

초고층건축물에 사용되는 분기배관의 사용압력에 관한 연구

이 성 호^{**}, 김 회 송^{*}

김천대학 컴퓨터응용모델링계열, ^{*}단국대학교 기계공학과

A Study on the Working Pressure of TBP used in Tall Building

Sung-Ho Lee^{**}, Hei-Song Kim^{*}

Division of Computer Applied Modeling, Gimcheon College, Gimcheon, 740-704, Korea

^{}Department of Mechanical Engineering, Dankook University, Gyeonggi-Do, 448-701, Korea*

(Received February 20, 2008; revision received April 18, 2008)

ABSTRACT: In this study, we had the stress analyses of TBP used in Tall Building and determined the working pressure of TBP. We knew the four fact. First, the place acted maximum stress is axial direction of branched part. Second, working pressure is more than 2.0 MPa. Third, stress in branched part is less than yielding strength at hydrostatic test pressure. Fourth, the ratio(stress/yielding stress at hydrostatic test pressure) is 0.4~0.6(KS D 3562 Sch 40), 0.3~0.4(KS D 3576 20S).

Key words: TBP(T-Branched Pipe, 분기배관), FEM(Finite Element Method, 유한요소법), Strength analysis(강도해석)

기 호 설 명

- D : 주방향의 외경(mm)
- T : 주방향의 두께(mm)
- d : 분기방향의 외경(mm)
- t : 분기방향의 외경(mm)

1. 서 론

신용공업국들은 자국의 경제력을 보여주고 렌드마크로써의 상징성 및 우수한 관광자원의 확보 측면에서 초고층건축물을 지으려 하고 있다.

또한, 초고층건축물은 건축물 자체가 가지는 의미 이외에도 배관, 구조재 등 관련 자재와 건축기술 향상을 가져올 것이며 토지 이용 효율의 극대화, 도시 이미지 향상 등에도 영향을 미칠 수 있

으므로 수요가 확대될 것이다.

국내에서도 최근 초고층 건축물이 꾸준히 증가하는 추세로 주상복합건축물의 활성화, 토지 이용 효율의 극대화 추구 등으로 인해 초고층건축물에 대한 수요는 늘어날 전망이다.

배관의 측면에 적당한 구멍을 뚫고 인발 등의 소성가공으로 확관시켜 배관이음자리를 만들어 놓은 배관을 ‘분기배관’⁽¹⁾ 이라한다. 분기배관은 최근 화재안전기준에서 사용할 수 있도록 허용하고 있다.

따라서 본 논문에서는 초고층건축물에 사용되는 배관 자재인 분기배관의 최대사용압력을 정하여 초고층건축물에 분기배관이 사용될 수 있는 환경을 구축하고자 한다.

2. 강도해석

2.1 강도해석 대상

해석을 수행하기 위하여 분기배관의 해석대상을

[†] Corresponding author

Tel.: +82-54-420-4134; fax: +82-54-420-4134

E-mail address: shlee@gimcheon.ac.kr

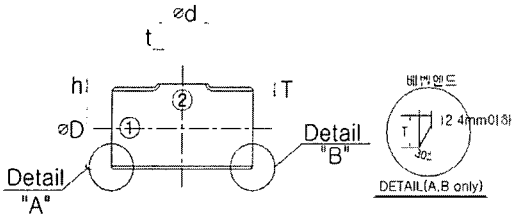


Fig. 1 The form of TBP used in analysis.

