

선각블럭 조립에서의 조립단위 결정시스템 개발에 관한 연구 Assembly Unit Determination System for Hull Block Assembly Processes

조규갑(부산대 공대), 류광렬(부산대 공대), 최형림(동아대 경영대),
김성진(부산대 대학원)

Kyu Kab Cho(Pusan National Univ), Kwang Ryel Ryu(Pusan National Univ), Hyung Rim Choi(Dong-A Univ)
Sung Jin Kim(Graduate School, Pusan National Univ)

ABSTRACT

This paper is concerned with the determination of assembly unit for hull block assembly processes for shipbuilding. In this study, genetic algorithm is adopted for assembly level allocation and assembly unit is determined by rule-based reasoning. The criteria to determine assembly unit is to minimize welding operation time for the block assembly.

Key Words : assembly level (조립단계), assembly unit (조립단위), genetic algorithm (유전알고리즘), welding posture (용접자세)

1. 서론

본 연구에서는 조선의 생산 공정 중에서 선각 내업 공장에서 이루어지는 선각 블럭의 조립작업을 대상으로, 용접자세를 고려한 조립단계와 조립단위 결정시스템을 개발하여 용접작업시간을 최소화하고자 한다. 조립단계와 조립단위를 결정하기 위하여 병렬적 탐색기법인 유전알고리즘을 사용하였다.

본 논문에서는 조립공정의 개요에 대하여 고찰하고, 선각내업에서 블럭조립작업을 대상으로 소조립과 중조립단계에 대한 조립단위 결정시스템의 개발 및 사례연구를 통하여 조립단위 결정시스템을 분석·평가한다.

2. 선각블럭 조립공정의 개요

2.1 선각블럭

선각 내업 공장에서 수행되는 작업의 최종 목적은 블럭을 완성하는 것이다. 블럭단위로 배를 건조하는 목적은 선대 위의 공사량을 감소시키기 위한 것으로 선대 작업기간의 단축, 공정과 공작기술의 관리감독 용이, 고소작업의 위험감소, 용접변형과 잔류응력 감소 등과 같은 이점이 있다^[1]

2.2 조립단계와 조립단위

선박의 블럭건조법에서는 블럭을 소조립, 중조립 및 블럭조립의 단계로 나누어 조립이 이루어진다.

1) 조립단계 : 블럭을 완성하기 위한 중간제품의 단계를 나타내는 것으로 블럭의 조립 특징과 무게, 높이 등의 물리적 제약에 따라 구분된다.

① 소조립 단계 : 평판에 단순한 형태의 부재를 취부하는 정도의 소규모 조립이며 작업물의 크기는 약 5-10톤 정도이다.

② 중조립 단계 : 소조립이 완료된 것을 평면 형태로 조립하는 과정이며 작업물의 크기는 약 50톤 정도이다.

③ 대조립 단계(단위블럭 단계) : 중조립에서 완성된 작업물을 입체적으로 조립하는 과정으로 작업물의 크기는 약 100-250톤 정도이다.

본 연구에서는 조립단계를 대상 작업장의 특성상 소조립 단계, 중조립 단계, 단위블럭 단계로 구분한다^[2]

2) 조립단위 : 각 조립단계에서 조립작업이 끝난 중간제품으로 주로 다음 단계의 구성품이 된다. 적합한 조립단위의 결정은 블럭 조립공정을 유연하고 쉽게, 그리고 더 빠르게 만들어준다. 조립단위의 결정과 각 소조립품, 중조립품이 포함하는 부품정보가 생성된다.

3. 조립단위 결정 시스템

본 시스템은 [그림 1]에 나타난 바와 같이 입력정보의 정의, 조립베이스 및 관계물량 결정, 조립단위 생성, 용접 공수 산정의 과정을 거쳐 블럭의 총 용접시간이 최소화되는 조립단위를 결정한다.

