

지역난방용 Flexible Pipe 활용방안 연구

이 기 섭 · 박 남 수

한국지역난방공사

A Study on the Application Method of Flexible Pipe for District Heating in Korea

Ki Seb Lee · Nam Soo Park

ABSTRACT: The concept of district heating involves centralised heat production where heat is distributed to consumer via a piping network. The objective of this work is to identify the Flexible Pipe from an economy, execution, maintenance point of view. Flexible Pipe has in some countries, especially in Europe, been used for many years in district heating. In spite of years of experience, there still exist doubts about the possibilities of using flexible pipes in district heating applications, mostly because of no experiences in domestic market. The advantage of flexible pipe systems is their flexibility. This holds not only for the inner pipe but also for the total pipe system including insulation and jacket. Even for the largest diameter the minimum radius of curvature is given to 1.5m. The most important difference between flexible pipe systems and preinsulated steel pipes is their simple and quick assembly. Such information could provide a basis for making reasonable hypotheses about consumer preferences, to foam a basis for making future marketing more effective.

Key words: Flexible Pipe(주름관), District Heating(지역난방), Preinsulated steel pipe(이중보온관)

1. 서 론

Flexible Pipe는 HDPE 내에 강관을 사용하는 기존배관과 달리, 현재 유럽 파이프제작사들에서 생산 판매되고 있는 CALPEX, CASAFLEX, FLEXWELL 등과 같이 HDPE 내에 flexibility가 우수한 플라스틱, 스테인레스 스틸 또는 구리 등의 자재를 사용하고 있다.

유럽에서 1964년부터 지역난방시스템에 주름관

(Flexible Pipe)이 적용되어 현재까지 총 4000Km 이상의 주름관이 설치되었고, 앞으로도 계속 사용량이 증가함에 따라 크게 성공한 시스템이라 할 수 있겠다.

기존의 강관이중보온관 처럼 6~12m 단위 길이로 생산하지 않고 100m이상의 고객이 원하는 길이 만큼 코일형태로 생산이 가능함에 따라 Flexible Pipe 적용시 용접부 및 연결부가 없어 지므로 짧은 시간 내에 공사를 완료할 수 있고, 취약부인 연결부를 최소화할 수 있으므로 유지관리가 용이하며 공사비를 절감할 수 있는 장점을 가지고 있다. 우리공사 열공급지역이 주로 대도시임을 고려할 때 기존 도시의 복잡한 지하매설물들을 쉽게 피하여 갈 수 있는 이점도 있다.

† Corresponding author

Tel.: +82-2-3410-8660; fax: +82-2-3410-8673

E-mail address: lkseb@kdhc.co.kr

본 연구에서는 유럽에서 기 개발되어 사용되고 있는 열배관 종류중 우리나라 현장여건에 가장 적합한 주름관(Flexible Pipe)에 대한 제반 기술 검토 및 적용 가능성을 확인함으로써 국내 지역 난방 열배관분야에 Flexible Pipe를 적용 도입코자 한다

2. Flexible Pipe 기술일반

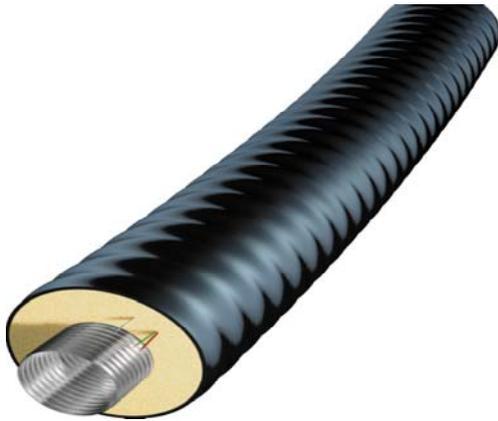


Fig. 1 Flexible pipe system(CASAFLEX)

유럽에서 사용되고 있는 Flexible Pipe의 기본 개념은 주름진 스테인리스스틸 공급관과 보온재가 일체된 Bonded System을 사용함으로써 주름관 내부의 ΔT 로 인해 발생하는 열팽창력을 자체 스테인리스 스틸 공급관이 해소하여 처리하게 된다. 이로 인해 주름관을 사용함에 있어서 열팽창에 따른 응력발생은 시공상에서 고려되지 않아도 무관하다.

