26	25	2	-
20	26	13	2	-
21	26	16	2	-
22	26	19	2	-
23	26	21	2	-
24	26	14	2	-
25	26	1	29	32
26	26	1	30	-
27	26	1	4	-

graph No.	level 1	level 2	level 3	level 4
1	26	5	-	-
2	26	7	-	-
3	26	6	27	28
4	26	6	27	33
5	26	6	27	31
6	26	6	27	8
7	26	6	27	9
8	26	6	27	10
9	26	6	27	11
10	26	6	27	12
11	26	3	2	-
12	26	24	2	-
13	26	15	2	-
14	26	17	2	-
15	26	18	2	-
16	26	20	2	-
17	26	22	2	-
18	26	23	2	-
19	26	25	2	-
20	26	13	2	-
21	26	16	2	-
22	26	19	2	-
23	26	21	2	-
24	26	14	2	-
25	26	1	29	32
26	26	1	30	-
27	26	1	4	-

graph No.	level 1	level 2	level 3	level 4
1	26	5	-	-
2	26	7	-	-
3	26	6	27	28
4	26	6	27	33
5	26	6	27	31
6	26	6	27	8
7	26	6	27	9
8	26	6	27	10
9	26	6	27	11
10	26	6	27	12
11	26	3	2	-
12	26	24	2	-
13	26	15	2	-
14	26	17	2	-
15	26	18	2	-
16	26	20	2	-
17	26	22	2	-
18	26	23	2	-
19	26	25	2	-
20	26	13	2	-
21	26	16	2	-
22	26	19	2	-
23	26	21	2	-
24	26	14	2	-
25	26	1	29	32
26	26	1	30	-
27	26	1	4	-

- 일반 파트 6 추가 이후 다음 Level 검사

- 27은 Sub Point 이므로 추가 후 다음 Line으로 이동

* 조립 순서 : 26→5→7→6→27

- 일반 파트 3 추가 이후 다음 Level 검사

- 2는 Closed Point 이므로 다음 Line으로 이동

* 조립 순서 : 26→5→7→6→27→3

- 24~14는 모두 체결구이므로 다음 Line으로 이동

- 1은 Sub Point 이므로 추가 후 다음 Line으로 이동

- 마지막 Line 수행 후 종료

* 조립 순서 : 26→5→7→6→27→3→1



2. 모든 Line이 종료되면 진행된 Level까지 검사 수행

- 체결구는 추가하지 않음
- Close Point가 검사될 경우 추가 후 이전 Level의 Closed Sub Point 모두 추가
- 검사 대상의 Line 및 Level이 모두 검사될 경우 다음 Line 및 Level 반복 수행

검사방향 1

검사방향 2

graph No.	level 1	level 2	level 3	level 4
1	26	5	-	-
2	26	7	-	-
3	26	6	27	28
4	26	6	27	33
5	26	6	27	31
6	26	6	27	8
7	26	6	27	9
8	26	6	27	10
9	26	6	27	11
10	26	6	27	12
11	26	3	2	-
12	26	24	2	-
13	26	15	2	-
14	26	17	2	-
15	26	18	2	-
16	26	20	2	-
17	26	22	2	-
18	26	23	2	-
19	26	25	2	-
20	26	13	2	-
21	26	16	2	-
22	26	19	2	-
23	26	21	2	-
24	26	14	2	-
25	26	1	29	32
26	26	1	30	-
27	26	1	4	-

graph No.	level 1	level 2	level 3	level 4
1	26	5	-	-
2	26	7	-	-
3	26	6	27	28
4	26	6	27	33
5	26	6	27	31
6	26	6	27	8
7	26	6	27	9
8	26	6	27	10
9	26	6	27	11
10	26	6	27	12
11	26	3	2	-
12	26	24	2	-
13	26	15	2	-
14	26	17	2	-
15	26	18	2	-
16	26	20	2	-
17	26	22	2	-
18	26	23	2	-
19	26	25	2	-
20	26	13	2	-
21	26	16	2	-
22	26	19	2	-
23	26	21	2	-
24	26	14	2	-
25	26	1	29	32
26	26	1	30	-
27	26	1	4	-

graph No.	level 1	level 2	level 3	level 4
1	26	5	-	-
2	26	7	-	-
3	26	6	27	28
4	26	6	27	33
5	26	6	27	31
6	26	6	27	8
7	26	6	27	9
8	26	6	27	10
9	26	6	27	11
10	26	6	27	12
11	26	3	2	-
12	26	24	2	-
13	26	15	2	-
14	26	17	2	-
15	26	18	2	-
16	26	20	2	-
17	26	22	2	-
18	26	23	2	-
19	26	25	2	-
20	26	13	2	-
21	26	16	2	-
22	26	19	2	-
23	26	21	2	-
24	26	14	2	-
25	26	1	29	32
26	26	1	30	-
27	26	1	4	-

- 추가 단계에서 최대 진행 Level은 3까지 이므로 Level3까지 검사 진행
- 26은 이미 추가되었으므로 지나치며 Level10이 모두 검사되면 Level2로 이동
- 5, 7, 6 3, 모두 이미 추가되었으므로 지나침
- 24~14는 체결구이므로 지나침
- 1은 이미 추가되었으므로 지나침
- Level 2 검사 종료 후 Level 3으로 이동

* 조립 순서 : 26→5→7→6→27→3→1

- 27은 이미 추가되었으므로 지나침
- 2는 Closed Point이므로 추가 후 앞 Level의 파트 추가
- 3은 이미 추가되었으므로 다음으로 진행, 24~14 추가
- 검사 종료 후 추가 단계 진행 (Level4부터 재시작, 검사 반복)

* 조립 순서 : 26→5→7→6→27→3→1→2→24~14



3. 모든 Line 및 Level 이 추가 및 검사 완료된 이후 남은 체결구들을 순서대로 추가

- 우선순위 (핀 > 와셔 > 스크류 > 볼트 > 너트)

graph No.	level 1	level 2	level 3	level 4
1	26	5	-	-
2	26	7	-	-
3	26	6	27	28
4	26	6	27	33
5	26	6	27	31
6	26	6	27	8
7	26	6	27	9
8	26	6	27	10
9	26	6	27	11
10	26	6	27	12
11	26	3	2	-
12	26	24	2	-
13	26	15	2	-
14	26	17	2	-
15	26	18	2	-
16	26	20	2	-
17	26	22	2	-
18	26	23	2	-
19	26	25	2	-
20	26	13	2	-
21	26	16	2	-
22	26	19	2	-
23	26	21	2	-
24	26	14	2	-
25	26	1	29	32
26	26	1	30	-
27	26	1	4	-