Table 1 Sizes of TBPs used in strength analyses

Pipe	Size	32A×25A	40A×25A	40A×32A	50A×25A	50A×32A	50A×40A																							
		KS D 3562 (mm)	D 42.7±0.5	48.6±0.5	48.6±0.5	60.5±0.8	60.5±0.8	60.5±0.8	T 3.6	3.7	3.7	3.9	3.9	3.9	d 34±0.5	34±0.5	42.7±0.5	34±0.5	42.7±0.5	48.6±0.5	t 2.4(min)	2.6(min)	2.6(min)	2.6(min)	2.6(min)	2.6(min)	h 1.0(min)	1.2(min)	1.2(min)	1.2(min)
KS D 3576 20S (mm)	D 42.7±0.5	48.6±0.5	48.6±0.5	60.5±1.0	60.5±1.0	60.5±1.0	T 3.0	3.0	3.0	3.5	3.5	3.5	d 34±0.5	34±0.5	42.7±0.5	34±0.5	42.7±0.5	48.6±0.5	t 2.3(min)	2.3(min)	2.3(min)	2.4(min)	2.4(min)	2.4(min)	h 1.0(min)	1.2(min)	1.2(min)	1.5(min)	1.5(min)	2.0(min)

Table 2 Material properties of KS D 3562 and KS D 3576 20S

Material properties of pipes	Standards of pipes	
	KS D 3562	KS D 3576 20S
Yield strength	358.8 N/mm ²	363.6 N/mm ²
Elongation percentage	0.206	0.5
Modulus of elasticity	179,400 N/mm ²	90,900 N/mm ²
Poisson's ratio	0.29	0.29

KS D 3562(압력배관용 탄소강관)와 이에 해당하는 강도를 갖는 스테인리스강관인 KS D 3576(배관용 스테인리스강관) 20S를 해석대상으로 하였다. 해석을 수행한 분기배관의 규격은 Fig. 1 및 Table 1에 나타내었고, 각각의 배관에 대한 물리적 성질은 Table 2와 같다.

2.2 강도해석 방법

해석에 필요한 3D CAD Geometry 데이터는 Pro/Engineer Wildfire 3.0을 사용하여 작성하였으며, 이를 표준 CAD 파일인 stp형태로 변환하여 ABAQUS V6.5를 이용하여 강도해석을 수행하였다.

2.2.1 경계조건

해석에 사용된 분기배관의 경계조건은 Table 3과 같으며 해석에 사용된 분기배관의 축방향과 모델링 예시를 Fig. 2에 나타내었다.

2.2.2 내부압력

분기배관 내부에 가해질 수 있는 최고내부압력을 20 MPa로 가정하여 이때에 가해진 압력으로 인해 분기배관에 발생하는 내력인 응력의 최대값을 분기배관의 재료특성인 항복강도와 비교하였다.

Table 3 Constraint conditions of TBP in strength analyses

	Branched direction	Axial direction
Displacement(T1)	-	-
Displacement(T2)	Restriction	-
Displacement(T3)	-	Restriction
Rotation(R1)	Restriction	Restriction
Rotation(R2)	-	Restriction
Rotation(R3)	Restriction	-

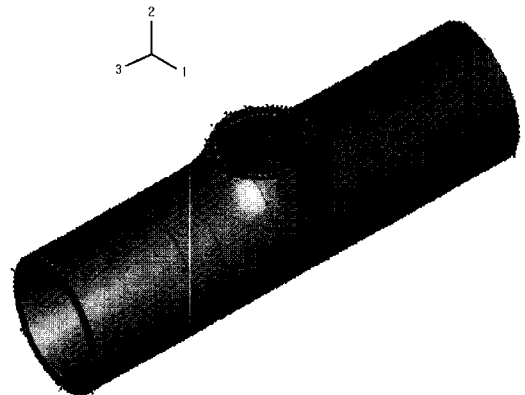


Fig. 2 The axis of coordinates in TBP.

3. 해석결과 및 고찰

3.1 강도해석결과

최고내부압력으로 가정한 20 MPa이 분기배관에 가해진 후 걸리는 각각의 Von Mises 응력분포를 Fig. 3부터 Fig. 14에 나타내었다. 분기배관에 작용하는 최대응력의 발생지점은 분기부분의 축방향 내측입을 알 수 있다.

