

비 염화비닐계 합성수지관의 압력 특성 검토

A Study on Non-Polyvinyl Chloride Plastic Pipe's Pressure Characteristics (Polyethylene, Polybutylene, Polypropylene-Copolymer)

박 종 일
J. I. Park
수원전문대학교 건축설비과



• 1995년생
• 건축설비실무 분야에
관심을 가지고 있다.

1. 서 론

합성 수지관은 석유화학 공정중 얻어지는 고분자 물질로 제작된 파이프로서 대단히 많은 종류가 생산 시공되고 있다.

이러한 제품중에서 염화비닐관류의 사용이 가장 많으나 근간에는 합성수지관의 여러가지 단점을 사용 목적에 적합하도록 개선시킨 non-PVC 계열의 합성수지관이 개발되어져 채택이 증가되고 있다.

이러한 non-PVC 계열의 합성수지관을 재질별로 분류하면 다음과 같다.

- ① 폴리 올레핀계(변성포합)
 - ② 복합계 : 이종 수지의 복합, 수지와 금속 재료의 복합, 수지와 무기재료의 복합
 - ③ 엔지니어링 플라스틱
 - ④ 변성 염화 비닐 수지계
 - ⑤ 열 경화성 수지계
- 또한 사용되는 용도는 다음과 같다.

- ① 급배수·위생설비 : ㉠ 급수관 ㉡ 급탕관 ㉢ 배수관 ㉣ 통기관 ㉤ 부지 배수관 ㉥ 가스관 ㉦ 소화용 스프링클러 배관

- ② 공조 : ㉧ 냉온수관 ㉨ 증기관 ㉩ 냉매관
 - ③ 기타 : ㉪ 전선관 ㉫ 통신케이블 보호관
- 이들중 가스관, 스프링클러 배관용은 국내에서는 사용하지 않으나 외국에서는 사용에
가 있다.

본 원고에는 이들 Non-PVC 계열 합성수지관중 폴리에틸렌관(polyethylene pipe : PE), 폴리부틸렌관(polybutylene pipe : PB), 폴리프로필렌공중합체관(polypropylene copolymer pipe : PPC)에 대하여 각 재료별 파이프의 특성을 조사 검토하였다.

2. 합성수지관의 개요

2.1 합성수지관의 장단점

(1) 장 점

① 열화가 비교적 적은 재료 특성으로 통상의 사용조건에서 노화현상과 재질의 경년 변화가 극히 적어 초기의 특성을 장시간 유지할 수 있다.

② 내식성이 우수하여 금속관과 같은 녹이 발생하지 않아 위생적으로 우수한 수질을 유

지할 수 있으며, 일부 약품을 제외하고 산·알카리에 침식되지 않아 오배수용, 화학약품 배관에도 채택 가능하다.

③ 내부 표면이 매끄러우며 스케일 발생이 되지 않아 마찰저항이 적고 장시간 사용시 유량 보정할 필요가 없다.

④ 전기 절연성이 뛰어나고 전기 불량도체이며 누전사고가 발생하지 않아 전선과 전력 케이블 보호관으로 뛰어난 특성을 갖고 있다.

⑤ 타 배관재에 비하여 성형성이 좋아 복잡한 형태의 제품을 제조할 수 있으며 경량이어서 취급이 용이하다.

⑥ 가격이 저렴하다.

(2) 단 점

① 유기용제에 의한 침식, 방향족 탄화수소, 에테르, 페놀류 등에 용해된다. 구체적으로 살충제, 도료, 크레졸 등의 구충제 등과 접촉해서는 안된다.

② 열에 의한 신축성이 염화 비닐관의 경우 $7 \times 10^{-5} / K$ 로서 철의 7배 정도이다. 따라서 온수가 통과하는 급탕관, 배수관, 가열방각이 반복되는 관로 또는 직사일광이 닿는 노출관로는 확실한 신축계수를 설치하여 신축을 흡수하여야 한다.

③ 저온시의 충격 강도가 저하하며 태양광에 노출시 열화한다.

④ 온도 상태에 따라 강도가 변화하므로 설계 및 채용시 사용조건 부근의 환경 조건을 충분히 고려하여야 한다.

2.2 합성수지관의 두께 결정

합성수지관의 정수두 설계용력은 일반적으로 안전율 1.8배로 50년간의 정수두압 유지하는 것을 최저 기준으로 정하고 있으며 관 두께는 다음의 식을 이용하여 설계 되어진다.

(1) 파이프의 외경 : 15A~32A

$$T_{min} = \frac{P \times D}{2S + p}$$

$$T_{max} = 1.1T_{min} + 0.1$$

(2) 파이프의 외경 : 40A~125A

$$T_{min} = \frac{P \times D}{2S + p} + 0.1$$

$$T_{max} = 1.1T_{min} + 0.1$$

T_{min} = 관의 최소 두께(mm)

P = 관의 20℃에서 사용압 (MPa)

D = 관의 외경(mm)

S = 설계 응력

T_{max} = 관의 최대 두께(mm)

위의 계산식에서 구하여 진 값중 T_{min} 은 1.6mm 이상으로 한다.

2.3 음용수의 용해 시험

급수·급탕 등 음용수 용도의 배관에 사용하기 위해서는 KS 규격에 있는 용해 시험을 거쳐서 위생상 문제가 없는지의 확인을 하며 이에 대한 내용은 다음과 같다.

용해 시험	탁도	0.5도 이하
	색도	1도 이하
	과망간산칼륨 소비량	2mg / l 이하
	잔류 염소의 소비량	1ppm 이하
	냄새 및 맛	이상 없을 것

3. 폴리에틸렌관(polyethylene pipe : PE)

3.1 개 요

폴리에틸렌은 에틸렌가스의 중합체로서 에틸렌가스의 석유분해, 천연가스, 석탄건류가스, 에틸알콜의 탈수 등의 방법으로 제조되며 에틸렌관은 중합 폴리에틸렌 수지를 주체로 안정제를 첨가하여 가열한 후 성형기에서 압축 가공하여 제작한다.

안정제는 카본블랙 미분말 2~3%(중량)을 배합하여 균일하게 분산시켜 흑색으로 한다.

이는 유백색 투명한 폴리에틸렌이 장시간 태양광에 노출되어 있을 때 자외선 등의 광선과 열에 의한 표면이 산화황화하여 열화

하는 성질을 보완하기 위해서 흑색으로 착색하여 빛의 투과를 방지하기 위한 것이다.

3.2 특 성

① 비중은 1종 0.92(연질) 2종 0.95(경질)로서 물에 가라앉지 않으며 경질 염화비닐관의 비중 1.4에 대하여 약 2/3 정도이다.