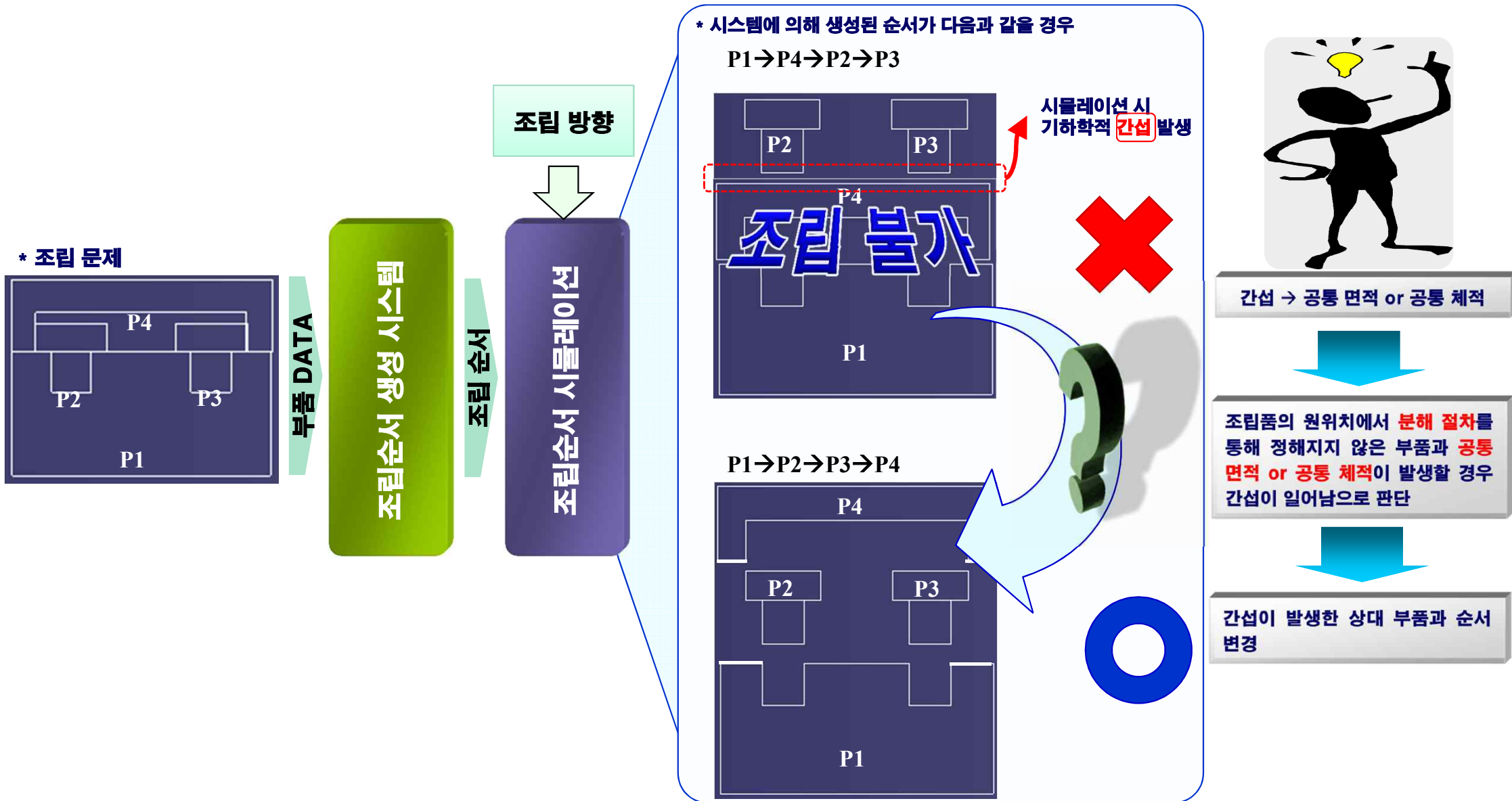
4. 최종 순서 수정

- Sub 그룹과 Base Part 사이의 연결 파트의 재질이 고무일 경우 Sub 그룹 내로 이동
: 26→5→7→SA1→3→2→SA2→24~14→32→8~12
- 생성된 조립 순서에서 SA1 (27), SA2 (1)의 순서는 Level의 순서대로 재배치
→ SA1 (27) : Level 3
→ SA2 (1) : Level 2
: 26→5→7→SA2→3→2→SA1→24~14→32→8~12
- 조립군 순서 표기 재수행
→ SA1 (1) : Level 3
→ SA2 (27) : Level 2
: 26→5→7→SA1→3→2→SA2→24~14→32→8~12
- 조립 그룹의 위치 교환이 일어날 경우 각 조립 그룹의 부품들과 직접적으로 이어진 부품들은 이동된 각 조립 그룹의 후미로 이동
: 26→5→7→SA1→32→3→2→SA2→8~12→24~14
- Closed Sub Point들은 Closed Point 후미로 이동
: 26→5→7→SA1→32→3→2→24~14→SA2→8~12
- 순서 수정 완성
: 26→5→7→SA1→32→3→2→24~14→SA2→8~12
* SA1 : 1→29→30→4
* SA2 : 27→28→31→33→6

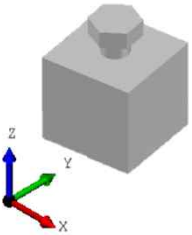
* 조립 순서 : 26→5→7→6→27→3→2→1→24~14→32→8~12

* 조립 순서 Sub 표기 : 26→5→7→6→SA1→3→2→SA2→24~14→32→8~12





조립품 정위치



분해 순서 나열

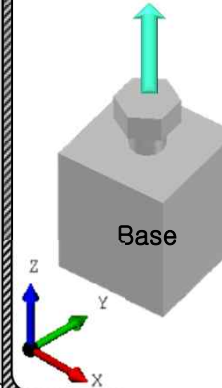
- 생성된 조립 순서의 역순
- 생성된 조립순서가
A→B→C→D 일 경우
분해 시뮬레이션 순서는
D→C→B→A

부품 정위치 및 분해 순서 나열



지정된 방향 및 분해 순서에 따라 부품 위치 이동

지정된 방향으로 위치 이동



- Base 부품을 기준으로 지정된 조립 방향의 반대 방향으로 1mm단위로 위치 이동
- +X 방향 : -X 방향으로 -1mm 단위로 이동
- -X 방향 : +X 방향으로 1mm 단위로 이동
- +Y 방향 : -Y 방향으로 -1mm 단위로 이동
- -Y 방향 : +Y 방향으로 1mm 단위로 이동
- +Z 방향 : -Z 방향으로 -1mm 단위로 이동
- -Z 방향 : +Z 방향으로 1mm 단위로 이동

간섭 검사 Rule

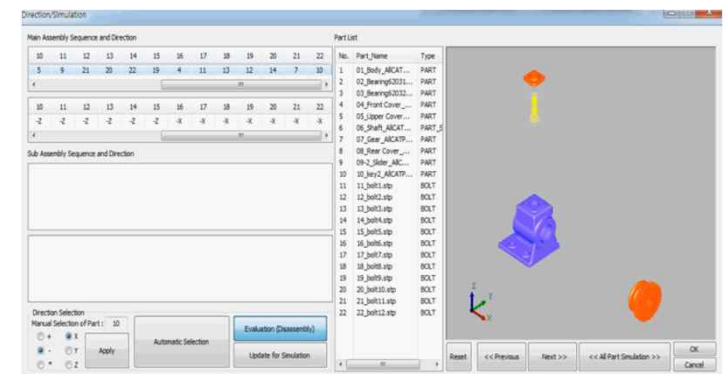
- 최초 연관성을 가진 상대 부품과의 공통 면적과 위치 이동 후의 공통 면적 비교
- 공통 면적이 일정하게 감소할 경우 정상 순서
- 공통 면적이 증가할 경우 비정상 순서 또는 잘못된 방향
- 최초 연관성이 없는 부품과 공통 면적이 발생할 경우 비정상 순서 또는 잘못된 방향
- 비정상 순서가 발생할 경우 상대 부품과 순서 교환