각각의 분기배관에 작용하는 최대응력은 Table 4와 같다. 분기배관에 20 MPa의 압력이 가해질 경우 분기부분은 모두 소성변형을 일으킴을 알 수 있다.

Table 4 Stress analyses results of TBP

Sizes	Properties	Yield strength (N/mm ²)	Maximum stress (N/mm ²)
32×25	KS D 3562	358.8	542.5
	KS D 3576 20S	363.6	647.2
40×25	KS D 3562	358.8	568.9
	KS D 3576 20S	363.6	680.0
40×32	KS D 3562	358.8	684.1
	KS D 3576 20S	363.6	782.7
50×25	KS D 3562	358.8	736.8
	KS D 3576 20S	363.6	786.9
50×32	KS D 3562	358.8	684.2
	KS D 3576 20S	363.6	753.2
50×40	KS D 3562	358.8	701.2
	KS D 3576 20S	363.6	827.3

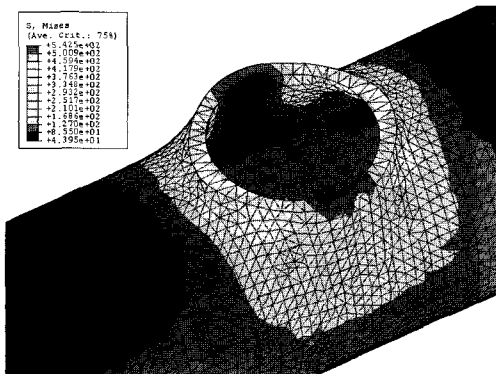


Fig. 3 Stress analyzed result of TBP(KS D 3562-32×25).

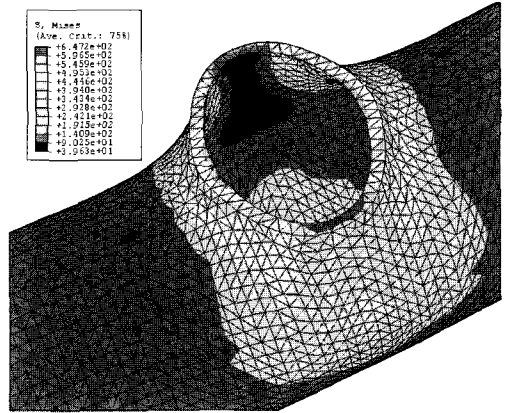


Fig. 4 Stress analyzed result of TBP(KS D 3576 20S-32×25).

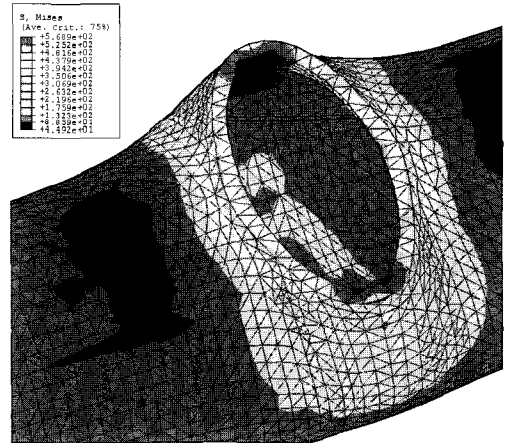


Fig. 5 Stress analyzed result of TBP(KS D 3562-40×25).

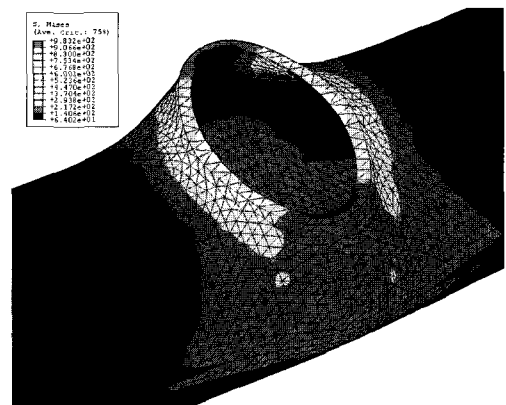


Fig. 6 Stress analyzed result of TBP(KS D 3576 20S-40×25).