또한 유연성이 있어서 소구경의 관은 40~12m의 코일 상태로 감겨 있어 운반 및 취급이 편리하고 배관길이가 길어질 경우 이음연결 부위가 적어서 누수의 우려가 적어진다.

② 충격에 강하고 내한성이 뛰어나다. -60℃에서도 기계적 강도를 유지하고 유연성을 보유하고 있으며 한냉지의 배관에서 동결 파손이 발생하지 않아 냉방배관, 스케이트링크의 브라인 수송관으로도 사용 가능하며 유연성이 좋아 내 충격성이 뛰어나다.

이러한 특징이 PVC관과 비교하여 우수한 성질이다.

③ 내열성, 보온성이 PVC관에 비하여 뛰어나며 약 90℃에서 연화되기 시작하여 200℃에서 용해된다. 따라서 상용온도는 80℃ 이하가 안전하다. 열전도율은 6~8×10⁻⁴cal/cm·sec·℃로서 금속과 비교하여 대단히 적어 보온성이 우수하다.

④ 인장강도와 온도의 관계

폴리에틸렌의 인장 강도는 온도 상승에 따라 저하한다. 따라서 인장강도에 의한 배관의 파괴수압은 다음식에 대해 계산한다.

$$P = \frac{2t\sigma}{D-t}$$

σ : 인장 강도(Kg/cm²)

D : 관의 외경(cm)

t : 두께(cm)

80℃일때 약 5.6Kg/cm²정도 이다.

⑤ 내 약품성

산·알칼리에 강하다. 다만 특수 약품의 경우 온도 조건에 따라 문제가 발생할 수도 있으므로 화학공장 등의 배관에서는 취급 약품과 온도 조건을 충분히 고려한 후 사용

하여야 한다.

3.3 수도용 PE관

정수수 75m 이하의 수도용으로 사용하는 것으로 KSM 3408에 규정되어져 있다.

(1) 품 질

관의 품질은 표 1의 시험 방법에 따라 시험하고 표 2의 규격에 적합하여야 한다.

표 1

시험항목	품 질
인장시험	200kgf/cm ² {19.6N/mm ² } 이상
가열변형시험	3% 이하
용해시험 ¹⁾	탁 도 0.5도 이하 색 도 1도 이하 과망간산칼륨 소비량 2mg/ℓ 이하 잔류 염소의 감량 1ppm 이하 냄새 및 맛 이상이 없을 것
내압크리프시험	균열, 기타 결점이 없을 것
화분시험	0.07% 이하

주 1) 시험 온도는 상온으로 하고, 시험값 등은 바탕 시험값과의 차로부터 구하는 것으로 한다.

(2) 내압 크리프 시험

시험용 관에 표 3에 표시한 압력의 물, 공기 또는 불활성 가스를 채우고 시험한다.

3.4 취급시 주의사항

① PE pipe는 태양광에 의한 열화를 방지하기 위하여 첨가제로 카본 블랙을 사용하여 제작하고 있으나 저장, 취급 및 배관시 태양광에 노출되지 않도록 유의하여야 한다.

② 코일 상태로 저장시에는 BS 6527에 의하여 관경별 표 4의 최소 코일 직경을 유지하여야 한다.

③ 저온에서는 내구성 및 내압성능이 대

단히 우수하나 사용 유체 및 주변 온도가 높아질수록 내구성 및 내압성능이 크게 감소하므로 이에 유의하여야 하며 DIN 8074에는 표 5같은 자료를 제시하고 있다. 이는 밀도 0.945g/cm³인 경우이며 국내 기준과 일치하지 않지만 일반용의 경우 PN 10의 경우와 유사하다.

표 2

호칭 지름	바깥지름		두께		참고길이 (m)
	최소	최대	최소	최대	
13	17.0	17.5	2.5	3.0	120
16	21.5	22.0	2.5	3.0	120
20	27.0	27.6	3.0	3.5	120
25	34.0	34.7	3.5	4.1	90
30	42.0	42.8	4.0	4.7	90
40	48.0	48.9	4.5	5.2	60
50	60.0	61.1	5.5	6.3	40
65	76.0	77.3	6.6	7.5	40.4
75	89.0	90.5	8.1	9.2	30.4
100	114.0	115.9	10.4	11.7	4
125	140	142.3	12.7	14.2	4
150	165.0	167.6	15.3	17.0	4
200	216.0	218.8	19.5	21.7	4
250	267.0	270.1	24.3	26.8	4
300	318.0	321.3	28.9	32.2	4

- 비고 1. 관 길이의 허용차는 +2.0%이다.
 2. 무게는 비중을 0.95로 계산하며, 두께 허용 공차의 1/2을 최소 두께에 더하여 계산하고, 파이프의 허용 중량 감소는 8% 이하로 한다.
 3. 관의 절단 길이는 당사자 사이의 협의에 따를 수 있다.

표 3

시험온도(t)(°C)	시험압력(P)	시험시간(H)
20	24kgf/cm ²	1
80	10kgf/cm ²	60
80	8kgf/cm ²	170

표 4

파이프 직경	최소 균일 직경
20	0.6
25	0.6
32	0.7
50	1.0
63	1.3

④ PE pipe에 전기적인 저항이 걸려 있는 경우에는 파이프의 내압성능이 저하한다.

이에 대한 기준은 DIN 8074에 제시되어져 있으며 그 내용은 표 6과 같다.

⑤ 일본에서는 약 15년전 PE관 중 일부가 관 내면에서 발생수포에 의해 얇은 막의 분리현상이 발생하였는데 이는 첨가제인 카본블랙이 폴리에틸렌의 염소수열화에 대하여 촉매작용을 하여 수포 발생에 의한 박리 발생의 주 원인으로 밝혀졌다.

이에 의하여 관의 내면에 카본블랙을 함유하지 않은 폴리에틸렌을 사용하고 외부는 카본블랙을 함유한 폴리에틸렌으로 구성된 2층관을 개발하여 사용하고 있으나 국내에는 이에 대한 언급이 없다.

