
 論 文

大韓造船學會論文集
 第34卷第2號 1997年5月
 Journal of the Society of
 Naval Architects of Korea
 Vol. 34, No. 2, May 1997

선상가열법에 의한 강판의 곡가공 자동화 시스템 (III)

이주성*

Plate Forming Automation System of Steel Plates by Line Heating Method (III)

by

Joo-Sung Lee*

요 약

주어진 곡면에 대한 Marking Data의 자동생성 알고리즘과 이에 의거한 전산 시스템의 개발은 강판의 곡가공 자동화 시스템 구축에 있어서 우선적으로 선행되어야 할 연구로서, 이 논문에서는 실제 곡면모델을 대상으로 기 개발한 전산시스템이 생성하는 Marking Data에 의거하여 실험을 수행함으로써 Marking Data의 자동생성을 위한 알고리즘과 개발된 전산시스템의 정당성을 확인하는 것에 중점을 주었다. 실제 곡면모델에 대한 실험은 기 개발한 전산시스템의 결과 즉, Marking Data와 가열선에 대한 가열조건에 따라 현장에서 수행하였으며 그 결과를 Marking Data 생성 전산 시스템의 결과와의 비교를 통해 개발한 Marking Data 생성 전산 시스템의 현장에서 실용적 적용 가능성을 확인할 수 있었다. 끝으로 개발한 전산시스템의 보완과 확장에 대해 기술하였다.

Abstract

The development of the algorithm and the computer aided marking data generation system based on it should precede the automation system for plate forming by line heating method. This paper places emphasis on the yard simulation for a real surface model to justify the algorithm and the computer aided marking data generation system which have been already developed. The yard simulation has been carried out according to the generated marking data and the heating condition produced by the developed computer aided system. The practical

발 표 : 1995년도 대한조선학회 춘계연구발표회('95. 11. 10)

접수일자 : 1996년도 1월 19일, 재접수일자 : 1997년 4월 10일

*정회원, 울산대학교 조선해양공학부

applicability of the developed computer aided system has been conformed by comparing the results of the computer simulation to the results of the yard simulation. This paper ends with the extension of the developed marking data generation system.

1. 서 론

현재 가스토치를 이용하는 선상가열법으로 곡면을 가공하는 경우는 가공할 전체 곡면의 60% 이상을 차지하고 있는 만큼 이의 효율성 향상은 곡가공 공정의 생산성에는 물론이거니와 전체 건조 공정에 결정적인 영향을 주고 있다. 실제 현장에서 시행하는 곡가공 작업에서는 주어진 곡면을 가공할 수 있는 Marking 작업후에 곡형을 기준으로 선상가열과 수정작업을 반복하는데 이에는 경험자라 하더라도 상당한 시간이 소요되고 있는 실정이다. 곡가공 공정의 자동화 시스템 구축은 향후 숙련된 작업자의 계속 확보에 대한 불확실성으로 이에 따른 기능의 계승과 작업능력의 유지라는 극히 현실적 측면에서 이에 대한 필요성은 강조되고 있다. 선상가열법에 의한 강관의 곡가공 자동화 시스템 구축에 있어서 우선적으로 선결되어야 할 중요한 사항은 결국 열원의 종류, 온도 및 속도 등 가열조건이 주어졌을때 어느 위치를 가열하여 주어진 곡면형상을 가공하느냐 하는 것으로 귀착되는데, 이러한 목적을 달성하기 위해 국내외에서 수행된 연구에 대해서는 참고문헌 [1]에 상세히 기술되어 있다.

Marking Data의 자동 생성을 위한 알고리즘과 이에 의거하여 개발한 전산시스템, COMHET (Computer Program System of Marking Generation for Line Heating)에 대해서는 참고문헌 [1-4]에 수록되어 있어서 여기에서는 이에 대한 내용의 기술은 생략하고 기 개발한 전산시스템의 정당성과 그 실용적 적용가능성을 확인하기 위하여 수행한 실험결과와 비교,검토하는 부분에 중점을 두었다. 실험은 선박의 선수미 부분에서 흔히 볼 수 있는 실제 곡면 모델을 대상으로 개발한 전산시스템의 결과로서 얻어지는 Marking Data

에 따라서 실제 곡면을 대상으로 현장에서의 작업 과정에 의거하여 수행한 것이다.

