

해양구조물의 초기생산단가 산정 알고리즘 개발

Estimation of the Initial Production Cost for Offshore Structures

손 세 환* · 남 종 호** · 이 종 학*** · 김 원 돈****

Son, Se-Hwan · Nam, Jong-Ho · Lee, Jong-Hak · Kim, Won-Do

요 약

전 세계적으로 에너지원 확보에 많은 관심을 가지고 있다. 육상유전에서 석유가 고갈되고 있는 시점에서 해양유전개발이 활발하게 이루어지고 있고 해양구조물 발주도 활발히 이루어지고 있다. 하지만 해양구조물은 아주 다양한 장비 물품과 복잡한 기하학적 구조를 가지고 있어 설계, 생산, 설치 운용에 어려움을 겪고 있고 기본설계, 장비 등과 같은 핵심기술은 외국에 의존하고 있는 실정이다. 이러한 상황을 극복하기 위해서는 해양플랜트 산업분야의 설계 및 생산기술력이 요구되고 있다. 본 연구에서는 해양구조물의 설계와 생산 작업에 중요한 인자로 적용되는 초기생산 단가산정 알고리즘을 이용한 Tool을 제시하고자 한다. 초기원가산정 알고리즘을 개발함으로써 생산 공정의 난이도를 미리 예측하여 준비 및 대비 할 수 있도록 하여 생산 공정의 발전을 이끌 수 있고 초기 설계 단계에서 사전 평가에 중요한 지표로 활용하며 설계 작업에 가이드라인을 제시하여 좀 더 경제적이고 효과적인 설계를 가능하게 해줄 것이다.

keywords : Manufacturing cost(생산단가), Offshore structure(해양구조물), Geometric modeling(기하학적 모델링)

1. 서 론

본 연구에서는 해양구조물의 기하학적 형상 모델링을 이용하여 생산단가를 추정하는 알고리즘을 소개하고자 한다. 생산 공정과정에서 생산단가를 산정하는 것은 정형화되어진 데이터와 기준이 아직까지 마련되고 있지 않고 있다. 조선소와 블록가공 업체에서 꼭 가공 작업을 하는 작업자들 사이에서도 의견이 분분하다. 본 연구를 통해 꼭 가공 생산과정에 있어 난이도를 분류하는 기준이 될 것이다. 그리고 초기설계단계에서 유용한 평가 지수로 활용되고, 생산 공정의 난이도를 미리 예측하여 준비 및 대비를 할 수 있어 생산 공정의 경제적인 관리에 유용할

것이다. 해양구조물은 복잡한 기하학적 형상구조로 이루어져 있다. 생산단가 산정은 해양구조물의 외관과 주요 구조부재의 형상의 곡률을 이용하여 난이도를 분류하고 단가를 산정한다.

2. 해양구조물 생산과정

해양구조물과 선박의 경우 여러 개의 대형블록을 결합하여 하나의 구조물로 만든다. 해양구조물의 생산과정은 생산도면검토를 시작으로 강재배열, 마킹, 절단, 가공, 검사, 출하의 과정을 거쳐서 소조립, 중조립, 대조립을 하여 하나의 대형블록이 만들어 진다.

* 한국해양대학교 조선해양시스템공학부 석사과정 thstpgghks@naver.com

** 한국해양대학교 조선해양시스템공학부 교수 jhnam@hhu.ac.kr

*** 한국해양대학교 조선해양시스템공학부 lespar@nate.com

**** (주)MTI 부설 해양기술연구소 소장 wdkim@mtis.kr

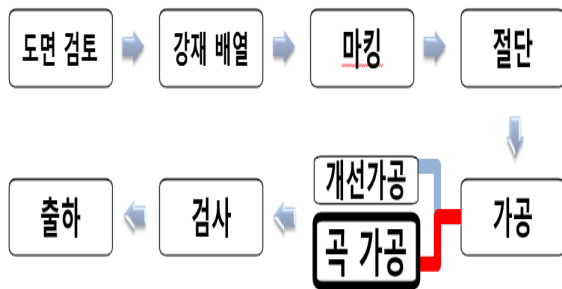


그림 1 해양구조물 생산과정

구조물의 생산과정에서 곡 가공이 가장 큰 비중을 차지한다. 그 외에 생산과정의 생산단가는 정형화 되어있어 예측이 가능하고 자동화가 많이 되어 있다. 곡 가공은 생산설계에서 제공한 도면을 보고 곡형을 제작한 후 곡형의 형상과 일치하도록 1차로 냉간가공작업을 거치고 2차로 열간가공을 하여서 곡판을 만들게 된다. 곡 형상의 난이도가 낮은 경우에는 냉간가공 작업만으로도 곡 가공을 할 수 있다.