기존 공통 면적을 기준으로 공통 면적 변화 양상 검사 및 순서 교환



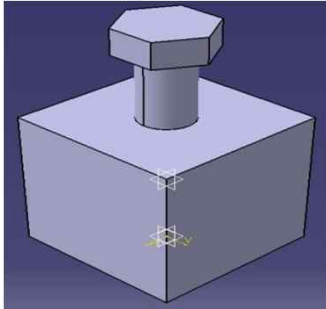
최종 결과에 따른 분해 시뮬레이션

분해 시뮬레이션

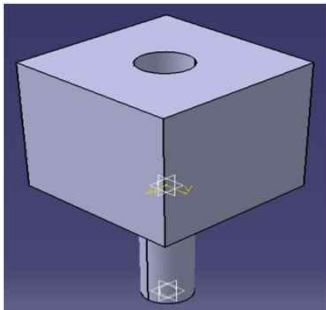


Case. 육각머리볼트 + 아래가 뚫려 있는 몸통

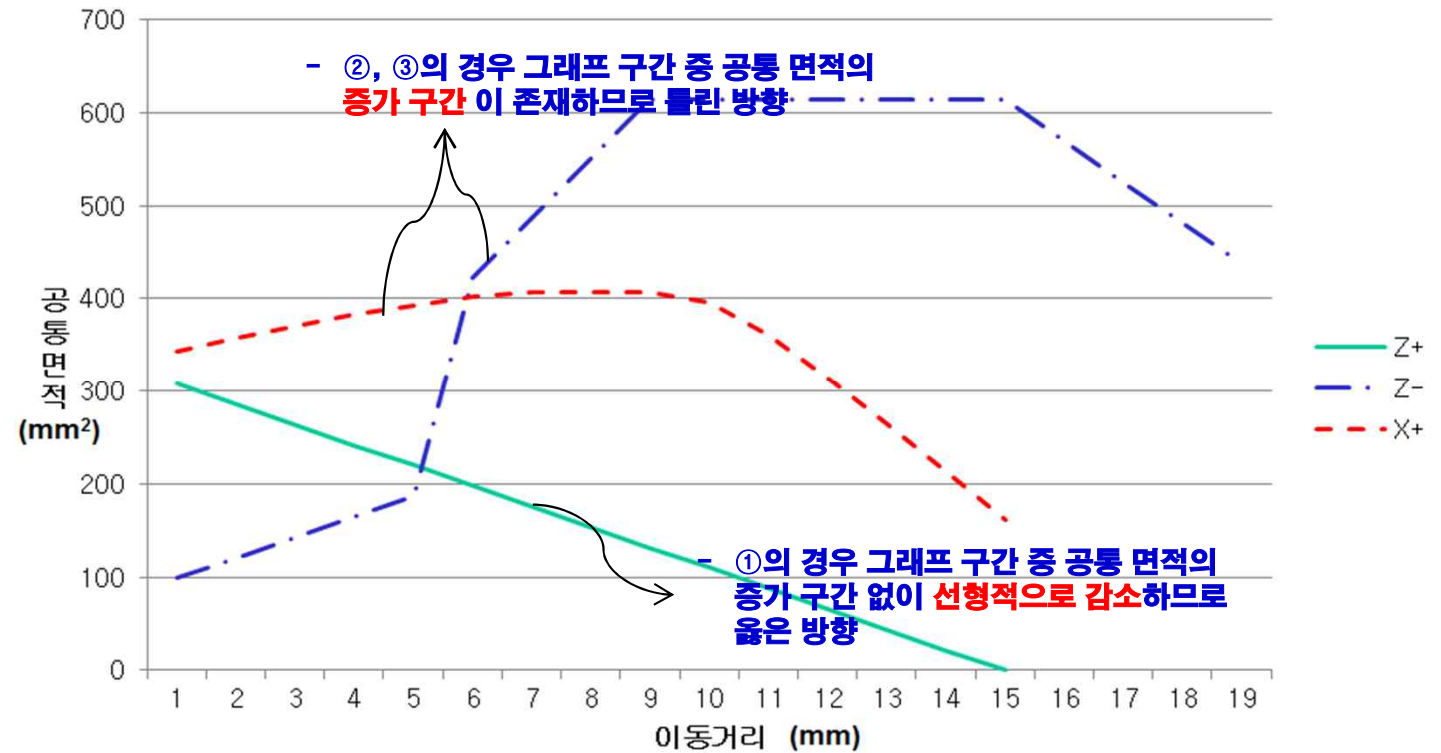
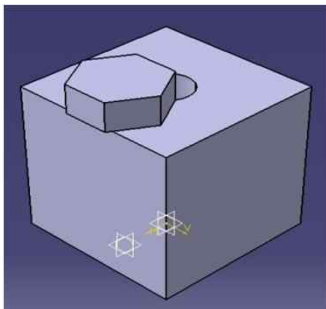
①



②

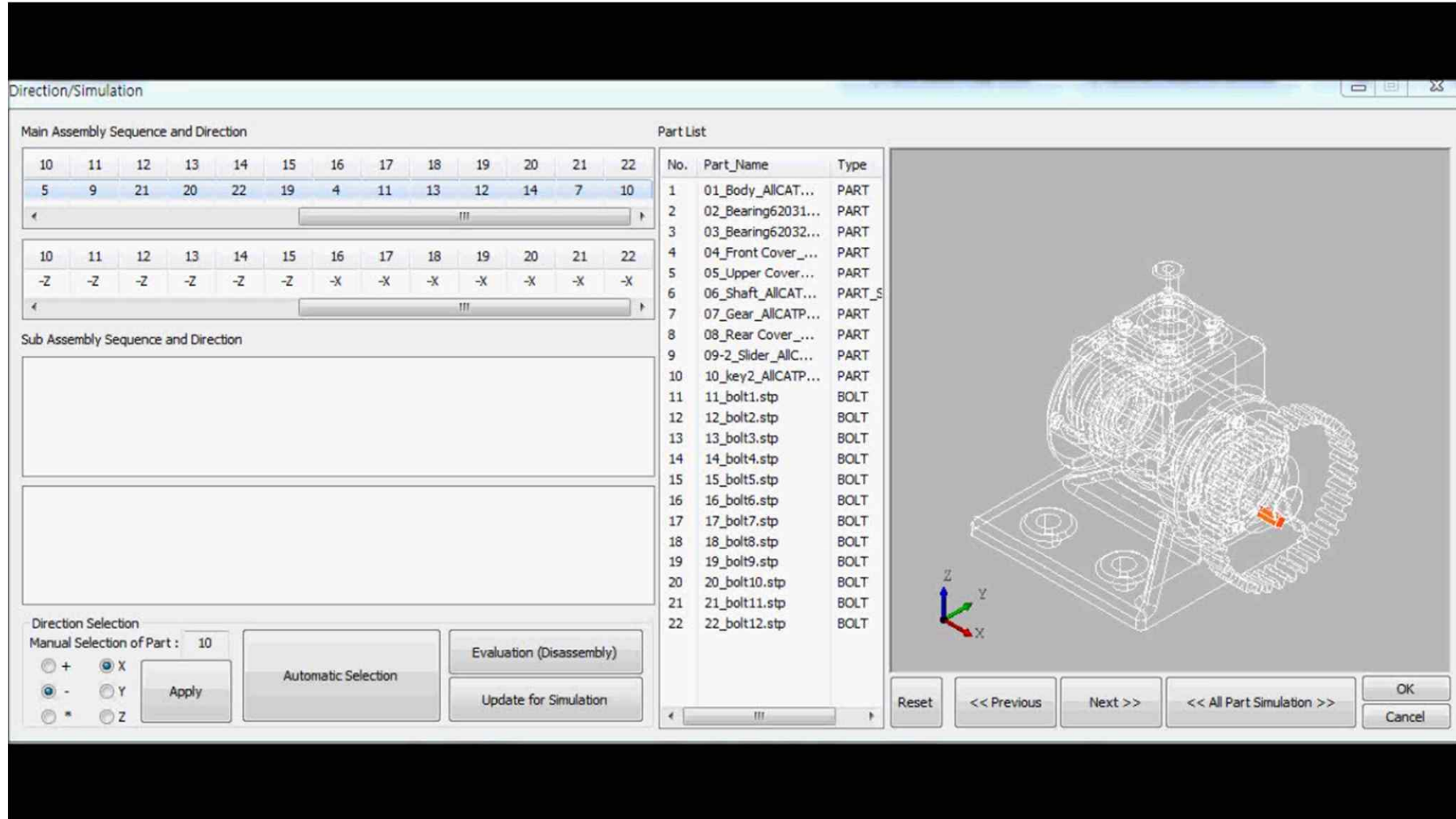
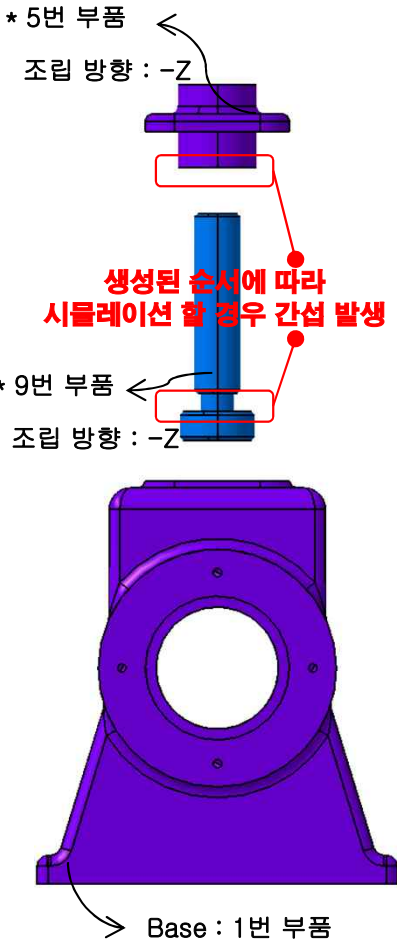


③





■ Gear Box 조립 순서에서의 간섭 발생 및 순서 수정



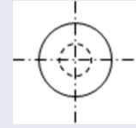
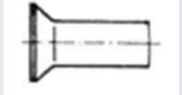
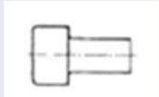
* 생성된 조립 순서