3.1 입력정보

조립단위를 결정하기 위한 입력정보로는 부품 정보와 부품 접속 정보로 나눌 수 있다.

- 1) 부품 정보 : 블럭을 구성하고 있는 각각의 부품에 대한 정보로서 다음 정보를 가진다^[1]
- 부품 ID : 부품의 식별자로서 정수값을 가짐
 - 강재의 타입 : 부품의 재질
 - 부품의 타입 : 크게 강판재(Plate, FB)와 형강재(UA, IA)로 구분되며 보강재인 bracket, carling 등이 있고 그 외에 기능에 의한 타입이 존재한다.
 - 부품면의 방향 : 강판재의 경우, 면이 두 방향 중 어느 한 방향을 나타낸다. 형강재의 경우, 다른 부품의 면에 접속된 Edge 를 기준으로 그 면이 향한 방향을 나타낸다. 본 연구에서는 방향을 IN, OUT, AFT, FWD, TOP, BTM 으로 구분하였다^[1]
- 그 외의 부품의 두께, 길이, 폭, 면적, 무게 등의 정보를 포함한다.

- 2) 부품 접속 정보 : 부품과 부품의 접속부위에 대한 정보로서 다음과 같은 정보를 가진다^[1]
- 접속 ID : 접속 부위의 식별자로서 정수값
 - FromPart : 접속 부위의 시작 부품
 - ToPart : 접속 부위의 도착 부품
- Face(면)과 Edge(모서리)가 접속될 경우, Face 가 접속되는 부품을 FromPart 로 하고 Edge 가 접속되는 부품을 ToPart 로 한다.
- 접속방향 : FromPart 에 ToPart 가 접속되는 방향
 - 접속형태 :
 - ① Face : 부품의 면으로 접속할 경우
 - ② Edge : 부품의 모서리로 접속할 경우

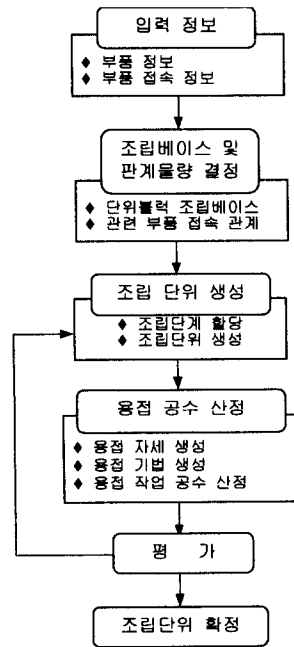
3.2 단위블럭 조립베이스 및 관계 물량 결정

조립베이스는 단위블럭 조립단계에서 용접작업의 베이스가 되는 부품(군)을 의미한다. 그리고 관계물량은 단위 부품이 조립되어 하나의 판을 형성하는 부품으로 단위블럭 내에서는 가장 먼저 조립된다. 조립베이스가 되는 강판류와 형강류의 조립을 위한 전용 조립장 및 장비가 존재하고 있고, 접속관계를 미리 결정함으로써 유전알고리즘의 염색체를 간소화할 수 있으므로 작업장과 시스템의 효율 측면에서 꼭 필요한 단계이다. 조립베이스와 관계물량은 규칙을 사용하여 결정된다.

3.3 조립단위의 생성

조립단위의 생성은 크게 조립단위 할당과정과 조립단위 생성과정으로 나눌 수 있다

- 1) 조립단계 할당과정 : 대상 접속ID의 조립작업이 수행될 조립단계를 할당하는데 유전연산자의 연산을 통해 할당한다.
- 2) 조립단위 생성과정 : 할당된 조립단계정보와 부품 접속 정보를 이용하여 조립단위를 생성한다.



[그림 1] 조립단위 결정 시스템의 구성 및 흐름

3.3.1 염색체의 표현

각 세대를 형성하는 염색체는 각 부품 접속 관계가 가지는 조립단계의 가능해로 나타낸다. 이러한 염색체의 표기는 조립단계를 나타내는 정수열로 표현한다. 예를 들어 10 개의 부품 접속 관계를 대상으로 하는 다음과 같은 염색체 정보가 있다고 하자.

