

건축용 배관의 설계, 시공 및 경년변화에 따른 점검 보수

백수곤 한국전력공사 전력연구원 책임연구원

최근의 건축설비는 업무효율 향상을 위한 기능뿐만 아니라 쾌적한 주거 환경을 보장하기 위한 감성 설계를 중시하게 되었다. 이에 본 고에서는 최적 건축설비 관리를 위한 배관의 설계에서부터 시공, 유지보수에 이르기까지 관련 기술규격을 바탕으로 설명하고자 한다.

건축용 배관에는 급수 및 급탕설비, 위생설비를 포함한 배수설비, 공기조화용 냉난방설비, 가스설비 및 소화설비용 배관으로 크게 분류할 수 있다. 본 고에서는 건축용 배관중에서 공기조화용 난방설비를 위주로 설명하고자 한다.

제1장 배관 설계

배관의 설계라 함은 어떤 기기와 기간간에 유체를 수송하기 위하여 적절한 크기와 두께의 배관 및 부속장치들을 건물에 맞게 선정, 배치하는 작업을 의미한다. 우선, 배관의 크기와 두께는 냉난방시스템 등의 배관내에 사용되어지는 유체의 유량에 따른 적절한 속도와 압력손실을 고려하여 내외경이 결정되어지며, 배관 내외부 압력 및 외부에서 작용하는 하중조건에 따라 두께가 결정된다. 그러나, 실제로는 건축물의 배열과 산업용 배관의 제작 규격 등에 따라서도 배치 조건들이 제한을 받게 되는데, 건축 설비용 배관의 크기에서부터 배치에 따르는 참고사항 등을 기술하려한다.

I. 설계 절차

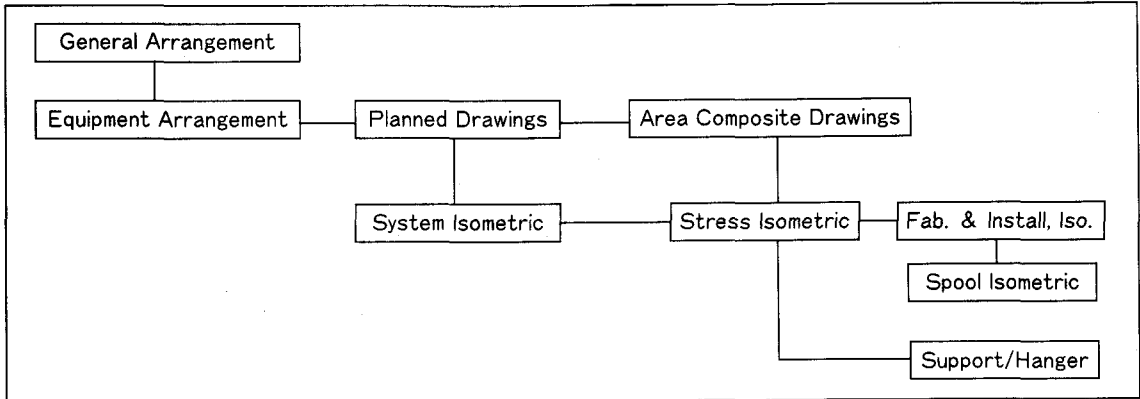
산업용 배관의 설계절차는 배치계획을 위한 사전 배관도면(Planned Drawings)작성, 구역별 배관 상세도면(Area Composite Drawings) 작성, 각종 ISO 도면작성, 그리고 배관지지물 도면작성 등의 순으로 이루어진다. 여기에 고온고압이 작용하는 주요 배관에 대해서는 안전성의 확인을 위하여 응력해석 작업이 추가된다.

배관도면 작성의 일반적 예가 다음 <그림1-1>에 나타나 있다.

1. 기기배치도면(Equipment Arrangement Drawings)

보일러, 열교환기, 급수펌프, 히터등 각종 주요 기기의 위치를 나타내는 도면이므로 이들 기기

〈그림 1-1〉 배관 설계 순서



를 연결하는 배관들의 배치를 위해서는 가장 처음으로 검토되어야 한다. 설계자는 항상 이 도면의 개정 상태를 점검하여 배관도면에 반영하여야 한다.

2. 사전 배관 배치도면(Planned Drawings)

건설용 배관 상세 도면을 작성하기 전에 배관의 최적 배치를 위하여 사전 검토용으로 작성하는 것이다. 이 때에는 예비용 혹은 완성된 기기 배치도, P & ID 등 설계기준자료를 사용하여 작성한다. 주요 임계배관에 대해서는 관내의 압력 손실 계산, 배관 유연성 점검, 지지 위치 설정 등을 위하여 각 계통별 ISO 도면(System Isometric Drawings)을 작성하며, 이 도면은 차후에 응력해석을 위한 ISO 도면(Stress Isometric Drawing) 및 제작설치 ISO 도면 등을 작성하기 위한 기준이 된다.

3. 구역별 배관상세 도면(Area Composite Drawings)

건설용으로 모든 대구경 배관(2 1/2" 이상)을

각 구역 및 층별로 상세하게 나타내어야 한다.

II. 배관내 유속

건축물의 냉난방등에 소요되는 열량을 운반하기 위해서 사용되는 유체의 유량은 건물의 냉난방 부하 계산에 의하여 산출되어지므로, 배관 기술자는 해당 유체의 속도를 결정하는 일을 필두로 설계업무를 착수하게 된다. 그러나, 유체의 유속은 배관의 직경을 작게 함으로서 무한대로 증가할 수 없으므로 실제적으로 얻을 수 있는 최적치를 선정해야 한다.

유체의 유량은 속도와 단면적에 따라 다음과 같이 결정되므로 배관의 직경은 유량과 속도에 따라 결정된다.