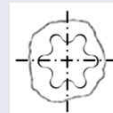
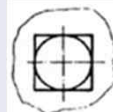
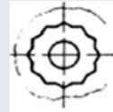
: 1→2→6→3→8→17→15→16→18→5→9→20→21→22→19→4→11→13→12→14→7→10

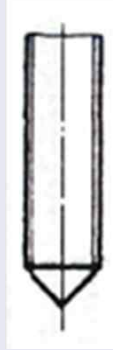
* 분해 시뮬레이션을 통한 수정된 조립 순서

: 1→2→6→3→8→17→15→16→18→9→5→20→21→22→19→4→11→13→12→14→7→10

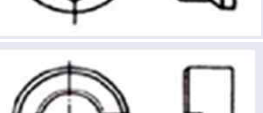


머리 모양			
볼트/스크류 머리 단면 형상		길이 방향 머리 단면적 변화에 따른 형상	
6각		단면적 변화 일정	
3각		단면적 변화 일정	
4각		단면적 변화 일정	
5각		단면적 변화 일정	
8각		단면적 변화 일정	
12각		단면적 변화 일정	
원형		둥근	둥근 
			둥근 납작 
			넓비 
		접시	
		원통	 (단면적 변화 일정)

몸 모양	
십자	
일자	
특스	
삼각	
사각	
12각	
스플라인	

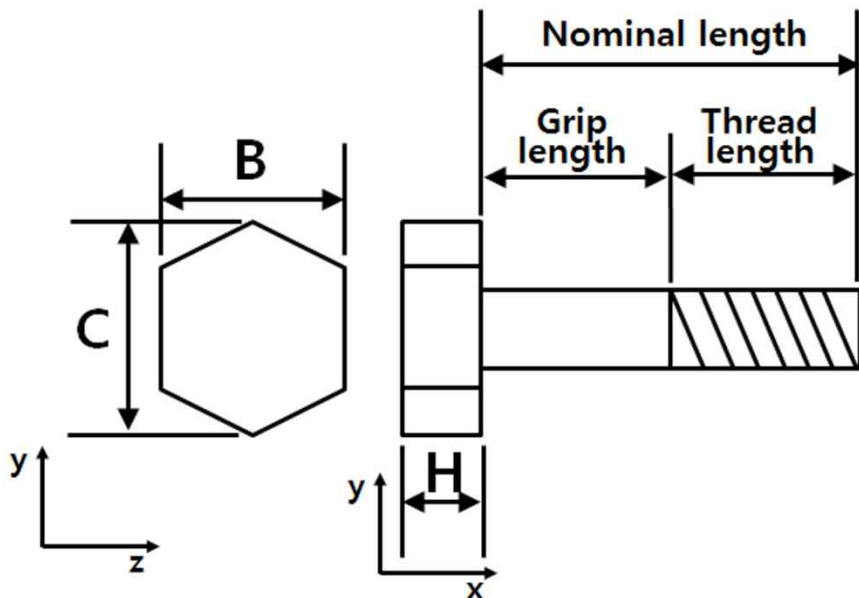
몸통 끝부분 형상		
단면 변화 없는 끝 - 볼트	거친끝	
	모떼기끝	
뿔쪽 끝 - 스크류		



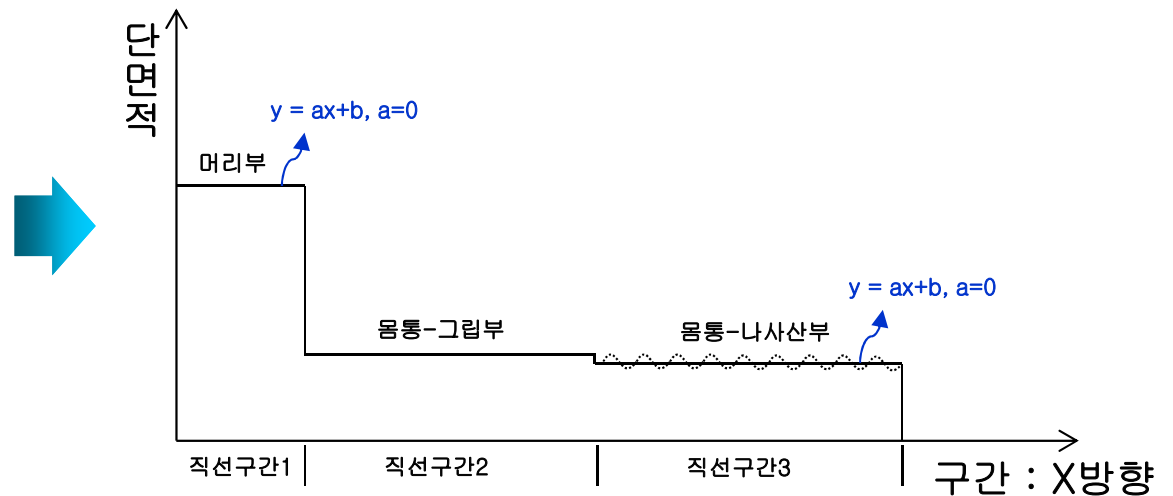
너트 몸통 모양		길이 방향 단면적 변화
너트 단면 종류	너트 단면 형상	
6각		단면적 변화 일정
3각		단면적 변화 일정
4각		단면적 변화 일정
5각		단면적 변화 일정
8각		단면적 변화 일정
12각		단면적 변화 일정
원형		단면적 변화 일정



