

소방설비용 스테인리스 배관에 관한 연구

남준석, 사공성호, 백창선, 이영식, 박주환*, 민경탁**
 한국소방검정공사, *(사)한국철강협회, **인천대학교 기계공학과

A study on the stainless steel pipe for fire protection system

Jun-Seok Nam , Seong-Ho Sakong, Chang-Sun Baek,
 Young-Sik Lee, Joo-Hwan Park, Kyung-Tak Min*
 *KFI Republic Corp, KISA, **University of Incheon

1. 서 론

배관을 시공하기 위해서는 배관을 원하는 크기로 절단한 후 엘보(elbow), 티(tee) 등과 연결하는 작업을 반복하여야 하며, 배관(pipe)의 연결방식으로는 용접·나사·플랜지·그루빙 등이 있다. 현재 국내에서 사용되는 강관(steel pipe)의 배관연결방식은 관지름이 50 mm 이하일 때 나사이음, 65 mm 이상일 때 용접이음을 원칙으로 한다.¹⁾

용접연결방식은 전문인력의 부족, 작업환경의 악화, 작업환경의 화재위험성 등이 우려되며 나사연결방식은 나사부의 두께 감소에 따른 강도 저하 등의 문제점이 있다.

배관의 측면에 적당한 구멍을 뚫고 인발 등의 소성가공으로 확관시켜 배관이음자리를 만들어 놓은 배관을 ‘분기배관’²⁾이라 하고 그 적용 예시를 Fig 1에 나타내었다. 분기배관은 현재 분기부분의 강도해석, 성형해석 등을 통해 그 성능을 확인하였으며 「스프링클러설비의 화재안전기준」 등 11개 화재안전기준에서 사용할 수 있도록 하였다.

본 연구에서는 ‘분기배관’중 ‘배관용 탄소강관’에 해당하는 ‘배관용 스테인리스강관’의 사양을 유한요소해석과 본체강도시험을 통해 명확하게 하여 스테인리스배관의 사용을 활성화하고자 한다.

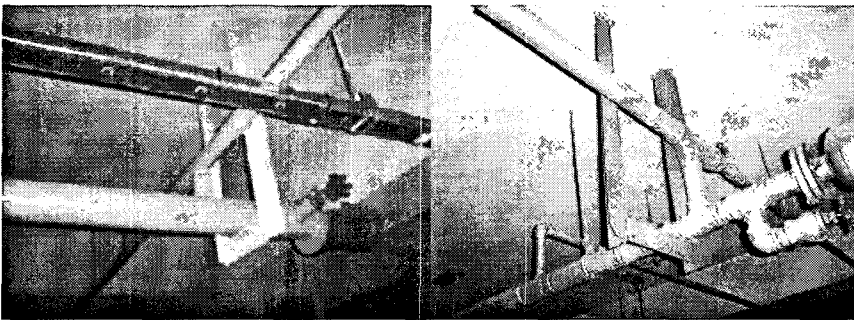


Fig 1. Exemplification of T-Branch Pipes

2 강도평가방법

배관의 강도를 평가하기 위해 취약부인 분기부분의 강도를 확인하고자 KS D 3507 (배관용 탄소강관)과 KS D 3576(배관용 스테인리스 강관)중 32A×25A, 40A×25A, 40A×32A, 50A×25A, 50A×32A 및 50A×40A을 해석의 대상으로 하였다.

강도해석은 3D CAD geometry를 Pro/Engineer Wildfire 2.0을 이용하였고 ABAQUS v6.5.1로 해석하였고 이에 대한 해석의 정확도를 확인하기 위해 본체강도시험(Body strength test)을 실시하였다. 본체강도시험은 제품이 적정한 강도를 갖도록 설계되었는지를 확인할 수 있는 시험으로 정수압시험(Hydrostatic test), 파괴시험(Rupture test) 등의 용어로 달리 사용되기도 한다.³⁾⁴⁾⁵⁾

3 강도해석

3.1 재료의 물성값, 경계조건 등

사용된 재료의 물성값을 Table 1에, 경계조건을 Fig 2에 나타내었다.