3.5 관련규격

- KSM 3407 일반용 폴리에틸렌관
- KSM 3408 수도용 폴리에틸렌관
- JIS K 6761-1995 일반용 폴리에틸렌관
- JIS K 6762-1993 수도용 폴리에틸렌관
- DIN 8072 Pipes of low-density PE
- DIN 8074 High-density polyethylene pipes
- BS 6572-1985 Polyethylene pipe for

표 5

Temperature, in °C	Years of service	Series					
		1	2	3	4	5	6
		Pressure rating					
		PN2.5	PN3.2	PN4	PN6	PN10	PN16
		Permissible working pressure ⁹⁾					
10	1	3.4	4.3	5.4	8	13.4	21.4
	5	3.2	4.1	5.1	7.7	12.8	20.5
	10	3.2	4	5	7.6	12.6	20.2
	25	3.1	3.9	4.9	7.3	12.2	19.5
	50	3	3.8	4.8	7.2	12	19.2
20	1	2.9	3.6	4.6	6.8	11.4	18.2
	5	2.7	3.5	4.3	6.5	10.8	17.3
	10	2.7	3.4	4.2	6.4	10.6	17
	25	2.6	3.3	4.2	6.2	10.4	16.6
	50	2.5	3.2	4	6	10	16
30	1	2.5	3.1	3.9	5.9	9.8	15.7
	5	2.4	3	3.8	5.6	9.4	15
	10	2.3	2.9	3.7	5.5	9.2	14.7
	25	2	2.5	3.1	4.7	7.8	12.5
	50	1.7	2.2	2.7	4.1	6.8	10.9
40	1	2.1	2.7	3.4	5	8	13.4
	5	1.8	2.3	2.9	4.3	7.2	11.5
	10	1.6	2	2.5	3.7	6.2	9.9
	25	1.3	1.7	2.1	3.1	5.2	8.3
	50	1.2	1.5	1.8	2.8	4.6	7.4
50	1	1.7	2.2	2.7	4.1	6.8	10.9
	5	1.2	1.5	1.9	2.9	4.8	7.7
	10	1.1	1.3	1.7	2.5	4.2	6.7
	15	1	1.3	1.6	2.4	4	6.4
	60	1	1.2	1.5	1.9	2.9	4.8
5		-	1.1	1.4	2	3.4	5.4
70	1	-	1	1.3	1.9	3.2	5.1

⁹⁾ These working pressures do not apply for pipes exposed to UV radiation. The effect of such radiation can be eliminated or considerably reduced for up to ten years of service by the inclusion of suitable additives in the moulding material (e.g. soot).
 Pipes used in drains and sewers shall comply with the specifications of DIN 19,535 Parts 1 and 2 and DIN 19,537 Parts 1 and 2.
 Permissible working pressures of less than 1 bar have not been specified.

use in above ground cold potable water service

BS 6730-1986 Protected from sunlight by enclosure in ducts or building

4. 폴리 부틸렌관

4.1 개요

폴리 부틸렌관의 제조는 폴리부틸렌 수지인 1-Butene을 합성하여 여기에 안정제, 안료 등을 첨가하여 가열한 후 성형기에서 압축가공하여 제작한다.

타 재료와 비교하여 분자량이 대단히 크기 때문에 기계 강도와 내열성이 우수하여 급수, 급탕용, 난방 코일용, 온천 용수용, 도로 제설용, 가열 파이프 등으로 사용되고 있다.

4.2 특성

(1) 적용 범위

폴리 부틸렌 파이프는 각종 급탕기기의 통상 사용범위를 고려하여 90°C 이하에서만 사용을 하도록 하며 90°C 이상으로 사용할 필요가 있을 때에는 사전에 제조 회사와 사용 조건을 제시하여 내압 수강도, 내구성 등

표 7 치수 및 치수 허용차

호칭 지름	바깥지름		두께	
	기준치수	허용차	기준치수	허용차
7	10	±0.3	1.5	+0.3
9	12	±0.3	1.5	+0.3
10	13	±0.3	1.5	+0.3
12	16	±0.3	1.6	+0.3
15	20	±0.3	1.9	+0.3
16	22	±0.3	2.0	+0.3
19	25	±0.3	2.3	+0.3
20	28	±0.3	2.6	+0.3
23	32	±0.3	2.9	+0.3

표 6 PE-HD 관의 전기저항 발생시 허용 최대 수압

Fluid transported	Temperature, in °C	Series					
		1	2	3	4	5	6
		Pressure rating					
		PN 2.5	PN 3.2	PN 4	PN 6	PN 10	PN 16
Permissible working pressure ⁹⁾							
Water and other fluids to which PE-HD is resistant ¹⁰⁾ and which do not represent a hazard even if incorrectly handled.	≤20	2.5	3.2	4	6	10	16
Water and other fluids to which PE-HD is resistant ¹⁰⁾ and which represent a special hazard if incorrectly handled.	≤20	1.1	2	2.5	3.8	6	10

Allowance shall be made in pipe applications for electrostatic charges which may occur in some circumstances.
 Refer in this connection to the guidelines on the prevention of hazards from electrostatic charges set out in *Richtlinie*(Code of practice) No. 4 issued by the *Berufsgenossenschaft der chemischen industrie*(Employers' Liability insurance Association of the Chemical Industry), Weinheim.
¹⁰⁾ Supplement 1 to DIN 8075 provides basic information in this respect.

표 8 성능

시험 항목	성능	시험온도		
인장 시험	인장 항목 강도 160kgf/cm ² {1.57kN/cm ² } 이상	23±2°C		
수압 시험	누수, 기타 결점이 없을 것	상온		
열간내압크리프시험	갈라짐, 기타 결점이 없을 것	90±2°C		
용출 시험 ²⁾	탁도	0.5도 이하	특별히 지정하지 않는 한 상	
	색도	1도 이하		
	과망간산칼륨 소비량	2mg/l 이하		
	잔류염소의 함량	상온의 시험용 물 ³⁾		0.7mg/l 이하
		90±2°C의 시험용 물 ⁴⁾		1mg/l 이하
냄새 및 맛	이상이 없을 것			

주 1) 상온이란, 23±2°C {KS A 0006(시험장소의 표준 상태)에 규정된 온도 15급}로 한다.
 2) 용출시험의 수치 등은 바탕시험 물에 의한 값 등과의 차로부터 구한다.
 3) '상온의 시험용 물'이란, 상온의 시험용 물에 의한 용출시험인 경우를 말한다.
 4) '90±2°C의 시험용 물'이란 시험용 물에 의한 용출시험인 경우를 말한다.

에 대하여 확인하여야 한다.

(2) 치수 및 치수허용차

관의 치수 및 치수허용차는 표 7과 같다.

(3) 성능

관의 성능은 표 8의 규정에 적합하여야 한다.

(4) 열간 내압 크리프 시험

관의 열간 내압 크리프 시험은 90±2℃에서 1시간 이상 상태조절 후 관 내부에 90±2℃의 뜨거운물 또는 불활성 가스를 채우고 표 9의 압력을 가하여 그 상태의 온도 및 압력에서 시간 및 1000시간 유지한 후 갈라짐, 기타 결점의 유무를 육안으로 조사한다.