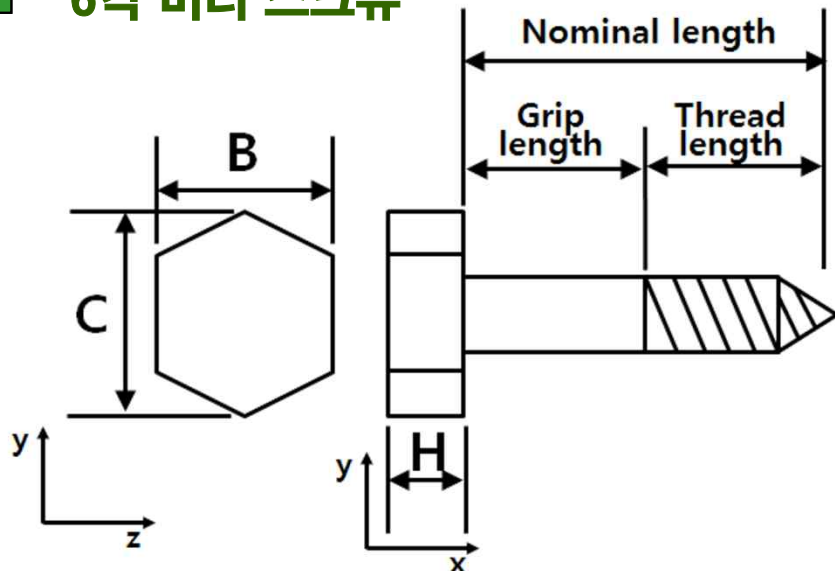
■ 6각 머리 볼트



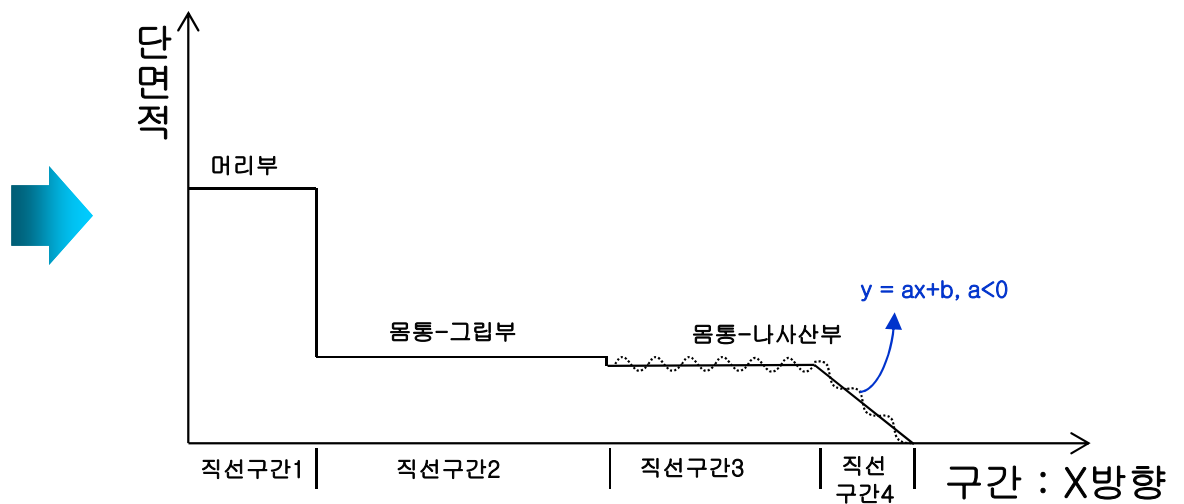
■ 6각 머리 볼트의 단면적 변화



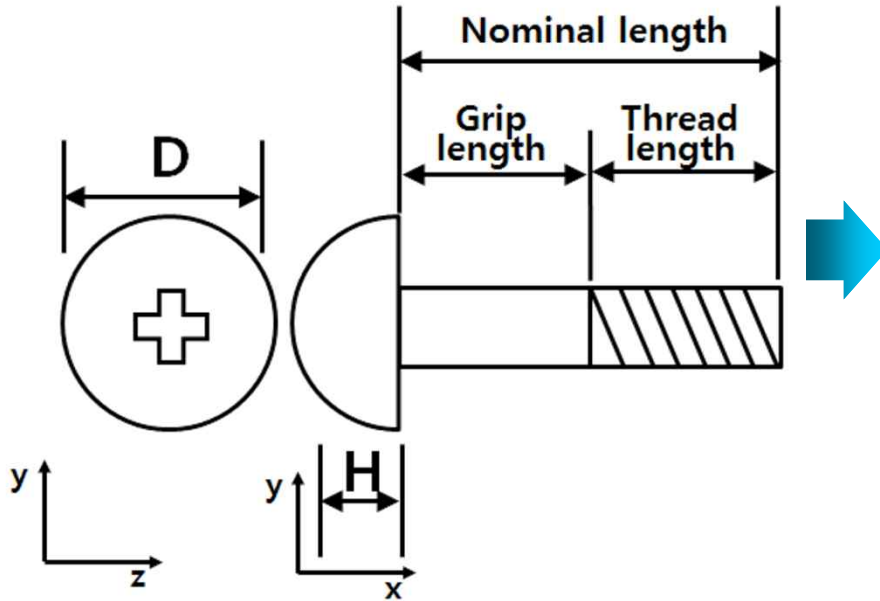
■ 6각 머리 스크류



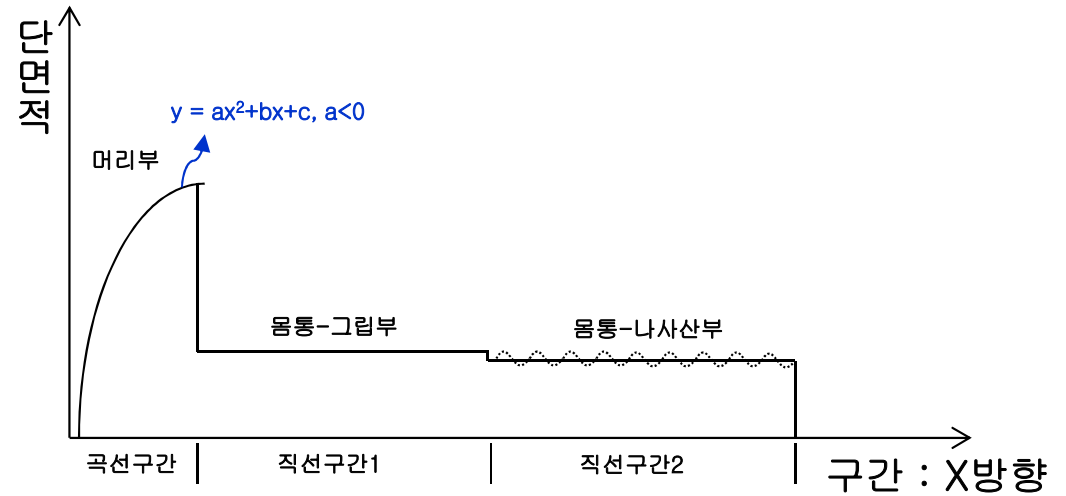
■ 6각 머리 스크류의 단면적 변화



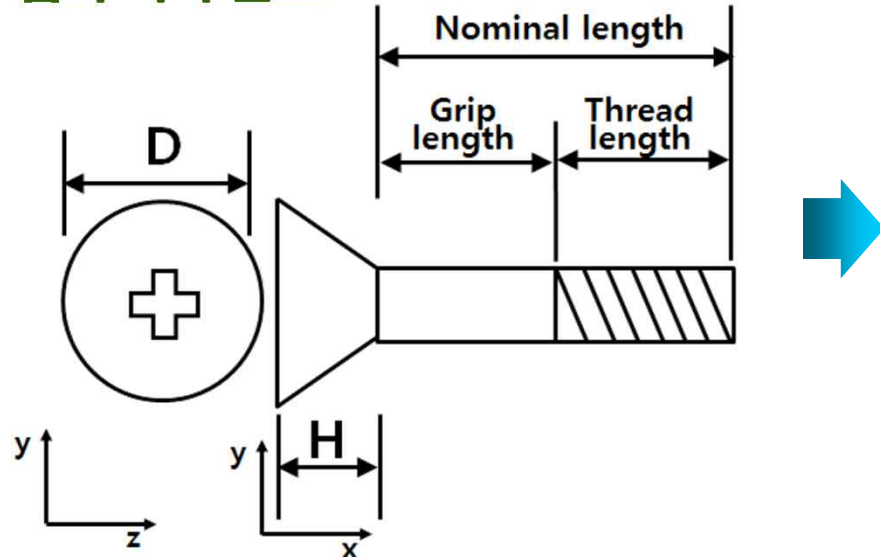
■ 둥근 머리 볼트



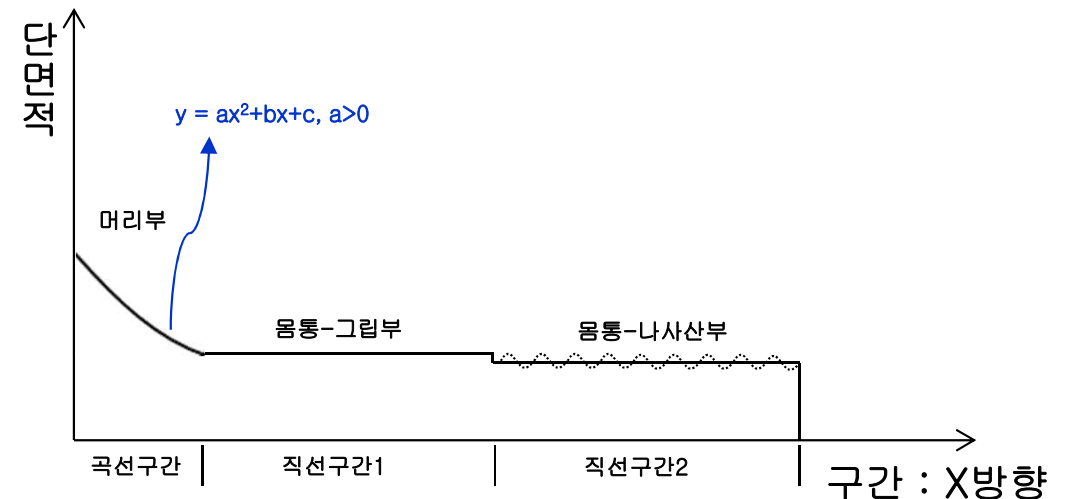
■ 둥근 머리 볼트의 단면적 변화



■ 접시 머리 볼트



■ 접시 머리 볼트의 단면적 변화



■ 볼트/스크류 머리 형상 및 홈 형상 인식을 위한 템플릿

	홈 없음	십자 홈	일자 홈	십자+일자 홈	6각 홈	특스 (별모양) 홈
6각 볼트 머리 단면		  		  	-	-
4각 볼트 머리 단면		-	-	-	-	-
원형 볼트 머리 단면	-	  	 	  		