현재 국내 지역난방 열배관공사 현장에 적용되는 이중보온관은 생산길이가 100A 이하는 6m, 125A 이상은 12m로 획일적으로 생산되어 지고 있지만, Flexible Pipe는 주문자의 요구에 맞게 코일형태로 최대 360m까지 공급 가능함에 따라 열수송시설의 취약부로 간주되어 지는 연결조인트가 줄어들어 시공 및 품질을 개선 할 수 있다.

Flexible Pipe는 주름진 스테인리스스틸 공급관과 내부 보온재, LDPE외관으로 구성되어 유연성이 대단히 큼으로 매설 시 현장의 지하매설물 영향을 적게 받아 시공할 수 있다. 이렇듯 자체 응력해소 시스템을 갖추고 있고, 주문자의 요구에 맞게 주름관이 생산 및 제공되어 지고, 대

단히 큰 유연성을 갖고 있는 Flexible Pipe를 사용함으로써 아래에 열거되어지는 많은 이점들이 있다.

연결조인트가 줄어들고, 예열공정이 필요치 않게 되어 공사기간이 획기적으로 줄어들 것이다. 연결조인트가 줄어들어 용접부 터파기량이 줄어들고, 직접매설이 가능함으로써 가시설 물량이 줄어들 것이다. 자체 유연성이 대단히 큼으로써 지하매설 시 주변 환경의 영향을 적게 받고, 관로선정에 편의성을 제공할 것이다. 열배관 시공시 이형관(밴드) 사용이 불필요하게 되어 공사비가 크게 절감 된다.

3 Flexible Pipe 제작사별 사양 검토

3.1 유럽시장의 Flexible Pipe 현황

현재 유럽지역에서 Flexible Pipe 적용 대상은 지역난방, 상수도 공급, 소규모 신재생 에너지 분야 등 많은 분야에 적용되어 지고 있다. 다양한 분야에 사용되어 지고 있는 Flexible Pipe는 내부 공급관의 재질에 따라 사용범위가 제한되어 있어, 사용용도에 맞게 공급온도, 공급압력 등을 고려하여 Flexible Pipe 시스템을 적용하여야 한다.

현재 유럽시장에 생산되고, 시공되어지는 Flexible Pipe시스템에는 Brugg사에서 생산되고 내부 공급관 재질이 스테인리스 스틸을 사용하여 최대공급온도가 180°C까지 가능한 CASAFLEX 자재와, Logstor, Brugg사에서 생산되고 내부 공급관 재질이 PE-Xb, PE-Xa를 사용하여 최대공급온도가 95°C 까지 가능한 PEX 파이프 등 여러사양들이 생산 및 시공되어 지고 있다.

Table 1 To compare with main products

	Brugg	LOGSTOR	Brugg	Thermafex
Product	CASAFLEX	PexFlex	CALPEX	Flexalen
Inner pipe material	Stainless Steel	PE-Xb	PE-Xa	Polybutene
Temperature	160°C (Max 180°C)	80°C (Max 95°C)	80°C (Max 95°C)	80°C (Max 95°C)
Pressure	16bar (Max 25bar)	6bar (Max 10bar)	6bar (Max 10bar)	6bar (Max 10bar)

3.2 Flexible Pipe 제작사양 비교

생산가능 환경에서는 Brugg사의 CALPEX 제품이 DN20부터 최대 DN125까지 생산하는 반면, 다른 3개 제품은 DN20부터 DN100까지 생산하고 있음을 알 수 있다. 또한 최대 납품가능 길이를 살펴보면 Brugg사 CALPEX 149m, CASAFLEX 125m, Thermaflex사 Flexalen 100m, LOGSTOR사 PexFlex 100m 등 시공현장까지의 납품길이에는 다소 차이를 보이고 있으며, Brugg사의 제품들이 상대적으로 긴 파이프를 납품할 수 있는 능력을 가진 것으로 판단된다.