표 9 열간 내압 크리프 시험의 시험 압력

단위 : kgf/cm²{MPa}

호칭 지름	시 험 압 력	
	1시간 크리프시험	1000시간 크리프시험
7~9	23 {2.25}	22 {2.16}
10~16	18 {1.76}	17 {1.67}
20~24	13 {1.27}	12 {1.18}

(5) 사용 온도와 최고 사용압력

폴리 부틸렌관은 폭 넓은 온도범위에서 사용되므로 사용온도를 7구획으로 나누어 각 구역별 최고 사용압력을 KS 3363과 JIS. K 6778에 규정하였으며 그 내용은 다음 표와 같다.

최고 사용 압력은 각 온도 영역 중 가장 높은 온도에서 장기가 열간내압 크리프 시험에 의해 3×10⁶시간(약 34년)의 후프 스트레스 값에 안전 계수를 2년과 1.5년으로 하

여 구한 설계응력을 적용한 것이다.

DIN 16968과 16969에서는 사용연한과 사용온도, 최대 사용압의 관계를 표 12와 같이 명시하고 있으며 장시간 사용시 능력 특성은 그림 1에 나타나 있다.

4.3 사용시 주의사항

① 관의 보관은 옥내에서 하며 옥외인 경우 직사일광을 피해야 한다.

② 옥외 노출배관인 경우에는 관에 직사일광을 받지 않도록 관 외부면에 피복을 해야 한다.

③ 관에는 살충제, 방부제(크레오소트유 등), 곤충구제제 등을 분무하거나 도장하지 않아야 한다.

④ 배관의 열융착 접합은 융착 히터(표면 온도 270℃ 전후)로 관외면과 이음 부속내면을 가열 용융하여 압접접합한 후 냉각 고화시킨다.

이때 외기 조건, 관의 크기 등에 따라서 가열시간 등의 융착 조건이 다르므로 접합시에는 전용 공구를 사용하도록 하며 파이프 제조회사가 작성한 시공매뉴얼에 준하여 시공하여야 한다.

⑤ 메카니칼 접합시에는 이음 부위의 삽입길이를 정확히 계산하여 윤활유를 연결용 링과 파이프 끝부분에 도포하 후 파이프 내부에 서포트스リーブ를 넣어 삽입한다.

연결 방법 및 이음쇠의 형상이 제조회사간에 약간씩 틀리는 경우가 있으므로 각기 제조회사에서 제작한 시공·시방서에 의해 시공하여야 한다.

⑥ 배관시공시 벤딩 부분은 가능한 최소화하며 꼭 필요시에는 표 13에 의한 최소벤딩 직경 이상으로 하여야 한다.

표 10 관의 사용온도 및 최고 사용압력(KS 3363)

사용온도(℃)	5~30	31~40	41~50	51~60	61~70	71~80	81~90
최고 사용 압력 kgf/cm ² {MPa}	10 {0.98}	9 {0.88}	8 {0.78}	7 {0.68}	6 {0.59}	5 {0.49}	4 {0.389}

표 11 폴리부틸렌관의 최고 사용압력(JISK 6778) 단위 MPa(kgf/ mc²)

온도 °C	30		40		50		60		70		80		90	
안전계수	2.0	1.5	2.0	1.5	2.0	1.5	2.0	1.5	2.0	1.5	2.0	1.5	2.0	1.5
설계응력	6.15	8.20	5.65	7.53	5.15	6.86	4.25	5.66	3.70	4.93	3.10	4.13	2.45	3.26
	(62.7)	(83.6)	(57.6)	(76.7)	(52.5)	(69.9)	(3.3)	(57.7)	(37.7)	(50.2)	(31.6)	(42.1)	(24.9)	(33.2)
7	2.17	2.89	1.99	2.65	1.81	2.42	1.50	1.99	1.30	1.74	1.09	1.45	0.86	1.15
	(22.1)	(29.5)	(20.3)	(27.0)	(18.5)	(24.7)	(15.3)	(20.3)	(13.3)	(17.7)	(11.1)	(14.8)	(8.8)	(11.7)
8	1.94	2.59	1.78	2.37	1.62	2.16	1.34	1.78	1.16	1.55	0.97	1.30	0.77	1.03
	(19.8)	(26.4)	(18.2)	(24.2)	(16.5)	(22.0)	(13.7)	(18.2)	(11.8)	(15.8)	(9.9)	(13.3)	(7.9)	(10.5)
10	1.60	2.14	1.47	1.96	1.34	1.79	1.10	1.47	0.96	1.28	0.80	1.07	0.63	0.85
	(16.3)	(21.8)	(15.0)	(20.0)	(13.7)	(18.3)	(11.2)	(15.0)	(9.8)	(13.1)	(8.2)	(10.9)	(6.4)	(8.7)
13	1.64	2.18	1.50	2.01	1.37	1.83	1.13	1.51	0.98	1.31	0.82	1.10	0.65	0.87
	(16.7)	(22.2)	(15.3)	(20.5)	(14.0)	(18.7)	(11.5)	(15.4)	(10.0)	(13.4)	(8.4)	(11.2)	(6.6)	(8.9)
15	1.51	2.02	1.39	1.85	1.27	1.69	1.04	1.39	0.91	1.21	0.76	1.02	0.60	0.80
	(15.4)	(20.6)	(14.2)	(18.9)	(13.0)	(17.2)	(10.6)	(14.2)	(9.3)	(12.3)	(7.7)	(10.4)	(6.1)	(8.2)
16	1.50	2.00	1.38	1.84	1.26	1.68	1.04	1.38	0.90	1.20	0.75	1.01	0.60	0.79
	(15.3)	(20.4)	(14.1)	(18.8)	(12.8)	(17.1)	(10.6)	(14.1)	(9.2)	(12.2)	(7.6)	(10.3)	(6.1)	(8.1)
20	1.19	1.59	1.10	1.46	1.00	1.33	0.82	1.10	0.72	0.96	0.60	0.80	0.47	0.63
	(12.1)	(16.2)	(11.2)	(14.9)	(10.2)	(13.6)	(8.4)	(11.2)	(7.3)	(9.8)	(6.1)	(8.2)	(4.8)	(6.4)
25	1.06	1.41	0.97	1.30	0.89	1.18	0.73	0.97	0.64	0.85	0.53	0.71	0.42	0.56
	(10.8)	(14.4)	(9.9)	(13.3)	(9.1)	(12.0)	(7.4)	(9.9)	(6.5)	(8.7)	(5.4)	(7.2)	(4.3)	(5.7)
30	1.05	1.40	0.66	1.28	0.88	1.17	0.72	0.66	0.63	0.84	0.53	0.70	0.41	0.55
	(10.7)	(14.3)	(8.8)	(13.1)	(9.0)	(11.0)	(7.3)	(9.8)	(6.4)	(8.6)	(5.4)	(7.1)	(4.2)	(5.6)
40	1.05	1.41	0.97	1.29	0.88	1.17	0.73	0.97	0.63	0.84	0.53	0.71	0.42	0.56
	(10.7)	(14.4)	(9.9)	(13.2)	(9.0)	(11.9)	(7.4)	(9.9)	(6.4)	(8.6)	(5.4)	(7.2)	(4.3)	(5.7)
50	1.04	1.39	0.96	1.28	0.87	1.16	0.72	0.96	0.62	0.83	0.52	0.70	0.41	0.55
	(10.6)	(14.2)	(9.8)	(13.1)	(8.9)	(11.8)	(7.3)	(9.8)	(6.3)	(8.5)	(5.3)	(7.1)	(4.2)	(5.6)
65	1.05	1.40	0.96	1.28	0.88	1.17	0.72	0.96	0.63	0.84	0.53	0.70	0.41	0.55
	(10.7)	(14.3)	(9.8)	(13.1)	(9.0)	(11.9)	(7.3)	(9.8)	(6.4)	(8.6)	(5.4)	(7.1)	(4.1)	(5.6)
75	1.05	1.40	0.96	1.28	0.88	1.17	0.72	0.96	0.63	0.84	0.53	0.70	0.41	0.55
	(10.7)	(14.3)	(9.8)	(13.1)	(9.0)	(11.9)	(7.3)	(9.8)	(6.4)	(8.6)	(5.4)	(7.1)	(4.2)	(5.6)
100	1.05	1.40	0.96	1.28	0.88	1.17	0.72	0.96	0.63	0.84	0.53	0.70	0.41	0.55
	(10.7)	(14.3)	(9.8)	(13.1)	(9.0)	(11.9)	(7.3)	(9.8)	(6.4)	(8.6)	(5.4)	(7.1)	(4.2)	(5.6)

