

## 실측을 통한 용착식 플라스틱 입상배관 성능 평가

### An Applicability Estimation of Plastic Vertical Pipes using Electric Fusion Fittings through Measurement

박 루(Yool Park)<sup>1†</sup>, 안영철(Young-Chull Ahn)<sup>2</sup>, 김현대(Hyun-Dae Kim)<sup>3</sup>,  
김정수(Jeong-Su Kim)<sup>3</sup>, 광옥식(You-Shik Goark)<sup>4</sup>, 김용경(Young-Kyoung Kim)<sup>5</sup>

<sup>1</sup>동의대학교 건축설비공학과, <sup>2</sup>부산대학교 건축공학과, <sup>3</sup>(주)한화건설 기술연구소, <sup>4</sup>(주)태일, <sup>5</sup>대구공업대학교

<sup>1</sup>Department of Building System, Dongeui University, Busan, 614-714, Republic of Korea

<sup>2</sup>Department of Architectural Engineering, Busan National University, Busan, 609-735, Republic of Korea

<sup>3</sup>Hanwha Research Institute of Technology, Daejeon, 305-804, Republic of Korea

<sup>4</sup>Tae-Il Co., Busan, 618-817, Korea

<sup>5</sup>Building Equipment and Fire Safety Department, Daegu Technical University, Daegu, 704-721, Korea

(Received June 17, 2013; revision received September 27, 2013)

**Abstract** The pipes used in buildings are generally categorized into metallic or plastic materials. Metal pipes, such as copper and stainless steel pipes, are mainly used for water and hot water supply, and for the heating system. However, plastic pipes made of polyethylene and cross-linked polyethylene are used for floor heating, water drainage, and air vent systems. Usually, plastic pipes have thermal demerits, such as high linear expansion coefficients and bending phenomenon by hot water, although the pipes have several merits of light weight, low price, low thermal conductivity, and the comparatively high workability of metal pipes. Therefore, if those kind of demerits are overcome, plastic pipes can be easily accepted for hot water systems. This research is aimed to evaluate the applicability for vertical heating pipes of a plastic pipe system consisting of electric fusion fitting of a conductive carbon compound and propylene random glass fiber pipe, through measurement of the expansion rate and leakage in summer and winter seasons, in the apartment construction field.

**Key words** Electric fusion fitting of conductive carbon compound(도전성 탄소발열 전기용착 이음쇠),  
Propylene random glass fiber pipe(PPR 유리섬유복합관), Vertical heating pipe(난방입상배관)

† Corresponding author, E-mail: [pyool@deu.ac.kr](mailto:pyool@deu.ac.kr)

## 1. 서 론

현재 국내의 건축물에 사용되고 있는 배관재는 크게 금속재와 합성수지관으로 분류할 수 있다. 이중 스테인리스나 동관과 같은 금속재의 경우 급수, 급탕 및 난방용으로 주로 사용되고 있다. 그러나 합성수지관의 경우 폴리부틸렌(PB)관이나 가교화 폴리에틸렌(XL)관이 주거용 바닥난방코일로 사용되고 있으며, 대부분 오·배수관이나 통기관에 적용되고 있다. 이처럼 합성수지관이 급탕 또는 난방용 주 배관으로 사용되고 있지 못한 것은 열적 선팽창계수가 높아 온수에 의해 배관이 휘는 현상이 발생하는 단점이 있기 때문이다.

그러나 합성수지관의 경우 금속관에 비해 가벼울

뿐만 아니라 시공이 간편하며, 가격이 금속재에 비해 상대적으로 저렴한 장점이 있다. 따라서 온열에 취약한 단점이 보완된다면 그의 적용 범위가 확대될 가능성이 충분히 존재하고 있기에 이의 보완이 필요한 실정이다.

이에 본 연구에서는 도전성 탄소발열 전기 용착 이음쇠(이하 “용착식 이음쇠”라 칭함) 및 프로필렌계 배관인 PPR(Propylene Random Copolymer) 유리섬유복합관(이하 “PPR 배관”이라 칭함)이 난방용 주 배관으로서 적용 가능한지를 평가하고자 한다. 이를 위해 대전시 소재 아파트 현장의 10개 층에 플라스틱 배관 시스템을 설치하여 압력 및 온도에 따른 변형도 및 누수여부를 하계 및 동계 측정을 통해 분석하고자 한다.

