

PE 배관 맞대기 용착을 위한 열판의 개발

Development of Heat Plate on Butt Welding for PE pipes

진형국*, 김재성*, 안대환*, 이보영**

* 한국항공대학교 항공우주 및 기계공학과 대학원

** 한국항공대학교 항공우주 및 기계공학부

ABSTRACT Many processes have been introduced to join PE pipes, but most of these methods have lots of disadvantages such as costs and lack of reliability, etc. Recently due to the benefits of cost, safety and reliability, the butt welding has been paid much attention to joint PE pipes. In case of butt welding, the heat plate which is used to melt PE pipes is the most critical equipment. In this study, after developing the heat plate of new shape, the PE double wall pipes with misalignments were butt-welded by using the conventional and developed heat plates and comparison of weld-zones and tensile test was performed. As the results of tensile test, weld-zones using developed heat plate have strength of 147.7 ~ 251.0% of weld-zones using conventional heat plate.

1. 서 론

국내 하수관거의 경우 부실시공, 보수 교체 및 유지관리 미흡으로 인해 누수되는 곳이 많아 하수가 하수처리 시설에서 처리되어 공공수역으로 방류되지 못하고 지하수 오염 등 환경 문제를 야기하고 있다. 이를 개선하기 위해 하수관거 정비 계획이 추진되고 있으나 플라스틱 하수관의 경우 울바로 연결하여 누수를 방지하고 하수관 재료와 같은 정도의 수명을 유지할 수 있는 이음 방법이 현재까지 개발되지 못하고 있는 실정이다. 현재 국내에서 하수관으로 사용하고 있는 플라스틱 관의 종류는 PE 이중벽관(PE 하수관, PE 이중벽 합성수지관), 일반용 PE관, 흙관 등이 있으며 3중관의 사용도 시도되고 있다. 그러나 이 하수관들의 연결에 관한 기술 기준이 제시 되지 못하고 있으며 누수방지 및 이음 수명을 보장할 만한 연결법 자체의 개발이 이루어지지 않고 있는 상황이다.^(1,2) 일반적으로 하수관거에 많이 사용되고 있는 PE 이중벽관의 이음종류는 열수축 슬리브, 슬리브 소켓, 전기 용착 등이 있으나 이들 방법은 고가이고 이음부의 신뢰성이 부족하며 시공이 어려운 단점을 갖고 있다. 따라서, 최근에는 위의 단점을 보완하기 위하여 열판을 이용한 맞대기 용착법이 많은 주목을 받고 있다.^(3,4) 하지만 현재

사용되고 있는 맞대기 용착법은 열판의 형상 문제로 인하여 접합강도가 낮고 수밀성이 보장되지 않는 등 문제가 발생하고 있다. 이에 본 연구에서는 맞대기 용착법을 이용한 접합부의 안전성과 신뢰성을 향상시키기 위하여 새로운 형태의 열판을 개발하고자 하였다.

2. 실험 방법

맞대기 용착법에서 열판은 접합부의 품질을 결정하는 가장 중요한 장비이다. 열판의 형태에 따라 접합부의 형상과 강도 및 수밀성 등이 달라질 수 있다. 본 연구에서는 관경 200mm PE 이중벽관이 사용되었으며 PE의 대표적 물성은 Table 1과 같다.

Table 1. Properties of Polyethylene

| Density (g/cm ³) | Specific heat (cal/°C/g) | Tensile strength (MPa) | Young's modulus (MPa) |
|---------------------------------|--------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 0.942~ | 0.56 | 19.6~38 | 50~100 |

Fig. 1은 기존 열판과 개발된 열판의 개략도이다. PE 이중벽관의 맞대기 용착에는 온도, 압력, 가열시간 3가지의 변수가 있는데 본 연구에서 이용

한 접합 조건은 기초 실험을 통하여 선정하였고 단차를 고려한 용접 조건을 Table 2에 나타내었다.