$$v = \frac{q}{A}$$

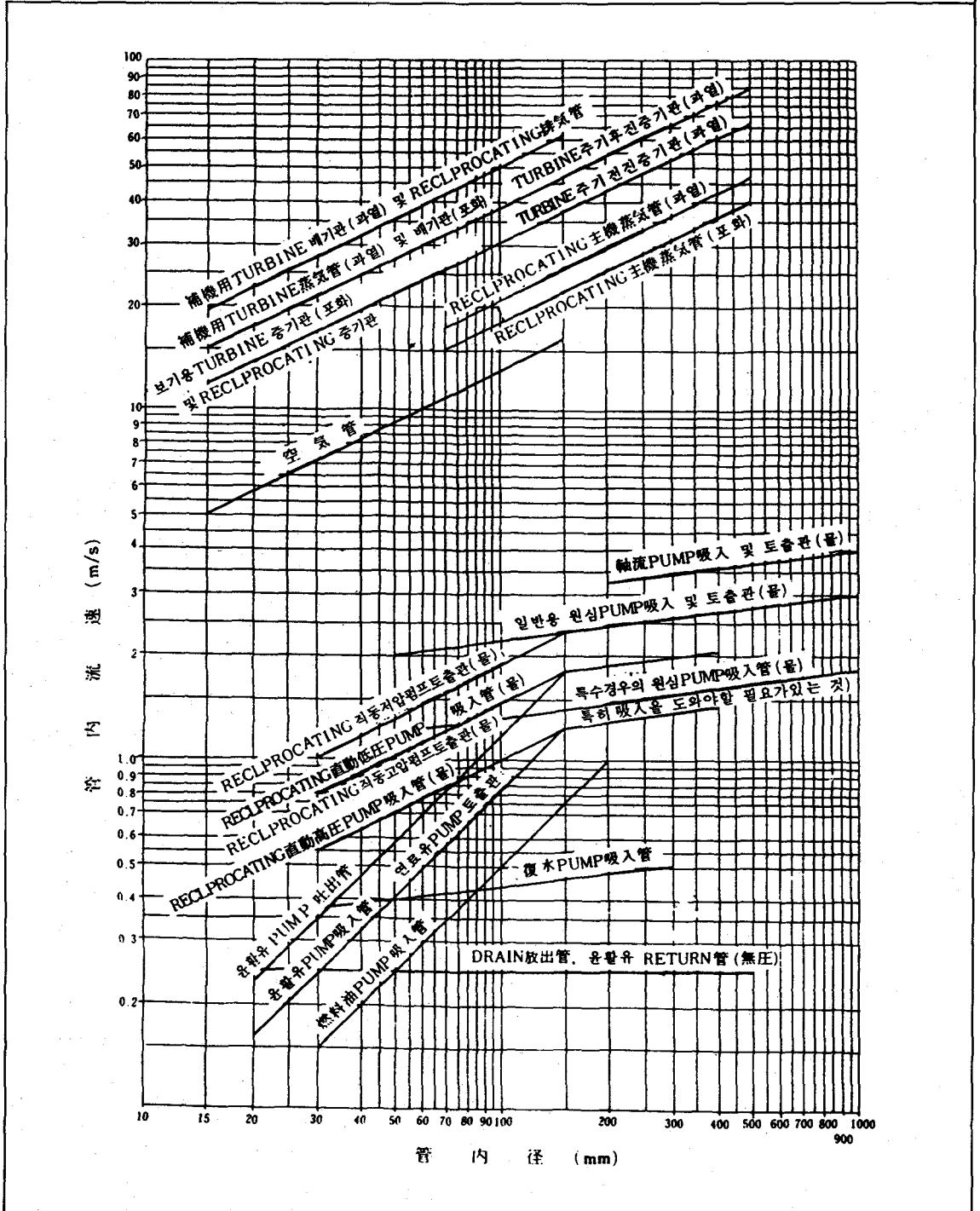
여기서 v는 속도이고, q는 유량, A는 배관의 단면적을 의미한다.

배관의 직경을 결정할 때에는 배관내에 발생하는 유동저항에 따라 생기는 압력손실을 어느

〈표1-1〉 증기관내의 제한속도(m/s)

관 경(mm)	20	25	32	40	50	65	80	90	100
역구배 횡관(구배 1/80)	6.6	7.5	8.7	9.0	8.7				
복관식 상향 급기 입상관	9.1	10.3	12.2	13.5	13.0	18.3	19.2	21.0	21.9
단관 상향 급기 입상관	8.2	9.4	11.0	11.4	12.0	12.2	12.2	12.2	12.2

<그림1-2> 증기, 물 및 油管内 유속 표준



정도까지 허용할 것인지를 검토, 경제성 및 안정성을 고려하여야 하며, 배관 내 유체의 흐름에 따른 침식 및 마모를 최소한으로 유지 할 수 있는 최적조건을 유속을 결정하여야 한다. <그림1-2>는 일본 공업규격에서 추천하는 증기 및 물의 관내 유속을 나타내고 있지만, 건축설비에 이용되는 배관에 있어서는 박봉성등이 미국의 실험 결과를 인용한 다음 속도를 참고 할 수 있다.

III. 압력손실

배관시스템의 목적은 사용하는 유체를 일정한 시간에 필요한만큼 수송하는 것이므로, 유체의 속도를 증가시키면 배관의 직경을 줄일 수 있어 건설 공사비가 적게되어 경제적이 될 수 있겠지만, 최적조건을 넘어서면 압력손실이 증가되어 순환을 위한 동력비용이 증가한다. 그러

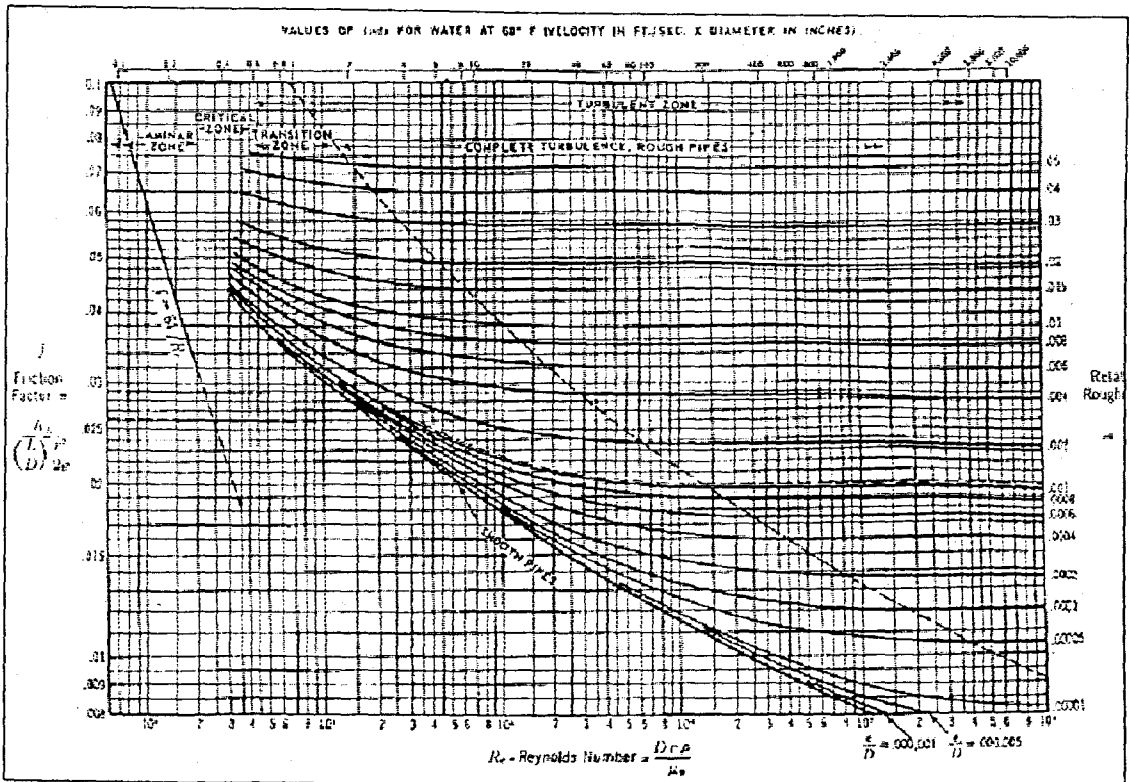
므로 배관 설계자는 관련시스템의 목적을 숙지하고 적절한 유속을 줄 수 있도록 관련 설비를 선정할 뿐만 아니라 압력손실을 최소화 할 수 있도록 배관배치를 하여야 한다.