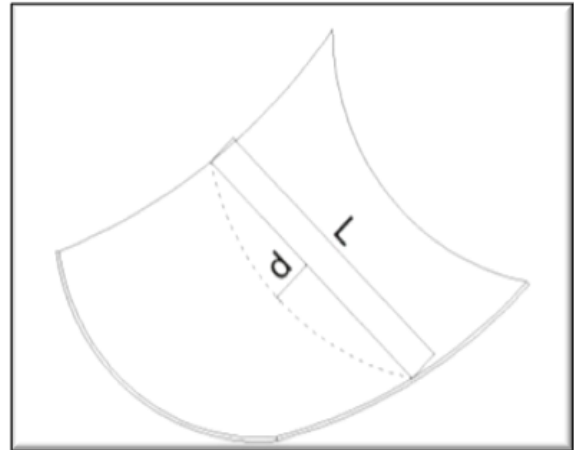
그림 2 곡 가공 작업

3. 생산단가 산정

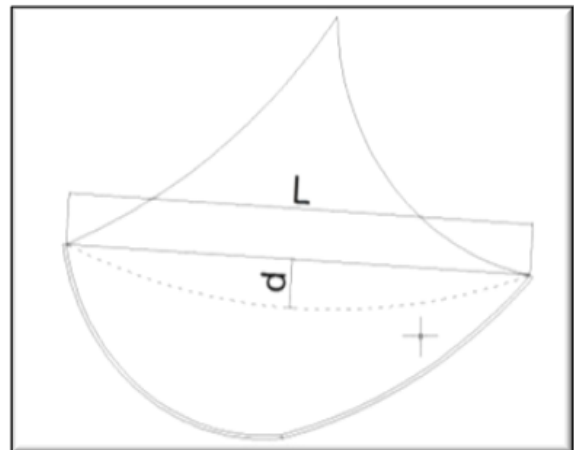
3.1. 생산단가 판별 변수정의

해양구조물과 선박을 건조하는 과정은 다양한 형상의 판들을 이용하여 건조된다. 이렇게 다양한 판들의 생산난이도를 정하고 판별하는 기준이 없다. 다양한 형상의 판들을 분류하고 난이도를 측정하기

위해서는 기준이 되는 척도가 필요하다. 생산단가 판별 변수는 여러 형상의 판들을 분류하고 난이도를 측정하기위해 사용된다.



(a) a1, a2 변수 정의



(b) b1, b2 변수 정의

그림 3 생산단가 판별 변수 정의

생산단가 판별 변수는 a1, a2, b1, b2로 총 4가지로 정의된다. 생산단가 판별 변수는 종·횡 방향 길이와 높이 비를 a1, a2로 정의하고, 대각선 방향 길이와 높이 비를 계산하여 b1, b2로 정의한다. 종·횡 방향 길이는 Surface Point를 이용하여 구하고 대각선의 길이는 Controlpoint의 좌표를 이용하여 구한다. 그리고 높이는 곡선과 곡면의 곡률 값을 이용하여 산출한다.

표 1 생산단가 판별 변수 특징

* $\frac{d(+)}{L} = a1, a2$	* $\frac{d(+)}{L} = b1, b2$
* 곡면의 종 방향 길이와 높이 비	* 곡면의 대각선 방향 길이와 높이 비
* 곡면의 횡 방향 길이와 높이 비	* $b1 \Rightarrow b2$
* 종·횡 방향 비율 중 큰 값을 a1 정의	* b1과 b2는 같은 꼭짓점을 지나지 않는다.
* a1과 a2는 서로 수직 방향이다.	* 오목한 곡 형상을 (+)정의

3.2. 곡 가공 단가 도표

생산단가 판별 변수를 이용하여 곡판의 형상에 따라 판을 분류한다. 대형 조선소와 블록업체에서 곡 가공작업을 하는 작업자들은 무수히 많다. 많은 곡 가공 작업자들에게서 수집한 데이터는 많은 부분이 일치하지만 곡 가공 작업경력과 작업방식에 따라서 다른 부분도 상당히 있었다.

