

분기배관의 압력강하에 관한 연구 A Study on the Pressure Drops of T-Branch Pipes

남준석*† · 백창선* · 권순관* · 김동현* · 민경탁** · 김병곤*** · 이성호****

Jun-Seok Nam*† · Chang-Sun Baek* · Soon-Kwan Kwon* · Dong-Hyun Kim* ·
Kyung-Tak Min** · Byoung-Gon Kim*** · Sung-Ho Lee****

*한국소방검정공사 기계장치팀, **인천대학교 기계공학과 교수,
군산대학교 기계공학과 박사과정, *김천대학 인테리어디자인과 교수
(2007. 5. 11. 접수/2008. 9. 11. 채택)

요 약

본 연구는 분기배관을 물계통 소화설비에 적용할 경우 정확한 등가길이를 제시하고자 수행하였다. 등가길이 측정위치를 예측하고자 분기배관의 압력강하에 대해 유한체적법을 이용하여 확인한 후 측정위치를 결정하였고 그 위치에서 압력손실시험을 실시하였다. 측정된 값의 정확성을 판단하기 위해 해석결과와 비교하였고 두 값이 유사함을 알 수 있었다. 본 연구의 결과로 분기배관의 압력손실측정위치를 주방향의 입구측은 주배관 호칭의 20배, 출구측은 주배관 호칭의 10배, 분기방향의 출구측은 주배관 호칭의 20배로 제안하였다.

ABSTRACT

This study is performed for propose that exactly equivalent length of TBP in the applied at water-based fire protection system. For predict the measuring position of equivalent length, we determined the measuring position using the FVM about pressure drop of TBP. For the reckon of the exact about measured value we compared with the result of FVM and we knew the similar value each other. Using the results we proposed the friction loss measuring position that inlet of main direction is 20 times of appellation diameter in main pipe, outlet of main direction is 10 times of appellation diameter in main pipe and outlet of branched direction is 20 times of appellation diameter.

Keywords : TBP(T-Branch Pipe), FVM(Finite Volume Method), Friction Loss Analysis

1. 서 론

분기배관¹⁾의 등가길이는 일반 티를 사용하는 것보다 이음부위가 1/3로 감소하였으므로 그에 따른 등가길이 또한 줄어들 것이 예측되나 정확한 값이 마련되어 있지 않아 설계시 일반 티에 해당되는 등가길이를 설계에 반영하고 있는 실정이다. 따라서 본 논문에서는 분기배관의 등가길이를 측정하여 명확한 값을 제공하고 펌프용량의 산정, 화재안전기준에서 요구하고 있는 압력의 정확한 예측 등에 적용할 수 있도록 하고자 한다.

2. 이론적 배경

유체가 배관 내에 흐를 때, 관벽 부근에 생기는 관로저항에 관한 연구는 지금까지 평활관과 관 내면이 매끈한관을 이용하여 많은 사람들에 의해 연구되어졌으며²⁾ 분기되는 이음쇠의 경우 각종 규정(code)에 배관의 직류부분과 분류부분의 등가길이를 배관의 크기별로 구분하여 나타내고 있으나, 분류부분의 크기에 따라서는 언급하고 있지 않아 사용에 혼란을 주고 있다. 원형관내의 관로저항은 Darcy-Weisbach 의 방정식³⁾으로 나타낼 수 있다.

$$\Delta p = f \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{\rho v^2}{2}$$

(Δp : 압력손실(kgf/cm²), v : 관내 유속(m/s), f : 관마

† E-mail: nahmfire@hotmail.com

찰계수(상수), d : 관의내경(m), g : 중력가속도(9.8 m/s²), l : 관의길이(m))

스프링클러설비 등에 사용되는 소화약제는 물이며 이는 비압축성 유체로서 온도 및 점성의 영향이 적기 때문에 물을 이용하는 분야에서는 다음과 같은 Hazen-Williams 공식⁴⁾을 사용하여 배관내 압력손실을 예측한다.