평활한 수평배관 내부를 흐르는 유체의 수두 손실(압력손실) h_L 은 다음과 같이 Darcy의 공식을 적용하여 구할 수 있다.

$$h_L = f \frac{L}{v_L} \frac{D}{2g}$$

여기서 L은 배관의 길이, D는 배관의 내경이고, f는 마찰계수로서 Re수가 2000이하일때(층류)는 $f=64/Re$ 이지만, Re수가 4000을 넘는 난류일때는 배관 내부 표면의 相對粗度와 Re수에 따른 Moody마찰 계수선도(그림 1-3)에서 구한다.

<그림1-3> Moody 마찰계수 선도



Reynolds No.(Re)는 유체의 층류와 난류를 결정하는 인자로서 다음식으로 표시된다.

$$Re = \frac{Dv\rho}{\mu_e} = \frac{Dv}{\gamma}$$

여기서 는 밀도, μ_e 는 점성계수, d는 동점성계수를 뜻한다.

그러나 위공식은 비압축성유체의 경우 유속이 매우 높아 압력이 증기압 이하로 내려가는 경우는 부정확하며, 압축성 유체의 경우에는 다음과 같은 조건을 부가하여 사용해야 한다.

$$\frac{P_1 - P_2}{P_1} < 0.1 : \text{입구 또는 출구 밀도사용}$$

$$0.1 < \frac{P_1 - P_2}{P_1} < 0.4 : \text{입구, 출구 평균밀도사용}$$

$$\frac{P_1 - P_2}{P_1} < 0.4 : \text{경험적 숫자이용(expansion factor 및 저항계수적용)}$$

그러나, 배관이 평활한 수평배관이 아니고 흐름방향이 변경되거나, 밸브와 같은 흐름의 장애가 있는 경우, 또는 갑작스러운 단면의 축소, 확장부위가 있을 경우는 다음과 같은 저항계수를 이용하여야 한다.

$$h_L = K \frac{v^2}{2g} \quad (K : \text{저항계수})$$

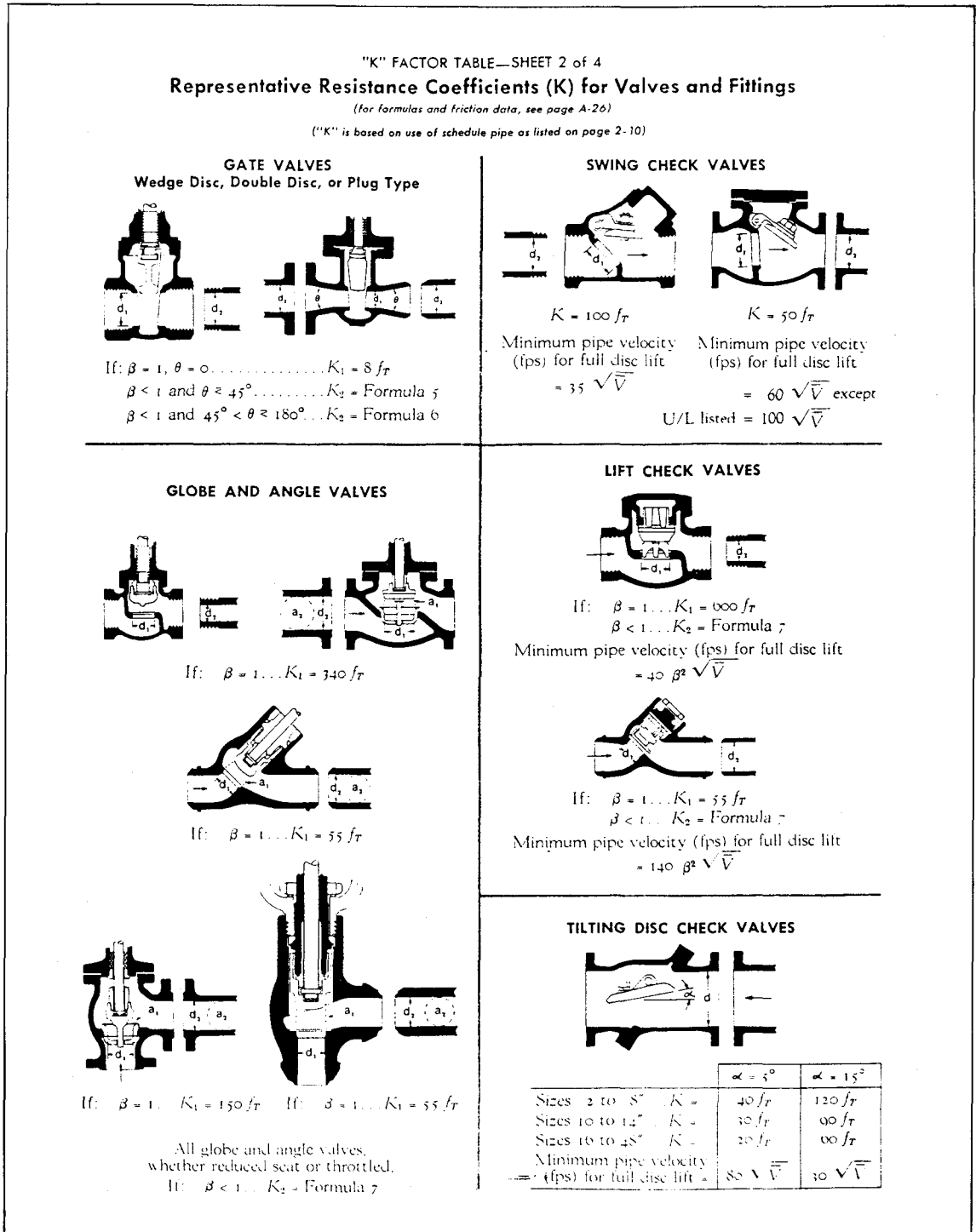
<표 1-2> 증기배관의 상당 압력 손실

관 경 (A)	15	20	25	32	40	50	65	80	90	100	125	150	200	250	300	350
엘 보 우	0.40	0.55	0.65	0.90	1.05	1.30	1.50	2.0	2.4	2.7	3.3	3.9	5.2	6.5	8.2	9.1
티 이 *	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	3.3	3.9	4.5	5.5	6.7	8.2	10.6	13.6	16.0	19.1
슬루스밸브전개	0.10	0.12	0.15	0.18	0.24	0.30	0.33	0.42	0.48	0.57	0.67	0.85	1.10	1.40	1.70	1.95
글로브밸브전개	4.3	5.5	7.0	8.8	11.5	14.0	16.4	20	24	28	34	41	55	70	82	94
앵글밸브전개	2.1	3.0	3.7	4.5	5.5	6.7	8.2	10.2	12.2	13.7	17	20.5	28	34	40	46