Twin Pipe 형태의 Flexible Pipe 생산범위는 일반적으로 DN20~DN50범위내에 있다. 납품 가능한 최대길이는 CASAFLEX 125m, PexFlex 200m, CALPEX 149m, Flexalen 100m 등 제작사별로 다소간의 차이는 있으나, 대략 100~200m 범위내에 있다. Twin Pipe 형태의 자재들의 최소 굽힘 반경을 살펴보면 DN40기준의 파이프에서 CASAFLEX 1.8m, PexFlex 1.2m, CALPEX 1.2m, Flexalen 0.8m이다. 최소 굽힘 반경은 동일한 환경에서는 공급관의 재질에 따라 변화가 있음을 알 수 있다. 강성이 큰 스테인리스 스틸을 사용한 CASAFLEX Pipe가 최소 굽힘 반경(1.8m)이 필요함을 알 수 있고, 동일한 재질의 공급관을 사용하는 PexFlex, CALPEX는 1.2m의 같은 굽힘 반경이 요구되며, 공급관의 재질이 Polybutene인 Flexalen은 0.8m의 최소 굽힘 반경이 요구된다.

4. Flexible Pipe 연결접속재 사양 비교

4.1 제작사별 연결접속재 사양 비교

제품별 접속재를 살펴보면 CASAFLEX Pipe System은 한 종류의 접속재만 사용되며 접속재의 취약부위로 분류되는 접속재의 성능을 향상시키기 위해 Graphite를 사용하여 수밀성을 높였다. 기타 이형관은 이중보온관에 사용되는 이형관을 사용하여 레듀서, Tee 분기를 할 수 있다. CASAFLEX Pipe의 접속재 연결 방법은 Flexible Pipe와의 접속은 스크루 형식의 기계적 이음을 사용하며, 접속재와 접속재의 Connection piece는 용접을 하여 연결한다. 또한 Flexible

Pipe와 일반 이중보온관과의 연결에도 “GRAPA” System 접속재가 사용되며, 접속재의 Connection piece와 이중보온관 강관과의 용접으로 연결된다.

LOGSTOR사의 PexFlex 제품에 사용되는 접속재의 연결방식은 접속재와 Pipe를 압축시켜 접속시키는 방식이다. 일반적으로 3가지 종류이며 동일한 Flexible Pipe를 연결하는 Straight 접속재와, 축소 또는 확대할 수 있는 Reduction 접속재, Flexible Pipe와 이중보온관을 연결하는 Transition 접속재 등이 있다. 이외에도 분기관에 사용하는 Branch Type 접속재도 사용되고 있다.

CALPEX 제품도 PexFlex 제품과 유사한 연결방식과, 접속재를 사용하고 있다. Flexible Pipe와 외부배관과의 연결 접속재, Flexible Pipe와 이중보온관과의 접속재, 축소 또는 확대할 수 있는 접속재, 분기관에서 사용되는 접속재 등 앞에서 말한 것과 같이 PexFlex와 동일한 기능을 가진 접속재가 사용되고 있다.

FLEXALEN 제품의 연결특징은 압축방식의 연결과 전기용착 방식 두가지 방식으로 Flexible Pipe를 접속재와 연결한다. 접속재의 종류에는 동일한 Flexible Pipe를 연결하는 전기용착 접속재, 축소 또는 확대할 수 있는 Reduction 접속재, Flexible Pipe와 이중보온관 또는 기타 배관에 연결할 수 있는 Transition 접속재 등이 있다.

위에서 살펴보았듯이 제품별 연결 접속재는 Flexible Pipe의 공급관 재질에 따라 연결방식에 차이가 있음을 알 수 있다.