0	0	1	0	2	2	0	1	0	2
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

0 : 소조립 단계, 1 : 중조립 단계, 2 : 단위블럭 단계

각 Gene의 위치는 대상 접속 관계가 정렬된 순서와 일치하고 할당된 값의 의미는 위와 같다. 스트링의 표현에서는 어떤 부품 접속관계는 어느 조립단계에서 접속된다는 정보를 알 수 있다. 그러나 같은 조립단계를 가지는 부품 접속들이라도 서로 다른 조립단위에 속할 수 있으므로 염색체만으로 조립단위를 결정할 수 없다. 단위블럭의 경우는 단위블럭 단위가 초기에 주어지므로 시스템에서는 조립단계를 할당하여 단위블럭 조립단계에서 조립되는 부품 접속 부위를 결정하고 별도의 단위블럭 단위를 결정하는 과정은 필요 하지않다.

3.3.2 조립단위의 결정

조립단위 결정은 유전알고리즘의 모든 모집단(Population)에 대하여 조립단위를 결정하게 되는데, 염색체에 표현된 조립단계 정보와 부품 접속 정보를

사용하여 결정한다.

1) 소조립 단위의 결정

조립단계 할당과정에서 소조립 단계로 할당된 부품접속 관계들을 대상으로 하여 부품 접속ID순으로 모든 검색이 이루어진다. 소조립 단위 결정과정은 다음과 같다.

[단계 1] 소조립단계로 결정된 부품 접속정보를 읽고, 부품 접속ID순으로 정렬한다.

[단계 2] 부품접속ID가 가장 적은 부품 접속정보의 FromPart와 ToPart의 두 부품으로 하나의 소조립 단위를 생성한다.

[단계 3] 단계 2의 해당 부품 접속관계의 FromPart와 ToPart가 다른 부품 접속관계의 FromPart나 ToPart로 사용되는지 여부를 검색하고, 있을 경우 새로운 부품을 단계 2에서 생성된 소조립 단위에 포함시킨다. 소조립 단위에 포함된 부품이 다른 접속관계에서 FromPart나 ToPart로 사용되는 경우가 발생하지 않을 때까지 반복한다.

[단계 4] 단계 3을 마치고 남은 부품 접속관계가 있을 경우, 단계 2로 돌아가서 새로운 소조립 단위를 만들어 단계 3의 과정을 수행하고, 남은 부품 접속관계가 없을 경우, 소조립 단위 결정을 마친다.

2) 중조립 단위의 결정

조립단계 할당과정에서 중조립 단계로 할당된 부품접속 관계들을 대상으로 하며 부품 접속ID순으로 모든 검색이 이루어진다. 중조립 단위 결정과정은 다음과 같다. 소조립 단위 결정과의 차이점은 접속 부품뿐만 아니라 부품이 속해있는 소조립단위까지 고려한다는 것이다.

[단계 1] 중조립단계로 결정된 부품 접속정보를 읽고, 부품 접속ID순으로 정렬한다.

[단계 2] 부품접속ID가 가장 적은 부품 접속정보의 FromPart와 ToPart의 두 부품, 혹은 각 부품이 포함되어있는 소조립단위로 하나의 중조립 단위를 생성한다.

[단계 3] 단계 2에서 생성한 중조립 단위에 포함되는 부품들이 다른 부품 접속관계의 FromPart나 ToPart로 사용되는지 검색하고 있을 경우, 새로운 부품, 혹은 부품이 포함된 소조립 단위를 단계 2에서 생성된 중조립 단위에 포함시킨다. 중조립 단위에 포함된 부품이 다른 접속관계에서 FromPart나 ToPart로 사용되는 경우가 발생하지 않을 때까지 반복한다.