Table 1. Input properties data of KS D 3507 and KS D 3576

	KS D 3507	KS D 3576 10S
항복강도	363.6N/mm ²	205N/mm ²
인장강도	427.5N/mm ²	739.0N/mm ²
파단강도	389.7N/mm ²	-
연신율	0.206	0.5
탄성계수	179,400N/mm ²	90,900N/mm ²
포아송의 비	0.29	0.29

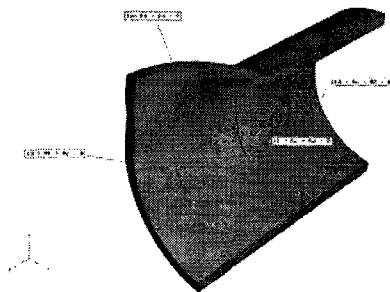


Fig 2. Boundary condition of KS D 3507 and KS D 3576 10S

해석에 사용된 분기배관의 위치치수를 Table 2에 나타내었다. 배관에 인장응력만 걸리는 반경방향에 비해 인장과 압축이 동시에 작용하는 길이방향에서 내측반경, 외측반경 및 두께가 최대임을 알 수 있다.

또한, 각각의 강도해석에 대한 결과를 Table 3에 나타내었다. Table 3에서 최대응력이 항복강도에 비해 낮음을 알 수 있으며 이중 50A×40A에 대한 결과를 Fig 3 및 Fig 4에서 보여주었다. 그림에서 보듯이 분기배관에 작용하는 최대응력은 길이방향의 내측 끝단에 작용한다.

Table 2. Positional dimensions of T-Branch Pipes(unit : mm)

배관호칭	배관종류	반경방향			45° 방향			길이방향		
		내측 반경	외측 반경	두께	내측 반경	외측 반경	두께	내측 반경	외측 반경	두께
32A×25A	KS D 3507	14.44	17.36	2.92	14.43	17.05	2.62	14.48	18.25	3.77
	KS D 3576 10S	15.02	17.49	2.47	15.08	17.53	2.45	15.29	18.70	3.41
40A×25A	KS D 3507	14.43	17.38	2.95	14.45	17.18	2.73	14.47	18.14	3.67
	KS D 3576 10S	14.90	17.46	2.56	15.03	17.55	2.52	15.21	18.61	3.40
40A×32A	KS D 3507	18.88	21.55	2.67	18.67	21.33	2.66	19.01	22.84	3.83
	KS D 3576 10S	19.05	21.56	2.51	19.13	21.64	2.51	19.67	22.97	3.30
50A×25A	KS D 3507	13.99	17.27	3.28	13.97	17.24	3.27	13.89	18.44	4.55
	KS D 3576 10S	14.73	17.35	2.62	14.87	17.54	2.67	15.19	18.62	3.43
50A×32A	KS D 3507	18.36	21.41	3.28	18.52	21.66	3.14	18.70	22.94	4.24
	KS D 3576 10S	19.25	21.85	2.6	19.40	21.91	2.51	19.80	23.18	3.38
50A×40A	KS D 3507	21.30	24.72	3.42	21.40	24.50	3.10	21.6	25.44	3.84
	KS D 3576 10S	22.19	24.75	2.56	22.29	24.78	2.49	22.62	25.59	2.97

Table 3. The results of stress analyses for T-Branch Pipes(unit : N/mm²)

호칭	치수	항복강도	최대응력	비율(%) (최대응력/항복강도)	발생위치
	40A×25A	358.8	191	53.2	
	40A×32A	358.8	215	59.9	
	50A×25A	358.8	196	54.6	
	50A×32A	358.8	237	66.1	
	50A×40A	358.8	222	61.9	
KS D 3576	32A×25A	363.6	226	62.1	
	40A×25A	363.6	246	67.7	
	40A×32A	363.6	260	71.5	
	50A×25A	363.6	298	82.0	
	50A×32A	363.6	328	90.2	
	50A×40A	363.6	314	86.4	