4.2 CASAFLEX Pipe System 연결접속재 검토

CASAFLEX 연결 접속재는 지역난방 공급관(160℃ 16bar, max 180℃ 25bar)으로 사용되는 Flexible Pipe에 연결되도록 특별히 설계 및 제작되어 졌다. CASAFLEX 연결 접속재는 Flexible Pipe의 이음을 위한 접속, 이중보온관과의 접속, 분기관과의 접속 등 다양한 연결지점에 사용되고 있다. CASAFLEX 연결 접속재는 수밀성을 높이기 위해 graphite를 사용하며, 일반적으로 접속재 명을 “GRAPA” System이라 한다.

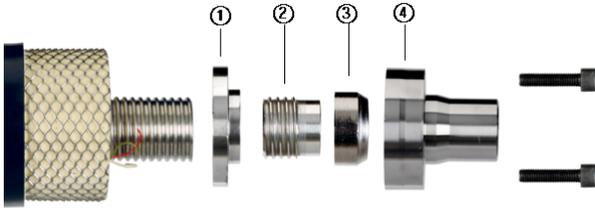


Fig. 2 CASAFLEX Connection piece

Table 2 CASAFLEX Connection piece denomination

No.	Material
1. Pressure ring	Standard Steel
2. Support ring	Steel 1.4404 (Stainless Steel)
3. Sealing ring	Graphite
4. Connection piece	Standard Steel

5. Flexible Pipe와 이중보온관 연결방안 검토

Flexible Pipe 시공 시 일반 이중보온관과의 연결방안에 대해 알아보고자 한다. Flexible Pipe는 열팽창력에 대해서는 자체적으로 흡수처리하여 이에 대한 검토는 무시할 수 있다. 하지만, Pipe 내부압력에 대한 종방향 변형을 처리하기 위한 몇 가지 기준을 알아보고자 한다.

5.1 T-분기관 사용에 따른 전단응력 해소방안

Flexible Pipe는 주로 소형관만 생산되기 때문에 분배관 또는 사용자 인입배관으로 사용된다. 그러므로, 주배관에서 분기하여 사용 시 주배관의 움직임으로 발생하는 전단응력이 Flexible Pipe의 변형으로 전달되지 않게 일반 이중보온관으로 변형을 잡아주는 역할이 필요하다.

주배관의 활동이 큰 구간에서의 분기 시 Expansion Pad를 설치하거나, Z-밴드를 사용하여 Flexible Pipe에 전단응력이 작용하지 않도록 하여야 한다.

아래 그림에서 보이듯이 주배관의 종방향 변형이 20mm 이내이면 별다른 보강 방법이 필요치 않다. 주배관의 종방향 변형이 20 ~ 30mm이면 DN20~50의 주름관은

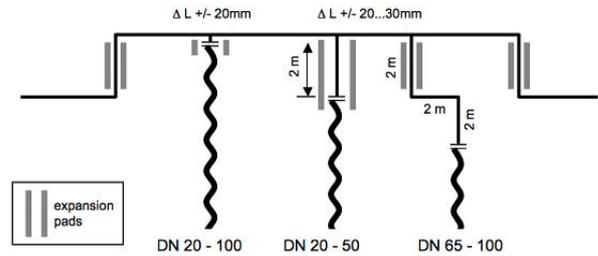


Fig. 3 Solution for the shearing stress

T-분기점에서 2m의 이중보온관과 팽창패드를 사용 후 연결하여야 하고, DN65~100의 주름관은 이중보온관으로 Z-밴드를 사용 후 연결하여야 한다.

5.2 T-분기관 사용에 따른 전단응력 해소방안

Flexible Pipe와 이중보온관을 연결하여 시공할 시에는 이중보온관의 축응력이 발생하여 Flexible Pipe의 변형을 일으킨다. 이와 같은 이중보온관의 축응력을 상쇄시키기 위해 이중보온관에 앵커 또는 Expansion Bend를 사용하여야 한다.