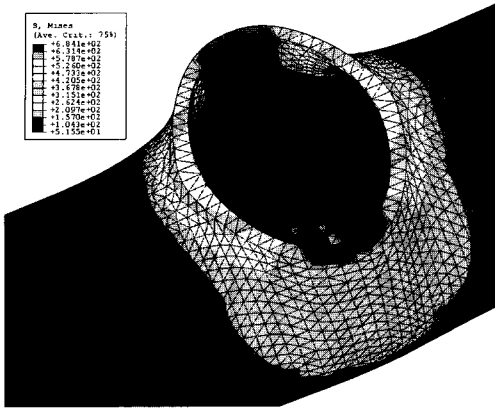


Fig. 7 Stress analyzed result of TBP(KS D 3562-40×32).

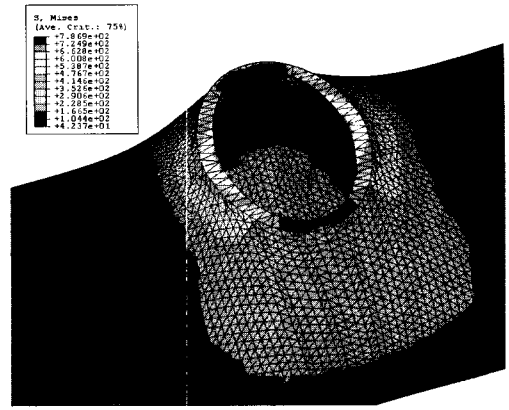


Fig. 10 Stress analyzed result of TBP(KS D 3576 20S-50×25).

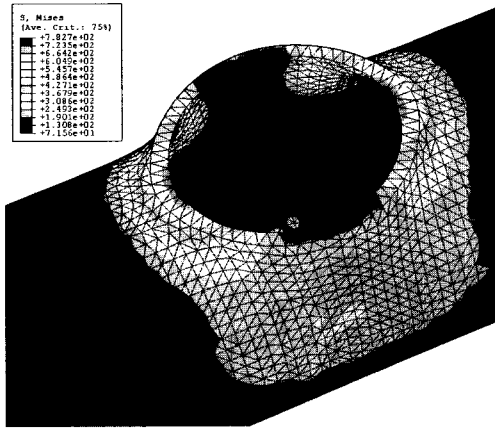


Fig. 8 Stress analyzed result of TBP(KS D 3576 20S-40×32).

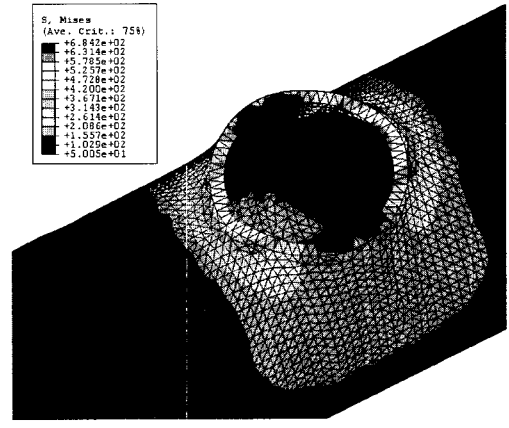


Fig. 11 Stress analyzed result of TBP(KS D 3562-50×32).