$$\Delta p = 6.174 \times 10^5 \times \frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} \times d^{4.87}} \times l$$

(Δp : 압력손실(kgf/cm²)), Q : 유량(l/min) C' : Hazen-Williams 파이프 마찰계수(상수), d : 관의 내경(mm), l : 관길이(m))

3. 압력손실해석

3.1 해석방법

해석의 대상은 KS D 3507 및 KS D 3576 10S(32A × 25A, 40A × 25A, 40A × 32A, 50A × 25A, 50A × 32A, 50A × 40A) 각 6종에 대해 수행하였다. 해석에 필요한 3D CAD Geometry 데이터는 Pro/Engineering Wildfire

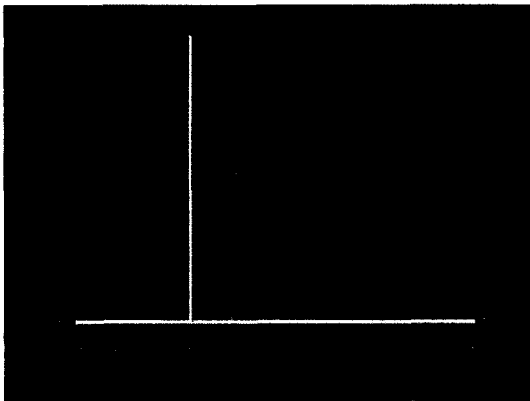


Figure 1. CAD model of T-Branch Pipes used in flow analysis.

2.0을 이용하여 Figure 1과 같이 작성한 후 해석프로그램에서 읽을 수 있도록 표준 CAD 포맷인 parasolid 포맷으로 변환하였다.

경계조건 및 하중조건은 Figure 2에 나타내었다. 유동장의 원주방향은 wall로 정의하였고 입력단은 Normal Inlet으로 4.5 m/s의 속도로 물이 입력되는 것으로 하였다. 출력단 및 분기방향의 끝단은 압력이 대기압과 같다고 가정하였고 벽면에서의 마찰계수는 0.1로 고려하였다. 해석의 수행은 Star-CD Ver. 3.26을 사용하였다.

3.2 해석결과

분기배관의 주방향과 분기방향의 내경비를 계산하면 Table 1과 같이 나타낼 수 있다. KS D 3507에 대한 해석결과를 Figure 3~Figure 8에 나타내었다. 입력측, 출력측 및 분기측에서의 압력강하가 국부적인 분기점 부근을 제외하면 선형적으로 나타남을 알 수 있다. 분기배관의 규격이 50A이하인 분기배관에서 내경비가 53.92

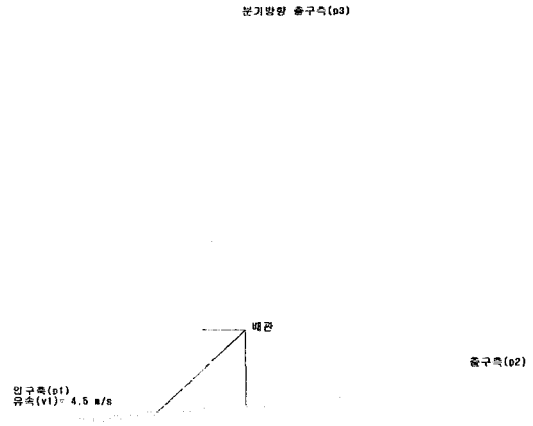


Figure 2. Boundary and load condition of T-Branch Pipe used in flow analysis.