■ 너트/와셔/핀 인식을 위한 템플릿

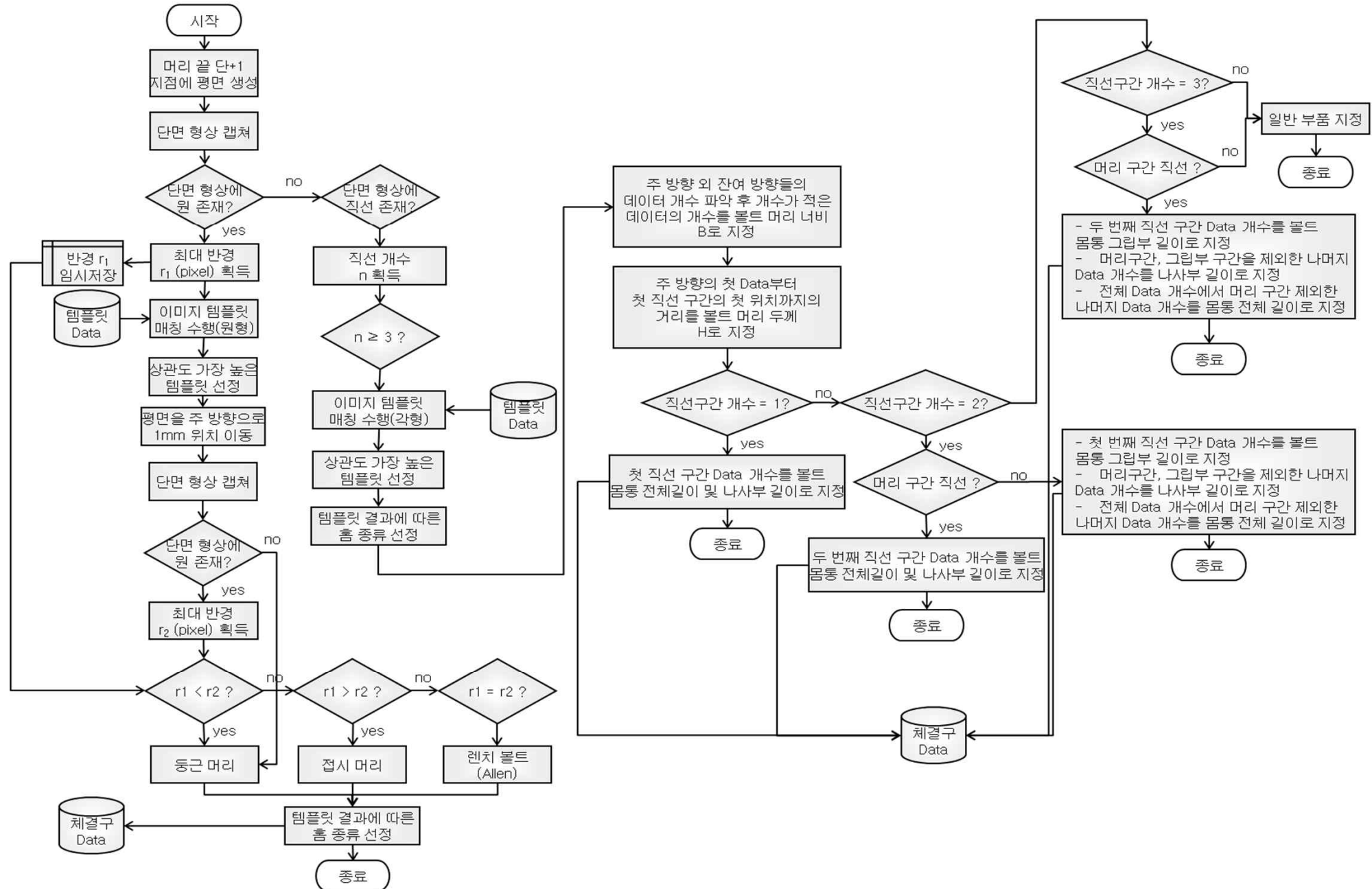
	6각	4각	원형
너트			-
와셔	-		
핀	-	-	 



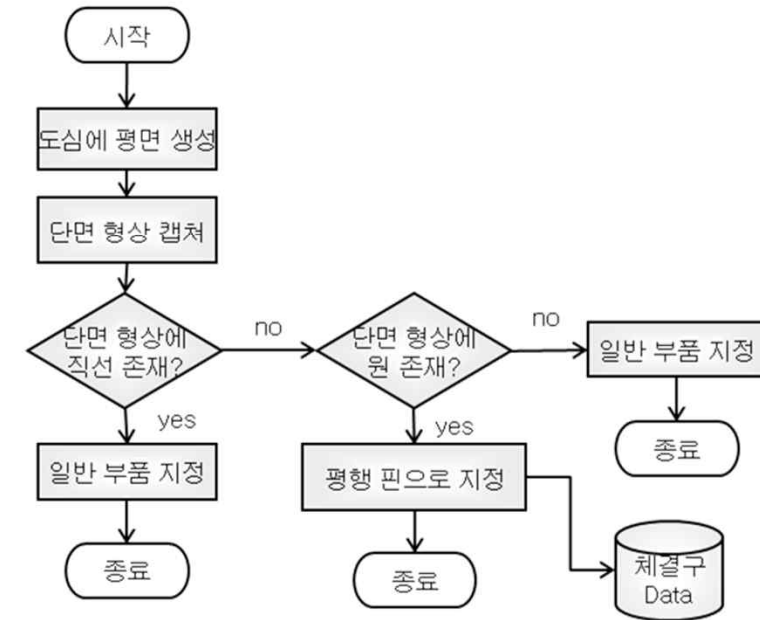
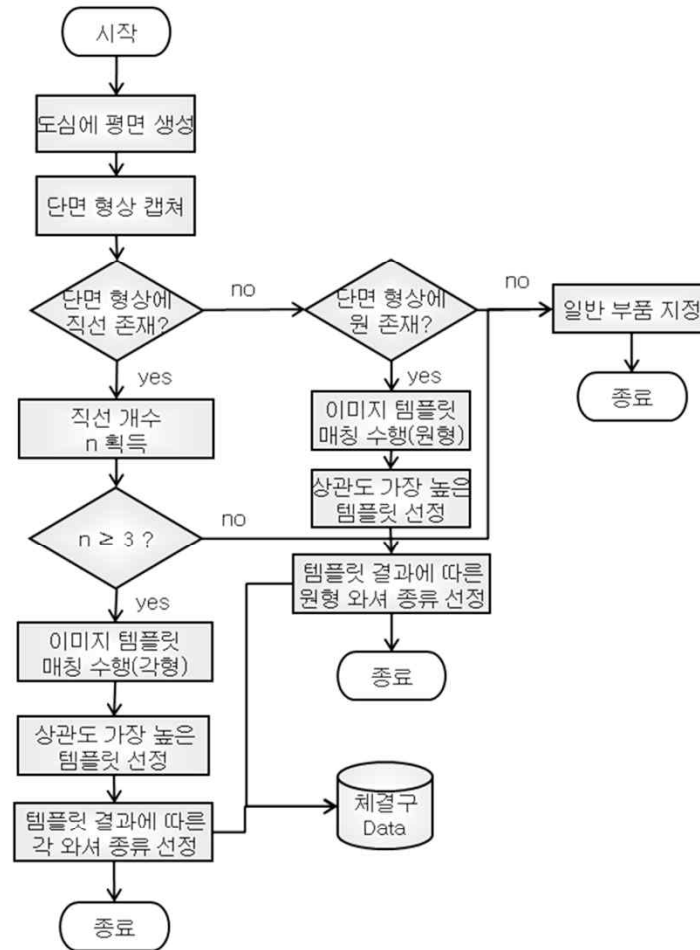
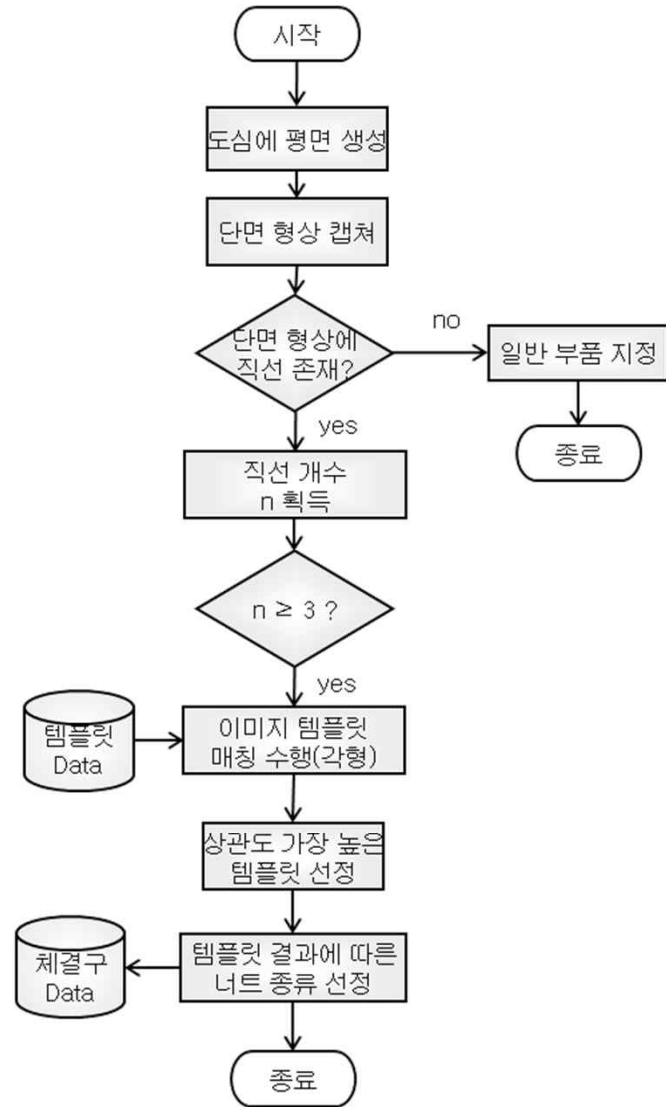
획득 정보	볼트	스크류	너트	와셔	핀	활용 범위
머리 형상	○	○	-	-	-	1. 조립 방법 - 볼팅 2. 조립 도구 - 렌치, 스패너
몸통 형상	-	-	○	○	○	1. 조립 방법 - 볼팅 (너트) - 놓기 (와셔) - 끼우기 (핀) 2. 조립 도구 - 렌치, 스패너 (너트) - 나무 망치 (핀)
홈 형상	○	○	-	-	-	1. 조립 방법 - 볼팅 2. 조립 도구 - 십자 드라이버 - 일자 드라이버 - 육각 렌치 - 톱스 렌치 (톱스 렌치)
활용 범위	조립 순서 생성을 위한 부품 종류 자동 생성					