표 2 곡 가공 단가 도표

Parameter Type	a1	a2	b1	b2	Relative cost
1. Flat plate	$0.0 \leq a1 \leq 0.01$	$0.0 \leq a2 \leq 0.003$	$0.0 \leq b1 \leq 0.01$	$0.0 \leq b2 \leq 0.01$	1
2. Simply low curvature in one direction	$0.0 \leq a1 \leq 0.15$	$0.0 \leq a2 \leq 0.003$	$0.0 \leq b1 \leq 0.15$	$0.0 \leq b2 \leq 0.15$	2
3. Simply high curvature in one direction	$0.15 \leq a1$	$0.0 \leq a2 \leq 0.003$	$0.15 \leq b1$	$0.15 \leq b2$	3
4. 2point curvature	$0.0 \leq a1 \leq 0.075$	$0.0 \leq a2 \leq 0.003$	$0.15 \leq b1$	$0.15 \leq b2$	4
5. 4point curvature	$0.0 \leq a1 \leq 0.075$	$0.003 \leq a2 \leq 0.05$	$0.15 \leq b1$	$0.15 \leq b2$	7
6. Moderate curvature in one direction and small backset in the other	$0.01 \leq a1 \leq 0.075$	$0.003 \leq a2 \leq 0.025$	$0.01 \leq b1 \leq 0.075$	$0.01 \leq b2 \leq 0.075$	3
7. Moderate double curvature	$0.075 \leq a1 \leq 0.15$	$0.025 \leq a2 \leq 0.05$	$0.075 \leq b1 \leq 0.15$	$0.075 \leq b2 \leq 0.15$	6
8. Moderate reverse double curvature	$0.075 \leq a1 \leq 0.15$	$-0.05 \leq a2 \leq -0.01$	Type 8~10의 경우 변수 변수 b1, b2를 고려하지 않아도 된다고 판단된다.		9
9. High double curvature	$0.0 \leq a1$	$0.05 \leq a2$			8
10. High reverse double curvature	$0.0 \leq a1$	$a2 \leq -0.05$			12

판의 형상 난이도와 분류 작업은 곡 가공 경력이 많은 숙련된 기술자들에게 객관적이고 신뢰성이 가는 데이터를 바탕으로 분류 하였다. 판의 형상타입에 따라 10가지로 분류 하였고 타입에 따른 난이도를 분류하였다.

3.3. 곡률 계산

곡률은 곡선 또는 곡면의 휨 정도를 나타내는 변화율이다. 한 점이 일정한 속도로 곡선의 호를 따라 이동할 때 생기는 접선의 기울기 변화를 의미한다. 곡률 계산을 통해서 생산단가 판별 변수를 정하기 위해 사용되며, 생산단가를 결정하는 곳에 사용된다. NURBS기반에서의 곡선과 곡면을 이용하여 곡률 계산을 한다.

3.3.1 곡선의 곡률

곡선의 곡률을 이용하여 해양구조물의 주요 내부재 생산단가 산정에 사용된다.

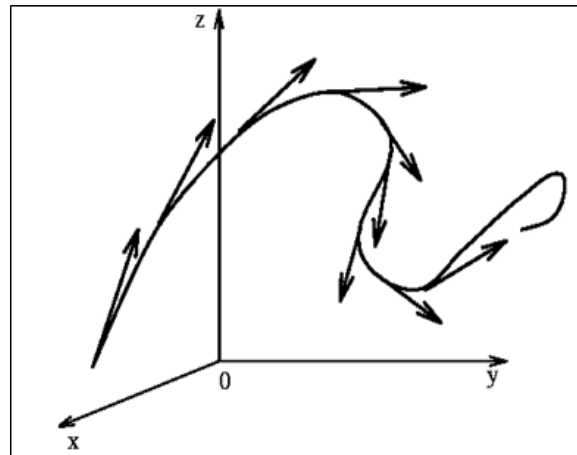


그림 4 곡선의 곡률 변화

$$\kappa = \left| \frac{dT}{dS} \right| = \left| \frac{T'(t)}{X'(t)} \right| \quad (\kappa = \text{곡률}) \quad (1)$$

$$T = \frac{dX}{dS} \quad (T = \text{단위접선벡터}) \quad (2)$$

$$dS = \|X'(t)\|dt \quad (dS = \text{호의 길이}) \quad (3)$$

식(1),(2),(3)를 이용하여 곡선의 곡률을 계산한다.