Table 1. Ratios of inside diameters of T-Branch Pipes

규격	주방향 내경(mm)		분기방향 내경(mm)		내경 비(%)	
	KS D 3507	KS D 3576 10S	KS D 3507	KS D 3576 10S	KS D 3507	KS D 3576 10S
32A × 25A	36.2	37.1	29.2	29.6	80.66	79.78
40A × 25A	42.1	43.0	29.2	29.6	69.36	68.84
40A × 32A			37.9	38.3	90.02	89.07
50A × 25A	53.2	54.9	29.2	29.6	54.89	53.92
50A × 32A			37.9	38.3	71.24	69.76
50A × 40A			43.8	44.2	82.33	80.51

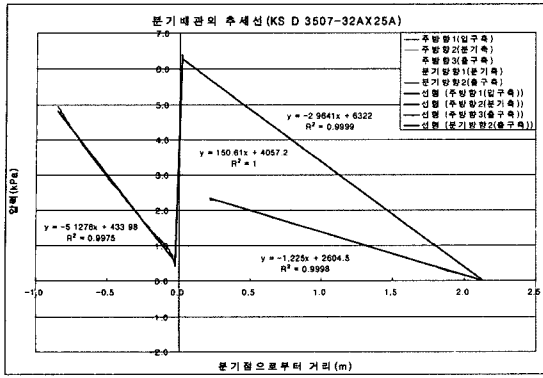


Figure 3. Tendency line about pressure drop of T-Branch Pipe(KS D3507-32A x 25A).

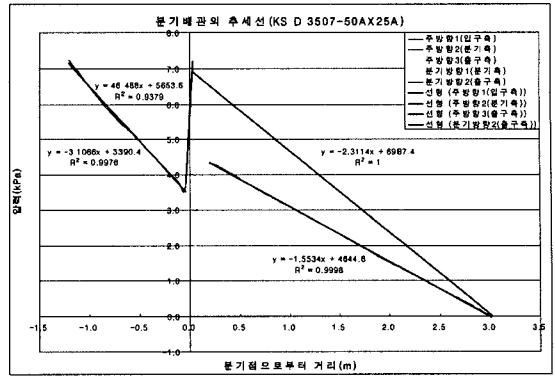


Figure 6. Tendency line about pressure drop of T-Branch Pipe(KS D 3507-50A x 25A).

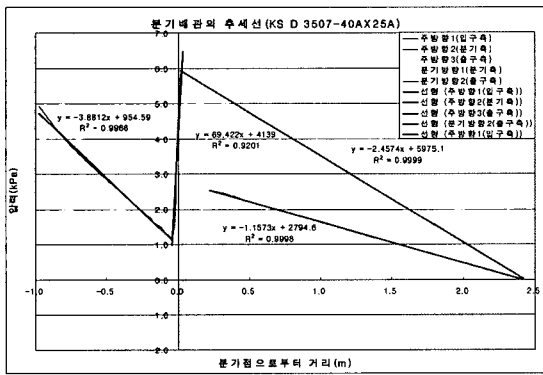


Figure 4. Tendency line about pressure drop of T-Branch Pipe(KSD 3507-40A x 25A).

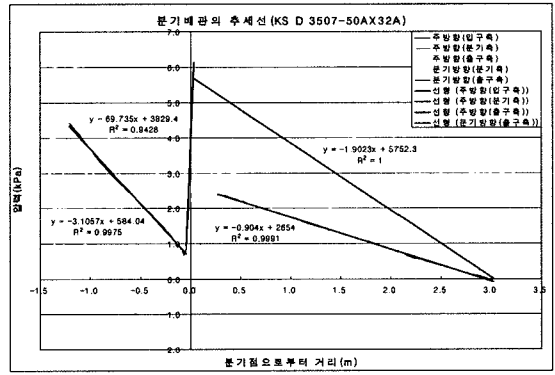


Figure 7. Tendency line about pressure drop of T-Branch Pipe(KS D 3507-50A x 32A).

