

Pipe Coaster 용 Beveling Data 의 자동생성 및 시뮬레이션 프로그램 개발

조 경 호*

Development of a Program of the Automatic Generation of Beveling Data and Simulation for Pipe Coaster

Kyung-Ho Cho*

ABSTRACT

Nowadays, the piping structures are widely used for the main structures of the large buildings, bridges, ocean structures, gymnasiums and etc.. When the these structures are to be used at heavy loading conditions, the connection points between pipes must be bevel-welded. For the defect-free bevel-welding, the corresponding pipes should be cut correctly providing the required beveling angle at the connection points. Usually, a modern CNC machine called 'pipe coaster' is used for the pipe cutting which is a very complex 3-dimensional cutting mechanism. In this study, a program has been developed to generate the beveling NC data automatically and simulate the calculation results graphically for a CNC pipe coaster.

Key Words : Pipe coaster, bevel cutting

1. 서 론

대형 건축물에서도 내구성, 시공의 용이성, 설계/조형미의 부과 등을 위해서 기존의 H-형강 위주의 건축설계에서 파이프를 사용한 설계로 철골설계 분야에서 파이프의 이용이 크게 늘어나고 있는 추세이다.

그러나, 파이프를 이용한 철골구조물의 설계시공에서 중요한 것은 구조용 파이프와 파이프 사이의 상호연결부의 설계와 시공이 일반적인 H-형강의 그것들에 비하여 표준화되어 있지 못하고 계산 및 부재의

가공, 시공 등에 있어 상당한 난이도가 있다는 점이다. 즉, H-형강의 접합에는 용접에 의한 접합과 볼트

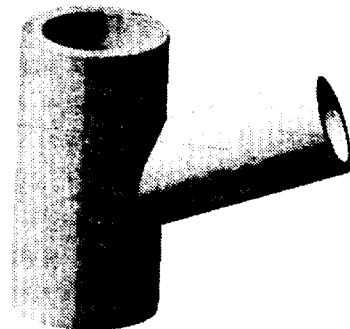


Fig. 1. Pipe connection.

* 제주대학교 기계에너지생산공학부, 첨단기술연구소
Faculty of Mechanical, Energy and Production Engineering, Research
Institute of Advanced Technology, Cheju Nat'l Univ.

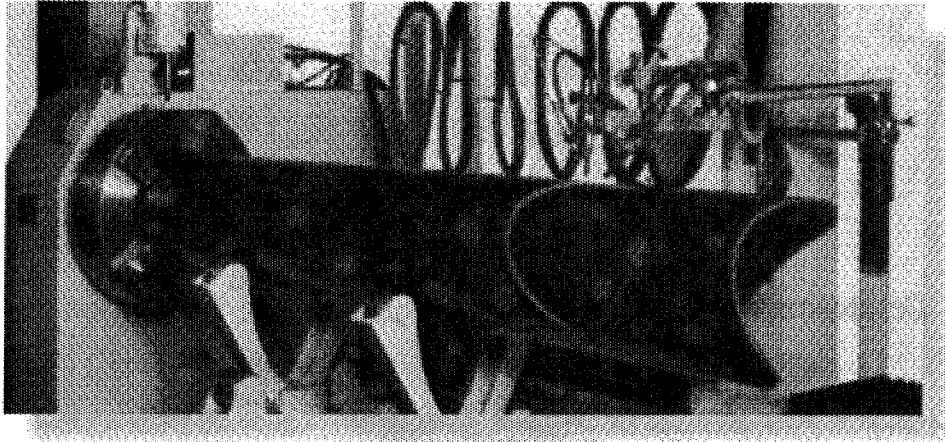


Fig. 2. CNC Pipe coaster (Koike Co.).

체결에 의한 접합으로 대별되고 각각의 접합에 있어서는 많은 부분이 표준화되어 있어서 상세설계 및 시공에 있어 큰 어려움은 없다.

