

펌프 위치 선정

(배관내 압력분포)

정진문 / 두산건설(주) 주택기술부 과장

열원기기와 공조기등을 연결하는 물배관식에는 여러가지 방식이 있으며, 이는 배관의 기능 및 용도에 따른 각종 설계요소를 비롯하여 에너지 절약 측면 또는 내구성 향상을 위한 배려등에 의하여 결정되어지고 있다.

그러면 강제순환 배관계통에서 장치내의 펌프 위치는 어떤 영향이 미치는지 한사례를 통하여 펌프가 열원기기의 전·후에 설치되었을때 배관내의 압력분포도를 작성하고, 이에 대한 분석을 통하여 우리가 간과하기 쉬운 펌프 위치선정에 대한 주의점 및 배관내의 압력분포에 대한 유의사항등을 알아 보기로 한다.

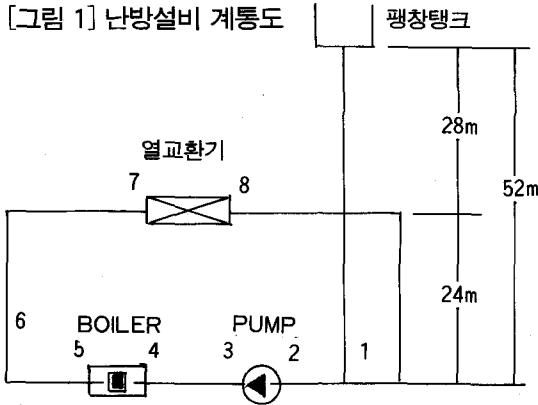
여기 중규모단지로 지형표고차가 심한아파트 단지가 있으며, 단지 표고차가 심하여 열원을 STEAM으로 사용할 경우에는 응축수처리에 대한 문제점이 예상되어 이를 해결하기 위한 방안으로 중온수를 열원으로 채택하였고, 2차측 접촉방식은 열교환기방식으로 설치되었다. 그리고 이때 현재 현장조건은 보일러사양은 중온수 보일러로 10Ton × 4Set이며 상용압력 및 최고 사용압력은 5kg/cm²으로 제작 설치되었다.

펌프사양은 2,500LPM × 28m 양정으로 되어 있고, 팽창탱크는 개방형으로 옥탑층에 설치되어 정수두압이 항상 5.2kg/cm²가 보일러에 걸리게 되어 있다. 순환방식은 정유량 방식과 단식 펌프방식으로 설치되었다고 할때 이에 대한 검토를 실시하여 보자.

먼저 이때 난방설비의 중온수계통도를 작성하면 [그림 1]과 같다. 이때 발생할 수 있는 예상 문제점은 중온수순환펌프를 보일러 뒷쪽에 설치하여 난방가동시에 펌프 실양정으로 인하여 보일러 내부압력이 상승되어 보일러 안전운전에 대한 문제가 제기될 것으로 판단하였다. 그리고 [그림 3]의 배관내의 압력분포도를 보면 난방운전시 보일러 내부압력은 보일러 최고사용압력 (7kg/cm²)에 초과하여 운전될 것이며, 만약 시운전을 실시하면 펌프 실양정으로 인하여 보일러 안전변이 작동되는 등의 문제가 발생할 것으로 예상된다.

여기에서 문제점을 해결하기 위하여서는 첫째로 보일러를 제작발주할때 보일러의 상용압력을 5kg/cm²에서 7kg/cm²로 조정하여 보일러를 제작하였다면 운전시 상용압력에 대한 문제는 해결될 수 있었고, 둘째로 배관내의 압력분포도를 작성, 검토하여

[그림 1] 난방설비 계통도

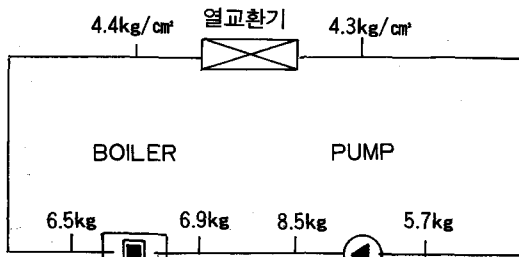


순환펌프를 보일러 앞쪽에 설치하여 보일러 내 부압력을 상용압력이하로 운전하면 해결될 수 있다.

셋째로 가장 좋은 방안은 순환펌프를 보일러 앞쪽에 설치하고, 팽창탱크는 밀폐형으로 설치하고 배관내 최저압력이 포화압력이상을 유지하도록 하는 것이 좋다.