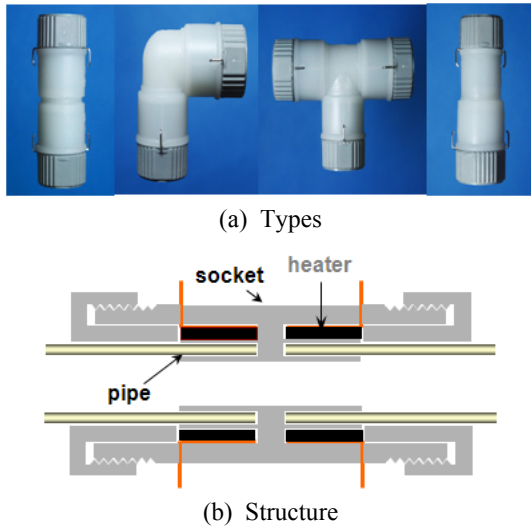


Fig. 1 Types and structure of electric fusion fitting.

## 2. 이론적 고찰

### 2.1 용착식 이음쇠

본 이음방식은 급수·급탕·난방·도시가스 등의 합성수지용 배관 연결에 이용되는 기존 기계식 이음방식에서 발생하는 배관이음부 누수, 시공성 저하 및 공사비 상승 등의 문제점을 개선하기 위하여 도전성 탄소발열체가 내장된 조립식 이음부속에 전기용착기를 사용하여 합성수지관을 용착하는 것<sup>(1)</sup>으로 그 구성 및 내용은 Fig. 1과 같다.

### 2.2 PPR 배관

이 배관은 프로필렌계의 PPR 배관에 유리섬유를 혼합한 다층구조의 복합관으로 독일에서 개발되었다. 국내의 경우 선박용으로 주로 사용되고 있지만, 유럽의 경우 급수·급탕·냉난방·기계실 등의 배관으로 다양한 분야에 적용되고 있다. 이 배관의 규격은 Table 1과 같으며, 열전도율은 0.15 W/m.K, 열팽창계수는 0.000035이다.<sup>(2)</sup>

## 3. 용착식 플라스틱 입상배관 성능 평가

### 3.1 현장측정 개요

용착식 이음쇠 및 PPR 배관의 성능을 평가하기 위해 본 연구에서는 Fig. 2 및 Fig. 3과 같이 대전광역시 소재 아파트 신축현장에서 배관시스템을 건물외부에 설치하였다. 설치 층수는 현재 국내 중앙난방 및 지역난방의

Table 1 Standard of PPR pipe

Outside D. (mm)	Inside D. (mm)	Thickness (mm)	Weight (kg/m)
20	14.4	2.8	0.158
25	18.0	3.5	0.246
32	23.2	4.4	0.394
40	29.0	5.5	0.613
50	36.2	6.9	0.955
63	45.8	8.6	1.500
75	54.4	10.3	2.135
90	65.4	12.3	3.058
110	79.8	15.1	4.576
125	90.8	17.1	5.891
160	116.2	21.9	9.628
200	145.2	27.4	15.051
250	181.6	34.2	23.479
315	229.8	42.6	36.300

난방 1개 존으로 적용되고 있는 10개 층으로 하였으며, 공급측에는 63A의 PPR 배관, 순환측에는 32A PB 배관으로 구성하였다. 또한 PPR 배관은 층당 상·하부에 1개소씩 C형 클램프 2개를 설치하여 지지하였다. 용착식 이음쇠는 PPR 배관에 6개소 설치하였다.

측정은 하계의 경우 2012년 8월 23일~24일, 동계는 2013년 2월 5일~6일에 실시하였다. 일반적으로 어떤 배관이 난방용으로 사용되기 위해서는 신축길이가 신축이음쇠의 허용범위 내에 있어야 하며, 비틀림 현상이나 누수가 발생되지 않아야 한다. 따라서 본 연구에서는 이를 검증하기 위해 PPR 입상배관의 변형률과 누수의 주 원인이 될 수 있는 용착식 이음쇠의 누수유무를 주 대상으로 측정하였다. 측정 시 압력은 공사현장의 배관수압시험으로 사용하고 있는 10 bar를 기준으로 하였다. 온수온도의 경우 중앙난방 또는 지역난

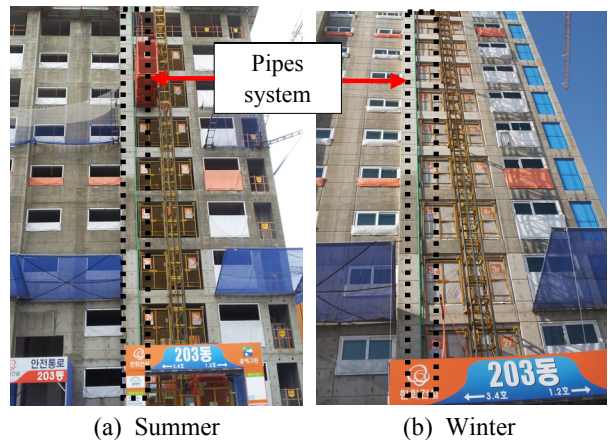


Fig. 2 Pictures of plastic pipe system installed in the field.