일련의 연구를 통해 개발한 Marking Data 자동 생성 알고리즘에서는 선상가열에 포함되는 복잡한 현상을 선상가열의 결과와 이의 원인에 초점을 맞추어서, 가열선에 연하여 그 주위에 어떤 크기의 굽힘모멘트가 작용하는 것으로서 Fig.1에 표시한 비교적 간단한 역학적 모델의 개념을 기본적으로 도입한 것이다 [1-5]. 이러한 역학적 모델링의 개념은 간단하나, 선상가열의 결과인 굽힘변형과 이에 영향을 주는 인자들 사이의 관계를 실험결과를 토대로 회귀분석법으로 도출한 관계식을 활용함으로써 그러한 인자들의 효과를 함축적으로 대변할 수 있다는 장점이 있다. 이러한 점은 개발한 전산 시스템에 의한 Computer Simulation의 결과에서 뿐만 아니라 본 연구에서 수행한 현장시험의 결과와의 비교를 통해서도 확인할 수 있으며, 따라서 이는 Marking Data 자동생성 전산시스템을 개발하는데 포함된 기본 개념 및 알고리즘의 합당성을 반영하는 것이고 또한 개발한 전산시스템은 현장에서 충분히 실용적으로 적용할 수 있다는 점을 뒷받침하고 있다.

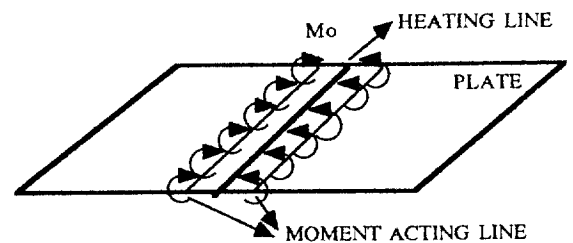


Fig.1 Mechanical modelling of line heating

2. 대상곡면모델

현장시현을 위한 실제 곡면모델은 참고문헌 [1]에서 선택한 것과 동일한 것으로서 선박의 선수, 선미부에서 흔히 볼 수 있는 비뚤형 곡면이다. 대상 곡면 모델의 3차원 형상을 Fig.2에 표시하였다. Fig.3는 대상 곡면모델의 크기와 냉간가공을 위한 Cold Bending Line을 표시하며 Cold Bending Radius는 3500 mm이다.

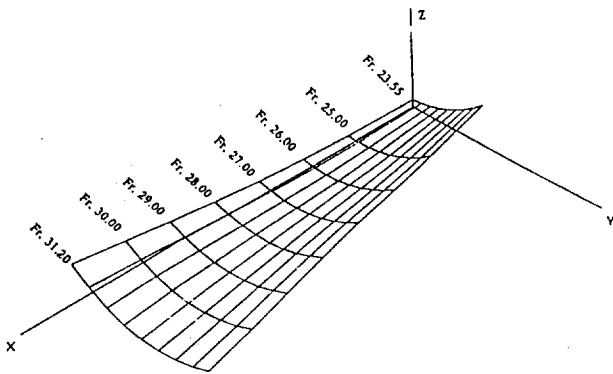


Fig.2 Real surface model

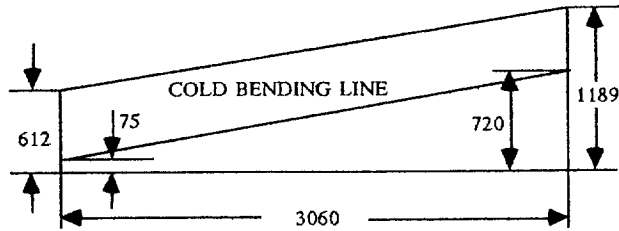


Fig.3 Overall dimension of plate and cold bending scheme (unit : mm)

3. 전산시스템 COMHET 에 의한 결과

COMHET 를 적용한 결과로서 최종적으로 얻어진 가열선의 분포 즉, Marking Data를 Fig.4에 표시하였는데 이는 실제 현장에서 작업할 때의 경우와 잘 일치되는 것이고 또한 주어진 곡면과 COMHET 에 의한 Computer Simulation 결과 사

이의 닮은 정도를 정량적으로 나타내는 유사성, δ [1-4]는 1.0에 가까운 $\delta = 0.908$ 이었다.