넷째로 그리고 이곳은 단지표고차가 심한 관계로 기계실에서의 정수두압에 대한 검토가 있어야 하는데 이에 대한 검토가 없었던 것으로 판단할 수 있다.

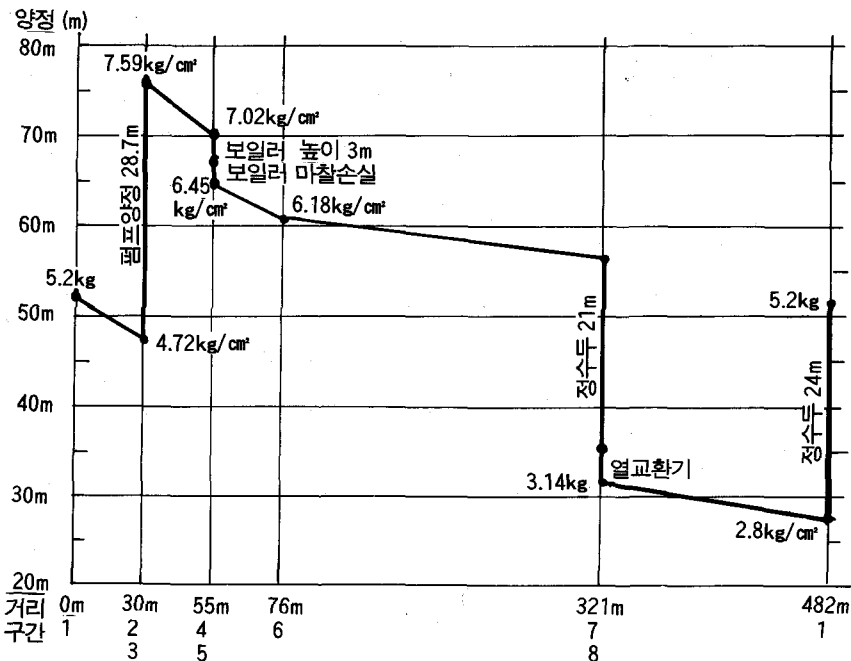
[그림 2] 개선전 배관내 압력측정치



- 주) 1. 상용압력 : 일반적으로 사용하는 압력을 말한다.
- 2. 최고사용압력 : 각 부분별로 가장 높은 압력을 총망라하여 그중 가장 최저압력 부분을 보일러의 최고압력으로 정한 압력을 말한다.

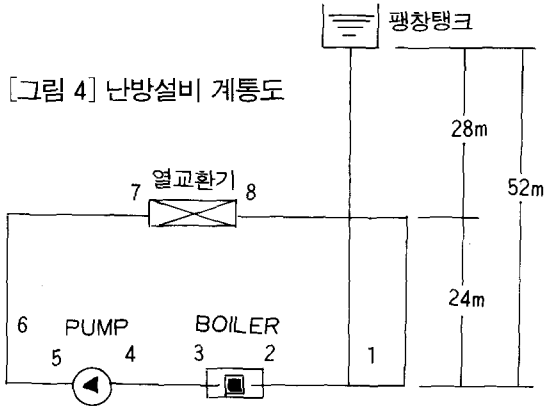
그러면 SYSTEM에서 펌프위치 및 정수두에 대한 배려는 뒤에 언급하기로 하고 현재상황을 개선할 수 있는 방안에 대하여 알아보자. 먼저 순환펌프는 그대로 두고 팽창탱크를 개방형에서

[그림 3] 펌프를 보일러 뒷쪽에 설치할 경우 배관내의 압력분포도



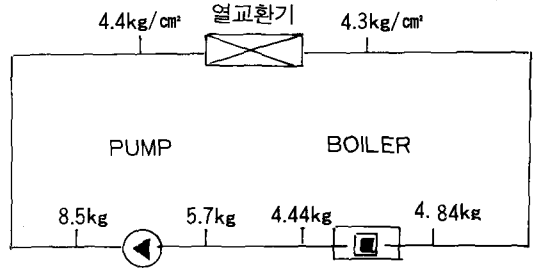
밀폐형으로 변경할때는 단지표고차 24m, 포화압력이상인 2kg/cm², 펌프양정 28m이면, 총 수도는 72m이고 여기에서 배관손실 5.7m를 제외하면 66.3m로 (2.4 + 2 + 2.8 - 0.57 = 6.63kg/cm²) 보일러 내부압력이 예상되어 제외키로 하였다.