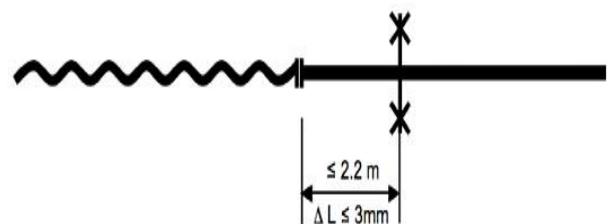


Fig. 3 Solution for the axial stress(to install anchor)

이중보온관의 축응력을 해소하기 위해 Flexible Pipe와의 연결점에서 2.2m이내에 앵커를 설치하여 변형값이 $\Delta L \leq 3\text{mm}$ 보다 작게하여야 한다.

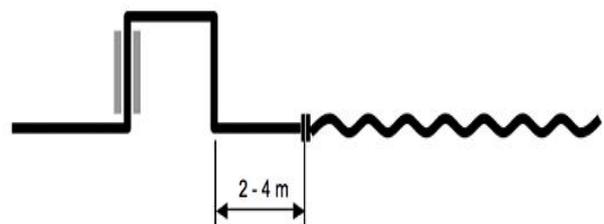


Fig. 4 Solution for the axial stress(to install U-bend)

이중보온관의 축응력을 해소하기 위해 Flexible Pipe와 연결되는 지점에 Expansion U-Bend를 설치하여 이중보온관의 응력이 Flexible Pipe에 전달되지 않게 한다. 이때 주의할 점은 Flexible Pipe와 연결되는 엘보우 구간에는 Expansion Pad를 설치하지 않는다.

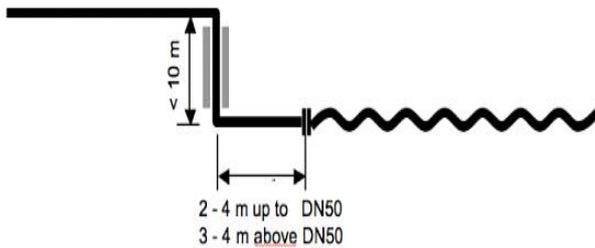


Fig. 5 Solution for the axial stress(to install L-bend)

이중보온관의 축응력을 해소하기 위해 Flexible Pipe와 연결되는 지점에 Expansion Z-Bend를 설치하여 이중보온관의 응력이 Flexible Pipe에 전달되지 않게 한다. 이때 Z-Bend의 팔기이는 10m 이내이어야 하고, Flexible Pipe와 이중보온관의 연결지점은 이중보온관의 최종 90도 밴드에서 DN50 까지 일 경우 2~4m, DN50 초과 관경일 경우 3~4m사이에서 연결되어야 한다.

6. Flexible Pipe 경제성 검토

Flexible Pipe의 국내 도입 가능성을 알아보고자 현재 유럽시장에서 적용되고 있는 Flexible Pipe의 경제성을 분석하고자 한다. 열배관 공사에 소요되는 총비용은 토목공사, 배관공사, 계전공사 등의 공사비와 이중보온관 등의 자재비, 비파괴검사비로 구성되어 있다. 현장 여건에 따라 다르지만 일반적으로 배관공사비가 공사비의 45~50%를 토목공사(포장공사 포함)에 소요되는 비용은 30~35%를 차지하고 있어 두가지 공정이 공사비의 대부분을 차지하고 있다.

토목공사의 비용은 굴착단면에 의해 결정되며, 배관공사비는 배관의 전체 길이와 배관을 서로 연결하는 Joint 수량에 의해 좌우된다.

주름관의 관로 터파기 수량 감소는 매설깊이를 얇게 할 수 있고 트렌치와 배관 사이 간격을 줄임으로써 가능해 진다.

이중보온관의 일반적인 매설깊이는 1.2m인 반면 주름관은 타기관 지장물이 매설되어 있는 경우에도 곡관부 시공이 용이하므로 이중보온관 대비 매설깊이(0.6m)를 얇게할 수 있어 60% 터파기 수량 감소 효과가 있다.

배관공사의 공사비용은 배관의 총연장과 배관을 서로 연결하는 Joint수량에 의해 좌우된다. 주름관(Flexible Pipe)은 공사현장 관로길이에 맞추어 주문생산 됨으로써 연결 Joint수량이 이중보온관 대비 90% 이상 감소한다.