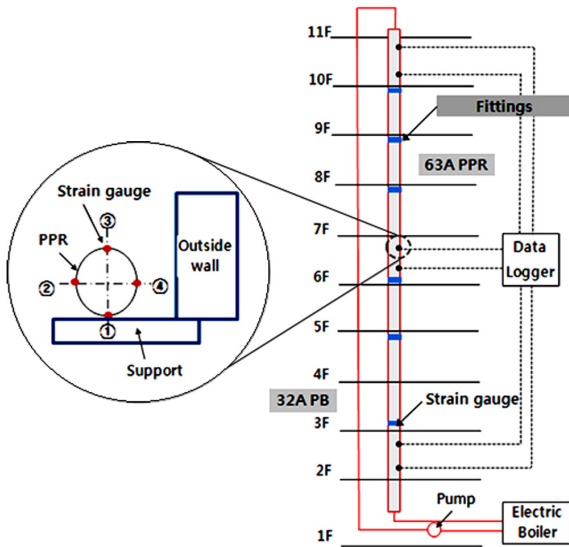
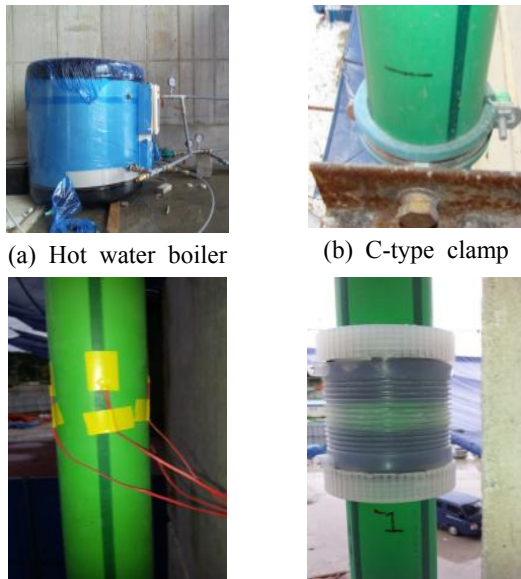


Fig. 3 Diagram of plastic pipe system.

방의 난방온도인 60℃를 기준으로 40℃를 추가하여 두 가지 경우에 대하여 분석하였다. PPR 배관의 변형률은 2층, 6층, 10층에 각각 8지점(상·하부 각 4지점) 총 32지점에 스트레인 게이지를 설치하여 40℃ 및 60℃로 가열한 온수를 순환하면서 1시간 동안 1분 간격으로 각각 측정하였다. 또한 용착식 이음쇠는 본 현장의 세대 급수용 펌프를 이용하여 10 bar 가압 및 60℃ 가열 1시간 후의 누수유무를 각각 육안으로 확인하였다.

Fig. 4는 현장에 설치한 온수보일러, 클램프, 스트레인게이지 및 용착식 이음쇠의 모습이다.



(a) Hot water boiler (b) C-type clamp (c) Strain gauge (d) Fusion fitting  
Fig. 4 Pictures of elements on pipe systems.

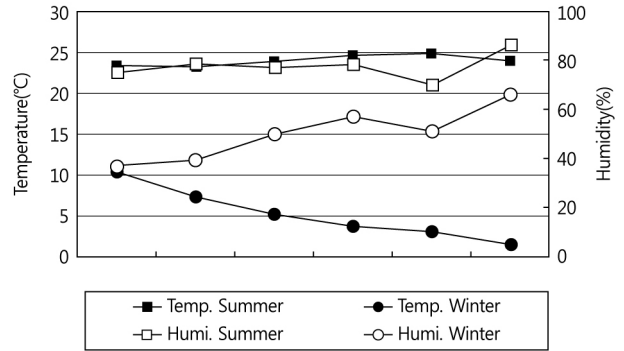


Fig. 5 Temperature and humidity by seasons.