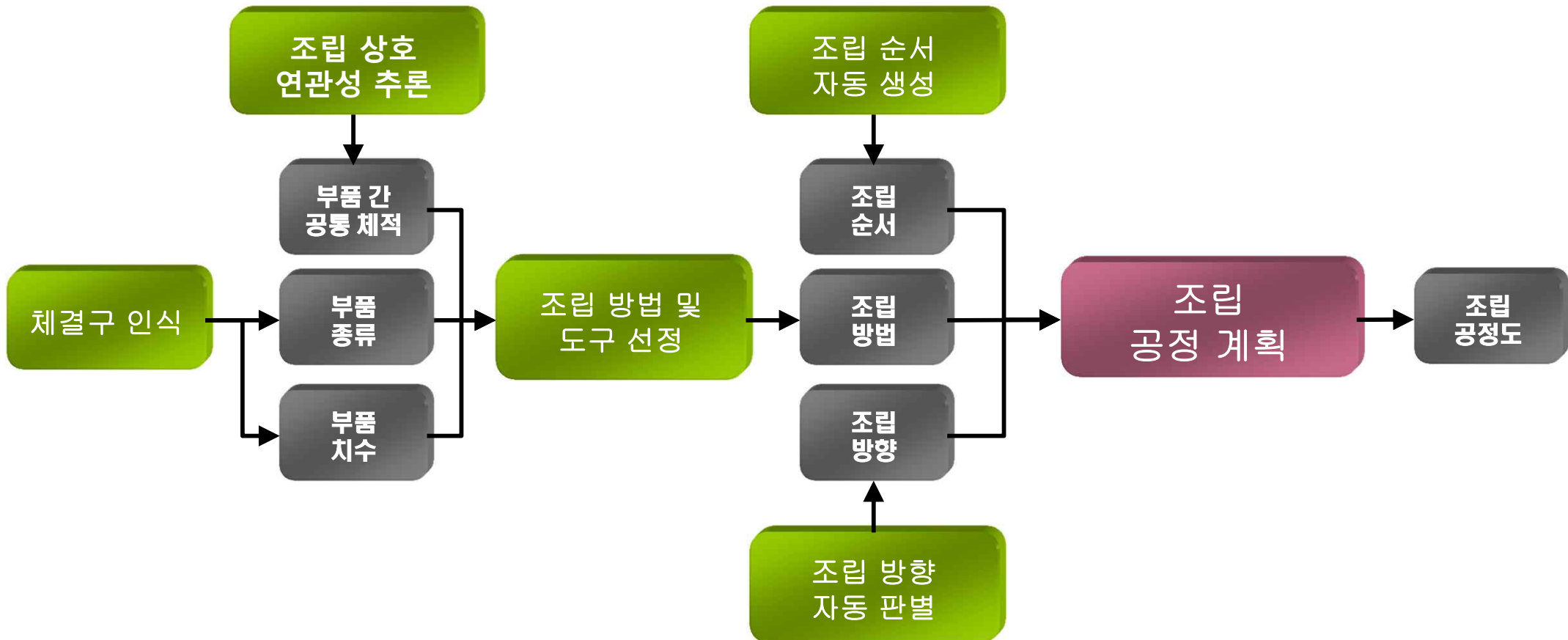




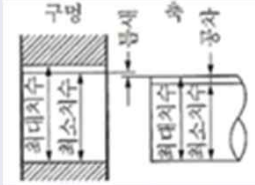
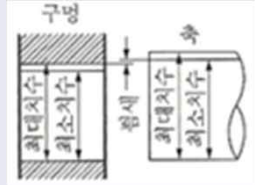


■ 너트 인식을 위한 템플릿 매칭 ■ 와셔 인식을 위한 템플릿 매칭 ■ 핀 인식을 위한 템플릿 매칭





■ 끼워 맞춤 종류와 계산 예

종류	정의	그림 설명	계산 예(mm)	
헐거운 끼워 맞춤	구멍의 최소치수 > 축의 최대치수		구멍	축
			최대치수 A=50.025 최소치수 B=50.000	a=49.975 b=49.950
			최대틈새 = A-b = 0.075 최소틈새 = B-a = 0.025	
억지 끼워 맞춤	구멍의 최대치수 > 축의 최소치수		구멍	축
			최대치수 A=50.025 최소치수 B=50.000	a=50.050 b=50.034
			최대틈새 = a-B = 0.050 최소틈새 = b-A = 0.009	
중간 끼워 맞춤	구멍의 최대치수 > 축의 최소치수 구멍의 최소치수 ≤ 축의 최대치수		구멍	축
			최대치수 A=50.025 최소치수 B=50.000	a=50.011 b=49.995
			최대틈새 = a-B = 0.011 최대틈새 = A-b = 0.030	

■ 끼워 맞춤 방법 선정을 위한 규칙

A : 최대 틈새 [구멍 최대 치수 - 축 최소 치수]
B : 최소 틈새 [구멍 최소 치수 - 축 최대 치수]
C : 최대 점새 [축 최대 치수 - 구멍 최소 치수]
D : 최대 점새 [축 최소 치수 - 구멍 최대 치수]
라고 두었을 때,

1. $A > 0, B > 0, C < 0, D < 0$ 일 경우
→ **헐거운 끼워 맞춤**으로 선정
2. $C > 0, D > 0, A < 0, B < 0$ 일 경우
→ **억지 끼워 맞춤**으로 선정
3. $C > 0, A > 0, B < 0, D < 0$ 일 경우
→ **중간 끼워 맞춤**으로 선정