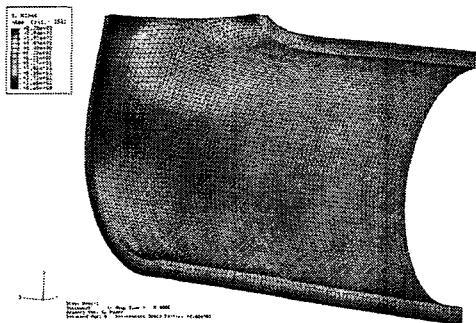


Fig 3. The result of stress analysis for KS D 3507-50A×40A

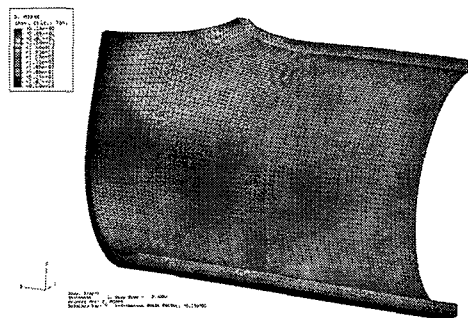


Fig 4. The result of stress analysis for KS D 3576 10S-50A×40A

4. 본체강도시험

4.1 시험방법

강도해석결과 값의 정확성을 판단하기 위해 Fig 5와 같은 시료를 강도해석과 동일한 시료에 대해 제작한 후 Fig 6과 같이 본체강도시험을 실시하여 시험 전후의 형상을 비교하였다.

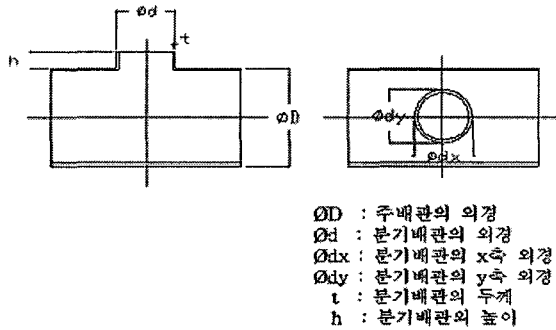


Fig 5. Notations of T-Branch Pipes

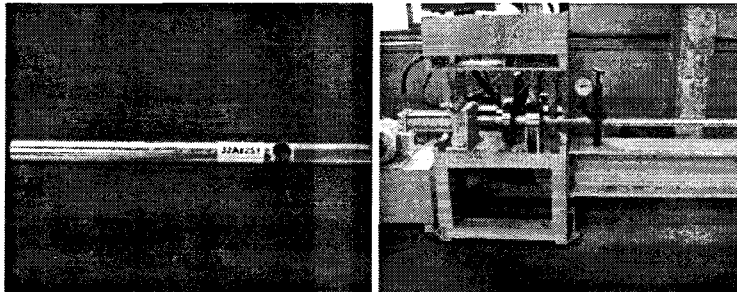


Fig 6. Body Strength Test of T-Branch Pipes(an instance)

4.2 시험결과

본체강도시험 결과를 호칭별로 dx(반경방향), dy(길이방향), t(두께) 및 h(높이)에 대해 각각의 시험전후 값을 측정하여 KS D 3507의 결과를 Fig 7에 KS D 3576 10S의 결과를 Fig 8에 정리하였다.

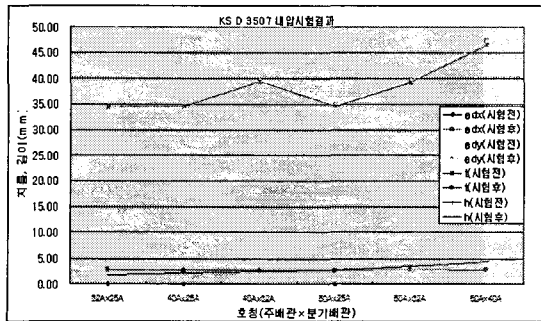


Fig 7. Test results of KS D 3507

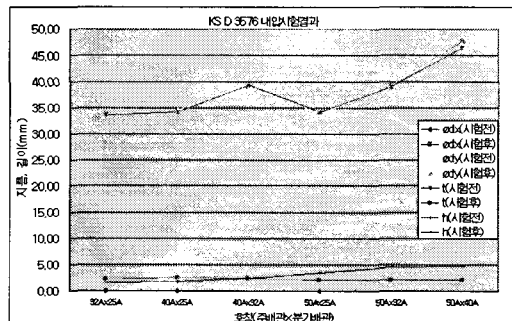


Fig 8. Test results of KS D 3576 10S

5. 사용압력의 결정

분기부분의 연결에 필요한 최대허용압력은 다음 식(6)에 의해 계산될 수 있으며 Table 3의 최대응력값을 이용하여 각각의 분기배관에 대해 계산한 결과를 Table 4에 나타내었다.