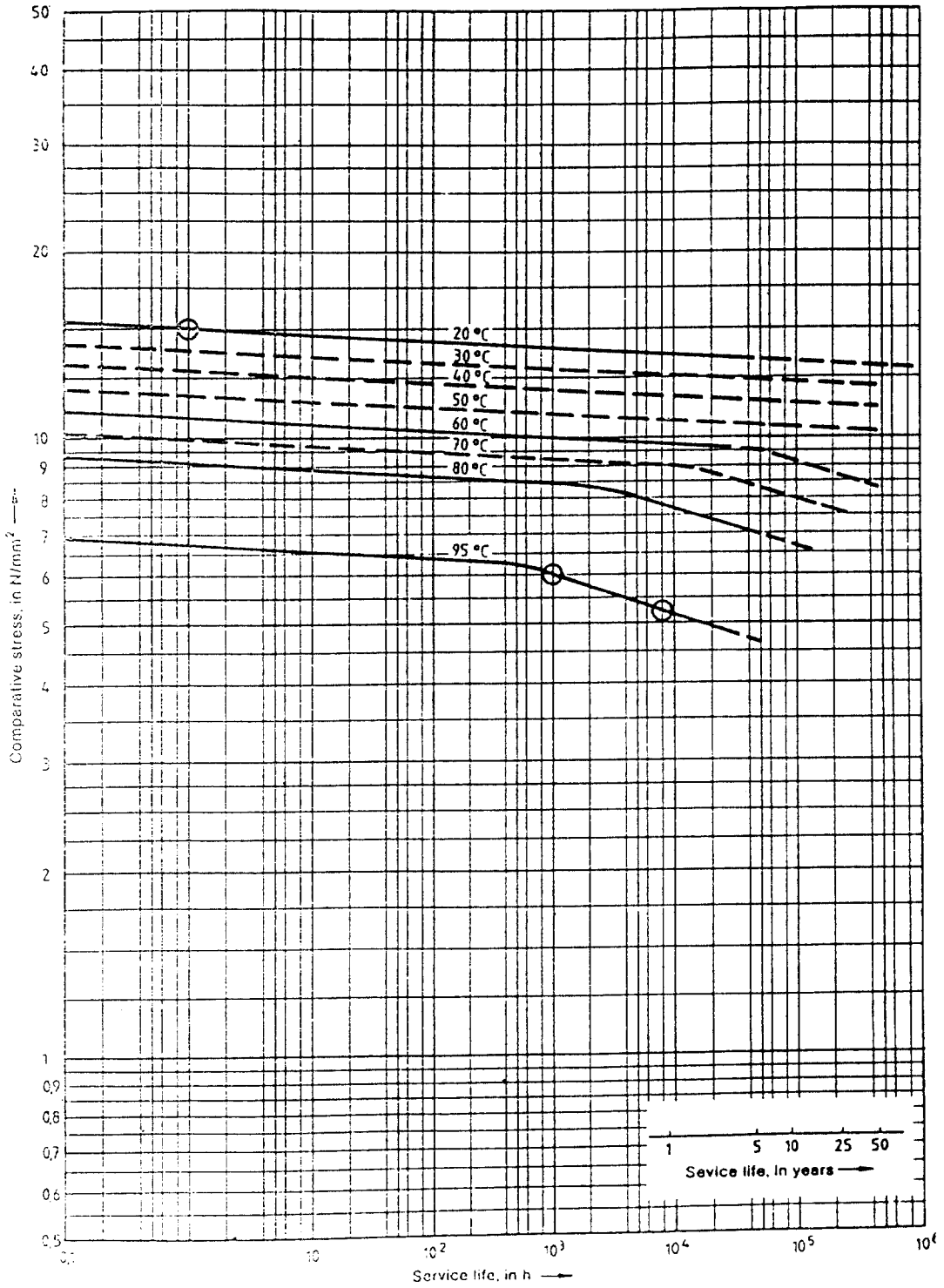


그림 1 PB 파이프의 장시간 사용능력 DIN 16968

표 12 허용 사용압력표

Temperature, in °C	Permissible service life, in years	Series				
		1	2	3	4	5
		Pressure rating				
		PN4	PN6	PN10	PN16	PN20
Permissible working pressure ⁸⁾						
10	1	4.9	7.3	12.1	19.3	24.1
	5	4.7	7.1	11.8	18.8	23.5
	10	4.7	7	11.6	18.6	23.2
	25	4.6	6.9	11.5	18.4	23
	50	4.6	6.8	11.4	18.2	22.7
20	1	4.5	6.8	11.2	18	22.5
	5	4.4	6.6	10.9	17.5	21.8
	10	4.3	6.5	10.8	17.3	21.6
	25	4.3	6.4	10.7	17.1	21.3
	50	4	6	10	16	20
30	1	4.2	6.3	10.4	16.7	20.8
	5	4.1	6.1	10.2	16.3	20.3
	10	4	6	10.1	16.1	20.1
	25	4	6	10	16	20
	50	4	6	9.9	15.9	19.8
40	1	4	6	9.9	15.9	19.8
	5	3.7	5.6	9.3	14.9	18.6
	10	3.7	5.6	9.3	14.8	18.5
	25	3.7	5.5	9.2	14.7	18.3
	50	3.6	5.4	9.1	14.5	18.1
50	1	3.5	5.3	8.8	14.1	17.6
	5	3.4	5.1	8.6	13.7	17.1
	10	3.4	5.1	8.5	13.6	17
	25	3.3	5	8.3	13.3	16.6
	50	3.3	4.9	8.2	13.1	16.3
60	1	3.2	4.8	8.1	12.9	16.1
	5	3.1	4.7	7.8	12.4	15.5
	10	3	4.5	7.5	12	15
	25	2.9	4.3	7.2	11.5	14.3
	50	2.8	4.1	6.9	11.1	13.8
70	1	2.9	4.4	7.3	11.7	14.6
	5	2.7	4.1	6.8	10.9	13.6
	10	2.7	4	6.7	10.7	13.3
	25	2.5	3.8	6.3	10.1	12.6
	30	2.4	3.7	6.1	9.8	12.2
80	1	2.5	3.8	6.3	10.1	12.6
	5	2.3	3.5	5.8	9.3	11.6
	10	2.2	3.3	5.6	8.9	11.1
	15	2.1	3.2	5.4	8.7	10.8
95	1	1.7	2.6	4.3	6.9	8.6
	5	1.6	2.4	3.9	6.3	7.8

⁸⁾ These working pressures do not apply for pipes exposed to UV radiation. The effect of such radiation can be considerably reduced for up to ten years of service life by the inclusion of suitable additives(e.g. soot) in the moulding material.

표 13

관경(in)	최소반경(in)	
	Pipe	Tubing
1/2	15(25)	16(26)
3/4	20(32)	16(26)
1	25(40)	20(34)
1 1/4	30(50)	25(42)
1 1/2	35(57)	30(48)
2	45(72)	40(64)
2 1/2	55(86)	
3	70(90)	

표 14

최저온도(°C)	최대 허용 수압비율
(23.0)	100
(37.8)	85
(65.60)	58
(82.2)	41
(93.3)	30

⑦ 사용 유체의 온도상승시 최대 허용 수압의 백분율은 표 14와 같다.

⑧ 관에는 직접 나사를 내어서는 안된다.

4.4 관련 규격

- KS M 3363-1992 폴리 부틸렌관
- JIS K 6778-1990 폴리 부틸렌관