보일러 앞, 뒤쪽에 펌프를 설치하였을때 배관내의 압력 분포도를 작성/검토한 결과, 펌프를 보일러 앞쪽에 설치하면 보일러 안전운전 문제는 해결될 것으로 판단되었다.



[그림 4] 난방설비 계통도

[그림 5] 개선후 배관내 압력측정치



관부속류의 국부저항 상당장을 작성한다. 이를 정리하면 [표 1]과 같이 배관 마찰손실 계산서를 작성할 수 있다.

[표 1] 배관 마찰손실 계산서

유량 (LPM)	관경 (DIA)	저항 (R)	배관길이 (l)	국부저항 상당장 L	I + L	손실수두 R(1 + L)	비 고
2620	150	25	30.0	162.3	192.3	4807.5	4.8
2500	150	22	25.5	231.7	257.2	5658.4	5.7
2500	150	22	21.3	103.6	124.9	2747.8	2.7
2620	200	7	149.6	55.2	240.8	1685.6	5.4
2529	200	6	2.0	12.2	14.2	85.2	
2234	200	5	7.2	12.2	19.4	97.0	
2090	200	4	6.0	12.2	18.2	72.8	
1805	150	13	9.0	9.1	18.1	235.3	
1661	150	10	5.6	9.1	14.7	147.0	
1469	125	21	10.2	7.6	17.8	373.8	
1289	125	17	7.0	7.6	14.6	248.2	
1009	100	25	9.5	6.4	15.9	397.5	
829	100	19	3.2	6.4	9.6	182.4	
601	80	40	14.0	5.5	19.5	780.0	3.4
373	80	17	2.0	5.5	7.5	127.5	
373	80	17	20.0	35.9	56.1	955.7	
373	80	17	40.1	85.5	125.6	2135.2	
2620	200	7	120.7	55.2	175.9	1231.3	
계			482.9			21966.2	
배관 마찰 손실 수두						21.9m	

주) 국부저항 상당장은 공조난방위생설비계산도표 참조.

그러면 배관내의 압력분포도를 작성하는 방법에 대하여 알아 보기로 하자.

먼저 배관내의 압력분포를 작성하려면 배관 구간별의 배관마찰손실을 구하여야 한다. [표 1]과 같이 배관구간별로 저항(R)을 구한 후, 배

1구간	팽창탱크높이 52m	52.0m Aq
1~2구간	52m-손실 4.8m	47.2m Aq
2~3구간	47.2m+펌프양정 28.7m	75.9m Aq
3~4구간	75.9m-손실 5.7m	70.2m Aq
4~5구간	70.2m-보일러높이 3m-손실 2.7m	64.5m Aq
5~6구간	64.5m-손실 2.7m	61.8m Aq
6~7구간	61.8m-손실 5.4m	56.4m Aq

[표 2] 구간별 손실수두

구 간	거 리 (m)	관 경 (DIA)	마찰손실 (mmAp)	배관손실수 (m)	비 고
1 ~ 2	30	150	4,807.5	4.8	
2 ~ 3				28.7	펌프 이론수치
3 ~ 4	25	150	5,658.4	5.6	
정수두	3 m				보일러 높이
4 ~ 5			2,760.0	2.7	보일러 이론수치
5 ~ 6	21		2,747.8	2.7	
6 ~ 7	245		5,360.0	5.4	
정수두	21 m				기계실 높이
7 ~ 8			4,000.0	1 + 3 = 4	열교환기 / Control V
정수두	24 m				기계실 높이
8 ~ 1	161	200	3,366.5	3.4	
계	482			28.7	

7~8구간 56.4m-기계실높이 21m-열교환기 4m 31.4m Aq
 8~1구간 31.4m-손실 3.4m 28.0m Aq
 1구간구간 28.0m+기계실높이 24m 52.0m Aq

이를 이용하여 배관내의 압력분포도를 작성하면 [그림 3]과 같다.

그러면 순환펌프를 [그림 4]와 같이 보일러 앞쪽으로 변경하였을 경우 배관내의 압력분포는 어떻게 변하는지 알아보자.

먼저 [표 1]을 이용하여 순환펌프가 보일러 앞쪽으로 설치될 경우 구간별 손실수두를 정리하면 [표 3]과 같다.