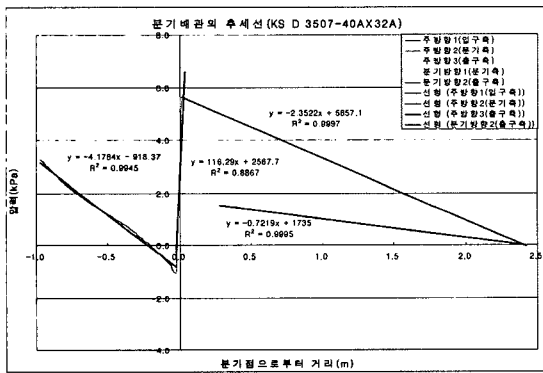


Figure 5. Tendency line about pressure drop of T-Branch Pipe(KS D3507-40A x 32A).

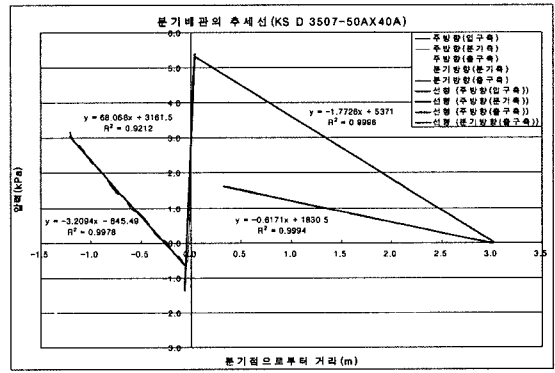


Figure 8. Tendency line about pressure drop of T-Branch Pipe(KS D3507-50A x 40A).

%인 50A x 25A를 제외한 다른 경우는 모두 분기배관에서 분기점 부근의 압력이 “-” 나타내고 있다.

분기배관의 분기방향 내경이 증가함에 따라 주방향의 불연속 압력변화값이 크게 증가하는 것을 알 수 있

으며 분기축에서의 불연속 압력값이 증가하는 것을 볼 수 있다. 또한 입구축의 압력은 분기관의 내경이 작을수록 높아지며 커짐에 따라 낮아지는 것을 알 수 있다. 또한 분기된 후 주배관의 압력은 내경이 커짐에 따라

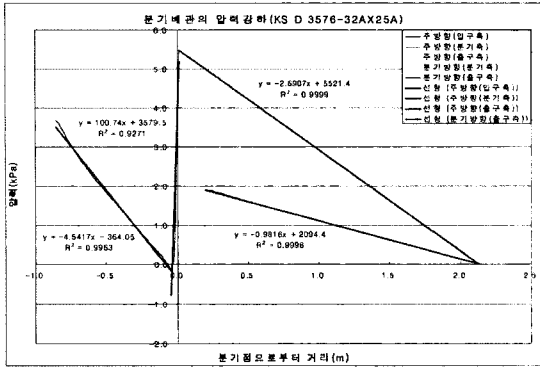


Figure 9. Tendency line about pressure drop of T-Branch Pipe(KS D 3576 10S-32A x 25A).

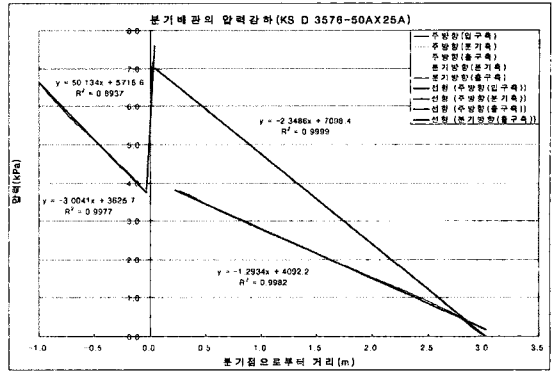


Figure 12. Tendency line about pressure drop of T-Branch Pipe(KS D 3576 10S-50A x 25A).