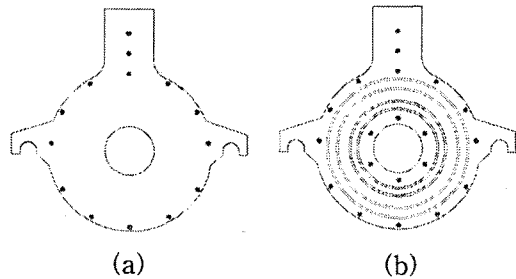


Fig. 1 Schematics of conventional and developed heat plate, (a) conventional (b) developed

Table 2. Welding condition

| Misalignm-ent (mm) | Temperature | Pressure | Heating time |
|--------------------|-------------|------------------------|--------------|
| 3, 5 | 210 °C | 1.5kgf/cm ² | 20 s |

2.1 열판 설계 및 제작

기존에 사용되고 있는 열판의 표면은 단순하고 편평하게 되어 있으므로 용융된 PE의 방향을 조절하지 못하고 단순히 PE를 녹이는 것에만 목적이 있다고 할 수 있으므로 접합부의 강도와 수밀성 등을 확보할 수 없었다. 따라서 본 연구에서는 열판 표면에 굴곡을 갖는 새로운 형태의 열판을 설계하고 제작하였다. Fig. 2에 새로이 개발한 열판의 3-D 형상을 나타내었다.

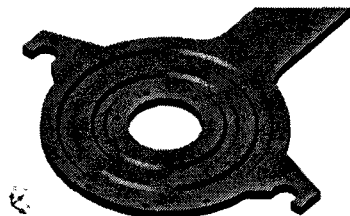


Fig. 2 3-D shape of newly developed heat plate

2.2 허용 공차와 단차를 고려한 접합

PE 이중벽관은 제조사에 따라 관경의 차이가 있으므로 KS 규격에 허용 공차를 제시해놓았

다.^(5,6) 또한 현장에서 맞대기 용착을 실시하는 경우, 지형 및 시공 현장의 환경에 따라 단차가 발생할 수 있다. 예를 들어, 관경 200mm PE 배관의 경우 허용 공차는 ±5.1mm로써 최대 10.2mm의 단차가 발생할 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 임의적으로 3mm와 5mm의 단차를 주고 기존 열판과 개발한 열판으로 관경 200mm의 PE 이중벽관을 접합하였다. Table 3은 KS 3408에 제시되어 있는 PE관의 허용 공차이고 Fig. 3은 PE 이중벽관의 맞대기 용착 시 발생하는 단차의 단면을 보여준다.

Table 3. Permissible tolerance

| I.D (mm) | Permissible tolerance (mm) | Minimum thickness (mm) | |
|----------|----------------------------|------------------------|---------|
| | | Level 1 | Level 2 |
| 200 | ±5.1 | 14 | 12 |
| 300 | ±5.1 | 19 | 14 |
| 500 | ±5.1 | 39 | 31 |
| 1000 | ±6.4 | 62 | 56 |

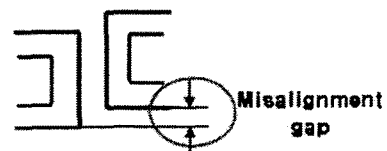


Fig. 3 Cross-sectional schematics of misalignment of welded PE pipes

2.3 인장시험

PE 이중벽관을 Table 2에 제시된 조건으로 접합한 후 접합부의 건전성을 파악하기 위하여 인장 시험을 실시하였다. 이중벽관의 특성을 고려하여 관 내,외면을 구분하여 시험하였으며 strain rate는 100±5 mm/min이었다.⁽⁶⁾ 관 내,외면을 구분하는 시험편 준비의 개략도를 Fig. 3에 나타내었다.

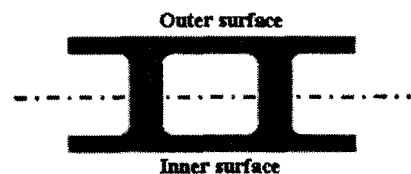


Fig. 4 Schematic of specimen preparation

3. 결과 및 고찰

3.1 기존 열판과 개발 열판을 이용한 접합부 단면의 비교

단차 3mm와 5mm에 대하여 접합을 실시한 후 접합부를 절단하고 polishing하여 단면을 비교하였다.