[표 3]를 이용하여 순환펌프가 보일러 앞쪽에서 설치되었을 경우 배관내의 압력분포를 계산하면 아래와 같다.

1구간 팽창탱크높이 52m 52.0m Aq
 1~2구간 52m-손실 4.8m 47.2m Aq
 2~3구간 47.2m+보일러높이 3m-손실 2.7m 41.5m Aq
 3~4구간 41.5m-손실 5.7m 35.8m Aq
 4~5구간 35.8m+펌프양정 28.7m 64.5m Aq
 5~6구간 64.5m-손실 2.7m 61.8m Aq
 6~7구간 61.8m-손실 5.4m 56.4m Aq
 7~8구간 56.4m-기계실높이 21m-열교환기 4m 31.4m Aq
 8~1구간 31.4m-손실 3.4m 28.0m Aq
 1구간구간 28.0m+기계실높이 24m 52.0m Aq

이를 이용하여 배관내의 압력분포도를 작성하면 [그림 3]과 같다.

펌프를 보일러 앞쪽에 설치할 경우 배관내 압력분포도는 [그림 6]과 같고, 이때 보일러 내부 압력은 입구측 4.7kg/cm², 토출측 4.2kg/cm²으로 보일러 상용 압력보다 낮게 운전될 수 있음

을 예상할 수 있다.

여기에서 우리는 펌프위치를 변경하므로써 기기가 받는 압력은 상당한 차이가 있음을 알 수 있다. 그러므로 우리는 펌프 위치선정에 대한 사전 검토가 필요하며, 설계시나 현장에서 배관내의 압력분포에 대한 검토를 실시하여 펌프가 각 기기에 미치는 압력에 대한 검토가 필요하다고 생각한다.

그리고 여기에서 가능하면 팽창탱크는 밀폐형 팽창탱크를 설치하여 용존산소등으로 인한 부식을 방지할 수 있도록 조치하면 더욱 바람직하다. 팽창탱크를 설치하는 방법은 Ps방식(Positive 방식)과 Pd방식(Dynanic 방식이 있으며, Pd방식에서는 부압(-압)이 발생할 수 있으므로 부압이 발생한 수두만큼 팽창탱크를 올려 주어야 한다.

펌프위치는 HEATING SYSTEM에서는 열원기기 앞쪽으로 설치하여 열원기기 내부압력을 감소시켜 주고, COOLING SYSTEM에서는 냉동기 응축기등의 압입측에 설치하는 것이 바람직하다. 만약에 COOLING SYSTEM에서 펌프를 열교환장치 토출측에 설치할 경우에는 열교