그러나, Fig. 1 처럼 파이프의 중간부분에 다른 파이프가 연결되어야 할 때, 이들 간의 접합에는 주로 용접에 의한 접합이 이루어진다. 파이프 구조물에 커다란 중량이 걸릴 경우에는 용접부위는 bevel 용접이 요구되고 용접 후에도 용접부위의 용접결함 여부를 여러 가지의 비파괴 검사(non-destructive testing)¹⁾를 동원하여 철저히 검사하여 결함이 없어야 하는 등 파이프 구조물의 설계-시공은 H-형강 구조물의 그것보다 훨씬 까다롭다.

접합부의 베벨용접을 고려하여 파이프를 자동화된 NC 기계로 절단하는 장치를 'pipe coaster' 라고 한다²⁾. Fig. 2는 상용화된 일체 CNC pipe coaster 이다. 최근 국내에서 월드컵 경기장에 파이프 구조물을 이용한 설계가 많이 도입되는 상황에 맞추어 이와 같은 CNC pipe coaster 가 여러 현장에서 사용되고 있다. 그러나, 이 기계들은 모두 외국산으로서 성능대비가 격이 매우 고가인 것으로 평가되어 우리나라의 중소 건설, 시공 업체들에게는 기계비용이 상당한 부담이 되고 있는 실정이다. 또한, 고가로 도입된 외국산 기계일지라도 자동 절단된 파이프의 베벨각(beveling angle)이 허용오차 범위 내에서 정밀하게 가공되지 못하는 문제점을 보이고 있다.

본 연구에서는 현재 pipe coaster 국산화를 추진하

고 있는 중소기업에서 생산할 하드웨어에 탑재하고자 하는 소프트웨어에서 베벨정보를 자동 계산하여 NC data 화 할 수 있는 핵심 연산부분에 대한 것이다. 이 연구에서는 임의 각도로 접합되어야 할 파이프를 요구되는 베벨각을 유지하면서 절단할 수 있도록 하는 플라즈마 절단기의 토치부 구동정보(3차원 위치정보 및 3차원 회전정보)를 자동으로 계산하는 모듈을 과 계산결과를 그래픽으로 확인할 수 있도록 하는 시뮬레이션 부분 개발하였다.

II. 본 문

Fig. 3에서 보는 바와 같이 \bar{p}_i , \bar{q}_j ($i=1,2\dots n$, $j=1,2\dots m$)을 각각 베벨각 없이 순수하게 두 파이프가 임의 방향으로 만나고 있을 때의 내외부 교선들(inside/outside intersecting curves) 위의 n, m 개의 점이라 하자.

2-1 \bar{l}_i 의 결정

\bar{l}_i 를 \bar{p}_i 에서 내부 교선에 접하는 단위 벡터(unit vector)라 하고 이를 \bar{p}_i 전후의 점들을 이용하여 다음과 같이 근사적으로 계산한다³⁾.

