

# 고장력 후육강관의 비선형 성형해석에 관한 연구

## A Study on High Strength Pertonas of Nonline Forming Analysis

\*#박철우<sup>1</sup>, 이상민<sup>1</sup>, 김광호<sup>2</sup>, 구자경<sup>2</sup>

\*#Chul Woo Park(p016535@empas.com)<sup>1</sup>, Sung Min Lee<sup>1</sup>, Kwang Ho Kim<sup>2</sup>, Ja Kyung Gu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>한국과학기술정보연구원 슈퍼컴퓨팅센터, <sup>2</sup>㈜스틸플라워

Key words : Pipe, Petronas, Nonline Forming Analysis, ANSYS

### 1. 서론

산업 전반에 걸쳐 사용되는 원료인 석유와 LPG 천연가스의 경우 산업발전에 의한 자원의 고갈이 심각해짐에 따라 시베리아, 알래스카 등과 같은 극한지역의 자원개발이 활발히 진행되고 있다<sup>(1)</sup>. 고강도 강관으로는 미국석유회(API : American Petroleum Institute) 규격에서 정한 고장력 강관이 사용되고 있다. 우수한 저온인성(low-temperature toughness)에 대한 요구가 크게 증가되고 있으며, 관련된 연구발표도 활발히 이루어지고 있는 상태이다<sup>(2, 3)</sup>. 미국과 독일 등 선진국들의 경우 해저유전용 파이프라인 등에 사용되는 플랜트용 대형 고강도, 고인성, 고장력의 강관이 개발되었으며, 성형 제어 프로그램을 활용하여 정밀성형 및 해석개념을 도입하여 생산되고 있다. 국내에서도 스파이럴, 롤포밍 방식에 의한 API 강관의 제조에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 롤포밍 방식의 한계점을 해결하기 위해 프레스 방식의 API 강관이 제작되고 있으나, 강관제조공정이 숙련자의 경험적 지침 및 직관에 의해 수행되고 있으므로, 공정간의 시행착오로 인한 시간소비 및 단가상승을 초래하게 된다. 또한, 기술력 및 설비부족의 미비, 기능 인력의 부족, 진원도 부적합으로 인한 과도한 불량률 등으로 전반적인 면에서 여러 가지 문제가 대두되어지고 있다.

본 연구에서는 파이프의 용접 작업 이전에 작업하는 포스트 밴딩 공정에 대해서 유한요소 해석을 수행하겠다. 파이프 양끝단이 비선형 해석을 통해서 준원형의 형태로 성형된다. 해석용 소프트웨어는 ANSYS WORKBENCH 를

이용해서 수행 하겠다.

### 2. 본론

후육강관의 해석은 비선형성형해석을 이용해서 파이프의 끝부분을 성형하는 해석이다.

#### 2.1 재료물성치

Fig. 1 은 MTS 를 이용한 단축인장시험 결과를 나타내고 있다. 본 해석에서는 고장력 후육강관 중에서 가장 인장강도가 높은 API-X80 를 이용해서 해석을 수행한다. Table. 1 은 API-X80 의 기계적 성질을 나타내고 있다.

Table. 1 API-X80 Materials

Density	7,850 [Kg <sup>m</sup> ³]
Thermal Expansion	1.22-5 [c <sup>-1</sup> ]
Young's Modulus	4.65e5 [MPa]
Poisson's Ratio	0.18
Bulk Modulus	2.422e5 [MPa]
Shear Modulus	1.97e5 [MPa]
Tensile Yield Strength	560 [MPa]
Tensile Ultimate Strength	702 [MPa]

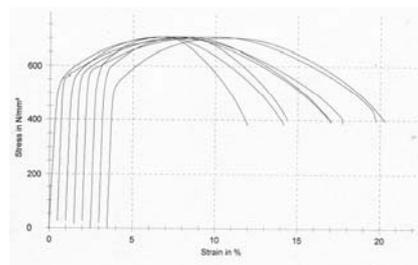


Fig. 1 단축인장시험 Strength tester

### 2.2 접촉조건

Fig. 2 은 파이프와 하금형의 접촉조건 및 파이프와 상금형의 접촉조건을 나타내고 있다. 접촉알고리즘은 Pure Penalty Method 조건 및 양방향(symmetric) 접촉조건을 이용한다. 접촉형태는 Add offset, No Ramping 를 이용하였다. 비선형 해석의 수렴성에 가장 좋은 Frictionless 조건을 이용하였다.

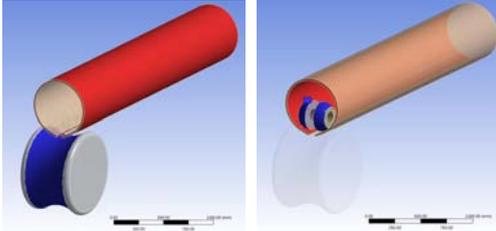


Fig. 2 Contact conditions

### 2.3 Mesh 조건

Fig. 3 은 1 차원 요소를 이용해서 mesh 를 수행하였다. 파이프의 성형이 발생하는 부분에서 두께 방향으로 2 개로 분할하였으며, 길이방향으로 0.1 mm 간격으로 분할하였다.

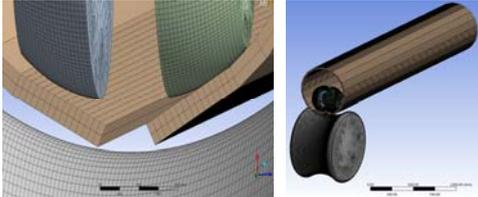
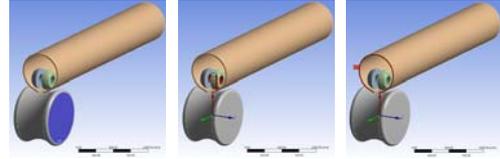


Fig. 3 Mesh conditions

### 2.4 비선형성 조건

Step 조건을 이용해서 첫번째 Step 에서는 위의 금형이 아래로 이동하면서 파이프의 두께를 성형한다. 두번째 Step 에서는 파이프를 Y 방향으로 이동하면서 직선부분을 곡선으로 성형하게 된다. 비선형 해석이기에 Large deformation 를 사용하였다. Fig. 4 는 금형과 파이프의 displacement 량을 나타내고 있다.



		Step 1	Step 2
Down die		fixed	fixed
Up die	x direction [mm]	0	0
	y direction [mm]	0	0
	z direction [mm]	-35	-35
Pipe	x direction [mm]	0	0
	y direction [mm]	0	500
	z direction [mm]	0	0

Fig. 4 Analysis settings (Displacement and Fixed)

### 3. 해석결과 및 고찰

Fig. 5 은 파이프의 응력(Equivalent stress) 및 변형률(Equivalent strain)상태를 나타내고 있다. 파이프의 변형부분에서 22406 [MPa]의 응력이 발생하고 있다.

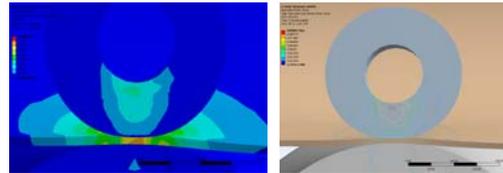


Fig. 5 Equivalent stress and Equivalent strain

### 4. 결론

본 연구에서는 고강도 후육강관 제작을 위한 비선형성형해석을 해보았다.

### 참고문헌

1. Font: Times New Roman 9pt.
2. Tusty, J., Smith, S., and Zamudia, C., "Operation Planning Based on Cutting Process Model," Annals of the CIRP, **39**, 517-521, 1990.