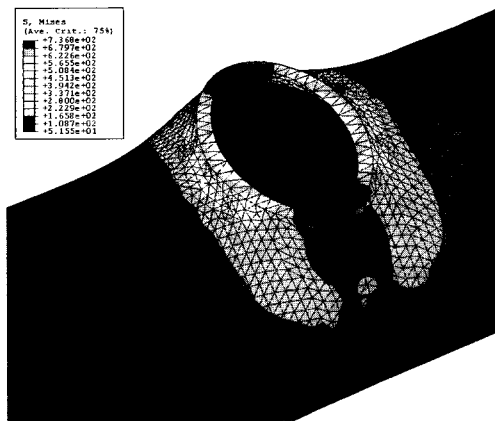


Fig. 9 Stress analyzed result of TBP(KS D 3562-50×25).

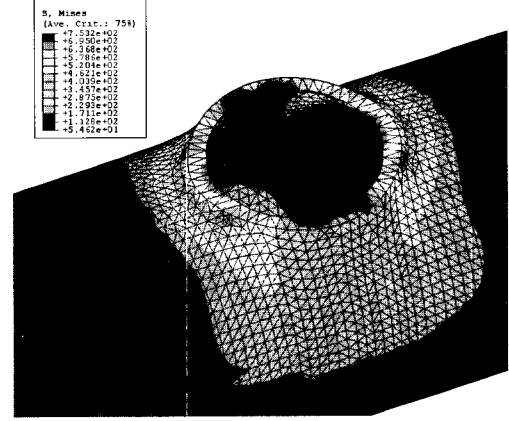


Fig. 12 Stress analyzed result of TBP(KS D 3576 20S-50×32).

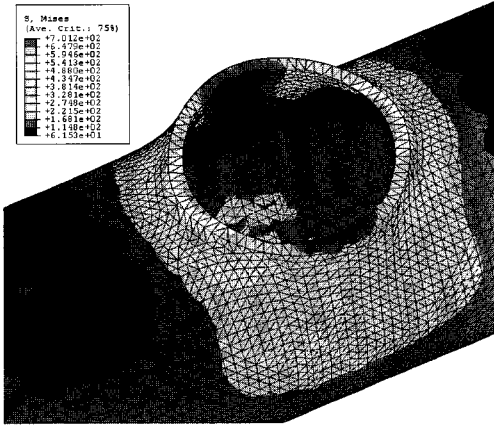


Fig. 13 Stress analyzed result of TBP(KS D 3562-50x40).

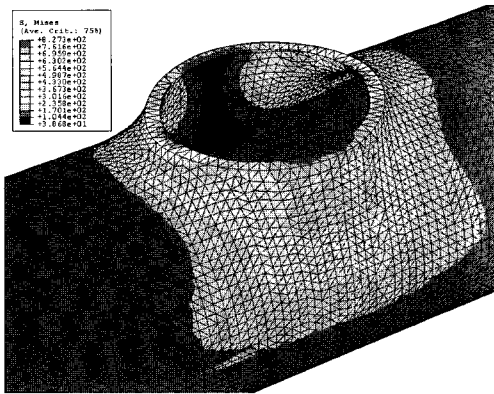


Fig. 14 Stress analyzed result of TBP(KS D 3576 20S-50x40).

3.2 최고사용압력의 산출

분기배관과 같은 제품에서 직접 인장강도를 확인할 수 없으므로 통상적으로 제품본체에 제품의 특성, 크기에 따라 최고사용압력의 4대지 5배의 수압력을 가해 균열, 파괴 등을 확인하는 방법을 많이 사용하고 있으며 이러한 시험방법을 본체강도 시험(Body strength test), 정수압시험(Hydrostatic test), 파괴시험(Rupture test) 등으로 부른다.⁽²⁻⁵⁾

Table 4에서 20 MPa의 수압력이 분기배관에 작용한 경우에 분기부분에 발생하는 응력을 기준으로 소성영역에서 강도와 압력의 관계를 선형으로 가정하여 항복점에서 작용하는 압력을 계산한 후, 이를 기준압력으로 최대사용압력(Maximum working pressure)을 산출하여 Table 5에 나타내었다.