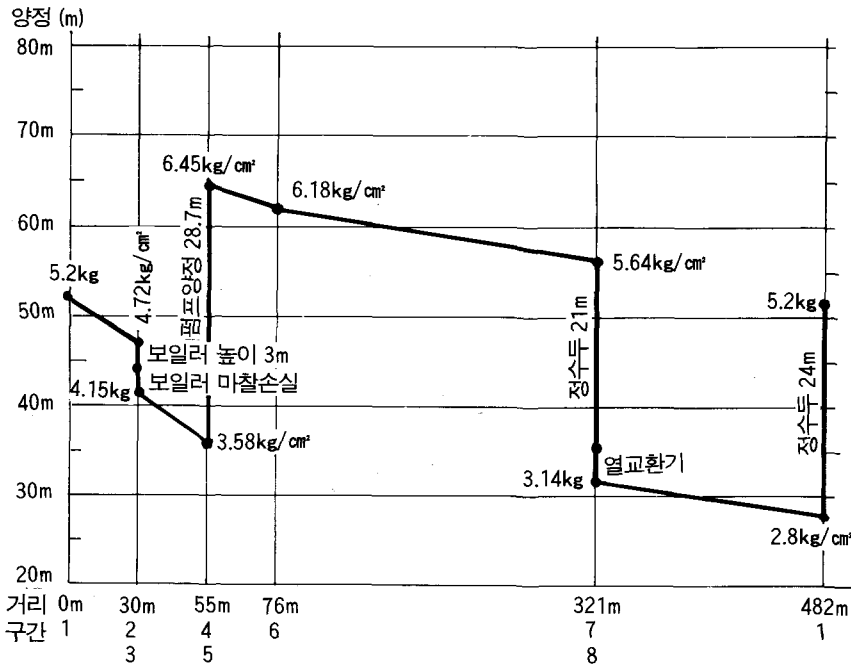
[표 3] 구간별 손실수두

구 간	거 리 (m)	관 경 (DIA)	마찰손실 (mmAp)	배관손실수 (m)	비 고
1 ~ 2	30	150	4,807.5	4.8	
정수두	3 m				보일러 높이
2 ~ 3			2,760	2.7	보일러 이론수치
3 ~ 4	25	150	5,658.4	5.6	
4 ~ 5				28.7	펌프 이론수치
5 ~ 6	21		2,747.8	2.7	
6 ~ 7	245		5,360.0	5.4	
정수두	21 m				기계실 높이
7 ~ 8			4,000.0	1 + 3 = 4	열교환기 / Control V
정수두	24 m				기계실 높이
8 ~ 1	161	200	3,366.5	3.4	
계	482			28.7	

또 냉동기 응축기 경우에도 부압(-압)으로 인한 열교환효율 및 동파 염려 등으로 인하여 펌프를 열교환장치의 압입측에 설치토록 하고 있다.

다만 냉각탑이 냉동기 응축기 보다 높은 위치에 있어 응축기에 충분한 정수두가 걸리게 될 경우에는 펌프 흡입측에 응축기

[그림 6] 펌프를 보일러 앞쪽에 설치할 경우 배관내의 압력분포도



를 설치하여 냉동기 응축기의 내압을 감소시켜 주는 것이 바람직하다.

최근 신축되는 초고층 건물에서는 냉동기 응축기 등에 걸리는 정수두압이 건물 높이로 인하여 아주 높게 되므로 설계시나 장비발주시에 장비 내압에 대한 검토가 필요하다.

이때 펌프위치는 장비의 상용압력에 대한 중요한 변수가 된다.

실제로 초고층 건물에서 냉동기 응축기는 정수두압과 펌프실양정까지 합하면 고압으로 운전하게 된다.

환장치 TUBE내에 부압(-압)이 발생하여 열교환효과가 현저히 떨어진다.

이때 냉동기 사양을 알아보면 제작사의 통상 기본사양은 8kg/cm² 제작되므로 고압인 경우에는 특수제작되어야 한다. 이때 제작비

용은 필연적으로 증액될 수 밖에 없다. 그러므로 냉동기 설계나 발주시 펌프위치를 확인하여 펌프를 응축기 흡입측에 설치하도록 한다면 운전시 냉동기의 응축기 내압이 감소되어 냉동기 상용압력을 줄일 수 있어 냉동기 제작비용을 절감할 수 있다. 그리고 냉동기에서 염려되는 응축기의 동파현상은 정수두압으로 인하여 문제가 되지 않음을 상기할 필요가 있다.

중온수배관에서도 앞에서 언급한 배관내의 최저압력 (특히 열교환기 TUBE내 압력)을 포화압력이상으로 유지하여 플래시현상이 일어나지 않도록 유의하여야 한다. 또 열교환기 TUBE내부 압력이 포화압력이하로 떨어지면 TUBE내부에 기포가 발생하고 이로 인하여 열교환효과가 저하되어 열효율이 떨어지게 되므로, 배관내 최저압력은 필히 사용유체온도의 포화압력이상을 유지하여야 한다. 통상 중온수배관에서 배관내 최저압력은 2~3kg/cm²이상으로 유지하는게 좋다.

우리는 배관내의 압력분포를 충분히 파악하여 원활하고 합리적인 운전이 될 수 있도록 하여야 한다. 그러면 배관계의 압력분포에 대한 유의사항은 다음과 같다.

1. 배관내가 부압(대기압보다 낮은 압력)으로 되어 있으면 배관이나 장비의 접속부등에서 공기가 흡입되거나 운전중 발생한 기포 배출이 불가하게 되고 이로 인한 물의 순환불량의 원인이

되는 공기 정체현상이 발생하고 또 소음발생 및 배관부식의 원인이 된다.

2. 운전중 수온에 알맞은 최소압력(포화압력)이상으로 배관내 압력을 유지하지 않으면 순환수의 비등이나 국부적인 플래시현상이 생길 염려가 있으며 이로 인한 WATER HAMMER현상 및 펌프의 CABITATION 원인이 되므로 배관계에서는 항상 정압으로 유지시켜 둘 필요가 있다.