일반 이중보온관 100A 120m 관로를 시공할 경우 용접 및 보온개소가 각각 38개소가 발생하지만, 주름관(Flexible Pipe)으로 시공할 경우 기존관 또는 분기점의 2개소만 발생하게 되어 배관공사 수량이 90%이상 감소된다.

7. 결론

본 연구에서 제시한 Flexible Pipe에 대한 시공기준은 앞 장에서 설명한 바 있다 Flexible Pipe의 국내시공에 대해서는 유럽의 시공기준과 크게 다른 점이 없기 때문에 본 연구에서 제시한 시공기준을 국내에 적용할 수 있을 것으로 판단된다. 다만, Flexible Pipe의 국내적용 시 에너지 관리공단으로부터 수검을 받고 있는 사용전검사의 방법이 제시되어야 할 것이다.

본 연구를 진행하는 과정에서 Flexible Pipe 시공성에 대해 충분히 설명하였듯이 일반 이중보온관 대비 용접개소가 줄어들어 공사기간이 50% 이상 절약될 것으로 판단되고, 열응력을 자체적으로 흡수하여 처리하기 때문에 선예열공법이 필요하지 않아 공사비를 절감하고, 시공성을 높일 수 있다.

다음은 Flexible Pipe 국내 적용시 사용 가능한 시공구간 및 예측 물량에 대한 내용이다. Flexible Pipe는 상기 앞장에서 알아본 바와 같이 일반 이중보온관과 비교하여 시공비를 절감할 수 있으며, 공사기간 또한 단축할 수 있는 시스템이다. 시공성도 간편하여 지역난방 열배관공사현장에 도입하여도 무리가 없을 것이라 판단된다. 특히 지장물이 과다한 도심지 구간 시공 시 Flexible Pipe를 도입한다면 250m 이상의 관로를 굴착하여 일주일 이상 개착되어지지 않고 당일굴착 당일복구할 수 있어 도심지 교통혼잡을 해결

할 수 있는 방안이라 판단된다.

일반적으로 유럽 현장에서 Flexible Pipe 사용 시 일반 이중보온관에서 Flexible Pipe로 분기된 이후에는 사용자 시설까지 전량 Flexible Pipe로 시공고 있으며, Flexible Pipe 시공중 일반 이중보온관과 병행하여 시공하는 것은 경제적으로나 시공의 효율성면에서 바람직하지 않은 방안이기 에 사용자 시설까지 전량 Flexible Pipe로 시공하는 것이 바람직하리라 판단된다.

국내 Flexible Pipe 적용시 신제품에 따른 현장 적용성을 고려할 때 도입 초기년도에는 신규 택지개발지역과 같은 시공성이 좋은 현장에 적용하는 것이 좋을 것이라 판단되며, 이 후 Flexible Pipe의 현장 시공이 익숙해지게 되면 차후 추가 공사 구간등에도 적용이 가능할 것으로 판단된다.

지금까지 살펴본 Flexible Pipe의 시공성·경제성등을 고려할 때 국내 열배관공사 현장 적용에 문제점이 없을 것이라 판단된다.

후기

본 연구는 한국지역난방공사의 연구과제로 수행된 연구결과의 일부이며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Nyköping, 1999, Plastic Pipe Systems for DH, Handbook for Safe and Economic Application, pp. 20-22.
2. Petter Wallenten, 1991, Steady State Heat Loss From Insulated Pipes, pp. 63-67.
3. Nilsson, S., 2002, Durability of District Heating Pipes, Chalmers University, pp. 30-34.
4. Olsson, M., 2001, Long-Term Thermal Performance of Polyurethane-Insulated District Heating Pipes, pp. 17-22.
5. Fröling, M., 2002, Environmental and thermal performance of district heating pipes, pp. 21-25.
6. Dahm, J., 1999, Small District Heating Systems, Chalmers University, Sweden, pp. 42-53.
7. Persson, T., 2005, District Heating for Residential Areas with Single-Family Housing, Ph.D. thesis, Lund University, pp. 43-63.