Table 5 Maximum working pressure of TBP

Pipe	Pressure	Pressure at yielding point(MPa)	Maximum working pressure(MPa)
32x25	KS D 3562	13.2	3.3
	KS D 3576 20S	11.2	2.8
40x25	KS D 3562	12.6	3.2
	KS D 3576 20S	10.7	2.7
40x32	KS D 3562	10.5	2.6
	KS D 3576 20S	9.3	2.3
50x25	KS D 3562	9.7	2.4
	KS D 3576 20S	9.2	2.3
50x32	KS D 3562	10.5	2.6
	KS D 3576 20S	9.7	2.4
50x40	KS D 3562	10.2	2.6
	KS D 3576 20S	8.8	2.2

이 시험에서는 본체강도 기준압력을 관련 규정 등을 참고해서 4배로 하였다.

3.3 수압시험압력 시 분기배관의 응력

배관의 수압시험압력은 KS D 3562 Sch 40⁽⁶⁾의 경우 5.9 MPa, KS D 3576 20S⁽⁷⁾의 경우 3.5 MPa이다. 이때 걸리는 분기부분의 응력은 다음 표와 같다. 즉, 이때에 작용하는 항복강도와 작용응력의 비는 KS D 3562 Sch 40은 0.4~0.6배이고 KS D 3576

Table 6 Stress at branched part in TBP

Pipe	Stress	Stress (N/mm ²)	Ratio (Stress/Yielding stress)
32x25	KS D 3562	160.0	0.4
	KS D 3576 20S	113.3	0.3
40x25	KS D 3562	167.8	0.5
	KS D 3576 20S	119.0	0.3
40x32	KS D 3562	201.8	0.6
	KS D 3576 20S	137.0	0.4
50x25	KS D 3562	217.4	0.6
	KS D 3576 20S	137.7	0.4
50x32	KS D 3562	201.8	0.6
	KS D 3576 20S	131.8	0.4
50x40	KS D 3562	206.9	0.6
	KS D 3576 20S	144.8	0.4

20S는 0.3~0.4배이다.

참고문헌

4. 결 론

초고층건축물에 사용될 수 있는 분기배관인 KS D 3562 Sch 40과 KS D 3576 20S의 강도해석결과 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

- (1) 분기배관에 최대응력이 작용하는 곳은 분기부분의 축방향이고,
- (2) 분기배관의 최대사용압력은 2.0 MPa까지 사용 가능 하며,
- (3) 수압시험압력을 분기배관에 가하였을 경우 분기부분의 축방향에 걸리는 응력은 항복강도 이하이다.
- (4) 이때 작용하는 응력을 항복강도와 비교할 경우 KS D 3562 Sch 40은 0.4~0.6배이고 KS D 3576 20S는 0.3~0.4배임을 알 수 있었다.

후 기

본 논문에 도움을 주신 (주)화성방재 이종욱사장님 이하 직원여러분께 감사드립니다.

1. KFI Corp. 2006, KFI Certificated Standard of T-Branched Pipe, p. 1.
2. Nam, J. S., et al., 2007, A study on the Strength Analyses of T-branch Pipes, T. of Korean Institute of Fire Sci. and Eng., Vol. 21, No. 2, p. 36.
3. UL, 2004, Alarm Valves for Fire-Protection Service, UL 193, 28. Strength of body test, p. 22.
4. FM, 2004, Approval Standard for Deluge Systems and Preaction Systems, FM Class Number 1011 and 1012, 7.3 Hydrostatic Tests, p. 8.
5. FM, 2004, "Approval Standard for Dry Pipe Valves", FM Class Number 1021, 4.5 Hydrostatic Tests, p. 6.
6. KS D 3562, 1989, Carbon Steel Pipes for Pressure Service, KS CODE, Attachment, Vol. 1. p. 6.
7. KS D 3576, 2003, Stainless steel pipes, KS CODE, Attachment, Vol. 1-1, p. 10.