$$\bar{l}_i \approx \sum_{j=1}^3 l_{ij} \bar{L}_{ij} / (l_1 + l_2 + l_3)$$

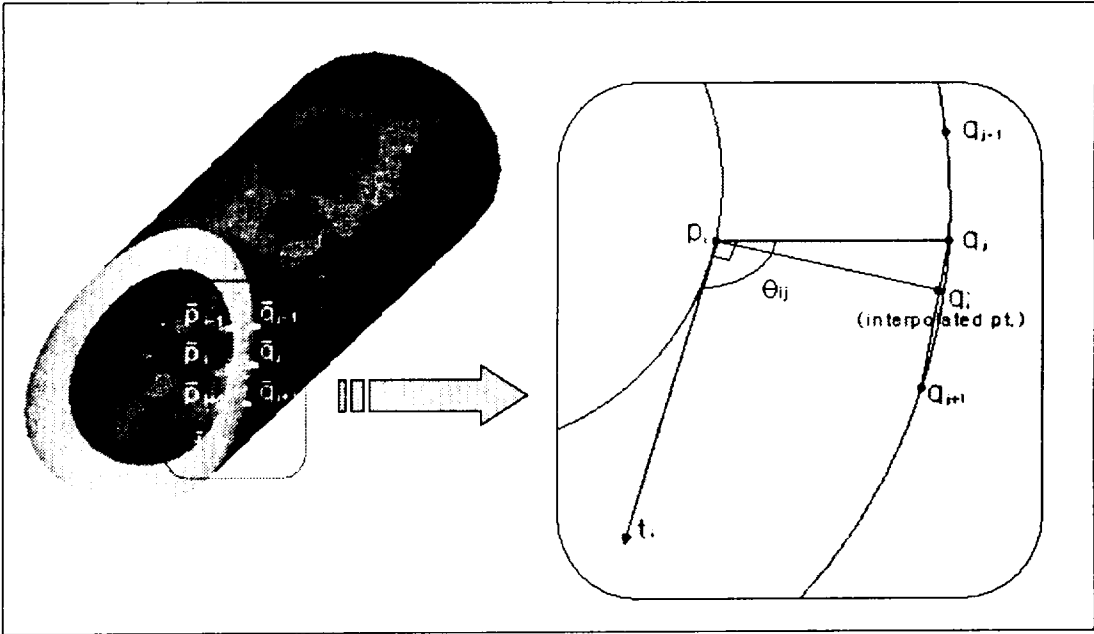


Fig. 3. Details of the intersecting face for pipe connection.

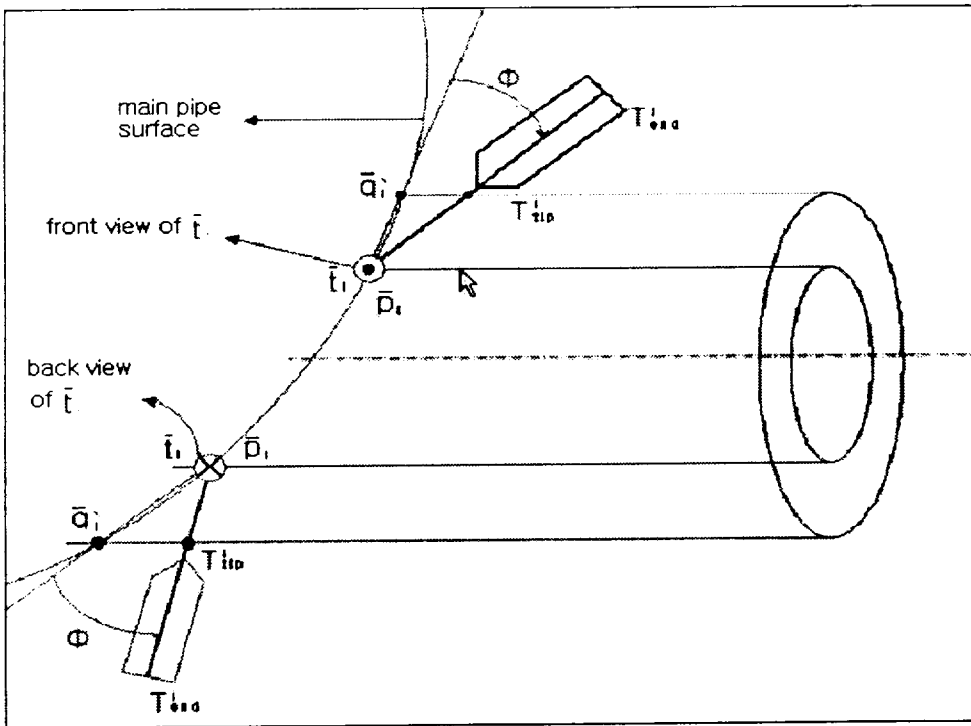


Fig. 4. Torch tip/end position for the beveling angle.

$$\bar{l}_i = \frac{\bar{l}_i}{|\bar{l}_i|}$$

여기서, $\bar{L}_1 = \bar{p}_{i+1} - \bar{p}_i$, $\bar{L}_2 = \bar{p}_i - \bar{p}_{i+1}$,

$\bar{L}_3 = \bar{p}_{i+1} - \bar{p}_{i-1}$, $l_i = |L_i|$ 이다.