$$p = \frac{S(D_b T_m + 5.00(T_b + T_m))}{D_b(D_m + 2.5)}$$

$$p = \frac{2ST_m}{D_m}$$

$$p = \frac{2ST_b}{D_b}$$

D_b : 분기배관의 외경(mm)

D_m : 주배관의 외경(mm)

T_b : 분기배관의 두께(mm)

T_m : 주배관의 두께(mm)

S : 허용응력(kPa)

Table 4. Maximum allowable pressure of T-Branch Pipes

배관의 최대허용압력	호칭 (주×분기)	32A×25A	40A×25A	40A×32A	50A×25A	50A×32A	50A×40A
	KS D 3507	D_m (mm)	42.7	48.6	48.6	60.5	60.5
D_b (mm)		34	34	42.7	34	42.7	48.6
T_m (mm)		3.25	3.25	3.25	3.65	3.65	3.65
T_b (mm)		2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.9
p_1 (kPa)		15,710	15,253	16,458	14,124	16,396	15,236
p_2 (kPa)		26,487	25,545	28,755	23,650	28,597	26,787
p_3 (kPa)		24,565	26,965	24,169	27,671	26,642	26,494
KS D 3576 10S	D_m (mm)	42.7	48.6	48.6	60.5	60.5	60.5
	D_b (mm)	34	34	42.7	34	42.7	48.6
	T_m (mm)	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
	T_b (mm)	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
	p_1 (kPa)	17,676	17,019	17,226	16,723	17,626	16,519
	p_2 (kPa)	29,639	28,346	29,959	27,583	30,360	29,064
	p_3 (kPa)	29,247	31,835	26,792	38,565	33,799	28,428

6. 결론

본 연구를 통해 KS D 3507 및 KS D 3576 10S의 호칭 32A×25A, 40A×25A, 40A×32A, 50A×25A, 50A×32A 및 50A×40A에 대한 강도해석, 본체강도시험 등을 실시한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 분기배관의 최대허용압력의 1/10을 사용압력으로 할 경우 KS D 3507(배관용 탄소강관)의 사용압력을 1.4 MPa, KS D 3576(배관용 스테인리스 강관)의 사용압력을 1.6 MPa로 정할 수 있으며 이는 KS D 3576(배관용 스테인리스 강관)의 사용압력이 KS D 3507(배관용 탄소강관)의 사용압력보다 약 1.1배 높음을 의미한다.
- 2) 이는 「스프링클러설비의 화재안전기준」 등에서 정해진 KS D 3507(배관용 탄소강관)의 사용압력인 1.2 MPa(7미만)에 적합함을 알 수 있다.
- 3) 따라서, KS D 3507(배관용 탄소강관)에 상당하는 스테인리스배관은 KS D 3576

10S가 적정함을 알 수 있다.

감사의 글

본 연구에 도움을 주신 분기배관 제조업체 관계자 분들과 철강협회에 감사드립니다.

참고문헌

- 1) 사단법인 대한설비공학회, 건설교통부 제정 건축기계설비공사 표준시방서, 2005, p321.
- 2) 한국소방검정공사, 분기배관의 인정기준, 2006, p1.
- 3) UL 193, Alarm Valves for Fire -Protection Service, 28. Strength of body test, 22p
- 4) FM Class Number 1011 and 1012, Approval Standard for Deluge Systems and Preaction Systems, 7.3 Hydrostatic Tests, 8p
- 5) FM Class Number 1021, Approval Standard for Dry Pipe Valves, 4.5 Hydrostatic Tests, 6p
- 6) ASME B31.9, Section 930.2 Mechanically Formed Extruded Outlets in Copper Tube, 2004
- 7) 소방방재청, 스프링클러설비의 화재안전기준 제8조제1호