<표 1-3> 온수배관의 상당 압력손실

관경mm(B)	15(1/2)	20(3/4)	25(1)	32(1 1/4)	40(1 1/2)	50(2)	65(2 1/2)	80(3)	100(4)	125(5)	150(6)
엘 보 우	0.5	0.6	0.9	1.1	1.4	1.6	1.9	2.5	3.6	4.2	4.8
티 이 즈	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	1.0	1.2	1.5	2.0	2.5	3.0
티 이 즈	1.2	1.4	1.7	2.3	2.9	3.6	4.2	5.2	7.3	8.8	10
티이즈(위경 1/2B)	0.5	0.6	0.9	1.1	1.4	1.6	1.9	2.5	3.6	4.2	4.8
티이즈(위경 3/4B)	0.4	0.6	0.7	0.9	1.1	1.2	1.7	2.1	2.8	3.6	4.2
위경소킷트(1/2로 축소)	2.4	3.0	3.6	4.5	6	7.5	9	12	15	18	24
위경소킷트(3/4로 축소)	1.5	2.4	3.0	3.6	4.5	6	6	9	12	15	18
위경소킷트(1로 축소)	1.2	1.5	1.8	3.0	3	4.5	4.5	6	7.5	9	10.5
체 크 밸 브(전개)	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1
글로우브밸브(전개)	5.5	7.6	9.1	12.1	13.6	18.2	21.2	26	36	42	51
앵글밸브(전개)	2.7	4.0	4.5	6.0	7.0	8.2	10.3	13.0	16.0	18.2	32.3
리 턴 밸 브	0.4	0.7	0.8	1.0	1.2	1.7	2.2	2.8	-	-	-
방 열 기 보 일 러	0.9	1.4	1.9	2.4	2.8	3.8	4.7	5.7	-	-	-
방 열 기 밸 브(코크)	1.6	2.2	2.8	3.6	4.2	5.3	-	-	-	-	-

〈그림1-4〉 저항계수(K)



여기서, K는 $f \frac{1}{D}$ 로 변경하여 배관길이를 환산이 가능하며 Crane Technical Paper No.410에 있는 K값이 <그림 1-4>에 나타나 있다.

건축설비용 배관 설계자는 <표 1-2> 및 <표 1-3>에서 보여주고 있는 바와 같이 엘보우 등의 Fitting에 대하여 압력손실을 고려하여 산출한 상당길이를 이용하면 편리하다.

IV. 배관의 두께, 직경 및 배치

배관사양을 작성하는데는 경제성, 안정성, 유체의 특성에 따른 적응성, 내식성, 가공성 및 시장성을 고려하여야 하지만, 가장 중요한 요소는 그 대상으로 하는 유체의 압력 및 온도이다. KS B1501(철강계 관 플랜지의 압력단계) 또는 ANSI Code의 pressure temperature rating을 참조하여 배관기준을 작성시 사용 유체조건에 의해 재질 및 등급을 결정하고 이에따른 관의 조인트류, 밸브, 가스켓류 등이 pipe의 규격에 맞도록 선정하여야 한다.

배관의 직경은 배관 배치 및 계통의 요구 속도, 배관의 제작 정밀도에 따른 精度, 압력손실등을 고려하여 결정되게 되지만 파이프 두께는 배관에 작용하는 외력에 견딜 수 있는 크기로 선정된다.

건축 설비용 배관 규격인 ANSI B31.9에서 규정한 최소 관두께는 다음식에 의해 산출해야 한다.

$$t_m = \frac{P \cdot D_o}{2 SE} + A$$

그러나 후술하는 배관규격에 설명되어 있듯이 건축설비라 할지라도 고온, 고압부위의 배관일 경우에는 ANSI B31.1에서 규정한 다음 최소 관두께공식을 적용해야 한다.

$$t_m = \frac{P \cdot D_o}{2SE + PY} + A$$

t_m : 최소 두께

P : 내부 설계 압력

Do : 배관 외경

SE : 설계온도에서 재질의 최고 허용응력 이음 효율

A : 부식 및 기계가공 여유

Y : 형상 계수

위 식에서 알 수 있는바와 같이 배관의 두께는 작용하는 압력, 용접 형태에 따른 용접이음계수, 배관의 허용응력, 기계가공 및 부식에 따른 여유 등에 의하여 결정되어진다. 그러나 일반적인 건축설비용 배관은 주문제작품을 사용하지 않고, 기성 표준품을 구입사용하게 되므로 산업계에서 통용되는 두가지 두께 표시방법에 대하여 설명하고자 한다.

배관의 두께 표시방법에는 schedule 번호방식과 weight 계로 구분된다. schedule 번호방식은 ANSI B36.10으로 1938년 발표한 것이며 바아로유의 관두께 계산식에 기계적인 점을 고려하여 사용압력 P와 허용응력 S와의 비에 의해 두께체계를 표시한 것이다.

$$\text{Schedule No} = 10 \times P/S$$

여기서 P는 사용압력(Kg/cm²), S는 사용하는 재료의 허용응력(Kg/mm²)을 의미한다. stainless 강관은 그 인장강도가 다른 일반 탄소강에 비해 크므로 두께에서 여유가 많아 비경제적이므로 동일한 schedule No. 라도 두께가 약간 얇은 stainless schedule series를 만들어 schedule 번호뒤에 S를 붙여 구별 사용하고 있다.

weight계 방식은 pipe의 단위 길이당 중량을 기준으로 MSS(Manufacturers Standardization Society)가 제시한 관두께이며 다음의 표시와 같이 3종류에 대해 규정하고 있다.

STD : standard weight

X : extra strong or extra heavy

XX : double extra strong or double extra heavy

V. 배관의 배치 설계

이 절에서는 배관 및 각종 기기들의 설치, 운전 및 보수를 위하여 적절한 공간을 마련하고, 배관의 불필요한 우회를 피하며 동시에 배관의 초과응력 발생방지 등 경제성 및 안전성 측면에서 설계시 염두에 두어야 할 사항을 설명한다.

배관 배치시에는 최소한 다음 항에 기술된 각종 도면, 목록, 해당 기준서등을 사용하고, 배치 설계요건을 만족하여야 하며 설계절차가 수립되어야 한다.

1. 설계기준 자료

가. 기기배치도(equipment location drawings)

기기의 크기와 설치 위치를 나타낸 도면으로, 기기와 기길르 연결하는 Nozzle위치 등을 결정하기 위한 필수도면이므로 배관을 배치하기 위해 기본 참조도면으로 사용해야 한다.