2-2 \bar{q}_i 의 결정

Fig. 4에서처럼 점 \bar{q}_i 를 점 \bar{p}_i 를 통과하고 벡터 \bar{l}_i 에 수직인 평면과 파이프의 외부 교선이 만나는 점이라고 하고, 이를 다음과 같은 방법으로 근사적으로 계산한다. 즉, \bar{p}_i 에서 가장 가까운 외부교선 위의 샘플링 점을 \bar{q}_i 라고하고, $\theta_{\bar{v}}$ 를 \bar{l}_i 와 선분 $\overline{p_i q_i}$ 가 이루는 각이라 할 때,

만약 $|\theta_{\bar{v}} - \frac{\pi}{2}| < 1 \times 10^{-2}$ 이면, $\bar{q}_i = \bar{q}_i$ 라고하고, 그렇지 않을 경우는 \bar{q}_i 를 선분 $\overline{q_i q_{i+1}}$ 혹은 선분 $\overline{q_{i-1} q_i}$ 위에서 $\overline{q_i p_i} \perp \bar{l}_i$ 가 되도록 결정한다. 이렇게 결정된 \bar{q}_i 는 $|\bar{q}_{i+1} - \bar{q}_i| < R_0$ (R_0 : 파이프 외경) 인 상황에서는 외부교선 위에서 크게 벗어나지 않는다.

2-3 절단 플라즈마 토치 팁의 궤적 결정

플라즈마 절단기의 토치의 구동체적을 NC화하기 위해서는 토치의 선단(tip)과 끝단(end)의 3차원 좌표값을 정확히 알아야 한다.

본 연구에서는 \bar{l}_i 를 회전축으로 하여 선분 $\overline{p_i q_i}$ 를 베벨각 ϕ 만큼 시계(혹은 반시계) 방향으로 회전하여 얻어지는 선분의 연장선이 파이프의 경과 만나는 점을 토치 팁(T_{tip}^i)의 위치로 하였다. (실제의 사용에서는 플라즈마 아크의 길이에 따른 이격거리가 보정되어야 함⁴⁵⁾) 또한, 토치의 길이를

T_{size} 라 할 때 토치 끝단 좌표 \bar{T}_{end}^i 는

$$\bar{T}_{end}^i = \bar{T}_{tip}^i + T_{size} \bar{X}_i$$

이다. 여기서, \bar{X}_i 는 베벨각공을 위한 토치의 기울임 방향 단위벡터로서 선분 $\overline{p_i q_i}$ 와 일치한다.

III. 결과 및 고찰

Figs. 5, 6은 본 연구에서 개발된 시뮬레이션 프로

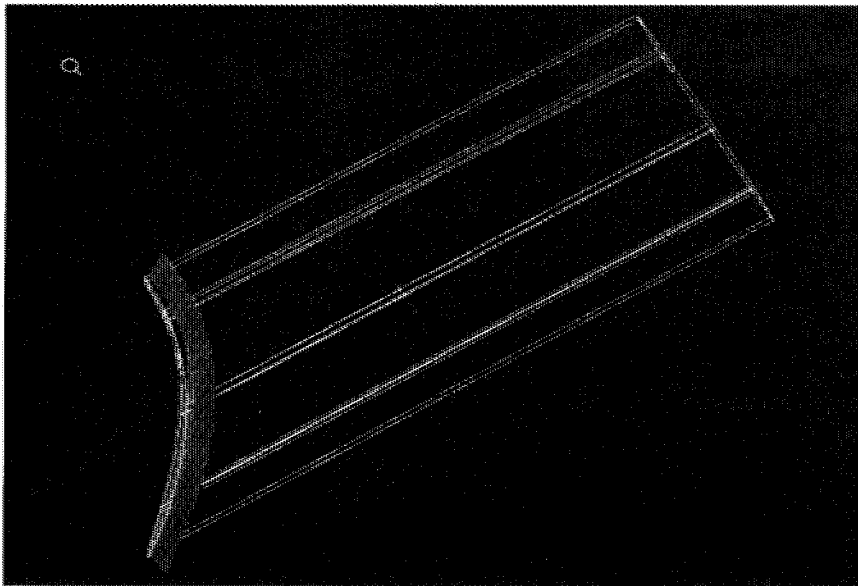


Fig. 5. Captured view of the pipe coater simulation program.