### 3.2 측정 결과 및 분석

#### 3.2.1 PPR 배관 및 용착식 이음쇠의 변형률

Table 2는 온수보일러 2차측의 온도계로 목측한 온수 가열전·후의 위치별 온도현황이다. 가열전·후의 온수 온도차는 40℃의 경우 하계와 동계에 각각 16℃, 35℃, 온도 60℃의 경우 하계와 동계에서 각각 38℃, 54.9℃를 보였으며, 공급 및 환수측의 온도차는 하계 및 동계의 경우 각각 1℃, 2℃로 매우 낮게 나타났다. 측정 시 평균 외기온은 Fig. 5와 같이 하계 및 동계의 경우 각각 23.9℃, 5.1℃이었다.

Table 3은 하계 및 동계의 가열 후 변형률 측정 결과를 바탕으로 PPR 배관의 단위길이당 팽창길이를 산출하기 위해 실측한 가열 전 클램프 간 길이이다.

Table 4는 PPR 입상배관에 대해 2층, 6층, 10층에서 스트레인 게이지로 40℃와 60℃로 가열 후 1분 간격으로 측정된 변형률과 Table 3의 클램프간 길이를 바탕으로 산출한 팽창길이를 나타낸 것으로 40℃에 비해 60℃의 변형률이 높게 나타났다. 특히 6층이 타 층에 비해 낮은 변형률을 나타내는 것은 클램프를 완전히 체결하지 않

Table 2 Water temperature before and after heating

Season	Before heating(℃)		After heating(℃)			
	40℃	60℃	40℃		60℃	
			Supply	Return	Supply	Return
Summer	24	22	40	39	60	59
Winter	6	6.1	41	39	61	59

Table 3 Length between clamps by floors

Season	Floor(mm)		
	2nd	6th	10th
Summer	1,467	1,475	1,591
Winter	1,435	1,452	1,555

Table 4 Expansion rate and length by floors

Floor	Season	Average expansion rate		Expansion length(mm)	
		40℃	60℃	40℃	60℃
2nd	Summer	0.00051	0.00083	0.7482	1.2176
	Winter	0.00075	0.00163	1.0763	2.3391
6th	Summer	0.00031	0.00051	0.4572	0.7523
	Winter	0.00093	0.00100	1.3503	1.4520
10th	Summer	0.00044	0.00091	0.7000	1.4478
	Winter	0.00081	0.00125	1.2596	1.9438
Avg.	Summer	0.00042	0.00075	0.6351	1.1392
	Winter	0.00083	0.00130	1.2287	1.9116

은 것에 그 원인이 있는 것으로 판단된다. 또한 하계 측정결과에 비해 동계측정 시 변형률이 크게 나타났는데, 이는 외기온이 동계에 낮기 때문에 하계에 비하여 재질이 다소 수축되어 있는 상태에서 측정되었기 때문에 상대적으로 큰 변형을 나타낸 것으로 분석된다.

Fig. 6은 현재 난방배관에 주로 사용되는 동관, 스테인리스관의 이론적 선펡창계수<sup>(3)</sup>와 Table 4의 PPR 배관 팽창길이를 기준으로 PPR 배관의 가열전·후의 온도차를 반영하여 산출한 단위 길이·온도당 팽창길이이다. 본 연구에서는 현장 여건상 동관 및 스테인리스관을 적용한 측정이 동시에 수행되지 못하였으므로 이미 알려져 있는 선펡창계수 값을 이용하여 변형정도를 상대비교 하였다. 그림에서 보는 바와 같이 PPR 배관이 동관이나 스테인리스 배관에 비해 다소 많은 변형을 보이고 있지만 1 m당 평균 변형길이가 동관에 비해 40℃, 60℃에서 각각 0.2 mm, 0.25 mm, 스테인리스 배관에 비해서는 0.25 mm, 0.54 mm 정도로 매우 적게 나타났다. 또한 Table 5에서 보는 바와 같이 일반적으로 난방배관에 적용되는 복식 벨로우즈형 신축이음쇠의 허용 신축길이 90 m<sup>(4)</sup> 내에 있으며, 60℃ 가열 후에 PB 배관은 심하게 변형되었지만 PPR 배관은 외형적으로 아무런 변형을 보이지 않았기에 난방용 입상배관에

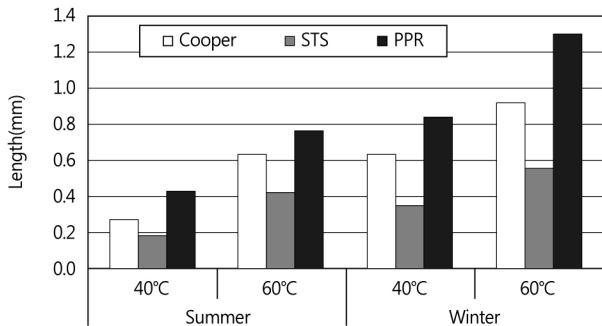


Fig. 6 Expansion length between PPR and another pipes.