3. 펌프운전으로 배관계 각부의 압력은 상승하게 되므로 부하기기, 열원기기, 기타배관의 각부의 내압상 문제가 생길 수 있으며 또 수온의 변화에 의한 체적의 팽창, 수축으로 배관 각부에 이상압력으로 영향을 미칠 우려가 있다.

일반적으로 이러한 압력을 유지하기 위하여 각종 팽창탱크가 이용되며 밀폐배관계에서 순환 펌프와 팽창탱크의 설치위치에 따라서 배관계압력분포는 달라지게 된다.

우리는 설계 또는 현장에서 지금까지 언급한 배관내의 압력분포사항은 소홀히 할 수 있는 사안이며, 이를 검토하지 않았을때는 시운전시나 또는 준공후 운전시에 막대한 손실이 될 수 있음을 유의하기 바라며, 앞으로 배관내의 압력분포에 대한 사전검토하여 SYSTEM이 완벽한 운전이 되도록 노력하여야 한다.

연돌효과(CHMNEY EFFECT)에 대한 대책

지난 7월호의 계단실 온도분포 및 대책의 내용중 연돌효과(CHMNEY EFFECT)에 대한 공기조화 냉동공학 회 '87년 하계학술대회 자료를 참고하면 연돌효과에 대한 이해가 많을 것 같아 게재하므로 참조하기 바란다.

1. 연돌효과란?

겨울철 외기가 -10℃, 실내온도가 20℃일때 이 온도차에 의한 공기의 비중차에 의하여 건물내외에 압력차가 발생하게 되며 이 현상을 연돌효과라고 한다.

2. 연돌효과에 의해 발생하는 압력차 계산식

$$Pt = H (rO - ri) \quad \text{mmAq}$$

$$Pe = 0.52 Ph \left(\frac{1}{To} - \frac{1}{Ti} \right) \quad \text{Inch Water}$$

Pt : 실내외 압력차 (mmAq)
 H : 건물높이 (m)
 ro : 외부공기 해당온도시 비중 (kg/m³)
 ri : 실내공기 해당온도시 비중 (kg/m³)
 Pe : 실내외 압력차 (Inch Water)
 P : 대기압 (14.7 PSI)
 h : 건물높이 (FT)
 To : 외기절대온도 (°F)
 Ti : 실내절대온도 (°F)
 (0°F = 459.67°F)

3. 계산식과 실측치 비교는?

조건 : 건물높이 247m(59층), 외기 0°C, 실내기온 20°C

$$Pe = 0.52 \times 14.7 \times 777 \times \left(\frac{1}{460+33.8} - \frac{1}{460+68} \right)$$

$$= 0.78 \text{ Inch} = 19.8\text{mmAq가 되나}$$

59층 에서는 외부대 실내	: + 3.8mmAq
실내대 ELEV. Shaft내	: + 3.1mmAq
LOBBY층은 외부대 실내	: - 5.6mmAq
실내대 ELEV. Shaft내	: - 6.4mmAq
총 차압 계	: 18.9mmAq

여기에서 이론치(19.8)와 실측치(18.9) 차이는 0.9mmAq가 되었다.

그리고 59층에서는 양압이 걸리게 되고 1층 LOBBY에서는 부압이 걸리게 되며 차압이 발생하지 않는 0점은 37층인 150m 지점이다.

4. 개선방안 :

ELEV. 문은 차압이 7mmAq를 넘을때는 여닫이가 곤란하게 되며, 상기 측정시에 59층의 ELEV. 문 상하의 격간풍 풍속은 6m/sec. 4.7m/sec로 측정된다.

이를 개선하기 위해서는 다음과 같은 방법이 있다.

- 1) 정상시에 격간풍을 줄이도록 한다.
 - A. 출입이 잦은 현관층 출입구는 Revolving Door 및 이중문을 설치한다.
 - B. 외기와 통하는 급배기 닥트는 기밀이 우수한 자동담판을 설치한다.
 - C. 건물의 격간풍을 최소화하기 위해 기밀을 철저히 한다.
 특히 층간Curtain Wall사이의 기밀에 유의하여야 한다.
- 2) 공조설계시 연돌현상에 의한 차압을 감안하여 급배기 설비 및 공조설비로 중압에 가깝게 되도록 설계에 반영한다.

3) ELEV. 에 미치는 심각한 문제는 ELEV. Shaft에 외기를 ELEV. Shaft내부에 공급하여 내부온도를 외기와 가깝게 하여 비중차이를 줄여 압력차를 줄이는 방안이 있다.

[*]