- DIN 16968 Polybutene pipes, General quality requirement testing
- DIN 16968 Polybutene pipes, Dimensions
- AWWAC 902-88 PB Pressure pipe and tubing
- AS/NZS 2642.2:1994 Polybutylene pipe systems

5. 폴리 프로필렌 공중 합체관(polypropylene copolymer pipe)

5.1 개요

폴리프로필렌 공중 합체관은 프로필렌에 약간 에틸렌을 함유시킨 공중 합체를 주 원료로 하여 산화방지제 및 다른 첨가제를 첨가하여 압축 가공, 기타 방법에 의해 제조한

표 15 수도용

호칭지름 (mm)	바깥지름 (mm)	허용오차 (mm)	두께 ¹⁾ (mm)	허용오차 (mm)	참고무게 ²⁾ (kg/m)
6	10	+0.3	1.8	+0.4	0.047
8	12	+0.3	1.8	+0.4	0.058
12	16	+0.3	1.8	+0.4	0.082
15	20	+0.3	1.9	+0.5	0.110
20	25	+0.3	2.3	+0.5	0.167
25	32	+0.3	3.0	+0.5	0.273
30	40	+0.4	3.7	+0.6	0.421
40	50	+0.5	4.6	+0.7	0.652
50	63	+0.6	5.8	+0.8	1.030
65	75	+0.7	6.9	+0.9	1.450
75	90	+0.9	8.2	+1.1	2.080
100	110	+1.0	10	+1.2	3.080

표 16 온수 난방용

호칭지름 (mm)	바깥지름 (mm)	허용오차 (mm)	두께 ¹⁾ (mm)	허용오차 (mm)	참고무게 ²⁾ (kg/m)
6	10	+0.3	1.8	+0.4	0.047
8	12	+0.3	1.8	+0.4	0.058
12	16	+0.3	1.8	+0.4	0.082
15	20	+0.3	1.9	+0.5	0.110
20	25	+0.3	2.3	+0.5	0.167
25	32	+0.3	3.0	+0.5	0.273
30	40	+0.4	3.7	+0.6	0.421
40	50	+0.5	4.6	+0.7	0.652

주 1) 관의 두께는 다음 식에 의하여 계산하고 소수점 이하 첫째자리까지 계산한다.

$$S = \frac{p \cdot d}{2\sigma + p} \quad (p \text{와 } \sigma \text{의 단위 : kg/cm}^2)$$

다만, 최소 두께는 1.8mm로 한다.

2) 평균 밀도는 0.93g/cm³로 계산한다. 최소 두께에 두께 허용 범위의 $\frac{1}{2}$ 을 추가하여 계산한다.

것으로 폴리프로필렌은 완성된 입체규칙성 분자구조로 되어있는 열가소성 수지로서 내식성 등에서 뛰어난 효과를 나타내며 국내에서는 1종 수도용 2종 온수난방용으로 사용되고 있다.

5.2 특 성

폴리프로필렌 공중 합체관은 경량, 내약 품성, 기계적강도, 전기절연성, 보온성이 우수하여 수도용, 난방용 등으로 사용되고 있으며 열적 성능은 PE보다는 우수하나 PB에 비하여는 약간 열등하다.

(1) 관의 치수

관의 규격은 표 15, 표 16과 같다.

(2) 관의 품질을 다음의 표 17의 규정에 만족하여야 한다.

(3) 사용 온도와 최고 사용압력

DIN에서는 온도별 허용사용압에 대한 내용을 DIN 8077에 표 18과 같이 규정하고 있

표 17

시험 항목	품 질
열간내압 크리프시험	새거나 파손되지 않을 것
충격 굴곡 강도	시험편의 파손율이 전체 시험편수의 10% 미만일 것
고온치수 안정성	시험전의 값보다 2%가 초과되지 않을 것
용해시험 ³⁾	탁 도 0.5도 이하 색 도 1도 이하 과망간산칼륨 소비량 2mg / ℓ 이하 잔류 염소의 감량 1ppm 이하 냄새 및 맛 이상이 없을 것
화분시험	0.07% 이하

주 3) 시험 온도는 상온으로 하고, 시험값 등은 바탕 시험값과의 차로부터 구하는 것으로 한다.

비고 : 온수 난방용인 경우 용해시험 및 환분시험은 생략한다.