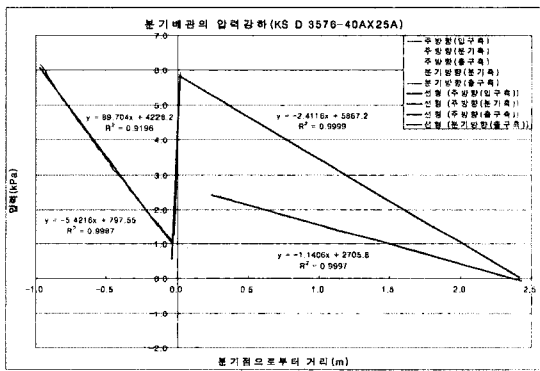


Figure 10. Tendency line about pressure drop of T-Branch Pipe(KS D 3576 10S-40A x 25A).

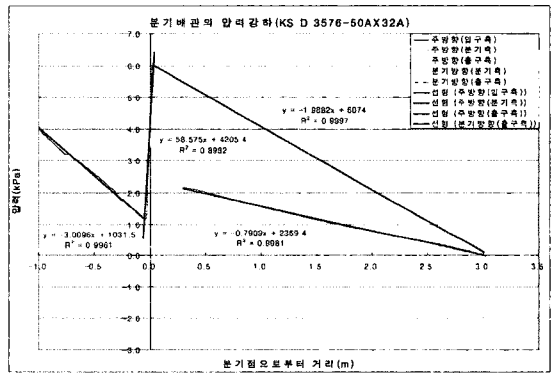


Figure 13. Tendency line about pressure drop of T-Branch Pipe(KS D 3576 10S-50A x 32A).

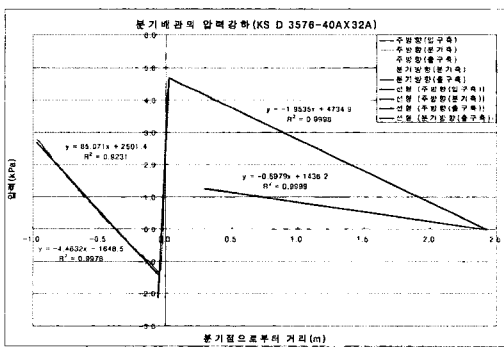


Figure 11. Tendency line about pressure drop of T-Branch Pipe(KS D 3576 10S-40A x 32A).

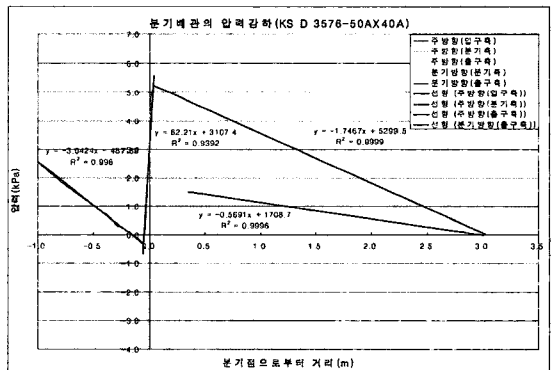


Figure 14. Tendency line about pressure drop of T-Branch Pipe(KS D 3576 10S-50A x 40A).

나아가나 입력측의 변화보다는 작은 변화를 보이고 있다. KS D 3576 10S에 대한 해석결과를 Figure 9~Figure 14에 나타내었다. 해석결과는 KS D 3507과 유사한 결과를 보이고 있다.

4. 압력손실시험

4.1 시험장치

분기배관의 압력손실값을 측정하기 위해 가장 중요

한 것은 측정점을 정하는 것으로 분기부분의 영향에 따라 급격한 압력이 변하는 부분을 배제하여야 한다. 밸브 등의 마찰손실 및 유량측정 시험방법은 국내의 경우 KS B 2101⁵⁾(밸브의 용량계수 시험방법)로 규격화되어 있으며, 이에 대응하는 해외규격(flow capacity, test procedures)으로는 BSI 5793-2-2.3,⁶⁾ IEC 534-2-3, EN 60534-2-3 등이 있다. 각 규격별 측정구간의 치수를 Table 2에 나타내었고 L_{in}과 L_{out}은 압력계 탭의 위치이다.