Table 5 Expansion length of PPR for spacing(33 m) on double bellows expansion joint

Summer		Winter	
40℃	60℃	40℃	60℃
13.9 mm	24.9 mm	27.4 mm	42.6 mm

Table 6 Expansion length on center of fitting

Water Temperature (℃)	Before heating (mm)	After heating (mm)	Expansion length (mm)
40	141.77	143.58	1.81
60	142.24	144.78	2.54

로 적용 가능할 것으로 판단된다.

Table 6은 동계에 버니어 캘리퍼스로 측정된 공급온도별 이음쇠 중심부의 팽창길이이다. 표에서와 같이 40℃와 60℃로 가열한 경우 각각 1.81 mm, 2.54 mm씩 늘어났다. 이 팽창길이를 단위길이당 변형률로 환산하여 PPR 배관과 비교하면 Fig. 7과 같이 용착식 이음쇠가 PPR 배관에 비해 두 온도조건 모두에서 상대적으로 적게 변형하는 것으로 나타났다.

### 3.2.2 용착식 이음쇠의 누수도

배관에서의 하자는 이음부의 시공불량 및 제품결함으로 인한 누수가 주요원인이다. 따라서 용착식 이음쇠에 대한 성능을 평가하기 위해서는 압력 및 온도에 대한 누수 유무를 확인할 필요가 있다. 정부에서 제시한 기준<sup>(5)</sup>에 따르면 냉온수 배관의 경우 9.8 bar의 수압시험에서 누수가 발생되지 않아야 한다. 이에 본 현장 측정에서는 배관에 10 bar의 가압 및 60℃ 가열 1시간 후에 용착식 이음쇠가 설치된 6개 지점을 육안으로 누수유무를 확인하였다.

그 결과, Fig. 8에서와 같이 본 도전성 탄소발열 전기 용착식 이음쇠는 가압 및 가열 상태에서도 누수현상이 발생되지 않았기에 난방용 입상배관에 적용 가능한 것으로 판단된다.

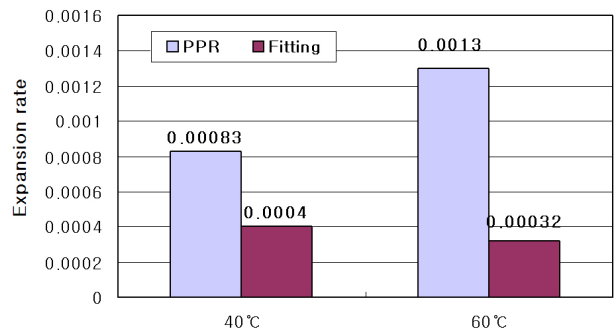


Fig. 7 Expansion rate between fusion fitting and PPR pipe.