나. flow diagram 및 P&ID

flow diagram은 주요기기와 기기 사이의 운전 조건등을 나타내며 배관에 필요한 설계조건을 제공하고, P&I diagram은 각 계통별 배관계통에 대한 기본 및 상세자료를 제공하므로 배관배치를 위해서는 필수적인 자료로 사용해야 한다.

다. 배관목록표(piping line lists), 배관재료 등급 분류표(piping material classifications), 밸브등급 분류표(valve classifications)

이들 자료는 배관설계에 필요한 각종 자료 즉, 배관의 크기, 사용재료, 배관이음 조건등을 명시하고 있으므로 배관도면을 작성할 때에는 이들과 일치하도록 해야 한다.

라. 밸브 및 각종 기기도면

밸브, 펌프, 열교환기등의 제작 설치도면 및 주기기설치 상세도면등은 이들 기기의 크기 및 입, 출구 노즐등의 경계점을 표시하고 있으므로 배관 배치시에 사용해야 한다.

마. 기계분야 설계기준 및 계통설명서

계통설계요건 및 이에 필요한 배관 설계요건

등이 기술되어 있으므로 배관배치 설계시에는 이들 요건에 따라야 한다.

바. 건물 구조물 도면 및 토건분야 설계기준서

건물구조물과 배관 사이의 적정간격 설정 및 간섭방지를 위하여 건물구조물 도면을 확인하고, 배관배치에 관련된 토건분야 설계기준서의 해당 사항을 따라야 한다. 배관과 건물의 벽이 관통하는 부위에 슬리브를 삽입하여야 하므로, 배관 설계자는 건축물도면을 주의깊게 검토하여야 한다.

사. 위의 여러가지 필수 자료 이외에도 전기분야 관련기기 배치계획, HVAC 덕트배치 계획 등 배관의 최적 배치를 위한 모든 관계자료를 배관 배치시에 이용하여야 한다.

2. 설계요건

배관배치 설계를 위해서 필요한 전항의 배관 배치 설계기준 자료들을 이용하여 세부설계시 고려해야 할 배관배치 요건은 다음과 같다.

가. 일반배치 요건

(1) 건물내의 배관은 가능한 한 건물 구조물에게 압고 구조물 벽에 평행하게 배치한다. 배관이 한쪽 벽을 따라 벽의 모서리 주변에서 열팽창을 흡수할 수 있는 적절한 높이 차를 두어서 배치한다. 배관을 배치할 때에는 항상 배관의 지지 위치 및 지지방법을 고려하여야 한다.

(2) 여러 배관들이 함께 지지되도록 가능한 한 서로 인접하여 배치한다, 가열기 설치구역과 같은 배관 밀집 지역에서는 수직 배관들을 함께 배치할 수직공간(pipe chase)을 마련하여 배치한다.

상하로 인접한 수평배관들은 지지물의 설치를 위하여 고온 배관을 좌우 위에 오도록 하며, 좌우 평행하게 배치되는 배관들은 고온배관의 루우프(loop) 확보공간을 위하여 이를 외곽에 두어 배치한다.

(3) 건물내의 배관들은 가능한 한 공조 덕트 및 전선 트레이 아래에 위치하여야 한다.

(4) 기동 및 정지등 운전조건을 위해서 배관계통의 낮은 지점에서는 배수관(drain)을, 높은 지점에서는 배기관(vent)을 설치하여야 한다. 일반적으로 주관으로부터 분기관(branch, tee)의 설치하는 액체수송 배관에서는 주관의 아랫쪽에, 기체수송의 경우에는 주관의 윗쪽에 위치하도록 한다.

(5) 일반적으로 배관계통에는 동심 축소관(concentric reducer)을 사용하지만, 특히 수평 배관에서 기포 및 응축수의 발생이 예상될 때 배관내의 유체가 물인 경우는 상부가 편평한 편심 축소관(top flat eccentric reducer)을 사용하고 증기인 경우에는 하부가 편평한 편심 축소관(bottom flat eccentric reducer)을 사용한다.

(6) 배관 및 배관부품의 지지를 위해서 건물 구조물을 최대한 사용하고 가능한 한 배관은 천정구조물을 이용하여 행거를 설치할 수 있도록 상부에 배치한다. 대형 밸브를 설치할 때는 건물 구조물에 인접하여 이를 지지하기 위해서 지지방법이 사전에 고려되어야 한다.

(7) 열교환기 및 펌프 주변에서 배관을 배치할 때는 다음사항에 따라야 한다.

① 이들 기기의 보수를 위해 모노레일 및 호이스트를 출입에 제한을 주지 않도록 배관을 배치해야 한다.

② 설치 및 보수시에 지게차 등의 운반장비의 출입에 제한을 주지 않도록 배관을 배치해야 한다.

③ 이들 기기 주변에 배관을 배치하기 위해서는 이들 기기의 보수 계획, 방법 및 절차가 확인되어야 한다.

④ 펌프의 흡입구가 수평인 경우, 축소관을 사용할 때는 편심 축소관(eccentric reducer)을 사용하고 air pocket이 발생하지 않도록 위 부분을 편평하게 설치해야 한다.

나. 배관 및 기기 사이의 간격

(1) 배관과 배관, 배관과 기기, 그리고 배관과 구조물등 사이의 간격을 정할 때에는 설계지침서, 설치 및 보수절차서 등을 기준으로 하여 설치, 용접 및 보수요건을 만족해야 한다. 동시에 배관 및 기기의 보온재 두께와 열팽창량을 함께 고려해야 한다.

(2) 일반적으로 배관들은 공조 덕트와 전선 트레이 아래 혹은 옆으로 설치되고, 아래 설치시에는 배관지지물 설치를 위한 적절한 공간을 고려해야 한다.

(3) 배관들이 기기의 주변에 배치되어야 하는 특별한 경우를 제외하고는 배관을 바닥 바로 위로 설치하지 않아야 한다. 그러나 배관이 바닥 바로 위를 지나야 하며, 밸브가 설치되거나 관경이 큰 배관은 이를 지지하기 위한 충분한 거리가 유지되어야 한다.

(4) 열교환기의 보수시 튜브 다발의 제거나 셀의 제거를 위한 공간 및 제거 통로에는 배관, 덕트, 트레이 등이 설치되어서는 안된다. 튜브 다발의 제거시 제거되는 쪽으로 튜브 다발 길이에 작업공간을 더한 길이와 반대쪽으로도 작업공간을 확보하여 배관이 공간을 통과하지 않도록 배치한다.

(5) 수동조작 밸브를 배치할 때에는 핸들의 조작이 용이한 위치에 오도록 해야 한다. 이것이 불가능한 경우에는 작업대(platform)를 설치할 수 있으며, 혹은 체인등을 연결하여 조작이 용이해야 한다.

(6) 기계실에는 운전 및 보수유지를 위한 통로를 최소한 다음 크기를 갖도록 배관을 배치해야 한다.