본 시험은 KS B 2101을 기본으로 하였다. 시험장치는 정류통, 유량계, 차압계, 유량조정밸브 등으로 구성하였고, 유체의 유동은 펌프기동방식으로 구성하였으며 측정되는 차압과 유량은 데이터기록장치를 이용하여 기록하였다. 각 규격별 측정구간의 치수 및 개략적인 시험장치를 Figure 15에 나타내었다.

4.2 시험방법

압력손실시험은 다음과 같은 방법으로 실시하였다.

첫째, Figure 15의 압력손실시험장치를 이용하여 분기배관 주방향의 입구측(p₁), 출구측(p₂) 및 분기방향의 출구측(p₃) 압력값을 측정 소수점 셋째자리까지 측정한다.

둘째, 설계 및 시공의 적용성을 향상시키고자 배관의 이음쇠와 같은 크기에서 등가길이를 결정하도록 하여 분기배관의 직류중심과 분류중심의 크기에 따른 압력손실값을 계산한다.

Table 2. Dimension of testing area each code

규격	구분	B	L _{in}	L _{out}	D
KS B 2101		20 D	2 D	6 D	10 D
BSI 5793-2-2.3		20 D	2 D	6 D	7 D
IEC 534-2-3		"	"	"	"
EN 60534-2-3		"	"	"	"

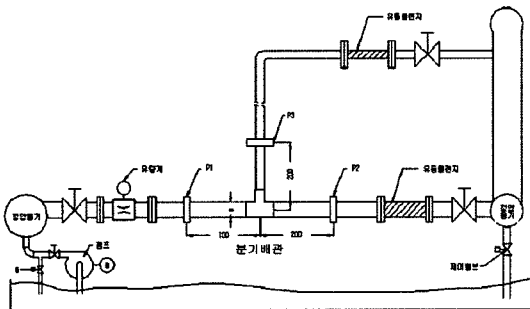


Figure 15. Pressure drop test device of T-Branch Pipe.

셋째, 분기되지 않은 부분의 배관에 대한 압력손실 값은 다음식을 이용하여 별도로 측정하였다.

$$\Delta p = 6.174 \times 10^5 \times \frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}} \times l$$

Δp : 직관부 및 곡관부의 압력손실값(MPa)

l : 직관부 및 곡관부의 길이(m)

Q : 유량(l/min)

C : 분기배관의 인정기준 12.2.1에 의한 마찰계수

D : 배관의 내경(mm)

넷째, 측정한 p₁, p₂ 및 p₃의 값을 이용하여 Table 3에서 정한 크기 만큼의 등가길이를 다음 식을 이용하여 계산한다.

$$L = \frac{l}{6.174 \times 10^5} \times \frac{C^{1.85} D^{4.87}}{Q^{1.85}} \times 10 \Delta p$$

L : 직관부 및 곡관부 등가길이(m)

Δp : 압력손실값(MPa)

Q : 유량(l/min)

C : 마찰계수

D : 배관의 내경(mm)

5. 해석 및 시험결과 비교

분기배관의 호칭 32A × 25A, 40A × 25A, 40A × 32A, 50A × 25A, 50A × 32A, 50A × 40A에 대해 유속 4.5 m/s에서의 주방향과 분기방향의 압력변화를 유한체적법을 이용하여 해석하였다. 해석결과 분기부분에 급격한 유동변화가 있고, 분기부분으로부터 충분한 거리를 유

Table 3. Straight and branch center of T-Branch Pipe

	호칭 (D × d)	직류중심(C)	분류중심(M)
	KS D 3507	32 × 25	47.6
40 × 25		57.2	57.2
40 × 32		57.2	57.2
50 × 25		63.5	50.8
50 × 32		63.5	57.2
50 × 40		63.5	60.3
KS D 3576	32 × 25	47.6	47.6
	40 × 25	57.2	57.2
	40 × 32	57.2	57.2
	50 × 25	63.5	50.8
	50 × 32	63.5	57.2
	50 × 40	63.5	60.3