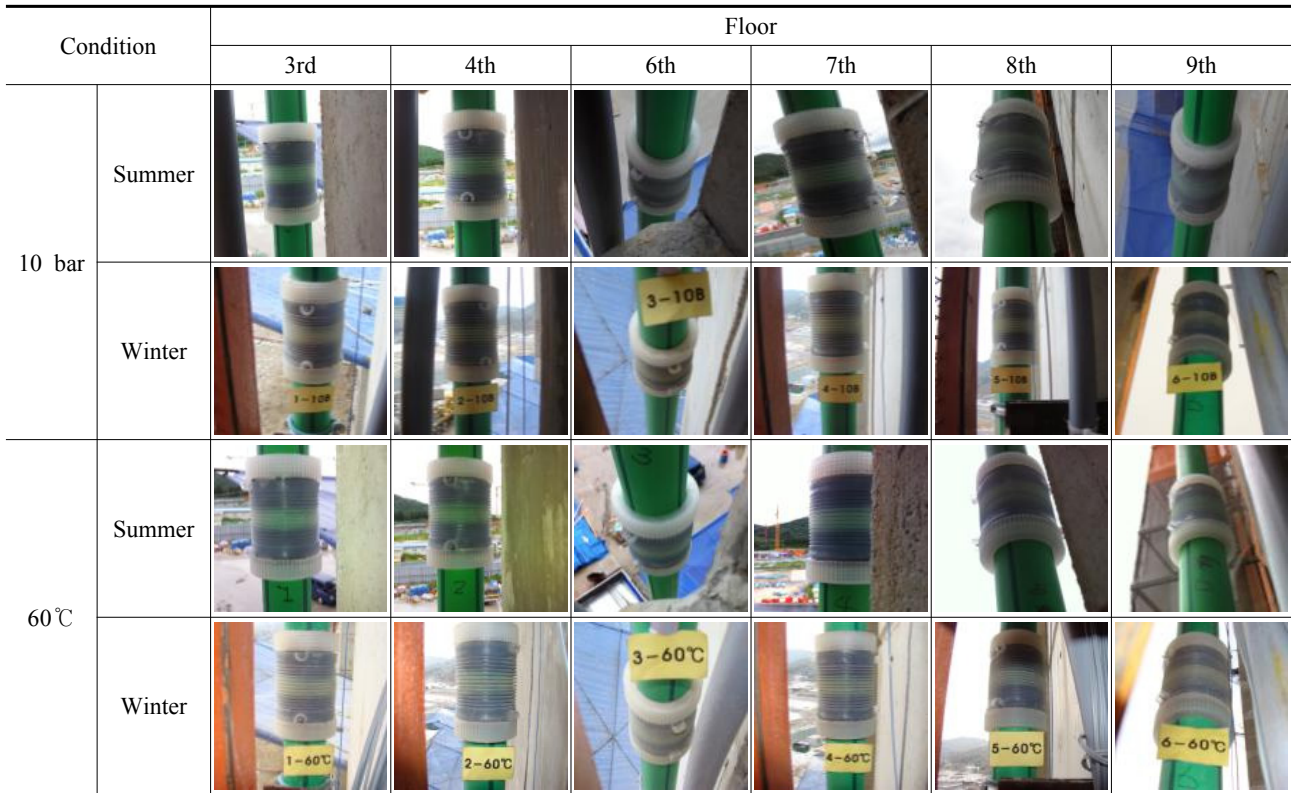


Fig. 8 Leakage level of electric fusion fittings.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 도전성 탄소발열 전기용착 이음쇠 및 PPR 유리섬유복합관이 난방용 주 배관으로서 적용 가능한지를 평가하기 위해 대전시 소재 아파트 현장에 설치된 플라스틱 배관시스템을 대상으로 압력 및 온도에 따른 변형도와 누수여부를 측정하여 분석한 결과, PPR 배관의 단위 길이 · 온도당 팽창길이가 동관이나 스테인리스 배관에 비해 다소 높았지만 1 m당 평균 팽창길이가 동관에 비해 40°C, 60°C에서 각각 0.2 mm, 0.25 mm, 스테인리스 배관에 비해서는 0.25 mm, 0.54 mm 정도로 매우 적게 나타났다. 또한 일반적으로 난방배관에 적용되는 복식 벨로우즈형 신축이음쇠의 허용 신축길이 90 m 내에 있으며, 60°C 가열 후에 PB 배관은 심하게 변형되었지만 PPR 배관은 외형적으로 아무런 변형을 보이지 않았다. 아울러 용착식 이음쇠의 경우 10 bar 가압 및 60°C 가열 상태에서도 누수가 전혀 발생되지 않았다. 따라서 본 PPR 배관 및 용착식 이음쇠는 난방용 입상배관으로 적용 가능할 것으로 판단된다.

향후 타 배관과의 경제성 분석 등에 대해 지속적인

연구를 통해 본 연구결과의 신뢰성을 확보하고자 한다.

#### 후 기

본 연구는 (주)한화건설의 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

#### Reference

1. Kim, Y. K. and Goark, Y. S., 2011, A study on the development of electric fusion fittings using conductive carbon compound, Proceedings of the KIEAE Vol. 11 No. 2, pp. 51-58.
2. International Co., Ltd, www.euroint.co.kr.
3. Yu, S. J., 2008, Architectural equipment materials, Kimundang, Seoul, pp. 227-229.
4. Kim, Y. H., Park, G. J., and Park, Y. S., 2007, Construction manual of architectural machine equipment, 2th Ed., Seojinsa, Seoul, p. 177.
5. Ministry of construction and transportation, 2005, Standard specifications.