표 18 Permissible working pressures for pipes transporting water

Temperature, in °C	Design Service life, in years	Series					
		1	2	3	4	5	6
		Pressure rating					
		PN 2.5	PN 4	PN 6	PN 10	PN 16	PN 20
Permissible working pressure ⁹⁾							
10	1	4.2	6.8	10.1	16.8	26.9	33.6
	5	3.9	6.3	9.4	15.6	25	31.2
	10	3.8	6	9.1	15	24	30
	25	3.5	5.7	8.6	14.2	22.7	28.4
	50	3.4	5.6	8.3	13.8	22.1	27.6
20	1	3.4	5.4	8.1	13.6	21.7	17.2
	5	3.1	5	7.5	12.6	20.1	25.2
	10	3.1	4.9	7.4	12.4	19.8	24.8
	25	2.9	4.7	7	11.6	18.8	23.6
	50	2.5	4	6	10	16	20
30	1	2.7	4.3	6.4	10.8	17.2	21.6
	5	2.5	4	6	10	16	20
	10	2.4	3.8	5.7	9.6	15.3	19.2
	25	2.3	3.6	5.5	9.2	14.7	18.4
	50	2.2	3.6	5.4	9	14.4	18
40	1	2.1	3.3	5	8.4	13.4	16.8
	5	2	3.2	4.8	8	12.8	16
	10	1.9	3	4.5	7.6	12.1	15.2
	25	1.8	2.8	4.3	7.2	11.5	14.4
	50	1.6	2.6	3.9	6.6	10.5	13.2
50	1	1.7	2.8	4.2	7	11.2	14
	5	1.5	2.4	3.7	6.2	9.9	12.4
	10	1.5	2.4	3.6	6	9.6	12
	15	1.3	2	3.1	5.2	8.3	10.4
	50	1.1	1.8	2.7	4.6	7.3	9.2
60	1	1.4	2.2	3.3	5.6	8.9	11.2
	5	1.2	2	3	5	8	10
	10	1.1	1.7	2.6	4.4	7	8.8
	15	-	1.4	2.1	3.6	5.7	7.2
	50	-	1.2	1.9	3.2	5.1	6.4
70	1	1.1	1.7	2.6	4.4	7	8.8
	5	-	1.3	2	3.4	5.4	6.8
	10	-	1.2	1.8	3	4.8	6
	25	-	-	1.4	2.4	3.8	4.8
	80	1	-	1.3	2	3.4	5.4
5		-	-	1.4	2.4	3.8	4.8
10		-	-	1.2	2	3.2	4
20		-	-	1	1.8	2.8	3.8
95		1	-	-	1.2	2	3.2
	5	-	-	-	1.4	2.2	2.8
	10	-	-	-	1.2	1.9	2.4

⁹⁾ These pressures do not apply for pipes exposed to UV radiation. The effect of such radiation can be considerable reduced for up to ten years of service life by the inclusion of suitable additives (e.g. soot) in the moulding material. See DIN 19,560 for the permissible working pressures for pipes as components of drainage systems inside buildings.

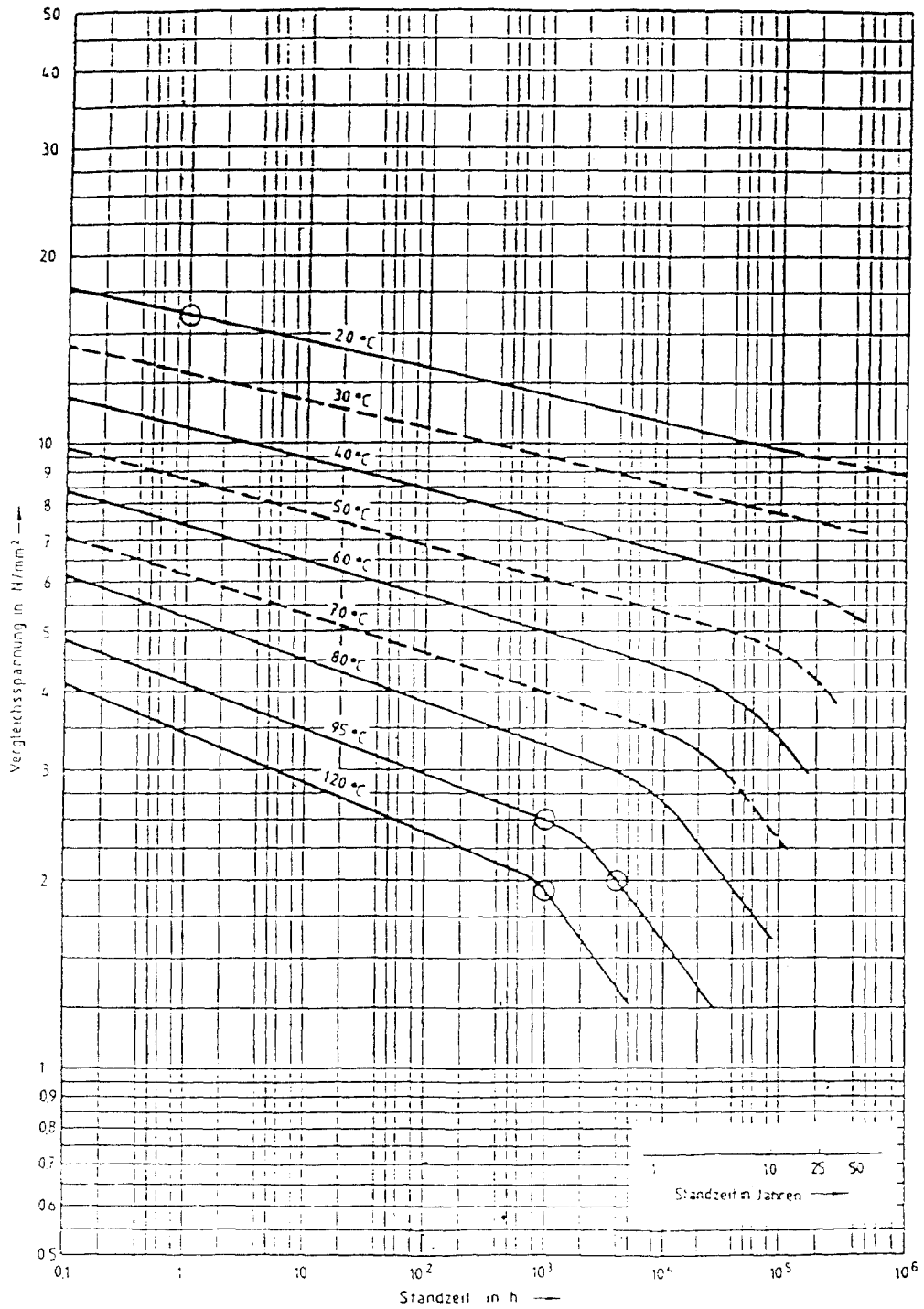


그림 2 Zeitstandverhalten von Rohren aus PP, Typ 2

으며 관의 내압(hoop stress)에 따른 내구 년수에 대하여 온도별 그래프는 그림 2와 같이 규정하고 있다.