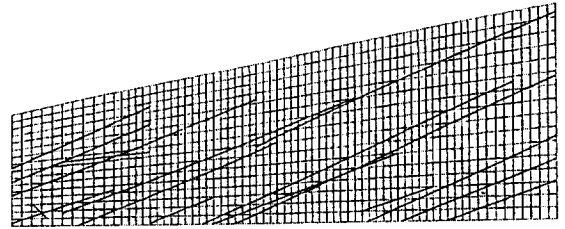


Fig.4 Marking data results by COMHET

4. 현장시현

기 개발한 전산 시스템인 COMHET를 실제 현장에서 가공공정에 적용 가능성을 검증하기 위하여, COMHET의 결과로서 얻어지는 Marking Data와 각 가열선에 대한 가열조건에 따라서 현장에서 작업하는 방법에 의거하여 실제 곡면에 대한 현장시현을 수행하였다. 선상가열의 결과로서 판의 굽힘변형에 영향을 주는 인자들 중에서 토치의 온도와 속도가 가장 중요한 것인데, 실험의 용이함을 위해서 가열조건중 토치의 온도는 일정하게 하고 토치의 속도를 변화시킴으로써 굽힘변형량을 조절할 수 있도록 하였는데, 이는 COMHET에 의한 Marking Data 생성시에도 마찬가지로 적용한 것이다. 변위는 Fig.5에 표시한 것과 같이 각 Frame No. 위치에 기준 막대를 놓고, 자를 이용하여 기준 막대에서 변형된 곡면까지의 수직거리를 목측으로 3회 계측한 후 그 평균값을 취하였다.

전술한 바와같이 가열선에 대한 가열조건은 토치의 속도만으로 주어지는데, 현장시현시 계측한 토치의 속도는 COMHET에서 생성한 각 가열선에 대해 부여한 토치의 속도를 기준으로 그 비율의 평균은 0.96, COV는 6.8%로서 평균적으로 약 4% 낮은 속도로 가열되었다. 주어진 곡면 그리고 COMHET로 추정된 곡면의 변위를 Fig.5와 같이 계측한 현장 시현으로 얻어진 곡면과 비교될 수 있도록 변환하여, Frame No. 23.55, 27.00과 31.20의 위치에서의 결과를 Fig.6에 표시하였다. 비교결

과인 Fig.6에서 보는 바와같이 Frame No. 31.20에서는 현장시험의 결과가 상당히 큰 값을 주고 있는 반면에 다른 Frame No.의 위치에서는 COMHET로 추정한 결과와 좋은 일치치를 보이고 있다. 전반적으로 현장시험으로 얻은 곡면의 변위가 COMHET로 추정한 곡면의 변위 보다 주어진 곡면에 더 접근하는 결과를 보이고 있는데, 그 이유는 선상가열 작업시 발생되는 자중효과의 영향과 현장시험시 COMHET에서 부여한 토치속도보다 낮은 토치속도로 가열함으로써 더 많은 입열량의 영향으로 보인다. 이러한 차이는 전산시스템에서 자중의 효과를 고려하고 또한 실험의 정도를 향상시키게 되면 감소될 것으로 예상된다. 이상과 같은 현장시험의 결과를 Computer Simulation으로 추정한 곡면과 비교해 본 결과 본 연구에서 소개한 전산시스템인 COMHET와 이의 기초가 되는 알고리즘은 현장에서 실질적으로 유용하게 적용하기에 충분한 것으로 보인다.

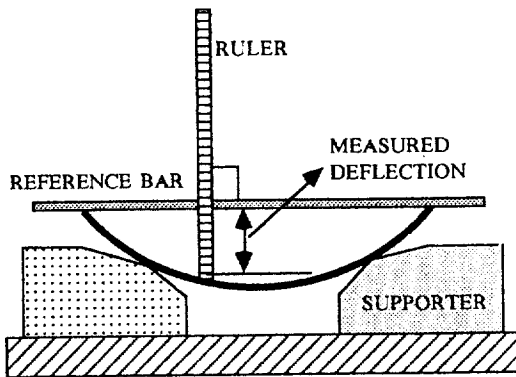


Fig.5 Deflection measuring method

5. 결 론

이 논문에서는 강관의 곡가공을 위한 자동화 시스템의 구축에 있어서 우선적으로 선행되어야 할 부분으로서 주어진 곡면의 Marking Data 자동생성을 위해 기 개발한 전산 시스템의 정당성과 실용적 적용 가능성을 확인하기 위하여 현장시험을 수행하였고, 그 결과를 Computer Simulation의 결과와 비교, 검토하는 내용을 주로 다루었다. 현장