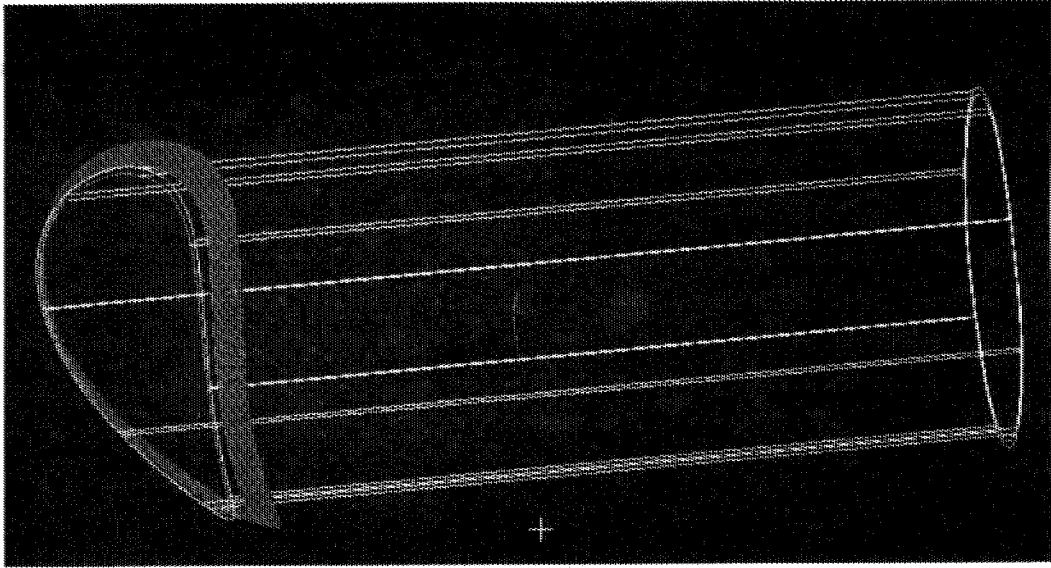


Fig. 6. Captured view of the pipe coaster simulation program.

그림의 일부 내용을 화면 캡처한 것으로서, 직경이 큰 수평 파이프에 45° 각도로 연결되어야 할 작은 직경의 파이프의 절단부위로서 베벨각 45° 를 유지하기 위한 플라즈마 토치의 방향과 궤적이 절단부 둘레로 붉게 표시되어 있다. 시뮬레이션 프로그램의 개발목적은 계산된 베벨각을 유지하며 파이프를 절단하는 플라즈마 토치의 방향과 궤적을 3차원 그래픽으로 보여주어 절단작업에 앞서 NC data의 육안검사를 용이하도록 하고자 하는데 있다. 본 시뮬레이션 프로그램에서는 3차원 디스플레이를 통하여 파이프의 절단면과 토치의 궤적을 용이하게 확인할 수 있도록 축소, 확대, 회전 등의 기능이 부과되어 있다.

서로 다른 직경의 두 개 원기둥이 교차할 때의 교선은 해석적으로 구할 수 있다. 그러나, 본 연구에서는 이 부분은 제외되었다. 실제의 경우 두 파이프의 내외경과 두께 등을 입력하면 자동으로 베벨각 zero 일 때의 교선이 계산되어 본 프로그램의 입력자료로

사용할 수 있도록 확장-보완할 필요가 있다. 또한, 특수한 경우이기는 하지만, 원추형 기둥 사이의 접합의 문제로 확장하는 연구도 추후 연구과제가 될 수 있다.

IV. 참고문헌

- 1) 이진희, 2000, 용접기술실무, 이십일세 기사, p.87
- 2) 박원규, 현동훈, 1996, "CNC 공작기계를 이용한 생산시스템", 최신티 CNC 가공, 청문각, p.219
- 3) B. K. Choi, 1991, Surface Modeling for CAD/CAM, Elsevier, p.32
- 4) 박종렬 외, 2001, CNC 프로그래밍과 가공기술, 일진사, p.104
- 5) J. V. Valentino and J. Goldenberg, 2000, Introduction to COMPUTER NUMERICAL CONTROL (CNC), Prentice-Hall, NJ., p.251