3.3.2 곡면의 곡률

곡면의 곡률을 이용하여 해양구조물 외관 휘어짐 계산에 사용된다.

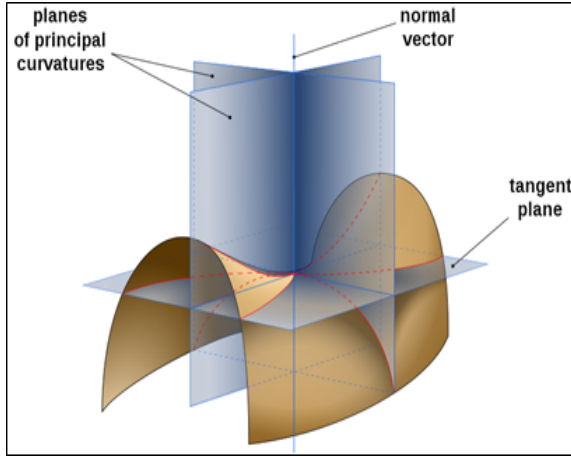


그림 5 Normal curvature

$$\kappa_n = - \frac{dS \cdot dn}{ds \cdot ds} \quad (4)$$

(κ_n = Normal curvature)

$$dS = Su \cdot du + Sv \cdot dv \quad (5)$$

$$ds = \sqrt{dS \cdot dS} \quad (6)$$

$$dn = n_u \cdot du + n_v \cdot dv \quad (7)$$

Normal curvature는 곡면의 면적에 대한 단위접선 벡터의 변화율로 나타내어진다. 식 (1),(2),(3),(4)를 이용하여 곡면의 곡률을 계산한다.

3. 4 생산단가 산정

해양구조물 총 생산단가는 전체 구조물을 미소한 판으로 나누어 난이도를 측정하고 생산단가 지수를 계산한다. 생산단가 판별 변수를 이용하여 미소하게 나눈 판들의 단가를 산정한다.

$$Cost = C \times A \quad (8)$$

(A : 미소면적 , C : 미소면적의 Cost value)

$$SM = \frac{\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q C_{ij}(u_i, v_j) \cdot \Delta A_{ij}}{\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q \Delta A_{ij}} \quad (9)$$

식 (8)을 이용하여 미소 판들의 총 단가지수에 전체

면적을 나눠주면 해양구조물의 총 생산단가 지수 구할 수 있다. 식 (9)를 이용하여 해양구조물의 생산단가지수를 구한다.

4. 결론

본 연구에서는 해양구조물의 기하학적 형상 모델링을 이용하여 생산단가를 추정하는 알고리즘을 개발하였다. 생산단가 산정 알고리즘을 이용하여 생산공정의 난이도를 사전에 파악할 수 있게 된다. 생산공정의 스케줄을 어느 정도 예측 가능하여 사전 준비를 통해 합리적이고 경제적인 효과를 볼 수 있다. 그리고 초기설계단계에서 구조물을 평가하는 중요한 인자로 사용 가능하며 설계기술력 확보에 중요한 밑거름이 될 것으로 사료된다. 다양한 알고리즘을 이용한 설계평가 프로그램을 개발로 인해 설계기술력 증진에 도움이 되었다고 생각된다. 차후 더욱더 다양한 변수들을 고려하여 좀 더 발전되고 실무에서 사용하기에 있어서 신뢰성을 인정받도록 연구를 진행 하겠다.

감사의 글

본 과제는 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 광역경제권 선도 산업 인재양성사업의 연구결과입니다.

참고문헌

- Parsons, M.G., Nam, J.H., and Singer, D.J., (1999). "A Scalar Metric for Assessing the Producibility of a Hull Form in Early Design," Journal of Ship Production, vol, 15, No.2, May 1999, pp. 91-102
- 노재규 외1명, (2009). "곡가공 프로세스를 고려한 곡판 분류 알고리즘 개발," 대한조선학회논문집 46(6) pp. 675-687
- 김수영 외 2명, (2002). "신경망을 이용한 선박의 곡가공 외관 분류 자동화 개발" 한국 퍼지 및 지능 시스템 학회지 제12권 제2호 pp.103-108
- 신용욱 (2004). "인공신경망과 유전적 프로그래밍을 이용한 선체 곡가공 M/H 추정," 석사, 부산대학교