(참고자료 : Occupational safety and health standard, US department of labor./uniform building Code(UBC))

사람 : 2.1 m(H)×0.8m(W)

보수장비(지게차) : 3.0 m(H)×3.0m(W)

파우어 블럭내의 도로높이 : 5m(H)

주 도로높이 : 6m(H)

다. 배관설계시 온도의 고려사항

(1) 높은 설계온도(120℃이상)를 갖는 배관을 배치할때는 사전에 열팽창에 대한 유연성이 고려되어야 하며 이 이하의 설계온도일지라도 관경이 큰 배관이 직선으로 길게 배치되는 경우에는 유연성이 사전에 고려되어야 한다. 열팽창에 의한 유연성을 주기 위해서 배관의 진행방향을 바꾸어 배치하는데는 배관에서의 압력 손실, 과다한 배관의 길이등 경제적 측면이 고려되어야 한다.

(2) 주관으로부터 분기관(Branch or Tee)을 배치할 경우에, 주관의 열팽창변위에 의하여 연결부에서 과도한 응력이 발생하지 않도록 연결부의 위치를 정해야 한다.

(3) 열교환기, 펌프등 기기의 노즐에서 연결 배관의 열팽창에 의해 과도한 응력이 발생하지 않도록 배관의 진행방향을 변화시켜 배치하고, 기기 노즐 주변에서는 열팽창에 의한 변위를 허용하도록 스프링 지지물의 설치를 예상하여 배치한다.

라. 관의 부착물(pipe attachment)

(1) 보온배관은 saddle, shoes 등으로 지지하며, 관에 직접 용접하는 것은 관에 용접하지 않는 부착물(nonintegral attachment)을 이용할 수 없는 경우에만 허용된다.

(2) 운전온도가 150℃미만의 보온배관은 보조 지지 구조물(supplementary steel)로 직접 지지할 수 있도록 보온재를 절단할 수 있다. 단, chilled water 배관은 절단할 수 없다.

(3) 용접 부착물은 티이, 분기관 등에 설치하지 않도록 한다.

(4) 임계배관의 용접 부착물은 국부응력(local stress)을 계산하여야 한다.

(5) 배관에 직접 용접하는 부착물은(plate,

stanchion) 관과 같은 재질을 사용해야 한다. stanchion의 경우 지지배관 직경의 1/2 이상되어야 한다.

VI. 배관지지장치

1. 배관지지물의 종류

배관 또는 기기 지지물은 압력 보유기기(pressure retaining component)와 용접, 주조, 단조의 형태로 부착되어 있는 일체(integral) 지지물과 비일체(non-integral) 지지물로 분류되며 이는 다시 기기 표준지지물(component standard support), 선형지지물(linear type support) 혹은 판과 통형지지물(plate & shell type support)로 분류될 수 있다.

가. 기기 표준 지지물

기기 표준 지지물은 보통 카타로그 품목으로 불리우고 일반적으로 대량 생산될 수 있는 품목으로 구성된 지지물로서 제작자가 응력해석 또는 실험에 의한 결과를 설계보고서(design report)나 하중 용량자료(load capacity data sheet)에 기술 및 인증하여 생산하고 있다. 이러한 품목의 예는 ASME code sec. subsection NF-component support와 밸브, 피팅류 산업제작자 표준화 협회(manufacturers standardization society of the valve and fitting industry)에 의해 개발되고 승인된 MSS SP-58 배관지지물(pipe hanger & supports)에 기술되어 있다.

기기 표준 지지물은 보통 선형(linear type)이지만 판과 통형(plate & shell type)일 수도 있다. 전형적인 기기 표준 지지물은 다음과 같다.

- Rod hangers ○ Sway struts
- Snubbers ○ Spring hangers
- Straps ○ U-Bolts

(1) Rod hanger : Pipe clamp와 rod로 구성된 건축 구조물이나 중간 개재물에 부착된 배관 지지물로서 보통 rod hangers라 하며 하향 하중

(운동) 만을 지지하고 상향과 다른 방향(측면과 축)으로 자유롭게 움직일 수 있는 배관지지물을 말한다.

(2) Sway struts : Pipe clamp와 strut로 구성되어 있으며 rod hanger와 다른점은 상향 하중도 지지할 수 있으며 측면방향과 축방향에도 사용할 수 있다는 점이다. 단 설치방향으로 +, - 하중을 받을 수 있고 그 방향이외는 자유롭게 움직일 수 있다.

(3) Snubbers : 배관운동속도를 통제하고 가속도를 정지시키며 한계치를 초과하는 동적하중에 의한 배관운동을 지지하는 배관지지물이다. 보통 배관속도 8~10 in/min 까지는 자유로운 운동을 허락하며 이보다 높은 속도에서는 기계적(mechanical) 혹은 수력적(hydraulic) 으로 배관지지대(rigid struts)가 된다. 열팽창에 의한 운동을 허락하고 지지운동이나 진동을 억제하는데 사용된다. 기계적 스너버를 일반적으로 사용하며 이 스너버는 배관가속도가 0.02g를 초과할 때 보통 작동된다.

(4) Spring Hangers : Spring supports는 배관자중을 지지하는 지지물로 사용되며 variable spring과 constant spring의 두가지로 구분한다.

(가) Variable spring support : 압축되어 있는 coil spring과 하중과 변위를 표시하는 지시기로 구성되어 있으며 지지하중이 배관운동과 함께 변하는 coil spring supports 이다. 이 지지물은 배관의 하중을 변화시킬 수 있으며 이 변화량 만큼을 주위의 기기나 다른 지지물에 부과하므로 다음의 경우로 사용을 한정시키고 있다.

○ 발전용 주증기 배관(main steam line), 고온 및 저온재열배관(hot & cold reheat lines) ; variability ≤ 지지물 위치에 따라 10~15%로 한정

○ 운전온도 177°C이상의 배관 ; variability ≤ 지지물 위치에 따라 10~20%로 한정

○ 비임계 배관(non-critical piping) ; variability ≤ 10~25%로 한정

여기서

$$\text{Variability \%} = 100 \times \frac{HL - CL}{HL} = 100 \times \frac{M \times K}{HL} (\%)$$

CL = HL ± (+ : 상향배관운동, - : 하향배관운동)

HL = 운전중(hot or operating loads), lbs

CL = 상온시 하중(cold or shutdown loads), lbs

M = 열하중(운전과 상온의 차)의 변화에 따르는 배관변위량, in

K = Spring rate, lbs/in

(나) Constant spring support : 열팽창에 의한 배관의 큰 변위에 대하여 하중을 일정하게 유지하기 위한 곳에 사용되는 spring support로서 ASME code sec. ANSI B31.1 및 MSS-SP-69에서는 variation을 6%까지만 허용하고 있다. constant spring support의 선정방법은 매우 간단하다. 즉, 카타로그 표(catalogue chart)에서 계산된 운전하중에 일치하는 규격을 선택하면 된다.