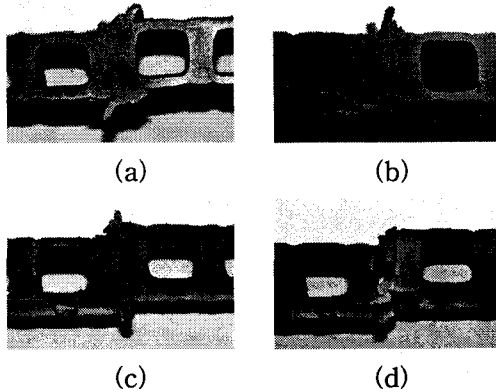


Fig. 5 Comparison of welded joints
(a)(b) : misalignment 3mm,
(c)(d) : misalignment 5mm

Fig 5.의 a와 c는 개발한 열판을 이용하여 접합한 PE 이중벽관의 단면이고 b와 d는 기존의 열판을 이용한 경우이다. 개발 열판을 이용한 접합면은 완벽하게 용융되어 접합된 반면 기존 열판을 이용한 Fig. 5의 b와 d는 용융 부족과 불완전한 접합면이 관찰되어 접합부의 건전성을 확보할 수 없었다.

3.2 인장 시험 결과

관의 내, 외면을 구분한 인장 시험 결과를 Table 4에 나타내었다. 단차가 증가할수록 인장강도는 감소하였고 개발 열판을 이용한 접합부의 인장강도는 기존 열판을 이용한 접합부 인장강도의 1.48~2.5배 정도로 측정되었으며 단위는 MPa이다.

Table 4. Results from tensile test with misalignment 3 & 5mm

| 3mm | Inner surface | Outer surface |
|--------------|---------------|---------------|
| Developed | 23.5 | 24.1 |
| Conventional | 9.6 | 9.6 |

| 5mm | Inner surface | Outer surface |
|--------------|---------------|---------------|
| Developed | 12.1 | 9.6 |
| Conventional | 4.5 | 6.5 |

4. 결 론

본 연구에서는 하수도관거에 주로 사용되는 PE 이중벽관의 이음기술 중 맞대기 용착법에 초점을 맞추고 이를 이용한 PE 이중벽관 접합부의 신뢰성과 건전성을 높이고자 새로운 열판을 개발하였다.

- 1) 기존 열판과 개발 열판을 이용하여 PE 이중벽관을 접합한 후 접합부의 단면을 비교한 결과, 개발 열판을 사용한 용접부의 경우, 접합면적이 넓고 완벽하게 용착된 것을 관찰할 수 있었다. 반면, 기존열판을 이용한 접합면은 용융이 부족하고 단순히 관의 내, 외면만 접합되어있어 기존 열판을 현장에서 사용한다면 강도 및 수밀성을 확보하기 어려울 것이라 사료된다.
- 2) 단차 3mm와 5mm를 갖는 PE 이중벽관의 접합부에 대하여 인장시험을 실시한 결과, 단차가 증가할수록 인장강도가 감소하였고 개발 열판을 이용한 접합부의 인장강도는 기존 열판을 이용한 용접부의 147.7 ~250%를 갖는 것으로 측정되었다.
- 3) 접합부에 대하여 단면을 관찰하고 인장 강도를 확인한 결과, 본 연구에서 개발한 열판의 우수성을 확인할 수 있었다.

후 기

본 연구는 국가지정연구(No.M20604005402-06B040040210) 사업의 일환으로 수행되었기에 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. K.S Hong, "가스용 PE 배관의 용착특성에 관한연구", SNUT, 1995.
2. Y. S. Lee : A study on the PE Pipe fusion welding test standard and strength, SNUT (2002)
3. M. Ezrin : Plastics Failure Guide- Cause and Prevention, Hanser, Munchen
4. H. Chen, R. J. Scavuzzo, T. S. Srivatsan, J. Mater : Eng. Perform. 6 (1997) 473.
5. KS M 3407 : polyethylene pipe for general purpose
6. KS M 3408 : polyethylene pipe for water works purpose