

# 면삭 각도 변화에 따른 이종강도배관 용접부의 하중지지능력 평가

## Load Bearing Capacity of Different Yield Strength Pipe with Variation of Taper Angle

\*#백종현, 김철만, 김영표, 김우식

\*#J. H. Baek(jhaek@kogas.re.kr), C. M. Kim, Y. P. Kim, W. S. Kim  
한국가스공사 연구개발원

Key words : Different Yield Strength, Load Bearing Capacity, Taper angle

### 1. 서론

이종강도 배관 용접시 저강도 배관의 두께는 고강도 배관 두께에 고강도 배관과 저강도 배관의 항복강도 비를 곱하여 계산하며, 고강도 배관에 비하여 두꺼운 두께를 갖는 저강도 배관의 용접부는 응력 집중을 최소화하기 위하여 그림 1 과 같이 기울기를 갖도록 가공하여 용접한다.

ASME B31.8 에 의하면 저강도 배관 용접면의 기울기 각도는 14~30 도 범위이며, KGS G C-205 에 의하면 두꺼운 배관의 길이방향 기울기는 1/3 이하로 규정하고 있으나 최소값은 규정되어 있지 않다 [1, 2].

본 연구에서는 두께가 다른 이종 강도 배관 용접시 두꺼운 배관의 길이방향 기울기 변화에 따른 하중지지능력을 인장 하중과 내압에 의한 하중 변수를 사용하여 유한요소해석을 실시하여 평가하였다.

### 2. 평가대상 배관

본 연구에 사용된 이종 강도 배관은 외경 30 인치 (762mm) 두께 27mm 인 API X42 배관과 외경 30 인치 (762mm) 두께 17.5mm 인 API X65 배관을 사용하였다.

API 5L 규격에 따르면 API X42 배관의 최소규정항복강도는 289 MPa (42,000psi)이며 최소규정인장강도는 413MPa 이며, API X65 배관은 각각 448MPa(65,000psi), 530MPa 이며, 두 배관의 항복강도비는 1.55 이며 두께비도 동일한 값을 사용하였다 [3].

### 3. 하중지지능력에 대한 유한요소해석

두꺼운 배관의 길이방향 용접면 기울기가 표 1 과 같이 1:1~1:16 으로 변화함에 따른 이종강도 배관의 하중지지능력을 평가하기 위하여 ABAQUS Ver. 6.10 프로그램을 사용하여 유한요소해석을 실시하였다.

배관은 축대칭으로 모델링하여 CAX4R(4-node bilinear axisymmetric quadrilateral, reduced integration, hourglass control) 요소를 사용하였다.

탄소성 유한요소해석시 사용되는 인장물성은 각 배관의 공칭인장강도에서의 공칭변형율을 0.1 로 가정하여 진인장응력과 진인장변형율로 환산하여 아래의 관계로 변환하여 사용하였다.

$$\sigma = 592.88\varepsilon^{0.11563} \quad \text{for API X42}$$

$$\sigma = 680.77\varepsilon^{0.06733} \quad \text{for API X65}$$

인장하중에 따른 하중지지능력 평가는 API X42 배관의 끝단을 고정하고 API X65 배관의 끝단을 300mm 변위 이동하여 파단위치와 인장강도를 평가하였으며, 내압에 대한 하중지지능력은 RIKS option 을 사용하여 배관 내부표면에 압력을 부가하여 최대를 나타내는 압력을 파열압력으로 설정하였다.

### 4. 유한요소해석결과

그림 2 는 두꺼운 배관의 길이방향 용접면의 기울기가 변화함에 따른 인장강도 변화를

나타낸 것이다. 용접면의 기울기가 1:1 (45도) ~ 1:4 (14도) 범위에서는 인장강도는 큰 변화를 나타내지 않았으며 API X65 배관 부위에서 파단되었다. 그러나 용접면의 기울기가 1:6 (9.5도)에서 인장강도가 갑자기 감소하며 기울기가 1:16 (3.76도)으로 감소함에 따라 인장강도는 감소하고 있었으며 기울기가 1:6 이하에서는 API X42 배관의 기울기 가공된 부위에서 파단이 발생되었다.

그림 3은 두꺼운 배관의 용접면 기울기 변화에 따른 파열압력 변화를 나타낸 것이다. 용접면의 기울기가 1:1 (45도)에서 1:16 (3.76도)로 감소함에 따라 파열압력은 감소하고 있었으나 전체적으로 큰 변화는 없었으며 파열부위는 전 구간에서 API X65 배관에서 발생하였다.

**5. 결론**

두께를 달리하는 이중강도 배관 용접시 두꺼운 배관의 길이방향 기울기 변화에 따른 하중 지지능력을 유한요소해석으로 평가하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1) 두꺼운 배관의 길이방향 기울기가 1:1~1:4인 범위에서는 인장강도는 큰 변화를 나타내지 않으나 1:6~1:16으로 감소함에 따라 인장강도가 감소한다.

2) 배관의 길이방향 기울기 변화에 따른 내압에 의한 하중지지능력은 큰 변화를 나타내지 않으나 기울기가 감소함에 따라 파열압력은 미량 감소한다.

Table 1 Taper ratio and angle of weld joint

Taper Ratio (a:b)	Taper Angle (θ)	Taper Ratio (a:b)	Taper Angle (θ)
1:1	45	1:6	9.5
1:2	26.57	1:8	7.13
1:3	18.43	1:12	4.76
1:4	14	1:16	3.76

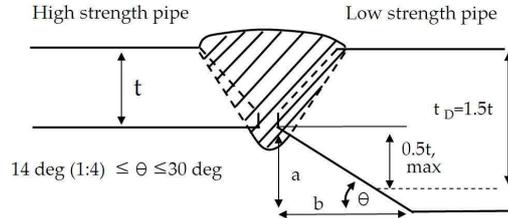


Fig. 1 Weld joint of pipe with unequal wall thickness

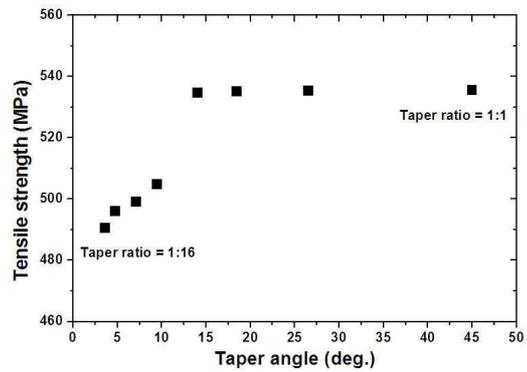


Fig. 2 Tensile strength of pipe with variation of taper angle

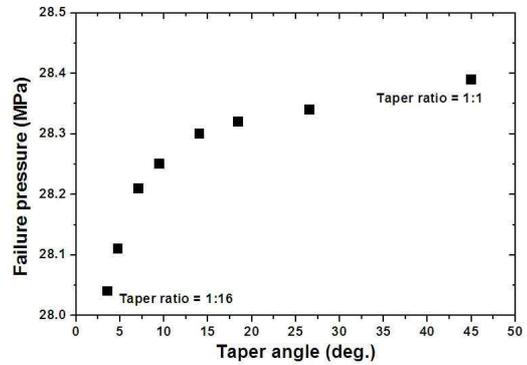


Fig. 3 Failure pressure of pipe with variation of taper angle

**참고문헌**

- ASME B318, "Gas Transmission and Distribution Piping Systems", (2007).
- KGS GC-205, "가스시설 용접 및 비파괴 시험기준", (2009).
- API 5L, "Specification for Line Pipe", (2004).