(5) Guides : 배관표면에 수직인 방향운동을 통제하고 길이 방향운동을 허락하는 배관지지대이다. 모든 하중의 조합에 의하여 설계되며 진동을 억제할 수 있는 배관지지물로 U-bolts, strap 등을 사용하며 보온된 배관에는 4개의 lugs를 용접하여 배관을 지지한다.

(6) Undersupport : 배관의 하향하중만을 지지하는 배관지지물로 rod hanger로 대체할 수 있다. saddles를 사용할 경우는 tack 용접하여 회전을 방지한다.

(7) Anchors : 모든 하중조건에서 발생하는 모든 방향의 움직임을 구속하는 배관지지물로서 응력계산시 분리시키는 배관격리점으로 이용된다. 또한 원자력 발전소의 격납건물을 관통하는

주중기관, 급수관 등에 설치하는 앵커는 대표적인 예이다.

나. 선형지지물(linear type supports)

선형배관 지지물은 단축 응력성분이 작용하는 지지물로서, 인장, 압축 또는 전단하중을 받는 strut, beam 및 column 등 대부분의 배관지지물이 이에 속한다. 따라서 배관지지물에 대한 응력 해석시 최대 주응력설(maximum principal stress theory)을 적용하여 해석한다.

다. 판과 통형 지지물

(plate & shell type supports)

판과 통형지지물은 다축응력(biaxial stress)을 받는 판이나 통으로 제작된 것으로서 배관에서의 anchor strap 또는 압력용기의 skirt나 saddle등이 이에 속한다. 또한 본 지지물형에 대한 응력해석시 ASME class 1 배관은 최대전단 응력설(maximum shear stress theory)을 적용하고 ASME class 2 & 3 및 ANSI B31.1 배관은 최대주응력설을 적용하여 해석한다.

2. 관 지지요소의 설계

가. 일반요건

(1) 배관지지물은 배관계통을 단순하고 경제 적이며, 기능적으로 적절하게 지지해야 하며, 가능한 한 표준 지지물을 사용해야 한다.

(2) 배관지지물은 평행한 배관계통에 대해서는 공용지지물(common supports)을 설치하며, 서포트와 레스트레인트를 가급적 동일지점에 같이 설치하므로써 최적화 설계가 되도록 하여야 한다.

(3) 배관지지 구조물에 가능한 한 열이 적게 전달되도록 설계한다.

(4) 배관지지물 상호간, 기기 및 그 밖의 인접 지지점과의 간섭을 피해야 하며, 특히 통로에는 배관지지물을 설치하지 않도록 한다.

(5) 배관지지물은 설치후 현장조정이 가능하도록 설계하며, 배관지지물 상세 도면에 모든 현

장 용접을 표시하여야 한다.

(6) 보조 지지구조물은 AISC 규격에 준하여 설계한다.

(7) 배관지지물에 나사 부속부품이 있는 경우에 조정이 가능하도록 나사 길이에 충분한 여유를 주어야 하며, 해당 규격에 명시된 강도를 유지해야 한다.

(8) 볼트 구멍의 중심에서 플레이트 모서리까지의 최소거리는 해당 기술규격에 따른다.

(9) 행거이음 및 부착물, 관 clamp, beam bracket 등의 연결에는 표준규격에 맞는 6각형 볼트 및 너트(machine bolt & nuts)를 사용한다.

(10) 진동으로 이완되기 쉬운 부분, 턴버클(turnbuckle) 및 크레비스(clevis) 등은 locknut를 사용한다.

(11) 턴버클, 크레비스 및 eyenut는 단조강 제품을 사용한다.

(12) 배관지지물은 검사를 쉽게 할 수 있도록 설계되어야 한다.

(13) 펌프 및 기기들을 보수할 필요가 있을때 그 기기 가까이에 설치되어 있는 배관지지물과 보조구조물 부재들은 제거 가능하도록 연결하여야 한다.

나. 지지물의 설치 위치

배관응력 해석을 행한 배관계통의 지지물 설계시 지지물의 위치 변경을 아래 사항을 따라 하여야 한다. 배관응력 해석시 사용되었던 위치와 실제 지지물 설계위치는 다음에 준하여 달리 할 수 있다. 단, 앵카, 기기 노즐에 인접한 지지물에는 적용할 수 없다.

(가) 직경 6" 배관까지	150mm
(나) 직경 8" 배관에서 12"까지	250mm
(다) 직경 12" 배관 이상	300mm

3. 설계 하중

가. 각각의 운전조건에 따른 최대하중 및 하중 조합을 만족할 수 있도록 배관지지물을 설계한

다.

나. 공용지지물(common supports)을 설계하는 경우 25%의 추가하중을 고려한다.

다. Steel embed를 이용하여 지지물을 설치할 때는 허용하중표에 따라 설계하여야 한다.

라. 기존 주요 구조물의 beam을 이용하여 지지물을 설치하는 경우에 그 beam의 중심으로 부터 beam의 폭 이상되는 외팔보(cantilever)에 하중을 작용시켜 지지물을 설치할 수 없으며, 기존 beam 플랜지의 비틀림을 방지할 필요가 있는 곳에는 gusset나 보강 플레이트를 설치하여야 한다.

4. 허용응력

가. 배관지지물의 허용응력은 최대 운전온도에서 규격의 허용응력표(ANSI B31.1, APP. A, TABLE A.1)에 준하여야 한다.

나. ANSI B31.1 규격에 허용응력이 나와 있지 않은 재료의 경우에는 ASME Section I, 혹은 랫 준할 수도 있다.

다. 수압시험을 하는 경우 허용응력은 상온에서 최소 항복응력의 80%까지 증가하여 사용될 수 있다.

라. 배관 지지물의 간격은 ANSI B31.1 규격에 준하여, 지나친 지지물의 설치는 가능한 한 피하도록 한다.

마. Vertical supports(rigid, variable spring, constant spring)는 배관의 자중, 운반되는 유체의 무게, 보온 및 집중하중 등에 의한 굽힘 및 전단응력을 고려하여 설계하도록 한다.

5. 설계 방법

가. 일반 요건

배관지지물은 ANSI B31.1의 제2장과 본 설계 기준서에 따라 설계되어야 한다.

(1) 배관지지물과 보조 지지구조물 설계시에 모든 설계계산서는 이 설계 기준서에 준하여 작성하여야 한다.

(2) 배관지지물에는 각각의 고유번호를 부여하여야 한다.

(3) 배관응력 해석용 Isometric 도면 및 응력 계산서, 배관지지물 상세 도면 및 계산서를 작성하여야 한다.

나. 행 거

(1) 행 거 설계시 rod 크기, 나사길이, 허용하중을 선정하기 위하여 제작자의 규격표를 참고한다.

(2) 대략 수평적 위치에 있는 길이방향 배관의 지지물은 과도한 굽힘(bending) 또는 전단응력(shearing Stress)이 발생하지 않도록, 열팽창에 의한 움직임을 허용할 수 있도록 설계한다.

(3) 행거는 인장하중만 받도록 한다.