[단계 4] 단계 3을 마치고 남은 부품 접속관계가 있을 경우, 단계 2로 돌아가서 새로운 중조립 단위를 만들어 단계 3의 과정을 수행하고, 남은 부품 접속관계가 없을 경우, 중조립 단위 결정을 마친다.

3.4 용접 공수 산정

본 시스템은 블럭의 총 용접공수를 최소화 하는 조립단위를 결정한다. 용접작업에 소요되는 시간 정보인 공수정보를 생성하기 위해서는 용접자세와 용접기법정보를 생성하여야 한다. 용접공수는 용접자세와 용접기법에 의존적이기 때문이다.

3.4.1 용접 자세 생성

용접 자세는 부품 접속정보의 접속방향 정보와 부품 정보의 부품면 방향 정보를 이용하여 용접부위의 공간추론 과정을 통해 생성된다. 먼저 선각 내업에서 적용되고 있는 용접자세에 대해 살펴보면, 아래보기 용접, 수직용접, 수평용접, 위보기 용접의 4가지로 구분하여 적용된다. 용접 자세의 생성단계는 다음과 같다^[2,3,4].

[단계 1] 단위 내에서 가장 넓은 면적을 가진 부품을 조립베이스로 결정한다. 중조립의 경우, 가장 넓은 면을 조립베이스로 가지는 소조립품을 조립베이스로 결정한다.

[단계 2] 조립베이스에 1차적으로 접속되는 부품의 용접자세를 아래보기 용접으로 결정한다.

[단계 3] 단계 2에서 1차적으로 접속된 부품에 접속되는 부품의 용접자세는 베이스판과 1차 접속 부품의 접속방향, 2차 접속부품의 접속방향정보를 이용하여 결정한다. 예를 들면 다음 [표 1]과 같다.

[표 1] 용접자세의 결정

베이스 판 방향	1차 부품의 부품면방향	2차 부품의 부품면방향	2차 접속부품의 용접자세
IN/OUT	AFT/FWD	IN/OUT	(수평, 위보기)용접
		TOP/BTM	(수직, 수직)용접
	TOP/BTM	IN/OUT	(수평, 위보기)용접
		AFT/FWD	(수직, 수직)용접

1차 부품은 조립베이스에 직접 접속되는 부품이고, 2차 부품은 1차 부품에 접속되는 부품을 나타낸다. 위의 예에서 베이스판이 IN, 1차 부품의 부품면 방향이 AFT일때, 2차 부품의 부품면 방향이 IN이면 2차 부품을 조립하기 위한 용접자세는 수평과 위보기용접이 된다. 강판의 면에 모서리가 접속될 경우 모서리의 양면을 모두 용접해야 하기 때문에 한 가지 혹은 두 가지의 용접자세가 생성된다.

3.4.2 용접 기법 생성

선박 건조에 사용되는 용접기법은 일반적으로 수동 용접이라고 말하는 피복 아아크 용접법 및 CO2 보호가스 용접과 중력의 힘을 이용하여 용접봉을 공급하는 중력식 용접법(Gravity), 그 외에 잠호용접(Submerged Arc Welding), EGW(Electro Gas Welding)등이 있다. 용접 기법은 접속 형태, 개선, 용접자세, 판

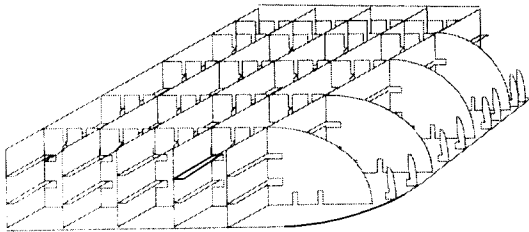
두께, 취부각, 접속길이 등의 정보에 의해 적당한 부위에 적용되게 된다^(2,5)

3.5 평가 및 조립단위 확정

평가함수는 블럭조립에 소요되는 용접공수와 용접 자세에 따른 페널티(벌점), 그리고 제약조건에 의한 페널티의 합으로 구성된다. 블럭조립에 소요되는 용접공수는 H 중공업의 공수산정 방식에 따라 (단위길이당 기준 공수) × (용접계수) × (두께계수)의 식에 의해 산정하였다. 제약조건은 단위의 조립이 수행되는 작업장과 Crane 능력에 의하여 결정되는 것으로 조립단위의 무게, 높이, 길이 등의 제약이 있고 용접자세에 대한 벌점은 위보기 용접이 발생하는 경우에만 적용하였다.