■ 주 조립 순서에 대한 조립 방법 및 도구

조립 순서	부품 번호	조립 상대	구멍 최대 (mm)	구멍 최소 (mm)	축 최대 (mm)	축 최소 (mm)	조립 방법	조립 도구
1	26	-	-	-	-	-	몸통 부품 고정	Jig/Fixture
2	5	26	61.215	61.185	61.2	61.17	중간 끼움	조립용 유압프레스
3	SA1(1)	26	42.252	42.222	42.764	42.739	억지 끼움	열박음/수축 끼움 장치
4	3	26	-	-	-	-	놓기/삽입	-
5	2	26	-	-	-	-	놓기/삽입	-
6	24	26	-	-	-	-	볼팅	독스 렌치
7	15	26	-	-	-	-	볼팅	독스 렌치
8	17	26	-	-	-	-	볼팅	독스 렌치
9	18	26	-	-	-	-	볼팅	독스 렌치
10	20	26	-	-	-	-	볼팅	독스 렌치
11	22	26	-	-	-	-	볼팅	독스 렌치
12	23	26	-	-	-	-	볼팅	독스 렌치
13	25	26	-	-	-	-	볼팅	독스 렌치
14	13	26	-	-	-	-	볼팅	독스 렌치
15	16	26	-	-	-	-	볼팅	독스 렌치
16	19	26	-	-	-	-	볼팅	독스 렌치
17	21	26	-	-	-	-	볼팅	독스 렌치
18	14	26	-	-	-	-	볼팅	독스 렌치
19	32	SA1-29	39.315	39.175	39.2	39.15	중간 끼움	조립용 유압 프레스
20	SA2(27)	26	-	-	-	-	놓기/삽입	-
21	8	SA2(27)	-	-	-	-	볼팅	독스 렌치
22	9	SA2(27)	-	-	-	-	볼팅	독스 렌치
23	10	SA2(27)	-	-	-	-	볼팅	독스 렌치
24	11	SA2(27)	-	-	-	-	볼팅	독스 렌치
25	12	SA2(27)	-	-	-	-	볼팅	독스 렌치
26	7	26	-	-	-	-	끼워넣기	-

■ 조립군에 대한 조립 방법 및 도구

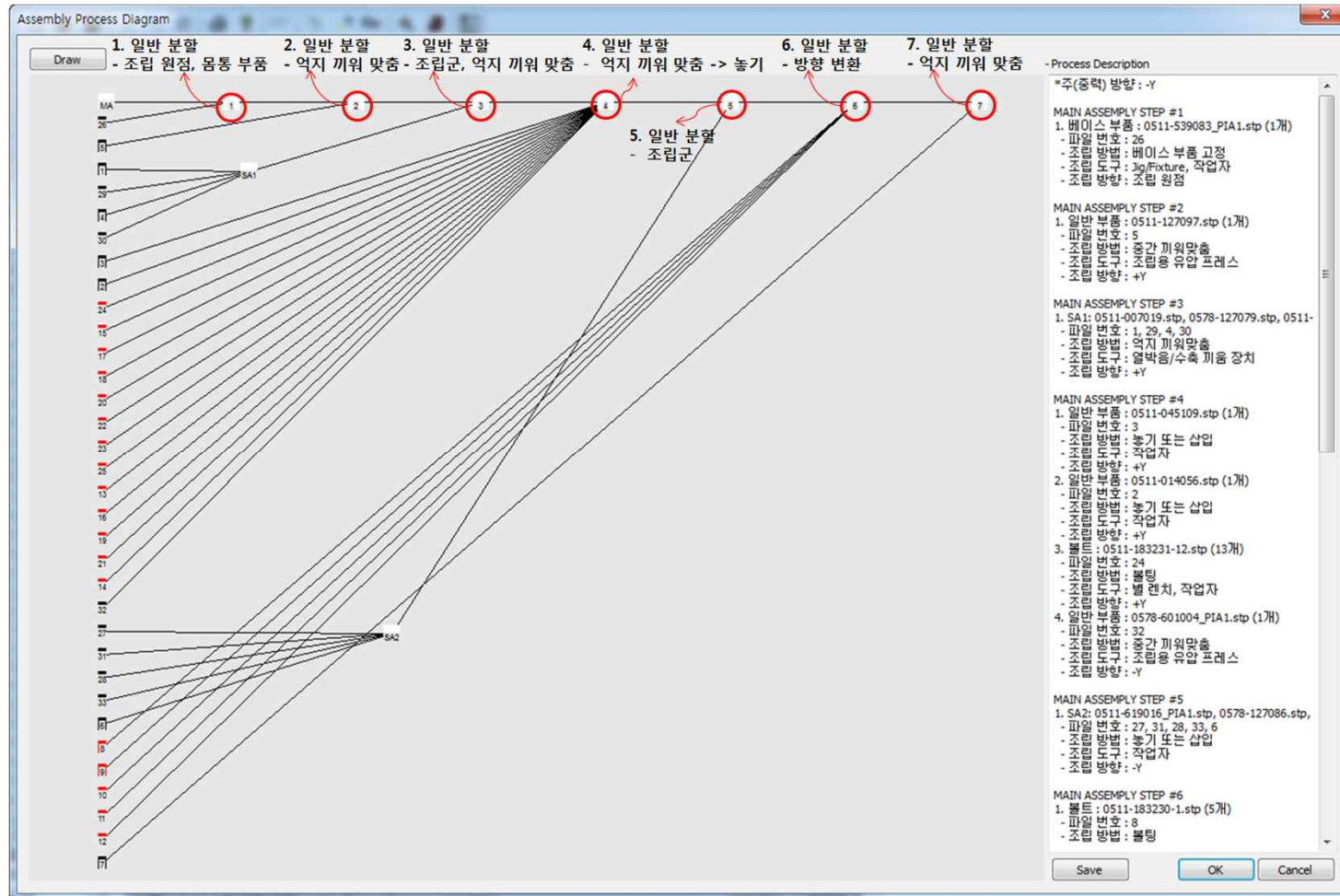
조립 군	부품 번호	조립 상대	구멍 최대 (mm)	구멍 최소 (mm)	축 최대 (mm)	축 최소 (mm)	조립 방법	조립 도구
SA1	1	-	-	-	-	-	몸통 부품 고정	Jig/Fixture
	29	1	36.025	36	35.966	35.936	헐거운 끼움	나무망치
	4	1	26.635	26.585	27.738	27.708	억지 끼움	열박음/수축 끼움 장치
	30	1	36.04	36	36.105	36.06	억지 끼움	열박음/수축 끼움 장치
SA2	27	-	-	-	-	-	몸통 부품 고정	-
	31	27	49.24	49.2	49.22	49.18	중간 끼움	조립용 유압 프레스
	28	27	83.148	82.092	83.018	82.983	중간 끼움	조립용 유압 프레스
	33	27	-	-	-	-	끼워넣기	-
	6	27	-	-	-	-	끼워넣기	-



조립 공정 분할을 위한 규칙 및 자동차 오일펌프의 공정 계획 생성

■ 조립 공정 분할 규칙

1. 몸통 부품은 조립의 시작으로써 조립 원점에 해당하며 별도의 고정 도구 및 작업이 요구되어지므로 보통 공정 분할을 수행함
2. 도출된 조립 순서에서 주 조립 방향(중력 방향)의 변경 시 보통 공정 분할을 수행함
3. 도출된 조립 방법이 순서에 따라 억지끼움 및 중간끼움 방법에서 일반 기계 조립 (체결)의 방법으로 변경될 경우 보통 공정 분할을 수행함
4. 도출된 조립 방법이 순서에 따라 일반 기계 조립 (체결) 방법에서 억지끼움 및 중간끼움 방법으로 변경될 경우 보통 공정 분할을 수행함
5. 조립군이 포함될 경우 보통 공정 분할을 수행함
6. 일반 공정에 소속되는 부품들에 대해 각각 세밀한 공정 분할을 수행함



◆ 요약

- 조립 순서 생성 시 활용되는 접촉 비율 산정 방법 개발
- 면 접촉 및 부피 접촉 비율을 활용한 계층적 조립 우선순위 그래프 생성을 위한 가중치 도출
- 가중치 기반의 계층적 조립 우선순위 그래프 생성
- 계층적 조립 우선순위 그래프 기반의 조립 순서 생성
- 분해 시뮬레이션 기반 조립 순서 오류 검사 및 수정 방법 개발
- 조립 순서 및 공정 계획 지원을 위한 체결구 인식 방법 개발
- 지식 기반 조립 방법/도구 선정
- 획득 지식을 활용한 규칙 기반 조립 공정 계획 생성
- 조립 공정 계획에 요구되는 조립 지식들을 제공함으로써 조립 공정 계획자의 업무 부담 저감 가능