(4) 별도 명시가 없는 한 호칭경 2 1/2" 이상의 배관을 지지하는데 사용되는 행거는 설치후 하중을 지지하는 동안에 조절할 수 있게 설계한다.

(5) 수평배관의 이동거리에 의한 수직행거의 최대 이동각도는 4° 이내에 있도록 한다.

(6) 행거 rod의 흔들림 각도가 2° 이상이거나 배관의 전 이동량이 51mm(2") 이상인 경우에 지지물은 운전정지 상태의 위치(cold position)에서 Off-set 시켜야 한다.

(7) Rigid riser 혹은 rigid rod trapeze의 경우는 한쪽이 전 하중 2/3을 지지할 수 있도록 설계하여야 한다.

다. 가변식 스프링 지지물(variable spring supports)

(1) 가변식 스프링 지지물은 MSS-SP-58에 규정한 Spec.에 따라서 설계한다.

(2) 가변식 스프링 지지물의 최대 하중변동율은 제작자의 규격표에 나타난 값을 초과할 수 없다. 즉,

$$\% \text{하중변동율} = \frac{\text{행거의 스프링정수} \times \text{관지점의 이동량}}{\text{표준하중}} \times 100$$

* 표준하중 = 운전시의 행거의 힘

라. 레스트레인트, 구조지지물 및 앵커

(1) 가능하면 구조지지물 보다는 rod 행거를 사용해야 한다.

(2) 구조강으로 제작하는 레스트레인트는 1.5mm의 간격을 유지하여 설계한다.

(3) 배관의 지지점에서 레스트레인트의 방향으로 설계하중에 의한 최대 허용처짐량은 3mm 이내가 되어야 한다.

(4) 가능하면 배관에 직접 용접하는 것은 피하도록 한다.

(5) 레스트레인트에 대한 배관의 이동 때문에 발생하는 정적 마찰력을 설계시 고려한다. ($\mu=0.3$)

(6) 모든 rigid restraint strut 들은 응력해석 도면에서 규정하고 있는 방향에서 $\pm 4^\circ$ 이내에 설계되도록 한다.

마. 스너버

(1) 스너버의 축은 운전상태의 위치에서 하중 방향과 최대 5° 이내에서 작용하도록 한다. 만약,

스너버 축과 작용 하중방향이 2° 이상의 각도로 차이가 발생하는 경우에 열팽창에 의한 이동거리의 2/3 위치에서 off-set 시켜서 설치하도록 한다.

(2) 스너버의 최대 이동거리(=total travel) 열팽창에 의한 이동량 보다 적어도 50mm 이상 되어야 한다.

(3) 스너버에는 정격하중, 설계하중, 운전 및 정지시의 위치등이 명시되어야 한다.

6. 행거 조정

호칭지름 65A 이상의 배관을 사용하는 행거는 설치후 하중을 지지하는 동안 조정이 가능 하도록 설계되어야 한다. 나사식 조정은 ANSI B1.1과 일치하는 나사를 가져야 한다. ASME Sec. III 등급(class)2의 끼워맞춤 턴버클과 조정너트는 전체길이의 나사체결로 해야 하며 모든 나사 및 이와 동등한 조정부품에는 적당한 잠금 장치(locking device) 를 설치해야 한다.

〈표1-4〉 관 지지물의 간격

호 칭 지 림(A)	지지물최대간격(m)	
	수 관	증기, 가스 또는 공기관
25	2.1	2.7
50	3.0	4.0
80	3.7	4.6
100	4.3	5.2
150	5.2	6.4
200	5.8	7.3
300	7.0	9.1
400	8.2	10.7
500	9.1	11.9
600	9.8	12.8

(비고) 이표는 최대운전온도 400에서 스케줄 40관의 수평직선 배관에 관한 관 지지물사이의 최대간격이다. 지지물 간격을 계산하거나 지지물 사이에 밸브나 플랜지 등의 집중하중이 있는 곳에는 적용하지 않는다. 이 표의 지지물 사이의

간격은 수관에 대해서는 보온된 물을 가득채운 무게를 고려한 값이고 증기, 가스 또는 공기관에 대해서는 보온을 한 강관의 무게를 고려한 값이다. 지지에 따라 배관에 생기는 응력은 최고 15.86MPa, 처짐은 최대 2.5mm이다.

7. 행거 간격

거의 수평위치에서 길이방향의 축을 갖는 배관 지지물은 집중하중을 일으키는 벨브나 플랜지 등의 부품을 각별히 고려하면서 배관의 과단 처짐(sag), 굽힘 및 전단응력을 막기 위해 적당한 간격을 유지해야 한다. 하중계산이 되지않는 곳의 스케줄 40 이상의 관에 대한 관 지지물의 최대간격은 다음 <표 1-4>에 주어져 있다. 수직 지지물은 모든 하중의 조합으로 인해 과도한 응력이 배관에 걸리지 않도록 조정해야 한다.

Support간의 간격을 결정하기 위해서는 다음과 같은 점을 고려해야 한다. 배관이 직선상태로 양단이 단순지지되어 있을 경우 다음 식으로 Span이 결정된다.

허용응력을 기준으로 계산할때

$$L = \sqrt{\frac{0.33ZS_h}{w}}$$

허용 처짐량을 기준으로 계산할때

$$L = \sqrt[4]{\frac{\Delta EI}{22.5w}}$$

그러나 양단이 고정되어 있을 경우에는

허용응력을 기준으로 계산할때

$$L = \sqrt{\frac{0.4ZS_h}{w}}$$

허용 처짐량을 기준으로 계산할때

$$L = \sqrt[4]{\frac{\Delta EI}{13.5w}}$$

여기서 L = allowable pipe span, feet

Z = modulus of section of pipe, in.

S_h = allowable tensile stress for the pipe material at design temperature psi(known as allowable got stress)

w = total weight of pipe, lb/ft

= metal weight + content weight + insulation weight

= allowable deflection of sag, inches

I = area moment of inertia of pipe, in

E = modulus of elasticity of the pipe material at design temperature, psi(known as hot modulus of elasticity)

[다음호에 계속]

건교부 산하 국립건설시험소, 건설 ISO9000인증기관 지정

건설교통부 산하 국립건설시험소가 최근 건설분야 ISO인증기관이 6개소로 늘어났다. 국립건설시험소는 건설시장개방에 대비하고 부실공사를 방지하기 위하여 국내 건설업체의 ISO인증확대를 유도하는 일환으로 최근 통상산업부로부터 건설분야 ISO인증기관으로 지

정받아 올해부터 인증업무를 실시하게 되었다.

이에따라 시험소는 국내 건설업체들을 대상으로 경영시스템과 임직원들의 품질관리 의지 등을 평가해 일정 자격요건을 갖춘 업체들에게 ISO인증을 부여하게 된다.

이를 위해 시험소는 95~96년 2년동안 심사원 2명과 심사원보 18명을 자체양성하고 전담 부서(품질과)를 두는 등 관련규정을 대폭개정, 품질인증기관 체제를 갖추었다.