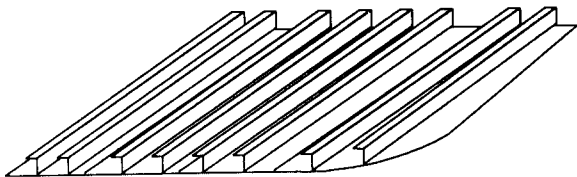
4. 사례 연구

사례 연구에서는 실제 조선소에서 건조 경험이 있는 4500TEU container carrier선의 이중바닥(Double bottom) 블럭을 대상으로 수행하였다. [그림 3]은 사례대상 단위블럭을 나타낸다. 대상블럭은 300여개의 부품과 500여개의 부품 접속관계를 가진다.



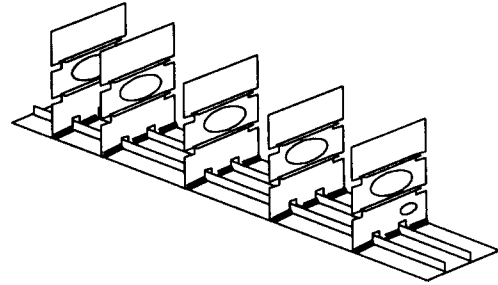
[그림 3] 사례연구 대상 단위블럭

첫번째로 단위블럭의 조립베이스와 관계 물량에 대한 접속 관계 정보를 제외시킴으로써, 유전알고리즘에서는 300여개의 부품 접속관계만을 고려하여 조립단계를 할당하게 된다. [그림 4]에 결정된 단위블럭 조립베이스를 나타내었다.



[그림 4] 단위블럭 조립베이스의 결정

조립단위의 결정은 소조립 단위결정과 중조립 단위결정단계로 수행하였다. [그림 5]는 결정된 중조립 단위 중 하나의 예를 나타낸다.



— 조립단계가 중조립 접속관계

[그림 5] 중조립 단위 예

5. 결론

본 논문에서는 유전알고리즘을 이용하여 선각블럭의 조립작업을 위한 조립단위 결정문제를 다루었다. 문제의 해결을 위해 조립단계와 조립단위를 정의한 뒤, 유전알고리즘을 이용하여 각 부품 접속 부위가 가지는 조립단계를 할당하고, 부품 접속 정보와 접속 단계 정보를 이용하여 조립단위를 결정하였다. 조립단위의 결정단계에서는 유전 연산자의 무작위성으로 인해 발생하는 단위의 불일치 문제를 해결하는 과정이 추가되었다. 마지막으로 결정된 조립단위는 블럭 전체의 용접 공수를 이용해 평가하였다.

참고문헌

- [1] Jozsef Vancza, Andras Makus, "Genetic algorithms in process planning", Computers in Industry 17, pp181-194, 1991
- [2] 박명환 외 5명, "국내 조선산업의개요와 국내외 산업공학관련 연구", 산업공학, 제8권 제2호 pp.5-20, 1995.
- [3] 조규갑 외 5명, "선각내업 공정설계 자동화 시스템의 개발", 산업공학, 제8권, 제2호 pp.41-53, 1995.
- [4] 김철준, 조선공작법, 문운당, 1996
- [5] 선중규, 선각블럭조립을 위한 용접작업계획 전문가시스템의 개발, 부산대학교 대학원, 1997.