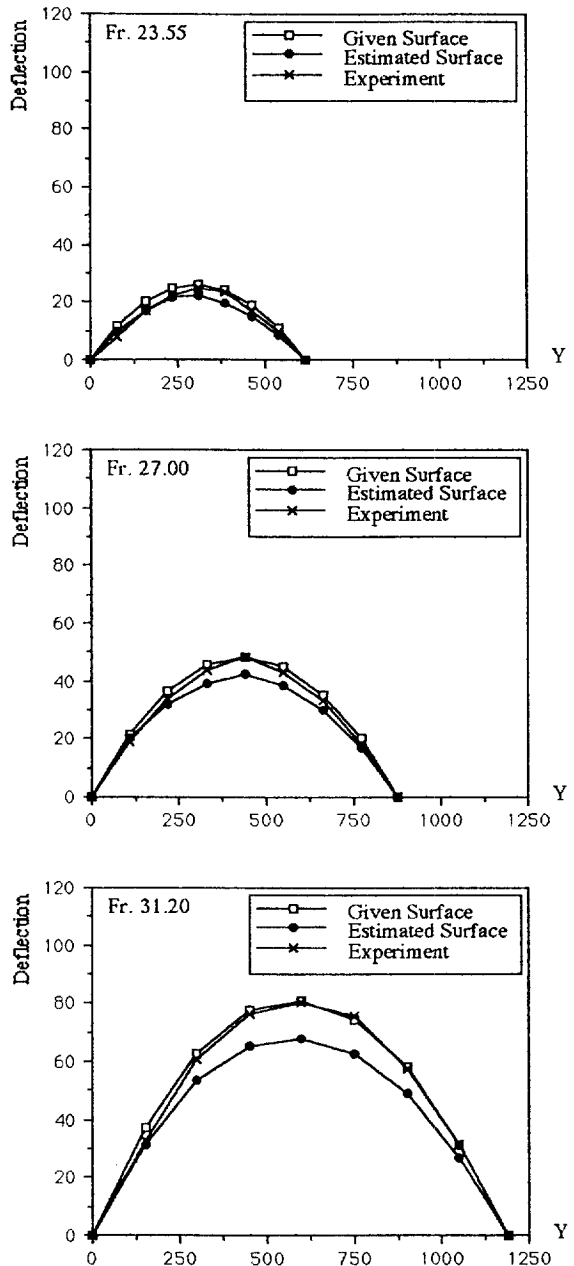


Fig.6 Comparison between given surface, estimated surfaces and yard simulation result

시현은 기 개발한 전산시스템인 *COMHET*에서 생성된 가열선들인 *Marking Data*와 각 가열선에 대한 가열조건에 따라서 현장에서의 작업방법에 의거하여 수행한 것이다. 비교결과에서 보는 바와 같이 *Marking Data* 자동생성 전산시스템인 *COMHET*는 현장시현의 결과와 좋은 일치를 보이는 것을 볼 수 있었으며 따라서 이는 실제 현장에서의 작업공정에 적용할 수 있는 실용 가능성이 있는 것으로 보여진다.

개발한 전산시스템인 *COMHET*에서는 기본적으로 굽힘변형의 관점에서 출발한 것이어서 입열량이 많을때 유발되는 수축 효과를 반영하지 못하는데, 이를 고려할 수 있도록 보완하고 또한 다양한 곡면형상을 대상으로 *COMHET*를 적용하고 실험적 연구를 동반하여 현장에서 사용하기에 적합한 형태로 변형된다면 충분히 실용적으로 적용할 수 있을 것이다.

후 기

본 연구는 현대중공업(주)-울산대학교 산학협동 연구의 일환으로 현대중공업(주)의 연구비 지원으로 수행되었음을 밝히며, 특히 현장시현에 협조해 주신 현대중공업(주) 성형가공팀 여러분께 감사의 뜻을 전합니다.

참 고 문 헌

- [1] 이주성, "선상가열법에 의한 강판의 곡가공 자동화 시스템 (II)", 대한조선학회 논문집, 제 33권 3호, pp.81-93, 1996
- [2] 이주성, 김상일, 오석진, "선상가열법에 의한 강판의 곡가공 자동화 시스템 (I)", 대한조선학회 논문집, 제 31권 4호, pp.139-146, 1994
- [3] Lee, J.S., "On the Automation System of Plate Forming by Line Heating Method in Shipbuilding", Proc. ICCAS'94, Bremen, Germany, vol.1, pp.3.3 - 3.13, 1994
- [4] Lee, J.S., "On the Marking Generation System for Steel Plate Forming by Line Heating", Proc. 8th Technical Exchange and Advisory Meeting (TEAM), National Taiwan Univ., Taipei, Taiwan, ROC, pp.505-516, 1994
- [5] Nomoto, T., Ohmori, T., Sutoh, T., Enosawa, M., Aoyama, K. and Saitoh, M., "Development of Simulator for Plate Bending by Line Heating", J. Society of Naval Architecture of Japan, vol.168, pp.527-535, 1990