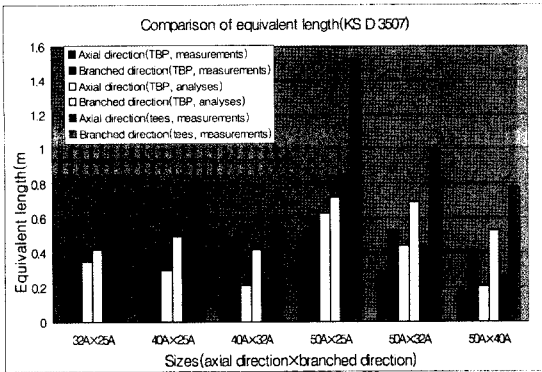


Figure 16. Comparison of equivalent length of KS D 3507.

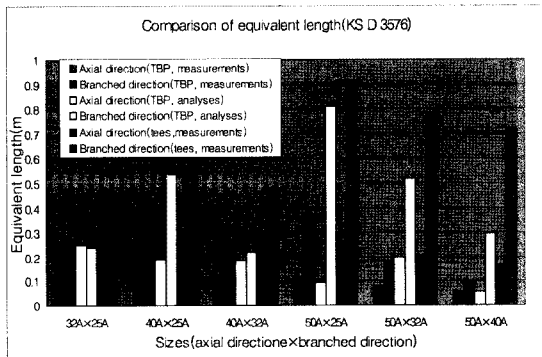


Figure 17. Comparison of equivalent length of KS D 3576.

지할 경우 압력변동은 1차함수 형태로 표현할 수 있음을 알 수 있었다.

해석결과를 근거로 호칭별 분기배관의 주방향의 입구측, 출구측, 분기방향의 출구측에 대한 압력손실측정 위치를 정하여 그 위치에서 압력손실값을 측정한 후 배관이음쇠와 같은 크기에 대한 등가길이를 Figure 16 및 Figure 17에 나타내었다.

6. 결 론

본 논문을 통해 KS D 3507 및 KS D 3576 10S의

호칭 32A×25A, 40A×25A, 40A×32A, 50A×25A, 50A×32A, 50A×40A에 대한 압력강하해석, 압력측정 시험을 실시하였고 이에 따라 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 분기배관의 분기부분에서 급격한 압력변화가 있음을 알 수 있었고,
- 2) 주방향의 입구측, 출구측, 분기방향의 출구측의 압력강하는 기울기가 음수인 1차함수의 형태로 나타낼 수 있음을 알 수 있었다.
- 3) 주방향의 배관호칭이 같을 경우 분기방향의 호칭이 증가함에 따라 주방향의 등가길이는 증가하고 분기방향의 등가길이는 감소한다는 사실을 알 수 있었다.
- 4) 또한, 분기배관의 압력손실측정을 위한 주방향과 분기방향의 압력측정위치를 다음과 같이 정할 수 있다.

- 주방향의 입구측은 주배관의 호칭×20배
- 출구측은 주배관의 호칭×10배
- 분기방향의 출구측은 주배관의 호칭×20배

감사의 글

본 연구에 도움을 주신 한국소방검정공사 기계장치팀 직원여러분들과 분기배관 제조업체 관계자 분들께 감사드립니다.

참고문헌

1. 남준석외 5인, 유한요소법을 이용한 분기배관의 성형 해석에 관한 연구, 한국화재소방학회 논문지 Vol.21, No.1, p.98(2007)
2. 板谷松樹, “例えば、水力学”, 日本機械學會, p.122 (1960)
3. Bruce R. Munson, Fundamentals of Fluid Mechanics, p.481(1990)
4. 허만성, 소방유체역학, 동일출판사, p.262(2000)
5. KS B 2101(밸브의 용량계수 시험 방법) (1999)
6. Flow of Fluids through Valves Fittings and Pipe, Crane, p.25(1990)