5.3 사용시 주의사항

KS 규격에는 열간 내압 크리프 시험이 95℃에서 1000시험 시간 시행하는 것으로 되어져 있으나 실제 배관 시스템에 적용하는데는 충분한 자료가 되지 못한다.

따라서 실제 적용시에는 DIN 8077의 기준을 검토하여 배관계통 내에서의 최고압, 최고온도를 확인하여 적정 내구년수를 유지할 수 있는지 확인하여야 한다.

특히 급탕용이나 복사 난방 코일용으로 재료 선정시 60℃ 정도의 온도에서 15층인 경우 5kg/cm² 이상의 압력이 배관에 발생되면 PPC 배관재의 채택은 내구성에서 문제가 발생하게 된다.

따라서 PPC 파이프는 난방용 급탕용의 경우 정수도가 아주 낮은 경우에 적합하다고 볼 수 있다.

또한 음용수용 급탕관에 적용하기 위하여는 다른 파이프와 같은 방법으로 실제 사용 조건과 같은 온도, 압력, 사용시간에 대하여 탁도, 색도, 냄새, 맛 등의 위생성 시험(용해성 시험)을 실시하여 급탕 음료용으로서의 이상여부를 판단하는 것도 필요하다고 보여진다.

5.4 관련 규격

KS M 3362-1990	폴리프로필렌 공중 합체관
DIN 8077	Polypropylene(PP) pipes dimensions
DIN 8078	Polypropylene(PP) pipes dimensions general quality requirement and testing

6. 적용시의 고려사항

(1) Surge pressure의 계산

Surge pressure는 배관계통에서 유속 변화에 의해 발생하는 순간적인 이상 압력으로 워터햄머 등의 여러가지 원인에 의해서 발생되고 있다. 해외 규격(AWWAC 901)에서는 관의 두께결정시 적용하는 Surge pressure에 대하여 명시하고 있다.

(2) 합성수지 재료의 종류에 따라 사용유체의 온도 변화시 적정 내구년수 및 최대 사용압력의 불리적 성질이 각기 틀리므로 이에 대한 정확한 조사 및 검토가 필요하다.

또한, 시스템에서 운전시 장비, 자동제어 시스템의 결함, 운전상의 실수 등으로 인하여 관내의 온도가 설계 온도보다 높아질 우려가 있기 때문에 이러한 경우에 대해서도 충분한 내구성을 검토하여 배관재의 수명저하와 열화에 의한 파손이 발생하지 않도록 고려하여야 한다.

또한 KS 규격상에는 95℃ 1000시간의 열간내압크리프 시험이 규정되어져 있어 장시간 사용시에 문제 발생에 대한 규격상의 검증이 안되고 있으나 외국의 경우 파이프 재료의 종류에 따라 설계 계산에 의해 두께별로 온도에 따른 내구년수 및 사용압력이 규정되어져 있다. 따라서 국내 규격에서도 외국 규격과 같이 각기 배관재료별 사용압력, 사용온도, 내구년수에 대한 정확한 자료를 제시하여 적용시스템에 대한 적정한 관재료를 선택하도록 하여 제조회사의 불완전한 자료에 의한 선택시 발생할 수 있는 오류를 없애도록 하여야 한다.

(3) 배관재를 음용수용 급탕관에 채택하기 위하여는 KS 규격에서 급탕 사용온도에서의 용해 시험등 적정한 시험을 통하여 위생상 유해 여부를 판단하는 기준이 정해져 있어야 하나 폴리프로필렌 합체관의 경우 이러한 시험사항이 누락되어져 있다.

따라서 음용수용 급탕관의 사용을 위한 배관재료를 이러한 시험을 기친 재료만으로 제한을 하거나 또는 KS 규격에 시험 항목을 추가하여 위생상 안전 여부를 확인할 수 있도록 하여야 한다.

(4) 합성수지 계열의 관은 유기물질에 의해서 제조된 것으로서 사용 조건의 변화, 장시간 사용 등에 따라 예상치 못한 문제점의 발생 가능성이 있으므로 제조회사에서는 이에 대한 내용을 정확히 연구 및 검토하여 최대 가혹 조건과 최대 사용기간까지 기능과 성능에 안전성을 보유한 제품을 생산 판매하여야 한다.

(5) 합성수지관의 성능은 사용재료, 제조방법, 운반 및 보관방법 시공방법 등에 크게 영향을 받으므로 이에 대한 제조에서부터 최종 설치시까지 정확한 품질관리와 시공을 통하여 규정된 성능이 유지할 수 있도록 하여야 한다.

참 고 문 헌

1. 한국 공기조화 냉동공학회 1989. 공기조화 냉동 위생공학 편람 1권 pp. 438~440
2. 한국 산업인력관리공단 1993. 배관공작이론 pp. 48~51
3. 日本 공기조화위생공학회 1995. 공기조화 위생공학편람 1권 기초편 pp. 47~59
4. 日本 배관공학 연구회 1992. 배관핸드북 4권 pp. 270~279
5. 日本 건축설비배관 사전 편집위원회 1987. 설비배관 기재 핸드북 pp. 20~25
6. Mohinder, L. Nayyar. 1992 Piping handbook Mc Grawhill
7. KS 규격
 - 1) KSM 3407 일반용 폴리에틸렌관
 - 2) KSM 3408 수도용 폴리에틸렌관
 - 3) KSM 3363-1992 폴리부틸렌관
 - 4) KSM 3362-1990 폴리프로필렌 공중 합체관
8. JIS 규격
 - 1) JIS K 6761-1995 일반용 폴리에틸렌관
 - 2) JIS K 6762-1993 수도용 폴리에틸렌관
 - 3) JIS K 6778-1990 폴리부틸렌관
9. DIN 규격
 - 1) DIN 8072 Pipes of lowdensity PE
 - 2) DIN 8074 High-density polyethylene pipe
 - 3) DIN 16968 Polybutene pipes, general quality requirement testing
 - 4) DIN 16968 Polypropylene(PP) pipes dimensions general quality requirement and testing
10. 기타 규격
 - 1) BS 6572-1985 Polyethylene pipe for use in above ground cold water service
 - 2) BS 6730-1986 Protected from sunlight by enclosure in duct or building
 - 3) AWWAC 902-88 PB Pressure pipe and tubing
 - 4) AS /NZS 2642.2 : 1994 Polybutylene pipe system